

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

Kútvizek huminsav- és arzénmentesítése

Galambos Ildikó

Budapest

2006

A doktori iskola

megnevezése: Élelmiszertudományi Doktori Iskola

tudományága: Élelmiszertudományok

vezetője: Dr. Fekete András
egyetemi tanár, DSc
BUDAPESTI CORVINUS EGYETEM, Élelmiszertudományi Kar,
Fizika-Automatika Tanszék

Témavezető: Békássyné Dr. Molnár Erika
egyetemi tanár, DSc
BUDAPESTI CORVINUS EGYETEM, Élelmiszertudományi Kar,
Élelmiszeripari Műveletek és Gépek Tanszék

A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, az értekezés műhelyvitájában elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, azért az értekezés nyilvános vitára bocsátható.

.....
Dr. Fekete András
iskolavezető

.....
Békássyné Dr. Molnár Erika
témavezető

1. ELŐZMÉNYEK

A 20. század a technika és a tudományok eddig sosem látott mértékű fejlődését hozta, de e fejlődés mellett a környezetszennyezés, ezen belül a vízszennyezés problémája is hatalmas méreteket öltött az egész világon. Így növekvő igény van azokra az eljárásokra, amelyek képesek a víz környezetbarát tisztítására. Napjainkban már szakértők ezrei fáradoznak azon, hogy a nem kívánt folyamatok ütemét csökkentsék és a következményeket enyhítsék. A hagyományos vízkezelési módok költségesek és többnyire vegyszerek alkalmazásával járnak együtt, így miközben tisztítanak, bizonyos mértékben szennyeznek is. Ezen problémák kiküszöbölését segíti elő a membrántechnológia, amelyet egyre szélesebb körben alkalmaznak az egész világon.

Hazánkban is fontos feladat a megfelelő minőségű víz előállítása. A membránszűrés alkalmazásával eltávolítható lenne az alföldi ivóvizekben előforduló nagy huminsav-tartalom. A huminsavak – amellet, hogy a víz érzékszervi tulajdonságait rontják – a fertőtlenítő klórvegyületekkel reakcióba lépnek, s ezen reakciók során rákkeltő vegyületek keletkeznek. Így a vízkezelésben különösen szükséges lenne eltávolításuk.

Magyarország nagy részén gondot okoz a természetes kútvizekben túlzott mértékben jelenlevő arzén, amelynek karcinogén és toxikus hatása közismert. A 201/2001. (X. 25.) Kormányrendelet – az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről – szigorította az ivóvízben megengedett arzén mennyiségét, az új határértékek betartása pedig a hagyományos technológiákkal nem, vagy csak nehezen biztosítható. Ezért szükség van olyan eljárások felkutatására, amelyekkel e problémák megoldhatók. Ígéretes lehetőség a membránszűrés alkalmazása, amellyel a bonyolult, többlépcsős, és nagy mennyiségű szennyvizet eredményező eljárásokat helyettesíteni lehetne, csökkentve a víztisztításban használt vegyszerek mennyiségét.

A kútvizek membránszűrése során keletkező retentátum arzénben rendkívül gazdag, így veszélyes hulladékként történő kezelést igényel. Elhelyezése hosszú távon

nem jelenthet megoldást, így szükséges az arzénes szennyvizek kezelési lehetőségeinek vizsgálata.

2. CÉLKITŰZÉSEK

A fentiek ismeretében kísérleteimben a következő részcélokat igyekszem megvalósítani:

a) Huminsav-eltávolítási kísérletek:

