

A fonalas baktériumok szaporodását befolyásoló tényezők az eleveniszapos tisztításban

Oláh József – Horváth Gábor

I. Bevezetés

A szennyvíztelepek üzemeltetési gyakorlatában jól ismert a fonalas szervezetek megjelenésével együtt járó iszapfelúszás és ezt követően a tisztított szennyvízzel elúszó iszap vízminőség-rontó hatása. A vázolt jelenség az üzemeltetési gyakorlatban egyik legsúlyosabb gondnak tekinthető, ez indokolja a kérdés rövid elméleti és gyakorlati tárgyalását.

Ebben a munkában azt vizsgáljuk, hogy az egyes környezeti tényezők milyen kombinációja szükséges ahhoz, hogy a fonalas szervezetek meghatározóak legyenek a szennyvíztelepeken, és hogy lehet a fonalas baktériumokat hatékonyan háttérbe szorítani.

A jelenséget magyarul iszapfelfúvódásnak, angolul bulkingnak, németül Blähung vagy Blähschlamm-nak nevezik. Általában akkor beszélünk iszapfelfúvódásról, ha a Mohlmann-index értéke 200 ml/g érték felett van.

II. A fonalások elszaporodása következtében felmerülő üzemeltetési nehézségek

A fonalások szaporodása következtében felmerülő üzemeltetési nehézségeket az alábbiakban foglalhatjuk össze:

- Az elfolyó, tisztított szennyvíz minőségének romlása (KOI > 100 mg/L, lebegőanyag tartalom: 40 -100 mg/L)
- A téli időszakban fellépő fonalásodást gyakran követi az iszapkor csökkenése, így a nitrifikáció háttérbe szorulása és a fölősiszap mennyiség 30%-os növekedése.
- A szükséges eleveniszap koncentrációt nehéz tartani a levegőztető medencékben (< 2,0 g/L)
- A recirkuláltatott iszap sűrítése nem megfelelő az utóülepítőben (< 4 - 6 kg/m³)
- Az iszap víztelenítésénél nagyobb a vegyszerfelhasználás (~ 10-20 % vegyszer többlet)
- A víztelenített iszap szárazanyag koncentrációja 3-5 %-kal csökken a normál üzemi állapothoz képest.

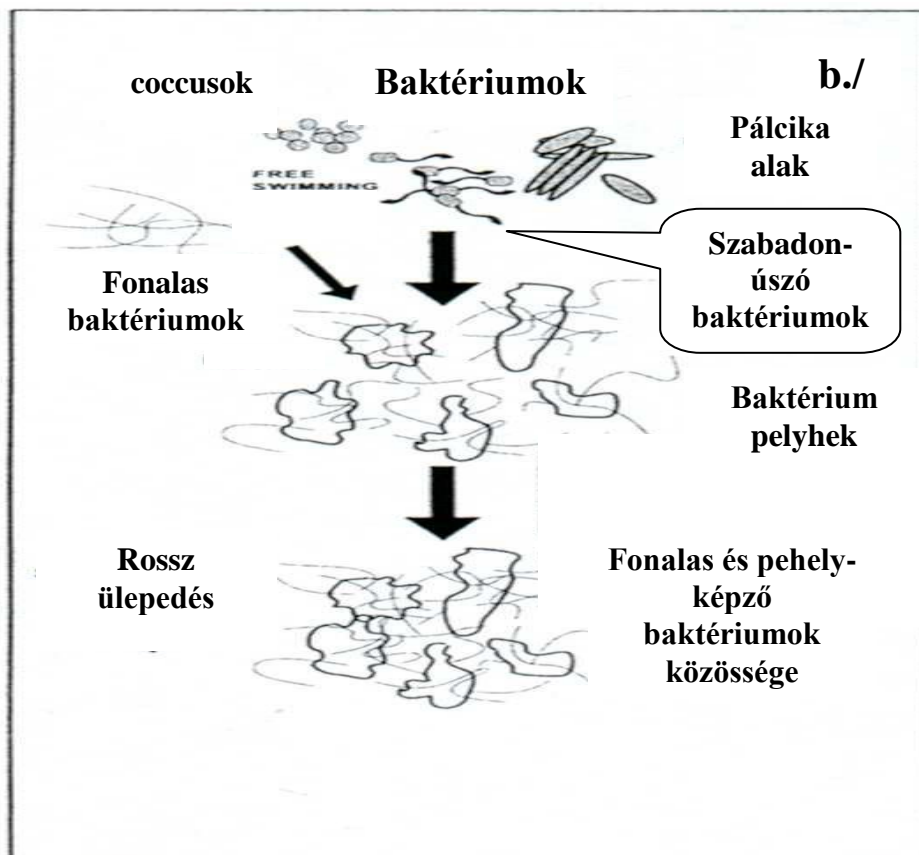
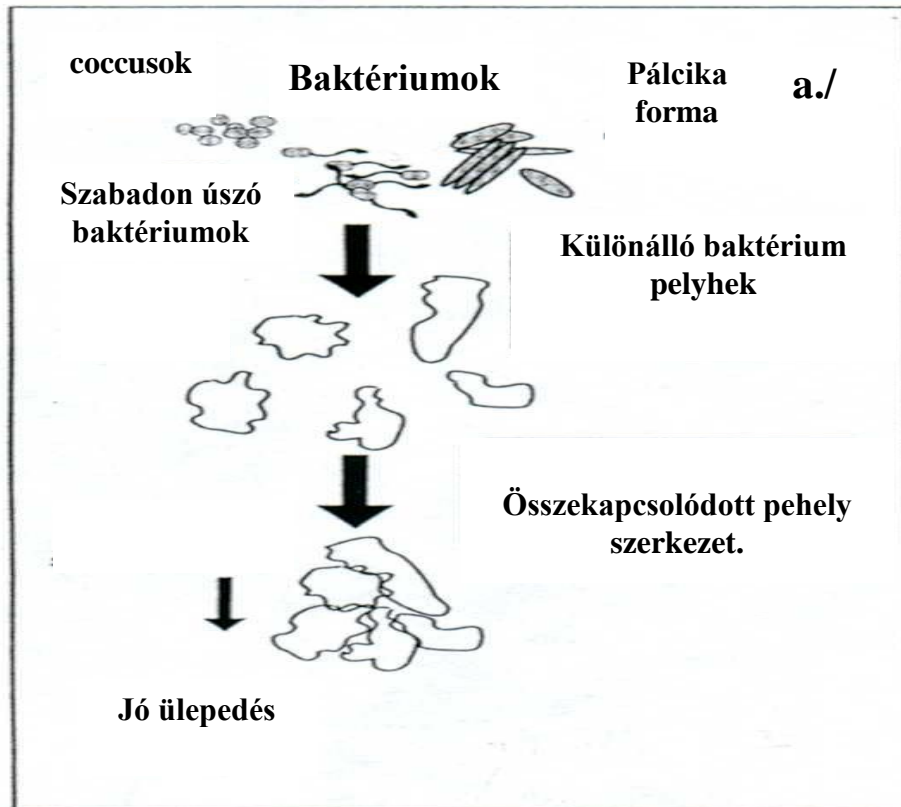
III. Az eleveniszap ülepitésénél jelentkező zavaró tényezők

