

## VEGYSZERES KEZELÉS HATÁSA A SZÜRKEVIZEK ZÉTA-POTENCIÁLJÁRA ÉS MIKROBIOLÓGIAI JELLEMZŐIRE<sup>⊗</sup>

### EFFECTS OF CHEMICAL TREATMENT FOR GREY WATER ZETA POTENTIAL AND MICROBIAL PARAMETERS

UNGVÁRI Levente<sup>1</sup>, PETRÁNYI Andrea<sup>1</sup>, BOROS Norbert<sup>2</sup>, KECZÁNNÉ ÜVEGES Andrea<sup>2</sup>

hallgató<sup>1</sup>, főiskolai docens<sup>2</sup>

Debreceni Egyetem Műszaki Kar Környezet- és Vegyészmérnöki Tanszék

zaleilah6@gmail.com, andi.petranyi@gmail.com, nboros@eng.unideb.hu, auveges@eng.unideb.hu

**Kivonat:** Kutatásunk során az Északkelet-magyarországi régióból származó szürkevíz mintákat vizsgáltunk, illetve kezeltünk különböző flokkulálószerrel (vas(III)-klorid, alumínium-szulfát) adagolásával, majd tanulmányoztuk, hogy a vegyszeres kezelés a vizsgált vízminták egyes jellemző paramétereiben milyen változást eredményezett. Az optimális „0” mV zéta-potenciál érték megközelítését (-1,13 mV) egy -15,2 mV zéta-potenciállal rendelkező keverék fürdővíz 100 ml-es részleténél 20 mg hozzáadott vas(III)-kloriddal értük el. Ezzel szemben alumínium-szulfátos kezeléshez 12,5 mg vegyszerre volt szükségünk ahhoz, hogy 1,45 mV zéta-potenciált érjünk el. Mikrobiológiai szempontból viszont a vas(III)-kloriddal értünk el nagyobb hatékonyságot, a kezdeti összcsíraszám a keverék fürdővízben 7 lgCFU/ml, összkoliform szám 6 lgCFU/ml volt, kezelés hatására az összcsíraszám és az összkoliform szám egyaránt 3 lgCFU/ml-re csökkent. Alumínium-szulfátos kezelés esetén sem az összcsíraszám, sem az összkoliform szám nem csökkent jelentős mértékben.

**Kulcsszavak:** szürkevíz, flokkulálás, koagulálás, újrahasznosítás, vízkezelő eljárások

**Abstract:** Greywater samples from the Northeast regions of Hungary were examined and treated by the addition of different flocculants, and learned that the chemical treatment of the greywater sample some typical parameters of what led to change. The optimal "0" mV zeta potential value approaches a -15.2 mV mixture bathwater added 20 mg of iron(III)-chloride is achieved, so had -1.13 mV value. In contrast, we needed aluminum sulphate 12.5 mg treatment chemicals to achieve a value of 1.45 mV. However, we have the iron(III)-chloride microbial point of view to greater efficiency, the initial total plate count bath water mixture 7 lgCFU/ml, total coliform count was 6 lgCFU/ml treatments, the total plate count and total coliform number both 3 lgCFU/ml decreased. Aluminum-sulphate treatment nor the total plate count, total coliforms nor the number decreased significantly to refrain.

**Keywords:** greywater, flocculation, coagulation, recycling, water treatment processes

#### 1. BEVEZETÉS

Az emberiség édesvíz készletei végesek, folyamatosan fogyasztjuk és szennyezzük ivóvizeinket, rontva ezzel annak minőségét. A Föld népességének növekedésével a napi vízigény is egyre nő. Sok országban már tiszta ivóvízhez sem jutnak, néhány helyen a tengerből származó vizet próbálják megtisztítani, de nem teljes sikerrel (költséges, körülményes eljárás). Az emberiségnek új alternatívákra van szüksége, hogy a fenntartható fejlődés keretében ne csak mi, hanem a későbbi generációk is ugyanolyan tiszta vizet fogyaszthassanak, amit mi fogyasztunk nap, mint nap [1].

<sup>⊗</sup> Szaklektorált cikk. Leadva: 2014. november 06., Elfogadva: 2014. november 20.  
Reviewed paper. Submitted: 06. 11., 2014. Accepted: 20. 11., 2014.  
Lektorálta: BODNÁR Ildikó / Reviewed by Ildikó Bodnár

Magyarországon és sok más országban, ahol az ivóvízhiány nem olyan jelentős, jelenleg is nagy mennyiségű ivóvizet használnak fel a háztartásokban olyan dolgokra, amelyekhez nem lenne fontos, ilyen például a WC öblítés, kocsis mosás, öntözés. Szakemberek szerint, ha csak a WC öblítését oldanánk meg újrahaznosítással, akár 30%-os vízfogyasztás csökkentést érhetnénk el, ha pedig öntözésre is hasznosítjuk, ez az érték 50%-ra nőhet háztartásonként [6,9]. Az utóbbi évtizedekben egyre több külföldi szakirodalom foglalkozik a szürkevizek újrahazsnálatával. Szürkevíznek nevezzük a háztartási tevékenységek (fürdés, mosás, mosogatás) során keletkező szennyvíz azon részét, melybe nem kerül fekália eredetű szennyezés [7]. Egyes szakirodalmak csak a kevésbé szennyezett szürkevizet (fürdés, mosás, kézmosás) újrahazsnálatát javasolják, hiszen e szürkevizet tisztítási költségei jóval alacsonyabbak, illetve tisztításuk kevesebb kedvezőtlen hatással járnak [5]. Az egyes háztartások számára a szürkevíz hasznosítása révén nem csak a közüzemi díjak csökkenése válna elérhetővé, hanem a környezetszennyezés mértéke is csökkenne azáltal, hogy kevesebb szennyvíz kerülne a közcatornába, így kevesebb szennyezőt kellene eltávolítaniuk a szennyvíz kezelő telepeknek.

