

Kovács Zoltán

Egy vízminőségi problémától a technológiai megoldásig

Kovács, Zoltán: From the water quality problem to the technological solutions

Despite the general title the study poses specific proposals for resolve the water quality problems, notably the possible methods of elimination of microbiological objectionably in the Water Company of Szolnok.

Keywords: water quality, microbiological composition, filtration

ÖSSZEFOGLALÓ

Az általános cím ellenére konkrét ivóvíz-minőségi probléma megoldására tett javaslatokat tárgyal az alábbiakban a tanulmány, nevezetesen a mikrobiológiai kifogásoltság megszüntetésének lehetséges módszereit a Szolnoki Felsővízi Vízműben.

Kulcsszavak: vízminőség, mikrobiológiai összetétel, szűrés

1. AZ IVÓVÍZ MINŐSÉGI KÖVETELMÉNYEI

Az ivóvíz minőségi követelményeit 201/2001. (X.25.) Kormányrendelet tartalmazza. A rendelet előzőekben a 47/2005. (III.11.) és a 65/2009. (III.31.) Kormányrendeletekkel módosították, majd 2013. november 15-én a 430/2013 (XI.15) Kormányrendelettel további módosításra került sor.

Férgekre vonatkozó határértékek alakulása:

- 2013. november 15. előtt: férgek: 0 ind/L
- 2013. november 15. után: Fonálféreg (Nematoda): 5 ind/L, Egyéb féreg: 0 ind/L

2. AZ IVÓVÍZ MINŐSÉGE

A SZOLNOKI FELSZÍNI VÍZMŰBEN

A Felsővízi Vízmű által előállított és az ivóvízhálózatba táplált ivóvíz minősége az esetek döntő többségében megfelel a 201/2001. (X.25.) Kormányrendelet által előírt határértékeknek.

A hálózatba táplált vízben 2012-ben kifogásoltság csak a férgek tekintetében fordult elő, ezen belül leginkább a fonálférgek (Nematoda) ivóvízben való előfordulására vezethető vissza. A kifogásoltság nem állandó jelleggel, de rendszeres gyakorisággal jelen van.

A hagyományos víztisztítási eljárások, mint a gyors és lassú homokszűrők alkalmazása esetén a tisztított víz 3-4 Nematodát tartalmaz literenként. Általában a Nematoda nem veszélyes az emberre, de egyike a nemkívánatos organizmusoknak, hangoztatja a Világ Egészségügyi Szervezet (WHO) a vízminőségi irányelvekben.

A Szolnoki Felsővízi Vízműben 2012-ben elvégzett vizsgálatok alapján a szolgáltatott ivóvízben 70 %-ban fordult elő mikroszkópos biológiai kifogásoltság. A módosított rendelet alapján elemezve a 2012. évi eredmények, a kifogásoltság mértéke 48%-os mértékű.

A mikroszkopikus állati szervezetek (zooplankton), hangsúlyozottan a fonálférgek (Nematoda), megjelenése a szolgáltatott ivóvízben általános, nem speciálisan szolnoki probléma. Ez természetesen nem jelent felmentést a megoldás keresése és a „vízminőségi kifogás” megszüntetésének kötelezettsége alól. A szakmai szövetség ajánlására bekövetkezett szigorú határérték enyhítése után is kijelenthető, hogy az ivóvízminőség biztosításának az egyik legnagyobb kihívása a mikroszkópos biológiai kifogásoltság megszüntetése.

3. A NYERSVÍZ MINŐSÉGE

A Szolnoki Felszíni Vízmű fő vízbázisa a Tisza folyó. A Tisza által szállított féreg-biomassza nagysága tág határok között mozog. A téli időszakban a víz által másodpercenként transzportált féregszám $5,22 \times 10^5$, két nagyságrenddel kisebb lehet a nyárinál $8,38 \times 10^7$. (1. sz. táblázat)

nozó- Homokszűrő- Homokszűrt-víz tároló- Homokszűrt-víz átemelő- GAC adszorber- Tiszta-víztároló- Hálózati gépház.