Az eleveniszapos szennyvíztisztításnál az eleveniszap és a tisztított szennyvíz szétválasztása (utóülepítés) egyik legkényesebb és az üzemeltető számára legtöbb gondot jelentő művelet. Az eleveniszap ülepedési tulajdonságát a biológiai tisztítás folyamatában számos biokémiai folyamat és üzemeltetési tényező befolyásolja. Az eleveniszap ülepedésénél jelentkező zavarokat általánosságban az **1. táblázat**ban foglaljuk össze. Beszámolóinkban az iszap ülepedését jelentősen befolyásoló iszapfelfúvódási (fonalas baktériumok elszaporodása) jelenség kialakulásával és a jelenséget befolyásoló üzemi tényezők hatásával foglalkozunk.

1. táblázat Az eleveniszap ülepítésénél a fonalas baktériumok elszaporodásából és az iszapszerkezet romlásából jelentkező gondok összefoglalása (Oláh, et al., 2001)

<i>A jelenség megnevezése</i>	<i>A probléma természete</i>	<i>A jelenség jellemzése</i>
Széteső, diszperz pelyhek (deflocculation)	Szétesett pehelyszerkezet, úszó „magányos” sejtek	Az elfolyó, tisztított szennyvíz zavaros, gyenge pehelyképződés. A jól elkülöníthető ülepedő iszapzóna hiánya. Nagy terhelésű telepeken jellemző, vagy beüzemelés alatt lévő eleven iszapos rendszerekben.
Tömör kicsiny pelyhek (pinpoint flocs)	Kicsiny, sűrű pehely, mely gyorsan ülepedik.	Alacsony Mohlmann-index érték. Opálos elfolyó szennyvíz. Magas iszapkorú eleven iszapra jellemző, az iszap tápanyaghiányos. Főleg a kétfokozatú biológiai tisztítótelepeken jelenik meg a második fokozatban.
Iszapfelfúvódás (filamentous bulking)	Nagyszámú fonalas szerkezet, amely az ülepedést akadályozza	Nagy a Mohlmann-index értéke (> 200 ml/g). Az elfolyó víz tiszta. Levegőztető medencében kicsiny az eleveniszap koncentráció. Utó-ülepítőben magas az iszapszint. Nehezen vízteleníthető az iszap. Gyakran nitrifikáció leállásával jár.
Felúszó iszap az utóülepítőben.	Gázkiválás. Nyáron az utóülepítőben lejátszódó denitrifikáció okozza.	Felúszó pelyhek és iszap „pamacskok” jelennek meg az utóülepítő felszínén. Nagyfokú iszapelúszás. Az utóülepítőben magas az iszapszint, ezért a recirkuláltatott iszap koncentrációja 9 g/l fölött van.
Hab és uszadék képződés a levegőztetőben és az utóülepítőben.	A levegőztető medencében flotáció megy végbe. A hab nagyszámú iszap-pelyhet köt magához. Évszakonként más fonalas baktérium okozza a jelenséget.	Ellenálló tömör hab, nagy lebegőanyag tartalommal. Egybefüggő iszapréteg és hab jelenik meg az utóülepítő és a levegőztető medence felszínén. A Mohlmann-index: 150-250.

A fonalas baktériumok jelen- és távollétében kialakuló pehelyképződési mechanizmust sematikusán az **1. ábra** mutatja be. A szabadonúszó baktériumok nagyobb pelyhekké állnak össze, mivel létükhöz és szaporodásukhoz feltétlenül szükséges, hogy laza vagy tömörebb formában kapcsolódjanak egymáshoz. Ezzel szilárd kapcsolatot teremtve egymást közt biztosítják a jó ülepedést (**1/a. ábra**). Ha a fonalas baktériumok szaporodásának a feltételei adottak, akkor a pehelyképzők mellett a fonalások is elszaporodnak és a baktérium-pelyheket a fonalas baktériumok „kusza szövevény” formájában átszövik és ennek következtében az iszappelyhek lazább szerkezetűvé válnak, ülepedésük lelassul és az utóülepítőkből iszapelúszással kell számolni (**1/b. ábra**).



