

NAGYVÁROSI SZAKASZOS LEVEGŐZTETÉSŰ ELEVENISZAPOS SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEP ANOXI- KUS BIOREAKTORÁNAK HATÉKONYSÁG-VIZSGÁLATA

BÜKKSZEGI ARLEN

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
DULOVICS JUNIOR SZIMPÓZIUM KÜLÖNDÍJ

BEVEZETÉS

Napjainkban - hazánkra vetítve – már egyre több a kiépült és a tervezett szennyvíztisztítók száma. Az idősebb tisztítókban esedékessé válhatnak kisebb nagyobb rekonstrukciók, valamint innovatív megoldások kiépítése. Ezeken a telephelyeken a fenntartási költségek csökkentése egy szignifikáns szempont. Szennyvíztisztítók esetében az üzemeltetési költségek csökkentésének egyik lehetséges módja, ha a szennyvíz tisztítás különböző szakaszaiban alkalmazunk innovatív megoldásokat, melyek energiatakarékosabbak. Az általam vizsgált nagyvárosi szennyvíztisztító anoxikus (oldott oxigén – angolul: dissolved oxygen (DO) – mentes) medencéjének az elő-denitrifikációs részében az jelentene további optimalizációt, ha a jelenlegi állandó fordulatszámú keverőt a szennyvíztisztító telep lecserélné egy automatikusan változó fordulatszámú típusra, illetve áramlástanai szempontból is megfelelőbb pontra helyezné el. Egy svéd-magyar nemzetközi

projekt keretében egy nagyvállalat részéről 2018-ban felmerült az igény, hogy egy új típusú keverőt teszteljenek egy üzemelés alatt álló nagyvárosi szennyvíztisztító telepen.

Az újonnan telepítendő szabályozható teljesítményű keverő kapcsán a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (továbbiakban: BME), egy svéd nagyvállalat és egy nagyvárosi szennyvíztisztító telep (továbbiakban: NSZTT) 2018 és 2019-ben kezdték meg az együttműködésüket a keverő kísérleti projekt kapcsán, ekkor elkészült kapcsolódó mérés tervezete. Annak érdekében, hogy a jövőbeni kivitelezés elvi előkészítése megtörténjen az anoxikus medencékben, projekt megelőző helyszíni méréseket végzek el. Egy fontos szempont, hogy a kísérlet eredményei a medence geometriájából adódóan könnyen általánosíthatók legyenek más telepeken előforduló eleveniszapos medencékre nézve.

2020. OKTÓBERI MINTAVÉTEL SOROZAT MINTAVÉTELI TERV

Vizsgált időszak: 2020 szeptember és október első fele

A méréseket helyileg az NSZTT anoxikus medencéjénél végeztem az alábbi 3 kijelölt ponton (1. ábra).

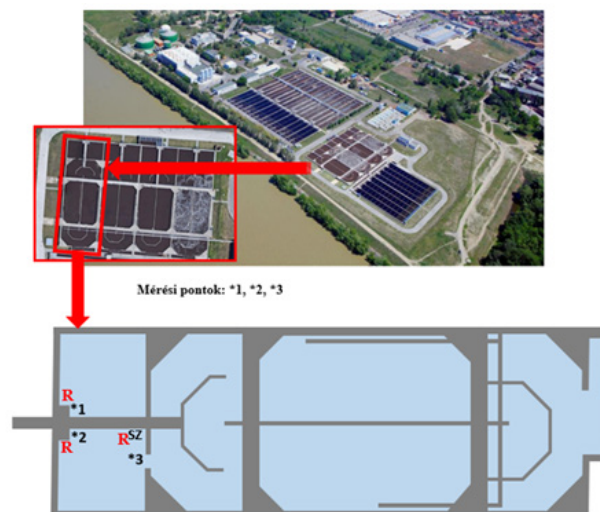
A méréseket három üzemállapot alatt végeztem:

- 1. mérési és mintavételi időszak: az anoxikus medencét követő aerob medence szakaszos üzemű levegőztetés alatt.** Alacsony (6:00 és 7:30 között), közepes (9:00 és 9:30 között), magas terhelésen (12:00-kor).
- 2. mérési és mintavételi időszak: az anoxikus medencét követő aerob medence órák óta tartó levegőztetése nélkül.** Alacsony (6:00 és 7:30 között), közepes (9:00 és 9:30 között), magas terhelésen (12:00-kor).
- 3. mérési és mintavételi időszak: az anoxikus medencét követő aerob medence folyamatos levegőztetése alatt** (a mérést megelőzően 12-24 órán keresztül levegőztetett szekció). Alacsony (6:00 és 7:30 között), közepes (9:00 és 9:30 között), magas terhelésen (12:00-kor).

A méréseket ismételttem, vagyis egy nap 3x3 helyszíni mintavételezést és szűrést ismételttem az *1, *2 és *3 mérési pontokon. A mérés-sorozatot körülbelül kétnaponta ismételttem október 6. és 15. között.

Helyszínen mért és feljegyzett értékek

- redox potenciál (a 3 mintavételi pont közvetlen környezetében)
- a telepített NO_x szonda által kiírt érték.



