

# Hírsatorna

A MAGYAR VÍZ- ÉS SZENNYVÍZTECHNIKAI SZÖVETSÉG LAPJA  
2021/2. szám



**FIATAL SZAKEMBEREK  
AZ ÁGAZATBAN**

# ÉRJE EL HIRDETÉSÉVEL SZAKEMBEREK SZÁZAIT!

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

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

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

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



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

Kedvezményes árainkról az alábbi **linken** tájékozódhat!

Reméljük, Ön is meglátja lehetőséget a Hírcsatornában!

## IMPRESSZUM

A Magyar Víz –és Szennyvíztechnikai Szövetség online folyóirata

1046 Budapest, Kiss Ernő u. 3/A 419.

www.maszesz.hu

Kiadó: MaSzeSz

Kiadásért felel: Sinka Attila –főtitkár

Főszerkesztő: dr. Papp Mária

Szerkesztő: Lehócz Anita

Szerkesztőbizottság tagjai: Csörnyei Géza, Géczy Ágnes, Dr. Jobbágy Andrea, Dr. Karches Tamás, Dr. Kárpáti Árpád, Kiss Katalin, Dr. Licskó István, Laky Dóra, Makó Magdolna, Madarász Emese, Vadkerti Edit

Megjelenik negyedévente

Grafika és tördelés: Zsiráf Kreatív Ügynökség

## TARTALOM

Beköszöntő	4
<b>SZAKMAI - TUDOMÁNYOS ROVAT</b>	
<b>Ivóvízhálózatok nyomásérzékenységen alapuló topológia optimalizációja</b> - Délei Ákos	5
<b>Ivóvízhálózatok sebezhetősége</b> - Wéber Richárd	16
<b>Fenntartható vízhasználat tejelő tehenészetben</b> - Nagypál Virág	24
<b>Húsipari szennyvizek szervesanyag-tartalmának csökkentése mikrohulámmal intenzifikált oxidációs reakció segítségével</b> - Jákói Zoltán Péter	34
<b>A részlegesen tisztított szennyvíz hasznosítása</b> - Dr. Ligetvári Ferenc, Tolnai Béla	41
<b>MASZESZ HÍREK, AKTIVITÁSOK</b>	
MaSzeSz Közgyűlés – Kiemelkedően aktív évet zárt a MaSzeSz a pandémia ellenére	54
A tudásátadás új eszköze	60
Dulovics Junior Szimpózium múlt-jelen-jövő	63
<b>ÁGAZATI HÍREK</b>	
Decentralizált szennyvíztisztítási Konferencia –NKE	66
Szennyvíziszap energetikai célú hatékony feldolgozása	68
A Duna Múzeum - a Magyar Környezetvédelmi és Vízügyi Múzeum - európai különdíjáról	72
<b>NEMZETKÖZI KITEKINTÉS</b>	
Általános ismertetés a hamburgi szennyvíztisztító telepről	74
<b>TÖRTÉNETI VISSZATEKINTÉS</b>	
Nagyobb szennyvíztisztító telepeink madártávlatból - II. rész - Dr. Juhász Endre	81
Volt egyszer egy kiállítás	88
<b>KÉPZÉSI AJÁNLÓ</b>	
Vízellátás-csatornázás szakirányú továbbképzési szak 2021. őszi indulással	90

*A megjelentetésre szánt írásművek, hirdetések, csak nyílt (nem minősített) információkat és adatokat tartalmazhatnak. Ezek minősített voltát a Szerkesztő Bizottság nem vizsgálja, ennek felelőssége a cikk szerzőjét, valamint a hirdetőt terheli.*

## BEKÖSZÖNTŐ

### KEDVES OLVASÓKI!



Ez évi második számunk az előző évek hagyományát követve, márciusban megrendezett Dulovics Junior Szimpózium győzteseinek írásai jelennek meg az első részben.

„című konferencia, a téma továbbra is nagyon aktuális, erről adunk egy rövid tájékoztatót.

A szakma nagy büszkeségéről, a megújult Duna Múzeumról is olvashatunk, megkapta az „Európai különdíj”-at. Ezúton is gratulálunk azoknak a kollégáknak, akik munkájukkal hozzájárultak a szép eredmény eléréséhez.

A témák nagyon változatosak:

- ivóvízhálózatok nyomásérzékenységen alapuló topológiai optimalizációja
- ivóvízhálózatok sebezhetősége
- fenntartható vízhasználat tejelő tehenészetben
- húsipari szennyvizek szerves anyag tartalmának csökkentése

Lapszámunk további tartalmai:

A Szövetség példa értékűen tudott a pandémiás helyzethez alkalmazkodni, válaszolva a kialakult körülményekhez, elindította a webinárium sorozatát. Ezzel a lehetőséggel valóban gyorsan, naprakészen lehet az új, aktuális információkat, tudás anyagot továbbítani a szakma számára.

Az NKE szervezésében második alkalommal került megrendezésre a „Decentralizált szennyvíztisztítási

A nemzetközi rovatunkban most Hamburgba látogatunk el, a szennyvíztelepről kapunk érdekes híradást.

A magyarországi szennyvíztisztító telepek II. rész ebben a számban olvasható.

És végezetül tanuljunk az elődeinktől „Volt egyszer egy kiállítás” című összeállítást érdemes elolvasni és a kiállítást megnézni.

***Mindenkinek hasznos információgyűjtést és kellemes olvasást kívánok!***

**Dr. Papp Mária**  
főszerkesztő



# IVÓVÍZHÁLÓZATOK NYOMÁSÉRZÉKENYSÉGEN ALAPULÓ TOPOLOGIA OPTIMALIZÁCIÓJA

**DÉLLEI ÁKOS,**

*BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM, GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR, HID-  
RODINAMIKAI RENDSZEREK TANSZÉK*

*DULOVICS JUNIOR SZIMPÓZIUM - FŐDÍJ / SZIMPÓZIUM LEGJOBB ELŐADÁSA*

## CÉLKITŰZÉS

Ivóvízhálózataink a világ első közüzemi szolgáltatásai között jöttek létre, ugyanis az élet legfontosabb alkotóelemét, a vizet szállítják a lakosság felé. A folyamatosan bővülő, egyre nagyobb városok általában kisebb városok, települések összekapcsolásával jönnek létre, melynek révén a kisebb ivóvízhálózatok egymásba integrálása következik be. A napjainkra jellemző, rendkívül gyors ütemű városiasodásnak köszönhetően szinte az összes ily módon kialakult hálózatnak vannak olyan régiói, ahol nyomásproblémák, kapacitáshiány jelentkezik. Legtöbb esetben ezen hibák mindaddig rejtve maradnak, míg a hálózatra új lakóépületeket, vagy esetleg egy nagyobb vízigényű technológiát alkalmazó üzemet nem csatlakoztatnak. Sok esetben a problémafeltárást egy-egy katasztrófahelyzet is előidézhetheti, tekintve például egy város közeli erdőtüzet, vagy egy ház kigyulladását. Ilyenkor a tűzcsap jelentette nagyfokú vízkivétel és a lakossági fogyasztási trendek együttese bizonyos esetekben a hálózati nyomás drasztikus leeséséhez, lokális kapacitáshiányhoz vezethetnek. Ennek okán pedig, az éppen szűkség helyzetben lévő tűzoltók nem férnek hozzá

az oltáshoz szükséges mennyiségű ivóvízhez a tűzcsapokon keresztül. Ugyanezen jelenség felelős az ipari fogyasztókat és lakosságot súlytó, csúcsfogyasztások időszakában jelentkező, termelést és komfortérzetet csökkentő "csöpögő csapok" jelenségéért. Azaz azért az állapotért, amikor jelentősebb hálózati károsodás nélkül, normális üzemvitel mellett lehetetlenül el a megfelelő vízkinyerés a hálózatokból. A korábban felsorolt jelentős okok nyomán, jelen kutatás elsődleges célkitűzése e hálózati nyomásingadozások elemzése és javaslat készítése olyan topológiai módosításokra, melyek meggátolhatják ezen káros üzemállapotok, azaz a lokálisan jelentkező kapacitáshiányok bekövetkezését. Erre a Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék munkatársai által felismert célfüggvény transzformációs módszer és egy újszerű, saját implementációval megvalósított, bővített genetikus algoritmus párosításával keressék választ, azáltal, hogy céloim azon optimális, a rendszerbe csatlakoztatandó csőnyomvonal meghatározása, amely a lehető legnagyobb mértékben növeli a vizsgált tizenegy darab valódi ivóvízhálózat kapacitását. Ez egy

passzív, igen környezetkímélő megoldást jelent az ivóvízhálózatok jobbátételére, ugyanis csak egyszer kell a rendszerbe építeni az adott csőszakaszt, utána nincs vele több teendő. Míg, ha ugyanezen célt nyomásfokozó szivattyúkkal akarunk megvalósítani, az az évek során rengeteg költséget vonna maga után a karbantartás által, illetve jelentős mennyiségű környezetterhelést jelentene a szivattyú folyamatos áramigényén keresztül. Céлом tehát azon legkörnyezetbarátabb bővítési javaslat elkészítése egy ivóvízhálózat esetére, mely segítségével a hálózati kapacitás növelhetővé válik.

## A HÁLÓZATI MODELLEZÉS MEGVALÓSÍTÁSA

A vizsgálatok megkezdése előtt szükség van ivóvízhálózati modellek felépítésére. Az ipari partnerek által számunkra biztosított térinformatikai rendszernek köszönhetően információt kapunk a hálózatban lévő csővezetékek pontos elhelyezkedéséről, átmérőjéről, hosszáról, csősúrlódási tényezőjéről, a medencék vízfedettségeről, a szerelvények (például tolózárak) helyéről, illetve az imént említett ágelemek találkozási helyéről, melyet csomópontnak hívunk. Az éves számlázási adatok alapján minden csomópont esetén valós fogyasztási adatokat is modellezhetünk, melyek pontosan tükrözik a hálózatból kivett vízmennyiséget. A modellalkotást követően eszközölnünk kell a felépített hálózati modell matematikai leírását. Definiálhatunk csomóponti egyenleteket, illetve ágegyenleteket. Míg előbbiek lineáris alakot öltenek, addig az ágegyenletek között a térfogatáram és az abban megtalálható sebesség miatt megjelenik a nemlinearitás. A hálózatot jellemző teljes egyenletrendszer emiatt egy jól definiált, de nemlineáris algebrai egyenletrendszernek tekinthetjük. A legkisebb vízelosztó hálózat is már rengeteg egyenlettel

rendelkezik, így muszáj ezen egyenletrendszeret számítógép segítségével kiértékelni, melyre a nemlineáris egyenletrendszerek megoldásának alapeszköze, a Newton-Raphson módszer használatos. A kiértékelést követően a csomóponti nyomások és ágelemi térfogatáramok mellett a számunkra későbbiekben fontos csomóponti nyomásérzékenységek is ismertté válnak. A hidraulikus kiértékelés a Staci nevű programmal történik, melyet a Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék és a SYS-Team Zrt. közösen fejlesztett ki.

## A NYOMÁSÉRZÉKENYSÉG BEVEZETÉSE ÉS EGYES FAJTÁINAK ISMERTETÉSE

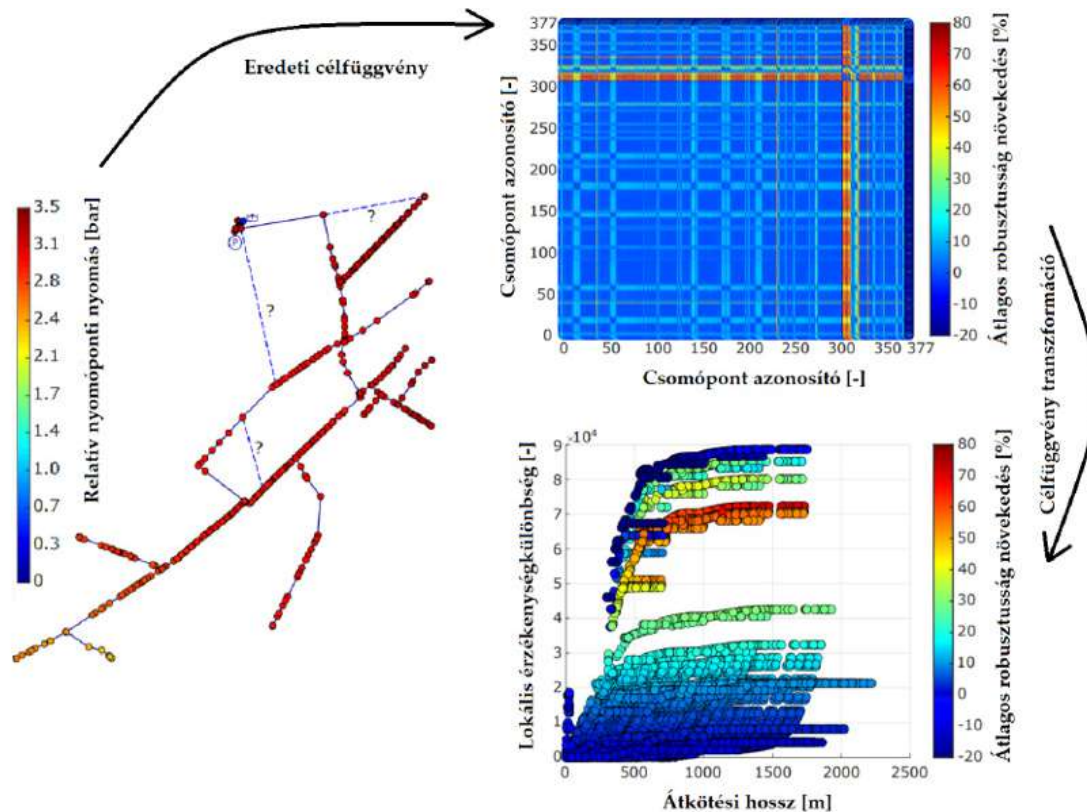
Az érzékenység fogalma azt fedi, hogy egy fizikai rendszer, jelen esetben egy hidraulikai hálózat jellemzői milyen mértékben változnak adott behatások, körülményváltozások eredményeként. Esetemben ezen hatás a hálózat csomóponti fogyasztásának vagy topológiájának megváltozása, míg ahol ezen hatás érvényesül az az ivóvízhálózat hidraulikai jellemzői. Hidraulikai jellemzők alatt a hálózatot leíró nemlineáris algebrai egyenletrendszer ismeretlen mennyiségeit értjük, értelemszerűen a csomóponti nyomásokat és ágelemi térfogatáramokat, valamint ezen mennyiségekhez kapcsolható, összefüggő mennyiségeket (pl. csomóponti kapacitás). Attól függően, hogy vizsgálatunk során mely paraméter megváltozását követjük nyomon, úgy beszélhetünk fogyasztásváltozás esetén nyomás illetve térfogatáram érzékenységről. Számomra a nyomásérzékenység lesz mérvadó a hálózati topológia optimalizáció megvalósításakor, révén a hálózat fogyasztói illetve a szolgáltatók számára a csomóponti nyomások jelentik a kézzelfoghatóbb mennyiségi értéket. Ha vesszük a hálózatokra felírható nemlineáris egyenletrendszert, és kiszámítjuk ennek a fogyasztás

szerinti megváltozását, akkor rendelkezésünkre fog állni az érzékenységi mátrix. Annak függvényében, hogy ezen mátrix sorait és oszlopait hogyan olvassuk ki, háromféle érzékenységi mennyiséget különböztethetünk meg. Lokális csomóponti érzékenységről akkor beszélhetünk, ha a mátrix egy adott sorában található elemeket összeadjuk. Ezen mennyiség megmutatja számunkra, hogy a hálózat összes csomópontjának fogyasztásváltozása hogyan befolyásolja egy adott csomópont nyomását. Csúcsérzékenység alatt a legnagyobb lokális érzékenységű csomópont érzékenységét értjük. Ezt a mátrix legnagyobb érzékenységű sorának összegzésével számíthatjuk ki. A hálózatok vizsgálata során egy szintén kiemelt mennyiség az átlagos érzékenység, mely a teljes hálózat érzékenységéről ad információt. Ennek kiszámításához a mátrix összes elemét átlagolnunk kell. Abból fakadóan, hogy egy hálózat topológia módosítása az ivóvízhálózat áramlási viszonyait is átalakítja, így az érzékenység értékeinek módosulását is maga után vonja, ezen mennyiség topológia specifikus. Azaz rendelkezésünkre áll egy olyan mennyiség, mely lehetővé teszi annak karakterizálását, hogy az ivóvízhálózat felépítésének megváltoztatása milyen irányba módosította annak robusztusságát. Így tehát ezen paraméter megváltozását kiterjeszthetjük két topológiai állapot összevetésére, azaz a csőátkötés behelyezése előtti és utáni állapotra. Az érzékenységi mennyiségek definiálását követően érdemes kitérni az optimalizáció célfüggvényére, illetve a szükséges célfüggvény transzformációra.

## CÉLFÜGGVÉNYTRANSZFORMÁCIÓ MEGVALÓSÍTÁSA

Ahhoz, hogy egy csőátkötés rendszerbe helyezése által módosított hálózat megerősödését jellemezni tudjunk, szükségünk van az imént ismertetett

átlagos érzékenység megváltozásának kiszámítására, ugyanis csak ennek segítségével tudunk következtetéseket levonni a teljes hálózatra nézve, mivel a lokális érzékenység csak adott csomópontokra jellemző mennyiség. Itt fontos kihangsúlyozni, hogy míg a lokális érzékenységváltozást minden csomópont esetére egyetlen hidraulikai szimulációval kiszámíthatjuk, addig az átlagos érzékenységváltozást sajnos minden megvalósítható átkötés esetére ki kell külön értékelni, mely már egy kis hálózat esetén is rengeteg hidraulikai szimulációt, és futtatási időt von maga után. Mivel a beépítendő csőszakasz a két végén két csomópontot köt össze, ésszerű lenne a csomóponti azonosítók alapján keresni a számunkra szükséges átkötést, melynek topológia módosító hatását az átlagos érzékenység megváltozásával, más szóval az átlagos robusztusság növekedéssel támaszthatnánk alá, ahogy az az 1. ábrán is látszik. Ha így építjük fel a célfüggvényt, akkor az ábrán is jól látható módon egy rendkívül bonyolult keresési teret kapnánk, melyen a legtöbb algoritmus elveszíti konvergenciáját. Szükség van tehát egy célfüggvény transzformáció alkalmazására. A Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék munkatársai erős korrelációt fedeztek fel az optimálisan csatlakoztatott csőszakasz és a csomópontok lokális érzékenységkülönbsége között, azaz azon két csomópont közé érdemes egy új csőszakaszt fektetni, ahol a legnagyobb lokális érzékenységkülönbséget találjuk egy adott maximális összekapcsolási hosszban belül, ugyanis így érhető el a kívánt leghatékonyabb robusztusság növekedés. Így tehát, ha áttranszformáljuk a keresési teret oly módon, hogy a vízszintes szakaszon a csomópontok összekötéséhez szükséges átkötési hosszt, a függőleges tengelyen pedig az összekötött csomópontok lokális normált érzékenységkülönbségét ábrázoljuk, akkor az elérhető átlagos érzékenység növekedés már egy rendezett célfüggvény szerint fog eloszlani.



1. ábra. A célfüggvény transzformáció megvalósítása

A Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék munkatársai által kifejlesztett, imént ismertett módszer jelenleg csak egybetápos ivóvízhálózatok esetére működik kiválóan, ugyanis ekkor az optimális megoldások a beépítendő csőhossz - lokális érzékenységekülönbség diagram külső burkológörbéjén helyezkednek el. Bár az optimális megoldások mindig egy görbét rajzolnak ki, több betápos ivóvízhálózatok esetén az optimális megoldásokat tartalmazó burkológörbe „lejjebb mozdul” a grafikonon. Ennek a jelenségnek az az oka, hogy több betáplálás esetén a legnagyobb lokális érzékenységekülönbségű csomópontok összekötése hidraulikai rövidzárhoz vezethet, mellyel nem robusztusság növekedést, hanem a hálózat funkcióvesztését érnénk el. Emiatt az optimális csőátkötés pontos elhelyezkedésének feltérképezése végett szükség van egy optimumkereső

algoritmus implementálására. Számos, globális optimumkeresésre képes sztochasztikus algoritmus létezik, viszont a csőoptimalizálás terén alkalmazandó célfüggvényt valamennyiük képtelen lenne kezelni. Ugyanis ilyen esetben, nem csupán egy nagyméretű, diszkrét keresési térrel kell megbirkóznia az algoritmusnak, hanem a keresendő csőátkötést meghatározó, mindössze két csomóponti azonosító lévén egy szűkparaméteres optimumkeresésen is felül kell kerekednie. Mindezek mellett, a gazdasági szempontokat figyelembe véve a keresés során elő kell írni egy maximális csőhosszt is, mely lineáris kényszerként tovább nehezíti az algoritmus feladatát. Kisebb, község méretű ivóvízhálózatok esetén a teljes hidraulikai kiértékelés (átkötésenként az átlagos érzékenységváltozás kiszámítása), mely az algoritmus célfüggvényét jelenti, még elvégezhető. Nagyobb hálózatokat

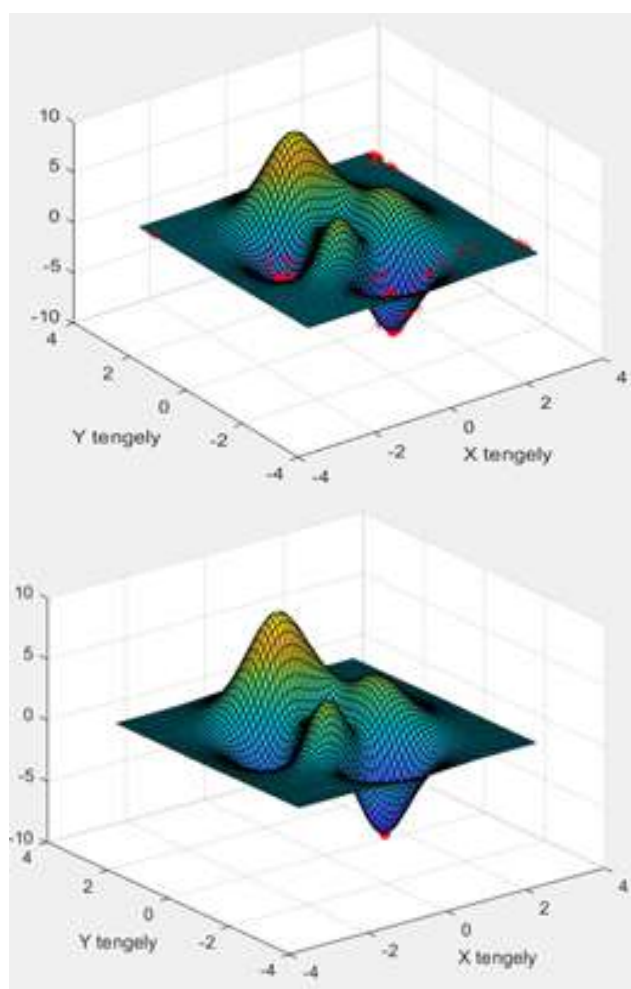


vizsgálva, a teljes kiértékelés a lehetőségek exponenciális növekedése, azaz a kombinatorikai robbanás miatt jelen számítógépes technikával nem, vagy a kisebb városokat is tekintve egy átlagos irodai számítógépen, csak évek alatt tudna megvalósulni. Ezen tényből adódóan, a kutatás következő fázisát a hidraulikai szimulátor célfüggvényként történő algoritmusba kötése jelentette, melynek segítségével teljes kiértékelés nélkül vizsgálhattam nagyobb-nál nagyobb, pontosan 11 darab, Magyarország területén található ivóvízhálózatot.

### AZ OPTIMALIZÁCIÓT MEGVALÓSÍTÓ GENETIKUS ALGORITMUS

Ahhoz, hogy megtaláljam az optimalizáció megvalósítása szempontjából legkiválóbb algoritmust, három genetikus algoritmus variáns került megvizsgálásra. Az első módszer a MatLab beépített optimumkereső eszköztára. A második ugyanezen algoritmus, némileg kiegészített, saját implementálású verziója. Végül pedig egy újdonságot jelentő, lokális keresővel és szándékosan kényszerített keresési térre kifejlesztett eszköztárral rendelkező módszer került megvizsgálásra, mely a leghatékonyabbnak bizonyult az optimumkeresés során. Mindhárom algoritmus vizsgálata szintetikus tesztfüggvényeken keresztül történt, révén ezen függvények pontos megoldása ismert, illetve azon lokális optimumok helye is, melyek egy algoritmus számára akadályt jelenthetnek. Előbbi kettő algoritmus konvergenciája a 2. ábra bal oldali részén látható. Elvesztek a keresési téren, számos lokális optimumról szolgáltatott információt, miközben a számunkra szükséges globális optimum megtalálásában nem jártak sikerrel, ugyanis nem tudták megfelelően kezelni a csőoptimalizálás során alkalmazott bonyolult célfüggvényt. Ha

azonban tekintjük a SonDuyDao és társai által kifejlesztett, általam implementált harmadik algoritmust, akkor kiválóan láthatjuk a konvergencia megfelelő alakulását, azaz a globális optimum pillanatok alatt történő megtalálását, melyet a 2. ábra jobb oldali része is alátámaszt.



2. ábra. Az algoritmusok konvergencia vizsgálata

Ezen algoritmus lényegében két dologban tér el a hagyományos genetikus algoritmusoktól. Rendelkezik egy lokális keresővel, mely során az algoritmus egy megadott „X” sugáron belül elkezd teljesen kiértékelni a célfüggvényt, ezáltal megnézi, hogy talál-e jobb irányt a megoldáskeresés során. Valamint automatikus újraindításának köszönhetően az algoritmus újraindítja

keresési ciklusát, ha beszorul egy lokális optimumba, ezáltal pedig képes önmaga figyelni a konvergenciájának alakulását.

## AZ OPTIMALIZÁCIÓ MEGVALÓSÍTÁSA, EREDMÉNYEK ISMERTETÉSE

A továbbfejlesztett genetikus algoritmussal a tesztelési fázist követően 11 db, valódi, Magyarországon található ivóvízhálózatot vizsgáltam meg. Az eltérést az jelentette a tesztelési fázistól, hogy az algoritmus célfüggvényét összekötöttem a Staci nevű hidraulikai megoldóval, így szükségtelemmé vált az egyes hálózatok esetén a teljes hidraulikai kiértékelés elkészítése, mely nagyobb hálózatok esetén, egy átlagos személyi számítógéppel akár évekig

is eltartana. A hálózatok adatait a Vízművek rendelkezésünkre bocsátották, melynek köszönhetően a módszert a szintetikus hálózatoktól eltérve valódiakon tesztelhettem. A vizsgált ivóvízelosztó rendszerek adatai az alábbi táblázatban látható.

A futtatások megkezdése előtt fontos volt meghatározni, hogy az egyes hálózatokat mennyi ideig vizsgáljam a sztochasztikus optimumkeresővel, révén ezen optimumkeresők esetén nem tudhatjuk, mikor találják meg a globális optimumot. Mérlegelve azon tényállást, hogy az iparban egy beruházás, vagy megrendelés esetén általában gyorsan kell döntést hoznunk, Sánc-hegy ivóvízhálózatával bezárólag a futási időt 1 napra választottam meg, míg

Hálózat neve	Csomópontok [db]	Teljes csőhossz [m]	Lehetséges csőátkötések [db]
Csapod	377	6390,06	142 506
Tómalom	1293	17623	1 673 142
Bécsi-domb	1589	22674,7	2 526 510
Váris	1735	27117,8	3 011 960
Vashegy	1990	31916,7	3 962 090
Nagyceenk	2057	33156,9	4 233 306
Lövő	2458	45223,1	6 044 222
Bük	2911	49946,4	8 476 832
Sánc-hegy	2940	36240,3	8 646 540
Fertőmenti	6907	111952	47 713 556
Villa-sor	7186	97285	51 645 782

1. táblázat. A vizsgált, valós hálózatok adatai

a két nagyobb hálózat, Fertőmenti és a Villator esetén 2 nap mellett döntöttem. Jól láthatóan, a nagyobb hálózatok irányába haladva négyzetesen nő a keresési terünk. Egy maximális csőátkötés hossz definiálásával ugyanakkor az egyes futtatások esetén ezen keresési terek nagyságát egy bizonyos mértékig lecsökkenthetjük. Kényszerként tehát minden hálózat esetén előírtam 3-3 maximálisan figyelembe vett csőátkötés hosszt, melyeket a hálózatok teljes csőhosszainak meghatározott százalékos értékével definiáltam. Példaként tekintsük Csapod hálózatát, melynek teljes csőhossza 6390 méter. Itt az első kényszerhatárt a teljes csőhossz 1%-ával írtam elő, azaz az elsőként figyelembe vett maximális csőátkötés hossz az optimumkeresés során 63,9 méter volt.

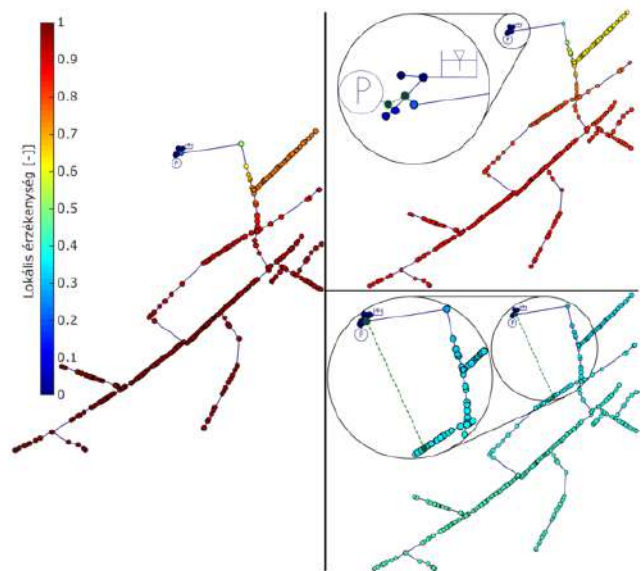
Vizsgálataim célját jelentő nyomásérzékenységen alapuló topológia optimalizáció tehát azt jelenti, hogy ivóvízhálózati rendszereinket egyetlen, optimális csőátkötés hálózatba építésével kívánom megerősíteni, azaz robusztusságukat ezáltal szeretném megnövelni a lehető legkörnyezetbarátabb módon a fogyasztásváltozásokkal szemben. Ezen robusztusságnövelés, vagy más szempont szerint érzékenységcsökkenés egybeesik a hálózatok kapacitás növelésével mégpedig oly módon, hogy a tapasztalataink egyértelműen azt mutatják, hogy az esetben, ha stabilizáljuk a hálózatot nyomásérzékenység szempontjából, úgy jelentős kapacitásnövekedést is lehetőségünk van elérni. Ez abból fakad, hogy a nyomásérzékenység csökkenése magával vonja azt, hogy egy fogyasztó vízkivétele esetén a rendszer nyomása kisebb

<i>Hálózat neve</i>	<i>Kapacitás 1 [%]</i>	<i>Kapacitás 2 [%]</i>	<i>Kapacitás 3 [%]</i>
<i>Csapod</i>	<i>11.4144</i>	<i>11.4144</i>	<i>33.3826</i>
<i>Tómalom</i>	<i>0.2715</i>	<i>2.9996</i>	<i>6.2270</i>
<i>Bécsi-domb</i>	<i>0.9403</i>	<i>0.9403</i>	<i>2.0306</i>
<i>Váris</i>	<i>1.8746</i>	<i>2.0784</i>	<i>1.6192</i>
<i>Vashegy</i>	<i>0.0776</i>	<i>0.4385</i>	<i>1.2716</i>
<i>Nagycekn</i>	<i>6.7387</i>	<i>6.7387</i>	<i>6.7387</i>
<i>Lövő</i>	<i>0.5869</i>	<i>6.8428</i>	<i>6.5759</i>
<i>Bük</i>	<i>0.2226</i>	<i>9.5986</i>	<i>13.5201</i>
<i>Sánc-hegy</i>	<i>0.4942</i>	<i>4.1497</i>	<i>4.0662</i>
<i>Fertőmenti</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>1.5291</i>
<i>Villa-sor</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>0.6757</i>

**2. táblázat.** A vizsgált hálózatokon elért kapacitás növekedés, az egyes oszlopok értékei az adott maximális csőátkötési hosszal megvalósított optimalizációhoz tartozó kapacitásnövekmény értékeket jelentik, a két legnagyobb hálózatnál pedig csak a legnagyobb robusztusságnövekedés esetét vizsgáltam meg

mértékben változik meg, esik vissza. Tehát ugyanazon fogyasztási állapot mellett a rendszerkapacitás növekszik, révén az alapnyomás kevésbé csökken le. A robusztusság értékek tehát átültethetők műszakilag értelmezhető megfogalmazásba, melyet a hálózat kapacitás növekedési értékével jellemezhetünk. Ezzel pedig elérhetem módszerem fő célját, a lokális hálózati kapacitáshiányok feloldását. A Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék munkatársai megvizsgálták, hogy az optimumkereséssel elérhető robusztusság növekedés arányos, trendszerint megegyező az elérhető kapacitásnövekedéssel. Maga a kapacitásnövekedés arról szolgáltat információt, hogy a hálózat megerősítését követően mennyivel több vizet tudunk kivenni a rendszerből ugyanazon fogyasztási állapot mellett. Az egyetlen módszer, mellyel a kapacitásvizsgálatot elvégezhetjük nem más, mint a passzív tűzcsap modell. Maga a passzív tűzcsap egy légkörre nyitott csomópont, melyet egy nagyon rövid, DN100-as csőszakasszal rákötünk egy-egy hálózati csomópontra. Ezen szimuláció megvalósításával a hálózati csomópont és a legkör nyomáskülönbségéből adódóan víz fog kilépni a passzív tűzcsapon keresztül. Az egyes csomópontokra tehát egymás után egy nagy fogyasztású, légköri nyomásra nyitott tűzcsapot helyezünk, és a módosítás előtti, illetve utáni állapotokban vizsgáljuk a kivehető vízmennyiséget minden esetben egy szeparált, új hidraulikai szimuláció által, ebből fakadóan ezen vizsgálati forma igen számításgényes – még a legkisebb hálózat esetén is több mint hétszáz hidraulikai szimuláció elvégzését igényli, míg a legnagyobbnál több mint tizennégyezer – viszont lehetővé teszi a hálózat tűzvíz kapacitásnövekményének feltérképezését. A tűzcsapmodellrel megvizsgált kapacitásnövekmények az 2. táblázatban követhetők nyomon.

