

# SZÜRKEVIZEK ZÉTA-POTENCIÁLJÁNAK VIZSGÁLATA DERÍTŐSZER ADAGOLÁS OPTIMALIZÁLÁSA CÉLJÁBÓL

## ANALYSIS OF GREY WATER ZETA POTENTIAL FLOCCULANT METHOD FOR OPTIMIZATION

UNGVÁRI Levente<sup>1</sup>, KE CZÁNNÉ 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](mailto:zaleilah6@gmail.com)<sup>1</sup>,

[auveges@eng.unideb.hu](mailto:auveges@eng.unideb.hu)<sup>2</sup>

**Kivonat:** Jelen cikkünk a zéta-potenciál mérés alapján kapcsolódik a lakóházakban, lakóközösségekben felgyülemlett szürkevíz vizsgálatához, annak „házi, központi szürkevíz-kezelő berendezésben” való kezeléséhez, további hasznosításához. Célunk, hogy vizsgáljuk a különböző eredetű szürkevízek Zeta-potenciálját, pH-ját és zavarosságát, majd ezek ismeretében optimalizáljuk a szürkevíz kezeléshez szükséges koagulálószer mennyiségét. Az optimális derítőszer adagolással a flokkuláció eredményeként elérhető lenne a lebegő anyagok teljes leválasztása, ugyanakkor elkerülhetővé válna a napjainkban alkalmazott túlzott vegyszeradagolást.

**Kulcsszavak:** szürkevíz, koagulálás, flokkulálás, újrahasznosítás, vegyszeres kezelés

**Abstract:** Our article related to residential houses based on the zeta-potential measurements, residential communities pent-up examination of gray water in its 'home, central grey water treatment plants' management, further use. Our aim is to examine the grey waters of different origin, Zeta potential, pH and turbidity and the amount of coagulant required to optimize these light gray water treatment. The optimal dose of flocculation as a result could be achieved by complete separation of suspended solids, but would avoid the excessive use of chemicals used today.

**Keywords:** grey water, coagulation, flocculation, recycling, chemical treatment

### 1. BEVEZETÉS

Napjaink egyik legnagyobb problémáját a rendelkezésre álló ivóvizek minősége jelenti, mert alig található olyan helyet a Földön, ahol semmilyen szennyezés nem érte a felszín alatti vizeket. Másrészről a vízigény egyre növekszik, azonban a véges készleteket nem meríthetjük nap mint nap. Így különböző technológiák kidolgozására van szükség, amely lehetőséget kínál olyan megoldásokra, amelyekkel újrahasznosíthatjuk a szürkevizeket. A zéta-potenciál mérés egyik lehetséges módja annak, hogy különböző helyről származó szürkevíz mintákat vizsgálva megállapíthatóvá váljon, hogy az adott szennyezettségű vizekhez mennyi derítőszer szükséges, a kolloidális méretű szennyeződések eltávolításához.

A mai korszerű technikák, és az ésszerűbb gondolkodásmód nyújthat lehetőséget a pazarlás elkerülésére és a kimerülő vízkészletek megőrzésére, annak fenntartható, környezettudatos felhasználására. A laboratóriumi kísérletek elengedhetetlenek ezen eredmények bemutatásához és publikálásához.

Hazánkban a növekvő vízigény a felszín alatti vizek mellett részben a felszíni vizek hasznosításával fedezhető, azonban e vizek lebegőanyagokat tartalmaznak, melyeket el kell távolítani. A lebegőanyagoknak egy része szűréssel, ülepítéssel eltávolítható. A kolloid méretű szennyeződések viszont nehezebb eltávolítani, mert kis méretük miatt nem szűrhetőek és nem ülepednek le. Vizes fázisban a kolloid részecskék negatív elektromos töltéssel bírnak, stabilizáltak [1]. A részecskék eltávolításához koaguláló és/vagy derítőszerre van szükség, hogy stabilizáltságukat megszüntetve aggregátumok keletkezzenek, így mechanikailag eltávolíthatóvá váljanak a szennyezett vizekből. A töltés semlegesítésére leggyakrabban  $Al^{3+}$  és  $Fe^{3+}$ -vegyületeket használnak.[2,3] A háromértékű

fémsók előnye, hogy hidrolizáló hatásúak. Vízbe adagolásukkal pozitív töltésű polihidroxi-vegyületek képződnek, melyek semlegesítik a kolloid részecskék negatív töltését. Az összetett kémiai folyamatok révén a kétszeresen vagy háromszorosan pozitív töltésű fémionból, semleges töltésű fém-hidroxid  $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_3(\text{OH})_3]$  keletkezik. Közbenso hidrolízis termékként az úgynevezett fém-hidroxid-komplexek keletkeznek pozitív töltéssel. Ezek destabilizálják a negatív felületi töltésű kolloidokat. A felszíni vizek lebegőanyag-tartalmának eltávolítására a gyakorlatban hidrolizáló fémsót és vízoldható polimert együttesen alkalmazó derítőeljárások is elterjedtek.