1. ábra. A fonális baktériumok nélkül (a. ábra) és azok jelenlétében lezajló pelyhképződési mechanizmus sematikus ábrázolása (b. ábra)

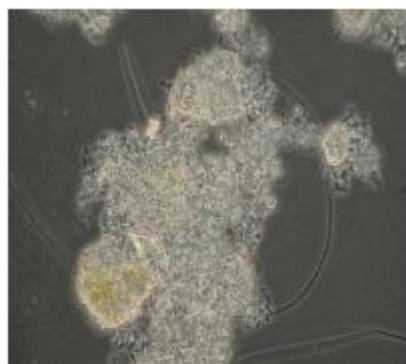
A fonalas baktériumok és a jól ülepedő iszap pelyhek kapcsolatát fényképfelvételeken is bemutatjuk. Nagyon kevés fonalas baktériumot tartalmazó, jól ülepedő pehelyszerkezetet mutat be a **2/a. ábra** fényképfelvétele. A fonalas baktériumok elszaporodása esetében a baktériumpelyheket a fonalas szervezetek kusza fonalkötege köti össze, amely az ülepedést jelentősen rontja (**2/b. ábra**: fényképfelvétele).

A **2. táblázat** Észak- és Nyugat-Európában leggyakrabban előforduló fonalas baktériumokat mutatja be. Ezek közül a kommunális szennyvíztelepeken a *Microthrix parvicella* megjelenése a leggyakoribb - 93%-ban ez a baktérium jelenik meg – és ez okozza az iszap felfúvódását és hab képződését az őszi-téli és tavaszi időszakban. Meghatározó még Magyarországon nyári időszakban a *Nocardia spp.* és *021N* típusú baktérium.

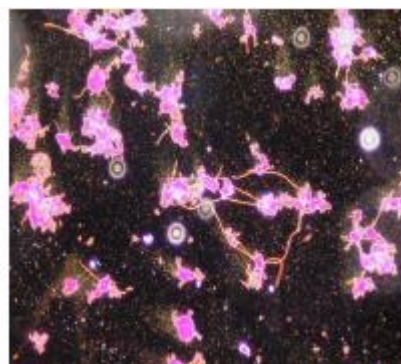
2. táblázat A leggyakrabban felfúvódást okozó baktériumok és ezek elszaporodását kiváltó okok összefoglalása (Richard, 2005)

A szaporodást kiváltó okok	Fonalas baktériumok típusai
Alacsony oxigénkoncentráció	<i>S. natans</i> , Típus: 1701 és <i>H. hydrossis</i> .
Alacsony szervesanyag-terhelés	<i>M. parvicella</i> , <i>Nocardia spp.</i> , és 0041, 0675, 1851 és 0803 típusok.
Szeptikus és szulfid tartalmú szennyvizek	<i>Thiothrix I és II</i> , <i>Beggiatoa spp.</i> , <i>N. limicola II*</i> , és 021N, 0092*, 0914*, 0581*, 0961* és 0411 típusok.
Tápanyag (N és P) hiány	<i>Thiothrix I és II</i> és 021N. <i>N. limicola III</i>
Alacsony pH (<pH 6.0)	Gombák
Nagy zsír- és olajkoncentráció	<i>Nocardia spp.</i> , <i>M. parvicella</i> és 1863 típus.

* jelölt baktériumok alacsony szerves-anyag terhelésnél és szeptikus, szulfid tartalmú szennyvizek esetében szaporodnak

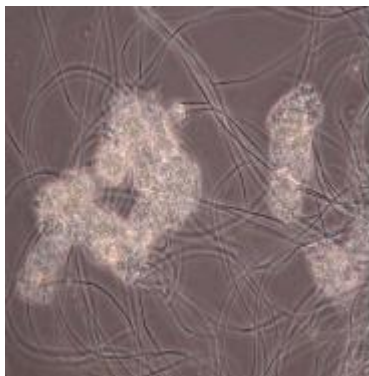


40x, Fázis kontraszt

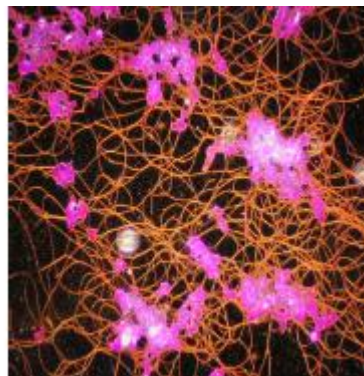


10x, Kristályibolya festés,
Sötétlátómező, DF.

2/a.



40x, Fázis kontraszt



10x, Kristályibolya festés,
Sötétlátómező, DF.

2/b.

2/a-b .ábra Fonalas baktériumok nélküli (a./ felvétel) és a fonalas pehelyszerkezet képe 021N típusú fonalas baktériummal (b./ felvétel)

IV. A fonalas szervezetek szaporodását befolyásoló tényezők

A biológiai szennyvíztisztítás során olyan üzemelési viszonyokat kell teremteni, hogy zömmel a pehelyképző („flok”) baktériumok szaporodjanak és ezáltal a fonalas baktériumok visszaszoruljanak. E cél elérésére két út kínálkozik:

1. Kinetikai feltételek:

A különböző sebességgel lezajló katabolikus (energiafelszabadító folyamat) és anabolikus (sejtépítő) folyamatok eredményeképpen lejátszódó kinetikus szelekciót úgy befolyásoljuk, hogy a körülmények a pehelyképző baktériumok szaporodásának kedvezzenek. *Ezt befolyásolni lehet a szennyvíztelepek műtárgyainak kialakításával és az üzemeltetési körülmények megváltoztatásával.*

2. Metabolit termékek hatása:

Gátoljuk a szubsztrát hasznosításból származó metabolitok (anyagcseretermékek) képződését és ezáltal romlik a fonalasok képződésének esélye.

Az esetek jelentős részében a két folyamat kombinációjával kell számolni. Az iszap-felfúvódási folyamat okaival, kialakulásával, megszüntetésének módjaival számos szakirodalmi cikk foglalkozik. Közleményünkben kizárólag a pehely („flok”) és fonalas szerkezetű baktériumok szelekciós versenyét befolyásoló tényezőket tárgyaló szakirodalmi hivatkozásokkal és a fonalas baktériumok kialakulását befolyásoló paraméterek hatásával foglalkozunk (*Li és Ganczarczyk:1993, Oláh:1994, Lind és Lemmer: 1998*).

