

## A fonalas baktériumok szaporodását befolyásoló tényezők az eleveniszapos tisztításban

Oláh József\* – Horváth Gábor\*\*

\* Fővárosi Csatornázási Művek Rt. - \*\*ACAT Kft.

### 1. Bevezetés

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

A jelenséget egyrészt a fonalas baktériumok elszaporodása és ennek következtében kialakuló laza, nehezen ülepedő eleveniszap okozza. Az elúszó iszap pelyhek az elfolyó, tisztított szennyvíz minőségét jelentősen lerontják. A munka célkitűzés keretében vizsgáltuk, hogy az egyes környezeti tényezők milyen kombinációja szükséges ahhoz, a fonalas szervezetek kialakuljanak. A célkitűzés volt még az is, hogy értékeljük az üzemeltetés során rendelkezésre álló beavatkozási lehetőségeket, amelyekkel a fonalas baktériumok szaporodását visszaszoríthatjuk és ez által az eleveniszap ülepedési tulajdonságait javítani, tudjuk

A jelenséget magyarul iszap-felfúvódásnak, angolul bulking-nak, németül Blähung-nak nevezik. Általában akkor beszélünk iszap-felfúvódásról, ha a Mohlmann index értéke > 200 ml/g

### 2. A fonalasok elszaporodása következtében felmerülő üzemeltetési nehézségek

A fonalasok 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 szükséges eleveniszap koncentrációt nehéz tartani a levegőztető medencében (< 2,0 g/L)
- Az iszap-sűrítése nem megfelelő (< 4 - 6 kg/m<sup>3</sup>)
- Az iszap víztelenítésénél nagyobb a vegyszer felhasználás (~ 5 – 10 % vegyszer többlet)
- A víztelenített iszap szárazanyag koncentrációja kisebb lesz (< 25 %)

### 3. Az eleveniszap ülepitésénél jelentkező zavaró tényezők

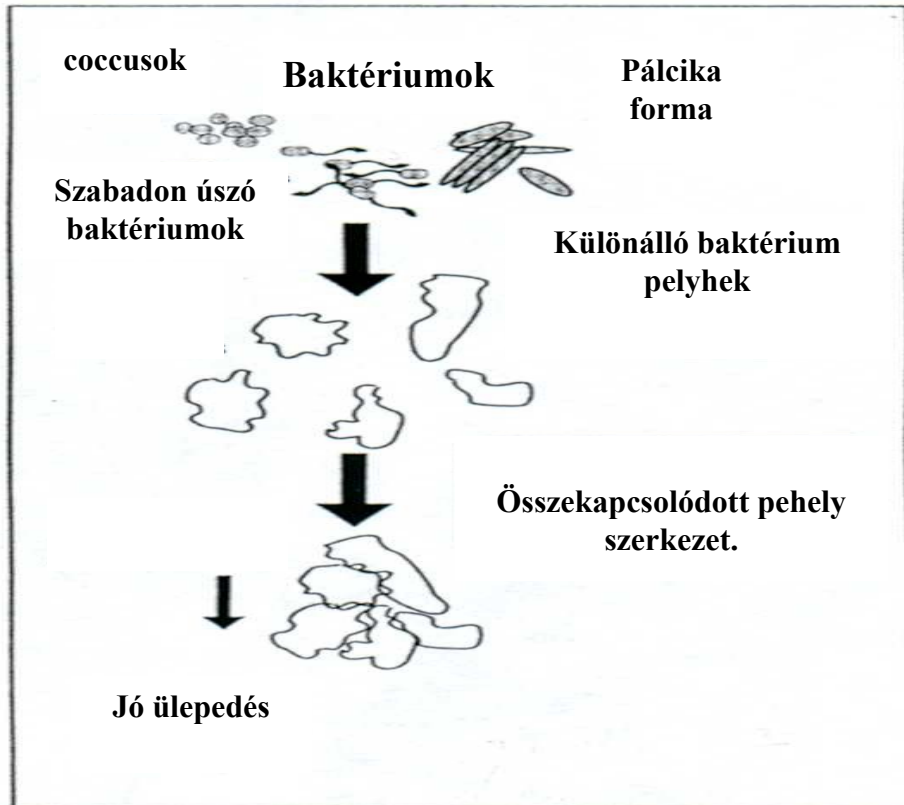
Az eleveniszapos szennyvíztisztításnál az eleveniszap és a tisztított szennyvíz szétválasztása (utóülepités) egyik legkényesebb és az üzemeltető számára legtöbb gondot jelentő művelet. Az eleveniszap ülepedési tulajdonságát a biológiai tisztítás folyamatában számos biokémiai folyamat és üzemeltetési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

Az eleveniszap ülepitésénél fonalas baktériumok elszaporodásából és az iszap-szerkezet romlásából jelentkező gondokat az *1. táblázatban* foglaltuk össze.