A szürkevizet, főképp a fürdésből és mosásból származó vizek hasznosítása, és ebből adódóan kezelése került előtérbe sok országban (például Ausztrália, Izrael, arab országok), ahol főként füves területek és kertek locsolására hasznosítják. Az ausztrál lakosság egyre jobban elismeri a szürkevíz kezelést és hasznosítást, mint újrahazsnálható vízforrást, a kertek és pázsitok locsolását ugyanis főképp a fent említett forrásokból származó (kezelt) szürkevizekből oldják meg. A cél, hogy a fent említett szürkevizet megtisztítva, majd visszaforgatva a tisztított víz például a WC öblítéséhez és az öntözéshez felhasznált ivóvizet kiegészítse, jobb esetben teljesen kiváltsa.

A szürkevíz-tisztítási technika függhet attól is, hogy milyen gazdasági helyzet jellemzi az adott területet, mennyire fontos e terület fejlesztése és persze a víz újrahazsnálatának helye, mint például WC öblítés vagy mezőgazdasági öntözés [3,4]. Vidéki és városi szinten is újraértelmezték az elmúlt években a szürkevíz fogalmát, mint új vízforrást a fent említett tevékenységekre. Fontos lenne nemzetközileg is együttműködni a legtöbb országgal (Ausztrália, Izrael, arab országok), akik a szürkevíz újrahazsnálatát támogatják, emellett pedig vízpolitikailag is elfogadottá tenni, hogy a lakóházakban egy új vízrendszer kiépítésével megoldják a szürkevíz újrahazsnálatát. Több megoldás áll rendelkezésünkre ahhoz, hogy koagulációval és flokkulációval együttesen a szürkevizet megszabadítsuk a benne lévő kolloidális méretű szerves és szervetlen részecskéktől, illetve a lebegőanyagoktól.

A tisztítás tervezésekor nem hagyhatjuk figyelmen kívül a szürkevizekben jelen lévő mikroorganizmusokat sem. A szürkevizet gyakran jelentős szerves anyag tartalma ideális körülményeket biztosít a baktériumok elszaporodására a tárolás ideje alatt. Azáltal, hogy a WC öblítéséből származó szennyvíz nem kerül a szürkevízbe, a patogének okozta egészségügyi veszély jóval kisebb, mint a szennyvizet esetén [10], azonban kezelés nélkül a szürkevíz használata is egészségügyi kockázatot jelent. A szürkevizet fizikai kezelése önmagában nem elegendő ahhoz, hogy kellő tisztaságú újrahazsnálható vizet kapjunk, hiszen így a nagyméretű részecskék szűrhetőek ki, tárolás során viszont sok szerves anyag marad a vízben a mikrobákkal együtt, melyek tovább szaporodhatnak. Ezért célul tűztük ki egyrészt a szürkevizet kémiai kezelését, másrészt a kezelt vízminőség mikrobiológiai vizsgálatát.

A szürkevíz újrahazsnálat során többfajta koagulálószerrel beszélhetünk, ilyen a vas(III)-klorid ( $\text{FeCl}_3$ ), alumínium-szulfát ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), nátrium-bentonit, polialumínium-klorid és különböző polielektrolitok [8]. Több tudományos szakirodalom is említést tesz arról, hogy alumínium(III) és vas(III) sók használata is széles körben elterjedt a koagulációs, flokkulációs vízkezelésnél.

Kísérleteink során flokkulálószerként vas(III)-kloridot, és alumínium-szulfátot, mint fémsókat alkalmaztunk, melyek képesek hidrolizálni a vízben. Ezeket a fémsókat oldat formájában adtuk hozzá a kezelendő szürkevíz mintákhoz, így határoztuk meg a megfelelő vegyszerigényt. A mikrobiológiai gyorstesztetek segítségével pedig a +/-5mV zéta-potenciál értékű már kezelt szürkevíz mikrobiológiai minőségét vizsgáltuk, hogy hogyan változik a kezelés hatására a baktériumok száma, majd összefüggést vontunk le a vegyszer adagolása és a mikrobiológiai paraméterek között. Ezek mellett a zavarosság mérése elengedhetetlen, hiszen a lebegőanyagok jelenlétét ezáltal egyszerűen mérhetjük.



1. ábra Zéta-potenciál mérés előkészítése (Malvern Zetasizer NanoZ készülékkel) a Debreceni Egyetem Műszaki Kar Környezet- és Vegyészmérnöki Tanszék Vízminőségvédelmi laboratóriumában (Fotók: Orosz Péter)

## 2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A szürkevíz mintákat minden méréshez az Északkelet-magyarországi régióból gyűjtöttük össze. A beérkező minták fürdésből és mosásból származtak, típusonként 2-2 liter keverék mintát készítettünk. A szürkevíz mintákat a Debreceni Egyetem Műszaki Kar Környezet-és Vegyészmérnöki Tanszék Vízminőségvédelmi laboratóriumában vizsgáltuk. A mintákat optimális hőfokon (+4 °C) tároltuk. A mikrobiológiai vizsgálatokat 72 órán belül elvégeztük, ahogyan azt a mikrobiológiai gyorsteszték megkívánták, hiszen 72 órás leolvasási eredmények értékelése szükséges az általunk használt gyorsteszteknél.