- a megfelelő membrán kiválasztása (membrán screening) nagy huminsav-tartalmú modell-oldatból és természetes kútvizekből történő huminsav eltávolításra, hatféle ultraszűrő és kétféle nanoszűrő membránon, a műveleti paraméterek változtatásával (transzmembrán nyomáskülönbség, recirkulációs térfogatáram), állandó hőmérsékleten
- félüzemi kísérletek elvégzése a kiválasztott membránon

b) Arzén-eltávolítási kísérletek

- laboratóriumi kísérletek arzéneltávolításra, vizsgálva az oxidálószer (KMnO_4) ill. huminsav adagolás hatását az arzénvisszatartásra
- félüzemi kísérletek arzéneltávolításra nanoszűrő és fordított ozmózis membránokkal, különféle oxidálószerrel (ózon, H_2O_2 , NaOCl , levegő, KMnO_4) hatásának vizsgálata

c) Kísérletek arzénes szennyvíz kezelésére

- besűrítési kísérletek nanoszűrő és fordított ozmózis membránokon, vizsgálva a gazdaságos sűrítési arány elérését
- laboratóriumi kísérletek arzéneltávolítás mészlágyítással történő megvalósítására, kombinálva oxidálással (KMnO_4), NaOH adagolással, ill. mikroszűréssel
- laboratóriumi kísérletek arzén H_2S adagolással történő kicsapatására

d) Modellezés

- laboratóriumi és félüzemi szűrési és besűrítési kísérletek alapján az anyagátadási tényezők meghatározása huminsavat tartalmazó kútvizek esetén
- az anyagátadási modellhez szükséges kritériális egyenletek érvényességének vizsgálata huminsavas kútvizek esetén lamináris áramlásra, ill. új kritériális egyenlet felállítása átmeneti áramlási tartományra
- a mészlágyítást és mikroszűrést alkalmazó szennyvízkezelési kísérletekben mikroszűrés modellezése az ellenállásmodell segítségével

e) Gazdaságossági elemzés

- az arzén ill. huminsav membránszűrésének gazdaságossági vizsgálata
- az arzénes szennyvíz kezelésének gazdasági vizsgálata
- komplex víztisztítási-szennyvízkezelési eljárás gazdaságossági elemzése

3. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

Huminsav- és arzéneltávolítási kísérleteimet laboratóriumi és félüzemi méretben végeztem el. A kísérletek során ionmentes vízzel, modell-oldatokkal és kútvizekkel dolgoztam. Huminsav-eltávolítási kísérleteimhez Békéscsabáról, Orosházáról és Zentáról (Szerbia) származó nagy huminsav-tartalmú kútvizeket használtam (huminsav-tartalom: 10-21 mg/L), félüzemi kísérleteimet Békéscsabán végeztem. Az alkalmazott membránokat széles vágási érték tartományban választottam (vágási érték: 100-0,3 kDa), kialakításuk alapján lap- és üregezzál modulokkal dolgoztam.

Az arzéneltávolítási kísérletekben felhasznált kútvizek Gyöngyfáról (Baranya-megye) és Békéscsabáról (Békés-megye) származtak, félüzemi kísérleteimet is ezeken a helyeken végeztem (a vizek arzéntartalma: 110-220 µg/L). A kísérletek során a következő oxidálószer hatását vizsgáltam: ózon, levegő, NaOCl, H₂O₂ és KMnO₄, változtatva az

adagolt oxidálószer mennyiségét és hatóidejét. A keresztáramú szűrési módban végzett kísérleteket nanoszűrő és fordított ozmózis membránokon végeztem.

A szennyvíz-kezelési kísérletekben betáplált oldatként a békéscsabai kútvíz nanoszűrése során keletkezett koncentrátumot alkalmaztam, ennek arzén-tartalma 500-700 µg/L volt. A szennyvízkezelés egyik lehetőségeként meszes lágyítást alkalmaztam, analitikai tisztaságú Ca(OH)_2 -ot, majd zsákos meszet adagolva. A pH és az oxidációs viszonyok változását NaOH és KMnO_4 hozzáadásával vizsgáltam, a keletkező csapadékot kerámia mikroszűrő membránon ill. ülepitéssel távolítottam el.

A szennyvíz mennyiségének csökkentésére nanoszűrést és fordított ozmózist alkalmaztam. A keletkező szennyvíz-sűrítmenyből az arzént kén-hidrogén segítségével csapattam ki, a kén-hidrogént vas-szulfidból sósav jelenlétében fejlesztettem.

