

Statičko/anoksična konfiguracija procesa denitrificirajuće defosfatacije uz $\text{NO}_2\text{-N}$ i $\text{NO}_3\text{-N}$ kao akceptore elektrona

Mikac, Ivan; Štefanac, Tea; Grgas, Dijana; Radman, Sanja; Habuda-Stanić, Mirna; Landeka Dragičević, Tibela

Source / Izvornik: Ružičkini dani : Međunarodni znanstveno-stručni skup 18. Ružičkini dani „Danas znanost - sutra industrija“ : zbornik radova, 2021, 228 - 234

Conference paper / Rad u zborniku

Publication status / Verzija rada: **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:109:452133>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**

REPOZITORIJ

PTF OS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology Osijek](#)



međunarodni znanstveno-stručni skup

18 RUŽIČKINI DANI

DANAS ZNANOST – SUTRA INDUSTRIJA

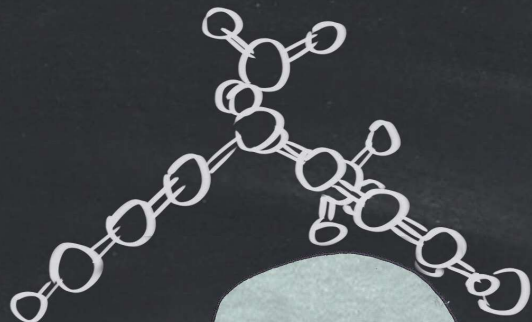
16. – 18. rujna 2020. | Vukovar, Hrvatska



ZBORNİK RADOVA

7. SUSRET MLADIH KEMIČARA

16. rujna 2020., VUKOVAR, HRVATSKA



$$Re = \frac{vdp}{\eta}$$

ZNAŠ ŠTO
BI SE DOGODILO DA
SE SILVER SURFER
I IRON MAN
UJEDINE?

ZNAM....
POSTALI BI
LEGURA!



PROCEEDINGS 	<i>18th Ružička Days “Today Science – Tomorrow Industry”</i>
ZBORNİK RADOVA	18. Ružičkine dani “Danas znanost – sutra industrija” <i>Croatian Society of Chemical Engineers (CSCE) Faculty of Food Technology Osijek University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek</i>
Published by Izdavači	Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Editors Urednici	Ante Jukić, Vesna Ocelić Bulatović, Dajana Kučić Grgić
Executive and Technical Editors Izvršne i tehničke urednice	Vesna Ocelić Bulatović Dajana Kučić Grgić
Text prepared by Tekst pripremili	AUTORI, koji su odgovorni za tekst rada i slike <i>AUTHORS, who are fully responsible for the papers and figures</i>
Cover sheet and layout design Dizajn naslovnice i prijeloma	Zdenko Blažeković
Scientific and Organizing Committee and Reviewers Znanstveno-organizacijski odbor i recenzenti	Ante Jukić (predsjednik/chairman), Jurislav Babić (dopredsjednik/vice-chairman), Vesna Ocelić Bulatović (dopredsjednica/vice- chairman), Dajana Kučić Grgić (tajnica), Ivana Lauš (tajnica), Đurđica Ačkar, Ivan Hubalek, Ljubica Glavaš-Obrovac, Ivanka Miličić, Senka Vidović (Srbija), Marjana Simonič (Slovenija), Miroslav Šlouf (Češka Republika), Zora Pilić (Bosna i Hercegovina)
Honorary Committee Počasni odbor	Damir Boras, Božo Galić, Vlado Guberac, Marin Hraste, Zvonimir Janović, Vesna Jurić Bulatović, Leo Klasinc, Filip Kljajić, Ruža Marić, Ivan Penava, Vlasta Piližota, Drago Šubarić, Vitomir Šunjić, Srećko Tomas, Nenad Trinajstić

Zagreb i Osijek, 2021.