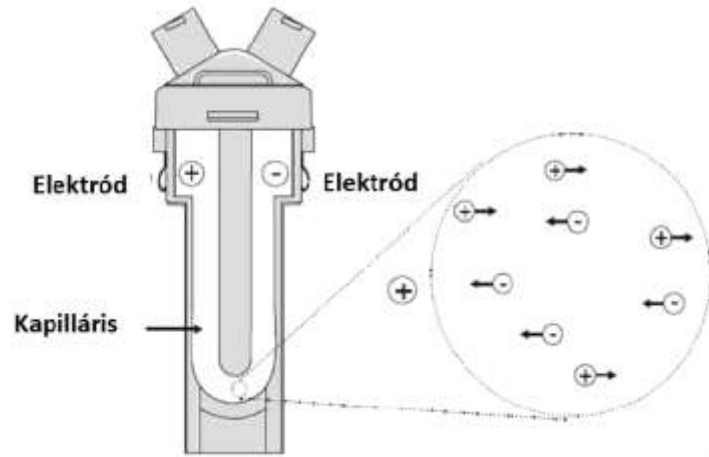
A szürkevíz kezelés legfontosabb elemei a koagulációt biztosító vegyszerek, hiszen segítségükkel tudjuk elérni a kolloid részecskék destabilizációját. Az általunk felhasznált fémek: vas(III)-klorid ( $\text{FeCl}_3$ ) és alumínium-szulfát ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ). Az 1. táblázatban látható, hogy milyen mennyiségben adtuk hozzá a szürkevíz mintákhoz a különböző vegyszereket.

1. táblázat Fémek adagolásának mennyiségei

| $\text{FeCl}_3 / \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$<br>Koagulálószer oldat<br>koncentrációja | Koagulálószer oldattérfogata |                      |                       |
|---|------------------------------|----------------------|-----------------------|
|   | 1,00 cm <sup>3</sup>         | 5,00 cm <sup>3</sup> | 10,00 cm <sup>3</sup> |
| 2,00 g/dm <sup>3</sup>  | 2,00 mg                      | 10,00 mg             | 20,00 mg              |
| 2,50 g/dm <sup>3</sup>  | 2,50 mg                      | 12,50 mg             | 25,00 mg              |
| 3,33 g/dm <sup>3</sup>  | 3,33 mg                      | 16,65 mg             | 33,30 mg              |
| 5,00 g/dm <sup>3</sup>  | 5,00 mg                      | 25,00 mg             | 50,00 mg              |
| 10,00 g/dm <sup>3</sup>   | 10,00 mg                     | 50,00 mg             | 100,00 mg             |

A zéta-potenciál méréseket Zetasizer NanoZ (MALVERN Instruments Ltd, UK) készülékkel hajtottuk végre. Minden mérés előtt a szürkevíz mintákhoz (100 cm<sup>3</sup>) automata pipettával adagoltuk a vegyszert. Ezt követően ARE Heating Magnetic Stirrer típusú mágneses keverővel 30 másodpercen át

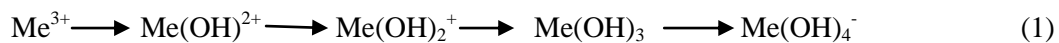
kevertük a vegyszert tartalmazó szűrkevizet. Miután megtörtént a keverés, 45 ml mintát vettünk ki, amelyet 5 percen át ülepedni hagyunk. A maradék 55 ml kezelt mintából pedig megkezdjük a zavarosság mérését. Majd a már ülepedett mintából a 2/3-ad magasságnál vettünk mintát fecskendő segítségével. A zéta-potenciál mérő kapillárisába töltöttük (lásd 1. ábra) a mintát, melyet behelyezés után a készülék egy számítógépes szoftver segítségével elemzett.



2. ábra Mintatartó egység a Malvern Zetasizer NanoZ készülékhez

A pH mérését Mettler Toledo FE20-Five Easy típusú pH-mérő segítségével végeztük el, az 5 perces ülepedési idő letelte után, amikor a zéta-potenciál méréshez szükséges mintát már levettük. A pH változása jól látható módon változott, hiszen a vegyszerek adagolásának mértékével arányosan csökkent a pH, tehát savas irányba tolta el a kezelt vízminta pH-ját.

A zavarosság mérését TURB-555-IR típusú zavarosság mérővel végeztük. A koloid oldatok fényszórásának elvén alapuló nefelometriás mérést végeztünk, s NTU egységekben adtuk meg a kezelt szűrkevíz mintánk zavarosságát. A kezelt szűrkevíz minták zavarosságát három párhuzamos méréssel keverés és ülepedés után is megmértük.



Az (1) egyenlet megmutatja, hogy a három-vegyértékű fémsók hogyan indítják be a pehelyképződést a koaguláció, flokkuláció során, mely által a szűrkevizekben lévő koloid részecskék a fémsók hidrolízis termékeihez tapadnak. A szakirodalmak szerint minél jobb a fémsónak a pehelyképző képessége, annál jobb eredmény érhető el flokkuláció során. A háromértékű fémsók alkalmazásakor a zéta-potenciál értékének változása figyelhető meg. Amikor vízbe kerülnek, polihidroxi-vegyületek képződnek, melyek a koloid részecskék negatív töltését semlegesítik. A negatív felületi töltéssel rendelkező koloid részecskék destabilizációja fém-hidroxid-komplexekkel történik, melyek közbenső termékei a reakciónak [7].

A mikrobiológiai vizsgálatokat Hygiene Monitor gyorstesztikkel végeztük el. E tesztek segítségével szilárd, folyékony és levegő minta mikrobiális terheltsége egyaránt becsülhető. Vizsgálataink során a szűrkevíz minták összcsíraszámát és összkoliform számát határoztuk meg 72 órás inkubációs idő alatt, 37 °C-on.

