

# Hírsatorna

A MAGYAR VÍZ- ÉS SZENNYVÍZTECHNIKAI SZÖVETSÉG LAPJA  
2022/1. szám



**A VÍZ VILÁGNAPJA  
2022.MÁRCIUS 22.**

# ÉRJE EL HIRDETÉSÉVEL SZAKEMBEREK SZÁZAIT!

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

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

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

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



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

Kedvezményes árainkról az alábbi **linken** tájékozódhat!

Reméljük, Ön is meglátja lehetőséget a Hírcsatornában!

## IMPRESSZUM

**A Magyar Víz –és Szennyvíztechnikai Szövetség online folyóirata**

1046 Budapest, Kiss Ernő u. 3/A 419.

www.maszesz.hu

**Kiadó:** MaSzeSz

**Főtitkár:** Rózsa Bálint

**Kiadásért felel:** Rózsa Bálint

**Főszerkesztő:** dr. Papp Mária

**Szerkesztő:** 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>Gyógyszeripari szennyvíz kezelése membrán-bioreaktor (MBR) technológiával</b> - Roland Klaudia, Szabó András	5
<b>Röviden a régmúlt és napjaink szennyvíztisztításáról, körkörös gazdálkodásáról, költségeiről</b> - Bodáné Dr. Kendrovics Rita, Szilágyi Ákos	13
<b>Hozzászólás a „Röviden a régmúlt és napjaink szennyvíztisztításáról, körkörös gazdálkodásáról, költségeiről” című cikkhez</b> - Csörnyei Géza	27
<b>A szennyező fizet? Gondolatok a tisztítótelepekről elfolyó és a csatornahálózatból túlfolyó vizekről</b> - Oszoly Tamás	28
<b>A talaj-termőképességének növelése háztartási, élelmiszer-ipari és a mezőgazdasági eredetű hulladékokból készült komposzt felhasználásával</b> - dr.Oláh József	33
<b>MASZESZ HÍREK, AKTIVITÁSOK</b>	
A vízérték szerepe a víziközmű szolgáltatás fenntarthatóságban	57
Dulovics Szimpózium	58
Küldetésünk a Tudás	61
Kitüntetés - Dr. Kárpáti Árpád az Év Mérnöke	62
Emlékezés Rémai Jánosra	63
Személyi változások a MaSzeSz operatív vezetésében	64
<b>ÁGAZATI HÍREK</b>	
Víz világ nap	67
Bemutatkozik a Nemzeti Vízművek Zrt.	68
Decentralizált Szennyvíztisztítás - ajánlás	71
Állásfoglalás a hazai vízhiány mérséklése, vagy megszüntetése érdekében szükséges intézkedések köréről - Ajánlás	75
<b>NEMZETKÖZI KITEKINTÉS</b>	
Membrántechnika a kommunális szennyvíztisztításban – megoldás a vízgazdálkodás új kihívásaira? - Fordította Simonfay Piroska	78
<b>TÖRTÉNETI VISSZATEKINTÉS</b>	
Az „illemhely” története az Ó kortól napjainkig - Dr. Juhász Endre	93
<b>KÉPZÉSI AJÁNLÓ</b>	
Képzési ajánló	106

*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 OLVASÓK!



A 2022. év első napjai villámgyorsan elteltek és itt van a tavasz, új kezdeményezésekkel, új tervekkel.

A Hírcsatorna ez évi első számának indító témája

a **szennyvíztisztítás**, ezen belül is a **membrán technológia**. A gyógyszeriparban köztudott, hogy a keletkező szennyvízben magasabb koncentrációban jelentkeznek a szennyező anyagok. A **MBR technológia** lehetővé teszi a magasabb iszapkoncentráció fenntartását, ezzel együtt a szennyezőanyag hatékonyabb eltávolítását. Az itt megjelenő cikkben egy gyógyszeralapanyag –gyár szennyvizének tisztításáról olvashatunk, mely magasabb koncentrációban és más jellegű szennyező anyagokat tartalmaz, mint a kommunális szennyvíz.

A Nemzetközi Rovatban is a **DWA szakbizottság beszámolóját** ismerhetjük meg a membrántechnika alkalmazásáról a kommunális szennyvíztisztításban, ami a vízgazdálkodásban új kihívását jelent.

A továbbiakban érdekes gondolatokat **olvashatunk a régmúlt és napjaink szennyvíztisztításáról**, a körkörös gazdálkodásról és annak költségeiről.

Majd érdekes, újszerű gondolatokat olvashatunk a **szennyező fizet elvről**, a cikk szerzője egységes szabályozást sürget **„bírságot az fizessen, aki mulaszt”**

A modern mezőgazdaság a túlzott vegyszer és műtrágya használatával várhatóan a jövőben sok gondot fog okozni. A termelés és a fogyasztás növekedésével egyre több hulladék keletkezik. A körforgásos gazdaságra áttérve ez a mennyiség tovább hasznosítható **„újbóli felhasználása értékteremtő** a gazdaság egészére vonatkoztatva.

Március hónapban ismét megrendezésre kerül a **Dulovics Szimpózium**, valamint olvashatunk jelenik a Jurta Tagozat ez évi tervről.

A MaSzeSz –Titkárság vezetésében történő változásról is hírt adunk, a főtktár személye változik.

**Március 22. Víz Világnapja ez évi jelmondata „Felszín alatti vizek: láthatóvá tenni a láthatatlant!”**

Befejezésül ősidők óta mindig aktuális, mindennapi téma az emberiség számára **az „illemhely” használata**, ezt a témát Juhász Tanár Úr ismét nagyon élvezhetően, sok humorral tele tűzdelve mutatja be számunkra.

Mindenkinek kellemes olvasást, békés nyugodt napokat kívánok!

Dr. Papp Mária  
főszerkesztő



# GYÓGYSZERIPARI SZENNYVÍZ KEZELÉSE MEMBRÁN-BIOREAKTOR (MBR) TECHNOLÓGIÁVAL

**ROLAND KLAUDIA,**  
UTB ENVIROTEC ZRT.

**SZABÓ ANDRÁS,**  
UTB ENVIROTEC ZRT.

## 1. BEVEZETÉS

Vajon mennyiben különbözik egy ipari szennyvíz egy kommunális szennyvíztől? Erre a kérdésre a válasz igen összetett lehet, hiszen nemcsak azt kell figyelembe venni, hogy nem egy hétköznapi kommunális szennyvízről beszélünk, hanem meg kell vizsgálni a szóban forgó ipar jellemző szennyezőanyagait és azok mértékét.

Jelen cikkünkben egy gyógyszeralapanyag-gyár szennyvizének tisztításáról írunk, mely egyértelműen magasabb koncentrációban és más jellegű szennyezőanyagokat is tartalmaz, mint a kommunális szennyvizek. Az alapanyag-gyártásban használt nagy mennyiségű szerves anyagok a keletkező szennyvízben magas, átlagosan 8 000 - 12 000 mg/l-es KOI értéket produkálnak. Emellett a szennyvíz pH értéke is rendkívül szélsőséges tartományban (2-12 között) mozog, ezért a tisztítási technológiát úgy kellett kialakítani, hogy ezeket az értékeket megfelelően tudja kezelni, vagyis a biológiai tisztítás fenntartható maradjon. Esetünkben a gyógyszeralapanyag-gyár szennyvize a tisztítást követően

a közcsatornába kerül bevezetésre, ám ehhez biztosítani szükséges az érvényben lévő csatornás határértékeknek megfelelő minőségű szennyvizet. Ennek elérésére egy hatékonyan működő szennyvízkezelési technológiát terveztünk és építettünk ki, melynek elsődleges célja a szerves anyag eltávolítása.

A szennyvíz tisztítása kiegyenlítésből, semlegesítésből, rácsszűrésből és két technológiai lépcsőben megvalósuló eleveniszapos biológiai tisztításból áll, amelyet membránszűréssel megvalósuló iszap-szennyvíz fázisszétválasztás követ.

## 2. A SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEP KIALAKÍTÁSA

Az ipari szennyvíz előtisztító telep az alábbi főbb egységekből áll:

- levegőztetett kiegyenlítő medence
- pH beállítás
- dobszűrő

- előlevegőztető medence
- membrán bioreaktor (MBR) technológia:
  - o MBR medence
  - o membrán ultraszűrő rendszer
- gépi iszapsűrítő

## Kiegyenlítő medence

A gyárból a nyers szennyvíz a kör alaprajzú, belül vegyszerálló polipropilén bevonattal ellátott, nyitott kiegyenlítő medencébe érkezik, mely biztosítja a biológiai tisztításra feladott szennyvíz homogenitását többek között a szervesanyag-terhelés, a tápanyagtartalom és pH szempontjából. A medencét közép-buborékos levegőztető rendszerrel szereltük fel, mely megfelelő keverést biztosít és megelőzi a bűzhatással járó anaerob rothadás kialakulását. A medencében szinttávadó és szintkapcsolók is beépítésre kerültek. Alkalmanként habzsgátló adagolása történik a kiegyenlítő medencébe. Habzsgátlóként polipropilén-glikol adagolása történik, mely nem okoz gondot a membrán működtetésében és élettartamában.

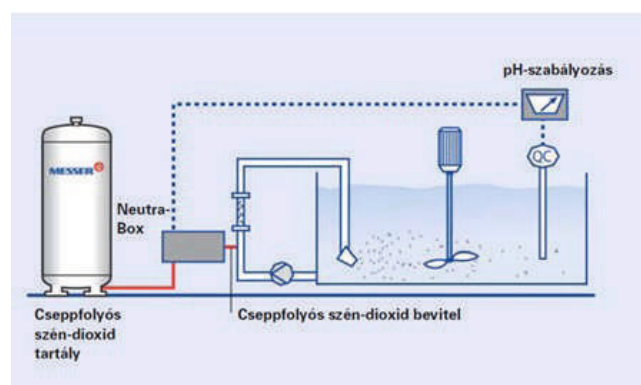
## pH beállítás

A pH állítása kétlépcsős folyamat, az első lépcsőben a kiegyenlítő medence után, második lépcsőben pedig a semlegesítő tartályokba történhet a vegyszerek adagolása.

A kiegyenlítő medencébe online pH mérőt helyeztünk el, amely a medencefal tetőről belógatott, kivehető szondával szerelt. Ennek jeléről, és a medence üritő szivattyúinak nyomóvezetékén elhelyezett áramlásmérő jeléről szabályozható a sav- és lúgadagolás. A hagyományos savval történő semlegesítés helyett a kiegyenlítő medence után lehetőség van

szén-dioxid adagolásra is a pH csökkentése céljából. A csővezetékbe egy injektor és egy speciális keverőelem került beépítésre. A kiegyenlítőből a szennyvíz szivattyúzva jut a pH beállító állomásra, ahol a két, sorba kötött pH semlegesítő tartályban a pH utólagos állítására van lehetőség sav-, és lúgadagolás segítségével.

A kialakított szén-dioxid adagolásnak több meghatározó előnye is van a hagyományos savakkal való semlegesítéssel szemben. Amellett, hogy környezetbarát és költséghatékony, hatása függ a pH értéktől, így kizárható a „túlsavazás”, továbbá nincs szükség bonyolult szabályzási rendszerre. Kezelése egyszerű, munkavédelmileg pedig sok szempontból biztonságosabb a hagyományos savadagoló rendszerekhez képest. A szén-dioxid inert gáz, tehát nem okoz korróziós problémát. A gyárból érkező magas sótartalmú szennyvíz miatt további előnye, hogy használata során nem növekszik tovább a szennyvízben a sótartalom. A cseppfolyós CO<sub>2</sub> tartály szintje távolról folyamatosan monitorozott, ezáltal az üzemeltető részéről a teljes újratöltési procedura nem igényel plusz feladatot.



**1. ábra.** CO<sub>2</sub> adagolás elvi ábra

A kiegyenlítő medencét egy túlfolyó csővel is elláttuk, ezért, ha a szennyvíz havária esetén nem vezethető a biológiai tisztításra, akkor a semlegesítésre szolgáló vegyszerek az itt elfolyó

szennyvízhez is adagolhatók, mivel a túlfolyó a tisztított szennyvíz gravitációs csatornába közvetlenül van bekötve.

### **Előlevegőztető medence**

A semlegesítés után a mechanikai tisztítást egy 0,75 mm-es résméretű dobszűrő berendezés végzi. Ezt követően a szennyvizet szivattyú továbbítja az eleveniszapos biológiai tisztítási fokozatra, mely egy előlevegőztető medencéből és a membrán bioreaktor (MBR) technológiai egységből áll. Az előlevegőztető medence szelektorként és biológiai előtisztítóként funkcionál.

Az előlevegőztető medencében folyamatos levegőztetés mellett az eleveniszap megkezd a szerves anyag bontását, biztosítva ezzel az MBR technológia stabilabb és biztonságosabb működését. Szükség esetén tápanyag adagolása valósul meg. A nitrogénforrásként hozzáadott karbamid adagolása az online ammónium/nitrát mérőműszer jele segítségével történik, a foszforforrásként adagolt foszforsav mennyisége pedig a laboratóriumi mérések alapján kerül beállításra. A műtárgyban a finombuborékos mélylevegőztetést ellátó fúvók frekvenciájának szabályozása a medencébe telepített oldottoxigén-mérő alapján működik.

### **Membrán bioreaktorok**

Az MBR technológia lehetővé teszi a magasabb iszapkoncentráció fenntartását, ezzel a szennyezőanyag hatékonyabb eltávolítását. Az MBR technológiai egység két, párhuzamosan üzemelő, levegőztetett MBR medence és egy membrán ultraszűrő rendszer kombinációjával kialakított rendszer. Az előlevegőztető medencéből a szennyvíz gravitációsan jut a biológiai

tisztítás második fokozatára, vagyis az MBR technológia két, egymással azonos felépítésű medencéjére egy osztóművön keresztül. Alapesetben a két párhuzamosan működő medencét tekintjük normál üzemnek, de megteremtettük a medencék soros üzemének a lehetőségét is.

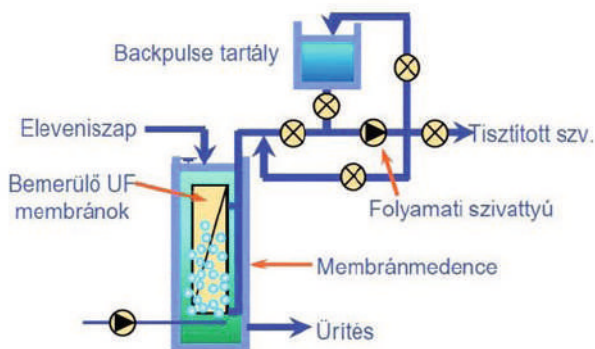
Az MBR medencékbe érkező szennyvizet az osztómű egyenletesen osztja szét a két medence között. Mindkét medencében automata habzsgátló adagoló rendszer van, mely a habszondák jelére indul és áll le. A vegyszeres foszforeltávolításra vassó adagoló rendszert építettünk ki, azonban normál üzem esetén erre nincs szükség, mivel a feladott szennyvíz jellemzően tápanyaghiányos. Szükség esetén az adagolandó vegyszert a vezérelhető szivattyúkkal biztosítjuk. A medencék levegőztetése frekvenciaváltókkal ellátott, oldottoxigén-mérők jele alapján szabályozott fúvókkal történik, csakúgy, mint az előlevegőztető medencénél.

A biológiai tisztítási fokozatra a megfelelő iszapkoncentráció megtartása érdekében két iszaprecirkulációs ág került kiépítésre: egy recirkulációs áram az MBR medencék és az előlevegőztető között, egy pedig az MBR medencék és a membrán ultraszűrő rendszer között.

A tisztított szennyvíz és iszap elegyet búvárszivattyú továbbítja a membrán ultraszűrő rendszerre, ahonnan a membrán által visszatartott iszap gravitációs úton kerül vissza az MBR medencékbe az osztóművön keresztül. A fölös iszapot csigaszivattyúk segítségével vesszük ki a medencékből, melyek felváltva adnak fel a gépi iszapsűrítőre, ahonnan a sűrített iszap gravitációsan továbbjut az iszaptároló műtárgyba. Az iszaptárolóban gyűjtött sűrített iszap tengelyen elszállításra kerül.

## Membrán bioreaktorok

A membránkazettákat tartalmazó ultraszűrő egység választja el az eleveniszapot a tisztított szennyvíztől. A membránkazettákban található ultraszűrő modulok visszatartják a lebegőanyagot és a mikroorganizmusokat.



2. ábra.

A biológiailag tisztított szennyvíz az ultraszűrő membránt tartalmazó biológiai részből a membránon keresztül áramlik a permeátum (szűrlet) szivattyú (folyamati szivattyú) szívó hatására. Az ultraszűrés a permeátum szivattyú által létesített vákuum következtében történik kívülről befelé a  $0,04 \mu\text{m}$  névleges pórusméretű membránon keresztül. A permeátum szivattyúk működtetése a bioreaktor szintjének megfelelően történik. Amennyiben a folyadékszint egy alacsony (beállított) szintre csökken, mert csökkent a biológiai rendszerre érkező szennyvízmennyiség, a permeátum szivattyú leáll, készenléti állapotba kerül az ultraszűrő rendszer.

A membránok tisztításához használt visszamosó tartály megtöltése után az ultraszűrők által megsűrűt víz, a visszamosó tartály túlfolyásával kerül kiadásra a rendszerből. A kiadott permeátum a csatornahálózatra került bevezetésre.

A telepen minden sor ismétlődő szűrési ciklusokban üzemel, melynek két fázisa van: a víz permeálása (átszívása) a membránon, valamint egy rövid idejű visszamosás (ellenáramoltatás) vagy relaxáció (áramlás nélküli állapot). A folyamati szivattyú egyszerre szolgál permeátum- és visszamosó szivattyúként, amely visszamosáskor a visszamosó tartályból szívja a vizet.

A membránon átszívott vízben (a membrántartályban lévő levegőztetés és a membránokon lévő nyomásesés következtében) kialakuló magas oldott gázkoncentráció következtében a permeátumból a gázok felszabadulhatnak. A csövekben megjelenő légbuborék a vízáram megszakadását vagy szivattyú kavitációt okozhat, ezért ejektor alkalmazása szükséges a vízben található levegő eltávolításához.



3. ábra.



A membrán felületére lerakódott eleveniszap és egyéb szennyeződések eltávolítására több egymás mellett alkalmazott tisztítási módszert alkalmazunk. A membránokhoz bevezetett levegő nyíróerőt eredményez a membrán felületén, amely a felületi lerakódásokat távolítja el. Az ultraszűrő membránok visszamosására beállított időnként kerül sor (backpulse – BP). A visszaöblítés során az oda-vissza járó permeátum szivattyú (folyamati szivattyú) ellenáramban tisztított vizet nyom vissza a membránokba a visszamosó tartályból (BP tartály). Az ultraszűrés és a visszamosás alatt a membránok alá levegőbefúvás történik, ami a membránszálak felületén leülepedett lebegőanyagok könnyebb eltávolítását teszi lehetővé. A visszamosás történhet vegyszeradagolással (vegyszeres mosás), vagy anélkül. A tisztítás alatt keletkezett hulladékvíz visszavezethető a biológiai medencékbe. Külön ürítő szivattyú szolgál a membrán tartályok leürítésére, tisztítására, karbantartására. A visszamosás teljesen automatikus, kezelőszemélyzetet nem igényel.

Jól szűrhető iszap esetén, amikor a rendszer átlagos kapacitáson üzemel, visszamosás helyett relaxációt lehet alkalmazni. A relaxáció nem más, mint a membránok időszakos pihentetése. Ezalatt az idő alatt a levegőztetés a membránszálakra kifejtett nyíróerő segítségével eltávolítja a felületi lerakódásokat.

Az ultraszűrő membránokat adott időnként karbantartó tisztítás (Maintenance Clean, MC) alá kell vetni. Ennek gyakorisága függ a membrán állapotától. Az MC tisztítás vegyszeres visszamosások sorozatából áll. Minden vegyszeres visszamosó ciklust várakozás (ún. áztatás) követ, hogy a vegyszer kifejtse hatását. A folyamati szivattyú a membránokon

tiszta vizet nyom át ellenáramban, miközben a visszamosó vízbe vegyszeradagolás történik. Vegyszerként szerves sav (citromsav), vagy hipó kerül alkalmazásra. A vegyszerek a folyamati szivattyúk nyomóágába kerülnek beadagolásra, a membránok előtt.

Regeneráló tisztításra (Recovery Cleaning, RC) általában évente egyszer kerül sor. Ehhez szintén az előbbieken említett membrántisztító vegyszerek kerülnek felhasználásra. Regeneráló tisztításkor a membránmedence leürítésre, majd visszatöltésre kerül vegyszeres oldattal, az MC folyamathoz hasonlóan vegyszeres visszamosásokkal. Azután a membránok több óráig áznak a vegyszeres oldatban, mely ezután a biológiai rendszerbe kerül visszavezetésre. A regeneráló tisztítás félig automatizált folyamat, kezelői, illetve szervizes szakember jelenlétet igényel.

A membrán egy fizikai akadály, így a lebegőanyag-tartalom a kezelt vízben nagyon alacsony. A zavarosságmérő-műszer folyamatosan ellenőrzi a kezelt víz tisztaságát. A turbiditás emelkedése membránmeghibásodásra utal.

### **Iszapsűrítés**

A fölösiszap az MBR medencékből a motoros késtolózárral után, frekvenciaváltóval felszerelt csigaszivattyú segítségével jut a gépi iszapsűrítőre. A megfelelő szárazanyag-tartalom (kb. 5%) elérése érdekében a feladott iszaphoz polimer adagolása folyamatosan és automatikusan történik a polimer oldó- és adagoló berendezésből. A polielektrolit adagoló berendezés perisztaltikus szivattyúval rendelkező egység. A sűrített iszap a gépház alatt található iszaptároló medencébe kerül.

A sűrítésből származó csurgalékvíz a dobsűrítő csurgalékvíz vezetékéből a csurgalékvíz tartályba folyik, ahonnan csigaszivattyúk segítségével jut vissza a biológiai tisztítás elé. A csurgalékvíz tartály szintkapcsolókkal ellátott, a csurgalékvíz szivattyúk szállítási teljesítménye frekvenciaváltozóval szabályozott.

### Mérőműszerek, automatizálás

A méréstechnikában a legfontosabb szempont a megbízhatóság és a minimális karbantartási igény. A műszerek biztosítják, hogy a technológia automatikusan tudjon működni, a gépek, berendezések szabályozottan, energiatakarékosan legyenek üzemeltethetők. A mérőkörök jeleit a PLC gyűjti és dolgozza fel.

A mérések, melyek alapján a technológia vezérlése történik:

- **pH mérés** a kiegyenlítő medencében, a pH beállító tartály bemenő és kimenő szennyvíz vezetékén,
- **szintmérés** a kiegyenlítő medencében, az iszaptároló medencében, a membrántartályokban, vegyszertartályokban,
- **menyiségmérés** a nyers és tisztított szennyvíz vezetéseken, a membránrecirkulációs vezetéken, az iszapsűrítő feladó csővezetéken,
- **oldottoxigén-mérés** az előlevegőztető medencében és az MBR műtárgyakban,
- **nyomásmérés** a fúvók utáni levegővezetéseken, a permeátum szivattyúknál,
- **iszapkoncentráció-mérés** az iszaprecirkulációs ágon,
- **zavarosság/turbiditás mérés** a permeátum vezetéken,
- **ammónium/nitrát mérés** a membrántisztítás elfolyó vizéről.

## 3. ÖSSZEFOGLALÁS

A telepen a próbaüzem alatt, és azt követően is, a tisztított szennyvíz minősége folyamatosan kiváló volt, vagyis többek között a pH, a KOI, a BOI<sub>5</sub>, az összes lebegőanyag, az ammónium-nitrogén, az összes szervesnitrogén,

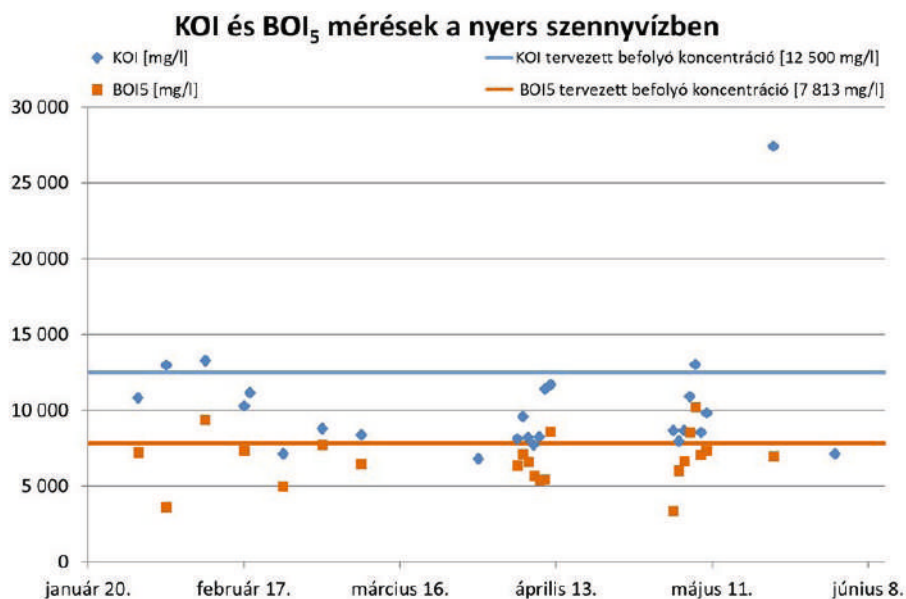
az összes nitrogén, az összes foszfor, a SZOE koncentrációk is kielégítik a határértékeket.

A következő táblázatban a próbaüzemet jellemző adatok láthatóak:

	nyers szennyvíz (mg/l)	tisztított szennyvíz (mg/l)	határérték (mg/l)	eltávolítási hatások (%)
KOI	10 064	493	1 000	95
BOI <sub>5</sub>	6 746	120	500	98
ammónium-nitrogén	44	1	100	98
összes szervesnitrogén	55	19	120	65
összes nitrogén	127	36	150	72
összes foszfor	12	11	20	9
összes lebegőanyag	263	6	150	98
SZOE	36	2	50	95

4. ábra.

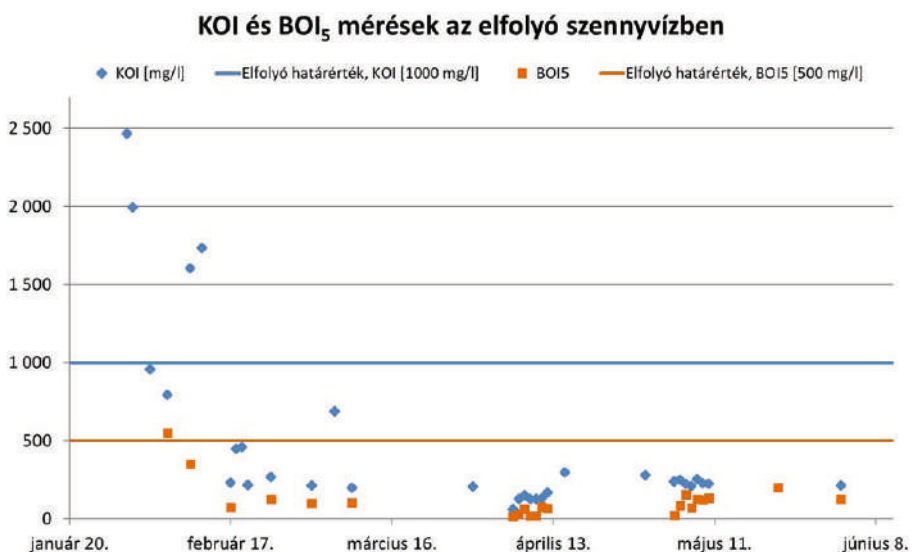
KOI és  $\text{BOI}_5$  tekintetében a telep a várt koncentrációban kapta a gyár szennyvizét, néhány magasabb értéket leszámítva, a tervezett érték körüli koncentrációban érkezett a szennyvíz.



5. ábra.

Ahogy az alábbi diagramon is látható, a kialakított technológia teljes mértékben megfelel az elvárásoknak és követelményeknek, kiváló szerves anyag eltávolítást valósít meg. A telep indítását követően rövid időn belül a megfelelő

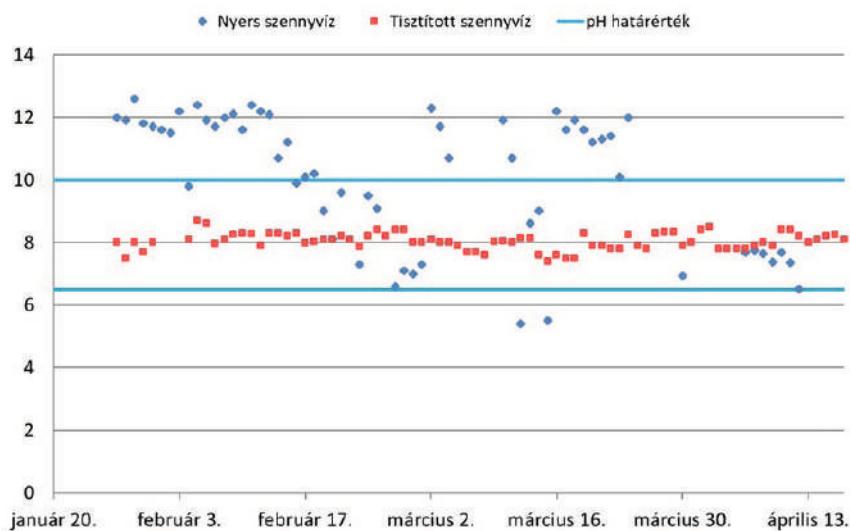
értékre csökkent a tisztított szennyvízben a koncentráció, azt követően, és azóta is a KOI és  $\text{BOI}_5$  eredmények folyamatosan, jóval az előírt határérték alatt mozognak.



6. ábra.

A befolyó nyers szennyvízben mért pH értékek nagyon szélsőséges határok között mozognak, gyakran előfordul, hogy meghaladja a tervezett felső értéket (12). A hatékonyan működő pH beállításnak, elsősorban CO<sub>2</sub> adagolásnak köszönhetően, a tisztított szennyvízben folyamatosan a megfelelő tartományba esnek a mért értékek. A szennyvíztisztító telep az elé állított összes elvárásnak megfelel, és hatékonyan teljesíti a határértékeknek megfelelő tisztítást.

### pH mérések a befolyó és elfolyó szennyvízben



7. ábra.

### SZERZŐ:



**Roland Klaudia:** Roland Klaudiának hívnak és az UTB Envirotec Zrt.-nél dolgozom próbaüzemi mérnökként. Környezetmérnöki Bsc diplomámat az Óbudai Egyetemen szereztem meg, melynek során a szennyvízkezelés került hozzám a legközelebb, így szerencsésnek mondhatom magam, hogy ebben a szakmában tudtam elhelyezkedni a jelenlegi munkahelyemen. Három éve dolgozom a cégnél, kezdetben marketinggel foglalkoztam, hogy megismerjem a használt technológiákat, majd egy év után kerültem a prómaüzemi mérnök pozícióba. Szennyvíztisztító telepek beüzemelésével foglalkozom, mely sok izgalmas feladattal jár. Az ország minden táján megfordultam már, így rengeteg szép hellyel is megismerkedhetek munkám során.



# RÖVIDEN A RÉGMÚLT ÉS NAPJAINK SZENNYVÍZ-TISZTÍTÁSÁRÓL, KÖRKÖRÖS GAZDÁLKODÁSÁRÓL, KÖLTSÉGEIRŐL

**DR. KÁRPÁTI ÁRPÁD**

PANNON EGYETEM, SOÓS ERNŐ KUTATÓ-FEJLESZTŐ KÖZPONT, NAGYKANIZSA

**DR. GALAMBOS ILDIKÓ**

PANNON EGYETEM, SOÓS ERNŐ KUTATÓ-FEJLESZTŐ KÖZPONT, NAGYKANIZSA

*A körkörös gazdálkodás napjaink sláger-jelszava. Az ugyanakkor a Föld nevű bolygónkon többféle tekintetben, valamilyen mértékben, vagy időtávtatban hatásosan működött. Ez élőbolygólétünk folyamatos és meghatározó gazdálkodása, ami szükségszerűen legkorábban az anyag és vízgazdálkodásában jelentkezett. Más kérdés, hogy folyamatai, s változásuk ciklusideje annyira eltérő, s az ember földi létéhez képest annyira hosszúak voltak, hogy észre sem vehettük azoknak az adott rendszerben történő körkörös alakulását, eltolódását. Ezek a folyamatok távlataikban nem jelentették az ugyanazon pontra történő mindenkori visszatérést, hanem a körkörös ciklusok lassú módosulásával meghatározó változást is eredményeztek Földünk évmilliárdjai során annak a létezésében, a rajta kialakuló környezet változásában, s legvégül az emberiség életének, életvitelének alakulásában. E terjedelmes bevezető után napjaink vízzel történő gazdálkodásával, majd az is tovább szűkítve, szennyvízgazdálkodásával, a körkörösség kiemelésével kíván az anyag foglalkozni.*

## 3. RÉGMÚLTUN K FOLYAMATAI, BIOLÓGIAI ÁTALAKÍTÁSAI

Történetileg a ciklikusság a Föld (forró bolygó) vízgőze egy részének lehülésével, lecsapódásával, majd a kialakuló vízfázis folyamatos párolgásával, s ismétlődő, ciklikus lecsapódásával kezdődött (Fazekas et al., 2015). A forró tengerek kialakulását (vízgőz döntő részének a kondenzációja) a bolygó 5,6 milliárdos életéből igen rövid, csupán mintegy száz millió évre (a Föld órájának első

percére) becsülik. Előtte a gőz nyomása úgy 180 atmoszféra körül lehetett. A kondenzáció után a víz körforgása (folyékony és gőzfázis között) sokáig még lényegesen gyorsabb volta jelenleginél. Ennek a szakasznak a végére a vízborítottság a Földön kiemelkedő kontinensek nélkül teljes lett, közel a jelenlegi átlagos 2700 méter körüli átlagos tengeri vízmélység 2/3 -ával (180 m).

A légkörben a vízgőz, valamint a szén oxidált formái mellett csak redukált gázkomponensek voltak jelen (ammónium, kénhidrogén, metán). A nap sugárzási energiája persze a folyamatos víz körforgáshoz elegendő volt. A nap sugárzása ugyanakkor a légkör magasabb rétegeiben közvetlen reakciókat tudott gerjeszteni a víz és többi gázmolekulák között. Ugyanilyen eredménnyel járhattak a légköri folyamatok során mainál gyakrabban kialakuló villámlások energiái is. Ez volt az úgynevezett abiotikus időszak, amely a vízben oldott sók kicsapódását, s a levegőben szerves anyagok keletkezését, majd a vízfázisban (szerves leves) történő reakcióit, átalakulásait produkálta. A keletkezett „szennyvíznek” is meg kellett ezt követően annyira tisztulnia, hogy abban magasabb rendű élet fejlődhessen ki. Ezekben egyaránt szerepük lehetett a vízhőmérséklet függvényében alakuló kémiai és biológiai folyamatoknak.

Valószínűsíthetően külső, intergalaktikus hatásra (beoltásra) indulhatott be a szerves anyagok átalakítására képes legegyszerűbb szervezetek szaporodása, fejlődése a Föld lassan a jelenlegi hőmérsékletre hűlő vízburokában. Feltehetően az anaerob környezetben életképes mikroorganizmusok lehetnek közülük a legkorábbiak. Ezek a szerves anyagot metánná, széndioxiddá, hidrogénné és vízzé alakították. Speciális csoportjaik (fakultatívheterotrofok) viszont az oxigén megjelenésével képesek lettek szerves anyagot oxigénnel is széndioxiddá és vízzé alakítani, ráadásul az anaerobokénál sokkal nagyobb energianyereséggel. Ez nagy szaporodási sebességet, versenyelőnyt biztosított számukra.

A vizekben az algák kialakulásának, elszaporodásának eredménye lett a szabad oxigén megjelenése. Ezek a vízből és széndioxidból annak ammóniumja és foszfátja segítségével,

a napfény energiájával szerves anyagot és oxigént tudtak termelni. A szerves anyag az algák elhalása után a korábban említett szerves anyag oxidálók (heterotrofok) tápanyaga lett. Természetesen valamennyi eddig említett mikroorganizmus csoport tevékenységének elengedhetetlenül van rövid távon lebontási, lebomlási maradéka. Ezek a rendkívül nehezen bontható fehérjék, sejtfal anyagok, extracelluláris polimerek iszapfázisként a vizek fenekére kerültek, majd idővel lassan elbomlottak, oxidálódtak. Utóbbi az algák oxigéntermelésével vált lehetségessé. Az algák ugyanakkor a sekély vizekben vízinövényekké fejlődve a tengerfenék emelkedésével, felszínre bukkanásával, tovább módosuló formában szárazföldek, kontinensek meghódítására indultak. Erre egy milliárd évvel ezelőtt kerülhetett sor, amikor a kontinensek kezdtek kialakulni, a légkör pedig megfelelően megszűrte a Nap ultraibolya sugarait. Az ugyanekkor kialakuló egysejtűekből pedig a tengerek élővilága fejlődött ki.

A tenger élővilága fejlődésének azonban előfeltétele volt a vízből az ammónium nagy részének eltávolítása. Ezt két speciális prokariota (sejtmag nélküli) mikroorganizmus faj biztosította. Egyikük az ammónium iont nitritté oxidálta (Nitrosomonas), míg a másik a keletkezett nitritet egy újabb ammónium molekulával elemi nitrogénné és vízzé alakította (Anammox). Mindez az átalakítás csak kis oxigénkoncentráció mellett ment, de úgy 2,5-2 milliárd évvel ezelőtt, amikor éppen ennek megfelelően alakult a tengeri környezet. Az oxigénkoncentráció csak mintegy 2-1,5 milliárd évvel ezelőtt nőtt meg jelentősen a tengerekben, és a légkörben is. Egyidejűleg a tengerek korábbi 4,5 g/l körüli ammónium koncentrációja minimálisra csökkent, míg a keletkezett elemi nitrogén

döntő része a légkörbe került. Az elemi nitrogén részaránya ezzel a széndioxid mellett jelentősen megnőtt. Ezután az oxigén mennyisége is lassan a jelenlegire nőtt a légkörben, míg a széndioxidé a mindenkori vulkáni tevékenységnek megfelelően ingadozott.