1. ábra – A 2. vonal 1. szekció eleveniszapos medencéjének helyszíne [20] és sematikus felülnézete és a konkrét mintavételi pontok helye az anoxikus térrészben. R – redox-potenciál (ORP) mérési pont. SZ – nitrát szonda helye.

- peremfeltételek: csapadék/ időjárási viszonyok, hőmérséklet, mérési időpont

A redox-potenciál méréshez HACH HQ11d pH/ORP mérőműszert használtam, mely egy kézi digitális mérőműszer, automatikusan válogat a mért adatok közötti pontos mérési eredményez [26].

Mintavételek

A legtöbb mérési hibát a mintavételkor lehet elkövetni. Ezért a helyszíni mintavételeknél különösen figyeltem a helyes mintaelőkészítésre. A laborból való mintavételi eszközök szállításánál ügyeltem, hogy ne szennyeződjenek be az eszközök. A mintavételt mindig egy segítő társsal, azaz két fővel végeztük. Személyesen a mintát vettem, amíg a partnerem redox-potenciált mért. A teleszkópos mintavételi edényt, illetve a minta áttöltésére használt főzőpoharat

háromszor átmostam a mintavételi pontból 50-100 cm mélyről vett szennyvízzel, mielőtt szűrtem a mintámat. A mintákat árnyékos helyen szűrtem és tároltam, a szűrést közvetlen a főzőpohárba betöltést követően elvégeztem. A szűrőpapíron folyamatosan a tölcser tetejéig töltöttem (ha nagyobb a minta tömege a tölcserben, gyorsabb a szűrési idő), a főzőpohárban a minta folyamatos homogenizálása mellett. A helyszíni mintavételeket követően a mintákat közvetlen a laborba vittem, ahol a minták kiértékelése maximum 24 órán belül megtörtént. A mintavételek után a redox-potenciál mérő műszert és a teleszkópos mintavételi edényt partneremmel lemostuk bő vízzel.

KAPOTT EREDMÉNYEK

Ebben a fejezetben mutatom be és értékelem ki a helyszíni mintavételkor feljegyzett értékeimet, a laboratóriumtól és az NSZTT-től kapott saját mérési és a korábbi időszakokból gyűjtött mérési adatokat.

2020.10.06.: alacsony terhelésnél vett minták

A három mintavételi nap közül az alacsony terhelések mellett ez a legkorábbi mintavétel. A légmozgás ekkor nyugodt volt, azonban ekkor még felhős volt az idő. A szennyvíz hőmérséklete végig 23°C. A nitrát szonda 1,8 mg/L értéket mutat. Az első mintavételi pontba érkezik a recirkuláltatott nitrát dús szennyvíz, ezért az értékek az esetek többségében magasabbak. Az első mintavételi pontban mért ORP értékek még nem stagnáltak, így azt a mezőt külön színnel jeleztem, hogy mérésátlag eredményei. Illetve mélysárga színnel jelöltem a nitrát és az ammónium-nitrogén adatait, ezeket utólag kaptam meg a laboratóriumtól.

Az ORP értékek alapján működött a denitrifikáció, illetve egy órája a mérést megelőzően levegőztették a szekciót.

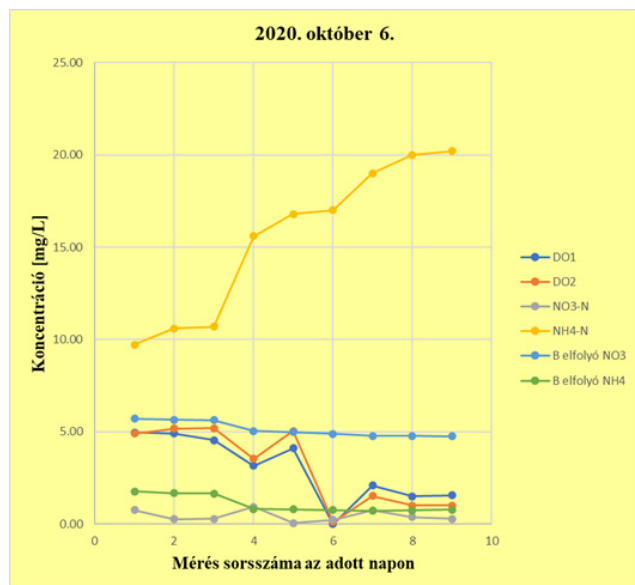
2020.10.06.: közepes terhelésnél vett minták

Ezen mintavételek alatt erős napsütés volt, továbbra is szélcsendes időszak. A víz hőmérséklet végig 22,8 °C, a nitrát szonda 1,5 mg/L nitrátot mért. A nitrát érték körülbelül a korareggeli minta értékekhez hasonló. 8:25-től a rendszert nem levegőztették, 10:17-kor kapcsolták vissza. A közepes terhelés egyik mutatója, hogy az ammónium-nitrogén a korábbi 10 mg/L-ről 15-17 mg/L-re emelkedett. A redox-potenciál értékek szerint a denitrifikáció az anoxikus medence 1. térrészében zajlott, azonban az anoxikus medence kifolyójánál már dihidrogén-szulfid jelenlétére és savas fermentációra utalnak. Azonban a harmadik mérési ponton a feltüntetett ORP érték átlagértékek eredménye.

