

Komplex kezelési eljárás kidolgozása háztartási mosóvizek újrahasznosításához

Development of a Complex Treatment Process for Recycling Household Laundry Water

Kelemen Orsolya,¹ Bodnár Ildikó,² Izbékiné Szabolcsik Andrea³

Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Környezetmérnöki Tanszék, Debrecen, Magyarország

¹ *kelemen727@gmail.com*

² *bodnari@eng.unideb.hu*

³ *szabolcsikandi@eng.unideb.hu*

Abstract

The goal of our research is to study the treatment possibilities of the laundry water fraction of domestic greywater as an alternative water source, as well as to apply a complex treatment method with which we obtain purified greywater that can be used during household tasks that do not require drinking water. By optimizing each treatment step, we determined a complex process with the following steps: coagulation-quartz sand filtration-oxidation. We also investigated the usability of purified greywater for irrigation by performing a standardized seedling test and determining the SAR factor. In conclusion, based on the measured and analysed water analytical parameters, we have successfully applied an appropriate complex treatment method, using optimal amounts of chemicals, which according to international recommendations can be potentially reused at household level, and can also be used for irrigation purposes.

Keywords: *greywater, laundry water, treatment, reuse, sustainability.*

Összefoglalás

Kutatásunk célja a mosásból származó szürkevízfrakció mint alternatív vízforrás kezelési lehetőségeinek tanulmányozása, valamint egy olyan komplex kezelési metódus alkalmazása, mellyel háztartási szinten ivóvizet nem igénylő feladatok során felhasználható tisztított szürkevizet kapunk. Az egyes kezelési lépések optimalizálásával összeállítottunk egy komplex eljárást melynek lépései: koagulálás-kvarchomokon történő szűrés-oxidálás. Vizsgáltuk továbbá a tisztított szürkevíz öntözési célú felhasználhatóságát szabványosított csíranövényteszt elvégzésével és a SAR-tényező meghatározásával. Összességében elmondható, hogy a mért és elemzett vízanalitikai paraméterek alapján sikeresen alkalmaztunk egy megfelelő komplex kezelési metódust, optimális vegyszermennyiségek használatával, mely a nemzetközi ajánlások alapján háztartási szinten potenciálisan újrafelhasználható, valamint a csíranövényteszt alapján öntözési célokra is alkalmazható.

Kulcsszavak: *szürkevíz, mosóvíz, kezelés, újrahasználat, fenntarthatóság.*

1. Bevezetés

A víz a fenntartható fejlődésünket komolyan befolyásoló tényezők egyike. Napjainkban azonban már több mint egymilliárd ember nem jut hozzá az elégséges édesvízmennyiséghez. Az egyik lehetséges módszer a víztakarékosságra, ha a

háztartásokban különféle, ivóvízminőséget nem igénylő tevékenységekre például WC-öblítésre, autómosásra vagy öntözésre úgynevezett kezelt szürkevizet használunk. Szürkevizeknek nevezük a mosogatásból, fürdésből és mosásból származó használt vízfrakciókat, melyek nem érint-

keznek a WC-öblítése során keletkezett vízzel. A kutatásunkban kiemelten vizsgált, mosásból származó frakció nagy koncentrációban tartalmaz mosószerekből származó detergenseket, vegyszereket, fehérítőt, ruhafestékanyagokat, olajat és nem lebomló szöveteket pl. a ruhákból [1].

A mosási folyamatok során a szennyeződések eltávolítására ún. felületaktív anyagokat, detergenset használunk így a szűrkevezékben nagy mennyiségű ilyen anyag található, amelyek a háztartási szennyvízzel kikerülhetnek a felszíni vizekbe. Itt a víz felszínén vékony habréteget képezve csökken a víz által felvehető oxigén mennyisége, illetve az öntisztulási folyamat határfoka, beindulhat az algavirágzás. Ezért újrahasználat előtt a szűrkevezéket fontos ezektől a felületaktív anyagoktól és egyéb szennyezőktől is megtisztítani. Jelenleg még Magyarországon a szűrkevíz felhasználásának nincs közegészségügyi szempontú kidolgozott szabályozása.