### 3. EREDMÉNYEK

#### 3.1. Kezeletlen szürkevíz-minták paraméterei

Elővizsgálatokat hajtottunk végre, minden egyedi szürkevíz mintánál és a belőlük elkészített keverék fürdővíz minta esetén is, annak érdekében, hogy megismerjük a kezelni kívánt keverék fürdővízminta kiindulási jellemzőit. A minta kezelés előtt vizsgált paramétereit a 2. táblázatban bemutatott adatok szemléltetik.

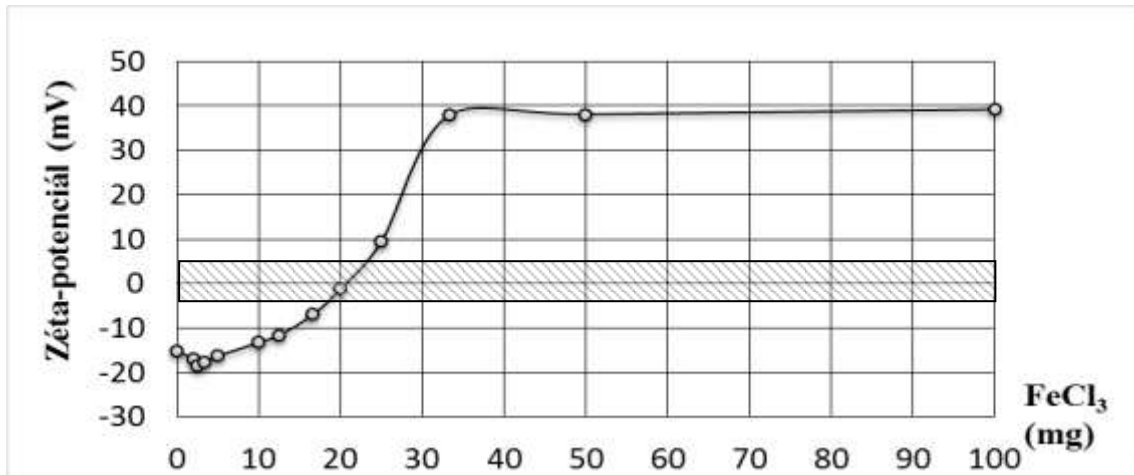
2. táblázat Elővizsgálatok eredményei

|                               | Zéta-potenciál (mV) | Zavarosság (NTU) | pH   | Összcsíraszám (lgCFU/ml) | Összkoliform szám (lgCFU/ml) |
|-------------------------------|---------------------|------------------|------|--------------------------|------------------------------|
| <b>1. minta</b>               | -26,70              | 5,90             | 7,32 | -                        | -                            |
| <b>2. minta</b>               | -32,30              | 6,91             | 7,29 | -                        | -                            |
| <b>3. minta</b>               | -8,51               | 64,81            | 7,53 | -                        | -                            |
| <b>4. minta</b>               | -3,54               | 80,51            | 7,80 | -                        | -                            |
| <b>5. minta</b>               | -20,60              | 27,88            | 7,95 | -                        | -                            |
| <b>6. minta</b>               | -21,90              | 44,98            | 7,66 | -                        | -                            |
| <b>7. minta</b>               | -23,90              | 32,75            | 7,57 | -                        | -                            |
| <b>8. minta</b>               | -7,65               | 6,41             | 7,74 | -                        | -                            |
| <b>9. minta</b>               | -10,90              | 5,86             | 7,80 | -                        | -                            |
| <b>10. minta</b>              | -22,90              | 33,99            | 6,83 | -                        | -                            |
| <b>Átlag</b>                  | -17,89              | 31,00            | 7,55 | -                        | -                            |
| <b>Keverék fürdővíz minta</b> | -15,20              | 25,23            | 7,72 | 7                        | 6                            |

A keverék fürdővíz mintát a laborban készítettük el a beérkező 10 különböző helyről származó szürkevíz mintából (esetünkben fürdővíz), mindegyikből ugyanolyan mennyiséget használtunk fel: 200-200 cm<sup>3</sup>-t. Mindegyik mintát külön-külön is megvizsgáltuk, majd az általunk készített keverék mintát is. Ezen vizsgálatok alapján elmondható, hogy a zéta-potenciál átlaga a tíz mintának: -17,89 mV, zavarosság átlaga: 31,00 NTU, pH átlaga: 7,55 volt. Az elkészített keverék fürdővíz minta paraméterei nem térnek el jelentősen a fent említett átlagértékektől.

