

# Szürkevíz összetételének és házi szürkevíz tisztító rendszer hatékonyságának vizsgálata

## The analysis of the composition of greywater and the effectiveness of a household greywater treatment system

Á. HUSZÁR<sup>1</sup>, A. ZSENI<sup>2</sup>, B. BAKÓ-DOMBI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Széchenyi István Egyetem, Audi Hungaria Járműmérnöki Kar, Környezetmérnöki Tanszék, környezetmérnök hallgató, husziagi21@gmail.com

<sup>2</sup>Széchenyi István Egyetem, Audi Hungaria Járműmérnöki Kar, Környezetmérnöki Tanszék, zseniani@sze.hu

<sup>3</sup>Mertcontrol Metric Minősítő, Fejlesztő és Szolgáltató Kft. Vizsgálólaboratóriuma, bdombi@mertcontrol.com

*Absztrakt. Jelen tanulmányunk célja, hogy összehasonlítható adatokkal szolgáljon a korábbi és a jövőben tervezett szürkevizekkel foglalkozó vizsgálatokhoz, valamint bemutassa egy kizárólag szürkevizzel táplált házi szennyvíztisztító berendezés tisztítási hatékonyságát. A tanulmány alapjául szolgáló szürkevíz mintavételezéseket egy olyan háztartásban végeztük, amely száraz toalett használatával kerüli ki a feketevíz keletkezését. A mintavételezésre 2017. január-május időszakban, összesen hét alkalommal került sor. A mintákat három helyről vettük: (i) ivóvíz a konyhai csapról, (ii) szürkevíz minta a szennyvíztisztító rendszer első aknájából és (iii) szürkevíz minta a szennyvíztisztító rendszer negyedik (utolsó) aknájából. A laboratóriumi mérések során összesen 16 fizikai, kémiai ill. mikrobiológiai paramétert vizsgáltunk, a méréseket a megfelelő szabványok szerint kivitelezve. Az eredmények azt mutatják, hogy a szürke- és feketevíz eredetüknél történő elkülönítése (pl. száraz toalett alkalmazásával) lényegesen kisebb környezeti terhelést okoz a szürkevíz alacsonyabb szervesanyag-, nitrogén- és foszfortartalmának köszönhetően.*

*Abstract. The purpose of the current study is to give comparable results to previous and further examinations concerning the quality of household generated greywater and to determine the effectiveness of a household wastewater treatment system treating only household generated greywater. Data for this study were collected from a household which avoids the production of black water at the source by using dry toilet. Water samples were collected from January 2017 until May 2017, altogether seven times. Samples were taken from 3 different places: (i) potable water from the kitchen tap, (ii) greywater sample from the first sewage tank of the household sewage treatment system and (iii) greywater sample from the fourth (last) sewage tank of the household sewage treatment system. A total of 16 physical, chemical and microbiological parameters were measured in the laboratory using the valid standard methods in each cases. The results of this investigation show that separating black water from greywater at the source by using dry toilet may produce considerably smaller environmental load. Lower emission values stems from the lower organic matter, nitrogen and phosphorus content of greywater.*

## Bevezetés

A növekvő mértékű vízfogyasztás következtében a vízhiány és a felhasznált víz által keletkezett szennyvíz világszerte problémát jelent. A háztartásokban keletkezett szennyvíz azonban az élővilág igen értékes erőforrása (lehetne) mind a benne lévő anyagokat, mind a vizet magát tekintve. A szürke- és feketevizet együttesen tartalmazó települési szennyvíz tisztítására szolgáló eljárások azonban összetett, költséges és energiaigényes folyamatok. A kétfajta víz különválasztása és egyedi kezelése műszakilag egyszerűbb, olcsóbb és a környezetvédelem szempontjából jóval hatékonyabb lenne. Az ürülék szennyvízbe eresztésének megakadályozása a száraz toaettek különféle típusainak használatával, valamint a szürkevíz megfelelő kezelést követő újrahasznosítása megoldást jelenthetne a problémákra.

Kutatómunkánk során egy kizárólag szürkevízzel táplált háztartási szennyvíztisztító berendezés tisztítási hatékonyságának vizsgálatát végeztük el. A vizsgált háztartás egyedi szennyvízkezelő létesítményéből a tisztított szürkevíz a kert öntözésére szolgál, azaz a talajra kerül. Az egyedi szennyvízkezelő létesítményből földtani közegbe történő bevezetés esetén nem fokozottan érzékeny területen csak a  $KOI_k$ -ra van határérték előírva a 30/2008. (XII. 31.) KvVM rendelet (a vizek hasznosítását, védelmét és kártételeinek elhárítását szolgáló tevékenységekre és létesítményekre vonatkozó műszaki szabályokról) 4. számú mellékletében. A szürkevíz-tisztító rendszer hatékonyságának bővebb értékelése céljából azonban figyelembe vettünk egyéb határértékeket és ajánlásokat is.

