

TELEPÜLÉSI SZENNYVÍZTISZTÍTÁS BŐVÍTÉSI, INTENZIFIKÁLÁSI PROBLÉMÁI NAPJAINKBAN[⊗]

CURRENT PROBLEMS IN UPGRADING THE SEWAGE TREATMENT OF DEBRECEN

GULYÁS Gábor¹, FAZEKAS Bence¹, FÜLÖP Zoltán², OLÁH Kálmán³

¹PhD hallgató, ²technológiai vezető, ³üzemvezető

¹Pannon Egyetem, Környezetmérnök Intézet, ^{2,3}Debreceni Vízmű Zrt

8200 Veszprém, Egyetem utca 10.

g.gulyas.up@gmail.com

Kivonat: Az élővízi befogadókra előírt szigorú határértékek a nitrogéneltávolítás tekintetében komoly technológiai, szabályozástechnikai problémákat okoznak a lakossági tisztítók üzemeltetőinek. Ezt tovább fokozza, hogy a tömény, jól bontható szennyvizet termelő élelmiszeripari üzemek részben energetikai megfontolásból is, jobb hatásfokú intenzív anaerob előtisztításra kezdenek ma már rátérni. Szennyvizeik nitrogén és foszfortartalmának döntő része azonban továbbra is a lakossági tisztítóba kerül, melynek hatékony eltávolítása a nitrogén eltávolító kapacitás bővítését, szabályozását igényli. Az utóbbit főképpen az oxigénellátás szabályozásával, az iszap hidrolízisének fokozásával lehet biztosítani, amennyiben nincs az üzemben mellékági deammonifikáció. Az összefoglaló a debreceni szennyvíztisztító telep példáján mutatja be a nitrogéneltávolítás intenzifikálási lehetőségeit.

Kulcsszavak: települési szennyvíztisztítás, szabályozási problémák, nitrogéneltávolítás, KOI/TKN arány

Abstract: Continuously decreasing discharge limits of municipal sewage treatment plants for nitrate or total-N require updating the technologies and their operation control. The problem is increasing with building out intensive anaerobic pretreatment in food processing plants for energy recovery from the organic contamination of the effluents. The ammonium and phosphorus content of these effluents however has to be removed finally in the finishing municipal treatment plant. This may require increasing the nitrogen removal capacity and strict operation control. The last one can be reached with perfect control of the oxygen concentration in the aeration basin and increasing the extent of sludge hydrolysis for production more substrate for denitrification. Solving the problem is far easier in cases of side stream deammonification. The paper tries to show this problem on example of the POTW of Debrecen.

Keywords: municipal wastewater treatment, operational control, nitrogen removal, KOI/TKN ratio

1. BEVEZETÉS

A KOI/TKN arány csökkenése a települési szennyvizekben általánosan jellemző napjainkban. A kis szennyvíztisztítóknál a kétféle iszap elkerülése és a denitrifikáció jobb szerves tápanyag ellátásának érdekében az eleveniszapos tisztítás A/O rendszerű. A többletfoszfort vegyszerrel csapátják ki a szennyvízből. A nagyobb, A2/O kialakítású eleveniszapos tisztítóknál a redukált nitrogénformák 20-30%-a kerül a keletkező szennyvíziszapba, míg a többletet nitrifikációval kell nitráttá alakítani, hiszen ammónium alig maradhat a tisztított vízben. A nitrát teljes redukcióját ugyanakkor nehéz megkövetelni az ahhoz szükséges szerves anyag hiánya miatt. A gyakorlatban a befogadók érzékenysége függvényében 70-90 %-os denitrifikációt követelnek meg a tisztítóktól. Az utóbbit már csakis többlet szerves tápanyag adagolással, utódenitrifikációval lehet elérni.

A főági nitrogéneltávolítás mellett ma már számos szeparált nitrogénmentesítő megoldás is üzemel, melyek mindegyike csak nitritig oxidálja az ammóniumot. A költségigényesebb (SHARON) megoldás

[⊗] Szaklektorált cikk. Leadva: 2013. november 19., Elfogadva: 2013. december 02.

Reviewed paper. Submitted: 19. 11., 2013. Accepted: 02. 12, 2013.

