

Papp Tamás<sup>1</sup> – Karches Tamás<sup>2</sup>

# Keveési hatékonyság javítása vas és mangán eltávolításánál az ivóvíztisztításban

## Improvement of Iron and Manganese Removal in Water Treatment

*Ivóvizünk 95%-ban mélységi vízbázisból származik, amely számos szennyeződést (természetes vagy antropogén eredetű) tartalmazhat. Ezek nagy részét oxidációval és ezt követően fázisválasztással lehet eltávolítani. Az oxidálószer alkalmazásakor a hidrodinamikai folyamatoknak nagy szerepük van; a beadagolt vegyszert a nyers vízzel tökéletesen el kell keverni, hogy a vízben oldott anyagokkal reakcióba léphessen. A mélységi vizekben található vas és mangán vegyületek eltávolításához széles körben alkalmazzák a kálium-permanganátot. Kutatásomban a keveredési viszonyokat optimalizáltuk; propeller és lapátkeverő keveési hatékonyságát különböző fordulatszámok alkalmazásával vizsgáltam. Eredményként pedig azt kaptam, hogy a geometriai kialakítása miatt a lapátkeverő nagyobb felületen érintkezik a kevertetni kívánt folyadékkal, ezért hatásfoka is jobb, mint a propellerkeverőé.*

**Kulcsszavak:** keveési hatékonyság, mélységi vízbázis, vas- és mangáneltávolítás, víztisztítás

*In Hungary subsurface water courses are used generally (95%), which may contain numerous pollutants (from natural or anthropogenic source). Most of these pollutants can be removed by oxidation followed by phase separation. By applying oxidizers hydrodynamic conditions have a significant role in the process; the chemical added shall be perfectly mixed with the raw water in order to react with the soluble pollutants. For the removal of iron and manganese in subsurface water generally potassium permanganate is applied. In this paper the installation of mixers was*

<sup>1</sup> Nemzeti Közzolgálati Egyetem, egyetemi tanársegéd, e-mail: [Papp.Tamas@uni-nke.hu](mailto:Papp.Tamas@uni-nke.hu), ORCID: 0000-0001-5574-8508

<sup>2</sup> Nemzeti Közzolgálati Egyetem, főiskolai docens, e-mail: [Karches.Tamas@uni-nke.hu](mailto:Karches.Tamas@uni-nke.hu), ORCID: 0000-0003-2347-3559

*optimized and propeller and paddle mixers at various rotational speed. As a result of the research it can be stated that paddle mixer has higher mixing efficiency compared to propeller mixer, since the contact surface area between the mixer and water is also higher.*

**Keywords:** *mixing efficiency, subsurface water base, iron and manganese removal, water treatment*

## Bevezetés

A felszín alatti víz természetes minőségét elsősorban a kőzet határozza meg, amelyben a víz elhelyezkedik és mozog. Jelentősen befolyásolják a vízminőséget az áramlási viszonyok, a víz felszín alatti tartózkodási ideje és a közeg hőmérséklete. Ezen vízminőséget az emberi tevékenységekből származó szennyezések befolyásolhatják [1]. A vízszennyezés olyan környezetszennyező folyamat [2], amely felszíni és felszín alatti vizeink minőségét úgy változtatja meg, hogy a víz emberi használatát korlátozza, alkalmatlanná teszi, károsítja a szervezetet, pedig egyre nagyobb a társadalom igénye a jó minőségű, tiszta víz iránt [3].

## A vas és mangán eltávolítása

Vas a felszín alatti vízbázisokban (talajvíz, védett rétegvíz, parti szűrésű víz) a redukív körülmények között, oldott állapotban jelenik meg. Felszínre kerülve azonban amint oxidálódik, rosszul oldódó vegyületté alakul és barnás színű csapadék formájában jelenik meg, így esztétikailag kifogásolható, de az emberi szervezetre ártalmatlan. Ahhoz, hogy a vasat valamilyen szilárd vagy folyadék fázissztávlasztási technológiával el tudjuk távolítani, először vízben rosszul oldódó vas(III) vegyületté kell átalakítani [4].

A vastalanítási technológia a következő alapfolyamatokból áll össze:

- oxidáció,
- kémiai kicsapatás,
- szilárd-folyadék fázissztávlasztás [5].

Az első lépéshez, az oxidációhoz egy olyan oxidálószer használata szükséges, amelynek redoxpotenciálja meghaladja a vas(II)/vas(III) rendszer redoxpotenciálját.