Jól látható, hogy módszerem minden hálózat esetén jelentős százalékos kapacitás növekedést ért el ugyanazon betáplálási pontok és hálózati üzemviteli jellemzők mellett. Azaz az optimálisan csatlakoztatott csőátkötéssel úgy érhetünk el nagyobb áramlást, hogy nem cserélünk a rendszerben szivattyút. Annak érdekében, hogy szemléletesebbé tegyem a vizsgálataim eredményeit, két hálózat esetén részletes esettanulmány kerül bemutatásra. Látható, hogy az optimalizáció következtében miként is változott a nyomásstabilitásuk, nőtt meg a robusztusságuk, illetve ezzel egy trendet követve a kapacitásuk. Csapod és Nagycenk hálózatának részletes elemzése következik a továbbiakban.



**3. ábra** Csapod hálózatának optimális átkötései a hidraulikai megoldóval összekötött optimumkeresővel meghatározva.

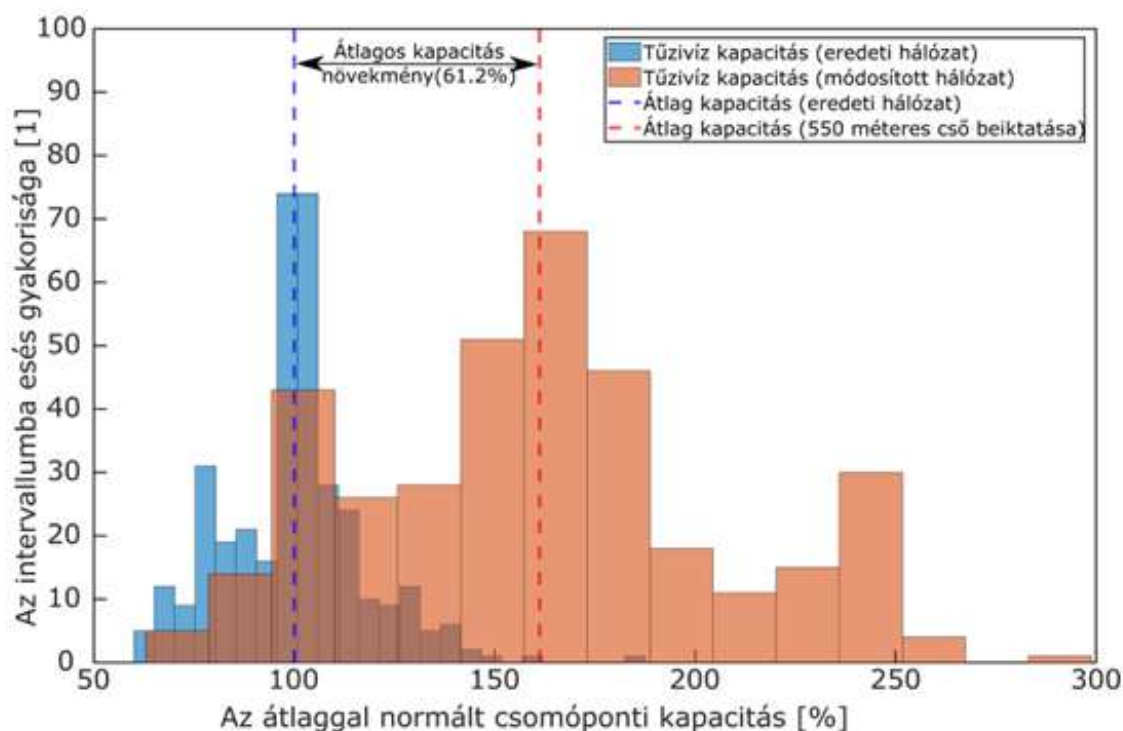
A 3. ábra jobb felső részén egy 15,7 méteres csőszakasz beépítésével, míg a jobb alsó részén egy 550 méteres csőszakasz implementálásával megvalósított topológia módosítás hatását láthatjuk. Az elért robusztusság növekedés rendre 29,19 az első és második keresési határon belül,



míg 36,25 % a harmadik keresési határ esetében. Utóbbin tisztán látható, hogy az egész rendszer nyomásérzékenysége szinte teljesen lecsökkent, így egy rendkívül robusztus hálózatot nyernénk csupán ezen csőátkötés beépítésével. A nyomásérzékenység lecsökkentésének hatására nagy mértékű kapacitás növekedést tudunk a hálózaton elérni, rendre 11,41 és 33,38%-ot. Ahogyan az említésre került, a nyomásérzékenység lecsökkenése magával vonja azt, hogy egy fogyasztó vízkivétele esetén a rendszer nyomása kisebb mértékben változik meg, esik vissza. Ennek köszönhetően ugyanazon fogyasztási állapot mellett az alapnyomás kevésbé csökken le, ami a rendszerkapacitás növekedésével jár. Ha megvizsgáljuk a kapacitásértékeket, a robusztussággal arányos, trend és nagyságrend szerint megegyező értéket kapunk.

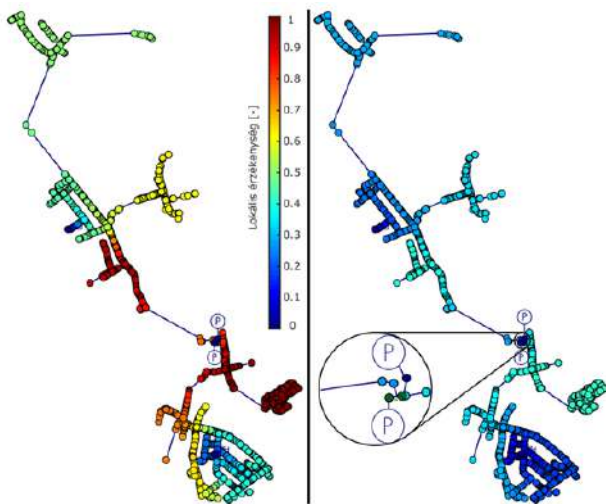
Az elért kapacitásnövekedés megfelelő kiértékelhetősége érdekében 17 db, a betáphoz közel

lévő csomópontot eltávolítottam, mivel kapacitásértékük 16-18-szor nagyobb, mint a hálózati kapacitás átlag, annak okán, hogy a betáplálási pont érzékenysége zérus, tehát kapacitása elméletileg végtelen, így értelmezhetetlenül eltorzították a hisztogramot. Ha vesszük a csomóponti kapacitások átlagával normált értékét, azt láthatjuk, hogy a hálózati átlagkapacitás mintegy 61,2 %-kal megnőtt, illetve rengeteg új, az eredeti hálózathoz képest extrém nagy kapacitással rendelkező csomópont jelent meg a hálózatban. Természetesen a nagy kapacitással rendelkező csomópontok kizárásával az elért valós 33,3 %-os kapacitásértéket torzítom, ugyanakkor a csomópontok többségére elért kapacitásnövekményt hűen ábrázoltam. Ebből fakadóan, az adatok feldolgozása során a leválogatás nélküli hisztogram alapján számított kapacitás növekedés került feltüntetésre, ezen leválogatás csupán az eloszlás ábrázolhatósága végett történt.



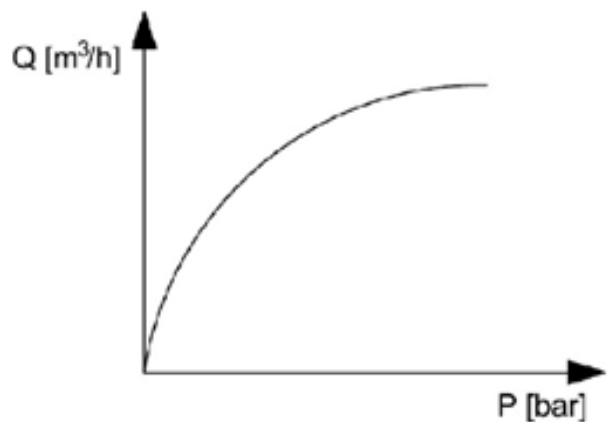
4. ábra Csapod hálózatának optimalizálásával elért kapacitásnövekedés

Nagycenk esetén a 3 optimalizációs futtatás során ugyanazon eredményt kaptam. Hiába növeltem a figyelembe vehető csőátkötés hosszokat, az optimumkereső egy 22,39 méteres csőszakaszt talált optimálisnak, mellyel 54,48 %-os robusztusság növekedést érhetünk el. Az érzékenységi térkép magáért beszél. Csakúgy, mint Csapodnál, a teljes rendszer nyomásingadozását szinte teljes mértékben lecsökkenthetjük egy igen rövid csőszakasz hálózatba építésével.



**5. ábra** Nagycenk hálózatának optimális átkötései a hidraulikai megoldóval összekötött optimumkeresővel meghatározva

A kapacitásnövekedés bár egy trendet mutat Nagycenk esetén is a robusztusságnövekedéssel, mértékük jelen esetben nem kapcsolódik egyértelműen össze. Az optimalizációval 6,7 %-os kapacitásnövekedést értem el, míg a robusztusság növekedés 54,48 %-ra adódott. Ezen eredmény magyarázatául a passzív tűzcsap modell módszerének fő korlátja szolgál. Amennyiben egy hálózat alapvetően rendelkezik megfelelő kapacitással a tűzcsapok megfelelő üzemeltetéséhez, azaz a tűzcsap jelleggörbe nem kezdeti, hanem már vízszintes közeli szakaszán járunk, úgy csupán a növekmény trendjéről kapunk információt.



**6. ábra** Egy tűzcsap karakterisztika görbéje

A görbén azt láthatjuk, hogy a nyomás növelésével, egy bizonyos szint felett már nem tudunk több vizet átengedni a tűzcsapon, mely a hálózat minden csomópontja esetén DN100 méretben került modellezésre. Ilyen hálózatok esetén akkor kapnánk megfelelőképet a kapacitásnövekedés mértékéről, ha a hálózatra egy nagyfogyasztót kötnénk, melynek térfogatáram-nyomás karakterisztikája már alkalmas lenne ezen cél indikálására. Ez már azonban túlmutat jelen kutatás keretein, révén ehhez egy hálózatbővítési vizsgálat elvégzése szükséges. A passzív tűzcsap modell arra viszont tökéletesen alkalmas, hogy szemléltesse a tényt, hogy a talált átkötésekkel minden esetben javítok a rendszeren, illetve számszerűsíteni tudom azon minimális kapacitásnövekmény értékeket, melyeket biztosan elérünk az optimalizáció megvalósításával, jelen helyzetben Nagycenk esetén is.

## ÖSSZEFOGLALÁS

Projekttem célját több betáplálással rendelkező ivóvízhálózatok nyomásérzékenységen alapuló topológia, azaz egyetlen csőátkötéssel megvalósított optimalizációja jelentette, mellyel elsődleges célom a napjaink ivóvízhálózatait jellemző

kapacitáshiány leküzdése volt. Az ivóvízhálózatok csőátkötés szerinti topológia optimalizációja komoly nehézségeket szült az algoritmusok célfüggvényére vonatkozóan. A kutatási eredmények azt mutatták az irodalom jelenlegi állásával együtt, hogy a módszer keresését célszerű a genetikus algoritmusok irányába eszközölni. A Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék munkatársainak eredményeit, illetve Son Duy Dao és kollégái módszerét ötvözve egy olyan új, optimumkereső eljárás implementálására nyílt lehetőség, mely képes felülkerekedni a célfüggvényt nehezítő

problémákon több betáppal rendelkező ivóvízhálózatok esetén. Ahhoz, hogy a kisebb közösségek hálózatánál nagyobb ivóvízhálózatokat is megvizsgálhassak, szükség volt az implementált algoritmus célfüggvényét a Staci nevű hidraulikai megoldó rendszerbeépítése által meghatározni. Az így nyert, továbbfejlesztett genetikus algoritmus segítségével 11 darab valódi, Magyarországon található ivóvízhálózatot vizsgáltam meg, melyek többsége esetén látványos eredmény született mind a robusztusság, mind az elért kapacitásnövekményeket tekintve.

## ▶ IRODALOMJEGYZÉK

### SZERZŐ:



**Délei Ákos:** Délei Ákosnak hívnak, jelenleg a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnök mesterképzésén tanuló Áramlástechnika szakirányon. A Bsc diplomámat szintén ugyanezen egyetemen teljesítettem Gépészmérnök alapképzésen. Már az alapképzés ideje alatt szerettem volna elméleti tudásomat az iparban is kamatoztatni, így az egyetem mellett gyakornokként több helyen is dolgoztam. Első munkahelyem a Zultzer Pumpen Kft.-nél volt, ahol feladataim között szerepelt áramlástanai keverők, szivattyúk kiválasztása különböző rendszerekhez, illetve ezek mellett helyszíni felmérésekkel, árajánlatkészítéssel, és áramlástanai vizsgálatok elemzésével is foglalkoztam. 2020. júliusától a Ganz Engineering Kft.-nél dolgoztam tervezőmérnökként, ahol az ipari szivattyúk hidraulikájának tervezése mellett tesztmérnökként labormérési feladatokat is végre kellett hajtanom. Az egyetemen ugyanakkor nagyon érdekesnek találtam az ivóvízhálózatok vizsgálatát, mely kutatásokba lehetőségem nyílt bekerülni a Hidrodinamikai Rendszerek Tanszéken. Jelenleg is az ivóvízhálózatok jobbátételének témakörében végzem projektfeladataimat, illetve diplomaterveket és a következő TDK-mat is ezen témában fogom elkészíteni.

# ÍVÓVÍZHÁLÓZATOK SEBEZHETŐSÉGE

**WÉBER RICHÁRD, HUZSVÁR TAMÁS, DR. HÓS CSABA**  
BME GPK, HIDRODINAMIKAI RENDSZEREK TANSZÉK

*Absztrakt: Még egy kiválóan karbantartott ivóvízhálózat esetén is előfordulnak véletlenszerű csőtörések különböző havária események következményeként. E problémák súlyos veszteséget jelentenek mind a fogyasztók igényeinek kiszolgálásában, mind pedig az üzemeltetők pénzügyi oldalán. Egy csővezeték, csőkapcsolat meghibásodása esetén a felelős szolgáltatónak szükséges az érintett területet mielőbb szakaszoló tolózárak segítségével a nyomástól leválasztani, ezzel megteremte a lehetőséget a javítási munkák elvégzésére. Jelen munka közlése során bemutatunk egy matematikai módszert, amely alkalmas nagyméretű ivóvízhálózatok esetén is számszerűleg megmutatni egy hálózat mely területei számítanak sebezhetőnek a csőtörésekkel szemben. A technika lehetővé teszi azt is, hogy a korábbi csőtörési statisztikákat hálózatspecifikus módon beágyazzuk a módszerbe, így biztosítva, hogy egyéni, korábbi tapasztalatok alapján hozzunk létre iránymutatás a várható csőtörések károkozásának mértékéről.*

## BEVEZETÉS

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

csőtörések vagy hirtelen nagy mennyiségű vízkivételek, pl. tűzvíz kivétel. Egy jól felépített és karbantartott ivóvízhálózati modell segítségével lehetőségünk van akár megelőző lépéseket is tenni pl. váratlan csőtörésekkel szemben.

## ÍVÓVÍZHÁLÓZATOK MODELLEZÉSE

Napjainkban az informatikai rendszerek széleskörű elterjedésének köszönhetően lehetőség van arra, hogy az ivóvízhálózatokban található minden egyes hidraulikai elemet (csőszakaszt, tolózárát, szivattyút) virtuálisan tároljunk, modellezzünk és akár működtessünk. A hálózatok e módú leképezése lehetővé teszi olyan hidraulikai modell



építését, melynek köszönhetően a modellezett hálózat viselkedése feltérképezhető a valóságot közelítő módon<sup>1</sup>. Egy ilyen hidraulikai modell számtalan lehetőséget rejt magában: a beszakadt tolózárak detektálásától kezdődően; az esetleges hálózatbővítések hidraulikára gyakorolt hatásának koncepcióterv szintű vizsgálatainak keresztül, a kis vízigényváltozásra nagy nyomásváltozásokkal reagáló (magas nyomásváltozás érzékenységu) hálózati helyek azonosításáig.

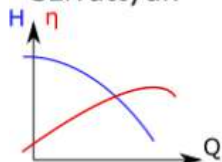
A matematikai modelltől dióhéjban a következőket érdemes ismerni. Egydimenziós áramlást, összenyomhatatlan közeget feltételezünk. Továbbá időben szakaszosan állandósult állapotot

vizsgálunk, tehát különböző üzemállapotok sorozatait számoljuk, jellemzően néhány tízperces vagy órás időlépéssel. Ilyen feltételek mellett írjuk fel minden csomópontokra az anyagmegmaradás, illetve minden ágelemre (pl. csőszakasz, szivattyú, szelep) az energiamegmaradás egyenletét<sup>3</sup>. Ezen egyenletek egy nagyméretű, egyértelműen megoldható (vagyis az ismeretlenek száma megegyezik a független egyenletek számával), algebrai, nemlineáris egyenletrendszerre alkotnak. Ezt a Newton-Raphson-módszerre épülő megoldóval oldjuk meg, a BME, GPK, Hidrodinamikai Rendszerek Tanszéken fejlesztett Staci programcsomag segítségével<sup>4</sup>. Ez a hidraulikai megoldó bemenetén kap egy

### Csővezetékek

ID	X1	Y1	X2	Y2	Length	D	Material	Year
1316203	561715.7	196302.7	561683.9	196245.7	65.185	90	polyethylen	1995
1316202	561718	196307	561715.7	196302.7	4.879	90	polyethylen	1995
1322674	561715.7	196302.7	561723.7	196298.2	9.209	25	polyethylen	1990
1316205	561722.2	196317.4	561718	196307	11.934	90	polyethylen	1995
1322675	561718	196307	561728.5	196301.1	11.824	25	polyethylen	1990
1316204	561717.3	196320.1	561722.2	196317.4	5.61	90	polyethylen	1995
1322671	561722.2	196317.4	561732.7	196313.4	12.445	25	polyethylen	1990
1316195	561716.8	196320.3	561717.3	196320.1	0.591	90	polyethylen	1995
1322673	561713.2	196312.4	561717.3	196320.1	8.719	25	polyethylen	1990
1316197	561706.5	196325.8	561716.8	196320.3	11.574	90	polyethylen	1995

### Szivattyúk



### Tolózárak

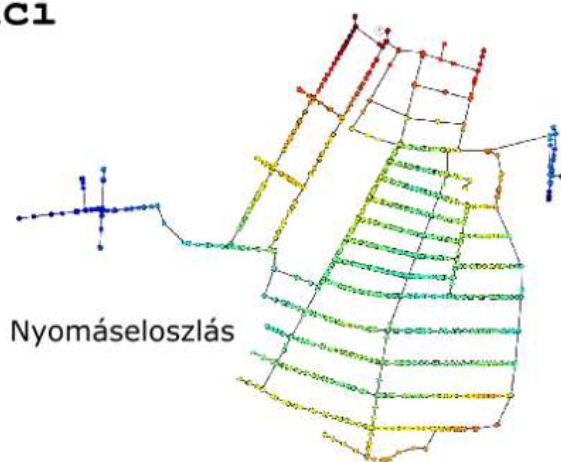
ID	X	Y	State
2874222	563520.4	193518.3	Open
2874221	563538.5	193474.9	Open
2874220	563520.7	193509.8	Open
2874219	563520.8	193510.1	Open
2874218	563538.4	193474.5	Closed
2874217	564695.1	195627.2	Open
2874216	564694.8	195627.5	Open

### Fogyasztási adatok

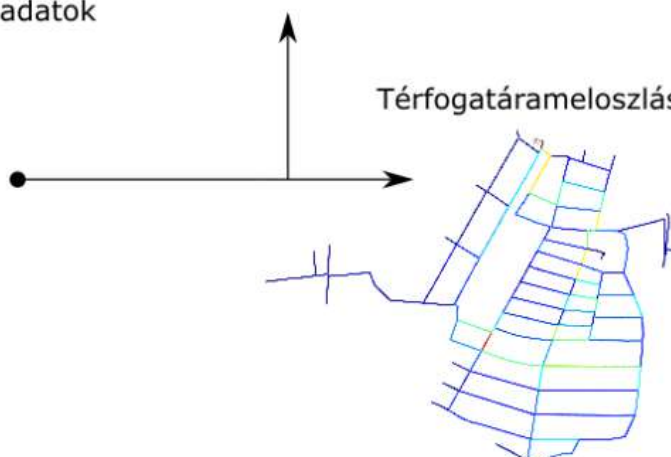
### Hidraulikai modell



### Staci



### Térfogatárameloszlás



1. ábra Hidraulikai modell építése a Staci segítségével.

hálózatot (topológiával, csomóponti és csőszakasz adatokkal, hálózati vízigénnyel stb.), majd a matematikai számítások után a kimeneten megkapjuk a hálózatban található csomópontok nyomását valamint az ágelemekén átfolyó térfogatáramot.

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

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

## IVÓVÍZHÁLÓZATOK SEBEZHETŐSÉGE

### Valódi ivóvízhálózatok

Napjainkban számos kutatás célja a hálózatelmélet területén, hogy számszerűleg definiálják

egy rendszernek az ellenállóképességét különböző meghibásodásokkal szemben<sup>6</sup>. Ebben a vizsgálatban mi azzal foglalkoztunk, hogyan adható meg egy jól meghatározott számmal, hogy egy adott hálózat a különböző szegmenseken keresztül mennyire sebezhető, ahol szegmensnek nevezzük a hálózat azon legkisebb egységét, mely önállóan kizárható a hálózat többi részéből a szakaszoló tolózárak segítségével. A célunk meghatározni a rendszer azon részeit, melyekben egy csőtörés a lehető legnagyobb kiesést képes okozni a hálózatban, mindamellett hogy jelentős esély is van a csőtörés bekövetkezésére. Mindezt mi a fogyasztók szempontjából közelítettük meg, a korábban már említett nyomásfüggő fogyasztás modell segítségével.

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

Anyag	Összhossz [hm]	Hibák száma [db]	Relatív hiba [db/100 km/év]
azbeszt cement	249,9	1068	15,29
öntött vas	17,2	168	34,95
KPE	377,8	735	6,95
PVC KM	42,7	1	0,08
ólom	0,1	2	67,42
PVC	4,9	24	17,41
acél	2,5	27	38,37
gömbgrafitos öntött vas	25,5	3	0,42
rozsdamentes acél	0,4	1	8,32

**1. táblázat** Csőtörési valószínűségek különböző anyagok esetére.

Másik oldalról pedig, a hidraulikai modell alapján kiszámítható, hogy amennyiben egy szegmenst tolózárrakkal kiszakasozunk, a hálózat a teljes vízigény mekkora részét nem tudja kiszolgálni. Tehát utóbbi változó számszerűleg megadja minden egyes szigetre, hogy azok kiesése esetén a teljes vízigény hányadát nem lesz képes várhatólag teljesíteni az ivóvízhálózat egy az azokban

bekövetkezett csőtörés esetén. Ezen két mennyiség szorzatát (csőhossz hányad és vízkiesés hányad) nevezzük sebezhetőségnek. Összességében így egy olyan változót kaptunk, mely akkor vesz fel magas értéket egy szegmens esetén, ha abban jelentős mennyiségű folyóméter cső található és komoly kiesést okoz az abban bekövetkezett csőtörés a vízigények kiszolgálásában.

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

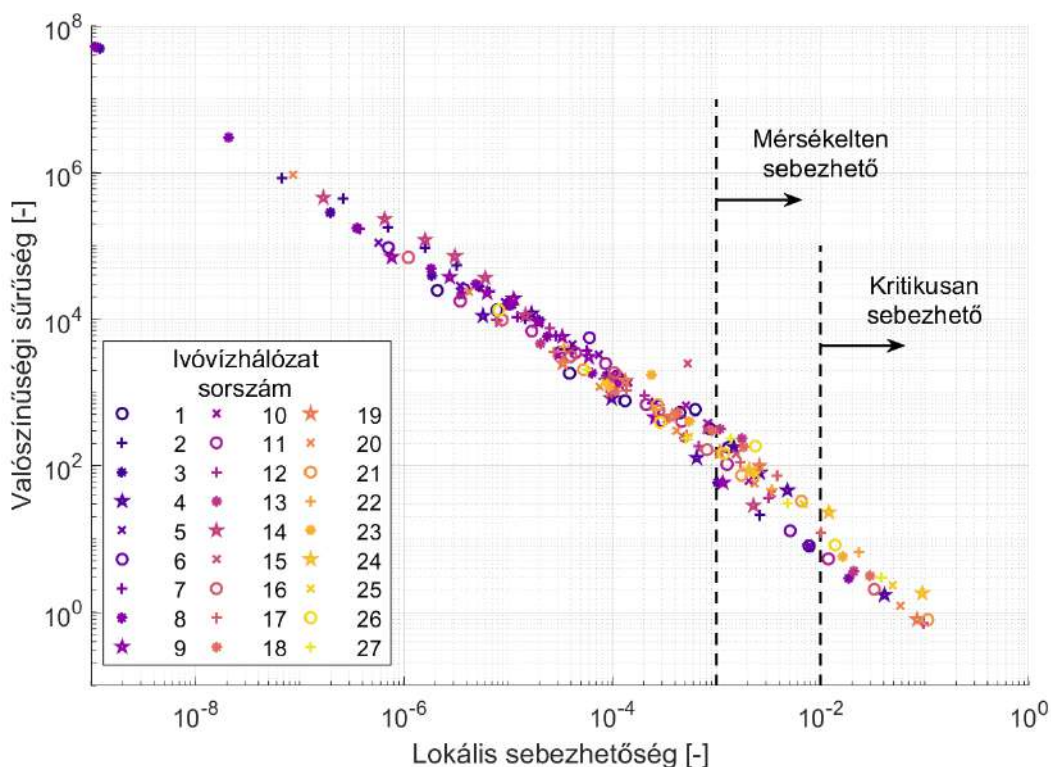


**2. ábra** Egy valódi ivóvízhálózat sebezhetőségi térképe.

Számos hálózaton vizsgáltuk ezt a típusú térképet és azt figyeltük meg, hogy szinte minden hálózatra ez a trend jellemző. Vagyis minden esetben előfordul néhány különösen sebezhető szigete a hálózatnak, míg a hálózat nagy része elhanyagolható ebből a szempontból. Az alaposabb vizsgálathoz elkészítettük a sebezhetőségek sűrűségfüggvényét. Egy ilyen ábra megmutatja, hogy egy adott értéknek mi az előfordulási valószínűsége. Például a legerterjedtebb normáeloszlás esetén ez a jól ismert haranggörbe. Az eredmények 27 különböző, valódi, Sopron város, vagy annak környékéről származó hálózat sebezhetőségi eloszlását mutatják. Fontos rögtön észrevenni, hogy mind a függőleges, mint a vízszintes tengely skálázása logaritmikus, mivel a minimum és maximum sebezhetőség között több nagyságrend eltérés is megfigyelhető, akár

ugyanazon hálózaton belül. Másfelől, amint az ábra jól mutatja az sűrűségfüggvény pontjai egy egyenes mentén helyezkednek el, vagyis hatványeloszlást követnek.

Praktikus szempontból ez azt jelenti, hogy egy valódi ivóvízhálózat esetén a sebezhetőség az átlagosnál több nagyságrenddel is kiugró értéket mutathat, ami igen kedvezőtlen üzemeltetői szempontból. Bizonyos esetekben ugyanis nagyon nagy eséllyel fordul elő olyan csőtörés, melynek a hatása elhanyagolható, azonban bizonyos esetekben drasztikus következményekkel, a hálózat nagyrészen szolgáltatás kimaradást okozó csőtörésekkel is számolnunk kell. Ezen tapasztalataink teljes mértékben megegyeztek az előzetes vizsgálatok során levontakkal, mely esetén még az anyagtulajdonságok nélkül, egységes csőtörési valószínűséget vettünk fel.



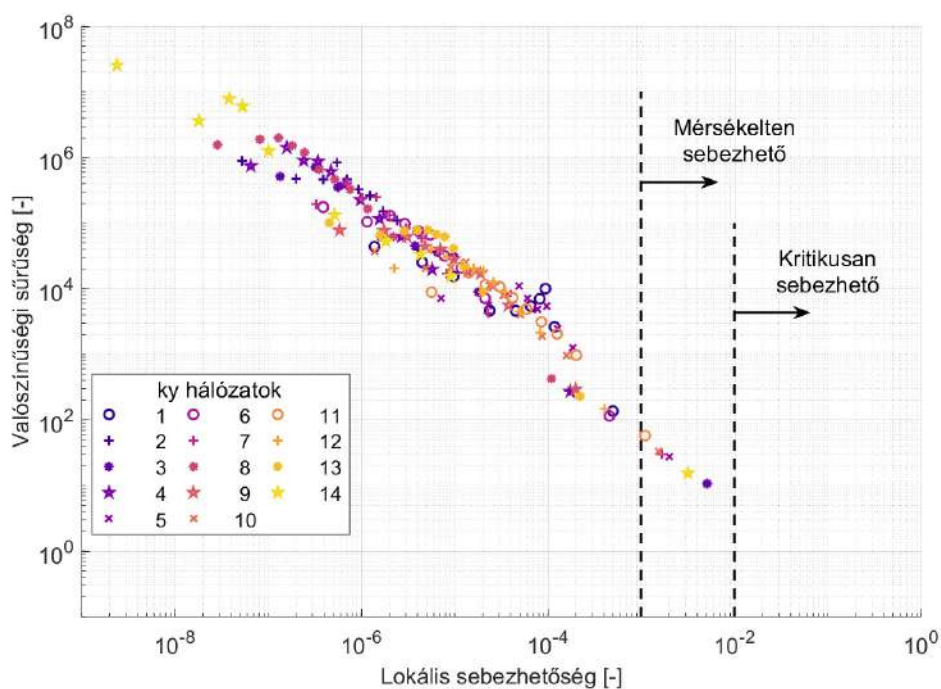
**3. ábra** Sebezhetőség eloszlása 27 valódi hálózat esetén. A mérsékelten és kritikusan sebezhető tartományok is külön feltüntetésre kerültek.



## MESTERSÉGES IVÓVÍZHÁLÓZATOK

Felmerült, hogy a fentebb látott meglepően kedvezőtlen jelenség lehet-e egy helyi ivóvízhálózatokkal kapcsolatos tulajdonság. Ennek ellenőrzésére, azoktól teljesen független modellekhez kellett nyúlnunk. A szakirodalomban pár éve megjelentek ugyan mesterséges, de nagyon „valóságos” modellek, melyek alkalmasak lehetnek az elemélet ellenőrzésére. Ezeket a szakirodalomban *ky* hálózatoknak nevezik és a mi vizsgálatainknál az 1-től 14-ig sorszámozottakat elemeztük. Két problémát kellett első lépésben orvosolnunk: a *ky* hálózatok ugyan rendkívül valóságközeliek, nem rendelkeznek az anyagtulajdonságról információval, így jobb híján egységes csőtörési valószínűséget vettünk fel, az az úgy kezeltük a hálózatot, mintha egy teljesen homogén összetételű földterületen, egyszerre lefektetett és azonos anyagú csövekből állna. Továbbá tolózárakkal sem szerepelnek a modellben, ezért a szakirodalomban elterjedt módszer

szerint, az úgynevezett N-1 szabály szerint helyeztük el őket. Ez azt jelenti, hogy minden elágazásba, ahol legalább három csővezeték találkozik, a csőszakaszok számánál eggyel kevesebb, azaz jelen esetben kettő darab tolózárát helyezünk el. Ezáltal minden egyenes csővezeték az elágazások között önállóan szegmentálhatóvá válik. A sebezhetőségek eloszlásai a 4. ábrán láthatók. Ahogy mutatja, a tapasztalatok teljesen megegyeznek a korábbiakkal. Mindamellett, hogy ugyanazon egyenes mentén oszlanak el a pontok, egy különbség figyelhető meg, miszerint a mérsékelt sebezhető és kritikus sebezhető zónák lényegesen kevesebb pontot tartalmaznak. Vagyis ezen hálózatok sebezhetőség szempontjából kedvezőbbek, mint Nyugat-magyarországi társaik. Ez egyszerűen azzal magyarázható, hogy a tolózárak elhelyezésénél alkalmazott N-1 szabály a praktikus ajánlásoknál jóval sűrűbben helyez el a tolózárakat, melyeket a valóságban a víziközmű cégek finansziális megfontolásokból nem tudnak szorosán követni.



4. ábra A szakirodalomban található *ky* hálózatok sebezhetőségeinek eloszlása

## ÖSSZEFOGLALÁS

Ez a szakmai cikk bemutatott egy új megközelítést, hogy napjainkban mire lehet még használni, a szokásos áramlástan jellemzők (pl. nyomás, térfogatáram) számítása mellett, egy jól felépített hidraulikai modellel ivóvízhálózatok esetén. A bemutatott matematikai módszer alkalmas feltárni egy valódi ivóvízhálózatban, melyek azok a részek, ahol egy csőtörés magas kockázattal következik be, továbbá jelentős kiesést okozhat az ivóvíz szolgáltatásban. A számítások pontosításához felhasználhatók kiegészítő információk, melyek befolyásolhatják a csőtörés bekövetkezésének valószínűségét, úgy mint fektetési év vagy talaj pH érték. Jelen vizsgálat során csővezetékek anyagát és elmúlt évek csőtörési statisztikáit használtuk fel. A vizsgálat végén megállapítható volt, hogy nem csak a valódi, de a szakirodalomban található mesterséges ivóvízhálózati modellek is rendelkeznek egy igen kedvezőtlen sebezhetőségi

eloszlással. Eszerint egy hálózatban jellemzően kis vízkieséssel járó csőtörések fordulnak elő, azonban néhány kirívó esetben a vízszolgáltatás drasztikus károkat szenvedhet. De ezen újszerű módszer felhasználásával, illetve ebbe a múltbéli tapasztalatok – csőtörési statisztikák – beépítése által lehetőségünk nyílik azonosítani és előre felkészíteni az általunk üzemeltetett ivóvízhálózat azon szegmenseit, ahol ezen csőtörések a lehető legnagyobb bajt okozhatják.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

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

## ▶ IRODALOMJEGYZÉK

## SZERZŐ:



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

5 nemzetközi folyóirat cikket (köztük 3 impakt faktorra rendelkezőt) és 7 nemzetközi konferenciakiadványt jegyezhet magáénak.