Persze a tengerfenék emelkedése is igen lassú volt. Csak mintegy 1 milliárd évvel ezelőtt jelentek meg az első szárazulatok, abban az időben, amikor a korábban említett egysejtűek is kifejlődtek. Belőlük alakultak ki azután a vizek soksejtű szervezetei, később a halak, majd a szárazföldi állatok. Azok továbbfejlődése talán valamivel elmaradt a szárazföldekre települő algákétól. Ezért is feltételezzük, hogy a mintegy 300-350 millió évvel ezelőtt uralkodó karbonkor őserdei csendesek, állatok zajától mentesek voltak. Ekkor alakulhattak ki a Föld időszakosan elárasztott faanyag üledékei, majd azokból napjainkra a foszilis energiahordozó készleteink. A növényzet ciklikusan elhaló részeit ugyanakkor a nedves, időszakosan oxigénjárta erdőtalajban élő mikroorganizmusok és fejlettebb talajlakók munkájának eredményeként eltérő vastagságú talajt, talajborítottságot is kialakítottak. Ez a talaj egyben az esővizek folyamatos biológiai tisztítását is ellátta. A környezet ugyanakkor a karbonkor végére kedvezett a tengerekből szárazföldekre vándorló növényevő, nagytestű állatok kialakulásának, fejlődésének, elszaporodásának is, hiszen mindenkor a rendelkezésre álló tápanyag mennyisége és minősége határozza meg az élővilág szaporodását, alakulását. Mindezek a körkörös folyamatok a vizek, szárazföldek, s élőviláguk folyamatos fejlődését szolgálták. Az állatvilág fejlődésének ugrásszerű változásait, szakaszosságát ugyanakkor a Föld nála is kisebb, kisbolygókkal történt szerencsétlen ütközései eredményezték (Fazekas et al., 2015).

Utolsó ugrásszerű változás (kihalás, majd újra népesülés) mintegy 65 millió éve történt. Ez hatalmas felmelegedéssel járt, de annak a sebessége (mintegy 20 ezer év alatt) messze lassúbb lehetett napjaink (utolsó 50 év) felmelegedésénél. Ezt ma már egyértelműen érezzük, s ezért aggasztja az napjainkban a tudósok, klímakutatók, politikusok köreit. 30 millió éve a Föld vizei, levegője jelentősen hűlt, s úgy 5 millió éve a jelenlegi 100 éves ciklusai átlagára csökkent. Ekkortájt hazánk területe a 200-300 millió éve tengerfenék térségeiből Alpokkal, Kárpátokkal, Dinári-hegységgel körbevett beltenger lett. Mintegy 3-4 millió évvel ezelőttre már döntően feltöltődött, de mélyebb része védve a hegykiszorítótól csak mérsékelten hűlt le, s ciklikusan vízjárta terület maradt. Ekkor azonban még nem volt emberiség a Földön, illetőleg a Kárpát-medencében. Csupán a mintegy 100 ezer éves ciklussal ismétlődő eljegesedések a növényzet és állatvilág hasonlóan ciklikus fejlődése, elszaporodása, majd visszaszorulása dominált. Az első, mai emberhez fizikális adottságaiban talán már közel álló élőlény (Neander-völgy) csak 2-3 százezer évvel ezelőtt jelentkezhetett Európában.

Ezek az időtávlatok is túl nagyok azonban az utolsó jégkorszak mintegy 14-18 ezer évvel ezelőtti befejeződéséhez, amely ugrásszerű felmelegedéssel járt. Az ezt követő rohamos felmelegedés eredményeként Közép és Dél-Európában, és Kis-Ázsiában a mintegy 50 ezer évvel ezelőtt Dél-Afrikából északra, Európába vándorolt embercsoportokból a korábbinál lényegesen szellemesebb, alkotóképesebb, társadalmakba rendeződött emberiség fejlődött ki, szaporodott el. Fontos szerepe volt ebben a gabonatermelés felfedezésének, elterjedésének, ami úgy 10 ezer évvel ezelőttre tehető.

Ez óriási változást hozott a Föld lakosságának számban és annak koncentrálódásában is. Az igazán ugrásszerű változást azonban az ipari forradalom eredményezte. Az akkor még csak a Föld természeti kincseinek, elsősorban energia (szén) és ásványianyag (vasérc és építőanyag) készleteinek kezdődő kirablása, nagyipari hasznosítása volt.

## A LAKOSSÁG KONCENTRÁLÓDÁSA ÉS KÖVETKEZMÉNYEI VÍZELLÁTÁSBAN, SZENNYVÍZTISZTÍTÁSBAN

Évezredekkel ezelőtt az emberek döntően vízforrások, folyóvizek mellé települtek. A vizet edényekben szállították lakóhelyükre, majd tárolták ott folyamatos ivóvízigényük kielégítésére. Később a vízvezetékek kiépítésével, az ivóvizet a forrásoktól nagyobb távolságra is eljuttatták. Még később vízemelők készítésével, majd csövek kialakításával a magasabb helyeken levő fogyasztókhoz is el tudták már juttatni a vizet. Mintegy száz-kétszáz éve a vezetékes vízellátás a városi térségekben rohamosan terjedt, majd ezt hamarosan követte a falvak, vidéki térségek vízellátása is. A vízellátás és a szennyvízgyűjtés/tisztítás kiépítése közötti elmaradást a múlt században jól jellemezte a közműolló. Mára ez már jelentősen beszűkült az előző csaknem teljes, s az utóbbinak is igen nagymértékű kiépítésével. Az anyag további része csak a szennyvíztisztítás ezt követő alakulását vizsgálja, kihangsúlyozva az anyag és energia-gazdálkodás körkörös folyamatait.

A városiasodást megelőzően a lakosság személyes ételmszer hasznosítási maradványaitól (székletétől, vizeletétől) a biztonságos megszabadulás a nagy műveletlen területek talajába történő elhelyezéssel megoldottnak tűnt. Ennek megoldhatatlansága

először Mezopotámiában, majd később Rómában derült ki. Legegyszerűbb megoldás bizonyára a folyókba, tengerekbe történő bevezetés volt. Elképzelhető, hogy történetesen megfelelő gödörökbe, zárt befogadóba történő elhelyezés, s azokból megfelelő idő elmúltával mezőgazdasági talajokon történő újrahasznosítás is. Rómánál a fejlett vízellátás eredményeként a szennyvíz Tiberiszbe vezetése is kiépült. A népvándorlások ezt a gyakorlatot jócskán visszaszorították, ami komoly járványok időnkénti jelentkezését eredményezte. Az igazi robbanást a lakosságszámban, vízellátásban, majd később a szennyvíztisztításban is az ipari forradalom kényszerítette ki.

Londonban a lakókörnyezet megóvására 1848-ban rendelettel tették kötelezővé a szennyvíz Temzébe vezetését. Ettől a folyó hamarosan rothadó csatornává vált. A helyzet szükségessé tette a folyóba juttatott bomtható szerves anyagnak a bevezetését megelőző széndioxiddá és szennyvíziszappá történő alakítását, s azzal a rothadás (a folyóvíz oxigén hiányának) megszüntetését. A 19. század végén már az Egyesült Államok nagyvárosai is küszködtek ezzel a problémával. A szennyvíz tisztítására irányult, talán közöskutatók végül Manchesterben vezettek el 1914-ben az iszaprecirkulációjával működő eleveniszapos rendszerek kifejlesztéséhez. Ez a megoldás néhány évtized alatt elterjedt a fejlettebb térségek nagyvárosaiban (Fazekas et al., 2014).

Természetesen nem szabad itt említés nélkül hagyni a vízöblítés révén a szennyvízbe kerülő ipari feldolgozási maradványokat, valamint a szűrés révén abból eltávolított, melléktermékként is hasznosított anyagrészeket sem. Ezek egy része évtizedekig hasznosult tápanyagként az állattenyésztésben (ATEV), vagy a fás anyagok energetikai célra. Napjainkban a szilárd hulladékok



kezelésével, elhelyezésével, azok ciklikus újra hasznosításával kapcsolatos problémák és feladatok a vízgazdálkodáséhoz hasonlóan rendkívül fontossá váltak. Ezeket nem részletezve azonban megállapítható, hogy áttételesen komolyan jelentkehetnek, jelentkeznek vízkészleteink minőségvédelmének.

## MI IS A SZENNYVÍZ?

Az eleveniszapos rendszer jelentőségének a megértéséhez ismerni kell a napjainkban lakosonként abba bejuttatott, biológiailag oxidálható szennyezőanyag mennyiségét. Eznapijainkban átlagosan 70-80 grammnyi sokféle szerves anyag (cukrok, keményítők fehérjék, zsírok) keveréke. Azok fajlagos kémiai oxigénigénye eltérő lévén (szénhidrát, keményítők és cellulóz 1,1, fehérjék 2,2, zsírok 3,2 g KOI/g anyag), az összetételtől függően jelentősen változhat. Átlagosan ugyanakkor a szennyvízből történő eltávolításukhoz szükséges 60 g biológiai oxigénigénnyel ( $BOI_5$ ) szokás azt jellemezni. A biológiai oxidáció a szerves anyagok széntartalma felének  $CO_2$ -vé, másik felének „szilárd halmazállapotú” iszappá alakítását jelenti. Teljes kémiai oxidációjuk ezzel szemben 110 g oxigénigényt (KOI) jelentene. A fenti szennyvíz mintegy napi 120 liter vízzel érkezik a közcsatornán tisztításra. A lakosonként naponta a szennyvízbe kerülő szerves anyag 400 kcal körüli energiamennyiség, ami az egyénekenként általuk átlagosan felhasznált mintegy 1500 kcal/nap értéknek közel negyede. Ez azt mutatja, hogy a lakosság biológiai energia hasznosítása egészen jó hatásfokú.

Tápanyagaink fehérje tartalmának nitrogénje (fehérje tömegének az 1/6,24-ed része) a fehérjék átalakításai során mindvégig redukált formában marad a szervezetben, illetőleg ugyanígy távozik

is abból (szerves-N és ammónium). Naponta átlagosan mintegy 13 g redukált-nitrogén kerül székletünkkel és vizeletünkkel a szennyvizünkbe. Ugyanez igaz a tápanyagok foszfát tartalmára is, amely napi 2 g/fő foszforterhelést eredményez. Ez utóbbi foszfát formájában kerül a szervezetbe, majd ugyanígy távozik abból, sőt ugyanígy foszfátként a szennyvíztisztításból is. Mindez azzal együtt igaz, hogy a foszfátok szervezetünk anyagcsere átalakításaiban meghatározó energiaátalakító, hasznosító szerepet töltenek be (ADP/ATP), sőt csontjainknak is jelentős hányada. Bár a szennyvíz mikroorganizmusokban is van hasonló funkciójuk, mindvégig foszfátként lévén jelen, nem képviselnek a szennyvízben energetikailag hasznosítható alapanyagot. Ezzel szemben az ammónium oxidációjakor a mikroorganizmusok a benne levő energiát hasznosítják, de a szerves anyag oxidálókhoz képest sokkal kisebb energia nyereséggel, s lényegesen kisebb biomassza (iszap) termeléssel is. Mivel az utóbbi a heterotrófok iszaphozamának csak a harmada, s a szennyvíz nitrogénterhelése is a  $BOI$ -nek csak az ötöde, a teljes iszaptermelésnek csak kevesebb mint tizedét eredményezi biológiai átalakításuk. Ezzel a nitrogént oxidáló autotrófok az eleveniszapnak csak a 6-7 %-át alkotják. Az ammónium energiája, s eltávolításának energiavesztése is a szerves anyagé mellett közelítő számításoknál elhanyagolható.

## A SZERVES SZENNYEZETTSÉG ELTÁVOLÍTÁSA

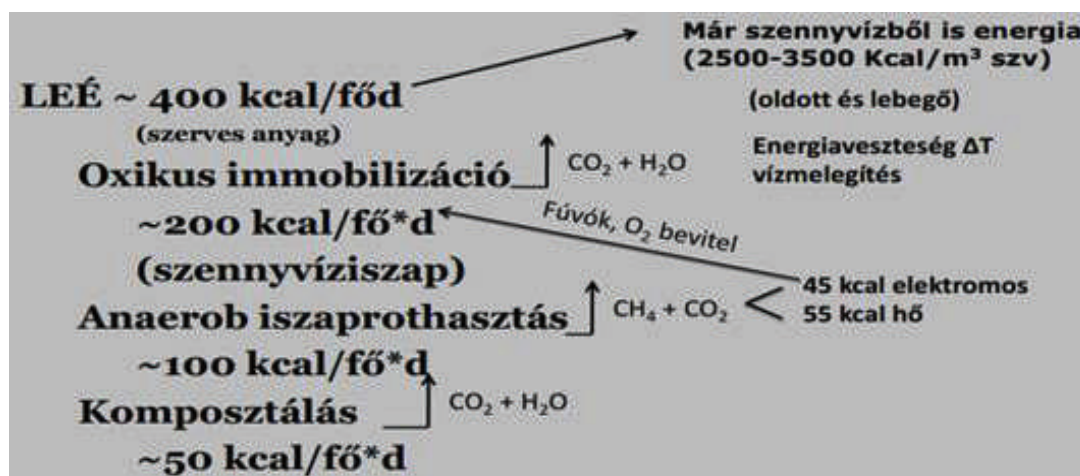
A fentiek alapján az egy köbméter lakossági szennyvízben levő szerves anyag 3200 kcal egyenérték. Ez  $3200/860 = 3,72$  kWh. A biológiai tisztításnál a  $BOI$  felhasználásával a szerves anyagok feléből kiülepszhető szennyvíziszap és minimális szerves anyag tartalmú tisztított víz keletkezik. A szennyvíz szerves anyag energiájának fele széndioxidként

veszendőbe megy, míg a többi, 1,86 kWh az iszapba kerül. A keletkező iszapmaradék nehezen vízteleníthető, stabilizálatlan, nyers, fertőzőképes, ami a mezőgazdasági talajokban történő hasznosítás tekintetében nem előny. Rendszerint szivattyúzható koncentrációval (7-8 % szárazanyag) injektálják a talaj 40-50 centiméteres mélységébe, ami helyettesíti a beszántását, s egyben biztosítja a vegetációs időszakon túli időszak alatt annak a részleges stabilizálódását. Már ez a megoldás is hasznos szerves anyag (energia) és talajtápanyag visszaforgatást, körkörös gazdálkodást jelent.

Elengedhetetlen pontosítani, hogy a 60 g/l lakosonkénti BOI 72 g/főnap oxigén felhasználását is igényli (ATV 131A). Ez egy köbméter szennyvízre átszámolva közel 580 g/m<sup>3</sup> oxigénigénynek felel meg. Ezt régebben a gyengébb hatásfokú levegőztetéssel nagyobb villamosenergia igénnyel lehetett csak biztosítani. Napjainkra a levegőztetés fejlesztésével azonban 2-2,5 kg O<sub>2</sub>/kWh bevitel is biztosítható az eleveniszapos tisztításnál, finom buborékos diffuzorokkal. Durva buborékos diffuzorokkal azonban csak 1 O<sub>2</sub>/kWh körül van a hatékonyság, sőt a kisebb, kevésbé korszerű levegőztetésű telepeken az utóbbi fele is lehet. Ez azt jelenti, hogy egy köbméter szennyvíz tisztításához, levegőztetéséhez 0,18-0,8kWh szükséges a nagyobb, illetőleg kisebb szennyvíztisztítóknál (Guetal., 2017; Longoetal., 2019). Ugyanakkor az így hasznosítható levegőztetési energia a nagy tisztítók teljes oxigénigényének a 40, míg a kicsikének a 75 %-a (Mamaisetal., 2015) Ez a mennyiség azonban csak a szerves anyagok immobilizálásának, iszappá alakításának a fajlagos oxigénigénye. A köbméterenként eredetileg 3,72 kWh energiatartalmú nyers szennyvíz (szerves anyag tartalma) levegőztetésének, biológiai átalakításának az energiaigénye.

Ezzel párhuzamosan hamarosan a fentiek során keletkező szennyvíziszap anaerob rothasztását is sikerült megoldani, s gazdaságosan kiépíteni a nagyobb, 40-50 ezer lakosegyenérték terhelésűnél nagyobb szennyvíztelepeken. A rothasztás lényegesen jobban vízteleníthető és stabilizáltabb, jobban fertőtlenített iszapot eredményez. Szerves anyagának (s vele energiájának) fele metánná és széndioxiddá alakult. A biogáz 0,93 kWh energiája fűtésre alkalmas. Ezzel a tisztításban közvetlenül megvalósult egy újabb körkörös megoldás. Megfelelő gázmotorok kiépítésével a biogáz villanyáram termelésre is megfelelő lett. Az iszaprothasztás mezofil környezetben (35-37°C) majd termofil (55°C körüli) környezetben is kiépítésre került, s az utóbbinál az iszap fertőtlenítése még fokozottabb mértékben megvalósult.

Az iszaprothasztás során az iszap energiájának fele, a közel 0,9 kWh energiatartalmú biogázba kerül, de ugyanilyen energiatartalmú iszapmaradék is keletkezik. A gáz fűtésre történő hasznosításakor az a berendezés hatékonyságának megfelelően hasznosul. Napjainkban a biogázt célszerűen villamos energiává alakítani gázmotorok segítségével. Ezek átalakítási hatásfoka valamivel nagyobb mint 40-42%. Az így termelhető villamos energia tehát 0,36-0,38 kWh/m<sup>3</sup> tisztított szennyvíz. Ezt a levegőztetés energiaigényére lehet hasznosítani, miközben persze a szükséges kiegészítő berendezések (fűvók, levegőbeviteli eszközök) energiahasznosítási hatásfoka miatt az valamelyest tovább csökken.



1. ábra. A szennyvíz szerves anyagának lehetséges átalakítása, energiamegtakarítása a tisztítása során

Megjegyzendő, hogy a technológiák fejlesztése során megpróbálkoztak a nyers szennyvíziszap levegővel történő hideg oxidációjával is, ami viszont energianyereséggel nem járt, csak fogyasztással, s nem igazán vált be a kis reakciósebesség és haszontalan gáztermék keletkezése miatt sem.

Azt, hogy az eleven iszap szerves anyagainak levegő oxigénjével történő oxidációjánál (iszap részleges stabilizációjakor) az eleveniszapos tisztításhoz hasonlóan nagyon sok széndioxid (üvegház hatású gáz) kerül a levegőbe, akkor sem, sőt még ma sem tekintik elviselhetetlen problémának. A kritikus technológiai feladat az oxidáció levegőbeviteli költségének a csökkentése volt, s az ma is. Korábban a levegőbeviteli berendezések már említett javításával, napjainkban a levegőztetés iszapos medencékben történő gondos szabályozásával.

## A SZENNYVÍZ ÉRTÉKES NÖVÉNYI TÁPANYAGAINAK ELTÁVOLÍTÁSA, ÚJRAHASZNOSÍTÁSA

### REDUKÁLT ÉS OXIDÁLT NITRÓGÉNFORMÁK

Az ismeretek fejlődésével hamarosan felismerték a szennyvízben levő ammónium eltávolításának

a szükségét is. Az élővíz befogadóiban ugyanis a halak nagy ammónium koncentrációktól már elpusztulnak. A kritikus határérték 10 mg ammónium literenként. A szennyvíztisztítás ennek biztosítására képes, de ahhoz többletköltséget igényel. Részben nagyobb tisztítóterfogatok kiépítésével (iszapkor növelése), részben a levegőztetés energiájának megnövekedésével. Az ammónium oxidációja napjainkban a több millió évvel korábbtól eltérően történik. Nem is két, hanem három mikroorganizmus csoport segítségével. Napjainkban a nitríté alakítást (Nitrozomonas) a nitráttá oxidálás (Nitrobakter) követi. Mindkét mikroorganizmus csoport autotrof, tehát nem szerves szénből, hanem széndioxidból, hidrogén-karbonáttól építi ki sejtanyagát. A nitrát nitrogénné redukálását viszont oxigénhiányos környezetben a szerves anyagot oxidáló heterotrofikok végzik.

Nitrifikálás környezetérzékenysége a megfelelő hőmérséklet és pH tartomány tartásán túl az iszapos vízben lévő oxigénkoncentráció szabályozását is igényli, mert a nitrifikálók félteltési állandója (maximális szaporodási sebességének a fele) 1 mg/l oxigénkoncentráció körül van. Értékének a növekedése viszont az oxigén vízbe történő bejutását fékezi, tehát energiaigény

növekedést jelent. Ezért a szabályozás elengedhetetlen. A keletkező nitrit és nitrát redukciója előtt nem kerül a légkörbe redukálódó nitrogén (elemi nitrogén) mivel az az anoxikus medencében keletkezik, s onnan is távozik a légtérbe. Ugyaninnen természetesen a nitrát oxigénjéből keletkező széndioxid is a légtérbe kerül.

A teljes denitrifikálás az oxigén nitrátredukciót zavaró hatása, hiányos szerves tápanyag ellátottság, valamint megfelelő nitrát visszaforgatás hiánya miatt is nehézkes. Ez a vele szemben támasztott határérték biztosítása miatt esetenként tisztítási hiányosságot is eredményez. Pedig a megfelelő nitráteltávolítás a csecsemők nitrátérzékenysége (Methemoglobinémia) miatt kritikus. A nitrát jelentősebb eltávolításának igénye a múlt század 50-60-as éveiben vált elengedhetetlenné. Megoldásához egy nem levegőztetett többlet medencére van szükség a levegőztető medence előtt, oda történő nitrátos iszap recirkuláltatással, levegőztetés nélkül, viszont megfelelő keveréssel. Természetesen ebben a medencerészben elhagyható a keverés a levegőztetés szabályozott ciklizálásával. A denitrifikáció ugyanis már 0,5 mg/l oxigénkoncentráció körül is beindul az iszappelyhek oxigénhiányos belső tereiben, no és persze a mindenkori szerves tápanyag ellátottságtól függő sebességgel. Ennél a folyamatnál viszont  $N_2O$  is keletkezhet, amit mérgező és erős üveg-ház hatása miatt kell elsősorban minimalizálni.

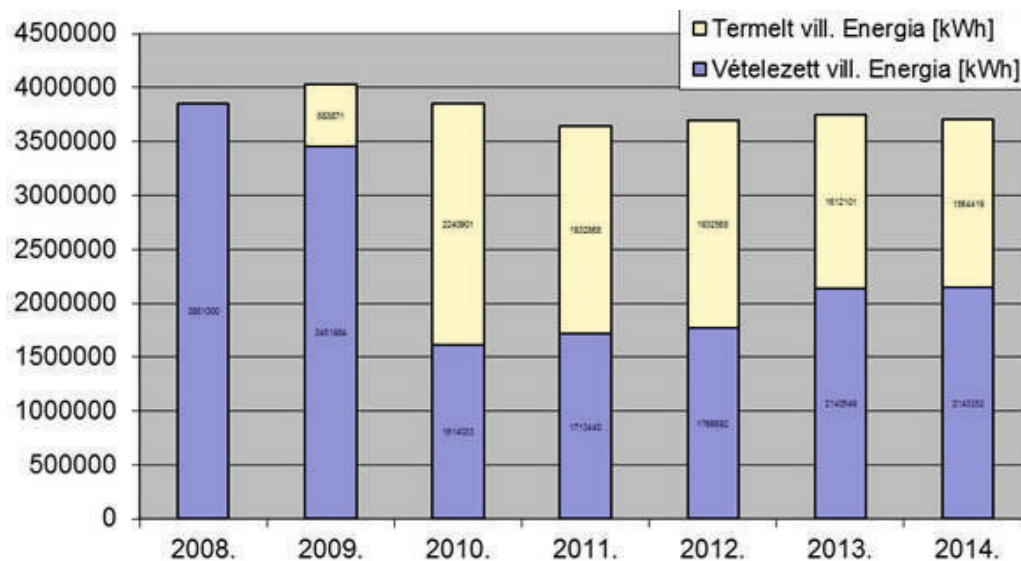
A nitrogéneltávolítás a szennyvíztisztításnak láthatóan nagyon kellemetlen feladata. Azzal ugyanis növényi tápanyagot veszítünk el ráadásul jelentős költséggel. Elvileg energiaelfecsérlését is jelenti, bár az a szerves vegyületek energiatartalmához viszonyítva jelentéktelenebb. Jelentős viszont eltávolításának az energiaigénye. A lakossági szennyvizekkel

a fejenként napi 60 g BOI mellett napi 13 g redukált nitrogén érkezik a tisztítótelepekre. A szerves anyag iszappá alakításakor a 13 g redukált nitrogénből közelítőleg 2 g épül be a keletkező 42 g szennyvíziszapba. A többi 11 g/főnap nitrogén nitráttá alakításához 4,3 g  $O_2/g NH_4^+$  oxigénmennyiség szükséges. A szerves anyag átalakításának a 72 g/főnap oxigénigénye mellett egy ilyen oxidáció 47 g/főnap oxigénmennyiséget igényelne. Ezért is a nitrát oxigéntartalmának a döntő részét az anoxikus térrészben a szerves anyagok (BOI) oxidációjára kell újrahasznosítani. Ez a tisztításon belül egy körkörös oxigén hasznosítás.

Ezzel az oxigén visszaforgatással a nitrogénátalakítás oxigénigénye lényegesen csökken. A 11 g/főnap redukált nitrogénmennyiségből csak alig több mint 1,5 g/főnap maradhat átlagosan a tisztított elfolyóvízben nitrát formájában. Ennek a keletkezéséhez  $1,5 \times 4,3 = 6,5$  g/főnap oxigén kell. A többi 9,5 g/főnap ammónium-N 1,7 g  $O_2/g NH_4-N$  fajlagos oxigénigénnyel csak közel 16 g további oxigénmennyiséget igényel a tisztításhoz. Ha ehhez rothasztás iszapvizével visszaforgatásra kerülő ammóniumot is figyelembe vesszük (ha van iszaprothasztás), további 1,7 g/főnap oxigénigényre van szükség. A teljes oxigénigény tehát a levegőztetésnél  $72 + 24 = 96$  g/főnap. Ez a korábban csak a BOI-re számolthoz hasonlóan átszámolva, egy köbméter szennyvíz tisztítására fajlagosan  $8 \times 96 = 772$  g  $O_2/m^3$  nap = 0,39 kWh/ $m^3$ , gyakorlatilag annyi, mint a biogázból villamos energiává alakítható mennyiség. Ez azt bizonyítja, hogy a nagyobb tisztítótelepeken a levegőbevitel energiaigénye a biogázból fedezhető. Jól mutatja ezt a szombathelyi szennyvíztisztító 2. ábrán látható 2008-2014 évi adatsora (Kiss 2015).

Megjegyezhető az ábrához, hogy az üzem a levegőztetés korszerű szabályozásával





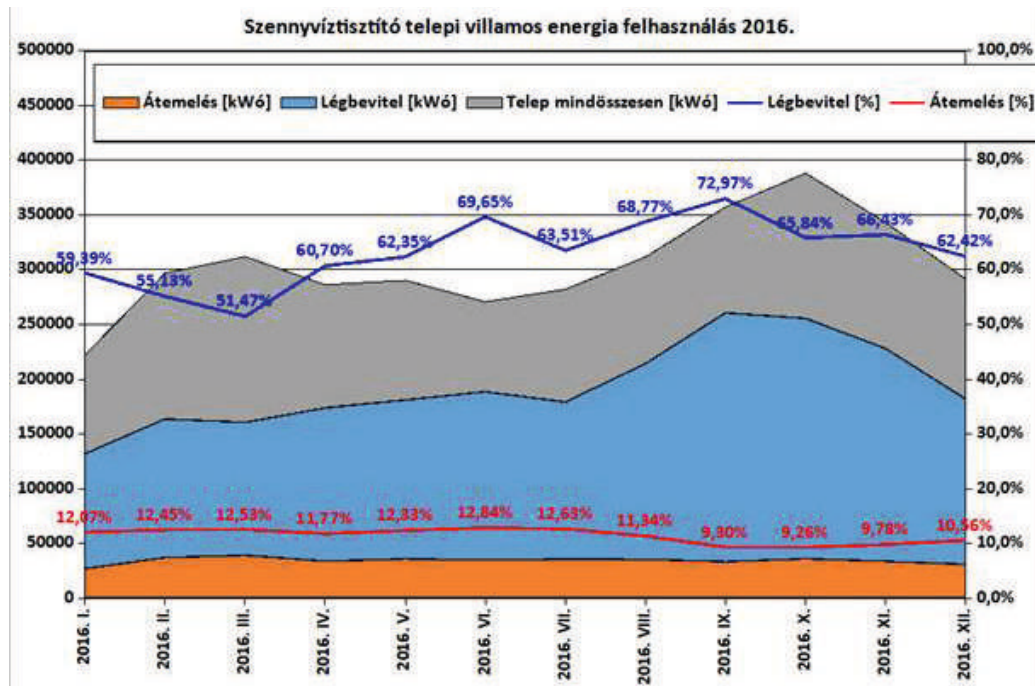
**2. ábra.** A szombathelyi szennyvíztisztító biogázból termelt és vételezett villamosenergia fogyasztása a rothasztók beüzemelése előtt és az azt követő években (Kiss G. 2015).

az oxigénigényt, illetőleg a levegőztetés villamos energia igényét azóta további 20-30 %-kal tudta csökkenteni. Ezt külföldi közlemények alapján rothasztók nélkül is érvényesíteni lehet a levegőztetés energiaigénye tekintetben (Guetal., 2017; Morenoetal., 2017). A kisebb telepeknél az iszaprothasztás kiépítése nem gazdaságos. De előfordul olyan szennyvíztisztító

is hazánkban, ahol a tisztítás kapacitása messze megfelelt az iszaprothasztó kiépítésének, mégisincs a gázából villamos áram termelés, mert a mai napig nem sikerült pályázatot nyerni, anyagiakat teremteni a gázmotorok vásárlására, beépítésére (3. ábra). Ez nyilvánvalóan az államgazdálkodás és pályázati rendszerének a hiányosságai magyarázható.







3. ábra. A székesfehérvári szennyvíztisztító 2016 évi villamos energia felhasználása (Gilián Z., 2017).

A korábban említett ammónium jobb hatásfokkal történő eltávolítása (Anammox) a rothasztás meleg iszapvízéből mára energiatakarékosan is történhet. Erre viszont megint csak a nagy szennyvíztisztítók esetében adódik lehetőség. Ennél a nitrogéntávolítás csak autotrof mikroorganizmusokkal történik, melyekhez nem kell szerves anyag sem, viszont valamiből szükségük van az autotrófoknak hidrogénkarbonátra. Két ammónium ion nitrogénje inertizálható másfél molekula oxigénnel, ami ugyancsak fajlagosan 1,7 g O<sub>2</sub>/gNH<sub>4</sub>-Noxigénigény. Az Anammox fajok elszaporítása ugyanakkor nagyon lassú, rendkívül szabályozásigényes. A megoldás jelentőségét az is csökkenti, hogy a szennyvíztisztítóba kerülő ammóniumnak csak alig valamivel több, mint 10%-a kerül rögzítésre a szennyvíziszapba. A felének az elrothasztása eredményeként csak mintegy 5%-a kerül be az iszapvízbe, hogy abból az említett, tengereinkben évmilliárdokkal ezelőtt bőségesen jelen volt mikroorganizmusokkal inertizálódjon elemi nitrogénné.

Ennek az eredménye, hogy hazánkban csak két szennyvíztisztítóban került eddig kiépítésre, s közülük is ma már csak az egyiknél működik. Legnagyobb probléma azonban az, hogy az Anammox megoldás sem biztosít semmilyen nitrogénvisszatartást, újrahasznosítási lehetőséget. A tisztítók nitrogén terheléséből annak jelenleg az iszappal a mezőgazdaságba csupán a 5-10%-a kerül vissza növényi tápanyagként a talajba.

## FOSZFÁTOK

Az eddig bemutatott hagyományos tisztításnál keletkező eleveniszap sajnos az átlagos lakossági szennyvíz foszfortartalmának csak mintegy a negyedét-harmadát képes magába építeni. A többit a szükséges határértékig kicsapószerrel, háromértékű fémsókkal kell abba beépíteni (vízfázisból eltávolítani). Van ugyan egy ettől eltérő, 1972-ben szabadalmaztatott technológia a biológiai foszforeltávolítás megnövelésére,

de az a denitrifikációhoz hasonlóan még egy medence beiktatását igényli. Ennek célszerűen a denitrifikáló előtt kell lenni, mert abban a foszforcseré tápanyaga a nyers szennyvíz acetát tartalma, amelyre persze mindegyik heterotrof mikroorganizmus csoport egyaránt áhítozik, azaz nagy sebességgel kivonja a vízből. A tápanyagérzékenység miatt így a folyamat elég kényes, s célszerű az ilyen rendszereknél is megfelelő vegyszeres kiegészítést kiépíteni. Igyekezni kell ugyanakkor a biológiai többletfoszfor eltávolítás maximálására, mert esetében csaknem a teljes foszformennyiség az iszapsejtekben marad, s azokból a talajban gyorsan és jól hasznosul.

A vegszerrel történő foszfor eltávolítás vas-, vagy alumínium-foszfátot termel, amelyek az iszaptól a talajban felvehetetlen, vagy rendkívül lassan hasznosuló termékek. Napjainkban a Föld foszforkészleteinek csökkenésével egyre sürgősebbnek vélik az iszap foszfortartalmának az újra hasznosítását, mert az fontos tápanyaga a növénytermesztésnek. Erre a már említett biológiai többletfoszfor felvétellel nyílik legjobb lehetőség. Ezzel szemben az iszap energetikai hasznosítása iszapégetéssel csak a maradék tovább feldolgozásának a kellő technológiai fejlesztése után biztosíthat foszfor visszaforgatást. Jelenleg Németországban még csak az iszap égetési maradékának közel a harmada hasznosul építőanyag komponensként. Ennek ellenére ezek a megoldások is körkörös anyaggazdálkodást fontos elemei napjainkban.

A foszforeltávolítás hatásfoka valamelyest javítható olyan módon is, hogy az anaerob iszaprotthasztás után egy kiegészítő lépésként az meleg vizes iszaptól az oldott foszfátot struvitként ( $MgNH_4PO_4 \times 2 H_2O$ ) kicsapatják. Ez a megoldás azért nem túlzottan jó foszfor kihozatalú, mert

a rothasztóban a bekerülő szerves anyagnak (primer és szekunder iszapkeverék) csak mintegy a fele alakul metánná és széndioxiddá. Ráadásul a primer iszapnak mintegy a kétharmada, míg a szekundernek csak az egyharmada. Pedig a foszfát döntő mennyisége a szekunder iszapban van a korábban már említettek miatt. Ráadásul az iszapban levő fém-hidroxid csapadék is megköti a rothasztásnál a sejtekből kiszabaduló foszfát egy részét. Ezzel szemben a sejtekben levő fehérjékből sokkal nagyobb mennyiségben szabadul fel ammónium, aminek a kinyerése, vagy immobilizálása az adott reakcióval csak olyan mértékben lehetséges, ahogyan az oldott foszfát ahhoz rendelkezésre áll. A sejtek savas, vagy lúgos feltárásával a foszfát sokkal nagyobb mértékben kiszabadítható az iszaptól, de ez a lehetőség bonyolultabb, vegyszerigényesebb, költségesebb technológiát igényel, s a gyakorlatban eddig még nem is vált be.

## RÉGÓTA ISMERT LEHETŐSÉG ÚJSZERŰ KIÉPÍTÉSE

Érdekes lehetőség került kidolgozásra az utóbbi évtizedekben a szennyvíziszap autotermotermofil aerob oxidációjával (ATAD). Ez a megoldás az anaerob rothasztástól eltérően a magas hőmérsékletű, levegővel történő oxidációt végez (Pembrokeetal, 2019). Történhet ez egy vagy két lépcsőben is. Az utóbbinál az első lépcső lehet mezofil is. Az anaerob rothasztáshoz hasonlóan ennél is az iszap szerves anyagának a fele kerül átalakításra, oxidációra, csökkentve a maradék iszap mennyiségét. A keletkező hő biztosítja az iszap felfűtését. A gyakorlatban inkább annak a hűtését, termosztálását kell megoldani. Az oxigénbevitel hatásfoka persze a hőmérséklet növekedésével nagymértékben

romlik (speciális levegőztetés, ami egyidejűleg habtörést is végez). Az iszap átlagos tartózkodási ideje az oxidáló reaktorban 7-8 nap, tehát kevesebb mint fele az anaerob rothasztásénak. A reakciótermékek a rendszerből a széndioxid tartalmú forró gázzal, valamint az ugyanilyen iszapvízzel távoznak (Horváth T. 2021).

A gázt/gőzt rendszerint az ATAD egységet megelőző eleveniszapos medencékbe fuvatják, ahol a bontható komponenseit az eleveniszap eltávolítja a vízfázisból, széndioxiddá és szennyvíziszappá alakítja. Az iszapvíz centrifugálás után szintén visszaforgatható az eleveniszapos biológiai tisztításra, de lehetőség van ebben az esetben is az abból történő, fentebb bemutatott struvitos foszfor kicsapatásra, valamint alacsonyabb hőmérsékleten egy ciklikus nitrifikációra, denitrifikációra. Az utóbbihoz tápanyag az iszapvízben bőségesen rendelkezésre áll.

További lehetőség ebben az esetben a forró iszapvíz desztillációja is, mert megfelelő folyamat vezetés esetén az iszapvízbe kerül a gyors bomlásnál keletkező illó savak jelentős része, amely tovább feldolgozással háztartásban használható mosó, tisztítószerként hasznosítható. A nagy hőmérséklet ugyanakkor kedvező a termikusan stabilizált iszap további kezelésének, hasznosításának is. A nagy hőmérsékletű oxidáció jól fertőtlenített iszapot termel, melyet a centrifugáról szárítóba lehet vinni, ahol a saját hője, valamint a termosztálásnál elvont reakcióhő segítségével előnyösen szárítható. Ha a szárítást szolár szárítóban végzik, a kiépítés a szárításnak kedvező, sőt abban a nap energiáját is valamelyest hasznosítani lehet a szárításhoz. Az így előállítható stabilizált, fertőtlenített termék a mezőgazdaságban komposzttal egyenértékűen jól hasznosítható (legalább is az Egyesült Államokban).

Az ATAD hátránya, hogy elég költséges a berendezés kiépítése, továbbá hasonló az oxigénbevitel is, mert a nagy hőmérsékleten az oxigén rosszul oldódik be az iszapos vízbe. A termofil oxidációhoz megfelelő lebegőanyag koncentrációjú iszapot is kell bevinni az ATAD reaktorba, ami elővíztelenítést igényel. Az oxidált iszap meg talán még nehezebben vízteleníthető, mint az anaerob rothasztás iszapja. Ez jelentős segédvegyyszer (koaguláns és polielektrolit) felhasználást igényel. Talán ezért is, abban az üzemet tartományba ajánlják, ahol a termelt iszap viszonylag kevés az anaerob rothasztás, villanyáram termelés kiépítéséhez, viszont kisebb régióban keletkező iszapok gyűjtése, majd a közvetlenül hasznosítható sterilizált szilárd termék mezőgazdasági hasznosítása célszerűen megoldható.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A nitrogéneltávolítás oxigénigénye tehát mintegy harmadával növeli a szennyvíztisztításnál a szerves anyag immobilizációét, tisztított vízből történő visszatartását gyenge hatásfokú denitrifikálás azonban könnyen másfélszeresére is növelheti azt. A körkörös levegő gazdálkodás (denitrifikálás) tehát a szennyvíztisztítás, nitrogéneltávolítás tekintetében rendkívüli fontosságú. Javíthat a hatásfokon a napjainkra egyre általánosabb, levegőztető medencékben történő levegőztetés szabályozás. Ehhez a DO mérésén túl továbbianalitikai eszközök beépítése kell. Ezzel kiépülhet az ammónium mérés alapján történő DO setpoint szabályozás, valamint a folyamatos nitrátmérés alapján a levegőztetés időszakos szüneteltetése, illetőleg a belső recirkuláció szabályozása is.