A tisztítási technológia szilárd-folyadék fázisztáváltása során a műveletben a zooplanktonok részecske tulajdonságait kihasználva történik a mikroszkopikus élőlényeknek elválasztása a vízfázistól. A Nematodák eltávolí-

1. sz. táblázat: A Tisza által szállított féreg biomassza min. és max. értéke 2012-ben

Dátum	Összes zooplankton (Ind/10L)	Vízállás (cm)	Tisza vízhozama (m ³ /s)	Tisza által szállított férgek száma (Ind/s)
2012. 02. 06	20	-175	261	522 000
2012. 06. 06	1 010	108	830	83 830 000

A fenti eredmények láttán Chone 1976-os Crocodile folyót vizsgáló tanulmányában tett megállapítása juthat eszünkbe: „The quality of irrigation water available from the Crocodile river as „soup” and not water.”

tása a homokfogók, derítők ülepítő terében és a homokszűrőkön áthaladva közel 100 %-os, de a technológia a jelenlegi formában nem alkalmas a határérték eléréséhez. (1. sz. ábra)

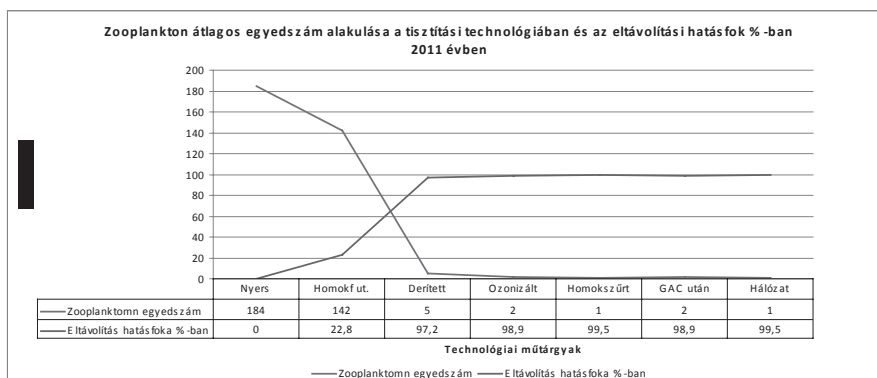
Az aktív szén szemcsék „hordozóként” szerepelhetnek (vizes közegben rendszerint szerepelnek is), amin „biofilm” struktúrájú baktériumtársulás jön létre. A GAC adszorber tölteteken bizonyítottan jelenlevő, meglepedő, biofilmet alkotó mikroorganizmusok a magasabb rendű élőlények tartós meglepedésre biztosít lehetőséget.

4. A SZOLNOKI FELSZÍNI VÍZMŰ TECHNOLÓGIAI ELEMEINEK VIZSGÁLATA

A Szolnoki Felszíni Vízmű tisztítás technológia elemei: Vízkivételi mű- Levegőztető- Homokfogó- Labirint, légbuborékos keverő- Derítő- Ózo-

1. ábra:

Zooplankton egyedszám alakulása a tisztítási technológiában és az eltávolítási hatások 2011-ben



Az éves vizsgálati adatsorok értékelése alapján feltételezhető, hogy a GAC adszorber tölteten dúsulási folyamatok játszódnak le, mert a GAC kezelt mintákban a zooplankton egyedszám magasabb, mint az ezt megelőző homokszűrő technológiai egységek után, az adszorbereken egyfajta dúsítási folyamat játszódik le.

A dúsítási folyamatokat segítő tényezők:

- táplálékforrás: a transzportfolyamatok által nagy mennyiségű szerves törmelék jelenléte
- lassú vízáramlás a GAC adszorbereken

A fentiek alapján a technológusban megfogalmazódhat egy dilemma, mely szerint néhány GAC adszorber megszüntetése esetén a mikroszkópikus szervezetek adaptációs körülményei romlanak az áramlási sebesség növelésével, de a csökkenő kontaktidő miatt a szerves mikroszennyezők, klórozási melléktermékek AOX, THM, valamint a biológiai stabilitáshoz szükséges AOC stb. eltávolítási hatásfoka csökken, következésképp a közegészségügyi kockázat nő. A probléma megoldására nem lehet ez a megfelelő válasz.