4. AZ EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA

A megfelelő minőségű ivóvíz biztosítása fontos feladat világszerte, ennek megvalósítására jó megoldást jelenthet a membránszűrés alkalmazása. Értekezésemben a magyarországi ivóvizekben is gondot jelentő nagy huminsav- és arzéntartalom határérték alá történő csökkentésére, ill. a retentátumként keletkező szennyvíz kezelésére dolgoztam ki membrántechnikai megoldásokat.

A huminsavak az ivóvíztisztítás során alkalmazott fertőtlenítőszerrel reakcióba lépnek, ekkor trihalometán vegyületek keletkeznek. Ennek megelőzésére szükséges a huminsavak előzetes eltávolítása. Az eltávolításra széles vágási érték tartományban (0,3 – 100 kDa) vizsgáltam lapmembránok ill. üregesszál membránok alkalmazhatóságát modell-oldat és kútvizek esetében laboratóriumi méretben, majd a kiválasztott membránnal félüzemi kísérleteket végezve. Megállapítottam, hogy az 1-2 kDa vágási értékű membránok alkalmasak a huminsavak eltávolítására.

A kútvizek arzén koncentrációja Magyarország több területén igen nagy (pl. Békéscsabán: 120-140 $\mu\text{g As/L}$), az ilyen vízbázisokból nyert, tisztított ivóvíz minősége, arzéntartalma gyakran nem felel meg az érvényes szabályozásnak ($< 10 \mu\text{g As/L}$). Az arzénes vizek membránszűrésével a kutatók széles körben foglalkoznak. Bizonyították, hogy az As(V) oxidációs forma eltávolítása nagyobb hatásfokú, mint az As(III) eltávolítása. Kísérleteimben a következő oxidálószer: ózon, levegő, NaOCl, H_2O_2 , KMnO_4 alkalmazhatóságát vizsgáltam laboratóriumi és félüzemi méretben. Az eredmények alapján megállapítottam, hogy a felsorolt oxidálószer közül csak a KMnO_4 adagolásával kombinált nanoszűrés volt eredményes.

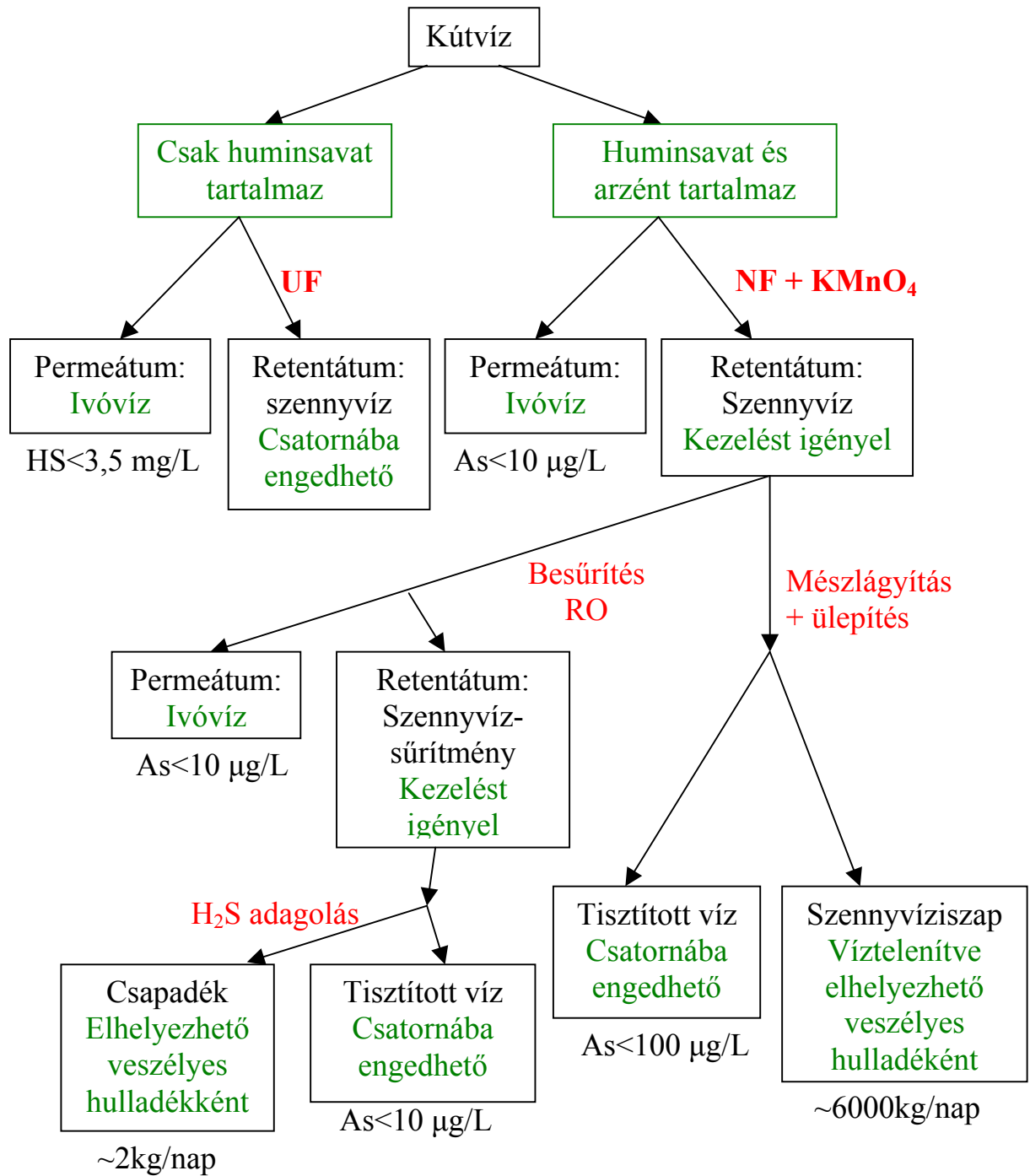
Az arzénes kútvizek nanoszűrése során nagy (kb. 20 %-nyi) mennyiségű szennyvíz keletkezik, ennek kezelését besűrítéssel, meszes lágyítással ill. kén-hidrogénes kicsapatással valósítottam meg.

