

Originalni naučni rad

UDK 502.51:504.5:628.3.034.2

DOI 10.7251/SVR1510034I

AUTOTROFNA NITRIFIKACIJA KOMUNALNIH OTPADNIH VODA

**Doc. dr Jasmina Ibrahimpašić, Eldina Purković, mr Merima
Toromanović**

Univerzitet u Bihaću, Biotehnički fakultet¹

Apstrakt: Komunalne otpadne vode sadrže značajne količine organskih i neorganskih dušikovih i fosfornih jedinjenja. Nutrijenti kao što su dušik i fosfor, ako su prisutni u povećanim koncentracijama u akvatičnim ekosistemima stimulišu rast algi i drugih fotosintetskih organizama, što utiče na ubrzanje procesa eutrofikacije. Kako bi se spriječio negativan uticaj dušika prisutnog u upotrebljenim vodama na akvatične ekosisteme vodu je prije ispuštanja potrebno prečistiti do odgovarajućeg stepena.

Predmet ovog rada je biološka obrada komunalnih otpadnih voda, odnosno uklanjanje tvari sa dušikom metodom autotrofne nitrifikacije. U radu je prikazana biološka obrada komunalne otpadne vode. U pokusima je korišten aktivni mulj sa uređaja za prečišćavanje otpadnih voda. Provedbom postupka autotrofne nitrifikacije, gdje autotrofne bakterije koriste anorganski izvor ugljika, smanjena je početna koncentracija $\text{NH}_4\text{-N}$ 29,06 mg/l na vrijednost $\text{NH}_4\text{-N}$ 6,73 mg/l. Brzina oksidacije amonijaka iznosila je 10,96 mg/l/h uklonjenog $\text{NH}_4\text{-N}$. Uklanjanjem amonijaka smanjuje se i sadržaj organske materije izražen preko HPK. Kod influenta koncentracija HPK je iznosila 745 mg/l, dok je kod efluenta HPK 65,25 mg/l, što je vrlo povoljno sa stanovišta zaštite životne sredine.

Ključne riječi: *komunalna otpadna voda, autotrofna nitrifikacija, denitrifikacija, biološka obrada.*

UVOD

Upotrijebljena voda opterećena otpadnim organskim i anorganskim tvarima, odnosno onečišćenjima, ispušta se u vodotoke, jezera ili mora. Onečišćenja ugrožavaju biološku ravnotežu vodnih ekosistema, a ovisno o količini i vrsti onečišćenja mogu dovesti u pitanje i njihov opstanak. Ono što karakterizira najveći broj naseljenih mjesta na području Federacije BiH jeste nepostojanje objedinjenog sistema za prikupljanje (i tretman) otpadnih voda, te činjenica da se otpadne i atmosferske vode najčešće prihvataju mješovitim sistemom kanalizacije i najkraćim putem provode do najbližeg recipijenta.

Komunalne otpadne vode su otpadne vode iz kućanstava ili mješavina otpadnih voda iz kućanstava s industrijskim otpadnim vodama i/ili oborinskim vodama (Direktiva o odvodnji i pročišćavanju komunalnih otpadnih voda, 1991) Sastav otpadne tvari u kućanskim vodama ovisi o više uzroka, a posebno o načinu

¹Univerzitet u Bihaću, Biotehnički fakultet, Luke Marjanovića bb, 77000 Bihać.

života, klimatskim prilikama, izgrađenosti vodovodnog sistema i raspoloživim količinama vode. Svježe kućanske otpadne vode su sivo-smeđe boje, karakterističnog mirisa. Temperatura otpadne vode povišena je u odnosu na vodovodnu, zbog grijanja u kuhinjama, kupaonicama, praonicama i slično (Europska agencija za okoliš, 1998). Tečenjem u kanalizacijskoj mreži, nakon što je biološka razgradnja napredovala, boja vode postaje tamna, a miris osebujan po trulim jajima, zbog sadržaja vodik-sulfida. Komunalne upotrijebljene vode sadrže značajne količine organskih i neorganskih dušičnih i fosfornih jedinjenja. Osnovni izvori dušičnih i fosfornih jedinjenja su poljoprivredne površine i ispuštanje neprečišćenih ili nedovoljno prečišćenih upotrijebljenih voda. Kako bi se spriječio negativan uticaj dušika prisutnog u upotrijebljenim vodama na akvatične ekosisteme vodu je prije ispuštanja potrebno prečistiti do odgovarajućeg stepena.