Tanulmányunk célja az volt, hogy összehasonlítható adatokkal szolgáljon korábbi és jövőben tervezett szürkevizekkel foglalkozó vizsgálatokhoz, valamint bemutassa egy kizárólag szürkevízzel táplált házi szennyvíztisztító berendezés tisztítási hatékonyságát. Munkánk egy működő szürkevíz tisztító rendszerből származó adatokkal járul hozzá a szürkevizek összetételére vonatkozóan eddig meglévő tudáshoz.

## 1. Anyag és módszer

Vizsgálatainkat egy Balaton környéki, de nem a Balaton vízgyűjtő területének részét képező faluban végeztük. A települési vízmű vízbázisa a nem sérülékeny vízbázis kategóriába tartozik, az ivóvízadó réteg mélysége 100 m alatti, a fedővastagság 50 m feletti [1]. A településen és környékén pleisztocén-holocén futóhomok, lösz és folyóvízi üledékek alkotják a fedőréteget. A talajvíz maximális mélysége a település belterületén 5-8 méter [2, 3]. A vizsgált háztartásban egy hatvan év körüli házaspár él, akik a keletkezett szürkevizet saját készítésű szennyvíztisztító berendezéssel tisztítják meg, majd a megtisztított vizet öntözővízként hasznosítják. A fekete szennyvíz keletkezését saját készítésű alomszék (amely a száraz toaettek egyik fajtája) használatával kerülik el, így az emberi salakanyag nem kerül a szennyvízbe, azt komposztálással hasznosítják, és a kertben talajerő utánpótlásra használják fel. A szürkevíz tisztító rendszer a vizsgálatok idején több mint 3 éve stacioner, állandósult állapotú üzemben működik környezettudatos életmód mellett. A környezettudatos életmódnak köszönhetően a kemikáliák mennyisége jóval kisebb, mint egy átlagos magyar háztartásban.

A szürkevíz tisztítására szolgáló műtárgy négy, betonból készült aknából áll, melyek teljes befogadóképessége 10 m<sup>3</sup> (3+3+3+1 m<sup>3</sup>). Az aknák fedettek, de aknafedélen keresztül nyithatók és ellenőrizhetők. A harmadik akna enyhén levegőztetett. A levegőztetést egy egyszerű akváriumi levegőztető látja el, amit egy automatakapcsoló óránként be-, illetve kikapcsol. Ez a fajta levegőztetés szinte elhanyagolható, mert a levegőztető teljesítménye alacsony, és csak a víz felső (körülbelül 30 cm-es) rétegét tudja levegőztetni. A negyedik, 1 m<sup>3</sup>-es akna tartalmazza a már öntözésre felhasználható vizet. Ha a negyedik aknából valamiért nem történik meg időben a víz kiszivattyúzása, és túl sok víz gyűlik össze benne, akkor a víz túlfolyón keresztül egy téglával kirakott részre ér, ahonnan elszivárog a környező talajba. A vízfogyasztás nyomon követésével kiszámolható volt, hogy a teljes tisztító rendszerben levő 10 m<sup>3</sup>-nyi szürkevíz teljes lecserélődéséhez kb. 90 napra van szükség.

A víz- és szennyvízminták vételezésére 2017. január – 2017. május időszakban, 7 alkalommal került sor. Mintavételezés minden alkalommal a szürkevíz tisztító rendszer első aknájából (bejövő szürkevíz), valamint a negyedik aknából (kimenő szürkevíz) történt. Háttérmintaként a konyhai csapvízből is vettünk mintát. A víz- és szennyvízminták vételét és minőségi elemzését az akkreditált mérések kivitelezéséhez szükséges módszerekkel végeztük. A víz- és szennyvízminták analitikai vizsgálata a komáromi Mertcontrol Metric Kft. akkreditált vizsgáló laboratóriumában történt. A vizsgált paramétereket, valamint a vizsgálat módszerét az 1. táblázatban összegeztük.

