

Hírsatorna

A MAGYAR VÍZ- ÉS SZENNYVÍZTECHNIKAI SZÖVETSÉG LAPJA
2025/4. szám



MI VÁR HATÓ A JÖVŐTŐL?
- A VÍZKÉSZLETGAZDÁLKODÁS MODELLJEI

LEGYEN ÖN IS TAGJA A SZÖVETSÉGNEK

Szakmai érdekképviselő

Szövetségünk kezdeményező és tevékeny módon képviseli a hazai vízügyi ágazatot. Valódi szolgáltatást végző, független szakmai szervezetként, támogatást nyújtunk a települési vízgazdálkodás területén dolgozó szakemberek munkájához (oktatás, tervezés, gyártás, építés, szak-, területi-, önkormányzati igazgatás, szakképzés, üzemeltetés területén dolgozók).

Stratégiai együttműködéseket alakítunk ki és működtetünk, hazai társszervezetekkel, szövetségekkel, érintett kormányzati szervezetekkel, a tagszervezeteink közé tartozó önkormányzatokkal és hatóságokkal, mellyel megteremtjük egy összehangolt ágazati érdekképviselőt alapját. Felvállaljuk a települési vízgazdálkodás témakörébe tartozó aktuális szakmai kérdések tisztázását, ajánlások megfogalmazását.

Tudásátadás programunkon keresztül megismertetjük a szakmát a legkorszerűbb és leghatékonyabb megoldásokkal.

Hírcsatorna magazinunk negyedévente bemutatja az ágazat legfontosabb történéseit, és a tudásátadás programmal összehangolt, igényes publicisztikákkal jelenik meg.

Tudástárunk több száz szakmai prezentációt és szakanyagot tartalmaz.

Szakmai együttműködő partner

A MaSzeSz, mint széleskörű szakmai kapcsolatrendszerrel és tudással rendelkező független nonprofit szakmai szervezet kiváló együttműködő partner, konzorciumi tag, pályázatok és pilot projektek megvalósításában.

Nemzetközi kapcsolatainkat tagjaink szakmai fejlődése, kapcsolati hálójának szélesítése és üzleti lehetőségeik bővítése érdekében kamatoztatjuk.

Konferenciáink, jelenléti rendezvényeink, lehetőséget biztosítanak találkozásokra a szakmai partnerekkel és potenciális üzletfelekkel.

Vízérték képviselő – társadalmi kommunikáció

Célunk, hogy a víz értékét, és az e mögött álló szakmai munka presztízsét társadalmi szinten elfogadtassuk, és innovatív módon, szakmai alapossággal, következetesen képviseljük a fenntarthatóság szempontjait, és a körforgásos gazdaság megteremtésének fontosságát.

Kedvezmények

MaSzeSz tagként korlátlan hozzáférést szerez Tudástárunkhoz.

Jelentős kedvezményeket nyújtunk a Hírcsatornában megjelenő hirdetésekhez, és a Tudásátadás Programban való megjelenésekhez.

Jelenléti rendezvényeinket ugyancsak számottevő kedvezménnyel tudja látogatni.

IMPRESSZUM

A Mgyar Víz -és Szennyvíztechnikai Szövetség online folyóirata

1118 Budapest, Rétköz utca 5.

Kiadó: MaSzeSz

Kiadásért felel: Tóth-Göttlinger Dóra (főtitkár)

Főszerkesztő: Papp Mária

ISSN 3057-8418 (Online)

Szerkesztőbizottság tagjai: Buzás Kálmán, Csörnyei Géza, Garai György, Karches Tamás, Kiss Katalin, Licskó István, Laky Dóra, Makó Magdolna, Patziger Miklós, Vadkerti Edit, Varga Laura

Megjelenik negyedévente

Grafika és tördelés: Zsiráf Kreatív Ügynökség

TARTALOM

Beköszöntő	4
SZAKMAI - TUDOMÁNYOS ROVAT	
A modell alapú vízkészlet-gazdálkodás gyakorlata <i>Dr. Tran Quang Hop, Juhász István, Dr. Nagy Gábor, Jakus Ádám</i>	5
Milyen változást hozott a NIS 2 a víziközmű ágazatban? A kiberbiztonsági audit tapasztalatai <i>Görög Viktor, Szűcs Levente</i>	24
Milyen anyagok fordulhatnak elő a szennyvíziszapban? <i>Prof. Dr. Juhász Endre</i>	35
Az Észak-pesti szennyvíztisztító telep eleveniszapos levegőztető rendszerének korszerűsítése <i>Tóth Dániel</i>	44
Gyapjú, mint lehetőség olajszennyezett vizek tisztítására <i>Papp Zaránd, Nyerki Botond</i>	57
Spiráltekercselt csöveket alkalmazó No-Dig eljárások Ausztráliából <i>Lőrincz András</i>	70
ÁGAZATI HÍREK	
Dr. Bardóczyné dr. Székely Emőkére emlékezünk	80
Dr. Somlyódy Lászlóra emlékezünk - <i>dr. Szöllősi-Nagy András</i>	82
MHT Vízminőségi és Víztechnológiai Szakosztály Beszámoló A 19. Ivóvízbiztonsági konferenciáról <i>Összeállította: dr. Borsányi Mátyás, dr. Laky Dóra</i>	84
Fenntartható vízgazdálkodás? <i>Összeállította: dr. Bezsenyi Anikó</i>	87
Erasmus+ NSSF – New Steps Safe Future	94
Rövid összefoglaló a MaSzeSz 2025. évi konferenciájáról	98
HÍREK	
A hidrogén-szulfid emisszió kontrollja nyomás alatti szennyvízrendszerekben az EST technológia terepi vizsgálatai alapján	102
SAJTÓFIGYELŐ – Hírcsatorna 2025/4.	104
Könyvismertetés	108
KÉPZÉSI AJÁNLÓ - ESEMÉNYEK	
Miskolci Egyetem hirdetménye	111
Debreceni Egyetem hirdetménye	112
Pannon Egyetem hirdetménye	113
Óbudai Egyetem hirdetménye	114
Nemzeti Közszolgálati Egyetem hirdetménye	117

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!



Napjaink egyik **leg-összetettebb és leg-súlyosabb környezeti kihívása az éghajlat-változás**. Ennek hatása társadalmi, gazdasági és ökológiai rendszereink valamennyi ele-

mére kiterjed, mely jelentős mértékben befolyásolja a vízkészletek mennyiségét és eloszlását. Különösen az Alföld térségében tartós és jelentős talajvízszint-süllyedés, a vizes élőhelyek kiterjedése egyértelműen csökken. „Szükségessé válik az alkalmazkodóképesség erősítése, a rugalmas, dinamikus vízkészlet-gazdálkodás megközelítése” - olvashatjuk a bevezető cikkben.

A következő cikknek a témája **„a vízi közmű ágazat, mint kritikus infrastruktúra”**. A digitális megoldások egyre szélesebb körű elterjedése miatt a támadási felületek növekszenek, ami a szolgáltatás biztonságának érdekében egyre többet kénytelenek ezzel a területtel is foglalkozni. Ez azt is jelenti, hogy **a kiberbiztonság napjainkra megkerülhetetlen kérdéssé és egyben feladattá vált a vízi közmű ágazat számára**.

A szennyvíziszap nem hulladék, hanem potenciális energiaforrás”, olvashatjuk a cikk bevezetőjében, ami azt jelenti, hogy a benne lévő összetevők alapján olyan alapanyag, mely közvetlenül vagy közvetve – megfelelő átalakítás után- képes kiváltani vagy pótolni, ezáltal értékes anyagok tárházát.

A nem megfelelően kezelt víz hozzájárulhat a vízkészletek szennyeződéséhez,

írják a szerzők, akik **kutatásuk központjába a gyapjút** állították. A gyapjúrostok különleges szerkezetének köszöntően képesek magukba szívni az olajat, miközben a vizet részben átengedik. Ez lehetővé teszi, hogy szűrőként alkalmazzák a szennyezett vizek tisztításában. Sikeresen befejeződött a **Fővárosi Csatornázási Művek Észak-pesti telepének eleveniszapos levegőztető rendszerének korszerűsítése**. A fejlesztés jelentős előre lépést jelent a telep biológiai tisztítási folyamatának stabilizálásában, hatékonyságában, valamint energia felhasználásában.

A településeket behálózó közművezetékek meghibásodásai jelentős zavarokat, problémákat okozhatnak a mindennapokban. **A csővezetékek rendszeres vizsgálata, karbantartása és szükség esetén javítása, felújítása** elengedhetetlen a felelős működtetéséhez. Az utóbbi években a csőfelújítások, rekonstrukciók területén a hagyományos feltárásos eljárások mellett egyre nagyobb területet foglalnak el a feltárás nélküli, úgynevezett

No - Dig technológiák, ami fontos költségta-
karékos megoldásokat kínálnak.

Kedves Olvasók!

Ez évi utolsó számunkat olvassák. A Szerkesztőbizottság tagjaival együtt reméljük, ebben az évben is sikerült a szakma számára érdekes, aktuális tartalmakat megjelentetni az újságunkban.

Minden kedves Olvasónak Boldog ünnepeket kívánunk!

Dr. Papp Mária
a Szerkesztőbizottság nevében

A MODELL ALAPÚ VÍZKÉSZLET-GAZDÁLKODÁS GYAKORLATA

Dr. Tran Quang Hop (Országos Vízügyi Főigazgatóság, Vízyűjtő-gazdálkodási Osztály)

Juhász István (Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, Vízvédelmi és Vízyűjtő-gazdálkodási Osztály)

Dr. Nagy Gábor (Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, Vízvédelmi és Vízyűjtő-gazdálkodási Osztály)

Jakus Ádám (Országos Vízügyi Főigazgatóság, Vízyűjtő-gazdálkodási Osztály)

PROBLÉMAFELVETÉS

Az éghajlatváltozás korunk egyik legösszetettebb és legsúlyosabb környezeti kihívása, amely hatásaiban társadalmi, gazdasági és ökológiai rendszereink valamennyi elemére kiterjed. Az elmúlt évek tapasztalatai rávilágítottak arra, hogy az éghajlatváltozás jelentős mértékben befolyásolja a vízkészletek mennyiségét és eloszlását. A csapadékmennyiség sokéves átlaga önmagában nem tükrözi a probléma súlyosságát, mivel a szélsőséges időjárási események – azok gyakorisága és intenzitása – jelentik a legnagyobb kihívást (VGT3, 2021). A csapadékeloszlás térbeli és időbeli egyenlőtlensége a vízkészletek eloszlásának torzulásához vezet, így egyes térségekben egy éven belül akár súlyos vízhiány és árvizek is előfordulhatnak.

A hőmérséklet elmúlt négy évtizedben tapasztalt, mintegy +2°C-os emelkedése tovább fokozta a hidrológiai egyensúly felborulását (Bartholy et al., 2022). Ennek következtében növekedett az időszakos jellegű vízfolyások száma, valamint az időszakos vízfolyásszakaszok hossza is (Szalay et al., 2024). Ezzel párhuzamosan az állandó vízfolyások vízhozama csökkenő tendenciát mutat.

Az ország több területén, különösen az Alföld térségében tartós és jelentős talajvízszint-süllyedés figyelhető meg, amely tovább súlyosbítja a mezőgazdasági vízhiány problémáját (Tölgyesi et al., 2020; Tran et al., 2022). Ökológiai szempontból a vizes élőhelyek kiterjedése csökken, a biodiverzitás mérséklődik (OECD, 2018). Mindemellett a vízigények – különösen az öntözés tekintetében – növekednek, miközben a természetes vízutánpótlás egyre szűkösebbé válik.

A vízkészlet-gazdálkodás gyakorlati megvalósítása során egyre nyilvánvalóbbá válik, hogy a hagyományos, statikus szemléletű módszerek (például a fix készletbecslések) korlátozottan alkalmasak a döntéstámogatásra, és nem képesek megfelelően reagálni a gyorsan változó környezeti feltételekre.

Mindezek a tényezők szükségessé teszik az alkalmazkodóképesség erősítését, valamint a rugalmas, dinamikus vízkészlet-gazdálkodási megközelítések előtérbe helyezését. A jövő vízgazdálkodásának kulcsa abban rejlik, hogy a vízkészleteket ne csak statikus, hanem dinamikus rendszerként kezeljük, figyelembe véve az aktuális és előrejelzett környezeti, társadalmi és gazdasági hatásokat. A dinamikus vízkészlet-gazdálkodás megvalósítása komplex

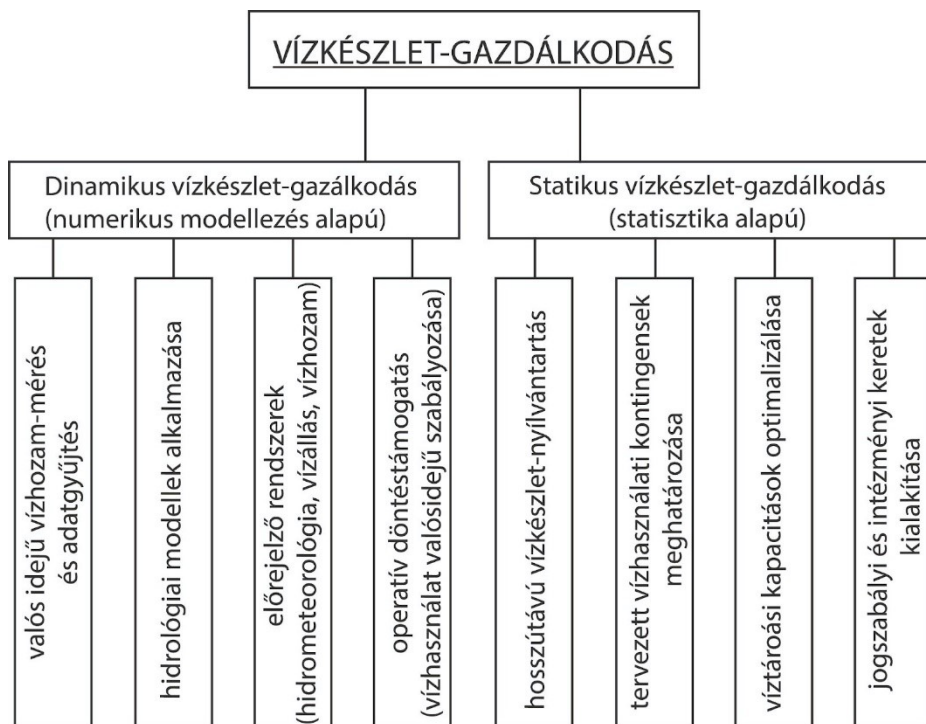
szemléletet és holisztikus megközelítést igényel, amely képes integrálni a természeti folyamatokat, a technológiai lehetőségeket és a társadalmi-gazdasági szükségleteket egyaránt.

A STATISZTIKAI ÉS MODELL ALAPÚ VÍZKÉSZLET-GAZDÁLKODÁS KÖZÖTTI KÜLÖNBSÉG

A statisztikai vízkészlet-gazdálkodás alapvetően hosszú távú, múltbeli adatsorokra – például vízhozamokra és vízhasználati statisztikákra – épül, míg a modellalapú megközelítés prediktív modellek alkalmazásával a jövőbeli vízgazdálkodási helyzetek szimulációját teszi lehetővé. A statisztikai módszerek a vízellátás megbízhatóságának értékelését elsősorban trend-, átlag- és gyakorisági elemzéseken keresztül végzik, míg a modellalapú rendszerek a fizikai és hidrológiai folyamatok

integrálásával a vízmozgások és a vízkörforgás aktuális dinamikus leírását teszik lehetővé. A statisztikai megközelítés előnye az egyszerűség, a gyors alkalmazhatóság és az alacsony adatigény, hátránya viszont, hogy kevésféle, de nagyszámú adatot igényel, és nehezen kezeli a szélsőséges vagy váratlan eseményeket, például haváriákat vagy extrém hidrológiai helyzeteket. Ezzel szemben a modellalapú rendszerek alkalmasak összetett forgatókönyvek – például aszályok, árvizek vagy éghajlatváltozással terhelt jövőképek – elemzésére és értékelésére.

A statisztikai elemzés jellemzően a történelmi mintázatok extrapolációjára korlátozódik, míg a modellezés lehetőséget biztosít különböző beavatkozások – például tározóépítés, öntözési rendszerek módosítása vagy vízmegtartó intézkedések – hatásainak előzetes vizsgálatára. A statisztikai módszerek gyakran vízmérleg-számításokat, korrelációs



1. ábra. A statikus és a dinamikus vízkészlet-gazdálkodás összehasonlítása

és trend-analíziseket alkalmaznak, míg a modellalapú megközelítések kiegészülhetnek térinformatikai eszközökkel, hidrológiai és hidrodinamikai modellekkel, illetve egyre gyakrabban gépi tanulási algoritmusokkal is. A statisztikai megközelítések egyik fő korlátja, hogy nem képesek megfelelően kezelni a klímaváltozás által előidézett nemlineáris, rendszerszintű változásokat. Az ilyen módszerekkel azonosított trendek gyorsan érvényüket veszíthetik, ha az éghajlatváltozás következtében alapvetően módosul a vízjárás vagy a vízkészletek utánpótlódásának dinamikája. A modellezés során ezért egyre nagyobb hangsúlyt kap a bizonytalanságok kezelése – több forgatókönyv párhuzamos futtatásával, érzékenységvizsgálatokkal és valószínűségi megközelítések alkalmazásával. Összességében a statisztikai és a modellalapú vízkészlet-gazdálkodási megközelítések egymást kiegészítve járulnak hozzá a fenntartható vízhasználatához (1. ábra): míg a statisztikai módszerek tapasztalati alapot biztosítanak a múltbeli mintázatok megértéséhez, addig a modellalapú rendszerek támogatják a jövőorientált, adaptív és rugalmas döntéshozatalt.

A MODELLEK KIVÁLASZTÁSA ÉS LEÍRÁSA

A vízgyűjtő-szintű vízgazdálkodási döntések megalapozásához elengedhetetlen a vízmozgások térbeli és időbeli változásainak pontos ismerete, amely különböző modellezési technikák alkalmazásával szimulálható. A hidrológiai és hidrodinamikai modellek lehetővé teszik e folyamatok kvantitatív leírását, előrejelzését és értelmezését. A két megközelítés egymást kiegészítve képes a vízgyűjtő rendszer működésének átfogó értékelésére (Brunner, 2016).

Az információs technológiák fejlődésével a térinformatikai rendszerek (GIS), valamint a különféle matematikai és fizikai alapú hidrológiai modellező szoftverek alkalmazása széles körben elérhetővé vált a kutatások számára. Ennek eredményeként az elmúlt évtizedekben számos hidrológiai modellező rendszer született, amelyek az információtechnológia, a hidrológia, a távérzékelés és a földrajzi információs rendszerek párhuzamos fejlődésével együtt egyre komplexebb képességekkel rendelkeznek.

A modellek sokfélesége ugyanakkor felveti a kérdést: melyik a leghatékonyabb és legalkalmasabb eszköz egy adott vízgazdálkodási cél megvalósítására? A hazai adatviszonyokat figyelembe véve olyan megoldások preferálhatók, amelyek egyszerűen kezelhetők, felhasználóbarát felülettel rendelkeznek, és szabadon hozzáférhetők. E feltételek alapján az Amerikai Egyesült Államok Katonai Mérnöki Karának hidrológusai által fejlesztett HEC-modulok – a HEC-RAS (mederbeli lefolyásmodell) és a HEC-HMS (csapadék-lefolyás modell) – tekinthetők különösen igényesnek.

A HEC-RAS (River Analysis System – Vízfolyás Elemző Rendszer) négy fő hidraulikai elemzési komponenst biztosít:

- egydimenziós egyenletes áramlási vízfelületi profilszámításokat;
- egy- és kétdimenziós tranziens áramlási szimulációkat;
- határfelületi üledékszállítási számításokat;
- víz hőmérséklet- és anyagtranszport-modellezést.

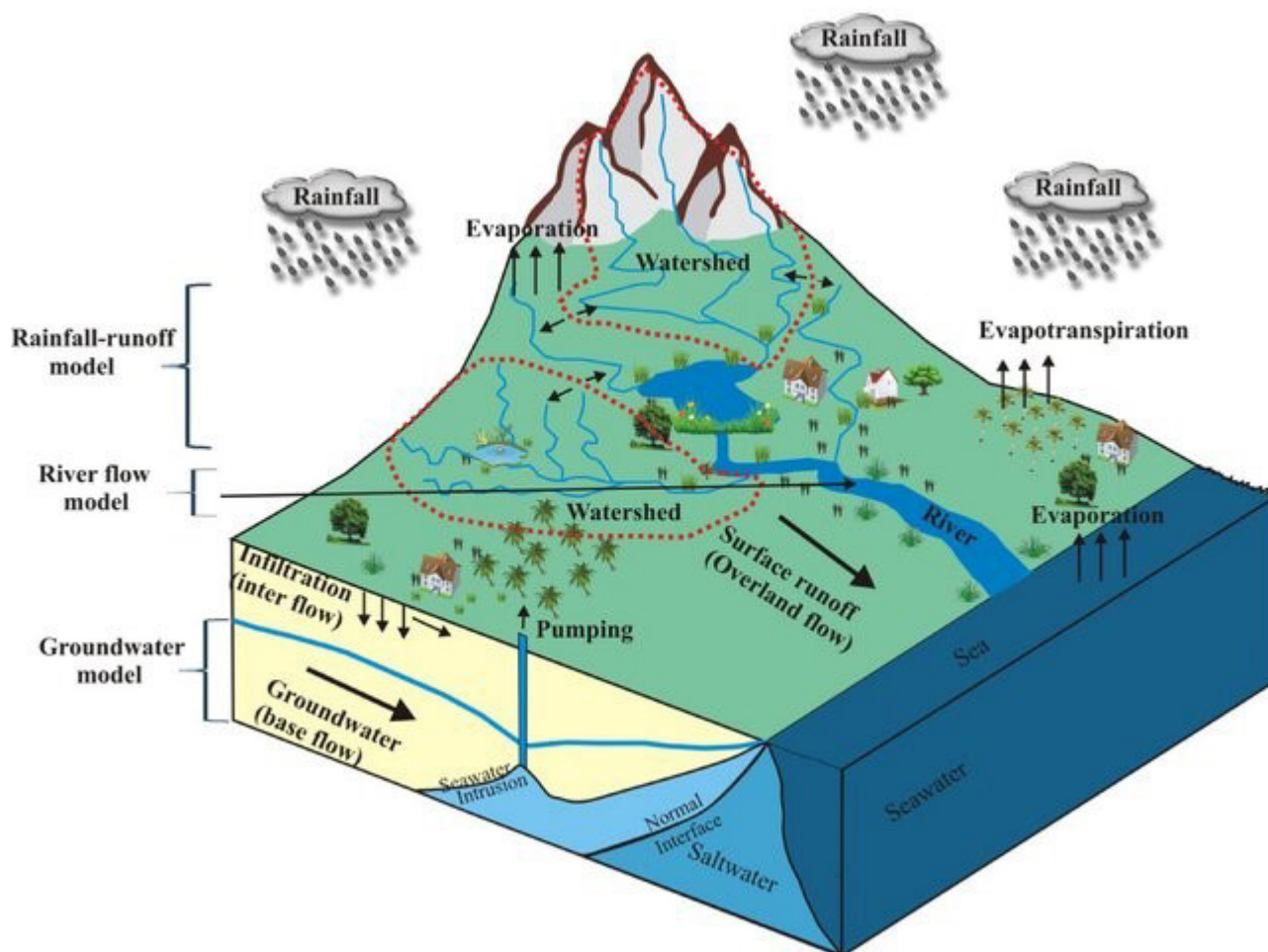
A modell a Saint-Venant-egyenletekre épül, amelyek a vízmozgás tömeg- és impulzus megmaradási törvényeit írják le. A HEC-RAS alkalmas a vízszintek és áramlási sebességek

meghatározására adott vízhozam mellett, az árvíz hullámok levonulásának modellezésére, valamint a hidak, zsilipek, bukók és egyéb műtárgyak hidraulikai hatásainak vizsgálatára. Hátrányt jelent azonban, hogy síkvidéki területeken kevésbé pontos: a modell nehezen kezeli a kis lejtésű terepviszonyokat, és alapváltozata nem veszi figyelembe az evapotranszpirációt. Az újabb, 6.0-s verzió már képes a térben változó csapadék, szél és beszivárgás szimulációjára, azonban továbbra sem modellezi a felszíni és felszín alatti víz közötti kölcsönhatásokat, ami különösen az alacsonyan fekvő területeken jelent problémát. Emiatt a vízháztartási folyamatok teljes

körű elemzéséhez célszerű a HEC-RAS-t más modellekkel – elsősorban a HEC-HMS-sel – kombináltan alkalmazni.

A HEC-HMS (Hydrologic Modeling System – Hidrológiai Modellező Rendszer) a következő területeken alkalmazható:

- városi árvízi vizsgálatok;
- árvízgyakorlási és árvízcsökkentési elemzések;
- árvízvédelmi és riasztórendszerek tervezése;
- tározók tervezési tanulmányai;
- környezeti hatásvizsgálatok;
- felszíni eróziós és hordaléktranszport-tanulmányok.



2. ábra. A csapadék lefolyás modellek (rainfall-runoff modell), a vízfolyások hidrodinamikai modelljeinek (river flow modell) és a felszín alatti víz modelljeinek (groundwater modell) koncepciójának ábrázolása (Rajaveni et al., 2021)

A modell elsősorban a lefolyási folyamatok – például a csapadékból származó közvetlen lefolyás, a felszínközeli áramlás és a mederlefolyás – szimulációjára fókuszál. A HEC-HMS figyelembe veszi az infiltrációt, az evapotranszspirációt, a tározást és a felszíni lefolyást, ezáltal különösen alkalmas árvizek, extrém csapadékesemények és vízháztartási problémák vizsgálatára (HEC, 2024). A modell integrálható az ArcGIS-alapú térinformatikai adatokkal a HEC-GeoHMS és ArcHydro kiegészítők segítségével, és optimalizáló algoritmusokkal kalibrálható.

A HEC-HMS ugyanakkor hajlamos az árvíz-csúcsok túlbecslésére, a szimulációk pontossága pedig jelentősen függ a vízgyűjtő fizikai jellemzőitől. A bemeneti paraméterek – mint az összegyülekezési idő, a beépítettség mértéke vagy a talaj telítettség állapota – beállítása során ezért nagy körültekintés szükséges (Hegedüs, 2015).

A modellválasztás során figyelembe vettük, hogy a felszíni vízkészletek meghatározásához elsősorban a vízhozam és vízállás változás pontos szimulációjára van szükség. Ennek megfelelően a HEC-RAS és HEC-HMS modellek korlátai nem jelentenek jelentős akadályt a vizsgálat szempontjából. A hidrológiai (csapadék-lefolyás) és hidrodinamikai (mederbeli áramlás) folyamatokat leíró rendszerek koncepcionális kapcsolata a 2. ábrán látható.

MODELL FELÉPÍTÉS

HEC-RAS modell bemeneti adatai

A HEC-RAS modell megbízható működésének alapfeltétele, hogy a geometriai, hidrológiai és határfeltételeket leíró bemenő adatok megfelelő részletességgel és pontossággal

kerüljenek megadásra, mivel ezek határozzák meg a számított vízmozgások térbeli és időbeli változását. A modell előkészítése során kiemelt figyelmet igényel a keresztmetszeti adatok geodéziai pontossága, valamint a Manning-féle érdességi tényezők helyes megválasztása, hiszen ezek a paraméterek döntő mértékben befolyásolják a hidraulikai eredmények realitását.

A határfeltételek helyes definiálása nem csupán a modell stabilitását, hanem a numerikus konvergencia biztosítását is meghatározza. Ennek érdekében a használt vízhozam- és vízszint-idősorokat a rendelkezésre álló mérési adatok alapján szükséges kalibrálni.

A HEC-RAS integrált hidraulikai számítási rendszere lehetővé teszi a különböző fizikai folyamatok – például az áramlási viszonyok, a mederanyag-mozgás és a tározási hatások – egyidejű elemzését, ezáltal komplex vízgazdálkodási problémák, például árvízlefolyás, műtárgyhatások vagy vízszint-idősorok vizsgálatára különösen alkalmas.

HEC-HMS modell bemeneti adatai

A HEC-HMS modell hatékony és megbízható alkalmazásának alapfeltétele, hogy a hidrológiai rendszer jellemzőit leíró bemenő adatok – úgymint a csapadék, a párolgás, a lefolyási paraméterek és a tározási tulajdonságok – kellő részletességgel és pontossággal kerüljenek megadásra.

A modellstruktúra kialakítása során elengedhetetlen a vízgyűjtő térbeli felosztásának, valamint az egyes alvízgyűjtők és folyószakaszok közötti hidrológiai kapcsolatok pontos definiálása, mivel ezek határozzák meg a lefolyási folyamatok térbeli és időbeli dinamikáját. A csapadék-lefolyás átalakulás megfelelő reprezentációjához különös figyelmet

kell fordítani az alkalmazott módszer (pl. (Soil Conservation Service – Talajvédelmi Szolgálat, Görbeszám, vagy Initial and Constant – Kiindulási és Konstans) helyes paraméterezésére, valamint a talaj- és felszínborítási viszonyok reális leírására.

A tározási és koncentrációs folyamatok modellezése során a Muskingum-paraméterek és a tározási görbék pontos megadása kulcsfontosságú a lefolyási görbék időbeli eltolódásának és csillapításának valósághű szimulációjához. A határ- és kezdeti feltételek helyes megadása szintén meghatározó a modell stabilitása és konvergenciája szempontjából, ezért a paramétereket kalibrálni és validálni szükséges a mérési adatok alapján. A HEC-HMS integrált szerkezete lehetővé teszi a különböző hidrológiai folyamatok – mint a csapadék-lefolyás átalakulás, a felszíni és felszín alatti vízmozgások, valamint a tározási hatások – együttes vizsgálatát. Ezáltal a modell különösen értékes eszközt jelent komplex vízkészlet-gazdálkodási, vízháztartási és árvízmodellezési feladatok megoldásában.

Modellek kalibrációja és validálása

A modellek kalibrálása és validálása a hidrológiai és hidraulikai modellezés egyik legfontosabb, meghatározó lépése. A kalibráció célja, hogy az adott vízgyűjtőre és vízfolyásra vonatkozó mérési adatok felhasználásával a modell paramétereit olyan módon finomhangoljuk, hogy a szimulációk a valós mért adatokhoz a lehető legnagyobb pontossággal illeszkedjenek. A folyamat során tipikusan módosításra kerülnek a hatékony csapadékot befolyásoló tényezők, a talaj-infiltrációs paraméterek, valamint a Manning-féle érdességi együtthatók, illetve más hidraulikai jellemzők.

A validálás a modell független ellenőrzését szolgálja, amelynek során a kalibrációs időszaktól eltérő esemény vagy időszak adataival hasonlítjuk össze a modell eredményeit. Ennek célja annak vizsgálata, hogy a modell mennyire képes általánosítani a tanult viselkedést, és megbízható előrejelzéseket adni különböző hidrológiai feltételek mellett.

A sikeres kalibráció és validálás biztosítja, hogy a modell a későbbi forgatókönyv-elemzések, vízgazdálkodási döntéstámogatás vagy árvízmodellezési szimulációk során hiteles és reprodukálható eredményeket szolgáltatson.

A HYDROLOGIC MODELLING PLATFORM LÉTREHOZÁSA

A hidrológiai és hidraulikai modellek felépítése, üzemeltetése összetett, több lépésből álló folyamat, amely magában foglalja a bemeneti adatok összegyűjtését és előkészítését, valamint a különböző modellek közötti kapcsolatok létrehozását és összehangolását. Az integrált modellezési rendszer egyik kulcsfeladata például, hogy a HEC-HMS modell által generált szimulációs eredmények peremfeltételként szolgáljanak a HEC-RAS modell számára. Az ilyen műveletek jellemzően jelentős időráfordítást igényelnek, és növelik az emberi eredetű hibák előfordulásának kockázatát.

A gyakorlati modellezési folyamatok hatékonyságának növelése érdekében szükségessé vált egy olyan integrált keretrendszer létrehozása, amely képes önállóan letölteni a bemeneti adatokat a központi adatbázisokból, több modellezési alkalmazást egységes platformba integrálni, valamint biztosítani azok összehangolt és ütemezett futtatását.

E cél megvalósítása érdekében az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) megbízásából a VITUKI Hungary Mérnökiroda Kft. szakemberei egy új, automatizált rendszer fejlesztését végezték el, amely képes az említett működési korlátok kiküszöbölésére. A fejlesztés eredményeként jött létre a Hydrologic Modelling Platform (Hidrológiai Modellező Platform, röviden: Hydro-MP) nevű keretrendszer. A platform a gyakorlati alkalmazás során folyamatos fejlesztésen ment keresztül; jelenleg a Hydro-MP 4.6 verziója van használatban. A rendszer továbbfejlesztésében és működtetésében meghatározó szerepet töltenek be a vízügyi igazgatóságok, amelyek az Országos Vízügyi Főigazgatósággal (OVF) való szoros együttműködés révén biztosítják az adatok és modellezési eredmények folyamatos visszacsatolását.

A Hydrologic Modelling Platform olyan, kifejezetten magyarországi kis- és közepes vízgyűjtők, illetve síkvidéki vízrendszerek hidrológiai modellezését támogató szoftverkörnyezet, amely a vízkészlet-gazdálkodás és a hidrológiai előrejelzés területén nyújt gyakorlati támogatást. A vízkészlet-gazdálkodási alkalmazások során a Hydro-MP lehetővé teszi, hogy a felhasználó pontosabb képet kapjon a rendszer egyes alrendszereinek vízháztartási viszonyairól egy adott időszakra vonatkozóan. Ennek alapján megválaszolhatók olyan kulcskérdések, mint például: Mi volt a vízellátási problémák oka az adott térségben? vagy Teljesültek-e az ökológiai vízigények? A modellezés eredményei segítségével a felhasználó különböző alternatív vízkormányzási beavatkozások hatásait is értékelheti, amelyek potenciálisan mérsékelhetők volna a vízhiányos időszakokat vagy az eloszlási problémákat. Ez a megközelítés

alapot szolgáltat új, hatékonyabb vízgazdálkodási stratégiák kidolgozásához (VITUKI, 2025).

Az előrejelzési alkalmazások során a Hydro-MP platform a hidrometeorológiai előrejelzéseket alakítja a modellek számára megfelelő formátumúvá, majd a jövőbeli értékeket a modell határozza meg, ami különösen fontos a hidrológiai szélsőségek – például az árvizek és aszályok – elleni felkészülésben (VITUKI, 2025).

A Hydro-MP az alábbi modellrendszereket kezeli:

- a HEC-HMS csapadék-lefolyás modell,
- a HEC-RAS mederbeli lefolyás modell – mindkettő az US Army Corps of Engineers fejlesztése –, valamint
- a MODFLOW talajvízáramlási modell, amelyet az US Geological Survey fejlesztett ki.

A vízgyűjtők és vízrendszerek integrált hidrológiai modellezése e három modellezési környezetben felépített almodellek összehangolt futtatásával valósul meg.

A HEC-HMS, HEC-RAS és MODFLOW rendszereken túl a Hydro-MP számos további adatkezelési és számítási modult is tartalmaz. Ezek közül kiemelendő a HEC-DSSVue (Data Storage System Visual Utility Engine – Adattároló Rendszer Vizuális Segédprogram) adatkezelő szoftver (szintén az US Army Corps of Engineers fejlesztése), míg más komponensek hazai fejlesztésűek. Ezek az eljárások lehetővé teszik, hogy a Hydro-MP bármely HEC-HMS–HEC-RAS–MODFLOW modellrendszert a hazai adatviszonyoknak megfelelően, felhasználóbarát módon és hatékonyan futtasson, továbbá jelentősen bővíti a három alapmodell alkalmazási lehetőségeit a magyarországi vízrendszerek

pontosabb és részletesebb leírása érdekében (VITUKI, 2025).

A HYDRO-MP FŐ ADATELŐKÉSZÍTÉSI LÉPÉSEI ÉS FUNKCIÓI

A Hydrologic Modelling Platform legfontosabb funkcionális képességeit az alábbiakban foglaljuk össze (VITUKI, 2025):

1. Hidrometeorológiai adatok online frissítése. A Hydro-MP lehetőséget biztosít a modellezéshez szükséges csapadék-, potenciális evapotranszspiráció (PET)-, hőmérséklet-, vízhozam- és vízszint-adatok automatikus letöltésére az Országos Vízügyi Főigazgatóság FTP-szerveréről. Az adatok letöltése a felhasználó által meghatározott térbeli és időbeli intervallumok szerint történik, ezzel biztosítva a bemeneti adatok naprakészségét és konzisztenciáját.

2. Radar- és állomásalapú csapadékadatok asszimilációja. A Hydro-MP képes a HungaroMet Zrt. által szolgáltatott kompozit radarcsapadék-adatok és az állomásalapú csapadékmérések összevetésére és kombinálására. A rendszer a felhasználói beállítások alapján korrekciót hajt végre, amelynek eredményeként a kapott korrigált radaradatok egyesítik a radaradatok finom térbeli felbontását a hidrometeorológiai állomásokon mért csapadékmérések nagyobb pontosságával, így javítva a csapadék tér- és időbeli eloszlásának reprezentációját.

3. Hidrometeorológiai adatok DSS formátumú mentése. A letöltött PET-, hőmérséklet-, vízhozam- és vízszint-adatokat, valamint a korrigált (vagy nyers) kompozit radarcsapadék-adatokat a Hydro-MP DSS formátumú adatállományokká konvertálja. E formátum biztosítja, hogy a HEC-HMS és HEC-RAS modellek közvetlenül, míg a MODFLOW modell

közvetetten felhasználhassák ezeket a hidrometeorológiai peremfeltételeket a szimulációkhoz.

4. Vízfelületi párolgás-intenzitások számítása. Az OVF által kidolgozott algoritmus alkalmazásával a Hydro-MP a letöltött léghőmérsékleti adatok alapján vízfelületi párolgás-intenzitás idősorokat számít. Ezek a peremfeltételek különösen fontosak az olyan alrendszerek esetében, amelyek jelentős kiterjedésű nyílt vízfelületeket tartalmaznak (pl. tározók, tavak).

5. A vízfelületi párolgások integrálása a HEC-RAS és HEC-HMS modellekbe. A HEC-RAS szoftver natívan nem támogatja a vízfelületi párolgás explicit peremfeltételként történő megadását. Bár lehetőség van párolgási hozamok definiálására, azok értéke a párolgás intenzitása mellett a vízfelületek aktuális nagyságától is függ, amely a szimuláció során dinamikusan változik.

A Hydro-MP ezért a HEC-RAS-almodellek szakaszos futtatását valósítja meg, a felhasználó által megadott ΔT időintervallumokban. Minden futtatási ciklus után a rendszer a szimulált vízfelületi nagyságokból és a párolgás-intenzitásokból párolgási hozamokat számít, majd ezeket peremfeltételként adja át a következő időintervallumra.

Ezzel szemben a HEC-HMS modell képes a vízfelületi párolgás explicit kezelésére, így a Hydro-MP a számított párolgás-intenzitásokat közvetlenül továbbítja a HEC-HMS almodellek felé, amelyek így folyamatos futtatással dolgoznak.

6. Felszíni- és talajvízrendszerek integrált modellezése. A Hydro-MP lehetőséget biztosít a HEC-RAS (mederbeli lefolyás) és a MODFLOW (talajvízáramlás) almodellek összehangolt, szakaszos futtatására, figyelembe véve a köztük fennálló hidrológiai

kölcsönhatásokat. A két modell között kétirányú információcseré valósul meg: a RAS almodell vízszint- és elöntési adatait a MODFLOW használja fel a szivárgások számításához, a felszíni- és felszín alatti víz közötti kapcsolat meghatározásához, amelyet azután peremfeltételként visszajuttat a RAS modellbe. A szakaszolás időbeli lépései megegyeznek a párolgás-számításnál alkalmazott ΔT -intervallumokkal.

7. Vízhozam-adatok asszimilációja. A modellterületek több, egymással a vízrajzi állomások szelvényeiben érintkező almodellekre bonthatók, amelyek lehetővé teszik a vízhozam-asszimilációt. Az asszimiláció során a Hydro-MP a felvízi HEC-HMS/ HEC-RAS almodellek által szimulált vízhozamok helyett a mért vízhozamokat adja át az alvízi modellek számára felső határfeltételként, ezáltal csökkentve a modellezési hibák alvízi irányú továbbterjedését. Előrejelzési vagy adathiányos helyzetekben a rendszer a hiányzó vagy késleltetett méréseket a felvízi almodellek szimulált hozamadatainak időben extrapolált értékeivel pótolja.

8. A vízgyűjtő hidrológiai modellrendszerének automatikus futtatása. A Hydro-MP képes a vízgyűjtő teljes modellrendszerének automatikus futtatására, a felhasználói beavatkozás minimalizálása mellett. Az almodellek és az asszimilációs lépések előre meghatározott sorrendben, automatizált folyamatként kerülnek végrehajtásra.

9. Szimulációs eredmények utófeldolgozása. A Hydro-MP a szimulációk során generált nyers vízhozam-, vízszint- és talajvízszint-idősorokat a modellezési céloknak megfelelően feldolgozza és átalakítja. Jelenleg ez a funkció a „tavi előrejelzés” és a HEC-RAS–MODFLOW típusú összetett modellek esetében érhető el.

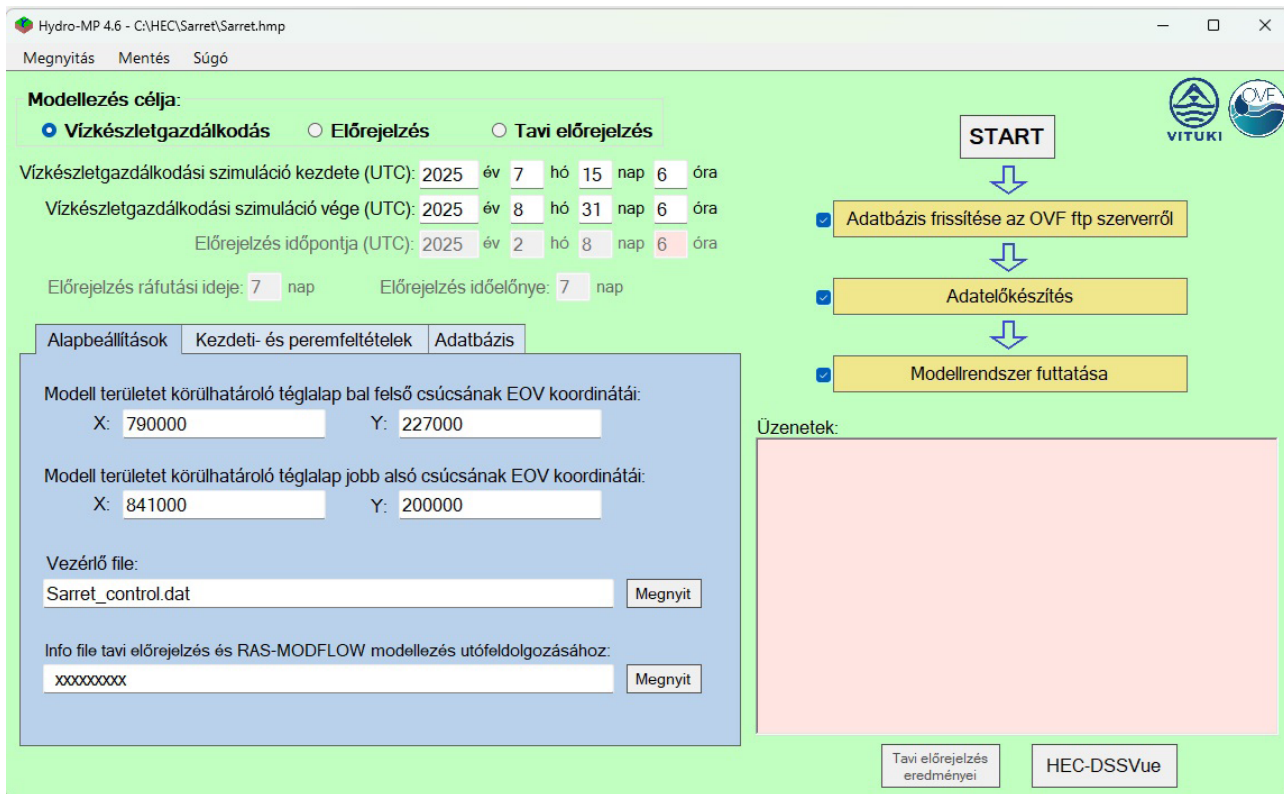
10. A modellezési folyamat ütemezett, automatikus végrehajtása. A Hydro-MP képes az előző pontokban ismertetett teljes modellezési folyamat ütemezett, automatizált végrehajtására, amely egyetlen „START” parancs aktiválásával elindítható. A rendszer ilyenkor az adatfrissítéstől a szimulációs és utófeldolgozási lépésekig minden műveletet önállóan hajt végre.

11. Az eredmények megjelenítése és vizualizációja. A Hydro-MP lehetőséget biztosít az utófeldolgozott eredmények táblázatos és grafikus megjelenítésére. A grafikus vizualizáció a platformba integrált HEC-DSSVue szoftveren keresztül történik, amely a szimulált, asszimilált és mért hidrometeorológiai idősorok szemléletes ábrázolását teszi lehetővé. A MODFLOW modellek feldolgozott eredményei szintén a HEC-DSSVue környezetben tekinthetők meg.

A HYDRO-MP FELHASZNÁLÓI FELÜLET ÁTTEKINTÉSE

A Hydro-MP operatív használata a szoftver integrált grafikus felhasználói felületén keresztül történik (3. ábra).

A Hydro-MP-alapú modellezéshez szükséges adatok és beállítások a vizsgált vízrendszerhez tartozó .hmp kiterjesztésű projektfájlban kerülnek tárolásra. A projektfájl a szoftver bal felső menüsávjában elérhető „Megnyitás” funkció segítségével tölthető be a Hydro-MP környezetébe. A betöltést követően a fájl tartalma a grafikus felhasználói felület szerkeszthető mezőiben jelenik meg, ahol a paraméterek módosíthatók. A változtatások a „Mentés” gomb megnyomásával, illetve a program bezárásakor automatikusan rögzítésre kerülnek.



3. ábra. A Hydro-MP 4.6 felhasználói felülete (Forrás: saját készítés)

A projektfájl a modell mappában helyezkedik el, amely további kulcsfontosságú elemeket is tartalmaz: a vízrendszer alrendszereire épített HEC-HMS, HEC-RAS és MODFLOW almodellek külön-külön alkönyvtárait, valamint a modellrendszer futtatásához szükséges egyéb konfigurációs és információs fájlokat. Ugyanezen könyvtárban található a hidrometeorológiai peremfeltételeket tartalmazó inputfájlok, illetve a modellezés utófeldolgozott eredményei is ide kerülnek mentésre.

A felhasználói felület bal felső részében elhelyezett rádiógombok segítségével választható ki a modellezés célja (3. ábra). A Hydro-MP három fő üzemmódot támogat:

- Vízkészlet-gazdálkodási modellezés,
- Előrejelzési modellezés,
- Tavi előrejelzési modellezés.