Statičko/anoksična konfiguracija procesa denitrificirajuće defosfatacije uz NO₂-N i NO₃-N kao akceptore elektrona

Ivan Mikac¹, Tea Štefanac¹, Dijana Grgas¹, Sanja Radman², Mirna Habuda-Stanić³,
Tibela Landeka Dragičević^{1*}

¹Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu,
Pierottijeva 6, HR – 10 000 Zagreb

²Kemijsko-tehnološki fakultet, Sveučilište u Splitu, Ruđera Boškovića 35, HR – 21 000 Split,

³Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek,
Franje Kuhača 18, HR - 31 000 Osijek

*Dopisni autor: tlandekadragicevic@pbf.hr

Sažetak

Denitrificirajuća defosfatacija u konfiguraciji procesa statički/anoksični uvjeti istražena je uz nitrit (NO₂-N) i nitrat (NO₃-N) kao akceptore elektrona i natrijev acetat kao donor elektrona. Pokusi uz NO₂-N kao akceptor elektrona provedeni su uz početnu koncentraciju 15 mg PO₄-P/L i pri omjeru C/N 3, 5 i 7, dok je početna koncentracija od 10 mg PO₄-P/L i omjere C/N 5 i 7 odabrana za pokuse s NO₃-N kao akceptorom elektrona. Pokusi su provedeni pri omjeru N/P 2, a pH vrijednost nije kontrolirana. Veće brzine uklanjanja N i P postignute su u pokusima uz NO₂-N kao akceptor elektrona u odnosu na NO₃-N. Najveća brzina uklanjanja NO₂-N od 26,2 mg NO₂-N/Lh postignuta je pri C/N 3 i pri tome je uklonjeno 75,8 % PO₄-P.

Ključne riječi: DPAOs, NO₂-N, NO₃-N, statički/anoksični uvjeti

Uvod

Biološko uklanjanje nutrijenata N i P široko je rasprostranjena metoda obrade otpadnih voda kojom se sprječava eutrofikacija, onečišćenje podzemnih voda ili negativan utjecaj na ljudsko zdravlje. Biološko uklanjanje provodi se pomoću mješovite zajednice mikroorganizama pri različitim uvjetima (Henze i sur., 2008).

Denitrificirajući fosfor akumulirajući organizmi (DPAOs, engl. *Denitrifying phosphorus accumulating organisms*) imaju sposobnost anoksičnog unosa P u stanicu, uz istovremenu denitrifikaciju. DPAOs u anaerobnim uvjetima asimilira vanjske izvore ugljika (acetat) u stanicu i prevodi u unutarstanično pohranjene polihidroksialkanoate (PHA, engl. *Polyhydroxyalkanoates*) – polihidroksibutirat (PHB, engl. *Polyhydroxybutyrate*) i polihidroksivalerat (PHV, engl. *Polyhydroxyvalerate*). Otpuštanje orto-fosfata (O-PO₄) iz unutarstanično pohranjenog poliP oslobađa energiju koja se koristi za unos acetata u stanicu i produkciju PHB. Zatim, u anoksičnim uvjetima DPAOs koriste NO₂-N i/ili NO₃-N kao akceptore elektrona za unos O-PO₄ u stanicu oksidacijom PHA. Odvođenjem viška mikrobne biomase iz sustava se uklanja P (Hu i sur., 2003). Brojni su čimbenici procesa denitrificirajuće defosfatacije poput: koncentracija mikrobne biomase (MLSS, engl. *Mixed liquor suspended solids*), koncentracija otopljenog kisika (DO, engl. *Dissolved oxygen*), pH vrijednost, temperatura i omjer C/P (Jena i sur., 2016; Wong i sur., 2013; Oehmen i sur., 2006).

Brojni autori istaknuli su inhibirajući učinak $\text{NO}_2\text{-N}$ u rasponu koncentracije 3-93,7 mg $\text{NO}_2\text{-N/L}$ na proces denitrificirajuće defosfatacije (Peng i sur., 2011; Zhou i sur., 2007; Saito i sur., 2004; Meinhold i sur., 1999). Ma i sur. (2013) su istaknuli da se stupnjevitim dodavanjem $\text{NO}_2\text{-N}$ izbjegava inhibicijski učinak. Istaknuli su daje za uspješnu denitrificirajuću defosfataciju potrebno održavanje koncentracije $\text{NO}_2\text{-N} < 15 \text{ mg/L}$.