A redoxpotenciál-különbség tehát a vas oxidálása a vegyszerek alkalmazásával megoldható. Amennyiben csak a vasat kell oxidálni, a levegő alkalmazása is elegendő lehet. Ilyenkor a technológia egy egyszerű levegőztetésből, majd ezt követő szilárd vagy folyadék fázissztávlasztásból áll, amely lehet szűrés, esetleg azt megelőzően ülepítés. Amennyiben a vas mellett más vegyületet is kell oxidálni (például mangánt), valamilyen erősebb oxidálószer alkalmazása is javasolt, úgymint klór, ózon, kálium-permanganát.

Ezekben a vízbázisokban a redukív jelleg miatt a vízben jól oldódó mangán(II) ( $Mn^{2+}$ ) vegyületek dominanciája érvényesül.

Ahhoz, hogy a mangánt valamilyen szilárd vagy folyadék fázissztávlasztási technológiával el tudjuk távolítani a nyersvízből, először a vízben rosszul oldódó mangán(IV) vegyületté kell átalakítani. A mangántalanítási eljárások azonosak a vas eltávolításával, ezért a két folyamat

párhuzamosan is végbemehet annyi különbséggel, hogy az oxidálószer közül a levegő önmagában a mangán oxidálására alkalmatlan, valamilyen erősebb oxidálószer alkalmazására van szükség [6].

Amennyiben a vízben jelen lévő mangán koncentrációja nem haladja meg a 0,4–0,5 mg/L értéket, a vízben jelen lévő mangán erős oxidálószer alkalmazása nélkül, a levegő oxigénjének felhasználásával is oxidálható. Az eljárás lényege, hogy a szűrőszemcsék felületén egy speciális katalitikus réteget kell kialakítani. A katalizátor réteg  $\text{KMnO}_4$  vagy  $\text{MnCl}_2$  oldat szűrőhomokon való keringtetésével alakítható ki. Ezáltal a szűrőszemcsék felületén  $\text{MnO}_2$  réteg alakul ki, amely már katalizátorként biztosítani tudja, hogy a mangán a levegő oxigénjének hatására oxidálódjon.

Az így előkészített szűrőt bedolgozott szűrőnek nevezik. A szűrő bedolgozását bizonyos időközönként meg kell ismételni, hiszen a katalizátor csak akkor működik megfelelően, ha az folyamatosan megújul.

A redoxpotenciál az elemek oxidáló mértéke, önmagában nem, csak más rendszerek redoxpotenciáljához képest értelmezhető, mindig a pozitívabb redoxpotenciálú rendszer képes oxidálni a negatívabbat. Általában, minél pozitívabb egy redoxpotenciál, annál oxidálóbb a rendszer [7].

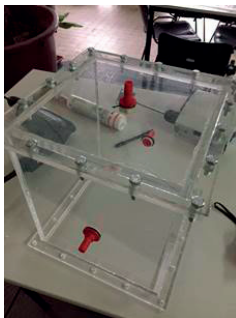
A mangán redoxpotenciálja 1,51 mV, oxidációjához 0,5–0,6 mV redoxipotenciál szükséges, tehát csak oxidálószer jelenlétében játszódik le. ( $\text{Mn}^{2+}$ -ból  $\text{Mn}^{4+}$  lesz.) A mangán oxidációja nem megfelelő hatásokkal oldható meg levegőztetéssel, mert oxigén hatására vörös színű hidroxid keletkezik, amely vízben nem oldódik, homokszűréssel, vagy derítéssel lehet eltávolítani, ezért oxidálószerekre van szükség, kálium-permanganátot ( $\text{KMnO}_4$ ) alkalmaznak erre a célra.

Az európai uniós (2001 óta Magyarországon is érvényes) szabályozás szerint 0,2 mg/l a maximálisan megengedhető vas-, és 0,05 mg/l a maximálisan megengedhető mangánkoncentráció az ivóvízben.

Magáneltávolításhoz szükséges kálium-permanganát mennyisége: 1 mg/l mangán eltávolításához, oxidálásához, 1,9 mg kálium-permanganát adagolása szükséges.

## Kísérleti berendezés

A nyersvízben található vas és mangán eltávolításához kálium-permanganát adagolása szükséges, szem előtt tartva a keverés hatékonyságát, és a megfelelő behatási időt, így olyan berendezést használtunk, ahol a vegyszeradagolás és az elkeveredés jól látható és viszonylag egyszerűen kialakítható több kísérleti változat (1. ábra). A tartálygeometria kiválasztásakor figyelembe vettük, hogy a valós tartályok kicsinyített mása legyen.