A hazai tisztított szennyvíz határértékek ugyanakkor a kisebb tisztítók, illetőleg kevésbé érzékeny

befogadók esetén nagyobb nitrát határértékeket is engedélyeznek, ami az igénytelenebb szabályozást is megengedi. Ez viszont az oxigénigény, s vele az energiaigény növekedését eredményezi. Ezen túl éppen a kisebb tisztítóknál rendszerint gyengébb hatásfokú a levegőbevitel is, ami a fajlagos oxigénigényt tovább növeli. Adott üzemméret alatt anaerob iszaprothasztás nem is gazdaságos, ami a szennyvíziszap potenciális energiája felének a hasznosítását is kizárja.

Összességében így megállapítható, hogy az iszaprothasztást és biogázzal történő villanyáram termelést végző szennyvíztisztítók iszapjukból szinte teljes mértékben meg tudják termelni a levegőztetés áramigényét. Ha a rothasztáshoz együtt rothasztható külső segédanyag is rendelkezésre áll, mint Észak- és Dél-Pesten, vagy Debrecenben, a biogázból nyerhető energia a teljes tisztítási költséget is fedezni tudja. A Debreceni Vízmű Zrt. például a termelt biogázból képes a tisztítótelep átlagos villamos energia igényének közel a 120%-át, hőenergia igényének pedig akár a 150%-át is biztosítani

(Fülöp, 2021). Tudni kell azonban, hogy egy szennyvíztisztítóban nem csak a levegőbevitel igényel elektromos energiát. A telep világításához, szennyvíz-emeléséhez, recirkulációjához, keveréséhez, az iszap víztelenítéséhez, majd a rothasztó keveréséhez, az iszapok víztelenítéséhez, centrifugálásához, szárításához, s az azt követő iszapelhelyezéshez további energiára van szükség. Ezek mennyisége napjainkban közel megegyezik a levegőztetéshez szükségesével.

Az anyag nem foglalkozott a tisztításhoz szüksége vegyszerekkel sem, pedig azok is jelentős költségei a tisztításnak, bár nem villamosenergia költségek. Ugyanez igaz a tisztítás költségében jelentős tételt jelentő karbantartásra, munkabérré is. Az egész tisztítás megindulásához azonban megelőzően igen szerteágazó beruházás kell, ami a szennyvízgyűjtés kiépítését, közcsatornarendszert, utakat, no és a szennyvíztisztító kiépítését is jelenti. Ezekkel a tisztítás fajlagos költsége szükségszerűen az energiafajlagosainak a sokszorosára rúg.

## ▶ IRODALOMJEGYZÉK





## SZERZŐK:



**Dr. Kárpáti Árpád:** 1969-ben a Veszprémi Vegyipari Egyetem folyamatszabályozás és automatika ágazatán szerzett vegyészmérnöki diplomát. Az egyetem Széntechnológia és Ásványolaj Tanszékén 1978-ban védte meg a gépészirányításból készített műszaki doktori dolgozatát, de két év múlva ugyanitt már környezetvédelmi szakmérnöki diplomát szerzett. Közben az olajos, zsíros szennyvizek tisztítására, a fizikai-kémiai módszerek fejlesztésére, gyakorlati alkalmazására (húsipar, tejipar) állt rá. 1984/85 folyamán egy éven át Balatonfűzfőn a Nitrokémiai biológiai szennyvíztisztítóban volt, s megismerhette az iparág mindennapi nehézségeit is. 1987-ben arany jelvényes feltaláló címet nyert el.

1990/91-ben a Hollandiai Delft-ben szerzett környezetmérnöki diplomát. Hollandiai tapasztalatai, kialakított személyes kapcsolatai nagyban segítettek szakismeretei bővítésében. 1998-ban készítette és védte meg Ph. D dolgozatát. Azóta eredményeit számos publikáció, írott egyetemi oktatási segédanyag, 3 szabadon használható e-learning jegyzet elkészítése és több szennyvíztisztító technológia tervezése dokumentálja. 2005-ben volt hallgatóival megalapították a PureAqua Kft-t, amely azóta a hazai vízipar jelentős tényezőjévé nőtte ki magát. Egyetemi oktatásban ma már csak a valamikori szakmérnök csoporttársáról elnevezett, Pannon Egyetemhez tartozó nagykanizsai Soós Ernő Kutatóintézet szakmérnökképzésében vesz részt. 2021-ben a Veszprém megyei Mérnöki Kamarától az év mérnöke címet nyerte el. A Magyar Víz és Szennyvíztechnikai Szövetség vezetőségének megalakulásától napjainkig tagja.



**Dr. Galambos Ildikó:** 2002-ben végzett az akkori Szent István Egyetem Élelmiszertudományi Karán, akkor, ill. azt követően PhD munkájában is felszínalatti vizek kezelésével foglalkozott membrántechnikai eljárások alkalmazásával. 2014 óta vezeti a Pannon Egyetem Körforgásos Gazdaság Egyetemi Központoz tartozó Soós Ernő Kutató-Fejlesztő Központ munkáját. Magyar, ill. nemzetközi pályázatok szakmai vezetője, tagja, szakértőként víztechnológiai területen NKFIH pályázatok értékelését segíti. A Pannon Egyetemen a Vízügyi üzemeltetési mérnök BSc, továbbá a Víz- és szennyvízkezelő rendszerüzemeltető szakmérnök képzés szakfelelőse. Szakmai munkájában különböző hulladékvizek, szennyvizek visszaforgathatóságát vizsgálja és értékeli elsősorban membrántechnológián alapuló komplex eljárásokkal.



## HOZZÁSZÓLÁS A „RÖVIDEN A RÉGMÚLT ÉS NAPJAINK SZENNYVÍZTISZTÍTÁSÁRÓL, KÖRKÖRÖS GAZDÁLKODÁSÁRÓL, KÖLTSÉGEIRŐL” CÍMŰ CIKKHEZ

**CSÖRNYEI GÉZA** – FŐVÁROSI VÍZMŰVEK ZRT.

**AZ ELMÚLT ÉVTIZEDEKBEN MEGTAPASZTALTUK**, hogy a vízhasználat (lakossági, közület, ipari és mezőgazdasági területen is) rendkívül sokat változott, másképp és máskor van szükség a vízre. A vízminőségi jellemzők (akár az ivóvíz, akár a befogadók minőségvédelme) szinte nem is kérdés, hiszen havonta, hetente kapjuk az újabb híreket az új típusú szennyezők kutatási eredményeiről, illetve az eredmények alapján a jogszabályok tervezett, vagy már ütemezett szigorításairól. Ugyanakkor kevés olyan publikáció jelent meg, ami a vízfogyasztási szokások változását, az igények időbeli és használati jellemzők szerinti változásait vizsgálta. Viszont érezhető, hogy a háztartások gépesítése, modernizációja, a közületek és az ipar költségérzékenysége, a mezőgazdaság időszakos vízigénye napról napra változik, az ezeken a területeken megjelenő innováció a vízhasználatokat is jelentősen befolyásolja.

**ÉRDEKES ELLENTMONDÁS**, hogy az egyik oldalon a tudatos fogyasztást, a kevesebb környezeti terhelést, az ebből fakadó alacsonyabb vízhasználatot preferáljuk, addig a másik oldalon felülről bekorlátozzuk a csatornára bocsátható szennyvizek minőségi paramétereit és folyamatosan nehezítjük a megtisztított szennyvízből visszamaradt iszap felhasználását. Mára ez egyre több konfliktust eredményez, hiszen a modern víztakarékos háztartás és ipar egyre kevesebb víz felhasználásával szabadul meg a keletkezett

folyékony vagy oldható szennyezőktől. Ennek eredményeként a csatornahálózaton és a szennyvíztelepeken is új kihívásokkal kell birkóznunk, ami a növekvő szennyezőanyag terhelésnek, az újabb szennyező anyagoknak, a jelentősen változó időbeli (hidraulikai) lefutásnak, a telepek mérethatékonyságának és a szigorodó befogadói előírásoknak az eredményeként egyre komolyabb felújítási, fejlesztési igényeket támaszt. Ugyanakkor az egyes berendezések, csatornák, átemelők és szennyvíztelepek tervezési elvei alig változtak

**ÉRDEMES LENNE** a körfogásos gazdaság, az ágazati szintű költség- optimalizáció és a környezetvédelem új kihívásainak tükrében felvetni azt a kérdést, hogy a jelenlegi szabályozási, tervezési, kivitelezési és üzemeltetési gyakorlat már most milyen problémákat érez a „holnap” kihívásaiból és milyen további feladatok (elsősorban vizsgálatok, kutatások) lennének szükségesek ahhoz, hogy a fogyasztói szokások várható további elmozdulása mentén, az igényekhez igazodó, de a körkörös gazdaság elveit nem csak szem előtt tartó, hanem azt alakító, a fenntarthatóságot a középpontba helyező megoldások születessenek. És persze, ennek eredményeként újabb lehetőségek is feltárásra kerüljenek, hogy ne csak a levegőztetés oxigén igénye vagy a telep önellátása, de azon túl a tisztítótelep környezetében lévő fogyasztók energiaellátása, az ott megtermelhető energiák „visszatáplálása” is lehetővé váljon, akár további szennyezők befogadása nélkül.

**„MERT MÉG SOK APRÓ LÉPÉS KELL AHHOZ, HOGY EZ A SZÉP ELMÉLET MINDEN TELEPEN ELÉRHETŐ JÓ GYAKORLATTÁ VÁLJON.”**

# A SZENNYEZŐ FIZET? GONDOLATOK A TISZTÍTÓTELEPEKRŐL ELFOLYÓ ÉS A CSATORNAHÁLÓZATBÓL TÚLFOLYÓ VIZEKRŐL.

**OSZOLY TAMÁS**

OKL.KÖRNYEZETVÉDELMI MÉRNÖK, SZENNYVÍZBIOLÓGUS, MÉRNÖK-ÜZEMGAZDÁSZ

*Hazánkban a szennyvízelvezetés -tisztítás helyzete egyre jobb, egyre több az összegyűjtött és tisztított szennyvíz mennyisége, ami kedvező hatással bír élővizeink minőségére.*

A **szennyező fizet** elv lényege, hogy ne a társadalom viselje a környezet kedvezőtlen változásával kapcsolatos kiadásokat, hanem az a személy, akinek magatartására az visszavezethető (Csák Csilla, Miskolci Egyetem). Mi a helyzet azokban az esetekben, amikor nem személy, hanem az elmaradt fejlesztéseken keresztül a társadalom (önkormányzat/állam) magatartására vezethető vissza a környezet káros változásai? A szennyező fizet elv korábban, és jelenleg is úgy érvényesült, érvényesül, hogy az elvezető-tisztító művek üzemeltetője a jogszabály által **kibocsátóként kijelölt** szennyező, ő fizet bírságot, függetlenül attól, hogy nem a nála, hanem a társadalom egy részében, egy közösségben keletkező szennyezőanyagot vezet el, nem az általa, hanem a közösség által kialakított műszakilag hiányos, vagy alkalmatlan, de a Hatóság által engedélyezett rendszeren, kibocsátási ponton keresztül, deklarált feladata a rendszer, így a kibocsátási pont működésének fenntartása, és tevékenysége során az üzemeltetési engedélyben foglaltaknak megfelelően jár el.

(220/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a felszíni vizek minősége védelmének szabályairól: **19. kibocsátó:** az a természetes vagy jogi személy, illetve jogi személyiséggel nem rendelkező szervezet, aki tevékenysége során szennyvizet (használt vizet) közvetlenül vagy közvetve befogadóba vezet; **31. § (1)** Az a **kibocsátó** aki az e rendelet vagy a vízgazdálkodási hatósági jogkör gyakorlásáról szóló kormányrendelet szerinti engedélyezés során előírt kibocsátási határértéket túllépi vagy az engedélyben meghatározottaktól eltérő szennyező anyagot vagy az 1. számú melléklet C)-D) pontjában meghatározott tiltott anyagot bocsát ki, az e rendelet szerinti csatornabírság vagy **vízszennyezési bírság fizetésére köteles.**)

Véleményem szerint jelenleg tévesen érvényesül a szennyező fizet elv, figyelmen kívül marad a legalább olyan fontos **megelőzés** elve, ami lényegében önkormányzati/állami feladat, mert a hiányok csak jelentős fejlesztésekkel küszöbölhetőek ki. A fejlesztés önkormányzati/állami feladat. Az önkormányzat még részesül

is a szolgáltató által befizetendő bírságból, függetlenül attól, hogy esetleg ő mulasztott, ami a jogszabályi környezet erős torzulására utal.

(220/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a felszíni vizek minősége védelmének szabályairól:

### 34. §

(3) \* A bírságot a határozat véglegessé válását követő hónap 15. napjáig kell a határozatban megjelölt kedvezményezett részére (fizetési számlájára) befizetni

a) \* vízszennyezési bírság fizetése esetében a bírság 70%-át az illetékes vízvédelmi hatóság és a bírság 30%-át a határozatban kedvezményezettként megjelölt önkormányzat,

A felszíni vizek védelméről szóló 2004. évi kormányrendeletet hatályba lépését követően 7 évvel jelent meg a VKSZTV, a 2011. évi CCIX. törvény a víziközmű-szolgáltatásról). A VKSZTV tartalmazza a szennyező fizet elvet, egyértelműsíti a feladatokat, kötelezettségeket: a csatornaművek létrehozása fejlesztése, a megelőzés elvének érvényesítése az ellátásért felelős feladata, a művek szakszerű üzemeltetése a szolgáltató feladata.

(VKSZTV 1 §(e) a szennyező fizet elve: a víziközmű-szolgáltatás pénzügyi, gazdasági és jogi feltételrendszerét olyan módon kell kialakítani, hogy amennyiben megállapítható a szennyező személye, úgy az általa okozott környezeti terhelés költségeit ő térítse meg,

2/d. Az ellátásért felelős jogai és kötelezettségei 5/F. § \* (1) Az ellátásért felelős közfeladatként megteremti a víziközmű-minőségi paraméterekkel történő biztosításáról,

10. § \* (1) \* **A víziközmű-fejlesztés megvalósításáról** - ha e törvény vagy kormányrendelet másképp nem rendelkezik - **az ellátásért felelős**

**gondoskodik**, a fejlesztés teljes időszaka alatt a mindenkori víziközmű-szolgáltató szakmai döntésekbe történő bevonásával a 11. § (5) bekezdésben előírtak szerint.

51. § (1) A **víziközmű-szolgáltató** - az üzemeltetési szerződésben meghatározott keretek között, **a víziközmű-rendszer teljesítőképességének mértékéig** - a felhasználók részére víziközmű-szolgáltatást nyújt, és víziközmű-szolgáltatás nyújtása céljából **a szolgáltatást igénybe venni kívánók rendelkezésére áll.**)

10 évvel a VKSZTV hatályba lépését követően a 220/2004 változatlanul még mindig a kibocsátót, kizárólag a létező művek szakszerű üzemeltetéséért felelős csatornaszolgáltatót tekinti, jelöli ki bírságolandó szennyezőnek. Ez további komoly problémát fog okozni a jövőben a túlfolyó vizekkel kapcsolatban is.

A szennyvíztisztításhoz, elvezetéshez viszonyítva a csapadékvíz elvezetés, kezelésterületén jelentős az elmaradás.

Az egyesített rendszerű csatornahálózatokba a csapadékvíz legális úton is bejut, hiszen ezen csatornák a csapadékvíz elvezetést is szolgálják. Az elválasztott rendszerű szennyvíz csatornába csapadékvíz nem vezethető be, ennek ellenére ezen csatornába is jelentős mennyiségű csapadékvíz kerül elválasztott rendszerű csapadékcatorna vagy felszíni csapadékvíz elvezető rendszer hiányában, vagy alacsony elvezető kapacitásuk következtében

A csatornaszolgáltató elsődleges feladata a károsmentes elvezetés, gondoskodás arról, hogy ne keletkezzenek elöntések lakott területen, ne legyen fertőzésveszély, vagyoni kár, életminőség romlás.

A szennyvíztisztító maximális hidraulikai kapacitásánál nagyobb terhelése káros, feltétlenül elkerülendő. Ezért a maximális terhelhetőség feletti vizek a biológiai tisztítási technológiába nem kerülhetnek, azokat korábban le kell választani, ki kell kizárni.

Egyesített rendszerek esetén a hálózat rendelkezik legális, méretezett túlfolyókkal az elvezető rendszer (hálózat, átemelő) kímélése, a tisztítótelep túlterhelés elleni védelme érdekében. Elválasztott rendszer esetén is védelmezni kell a tisztítótelepet a túlterhelés ellen, többletvíz nem vezethető rá a telepre. Vélelmezem, hogy az engedélyezett túlfolyók, kerülővezetékek száma nem jelentős, ugyanakkor a tisztítási technológia elkerülésével valahogy mégis a befogadóba jut víz.

A túlfolyó víz minőségét nem csak az általa tartalmazott szennyvíz hányad, hanem a csapadék által a víznyelőkön keresztül bemosott utcai szemét, hordalék, valamint a csatornákból történő csatornaiszap kimosódás is jelentősen rontja. A magas szennyezettségű, nagy vízhozam érkezésének időtartama jelentősen függ a hálózat hosszától, mennyi ideig tart a legszennyezettebb hullám beérkezése a tisztítótelepre a hálózat legtávolibb pontjáról. Ezen időszakban a túlfolyó víz minősége közel azonosnak tekinthető a szárazidei szennyvizével. A szennyezéshullám időtartama a hálózat hosszától függ. A túlfolyó víz lebegőanyag tartama, KOI-ja és P tartalma között erős a korreláció, ami gyakorlatban azt jelenti, hogy a lebegőanyag tartalom csökkentésével együtt jól csökken a szervesanyag és a foszfor tartalom is. A N formák esetén ez a korreláció már óval gyengébb, de ülepítéssel ez is csökken.

Elválasztott rendszerű szennyvíz csatorna esetén is jelentős a csapadékvíz terhelés, melynek

egy része a hálózatból túlfolyó, szennyvízzel keveredett csapadékvízként, a tisztítótelepet elkerülve folyik a befogadóba.

Amennyiben a Hatósághoz beérkeznek minőségi és mennyiségi adatok az élővízbe történő túlfolyó víz kibocsátásról, a Hatóság a jelenlegi jogszabályi környezetben nem tekinthet el a bírságotól, függetlenül attól, hogy ki mulasztott, ki nem, nincs mérlegelési joga, a jogszabályban foglaltaknak megfelelően jár el. A bírságot az az üzemeltető fizeti, akinek kötelezettségi körébe nem tartozik sem a művek létesítése, sem fejlesztése, így azok hiányosságáért nem terhelhetné felelősség. Tehát, ha a vízjogi üzemeltetési engedély tartalmaz előírást, vagy más jogszabály előírja a túlfolyó vizek mennyiségével, minőségével kapcsolatos adatszolgáltatást a Hatóság részére, úgy annak egyenes következménye bírság fizetése.

Az üzemeltető bírságotól a túlfolyó vizek miatt nem oldja meg a problémát, az az élő vizek terhelésén nem változtat, de a vétlen szolgáltató terheit tovább növeli.

A túlfolyó vizek okozta szennyezés korlátozása során elsődlegesen a mennyiség csökkentésére kell törekedni:

- csapadékvíz elvezető rendszer kiépítése a szennyvíz csatorna mellé,
- a szennyvíz csatornába történő csapadékvíz bevezetés visszaszorítása:
  - o a közüzemi csapadékvíz elvezető rendszerbe be kell engedni a magáningatlanok csapadékvizeit is, amennyiben a magáningatlan rendelkezik késleltető tározóval
  - o a jelenlegi jogszabályi környezet radikális módosítása, mivel az egyszerűen

- nem alkalmas az illegális csapadékvíz bevezetések megszüntetésére
- a csatornák csapadékvíz terhelését csökkenteni szükséges, ezzel csökken a túlfolyó vizek mennyisége, az élővíz szennyezés
    - o egységes rendszerben kell kezelni a települési csapadékvíz gazdálkodást, függetlenül attól, hova esik az eső, magán vagy közterületre.
    - o tározók létesítésével csökkenthető a telepek, létesítmények túlterhelése
    - o A közüzemi csapadékvíz rendszernek be kell fogadnia a magáningatlanok túlfolyó vizeit, a magáningatlanoknak pedig késleltető tározókkal kell tehermentesíteniük a közüzemi rendszert (egyesített rendszer esetén is). Illegális csapadékvíz elvezetés esetén az ingatlantulajdonost kötelezni kell késleltető tározó létesítésére.
  - Egyesített rendszer esetén gyakori a villámárvizek előfordulása. Ezek igen kedvezőtlen, lökésszerű terhelést okoznak az elvezető és tisztító művekben és az élővíz befogadóban is. Csökkenteni kell a mértéküket, korlátozni hatásukat.

Jelentős mennyiségű csapadékvíz terhelheti infiltrációval is a csatornahálózatot. Amennyiben a csapadékeseményt követően huzamosabb ideig magas a csapadékhányad, úgy műszaki beavatkozással pl. béleléssel javítani kell a hálózat tömörségét, vagy növelni a tisztítótelep hidraulikai befogadó képességét, kapacitását.

Csapadékesemény okozta időszakos terhelésnövekedés esetén a túlfolyó vizeket célszerű tározni, a tározó előtt kiszűrni az undort keltő anyagokat (12 mm-s rácsot javaslok). A tározóból a túlfolyó víz rávezethető szennyvíztisztítóra a tényleges szárazidei terhelés és a maximális terhelhetőség közötti

különbség hozammal. A tározót célszerű ülepitőként megépíteni, így nagyobb terhelés esetén abból már előülepitéssel kezelt víz folyik a befogadóba. A tározó térfogatát célszerű a max. hozammal egy óra alatt érkező mennyiséghez közeli értéken (~80%-n) megállapítani. A tározót fedni javasolt, az elszívott levegő kezelésével. Ennek megvalósítása az ellátásért felelős feladata, kötelessége.

### ÖSSZEFOGLALVA:

A teljes jogszabályi környezetfelülvizsgálatára, alakítására van szükség, hogy jogos és ne csak jogszerű eljárás legyen a Hatóságok részéről:

- o egységes szemléletű legyen a települési csapadékvíz gazdálkodás, különben nem lehet eredményt elérni, a magáningatlanokat is a település részeinek kell tekinteni.
- o a jogi szabályozás legyen tekintettel a más jogszabályokban előírt kötelezettségekre, a realitásokra,
- o a Hatósági engedélyekben foglaltak betartása esetén ne lehessen az üzemeltetőt bírságot (ez így komolytalan az engedélyezésre nézve),
- o bírságot az fizessen, aki mulaszt, helyette ne mást terheljen mulasztásának következménye
- o jogilag legalább a szankcionálás tekintetében meg kell különböztetni a határérték feletti magán és közösségi kibocsátást,
- o a tiltásoknak érvényt kell szerezni, ki kell kényszeríteni a jogszerű magatartást, elsősorban a lökésszerű, más ingatlanokra, közterületekre káros, fertőzésveszélyes, illegális csapadékvíz bevezetések visszaszorítását, az ellenőrzés és kötelezés hatékonyságát növelő jogszabályi változtatásokkal.



## SZERZŐK:



### **Oszoly Tamás:**

Wroclawi Műszaki Egyetem, 1978

- víz-és szennyvíztechnológia
- szemétártalmatlanítás

Pénzügyi és Számviteli Főiskola, 1990

- mérnök-üzemgazdász

Munkahelye:

1978-2021 FCSM Zrt.:

különböző műszaki területeken, különböző beosztásokban, munkakörökben

2022. január 1.-től nyugdíjas



# A TALAJ-TERMŐKÉPESSÉGÉNEK NÖVELÉSE HÁZTARTÁSI, ÉLELMISZER-IPARI ÉS A MEZŐGAZDASÁGI EREDETŰ HULLADÉKOKBÓL KÉSZÜLT KOMPOSZT FELHASZNÁLÁSÁVAL

INCREASING SOIL PRODUCTIVITY USING COMPOST FROM  
HOUSEHOLD, FOOD AND AGRICULTURAL WASTE

JUHÁSZ JÁNOS

JURA-MÉRNÖKIRODA DR. OLÁH JÓZSEF

*Kivonat: A tanulmány röviden összefoglalja a **Kárpát-medencében**, s benne **Magyarországon** a legfontosabb talaj-degradációs folyamatokat. A talaj-degradációs folyamatokkal érintett talajok „rehabilitációjára” és a talajerő pótlására biológiailag bontható hulladék anyagokból készült komposztok tűnnek a legalkalmasabbnak. A komposztálásra megfelelő mennyiségű és minőségű (35,5 – 37,5 millió t/év: kommunális; élelmiszer-ipari; trágya; települési; zöld hulladék; szennyvíziszap; mezőgazdasági ligno-cellulóz eredetű) hulladék áll rendelkezésre. A kész komposzt humin-anyagokat (~5 %) tartalmaz, amelyek javítják a gyökértömeg fejlődését és a növekedést, javítják a tápanyagok felvételét, megváltoztatja a talaj szerkezetét, így az kevésbé erodálódik és hozzájárulnak a magasabb terméshozam és a jobb termés minőség eléréséhez. Komposztálásra a levegőztetett prizma-komposztálási technológia ajánlható, viszonylag egyszerű gépészet és automatika szükséges az üzemeltetéséhez.*

## 1. BEVEZETÉS

Tanulmányunkban a talajerő pótlására alkalmas kommunális szilárd hulladék, szennyvíziszap és mezőgazdasági eredetű hulladékoknak komposzt formában történő felhasználásának kérdéseivel foglalkozunk. Értékeljük az EU ide vonatkozó elképzelését, a hazai felhasználás hiányosságait, tendenciáját és a jövőben a felhasználás

felfutásának lehetőségeit. Nem foglalkozunk a technológiák elméleti alapjaival, a lehetséges technológiai megoldásokkal is csak érintőlegesen foglalkozunk. Az elméleti alapokat az interneten megjelent angol, és német nyelven közzétett tanulmányok, PhD dolgozatok és magyar nyelvű közlemények részletesen tárgyalják. A komposzt

készítés elméleti kérdései a hazai szakemberek előtt jól ismertek (Alexa, L., Dér, S., 2001; Alexa, L., 2017; Fazekas et al., 2014), ezért e kérdésekkel tanulmányunkban részletesen nem foglalkozunk. Röviden ismertetjük az Európai Unióban a hulladékoknak komposzt formájában történő feldolgozását és hasznosítását. Kitérünk a hazai kommunális hulladék gyűjtésére és kezelésére. Értékeljük a hulladékok hatékony, közös komposztálási megoldásait, valamint a szakszerű komposztálás összefüggéseit.

## 2. A TALAJOK TERMŐKÉPESSÉGÉNEK CSÖKKENÉSE

Agrárszakemberek szerint az intenzív, modern mezőgazdaság a vesztébe rohan a túlzott vegyszer- és műtrágyahasználattal. A talajok termőképességét számos behatás fenyegeti, köztük a földhasználati gyakorlatunkhoz kapcsolódó szennyezés. Az intenzív gazdálkodásban használt növényvédő szerek, gyomirtó szerek és más vegyi anyagok károsítják a talaj biodiverzitását. További fenyegetést jelentenek a fizikai változások, például a talaj tömörödése és leburkolása, amikor mesterséges felületekkel, például betonnal vagy aszfalttal borítják be a talajt. A tömörödés csökkenti a pórusokat, és a pórusokban élő biomassza és a víz útját a talajba, és a fajok terjedését is. A talaj rendkívül dinamikus és törékeny rendszer. Emberi időléptékben mérve véges erőforrás: 1 cm vastag termékeny talajréteg képződése akár 1000 évig is eltarthat. Ismeretes, hogy amint a talaj organizmusai fogyni kezdenek, a teljes ökoszisztéma működése romlani kezd.

A talajdegradációs folyamatok kialakulását és hatását **Várallyay** több tanulmányában részletesen tárgyalja (Várallyay, Gy., *internet/1*). A talajdegradációs

folyamatok természeti okok miatt, vagy a sokoldalú emberi tevékenység hatásaként tudatos vagy nem kívánt következményeként egyaránt bekövetkezhetnek. A talajdegradációs folyamatok a talaj anyagforgalmának számunkra kedvezőtlen irányban történő megváltozását jelentik, amelynek következményei: a terület értékcsökkenése, zavarok a talaj funkcióiban, a talaj termékenységének csökkenése, talajökológiai feltételek romlása (kisebb termés), kedvezőtlenebb körülmények az agrotechnikai műveletek időben és megfelelő minőségben történő elvégzéséhez, nagyobb termelési ráfordítások, káros környezeti mellékhatások (például felszíni és felszín alatti vízkészletek szennyezése). A talajdegradációs folyamatok általában nem szükségszerű és kivédhetetlen következményei az intenzív mezőgazdasági és ipari termelésnek, hanem többnyire megelőzhetők, kiküszöbölhetők, de legalább bizonyos tűrési határig mérsékelhetők. **A Kárpát-medencében**, s benne **Magyarországon** a legfontosabb talajdegradációs folyamatok (zárójeles adatok a hazai veszélyeztetett területek) következők:

- Víz és szél okozta erózió (1,4 millió ha),
- a talajok savanyodása (1,2 millió ha),
- só felhalmozódás, szikesedés (757 ezer ha),
- talajszerkezet leromlása, tömörödés,
- a talaj vízgazdálkodásának szélsőségesse válása,
- biológiai degradáció: kedvezőtlen mikrobiológiai folyamatok, szerves-anyagkészlet csökkenése,
- a talaj tápanyagforgalmának kedvezőtlen irányú megváltozása,
- a talaj puffer-képességének csökkenése, talajmérgezés, „toxicitás”.

A **talajegészség** alatt azt értjük, hogy a talaj folyamatosan képes arra, hogy élő ökoszisztéma-ként működjön, amely fenntartja a növényeket.



A talajegészség 5 alapelvét az Egyesült Államokban fogalmazták meg és alkalmazzák, mint irányelvet. Az 5 alapelv a következő: 1) folyamatos talajtakarás; 2) minimális talajbolygatás; 3) növényi diverzitás; 4) élő növények és gyökerek 365 napon keresztül; 5) az állatállomány integrációja.

A **talajmegújító mezőgazdaság** (TMMG) alapelvei a következőkben foglalható össze (*internet/2*):

- a. A **talajbolygatás minimalizálása**. A mezőgazdasági termesztés egyik szokásos eleme a talajművelés, amely változó mértékben bolygatja a talajt. A talajművelés a termesztett növények körétől függően szükséges lehet, de a szántás teljességgel kizárt és talajvizsgálatra alapozott, okszerűen végzett forgatás nélküli, minimális talajművelés a cél. A termőtalaj minél inkább bolygatott, annál gyorsabban veszti el a szerkezetét és humusztartalmát. A szerkezetét és humusztartalmát veszített talaj gyorsan tömörödik, kiszáradáskor cserepesedik, vízbefogadó képessége, tápanyag és nedvességtartó kapacitása lecsökken.
- b. **Növényi változatosság**. A TMMG fontos eleme a széles vetéscserélő, az egymás után sorrendben **termesztett növények változatossága**, az együtt termesztett növények és a sok növényfajból álló másodvetésű keverékek, a takarónövények alkalmazása. A főnövények és takarónövények kombinációja a talajművelés minimalizálásával segítenek változatos ökoszisztéma kialakításában és fenntartásában. A változatos fő- és takarónövények javítják a talajszerkezetet és a megfelelő mikrobiális életközösséggel segítik a talajban kötött szerves szén mennyiségének emelését.
- c. **Takart talajfelszín**. A talajtakarás elsődleges szerepe, hogy a talaj ott maradjon, ahol van. A takaratlan talajfelszín szabad prédája a csapadéknak és szélnek, a szél és vízerózió évente több tonna termőtalajt képes elfújni vagy lemosni a termőföldről. A potenciális eróziós kockázat leghatékonyabban az évente 12 hónapig takart talajfelszínnel valósítható meg.
- d. **Élő gyökerek**. Az egész évben élő gyökerek rendkívül fontosak a TMMG-ben. A változatos növények élő gyökerei állandó táplálékkal látják el a gyökérszónában élő mikrobák milliárdjait, akik a biokémiai folyamatok során jelentős szerepet játszanak a tápanyagok feltárásában, körforgásban tartásában. A mikrobák anyagcseretermékei táplálják a növényeket és stabilizálják a talajt tartós morzsák képzésével.
- e. **Állatok integrálása**. A haszonállatok integrálása emeli a TMMG-t magasabb szintre, de a legeltetést sok esetben a vagyonzás ki- hívások, birtokszerkezet elaprózottsága vagy az ivóvíz rendelkezésre állása korlátozza. A termőföldeken, kontrollált időszakban és térben, legeltetéssel tartott állatok gazdaságos megoldás, amelyek a talaj egészségére és az ökoszisztéma szolgáltatások javítására is nagy hatással vannak. A leggyorsabban javuló talajok világszerte a legeltetéssel is rendelkező gazdaságokban találhatóak meg.

### 3. KOMPOSZT FELHASZNÁLÁSA A TALAJERŐPÓTLÁSÁRA

A talaj olyan szilárd természeti erőforrás, amely megújulni képes. Ha védjük a pusztulástól, az eróziótól, az elsavanyodástól, fenntartjuk biológiai aktivitását, megőrizzük szerkezetét,

pótoljuk a növénytermesztéssel kivont humuszt, a makro- és mikroelemeket, akkor a talaj képes újra és újra megújulni és biztosítani a rajta élő emberek egészséges életét.

A komposzt szerves háztartási hulladékból, kertészeti vagy ipari melléktermékekből, aerob termofil körülmények között lebontott, földszerű érett talajjavító anyag. Minősége, összetétele változatos. Általában kiegyensúlyozott tápanyagtartalmú, mikroelemekben gazdag trágya. Milyen növényi részeket lehet komposztálni? Ezek közé tartozik: biológiailag bontható szerves-anyagtartalmú anyagok (szennyvíziszap; kommunális hulladék; mezőgazdasági ipari stb.) és lazító, vagy hordozóanyag céljából a szerves-anyaghoz adagolt ligno-cellulóz anyagok (nyesedék, venyige, szár, falevél, fűnyesedék stb.). **Pentozán-hatásról** beszélünk abban az esetben, ha szármaradványok kerülnek a talajba, vagy nem teljesen érett, szalmában gazdag trágyát használnak tápanyag utánpótlására. Ilyen esetben a szerves-anyag bomlás közben nitrogént von el környezetétől, és ennek következtében a vegetációs időben a növények tápanyaghiányosak lesznek. A kedvező 20:1 szén:nitrogén arány kedvezőtlenre fordulhat (50:1) és átmeneti nitrogénhiány állhat elő. Ha nem oldható meg teljesen érett szerves trágya használata, nitrogénműtrágyát adagolnak a szerves trágyához, és ezzel forgatják be a talajba. Így a bomlás során a műtrágyából származó nitrogént használják fel a baktériumok, nem a környezettől vonják el. A szármaradványok talajba történő bedolgozása a mezőgazdaságban jól ismert folyamat. A szármaradványoknak a komposzt-készítésbe való bevonása a pentozán-hatást csökkentheti és a talaj komposzt formájában komplex tápanyaghoz jut.

A komposztálás jelenlegi helyzetét és a mezőgazdasági nagy üzemek hozzáállását jól jellemzi az alábbi idézet: *“Sajátos ellentmondás ugyanakkor – s ez is napjaink jellemzője –, hogy komposztálás reneszánszát elsősorban nem a talajerő-gazdálkodás igénye hívta életre, hanem a hulladékok nagymértékű növekedése”* (Alexa L. – Dér S.: Szakszerű komposztálás, 2001 Gödöllő). Sőt olyan képtelen ötlet is felmerült a hazai hulladék-gazdálkodásban, hogy a komposztálási technológiát a hulladék égetés érdekében célszerű felhasználni. Ez azt jelenti, hogy a biológiailag bontható nedves szerves-anyagot (szennyvíziszap; élelmiszeripari hulladék) adalékanyag segítségével félszáraz (60 - 65% szárazanyag) komposzttá alakítjuk, majd elégetjük energianyerés céljából.

Jelenleg a nagyüzemi takarmánynövények termesztésénél a talajerő kimerülése fenyeget. Ennek megakadályozása miatt a komposzt nagyobb mértékű felhasználásával kell számolni. A talaj-degradációs folyamatokkal érintett talajok „rehabilitációjára” a hulladék anyagokból készült komposztok tűnnek legalkalmasabbnak. A komposzt természetesen nem csak a leromlott talajok esetében alkalmas a talajerő pótlására, hanem általános tápanyag és humusz kiegészítőnek is tekinthető. A **komposzt használatával járó előnyöket** az alábbiakban foglalhatjuk össze (*internet/3*):

- A komposztban lévő humuszanyagokban a tápanyagok olyan formában vannak jelen, hogy a növények azokat könnyen fel tudják venni.
- Lassan szabadítja fel a főbb növényi tápanyagokat, beleértve a foszfátot, káliumot, magnéziumot és a kén, így kisebb a kimosódás veszélye.



- A komposzt csökkentheti a kémiai növényvédő szerek használatát, mivel hasznos mikroorganizmusokat tartalmaz, amelyek megvédhetik a növényeket a betegségektől és kártevőktől.
- A komposzt semlegesnél magasabb pH-értéke azt jelenti, hogy puffereli a magas nitrogénbevitel savasító hatását, segíti a talajok optimális pH-értékének fenntartásában
- A komposzt elősegíti az egészséges gyökérszerkezet kialakulását, ami csökkenti a lefolyást.
- A komposzt felhasználással a szerves anyagok mennyiségének mindössze 5%-os növekedése megnégyszerezzi a talaj víztartó képességét.
- A komposzt makro- és mikro-tápanyagokat tartalmaz, amelyek gyakran hiányoznak a szintetikus műtrágyákból. A komposzt az alapvető növényi tápanyagok teljes spektrumát tartalmazza.
- A komposzt a szintetikus műtrágyákkal ellentétben lassan - hónapokon vagy éveken keresztül - szabadítja fel a tápanyagokat.
- A komposzt csökkentheti a szintetikus műtrágyák használatát, vagy meg is szüntetheti azt. Kiegészíti és fokozhatja a szervetlen műtrágyák teljesítményét, csökkentve a szükséges össz mennyiséget (műtrágya-megtakarítás). A komposzttal dúsított talaj jobban megtartja a műtrágyákat. Kevesebb műtrágya folyik el és így nem szennyezi a vízfolyásokat.
- A komposzt pufferolja a talajt, semlegesíti a savas és lúgos talajokat, és a pH-szintet a növények számára optimális tartományba hozza és ez által a tápanyagok hozzáférhetősége javul.
- A komposzt segít megkötni a talajrészecskéket, az úgynevezett aggregátumokat, amelyek jó talajszerkezetet biztosítanak. Az ilyen talaj tele van apró légcsatornákkal és pórusokkal, amelyek megtartják a levegőt, a nedvességet és a tápanyagokat.
- A homokos talajnál a komposzt segíti a vizet és a tápanyagokat megtartani.
- A komposzt fellazítja az agyag- vagy iszapos talajban a szorosan kötött részecskéket, így a gyökerek szétterjedhetnek, a víz lefolyik, és a levegő bejuthat.
- A komposzt képes a tápanyagokat elég szorosan megtartani ahhoz, hogy megakadályozza azok kimosódását, de elég lazán ahhoz, hogy a növények szükség szerint felvehessék azokat.
- A komposzt minden talajt könnyebben megmunkálhatóvá tesz.
- Növeli a mikrobiális aktivitást, vagyis a komposzt változatos életet biztosít a talaj életközösségének. Ezek a baktériumok, gombák, rovarok, giliszták és még sok más, melyek biztosítják a növények egészséges növekedését. A komposztbaktériumok a szerves anyagokat a növények számára hozzáférhető tápanyagokká alakítják. A komposzttal dúsított talajban sok hasznos rovar, giliszta és más organizmus él, amelyek átfúrják a talajt, és jól szellőztetik azt.
- A komposzt elnyomhatja a betegségeket és a káros kártevőket, amelyek a leromlott szerkezetű, élettelen talajban eluralkodhatnak.
- Az egészséges talaj fontos tényező a vízünk védelmében. A komposzt növeli a talaj vízmegtartó képességét és csökkenti a lefolyást. A lefolyás szennyezi a vizeket, mivel a talaj, a műtrágyák és a növényvédő szerek a közeli patakokba jutnak.
- A komposzt elősegíti az egészséges gyökérszerkezet kialakulását, ami csökkenti a lefolyást.