A koagulálás, flokkulálás folyamatai többek között függnek a hőmérséklettől, a pH-tól, a keverés sebességétől és idejétől. Az  $\text{Al}^{3+}$  vegyületek hidrolíziséhez a 6-6,5 pH tartomány optimális. A mechanikai körülmények is óriási szerepet játszanak egy ilyen eljárás során, hiszen a vegyszert és a tisztítandó vízminőt gyorsan kell összekeverni, így a vegyszer homogén eloszlása megtörténik, másrészt a vegyszereknek még aktívnak kell lenniük, s reakcióképes állapotban maradniuk.

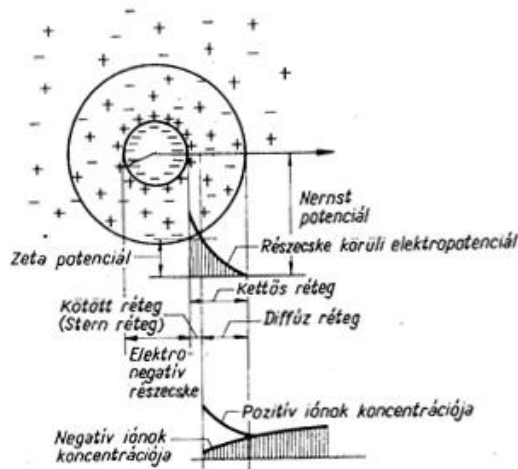
Kísérleteink során hidrolizáló fémsóként vas(III)-kloridot alkalmaztunk, melyet oldat formájában különböző koncentrációban adagoltunk az adott szürkevíz mintákhoz. Folyamatosan mértük a zéta-potenciált, vizsgáltuk annak változását, és az eredményekből megállapítottuk, hogy mikor elegendő az adagolt vegyszer mennyisége a zéta-potenciál optimalizálására. Vízmínőségtől függően változik a vegyszerigény, minden vegyszer és vegyszer-kombináció más adagban éri el a kívánt eredményt. A kísérleti paraméterek közül a keverés sebességét és idejét is optimálisan kell megválasztani. Általános tapasztalat, hogy a koagulációnak az intenzív, gyors, rövid időtartamú keverés kedvezményez, míg a flokkulációnak kisebb fordulatszámú keverés kedvez, hogy a már kialakult aggregátumok aprítása ne indulhasson be [1,4].

## 2. A ZÉTA-POTENCIÁL MÉRÉS KAPCSOLÓDÁSA SZÜRKEVÍZ VIZSGÁLATÁHOZ, ÚJRAHASZNOSÍTÁSÁHOZ

A kolloidok stabilitása a pelyhesedéssel szembeni ellenálló képesség. Stabil kolloidok (hónapok alatt is csak kismértékben pelyhesednek) pl. proteinek, keményítők, detergensok. Instabil kolloidok pl. fém oxidok, agyagásványok, mikroorganizmusok. A derítés célja az instabil kolloidok leválasztása.

Vizes szuszpenzióban a kolloidok felülete negatív töltésű, mivel felületi energiájuk révén főleg negatív töltésű ionokat (anionokat) adszorbeálnak. A negatív töltésű kolloid felület így csak pozitív töltésű ionok (kationok) vonzására képes. A kolloidok taszítják egymást. A zéta-potenciál [mV] értelmezése az 1. ábrán látható. Értéke például ásványi anyagokra -13 mV, algák esetén -8 mV.[5,6]

A koaguláció feltétele, hogy a kolloidok közötti taszító erő minimális szintű legyen. Cél a 0 mV zéta-potenciál elérése, vagyis az az állapot melyben  $\rightarrow$  a van der Waals erők és a kémiai kötőerők az uralkodóak. Erre a célra kémiai derítőszeret használunk.[7,8]



1. ábra Az elektromos kettős réteg és a zéta-potenciál értelmezése

### 3. ANYAG ÉS MÓDSZER

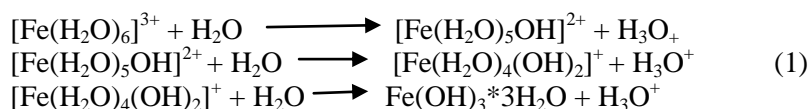
#### 3.1 FELHASZNÁLT VEGYSZEREK ÉS VÍZMINTÁK

Minden méréshez szűrkevíz-mintákat használtunk, melyeket a Debreceni Egyetem Műszaki Kar Környezet-és Vegyészmérnöki Tanszékének laboratóriumában hűtőben elzárva (+4 °C) tároltunk. A mintákat mosás, mosogatás és fürdés után vettük üvegedénybe, majd felhasználásig hűtőben tároltuk ezzel is csökkentve a minőségi változás lehetőségét. A különböző eredetű mintákat külön osztályba soroltuk, csoportokat alkotva a mosógépből, mosogatásból és fürdésből származó szűrkevizeket. A 2. ábrán egy fürdésből és egy erősen szennyezett mosóvízből vett szűrkevíz-minta, valamint a referenciaként használt csapvíz minta fényképe látható.