# Új Amarex a KSB-től

Az új, dugulásmentes járókerekekkel az Amarex szennyvízszivattyú minden eddiginél hatékonyabb, megbízhatóbb és környezetbarátabb lett.



Alkalmazható kereskedelmi, ipari vagy kommunális szennyvízszállításra, iszapkezelésre és csapadékvíz-szállításra.

## Az új Amarex:

- **Energia- és költséghatékony:** a járókerekek dugulásmentes működése jelentősen lecsökkenti a szükséges karbantartást a hagyományos kialakítású szivattyúkkal szemben.
- **Dugulásmentes:** a dugulásmentes járókerekekkel optimalizált hidraulika miatt hosszú szálakat és szilárdanyagot tartalmazó szennyvíz, gáz- és iszaptartalmú folyadékok, illetve szürkevíz szállítására is alkalmas.
- **Megbízható és tartós:** magas működési megbízhatóság és hosszú élettartam.
- **Rugalmasan alkalmazható:** a rendelkezésre álló anyagváltozatok és tengelytömítések sokfélesége miatt ideálisan alkalmas maró és abrazív folyadékok szállítására is.
- **Környezetbarát:** nem mérgező olajtöltet a tengelytömítéshez, a szivattyú életciklusának végén a legtöbb alkotórész szétszerelhető és újrahasznosítható.

[Tudjon meg többet!](#)

► **A mi technológiánk. Az Ön sikere.**

Szivattyúk • Szerelvények • Szerviz





# FENNTARTHATÓ VÍZHASZNÁLAT TEJELŐ TEHENÉSZETBEN

**NAGYPÁL VIRÁG,**

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM, MEZŐGAZDASÁGI KAR

**Absztrakt:** A világnépesség rohamos növekedése az élelmezés vízfogyasztásának növekedését vonja maga után még akkor is, ha nem vesszük figyelembe a klímaváltozás negatív hatásait. Az állattenyésztés vízfogyasztásának jelentőségére egyre több figyelem irányul mind tenyésztői, mind kutatói szemmel. A tejelő tehenészetek vízlábnyomának meghatározása egyre több országban kulcsfontosságú ahhoz, hogy fenntartható módon végezhesék a termelést figyelembe véve annak környezeti, szociális és ökonómia hatásait. Az állattenyésztés vízlábnyoma egy átfogó mutató, ami adott telep szintjén elemzi a kék, zöld és szürke vizek mennyiségi és minőségi alakulását. Egyre több tudományos értekezés elemzi az állattartó telepek vízhasználatát. A vízlábnyom nagymértékben függ az adott ország gazdasági és környezeti adottságától, ami magától értetődő. Azonban más tényezők, mint a fajta, állományméret, tartásmód takarmányozás és fejéstechnológia mind a menedzsment döntései által formálódnak. Nagyon érdekes, hogy ezek a tényezők hogyan befolyásolják külön-külön és együttesen nézve egy telep vízlábnyomát.

**Kulcsszavak:** vízlábnyom; tejelő tehenészet; vízhasználat

## 1. BEVEZETÉS

A fenntarthatóság a gazdaság, környezet és társadalom egyensúlyát jelenti, ami egy adott szegmenset - jelen esetben a tejelő tehenészet vízhasználatát – három alap-pilére külön-külön vagy együttes értelmezésével közelít meg. Az ENSZ (Egyesült Nemzetek Szervezete) által megfogalmazott fenntartható fejlődési célok közül kettő is vízzel kapcsolatos. A 6. Tiszta víz és alapvető köztisztaság, illetve a 14. mely az óceánok és tengerek védelmére hívja fel

a figyelmet. A globális vízhasználatból 69%-ot a mezőgazdaság tesz ki. A növénytermesztés és állattenyésztés termelési kapacitásának növeléséhez alapfeltétel a víz okszerű használata különösen, hogy édesvíz készleteink kimerülő, véges formában állnak rendelkezésre. A magasabb hőmérséklet, kevesebb csapadék, extrém időjárási körülmények mind befolyásolják a víz elérhetőségét, csökkentik az ökoszisztémák vízszolgáltató képességét a társadalom számára.

## 1.1 VÍZLÁBNYOM

A vízlábnym egy újfajta megközelítés, szemlélet, avagy minden részletre kiterjedő komplex indikátor. A globális vízfogyasztással és vízhasználattal kapcsolatos kérdéseket elemzik segítségével. A hatékonyabb vízhasználat eléréséhez célszerű ismerni a vízlábnym és komponenseinek fogalmát. Hoekstra és Hung 2002-ben definiálta a vízlábnym fogalmát (VL), amely mennyiségi és minőségi indikátor is egyben. Ehhez a virtuális víz (Allen, 1993) és a környezeti lábnym (Wackernagel és Rees, 1996) fogalmakat értelmezték együtt. A virtuális víz egy termék előállítása során felhasznált vízmennyiség. Az ökológiai lábnym egységnyi terület, ahol a napi életvitelünkhöz szükséges élelem és energia kitermelhető. A vízlábnym mennyiségi mutató, mivel a termék előállítás vízfogyasztását a teljes termékáron keresztül elemzi. Emellett a vízlábnym minőségi mutató is, mivel meghatározza azt a vízmennyiséget, ami befogadója lesz vagy asszimilálja a szennyezőanyagokat oly mértékben, hogy azok az adott ökoszisztéma vízminőségi kritériumainak megfeleljenek (Chapagain és Hoekstra, 2004, Mekonnen és Hoekstra, 2011). Egy termék vízlábnyma a termék előállítása során felhasznált vízmennyiséget jelenti annak teljes gyártási láncán keresztül. Nevezhetjük multi dimenziós tényezőnek, mivel a vízfogyasztás mennyiségét a vízerőforrás alapján ismerteti és körüljárja a vízszennyezés típusait is. A vízlábnym összes komponense térben és időben is értelmezhető (Hoekstra et al., 2011). Borsato és társai (2018) szerint, a termelési és fogyasztási tevékenységek által keletkezett szennyvíz mennyiségi csökkentése globális kihívás a vízlábnymmal kapcsolatban. Ez egy mennyiségi változás, ami magába foglal egy minőségbeli terhelést is, ami nyomást gyakorol a helyi édesvízkészletek elérhetőségére (Galli et al., 2012; Pfister and Bayer, 2014). Egyre több kutatás

vizsgálja a víz - energia - élelmezés összefüggéseit (FAO, 2018). A szemlélet a fenntarthatóság jegyében keres összefüggéseket az élelmiszeripari termékek és azok vízkészletekre gyakorolt hatásuk között. Vanham és Bidoglio (2013) és (UNEP, 2012) szerint a vízlábnym olyan tényező, ami magába foglalja a fogyasztó vagy termelő közvetlen (háztartási vízhasználatát) és a közvetett vízhasználatát (vízszükséglet ipari vagy mezőgazdasági termékek előállításához). Az egyén, egy közösség vagy egy üzlet vízlábnyma az a teljes édesvízmennyiség, ami termékek előállításához és szolgáltatások biztosításához szükségesek, amit egyének, a közösség vagy egy üzlet/ág fogyasztanak vagy vesznek igénybe. A fenntartható vízkészlet gazdálkodás eléréséhez azonban a vízlábnym zöld, kék és szürke komponenseit részleteiben is elemeznünk kell.

## 1.2 KÉK, ZÖLD ÉS SZÜRKE VÍZ

A vízlábnymot elemző módszerek a kék, a zöld és szürke víz komponenseket elemzik (Ridoutt and Pfister, 2010, Hoekstra et al., 2011). A zöld víz a csapadékvíz, ami raktározódik a talajprofilban vagy felhasználják a növények. A kék víz a talajvíz készletből és felszíni vízkészletből (tavak, folyók) kinyert víz. A kék vizet öntözésen keresztül juttathatjuk a növényhez. A szürke víz az a vízmennyiség, ami a szennyezőanyagokat befogadja addig a szintig, amíg az megfelel a vízminőségi kritériumoknak (Hoekstra et al., 2011). A vízlábnymot elemző módszerek elkülönítik egy termék vagy folyamat közvetlen és közvetett vízhasználatát. A közvetlen vízhasználat a termék előállítás során közvetlenül kerül felhasználásra úgy, mint a csapadékból származó zöld víz vagy az öntözéssel kijuttatott kék víz. A közvetett



vízhasználat a műtrágya gyártáshoz, elektromossághoz közvetett módon felhasznált vizet jelenti. A globális vízfogyasztásból megközelítőleg 85 %-ot a mezőgazdaság tesz ki (Shiklomanov, 2000). A zöld vizet keletkezésének helyén csapadék formájában használjuk fel. Rockström és társai (2009) szerint a zöld víz a telítetlen talajrétegben tárolt víz, ami csapadékkal keletkezik és elérhető a növények számára. A kék víz folyókban, tavakban, vizes élőhelyeken vagy tározókban fellelhető víz. Az öntözéses mezőgazdaság a kék vizet folyókból, a zöld vizet a csapadékból nyeri, míg az öntözés nélküli csak zöld vízből gazdálkodik.

### 1.3 KÉK, ZÖLD ÉS SZÜRKE VÍZLÁBNYOM

A kék vízlábnym egy termék kékvíz fogyasztása a felszíni és felszín alatti vízforrásokból a teljes termékláncon keresztül (Hoekstra et al., 2011). A fogyasztás vonatkozhat a felszínről elpárolgott vízre, olyan vízre, ami előbukkant egy másik vízgyűjtőben vagy termékbe integrálódott. A zöld vízlábnym a csapadékvizet elemzi, amíg nem kerül elfolyásra a talajban. A szürke vízlábnym pedig egy olyan vízmennyiség indikátor, ami magába foglalja egy adott víztestet vagy víztömeget elérő szennyezőanyag terhelést. Oly mennyiségben tartalmazhat kémiai szennyezőanyagokat, hogy az az adott ország vagy régió vízminőségi előírásainak megfeleljen. A legtöbb kutatás a kék vízzel foglalkozik, mivel annak nagyobb a jövedelmezési lehetősége (vízdíj) mint a zöld víznek és csak limitált mennyiségben érhető el. Azonban a zöldvíz felmérés is jelentős lehet, főleg ha belegondolunk, hogy helyettesítheti a kék vizet számos esetben, elsősorban a mezőgazdaságban. Ezt csak az utóbbi időben kezdték kutatni, eddig alárendelt szerepet kapott (Falkenmark, 2003; Rockström, 2001). A legnagyobb zöld

vízkészlet felhasználó a világon természetesen a mezőgazdaság, ezért egyre inkább az érdeklődés homlokterébe kerül (Glavan és társai, Willarts és társai, 2012). A legnagyobb kékvízkészlet felhasználó pedig az öntözéses mezőgazdaság, ezért a későbbi vízlábnym tanulmányok már együtt értelmezték a kék és a zöld vizet Aldaya et al. (2008), Sonnenberg et al. (2009), Van Oel et al. (2009), Bulsink et al. (2010), Liu and Savenije (2008), and Verma et al. (2009). A szürke vízlábnym a szennyeződéssel kapcsolatos jellemző mennyiség, így összehasonlítható a vízfogyasztás mennyiségével (Hoekstra and Chapagain, 2008). Az édesvíz felhasználás magába foglalja az elfogyasztott vizet és azt a vizet, ami asszimilálja a szennyezőanyagokat tehát a zöld, a kék és szürke vízlábnymot is (Mekonnen and Hoekstra, 2011). A legutóbbi kutatások a vízszennyezést a vízhiány egyik fő okaként tartják számon. Egy jelentés felfedte, hogy a vízfogyasztás mellett a szennyezés is meghatározó tényező a vízhiány fokozásában (UNDP, 2006). A szürke víz vizsgálata akkor lehet érdekes, ha szennyvízkezelés után felhasználásra kerül egyéb célokra: pl.: öntözés. Ha sikerül elérni az öntözővíz minőséget csökkenthető a környezetterhelés mértéke. Ha a kezelt szürke víz helyettesítheti a kék vizet nem csak környezeti, de ökonómiai szempontból is fenntarthatóbbá teszi a vízhasználatot.

## 2 ANYAG ÉS MÓDSZER

### 2.1 VÍZFELHASZNÁLÁS TEJTERMELŐ TEHÉNÉSZETBEN

A tejtermelő tehenészetekben az állatok itatása a leginkább vízigényes. Azonban a fejőház padozatának és a berendezések tisztításához és a lefejt tej hűtéséhez további vízre is szükség van, aminek minősége a felhasználás következtében

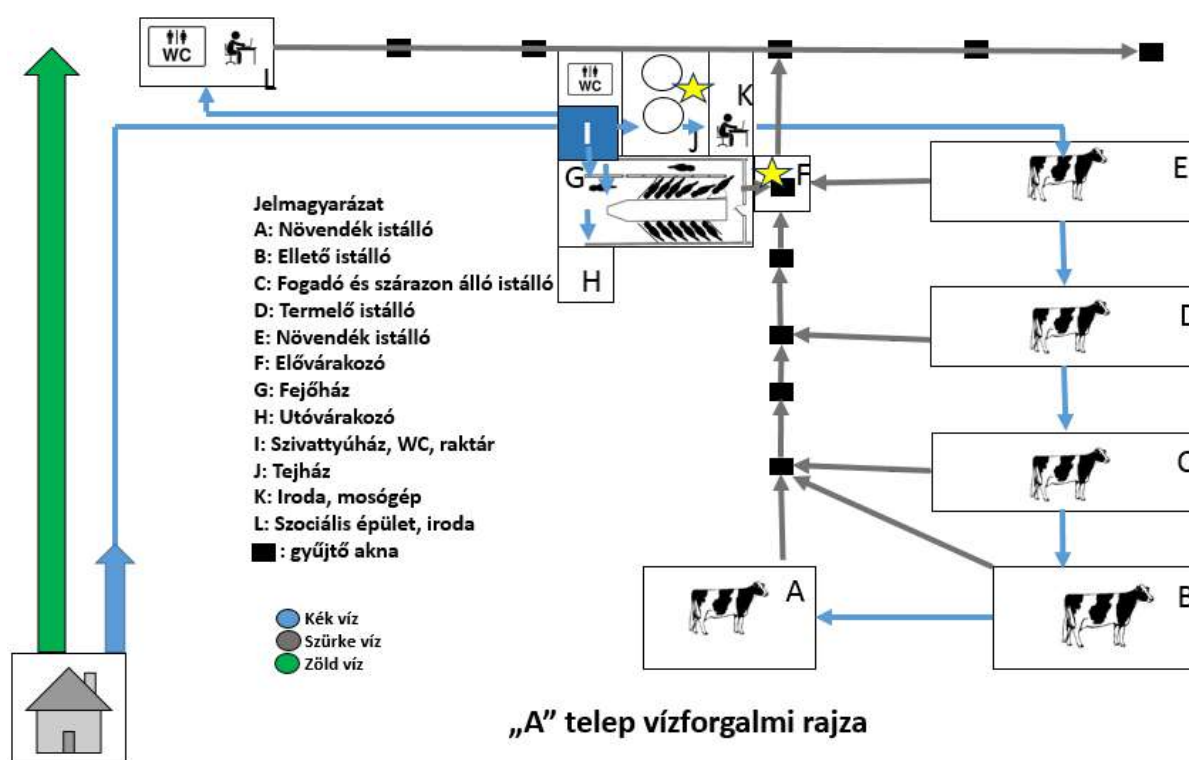
változik is, hiszen trágya, tejmaradvány és mosószer is kerülhet bele. A keletkező szennyvíz kezelés utáni újrahasznosításának lehetőségeit nem csak városi szennyvíztisztító üzemekben, de állattartó telepek esetében is feltétlenül szükséges megvizsgálni. Az így keletkező szennyvíz vizsgálata és annak tisztítás utáni újrafelhasználása egy olyan kihívás, amelyet mielőbb meg kell oldanunk. Ezek alapján a következő kutatási célokat határoztam meg:

- a fejőházi vízhasználat felmérése hazai tejtermelő tehenészetekben
  - eltérő fejési módok hatása a vízhasználatra
  - mosás, tisztítás, karbantartás és tejkezelés vízszükséglete
- vízhasználati hatékonyság vizsgálata
- intenzív nagyüzemi tejelő tehenészetek kék, zöld és szürke vízlábnyomának számítása

A vizsgálati időszak 2018. augusztusa és 2019 szeptembere közötti időszakban zajlott. A kísérleti telepek vízhasználatának feltérképezése után megvizsgáltam a tehenészeti szennyvíz legfontosabb mutatóit (BOI, Biológiai oxigénigény és KOI, Kémiai oxigénigény). Ezt követően került sor megfelelő módszer kiválasztására a vízfogyasztás és a kék illetve zöld vízlábnyomok meghatározásához.

## 2.2 A VIZSGÁLT TELEPEK BEMUTATÁSA, VÍZFORGALMI RAJZA

Az 1. ábrán az A kísérleti telep vízforgalmi rajza látható. A telep vízforrását vezetékes vízhalózat szolgáltatja és látja el az istállókat, tejházat, fejőházat és a szociális épületeket kék vízzel. A kék víz útját kék nyilak jelölik. A telepen szalmás almozást alkalmaznak, így az istállóban nem keletkezik

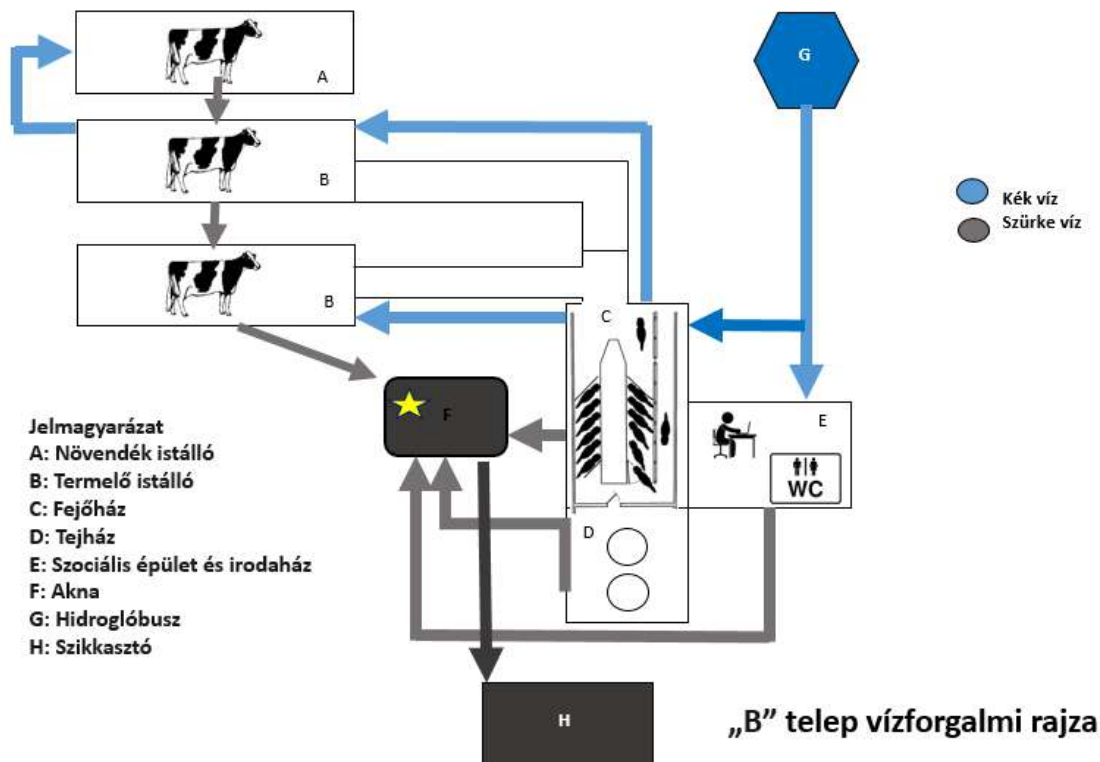


1. ábra A kísérleti telep vízforgalmi rajza

szennyvíz, a szalma szívja fel a vizeletet és trágyát. A szürke nyílak a telepen keletkező szennyvíz vagy szürkevíz útját jelzik. Az összes szürkevíz aknákon keresztül kivezetésre kerül a telepről. A telep érdekessége, hogy a környező faluból kifolyó összegyűjtött csapadékvíz átfolyik egy csatornán keresztül a telepen, így ideiglenesen zöld vízforrás is található a telep közelében eddig kihasználatlanul. A fejés előkészítése tőgymosással történik, ahol a bimbókat és környéküket tisztítják meg a szennyeződéstől, majd szárazra törlik. A fejőházban mosogató tisztítás történik a fejőberendezés és padozat tisztítására. A paralel típusú fejőházban 12 db tőgymosó pisztoly van, melyekkel a fejések előtt és után tisztítják a fejőberendezést és a padozatot napi 2-szeri fejés mellett. A tejházban két tejtank található egy 5000 l-es és egy 4000 l-es tejtank, amiben belső mosás történik 3 fázisban; 1. hideg vizes öblítés,

2. savas vagy lúgos heti savas hétfőn, a többi napon lúgos, 3. meleg vizes öblítés. A fejőberendezés mosása szintén 3 fázisra bontható; 1. langyos/meleg vizes öblítés 5 percig, 2. meleg vizes főmosás hétfőn savas többi napon lúgos 20 perc, 3. hideg vizes öblítés. Emellett külön slagok is vannak a padozat mosására. Minden pénteken egész fejőházban történik savas tisztítás, minden kedden pedig lúgos.

Az 2. ábrán a B kísérleti telep vízforgalmi rajza látható. A telep vízforrását 70 m<sup>3</sup> –es hidroglóbusz szolgáltatja, amelybe az ivóvíz minőségű kék vizet 365 m mélyről szivattyú hozza fel. Ez a víz látja el a szociális épületeket, a fejőházat és az állatokat ivóvízzel. Ezen a telepen is szalmás almózis van, amit aztán saját termőterületen használnak fel trágyázásra. Az istállóban tehát nem keletkezik szennyvíz, mivel nincs hígtrágya, a szalma szívja



2. ábra B kísérleti telep vízforgalmi rajza.

fel a vizeletet és trágyát. A fejőházban, tejházban és szociális épületekben keletkező szürke vizet egy központi aknába gyűjtik majd egy szikkasztó medencébe kerül, aminél kockabálákból álló szalmaszűrőn halad át. A fejésnél száraz előkészítés van, így nincs tőgymosás. Nem folyóvízzel mossák le a bimbót, hanem impregnált fertőtlenítő szerrel itatott papírral tisztítják. A fejőházban mosogató tisztítás történik a fejőberendezés és padozat tisztítására. A fejőházban legalább 10 db tőgymosó pisztoly van, melyekkel a fejések előtt és után tisztítják a fejőberendezést és a padozatot napi 3-szori fejés mellett. A fejőházi vízhasználat feltérképezése a tartástechnológia vízhasználatának jellemzése után a fejés vízhasználatának vizsgálatával folytatódott. Itt sor került a fejőberendezések és a fejéstechnológia vízigényének vizsgálatára, illetve a mosás, tisztítás, karbantartás és fejkezelés vízszükségletének elemzésére.

### 2.3 A TEHENEK VÍZFOGYASZTÁSÁNAK KISZÁMÍTÁSA

A laktáló tehenek állománylétszámára vonatkozó adatok a vizsgált telepek telepírányítási rendszeréből kerültek felhasználásra. A laktáló tehenek átlagos létszáma 222 volt az A és 537 a B telepen. A laktáló tehenek ivóvíz fogyasztása (IVF, liter/nap) was calculated Meyer és tsai (2004) képletével került kiszámításra.

$$IVF = -26,12 + 1,516 (t_{\text{átl}}) + 1,29 (m_{\text{tejtermelés}}) + 0,058 (m_{\text{testtömeg}}) + 0,46_{Na}$$

ahol  $t_{\text{átl}}$  az adott időpontra vonatkozó hőmérsékleti átlagértékek az AccuWeather portál adatai alapján  $m_{\text{tejtermelés}}$  a próbafejésekből származó,

napi tejmenyiség értéke (kg/nap),  $m_{\text{testtömeg}}$  az állatok testtömege (kg),  $m_{Na}$  a napi nátrium felvétel mennyisége (g/nap).

Ivóvízfogyasztás meghatározása szárazon álló tehenek esetében Holter és Urban (1992) képletével történt:

$$IVF = -10,34 + 0,2296 \cdot SZ_t + 2,212 \cdot SZ_f + 0,03944 \cdot NYF^2$$

ahol,  $SZ_t$  a takarmány szárazanyag tartalma (%/adag),  $SZ_f$  a tehén szárazanyag felvétele (kg/nap),  $NYF$  a takarmány nyersfehérje tartalma (%/adag). A szárazanyag- és nyersfehérje tartalom értékeinek meghatározása a napi takarmányreceptúra alapján történt.

### 2.4 A VIZSGÁLT TELEPEK BEMUTATÁSA, VÍZFORGALMI RAJZA

A napi technológiai vízhasználat a fejőberendezés külső- belső- és a padozat mosásából, tőgymosásból (csak az A telep esetében) és a tejtankok mosásából állt. A fejőberendezés és a tejtankok mosása automatizált a telepeken így a termékleírásból egyértelműen kikerült a mosások két vízhasználatának mennyisége. A fejőberendezések külső mosására és a padozat mosására használt két víz mennyiséget saját mérések alapján becsültem meg figyelembe véve a vízhasználat különbözőségeit (mosások száma, slagok, vízpisztolyok száma, napi fejésszám).



## 2.5 A VIZSGÁLT TELEPEK BEMUTATÁSA, VÍZ-FORGALMI RAJZA

Mekonnen és Hoekstra, (2012) alapján a kék vízlábnym képlete,

$$VL(a,c,s)=VL_{\text{takarmányozás}(a,c,s)}+VL_{\text{itálás}(a,c,s)}+VL_{\text{technológiai}(a,c,s)}$$

ahol  $VL(a,c,s)$ : egy állat vízlábnyma adott kategórián belül (a), adott országban (c), adott termelési rendszerben (s). Egy állattartó telep vízlábnyma három kategóriába csoportosítható; a takarmányozás, az itatás és a technológiai vízhasználat vízlábnymára. Ebben a kutatásban a vízlábnym mértékegysége  $m^3/\text{év}/\text{állat}$  volt. A takarmányozás vízlábnyma nem került be a számításokba, mivel a takarmányfélésegek és a takarmány összeállítás gyakorlata hasonló volt a vizsgált telepeken csak a takarmányadagok tértek el.

## 2.2 A VIZSGÁLT TELEPEK BEMUTATÁSA, VÍZ-FORGALMI RAJZA

Pontszerű szennyezés esetén a szennyezőanyag terhelés közvetlenül a befogadó víztestbe kerül, így a terhelés megbecsülhető a kifolyó víz mennyiségének és a benne lévő kémiai anyagok koncentrációjának ismeretében (Hoekstra, 2011).

$$WF(\text{process, grey})=L/(C_{\text{max}}-C_{\text{nat}})=\frac{(\text{Effl } C_{\text{effl}}-\text{Abstr } C_{\text{act}})}{(C_{\text{max}}-C_{\text{nat}})}$$

ahol;

**L**: szennyezőanyag terhelés mértékegysége: tömeg/idő

**cmax**: maximálisan elfogadható szennyezőanyag koncentráció mértékegysége: tömeg/térfogat

**cnat**: természetes vagy alap szennyezőanyag koncentráció mértékegysége: tömeg/térfogat

**Effl**: effluent: szennyvíz térfogat mértékegység: térfogat/idő

**ceffl**: szennyezőanyag koncentráció a szennyvízben mértékegység: tömeg/térfogat=KOI

**Abstr**: absztrakció/kivétel víztérfogata mértékegység: térfogat/idő-evaporáció

**cact**: intake bevitt víz aktuális szennyezőanyag koncentrációja mértékegység: tömeg/térfogat

**Abstr Cact** nem került számításba, mert a szennyvíz zárt rendszerben mozog, így nem kellett számolni evaporációs veszteséggel. Emiatt ebben a számításban a következő képlettel történt a szürke vízlábnym meghatározása:

$$WF(\text{process, grey})=L/(C_{\text{max}}-C_{\text{nat}})=\frac{(\text{Effl } C_{\text{effl}}-\text{Abstr } C_{\text{act}})}{(C_{\text{max}}-C_{\text{nat}})}$$

A kémiai oxigénigény (KOI) meghatározáshoz szennyvíz mintavételre került sor a vizsgált telepeken,

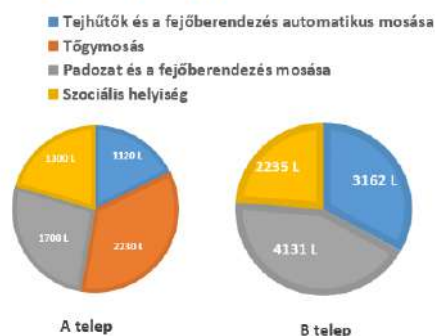
hogy ismert legyen a szennyvizek szerves anyag tartalma. Ezt KOI tesztszövekekkel ET 108 roncsolóval PC CheckIt photometer (Lovibond, Németország) hajtottam végre. A roncsolást 150 °C-on for 2 óráig végeztem. A közcatornába bocsáthatóság szerves anyag tartalomra vonatkozó határértéke (28/2004. XII.25KvVM rendelet szerint 1000 mg/L. A természetes szennyezőanyag koncentráció a befogadó víz esetében 4 mg/L volt, mivel ennyi a magyar ivóvíz átlagos szerves anyag tartalma.

### 3 EREDMÉNYEK

Az ivás vízlábnymának kiszámítását laktáló teheneknél Meyer és mtsai (2004) illetve szárazonálló teheneknél Holter és Urban (1992) képletére alapoztam. A kék technológiai vízlábnymhoz és a szürke vízlábnym számításához szükség volt a napi elfolyó szennyvizek mennyiségére a tejhűtők és fejőberendezés automatikus mosása, a tőgymosás, a padozat és a fejőberendezés

mosása illetve a szociális helyiség/épületek tekintetében. A telepek napi átlagos technológiai vízhasználata összesen a 3. Ábrán látható.

### Napi átlagos technológiai vízhasználat összesen (liter/nap)



3. ábra Napi átlagos technológiai vízhasználat összesen (liter/nap) A és B telepen

Az ivás vízlábnymának és a kék technológiai vízlábnym összege tette ki a telepek kék vízlábnymát, melyet éves viszonylatban értelmeztem (4. Ábra).

	A telep	B telep
<b>Telep kék vízlábnyma (m<sup>3</sup>/év/állat)</b>	<b>101,8</b>	<b>96,7</b>
Ivás vízlábnyma (m <sup>3</sup> /év/állat)	81,0	86,7
Technológia vízlábnyma (m <sup>3</sup> /év/állat)	20,8	9,6
<b>Telep szürke vízlábnyma (m<sup>3</sup>/nap)</b>	<b>15,7</b>	<b>22,1</b>
Tejtank mosásának vízlábnyma (m <sup>3</sup> /nap)	0,5	0,72
Fejőberendezés belső mosásának vízlábnyma (m <sup>3</sup> /nap)	0,1	0,1
Padozat, tőgy, fejőberendezés külső mosásának vízlábnyma (m <sup>3</sup> /nap)	14,2	20,9
Szociális épületek vízlábnyma (m <sup>3</sup> /nap)	1,0	0,4

4. ábra A és B telep kék és szürke vízlábnym eredményei

A telepek szürke vízlábnym számításához szükség volt a napi elfolyó szennyvizek mennyisége mellett a szennyvízminták vizsgált KOI eredményeire is, melyek az 1. és 2. Táblázatban láthatók.

A telep	KOI
mg/l	átlag
Reggeli fejes előtt fejóházi akna	645
Reggeli fejes után fejóházi akna	4725
Esti fejes előtt fejóházi akna	1460
Esti fejes után fejóházi akna	4865
Tartálymosás tejes víz	2122
Puffertartály mosóvíz	620

**1. Táblázat** A telep kémiai oxigénigény (KOI) eredményei mintavételi hely alapján

B telep	KOI
mg/l	KOI
fejóház melletti akna	3100
Szikkasztó medence	3420

**2. Táblázat** B telep kémiai oxigénigény (KOI) eredményei mintavételi hely alapján

Hoekstra (2011) képlete alapján az (5) képletet felhasználva kiszámoltam a telepek szürke vízlábnym eredményeit, mely a tejhütők és

fejóberendezés automatikus mosása, a tógy-mosás, a padozat és a fejóberendezés mosása illetve a szociális helyiség/épületek szennyezőanyag terheltségéből és napi mennyiségéből adódott. Ezek eredményei mindkét telep esetében a 4. Ábrán láthatók.

#### 4. KÖVETKEZTETÉSEK

- Éves viszonylatban az A telep vízlábnyma nagyobb, amit az ott alkalmazott tógy-mosás plusz vízszükséglete indokol elsősorban
- Az ivás vízlábnyma közötti eltérést az itató berendezések különbözősége okozhatja, mivel az A telepen lévő labdás önitató nem eredményez annyi vízpazarlást, mint a B telepen lévő nyílt felszínű itató
- A tejtank mosásának vízlábnyma azért térhet el, mert az A telepen 9000 l a tejtank kapacitása, míg a B telepen 25 000 l
- A szociális épületek vízfelhasználása függ a dolgozók számától és az ott tartózkodás idejétől is

#### 5. TOVÁBBI TERVEK

- A fejes technológiai vízhasználatának további vizsgálata
- A fejóberendezések és a fejéstechnológia hatása a vízhasználatra
- Robot fejéstechnológiát alkalmazó telep vízhasználatának vizsgálata
- A felesleges vízhasználat (pazarlás) kiszűrése a technológia függvényében
- Van-e olyan lehetőség a kísérleti telepeken, ahol a kezelt víz újrahasznosítható?
- Megfeleltethető-e a kezelt víz az öntözővíz minőségi kritériumainak?