### 3.1. KOMPOSZT KÉSZÍTÉSÉRE FELHASZNÁLHATÓ HULLADÉKOK

A komposztálás alapanyagai lehetnek mezőgazdasági növényi hulladékok, állattartó telepek trágyái, szennyvíziszapok, kommunális hulladékok, élelmiszeripari hulladékok, állati és növényi hulladékokat feldolgozó ipar melléktermékei, fa-, cellulóz-, papíripari hulladékok, bőripar, ragasztó és zselatin gyárak hulladécai.

Szükséges a különösen az élelmiszeripari, valamint az élelmiszeripar egyéb hulladékainak hasznosításának ösztönzése. A mező- és erdőgazdaságban, valamint az élelmiszeriparban összesen évente mintegy 35 millió tonna hasznosítható biomassa képződik. Az élelmiszeripari szennyvizek tisztításakor keletkező iszapok mennyisége éves szinten 150 ezer tonna. Ennek 66%-a a húsiiparban, 30%-a a baromfiiparban, 2-3%-a az Állati Fehérje Takarmányokat Előállító Vállalatnál (ATEV), 0,4%-a pedig a szesziparban keletkezik. El kell érni, hogy a képződő élelmiszeripari szerves hulladék megközelítőleg teljes mennyisége visszakerüljön a természetes biológiai körforgásba. Ez azt jelenti, hogy a hulladékokból biogázt kell előállítani, vagy a talajerő pótlására komposztot. A növényi termékek feldolgozásának előkészítésekor képződő egyéb hulladék egy része is visszavezethető a természetbe. A biológiai úton lebontható növényi és állati hulladék lerakását gyakorlatilag teljes egészében meg kell szüntetni. Ennek érdekében az ilyen hulladékok kezelésére komposztáló, biogáz-előállító, és hasznosító létesítményeket kell kialakítani. A mezőgazdasági és az élelmiszeripari hulladék kezelésének egyik környezetkímélő megoldása a komposztálás. Szükség van mintegy 5-6, összesen 70-90 ezer tonna komposztáló-kapacitás kiépítésére. E mellett biztosítani kell a fel nem dolgozható hulladék biztonságos kezelését, mely egy kb. 10 ezer tonna kapacitású speciális égetővel megoldható lenne (*internet/4*).

A komposztálható alapanyagok listája rendkívül széles. Megemlíthetők közöttük a mezőgazdaság termelési hulladékai, az élelmiszeripar feldolgozási hulladékai, a legkülönbözőbb eredetű trágyák, lakossági hulladékok, fafeldolgozási hulladékok, egyéb szerves hulladékok, mint a lakókörzetről összegyűjthető kerti hulladékok, növényi maradványok, fű- és faapríték, nem káros hatású egyéb ipari hulladékok, valamint a lakossági szennyvíz tisztításánál keletkező szennyvíziszapok is.

#### KOMMUNÁLIS SZENNYVÍZISZAP

A szennyvíztisztító telepeken képződött iszapok lazítóanyagok (fanyesedék, fűrészporsz. stb.) hozzáadásával jól komposztálhatók. A rothasztóból kikerülő szennyvíziszapok, amelyek még biológiailag tovább bonthatók szintén kiegészítő anyagok hozzáadásával komposztálhatók.

#### AZ IPARI SZENNYVÍZTISZTÍTÁS ISZAPJAI

Az ilyen iszapfajták esetén fontos kiemelni, hogy az élelmiszeripar szennyvíztisztítói rendszerint komposztálásra kitűnően alkalmas iszapokat termelnek. Esetenként ugyanilyen jellegű a gyógyszeralapanyag vagy gyógyszergyárak szennyvíztisztítóinak iszapja is.

A papíripar esetében keletkező szennyvíziszapok mindkét fajtája, az ülepitett rostiszap, valamint a biológiai tisztítás eleveniszapja is megfelelő energiatartalmú komposzt alapanyag, vagy segédanyag.

## TRÁGYÁK

Az állattartás esetében ugyanakkor igen nagy fajlagos trágyamennyiségek keletkeznek, részben "száraz" (almos), részben "nedves" (hígtrágya) formában. Az állattenyésztés trágyahulladékánál az almos trágyák és a hígtrágyák esetében pedig a besűrített (15–20 %-os szárazanyag) frakció adalék anyagokkal együtt komposztálható. A trágyák komposztálása és mezőgazdasági hasznosítása természetesen egy reális lehetőség, azonban itt is rizikófaktor a tápanyag-felhasználás javítására felhasznált vegyszerek, növekedésfokozó hormonok hatása.

## ZÖLDHULLADÉKOK

A lakás körüli növényzet, fű és fák hulladékai képezik ezt a kategóriát. Mennyiségük a lakókörnyezet, lakás-sűrűség függvénye. Kertvárosi területeken akár az összes hulladékmennyiség 10-20 %-a is lehet. A kerti hulladéknak mintegy 70 %-át a lenyírt fű teszi ki, a levélzet csak 25 %-ot képvisel, míg a többi 5 % egyéb, fásabb növénymaradék. Mennyiségük szezonálisan is nagyon változó. A zöldhulladékok nagyon jól komposztálhatók. Kedvező, hogy a fűmaradványok és falevelek, vagy bokrok nyesevédei nem tartalmaznak egyéb szennyező anyagokat, ellentétben a városi szilárd hulladékkal. A levelek szagmentesen tárolhatók, ezért energiadúsabb anyagokkal együtt jól komposztálhatók, hosszabb tárolás után is.

A levelek szagmentesen tárolhatók, ezért energiadúsabb anyagokkal együtt jól komposztálhatók, hosszabb tárolás után is. Az ilyen hulladékok mennyisége azonban térségenként igen változó. Esetenként az összegyűjtött falevelek is tartalmazhatnak kedvezőtlen szennyező anyagokat

(műanyag, kövek, stb.). A zöld növényzet ugyan nitrogénben gazdag, a száraz falevelek komposztálásához azonban rendszerint tápanyag-adagolás, gondos nedvesség-beállítás és szabályozás szükséges a szag keletkezésének az elkerülésére. Az alapanyaghoz ilyenkor is nitrogénforrást kellett adagolni a növényi részek gyorsabb lebomlása, nagyobb reakciósebesség (melegedés) elérése érdekében.

## ÉLELMISZERIPARI ÉS MEZŐGAZDASÁGI HULLADÉKOK

A komposztáláshoz számos, ebbe a kategóriába tartozó hulladék alkalmas. Általában ami föld feletti növényi rész, vagy állati maradék és nem szennyezett, komposztálható. Ilyenek:

- burgonyahulladékok (héj, keményítő, méret alatti termés, beteg gumók, stb.),
- keményítőiszap,
- halfeldolgozási hulladékok (héj, belseg),
- narancs és citromhéj,
- almafeldolgozás maradáka (iszap, szűrletmaradék és biológiai iszap),
- szőlőfeldolgozás hulladékai (szűrőiszap, héj, törköly, kacs, vessző),
- csokoládégyártás hulladékai,
- vízierőművek szűrőin fennakadó algák, halak és más tengeri élőlények,
- élelmiszer-előkészítés hulladékai,
- mezőgazdasági hulladékok (szalma, kukoricacsutka, rizs-, gyapot-, mandulahéj).

A felsorolt lista messze nem teljes, de jól mutatja a komposztálható állati és növényi hulladékok széles skáláját.

## LAKOSSÁGI KOMMUNÁLIS HULLADÉK

A kommunális hulladék szelektív gyűjtése következtében egy nagy szerves-anyag tartalmú frakció képződik, melynek szerves-anyag tartalma kb. 80 %. Ezt a frakciót lehet felhasználni biogáz gyártásra, vagy komposztálásra. Ez a frakció már nem tartalmaz papírt, nagyobb mennyiségű műanyagot, de kisebb műanyag részekkel (kefir, tejfölös dobozok, kisebb tucbusok stb.) számolni kell. Tehát kezelés előtti válogatás szükséges, de ez lényegesen kisebb feladat, mint a szelektív gyűjtés előtti kommunális hulladék kezelése.

## KÜLÖNLEGES HULLADÉKOK

Ebbe a kategóriába azokat a veszélyes ipari hulladékokat sorolhatjuk, melyek a komposztálás termofil aerob körülményei között éppen a jelenlévő egyéb segéd-tápanyagok segítségével bomlásnak indulnak, majd ez a bomlás az aerob fázisban igen jó hatásfokkal fejeződik be. Közöttük elsősorban az olajos iszapok, és különböző növényvédő-szer hulladékok említhetők meg. Az összes szénhidrogén tartalom több mint 90 %-a elbomlott 70 nap alatt. Az így bontható vegyületek sorába tartoznak a benzol, pentaklór-fenol, ftalátok, könnyű és nehéz üzemanyagok, kőszénkátrány, fenolok, policiklikus aromás szénhidrogének, klór tartalmú szerves oldószerek, valamint a poliklorozott-bifenilek is.

A vegyipari hulladékok lebontására a komposztálási megoldás nagyon jelentősnek mondható, de a ezek a komposztálási maradékok mezőgazdaságban a talajerő növelésére nem használhatók fel.

## 4.A KOMPOSZT KÉSZÍTÉSÉRE ALKALMAS FONTOSABB HAZAI HULLADÉKOK ISMERTETÉSE

### 4.1. KOMMUNÁLIS HULLADÉK

#### KOMMUNÁLIS HULLADÉK-KEZELÉS AZ EU-BAN

A kommunális hulladék újrahasznosítása komoly kihívást jelent, mivel nagyon vegyes összetételű, sok különböző forrásból származó hulladékról van szó. Emiatt több uniós országban a kommunális-hulladék jelentős részét még mindig hulladéklerakókban helyezik el. 2018-ban az EU új, ambiciózus célokat tűzött ki az újrahasznosításra. A cél a **körforgás** megvalósítása, ez a **hulladékok újrahasznosítását jelenti**. A teljesen körforgásos gazdaság 2050-ig történő megvalósítása érdekében, az újrafeldolgozás szigorúbb szabályait kell bevezetni és az 2030-ra kötelezően teljesítendő célértékeket tűztek ki. Törekedni kell a jó minőségű, szakaszerű újrafeldolgozásra, a tagországok határolódjanak el a hulladéklerakók alkalmazásától és minimalizálják az égetést (*internet/5*).

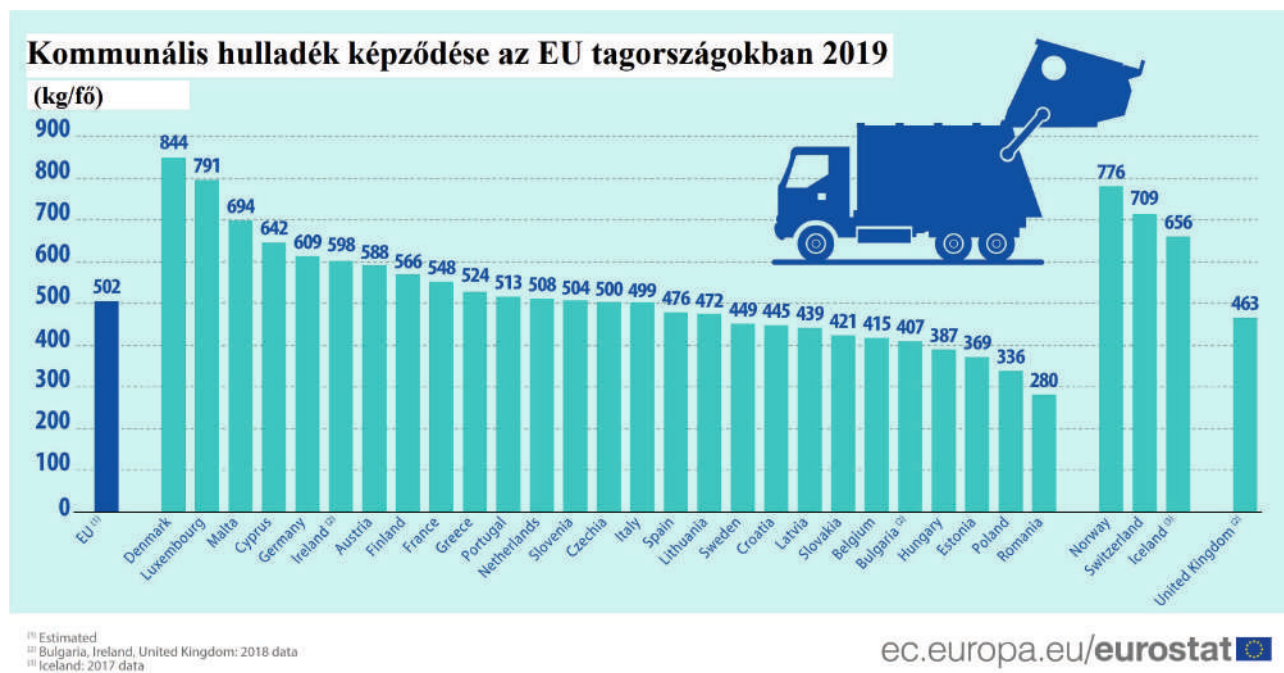
#### KÖRFORGÁSOS GAZDASÁG: MIT JELENT, MIÉRT FONTOS ÉS MI A HASZNA?

Az egyszeri fogyasztásra épülő gazdasági modell környezetszennyező és pazarló, az EU e helyett a körforgásos gazdaság megvalósítására törekszik. A körforgásos gazdaság egy olyan rendszer, amelyben nincsenek hulladékok, és amelyben a ma termékei egyben a jövő alapanyagai. Azért körforgásos, mert a mai rendszerrel szemben, amikor a termékeket legyártjuk, felhasználjuk, majd kidobjuk, a körforgásos gazdaságban a termékek a kuka helyett – azonos, vagy feldolgozott formában – visszakérülnek a gyártásba.

Európában évi 2,5 milliárd tonna hulladék keletkezik. Épp ezért az Unió korszerűsíti a hulladékkezelésre vonatkozó jogszabályait, hogy ösztönözze az úgynevezett körforgásos gazdaságra történő átállást. A körforgásos gazdaság termelési és fogyasztási modellje arra épül, hogy egyszeri fogyasztás helyett a termékek élettartamát a lehető legjobban meghosszabbítsuk. Amikor az adott termék eléri az élettartama végét, akkor az alapanyagokat újra lehet hasznosítani. Így csökken a hulladék mennyisége, ráadásul az alapanyagok és késztermékek újbóli felhasználása gazdaságilag is értékteremtő. Ezzel szemben a hagyományos gazdasági modell egyszeri fogyasztással számol. Sőt a fogyasztót arra ösztönzi, hogy a még használható termék helyett vásároljon új terméket. Emiatt a termékek olcsó, könnyen-hozzáférhető alapanyagokból készülnek, az alacsonyabb minőségük miatt pedig nem is tartósak.

## MENNYI HULLADÉK KELETKEZIK EURÓPÁBAN?

Az **1. ábra** az EU tagországaiban képződő kommunális hulladék (kg/fő · év) értékeket mutatja (internet/6). 2005 és 2018 között csökkent az egy főre eső hulladéktermelés Európában, ugyanakkor a tagországokban egymástól különböző trendek figyelhetők meg. Az EU-ban a kommunális hulladékból 225 millió tonna hulladék keletkezett 2019-ben. Az értékek évenként kis változást mutatnak. A hulladéknak pedig csak kevesebb, mint egyharmadát hasznosítják újra. Vannak olyan tagállamok, ahol a települések hulladékának 90 százalékát szeméttlerakó helyeken tárolják, más országokban ugyanez az arány csupán 10 százalék. Kommunális hulladékból évente az EU-ban átlagosan fejenként 530 kg keletkezik. Itt jelentős eltérés van a régebbi és az újabb tagállamok között. Az előbbieket 570 kg/fő, az utóbbiaké 300-350 kg/fő.



1. ábra. Az EU tagországaiban képződő kommunális hulladék (kg/fő · év) értékek összehasonlítása (internet/6)



A legtöbb hulladék Dániában, Máltán, Cipruson és Németországban keletkezett, míg a legkevesebb Magyarországon, Lengyelországban, Csehországban és Romániában. A kevésbé fejlett EU tagországokban (Málta; Ciprus; Portugália; Görögország; Spanyolország; Horvátország; Bulgária; Szlovákia; Magyarország; Csehország) a kommunális hulladék elhelyezésnek a lerakás az általános elhelyezési formája. A hulladék lerakás arány ezekben az országokban igen magas 48–93 % között változik.

Európa jelenleg évente mintegy 600 millió tonna potenciálisan újrahasznosítható vagy újrahasználatos nyersanyagot veszít el hulladék formájában. Egyes területeken a hulladék 80%-át is újra feldolgozzák, míg máshol 5 %-át sem, így összességében az uniós háztartásokban keletkező hulladéknak mindössze 40%-a kerül újrafeldolgozásra.

## MAGYARORSZÁG HULLADÉK GAZDÁLKODÁSA

Magyarország a hatodik legkevesebb hulladékot termelő uniós ország és 2016-ban átlagosan 379 kg/év hulladéktermelés jutott egy magyar állampolgárra. A hazai hulladékgazdálkodási infrastruktúra az európai uniós támogatásoknak köszönhetően sokat fejlődött, mégis a hulladék-kérdés környezetbarát, mai korszerű kezelésétől még távol állunk. A számok azt mutatják, hogy a közszolgáltatás keretében összegyűjtött hulladéknak még mindig, mintegy 57%-a hulladéklerakókba megy. Ezt, a stabilan 60% körül mozgó átlagot kellene levinnünk 10%-ra 2035-re.

Ennek a kidobott, lerakóba kerülő hulladéknak a jelentős része újrahasznosítható vagy energetikailag hasznosítható lenne, hiszen van olyan európai uniós tagállam, ahol a nem újra-hasznosított hulladék aránya csupán 3%-a kerül a lerakóba. A baj

forrása részben anyagi jellegű, de az emberek gondolkodása, hozzáállása is komoly tényező.

A szocializáció, a hozzászokás, a közösségi és az egyéni nevelés azokon a településeken tud a leginkább hatni, ahol a szelektív hulladékgyűjtés lehetősége már régebb óta fennáll. Az országos helyzet elég vegyes képet mutat, ezért a szelektíven gyűjtött települési szilárd hulladék aránya csak 12,32 %-ot ért el 2019-ben.

Az európai uniós támogatással a háttérben, sorra épültek meg országszerte az új, korszerű hulladékkezelési rendszerek. Évről-évre növekszik a szelektíven kigyűjtött, újra hasznosítható anyagok aránya a hazai statisztikákban. A megoldás, tehát a felelős fogyasztói magatartás lenne, amelynek a precíz és hatékony otthoni hulladékszelektálásra is ki kellene terjednie. Ennek a *körforgásos koncepciónak egyik fontos kitétele, hogy helyi/regionális léptékben gondolkodik*. Az új hulladék-kezelési koncepció a helyi hulladéktermelők, a potenciális hulladékhasznosítók (vállalkozások, fejlesztők), valamint a hulladékkezelésben érintettek közszolgáltatók (hatóságok) együttműködésére épít. Az EU körforgásos gazdasági koncepciója, milyen módon fog beépülni a hazai hulladékgazdálkodás rendszerébe ez eléggé kérdéses (Varjú, V. Mezei, C., 2020).

## KOMMUNÁLIS EREDETŰ HULLADÉK MENYNYISÉGE ÉS ÖSSZETÉTELE

Az 1.táblázat az 2019. évben Magyarország a lakosságától elszállított összes és szelektív módon gyűjtött kommunális hulladék (tonna) adatait tartalmazza. A táblázat a Budapest és Budapest nélkül az ország hulladék adatait mutatja. Ezek az adatok nem tartalmazzák közparkokból, közterületről, lomtalanításból és a zöld hulladékok gyűjtéséből származó hulladékokat. A vizsgált időszak alatt (5 év)

a hulladék mennyiségben 11%-os növekedés volt tapasztalható és 2019. év végén az ország összes hulladékának 17 %-át szelektív módon gyűjtötték. Budapesten a szelektív gyűjtés aránya kissé magasabb 18 – 19 %, vidéken ez az arány kisebb és 16–17 % között változik (*internet/7*).

Az energianyerés céljából szóba jöhető egyik nyersanyag a kommunális hulladék. A rendelkezésre álló országos adatok között nagy szórás és bizonytalanság van. Magyarországon a kommunális hulladék mennyisége 3 millió tonna körül mozog. A KSH kiadványa szerint a települési hulladék közel negyede, 24 százaléka újrahasznosult. 2019-ben a települési hulladék 15 százalékát, 455 ezer tonnát kezeltek energiaszennyezéssel (égetés) a kiadvány szerint.

A szelektív gyűjtésben az Európai Unió, 2025-re 55%-os, 2030-ra 60%-os, míg 2035-re 65% határt tűzte ki célul. Magyarország viszont még a 2015-ös 45%-os EU átlagot sem érte el, ezáltal a lemaradás sajnos megkérdőjelezhetetlen. Ez jelentősen elmarad a nyugat-európai nagyvárosoktól, Németországban és Ausztriában 50 százalék felett van ez az arány. Legmeghatározóbb jelenség az országban a hulladéklerakás,

és a szintén nem legjobb megoldásnak számító hulladékégetés. (*internet/8*).

Összefoglalva a hulladékok újrahasznosításához a következő feltételeknek kell teljesülnie:

- megfelelő mennyiségű és minőségű hulladék,
- megfelelő szelektív gyűjtési rendszer kialakítása, mivel az ömlesztett hulladékból az utóválogatás drágább, illetve az így kinyert anyagok egymást elszennyezhetik. A komposztálás előtt a szelektív gyűjtésnél elkülönített szerves frakció utó-tisztítása (tejfőlös dobozok; tubusok stb. eltávolítása),
- gazdasági ösztönző, kényszerítő rendszer kialakítása, mivel a hulladék-anyag feldolgozása mindig drágább, mint az alapanyagokból új terméket előállítani,
- a lakosság környezettudatos viselkedése,
- az újrahasznosítás, feldolgozás ipari hátterének kialakítása.

Jelenleg a kommunális hulladék országos mennyisége 2,5–3,0 millió t/év körül ingadozik. A hulladék mennyiség távlati növekedését feltételezve 3,0 millió tonna/év mennyiségből és 30 %-os szerves-anyag tartalommal kiindulva, akkor 900

Terület		2019
neve	szintje	
Budapest	főváros	401 067 (74 896)
Budapest nélkül az ország (10 országos régió együtt)	nagy régió, régió	2 042 878 (340 898)
Ország összesen	ország	2 443 945 (415 794)

**1. táblázat** Lakosságtól elszállított összes kommunális hulladék és a zárójelben megadott értékek szelektívgyűjtéssel elszállított hulladék mennyisége (tonna/év) (2019)

Komponens megnevezése	Budapest	Országos átlag
Papír, %	18 – 20	15 – 17
Műanyag, %	12 – 15	5 – 7
Textil, %	5 – 6	3 – 4
Üveg, %	4 - 5	3 – 4
Fém, %	3 - 4	3 – 4
Szerves-anyag (bomló), %	30 – 32	25 – 40
Szevetlen anyag, %	25 – 30	25 – 30

**2. táblázat** Budapest és az ország átlagos kommunális hulladék összetétele

000 t/év szerves-anyag mennyiséggel számolhatunk. Egyes nagyvárosok esetében a kommunális hulladék szerves-anyag tartalma 25 %, azonban országos átlagban 30% szerves-anyag tatalommal célszerű számolni (2.áblázat).

#### 4.2. ÉLELMISZER-IPARI HULLADÉKOK

A mezőgazdaságból és az élelmiszer-iparból származó hulladék mennyiség olyan nagy mennyiségű és olyan sokféle, hogy részletes tárgyalására nem térünk ki. Megemlítjük a fontosabb hulladék fajtákat, melyekkel számolni kell. Magyarországon évente mintegy 1,8 millió tonna élelmiszer-hulladék keletkezik, melynek körülbelül negyede a háztartásokban termelődik. Mezőgazdasági eredetű ipari hulladékok mennyiségéről 2004 évi felmérés áll rendelkezésre. Becslés szerint nagy változás az óta sem történt, mert a mezőgazdasági termékek ipari feldolgozása az u.n. „rendszerváltozást” követően visszaesett és számottevő növekedés

az óta sincs. Az élelmiszer-ipari hulladékok felméréséhez adatot szolgáltató egyesületek, szövetségek 2004. évi tényszámai alapján 1,5 millió tonna/év hulladék keletkezik (3.táblázat). Az élelmiszer-ipari hatalmas hulladék mennyiséget termel, melynek jelenleg kb. 15 %-a hasznosul (internet/9).

Magyarországon évente 70-75 millió tonna hulladék keletkezik. Ebből közel 35 millió tonna mezőgazdasági eredetű, és kb. 25 millió tonna nem mezőgazdasági eredetű nem veszélyes hulladék. A számokból is látszik, hogy milyen fontos a hatékony hulladékgazdálkodás, hogy minél több formáját találjuk meg a hulladékok hasznosítási módjának. Egyik hasznosítási megoldás lehet a nem veszélyes hulladékok mezőgazdasági területen történő felhasználása. A mező- és erdőgazdaságban (30 millió tonna növényi maradvány, melléktermék, nyesedék, erdészeti apríték), valamint az élelmiszeriparban (5 millió tonna) összesen évente mintegy 35 millió tonna

Adatszolgáltatás	Feldolgozott termék	Hulladék megnevezése	Hulladék mennyisége (tonna)
Alma Terméktanács	Alma 400 000–600 000 tonna feldolgozás	Szárított almatörköly Nyers almatörköly	12 000–18 000 32 000–48 000
Baromfi Terméktanács	Baromfi-feldolgozás 139 000 - 473 000 tonna Baromfitelepi és -keltetési hulladék	Baromfi-feldolgozásból származó állati szövetek Technológiai hulladék	139 000 19 000 2 500 28 641
Cukoripari Egyesület	Cukor	Technológiai hulladék	35 198 62 471
Hegyközségek Nemzeti Tanácsa	Szőlő 42 000 tonna	Törköly, seprő	80 000 288 000
Magyar Ásványvíz Terméktanács*	Ásványvíz	Mosásból, tisztításból származó hulladékok Technológiai hulladék	500 120 2000
Magyar Húsipari Szövetség	Sertés 3,1 millió darab Marha 60 ezer darab	Állati szövetek vágóhídi feldolgozásból	55 000–63 000
Magyar Sörgyártók Szövetsége	Árpa	Száraz, nedves törköly. Élesztő	26 230 104 920 1402 9346
Magyar Üdítőgyártók Szövetsége	Növényi eredetű alapanyagok	Mosásból, tisztításból származó hulladékok Technológiai hulladékok	750+180 3000
Magyar Tejipari Egyesület	Tej 1 500 000 tonna	Technológiai hulladék, melléktermék	22 500 530 000
Olajmagfeldolgozók Magyarországi Egyesülete	Olajos magvak	Mosásból, tisztításból származó iszapok	450+124
Vám- és Pénzügyőrség Országos Parancsnoksága	Gyümölcs (pálinkagyártás)	Technológiai hulladék Kezelési iszapok	18 000 63 000
<b>Összesen</b>			<b>1 536 332</b>

3. táblázat Az élelmiszer-ipari hulladékok felméréséhez adatot szolgáltató egyesülések, szövetségek 2004. évi tényezői (internet/9).

hasznosítható biomassa képződik. Azonban az állati (húsipari, vágóhídi) hulladékok (287 ezer tonna), valamint az állati tetemek (45 ezer tonna)

csak kisebb részének a hasznosítása megoldott. Az élelmiszer-ipari hulladékok felméréséhez adatot szolgáltató egyesülések, szövetségek



2004. évi tényezői alapján 1,5 millió tonna/év hulladék keletkezik (3.táblázat). Az élelmiszer-ipari hatalmas hulladék mennyiséget termel, melynek jelenleg kb. 15 %-a hasznosul.

### 4.3. LIGNO-CELLULÓZ TARTALMÚ MEZŐGAZDASÁGI HULLADÉKOK

Biomassza, mint szilárd energiahordozó tüzeléssel hőenergia-termelésre, vagy komposzt készítésére használható. A szántóföldi növénytermesztés melléktermékei közül a különböző gabonafélék szalmája, a kukoricacsutka, kukoricaszár, valamint néhány egyéb növény szármaradványa használható fel tüzelés, vagy komposzt készítésére. Az ültetvények melléktermékei közül a szőlővenyige és a gyümölcsfanyesedék jöhet számításba, valamint erdőgazdaságokban, fatelepeken, fafeldolgozó

üzemekben keletkező, továbbfelhasználásra már alkalmatlan fahulladékok (4.táblázat).

A mezőgazdasági melléktermékek között a legnagyobb energetikai jelentősége a szalmának van. Az elmúlt években közel 1,7 millió hektáron termeltek kalászos gabonát, s ennek 80%-án búzát. A statisztikai adatok szerint a gazdaságok a szalmának csak 59%-át takarították be valamilyen formában, a többi a tarlón elégetésre, vagy beszántásra került. Az értékes ligno-cellulóz tartalmú szalma elégetése helytelen, hiszen a komposztálásnál lazító, adalék anyagént nagyon jól felhasználható. A nagy cellulóztartalmú szalma beszántással a talajba juttatása azonban káros, ún. szénhidrát hatást vált ki, ami csak nagymennyiségű nitrogénműtrágya kiszórásával ellensúlyozható (internet/10; internet/11).

Melléktermék	Elégethető, vagy komposztálásra felhasználható mennyiség (106 tonna/év)
Szalmabála	1,5 – 2,0 (2,2 – 3,7)
Kukorica csutka	3,0 – 4,0
Kukorica szár	0,4 – 0,6
Kukoricaszár és csutka együtt	3,4 – 4,6 (5,0 – 6,5 )
Napraforgó szár	0,3 – 0,4 (1,0 – 1,2 )
Nyessedék venyige	0,5 – 0,7 (0,3 – 0,4)
Fa hulladék	0,5 – 0,7
<b>Összesen</b>	<b>6,2 – 8,4 (8,5 – 11,8)</b>

4. táblázat Biomassza, mezőgazdasági hulladékok (internet/10; internet/11)

Megnevezés	Mennyiség millió t/év	Biometán termelésre számolt energia tartalom (PJ/év)
Élelmiszer-ipari hulladék	1,6	17,6
Trágya	9,2	82,0
Települési hulladékok	3,0	7,9
Energianövények (500 ezer ha)	15,0	39,0
Zöld-hulladékok	0,3	2,4
Szennyvíziszap (rothasztott; aerob stabilizált)	0,23	–
Mezőgazdasági ligno-cellulóz (szalma; kukorica csutka; kukoricaszár; venyige) hulladék	6,2 – 8,4	–
<b>Összesen</b>	<b>35,5 – 37,5</b>	<b>148,9</b>

Megjegyzés: PJ (petajoule) =  $10^{15}$ J

5. táblázat A hazai komposztálható hulladék mennyisége és energia tartalma

## 5.A KOMPOSZTÁLHATÓ HULLADÉKOK MENNYISÉGE

Komposztálásnál a biológiailag bontható szerves-anyaghoz lazító, vagy adalék anyagként növényi eredetű ligno-cellulóz tartalmú anyagokat szokás adagolni. Ezt a többféle szerves-anyagot összefoglaló néven biomasszának nevezik. Biomassza az EU irányelv meghatározása szerint a mezőgazdaságból erdőgazdálkodásból és a kapcsolódó iparágakból származó, biológiai eredetű termékek, hulladékok és mellékanyagok, valamint az ipari és települési hulladék biológiailag bontható része. A komposztálásra elsősorban élelmiszer-ipari, települési hulladékok, trágya, energianövények, zöld-hulladékok és ligno-cellulóz tartalmú mezőgazdasági hulladékok jöhetnek számításba (*internet/9; internet/10; internet/11*).

A komposztálható hulladékok becsült értékeit az 5. táblázatban foglaltuk össze. Az élelmiszer-ipari hulladékok 1,6, állati trágyák 9,2, és a települési szilárd hulladék 3,0, és ezek együtt 13,8 millió tonna/év mennyiséget tesznek ki.

Feltüntettük még a komposztálható hulladékok biometán energia tartalmát is, mert ezek a hulladékok biogáz termelésre is használhatók. A szennyvíziszap (rothasztott és stabilizált forma) és a ligno-cellulóz eredetű mezőgazdasági hulladék nem rendelkezik számottevő biogáz potenciál értékkel. A biogáz telepek száma hazánkban is jelentősen növekedett, de a nagy beruházási költségek miatt a jövőben számottevő növekedéssel nem számolhatunk. A komposzt üzemek viszonylag kicsiny beruházási költsége és a komposzt-termék gyors előállítása miatt a komposzt iparszerű termelése reálisnak tűnik.

## 6.KOMPOSZTÁLÁSI TECHNOLÓGIA FONTOSABB JELLEMZŐI

### 6.1. A KOMPOSZTÁLÁST BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

A termofil aerob komposztálási folyamatot részletesen nem ismertetjük, de a folyamatot befolyásoló főbb tényezőket röviden összefoglaljuk (Alexa, 2017):

- a. *C/N arány.* A megfelelő komposztáláshoz biztosítani kell a mikrobiológiai folyamat beindulásához szükséges tápanyag-összetételt, amelyet leginkább a C/N-arány beállításával érhetünk el. Az optimális C/N-arány 30:1-hez. A túl magas C/N-arány arra utal, hogy a nehezen lebomló anyagok (ligno-cellulóz) részaránya magas, az alacsony arány pedig a könnyen lebomló alkotók túlsúlyát jelzi.
- b. Abban az esetben, ha a C/N arány túl kicsiny ( $C/N < 25:1$ ), tehát a nitrogén feleslegben van, a fölösleges nitrogén ammónia formájában eltávozik. Ez a folyamat az intenzív ammóniaszagról könnyen felismerhető. Nagyobb C/N arány esetén a folyamat csak nagyon lassan indul be, amikor a szén egy része  $CO_2$  formájában eltávozott.
- c. *Nedvesség tartalom.* Abban az esetben, ha túlzottan száraz a keverék, a mikroorganizmusok szaporodása lelassul, esetleg megáll, és csak a megfelelő nedvességtartalom visszaállítása után folytatódik. A komposztálás során az optimális nedvességtartalom 40 - 60 % között van. A magas nedvességtartalom esetén a póruster jelentős részét víz tölti ki, így kiszorítva az oxigént és anaerob állapot alakul ki, amely kedvezőtlen rothadási folyamatokhoz vezet, ezért a komposztálás során a nedvességtartalmat folyamatosan ellenőrizni kell.
- d. *pH-tartomány.* A komposztálásban résztvevő mikroorganizmusok pH-tartománya 4 - 9 érték közé esik, savas viszonyok esetén inkább a gombák, lúgos körülmények között pedig a baktériumok tevékenysége a meghatározó. A kedvezőtlen pH-viszonyok esetében mészs adagolás szükséges.
- e. *Oxigénellátás.* A komposztálás során az oxigén tartalomnak 10 % felett kell lenni. Ez

azt jelenti, hogy az anyagnak a prizmában lazán kell állnia, és annyi strukturáló anyagot kell tartalmaznia, hogy ezt a laza állapotot biztosítsa. A levegő biztosítása az egyszerűbb kialakításnál a komposzt prizma átforgatásával történik. Az átforgatásnál az a cél, hogy a levegőáramlás folyamatos legyen a prizma peremétől a prizma aljáig. Az irányítástechnikával ellátott komposztálási technológiáknál az anyag pórusaiban lévő levegő oxigéntartalmát folyamatosan mérik, és a kapott adatok alapján visszacsatolással szabályozzák a levegőztető rendszert.

## 6.2. A ROTHASZTÁS ÉS KOMPOSZTÁLÁS ÖSSZESZEKAPCSOLÁSA

A rothasztás és a komposztálás folyamatát célszerű összekapcsolni. Ilyen rendszert mutat be a 2.ábra. A kombinált rendszer előnyei:

- az egyesített komposztálás és a rothasztás költségei alacsonyabbak, mint a különálló rendszereké, mert a legtöbb elő- és utókezelő berendezés azonos időben alkalmazható mindkét technológiában,
- rothasztásnál biogáz termelődik, amely az egész rendszer energia igényét fedezheti,
- a szennyvíztelepekről kikerülő rothasztott iszapoknál, melyeket a mezőgazdaságban trágyaként használnak, az egészségügy a fertőző képességet illetően sok esetben kifogást emel, ezért célszerű a rothasztott iszapot más anyagokkal együtt komposztálni.

Az egyesített rendszer csak bizonyos telep kapacitástól kezdve gazdaságos. A rendszerhez kapcsolható minimális rothasztó kapacitás 3500 t/év-re tehető. A minimális összes rothasztási + komposztálási

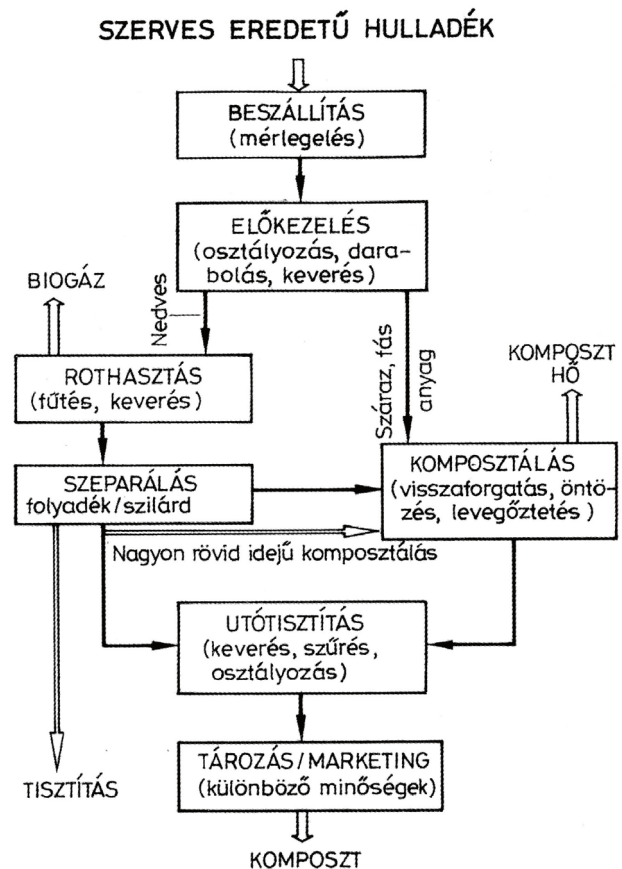
kapacitást 16 000–32 000 t/év mennyiségre célszerű kiépíteni. Környezeti és makro-ökonómiai okokból (szennyezőanyag összegyűjtés) nem ésszerű túl nagy telepeket létesíteni.

