

DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

**KÖRFORGÁSOS (VÍZ) GAZDASÁG
MEGVALÓSÍTÁSÁNAK VIZSGÁLATA**

Készítette:

Harasztiné Hargitai Réka

Vegyéssz mérnöki- és Anyagtudományok Doktori Iskola

Témavezető:

Dr. Somogyi Viola
egyetemi docens

Pannon Egyetem
Fenntarthatósági Megoldások Kutatólaboratórium



Veszprém
2025

Bevezetés és célkitűzés

Napjaink egyik legnagyobb kihívása a fenntarthatóság elérése minden gazdasági szektorban, miközben az erőforrásokat hatékonyan használjuk fel. A körforgásos gazdaság (Circular Economy, CE) olyan szemléletmódot kínál, amely a természeti erőforrások felhasználását visszaszorítja és zárt rendszerben tartja. Számos ipari területen sikeresen valósították meg a körforgást, és mára olyan tevékenységek átalakítása is folyamatban van, melyeknél korábban elképzelhetetlen volt a körforgás bármilyen formája. A települési szennyvíztisztítás már részben körforgásos szemléletűvé vált az iszaphasznosításnak és a megújuló energiafelhasználás köszönhetően. Az ipari szereplők, mint a baromfifeldolgozás is keresik a vízhasználat optimalizálásának lehetőségeit, miközben a megtermelt hulladékok körforgásba építése nehézséget jelent. A kibocsátott szennyvizük azonban hatékony módszerekkel megtisztítható oly mértékben, hogy az újrahasznosítható legyen.

A körforgásos gazdaság megvalósítása a vízintenzív iparágakban kevésbé kutatott terület, ezért kutatásomat a vízkörforgás megvalósíthatóságára, mérésére és környezeti hatásaira irányítottam, a baromfifeldolgozás és a települési szennyvíztisztítás példáján keresztül vizsgálva. A szakirodalomban népszerű körforgásos gazdasági számítások nem kezelik alapanyagként a vizet, míg a lineáris vízlábnym számítás a körforgás útvonalait hagyja figyelmen kívül. A vízkörforgás számításokba integrálásával azonban a vízintenzív iparágakról pontosabb képet kaphatunk. Az életciklus-elemzés (Life Cycle Assessment, LCA) az ipari folyamatok környezeti hatásaira mutat rá. A tisztított vízújrahasználat esetében rámutat a legkisebb hatással elérhető maximális körforgást biztosító módszerre. A módszerek párhuzamos alkalmazása révén lehetőség nyílik a fenntarthatóbb víztechnológiai megoldásokat kiválasztására.

A fentiek alapján az alábbi kutatási célokat határoztam meg:

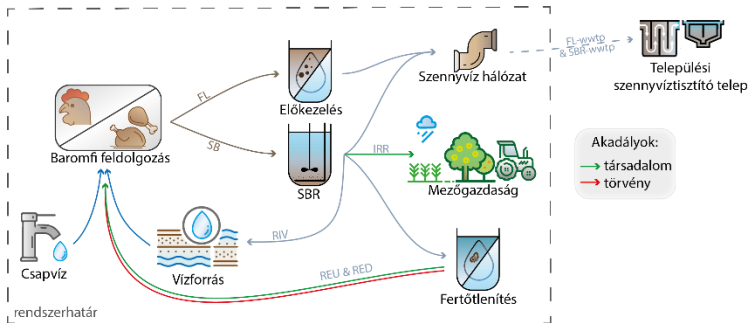
1. Körforgásos gazdasági számítások elvégzése és módosítása
2. Vízlábnym számítás elvégzése és módosítása
3. Életciklus-elemzés elvégzése a körforgásos számítások alátámasztására
4. Életciklus-elemzés elvégzése a víz újrahasználatra gyakorolt szennyvíztisztítási technológiák hatásainak bemutatására

Alkalmazott módszerek

A körforgásos cél eléréséhez vezető úton érdemes megvizsgálni a gazdaság minden területén a jelenlegi értékelési módszereket és technológiai lépéseket, beleértve a kevésbé rugalmas területeket is, hogy információt kapjunk a módszerek hiányosságairól és korlátairól. A vízkörforgás kialakításához két esettanulmányt is

vizsgáltam: egy baromfifeldolgozó üzemet és egy települési szennyvíztisztító telepet. Az adatgyűjtés személyes interjúk, technológiai dokumentumok és automatizált vezérlő rendszerek segítségével történt. Hiányzó adatokat az Ecoinvent és a Sphera adatbázisából, valamint szakirodalmi forrásokból gyűjtöttem össze.