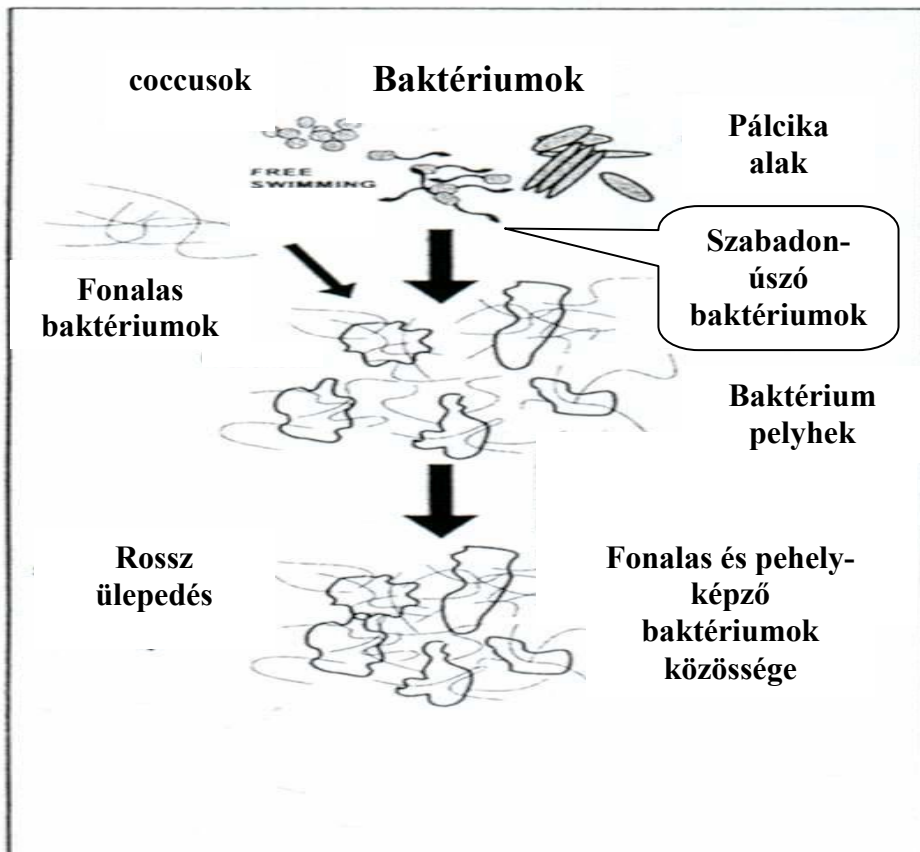
1. táblázat Az eleveniszap ülepitésénél a fonalas baktériumok elszaporodásából és az iszap-szerkezet romlásából jelentkező gondok összefoglalása (Oláh, et al., 2001)

<i>A jelenség megnevezése</i>	<i>A probléma természete</i>	<i>A jelenség jellemzése</i>
<b>Széteső, diszperz pelyhek</b> ( <i>deflocculation</i> )	Szétesett pehely szerkezet, úszó „magányos” sejtek	Az elfolyó, tisztított szennyvíz zavaros. Gyenge pehely képződés Az ülepedő iszap zóna hiánya.
<b>Tömör kicsiny pelyhek</b> ( <i>pinpoint flocs</i> )	Kicsiny, sűrű, pehely, mely gyorsan ülepednek.	Kicsiny Mohlmann index. Opálos elfolyó szennyvíz. Kevés a fonalas baktérium jelenléte.
<b>Iszap felfúvódás</b> ( <i>filamentous bulking</i> )	Nagy számú fonalas szervezet, amely az ülepedést akadályozza	Nagy a Mohlmann index értéke (> 200 ml/g). Az elfolyó víz tiszta. Levegőztető medencében kicsiny az eleven iszapkoncentráció. Utó-ülepitőben magas az iszap szint. Nehezen vízteleníthető az iszap.
<b>Felúszó iszap</b>	Gáz kiválás. Oka rendszerint a denitrifikáció	Felúszó pelyhek és iszap „pamacok” jelennek meg az utó-ülepitő felszínén. Nagyfokú iszap elúszás.
<b>Hab és uszadék</b>	A levegőztető medencében flotáció megy végbe. A hab nagy számú iszap-pelyhet köt magához.	Színes könnyű hab. Ellenálló tömör hab, nagy lebegőanyag tartalommal.
<b>Az utó-ülepitőben túlzottan nagy az iszap szint</b>	Az iszap megközelíti a bukó-vályút. Nagy az iszap-terhelés. Iszap elvétel szükséges.	Elúszó iszap. Bizonytalan üzemelés. Iszap felhalmozódás az ülepitőben.