| minta típusa      | mért paraméter                               | vizsgálati módszer      | mérés alapja                       |
|-------------------|--|-------------------------|------------------------------------|
| szürkevíz         | Kémhatás (pH)                                | MSZ EN ISO 10523:2012   | elektróda                          |
| szürkevíz         | Fajlagos elektromos vezetőképesség 20°C-on   | MSZ EN 27888:1998       | elektróda                          |
| szürkevíz         | Kémiai oxigénigény (KOI <sub>k</sub> )       | ISO 15705:2002          | tesztcsöves                        |
| szürkevíz         | Biokémiai oxigénigény (BOI)                  | MSZ EN 1899-1:2000      | oldott oxigéntartalom mérése       |
| szürkevíz         | Összes szerves szén (TOC)                    | MSZ EN 1484:1998        | teljes oxidáció                    |
| ivóvíz, szürkevíz | Összes nitrogén (ÖN)                         | MSZ EN 12260:2004       | teljes oxidáció                    |
| ivóvíz, szürkevíz | Ammónium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )     | MSZ ISO 7150-1:1992     | folotmetria                        |
| ivóvíz, szürkevíz | Nitrit (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )       | MSZ EN ISO 10304-1:2009 | ionkromatográfia (IC)              |
| ivóvíz, szürkevíz | Nitrát (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )       | MSZ EN ISO 10304-1:2009 | ionkromatográfia (IC)              |
| ivóvíz, szürkevíz | Ortofoszfát (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) | MSZ EN ISO 10304-1:2009 | ionkromatográfia (IC)              |
| ivóvíz, szürkevíz | Foszfor (P)                                  | MSZ EN ISO 11885:2009   | atomemissziós spektroszkópia (ICP) |
| ivóvíz, szürkevíz | Szulfát (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )     | MSZ EN ISO 10304-1:2009 | ionkromatográfia (IC)              |
| ivóvíz, szürkevíz | Klorid (Cl <sup>-</sup> )                    | MSZ EN ISO 10304-1:2009 | ionkromatográfia (IC)              |
| szürkevíz         | Coliform baktériumok                         | MSZ ISO 9308-1:1993     | membránszűrés                      |
| szürkevíz         | <i>Escherichia coli</i> baktériumok          | MSZ EN ISO 9308-1:2001  | membránszűrés                      |

1. táblázat: Az ivóvíz és szürkevíz minták analitikai vizsgálata során meghatározott paraméterek és azok vizsgálati módszere.

## 2. Eredmények és értékelésük

Az 1. aknában vett (bejövő víz) minták mérési eredményei a háztartásban keletkezett szürkevíz összetételét mutatják meg számunkra. Ezeket az adatokat hazai szakirodalmi szürkevíz vizsgálatok eredményeivel [4, 5] hasonlítottuk össze. A 4. aknában vett (kimenő víz) minták mérési eredményeit a 30/2008 KvVM rendelet (KOI<sub>k</sub>, NH<sub>4</sub>-N, összes szervesetlen nitrogén) [6], a 28/2004 kormányrendelet

(pH,  $KOI_k$ ,  $BOI_5$ , ammónia-ammónium-nitrogén, összes nitrogén, összes foszfor, coliform szám) [7], az 50/2001 kormányrendelet (kloridtartalom) [8] kibocsátási határértékeivel, a megjelenés alatt álló, szürkevizekre vonatkozó DIN EN 16941-2:2017 európai-magyar szabványban útmutatóként megjelenő BS 8525:2010 angol szabvány (összes coliform, *Escherichia coli*) [9], valamint az EPA (Environmental Protection Agency, USA) által javasolt minőségi követelményekkel vetettük össze (pH,  $BOI_5$ ,  $KOI_k$ , TOC, nitrogén, foszfor, összes koliform baktérium, *Escherichia coli*) [10]. Mivel az egyes jogszabályok ill. ajánlások hatálya alá eső vízminőségi paraméterek köre részben eltér egymástól, ezért az adott paraméter mérési eredményeinek értékelésekor értelemszerűen csak azon jogszabályi vagy ajánlott értékekhez való viszonyát tudtuk megvizsgálni, amely az adott paraméterre vonatkozóan előírást tartalmaz. A vizsgált háztartás ill. szürkevíz tisztító berendezés a 219/2004 kormányrendelet alapján a nem fokozottan érzékeny területek közé tartozik [11].

