

Rothasztók üzemeltetése

Oláh József* – Palkó György* – Szilágyi Mihály* – Barabás Győző* – Gyarmati Imre* – Tuba László*
(* – FCSM Zrt.)

1. Bevezetés

Az üzemeltetés során a legfontosabb technológiai szempontokat tárgyaljuk, amelyekkel az üzemeltetők lépten nyomon szembetalálják magukat. Az anaerob rothasztók működését – az oltóanyag, szubsztrát összetétel, szervesanyag terhelés, hőmérséklet, keverés, toxikus anyagok – határozzák meg. A határfok emelése céljából a fenti paraméterek egy részénél (terhelés, hőmérséklet, keverés) az üzemeltető be tud avatkozni, míg más paraméterek (szubsztrát összetétel, toxikus anyagok) módosítása körülményes vagy sokszor lehetetlen.

Az általános szempontokon túlmenően az egyes üzemeltetési feladatokhoz kapcsolódóan az FCSM Zrt. üzemi tapasztalataival is kiegészítjük a beszámolómat. A vállalat a Dél-Pesti szennyvíztisztító telepén a saját iszapjából és a szerves hulladékokból rothasztás révén keletkező biogázból 2004-től a villamos-energia igény 80 – 90%-át, illetve a telep teljes hőmennyiség igényét fedezi. A szennyvíztisztító telep saját iszapjának és különböző hulladékoknak a közös rothasztása során olyan új üzemelési gondok (tápanyag minőségi változása; terhelési „lökések”; túl-terhelés; habzás; gáz-összetétel változása; pH) jelentkeztek, amelyek a saját iszap rothasztása során nem, vagy csak kisebb mértékben jelentkeztek.

2. Az anaerob rothasztók működését meghatározó főbb tényezők

2.1. Oltóanyag

Moreno-Andrade et al., (2004) az oltóanyag szerepét vizsgálta. Oltóanyagra a rothasztók beindításánál és a mérgezések utáni újraindításnál van alapvetően szükség. Az inokulumot általában jól működő rothasztókból nyerik. A mikroorganizmusok adaptációs ideje lerövidíthető, ha azonos (hasonló) szubsztrátot bontó mikrobiótával történik az oltás. Üzemi rothasztók indításánál a szennyvízzel feltöltött rothasztókba 15 tf % oltóiszapot (szárazanyag tömegére vonatkozóan 0,5 %) táplálnak és a tervezett terhelésnek maximálisan 10 %-át kitevő iszapterheléssel dolgoznak. A terhelést fokozatosan növelik (~ 30 napon át). A beüzemeltetés alatt az iszapot recirkuláltatják és szükség esetén a pH-t meszezéssel állítják be. A gyakorlatban a nyersiszap 10 – 20 tömeg %-ának megfelelő oltóiszappal biztonságosan és gyorsan beindítható egy új rothasztó. Oltóanyag adagolásra a reaktorba kerülő mérgezőanyagok miatt bekövetkező működési rendellenességek kiküszöbölésekor is szükség lehet. Ilyen esetekben azonban rendszerint nincs szükség külső forrásból származó iszapra. A fázisszétválasztóként használt ún. utórothasztóból az előrothasztóba recirkuláltatott iszappal a kellő oltó hatás elérhető.

Az utóbbi időkben felmerült az igény, hogy az aerob szennyvíztisztításhoz hasonlóan az anaerob iszaprothasztók beüzemelésénél is alkalmazzanak olyan mikroba-koncentrátumokat (un. starter kultúrákat), amelyek a rothasztók indításakor a rothasztókban spontán kialakuló mikrobióta tevékenységet segítik és a hosszú adaptációs-idejét lerövidítik. A gyakorlatban ezt a megoldást ritkán alkalmazzák. Ha a közelben üzemel megfelelő rothasztó, ahol mindig rendelkezésre áll az oltó iszap, akkor nincs is szükség a drága „starter” kultúrák alkalmazására.

2.2. A szubsztrát összetétele és koncentrációja

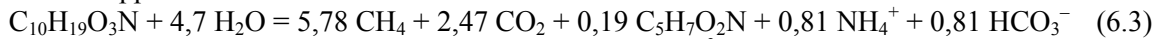
Oláh és Princz (1989) összefoglaló tanulmányában a szubsztrát koncentráció és az összetétel szerepét tárgyalja az anaerob iszapkezelés esetében. Az iszapok összetételét csak közelítőleg lehet általánosan megadni, hiszen a nyers szennyvíz mindenkori sajátosságai és a kezelési technológia jellemzői alapvetően befolyásolják tulajdonságait.

A rothasztás egyik legnagyobb problémája az anaerob folyamatban részt vevő mikroorganizmusok lassú szaporodása. A baktériumok szaporodása szempontjából a tápanyag összetétel az egyik legfontosabb paraméter. A szénforráson kívül a két legfontosabb makrokomponens a nitrogén és a foszfor, amelyek arányára azt találták, hogy a KOI:N:P arány 350:7:1 értéknél optimális, de a gyakorlatban 1000:7:1 arány is megfelelő. Az iszap esetében a rothasztás indításakor becslése szerint 500:6,7:1 arány ajánlatos.

Kérne a foszforhoz hasonló mennyiségben van szükség. Nyomnyi mennyiségben fémek is kellenek:

Fe^{2+} , Ni^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Co^{2+} ionok hiánya gátolja a fermentációt.

Mc. Carty (1974) szerint az átlagos szennyvíziszapra ($\text{C}_{10}\text{H}_{19}\text{O}_3\text{N}$), ha a tartózkodási-időt 20 naposnak és a mikroba-pusztulás sebességét $0,03 \text{ d}^{-1}$ -nak vesszük a sztöchiometriai egyenlet a következőképpen alakul:



Azaz egy "mólnyi" (201 g) iszapból 5,78 mól (129 dm^3) metán, 21,5 g baktérium és 40,5 g hidrogén-karbonát lúgosság (CaCO_3 -ban kifejezve) keletkezik. A gázban a metántartalom az egyenlet alapján 70 %-os, ami jó egyezésben van a tapasztalati 65 – 70 % biogáz metán tartalommal. Ezek az összefüggések természetesen csak közelítő jellegűek, hiszen a gáz metántartalma nem kizárólag a nyersanyag oxidációs fokának függvénye, hanem pl. a szén-dioxid telítési viszonyaitól és a kialakult mikrobiótától (baktérium populáció) is függ.

Konkréten a szennyvíziszap, mint szubsztrát a baktériumok számára szükséges összes tápanyagot tartalmazza. Az iszap szárazanyagának 60 – 75 % a szervesanyag. Egy átlagos 70 % szervesanyag tartalmú iszapnál mezofil tartományban 12 – 13 napos tartózkodási-időre van elvileg szükség a bonthatósági határ eléréséhez. Az iszap szervesanyag tartalmának csökkenésével a rothasztás gazdaságossága kérdéses, így általánosan elmondható, hogy 50 % szervesanyag hányad alatt az iszap anaerob úton való lebontása nem gazdaságos.

A rothasztóba az iszapokkal bekerülő idegen anyagok (műanyag, homok, rácsszemét, fonalas anyagok) a rothasztási folyamatra nézve jelentős zavaró hatást (úszó-kéreg képződés, lerakódás, dugulások) fejtenek ki. Az anyagok jellegét és hatását Óllós (1994) részletesen tárgyalja. A szerves anyagok mennyisége az iszap teljes tömegének kb. 60 – 80%-a. Egyes szennyvíztisztító telepeken nincs homokfogó, így a homok és egyéb törmelék anyagok a rothasztó alsó terébe jutnak, elfoglalva a rothasztó aktív terének egy részét. Felúszó iszapanyagok – mint a konyhai zsír, szappan, olaj, cellulóz, műanyagok és egyéb flotálható anyagok – általában szerves anyagnak tekinthetők, bár jó része nem bomlik le.

Számos anyagot nem szabad a rothasztóba vezetni, mert azokat a baktériumok nem képesek lebontani és ezek az anyagok a rothasztási technológiával kezelhetetlenek. Ilyenek például az ásványolaj termékek, gumianyagok, számos műanyag, haj, állati eredetű szőrök, homok és egyéb szervesanyagok. A jól kevert rothasztóban is jelentkezhetnek üzemelési problémák. Például a komminutorral, vagy aprító szivattyúval felaprított anyagok a keverés hatására elkeverednek és a rothasztó iszapvíz vezetőkeit elzárhatják. A rothasztóban a felúszott anyagokból képződött iszapréteg vastagsága 2 – 5 m is lehet, ami jól üzemeltetett rothasztóban nem jöhet létre. A vastag, felúszott iszapréteg a rothasztó aktív térfogatát csökkenti.