2020.10.06.: magas terhelésnél vett minták

Ezen mintavételek alatt erős napsütés volt, továbbra is szélcsendes időszak. A víz hőmérséklet végig 22,8 °C, a nitrát szonda 1,5 mg/L nitrátot mért. A nitrát érték körülbelül a korareggeli minta értékekhez hasonló (2. ábra). A magas terhelés mutatója, hogy az ammónium a korábbi 15-17 mg/L-ről 19-20 mg/L-re emelkedett. A redox-potenciál értékek szerint a denitrifikáció az anoxikus medence egyik térrészében sem zajlott, az ORP értékek már kén-hidrogén képződik, ha jelen van szulfát, egyébként a fermentálók domináns jelenléte is jellemző lehet a -100 mV körül. Az első mérési ponton az ORP érték átlagértékek eredménye, ilyenkor azt az eshetőséget is figyelembe kell venni, hogy szennyező anyag tapadt meg

a platina elektródon. Az első mintavételi pont redox-potenciál értéke általában magasabb, hiszen itt még több a recirkulációból származó nitrát a szennyvízben. 11:07-től 12:26-ig levegőztették ismét a rendszert.



2. ábra – 2020.10.06. Szakaszos levegőztetés.

2020.10.08.: alacsony terhelésnél vett minták

A mérést megelőző napon estig esett az eső. A reggeli órákban az ég tiszta, azonban erős szél fúj. A szennyvíz hőmérséklete 21,6-21,7 °C, a nitrát szonda 1,2 mg/L nitrátot jelez. A 2. anoxikus térrészben a nitrát a minták alapján a mért áramban mérés határ alá estek. Az alacsony terhelésre a 5-7 mg/L közötti ammónium koncentráció utal. A redox-potenciál a denitrifikáció tartományába esik.

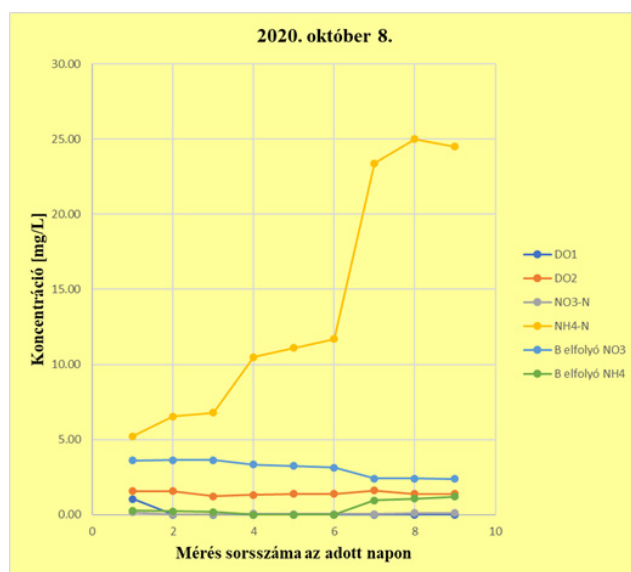
2020.10.08.: közepes terhelésnél vett minták

A mérést megelőző napon estig esett az eső. A reggeli órákhoz képest az ég felhőssé vált, szélcsendes időszak volt a mintavételek alatt. A szennyvíz hőmérséklete 21,6 °C, a nitrát

szonda 1,4 mg/L nitrátot jelez. A minták alapján a nitrát tartalom a reggeli órákhoz képest stabilizálódott. Az közepes terhelés mutatója, hogy az 5-7 mg/L-ről 10-12 mg/L közötti értékekre emelkedett az ammónium-nitrogén koncentráció. A mért redox-potenciálok kb. -80 és -130 mV között foszfor és kén-hidrogén jelenlétére, valamint savas fermentációra utalnak. Az, hogy a nitrát értéke közel azonos az anoxikus 1. térrész nitrát értékével, feltehetően arra utal, hogy nincs a rendszerben elég szerves anyag, ami biztos, hogy az értékek már erősen kiesnek a denitrifikáció tartományából. Valamint feltételezhető, hogy a szüneteltetett levegőztetés miatt a nitrifikáció reverzibilis biokémiai egyenlete megfordult, így csökkent a denitrifikáló baktériumok felvehető nitrátja.

4.6. 2020.10.08.: magas terhelésnél vett minták

A mérést megelőző napon estig esett az eső. Az ég tiszta, rendkívül erős szél volt a mintavételek alatt (3. ábra). A szennyvíz hőmérséklete 21,6 °C, a nitrát szonda 1,4 mg/L nitrátot



3. ábra – 2020.10.08. – szüneteltetett levegőztetés.

jelez. A minták alapján a nitrát tartalom a reggeli órákhoz képest a duplájára emelkedett. Az magas terhelés mutatója, hogy 10-12 mg/L-ről 23-25 mg/L közötti értékekre emelkedett az ammónium-nitrogén koncentráció. A mért redox-potenciálok -172 mV körül álltak be, vagyis ebből következtethető a foszfor visszoldódás és kén-hidrogén jelenlétére, valamint savas fermentációra utal.