- Hőmérséklet

Az 1. és 4. aknában, 3 mélységben történt hőmérsékletmérési eredmények azt mutatták, hogy hőmérsékleti rétegződés nem figyelhető meg vagy minimális ( $1^\circ\text{C}$ -on belüli) az egyes aknában, valamint a két akna vizének hőmérséklete is megegyezik. A víz hőmérséklete az 1. mintavételezéskor volt a leghidegebb,  $+3^\circ\text{C}$ , majd fokozatos növekedést mutatott a következő hónapok folyamán. A májusi, utolsó mintavételezéskor  $+10^\circ\text{C}$  víz hőmérsékletet mértünk.

- Kémhatás

A vizsgált időszakban a bemenő aknában  $\text{pH}=7,11-7,30$  közötti értékeket mértünk. A kimenő aknában  $\text{pH}=7,49-7,90$  közötti, amely benne van mind az EPA által kijelölt  $\text{pH}=6-9$ , mind a 28/2004-es kormányrendelet által kijelölt  $\text{pH}=6-9,5$  intervallumban. Azaz a tisztított szürkevíz kémhatása megfelel a követelményeknek mind öntözési, mind élővízbe bocsátási célból.

- Fajlagos elektromos vezetőképesség  $20^\circ\text{C}$ -on

A bejövő vízminták esetében a fajlagos elektromos vezetőképesség  $723-1053 \mu\text{S}/\text{cm}$  közötti intervallumban mozgott, hasonlóan a kimenő szennyvíz  $690-1026 \mu\text{S}/\text{cm}$  közötti értékeihez.

- Kémiai oxigénigény ( $KOI_k$ )

A szürkevíz kémiai oxigénigénye jelentősen lecsökken a szennyvíztisztítás során. A bemenő víz  $KOI_k$  értékei  $112-270 \text{ mg}/\text{l}$  közötti intervallumban mozogtak. A kimenő víz esetében  $19,5-80 \text{ mg}/\text{l}$  közötti értékeket mértünk. A tisztított víz kémiai oxigénigénye jelentősen alatta marad a 30/2008 KvVM rendelet egyedi szennyvízkezelő létesítményből földtani közegbe történő bevezetésére előírt  $150 \text{ mg}/\text{l}$  határértéknek (nem fokozottan érzékeny terület), és alatta marad ugyanezen jogszabály fokozottan érzékeny és magas talajvízállású területekre vonatkozó  $75 \text{ mg}/\text{l}$  értékének is (ez utóbbi 24h-ás átlagmintára vonatkozik). A vizsgált létesítményre hivatalosan csak ez a határérték vonatkozik, amelynek megfelel. A tisztított víz minősége megfelel az élővízbe bocsáthatósági határértéknek is mind az egyedi szennyvízkezelő létesítményekre vonatkozóan (30/2008 KvVM rendelet), mind a területi határértékre vonatkozóan (28/2004-es kormányrendelet): a határérték mindkét jogszabályban  $150 \text{ mg}/\text{l}$ . A mért értékek ezen kívül megfelelnek az EPA öntözési célú szennyvízhasznosítás során elérendő  $KOI < 20-90 \text{ mg}/\text{l}$  hasznosíthatósági érték intervallumának is.

- Biokémiai oxigénigény (BOI<sub>5</sub>)

A KOI-hoz hasonlóan a BOI<sub>5</sub> is jelentősen lecsökken a szennyvíztisztítás eredményeképpen. A bemenő vízben 88-178 mg/l közötti értékeket mértünk. A biokémiai oxigénigényre az egyedi szennyvízkezelő létesítményekre vonatkozó 30/2008-as KvVM rendelet nem tartalmaz határértéket. A kimenő vízben értéke csak egy mérés alkalmával haladta meg a 28/2004-es kormányrendelet élővízbe bocsáthatósági 50 mg/l területi határértékét (56,4 mg/l), a többi mintavételezéskor értéke 10,7-39,3 mg/l között mozgott. Az öntözéses szennyvízhasznosítás során elérendő EPA hasznosíthatósági értéket (BOI<sub>5</sub> < 10-45 mg/l) is csak a fenti egy mintában haladta meg a BOI<sub>5</sub>. Azonban a szintén EPA által közölt, élelmiszertermelés céljára szolgáló, főzés nélkül fogyasztott élelmiszerek öntözésére szolgáló szennyvizek esetén elérendő ≤ 10 mg/l-t minden vizsgált mintában, a nem élelmiszer célú öntözés során elérendő ≤ 30 mg/l-t két mintában haladta meg a BOI<sub>5</sub> mért értéke. Az EPA javaslatai természetesen hazánkban nem előírások, és meglátásunk szerint a kimenő tisztított vízben általunk mért szervesanyag-tartalom nem jelent problémát a víz öntözővízként történő hasznosításakor. Egy nagyobb teljesítményű levegőztető azonban javíthatna a tisztítás hatásfokán. A levegőztetés fokozásával elősegíthetjük a reakciók minél gyorsabb, minél nagyobb mértékű végbemenetelét.