A kísérleti eredmények alapján modelleztem a huminsavas kútvizek ultraszűrését, továbbá az arzénes szennyvizek meszes lágyítása során keletkező csapadék mikroszűrését.

Komplex eljárásokat dolgoztam ki a nagy huminsav- és arzéntartalmú vizek tisztítására, ill. a keletkező szennyvíz kezelésére, majd elemeztem a komplex eljárásokat műveleti és gazdaságossági szempontból.

A kétféle kombinált víztisztítási – szennyvízkezelési eljárásnak (NF víztisztítás + RO besűrítés + H_2S kicsapatás, ill. NF víztisztítás + mészlágyítás) a tisztított ivóvízre vetített összköltsége közel azonos, ám a kihozatalbeli eltérések (93 ill. 80 %) és a keletkező veszélyes hulladék mennyiségéből adódó különbségek (2 ill. 6000 kg/nap csapadék) miatt az NF víztisztítás + RO besűrítés + H_2S kicsapatás eljárás ajánlható.

A komplex vízkezelő eljárás vázlata



ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

I. Kútvizek huminsav-tartalmának határérték (<3,5 mg/L) alá csökkentése céljából végzett kísérletek alapján laborméretben tesztelve 8 különböző vágási értékű (MWCO = 0,3 – 100 kDa) membránt kútvizekkel és huminsav-víz modell-oldattal, ill. félüzemi kísérletek eredményei alapján megállapítottam,

- A nanoszűrő membránok (0,3-0,4 kDa) gyakorlatilag tökéletesen eltávolították a huminsavat, a visszatartás ~100% volt, azaz az ivóvízben nem volt huminsav. A nanoszűrés hátránya, hogy a huminsavak mellett az ivóvízminőség szempontjából fontos kétvegyétékű ionokat is túlzott mértékben eltávolítja.
- Az 5 kDa, vagy annál nagyobb vágási értékkel jellemezhető ultraszűrő membránok a természetes kútvizek huminsav-tartalmát nem tudják határérték alá csökkenteni.
- Az 1-2 kDa közötti vágási értékű ultraszűrő membránok megfelelőnek mutatkoztak (visszatartás: 81-85%, transzmembrán nyomáskülönbség: 1,1 - 2,5 bar, kihozatal: 33 – 92 %, lamináris és átmeneti áramlási tartomány: $Re = 288-5192$).