Vízkészlet-gazdálkodási célú szimuláció esetén a modellrendszer futtatása egy múltbeli, kijelölt „vízkészlet-gazdálkodási időszak” adatai alapján történik, a mért hidrometeorológiai peremfeltételek felhasználásával. Az adott időszak kezdő- és záró időpontjai a rádiógombok alatti beviteli mezőkben adhatók meg (4. ábra).

A felhasználói felület bal alsó részén elhelyezett három fő fül segítségével határozhatók meg a modellezési alapbeállítások, a kezdeti- és peremfeltételek, valamint az adatbázisra vonatkozó paraméterek. Az „Alapbeállítások” fülön (5. ábra) a modellterületet lehatároló téglalap bal felső és jobb alsó csúcsának EOV-koordinátáit szükséges megadni az első négy adatmezőben. Ezen koordináták határozzák meg azt a térbeli kiterjedést, amelyre

Modellezés célja:

☒ **Vízkezelésgazdálkodás**
☐ **Előrejelzés**
☐ **Tavi előrejelzés**

Vízkezelésgazdálkodási szimuláció kezdete (UTC): 2025 év 7 hó 15 nap 6 óra

Vízkezelésgazdálkodási szimuláció vége (UTC): 2025 év 8 hó 31 nap 6 óra

Előrejelzés időpontja (UTC): 2025 év 2 hó 8 nap 6 óra

Előrejelzés ráfutási ideje: 7 nap Előrejelzés időelőnye: 7 nap

4. ábra. Vízkezelésgazdálkodási és előrejelzési (/ tavi előrejelzési) célú modellezések szimulációs időszakainak megadása (Forrás: saját készítés)

a Hydro-MP automatikusan generálja a hidrológiai modellezéshez szükséges csapadék-, potenciális evapotranszspirációs (PET)-, hőmérséklet-, vízhozam- és vízszint-idősorokat, DSS formátumban.

Kiemelten fontos, hogy a kijelölt téglalap a vízgyűjtő teljes területét megfelelő biztonsági ráhagyással fedje le. Ellenkező esetben a Hydro-MP csapadékadat-asszimilációs

eljárása a vízgyűjtőhatár mentén hibás peremfeltételeket generálhat, ami a modellezési eredmények torzulásához vezethet (VITUKI, 2025).

A koordinátamezők alatt található beviteli mezőben adható meg a „Vezérlő file”, amely a Hydro-MP működésének egyik kulcsfontosságú eleme. Ez a file tartalmazza mindazon

Alapbeállítások Kezdeti- és peremfeltételek Adatbázis

Modell területet körülhatároló téglalap bal felső csúcsának EOVS koordinátái:

X: 790000 Y: 227000

Modell területet körülhatároló téglalap jobb alsó csúcsának EOVS koordinátái:

X: 841000 Y: 200000

Vezérlő file:

Sarret_control.dat Megnyit

Info file tavi előrejelzés és RAS-MODFLOW modellezés utófeldolgozásához:

xxxxxxxxx Megnyit

5. ábra. Az „alapbeállítások” fül (Forrás: saját készítés)

Alapbeállítások
Kezdeti- és peremfeltételek
Adatbázis

Vízkivételeket/vízbevezetéseket tartalmazó file:

Sarret_vizki_vizbe.dat Megnyit

Zsilipállásokat tartalmazó file:

Megnyit

Input file hőmérsékletek és vízfelületi párolgások meghatározásához:

homerseklet_vizfeluleti_parolgas_parameterek.dat Megnyit

Csapadék:

☐ OMSZ radar
☒ Korrigált OMSZ radar

Tóvízállás az előrejelzés időpontjában: 1 cm

6. ábra. A „Kezdeti- és peremfeltételek” fül (Forrás: saját készítés)

információkat és paramétereket, amelyek alapján a Hydro-MP lefuttatja az adott vízrendszer összetett modellrendszerét. A vezérlő file határozza meg a vízrendszer alrendszereire felépített HEC-HMS, HEC-RAS és HEC-RAS–MODFLOW almodellek futtatási sorrendjét, valamint a mért és szimulált vízhozamok asszimilációjához szükséges beállításokat, amelyek biztosítják az almodellek közötti adatátadás konzisztenciáját és pontosságát.

Az „Info file a tavi előrejelzés és RAS–MODFLOW modellezés utófeldolgozásához” azokat az adatokat és segédinformációkat tartalmazza, amelyek alapján a Hydro-MP elvégzi a tavi előrejelzések és/vagy a HEC-RAS–MODFLOW típusú modellezések eredményeinek automatikus utófeldolgozását, beleértve az idősor típusú adatok rendszerezését, aggregálását és formázását is.

A „Kezdeti- és peremfeltételek” fülön (6. ábra) az első mezőben kell megadni annak a file-nak a nevét, amely a modellezett vízrendszer különböző vízhasználatának vízkivételeire és vízbevezetésekre vonatkozó adatokat tartalmazza. Ezek az információk alapvető fontosságúak a hidrológiai rendszer antropogén hatásainak modellezéséhez, mivel befolyásolják a vízforgalom térbeli és időbeli eloszlását.

A „Kezdeti- és peremfeltételek” fül következő mezőjében kell megadni annak a file-nak a nevét, amely a modellezett vízrendszerben található műtárgyakhoz – elsősorban zsiliphez – rendelt zsilipállás-adatokat tartalmazza. Ezek az adatok lehetővé teszik a vízszintszabályozások és beavatkozások pontos hidrológiai reprezentálását a modellben, ami különösen

fontos a vízszint-ingadozások és lefolyási viszonyok szimulálása szempontjából.

A fül harmadik mezőjében kell megadni az „Input file a hőmérsékletek és vízfelületi párolgások meghatározásához” nevű állományt. Ez a file tartalmazza mindazon meteorológiai és kiegészítő információkat, amelyek alapján a Hydro-MP kiszámítja a vízfelületi párolgás-intenzitások időbeni alakulását. A számítás a korábban letöltött, térben és időben interpolált léghőmérséklet-adatokon alapul, és eredménye a modellrendszer hidrológiai és hidraulikai alrendszeireiben (pl. HEC-HMS, HEC-RAS) peremfeltételként kerül felhasználásra.

Az „Adatbázis” fül kell megadni az OV FTP szerveréről letöltött adatok helyét, köztük az „OVF-féle léghőmérséklet-adatok mappáját”, amely az Országos Vízügyi Főigazgatóság

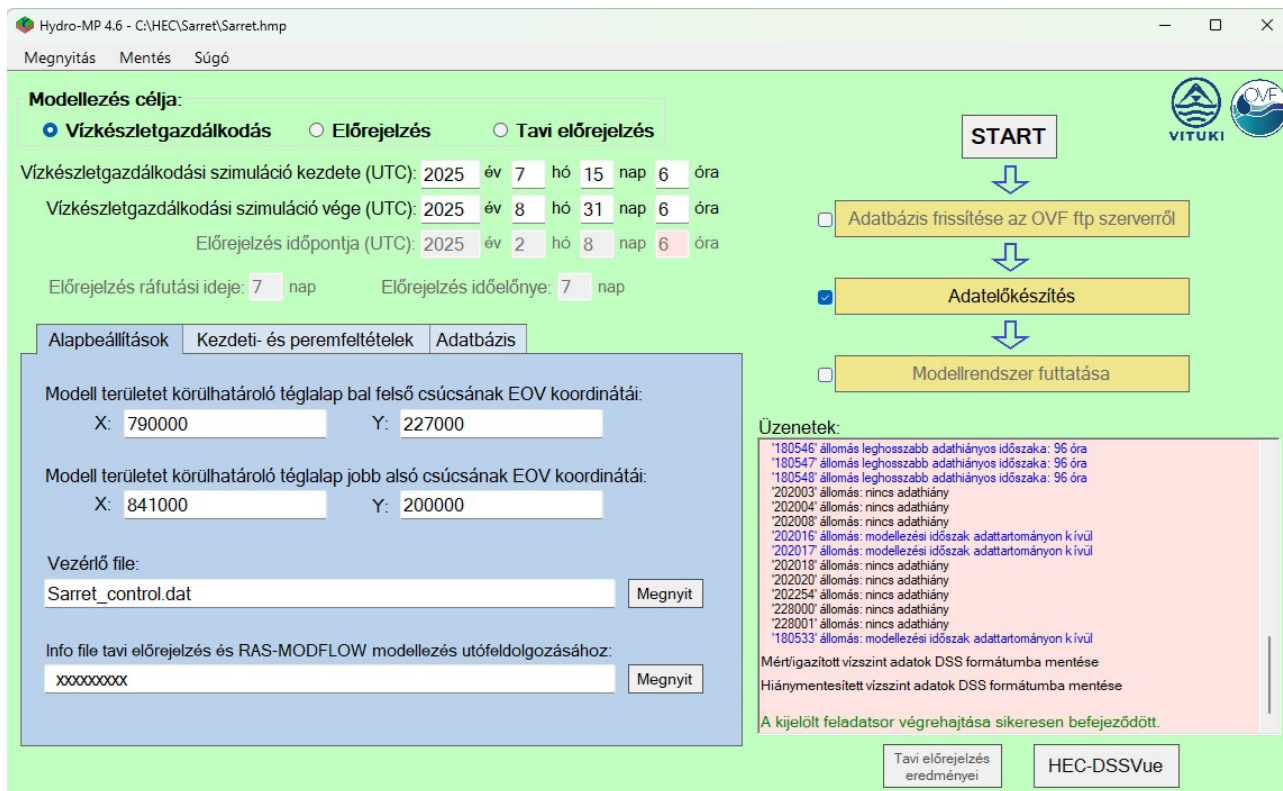
által gyűjtött és karbantartott hőmérsékleti idősorokat tartalmazza. Ezeket az adatokat használja fel a Hydro-MP a vízfelületi párolgás-intenzitások meghatározásához, biztosítva ezzel a meteorológiai peremfeltételek térben és időben konzisztens beillesztését a modellezési folyamatba (7. ábra).

A Hydro-MP felhasználói felületének bal oldali paneljén elhelyezett mezők két alapvető funkciót töltenek be:

- A modellezési paraméterek definiálása – ide tartozik a modellezés céljának, a szimulációs időszaknak, az alapadatoknak, a kezdeti- és peremfeltételeknek, valamint az adatbázis elérési útvonalainak megadása (7. ábra).
- A beállítások és bemeneti adatok áttekintése – a felület lehetőséget biztosít

Alapbeállítások	Kezdeti- és peremfeltételek	Adatbázis
OMSZ-féle kompozit radar adatok mappája:		
c:\MODELL\HydroDat\csapadek\OMSZradar\		
Állomás csapadék adatok mappája:		
c:\MODELL\HydroDat\csapadek\allomasok\		
OVF-féle előrejelzett csapadék adatok mappája:		
c:\MODELL\HydroDat\OVFfor\		
OVF-féle potenciális evapotranspiráció adatok mappája:		
c:\MODELL\HydroDat\PET\		
Vízhozam idősorok mappája:		
c:\MODELL\HydroDat\vizhozam\		
Vízszint idősorok mappája:		
c:\MODELL\HydroDat\vizszint\		
OVF-féle hőmérséklet adatok mappája:		
c:\MODELL\HydroDat\homerseket\		

7. ábra. Az „Adatbázis” fül (Forrás: saját készítés)



8. ábra. A Hydro-MP felhasználói felületének jobboldali része, az „Adatelőkészítés” fázis futtatása közben

a felhasználó számára, hogy gyorsan és strukturált formában ellenőrizze a modellezési konfigurációt, valamint az alkalmazott adatforrásokat.

A felhasználói felület jobb oldali panelje a modellezési folyamat operatív vezérlésére szolgál: itt történik a szimulációk futtatása, a futtatás állapotának és előrehaladásának nyomon követése, továbbá az eredmények vizuális megjelenítése. A futtatás a „START” gomb aktiválásával indítható, míg a gomb alatt elhelyezett információs mezők a futtatási folyamat egyes fő fázisait és azok aktuális állapotát jelzik vissza a felhasználó számára. A modellezési folyamat első fázisa az „Adatbázis frissítése az OVF szerverről” (8. ábra). Ebben a lépésben, vízkészlet-gazdálkodási modellezés esetén, a Hydro-MP automatikusan letölti a modellezéshez szükséges kompozit radarcsapadék-, állomáscsapadék-,

potenciális evapotranszspiráció (PET)-, vízhozam-, vízszint- és hőmérséklet-adatállományokat az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) szerveréről. A letöltés a felhasználó által meghatározott időbeli (a vízkészlet-gazdálkodási időszak határain belül) és térbeli (a vízgyűjtő körülhatároló téglalap koordinátaival lehatárolt) korlátok között történik.

A második fázisban, azaz az „Adatelőkészítés” során, a rendszer a letöltött és az adatbázisban tárolt információk alapján előállítja a HEC-HMS és HEC-RAS almodellek futtatásához szükséges bemeneti adatokat. E szakaszban zajlik:

- a radar- és állomáscsapadék-adatok aszsimilációja,
- a PET-, vízhozam- és vízszint-adatok leválogatása és strukturálása,
- a vízhozam- és vízszint-idősorok hiányzó értékeinek interpolációval történő pótlása,

- a vízfelületi párolgási intenzitások számítása, valamint
- előrejelzési modellezés esetén az előrejelzett csapadék-, PET- és párolgási adatok integrálása a rendszerbe.

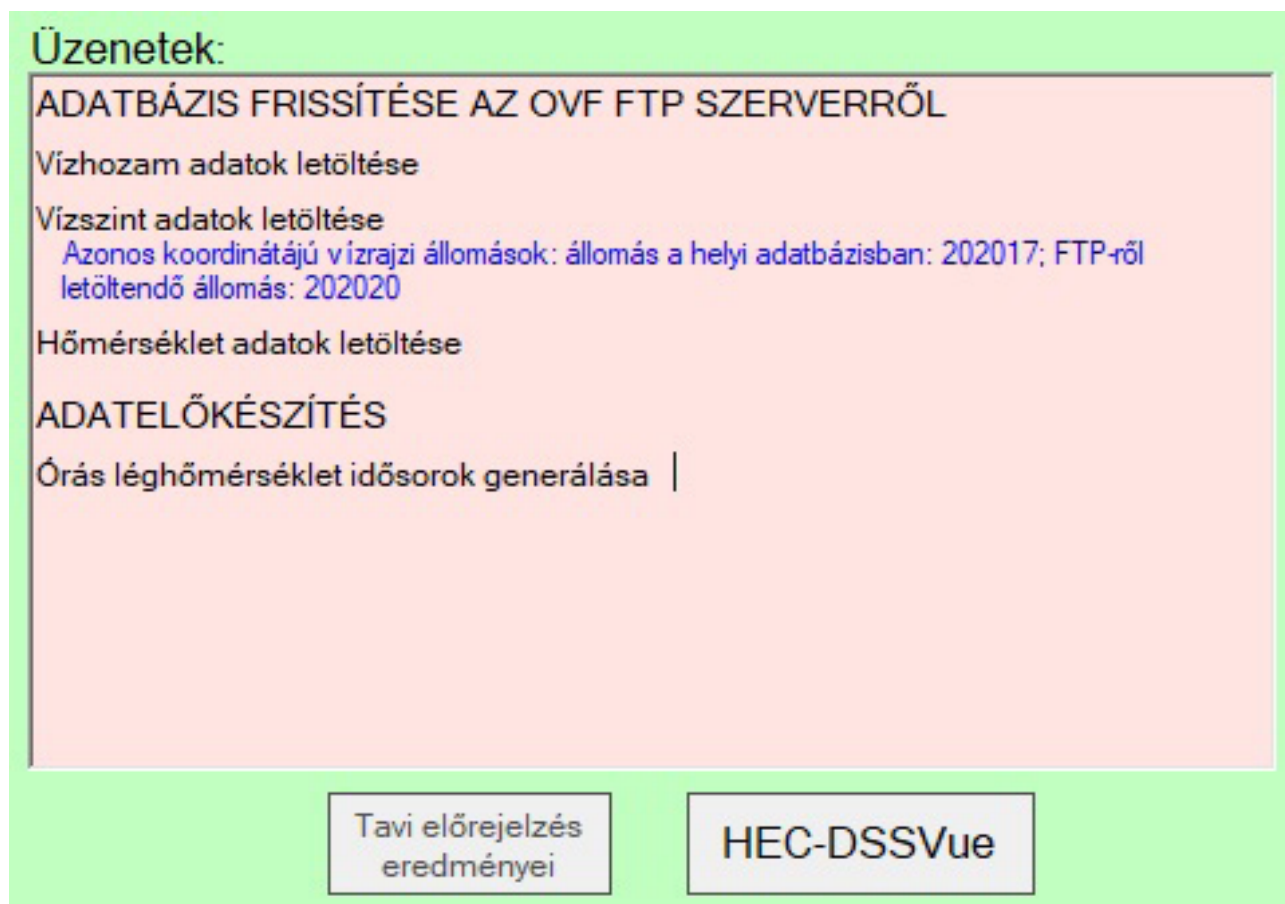
A létrehozott adatsorok DSS formátumú file-okként kerülnek mentésre a modellmap-pába, ahonnan a HEC-RAS és HEC-HMS almodellek közvetlenül beolvashatják őket.

A modellezési folyamat harmadik fázisában történik a „Modellrendszer futtatása”, amelyet a vezérlő file-ban meghatározott információk alapján hajt végre a Hydro-MP. Ebben a szakaszban zajlik az almodellek által generált hidrológiai idősorok utófeldolgozása is. A Hydro-MP jelenlegi verziója az utófeldolgozást kizárólag a MODFLOW modellezés és a tavi előrejelzés esetében végzi el.

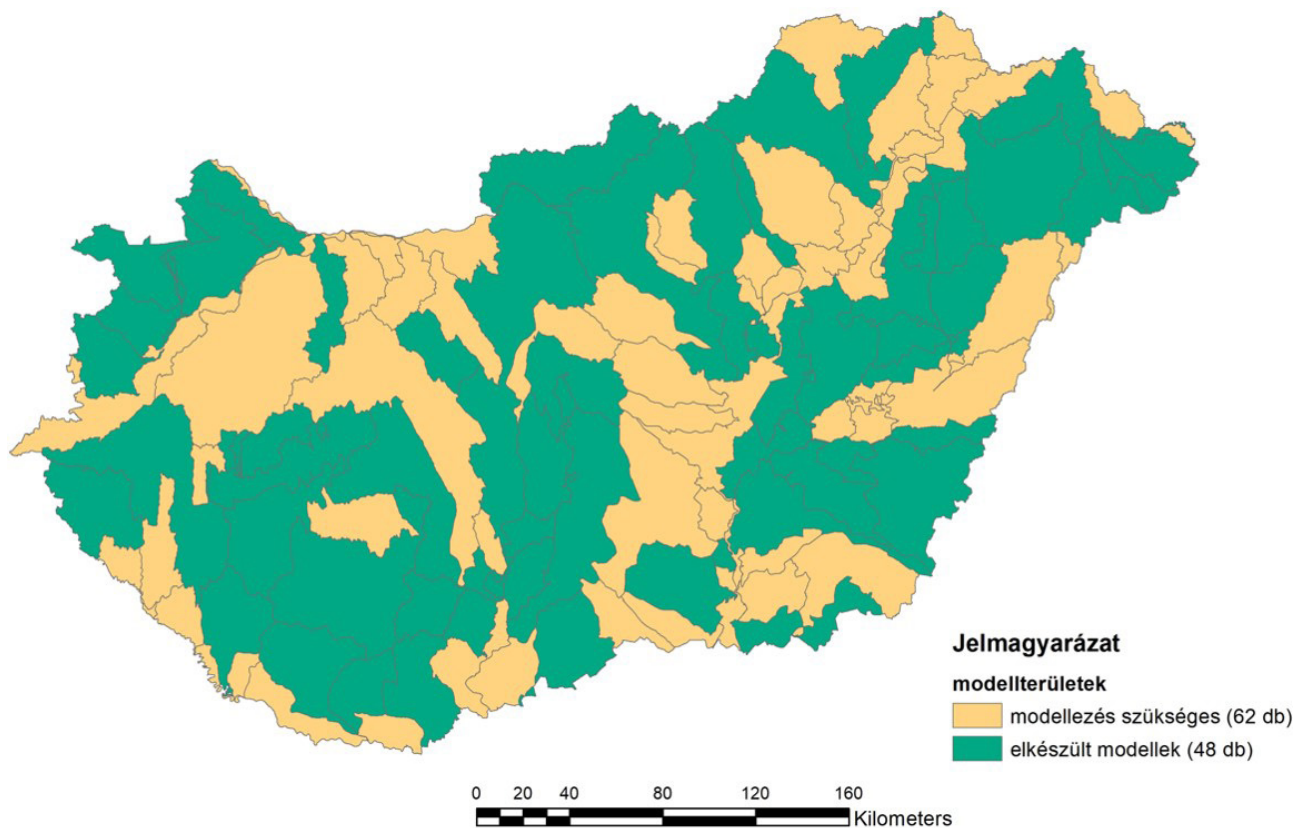
A gyakorlatban nem minden esetben szükséges a teljes folyamat végrehajtása. Például, ha az adatbázis frissítése korábban már megtörtént, az adott fázis kihagyható a megfelelő jelölőnégyzet kikapcsolásával.

Az „Üzenetek” szövegdobozban jelennek meg a modellezési folyamat egyes fázisaihoz tartozó részfolyamatok – beleértve a már lefutott és az éppen futó műveleteket is (9. ábra). Ugyanez a mező szolgál a hiba- és figyelmeztető üzenetek megjelenítésére is, elősegítve a futtatás állapotának és esetleges problémáinak gyors nyomon követését.

A szimulált nyers vízhozam- és vízszintadatok megjelenítése a „HEC-DSSVue” gomb aktiválásával kezdeményezhető (9. ábra). A gomb megnyomását követően a HEC-DSSVue



9. ábra. A futtatás során megjelenő visszajelzések az „Üzenetek” mezőben



10. ábra. A 2025 januárjától operatív módon működő dinamikus vízkészlet-gazdálkodási modellek térképi megjelenítése

szoftver automatikusan elindul, amely lehetőséget biztosít a felhasználó számára bármely DSS formátumú eredményállomány gyors és egyszerű megnyitására, valamint az adatok grafikus vagy táblázatos formában történő megjelenítésére. Ez a funkció különösen előnyös a modellfuttatások eredményeinek vizuális ellenőrzése és az idősorok közvetlen elemzése szempontjából, mivel a HEC-DSS-View integrált környezetben teszi lehetővé a szimulált, mért és asszimilált hidrológiai adatok együttes megtekintését és összevetését.

GYAKORLATI VÍZKÉSZLET-GAZDÁLKODÁS

2021. áprilisában a modellekkel támogatott dinamikus vízkészlet-gazdálkodás bevezetése mérföldkönek számított a vízügyi igazgatóságok tevékenységében, hiszen ezzel egy új

szemléletű, komplex döntéstámogató rendszer kezdte meg működését. Bár a hidrológiai és hidrodinamikai modellek alkalmazása korábban sem volt ismeretlen az ágazatban – egyes igazgatóságok már használták ezeket árhullámok levonulásának vizsgálatára, műtárgyak üzemirányításának optimalizálására, illetve medermorfológiai beavatkozások hatásvizsgálatára – a dinamikus vízkészlet-gazdálkodás új, integrált célt tűzött ki.

Ez a megközelítés olyan szakágazatokban is elterjesztette a modellezés módszerét, ahol korábban nem volt bevett gyakorlat a modellek igazgatósági munkába történő bevonása. A hangsúly immár nem csak az árvízi vagy középvízi helyzetek modellezésén is van, hanem a kisvizes, vízkészlet-gazdálkodás szempontjából kritikus üzemállapotok megbízható

Vízügyi igazgatóság	2025-től üzemeltetett modellek
Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság	Rábca, Hanság, Mosoni-Duna, osztott paraméterű Cuhai-Bakony-ér
Közép-duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság	osztott paraméterű Zagyva, Ipoly, Benta-patak, Duna-völgyi-főcsatorna észak
Alsó-duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság	Csorna-Foktő, Sárközi, Ferenc-tápcsatorna, Kígyós
Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság	osztott paraméterű Velencei-tó, Szekszárd-Bátai, Völgységi-patak, osztott paraméterű Sió-csatorna
Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság	osztott paraméterű: Kapos, Fekete-víz, Pécsi-víz, Fekete-árok
Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság	osztott paraméterű Zala, Kerka, Gyöngyös-Sorok-Perint, Répce
Felső-tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság	Kraszna, Szamos, Túr, Felső-Tisza (Belfő)
Észak-magyarországi Vízügyi Igazgatóság	Hernád, Laskó, Sajó, osztott paraméterű Tarna
Tisza-menti Vízügyi Igazgatóság	Hamvas, Hortobágy, Kadarcs-Karácsonyfok, Sárréti-főcsatorna
Közép-tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság	Millér, Zagyva, Nagykunsági-főcsatorna, Doba-csatorna
Dél-tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság	Kurca, Algyői, Maros, Percsora
Körös-vidéki Vízügyi Igazgatóság	Szarvas-Békésszentandrás, Sebes-Körös, Kettős-Körös, Hármaskörös

1. táblázat. 2025 januártól operatíván üzemelő dinamikus vízkészlet-gazdálkodási modellek

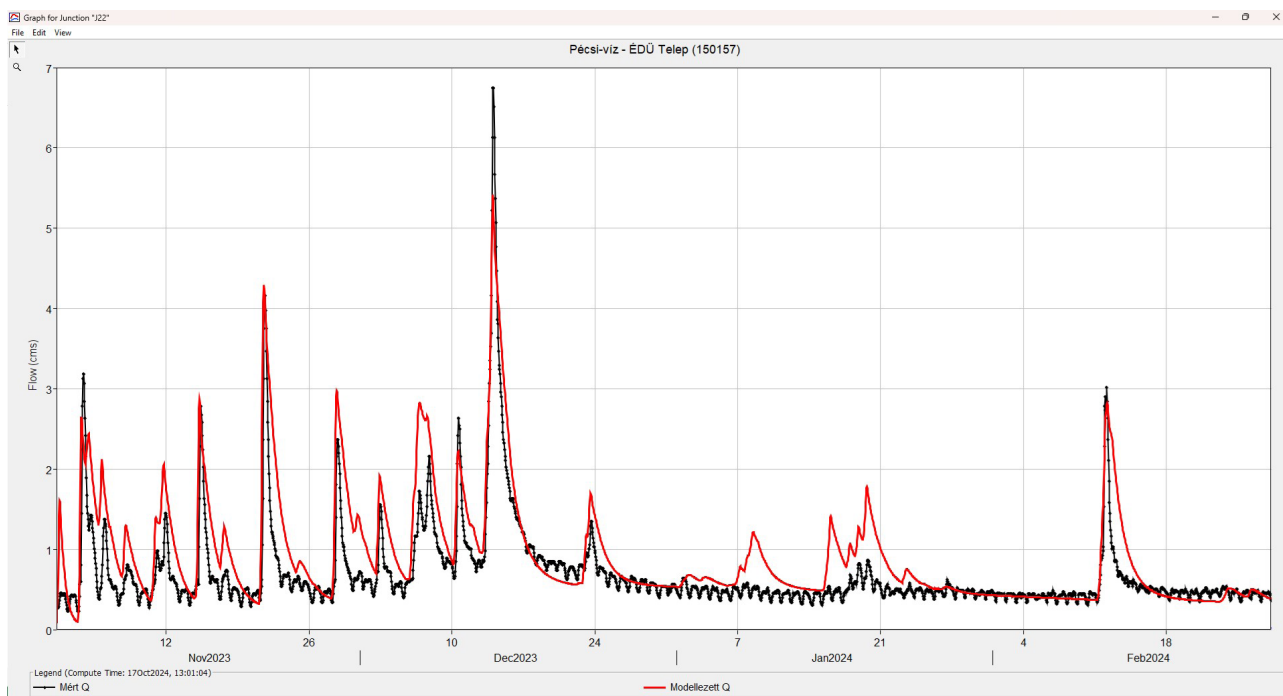
előrejelzésén van. Ennek megfelelően a vízkészlet-gazdálkodási modellek elsődleges célja a rendelkezésre álló vízhozam előrejelzése és a vízkészletek térbeli-időbeli dinamikájának pontos feltárása.

A vízügyi ágazatban 2025 januárja óta már 48 dinamikus vízkészlet-gazdálkodási modell működik operatív üzemeltetésben (10. ábra és 1. táblázat). Ezek a modellek havonta kerülnek lefuttatásra az igazgatóságok modellezési szakértői által.

A modellek főbb alkalmazási lehetőségei az alábbi területekre terjednek ki:

- Vízkészletek meghatározása a múltbeli, jelenlegi és jövőbeli időszakokra, vagyis annak pontosítása, hogy az adott időpillanatban mekkora vízkészlet áll rendelkezésre.

- A vízhasználatok időbeli ütemezésének vizsgálata, amely lehetővé teszi a különböző vízhasználók közötti konfliktusok feloldását és az optimális vízmegosztás ütemezésének kidolgozását.
- Vízziányos körzetekhez kapcsolódó elemzések: amennyiben az előrejelzések alapján készlethiány várható, a modellek segítségével vizsgálható a vízhasználatok prioritása, valamint előkészíthetők az esetleges vízkorlátozások.
- A mederbeli lefolyást módosító beavatkozások hatásvizsgálata, például kotrások vagy vízi növényzet eltávolítása esetén.
- A vízrendszereken megvalósuló fejlesztési projektek előkészítése, különösen új műtárgyak vagy szabályozási elemek hatásainak modellezésével.



11. ábra. A Pécsi-víz – EDÜ Telep vízrajzi állomáson mért (fekete) és modellezett (piros) vízhozam adatok összehasonlítása (téli időszak)

- Üzemelési szabályzatokban meghatározott mértékadó állapotok vizsgálata és vízkormányzási döntések támogatása.
- Éghajlati projekciók felhasználásával készített távoli jövőre vonatkozó előrejelzések, amelyek lehetőséget biztosítanak az éghajlatváltozás vízkészletekre gyakorolt hatásainak elemzésére.

2024-ben a modelleredmények pontosságának növelése, valamint a modellek operatív vízkészlet-gazdálkodásban betöltött szerepének erősítése érdekében módszertani fejlesztés indult, amelynek keretében teljesen osztott paraméterű modellek alkalmazását kezdtük meg (11. ábra). Ennek köszönhetően a hidrológiai folyamatok – például a beszivárgás, felszíni lefolyás, perkoláció és evapotranszspiráció – részletesebben és pontosabban kerülnek figyelembevételre, ezáltal a modellek jobb térbeli felbontással és fizikai

megalapozottsággal képesek leírni a vízrendszer működését.

A vízkészlet-gazdálkodás előtt álló feladat rendkívül jelentős és felelősségteljes, hiszen alapvető célja a vízkészletek mennyiségi és minőségi védelme, valamint a fenntartható vízhasználat biztosítása. Ennek megvalósítása csak a különböző vízgazdálkodási megközelítések – elsősorban a statikus (sztochasztikus) és a dinamikus (modellalapú) vízkészlet-gazdálkodás – módszertani összehangolásával érhető el.

E két megközelítés integrálása lehetőséget teremtet arra, hogy a vízkészletek értékelése és a döntéshozatal egyaránt megbízható adatokra, térben és időben változó folyamatokat is figyelembe vevő modellezésre épüljön, ezáltal hatékonyabban támogassa a vízgazdálkodást és az adaptív vízkészlet-gazdálkodást.



DR. TRAN QUANG HOP okleveles infrastruktúra-építőmérnök (BME, 2012) és földtudományok doktora (Szegedi Tudományegyetem, 2024). Az Országos Vízügyi Főigazgatóság Vízyűjtő-gazdálkodási Osztályának kiemelt műszaki referenseként a vízkészlet-gazdálkodás és a vízkészlet-előrejelzés területén tevékenykedik. Szakmai munkájának középpontjában a vízmérleg-komponensek meghatározásának módszertani fejlesztése, valamint a dinamikus vízkészlet-gazdálkodási modellek országos szintű koordinációja áll. 2020 óta a Magyar Hidrológiai Társaság aktív tagja.



JUHÁSZ ISTVÁN okleveles környezetmérnök, környezetmérnök-tanár és nemzetközi vízpolitikai menedzser, a Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság Vízvédelmi és Vízyűjtő-gazdálkodási Osztályának szakágazati vezetője. Több, mint 18 éves szakmai pályafutása során az igazgatóság VKI koordinátorként irányítja a vízyűjtő-gazdálkodási tervek kidolgozásához és megvalósításához kapcsolódó feladatokat, valamint részt vesz az igazgatóság működési területén található felszíni vízkészletek allokációjában. Üzemelteti és fejleszti az igazgatóság dinamikus vízkészlet-gazdálkodási modelljeit (Gyöngös–Sorok–Perint, Répce). Több hazai és nemzetközi projekt résztvevője, 2022 óta

pedig a Kisalföldi ASzC Herman Ottó Környezetvédelmi és Mezőgazdasági Technikum, Szakképző Iskola és Kollégium óraadó tanára. Jelenleg a Soproni Egyetem Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskolájának levelező doktorandusza; kutatási témája a felszínborítás változásával összefüggő éghajlati hatások és visszacsatolások hidrológiai vizsgálata.



DR. NAGY GÁBOR okleveles környezetkutató (Pécsi Tudományegyetem, 2015), földtudományok doktora (Pécsi Tudományegyetem, 2021). Jelenleg a Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóságon a vízkészlet-gazdálkodási referens. Üzemelteti és fejleszti az igazgatóság dinamikus vízkészlet-gazdálkodási modelljeit. Kutatási területét képezi a talajnedvesség és a felszíni lefolyás numerikus modellezése és térbeli kiterjeszthetősége, kiegészülve a digitális talajterképezési és térinformatikai eljárásokkal. Tagja a Magyar Biológiai Társaságnak, a Magyar Földrajzi Társaságnak, a Magyar Talajtani Társaságnak és a Magyar Hidrológiai Társaságnak.



JAKUS ÁDÁM okleveles környezetkutató-hidrológus, az Országos Vízügyi Főigazgatóságon (OVF) a Vízyűjtő-gazdálkodási osztály vezetője. A hidrológia és vízkészlet-gazdálkodás területén elsajátított ismereteit a Vízügyi Ágazatban alkalmazza. Részt vesz a 4. Vízyűjtő-gazdálkodási Terv készítésében, szakterülete a vízkészlet-gazdálkodás, valamint a vízkészletek előrejelzése. Aktívan részt vesz a modell alapú vízkészlet-gazdálkodás módszertani fejlesztésében, országosan koordinálja a vízkészlet-gazdálkodási modellek operatív üzemeltetését. Kiemelten foglalkoztatja a hazánkban tapasztalható

éghajlatváltozás hidrológiai ciklusra gyakorolt hatása, valamint a vízkészletek fenntartható használata. Tagja az OVF védelmi szervének, az Országos Vízügyi Irányító Törzsnek.

MILYEN VÁLTOZÁST HOZOTT A NIS 2 A VÍZIKÖZMŰ ÁGAZATBAN?

A KIBERBIZTONSÁGI AUDIT TAPASZTALATAI

Görög Viktor – biztonsági igazgató, Fővárosi Vízművek Zrt.

Szűcs Levente – információbiztonsági felelős, Fővárosi Vízművek Zrt.

A kiberbiztonság napjainkra megkerülhetetlen kérdéssé és egyben feladattá vált a víziközmű ágazatban tevékenykedő szolgáltatók számára. A hatékony üzleti folyamatokat kiszolgáló információs rendszerekben, így különösen az ipari irányítási, vállalatirányítási, műszaki, valamint támogató elektronikus információs rendszerekben (EIR) tárolt adatokat, valamint a rendszerek bizalmasságát, sértetlenségét és rendelkezésre állását számos tényező fenyegeti. A kibertérből érkező támadások számossága és azok hatása drasztikusan megnövekedett, a támadók és módszereik egyre felkészültebbek, kifinomultabbak. Egy sikeres kibertámadás során akár a teljes információs rendszer kompromittálódhat, ami akár jelentős társadalmi és gazdasági hatással is járhat. Ezen túlmenően a vízközmű szolgáltatók adatvagyonára, a személyes adatok védelmére is kiemelt fenyegetést jelentenek bizonyos támadástípusok, különösen a zsarolóvírusok, amelyek teljes adatállományokat képesek elérhetlenné tenni, vagy akár megsemmisíteni. A víziközmű szektor is potenciális célpont mind a tárolt adatok megszerzése, mind pedig a kritikus infrastruktúrák működésének

megzavarása, megakadályozása tekintetében. Vitán felül áll, hogy az állami és önkormányzati szervek működése, a lakosság ellátása érdekében kiemelten fontos alapvető szolgáltatások – kritikus infrastruktúrák – üzemfolytonosságának biztosítása nem képzelhető el a rendszerek biztonsági követelményeinek és a szervezetek feladatainak meghatározása, valamint a felügyeletet és az ellenőrzést megvalósító állami intézményrendszer nélkül.

2013-TÓL NAPJAINKIG

2013. július 1-jén lépett hatályba a 2013. évi L. törvény az állami és önkormányzati szervek elektronikus információbiztonságáról (lbtv.), amely a kibervédelem és az információbiztonság alapvető jogszabálya lett Magyarországon. A törvény kidolgozásakor az Európai Unióban már folyamatban volt a kritikus infrastruktúrák védelmét célzó stratégiaalkotás, a nemzeti szabályozás már ezekhez az elvárásokhoz alkalmazkodott, továbbá figyelembe vette a kritikus infrastruktúrák azonosításáról és védelméről szóló akkori Uniósi irányelv¹ informatikai vonatkozásait is. Az lbtv. ugyanakkor évekkel megelőzte az EU első

¹ A Tanács 2008/114/EK irányelve (2008. december 8.) az európai kritikus infrastruktúrák azonosításáról és kijelöléséről, valamint védelmük javítása szükségességének értékeléséről

kiberbiztonságijogszabályának tekinthető NIS1 irányelvet², de már annak szellemében készült, és a hálózat- és információbiztonságra vonatkozó minimumkövetelményeit tartalmazta.

Az lbtv. és a követelményeket megfogalmazó rendelet³ legfontosabb újítása volt, hogy kockázatalapú biztonsági osztályba sorolást vezetett be az információs rendszereket érintően, akkor még öt fokozatú skálán, amelyekhez védelmi intézkedéseket rendelt. Emellett biztonsági szabályzat és eljárásrend kialakítását tette kötelezővé a hatálya alá tartozó szervezetnél, ahol információbiztonsági felelős (IBF) kijelölését is előírta. A követelményeknek való megfelelést hatóság – a Nemzeti Kibervédelmi Intézet – ellenőrizhette.

A víziközmű ágazatba tartozó társaságok információbiztonsági fejlődésének, érettségének alakulása szempontjából az lbtv. vízváltásónak bizonyult. Ennek fő oka, hogy azon szervezetek, akik már 2010-es évek első felében létfontosságú rendszerelem üzemeltetőkké kijelölésre kerültek, a kijelöléssel az lbtv. hatálya alá is kerültek, ami jelentősen hozzájárult az információbiztonság kultúrájának és módszereinek fejlődéséhez a teljes szervezet és az alapvető szolgáltatásban részt vevő rendszerek biztonságát illetően azokkal a víziközmű szolgáltatókkal szemben, akik akkor nem kerültek kijelölésre. Számukra a víziközmű-szolgáltatásról szóló 2011. évi

CCIX. törvény írt elő 2014-től a számlázási rendszereik információbiztonsági zártóságára vonatkozó audit kötelezettséget.

A 2010-es évek végétől ugyanakkor érezhetően megváltozott a globális kockázati környezet, jelentősen nőtt az incidensek száma a kiber- és a fizikai térben is, súlyos ransomware támadások történtek (pl. WannaCry, NotPetya), továbbá a támadások hátterében egyre inkább államok, illetve államok által támogatott csoportok jelentek meg. A digitalizáció, automatizáció következtében a kritikus infrastruktúrák kibertérben összekapcsolt rendszerei fokozatosan egyre sebezhetőbbé váltak, ezzel a fizikai és a kiberbiztonság elválaszthatatlanná vált. Ezek a változások, a kibertámadásokkal, hibrid fenyegetésekkel és a kritikus infrastruktúrákat érintő rendkívüli eseményekkel kapcsolatos nagyobb ellenálló képesség igénye hívta életre az új, integrált megközelítést alkalmazó CER⁴ a NIS 2⁵ irányelveket, amelyek az EU új biztonságpolitikai korszakának fontos eredményei lettek.

A NIS 2 (hálózat- és információs rendszerek biztonsága) a kiberbiztonsági dimenziót, a CER (kritikus entitások rezilienciája) pedig a fizikai és szervezeti ellenálló képességet szabályozza. A két megközelítés együtt, összehangoltan működve alkotja az EU új biztonsági és reziliencia keretrendszerét, amelynek célja az összes kritikus fontosságú kockázat kezelése.

² Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/1148 irányelve (2016. július 6.) a hálózati és információs rendszerek biztonságának az egész Unióban egységesen magas szintjét biztosító intézkedésekről

³ 41/2015. (VII. 15.) BM rendelet

⁴ AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2022. december 14-i (EU) 2022/2557 IRÁNYELVE a kritikus szervezetek rezilienciájáról és a 2008/114/EK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről

⁵ AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2022. december 14-i (EU) 2022/2555 IRÁNYELVE az Unió egész területén egységesen magas szintű kiberbiztonságot biztosító intézkedésekről, valamint a 910/2014/EU rendelet és az (EU) 2018/1972 irányelv módosításáról és az (EU) 2016/1148 irányelv hatályon kívül helyezéséről (NIS 2 irányelv)

A hazai kiberbiztonsági szabályozási környezet vonatkozásában is jelentős változásokkal járt a NIS 2 irányelv, mert alapjaiban alakította át a szabályozás célját, hatályát és eszközrendszerét. Miközben a CER irányelv is kiterjesztette a kritikus infrastruktúrák körébe tartozó ágazatok körét, az lbtv-hez képest a NIS 2 is lényegesen kiterjedtebb, már a magánszektorra is vonatkozó, a teljes gazdasági és állami ökoszisztémát átfogó szabályozás lett.

Ez új, egységes és átlátható jogszabályok megjelenését tette szükségessé, amely végző soron a Magyarország kiberbiztonságáról szóló 2024. évi LXIX. törvényben és végrehajtási rendeletében, valamint a konkrét védelmi intézkedésekről szóló 7/2024. (VI. 24.) MK rendeletben öltött testet.

Noha a jelzett törvény csak 2025. január 1-jén lépett hatályba, a várható feladatok már 2023-tól ismertek voltak, ugyanakkor számos jogi bizonytalanság és értelmezési kérdés nehezítette a felkészülést. A víziközmű ágazat szempontjából kiemelendő, hogy mivel az lbtv. időszakában nem minden szolgáltató volt a törvény hatálya alatt, így kevés ágazati szintű közös tapasztalat keletkezett. Nyilvánvaló, hogy az újonnan a kiberbiztonsági jogszabályok hatálya alá kerülő ágazati szereplők számára a felkészülésnek jelentős kompetencia- és erőforrás igénye van, bizonyos szempontból közel egy évtizedes információbiztonsági fejlődési hátrányt egy-két év alatt ledolgozni rendkívül nehéz feladat.

Összességében tehát megfogalmazható, hogy a NIS 2 megjelenése alapvető változást hozott a víziközmű ágazat életébe, különösen azon szervezetek esetén, akik korábban nem,

vagy csak minimális mértékben végezték ezt a tevékenységet. Fontos ugyanakkor hangsúlyozni, hogy a már említett automatizáció és digitalizáció, az lpar 4.0 mintájára a víz ágazatban Water 4.0-ként is aposztrofált digitális transzformáció egyre erőteljesebben van jelen a mindennapjainkban, egyre inkább meghatározza feladatainkat és jövőképünket is. Természetes módon egyre erősebb az igény a hatékonyság növelésére, az integrált, egymással összekapcsolt, így magasabb szintű funkcionalitást nyújtó elektronikus információs rendszerekre, de nem szabad elfelejteni, hogy ezzel a kitettségünk és a kockázataink is arányosan nőnek, amelyre reagálnunk kell.

A KIBERBIZTONSÁG ÚJ KORSZAKA

A kibertérből érkező támadások növekvő kockázatainak kezelése 2025-től tehát a NIS 2 irányelv és annak hazai jogszabályai által előírt információbiztonsági kockázatmenedzsment keretrendszerben kell, hogy történjen. Az Európai Unió az irányelv bevezetésével számos kritikus ágazatra terjesztette ki a szigorú biztonsági követelmények teljesítését, így mostanra minden víziközmű szervezetnek meg kell felelnie a kiberjogszabályi előírásoknak. A védelem kialakítását alapvetően a bizalmasság, sértetlenség és a rendelkezésre állás (BSR elv) alapján definiálja a törvény. Víziközmű szolgáltatóként az elsődleges feladat az alapvető szolgáltatás fenntartása, így elsősorban az a legfontosabb, hogy mindenkor biztosított legyen a rendszerek elérhetősége, valamint az abban kezelt adatok felhasználhatósága, rendelkezésre állása.

Kiemelten védendőek továbbá a személyes adatok, amelyek esetében a bizalmasságra

és a sértetlenségre kell helyezni a hangsúlyt. A szervezet működése során mind jogilag, mind technikailag meg kell felelni a GDPR előírásainak, vagyis azon túl, hogy a személyes adatok kezelése során az adatvédelem alapelveit betartja a szervezet, a megfelelő technikai és szervezési intézkedéseket is vég-re kell hajtani annak érdekében, hogy a kockázat mértékének megfelelő szintű adatbiztonságot garantálja.

Fontos tehát leszögeznünk, hogy társadalmi elvárás az alapvető szolgáltatások folyamatosága, amelyet a GDPR és a kiberjogszabályokkal összhangban kell biztosítanunk. A digitális transzformáció okozta kiberkihívások kezeléséhez elengedhetetlen az információbiztonsági alapelvek mentén kiépített kiberbiztonság, amely garantálja az ügyfelek és fogyasztók bizalmát és elégedettségét.