A Dél-Pesti rothasztó-üzemeltetési tapasztalatok azt mutatják, hogy a leggyakoribb, üzemeltetési gondot a szennyvíziszapokban alapvetően jelen lévő szálás anyagok (hajszál, szőrzet, textil rostok) okozzák. A rothasztókban történő örvénylő mozgás hatására az egyedi szálak összecsomósodnak a mikroorganizmus pelyheket és jelen lévő szemcsés anyagokat kiszűrve tömör, filcszerű, a nyíró hatásoknak rendkívül ellenálló "kóc-csomagok" képződnek, amelyek a csővezetékek kanyarulataiban, szűkületeiben, a szivattyúk járókerekein felhalmozódva komoly dugulásokat okoznak.

Napjainkra olyan gépi berendezések kerültek kifejlesztésre, amelyek perforált felületükön átszűrve a folyékony fázisból leválasztják a szálás anyagokat. A délpesti tisztítóműben 2008 óta üzemelő berendezés naponta mintegy 1 – 1,5 m^3 anyagot távolít el a rothasztóba betáplálásra kerülő szennyvíziszapból. Ez 2 – 3 m^3 szálás-anyagot jelent 100 000 m^3 csatornahálózatból beérkező nyers szennyvízre vonatkoztatva.

Az anaerob rothasztásra kerülő iszapok és hulladékok jelentős hányada tartalmaz biológiailag bonthatatlan, darabos szerves komponenseket, csomagoló anyagokat, vagy olyan darabos szervesanyagokat, amelyeket célszerű már a rothasztást megelőzően eltávolítani. E feladat megoldására, valamint a hasznosítható darabos hulladék 12 mm-es maximális szemcseméretre történő aprítására, szükség esetén az anyagok hígítására, homogenizálására fejlesztette ki a csatornázási művek "Ecrusor" fantázianevű berendezését, amelyből a délpesti telephelyen két párhuzamos egység is üzemel.

A szálás és egyéb inhomogén (műanyag, gumi darab) anyagokból kialakuló, a rothasztó berendezésben úszó, keverőkre rácsavarodó anyagot az 1. és 2. fénykép mutatja.



1.fénykép A rothasztóból kiemelt szálak és inhomogén anyag keveréke



2.fénykép A rothasztó keverőre rácsavarodó szálak anyaga, amely a keverést akadályozza

A rothasztó táplálása

A rothasztókba történő beadagolásnál, mind mennyiségi, mind összetéti homogenitás biztosítása miatt puffer tárolót célszerű építeni, amely legalább két napra elegendő alapanyag tárolását biztosítja. A kiülepedést csak keverő berendezéssel lehet megakadályozni, ugyanakkor nagymennyiségű illékony komponensek esetén a gyakori, vagy folyamatos keverés akár jelentős veszteséget is okozhat. Az ilyen anyagokat célszerű inkább külön tárolni, vagy tárolás nélkül közvetlenül a rothasztóba adagolni.

A Dél-Pesti szennyvíztisztító telepen puffertartály nem áll rendelkezésre, ezért a tengelyen érkező szerves hulladék közvetlenül a fermentorokba kerül beadagolásra. E módszer alkalmazása azzal a veszéllyel jár, hogy az ilyen beadagolás következtében a rothasztó túlterhelt lesz. A túlterhelést a rátáplálást követő mintegy 30 percen belül erős felhabzás, vagy a képződő gáz metántartalmának hirtelen csökkenése jelzi. Ennek elkerülése érdekében az üzemi automatizálás segítségével biztosítjuk a rothasztók mindenkorli térfogat-arányos terhelését. A rothasztókba történő betáplálások ciklusidejét megfelelően kell megválasztani, hogy az adott hulladék szállítmányt a rothasztókba egyenletesen tudjuk szétosztani. A hulladékok közvetlen betáplálása esetében a rothasztó baktérium populációját „sokk-szerű” terhelés éri és így a populáció állandó adaptációs fázisba kerül, ami rontja a lebontási hatásfokot. Puffertartály nélkül a rothasztóba betáplált szubsztrátban esetleg jelenlévő gátló, vagy toxikus anyagok a baktérium kultúrára közvetlenül hatnak, a mérgezés „tompító” hatása nem érvényesül.

2.3. Tartózkodási-idej és a szervesanyag-terhelés

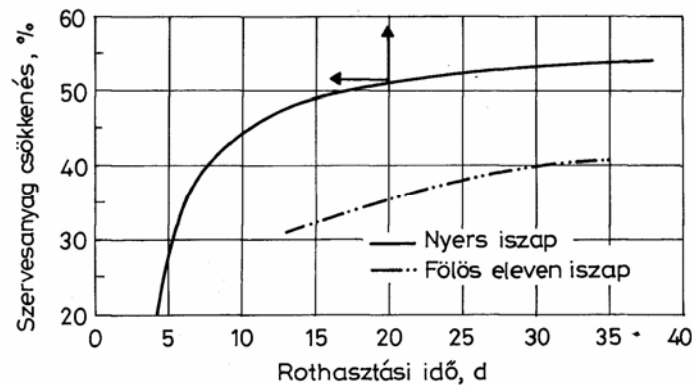
Tartózkodási-idej

Közismert, hogy a hidraulikai tartózkodási-idej az egyik legfontosabb tényező az anaerob rothasztó rendszerekben. A hidraulikai tartózkodási-idej és a szervesanyag terhelés egymással összefüggő paraméterek.

A *1.ábra* a kommunális eredetű nyersiszap és főlős eleveniszap szervesanyag lebontását a tartózkodási-idej függvényében mutatja be. A klasszikus 20 napos tartózkodási-idejnél a nyers iszap 50 %-a, a főlős iszap ~ 35 %-a bomlik le. A rothasztási idej és a rothasztóba betáplált szervesanyag tartalom növekedésével a lebontott szervesanyag eltávolítás is nő.

A kutatások rávilágítottak, hogy a tartózkodási-idej jelentősen befolyásolja a mikroba fajok kiválasztódását a baktérium közösségben (*Zhang et al., 1994*):

- a hidrolizáló baktériumok mennyisége lassan nő a tartózkodási-idej csökkenésével,
- a mikroba közösség mennyiségi változását a szervesanyag-terhelés mértékének növekedése idézi elő,
- az ecetsav-termelők gyorsan szaporodó baktériumok, megkettőződési idejük 1,75 – 29 óra közötti, ha a környezeti tényezők kedvezők (*Noike et al., 1989*).



1. ábra Kommunális eredetű nyersiszap és főlös eleveniszap szervesanyag lebontása a tartózkodási-idő függvényében

A rothasztó tartály tartózkodási ideje és a fajlagos szervesanyag terhelése ($\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$) szoros kapcsolatban van egymással. Horváth (1976) a zárt rothasztó-berendezéseknél a hidraulikai és tartózkodási-idő eloszlást, részletesen tárgyalja. A rothasztó reaktorok általában kevert tartály reaktor elven működnek, ezért az átlagos tartózkodási-idő meghatározása pontatlan.

Könnyen belátható, hogy egy zárt műtárgyban, amelyben a lejátszódó folyamatok során gáz képződik és a sűrű viszkózus közeg – rothadó iszap – lassú áramlásban van; ilyen körülmények között a közvetlen sebességmérésen alapuló módszerek alkalmazása általában nem lehetséges.

Sebességméréssel kapcsolatos nehézségek felvetik a jelzőanyag adagolásán alapuló hidraulikai módszerek alkalmazását. Az átfolyási módszerek általában lehetőséget adnak arra, hogy egy tetszőleges kialakítású műtárgyban, reaktorban lezajló áramlási folyamatokat jellemezzünk anélkül, hogy a műtárgy belsejében bárminemű – a mérés technikával kapcsolatos – műveleteket végeznénk. A holtterek nagysága az átfolyási hullám mérésével viszonylag könnyen meghatározható. Az elkevert rendszerű tartály reaktoroknál a holtter értéke elérheti a 30 %-ot.