- Összes szerves szén (TOC)

A bemenő szürkevíz összes szerves szén tartalma (27,7-54,4 mg/l) meghaladja a kimenő vízre jellemző értékeket (9,6-16,7 mg/l), összhangban a szerves anyag tisztítás közbeni lebomlásával. Az öntözéses szennyvízhasznosítás során elérendő EPA hasznosíthatósági érték felső intervallumát (< 1-10 mg/l) a minták közelítik, több esetben kicsivel meg is haladják. Az intenzívebb levegőztetés tovább javíthatná a szerves anyagok mineralizációját, amint azt már a BOI<sub>5</sub> csökkentési lehetőségeként is javasoltuk.

- Összes nitrogén (ÖN)

A bemenő szürkevíz összes nitrogén tartalma (9,3-15,5 mg/l) valamivel meghaladja a kimenő vízre jellemző értékeket (7,3-9,9 mg/l). Az ivóvíz összes nitrogén tartalma elhanyagolható. A 30/2008 KvVM rendelet egyedi szennyvízkezelő létesítményből földtani közegbe történő bevezetése esetén a nem fokozottan érzékeny területekre nem, csak a fokozottan érzékeny és magas talajvízállású területekre ír elő határértéket: az összes szerves nitrogén tartalom 25 mg/l lehet 24h-s átlagmintában. Mi ugyan pontmintákat vettünk és összes nitrogén tartalmat mértünk, de a kimenő víz összes nitrogén tartalma alapján jogosan feltételezzük, hogy a tisztító rendszer bőven eleget tesz a fokozottan érzékeny területekre vonatkozó határértéknek is (habár a vizsgált létesítmény nem fokozottan érzékeny területen helyezkedik el). A kimenő víz összes nitrogén tartalma egyszer sem közelítette meg a 28/2004-es kormányrendelet élővízbe bocsáthatósági 55 mg/l határértékét. Érdekesképpen, a rendelet legszigorúbb, 1. Balaton és vízgyűjtője közvetlen befogadói kategória 20 mg/l határértékét is kielégíti a tisztított szürkevíz minősége. Az öntözéses szennyvízhasznosítás során elérendő EPA hasznosíthatósági érték intervallumba (< 1-30 mg/l) is beleesnek a mért adatok. A szürkevíz alacsony nitrogéntartalma természetesen nem meglepő, hiszen a települési szennyvízben lévő nitrogéntartalom csaknem teljes mennyisége az emberi ürüleből származik, a szürkevíz azonban ürületet elméletileg nem tartalmaz.

- Ammónium (NH<sub>4</sub>)

A bemenő szürkevíz mintákban az ammóniumtartalom változó, de 13 mg/l alatti értékeket vesz fel. Az ivóvízminta ammóniumtartalma elhanyagolható, azaz az ammónium a víz háztartásban történő felhasználásának eredményeként jelenik meg a szürkevízben. A kimenő mintákban az ammónium maximális mért értéke 6,8 mg/l. A kimenő víz alacsonyabb ammóniumtartalma a tisztítás során lejátszódó oxidációs folyamatoknak köszönhető. A 30/2008 KvVM rendelet alapján az egyedi szennyvízkezelő létesítményből földtani közegbe történő bevezetés esetén a nem fokozottan érzékeny területekre vonatkozóan az ammóniumra nincs határérték előírva. A fokozottan érzékeny és magas talajvízállású területekre 10 mg/l a határérték (24h-s átlagminta), amely határértéknek a tisztító rendszer eleget tesz. Ugyanezen rendelet az egyedi szennyvízkezelő létesítményből felszíni vízbe történő bevezetés esetére 40 mg/l NH<sub>4</sub>-N határértéket ír elő (átszámolva 51,43 mg/l ammónium), amely határértéket a szürkevíz már a tisztítása előtt is kielégíti. Ugyancsak már a tisztítás előtt megfelel a szürkevíz a 28/2004-es kormányrendelet élővízbe bocsáthatósági 20 mg/l ammónia-ammónium-nitrogén határértékének is (amely átszámolva 25,71 mg/l ammóniumtartalomnak felel meg).