## SZERZŐ:



**Nagypál Virág:** Egyetemi tanársegéd vagyok a Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Karán, emellett harmadéves PhD hallgató ugyanezen egyetem Környezettudományi Doktori Iskolájában. Kutatási témám tejelő szarvasmarha telepek vízhasználatának és vízlábnomának vizsgálata. Agricultural engineering mesterszakos diplomám a gödöllői Szent István Egyetemen végeztem. Egyetemi tanulmányaim során Erasmus double degree ösztöndíjjal Future Food Sustainability mesterszakos képesítést szereztem a cranfieldi egyetemen, ahol tovább erősödött a fenntartható mezőgazdaság iránti érdeklődésem.

## ▶ IRODALOMJEGYZÉK

# 'TORAY'

A TORAY 1968-ban kezdte el membránok fejlesztését vízkezelő rendszerekhez, és ma, 50 évvel később, neve egyet jelent a membrántechnológiák vezető szállítójával, amely folyamatosan újabb és újabb megoldásokkal járul hozzá a fenntartható jövőhöz. Az állandó technológiai innováció lehetővé tette alapvető eszközeink bővítését: kutatás-fejlesztési know-how, erős ügyfél és beszállítói hálózat, valamint a termékeink és szolgáltatásaink mögött álló elkötelezett szakemberek. A tartós növekedés érdekében lépjen partnerségre egy olyan vállalattal, amely már évtizedek óta képes alkalmazkodni a változó piaci körülményekhez, és bátran néz szembe a jövő nagy kihívásaival.

## TORAY, EGY NÉV AMELYBEN BÍZHAT.

További információkért látogasson el az alábbi honlagra:

[WWW.TORAYWATER.COM](http://WWW.TORAYWATER.COM)  
[WWW.ROPUR.COM](http://WWW.ROPUR.COM)



MEMBRAY™ MBR



TORAYFIL™ UF/MF

ROMEMBRA™ RO  
CSM™ NF

CSM™ RESIDENTIAL RO



# HÚSIPARI SZENNYVIZEK SZERVESANYAG-TARTALMÁNAK CSÖKKENTÉSE MIKROHULLÁMMAL INTENZIFIKÁLT OXIDÁCIÓS REAKCIÓ SEGÍTSÉGÉVEL

## **JÁKÓI ZOLTÁN**

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM, MÉRNÖKI KAR, BIOLÓGIAI RENDSZEREK MŰSZAKI INTÉZETE; SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM, TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS INFORMATIKAI KAR, KÖRNYEZETTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA

## **BESZÉDES SÁNDOR**

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM, MÉRNÖKI KAR, BIOLÓGIAI RENDSZEREK MŰSZAKI INTÉZETE

## **HODÚR CECILIA**

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM, MÉRNÖKI KAR, BIOLÓGIAI RENDSZEREK MŰSZAKI INTÉZETE

**Absztrakt:** Kutatásunk során a mikrohullámmal intenzifikált Fenton-reakció alkalmazhatóságát vizsgáltuk húsipari szennyvíz kezelése esetén. A kísérletek során figyeltük a Fenton-reakcióhoz szükséges reagens ( $Fe^{2+}$  és  $H_2O_2$ ) adagolási dózisának és a közölt mikrohullámú energiának a kémiai oxigénigény (KOI) csökkentésére (és így a szervesanyag-tartalom csökkentésére) gyakorolt hatását. A kutatási eredményeink igazolták, hogy a szervesanyag-eltávolítási hatékonyság az alkalmazott  $Fe^{2+}/H_2O_2$  aránytól és az összes közölt MW energiától is függ. Magasabb dóziséű Fenton-reagens nagyobb mértékű KOI-csökkenést eredményezett, a mikrohullámú energia-közlés pedig képes az oxidációs reakció hatékonyságát növelni – magas közölt MW energia esetén adott KOI-érték csökkenéshez jóval kevesebb reagens is elegendő volt. A kísérletek során azt is igazoltuk, hogy a dielektromos veszteségi szög tangens mérésével a szervesanyag-eltávolítás pontosan és könnyen nyomon követhető.

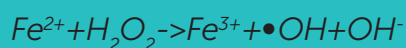
## **1. BEVEZETÉS, IRODALMI ÁTTEKINTÉS**

Az élelmiszeripari gyakorlatban jelentős mennyiségben, a húsfeldolgozás, tisztítási és működtetési folyamatok során keletkező húsipari szennyvizek számottevő szerves- és szervetlenanyag-tartalommal rendelkeznek. A feldolgozástechnológiától és az alapanyagoktól függően

a keletkező húsipari szennyvíz mennyiségi és minőségi jellemzői - különösen tekintettel a környezetre is veszélyes toxikus anyagokra és szennyezőkre - nagyban változhatnak, pontos előrejelzésük gyakran nem is lehetséges. Emiatt a csatornarendszerbe, esetleg környezetbe való

kihelyezésük előtt a szennyvizet ártalmatlanítani szükséges megfelelő szennyvízkezelési eljárások alkalmazásával. Számos korábbi tudományos kutatás igazolta, hogy bizonyos, oxidoreduktív reakciókon alapuló vegyi folyamatokkal a szennyvizek és iszapok szerves szennyezőanyag-tartalma eredményesen lecsökkenthető. Ezek közül a napjainkban egyre nagyobb figyelmet kapó Fenton- és Fenton-típusú reakciók tekinthetők az egyik legeredményesebb és leghatékonyabb alternatívának, köszönhetően az alacsony anyag- és működtetési költségeknek, valamint az ipari szinten is egyszerű kivitelezhetőségük miatt.

A Fenton-reakciók során használt reagens  $H_2O_2$  és egy disszociációra képes  $Fe(II)$  ion tartalmú vegyület adott arányú oldata, amely felhasználható szerves komponensek és egyéb szennyezőanyagok oxidálására. A Fenton és foto-Fenton-reakciók egyik legfőbb előnye, hogy kémiai-fizikai tulajdonságaikból adódóan felhasználhatók csökkentett energetikai igény mellett a víz- és szennyvízkezelésben, szobahőmérsékleten és atmoszferikus nyomás mellett is. A lejátszódó reakció általános sémáját a következő egyenlet írja le (Turney, 1995):



A Fenton-típusú reakciók másik előnye, hogy - például az ózonalapú előkezelésekkel szemben - a reakció során képződő szabad hidroxil-gyökök képesek a hidrofil és hidrofób szerves szennyezők degradálására is (Jung et al., 2016). A Fenton-reakció alkalmazásakor sok anyag és/vagy berendezés esetében a hosszú tartózkodási idő

nem előnyös. A reakcióidő lecsökkentése tehát az ipari gyakorlatban is gyakran megoldandó feladat. Számos korábbi kutatás foglalkozott a mikrohullámú energiaközlés, mint intenzifikáló eljárás alkalmazásával. A mikrohullámú (MW) sugárzás bizonyítottan felhasználható különböző környezettechnológiai és tisztítási folyamatokban, mint például extrakciós műveleteknél (Prevot et al., 2001), radioaktív hulladékok remediációjában (Wicks & Schulz, 1999) és kémiai katalízisekben (Zhang et al., 2005), illetve biológiai hasznosíthatóság fokozásában (Ahn, 2009 és Yang et al., 2013).

A szennyvízkezelésben a mikrohullám, mint önálló kezelési eljárás is hatékonyan alkalmazható (Lin et al., 2009), ugyanakkor a legfrissebb tudományos eredmények alapján a mikrohullámú energiaközlés kombinálása más folyamatokkal vagy anyagokkal (pl. oxidálószerekkel, híg savval/lúggal, fotokatalitikus folyamatokkal) tűnik a leghatékonyabb megoldások egyikének. A mikrohullámú hőkeltés speciális tulajdonságai miatt alkalmas a katalitikus degradációs hatások növelésére (Jones et al., 2002). Az önállóan alkalmazott Fenton-reakcióhoz képest a mikrohullámú kombinációban használt folyamat jobb tisztítási hatásfokot eredményezett metilénkék színezőanyag eltávolításakor (Liu et al., 2013). Továbbá a gyógyszergyári szennyvizek szervesanyagterhelésének csökkentésére is hatékonynak bizonyult (Yang et al., 2009).

A mikrohullámú sugárzásnak az anyaggal való kölcsönhatásának jellemzésére szolgál a dielektromos állandó, illetve a dielektromos veszteségi tényező. A veszteségi tényező és a dielektromos állandó hányadosa adja az úgynevezett veszteségi szög tangensét ( $\tan\delta$ ) (Clark et al., 2000). Egy adott frekvencián a dielektromos paraméterek értéke függ az anyag hőmérsékletétől és fizikokémiai struktúrájától, ezáltal alkalmasak

egyres fizikai és kémiai változások detektálására is (Kovács et al., 2018).

Jelenlegi kutatásunk a húsipari szennyvizekben jelenlévő szervesanyag-tartalom csökkentésének mikrohullámmal kombinált Fenton-típusú reakcióval történő lehetőségét célozta, illetve a szerves anyagok eltávolításának nyomon követhetőségét a dielektromos jellemzők mérésével.

## 2 ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérleteinkhez helyi üzemből származó húsipari szennyvizet használtunk fel. A szennyvíz főbb jellemzőit - kémiai oxigénigény (KOI), össz. szilárd anyag tartalom (TS) és biológiai oxigénigény (BOI<sub>5</sub>) és pH. – az 1. táblázat

foglalja össze. A kémiai oxigénigény spektrofotometriás-, az ötnapos biológiai oxigénigényt respirometriás módszerrel mértük.

A mikrohullámú kezeléseket egy 2,45 GHz frekvenciájú magnetronnal ellátott Labotron 500 típusú berendezésben végeztük két teljesítménylépcsőben (500 W és 250 W). A Fenton-típusú oxidációs folyamathoz 30%-os H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (VWR, Magyarország) és 88%-os FeSO<sub>4</sub> (VWR, Magyarország) különböző arányú keverékét használtuk fel. Az oxidációs kísérleteknél a minták pH-ját előzetesen 3,0 értékre állítottuk. A közölt összes mikrohullámú energiát a kezelési idő [s] és a mikrohullámú teljesítmény [W] szorzatával egységtérfogatra adtuk meg, a kísérleti beállításokat a 2. táblázat foglalja össze:

Jellemző	Érték	Mértékegység
KOI	1570±36	mgO <sub>2</sub> /L
TS	2,3±0,1	w%
BOI <sub>5</sub>	407±53	mgO <sub>2</sub> /L
pH	6,8±0,2	-

1. Táblázat A felhasznált szennyvíz főbb jellemzői

MW teljesítmény [W/mL]	MW energia [J/mL]			
	300	450	600	750
2,5	120 s	180 s	240 s	300 s
5	60 s	90 s	120 s	150 s

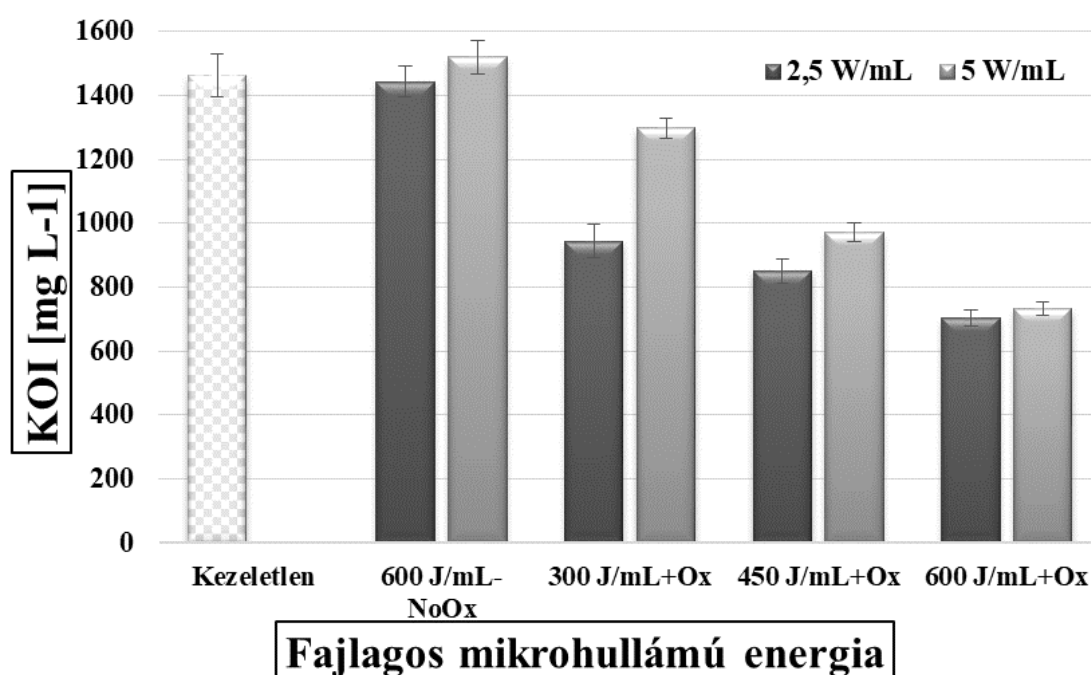
1. Táblázat A közölt összes MW energia a teljesítmény és az idő függvényében

### 3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A kísérletek során meg kívántuk határozni, hogy a mikrohullámú energiaközlés milyen hatással bír a Fenton-reakció hatékonyságára a szennyvízminták kezelése során. Megállapítható, hogy a mikrohullámú kezelés önmagában nem okozott számottevő csökkenést a kémiai oxigénigény mértékében (i.e. nem csökkentette szignifikánsan a minták szervesanyag-tartalmát), azonban a Fenton-típusú oxidációs reakció hatékonyságát megnövelte a KOI-csökkenést tekintve. Rögzített  $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$  dózis (rendre 150/120 mg/mg) esetében az MW energia növelése rendre magasabb KOI-érték csökkenést eredményezett. A kombinált folyamatban a mikrohullámú teljesítmény szervesanyag-tartalom csökkenésre gyakorolt hatása a besugárzott MW energiától függött; azonos közölt energiamennyiségnél a nagyobb (5 W/mL) fajlagos teljesítmény magasabb KOI értéket eredményezett, így a kisebb, 2,5 W/mL fajlagos teljesítmény alkalmazása bizonyult az előnyösebbnek (1. ábra).

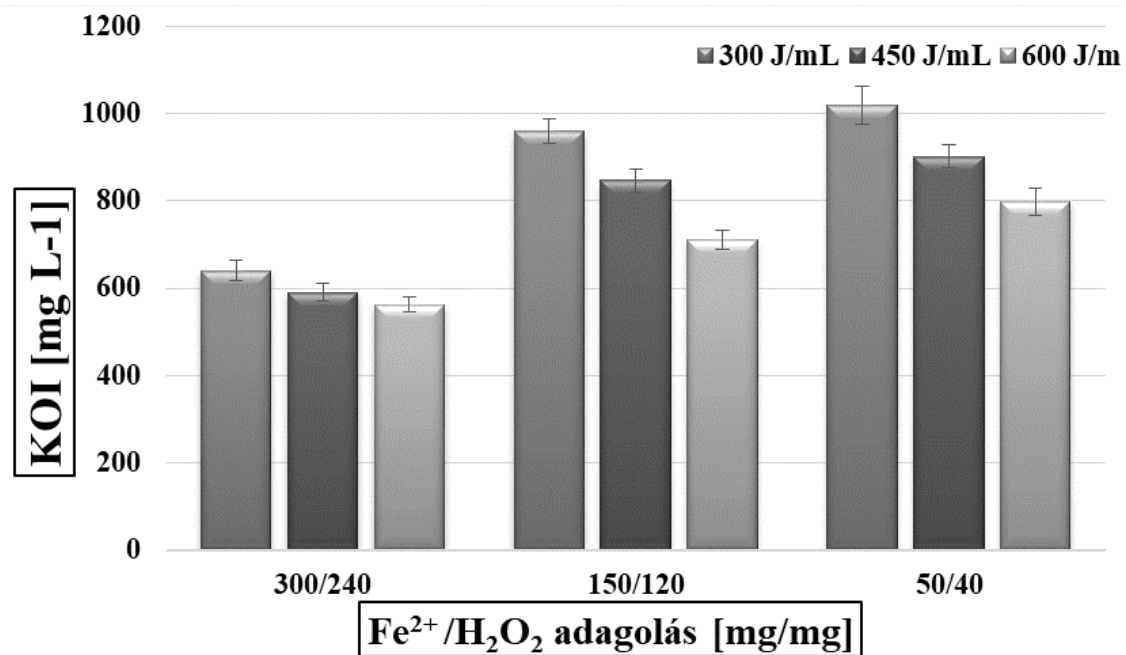
Adott mértékű (300 J/mL, 450 J/mL, 600 J/mL) besugárzott mikrohullámú energia esetében a szervesanyag-tartalom csökkenés mértéke észrevehetően függött az adagolt  $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$  aránytól.

Magas koncentrációban (300/240 mg/mg) alkalmazott  $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$  reagens esetén a közölt MW energiától függetlenül kisebb volt a mért kémiai oxigénigény a folyamat végén, mint a kisebb koncentrációk esetén, vagyis az oxidációs folyamat hatékonyságának szempontjából a magasabb koncentrációk alkalmazása bizonyult az előnyösebbnek. Ugyanakkor a közölt MW energia megnövelésével megközelítőleg azonos KOI érték érhető el úgy is, ha az adagolt  $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$  koncentrációt lecsökkentjük, vagyis a mikrohullámú kezeléssel a folyamathoz szükséges reagensek mennyisége számottevően redukálható (2. ábra).



1. Ábra A KOI értékek változása a fajlagos MW energia függvényében





2. Ábra A KOI értékek változása az alkalmazott  $Fe^{2+}/H_2O_2$  arány függvényében

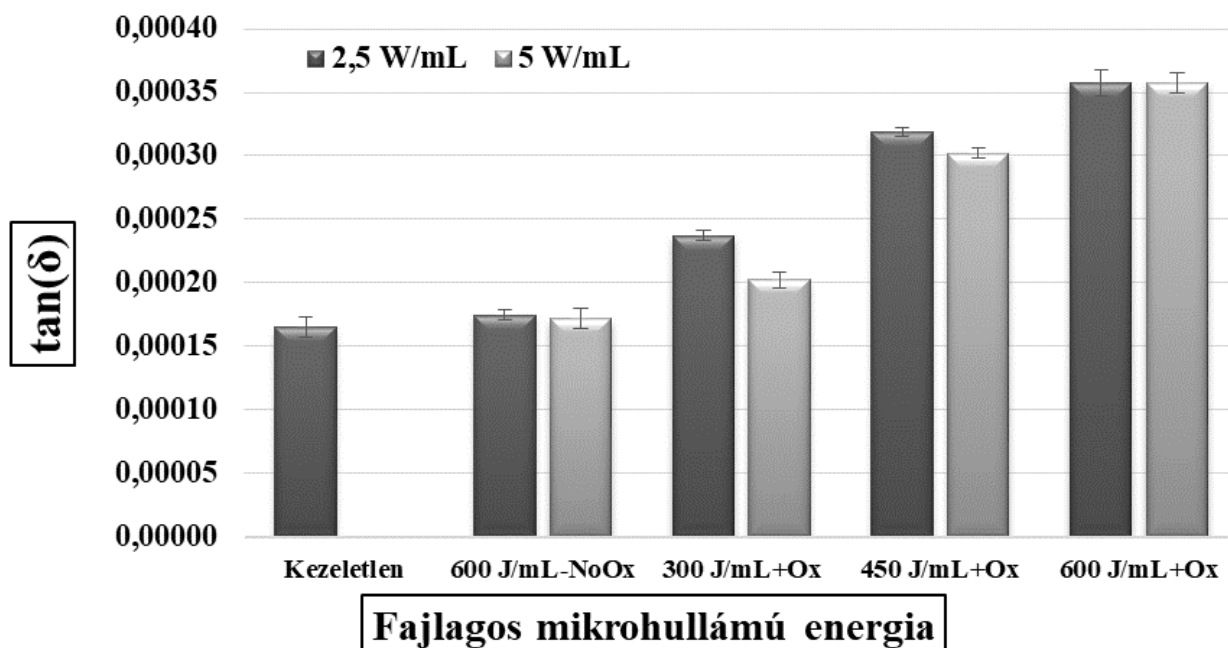
Korábbi kutatásaink során igazoltuk, hogy szennyvíziszapok mikrohullámmal történő kezelése során a lebontási hatékonyság a dielektromos paraméterek mérésével nyomon követhetővé válik (Lemmer et al., 2017). A különböző anyagok dielektromos viselkedésére hatással van a frekvencia, a hőmérséklet és az alapanyagmátrix fizikokémiai tulajdonságai (Jha et al., 2011). Amikor valamilyen kémiai és/vagy termikus kezelés során a szennyvíz oldhatatlan formájú szerves anyagai vízoldható formába kerülnek, akkor a dielektromos jellemzők megváltozását várjuk. Ennek igazolására, illetve hogy a dielektromos jellemzők és a szervesanyag-tartalom csökkenés között korreláció van, a mikrohullámmal kombinált Fenton-típusú reakció után ellenőriztük a minták dielektromos veszteségi szög tangensét ( $\tan\delta$ ).

A dielektromos paraméterek mérésekor a 200-2400 MHz frekvenciaintervallum került végigpásztázásra. Nyugvó közegű és 25°C-on rögzített mintahőmérsékletű mérés esetén a nagyobb

különbség a különböző minták dielektromos paraméterei között az alacsonyabb frekvenciatartományban adódott. A dielektromos tulajdonságok (dielektromos állandó, veszteségi tényező, veszteségi szög tangens, reflexiós együttható stb.) közül a veszteségi szög tangense bizonyult a legmegfelelőbbnek a kezelt szennyvíz szervesanyag-koncentráció változásának a meghatározására. Ezen megfigyeléseink alapján a veszteségi szög tangens ( $\tan\delta$ ) értékeit 200 MHz-en mértük a kezeléseket után.

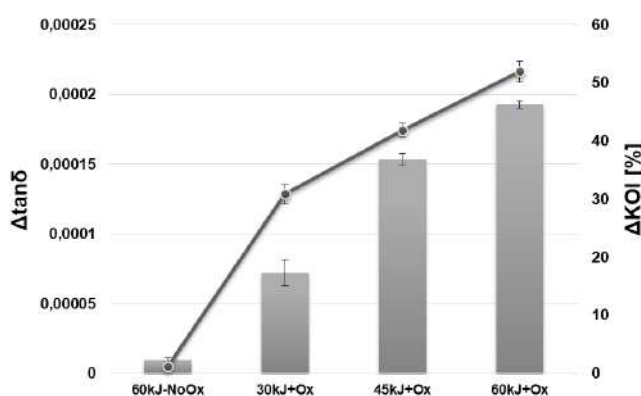
A dielektromos mérések igazolták, hogy a  $\tan\delta$  értéke alkalmas a mikrohullámú-oxidációs reakció által előidézett szervesanyag-tartalom csökkenés nyomon követésére.

A KOI értékek csökkenésével a  $\tan\delta$  arányosan megnőtt, és a különböző kísérleti beállítások (közölt MW energia, reagens dózis, stb.) során kapott KOI értékek változásával hasonló tendenciát mutat.



3. Ábra A  $\tan(\delta)$  értéke a fajlagos MW energia függvényében, rögzített  $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$  arány esetén

A 4. ábra szemlélteti a dielektromos veszteségi szög tangens ( $\Delta \tan \delta$ ) és az oxidációs folyamat alatt bekövetkező kémiai oxigénigény értékeinek változását ( $\Delta \text{KOI}$ ). Az ábrán látható, hogy a két vizsgált paraméternél a változási tendencia hasonló, így a kettő között (i.e. a dielektromos veszteségi szög tangens és a szervesanyag-tartalom csökkenés) feltételezett korreláció bizonyítható.



4. Ábra A  $\tan(\delta)$  és KOI változása a közölt MW energia függvényében

#### 4. KÖVETKEZTETÉSEK, ÖSSZEGZÉS

A kísérleti eredmények alapján igazolható, hogy a szennyvízkezelés során, annak szervesanyag-tartalmát csökkenteni igyekvő eljárások közül a Fenton-típusú reakció egy új és ígéretes alternatívának mutatkozik. A Fenton reakció során mikrohullámú energiaközlést alkalmazva, a kapcsolt eljárás szervesanyag eltávolítási hatékonysága tovább növekedett, lecsökkent műveleti idősükséglet mellett.

Magas közölt mikrohullámú energia esetében az alkalmazott  $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$  dózis lényegesen csökkenthető ugyanolyan mértékű KOI-csökkenés elérése mellett; a mikrohullámú fajlagos teljesítmények közül pedig adott energiaszinten a kisebb (2,5 W/mL) bizonyult az előnyösebbnek. A dielektromos paraméterek mérésével igazolni tudtuk, hogy a folyamatot legjobban jellemző veszteségi szög tangens és a KOI-értékek között

korreláció van, így a szervesanyag-tartalom változása ezzel a módszerrel pontosan és egyszerűen nyomon követhető.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatócsoport köszönetet mond az EFOP-3.6.2-16-2017-00010 azonosító számú „Fenntartható nyersanyag-gazdálkodás tematikus hálózat fejlesztése – RING 2017 által nyújtott anyagi támogatásért.

## ▶ IRODALOMJEGYZÉK

### SZERZŐ:



**Jákói Zoltán Péter:** Középfokú tanulmányaimat Veszprémben, az Ipari Szakközépiskola és Gimnázium 5 osztályos, idegen nyelvi- és természettudományi specializációs osztályában végeztem 2008 és 2013 között. 2013-ban felvételt nyertem a Szegedi Tudományegyetem biomérnök alapszakára, ahol abszolutóriumot és diplomát 2017-ben szereztem. 2018 februárjában kezdtem meg mesterszakos tanulmányaimat Élelmiszerbiztonsági- és minőségi mérnök szakon, ahol oklevelet 2020-ban szereztem. 2020 szeptembere óta PhD hallgató vagyok az egyetem Környezettudományi Doktori Iskolájában, kutatási és oktatási tevékenységemet a Mérnöki Karon végzem.

2017 szeptemberétől dolgozom a Mérnöki Kar Biológiai Rendszerek Műszaki Intézetében, jelenleg tudományos segédmunkatársként. Több különböző kutatási projektben is részt vettem, illetve jelenleg is részt veszek, melyek jelentős része a bio- és környezetműszaki, illetve élelmiszertudományi területekhez kapcsolódnak. Jelenlegi kutatási témám a szennyvizek- és szennyvíziszapok kezelésére-előkezelésére, hasznosíthatóságára, ártalmatlanítására irányul, amely kiegészül korszerű monitorozási, analitikai módszerek használhatóságának vizsgálatával is. Oktatási tevékenységem főként a transzportfolyamatok, művelettan, hulladékkezelés és bioenergetika tudományterületeire terjed ki.

# A RÉSZLEGESEN TISZTÍTOTT SZENNYVÍZ HASZNOSÍTÁSA

## INTEGRÁLT VÍZGAZDÁLKODÁS – GYAKORLATI PÉLDÁKON BEMUTATVA

**LIGETVÁRI FERENC**

BIOMASSZA TERMÉKPÁLYA SZÖVETSÉG

**TOLNAI BÉLA**

BIOMODEL BT.

**Absztrakt:** A szennyvízhasznosítás – beleértve főleg a tisztított víz és sok-sok ellenvetés mellett az iszap hasznosítását – lassan kezd a mindennapok gyakorlatává válni. A még fennálló ellenérzéseket félretolni csak akkor lehet, ha tudományosan alapozott megoldásokat kínálunk. Közegészségügyi és környezetvédelmi szempontok –feltétlenül - előnyben részesítendőek, mind emellett a gazdaságosságra törekvés sem nélkülözhető. A szerteágazó probléma megoldása több tudományág közreműködését igényli. A részlegesen tisztított szennyvíz komplex hasznosítására érdemes törekedni, amely az öntözés mellett, a talajvíz dúsításra és a vizes élőhelyek felélesztésére is szolgál. Olyan egymásra épülő folyamat kialakítására van szükség, amely a természetközeli rendszer segítségével a telepi szennyvíztisztítás tökéletlenségét korigálni képes.

**Kulcsszavak:** Vízgazdálkodás, szikkasztás, szennyvízhasznosítás, közegészségügy, környezetvédelem, biomassa, zöld infrastruktúra, szociális gondoskodás

### 1. PROBLÉMAFELVETÉS

Napjainkban, amikor a szennyvíz hasznosításáról beszélünk, akkor elsősorban az iszap hasznosíthatósága kerül szóba. Az évenkénti 600 millió köbméter szennyezett vizet – korábban - oly mértékben tisztították, hogy az az élővizekbe visszavezethető legyen. A környezet károsítását határértékek előírásával szabályoztuk. A javarészt eleveniszapos technológiával megtisztított szennyvíz tisztasága azonban számos tekintetben nem tekinthető kielégítőnek.

Ma már széleskörűen elfogadott, hogy a gyógyszermaradványok és hormonok megjelenése az élővizekben a javarészt eleveniszapos technológiával működő szennyvíztisztító telepek alacsony tisztítási hatékonyságának a következménye. Ezt igazolják a Velencei-tóban már évtizedekkel ezelőtt tapasztaltak. Az aranykárászok átszexálódtak (50:50 helyett 80:20 lett az arány a lányok javára).

Itt köszönt el a múlt. Azóta megjelent a drog, a mikroműanyagok, valamint a xenobiotikumok, különösen a xenoösztrogének, amelyek ipari eredetűek, de hormon jellegű készítmények (mosóporok, öblítő szerek, kozmetikumok stb.) A furcsaság az, hogy ezek több tíz milliószor nagyobb sejt romboló hatásúak, mint az egyszerű fogamzásgátlószer. Viszont jelenleg mindegyik a befogadó vizeinkbe kerül és a vízi flórába és faunába beépül. Összetételük meghatározására nem vagyunk felkészülve és anyagilag a világ egyetlen országának állampolgárai sem képesek az ún. negyedik fokozatú szennyvíztisztítást megfizetni. Felvetődik a kérdés, mi a megoldás? Szerintünk – BiTeSz tagság - a talajban levő baktérium összetek bevonása, a lebontás általuk történő elvégeztetése. A mikroműanyagot a halak lenyelik. Bekerül a táplálékláncba. Ezzel szemben, ha a talajon helyezük el a mikroműanyagban bővelkedő szennyvizet, akkor nem kerül ételünkbe, mivel a karórépa nem veszi azt fel. S ebben a környezetben a – fizikai aprozódás következtében - gyorsabban lebomlik.

A tisztított szennyvíz legkézenfekvőbb hasznosítási módja az öntözés. A termőterületekre így kijuttatott víz pótolja a hiányzó csapadékot, a vízben oldott állapotban megtalálható szerves tápanyagok (NPK) és nyomelemek a növények fejlődését segítik elő.

Lehet-e találni olyan megoldást, amely a felsorolt hátrányokat kiküszöböli és egyéb előnyökkel is jár?

## 2. A SZENNYVÍZ ÚJRAHASZNOSÍTÁSA A VILÁGBAN

A Nemzetközi Vízgazdálkodási Szövetség (IWA) 2018-ban Újrahasznosítási lehetőségek címmel átfogó jelentésben számolt be a világ különböző nagyvárosaiban megvalósított gyakorlatokról. A jelentés a szennyvízzel kapcsolatos kihívásokat és az újrafelhasználás lehetőségeit a világ nyolc városa példáján szemlélteti. A kialakult kép rendkívül vegyes. Kiválglik azonban, hogy a használt víz az egyik leginkább kihasználatlan erőforrás, amelynek hasznosítása egyértelmű növekedést mutat. (1. táblázat).

	Aqaba	Bangkok	Peking	Chennai	Durban	Kampala	Lima	Manila
	Jordánia	Thaiföld	Kína	India	Dél-afrikai Köztársaság	Uganda	Peru	Fülöp-szigetek
<b>Népesség [millió fő] 2016</b>	0,2	5,6	21,7	8,8	3,7	1,5	10	12,2
<b>Helyszini szanitáció [%]</b>	10	60	5	0	84	60	17	85
<b>Szennyvíz-elvezetés [%]</b>	90	40	95	100	16	40	83	15
<b>Szennyvíztisztítás mértéke [%]</b>	100	100	88	70	100	40	15	100
<b>Tisztított szennyvíz felhasznál. [%]</b>	69	5	15	49	44	40	5	0

1. Táblázat A szennyvíz újrahasznosítás mértéke világ nyolc városában (IWA)



Az IWA jelentés az egyes városok a körforgásos gazdaság terén megvalósított erőfeszítéseit a következőképpen jellemzi:

- Aqaba: Egy közepes méretű város a „nulla kibocsátási” kihívást jó lehetőségnek tekinti.
- Bangkok: Az iszap felhasználása erőforrásként és értékes gazdasági javanként
- Peking: Infrastruktúra kiépítése a folyamatosan bővülő megaváros lépéstartása érdekében
- Chennai: A vízhiány kezelése a szennyvíz gyorsított újra felhasználásával
- Durban: A szennyvíz, mint gazdasági áru
- Kampala: A vízforrások védelme a szennyvíz és a szepikus iszap integrált terv általi ellenőrzése, kezelése és újrahasznosítása
- Lima: Tanulás a gleccserek zsugorodásának sürgősségében
- Manila: Egy megaváros, amely szennyvízkezeléssel és újrahasznosítással regenerálja erőforrásait

program az *Új politika - Fenntartható megközelítés* nevet viseli.

A szennyvíz öntözéses hasznosítását már a múlt században szigorú előírások szerint végezték. Minisztériumok közötti bizottság fogalmazta meg az alapvető szabályokat. A tisztított szennyvizek használatát újra értelmezték. Részben a mezőgazdasági előírásokat, részben az élővizekbe bocsátást illetően fogalmaztak meg új normatívákat. Minden farmer számára kötelezővé vált az engedélyhez kötött vízhasználat. Az Egészségügyi Minisztérium adta ki az engedélyt a vízminőség és a természet növény figyelembevételével.

Már a század elején is nagy figyelmet fordítottak a használt víz tisztítására (2. táblázat).