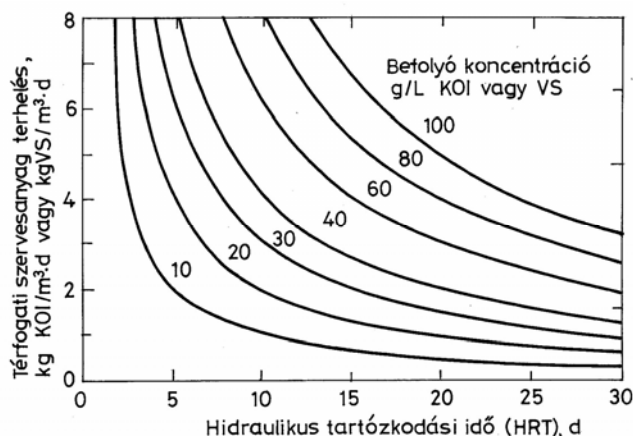
Rothasztók terhelése

A rothasztók terhelésénél megkülönböztetnek *kis-* és a *nagy-terhelésű* rothasztókat. A kifejezések nem pontosan értelmezhető fogalmak. Az üzemelési tapasztalatok azonban azt mutatják, hogy ezzel általában jellemezni lehet a terhelést. A *kis-terhelésű* rothasztást $0,6 - 1,6 \text{ kg szárazanyag}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ terhelési határok között értelmezzük. A rothasztók terhelését sokszor $\text{kg szervesanyag}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ -ban adják meg ilyen esetben a megfelelő szárazanyag terhelést át kell számolni szerves anyagra. A *kis-terhelésű* rothasztók üzemeltetési körülményei megegyeznek a régi hagyományos 30 – 40 nap tartózkodási-idővel dolgozó rothasztó berendezések üzemelési módjával.

Az olyan telepeknél, melyek működésének szabályozhatósága korlátozott, vagy ahol az iszapot nem lehet bármely időben akadály nélkül elhelyezni, jogosultsága van a "kis-terhelésű" eljárásnak. A berendezés által megkívánt hosszú tartózkodási-idő alatt az iszap szerves-anyagának jó része lebomlik, és szárazanyaga koncentrálódik. A *kis-terhelésű* rothasztás sokkal jobban elviseli a kezelési hibákat és az üzemelés változó körülményeit.

A fajlagos szervesanyag (KOI vagy VS) terhelés, tartózkodási-idő és a betáplált iszapkoncentráció közötti összefüggését a 2. ábra (Grady et al., 1999) mutatja be, mely szerint minél nagyobb a betáplált iszap koncentrációja, annál nagyobb terhelést lehet biztosítani a rendszerben egy adott tartózkodási-idő mellett. Jól látható, hogy a három paraméter nem választható meg egymástól függetlenül. Például, ha a betáplált iszap szervesanyag koncentrációja $40 \text{ kg}/\text{m}^3$ és 15 napos tartózkodási-időt lehet a rothasztóban beállítani akkor a fajlagos szervesanyag terhelés értéke már adottnak ($\sim 2,3 \text{ kgVS}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$) tekinthető.

Szem előtt kell tartani, azonban azt, hogy az emelkedő beruházási összeg és az egész telep növekvő beruházási költsége miatt a *kis-terhelésű* rothasztók alkalmazása korlátozott. Fontos szempont, hogy a megépített berendezésnek a kapacitását minél jobban kihasználjuk, ezért egy rothasztó berendezésnek *kis-terheléssel* való üzemeltetése nem célszerű.



2.ábra A fajlagos szervesanyag (KOI vagy VS) terhelés, tartózkodási-ideő és a betáplált iszapkoncentráció közötti összefüggés

A fenti tényezők figyelembevételével alakult ki az egylépcsős *nagyterhelésű* rendszer. A nagyterhelésű rothasztókat általában 10 – 20 nap tartózkodási-ideőre, 3 – 8 % befolyó szilárd anyag koncentrációra, 2,4 – 6,4 kg/m³·d szervesanyag terhelésre és 30 – 40 °C üzemeltetési hőmérsékletre tervezik. A definiált terhelési határok üzemelési tapasztalaton alapulnak.

A Dél-Pesti rothasztókba, 2009. éves adatok alapján, átlagosan mintegy 600 m³/d mennyiségű helyben képződő elősűrített szennyvíziszap (szárazanyag tartalom: 30,5 t/d, szervesanyag: 21,8 t/d) valamint 286 m³/d mennyiségű szerves hulladék-anyag (szárazanyag tartalom: 20,9 t/d, szervesanyag: 16,7 t/d) került bevezetésre. A rothasztást követően 870 m³/d (szárazanyag tartalom: 26,5 t/d, szervesanyag: 14,9 t/d) mennyiségű iszapot víztelenítettek. A szervesanyag lebontási határfok 61,2 %, a képződő 21 900 Nm³/d biogáz mennyiségéből adódóan a fajlagos biogáz képződés: 930 Nm³/kg lebontott szervesanyag. A rothasztók 3,8 kg/m³·d átlagos szervesanyag terhelés és 11,4 nap átlagos tartózkodási idő mellett (utórothasztó térfogata nincs figyelembe véve) üzemelnek. Mivel a rothasztásra kerülő alapanyagok beadagolása nagyban függ a beszállítás ütemezésétől, ezért a pillanatnyi vagy akár a napi átlagos terhelés érték ettől az értéktől lényegesen nagyobb is lehet és terhelés nagy ingadozást mutat. Folyamatban van a jelenlegi utórothasztó műtárgy kevert és fűtött mezofil rothasztóvá történő átalakítása, amelynek következtében a hasznos térfogat mintegy 27 %-al növekedni fog, és a fenti paraméterek is kedvezőbben fognak alakulni (terhelés ~3,0 kg/m³·d; és 14,4 nap tartózkodási idő).

Szervesanyag rátáplálás

A 2006. és 2009. évek között a Dél-Pesti szennyvíztisztító telep rothasztóiba beadagolt szerves szárazanyag napi mennyiségét és összetételét a 3.ábra mutatja.

A rothasztókra tisztító telep saját iszapjából rothasztókba betáplált szervesanyag 2006 és 2008 júl.-ig 18 – 22 t/d között változott, majd 2008 júl.-tól 2009 máj.-ig a rátáplált mennyiség némi emelkedést (22 – 25 t/d) mutatott. Ezt követően a saját iszap rátáplálás visszaesett az eredeti 20 t/d körüli értékre.

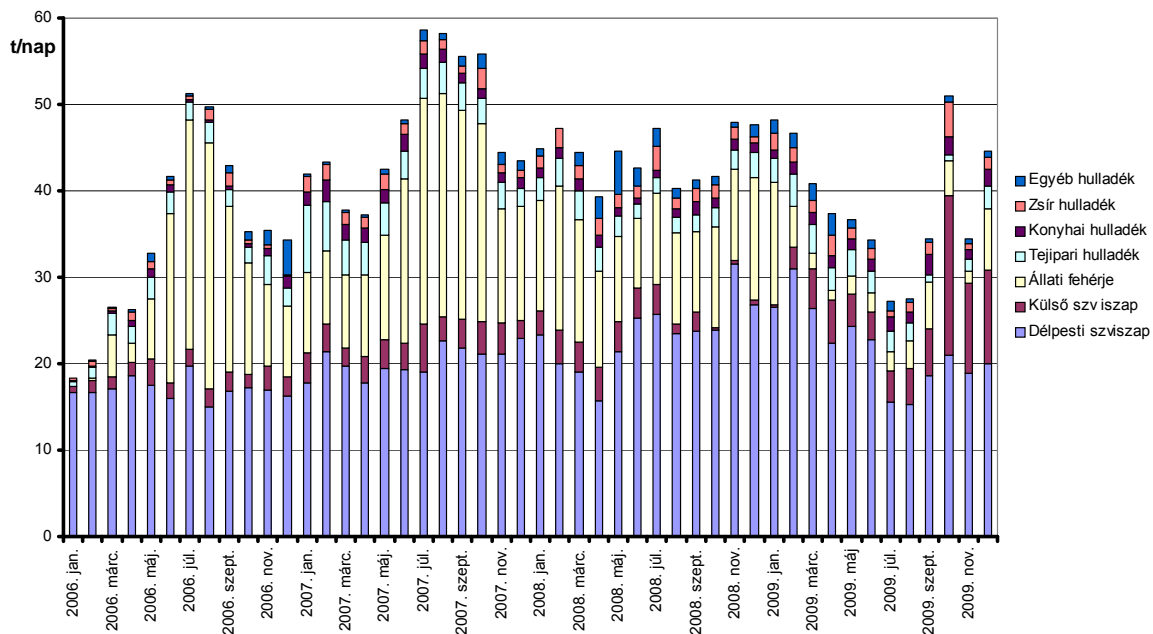
A saját iszapon túlmenően a legjelentősebb hulladék fajta az állati fehérje volt. Kezdetben (2006) 3 – 5 t/d, a rátáplálás emelkedett 8 – 10 t/d (2007) mennyiségre emelkedett. A 2007. év második felében a fehérje származék rátáplálása megközelítette a 20 t/d mennyiséget. A nagy fehérje túlterhelést követően nagymértékű ammónia-képződés (2000 – 3000 mg/L) kezdődött, a lúgosság 5000 mg/L körüli értékről 10 000 – 16 000 mg/L értékre nőtt, ennek megfelelően a pH 7,8 – 8,0 értéke nőtt (4.ábra). A nagy ammónia képződés és a túlterhelés miatt jelentkező üzemzavarok csökkentése végett a fehérje hulladék rátáplálást 2009. márciusától kezdődően 2 – 5 t/d-re csökkentették.