- Nitrit (NO<sub>2</sub>)

A nitrittartalom a bejövő szürkevíz mintákban és az ivóvíz mintákban egyszer sem haladta meg a kimutatási határértéket, és csupán két alkalommal volt a kimutatási határérték felett a tisztított vízben (0,6-0,7 mg/l). A nitrittartalom a nitráthoz hasonlóan az ammónia nitrifikáló baktériumok általi oxidációja következtében jelenhet meg, de továbboxidálódik nitráttá. A nitritre vonatkozóan kibocsátási határértékek nincsenek előírva.

- Nitrát

Az általunk vizsgált háztartás bejövő szürkevizében a nitrát értéke kimutatási határérték (0,1 mg/l) alatt van. A kimenő szürkevíz minták némelyikében kimutattuk a nitrátot, a legmagasabb mért érték 13,5 mg/l volt. A nitráttartalom a szennyvíztisztítás során lejátszódó reakcióknak köszönhető, melyek során a nitrifikáló baktériumok segítségével az ammónium nitritté majd nitráttá oxidálódik. Ebből következően a nitrát és nitrit mennyisége függ a szerves anyag mennyiségétől is. A nitrátra vonatkozóan kibocsátási határértékek nincsenek előírva.

- Ortofoszfát

A bemenő szürkevíz ortofoszfát-tartalma 1,3 mg/l alatti, a kimenő szürkevíz ortofoszfát-tartalma 1,8 mg/l alatti a vizsgált mintáinkban, az ivóvízben pedig kimutatási határérték alatti mennyiségben van jelen. A foszfátra vonatkozóan kibocsátási határértékek nincsenek előírva.

- Foszfor

A foszfortartalom mind a bemenő, mind a tisztított szürkevízben hasonlóan, 0,4-0,9 mg/l között volt mérhető, az ivóvízben mért érték pedig elhanyagolható. Az eredmény nem meglepő, hiszen a települési szennyvizek foszfortartalmának kb. 90%-a az ürülékből származik, a szürkevíz a teljes foszfortartalomnak csak kb. 10%-át tartalmazza. A kimenő víz összes foszfortartalma alatta marad az öntözéses szennyvízhasznosítás során elérendő EPA hasznosíthatósági érték intervallumnak (< 1-20 mg/l), és egyszer sem közelítette meg a 28/2004-es kormányrendelet élővízbe bocsáthatósági 10

mg/l határértékét. Érdekességképpen, a rendelet legszigorúbb, 1. Balaton és vízgyűjtője közvetlen befogadói kategória 0,7 mg/l határértékét a vizsgált 7 mintavételből csak 3 esetben haladta meg 0,1-0,2 mg/l-rel a tisztított szürkevíz foszfortartalma.

- Szulfát

A bemenő szürkevíz szulfáttartalma 10 mg/l alatti, a kimenő vízben pedig 21 mg/l alatti értékeket kaptunk, amely valószínűleg a tisztítás során a vízben lezajló oxidációs folyamatok eredménye. A szulfátra vonatkozóan kibocsátási határértékek nincsenek előírva.

- Klorid

Mind a bemenő, mind a tisztított víz kloridtartalma 22-35 mg/l közötti intervallumban mozgott a vizsgált mintákban. A kloridtartalom alapvetően az ivóvízből származik. A szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól szóló 50/2001-es kormányrendelet alapján a mezőgazdasági célú vízfelhasználás esetében a kloridtartalom nem haladhatja meg a 150 mg/l-t, amely határértéknek a vizsgált tisztított szürkevíz bőven megfelel.

- Coliform baktériumok száma

A vizsgált szürkevíz mintákban megfigyelhető a coliform baktériumok nagy mennyisége, számuk a bejövő víznél szinte minden alkalommal értékelhetetlenül sok volt. Ez nem is lenne probléma, ha a kimenő víz értékei minimálisra csökkennének a mikrobiológiai folyamatoknak köszönhetően, de itt is magas értékeket tapasztaltunk, különösen a melegedés előrehaladtával. Ezek a baktériumok önmagukban általában nem okoznak súlyos betegséget, és előfordulhat, hogy a nem teljesen lefedett aknába esetleg bekerült élőlények, növényi maradványok bomlása miatt vannak jelen, de azt is jelezhetik, hogy más, ürülékből származó kórokozók is jelen lehetnek – az alomszék használata és a szürkevíz tisztítása ellenére. A mért értékek jóval meghaladták mind az öntözési célú felhasználásra megadott EPA (USA) <1-200 CPU/100ml és a BS 8525:2010 angol szabvány 1000 CFU/100ml határértékét, mind a 28/2004-es KvVM rendelet felszíni vizekbe bocsátható szennyvizek esetében előírt 10 egyed/100ml határértéket is.