2020.10.15.: alacsony terhelésnél vett minták

A mérést megelőző négy napban intenzíven és folyamatosan hullott a csapadék. Az égbolt felhős, nincs légmozgás, szél. A csapadék az értékek alapján lehűtötte a szennyvíz hőmérsékletét a korábbi méréseknél tapasztalt 21-22 °C-ról 18,3 °C-ra. A nitrát szonda 2,1 mg/L nitrátot jelez. A redox potenciál és a megemelkedett nitrát tartalom megfelelő nitrifikáció folyamatára utal az anoxikus medencét követő aerob medencében. Nagyon csekély denitrifikáció zajlik, ez az 1. anoxikus és a 2. anoxikus térrészben vett (befolyó és elfolyó) nitrát 1 mg/L koncentráció különbsége alapján állapítható meg.

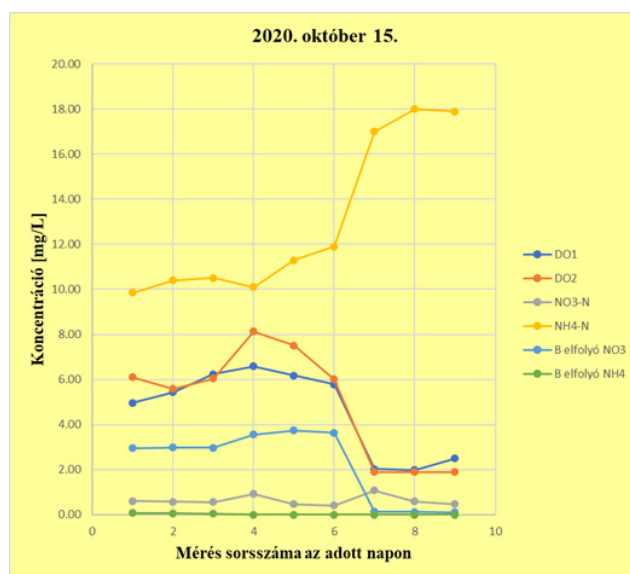
4.8. 2020.10.15.: közepes terhelésnél vett minták

A mérést megelőző négy napban intenzíven és folyamatosan hullott a csapadék. Az égbolt felhős, nincs légmozgás, szél. A csapadék az értékek alapján lehűtötte a szennyvíz hőmérsékletét a korábbi méréseknél tapasztalt 21-22 °C-ról 18,3 °C-ra a reggeli órákig. A nitrát szonda 1,6 mg/L nitrátot jelez, vagyis elindult a rendszerben a denitrifikáció. A folyamatos levegőztetés hatására nagyobb a recirkulált nitrát dús szennyvíz miatt a nitrát tartalom. Az ORP körülbelül 112 mV-ról 58 mV-ra

csökkenése is a denitrifikációra utal. A rendszer a reggeli órákban mért ammónium értékekhez képest nem kapott az ekkori időben megszkott ammóniumterhelést.

2020.10.15.: magas terhelésnél vett minták

A mérést megelőző négy napban intenzíven és folyamatosan hullott a csapadék. Az ég borult, teljesen felhős, gyenge, hideg szél fúj. A csapadék az értékek alapján lehűtötte a szennyvíz hőmérsékletét a korábbi méréseknél tapasztalt 21-22 °C-ról 18,3 °C-ra a reggeli órákig, azonban a szennyvíz hőmérséklete 18,8 °C-ra emelkedett a reggeli órákhoz képest. A nitrát szonda 1,9 mg/L nitrátot jelez, a rendszerben az ORP értékek alapján van denitrifikáció. A folyamatos levegőztetés hatására nagyobb a recirkulált nitrát dús szennyvíz miatt a nitrát tartalom. Az anoxikus rendszerben jól látszik a magas ammónium terhelés (4. ábra).



4. ábra – 2020.10.15. – folyamatos levegőztetés.

4.10. NITROGÉN MÉRLEGEK ELEMZÉSE

Az első mérési napon a denitrifikáció folyamatban volt az anoxikus rendszerben. A második mérési napon negatív tartományba romlott a nitrogén eltávolítás hatásfoka, azaz, az eleveniszapos medencének szüksége van levegőztetésre, hogy elég nitrát képződjön. A harmadik napon meglátszik a folyamatos levegőztetés hatása, a nitrogén eltávolítás ekkor 30 % fölé emelkedett.

Mérési eredmények összegzése

Annak érdekében, hogy átfogó képet kapjak a mérési időszakban zajló reaktor működésről, egy táblázatban mutatom be ennek az alfejezetnek a mellékleteként az immáron szintézisbe hozható saját, és az NSZTT által szolgáltatott mérési eredményeket. Fontos megjegyezni, hogy a nitritkoncentrációt a méréseim kapcsán nullának tekintem, vagyis azt feltételezem, hogy a levegőztetett térben az összes nitrit a nitrálás során nitráttá alakul az autotróf mikroorganizmusoknak köszönhetően. Az oldott oxigén és az elfolyó ammónium nitrogén segítségével következtetni tudok az eleveniszapos medence levegőztető térrészének nitrifikáló hatékonyságára. Az NSZTT-re előírt elfolyó ammónium-nitrogén koncentráció 10 mg/L, és mindig az ammónium nitrogénre vonatkoznak a szigorúbb koncentrációk (például a nitráthoz képest), mind az európai, (és ebből kifolyólag) mind a hazai jogrendszerben. A levegőztető medencében a DO1 a levegőztető térrész elején, míg a DO2 a levegőztető térrész végén automatikusan mért oldott oxigént jelenti. A hatékony levegőztetéshez minimum 2 mg/L oldott oxigénre van szükség a rendszerben. A vízhozamot a mérési időpontot megelőző 30 perces átlagokból számoltam.