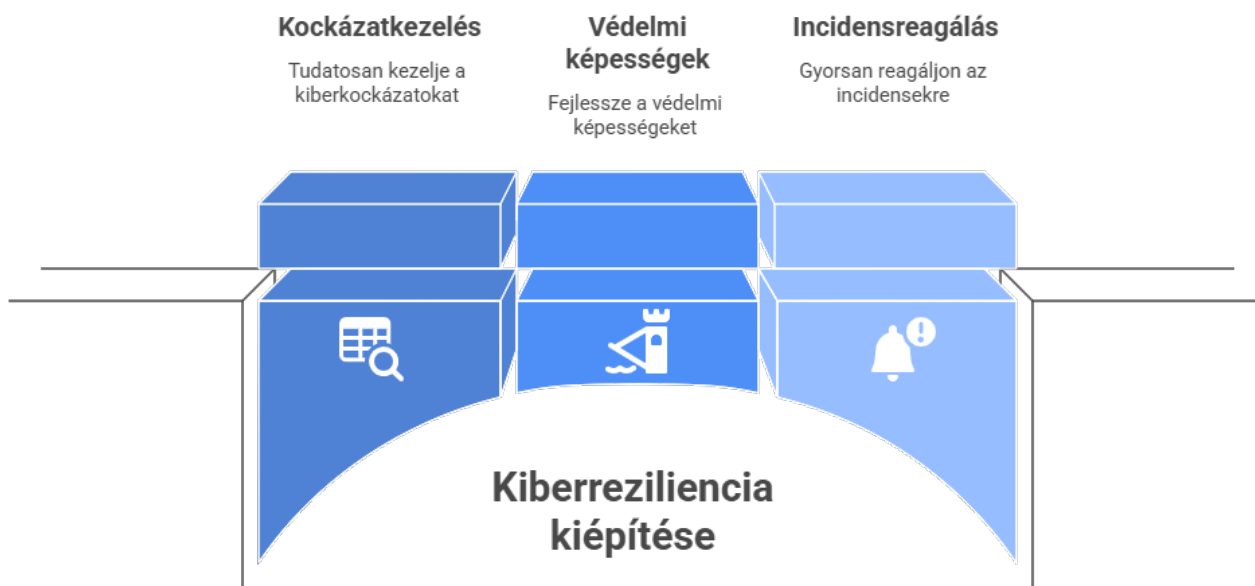
Ágazatunkban nem kisebb a feladat annál, mint hogy tervszerű kockázatcsökkentő tevékenység keretében többszörösen redundáns, magas hibatűrő képességgel rendelkező informatikai infrastruktúra kerüljön kiépítésre azoknál a szervezeteknél is, ahol ez eddig nem történt meg. Ennek megfelelően már rövid távon is jelentős információtechnológiai beruházások megvalósítására van szükség, amelyek között bizonyosan kiemelt prioritású kell, hogy legyen az üzleti folyamatok védelme, valamint a jogszabályok által előírt incidens bejelentési és vizsgálási kötelezettség teljesítése érdekében korszerű, a teljes informatikai infrastruktúrára kiterjedő esemény gyűjtő és elemző rendszerek bevezetése és alkalmazása. Ezzel párhuzamosan – jelentős vagy magas biztonsági osztályba sorolt EIR esetében – gondoskodni kell

az adatközpontok tartalék feldolgozási helyszíneinek rendelkezésre állásáról, amely az elsődleges helyszín kiesése esetén, rövid időn belül alkalmas a feladatok átvételére, valamint az adatok georedundáns tárolására, így minimalizálva az adatvesztés lehetőségét.

Szükséges továbbá az ipari irányítási rendszerek (továbbiakban: OT), beleértve a folyamatirányítási rendszerek (SCADA) kibertérből érkező fenyegetettségek és kibertámadások elleni felkészítése, valamint a kiberjogszabályok által előírt ellenálló képesség megteremtése. Különösen fontos az ágazatunkban az OT rendszerek védelme, hiszen egy sikeres kibertámadás messze túlmutat egy adatvédelmi incidensen, a kiberfizikai rendszerek folyamatai – nem megfelelő kezelés esetén – veszélyesek lehetnek, balesetet, illetve akár súlyos sérülést is okozhatnak.

Az OT rendszerek védelme azonban más megközelítést igényel, mint az IT esetében. A folyamatirányítási rendszereknél a rendelkezésre állás és a stabilitás az elsődleges szempont, így az IT esetében már jól bevált és bizonyított védelmi megoldásokat nem minden esetben lehet egyszerűen átemelni ezekre a rendszerekre. Fontos változás, hogy a digitális transzformáció következtében az OT rendszerekre korábban jellemző fizikai szétválasztás, az ún. air gap, mint kiberbiztonsági intézkedés, gyakorlatilag egyik pillanatról a másikra megszűnt. A korábban fizikailag más hálózatoktól, illetve az internettől elszigetelt OT rendszerek mára könnyebben elérhetővé váltak. Az igény, hogy az adatok elérhetősege, valamint a szoftveres karbantartások, beavatkozások távolról is biztosíthatók legyenek, olyan mértékben jelent meg

A víziközművek kiberbiztonságának megerősítése



Made with  Napkir

a Covid 19 világjárvány idején, ami felülírta az információbiztonsági szempontokat. Az emiatt hirtelen megjelent nagyszámú kiberfenyegetés kockázatainak kezelése azóta kiemelt prioritásává vált.

Mindezek mellett abban továbbra sincs változás, hogy a kibertérből érkező támadások jelentős része sikeresen hárítható el a biztonság tudatos felhasználó segítségével, így folyamatos edukációval és rendszeres gyakorlatokkal is csökkenteni kell az incidensek bekövetkezésének a valószínűségét.

INFORMÁCIÓBIZTONSÁG A VÍZIKÖZMŰ ÁGAZATBAN – FŐ CÉLOK ÉS FELADATOK

A digitális transzformáció a víziközmű ágazatban is megállíthatatlan: az automatizált irányítási rendszerek, a távfelügyelet, az okos eszközök és az adat vezérelt döntéstámogatás egyre szervezettebb részét képezik az üzemeltetésnek. Az IT-OT konvergencia,

a rendszerek közötti összekapcsoltság, a hálózati hozzáférések sokasága és az adatalapú működés olyan új kockázatokot teremtett, amelyek a szolgáltatás folyamatosságát és végső soron a vízellátás biztonságát is veszélyeztethetik.

A víziközmű ágazat a kritikus infrastruktúrák egyik legérzékenyebb eleme, hiszen működése közvetlenül hat a lakosság mindennapi életére és a gazdaság biztonságára. E környezetben a kiberbiztonság nem csupán technikai kérdés, hanem a működésbiztonság és az ellátásbiztonság egyik alapfeltétele – a víziközmű ágazat számára létkérdés, hogy képes legyen ellenállni a kibertérből érkező támadásoknak. A szektor szereplői számára tehát a feladat, hogy megerősítsék digitális védelmi képességeiket, és hosszú távon is fenntartható kiberrezilienciát építsenek ki.

A bizalmasság, sértetlenség és rendelkezésre állás (BSR elv), valamint a megelőző, felismerő és elhárító (PreDeCo) módszertan mentén felépített információbiztonsági irányítási rendszer (IBIR) – tudatos és helyes alkalmazás esetén – képes megfelelő ellenálló képességgel felruházni a szervezeteket, a lehető legalacsonyabbra csökkentve a kibertérből érkező fenyegetések kockázatát. Ha pedig mégis bekövetkezik az incidens, akkor a szervezet gyorsan és hatékonyan reagálva képes azt elhárítani, illetve biztosítani, hogy lényegesen kisebb kár keletkezzen, mintha nem épült volna ki az információbiztonsági irányítási rendszer.

A BSR elv az információbiztonság három alapvető pillére; ezek kiegyensúlyozott érvényesítése határozza meg, milyen kockázatokat kezel a szervezet és milyen védelmi kontrollokat vezet be a rendszereiben és folyamataiban. Az elv gyakorlati alkalmazása közvetlenül formálja az információbiztonsági irányítási rendszert, az üzletmenet-folytonosságot és a megfelelést.

A PreDeCo módszertan lényege, hogy nem a fenyegetések teljes kizárására törekszik, hanem a felettük gyakorolt kontrollra, ahol a kontrollok egymást kompenzálhatják és a gyors észlelés és helyreállítás mérsékli a károkat. Az egymást kiegészítő megelőző–felismerő–elhárító kontrollokkal egyszerre csökkenti az incidensek bekövetkezési valószínűségét és üzleti hatását, miközben rugalmasan illeszthető a szervezet erőforrásaihoz és kockázati profiljához.

A kiberreziliencia megteremtéséhez szervezeti szinten is rendszerszemléletű

megközelítést kell tehát alkalmazni. Ennek alapját az IBIR kialakítása jelenti, amely egy átfogó irányítási és szabályozási keretrendszer, amelynek célja, hogy a szervezet működésébe beépítésre kerüljön a kiberbiztonsági kockázatok azonosítása, kezelése, felügyelete és folyamatos fejlesztése. A rendszer kiépítésének alapköve a belső szabályozói környezet létrehozása – olyan belső szabályzatok, eljárásrendek és felelősségi körök kialakítása, amelyek a kiberbiztonságot a szervezet mindennapi működésének részévé teszik. Ide tartozik például az információbiztonsági szabályzat, az incidenskezelési szabályzat, a hozzáférés-kezelési rend, a mentési és helyreállítási eljárások, valamint a munkavállalók biztonságtudatosságát előíró belső irányelvek. A kiberbiztonság kialakítását a belső szabályozókban meghatározott intézkedések, folyamatok, felelőségek mentén kell megvalósítani, hiszen a védekezés csak úgy tud hatékony lenni, ha egymást erősítve rendszerbe helyezzük, ezzel garantálva az egyenszilárdságot.

A logikai védelmi intézkedések információtechnológiai eszközökkel és eljárásokkal (programokkal, protokollokkal) megvalósított kontrollok, amelyek a digitális rendszerekhez, hálózatokhoz és adatokhoz való hozzáférést szabályozzák: ide tartozik a jogosultságkezelés, a hitelesítés, a titkosítás, a hálózati szegmentáció, a behatolásérzékelő rendszerek (IDS/IPS), valamint a folyamatos monitorozás és naplózás. Ezek célja, hogy a támadások már a kibertérben észlelhetők és kezelhetők legyenek, mielőtt a kritikus rendszerekhez elérnének.

A fizikai védelem ugyanilyen fontos: azt célozza, hogy a szervertermek, irányító központok és kritikus infrastruktúra elemei csak ellenőrzött hozzáféréssel legyenek elérhetőek, védettek legyenek a jogosulatlan személyek, környezeti hatások vagy balesetek ellen. A fizikai és logikai védelem egymást kiegészítve képes csak elősegíteni, hogy a rendszerek biztonságosan működjenek, és az ellátás folytonossága minden körülmények között biztosított legyen.

A sikeres védekezés kulcsa azonban nem pusztán a technológiában rejlik: a belső szabályozókban és a külső jogszabályokban előírt intézkedések maradéktalan betartása, a folyamatos kockázatértékelés és a rendszeres auditok nélkülözhetetlenek. A kiberbiztonság nem egyszeri feladat, hanem folyamatos tevékenység, amelyhez elengedhetetlen a szervezet összes részlegének együttműködése, a tudatosság fenntartása és a szabályozói környezet változásainak követése.

FELKÉSZÜLÉS AZ AUDITRA – A FŐVÁROSI VÍZMŰVEK SZEMSZÖGÉBŐL

A kiberbiztonsági auditra való felkészülést a Fővárosi Vízművek már 2024. második negyedévében megkezdte, az akkor rendelkezésre álló EU-s irányelv és jogszabályi környezet alapján. Az események 2025. év elején gyorsultak fel a Kiberbiztonsági törvény és az audit részletszabályait meghatározó, Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága (SZTFH) rendeleteinek megjelenésével. A jogszabályi előírásoknak megfelelően megkezdtuk a kiberbiztonsági audit beszerzését, valamint az eljáráshoz szükséges információk összegyűjtését. Ennek keretében, a megjelent szabályzók alapján szükségessé

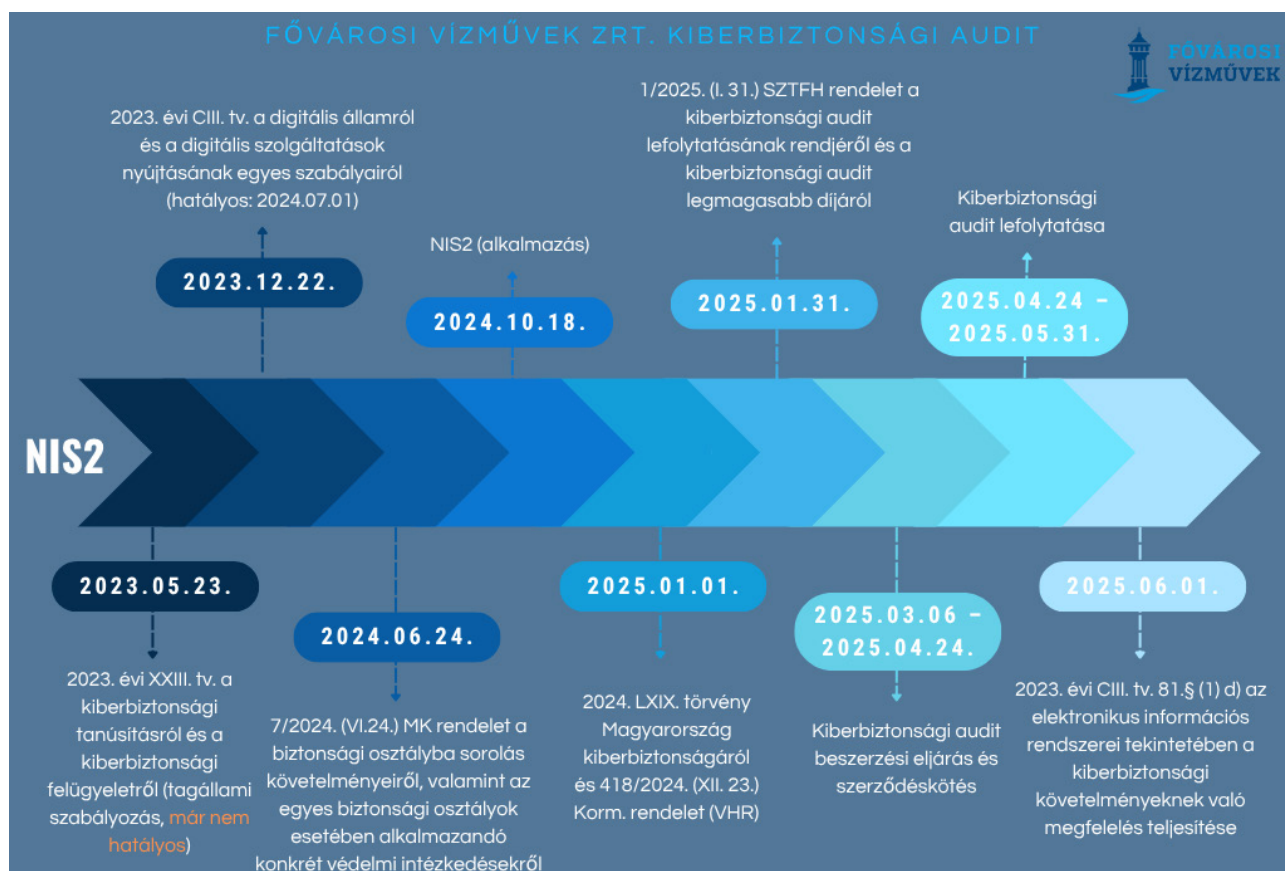
vált az EIR-ek meghatározásának és biztonsági osztályba sorolásának felülvizsgálata is.

A felkészülés során elsőként a törvényben meghatározott, kötelezően auditálandó védelmi intézkedéseket vizsgáltuk felül egy általunk definiált prioritási sorrend alapján, és csak ezután tértünk át a teljes körű GAP elemzés elkészítésére. A prioritási sorrendet az egyes EIR-ek – jogszabályban rögzített – értékelési módszertana alapján alakítottuk ki, különös figyelemmel az értékelésből ki nem hagyható, valamint a biztosító típusú követelménycsoportokra. Tapasztalataink szerint mind az auditra való felkészülés, mind pedig az audit végrehajtásának időszakában hatékony módszernek bizonyult az érintett szervezeti egységek – informatika, folyamatirányítás – bevonásával munkacsoport létrehozása, a feladatok és a szükséges humán erőforrás közös tervezése, koordinációja.

Fontos tapasztalat, hogy már a GAP elemzés elkészítése során célszerű az egyes követelményekhez tartozó bizonyítékok, evidenciák rögzítése, megkönnyítve ezzel az audit lefolytatását, ami még gondos felkészülés esetén is jelentős erőforrásokat igényel a szervezetek részéről.

A KIBERBIZTONSÁGI AUDIT

A kiberbiztonsági audit deklarált céljaként került meghatározásra, hogy felmérje az EIR-ek biztonsági osztályba sorolását, ellenőrizze és értékelje a védelmi intézkedések megfelelőségét, ezáltal az auditált kiberbiztonsági ellenálló képességét, valamint elősegítse a szervezet kiberbiztonsági felkészültségének javítását, hozzájárulva ezzel a nemzeti kiberbiztonság megerősítéséhez is.



A KIBERBIZTONSÁGI AUDIT TELJES FOLYAMATA A FŐVÁROSI VÍZMŰVEKNÉL

Az audit részletes követelményeit az SZTFH rendeletben szabályozza. Az ellenőrzés során dokumentumvizsgálatra, interjúkra, technikai tesztek végrehajtására, de akár egyéb vizsgálati módszerek alkalmazására is sor kerülhet, az eredményeket pedig az auditor mind a szervezet, mind pedig a hatóság rendelkezésére bocsátja.

A vizsgálati módszertan alapját a NIST Special Publication 800-53 információbiztonsági sztenderd képezi, amely biztosítja a szabványosított értékelési folyamatot és a bizonyítékokon alapuló döntéshozatalt. A követelmények teljesülését több szempont alapján értékelik. A vizsgálati folyamat során

bizonyítékokat gyűjtenek arra vonatkozóan, hogy az alkalmazott kontrollok és intézkedések hiánytalanok-e, valamint megfelelnek-e az elvárt működési és biztonsági követelményeknek. Az auditor részletes elemzést végez a meghatározott EIR-eken, különös figyelmet fordítva a kritikus infrastruktúrákra, a hozzáférési szabályokra, a jogosultságkezelésre, az incidenskezelési folyamatokra, valamint az üzletmenet-folytonosság biztosítására.

Az általános információbiztonsági követelményeket az audit során a már bemutatott BSR elv alapján is vizsgálják.

- *Bizalmasság:* Az érintett rendszer azon tulajdonságát ellenőrzik, amely biztosítja, hogy az ott tárolt adatokat és információkat kizárólag az arra jogosult személyek,

a jogosultságuk szintjének megfelelően ismerhetik meg, használhatják fel, illetve rendelkezhetnek azok felhasználásáról.

- *Sértetlenség:* A rendszerek azon jellemzőit értékelik, amelyek garantálják, hogy azokban tárolt adatok tartalma és tulajdonságai megfelelnek az elvártnak, azaz hitelesek és letagadhatatlanok.
- *Rendelkezésre állás:* Vizsgálják, hogy a rendszer és az abban tárolt adatok elérhetősége az arra jogosult személyek számára folyamatosan biztosított-e.

Az audit kiterjed továbbá az információbiztonsági kockázatmenedzsment keretrendszerre, a rendszerekhez kapcsolódó, illetve azok védelmével összefüggő dokumentumokra, az EIR-ekben alkalmazott hardver-, szoftver- vagy firmware elemek funkcióira, valamint az infokommunikációs szolgáltatást nyújtó szolgáltatókkal szembeni szervezeti elvárásokra. Vizsgálják a rendszerek védeleméhez kapcsolódó személyi és tárgyi feltételeket, valamint a szervezet által meghatározott eljárások gyakorlati megvalósulását, amely kiterjedhet az EIR-ek védelmét támogató folyamatokban részt vevő személyek tevékenységére is.

A követelmények teljesülését az auditor különböző vizsgálati módszerekkel ellenőrzi. A dokumentumvizsgálat során – a biztonsági osztálytól, a szervezet sajátosságaitól és az adott követelménycsoporttól függően – a szervezet által rendelkezésére bocsátott dokumentumok alapján elemzi a bizonyítékokat a védelmi intézkedéseknek való megfelelés szempontjából. Emellett írásban feltett kérdésekre adott válaszok útján, valamint személyes interjúk segítségével további

bizonyítékokat gyűjt és tisztázza a felmerült kérdéseket annak érdekében, hogy megismerje a folyamatok, eljárások és kontrollok gyakorlati megvalósítását. Az auditor nemcsak a meglévő védelmi intézkedéseket vizsgálja, azok folyamatos fenntartását és fejlesztését is értékeli.

A fentiek alapján is jól látható, hogy az audit gerincét az adatbekérés, illetve az adatszolgáltatás folyamata biztosítja. Ez esetünkben több lépésben zajlott, elektronikus tárhelyre kerültek feltöltésre a kért adatok, összesen mintegy 1400 fájlban, amelynek teljesítése megfelelő előkészítés és felkészülés nélkül határidőre nem lett volna lehetséges. Az evidenciák feldolgozását követően került sor az audit interjúkra és a további felmerült kérdések megválaszolására. Fontos kiemelni, hogy a teljesítési határidő rövidsége miatt az audit – ide értve az interjúkat is – online formában történt, amely nagyban megkönnyítette a munkát mind az auditor, mind pedig az auditált szervezet számára.

Az észlelt biztonsági hiányosságok kiküszöbölésére, az incidenskezelési képességek fejlesztésére, valamint a rendszerellenőrzések hatékonyságának növelésére vonatkozó javaslatok a szervezet kiberbiztonsági állapotának értékelésével együtt az auditjelentésben kerülnek rögzítésre. A védelmi intézkedések vizsgálatakor az egyes EIR-eken belül az auditor a jogszabályban meghatározott értékeléseket adja minden követelménypont vonatkozásában. Ezen értékelések az alábbiak lehetnek:

- *Megfelel:* Ha az elemi követelmények mindegyike „megfelelt” vagy „nem

alkalmazható” értékelést kapott. Követelménycsoport pontozás: 0.

- *Elhanyagolható mértékű eltérés:* Ha a vonatkozó biztonsági elvárások nem teljesülnek hiánytalanul, de ez az EIR biztonságát az auditor megítélése szerint nem érinti. Követelménycsoport pontozás: 1.
- *Kis mértékű eltérés:* Ha vonatkozó biztonsági elvárások kisebb hiányosságokkal, de alapvetően céljuknak megfelelően működnek. Követelménycsoport pontozás: 4.
- *Kiemelt mértékű eltérés:* Ha az elvárt intézkedés fő céljai nem teljesülnek. Követelménycsoport pontozás: 10.
- *Kritikus mértékű eltérés:* Ha az intézkedés nem megfelelése olyan súlyú, hogy a kritikus kockázatok bekövetkezését okozhatja. Követelménycsoport pontozás: 1000.

A követelménypontok és –csoportok pontozása után kerül sor az egyes EIR-ek vonatkozásában a védelmi megfelelési indexek (VMI), továbbá a szervezet egészére vonatkozó szervezet ellenálló-képességi indexének (SZEKI) kiszámítására, amelyek a teljes működési és védelmi struktúrát összegző mutatóként szolgálnak.

A VMI meghatározása az alábbi képlet alapján történik:

$$VMI = 100 - 100 * \frac{2 * \sum_{i=1}^n b_i + \sum_{j=1}^m t_j}{20n + 10m}$$

ahol b_i a biztosító típusú követelménycsoport pontozásos összértéke, t_j a támogató típusú követelménycsoport pontozásos összértéke, n a biztosító típusú követelménycsoportok számossága, m pedig a támogató típusú

követelménycsoportok számossága. Tekintettel arra, hogy a biztosító típusú követelménycsoportok jelentősége magasabb, célszerű a felkészülés során ezekre fókuszálni.

A vizsgálat alá vont rendszerek VMI indexei alapján számolható ki a szervezet ellenálló képességi indexe, amely meghatározza a szervezet minősítését is.

$$\text{szervezet ellenálló – képességi indexe} = \frac{\sum_{i=1}^n VMI_i}{n}$$

Az értékelési skála százalékos határokhoz kötött: a 95% feletti teljesítés elhanyagolható, míg a 70% alatti érték kritikus kockázatot jelez. Ennek alapján a szervezetnek a védelmi intézkedések katalógusa elvárásainak való megfelelés szempontjából történő minősítése tekintetében *megfelelt* (95% felett), *auditált* (70% felett), vagy *nem megfelelt* (70% alatt) szöveges értékelés adható.

ÖSSZEFOGLALÁS

A NIS 2 irányelv bevezetése, valamint a kötelező kiberbiztonsági audit a víziközmű ágazatban is új korszakot nyitott a digitális védelem és megfelelés terén. Az ágazatban működő szereplőkre ezáltal kiterjednek az egységes és szigorú európai, valamint hazai kiberbiztonsági jogszabályok, amelyek betartása az üzletmenet-folytonosság, a lakossági ellátásbiztonság és a nemzeti adatvagyon védelme érdekében kiemelten fontos.

Az automatizáció, digitalizáció, a Water 4.0 digitális transzformáció nyomán megvalósuló informatikai rendszerek új szintű kitettséget és komplexitást hoztak. Ezzel együtt

a kibertérből érkező fenyegetések száma és súlya is jelentősen megnőtt, ezért a víziközmű-szolgáltatók számára az információbiztonsági kockázatmenedzsment keretrendszer kiépítése elengedhetlenné vált. Mindez az információbiztonsági alapelvek, valamint a GDPR szerinti adatvédelem szigorú betartását követeli meg annak érdekében, hogy az adatvagyon és a kritikus közműszolgáltatók védelme folyamatosan biztosított legyen.

Ebben a környezetben napjainkra különösen fontossá vált az IT és OT rendszerek által támogatott üzleti folyamatok védelme. A kiberreziliencia eléréséhez elengedhetetlen a belső szabályzók, eljárásrendek és felelősségi körök tudatos kialakítása, a rendszeres auditok, valamint a biztonság tudatos munkahelyi

kultúra fejlesztése, amely egyben a hatékony incidenskezelés és a folyamatos fejlesztés záloga is.

A szervezetek első számú vezetőinek egyre növekvő feladata és felelőssége lesz a digitális védelmi képességek megerősítése, a proaktív kockázatkezelési kultúra intézményesítése és a hosszú távú kiberreziliencia kiépítése, amely a víziközmű szektor fenntartható működésének, biztonságának és jogszabályi megfeleltetésének alapját képezi majd. Teljesen nyilvánvaló, hogy a kiberbiztonsági kockázatok tartósan velünk maradnak, a digitális technológiák fejlődésével párhuzamosan várhatóan növekedni is fognak, ezért a kezelésük, az ellenük való felkészülés stratégiai szintű, folyamatos feladatot jelent majd a jövőben.



Görög Viktor – biztonsági igazgató, Fővárosi Vízművek Zrt.

Biztonsági és kockázatkezelési vezető, több mint egy évtizedes tapasztalattal a víziközmű szektor kritikus infrastruktúráinak védelmében. Jelenleg a Fővárosi Vízművek Zrt. és a Nemzeti Vízművek Zrt. kockázatkezelési és biztonsági igazgatójaként e szervezetek kritikus infrastruktúra-védelmi, kiberbiztonsági, polgári- és katasztrófavédelmi, valamint fizikai biztonsági területeit irányítja. Korábbi, nemzetbiztonsági tisztként szerzett tapasztalata tovább növeli stratégiai rálátását az infrastrukturális kockázatokra. A Fővárosi Vízművek Mentőszervezetének vezetőjeként aktív szerepet játszik a hazai és nemzetközi polgári védelmi missziókban és gyakorlatokon.



Szűcs Levente – információbiztonsági felelős, Fővárosi Vízművek Zrt.

Biztonságtechnikai mérnök, magasan képzett információbiztonsági szakember, jelentős, több mint egy évtizedes tapasztalattal rendelkezik a víziközmű rendszerek fizikai biztonsága, illetve a víziközmű rendszerekkel összefüggő információs és üzemirányítási rendszerek kibervédelme területén. A Fővárosi Vízművek információbiztonsági rendszerének kialakításában és fejlesztésében a kezdetektől fogva vezető szerepet tölt be, kiemelkedő tapasztalatai vannak a kiberbiztonsági kockázatkezelési rendszer üzemeltetése, az IT-OT szegmentáció, valamint információbiztonsággal összefüggő felügyeleti feladatok, az auditok és a megfeleltetés területén.

MILYEN ANYAGOK FORDULHATNAK ELŐ A SZENNYVÍZISZAPBAN?

Prof. Dr. Juhász Endre

A civilizált társadalom természetes mellékterméke a szennyvíz, melynek közismerten két összetevője van, nevezetesen a folyadék- és az iszap fázis. Mindkét frakciót hasznosítás szempontjából meglehetősen számos megkötés korlátozza, ám különösen az iszap tartozik abba a kategóriába, melynek ismeretlen vagy szervezetre veszélyes és káros összetevői és főleg azok körforgásos gazdálkodásba történő visszahelyezése jelent újkori egészségügyi problémát. (Bezzeg 70-80 évvel ezelőtt...?)

Mottó: *A szennyvíziszap nem hulladék, hanem mint potenciális energiaforrás, azaz a benne lévő összetevők által olyan alapanyag, mely közvetlenül vagy közvetve megfelelő átalakítás után – primer anyagokat vagy energiát- (hő-, villamos-, mg. tápanyag stb.) képes kiváltani vagy pótolni, ezáltal értékes anyagok tárháza.*

A szennyvíziszap minősége jellemző az adott településről összegyűjtött szennyvíz minőségére, függ a szennyvíztisztítási, iszapkezelési technológiától és így településenként, illetve szennyvíztisztító telepenként változik.

Az iszapot, mint „mellékterméket” a mechanikai fokozat után maradt úszó és lebegő szilárdanyagok, valamint a biológiai tisztításkor keletkező, élő és elhalt baktérium pelyhek alkotják.

Az iszapkezelés során megkülönböztetjük az előülepítőből kikerülő durva szerkezetű magasabb szervesanyagot tartalmazó „nyers-iszap” néven számon tartott, az utóülepítőből származó ún. „eleven” vagy „szekunder” iszapot (mikrobiális biomassza). A tápanyag eltávolítás (P,N) során felhasznált vegyszer maradék (fémsó, mész) szintén az utóülepítőt terheli. Sok esetben, főleg, amikor energianyerés a cél az utóülepítőből származó iszapot gyakran visszavezetik az előülepítőbe, amikor is kevert iszapról lehet beszélni.)

Kezelt iszapnak azt kell tekinteni, amikor valamely stabilizálással, biológiai, kémiai, illetve hőkezeléssel vagy más megfelelő eljárással (így különösen szennyvíziszap felhasználásával történő biogáz előállítás, komposztálás révén), továbbá a települési folyékony hulladék tartós, legalább 6 hónapig tartó tárolásával vagy kémiai kezelésével nyert olyan iszapok, melyek szennyezőanyag tartalma az aktuális hatályos rendelet előírásainak megfelel, és amelyekben a kezelés hatására a fekál coli és a fekál streptococcus szám iszap ml-ben mért mennyisége az eredeti érték tíz százaléka alá csökken.

Összefoglalásul ismételtelen leszögezhető, hogy a szennyvíziszap kezelés alapvető célja: a keletkezett anyag nedvességtartalmának csökkentése, bűz, szagártalom, fermentálóképesség nivellálása, illetve megszüntetése, hasznosíthatóságának – az adott kor

technológiai lehetőségei és közegészségügyi feltételei mellett - felhasználás szempontjából történő - előkészítése, azaz a piac igényei szerinti "szalonképes áruvá" tétele

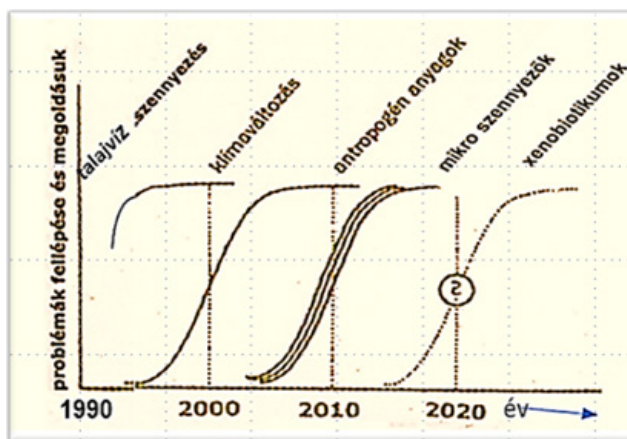
Ne felejtjük el, hogy a kedvező összetevők értelmében ez az anyag is megújuló energiaként a biomassza részét is képezi.

A statisztikák szerint Magyarország teljes szennyvízterhelése 13, 7 millió LE, míg a ~820 tisztító telep kapacitása jelenleg 11,1 millió LE. A lakás bekötések lehetősége 2025-ben ~ 84 %. Az iszap stratégia szerint az éves iszapmennyiség a 2 000 LE alatti települések fejlesztési programjának megvalósítása után várhatóan cca. 245-250 ezer t_{sza}/a-ra fog növekedni.

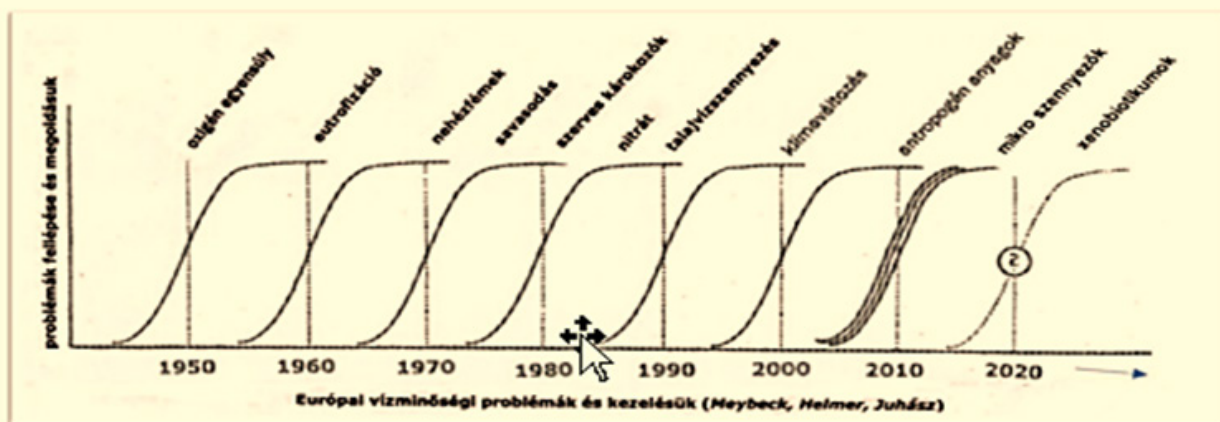
Az iszap hasznosíthatóságának érdekében a kutatást az iszapban található veszélyes anyagok felismerése felé irányította. A vízzel kapcsolatos kutatás az iparosodás során rendkívül felértékelődött. Az 1. sz. ábra a kiegészített Meybeck, Helmer (1950-1980) vízkutatásokra vonatkozó és utólag kiegészített táblázatát mutatja. Az utóbbi cca. 30 - 35 évben a kutatás a szennyvízből ivóvízbe

visszavezethető, az egészségre ártalmas, veszélyes anyagok feltárására fektette a hangsúlyt a (2. sz. ábra kinagyítva is bemutatja).

E 2.sz. felnagyított ábra összefoglalásul szolgál, hogy a jelen kutatások (2025) eredményei szerint melyek lehetnek azok a települési szennyvíz iszapban fellelhető veszélyes anyagok, amelyek termőföldi hasznosítás vagy ivóvízbe való visszajutás esetén direkt vagy indirekt módon veszélyt jelentenek az élő emberi vagy állati szervezetre.



2. sz. ábra Újkori kutatások...



1.sz. ábra. Mik voltak vízzel kapcsolatos főbb kutatási témák a II. V. háború befejezése után

A 3.sz. ábra bemutatja jelen ismereteink mellett az iszap összetételét, ketté bontva a felhasználás szempontjából gazdaságosan hasznosítható, valamint a felhasználás szempontjából tilalmazott anyagokat.

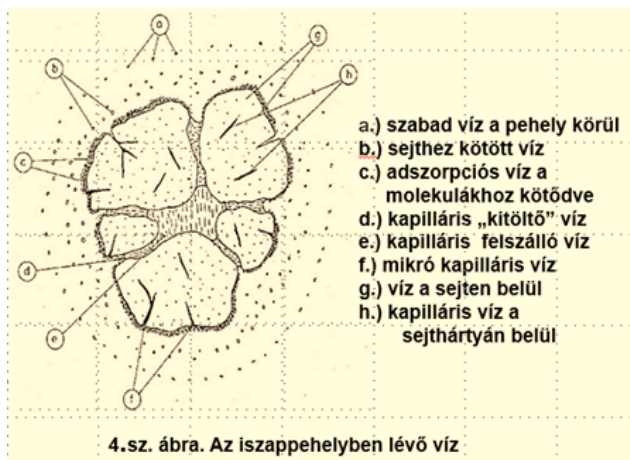
Az iszap nedvesség tartalmának csökkentése az iszapkezelés fontos és sarkalatos lépése. E kérdésben nagy gépgyártó vállalatok fejlesztésekkel versengenek a folyamatosan üzemeltethető, kis helyigényű, energia takarékos stb.. berendezéseikkel. A 4.sz ábra magát az iszap pehelyt mutatja, amelyből végeredményként a szabad víz eltávolítás után általában 20-22 % szárazanyag nyerhető.

A hasznosítható anyagok közül a termőföld tekintetében a legfontosabb tápanyag a szén(C). Az iszap nyomelemeket is tartalmazhat, melyek a mikroelemeknél is kisebb mennyiségben jelenlévő elemek, amelyeknek szintén fontos szerepük van a növényzet életében. Ezek az elemek (vas, cink, réz, mangán, bór, molibdén) tápanyagot jelentenek a talajban élő mikroorganizmusok számára is.

A hasznosítást gátló anyagokat számba véve kiemelkedően súlya van a patogének eliminálásának. Az 5.sz. ábra összefoglalja a fertőzést okozó, jellemző mikroorganizmusokat és a nivellálásuk vagy eliminálásuk lehetséges módjait.

A SZENNYVÍZISZAPOK ÁLTALÁNOS ÖSSZETÉTELE		
Hasznosítható anyagok	Iszapvíz	szabad vagy könnyen eltávolítható iszapvíz (70 %)
		kapilláris víz (20 %)
		pehelyrészcseke nedvesség tartalma (2 %)
		sejtben kémiaiilag kötött víz (8 %)
	Aprított, őrölt ásványi részecskék	finom és durva homok
	Szerves anyagok	egyéb szemcsés anyagok
	Tápanyagok	széntartalmú maradék anyagok
Hasznosítást gátló anyagok	Nyomelemek	N P K C
	Mérgező anyagok	fémes elemek, szerves vegyi anyagok
		nehézfémek (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn,) egyéb toxikus anyagok (As, Mo, Se, stb.)
	Patogének	baktériumok, vírusok paraziták, gombák
	Antropogén anyagok	gyógyszer maradványok, kozmetikumok, hormonok, drogok, stb (emberi tevékenység során környezetbe kerülő, a természetben általában nem található anyagok)
	Xenobiotikumok	gyógyszerek, peszticidek, karcinogének, mérgek stb. (nem természetes, ember által szintetizált vegyi anyagok)
	Műanyag szennyezők	mikróműanyagok (pl. csomagoló anyagok) (általában 5 mm-nél kisebb szennyező anyagok)

3.sz. ábra. A szennyvíziszapok általános összetétele (Juhász E. 2025.)



Az ábrából kitűnik az is, hogy a szennyvíziszap fertőtlenítés hatékony eljárásai az alábbiak közé sorolhatók:

- biológiai kezelés (rothasztás),
- kémiai kezelés (meszeszés),
- fizikai kezelés (hőkezelés vagy pasztörizáció),
- besugárzásos kezelés.

Az iszap fertőtlenítésének hatékonyságát általában befolyásolja a kontakt idő, a tartózkodási idő, az alkalmazott kémiai szerek koncentrációja, a fizikai folyamatok intenzitása és természete, a hőmérséklet, az orgazmusok koncentrációja, a szuszpendált folyadék (iszap) tulajdonságai. (Öllös, 1991.)

Megjegyezhető, hogy fertőtlenítés szempontjából tulajdonképpen mind a komposztálás, mind a szárítás, úgyszintén a biológiai rothasztás is valójában hőkezeléses fizikai kondicionálásnak (pasztörizálásnak) is tekinthető.

Az iszapok ismert patogén csökkentő, ill. eltávolítási eljárásait a 5. sz ábra foglalja össze.

Itthon általában a üzemeltetés egyszerűbb volta miatt a mezofil rothasztás ($t=33-38^{\circ}\text{C}$) terjedt inkább el. A nagyobb mennyiségű

energia kihozatal érdekében a települési egyéb szerves hulladékkal történő együttes rothasztás (ko-rothasztás) is helyet szorított magának. A magasabb hőmérsékleten történő termofil ($t=52-58^{\circ}\text{C}$) eljárást (pl: Bp. Szege, Keszthely stb.), részben a hatékonyabb fertőtlenítés miatt is, már több helyen alkalmazták. Természetesen minél magasabb a sterilizálási hőmérséklet a fertőzést előidéző mikrobák pusztulása annál eredményesebb.

A fertőzés képződés csökkentésének egyik lehetősége az iszap szárítása, mely esetben a szárazanyag $65-85^{\circ}\text{C}$ -ra való növelése már minden esetben további hő közlést igényel. Ez történhet természetes úton (pl. szolár energia, ill. belső hőképződés útján) vagy mesterségesen előállított hő közvetítésével. A cél a termékek tárolási, zsákolási, szállítási és kedvezőbb felhasználási lehetőségeinek biztosítása, az iszap terméké történő átalakítása.

A szárítás egyben fizikai kondicionálást is jelent, ami a szárítási hőmérséklettől függően a patogének jelentős mértékű elpusztítását eredményezheti, mely főleg mezőgazdasági hasznosítás szempontjából megkívánt.

A mesterséges szárítási hőmérséklet eljárásoktól függően általában $85-500^{\circ}\text{C}$ között történik. A szárítással az anyag struktúrája nem, vagy csak igen csekély mértékben módosul, viszont a nedvességtartalom jelentősen csökken. A végtermék szemcsésanyag (granulátum, por) formájában jelenik meg. Minél magasabb a szárítási hőmérséklet annál jobban rövidül a kontakt idő, eredményesebb a csíráztatás hatékonysága.

A mesterséges hővel történő szárítás „konvenció” eljárás esetén a hőátadás a hőhordozó elem felmelegítése által történik, míg

A KÜLÖNBÖZŐ ISZAPKEZELÉSI ELJÁRÁSOK FERTŐZŐKÉPESSÉG-CSÖKKENTŐ HATÁSA						
Kezelési eljárások	Behatás i idő	Fertőzőképességet jellemző humán patogén csoportok csökkentése (%)				
		Vírusok	Baktériumok	Paraziták	Gombák	
Anaerob iszapkezelés						Rothasztás
➤ <u>Mezofil</u> (30-35 °C)	14-30 d	>90	1-3 nagyság renddel csökken >90	Majdnem teljes pusztulás	Majdnem teljes pusztulás	
➤ A kezeltiszap hosszú idejű tárolása (30-35 °C-on)	6 hónap		99,9	Nincs hatással		
➤ <u>Termofil</u> (50-55 °C-on)	6-15 d	95 d	2-4 nagyság renddel > 95 csökken	Majdnem teljes pusztulás	Majdnem teljes pusztulás	
Aerob iszapkezelés	6 d	Nincs hatással	~ 20 %	~ 10 %	Részleges pusztulás	
Kémiai meszes kezelés szűrés előtt (pH11,5-12,5)	12 h	-	2-4 nagyság- renddel >90 csökken	Majdnem teljes pusztulás	-	Meszes kezelés
víztelenített iszap (pH=12,5)	14 d	-	2-4 nagyság- renddel >90 csökken	Teljes pusztulás	-	
Folyékony iszap termikus kezelése (117-240 °C és 6000-12 000 kN/m ² nyomás)	15-40 min	Teljes pusztulás	Teljes pusztulás	Teljes pusztulás	Teljes pusztulás	Hőkezelés(pasztörzés)
Fertőtlenítés (170 °C-on)	30-60 min	Teljes pusztulás	Teljes pusztulás	Teljes pusztulás	Teljes pusztulás	
Iszap szárítás (300-500 °C-on)	20 min	Teljes pusztulás	Teljes pusztulás	Teljes pusztulás	Teljes pusztulás	
Komposztálás (65 °C-on)	5 d	Majdnem teljes pusztulás	Teljes pusztulás	Teljes pusztulás	Teljes pusztulás	
Önálló égetés (930 °C-on)	20 min	Teljes pusztulás	Teljes pusztulás	Teljes pusztulás	Teljes pusztulás	
Égetés más anyagokkal (930 °C-on)	20 min	Teljes pusztulás	Teljes pusztulás	Teljes pusztulás	Teljes pusztulás	
Gamma sugaras ¹ kezelés	1 min	Teljes pusztulás (veszélyes üzem miatt nem alk.)				Röntgen
Ózonos kezelés	1 min	Teljes pusztulás				
Ultraszónus kezelés	-/-	Rongcsolás, részleges pusztulás, szaporodás gátlás.				
Glicerínlámpás kezelés	Csak felületi fertőtlenítő hatás (testbe nem hatol be)					

5.sz. ábra. Szennyvíziszap fertőtlenítési eljárások

a „konvekciós” eljárás során hevített légnemű anyag (füst, forró levegő) befújásával érik el az iszapban lévő nedvességtartalom kipárolgását, természetesen együttesen a fertőtlenítést. Az ezekhez felhasznált fűtőanyag olaj, földgáz, biogáz. A technika fejlődésével nyerhető megújuló energiához kapcsolódva az utóbbi időben lehetséges további energia: szélgenerátor-, különösképpen a napsugárzás-, füstgáz-, hőszivattyú hőtartalmának kihasználása.

Magyarországon egyre sűrűbben alkalmazzák az ún. szolár szárítókat, melyek hazai

hőmérsékleti viszonyok mellett 30-80 napos szárítási intervallumban az iszap 70-80%-os szá. tartalomra képes kiszáradni, egyben dezinfekciálódni.

A **komposztálás**, mint aerob termikus kondicionálási eljárás, jelentős sterilizáló hatást fejt ki és fontos eleme a mezőgazdasági hasznosításnak. Számos kedvező tulajdonsága mellett célja a szerves anyag stabilizálása. Az eljárás egy irányított biológiai folyamat, mely során a szervesanyagból makro- és mikroorganizmusok hatására, aerob körülmények között, hőtermelés közben humuszanyagok és egyszerű alapvegyületek (CO₂, H₂O, SO₄, NO₃) keletkeznek (EPSTEIN, 1997; ALEXA & DÉR,)

Meszezt jelentős mészfelhasználás, szállítás stb. terheléssel, továbbá magát a folyamatot mésztároló, keverő és adagoló berendezés szolgálja ki. Az eljárás általában szakaszos üzem-

ben működik és csupán kis- és közepes telepméreteknél használatos. A kezelés blokkolja a szervesanyag-lebomlási folyamatot, így megszünteti a bűzhatást.

Meszes fertőtlenítés esetén biztosítani kell a mész és szennyvíziszap homogén keverékét. Az eljárás a mész folyékony vagy szilárd fázisával egyaránt végezhető. A folyékony fázis esetén a baktériumok és vírusok ellen az eljárás általában hatásos, míg a bélférgekkel szemben nem. A szilárd fázisú (mészpör) kezelés esetén - mivel ez hő fejlődéssel jár - már a bélférgekkel szemben is hatásos.



6. sz. ábra A Dél-Budapesti ko-rothasztók látképe.

Az **égetés** során bár a fertőző mikroorganizmusok teljes egészében elpusztulnak, ám jelentős költség vonzattal jár a berendezés kialakítása, úgy szintén a nedvesség tartalom elpárologtatása. Csak az esetekben jelent versenyképes alternatívát, amikor nagyon fontos a nagymérvű térfogatredukció, illetve esetleg oly mértékű az iszap(ok) szennyezettsége.