A tisztított szennyvíz használata vitathatatlan, ugyanakkor több kihívással találkozunk. Az újra

<b>Szennyvíz összesen</b> ~ 500 millió m <sup>3</sup> /év	50% másodfokú tisztítás
	30% harmadfokú tisztítás
	4% kezelés nélküli
	16% hiányosan kezelt
<b>Hasznosított szennyvíz</b> ~450 millió m <sup>3</sup> /év	65% öntözési célú felhasználás
	35% befogadóba juttatott

2. Táblázat A szennyvíz mennyisége és a szennyvíz hasznosítása Izraelben 2004-ben [Golovaty,2008]

Izrael példája nem szerepel IWA jelentésben, de köztudottan a közel-keleti állam világelsőnek számít a szennyvíz széleskörű hasznosításában [Golovaty, 2008]. Az e területen meghirdetett

hasznosított víz sókoncentrációja kétszerese a friss vízének, ennek következtében elengedhetetlen a talaj szikesedése. Ezen folyamatnak az ellenőrzése megfelelő monitoring hálózat



**1. ábra** Szennyvíztisztít-telepő szűrő berendezése a korlátlan öntözéshez [Golovaty,2008]

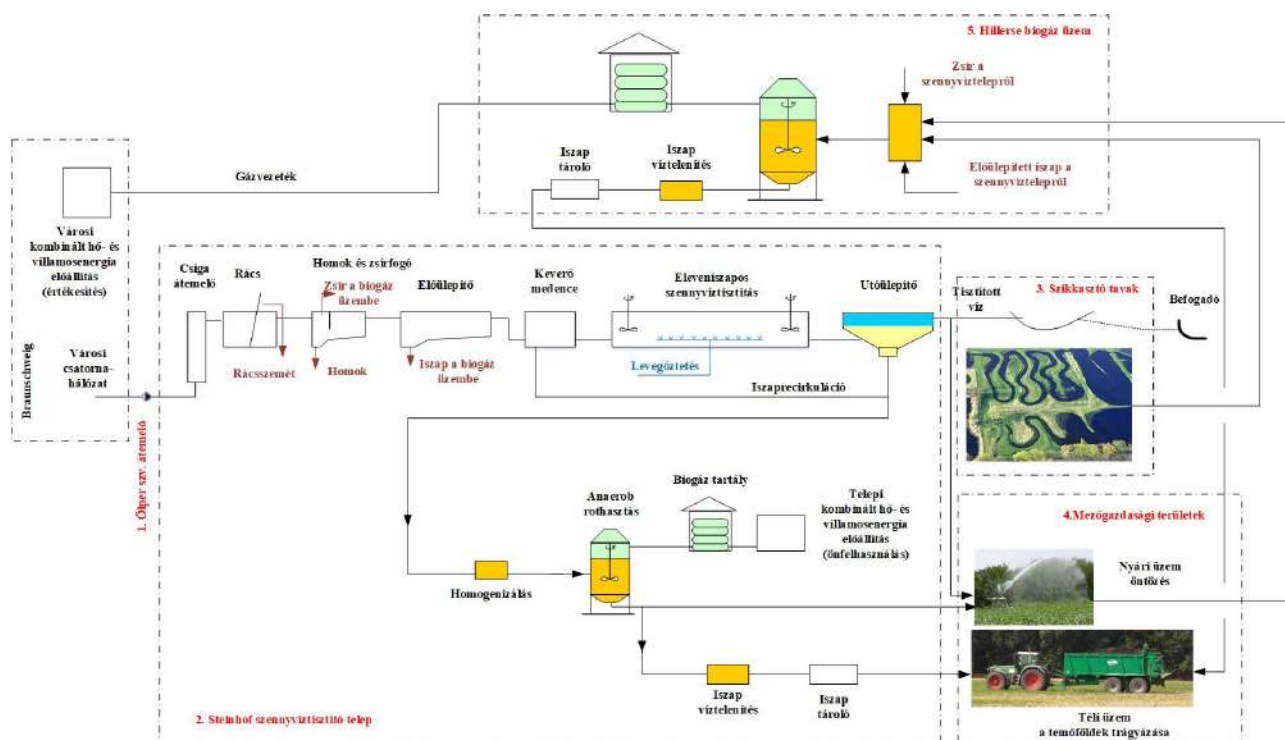
kialakításával megoldható, továbbá a felgyülemlett só víznyomásos eljárás révén a gyökérszóna sómentessé tehető.

A tisztított szennyvíz öntözéssel történő sikeres alkalmazása, olyan technológiákkal érhető el, mint a csepegtető öntözés, amely lehetővé teszi a biztonságos és hatékony vízhasznosítást. Ennek érdekében jó hatásfokú vízsűrők alkalmazása szükséges, amelyek automata és kézi vezérlésű tisztító mechanizmussal működnek, ezáltal megvédik az öntöző berendezést az eltömődéstől. Továbbá olyan eszközöket/részegységeket kell alkalmazni, amelyek a csövön belüli vízmozgás elakadását időben jelzik. A hatékony öntisztító szűrési technológia (1.ábra) lehetővé teszi a folyamatos üzemelést, anélkül, hogy a működésben kézi vezérlést alkalmaznánk.

Napjainkra utaló észrevétel, hogy a hagyományos tisztítás nem szünteti meg a koronavírus terjedésének kockázatát. A Ben-Gurion Egyetem kutatói szerint további kezelésre van szükség a vírus terjedésének megállításában. (A szennyvíz a betegség –tudatlan- vírus gazdája, amelyet képtelenek vagyunk a befogadóban megsemmisíteni).

### 3. A BRAUNSCHWEIGI PÉLDA

A külföldi példák sorában a fejlett - kiemelt gazdasági áldozatokra képes - német gazdaságot képviselő megoldások egyikével adunk részletes ismertetést jövőbeni feladatainkhoz. Jelenlegi viszonyok között a szennyvíziszapot vonjuk be a körkörös gazdálkodásba. Komposztot készítünk belőle vagy rothasztása révén biogáz előállítás történik. A feladat végrehajtása akkor tekinthető



2. ábra A braunschweigi modell [Tolnai,2016]

befejezettnek, ha a fermentációs maradéknak, vagyis rothasztott iszapnak a hasznosításáról is gondoskodunk. Kitekintő példánk – az ún. braunschweigi modell [Tolnai, 2016] – egy teljes körű vízgazdálkodási rendszer, amely a mind a víz, mind az iszap hasznosítására egyaránt hangsúlyt fektet. (Különösen úgy, hogy nem engedi meg az iszap létrejöttét.)

A 2. ábrán mutatjuk be a feladat komplex kezelését a tisztított szennyvíz és a – korlátozott mennyiségű – szennyvíziszap teljeskörű hasznosítását. A tisztított szennyvíz szikkasztó tavakba kerül, majd természetes biológiai szűrési folyamatot követően a befogadóba. A szennyezettség minimalizálása érdekében szivárogtatják a vizet a homokrétegen keresztül. Ez a folyamat nem más, mint az ivóvíz előállítására alkalmazott fordított irányban működő partiszűrés. Esetünkben a mesterségesen tisztított szennyvízből a folyó számára elviselhető tisztaságú vizet állítunk elő.

A szikkasztó tó eredményességét növeli, hogy gyökérszónásan is tisztít és nagy vízfelülete a biológiai víztisztításhoz szükséges oxigén beoldódását teszi lehetővé. Így Braunschweig város Oker nevű folyója egy viszonylag jól tisztított víztömeggel növekszik.

Az integrált vízgazdálkodási megközelítés Braunschweigben a komplex megközelítést jelenti, minden fázisban, minden időszakban – télen és nyáron - egyaránt keresve a hasznosítás leginkább megvalósítható módját.

A sikeres hasznosításhoz különböző vállalkozások \_szerződéseiben is rögzített- egyműködésére van szükség. A szennyvíz elvezetéséért a Stadtentwässerung Braunschweig GmbH a felelős, a szennyvíztisztító telep és a hozzá tartozó környezetvédelmi vízivilágot, valamint a biogáz üzem az Abwasserverband Braunschweig GmbH üzemelteti. A termőterületek művelését

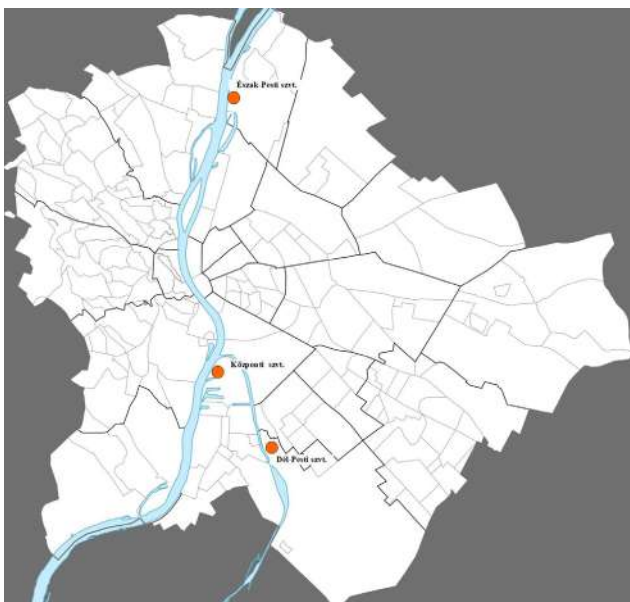
a helyi gazdák végzik. A megtermelt bionyersanyagot (biomasszát) a biogázüzemben rothasztják. A kinyert biogázt a városi fűtőmű használja el. Ezzel megteremtődik a körforgásos gazdálkodás.

Braunschweigben azt is felismerték, hogy a környezet megóvásának céljai csak akkor teljesülhetnek, ha környezettudatos csatornahasználatra bírják a lakosságot. Ennek érdekében főleg az iskolákban figyelemfelkeltő tevékenységet folytatnak a közreműködő vállalkozások.

## 4. A LEHETŐSÉGEK KIAKNÁZÁSA A HOMOKHÁTSÁGON

### 4.1. A tisztított szennyvíz mennyisége

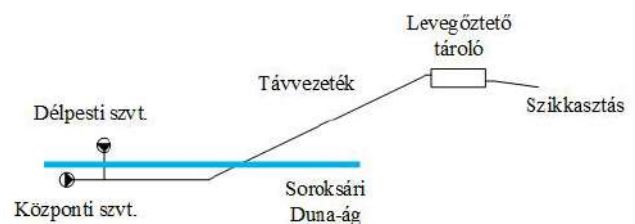
Budapestnek mindhárom szennyvíztisztító telepe eleveniszapos technológiával működik. A tisztított vizek befogadója – jelenleg- a Duna



Telep	Üzemeltető	kapacitás [m <sup>3</sup> /d]	részarány [%]	Befogadó
Északpesti	FCSM	160 000		Duna főág
	észak	<b>160 000</b>	<b>33,7</b>	
Központi	FVM	250 000		Duna főág
Délpesti	FCSM	65 000		Soroksári Dunaág
	dél	<b>315 000</b>	<b>66,3</b>	
	összesen	<b>475 000</b>	<b>100,0</b>	

3. ábra A Budapesten keletkező tisztított szennyvíz mennyisége

A tisztított szennyvizek élővizekbe történő juttatása az egyre szigorodó környezetvédelmi előírások következtében a tisztítási hatékonyság fokozását vonná maga után. Ezt a világon szinte még sehol sem vezették be, pedig a jelentkező gyógyszer- és drog maradványok, valamint az ezek környezetterhelését többszörösen meghaladó xenobiotikumok, az újonnan jelentkező mikroműanyagokkal egyetemben szükségessé tennék az ún. negyedfokú tisztítási technológia bevezetését. Az üzemeltetési és fenntartási költségek és a levegőbe jutó üvegházi gázok csökkentése érdekében a begyűjtött szennyvíz (3. ábra) komplex hasznosításáról kellene gondoskodni. A víz túlzott mértékű megtisztítása helyett annak hasznosítása, pl. öntözéses elhasználása lehet cél, de természeti adottságaink és a klímaváltozás mérséklésére adandó kényszerű válasz merőben más megoldások alkalmazására készíti a szakma cselekvő részét. A 4. ábrán egy elvi vázlat látható, amely a két dél-budapesti tisztító telepen keletkező részlegesen tisztított szennyvíznek a körforgásos gazdaságba történő bekapcsolását mutatja be. Az itt keletkező vizeket felszín feletti (vagy a Duna medrében vezetett) távvezetékén a Homokhátságra juttatnánk el.



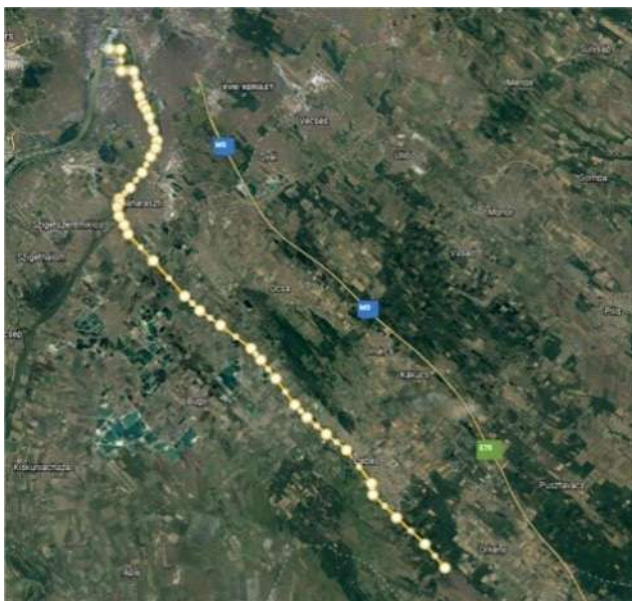
4. ábra A Dél-budapesti szennyvizek hasznosítási lehetőségének technológiai elrendezése

A vázlatos technológiai elrendezés a befogadó Duna helyett a tisztított (de inkább csak részlegesen megtisztított) szennyvíznek a termőterületéig történő eljuttatását mutatja. Itt jegyezzük meg, hogy az Északpesti Szennyvíztisztító napi



hozamát északra, a vízben igen szegény nóg-rádi térség felé érdemes irányítani. A tisztított szennyvíznek –a braunschweigihez hasonlóan- három hasznosítási lehetősége jön szóba. Az első a talajvíz-dúsítás, a második az öntözés (energiafűz, vetőmagtermesztés), míg a harmadik a természetvédelmi területek (főleg a vizes élőhelyek) rehabilitálása. A továbbiakban a 4. ábrának megfelelően a déli hasznosítási lehetőségre hívjuk fel a figyelmet.

A megoldandó feladatok közül az első a részlegesen tisztított szennyvíznek csővezetéken szivattyúzással történő továbbítása egy tárolóba. Az így kialakított tónak a puffer szerep mellett levegőztető funkciója van.



Hossz	Méret	Fajl.csőár	Cső	Cső anyag 30%	Csőfektetés 70%	Összesen
[km]	[mm]	[cFt / 3,5 m]	[db]	[milliárd Ft]	[milliárd Ft]	[milliárd Ft]
50	2000	720	15000	10,8	25,2	36

Kezdőpont (Központi szvt.)	Végpont (Homokhátság)	Statikus szintkülönbség	Nyomás- vesztesség	Szállítomagasság igény
[mBf]	[mBf]	[m]	[m]	[m]
104	121	17	~18	35

5. ábra A távvezeték egyik javasolt nyomvonala

A 5. ábra egy lehetséges végpont kijelölése után a megépítendő távvezeték paramétereit mutatja. A nagy vízmennyiség miatt a vezeték átmérője meglehetősen nagyméretű, hossza mintegy 50 km (szükség szerint hosszabbítható). A szivattyúzási feladat szállítomagasság (vagyis nyomásigénye) nem jelentős. Ez lehetővé teszi az olcsóbb előállítású beton csővezeték használatát. Másként alakul mindez, ha az öntözési normánál nagyobb só tartalmú szennyvizet hígítani kívánjuk. Ekkor más nyomvonal-vezetés és más anyag jöhet szóba. Itt kívánjuk megjegyezni, hogy a feladatot befolyásolják még a Duna-Tisza közén található városok részlegesen tisztított vízének bekapcsolása, közös hasznosítása.

#### 4.2 A szikkasztás műtárgyai és szerepük

A Homokhátság elsivatagosodása valós probléma. A károsnak tekintett folyamat már jó ideje zajlik. Az ENSz félsivataginak minősítette a területet, de nemcsak a víznek, hanem a szervesanyagok hiánya miatt is. A klímaváltozás hatására a talajvíz szintje egyre süllyed, a felszíni növények nem képesek hozzájutni a fejlődésükhöz elengedhetetlenül szükséges mennyiségű vízhez. A vízpótlás önmagában nem segít a problémán, tápanyagokra is szükség van. A részlegesen tisztított szennyvíz kijuttatásával mindkét feltételnek meg tudunk felelni. A fennmaradó kérdés csak az, miként tegyük ezt? Olyan megoldás kell, amely a tisztított szennyvízben szükségszerűen meglévő gyógyszermaradványokat, hormonokat, drogokat, xenobiotikumokat, xenoösztrogéneket és a mikroműanyagokat is képes lebontani, mivel az élővizekben csak egészen kis mennyiségű lebontó baktériumok találhatóak, mint a talajhalmazban.



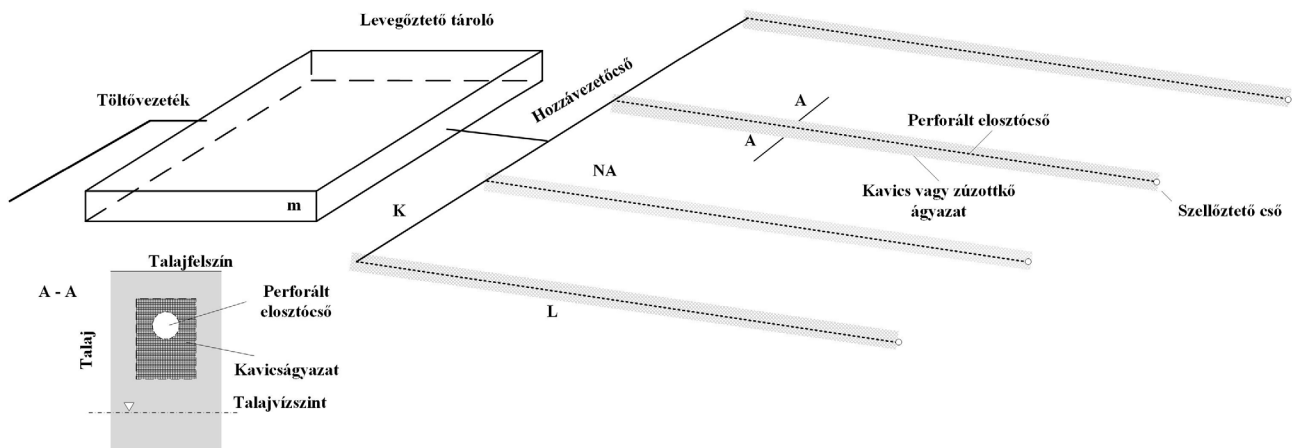
Az utóbbi időkben a hazai kísérleteket – főleg esőztető - öntöző berendezésekkel végezték. Ez megfelel, ha vetőmagot kívánunk termeszteni. Ezzel szemben az árasztásos öntözést az energianövényekhez javasoljuk, amely révén egyszerű beszivárogtatással a vízpótlás megoldható. Arra kell törekedni, hogy a vízben oldott nagymolekulájú szennyezők lebontása megtörténjék. Ha talaj nem képes a kellő mértékű szűrésre, úgy a szennyezés eléri a talajvizet és elő állhat a környezet károsítása. Az eddigi tapasztalatok – az Erdészeti Kutató Intézet múlt századi mérései – azt igazolták, hogy 1 méterrel a felszín alatt sem protozókák, sem azok cisztái nem jelennek meg.

A víz mozgásának általános tapasztalata szerint, a csapadék szivárgás útján kerül a talaj mélyebb rétegébe. Jó esetben a szivárgás egészen addig tart, amíg a csapadékvíz (amennyiben elegendő van belőle) el nem éri a talajvíz felületét. A szivárgást a gravitáció hajtja. A kialakuló vízmozgás esetében a konvektív sebesség nagysága szemmel láthatóan jelentős. Gondoljunk csak (főleg a homokos talaj felszínére) kiöntött vödör vízre, amely pillanatok alatt eltűnik. Első hallásra bármily meglepő, a spontán beszivárgás sebessége a partiszűrés sebességéhez képest meglehetősen nagy. Ahhoz, hogy a talajban

biológiai szűrés létrejöhesse lényegesen kisebb sebességű vízmozgásra van szükség. Ezt a víz szikkasztásával érhetjük el. A szikkasztás is egyfajta beszivárgás. A spontán beszivárgáshoz képest azonban fékezett módon jön létre. A megvalósításhoz szikkasztó berendezés építése javasolt. Ilyen elrendezést mutat az 6. ábra.

A távvezetéken érkező víz egy puffertározóba jut. A természetes környezetben kialakított szikkasztó tó vagy tórendszer alacsony mélységű. Nagy vízfelületüknél fogva az oxigén beoldódás folyamata megvalósul. A tavak vize gravitációs úton táplálja a szikkasztást gyorsító perforált csőrendszert, amely kavicsöltésű árokrendszerben a talajfelszín alatt helyezkedik el. Innen a szennyvíz a talajba szűrődik, ahol biológia úton tisztul meg. – állítja a [4] Értelmező Szótár a szennyvíz szikkasztás cikkelye. Az ilyen vizek már kultúr- növények öntözésére is alkalmasak, továbbá a vizes élőhelyek legérzékenyebb állatvilága is kifogástalan életérhez juthat. Kérdés hogyan valósul ez meg és mi a feltétele a víz biológiai megtisztulásának?

A következőkben heurisztikus meggondolások mentén próbáljuk meg méretezni a szikkasztó rendszert.



6. ábra A szikkasztás megvalósítása [Óllős, 2002]

Elszikkasztandó szennyvízmennyiség:

$$Q=315\,000\text{ m}^3/\text{d}$$

(ez megfelel a Központi és a - Délpesti Szennyvíztisztító telepek hozamának).

Induljunk ki egy perforált cső lehetséges kapacitásából, legyen ez az érték:

$$Q_{\text{vez}}=1500\text{ m}^3/\text{d}=62,5\text{ m}^3/\text{h}=0,017\text{ m}^3/\text{s}.$$

A szennyvízmennyiség elszikkasztásához így:

$n = 315\,000 / 1500 = 210$  db cső vagyis ennyi darab szárnyvezeték szükséges (ha felszín alatti csőrendszerben gondolkodunk).

Legyen a perforált elosztóvezeték mérete:

$NA = 300\text{ mm} = 0,3\text{ m}$ , melynek keresztmetszete  $A = 0,07\text{ m}^2$ .

A perforált elosztóvezetékben az áramlási sebesség:

$$V_{\text{vez}} = Q_{\text{vez}} / A = 0,017 / 0,07 = 0,24\text{ m/s}$$

A perforált vezeték hosszának függvényében a perforáció keresztmetszete:

$$A_{\text{perforáció}} = \varepsilon \cdot NA \cdot \varpi \cdot L = 1/3 \cdot 0,3 \cdot 3,14 \cdot L$$

ahol  $\varepsilon := 1/3$  a palástfelület perforációjának mértéke.

Legyen a csőágak/szárnyvezetékek egymástóli távolsága:

$$K = 10\text{ m}.$$

A szikkasztási terület kiterjedése szélességi irányban:

$$S = 10\text{ m} \cdot 210\text{ csőág/szárnyvezeték} = 2100\text{ m}$$

Tételezzük fel a megkívánt szűrési sebességet (a szikkasztási területen):

$$w = 0,1\text{ m/d},$$

amely érték a partiszűrős ivóvíz előállítás esetén megismert értékkel azonos.

A szikkasztás terület igénye:

$$A_{\text{szikkasztási terület}} = Q/w = 315\,000\text{ m}^3/\text{d} / 0,1\text{ m/d} = 3\,150\,000\text{ m}^2 = 315\text{ ha}$$

(amely több egységből is állhat).

Az elosztó csővezetékek hossza:

$$L = A_{\text{szikkasztási terület}} / S = 3\,150\,000 / 2\,100 = 1016 \text{ m}$$

A kilépés sebessége a perforációnál

$$c = Q_{\text{vez}} / A_{\text{perforáció}} = 1500 / ((1/3) * 0,3 * 3,14 * 1016) = 0,52 \text{ m/d}$$

amely sebesség érték a kívánt szűrési sebesség nagyságrendjébe esik  $c \approx w$ , a talajban a kontinuitási törvény miatt tovább csökken.

A tároló medence mérete:

a tárolandó vízmennyiség:

$V_{\text{tároló}} = 315\,000 \text{ m}^3$  (egynapi mennyiség)  
legyen az átlagos vízmélység  $m = 1,5 \text{ m}$   
a vízfelület  $A_{\text{tároló}} = 315\,000 / 1,5 = 210\,000 \text{ m}^2 = 21 \text{ ha}$

$$L_{\text{vez}} = n * L = 210 * 1016 \text{ m} = 213,4 \text{ km}$$

A szükséges NA300 méretű perforált elosztó-vezeték hossza:

Becsüljük meg a szikkasztó rendszer kialakításának költségigényét, amely alapvetően a drén-csövek árát és a lefektetését jelenti:

Összevetve a 6. ábrát és a 3 táblázatot megállapíthatjuk, hogy a távvezeték kiépítése jelenti a nagyobb ráfordítást.

Az elvégzett számítások inkább példának, mint költségvetési összegnek vagyis a méretezési eljárás bemutatásának számítanak, azonban a feltételezett fő méretek és költségek előzetes becslésére mindenképpen alkalmas. Az elgondolás alapja, hogy a talajrétegben kialakuló szűrési sebesség a partiszűrésnél tapasztalt értékek nagyságrendjébe essen. Ez az előfeltétele, hogy a  $Pe=10$  mellett hatékony biológiai szűrés alakulhasson ki, miáltal a nagy szennyezőmolekulák (gyógyszermaradványok stb.) garantáltan lebontásra kerülnek a talajlakó baktériumok által.

A vízpótlással mérsékelni lehet a talajvízszint veszélyes mértékű csökkenését. A víz kijuttatása a mezőgazdasági területre történhet *esőszerű öntözéssel* (a víz szükségszerű elporlasztása fokozottabb párolgáshoz vezet, amennyiben célunk a kis területen történő, minél nagyobb párolgás), *árasztásos öntözési módszer esetén* (a víz a kevésbé kötött talajok esetén gyorsabban beszívárog a talajba, ahol a biológiai tisztulás feltételezhetően megtörténik, továbbá az energiafűz részére a természetes élőhelyhez hasonló feltételek jönnek létre). A szikkasztási megoldás a vízpótlás mellett a talajban alacsony vízmozgást enged csak meg, amely a tisztított szennyvízben még megtalálható nagy molekulák lebontását is lehetővé teszi. Épített környezetben az alacsony  $Pe$ -szám elérése csak nagy beruházási ráfordításokkal lehetséges. Természetközeli megoldás esetén – ilyen megoldás a szikkasztás – könnyebben célt érhetünk. A perforált vezeték kilépő-keresztmetszete elég nagy, de megfelel

Hossz	Méret	Fajl. csőár	Cső	Cső anyag 30%	Csőfekte- tés 70%	Összesen
[km]	[mm]	[Ft/6 m]	[db]	[milliárd Ft]	[milliárd Ft]	[milliárd Ft]
213,4	300/6 m dréncső	9700	35 567	0,34	0,80	1,14

3. Táblázat A szikkasztó rendszer kiépítésének becsült költségei

az alacsony talajbéli vízsebesség kialakításához. Olyan alacsony vízsebességhez, amely lehetővé teszi a talajon megtelepedő mikroorganizmusok diffúzió útján történő tápanyag ellátását.

A víz kijuttatásának van egy harmadik szerepe is, a talajfelszínen megvalósított növénytermesztés. A tisztított vagy a részletesen tisztított szennyvíz nemcsak a gyökérzet által felszívható vizet jelenti, hanem nyomelemeket és tápanyagot is biztosít a növények fejlődéséhez. Az alácsövezett mezőgazdasági területen óvatosságból előbb energianövényeket vagy vetőmagot érdemes termesztetni [Ligetvári, 2020]. Később, a tapasztalatok megszerzése után esetleg szóba jöhet más növényi kultúra is, főleg a nagy beruházási igényű gyümölcs- és szőlő ültetvények is hatékonyan képesek a víz hasznosítására. A felszín alatt vezetett csővezeték révén a termesztési táblában közlekedők nem találkoznak fertőző folyadékkal. A terepadottság függvényében a szűrt vizek zárt vezetékben összegyűjthetők és az izraeli példák figyelembe vételével a csepegtető öntözéssel bármely növény öntözése elvégezhető vele.

A szikkasztás – ahogy a partiszűrés – télen is akadálytalanul működni fog. A téli és nyári üzem így alapvetően nem különbözik egymástól. A braunschweigi megoldásnál az évszakos változás más válaszokat követel.

## 5 KÖVETKEZTETÉSEK, FELVETŐDŐ KÉRDÉSEK

A braunschweigi (megvalósult) és homokhátsági (javasolt) megoldások látszólag merőben különböznek egymástól. A különbözőségek az ökológiai eltérésekből fakadnak. Az egyezőséget a szennyvíz teljes körű hasznosításának igénye jelenti. A cél mindkét esetben a környezet maximális védelme, amelyet azonban nem értelmetlen kompromisszumok megkötései útján érdemes elérni, hanem okos mikrobiológiai és technikai megoldásokkal.

A negatív hatások minimalizálásához átfogó elemzésekre van szükség. Különösen azért, mert a vízgazdálkodási beruházások rendkívül nagy értékűek. Elhibázott célkitűzések mentén történő megvalósítások csak nehezen korrigálhatók utólag, nem beszélve a rosszul elköltött pénzről [Tolnai, 2020].

A szivattyútelepek, távvezeték megépítése és a tó (tavak) kialakítása rutin építőipari feladatnak mondható. (ugyanígy a rizsöntözésnél alkalmazott lézervezérlésű tereprendezés). A szikkasztó rendszer működését, biológiai hatékonyságát azonban a megvalósítás előtt kisminta kísérleteken ellemörízni érdemes. A környezet úgymond szennyvízzel történő „elszennyezésének” vádjá nem állhat fenn. Az előtisztított szennyvíz maradék szennyezését a talajnak maradéktalanul el kell tudni bontania. Igazolni kell, hogy

a talajvizet már csak tiszta víz éri el (különösen a jelenleg 5-11 méterrel a felszín alatt található vízfelszint illetően).

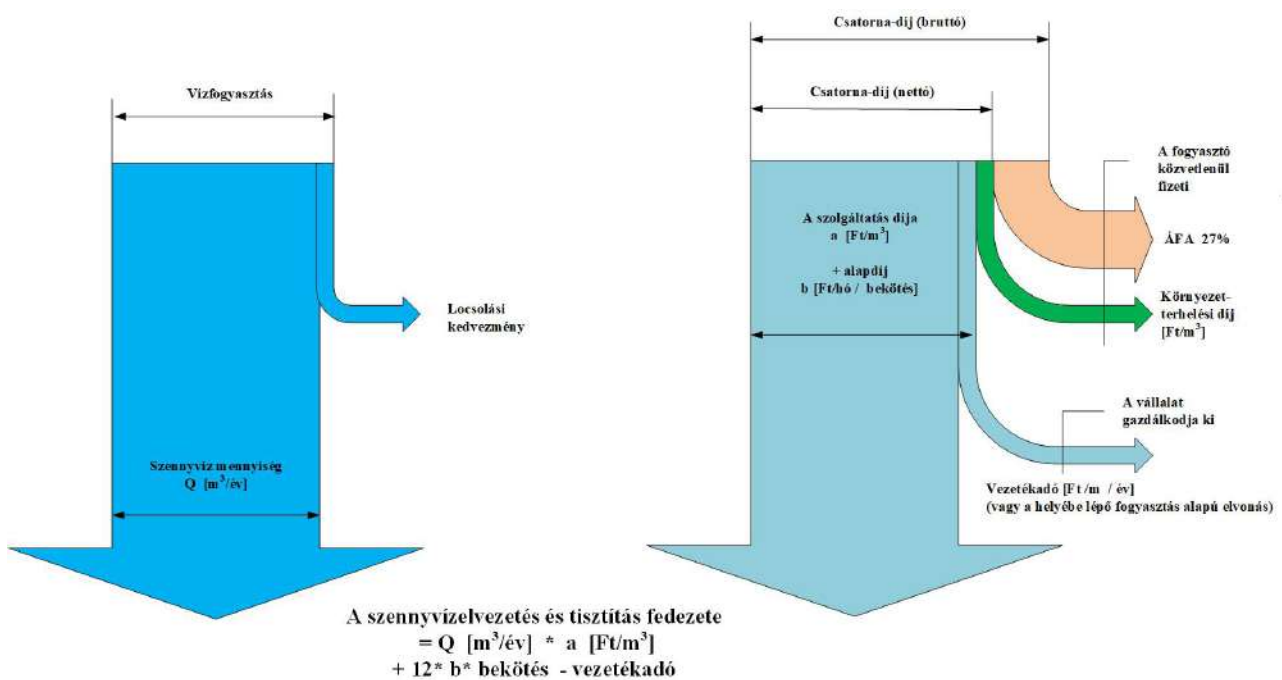
A széles spektrum lefedéséhez – ahogy az Braunschweigben megvalósult – a Homokhátság esetében is szükség lesz a láncban szerepet játszó vállalkozások szoros együttműködésre. A kollektív munka akkor sikeres, ha benne minden résztvevő megtalálja a saját érdekelttségét. A szélesebb látókör minden biztonnyal megköveteli a fogyasztók által fizetett csatornaszolgáltatási díj átgondolást. Mennyi megtakarítás jelentkezik a részleges tisztítás esetén? Mit kell fedezzen a díj? Hol csapódik le a haszon? Milyen környezetbiztonság áll elő?

A jelenleg érvényben lévő állami elvonásokkal terhelt csatornadíj a szennyvízelvezetés és szennyvíztisztítás fedezetéül szolgál. A tisztított víz esetében ez az esetek többségében az élővizekbe történő bebocsátást jelent, szemet hunyva

a környezetkárosító gyógyszermaradványok stb. természetbe juttatást illetően, bár ahogy korábban jeleztük – jelenleg - a világon ez mindenütt így történik. „A nincs rá határérték” – jelszó útján tovább terheljük a természetet, benne a vízi világot.

A szennyvíziszap egyre nagyobb százalékban talajjavítási célokat szolgál már, de még mindig nem ritka a hasznosulás nélküli lerakás, rekultiváció, amely a vízi közmű szolgáltatónál költségteherként jelentkezik. A szennyvíznek kimondottan öntözési célú hasznosítása révén minimális iszap keletkezik, amelynek jelentős része biogáz révén hasznosulhat, szemben a komposzt készítéssel, amely során hat hónapon keresztül nagy mennyiségű metán kerül a levegőbe.