Cilj ovog rada bio je istražiti učinak odabranog akceptora elektrona ($\text{NO}_2\text{-N}$ ili $\text{NO}_3\text{-N}$) na učinkovitost uklanjanja P u anoksičnim uvjetima, te učinak omjera C/N, uz natrijev acetat kao izvor C na učinkovitost denitrifikacije i unos P u stanice, pri omjeru N/P 2. Proces denitrificirajuće defosfatacije, vođen u konfiguraciji statički/anoksični uvjet proveden je uz dodatak izvora C u statičkom periodu procesa i uz dodatak akceptora elektrona ($\text{NO}_2\text{-N}$ ili $\text{NO}_3\text{-N}$) i izvora $\text{PO}_4\text{-P}$ u anoksičnom periodu procesa.

Materijali i metode

Dizajn pokusa

Mulj korišten u diskontinuiranim pokusima denitrificirajuće defosfatacije uzet je iz SBR (engl. *Sequencing batch reactor*) na kraju aerobne faze procesa, te tri puta opran vodovodnom vodom. Statički uvjeti vođeni su 4 sata uz miješanje sadržaja 5 s svakih 15 minuta. Za postizanje anoksičnih uvjeta laboratorijske čase radnog volumena 500 mL postavljene su na magnetske miješalice pri 100 o/min. pH nije korigiran. Natrijev acetat ($\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2$), izvor ugljika, odvagano je u odgovarajućoj količini za odabrani C/N omjer i dodan na početku statičkog perioda procesa. Kao izvor fosfata korištena je vodena otopina kalijeva dihidrogen fosfata (KH_2PO_4), dodana u odgovarajućoj količini na početku anoksičnog perioda procesa. Vodene otopine NaNO_2 i KNO_3 služile su kao izvor $\text{NO}_2\text{-N}$ i $\text{NO}_3\text{-N}$, a dodane su u ciljani pokus u odgovarajućoj količini na početku anoksičnog perioda procesa. U statičkom periodu procesa određivan je KPK (kemijska potrošnja kisika) i $\text{PO}_4\text{-P}$, a u anoksičnom periodu procesa KPK, $\text{PO}_4\text{-P}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, te pH, DO i temperatura. Pokusi su vođeni uz početnu koncentraciju 15 mg $\text{PO}_4\text{-P/L}$ uz $\text{NO}_2\text{-N}$ i pri C/N 3, 5, i 7, odnosno uz 10 mg $\text{PO}_4\text{-P/L}$ uz $\text{NO}_3\text{-N}$ i pri C/N 5 i 7. Koncentracija mikrobne biomase iznosila je $3,8 \pm 0,2 \text{ gMLSS/L}$. Sve kemikalije korištene u provedbi pokusa su p.a. čistoće. Pokusi su vođeni u 3 paralele, a rezultati predstavljaju srednju vrijednost \pm standardna devijacija.

Analitičke i mikrobiološke metode

$\text{PO}_4\text{-P}$ u obliku orto-fosfata, $\text{NO}_3\text{-N}$ i $\text{NO}_2\text{-N}$ određivani su fotometrijski, pomoću kivetnog testa Merck Spectroquant 1.14842, Merck Spectroquant 1.14773 i Merck Spectroquant 1.14776. KPK i MLSS su određivani prema Standardnim metodama (APHA, 2005). pH vrijednost motrena je pomoću pH-metra WTW 330i i pH elektrode SenTix41. Koncentracija otopljenog kisika određivana je pomoću kisikove elektrode DurOx i mjerača otopljenog kisika WTW Oxi3210. Temperatura je očitavana pomoću temperaturnog senzora s kisikove i pH elektrode.