2. ábra Csapvíz és szűrkevíz-minták  
(A: referencia csapvíz, B: fürdővíz, C: mosóvíz)

A derítéshez vas-kloridot ( $\text{FeCl}_3$ ) használtunk vegyszerként. A gyakorlatban az alumínium-szulfát ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) alkalmazása is jellemző. A derítőszer hatékonyság növelésére Na-bentonit agyagásvány, mint hatásfoknövelő vegyszer használata is gyakori. A  $\text{FeCl}_3$  hidrolízise az 1. egyenleteknek megfelelően megy végbe.



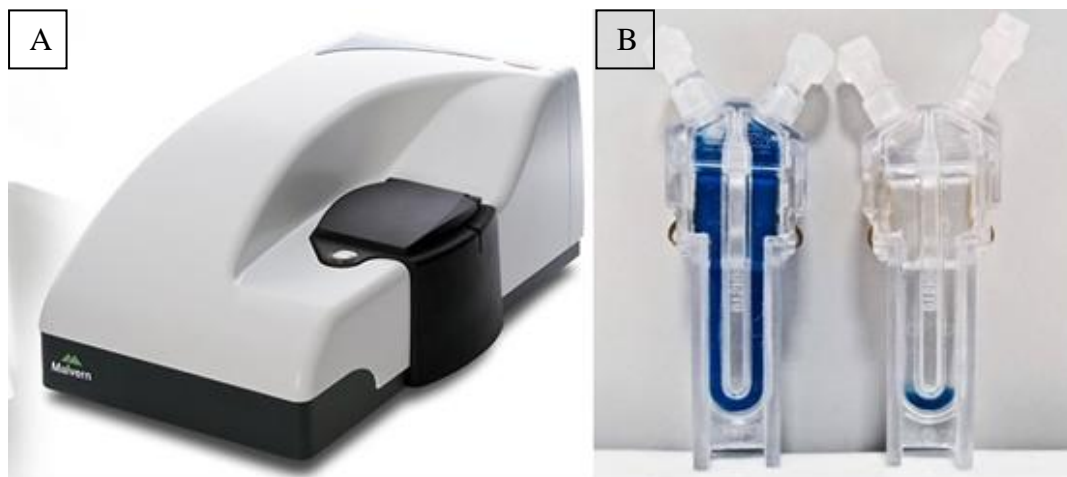
A kicsapószerként adagolásra kerülő vas(III)-sók hidrolízisének eredményeként vas(III)-hidroxidok keletkeznek. A képződő pozitív töltésű fém-hidroxid koagulálja és flokkulálja a szennyvíz lebegőanyagait, kolloidális méretű részecskéit.

### 3.2. MÉRÉSI MÓDSZEREK

#### 3.2.1. ZÉTA-POTENCIÁL

A Zéta-potenciál mérését a Malvern Instrument által gyártott Zetasizer NanoZ típusú készülékkel (3. ábra „A” képe) végeztük.

A mérések kivitelezésénél fontos körülmény volt a keverés ideje és sebessége. A szűrkevíz-mintákhoz a derítőszer adagolásával egy időben keverést indítottunk be ARE Heating Magnetic Stirrer típusú mágneses keverő segítségével. A keverési sebességet úgy választottuk meg, hogy az oldat ne fröccsenjen ki a főzőpohárból (4-es keverési fokozat, 30 másodperc időtartam) azonban megfelelően biztosítsa az elegyedést. Keverés után kivettünk 45 ml-t a már kezelt mintánkból és 5 percre hagytuk ülepedni. Időközben jól látható volt az aggregálódás, vagyis hogy a kisméretű, koagulálódott kolloid részecskék összetapadásával makroszkópikus méretű szabad szemmel is látható részecskék keletkeztek. 5 perc elteltével fecskendővel vízmintát vettünk a már flokkulált szűrkevízből a folyadékoszlop 2/3-ad magasságából, melyet a Zéta-potenciált mérő készülék kapilláris mintatartójába töltöttük (3. ábra „B” képe). Mérés és számítógépes elemzés segítségével kaptuk meg a vízminták zéta-potenciálját, mely 3 mérés átlagértéke, ugyanis a gép 3 mérést végez el egy mintán, és annak adja meg az átlagát.



3.ábra Zetasizer NanoZ típusú készülék (A) és a mérőcellák (B)

#### 3.2.2. PH MEGHATÁROZÁSA

A pH hatása fontos a mikrobiológiai folyamatokra nézve. A hazai szennyvizek pH értéke viszonylag nagy (8,0 körüli érték), és nagy a pufferkapacitás is. Kémiai kezelést követően csak extrém nagy adagoknál csökken a pH 7,0-nél kisebb értékre. Az előpolimerizált sók lényegesen kisebb mértékben változtatják meg a pH értékét, mint az egyszerű háromértékű sók (alumínium-szulfát, vas-klorid). A pH-t MultiLine P4 terepi mérőműszerrel mértük.

#### 3.2.3. ZAVAROSSÁG-MÉRÉS

A zavarosság a vízben jelenlévő diszkrét részecskék fényelnyeléséből és fényszórásából tevődik össze. A zavarosság a részecskék oldatbeli koncentrációja mellett a részecskék anyagi minőségétől (fénytörőssajátságaitól), alakjától és méretétől is függ. Ezért a zavarosság értéke nem fejezi ki közvetlenül a vízben lévő lebegőanyagok mennyiségét. Tájékoztató, összehasonlító vizsgálatra azonban alkalmas, gyors módszer. A zavarosságmérés történhet a kolloid oldatok fényszóródásának mérésén alapuló optikai analitikai módszerekkel: FTU turbidimetriás zavarosságegységekben és NTU nefelometriás zavarosság egységekben, mi az NTU egységekkel dolgoztunk.