Lektorálta: BODNÁR Ildikó / Reviewed by Ildikó BODNÁR

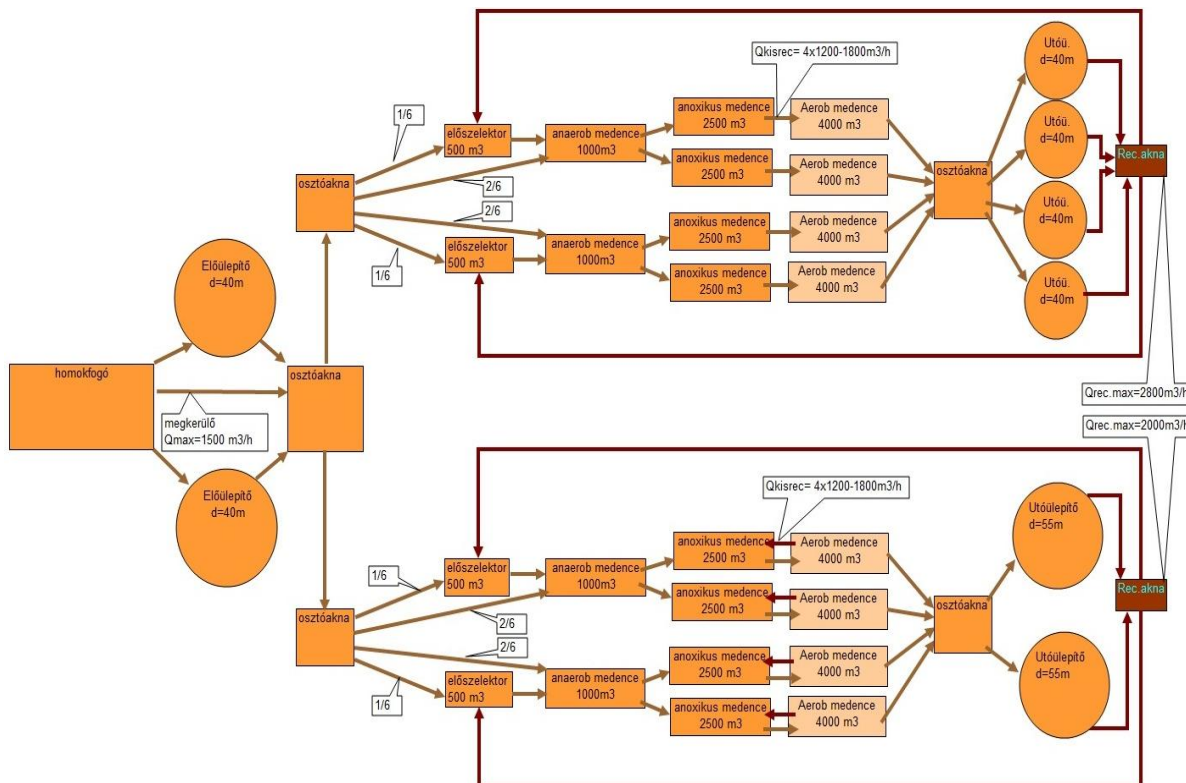
a nitritet szerves anyaggal, heterotrof mikroorganizmusokkal redukálja, míg a legkorszerűbb (ANAMMOX) azt autotrof mikroorganizmusokkal, ammóniummal végzi, annak eleve csak a felét oxidálva nitríté. Egyértelmű persze, hogy az utóbbi megoldást csakis ammóniumban gazdag, lehetőleg meleg (mezofil) vízáramokra lehet alkalmazni [1]. A lakossági szennyvíztisztítóban a rothasztott iszapok iszapvize (centrifugavíz) ilyen [2]. Egyébként ez a szennyvíztisztító összes nitrogénterhelésének a 15-25 %-át tartalmazhatja [3]. Tehát csak ez a nitrogénhányad távolítható el a szeparált ágon a szennyvízből, de ezzel az összes nitrogéntartalom csökkenése a tisztítás során 70%-ról könnyen 90 % közelébe kerülhet jól szabályozott üzemeltetésnél.