Rezultati i rasprava

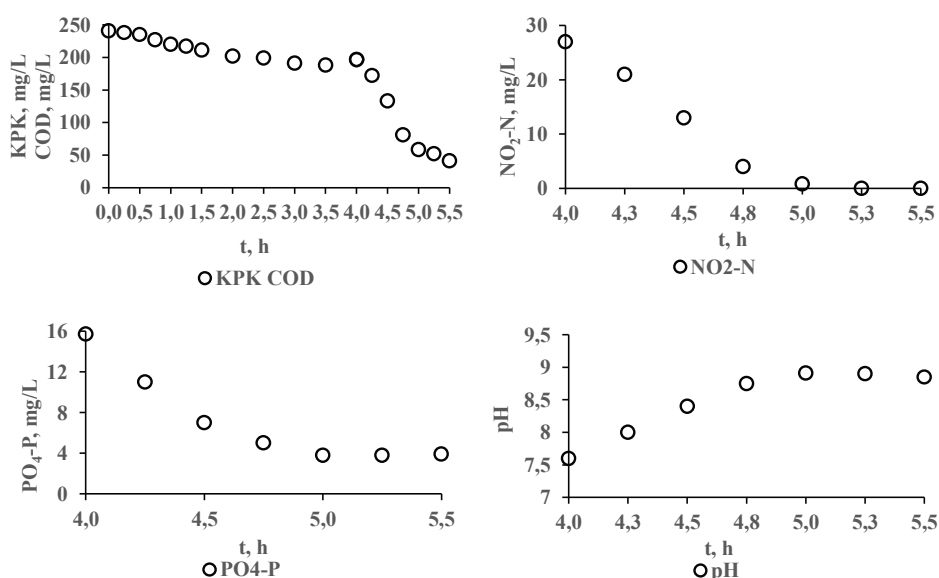
Pokusima denitrificirajuće defosfatacije pri statičko-anoksičnoj konfiguraciji procesa istražen je učinak akceptora elektrona, $\text{NO}_2\text{-N}$ i $\text{NO}_3\text{-N}$, na učinkovitost uklanjanja P i učinak odabranog omjera C/N na učinkovitost procesa i brzinu denitrificirajuće defosfatacije. Brojni su čimbenici koji utječu na proces denitrificirajuće defosfatacije, poput vrste i koncentracije izvora C, koncentracije $\text{NO}_2\text{-N}$ i $\text{NO}_3\text{-N}$, pH vrijednosti, DO, anaerobne faze procesa i drugo (Li i sur., 2017; Jena i sur., 2016; Tayà i sur., 2013; Pan i sur., 2013).

Denitrificirajuća defosfatacija uz $\text{NO}_2\text{-N}$ kao akceptor elektrona u statičko/anoksično vođenom procesu

U statičkom periodu procesa, u provedbi pokusa denitrificirajuće defosfatacije uz $\text{NO}_2\text{-N}$, određeno je smanjenje KPK od $16,5 \pm 1,5$ % pri C/N 3, 5 i 7, bez otpuštanja orto-fosfata u ML (engl. *Mixed liquor*). Daljnjim tijekom procesa, u anoksičnim uvjetima uz $\text{NO}_2\text{-N}$ kao akceptor elektrona, zbivalo se istovremeno uklanjanje P i N kao i smanjenje KPK. Unos P neovisan je o omjeru C/N i iznosio je $75,2 \pm 0,6$ pri čemu je utrošen sav $\text{NO}_2\text{-N}$. U tim pokusima pri omjeru C/N 5 i 7 izvor C je dodan u suvišku te preostaje u obrađenoj otpadnoj vodi na kraju pokusa. Promjene KPK, $\text{PO}_4\text{-P}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ i pH vrijednosti pri C/N 3 u procesu denitrificirajuće defosfatacije uz $\text{NO}_2\text{-N}$ kao akceptor elektrona u statičko/anoksično vođenom procesu prikazani su na slici 1. Raspoloživi KPK utrošen je tijekom 5 sati procesa uz istovremenu denitrificaciju 30 mg $\text{NO}_2\text{-N/L}$ pri čemu je postignuto uklanjanje $\text{PO}_4\text{-P}$ od 75,8 %. Unos P je najintenzivniji tijekom prvih 30 minuta anoksičnih uvjeta za sve odabrane omjere C/N.

