

Teljes biológiai tápanyag-eltávolítást biztosító eleveniszapos rendszerek néhány újabban észlelt sajátossága

G. A. Ekema és M. C. Wentzel

1.1. 1. Bevezető

A nitrogén és foszfor tápanyagok (N és P) biológiai eltávolítása (BNR) egy iszapkörös eleveniszapos rendszerekben nitrifikáció és denitrifikáció (ND), valamint többletfoszfor eltávolítás (BEPR) révén az elmúlt évtizedekben jelentős sikereket ért el a befogadók eutrofizáció elleni védelmében. A vegyszeres foszfor eltávolítás mellőzése csökkentette egyben a befogadók sóterhelését, és gazdaságosabbá vált a tisztítók üzemeltetése is. Az ilyen rendszerek azonban csak akkor érhetnek el igazán jelentős költségmegtakarítást, ha az igen gyakran felmerülő üzemeltetési kellemetlenséget, az iszap duzzadását előidéző fonalasok visszaszorítását biztosítani tudják.

Két további, de kisebb jelentőségű probléma jelentkezik még az ilyen rendszereknél. A tisztítandó szennyvíz kiindulási összetétele, elsődlegesen könnyen bontható KOI frakciója (RBCOD) és a TKN/KOI és P/KOI arány limitálja a nitrogén és foszfor eltávolítás hatékonyságát. Az utóbbi időszakban ezt a primer iszap fermentációjával majd könnyen bontható tápanyagként történő hasznosításával igyekeznek kompenzálni. A másik gond a nagy foszfortartalmú szekunder iszapok megfelelő kezelése, hasznosítása.

2. Iszapduzzadás ellenőrzése kis relatív iszapterhelésnél.

Az ilyen iszapoknál néhány *Sphaerotilus Natans* faj és a *Microthrix parvicella* dominanciájának ellenőrzése különös jelentőségű, mivel a teljes biológiai tápanyag-eltávolítást (BNR) végző rendszereknél napjainkban gyakorlatilag ezek okozzák az iszapduzzadást. A kis relatív tápanyag-ellátottság (F/M) tartományát azonban nehéz pontosítani.

A nagy iszapkorú (kis relatív iszapterhelésű, tápanyag ellátottságú), teljes biológiai N és P eltávolításra alkalmas rendszerek esetében igen sokféle technológiai kialakítás és üzemeltetési változat lehetséges, melyek a különböző fonalasok dominanciájának kialakulását igen eltérő mértékben teszik lehetővé. Az ilyen rendszereknél a régebbi, teljesen reaktor-térfogatukban levegőztetett tisztítókétől ma már nagyon különböző környezeti feltételek alakulnak ki, ugyanakkor a fonalasok klasszikus kategorizálása a 80-as évek közepén a korábbi típusú rendszerekre készült. A teljes biológiai tápanyag-eltávolítást (BNR) biztosító rendszereknél olyan tényezők, mint a nem levegőztetett iszaphányad, az oxigén-ellátottság, az anoxikus és oxikus körülmények váltogatásának gyakorisága, illetőleg az utóbbiaknál a nitrát és nitrit koncentráció az anoxikus aerob ciklusváltás határán fontos, iszapduzzadást befolyásoló tényezők lehetnek.

A döntően aerob, kis relatív tápanyag-ellátottsággal (F/M) üzemelő ilyen rendszereknél alkalmazott gyógmód, nevezetesen a ciklikus iszapéheztetés, melyet (i) a levegőztető reaktor kaszkádszerű kialakításával, (ii) a lökészerű, vagy ciklikus tápanyagellátással és (iii) kis méretű (aerob vagy anoxikus) szelektor beiktatásával sikerült biztosítani, a teljes tápanyag-eltávolítást biztosító rendszerekben nem különösebben eredményes a fonalásodás visszaszorítására. A szelektornál a könnyen felvehető tápanyagok nagy kezdeti oxigén, vagy nitrát hasznosítási sebességet biztosítanak a tápanyaggal gyengébben ellátott zónákéhoz képest, ami úgynevezett kinetikai szelekciót eredményez az iszap mikroorganizmus-együttesének kialakulásában. Ekema és munkatársai kis relatív iszapterhelésű, teljes biológia tápanyag-eltávolítást biztosító eleveniszapos rendszerek iszapjával végzett kísérleteinél meglepő módon úgy találták, hogy azok duzzadó iszapját teljes levegőztetéssel üzemeltetve az iszapindex ugrásszerűen csökkent, és az iszapduzzadás megszűnt. Hasonló kísérletek során ugyanígy a ciklikus levegőztetésről (IAND) folyamatos levegőztetésre történő átállás is megszüntette az iszapduzzadást. Úgy tűnik tehát, hogy a levegőztetési mód sokkal nagyobb hatással van a kis iszapterhelésű rendszereknél a fonalások elszaporodására mint a szelektor, ami megkérdőjelezi az ilyen rendszerekben a kinetikai szelekció hatékonyságát.