A fonalas baktériumok jelen- és távollétében kialakuló pehelyképződési mechanizmust sematikusan az 1/a-b. ábra mutatja be. A pehelyképző coccus (gömb alakú), pálcika és a szabadon-úszó baktériumok nagyobb pelyhekké állnak össze és az ily módon kialakuló pelyhek jól ülepednek (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 szövvény” formájában átszövik és ennek következtében az iszap-pelyhek ülepedése, lelassul és az utó-ülepitőkből iszap elúszással, kell számolni (1/b. ábra).



1/a. ábra.



## 1/b. ábra

## 1/a-b. ábra A fonalas baktériumok nélkül és azok jelenlétében lezajló pehelyképződési mechanizmus sematikus ábrázolása

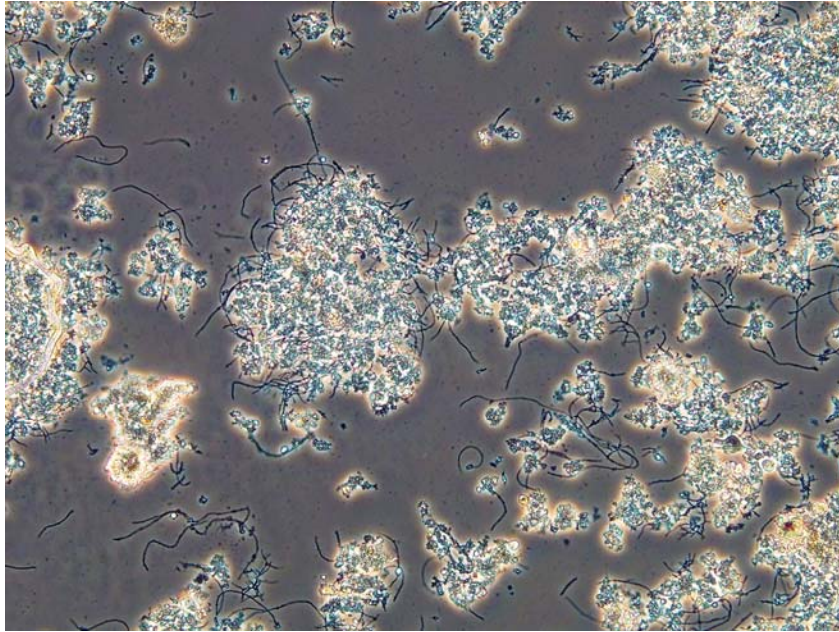
A fonalas baktériumok és a jól ülepedő iszap pelyhek kapcsolatát fényképfelvételeken is bemutatjuk. Nagyon kevés fonalas baktériumot tartalmazó, jól ülepedő pehely szerkezetet mutat be a 2/a.ábra fényképfelvétele. A fonalas baktériumok elszaporodása esetében a baktérium pelyheket a fonalas szervezetek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

A 2.táblázat a leggyakrabban előforduló fonalas baktériumokat mutatja be, amelyek az eleveniszapos rendszerben felfúvódását és a habképződést okozhatnak. Természetesen nagy különbségek vannak kontinensek és éghajlati övezetek között. A közölt adatok az európai mérsékelt égövre vonatkoznak. Gyakori az iszap felfúvódást és habképződést egyaránt okozó baktérium *Microthrix parvicella* megjelenése.