A fehérje hulladékon túlmenően a vizsgált időszakban tejipari hulladékból 3 – 5 t/d, zsírból 2 – 3 t/d, konyhai hulladékból <2 t/d és külső szennyvíztelepről származó kommunális iszaptól <2 t/d mennyiséget tápláltak a rothasztóra. A fentiek alapján megállapíthatjuk, hogy a Dél-Pesti

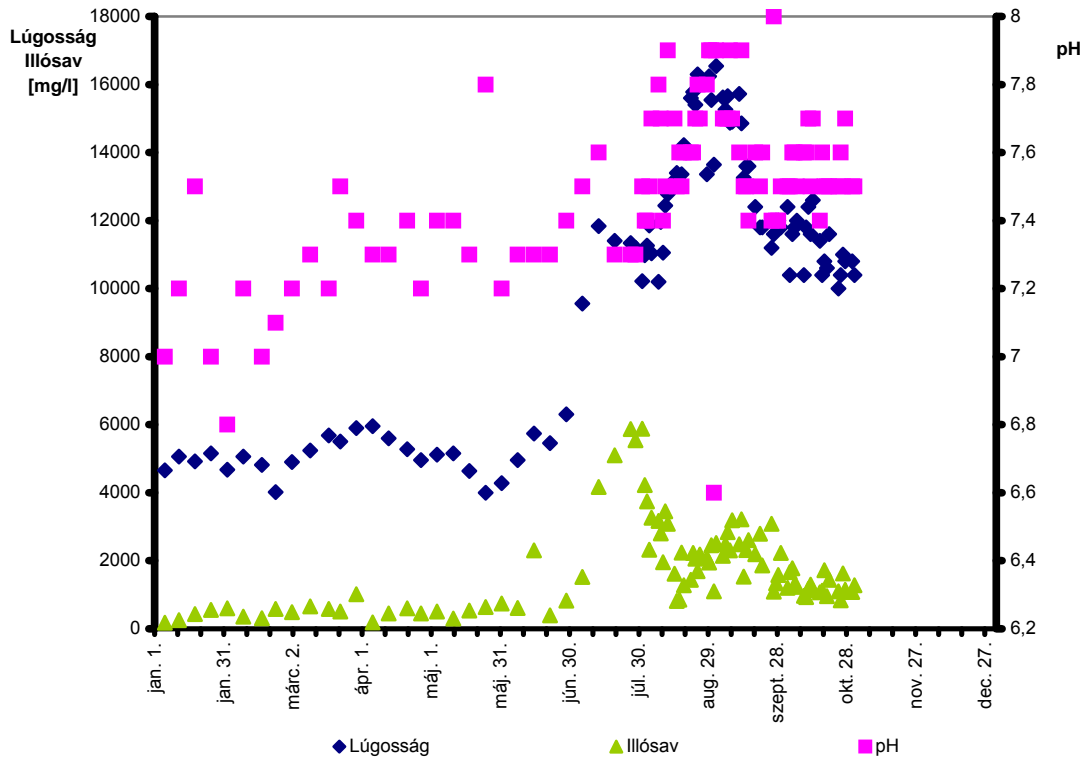
szennyvíztisztító telepre kb. a saját iszapnak (20 t/d) megfelelő, sőt egyes esetekben ezt meghaladó szervesanyagot tápláltak. A rátáplált hulladék anaerob úton jól bontható anyagnak számított. A rothasztási példa tipikusan ko-szubsztrát rothasztás. A tisztítótelep saját iszapja biztosította az alap és mikro tápanyagokat.

A fajlagos szervesanyag terhelést a 5.ábra mutatja be. A szervesanyag terhelés változása követi a rátáplálás ingadozását. A hulladék kezelés megkezdése előtt a fajlagos szervesanyag terhelés $1,8 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$ érték körül mozgott, ez az érték 2006 – 2007 között $5,0 - 5,7$ -re, majd 2008.-ban $4,5$ -re és 2009.-ben $2,8$ -ra csökkent. 2009 végére a terhelés szintén emelkedett ($\sim 4,5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$). A hulladék beszállítását követően a fajlagos terhelés értéke háromszorosára nőtt. A nagymértékű terhelés növekedés hatására illósav túltermelés is jelentkezett (5000 mg/L). Ez az illósav termelés azonban a rendszer nagy puffer-kapacitása miatt nem jelentett gondot. Ha a hulladék-kezelésnél a fehérje, zsír jellegű anyagok helyett szénhidrát tartalmú hulladékok kezelése lett volna meghatározó, akkor sokkal nagyobb illósav termeléssel kellett volna számolni. Ez végső esetben azt eredményezte volna, hogy olyan mértékű illósav termelés kezdődött volna, hogy a rendszer puffer-kapacitása ezt nem tudná kompenzálni. Ilyen esetben az anaerob rendszer egyensúlya felborul és hosszan tartó üzemzavarral kell számolni. Tehát a kezelendő hulladék döntően befolyásolja az egyensúlyi és a terhelési viszonyokat.

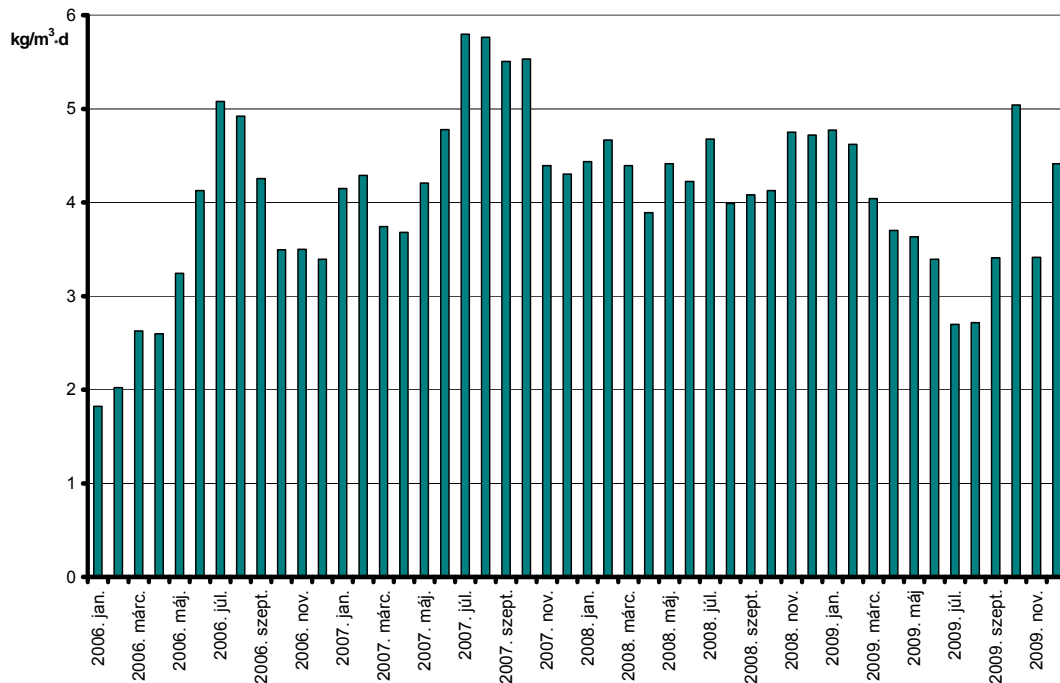
A hidraulikus tartózkodási idő lefutását a 6.ábra szemlélteti. A tartózkodási idő a szervesanyag terhelést csak részben követi, mert a betáplált hulladék nagyon tömény (nagy KOI) volt és terhelés növekedés nem jelenti azt, hogy a tartózkodási idő ezzel együtt drasztikusan csökken. A kiindulási tartózkodási idő (hulladék rátáplálás nélkül) 23 nap. A hulladék betáplálást követően a tartózkodási idő lecsökkent 17 napra, majd 10 napra és 2009 második felében $13 - 14$ nap értékre állt be. A 10 nap körüli tartózkodási idő esetében a rendszer egyensúlya instabillá válhat, ezért a 10 nap tartózkodási idő fenntartását az üzemeltetésnél nem javasoljuk.