5. TECHNOLÓGIAI FELADAT

A fentiek alapján a technológiai feladat összefoglalva:

- A Tisza által szállított és a víztisztítási technológiába nagy számban bekerülő zooplanktonok eltávolítása a víztestből, hogy a tisztított fázisba ne kerüljenek be
- Hatékony tisztítási fázisok üzemének optimalizálása, esetlegesen új tisztítás-technológiai egység felkutatása, beépítésének vizsgálata
- Hatékony tisztítási fázisok üzemszünete, illetve üzemzavara esetén se juthassanak fonálférgek a kiváló adaptációs lehetőséget biztosító GAC adszorberekre
- Az aktívzén adszorbereken adaptálódott zooplanktonok eltávolítása, az adaptált állapot megszüntetése

6. NEMATODA EGYEDSZÁM CSÖKKENTÉSE, MEGJELENÉSÉNEK MEGELŐZÉSE

A nyersvízből a tisztítási technológiába bekerülő férgek eliminálásának, egyedszámuk csökkentésének, adaptált állapot megszüntetésének több kínálkozó lehetősége van. Az elsődleges cél az volt, hogy a meglévő technológiai egységek optimális üzemeltetése mellett a rendelet által előírt határértékek teljesítése biztosítható legyen, a költséghatékonyság elve érvényesüljön. Emellett új technológiák beépíthetőségének, alkalmazásának, lehetőségét is megvizsgáltuk az alábbiak szerint.

1. Fertőtlenítés
 - a. Klóros-, klór-dioxidos és ózonos oxidáció
 - b. Ultrahang alkalmazása
2. Mechanikai beavatkozás
 - a. Adszorber öblítés optimalizálása
 - b. Sóoldatos öblítés
 - c. Planktonhálós szűrés

6.1. Fertőtlenítés

Az új Felszíni Vízmű 1978-as átadása óta a hagyományos klórozási fertőtlenítési technológia kiegészült ózonos oxidációval és havária helyzetben üzemeltethető klór-dioxidos fertőtlenítő egységgel. Kézenfekvő, hogy ezeket a fertőtlenítő egységeket fonálféreg eliminálás szempontjából megvizsgáljuk, optimális üzemeltetési körülményeit meghatározzuk.

6.1.1. Klór és klór-dioxid alkalmazásának lehetősége, ózonos oxidáció

A Nematodáknak nagy stressz-tűrő képességük van, ellenállnak a 60 °C-os hőmérsékletnek, még az igen alacsony 2 pH-nak is, valamint igen magas C= 10 mg/L klórkoncentrációt is képesek túlélni, ezért a hagyományos klóros oxidációval az eliminálás nem végezhető, hiszen a keletkező klórozási melléktermékek komoly közegészség-

2. sz. táblázat: Különböző fertőtlenítő szerek hatása a Nematoda eltávolításra (Matsumoto et. al. 2002)

Fertőtlenítő-szer	Alkalmazott koncentráció (mg/l)	Kontaktidő (min)	Nematoda egyedszám (db)		Megjegyzés
			élő	elpusztult	
Ózon	1	10	2	46	
	1,5	10	0	104	
	2	10	0	73	
Klóramin	0,8-1,2	9	2	46	Klór:NH ₄ =4~5:1
	1,7-1,8	9	0	77	
	3,8-4	9	0	75	
Klór-dioxid	0,6	9	27	18	
	0,7-0,9	9	57	38	
	1,8-1,9	9	0	80	

Forrás: Matsumoto et. al. 2002

ügyi kockázatot jelentenének. A klór-dioxidos férégtávolításhoz nagyon magas 1,8-1,9 mg/L dózis szükséges (2. számú táblázat), melyet az ivóvíztisztításnál nem alkalmazhatunk.

Ezek alapján az üzemeltetőnek lehetőségként marad az ózonos oxidáció optimális üzemeltetés feltételeinek meghatározása, szakirodalmi tanulmányok felhasználásával. Az ózonozás határfokát vizsgáló tanulmányok szerint az ózonozás megfelelő koncentráció és kontaktidő esetén hatékonyan inaktíválja a férgeket, káros melléktermék képződése nélkül. Matsumoto et. al. és Hoveid fenti tárgyban kiadott tanulmányainak eredményeit a 2. és 3. számú táblázatok szemléltetik.