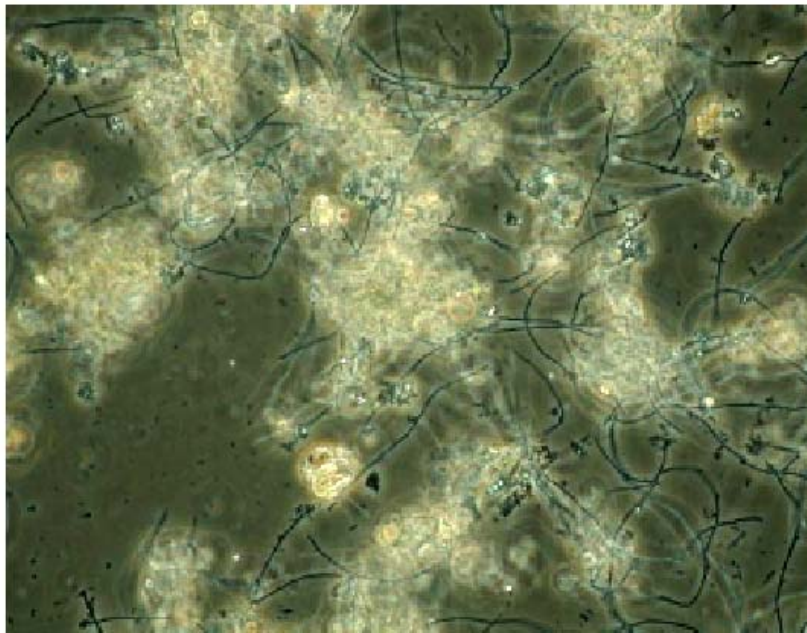
## 2.táblázat A leggyakrabban felfúvódást okozó baktériumok és ezek elszaporodását kiváltó okok összefoglalása (Richard, 2005)

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

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



2/a.



2/b.

2/a -b. ábra Fonalas baktériumok nélküli (a./ felvétel) és fonalas pehely szerkezet képe (b./ felvétel)

#### 4. A fonalas szervezetek szaporodását befolyásoló tényezők

A biológiai szennyvíztisztítás során olyan üzemelési viszonyokat kell beállítani, hogy zömmel a pehely („flokk”) képző baktériumok szaporodjanak és ez által a fonalas baktériumok, pedig, viaszorulhatnak. E cél elérésére két út kínálkozik:

- A különböző sebességgel lezajló katabolikus (energia felszabadító, disszimilációs folyamat) és anabolikus (sejtépítő) folyamatok eredményeképpen lejátszódó kinetikus

szelekciót úgy befolyásoljuk, hogy a körülmények a pehelyképző baktériumok szaporodásának kedvezzen.

- Gátoljuk a szubsztrát hasznosításból származó metabolitok képződését és ezáltal romlik a fonalások képződésének esélye

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

#### 4.1 A tisztítandó szennyvíz összetétele

A szennyvízben lévő biológiailag könnyen bontható tápanyagok (glükóz és glükóz tartalmú di- és poliszacharidok, alkoholok, illó zsírsavak, aminosavak) elősegítik a fonalások kialakulását.

A 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 előüleptítő műtárgyban a tartózkodási idő növelésével növekszik a hidrolízis mértéke és a hidrolízis termékek, mint könnyen bontható anyagok nagyobb koncentrációban, pedig a fonalások szaporodását elősegítik.

Az élelmiszeripari szennyvizek a fentiekben ismertetett könnyen bontható anyagokat nagy mennyiségben tartalmazzák. A hidrolízis komplex folyamat: koloidok adszorbeálódnak a baktérium pelyhek felületén. Baktériumok extracelluláris enzimek segítségével a szerves lebegőanyagot alkotó nagy molekulákat szétdarabolják. Ezt követően a hidrolízis termékek oldatba kerülnek és diffúzió segítségével az elkevert rendszerben, eljutnak a baktériumokhoz. A hidrolízis helye és a hidrolízis termékeinek hasznosítása közötti távolság nagyon kicsiny így ezek a termékek a fonalás baktériumok számára tápanyagként szolgálhatnak.

Az egy-oldalú tápanyag kínálat (ipari szennyvizek hatása, nehezen-bontható szubsztrátok, kis-molekula súlyú szerves savak) sok esetben kedvez a fonalás baktériumok kialakulásának.