A **besugárzás** a fertőző humán patogének szintén egyfajta pusztítására hivatott eljárás. Terjedésüket biztonsági okokból a kezelőszemélyzet egészségvédelme miatti magas beruházási költség, az általában magas villamos energiafelhasználás korlátozza.

Az **ultrahangos fertőtlenítés** esetében az általa kibocsátott hullámok csupán roncsolják a mikroorganizmusokat, meggátolja azok szaporodását. A sugárzás nem, vagy csak csekély mértékben hatol be a mikroorganizmusokba és annak sejtfalát károsítja mely a pusztuláshoz vezet. A sugárzása azokon a felületeken hatékony, amit közvetlenül a sugárzás ér. A sugárzás nem hatol be az anyagba azonban a sugár által érintett területeken (szigetelések,

gumi tömítések, festett felületek) rövidebb idő után öregedés, elszíneződés, minőségromlás jelentkezik.

A **germicid lámpa** zárt helységben igen alkalmas levegő, víz csiramentesítésre, mivel nagy hatékonysággal képes felületeken (falon, berendezési tárgyakon) „megülő” baktériumok és vírusok, penészgombák, különféle mikroorganizmusok pusztítására.

A lámpák szem károsító hatása miatt veszélyes a kezelők számára és rendkívül fontos az óvó rendszabályok betartása. A gyakorlat számára szennyvíziszapfertőtlenítésének céljára kevésbé alkalmazott eljárás.

Az iszap **gamma („ γ ”) sugaras** kezelésére hazánkban is évekkel ezelőtt végeztek kísérleteket. Hatékonysága ellenére a védő berendezések költsége és a kezelők veszélyeztetése miatt szennyvíziszap esetében fertőtlenítés céljára országunkban nem került alkalmazásra.

Az **ózonos** (O₃) iszap fertőtlenítés szintén hatékony eljárás, mivel erős oxidáló hatást fejt ki és így képes előlő hatást kifejteni valamennyi patogén szervezetre. Az ózon erősebb, mint a klór és a mikroorganizmusok nem mutatnak immunitást vele szemben, viszont hátrányként szolgál, hogy rövid idejű a fertőtlenítő hatása, ezért rendszerint utóklórozásra is szükség lehet.

Az ózon előállítása jelentősenergiát kíván, ezért mind a berendezés kialakítása, mind a felhasznált energia lényegesen nagyobb mértékben terheli az üzemeltetési összköltséget.

Az iszapban számos egyéb olyan vegyület lehetséges, ami az ózon hatására átalakulhat és toxikus hatást fejthet ki, ezért a települési szennyvíziszap fertőtlenítésére nem alkalmazzák.

Ipari létesítményekből gyakori szennyeződések közzé kell sorolni az ún. nehézfémeket, melyek jelenléte az iszapban toxikus hatása miatt ellehetetleníti a felhasználást. Ezek: a kadmium, króm, réz, higany, nikkel, ólom, cink. Ugyan csak mérgezőnek számít - a teljesség nélkül - az arzén, a szelén, molibdén stb...

A nehézfémek jelentős része a tisztított szennyvízzel együtt a recipiensbe vándorol, az iszapba rendszerint legfeljebb 10-15 %-nyi kerül és az is az iszapvíztelenítés csurgalék vizével vissza cirkulál a főágba.

Néhány fajta nehézfém szennyvízbe jutásáért jórészt a lakosság felelőtlensége is közre játszik. A szennyvízbe való nehézfémek fő „szállítója” a közlekedés velejárója (ólom, réz, kadmium). Nincs technológia ezek szennyvízbe történő bekerülésének előzetes megfogására és egyelőre nincs technológia sem, amelyik ezek települési szennyvízből történő kivonását gazdaságossá tudná tenni.

A kérdéshez hozzá tartozik, hogy a folyadék fázisból a nehézfémek kinyerésére a fizikai vagy biológiai módszerek költségei relative igen magasak, ráadásul a másodlagos szennyvezetések kialakulásának meg van az esélye is. A kutatások a biológiai módszerek irányában keresik a lehetőségeket, melyek gazdaságilag kedvezőbbeknek tűnnek. Megjegyezhető, hogy a '80-as években hazánkban is történetek kísérletek az iszapszikkasztó ágyakba telepített vörösgilisztákkal történő nehézfémek kivonására (vermikomposztálás). A nehézfémek kivonása nem hozott sikert, kivéve, hogy a testes vörösgiliszták horgászok körében jelentettek nagy népszerűséget.

Mindenekelőtt a nehézfémek szennyvízbe kerülésének az ipari kibocsátók előtisztítóinak

hatékony működése tudja korlátozni úgy is, hogy a visszanyert anyagot újra hasznosítják.

A szennyvíziszap ún. antropogén anyagokat tartalmaz, melyek az emberi tevékenység következtében a környezetbe kerülő, a természetben általában nem található anyagok. Olyan anyagok vagy természeti jelenségek, amelyek nem léteztek volna emberi beavatkozás nélkül.

Ezek az anyagok okozhatnak környezeti problémákat, (pl. légszennyezést, vízszennyezést, talajszennyezést). Összességében az ember tevékenységéből eredő, az ahhoz kapcsolódó anyagok és azokból származható szennyezések. E szennyező anyagok darabszáma felbecsülhetetlen és az ipari termékfejlesztés számukat folyamatosan tovább növeli.

A szennyvíziszapot terhelő antropogén anyagok közé soroljuk egyebek között:

endokrin károsító vegyületeket (EDC-k), gyógyszereket és gyógyszermaradványokat (fájdalomcsillapítók, antibiotikumok, hormonok), kozmetikai és testápoló szereket (PCP), fertőtlenítő szereket, mosószereket, öblítőket és egyéb biocidokat, polifluorozott alkilezett anyagokat (PFAS), peszticideket (növényvédő szereket, stb...)

A „mikroszennyezők” tágabb értelemben olyan, kis méretű (általában 5 milliméternél kisebb) szennyező anyagokat jelentenek, melyek bekerülnek a környezetbe és negatív hatással lehetnek az élővilágra. Ide tartoznak a mikróműanyagok, de más típusú anyagok is (lásd az előző bekezdést) Ezek szennyvízből történő eltávolításáról Oláh-Melitz írása számol be részletesen. (Vízmű Panoráma 3. sz. 2023)

Az iszapba bekerülnek mikróműanyagok, melyek a szennyvíztisztítás során, az emberi anyagcsere-termékekből, ételmaradékokból

és egyéb beoldódó anyagokból származnak. A szennyvíziszapban lévő mikróműanyagok a szennyvíztisztító telepeken felhalmozódó műanyagszemcsék is, melyek leggyakrabban polietilén, polipropilén és poliészter alapúak, és potenciálisan terjesztik a káros mikroorganizmusokat. A mikróműanyagok csökkentése a szennyvízzel és az iszappal történő kibocsátásuk elsődleges forrásainak megakadályozásával lehetséges.

Az iszap tartalmazhat továbbá ún. xenobiotikumokat, melyek környezetidegenek, nem természetes, ember által szintetizált vegyi anyagok.

A xenobiotikum (idegen élőlény, idegen anyag) egy olyan vegyi anyag, amely idegen az élőszervezetek számára, nem természetes eredetű, és jellemzően ember által mesterségesen szintetizált. Ide tartoznak például a gyógyszerek, peszticidek és egyéb karcinogén (rákkeltő) anyagok. Ezeket az anyagokat a szervezet általában megpróbálja méregteleníteni, főként a májban, hogy csökkentse vagy megszüntesse ártalmas hatásukat.

A szennyvíziszapban lévő mikróműanyagok a szennyvíztisztító telepeken felhalmozódó műanyagszemcsék, melyek a leggyakrabban polietilén, polipropilén és poliészter alapúak, és potenciálisan terjesztik a káros mikroorganizmusokat. A mikróműanyagok legnagyobb mértékű forrása a háztartási és ipari szennyvíz, melyek közül igen jelentős tartalom a poliészter (PET), a polietilén, polipropilén. Ezeknél az jelenti a kockázatot, hogy a felületükön a baktériumok biofilmet képesek kialakítani, ami számukra védelmet biztosít, de ugyanakkor hozzájárulhat a betegségek, (pl. kóros elváltozások az utódokban) terjesztéséhez.

A mikróműanyagok szennyvíziszapba kerülésének hatékony csökkentése a kibocsátás

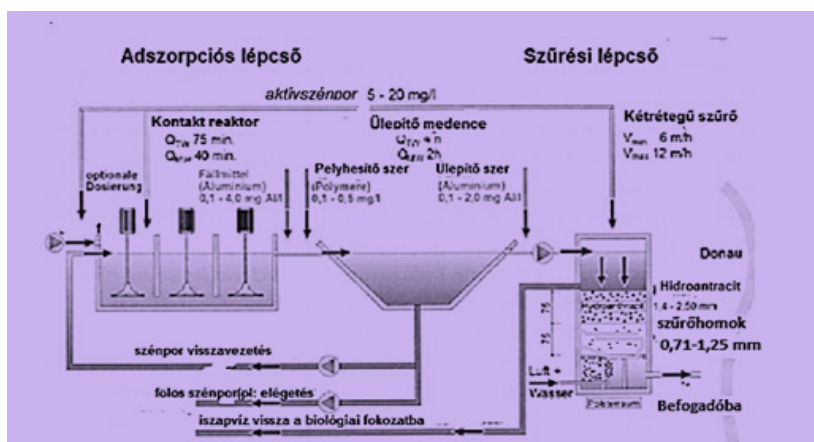
csökkentésében, - drasztikusabban fogalmazva gyártásuk megszüntetésében, ill. más, betegséget nem okozó anyagok kutatásában és bevezetésében - látszik leginkább járható útnak.

A mikró anyagok kiszűrésére a kutatók és a gyártmány fejlesztők közös munkája eredményezhet új megoldást. Fontos kérdés, hogy a meglévő technológiai sorban hol a helye vagy mivel kapcsolható össze az újabb eljárás, továbbá mi a sorsa ezeknek a ki-, ill. leválasztott anyagoknak.

A negyedik szennyvíztisztítási fokozat célja és bevezetése, hogy a már megismert szennyeződések, melyek végül is az iszapban koncentrálódnak mind a folyadék fázisból, mind az iszaptól a felhasználás érdekében optimalisan kiszűrje. A járatosnak számító eljárások közül valójában az „ózonos”, a „membrános” és az „aktívszenes” megoldások azok, amelyek leginkább terjednek. Valamennyi eljárás rendelkezik valamilyen kedvező és vagy hátrányos tulajdonsággal. A „gazdagabb” nyugati országokban a leginkább elfogadottnak az az égetéssel kombinált aktívszenes adszorpciós-szűréses eljárást tekintik a jövő útjának.

Hazánkban cca. $0,6 \text{ km}^3/\text{a}$ tápanyagokat is tartalmazó tisztított szennyvíz és közel $250\,000 \text{ t}_{\text{szs}}/\text{a}$ iszap keletkezik, aminek igen nagy hányadát jelenleg veszni hagyunk.

Tudomásul kell venni, és ismételten felhívom rá a figyelmet, hogy a klímaváltozás vízviszszatartást sürgető programban a kellően tisztított szennyvíz nem csupán alternatív vízkészlet, hanem fontos vízgazdálkodási elem, lemondani súlyos anyagi veszteséggel párosul. Különösen az Alföld talaja „sír” a szerves anyagért, nem lehet a kezelt iszapról és a tisztított szennyvízről felelősséggel lemondani.



7.sz ábra. Ulm-i szennyvíztelep IV. fokozatának vázlata

Azt is tudomásul kell venni, hogy hazai GDP egyelőre a nagyobb gazdasági erővel rendelkező országok által diktált szigorításokkal szemben nem „versenyképes”. Vagy semmit nem teszünk a klímaváltozással is terhelt aszályos térségeink helyzetének javítása érdekében, vagy lassúbb, kompromisszumos lépésekkel - a saját gazdasági és technikai lehetőségeinkkel pótoljuk az évek hosszú során felhalmozódott anomáliákat. Ezt különösen a jogszabály alkotóknak ajánlatos figyelembe venni.

A világ népesség szaporulata, a klíma változás stb... előbb-utóbb tovább kényszeríti a kutatást, hogy találjon olyan megoldásokat

az alacsonyabb GDP-pel rendelkező országok számára, melyek kompromisszumokkal képesek legyenek a jelenlegi hasznosítást szigorúan megkötő gátakat olcsóbb megvalósítható eljárásokkal lehettevé tenni.

7.sz ábra. Ulm-i szennyvíztelep IV. fokozatának vázlata

A fenti ábra egy Németországban megvalósított aktívszenes

eljárás vázlatát mutatja, mely kiegészül egy égető egységgel, mely a biológiai folyamatból származó iszap elégetését is magában foglalja.

Országunkban a biológiai szennyvíztisztítás az ötvenes évek közepén kezdett meghonosodni, a tápanyag eltávolítási fokozat, mintegy 30 évvel később vált természetessé. A hazai GDP hány év elmultával, vajon mikor teszi számunkra is lehetővé, hogy egy újabb folyadék tisztítási lépcsővel, a hozzá tartozó iszap kezeléssel hasznosítani is tudjuk a magunk által szennyezett sok milliárdot képviselő települési másodlagos anyagunkat.

► IRODALOMJEGYZÉK

AZ ÉSZAK-PESTI SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEP ELEVENISZAPOS LEVEGŐZTETŐ RENDSZERÉNEK KORSZERŰSÍTÉSE

Tóth Dániel - Fővárosi Csatornázási Művek Zrt.

BEVEZETÉS

Elkészült és 2025. október 16-án sikeres próbaüzemmel zárult az Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep „A” biológiai vonalán a levegő-ellátás korszerűsítése. Az 1980-as évek óta folyamatosan üzemelő műtárgyblokk korszerűsítése az előregedő berendezések okán időszerűvé vált. A Budapest Főpolgármesteri Hivatal Városüzemeltetési Főosztálya által megrendelt beruházás eredményeképpen a Budapesten és a csatlakozó agglomerációs területeken keletkezett szennyvizek hatékonyabb kezelése valósítható meg. A fejlesztés ajánlati terveit a Hidrokomplex Mérnökszolgálati Kft. készítette és a kivitelezést a Colas Alterra Építőipari Zrt. végezte el. A próbaüzemi feladatokat a Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. munkatársai látták el a kivitelező közreműködésével.

A SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEP KIINDULÁSI ÁLLAPOTÁNAK LEÍRÁSA

Az Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep jelenlegi hidraulikai kapacitása a 2000-es évek elején végbement bővítésnek köszönhetően 200 ezer m³/nap. A bővítések a szerves anyagok hatékonyabb bonthatóságának elérését célzó első ütemmel kezdődtek, amelyet 2002-ben helyeztek üzembe. A fejlesztések második üteme a szennyvíz nitrogén- és fosfortartalmának eltávolítására fókuszált, amely

2010-ben fejeződött be. A munkálatok során elvégezték az akkori, biológiai tisztítást végző műtárgyblokk („A” vonal) jelentős átalakítását, valamint egy teljesen új, komplett biológiai tisztításra képes technológiai vonal („B” vonal) kiépítését, amellyel egy korszerű, a jogszabályi előírásokat teljes mértékben kielégítő eleveniszapos rendszer került beüzemelésre.

A BEÉRKEZŐ SZENNYVIZEK TISZTÍTÁSA

A telepen évente közel 50 millió m³ szenny- és csapadékvíz tisztítása valósul meg. A befolyó vízmennyiség három vízgyűjtőterületről származik, amelynek egy része az újpesti csatornahálózattal gravitációsan befolyó, nagyobb része pedig a Budapest északi kerületeiből és az ide tartozó agglomerációs területekről az Angyalföldi Szivattyútelepre, valamint az óbudai Pók utcai Szivattyútelepre érkező, majd onnan szivattyúkkal továbbított szennyvizekből tevődik össze. A szennyvíz tisztítása a mechanikai szennyeződések eltávolításával kezdődik. A mechanikai tisztítás technológiai sora kőfogóból, finom gépi rácsokból, kombinált homok- és zsírfogókból, illetve előüleptető medencékből áll. A mechanikai tisztítást követően a teljes szennyvízmennyiség hozzávetőlegesen 50-50%-os arányban kerül szétosztásra a 89 100 m³ osztóterefogatú „A” vonali, valamint a 73 500 m³ térfogattal rendelkező „B” vonali biológiai tisztítási vonalakra.

„A” vonali eleveniszapos tisztítási fokozat

Az „A” vonali műtárgyblokkhoz 4 párhuzamos elrendezésű szekció tartozik, amelynek mindegyike 4-4 db folyosóból áll (1. ábra). A hidraulikus működtetésű osztózsilipeken keresztül az „A” biológia vonalra kormányzott előülepített szennyvizet szekciónként 1 db DN800 átmérőjű vezeték szállítja az osztókamrába. Ezen a csövön történik a ráfolyó szennyvízmennyiség mérése. Az osztókamrákban keveredik el a nyers szennyvíz és az adott szekcióból érkező recirkulált iszap. Az osztókamra egyenletes osztást biztosít a szekción belüli 4 folyosó között. Minden szekció 2x2 db sorban elhelyezett és átkevert előkapcsolt anoxikus szelektorral került kialakításra, amelyek összterfogata 10 500 m³. Ezek a reaktorok biztosítják a denitrifikáció számára szükséges terek egy részét. Az anoxikus medencerészeket követik a szakaszos levegőztetésű, 47 800 m³ összterfogatú nitrifikációs zónák, amelyek folyosónként két egymástól eltérő kialakítással rendelkeznek. Az 1. számú levegőztető térrész egy sekélyebb, itt 3,8 méteres, míg a

2. számú levegőztető medencében 4,5 méteres az üzemi vízmélység.

A levegőztetett medencékben a finombuborékos levegőbevitelt rozsdamentes gerincvezetékekről leágazó „OXYTUBE” membránharisnyás csődiffúzorok biztosították. A mélyebb medencerészek végéről szekciónként 2 db vízszintes tengelyű propellerszivattyú és a hozzájuk tartozó egyenként 83 méter hosszú csővezeték biztosítja a belső recirkulációt. A recirkuláció célja a denitrifikáció elősegítése, vagyis a nitrátban gazdag szennyvíz visszavezetése az anoxikus medencékbe. A levegőztetett, oxikus zónákban történik a szervesanyag-eltávolítás, valamint végbemegy a nitrifikáció. A szakaszos üzemű levegőztetésnek köszönhetően pedig lehetőség van a denitrifikációs kapacitás növelésére. A tisztított szennyvíz és az eleveniszap elegye a levegőztetett medencék után elhelyezkedő, szintén hosszanti átfolyású, összesen 30 800 m³ térfogatú utóülepítőbe folyik tovább. Az utóülepítőben kiülepedett iszapot



1. ábra - „A” vonali szekciók elrendezése

16 db láncos kotró juttatja a gyűjtőzsompokba, ahonnan 32 db frekvenciaváltóval szabályozott, kis fordulatszámú szivattyú emeli át az iszapot a recirkulációs aknába. Innen az eltávolított iszap egy része gravitációsan visszavezetésre kerül a szekciók elején található osztóműtárgyba. Szintén az aknából, elektromechanikus mozgatású zsilipek segítségével lehet az iszapot a fölősiszap aknába juttatni, ahonnan szivattyúk emelik át és kerül visszavezetésre az előülepítők elé. Az utóülepítőkből perforált csöveken keresztül folyik a tisztított szennyvíz az elfolyó csatornába, ami a végaknába, majd onnan a Duna sodorvonalába juttatja azt.

„A” vonali levegőellátás

A szekciók levegőellátását 3 db légfúvó biztosítja a medencék északi oldalán található fúvógépházból. Egy festett szénacél kollektorcsőhöz szekciónként párhuzamosan csatlakozik 1-1 DN600 átmérőjű, rozsdamentes acél ellátóvezeték, amelyekbe beépített motoros pillangószelepekkel volt szabályozható a levegő mennyisége. Minden szekción belül a levegőztető medencék rozsdamentes acél légvezetékei erről a DN600 ellátóvezetékről ágaznak le. A sekély medencék irányába motoros pillangószelepekkel szabályozható a rávezetett levegőmennyiség. Az 1. számú (sekélyebb) levegőztető medencénél 2 db, a 2. számú (mélyebb) levegőztető medencénél 5 db kézi pillangószeleppel leválasztható DN150 átmérőjű, rozsdamentes acél ágvezeték látja el levegővel folyosónként a medencéket.

A FEJLESZTÉS TECHNOLÓGIAI TERVEZÉSÉNEK JELLEMZŐI

Az Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep „A” vonali levegőellátás korszerűsítésének ajánlati

tervdokumentációját, amely a műszaki feladatmeghatározást, az értelmezéshez szükséges rajzokat, a költségajánlati kiírást és a költségbecslést tartalmazza, a Hidrokomplex Mérnökszolgálati Kft. készítette és a hozzá szükséges adatokat a Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. szolgáltatta. Az alábbi alfejezetekben bemutatott számításokat a Hidrokomplex Mérnökszolgálati Kft. készítette.

A felújított műtárgyblokk hidraulikai tervezési alapadatai:

Előmechanika (homok- és zsírfogók):

80 000 m³/d (5 000 m³/h; 1,38 m³/s)

SEDIPAC előülepítő, „A” és „B” vonal együtt:

200 000 m³/d (12 513 m³/h; 3,47 m³/s)

Tervezett napi átl. menny. „A” és „B” vonalon:

182 000 m³/d

Tervezett napi átlagmennyiség „A” vonalon:

98 644 m³/d (teljes mennyiség 54,2 %-a)

Üzemeltetési problémák

Az „A” vonal 2000-es években megvalósított kialakítása nem szakaszos levegőztetésre készült, ezért a most megvalósult korszerűsítés előtti levegőztető rendszerének több olyan jellegzetessége volt, amely miatt a biológiai folyamat stabilitása további fejlesztésre szorult, továbbá az eredeti rendszer üzemeltetési és karbantartási költségei is magasabbak voltak:

- A levegőmennyiség szabályozására használt pillangószelepek nem voltak alkalmasak a feladatuk szabatos ellátására, a természetükből adódó karakterisztikájuk miatt a zárásuk nem volt elégséges. A zárt állapotban átszökő és medencébe jutó levegő nehezítette az anoxikus körülmény kialakulását, a folyamatosan jelenlévő 0,1-0,2 mg/L DO pedig hozzájárult a fonálodás kialakulásához.

- Az 1. számú (sekély) levegőztető medencék levegőellátását biztosító légvezetéken elhelyezett pillangószelepekkel elérhető volt a pontos szabályozás.
- A szakaszos levegőztetés miatti fokozottabb igénybevételnek kitett membrános csődiffúzorok meghibásodásai nagyszámban jelentkeztek, amely következtében évi 600-1000 db membránharisnya cseréje vált szükségessé.

időszak reggel 7 órától 14 óráig tartott, ennek a 8 órának átlagos KOI koncentrációja 325 mg/l, a napi átlag 437 mg/l a TKN 72 mg/l, ill. 70 mg/l volt. Az ekkor mért napi szennyvízmennyiség 58 500 m³/nap, a minimális terhelésű 8 órás időszak egy napra vetített értéke 53 051 m³/d. A nyers szennyvízből számolt KOI koncentráció 400 mg/l körül volt.

Az „A” vonalra érkező szennyvízmennyiségek elemzése

	„A” vonalra érkező szennyvízmennyiségek [m ³ /nap]				
	2016. (10.07.-12.31.)	2017.	2018.	2019.	2020.
Minimum	52 227	45 235	11 682	37 217	37 021
Átlag	65 994	69 099	67 262	70 034	68 961
Maximum	100 129	113 168	109 770	119 580	119 448
80% kumulatív gyakoriság	69 000	76 000	73 000	75 000	73 000

Az adatokból megállapításra került, hogy az „A” vonalra érkező átlagos, maximális és 80%-os tartóssággal érkező szennyvízmennyiségek közel állandónak tekinthetők.

5 éves átlag (2016-2020.): 68 270 m³/nap
80%-os tartósság (2016-2020.): 73 200 m³/nap

Vízminőségi paraméterek elemzése

A tervezéshez elvégzett mérések szerint az átlag szennyvízmennyiség 56 636 m³/nap, a KOI koncentráció átlaga 358 mg/l, a TKN 65 mg/l volt. Az óránként mért mennyiségarányos adatok jó támpontot adnak a napi minimális koncentráció meghatározásához. Napon belül az alacsony terhelésű

Levegőigény meghatározása

A minimális szükséges levegőmennyiség meghatározásához a 2021-ben elvégzett 4 napi átlag és egy napi 24 órás mennyiségarányos terhelések értékei szolgáltak.

A jelenlegi és a tervezett állapot közti különbség 6-8%-os többletlevéző-igényt mutat. A levegőigény-számítások egyértelműen mutatják, hogy a meglévő rendszer szabályozhatósági hiányosságai és diffúzor-kapacitása miatt nem biztosítható a biológiai folyamat számára szükséges, stabil oxigénellátás.

	Levegőigény								
	14°C			20°C			24°C		
	min	átlag	max	min	átlag	max	min	átlag	max
	Nm ³ /h	Nm ³ /h	Nm ³ /h	Nm ³ /h	Nm ³ /h	Nm ³ /h	Nm ³ /h	Nm ³ /h	Nm ³ /h
Jelenleg maximális		40 095	51 676		40 154	54 048		45 305	58 110
Jelenleg átlag		26 209	35 873		27 903	38 027		29 770	40 394
Tervezett		43 725	53 465		46 558	56 873		52 290	63 717
Jelenleg mért 8h min	4 456	14 460	21 383	4 622	15 529	22 779	4 661	16 366	23 907
Heti mért átlag	5 114	15 691	22 345	5 281	16 879	23 867	5 526	18 449	25 988
Napi mért átlag	6 048	18 392	25 958	6 447	20 225	28 055	6 465	21 270	29 629

A LEVEGŐZTETŐ RENDSZER ÁTALAKÍTÁSÁNAK ÁLTALÁNOS LEÍRÁSA

Levegőztető elemek

A meglévő OXYTUBE csődiffúzorok helyett, a jó üzemeltetési és karbantartási tapasztalatokkal rendelkező „B” vonalon – a szakaszos levegőztetés mellett is – jól bevált Flygt Sanitaire levegőztető elemek beépítése lett előirányozva. A jobb oxigénbeviteli határfok és kisebb karbantartási igény mellett további előnye a nagyobb tartósság szakaszos üzem mellett. Egy levegőztető folyosón a szükséges minimális levegő mennyiség 989 Nm³/h ($SOR_{min} = 85,7 \text{ kg O}_2/\text{h}$) értékben lett meghatározva, amelyhez a szükséges levegőztető elemszám az 1. számú levegőztetett térben szekciónként 4x336 db, a 2. számú levegőztetett medencékben 4x525 db.

Levegőbevitelt szabályozó szerelvények

A szintén „B” vonali pozitív tapasztalatok hatására az egyes szekciók levegőellátását szabályozó 4 db DN600, valamint az 1. számú levegőztetett medencék felé leágazó levegőcsöveken lévő 8 db DN200 pillangószelep cseréje V-portos STAFSJÖ típusú elektromechanikusan működtetett késtolózárak lett előirányozva. A késtolózárak a pillangószelepekkel szemben jelentősen kedvezőbb szabályozási karakterisztikával rendelkeznek, zárt állapotukban a jobb zárás miatt nem, vagy csak elhanyagolható mennyiségű levegőt engednek át.

Villamos energiaellátás, irányítástechnika

A lecserélt 12 db motoros elzárószerelvénnyel villamos megtáplálásához szükségessé vált a villamos leágazások bővítése és az új jelkábelek telepítése. A 0,4 kV-os elosztószekrényekből

új leágazásokat kellett kialakítani. Az új leágazásoktól a tolózárakig a meglévő nyomvonalon új villamos, kommunikációs és jelkábel kellett kihúzni.

A FEJLESZTÉSEL PÁRHUZAMOS ÜZEMELTETÉS TECHNOLÓGIAI MŰVELETEI ÉS TAPASZTALATAI

Az „A” vonali négy szekció levegőztető rendszerének korszerűsítésénél döntő fontosságú volt a munka ütemezése, ugyanis a folyamatos szennyvízkezelés fenntartása mellett kellett biztosítani az új levegőztető technológiai elemek beépítését. A telep tervezési adataival ellentétben a jelentősen alacsonyabb napi beérkező szennyvízmenyiség (130-140 ezer m³) miatti hidraulikai kapacitásában

rejlő tartaléknak, valamint az „A” vonal kialakításának sajátosságainak köszönhetően nem okozott problémát egy-egy szekció kizárása és hosszabb ideig tartó üzemén kívül helyezése. Az egymástól térben teljes mértékben elhatárolt szekciókban zajló munkák nem igényeltek teljes leállást, így az üzemeltetés és a kivitelezés párhuzamosan folytatható. Ez nagymértékben meghatározta a munkaszervezést, az ütemezést és a szennyvíztisztítás folyamatstabilitásának fenntartására irányuló operatív intézkedéseket.

Munkaterület előkészítése

A 2024. májusában létrejött szerződés értelmében 15 hónap állt a kivitelező rendelkezésére, hogy az átalakítási munkákat

elvégezze. Ehhez az ütemezéshez igazodva szekciónként került sor a levegőztető elemek cseréjére, így a fennmaradó biológiai tér biztosítani tudta a jogszabályban előírt tisztítási paramétereket (a munkálatok alatt a „B” vonal is teljes kapacitással üzemelt).

Az aktuális munkaterület előkészítése a kiválasztott szekcióra ráfolyó hidraulikus zsilip lezárásával kezdődött. Ezt követően a kiépített leürítő szivattyúk segítségével a medencékben lévő szennyvíz és eleveniszap keverék átemelésre került a technológia egy korábbi pontjára. A kivitelező ezt követően kezdte meg a meglévő levegőztető elemek bontását és a bontási anyag kitermelését. Miután a medencefenékre



2. ábra - Flygt Sanitaire levegőztető rendszer

szerelt csőrendszer eltávolítása megtörtént, következett a műtárgy takarítása. A medencék kialakítása, illetve elhelyezkedése lehetetlenné tette a gépi úton történő tisztítást. A medencék alján maradt iszapos-homok, valamint szálanyag kitermelése kézi erővel, 8-10 fő közreműködésével zajlott, amely a műtárgy méretei miatt jelentős időráfordítást igényelt. Az összegyűjtött iszapos vizet egy homokzsákokkal körülhatárolt mobilszivattyú távolított el.

Az új levegőztető rendszer kiépítése

A kivitelezés következő lépése az új Flygt Sanitaire gerincvezetékek, valamint az ezekről leágazó, 9"-os tányérdiffúzorokkal szerelt ágvezetékek telepítése volt. A kiépített csőrendszer összhossza meghaladta a 8 km-t (2. ábra).

A munkálatok részeként a szekciókra rávezető levegőcső-leágazások elzárószervényeinek cseréjét is elvégezték, amely aprólékos munkaszervezést igényelt. Minden egyes szekció átalakítási munkái alatt az „A” vonal teljes levegőztetését a megfelelő előkészületeket követően ideiglenesen le kellett állítani. A DN600-as pillangószelepek kiszerezését követően V-porttal ellátott késtolózárok kerültek beépítésre. Szintén elvégezték a sekélyebb, 1. számú levegőztető medencék irányába menő csővezetékek elzárószervényeinek cseréjét is.

Az átalakítás során elvégezték az új levegőztető rendszer vezérléséhez elengedhetetlen villamos átalakításokat.

Utolsó lépésben végre kellett hajtani az új rendszer elemeinek funkcionális ellenőrzését, amely kiterjedt a diffúzorok és a gerincvezetékek tömörségvizsgálatára, valamint a késtolózárok és kézi pillangószelepek működésének

tesztelésére. Az irányítástechnikai eszközök esetében megtörtént az analóg jelek és állapotvisszajelzések hitelesítése, valamint az automata-szekrények és a központi folyamattírányító-rendszer közötti kommunikáció ellenőrzése is.

Új és régi levegőztető rendszerek egyidejű üzeme

A fejlesztés legmeghatározóbb szakmai kihívása a kivitelezés különböző állapotában fennálló, más-más paraméterrel rendelkező levegőztetés beállítása volt.

A munkálatok ideje alatt négyféle műszaki konfigurációval kellett üzemeltetni az „A” vonali eleveniszapos fokozatot:

- 3 egyforma levegőztető rendszerrel rendelkező szekció, amelyekben még a korábbi, magasabb fajlagos levegőigényű diffúzorok működtek.
- 2 korábbi, magasabb fajlagos levegőigényű diffúzorokkal működő szekció és 1 átalakított, korszerű tányérdiffúzorokkal működő szekció.
- 1 korábbi, magasabb fajlagos levegőigényű diffúzorokkal működő szekció és 2 átalakított, korszerű tányérdiffúzorokkal működő szekció.
- 3 egyforma levegőztető rendszerrel rendelkező szekció, amelyekben már az átalakított, korszerű tányérdiffúzorok működtek.

Az első átalakított szekció beüzemelése után a régi és az új levegőztető elemekkel működő szekciók egyidejű, hibrid üzeme kezdetben komoly nehézséget okozott. A szekciók közötti eltérő biológiai terheléssel- oszlás kiküszöbölése érdekében valamilyeni üzemállapot más-más rendszerbeállítást igényelt. A különböző üzemállapotok miatt

jelentős különbségek alakultak ki a szekciók oxigénbeviteli hatékonyságában, ami fokozott figyelmet igényelt a folyamatirányítástól, mivel a levegőztetés korábbi szabályozási paraméterei átmenetileg nem voltak egységesen alkalmazhatók. Annak érdekében, hogy a rendszerbe juttatott levegő ne az átalakított, kisebb ellenállással bíró tányérdiffúzorokon keresztül távozzon, a kézi működtetésű elzárószerelvények fojtásával kellett változtatni a nyomásviszonyokon. Ez a folyamat a légfúvók védelme, illetve a szükséges nyomásérték megfelelő szinten tartása mellett, precíz beállítást kívánt.

Az üzemeltetési tapasztalatok alapján a hibrid szekciók működése bizonyult a legkritikusabbnak. A régi elemek alacsonyabb fajlagos oxigénbeviteli hatékonysága miatt azonos terhelés mellett magasabb levegőigényt mutattak, miközben az új elemek gyorsabban reagáltak a terhelésváltozásokra. Ez a levegőelosztó rendszerben időszakos nyomásingadozásokat okozott, amelyet az osztószelepek folyamatos finomhangolásával tudtunk kezelni.

Árvízi készülség és a munkaterület elárasztása

A kivitelezés időszakában egy árvízi készülség is nehezítette a munkafolyamatokat. A magas dunai vízállás miatt az aktuálisan leürített medence felúszásveszélye alakult ki. A műtárgyblokk műszaki állapota nem tette lehetővé a szekció üres állapotban tartását, mivel a felhajtóerők miatt strukturális károsodás veszélye állt fenn.

A kockázatok kezelése érdekében a felújítás alatt álló munkaterületet – a munkavédelmi és statikai előírásoknak megfelelően – tisztított szennyvízzel vissza kellett tölteni, hogy

ellensúlyozzuk a felúszási erőhatásokat. Ez rendkívüli operatív intézkedés volt, amely átmenetileg módosította a fejlesztés ütemtervét is. A szekció tisztított szennyvízzel való feltöltése a csővezetékek és diffúzorok telepítésének ütemét átmenetileg lassította, ugyanakkor elengedhetetlen volt a medenceszerkezet épségének megőrzéséhez.

AZ ÚJ LEVEGŐZTETŐ RENDSZER VEZÉRLÉS-MŰKÖDTETÉSÉNEK BEÁLLÍTÁSA

Az „A” vonali levegőztető rendszer átalakításának kivitelezési munkái után a technológia végleges beállítása és üzembe helyezése következett. Az új diffúzorok, gerincvezetékek és elzárószerelvények telepítése nem pusztán a fizikai elemek cseréjét jelentette, hanem a levegőztetés irányítástechnikai és szabályozási rendszerének átalakítását is. A korábbi technológiához képest lényegesen rugalmasabb és finomabban hangolható üzemvitel vált megvalósíthatóvá, amelyhez az üzemeltetésnek új beállítási elveket kellett kialakítania.

A levegőelosztás finomhangolása és a folyamatszabályozás kialakítása

A próbaüzem megkezdése előtt az újonnan átalakított levegőztető rendszer megváltozott nyomásviszonyaihoz kellett beállítani a kézi működtetésű elzárószerelvényeket. A korábbi levegőztető rendszerhez képest a nagyobb oxigénbeviteli hatékonysággal működő tányérdiffúzorok miatt az alap levegőmennyiség csökkenthetővé vált, miközben az oxigénellátás stabilitása nőtt.

Az új rendszer egyik legnagyobb előnye, hogy az 1. számú levegőztető medencék felé vezető ágvezetékek új elzárószerelvényei kiegyensúlyozottabb szabályzást tesznek

lehetővé, ami csökkentheti a korábbi rendszerre jellemző nyomásingadozásokat.

A vezérlési stratégia fontos eleme lett az egyes szekciókra jutó levegőmennyiség beállítása. A régi rendszerben a levegőztetés finomhangolására a nem megfelelően szabályozható pillangószelepek miatt nem volt lehetőség. Korábban a kézi elzárószerelvények nagyobb léptékű kézi fojtásával történt a rendszer beállítása, míg az új elzárószerelvények részletesebb szabályozást tesznek lehetővé, ezáltal nincs szükség a kézi szelepek mozgatására. A levegőztetési osztószelepek nyitási pozícióját fokozatosan hangoltuk az oldott oxigén-szintek és a nitrifikációs teljesítmény alapján.

A próbaüzem első heteiben gyakoribb volt a szabályozó szelepek finomhangolása, mivel a rendszer viselkedésének pontos felmérése csak üzemi terhelés alatt volt elvégezhető. Az oldott oxigén-profilok alapján hamar kirajzolódtak az új rendszer karakterisztikái: az oxigéneloszlás egyenletesebbé vált, a szakaszos levegőztetés gyorsabban beállt a kívánt DO-szintekre, ami igazolta a diffúzor-cserére vonatkozó fejlesztési célkitűzéseket. A nagyobb oxigénbeoldódás miatt a rendszer eleinte a korábbi levegőmennyiség mellett magasabb DO-szintet produkált, ami a túl-levégőztetés irányába tolta az üzemet. Ez jól mutatta az új diffúzorok kedvező hatékonyságát, ugyanakkor további finomhangolást igényelt.

Az automatizált DO-szabályozás beállítása

A végleges beállítás egyik központi eleme az automatizált DO-szabályozás újra paraméterezése volt. A szabályozás a következő fő elemeket integrálta:

- A megnövekedett oxigénbeoldódási hatékonyság jelentős javulása miatt a korábbi átlagolt DO alapérték már nem volt indokolt. A megnövekedett oxigénbeviteli határfok miatt a kívánt DO-szint alacsonyabb levegőmennyiséggel is biztosítható.
- A mért DO értéken alapuló szabályozó szelepek állása összehangoltan működik, ami gyorsabb és stabilabb reakciót eredményez.

Az új rendszer által biztosított többlet szabályozási lehetőségek

Az átalakított levegőztető rendszer egyik előnye a szabályozhatóság lényeges javulása. A technológia olyan üzemviteli lehetőségeket biztosít, amelyek a régi rendszerben egyáltalán nem, vagy csak korlátozottan voltak megvalósíthatók:

1. Zónánkénti levegőelosztás szabályozhatósága

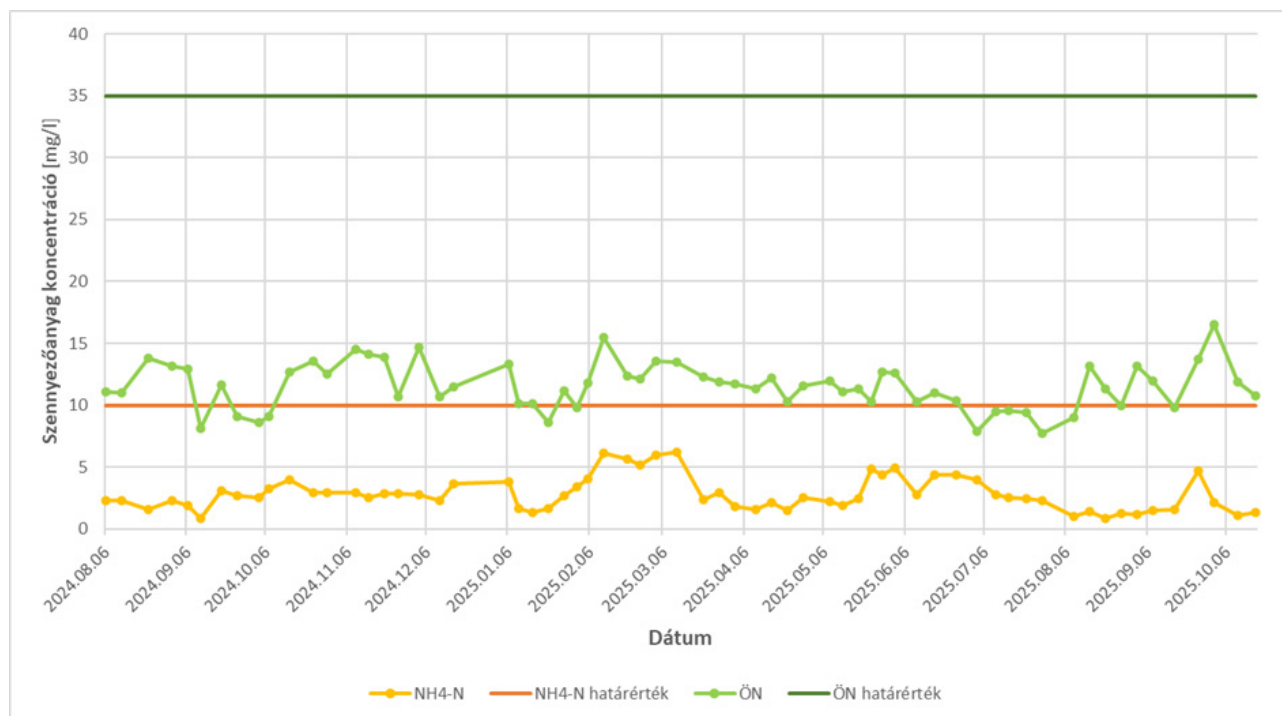
Az 1. számú (sekély) és a 2. számú (mély) medencerészek külön levegőztetési karakterisztikával rendelkeznek. A rendszer lehetővé teszi a zónák eltérő oxigénigényéhez igazodó szeleppozíció-állítást.

2. Gyorsabb DO-reakcióidő

A tányérdiffúzorok alacsonyabb ellenállása és a késtolózárak jobb szabályozhatósága miatt a DO-szabályozás hatékonyabban működik.

3. Nagyobb stabilitás a szakaszos levegőztetésben

A zónánkénti alapjel-állításnak és a pontosabb szeleppozícióknak köszönhetően a levegőztetés váltása (alacsony/magas intenzitás) stabilabbá vált, ami a nitrifikációs és denitrifikációs kapacitást is növeli.



3. ábra - Elfolyó szennyvíz NH₄-N és összes N koncentrációi

A KORSZERŰSÍTÉS VÁRHATÓ HATÁSAI ÉS TOVÁBBI HATÉKONYSÁGJAVÍTÁSI BEAVATKOZÁSOK

Az „A” vonali levegőztető rendszer korszerűsítésének célja nem csupán a műszaki elemek előregedéséből fakadó problémák megszüntetése volt, hanem egy olyan korszerű, magas oxigénbeviteli hatékonyságú rendszer kialakítása, amely stabilabb, energiahatékonyabb és jobban szabályozható üzemvitelt tesz lehetővé. A fejlesztés közvetlen és közvetett hatásai a telep biológiai tisztítási teljesítményének számos területén kimutathatók, a modern szabályozási struktúrák pedig további finomhangolási és optimalizálási lehetőségeket nyitnak meg a jövőre nézve.

A jelenlegi beállítási folyamat többhetes finomhangolást igényelt, azonban az eredmények igazolták a fejlesztés minden elemét: a rendszer megbízhatóbbá, rugalmasabbá és hatékonyabbá vált.

A kivitelezés során elsődleges szempont volt, hogy vízminőségromlás ne következzen be. Az átalakítás teljes ideje alatt sem történt hatérték-túllépés.

A korszerűsítés várható közvetlen hatásai

A tányérdiffúzorokkal és az új gerincvezeték-rendszerrel kialakított levegőztetés elsődleges hozadéka az oxigénbeviteli hatékonyság javulása. Az új diffúzorok jóval kedvezőbb nyomásesési tulajdonságokkal és homogénebb buborékeloszlással működnek, ami jelentősen növeli az oxigén oldódási határfokát. Ennek következtében azonos tisztítási teljesítmény mellett alacsonyabb levegőmennyiség válik szükségessé, ami a légfúvók villamosenergia-fogyasztásának csökkenését eredményezi.

Az új elzárószelvények finomabban hangolható szakaszok kialakítását teszik lehetővé,



4. ábra -Flygt Sanitaire levegőztető rendszer buborékképe

A fejlesztésből adódó teljesítményjavulás főbb területei

A korszerűsítés hatására több olyan teljesítménymutatóban is javulás várható, amely a biológiai tisztítás eredményességét és energiahatékonyágát közvetlenül befolyásolja.

1. Energiahatékonyág javulása

A légfúvók villamosenergia-fogyasztása a telep összes fogyasztásának több, mint 50%-át teszi ki, ezért a diffúzorcsere közvetett és közvetlen hatása ezen a területen jelentős. Az új diffúzorok alacsonyabb fajlagos nyomásesése csökkenti a fúvók terhelését, a precízebb levegőelosztás pedig mérsékli a túllevégoztetések előfordulását.

így az egyes oxikus zónák levegőigénye sokkal pontosabban követhető. A korábbi rendszerre jellemző légelosztási egyenetlenségek jelentősen mérséklődnek, ami stabilabb oldott oxigén-profil eredményez. A stabilabb DO-értékek javítják a nitrifikáció hatékonyságát.