A szennyvíziszapok és szennyvíziszap komposztok mezőgazdasági hasznosítása történhet az **50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet**, valamint a **36/2006. (V. 18.) FVM rendelet** alapján. Míg az első esetben a hulladékstátusszal rendelkező anyagok (szennyvíziszap) hasznosításáról van szó, így az **50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet** alapján külön adatgyűjtési kötelezettség alá tartoznak (Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal), addig a második rendelet alapján a szennyvíziszap komposztok terméshasznosító anyagként kerülnek forgalmazásra. Amennyiben a szennyvíziszap komposzt nem tartalmaz a **36/2006. (V. 18.) FVM rendeletben** előírt több toxikus anyagot és megfelel a minőségi követelményeknek is, terméshasznosító anyaggá minősíthető. A terméshasznosító terület szélesebb körű, mint az **50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet** hatálya alá tartozó szennyvíziszap komposztoké. A különböző minőségű szennyvíziszap komposztok hasznosításakor a hulladék státuszúak elsősorban az ipari-, míg a terméshasznosító (virágföld és zöldség termesztés minőség) az élelmiszer célú növénytermesztés esetében is javasolhatóak.

Az ipari célú növénytermesztés közül kiemelkedőek lehetnének a fás-szárú energiaültetvények, de idesorolható a nagyüzemi napraforgó, repce-termelés is. Ha az energiaültetvények mezőgazdasági területen kerülnek kialakításra, a felhasználható szennyvíziszap, szennyvíziszap komposzt hasznosítása vagy az **50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet**, vagy a **36/2006. (V. 18.) FVM rendelet** alapján történhet. A földtulajdonosok

sok esetben nem nyersanyagként, tápanyag- és talajjavító anyagként gondolnak a szennyvíziszapra, és, a szennyvíziszap komposztra, hanem sokkal inkább kockázatos hulladékként, amelyek használatával elszennyezhetik talajaikat és a rajta termő növényeket.

A terméshasznosító terület hasznosíthatóságát egyértelműen a gazdaságosság határozza meg a termelők szempontjából. Sokszor a komposztot előállító telepek csak veszteséget termelve tudják a terméshasznosítókat értékesíteni. A terméshasznosító minden „kényesebb” igényt (higiéniai; egyéb szennyező anyagok; növényvédőszer és gyógyszer maradvány) kielégít, ezért előállítása költséges (internet/12).



2. ábra A rothasztás és a komposztálás folyamatának összekapcsolása

### 6.3. KOMPOSZTOK MINŐSÍTÉSE

A magyar szabványok [23/2003. (XII. 29.) KvVM rendelet; 36/2006. (V. 18.) FVM rendelet] a komposztálás általános szabályaival, a komposztálás előírásaival, illetve megengedhető szennyező anyag koncentráció értékekkel foglalkozik. Egy kész komposzt termék általános jellemzésével a rendeletek nem foglalkoznak. Meg kell jegyezni, hogy a komposztálás kiindulási anyagától a komposzt minősége nagymértékben függ. Az alábbiakban az angol nyelvű szakirodalom alapján a 6. táblázatban foglaltuk össze egy „átlagos” minőségű komposzt fontosabb adatait (internet/13).

A komposzt érettsége és stabilitása nem azonos fogalmak. Az érettség egy tág, szubjektív osztályozás, amely a komposzt alkalmasságát írja le egy adott felhasználásra. A nagyon éretlen komposztok illó szerves savakat és/vagy ammóniát tartalmaznak, amelyek elpusztíthatják vagy károsíthatják a növényeket. A *stabilitás* a komposzt ellenállása a további biológiai lebomlással szemben. A kutatások következetesen kimutatták, hogy a huminsavak javítják a gyökértömeget és a növekedést, javítják a tápanyagok felvételét, és hozzájárulnak a magasabb terméshozamhoz és minőségéhez. A komposzt humin anyagokat tartalmaz, amelyek a szerves anyagok nagyon stabil formái, és az egészséges talaj fontos összetevői. Úgy tűnik, hogy erős pozitív korreláció van a komposzt stabilitása, a CEC (kation-cserélő kapacitás), és a humin anyag koncentráció között.

### 6.4. ALKALMAZÁSRA AJÁNLOTT KOMPOSZTÁLÁSI TECHNOLÓGIA

Nagyon röviden összefoglaljuk a komposztálási eljárásokat (Alexa, 2017):

#### NYITOTT RENDSZEREK

##### a./ Passzív komposztálás:

Az érés nagyméretű (5-10 m széles és 2-4 m magas) trapéz keresztmetszetű prizmákban történik. A folyamat alapvetően statikus, tehát a prizma összerakásán kívül a komposztálási folyamat során további beavatkozás általában nem történik. A passzív komposztálás lassú és ebből adódóan nagy helyigényű eljárás, azonban alacsony a munkaerő és a gépesítési igénye.

##### b./ Prizma-komposztálás:

A komposztálás egyik legősibb és leggyakoribb módszere. A nyersanyagokat háromszög vagy trapéz keresztmetszetű prizmákba rakják, és meghatározott rendszerességgel átforgatják. Az átforgatással keverik, homogenizálják az anyagot, így biztosítva az aerob feltételeket, a hő, a vízgőz és a gázok eltávolítását. A megfelelő feltételek esetén 8-10 hét alatt a szerves anyag megfelelő minőségű komposzttá alakítható át. A gyakorlatban a prizmaméretét a forgatógép mérete határozza meg.

##### c./ Levegőztetett prizma-komposztálás:

A levegőztetett prizmakomposztálás (ASP- Aerated static pile) elmélete azon alapszik, hogy az aerob mikroorganizmusok életműködéséhez szükséges oxigén koncentráció szintet jó közelítéssel az egész komposzt prizma-testben állandó szinten tartjuk fenn. A levegő bejuttatása leggyakrabban perforált merev csöveket történik. A csöveket beágyazzák a prizmába, vagy



Analízis	Közép- érték	Dimenzió	Megjegyzés
pH	7,9	-	
EC (vezetőképesség)	21	dS/m	
Összes szárazanyag tartalom	76	%	
Összes C (TOC)	15	%	
Összes szerves -anyag	28	%	
Összes-N	1,2	%	Ha a komposzt teljes N-tartalma kevesebb, mint 1 százalék, akkor fontolja meg a komposzt kiegészítő N-trágyázást a komposzt kijuttatása után. Ha az összes N meghaladja a 2 százalékot, a komposzt helyettesítheti a tipikus N-trágya-bevitel egy részét.
C:N	10,4	arány	
NH <sub>4</sub> -N	287	mg/kg	
NO <sub>3</sub> -N	458	mg/kg	
Ca	2,7	%	Ha a Ca-tartalom meghaladja a 4 százalékot, a komposzt alapanyagai között lehetett talaj, gipsz, vagy mész
Mg	0,25 – 0,7	%	Ha az Mg meghaladja a 0,75 százalékot, a K pedig kevesebb, mint 1,5 százalék, akkor az egyensúlytalanság a Mg és K aránya befolyásolhatja a növények növekedését.
K	0,5 – 1,5	%	Ha a K meghaladja az 1,5 százalékot, akkor a komposzt alapanyagai valószínűleg trágya, élelmiszer hulladék vagy fűnyesedék. A komposzt K-t a műtrágya K-jával egyenértékűnek tekintik
P	0,3 – 0,9	%	Ha a P meghaladja a 0,7 százalékot, a komposzt alapanyagai között valószínűleg trágya is volt. Ha a P-tartalom 0,3 százalék alatt van, P-műtrágya kijuttatása szükséges
S	0,5	%	Ha az S kevesebb, mint 0,25 százalék, akkor a növény S-hiányos lehet (kiegészítő S-trágyázás). Ha az S-tartalom meghaladja a 0,8 százalékot, akkor valószínű, hogy a gipszet adták az alapanyaghoz
Humín / fulvo savak	~5	%	
Kation cserélő kapacitás (CEC)	50 – 60	kmol (+)/kg	

**Megjegyzés:** a %-os adatok az összes szárazanyagra vonatkoznak

**6. táblázat** A kész komposzt jellemzőinek összefoglalása (internet/13).

levegőztető csatornákat süllyesztenek be a komposztprizmába. A levegőt egy ventilátor vagy egy pumpa segítségével juttatják be, amelynek segítségével a komposztálás folyamata kézben tartható. Az ASP rendszereknél a visszacsatolást a komposzt hőmérséklete, vagy oxigéntartalma jelenti, ennek alapján történik a ventilátorok be- és kikapcsolása. A levegőztetett prizmakomposztálás során a levegőztetés lehet nyomott vagy szívott rendszerű. A nyomott rendszer esetén a levegőt a prizmába fújják, a gázcsere termékek a prizma teljes felületéről a környezetbe távoznak. A szívott rendszer esetén a szívás hatására a gázcsere termék, és a friss levegő a keletkezett vákuum hatására a prizma felületén lép be. A szívott rendszer esetén a prizmából kiszívott gázokat gáz-megkötő adszorberen (lehet maga kész komposzt), vagy gázmosón keresztül vezetik el. Ennél a módszernél a halom összerakásán és előzetes keverésén kívül más beavatkozásra (átforgatásra, mozgatásra) nincs szükség. A levegőztetett prizmakomposztálás újszerű változata a szemipermeábilis membrántakaróval zárttá tett komposztálási rendszer. A komposztálás zárt rendszerűvé alakítását egy speciális membrántakaró biztosítja.

A takaróanyag biztosítja a gázcserét, de a szaganyagokat, a nedvességet és a hőt visszatartja. (internet/14). A technológia elvi megvalósítását a 3. ábra szemlélteti (internet/14).

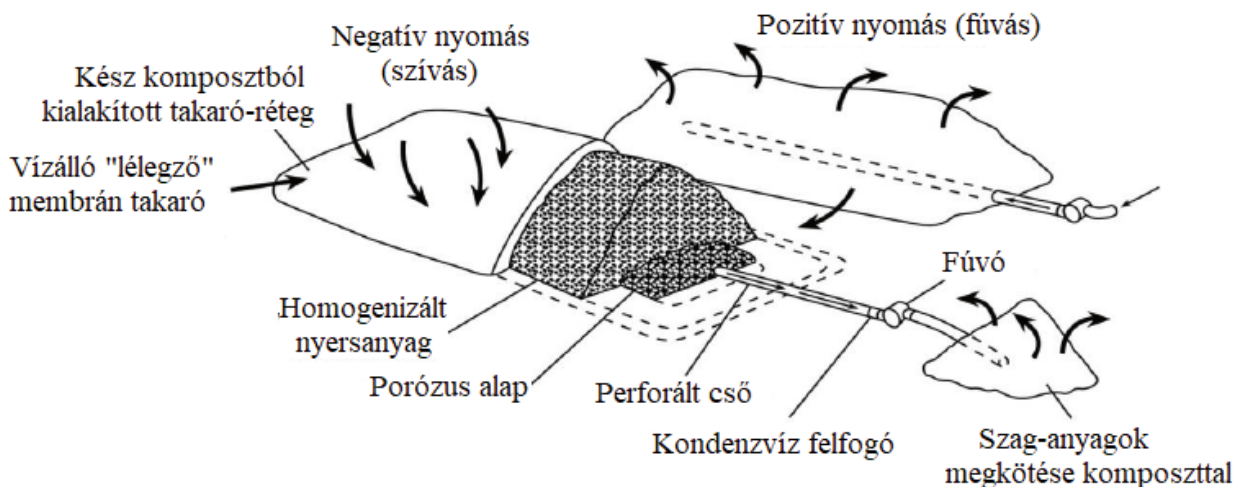
## ZÁRT KOMPOSZTÁLÁSI RENDSZEREK

### a./ Szemipermeábilis membránnal takart levegőztetett komposztálási rendszerek

A levegőztetett prizmakomposztálás újszerű változata a szemipermeábilis membrántakaróval zárttá alakított komposztálási rendszer. Az aktív levegőztető egység a komposztálásban közreműködő mikroorganizmusokat látja el oxigénnel. A levegőztetést az érő anyagban mért hőmérséklet és oxigéntartalom alapján, folyamatosan, visszacsatolással szabályozza. A komposztálás zárt rendszerű megvalósulását egy speciális membrántakaró biztosítja.

### b./ Zárt reaktorterek

Ezeknél az intenzív eljárásoknál a komposztálás zárt egységekben történik a következő megoldásokkal: dobkomposztálás; kamrás (box) komposztálás; alagút (tunnel) komposztálás; és konténerben történő komposztálás



3. ábra. A levegőztetett prizma-komposztálási technológia elvi vázlata

Komposztálásra a levegőztetett prizma-komposztálási technológia ajánlható, viszonylag egyszerű gépészet és automatika szükséges az üzemeltetéséhez. Az eljárás előnye, hogy a komposztálási folyamat gyorsan lezajlik, egyenletes jó minőségű terméket biztosít.

## ÖSSZEFOGLALÁS

Az agrárszakemberek szerint az intenzív, modern mezőgazdaság a veszébe rohan a túlzott vegyszer- és műtrágyahasználattal. Az intenzív gazdálkodásban használt növényvédő szerek, gyomirtó szerek és más vegyi anyagok károsítják a talaj biodiverzitását. További fenyegetést jelentenek a fizikai változások, például a talaj tömörödése és leburkolása, amikor mesterséges felületekkel, például betonnal vagy aszfalttal borítják be a talajt. A talaj rendkívül dinamikus és törékeny rendszer. A **Kárpát-medencében,** s benne **Magyarországon** a legfontosabb talaj-degradációs folyamatok a víz és szél okozta erózió, a talajok savanyodása, só felhalmozódás, szikesedés, talajszerkezet leromlása, tömörödés, a talaj vízgazdálkodásának szélsőségessé válása, kedvezőtlen mikrobiológiai folyamatok, és a szerves-anyagkészlet csökkenése.

A talaj olyan szilárd természeti erőforrás, amely megújulni képes. Ha védjük a pusztulástól, az eróziótól, az elsavanyodástól, fenntartjuk biológiai aktivitását, megőrizzük szerkezetét, pótoljuk a növénytermesztéssel kivont humuszt, a makro- és mikroelemeket, akkor a talaj képes újra és újra megújulni és biztosítani a további gazdálkodást. A talaj-degradációs folyamatokkal érintett talajok „rehabilitációjára” és a talajerő pótlására hulladék anyagokból készült komposztok tűnnek a legalkalmasabbnak.

Európában évi 2,5 milliárd hulladék keletkezik. Épp ezért az Unió korszerűsíti a hulladékkezelésre vonatkozó jogszabályait, hogy ösztönözze az úgynevezett **körforgásos gazdaságra** történő átállást. A körforgásos gazdaság termelési és fogyasztási modellje arra épül, hogy egyszeri fogyasztás helyett a termékek élettartamát a lehető legjobban meghosszabbítsuk. Amikor az adott termék eléri az élelciklusa végét, akkor az alapanyagokat újra lehet hasznosítani. Így csökken a hulladék mennyisége, ráadásul az alapanyagok és késztermékek újbóli felhasználása gazdaságilag is értékteremtő. Ezzel szemben a hagyományos gazdasági modell egyszeri fogyasztással számol.

A komposztálásra elsősorban élelmiszer-ipari, települési hulladékok, trágya, energianövények, zöld-hulladékok és ligno-cellulóz tartalmú mezőgazdasági hulladékok jöhetnek számításba. A fontosabb komposztálható hulladékok becsült értéke a következő: az élelmiszer-ipari hulladékok 1,6; állati trágyák 9,2; a települési szilárd hulladék 3,0 és ezek együtt 13,8 millió tonna/év mennyiséget tesznek ki. Jelentős még a mezőgazdasági ligno-cellulóz (szalma; kukorica-csutka; kukoricaszár; venyige) hulladék 6,2 – 8,4 és a szennyvíziszap (rothasztott; aerob stabilizált) 0,23 millió tonna/év mennyisége. A komposztálásra nagymennyiségű, és megfelelő minőségű hulladék áll rendelkezésére. A komposzt üzemek beruházási költsége viszonylag kicsiny, és a komposzt-üzemek gyorsan üzembe állíthatók, ezek a tényezők arra mutatnak, hogy a komposzt iparszerű termelése reális alternatíva.

A kész komposzt humin-anyagokat (~5 %) tartalmaz, amelyek a szerves anyagok nagyon stabil formái, és az egészséges talaj fontos összetevői. A kutatások egyértelműen kimutatták, hogy

a huminsavak javítják a gyökértömeg fejlődését és a növekedést, javítják a tápanyagok felvételét, és hozzájárulnak a magasabb terméshozam és a jobb termés minőség eléréséhez.

Komposztálásra a **levegőztetett prizma-komposztálási technológia** ajánlható, viszonylag egyszerű gépészet és automatika szükséges az üzemeltetéséhez. Az eljárás előnye, hogy a jó levegőellátás miatt a komposztálási folyamat gyorsan lezajlik, egyenletesen jó minőségű komposzt-trágya biztosítható, a rövid átfutás következtében csökken a komposztálás terület és idő igénye.

## SUMMARY

According to agricultural experts, intensive, modern agriculture is being wasted by the excessive use of chemicals and fertilisers. Pesticides, herbicides and other chemicals used in intensive farming are damaging soil biodiversity. Other threats include physical changes such as soil compaction and denudation when artificial surfaces such as concrete or asphalt are used to cover the soil. Soil is a highly dynamic and fragile system. The most important soil degradation processes in the Carpathian Basin, including Hungary, are water and wind erosion, soil acidification, salt accumulation, salinisation, soil structure degradation, compaction, extreme soil water management, adverse microbiological processes and loss of organic matter.

Soil is a solid natural resource that can be renewed. If we protect it from degradation, erosion and depletion, maintain its biological activity, preserve its structure, replenish humus, macro- and microelements removed by crop production,

it can renew itself again and again and ensure continued farming. Composts made from waste materials appear to be the most suitable for 'rehabilitating' soils affected by soil degradation and replenishing soil strength.

Europe produces 2.5 billion tonnes of waste per year. That is why the EU is modernising its waste management legislation to encourage a shift to a so-called circular economy. The circular economy model of production and consumption is based on extending the life of products as much as possible, rather than consuming them once. When a product reaches the end of its life cycle, the raw materials can be recycled. This reduces waste and the reuse of raw materials and finished products also creates economic value. In contrast, the traditional economic model assumes a one-off consumption.

Composting can be used mainly for food processing, municipal waste, manure, energy crops, green waste and agricultural waste containing ligno-cellulose. The main wastes that can be composted are estimated as follows: food waste 1.6; animal manure 9.2; municipal solid waste 3.0, together amounting to 13.8 million tonnes/year. Also significant are agricultural ligno-cellulosic [straw; corn cobs; corn stalks; vine(-shoot);] waste 6.2 - 8.4 and sewage sludge (digested; aerobically stabilised) 0.23 million tonnes/year. A large quantity and quality of waste is available for composting. The relatively low investment costs for compost plants and the rapid start-up of compost plants indicate that industrial compost production is a realistic alternative.

Finished compost contains humic substances (~5%), which are very stable forms of organic matter and are important components of

healthy soil. Research has clearly shown that humic acids improve root mass development and growth, improve nutrient uptake and contribute to higher yields and better crop quality.

Aerated prismatic composting technology (ASP - Aerated static pile) is recommended for

composting, requiring relatively simple machinery and automation for operation. The advantage of the process is that the composting process is fast due to the good air supply, the composting manure is of uniformly high quality and the short turnaround time reduces the composting area and time requirements.

## ▶ IRODALOMJEGYZÉK

### SZERZŐK:



**Oláh József:** 1939-ben született Szankon. A Budapesti Műszaki Egyetemen (BME) 1962-ben vegyészmérnöki oklevelet (okl.szám: 44/1962), majd 1976-ban környezetvédelmi szakmérnöki oklevelet (okl.szám: 3888/1976) szerzett. 1980-ban BME-en műszaki doktori (okl.szám: 2769/1980) címet, majd 1988-ban Magyar Tudományos Akadémián műszaki tudomány kandidátusi címet (12 355) szerzett. 1964-től 1992-ig a VITUKI-ban szennyvíztisztítási és szennyvíziszap kezelési kérdésekkel foglalkozott. 1992 – 2012-ig az Fővárosi Csatornázási Művek Zrt.-ben műszaki fejlesztési csoport-vezetőként szintén szennyvízes és szennyvíz iszap kezelési témákon dolgozott. 2012 – 2014-ig a MOL Nyrt.-ben biodízel hulladékok

anaerob fermentációja témakörben dolgozott. A szennyvíztisztítás témakörében gyógyszergyári, bőripari, mosodai, boripari eredetű szennyvizek kezelésével, az eleveniszapos rendszerek tápanyag-felvételi és toxicitási kérdéseivel, fix filmes aerob és anaerob szennyvíztisztítási technológiák kialakításával foglalkozott. A hulladék és szennyvíziszap kezelés témakörében komposztálás, aerob és anaerob iszapkezelés összehasonlításával, különböző szerves hulladékok (sertétrágya, marhatrágya, fehérje hidrolizátum) önálló és ko-szubsztrát rothasztásával, cellulóz tartalmú hulladékok és energia növények rothasztásával foglalkozott. Több mint 150 cikke jelent meg és több szennyvíziszap kezeléssel kapcsolatos könyv társ-szerzője.



# A hidraulikus megoldások teljes köre

Az SE/SL szivattyúk több hidraulikai kivitelben kaphatók az összes szennyvíz alkalmazás esetében a legmagasabb szintű teljesítmény mellett történő megbízható és hatékony működés érdekében:



Az S-tube® zárt járókerekek egy vagy két csatornával, nagy szabad átömlési keresztmetszetet és nagy hatékonyságot biztosítanak. A zárt S-tube® járókerekekkel felszerelt SE/SL szivattyúk ideálisak a kicsit és közepesen szennyezett szennyvizek esetében.



A nyitott S-tube® elemekkel felszerelt félig nyitott járókerekek magas szintű hatékonyságot biztosítanak egy széles működési tartományban. Testre szabhatók annak érdekében, hogy megfeleljenek egy konkrét terhelési értéknek. A nyitott S-tube® elemekkel rendelkező járókerekekkel felszerelt SE/SL szivattyúk ideális megoldást jelentenek a közepestől szélsőséges mértékig szennyezett szennyvizek esetében.



A SuperVortex szabadáramlású járókerekek ideális megoldást jelentenek az olyan kihívást jelentő alkalmazások esetében, ahol nagy a koptató hatású, illetve a szálanyag-tartalom.

## Kiváló energiahatékonyság

Az SE/SL szivattyúk mind magasszintű „kábeltől vízig” hatékonyságot, és magasszintű motorhatékonyságot biztosítanak IE3 kompatibilis alkatrészekkel, minimális szinten tartva az összesített energiafogyasztást. Kopással és elhasználódással járó bizonyos ideig tartó üzemelés után az SE és az SL kategóriába tartozó szivattyúk könnyen szervizelhetők, és könnyen helyreállítható az eredeti gyári szintnek megfelelő teljesítményük és hatékonyságuk.



Szivattyú-  
akna



Kommunikációs  
interfészek



Vezetéknélküli



Felhők

be  
think  
innovate

GRUNDFOS

# A VÍZÉRTÉK SZEREPE A VÍZIKÖZMŰ SZOLGÁLTATÁS FENNTARTHATÓSÁGBAN

ORSZÁGOS KONFERENCIA A MAGYAR VÍZ- ÉS SZENNYVÍZTECHNIKAI SZÖVETSÉG ÉS A NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM VÍZTUDOMÁNYI KAR KÖZÖS SZERVEZÉSÉBEN

2022. MÁRCIUS 22. – ONLINE

**Áder János Köztársasági Elnök fővédnökségével** a Magyar Víz-és Szennyvíztechnikai Szövetség 2022. március 22-én, a Víz Világnapján rendezte meg A vízérték szerepe a víziközmű szolgáltatás fenntarthatóságban címmel Országos Konferenciáját, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víztudományi Karral történő közös szervezésben.

Az országos konferencia **a fenntartható vízközmű-szolgáltatást és vízgazdálkodást helyezte a középpontba**, azt vizsgálva, mit jelent a víz értéke a körforgásos gazdaságban, milyen szerepe van az ágazatok közötti (tudomány, szakma, ipari szereplők) együttműködésnek a víztudatos társadalom kialakításában, hogyan válhat a vízipari megoldásokat finanszírozó rendszer is fenntarthatóvá, hogyan lesznek a befektetők, pénzintézetek is érdekelték egy új, a jövő érdekeit szem előtt tartó rendszer működtetésében.

A konferencia célja, hogy láttassa a víz összekötő szerepét, a társadalmi szereplők tevékenységéhez nélkülözhetetlen víztudatosságot, a mikro- és makroszintű tudományos, ipari, üzleti és egyéni felelősség fenntarthatóság irányába történő elmozdításának lehetőségét.

A **VÍZÉRTÉK Konferencia** a vonatkozó országos, valamint Nemzeti Közszolgálati Egyetem szintű járványügyi rendelkezések és egészségvédelmi rendelkezések teljes körű betartásával **ún. hibrid formában került megrendezésre**: a konferencia helyszínén csupán az előadók voltak jelen, a rendezvényt élőben közvetítették.

Bővebb információ honlapunkon: [www.maszesz.hu/orszagos.konferencia](http://www.maszesz.hu/orszagos.konferencia)

## JURTA HÍREK

*A Junior Tagozat 2022-ben is számos programmal készül a 35 év alatti vizes területen tanuló/dolgozó fiatalok számára.*

Az év nyitásként ismét megrendeztük a Dulovics Junior Szimpóziumot március 9-én. A konferencián idén 12 fiatal előadó mutatta be munkáját, amelyet egy 4 tagú zsűri értékelt. Előadóink a vízellátás, szennyvíztisztítás és a települési vízgazdálkodás területén üzemeltetők, tervezők és/vagy tudományos tevékenységet folytatnak. A legjobb előadókat több kategóriában díjaztuk, illetve kiosztásra került két külön szakmai díj a Magyar Mérnöki Kamara és a DHI Hungary Kft. felajánlásából, és egy közönség díj is.

### **Fődíj & közönségdíj:**

Szennyvíztisztító Telepen működő ko-fermentációból keletkező biogáz hasznosításának energiabiztonsági vizsgálata Molnár Viktória – Fővárosi Csatornázási Művek Zrt.

### **Innovációs díj:**

Sómentesítési módszerek összehasonlító értékelése: fordított ozmózis és termikus eljárások Do Thi Huyen Trang – BME Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszék

### **Legjobb előadó díj:**

Tolózárak kritikussága ivóvízhálózatokban Wéber Richárd – BME Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék

### **DHI különdíj:**

Nagyvárosi szakaszosan levegőztetett eleveniszapos denitrifikáló bioreaktorának hatékonyság

vizsgálata Bükkszegi Arlen – BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék

### **MMK Vízgazdálkodási és Vízépítési Tagozata különdíj:**

Hydrobot csapat

A nyertes előadók cikkei a Hírcsatorna következő számaiban kerülnek megjelentetésre.

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

Az év további részében terveink között szerepelnek csapatépítő programok, online szakmai előadások és egy készségfejlesztő workshop megrendezése is. Áprilisban szeretettel várunk minden érdeklődőt a társasjáték estünkre, melynek dátumát a honlapon és a Facebook oldalunkon hirdetjük ki!

Fontosnak tartjuk, hogy az Elnökségi tagok utánpótlása biztosítva legyen, ezért aktív tagborzásba kezdünk. Amennyiben szívesen részt vennél a szervezetünk életében és a szervezői tevékenységekben, abban az esetben keress minket a [maszeszjurtaelnokseg@gmail.com](mailto:maszeszjurtaelnokseg@gmail.com) címen.







Bemutatjuk Nektek a 2022-es Elnökség jelenlegi Tagjait:

### ELNÖK:



**Név:** Varga Laura

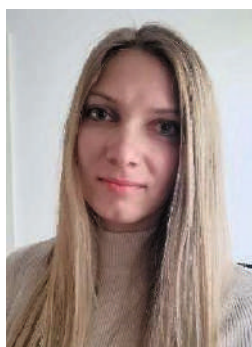
**Végzettség:** okl. infrastruktúra-építőmérnök

**Munkahely, pozíció:** BME VKKT, tudományos segédmunkatárs, doktorjelölt

**Munka/kutatási terület:** oktatás és kutatás, főként a csapadékvíz-gazdálkodás területéhez kapcsolódóan (csapadékszimulációs modellek, éghajlati előrejelzés, kék-zöld infrastruktúra), közműtervezés, csatornahálózatok és zöld megoldások szimulációs modellezése

**Email cím:** [varga.laura@emk.bme.hu](mailto:varga.laura@emk.bme.hu)

### ELNÖKSÉGI TAGOK:



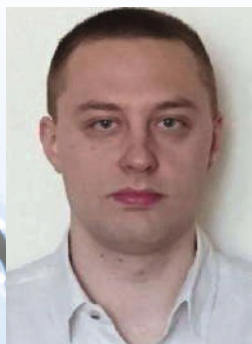
**Név:** Madarász Emese

**Végzettség:** okl. infrastruktúra-építőmérnök

**Munkahely, pozíció:** mérnök koordinátor, ALM Kft.

**Munka/kutatási terület:** közműtervezés (vízellátó hálózat és szennyvízelvezetés), műszaki előkészítés

**Email cím:** [madarasz.eemese@gmail.com](mailto:madarasz.eemese@gmail.com)



**Név:** Dr. Tóth András József

**Végzettség:** okl. környezetmérnök, PhD (bio-, környezet- és vegyészmérnöki tudományok)

**Munkahely, pozíció:** BME-VBK, egyetemi adjunktus, laboratórium vezető

**Munka/kutatási terület:** ipari szennyvíztisztítás, hulladékgazdálkodás, műszaki kémia

**Email cím:** [aitoth@envproceng.eu](mailto:aitoth@envproceng.eu)



**Név:** Nagy Eszter Dóra

**Végzettség:** Okleveles infrastruktúra-építőmérnök

**Munkahely, pozíció:** BME Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék, doktorandusz

**Munka/kutatási terület:** hidrológia, csapadék-lefolyás modellezés kedvenc

**Email cím:** [nagy.eszter@emk.bme.hu](mailto:nagy.eszter@emk.bme.hu) vagy [eszternagy93@gmail.com](mailto:eszternagy93@gmail.com)



**Név:** Nagy Eszter

**Végzettség:** Környezetmérnök (BME, VBK, MSc)

**Munkahely, pozíció:** Sales Manager, SUEZ Water Technologies & Solutions Hungary Kft.

**Munka/kutatási terület:** Membrános víz- és szennyvíztisztítási projektek értékesítésével foglalkozom Magyarország, Szlovénia, Horvátország és Szerbia területén.

**Email cím:** [nagy.eszter0215@gmail.com](mailto:nagy.eszter0215@gmail.com)

## ELNÖKSÉGI TITKÁR:



**Név:** Ditrói Anna

**Végzettség:** BiomérnökBSc

**Munkahely, pozíció:** Golder Zrt. – Mérnök gyakornok, Jelenlegi tanulmányok: BME - BiomérnökMSc

**Munka/kutatási terület:** Talaj és talajvízremediáció, K+F ezen területeken belül, modellezés

**Email cím:** [ditianna96@gmail.com](mailto:ditianna96@gmail.com)





# KÜLDETÉSÜNK A TUDÁS!

15 FÓRUM - 100 ELŐADÁS - 1000 RÉSZTVEVŐ

**KÜLDETÉSÜNK A TUDÁS!**  
12 FÓRUM – 100 ELŐADÁS



Szövetségünk kiemelt célja a szakmai tudásmegosztás. Ezért, küldetésünknek megfelelően, 2022-ben is színvonalas fórumokat teremtünk a tudásátadásnak. Ám eltérően az eddigi gyakorlattól a Webináriumaink ingyenesen elérhetőek lesznek.

Az online előadásainkat négy téma köré csoportosítva szervezzük:

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

Tájékozódjon a MaSzeSz honlapján ([www.maszesz.hu](http://www.maszesz.hu)) és a FACEBOOK (Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség) oldalán az előadások időpontjáról és kapcsolódjon be webináriumainkba.

## DR. KÁRPÁTI ÁRPÁD AZ ÉV MÉRNÖKE

Veszprém Megyei Mérnöki Kamara Kuratóriuma kiemelkedő tevékenysége elismeréseként 2021. évben az „ÉV MÉRNÖKE” díjat adományozta **dr. Kárpáti Árpádnak** a kimagasló oktatói és kamarai tevékenysége elismeréseként a környezetmérnöki generációk oktatásában végzett több évtizedes példamutató munkájáért és a kamara környezetvédelmi szakcsoportjának megszervezéséért és vezetéséért.

A díjat megye területén alkotó, született vagy tanult kiemelkedő szakmai munkát végző mérnökök tiszteletére alapították.



**GRATULÁLUNK!**

## EMLÉKEZÉS RÉMAI JÁNOSRA

(BUDAPEST, 1940. FEBRUÁR 2. – BUDAPEST, 2021. DECEMBER 8.)



Okleveles mérnök (ÉKME 1963), okl. vízellátási, csatornázási és egészségügyi szakmérnök (BME 1971).

Negyven éves életpályáját teljes egészében a vízügyi szolgálatban

töltötte el. Szakmai pályafutását 1963-ban a Pécsi Vízügyi Igazgatóság (utóbb Dél-Dunántúli VIZIG) Víztisztítási osztályának műszaki ügyintézőjeként kezdte, 1968-ban építésvezető, 1969–1972 között a Vízellátási és csatornázási osztály csoportvezetője.

A DDVIZIG védelmi szervezetének tagjaként részt vett az 1965-ös dunai, és az 1970-es tiszai árvízvédekezésekben. 1973-tól 1993-ig a Közép-Duna-völgyi VIZIG Vízellátási és csatornázási osztályának csoport-, majd osztályvezetője, főosztályvezető-helyettese volt. 1993–2003 között – nyugdíjazásáig – a Közlekedési, Hírközlési és vízügyi Minisztérium (KHVM) Vízgazdálkodási főosztályának vezetője; 2003-tól 2011-ig az OKTVF, ill. VKKI szakmai főtanácsadója volt.

1983–1986 között a MÉM és a TESCO kiküldöttjeként Algériában öntözési szakértőként működött. Minisztériumi megbízatása mellett 1994–2003 között a Duna-menti Regionális Vízmű Rt. igazgatótanácsának elnöki feladatait is ellátta. A kétoldalú nemzetközi vízügyi kapcsolatok

terén 1995–2003 között a magyar–horvát, valamint a magyar–szlovén vízgazdálkodási bizottságok meghatalmazott-helyettese volt.

Működésének fő területei az igazgatóságoknál a vízjogi feladatok ellátása mellett a vízgazdálkodási és víziközmű társulatok megalakulásának szervezése, tanácsok, ipari- és mezőgazdasági üzemek szakmai tevékenységének felügyelete.

Minisztériumi beosztása idején főbb munkaterületei: az EU-csatlakozás víziközműveket érintő fejezetének előkészítésében való részvétel, együttműködés a társmisztériumokkal; a víziközművekkel kapcsolatos jogszabályok előkészítése, az állami tulajdonú regionális víziközmű vállalatok szakmai felügyelete.

Tevékenységét számos hazai és külföldi szakmai kitüntetéssel ismerték el. 1970-ben Kiváló Dolgozó lett, 1978-ban és 1988-ban Kiváló Munkáért kitüntetést kapott. 1998-ban megkapta a KHVM Vásárhelyi Pál díját, 2003-ban a Magyar Köztársasági Ezüst Érdemkereszt kitüntetését. 1997–2018 között a Magyar Szennyvíz Szövetség (MaSzeSz) elnökségi tagja volt. 1994-től részt vett a MTA Vízgazdálkodás-tudományi Bizottságának munkájában. A Magyar Hidrológiai Társaságnak 1963 óta volt tagja, közreműködött az Ipari vízgazdálkodási Szakosztály, a Vízellátási Szakosztály és a Csatornázási-szennyvíztisztítási Szakosztály munkájában. 2012-ben Pro Aqua kitüntetésben részesült.

EMLÉKÉT KEGYELETTTEL MEGŐRIZZÜK!

## SZEMÉLYI VÁLTOZÁSOK A MASZESZ OPERATÍV VEZETÉSÉBEN

*Rendkívüli változások idejét éljük szűkebb és tágabb környezetünkben.*

A Víz Értékének elismertetésért és a települési vízgazdálkodás fenntarthatóságáért folyó évtizedes küzdelmünk mellett az elmúlt két évben az egészség megtartása és ezekben a napokban a béke megőrzése köti le erőforrásaink és figyelmünk jelentős részét.

Nehéz és kritikus időkben az egymás iránti és a társadalmi felelősségvállalás számos szegmensében kell helytálljunk. A nehéz és embert próbáló körülmények, bizonyos munka- és feladatkörökben, így a főtitkári munkakörben is, különös hangsúllyal jelennek meg és állítanak bennünket értékválasztási kényszerek elé.

Ezúton szeretném mindannyiunk nevében megköszönni Sinka Attila leköszönő főtitkárnak, hogy munkaköre betöltésével aktív szerepet vállalt a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség fejlesztésében, tagjainak, partnereinek összefogásában, a Víz Értékének elismertetését és a települési vízgazdálkodás fenntarthatóságát szolgáló programjainak szervezésében.

A MASZESZ elnöksége által megválasztott **új Főtitkárunk Rózsa Bálint**.

Bálint közgazdász, aki vizes érintettséggel, társadalmi és civilszervezeti vezetői tapasztalattal, vizes ágazat iránti nyitottsággal, a feladatkör betöltéséhez szükséges készségek birtokában, megfelelő alázattal és tanulni-akarással jelentkezett a feladatkör betöltésére.

Számos területen (adatbázis fejlesztés, könyvelés és adótanácsadás, rendezvényszervezés, nemzetközi tudásmegosztás, sport és egyházi szervezetek elnökségi, felügyelő bizottsági és kuratóriumi tagság) szerzett tapasztalatai, 4 világnyelvre és számos informatikai területre kiterjedő ismeretei kellő alapot nyújtanak a hatékony munkához.

Eredményes azonban csak a MaSzeSz Tagság, a Munkacsoportok, a Juniorok, a Partnerek további támogatásával lehet!

Bálint vállalása a titkárság támogató munkájának biztosítása a Szövetség tagságában jelenlévő nagyszerű szaktudás segítésére. Sok sikert kívánunk neki értékeink képviselőjében.