Tanulmányunkban a lakossági szennyvizek minőségében az utóbbi évtizedekben bekövetkező változásokat kívánjuk a debreceni példa kapcsán érzékeltetni, a fokozódott szabályozási igényt, s az adott rendszerek esetén elért eredményeket is bemutatva. Debrecenben három üzemi szennyvíz előtisztító kiépítése eredményezte a tisztító biológiai terhelésének csaknem a felére történő csökkenését és a KOI/TKN arány egyértelmű romlását. Ezzel csaknem egyidejűleg (EU támogatás megnyitása függvényében) a térségi tisztítás növekedése okán a telep eleveniszapos térfogatát megduplázták. Ez a denitrifikációra hasznosítható KOI mennyiségét tovább csökkentette.

Az eleveniszapos tisztítás (A2/O) elven kialakítású rendszerrel történik. Itt a tisztítás csak főágon (anaerob/anoxikus/oxikus medencesor) történik, ahol csakis a levegőztetés szabályozására van lehetőség. Ha az üzemeltetők tulajdonosai előbb láthatták volna az ipari tevékenység hosszabb távú alakulását, a pályázatot is annak megfelelően írhatták volna ki.

2. SZENNYVÍZHÓZAM, SZENNYVÍZMINŐSÉG, TELEPKIALAKÍTÁS, UTÓLAGOS MÓDOSÍTÁSOK, TISZTÍTÁSI HATÉKONYSÁG

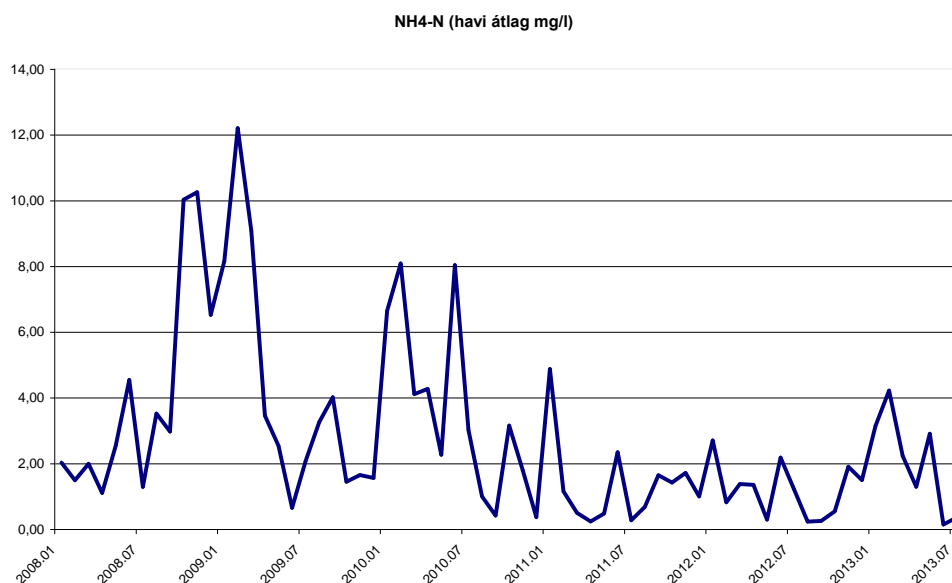
A debreceni szennyvíztisztítót az elmúlt évek során egy régi, túlterhelt, korszerűtlennek tűnt, ugyanakkor nyáron nagyon jól nitrifikáló/denitrifikáló rendszerből bővítették egy kétszer akkora eleveniszap-tömeeggel, télen is biztonsággal nitrifikáló egységgé. A korábbi telepnél a szennyvíz tartózkodási ideje a tisztítóban (HRT) 2/3 nap volt (30000 m³ eleveniszap / 45000 m³/d előülepített szennyvíz). Ha azt is figyelembe vesszük, hogy minimális elő és ahhoz képest jelentős utódenitrifikációs terekkel üzemelt, a helyzetét még rosszabbnak ítéltük. Sajnos télen a tíz fok körüli vízhőmérsékletnél (egyesített csatornarendszer) a nitrifikációs kapacitása szűkösnek bizonyult. Az új telep a régi korszerűsítésével és egy további, vele megegyező térfogatú teljesen új egység megépítésével jött létre (1. ábra).



1. ábra. A 2010 közepétől beüzemelt kibővített, debreceni szennyvíztisztító kiépítése.