A terheléseket úgy kapom, hogy megszorozom a vízhozamot a TIN (Total Inorganic Nitrogen), vagyis összes szervesetlen nitrogén értékével.

2021 június – július – augusztus – szeptemberi mintavétel sorozat

Mintavételek

A mintavételeket a vizsgált NSZTT ugyan azon medencéjében végeztem, mint a 3.3. fejezetben bemutatott 2020. októberi méréseket, azonban a korábbi évhez képest több dolgot korrigáltam a vizsgálat hatékonysága végett. A korábbi év vizsgálatnál hosszabb mintavételi időszakra volt szükség a vizsgált anoxikus medence hatékonyságának értékeléséhez. A korábbi mérésnél őszi időszakban vettem a mintákat, ezért a 4 hónapon át tartó mintavételezéshez 2021-ben a nyári időszakot (június – szeptember) választottam.

A mintavételi napok meghatározásánál figyelembe vettem, hogy a hétfői terhelések máshogy alakulnak a szennyvíztelepen, mint hétköznap. Ezért elsődlegesen a kedd és a csütörtöki napokra esett a választásom. A kijelölt napoktól abban az esetben tértem el, amikor a szennyvíz laboratórium kapacitása megterhelt volt, így megesett, hogy a mintavételeket kedd, illetve csütörtöktől eltérő napokon végeztem.

Június 17. és július 13. között 8:00 és 9:00 között végeztem a mintavételeket. Ebben az időintervallumban a 3.3. fejezet mintavételi pontjain vettem mintákat (6. ábra). Azonban a július 20. napon végzett mintavételi sorozat eredményei kirajolták, hogy a napi csúcs 12:30 körül van. Ezért a további mintákat 12:30-13:30 között vettem.

A július 20., augusztus 17. és szeptember 2. napon azzal a céllal vettem mintákat óránként, hogy a meghatározott koncentrációkból megkapjam grafikonon a napi terhelési csúcsot (5. ábra). Július 20. után 12:30 és 13:30 között a mintákat. Ezeket a mintákat a 2. vonal osztó aknájából vettem.

A 2020. év októberi mintavételeihez képest további korrekciózás volt, hogy július 22-től kiegészítettem a mintavételi pontokat további két ponttal (7. ábra).

Nitrát szonda 3 éves nyári adatainak elemzése

Annak érdekében, hogy képet kapjak az anoxikus térrész nitrát forgalmáról, megvizsgálom 2018., 2019. és 2020. év anoxikus medence 2. térrészeiben található nitrát szonda eredményeit havi mérési gyakorisággal.



5. ábra – A 2. vonalon található osztó aknák. 1 – (6 x 1 mintavétel helye) – napi terhelési csúcs megállapításához felállított mérési sorozat helye.



6. ábra – A 2. vonalon található anoxikus medence mintavételi pontok (2021. július 13. napig). 1 – befolyó szennyvíznél, 2 – alsó átfolyásnál, 3 – átfolyó nyílásnál.



7. ábra – A 2. vonalon található anoxikus medence mintavételi pontok (2021. július 22-től). 1 – osztó akna, 2 belső recirk, 3 - befolyó szennyvíznél, 4 – alsó átfolyásnál, 5 – átfolyó nyílásnál.

A szonda gyárilag NO_x -t mér, azonban azt feltételezem, hogy nagyon kevés a medencében a nitrit, és csak az NO₃ -t detektálja.

Ezt a vizsgálatot azzal a céllal végzem el, hogy eldöntsem, hogy egy további kutatás során ennek az anoxikus térrésznek a nitrát forgalmát vizsgálva a szonda adatait érdemes-e figyelembe venni, vagy sem.

Dátum	Labor - NO ₃ [mg/L]	Szonda - NO ₃ [mg/L]	Labortól számított eltérés [%]
2018.06.11.	0.9003	1.0247	14
2018.07.09.	0.5001	0.3344	33
2018.08.13.	0.5001	0.4500	10
2018.09.10.	1.2004	0.8907	25
2019.06.17.	0.5001	2.2403	348
2019.07.15.	1.9006	1.2200	35
2019.08.12.	0.5001	1.1540	130
2019.09.23.	2.5007	2.1800	13
2020.06.15.	0.7002	1.9600	180
2020.07.20.	0.8002	1.0399	30
2020.08.17.	0.6018	1.4800	145
2020.09.14.	1.0003	1.4427	44

1. táblázat – A laborban meghatározott, és a szonda által rögzített nitrát koncentrációk közti eltérés %-ban kifejezve

2018 – 2020 nyári adatsorainak összehasonlítása a laborban megvizsgált minták koncentrációival

Annak érdekében, hogy megállapíthassam, hogy a szonda rögzített adatait érdemes-e figyelembe venni a nitrát és ammónium mérlegek esetében, összehasonlítottam a laborban meghatározott koncentrációkkal (1. táblázat). A laborban mért koncentrációktól a szonda jelzett koncentrációi a vizsgált időpontokban átlagban 83 % -os eltérést mutatnak, így a saját méréseimhez a nitrát szonda eredményeit nem veszem figyelembe.