A *3.táblázatban* néhány ipari szennyvíz tisztítása során megjelenő fontosabb fonalás baktérium típust foglaltuk össze (*Fleit, Gulyás:1992, Wanner: 1994, Krhutková, Wanner:1999*). A *021N, 0041*, a *S. natans* és a *N. limicola* típusú fonalások a különböző eredetű ipari szennyvizek tisztításánál egyaránt megjelenik. Ez azt jelzi, hogy a különböző eredetű szennyvizekben a könnyen bontható szénhidrátok, illózsírsavak, aminosavak jelen vannak és ezeket a majdnem valamennyi fonalás baktérium jól tudja hasznosítani.

### 3. táblázat Néhány ipari szennyvíz biológiai tisztítása során megjelenő fontosabb fonalás baktérium típusok összefoglalása

Az ipari szennyvíz eredete	Meghatározó típusú fonalások 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

#### 4.2 Az aktuális szubsztrát koncentráció

A kinetikus szelekció azon alapszik, hogy az egyes baktérium fajok növekedési - és szubsztrát lebontási sebessége különbözik egymástól. A kinetikus szelekciót döntően befolyásolja a szubsztrát koncentráció. A baktériumok szaporodási sebessége és a tápanyag lebontási-sebesség között az alábbi egyszerű összefüggés áll fenn. Az alábbi összefüggés (1) a tápanyag eltávolítás sebességét egyszerűbb nyomon követni, mint a baktériumok szaporodási sebességét.

$$\frac{dX}{dt} = -Y \frac{dS}{dt} \quad (1)$$

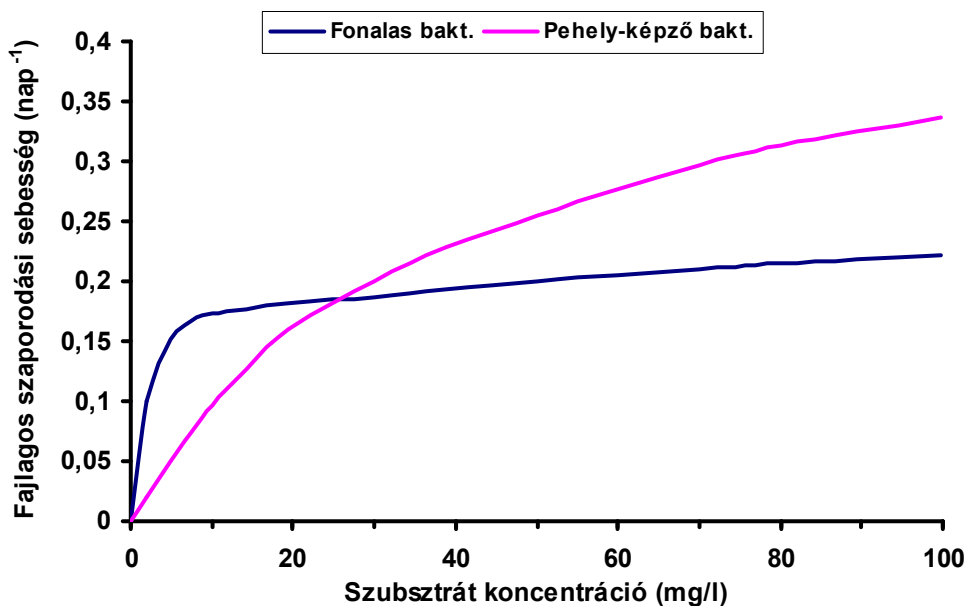
Ahol:  $\frac{dX}{dt}$  a baktériumszaporodás sebessége

$\frac{dS}{dt}$  a tápanyag lebontás sebessége

Y a sejthozam állandó

A fonalas- és a pehely - képző 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 megemlíthetjük, hogy két baktérium faj között egy szubsztrátért folytatott szelekciós „versenyt” kizárólagosan a szubsztrát hasznosítási sebesség dönti el. A szaporodási sebesség vagy a szubsztrát hasznosítási sebesség alapján a baktérium fajok jellemezhetők:

- a./ A nagy szubsztrát koncentráció jelenlétében nagy a fajlagos szaporodási -és szubsztrát lebontási sebesség