A bővített tisztító egyértelműen A2/O jelleggel épült ki, ahol a biológiai többletfoszfor eltávolítást két anaerob medence is javítja. A rendszerben az eleveniszap térfogata pontosan kétszerese lett a korábbi telepének. Így a HRT is kétszeresére nőtt, miközben az elődenitrifikáció jobban érvényesülhetett. A kapacitásbővítésre és technológiai módosításokra azért is szükség volt, mert a tisztítóra jelentős többletbekötést terveztek a környező településekről. Ez ugyan megtörtént, de egyidejűleg a telep biológiai terhelése nem nőtt, hanem csökkent. Közben ugyanis a város legtöbb élelmiszeripari üzemében is kibővítették a szennyvíz előtisztítását, sőt a legnagyobb üzem intenzív anaerob tisztításra állt át, eltávolítva a könnyen bontható szerves anyag döntő részét a szennyvizéből. Összességében ezért a kommunális telep átlagos biológiai terhelése jelentősen csökkent, sőt a korábbi nyári-nyárvégi óriási terheléscsúcsok is megszűntek.

Mindezek jelentős hatással lettek a kibővített szennyvíztisztító működésére, tisztítási hatásfokára. A megduplázódott iszapkor eredményeként a nitrifikáció a tisztított víz paraméterek szerint javult és a határértéket ki is elégitette (2. ábra).

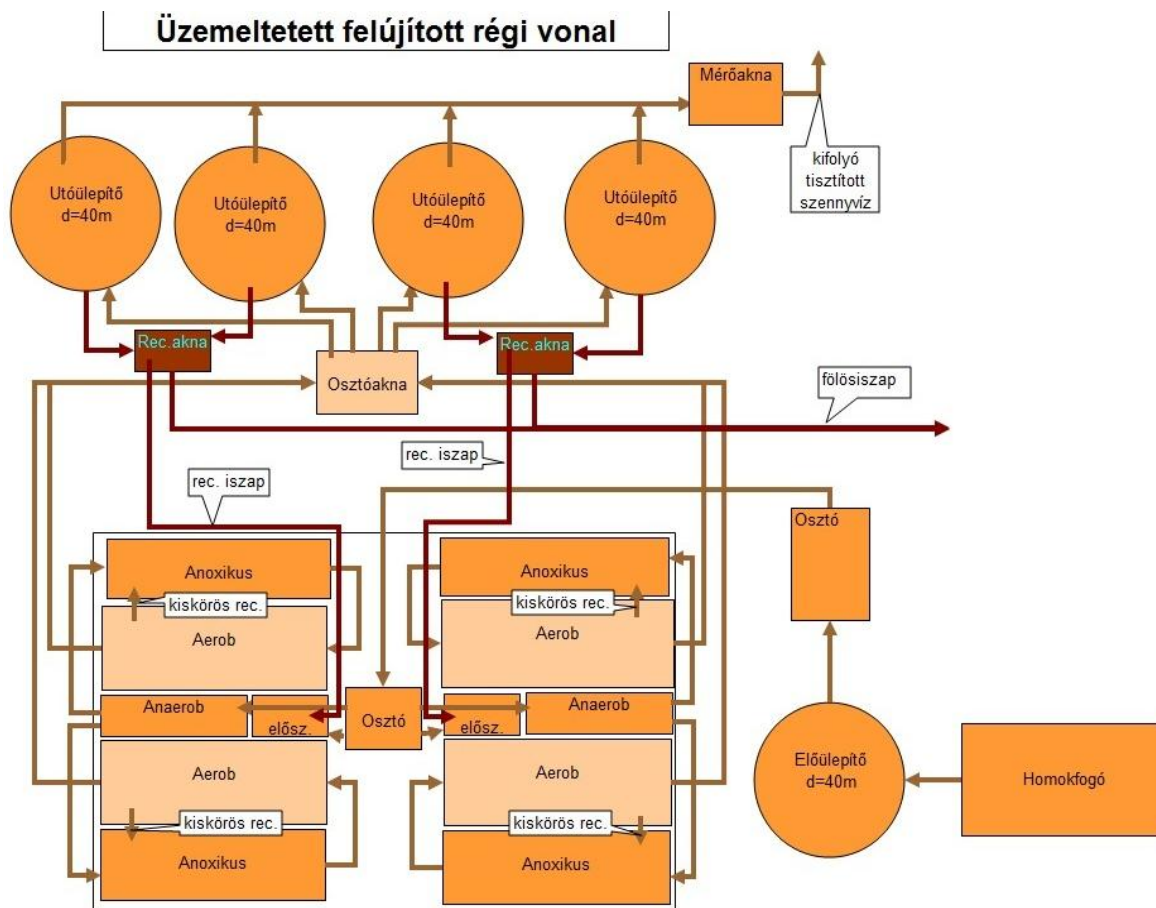


2. ábra. Ammóniumkoncentráció alakulása a bővítés előtt és az optimalizálást követően a debreceni szennyvíztisztító tisztított vízében (havi átlag)