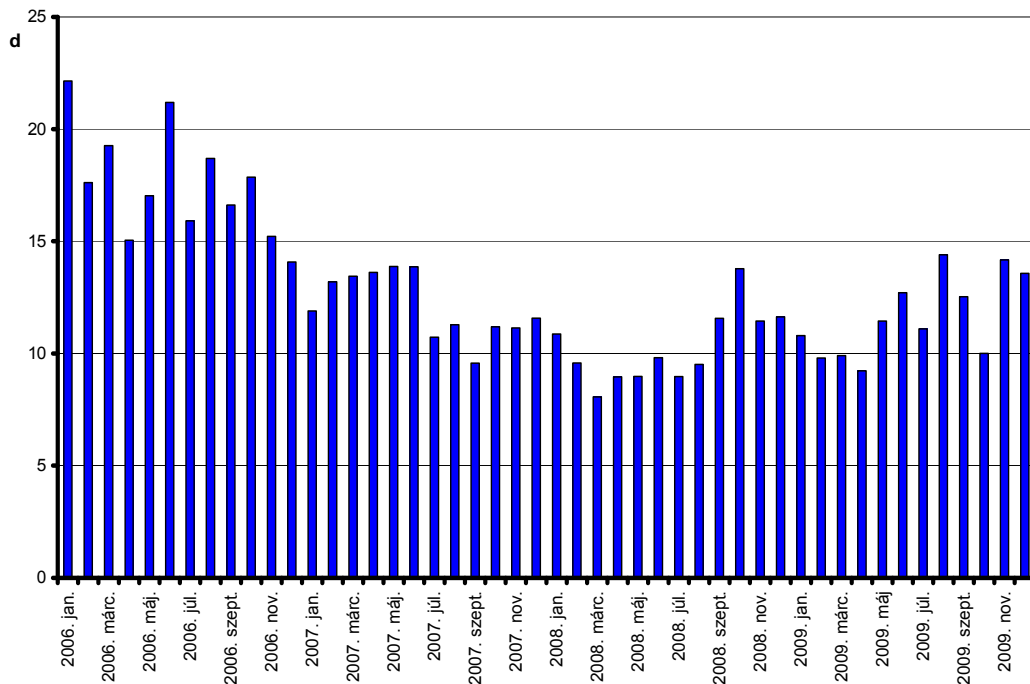
3.ábra Dél-Pesti szennyvíztisztító telep rothasztóiba beadagolt szerves szárazanyag napi mennyisége és összetétele (2006. és 2009.évek között)



4.ábra Dél-Pesti szennyvíztisztító telep II. mezofil rothasztójának pH, lúgosság és illósav koncentrációjának lefutása (2006)



5.ábra Dél-Pesti szennyvíztisztító telep rothasztóinak fajlagos szervesanyag terhelése (2006. és 2009.évek között)



6.ábra Dél-Pesti szennyvíztisztító telep rothasztóinak hidraulikus tartózkodási ideje (2006. és 2009.évek között)

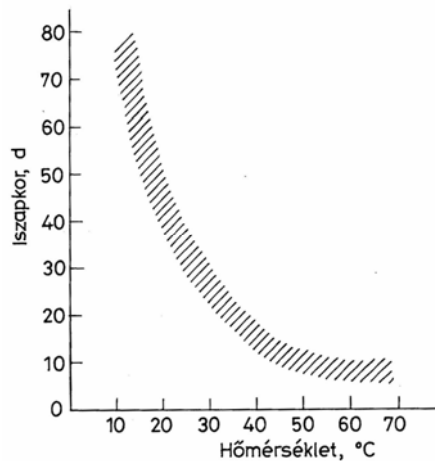
2.4. A hőmérséklet hatása és a rothasztók fűtése

A hőmérséklet függvényében 0 – 60 °C között két optimum hely van a rothasztási idő ill. a gáztermelés értékében, amely két különböző baktériumpopuláció jelenlétére utal. A mezofil baktériumok 32 – 38°C, a termofil baktériumok 50 – 55°C között működnek optimálisan. A termofil rothasztás előnye a nagy reakciósebesség a jobb szervesanyag lebontás és a patogén szervezetek hatékonyabb pusztulása. Hátránya, hogy nagyobb a fűtési energiaigénye, a keletkező biogázt felhasználás előtt feltétlenül tisztítani kell. A termofil baktériumok lényegesen érzékenyebbek a környezeti hatásokra (hőfok-ingadozás, tápanyagellátásban és terhelésben, toxikus anyagok jelenléte), így a mezofil tartományba történő fermentációhoz képest költségesebb a hőszigetelés, egyenletesebb terhelés és szigorúbb ellenőrzés és szabályozás szükséges.

A rothasztás hatékonyságára jellemző fajlagos gázfejlődés értékei 30 – 38 °C (mezofil) és 50 – 60 °C (termofil) közötti hőfoktartományokban a legnagyobbak. A termofil anaerob eljárás kényes egyensúlyi folyamat, mert a metán-termelésben résztvevő obligát metántermelő baktérium fajok száma lényegesen kisebb, mint a mezofil rendszerben. Ebből következik, hogy a rendszer a hőmérséklet változására nagyon érzékeny és a metántermelő baktériumok hozama csak kb. fele a mezofil tartomány sejt hozamának. Ha teljes anaerob lebontást feltételezünk a mezofil (35 °C) és a termofil (55 °C) folyamatban a lebontott szervesanyagra vonatkoztatott fajlagos biogáz-kihozatala megegyezik (~ 1,3 m³/kg). Természetesen a két folyamat közötti különbség a lebontási sebesség nagyságában jelentkezik.

A hőmérséklet és a tartózkodási-ideő (iszapkor) kapcsolatát 7. ábra (Henze *et al.*, 2002) szemlélteti: termofil (55 °C) tartományban az anaerob stabilizáláshoz elegendő ~ 6 napos iszapkor, a 35 °C-hoz 15 nap, a 20 °C-hoz pedig ~35 napos iszapkor tartozik.

Összehasonlítva a két rothasztási tartományt megállapítható, hogy a termofil rothasztás előnye a gyorsabb folyamat, a nagyobb fajlagos gázkihozatal, a kisebb rothasztó-tér szükséglet és a patogén mikroorganizmusok nagyobb mérvű csökkenésében jelentkezik. Hátránya viszont a nagyobb fűtési energiaszükséglet, az iszapvíz rosszabb minősége, a nagyobb oldott anyagtartalom miatt, a folyamat kisebb stabilitása, a termofil baktériumok különösen nagy érzékenysége a hőmérsékleti ingadozásokra, amelyet célszerű ± 1 °C-on belül tartani, mivel ±2 – 3 °C hőfokingadozás már üzemzavarokhoz vezethet. A mezofil rothasztásnál viszont ± 3 °C, sőt ennél is nagyobb ingadozás nem okoz említésre méltó zavart.