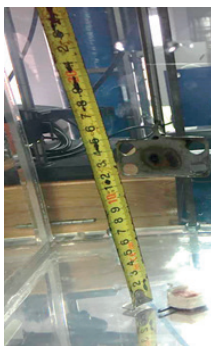
1. ábra. Plexi modell készítése  
(Készítette: a szerző)

A skálátörvényeknek megfelelően a magasság, hossz és szélesség aránya a gyakorlatban alkalmazott kialakított változatoknak feleljen meg. Annak ellenére, hogy a négyzetes tartályok esetében a sarkokban holtterek fejlődhetnek ki a kivitelezési nehézségek miatt a kör alaprajzú reaktorok kevésbé terjedtek el. A kutatás célja elsősorban a vegyszer elkeveredésének vizsgálata, így a kálium-permanganátot telített sóoldattal helyettesítettük, így folyamatosan tudtuk keverés közben mérni a folyadék vezetőképesség változását.

A nyersvizet desztillált vízzel helyettesítettük, annak érdekében, hogy pontosabb méréseket tudjak elérni, mert ebben az esetben a nyersvíz minősége nem befolyásolta a mérést, így állandó volt a kiinduló vezetőképesség mértéke. A vizsgálat során 1 ml telített sókoncentrátumot adagoltunk 18 liter nyersvízhez, és a vezetőképességet 10 másodpercenként mértem, a modell sarkában és közvetlen a keverők fölött.

Leggyakrabban lapát vagy propellerkeverőket alkalmaznak, amelyek javasolt elhelyezésére a keverő geometriájából következtethetünk; a keverési keresztmetszet kétszeresének megfelelő távolságban kell a nyugalmi folyadékfelszíntől elhelyezni.

### *Keverés lapátkeverővel*



2. ábra. Lapátkeverő 120 mm-es magasságban  
(Készítette: a szerző)

Két vezetőképességmérőt (típus: HQ<sub>40</sub>D digitális kétcsatornás multimérő) helyeztünk el, egyiket közvetlenül a keverőlapát felett, a másikat ugyanabban a magasságban, az edény sarkában, mert itt lehet mérni az esetlegesen kialakuló pangó zónát. Ez az elhelyezés biztosította az eredmények összehasonlíthatóságát.

A keverő fordulatszámai a kísérlet folyamán 900, 400 és 100 1/min.

A vezetőképességet két helyen mértem a medencében, egyet a keverő fölé helyeztem el, egyet pedig a medence sarkában, azonos magasságban, és 10 másodpercenként olvastam le. A mért adatokat táblázatban foglaltam össze (1. táblázat).

900 1/min fordulatszám esetében gyorsan elkeveredett a sóoldat a nyersvízzel, a két mérési pont között sincsen számottevő különbség, de így a behatási idő nem elegendő.

400 1/min fordulatszámon tovább tart az elkeverés, de ez a behatási időnek kedvez és a mérési pontok közti különbség is elhanyagolható.

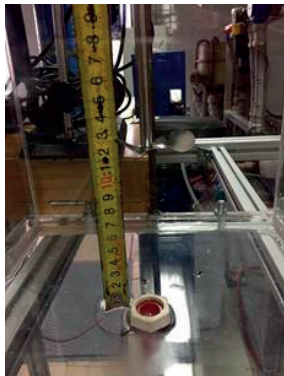
100 1/min fordulatszám esetén a teljes elkeveredés lassan megy végbe. A mérési pontok közti különbség viszonylag nagynak tekinthető és az azonos elektródánál mért vezetőképesség értékek is fel-le ugrálnak, aminek az oka az lehet, hogy a keverőlapát a medence sarkához kényszeríti a sóoldatot és onnan nagyobb mennyiségekben tudja kikeverni.

1. táblázat. A vezetőképesség alakulása  
(Készítette: a szerző)

Keverő sebessége 900 1/min			Keverő sebessége 400 1/min			Keverő sebessége 100 1/min		
Mérési hely	Sarok	Keverő mellett	Mérési hely	Sarok	Keverő mellett	Mérési hely	Sarok	Keverő mellett
0 s	9,93 $\mu\text{s/cm}$		0s	10 $\mu\text{s/cm}$		0s	9,7 $\mu\text{s/cm}$	
10 s	10,03	10,12	10 s	31,9	33,1	10 s	14,1	9,8
20 s	35,8	33,7	20 s	33,2	32,9	20 s	14,3	9,6
60 s	35,8	33,4	30 s	33,4	33,4	30 s	16,4	9,8
70 s	35,6	33,7	110 s	33,4	33,9	40 s	22,1	11,7
80 s	35,7	33,4	120 s	33,4	33,8	350 s	34,3	29,3
90 s	35,7	33,4	130 s	33,3	34,2	360 s	34,4	31,4
100 s	35,8	33,6	140 s	33,4	34	370 s	34,5	31,2

### *Keverés propellerkeverővel*

A keverőt a medence aljától ennél a kísérletnél is 120 mm-re helyeztem el, mert a lapátkeverő átmérője 60 mm (3. ábra).