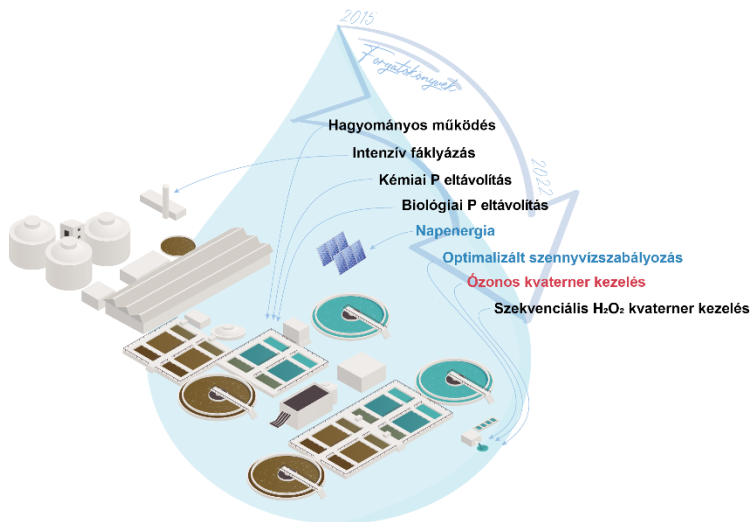
A baromfifeldolgozás fő lépéseinek – vágás, forrázás, darabolás, csomagolás – víz- és energiaigényét, valamint a melléktermékek és hulladékok keletkezését részletesen elemeztem a vízkörforgás mértékének és a környezetre gyakorolt hatások szempontjából, két év adatait felhasználva (2018 és 2019). A két brojler típusból (Ross-308 és Cobb-500) keletkező napi termék- és hulladékmennyiség a víz- és anyagfelhasználás szempontjából is jelentős különbségeket mutatott. Az előállított termék típusától függően változatos összetételű adalékanyagokat alkalmaznak, valamint műanyagból, fából és fémből készült csomagolóanyagokat használnak fel. Az üzem napi vízigénye – amely a kazánház és forrázás során jelentkezik legnagyobb mértékben – a vágási számtól függően ingadozik. A keletkezett szennyvíz előkezelése már a telephelyen megkezdődik. A szennyvíztisztítás során alkalmazott vegyszerhasználat (pl. nátrium-aluminát, polielektrolitok) környezeti terhelésének értékelése is része volt a vizsgálatnak. A tevékenység elemzése során figyelembe vett rendszerhatárokat az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra Baromfifeldolgozó üzem életciklus-elemzésének rendszerhatára [saját szerkesztés]

A veszprémi szennyvíztisztító telep esetében az iparági szabványoknak megfelelő folyamatos fejlődését vizsgáltam. A telep 18 000 m³/nap névleges kapacitásával több település kommunális és ipari szennyvizét fogadja, így méretéből adódóan rendelkezésre álltak hosszú idősoros és kellően részletes adatok. Az elemzést a 2015 és 2022 közötti időszakra végeztem el, melyet a technológiai fejlődésnek megfelelően jól elkülöníthető időszakokra osztottam fel, az átfedő technológiai módosítások kizárásával. A szennyvízkezelés több lépésből áll: mechanikai előkezelés, biológiai tisztítás (anaerob, anoxikus és oxikus szakaszok), elő- és utóülepítés, valamint iszapkezelés. A telepen keletkező biogázt visszaforgatják

villamos energia és hő formájában, a biogáz felesleget elfáklyázzák. A levegőztetés energiaigénye, az iszapkezeléshez szükséges vegyszerfelhasználás, a keletkező iszap és tisztított víz minősége és mennyisége mind fontos tényezők a környezetre gyakorolt hatások szempontjából. Az elemzés során figyelembe vett rendszerhatárokat és a vizsgált forgatókönyveket a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra Települési szennyvíztisztító telep életciklus-elemzésének rendszerhatára [saját szerkesztés]