Mindezek alapján megállapítható, hogy a huminsavak eltávolítására az 1-2 kDa vágási értékű membránok alkalmazása javasolható.

II. Kútvizek arzéntartalmának határérték (<10 µg/L) alá csökkentését célzó kísérleteim eredményei:

- A vizek huminsav-tartalma nem befolyásolta az arzén-eltávolítás mértékét a laborméretben vizsgált kútvíz és modell-oldat esetében (kútvíz: 110-220 µg As/L, modell-oldat: 200 µg As/L).

- Fordított ozmózis (RO) alkalmazása esetén kis mennyiségű oxidálószer (pl. H_2O_2) adagolásával az arzén eltávolítható ($<10 \mu\text{g/L}$).
- Nanoszűrés (NF) esetén a vizsgált oxidálószeresek közül csak a KMnO_4 adagolás ($0,15 \text{ mg/L}$) csökkentette megbízhatóan $10 \mu\text{g/L}$ alá az arzéntartalmat (a vizsgált oxidálószeresek: ózon, H_2O_2 , KMnO_4 , NaOCl , levegő; a KMnO_4 adagolása mellett elért As-visszatartás: 94-97 %). A nanoszűrés előnye a fordított ozmózishoz viszonyítva az azonos nyomásigény mellett elérhető nagyobb szűrletáram.

(Megjegyzem, hogy oxidálás nélkül sem a nanoszűrő, sem a fordított ozmózis membránokkal nem lehetett a kútvizek arzéntartalmát $10 \mu\text{g/L}$ alá csökkenteni.)

III. Szennyvizek (azaz az arzénes kútvizek nanoszűrése során keletkező, $500\text{-}700 \mu\text{g/L}$ arzéntartalmú koncentrátum) kezelésére végzett vizsgálatok alapján megállapítottam:

- A szennyvizek térfogatának csökkentését, azaz besűrítését nanoszűréssel végezve a szennyvíz mennyisége 35 %-kal csökkenthető, a szennyvíz permeátuma csatornába engedhető ($<100 \mu\text{g/L}$ arzéntartalom), míg fordított ozmózist alkalmazva, a fluxuscsökkenést figyelembe véve, 2,7-szeres sűrítési arányig érdemes koncentrálni (kihozatal: 63 %), a permeátum arzéntartalma végig az ivóvízminőségnek is megfelelő határérték ($10 \mu\text{g/L}$) alatt marad.
- A szennyvízkezelésre meszes lágyítást alkalmazva modell-oldatok esetében ($600 \text{ mg/L Ca(OH)}_2$ hatására) az arzéneltávolítás hatásfoka 94-99 %. Kis koncentrációjú (As: $600 \mu\text{g/L}$) szennyvizeknél az adagolt $2400 \text{ mg/L Ca(OH)}_2$ hatására kb. 75 % lett az eltávolítás hatásfoka. Nagy koncentrációjú szennyvizeknél (As: $1280 \mu\text{g/L}$) a Ca(OH)_2 adagolás nem volt sikeres.
- Nagy koncentrációjú szennyvizekből történő arzénkicsapításra a H_2S adagolás alkalmasnak mutatkozott. Az arzéntartalom az eredeti $1020 \mu\text{g/L}$ -ről $10,3 \mu\text{g/L}$ -re csökkent, ez 99 % arzéneltávolítási hatásfoknak felel meg.

IV. Laboratóriumi és félüzemi kísérletek alapján matematikai modelleket állítottam fel az anyagátadási folyamatok leírására:

- A huminsavak ultraszűrését modellezve megállapítottam, hogy lamináris tartományra a Sherwood-féle kritériális egyenlettel jól leírható a csőben áramoltatott, huminsavas kútvíz anyagátadási tényezője. Az átmeneti áramlási tartományra az irodalomban nem található összefüggés, ezért új kísérletalapú matematikai modellt dolgoztam ki a turbulens áramlási tartományra érvényes képlet új állandóinak meghatározásával:

$$Sh = 0,276 \cdot Re^{0,41} \cdot Sc^{0,33} \quad (R^2 = 0,886)$$

az összefüggés érvényességi tartománya: $Re = 2401 - 5192$.