7.ábra A hőmérséklet és a tartózkodási-ido (iszapkor) kapcsolatát

Az üzemeltetőnek arra kell gondolnia, hogy nem elég csupán a hőmérsékletet növelni (és esetleg áttérni másik üzemelési tartományba), hanem a baktériumoknak az új hőmérsékleti tartományhoz akklimatizálódni kell és az új hőmérsékleti tartománynak megfelelően az új közösségnek ki kell fejlődnie. A rothasztás fontos alapszabálya: soha ne növeljük a hőmérsékletet 1 °C-nál többel naponta. Csak így várható, hogy a baktériumok a hőmérsékleti viszonyokhoz alkalmazkodni képesek.

Az anaerob fermentáció gazdaságosságának és fenntarthatóságának egyik legfontosabb eleme a rothasztók megfelelő fűtésének megvalósítása. A Dél-Pesti szennyvíztisztító telepen a rothasztóknál külső, ellenáramú, "cső a csőben" típusú hőcserélőket alkalmazunk, amelyeknél az elmúlt időszakban számos hiányosságot tártunk fel, és az alábbi módosításokat alkalmaztuk:

- A fűtési rendszer utántöltése csapvízzel történt ezért a rendszerben keringő víz keménysége nem volt megfelelő, jelentősen romlott, ezáltal a kazánok, illetve a gázmotorok hőcserélőinek teljesítménye. Az érintett hőcserélőket vízkő-mentesítettük, majd a regenerálást automatikus végző vízlágyító berendezést üzemeltünk be, és a hőcserélők előtti csőszakaszokba szűrőegységeket építettünk, az esetlegesen leváló, pelletszerű karbonátok visszatartására.
- A korábbi rossz hőátadás viszonyok miatt a mezofil rothasztók 28 – 32 °C-on üzemeltek. A lebontási hatásfok növelése céljából a rothasztók üzemi hőfokát 35 – 37 °C tartományba emeltük. Ennek hatására a biogáz termelődés mértéke közelítőleg a háromszorosára emelkedett.
- A fermentorokban lévő anaerob iszap, illetve a betáplálásra kerülő változatos összetételű alapanyagok különösen hajlamosak a lerakódás-képzésre, azaz ráéghetnek a hőátadó felületre, lerontva ezzel az energia átadás folyamatát. Ezen folyamat ellensúlyozása érdekében 2 – 4 éves rendszerességgel híg foszforsavas oldattal megtisztítjuk a hőcserélőket.
- Amennyiben a friss alapanyag betáplálása a recirkulációs áramba, a hőcserélőt megelőzően történik, az felgyorsíthatja a lerakódások kialakulását. Rothasztóink csővezetékeinek elrendezésén ennek megfelelően módosítani kellett.
- A hőcserélőkben az "iszapoldali" hőfoklépcső rendkívül magas, közel 20 °C volt, ami szintén nagyban hozzájárult a lerakódások létrejöttéhez. Megoldásként jelentős mértékben (mintegy háromszorosára, azaz 100 – 120 m³/h-ra) megnöveltük a hőcserélőn keresztüli recirkuláció mértékét, így a felmelegített iszap hőmérséklete 40-47 °C-ra csökkent

2.5. A rothasztók keverése

A nagy terhelésű anaerob rothasztó rendszer esetében az egyik legfontosabb tényező a keverés. Ennek fő célja:

- a rothasztó teljes térfogata a lehető legnagyobb mértékben hasznosítható legyen,
- a nyers iszap tápanyagtartalmát a rothasztóban gyorsan homogenizálni lehessen,
- a mikroorganizmusok a tápanyagokkal kapcsolatba kerüljenek,
- a mikrobiológiai reakciókból származó gátló hatású melléktermékek a teljes iszaptérfogatban híguljanak,
- a keverés jó pH-szabályozást biztosít azáltal, hogy a pufferoló lúgosság az egész rothasztóban egyenletesen eloszlik,
- hő a teljes rothasztó-térben egyenletesen elosztódik,
- a jó hatásfokú keverés a homok és egyéb inert anyagok fenékre jutását és a flotálódó anyagok felszínre jutását minimalizálja.

A rothasztó tartályok belsejében megfelelő keverő berendezéseknél törekedni kell arra, hogy az áramlási sebességnek vízszintes és függőleges irányú komponensei alakuljanak ki. A rothasztóban levő iszap keverésére különböző módszerek ismeretesek, amelyek közül a leggyakrabban alkalmazott megoldások a következők:

- átfogatás szivattyúzással;
- mechanikus keverőszerkezet alkalmazása;
- gázbefúvás;
- kombinált megoldás mechanikus és gázbefúvás közös alkalmazása.

Öllös (1994) részletesen tárgyalja a különböző keverési eljárásokat és azok hatékonyságát. A megfelelő keverés alatt azt értjük, amikor a koncentráció eltérés a rothasztóban <10%. A teljes keverésű rothasztónál a biológiai aktivitás fenntartása céljából a teljes térfogatra vonatkoztatva napi 3 – 6-szoros átkeverésével számolnak.

A keverés energiaigénye csökkenthető, hiszen az üzemeltetési tapasztalatok alapján elmondható, hogy nincs szükség a reaktorok folyamatos kevertetésére. A rothasztó alakjától (hengeres, alul-felül kúppal lezárt henger, tojásdad) és méretétől függően különböző keverési módokat ill. azok kombinációját alkalmazzák. Általánosan ismert, hogy a keverés hatékonyságának növekedésével a biológiai lebontás és biogáz képződése nő. A párhuzamosan végzett vizsgálatok alkalmával a betáplált szervesanyag vonatkoztatott fajlagos gázkihozatal keverés nélkül 341 L/kg volt, míg keveréssel 394 L/kg.

A 1.táblázat (*Metcalf & Eddy, 2003*) előnyök és hátrányok alapján összehasonlítja az egyes keverési eljárásokat.

1.táblázat Különböző keverési módok összehasonlítása

A keverési mód típusa	Előnyök	Hátrányok
Gázbefúvás a tetőhöz erősített lándzsákkal	Alacsony fenntartási költség és diffúzorok könnyen tisztíthatók a rothasztó fenekén. A kéregképződést akadályozza.	Nagy a korróziós hajlam. A kompresszor üzem-költsége nagy. A habképződés gyakori. A lándzsák eltömődnek.
Gázbefúvás a műtárgy aljára szerelt diffúzorokkal	A medence alsó része jobban átkeverhető, mint tetőhöz erősített lándzsákkal	A gázvezetékek korróziója jelentős. A kompresszor üzem-költsége nagy. Gyakori a gáz fűvókák eldugulása. Habzás és kéreg-képződési veszély. Nem teljes átkeverés. A műtárgy alján lerakódás lehet. A fenntartási munkálatokhoz a rothasztót le kell eresztetni.
Gáz-keverés mamut-szivattyúval	Az ülepedésre hajlamos anyagokat hatékonyabban lehet átkeverni, mint a gáz lándzsákkal. Alacsony energia igény.	A gázvezetékek korróziója jelentős. A kompresszor üzem-költsége nagy. Kéregképződés nagy. Nem hatékony a felső keverés. Fenntartási munkáknál le kell üríteni a rothasztót.
Gáz-keverés benyúló csövekkel	Jó elkeverési hatásfok	A gázvezetékek korróziója jelentős. A kompresszor üzem-költsége nagy. A gáz csövek dugulásának veszélye fennáll. Az üzemelő szerelvény belső kiépítésű. A szerelvény akadályozza a rothasztó tisztítását. Fenntartási munkáknál le kell üríteni a rothasztót.

Mechanikai keverés kis fordulátú turbinakeverővel	Jó elkeverési hatásfok	A keverők tengelyre vannak felszerelve. Csapágy meghibásodás. A keverők összeállt, filcelődött aggregátumokkal ütköznek. Nagy fogaskerék hajtómű szükséges. A tengely mellett gáz-tömítési gondok. A rothasztóban hosszú benyúló építmény van.
Mechanikai keverés kis-fordulátú keverővel	Az iszap kéreg hatékony összetörése	A betáplált iszapot nem keveri el hatékonyan. A meghajtó műben csapágy és fogaskerék meghibásodás. A keverők összeállt, filcelődött aggregátumokat hoznak létre, és ezekkel ütköznek.
Mechanikai szivattyús keverés benyúló belső csövekkel	A műtárgyban hatékony keverés.	A berendezés érzékeny a folyadék mozgásra. A vezetékeknél korróziós gondok jelentkeznek. A szivattyúknál csapágy meghibásodás.
Mechanikai szivattyús keverés külső csövekkel	A fenntartás egyszerűbb, mint a belső csöves keverés esetében. A műtárgyban hatékony keverés.	Azonosak a mechanikai, belső csöves szivattyús keverés hátrányaival.
Szivattyús keverés	Jó keverési hatékonyság. A kialakult kéreg feltörése után elkeverhető az iszappal. A szivattyúkat könnyebb fenntartani, mint a kompresszorokat.	Belső lassú fordulátú keverő beépítése szükséges. A szivattyúkat a kialakult belső filcszerű aggregátumok eltömíthetik. Csapágy meghibásodás.