Biološki postupci prečišćavanja upotrijebljenih voda su osnovni postupci za tretman komunalnih voda. Sekundarna ili biološka obrada obuhvata biološke postupke u kojima se delovanjem mikroorganizama uklanjaju otopljeni organski sastojci i anorganski sastojci, te suspendirane čestice preostale nakon primarne obrade. Najčešće primjenjivan postupak za prečišćavanje komunalnih upotrijebljenih voda je aerobni postupak sa suspendovanom mikroflorom – aktivnim muljem. Provodi se u aeracijskom bioreaktoru gdje aerobni mikroorganizmi svojom biohemijskom aktivnošću oksidiraju organske tvari prisutne u otpadnoj vodi (Čurli, 2008.) Aktivni mulj sastoji se od bakterija, protozoa, algi, kvasaca i metazoa povezanih sa suspendiranim česticama u nakupine koje se zovu pahuljice ili flokule.

Postupak uklanjanja organskih sastojaka iz otpadne vode primjenom biološke razgradnje prate tri uzastopne reakcije: oksidacija, sinteza mikrobne biomase i endogena respiracija.² Procesom obrade sa aktivnim muljem danas se vrše procesi nitrifikacije, biološko uklanjanja dušika i biološko uklanjanje fosfora. Biološko uklanjanje dušika iz otpadne vode postiže se primjenom procesa aerobne oksidacije amonijaka, odnosno aerobne autotrofne nitrifikacije i anoksične (fakultativno-anaerobne) denitrifikacije. Amonijak oksidirajuće bakterije (AOB), poput: *Nitrosomonas*, *Nitrospira* i *Nitrosococcus*, prevode amonijak do nitrita. Nitrit oksidirajuće bakterije (NOB), poput: *Nitrobacter*, *Nitrospira*, *Nitrococcus* i *Nitrospina*, nadalje prevode nitrit do nitrata.

Predmet ovog rada je biološka obrada komunalnih otpadnih voda, odnosno uklanjanje tvari sa dušikom metodom autotrofne nitrifikacije. U pokusima je korišten aktivni mulj sa uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, u kojem je tehnikom nakupljanja nitrifikanata i denitrifikanata priređena mješovita mikrobna kultura koja je pokazala sposobnost nitrifikacije.

MATERIJAL I METODA RADA

Za izradu ovog rada korištena je komunalna otpadna voda, koja je značajno organski opterećena. U pokusima je korištena nativna kultura mikroorganizama iz komunalne otpadne vode, koja je obogaćena sa mikrobnim kulturama nitrifikanata i denitrifikanata, koji su priređeni u

² Henze i sur., 2002.

laboratoriju za ispitivanje otpadnih voda Biotehničkog fakulteta u Bihaću. Nativna kultura je dodatkom kultura nitrifikanata pokazala sposobnost biorazgradnje komunalne otpadne vode. Aktivnost mikrobne kulture za uklanjanje sastojaka sa dušikom određena je mjerenjem koncentracije amonijakalnog dušika, nitrita, nitrata, pH vrijednosti, koncentracije otopljenog kisika i koncentracije mikrobne biomase. Proces nitrifikacije provodio se u aerobnim uvjetima.

Karakteristike otpadne vode su pretežno organskog zagađenja čiji uticaj na kvalitet otpadnih voda pratimo preko specifičnih parametara kao što su suspendirane materije, HPK, BPK₅, koncentracija amonijum jona i soli, nitrata i nitrita. Određivanje fizičko-hemijskih parametara kvaliteta uzorka otpadne vode je rađeno prema standardnim metodama (APHA, 2000) i Uredbi o uslovima ispuštanja otpadnih voda u prirodne recepijente.

REZULTATI

U radu su prikazani rezultati mjerenja tokom obrade komunalne otpadne vode. U Tabeli 1 su dati fizičko-hemijski parametri kojima se utvrđuje kvalitet otpadne vode prema Uredbi o uslovima ispuštanja otpadnih voda u prirodne recipijente i sisteme javne kanalizacije.³