Az Egyesült Államokban azonban pl. az EPA (Environmental Protection Agency) 2012-ben kiadott egy útmutatót a szűrkevezék újrahasználatára vonatkozóan. A minősítési paraméterek közül ebből a szabályozásból két paramétert emelek ki: a biológiai oxigénigény (BOI5) értékét, amelyet 10 mg/l koncentrációban, illetve a zavarosságot, melyet 2 NTU értékben javasolják maximalizálni az újrahasználat feltételeként [2]. Így ezen paraméterekre kiemelt figyelmet fordítottunk a kezelési eljárások kidolgozása során.

2. Szintetikus szűrkevíz

A szűrkevízkezelési műveletek tisztítási hatásfokának összehasonlítása érdekében egy állandó összetételű, ivóvízalapú mosóvizet állítottunk elő, amely minőségi szempontból jól reprezentálja a valós, mosásból származó szűrkevízfrakciót. A valós minták összetétele nagyon változó, így a korrekt kezelési hatásfokok nyomon követésére szükséges a kezelendő víz összetételének állandósága, mely szintetikus, adott receptúra alapján kidolgozható, és később biztosítható a vizsgálatokhoz. A szintetikus mosóvíz előállításakor az elérendő minőségi paraméterek iránymutatójává a Környezetmérnöki Tanszék korábbi kutatásai alkalmával meghatározott minőségi összetétel szolgált [3, 4]. A minták alkotó komponensei mosószert és öblítőt, valamint a szennyeződések reprezentálása érdekében növényi olaj és természetes eredetű szerves tápanyag voltak.

Vizsgáltuk továbbá a kezelés hatását az egyre népszerűbb ún. biodetergens tartalmazó

mosószerekre is. A „bio”-mosóvizet mintázása során hagyományos mosószert és öblítőt helyett folyékony mosódiót, valamint növényi és ásványi anyagokból előállított öblítőt használtunk. Minősítési lépésként párhuzamos mérésekben vizsgáltuk a minták pH-, zavarosság-, fajlagoselektromosvezetőképesség-, zéta-potenciál-, biológiai oxigénigény-, oldottszervesszéntartalom- és kémiaoxigénigény-értékeit.

2.1. ANA-detergenstartalom-meghatározás

A fentiekben bemutatott vízanalitikai paraméterek folyamatos mérése mellett az egyes kezelési fázisok között, a kezelési lépés hatékonyságának ellenőrzése érdekében speciális összegző-paraméter mérését is elvégeztük. Ez az ún. anionaktív detergens (ANA)-tartalom. Mivel a valós és a szintetikus mosóvizekben megtalálható mosószerek elsősorban anionaktív detergenset tartalmaznak, így érdemes meghatározni a kezeletlen mosóvíz-minta anionaktív detergens-tartalmát, majd nyomon követni ezen összegző-paraméter alakulását a komplex kezelési folyamat során is

Az anionaktív detergens mennyiségi meghatározására szolgáló módszer egy kétfázisú titrálás, mely egy nagyon egyszerű és gyors meghatározási módszer, viszonylag kevés eszköz- és vegyszerszükséglettel. Az alkalmazott mérési módszer alapját az ISO 2271:1989 szabvány adta [5].

3. Komplex kezelési eljárás

A különböző szűrkevízkezelési eljárások fokozatos alkalmazása során vizsgáltuk azok hatását a hagyományos és biomosószereket tartalmazó szűrkevízmintákra, majd ezt követően a lépések optimális összeillesztésével egy komplex kezelési eljárást dolgoztunk ki. Ezen eljárás műveletei: koagulálás, szűrés, valamint oxidáció.

3.1. Koaguláció

A kémiai kezelési eljárások kapcsán első lépésként a koaguláció esetében megállapítottuk az alkalmazott vas(III)-klorid koagulálószer optimális mennyiségét mindkét típusú minta esetében. A koagulációs kísérletek során a koagulálószer különböző koncentrációban adagoltuk a szűrkevízmintához, miközben folyamatosan mértük a víz pH-, zavarosság- és zéta-potenciál-értékeit. Ezen vízminőségi mutatók segítettek megállapítani az optimális vegyszermennyiséget. Az optimális dózis hagyományos mosóvíz esetében 46–60 mg FeCl_3 , míg az bioszintetikus minta esetében ez a mennyiség 33,78–34,78 mg FeCl_3 -hatóanyag volt 100 ml mintára vonatkoztatva. Ezekből az érté-

kekből jól látható, hogy biodetergensok használataival akár 42%-kal kevesebb vegyszer használata elegendő lehet az optimális kezeléshez.