*Kovács Károly*  
Elnök



*Titkársági változás:*

Köszönjük Lehőcz Anita eredményes titkársági munkáját és köszöntjük új kolléganőnket Tompos Ágnes, aki gazdasági, szervezői és újságírói tapasztalataira támaszkodva fogja támogatni a MaSzeSz titkárságának működését.

Címváltozás: Az elnökség határozott továbbá a MaSzeSz székhelyváltatásáról is. Új címünk: **1118 Budapest Rétköz u. 5.**

Új kollégáink elérhetőségei:

**RÓZSA BÁLINT**

*fotitkar@maszesz.hu*  
+36 70 2957687

**TOMPOS ÁGNES**

*titkarsag@maszesz.hu*  
+36 20 3910909

*Web és email címeink, titkársági telefonszámunk változatlanok.*





## HÍRCSATORNA VÍZIPARI KÜLÖNSZÁM

Megjelenés: 2022. október 28.

A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség **októberben** ismét megjelenteti a **Hírcsatorna Vízipari különszámát**, azzal a céllal, hogy elektronikus formában megjelenő szakmai lapjával is támogassa a vízipari cégek információ áramlását, szakmai beszámolóinak terjesztését.



### A HÍRCSATORNA számokban:



**2000** szakember  
kapja kézhez



**1200** megtekintés  
minimum

Az elektronikus formának köszönhetően hirdetéseiben **aktív tartalmak megjelentetésére** is lehetőség van:

### KÖZVETLEN LINKEK



### VIDEÓK



### ANIMÁCIÓ



#### A Vízipari különszám hirdetési árai:

1/1 oldal 50.000 Ft + ÁFA

2 db 1/1 80.000 Ft + ÁFA

\* A hirdetésekbe beágyazott linkek és videofájlok megjelentetésére alapáron biztosítunk lehetőséget.

**MaSzeSz tagszervezetei számára**, hirdetés megrendelése esetén **20% KEDVEZMÉNYT** biztosítunk!

**Hirdetési anyagok beküldési határideje:** 2022. október 14.

**REMÉLJÜK, ÖN IS MEGTALÁLJA A  
LEHETŐSÉGET A HÍRCSATORNÁBAN!**

Eddig megjelent lapszámok  
*ITT* megtekinthetők.

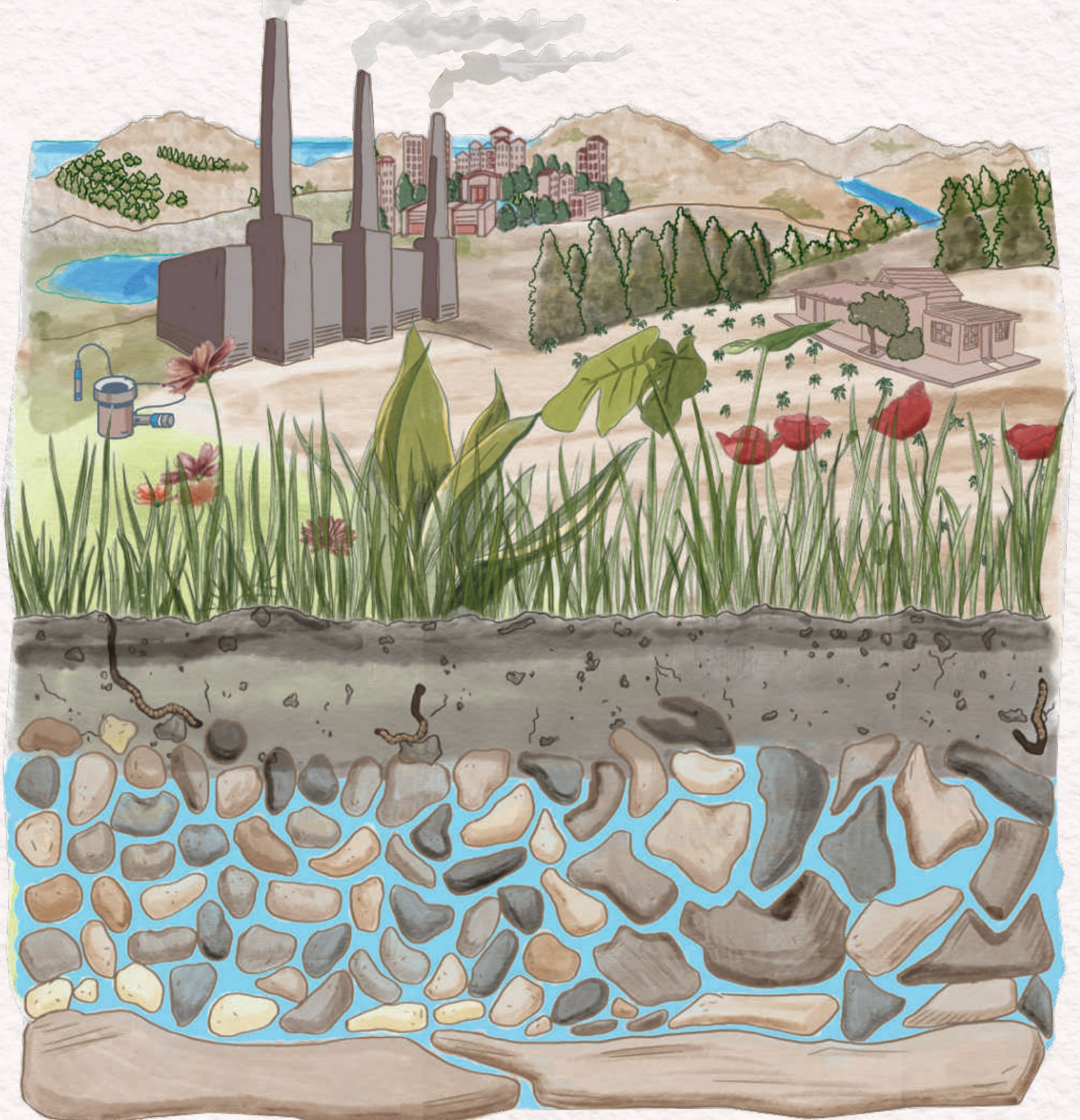


# Felszín alatti vizek: láthatóvá tenni a láthatatlant



2022 FELSZÍN ALATTI VIZEK

A felszín alatti víz a lábunk alatt észrevétlenül rejtőző kincs, mely gazdagítja életünket. Biztosítja ivóvizünket, élelmiszer-ellátásunkat, személyes szükségleteinket, és segít fenntartani természeti környezetünket.





## BEMUTATKOZIK A NEMZETI VÍZMŰVEK ZRT.

### A TÁRSASÁG LÉTREHOZÁSÁNAK CÉLJA

Az Nemzeti Vízművek Zrt. (a továbbiakban: NV Zrt.) alapvető célja az ellátásbiztonság és a működési hatékonyság elérése, fenntartása, a stratégiai irányító céljainak megvalósítása - az állami tulajdonú regionális víziközmű-szolgáltató társaságok feletti tulajdonosi joggyakorlás útján -:

- egységes alapokra helyezni a működési mechanizmusokat, folyamatokat;
- a szinergiák kihasználásával elősegíteni a társaságok és víziközmű-rendszer gazdaságos működtetését a meglévő szakemberállomány bázisán;
- kezdeményező és koordináló szerep a társasági kutatás-fejlesztések és az innovatív műszaki-gazdasági megoldások során;
- hatékonyságnövelés az állami támogatások és beruházási (költségvetési és EU-s) források lehívása és felhasználása tekintetében, és egy rugalmasabban kontrollálható elszámolási rendszer létrehozása.

E célok elérése érdekében 2020. november 26-án megalakult a Nemzeti Vízművek Zrt., mely a Magyar Állam tulajdonában álló egyszemélyes, zártkörűen működő részvénytársaság. A Társaság a nemzeti vagyon kezeléséért felelős tárca nélküli miniszter stratégiai kontrollja alatt működik, és 2021. január 1-jétől gyakorolja az állami tulajdonú víziközmű-szolgáltatók,

illetve víziközmű-rendszerek felett az államot megillető tulajdonosi jogokat és kötelezettségeket.

A Társaság tulajdonosi joggyakorlási portfóliójába tartozó társaságok:

- a Duna Menti Regionális Vízmű Zrt.,
- a Dunántúli Regionális Vízmű Zrt.,
- az Északdunántúli Vízmű Zrt.,
- az Északmagyarországi Regionális Vízművek Zrt.,
- a Tiszamenti Regionális Vízművek Zrt.,

2021. december 31-től

- a Nemzeti Üzleti Szolgáltató Zrt. és a NÜSZ Informatikai Szolgáltató Kft.

Az NV Zrt. 2021. április 1-jétől többségi tulajdonosa az Univerzál Beszerző Kft.-nek, mely a portfólióba tartozó társaságok részére a beszerzési, közbeszerzési igényeihez nyújt egységesített és központosított szolgáltatást.

### AZ NV ZRT. CÉLJAI:

- az állami vízművek költséghatékonyabb működtetése a szinergiák kihasználásával;

- átlátható, letisztult, homogén működési mechanizmusok, folyamatok, szabályzatok kialakítása;
- az ellátásbiztonság és az ügyfélkapcsolatok előtérbe helyezése;
- társasági szinten kezdeményező és koordináló szerep a kutatás-fejlesztések és az innovatív műszaki-gazdasági megoldások során;
- hatékonyságnövelés az állami támogatások és beruházási (költségvetési és EU-s) források lehívása és felhasználása tekintetében, és egy rugalmasabban kontrollálható elszámolási rendszer létrehozása.

Fenti céljainkat tematikusan összeállított, a társaságok erőforrásaira épülő szakmai műhelyek, munkacsoportok létrehozásával és működtetésével, a bér- és munkajogi transzparencia megteremtése mellett kívánjuk elérni.

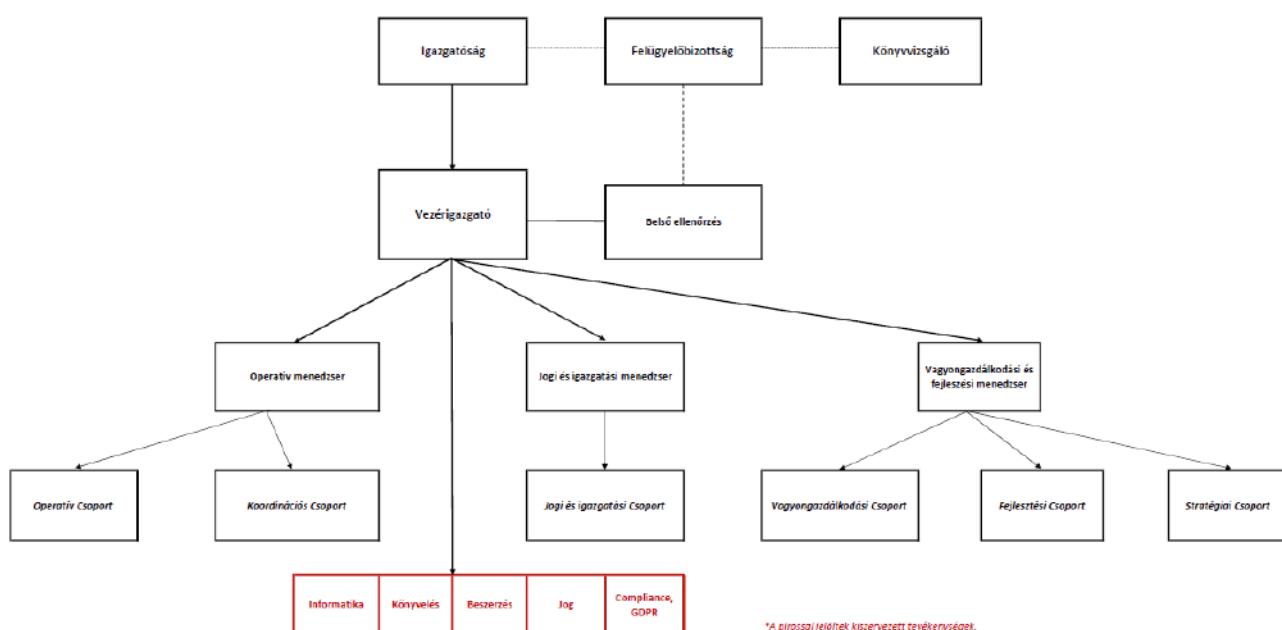
### AZ NV ZRT. FELADATAI

Az államot megillető tulajdonosi jogok és kötelezettségek összességének gyakorlása

- az állami tulajdonú víziközművek, és
- a többségi állami tulajdonú regionális víziközmű-szolgáltatók, továbbá a víziközmű-szolgáltatásról szóló törvény 2021. június 13-i módosulása alapján
- az állam tulajdonába kerülő víziközmű működtető eszközök és rendszerfüggetlen víziközmű-elemek felett, valamint
- az állami felelősségvállalás növelését lehetővé tevő integrációs program(ok) tervezése, irányítása, végrehajtása.



Nemzeti Vízművek Zrt. SZMSZ melléklet - szervezeti ábra



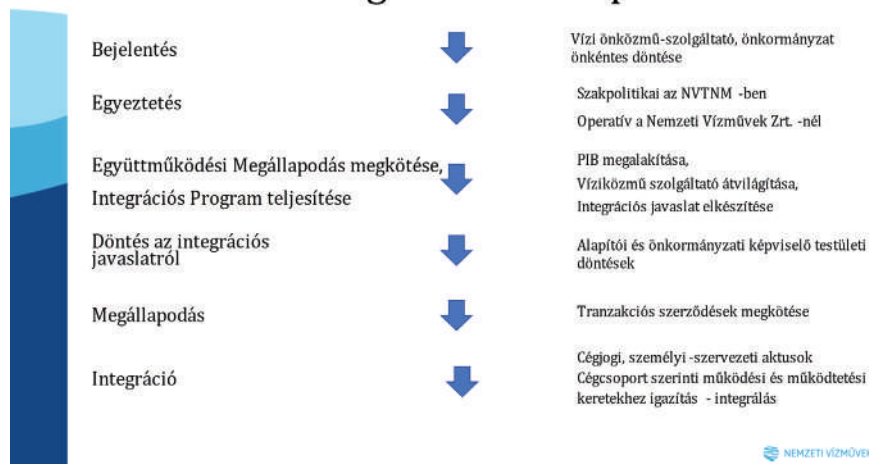
## AZ NV ZRT. SZERVEZETI FELÉPÍTÉSE

Az ellátásbiztonság fokozása, a közszolgáltatással járó feladatok ellátásának optimális megszervezése, illetve az önkormányzatok és az állam közötti együttműködés lehetőségeinek bővítése érdekében indokoltá vált, hogy a víziközmű-szolgáltatás, mint önkormányzati közfeladat állam részére történő átadásának a lehetősége biztosított legyen. E célból került sor a víziközmű-szolgáltatásról szóló 2011. évi CCIX. törvény olyan irányú módosítására, mely lehetővé teszi az önkormányzatok és a tulajdonukban működő szolgáltatók számára, hogy a közszolgáltatáshoz kapcsolódó vagyon állam részére történő átadásával, – **önkéntes módon** – egy állami integrációs folyamatban vehessenek részt. Ez az önkormányzatok és a tulajdonukat képező szolgáltatók számára is lehetőséget teremt arra, hogy portfólió-tisztítást hajtsanak végre, illetve, ha azt célszerűnek tartják, úgy a közszolgáltatással járó feladatokat átadják az államnak.

A megteremtett integrációs folyamat a közszolgáltatás által érintett valamennyi szereplő számára előnyös, mivel:

- az abban részt venni kívánó szolgáltatók segítségével részesülhetnek, illetve a tulajdonos önkormányzatok számukra pénzügyi teherrel járó kötelezettségtől (ellátási felelősség) mentesülhetnek, melynek fejében önként vállalják az integrációval járó kötelek teljesítését;
- az állam számára az integráció eredményeként jelentkező kiadások a költségvetés mindenkori teherbíró képességéhez igazodva kontrollálhatóvá válnak, illetve a felhasználásra kerülő költségvetési források fejében az állami vagyon köre szélesíthető,
- a víziközmű-fejlesztésre fel nem használt források átvételével, illetve a jövőbeni fejlesztésekre, felújításokra vonatkozó források Nemzeti Vízművek Zrt. stratégiai irányítása melletti allokálásával az üzembiztonság tovább növelhető,
- a munkavállalók számára a csatlakozás kiszámítható foglalkoztatási feltételeket biztosít,
- az állampolgárok az integrációs lehetőség következményeként nagyobb biztonsággal jutnak a közszolgáltatáshoz, a szolgáltatás színvonala egységesebbé válik.

### Integráció főbb lépései



Az első Integrációs Program az ALFÖLDVÍZ Regionális Víziközmű-szolgáltató Zrt.-nél indult el, 2021. június 23-án, és jelenleg is tart.



# DECENTRALIZÁLT SZENNYVÍZTISZTÍTÁS

## AJÁNLÁSOK

**SZERKESZTETTE: DR. BIRÓ TIBOR, DR. KARCHESZ TAMÁS, DR. KNISZ JUDIT, DR. VADKERTI EDIT**  
NEMZETI KÖZSZOLGÁLTATÓ EGYETEM, KONFERENCIA 2021. MÁJUS 19.

A Nemzeti Települési Szennyvízelvezetési és -tisztítási Megvalósítási Program 2000 LE alatti települések esetében egyedi szennyvíztisztítási megoldásokat ösztönöz, mely kihívások áttekintése érdekében a Nemzeti Közzolgálati Egyetem Víz tudományi Karán került megrendezésre a „II. Decentralizált Szennyvíztisztítás” konferencia 2021. májusában.

Az esemény lehetőséget biztosított a szakmai egyeztetésre az érintett kormányzati, üzemeltetési és tudományos szereplők számára. A víziközmű ágazat és a víztudomány meghatározó képviselőinek részvételével megrendezett konferencia mind a döntéshozók, mind a szélesebb szakmai közönség számára összegezte a lehetséges decentralizált szennyvízkezelési alternatívákat, felhasználási tapasztalatokat.

A konferencia eredményeképpen az alábbi szakmai ajánlások születtek:

### I. JOGSZABÁLYI, GAZDASÁGI KÖRNYEZETET, SZENNYVÍZTISZTÍTÁSI STRATÉGIÁT ÉRINTŐ JAVASLATOK

- A Nemzeti Települési Szennyvízelvezetési és -tisztítási Megvalósítási Programban

nem szereplő települések részére alternatív szennyvíztisztítási megoldást kell javasolni.

- Ki kell jelölni azokat a településeket, településrészeket, ahol a hagyományos szennyvízelvezetési és -tisztítási technológia helyett az egyedi szennyvízkezelést kell alkalmazni és jogszabályban kell rendelkezni az ilyen módon ellátott ingatlanok üzemeltetési módozatait. Az agglomerációs besorolással rendelkező kistelepülések csatornázását úgy kell támogatni, hogy gazdasági és műszaki szempontokat figyelembe véve kell kijelölni azokat a településrészeket, ahol csak egyedi megoldások jöhetnek szóba. A hálózatfejlesztések támogatása mellett párhuzamosan kell támogatni az egyedi berendezések, létesítmények telepítését, így a két fejlesztési irány kiegészítheti egymást, egy időben megoldva a település teljes ellátását.
- A szennyvízelvezetési agglomerációs lehatárolások során vizsgálni kell a csatornázás gazdaságosságát, alkalmazhatóságának műszaki szempontjait, számba kell venni a környezetvédelmi érintettségeket és a környezetvédelmi követelmények megvalósulását. (379/2015. (XII. 08.) Korm. rendelet.)

- A települési környezetvédelmi program tartalmazza a kommunális szennyvízkezeléssel kapcsolatos feladatokat és előírásokat (1995. évi LIII. törvény 48/E. §) a települések egészére. A települési környezetvédelmi program részeként készül a települési szennyvízkezelési program, melynek részei a települési szennyvízelvezetési agglomerációhoz nem tartozó területek szennyvizeinek ártalmatlanítása, valamint az egyedi szennyvíztisztító létesítmények, vagy az egyéb tervezett szennyvíz-ártalmatlanítási megoldások célkitűzései (147/2010. (IV. 29.) Korm. rendelet 20. §).
- Minden stratégiai tervnek tartalmaznia kell összehasonlító alapváltozatként a szennyvízelvezetés becsült beruházási költségét is az alkalmazott műszaki megoldások mindegyikére, melynek keretében figyelembe kell venni az építési, az üzemeltetési és a fenntartási költségeket. A lakosegyenértékre és a bekötésre jutó fajlagos beruházási és üzemeltetési költség képezné az összehasonlítási alapot a megvalósításra benyújtott decentralizált szennyvíztisztítás költségével szemben.
- A környezettudatosság széleskörű elterjedése érdekében a szennyvíztisztítással összefüggésben, a szennyezés megelőzés lehetőségeinek figyelembevételével szükséges kidolgozni a szennyvíztisztító kisberendezések/kislétesítmények teljes körű (beépítés, üzemeltetés, fenntarthatóság) alkalmazhatóságának jogszabályi környezetét. Ehhez az ütemezést meg kell határozni.
- Meg kell teremteni a jogszabályi háttérrel olyan szolgáltatók létrejöttére, amelyek piaci alapon végzik a decentralizált szennyvíztisztítók üzemeltetését.
- Ne kerüljön a víziközmű szolgáltatók alapfeladatai közé a decentralizált szennyvíztisztítók üzemeltetése. A tulajdonos anyagi felelősségét az üzemeltetéssel kapcsolatban fenn kell tartani, de nem lehet elvárni az önálló, teljes műszaki felügyeletet. Programszintű telepítés esetén a település, míg egyedi beszerzések esetén a tulajdonos felelőssége felelős szolgáltatóval szerződést kötni az üzemeltetéssel kapcsolatos feladatok elvégzésére (beleértve az időszakos ellenőrzést, az iszapszippanást, a havária helyzeteket, stb.). A pályázati rendszerben minden esetben részletesen ki kell dolgozni az egyes megoldások további, a kötelező fenntartási időszak üzemeltetést érintő finanszírozási lehetőségeit is. A 2000 LE szennyezőanyag-terhelés alatti agglomerációk esetében az elfolyó szennyvízminőségre vonatkozó elvárásokat felül kell vizsgálni. Át kell gondolni a mintavételek időpontját, gyakoriságát és módját.
- Jogszabályi szinten meg kell teremteni és lehetővé kell tenni a szennyvíztisztító kisberendezések és kislétesítmények megvalósításának lehetőségét legalább a lakóövezeti lehatárolás szintjén (szükség esetén tovább szűkítve az ingatlan szintjén), figyelembe véve a fenntartható települési csapadékvíz-gazdálkodás követelményeit és a szürke szennyvíz szikkasztására vonatkozó szabályozást.

## II. TECHNOLÓGIAI MEGOLDÁSOK

- A legfeljebb 50 LE kapacitású egységekkel történő decentralizált megoldást előnyben kell részesíteni az egyedi létesítéshez képest.
- A legfeljebb 6 fő/ha laksűrűségű településeken (ebbe a kategóriába tartozik az érintett települések 60%-a), ha az ingatlan állandó lakóinak száma 1 vagy 2 fő, elsődleges egyedi megoldásként a zárt

szennyvíztároló vagy egyedi szennyvízkezelő kislétesítmény (oldómedence-talajszűrés), illetve a tengelyen, tisztítótelepre szállítás vizsgálatát javasoljuk.

- A 6 fő/ha-nál nagyobb laksűrűségű településeken az egyéni és a közösségi célok figyelembe vételével a tervezőnek minden esetben vizsgálni kell azokat a települési részterületeket, ahol az egyedi tisztítás helyett a csoportos kiszolgálású berendezés esetlegesen alkalmazható. Ehhez gazdaságossági számításokat kell végezni annak érdekében, hogy egyértelműen kimondható legyen, hogy az egyedi elhelyezéssel kisberendezések összköltsége vagy a csoportos kiszolgálásos változat a kedvezőbb.
- Adatbázisba kell gyűjteni a decentralizált szennyvíztisztítás műszaki megoldásainak teljes spektrumát, a felhasználói kapcsolódó előnyökkel és hátrányokkal az önkormányzatok, a lakosság és a tervezők számára egyaránt hasznosítható tartalommal. A műszaki megoldások közül előnyben kell részesíteni azokat a technológiákat, melyek elősegítik a körkörös gazdálkodást, vagyis a tisztított szennyvíz és a szennyvíziszap újrahasznosítását. A műszaki megoldások kidolgozásánál korszerű számítógépes szimulációs rendszereket javasolt alkalmazni. Javasolt mintatervek készítése.

### III. OKTATÁS

- Meg kell teremteni egy komplex bemutató, értékelő, minősítő és oktató központ megvalósulását. A bemutató központ keretében be kell mutatni a létező hazai és nemzetközi technológiákat, azok alkalmazási lehetőségeit, gazdasági feltételeit, a Magyarországon már rendszeresen kivitelezett

és működő tisztító berendezéseket. Be kell mutatni az építéssel, üzemeltetéssel kapcsolatos tapasztalatokat, a beruházási és üzemeltetési költségeket, az üzemeltetés feltételeit, fenntarthatósági körülményeit.

- A víziközmű ágazat szakmai tapasztalatát felhasználva, fel kell állítani egy olyan szervezetet, amely egyidejűleg képes integrálni az oktatási, tanácsadási, műszaki fejlesztési, minősítési, projekt-tervezési, projekt lebonyolítási feladatokat.
- Ki kell fejleszteni egy olyan többszintű magyar nyelvű tananyagot, mely alkalmas a már végzett mérnökök, technikusok, üzemeltetők, oktatók továbbképzésére, ugyanakkor megadja a szükséges elméleti és gyakorlati alapokat a tervezők, döntéshozók, az érdekeltek számára.
- Képzések biztosítása az egyedi szennyvízkezelés szolgáltatói, üzemeltetői körének bővítése és erősítése céljából.
- Mind a hazai, mind a nemzetközi jó példákat figyelembe véve célszerű kísérleti minta projekteket indítani és a meglévő projekteket kiértékelni (pl. Dömös, Kecskemét, Nyim, Gétye, stb.).

### KIEGÉSZÍTŐ JAVASLATOK:

- Az egyedi szennyvíztisztító létesítmények, kisberendezések telepítését és üzemeltetését vállaló lakosok/ingatlan tulajdonosok pályázhassanak fix összegű (a várható beruházás átlagos értékének kb. 60-80%-át kitevő) támogatásra a szabványoknak, és előírásoknak megfelelő berendezések, létesítmények beszerzésére és telepítésére.
- Ők üzemeltessék a szállító, vagy más szakcég bevonása által nyújtott szervizszolgáltatással a rendszerüket.



## ÁLLÁSFOGLALÁS A HAZAI VÍZHIÁNY MÉRSÉKLÉSE, VAGY MEGSZÜNTETÉSE ÉRDEKÉBEN SZÜKSÉGES INTÉZKEDÉSEK KÖRÉRŐL

**Az állásfoglalás** „A gémeskúttól a vizek visszatartásáig (A gazdaságtámogató vízgazdálkodás helyzete és feladatai)” címen a Planet Budapest 2021. Fenntarthatósági Expo és Világtalálkozó előrendezvényeként, mintegy 600 fő érdeklődése mellett 2021. november 23-án megtartott konferencia alapján fogalmazódott meg. A Planet Budapest 2021 Fenntarthatósági Világtalálkozó legfontosabb üzenete az, hogy a Nature Friendly Development (Természetbarát Fejlődés) útját kell választania a világnak. A „Gasdágtámogató vízgazdálkodás helyzete és feladatai” című konferenciának a Világtalálkozóhoz kapcsolódó fő üzenete az, hogy a fenntartható fejlődés vízgazdálkodáshoz kapcsolódó céljainak eléréséhez a vizekhez való társadalmi viszonyulásnak természet-, gazdaság- és emberbarátnak is kell lennie. Ezt az igazán hatékony integrált vízgazdálkodás biztosíthatja. Az élelmiszertermelésben és a vízkészleteinkkel való gazdálkodásban fel kell készülnünk arra, hogy a Föld népességének növekedése miatt várhatóan kialakuló globális vízkrízis a kiszolgáltatottságunk kedvezőtlen hatásait még tovább fogja növelni.

### Diagnózis:

1. A víz nem áll korlátlanul rendelkezésre és nem ingyen hozzáférhető természetes jószág.
2. Az élelmiszertermelés mennyiségi és minőségi értelemben is erősen függ a vízhez való hozzáféréstől, a vízkészleteinkkel való jobb gazdálkodás ezen a szorításon lazíthatna.
3. A vízhiány gazdaságilag kimutathatóan nagyobb kárt okoz a nemzetgazdaságnak, mint bármely más vízkárforma.
4. A vízhiány jelei az élet minden területén megmutatkoznak, de az intézkedések még késlekednek és nem alakult még ki társadalmi konszenzus az egyértelmű politikai döntések meghozatalához.
5. A vízhiány kezelése érdekében a tározás és víz visszatartás minden használati terület estében szóba kerül, de alkalmazását számos körülmény (környezeti, gazdasági, területhasználati stb.) akadályozza.
6. Hatékony vízvisszatartási intézkedések elmaradása miatt felszín alatti vízkincsünk folyamatosan fogy, ami a jövőnk felélése!
7. A szürke vizek és szennyvizek hasznosítását célzó hatékony intézkedések hiányoznak. Ezért ezeknek a készleteknek a készletgazdálkodásban elfoglalt helye jelentéktelen.
8. Ugyanakkor a tisztított szennyvizek elvezetése vízminőségi problémák miatt sokszor akadályozza a felszíni vizek hatékony hasznosítását.
9. A parciális érdekekkel szembeni túlzott engedékenységek és a természeti, hidrológiai folyamatok figyelmen kívül hagyása a jószándékú célok ellenére készlethiányos térségeket eredményez.
10. A szennyvíz iszapok, a mederkotrásból származó iszapok hasznosításának elmaradása, illetve az e témában teret nyert szigorítások súlyos gazdasági és használati károkat okoznak.
11. Az egységes és szinergikus hatású irányító rendszer nem létezik, a pénzügyi és szabályozási, valamint támogatási konstrukciók vízhiány kezelési szempontból kontraproduktívak.





12.A víziközmű-szolgáltatás jelenlegi társadalmi megbecsülésében annak értéke, közegészségügyi biztonsága nem tükröződik. E miatt annak folyamatossága nem garantálható, az nem fenntartható.

### Állásfoglalás:

1. A megváltozott klimatikus viszonyokhoz történő *alkalmazkodás lehetőségét* minden beavatkozást és intézkedést megelőzően mérlegelni és vizsgálni, mértékét, módját, elviselhetőségét *meghatározni kötelesség.*
2. *A kevés víz elleni intézkedéseket – a sok víz kezeléséhez hasonlóan – helyes volt védelmi fokozatokhoz kötve intézményesíteni.* Az e keretek közötti vízhiány elleni fellépéshez szükséges létesítményi, technikai, jogi és pénzügyi kereteket az állami vízügyi szolgálat és más szereplők részére biztosítani kell.
3. *Létre kell hozni azt az egységes és ingyenesen hozzáférhető vízhiányt detektáló adatbázist,* amelyben ellenőrzött, országosan egységesen keletkeztetett adatok szerepelnek, és amely adatok minden érintett számára könnyen elérhetők.
4. A vízhiányt kezelő beavatkozások és intézkedések csak az integrált vízgazdálkodás alkalmazásával tehetők meg. *Az integrált vízgazdálkodás végrehajtása pedig csak az egységes irányító rendszer és a társadalmi visszacsatoló elemek működtetésével lehetséges.* Erre a vízgyűjtőre szervezett vízügyi igazgatási rendszer alkalmassá tehető. Ebbe a rendszerbe kell integrálni a most Öntözési Közösségekként megalakult, de *Területi Vízgazdálkodási Közösségekké (TVK)* átszervezni szükséges helyi együttműködések. *A TVK-nak – kiszámítható állami támogatás és területalapú tulajdonosi befizetések mellett – legyen törvényi kötelessége a helyi öntözési és vízrendezési feladatok (fejlesztés, üzemeltetés, fenntartás) ellátása.*
5. A vízhiány kezelésében a közigazgatási szabályzó eszközöknek nagyobb teret kell adni. *A támogatási rendszert a vízhiány elkerülésének szolgálatába kell állítani. A tájleptékű közösségi célú vízpótlás számára költségvetési forrást kell biztosítani.* Emellett olyan tevékenységeket kell támogatni, amelyek a vízhiány megakadályozását, vagy az ahhoz való alkalmazkodást segítik (beszivárogtatás, víztározás, szennyvíz helyben tartás, települési tározás). A támogatási és szabályzó rendszerekben tükröződniük kell a víz igénybevétele miatt felmerülő ráfordításoknak. *A szolgáltatások árát meg kell fizetni.*
6. A vízhiány csökkentésének, megelőzésének egyik racionális eszköze a talajgazdálkodás, ezért *az okszerű és szakszerű talajművelést kiemelten kell támogatni, sőt keresni kell a talajtározás új lehetőségeit.* Ehhez meg kell teremteni mélyfekvésű területek vízpótló funkciójának támogathatóságát. *Hozzuk létre a „vizes művelés” -i ágat, és éllessük fel az okszerű, a vízvisszatartást támogató melioráció gyakorlatát.*
7. *A szennyvíz-hasznosításnak és a szennyvíziszap vagy kotrási iszap elhelyezésének a jelenlegi jogszabályi korlátok közé szorítottságát fel kell oldani* és a hasznosítás lehetőségének megteremtése felé kell nyitni; a



mintaterületek példáját követendő, támogatott és elterjesztett gyakorlattá kell tenni. *A szennyvíz-hasznosítás előfeltétele a kibocsátás minőségbiztosítása.*

8. *A felszíni tározásban paradigma váltás kell! Tervezzük meg a legígéretesebb tározási helyeket. Szakmai és gazdasági alapon nézzünk szembe a vitatott, de lehetséges megoldások előnyeivel és hátrányaival. Törekedjünk a gravitációs vízszolgáltatásra, teremtünk meg annak feltételeit. Erre az Alföld kifejezetten kedvező környezetet kínál.*
9. *A vízfelhasználási jogosultság ne hosszú távra lekötött készletet, hanem adott időben értékelt készletelosztást jelentsen. Ehhez feltétlenül meg kell teremteni a rugalmas víztranszfer jogi, engedélyezési, felügyeleti, működési és szervezeti kereteit.*

Budapest, 2022. január





## MHT 2022. évi XXXIX. Országos Vándorgyűlése Felhívás dolgozat benyújtására

**A vándorgyűlés tervezett időpontja: 2022. július 6-8.**

Az MHT Intéző Bizottsága a 2022. évi Országos Vándorgyűlést, a pandémiás helyzettől függően „jelenléti”, vagy „online” formában rendezi meg.

A vándorgyűlést hat szekcióban hirdetjük meg:

1. Vízkárelhárítás szekció
2. Területi vízgazdálkodás szekció
3. Települési vízgazdálkodási szekció
4. Infrastruktúra-fejlesztés szekció
5. Hidrológia, hidrogeológia, hidraulika, numerikus modellezés
6. Vízügytörténeti szekció

Várjuk a dolgozattal való jelentkezés, melynek beküldési határideje: **2022. március 31.**

Részletes tájékoztatás: [http://www.hidrologia.hu/mht/letoltes/vgy2022\\_tajekoztato.pdf](http://www.hidrologia.hu/mht/letoltes/vgy2022_tajekoztato.pdf)

Az MHT Vándorgyűlést – az előzetes egyeztetésünk alapján – az MMK Vízgazdálkodási és Vízépítési tagozata kamarai továbbképzésként ismeri el.

Előkészítő Bizottság

# MEMBRÁNTECHNIKA A KOMMUNÁLIS SZENNYVÍZ-TISZTÍTÁSBAN – MEGOLDÁS A VÍZGAZDÁLKODÁS ÚJ KIHÍVÁSAINAK?

## A KA-7 – „MEMBRÁNELJÁRÁS” – DWA-SZAKBIZOTTSÁG MUNKABESZÁMOLÓJA

FORDÍTOTTA: SIMONKAY PIROSKA, OKLEVELES ÉPÍTŐMÉRNÖK, MŰSZAKI SZAKFORDÍTÓ

**Összefoglalás:** *A vízgazdálkodás komoly kihívásokkal néz szembe a globális éghajlatváltozás és a szélsőséges időjárási helyzetek – mint például a heves csapadékesemények és az egyre hosszabb aszályos időszakok – egyre gyakoribb előfordulása miatt. A helyzet várhatóan Németországban is problémákat fog okozni – regionális és szezonális szinten – a vízigény és a rendelkezésre álló vízkészlet kapcsolatában. A mezőgazdasági öntözés jelentősége egyre nagyobb lesz; és egyre inkább figyelembe vesszük az éghajlati viszonyoktól kevésbé függő alternatív vízforrások használatát. Ebben az összefüggésben a tisztított szennyvíz mezőgazdaságban való újrahasznosítása, de akár az iparban és városi térségben való hasznosítása is olyan lehetőség, amellyel kapcsolatban egy új európai szabályozás most először teremtett jogi alapot. A membránalapú szennyvíztisztítási eljárások megfelelő feltételeket biztosítanak a szennyvíz újrahasznosításához, mivel a permeátum általában kiváló mikrobiológiai minőségű, valamint az eljárás segítségével lehetővé válik a mikroműanyagok és nyomanyagok közel teljes körű visszatartása. A munkabeszámoló részletesen tárgyalja a membrán-eljárás kommunális szennyvíztisztításban való alkalmazásának aktuális keretfeltételeit, különös tekintettel a szigorúbb követelmények teljesítésére, a víz újrahasznosítására és az erőforrások visszanyerésére; illetve a cikk a technológiával kapcsolatban németországi és nemzetközi esettanulmányokat is szemléltet.*

**Kulcsszavak:** *szennyvíztisztítás, kommunális, membrán-eljárás, a víz újrahasznosítása, esettanulmány, nemzetközi tapasztalatok*

DOI: 10.3242/kae2021.12.002

**Abstract:** *Membrane technology in municipal wastewater treatment – a solution to new challenges in the water sector?*

*Work report from DWA Technical Committee KA-7, 'Membrane processes'*

*Water management is facing tremendous challenges as a result of climate change and the growing occurrence of extreme weather events, such as heavy rainfall and extended periods of drought. Germany is also expected to encounter difficulties with the relationship between water demand and supply that vary by region and season. Agricultural irrigation will become more and more important. The use of alternative water resources that are less reliant on climate conditions will be considered more, too. In this vein, reusing treated wastewater in agriculture, but also in industry and urban areas, is an option that has been covered by a uniform legal foundation in Europe for the first time thanks to a new regulation. Membrane-based wastewater treatment methods are highly suitable for water recycling, as they can generally yield excellent microbial quality in the permeate and largely retain microplastics and micropollutants. This work report illustrates the current framework conditions for using membrane processes in municipal wastewater treatment, especially with regard to achieving additional requirements, water reuse and resource extraction, and provides national and international case studies.*

*Key Words: wastewater treatment, municipal, membrane process, water recycling, case study, international experience*

## 1 BEVEZETÉS

A vízgazdálkodás jelenleg számtalan jelentős és hosszú távú kihívással néz szembe, elsősorban az éghajlatváltozás vízkörforgásra gyakorolt hatásai miatt. Ilyen hatás például a hosszú aszályos időszak, mint ahogy azt az elmúlt években tapasztalhattuk is, ugyanúgy, mint a gyakoribb heves csapadékesemények [1, 2], melyek következménye például városi árvíz is lehet. Különösen a talaj hosszán tartó szárazsága - számtalan közép-európai régióban -, illetve a növényzet párologtatásában bekövetkezett változások miatt tűnik nagyon valószínűnek a mezőgazdaság öntözésiigényének jövőbeni megnövekedése [3]. Ugyanakkor a víz felszíni vizekből és talajvízből való rendelkezésre állása különösen a magasabb öntözési igénnyel bíró hónapokban - bizonyos körülmények között - korlátozott lehet.