1. Kinetikai feltételek

A kinetikus szelekció azon alapszik, hogy az egyes baktériumfajok növekedési és szubsztrát lebontási sebessége különbözik egymástól. A kinetikus szelekciót döntően befolyásolja a szubsztrát-koncentráció. A baktériumok szaporodási sebessége és a tápanyaglebontási sebesség között az alábbi egyszerű összefüggés áll fenn. Az 1. számú összefüggés a tápanyag eltávolítás sebesség és a szaporodási sebesség összefüggését mutatja.

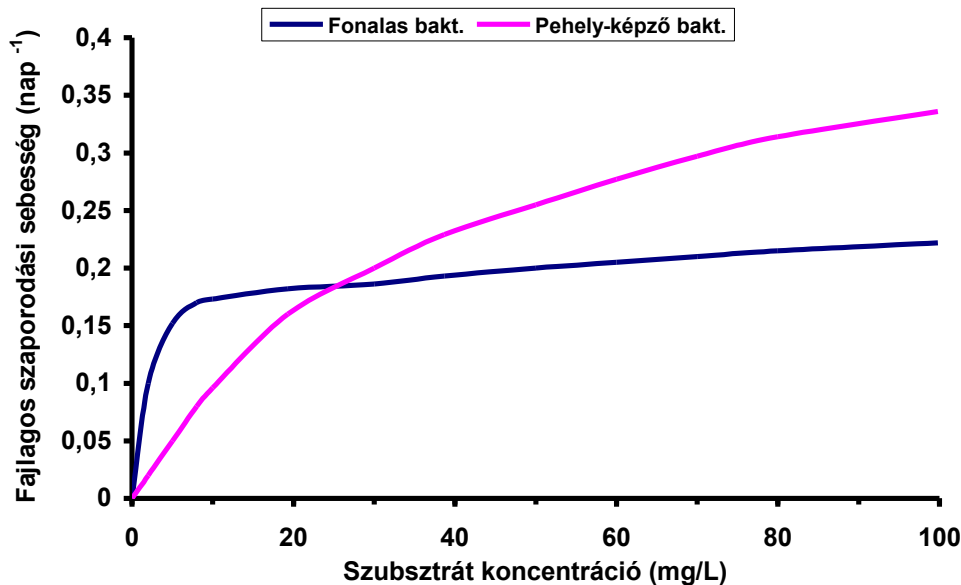
$$\frac{dX}{dt} = -Y \frac{dS}{dt} \tag{1}$$

Ahol: $\frac{dX}{dt}$ a baktériumszaporodás sebessége (egy g baktérium által termelt iszaptömeg egy nap alatt)

$\frac{dS}{dt}$ a tápanyaglebontás sebessége. A lebontási sebesség fogalma alatt a szubsztrát-koncentráció időegység (pl. egy óra vagy nap) alatti változását értjük. Ha magas a koncentráció, akkor általában ez az érték is magas.

Y a sejthozam állandó (egy g szubsztrátból, hány g iszap keletekezik.)

A fonalas- és a pehelyképző baktériumok szaporodási sebesség és a tápanyag koncentráció összefüggését a **3. ábra** mutatja be.



3. ábra A fonalas és a pehely-képző baktériumok szaporodási sebességének és a tápanyag koncentrációjának összefüggése (Van den Eynde, 1982)

Példaként megemlítjük, hogy két baktériumfaj között egy szubsztrátért folytatott szelekciós „versenyt” kizárólagosan a szubsztrát-hasznosítási sebesség dönti el. A szaporodási sebesség vagy a szubsztrát-hasznosítási sebesség alapján a baktériumfajok jellemezhetők:

- A nagy szubsztrát koncentráció jelenlétében nagy a fajlagos szaporodási -és szubsztrát lebontási sebesség
- A kisebb tápanyag koncentrációk mellett viszonylag nagy lebontási sebesség jellemez egyes baktériumfajokat, de ez nem mindig jár feltétlenül nagy szaporodási sebességgel. (A nitrifikáló baktériumok alacsony koncentráció mellett is hatékony nitrifikációt tudnak végezni, egy kg ammóniából csak 0,096 kg nitrifikáló baktérium jön létre. A *Microtrix parvicella* hasonló szaporodási értékekkel rendelkezik, míg a *021N* típusú baktérium és a *Nocardia* magas szaporodási sebességgel rendelkezik).

Az a./ és a b./ állapot egyszerre nem létezhet az eleveniszapos kevert kultúrájú rendszerben, viszont az eleven iszapban általában mindig megtaláljuk mindkét folyamatra jellemző kultúra képviselőit. A szelektív versenyben dől el, hogy pl. a könnyen bontható tápanyag (acetát, glükóz, alkoholok, illó zsírsavak) jelenlétében a pehely-képző populáció rovására a fonalások elszaporodnak-e, és dominánssá válnak-e.

Egy jól kialakított biológiai rendszerben lehetséges, hogy az első szakaszban magas terhelés mellett dolgozzon az eleveniszap, míg abban a szakaszban, amikor alacsony koncentrációban áll rendelkezésre tápanyag, és a fonalás baktériumok szaporodhatnak el, már ne legyen megfelelő könnyen bontható szubsztrátum. Ezzel a szelektív körülménnyel sokat lehet segíteni a fonalás baktériumok háttérbe szorításában.

A tápanyag és baktérium tömeg arány (F/M) értéke is befolyásolja a fonalás szervezetek kialakulását, ez tulajdonképpen az itt tárgyalt biológiai terheléssel azonos információt szolgáltat. Annyi a különbség, hogy a terheléssel a levegőztetőben fenntartott lebegőanyagok időegység alatt egységnyi tömegére jutó tápanyag (kgBOI₅/kg nap) mennyiségét értjük, ugyanakkor az F/M a tápanyag és baktérium tömeg aránya és az időtől független jellemző paraméter.

