

Szürkevizek kezelése különböző oxidálószerrel

Greywater treatment with oxidative agents

Cs. UNGVÁRI¹, A. IZBÉKINÉ SZABOLCSIK², I. BODNÁR³,

Debreceni Egyetem Műszaki Kar Környezetmérnöki Tanszék; 4028 Debrecen, Ótemető utca 2-4.

¹csaba.ungvari31@gmail.com, ²szabolcsikandi@eng.unideb.hu, ³bodnari@eng.unideb.hu

Absztrakt. Kutatásunk során szintetikusán előállított szürkevizek változatos szűrőközegeken történő előkezelés utáni oxidatív vizsgálatát végeztük el különböző oxidálószerrel. A szürkevíz mintákat többféle vízminőségi paraméter mérésével jellemeztük. Ezeket a vizsgálatokat elvégeztük a kezeletlen, előkezelt, illetve az oxidatív kezelés átesett mintákon is. A vízminőségi paraméterek változásainak segítségével következtettünk a különböző kezelések hatékonyságára. Emellett, a szűrőközegekben bekövetkező változások jellemzésére pásztázó elektronmikroszkóp (SEM) segítségével vizsgáltuk a szűrőközegek felületét a használat előtt, majd azt követően is. A vizsgálataink során kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a fürdővizek újrafelhasználásának céljából a kvarchomokból- vagy az aktív szénből és kvarchomokból álló kombinált szűrőközegeken történő szűrés, majd ezt követően 10 mmol/dm³ hidrogén-peroxiddal történő kezelés bizonyult hatékony kezelési megoldásnak.

Abstract. In our research we pretreated synthetically produced greywaters with filtration on various filters, then we treated the samples with oxidative agents. We characterised the quality of greywater samples with several parameters. We investigated these parameters on the untreated, pretreated, and oxidated samples as well. We evaluated the efficiency of the treatments by measuring the characteristic parameters. In addition, we investigated the changes on the filter media' surface with a scanning electron microscope (SEM). It was shown, that the most effective treatment combination for the greywater's preparation for reuse is the filtration on silica sand or activated charcoal and silica sand combined filter media, then oxidation with hydrogen peroxide (10 mmol/dm³).

Bevezetés

Az édesvízkészleteink végesek, így egyre nagyobb globális problémát jelent a fokozódó vízhiány, ezért egyáltalán nem mindegy hogy mire használjuk fel a meglévő vízkészleteinket. Tovább súlyosbítja a problémát, hogy egyes édesvízlelőhelyek antropogén vagy természetes okból kifolyólag elszennyeződnek, és csak megfelelő tisztítási eljárásokat követően válnak felhasználhatóvá. A technológiák fejlődésének köszönhetően az energiaigényeinkkel párhuzamosan a vízigényünk is folyamatosan nő, így a probléma fokozódik. Ezen probléma mérséklésére rengeteg törekvést tesznek a tudósok illetve a szakemberek. Például a szennyezett vízforrások tisztításával illetve a sós tengervíz sótartalmának eltávolításával újabb alternatív vízforráshoz juthatunk, azonban a vízhiány fokozódása nagyobb mértékű, mint ezeknek a törekvéseknek az eredményei [1].

Szürkevíznek (greywater) nevezzük a háztartásban keletkező hulladékvizet, amelyek fürdés, mosás, és konyhai tevékenységek során keletkeznek, és ezen vizek nem tartalmazzák a WC öblítéséből