- A membrán-tesztelés eredményeképpen az ultraszűrő membránok vágási értéke és az elérhető huminsav koncentráció kapcsolatát leíró új összefüggést állítottam fel.

Modell-oldatra: $HS \text{ (mg/L)} = 0,45 \ln MWCO + 0,58 \quad (R^2=0,943)$

Kútvízre (Zenta): $HS \text{ (mg/L)} = 1,21 \ln MWCO + 1,55 \quad (R^2=0,955)$

ahol HS a permeátum huminsav-koncentrációja és MWCO a membránok vágási értéke (0,3 – 15 kDa).

- Megállapítottam, hogy a laboratóriumi és félüzemi kísérletek alapján számolt anyagátadási tényezők huminsavas kútvizek esetén (származási hely: Zenta, Békéscsaba, Orosháza) 1 kDa vágási értékű membránon $3,60 \cdot 10^{-6}$ és $1,56 \cdot 10^{-5}$ m/s, míg 2 kDa vágási értékű membránon $6,20 \cdot 10^{-6}$ és $2,85 \cdot 10^{-5}$ m/s között változnak.

Ezen anyagátadási tényező értékek nagyságrendileg megegyeznek a molekulatömeg alapján, a lamináris és turbulens áramlási tartományra az irodalomban fellelhető kritériális egyenletek alkalmazásával számolható anyagátadási tényező tartománynak ($2,08 \cdot 10^{-6} - 4,39 \cdot 10^{-5}$ m/s).

- Az arzénos szennyvíz meszes lágyítása során keletkező csapadék mikroszűrését az ellenállás-modell segítségével írtam le és megállapítottam, hogy a membrán-, a polarizációs réteg és az eltömődés ellenállása azonos nagyságrendbe tartozik ($9,94 \cdot 10^{-7} - 19,87 \cdot 10^{-7}$ Pas/m).

V. Komplex eljárást dolgoztam ki nagy huminsav- és arzéntartalmú vizek és azok kezelése során keletkező szennyvizek feldolgozására (ld. 4. pont ábrája).

- Az eljárás lényege a következő: a kútvíz oxidálása (KMnO_4 : 0,15 mg/L) és nanoszűrése során keletkező permeátum arzéntartalma határérték alatti (<10 $\mu\text{g/L}$). A keletkező retentátum (szennyvíz) fordított ozmózissal besűríthető, majd a szennyvíz-sűrítmenyből az arzéntartalom kénhidrogénes kicsapatással eltávolítható, a tisztított víz csatornába engedhető.
- A komplex eljárások költségei:

- A nanoszűrési (NF) víztisztítás + fordított ozmózissal (RO) történő besűrítés + H_2S kicsapatás (NF+RO+ H_2S) összköltsége tiszta ivóvízre vetítve 41,45 Ft/m³ ivóvíz, a komplex eljárás ivóvíz-kihozatala 93 %, kb. 2 kg/nap veszélyes hulladék keletkezik.
- A nanoszűrési víztisztítást meszes lágyítással (NF+ $\text{Ca}(\text{OH})_2$) kombináló szennyvízkezelés összköltsége 41,40 Ft/m³ ivóvíz, az eljárás ivóvíz-kihozatala 80 %, kb. 6000 kg/nap veszélyes iszap keletkezik.
- A kihozatalbeli különbségek és a keletkező veszélyes hulladék mennyisége miatt a NF+RO+ H_2S komplex eljárás gazdaságosabb és környezetkímélőbb.