A szakirodalomban található körforgásos gazdasági mutatókat áttekintettem, olyan szemmel, hogy a víz alapanyagként milyen módon integrálható a számításokba. Két mutatót használtam fel az anyagkörforgás kiszámítására, melyek 0 (lineáris) és 1 (körforgásos) közötti értékkel jelzik a körforgás mértékét. A körforgásos gazdasági indikátor prototípus (CE indicator prototype, CEIP) egy kérdőív alapú módszer, mely a termék teljesítményét vizsgálja a körforgásos gazdaság alapelveivel összhangban, figyelembe véve a termék életciklusának minden lépését (tervezés, gyártás, kereskedelem, használat közben, használat után). Az anyag körforgásos mutatót (Material Circularity Indicator, MCI) az ipar számára tervezték, a nyersanyagok eredetére, a hulladékok sorsára és a termék hasznosságára koncentrálnak. Ez a számítási mód a termékbe beépülő anyagokra fókuszál, de kiegészíthető az anyagveszteségekkel is. Mindkét módszer az anyagáramok körforgását méri, ezért a CEIP és az MCI módosításával a vizet is az anyaglistába illesztve újraszámoltam a körforgás mértékét. A vízkörforgás számítását egy lineáris vízmutató, a vízlábnym számítás (Water Footprint, WF) irányából is megközelítettem. Ez a módszer figyelembe veszi a termék teljes életciklusa során beépülő közvetlen és közvetett

vízmenntiségeket, melyek kék, zöld és szürke vízlábnyomba sorolhatók. A módszer lehetővé teszi a különböző technológiák összehasonlítását vízhasználati szempontból, azonban nem számol a visszaforgatott vízmenntiséggel. Ezért a módosítás során a vízkörforgási útvonalakat integráltam a számításba, hogy pontosabb képet kapjak a vízhasználatról. A számítások és módosításaik ellenőrzésére „Cronbach alfa” bizonytalansági elemzést végeztem.

A mindkét irányból megközelített vízkörforgásos számítások önmagukban nem mutatnak rá a vízkörforgás igazán jelentős következményeire, ezért a számításokat életciklus-elemzéssel is alátámasztottam. Az elemzés során figyelembe vettem a szabványos előírásokat (ISO 14040:2006, ISO 14044:2006), melyhez a Sphera (GaBi) szoftvert alkalmaztam. A körforgásos gazdasági számításokat kiegészítő LCA-hoz és a szennyvíztisztító telep technológiai fejlesztéseit összehasonlító elemzéshez a ReCiPe módszert alkalmaztam. A módszerrel meghatározott hatások pozitív vagy negatív értéke különböző környezeti hatásokat tükröz, amelyek a vizsgált tevékenységnek vagy terméknek a következményei. A környezeti hatások megismerésével összehasonlíthatóvá válnak a visszaforgatási módszerek, a mennyiségi előny mellett a minőségre helyezve a hangsúlyt. A szennyvíztisztító telep környezeti hatásainak vizsgálatához a tisztított víz minőségi indexet (Effluent Quality Index, EQI) is alkalmaztam, mely megmutatja, hogy a környezetterhelés milyen irányba változott a kibocsátott tisztított víz minőség szempontjából.

A három módszer együttes alkalmazása lehetővé tette, hogy az anyag- és vízárakokat komplex rendszerként értékeljem, így azonosíthatóvá váltak azok a beavatkozási pontok, amelyek a vízkörforgás fenntartható fejlesztéséhez hozzájárulnak. A módszertani megközelítés erőssége, hogy a vízkörforgás kialakításának hatásai különböző vízintenzív iparágakban is mérhetővé válnak, hozzájárulva ezzel az erőforrás-hatékonyság javításához és a fenntartható vízhasználathoz.

A DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

I. Megállapítottam, hogy a nagy vízfogyasztású technológiák esetében körforgásos jellege a víz mint anyagáram figyelembevétele nélkül nem határozható meg, ezért módszertani módosításokra van szükség. Az általam javasolt megközelítés lehetővé teszi a vízkörforgás számszerűsítését, és hozzájárul a víz- és anyagtakarékosabb terméktervezéshez.

I.1. Igazoltam, hogy a **CEIP számítási módszer fogyasztási termékek esetében alábecsüli a körforgás mértékét.** A „Kereskedelem”, „Használat közben” és „Használat után” életszakaszok esetében nem kapnak pontot, ami rontja a körforgás értékét. A mutató figyelembe veszi azokat a területeket is, melyek anyagáramok leírásával nem fedhetők le, például a termék design és javuló alapanyag-termék-hulladék arányokat.

I.2. **A vizet, mint alapanyagot, integráltam a CEIP számításba.** A vízáramokra vonatkozó kérdések bevezetésével a lineáris CEIP érték 0,171-ről (2018) 0,212-re nőtt. Vízfelhasználás csökkentése, víz visszaforgatása és újrahasznosított csomagolóanyagok alkalmazása a CEIP értékét 0,392-re képes növelni.

I.3. Igazoltam, hogy **az MCI módszer érzékelteti a fogyasztási termékek lineáris és körforgásos állapot közötti átmenetét.** A módszertan alkalmas a fogyasztási termékek teljesítményének időbeli változásának elemzésére, miközben figyelembe veszi a visszaforgatási útvonalakat és a termék élettartamát a konkurens ipari szereplőkkel szemben.

I.4. **A vizet, mint alapanyagot, integráltam az MCI számításba.** 2018-as évet tekintve a víz figyelembevételével MCI értéke 0,493-ról 0,485-re csökkent. A veszteségek figyelembevételével az MCI 0,567-ről 0,171-re romlott, mely veszteségek esetleges minimalizálásával 0,848-as MCI érték is elérhető.

Kapcsolódó publikációk: 3

II. **Bizonyítottam, hogy az általam javasolt módosításokkal a hagyományosan lineáris jellegű vízlábnyom (WF) számítás alkalmassá válik a vízkörforgás mérésére.** Az így módosított számítás figyelembe veszi a baromfifeldolgozási termék életciklusa során beépülő vízmennyiségeket, valamint a visszaforgatás révén újrahasznosított vízáramokat is.

II.1. **A vizsgált baromfifeldolgozó üzem példáján a baromfifeldolgozás lineáris jellege megerősíthető a vízlábnyom számítás segítségével.** 1 kg baromfi termék előállításához 3,99 m³ (2018) és 4,24 m³ (2019) víz szükséges, melynek 99 %-át a brojler nevelés adja. A maradék 1 %-ban az

alapanyagok, a technológiai vízfelhasználás, szállítás, valamint és az energiateljesítmény felhasználás jelenik meg.

II.2. Módosítottam a mutatót a vízkörforgás mérésére, két visszaforgatási célt alkalmazva: technológiai és öntözési célú újrahasznosítás. A megtakarítás nem jelenik meg a teljes vízlábnymban, mivel a brojler nevelés során felhasznált víz nem visszaforgatható, melynek vízigénye a termékminőségromlás elkerülése nélkül nem csökkenthető.

II.3. Megállapítottam, hogy a módosítás vízlábnym mutató esetében a termékminőséget nem befolyásoló anyagáramokra szükséges fókuszálni. A technológiai visszaforgatás a vizsgált üzemben 29,28 %-os (2018) és 33 %-os (2019) megtakarítást eredményez, míg az öntözési célú újrahasználattal 15,79 %-os és 17,8 %-os csökkenés érhető el.