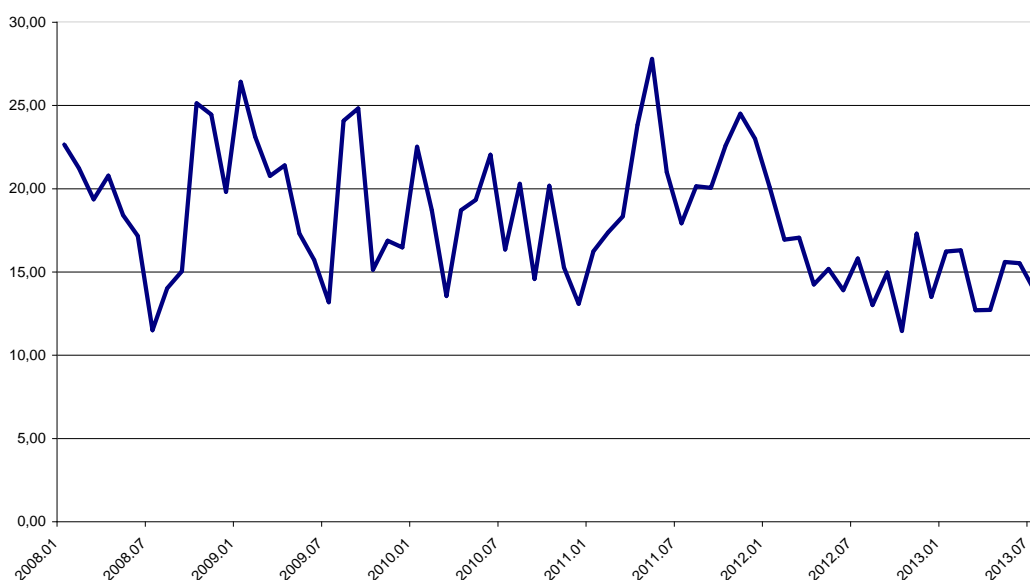
A denitrifikáció esetében érzékelhető javulás nem következett be, pedig a beüzemelés alatt ATEV mellékterméket nem is fogadott a rothasztó. A denitrifikációs hatásfok csökkenése részben a tisztítóba érkező nyersvíz rosszabb KOI/TKN arányának, részben a keletkező fölösiszap túlzott stabilizálásának lett az eredménye. A kibővítés előtt a tisztító fele akkora eleveniszap térfogattal, vagy tömeggel még jobb denitrifikációt is produkált, mint a jelenlegi.

Az új tisztító tervezője a próbaüzem során javasolta az akkor 4 párhuzamosan üzemeltetett tisztítósor egyikének kiiktatását, tehát a HRT átlagosan 1 napra történő csökkentését. Erre 2011 júliusának a második felében került sor. Egyidejűleg az egyik előülepítőt is kizárták a rendszerből, csökkentendő az előülepítés szerves anyag eltávolítását. Az üzemeltető 2012 májusától a felújított régi biológiára irányította át a teljes szennyvíz mennyiséget a korábbi üzemeltetési tapasztalatok alapján (3. ábra).

A debreceni szennyvíztisztító üzemben az oldott oxigén koncentrációjával történő szabályozás, valamint a nitrát koncentrációjáról vezérelt kiskörös recirkuláció az üzemeltetők öntanuló tevékenysége eredményeként jobb nitrogéneltávolítást biztosít, mint a tervező által előírt paraméter beállítás. Ez jól bizonyítja, hogy a rendszer és a tisztítandó szennyvíz adottságainak figyelembevételével lehet igazán hatékonyan beállítani egy szennyvíztisztítóban a levegőztetés szabályozását, s ezzel a szerves anyag oxidáció, a nitrifikáció és denitrifikáció egyensúlyát (4. ábra). A felújított, régi biológiai rendszerben a levegőztetés és a kiskörös recirkuláció új technológiának megfelelő optimalizálásával a szerves anyag, az ammónium eltávolítás, valamint a denitrifikáció hatékonysága is jelentősen javult, az eredmények stabilizálódtak. Ugyanakkor a 4. ábra azt mutatja, hogy a denitrifikáció ma sem ér el olyan hatásfokot, ami a telepméretnek megfelelő, rendszerben előírt 10 mg TN/l határértéket biztosíthatná.