López-Vázquez i sur. (2008) navode da unos fosfata u stanicu ovisi o uvjetima u kojima se mikroorganizmi nalaze. U aerobnim uvjetima postigli su prosječan unos fosfata od 10 ± 4 mg $\text{PO}_4\text{-P/gVSSh}$ a pri anoksičnim uvjetima unos je iznosio 3 ± 2 mg $\text{PO}_4\text{-P/gVSSh}$. Prosječan unos fosfata u anoksičnim/aerobnim uvjetima iznosio je 24 ± 16 %. Jena i sur. (2016) provodili su pokus tijekom 180 dana u anoksično-aerobnoj konfiguraciji procesa i postigli 86,7 % unos $\text{PO}_4\text{-P}$ i 98 % uklanjanje $\text{NO}_3\text{-N}$ tijekom anoksične faze. Rezultati denitrificirajuće defosfatacije uz $\text{NO}_2\text{-N}$ u statičko/anoksično vođenom procesu (slika 1) su u suglasju sa rezultatima Jena i sur. (2016) koji su istaknuli najintenzivniji unos P u stanice u prvoj trećini anoksične faze. Za odabrani omjer C/N 3 brzina denitrificacije iznosila je 26,2 mg $\text{NO}_2\text{-N/Lh}$, a brzina defosfatacija 11,9 mg P/Lh (slika 1). Profil pH pokazuje rast vrijednosti.

U odabranom načinu vođenja procesa – statički/anoksični uvjeti, $\text{NO}_2\text{-N}$ kao akceptor elektrona, omjer N/P 2, omjere C/N 3, 5 i 7, unos $\text{PO}_4\text{-P}$ u stanice DPAOs nije bio limitiran količinom elektron donora ni početnom količinom elektron akceptora. U literaturi je navedeno da $\text{NO}_2\text{-N}$ može imati inhibicijski učinak na aktivnost DPAOs u koncentraciji 3-93,7 mg/L (Peng i sur., 2011; Zhou i sur., 2007; Saito i sur., 2004; Meinhold i sur., 1999), a da je moguće rješenje tog problema impulsno dodavanje $\text{NO}_2\text{-N}$ niske koncentracije (Ma i sur., 2013; Vargas i sur., 2011).



Slika 1. KPK (statički i anoksični period procesa), NO₂-N, PO₄-P i pH (anoksični period procesa) tijekom denitrificirajuće defosfatacije uz NO₂-N kao akceptor elektrona u statičko/anoksično vođenom procesu, pri N/P 2 i C/N 3

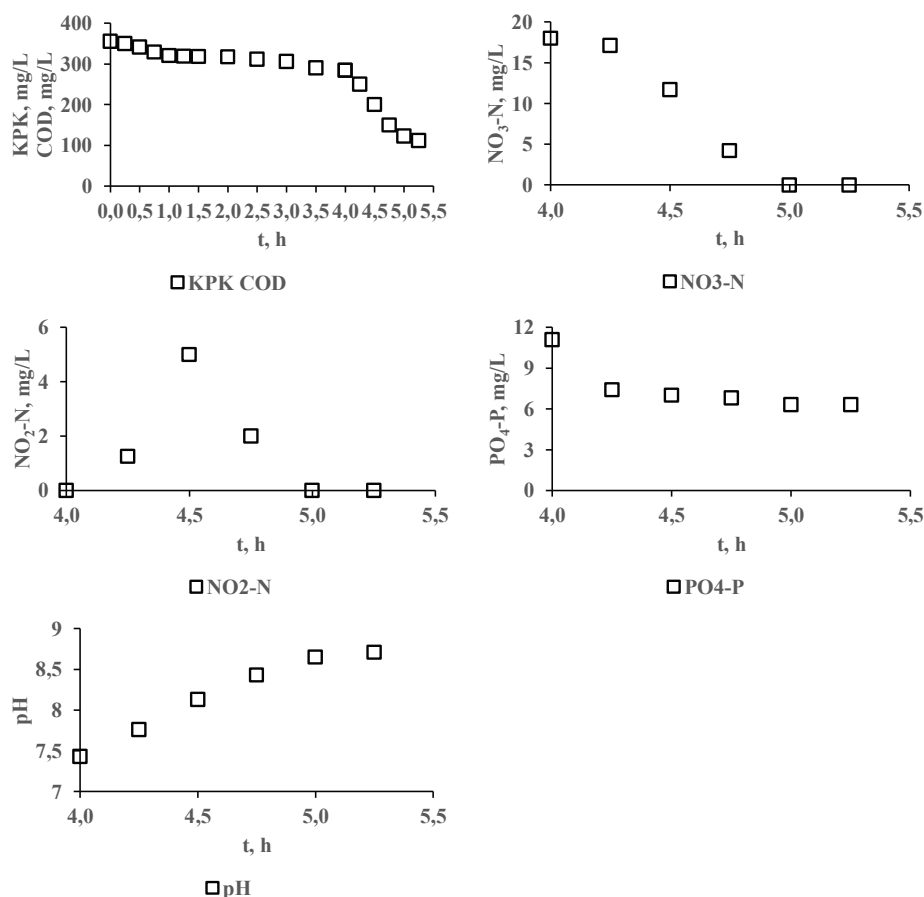
Figure 1. COD (static and anoxic process), NO₂-N, PO₄-P and pH (anoxic process) during denitrifying dephosphatation via NO₂-N as electron acceptor at static/anoxic configuration, at N/P 2 and C/N 3