Kapcsolódó publikációk: 3

III. Megállapítottam, hogy a módosított szakirodalmi mutatókkal kiegészített, párhuzamosan alkalmazott életcikluselemzés képes átfogó képet mutatni a vízkörforgás mértékéről és annak környezeti hatásairól. Együttes alkalmazásukkal igazoltam, hogy a baromfifeldolgozó üzem víz javasolt újrahasználati módszerei növelik a környezeti terheket, és összességében nem támogatják a körforgás értékének javulását.

III.1. Igazoltam, hogy a romló minőség növeli a környezeti hatásokat, miközben a körforgás értéke romlik. A flotálási alapeset emberi egészségre gyakorolt hatása 98,17 DALY-ról (2018) 105,66 DALY-ra (2019) nőtt, miközben MCI értéke 0,485-ről 0,476-ra csökkent a víz figyelembevétele mellett.

III.2. Igazoltam, hogy a saját szennyvíztisztító alkalmazása csökkenti a környezeti hatásokat, mely a fémkimerülés esetében 30,66 %-os megtakarítást eredményezett. Az átállás következtében az emberi egészségre gyakorolt hatás 98,17 DALY-ról 97,85 DALY-ra csökkent a 2018-as év esetében.

III.3. Igazoltam, hogy az energiateljesítmény felhasználás és a biológiai folyamatok hatása jelentős, melyet a körforgásos gazdasági mutatók elhanyagolnak. Az energia a végponti hatásokat határozza meg: emberi egészséget 19,36 %-ban, természetes környezetet 8,96 %-ban, erőforráshiányt 98,25 %-ban. A biológiai vonal is megjelenik, amennyiben az anyagáram típusaként a „természetbe jutó anyag” van megjelölve.

Kapcsolódó publikációk: 2, 3

IV. Megállapítottam, hogy a kommunális szennyvíztisztítás technológiai fejlesztései hosszútávon hozzájárulnak a fenntartható vízvédelemhez, annak

ellenére, hogy az általam vizsgált átalakítások rövid távon növelhetik a környezetre gyakorolt terhet. A vizsgált fejlesztések eredményei hozzájárulhatnak az ipari környezetben alkalmazott szennyvíztisztítási technológiák környezetkímélő modernizálásához.

IV.1. Igazoltam, hogy **a biogáz felhasználás optimalizálásával közelebb kerülhet a telep az energiasemlegességi célhoz**, mivel $1,35 \text{ kWh/m}^3$ -ről $1,98 \text{ kWh/m}^3$ -re tudták növelni a kihozatalt, mely tovább növelhető a rothasztóba betáplált homogén iszapkeverék optimalizálásával. A cél elérését gátolja a fáklyázás bevezetése, mely még a visszaszorítása mellett is 7 hatásértéket (FD, FC, FE_c, HTP_c, IR, LU, TA) befolyásolt.

IV.2. Igazoltam, hogy **a vegyszerfelhasználás csökkentése hatékonyan mérsékli a környezeti hatásokat.** A levegőztetési igény változását követve, az energiával érintett hatások (CC, FPMF, PhOF_c, PhOF_{hh}, OD, TE_c) kezdetben 23 %-ot növekedtek, majd 12,91 %-ot csökkentek. Emellett az iszapvonalon a vegyszerhasználat 26,20 %-os visszaszorítását eredményezte.

IV.3. Igazoltam, hogy **a napelem használatának növelése önmagában nem biztosítja az energiasemlegességi cél elérését a vizsgált szennyvíztisztító telep számára.** Az 1 m^3 tisztított vízre vetített napenergia $0,06 \text{ kWh}$ volt, mely jelentősen elmaradt a biogázból előállított $0,42 \text{ kWh}$ -tól. A napenergia-termelés szezonális ingadozása miatt pótlólagos energia szükséges, miközben napelempark a földhasználat mértékét 2,6-szorosára növelte. A vásárolt villamosenergia a meglévő napelempark kapacitásának 5,17-szerese, így annak kizárólag napenergiával való kiváltása területi hiány miatt nem valósítható meg.