A fonalás baktériumok jelenléte és az iszapkor között nincs egyértelmű kapcsolat. Ez azt jelenti, hogy bizonyos típusú fonalás baktériumok a kicsiny és a nagy iszapkornál egyaránt jelen vannak. Ezt *Wanner (1994)* nyomán a **3. táblázatban** mutatjuk be.

3. táblázat Az iszapkor és néhány fontosabb fonalás baktérium jelenlétének összefüggése (Wanner, 1994)

Fonalas baktériumok megnevezése	Iszapkor, Θ (nap) →							
	2,2	2,5	3,0	4,0	5,0	8,0	20,0	
<i>1701 típus</i>	→							
<i>S. natans</i>	→							
<i>Thiothrix</i>		→						
<i>021 N típus</i>			→					
<i>Nocardia</i>		→						
<i>0041/0675 típus</i>						→		
<i>M. parvicella</i>						→		
<i>0092 típus</i>							→	

Az ábrából ugyan arra következtethetünk, hogy a kisebb iszapkor esetében kevesebb fonalás faj volt jelen, mint a közepes vagy a nagyobb iszapkor esetében. Ez a megfigyelés arra ösztönözheti az üzemeltetőt, hogy a kicsiny iszapkor esetében nem áll fenn a fonalás szervezetek szaporodásának veszélye, azonban a kicsiny iszapkornak vannak bizonyos hátrányai:

- Az eleveniszap összetétele és tulajdonságai instabilak, és az iszap nehezen sűrítendő és vízteleníthető.
- A pelyhek szétesésével kell számolni, ennek következtében a tisztított, elfolyó szennyvíz zavaros lesz, kb. 30 %-kal megemelkedik a fölőiszap mennyisége.
- Az ammónia lebontás részleges lesz, vagy nem történik meg.

2. Metabolit termékek hatása

A legfontosabb metabolit termékek hatását, és azokat létrehozó körülményeket egyenként elemezzük.

2.1 A tisztítandó szennyvíz összetétele

A szennyvizek változó összetételével leggyakrabban az élelmiszeriparban kell számolni, de a változó szennyvíz minőséget okozhatja a túl nagy, vagy rosszul üzemeltetett előüleptető is.

A szennyvízben lévő biológiailag könnyen bontható tápanyagok (glükóz és glükóz tartalmú di- és poliszacharidok, alkoholok, illó zsírsavak, aminosavak) elősegítik a fonalasok kialakulását. (pl. A *Microtrix parvicella* kiváló foszfor felhalmozó baktérium, amihez szüksége van az anaerob térben könnyen felvehető szubsztrátra.)

A kommunális szennyvizek összes szennyeződésének 10 – 15 % -át a könnyen bontható anyagok teszik ki, a másik 75 % - t pedig lebegőanyag alkotja. A hidrolízis révén a lebegőanyagból biológiailag bontható szubsztrát képződik. Az előüleptető műtárgyakban a tartózkodási idő növelésével növekszik a hidrolízis termékek mennyisége.

Az élelmiszeripari szennyvizek a fent ismertetett könnyen bontható anyagokat nagy mennyiségben tartalmazzák.

A hidrolízis komplex folyamat: kolloidok adszorbeálódnak a baktérium pelyhek felületén, majd a baktériumok extracelluláris (sejtek külső felületén lévő) enzimek segítségével a szerves lebegőanyagot alkotó nagy molekulákat szétdarabolják. Ezt követően a hidrolízis termékek egy részét a baktériumok hasznosítják, a másik részük oldatba kerül. Így ezek a termékek a fonalas baktériumok számára tápanyagként szolgálhatnak a későbbiekben.

Az egyoldalú tápanyag kínálat (ipari szennyvizek hatása, könnyen bontható szubsztrátok, kis-molekula súlyú szerves savak) sok esetben kedveznek a fonalas baktériumok kialakulásának.

A **4.táblázat**ban néhány ipari szennyvíz tisztítása során megjelenő fontosabb fonalas baktérium típust foglaltuk össze (*Fleit, Gulyás:1992, Wanner: 1994, Krhutková, Wanner:1999*). A *021N*, *0041*, a *S. natans* és a *N. limicola* típusú fonalasok a különböző eredetű ipari szennyvizek tisztításánál egyaránt megjelennek. Ez azt jelzi, hogy a különböző eredetű szennyvizekben a könnyen bontható szénhidrátok, illózsírsavak, aminosavak jelen vannak és ezeket a majdnem valamennyi fonalas baktérium jól tudja hasznosítani.

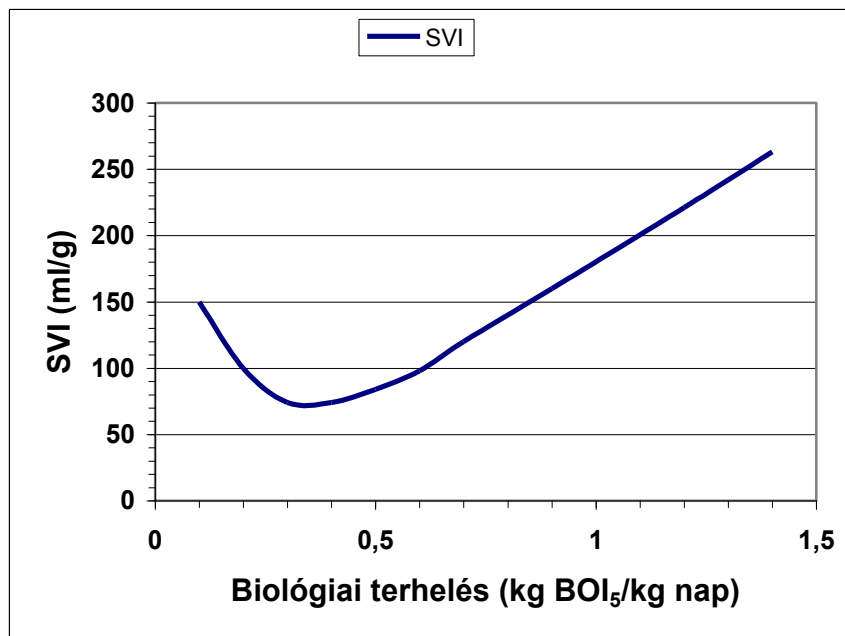
4. táblázat Néhány ipari szennyvíz biológiai tisztítása során megjelenő fontosabb fonalas baktérium típusok összefoglalása