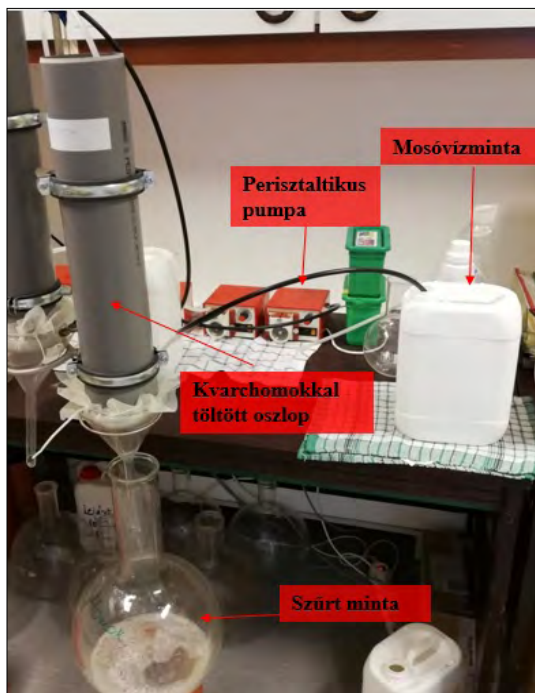
Az optimális dózissal kezelt minták jellemző paramétereit az **1. táblázat** illusztrálja.

A megfelelő dózisú vegyszer adagolása mellett a szennyeződések pelyhek formájában kiülepednek a koagulálószerrel, így megkönnyítve a következő kezelési lépést, a szűrést.

3.2. Kvarchomokon történő szűrés

A koagulálást követően a szűrési lépés során kvarchomok szűrőközegen szűrtük a mintákat (**1. ábra**), mely a koagulálószerrel pelyhekben összeállt szennyeződések nagy hatékonysággal eltávolította (**2. ábra**), ezzel csökkentve a minta zavarosságát és szervesanyag-tartalmát is.

Azonban a nemzetközi szakirodalomban ajánlott minősítési paraméterek felső határát – mely zavarosság esetében 2 NTU, míg a biológiai oxigénigény esetében 10 mg/l – még nem sikerült ekkor elérnünk. Ez látható a **2. táblázat**ban megadott értékek alapján.



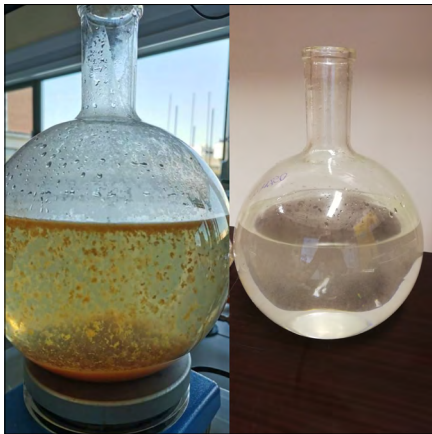
1. ábra. Kvarchomok szűrőberendezés felépítése

1. táblázat. Optimális $FeCl_3$ -dózissal történő koagulálás hatása a mosóvízmintákra