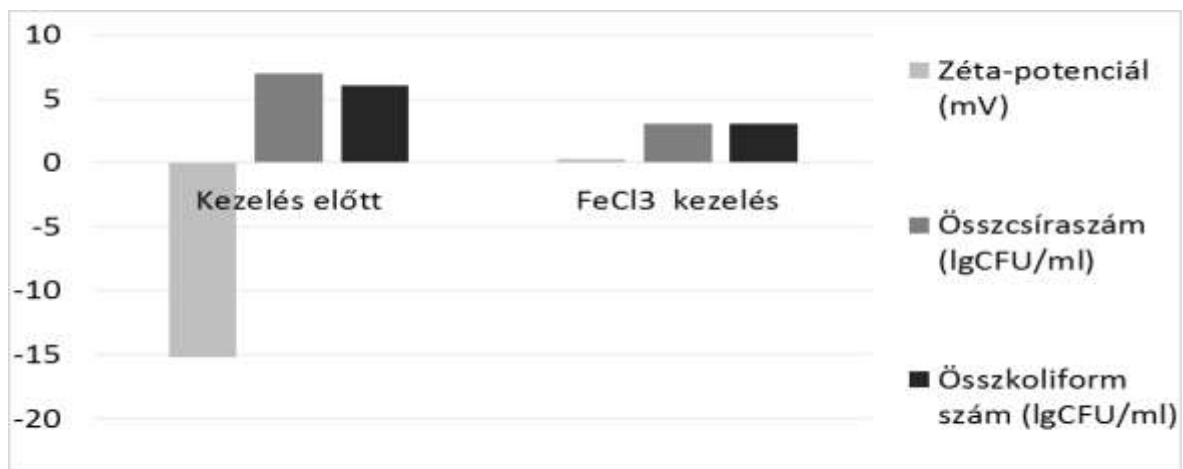
#### 3.2. Kezelés hatása

Kísérleteinkben egy keverék fürdővíz mintát kezeltünk vas(III)-kloriddal és alumínium-szulfáttal, és vizsgáltuk, hogy kezelés hatására hogyan változtak a vízminta kiindulási paraméterei. A vizsgálat során minden kezelésnél 100 cm<sup>3</sup> mennyiségű keverék mintához adtuk hozzá a FeCl<sub>3</sub> és Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> oldatokat az 1. táblázatban látható mennyiségekben. A 3. ábrán látható, hogy a vas-kloridos kezelés hatására a hozzáadott vegyszermennyiség függvényében hogyan változik a zéta-potenciál értéke.



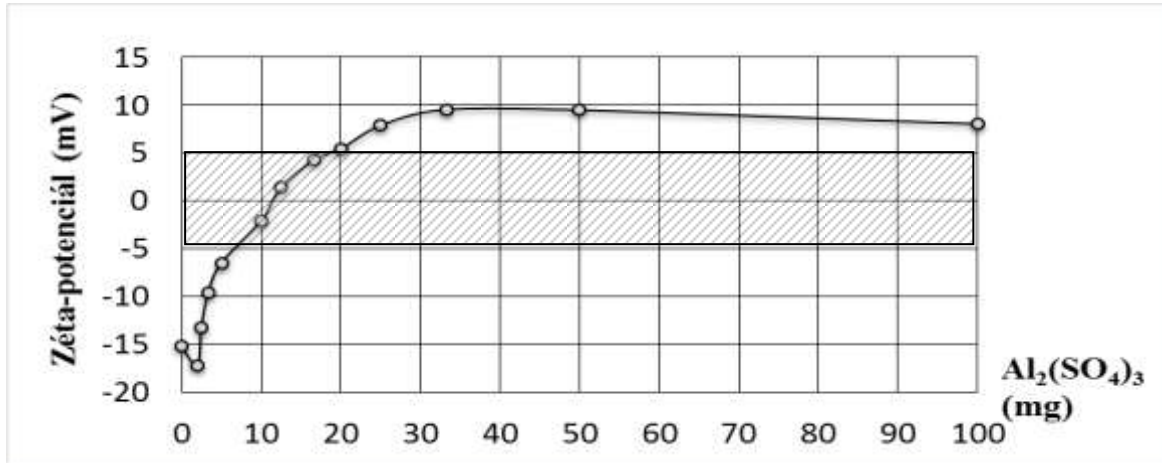
3. ábra Zéta-potenciál értékek alakulása vas(III)-kloridos kezelés esetében a keverék fürdővíz mintában

A zéta-potenciál értékekből megmutatkozik az a +/-5 mV közötti tartomány, melyen belül a kolloid rendszer instabillá válik. A 3. ábrán látható, hogy a kísérleteink során ezt 20 mg vas(III)-klorid hozzáadásával értünk el, mely eredményeként ezen a ponton a zéta-potenciál érték -1,13 mV-nak adódott. Az előbb említett kísérlet alapján készítettük el a mikrobiológiai teszt merítéséhez a következő szürkevíz mintát, amelyhez már 40 mg vegyszert adagoltunk, hiszen a kezelt víz mennyiségét is megdupláztuk (200 cm<sup>3</sup>). Fontos megemlíteni, hogy a mikrobiológiai tesztek merítése előtt, Filtrak 389 típusú (közepes pórusméretű) papírszűrőn szűrtük át az 5 perces ülepedés után a 200 cm<sup>3</sup>-es kezelt vízmintát. A 4. ábrán látható paraméterek mérése ezt követően történt meg.



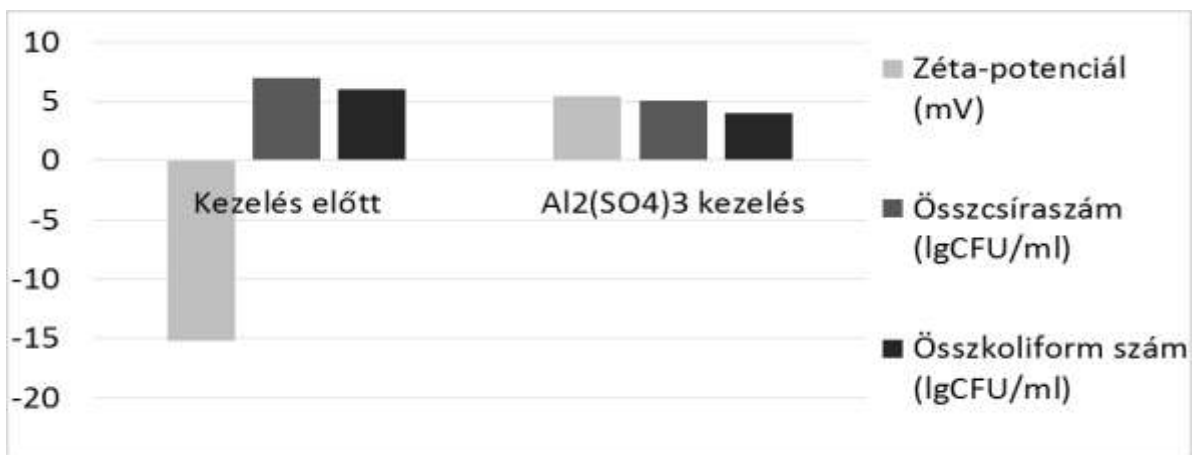
4. ábra A zéta-potenciál és mikrobiológiai eredmények összehasonlítása a kezelés előtt és vas(III)-kloridos kezelés után