A szennyvíz komplex hasznosításánál döntő jelentőségű, hogy csatornahasználati díjak csökkenthetők lesznek-e. Amennyiben igen, úgy egy közgazdaságilag is előnyös megoldás jöhet létre. S az igen alacsony mennyiségű



7. ábra A csatornaszolgáltatási díj árbevétele



szennyvíziszap eltávolítása elmaradhat, mivel a növények a benne levő kevés tápanyagot (a nagyobb mennyiségű tápanyag ugyanis a vízben található) hasznosítják. Nem tettünk még említést - viszont kiemelt figyelmet érdemel - a szociális támogatásról. Az állam jelenleg is gondoskodik az elmaradt térségek lakóiról. Ez éves szinten hét milliárd forintos keretet „emészt fel”. Mégis évente 140 személyt

ér – saját lakásában - fagyhalál. (A másik 140-re, a szabad ég alatt hasonló sors vár. De ők önszántukból utasítják el a gondoskodást). Egyszerűnek tűnő megoldás, hogy az előállítható energianövényeket tegyük a hét-milliárd forint mellé és akkor ők is velünk maradnak. A 2000 lakosegyenértéknél kisebb települések szennyvizéből is elegendő tűzifa állítható elő, néhány hektár földterületen.

## ▶ IRODALOMJEGYZÉK

### SZERZŐ:



**Tolnai Béla:** alapszakmáját tekintve gépészmérnök és villamos szakmérnök. A Fővárosi Vízműveknél eltöltött évek alatt azonban szem- és fűltanúja lehetett a partiszűrés történéseinek. Üzemeltetési igazgatóként egy jó ideig felelősséget is viselt a főváros vízellátásában.

A biológiai szűrés elméletének kutatása köti le jelenleg figyelmét (bővebben lásd: <https://www.biomodel.hu> honlapon).



**Ligetvári Ferenc:** A "Kvassay Jenő" Híd-és Vízmű építő Technikumban ismerkedett meg a szakma alapjaival.. Kezdetben a Balaton felvidék talajvédelmi tervezését végezte, majd 1969-től a Kertészeti Egyetemen tájrendezést, majd vízgazdálkodást oktatott. Résztvett a Tisza vidék mezőgazdaság fejlesztés program öntözésfejlesztési koncepciójában, az üzemi értékelések kidolgozásában. Ezt követően oktatott Keszthelyen (talajvédelem), Szarvason (öntözéses környezetfejlesztés) és Gödöllőn (környezet gazdaságtan ill. vízgazdálkodás témában). Pécsen a vízgazdálkodó-, később az atomenergia jogászok képzésében vett részt, az utóbbiaknak a megújuló energiát ismertette, benne a szennyvízre

alapozott energianövény termesztést. Jelenleg tagja az MTA TVN Bizottságnak és a Magyar Mérnökakadémia, ill. megalakulása óta az Országos Vízgazdálkodási Tanács alelnöke.).

## **KIEMELKEDŐEN AKTÍV ÉVET ZÁRT A MASZESZ A PANDÉMIA ELLENÉRE**

*A 2020. évi járványügyi helyzet általánosságban blokkolta szakmai érdekképviseleti munka normál menetét, amelyre a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség (MaSzeSz) pályázati aktivitással és az online térben való aktív szerepvállalással válaszolt. Erről a kihívásokkal teli évről, valamint a MaSzeSz gazdasági helytállásáról számolt be a MaSzeSz éves közgyűlése, valamint választotta meg tisztségviselőit a következő időszakra.*

A 2021. május 31.-én online formában megtartott MaSzeSz Tisztújító Közgyűlés a szépszámú résztvevő tag jelenlétében gördülékenyen zajlott a MaSzeSz által jól kitapasztalt online felületeken, amihez a résztvevők rutinja és fegyelmezettsége is jelentősen hozzájárult.

A Közgyűlés első előadójaként **Kovács Károly MaSzeSz elnök** számolt be a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség 2020. évi aktivitásáról, melyről a *Szövetség honlapján*, illetve a *Hírcsatorna 2021. 1. lapszámában* már korábban is beszámoltunk. Az operatív munkavégzés nehézségein túl, a pandémiás korlátozások alapvetően ellehetetlenítették a személyes találkozásokkal tervezett éves tematikus rendezvényeink megrendezését, amelyek a MaSzeSz legfőbb aktivitásai.

Az év egyetlen személyes jelenléttel megrendezett eseménye a **Dulovics Junior Szimpózium és Osztrák-magyar nemzetközi junior**

**workshop** (március 5-6.) volt, aminek magas színvonaláról a jelenlegi Hírcsatorna lapszámában leközölt junior szakmai kutatások is bizonyosságot tesznek. A digitális térbe költöző Titkársági és Elnökségi munkavégzést során a MaSzeSz erőteljes aktivitásba kezdett az online rendezvényterek és megoldások feltérképezésére és az ágazatban leginkább használható digitális konferenciaplatform kiválasztására. Ennek eredményeként az év második felében már olyan webináriumok kerültek ingyenesen megrendezésre mint a Víziközmű infrastruktúra az egészségmegtartás láthatatlan pillére - EU-s kitekintés, hazai állapotok (máj.27.), A 2020. évi pandémiás krízis tapasztalatai a víziközmű ágazatban (júni.23.), vagy A digitális települési vízgazdálkodás műszaki és finanszírozási adaptálása Magyarországra **webinárium sorozat** (nov 6., nov.12.).

Külön kiemelendő a **MaSzeSz Országos VÍZÉR-TÉK és Digitális Vízgazdálkodási Konferenciája**

(december 2-3.), ami nem csak a települési vízgazdálkodási ágazat 2020. évi legnagyobb (online) rendezvénye volt, de szakmai tartalmával és színvonalával elnyerte a Köztársasági Elnök Úr támogatását, és fővédnökségét, s melyet köszöntő előadásával üdvözölt. Az országos konferencia videó-anyaga, valamint a 2020. évi webináriumok a [MaSzeSz YouTube csatornáján](#) visszanezhetők.

Mind e mellett a szakmai aktivitás mellett a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség legnagyobb 2020. évi eredménye mégis talán az a **VÍZÉRTÉK Társadalmi Szemléletformáló Program**, amelyet az ITM által kiírt pályázati forrásból a MaSzeSz, a WWF Világ Természeti Alap Magyarországi Alapítvány szakmai bevonásával, 2020 május 1. és október 31. között valósított meg. A pályázat célja a víz értékének társadalmi tudatosítása, a települési vízgazdálkodás és az azt kiszolgáló infrastruktúra fontosságának, láthatóságának erősítése, valamint a lakosság vízértékkel, közműves vízellátással kapcsolatos tudásszintjének felmérése (országos 5000 fős reprezentatív kutatás). A Szövetség a kutatás eredményein alapuló széleskörű társadalmi kommunikációt tervez, valamint ennek kapcsán létrehozta a [www.vizertek.hu](http://www.vizertek.hu) microsite-ot.

A **MaSzeSz Junior Tagozatának** működését a 2020. évben megújult Junior Elnökség fogja össze, Varga Laura új elnök vezetésével, akik ifjúsági tagozatunk egyre bővülő tagságát fogják össze rendezvényeiken, valamint a Jurta a Facebook oldalán.

Látványos és egyre elismertebb szakmai folyóiratunk, a MaSzeSz kéthavonta megjelenő szaklapja a **Hírcsatorna**, amely Dr. Papp Mária főszerkesztőasszony irányításával 2020. évben

négy rendes lapszámmal és egy **Vízipari különszám**mal szolgálta az ágazat tájékoztatását. Rendezvényeinkről és aktivitásainkról, naponta frissülő, **informatív honlapunk** és rendszeres **Hírleveleink** nyújtanak tájékoztatást, ami mellett 2020. során beindult a **MaSzeSz Facebook** oldal is.

**Tagjaink** száma a 2020. évi nehézségek ellenére sem csökkent, s így 2021. január 1-én: 64 gazdálkodó szervezet, 13 oktatási intézmény, 7 szakhatóság, 4 önkormányzat és 145 természetes személy adja a MaSzeSz tagságát.

Következő előadóként **Dr. Papp Mária Felügyelő Bizottsági elnök** tartott beszámolót a MaSzeSz 2020. évi gazdálkodásáról a Közgyűlés részére. Annak ellenére, hogy a szervezet gazdálkodását erősen meghatározó, rendezvényekhez kapcsolódó bevételek a 2020. évi pandémiás korlátozások miatt közel teljes egészében elmaradtak, a MaSzeSz pályázati aktivitásának köszönhetően a **2020. évi összes bevétel mégis jelentősen növekedett** a 2019. évi bevételhez viszonyítva.

A második félévbe megjelentek a **szakmai webináriumok**, melyek **online formában és ingyenes részvétellel** zajlottak, valamint a 2020. év kiemelt **presztizs-rendezvénye** volt az Országos VÍZÉRTÉK és Digitális Vízgazdálkodási Konferencia, mely az online térben, kedvezményes díjjért került megrendezésre.

A 2020. év bevételi oldalán jelentkezett a **Hungarian Water Partnership** éves működési támogatása, valamint a **Kék Bolygó Klímavédelmi Alapítvány** rendezvény támogatása. A MaSzeSz Junior Tagozatának éves támogatója a **SUEZ Water & Process Technologies Hungary Kft.**

A Szövetség a pandémiás korlátozások időszakában is megtartotta aktivitását, miközben az általános Titkársági **költségeket sikertelenül a 2019. évi alacsony szinten** tartani. Az adóval csökkentett **közel 2 millió forintos eredmény** – nonprofit civil szervezeti működésnek megfelelően – a MaSzeSz eredménytartalékába kerül.

**Sinka Attila főtitkár** a Szövetség 2021. évi költségvetési tervét mutatta be a Közgyűlés részére, melyben a bevételi és költségterv a **2020. évi pandémiás tapasztalatok** alapján került tervezésre. Miközben a tagdíjak 2021. évben nem változnak, a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség **vállalkozási tevékenységeinek bevételei** az online térben való szerepvállalás mentén **fokozott aktivitással** került tervezésre. A 2021. évre tervezett rendezvények a járványügyi helyzetet figyelembe véve, **online megrendezéssel** kerültek tervezésre, s így a Junior Szimpózium és a VÍZÉRTÉK Országos Konferencia mellett, kétheti rendszerességgel, mintegy **13 tematikus webinárium** valósul meg.

A kiemelkedő aktivitás elismerésével, a **Hungarian Water Partnership** éves működési támogatása, míg az UTB Envirotech Zrt. általános rendezvénytámogatása segíti munkánkat. Az online webináriumok és az elektronikus formában több több ezer címre megérkező Hírcsatorna magazin hatékonyságát elismerve egyre több vízipari cég **szponzorációs és reklám, marketing** szerződésével számol a MaSzeSz 2021. évi költségvetése. A költségek tervezésénél a magas színvonalú működést kielégítő, de **lehető legalacsonyabb költségszint** a cél.

A MaSzeSz 2021. évi gazdálkodása a korlátozások mellett is **fokozott aktivitás és szakmaiság fenntartása mellett, pozitív eredménnyel** került tervezésre, a 2020. évi pandémiás tapasztalatok integrálásával.

A **Tisztújító Közgyűlésen** megválasztásra kerültek a MaSzeSz tisztségviselői. A Dr. Buzás Kálmán vezetésével működő Jelölő Bizottság, a Választási Útmutató előírásait betartva előkészítette az Elnökségi és Felügyelőbizottsági jelöltek listáját a Szövetség rendes tagjainak jelölése alapján, majd Választási Bizottságként felügyelték az online közgyűlésen a választási folyamatot.

A Tisztújító Közgyűlésen résztvevők, titkos szavazás útján a 17 elnökségi jelölt közül a következő személyeket választotta a 2021-2025 időszakra a MaSzeSz Elnökségébe a MaSzeSz által meghatározott képviselői körök szerint:

### Tudományos, oktatási szakterület

- Dr. Bakos Vince, egyetemi adjunktus  
– BME ABÉT
- Dr. Kárpáti Árpád, ny. egyetemi docens  
– Pannon Egyetem
- Dr. Major Veronika, korábbi ügyvezető  
– VTK Innosystem Kft.
- Dr. Patziger Miklós, tanszékvezető  
– BME VKKT

### Vízközmű üzemeltetők

- Arnhoffer András, elnök-vezérigazgató  
– Észak-Zalai Víz- és Csatornamű Zrt.
- Csörnyei Géza, üzemeltetési igazgató  
– Fővárosi Vízművek Zrt.
- Makó Magdolna, környezetvédelmi vezető  
– Fővárosi Csatornázásiművek Zrt.
- Molnár Attila, műszaki igazgató  
– Északmagyarországi Regionális Vízművek Zrt.



### Vízipar (tervezők, szolgáltatók, gyártók, forgalmazók)

- Dr. Melicz Zoltán, tudományos tanácsadó  
– KaveczkiTerv Kft.
- Galambos Péter, ügyvezető igazgató  
– Hawle Kft
- Ilcsik Csaba, vezérigazgató  
– WATERSCOPE Zrt.
- Kovács Károly, ügyvezető  
– PURECO Kft.
- Kovács Tamás, elnök  
– SZABADICS Zrt.

### Önkormányzatok, szakhatóságok, közreműködő szervezetek

- Domonkos Ernő ügyvezető  
– VÜSZI Nonprofit Kft.

A Szövetség elnökét és alelnökeit szintén a közgyűlés választotta titkos szavazással, amelynek eredményeként **Kovács Károly MaSzeSz elnöki**, valamint **Dr. Major Veronika, Dr. Patziger Miklós és Molnár Attila** az **alelnöki** tisztség betöltésére kapott bizalmat a Szövetség tagságától.

Szintén előzetes jelöltállítással és titkos szavazással került megválasztásra a MaSzeSz Felügyelő bizottsága, akik alakuló ülésükön határozzák meg a Felügyelő Bizottság elnökét soraikból a 2021-2026. időszakra.

### Felügyelő Bizottság tagjai

- Bodáné Dr. Kendrovics Rita, oktatási dékánhelyettes  
– Óbudai Egyetem RSKKK
- Dr. Orbán Veronika, szaktanácsadó  
– E.R.Ö.V. Víziközmű Zrt.
- Dr. Papp Mária, c. egyetemi docens

A megválasztott tisztségviselőknek sok sikert kívánunk, míg a most leköszönő elnökségi tagoknak köszönetet mondunk eddigi támogató munkájukért!



A Közgyűlés zárásaként Kovács Károly tájékoztatta a közgyűlés résztvevőit, hogy a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetsége Elnöksége **Prof. Dr. Juhász Endre CSc.** többszörös címzetes egyetemi tanárt, a magyar vízgazdálkodás, a csatornázás és szennyvíztisztítás fejlesztésében, valamint a MaSzeSz létrejöttében és eredményességében nyújtott elévülhetetlen érdemeiért Tiszteletbeli Elnök kitüntetésben részesítette. Juhász Endre professzor köszönő gondolatairól [honlapunkon](#) olvashatnak, míg Bandibátyánkról készült kisfilmet [ITT](#) tekinthetik meg



## CSAPADÉKVÍZ-GAZDÁLKODÁS: JELENLEGI ÉS JÖVŐBELI FELADAT

*Az emberiség jelenlegi és egyúttal jövőbeli egyik legnagyobb kihívása az emberek és a természet egymással történő összehangolása. Az urbanizáció megállíthatatlanul folytatódik, amelynek eredményeként extrém időjárási körülményekkel találkozhatunk, így válnak mindennapjaink részévé a heves esőzések és felhőszakadások, valamint a velük együtt járó áradások.*

Életterünk folyamatosan változik, a népesség növekedésével egyre több ember él ugyanakkora vagy kisebb területen, azaz az egy személyre jutó életter csökken. Ezeket a területeket jóformán teljesen leburkoljuk, lebetonozzuk, ezáltal a természeti környezetben észlelhető felületi beszivárgás gyakorlatilag teljesen megszűnik, és a teljes lehullott csapadékmennyiség a felszínen mozog. Heves esőzések alkalmával ezen burkolt felületeken nagy tömegű víz gyűlik össze, amelynek elvezetése hatalmas kihívásokat jelent az üzemeltetők számára. A burkolt felszínen ez a nagy mennyiségű víz utat tör magának és az általa okozott károk, illetve következmények beláthatatlanok lehetnek.

Az ACO ismételten megmutatja, hogy ezekre az esetekre úgy is fel lehet készülni, hogy nem teszünk kárt a természeti környezetben. Csapadékvíz-gazdálkodási megoldásának köszönhetően a vállalat érzékenyen és fenntartható módon reagál az átmeneti, nagy tömegű esővízre.

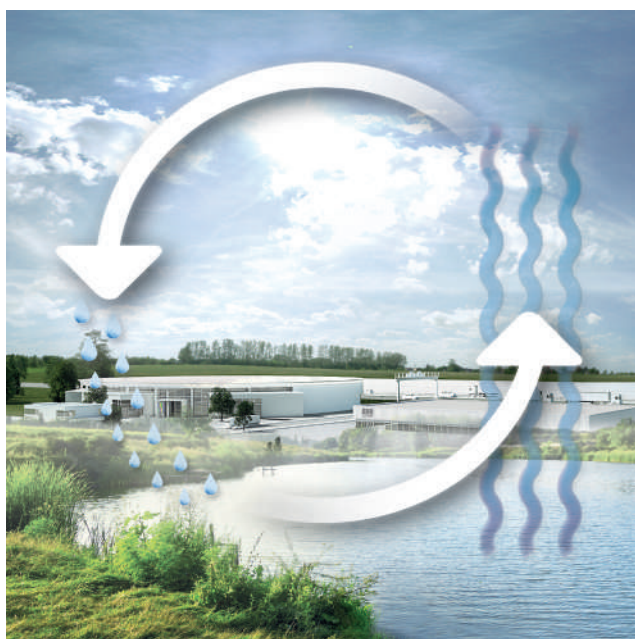
### A VÍZ ÉS AZ EMBEREK VÉDELME

Az ACO támogatja a természetes vízkörforgást azáltal, hogy termékei elnyelik a vizet, ideiglenesen tárolják, majd visszaengedik, illetve elszivárogtatják azt. Ezzel a tevékenységgel az ACO műszaki megoldásai számos fontos feladatot látnak el, így a talajvíz védelmét, a szennyvízhálózat terheltségének enyhítését és az árvízvédelmet is. Ilyen módon az értékes csapadékvizet már a keletkezés helyén vissza tudjuk juttatni a természetbe a közműhálózat terhelése nélkül. A fent ismertetett körforgás háttérében az ACO speciális gondolkodása révén kialakított rendszerlánc áll, amelynek négy eleme: Collect – Clean – Hold – Release (Összegyűjteni – Tisztítani – Tárolni – Vissza juttatni) a víz természetes körforgását követi.



„Különleges helyzetben vagyunk a csapadék-víz-gazdálkodás területén, ugyanis az ACO elkötelezett és következetes abban, hogy ilyen átfogó és komplex megoldást kínáló rendszerláncban gondolkozzék. Rendszerünk elemei egymásra épülő folyamatként biztosítják a csapadékvíz-gazdálkodást a csapadék összegyűjtésétől kezdve annak megtisztításán keresztül a természetnek való visszaadásáig. A folyamat mindegyik lépésére rendelkezünk megfelelő termékkel, amelyek segítségével összhangba hozhatjuk az épített és a természeti környezetet” – magyarázta Dobos István, az ACO Kereskedelmi Kft. SWM menedzsere.

### AZ ACO MEGBÍZHATÓ RENDSZERLÁNCA



Első lépésként összegyűjtjük az esővizet: mind-egy, hogy vonalmenti vagy pontszerű gyűjtőt használunk, minden alkalmazási területre megbízható, kiváló minőségű műszaki megoldások

állnak rendelkezésre. A következő lépés a víz tisztítása és kezelése. Különböző ülepítőtartályok és berendezések használata lehetővé teszi az esővíz szakszerű tisztítását az esetleges törvényi előírásoknak megfelelően, mielőtt visszajuttatnánk a talajvízbe vagy bármilyen élővízi befogadóba. A megtisztított csapadékvíz fokozatosan, szikkasztós technológiával juttatjuk vissza a talajba, így a talajvíz szintje közel egyenletes marad. Az ACO megfelelő szivattyúkat és áramlásszabályozót kínál az összegyűjtött csapadékvíz szabályozott módon – elsősorban – a közműhálózatba történő elvezetésére.

„Az ACO rendszerével biztosítható, hogy az emberek és a környezet között nem alakul ki konfliktus. A megfelelően átgondolt és megtervezett rendszerláncunkkal a csapadékvíz-gazdálkodás kiszámíthatóan és fenntarthatóan megoldható – már ma is és a jövőben is” – tette hozzá Dobos István.

Weboldal:

Az ACO SWM filozófiájáról és a kapcsolódó termékekről részletes információ itt érhető el: <http://www.acoswm.hu/>

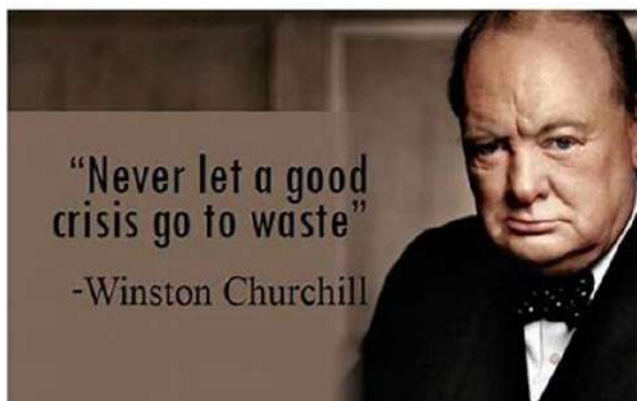




## A TUDÁSÁTADÁS ÚJ ESZKÖZEI

**„SOHA NE HAGYJUK ELVESZNI EGY KRÍZISBEN REJLŐ LEHETŐSÉGEKET!”**

**- SIR WINSTON CHURCHILL**



Winston Churchill szavai talán soha nem voltak olyan találók, mint manapság, amikor megtagasztaljuk a COVID-19 világjárvány életváltató következményeit.

A MaSzeSz célja mindig is a vízgazdálkodással kapcsolatos szaktudás folyamatos fejlesztése, és az innováció elősegítése rendhagyó szakmai napok és események szervezésével. Talán a vírushelyzet miatt 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 kéthetente csütörtökön, online módon jár körül különleges témákat a szakmai alapoktól a digitálisvízgazdálkodásig. Bár hiányzik a személyes kapcsolatok ápolása, de az online fórumok kárpótolnak az intenzív tudás átadással és a visszanezhető tudásbázissal.

### AZ ELSŐ ÖT HÓNAP

2020. március 11-én az alapoktól indultunk! Az első három webinarium (03.08., 03.18., 03.25.) feltette a kérdést: Biztosan emlékszünk még a tanultakra? A **„Vissza az alapokhoz”** webinarium sorozat keretében az ivóvíztisztítás, a szennyvíztisztítás és a csapadékgazdálkodás témakörében eleveztük fel a talán már feledésbe merült ismereteinket, kicsi megfűszerezve újdonságokkal! A kurzus igazi siker volt, mivel több, mint 160-an regisztráltak a három kurzusra!





Az **„Okos vízvezeték-hálózatok lehetőségei és előnyei”** fórumot április 8-án, a MaSzeSz és a DIGITÁLISVÍZIPARI PLATFORM közös rendezvényként tartottuk meg.

A fórum a döntéshozók, a tervezők és a vízipari szakemberek számára mutatta be, hogy milyen lehetőségek rejlenek a témában, milyen elemekből állnak össze az okos hálózatok, miért érdemes az IoT eszközökkel, smart elemekkel kiépíteni egy okos rendszert.

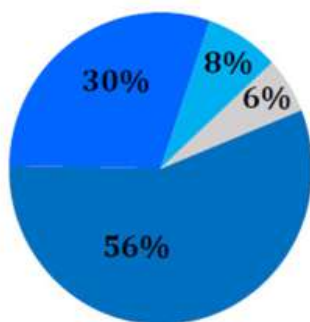
Az április 22-én a Magyar Víz és Szennyvíztechnikai Szövetség és a Magyar Önkormányzatok Szövetségének közös rendezésében megtartott, az **„ÖNKORMÁNYZATI TELEPÜLÉSI VÍZGAZDÁLKODÁSI FELADATOK”** -at körüljáró fórum kiemelkedő szakmai siker volt. 133 résztvevővel ismertethettük meg az önkormányzati települési vízgazdálkodási feladatok

legnagyobb kihívásait, a csapadékvíz gazdálkodás jelenlegi helyzetét és a fejlődés útjait!

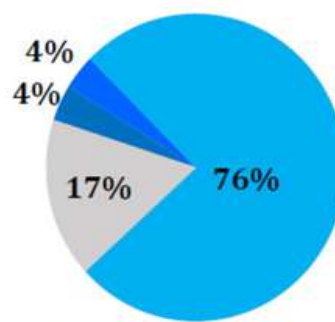
A márciusban tartott **„Vissza az alapokhoz”** című, a csapadékvíz gazdálkodás általános hátterét és kihívásait taglaló webinárium folytatásaként, május 6-án a Szövetség egy újabb előadással jelentkezett. A **„Csapadékvíz rendszerek tervezése”** webinárium a korszerű tervezést segítő ismereteket, annak műszaki/szakmai/tudományos hátterét, a korszerű, ökológiai szempontokat is szerepeltető csapadékvíz gazdálkodás lehetőségeit mutatta be.

2021. május 20. a **„Hálózat és nyomásmanagement”** napja volt. A nyomásmanagement bizonyított hasznai mára már túlmutattak a szivárgás alapvető kontrollján, mivel alkalmazása nagy segítséget nyújt a hatékonyság javításában, a költségek csökkentésében és a várható vízhiány enyhítésében. Ezért kiemelt fontosságú, hogy a **hálózat és nyomásmanagement** kezelése és a jó gyakorlatok minél szélesebb körű megismertetése.

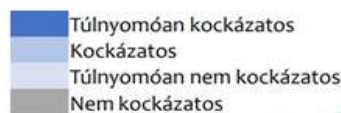
## Víziközmű rendszerek állapota Magyarországon (2017 év)



Ivóvíz rendszerek



Szennyvíz rendszerek



Forrás: Magyar Víziközmű Szövetség (MaVíz) Századvég Gazdasági Intézet - tanulmány



## AZ ELSŐ ÖT HÓNAP

Az első öt hónaperedményei, a nagyszámú lelkes hallgatóság megerősített bennünket abban, hogy jó úton járunk. Ezért újabb izgalmas webináriumokat tervezünk.

Június 3. a **„Költséghatékonyság elemzés (DCC)”** napja. A Dinamikus Költségelemzés (DCC) hazánkban a változatelemzés új módszertani megközelítésével biztosítja a legkisebb összköltséggel járó műszaki megoldások kiválasztását a víziközmű-fejlesztések előkészítése során.

A 2021-2027 Operációs program egyik célterülete a víziközművek állapotának jelentős javítása. Ezért a **„REKONSTRUKCIÓ”** témakörben külön webinárium keretében foglalkozunk a **„Kitakarrás nélküli technológiák”** -kal június 17-én.

Július 1-én a **„DIGITÁLIS”** csomag keretében beszélünk a **„Digitális felzárkózás”**, illetve szeptember 2-án a **„Mérés adatgyűjtés és telekommunikáció”** fontosságáról.

A **„KÖRKÖRÖS GAZDASÁG ÚJRA!”** és a **„WATER SMART CITIES”** webináriumok nem a jövőt, hanem a kötelező jelent mutatják be! Szeptember 16-án és szeptember 30-án megrendezésre kerülő webináriumok időutazások a jelenbe.

Az esztendőt a MASZESZ Országos Konferenciájával, a legaktuálisabb témák bemutatásával zárjuk.

Bár a személyes találkozások pótolhatatlanok, azonban az online webináriumok számos előnyt kínálnak, például a rendezvények visszanéztetők. Így aki elmulasztott egy-egy webináriumot, azt sem hagyjuk magára. A titkárság címén a webináriumok felvételei utólagosan megrendelhetők: [titkarsag@maszesz.hu](mailto:titkarsag@maszesz.hu) A hozzáférés díja MaSzeSz tagok részére: 10.000 Ft + ÁFA/ webinárium, míg a nem tagok részére (teljes árú jegy): 12.000 Ft + ÁFA/ webinárium.

**Ne feledje, találkozunk csütörtökön!**

*Dr. Major Veronika*  
Alelnök



## DULOVICS JUNIOR SZIMPÓZIUM – MÚLT, JELEN, JÖVŐ

*A MaSzeSz Junior Szimpóziuma több, mint 10 éves hagyományra tekint vissza. Rengeteg szép emlék kötődik ezekhez az alkalmakhoz, tele lelkes fiatalokkal, támogató senior kollégákkal, nagy találkozásokkal és színvonalas előadásokkal. Ez egy olyan nap az évben, amikor közösséget építünk, és ahogy Dr. Bakos Vince, a MaSzeSz Junior Tagozat korábbi elnöke mondaná, „Vízre tesszük a jövőt!”. Egy rövid visszatekintésre hívnám most az olvasót, hogy megnézzük, honnan indultunk és merre tartunk.*

Az első junior szimpóziумot 2010. március 25-én rendezték meg Budapesten, az Ybl Miklós Főiskolán (ma Ybl Miklós Építéstudományi Kar). A főszervező Dr. Patziger Miklós volt, aki a nemzetközi junior konferenciák mintájára szervezte meg az eseményt. A célkitűzés az volt, hogy létrejöjjön egy olyan szakmai fórum, előadói platform a vízi közművek területén tanuló/dolgozó fiatalok számára, ahol bemutatathatják munkáikat egymás és tapasztaltabb kollégáik előtt, ezzel is elősegítve

a közösségépítést és a tudásátadást. Előadóként olyan 35 évesnél még nem idősebb szakemberek jelentkezhettek, akik a vízellátás, csatornázás, szennyvíztisztítás, vagy a települési vízgazdálkodás egyéb területén üzemeltetői, tervezői és/vagy tudományos tevékenységet folytattak. Az első szimpóziумot Prof. Dr. Somlyódy László, a MaSzeSz akkori elnöke nyitotta meg, és összesen 19 előadás hangzott el, két szekcióba bontva, 10 perces időkerettel. A Thököly úti 311-es tanterem telt házzal fogadta az első junior összejövetelt! A nap zárásaként Dr. Dulovics Dezső beszélt a MaSzeSz képviseletében, majd következett a díjátadás, és ahogy a szervezők említik a programban, a baráti beszélgetés ideje. Már az akkori szimpóziум is verseny volt, szakmai zsűrivel, ahol a legjobb előadásokat külön díjazták. A többi résztvevő sem ment haza üres kézzel, hiszen mindenki megkapta az előadások összefoglalóját tartalmazó konferenciakiadványt, továbbá egy utalványt egy egyéves MaSzeSz tagságról és néhány nyomtatott





fényképet az eseményről. A következő 5-6 évben is Patziger Miklós vezetésével került megrendezésre a junior konferencia, amely létrejöttét számos neves kolléga támogatta részvételével. A szimpóziumon a mai napig egy szakmai bizottság értékeli az elhangzott előadásokat, és választja ki a díjazottakat. A nyeremények évről évre változnak, de a legjobb előadót hagyományosan delegáljuk az IWA Eastern European Young Water Professionals konferenciájára.



A vizes szakma fiataljainak támogatása Kovács Károly elnöksége alatt is nagy erővel folytatódik. A rendezvény azóta is évente kerül megrendezésre Budapesten, különböző helyszíneken. Az YBL Miklós

Főiskola után 2018-ig a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen tartották a szimpóziumokat, majd 2019-ben a Malom udvar, 2020-ban pedig MagNet Ház egyik termében kapott helyett. 2021 rendkívüli év volt a Covid helyzet miatt, ezért ekkor elsőként online tartottuk az eseményt.

A 2017-es év két fontos változást hozott a szimpóziumok történetében. A 2016-ban elhunyt Dr. Dulovics Dezső emlékére, aki fáradhatatlanul segítette és oktatta a fiatalokat egész életében, a szimpóziumot átkereszteltük Dr. Dulovics Dezső Junior Szimpóziumra (azóta is a rendezvény időpontját rendszerint a márciusi születésnapjához közeli napokra tesszük). A juniorok életében egy másik fontos esemény is köthető a 2017-es szimpóziumhoz, hiszen ekkor tűztük ki célul a MaSzeSz Junior Tagozat (JurTa) megalakulását, majd 2018-ban szintén a szimpózium napján kerültek megválasztásra az első elnökség tagjai: Dr. Bakos Vince elnök, és az elnökségi tagok, Dr. Csizmadia Péter, Hanzel Tímea, Madarász Emese, Samu Katalin, Dr. Tóth András, Varga Laura és Vizsolyi Éva Cseperke. A junior konferenciák szervezésében 2018 óta a MaSzeSz Titkársággal együttműködve a Junior Tagozat aktívan részt vesz, a 2020-21-es



években pedig már mint főszervezők vannak jelen az elnökség tagjai. Tiszteletünk jeléül, Prof. Dr. Dulovics Dezsőné halálát követően a szimpóziumot átneveztük Dulovics Junior Szimpóziumra.

Az utóbbi években nagy hangsúlyt fektettünk a szimpózium megújítására. Az előadások között interaktív játékok színesítik a programot, és a junior elnökség tagjai a szervezésen túl részt vesznek a szekciók és egyéb részek lebonyolításában is. A 2021-es rendezvényt 2 naposra bővítettük, és a klasszikus vízi közműves szakemberek mellé a határterületeken dolgozó/kutató fiatalokat is meghívtuk a konferenciára. Így a Víz- és szennyvíztisztítás és Hálózathidraulika szekciók mellett Fenntartható vízgazdálkodás szekciót is szerveztünk, amelyben a klímapolitika és a hidrológia különböző területeiről is voltak előadások. Mindkét napot egy senior kolléga előadása nyitotta meg, az első napon Dr. Zielinszky János „Ivóvíz és szanitáció a Fenntartható Fejlődési Célok rendszerében”, míg Káli Andrea a „Víz-érték szemléletformáló program” címmel adott elő.