Denitrificirajuća defosfatacija uz NO₃-N kao akceptor elektrona u statičko/anoksično vođenom procesu

Pokusni denitrificirajuće defosfatacije uz NO₃-N kao akceptor elektrona provedeni su također pri omjeru N/P 2, uz početnu koncentraciju 10 mg PO₄-P /L, pri C/N 3 i 5. Tijekom statičkog perioda ostvareno je smanjenje KPK od 19±1 %, što je slično vrijednostima postignutim u pokusima uz NO₂-N kao akceptor elektrona. Omjer C/N 3 ne osigurava dovoljno organskih sastojaka za potpunu denitrifikaciju – u procesu preostaje NO₃-N, a u takvim uvjetima limitiranim izvorom C unos P je iznosio 50,9 %. Denitrifikacija i unos P bili su limitirani nedovoljnom količinom elektron donora.

Promjene KPK, NO₃-N, NO₂-N, PO₄-P i pH pri C/N 5 u procesu denitrificirajuće defosfatacije uz NO₃-N kao akceptor elektrona u statičko/anoksično vođenom procesu prikazani su na slici 2. U anoksičnom periodu procesa istovremeno se unosi P u stanice, zbiva se denitrifikacija uz prevođenje NO₃-N u NO₂-N, te smanjenje koncentracije NO₂-N i KPK. Organski sastojci pri C/N 5 dodani su u suvišku, te je na kraju anoksične faze preostalo 122,9 mg KPK/L. Provedena je potpuna denitrifikacija, a unos P iznosio je 43 %. Profil pH pokazao je rast pH vrijednosti tijekom procesa. Postignuta je brzina denitrifikacije od 18 mg NO₃-N/Lh i brzina uklanjanja P od 4,8 mg P/Lh pri C/N 5 (slika 2). Iz rezultata proizlazi da je minimalna potreba na organskim sastojcima za denitrificirajuću defosfataciju s NO₃-N kao akceptorom elektrona 3<C/N<5 uz omjer N/P 2. Rezultati pokusa denitrificirajuće defosfatacije u statičko-anoksičnom režimu sa NO₂-N i NO₃-N kao akceptorima elektrona (slike 1 i 2) pokazuju da je manja potreba na organskim sastojcima sa NO₂-N kao akceptorom

elektrona u odnosu na $\text{NO}_3\text{-N}$, što je u suglasju sa literaturom (Pan i sur., 2017; Rubio-Rincón i sur., 2017; Zeng i sur., 2016; Zhou i sur., 2010). Rezultati ovih istraživanja (Slike 1 i 2) ukazuju da je $\text{NO}_2\text{-N}$ povoljniji akceptor elektrona u procesu denitrificirajuće defosfatacije u statičko/anoksičnoj konfiguraciji procesa od $\text{NO}_3\text{-N}$, dok su Zhou i sur. (2010) postigli veće uklanjanje P s $\text{NO}_3\text{-N}$ kao akceptorom elektrona, u odnosu na $\text{NO}_2\text{-N}$.