3. ábra. A felújított debreceni szennyvíztisztító üzemelő része a módosítást követően.



4. ábra: Az összes nitrogén koncentrációjának alakulása a bővítés előtt és az optimalizálást követően a debreceni szennyvíztisztító tisztított vízében.

2.1. A levegőztetés szabályozása

A levegőztetés szabályozása jelenleg mind a négy, elvileg tökéletesen kevert levegőztető medencében külön-külön történik. Mivel a medencékben csak a levegőztetés keveri a folyadékot, a hosszirányú áramlás miatt azokban a szerves tápanyag és oxigén ellátottságot tekintve is kisebb gradiens alakulhat ki. Ezt csökkentendő, a levegőztetett medencében 3 szakasz különíthető el a diffúzorok elosztása alapján. A folyadék áramlásának irányába az első szakaszban van a legtöbb, a középső részen kevesebb, míg az utolsó harmadban a legkevesebb levegőztető elem. Ez közel egyenletes oxigénkoncentrációt biztosít a levegőztető medencében. A levegőztetett medencéknek 1-1 db DO szondájuk van. Az általuk mért pillanatnyi oldott oxigén koncentráció az ellenőrző jel. Értékeiket a rendszer összehasonlítja az aktuálisan tartandó koncentrációval, amelyet a technológus ad meg a számítógépnek. Abban az esetben, ha alacsonyabb a pillanatnyi koncentráció, mint az elvárt, akkor az aktuális levegőbeviteli gerincvezetékbe épített motoros tolózár valamilyen mértékben nyit, több levegőt engedve a medencékbe. Abban az esetben, ha a levegőztetett medencében az elvárt oldott oxigén koncentrációnál nagyobb pillanatnyi értéket mér a DO szonda, akkor az adott medence levegő beviteli gerincvezetékének a motoros tolózárja valamilyen mértékben zár, kevesebb levegőt engedve át, ezáltal növelve a nyomást a gerincvezetékben.

A négy medencét ellátó gerincvezeték egyesített elosztó ágában nyomásérzékelő van. Ha ott a nyomás csökkenni kezd, a számítógép a turbókompresszorokat nagyobb levegőmennyiség szállítására készíti, míg a nyomásérték a technológus által beállított értékre vissza nem áll. A számítógép a nyomásérték alapján a szabályozást a turbó-kompresszorok teljesítményének (lapátszögének) változtatásával végzi. Ez a levegőztetés alap sémája, ami szerint működik a levegőztetés gépészeti kialakítása.

Az említett finom hangolás ezen belül történt. Lényegesnek bizonyult ugyanis, hogy milyen módszerrel kerül meghatározásra az, hogy a gerincvezeték(ek)be épített motoros tolózár (szelepek) milyen mértékben reagáljon (mennyit nyisson, vagy éppen zárjon a másodpercenként mért DO koncentráció, illetőleg annak változása függvényében). Korábban a motoros tolózárak vezérléséhez egyetlen (a beállítandó) oldott oxigén koncentráció volt megadva a számítógépnek. Ez volt a vezérlés egyetlen paramétere, amihez figyelembe vették az aktuális eltérést ettől a koncentrációtól.

Ma már ehhez folyamatosan számolja a számítógép a DO koncentráció változásának a sebességét (görbe meredeksége) is, amivel a fenti szabályozást még felül is írja. Ez a technológus által a meredekségre megadott újabb paraméterek alapján történik. A meredekség, vagy a változás sebességének ellenőrzése mintegy előretétele a szabályozást támogatandó. A kisebb meredekséget (koncentrációváltozási sebességet) kis beavatkozási sávnak, míg nagyobbat nagynak értelmezi. Ennek alapján a szelepnnyitás, vagy zárás mértékét szabályozza.