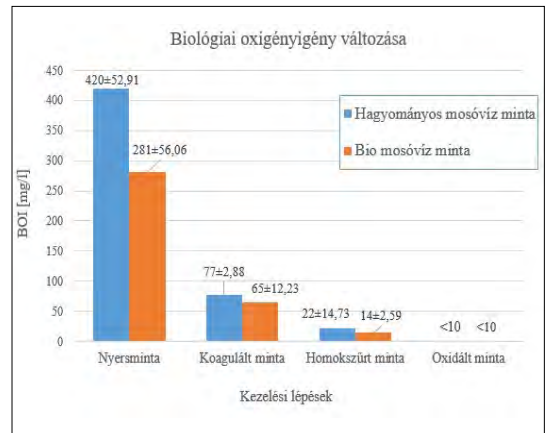
Mosóvízminták	Hagyományos mosószereket tartalmazó nyers minta	Koagulált hagyományos mosószereket tartalmazó minta	Bios mosószereket tartalmazó nyers minta	Koagulált bios mosószereket tartalmazó minta
pH	7,783±0,170	2,387±0,39	7,82±0,15	4,2±0,31
Fajlagos elektromos vezetőképesség [mS/cm]	1,03±0,021	5,80±2,49	1,64±0,08	1,72±0,45
Zéta-potenciál [mV]	-33,93±0,351	-2,47±0,77	-37,88±2,11	-3,08±5,25
Zavarosság [NTU]	85,17±8,819	395,61±137,24	40,69±5,59	443,17±60,71
BOI ₅ [mg/l]	420±52,915	76,67±2,88	281,28±56,05	65±13,23
DOC [mg/l]	255,19±20,73	217,58±23,17	149,06±40,03	79,06±3,60

2. táblázat. Szűrés hatása a koagulálószerrel kezelt mintákra

Mosóvízminták	Koagulált, hagyományos mosószereket tartalmazó minta	Szűrt, hagyományos mosószereket tartalmazó minta	Koagulált, bios mosószereket tartalmazó minta	Szűrt, bios mosószereket tartalmazó minta
pH	2,387±0,39	7,624±0,208	4,2±0,31	7,07±0,51
Fajlagos elektromos vezetőképesség [mS/cm]	5,80±2,49	1,94±0,12	1,72±0,45	1,41±0,38
Zéta-potenciál [mV]	-2,47±0,77	10,23±3,68	-3,08±5,25	-7,88±6,97
Zavarosság [NTU]	395,61±137,24	2,08±0,35	443,17±60,71	1,06±0,36
BOI ₅ [mg/l]	76,67±2,88	22±14,73	65±13,23	14±2,59
DOC [mg/l]	217,58±23,17	35,34±9,39	79,06±3,60	28,49±10,07



2. ábra. Szűrés előtti (koagulált) és szűrés utáni minta



3. ábra. Biológiai oxigénigény csökkenése a komplex kezelési módszer lépései során

3.3. Oxidatív kezelés

Ezen lépés során optimalás alapján 128 mM hidrogén-peroxiddal kezeltük a már koagulált, majd szűrt mintát, majd 1 óra hatóidő után elemeztük az így oxidált minta minőségi jellemzőit. A kapott eredmények alapján az oxidatív kezelés végére a nemzetközi ajánlásoknak megfelelően a zavarosság kapcsán a 2 NTU alatti, valamint a biológiai oxigénigény tekintetében a 10 mg/l alatti értéket kaptunk. Az oxidáció hatása látható a 3. táblázatban megadott értékek alapján.

4. Komplex kezelési eljárás hatásfokának összefoglalása

Az alkalmazott kezelési lépések (koagulálás-homokszűrés-oxidálás) során megtisztított szintetikus mosóvíz minősége egyértelműen javult vízminősítési paramétereit tekintve. A 3–4. ábrák szemléltetik a nemzetközi szakirodalomban is kiemelt biológiai oxigénigény- és zavarosság-pa-

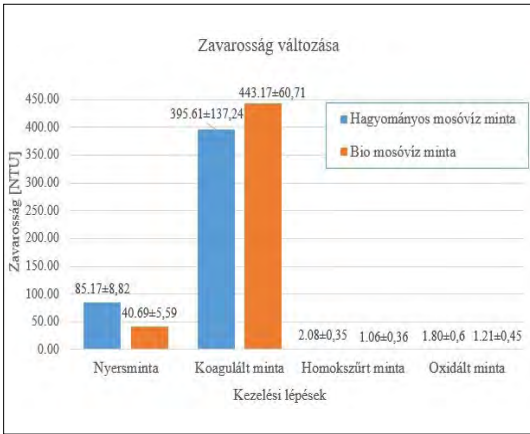
raméterek folyamatos csökkenését az egyes kezelési lépések során. A biológiai oxigénigény egyértelmű csökkenést mutat, azaz a komplex kezelés eredményeképpen elértük a 10 mg/l alatti értéket a nemzetközi minősítési ajánlásoknak megfelelően.