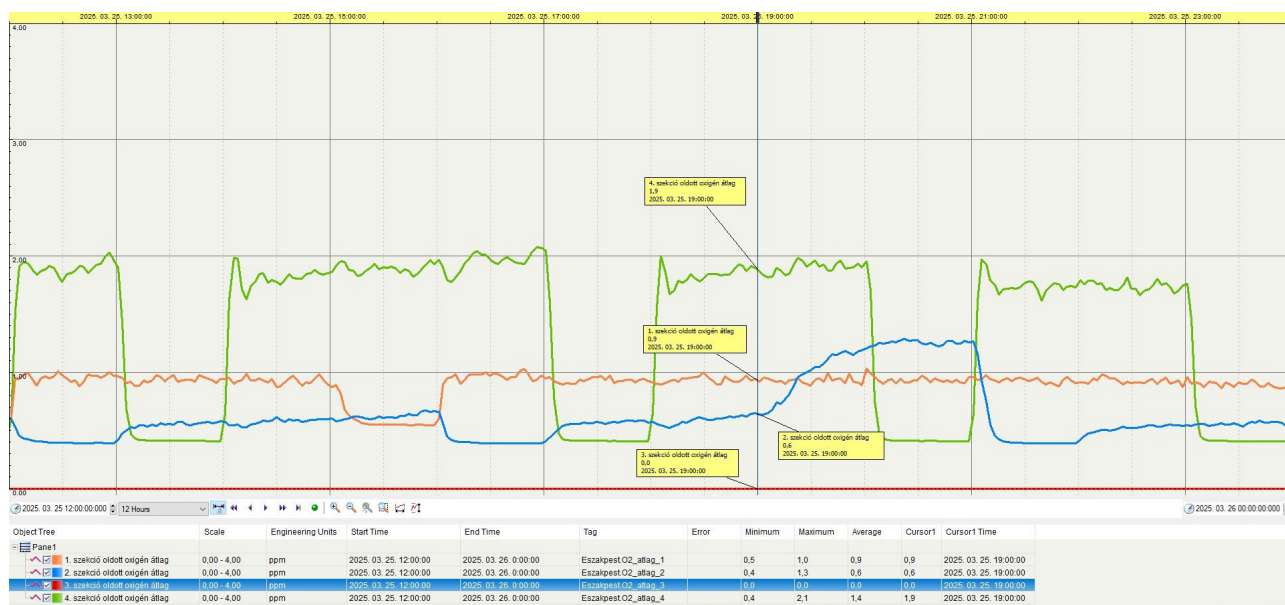
A fejlesztés továbbá a jövőben lehetővé teszi a dinamikus DO-alapjel beállítását, amely a terhelés függvényében változtatja a célértékeket. Ez nemcsak a napi terhelésingadozások kezelését teszi hatékonyabbá, hanem hozzájárul az éjszakai, alacsony terhelésű időszakok optimális energiafelhasználásához is. A korszerűsített rendszer tehát egyszerre növeli a folyamatbiztonságot és mérsékli az energiaintenzitást.

2. Stabilabb nitrifikáció és kevesebb DO-ingadozás

A levegőztetés homogenitásának javulásával mérséklődnek a szekciók közötti oxigénszint-különbségek. Ez közvetlenül támogatja a nitrifikáló biomassza aktivitását, csökkenti a részleges nitrifikáció előfordulását és javítja a teljes oxidációs kapacitást. A stabil DO-profil kevesebb beavatkozást igényel az üzemeltetéstől, és kiszámíthatóbb folyamatot eredményez.

3. Hatékonyabb szakaszos levegőztetés

A szakaszos DO-szabályozás pontosabbá válik, mivel az új rendszer gyorsabban reagál az DO változásokra. Ennek következtében a nitrifikációra szánt időszakok jobban kihasználhatók, és csökken a nitráttartalom



5. ábra SCADA kép

ingadozása az anoxikus zónák felé. Ez közvetlenül javítja a teljes nitrogéneltávolítás hatásfokát.

További hatékonyságjavítási lehetőségek és rendszer-tartalékok

Az új levegőztető rendszer beüzemelése és az alapbeállítások elvégzése csak az első lépés volt a teljes optimalizáció felé. Számos olyan beavatkozás és finomhangolási lehetőség maradt még a rendszerben, amelyek további javulást eredményezhetnek.

1. Zónánkénti DO-alapjel finomhangolása

A jelenleg alkalmazott DO-alapjelek konzervatív értékeken lettek meghatározva a próbaüzem tapasztalatai alapján. Folyamatban van további oldottoxigén-mérők telepítése az összes 1. számú medencébe, amely zónánként optimális DO-alapjelek meghatározását teszi lehetővé. A nitrifikáció stabilitása érdekében a mélyebb, intenzívebb oxikus

zónákra magasabb, míg a sekélyebb medencékre alacsonyabb értékeket állíthatunk be.

2. Belső recirkulációs arány

és nitráatterhelés optimalizálása

A nitrát recirkuláció aránya jelenleg a stabil nitrifikáció biztosítását szolgálja, azonban a DO-stabilitás javulásával lehetőség nyílik a belső recirkuláció dinamikus szabályozására is. A nitráatterhelés egyenletesebb elosztásával javítható az anoxikus zónák hatékonysága, illetve csökkenthető az oxigénbevitel igénye.

3. Légfúvók energiaoptimalizálása

Az új diffúzorok alacsonyabb ellenállása miatt a légfúvók jelenleg magasabb hatásfok-tartományban üzemelnek. Ennek optimalizálása további megtakarításokra ad lehetőséget.

4. Automatizálási továbbfejlesztések

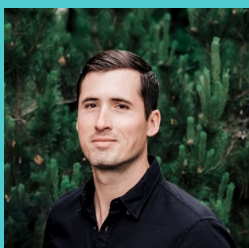
A jelenleg alkalmazott PID-alapú DO-szabályozás stabil és üzembiztos, ugyanakkor lehetőség nyílik fejlettebb, adaptív szabályozási

algoritmusok bevezetésére is. Az ilyen rendszerek képesek a terhelésmintázatból tanulni, és automatikusan optimalizálni a levegőigényt. Ennek bevezetése hosszabb távon további jelentős energia-megtakarítást eredményezhet.

5. ORP-szondák telepítése

Jelenleg egy, kísérleti jelleggel telepített ORP-szonda található a medencékben. Az így nyert adatok elemzése alapján tervben van további ORP-mérőműszerek elhelyezése, amelyekkel lehetőség lesz az oxidációs-redukciós folyamatok pontosabb nyomonkövetésére és a szabályozás további finomhangolására.

A levegőztető rendszer korszerűsítése jelentős előrelépést jelent a telep biológiai tisztítási folyamatának stabilitása, hatékonysága és energiafelhasználása szempontjából. A fejlesztés eredményeként egy olyan modern, rugalmasan szabályozható technológia jött létre, amely javítja az oxigénbeviteli hatékonyságot, növeli a nitrifikáció stabilitását, és csökkenti az energiaigényt. A rendszer ugyanakkor számos további tartalékot rejt magában, amelyek kihasználásával a jövőben még hatékonyabb és gazdaságosabb üzemvitel valósítható meg. A finomhangolási lehetőségek, a dinamikus szabályozás fejlesztése és az automatizált optimalizálás bevezetése további hosszú távú előnyöket kínál.



Tóth Dániel: Építőmérnök diplomámat 2020-ban szereztem a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víztudományi Karán. Ugyanebben az évben technológus mérnökként kezdtem dolgozni a Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. Észak-pesti Szennyvíztisztító Telepén. 2023 óta a telep Üzemeltetési Csoportjának vezetőjeként célom a minél hatékonyabb napi működés és a folyamatos fejlődés. Megbízatásaim között szerepel a Pest-Észak árvízvédelmi szakasz szakaszvédelem vezető-helyettesi feladatok elvégzése is. 2024-ben a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnök Karán infrastruktúra építőmérnöki oklevelet szereztem. Töretlenül azon dolgozom, hogy a szennyvíztisztító telep technológiájával kapcsolatban hatékonyságjavulást érjünk el. A megfelelő műszaki megoldások kidolgozását, valamint a helyes üzemi tapasztalatok megosztását kiemelten fontosnak tartom. Az üzemeltetett technológiák optimalizálásával elért eredményeinket több hazai szakmai gyűlésen is díjazták, amelyeket Tudományos Diákköri Konferencián, Dulovics Junior Szimpóziumon, illetve a Magyar Hidrológiai Társaság Országos Vándorgyűlésein is bemutattam.

GYAPJÚ, MINT LEHETŐSÉG OLAJSZENNYEZETT VIZEK TISZTÍTÁSÁRA

Papp Zaránd, Nyerki Botond, Szekszárdi I. Béla Gimnázium

Felkészítő tanár: Barocsai Zoltán

1. BEVEZETÉS

Az autómosók működése során nemcsak az autók felületének tisztítása, hanem a környezetvédelem is fontos szerepet kell, hogy játsszon. Az autók tisztítása során különböző szennyezőanyagok, például olajok és zsíradékok kerülhetnek a mosóvízbe, amelyek káros hatással lehetnek a környezetre, ha nem megfelelően kezelik őket. Az ilyen szennyezett vizek tisztítása és újrahasznosítása jelentős kihívást jelent az iparág számára, mivel a nem megfelelően kezelt szennyvíz hozzájárulhat a vízkészletek szennyeződéséhez és az ökoszisztémák pusztulásához. Magyarországon jelenleg körülbelül 900 ezer juh él, amely évente megközelítőleg 2,5 ezer tonna gyapjú termelését eredményezi. E jelentős mennyiségű gyapjú nagy része kihasználatlanul marad a termelőknél, így egyre nagyobb igény mutatkozik a gyapjú alternatív, fenntartható felhasználási módjainak feltárására (Petz, 2021; Horváth, 2023). Kutatásunk középpontjában a gyapjú, mint természetes és megújuló anyag áll, amelynek egyedi tulajdonságai lehetőséget kínálnak az olajmegkötés terén. A gyapjú rostjai különleges szerkezetüknek köszönhetően képesek magukba szívni az olajat, miközben a vizet részben átengedik. Ez a sajátosság lehetővé teszi, hogy szűrőként alkalmazzuk az olajjal szennyezett vizek tisztításában. Ezen törekvés különösen

fontos lehet az autómosók és más iparágak számára, ahol nagy mennyiségű szennyezett víz keletkezik napi szinten. Az olajszennyezés problémájának aktualitását jól példázza a Gárdonyban történt olajbaleset, amely során jelentős mennyiségű olaj került a környezetbe, veszélyeztetve a Velencei-tó vízminőségét és élővilágát (Kaiser, 2024; Tólos – Pápai, 2025). Az ilyen esetek is rávilágítanak arra, mennyire fontos hatékony és gyorsan bevezethető megoldások kidolgozása, amelyben a természetes anyagok, például a gyapjú is szerepet kaphatnak. Nemzetközi szinten is találhatunk sikeres példát a gyapjú olajmegkötő képességének alkalmazására. Az amerikai Green Oil cég kifejezetten olajszennyezések kezelésére fejlesztett ki gyapjúalapú termékeket, amelyekkel sikeresen távolítanak el olajat vizetből és szilárd felületekről egyaránt (ocean-dynamic.com 2021; GreenOilstandard 2020). Tapasztalataik szerint a gyapjú könnyen kezelhető, többször felhasználható, valamint gazdaságos és környezetbarát alternatívát kínál a hagyományos szintetikus megoldásokkal szemben. A gyapjú felhasználása számos előnnyel járhat. Egyrészt a természetes anyagok alkalmazása csökkenti a műanyag alapú szűrők iránti igényt, amelyek lebomlása hosszú távon további szennyeződéshez vezethet. Másrészt a gyapjú újrahasznosítása vagy környezetbarát megsemmisítése

könnyebben megoldható, mint a szintetikus anyagoké. Az ilyen szűrőrendszerek bevezetése hozzájárulhat a fenntarthatósági célok eléréséhez, miközben gazdasági szempontból is költséghatékony alternatívát jelenthet az ipar számára. Célunk a gyapjú szűrési tulajdonságainak alapos vizsgálata, valamint annak meghatározása, hogy milyen hatékonysággal alkalmazható ez a természetes anyag az olajszennyeződések eltávolítására. A kutatás során különböző laboratóriumi vizsgálatokat végeztünk, hogy meghatározzuk a gyapjú olaj- és vízmegtartó kapacitását és olajmegkötő képességét áramló folyadékokban. Gyapjút tartalmazó szűrőt tervezünk, majd autómosóban a gyakorlati alkalmazhatóságát is vizsgáltuk, hogy értékeljük, hogyan integrálható a gyapjú alapú szűrési rendszer meglévő infrastruktúrákba. A telepített szűrőnk működésének hatékonyságát vízmintavételekkel és azok olajtartalmának meghatározásával teszteljük. A kutatás eredményei hozzájárulhatnak egy fenntarthatóbb és környezetbarátabb megoldás kidolgozásához, amely nemcsak az autómosók, hanem az ipar és a szolgáltatás szektor más területei számára is hasznos lehet. Ezzel nemcsak a szennyezés csökkentéséhez, hanem a természeti erőforrások védelméhez, a körforgásos gazdaság erősítéséhez is jelentős mértékben hozzájárulhatunk, ami alapvető fontosságú a jövő generációi számára.

2. MÓDSZEREK

2.1. A gyapjú beszerzése és előkészítése

A gyapjút egy helyi kistermelőtől szereztük be. A gyapjút ezután kézzel tisztítottuk és eltávolítottuk a nagyobb szennyeződések. Majd 60 fokon 3 óra hosszan mosógépben

mostuk. Mosás után egy 2 órás szárító program következett, ami végeztével a gyapjút a teljes szárítás érdekében kiterítettük egy meleg helyre. A folyamat során a gyapjúból a lanolin és a szennyezőanyagok kimosódtak és alkalmassá vált kutatási célú felhasználásra.

2.2. A gyapjú olaj- és vízmegtartó kapacitásának vizsgálata

Kidolgozott módszert nem találtunk a vizsgálatra, ezért a Búzás I. által 1993-ban alkalmazott a talajok vízmegtartó kapacitását vizsgáló módszerét alakítottuk át (KIRCHKESZNER 2017; BUZÁS 1993).

A kísérlet során különböző anyagok maximális víz- és olajmegtartó képességét mértük. 14 db, 9,5 cm magas és 5,5 cm átmérőjű hengerbe helyeztünk kimért mennyiségű (5g) gyapjút, valamint vattát és szövetszálatat kontroll vizsgálat céljából. A hengerek közül tízbe gyapjút, kettőbe vattát és kettőbe szövetanyagot tettünk. A hengerek alját gézzel zártuk le, mely megakadályozta a gyapjú, vatta és szövetszálak kiesését, de nem akadályozta az olaj és víz beáramlását. A hengerek közül öt gyapjútartalmút, valamint egy-egy vattát és szövetanyagot tartalmazó hengert 2 cm magasságú 20 °C fokos olajfürdőbe, míg a fennmaradókat 2 cm magasságú 20 °C fokos vízfürdőbe helyeztük el és 1 órán át állni hagytuk, majd eltávolítottuk őket a folyadékokból, és egyenletes eloszlásban homokfürdőre helyeztük. Itt további 3 órán keresztül tartottuk a mintákat, hogy a nem kötött folyadék gravitációs úton távozhasson a mintákból. A folyamat végén az anyagok tömegét lemértük, és összehasonlítottuk a kezdeti tömegükkel, így meghatározva az anyagok maximális víz és olaj megtartó képességét (1. ábra):

$$\text{maxOMK\%} = (mn - msz) / msz \cdot 100\%$$

ahol „maxOMK%” a gyapjú olaj és vízmegtartó-kapacitása [%], „mn” a hengerből kivett, nedves gyapjúminta pontos tömege [g] és „msz” a száraz gyapjúminta pontos tömege. A vizsgálatot mosott és mosatlan gyapjúval is elvégeztük.

2.3. A gyapjú olaj- és vízmegtartó képességének vizsgálata áramló folyadékok esetében

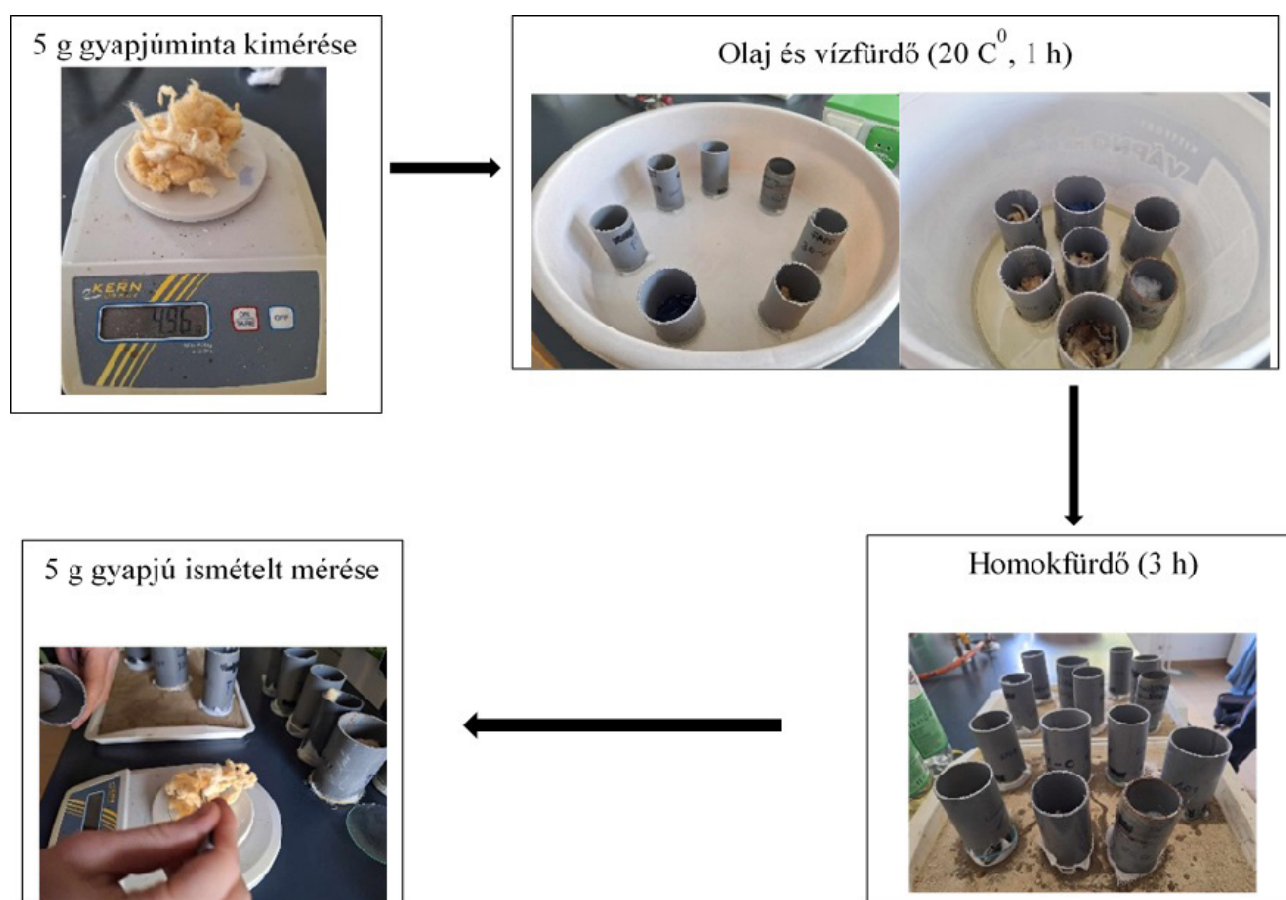
A kísérlet során a gyapjú olajmegkötő képességét vizsgáltuk víz és olaj tartalmú keverékek átáramoltatása közben. A vizsgálathoz 9 db csövet használtunk, amelyek mindegyikébe pontosan 25 g gyapjút helyeztünk. A gyapjú

mennyiségét precízen kimértük, hogy a kísérleti eredmények összehasonlíthatók legyenek. A kísérlet célja az volt, hogy meghatározzuk, milyen mértékben képes a gyapjú megkötni az olajat, ha víz-olaj keverékeket áramoltatunk rajta keresztül, modellezve ezzel a gyakorlatban is lejátszódó folyamatot.

Három különböző víz-olaj keveréket készítettünk:

- Keverék 1: 46 cl olaj és 460 cl víz (közepes olajtartalom).
- Keverék 2: 4,6 cl olaj és 460 cl víz (alacsony olajtartalom).
- Keverék 3: 92 cl olaj és 460 cl víz (magas olajtartalom).

A keverékeket úgy állítottuk össze, hogy a víz mennyisége azonos maradjon, míg



1. ábra: Az olaj és víz magtartó kapacitás vizsgálatának folyamata



2. ábra: Az olaj és víz keverékét tartalmazó folyadék átengedése a gyapjún

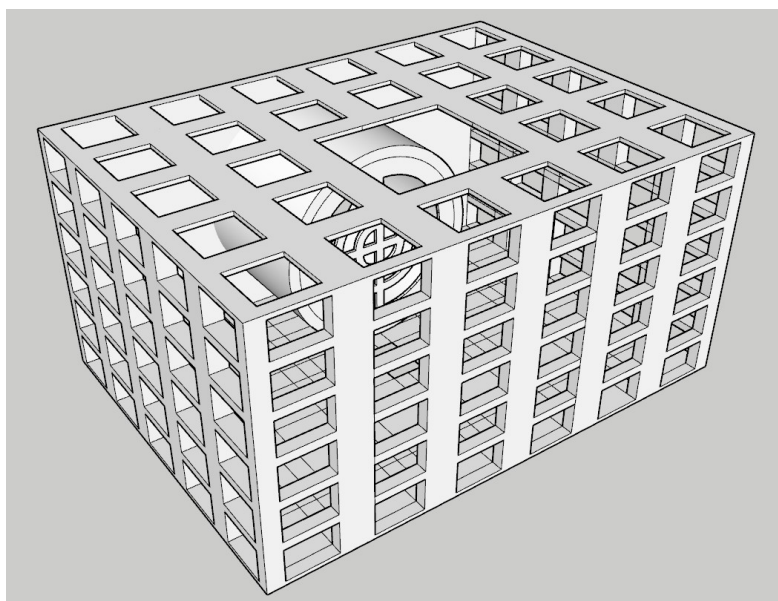
az olajtartalom fokozatosan változzon. Mindhárom keveréket külön-külön három csövön vezettük át, hogy az eredmények ismételhetősége és megbízhatósága biztosított legyen. Így összesen 9 kísérleti egység (cső) került felhasználásra.

Az átáramoltatást (2. ábra) szabályozott körülmények között végeztük, ügyelve arra, hogy a keverékek áthaladása egyenletes legyen, és minden gyapjúmintát azonos ideig érjen a folyadék. Az áramoltatás után a gyapjút a csövekben hagytuk állni további 3 órán keresztül, hogy a nem kötött folyadék gravitációs úton távozhasson. A vízzel és olajjal teli gyapjúminták tömegét lemértük, majd két

hétig szárítottuk, hogy a gyapjúminták légszáraz állapotba kerüljenek. A kísérlet végén minden gyapjúmintát újra lemértünk, hogy meghatározzuk a gyapjú olajmegkötő képességét. Az így kapott eredmények lehetővé tették, hogy megvizsgáljuk, hogyan befolyásolja az olaj-víz arány a gyapjú olajmegkötő képességét, és értékes információkat nyújtottak a gyapjú anyag ilyen irányú alkalmazhatóságáról.

2.4. Innovatív olajszűrő eszköz tervezése

A projekt során egy téglatest alakú 3D-s szűrőt modelleztünk (3. ábra), amelyet a SketchUp program segítségével alkottunk meg.



3. ábra: A szűrő 3D vázlata

A szűrő célja, hogy praktikus módon szűrje az autómosóból kiáramló vizet anélkül, hogy a benne lévő gyapjút kimossa, miközben elegendő áramlást biztosít és nem okoz dugulást a rendszerben. A modellezés során a funkcionalitás volt a legfontosabb tényező. A szűrő egy téglatest alakú szerkezet, amelynek méretei a következők: 30 cm hosszú, 15 cm magas és 22 cm mély. Az oldalai, az előlapja és a teteje rácsos kialakítást kaptak, hogy a víz szabadon áramolhasson át rajta, miközben a gyapjú megfelelően bent maradjon. A rácsok mérete 3 cm x 2 cm, és a mélységük 0,7 cm, biztosítva ezzel a kellő szilárdságot. A rácsok elrendezését úgy terveztük meg, hogy azok az éltől számítva 0,7 cm-rel kezdődjenek a rövidebb oldalakon, míg a hosszabb oldalakon 1 cm távolságra helyezkednek el. A tetőlapjának éleitől lefelé mért távolság pedig 0,25 cm. A rácsok közötti távolság mindig az adott oldal élétől mért távolság dupláját képezi, így egy egyenletes, esztétikus mintázatot hoztunk létre. A tetején négy rácsnyi nyílást hagytunk, hogy könnyedén hozzáférhessünk

a belső térhez és gyapjával tölthessük fel a szűrőt. Ez a megoldás egyszerűsíti a karbantartást és a használatot. Az alsó lapja zárt, hogy a víz ne tudjon a kívánt irányon kívül elfolyni és a gyapjú lefelé kimosódni. A hátlap középpontjában egy 6 cm-es külső sugarú kört és egy 5,6 cm-es belső sugarú kört vettünk fel. A maradt 0,6 cm-es részt pedig befelé töltük 9,5 cm-rel, hogy biztosítsuk a megfelelő illeszkedést az autómosó vízszűrő rendszerében lévő csőhöz. A belső részt körívek segítségével tetszőlegesen szerkesztettük meg, így a víz szaba-

don át tud áramolni, de a gyapjút nem mossa ki a szűrőből. A struktúra tehát biztosítja, hogy a víz átfolyjon, miközben a szűrő hatékonyan megőrzi a benne lévő anyagot. A modellezés során a SketchUp lehetőségei lehetővé tették, hogy gyorsan és precízen készítsük el a szűrőt. A szoftver intuitív kezelőfelülete és sokoldalú eszközkészlete segítségével könnyedén hozzájuthattunk a szükséges geometriai elemekhez és textúrákhoz, amelyek valósághűvé tették a modellt. Az így készült 3D-s modell segítségével könnyen vizualizálható lett az elképzelésünk, és a terveket később 3D nyomtatásra is felhasználtuk. A szűrőt mérete miatt négy részben nyomtattuk ki, majd összeforrasztottuk az egyes elemeket. Összességében a tervezési folyamat során szerzett tapasztalataink megerősítettek minket abban, hogy a 3D-s modellezés nemcsak kreatív, hanem rendkívül precíz munkát is igényel. A SketchUp program rugalmas és hatékony eszközként segítette a szűrőnk megvalósítását, amely nemcsak funkcionális, hanem esztétikus is lett.

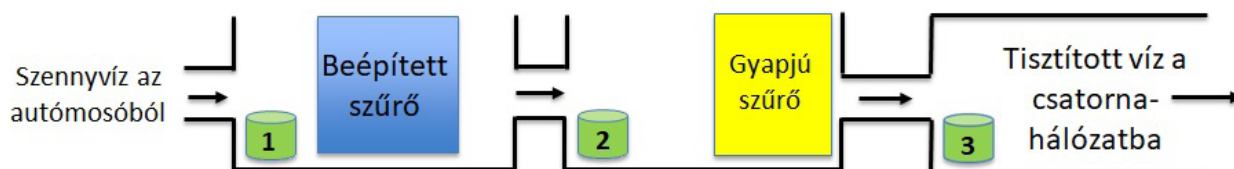
2.5. Szennyvíz olajtartalmának meghatározása

Egyeztettünk a szekszárdi Tesco áruház parkolójában lévő autómosó tulajdonosával, hogy három helyen vízmintát vegyünk (4. ábra) a tisztító és vízelvezető rendszerből. Első mintát a szintetikus típusú szűrőberendezés előtt, mielőtt az autómosásra használt víz még bármilyen szűrésen menne keresztül. Második mintát a szűrőberendezés után, mielőtt egy ülepítőbe kerül a víz, majd a harmadik mintát a csatornahálózathoz való csatlakozás előtt vettük. A mintavételt négyszer ismételtük meg 1 liter mennyiségben, ami 12 mintát eredményezett, majd behelyeztük a gyapjúsűrőnk a csatornahálózathoz való csatlakozás előtt (5. ábra), hogy a maradék olajat is kiszűrje a vízből. A vízmintákat minden esetben üveg anya-



4. ábra: Vízmintavétel az autómosóban

petroleum hydrocarbons) vizsgálattal, mivel ezekben a mintákban már kevesebb olajmennyiség volt megtalálható. A TPH két alvizsgálat összeadott értéke, ami a VPH illetve az EPH. A VPH esetén a kőolaj származék illékony részét elpárologtatják és kromatográfia segítségével detektálják. Még az EPH-val a ke-



5. ábra: Az autómosó vízszűrő rendszerének vázlata és a gyapjúsűrőnk elhelyezkedése

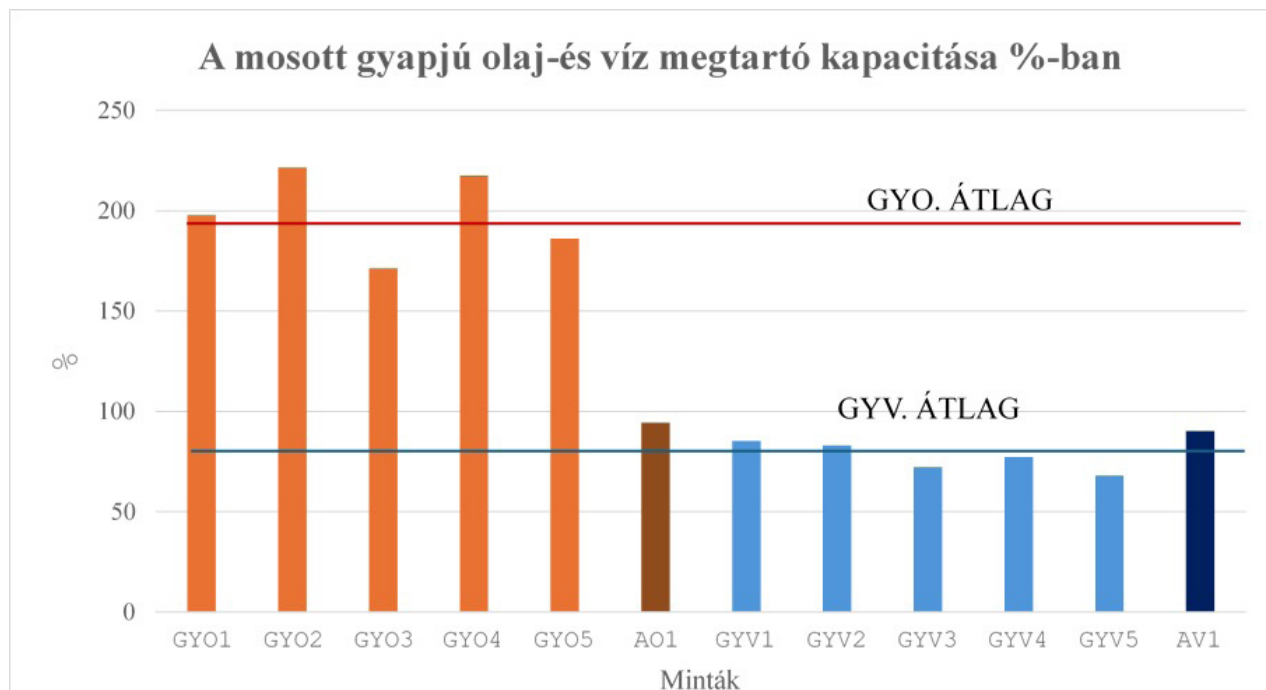
gű tartóba tettük, hogy az olaj ne maradjon az edény falán, mivel a vizsgálati eredményeket így jelentősen befolyásolná. Ezután ismét négyszer mintát vettünk így újabb 12 mintát tudtunk létrehozni. A vízmintavételeket 2024 decemberében végeztük, a folyamat során egyaránt volt forgalmasabb időszak és alacsonyabb használatot mutató időszak. Az első mintában lévő olajmennyiséget SZOE (hexánnal extrahálható anyagok) vizsgálattal mutattuk ki, míg a másik kettőben lévő TPH (total

vérsé illékony részét extrahálják (oldószerrel kimossák) és kromatográffal detektálják annak értékét. E kettő vizsgálat adja meg végül a TPH értékét.

3. EREDMÉNYEK

3.1. A gyapjú olaj- és vízmegtartó kapacitásának vizsgálati eredményei

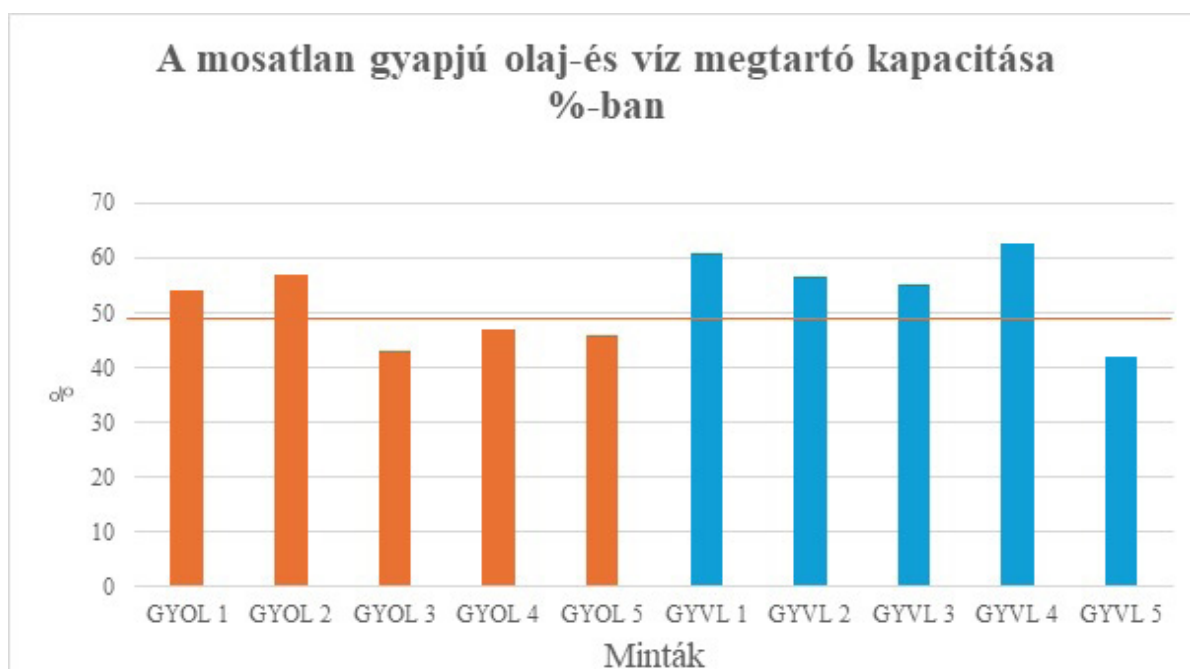
A minták vizsgálata során megállapítható, hogy a gyapjú olaj megtartó kapacitása



1. diagram: A mosott gyapjú olaj- és vízmegtartó kapacitása %-ban

(GYO1-GYO5) átlagosan 199% az 5 elemzett minta alapján (1. diagram). A minták eredményeinek szórása kicsinek mondható a leg-
alacsonyabb érték 171% míg a legnagyobb érték 221% volt. A vízmegtartó kapacitásának

(GYV1-GYV5) átlaga 82% lett, vagyis elmondható, hogy a mosott gyapjú több mint 2,5-szer több olajat tud megkötni, mint vizet, vagyis ezen képessége jobb. A kontrollmérésként használt szövetanyag olajmegtartó (AO1) és



2. diagram: A mosatlan gyapjú olaj- és vízmegtartó kapacitása %-ban.

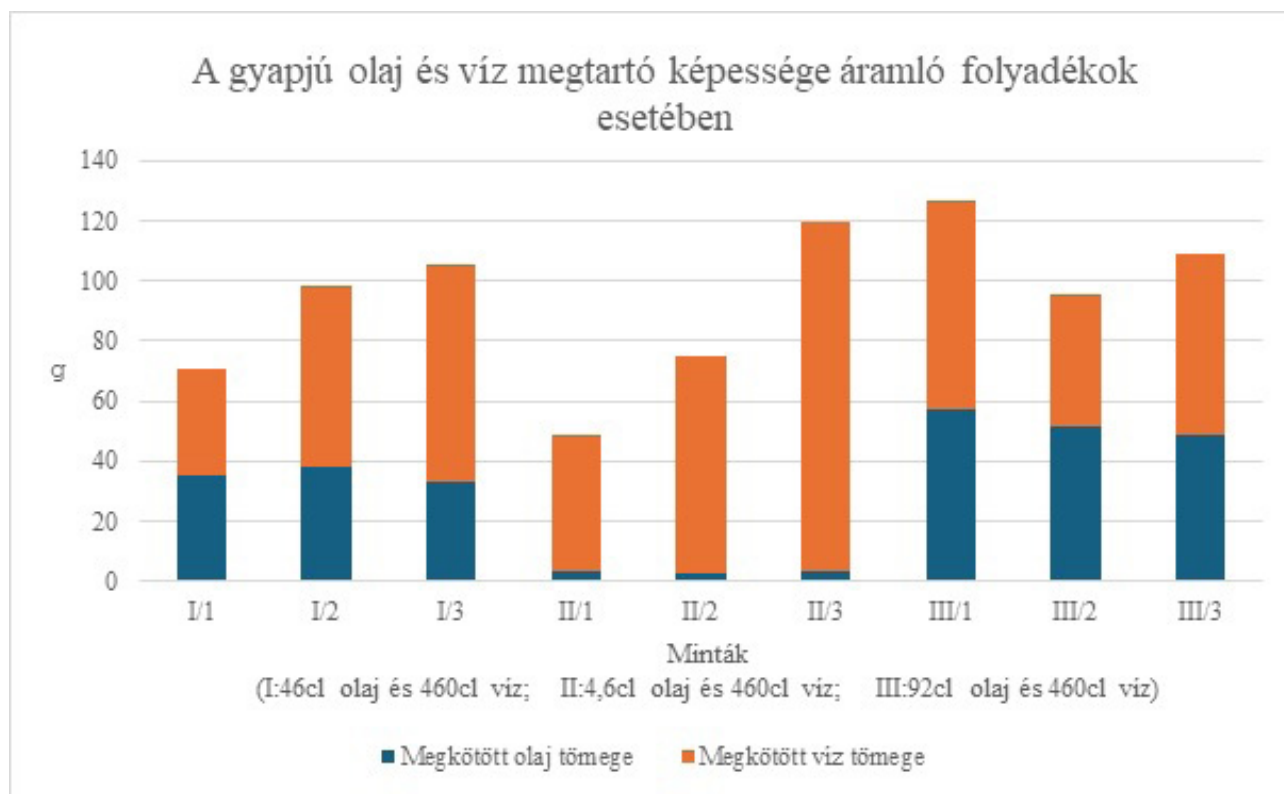
vízmeztartó (AV1) kapacitása is 90% körül mozgott, ami igazolhatja, hogy a gyapjú olaj és víz megtartó képessége közötti különbsége alkalmassá teheti szűrőként történő használatra. A mosatlan gyapjúnál az olaj megtartó kapacitás (GYOL1-GYOL5) átlagosan 49% az 5 elemzett minta alapján (2. diagram). A mosatlan gyapjú vízmeztartó kapacitása (GYVL1-GYVL5) átlagosan 55% lett, vagyis magasabb 6%-kal az olajmegtartó kapacitásnál. Ez a benne lévő lanolintartalom miatt alakult így, amit a korábbi vizsgálatkor a mosással eltávolítottunk. A vizsgált minták során megállapítható, hogy a mosott gyapjú magas olajmegtartó kapacitása alkalmassá teheti olajsűrűsítésre, ami a benne lévő lanolin eltávolításának köszönhető. A lanolint a gyógyszeripar nyeri ki a gyapjúból és használja fel krémek, kenőcsök, szappanok gyártásakor. Így, ha olajsűrűsítésre szeretnénk felhasználni, akkor a mosás helyett a gyógyszeriparral történő együttműködésre kell törekedni, hogy a kimosott lanolin ne kerüljön szennyanyagként a vizekbe.

3.2. A gyapjú olaj- és vízmeztartó képességének eredményei áramló folyadékok esetében

A kísérlet során a három eltérő olaj tartalmú folyadékból eltérő mennyiségben (6. ábra) kötött meg olajat és vizet is a csőbe helyezett gyapjú (3.diagram). A megtartott víz mennyisége a három keveréken belül is nagy szórást mutatott, de az olajmegtartás mértékének szórása viszonylag kicsinek mondható azonos olajkoncentráció esetében. Az legkisebb olajtartalmú folyadéknál (II) 42gramm olajat tartalmazott a mintánk, de mindössze 2-3,5 grammnyit kötött meg a gyapjú. Korábbi vizsgálataink alapján 50 gramm körüli mennyiséget is meg tud kötni. A másik két esetben 420 (I) és 840 (III) gramm olajat tartalmazott a folyadék. Ezekből a mintákból többet is tudott megkötni a csőben lévő gyapjú, pedig a gyapjú tömegét nem változtattuk. Az olajmegtartó képessége érvényesült a gyapjúnak, de megmaradt az átáramlott olaj 6-8 %-os arányában. Az autómosóban végzett próbameéréseink szerint a szintetikus szűrőn átmernő víz literenként 6mg olajat tartalmaz. Ez azt

	edény tömege (g)	edény + gyapjú + olaj + víz tömege (g)	gyapjú tömege (g)	edény + gyapjú + olaj (g)	felszívott olaj tömege (g)	felszívott víz tömege (g)
I/1	13,55	109,35	25	74,11	35,56	35,24
I/2	12,61	135,95	25	75,51	37,9	60,44
I/3	14,61	145,14	25	72,79	33,18	72,35
II/1	10	83,49	25	38,49	3,49	45
II/2	11,95	111,68	25	39,66	2,71	72,02
II/3	13,98	158,63	25	42,25	3,27	116,38
III/1	12,05	163,45	25	94,07	57,02	69,38
III/2	10,48	130,92	25	86,85	51,37	44,07
III/3	12,14	146,48	25	86,07	48,93	60,41

6. ábra Vizsgálati eredmények a gyapjú olaj- és vízmeztartó képességével kapcsolatban áramló folyadékok esetében



3. diagram: A gyapjú olaj- és vízmegtartó képessége áramló folyadékok esetében

jelenti, hogy a vizsgálatunk során ennél jóval nagyobb tömegszázalékos arányban végeztük a kísérletet. Így a gyapjú képes lehet a sokkal kisebb koncentrációjú olajat kiszűrni, de további lehetőség lehet az is, hogy nagyobb tömegű vagy egyenletes textúrájú gyapjút használjunk a kísérlethez és abban az esetben nagyobb lehet az olajmegtartás, mivel nem megy el a folyadék a gyapjúsálak mellett érintkezés nélkül.

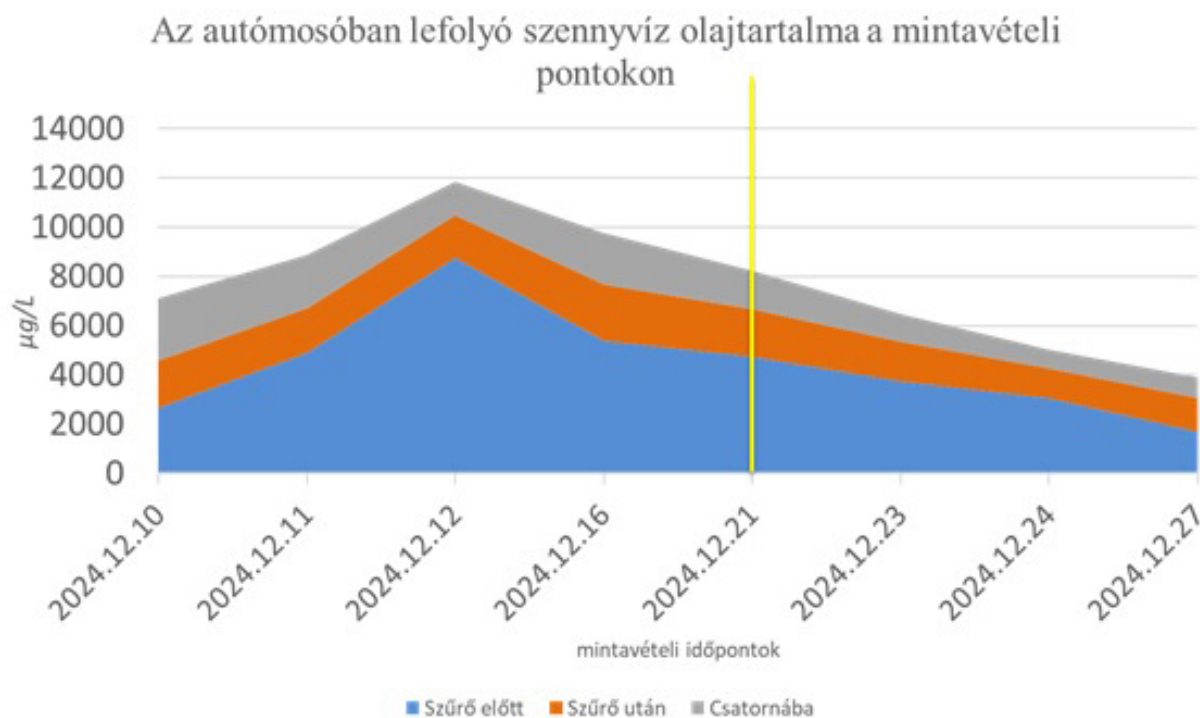
3.3. A gyapjú szűrő nyomtatása és behelyezése

A szűrő nyomtatása 4X9 órát vett igénybe, majd a négy különálló elem összeforrasztása után 2024. 12-21-én került behelyezésre az autómosóba. A 3D nyomtatóval készült váz mindvégig jól bírta az igénybevételt és



7. ábra A szűrő működés közben

a gyapjú anyag sem mosódott ki a rácsokon. A szűrő nem okozott dugulást sem. Összességében megállapítható, hogy a szűrő jól illeszkedett az autómosó rendszerébe.