származó szennyvizeket. Egy főre vetítve az átlagos szennyvízkibocsátás 150-250 liter, amelyből a szürkevíz mennyisége 75-90%-ot jelent, attól függően, hogy pl. mennyire víztakarékos az épületbe telepített WC. Európában a keletkező szürkevíz mennyisége 35-150 liter/fő/nap között mozog [2]. Ha szürkevizet pl. a vízöblítéses WC-knél használnánk, a napi vízfogyasztás 10-29%-al csökkenthető lenne [3]. Magyarországon az átlagos vízfogyasztás 100-110 liter/fő/nap, ami nagyobb városokban ennél több is lehet, kisebb városokban pedig 50-70 liter/fő/nap között alakul [4]. A nemzetközi szakirodalomban a szürkevizet két nagyobb csoportra osztják, amelyet a szennyezettség mértéke alapján light és dark jelzővel illetnek. Így megkülönböztetnek egy kevésbé terhelt (light greywater) és egy terheltebb (dark greywater) típust. Az úgynevezett „light greywater” frakció a szürkevizek kevésbé szennyezett részét jelenti, például a fürdővizeket. Ezek az alábbi tipikus szennyezőanyagokat tartalmazzák: szappanokból, tusfürdőkből, úgynevezett detergenset, emellett a bőrről, hajról és testről származó zsírokat [5]. A mosásból vagy mosogatásból (dark greywater) származó szürkevíz nagy koncentrációban tartalmaz kémiai anyagokat a mosogató- illetve mosóporokból, fehérítőkől, zsírokból, olajokból, ruhafestékekből származó komponenseket és emellett pl. ruhákból nem lebomló szöveteket, továbbá ételmaradékokat [2]. A korábban zajló kutatások során megállapítást nyert, hogy ezen frakciók közül a fürdés, tisztálkodás során keletkező szürkevizek minőségi paraméterei állnak a legközelebb az ivóvíz minőséghez [4], illetve az összes keletkező háztartási szürkevíz közel 50 százalékát alkotja, ezért ezen frakció kezelésének vizsgálatát tűztük ki célul.

A szakirodalmi adatok illetve a Környezetmérnöki Tanszék előkutatásai alapján ezeknek a szürkevizeknek az újrafelhasználásához is szükséges bizonyos kezelési eljárások használata [6], mivel egy egyszerű szűrési eljárás nem garantálja pl. a szerves anyagoknak, detergenseknek, illetve biológiailag lebomló anyagoknak az eltávolítását. Ezen nevezett komponensek visszatartására célszerű más kezelési eljárást is alkalmazni pl.: oxidatív kezeléseket [2]. Az oxidációszerrel történő kezelés a vizet fertőtleníti, illetve a detergens tartalmat és a szerves anyag tartalmat bizonyos mértékben bontja, de az oxidálószer alkalmazása előtt célszerű a vizet előkezeltetni pl.: szűréssel. Ezért a kutatásunkban változatos szűrőközegeken szűrt minták különböző oxidálószerrel történő kezelését végeztük el és a kezeletlen és a kezelt minták minőségi vizsgálata alapján értékeltük a beavatkozások hatásfokát. Szürkevizek felhasználásával kapcsolatban jelenleg hazánkban még nincs jogi szabályozás, nincs előírás a felhasznált szürkevíz minőségi paramétereit illetően. Azonban olyan országokban, ahol a szürkevizek újrafelhasználása már bevett gyakorlat és megalapozottan működik, már szabványok is elérhetőek erre vonatkozóan. Az Amerikai Egyesült Államokban és Németországban kidolgozott jogszabályi háttér is rendelkezésre áll a szürkevizek kezelésének tekintetében. Ezek a jogszabályok két fő paramétert jelölnek meg legfontosabbként: a zavarosságot, illetve a szerves anyag tartalmat. Az Egyesült Államokban érvényben lévő szabályozás szerint a kezelt szürkevizek esetében a zavarosság értéke átlagban 2 NTU lehet, maximumként pedig az 5 NTU értékű zavarosság van meghatározva. A szerves anyag tartalmat jellemző biológiai oxigénigény (BOI) maximum értéke pedig 10 mg/l-ben lett megszabva [6].