Különböző tanulmányok elemezték a víz németországi újrahasznosításának lehetőségeit,

különösen a mezőgazdasági területen, illetve ösztönző kezdeményezéseket, valamint akadályokat mutattak fel a további fejlesztés számára [4, 5]. Ezek a tanulmányok az előnyök mellett a szennyvíz mezőgazdaságban való újrahasznosításával kapcsolatos kockázatokat – mint például a mikroorganizmusok mezőgazdasági termékeknek való kitettsége, valamint a tápanyagok, káros anyagok (például nyomanyagok, mikroműanyagok) és sók talajvízbe, illetve talajba való bevitelét – is megemlítik.

Ebben az összefüggésben fontos dolog a szennyvíz mezőgazdasági öntözés területén történő újrahasznosításának minimális követelményeire vonatkozó új európai törvénykezés, amit a 2. fejezetben részletesen tárgyalunk majd. A törvények hazai átültetésével kötelező érvényű jogi keretet teremtünk Németországban. A szennyvíztisztítás szempontjából a víz-újrahasznosítás



területén esedékes jövőbeni projektek számára különösen részletes – például szűrést és fertőtlenítést is tartalmazó – eljárásokat veszünk figyelembe. A membrántechnika használata különösen jó feltételeket biztosít e téren a permeátumok későbbi újrahasznosításához, mivel itt már a mikrobiológiai paraméterek szempontjából is kiváló vízminőség áll rendelkezésre.

Az utóbbi években és évtizedekben a higiéniai paraméterek mellett anyagosztályok széles spektruma is a vízügyi kutatás és a vizes politika fókuszába került; ide tartoznak például a szerves nyomanyagok, melyeket mikroszennyeződéseknek is nevezünk, ugyanúgy, mint ahogy a mikroműanyagokat és az antibiotikumoknak ellenálló anyagokat is. A membrán-eljárás segítségével ez az összes paraméter kezelhető.

Jelen cikkben mindenekeelőtt a – membrán-bioreaktornak (MBR) is nevezett – membrán-eleveniszapos berendezéseket (Membranbelebungsanlage, MBA) és a porózus mikro- vagy ultraszűrő membránokkal (T-MF/UF) felszerelt utánkapcsolt/harmadik szűrési fokozatokat részletezzük. A sűrű membránokat, mint például a nanoszűrést (NF) és a fordított ozmózist (Reverse Osmosis, RO) röviden tárgyaljuk a víz-újrahasznosítás nemzetközi példáival kapcsolatban.

## 2 AKTUÁLIS KERETFELTÉTELEK

A szennyvíztisztítás eljárásainak alkalmazásával kapcsolatban különösen a környezetvédelmi jogi keretfeltételek és a lehetséges vízhasználatok bírnak nagy jelentőséggel. Ebben a szövegösszefüggésben meg kell említeni néhány fejlesztést, melyek összefüggésben állnak az 1. fejezetben említett kihívásokkal.

Miután az Európai Bizottság 2018-ban előterjesztett egy szabályozási javaslatot [6], az Európai Unió tagállamai 2020 tavaszán megegyeztek a szennyvíz újrahasznosítására vonatkozó egységes minimális követelményekben, és a megfelelő rendelet 2020. június 26-án hatályba lépett [Regulation (EU) 2020/741 of the European Parliament and of the Council of 25 May 2020 on minimum requirements for water reuse; az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2020/741 sz. rendelete (2020. május 25.) a víz újrahasznosítására vonatkozó minimum-követelményekről [7]. 2023-ig szükség van az uniós rendelet hazai rendelet formájában történő átültetésére [8, 9]. A szabályozás lényegében különböző minőségi osztályokba sorolt különböző öntözési alkalmazásokra vonatkozó minőségi kritériumokat tartalmaz, olyan indikátor-paraméterek, mint például az *Escherichia coli* baktérium, a  $BOI_5$ , az AFS, a zavarosság és a *Legionella* baktérium vonatkozásában. A rendelet indikatív kezelési módszereket szintén megnevez. A rendelet különösen a legmagasabb, „A” minőségi kategória vonatkozásában (nyersen fogyasztható növények öntözése) számol a szűrést és fertőtlenítést is tartalmazó eljárásokkal, itt membrán-eljárás is alkalmazható. A mikrobiológiai minőség vonatkozásában ehhez a kategóriához < 10 telepkepző egység (CFU)/100 ml *E. coli*-határértéket határoztak meg [7].

A fent említett paraméterekre vonatkozó üzemi felügyelet mellett a rendelet további bővített paraméter-katalógust ír elő az új eljárások vagy alkalmazások üzembe helyezésére vagy használatára vonatkozó úgynevezett „érvényesítéshez”. Továbbá, a rendelet a vízfelhasználásra szolgáló berendezések kialakításával és üzemeltetésével kapcsolatos kockázatkezelést is előírja. A helyi hatóságok készíthetnek a rendelet követelményein túlmutató előírásokat, melyekben további paraméterek (például a nyomanyagok)



is szerepelhetnek. A németországi víz-újrahasznosítás vízjogi szempontjait és a minimális követelményeket már részletesen bemutattuk [10].

A mikro-károsanyagok vagy szerves nyomanyagok olyan szennyezőanyagok, melyek már csekélyebb mennyiségben is jelentős befolyást gyakorolhatnak a természetre és az ember egészségére. Számtalan termékcsoporthoz tartozik: például a gyógyszerek (antibiotikumok, lipidszabályozók, bétablokkolók, antiepileptikumok stb.), testápoló termékek összetevői (tartósítószer, UV-szűrők, illatanyagok, rovarvédőszer), szteroidhormonok, növényvédőszer, valamint bizonyos ipari vegyszerek.

A vízvédelemben az úgynevezett „elsődleges anyagokra” helyezük a hangsúlyt; ezek az Európai Parlament meghatározása szerint olyan káros anyagok és károsanyag-csoportok, melyek jelentős kockázatot jelentenek a vizes környezetre, illetve a vizes környezet által, beleértve az ivóvízkivétel céljából használt vizekre vonatkozó kockázatokat is. A vonatkozó káros anyagokat és károsanyag-csoportokat első alkalommal az EK Víz Keretirányelv (WRRL, Wasserrahmenrichtlinie, 2000/60/EK irányelv) sorolta fel. Az irányelv megjelenési évében – 2000-ben – a lista összesen 33 anyagot és anyagcsoportot tartalmazott. Az elsőbbséget élvező anyagok listájának első felülvizsgálatát a vízügyi politika területén a környezetvédelmi szabványokról szóló 2008/105/EK sz. irányelvekkel, illetve a két fent említett irányelvet módosító 2013/39/EU irányelvvel tették közzé. Az átdolgozott lista így 24 elsődleges és 21 elsődlegesen veszélyes anyagot és anyagcsoportot tartalmaz. A Víz Keretirányelv a többi között ezen anyagok lépésről-lépésre történő eltávolítását vette tervbe, úgy, hogy azok hosszú távon többé ne forduljanak elő élővizekben.

A szennyvíztisztításra vonatkozó, esetleg fontos további keretfeltételek közé tartozik a szövetségi kormány nyomanyag-stratégiájának fejlesztése és megvitatása [11] is. A szennyvíztisztítási folyamatban alkalmazott javítások is a lehetséges intézkedések közé tartoznak.

A Német Antibiotikumrezisztencia-Stratégia (Deutsche Antibiotika Resistenz Strategie, DART 2020) megemlíti a szennyvíz útvonalán történő bevezetést, és azt vizsgálandó témakörként kezeli [12].

A települési szennyvíz kezeléséről szóló 91/271/EGK tanácsi irányelvet 2019-ben európai szinten „naprakészégi ellenőrzésnek” vetették alá, és megállapították, hogy az irányelv foganatosítása révén az elmúlt évtizedekben Európa-szerte hatalmas lépéseket tettek a vízvédelem területén; a nem megfelelően tisztított szennyvizek miatt azonban továbbra is jelentős, de elkerülhető terhelések adódnak – például a kevertvíz-lefolyásokból és a kisebb agglomerációkból. Továbbá, az is egyértelmű, hogy a szennyvízben található mikroműanyaggal és gyógyszerekkel még nem foglalkoztak [13]. Ez az elemzés akár a bonyolultabb tisztítási eljárások alkalmazására is ösztönözhet a jövőben.

### 3 MEMBRÁNELJÁRÁS A KIVÁLÓ VÍZMINŐSÉG ELÉRÉSÉHEZ ÉS AZ ANYAGKÖRFORGÁSOK LEZÁRÁSÁHOZ

#### 3.1 MIKROORGANIZMUSOK ÉS VÍRUSOK VISSZATARTÁSA

Összehasonlítottuk a mikroorganizmusok és a vírusok membrán-eleveniszapos eljárás segítségével történő visszatartását a hagyományos eleveniszapos eljárásban tapasztalható visszatartással. Az 1. ábra az E. coli és az enterococcusok, valamint néhány vírus visszatartásának összefoglaló áttekintését

mutatja. A mikroorganizmusok szennyvízből való eltávolítását általában logaritmikus fokozatokban adjuk meg; az pedig a membrán-eleveniszapos berendezésekben részben több logaritmikus fokozattal magasabban található, mint a hagyományos eleveniszapos berendezésekben.

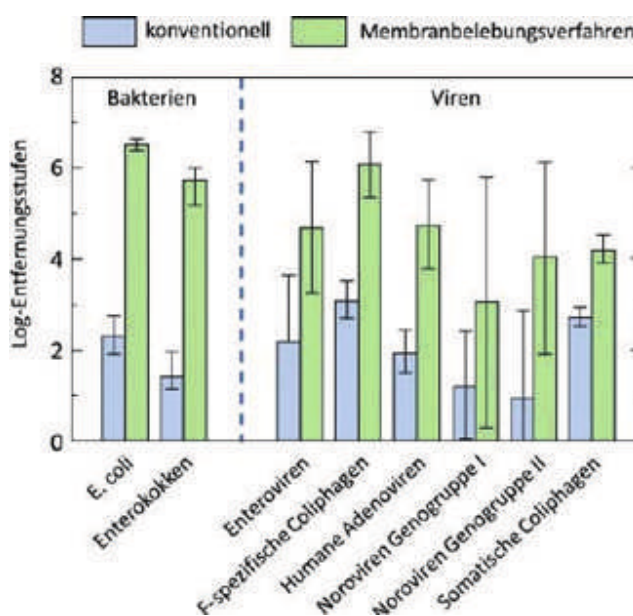
Különböző tanulmányokban az E. Coli indikátor-paraméter vonatkozásában a membrán-eleveniszapos berendezésekből származó permeátumokban például a „kimutathatatlan”-tól egészen 35 CFU/100 ml-ig terjedő mérési értékeket adtak meg [15, 16]. Úgy tűnik, a víz újrahasznosítására vonatkozó új európai törvénykezés követelményei membrán-eleveniszapos berendezésekkel a legmagasabb minőségi osztályban is alapvetően betarthatók, ahogy ezt a Kaarst-északi csatorna, valamint a Seelscheid és Monheim településeken található berendezések üzemi adatai is mutatják (1. és 3. táblázat). Mindenesetre – különösen az elosztóhálózatban vagy az öntözőrendszerben fennálló biológiai stabilitás tekintetében – számos alkalmazás esetén az újrahasznosításban a folyamatot lezáró fertőtlenítést iktattak be. A víz újrahasznosítására szolgáló membrán-berendezések esetén az integritás felügyelete különösen fontos [17].

Az 1. táblázatban az Agger szövetség által üzemeltetett Seelscheid szennyvíztisztító telep (lemezmodulokkal felszerelt membrán-eleveniszapos berendezés) elfolyásának mikrobiológiai minőségére vonatkozó példaértékű adatállomány látható. A kiváló minőségű fürdővíz biztosítására gond nélkül betarthatók az Európai Parlament és a Tanács 2006/7/EK irányelve (a fürdővizek minőségéről szóló irányelv) [18] szerinti, belvizekre vonatkozó minőségi követelmények, amely paraméterek 200 CFU/100 ml (intesztinális enterococcusok), illetve 500 CFU/100 ml E. coli értékeket jelentenek.

Az ivóvízről szóló rendelet § 15 (1c) bekezdése szerinti tényállásnak megfelelő telepszámok – 20 és 36 °C-os inkubációs hőmérséklet esetén – szintén nagyon alacsony értéket adnak.

### 3.2 SZENNYEZŐ HATÁSÚ NYOMANYAGOK ELTÁVOLÍTÁSA

A szerves nyomanyagok messzebbmenő eltávolítására egyre inkább alkalmazunk úgy ózonnal működő oxidatív eljárásokat, mint por alakú vagy granulált formátumú aktív szenet felhasználó adszorptív eljárásokat a szennyvíztisztításban. Elméletileg van lehetőség a nyomanyagok sűrű membránok (NF/RO) segítségével történő visszatartására, ez azonban gyakorlatilag a különleges minőségi követelményekkel járó víz-újrahasznosításra korlátozódik, mivel itt a magas energiafelhasználás és a koncentrátumok keletkezése gondot okoz.



**1. ábra.** Hagymányos eleveniszapos eljárások és membrán-eleveniszapos eljárások összehasonlítása az általában jellemző baktériumok és vírusok eltávolítása vonatkozásában (a [14]-es jegyzet alapján összeállított szakirodalmi adatok)

Német eredeti	Magyar fordítás
konventionell	Hagyományos
Membranbelebungsverfahren	Membrán-eleveniszapos eljárás
Bakterien	Baktériumok
Viren	Vírusok
Log-Entfernungsstufen	Eltávolítás logaritmikus fokozatai
E. coli	E. coli
Enterokokken	Enterococcusok
Enteroviren	Enterovírusok
F-spezifische Coliphagen	F-specifikus colifágok
Humane Adenoviren	Humán adenovírusok
Noroviren Genogruppe I	Norovírusok, I. genocsoport
Noroviren Genogruppe II	Norovírusok, II. genocsoport
Somatische Coliphagen	Szomatikus colifágok

Néhány projektben már vizsgálták az aktív szénpor (PAK) és a membrán eljárás kombinációit különböző formában [20, 21]. A szénport például közvetlenül adagolhatjuk a membránbiológiába, vagy ultraszűrő membránokkal felszerelt utánkapcsolt (harmadik) szűrési fokozat (PAK-UF) elé, melynek megvan az az előnye, hogy a membrán teljes mértékben visszatartja az aktív szénpor-részecskéket [22]. A membránszűrés (T-MF/UF) esetén megvan arra a lehetőség, hogy nagyon gyors adszorpciók kinetikával jellemezhető szuperfinom

szemcseméretű aktív szénport alkalmazzunk [23]. A PAK és a TMF/UF eljárás kombinációjával kapcsolatban részletes információt találnak például a [24]-es és [54]-es; a membrán-bioreaktorba való PAK-adagolással kapcsolatban pedig a [25]-ös, valamint a [26]-os számú szakirodalomban.

Mintavétel dátuma	Az utolsó kémiai tisztítás óta eltelt időszak	Víz hőmérséklet (helyszíni)	Telepszám 20 °C	Telepszám 36 °C	Coliform baktérium	Escherichia coli	Enterococcusok
Egység		°C	CFU/ml	CFU/ml	MPN /100 ml	MPN /100 ml	CFU /100 ml
2018. 07. 27.	12 hónap	22,1	376	13	7	2	< 10
2018. 10. 30.	3 hónap	15,4	2	33	5	2	n. a.
2019. 02. 11.	2 hét	9,6	33	50	1	0	0
2019. 05. 09.	4 hónap	13,6	22	448	1	0	< 10
2019. 07. 24.	6 hónap	20,5	20	30	0	0	< 10
2020. 07. 23.	11 hónap	19,4	36	49	229	46	48

MPN: legvalószínűbb szám (Most Probable Number)

**1. táblázat.** A Seelscheid szennyvíztisztító telepről származó permeátum mikrobiológiai minősége (hat-hat darab, közvetlenül a permeátum-vezetésekből származó egyedi minta átlagértékei) [19]

A nyomanyag-eltávolítás mértéke az aktív szénpor-adagolás és a membránszűrés kombinációja esetén lényegében a fajlagos adagolt mennyiség (PAK/mg oldott szerves szén), nem pedig a használt membrán függvénye. Például az indikátoranyagok bizonyos spektruma lebontásának 80%-os célértékeit kb. 10-20 mg/l-nyi rendszeres aktív szénpor-adagolással elérhetjük.

A különböző anyagosztályok és az egyedi anyagtulajdonságok vonatkozásában mindenestre nagyon széles spektrumon mozgó eltávolítási hatásokot figyeltünk meg, például a röntgen-kontrasztanyagokat a technológia csak mérsékelten adszorptív módon távolította

el. A membránfolyamatokban figyelembe kell venni a fajlagos befolyásoló tényezőket, például a membrán-bioreaktorban jellemzően megnövekedett iszapkört, valamint a membrán szűrőhatását.

A membrán-eleveniszapos berendezések vonatkozásában azt sejtjük, hogy a magasabb iszapkor elősegíti azon speciális baktériumok felhalmozódását, melyek képesek célzottan lebontani a szennyező hatású nyomanyagokat. Megbízható bizonyítékok ugyanakkor nem állnak rendelkezésünkre ezzel kapcsolatban. Az iszaprészekre rakódó hidrofób vegyületeket a membrán természetesen rendkívül



hatékonyan eltávolítja. A membrán-eleveniszapos berendezésekben található nyomanyagok viselkedésével kapcsolatos ismereteket a [27]-es számú szakirodalom foglalja össze.

A membrán-eljárásoknak a szennyező hatású nyomanyagok eltávolításának javítását szolgáló alkalmazására a legjobb esélyeket az integrált membrán-eleveniszapos technológiával és aktívszén-használattal működő eljárásláncok kínálják [26].

### 3.3 MIKROMŰANYAGOK

A mikroműanyag a jelenleg intenzíven vitatott lehetséges károsanyag-csoportok egyike. Mikroműanyagoknak nevezzük az összes, 5 mm-nél kisebb műanyagrészcskét. Különbséget teszünk az elsődleges és a másodlagos mikroműanyag között. Az elsődleges mikroműanyagot ipari körülmények között állítják elő, és azt például a kozmetikaiiparban és a tisztítószerekben alkalmazzák. A másodlagos mikroműanyag a nagyobb műanyagrészcskék darabolódása révén keletkezik (például abrázio vagy UV-sugárzás által); ide számítanak a szintetikus szálak töredékei is, melyek a mosás során leválnak a textiliákról. Egy megfelelő iránymutatásban a mikroműanyagot javasolják indikátor-paraméterként az Európai Unió tengervédelmi stratégiáról szóló keretirányelve antropogén hatásainak csökkentésére [28, 29]. A mikroműanyag felhalmozódását számtalan szervezetben – például kagylók, vízibolhák vagy halak – megfigyelték. Ezen mikroműanyagok környezetre és a növényvilágra tett hatásai még vitatott kérdésnek számítanak.

Az eddigi vizsgálatok azt mutatják, hogy a mikroműanyagok membrán-eleveniszapos

berendezésekben történő visszatartása a hagyományos eleveniszapos berendezésekben mérhető értékeknél magasabb, illetve az 99%-nál magasabb arányban a kimutathatatlan tartományban található. Az alkalmazott elemzési módszerek szerint és az azok segítségével megfigyelt anyagrendszereknek megfelelően a közzétett visszatartások az utóülepítéssel felszerelt hagyományos eleveniszapos berendezésekben 62–98% között mozognak, és ez az érték kiegészítő térbeli szűréssel egészen 99% fölé növelhető [30, 31, 34].

### 3.4 MEMBRÁNTÉCHNIKA A VÍZ- ÉS ERŐFORRÁS-VISSZANYERÉSHEZ

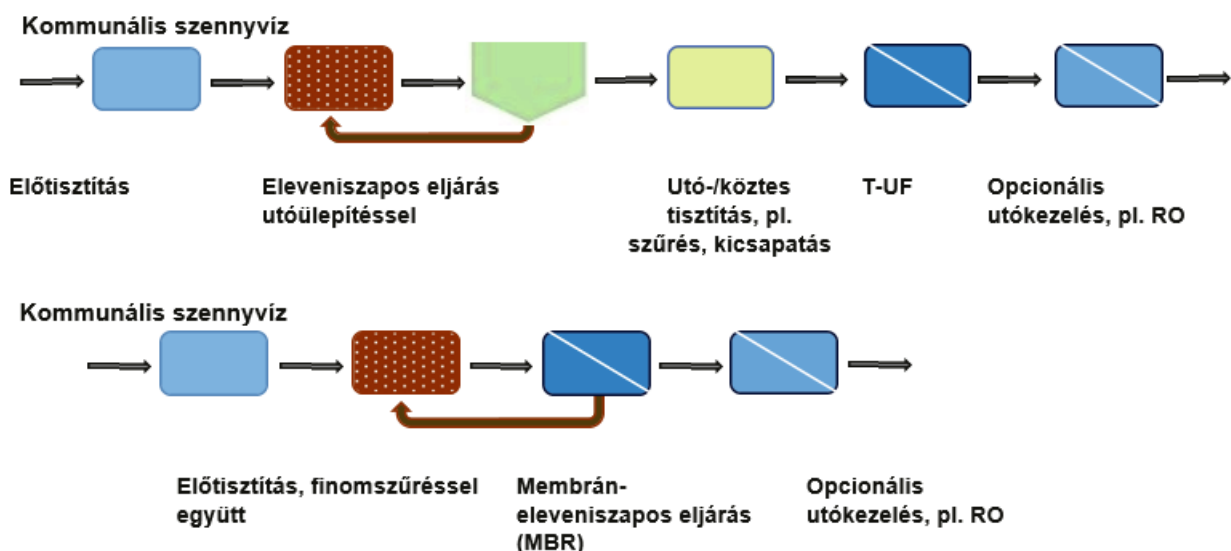
A membrántechnika használatának előnyei – mint például különösen az alacsony helyigény, a moduláris bővíthetőség és a szilárd anyagoktól mentes elfolyás – alkalmazások széles skáláját nyitják meg, beleértve a víz újrahasznosítását és az erőforrások visszanyerését is. Így már ma is alkalmaznak membránberendezéseket például az utasszállító hajókon végzendő szennyvíztisztításra; kommunális és ipari szennyvíztisztító telepeken, valamint decentrális megoldásként a szennyvíz ( részáramok) anyagainak kezelésére. Példaként említenénk a weimari Bauhaus Egyetem, a Hamburg Wasser (a Hamburgi Vízművek), a WTA Technologies GmbH és a TIA Technologien zur Industrie-Abwasser-Behandlung GmbH cégek aktuális, a Szövetségi Oktatási és Kutatási Minisztérium által finanszírozott kutatási és fejlesztési projektjét, ahol a hangsúlyt a szennyvíz és részáramok kezelésére szolgáló gravitációs meghajtású membránreaktor kifejlesztésére helyezték. A projekt fő célja, hogy a szűrkeszennyvíz-részáramokban található ammóniumot – speciális membránrendszer segítségével – még a csúcsterheléssel üzemelő időszakokban is

megfelelő teljesítménnyel elhanyagolhatóan alacsony értékekre csökkentjük; ilyenkor a szennyvíz célzott biológiai tisztításához a többi között a membrán felületén található, általában nem kívánt fedőréteget használjuk [35]. A szilárd anyagoktól mentes elfolyás lehetővé teszi az erőforrások célzott visszanyerését. A szennyvízből történő erőforrás-visszanyerés lehetséges felhasználási területeit a 2. táblázat tartalmazza.

A fent nevezett alkalmazások között a leginkább fejlettek a következő területek: energia, víz és foszfor-visszanyerés. A membrán-eleveniszapos szakasz elfolyásában az utáncapcsolt foszforkicsapítás előnyökkel járna, mivel a folyadék részecskemenetessége megkönnyíti a kiváló minőségű struvitként történő kicsapódást. Megfelelően magasabb koncentrációjú áramlatokban a membránszűrés után telepített  $\text{NH}_4$ -sztrippelés is megoldást jelenthet.

Erőforrás	Felhasználási terület
Víz	Öntözés/üzemi víz
Energiatartalom (termikus, kémiai)	Gáz/áram, hőhálózat
Nitrogén	Trágyázószerek/ipari vegyszerek
Foszfor	Trágyázószerek/ipari vegyszerek
Cellulózrostok	Papír-/kartongyártás
Szabad illékony zsírsavak (VFA, Volatile Fatty Acid)	Biofinomító
Egysejtű fehérje (single cell protein, SCP)	Takarmányok
$\text{CO}_2$	Biofinomító

2. táblázat. A szennyvíz, mint erőforrás – potenciálisan visszanyerhető összetevők és újrahasznosítható anyagok [32]



2. ábra. Példák a membrán-eljárás alkalmazására a szennyvíz-újrahasznosításban

Paraméter	Egység	Kaarst szennyvíz-tisztító telep	Monheim szennyvíztisztító telep	Seelscheid szennyvíztisztító telep
Éves szennyvíz-mennyiség	m <sup>3</sup> /a	4 – 5 mio. m <sup>3</sup> /a	0,8 mio.	0,55 – 0,7 mio.
Átlagos szárazidei lefolyás	m <sup>3</sup> /d	kb. 8000	1250	1350
Maximális lefolyás csapadék esetén	m <sup>3</sup> /d	45 000	5200	8550
Kiépítési méret	Teljes lakosegyenérték	80 000	9700	11 000
Membránfelület	m <sup>2</sup>	< 80 000	12 500	12 480
Membrántípus		Üreges rost	Üreges rost	Lemez
A membrán élettartama	a	10 – 17	13 – 17	> 17
Szűrési idő/visszaöblítés időtartama	s	900/60	500/40	540/60, nincs visszaöblítés
Területspecifikus permeátum-áram (nettó)	l/(m <sup>2</sup> h)	30 – 45	20 – 30	30
Napi átlagos szűrési idő száraz idő esetén	h	3,5 – 4	4,5 – 5,0	3,5
Napi szűrési idő maximális hozzáfolyás esetén	h	16 – 18	20 – 21	23
Medencetérfogat, lakosszám-specifikus (eleveniszap/szűrőkamra/összes)	l/N	90 – 115	140/30/170	105/71/176
Szárazanyag-tartalom a membrán-eleveniszapos medencében/szűrőkamrában	g/l	5,5 – 8	7 – 9/10 – 12	10/12
KOI-elfolyásérték	mg/l	< 20	< 18	< 17
NH <sub>4</sub> -N-elfolyásérték	mg/l	< 1	< 0,2	0,3
NO <sub>3</sub> -N-elfolyásérték	mg/l	< 10	< 6	< 4
Pössz-elfolyásérték	mg/l	< 0,8	< 0,5	0,5
Kémiai tisztítás, in-situ	hetente	1	–	évente 1 – 2 alkalommal
Külső kémiai tisztítás/a kazetta ellenőrzése		1 – 3 évente egyszer	évente kétszer	–
E. Coli a permeátumban	CFU/100 ml	< 10	< 2,5	< 10; < 50 (2020)
Antibiotikumoknak ellenálló E. Coli	csökkentés	több mint 4 logaritmus fokozat	n. a.	n. a.
Membránszűrés energiaigénye (kompresszor/permeátum-szivattyú/összes)	Wh/m <sup>3</sup>	55–200	65/54/119	220/0/220
A teljes berendezés energiaigénye	kWh/m <sup>3</sup>	0,39–0,8 tartomány, átlagban kb. 0,65	átlagban 0,7–0,8	átlagban 0,61

3. táblázat. A Kaarst-északi csatorna, a Monheim és a Seelscheid membrán-eleveniszapos berendezések üzemi jellemzői [19, 53]

Az energia-visszanyerés vonatkozásában az anaerob membrán-bioreaktor segítségével való kezelés érdekes lehetőség, mivel a feloldatlan összetevők felhalmozódása révén lehetségesnek tűnik a kommunális szennyvíz közvetlen kezelése [33]. Ugyanakkor az anaerob membrán-bioreaktorok a kommunális szennyvíztisztítás területén nem jelentik a legkorszerűbb technológiát. Az illékony zsírsavakká (VFA, volatile fatty acids) történő anaerob átalakítás potenciálisan ígéretes. Ha lemondunk a fosszilis nyersanyagok használatáról, az új nyersanyagbázisok feltárását is megköveteli a vegyipar, illetve a műanyaggyártás számára; ehhez minden forrást, a többi között a szennyvizet is fel kell használni. Az illékony zsírsavak – mint vegyi termékek vagy folyékony üzemanyagok kiindulási anyaga – szennyvízből való kinyerésével kapcsolatos különböző bio-finomítói koncepciók alkalmazása olyan kutatási téma, amelyen intenzíven dolgoznak.

### 3.5 MEGLÉVŐ BERENDEZÉSEK KORSZERŰSÍTÉSE MEMBRÁNTECHNOLÓGIÁVAL

A membrán-eleveniszapos eljárás meglévő berendezések korszerűsítésére szolgáló számtalan alkalmazási lehetőségére már többször utaltunk a szakbizottság korábbi publikációiban, például: a KA-7 DWA-szakbizottság 2. munkabeszámolója, 2005, [36], lásd még: [37]. A meglévő szerkezeti anyag felhasználásával a többi között

- nitrogén eltávolításának fokozása az iszapkor növelésével,
- a KOI lebomlási arányainak javulása – különösen a terhelési csúcsok vonatkozásában –, illetve általánosan a befolyó terhelés megnövelése a szárazanyag-tartalom növelésével,

- vagy akár a foszforeltávolítás hatékonyabbá tétele (az elfolyásban lévő részecskéken megkötött foszfát eltávolításával)

is megtervezhető.

### 3.6 MEMBRÁN-ELEVENISZAPOS BERENDEZÉSEK NÉMETORSZÁGI ESETTANULMÁNYAI

A 3. táblázatban esettanulmányokként Németország legnagyobb membrán-eleveniszapos berendezése (Kaarst-északi csatorna, Erftverband), valamint az Agger szövetség seelscheidi és a monheimi szennyvíztisztító telepek központi üzemi jellemzőit adtuk meg, amely adatok sokéves üzemeltetési tapasztalatainkon alapulnak. Az északi csatornában található berendezéssel kapcsolatban a jelenlegi vizsgálatok eredményei – különösen az antibiotikum-rezisztencia területén (HyReKa BMBF- (Szövetségi Oktatási és Kutatási Minisztérium-) projekt: <http://www.hyreka.net>) vannak integrálva [26].

### 4 NEMZETKÖZI TAPASZTALATOK – TÖBBFOKOZATÚ SZENNYVÍZTISZTÍTÁS ÉS A VÍZ ÚJRAHASZNOSÍTÁSA MEMBRÁNOK SEGÍTSÉGÉVEL

A membrán-eljárások egyre nagyobb teret nyernek a hagyományos technológiákkal szemben, és időközben világszerte nagy léptékben meg is honosodtak; különösen abban az esetben, ha a szennyvíztisztításra szigorú minőségi követelmények vonatkoznak, mint például az érzékeny vizekbe való bevezetéssel vagy az ivóvízként történő közvetett (indirect potable reuse – IPR, közvetetten ivóvízként történő újrahasznosítás) vagy esetleg közvetlen újrahasznosítással



kapcsolatban. A membrán-alapú rendszerek előnyei elsősorban a megbízhatóságban, a tisztítási folyamat leegyszerűsítésében és az egyszerű üzemeltetésben rejlenek (lásd például [46]). Mindemellett természetesen a kompaktabb kialakításból, a kisebb mennyiségű szerkezeti elemekből és alacsonyabb vegyszerszükségletből, illetve mérsékeltebb üzemeltetési költségekből adódó gazdasági és ökológiai előnyök is szerepet kapnak.

A tisztítási folyamat különböző fokozataiban különböző membrán-eljárásokat és -típusokat alkalmazunk (2. ábra). Ezekről a [44, 45] szakirodalmi hivatkozások áttekintést nyújtanak, melyek közül a legfontosabb eljárásokat röviden bemutatjuk, és azok később az esettanulmányokban megtalálhatók lesznek. Mind a T-UF (T: harmadik fokozat) technológia, mind a membrán-bioreaktor segítségével lehetővé válik a teljes körű szilárdanyag-visszatartás, valamint a baktériumok és vírusok fokozott visszatartása. Az így megtisztított szennyvíz teljesíti például az új rendeletben található „A” osztály legszigorúbb minőségi követelményeit, vegyszeres fertőtlenítés nélkül (lásd például [50]), vagy adott esetben vegyszeres fertőtlenítés után; továbbá, a szennyvíz a még szigorúbb minőségi követelmények elérése érdekében előkészíthető például fordított ozmózis eljárás (RO) segítségével ivóvízként történő közvetlen (DRP) vagy közvetett (IPR) újrahasznosításra, legyen szó akár rész-, akár teljes áramról.

A namíbiai Windhoekben található Gorengab szennyvíz-újrahasznosító berendezés az első és sokáig egyetlen berendezés a világon, melynek segítségével a tisztított szennyvizet közvetlenül ivóvízként hasznosítják újra. A hagyományos megoldásokból kiindulva a berendezést

1969-ben többször is korszerűsítették műszaki szempontból. A 21 000 m<sup>3</sup>/d kapacitással üzemelő előkészítés magját 2002 óta különböző oxidációs és adszorpciók fokozatok, valamint egy nagynyomású ultraszűrő berendezés képezi, amely fokozatokon átment tisztított szennyvizet aztán talaj- és gátvízzel ivóvízzé elegyítenek. Kiindulván abból, hogy a felszíni vizek minősége fokozatosan romlik, mérlegelni kell az elfolyó szennyvíz jövőbeni, fordított ozmózis segítségével történő részleges kezelését, valamint a membrán-bioreaktorban kezelt kommunális szennyvíz újrahasznosítását [38, 39].

Jelenleg a kuvaiti Sulaibiya-ban (600 000 m<sup>3</sup>/d) és a kaliforniai Orange County-ban (347 000 m<sup>3</sup>/d) található berendezések a világ legnagyobb, öntözési céllal való szennyvíz-újrahasznosításra, illetve talajvíz-dúsításra szolgáló berendezései. A nagynyomású, illetve merülő ultraszűrő membránokat ezeken a helyeken az utóülepítő medence elfolyásának utókezelésére használjuk, és az elfolyó szennyvíz utókezelése fordított ozmózis eljárás segítségével történik.

Szingapúrban a Közütemi Igazgatóság (Public Utilities Board, PUB) 2003 óta különösen intenzíven szorgalmazza a membrán-bioreaktor központi technológiaként történő használatát a szennyvíz-újrahasznosításban. A hagyományos eljárásokhoz képest – mint például a membránok harmadik fokozatként történő használata – az előnyök elsősorban a helyszükségletben, a folyamat nagyobb robusztusságában, valamint az elfolyó tisztított szennyvíz jobb minőségében, illetve az utánkapcsolt fordított ozmózis-fokozat megnövekedett teljesítményében nyilvánulnak meg [40, 51]. Ennek megfelelően a membrán-bioreaktorok különösen új szennyvíztisztító berendezések létesítése, vagy meglévő telepek

Név/hely	Maximális kapacitás [m <sup>3</sup> /d]	Üzembe helyezés	Membrán-fokozat	Újrahasznosítás
New Gorengab Water Reclamation Plant/ Windhoek, Namíbia	21 000	2002	T-pUF	DPR [38, 39]
Ulu Pandan WRP PUB Water Reclamation Projects összege, beleértve: UP (2016 óta)/Szingapúr	18 750 218 000	2006 2016	MBR, RO	IPR, IR [40, 41]
Groundwater Replenishment System/ Orange County, CA, USA	347 000 (terv: 492 000)	2008	T-sUF, RO	IPR [38]
Hamby Water Reclamation Facility/ Abilene, TX, USA	45 425	2015	MBR, RO 60%	IPR [41]
Sulaibiya Wastewater and Reclamation Plant (SWTRP)/Sulaibiya, Kuvait	375 000 600 000	2005 2019 óta	T-pUF, T-sUF, RO	AR, IPR/ [42, 43]
Beenyup Groundwater Reclamation System/ Perth, Ausztrália	38 360 (terv: 76 700)	2016	T-UF, RO	IPR [38]
IWVA Torreele, Belgium	6850	2002	T-sUF, RO	IPR [48]
Svájci berendezések Wädenswil szennyvíztisztító telep Uerikon szennyvíztisztító telep Stäfa szennyvíztisztító telep Zimmerberg/Zürichsee szennyvíztisztító telep	14 700 9000 11 230 73 400	2005 2005 2014 Végleges kiépítés: 2025	MBR MBR MBR PAK-MBR	IPR [49]
Nagy európai membrán-bioreaktor-berendezések: Kaarst, Németország Cannes, Franciaország Versailles, Franciaország Assago, Olaszország Párizs-Achères, Franciaország Brüsszel dél, Belgium Henriksdal, Svédország	45 140 89 000 76 700 124 800 348 000 168 000 864 000	2004 2011 2015 2016 2017 2018 2020	MBR MBR MBR MBR MBR MBR	[52]

Rövidítések: T-: harmadik fokozat; pUF: nagynyomású ultraszűrő; sUF: merülő ultraszűrő; DPR: direct potable reuse (közvetlenül ivóvízként történő újrahasznosítás), IPR: indirect potable reuse (közvetlenül ivóvízként történő újrahasznosítás); AR: újrahasznosítás a mezőgazdasági öntözésben; IR: ipari újrahasznosítás; PAK: aktívszénpor (Pulveraktivkohle)

**4. táblázat.** Kiválasztott globális nagy projektek – a többfokozatú szennyvíztisztítással, illetve a membrántechnika segítségével történő szennyvíz-újrahasznosítással kapcsolatban

bővítése és/vagy optimalizálása esetén lehetnek érdekesek. Az Ulu Pandan bemutató berendezés (18 500 m<sup>3</sup>/d) segítségével megállapított vizsgálati eredmények időközben nagyjából < 0,3 kWh/m<sup>3</sup> értékű energiaigényre álltak be – a membrán-bioreaktorban folytatott teljes körű szennyvíztisztítás vonatkozásában –, illetve nettó értékben mintegy 0,05 kWh/m<sup>3</sup>, az anaerob iszapkezelés révén történő energia-visszanyerés levonása után [47].