Annak érdekében, hogy a Szolnoki Felszíni Vízmű ózonos oxidációját a fentebb leírt tanulmányok eredményeivel össze lehessen hasonlítani, az USA EPA által bevezetett Cxt koncepciót alkalmaztam. A Cxt koncepció a következő empirikus egyenlettel fejezhető ki.

$$K = C^n \cdot t$$

ahol

- C a fertőtlenítőszer koncentráció, mg/l
- n a hígulás tényezője
- t a kontaktidő, min, amely valamely igényelt inaktivációs szint elérését biztosítja
- K valamely mikroorganizmusra nézve állandó

3. sz. táblázat: Az ózon hatása a nematoda eltávolításra Hassan Hoveid at. al. (2008)

Minta	Ózon konc. (ppm)	Ózon konc. 5 perc elteltével (ppm)	Élő nematoda egyedszám a mintában (db)	Élő nematoda egyedszám ózonozás után (db)	Elpusztult nematoda egyedszám ózonozás után (db)	Eltávolítás határfoka (%)
Blank	0	0	286	286	0	0
1	2,5	0,2	316	43	273	86
2	2,75	0,5	257	7	250	97
3	3	0,7	276	5	271	98
4	3,25	1,4	262	2	260	99
5	3,25	1,9	190	0	190	100

Forrás: Matsumoto et. al. 2002



Mivel a jelen vizsgálat során fenti összefüggés alkalmazásában ugyanarról a mikroorganizmusról (Nematoda) és hígulási tényezőről van szó, így $n=1$ értéket célszerűen alkalmazhatom, ezért vizsgálhatjuk a Cxt alakot annak érdekében, hogy összehasonlítsam a tanulmányokban szereplő koncentrációkat és kontaktidőket a Felszíni Vízmű üzemi ózonos oxidációjával. Hoveid szerint $Cxt=9,5 \text{ mgxmin/L}$, míg Matsumotonál $Cxt=15 \text{ mgxmin/L}$ a 100%-os eltávolításhoz szükséges Cxt.

A Felszíni Vízműben különböző maradékózon koncentráció mellett kialakuló Cxt értékeket a 4. sz. táblázat szemlélteti.

4. sz. táblázat: Cxt értékek különböző ózonkoncentrációk esetén max. és átlag víztermelés mellett

Víztermelés (2012)	Cxt érték (mgxmin/L) különböző ózonkoncentráció esetén		
	C= 0,4 mg/L	C= 0,5 mg/L	C= 0,7 mg/L
Q _{max} =1100 m ³ /h	8,72	10,9	15,3
Q _{átl} =744 m ³ /h	12,88	16,1	22,5

A Hoveid et. al. és Matsumoto et. al. által végzett kísérleti eredmények alapján a $Cxt=15 \text{ mgxmin/L}$ értéket fogadjuk el 100 %-os eltávolítási hatásfoknak, akkor a Felszíni Vízmű ózonos oxidációját ennek a feltételnek a teljesülése mentén kell üzemeltetni, tehát átlagos víztermelés esetén $C=0,5 \text{ mg/L}$, max. víztermelés esetén pedig $C=0,7 \text{ mg/L}$ maradékózon koncentráció tartása a kívánatos.

6.1.2. Ultrahang használata

Az ultrahang (US, ultrasound) egy innovatív technika a víz-tisztítás területén, amely az emberi fül számára nem hallható, 20 kHz feletti frekvencián működik. Bár az ultrahangot évtizedek óta használják a diagnosztika területén, az elmúlt öt évben jelentős előrelépések

történtek a laboratóriumi alkalmazások működőképes, kereskedelembe hozható technológia alkalmazására. [14] Az ultrahang innovatív, gyorsan fejlődő vegyszermentes technológia.

Az ultrahang kavitációs jelensége következtében fellépő mechanizmusok:

- Magas hőmérséklet (akár 5000 K)
- Magas nyomás (akár 1000 atm)
- Fellépő nyíróerők
- Termikus disszociáció által keletkezett gyökök hatására a zooplanktonok sérülnek, inaktíválódnak és kellő energiaközléssel elpusztulnak.