Slika 2. KPK (statički i anoksični period procesa), $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ i pH (anoksični period procesa) tijekom procesa denitrificirajuće defosfatacije uz $\text{NO}_3\text{-N}$ kao akceptor elektrona u statičko/anoksično vođenom procesu, pri N/P 2 i C/N 5

Figure 2. COD (static and anoxic process), $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ and pH (anoxic process) during denitrifying dephosphatation via $\text{NO}_3\text{-N}$ as electron acceptor at static/anoxic configuration, at N/P 2 and C/N 5

Zaključci

U statičko/anoksičnoj konfiguraciji procesa DPAOs provode denitrificirajuću defosfataciju uz natrijev acetat kao donor elektrona i $\text{NO}_2\text{-N}$ i $\text{NO}_3\text{-N}$ kao akceptore. U statičkom periodu procesa postignuto je smanjenje KPK bez otpuštanja $\text{PO}_4\text{-P}$. Anoksični period procesa karakteriziran je intenzivnim unosom $\text{PO}_4\text{-P}$ tijekom prvih 15-30 minuta procesa uz $\text{NO}_2\text{-N}$ i $\text{NO}_3\text{-N}$, a daljnjom provedbom pokusa u anoksičnim uvjetima uklanjanje P odvija se manjim intenzitetom. Uklanjanje P od 75,8 % pri C/N 3 postignuto je uz $\text{NO}_2\text{-N}$ kao akceptor

elektrona, i uklanjanje P od 43,2 % uz NO₃-N pri C/N 5. Veće brzine uklanjanja N i P postignute su u pokusima uz NO₂-N kao akceptor elektrona.

Literatura

- APHA (2005): Standard methods for the examination of water and waste water, 21. izd., American Public Health Association, Washington, DC.
- Henze, M., van Loosdrecht, M., Ekama, G., Brdjanovic, D. (2008): Biological wastewater treatment. IWA Publishing London. ISBN: 1843391880.
- Hu, J. Y., Ong, S. L., Ng, W. J., Lu, F., Fan, X. J. (2003): A new method for characterizing denitrifying phosphorus removal bacteria by using three different types of electron acceptors, *Water Res.* 37, 3463 – 3471.
- Jena, J., Kumar, R., Saifuddin, M., Dixit, A., Das, T. (2016): Anoxic-aerobic SBR system for nitrate, phosphate and COD removal from high-strength wastewater and diversity study of microbial communities, *Biochem. Eng. J.* 105, 80 – 89.
- Li, W., Sun, H. Z., Wei, W., Liu, J., Fu, J. X., Wang, J. (2017): Study on denitrifying dephosphatation process, influence factors and mechanism. 3rd International Conference on Water Resource and Environment (WRE 2017), IOP Conf. Series: Earth and Environment Science 82, 012090.
- López-Vázquez, C., Hooijmans, C., Brdjanovic, D., Gijzen, H., van Loosdrecht, M. (2008): Factors affecting the microbial populations at full-scale enhanced biological phosphorus removal (EBPR) wastewater treatment plants in The Netherlands, *Water Res.* 42, 2349 – 2360.
- Ma, B., Wang, S., Zhu, G., Ge, S. (2013): Denitrification and phosphorus uptake by DPAOs using nitrite as an electron acceptor by step-feed strategies, *Front. Environ. Sci. Eng.* 7(2), 267 – 272.
- Meinhold J., Arnold E., Isaacs S. (1999): Effect of nitrite on anoxic phosphate uptake in biological phosphorus removal activated sludge, *Water Res.* 33, 1871 – 1883.
- Oehmen, A., Carvalho, G., Lopez-Vazquez, C., van Loosdrecht, M. C., Reis, M. A. M. (2010): Incorporating microbial ecology into the metabolic modelling of polyphosphate accumulating organisms and glycogen accumulating organisms, *Water Res.* 44, 4992 – 5004.
- Pan, M., Chen, T., Hu, Z., Zhan, X. (2013): Assessment of nitrogen and phosphorus removal in an intermittently aeration sequencing batch reactor (IASBR) and a sequencing batch reactor (SBR), *Water Sci. Technol.* 68, 400 – 405.
- Peng, Y. Z., Wu, C. Y., Wang, R. D., Li, X. L. (2011): Denitrifying phosphorus removal with nitrite by a real-time step feed sequencing batch reactor, *J. Chem. Techn. Biotechnol.* 86, 541 – 546.
- Rubio-Rincón, F. J., Lopez-Vazquez, C. M., Welles, L., van Loosdrecht, M. C. M., Brdjanovic, D. (2017): Cooperation between *Candidatus* Competibacter and *Candidatus* Accumulibacter clade I, in denitrification and phosphate removal processes, *Water Res.* 120, 156 – 164.
- Saito, T., Brdjanovic, D., van Loosdrecht, M. C. M. (2004): Effect of nitrite on phosphate uptake by phosphate accumulating organisms, *Water Res.* 38, 3760 – 3768.
- Tayà, C., Garlapati, V. K., Guisasola, A., Baeza, J. A. (2013): The selective role of nitrite in the PAO/GAO competition, *Chemosphere* 93, 612 – 618.