A költségbecslést 40.000 fő lakosú, kb. 10000 m³/nap ivóvízigényű, nagy huminsav- és arzéntartalmú kútvízzel rendelkező település vízkezelésére és a vízkezelés során keletkező szennyvíz tisztítására végeztem el, 2006-os gazdasági adatok felhasználásával.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Kutatásaim során komplex eljárást dolgoztam ki nagy huminsav- ill. arzéntartalmú vizek, és azok kezelése során keletkező szennyvizek feldolgozására.

1. Nagy huminsav-tartalmú kútvizek huminsav-tartalmának csökkentésére az 1-2 kDa vágási értékkel jellemezhető membránok megfelelőek. Félüzemi kísérleteim (Békéscsaba) alapján megállapítottam, hogy az alkalmazott, 1 kDa vágási értékű poliszulfon üregesszál membrán 90 % kihozatal mellett is működtethető.

2. Nagy arzéntartalmú (As: 110-130 $\mu\text{g/L}$) kútvizek esetén az arzéntartalom csökkentésére a nanoszűrés csak megfelelő oxidálószer: KMnO_4 adagolás mellett alkalmas az arzéntartalom határérték alá történő csökkentésére (10 $\mu\text{g/L}$), az eljárás kihozatala 80-90 %.

3. A nagy arzéntartalmú kútvizek nanoszűrésénél keletkező retentátum, azaz szennyvíz (As: 500-700 $\mu\text{g/L}$) mennyiségének csökkentésére a fordított ozmózással történő besűrítés alkalmazható (kihozatal: 63 %), a szennyvízsűrítmenyből az arzéntartalom H_2S adagolással történő kicsapatása ígéretes eredményeket adott.

4. A komplex ivóvíz- és szennyvízkezelési rendszer ivóvíz-kihozatala eléri a 93 %-ot, költsége 41,5 Ft/ m^3 ivóvíz. Ezen eljárás alkalmazása esetén kis mennyiségű veszélyes hulladék (arzéntartalmú csapadék) elhelyezéséről kell gondoskodni.

További feladatok

1. Az arzénes szennyvízből történő kénhidrogénes arzén-kicsapatás során további kísérletek szükségesek az adagolt vas(II)-szulfid és sósav mennyiségének optimalására.

2. Nagy huminsav-tartalmú kútvíz ultraszűrése során keletkező retentátumból érdemes lenne vizsgálni a huminsav-tartalom kinyerhetőségét, ezzel esetlegesen növényi tápszerként hasznosítva a nagy huminsav-tartalmat.

6. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT KÖZLEMÉNYEK ÉS ELŐADÁSOK

Impakt faktoros cikkek

I. Galambos, Gy. Vatai, E. Békássy-Molnár: Membrane screening for humic substances removal, *Desalination*, 162 (2004) 111-116. p.

I. Galambos, J. Mora Molina, P. Járay, Gy. Vatai, E. Békássy-Molnár: High organic content industrial wastewater treatment by membrane filtration, *Desalination* 162 (2004) 117-120. p.

Z. Domány, **I. Galambos**, Gy. Vatai, E. Békássy-Molnár: Humic substances removal from drinking water by membrane filtration, *Desalination* 145 (2002) 333-337. p.

Lektorált cikkek

I. Galambos, E. Csiszár, E. Bekássy-Molnár, Gy. Vatai: Mass transfer model for humic acid removal by ultrafiltration, *Environment Protection Engineering* 31 (3-4) (2005) 145-152. p.

Csiszár E., **Galambos I.**: Kútvizek huminsav-mentesítése ultraszűréssel félüzemi méretben: anyagátadási modell alkalmazása. *Membrántechnika* IX/4 (2005) 62-72. p.

Galambos I.: A membránműveletek alapjai és italipari alkalmazási lehetőségei, *Ásványvíz, Üdítőital, Gyümölcslé*, 2003/2. szám 36-41. p.

Konferencia kiadványokban megjelent teljes terjedelmű közlemények

I. Galambos, G. Mezőhegyi, Gy. Vatai: Arsenic removal from high arsenic content wastewater: combination of lime softening and microfiltration, poster, *Sustainability for humanity and environment in the extended connection field science – economy – policy*, Timisoara, Romania, 2005. Proceedings 169-172. p.,

I. Galambos, F. Borsos: Pilot-experiments for arsenic removal by nanofiltration and reverse osmosis, *IWA Specialized Conference on Water Environment-Membrane Technology 2004* June 7-10, 2004, Seoul, Korea, Proceedings 1369-1376. p.