Mahvi tanulmányában 42 kHz-en működő

ultrahangos tisztítóberendezést alkalmazva 12 min. kontaktidő biztosítása esetén a féregeliminálás 100 %-os volt. Saját kísérlet alapján ezt a hatásfokot 16 min. kontaktidő biztosítása esetén értem el. (5. számú táblázat)

Az eljárás Felszíni Vízmű tisztítási technológiába történő integrálása kontakttér és átemelő beépítésével valósítható meg, így ez a megoldás nem javasolható a magas bekerülési- és üzemeltetési költségek miatt.

5. sz. táblázat: Ultrahang hatása a Nematoda eltávolítására

Minta száma	US kontaktidő (min)	Nematoda egyedszám		Eltávolítás hatásfoka (%)
		Élő	Elpusztult	
kontroll	-	58	0	-
1	4	32	14	43
2	8	62	28	45
3	12	41	24	58
4	16	70	70	100
5	18	51	51	100

7. MECHANIKAI BEAVATKOZÁS

7.1. GAC adszorber öblítés optimalizálás (adaptált állapot megszüntetése)

Az öblítés optimalizálásának két lehetőségét vizsgáltam:

- nagyobb öblítési sebesség
- hosszabb öblítési idő alkalmazásával.

7.1.1. Öblítési sebesség növelése

Az eltávolítandó fonálférgek testét kívülről kutikula borítja. A kutikula több rétegű glykoproteinekből, lipidekből és kollagénnel hasonló fehérjékből áll, melyek számos rétegből állhatnak, felületén kinövések vannak.

A kutikula kinövései lehetnek serték, hólyagszerű duzzanatok vagy szemölcsök, az élősködőknél kapaszkodóhorgok. A serték elsősorban a vízben élőkre jellemzők.

Ezekkel a sertékekkel rendelkező egyedek a GAC töltet szilárd vázába, vagy az adszorbens felületén kialakult biofilm mátrixban fennakad-

hatnak, a sertékekkel „megkapaszkodva” az öblítés hatékonyságát csökkentik, így maradva meg az adszorbens felületén.

Vizsgálandó, hogy az öblítési idő, vagy az öblítési sebesség növelésével a Nematoda eltávolítási hatásfok javítható-e, elérhető-e 100 %-os eltávolítási hatásfok. A vizsgálatokat kismodellel végeztem el.

A kísérlet során vizsgáltam, hogy az öblítésvíz sebességét, illetve az öblítés időtartamát változtatva kimutatható-e szignifikáns különbség a különböző mennyiségű és idejű öblítések hatékonysága között, illetve létezik-e olyan ideális üzemeltetési körülmény, amely mellett a GAC tölteten adaptálódott zooplanktonok eltávolítási hatékonysága eléri a kívánt 100 %-os értéket.

A GAC adszorberek üzemzerű öblítése $F=15$ m/h felületi terheléssel (sebességgel) történik, ezért a kísérlet során a vizsgált öblítési sebességek az üzemi $v=15$ m/h sebességgel kezdődnek és egészen $v=65$ m/h sebességig tartanak. (6. sz. táblázat) A legnagyobb sebességek üzemi körülmények között megvalósíthatatlanok, de a Nematoda eltávolítás szempontjából meg kell

6. sz. táblázat: Nematoda eltávolítási hatékonyság öblítési sebesség növelése esetén

Minta szám	Öblítési sebesség v (m/h)	Öblítésvíz mennyiség Q (L/min)	Expanzió mértéke (%)	Töltet elhordás	Öblítési idő t (min)	Nematoda egyedszám öblítés előtt (ind./100g)	Nematoda egyedszám öblítés után (ind./100g)	Nematoda eltávolítás hatásfok (%)	Töltet fluid állapotú része (%)
1	15	1,1	2	finom frakció öblítés elején	20	22	16	27	0
2	25	1,8	5,8	finom frakció öblítés elején	20	22	12	45	0
3	35	2,5	11,5	finom frakció folyamatosan	20	22	9	59	20
4	45	3,2	21,4	finom frakció az öblítés végéig jelentős mennyiség	20	22	7	68	46
5	55	3,9	32,1		20	22	5	77	62
6	65	4,6	35,8		20	22	5	77	70