4. diagram: Az autósóban lefolyó szennyvíz olajtartalma a mintavételi pontokon

3.4. A szennyvízvizsgálat eredményei

A diagrammon (4. diagram) kékkel jelzett sáv az olajmennyiség, ami beérkezik az autósóba az első mintavételi ponton. Az adatokból jól érzékelhető, hogy az olajtartalom ingadozó, aminek oka feltehetően a beérkező forgalom intenzitása és az autók eltérő olajszennyezettsége. A csúcstérték december 12-én figyelhető meg, ezt követően az olajtartalom csökkenő tendenciát mutat, bár kisebb ingadozások továbbra is megfigyelhetők. Az autósóba beérkező szennyvíz olajtartalma a mintavételi időpontban 2,5-8 milligramm között mozgott. Narancssárgával látható sáv azt az olajmennyiséget jelzi, amely a beépített szintetikus szűrő után is megmaradt a szennyvízben. Az adatokból kitűnik, hogy a szűrő egy bizonyos mértékig képes volt csökkenteni a beérkező szennyvíz olajtartalmát, de 2 milligramm körüli olajtartalom folyamatosan

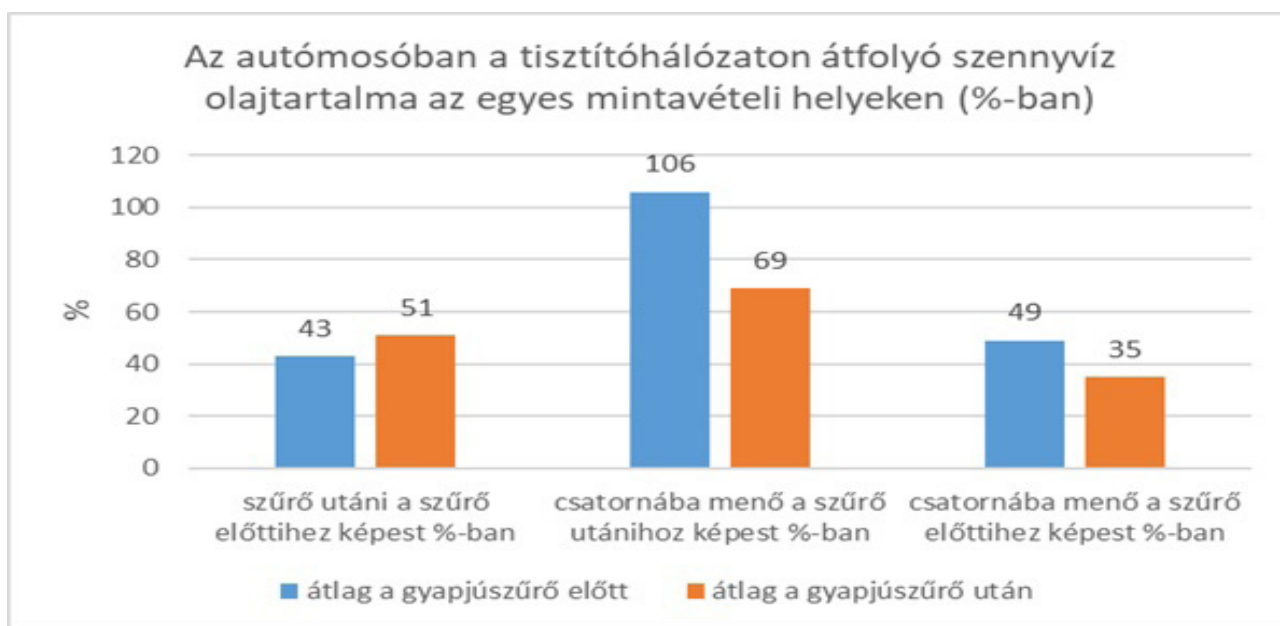
a szennyvízben maradt. A szürke sáv a csatornába kerülő olaj mennyiségét jelöli mely a szintetikus szűrő hatékonyságának korlátaiból adódóan viszonylag állandó maradt az elhelyezett új gyapjúsűrő beüzemelése előtt. Az adatok alapján megfigyelhető, hogy az új gyapjúsűrő beüzemelése előtti időszakban (sárga oszlop előtt) a narancssárga és szürke sávok közötti különbség viszonylag állandó volt, vagyis a szintetikus szűrőn átjutó olajmennyiség teljes egészében a csatornahálózatba jutott. A mi gyapjúsűrőnket december 21-én helyeztük el a rendszerben. A szűrőnk telepítését követően egyértelmű változás figyelhető meg: a szürke sáv láthatóan keskenyebb lett a narancssárga sávhoz képest, ami azt jelzi, hogy a gyapjúsűrő hatékonyan csökkentette a csatornahálózatba jutó olaj mennyiségét. Ez azt bizonyítja, hogy a szűrőnk

működése eredményes, és jelentős mértékben hozzájárult a környezetterhelés csökkentéséhez.

A rendszerbe beérkező olajtartalmat tehát a beépített szűrő 40-50%-ban képes megszűrni (5. diagram). Ennek eredményeként a megmaradt olajmennyiség 100%-ban továbbjut a rendszerben, majd végül a csatornába. Azonban a gyapjúsűrőnk behelyezése után sikerült csökkenteni a csatornába jutó olajmennyiséget 70%-ra. Ez azt jelenti, hogy míg a szűrőnk telepítése előtt a szennyvíz olajtartalmának fele el is hagyta a rendszert, addig a jóval kisebb gyapjúsűrőnk elhelyezése után már csak a megmaradt olajmennyiség 1/3-a került a csatornába. További elemzésekkel és hosszabb távú adatrögzítéssel még pontosabban meghatározható lenne a szűrő hatékonyságának mértéke különböző időjárási és forgalmi körülmények között.

4. ÖSSZEGZÉS

Az emberi tevékenységek következtében a szennyvizekbe kerülő olajok eltávolítása fontos környezetvédelmi feladat, mivel ezek súlyosan terhelhetik a vízi ökoszisztémákat. Vizsgálataink során a gyapjú alapú szűrő hatékonyságát teszteltük, mivel a gyapjú természetes, megújuló anyagként környezetbarát megoldást kínálhat. Kísérleteink igazolták, hogy a gyapjú jelentős mennyiségű olajat képes megkötni, olajmegtartó kapacitása 2,58-szorosa a vízmegtartó képességének. Áramló közegben a gyapjú teljesítménye némileg csökkent, ezért fontos, hogy a szűrő kialakításakor figyelembe vegyük a szennyvíz olajtartalmát és áramlási sebességét, ehhez igazítva a szűrőanyag mennyiségét. A gyakorlati vizsgálatok során egy autós mosó szennyvizében a gyapjúsűrő alkalmazásával átlagosan 14%-kal csökkent az olaj mennyisége, ami igazolja a módszer hatékonyságát. Emellett a lanolinos és



5. diagram: Az autós mosóban a tisztítóhálózaton átfolyó szennyvíz olajtartalma az egyes mintavételi helyeken (%-ban)

tisztított gyapjú teljesítményének összehasonlítása is igazolta, hogy együttműködve a gyógyszeriparral még hatékonyabban lenne használható és környezetbarát megoldás az olajsűrítésre.

Összességében a gyapjú ígéretes, természetes alapú alternatívát kínálhat az olajszennyvezetések csökkentésére, különösen olyan helyeken, ahol fontos a fenntartható és környezetbarát megoldások alkalmazása.

5. RÖVID ÖSSZEFOGLALÁS

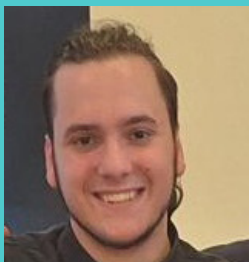
Bevezetés: Az autósoknál az autók tisztítása során olaj kerülhet annak mosóvizébe. Kutatásunk során a gyapjút, mint anyagot vizsgáltuk olajmegkötő képesség szempontjából és szűrőként használtuk az olajtartalmú szennyvizek esetében, mivel az olajszennyezés nagymértékben ronthatja a felszíni és felszín alatti vizek minőségét. A gyapjú, mint anyag felhasználását az is indokolja, hogy Magyarországon évente kb. 2,5 ezer tonna gyapjút termelnek, melyet a gazdák nehezen vagy egyáltalán nem tudnak értékesíteni.

Módszerek: A gyapjút egy magyar kistermeltől szereztük be és kézzel megtisztítottuk a szennyeződésektől, mosógépben mostuk, majd szárítógépben szárítjuk. Megvizsgáltuk a gyapjú olaj és vízmegtartó kapacitását, majd az olajfelszívó kapacitását áramló folyadékokban teszteltük. Egy autósóban a kifolyó víz olajtartalmát mértük TPH-s módszerrel. Létrehoztunk egy gyapjúsűrőt, melynek vázát a SketchUp 3D-s tervező program segítségével készítettük el. Az autósóban négyszer a szűrőnk behelyezése előtt, majd négyszer utána vettünk mintát, minden esetben három helyről. Így összesen 24 mintával dolgoztunk.

Eredmények: A vizsgálatokhoz szükséges mennyiségű gyapjúmennyiséget begyűjtöttük és megtisztítottuk. A gyapjú olajmegtartó kapacitása majdnem háromszor nagyobb, mint vízmegtartó kapacitása, vagyis kifejezetten alkalmas olaj eltávolítására vizekből. Az áramló folyadék esetében is eltávolította az olaj egy részét. Az autósóban 2024 decemberében végeztük a minták begyűjtését és az olajtisztító eszközünk beszerelését. Az autósóba eredetileg beszerelt szintetikus szűrő a lefolyó szennyvíz olajtartalmának mindössze felét távolította el. Ez az olajmennyiség egyenesen továbbáramlott a csatornahálózatba. A mi gyapjúsűrőnk, mely sokkal kisebb méretű volt és a maradék olajmennyiség csökkentése céljából helyeztük be, az olajmennyiséget tovább csökkentette és az eredeti szennyeződésnek már csak az egyharmada ment tovább a csatornahálózatba.

Következtetések: A gyapjú alapú szűrők alkalmazásának egyik legnagyobb előnye lehet, hogy egy szintetikus anyag helyett egy természetes és fenntartható anyagot használunk fel, amely rendelkezik a megfelelő tulajdonságokkal az olaj megkötésére. Magyarországon évente több ezer tonna gyapjú termelődik, melynek jelentős része nem kerül felhasználásra. A gyapjú felhasználásával nemcsak a környezetet védhetjük, hanem gazdaságilag is értékesíthető anyagot hozhatunk létre. Fontos még hogy a gyapjú, mint olajsűrő eszköz hasznosnak bizonyult és sikeresen alátámasztotta a hipotézisünket. A szennyezett gyapjút akár hőerőművekben felhasználhatjuk, vagy körforgásos módon újra hasznosíthatjuk.





Nyerki Botond: Nyerki Botond vagyok, jelenleg a Szekszárdi I. Béla Gimnázium 12.A osztályos tanulója. Kutató munkám 2024-ben kezdtem, melynek középpontjában a víztisztaság védelem, víztisztítás áll. Célom, hogy a jövőben pedagógusnak tudjak tanulni, matek-földrajz szakon. Későbbi célom a kutatási projektből egy start up-ot indítani, hogy a szintetikus anyagú szűrők helyett természetes módon tisztítsuk meg szennyvizeinket.



Papp Zaránd: Papp Zaránd vagyok, a Szekszárdi I. Béla Gimnázium 12.A osztályos tanulója. Emelt szinten tanulom a földrajzot és a matekot is, de az informatika is érdekel. A kutató munkánk során a környezettudatos megoldások digitális kivitelezésével, tervezésével foglalkoztam.



Barocsai Zoltán: Az Eszterházy Károly Egyetemen (Eger, 2004) és a Pécsi Tudományegyetemen (Pécs, 2007) végeztem földrajz–történelem szakos tanárként. Jelenleg a Szekszárdi I. Béla Gimnáziumban tanítok és a Pécsi Egyetem Földtudományok Doktori Iskolájának vagyok PhD hallgatója. Nagy jelentőséget tulajdonítok annak, hogy segítsen azokat a diákokat, akik természettudományos kutatással szeretnének foglalkozni. Több mint tíz éve végzek vizsgálatokat tanítványaimmal a hidrológia területén. Kutatásaink sikeresen szerepeltek hazai és nemzetközi versenyeken, illetve konferenciákon.

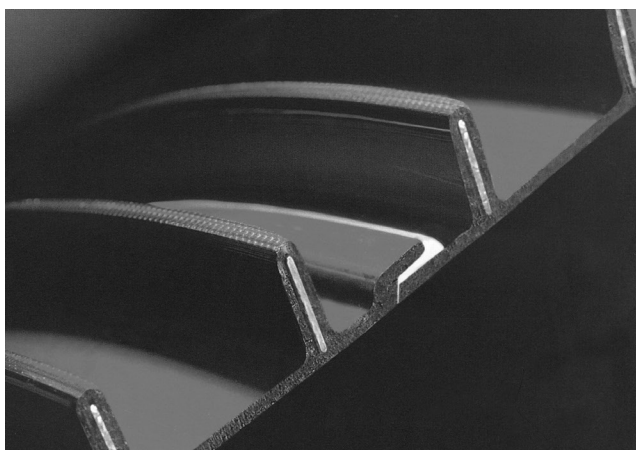
SPIRÁLTEKERCELT CSÖVEKET ALKALMAZÓ NO-DIG ELJÁRÁSOK AUSZTRÁLIÁBÓL

Lőrincz András

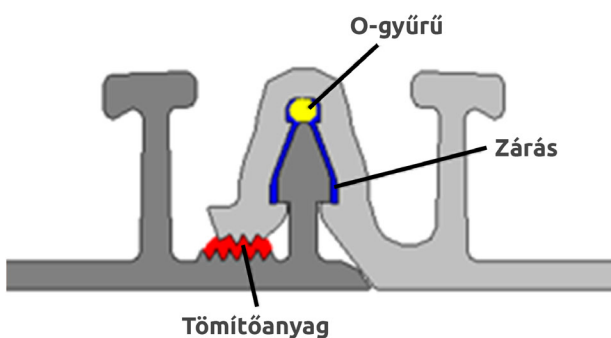
A településeket behálózó közművezetékek nagyon fontos szerepet töltenek be az egészséges normális emberi élet megteremtésében. Meghibásodásaik jelentős zavarokat, problémákat okozhatnak a mindennapokban. Ezért nagyon fontos ezeknek a csővezetékeknek a rendszeres vizsgálata, karbantartása és szükség esetén javítása és felújítása. A földbe fektetett csövek nagy csoportját képezik a gravitációs csatornák. A korábban lefektetett csővezetékek állapota mára már jelentős mértékben leromlott. A különböző problémák – korrózió, tömítetlenség, előrecedés stb. – miatt ezek a régi csatornák „időzített bombaként” ketyegnek alattunk. Javításuk, felújításuk mára az üzemeltetők kiemelt feladata lett. Az utóbbi években a csőfelújítások, rekonstrukciók területén a hagyományos feltárásos eljárások mellett egyre nagyobb területet foglalnak el a feltárás nélküli úgynevezett No-Dig technológiák.

Ezek az eljárások gyors, környezetbarát és ami napjainkban fontos költségtakarékos megoldásokat kínálnak.

A No-Dig eljárások alkalmazását ma már különböző irányelvek, nemzetközi és magyar szabványok támogatják és irányt mutatnak a tervezés, a kivitelezés és az ellenőrzés során. A feltárás nélküli csatornafelújítások területén külön fejezetet képviselnek a spiráltekerceszt béléscsövet alkalmazó technológiák. Ezeknek az eljárásoknak az a jellegzetessége, hogy a béléscsövek legyártása a helyszínen a felújítandó csatornában történik. A béléscsövet a csatornában elhelyezett tekercesztő gép a PVC profil esetén a szalag kétoldalán található záróelemek zárásával a polietilénből készült szalagok esetén extrudáló hegesztéssel állítja elő. 1. sz. fotó Az így előállított béléscső lehet szorosan felfekvő vagy gyűrűs térrel rendelkező, amely teret a kivitelezés végén ki kell injektálni. Az alkalmazásuk során nincs



1. sz. fotó Zárás, Rotaloc béléscsőnél



Zárás, Ribline béléscsőnél

szükség földmunkára, azaz kijelenthetjük, hogy 100%-ban ásás nélküli eljárásokról van szó. A spiráltekercselt csőfelújítások Ausztráliából indultak világhódító útjukra. A kezdetet Bill Menzel által alapított Rib Loc Australia Pty. Ltd jelentette, amely 1978-ban fejlesztette ki és szabadalmaztatta a Rib Loc eljárást, amely az első spiráltekercselt cső előállítására vonatkozott. Ez a cső még állandó átmérővel rendelkezett és a csatornafelújítások mellett a betonozásnál zsaluzásra is használták.

Az 1980-as évektől kezdődően az Interflow Pty Ltd ausztráliai cég közreműködésével széles körben elterjedt egy új változat, a Rib Loc Expanda, amelyet elsősorban Ausztráliában alkalmaztak.

A kezdeti sikerek további fejlesztésekre ösztönözték a spiráltekercselt eljáráshoz alkalmazható profil szalagot gyártó Rib Loc Australia Pty. Ltd céget. A piaci igényekhez igazodva kerültek kifejlesztésre a nagyobb átmérőhöz és igénybevételekhez alkalmazható spiráltekercselt bélésű csövek. Így a nagyobb átmérőnél használható szorosan felfekvő bélésű csövet alkalmazó Rotaloc eljárás és a nagy terhelések elviselésére is alkalmas Ribline és a Ribsteel eljárások. A SEKISUI CHEMICAL CO Ltd 2008-ban megvásárolta a Rib Loc Australia Pty Ltd céget és így a kínálati lista kibővült a japán cég által kifejlesztett SPR eljárással, amely akár 5 m átmérőig és tetszőleges profilú csatorna szelvényénél is alkalmazható. Írásomban elsősorban ezekről kívánok beszélni. Természetesen a cikkben szereplő technológiák mellett is vannak további spiráltekercselt bélésű csövet alkalmazó eljárások, de ezek nem képezik a cikk témáját. A Rib Loc mindegyik technológiájának alapelve az önálló szerkezeti bélésű cső, de a megvalósítás során mindegyik eljárásnál

bizonyos eltéréseket találunk. Például az Expanda egy tágitási eljárást valósít meg, így egy szorosan felfekvő bélésű csövet kapunk. A Ribline kompozit profil zárása egy extrudáló hegesztéssel történik, a Rotaloc és SPR gépek pedig a csőben haladva készítik el a bélésű csövet. Az oldalsó becsatlakozások mászható-járható csatornánál kézzel, nem mászható esetében CIPP kalapidom profil technikával készülnek.

Még mielőtt a technológiák ismertetésére és hazai alkalmazásukra térnénk lássuk, hogy miért váltak sikeressé a spiráltekercselt csőfelújítási technológiák. Milyen előnyöket kínálnak a kivitelező és a megrendelő számára?

A teljesség igénye nélkül néhány előny:

1. Alacsony kockázat

A béléshez felhasznált anyagok már kész, előre legyártott állapotban kerülnek a helyszínre, a gyártás során szigorú ellenőrzésen esnek át a profilszalagok. A kivitelezés folyamán felmerülő bármilyen akadály vagy probléma esetén a bélelési munka szükség szerint leállítható és újra indítható. Ez az előny elsősorban a nagyátmérőjű vezetékek bélelése esetén ad kellő biztonságot.

2. Alacsony költség

A tekerccseléssel készített bélésű csövek azonos gyűrűmerek mellett lényegesen könnyebbek, mint a más eljárásoknál alkalmazott csövek (pl. Ribline esetében a bélésű cső súlya 1/5-e az ÜPE csőnek). A kialakított profilszalagok tervezésénél egyik fontos szempont volt a magas szilárdsági paraméter mellett a könnyű súly. A beépítés egyszerű gépeket igényel és a gyors kivitelezés szintén az alacsony bekerülést garantálja.

3. Gyors beépítés

A Rib Loc rendszerek egyik lényeges előnye a beépítés sebességében rejlik. A beépítés gyorsaságát garantálják a gyárban gondosan elkészített PVC profilok, valamint az egyszerű mechanikus csőtekerceselési eljárás, amely során a spirálbélés csövet elkészítjük. Ez a helyszíni csőgyártási folyamat jól kontrollálható, ami a gyors beépítés mellett a jó minőséget is garantálja. A kivitelezési időt tovább csökkenti a rövid átállási idő, a minimális előkészítő munka (aknából is indítható a tekerceselés), valamint a becsatlakozások kialakításához kifejlesztett egyszerű megoldás.

4. Alacsony szennyvíz-áttemelési költségek

Az eljárások alkalmazása során nem szükséges az üzemből kivenni a bélelendő csatorna szakaszt. A tekerceselés a csatorna üzemelése közben is elvégezhető, ha a csatorna telítettsége nem haladja meg a 20%-ot. Ennél nagyobb terhelés esetén a munka szüneteltethető. Nem szükséges ezalatt az idő alatt a berendezéseket kiépíteni a csatornából. A terhelés csökkenése után a felújítás tovább folytatható.

5. Jó hidraulikai viszonyok

A felújítási eljárások összehasonlításának egyik fontos szempontja az, hogy az alkalmazott megoldás milyen hatással van a csővezeték szállító kapacitására. A Rib Loc rendszer előnyei egyrészt a tekerceselt spirálcső jó hidraulikai tulajdonságaiban jelentkeznek ($k = 0,009$), másrészt abban, hogy az Expanda és a Rotaloc eljárásoknál a kész bélés cső szoroson felfekszik a régi cső falára és így minimális a szállítókapacitás csökkenése. Figyelemreméltó, hogy bizonyos feltételek mellett

a bélelt cső szállítókapacitása megegyezhet az eredeti értékkel.

6. Kiváló vízzáróság

A PVC profilokból készített spirál bélés cső vízzáróságát a profilon elhelyezett három elem együttesen garantálja; egyrészt a mechanikai zárást biztosító oldalsó kialakítások, másrészt a profilban elhelyezett O-gyűrűs tömítés, harmadrészt a profilra felvitt magas hőmérsékleten olvadó tömítő anyag. A Ribline eljárásnál a polietilénből készített profilszalagokat extrudáló hegesztéssel kötik össze, így ez a hegesztés egyúttal tökéletes vízzárást is biztosít.

7. Alacsony szállítási költségek

Az előre gyártott profilokat dobra föltekerve szállítják a helyszínre. A csőgyártás minden esetben a helyszínen történik. Az előre gyártott bélés csöveket alkalmazó eljárásoknál a csőszállítmány legnagyobb részét – nagy átmérő esetén – a levegő teszi ki. Ebből is kitűnik, hogy a Rib Loc cég eljárásai minimális csőszállítási költséggel járnak.

8. Nagy átmérő tartomány

Az eljárások DN150 mm-től akár 5000 mm átmérőig alkalmazhatóak technológiától függően. Az SPR eljárás tetszőleges csatornaprofil esetén is alkalmazható, ezt csak kevés eljárás tudja megvalósítani.

9. Közösség és környezetbarát

A beépítés során a profilszalagok összeépítése – mint azt már említettem – mechanikus vagy extrudáló hegesztés útján történik. Nincs szükség hőre és kikeményítésre. Így a kivitelezés minimális hatással van a környezetre és nem zavarja a lakókat. A kivitelezés minimális zajjal jár, nincs veszélyes, kellemetlen szagú

gáz kibocsátás és káros melléktermékek sem termelődnek. Ezért környezetvédelmi szempontok szerint zöld eljárásnak lehet a nevezni a technológiát, mert alacsony az ökológiai lábnyoma és nagyon biztonságos.

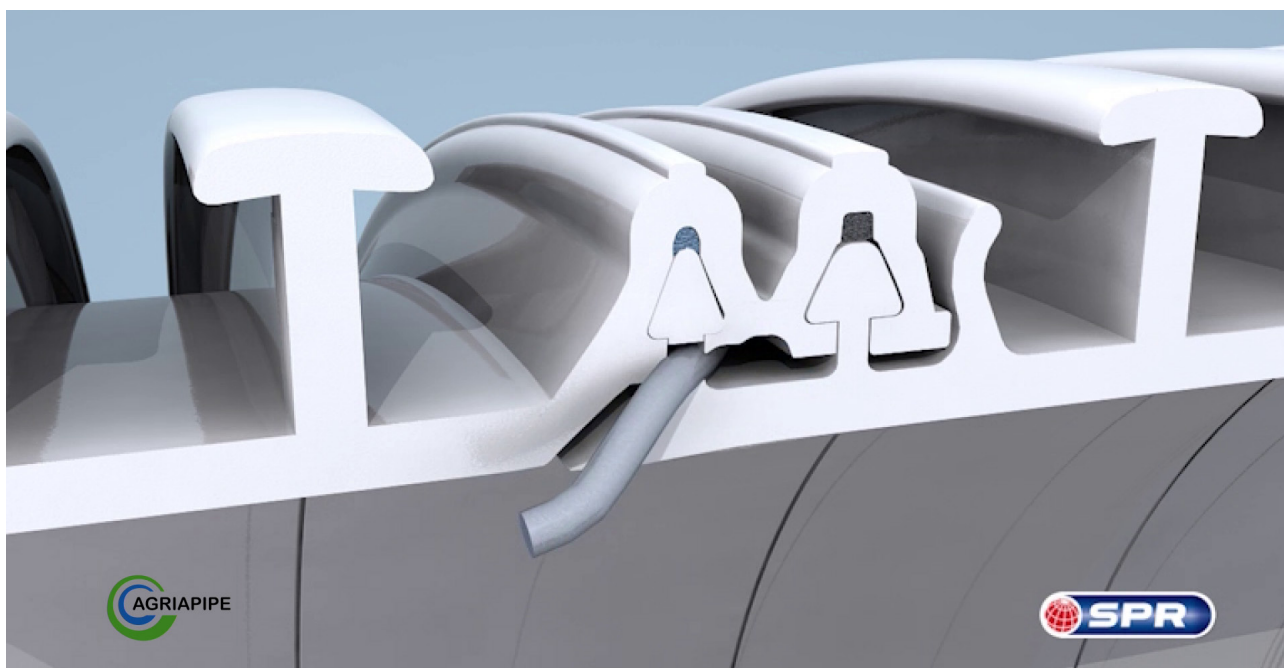
Nézzük ezek után a hazánkban és Európában is alkalmazott ausztrál és japán spiráltekercselt csőfelújító eljárásokat.

RIB LOC EXPANDA ELJÁRÁS

Az eljárás végeredménye egy szorosan fel-fekvő úgynevezett close-fit spiráltekercselt béléscső, amelyet egy rögzített tekercselő



2. sz. fotó Rib Loc Expanda kettős zár



3. sz. fotó Rib Loc Expanda expandálás



4. sz. fotó Eger, Városház utca csatornafelújítás Expanda eljárással

berendezéssel PVC profil szalagból a csatornában állítunk elő. A tekercselő berendezést a csatorna tisztítóaknájában helyezzük el. A bélő cső gyártásához különböző méretű PVC szalagok állnak rendelkezésre (6 típus). Az alkalmazott profilokat a felújítandó csatorna állapota határozza meg. A PVC szalag két oldalán kiképezett pozitív és negatív

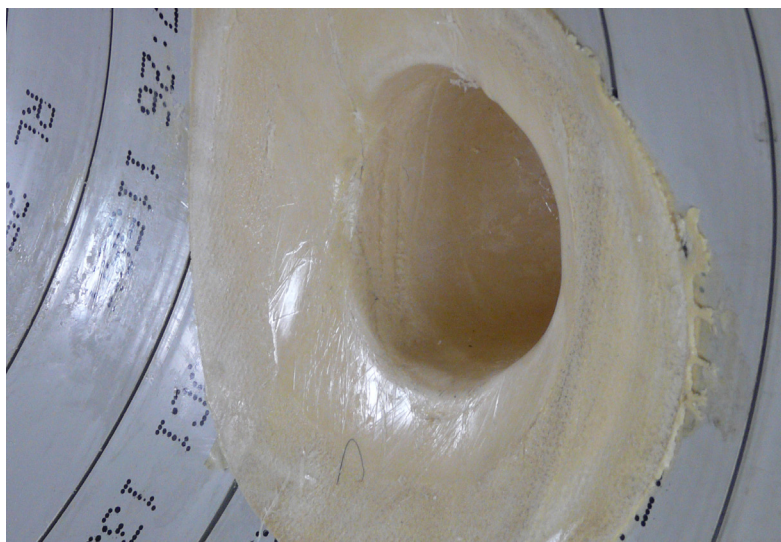
záróelemek összekapcsolását a tekercselő berendezés végzi. Az elkészített bélőcső kettős zárral rendelkezik egy formatartó, alaktartó és egy tömítést biztosító zárral 2.sz. fotó

A formatartó zár biztosítja a bélő cső gyártása során az állandó cső átmérőt. Ez teszi lehetővé, hogy a bélőcső forogva végighaladjon a felújítandó csőszakaszon. Ezután kerül sor a bélőcső expandálására, amelynek eredményeként a bélőcső szorosan felfekszik a csatorna belső falára. Az ex-

pandáláshoz a szakasz végére ért bélőcsövet rögzítik és a két zár közé beépített drótszálat kihúzzák, amely a formatartó zárat elvágja. 3. sz. fotó. A PVC profilszalag így egymáson csúszva kitágul -expandál- mindaddig amíg a csatorna belső falára szorosan nem illeszkedik. Természetesen az expandálás során a PVC profil adagolását folytatni kell amíg



5. sz. fotó Csőfalhiányos csatorna bélés előtt és után



6. sz. fotó Oldalsó becsatlakozás kalapidommal

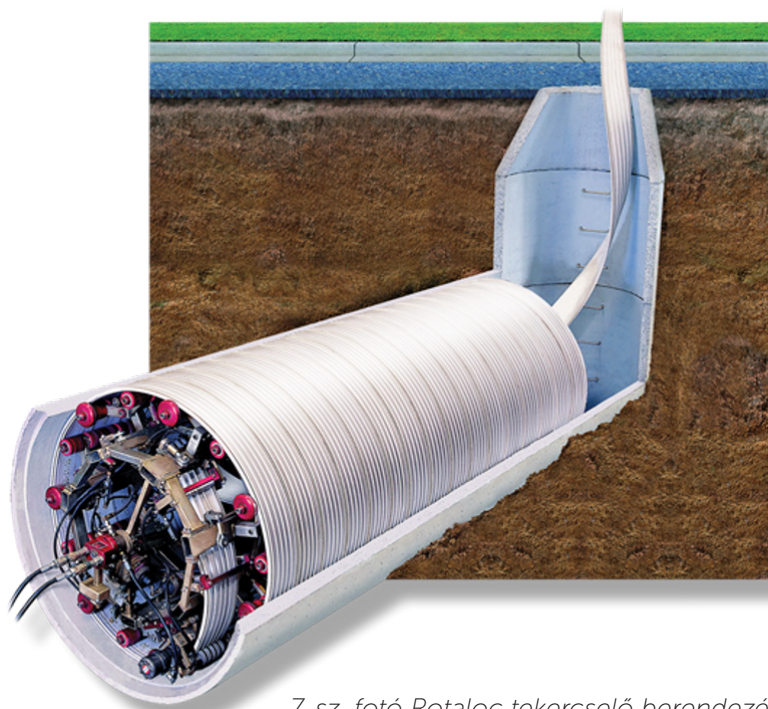
a teljes hosszban a folyamat be nem fejeződik. A tisztító aknában lévő bélés csövek lezárását a körülményektől függően injektálással vagy egyszerű vízzáró beton alkalmazásával végezhetjük el. Az eljárás DN150 mm-től akár 1200 mm-es átmérőig is alkalmazható. Európában az Expanda eljárást 1991-ben alkalmazták első alkalommal.

Az első hazai alkalmazásra a 2007-ben Egerben a Városház utcai DN300 mm-es szennyvízcsatorna felújítása során került sor. 4. sz. fotó Az eltelt időszak alatt az eljárás bizonyította, hogy széles körben alkalmazható. Olyan esetekben is sikerrel alkalmaztuk, ahol az eredeti csatorna fala hiányzott. 5.sz. fotó Az Expanda eljárás gyors kivitelezést tesz lehetővé. Alkalmazásával a környezettől függően akár 150-200 fm csatorna felújítása is elvégezhető egy nap alatt. A csatornára direkt létesített bekötések a bélés után csatornarobottal megnyithatók és úgynevezett kalapidom elhelyezésével a becsatlakozás vízzáróvá

tehető. 6. sz. fotó Az Expanda eljárás hazánkban is népszerűvé vált és különböző átmérőjű és anyagú csatornák felújításánál alkalmazták sikerrel. A kivitelezéseket az Agriapipe Kft végzi. A Rib Loc Expanda eljárás 2011-ben a Magyar Víziközmű Szövetség Nívódíját kapta.

ROTALOC ELJÁRÁS

Ez az eljárás is a szorosan felfekvő bélés csövet alkalmazó bélelések csoportjába tartozik, mivel nincs gyűrűs tér, a bélés cső elhelyezése után nincs szükség injektálásra. A technológiát 2000-ben alkalmazták először Ausztráliában. Az eljárás 800 mm-től 1800 mm átmérőjű csövek feltárás nélküli felújítására használható. A speciális PVC szalagot alkalmazó eljárás lelke egy a csatornában haladó hidraulikus működtetésű tekercselő gép 7.sz. fotó A gép telepítéséhez nincs szükség földmunkára, a tekercselő berendezés elemeire



7. sz. fotó Rotaloc tekercselő berendezés



8. sz. fotó Budapest, Ond utca csapadék csatornafelújítás Rotaloc eljárással

bontható és a tisztítóaknán keresztül a csatornában összeépíthető. Ezt az eljárást is méltán nevezzük 100%-ban No-Dig technológiának. Napjainkra már a tekerceselő berendezés irányítása terepszintről megoldott és a bélelendő csatorna átmérő változásait automatikusan követi. A berendezés alkalmas bizonyos sugarú ívekben ($R=5D$) is a bélelő cső elhelyezésére. A PVC profil szalagok gyártása többféle méretben készül a különböző ívekhez és terhelésekhez. A berendezés lehetővé teszi, hogy bizonyos telítettség esetén a csatornaüzem közben is elvégezhető a felújítás, csökkentve ezzel a lakosság terhelését. Az eljárás kifejlesztéséért a Rib Loc Ausztrália cég 2001-ben az ISTT (International Society of Trenchless Technology) díját kapta. Európában az eljárást 2001-ben vezették be a csatornafelújítás területén.

Magyarországon elsőként 2010-ben került kipróbálásra üzemi körülmények között a budapesti Ond

utcai csatorna felújításánál. 8. sz. fotó Az első alkalmazás sikere után több nagyobb átmérőjű csatorna felújítására is sor került a Rotaloc eljárással.

RIBLINE ELJÁRÁS

Az eljárást, amely a 400 mm és 3000 mm átmérőjű csatornák feltárás nélküli felújítására nyújt megoldást 2005-ben alkalmazta az Interflow Pty Ltd cég Ausztráliában és még ebben az évben az eljárást Európában is kipróbálták. Az eljárás különlegessége,

hogy a polietilénből készült profilszalagba egy fém betét kerül a gyártás során beépítésre. 9.sz fotó Ez a fém betét nagyobb merevséget biztosít a béléscsőnek. A profilszalag szélei nek összeerősítése nem mechanikus zárákkal történik, hanem extrudáló hegesztéssel. A tekerceselő hegesztő berendezés az aknában vagy a feltárt csatornában helyezik el. 10.sz. fotó A spirálisan összehegesztett béléscső forogva halad a bélelendő szakaszban mindaddig amíg a felújítandó szakasz végére



9. sz. fotó Ribline profil



10. sz. fotó Ribline berendezés csőgyártás közben

nem ér. A csatorna és a béléscső közötti teret injektálással töltik ki. A béléscső „gyártás” nagy hosszakban is elvégezhető, pl. 2009-ben egy 2500 mm-es csatornacsövet újítottak fel 706 méter hosszúságban, a béléscső súlya több mint 100 tonna volt. A helyszín az ausztráliai Sydney-ben a North Georges folyó alatti gyűjtő csatorna volt. A projekt elnyerte az ISTT és az ASTT (Australian Society of Trenchless Technology) év projektje díjat. Magyarországon ezt az eljárás üzemi körülmények között még nem alkalmazták.

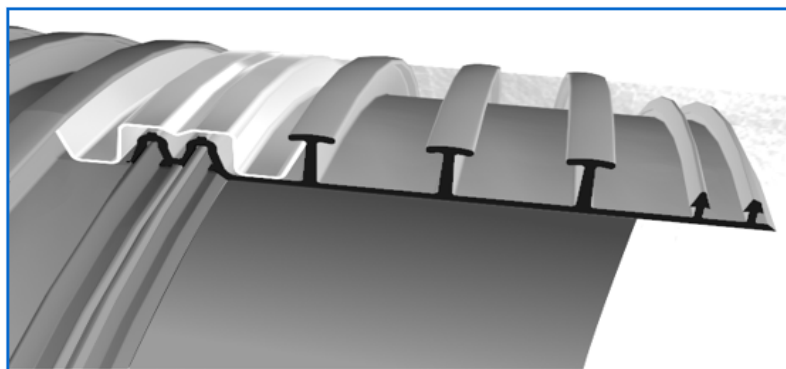
RIBSTEEL ELJÁRÁS

A Ribsteel eljárást olyan esetekben alkalmazzák, amelynél nagy béléscső me-revségre van szükség az extrém terhelések elviselésére. Ezt a követelményt olyan béléscső biztosítja, amely PVC szalagból készül és a tekercselés közben egy külső fémszalagból készült megerősítést kap. A fémpofil lemezt a záróelemeknél helyezik el 11.sz. fotónak megfelelően. A spirál szalag

többféle méretben készül, így alkalmas 450 mm-es átmérőtől 2500 mm-es átmérőjű körszelvényű csatornák feltárás nélküli felújítására. Az eljárást 1997-ben fejlesztette ki a Rib Loc ausztrál cég egy Abu Dhabiban felmerült problémás csatorna felújítás során. A béléscső fix átmérőjű és kisebb méretű, mint a felújítandó csatorna. A két cső közötti gyűrűsteret jó minőségű injektáló anyaggal kell kitölteni. A gyors telepítés ezt a technológiát is jellemzi és az üzem közbeni telepítés a (max. 20% csatorna telítettség) költségeket is tovább csökkenti. Magyarországon 2003-ban került sor az eljárás alkalmazására a szegedi 2100 mm-es átmérőjű főgyűjtő csatorna béleléses felújítása során.

SPR ELJÁRÁS

A Rib Loc Australia Pty Ltd életében nagy változást hozott a 2008-as év. Ebben az évben a japán SEKISUI CHEMICAL CO.LTD. felvásárolta a Rib Loc céget. Így új technológia, az úgynevezett SPR eljárás került fel a kínálati palettára. A SEKISUI cég által korábban kifejlesztett eljárás 800 mm-es átmérőtől akár 5500 mm-es átmérőig alkalmazható. Az SPR eljárás különlegessége továbbá, hogy míg az előző eljárással körkörös profilú csatornák felújítására használhatók addig ez a technológia tetszőleges profilú csatornák



11. sz. fotó Ribsteel profil



12. sz. fotó Budakeszi úti csatorna felújítása SPR eljárással

esetében is alkalmazható. A speciális profilú PVC szalagból egy kereten körbefutó tekercselő gép készíti el a bélés csövet a felújítandó csatornaszakasz teljes hosszában. Ez a hossz akár 500 fm is lehet. A bélés cső és a régi csatornacső között minden esetben gyűrűs tér keletkezik. Ezt a gyűrűs teret megfelelő szilárdságú betonnal kiinjektálják. Az injektálást több lépésben kell elvégezni a bélés cső megfelelő kitámasztása után. Európában az eljárást 2007-ben alkalmazták először kísérleti jelleggel. Hazánkban első alkalommal 2008 végén került sor az eljárás alkalmazására Budapesten. A Budakeszi úti 1350 mm-es átmérőjű csatorna sikeres felújítása után a Kelenhegyi út 1200x1800 mm-es profilú és a Pozsonyi úti 160/290-es tojásszelvényű csatornák felújítására került sor. 12.sz. 13. sz. fotó Az utóbbi felújításért az Agriapipe Kft. nyerte a IV. Greenovációs Nagydíjat. Az SPR eljárás 100%-ban No-Dig technológia mivel a tekercselő gép és keret elemeire bontható és a meglévő aknákon keresztül beépíthető. A széleskörű alkalmazási lehetőségekhez 11

féle PVC szalagból választhatjuk ki a feladathoz legjobban használható profilt.

Összefoglalva megállapítható, hogy a Sekisui RIB LOC Australia Pty Ltd ausztrál cég technológiai gyors és megbízható megoldásokat kínálnak a gravitációs csatornák feltárás nélküli felújításához. Igazolja ezt a tény is, hogy a Sekisui Rib Loc Ausztrália cég és a globális disztribúciós partnerei napjainkig összesen több mint 7500 km leromlott állapotú csatorna felújításán dolgoztak együtt a kivitelezőkkel hat

kontinens több mint 40 országában. Ausztráliában ezek az eljárások a csőfelújító piac 60-65 %-át uralják.



13. sz. fotó Pozsonyi úti csatorna felújítása SPR eljárással

Magyarországon ezeket a technológiákat a SEKISUI CHEMICAL GmbH céggel szorosan együttműködve az Agriapipe Kft vezette be a piacra és jelenleg is sikerrel alkalmazza. Az eredményes alkalmazást számos hazai díjjal ismerte el a szakma. Így az említett díjakon túl ÖKOINDUSTRIA Nagydíját 2011-ben, „Környezet Védelméért” díjat 2017-ben és az ENVIRONTEC powered by ÖKOINDUSTRIA Nagydíjat 2024-ben a szolgáltatás kategóriában kapta a cég.

A spiráltekercselt bélésű csövet alkalmazó csatorna felújításokra vonatkozó előírásokat, ajánlásokat a MSZ EN ISO 11296-7 és az ASTM-F1698-02 szabványok tartalmazzák.

Természetesen az előnyök mellett megvan a feltárás nélküli eljárások alkalmazásának a korlátai és a feltételei. Ezért nagyon fontos a kivitelezést megelőző alapos felkészülés és előkészítés. Alaposan meg kell vizsgálni a csatorna állapotát, az üzemeltetési körülményeket, az üzemeltetői igényeket és a helyszíni adottságokat. A szerzett információk alapján lehet kiválasztani az adott eljárást, s az eljárás ismeretében kell a statikai és a kiviteli munkák tervezését elvégezni. A méretezéshez és kiviteli tervek elkészítéséhez ma már több irányelv a fenti szabványok és különböző méretezési programok állnak rendelkezésre.



Lőrincz András okleveles vegyipari gépészmérnök, irányítástechnikai szakmérnök. 1974-től 1991-ig a Heves Megyei Vízmű Vállalatnál dolgozott műszaki osztályvezetőként. A rugalmas elemekkel végzett mechanikus csőtisztítás területén jelentős munkát végzett, irányításával ezen a területen a Vízmű nem csak Magyarországon, de külföldön is sokat dolgozott. 1991-ben az akkor megalakuló UMWELT-TECHNIK Kft ügyvezetője és társtulajdonosa lett.

Kiemelkedő munkát végzett a feltárás nélküli csőfelújítások (az úgynevezett No-dig eljárások) hazai bevezetésében és népszerűsítésében. Ezek az eljárások váltak a cég fő profiljává.

2007-ben megalapította az AGRIAPIPE Kft-t, amelynek 2015-ig ügyvezetője volt. Jelenleg a cég stratégiai tanácsadójaként dolgozik. Tevékenységének eredményeképpen a Kft. a hazai piac egyik meghatározó és vezető cége lett a No-dig eljárások területén.

Az amerikai, japán és ausztrál csőfelújító technológiák bevezetése mellett sokat tett az eljárások népszerűsítéséért szakcikkek megírásával, előadások tartásával, szakmai konferenciák és kiállítások szervezésével. 2002-2008-ig a MAVÍZ Vízipari Tagozatának elnökségi tagja volt, 2024-ig pedig a HSTT vezetőségi tagjaként tevékenykedett. A Magyar Hidrológiai Társaságnak 1975 óta tagja.

Szakmai munkáját számos kitüntetéssel ismerték el:

Kiváló Feltaláló Arany Fokozat 1985.

Pro Aqua Emlékérem 2008.

Heves Megye Innovátore Díj 2009.

Vízügyi Ágazatért Érdemérem 2015.

Reiter Ferenc Díj 2025.

KEDVES EMLÉKÉT MEGŐRIZZÜK!

Dr. Bardóczyné dr. Székely Emőke tagtársunkra, korábbi MaSzeSz elnökségi tagra emlékezünk, aki 2025. októberben, életének 73. évében elhunyt.



Emőke

A Jóisten jókedvében teremtet meg Téged, összegyúrva éles elmét s igaz kedvességet. Hozzáadott becsületet, szorgalmat is bőven, s kitatást, ha vágyott célod késik az időben. Együtt érző meleg szívet is tett a csomagba, karcsúságod, bájos arcod ráadásul adta.

Balinkabányán születél, hol volt egy nagy bánya bányamérnök volt az apád, s lettél első lánya.

Alig múltál el két éves mikor lett egy hugod, kívül bebarangoltatok minden egyes zugot.

Pár esztendő múlva, mikor bezárták a bányát, Szilasligetre költöztetek, s kezdted az iskolát. A hatvanas évektől már egy zugló lakás adott otthont családnak, s lett a végállomás. A gimit már itt jártad ki, szintisza jelessel, Műegyetem következett, hasonló sikerrel.

VIZITERV lett munkahelyed, s a kezdeti évek múltával egy mérnök mellé osztottak be Téged. Egy szigorú székely ember, zord volt gyakran kedve, felesége elvesztését nehezen viselte.

Sokat dolgoztatok együtt a rajztábla mellett, vagy vidékre utaztatok, ha felmérni kellett. S ahogyan az idő tellett, Lajosnak kedélye kezdett szépen visszatérni a régi helyére. Napról napra színesebbnek látta a Világot és a gyötrő gyásza után újra élni vágyott.

Megkérte a kezedet és Te nem mondtál nemet, hetvenkilenc szeptemberben egybe is keltetek.

Férjed még széltől is óvott, mint egy kis virágot, oly életed lett mellette, mit minden nő vágyott. Algériába mentetek dolgozni pár évre ott született meg Viola, s kerültetek révbe.

Visszatérvén lakhelyetek a Szalay utca, ide érkezett kis Emő, második a sorba'. És az élet folytatódott együtt jóban rosszban közben nőttek a gyerekek és az idő rohan.

Szerettetek utazgatni, látni a világot,
beleértve ezek közé szép Magyarországot.
Olaszthonban ott élt hugod várt sokszor reátok
Spanyolországot megnézni hívtak jó barátok.

A Salamin-túrákat is bejártátok rendre,
ott ismertelek meg Titeket, s zártalak szívembe.

Közben zajlott az élet a maga sodrában
nagy változások történtek a politikában.
Férjedet is nyugdíjazták, éppen jó időben
mert a céget felszámolták kb. kilencvenben.

Te is állástalan lettél, nem is kis időre,
kitartottál, és végül jól jöttél ki belőle.
Két nyelvvizsgát is letettél, szereztél PhD-t,
tárt karokkal várt ezután Gödöllőn egy tanszék.

Időközben lányaitok rendre férjhez mentek,
mindegyikük családjában született két gyermek.
Első kettőt Lajosod még kezében tarthatta,
De kilenc éve annak, hogy a teste feladta.

Alig bírtad elviselni vesztvén jobbik éned,
úgy érezted nincs már semmi, miért kéne élned.
Ebből a nagy bánatodból lányaid és Tünde
rángattak ki együttesen új célokat tűzve.

Pali pedig következő túráját a férjed
emlékére szervezte meg, és invitált Téged.
Bár nem volt már semmihez sem egyáltalán kedved
úgy érezted, Lajosodért ezt még meg kell tenned.

Tünde pedig ajánlotta magát utitársnak,
hogy szépséges Írországot ne egyedül lássad.
Így történt, hogy lassan-lassan csendesült a bánat,
el merted már hinni azt, hogy rád még jó is várhat.

Mert az élet már csak olyan, hogy biz' folyik tovább,
bár társad nem pótolhatják gyerekek, unokák.

Bejártál az egyetemre tartottál órákat,
doktorandusz hallgatóid is szívesen láttad.
Szakértőnek sokszor kértek fel egy-egy munkára,
miket lelkesen vállaltál új célokra vágva.

Leányaid segítőként számíthattak Reád,
hétvégenként Nálad laktak, s együtt volt a család.
A Salamin utak közül kettőre is mentél
szereztél új barátokat, úgy tűnt megbékéltél.

Voltál nálunk Balatonon és nagyon élvezted,
a teraszra nyúló fákat és a kéklő vizet.
Beszélgetésinknek csak az idő szabott véget
Úgy terveztük jövőre itt újra látunk Téged.

Hirtelen ért el a halál, csak egy rossz mozdulat,
félreismert röntgenfotó, és csak a csönd maradt.
És ez a csönd az a csönd, mi nagyon tud ám fájni,
mert azt jelenti, nem vagy már, és dőreség Rád várni.

Mennybe visznek az angyalok szárnyaikon Téged,
Lajos vár Rád a kapunál, és az örök élet.
Mikor éppen egy felhőn ülsz, kérlek nézz le reánk
vigasztald meg szívünket, hogy jó Neked odaát.

Hofer Alice
2025. október 12.