Az ipari szennyvíz eredete	Meghatározó típusú fonalasok megnevezése
Vágóhídi eredetű szennyvíz	021 N
Szeszipari eredetű szennyvíz	021 N; 0041; N. limicola
Gyümölcs feldolgozásból származó szennyvíz	021 N; M. parvicella; S. natans
Sörgyári szennyvíz	S. natans; 021 N; 1701
Zöldség feldolgozó ipari szennyvíz	Actinomycetes; 0041; 021 N
Tejipari szennyvíz	0092; 021 N; H. hydrossis
Papíripari szennyvíz	0041; 021 N; Actinomycetes
Zsírfeldolgozó üzem szennyvize	0041; 021 N; N. limicola

2.2 Kevert reaktor típus esetén a biológiai terhelés hatása

Ez jellemző az egyterű nitrifikáló reaktorokra, ahol a tisztítás fő lépései egy medencében megy végbe. A szennyvíztisztítási és az üzemelési körülményeket nagymértékben befolyásolja a műtárgyak elhelyezésének különböző kombinációi. Ilyenek lehetnek az aerob medence előtt lévő anaerob és anoxikus medencék, amelyekben nagy mennyiségű metabolit termék képződhet a biológiai folyamatok során.

Az iszapindex (SVI) és a biológiai terhelés összefüggését a **4.ábra** mutatja be (**Rensink, 1988**). A kis terhelések esetében (pl. teljes oxidáció) az iszapülepedést jellemző SVI index értéke nagy, ami azt jelenti, hogy a fonalas baktériumok megjelenése következtében az iszap ülepedése romlik. A görbe egy minimum értéket mutat 0,3 – 0,4 kgBOI₅/kg nap terhelés-tartományban, majd a terhelés növelésével az SVI érték is lassan növekedik. Nagy terhelésnél (> 1,5 kgBOI₅/kg nap) az iszap ülepedése egyértelműen romlik. Az iszapindex (SVI) és a biológiai terhelés közötti összefüggés eléggé ellentmondásos, mert több szerző más összefüggést közöl. Tapasztalatunk szerint kommunális szennyvíznél, kevert reaktor típus esetében a **4.ábra** összefüggése jó közelítéssel írja le az SVI és a terhelés kapcsolatát. Természetesen a kapcsolat leírását a szennyvíz és az üzemelési körülmények erősen befolyásolhatják.



4. ábra Az iszapindex (SVI) és a biológiai terhelés összefüggése (**Rensink, 1988**)

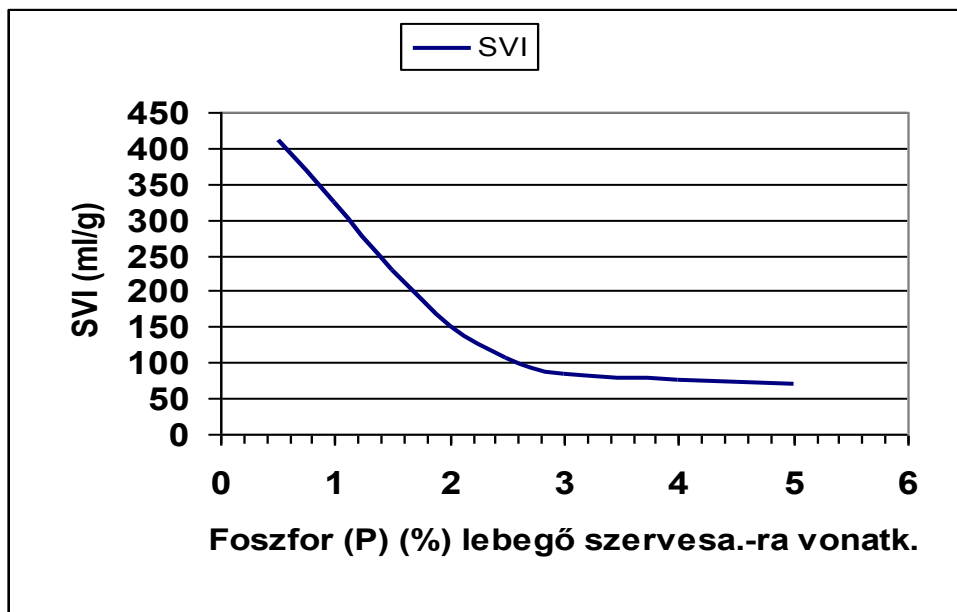
2.3 Tápanyag és kiegészítő tápanyagok (mikroelemek) hiánya

A tápanyag és a mikroelemek hiánya az ipari szennyvizeknél fordul elő, ahol a nitrogén, a foszfor és a mikroelem koncentráció nem éri el a szükséges értéket a befolyó vízben.

A gyakorlatban a tápanyag kérdését nitrogénre és foszforra szokták leszűkíteni. Ez a felfogás helytelen, mert számos más elem is szükséges ahhoz, hogy a biológiai lebontás zavartalan legyen és a fonalasok a levegőztető medencében, ne szaporodjanak el. Az **5. táblázatban** a zavartalan biológiai tisztításhoz szükséges fontosabb tápanyag elemek koncentrációit adjuk meg.