2021 június – július – augusztus – szeptember hónapokban vett minták ammónium és nitrát nitrogén csúcskoncentrációi

A négy hónapos vizsgálatom alatt a mintavételi pontokat kezdetben a 2020-as minta alapján tűztem ki. Azonban több probléma merült fel

a minták eredményeinek alkalmassága végett, ezeket a következő fejezetekben mutatom be. Annak érdekében, hogy pontosítsak a vizsgálaton, meg kellett találnom azt az időpontot, amikor a legideálisabb a mintavétel. Ezért a 2. vonal osztó aknájában (ami még a belső recirkulációtól mentes) óránként végeztem mintavételeket, így megkapva azt a napi csúcst (8. ábra), amikor a legmagasabb az ammónium- és a nitrátnitrogén koncentráció. Ezeket az időpontokat mutatom be a 2. táblázatban. Az augusztus 17. napi mérési sort meg kellett ismételni, mert sok csapadék esett azokban a napokban. Így a méréseimhez a július 20. és a szeptember 2. napi koncentrációkat vettem figyelembe.

Nitrát-nitrogén és ammónium-nitrogén anyagmérlegek

A vizsálathoz elengedhetetlen anyagmérlegek végett terheléseet számoltam. Ezt a 2020-ban

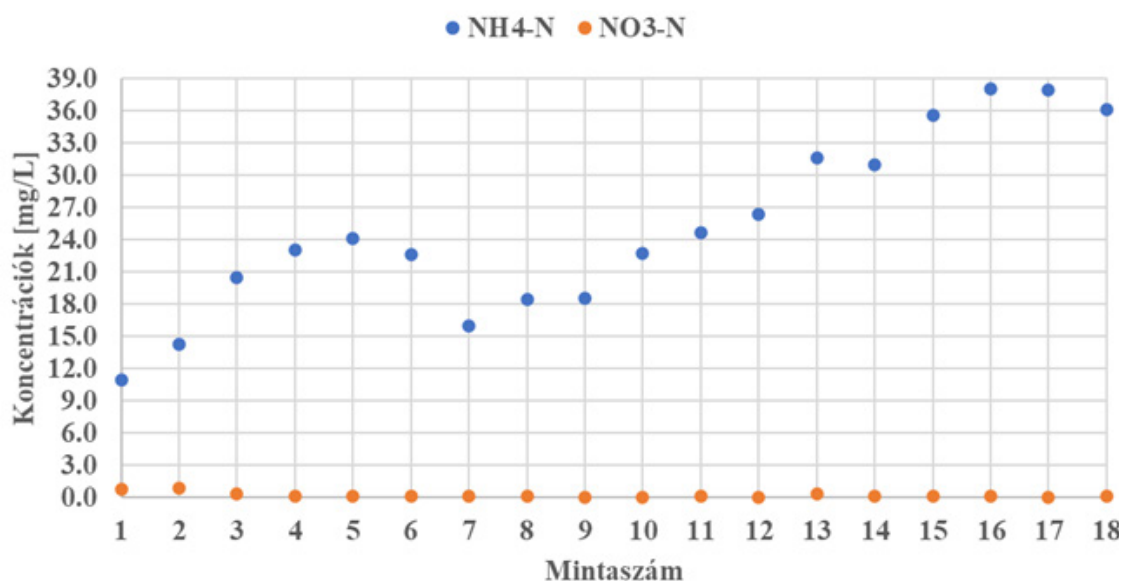
2021.07.20.	mintaszám	NH ₄ ⁺ -N [mg/L]	NO ₃ ⁻ -N [mg/L]
8:30	1	11.0	0.81
9:30	2	14.3	0.95
10:30	3	20.5	0.38
11:30	4	23.1	0.13
12:30	5	24.2	0.17
13:30	6	22.6	0.18
2021.08.17.	mintaszám	NH ₄ ⁺ -N [mg/L]	NO ₃ ⁻ -N [mg/L]
9:30	1	16.04	0.13
10:30	2	18.52	0.14
11:30	3	18.56	0.09
12:30	4	22.80	0.08
13:30	5	24.68	0.11
14:30	6	26.36	0.07
2021.09.02.	mintaszám	NH ₄ ⁺ -N [mg/L]	NO ₃ ⁻ -N [mg/L]
9:30	1	31.60	0.32
10:30	2	31.00	0.18
11:30	3	35.60	0.16
12:30	4	38.10	0.11
13:30	5	38.00	0.09
14:30	6	36.20	0.20

2. táblázat – Napi nitrát- és ammóniumnitrogén terhelési görbék adatsorai

végzett mérésekhez hasonlóan úgy kapom meg, hogy beszorzom a mért (és átváltott mértékegységű) koncentrációkat a 2. vonalra érkező vízhozam adatokkal. A vízhozam adatokat négygyel osztom el, hiszen a 2. vonalra SEDIPAC-ról befolyó előülepített kezelt víz (4 db) osztó aknákon keresztül jut a dolgozatomban vizsgált anoxikus medencébe.