Az optimális mikrobiális tevékenység elérése érdekében nem elegendő a szubsztrát összetétel megfelelő megválasztása, hanem a tápanyag egyenletes, folyamatos adagolására is szükség van. A folyamatos betáplálással mérsékelni lehet az iszap minőségében elkerülhetetlenül beálló változások következtében fellépő terhelés-ingadozások negatív hatását. Ennek ellenére a gyakorlatban – különösen kisebb szennyvíztisztító telepeken, és amikor a sűrítők üzemeltetése azt megkívánja – napi néhányszori adagolást, azaz fél-folyamatos technológiát alkalmaznak. Ilyen esetekben törekedni kell arra, hogy a beadagolások között eltelt idő a lehető legrövidebb legyen és az adagok a nap 24 órájában egyenletesen elosztva, azonosak legyenek. A napi 12-szeri adagolás a folyamatos üzemmenetet jól közelíti.

A Dél-Pesti szennyvíztisztító 2004-ben megépült termofil rothasztójában függőleges tengelyű, háromszintes, lapátos, 4 kW-os, ABS SCABA típusú keverő berendezés biztosítja a tartály átkeverését és az iszap homogenizálását. A berendezés működésének optimalizálásához az üzemi megfigyeléseken (normál üzemelés mellett bekövetkező kiüledés mértéke, a szárazanyag koncentráció térbeli eloszlásának egyenetlensége, rétegződése) és tapasztalatokon kívül az FCSM igénybe vette a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Áramlástan Tanszékén készített numerikus szimulációs áramlástan modell eredményeit. Ezek alapján meghatározható, egy adott műtárgy geometriai méreteihez az alkalmazott keverő berendezés optimális kialakítása (pl. keverő lapátok száma, mérete, keverési szintek elhelyezése), szükség szerint beépítendő áramlástörő elemek méretei, elhelyezésük, valamint az anyagáramok (betáplálás, elvétel, recirkuláció) be- és kivezetésének optimális pontjai, továbbá minimalizálhatók a hidraulikai rövidzárak, az áramlástan holtterek, illetve a műtárgybeli kiüledések.

Régebben, az 1960-as években épült 3db mezofil rothasztó keverőcsöves függőleges tengelyű 13 kW-os Halberg típusú keverő berendezésekkel vannak ellátva. Az áramlástan modellek azt mutatják, hogy mind a két fajta rothasztóban hasonló áramlaskép alakul ki, ugyanakkor a keverőcsöves berendezéssel szerelt mezofil fermentor nagy részében az iszap pelyhek mozgása lényegesen lassúbb. A keverőcsöben forgó egység ugyan helyileg sokkal nagyobb sebességet és perdületet hoz létre, mint a lapátos keverő, azonban az áramlási sebesség a csövet elhagyva a rothasztó alsó kúpja mentén hamar lecsökken, így a fal menti feláramlás sebessége a termofil rothasztó lapátos keverői által biztosított értékeknek alatta maradnak. Az eredmények alapján jelenleg folyamatban van a mezofil rothasztók keverőinek lecserélése.

2.6. Toxikus anyagok

Az üzemeltetésnél leggyakrabban előforduló toxikus anyagok és ezek hatásai kerülnek tárgyalásra. A különböző szerves és szervetlen anyagoknak az anaerob lebontási folyamatra kifejtett toxikus hatását már régóta ismerik és a toxikus koncentrációkra nézve megbízható adatok állnak rendelkezésre. A toxikus anyagok hatását sokszor nehéz egyértelműen tisztázni, mert koncentrációkat különböző vonatkoztatás alapján adják meg: a szennyvizeknél zömében mg/L, az iszapoknál mg/kg vagy szárazanyag százalékában adják meg. A különböző vonatkoztatásokat egyikből a másikba átszámolni nem lehet. A különböző anyagok toxikus koncentrációit *Köhler* (1966) és *Way* (1971) nyomán a 2. táblázat mutatja.

2. táblázat Különböző anyagok toxikus koncentráció *Köhler* (1966) és *Way* (1971) adatai szerint

Anyag megnevezése	Nyers iszaphoz adott koncentráció (mg/L)		
	Stimuláló illetve inaktív hatás	Hatást nem fejt ki	Toxikus hatás
Ammónium-ion	50 – 200	1500 – 3000	3000
Nátrium-ion	100 – 200	3500 – 5500	8000
Kálium-ion	200 – 400	2500 – 4500	12000
Magnézium-ion	75 – 150	1000 – 1500	3000
Kalcium-ion	100 – 200	2500 – 4500	8000
Réz-ion	100	150 – 250	>300
Cink-ion	50	~ 150	>250
Nikkel-ion	50	100 – 300	>500
Króm(VI)-ion	-	~ 100	>200
Króm(III)-ion	50	100 – 300	>500
Vas(III)-ion	100	150 – 300	>500
Vas(II)-ion	100	300 – 500	>1000
Hg(II)-ion	-	<1,5	>2,2
Cianid-ion	1	2-4	>5
Szulfid (semleges)	-	~ 30	>50
Szulfid (lúgos)	50	~ 100	>200
Detergens	100	150 – 300	>500
Fenol	50	~ 100	>150

A fontosabb gátló szervesanyagok közé tartozik a benzol, toluol, szén-tetraklorid, kloroform, triklóretilén és a pentaklórfenol. A szervesvegyipari szennyvizekben ezek az anyagok gyakran előfordulnak és nemcsak a biológiai szennyvíztisztítást, hanem az iszap anaerob kezelését is jelentősen befolyásolják.

Az ammónia szabad formában mérgező a fermentációra, maximális koncentrációja 0,1 – 0,2 gN/L. A pH-tól erősen függ a szabad ammónia mennyisége: pH = 7-en az összes ammónia 1 %-a, pH = 8-nál 10 %-a van szabad formában jelen. Az optimális pH-tartományban tehát ~3,0 gN/L összes ammónia engedhető meg maximálisan.

Toxikus vegyületek a gyógyszer- és vegyipari szennyvizekkel, élelmiszeripari berendezések mosásakor, fertőtlenítéskor, zsír-mentesítésre használt oldószerek formájában kerülhetnek be az iszapba. Ide tartoznak még a növényvédő szerek és a nehézfémek is. A szerves vegyületek közül az iszap szárazanyag tartalmára vonatkozóan a benzolszármazékok 2 %, a diklór-etilén 0,001 %, a formaldehid 0,2 %, a fenolok 0,3 – 0,4 %, a klórozott szénhidrogének 0,5 – 1 %, a detergenszek pedig 0,6 – 0,8 % feletti mennyiségben okozhatnak gátlást.

A rothasztásban a króm 1 – 2 %, a réz 0,4 – 0,6 %, a nikkell 0,3 %, a cink 0,2 – 0,5 % felett okozhat gátlást. A nehézfémek toxicitása elsősorban koncentrációjuktól függ, nagyobb koncentrációkban gátolják a mikroorganizmusok enzimműködését, hozzákötődnek foszfátokhoz, nukleinsavakhoz, azonban hatásuk egy sor környezeti tényező függvénye és meghatározó lehet a mikrobióta és annak nehézfémekkel szembeni ellenálló képessége.