5. táblázat A zavartalan iszapszorulathoz szükséges tápanyag és mikroelemek összefoglalása (Wanner, 1994)

Tápanyag megnevezése	Szükséges koncentráció (g tápanyag/kg BOI _{eltávolított})
N	50
P	10
Fe	12
Ca	6,2
K	4,5
Mg	2,0
Mo	0,43
Zn	0,16
Cu	0,15
Co	0,13
Na	0,05



5.ábra Az SVI és az eleveniszap foszfor (P) koncentrációjának összefüggése (Wagner, 1982)

A gyakorlatban megfigyelték, hogy a nitrogén és a foszfor hiánya egyértelműen fonalasok szaporodását indíthatja el. Az **5.ábra** az SVI és az eleveniszap P koncentrációjának összefüggését ábrázolja (Wagner, 1982). Kicsiny foszfor koncentráció (< 1 %) esetében a fonalasok szaporodásával és nagy SVI index értékkel kell számolni.

Számos esetben, azonban mikroelemek hiánya is fonalasok szaporodását okozhatja. Az ipari szennyvizek kezelésénél sokszor a makro- és a mikroelemek hiánya idézi elő a fonalas baktériumok szaporodását.

2.4 Szulfid ionok jelenléte

A szulfid ionok jelenlétével a berothadt szennyvizek fogadása és rothasztó üzemeltetése esetén kell számolni.

A közcatornában érkező szennyvíz kénhidrogén koncentrációja ($> 2,0$ mg/L) sok esetben magas. Emellett az előüleptítőkben és anaerob terekben a redoxpotenciál csökkenés miatt a szulfát redukáló baktériumok elszaporodnak és kénhidrogént termelnek. Ugyanis a pelyhek belsejében a szulfát redukáló baktériumok számára kedvező anaerob feltételek vannak.

A fonalas szervezetek a kénhidrogénre kevésbé érzékenyek, mint a pelyhek-képző baktériumok, ez azt eredményezi, hogy a fonalas szervezetek elszaporodnak (Zietz, 1996).

Különösen szippantott szennyvizek kezelésénél és a rothasztó tornyokkal rendelkező szennyvíz-telepeken lehet jelentős a szulfid-ion koncentráció. Itt főleg a 021N és a *Thiothrix* fonalas baktériumok elszaporodása várható.

Az anaerob viszonyok a kénhidrogén képződésen túlmenően az illó zsírsavak képződését is elősegítik. Ezek a zsírsavak különösen az őszi-téli és tavaszi fonalásodást okozó *Microthrix Parvicella* szervezet szaporodását segítik.

2.5 Oxigén koncentráció

Az alacsony oxigén koncentráció mindig az anoxikus viszonyok kialakulását, illetve a fermentációs melléktermékek, többek közt az illózsírsavak képződését segíti elő a pelyhek belsejében. Ezek a termékek, pedig a fonalas baktériumok szaporodásában szubsztrát szerepét töltik be.

Számos esetben a magas oxigén koncentráció, a szénhidrát tartalmú szennyvízzel (pl. tejipari szennyvíz) és az alacsony biológiai terheléssel, 20 Celsius-fokos vagy magasabb víz hőmérséklet mellett is kiválthatja a fonalások - *Nocardia*, 021N és 041N - szaporodását.

Az alacsony oxigén koncentráció a *Microthrix parvicella* baktériumnak kedvez az őszi-téli és tavaszi időszakban, 15 Celsius-fok alatti vízhőmérséklet tartományban. Ez főleg olyan szennyvíztelepekre jellemző, ahol a nitrifikáció és a denitrifikáció egy medencében történik, alacsony oxigén koncentráció mellett.

Az alacsony oxigén koncentráció a *Sphaerotilus natans* és 1701 típusú fonalas baktériumok esetében - az anoxikus termékek keletkezési lehetőségétől függetlenül – e fajok szaporodását segíti elő. Ezen fajok számára fontos feltétel: hogy magas KOI tartalmú, alacsony oxigén koncentrációjú és 25-30 Celsius-fokos legyen a szennyvíz. (Ugyanis az említett szervezetek oxigén féltelítési állandója lényegesen kisebb, mint a pelyhek-képző heterotróf baktériumoké. A heterotrófok nagyobb féltelítési állandó értéke a pelyhekben nagyobb diffúziós ellenállást fejt ki és így kedvez a pelyhekben a kisebb oxigén koncentrációt igénylő fonalásoknak. Bizonyos esetekben az oldott oxigén koncentráció értéke magas, de a nagy terhelés következtében a pelyhek belsejében oxigén hiány léphet fel, és ez kedvez a fentiekben ismertetett két-fonalas faj elszaporodásának.)

Az oxigén koncentráció és a biológiai terhelés szoros kapcsolatban van a fonalások szaporodásával. A **6. táblázat**ban bemutatjuk az egyes terhelési értékekhez tartozó oxigén koncentráció értékeket, amelyek ahhoz szükségesek, hogy az alacsony oxigén koncentráció miatt a fonalások ne szaporodjanak el.

6. táblázat A fonalások szaporodásának megakadályozásához szükséges oxigén koncentráció értékek (Wanner, 1994)

Biológiai terhelés (kgKOI/kg nap)	A terheléshez tartozó oxigén koncentráció (mg/l)
0,3	1,0
0,5	2,0
0,75	3,0
0,9	4,0

2.6 A pH és a hőmérséklet hatása

A 6,0 pH érték alatti tartományban a habot képző gombák elszaporodása jellemző. Ez ritka jelenség.

A szennyvíztisztítás optimális pH tartománya 6,0 – 8,5 értékek közé esik. A < 6,0 pH érték alatt a gombák elszaporodása várható, ebben az esetben a pH –t mész adagolással kell korrigálni. Ha a szennyvíz pH értéke tartósan 6,0 vagy az alatti érték akkor a gombák elszaporodásával és ebből következően iszap felúszással kell számolni. A tapasztalat szerint az ilyen típusú felúszás ritka jelenségnek számít. A gombák vegyi kezeléssel szemben ellenállóak (pl. klórozás), ezért ilyen esetekben elkerülhetetlen a teljes rendszer leürítése és újraindítása. A savas jellegű szennyvizek tisztítása esetében a levegőztető medence elé egy puffer medence beépítése szükséges. Az optimális pH tartomány nem csak a pehely-képző baktériumok, hanem a fonalás szervezetek szaporodásának is kedvező.