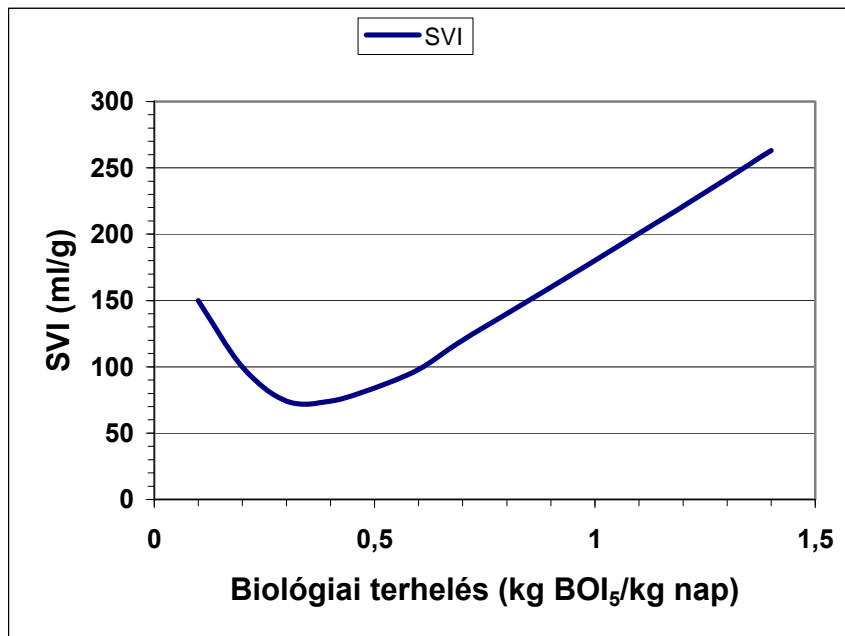


b./ A kisebb tápanyag koncentrációk mellett viszonylag nagy a lebontási sebesség jellemez egyes baktérium fajokat

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.

#### 4.3 Változó biológiai terhelés

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 fonalás baktériumok megjelenése következtében az iszap ülepedése romlik. A görbe egy minimum értéket mutat 0,3 – 0,4 kgBOI<sub>5</sub>/kg nap terhelés-tartományban, majd a terhelés növelésével az SVI érték is lassan növekedik. Nagy terhelésnél > 1,5 kgBOI<sub>5</sub>/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 3.ábra összefüggése jó közelítéssel írja le az SVI és a terhelés kapcsolatát. Természetesen a kapcsolat leírását a szennyvíz és az üzemelési körülmények erősen befolyásolják.



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

#### 4.4 Tápanyag és kiegészítő (mikroelemek) tápanyag hiánya

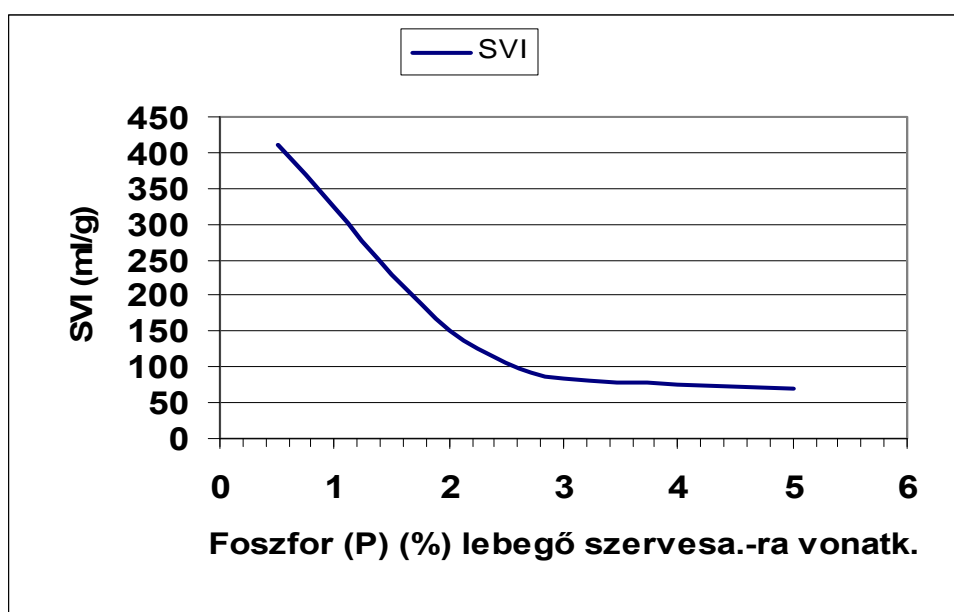
A gyakorlatban a tápanyag kérdését nitrogénre és foszforra szokták leszűkíteni. Ez a felfogás helytelen, mert számos más elem is szükséges ahhoz, hogy a biológiai lebontás zavartalan legyen és a fonalások a levegőztető medencében, ne szaporodjanak el. A 4. táblázatban a



zavartalan biológiai tisztításhoz szükséges fontosabb tápanyag elemek koncentrációit adjuk meg.