A 4. ábra alapján elmondható, hogy csökkenés látható a vegyszeres kezelés után nemcsak a zéta-potenciál értékben, hanem a mikrobiológiai paraméterekben is. Mindez bizonyítja, hogy a (III)-értékű fém só, nemcsak a kolloidális szennyeződések összetapadását eredményezi a szürkevizekben, hanem bakterológiai szempontból is hasznosnak bizonyult. Ugyanis fontos, hogy egy újrahasználatos víznél milyen baktériumok és milyen mennyiségben maradnak a kezelés után, bármilyen célra is használjuk fel a tisztított vizet.



5. ábra Zéta-potenciál értékek alakulása alumínium-szulfátos kezelés esetében a keverék fürdővíz mintában

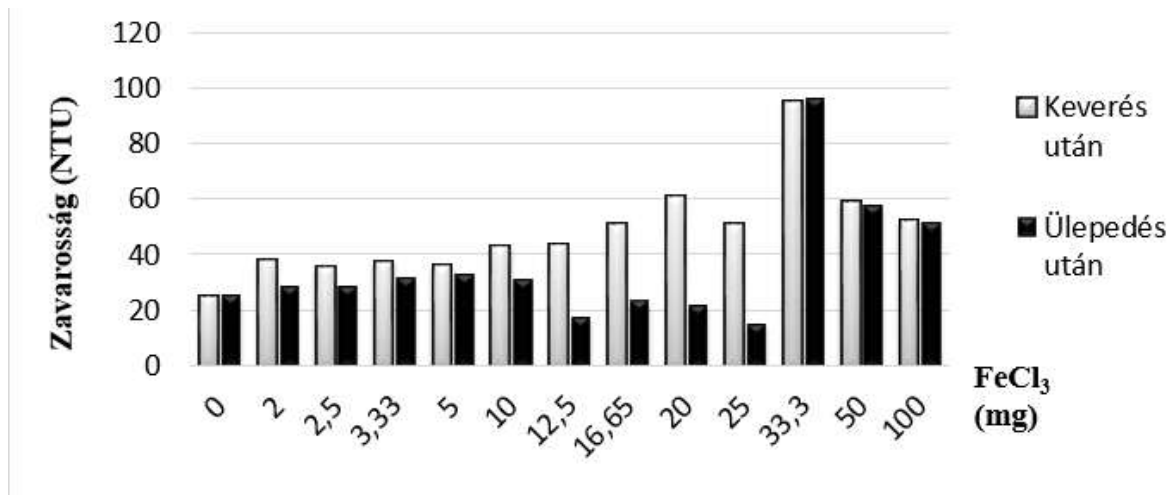
Az 5. ábrán a kezelt vízminta zéta-potenciáljának változása látható az alumínium-szulfát adagolásának függvényében. Megfigyelhető, hogy az 5. ábrán kirajzolódott görbe hasonló a vas(III)-kloridos kezelés görbéjéhez, azonban némi eltérés tapasztalható. Például a keresett pontot, amely közel áll a „0” mV zéta-potenciál értékhez, 12,5 mg vegyszer adagolásával értük el. Ebben az esetben 1,45 mV-nak adódott a zéta-potenciál értéke, mely majdnem a vas(III)-kloridos kezelés során elért érték abszolút értéke, tehát elmondható, hogy kevesebb vegyszer hozzáadása volt szükséges a kívánt pont eléréséhez. Ezt az értéket hasonlóan a másik típusú vegyszeres kezeléshez úgy választottuk ki, hogy a zéta-potenciál értéke a legközelebb álljon a „0” mV értékhez.



6. ábra A zéta-potenciál és mikrobiológiai eredmények összehasonlítása a kezelés előtt és alumínium-szulfátos kezelés után