A zavarosság esetében a koagulálási lépés során a zavarosság jelentős növekedése figyelhető meg, ami a pehelyképződésnek köszönhető, ez azonban az azt követő szűrési lépés követően lényegesen csökken, így a komplex kezelési módszer végére az ajánlott 2 NTU alatti értéket kaptunk.

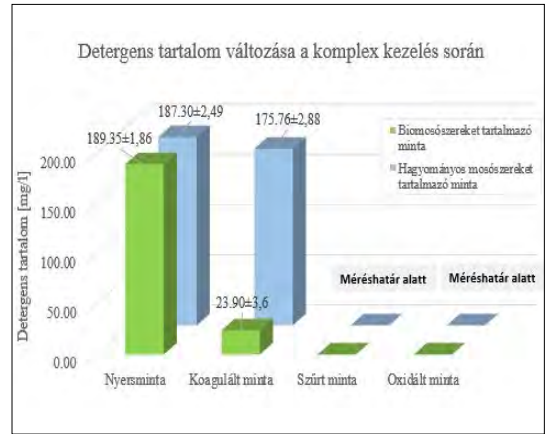
Az ANA-detergens tartalom mérése kapcsán továbbá az eredmények alapján elmondható, hogy a komplex kezelési eljárás eredményesen eltávolítja ezen komponenseket a szürkevízből. Ahogyan az 5. ábrán is látható, a szűrési lépést követően az ANA-detergens-tartalom mérés határ alatti.

3. táblázat. Az oxidációs kezelési lépés hatékonysága

Mosóvízminták	Szűrt, hagyományos mosószereket tartalmazó minta	Oxidált, hagyományos mosószereket tartalmazó minta	Szűrt, biodetergenset tartalmazó minta	Oxidált, biodetergenset tartalmazó minta
pH	7,62±0,208	7,73±0,13	7,07±0,51	7,07±0,44
Fajlagos elektromos vezetőképesség [mS/cm]	1,94±0,12	2,14±0,61	1,41±0,38	1,07±0,14
Zéta-potenciál [mV]	10,23±3,68	17,23±0,11	-7,88±6,97	-14,4±4,77
Zavarosság [NTU]	2,08±0,35	1,8±0,6	1,06±0,36	1,21±0,456
BOI ₅ [mg/l]	22±14,73	<10	14±2,59	<10
DOC [mg/l]	35,34±9,39	21,08±2,36	28,49±10,07	26,11±11,03



4. ábra. Zavarosság változása a komplex kezelési módszer lépései során



5. ábra. ANA-tartalom-változás a kezelés hatására

5. Csíranövényteszt

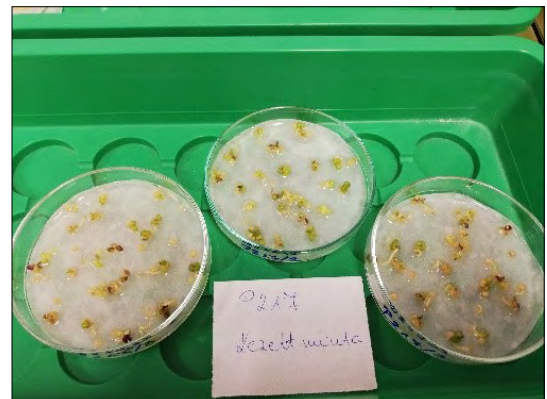
Az öntözési célra való újrahasználatosság vizsgálatának céljából szabványosított csíranövény-tesztet végeztünk el [6]. A csíranövényteszt során fehér mustármagokat csíráztattunk 72 órán keresztül.

A kísérlet során 25-25 db kezeletlen, azonos méretű és színű fehér mustármagot helyeztünk egymástól egyenlő távolságban előzetesen sterilizált és szűrőpapírral bélelt Petri-csészékbe. A teszt időtartama 72 óra volt, mely során 20-22 °C-os sötét helyiségben, csíráztatóládában tartottuk a magokat tartalmazó Petri-csészéket.

Három párhuzamos mérést végeztünk egy-egy alkalommal, úgy, hogy 3-3 Petri-csészét öntöztünk kontrollként ivóvízzel, kezeletlen szintetikus mosóvízzel illetve komplexen kezelt, tisztított szintetikus mosóvízzel. A kísérletet elvégeztük hagyományos, valamint biodetergenset tartalmazó mosóvízzel is.