Hogy érthetőbb legyen, ha a tartandó oldott oxigén szint 2 mg/l volt, a kis beavatkozási szint ekkor az 1,8 és 2,2 mg/l közötti tartomány, a nagy beavatkozási szint pedig ezen kívül 1,5 és 2,5 mg/l lehetett. Ezeket berajzolva a DO idő szerinti alakulását leíró grafikonra, 5 egymással és az X tengellyel párhuzamos egyenes adódik. Ezek voltak a vezérlő paraméterek. A pillanatnyi, medencékben mért oldott oxigén koncentráció ezekhez viszonyított pozíciója szerint szabályozta a számítógép az egyes medencékben a beavatkozást (szelepnnyitás, vagy zárás). Ha az előre tekintési idő (pl. 90 sec) alatt a DO koncentráció a nagy beavatkozási szinteken kívül esett, akkor a számítógép nagyobb mértékben állította a motoros tolózárakat. Ha csak a kis beavatkozási szintet lépte túl, akkor kisebb mértékben módosította a motoros tolózár pozícióját, mindig a megkívánt irányba. Ha a kis beavatkozási szinten belül volt, akkor nem módosított a motoros tolózár helyzetén. Ez egy jól működő levegőztető szabályozás volt a korábbi szennyvíztisztítónál.

A legújabb rendszerben ez tovább lett egyszerűsítve egy PID szabályozásra. A rendszer működésének lényege most is hasonló. 4 paramétert kell beállítani, itt is van előre tekintési idő, valamint egy P, egy I és egy D paraméter, amelyről a motoros tolózárak szabályozása történik. A tartandó oldott oxigén szinthez képest figyeli, hogy milyen messze van a pillanatnyi koncentráció, közelít a pillanatnyi érték a tartandó szinthez, vagy távolodik attól. Ennek megfelelően képez egy értéket, amely megadja, milyen mértékű beavatkozásra van szükség a levegő gerincvezetékben található motoros tolózárnál. Ennek a PID szabályozásnak a pontos beállításával sikerült tökéletesíteni a levegőztető rendszert, és megtalálni az optimális nitrogéneltávolításhoz szükséges levegőellátást.

2.2. Fajlagos iszaphozam

A fajlagos iszaphozam az üzemben a beruházás előtt csak együtt volt számolható (mérhető) a primer és szekunder iszapra, 2011-től lehetőség van külön is meghatározni az iszaphozamokat. A fajlagos iszaphozamokat havi átlagadatokat átlagaként számoltuk (2010 május – 2011 április). A rothasztás előtt ez 0,7, a rothasztás utáni iszapmaradékra 0,55 kg maradék iszap (szárazanyag)/kg BOI₅ átlagos érték adódott. 2011. április – 2013. július közötti időszakban a havi átlag adatok átlaga alapján a rothasztás előtt 0,87, a rothasztás utáni iszapmaradék 0,65 kg iszap szárazanyag/kg BOI₅ érték. Láthatóan a fajlagos iszaphozam az iszapkor közel felére történő csökkentésével több, mint 20 %-al nőtt, egyezően az általános ismeretekkel [4-6]. Ennek megfelelően a rothasztás során abból kinyerhető biogáz mennyiségének is jelentősen nőnie kellett. Sajnos ezt a rothasztónál ebben az időszakban bekövetkezett szivattyú és egyéb üzemeltetési problémák miatt nem tudtuk kellően kimérni.

A fajlagos gázhozam 2011-ben 0,32 m³/kg rothasztásra feladott iszap szárazanyag érték volt. 2012-ben a fajlagos gázhozam 0,18 m³/ kg rothasztásra feladott iszap szárazanyag értékre csökkent. A jelentős visszaesés annak köszönhető, hogy a betervezett rothasztó tornyokba feladó iszap szivattyúk szállítási teljesítménye 3-4 szerese a ténylegesen keletkező iszap mennyiségének. Frekvenciaváltó használatával a szállított iszap mennyisége ugyan a felére csökkenthető, de még így is kétszer több iszapot kellett feladnunk a rothasztókba. Emiatt az iszap tartózkodási ideje a rothasztóban lerövidült 15 napra. Ami ennél is nagyobb probléma volt, hogy nem lehetett ezt a nagy mennyiségű iszapot a mezofil tartományhoz szükséges hőmérsékletre fűteni. 2013-ra sikerült kicseréltetni az iszapfeladó szivattyúkat kisebb teljesítményűekre, valamint technológiai módosítással az iszap-víz hőcserélőket sorba kötve növelni lehetett az iszap hőmérsékletét is a rothasztóban. Ennek eredményeként 2013-ban a fajlagos gázhozam ismételen 0,3 m³/kg iszap szárazanyag értékre emelkedett és az előző év azonos időszakához viszonyítva 50%-os biogáz mennyiség növekedést sikerült elérni.