A fenti megfigyelés más oldalról magyarázza azt a tényt, hogy az esetenként mégis sikeresen üzemelő aerob és anoxikus szelektorokkal szemben miért nem hatásos az anaerob szelekció a kis iszapterhelésű, teljes tápanyag eltávolítást biztosító eleveniszapos rendszereknél. Elvileg az anaerob reaktortér hasonló feladatot láthatna el, mint az aerob vagy anoxikus szelektor. A könnyen felvehető tápanyagok flokkulátumképző mikroorganizmusokkal történő eltávolítását segíthetné elő. Az utóbbiak az ilyen rendszerekben a korábbi ismeretek szerint a foszforakkumuláló heterotróf mikroorganizmusok (PAO). A velük kialakuló szelekciót metabolikus szelekciónak nevezték. Legtöbb üzemnél azonban sem a kinetikus, sem a metabolikus szelekció nem bizonyult megfelelőnek az ilyen kis iszapterhelésű rendszerekben az iszapduzzadás szabályozására. Esetükben ugyanis a nagy iszapkornál a szimultán denitrifikáció a sok esetben elégtelen (alulszabályozott) levegőztetés, vagy keverés esetén az oxikus reaktorban is bekövetkezik. Igen sok így működő üzemnél a fonalások dominanciáját tapasztalták. Egyértelmű tehát, hogy kis relatív iszap-tápanyagellátottság esetén a klasszikus, teljesen levegőztetett rendszerektől eltérően, a nitrifikációs-denitrifikációs ciklusok a fonalások elszaporodására vezethetnek.

Casey kísérletei alapján bizonyítottak tűnik, hogy a fonalások elszaporodását az anoxikus oxikus átmenetek körülményei befolyásolják, amikor is a mikroorganizmusoknak váltani kell az oxigénforrás felhasználásában. Vizsgálataik alapján feltételezik, hogy olyan esetben, ha a denitrifikáció nem teljes az anoxikus szakaszban (nem fogy el a teljes nitrát és nitrit a vizes fázisból), a flokkulátumképző mikroorganizmusok, melyek a nitrátot nitrogéngázzá redukálják nitriten és nitrogénoxidon keresztül, a következő levegőztetett szakaszban a denitrifikáció közbülső termékének (nitrit) maradéka miatt nem képesek megfelelő sebességű aerob tápanyagfelvételre. Ez a gátló hatás eredményezi azután, hogy az oxikus szakaszban a fonalások bizonyos előnyre tesznek szert velük szemben. Azok tevékenységét ugyanis bizonyítottan nem zavarja a nitrit. A nitrátot azok is nitritté redukálják, de abból nem redukálják tovább nitrogénné, miközben így a nitrithez megfelelően hozzászokhattak. Ez a feltételezés, melyet anoxikus-oxikus vagy AA iszapduzzadásnak neveztek el, további vizsgálatokat és egyértelmű bizonyítást igényel, azonban sok egyéb felismerés is alátámasztja valószínűségét:

1. /MUCT típusú rendszereknél bizonyították, hogy ha az aerob zónába érkező iszapkeverék nitrát, illetőleg nitrit koncentrációi 0,5 ill. 0,2 mg/l fölött van, AA típusú

iszapduzzadás, fonalas mikroorganizmusok dominanciája érvényesül. Kisebb nitrát és nitrit koncentrációknál ugyanakkor nagyon jól ülepedő iszap keletkezett.

2./ Üzemi tapasztalatok alapján bizonyított, hogy fordított arányosság áll fenn a fonalások teljes szálhosszúsága és az összes oxidált nitrogén hányad között a teljes tápanyag eltávolítást végző eleveniszapos tisztítóknál. Más oldalról éppen a *M. parvicella* megjelenése igazolta, hogy nem annyira a tápanyag minősége (szennyvíz összetétele, könnyen felvehető tápanyag hányada) a meghatározó a fonalások elszaporodásában, hanem jellemzőbben az üzemek kialakítása (konfiguráció) és azok üzemeltetése.

3./ Hollandiai üzemek utóbbi 10 éves tapasztalatai alapján hasonlóan bizonyított, hogy döntően az *M. parvicella* okozza a fenti iszapduzzadást, s elsődlegesen tavasszal és kora ősszel. A jelenség sokkal gyakoribb a Carroussel típusú rendszerekben, s egyidejűleg a szelektor hatása a relatív iszapterhelés csökkenésével tendenciózusan csökken. A hagyományos rendszerekről történő átépítést követően az ilyen üzemeknél az iszapindex mintegy 60 %-kal nőtt, s az *M. parvicella* az esetek 87 %-ában volt az iszapduzzadás fő okozója. A jelenlegi üzemekben az ilyen iszapduzzadás szelektorokkal gyakorlatilag szabályozhatatlan, bár Hollandiában 80 üzemben építettek ki szelektor egységet.