A növekvő hőmérséklettel csökken az oxigén oldhatósága és nő az esélye a fermentációs (metabolit) termékek keletkezésének a pelyhek belsejében. Ebben az esetben növekszik a fonalás szervezetek szaporodási esélye is.

A *Microtrix parvicella* baktérium csak 10-15 Celsius-fokon szaporodik.

Nagyobb hőmérsékleten (> 25 C°) a kisebb oldott oxigénigényű *Sphaerotilus natans* erőteljes szaporodása várható, magas szerves-anyag terhelés mellett.

2.7 A műtárgyak kialakítása

A műtárgyak nem megfelelő kialakításából és üzemeltetéséből származó fermentációs termékek is okozhatnak fonalásodást.

A fent leírtaknak megfelelően, a szennyvíztelep műtárgyainak (előülepítő és utóülepítő) rossz kialakítása és üzemeltetése is előidézheti a fermentációs (metabolit) termékek keletkezését és ezen keresztül a fonalás baktériumok szaporodását.

Hibás kialakítás mellett, amit mindig helyben kell felmérni, a következőkben felsorolunk általánosan előforduló hibákat:

A hidrolízis folyamatát nagymértékben felgyorsítja, ha az előülepítőbe vezetik vissza a fölősiszapot elősűrítés végett. Az előülepítőben kialakuló anoxikus viszony növeli a hidrolízis sebességét. Az ide kerülő fölősiszapban lévő baktériumok egy nagyságrenddel felgyorsítják a hidrolízist, és így itt könnyen bontható szubsztrát és fermentációs melléktermékek keletkeznek, amik kedveznek a fonalás baktériumok elszaporodásának.

Ha az utóülepítőből nem távolítják el a fölősiszapot, ott is fermentációs melléktermékek keletkeznek. (Akkor állnak elő optimális körülmények, ha az utóülepítő aljzatától mérve 10 cm magas eleven iszap van csak az utóülepítőben.)

Az üzemeltetésnél nem engedhetjük meg, hogy a 30' ülepedés 500 ml értéknél magasabb érték legyen. Ha magasabb értéket tartanak, annak heteken belül fonalasodás lesz a következménye. Az őszi, téli, és tavaszi időszakban, amikor a tisztítás során a víz hőmérséklet alacsonyabb, a *Microtrix parvicella* fonalas baktérium megjelenése várható.

Összefoglalás

Csoportosítottuk ma Magyarországon a szennyvíztisztító telepeken leggyakrabban előforduló fonalas baktériumokat és azok megjelenésének az okait. Az egyes negatív jelenségek mellé példákat és az üzemeltetés során használható információkat adtunk. A második cikkünkben az itt bemutatott meghatározó fonalas baktérium csoportok elleni hatékony küzdelem lehetséges megoldásait adjuk, példákkal és megvalósítható megoldásokkal.

Irodalom

Fleit, E. – Gulyás, P. (1992): Az iszapfelúszás problémája az eleveniszapos szennyvíztisztításban. Hidrológiai Közlöny, 72 évf., 5 – 6.szám, 307 – 313.

Krhutková, O. – Wanner, J. (1999): Changes in Biocenosis of Activated Sludges and Occurrence of Filamentous Microorganisms in Czech WWTPs in the year 1998. 8th. IAWQ Conference on Design, Operation and Economics of Large wastewater Treatment Plants, Hungary, 484 – 487.

Li, D. – Ganczarczyk, J. J. (1993): Factors affecting dispersion of activated sludge flocs. Water Environment Research, Volume 65, Number 3, 258 – 263.

Lind, G. – Lemmer, H. (1998): Biologische charakterisierung von Schäumen in Belebungsanlagen. Gwf. Wasser · abwasser, 139,Nr.1., 1 – 6.

Oláh, J. (1994): Baktérium társulások ökológiai vizsgálata az eleveniszapos szennyvíztisztításban. OTKA zárójelentés. FCsMRt. Kézirat. Budapest. 15 – 20.

Oláh, J. – Román, P. – Kozák, T. – Rása, G. (2001): Fon alas mikroorganizmusok szaporodása és az Észak-Budapesti szennyvíztisztító telep üzemi paraméterei közötti kapcsolat vizsgálata. MaSzeSz Hírcsatorna, január/február, 33 - 41

Rensink, J. H. (1988): New approach to preventing bulking sludge. Journal WPCF, Vol. 46, No. 8, 1888 – 1894

Richard, M. (2005): Practical Control Methods For Activated Sludge Bulking and Foaming. The Sear – Brown Group. New York State Department of Environmental Conservation, Internet: <http://www.searbrown.com/>

Wagner, F. (1982): Study of the causes and prevention of sludge bulking in Germany. In: Bulking of Activated Sludge: Preventive and Remedial Methods. Editors: *Chambers, B. – Tomlinson, E. J.* Published by Ellis Horwood Limited. Publishers. Chichester., 29 –40

Wanner, J. (1994): Activated sludge Bulking and Foaming Control. Technomic Publishing Co. Inc. Lancaster. Basel., 222 – 248, 252 – 275.

Van den Eynde, E. – Houtmeyers, J. – Verachtert, H. (1982): Relation between substrate feeding pattern and development of filamentous bacteria in activated sludge. In: Bulking of activated sludge: Preventive and Remedial Methods. Editors: *Chambers, B. – Tomlinson, E. J.* Published by Ellis Horwood Limited. Publishers. Chichester., 30 –41, 94 – 100, 112 – 118.

Zietz, U. (1996): Die Entstehung des unerwünschten Blähschlammes beim Belebungsverfahren. *gwf Wasser· Abwasser*, 137, Nr. 4, 215 – 220.