IN MEMORIAM SOMLYÓDY LÁSZLÓ (1943– 2025)

Egy szubjektív megemlékezés



November 4-én örökre eltávozott egy kiemelkedő tudós és egy igaz barát, Somlyódy László professzor, akadémikus.

Nálam hat évvel volt idősebb. Először 53 éve találkoztunk a pár éve kivégzett VITUKI-ban, Közép-Európa akkor talán legjobb vízgazdálkodási kutatóintézetében. A Műegyetem abszolválása után rögvest ott kezdtem a pályát, Laci pedig a Szellőző Művektől jött át. Áramlástan szakon végzett gépészmérnök volt, én pedig hidrológiára szakosodott vízmérnök. Laci először a Hidraulikai Laboratóriumban Haszpra Ottónál dolgozott, majd Benedek Pálnál a Vízminőségi Főosztályon. Eleinte óvatosan kerülgettük egymást – mindkettőnk választott szakterülete az akkoriban formálódó, vízzel kapcsolatos matematikai modellezés volt – az övé az áramlástan alapú elkeveredés elmélete, az enyém a véletlen dinamikájú hidrológiai rendszerek viselkedésének előrejelzése.

Máig sem értem teljesen, hogy miként kerültem 1974-ben fiatal kutatóként az ausztriai Laxenburgban székelő, akkor formálódó új Nemzetközi Rendszerelemzési Intézetbe (IIASA), ahol két évig dolgoztam valós idejű hidrológiai előrejelző modelleken. '75-ben találkoztunk újra egy rövid pesti látogatás után. Rá két évre – amikor sokak értetlenségére hazajöttem – megkért, hogy legyek kandidátusi disszertációja házi védésén opponense. Nem volt sok mindent opponálni, mert a szakmában szokatlan pontossággal gondolkodott és

írt. Tiszta fogalomalkotás, pontos matematika, semmi slamposság. Ez egész életében jellemző volt rá. Kis idő múltán ő is a IIASA-ban kötött ki. Két évig a sekély tavak eutrofizációjának modellezésével foglalkozó nemzetközi projektet építette fel, amiben a Balaton volt a „kísérleti terület”. Erről Gerrit van Straten-nel írt egy meghatározó fontosságú könyvet. Majd ő is hazajött. (Hogy miért, azt sokan egyikünk esetében sem értették, pedig egyszerű.)

1985-ben a VITUKI intézetesedett, ő Benedek Palit követte a Vízminőségvédelmi Intézet igazgatói székében, belőlem meg tudományos főigazgatóhelyettest kreáltak. Ennek fordítva kellett volna történnie. Az évtized végére a Bős-Nagy-maroshoz kapcsolt, logikát és rációt nélkülöző borzalmas politikai hisztéria mindkettőnket megviselte. Nem volt maradásom. Elmentem Párizsba az UNESCO-hoz közel 30 évre, Laci pedig

próbálta a VITUKI-t főigazgatóként életben és valahogy szinten tartani, de a fundamentalista zöld mozgalmárok és jellemtelen politikusok miatt abból Prügelknabe lett, tönkretették és öt éve szó szerint felrobbantották. (A kor hangulatát legjobban talán egy Duna-körös, egyébként szorgos III/III-as ügynök dörgedelme jellemzi a legjobban: „A vízügy rákos daganat a nemzet testén.”)

Neki sem volt maradása. '92-ben átmegy a Műegyetemre – a legjobb fogásuk.

Somlyódyé kivételes tudományos karrier – itthon és nemzetközileg. Ez utóbbi csak nagyon keveseknek sikerült. Nemzetközileg is meghatározó volt. Seregnyi új program indítása és vezetése fűződik hozzá – meg fokozatok, kitüntetések, rangok és cafrangok, amiket kitűnő humorérzékével sose vett túl komolyan.

Az övé és az enyém két párhuzamos pálya volt – de soha nem keresztben. Semmi sem állt tőle távolabb, mint a bunkóság. Imádta Bachot – ebben is közösek voltunk – néha együtt is hallgattuk, bár én kicsit szorongtam Johann Sebastian szigorúságától és így inkább Mozart-bolonddá értem.

A '90-es években Laci megint IIASA-ban. És Brazíliában és sok nemzetközi projektben. Mindketten rohanguztunk a világban. Ez így ment. Egyszer egy hét különbséggel voltunk mindketten Sao Páolóban. Ezt utólag tudtam meg. Ha tudom, vártam volna rá, amennyit kell. Az elmúlt két évtized hazai politikai fejlődése – ha egyáltalán annak lehet nevezni ezt a retardált folyamatot – mindkettőnk rettetetesen zavarta. Miután mindketten liberális európainak definiáltuk magunkat, szívből megvetettük és utáltuk a szélsőséges nézeteket és a radikális, úgynevezett „patrióta” nacionalizmust. Ez az évek múlásával csak fokozódott.

Utolsó találkozásunk a Nóri lányával közösen írt, „Egy élet a Balaton körül” „beszélgető” könyvének bemutatásán történt, amibe egy rövidke előszót írtam. A kötet tükörbenézés, ami mindig tanulságos és hasznos. Ecce homo – mutatja meg magát Somlyódy László. Akadémikus, professzor, áramlástanász, világhírű vízminőségi guru, menedzser, whisky és szivar connoisseur, teniszmágus,

Soma a főnök, Laci a barát. Ilyen voltam s ezzel lettem, honnan jöttem s mit tettem. Erről szól a könyv.

Megdöbbsentően szép önvallomás. Ritka őszinte, humánus, magába néző, számos helyen önmarcangoló írás – egy olyan intellektusé, aki már messze túl van mindenben, ám valahogy még mindig tanítani akar saját sorsának kegyetlenül őszinte bemutatásával. Ritka erény a mai teljesen immorális és hazug világban. Egy végtelenül tiszta és tisztességes memoárt kap kezébe az olvasó, ami a mai öngazoló időkben enyhén szólva hiánycikk.

A család történetében felsejlik az elmúlt száz év magyar történelme a maga seregnyi borzalmával. Széles az ív a polgári miliő gutealte Zeit-jétől, a kitelepítés, majd az újrakezdés gyötrelmeiig, és a mindenhol jelenlevő bizonytalansáig – a világban, a tudományban és az emberi kapcsolatokban. A beszélgetésekben tökéletesen átjön Laci unikális egyénisége, magas intellektusa, humora, választékos eleganciája, mindenkori európaisága a kételyekkel körbeáldozott, ám a külső szemlélő számára szikár, határozott és egyenes tartása és biztonsága – egyben saját belső bizonytalanságaival együtt. Átjön a beszélő beszélt stílusán is: pontos, ütős, szabatos mondatok, egy-két alkalmasan elhelyezett színesebb, ám plasztikus és helyénvaló zaftosabb kiszólással. Nagyon emberi életinterjú. Apa és lánya beszélgetnek. Családról, csalódásokról, kiállításokról, kompromisszumokról. Érződik, hogy Laci tökéletesen megbízik a kérdezőben, válaszaiban megnyílik és nagyon őszinte. Maszatolásnak nyomát sem leljük válaszaiban. Egész életére ez volt jellemző. A kötet különleges. Letehetetlen olvasmány. Korkép és korkép.

A kötetet, már erősen remegő kézzel, így dedikálta nekem: „Mindörökké Andrisom maradsz, amióta megláttalak a VITUKI kapujánál”.

Nyugodj békében, drága barátom!

Szöllősi-Nagy András

(Elhangzott az MTA Vízellátás és Csatornázás Bizottság 2025 november 26-i ülésén.)

MHT VÍZMINŐSÉGI ÉS VÍZTECHNOLÓGIAI SZAKOSZTÁLY BESZÁMOLÓ A 19. IVÓVÍZBIZTONSÁGI KONFERENCIÁRÓL

Összeállította: dr. Borsányi Mátyás, dr. Laky Dóra

A Magyar Hidrológiai Társaság Vízminőségi és víztechnológiai Szakosztálya a Fővárosi Vízművek Üzemi Szervezetével közösen 2025. október 15-én tartotta meg a 19. Ivóvízbiztonsági konferenciát. A rendezvény helyszíne a Magyar Víziközmű Szövetség székházának konferenciaterme volt.

A rendezvény támogatói voltak továbbá a Magyar Víziközmű Szövetség, a BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, a Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium, valamint az MHT Vízellátási Szakosztálya.

Az EU 2020/2184 (12. 16.) "ivóvíz irányelv" és az arra alapozott 5/2023 (01.12.) Korm. rendelet célja, hogy a vízszolgáltatók a korszerűsített szabályozás segítségével, mindenki számára hozzáférhető egészséges és tiszta ivóvíz biztosítása útján óvják a vízhasználók egészségét az emberi fogyasztásra szánt víz szennyezettsége okozta káros hatásoktól.

Ennek megfelelően a 19. Ivóvízbiztonsági konferencia témái a következők voltak: az egészségkockázat alapú elemzésre alapozott irányelvfejlesztés; a vízbiztonsági terv kockázat felmérésre és alkalmazott kockázatkezelésre alapozott ivóvízellátási lánc-üzemeltetés; a vízkezelő technológiák és nátrium-hipokloritos oxidációval kapcsolatos aktuális tapasztalatok; a hálózati vízvesztesség-elemzés, összességében a szolgáltatott ivóvíz biztonságának veszélymegelőzésre alapozott javítása.

A konferencia előadásai, valamint az előadók ajánlásai, javaslatai az alábbiak:

Márialigeti Bence (Víz mű Panoráma): Megosztás, mint kockázat módosító faktor

A Víz mű Panoráma állandó rovatot ajánl a vízminőség biztosítás és vízvesztesség témakörökben a tapasztalatok, eredmények, kísérletek, jó gyakorlatok, hibák, új technológiák bemutatására és publikálására. A rovatok egyedi dizájnnal is rendelkezhetnek. Évi négy szám, automatikusan eljut a szektor legfőbb szereplőjéhez, 825 címre (és a szám növelhető).

Dr. Kiss András László, Bufa-Dórr Zsuzsanna (Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ): Szemelvények a 2184/2020 (EU) Ivóvíz Irányelvre alapuló aktuális feladatokból

A VBT-k aktualizálása során az ivóvíz szolgáltatóknak javasolt felkészülnie az EU Ivóvíz Irányelv 8. cikkére: Az emberi fogyasztásra szánt víz kivételi pontjainak vízgyűjtő területére vonatkozó kockázatértékelés és kockázatkezelés, továbbá 10. cikkére: A házi vízelosztó rendszerek kockázatértékelése, szerinti adatkör adaptálására. A felkészülés során célszerű szem előtt tartani az ivóvízminőségi paraméterkör aktualizálásával felmerülő változásokat. Ezeket a feladatköröket a hazai 5/2023. (I.12.) Korm. rendeletben a 6.§ és 8-9.§ tartalmazák.

Dr. Laky Dóra, Souha Neguez, Koncz Dénes (BME, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék): Klorát ion az ivóvízben – nátrium-hipoklorit oldatok bomlásának vizsgálata laboratóriumi körülmények között

Kutatásunk célja az ivóvízbiztonság javítása az 5/2023 (I.12) Kormányrendeletben új paraméterként megjelenő klorát ion kapcsán. Laboratóriumi vizsgálatok eredményei alapján a következő ajánlásokat fogalmazhatjuk meg nátrium-hipokloritot alkalmazó törésponti technológiákra:

- Tárolási idő minimalizálása (nátrium-hipoklorit oldatok lehetőség szerinti minél gyakoribb szállítása)
- Szállítást követően a nátrium-hipoklorit oldat hígítása
- Tárolás alacsony hőmérsékleten, napfénytől védett helyen
- Aktív klór vagy klorát szint rendszeres mérése a nátrium-hipoklorit oldatokban (amennyiben az oldat kezdeti klorát koncentrációja ismert, az aktív klórtartalom csökkenéséből jól becsülhető az oldat aktuális klorát tartalma)

A technológiák optimalizálásával, az üzemeltetés fentiek szerinti megváltoztatásával azonban nem feltétlenül lehet a határérték alá csökkenteni a kezelt víz klorát ion koncentrációját, sok esetben csak a technológia megváltoztatásával biztosítható a 0,25 mg/l alatti klorát koncentráció.

Kohuth-Ötvös Viktória (Soproni Vízmű Zrt.): Ivóvízbiztonság fejlődése a Soproni Vízmű Zrt.-nél

Üzemeltetési tapasztalataink alapján az ivóvízbiztonsági tervek akkor igazán hatékonyak, ha egyszerűen kezelhetők és integrált folyamatokra épülnek. Javasoljuk továbbá a megelőző intézkedések folyamatos alkalmazását

és az információk visszacsatolását, hogy a tervek folyamatosan fejlődjenek és az ivóvízbiztonság fenntartása a mindennapi üzemeltetés során könnyebb legyen.

Boda Balázs (Kaposvári Víz- és Csatornamű Kft.): A KAVÍZ Kaposvári Víz- és Csatornamű Kft. vízbiztonsági rendszerének jellemzői és fejlesztése

A KAVÍZ Kft. előd szervezete az első vízművállalatok egyike volt, aki a vízbiztonsági tervezés fontosságát felismerte. Az ekkor még nem kötelező jellegű élelmiszerbiztonsági rendszert felépítette és folyamatosan tanúsíttatta. A jogszabályi kötelezettség életbe lépését követően néhány év párhuzamos működést követően az MSZ22000 szabvány szerinti rendszert kivezette és a VBT-rendszer kizárólagos használatára állt át. A VBT felépítése formalizált, ezáltal közismert, de a napi üzemeltetésben vannak olyan proaktív tevékenységek, amelyek ismertetése hasznos lehet a hallgatóság számára. Előadásomban erre a proaktivitásra (jó gyakorlatra) helyeztem a hangsúlyt, amelyek megelőz(het)ik a kényszerű utólagos (reaktív) beavatkozásokat.

Madzin Evelin (Fővárosi Vízművek Zrt.): Fizikai vízvesztés csökkentés a Fővárosi Vízművek Zrt.-nél.

Habár a Nem Számlázott Víz (NSZV) csökkentése számos víziközmű szolgáltató stratégiai céljai között szerepel, fontos megjegyezni, hogy a megfelelő vízminőség biztosítása elsődleges prioritást kell, hogy képviseljen, még ha az ennek érdekében tett beavatkozások (öblítések) növelik a veszteséget. Viszont ezek mértéke elenyésző az összes veszteséghez képest.

Ezen túlmenően a vízfolyások javításának minősége és gyorsasága nem csak az elfolyt vízmennyiség szempontjából kulcsfontosságú. A javítás során figyelemmel kell lenni a hálózatba beépítendő anyagok minőségére (5/2023 (I.12.) Kormányrendelet 10-13.§ szerinti ivóvíz-higiénés megfelelőséget igazoló dokumentációval történő rendelkezés), valamint a hibajavítás folyamata során betartandóak a vízminőség romlását megakadályozó követelmények (mint például a munkagödör megfelelő víztelenítése, az érintett csőszakasz leürítése és öblítése, az ivóvízzel érintkező felületek alapos fertőtlenítése stb.)

Varga László (Aquacust Vízvesztés-elemző Kft.): A vízelosztó rendszer biztonsága és a hálózati veszteség

A vízellátó hálózatok 2026. január 1-től a kiemelt infrastruktúrák közé tartozik. A csőtörések, hálózati veszteségek, szivárgások felderítésével kapcsolatban sokat beszélünk annak megkeresési technikáiról, az elszivárgó víz okozta veszteségekről, energiaveszteségről, környezeti károkról, de a vízminőségre gyakorolt hatása nem kerül szóba. Pedig a veszteségek / veszélyek között ez az egyik

leglényegesebb elem, mert a fertőzések kialakulása, egy esetleges vízfertőzés településeket, településrészeket - vagy csak egy kórház valamelyik osztályát - veszélyeztet, akadályozza az ott lakók, dolgozók, esetleg a nyaralók életét.

Az előadás összefoglalta a szivárgások hatását a vízminőségre, valamint azt, hogy a vízminőség is hatással van a vezetékek állapotára, a csőtörések kialakulására. Sőt, a hálózat üzemeltetése is döntően befolyásolhatja a vízbiztonság rövid- és hosszútávú fenntarthatóságát.

A 19. Ivóvízbiztonsági konferencia előadásai és ajánlásai a Magyar Hidrológiai Társaság oldalán, az alábbi linken megtekinthetők:

<https://www.hidrologia.hu/19-ivovizbiztonsagi-konferencia/>

A korábbi konferencia, ill. szakmai napok anyagai a Magyar Hidrológiai Társaság oldalán, a következő linkeken érhetőek el:

<https://www.hidrologia.hu/18-ivovizbiztonsagi-konferencia/>

http://regi.hidrologia.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=807&Itemid=263



FENNTARTHATÓ VÍZGAZDÁLKODÁS? A NEGYEDIK FOKOZATÚ TISZTÍTÁS

Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség a Budapesti Műszaki Egyetem, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Óbudai Egyetem, Pannon Egyetem és a Magyar Hidrológiai Társaság társszervezésében „FENNTARTHATÓ VÍZGAZDÁLKODÁS? A negyedik fokozatú tisztítás és a mikroszennyezők kezelésének kihívásai” címmel konferenciát szervezett - 2025.október 21.

Összeállította: dr. Bezsenyi Anikó –Óbudai Egyetem

Az elmúlt években zajlott „A települési szennyvíz kezeléséről szóló” 91/271/EGK irányelv módosítása, amely 1991. május 29-én lépett hatályba, így több mint 30 évig teljesített szolgálatot az Európai Unió jogrendszerében. Az irányelv célja volt a környezet védelme a települési szennyvíz káros hatásaival (pl. az eutrofizációval) szemben. A szennyvíz összegyűjtésére, kezelésére és kibocsátására vonatkozó uniós szintű szabályokat határozott meg. 2019-ben a Bizottság elvégezte a 91/271/EGK tanácsi irányelv értékelését, amely alapján nyilvánvalóvá vált, hogy az irányelv bizonyos rendelkezéseit naprakésszé kell tenni. A 91/271/EGK irányelvet 2027. augusztus 1-jétől hatályon kívül helyezi és felváltja az (EU) 2024/3019 irányelv, amely sok új, a világ aktuális és kritikus kérdéseire reflektáló szabályozást tartalmaz. Követelményeket fogalmaz meg a szennyvíztisztító telepek energiasemlegességével, az üvegházhatású gázok kibocsátásával, valamint a szennyvíztisztítás hatásfokával kapcsolatban. Az egyik legfontosabb, és egyben legköltségesebb igény, amely a szennyvíztisztító telepekkel szemben jogi szabályozást ölt a mikroszennyezők eltávolítását biztosító negyedik tisztítási fokozat megvalósítása. Ez a szigorítás nem érint minden üzemeltetőt. Elsősorban a 150 000 LE feletti

terhelésű szennyvíztisztító telepeket kötelezik a megvalósításra 2045. december 31-ig, de a 10 000-150 000 LE terhelésintervallumba eső tisztítóművek között is akad majd érintett indokolt esetben (később szabályozott rend szerint).

Költségeit és nehézségeit tekintve a direktíva legkritikusabb pontja a negyedleges tisztítás kötelezettsége. Nem meglepő tehát, hogy a téma köré épülő rendezvények nagy érdeklődésre tartanak számot. Az utóbbi évek legsikeresebb rendezvénye volt ebben a témakörben az Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Karán (ÓE RKK) megrendezett rendkívül színvonalas konferencia. A rendezvény a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség (MASZESZ) kezdeményezésére, az Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar Környezetmérnöki és Természettudományi Intézet, a Budapesti Műszaki Egyetem, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem, a Pannon Egyetem és a Magyar Hidrológiai Társaság társszervezésében valósult meg. A konferencián résztvevők száma, összesen 231 fő (125 személyes részvétel, 106 online csatlakozó) is bizonyította a nagy érdeklődést a téma iránt. A „Fenntartható Vízgazdálkodás? A negyedik fokozatú tisztítás és a mikroszennyezők



kezelésének kihívásai” nevű program 2025. október 21-én zajlott, és felvonultatta az érintett szakmák, cégek, szakemberek rendkívül széles és színes körét.

A konferenciát a kar dékánja, Dr. habil. Koltai László nyitotta meg (1.kép), aki a felvezető beszédében hangsúlyozta, hogy a 21. században a fenntartható fejlődés alapja szennyvíztisztítási technológiai negyedik fokozata, amelynek tervezése, építése és megfelelő üzemeltetése szakmai párbeszédet, és széleskörű együttműködést igényel. Ennek jegyében segédkezett az Óbudai Egyetem és azon belül a Kar a konferencia szervezésében és rendezésében. A továbbiakban Prof.Dr. Patziger Miklós, egyetemi docens (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék) vezette és moderálta a rendezvény délelőtti, Bodáné Dr. habil. Kendrovics Rita (ÓE RKK Környezetmérnöki és Természettudományi Intézet) pedig a délutáni szekcióját.



1. kép Dr. habil. Koltai László

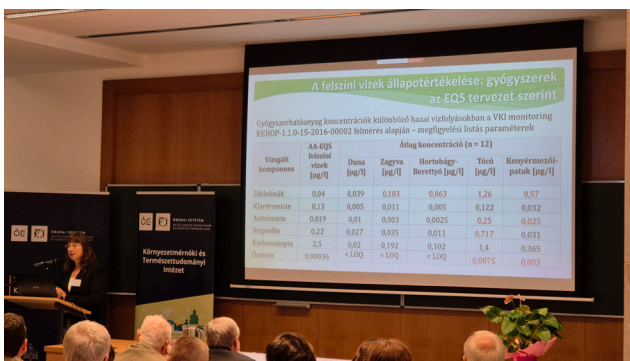


2. kép Dr. Knisz Judit

Első előadóként Dr. Knisz Judit, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Víz tudományi Kar, Vízellátási és Csatornázási Tanszék tudományos főmunkatársa (2.kép) jól felépített keretet adott a témakörnek, mivel a mikroszennyezők változatos csoportját jól értelmezhető rendben tekintette át („Láthatatlan veszélyek, valós kihívások - Hogyan váltak a szerves mikroszennyezők a modern vízgazdálkodás központi kérdésévé?”). Az előadó a biodegradáció jelentőségét emelte ki a mikroszennyezők eltávolításában, illetve a szennyvíztisztítási technológia fő paramétereit, amelyek ezt alapvetően befolyásolják. Hangsúlyozta az ipar felelősségét. Hiszen rajtuk múlik alapvetően, hogy az emberiség mennyi káros, biológiailag bonthatatlan vegyületet használ a különböző gyártási technológiák során. Emellett a kórházak szerepére is felhívta a figyelmet, utalva arra, hogy a szennyeződéseket közvetlenül a forrásnál célszerű megfogni. Dévai Henriett, az Energiaügyi Minisztérium osztályvezetője (3.kép) a „Jogharmonizáció” című előadásában a direktíva változásait foglalta össze. Természetesen a negyedik tisztítási fokozat szabályozási kereteire fókuszált, így a tagállamok szerepéről, a kiterjesztett gyártói felelősségről, valamint a megfelelő monitoring és végrehajtási keret létrehozásáról egyaránt szó volt.



3. kép Bezsényi Anikó-elöl,
Dévai Henriett-hátul



4. kép Dr. Clement Adrienne

Dr. Bezsényi Anikó, az ÓE RKK Környezetmérnöki és Természettudományi Intézetének egyetemi adjunktusa, valamint a Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. K+F koordinátora folytatta a sort előadásával. „Az (EU) 2024/3019 irányelv mikroszennyezői” című előadásában a direktíva szabályozóvegyületeit vette sorra. Részletesen beszélt a vegyületek sajátosságairól, a különböző – negyedik fokozatként alkalmazható – technológiák hatékonyságáról és a biodegradációban rejlő lehetőségekről, tudományosan megalapozva a szakmai döntések fő irányvonalait.

Dr. Clement Adrienne, egyetemi docens, a Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME), Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszékének munkatársa (4.kép) a befogadó felszíni vizek szempontjából világította

meg a témakört. Előadásának címe: Szennyvíztől az élővízig: szerves mikroszennyezők kockázata az Európai Unió előírásainak tükrében. A tagállamok kötelesek felmérni a települési szennyvízkibocsátás által a környezetre és az emberi egészségre okozott kockázatokat, így a VKI és a felszíni, felszín alatti víz határértékekre (EQS) vonatkozó módosítás tervezete (COM 2022 540) új szempontrendszerként jelent meg a konferencia programjában.

Dr. Maász Gábor, tudományos munkatárs, a Pannon Egyetem Körforgásos Gazdaság Egyetemi Központját képviselve (5.kép), analitikai szempontokkal frissítette a mikroszennyezők témakörét. Előadásának címe: Analitikai kihívások a szerves mikroszennyezők komplex mátrixokból (pl. szennyvíz) történő nagy érzékenységű mérése során. Ez a speciális terület még nem került a figyelem középpontjába, hiszen a szabályozás egyéb területei szélesebb kört érintenek. Az előadás rávilágított arra, hogy a monitoringrendszer kritikus pontja a szabályozóvegyületek kimutatása, mivel csak kevés laboratórium lesz képes megfelelni a szigorú kimutatási határoknak, amely komoly kihívás elé állítja az érintett analitikusokat.



5. kép Dr. Maász Gábor



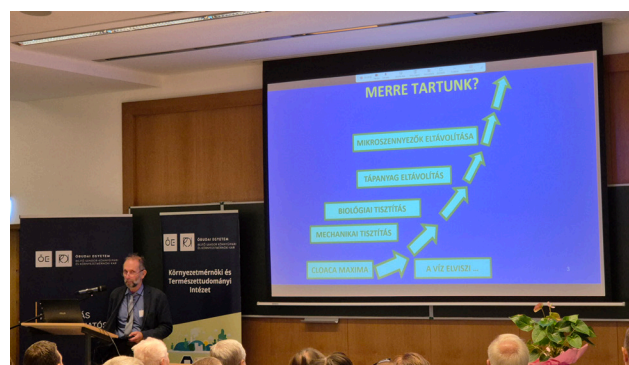
6. kép Gerencsérné Dr. Berta Renáta

Gerencsérné Dr. Berta Renáta a Víztudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium munkatársaként (6.kép) tartott előadást „Hazai kutatások és mikroszennyezők kimutatása” címmel. A Nemzeti Laboratórium felépítésébe és működésébe nyerhetett betekintés a közönség. A fő kutatási területek között a folyók műanyagszennyezettsége, a Duna és a Balaton monitoring programja, valamint a mikroszennyező adatbázis létrehozása is szerepel. A decentralizált szennyvízkezelés mikroszennyező eltávolítási hatékonyságát is vizsgálták, amelyről összefoglalót kaptak az érdeklődők.

Az „ellenoldal” (egyetlen) képviselőjeként Hermann Zsolt jelent meg a konferencián, aki az Egis Gyógyszergyár Zrt. EBK igazgatója (7.kép). A „Zöld gyógyszeripar: költség, kihívás vagy közös küldetés?” című előadásában az irányelv szabályozási rendszerét a gyártó szemszögéből vizsgálta. A közönség betekintést nyerhetett az egyes gyógyszervegyületek gyártásba vonását megelőző lépésekbe, amelynek kulcsfontosságú eleme az ún. PiE projekt (Pharmaceuticals in the Environment). Ez a gyógyszerek környezetbe jutásával kapcsolatos problémák kezelését szolgálja, és a projekt gerincét képező előzetes kockázatértékelés a bevezetésre szánt gyógyszervegyületeket diszkvalifikálhatja.



7. kép Hermann Zsolt

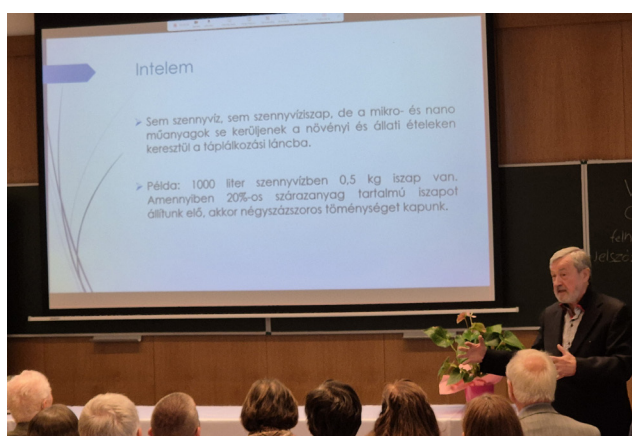


8. kép Garai György

Garai György, az Érd és Térsége Csatorna-szolgáltató Kft. műszaki tanácsadója (8.kép), az Óbudai Egyetem címzetes egyetemi adjunktusa az üzemeltetők szemszögéből tekintette át a szabályozásrendszert az „Egy üzemeltető kérdései a negyedik fokozatú szennyvíztisztításról” című előadásában. Bemutatta, hogyan változott a szennyvízkezelés fokozatról-fokozatra, míg eljutottunk a mikroszennyező eltávolítás igényéig. A közönség elé tárta a technológiai lehetőségeket a várható költségekkel együtt.

Prof. Dr. Ligetvári Ferenc, egyetemi tanár, az MTA doktora (9.kép) egy új szempontrendszert hozott be a beszédterbe a „Lehet-e a talaj 4. fokozatú tisztító mátrix? - Miként válik a szennyvíz energiává?” című előadásával.

A környezetegészségügyi vonatkozásokat érintő, a témakört érdekes adalékokkal gazdagító prezentáció felfrissítette a közönséget. A szennyvízre alapozott biomassza szerepét hangsúlyozta a vízszennyezés csökkentésében, és a körforgásos gazdálkodásban.



9. kép Prof. Dr. Ligetvári Ferenc



10. kép Éles Dominik

Éles Dominik, Energiaügyi Minisztérium vízügyi referense (10.kép) a „Negyedik tisztítási fokozat Magyarországon a Svájci program keretében” című előadásában a jelenleg is aktív svájci-magyar együttműködés kereteiről beszélt. A program a negyedik tisztítási fokozat bevezetésének szakmai hátterét igyekszik megteremteni a svájci szakemberek tapasztalatainak hasznosításával, anyagi támogatással is járó pályázati rendszer működtetésével.

Kovács Nikolett PhD hallgató Pannon Egyetem KGEK (11.kép) egy speciális, magnetit nanorészecskékkal kivitelezett, kísérleti technológiát mutatott be „Mágnesesen szeparálható adszorbensek fejlesztése szerves mikroszennyezők eltávolítására” című előadásában. Glifozát és biszfenol-A molekulák eltávolítását sikeresen végezték el laboratóriumi körülmények között, így ez egy jelentős fejlesztési irány lehet a jövőben.

Kovács Norbert, Bálint Analitika projektmérnöke (12.kép) „Ózon alkalmazása a víz- és szennyvíztisztításban” címmel tartott előadásában az ózonos kezelés részleteiről mesélt a közönségnek. A 2023 1.1.1 PIACI_FÓKUSZ 2024 00017 pályázati projekt keretein belül önálló kísérleteket is végzett a Bálint Analitika laboratórium. A projektmunka címe „Ipari méretű ózont felhasználó technológia és szolgáltatás fejlesztése szennyvíztisztításra”. Ennek keretében egy laboratóriumi méretű ózonreaktort üzemeltetnek, amellyel különböző mikroszennyezők, oldószerek, extrahálható szénhidrogének roncsolását végzik, illetve állatfeldolgozó üzem hűtővizét fertőtlenítik. Ezekbe a kutatásokba nyerhetett betekintést a közönség.



11. kép Kovács Nikolett



12. kép Kovács Norbert

Dr. Galambos Ildikó, a Pannon Egyetem KGEK mb. főigazgatója egy harmadik alternatívát mutatott be negyedleges kezelés végzésére a „Membrántechnológia alkalmazása a víztisztításban a mikroszennyezők eltávolítása” című előadásában. A prezentáció során a biológiai eltávolítás korlátaival, a membrántechnológiák sajátosságaival, előnyeivel és hátrányaival ismerkedhetett meg a hallgatóság. Azonban a legfontosabb tématerület a Soós K+F Központban zajló membránfejlesztés volt, amelynek fő irányvonala jelenleg a hulladék membránok újrabevonatolása (PEM). Végül a membrántechnológia szennyvíztisztítási folyamatsorba való integrálásáról beszélt az előadó.

Serény József és Krüzsely Sándor (Envirosys Kft./Hydro-Globus Kft.) előadása, „MBR membrán technológia alkalmazása a szennyvíztisztítás 3. és 4. fokozatához” címmel, rendkívül részletes betekintést nyújtott az MBR (membrán bioreaktor) technológiába. A módszer hatékonyságának felmérésére komplex mikroszennyező eltávolítási hatások értékeit mutatott Serény József előadó. Szóba került az aktív-szénrel kombinált változat is (MAC-MBR), amely már – az önálló MBR technológiával

szemben – negyedleges tisztításra is alkalmas lehet megfelelő kialakítással.

Dr. Szigeti Tamás, a Bálint Analitikastratégiai igazgatója, az antropogén eredetű vízszennyező anyagok kimutatási problémáiról tartott gondolatébresztő előadást. Az előadás címe „Vizek mikroszennyezőinek mérésénél felmerülő analitikai és tudományos-filozófiai kérdések –Vizsgálati eredmények értelmezése a nulla közelében” jól érzékelteti a problémakör létjogosultságát. Kiemelte, hogy 9896 mérési eredményből 251 db volt a nulla, illetve az alsó méréshatárok közelében.

Dr. Bordós Gábor, a Eurofins Environment Testing Hungary Kft. üzletágvezetője, a mikroműanyagok kimutatásáról beszélt a „Mikroműanyag vizsgálatok. De hogyan?” című prezentációjában. A nézők nyomon követhették az analitikai folyamatokat a mintavételtől az eredmények értékeléséig, részletes képet kapva a Eurofins analitikai fejlesztéseiről ezen a területen.

Dr. Rasztovits Zsolt (RASTA-TECH Kft.) „A RASTA-TECH Technológiai kínálata AOP rendszerek részére: szűrőtechnika, Nanobuborékok, Toxicitás in-situ, on-line mérés” című prezentációjában a cég technológiai termékkínálatába nyújtott betekintést, amelyek változatos eszközállományt jelentenek a víz- és szennyvízkezelési területén.

A rendkívül izgalmas és értékes előadás-sorozattal felépített konferenciát egy nem kevésbé izgalmas panelbeszélgetés zárta, amelyben Dévai Henriett képviselte az egyik illetékes minisztériumot (Energiaügyi Minisztérium). Az üzemeltetők oldaláról Gerőfi-Gerhardt András, a Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. műszaki

vezérigazgató-helyettese és Gorján Ferenc, a Debreceni Vízmű Zrt. vezérigazgatója kapott szót. A gyógyszergyártókat Hermann Zsolt, az Egis Gyógyszergyár Zrt. EBK igazgatója képviselte. A színvonalas, értékes gondolatokkal teli beszélgetést Patziger Miklós moderálta.

Az egésznapos rendezvény kiváló alkalomnak bizonyult az üzemeltetők, a kutatóintézetek, az egyetemek, a minisztériumok és a gyártók közötti párbeszéd elindítására,

és megmutatta, hogy a kölcsönös információ- és tapasztalatcsere milyen nagy jelentőséggel bír negyedik tisztítási fokozat témakörében. Nehéz és hosszú munka vár minden érintett félre, de ez a szépen felépített előadássorozat megmutatta, hogy a szakértelmen nem múlik majd az eredmény, egyik oldalról sem.

Köszönjük az előadóknak a magas színvonalú prezentációkat. Ezúton is szeretnénk gratulálni a szervezőknek!



ERASMUS+ NSSF – NEW STEPS SAFE FUTURE 2023-2-HU01-KA220-SCH-000178668



Funded by
the European Union



A „New Steps Safe Future” (Új lépések a biztonságos jövőért) projekt megvalósításával hozzájárulni szeretnénk a szén-dioxid-lábnyom csökkentéséhez és az éghajlatváltozás elleni küzdelemhez. Célunk nemcsak a szaktanárok, hanem minden iskolavezető, pedagógus és más oktatási területen dolgozó fejlődésének támogatása, a természettudományban ismert STEAM-megközelítés (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) alapján tervezett tevékenységekkel. Tanulóink számára olyan STEM kompetenciákat kívánunk biztosítani, amelyek tudományosan megalapozottak, a kutatáson és az együttműködésen alapulnak, és hangsúlyt fektetnek a folyamat értékelésére.

2024. és 2025. között 3 nemzetközi projekt-megbeszélésre (TPM) kerül sor (2 Budapesten és 1 Stockholmban), 5 szellemi termék, 2 tanulási - tanítási – képzési (LTTA) tevékenység (1 Portugáliában és 1 Írországbán), 1 online tanulási - tanítási – képzési (LTTA) tevékenység, valamint 1 projektismertető multiplikátor rendezvény valósul meg annak érdekében, hogy a diákok STEM-készségeket szerezzenek a víz tudatos és takarékos használata, az egészséges táplálkozás, a mindennapi életben keletkező hulladék csökkentése, a zöldebb környezetben való élet, az alternatív energiaforrások használata, a tudatos

fogyasztói magatartás és a szén-dioxid-lábnyom mérséklése terén.

A szellemi termékek keretében adatgyűjtés, modulfejlesztés, webportál-fejlesztés, mobilalkalmazás-fejlesztés és szakpolitikai útmutató kidolgozása valósul meg. Emellett összegyűjtésre kerülnek az éghajlatváltozás elleni küzdelem aktuális gyakorlatai, valamint szakirodalmi áttekintés készül.



*Partnerek az 1. Nemzetközi
Projektmegbeszélésen Budapesten*

Az első budapesti nemzetközi projekt-megbeszélés (TPM) során a partnerek úgy döntöttek, hogy a projekt 6 célkitűzéséhez a STEAM-megközelítés alapján 20 modult dolgoznak ki, így összesen 120 modult. A modulok az éghajlatváltozás elleni küzdelemben a szén-dioxid-lábnyom csökkentésére

összpontosítanak a mindennapi életből vett példák felhasználásával.

Résztvevők: minden partnerországból legalább 4 fő vesz részt a modulok kidolgozásában. 1 videó, 1 játék (Wordwall), 1 esszé és 1 kvíz (Kahoot) készül.

Témák:

- Magyarország: Víz
- Írország: Energiafogyasztás
- Portugália: Hulladék
- Spanyolország: Élelmiszer
- Svédország: Mindennapi élet
- Törökország: Közlekedés

A projekt megvalósítása során adatútmutató, modulútmutató, webportál és mobilalkalmazás (amely tartalmazni fogja a kidolgozott modulokat), valamint szakpolitikai útmutató készül a projekt céljainak és feladatainak megfelelően. Eredményeink révén a tanárok és diákok olyan reál, pontosabban STEM-készségeket szereznek, amelyek segítségével küzdhetnek az éghajlatváltozás ellen, és csökkenthetik a szén-dioxid-lábnyomot az EU-ban.

A résztvevők képessé válnak tevékenységek megtervezésére, megvalósítására és végrehajtására. A TPM-megbeszélések és az online találkozók révén – a projekt előtt és után – kommunikációs, együttműködési és problémamegoldó kompetenciáink is fejlődnek. A szellemi termékek (adatgyűjtés, modulfejlesztés, webportál-fejlesztés, mobilalkalmazás-fejlesztés és szakpolitikai útmutató elkészítése) segítségével a projekt megvalósítói nyitottak lesznek egy jó módszertan

kidolgozására, valamint egy probléma megoldására. Az adatgyűjtési tevékenység során megtanulják, hogyan kell kutatni a meglévő módszereket az éghajlatváltozás elleni küzdelemben, tanulmányozzák az Európai Unióhoz hasonló intézmények projektjeit, egyéni kezdeményezéseket, továbbá olyan innovatív technológiákat ismernek meg, amelyek a mezőgazdaság, az élelmiszeripar, az ipar, a közlekedés és az energia szektorában jelennek meg.

A modulfejlesztési tevékenységek során adatok felhasználásával a projekt megvalósítói képesek lesznek a célcsoportoknak megfelelő, a STEAM-megközelítéshez illeszkedő tartalmak előállítására. Digitális kompetenciákat is szereznek azáltal, hogy megtanulják, hogyan lehet a modulok tartalmát digitális környezetben, a webportálon alkalmazni.



Résztvevők az 1. Tanulási, Tanítási és Képzési Találkozón (LTTA) Portugáliában

A mobilalkalmazás segítségével lehetővé válik a modulok tartalmának digitális megosztása, és így egy szélesebb közönség elérése is. A 2025 őszére elkészülő szakpolitikai útmutató révén pedig képesek leszünk befolyásolni, mozgósítani a döntéshozókat és kommunikálni, együttműködni az ágazati képviselőkkel.



Participants at 2nd Transnational Project Meeting in Stockholm

Összefoglalva a projekt végén adatútmutató, modulútmutató, webportál, mobilalkalmazás és szakpolitikai útmutató készül a projekt céljait és feladatait támogató tevékenységekkel. Ezek eredményeként az oktatási intézményvezetők, tanárok és diákok olyan STEM-készségekre tesznek szert, amelyek segítségével küzdhetnek az éghajlatváltozás ellen, és csökkenthetik a szén-dioxid-lábnyomot európai és hazai szinten egyaránt.

A projekttevékenységekbe 168 pedagógus és 120 diák kapcsolódik be, míg a projektismertető multiplikátor rendezvényeken további 247 diák vesz részt.



Kordinátor: Budapesti Gépészeti SZC Öveges József Technikum és Szakképző Iskola, Magyarország

Partnerek:

CIFP HOSTELERIA LHII, Spanyolország



COFAC COOPERATIVA DE FORMACAO E ANIMACAO CULTURAL
CRL, Portugália



Sustanaible Innovation Technology Services Ltd, Írország



MULTI-ACT STD, Törökország



Rödabergsskolan, Svédország



RÖVID ÖSSZEFOGLALÓ A MASZESZ 2025. ÉVI KONFERENCIÁJÁRÓL



2025. december 3-án tartotta meg a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség a Víz-tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratóriummal együttműködve a „Vízkészletek és vízszolgáltatások felértékelődése – Komplex kihívások, közös megoldások” című éves, országos konferenciáját Tatán.

A rendezvény elején Prof. dr. Somlyódy Lászlóra, a MaSzSz tiszteletbeli elnökére emlékeztünk, aki hosszan tartó betegség után, életének 83. évében hunyt el.

Példaértékű életútja és kimagasló szakmai munkássága olyan örökség, amely tovább él azokban, akik vele dolgoztak, tanultak tőle, vagy egyszerűen csak ismerték őt.



**Nyugodjon békében, Professzor úr!
Emlékét tisztelettel és hálával őrizzük.**

A búcsú nehéz perceit követően, a rendezvény során 6 nagy témakör érintésével

vizsgáltuk meg a magyar vízágazat aktuális helyzetét.

1. Települési vízgazdálkodás biztonsága, fenntarthatósága és gazdasági aspektusai

A témában Kovács Károly - MaSzeSz elnök vezetése mellett Jakab Kornél - Állami Számvevőszék, ellenőrzési igazgató, Csernus Dóra - Egyensúly Intézet, klímapolitikai igazgató és Gerőfi-Gerhardt András - Fővárosi Csatornázási Művek, műszaki vezérigazgató-helyettes előadásait hallgattuk meg, majd a panelbeszélgetés Csörnyei Géza - Fővárosi Vízművek Zrt., vezérigazgató úr csatlakozásával egészült ki.

2. Uniós normák és hazai alkalmazásuk

A második, jövőbe mutató szekció moderálását Makó Magdolna - MaSzeSz elnökségi tag és FCsM integrált minőségügyi és környezetvédelmi vezető végezte. Rentz Tamás - Energiaügyi Minisztérium, vízgazdálkodásért felelős helyettes államtitkár, illetve Lemaire Bernadett - Fővárosi Vízművek Zrt., üzemeltetési mérnök előadásai után érdekes panelbeszélgetés következett, melyben Lemaire Bernadett mellett Gerőfi-Gerhardt András ; Tüttő Kata - Régiók Európai Bizottsága, elnök; Szabados Zsoltné -Fővárosi Csatornázási Művek, projektvezető; és Patziger Miklós - BME, tanszékvezető egyetemi docens vett részt.

A konferencia délutáni részét a **3. Ifjúsági sarok szekció** nyitotta meg. Ebben a szekcióban Makó Magdolna a MaSzeSz Mentor Egyesület elnöke mutatta be a Mentor Egyesület tevékenységét és a Vízlép-OK háló (Vízágazat-Ipar-Oktatás) sikereit. Ezt követően Százvai Dóra, a Kisvárdai Bessenyei György Gimnázium és Kollégium 12. évfolyamos diák profi előadását hallgattuk meg, mellyel

a Stockholm Junior Water Prize-on képviselte hazánkat.

4. Önkormányzatok és Agglomeráció

A 4. szekcióban Patziger Miklós - BME, tanszékvezető egyetemi docens illetve Gönczi Gábor - Fővárosi Vízművek Zrt., műszaki-fejlesztési csoportvezető tolmácsolásában az agglomerációt érintő fejlesztésekről és vízválságról hallhattunk. Majd a Domonkos Ernő - Gödöllő Város műszaki vezetője által moderált panelbeszélgetésben Patziger Miklós és Gönczi Gábor mellett Balla Iván - Vízgazdálkodási Társulatok Országos Szövetsége, elnök; Barsi Orsolya - Budapest Főváros Klíma- és Környezetügyi Főosztály, főosztályvezető; és Borsos Márton -Tatabánya alpolgármestere osztotta meg tapasztalatait.

5. Digitalizáció, okos mérés, vízvesztesség szekcióban

négy előadást hallgathattunk meg, melyek az ágazatban jelentkező kihívásokat és az azokra kínált korszerű, digitális megoldásokat mutatták be. Előadóink voltak: Debreczeny László - Fővárosi Vízművek Zrt., üzemeltetési igazgató; Orosz Norbert - Kristály Kft., kereskedelmi igazgató; Lebovits Gábor, Fővárosi Vízművek Zrt., gazdasági vezérigazgató-helyettes; Szombathy Péter, WaterMinilab, alapító.

A kimerítő nap utolsó programpontja a **6. Klímaváltozás és adaptáció szekció** volt.

Lakatos Mónika - HungaroMet Zrt., éghajlatkutató; és Báder László - a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem munkatársa tolmácsolásában két nagyon érdekes és erősen elgondolkodtató előadást hallhattunk. Majd Csörnyei Géza FV Zrt. vezérigazgató úr vezetésével Báder László mellett Kovács



Károly; Nagy Dávid, Zalavíz Zrt., projektmérnök; és Makó Magdolna részvételével zajló panelbeszélgetés zárta a konferencia szakmai részét.

A konferencia legünnepélyesebb és legfontosabb momentuma idén is a „**Dr. Benedek Pál díj**” átadása volt.

És hogy ki kaphatja meg a Dr. Benedek Pál Díjat? Az alapszabályunk szerint az: „*aki a Szövetség munkáját kimagaslóan elősegíti*” és aki megfelel Dr. Benedek Pál tanításainak:

„*A vizes szakma tisztelete, a vizes család megbecsülése és magas színvonalú munka*” jellemzi.

Ezért, 2025-ben a díjat az a szakembertársunk kapta, aki munkásságával legteljesebben viszi tovább dr. Benedek Pál tanításait!