Ami a jövőt illeti, azon dolgozunk, hogy a szimpózium évről-évre jobb legyen, minél több emberhez elérjen, és reméljük, hogy a következő 10 évben is hasonlóan szép eredményeket tudunk felmutatni! Nagyon sok ember munkája van ebben a rendezvényben, és abban, hogy itt tartunk mára, köszönet illeti őket!

**Folytatjuk tovább, jövőre (is) találkozunk!**

*Varga Laura*  
MaSzeSz Junior Tagozat Elnök



## II. DECENTRALIZÁLT SZENNYVÍZTISZTÍTÁS KONFERENCIA

*A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víztudományi Kar május 19-én rendezte meg all. Decentralizált Szennyvíztisztítás Konferenciát, online formában. A 2019-ben első alkalommal megrendezett konferencia sikerét követően a Kar ismét lehetőséget teremtett az érintett kormányzati, ipari és tudományos szereplők közötti szakmai diskurzusra.*

Bíró Tibor, a Víztudományi Kar dékánja nyitotta meg a rendezvényt. Elmondta, hogy az I. Decentralizált Szennyvíztisztítás Konferenciát a Belügyminisztérium kezdeményezésére szervezte meg a Kar. Az előző konferencia óta eltelt időszakban több kutatómunka folyt a szennyvíztisztítás területén, azonban számos kérdés még továbbra is tisztázatlan maradt, mind műszaki-technológiai, mind az üzemeltetés terén, továbbá a jogi-gazdasági környezet szintjén is változásra lenne szükség. Hangsúlyozta, a Kar feladata, hogy e területen mindent megtegyen az oktatás-kutatás tekintetében. A dékán a külföldi eljárások és berendezések magyarországi alkalmazásának lehetőségéről is szót ejtett. A hazai fejlesztésű berendezések további korszerűsítése kapcsán, a magyar kutatók felelősségét emelte ki. Hozzátette, a Víztudományi Kar oktatói, kutatói élen járnak a decentralizált szennyvíztisztítással kapcsolatos publikációk megjelentetésében. Réthy Pál, közfoglalkoztatási és vízügyi helyettes államtitkár köszöntőjében elmondta, hogy

az Európai Unió tagállami hatáskörbe utalta a műszaki megoldásokat a 2000 főnél kevesebb lakossal rendelkező településeken. Magyarországon – az agglomerációs csatlakozások következtében – 2015. év végére a 2000 fő alatti települések közül 1142 rendelkezett csatornával, vagyis 1 179 000 fő csatlakozott csatornarendszerhez vagy egyedi rendszerhez. Elmondta azt is, hogy jelenleg nincsenek összhangban a rendelkezésre álló források a jelentkező fejlesztési igényekkel. Mint mondta, kormányzati szinten igyekeznek támogatni a kistelepülések infrastrukturális beruházásait. Számos program célozza az érintett települések népesség megtartó erejének növelését - tette hozzá a helyettes államtitkár. Az előadások sorát Hizó Ferenc, közszolgáltatási fejlesztésekért felelős helyettes államtitkár nyitotta meg. Prezentációjában a 2000 lakos szám alatti települések szennyvízkezelési rendszereinek fejlesztési lehetőségeibe nyújtott betekintést. Közölte, hogy a víziközmű ágazat stratégiájának összeállítása még folyamatban van,



azonban a közeljövőben szeretnék társadalmi vitára bocsátani az eddig elkészített tervet. Mint mondta, felmérték az ágazat legfőbb problémáit, tapasztalatait, valamint meghatározták a terveket. Az előadó fontos feladatként jelölte meg a hosszú évek során felhalmozott rekonstrukciós hiányosságok pótlását. A célok között olyan pontokat jelölt meg, mint a környezet minőségjavítása, a környezettudatosság erősítése, a települések felzárkóztatása, a természeti erőforrásokkal való hatékony gazdálkodás, végül pedig egy fenntartható víziközmű ágazat létrehozása. A téma elhivatott szakembere a érintettek a jogi, gazdasági, társadalmi, műszaki vonatkozásokat is.

Az előadásokat követően kerekasztal beszélgetés formájában vitatták meg a rendezvény

során felmerült kardinális kérdéseket, többek között azt a kérdéskört, hogy „Kinek a felelőssége és feladata az egyedi kisberendezések üzemeltetése?”. A több órás szakmai tanácskozás végén Bíró Tibor bejelentette, hogy novemberben ismét lehetőséget biztosít a Víz tudományi Kar a vízi közművet érintő csapadékvíz-gazdálkodás témakörében tanácskozásra.

Az érdeklődők számára a konferencia anyagai elérhetők az alábbi linken.

<https://vtk.uni-nke.hu/kutatas-es-tudomanyos-elet/orszagos-szakmai-konferenciak/decentralizalt-szennyviztisztitas-konferencia/ii-decentralizalt-szennyviztisztitas-konferencia-2021/eloadasok>

# MEMBRANES IN MINING

## FOR SUSTAINABLE & EFFICIENT WATER USE

REVERSE OSMOSIS &  
NANOFILTRATION

PRESSURIZED &  
SUBMERGED UF/MF

MEMBRANE  
BIOREACTOR

We understand that water plays essential roles at various phases in mining operations. At Toray, our membrane products help put sustainable and efficient water management into practice through applications such as:

- ▶ Tailing pond, sewage and industrial wastewater treatment for discharge compliance or reuse
- ▶ Heavy metal removal & metal recovery
- ▶ Brackish & seawater desalination for process water
- ▶ Dissolved & suspended solids removal
- ▶ Potable water production

Contact us to find out how our RO, NF, UF, MF and MBR solutions can help add value to your excavation efforts.

[www.toraywater.com](http://www.toraywater.com)

## **SZENNYVÍZISZAP ENERGETIKAI CÉLÚ FELHASZNÁLÁSA**

**A SZENNYVÍZISZAP FÖLDÜNK NAGY MENNYISÉGBEN RENDELKEZÉSRE  
ÁLLÓ, JELENTŐS VOLUMENŰ MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSA.**

A szennyvíziszap, mint biomassza, hagyományos módon, elégetés útján történő energetikai hasznosítása nem célszerű, hiszen a „víztelenített” iszap magas nedvességtartalma (70 – 80 %) miatt az égetés hatásfoka nagyon alacsony – az ily módon nyert energia mennyisége, még modernebb eljárások esetén is elég csekély. A hagyományos égetés energiabalansza pedig, a szárítás-, vagy a támasztó-tüzelés energiaigénye miatt alig pozitív.

Modern eljárások esetén, például amikor az égetést biogáz célú rothasztás előzi meg, és a keletkező biogázt gázmotorban elégetve villamos áramot termelnek, valamint a gázmotor hűtővizének és kipufogó gázának hőjét pedig a rothasztóból kikerülő, még jelentős szervesanyagot tartalmazó iszap szárítására használják fel, majd az így megszáritott iszapot égetik el energiatermelés céljából, a folyamat energiabalansza már sokkal jobb, de annak összhatásfoka még mindig elég alacsonynak mondható.

Nedves biomasszák-, így a szennyvíziszapok esetében is, az energetikai hasznosítás célszerű módja a nedves biomassza szuperkritikus körülmények között történő elgázosítása és

a keletkező generátorgázok (metán, szénmonoxid és hidrogén) energetikai hasznosítása. Ebben az esetben a folyamat energetikai hatásfoka a lehető legmagasabb lesz.

Régóta ismert a szuperkritikus vízben történő elgázosítás elve, de a régebben rendelkezésre álló szerkezeti anyagok nem tették lehetővé ipari méretű folyamatos üzemű reaktorok megvalósítását. Az utóbbi időben a gépipar területén már elérhető áron megjelenő magasan ötvözött CrNi anyagok, mint például az Inconel 740 H anyag, lehetővé teszik nagy teljesítményű, korrózióálló csőreaktorok létesítését, amelyek segítségével a nedves biomasszák is energia-hatékonyan feldolgozhatók.

A szuperkritikus vizes elgázosítás útján történő feldolgozás menete a következő: a szennyvíziszapot megfelelő módon előkészítjük (apritjuk, előmelegítjük), majd azt nagynyomású szivattyúval a szuperkritikus üzemű csőreaktorba juttatjuk. A benne keletkező generátorgázzal működtetett gázfűtésű csőreaktor hossza a szennyvíziszap teljes elgázosodásához szükséges reakcióidő alapján kerül meghatározásra. A csőreaktorból kikerülő elegyet szeparátorok segítségével szétválasztjuk.

A vizet, amely gyakorlatilag desztillált víz, ipari célra vagy öntözésre használhatjuk, az inert szilárd részeket az építőipar hasznosíthatja. A generátorgáz metán és szénmonoxid tartalma gázmotorban használandó fel, melynek segítségével hálózatra adható villamos áram-, és kapcsoltan hő termelhető, amely hőt a technológiában hasznosítunk, emelve ezáltal a feldolgozás határfokát. A generátorgáz hidrogéntartalma, mint megújuló „zöld” hidrogén, üzemanyag cellákban és közlekedési célú hidrogéngáz hálózatokban használható fel, vagy mobil tartályokba tölthető.

Ez a folyamat, a rendszerében alkalmazott nyomási-energia hasznosító turbinának, valamint a szuperkritikus üzemű csőreaktor üzemét támogató hőcserélőknek-, és a gázmotor hőenergiája iszap-előkészítési folyamatban történő megfelelő hasznosításának köszönhetően, jó határfokkal üzemel – energetikai határfoka jelentősen meghaladja a jelenlegi rendszerek határfokát.

A jó határfokot azért is fontosnak tartjuk, mert a szennyvíziszap, mint jelentős mennyiségű, kiszámíthatóan rendelkezésre álló megújuló energiaforrás, alapja lehet a tervezhető menetrendű, szabályozó energia szerepét is betöltő, decentralizált villamosenergia termelésnek, valamint a zöld alapú hidrogén-gazdaság megteremtésének is.

### A MEGVALÓSÍTANDÓ ELJÁRÁSHOZ FÜZŐDŐ – A TECHNIKA ÁLLÁSÁHOZ VISZONYÍTOTT – ELŐNYÖS HATÁSOK:

A szennyvíziszap előkészítésének fentebb ismertetett módja, a kolloid-képzés, mint az előkészítés fő eredménye, biztosítja a szennyvíziszap szervesanyag tartalmának magas fokú (90% feletti) elgázosítását és elkerüli a más technológiák esetében az elgázosítás során megjelenő

nagyobb kokszt-darabok keletkezését, ami a reaktorcsövek blokkolásához vezethetne.

A szennyvíziszap előkészítésének fenti módja szükségtelessé teszi, hogy a „vítelenített” (földnedves), de mégis 70-80% nedvességtartalmú „vítelenített” szennyvíziszaphoz további vizet kelljen adni, szükségtelessé teszi annak 91-93% nedvességtartalmúra való felhígítását, a szivattyúzhatóvá tétele érdekében. Az előfűtős, elő-aprító majd nyomás alatti felfőzésnek (a kötött-víz kiszabadításának) köszönhetően, az így keletkező 58-63% nedvességtartalmú szennyvíziszap, kiválóan szivattyúzhatóvá válik. A 60% körüli víz/szárazanyag arány (a 90% körüli vízarányhoz képest) nagyban hozzájárul a feldolgozás energiahatékonyságához azzal, hogy ciklusonként (ugyanazzal a hőenergia-mennyiséggel) mintegy négyszer annyi szárazanyagot gázosít el.

A 4 szállítócsiga-ellenáramú hőcserélő, a hőszigetelt fűtő gőz-köpennyel, viszonylag olcsó kivitelűvé és energiahatékonyá teszi a nyomás alatti főzés folyamatát.

A szennyvíziszap nyomás alatti felfőzését követő ürítése során, a gőzzel együtt távozik az elegy (főtt iszap és víz) oxigéntartalma is, ami az elgázosítás során a generátor gázok között keletkező CO<sub>2</sub> mennyiségét elhanyagolhatóvá teszi – jobb minőségű generátorgázt eredményez.

A 17 csőreaktor szerkezete és kialakítása kiemelkedően magas (90 % feletti) határfokú, mind az energetikai határfokát-, mind pedig az átalakítás (elgázosítás) határfokát tekintve.

A 17 csőreaktor magas üzembiztonságú, amit elsősorban a 20 ultrahang teljesítmény-generátornak és a reaktor-csöveken megfelelően



elhelyezett 51 rezgőfejeknek köszönhetünk. A rezgőfejek megakadályozzák az elegyben lévő szervesen oldékony sók kiválását. Nem csak a csőrektor tisztántartását és a dugulások elkerülését biztosítják, de hozzájárulnak az elgázosítás hatásfokának emeléséhez, a hasznosított összes anyag magas értékének eléréséhez is.

A 17 csőreaktorból kilépő szuperkritikus elegy nyomási energiájának tárcsás turbinában történő hasznosítása tovább emeli a berendezés és az eljárás energetikai összhatásfokát.

A 33 hidrogén leválasztása és megújuló hidrogénként történő értékesítése mellett a viszsamaradó 34 metán plusz szénmonoxid 35 gázmotorban való hasznosítása, a 35 gázmotor hulladékhőjének technológiai folyamatban

történő, 40 és 41 hőcserélők által történő felhasználhatósága miatt, jelentősen javítja az eljárás pénzügyi, gazdasági paramétereit is.

Az első referencia üzem alapján, a tárgyi technológia és annak berendezései alapját képezhetik **nagy volumenű gépipari exportnak** és technológiai transzfernek is. A tárgyi technológia (lásd lent) piaci bevezetése **jelentős munkahely-teremtő hatású** lehet.

*Hujber Ottó*  
 Fejlesztési igazgató

Coopinter Kft.

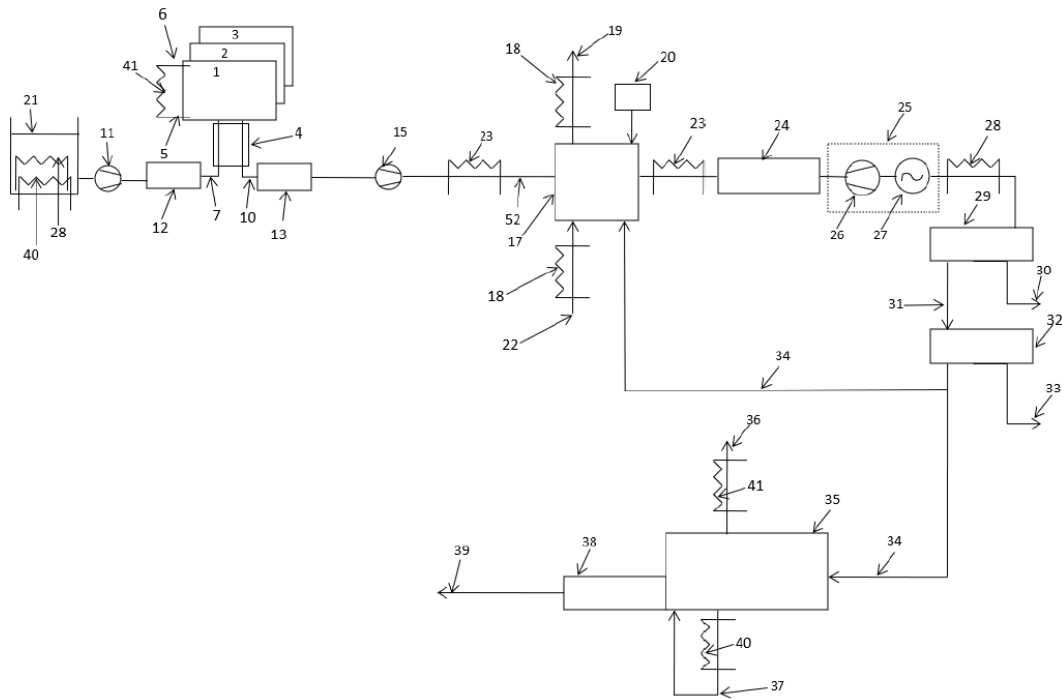
[www.coopinter.hu](http://www.coopinter.hu)

[otto.hujber@kerogoil.com](mailto:otto.hujber@kerogoil.com)

+36 20/994-8912

#### Hivatkozási számok jegyzéke:

1. Első autokláv (főzőüst)	2. Második autokláv (főzőüst)	3. Harmadik autokláv (főzőüst)
4. Ellenáramú, csigás hőcserélő	5. Magas nyomású fűtővíz bemenet	6. Magas nyomású fűtővíz kimenet
7. Előmelegített nyers iszap bemenet	8. Forró nyersiszap kimenet	9. Forró Főtt iszap bemenet
10. Lehűlt főtt iszap kimenet	11. Zagyszivattyú 1.	12. Iszapórló malom
13. Kolloid malom	14. Fűtőgőz bemenet	15. Magas nyomású szivattyú
16. Kondenzvíz 1. kimenet	17. Szuperkritikus csőreaktor	18. Hőcserélő
19. Füstgázok kéménybe	20. Ultrahang teljesítmény generátor	21. Szennyvíziszap puffer tartály
22. Égéslevegő	23. Hőcserélő	24. folyadék-szilárd anyag szeparátor
25. Turbó gépcsoport	26. Tárcsás turbina	27. Villamos generátor
28. Hőcserélő	29. Víz-gáz szeparátor	30. Kondenzvíz 2. kimenet
31. Reaktor gázok (H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , CO, CO <sub>2</sub> )	32. Gáz-gáz szeparátor	33. hidrogén kimenet
34. Metán + szénmonoxid	35. Gázmotor	36. Gázmotor kipufogógáz kéménybe
37. Gázmotor hűtővízkör	38. Villamos generátor	39. 20 kV hálózatra csatlakozás
40. Hőcserélő	41. Hőcserélő	42. Fűtő-gőz köpeny
43. Hőszigetelés	44. Tömítés + csapágyazás	45. Szabályozott hajtás
46. Szállítócsiga	47. Szállítócsiga tengelye csőből	48. Fémburkolat
49. Hőszigetelés	50. Gázüzemű szőnyegégő	51. Ultrahang rezgőfejek
52. Csőreaktor-bemenet	53. Csőreaktor-kimenet	54. Zagyszivattyú 2.





## **A DUNA MÚZEUM (AZAZ A MAGYAR KÖRNYEZETVÉDELMI ÉS VÍZÜGYI MÚZEUM) EURÓPAI KÜLÖNDÍJÁRÓL**

*Az 1973-ban alapított Magyar Vízügyi Múzeum első állandó kiállítása (az akkor még létező Múzeumi Hónap egyik fő rendezvényeként) 1980 októberében az esztergomi múzeum barokk épületében nyílt meg. Ez a kiállítás 18 évig állt fenn, ám ez idő alatt megkopott, tartalmában is „előregedett”, mindenképpen cserére szorult.*

A nagyközönségnek már másra volt igénye. A KHVM (dr. Hajós Béla h. vízügyi államtitkár, dr. Károlyi Csaba főosztályvezető és Viola András főtanácsos) szakmai támogatásával 1998–2001 között nagyszabású átalakítás zajlott le a Múzeumban úgy, hogy 2001. október 11-én a vízügyi szolgálat akkori vezetője, dr. Hajós Béla megnyithatta a Víz–Idő c. új állandó kiállítást. A munka előkészítésében és vezetésében kezdeményező szerepet vitt Kaján Imre, aki a Vízügyi Múzeum, Levéltár és Könyvgyűjtemény (VMLK) igazgatóhelyetteseként – munkatársaival együtt – hazai és nyugat-európai példákra is okulva, korszerű elvek alapján egy akkoriban modern, interaktív megoldásokat is alkalmazó bemutatót álmodott a barokk épület falai közé. Mindez a hazai múzeumi szakmában is komoly elismeréssel találkozott, így nem véletlen, hogy 2002-ben odaitélték neki az **„Év Múzeuma, 2001.”** díjat. Egy évvel később,

2003-ban a nemzetközi elismerés sem maradt el. Koppenhágában a Múzeum új kiállításával és szakmai tevékenységével a hazai szakmúzeumok között elsőként nyerte el az **Európai Múzeum Fórum különdíját.**

Az élet azonban nem állt meg. 2018 tavaszán az ismét előregedett, „túlkoros” kiállítást a Múzeum igazgatónöje, Szalkai Tímea egy „kapuzárás buli” keretében bezáratta és az OVF vezetőinek, Somlyódy Baláznak és Láng Istvánnak támogatásával megkezdte egy új állandó kiállítás tervezését, megépítését. Nem kis feladatra vállalkoztak a Múzeum munkatársai, mert az eltelt másfél-két évtizedben a kiállítások kultúrája – a számítástechnika forradalmával együtt – rohamosan fejlődött. Azt, hogy milyen a 21. század első évtizedeinek múzeuma, azt napjainkban az esztergomi Duna Múzeumban látni. Az elismerés most sem maradt el. A 2019-ben

megnyitott, **„VÍzeum”** című új kiállítás idehaza saját kategóriájában elnyerte az **Év Kiállítása 2020** díját (<https://magyarmuzeumok.hu/cikk/az-ev-muzeuma-2020-es-az-ev-kiallitasa-2020-elismeresek-eredmenyhirdetese>), majd a nemzetközi sikert az **Európai Múzeum Fórum 2021. évi különdíja** jelentette! A nemzetközi versenybe összesen több mint 80 európai múzeum nevezett be. A szakmai zsűri előzetes válogatása után 27 múzeumra szűkölt a mezőny, ahol ha a fődíjat nem is, de egy szintén

nagy presztízzsel járó különdíjat a Magyar Környezetvédelmi és Vízügyi Múzeumnak ítelték. (<https://www.europeanforum.museum/en/winners/special-commendations/>)

Ezzel a **Duna Múzeum** – amelynek munkáját 2020 óta immár Horváth István vezeti – lett az első magyar múzeum, amely ezt a kitüntető díjat két alkalommal is elnyerte!

*Fejér László*



Forrás: (<https://magyarmuzeumok.hu/cikk/ami-meg-magyar-muzeumnak-nem-sikerult-masodszor-kapott-elismerest-az-ev-europai-muzeuma-versenyen-a-duna-muzeum>)

## A HAMBURGI SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEP

*A hamburgi szennyvíztisztító telep központi helyen, a hanzaváros kikötőjében helyezkedik el. A szennyvíztisztító telepen nem csak Hamburg városában keletkezett teljes szennyvíz-mennyiség környezetbarát tisztítására kerül sor; a tisztítómű a szennyvíztisztítási folyamatok során keletkező tulajdonképpeni hulladékanyagokat is többféle módon újrahasznosítja, ezzel például áramot, biometánt és hőt termelve a szennyvíztisztító telep, valamint más vállalatok teljes körű üzemeltetéséhez.*

### HÁROM SZENNYVÍZTISZTÍTÁSI FOKOZAT

A szennyvíztisztítási folyamat első fokozata három mechanikai tisztítási lépésből áll. Elsőként – rács segítségével – a durva szilárdanyagokat fogjuk fel, ilyenek például a higiéniai termékek vagy egyéb hulladékok; ezeket összepréseljük és azok a szennyvíziszap-égető berendezésben kerülnek hasznosításra. Végül a szennyvíz az úgynevezett homokfogón folyik át; ennek során a homok és a kavics, de elenyésző mértékben szerves részecskék, mint például kukorica- és vetőmagok is leülepednek a medence fenekén. A keveréket megtisztítjuk, majd a tisztított homok felhasználható például építőanyagként. A szerves anyagot az *iszapkezelésbe* szivattyúzzuk. Az első fokozat harmadik lépésében a szennyvíz különböző előülepítő medencéken folyik lassan keresztül; eközben a maradék – energiában

gazdag – szilárdanyagok iszapként ülepednek le a medence fenekén. Ezt az iszapot is az iszapkezelésbe vezetjük. A könnyebb anyagok, mint például a kisebb műanyag alkatrészek és zsírok felemelkednek a víz felszínére, és azokat az előülepítő medencében eltávolítjuk. E három mechanikai tisztítási lépés után a szennyvízben lévő szennyezőanyagok közel egyharmada eltávolításra került.

### A SZENNYVÍZTISZTÍTÁSBÓL SZÁRMAZÓ LE-BEGŐ- ÉS SZILÁRDANYAGOK

#### Az iszapkezelés

A hamburgi szennyvíztisztító telepre naponta beérkező, átlagosan kereken 350.000 köbméter



szennyvízből – különböző folyamatok révén – mintegy 4.000 köbméter szennyvíziszap nyerhető ki; amely szennyvíziszap főleg biomaszszárból áll, valamint még rengeteg, a hamburgi szennyvíztisztító telepen tovább hasznosítható energiát tartalmaz.

### A rothasztás során

A hamburgi szennyvíztisztító telepre naponta beérkező, átlagosan kerekén 350.000 köbméter

A szennyvíziszapot elsőként hatalmas centrifugákban sűrítjük, majd azt tíz, egyenként 8.000 köbméter térfogatú rothasztó toronyba szivattyúzzuk, ahol körülbelül 20 nap alatt, folyamatos keverés mellett, kb. 36°C-os állandó hőmérsékleten kirothad. A baktériumok a szerves anyagot a levegő kizárásával, úgynevezett anaerob körülmények között metánra, széndioxidra és vízre bontják. Ily módon naponta megközelítőleg 95.000 köbméter biogáz keletkezik, amit vagy közvetlenül a szennyvíztisztító telepen alakítunk árammá, majd hasznosítunk, vagy – biometán formába való feldolgozás után – a városi földgáz-hálózatba táplálunk.



**1. ábra** Rothasztótornyok a hamburgi szennyvíztisztító telepen.



**2. ábra** A Keta-ban lévő centrifugák.

### Szennyvíziszap-víztelenítés és szárítás

A kirothasztott szennyvíziszapot szennyvíziszap-víz-telenítő- és szárító berendezésben (Klärschlamm-Entwässerungs- und Trocknungsanlage, KETA) kezeljük; ennek során hat centrifuga segítségével az iszap víztartalmát először 97 százalékról alig 80 százalékra csökkentjük. Ezt követően a szennyvíziszap víztartalmát hat tárcsás szárító segítségével – melyek fűtését a szennyvíziszap-égetésből származó gőz biztosítja – 58 százalékra csökkentjük, hogy az később elégethető legyen.

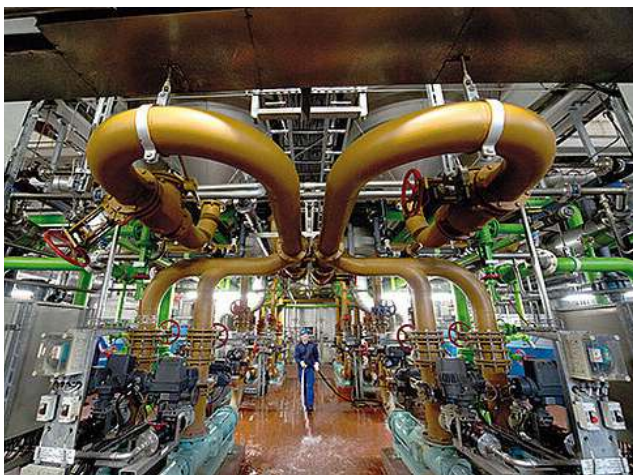
Ezen folyamatok során a keletkező szennyvíziszap eredeti teljes térfogata az évi 1,6 millió köbméterről kerekén 120.000 köbméterre csökken – ez több mint 92 százalékos térfogatcsökkentés.

### Termikus hasznosítás

A kiszárított szennyvíziszapot a mechanikai szennyvíztisztításból származó rácsszeméttel és szitaszeméttel együtt szennyvíziszap-égető berendezésben (Klärschlammverbrennungsanlage, VERA) tovább kezeljük; ahol a szennyvíziszapot három kazánban elégetjük. Az égetési folyamat végén naponta kerekén 65 tonnányi szennyvíziszap-hamu marad, ami hamulerakó

telepen kerül elhelyezésre. Az égetés során keletkező hulladékgázt füstgáztisztításnak vetjük alá; a folyamat során naponta mintegy kilenc tonna gipszet nyerhetünk ki, ezt az építőiparban lehet hasznosítani.

Az égetési folyamat során kinyert gőz egyrészt az áramtermeléshez használt turbinát hajtja meg, másrészt pedig az iszapszárításhoz használjuk. A folyamatban keletkező hulladékhő a szennyvíztisztító telepen álló épület és a HHLA (Hamburger Hafen und Logistik GmbH) konténertermináljának fűtésében kerül felhasználásra.



3. ábra A Keta belülről

### Több iszapot Hamburgnak

A hamburgi szennyvíztisztító telepen a szennyvíziszap-kezelést szolgáltatásként értékesítjük. A szennyvíziszap-víztelenítő- és szárító berendezésben ezért a hamburgi szennyvíziszap mellett a közeli településeken és üzemekben keletkező évente kereken 200.000 tonna iszapot is kezeljük; ezek túlnyomórészt kommunális szennyvíziszapok, de tartalmaznak élelmiszer-hulladékok erjedéséből származó iszapot és a háztartási szemét erjedéséből származó iszapvizet is.

A szennyvíziszap-égető berendezésben ezen kívül évente összesen kereken 35.000 tonna máshonnan származó víztelenített iszapot is hasznosítunk.

### AZ ÁRAMFOGYASZTÓTÓL A FENNTARTHATÓ ERŐMŰIG

#### Energiatermelés a hamburgi szennyvíztisztító telepen

A hamburgi szennyvíztisztító telep régebben Hamburg egyik legnagyobb közüzemi áramfogyasztója volt. Időközben a telep – különböző úton-módon – éves átlagban már legalább annyi hőt és áramot termel, amennyire a berendezésekben a szennyvíztisztításhoz és a maradék anyagok kezeléséhez szükség van.

#### A szennyvíztisztító telepen keletkező biogáz városi biogázzá válik

A szennyvíztisztítás során keletkezett szennyvíziszap 10 db, összesen 80.000 köbméter térfogatú rothasztó toronyban rothad ki: kb. 36°C-os állandó hőmérsékleten, folyamatos keverés mellett. A baktériumok a szerves anyagot a levegő kizárásával, úgynevezett anaerob körülmények között metánra, széndioxidra és vízre bontják. Ily módon naponta megközelítőleg 95.000 köbméter biogáz keletkezik, amit – generátor segítségével – vagy közvetlenül a szennyvíztisztító telepen alakítunk árammá, majd hasznosítunk, vagy – biometánként – a városi földgáz-hálózatba táplálunk. A betáplálás előtt ezért a biogázt úgynevezett aminmosásnak vetjük alá, melynek során a gázból kémiai folyamatok segítségével eltávolítjuk a széndioxidot, így a gáz már biometán minőségű és használható például a HAMBURG WASSER cég járműflottájának üzemanyag-ellátásához.





4. ábra A szennyvíztisztító telepen keletkezett gáz tisztítására szolgáló berendezés



5. ábra Biogáz a hamburgi szennyvíztisztító telepről



6. ábra Szélturbina



7. ábra Napelemes berendezés

## Szélenergia

A hamburgi szennyvíztisztító telepen összesen három szélturbina áll. A közel 200 méter magas berendezések teljesítménye egyenként 2,5 és 3 megawatt között van – a három turbina együtt annyi energiát termel, amennyi 5.200 hamburgi háztartás éves átlagos energiafogyasztásának felel meg.

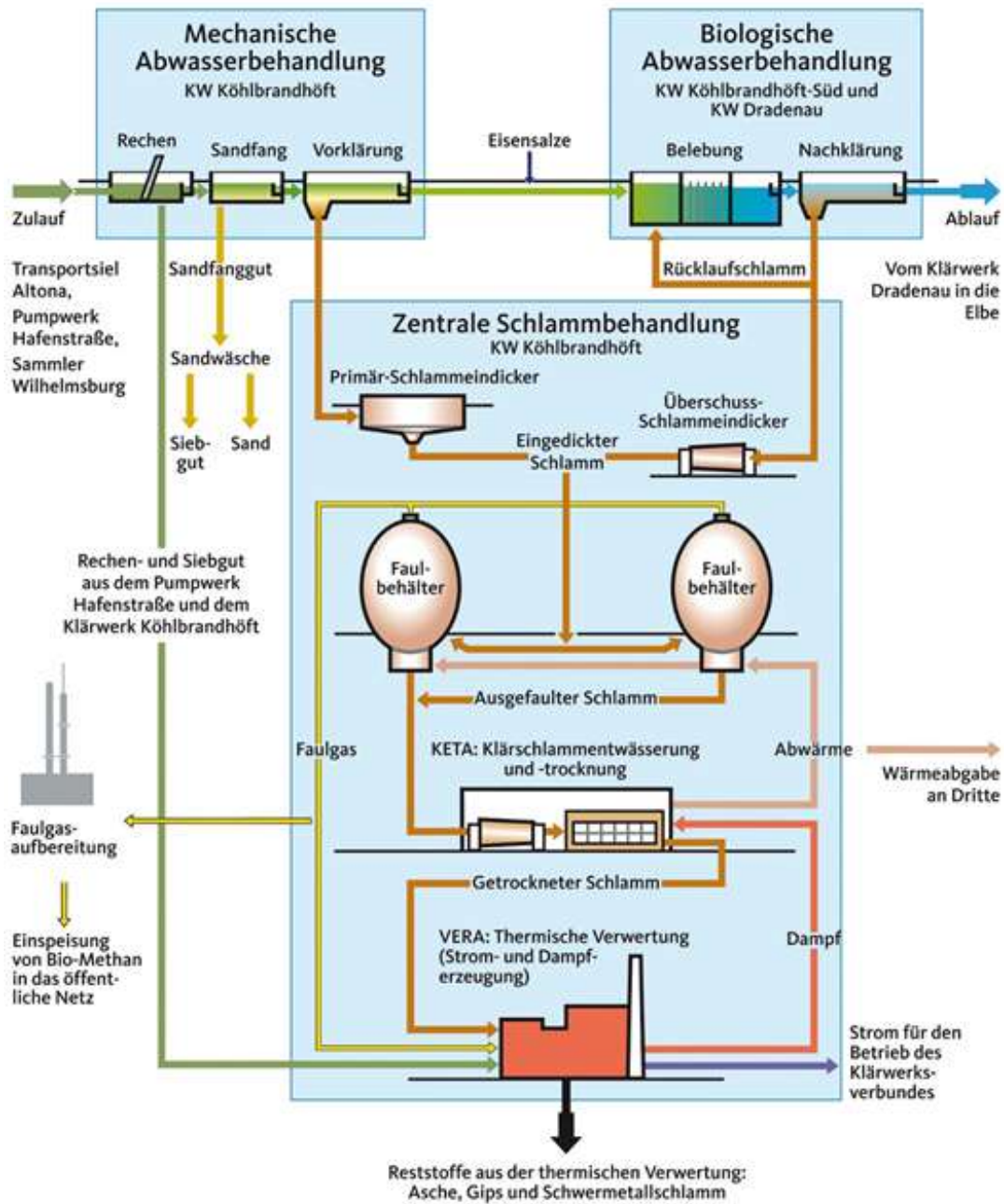
## Napelemes berendezések

A hamburgi szennyvíztisztító telep műhelyépületein található két napelemes berendezés a napfényt alakítja át energiává és így azok ugyancsak

áramot szolgáltatnak a szennyvíztisztító telep berendezéseinek üzemeltetéséhez. A napelemes berendezések teljes felülete összesen kerekén 1.300 négyzetméter, maximális teljesítménye 70 kilowatt. Ennyi energiával például 70 mosógépet lehet egyszerre működtetni.