A zéta-potenciál mérés mellett fontosnak véltük a zavarosság mérését is, amelyet TURB-555-IR nevű zavarosság mérővel végeztünk. Mérés előtt a készüléket 4 pontos kalibrációnak vettük alá ismert NTU értékű SiO<sub>2</sub> standardok felhasználásával (Aktivit Kft., 2006).

A zavarosságot 3 párhuzamos mérésből állapítottuk meg, úgy, hogy felrázaskor megmértük a zavarosságot, majd 5 perc elteltével nyugalmi, ülepedett állapotban is lemértük.

### 3.2.4. KOAGULÁLÁS, FLOKKULÁLÁS VIZSGÁLATA

Az alkalmazott derítőszer adagolásának körülményeit, illetve a felhasznált derítőszer koncentrációit és mennyiségeit a 1. táblázatban foglaltuk össze. Az általunk használt vas(III)-klorid-törzsoldat koncentrációja 20 g/dm<sup>3</sup>, melyből 2, 4, 6, 8 és 10-szeres hígítású oldatokat készítettünk. Az oldatok hőmérséklete szobahőmérsékletű (25 °C) volt. A szürkevíz-mintákból mérésenként 100 cm<sup>3</sup>-es részleteket használtunk, ezekhez adagoltuk a derítőszereket, majd 30 másodperces keverés következett mágneses keverővel (ARE Heating Magnetic Stirrer, 4 fokozat). Közvetlenül a keverés megszüntetése után mintát vettünk a zavarosságméréséhez. Ezt követően a zéta-potenciál méréshez 45 ml kezelt vízmintát mértünk ki, majd 5 perc ülepedési idő után a folyadékoszlop 2/3-ad magasságából vettünk minden méréshez mintát. A koagulálás vizsgálatához elvégzett kísérletek körülményeit az 1. táblázatban foglaltuk össze.

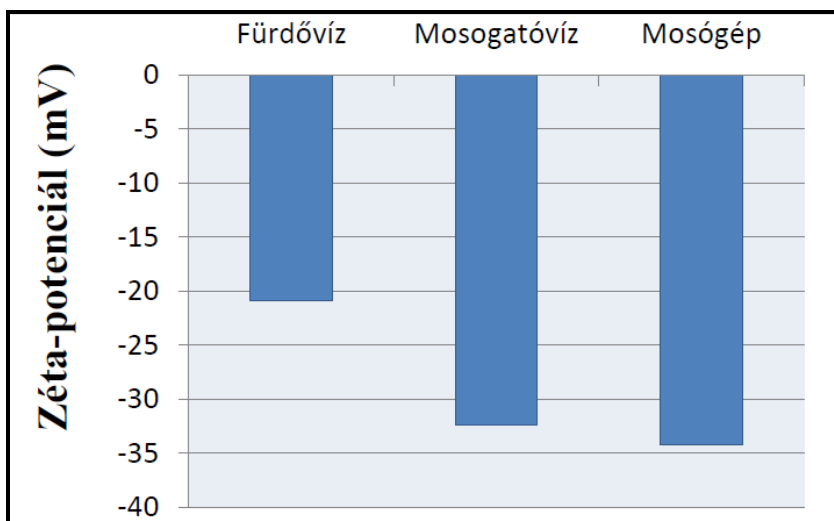
1. táblázat A koagulálás és flokkulálás vizsgálatának kísérleti körülményei

Alkalmazott derítőszer: FeCl <sub>3</sub> -oldat	
<b>Koncentrációja (g/dm<sup>3</sup>)</b>	2,00; 3,33; 5,00; 10,00
<b>Adagolt mennyiség (ml)</b>	5
<b>Keverési idő (s)</b>	30
<b>Keverési sebesség (fokozat)</b>	4
<b>Ülepedési idő (min)</b>	5