Krómmal, rézzel, nikkellel, kadmiummal, ólommal és cinkkel végzett kiterjedt vizsgálatok azt mutatták, hogy ha a fémek nagy része csapadék formájában, vagy a sejthez kötődött vannak jelen a mérgező hatás nem számottevő. A nehézfém mérgező hatása nagymértékben függ attól, hogy hány százaléka jutott be a baktérium sejtbe. A mérgező hatás elkerülésére a csapadékképző ligandumok (elsősorban szulfid-ion) koncentrációjának és a pH növelése javasolható. Az egyszerű rátáplálás mellett a fém ionok mérgező hatása a következő – $Zn^{2+} < Cr(VI) < Pb^{2+} < Cr(III) < Cu^{2+} < Ni^{2+} < Cd^{2+}$ – sorrendben növekszik

A toxikus anyagok közül különösen veszélyesek az erős baktériumölő és gombaölő szerek, mint pl. a krezolok, fenolok és különböző klórozott szénhidrogének is károsak lehetnek a rothasztásra (Mosey, 1976).

Toxikus hatást fejt ki a szabad H_2S 0,1 g/L koncentráció felett. Általában elmondható, hogy ha a kezdeti szulfátkoncentráció 0,3 – 0,6 g/L-nél kisebb, nincs szulfidgátlás. A szulfid ionok a nehézfém ionokkal csapadékot képeznek, ezáltal csökken a szulfid és a nehézfém-ionok gátló hatása. Más anaerob folyamatokhoz hasonlóan a rothasztó túlterhelése vagy oxigén bejutása is okozhat üzemeltetési nehézségeket. Az eddig felsorolt zavarok bármely típusú iszap esetén felléphetnek és a terhelés változtatásával vagy előzetes szulfát-mentesítéssel kikerülhetők.

A szulfidok az anaerob rendszerben 200 mg/L felett, közel semleges pH esetében toxikusak lehetnek. Az 50 – 100 mg/L közötti koncentrációkat a rendszer elviseli. A szulfidok az anaerob rendszerbe az iszap komponenseként, a szulfátok biológiai redukciójával, vagy a kéntartalmú fehérjék lebontásával jutnak be. A szulfidok bizonyos mennyisége kénhidrogén gáz formájában hagyja el a rendszert, más részük, ha nehézfémek vannak jelen, nehézfém-sók formájában kicsapódik. A szulfidok bizonyos mennyisége disszociált, oldott formában gyenge savként marad jelen, az oldat pH-jától függően. Ha a szulfid fölös mennyiségben van jelen, a fémionok redukálódnak. A szokásos nehézfémek közül csak a króm és az alumínium nem hoz létre oldhatatlan szulfidokat és ezek közül csak a króm toxikus. A szulfid jelenléte a rothasztóban (a króm kivételével) a nehézfémek fém-szulfid formában történő kiválását okozza. A fém-szulfid már nem fejt ki toxikus hatást.

Összefoglalás

Az anaerob rothasztók működését – az oltóanyag, szubsztrát összetétel, szervesanyag terhelés, hőmérséklet, keverés és a toxikus anyagok – határozzák meg. A határfok emelése céljából a fenti paraméterek egy részénél (terhelés, hőmérséklet, keverés) az üzemeltető be tud avatkozni, míg más paraméterek (szubsztrát összetétel, toxikus anyagok) módosítása körülményes vagy sokszor lehetetlen.

A gyakorlatban a nyersiszap 10 – 20 tömeg %-ának megfelelő oltóiszappal biztonságosan és gyorsan beindítható egy új rothasztó.

A Dél-Pesti rothasztó-üzemeltetési tapasztalatok azt mutatják, hogy a leggyakoribb, üzemeltetési gondot a szennyvíziszapokban alapvetően jelen lévő szálal anyagok (hajszal, szörzet, textil rostok) okozzák. A rothasztókban történő örvénylő mozgás hatására az egyedi szálak összecsomósodnak a iszap részecskékké és a jelen lévő szemcsés anyagokkal tömör, filcszerű, a nyíró hatásoknak rendkívül ellenálló "kóc-csomagok" képződnek, amelyek a csővezetékek kanyarulataiban, szűkületeiben, a szivattyúk járókerekein felhalmozódva komoly dugulásokat okoznak.

A rothasztókba történő beadagolásnál a mennyiségi és minőségi homogenitás biztosítása céljából puffer tárolót célszerű építeni, amely legalább két napra elegendő alapanyag tárolását biztosítja.

A Dél-Pesti rothasztók 3,8 kg/m³·d átlagos szervesanyag terhelés és 11,4 nap átlagos tartózkodási idő mellett üzemelnek. A rothasztásra kerülő alapanyagok beszállítás ütemezésétől függően a terhelés értéke ettől lényegesen nagyobb is lehet. A nagy fehérje túlterhelést követően nagymértékű ammónia-

képződés (2000 – 3000 mg/L) kezdődött, a lúgosság 5000 mg/L körüli értékről 10 000 – 16 000 mg/L értékre nőtt, ennek megfelelően a pH 7,8 – 8,0 értéke nőtt.

A korábbi rossz hőátadás viszonyok miatt a mezofil rothasztók 28 – 32 °C-on üzemeltek. A lebontási hatásfok növelése céljából a rothasztók üzemi hőfokát 35 – 37 °C tartományba emeltük.

A rothasztókban kialakuló holtterek miatt az elméleti tartózkodási idő 20 – 30 %-al is kisebb érték lehet. Ezt jól bizonyítja az átfolyási hullám meghatározása. A holtterek nagysága hatékony keveréssel nagymértékben csökkenthető. A Dél-Pesti szennyvíztisztító 2004-ben megépült termofil rothasztójában függőleges tengelyű, háromszintes, lapátos keverő berendezés biztosítja a tartály átkeverését és az iszap homogenizálását. A Dél-Pesti mezofil rothasztókban a keverést keverőcsöves függőleges tengelyű 13 kW-os Halberg típusú keverő berendezések végzik. Az áramlási modell azt mutatja, hogy a keverőcsöves keverőket függőleges tengelyű lapátos keverőkre célszerű lecserélni.

A fontosabb gátló szervesanyagok közé tartozik a benzol, toluol, szén-tetraklorid, kloroform, triklóretilén és a pentaklórfenol. Az optimális pH-tartományban tehát ~3,0 gN/L összes ammónia engedhető meg maximálisan. Toxikus hatást fejt ki a szabad H₂S 0,1 g/L koncentráció felett. A szulfid ionok a nehézfém ionokkal csapadékot képeznek, ezáltal csökken a szulfid és a nehézfém-ionok gátló hatása.

Irodalom

- Grady, Jr. C.P.L., Daigger, G.T., Lim, H.C.* (1999): Biological Wastewater Treatment, Marcel Dekker, Inc., New York · Basel, 581 – 654
- Henze, M., Harremoës, P., Jansen, J. laC., Arvin, E.* (2002): Wastewater Treatment, Biological and Chemical Processes. Third Edition, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York
- Horváth, I.* (1976): A csatornázás és a szennyvízkezelés hidraulikája, VÍZDOK, Budapest, 385 – 391
- Köhler, R.* (1966): Schadenwirkungen auf den Schlammfäulungsprozess durch stagnierend und toxisch wirkende Stoffe. Wasser, Luft und Betrieb, 10, (6), 1-8.
- Metcalf & Eddy* (2003): Wastewater Engineering. Treatment and Reuse, Mc Graw Hill. Fourth Edition, 991 – 992, 1505 – 1533
- Moreno-Andrade I., Buitron G.* (2004): Influence of the origin of the inoculum on the anaerobic biodegradability test. Water Sci. and Technol. Vol. 49. No. 1.
- Noike T., Li Y.Y.* (1989): State of the art on anaerobic bacteria for wastewater treatment. 2. Acid producing bacteria. In: Study on Anaerobic Wastewater Treatment. Japan Society of Civil Engineers. Tokyo.
- Oláh, J., Princz, P.* (1989): Iszaprothasztás és a rothasztást ellenőrző módszerek általános értékelése, UNITEL Environmental Protection Agency Hungary, 1 – 66
- Öllös, G.* (1994): Szennyvíztisztító telepek üzemeltetése II. Akadémiai Kiadó, Budapest, 106 – 164
- Way, E.* (1971): Inhibition in the Anaerobic Digestion Process for Sewage Sludge. Department of the Environmental Notes on Water pollution No 53.
- Wechs, F.* (1985): Ein Beitrag zur zweistufigen anaeroben Klärschlamm-stabilisierung. Berichte aus 53. Technische Universität München.
- Zhang T. Ch., Noike T.* (1994): Influence of retention time on reactor performance and bacterial trophic populations in anaerobic digestion processes. Wat. Res. Vol. 28. No. 1.