- Vargas, M., Guisasola, A., Artigues, A., Casas, C., Baeza, J. A. (2011): Comparison of a nitrite-based anaerobic–anoxic EBPR system with propionate or acetate as electron donors, *Process Biochem.* 46, 714 – 720.
- Wong, P., Cheng, K., Kaksonen, A., Sutton, D., Ginige, M. (2013): A novel post denitrification configuration for phosphorus recovery using polyphosphate accumulating organisms, *Water Res.* 47(17), 6488 – 6495.
- Zeng, W., Li, B., Wang, X., Bai, X., Peng, Y. (2016): Influence of nitrite accumulation on “*Candidatus Accumulibacter*” population structure and enhanced biological phosphorus removal from municipal wastewater, *Chemosphere* 144, 1018 – 1025.
- Zhou, S., Zhang, X., Feng, L. (2010): Effect of different types of electron acceptors on the anoxic phosphorus uptake activity of denitrifying phosphorus removing bacteria, *Bioresour. Technol.* 101, 1603 – 1610.
- Zhou, Y., Pijuan, M., Yuan, Z. (2007): Free nitrous acid inhibition on anoxic phosphorus uptake and denitrification by poly-phosphate accumulating organisms, *Biotechnol. Bioeng.* 98, 903 – 912.

Static/anoxic configuration of denitrifying dephosphatation process with $\text{NO}_2\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ as electron acceptors

Ivan Mikac¹, Tea Štefanac¹, Dijana Grgas¹, Sanja Radman², Mirna Habuda-Stanić³,
Tibela Landeka Dragičević^{1*}

¹Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb,
Pierottijeva ulica 6, 10 000 Zagreb, Croatia

²Faculty of Chemistry and Technology, University of Split,
Ruđera Boškovića 35, 21 000 Split, Croatia

³Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Food Technology Osijek,
Franje Kuhača 18, 31 000 Osijek, Croatia

*Corresponding author: tlandekadragicevic@pbf.hr

Summary

Denitrifying dephosphatation at static/anoxic configuration of process was investigated. Sodium acetate was electron donor, and nitrite and nitrate electron acceptors. At ratios C/N 3, 5, 7 with $\text{NO}_2\text{-N}$ as electron acceptors initial concentration of $\text{PO}_4\text{-P}$ was 15 mg/L, and at ratios C/N 3 and 5 with $\text{NO}_3\text{-N}$ as electron acceptors initial concentration was 10 mg $\text{PO}_4\text{-P/L}$. The experiments were carried out at ratio N/P 2 and pH was not controlled. Higher removal rates of both N and P, in experiments with $\text{NO}_2\text{-N}$ as electron acceptors relative to $\text{NO}_3\text{-N}$ as electron acceptor, were observed. The highest removal rate of 26.2 mg $\text{NO}_2\text{-N/Lh}$ and $\text{PO}_4\text{-P}$ uptake of 75.8 % was achieved at C/N 3 and $\text{NO}_2\text{-N}$ as electron acceptor.

Keywords: DPAOs, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, static/anoxic condition