## 4. MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

### 4.1. ELŐVIZSGÁLAT

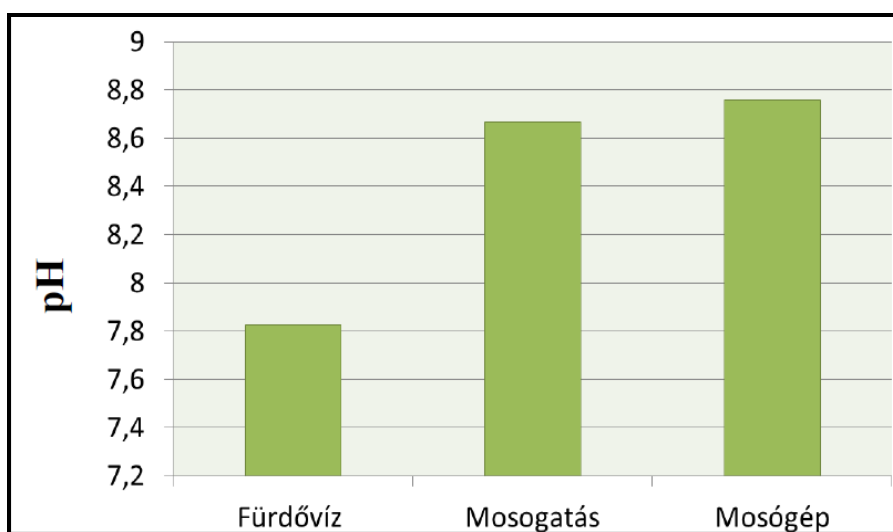
A szürkevíz-mintákat, melyeket a laboratórium hűtőjében tároltunk elővizsgálatnak vetettük alá, vagyis vizsgáltuk a fürdésből, mosogatásból és mosásból származó szürkevíz-minták kiindulási zéta-potenciál értékeit, pH-ját és a zavarosságát. A méréseket a mintavételtől számított 24 órán belül elvégeztük. A 4. ábrán látható a különböző eredetű szürkevíz-minták zéta-potenciál átlaga. Megjegyzendő azonban, hogy az átlagértékek esetenként nagyban eltértek egy-egy minta zéta-potenciáljától. A kiugró adatok mérvadóak lehetnek, a fürdővizeknél például -29,00 mV és -5,28 mV értékű zéta-potenciált is mértünk. Mosogatóvizeknél is voltak szennyezettebb minták, így itt is mértünk kiugró értékeket, -46,10 mV-tól kezdődően -22,00 mV-ig. A mosógépből származóknál is különböző értékeket mértünk, hiszen nem mindegy, hogy öblítésből származik a vízminta vagy még a mosás első fázisából, így kaptunk -53,00 mV és -23,4 mV értékeket is. Tehát a származás helye, és a szennyeződés mértéke nagyon fontos szürkevíz-minták vizsgálatánál.



4. ábra Zéta-potenciál alakulása különböző szűrkevizeknél (mV)-ban megadva

A 4. ábrán megfigyelhető továbbá, hogy a fürdővizek zéta-potenciál átlaga a legkisebb (abszolút értéket tekintve), ezt követi a mosógépből származó, majd a mosogatásból származó szűrkevizek átlagos zéta-potenciál értéke. Az eredmények többnyire annak tulajdoníthatóak, hogy fürdésnél nem kerül annyi kolloidális méretű részecske a vízbe, mint mosogatásnál, amely során a zsírok és az olajok az oldatba vitelükhöz szükséges felületaktív anyagoknak köszönhetően kolloidális állapotban kerülnek a vízbe és a nagy tenzid-koncentrációnak köszönhetően stabil kolloid rendszert képez, mely megmutatkozik a nagy (abszolút értékben kifejezett) zéta-potenciál értékben (-34 mV).

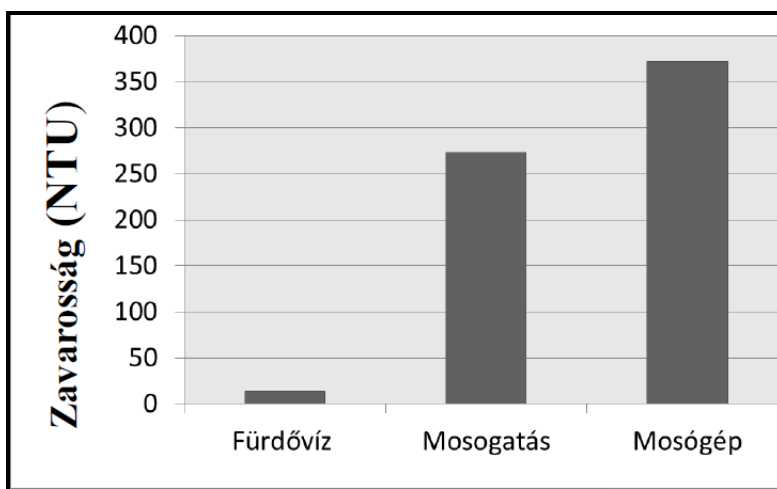
A szűrkevíz-minták pH átlaga (5. ábra) hasonló tendenciát mutat, mint az átlagos zéta-potenciál értékek. A semleges pH-tól való eltérés a fürdővizek esetén adódott a legkisebbnek ( $\text{pH}_{\text{átlag}} = 7,83$ ) és a mosásból származó vizek esetén a legnagyobbak ( $\text{pH}_{\text{átlag}} = 8,77$ ). A mosogatás pH-ja kicsi különbséggel közel annyi, mint a mosóvizeké ( $\text{pH}_{\text{átlag}} = 8,64$ ). Az eredmény nem meglepő, hiszen a fürdéshez használt tisztálkodó szerek pH-ja gyakran semleges vagy enyhén savas (bőr-semleges  $\text{pH} = 5,5$ ) kémhatású, napjainkban fürdéshez a lúgos kémhatású szappanok alkalmazása nem túl gyakori. A mosogató- és mosószeres tartalmaznak lúgosan hidrolizáló sókat, felületaktív anyagokat, melyek a szűrkevizeknek enyhén savas jelleget kölcsönöznek.