A debreceni szennyvíztisztító rothasztott iszapját víztelenítés után a közeli AKSD hulladékgazdálkodási vállalat veszi át és hasznosítja, így a szennyvíztisztításnak ez egy további folyamatos költség. Az elszállítás költsége 6.600 Ft/tonna iszapszárazanyag, az elhelyezés költsége 22.500 Ft/tonna iszap szárazanyag, vagyis 1 tonna iszap szárazanyag után a fizetendő összeg 29.100 Ft. Ez fajlagosan igen komoly költség a szennyvíztisztítás összes költségében.

3. ÖSSZEFOGLALÁS

A szennyvíztisztításnál a rothasztás iszapvize jelentős nitrifikációs és denitrifikációs igény (kapacitás) növekedést jelent a tisztítás főágán. A túlméretezett medencetérfogat természetesen a téli nitrifikációs kapacitás tekintetében nagyon jó tartalék. A levegőztető medencékben ugyanakkor olyan mértékű aerob iszapstabilizáció is bekövetkezik, ami az anaerob iszaprothasztás fajlagos gázkihozatalát csökkenti, s ezzel a telep külső energiaigényét jelentősen megnöveli. Ez a megújuló energia újrafelhasználásának a csökkenése az adott telepen.

A debreceni telepnek a terhelése viszont azért csökkent jelentősen az utóbbi években, mert a helyi ipari üzemek hatásos szennyvíz előtisztítást építettek ki. Az ipari előtisztítás a jelenlegi tisztítandó víz KOI/TKN arányát jelentősen csökkentette. A bővített tisztító ezért a próbaüzem alatt a nitrogéntávolítással közelébe sem tudott kerülni a méretéből következő EU által ajánlott 10 mg TN/l technológiai határértéknek. Az üzemeltetőre hárult a nitrogén eltávolítás hatékonyságának javítása, amelyet első lépésben az egyik előülepítő, s a négy eleveniszapos sor felének kikapcsolásával 2012 májusában megkezdett. Ezt követően a levegőztetés szabályozásával és a kiskörös recirkuláció optimalizálásával sikerült jelentősen javítania a tisztítási hatásokon és stabilizálnia a tisztított víz paramétereit.

4. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **Wett, B., Hell, M.** A DEMON® eljárás üzemeltetési tapasztalatai csurgalékvizek deammonifikációjában. MASZESZ Hírcsatorna, 2008 (júl-aug) 10-16.

- [2] **Gulyas, G.**, A SHARON eljárás alkalmazhatóságának vizsgálata állati hulladékfeldolgozás szennyvizeinek tisztításánál, Diplomadolgozat, Pannon Egyetem, 2012.
- [3] **Thury, P., Kárpáti, Á.**, Autotrof nitrogéntávolítás lehetőségei az iszaprohasztás vízből, valamint a szennyvíztisztítás főáramából. Műszaki Információ / Környezet-védelem, (9-10) 2005. pp. 55-72.
- [4] **Horváth, A., Kiss, G., Böcskei, Zs., Ditrói, J., Fazekas, B., Kárpáti, Á.**, Tisztítási hatások, iszapozamok és energia visszaforgatás alakulása a veszprémi, szombathelyi, zalaegerszegi, debreceni szennyvíztisztító telepeken. MASZESZ Hírcsatorna, (nov-dec) 2011. pp. 3-14.
- [5] **Metcalf & Eddy**, Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 4th Ed. McGraw Hill, New York, 2003, NY
- [6] **Thury, P., Kárpáti, Á.**, Iszapozam számítása az eleveniszapos szennyvíztisztításnál. MASZESZ Hírcsatorna, (5-6) 2004. pp. 14-18.