Anyag és módszer

Vizsgálataink alkalmával a Környezetmérnöki Tanszéken korábbi évek kutatásai során kifejlesztett ivóvíz alapú, állandó összetételű (tusfürdőt, sampont, növényi olajat, növényi tápanyagot tartalmazó) szintetikus úton előállított fürdővizeket készítettünk és használtunk, melyek összetételükben jól jellemzik a háztartásokban keletkező szürkevizeket. A fentiek szerint készített szintetikus szürkevízre vonatkozóan a következő paramétereket mértük jellemzőképpen: pH-érték, zavarosság, zéta-potenciál, vezetőképesség, biológiai oxigénigény (BOI_5), kémiai oxigénigény (KOI), oldott szerves széntartalom (DOC). A vizsgálatokat frissen, a vezetékes ivóvíz hálózathoz vett ivóvízen is elvégeztük, illetve a szintetikus szürkevíz kezeletlen mintáján is. Az elkészített szintetikus fürdővízből előkezelés céljából egyenlő térfogatokat 4 féle szűrőközegen engedték át (természetes zeolit, kvarchomok, aktív szén és kvarchomok, ill. természetes zeolit és kvarchomok kombinált szűrőközegen), mely során mértük az átfolyási időt. Az átszűrt mintáknak, ezután a fentiekben említett minőségi paramétereit megmértük, ill. oxidációs kezelésnek vetettük alá, majd azt követően ismét megvizsgáltuk az említett alapparamétereket és azok változásából vontuk le következtetéseinket. Az oxidatív kezelések alkalmával hidrogén-peroxidot ill. peroxo-monoszulfát-iont (oxon) használtuk oxidálószerként.

Eredmények

A pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) vizsgálatok tapasztalatai alapján megállapítottuk, hogy a szürkevizekből a legnagyobb mértékű szennyezőanyag az aktív szén szűrőközeg felületén kötődött meg, ebben az esetben a felületi elemösszetétel teljesen megváltozott, új elemek jelentek meg (például: nátrium, kálium, foszfor, vas), ill. az eredetileg megtalálható elemek mennyisége is megnövekedett. A vizsgált mintarészlet relatív széntartalma a tiszta minta esetében 90%, míg a szennyezett minta esetében a megkötődött idegen anyagok mennyiségének növekedésének köszönhetően csak 66% volt. A kvarchomok szűrőközeg esetében is megfigyelhető volt az elemösszetétel változás, legjelentősebb mértékben a vas (1,41%-ról 9%-ra nőtt) ill. az alumínium (2,35%-ról 6,97%-ra nőtt) relatív mennyisége változott meg. A természetes zeolit szűrőközeg esetében elemösszetétel változása nem volt szignifikáns, csupán fizikai tulajdonságaiban (pl. porozitás növekedése) változott meg a szűrőközeg.

A szűrés eljárásokat követően a mintákat (a zeoliton szűrt minta kivételével) hidrogén-peroxiddal kezeltük. Első esetben 5 mmol/dm³ koncentrációban adtuk hidrogén-peroxidot a mintákhoz, majd ezt a mennyiséget a későbbi mérésorozatok során 10 mmol/dm³ koncentrációra emeltük. Az második mérésorozat tapasztalatai alapján az oxidált mintákat a kezelés után 24 órás folyamatos keverés mellett a fent említett paraméterekre vizsgáltuk. Az oxidatív eljárást egy speciálisabb oxidálószer alkalmazásával is elvégeztük, ekkor a szűrt szürkevíz mintákhoz ún. oxont adagoltunk. A kezelést 5 illetve 10 mmol/dm³-os koncentrációban is elvégeztük, hogy tanulmányozzuk, milyen koncentráció esetében érünk el jobb hatásfokot a vízminták szennyezőanyagainak eltávolításában. A szűrés eljárások után a zavarosság értéke minden esetben csökkent. A zeolittal történő szűrés esetén átlagosan 48%-kal, a kvarchomok ill. az aktív szén és kvarchomok kombinált szűrőközegnél 96%-kal, a zeolit és kvarchomok kombinált szűrőközeg esetében 94%-kal. Ezen adatok alapján elmondható, hogy