6. ábra. Fehér mustármagok



7. ábra. Csíranövények

A 6–7. ábrákon látható a csíranövényteszt kiindulási állapota a fehér mustármagok, valamint a végső fázis, a fejlett csíranövények.

Vizsgáltuk az ivóvízzel öntözött magokhoz viszonyítva:

- hogy hány darab mag csírázott ki;
- milyen mértékű volt a növekedés (gyökér- és szárhossz tekintetében);
- a biomasszatömeget;
- az elemtartalmat.

A minősítés során elsőként megszámoltuk, hogy Petri-csészénként a 25 db csírából hány db mag csírázott ki. A gyökér és szárhossz mérését egy-egyével végeztük el minden kicsírázott növény esetén, a 72 óra leteltével. A kapott adatok felhasználásával összehasonlítást végeztünk az öntözővizek minőségi mutatói között. A nedves és száraz biomasszatömeget Petri-csészénként mértük le. A két adat felhasználásával nedvességtartalmat számoltunk a különböző vízmintákhoz tartozó

csíranövényekre, amely nagyon jó alapot jelentett az öntözővizek közötti különbségek összehasonlítására. Az elemtartalom-vizsgálat esetén külön elemeztük a szár- és a gyökérrészt.

5.1. Kicsírázott magok száma

Ahogy a 4. táblázatban is látható, a kezeletlen mosóvízzel öntözött magok esetében kisebb a csírázási képesség, mint a kontrollívóvíz vagy a kezelt mosóvíz esetében. A kezelt minták mind a hagyományos, mind a biomasóvíz esetében jobb csíráztatóképességet mutatnak.

5.2. Gyökér- és szárhossz

A csírák növekedését a gyökér és a szárhossz mérésével követtük nyomon. A viszonyítási alapot ebben a kontrollívóvízzel öntözött magvak méretei jelentették. A milliméterben mért értékekből átlagot vontunk, ez látható a 5. táblázatban.

A vártak megfelelően az tapasztaltuk, hogy a kezelt mosóvízzel öntözött csírák esetében nagyobb a szár- és gyökérhossz, mint a kezeletlen mintával öntözöttek esetében. Az ivóvízhez viszonyítva azonban látható lemaradás a növekedést illetően, a kezelt mintákkal való öntözés során is. Gyökérhossz esetében hagyományos mosóvízzel öntözött csírák esetében 60%-kal kisebb, míg biomasóvízzel öntözött csíráknál ez az eltérés 55%.

4. táblázat. Átlagosan kicsírázott magok száma

	Átlag	Szórás
Ivóvíz	23,33	0,58
Kezeletlen mosóvíz	19,00	1,00
Kezelt mosóvíz	22,33	2,51
Kezeletlen biomasóvíz	22,00	2,00
Kezelt biomasóvíz	23,67	1,53

5. táblázat. Gyökér- és szárhosszátlag

GYÖKÉR (mm)	Hagyományos mosóvíz	Biomasóvíz
Ivóvíz	11,26±1,33	15,84±2,03
Kezeletlen	3,85±1,09	6,37±0,29
Kezelt	4,38±2,19	7,24±0,62
SZÁR (mm)		
Ivóvíz	14,62±4,62	11,35±1,17
Kezeletlen	7,65±0,09	10,25±0,43
Kezelt	8,82±0,34	11,15±0,99

Szárhossz esetében kisebb eltérést tapasztaltunk a kontrollívóvízzel öntözött csíráktól, hagyományos mosóvízzel öntözés esetében 40%, biomasóvíz esetén 2% a lemaradás a növekedésben.

5.3. Biomasszatömeg és nedvességtartalom

A biomasszatömeg mérését nedves és száraz állapotban is elvégeztük. Ezen adatokból a növénycsíra-részek nedvességtartalmát határoztuk meg, amelyből a minták vízfelvevő képességére tudunk következtetni.

Szinte minden esetben elmondható, hogy a kontrollívóvízzel öntözött csírák értékeihez viszonyítva kisebb értékeket mértünk, de a kezelt vízzel öntözött csírák tömege és nedvességtartalma magasabb, mint a kezeletlen mosóvízmintával öntözött csíráké.