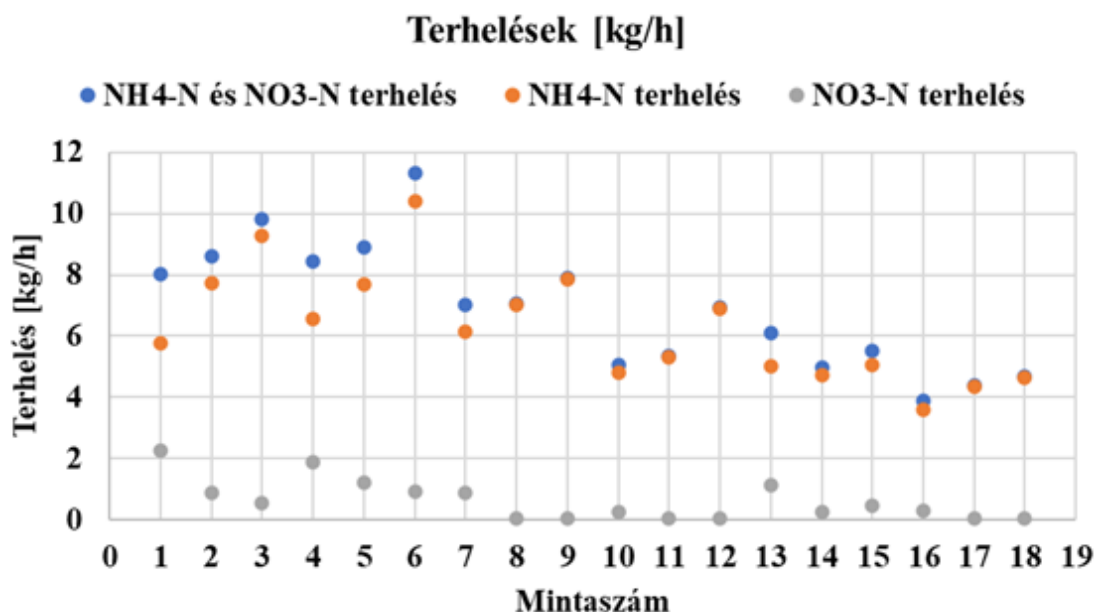
Az első módszer (3. táblázat) esetében látható, hogy a reggeli mintavételi időpontok miatt úgy tűnik, mintha a rendszerben egyre több lenne a nitrogén koncentráció. Ez a délelőtti felfutó időszak miatt tapasztalható. Az is leolvasható a 9. ábráról, hogy a nyári szünet kezdete miatt ebben az időszakban napról napra egyre kevesebb a telepre érkező nitrogénforrás.

NO₃-N és NH₄-N napi csúcs görbe



8. ábra – Napi nitrát- és ammóniumnitrogén terhelési görbék

(Mintaszámok: 1-6 – július 20.; 7-12 – augusztus 17. és 13-18 – szeptember 9.)



9. ábra – Ammónium-, nitrátnitrogén és ezek összesített terhelései az 1. módszer szerint

	BEFOLYÁS [kg/h]	ÁTFOLYÁS [kg/h]	TOVÁBB- FOLYÁS [kg/h]
2021.06.17.	8.03	8.60	9.82
2021.06.22.	8.42	8.88	11.33
2021.06.24.	7.02	7.07	7.88
2021.06.29.	5.07	5.35	6.95
2021.07.01.	6.12	4.96	5.50
2021.07.13.	3.87	4.40	4.66

A 4. táblázatból leolvasható, hogy a levegőztető medencéig eljutva lecsökkennek a nitrogén koncentrációk, vagyis a medence hatékonyan működik, az anoxikus térben a nitrogén jelentős része nitrogén gáz formájában távozik a rendszerből.

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JÖVŐBELI KUTATÁSOK

3. táblázat – 1. módszer szerinti anyagmérlegek

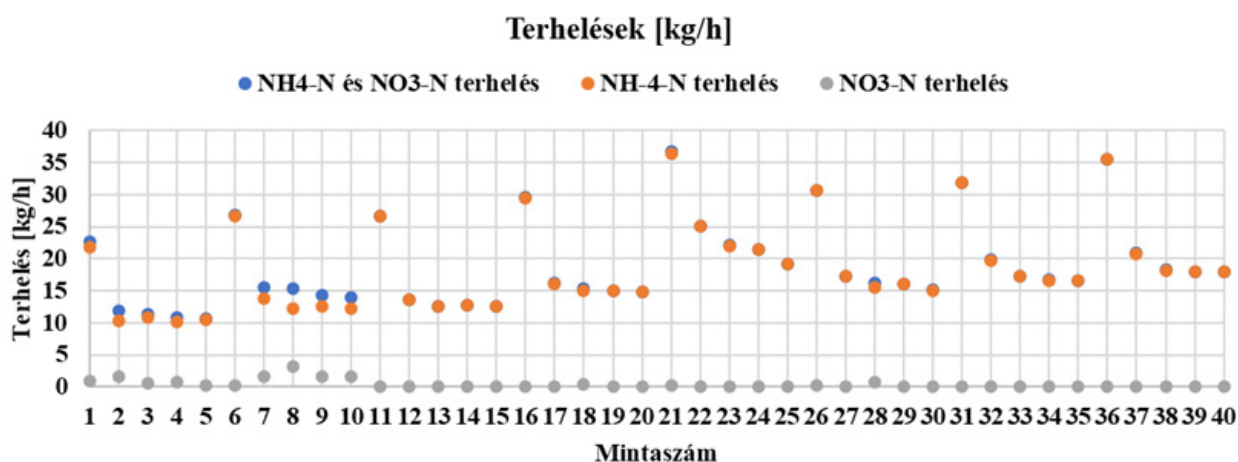
A második, koncentrációs csúcsokkal korrekciózott mintavételi módszer már az első módszerhez képest figyelembe veszi a korábban felmerült hibaforrásokat. A mintavételi időpontokat 12:30 és 13:30 között végeztem azzal a céllal, hogy a felfutó időszak ne zavarja meg az anoxikus medencék felállított mérlegeit.