- *Escherichia coli* száma

A bejövő szürkevízben a vizsgálat első két alkalmát kivéve értékelhetetlenül sok telep képződése volt megfigyelhető. A kimenő tisztított vízben a hidegebb időszakban nem, vagy kevés, később a melegedéssel értékelhetetlenül sok volt az *Escherichia coli* szám. Az első két mintavételezéskor (jan. 24., febr. 10.) az aknák vizének hőmérséklete +3-4°C volt, és ekkor a mintákban még nem volt jelen az *Escherichia coli*. A harmadik, február végi mintavételezéskor +5°C volt az aknák vizének hőmérséklete, majd májusig +10°C-ig emelkedett. Az *Escherichia coli* szám a januári és februári mérések kivételével jóval meghaladta az öntözési célú felhasználásra megadott EPA (USA) <1-1000 CPU/100ml és a BS 8525:2010 angol szabvány 250 CFU/100ml határértékét is.

### 3. Következtetések

A szürkevíz összetételének vizsgálata alapján megállapítható, hogy a korábbi hazai szürkevizet vizsgálatokról közölt eredményekhez képest [2, 18] az általunk vizsgált háztartás szürkevizének szervesanyag-, nitrát-, foszfát- és szulfáttartalma, valamint elektromos vezetőképessége

alacsonyabbnak adódott. Ez feltehetően a háztartásban élők szokásosnál nagyobb mértékű környezettudatos életmódjával van összefüggésben (a konyhai ételmaradék komposztra és nem mosogásra kerül, a tisztító- és tisztálkodási szerek használata minimális és lehetőség szerint környezetbarát).

A vizsgált háztartás egyedi szennyvízkezelő létesítményére vonatkozóan (a tisztított szennyvíz talajba engedése nem fokozottan érzékeny területen) a 30/2008. (XII. 31.) KvVM rendelet alapján csak a  $KOI_k$ -ra van határérték, amely határértéknek a tisztított szürkevíz megfelel. Sőt, a tisztított víz kielégíti ugyanezen rendelet fokozottan érzékeny és magas talajvízállású területekre előírt  $KOI_k$ ,  $NH_4-N$  és  $ÖN$  határértékeit is.

A háztartási tisztítórendszer kimenő szürkevizének vizsgálati eredményeit elsősorban annak öntözéssel történő hasznosítása szempontjából szeretnénk volna értékelni. Az öntözésre szolgáló szürkevizekre vonatkozó EPA irányelveknek a tisztított szürkevíz a kémhatás, az összes nitrogén-, az összes foszfor- és a kloridtartalom, valamint a  $KOI$  tekintetében teljesen megfelel. A kimenő víz  $BOI_5$ -ben és  $TOC$ -ban kifejezett szervesanyag-tartalma is megfelel öntözési célra, azonban általában közelítette, esetenként át is lépte a javasolt hasznosíthatósági intervallumot. A szerves anyag lebontásának hatásfokán egy nagyobb teljesítményű levegőztető berendezés javíthatna. Mindemellett megjegyezzük, hogy a szürkevíz szervesanyag-tartalma jóval alatta marad a feketevizet (azaz ürüléket) is tartalmazó szennyvíz szervesanyag-tartalmának. A mintákban igen magas coliform és *Escherichia coli* számot mértünk. A tisztított víz ammónium-, nitrit-, nitrát- és szulfáttartalma alacsony, és öntözési célú felhasználása biztosan nem okozza a talajok ill. a talajvíz elszennyeződését.

Eredményeink értékelése során megvizsgáltuk az élővízbe bocsátás feltételeinek való megfelelést is. A tisztított szürkevíz kielégíti a 30/2008 KvVM rendeletnek az egyedi szennyvízkezelő létesítmények felszíni vízbe történő kibocsátására vonatkozó mindkét határértékét ( $KOI_k$  és  $NH_4-N$ , utóbbi esetben már a tisztítás nélküli szürkevíz is). A 28/2004 KvVM rendelet 4-es, általános védettségi kategória befogadókra vonatkozó területi határértéket tekintve a tisztított szürkevíz nem meglepően számos paraméter esetében jelentősen alatta marad az élővízbe bocsáthatósági határértéknek az összes nitrogén-, összes foszfortartalom, kémhatás és  $KOI$  esetében. A  $BOI_5$ -ben kifejezett szervesanyag-tartalom is csak egy esetben lépte át minimálisan az élővizekbe való kibocsátási határértéket.