A vízfelvevő képességet az öntözővíz detergens-tartalma és a zavarosság értéke lényegesen befolyásolja, mivel a növényi részekre való kirakódásuk megakadályozhatja a vízfelvételt. A csíráztatás során ez abban mutatkozott meg, hogy míg az ivóvízzel és a kezelt mintákkal öntözött csírák az összes öntözővizet felvették, addig a kezeletlen mosóvízzel öntözött csírák alatt rendszerint megmaradt az előző öntözésekből származó vízminta. A kezelt minta esetében azonban ezeket a zavaró hatásokat nagyrészt sikerült eltávolítani. Továbbá az adatokat értékelve megállapítottuk, hogy a nedvességtartalom a gyökér esetében 10%-kal nagyobb volt a száraz nedvességtartalmához képest. Következtetésképpen ebből azt vontuk le, hogy a növényi csírákban a nedvesség inkább a gyökérrészben raktározódhat el.

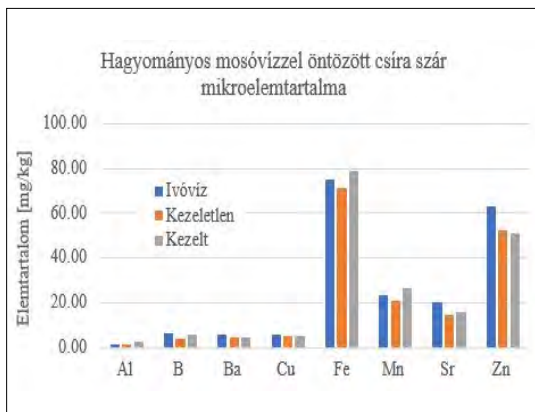
5.4. Elemanalízis

A csíráztatási kísérlet csíranövényeinek, valamint az öntözésükre használt vízminták elemanalitikai vizsgálatát Agilent 5110 ICP-OES-készülék használatával végeztük el. 12 makro-, ill. mikroelem mérését végeztük el a növényi mintákon és vízmintákon egyaránt.

Az elemanalízis kapcsán külön a szár- és a gyökérrész vonatkozásában vizsgáltuk a csíranövény elemtartalmát. A 8. ábra a szárrész mikroelem-tartalmát illusztrálja.

Látható, hogy a vas, mangán és cink magas koncentrációban található meg a mosóvízzel öntözött csíranövényben, azonban mivel ezek az elemek az ivóvízzel öntözött csíranövényben is hasonlóan magas koncentrációban vannak jelen, így ez nem jelent többletfelhalmozódást.

A kapott eredmények alapján összességében elmondható, hogy a mosóvíz kezelése elengedhetet-



8. ábra. Csíraszár mikroelem-tartalma

len öntözési célú felhasználás előtt, hiszen a kezeletlen mintával öntözött magok, mind kicsírázási arányban, mind pedig fejlődésben elmaradtak a kezelt, illetve az ivóvízzel öntözött magokhoz viszonyítva.

6. SAR-tényező

A SAR-érték/-tényező egy szakirodalomban elérhető tapasztalati képlet alapján a vizek szikesítő hatását mutatja meg, pl. öntözővizek minőségére vonatkozóan. A szikesedését abból a szempontból fontos vizsgálni, hogy a talaj, illetve öntözővíz sótartalma meghatározza a talaj termőképességét. Abban az esetben, ha a minta SAR-értéke 2–4 közötti, az öntözővíz nem veszélyezteti a talaj termőképességét, míg ha ettől nagyobb, jelentős hatással lehet az öntözővíz minősége a talaj tulajdonságaira, a növények fejlődőképességére [7].

6. táblázat. Kezelés hatása a hagyományos mosóvíz-mintára

	Kezeletlen, hagyományos mosószeret tartalmazó minta	Kezelt, hagyományos mosószeret tartalmazó minta
pH	7,783±0,170	7,73±0,13
Fajlagos elektromos vezetőképesség [mS/cm]	1,03±0,021	2,14±0,61
Zéta-potenciál [mV]	-33,93±0,351	17,23±0,11
Zavarosság [NTU]	85,17±8,819	1,8±0,6
BOI ₅ [mg/l]	420±52,915	<10
DOC [mg/l]	255,19±20,73	21,08±2,36
KOI [mg/l]	1258±33,94	1258,5±26,16
ANA-detergens [mg/l]	187,07±3,49	<

Ez az érték hagyományos mosóvíz esetében 2,38, míg biomosóvíz esetében 2. Ez azt jelenti, hogy ezen paraméter alapján az általunk komplexen kezelt mosóvíz alkalmas lehet öntözésre, anélkül, hogy károsítaná a talaj termőképességét.