A 2. módszer (10. ábra) figyelembe veszi az anoxikus térrészben alkalmazott belső recirkulációt (220 %-on működik, a szivattyú amortizációt figyelmen kívül hagyva azt feltételezem, hogy még mindig 220 %-on teljesít).

Biológiai reaktor értékelése

Minden bizonnyal a 2020-as mintavételekhez képest a vizsgálathoz használhatóbb eredményeket adott a négy hónapos nyári vizsgálati időszak. Az ORP értékek azt mutatják, a legtöbb esetben hatékonyan működik a denitrifikáció, a nitrogén gáz formájában távozik a mikroorganizmusok nitrát bontása során.

A koncentrációs görbék meghatározásával kirajzolódott a napi csúcsoknak az időpontja, így lehetőség volt július 22-től kezdve a pontosabb anyagmérlegek felállításához.



10. ábra – Ammónium-, nitrátnitrogén és ezek összesített terhelései az 2. módszer szerint

	OSZTÓ AKNA [kg/h]	RECIRK [kg/h]	BEFOLYÁS [kg/h]	ÁTFOLYÁS [kg/h]	TOVÁBB- FOLYÁS [kg/h]
2021.07.22.	22.64	11.87	11.45	10.82	10.65
2021.07.27.	26.90	15.57	15.34	14.27	13.96
2021.08.18.	26.70	13.66	12.67	12.74	12.51
2021.08.24.	29.59	16.18	15.39	15.06	14.86
2021.09.09.	36.68	25.14	22.07	21.54	19.27
2021.09.13.	30.75	17.34	16.23	16.08	15.19
2021.09.15.	31.95	19.81	17.31	16.68	16.55
2021.09.16.	35.62	20.91	18.26	18.03	18.01

4. táblázat – 2. módszer szerinti anyagmérlegek

JÖVŐBELI KUTATÁSOK

A jövőben az NSZTT által szolgáltatott adat-sorok elemzésére és kiértékelésére mellett szükség lehet az energiahatékonyság végett mérni a keverő áramfelvételét.

A reaktor még mélyebb értékelése végett érdemes lesz összehasonlítást végezni más nagyvárosi szennyvíztelepek anoxikus medencéi; nitrogén eltávolító medencéi között. Vannak telepek, amelyek biofort alkalmaznak anoxikus és hosszanti átfolyású levegőztetett medencék helyett. Érdemes lenne az ilyen megoldások hatékonyságát is megvizsgálni, hogy mélyebb kép alakuljon ki az üzemi körülmények melletti nitrogén eltávolításról.

A nitrogénmérleg vizsgálatot követően további áramlásmérésekre lenne szükség az anoxikus medencében. A jövőben kísérletképp elhelyezésre kerülne a jövőben egy új keverő, ami a jelenlegi 2. vonal 1. anoxikus medencéjében elhelyezett keverő pozíciójához képest átellenben a szemközti sarokban kerülne elhelyezésre. Ennek kapcsán tervben van az NSZTT-ben egy új híd elhelyezése keresztül az anoxikus medence felett, amelyről mintavételeket és méréseket lehetne végezni.

IRODALOMJEGYZÉK

SZERZŐ:



Bükkszegi Arlen: 16 évesen döntötte el, hogy tanulmányait a környezetvédelem területén szeretné folytatni a Petrik Lajos Két Tanítási Nyelvű Vegyipari, Környezetvédelmi és Informatikai Szakközépiskolában, majd végezte el a környezetvédelmi-technikus képzést. A Szent István Egyetemen (napjainkban: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem) 2019-ben végzett környezetmérnök BSc szakon. 2020-ban tanulmányait a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen folytatta infrastruktúra-építőmérnök MSc szakon, valamint kezdte meg tudományos diákköri kutatómunkáját nagyvárosi szennyvíztisztító telep anoxikus bioreaktor témakörben. 2020-ban és 2021-ben TDK-n adta elő egy nagyvárosi szennyvíztelep denitrifikáló térrészbéiben végzett vizsgálati eredményeit, második védésén OTDK jelölést kapott. 2022-ben eddigi eredményeit előadta a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség Dulovics Junior Szimpóziumán, ahol DHI különdíjas helyezést ért el. 2020-tól a Fővárosi Csatornázási Művek Zrt.-nél vízépítés, 2022-től a Laterex Építő Zrt. -nél generál-kivitelezésben dolgozik munkahelyi mérnökként magasépítés területen.