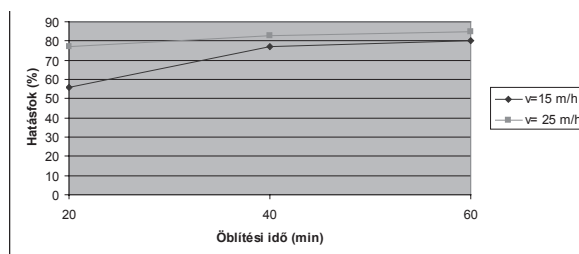
vizsgálni, hogy van-e olyan sebesség, amelynél már az elragadó-, vagy nyíró erő nagyobb, mint a Nematodát rögzítő erő.

Az elvégzett kismodell vizsgálatok alapján kijelenthető, hogy ivóvízzel történő öblítés esetén a legnagyobb öblítési sebesség – amely mellett már jelentős a töltet elhordás- mellett sem érhető el a Nematodák 100 %-os eltávolítási hatásfoka. A grafikonon jól látható, hogy az öblítés hatásfokát leíró görbe határértékhez tart. (2. sz. ábra)

7.1.2. Öblítési sebesség növelése

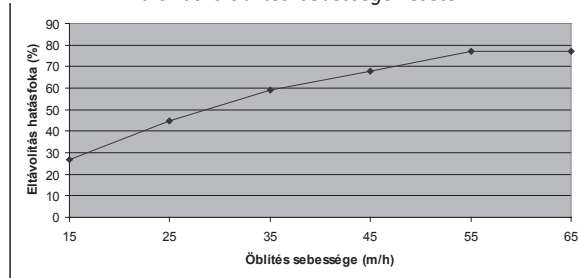
A rendszerinti öblítési idő a Felszíni Vízmű gyakorlatában (szennyezettségtől függően) 15-20

3. ábra: Nematoda eltávolítási hatásfok vizsgálata kismodell kísérletben



perc, ez alatt az idő alatt a $v=15\text{m/h}$ öblítési sebességnek megfelelően $\sim 3,8\text{-}5,0\text{ m}$ vízszlop halad át az adszorbens ágyon. A műtárgy a bukóéltől a fenéig $2,2\text{ m}$ mélységű, vagyis a rövidebb mosási idő alatt a szennyeződések éppen „el tudják hagyni” a műtárgyat. A fonálféreg tölteten rögzülhetnek, ezért az eltávolításukhoz hosszabb időre, vagy nagyobb öblítési sebességre, következésképp több öblítővízre lehet szükség.

2. ábra: Nematoda eltávolítási hatásfok különböző öblítési sebességek esetén



Az öblítési idő a kísérletek során 20, 40 és 60 perc, az öblítési sebesség $v=15\text{m/h}$ és 25 m/h volt. Azért választottam ezt a két sebességet, mert a 15 m/h az alkalmazott üzemi, míg a 25 m/h pedig a maximális sebesség, amit még el lehet érni az üzemben két öblítő szivattyú párhuzamos kapcsolásával.

Az elvégzett kísérletsorozat alapján megállapítható, hogy a választott két sebesség mellett, az öblítési idő megnövelése esetén sem lehetett eltávolítani az összes adaptálódott fonálférget az adszorber felületéről. (3. sz. ábra) Az elérhető legnagyobb eltávolítási hatásfok 60 perces öblítés és $v=25\text{ m/h}$ öblítési sebesség - 1350 m^3 öblítővíz felhasználása- esetén is csak 85 %-os mértékű.

Az üzemeltető számára levonható következtetés, hogy öblítésoptimalizálással a GAC tölteteken megjelenő és adaptálódott fonálféreg eltávolítás hatásfoka a fenti módszerekkel növelhető, de 100 %-os mértékben nem valósítható meg.