5. ábra pH mértéke szűrkevizekben

A víz zavarosságát oldhatatlan és kolloidális méretű szervesetlen (anyagásványok, szilíciumoxidok, vashidroxidok, magnézium-hidroxidok) és szerves eredetű anyagok (szerves kolloidok, baktériumok, planktonok) okozhatják. A zavarosság az ivó- és egyéb célra használt vizek nem kívánatos megjelenését eredményezik. Vizsgálataink során különböző eredetű szürkevizek zavarosságát nefelometriás mérés segítségével határoztuk meg.

A zavarosság mérés eredményeit a 6. ábrán foglaltuk össze. A különböző jellegű szürkevíz-minták zavarosság átlagértékei a pH-hoz hasonló változást mutatnak, viszont ennél a mérésnél, vízminta típusonként sokkal nagyobb különbségek adódtak. A fürdővizek zavarossága még az 50 NTU-t sem éri el, tehát nem túl zavaros vizek, ezzel szemben a mosogatás és a mosógépek zavarosság értékei magasan e felett vannak (rendre 274 és 358 NTU). A koagulálás és flokkulálás vizsgálatoknál a zéta-potenciál mellett párhuzamosan vizsgáltuk a zavarosság értékeket is, melyeket később (9-10. ábra) mutatunk be.



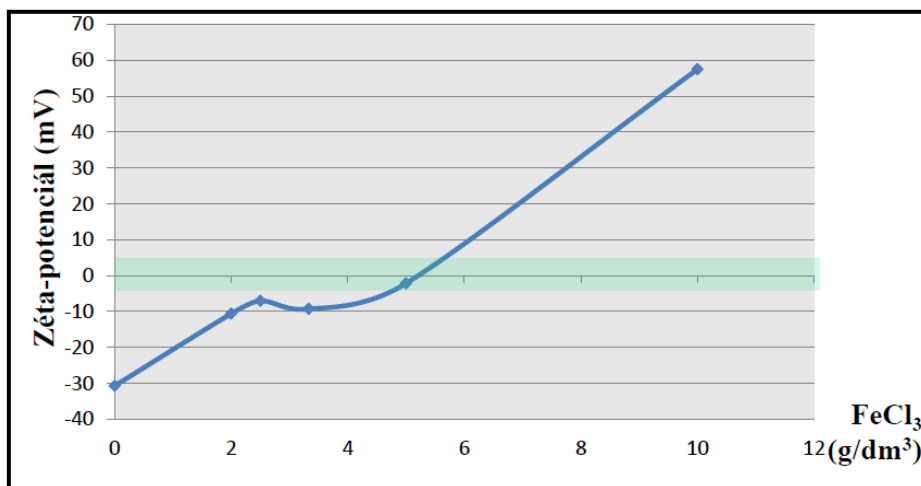
6. ábra A zavarosság mértéke a szürkevizekben NTU-ban mérve

A zavarosság a részecskék oldatbeli koncentrációja mellett a részecskék minőségétől és méretétől is függ. Ennek megfelelően a zavarosság értéke nem fejezi ki közvetlenül a vízben lévő lebegő anyagok mennyiségét, tájékoztató összehasonlító vizsgálatra azonban gyors módszer.

#### 4.2. KOAGULÁLÁS, FLOKKULÁLÁS VIZSGÁLATA

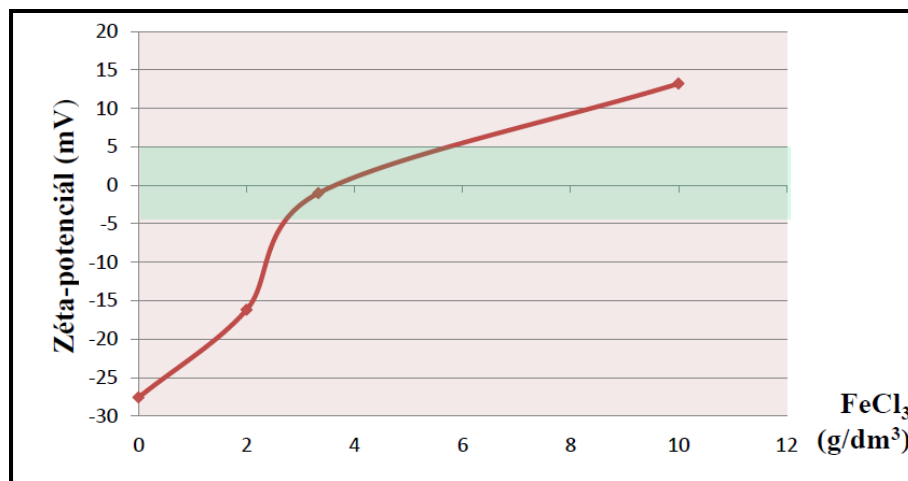
A fürdésből származó szürkevíz-minták közül két különböző forrásból származó vízmintát vizsgáltunk. Az 1. minta zéta-potenciálja derítőszer hozzáadása nélkül  $-30,7$  mV; 2. mintáé:  $-27,6$  mV.