Európában is rengeteg egyre nagyobb berendezés valósul és valósult meg – különösen membrán-bioreaktor-berendezések formájában. Viszonylag kis szennyvíztisztító telepekből kiindulva időközben több 100 000 m<sup>3</sup>/d kapacitású berendezéseket helyeztek üzembe (lásd a nagy európai membrán-bioreaktor-berendezésekről szóló összeállításunkat a 4. táblázatban). A világ vélelmezhetően legnagyobb berendezését mostanában helyezik üzembe Stockholmban. A berendezés két szennyvíztisztító telep összekapcsolásának eredménye, egy meglévő, Henriksdal településen található hagyományos berendezés membrán-bioreaktorrá való átalakítása segítségével. A végső kialakítás elérése után a teljes mértékben föld alatt elhelyezett berendezés 535 000 – 864 000 m<sup>3</sup>/d mennyiségű szennyvizet képes kezelni. Az elfolyó szennyvíz minőségére vonatkozó szigorú követelmények mellett az eljárás technika kiválasztása szempontjából a kapacitásbővítéshez szükséges alacsony helyigénynek, illetve az ebből következő költséghatékonyságnak volt döntő jelentősége [52].

A membrán-alapú eljárások az IPR (közvetetten ivóvízként történő újrahasznosítás) esetén is már több mint 15 éve meghonosodtak Európában. Erre példaként a belgiumi IWVA Torreele (T-UF+RO) vízmű – ahol talajvíz-dúsítást végeznek

–, valamint a Zürichi-tó – Zürich kanton legnagyobb ivóvíztárolója – körül található rengeteg membrán-bioreaktor-berendezés említhető. Ezek közül nemrég állították üzembe a legnagyobb membrán-bioreaktor-berendezést, a zimmerbergi szennyvíztisztító telepet (végső kiépítési méret: 73 400 m<sup>3</sup>/d), ahol kiegészítésképpen – aktív szénpor párhuzamos adagolásával – a nyomanyagok teljes körű visszatartása is lehetővé válik. A 4. táblázatban a világszerte megtalálható nagy berendezések listáját állítottuk össze, szakirodalmi hivatkozásokkal.

## 5 VÉGSŐ KÖVETKEZTETÉSEK

A membrán-eleveniszapos eljárásokat évek óta alkalmazzák a szennyvíztisztításban. A technológia használatának előnyeire tartozik különösen az alacsony helyigény, a moduláris bővíthetőség, valamint a szilárd anyagoktól mentes elfolyás révén megvalósítható kiváló tisztítási teljesítmény, ami az újrahasznosítás remek alapját képezi. Időközben a többféle eljárás technikai optimalizálás segítségével a membrán-eleveniszapos berendezések energiaigénye is jelentősen lecsökkent.

Mostanában még gyakran hiányzik a pénzügyi ösztönzés a szennyvíz újrahasznosítására szolgáló eljárások alkalmazására, mivel a legtöbb közép-európai térségben elegendő mennyiségű víz áll rendelkezésre az öntözéshez. Megfigyelhető azonban az is, hogy a talajvízből, valamint a felszíni vízből szerezhető vízkészlet a mezőgazdasági területek öntözéséhez egyre gyakrabban és egyre több térségben egyre szűkösebbé válik. Különösen azonban a legutóbbi két rendkívül száraz nyáron Közép-Európában is szokatlan szárazságot tapasztalhattunk, így megnövekedett az igény az alternatív források, például a tisztított szennyvízből való ivóvíz-kinyerés iránt.

Az iparban már több éve használják a membránok – vagy akár membrán-eleveniszapos eljárások – segítségével megtisztított szennyvizet különböző minőségű üzemi vízként, hogy az végül visszavezethető legyen a gyártási folyamatba (víz újrahasznosítása). Ennek több oka is van:

- Csökkenteni kell a frissvíz-ellátás és a hagyományos szennyvízelvezetés költségeit.
- A rendelkezésre álló ivóvíz- és üzemi víz-készletek nagysága korlátozott, és azokat óvni kell.
- Termelési helyszín vagy a gyártás bővítése a nem elegendő rendelkezésre álló vízmennyiség vagy a kommunális szennyvíztisztító berendezés elégtelen kapacitása miatt nem lehetséges.
- A szennyvíz bevezetésére szolgáló élővíz (felszíni és/vagy talajvíz) a vízmennyiség vagy a tisztított szennyvíz összetevői vonatkozásában nem rendelkezik elegendő kapacitással.

Meg kell vizsgálni, hogy a kommunális és ipari szennyvizek tisztítására szolgáló membrán-technikai berendezésekbe való esetleges nagyobb beruházások milyen mértékben térülnek meg a víz újrahasznosítása révén. Továbbá, a víznek a vízkörforgásba való visszavezetése révén történő újrahasznosításával kapcsolatos mérlegelések során a társadalmi-gazdasági és ökológiai előnyöket is figyelembe kellene venni azok éghajlatváltozásra gyakorolt hatásai tekintetében.

A vízgazdálkodási szakemberek az egyre hosszabbá váló száraz időszakok tudatában a víz/ szennyvíz újrahasznosítására kénytelenek felelősségteljes koncepciókat kifejleszteni, amely koncepcióknak biztosítaniuk kell a megtisztított víz biztonságos felhasználását, illetve úgy a környezet, mint az emberek és állatok egészségének védelmét.

 **IRODALOMJEGYZÉK**





# AZ „ILLEMHELY” TÖRTÉNETE AZ ÓKORTÓL NAPJAINKIG

DR. JUHÁSZ ENDRE

Az élő szervezetek természetes fiziológiája létfenntartásuk érdekében a táplálkozás, melyhez hozzátartozik az anyagcsere, ami nem más, mint a salakanyagok eltávolítása a szervezetből.

Az emberiség történetéhez is ugyan úgy hozzátartozik ez az életfunkció, azonban ennek kielégítése az idők folyamán a külső tényezők körülményeinek változása során, – az életminőség fejlődési szakaszait követve – lényeges átalakuláson ment át.

A két lábra emelkedett tápanyaglánc csúcsán helyet foglaló ember testfelépítéséhez leginkább megfelelő három fázist kielégítő ürítési póz a comb és a gerinc I der alakját követve a guggoló-ülő helyzet vált a legmegfelelőbb elhelyezkedésnek.

Ezt követően ősidők óta kereste egyrészt az éghajlat, másrészt a „társadalmi berendezkedés” externális tényezőihez igazodó a kényelmi adottságokat. (eszközök és funkciót kiszolgáló helyek). Számunkra a kiindulás kissé bizarrnak tűnik. Egyszerűen a szeméremnélküli nyilvános, koedukált ürítő helyek használata az újkorban még a kevésbé civilizált környezetben sem elképzelhető. A tabu témák változásai e téren is mind a fejlődéshez, mind a fejlesztésekhez egyaránt ösztönző hatást fejtettek ki

Etimológiailag nézve a magyar nyelv mind az anyagcsere termékekre, mind az tevékenységgel kapcsolatos helység elnevezésére számtalan szinonimát jegyez (retki, árnyékszék, budi, kloxyó, WC, 00, stb.) A vulgárisnak számító „ szar ” vagy „szarni” szavunk – ami ma már lassan szinte irodalmi kifejezés – finn eredetű és a XVIII. században kezdett elterjedni.

A fennmaradt írásos emlékek közül kiemelkedik Mózesnek a táborban élő zsidók számára szóló egészségügyi intelme, mely az Ótestamentum Tóra V. könyve 23. fejezet 12-13. versében szó szerint így rendelkezik:

**”A táboron kívül valami helyed is legyen, hogy kimehess oda. - És legyen ásócskád a fegyvered mellett, hogy amikor leülsz kívül, gödröt áss azzal, és ha felkelsz, betakarhassad azt, ami elment tőled.”**

A nomád életmódon vagy szórványosan, sátorban, jurtában élő, alacsony laksűrűségű területeken meg volt a lehetőség a rövidúton való természetben történő ürítésre, amit egy vagy két leszúrt karóban való kapaszkodással leegyszerűsített módon meg tudtak oldani. Az ókori ”városiasodás” folyamatában, amikor is bizonyos szintű civilizáltsági igény megjelent, előtérbe került a „környezet szennyezettségének” csökkentésére irányuló hatóságai beavatkozás.

Az illemhely történelmi emlékei leginkább az ókori Római Birodalom fővárosához, azaz magához Rómához kötődnek. A város, a mai Toscana térségében kialakult virágzó Etruszk Birodalomból vált ki (Kr.e. 510.) és rövid idő alatt a Mediterrán térség egyeduralmódójává nőtte ki magát. A közel egy millió lélekszámra felfutott Róma – mint a kialakult birodalom központja – Traianus császár idejében már majd 6,0 millió km<sup>2</sup> kiterjedésű terület felett uralkodott.

Róma lakosságának dinamikus növekedése igen jelentős vízhiánnyal járt, mert a városban és a környékben lévő kutak és források vizei már nem tudták ellátni a szükségleteket, emiatt kénytelenek voltak mesterséges, végig gravitációs távvezetékek kiépítésével a hiányt pótolni. Valójában végső fokon ez váltotta ki, hogy létrejött az Ó kor egyik legcsodálatosabb vízellátó rendszere. E helyen is megemlíthető, hogy az összesen 9 szárnyvezetékéből (akvadukt) álló 416 km hosszú, távvezeték átlagosan ~800 ezer m<sup>3</sup>/d vizet volt képes ontani a városba.

Említésre méltó, hogy a hatalmas birodalom nem volt Róma centrikus. A provinciákban – egyes kevésbé ellenőrizhető feljegyzések szerint – 226-ig összesen 108 nagy kiterjedésű – mai kifejezéssel regionális távvezetékes – csodálatra méltó vízvezeték hálózatot építettek ki. E mellett Rómát követve a nyilvános illemhelyek is hasonló módon kerültek kialakításra.

A bő vízellátásnak köszönhetően számos szökőkút és megszámlálhatatlan közkút díszítette Róma utcáit (ez a hagyomány mai napig is jellemezi az Örök várost). Ez a nagy vízmenyiség járult hozzá a korabeli „vízfolyásos” illemhelyhelyek kialakításához és annak használati” kultúrájához”

A Római Birodalomtól egészen a középkorig természetes volt, hogy a nők és a férfiak a koedukált wc-khez hasonlóan nyilvános fürdőkbe jártak. Ezeket az állam építtette és működtette. Nemcsak „megkönnyebbülés”, a fürdés, de a társasági élet helyszínei is voltak.

A házakba elzáró szerelvények hiányában a víz szabadon áramlott át. A lakásokban nem volt „egészségügyi” helység, minden udvarban koedukált társas „latrinát” építettek, amely alatt folyamatosan bugyogott a víz, magával ragadta az ürüléket és vizelettel együtt vitte az utcára. Az oda kifolyt urinás vizet mosodások számára gyűjtötték össze és mosásra hasznosították.



**1. kép.** Családi „retorád”

Diocletianus császár idejében, Rómában 144 nyilvános koedukált árnyékszék működött, melyeket a közigazgatás a rendszerint bérlőkkel kezeltetett. A kellemes forrásvíz felett a használók nem csupán

megkönnyebbültek, hanem nagy élvezettel hűsöltek trécseltek, megbeszéléseket folytattak, stb., miközben az áramló víz a potyogtatott terméket alóluk az utcára szállította annak minden kellemetlen következményével egyetemben.



2. kép. Feltárt Róma korabeli koedukált, nyilvános illemhely

Egyes leírások szerint az üreges padozatok alá az akkori titkos „rendőrség” összeesküvésektől tartva besúgókat bujtatott el, akik kihallgatták a gondtalanul beszélgetéseket.

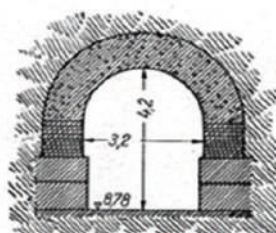


3. kép. Hűsölés és trafikálás a közös illemhelyen

Altestük tisztítására egy 30-40 cm hosszú bot végére spongyát erősítettek (replika xilospongium), amit használat előtt - amint a képen is látható - a közepén elhelyezett sós tenger- vagy citromos vizet tartalmazó medencében „áztattak”. Ezek közös használatúak voltak és hozzá tartoztak a helyhez. Arról nem szól a fáma, hogy milyen gyakran cserélték, viszont mai szemmel melegágyat képezhettek fertőzéseknek, járványoknak.

A mindig pénzhányban küszködő Vespasianus császár 79-ben megadóztatta a mosodások számára az utcára kifolyt urinát gyűjtőket és minden bizonnyal a wc-t kezelőket. Fiának a későbbi Titus császárnak rosszallására, – mely mondás szállóigévé vált - így válaszolt: „Szagold meg, látod a pénznek nincs szaga”!

Feltétlen meg kell említeni az Ókor egyik Római nevezetes létesítményét a Kr.e. 514-ben épített híres **Cloaca Maximát**. A vízvezetékeken folyamatosan áramló és az utcára kiengedett víz, valamint a hegyekről lezúduló csapadék Róma mélyebb részeit teljesen elmocsarasította. A házak udvarában elhelyezett medencék az „illemhelyekből” kivezetett fekáliát bár némiképp visszatartották, de a híg rész – mások mellett az urina – azon túlcsurogva az utcán pangva bűzt és különösen a mély mocsaras részeken maláriát terjesztett.



4. kép. A Cloaca Maxima metszete és belső képe

E mocsarak lecsapolásához a Tiberisbe (mai nevén Tevere) torkolló csatornákat építettek, melyek az áldatlan állapot megszüntetésén túlmenően a területeket hasznosíthatóvá, mezőgazdasági művelésre is alkalmassá tették. Ezeket a csatornákat később lefedték s ugyanekkor a házak kifolyóit, valamint az utcai víznyelőket bekötötték s ez által azok is szennyvíz-csatornává váltak. Így épült ki a Róma egyik nevezetes építménye a két ezer éve üzemelő 738 méter hosszú simára faragott kövekből megépített nagyméretű Cloaca Maxima.



A Római Birodalom bukásával (Kr.u. 486) véget ért a csatornázott, nyilvános illemhelyek kora. A fallal körülvett, túlszűföldött középkori városokban nem volt lehetőség csatornázásra, a nyilvános WC-k ötlete pedig fel sem merült. Ezek hiányában a lakók többnyire a városfal tövében intézték szükségleteiket.

A városi lakosság szaporodásával előtérbe került a zártabb és felfelé történő építési mód, ahol a szabadba történő testmaradék ürítésére még kevesebb hely jutott. A korabeli várépítkezés magas fala arra kínálta a lehetőséget, hogy az épületet „megnyújtva” a potyogtatást egy ülőkével ellátott balkonszerű fülkében végezzék és a „matéria” a várárokba hullott.



5. kép. Falon kívülre helyezett árnyékszék

A bélsár annak rendre-módja szerint alatta el-lepte a fal tövét és takarítás hiányában az esőáldásos tevékenységig búzlott. Növelte a gondot a zártos beépítés, ahol e módszer szinte járhatatlanná tette a gyalogos közlekedést, jól lehet igyekeztek gondoskodni, hogy a potyogtatott anyag lehetőleg ne az utcai frontra, hanem a házak közötti sikátorba hulljon. Szerencsésnek mondhatja magát az a terület, ahol a házakat patak vagy egyéb vízfolyás partjára települtek, itt ugyan is a víz áramlása megoldotta az elszállítás



6. kép. Középkori házsor kilógatott árnyékszékkel

A középkorban a városok lakói a lakásaikban ilyen célra kialakított helység hiányában éjszakára rendszeresítették egy éjjeliedényt, majd reggelente annak tartalmát nemes egyszerűséggel kilötyintették az ablakon.

Az erre a célra kialakított éjjeli edény (bili) olyannyira fontos használati tárgyává vált, hogy gyakorta még a templomba is magukkal vitték és szentbeszéd alatt is nyugodtan használták.





7. kép. Éjjeli edény ürítése az utcára

(Az akkori ipar ezeket számtalan formában és díszítéssel, a megrendelő ízlése és kívánsága szerint mázas és aranyozott kivitellel készítette).

E. kilöttyintett „vegyes termék” elhelyezésnek aztán az lett a következménye, hogy a középkori városi utcákat ellepte az emberi ürülék, amelyet az utcák közepén futó csatorna próbált valahová elvezetni, bár a mocskot leginkább az esővíz tüntette el.



8. kép. Középkori éjjeli edény

Hogy a hölgyek földig érő ruhája a tocsogó ürüléktől ne szennyeződjön, magas talpú pót-facipőket rendszeresítettek járás-kelés céljára.



9. kép. Magasított lábbelik a hosszú ruha védelmére

Egyik párizsi rendelet arra kötelezte az a bilik tartalmát utcára döntögető lakókat, hogy mielőtt reggel vagy este 10 óra után kiöntik a kübli tartalmát, hangos kiáltással – Vigyázz víz! (franciául „Gardáz l'eau”) - figyelmeztessék az ablak alatt járókat.

A XVI-XVII sz. hozott bizonyos előrelépést. A házakba már beépítettek egy-egy kisebb helységet, a padozatba lukat fúrtak és azon keresztül potytyantottak a polgárok. Kényelmi szempontnak számított a guggoló testhelyzet helyett valamely ülő alkalmatosságnak a luk fölé helyezése. Az alatta lévő helységet ritkábban takarították, ami természetesen meglehetősen nagy bűzt eredményezett. Ennek csökkentése érdekében a tehetősebbek ürüléküket ejtőcsövön egy zárt hordóba surrantatták és amikor megteltek elszállították.



10. kép. Igazi székelés a középkorban



11. kép. Középkori hordós ürülék elszállítás Németországban

A köztisztaságot azért idővel számos város megpróbálta rendeletben szabályozni. Például Münchenből és Strassburgból is fennmaradt egy-egy városi rendelet, amely az ürülék és a szemet elszállítására szólította fel a háztulajdonosokat. A 16. században Párizs városa súlyos büntetéssel sújtotta azt a háziurat, aki az udvarában nem gondoskodott megfelelő mélységű és elhelyezésű emésztőgödörrel.

A mai szemlélettel bizalmatlanul lehet fogadni az Ó- és középkor higiénés kultúráját. Az illemhelyek a kornak megfelelően részben megoldották a salakanyagtól való megválást, ám a későbbi korokban felmerülő kérdés volt, hogy hogyan oldották meg az altest „takarítását”? A szivacsos végű eszköznek és annak használatát felváltotta a kéz közelébe jutó moha, föld, lapu és falevelek, többször használatos kendők, rongyok stb.. de nem maradt fel írásos anyag, hogy ez utóbbi közös használatú textíliát pl. milyen gyakran mosták ki.

Az első „toalettpapírra” hasonlító anyag megjelenése és használata kínai eredetű.

A Középkor elején a kínaiakról szóló egykori feljegyzés arról számol be, hogy „Nem törődnek tisztaságukkal, és nem mossák magukat vízzel szükségleteik elvégzése után, hanem csupán megtörlik magukat papírral.

Az ezredforduló tájékán már uralkodói rendelet rögzítette, hogy a császár számára előkészített toalettpapír két láb széles és három láb hosszú kell, hogy legyen. A papír megjelenésével kapcsolatban ez volt a világon az első alkalom, hogy kimondottan az illemhelyen történő használatra készítették.

Kínáról egyébként az is elterjedt el, hogy a vendégségbe érkezőknek addig kellett maradniuk, míg az „értékes” ürüléküket nem hagyták a vendéglátó portáján. (Érvényesítették azt a szokásjogot, hogy „itt zabáltál, itt kakálj!”.) Elképzelhető, hogy egy kiadós „esküvői tor” után mi maradhatott a környezetben.

Noha a modern vízöblítéses toalett előfutára a XVII. sz. elején megjelent, az első nyugati „hivatalos” törőpapírt csupán a XIX. sz. közepén kezdte egy élelmes amerikai (Joseph Gayetty szabadalmazó) gyártani.



12. kép. Toalettpapír az újkorban

Az óta se szeri, se száma és minden WC természetes tartozéka az egyben reklámhordozó, különböző színű, alakú, illatosított, többrétegű, sima vagy érdesített felületű stb.. gyártmányoknak, mely a modern világ egyik sikere a higiéné e területén, a fertőzések, járványok és egyéb betegségek megelőzésének csökkentése vagy elkerülése érdekében.

A városi hatóságok az utcák ürüléktől és szeméttel történő elszennyeződése, a járványok sok helyen és gyakori megjelenése miatt úgy is igyekeztek az áldatlan állapotot segíteni, hogy tereiken a római kort idéző nyilvános, de már zártépítésű illemhelyeket telepítettek. A XVII - XVIII század vívmányainak számító építmények lényegesen lendítettek az e területen kialakult kedvezőtlen szabados szokásokon. A nyugati országokban divó építészeti stílus jegyei tükröződni látszanak a külső formákon is.

Egy németországi példa mutatja be a már elkülönített, férfiak- nők számára használható objektumot. Tekintélyt parancsoló a fekete szín és a vaskos megjelenés. A franciáknál hasonló volt kezdetben a forma és a szín is, ám a lakosság fennakadt és erős nemtetszésének adott kifejezést, hogy ezek a nyilvános „vizeldék” állítólag idővel a meleg kapcsolatteremtő helyévé szélesedett ki. Az ottani tervezők szellemességére jellemzően a „díszjnt” úgy választották meg, hogy a bent tartózkodónak a burkolás csupán comb és váll közötti részét takarta, a lábak és a fej szabadon látszott, így felismerhetővé váltak. Ezzel jelentősen sikerült a „meleg tanyákat” visszaszorítani



13. kép. Középkori nyilvános német és francia utcai „vizeldék”

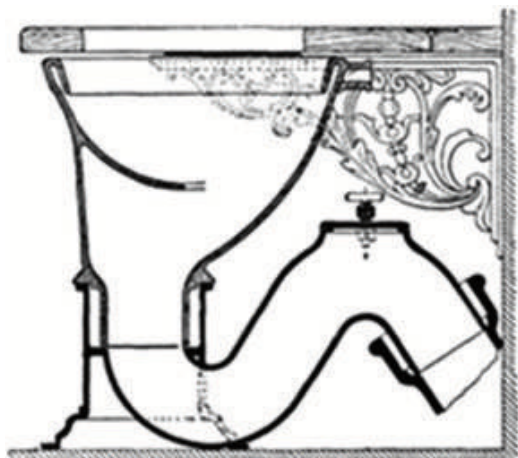
Számunkra teljesen természetes, hogy a WC a házban van, és bármikor használhatjuk. Azt tudjuk, hogy Európában az első fürdőszobák a 19. században jelentek meg, mikor a vezetékes víz elterjedt a lakásokban. Korábban tisztálkodás céljából csak nyilvános fürdők voltak, ahol az emberek a szükségleteik elvégzésén túlmenően játszottak és beszélgettek egymással. Ezt ma már elképzelni sem tudjuk. A középkori kényelem kifejezője volt a bő étkezés utáni ejtőzés és a tele gyomor ürítése. Aki tehetett, kényelmére helységről-helysére mozgatható karosszékben is „székelhetett”, a szolgák gondoskodtak a vödörbe került ürülék elszállításáról, aminek az elhelyezése attól függött, hogy lakótömbben vagy kertvárosban éltek. Számos



14. kép. Mobil házi WC.

egyéb jellemző mellett eltolódott az ipar és mezőgazdaság területén foglalkoztatottak aránya. Hirtelen felgyorsult az urbanizációs folyamat, melynek további hatására, ipari körzetek alakultak ki, megnőtt a „kolóniák” laksűrűsége (emeletes beépítés, kisméretű lakások). A gőzgép és a szivattyú feltalálása után mind a lakosság, mind az ipari felhasználók szinte korlátlanul juthattak vízhez, ugyan ekkor, különösen a „vegyipar” újabb és újabb anyagokat produkált, melynek szennyvize a termelés végpontját követően a csatornáknak kötött ki.





15. kép. Az „angol wc” metszete

Anglia azonban abban is különbözött a többi „fejlődő” országtól, hogy itt találták fel az első „vizes” de még nem vízőblítéses „klozetot”. Ennek első „minta példányát” Sir John Harrington 1594-ben állította elő és Bath környéki vidéki otthonában helyezte üzembe. A feltaláló találmányát „Ajax átváltozása Értekezés egy áporodott témáról” c. munkájával hozta nyilvánosságra. (Az Ajax névvel – szójátékként – abban az időben Angliában a klozetet illették, mely a „jake” szóra utalt.) Az enyhén szólva szabados írás nagy felháborodást keltett a királyi udvarban. I. Erzsébet királynő ettől függetlenül engedélyezte, hogy az „ülő alkalmatosság” egyik mintapéldányt beépítsék Richmond-i palotájába. A „találmány” ugyan nem élte túl az Erzsébet kort, de két évszázad múltán, már vízőblítéses formában újra éledt. Ez is hozzájárult világban a szennyvíz mennyiségének rohamos növekedéséhez.

A nagy ötlet voltaképpen nem is a tartály volt, hanem a vízvezetéken alkalmazott S-kanyar, amely a szag kiáramlását (búzelzáró) akadályozta meg, így a klozetot a lakáson belül is el lehetett helyezni. A WC kagylót eleinte agyagból gyártották, csak később terjedt el a sokkal könnyebben tisztítható porcelán alkalmatosság.



16. kép. Londoni nyilvános illemhely a XVIII:XIX sz. ban



17. kép. Nyilvános angol földalatti WC. lejárata átalakítás után

A XIX sz.-ban Anglia szintén követte a nyilvános WC-k telepítését. Jobbára a térszín alá telepítették és szembetűnő lejárattal hívták fel rá a figyelmet. Ma már kihasználják a régi tágas helységet és – amint a képen is látható – pl. korszerű kávézóvá-, sőt előfordult, hogy lakássá alakították át.

Ahogy az arabok annak idején a „O”-t adták a világnak az angolok is egyébként rendkívül büszkék arra, hogy az emberiség számára sok-sok más



mellett a WC-t ("water closet") ők adták a világnak. (Viktória királynő idejében a várostervezők által tervezett nyilvános helységek szinte palotákként alakították ki. A speciális helység nevére számos és változatos nevet gyártottak. E találmányuk emlékére – az angolokra jellemző hagyomány tiszteletből – létrehozták a Brit Toilet Association-t (BTA), melynek küldetése, hogy a biológiai szükség ne számítson tabu témának. (forrás: R. Hahn Veronika: Az angolok komolyan veszik WC-jüket. Népszabadság 2009. szeptember 26.)



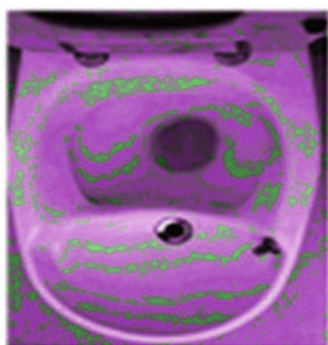
18. kép. Modern japán automatizált WC.

A XX. század ugrásszerű előrelépést mutatott szerte a civilizáció kihasználásában előrébb tartók világában. Már elmaradhatatlan kulturális igényné vált a fürdőszoba az abban elhelyezett vagy igényesebb kialakítás esetén a külön fülkében kézmosóval is felszerelt vízöblítéses WC. Az ipar igyekezett kielégíteni az egyre táguló kívánalmakat és újabb és újabb helykihasználásban, víztakarékosságban és kényelmi szempontokat, melyek érdekében messzemenőleg kedvezőbb dizájnokat dobott és jelenleg is dob a piacra. Az elit a hálószobákhoz tartozóan ragaszkodik a külön WC -vel kiegészített fürdőszobákhoz, a kettős mosdóhoz, bidéhez, stb..

A rohanó életben a lakások szűk keresztmetsze gyakorlatilag a fürdő-WC komplexum lett. Bár összességében a családok az anyagcserére

vonatkozó témákat ha kifelé nem is tabuként kezelik, de bizonyos prűdantéria mindenképp előtérbe került. Ma már az sem ritka, ha a két mosdó mellé két WC-t építenek be, hogy időtakarékoság miatt székelés közben is kicserélhessék gondolataikat.

A technika és a technológia fejlődésének hajtó ereje számos egyéb mellett a jólétből eredő kényelmi igény bizonyos értelemben az úrhatnamság. A japán technika a karfába beépített kapcsolók segítségével a folyamatot automatizálva egyesítette a vécésészét és bidét. Az anum tisztítására beépített irányítható és hőmérséklet szabályozó vízszugár szolgál, míg a szárításhoz meleg levegőt fűjnek be. Szagelszívó és ülés melegítő is hozzátartozik a berendezéshez. Újdonságnak számít – főleg a mozgás sérültek számára – a magasság változtatását szolgáló teleszkóp jellegű megoldás is.



19. kép. Osztott kialakítású modern csészék

Amíg a világ egy tekintélyes részén uralkodóvá vált a csatornázás és vele a használt vizek többé-kevésbé megoldott tisztítása, mely lehetővé teszi az e témában sokszor szóba került életfunkció kényelmes módon és körülmények közötti gyakorlását, több mint két és fél milliárd embernek még megfelelő ivóvíz sem áll rendelkezésre, nem hogy csatornázás, hát még hova tovább angol



**20. kép.** A páros mosdó tovább fejlesztése

WC. A tiszta (ivó) vízzel való takarékoság a WC-k víz felhasználásánál is általános probléma. Ez a kérdés megjelenik az ó- és az új világ fajlagos felhasználása terén is. Az amerikai WC-k szifonos rendszerűek, ami azt jelenti, hogy a csésze használaton kívüli állapotban vízzel teletöltött. Az ürülék a pottyantás után azonnal víz alá kerül, és minimális szaghatással jár. Míg az Európában használatos módszer a végén leöblít vagy „elmos”, az előbbi viszonylag magasabb vízmennyiség felhasználásával a szilárd anyagot magával úsztatja.

Különösen a sokmillió nagyvárosokban igen fontos és nem csupán gazdasági kérdés az öblítő víz oda juttatása és a szennyvíz elvezetése. Számos gyártó cég a vízhasználat csökkentése érdekében azt úgy javasolja megoldani, hogy pl. a férfiak is csak ülve használják. Ez esetben a szilárd és a folyékony ürülék szétválasztható lesz és a hátsó részen megjelenő ürülék elmosását

a fürdő-tusoló, kézmosó víz visszaforgatásával lehet takarékosá tenni.

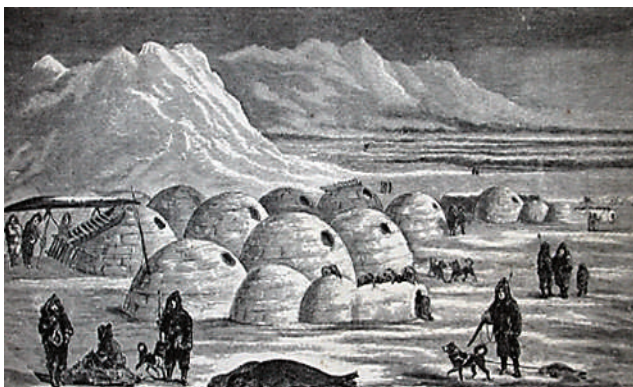
A -40-45 C0 hidegben és a +45-50 C0 körüli hőségben élők anyagcseréjük végzésének tekintetben a civilizált világhoz mérten méltatlan körülmények között élnek. Egyrészt a fél éves sötétségben az igluban élők számára csupán egy vödör szolgál, melyet a jegesmedvék veszélyeztetése mellett a lakóterük környezetében tudnak kiüríteni, másrészt az égető nap alatt élők guggoló pózban, többnyire védtelen hátsó fertállal tisztálkodás nélkül kénytelenek test funkciójukat végrehajtani. A szibériai tundrák övezetében a végtelen hó és fergeteges szél az ősi kétkarós megoldást sem teszi nagyon lehetővé, ezért kénytelenségből fa kalyibás „budi” építésével kell nem csak a hideg, hanem pl. még a farkasok ellen is védekezni.

A nagyzási hóbort egyfajta mintapéldánya pl. a királyi trón utánczása.



**21. kép.** Trónus a XXI. században





22. kép. Az iglu világa



23. kép. Reterád a tajgán

A felgyorsult fejlődő világban a mindenki számára segítségnyújtást adni tudó nap képes hozzájárulni, hogy modern energia átalakító berendezéssel enyhíteni tudjon a kedvezőtlen körülmények között élők számára. Víz ugyan nem nagyon áll rendelkezésükre, de legalább a TV-t tudják közben nézni.



24. kép. Leegyszerűsített „illemhely” Afrikában

A jelenlegi kiterjedt és hosszantartó utazások nem csupán a kényelmet, hanem a speciális berendezéseket is megkövetelik. A száguldó gyorsvonatok teljesen más eszközöket követelnek, mint a hajók vagy a repülők, stb. Külön műfaj az űrhajókon használatos szilárd és cseppfolyós ürülékekkel való „bánásmód”!

A múlt század közepén megjelentek az ún. komposzt WC-k. Rész területeken bevezetése eredményezett sikert, ám összességében nem nyerte el a társadalom által elvárt, alkalmazásra való törekvését.

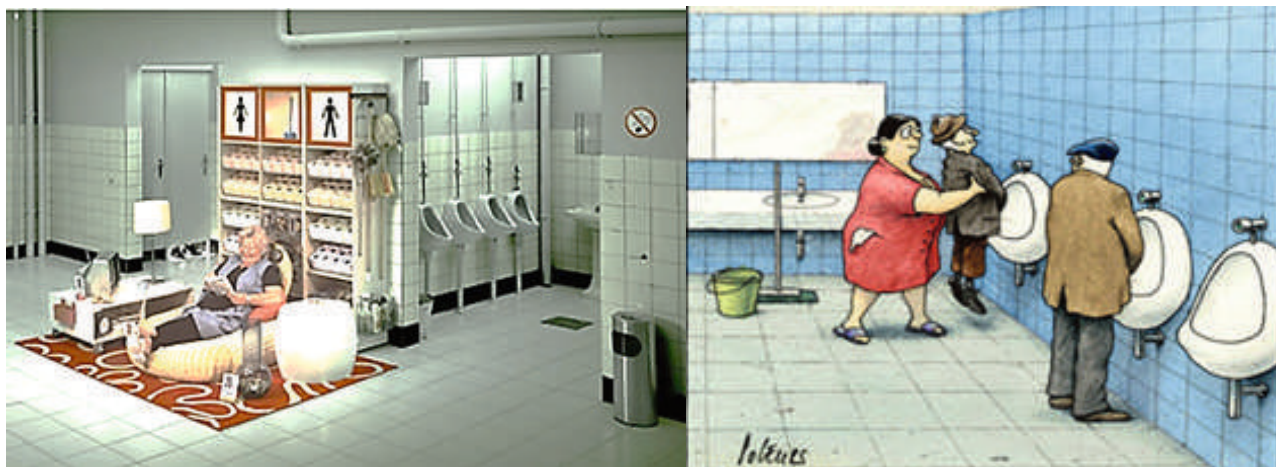
Az átlagember általában azt gondolja, hogy elég a nadrágot letolni, ám mi történik azzal a más területen értéket képviselő anyaggal, az már kevésbé érdekli. Napjainkban e lehetőleg hasznosítással egybekötött ártalommentes akár nyers-, akár szennyvíztisztítóban bármilyen technológiával kezelt iszap elhelyezése világméretű probléma. Az iszapnak gazdasági értéke van, hasznosítása terén van még mit tenni.

A berendezési tárgyak fejlődése mellett a szolgáltatás minősége is sokat változott. A nyilvános pl. aluljárókban telepített WC-k mindent megtesznek az igénybe vevők kulturális kiszolgálása érdekében.

Ide sorolhatók az újabban pénz bedobással igénybe vehető egy személyes utcai vízöblítéses, higiénikus illemhelyek vagy az építkezések számára telepíthető Toy-toy mobil kabinok.



25. kép. Ahol a technika gyorsabban fejlődik mint a csatornázás



**26. kép.** A szolgáltatás színvonalának emelkedése a WC világában

A berendezési tárgyak fejlődése mellett a szolgáltatás minősége is sokat változott. A nyilvános pl. aluljárókban telepített WC-k mindent megtesznek az igénybe vevők kulturális kiszolgálása érdekében.



**27. kép.** Korszerű nyilvános utcai vízőblítéses WC

Az Ó-kori görög világban Kr.e.néhány évszázaddal még falra festett védőszent díszítette a Palota-városok „illemhelyeinek” nevezett lakrészeit. Bizonyára ettől vártak segítséget a rászorulóknak. Ma már világ szervezet is szorgalmazza a testi igény könnyebbé tevő civilizált kielégítésére való törekvést.



**28. kép.** Mobil (telepíthető) WC

A Víz Világnapja (márc. 22) valamint a hazai Vezetékes Ivóvíz napja (júni.12) mellett egy itthon kevésbé reklámozott, Szingapúrban székelő 2001-ben megalakult WC Világszervezet, a World Toilet Organization (WTO)évente november 19-ét, „WC-VILÁGNAPPÁ” nyilvánította. Az ENSZ 67. Közgyűlésén, 2013. július 17-én céljait siker koronázta, amikor 122 ország (köztük Magyarország) támogatásával elfogadták a „Sanitation for All” című határozatot, és ezzel november 19-ét hivatalosan is a WC Világnapjának nyilvánították. Az alapokmány



lerögzíti, hogy alapvető emberi jog, hogy mindenkinek megfelelő minőségű WC rendelkezésre álljon. Több mint két milliárd ember sajnos olyan körülmények között él, nem hogy vízöblítéses WC-je lenne, hanem szorult körülményei között még bármilyen minőségű „árnyékszékkel” sem rendelkezik.

Magyarországon a viszonylag kedvező csatornázottsági ellátottság ellenére, mint egy fél millió lakos számára csak egyszerű árnyékszék áll rendelkezésre. Itt az ideje, hogy a <2000 LE alatttelepülések lassan haladóprogramja mellett ez a kérdés is méltóképp napirendre kerüljön.

Ha már központi támogatásra egyelőre nem sok kilátás ígérkezik, első lépésként kívánatos lenne, hogy legalább a többi világnapi megemlékezések mellett ez a téma is kapja meg a méltatást.



**29. kép.** A megkönnyebbülés Védőszentje az ókori reterádákban (ógörög fali kép)





Az **Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könyvűipari és Környezetmérnöki Kar**

## **„Települési szennyvízgazdálkodási szakmérnök” szakirányú továbbképzési szakot**

indít

**2022. szeptemberi kezdéssel.**

A képzés besorolása: ISCED 5B

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

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

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

A képzési célja:

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

A szakirányú diploma feljogosít:

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

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

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

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

Jelentkezési határidő: 2022. augusztus 15.

Jelentkezni lehet írásban postai vagy online úton a következő címen:

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

A jelentkezési lap letölthető: <https://rkk.uni-obuda.hu/hu/szakiranyu-tovabbkepzesek#3>  
**További információ az alábbi címen kérhető:** [bodane.rita@rkk.uni-obuda.hu](mailto:bodane.rita@rkk.uni-obuda.hu)





## **Környezetvédelmi és Vízügyi Gyakornoki Program**

Ebben a környezetvédelmi és vízügyi gyakornoki programban a kiválasztott egyetemi hallgatók hazai szakcégeknél és más, környezetvédelmi és vízügyi fókuszú szervezeteknél helyezkedhetnek el és szerezhetnek értékes szakmai tapasztalatot.

Bővebb információ: [ITT](#)



## **Global Water Partnership mesterdiplomás gyakornoki program**

Ebben a környezetvédelmi és vízügyi gyakornoki programban a kiválasztott egyetemi hallgatók hazai szakcégeknél és más, környezetvédelmi és vízügyi fókuszú szervezeteknél helyezkedhetnek el és szerezhetnek értékes szakmai tapasztalatot.

Bővebb információ: [ITT](#)