a zeolittal történő szűrés kivételével az összes szűrési eljárás eltávolítja a zavarosságot okozó oldhatatlan komponensek nagy részét. A BOI_5 értékek a szűrési eljárások során a zeoliton történő szűrés kivételével mindig csökkentek, a zeolit esetében a növekedést véleményünk szerint a szűrőközeg szennyezettsége okozza. A többi szűrőközeg esetében a BOI_5 csökkenése átlagban kvarchomokon történő szűrés alkalmazásánál 29%, aktív szén és kvarchomok kombinált szűrőközegnél 51%, zeolit és kvarchomok kombinált szűrőközeg esetén 19% volt. A DOC minden szűrési eljárás során csökkent, a zeoliton történő szűrés alkalmával átlagban 19%-kal, kvarchomokon történő szűrésnél 61%-kal, aktív szén és kvarchomok kombinált szűrőközeg esetében 67 %-kal, és 51%-kal csökkent a szintetikus fürdővízminta DOC értéke, ha természetes zeolit és kvarchomok kombinált szűrőközeget alkalmaztunk.

Az oxidatív kezelések hatására a zavarosság értékekben nem volt szignifikáns különbség a szűrési eljárások után mért értékekhez képest. Ez alapján a szűrési eljárások során nagy határfokkal kiszűrésre kerültek a zavarosságot okozó oldhatatlan szerves és szervetlen komponensek, ezen az oxidációs kezelések már nem tudtak jelentősen változtatni. A BOI_5 mértéke a hidrogén-peroxiddal ill. oxonnal történő kezelés után minden esetben 10 mg/l alá csökkent. Az oxidációs kezelések után mért DOC értékek a szűrési eljárások után mért értékekhez képest nem csökkentek jelentősen. A vezetőképesség értékében a kezeletlen szintetikus mintához képest a változás a hidrogén-peroxiddal történő kezelés hatására nem volt jelentős egyik minta esetében sem. Minden alkalommal 6%-on belül maradt a vezetőképesség értékének változása. Ezzel szemben az oxonnal történő kezelés során a vezetőképesség értéke jelentős növekedést mutatott. Ennek oka valószínűleg az, hogy az oxon egyik fő alkotója a kálium-peroxomonoszulfát, melynek ionjai az oldatba kerülnek a kezelés során, és mivel a vezetőképesség érték az oldott ionkoncentrációval arányos, így a megemelkedett ionkoncentráció a vezetőképesség értékek növekedését eredményezi.

Összefoglalás

A kapott eredmények alapján elmondható, hogy a szürkevizek szűréssel, majd oxidatív eljárásokkal történő kezelése hasznos alternatíva lehet az újrafelhasználásra való előkészítés tekintetében, mivel a fizikai szennyezők eltávolításában nagy határfokot tudtunk elérni a szűrőközegek használatkor. Továbbá az általunk végzett oxidatív kezelések minden esetben a fent említett határérték alá csökkentették a kezelt minták biológiailag bontható szerves anyag tartalmát reprezentáló BOI értékeit. A vizsgálataink során kapott eredmények alapján megállapítható, hogy kvarchomokból- vagy az aktív szén és kvarchomok kombinált szűrőközegről álló szűrőrendszerrel történő szűrés, majd ezt követően 10 mmol/dm³ hidrogén-peroxiddal történő oxidatív kezelés bizonyult a leghatékonyabb kombinációnak a fürdővizek újrafelhasználásra történő kezelése tekintetében.

Hivatkozások

- [1] „United Nations,” 24 november 2014. [Online]. Available: <http://www.un.org/waterforlifedecade/scarcity.shtml>. [Hozzáférés dátuma: 22 október 2017].

- [2] Ghaitidak, D. M., Yadav, K. D. (2013) *Characteristics and treatment of greywater—A review*. Environmental Science and Pollution Research, 20 (5) pp. 2795-2809.
- [3] Penn, R., Schütze, M., Friedler, E. (2013) Modelling the effects of on-site greywater reuse and low flush toilets on municipal sewer systems. Journal of environmental management, 114. pp. 72-83.
- [4] Kalmár Ferenc szerk. (2014) Fenntartható energetika, Akadémiai Kiadó, Budapest. 2014.
- [5] Noah, M. (2002) *Graywater use still a gray area*. Journal of environmental health, 64 (10) pp. 22-25.
- [6] Boyjoo, Y., Pareek, V. K., Ang, M. (2013) *A review of greywater characteristics and treatment processes*. Water Science and Technology, 67 (7) pp. 1403-1424.