Ez a személy nem más, mint **Csörnyei Géza Zoltán**, mélyépítő üzem mérnök, építő mérnök és vízügyi közgazdász, a Fővárosi Vízművek vezérigazgatója és a MaSzeSz alelnöke, aki több évtizedes, kiemelkedő szakmai pályafutása során fáradhatatlan elkötelezettséggel és példamutató vezetői- és emberi magatartásával járul hozzá a hazai víziközmű ágazat fejlődéséhez.

Szakmai munkássága során következetesen képviseli a fenntartható vízgazdálkodás ügyét, aktívan részt vesz a nemzetközi szakmai párbeszédben, és meghatározó szerepet vállal a vízellátás biztonságának, hatékonyságának és innovációjának előmozdításában. Vezetőként és szakmai közéleti szereplőként egyaránt kiemelkedő teljesítményt nyújt, munkája hozzájárul ahhoz, hogy a magyar víziközmű szektor nemzetközi szinten is elismertté váljon.



2025. évben a Dr. Benedek Pál Díj átadásával tisztelettel ismerjük el példamutató tevékenységét, és kifejezzük nagyrabecsülésünket a vízügyi ágazat és a MaSzeSz érdekében végzett munkájáért. **Sok szeretettel gratulálunk, kedves Géza!**

Ez a nap nem jöhetett volna létre a MaSzeSz szervezőbizottsága nélkül. Köszönöm fáradhatatlan munkájukat!

Még egyszer nagyon szépen köszönöm az előadóknak és a panelistáknak, hogy elfogadták felkérésünket, és sok hasznos, gondolatébresztő információt osztottak meg velünk!

Illetve kiemelt köszönet támogatóinknak, hogy anyagi hozzájárulásukkal lehetővé tették a konferencia megvalósítását!

Támogatóink:



SHERWIN-WILLIAMS.



A konferencia során elhangzott előadások leiratát a 2026. évi Hírcsatorna lapszámokban olvashatják.

Készítette: Göttlinger Dóra, MaSzeSz főtitkár

A HIDROGÉN-SZULFID EMISSZIÓ KONTROLLJA NYOMÁS ALATTI SZENNYVÍZRENDSZEREK BEN AZ EST TECHNOLOGIA TEREPI VIZSGÁLATAI ALAPJÁN

ekoWODROL^{SYSTEM}

A nyomás alatti szennyvízcsatornák anaerob környezetében intenzív hidrogén-szulfid (H_2S) képződés mehet végbe, amely súlyos szaghatást, toxikológiai kockázatot és biogén kénsavas korróziót okoz. A csővezetékben uralkodó reduktív viszonyok, különösen a hosszú tartózkodási idő és az alacsony turbulencia, kedveznek a szulfátredukáló baktériumok működésének, így a H_2S koncentrációja a szivattyúzási ciklusok alatt hirtelen, akár több száz ppm-re emelkedhet.

A vizsgálatok két eltérő hidraulikai karakteristikájú nyomócsőszakaszon történtek, perces felbontású H_2S -monitoringgal. Az első objektumot alacsony vízhozam, pozitív redoxpotenciál és 14,4 órás tartózkodási idő jellemezte, míg a második nagymértékben lebomlott szennyvízzel, 2,1 órás tartózkodási idővel és $-185 - -360$ mV-os redoxpotenciállal működött. A referenciaidőszakban a tágulási kutakban mért csúcskoncentrációk 44–691 ppm között változtak, és minden esetben a szivattyúzás indította meg a gázkitörést.

Az EkoWodrol által fejlesztett EST (BTS) emissziómentes szennyvízszállítási rendszer sűrített levegős csővezeték-átöblítést

alkalmaz. A módszer lényege a szivattyútelep mögötti levegőbevitel, zárt légtelepítőkkel, algoritmusvezérelt ciklusokban. A levegőztetés turbulens áramlást hoz létre, fellazítja az iszap- és biofilmrétegeket, valamint átmeneti oxigénviszonyokat teremt a cső felső zónáiban, ezzel gátolva a szulfátredukáló mikrobiológiai aktivitást. A folyamat így nemcsak pillanatnyi gázkiszorítást végez, hanem csökkenti a H_2S -képződés potenciálját is.

Az EST bevezetése az első objektumban a szivattyúzási ciklusok során mért koncentrációk 89–93%-át 25 ppm alá szorította. A korábban jellemző, akár 600 ppm feletti értékek megszűntek, az átlagos koncentráció 310 ppm-ről 13,5 ppm-re csökkent, napi két tisztítás mellett pedig 6,1 ppm-re.

A mért pillanatnyi H_2S -terhelés több mint 95–98%-kal csökkent. A második objektumban, ahol a kiindulási emisszió magasabb volt, a tisztításokat követően a mért értékek 76,5%-a 0–10 ppm tartományban maradt, az átlagos koncentráció pedig 163 ppm-ről 11,6 ppm-re esett vissza.

A hidrogén-szulfid mérések eredményei a szivattyúciklusokat is figyelembe vevő időszakból – EST (BTS) rendszer alkalmazása nélkül (referencia)

Paraméterek	1. objektum			2. objektum		
	perc	átlag	max	perc	átlag	max
H ₂ S [ppm]	58	310	691	44	163	338
Szennyvízmennyiség ciklus[m ³]	0,241	1.772	2.053	4.0	19.0	67,0
H ₂ S, [mg/l]*)	82	439	976	63	230	479
H ₂ S-terhelés a ciklusban [mg H ₂ S/szivattyúciklus]	145	758	1956	1 153	3914	12 317

*) számítások 20,6°C-ra a képlet szerint: koncentráció [mgH₂S/l] =

Az egy ciklusra eső gázterhelés 3914 mg-ról 322 mg-ra mérséklődött, ami mintegy 92%-os csökkentésnek felel meg. A technológia hatása 8–12 óráig stabilan fennmaradt, azaz két-három teljes térfogatcsere után kezdett ismét emelkedni a H₂S-szint.

A terepi eredmények alapján az EST technológia hatékony, vegyszermentes alternatívát

kínál a H₂S-képződés és -emisszió kontrollálására. Alkalmazása jelentősen csökkenti a szagterhelést, lassítja a korróziós folyamatokat, és különböző hidraulikai viszonyok között is megbízhatóan működik. A vizsgálatok egyértelműen igazolták, hogy az EST rendszer 90–98%-os emissziócsökkentést képes elérni, miközben hosszú távon mérsékli a biológiai lerakódások újraképződését is.



SAJTÓFIGYELŐ – HÍRCSATORNA 2025/4.

1. MIKROSZENNYEZŐK A VÍZBEN

Cím - forrás

Trinkwasser von Millionen Menschengefährdet- tv adás: 2025. november 12-én sugározták az SRF csatornán
(SchweizerRadio und Fernsehen (SRF)+1)

SRF - SchweizerRadio und Fernsehen svájci közszolgálati média német nyelvű részlege műsorában is megjelent többek között az aggodalom a gyógyszermaradványok és egyéb mikroszennyezők (pesticidek, ipari vegyszerek) szerepe miatt, különösen a folyók (pl. Rajna) és azok vízkezelése kapcsán. Szakértők a szigorúbb határértékeket és jobb tisztítási eljárásokat javasolják.

Téma

A francia –német - svájci határ közelében az elzászi Hégenheimben áprilisban a csapvizet kockázatosnak minősítették.

Ok: A szennyezés forrása a svájci Bázeli mellett, Rajna mellett fekvő Euroairport repülőtérén végzett tűzoltási gyakorlatokból származó PFAS (per- és polifluoralkil anyagok). Ezek a mérgező „örökké tartó vegyi anyagok”, a PFAS-vegyületek, amelyek rendkívül lassan bomlanak le, bejutottak a talajvízbe, amely országhatáron átnyúlóan egészen Svájcba és a szomszédos területekre is eljutottak.

Következtetés

Körülbelül 20 000 vegyi anyag, növényvédőszer és gyógyszermaradvány terheli a Rajna folyó vizét. Bázeli egy szakértői csapat

figyeli azokat az anyagokat, amelyek a víz-tisztítás ellenére is megmaradnak a vízben. A szakértők riadót fújnak, szigorúbb határértékeket és a vízkezelési eljárások jelentős fejlesztését követelik az ivóvíz biztonságának érdekében.

2. A SZENNYVÍZTISZTÍTÓK „4. TISZTÍTÁSI FOKOZATÁNAK” (MIKROSZENNYEZŐ-ELTÁVOLÍTÁS) ÉRTÉKELÉSE ÓZONOS KEZELÉS ALKALMAZÁSÁVAL

Cím és forrás

Advanced waste-water treatment by ozonation for abatement of micro pollutants from municipal wastewatereffluents (2025)
(https://www.dora.lib4ri.ch/eawag/islandora/object/eawag%3A35283?utm_source=chatgt.com)

Hogyan lehet hatékonyan eltávolítani mikro szennyezőket a szennyvízből, hogy ne kerüljenek vissza a vízi környezetbe és ivóvízbázisokba? A svájci kutató-csapat (Eawag – Swiss-Federal Institute of Aquatic Science and Technology+ egyetemi partnerek (ETH Zürich)) többféle technológiát tesztelt, beleértve az aktivált szénen alapuló adszorpciót és számos kémiai oxidálószerrel (pl. klór, hidroxil gyökök, ózon), az egyik legjobb elérhető (megvalósíthatónak és gazdaságosnak tartott) technológia az ózonizálás (post-ozonation), kiegészítve homokszűréssel vagy más utószűréssel.

Téma

Több mint tíz éve vizsgálják a kutatók az ózonkezelés alkalmazását a mikroszennyező

anyagok eltávolítására a települési szennyviz-
zekből, milyen mértékben lehet eltávolítani
gyógyszermaradványokat és egyéb nyomnyi
szennyezőket a kommunális szennyvízből.
A tanulmány részletes kísérletsorozattal vizs-
gálta, hogy az ózonos utókezelés milyen
arányban képes lebontani különböző mikro-
szennyezőket. A kutatók 220 vegyületet mo-
nitoroztak, köztük gyógyszermaradványokat
(diklofenák, karbamazepin), ipari oldósze-
reket, növényvédő szer-maradványokat és
adalékanyagokat.

Legfontosabb konkrét eredmények:

- Az ózon-adagolás átlagos értéke a kísér-
letekben: 0,47 g O₃ / g DOC.
- A legtöbb „gyorsan reagáló” vegyület
a detektálási határ alá csökkent.
- Példák:
 - Diklofenák → szinte 100% eltávolítás
 - Szulfametoxazol → ~95–100% eltávo-
lítás
 - Karbamazepin → 85–95% eltávolítás
- A nehezen oxidálható anyagok (pl. bizo-
nyos röntgenkontraszt anyagok) marad-
ványai alacsony, de kimutatható szinten
maradtak.
- A rendszer melléktermékei között bromát
is keletkezhet, ezért a tanulmány javasolja
a kötelező utószűrés (GAC vagy homok-
szűrő) alkalmazását.

Következtetések

Az ózonos utókezelés Svájcban alkalmas
a mikroszennyezők jelentős részének eltávo-
lítására, sok vegyületet gyakorlatilag teljesen
eliminál.

A tanulmány közvetlenül alátámasztja a svájci
országos programot, amely 2035-re széles

körben kívánja bevezetni a „4. tisztítási foko-
zatot”.

Kulcsüzenet: a vízfolyásokba és ivóvízbázisok-
ba jutó mikroszennyezők mennyisége radiká-
lisan csökkenthető, ha a WWTP-k bevezetik
az ózonos rendszert.

3. A MIKROSZENNYEZŐK – FŐKÉNT ANTIBIOTIKUMOK – JELENLÉTE A SZENNYVÍZISZAPBAN ÉS KOMPOSZTÁLT MARADÉKANYAGOKBAN Cím és forrás

*Antibiotics and other micropollutants in Swiss-
sewagesludge and fecal compost* ScienceDi-
rect / 2025

[https://www.sciencedirect.com/science/arti-
cle/pii/S0045653525001584](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653525001584)

A humán gyógyászatban alkalmazott gyógy-
szerek széles körű használata egyre növekvő
aggodalmat okoz a környezeti szennyezés
szempontjából. Az elfogyasztott gyógyszerek
nagy része változatlan formában ürül ki, és
a városi szennyvíztisztító telepeken (SZVTT)
köt ki, ahol csak részlegesen távolítják el azo-
kat. A szerves szennyezőanyagok az anyag
fizikai-kémiai tulajdonságaitól függően vagy
az SZVTT kifolyó vizében maradnak, vagy
a szennyvíziszaphoz kötődnek. Jelenleg se
Svájcban, se más országokban nincsenek
előírások az emberi ürüleből származó trá-
gyákban lévő antibiotikumok szintjére vo-
natkozóan. Svájcban 2006 óta tilos a szeny-
nyvíziszap trágyázási célú felhasználása
a mezőgazdasági területeken higiéniai okok
és nehézfém-szennyezés miatt.

Téma

Mi történik azokkal a mikroszennyezőkkel,
amelyek a szennyvíztisztításkor leválnak

— megmaradnak-e az iszapban, és milyen kockázatot jelent ez, ha az iszapot vagy komposztot újrahasznosítják? Újszerű, országos monitorozás keretében a szennyvíziszap és száraz komposzt maradékból vizsgálták a mikroszennyezők — köztük antibiotikumok — jelenlétét. Különösen az antibiotikumok sorsa az SZVTT - kben kiemelt tudományos és politikai érdeklődésre tart számot, mivel hozzájárulhatnak az antibiotikum-rezisztencia terjedéséhez.

A kutatás kimutatta, hogy a kommunális szennyvíziszap jelentős mennyiségű antibiotikumot és más mikroszennyezőt tartalmaz. Különösen nagy koncentrációban találták a fluorokinolon antibiotikum csoport tagjait (pl. ciprofloxacin), valamint bizonyos tartósítószereseket és ipari adalékokat. Ez amiatt is probléma, mert sok országban a szennyvíziszapot talajjavítóként használják a mezőgazdaságban, mivel szerves anyagot és tápanyagokat (például nitrogént és foszfort) tartalmaz. Az Unió szabályozás: A 86/278/EGK irányelv szabályozza a szennyvíziszap mezőgazdasági talajokon való felhasználását a környezet, az ember és az állatok védelme érdekében. Azonban ez az irányelv nem tartalmaz előírásokat a „feltörekvő szennyezőanyagok” elemzésére vonatkozóan a szennyvíziszapban.

Konkrét eredmények:

- A fluorokinolon antibiotikumok koncentrációja az iszapban a tanulmány szerint több száz µg/kg szárazanyag-tartományban mozgott.
- A komposztált minták (száraz WC-komposzt) lényegesen alacsonyabb koncentrációkat mutattak, mint a hagyományos iszap.

- A mikroszennyezők nagy része nem bomlik le a tisztítótelepen, hanem áthalad a vízkezelésen, majd az iszapban dúsul fel.
- A mezőgazdasági felhasználás során ezek a talajba kerülhetnek vissza, ahol potenciálisan környezeti és humán-egészségügyi kockázatot jelenthetnek (antibiotikum-rezisztencia erősítése, toxikus hatások).

Következtetések

Svájcban — ahol a víz minősége és a környezetvédelmi standardok általában nagyon magasak — ezen vizsgálatok azt mutatják, hogy még a fejlett rendszerek sem oldják meg automatikusan az iszap- és hulladékproblémát. Ha nem kezelik megfelelően, az egész „víz + szennyvíz + iszap” lánc kockázatosává válhat.

- A tanulmány egyértelműen jelzi, hogy Svájcban a mikroszennyező-kezelési lánc kritikus pontja az iszapkezelés.
- A WWTP-k 4. fokozatú tisztítása önmagában nem elegendő: az iszap kezelésének fejlesztése nélkül a szennyezők újra bekeverülhetnek a környezetbe.
- A komposztált, jól stabilizált iszap lényegesen biztonságosabb, de országos standardokra lenne szükség a biztonságos újrahasznosításhoz.

TOVÁBBI INTERNETEN TALÁLT CIKKEK/TV ADÁSOK:

4. CSAPVÍZ VS. PALACKOZOTT VÍZ (ÁSVÁNYVÍZ/MINERALWASSER)

téma: Az egyes palackozott vizekben is találunk szennyezőket (pesticidek, mikroplasztik), ugyanakkor számos svájci palackozott márka jó eredményt kapott.

forrás: *SchweizerRadio undFernsehen (SRF)+1, ktipp.ch+1*

5. MIKROSZENNYEZŐK KIMUTATÁSA – WINTERTHUR TELEP KORSZERŰSÍTÉSE 2029-IG

téma: A javuló mérési módszerek eredményezik az újonnan kimutatott anyagok számának növekedését –A vízben nemrég kimutatott gyógyszermaradványok miatt a város két nagy beruházással válaszol: a Töss-völgyi kommunális szennyvizek közvetlen Winterturba csatornázásával, valamint a fő tisztítótelepen egy új, a mikroszennyezőket – mint például a gyógyszermaradványokat – eltávolító, úttörő tisztítási fokozat kiépítésével.

forrás: *winterthurer-zeitung.ch+1*

6. A SVÁJCI IVÓVÍZ-SZENNYEZÉS ÁTLÁTHATÓSÁG HIÁNYA: A LEGTÖBB ÉRINTETT KANTON TITKOLÓZIK A „HIVATALI TITOKTARTÁSRA” HIVATKOZVA

A svájci ivóvizet a betiltott S - Metolaklórpeszticid lebomlási anyagai szennyezik, amely akár 100 000 embert is érint. Bár a kantonok többsége ismeri a szennyezést, a „hivatali titoktartásra” hivatkozva nem hajlandó nyilvánosságra hozni, mely konkrét településeket érinti ez a helyzet.

forrás: *SchweizerRadio und Fernsehen (SRF)+1*

7. OKOS MÉRÉS (SMARTMETER) – VÍZFELÜGYELET, FOGYASZTÁSKÖVETÉS, SZIVÁRGÁSDETEKTÁLÁS

Néhány városi szolgáltató már telepít smart metereket (áram, gáz, víz). Ezek nem csak számlázáshoz jók, hanem fogyasztási

adatelemzésre, szivágások korai felismerésére is. Zürichben nagyszabású projekt keretében megkezdődött az okosmérők (SmartMeter) telepítése az áram-, víz- és gázfogyasztás mérésére. *forrás: ewz+1*

8. AKTÍV VITA A SVÁJCI HULLADÉKOK ELKERÜLÉSÉRŐL ÉS ÁRTALMATLANÍTÁSÁRÓL SZÓLÓ RENDELETRŐL, FOSZFOR-VISSZANYERÉSI KÖTELEZETTSÉG CÉLJAINAK ELÉRÉSÉHEZ SZÜKSÉGES SZABÁLYOZÁSRÓL

A svájci Hulladékok Elkerüléséről és Ártalmatlanításáról szóló szövetségi rendelet (VVEA – Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen) szabályozza a hulladékgazdálkodás, a hulladékkeletkezés megelőzésének és a körforgásos gazdaság alapvető jogi kereteit, valamint tartalmazza a szennyvíziszapra és a foszfor visszanyerésére vonatkozó szabályokat is. A foszfor-visszanyerés, energiahasznosítás (biogáz), illetve az újabb szabályozási tervek a P-visszanyerést preferálják. A szakmai szervezetek (VBSA – Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen – Svájci Hulladékhasznosító Létesítmények Üzemeltetőinek Szövetsége) nem a kötelezettséget, hanem annak a végrehajtását szabályozó jogszabály-tervezetet támadja (általános jogi alapok és pénzügyi források hiánya miatt).

forrás: *VBSA |ASED | ASIR*

Összeállította: Füstös András környezetgazdálkodási és közműfenntartási szakmérnök

KÖNYVISMERTETÉS



Simonkay Márton: Modernizáció a mederben – Gazdaság, társadalom és környezet a Rába dualizmuskori szabályozásánál.
KRONOSZ Kiadó – Mika Sándor Egyesület,
Pécs – Budapest, 2025. 460 oldal, 5500.- Ft

A fiatal történészgeneráció egyik jeles képviselője, Simonkay Márton komoly fába vágta fejszéjét, amikor kutatásának, vizsgálódásának tárgyául a Rába-szabályozás dualizmuskori históriáját választotta. Napjainkban a reformkori és az azt követő háromnegyed évszázad vízi munkái gyakorta a „kávéházi

konrádok” kritikájának keresztüzébe kerülnek. Persze ne legyünk igazságtalanok, hiszen napjainkban inkább a klímaváltozás vízhiánya a legégetőbb problémánk, s ilyen körülmények között nem törekszünk az esetlegesen feleslegessé váló vizektől minél előbb megszabadulni. Nem így volt ez a dualizmus korában, amikor a nagy árvíz-katasztrófák ingatták meg a folyószabályozások hatékonyságába, s ezen keresztül a mérnöki igyekezetbe vetett hitet.

Szerencsére Simonkay könyve elkerüli a történelmietlen ítélkezést, hiszen munkáját az adott korszak társadalmi-gazdasági igényeinek tényeire alapozza. Igazi történészhez méltó módon, „harag és elfogultság nélkül”. Erénye a könyvnek, hogy rövid, de tanulságos nemzetközi kitekintést ad a folyók és más környezeti tényezőknek az emberi társadalmakra gyakorolt hatásáról.

Aki a Rába-szabályozás műszaki leírását keresi a kötetben, az valószínűleg kevés szakmai adatot talál magának, jóllehet az elvégzett munkák gazdasági hatásai szervesen összefüggtek a műszaki beavatkozásokkal. Ezek történeti adatai más munkákban megtalálhatók, megisméltésük az amúgy is vastagra duzzadt kötetben felesleges lett volna. A sűrűn felbukkanó lábjegyzetek amúgyis utalnak ezekre.

Annál izgalmasabb annak a történeti folyamatnak a bemutatása, hogy miként, milyen küzdelmek során alakult meg a Rábaszabályozó Társulat, s a Társulatban kik kaptak

kezdeményező szerepet, s rajtuk keresztül hogyan tükröződött az érdekeltek érdekérvényesítő szerepe. Többszöri próbálkozás egy társulat létrehozására, közben kormánybiztosi „erős kéz” működése, majd a Társulat autonómiájának helyreállítása mutatják azt a bonyolult viszonyrendszert, ami a társulati tagok együttműködését és vitáját, valamint az állammal való, időnként ellentmondásos kapcsolatát át- meg át- szőtték. Nemcsak a Rábaszabályozó Társulat küzdött ezekkel a gondokkal, hanem az egész hazai társulati mozgalom is, hiszen nem szabad elfelejteni, hogy a hazai folyószabályozási munkák ármentesítési feladatát az árvízveszélynek kitett birtokosok saját költségükön hajtották végre, s a megépített művek (töltések, zsilipek, szivattyútelepek) fenntartásáról is maguk gondoskodtak a társulatokon keresztül. Persze a mindenkori államhatalom is belátta, hogy az elvégzett munkák a birtokosoknak többletjövedelmet, az államnak pedig adótöbbletet jelentett, ezért számtalan kedvezménnyel igyekezett a szabályozások/ármentesítések ügyét elősegíteni.

Főbb fejezetek:

A folyók mint a modernizáció terei. A forrástól az ártérig. Központosítás és önkormányzás hullámain. Professzionalizáció és érdekképviselet. Harc a folyóval. Ember tervez, víz végez. Agrárexpanzió és árnyoldalai. Átalakuló tájkép. Következtetések.

Nagy erénye a könyvnek, hogy a végén egy Személyi adattárban, vármegyei csoportosításban újra találkozhatunk a kötet szereplőinek legtöbbszörrel egy-egy rövid életrajzi szócikk erejéig. Mindezek mellett személyi és földrajzi névmutató könnyíti a tájékozódást.

A Magyar Mezőgazdasági Múzeum és Könyvtár és a MHT Vízügyi Történeti Bizottsága november 18-án tartott könyvbemutatóján a szerzővel, dr. Simonkay Márton PhD történésszel, egyetemi adjunktussal (SZTE BTK Jelenkortörténeti Tanszék) beszélgetett és a kötetet bemutatta dr. habil.

Horváth Gergely Krisztián szociológus, tudományos főmunkatárs, kutatócsoportvezető (ELTE HTK Történettudományi Intézet).





Supported by
the National
Waterworks
Corporation



VÍZIPAR

2026

WATER INDUSTRY

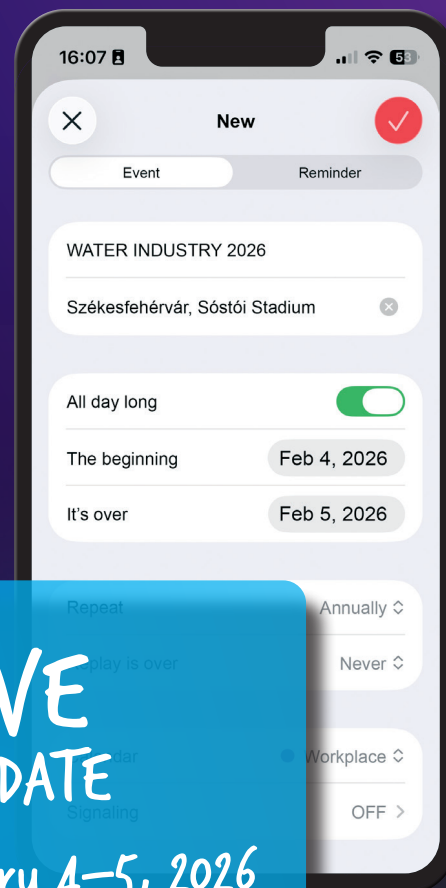
**EXHIBITION ON THE FUTURE
OF WATER AND WASTEWATER
INFRASTRUCTURE AND
DIGITALIZATION**

The essential professional event of the Hungarian water industry in 2026 – where technology, innovation, and expertise meet.

WATER INDUSTRY 2026 aims to showcase the latest developments, foster industry cooperation, and create a forum for sustainable and digital water management solutions.

**SAVE
THE DATE**

February 4–5, 2026
Székesfehérvár, Sóstói Stadium



SMART WATER MANAGEMENT

- › IoT and real-time monitoring
- › Advanced metering infrastructures and AI-based analytics



SUSTAINABLE AND CLIMATE-RESILIENT INFRASTRUCTURE

- › Green solutions and energy efficiency
- › Nature-based developments and circular water management



INNOVATIONS IN WASTEWATER TREATMENT

- › Resource recovery and reuse
- › Modern, decentralized systems



DIGITALIZÁCIÓ A VÍZSEKTORBAN

- › GIS, digital twins, and data-driven decision support
- › Cybersecurity and data integration

Meet the experts, decision-makers, and technology partners shaping the future of the water industry!

› Details and registration coming soon. › Until then, save the date!



MISKOLCI
EGYETEM

MFK

VÁROSÜZEMELTETŐ SZAKEMBER ÉS SZAKMÉRNÖK

SZAKIRÁNYÚ TOVÁBBKÉPZÉSI SZAK

Napjainkra a városok üzemeltetését csak egyre bonyolultabb mérnöki megoldásokkal és összetett műszaki rendszerekkel lehet megfelelően végezni. A lakosság közszolgáltatásokkal való ellátása, a fellépő környezetvédelmi és közegészségügyi problémák kezelése komoly mérnöki feladat.

A Városüzemeltető szakirányú továbbképzési szak képzési célja a településirányítás műszaki szakterületei számára olyan szakemberek/szakmérnökök képzése, akik megfelelő műszaki ismeretekkel és képességekkel rendelkeznek a települések műszaki alrendszerének egységes működtetéséhez, fenntartásához és fejlesztéséhez, az önkormányzatok települési műszaki feladatainak ellátásához, és e feladatokkal kapcsolatos döntés-előkészítő munka elvégzéséhez.

Az oklevélben szereplő megnevezése: városüzemeltető szakmérnök / városüzemeltető szakember

A felvétel feltétele: a képzésben legalább alapképzésben (korábban főiskolai szintű képzésben), szerzett oklevéllel rendelkezők vehetnek részt.

A képzési idő: 2 félév

A képzés tandíja: 300.000 Ft/félév

Jelentkezési határidő: 2026. január 16.

Bővebb információ és jelentkezés:

<https://mfk.uni-miskolc.hu/szakiranyu-to-vabbkepzes>

Dr. Vágó János – janos.vago@uni-miskolc.hu



DEBRECENI EGYETEM

A Debreceni Egyetem az alábbi képzésekhez keres duális partnert:
mezőgazdasági vízgazdálkodási és környezettechnológiai mérnöki BSc.
(szakvezető: Prof Dr. Tamás János) és mezőgazdasági vízgazdálkodási mérnöki MSc.
(szakvezető: Prof Dr. Nagy Attila) képzések.

Duális partnerként: vízgazdálkodással, környezetgazdálkodással, környezettechnológiai megoldásokkal foglalkozó cég ideális feltételeket tudna biztosítani az adott szakokhoz kapcsolódó gyakorlati kompetenciák elsajátításához, ezért kérem fontolják meg, hogy tudnak-e kapcsolódni mindkét, vagy valamelyik képzés oktatásába.
Csatolva a tantervek, hogy lássák milyen tantárgyakat oktatnak az adott szakokon:
BSc MSc

A részletekkel kapcsolatban keressék:

Dr. Nagy Attila
intézetvezető, egyetemi tanár
Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar
Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet
4032 Debrecen, Böszörményi 138.
Tel.: 06/52/508454
e-mail: attilanagy@agr.unideb.hu



Pannon Egyetem Nagykanizsa Körforgásos Gazdaság Egyetemi Központ

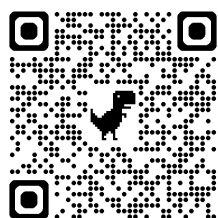
TUDÁS. TÁMOGATÁS. KÖZÖSSÉG.

A Körforgásos Gazdaság Egyetemi Központ képzési palettájában, oktatói-kutatói közösségében olyan kihívások mentén kötelezte el magát, amely számos jelenlegi, a gazdaságot érintő fenntarthatósági probléma megoldására keresi a választ. A körforgásos gazdaság nemcsak arra törekszik, hogy éves szinten csökkentse a hulladéktermelést, az újrahasznosítás alatt nemcsak a szelektív gyűjtést érti, hanem azt a szemléletet jelenti, hogy a vállalatok már a terméktervezésnél tudják, hogy

az általuk gyártott terméket a felhasználás után hogyan hasznosítsák újra.

Képzéseink a gazdaságtudományok, informatika, víztudomány területeire épülnek. Újdonságként, Európában is egyedülálló képzésekként körforgásos szakokra is lehet jelentkezni: a jövőben egyre több ilyen típusú, új szemlélettel rendelkező szakemberre lesz szükség. A Soós Ernő Kutató-Fejlesztő Központtal együttműködve nagy hangsúlyt fektetünk a vízügyi és megújuló energiával kapcsolatos kutatásokra, képzésekre is.

Alapképzés BSc, BProf	Mesterképzés MSc	Szakirányú továbbképzés	Felnőttképzés	Mikrotanúsítványt adó képzés
Fenntartható és kör- forgásos turizmus	Körforgásos gazda- ság menedzsment	Víz- és szennyvízkezelő rendszerüzemeltető szakember/szakmérnök	Az informatika alapjai a vállalati struktúrá- ban (Ipar 4.0)	Digitális és körforgásos gazdaság
Vízügyi üzemeltetési mérnök	Körforgásos gazda- ság tervező-fejlesztő mérnök	Vízügyi rendszertervező IT specialista	Bevezetés a körforgásos gazdaságba	
Gépészmérnöki		Megújuló energiarend- szer-tervező IT specialista		
Kereskedelem és marketing		IT vállalati folyamatokat fejlesztő szakember		
Mérnökinformatikus				
Üzemmérnök- informatikus				



Weboldal: pen.uni-pannon.hu

Email: pr@pen.uni-pannon.hu

Telefon: +36 30 958 3006

Facebook: facebook.com/pannon.nagykanizsa



ÓBUDAI EGYETEM
REJTŐ SÁNDOR KÖNNYŰIPARI
ÉS KÖRNYEZETMÉRNÖKI KAR

**Az Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Karán
2026. szeptember 22-én
„Települési szennyvízgazdálkodási szakmérnök” szakirányú továbbképzés indul**

Oktatóink szeretettel várják a 2026. szeptember 22-én induló, a félév során három kontakt és két online konzultációt tartalmazó 3 féléves képzésünkre a települési víz- és szennyvízgazdálkodás iránt érdeklődőket, akik a képzés sikeres elvégzése után Települési szennyvízgazdálkodási szakmérnök végzettséget szereznek.

A képzés részvételi díja: 350.000.-Ft/félév.

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

A képzési célja:

A szakirányú továbbképzés célja a szennyvíz-, és vízgazdálkodás szakterületre olyan szakemberek képzése, ill. továbbképzése, akik a korábban megszerzett felsőfokú szakképzett-ségük és szakismereteik birtokában képesek a szennyvíz-, és vízgazdálkodás szakterületén építési, üzemeltetési, szakértői, beruházási, közigazgatási és vállalkozói munkakörökben a legújabb szakmaitudományos 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 képzésről információk: <https://rkk.uni-obuda.hu/szakok/telepulesi-szennyvizgazdalkodasi-szakmernok/> illetve 06-30-651-9852 telefonszámon, vagy az alábbi címen kérhető: bodane.rita@rkk.uni-obuda.hu

Jelentkezni 2026. július 28-ig lehet postai vagy online úton beküldött jelentkezési lappal és az oklevél/diploma másolatával a következő címen:

Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar, Környezetmérnöki Intézet, 1034. Budapest, Doberdó u. 6., vagy online: bodane.rita@rkk.uni-obuda.hu



ÓBUDAI EGYETEM

REJTŐ SÁNDOR KÖNNYŰIPARI ÉS KÖRNYEZETMÉRNÖKI KAR

**Az Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar
"Hulladék- és másodnyersanyag-gazdálkodási szakmérnök/szakember" szakirányú
továbbképzési szakot indít 2026. szeptemberi kezdéssel.**

A képzés időtartama: 2 félév, levelező tagozaton, az oktatás blended – kontakt és online (az Egyetem Teams rendszerében) – formában, pénteki és szombati napokon, három kontakt és kettő online alkalommal.

A képzés részvételi díja: 350.000.-Ft/félév.

A szakmérnök képzésre jelentkezhetnek főiskolai vagy egyetemi, illetve BSc vagy MSc szintű mérnöki végzettséggel. A szakember képzésre jelentkezés feltétele legalább alapképzésben (korábban főiskolai szintű képzésben) szerzett oklevél és hulladékgazdálkodás területen szerzett szakmai gyakorlat.

A képzési célja:

A szakirányú továbbképzés célja az, hogy a szakon végzett képes legyen a körforgásos gazdálkodás igényeinek megfelelő anyagforgalmi folyamatokat kialakítani és a szükséges technológiákat alkalmazni. Emellett képes legyen a fenntartható gazdasági folyamatok igényeinek megfelelően a hulladékká vált anyagokkal történő tevékenységeket a hatályos jogi környezet keretei között a lehető legnagyobb újrahasznosítási arányt elérve megtervezni, fejleszteni, irányítani és ellenőrizni.

A szakirányú oklevél feljogosít:

Fejlesztési feladatok önálló megoldására,
Hulladék- másodnyersanyag-gazdálkodási létesítmények üzemeltetésére,
Szakreferensi feladatok ellátására önkormányzatoknál, szakhatóságoknál. stb.
Projekt menedzseri feladatok ellátására.

A szakirányú továbbképzésben megszerezhető szakképzettség neve:
Hulladék- és másodnyersanyag-gazdálkodási szakmérnök/szakember.

Szakfelelős:

Dr. habil. Ágoston Csaba, agoston.csaba@rkk.uni-obuda.hu

Jelentkezési határidő: 2026. július 28.

Képzés kezdete: 2026. szeptember 22.

Jelentkezni írásban a következő címen, a kitöltött jelentkezési lap benyújtásával lehet:

Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar, Környezetmérnöki és Természettudományi Intézet, 1034. Budapest, Doberdó u. 6., vagy online az alábbi címre:
agoston.csaba@rkk.uni-obuda.hu

További információk (jelentkezési lap, mintatanterv): <https://rkk.uni-obuda.hu/szakok/hulladek-es-masodnyersanyag-gazdalkodasi-szakmernok-szakember/>,
illetve az alábbi címen kérhetők:

agoston.csaba@rkk.uni-obuda.hu

INFORMÁCIÓ NKE FELVÉTELI

felveteli.uni-nke.hu/vtk



VÍZTUDOMÁNYI KAR

vtk.uni-nke.hu
vtk.tanulmanyi@uni-nke.hu



VÍZTUDOMÁNYI KAR
CUM SCIENTIA PRO AQUIS HUNGARIAE!



A KAR KÉPZÉSI KÍNÁLATA

Alapképzések:

- építőmérnöki alapképzés,
- környezetmérnöki alapképzés,
- vízügyi üzemeltetési mérnöki alapképzés.

Mesterképzés:

- nemzetközi vízpolitika és vízdiplomácia mesterképzési szak angol nyelven
(képzési hely: Budapest, Ludovika Campus),
- vízkárelhárítási mesterképzési szak
(képzési hely: Baja, Baja Campus).

Szakirányú továbbképzések:

- természetközeli megoldásokon alapuló vízgazdálkodási szakmérnök,
- természetvédelmi vízgazdálkodási szakmérnöki,
- vízügyi közgazdász szakmérnöki,
- vízrajzi szakmérnöki,
- vízellátás-csatornázás szakmérnöki,
- árvíz- és belvízvédelmi szakmérnöki,
- fürdővezető szakmérnök,
- vízügyi közigazgatási szakokleveles tanácsadó.

KÉPZÉS HELYE: BAJA ÉS BUDAPEST

HA ÉRDEKEL A MÉRNÖKI SZEMLÉLETŰ VÍZGAZDÁLKODÁS... ...VÁLASZD AZ ÉPÍTŐMÉRNÖKI ALAPKÉPZÉSI SZAKOT!

Mit kínálunk?

- Olyan 8 féléves nappali vagy levelező munkarendű képzést, amely során a hallgatók professzionális ismereteket szereznek;
- területi vízgazdálkodás vagy vízellátás-csatornázás specializációt;
- biztos elhelyezkedési lehetőséget vízügyi szervezeteknél;
- gyakorlatorientált, innovatív oktatást;
- korszerű vízügyi technológiai eljárások oktatására alkalmas laborokat, oktató- és mérőhelyeket;
- gyönyörű természeti környezetben végzett terepi méréseket;
- kollégiumi elhelyezést;
- szaknyelvi képzést.

Kiknek ajánljuk?

- Mindazoknak, akiket érdekel a jövő vízgazdálkodása, amely alapvetően fogja meghatározni a világ és benne hazánk fejlődését;
- akik fontosnak tartják a megfelelő mennyiségű és minőségű víz kérdését, a vizek kártételei elleni védekezést;
- akik szeretnék mérnöki és vízügyi igazgatási ismeretekre szert tenni;
- akik nyitottak az új, hatékony vízgazdálkodási, vízépitési megoldásokra;
- akiket érdekel a mérnöki szemléletű vízgazdálkodás;
- akiket foglalkoztat a vízválsággal kapcsolatos megoldások feltárása.

Az építőmérnöki alapképzési szakon szerzett diplomával a Magyar Mérnöki Kamara vízgazdálkodási tervezőmérnöki, szakértői jogosultságai megszerezhetők.

DILEMMA

Miért jelentkezzem a Baján elérhető mérnöki képzésre?

A hazai vízügyi ágazat szakember-utánpótlását elsősorban a Víztudományi Kar biztosítja, ezért biztos elhelyezkedési lehetőséget jelent az itt szerzett diploma a vízügyi és víziközműszférában. Mivel a kar a globális vízválság kezelésére készíti fel a hallgatóit, az egyik legkeresettebb hivatást nyújtja mérnökjelöltjeinek, ráadásul csodálatos természeti környezetben.



HA FONTOS SZÁMODRA A FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉS, A KÖRNYEZETVÉDELEM, ÉS TENNI IS AKARSZ ÉRTE...

...AKKOR A KÖRNYEZETMÉRNÖKI ALAPKÉPZÉSI SZAKON A HELYED!

Mit kínálunk?

- 7 féléves, magas színvonalú, természettudományi, ökológiai, műszaki, közgazdasági és menedzsmentismeretekkel rendelkező környezetmérnök képzést;
- víztisztítás-szennyvíztisztítás; vízgazdálkodás vagy integrált vízgazdálkodás specializációt;
- korszerű technológiával felszerelt laboratóriumokat;
- kutatási lehetőséget;
- kollégiumi elhelyezést;
- szaknyelvi képzést.

Kiknek ajánljuk?

- Mindazoknak, akik érdeklődnek a természettudomány, az ökológiai és a műszaki ismeretek iránt;
- akik számára kihívást jelent a különböző területeken jelentkező környezeti veszélyek felismerése és a kárelhárítási tevékenység irányítása;
- akik fontosnak tartják a fenntartható fejlődést, a környezetvédelmet, a természetharmonikus vízrendezést és a vízesélőhely-rekonstrukciót;
- akik vonzódnak a természettudományokhoz, és szívesen vennének részt laboratóriumi kutatásokban is.

JÓ TUDNI!

A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz tudományi Kara a vízügyi ágazat egyik legfontosabb utánpótlási bázisa, képzése országos hírű és jelentőségű.

Az NKE építőmérnöki, környezetmérnöki és vízügyi üzemeltetési mérnöki alapképzési szakjai a 21. század legnagyobb környezeti és társadalmi kihívására, a globális éghajlatváltozásból eredő vízhiány és a vízgazdálkodás egyéb problémáinak kezelésére képeznek mérnök szakembereket.

A víz közelsége különleges élményekkel ajándékozza meg hallgatóinkat. A Duna, annak holtágai és a Gemenci-erdő olyan csodás környezetbe varázsolják a karon tanulókat, amelynek emléke évtizedekig elkíséri őket életük során.



HA ÉRDEKELNEK AZ EGÉSZSÉGES-
IVÓVÍZ-ELLÁTÁSSAL ÉS VÍZKEZELÉSSSEL
KAPCSOLATOS MÉRNÖKI FELADATOK...
**...VÁLASZD A VÍZÜGYI ÜZEMELTETÉSI
MÉRNÖKI ALAPKÉPZÉSI SZAKOT!**

Mit kínálunk?

- 6 félév alatt üzemeltetői/vezetői felkészítést nappali és levelező munkarendben;
- víziközmű-üzemeltetés; hidrogeológia, vízbeszerzés; területi vízgazdálkodás vagy integrált vízgazdálkodás specializációt;
- üzemeltetési jogosultságot;
- gyakorlati ismereteket a települési vízgazdálkodási létesítmények üzemeltetéséről;
- korszerű technológiai eljárások oktatására alkalmas laboratóriumokat, oktató- és mérőtelepeket;
- kollégiumi elhelyezést;
- szaknyelvi képzést.

Kiknek ajánljuk?

- Mindazoknak, akik számára fontos a fenntartható vízgazdálkodás, és ezért tenni is szeretnének;
- akiket érdekel a víziközművekkel és fürdőkkel kapcsolatos üzemeltetés;
- akiket foglalkoztat a területi vízgazdálkodás;
- akik gyakorlatorientált képzésre vágnak;
- akik a munkájuk során változatos mérnöki feladatokkal szeretnének találkozni.



JÓ TUDNI!

Az angol nyelvű nemzetközi vízpolitika és vízdiplomácia mesterszakos képzés helyszíne Budapest, Ludovika Campus.



HA A VÍZTÖBBLET VAGY A VÍZHIÁNY, ESETLEG VÍZMINŐSÉG OKOZTA PROBLÉMÁK MEGOLDÁSA ÉRDEKEL...
...AKKOR VÁLASZD A VÍZKÁRELHÁRÍTÁSI MESTERKÉPZÉSI SZAKUNKAT!

Mit kínálunk?

- 4 féléves levelező munkarendben megszerezhető vízkárelhárítási ismereteket;
- a hatékony feladatellátáshoz szükséges elméleti és gyakorlati képzést;
- korszerű műszaki, közigazgatási, jogi és gazdasági ismeretek elsajátítását, amelyek a vízgyűjtő-gazdálkodás területén jelentkező vízkárelhárítási (megelőzési és operatív védelmi) tevékenységek elvégzéséhez, irányításához szükségesek;
- a vízkárelhárítás pilléreire (árvízvédelem, belvízvédelem, aszálykár, valamint vízminőségi kárelhárítás) épülő tudásanyag átadását.

Kiknek ajánljuk?

- Alapképzésen végzett mérnököknek, akik vízkárelhárítási feladatok ellátásával is foglalkoznak;
- vízügyi igazgatóságok, víziközmű-szolgáltatók, kormányhivatalok, önkormányzatok, katasztrófavédelem korszerű, gazdaságos és hatékony működtetését elvárni kívánó szakembereknek.

HA ANGOL NYELVEN KÉSZÜLNÉL FEL A NEMZETKÖZI VÍZÜGYI EGYÜTTMŰKÖDÉSI KIHÍVÁSOK KEZELÉSÉRE...
...AKKOR VÁLASZD A NEMZETKÖZI VÍZPOLITIKA ÉS VÍZDIPLOMÁCIA MESTERKÉPZÉSI SZAKUNKAT!

Mit kínálunk?

- 3 féléves nappali és levelező munkarendben megszerezhető nemzetközi diplomáciai és szakpolitikai ismereteket a vízügyi konfliktuskezelésről és problémamegoldásról;
- angol nyelvű képzést;
- holisztikus szemléletű, gyakorlat- és megoldásorientált programot, amely ötvözi a legújabb releváns természet- és társadalomtudományi ismereteket a fenntarthatósági és klímaadaptációs kihívásokkal;
- innovatív, csoportos együttműködésre épülő oktatási módszereket, amelyek képessé teszik a hallgatóinkat komplex vízpolitikai kihívások, döntések és konfliktusok szakszerű kezelésére.

Kiknek ajánljuk?

- Mindazoknak, akik a megszerzett ismereteik birtokában a nemzetközi, az európai uniós és hazai vízügyi és fejlesztéspolitikai szervezeteknél nemzetközi vonatkozású munkakörben szeretnének elhelyezkedni.

MÉDIAAJÁNLAT

2026. évre a Hírcsatorna szaklapban történő megjelenéshez

• 1/2 oldalas hirdetés 65.000 Ft + ÁFA
• 1/1 oldal PR cikk 130.000 Ft + ÁFA
• 1/1 oldalas hirdetés 105.000 Ft + ÁFA
• 2 oldalas hirdetés vagy PR cikk 189.000 Ft + ÁFA
• 1/1 oldalas hirdetés és 1/1 oldalas PR cikk 189.000 Ft + ÁFA (egy lapszámon belül)
• 1/1 oldalas hirdetés borító belsőn 145.000 Ft + ÁFA

A lap A4-es méretben készül el (210x297 mm,
kb. 3000 karakter/oldal), online formában.

MaSzeSz tagszervezetek számára 20 % kedvezményt biztosítunk.

Három egymást követő lapszámban való minimum 1/1 oldalas
hirdetés megrendelése esetén 20 % kedvezményt biztosítunk.

A Szolgáltató a hirdetésekbe beágyazott linkek
és videofájlok megjelentetésére alapáron biztosít
lehetőséget a Megrendelőnek.



**A Magyar Víz és Szennyvíztechnikai Szövetség
2026. évi támogatói:**



**HUNGARIAN
WATER
PARTNERSHIP**



**Nemzeti
Együttműködési
Alap**



MINISZTERELNÖKSÉG



BETHLEN GÁBOR
Alapkezelő Zrt.