**4. táblázat A zavartalan iszapszaporulathoz szükséges tápanyag elemek összefoglalása (Wanner, 1994)**

Tápanyag megnevezése	Szükséges koncentráció (g tápanyag/kg BOI <sub>eltávolított</sub> )
N	50
P	10
Fe	126,2
Ca	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, 1990)**

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, 1990). 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.

#### 4.5 Szulfid ionok jelenléte

A közcatornában érkező szennyvíz kénhidrogén koncentrációja ( $> 2,0$  mg/L) sok esetben jelentős lehet, továbbá a redoxpotenciál csökkenés miatt a szulfát redukáló baktériumok elszaporodnak és a kénhidrogént termelnek. A pehely belsejében a szulfát redukáló baktériumok számára kedvező anoxikus feltételek vannak és ennek következtében a szulfát redukció játszódik le. A szulfátredukció következtében pedig kénhidrogén képződik. A pehely belsejéből a kénhidrogén a pehely szélére diffundál és ott a pehely-képző baktériumok szaporodását, gátolja. A szulfát redukáló baktériumok szaporodását a szennyvíz nagy szénhidrát tartalma is elősegíti: a biológiai lebontás során redukáló hatású szénhidrát termékek képződnek (glükóz) és ennek következtében a pehelyben a redoxpotenciál csökken és ez kedvez a szulfát redukáló baktériumok szaporodásának. A fonalas szervezetek a kénhidrogénre kevésbé érzékenyek, mint a pehely-képző baktériumok, ez azt eredményezi, hogy ebben az esetben a fonalas szervezetek szaporodásával kell számolni (Zietz, 1996). Különösen szippantott szennyvizek kezelésénél kell számítani szulfid ionok jelenlétére. Az anaerob viszonyok esetében a szulfát redukáló baktériumok hatására kénhidrogén képződik ( $H_2S > 1 - 2$  mg/L) és 021N és a Thiothrix fonalas baktériumok elszaporodása várható. Az anaerob viszonyok a kénhidrogén képződésen túlmenően az illó zsírsavak képződését is elősegítik. A zsírsavak a fonalas szervezetek szaporodását szintén segítik.

#### 4.6 Oxigén koncentráció

A szulfid ionok megjelenése és az oxigén koncentráció csökkenése szoros összefüggésben van. Előfordulhat olyan eset is amikor a levegőztető medencében a szokásos 2 mg/L oxigén koncentráció megvan, de nagy pehely méretek miatt a pelyhek belsejében oxigén hiány léphet fel és ott anoxikus viszonyok alakulnak ki. Az előzőekben ismertetettek alapján az anoxikus viszonyok, pedig szulfid képződést, majd fonalások elszaporodását segítik. Tehát az oxigén koncentráció csökkenése mindig az anoxikus viszonyok kialakulását illetve a kénhidrogén és illózsírsavak képződését segíti elő. Ezek a termékek, pedig a fonalas baktériumok szaporodását nagymértékben elősegítik.

Az alacsony oxigén koncentráció a Sphaerotilus natans és 1701 típusú fonalas baktériumok esetében - az anoxikus termékek keletkezési lehetőségétől függetlenül – e fajok szaporodását elősegíti. Az említett szervezetek fél-telítési állandója lényegesen kisebb, mint a pehelyképző heterotróf baktériumoké. A heterotrófok nagyobb fél-telítési állandó értéke a pehelyben nagyobb diffúziós ellenállást fejt ki és így kedvez a pehelyben a kisebb oxigén koncentrációt igénylő fonalásoknak. Bizonyos esetekben az oldott oxigén koncentráció értéke magas, de a nagy terhelés következtében a pehely belsejében oxigén hiány léphet fel, és ez kedvez a fentiekben ismertetett két-fonalas faj elszaporodásának. Számos esetben az oxigén koncentráció növekedése más tényezőkkel (szénhidrát tartalmú szubsztrát, alacsony biológiai terhelés) együtt is kiválthatja a fonalások (Nocardia, 021 N és 041 N) szaporodását.