A vizsgálat során az 1-es számú szürkevíz minta  $100\text{ cm}^3$ -es részleteihez  $5\text{ cm}^3$  térfogatú különböző koncentrációjú  $\text{FeCl}_3$ -oldatokat adagoltunk. Ezután mágneses keverővel összekevertük a szürkevíz-mintákat a derítőszerrel, majd mintát vettünk belőle a zavarosság méréshez, végül hagytuk ülepedni a mintákat. A derítőszer hozzáadása után 30 s intenzív keverést követően mértük a zéta-potenciál értékét. A zéta-potenciál változását a derítőszer koncentrációjának függvényében a 7. és 8. ábrák mutatják. Az ábrákon a zöld szín jelzi azt a tartományt (a zéta-potenciál érték  $\pm 5$  mV közé esik), amely már teljesen megfelelő számunkra ahhoz, hogy a vízmintából a kolloid méretű szennyeződés flokkulálódjon, vagyis a szürkevíz vízminta derítést követően újrahasznosítható legyen. A megfelelőnek mondható Zéta-potenciál értéket az 1. számú minta esetén az  $5,00\text{ g/dm}^3$  koncentrációjú  $\text{FeCl}_3$ -oldat adagolásakor érték el (7. ábra). A kísérlet során a zéta-potenciál értéke  $-2,15$  mV-nak adódott.



7. ábra Zéta-potenciál változása (mV) különböző koncentrációjú, 5 ml térfogatú FeCl<sub>3</sub>-oldatok adagolásakor (1. minta)

A 2. számú (fürdő) vízminta eredeti zéta-potenciál értéke -27,6 mV értéknek adódott. Ezt a mintát az előző mintához hasonló vizsgálatnak vetettük alá. A 3,33 g/dm<sup>3</sup> koncentrációjú 5 ml térfogatú FeCl<sub>3</sub>-oldat a szürkevíz minta Zéta-potenciáljának megfelelő mértékű (+/-5 mV) redukálását eredményezte. A kísérlet során, ebben az esetben a mérhető zéta-potenciál már -1,04 mV értéket mutatott, amely a koagulációhoz szükséges Zéta-potenciál intervallumon belüli. A 2. számú vízminta Zéta-potenciáljának változását a koagulálószer koncentrációjának függvényében a 8. ábra szemlélteti.



8. ábra Zéta-potenciál változás (mV) különböző koncentrációjú, 5ml térfogatú FeCl<sub>3</sub>-oldatok adagolásakor (2. minta)

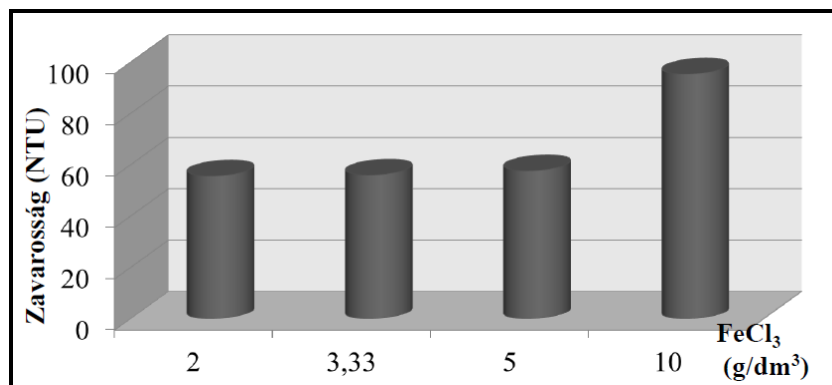
A 7. és 8. ábra alapján meghatározható, hogy mennyi vegyszer elegendő ahhoz, hogy elérjük a koaguláláshoz szükséges optimális potenciált.

A vas(III)-sók szerepe a koaguláció során már az adagoláskor megkezdődik, hiszen hatására kezdenek aggregálódni a kolloidális tartományban lévő részecskék, melynek keverés után már látható eredménye van. A már részben semlegesített negatív töltésű kolloid részecskék összetapadnak, kiválnak és az 5 perces ülepedés után a szürkevízből részben kiülepednek, részben pedig felúsznak a vízminta felszínére. (9. ábra).



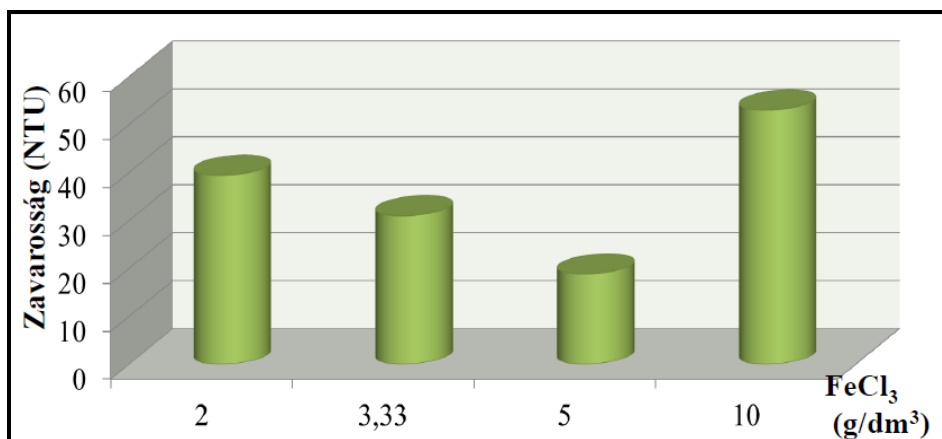
11. ábra Szürkevíz flokkulálás és ülepedés után

A 10-11. ábrák a már derítőszerrel kezelt 1. minta zavarosság értékét mutatják be. A 10. ábrán a kísérlet elvégzését követően, vagyis a koagulálószer intenzív bekeverése után közvetlenül történt a zavarosság mérése. Megfigyelhető, hogy a koagulálószer koncentrációjának függvényében a nő a zavarosság.