3. Denitrifikáció és biológiai többletfoszfor eltávolítás a három, vagy több iszapterű eleveniszapos rendszerekben.

A csupán anoxikus és aerob iszapterekkel üzemelő rendszerekben (ND) a heterotrof mikroorganizmusok (OHO) felelősek a denitrifikációért. A denitrifikáció ilyenkor a nyers víz könnyen bontható tápanyag frakciója (RBCOD), valamint a lassan bontható frakció (SBCOD) hidrolízise termékeinek hasznosításával történik. A rendszer biológiai többletfoszfor eltávolítással történő kiegészítésekor (BEPR) a nitrifikáló / denitrifikáló / többletfoszfor eltávolító (NDBEPR) rendszereknél a foszforakkumuláló heterotrofok (PAO) is jelen vannak az iszapban. Wentzel és munkatársai az elmúlt évben beszámoltak arról, hogy az utóbbi rendszerekben a többletfoszfor eltávolítás két eltérő formája is kialakulhat.

Az első változatnál a többletfoszfor felvétele kizárólagosan az aerob reaktorban, míg a másodikonál mind az anoxikus, mind az aerob reaktorban is bekövetkezik. Az első esetben az anoxikus reaktorban minimális foszforakkumuláló (PAO) aktivitás jelentkezik, ugyanakkor a denitrifikációt döntően a foszfort nem akkumuláló heterotrof mikroorganizmusok (OHO) végzik. A foszfor akkumuláló mikroorganizmusok anoxikus reaktorban mutatott inaktivitását más kutatók már korábban is bizonyították szakaszos betáplálású rendszerek anoxikus ciklusainak vizsgálata során. Ez azt jelenti, hogy ilyen esetben a befolyó szennyvíz könnyen felvehető tápanyaghányada, melyet a foszforakkumulálók az anaerob reaktorban sejttáplálásukba akkumulálnak, nem vesz részt a denitrifikációban, s a denitrifikáció az anoxikus reaktorban egyértelműen a foszfort nem akkumuláló heterotrofok (OHO) lassan bontható tápanyag felhasználásával történő nitrát redukciójához rendelhető.

Ugyanakkor más szerzők bizonyították számos foszforakkumuláló heterotrof faj (PAO) denitrifikáló képességét is. Ennek ellenére a nitrogéneltávolítást illetően az olyan rendszereknek, amelyeknél a foszfor felvétele döntően az oxikus zónában történt, nem volt

számottevően kisebb a denitrifikációs kapacitásuk. Ennek oka feltehetően az, hogy a teljes tápanyag eltávolítású (NDBEPR) rendszerekben a lassan hasznosítható tápanyag hidrolízisének és felvételének sebessége nagyobb, mint a csak nitrifikációt és denitrifikációt végző (ND) rendszerekben. Eddig tisztázatlan, hogy az utóbbi milyen hatás eredménye, de a jelenség mind laboratóriumi mind üzemi méretekben egyaránt bizonyított.

A 90-es évek elejétől az oxikus mellett az anoxikus foszforfelvétel is egyértelműen bizonyítottá vált. A két eltérő foszforelvétel között azonban jelentős különbség mérhető. Azoknál a teljes tápanyag eltávolítást biztosító rendszereknél, melyeknél csak az oxikus foszforfelvétel a domináns, az anaerob foszfor leadás / teljes foszfor eltávolítás hányad, továbbá a foszfor eltávolítás / befolyó szennyvíz könnyen bontható KOI hányad, és a foszfor eltávolítás / befolyó szennyvíz KOI hányad 3,0, 0,11 és 0,21 körüli érték. Anoxikus és aerob (kettős) foszfor felvétel esetén ezek az arányok 1,5 - 2,0; 0,06-0,08 és 0,012 - 0,015 közötti értékre csökkennek. Ezzel egyidejűleg a biológiai többletfoszfor eltávolítás is az első típusú rendszerekének mintegy 60 %-ára esik vissza. Úgy tűnik, hogy a különböző környezeti feltételek különböző foszfor akkumuláló mikroorganizmusok dominanciájára vezetnek. Ezeknek eltérő a foszfor eltávolító képességük, s a befolyó szennyvíz könnyen felvehető tápanyaghányadát is különböző mértékben tudják hasznosítani. Az utóbbi jelenségek pontosítására még az iszapduzzadás vizsgálatához hasonlóan további kinetikai vizsgálatok szükségesek. Pontosítandó a foszfor- és nitrát-limitáció hatása a különböző mikroorganizmus együttesek kialakulásában.

1.2. 4. Összegzés

A fenti típusú eleveniszapos rendszerek kialakításának tehát láthatóan rendkívül fontos szerepe van az üzemeltetés hatékonyságára, a kialakuló mikroorganizmus együttes fajlagos foszforeltávolító képességére. Érzékelhető ugyan, hogy a jelenségek pontos okai még nem kellően tisztázottak, de néhány durvább ökölszabály már ezek vonatkozásában is körvonalazódik. Kiemelésük azért fontosnak, hogy az üzemeltetők ne lepődjenek meg túlzottan az ilyen üzemek szokatlan viselkedésén, továbbá tervezők a fenti szempontok fontosságát is vegyék figyelembe munkájuk során.

Irodalomjegyzék: Az eredeti közleményben a hivatkozások a megfelelő helyen, valamint a cikk végén a jegyzékben is megtalálhatók.

Kivonat a szerzők 1997 év végi brisbane-i konferencia-előadásáról megjelent közleményből: (Wat. Sci. Tech., **39** (6) 1-11.)