7.2. Sóoldatos öblítés

Az egyik lehetősége a fonálféreg eltávolításának a mechanikai úton történő, sűrűség

különbségen alapuló elválasztás. A problémát okozó Nematoda egyedek sűrűsége Andrassy szerint 1082-1086 g/L, átlagban 1084 g/L. Az elválasztáshoz - felúsztatáshoz- alkalmas a 14 %-os NaCl oldat, sűrűsége 1102 g/L. A 14 %-os NaCl oldatot kereskedelemben kapható finomított konyhasó felhasználásával készítettem. A kísérlet során azt vizsgáltam, hogy az aktívszén mintát 14 %-os sóoldattal - 1102 g/L sűrűségű- öblítve sikerül-e eltávolítani az aktívszénből a zooplanktonokat.

A GAC töltet öblítése előtt, és az öblítés közepén 2 percig levegőztetéssel fellazítottam az aktívszén szemcséket, hogy a kisebb sűrűségű anyagok könnyen fel tudjanak úszni. Az öblítés sebessége az üzemi körülmények között alkalmazott 15 m/h volt. Nagyobb öblítési sebesség azért nem alkalmaztam, mert az öblítő oldat sűrűsége nagyobb a víznél és a töltet elhordás nagyobb sebességnél valószínűsíthetően intenzívebben jelentkezne.

Bár a sóoldatos öblítés nagyon jó eredményt hozott, az eljárás nem költség-hatékony, gazdasági szempontból érdemes megfontolni a sóoldatos áztatást, mivel a zooplanktonok a 14 %-os sóoldatban elpusztulnak, majd az elpusztult egyedek öblítéssel eltávolíthatók és ehhez az eljáráshoz „csak” ~ 100 m³ áztató oldat, azaz 14 000 kg konyhasó szükséges egy adszorber ágy kezeléséhez.

7.3. Planktonhálós szűrés

A Nematodák visszatartásának egyik lehetősége a planktonhálós szűrés. Alkalmazása azon alapul, hogy a planktonháló lyukbőssége kisebb, mint a férgek mérete, így azt a vízáramba téve nem jutnak át a hálón, felfogja azokat.

A szűrési módszert Felsővízi Vízmű technológiájában történő integrálás előtt az alábbi szempontokat kell figyelembe venni:

- ne legyen sok partikulált anyag a szűrésre ke-

7. táblázat: Sűrűség alapján történő elválasztás

Minta száma	Töltet mennyiség (L)	Öblítő oldat mennyiség V (L)	Töltet elhordás	Töltet lazítás levegővel (min)	Öblítési idő t (min)	Nematoda egyedszám öblítés előtt (ind./100g)	Nematoda egyedszám öblítés után (ind./100g)	Nematoda eltávolítás hatásfok (%)
1	1	44	finom frakció a két öblítés elején	2x2	2x20	180	0	100

A kísérlet eredményei meggyőzőek, az aktívszén töltetből a sóoldatos öblítés alkalmazásával a zooplanktonok eltávolítása elérte a kívánt 100 %-os hatásfokot, vagyis az elpusztult férgek (nagy mennyiségű szerves anyag) az öblítés után nem fognak nemkívánatos mikrobiológiai folyamatokat indukálni az adszorber töltetben.

Üzemi körülmények esetén az öblítéshez felhasználandó oldat mennyiség a töltethez viszonyítva (1db GAC töltet 75m³) 44-szeres, vagyis az öblítő oldat elkészítéséhez (technológiai veszteség nélkül) 44x75m³x140kg= 462 000 kg konyhasó szükséges, ami rendkívül nagy mennyiség.

rülő vízben, amelynek mérete nagyobb mint a hálónak a lyukbőssége (gyors eltömődés)

- a planktonháló ne okozzon olyan mértékű visszaduzzasztást, hogy a gravitációs üzemet akadályozza (Felsővízi Vízmű technológiája úgy lett kialakítva, hogy a tisztítási technológia első elemétől, a levegőztetőtől a homokszűrt-víz tárolóig a víz gravitációsan jut el)
- egyszerű beépíthetőség
- egyszerű cserélhetőség
- a GAC technológia előtti beépítés szükséges, hogy a GAC tölteten ne alakuljon ki adaptálódott kolonizációja a zooplanktonoknak, tehát a beavatkozás preventív jellegű



A planktonháló - a fenti szempontok és a műszaki megvalósíthatóság figyelembevételével a homokszűrő elosztócsatornába telepíthető. A technológiába bekerülő Nematodák jellemző mérete (50µm -1000µm) miatt, a választott planktonháló lyukbőssége 40µm.