## A szennyvíztisztító telepen keletkező biogáz városi biogázzá válik

A szennyvíztisztítás során keletkezett szennyvíziszap 10 db, összesen 80.000 köbméter térfogatú rothasztó toronyban rothad ki: kb. 36°C-os állandó hőmérsékleten, folyamatos keverés mellett. A baktériumok a szerve



8. ábra Szennyvíztisztítás vázlat

www.maszesz.hu

Német eredeti	Magyar fordítás
Zulauf	Befolyás
Mechanische Abwasserbehandlung	Mechanikai szennyisztítás
KW Köhlbrandhöft	Köhlbrandhöfti szennyisztító telep
Rechen	Rács
Sandfang	Homokfogó
Vorklärung	Előülepítés
Eisensalze	Vassók
Biologische Abwasserbehandlung	Biológiai szennyisztítás
KW Köhlbrandhöft-Süd und KW Dradenau	Köhlbrandhöft-Dél és dradenai szennyvíztisztító telep
Belebung	Eleveniszapos medence
Nachklärung	Utóülepítés
Ablauf	Elfolyás
Transportsiel Altona	Altonai szállítócsatorna
Pumpwerk Hafestraße	Szivattyúmű, Hafestraße
Sammler Wilhelmsburg	Wilhelmsburgi gyűjtőcsatorna
Sandfanggut	Homokfogóból származó homok
Sandwäsche	Homokmosó
Siebgut	Szitaszemét
Sand	Homok
Rücklaufschlamm	Recirkulációs iszap
Vom Klärwerk Dradenau in die Elbe	A dradenai szennyvíztisztító telepről az Elba folyóba
Zentrale Schlammbehandlung	Központi iszapkezelés
Primär-Schlammverdicker	Elsődleges iszapsűrítő
Eingedickter Schlamm	Sűrített iszap
Überschussschlamm-Eindicker	Fölősiszap sűrítő
Rechen- und Siebgut aus dem Pumpwerk Hafestraße und dem Klärwerk Köhlbrandhöft	Rács- és szitaszemét a Hafestraßén található szivattyúműből és a köhlbrandhöfti szennyvíztisztító telepről
Faulgas-Aufbereitung	Biogáz-feldolgozás
Einspeisung von Bio-Methan in das öffentliche Netz	Biometán betáplálása a közüzemi hálózatba
Faulbehälter	Rothasztó tartály
Ausgefaulter Schlamm	Kírohasztott iszap
Faulgas	Biogáz
KETA: Klärschlammwässerung und Trocknung	KETA: szennyvíziszap-víztelenítő- és szárító berendezés
Abwärme	Hulladék hő
Wärmeabgabe an Dritte	Hőleadás harmadik fél számára
Getrockneter Schlamm	Szárított iszap
VERA: Thermische Verwertung (Strom- und Dampferzeugung)	VERA: termikus hasznosítás (áram- és gőztermelés)
Dampf	Gőz
Strom für den Betrieb des Klärwerksverbundes	Áram a szennyvíztisztító telep berendezéseinek üzemeltetéséhez
Reststoffe aus der thermischen Verwertung: Asche, Gips und Schwermetallschlamm	Maradék anyagok a termikus hasznosításból: hamu, gipsz és nehézfém-iszap

## A SZENNYVÍZTISZTÍTÁS VÁZLATA

### A tisztítás elősegítése baktériumokkal

A második tisztítási fokozat során a szennyvízet úgynevezett eleveniszapos medencékben tisztítjuk tovább, biológiai úton; eközben a teljes medencében nagy számban, úgynevezett iszappelyhek formájában jelen lévő mikroorganizmusok bontják le a szennyvízben lévő szén-, a nitrogén- és foszforvegyületeket. Az adagolt levegő oxigéntartalma felgyorsítja a baktériumok eme természetes lebontási folyamatát.

Annak érdekében, hogy a biológiai szennyvíz-tisztítási fokozatban mindig elegendő mennyiségű iszap álljon rendelkezésre, az egy

utóülepítő medencében leválasztásra kerül. Az iszappelyhek leülepednek, majd az iszapzömét visszavezetjük az eleveniszapos medencébe. Az itt keletkező iszapot ugyanúgy az iszapkezelési szakaszba vezetjük; ezen kívül a nitrogén és a foszfor tápanyagok is eltávolításra kerülnek.

Ezzel a szennyvíz végighaladt az összes szükséges tisztítási lépésen, és környezetbarát módon megtisztult; az Elba folyóba való visszavezetéssel a folyó fő áramlata részeként ismét részt vesz a vízkörforgásban.

Forrás: [www.hamburgwasser.de](http://www.hamburgwasser.de)





## NAGYOBB SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEPEINK MADÁRTÁVLABÓL! – II. RÉSZ

DR. JUHÁSZ ENDRE

### SZOLNOKI SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEP

A Tisza – Zagyva torkolatánál elhelyezkedő patinás **Szolnok** város tisztító műve a '80-as évek közepétől tervezett un. „tíz város” megvalósítási programjából- mint már korábban jeleztem -Szegeddel együtt gazdasági okok miatt lemaradt. A rendszerváltás után az 1975-ös időszakban készült tervek felülvizsgálva, mind műszaki, mind kapacitás szempontokból egy 32 000 m<sup>3</sup>/ d méret mellett döntöttek.

Az eredetileg tervezett kis helyigényű blokkos kialakítás helyett hagyományos Dorr medencés, felületi levegőztetővel, (függőleges rotorok) kialakított berendezés létesült, mely jelentős Phare támogatással 1999 decemberében állt üzembe. Rothasztás, gázhasznosítás nem készült. Ez időre a város gyűjtő hálózata elérte a 270 km.-t, a bekötött lakások száma megközelítette a 24 000-es számot. A kereken



5. ábra A szolnoki szennyvíztisztító (32 000 m<sup>3</sup>/d; 133 000 LE)

130 ezer LE nagyságú telep évente 4,5 millió m<sup>3</sup>/a szennyvizet tisztít kifogástalan minőségben. (forrás: 100 éves a szolnoki vízmű).

Az ország nyugati határán található SOPRON város, melynek korszerű tápanyag eltávolítással kialakított regionális (Sopronkőhida, Fertőrákos, Balf) új szennyvíztisztítója ISPA támogatással 2005-ben lépett üzembe.

A római korban Scarbantia néven híressé vált centrális szerepet betöltő város már rendelkezett vízellátással és csatornahálózattal, melyet a feltárt téglából falazott vezetékek bizonyítanak.



**6. ábra** Soproni regionális telep (c: 21 000 m<sup>3</sup>/d; 165 000 LE)

Az 1930-as évek végén már 36 ezren éltek a városban, s ebből 28 ezer főnek szennyvizét a mintegy 50 km hosszú szenny- és csapadékvíz csatornán keresztül – tisztítás nélkül – vezették az Ikvába és a Bán patakba.

A II. világháború után több mint 20 év telt el, amikor is a korábban meghatározott helyen felépült egy 15 ezer m<sup>3</sup>/d kapacitású mechanikai tisztítómű, mely azonban az iszap számára már rothasztó tornyot is magában foglalt.

Az ezredfordulón határozat született arról, hogy a régi telep helyén – annak elbontásával – egy új, korszerű III. fokozatú telepet építenek.

Az új telepet EU-s (ISPA) támogatásból 21 000 m<sup>3</sup>/d kapacitásra, ill. 165 ezer LE szerves terhelésre 2005-ben kezdték meg felépíteni.

A terv a belváros egyesített rendszerű csatornahálózata miatt egy 40 ezer m<sup>3</sup> térfogatú zápor-tárolót és egy 6000 m<sup>3</sup> térfogatú kiegyenlítő medencét is magában foglalt. Az érkező szennyvíz szennyezettsége az átlagos városi szennyvíz összetételénélkevésbé magasabb (KOI 920 g/m<sup>3</sup>; BOI5 470 g/m<sup>3</sup>). A vízvonal mellett megépült egy korszerű iszapkezelési technológia is, melynek technológiai sora: sűrítés, anaerob stabilizálás (2 db 2250 m<sup>3</sup>-es fűtött rothasztó), centrifugákkal történő iszap-víz-telenítés, majd az iszap telepen belüli komposztálása zárt, cellás technológiával. A keletkező biogázt gázmotorok segítségével villamos és hőenergia előállítására hasznosítják.

A ~24%-os szárazanyag tartalmú ~25-30 m<sup>3</sup>/d iszapmennyiséghez 50 m<sup>3</sup>-nyi fa aprítékot kevernek. A keletkező komposzt mezőgazdasági területen hasznosul. A szag elimináció érdekében biofilter alkalmazására is sor került.

A teljes telep üzembe állítása 2007 második felében megtörtént. A kezdeti zavarok sikeres felszámolása után a telep a vízjogi engedélyben előírt paramétereket teljesíti.

A telep ezeken kívül települési folyékony hulladékot is fogad, továbbá ugyanitt megoldották a csatorna üledék fogadását és kezelését is.

Az új telep tervei Boda János irányításával a Mélyépterv - Komplex Zrt.-ben készültek.

Közreműködő partnerük Somkúti Ágoston (Aqu-inno Kft.) volt. (forrás: Juhász E. Szennyvíztisztítás története 2011)

Az ország keleti – tiszai - vízgyűjtő rendszerének déli határ pontján, a Maros torkolatánál helyezkedik el a XIX. sz-i nagy árvize miatt is elhíresült, ám annál sokkal patinásabb Szeged városunk. Az első átgondolt csatornahálózatának kezdeti csírái - megelőzve a Fővárost – már 1840 -ben megjelentek, a XX. sz első évtizedében pedig már 50 km-nyi zárt csatornával rendelkeztek. 1980-ban a kiszemelt szennyvíztisztító telep helyén megépítettek egy korszerű szivattyú állomást, ezen kívül csupán hálózat fejlesztésre nyílt lehetőség.

Az OVH kezdeményezésére megindul „tíz városi” szennyvíztisztítási program első „nekifutásában” az OVIBER ugyan elkészítette a vonatkozó beruházási programot, de mint korábban már szót ejtettünk róla elsősorban gazdasági erő hiányában a megvalósítást „bizonytalan időre” felfüggesztették.

A rendszerváltást követően itt is megjelentek külföldi vállalkozók, de mind szerződéses ajánlatuk, mind a bemutatott technológiák korszerűsége nem nyerte el a hazai döntéshozók pozitív véleményét.

Az EU-ba történt belépés után az ország igen jelentős támogatást kapott, mellyel végre Szeged is élhetett.

Először is közel 300 km. hálózat, 28 közbenső átemelő épült. Az agglomerációból csatlakozott a rendszerhez az összesen kereken 10 ezer lakost számláló Deszk, Tiszaliget, Újszentiván, Kübekháza. Végsőként az anya város 165 ezer

lakosával és a meglévő iparral együtt 2005- ben a tisztítómű prognosztizált kapacitását 230 ezer LE-ben,(60 000 m<sup>3</sup>/d) határozták meg.

A teljes fejlesztés mintegy 25 milliárd Ft -ot emésztett fel, amit akkor a XXI. sz. eddigi legnagyobb programjának minősítettek.



**7. ábra** Szeged város szennyvíztisztítója madártávlatból (230 000 LE; 60 000 m<sup>3</sup>/d)

A telep kivitelezését a Strabag Rt. és a Passavant-Roediger GmbH által alkotott konzorcium nyerte el. A tenderkiírásához a terveket Boda János (Mélyépterv Komplex Zrt.) adta ki, míg a kiviteli tervek Brenner József (Hidrokomplex Kft.) asztaláról származnak. A rothasztással kapcsolatos speciális terveket a Roediger cég készítette.

A tisztítómű hagyományos, tápanyag eltávolítást is magába foglaló technológiával nyert kialakítást. Az iszap számára 2x4 000 m<sup>3</sup>-es gázlándzsás keverésű mezofil (36-38 oC) rothasztó épült, a keletkező metángázt szintén két db. Jembacher gázmotor alakítja elektromos és termo energiává. A telep kiegészült co-rothasztáshoz szükséges technológiai elemekkel, azonban iszapelhelyezési problémák miatt települési szerves hulladékot jelenleg nem fogad. A tisztítómű energiamérlegének javításához - tekintettel Szeged napsütéses óráinak kedvező mértékére - napelemes energia termelő paneleket építettek be.



Amint a képen is látható a korszerű, tetszetős esztétikai elrendezés egy jól működő üzemet takar, amelyik a vízminőségvédelmi bakkrériumokat is maradéktalanul biztosítja.

## ÉRD ÉS TÉRSÉGE

Érd a Fővárosi agglomerációnak régebbi időtől fogva kedvelt üdülő városa, Státusa szerint jelenleg „Megyei jogú” város, ellenben egyetlen ilyen, amelyik nem megyeszékhely. Sokáig rendkívül vízhiányos volt, ami miatt fejlődése igen lelassul. A '80-as évek közepén sikerült egységre jutni a Fővárosi Vízművekkel és a csepeli vízbázisból Duna alatti átvezetéssel a helyi üzemet 10 ezer m<sup>3</sup>/d ivóvízzel megtáplálták. A 6-os fő közlekedési út mentén korábban épült egy mechanikai tisztító mű, amely azonban nem került teljes kiépítésre, mert úgy tervezték, hogy a város egyre bővülő csatorna hálózatát a Főváros 80+40 ezer m<sup>3</sup>/d kapacitásra előirányzott Dél-budai telepre vezetik.

A megváltoztatott Fővárosi koncepció ezt a telepet levette napirendről, így Érd kénytelen volt saját programot előterjeszteni.

Az ezredfordulót követő időszakban a 70 ezer lakost számláló Érdi Önkormányzat élt a KEOP által nyújtott támogatás lehetőségével és Tárnok és Diósd társ településekkel együtt sikerrel pályázott. A munkát a Közgép Zrt. és az Euro Aszfalt Építő és Szolgáltató Kft vállalkozói Konszorcium nyerte és a terveket alvállalkozóként az INWATECH Kft. A készített pályázat három település (Érd, Tárnok, Diósd) csatornázását és a meglévő szennyvíz tisztító telep 133 000 LE terhelés (~ 15 000 m<sup>3</sup>/d száraz idejű szennyvíz) fogadására való felbővítését tartalmazta. A tisztító telepet a befogadó védelmét biztosító tápanyag

eltávolítási fokozattal úgy kellett kialakítani, hogy a meglévő ötezer m<sup>3</sup>/d kapacitású öreg telep elemei minél nagyobb mértékben felhasználhatóak maradjanak. Ez természetesen megkötötte a kezét a tervezőknek az újabb technológiai elemek ideális elrendezésénél. A kezdeti időszakban a telepnek jelentős mennyiségű települési folyékony hulladékot (szippantott iszapot) kellett



**8. ábra** Az érdi tisztítótelep madártávlatból (c.133 000 LE)  
(légifoto: Sztarka Ferenc)

fogadnia. A tisztító mű építésével párhuzamosan – külön szerződés keretében – sor került a társuló községekkel együtt a meglévő érdi ~160 km. hosszú gyűjtő hálózat további ~340 km. vezeték rendszerrel való bővítésére is. Az agglomerációs rendszerből 86 db. közbenső átemelő beiktatása mellett a szennyvíz a telepre összességében öt nyomóvezetéken érkezik. Az üzem 2013 őszén átadásra került, az ingatlanok rácsatlakozása a hálózat bővítésével párhuzamosan elhúzódott és kezdeti időszakban alig féltelheléssel kellett, hogy beinduljon.

A szükséges mechanikai előtisztítási technológiát követően a II. fokozat (biológia) négy párhuzamos tisztító sorból áll, mely a tervező által szabadalmaztatott szelektorral rendelkező, aerob eleveniszapos ciklikus úgynevezett C-TECH® technológia.



A biogáz hasznosításra a németek által mezőgazdasági biomassza erőművek számára kifejlesztett 2x1 780 m<sup>3</sup>-es ún. "Veltec" típusú rothasztó készült, mely belső fűtéses, rúd keverővel ellátott, ráépített membrán-palástos gáztárolóval rendelkezik. A keletkező biogázt gázmotorok alkalmazásával hasznosítják. Megjegyezhető, hogy ezt az általuk kifejlesztett rothasztó típust a németek települési szennyvíztisztítási szakterületen nem alkalmazzák.

A telep kezdeti beüzemelési problémák után az üzemeltető körültekintő, gondos tevékenységének köszönhetően végül sikeresen „beállt”. Az elrendezésre rányomja bélyegét, hogy a régi elavult technológiához kellett a modern eljárás műtárgyait hozzá igazítani.

### SZENNYVÍZTISZTÍTÁS PÉCSETT...

A Dunántúl déli részén a baranyai medencében, kies Mecsek lankás lábánál található **Pécs** egyetemi városunk, melyet nagysága szerint az ország negyedik városának sorolnak.

A török uralom alól felszabadult város a XVIII. sz. végén szabad királyi város rangra emelkedett. Nagy terhe az ez utáni fejlődésnek, hogy az alapítók vízfolyás hiányában kénytelenek voltak hegyoldalra települni. Ennek hátrányát a vízművek érzik leginkább mivel sem kellő mennyiségű és minőségű ivóvízbázis, sem a tisztított szennyvíz befogadására szolgáló bővíző vízfolyás nem áll rendelkezésre.

A XX. század elején országos szinten kialakult csatornázási hullám a város előjáróit is arra buzdította, hogy ők is gravitációs csatornákat és a kornak megfelelő szintű tisztítóművet (sakkal töltött szűrő medencék) építsenek, ám a szándékot az I. Világháború elmosta.

- Az első pécsi szennyvíztisztító telepet végül is '37-ben helyezték üzembe, mely az akkori szakmai gyakorlata szerint mechanikai tisztító berendezés volt, mely durva rácsból, ülepitő (lipcsei) medencékből, iszaprothasztó tornyokból (ez abban az időben hazánkban még nem volt általános), iszapszárító ágyakból, gazométerből, átemelő telepből és szennyvíztároló medencékből állt.
- A hálózat ütemes fejlesztése, vele párhuzamosan a bekötések számának növekedése maga után vonta a szennyvíztisztító fejlesztését is. 1962-re a régi telep mellett elkészült egy – már eleveniszapos – 22 ezer m<sup>3</sup>/d hidraulikai kapacitású telep, melyhez azonban iszapkezelés nem társult.

A megyeri úti 22 ezer m<sup>3</sup>/d kapacitású tisztítótelepet időközben a város körbenötte. 13 év után 1975-ben határozat született a telep kitelepítéséről, ennek következtében 1995-ben Pellérdre az uránzagy tavak mellett felépült már 60 ezer m<sup>3</sup>/d kapacitással.

A régi telep gyakorlatilag „közbenső” átemelő telep funkcióját töltte be, azaz az ide összefolyó szennyvizet Pellérdre továbbítja.



9. ábra Pécsi szennyvíztisztító telep madártávlatból (c:344 000 LE; 60 000 m<sup>3</sup>/d)

2007-ben EU-s támogatással nagyarányú hálózatfejlesztési programot indítottak, mely keretében az agglomerációhoz kapcsolták Gyód és Keszü településeket is. Ezekkel a továbbiakban már kilenc település (Gyód, Kővágószőlős, Kővágótöttös, Pellérd, Keszü, Cserkút, Bakonya, Boda, Kozármisleny) szennyvizét is ide fut be,

Az iszap minőség – felhasználás szempontjából történő – javítása érdekében annak idején egy speciális finanszírozási konstrukciót dolgoztak ki, melynek lényege, hogy a finanszírozásban érdekelt projekt társulással közösen fűtött rothasztókat építenek, és a keletkező biogázt hő és villamos energiaként hasznosítják. A rothasztóból kikerülő stabilizált iszapot komposztálják

KEOP támogatás segítségével jelenleg a teljes iszapvonal  $2 \times 4\,000\text{ m}^3$ -es mezofil rothasztóval és biogáz hasznosítással üzemel. A háború után készült Megyeri úti „kísérleti” eleveniszapostelep tervezője Benedek Pál és Tasfy László volt. Az átköltöztetett Pellérd-i telep terveit Somkúti Ágoston (Aquinno Kft.) készítette.

## BUDAPESTI KÖZPONTI SZENNYVÍZTISZTÍTÓJA

Ugyan csak hosszas - közel húsz éves - előkészítés után 2002-ben SEVECO svéd cég vezetésével létrejött konzorcium megbízást kapott egy megvalósíthatósági tanulmány készítésére, melynek értelmében megvizsgálták az ország legnagyobb telepének a Budapesti Központi Szennyvíztisztító Telepének műszaki, gazdasági feltételeit és lehetőségeit. A program a Csepel sziget északi csúcsán kijelölt 29 ha területre tervezett tisztító mű mellett a Budai oldal Duna parti főgyűjtőjét a kapcsolódó szivattyútelepeket, a parti bevezetések megszüntetését, a Duna alatti átvezetést, továbbá mint egy 350 km. gyűjtő hálózatot is magába foglalt. A telep

III. tisztítási fokozattal, 1,35 mill. LE. ( $350\,000\text{ m}^3/\text{d}$ ) kapacitásra épült ki. Megvalósult továbbá az iszapkezelés vertikuma keretében  $3 \times 5\,800\text{ m}^3$  anaerob termofil rothasztóreaktor, biogáz hasznosítás a telep energia szükségleteinek fedezésére, stb. Érdeklődésre tarthat számot, hogy az iszapot rothasztás előtt a kedvezőbb hatásfok érdekében pasztörizálják. A ~28 % szárazanyag tartalomra víztelenített iszapot rekultivációs célra hasznosítják.



**10. ábra** Bp. Központiszennyvíztisztítótelepe. (c:1,35mill. LE  $350\,000\text{ m}^3/\text{d}$ )

A telep környezetvédelmi érdekből teljesen zárt csarnokba került, az összes levegő mennyiség folyamatos tisztítása (~  $2,0\text{ mill m}^3/\text{d}$ ) a villamos energiafelhasználást rendkívül mértékben növeli.

A tápanyag eltávolításra kiépített telep kibocsátási határértéki:

$BOI_5 < 25\text{ mg/l}; KOI < 125\text{ mg/l}; TSS < 35\text{ mg/l}; TN < 30\text{ mg/l}; TP < 2\text{ mg/l}$

Mint minden európai országban, így Budapesten is állandóan fennálló probléma a szennyvíziszap

elhelyezése. Bár az ország egyetlen telepén sincs határértéken felüli mérgező (nehéz fém) anyag kibocsátás, a kívánatos termőföldi hasznosítás nehézségbe ütközik. Jelenleg mindhárom Fővárosi telep iszapját rekultivációs célokra hasznosítják.

2015-ben, azaz az eltelt, mint egy 120 év múltán elmondható, hogy a város csatorna ellátottsági szintje csaknem 100%. Minden csatornahálózatba jutott házi- és ipari szennyezettségű víz III. fokozatú tisztítás után jut a befogadóba. A Főváros 525 km<sup>2</sup> területén ~ 1,8 mill. fő él. Az egyesített és elválasztott vezetékek hossza megközelíti az 5 700. km-t. A három telep összes tisztító kapacitása 2,7 mill. LE. (630 000 m<sup>3</sup>/d). A teljes hálózat valamint a három szennyvíztisztító mű a Fővárosi Önkormányzat tulajdona.

Az üzemeltetést két szervezet végzi. Az Észak-Bp-i és a Dél-Bp-i telepeket a hozzá tartozó ~ 5300 km. gyűjtő hálózattal a Fővárosi Csatornázási Művek, a 25+1% részt képviselő konzorciumi partnerekkel: a Berlinvasser és Veolia Environment S.A által létrehozott üzemeltetői holding látja el. Az ország legnagyobb, Csepel szigeten létesült

Központi Szennyvíztisztító Telepét a kapcsolódó létesítményeivel együtt - szakmapolitikai döntés értelmében - a Főváros Vízmű Zrt. végzi

Utószóként leírható, hogy a 2010-ben utolsónak realizálódott legnagyobb hazai szennyvíztisztító művel környezeti és vízminőségvédelmi aspektusból örömteli eredmény született, mivel ezzel az országban is minden közcsatornába juttatott szennyvíz kereken ~0,55 km<sup>3</sup>/a min. biológiai tisztást követően kerül a befogadóba.

Koránt sem ilyen kedvező a szennyvíziszap elhelyezési kérdése, valamint jövőbeni nem lesz elkerülhető feladata kellően tisztított szennyvíz hasznosítása. Itt elsősorban mezőgazdasági területen történő öntözésre gondolok

Amint azt a bevezetőben is leszögeztem, ebben az írásomban nem folyamatosan fejlődésben lévő technológiai szempontokat akartam taglalni, hanem az alkotó tervezők racionális telep elrendezési készségét, az e műfajban rejlő lehetőségek különböző sokszínűségének –a funkció és a forma - egységes esztétikájának kifejezésre juttatására szerettem volna a figyelmet felhívni.





## VOLT EGYSZER EGY KIÁLLÍTÁS...

### 125 ÉVVEL EZELŐTT NYÍLT MEG AZ A MILLENNIUMI KIÁLLÍTÁS VÍZÉPÍTÉSZETI PAVILONJA

**FEJÉR LÁSZLÓ**



Nem volt véletlen, hogy a hazai vízimunkákat bemutató kiállítási rész külön pavilonban kapott helyet az ezredéves kiállításon belül. Az átfogó hazai vízszabályozási munkákat megindító Tisza-szabályozás kezdete óta eltelt fél évszázad eredményeire méltán lehetett büszke az ország és a magyar vízmérnöki kar. Egymás mellett szerepeltek az állami irányítással és közköltségen végzett vízszabályozások, valamint a Duna és a Tisza völgyében végrehajtott társulati (tehát az érintett birtokosok összefogásán és anyagi tehervállalásán alapuló) ármentesítések, lecsapolások, belvízrendezések, öntözések, vízerő-hasznosítások, stb. A bemutató szervező bizottságában a korszak legjelesebb szakemberei

kaptak helyet, így – többek között – pl. Kvassay Jenő, Kovács Sebestény Aladár, Péch József, Bertalan Lajos, vagy Darányi Ignác.

Meg kell jegyezni, hogy a vízügyek irányítása – a mesterséges vízi utak és kikötők építése, továbbá az Al-Duna-szabályozás kivételével – a Földművelésügyi Minisztérium, ill. az ennek keretében működő Országos Vízépítészeti és Talajjavítási Hivatal hatáskörében volt, s ez meghatározta a kiállító intézmények és szervezetek körét.

Az állam közel 60.000 forinttal, az ármentesítő társulatok – jelképes módon az ármentesített területek minden egyes holdja után 1 krajcárral – 37.600 forinttal járultak hozzá a szakkiállítás felépítéséhez, nem számítva ide azokat a költségeket, amelyeket a társulatok külön-külön az egyes kiállítandó tárgyak elkészítésére fordítottak.

A bemutatott anyagot hármass csoportosításban tekinthették meg az érdeklődők: az állami munkákat – amelyek főleg a folyók medrének szabályozására, a folyók vízjárására, továbbá a talajjavításra vonatkoztak – a folyammérnöki, ill. kultúrmérnöki hivatalok dolgozták fel fotók,



tervrajzok és térképek segítségével. Itt voltak a közegészségügyi mérnöki szolgálat által kiállított vízellátási és csatornázási tanulmányok és tervek is. A másik csoportban a társulatok a kiterjedt érdekeltségű, nagyobb szabású ármentesítéseket, belvízlevezetéseket, lecsapolásokat és vízhasználatokat tüntették fel számos terepmodell, makettek, fotók és egyéb tárgyak segítségével. Nagy sikert arattak azok a művészi kivitelű térképpárok, amelyek a társulatok érdekeltségi területeinek a szabályozások előtti és utáni állapotát mutatták be. A kiállítók harmadik (legkisebb) csoportját pedig azok a magánszemélyek alkották, akik vízi tárgyú tanulmányaikkal, műszereikkel, vagy éppen a pavilon művészi dekorációival jelentkeztek.

A látogató közönség minél alaposabb tájékoztatását nemcsak térképek és tervek, hanem modellek, makettek, fényképfelvételek is szolgálták. Természetesen a kor kiállítástechnikája segítségével, ami napjainkban, a modern múzeumi és kiállítási technika világában egy letűnt kor világát idézik fel. Miután a legtöbb egykori pavilont a kiállítás zárása után elbontották, a kiállítási anyagokat a társulatok és magán résztvevők elszállították, ám az állami vízügyi szervezet (kultúrmérnöki hivatalok,

folyammérnöki hivatalok, a közegészségügyi mérnöki, valamint a vízrajzi szolgálat) anyagai az akkor alakulóban lévő Magyar Mezőgazdasági Múzeum gyűjteményi anyagát gyarapították, hiszen a hazai vízügyek állami irányítása az agrártárca felügyelete alá tartozott. Hogy végül mit állítottak ki a vízépítészeti pavilonban, azt az egy évvel később megjelent díszes album mutatta képekkel, ill. egy részletes tárgyjegyzékkel. A Kovács-Sebestény Aladár műegyetemi professzor, és Bogdánfy Ödön kultúrmérnök által készített könyv egy-egy példányát ma nemcsak a Mezőgazdasági Könyvtár, hanem pl. a Duna Múzeum gyűjteménye is őrzi.

A millenniumi kiállítási anyagra építve egyszer még megjelent a vízépítészet egységes bemutatója: az 1900. évi párizsi világkiállítás szecessziós stílusú magyar pavilonjában. A napjainkban időnként itt-ott felbukkanó magyar-francia feliratos fotók, térképek és grafikonok mindegyike ennek a kiállításnak töredékes darabja. Míg az ezredéves kiállításon a vízitársulatok bemutatója érdemelte ki a rendezők egyik aranyérmét, addig Párizsban az állami vízimunkákkal bemutatkozó Kvassay Jenő és az Al-Duna-szabályozás vezető mérnöke, Wallandt Ernő nyerte el a zsűri aranyérmét.





# NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM VÍZTUDOMÁNYI KAR

## VÍZELLÁTÁS-CSATORNÁZÁS SZAKIRÁNYÚ TOVÁBBKÉPZÉSI SZAK 2021. ŐSZI INDULÁSSAL

A Nemzeti Közzolgálati Egyetem Víz tudományi Karán és annak jogelőd bajai intézményeiben több évtizedes múltra tekint vissza a vízellátás-csatornázás szakmérnök képzés, melynek indítását az egyre növekvő szakmai igények, az új tudományos és kutatás-fejlesztési eredmények megjelenése és ezek gyakorlatba történő átvitele tette szükségessé. Az államigazgatás a vízellátás-csatornázás szakirányú továbbképzés szakmai színvonalát elismerve, jogszabályokban is rögzített szakmai jogosítványokat kötött a képzésben megszerzett diplomához (16/2016 BM rendelet 1. melléklet)

### KÉPZÉSI CÉL:

A szakmérnöki továbbképzés célja a korábban, a főiskolai mérnökképzés keretében tanult anyag felújítása és korszerűsítése, valamint kiegészítése új, hangsúlyozottan a vízi közművek üzemeltetésével kapcsolatos ismeretekkel.

A tananyag kiemelten tartalmazza:

- a hagyományos és új technológiákat és azok megvalósítását szolgáló műtárgyakat, berendezéseket, létesítésüket, üzemeltetésüket;
- a korszerű üzemeltetés irányítástechnikai berendezéseit és a fontosabb irányítási algoritmusokat;
- az üzemeltetéshez szükséges műszaki-gazdasági és jogi ismereteket,
- valamint a kapcsolódó elméleti alapokat.
- A továbbképzés levelező tagozatos, kreditrendszerű formában történik, időtartama négy félév.

Az egyes félévek háromszor egyhetes kötelező konzultációból és a vizsgák letételére szolgáló vizsga időszakokból állnak.

**A jelentkezéssel kapcsolatos bővebb információért kérem, látogasson el honlapunkra**

<https://vtk.uni-nke.hu/oktatas/szakiranyu-to-vabbkepzesek>



# A BÚVÁRSZIVATTYÚ ENERGIAMEGTAKARÍTÁSA EGY TELJESEN ÚJ SZINTRE EMELVE

AZ ÚJ, NAGY HATÉKONYSÁGÚ ÁLLANDÓ MÁGNESES  
MOTOR A KULCS

90%+ ENERGIAHATÉKONYSÁGÚ  
ÁLLANDÓ MÁGNESES MOTOR

Az állandó mágneses motor közel nulla rotorvesztéséget biztosít, ami a lehető legnagyobb hatásfokot eredményezi. Alacsonyabb üzemi hőmérséklet esetén pedig a szivattyú élettartama jelentősen meghosszabbodik.



## A RENDKÍVÜL JÓ HATÁSFOKÚ GRUNDFOS SPE

Az állandó mágneses motorokkal szerzett 20 éves tapasztalatra támaszkodva, a Grundfos az SPE szivattyúrendszert állandó mágneses (PM) búvármotorokkal és CUE frekvenciaváltóval hozza forgalomba. A Grundfos PM motor biztosítja a lehető legnagyobb energiahatékonyaságot, és kiváló minőségű és robusztus anyagokból készült, amelyek növelik a szervizelések közötti időt. Az SPE rendszer az SP szivattyú igazolt megbízhatóságára és hosszabb élettartamára épül.

Tudjon meg többet itt: [hu.grundfos.com](http://hu.grundfos.com)



be  
think  
innovate

GRUNDFOS 