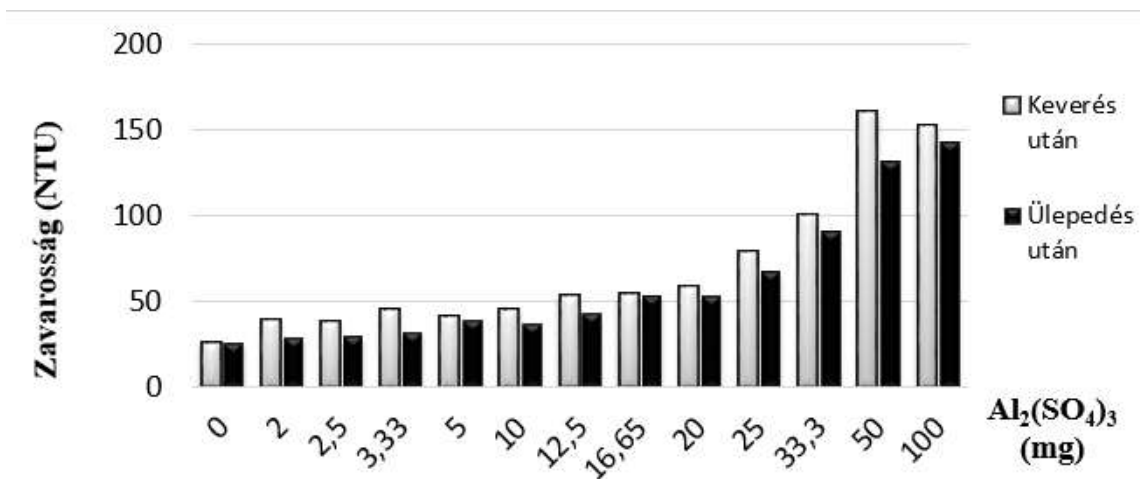
A 6. ábrán látható az alumínium-szulfátos kezelés hatása a vizsgált paraméterekre, melyet összehasonlítva a 4. ábrán bemutatott eredményekkel látható, hogy kevésbé van jó hatással az alumínium-szulfát a mikrobák számára, mint a vas(III)-klorid. Ugyanis a zéta-potenciál érték csökkenése látványos, viszont az összesíraszám és a koliformszám jelenléte nem csökkent számottevően a kezelés után sem. Bizonyos mértékű csökkentés ezzel a módszerrel is elérhetővé vált, azonban a zéta-potenciál értékben az alumínium-szulfátból kevesebb is elegendő volt, hogy a 0-hoz közel eső értéket kapjunk. Vas(III)-kloriddal pedig nagyobb hatásfokot értünk el a mikrobák számának alakulásában.





7. ábra A zavarosság változása vas(III)-kloridos flokkulálás esetén a keverék fürdővíz mintában

A 7. ábrán látható a zavarosság értékeinek változása kezelés közben. Látszik, hogy 33,3 mg vas(III)-klorid hozzáadásánál a legmagasabbak a zavarosság értékek, mind keverés, mind pedig ülepedés után. A vas(III)-kloridos kezelés során történt pelyhesedés mértéke a legjobban 12,50 mg és 25,00 mg mennyiség hozzáadásánál mutatja a legjobb eredményt. Ekkor láthatjuk a közel azonos, de legkisebb értékű zavarosság értékeket. A legtöbb lebegőanyag összetapadása itt érhető el, tehát a legideálisabb vegyszermennyiségek a lebegőanyag eltávolításához. A kezdeti 25,23 NTU értékhez képest 25 mg vegyszer hozzáadásánál értük el a legkisebb értéket az ülepedés utáni mérésnél. Keverés után azonban minden hozzáadott mennyiségnél magas értékek mutatkoztak. A zavarosság értékek és a zéta-potenciál értékek között összefüggést vontunk, hiszen 20 mg vegyszer hozzáadásával a zavarosság értéke is csökkent a kezdeti értékhez képest. Így ideális vegyszermennyiségként állapítható meg ebben az esetben a 20 mg vas(III)-klorid.

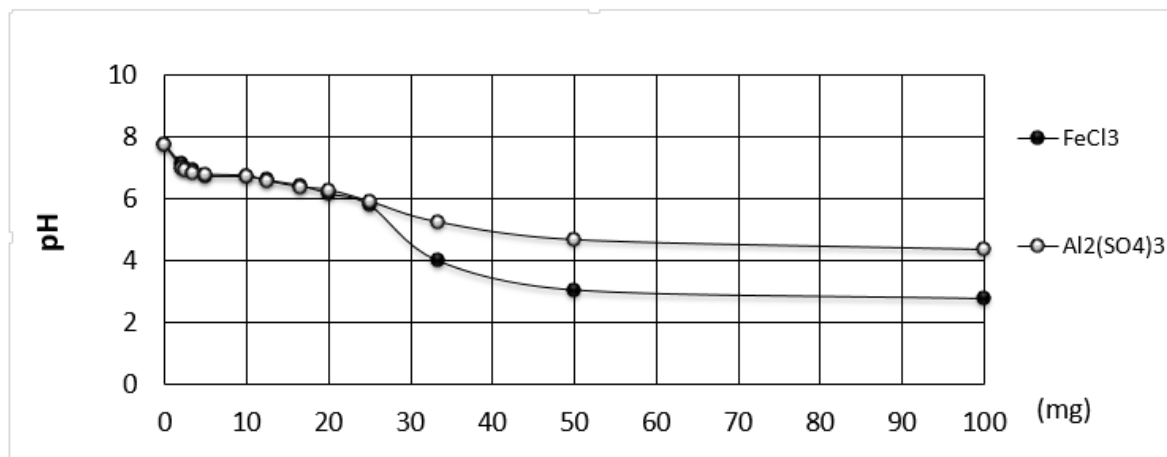


8. ábra A zavarosság változása alumínium-szulfátos flokkulálás esetén a keverék fürdővíz mintában

Az alumínium-szulfátos kezelés hatása már teljesen más képet ad, mint a vas(III)-kloridos kezelésé, hiszen a vegyszer hozzáadásával a zavarosság értékek monoton növekednek. Legszembetűnőbb különbség a vas(III)-kloridos kezeléshez képest, hogy a kezelést követő keverés után és az ülepedés után mért zavarosságértékek között nem adódott számottevő különbség. A pelyhesedés láthatóan beindult a kísérlet során, azonban az alumínium-szulfát nem tud minden lebegőanyagot flokkulálni. A monoton növekvő zavarosság értékek, valamint a szuszpendáltatott és ülepitett kezelt vízminták zavarosságértékeinek hasonlósága arra enged következtetni, hogy az alumínium-szulfátos kezelés



során végbemegy ugyan a koagulálás (amint azt láthattuk az 5. ábrán), azonban a flokkulálás kisebb mértékben játszódtott le. A vas-kloridos kezelés során láthattuk (7. ábra), hogy az optimális vegyszermennyiség adagolása során, illetve annak közelében az ülepedés után mért zavarosság akár fele is lehet a keverés utáni értéknek. Ez is azt támasztja alá, hogy a vas(III)-klorid a koagulálást követő flokkulálást jobban elősegíti, mely eredményeként jól ülepedő nagy pelyheket tartalmazó rendszert kapunk.