IV.4. Igazoltam, hogy **optimalizált szennyvízszabályozás növeli a tisztítási hatékonyságot, ám környezeti szempontból többlet terhekkel jár.** Az ideális tápanyagaránynak ($100:10,07:1,08$) köszönhetően 96,33 %-os foszforeltávolítást sikerült elérni, ugyanakkor az iszapszaporulat miatt fokozódó vegyszerigény a fémkimerülésnél mutatkozott meg, mely $6,54 \cdot 10^{-1} \text{ kg Cu eq.-ről } 8,10 \cdot 10^{-1} \text{ kg Cu eq.-re}$ emelkedett.

Kapcsolódó publikációk: 1

V. Megállapítottam, hogy a negyedik fokozatú kezelés bevezetése – különösen az energiaigényes technológiák esetében – tovább növeli a környezeti terheket, amely nem támogatja a tisztított víz újrahasználatát. Ugyanakkor **bizonyítottam, hogy megfelelő technológiaválasztással, például a szekvenciális H₂O₂ kezeléssel, ezek a hatások jelentősen mérsékelhetők, így az újrahasználat megvalósítható.** Mindez összhangban áll a szakpolitikai és szabályozási irányokkal,

amelyek a szennyvíztisztító telepeket a városi és ipari vízkörforgás kulcsszereplőiként határozzák meg.

V.1. Igazoltam, hogy **az ózonos kvaterner kezeléshez kapcsolódó magasabb energiafelhasználás változó mértékben rontotta a kapcsolódó környezeti hatásokat**. 6 hatásnál (CC, FPMF, LU, PhOF_e, PhOF_{hh} és OD) kiemelkedő befolyást mutatott, és 11 hatásnál a legkedvezőtlenebb értéket hozta az összes forgatókönyv közül. A legnagyobb negatív következmény a korábbi fejlesztésekkel elért édesvízi eutrofizációs előnyök elvesztése (0,48 kg P eq./FU) volt.

V.2. Igazoltam, hogy **a szekvenciális H₂O₂ kvaterner kezelés alkalmas a tisztított víz újrahasználát lehetőségének megteremtésére**. Kedvezőbb környezeti hatása részben az alacsonyabb energiafelhasználásnak köszönhető, mivel a technológia megújuló energia közvetlen felhasználására támaszkodik. A 0 és 1 közötti értékre normalizált hatásértékek esetében megelőzi az intenzív fáklyázást (7.) és az ózonos kezelést (8.), ami a szekvenciális H₂O₂ kezelés relatív előnyét mutatja és igazolja alkalmasságát a tisztított víz újrahasznosítására.

Kapcsolódó publikációk: 1

TUDOMÁNYOS PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

Értekezés alapját képező tudományos közlemények

Nemzetközi referált folyóiratban megjelent idegennyelvű publikációk

1. **Harasztiné Hargitai Réka**, Sebestyén Viktor, Volf Balázs, Somogyi Viola: Life cycle assessment of technological shifts in municipal wastewater treatment plants, HUNGARIAN JOURNAL OF INDUSTRY AND CHEMISTRY (0133-0276): 53 (2). (Elfogadó nyilatkozat alapján a várható megjelenés: 2025 december)
2. **Harasztiné Hargitai Réka**, Sebestyén Viktor, Somogyi Viola: Potential water reuse pathways from a life cycle analysis perspective in the poultry industry, JOURNAL OF WATER PROCESSING ENGINEERING (2214-7144 2214-7144): 64 p. 105577. Paper 105577. (2024), <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.105577>
3. **H-Hargitai Réka**, Somogyi Viola: Impact of water as raw material on material circularity - A case study from the Hungarian food sector, HELIYON (2405-8440): 9 7 Paper e17587. (2023), <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17587>

Haza folyóiratban megjelent publikációk:

4. **Harasztiné Hargitai Réka**, Somogyi Viola: Körköröség mértékének számítási lehetősége és nehézsége az élelmiszeriparban, Hidrológiai Közlöny (0018-1323 2939-8495): 101 3 pp 75-84 (2021), Nyelv: Magyar, https://real-j.mtak.hu/15836/20/HK2021_03v2.pdf#page=76

Konferencia kiadványok, csak kivonatos megjelenéssel

5. **Harasztiné Hargitai Réka**: Életciklus-elemzés alkalmazása a vízkörforgás felé vezető úton, XIX. LCA Konferencia - „Kihívások és lehetőségek az LCA és a Körforgásos Gazdaság területén”, Konferencia helye, ideje: Budapesti Gazdasági Egyetem, 1055 Budapest, Markó u. 29-31., 2024. november 11-12., Nyelv: Magyar
6. **Harasztiné Hargitai Réka**: Körforgásos (víz)gazdaság megvalósításának vizsgálata, In: Zsirka Balázs, Domokos Endre PE/MK/KMI/Környezetmérnöki Intézeti Tanszék (szerk.), Green Solutions 2019 Conference, Konferencia helye, ideje: Veszprém, Magyarország

2019.01.01. (Pannon Egyetem), p. 7. (2019), Nyelv: Magyar, ISBN: 9789633961414

Egyéb, az értekezéshez nem szorosan kapcsolódó tudományos közlemények

Nemzetközi referált folyóiratban megjelent idegennyelvű publikációk

7. Viola Somogyi, Viktor Sebestyén, Zsófia Kovács, **Réka H. Hargitai**, Endre Domokos: Enhanced Pollution Removal with Heat Reclamation in a Small Hungarian Wastewater Treatment Plant, Journal of Sustainable Development of Energy Water and Environment Systems (1848-9257) (1848-9257): 6 3 pp 494-504 (2018), Nyelv: Angol, <https://doi.org/10.13044/j.sdewes.d6.0200>

Haza folyóiratban megjelent publikációk:

8. Dr. Somogyi Viola, **Harasztiné Hargitai Réka**, Pitás Viktória, Dr. Kárpáti Árpád, Horváth Dániel: Vágóhídi szennyvizek optimális tápanyag arányának megközelítése az előkezelés során, MASZESZ Hírszatorna: 2022. 3. lapszám pp 56-67 (2022), Nyelv: Magyar, https://www.maszesz.hu/wp-content/uploads/2024/06/Vagohidi-szennyvizek-optimalis-tapanyag-aranyanak-megkozelitese-az-elokezeles-soran_dr.SomogyiV_HarasztineHargitaiR_PitasV_dr.KarpatiA.pdf

Konferencia kiadványok, csak kivonatos megjelenéssel

9. Szabó István; Pitás Viktória, Bordós Gábor, Prikler Bence, **Harasztiné Hargitai Réka**, Micsinai Adrienn, Szoboszlai Sándor: Modellrendszer alkalmazása szennyvíztisztító telepek mikroműanyag forgalmának in vitro elemzésére, Konferencia helye, ideje: Zalakaros, Magyarország 2023.10.19. - 2023.10.20., Nyelv: Magyar
10. **Harasztiné Hargitai Réka**, Dr. Somogyi Viola: Circularity indicator development for a more flexible and comprehensive approach to assessing material, water and biological cycles in product development, Konferencia helye, ideje: Athén, Görögország 2023.06.07. - 2023.06.09., Nyelv: Angol
11. Somogyi Viola, Pitás Viktória, **Harasztiné Hargitai Réka**, Csizmadiané Czuppon Viktória: Future of nature-based wastewater treatment solutions in view of water reuse strategies, In: "Danube Delta" National Institute for