8. JAVASOLT BEAVATKOZÁSOK

Több lehetőséget vizsgáltunk meg a Szolnoki Felszíni Vízmű tisztítási technológiájában jelentkező Nematoda probléma megoldására. A műszaki- és gazdasági lehetőségeket figyelembe véve három olyan technológiai beavatkozás javasolható, aminek kivitelezése jelen gazdasági körülmények között is vállalható és megfelelő megoldást nyújt a rendeletileg előírt ivóvízminőség biztosítására.

- Planktonháló beépítése a homokszűrő elosztócsatornába
- Ózonozó optimalizált üzemeltetése
- GAC töltetek konyhasóoldatos kezelése

8.1. Planktonháló beépítése a homokszűrő elosztócsatornába

Előnyei:

- egyszerű beépíthetőség.
- preventív megoldás.
- planktonháló beépítésével az ózonozón túljutó zooplanktonokat nagy biztonsággal visszatartathatjuk.
- a háló cseréje egyszerű, nem igényel szaktudást.
- vegyszermentes megoldás, nem generál új közegészségügyi kockázatot.
- ózonozó leállása esetén is biztosítja a férgek eltávolítását.
- alacsony beépítési költség
- alacsony üzemeltetési költség

Hátrányai:

- hálózakadás esetén megszűnik a védelem
- üzemelés közben a hálózakadás nehezen detektálható

- nagy lebegőanyag tartalmú víz esetén sűrűn kell cserélni
- kis keresztmetszetű egyedek átjuthatnak a hálón
- a visszaduzzasztás miatt csak meghatározott hidraulikai terhelés mellett alkalmazható
- üzemelő ózonozó esetén csak gázálcban cserélhető, mert a homokszűrő térben az ózonkoncentráció a megengedett határérték fölött van

8.2. Ózonozó optimalizált üzemeltetése

Előnyei:

- preventív megoldás
- elpusztult zooplanktonok a homokszűrőn kiszűrhetők
- nincs létesítési költség

Hátrányai:

- energiafogyasztás növekedés.
- karbantartási költség növekedés
- technológiai fegyelem betartása (derítő iszapoláskor be kell avatkozni)
- üzemszünet esetén a féregeliminálás megszűnik
- kiegészítő beavatkozás szükséges üzemszünet esetére (planktonháló)

8.3. GAC töltetek konyhasóoldatos kezelése

GAC adszorberek konyhasóoldatos öblítése az elvégzett kismodell vizsgálatok alapján nagyon hatékony megoldás, de a költsége miatt az öblítéses eliminálás nem javasolható, mivel egy GAC adszorber 14 %-os sóoldatos öblítéséhez 44x75m³x140kg/m³, azaz 462000 kg konyhasó kell. Ellenben megvalósításra javasolható a sóoldatos áztatás, amihez lényegesen kevesebb ~100 m³ 14 %-os konyhasóoldat szükséges.

Előnyei:

- a zooplanktonokkal terhelt GAC adszorber teljesen megtisztítható

- áramlási holtterekben is hatékony az eltávolítás
- elpusztult zooplanktonok öblítéssel eltávolíthatóak

Hátrányai:

- magas áztatás utáni öblítővíz igény (~töltetértogat 16 szorosa)
- kiegészítő preventív technológia szükséges az újrafertőződés elkerülése érdekében (planktonháló, optimalizált ózonozás)

A fentiek alapján érzékelhető, hogy a javasolt technikai, technológiai beavatkozások megvalósítása együtt jár - bizonyos költségösszetevők miatt - üzemeltetési és fenntartási költségek növekedésével, azonban összességként kijelenthető, hogy a szolgáltatott ivóvíz minőségi követelményei, a folyamatosan növekedő minőségi elvárások a szolgáltatót a megvalósítás felé terelik.