9. ábra pH értékek alakulása a flokkulálószeres adagolása során a keverék fürdővíz mintában

A 9. ábrán a két flokkulálószeres kezelést követően látható a pH értékek alakulása. Megállapítható, hogy mindkét vegyszer savas irányba mozdítja el a kezelést követően a vízminták pH-ját. 20 mg mennyiségig szinte ugyanolyan pH-k mérhetőek mind vas(III)-klorid, mind pedig alumínium-szulfátos kezelés esetében. Ezt követően a vas(III)-kloriddal kezelt minták pH-ja nagyobb mértékben csökken. Ennek az az oka, hogy a vas(III)-klorid erősebben hidrolizáló só, így a pH-t is könnyebben mozdítja el a savas tartományba. A kezdeti szinte semleges pH (pH=7,72) erősen savas tartományba lép a 25 mg vegyszer hozzáadása után. 100 mg vegyszer hozzáadása után már a (pH=2) értéket is eléri, mely erősen savas tartomány.

#### 4. ÖSSZEFOGLALÁS

A zéta-potenciál mérése egyik alternatívája lehet annak, hogy a különböző helyről származó szürkevíz minták vizsgálatával a koaguláló- és flokkulálószeres mennyiségét meghatározzuk a benne lévő lebegő szennyezőanyagok eltávolításához. A kolloidális méretű szennyezőkön túl fontos a szürkevizekben lévő mikrobiális szennyezők jelenlétének mérése. A kísérletsorozat rámutatott arra, hogy a kolloidális szennyezők mellett a mikrobiális szennyeződések eltávolítására is van lehetőség, laboratóriumi körülmények között.

Az elővizsgálatok során megállapítottuk, hogy a keverék fürdővíz minta zéta-potenciálja -15,2 mV értékű, pH-ja 7,72, míg zavarossága 25,23 NTU volt. A zéta-potenciál +/- 5mV közötti érték elérése volt fő célunk. Amikor elértük, és meghatároztuk a kolloid részecskék koagulálásához és flokkulálásához szükséges megfelelő vegyszerigényt: vas(III)-kloridból 20 mg, míg alumínium-szulfátból 12,5 mg volt szükséges. Vas(III)-kloridos kezelés esetén láthattuk a legnagyobb csökkenést mind mikrobaszámban, mind zéta-potenciál értékeiben figyelembe véve a hozzáadott vegyszer mennyiségét is. Az alumínium-szulfátos kezelés esetén viszont nem csökkent olyan mértékben a mikrobák száma a szürkevizekben. A módszer nem csak a víz tisztításának lehetne költséghatékony része, még abban is segítséget nyújtana, hogy az újra használatra előkezelt vizet milyen területen érdemes felhasználni, hiszen betekintést nyertünk a kísérletsorozat által a mikrobák számának alakulásába is.

## 5. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A publikáció elkészítését a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0041 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

## 6. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **A.Y. KATIKUZAA,, M. RONTELTAPA, C.B. NIWAGABAB, F. KANSIIMEC, P.N.L. LENSA**, Grey water treatment in urban slums by a filtration system: Optimisation of the filtration medium. *Journal of Environmental Management* Volume 146, pp. 131–141, 2014.
- [2] **MIN J., HYUN-JU-L. & YONSIK S.** Rapid removal of fine particles from mine water using sequential processes of coagulation and flocculation, *Environmental Technology* Volume 31, Issue 4, pp. 423-432, 2010.
- [3] **JEFFERSON, B., LAINE, A., PARSONS, S., STEPHENSON, T., JUDD, S.,** Technologies for domestic wastewater recycling, *Urban Water*, 1 pp. 285-292, 1999.
- [4] **L. AVERY , T. STEPHENSON, P. JEFFREY, S. A. PARSONS, S. LIU, F. A. MEMON c, B. JEFFERSON**, Chemical solutions for greywater recycling *Science Direct ,Chemosphere* 71 pp. 147–155, 2008.
- [5] **FANGYUE L., HOLGER G., K. WICHMANNA & R. OTTERP** Resources and nutrients oriented greywater treatment for non-potable reuses, *Water Science Technology* 57(12) pp. 1901-1907, 2008.
- [6] **DIXON, A., BUTLER, D., FEWKES, A.,** Water saving potential of domestic water reuse systems using grey water and rain water in combination, *Water Science and Technology* 39 pp. 25-32, 1999.
- [7] **JIMMING D., J. GREGORY AL-HAMAIEDEH, H.,** Coagulation by hydrolysing metal salts, *Advances in Colloid and Interface Science* pp. 100 –102, 2003.
- [8] **BINO, M.,** Effect of treated grey water reuse in irrigation on soil and plants, *Desalination* 256 pp. 115-119, 2010
- [9] **KARPISCAK, M.M., Foster, K.E., SCHMIDT, N.,** Residential water conservation, *WaterResearch* 26 pp. 939-948., 1990.
- [10] **GHAITIDAK, D. M., YADAV, K. D.:** Characteristics and treatment of greywater-review, *Environmental Science and Pollution Research, Environmental Science and Pollution Research International* 20(5), pp. 2795-2809, 2013.