Az oxigén koncentráció és a biológiai terhelés szoros kapcsolatban van a fonalások szaporodásával. A 5. táblázatban bemutatjuk az egyes terhelési értékekhez tartozó oxigén koncentráció értékeket, amelyek ahhoz szükségesek, hogy az alacsony oxigén koncentráció miatt a fonalások ne szaporodjanak el.

#### 5. 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

#### 4.7 A pH és a hőmérséklet hatása

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 következő 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 fonalas szervezetek szaporodásának is kedvező. A növekvő hőmérséklettel csökken az oxigén oldhatósága és anoxikus bontási termékek keletkezhetnek. Az ilyen esetben viszont növekszik a fonalas szervezetek szaporodási esélye. Nagyobb hőmérsékleten (>25 C°) a kisebb oldott oxigénigényű Sphaerotilus natans erőteljes szaporodása várható. A magasabb hőmérséklet (>20 C°) általában a legtöbb fonalas baktérium szaporodásának kedvező.

#### 4.8 A biomassza tartózkodási ideje (iszapkor)

A fonalas baktériumok jelenléte és az iszapkor között nincs egyértelmű kapcsolat. Ez azt jelenti, hogy bizonyos típusú fonalas baktériumok a kicsiny és a nagy iszapkornál egyaránt jelen vannak. Ezt *Wanner (1994)* nyomán az 6. táblázatban mutatjuk be.

6. táblázat Az iszapkor és néhány fontosabb fonalas baktérium jelenlétének összefüggése (*Wanner, 1994*)

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

Az ábrából ugyan arra következtethetünk, hogy a kisebb iszapkor esetében kevesebb fonalas 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 fonalas

szervezetek szaporodásának veszélye, azonban a kicsiny iszapkornak vannak bizonyos hátrányai:

- Az eleveniszap összetétele és tulajdonságai instabilak
- A pelyhek, szétesésével kell számolni, ennek következtében a tisztított, elfolyó szennyvíz zavaros lesz
- A tápanyag lebontás nem fejeződik be.

#### 4.9 A tápanyag és baktérium tömeg arány (F/M)

A tápanyag és baktérium tömeg arány (F/M) tulajdonképpen a fentiekben már tárgyalt biológiai terheléssel azonos információt szolgáltat. Annyi a különbség, hogy a terheléssel a levegőztetőben fenntartott lebegőanyagok időegység alatt egységnyi tömegére jutó tápanyag (kgBOI<sub>5</sub>/kg nap) mennyiséget értjük, ugyanakkor az F/M a tápanyag és baktérium tömeg aránya és az időtől független jellemző paraméter. Természetesen, ha F/M arány értékét alacsony értéken tartjuk ez egyúttal kicsiny fajlagos biológiai terhelést is jelent. A kicsiny terhelési értéknél pedig a fonalásodás jelenségével kell számolni. A kicsiny biológiai terhelésnél vagy ezzel egyenértékű kicsiny F/M aránynál a 3. ábra alapján megállapítható, hogy a fonalás baktériumok által könnyen hasznosítható tápanyagok koncentrációja relatíve még mindig elég nagy ahhoz, hogy a fonalás szervezetek a pehelyképző heterotróf baktériumokhoz képest tápanyag ellátást illetően verseny helyzetbe kerüljenek. A pehelyképző baktériumoknak nagy a tápanyag igénye és ez a kicsiny F/M aránynál nincs biztosítva.

#### 4.10 A műtárgyak rossz kialakításából származó anoxikus termékek

A szennyvíztelepre befolyó berothadt állapotú nyers szennyvíz, vagy a telepre beszállított szippantott szennyvizek alapvetően előidézhetik a fonalás baktériumok elszaporodását. Az ok egyértelmű a rothadás folyamán kénhidrogén és illózsírsavak képződnek és ezek a vegyületek elősegítik a fonalások szaporodását.

A fentiekben jellemzett helyzettől függetlenül a szennyvíztelep műtárgyainak (elő-ülepítő, utó-ülepítő) rossz kialakítása, vagy alul terhelése is előidézheti az anoxikus termékek és ezen keresztül a fonalás baktériumok elszaporodását. Az ilyen esetben a műtárgyak üzemének módosításával meg kell akadályozni, hogy a biológia rendszer folyamatosan anoxikus intermediér termékeket kapjon.

### 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. 8<sup>th</sup>. 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): Fonalas mikroorganizmusok szaporodása és az Észak-Budapesti szennyvíztisztító telep üzemi paramétereinek 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.