7. Következtetések

A mosásból származó szürkevíz újrahasználatra való előkészítése során, mint kezelési eljárást, komplexen alkalmaztunk koagulációt, kvarchomok szűrőközegen történő szűrést, valamint oxidációs eljárást. A mért és elemzett vízanalitikai paraméterek alapján sikeresen alkalmaztunk egy megfelelő kezelési módszert, optimális vegyszermennyiségek használatával. A kiindulási kezeletlen, valamint a komplexen kezelt minták paraméterei láthatóak a 6–7. táblázatokban.

Ennek eredményeképpen a minőségre vonatkozó nemzetközi ajánlásokban szereplő minősítési paraméterek közül kettőt kiemelve a biológiai oxigénigény (BOI₅) értékét 10 mg/l, illetve a zavarosságot 2 NTU érték alá sikerült redukálni. Így egy háztartási szinten, ivóvíz-minőségű vizet nem igénylő feladatokra potenciálisan (WC-öblítés, autómosás, öntözés) újrahasználatos, mosásból származó tisztított szürkevizet állítottunk elő.

A csíranövényteszt elvégzése kapcsán továbbá megállapítható, hogy a komplexen kezelt mosóvíz potenciálisan alkalmas öntözési célú felhasználásra, valamint a SAR-tényező alapján nem gyakorol káros hatást sem a talaj termőképességére.

7. táblázat. Kezelés hatása a biomosóvíz-mintára

	Kezeletlen, biomosószeret tartalmazó minta	Kezelt, biomosószeret tartalmazó minta
pH	7,82±0,15	7,07±0,44
Fajlagos elektromos vezetőképesség [mS/cm]	1,64±0,08	1,07±0,14
Zéta-potenciál [mV]	-37,88±2,11	-14,4±4,77
Zavarosság [NTU]	40,69±5,59	1,21±0,456
BOI ₅ [mg/l]	281,28±56,05	<10
DOC [mg/l]	149,06±40,03	26,11±11,03
KOI [mg/l]	1341±28,99	909±2,83
ANA-detergens [mg/l]	189,95±2,14	<

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Ghaitidak D. M., Yadav K. D.: *Characteristics and Treatment of Greywater. A Review*. Environmental Science and Pollution Research, 20/5. (2013) 2795–2809.
<https://doi.org/10.1007/s11356-013-1533-0>
- [2] U.S. Environmental Protection Agency: *Guidelines for Water Reuse*. 2012.
- [3] Bodnár I., Boros N., Baranyai E., Fórián S., Izbékiné Szabolcsik A., Jolánkái G., Keczánné Úveges A., Kocsis D.: *Épületek csapadékvizeinek és szűrkekvizeinek vizsgálata az Észak-Alföld régióban környezetbarát és energiahatékony hasznosítás céljából*. In: Kalmár F. (szerk.): *Fenntartható energetika megújuló energiaforrások optimalizált integrálásával*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2014.
- [4] Bodnar I., Szabolcsik A., Baranyai E., Uveges A., Boros N.: *Qualitative Characterization of the Household Greywater in Northern Great Plain Region of Hungary*. Environmental Engineering and Management Journal, 13/11. (2014) 2717–2724.
<https://doi.org/10.30638/eemj.2014.302>
- [5] ISO 2271:1989: Surface Active Agents — Detergents — Determination of Anionic-Active Matter by Manual or Mechanical Direct Two-Phase Titration Procedure.
- [6] MSZ 22902-4: *Víztoxikológiai vizsgálatok. Csíra-növényteszt*. 1991.
- [7] Zsembeli J., Szűcs L.: *Zöldségnövények környezetkímélő öntözése magas sótartalmú vizekkel*. Agrártudományi Közlemények, 2014/61.