10. ábra Zavarosság mértéke derítőszer adagolás hatására keverés után (1. minta)

A 11. ábrán a kísérlet kivitelezése után 5 perc nyugalmi idő elteltével történt a zavarosság mérése, mely eredményeket szemléltetjük a koagulálószer koncentrációjának függvényében. Megfigyelhető, hogy ülepedés hatására már teljesen más képet mutatnak a zavarosság értékek, hiszen másképpen ülepednek a különböző reakciókörülmények között képződő aggregátumok. Az 5 perces nyugalmi időt követő zavarosságmérés eredménye hasonlóan alakul a zéta-potenciál mérési eredményekhez, vagyis a kellő hatás (koaguláció) az 5 g/dm<sup>3</sup> koncentrációjú FeCl<sub>3</sub>-oldat adagolásával érhető el. A koagulálószer nagyobb koncentrációban történő adagolásával már nemkívánatos folyamatokat idézünk elő, mely eredményeként a zavarosság és a Zéta-potenciál értéke is ugrásszerűen megnő.



11. ábra Zavarosság mértéke derítőszer adagolás hatására ülepités után (1. minta)

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

A zéta-potenciál mérés egyik lehetséges módja annak, hogy különböző helyről származó szürkevíz mintákat vizsgálva megállapíthatóvá váljon, hogy adott lebegő szennyezőanyagot tartalmazó vizekhez mennyi derítőszer szükséges a kolloidális méretű szennyeződések eltávolításához. A módszer segítségével felállítható egy olyan modell, amelyet alkalmazva újszerű eljárást dolgozhatunk ki víztisztításra anélkül, hogy túlzásokba esnénk az aggregálódást és flokkulálást elősegítő vegyszerek adagolásakor.

Elővizsgálatok során azt tapasztaltuk, hogy a mosásból származó szürkevizek zéta-potenciál átlaga a legkisebb.

A koagulálás és a flokkulálás folyamatának vizsgálatához két különböző fürdővíz minta derítését vizsgáltuk részletesen, melyek Zéta-potenciálja az 1.minta esetén -30,7 mV; 2. minta esetén pedig -27,6 mV értéknek adódott. A kísérletek során a derítőszerként 5 ml térfogatú különböző koncentrációjú FeCl<sub>3</sub>-oldatokat adagoltuk a vizsgált vízmintákhoz és vizsgáltuk azok Zéta-potenciálját, valamint zavarosságát.

Megállapítottuk, hogy az 1-es minta esetén az 5 g/dm<sup>3</sup> koncentrációjú oldat adagolásával értük el a derítéshez szükséges zéta-potenciál tartományt(+/-5 mV).

A 2. minta (alacsonyabb kiindulási zéta-potenciál értékű fürdővíz) vizsgálatánál kiderült, hogy még kevesebb derítőszer elegendő ahhoz (5 ml, 3,33 g/dm<sup>3</sup>), hogy az aggregálódás beinduljon.

A módszer alkalmas lehet szabályozott derítőszer adagoláshoz a szürkevizek tisztításában, mely költséghatékony gazdálkodásra, és környezettudatos víztisztításra, újrafelhasználásra alkalmassá teheti szürkevizeinket.

## 6. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A cikk 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.

7. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **HANCZ PÉTER** Koaguláció-flokkuláció, vizsgadolgozat, 1994.
- [2] **DR. BORDA JENŐ - DR. LAKATOS GYULA - DR. SZÁSZ TIBOR:** Környezeti Kémia II. egyetemi jegyzet, KLTE, 1994.
- [3] **DR. CHOVANECZ TIBOR:** Az ipari víz előkészítése. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
- [4] **DR. BENEDEK PÁL, VALLÓ SÁNDOR:** Vízisztítás-szennyvíztisztítás zsebkönyv, Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1990.
- [5] **ILLÉS-KELEMEN-ÖLLŐS:** Ipari Vízgazdálkodás. Vízdok nyomda, Budapest, 1983.
- [6] **DR. ÖLLŐS GÉZA:** Vízellátás - Csatornázás I. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1995
- [7] **SOSTAR-TURK, S., PETRINIC, I., SIMONIC, M.,** 2005. Laundry wastewater treatment using coagulation and membrane filtration. Resour. Conserv. Recy. 44, 185–196.
- [8] **SHARP, E.L., PARSONS, S.A., JEFFERSON, B.,** 2006. The impact of seasonal variations in DOC arising from a moorland peat catchment on coagulation with iron and aluminium salts. Environ. Pollut. 140, 436–443.