- Research Development, DELTAS AND WETLANDS, Konferencia helye, ideje: Tulcea, Románia 2023.06.05. - 2023.06.09., Nyelv: Angol
12. **Harasztiné Hargitai Réka**, Dr. Somogyi Viola: Víz- és szennyvízkutatások a körforgásos gazdaság kialakításához vezető úton, In: Hajdú Péter (Hajdú Péter Élelmiszertudomány) (szerk.), XXVI. Tavaszi Szél Konferencia 2023: Absztrakt kötet, Konferencia helye, ideje: Miskolc-Egyetemváros, Magyarország 2023.05.05. - 2023.05.07., p. 281. oldal. (2023), Nyelv: Magyar, ISBN: 9786156457233
 13. Somogyi Viola, **Harasztiné Hargitai Réka**: Achieving Circularity in Wastewater Treatment Plants – Current State and Future Perspective, In: SPIL2021 Virtual Conference System, Konferencia helye, ideje: Brno, Csehország 2021.11.04. - 2021.11.05., p. SPIL21.0080. (2021), Nyelv: Angol
 14. Somogyi Viola, Tetteh Ransford Okley, **Harasztiné Hargitai Réka**, Pítás Viktória: Challenges in poultry wastewater treatment under different temperature regimes, In: Book of Abstract, Konferencia helye, ideje: Svájc 2020.09.15. - 2020.09.17., Paper sciforum-034070. (2020), Nyelv: Angol
 15. **Harasztiné Hargitai Réka**, Somogyi Viola: Integrálható-e a víz, mint alapanyag a körforgásos számításokba?, In: Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség Dr. Dulovics Dezső Junior Szimpózium – Absztraktfüzet, Konferencia helye, ideje: Online konferencia 2021.03.03. - 2021.03.04. (Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség), p. 27. 1 p. (2021), Nyelv: Magyar
 16. **Harasztiné Hargitai Réka**, Somogyi Viola, Zebić Avdičević Maja, Domokos Endre: Membrán szűrés modellezése textilipari szennyvíz példáján keresztül, In: Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség Dr. Dulovics Dezső Junior Szimpózium, Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország 2019.03.06. (Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség), Nyelv: Magyar
 17. Somogyi Viola, Maja Zebic Avdicevic, **Harasztiné Hargitai Réka**, Domokos Endre, Ljubas D., Dobrovic S.: Modelling Ceramic and Polymer Ultrafiltration Membranes for Textile Dyeing Wastewater Treatment, In: Aleksandra Mudrovčić; Marko Ban (szerk.), 3rd SEE SDEWES Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems: Book of abstracts, Konferencia helye, ideje: Novi

Sad, Szerbia 2018.06.30. - 2018.07.03., pp 164-164 (2018), Nyelv: Angol, ISSN: 1847-7178

18. **H. Hargitai Réka**, Somogyi Viola, Domokos Endre: Körforgásos gazdaság jogi háttere és lehetőségei a víz szektorban, In: Absztrakt füzet, Konferencia helye, ideje: Debrecen, Magyarország 2018.10.11. - 2018.10.12. (Debreceni Egyetem Műszaki Kar), Nyelv: Magyar

Konferencia részvétel, poszter megjelenéssel:

19. Zebić Avdičević Maja, Somogyi Viola, Ljubas Davor; Domokos Endre, Dobrović S., **Harasztiné Hargitai Réka**, Varga Béla: Ultrafiltration of textile mercerization wastewater using ceramic membranes - modelling fouling and performance, In: 26th CROATIAN MEETING OF CHEMISTS & CHEMICAL ENGINEERS with international participation and 4th "Vladimir Prelog" Symposium: Book of Abstracts, Konferencia helye, ideje: Sibenik, Horvátország 2019.04.09. - 2019.04.12., p. 192. Paper P-B24. (2019), Nyelv: Angol
20. Somogyi Viola, Zebić Avdičević Maja, **Harasztiné Hargitai Réka**, Domokos Endre, Ljubas Davor, Dobrović S.: Modelling reactive dye removal by ultrafiltration ceramic membranes, In: 26th CROATIAN MEETING OF CHEMISTS & CHEMICAL ENGINEERS with international participation and 4th "Vladimir Prelog" Symposium: Book of Abstracts, Konferencia helye, ideje: Sibenik, Horvátország 2019.04.09. - 2019.04.12., p. 191. Paper P-B23. (2019), Nyelv: Angol