I. Galambos: Difficulties in oxidation of high arsenic content well-water before nanofiltration, VI. Nemzetközi Élelmiszertudományi Konferencia, Szeged, 2004. máj. 20-21., Konferencia kiadvány 243-244. p., CD-n teljes anyag

Hatvani N., **Galambos I.**: Magas arzén-tartalmú szennyvíz kezelésének lehetőségei: besűrítés és kicsapatásos eljárás, *Műszaki Kémiai Napok '06, Veszprém*, 2006, Konferencia kiadvány 30-33. p.

Konferencia előadások összefoglalóval

Galambos I., Békássy Molnár E., Vatai Gy.: Membránszűrés az ivóvíztisztításban, különös tekintettel a huminsav és arzén eltávolítására, előadás, Lippay-Ormos-Vas” Tudományos Ülésszak, Budapest, 2005., Konferencia kiadvány 256-257. p.

Csiszár E., **Galambos I.**, Békássyné Molnár E., Vatai Gy.: Huminsavas kútvizek ultraszűrése laboratóriumi és félüzemi berendezésen: anyagátadási modell alkalmazása, poszter, Lippay-Ormos-Vas” Tudományos Ülésszak, Budapest, 2005., Konferencia kiadvány 248-249. p.

Csiszár E., **Galambos I.**, Békássy-Molnár E.: Az anyagátadási modell alkalmazása huminsavat tartalmazó kútvíz ultraszűrése esetén, Műszaki Kémiai Napok '05, Veszprém, 2005., Konferencia kiadvány 112. p.

Galambos I.: Szakmai beszámoló a Water Environment-Membrane Technology konferenciáról, Membrántechnika IX/1.sz., Budapest, 2005, 12-14. p.

Mezőhegyi G., **Galambos I.**, Békássyné Molnár E., Vatai Gy.: Magas arzéntartalmú szennyvíz kezelése vegyi tisztítással kombinált membránszűréssel, Műszaki Kémiai Napok '04, Veszprém, 2004., Konferencia kiadvány 193. p.

Galambos I., Békássyné Molnár E.: Ivóvízkezelés dél-alföldi kutaknál, poszter, XII. Membrántechnikai Konferencia, 2004. szeptember 2., Budapest, Konferencia kiadvány 32. p.

Galambos I., Vatai Gy., Békássyné Molnár E.: Membrane separation for humic acid removal, előadás, „Lippay-Ormos-Vas” Tudományos Ülésszak, Budapest, 2003., Konferencia kiadvány 222-223. p.

Galambos I., J. Mora Molina, Vatai Gy., Békássyné Molnár E.: Wastewater treatment applying membrane filtration, „Lippay-Ormos-Vas” Tudományos Ülésszak, Budapest, 2003., Konferencia kiadvány 224-225. p.

Galambos I., Vatai Gy., Békássyné Molnár E.: Ipari membrán-modullal nyert szűrési tapasztalatok dél-magyarországi kútvizek tisztításánál, Műszaki Kémiai Napok '03, Veszprém, 2003., Konferencia kiadvány 80. p.

Galambos I., Nemestóthy N.: XIX. EMS Nyári Egyetem, Membrane Product and Membrane Process Development, Enschede, Hollandia, konferencia beszámoló, Membrántechnika VI/4. sz., Budapest, 2002, 74-76. p.

Galambos I., Vatai Gy., Békássyné Molnár E.: Huminsav eltávolítása vízből membránszeparációval, előadás, Műszaki Kémiai Napok '02, Veszprém, 2002., Konferencia kiadvány 157-158. p.

Galambos I., Domány Z., Vatai Gy., Békássyné Molnár E.: Humin anyagok eltávolítása felszínalatti vizekből, poszter, XI. Membrántechnikai Konferencia, Tata, 2001., Konferencia kiadvány 57-58. p.