Méréseink alapján összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy a háztartási szürkevíz tisztító rendszer hatékonysága a kémiai paramétereket tekintve teljesen megfelelő, a magas coliform szám, és különösen a magas *Escherichia coli* szám azonban óvatosságra int a közvetlen fogyasztásra kerülő élelmiszernövények öntözése esetén. A gyepek, a virágoskertek, a fák, érési időn kívül a veteményes öntözése és érési időben nem permetező jellegű öntözés esetén a zöldségfélék vízutánpótlása is teljes biztonsággal végezhető véleményünk szerint. A háztartás lakóinak az alomszék használatával, az egyedi szennyvíztisztító rendszer üzemeltetésével és a víz újrahasznosításával a víz mennyiségi és minőségi védelmére tett törekvése példaértékű a falusi és kertvárosi jellegű települések lakói számára.

Kutatásunk során a mintavételezések száma és időtartama sajnos korlátos volt, valamint csak egy háztartást tudtunk bevonni a vizsgálatokba. Mindazonáltal munkánk jövőbeni, nagyobb léptékű vizsgálatok kiindulópontjaként szolgálhat. Több háztartás bevonásával a jövőben érdemesnek tartjuk megvizsgálni a különböző életmódok hatását a szürkevíz összetételére, valamint különféle



technológiájú ill. az általunk vizsgálttól eltérő paraméterekkel rendelkező szürkevíz tisztító házi kisberendezések tisztítási hatékonyságának összehasonlító vizsgálatát is fontosnak találjuk. Egy hosszabb intervallumú kutatással pedig lehetőségünk lenne a hőmérséklet tisztítási hatékonyságra gyakorolt hatását is feltárni ill. igazolni.

## Hivatkozások

- [1] *1-11 Sió Vízyűjtő-gazdálkodási Terv*. Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, 108 p., 2016
- [2] Magyarország talajvízszint térképe (0-20m) [https://map.mbfisz.gov.hu/tvz100\\_251020/](https://map.mbfisz.gov.hu/tvz100_251020/), letöltve: 2018. április 18.
- [3] Magyarország talajvízszint térképe (0-10m) [https://map.mbfisz.gov.hu/tvz100\\_1248/](https://map.mbfisz.gov.hu/tvz100_1248/), letöltve: 2018. április 18.
- [4] I. Bodnár – N. Boros – E. Fehérné Baranyai – S. Fórián – A. Izbékiné Szabolcsik – G. Jolánkai – A. Keczánné Üveges – D. Kocsis (2014) *Épületek csapadékvizeinek és szürkevízeinek vizsgálata az Észak- Alföld régióban környezetbarát és energiahatékony hasznosítás céljából*. In: F. Kalmár (szerk.) Fenntartható energetika megújuló energiaforrások optimalizált integrálásával, Akadémiai Kiadó, 167-201.
- [5] A. Petrányi – N. Boros (2013) *Szürkevíz minták szerves anyag tartalma és a mikrobaszám közötti összefüggések vizsgálata*. Debreceni Műszaki Közlemények 2013/2, 61-66.
- [6] 30/2008. (XII. 31.) KvVM rendelet (a vizek hasznosítását, védelmét és kártételeinek elhárítását szolgáló tevékenységekre és létesítményekre vonatkozó műszaki szabályokról)
- [7] 28/2004 (XII.25.) KvVM rendelet (a vízszennyező anyagok kibocsátásaira vonatkozó határértékekről és azok alkalmazásának egyes szabályairól)
- [8] 50/2001. (IV.3.) kormányrendelet (A szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól)
- [9] D.-né Dulovics, Megjelenés előtt a „Keletkezés helyén hasznosító nem ivó – (használati) vízellátó rendszerek – 2. rész, Tisztított szürkevíz hasznosító rendszerek” című európai-magyar szabvány, MASZESZ Hírcsatorna, 2017/5, 40-51., 2017
- [10] R. Bodáné Kendrovics (2017) *A szennyvíz mezőgazdasági felhasználásának indokai és feltételei*. MASZESZ Hírcsatorna, 6, 5-23.
- [11] 219/2004 (VII. 21.) kormányrendelet a felszín alatti víz szempontjából érzékeny területek kategóriába sorolásának szempontjait a felszín alatti vizek védelméről

**A publikáció anyagának a 2018. okt. 11-12-én zajló Környezetmérnöki Konferencia és Szakmai Napon történő bemutatása az EFOP-3.5.1-16-2017-00013 pályázat keretében valósulhatott meg.**