3. ábra. Propellerkeverő 120 mm-es magasságban  
(Készítette: a szerző)

A méréseket ebben az esetben is 900, 400 és 100 1/min fordulatszámokon végeztem, két mérési ponton és 10 másodpercenként mértem. A mért adatokat a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat. A vezetőképesség alakulása  
(Készítette: a szerző)

Keverő sebessége 900 1/min			Keverő sebessége 400 1/min			Keverő sebessége 100 1/min		
Mérési hely	Sarok	Keverő mellett	Mérési hely	Sarok	Keverő mellett	Mérési hely	Sarok	Keverő mellett
0s	9,6 $\mu\text{s/cm}$		0s	9,8 $\mu\text{s/cm}$		0s	9,9 $\mu\text{s/cm}$	
10 s	36,3	33,7	10 s	39,9	27,5	10 s	26,1	24,6
20 s	37	34,3	20 s	34,8	29,6	20 s	25,8	24,3
30 s	37	34,6	30 s	35,8	29,7	30 s	25,5	39,1
160 s	37,4	34,8	130 s	36	29,4	470 s	53,2	49
170 s	37,3	35	140 s	36	29,1	480 s	53,1	49,2
180 s	37,3	34,9	150 s	35,9	29,6	490 s	53,1	49,3
190 s	37,3	34,8	160 s	36	29,5	500 s	53,2	49,2

Propellerkeverő esetében lassabban keveredett el a sóoldat a nyersvízzel, mint a lapátkeverő esetében, és a két mérési pont között lényeges különbségek adódtak, amiből arra lehet következtetni, hogy ez a keverőtípus nem tudja megfelelően átkeverni azt a nyersvíz-mennyiséget, amennyit a modell tartalmaz.

## Következtetések

Az ivóvízben található vas és mangán eltávolításához vegyszeres oxidációt alkalmazó rendszerekben a vegyszer és a nyersvíz minél nagyobb hatásfokú elkeveredését kell biztosítanunk. A keveredési folyamat elemzéséhez fizikai kismintát hoztunk létre, amelyet kétfajta keverővel kevertünk át. A kísérletek eredményeképpen a leghatékonyabb kevertetés lapátkeverő segítségével történt, 400 l/min-es fordulatszámom. Ebben az esetben a vezetőképesség szinte egyformán alakul a két mérőszonda között, a tartózkodási idő is elegendő, és a teljes térfogatot megfelelően át tudta keverni. A mangán eltávolítása ezekkel a beállításokkal a leghatékonyabb a modell berendezésben, így vegyszert és energiát takaríthatunk meg. A kísérletsorozat folytatásaként még több geometriai kialakítást vizsgálunk, illetve levegőztető rendszerek keverési tulajdonságait fogjuk elemezni.

*A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap (ESZA) társfinanszírozásával valósul meg (a támogatási szerződés száma: EFOP-3.6.1-16-2016-00025, projekt címe: A vízgazdálkodási felsőoktatás erősítése az intelligens szakosodás keretében).*

## Felhasznált irodalom

- [1] *Felszín alatti vizeink*. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium. Forrás: [www.kvvm.hu/szakmai/karmentes/kiadvanyok/fav/favm/favm02.htm](http://www.kvvm.hu/szakmai/karmentes/kiadvanyok/fav/favm/favm02.htm) (A letöltés dátuma: 2019. 01. 30.)
- [2] *A vízszennyezés okai. Globális problémák*. Forrás: <http://globalproblems.nyf.hu/a-viz/a-vizszennyezés-okai/> (A letöltés dátuma: 2019. 01. 30.)
- [3] BEREK Tamás – RÁ CZ László (2013): Víz bázis mint nemzeti létfontosságú rendszerem védelme. *Hadmérnök*, 8. évf. 2. sz. 120–133.
- [4] ÖLLÖS Géza (1998): *Víztisztítás-Üzemeltetés*. Egri Nyomda, 966.
- [5] ELLIS, D. – BOUCHAR D, C. – LANTAGNE, G. (2000): Removal of iron and manganese from groundwater by oxidation and microfiltration. *Desalination*, Vol. 130, No. 3. 255–264. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(00\)00090-4](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(00)00090-4)
- [6] LAKY Dóra (2008): *Ivóvíztisztítás*. BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tsz.
- [7] *Víztisztítás* (2007). Forrás: [ttmk.nyme.hu/flidi/Documents/Korponai%20J%C3%A1nos/viztisztitas\\_jegyzet.pdf](http://ttmk.nyme.hu/flidi/Documents/Korponai%20J%C3%A1nos/viztisztitas_jegyzet.pdf) (A letöltés dátuma: 2019. 01. 30.)