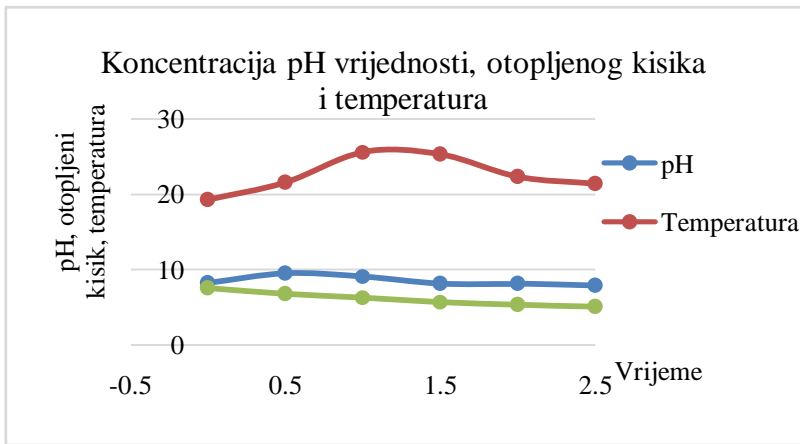
Tabela 1. Rezultati analize otpadne vode

Parametri	Rezultati analize otpadne vode prije prečišćavanja (influent)	Rezultati analize otpadne vode poslije prečišćavanja (effluent)	GVE ⁴ otpadnih voda koje se ispuštaju u površinska vodna tijela	GVE otpadnih voda koje se ispuštaju u javni kanalizacioni sistem
Boja	Siva	Sivkasta		
Miris	Jak miris	Slabijeg intenziteta		
Temperatura (°C)	19,3	21,4	30	40
pH	8,2	7,9	6,5 – 9,0	6,5 – 9,5
Elektroprovodljivost (μS)	876	876		
Mutnoća (NTU)	497	497		
Zasićenost kisikom (%)	16,9	11,2		
Otopljeni kisik (mg/L)	7,5	5,1		
Ukupni ostatak (mg/L)	1964	1964		
Suspendirane tvari (mg/L)	391	391	35,0	400

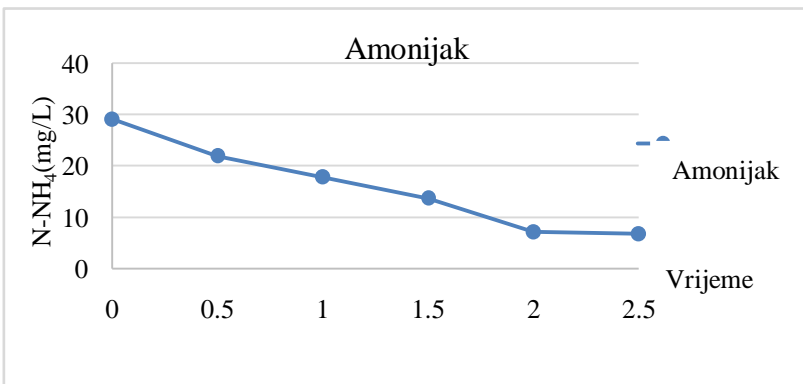
³ Narodne novine FBiH 4/12

⁴ GVE - Granična vrijednost emisije označava masu specifičnog parametra, koncentraciju i/ili nivo emisije koji ne može biti prekoračen za vrijeme jednog ili više vremenskih perioda.

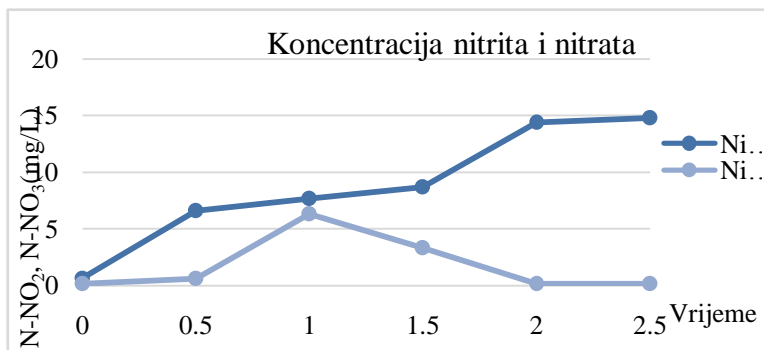
Ostatak nakon žarenja (mg/L)	1636	1636		
p- alkalitet (mg/L)	0	0		
m – alkalitet (mg/L)	125	125		
Utrošak KMnO_4 (mg/L)	42,98	42,98		
Nitriti (mg/L)	0,14	0,16		
Nitrati (mg/L)	0,7	14,8	10	50
Amonijak (mg/L)	29,06	6,73	10	40
HPK (mgO_2/L)	745	65,25	125	700
BPK5 (mgO_2/L)	405	40,5	25	250
Fosfati (mg/L)	4,60	4,60	2,0	5,0



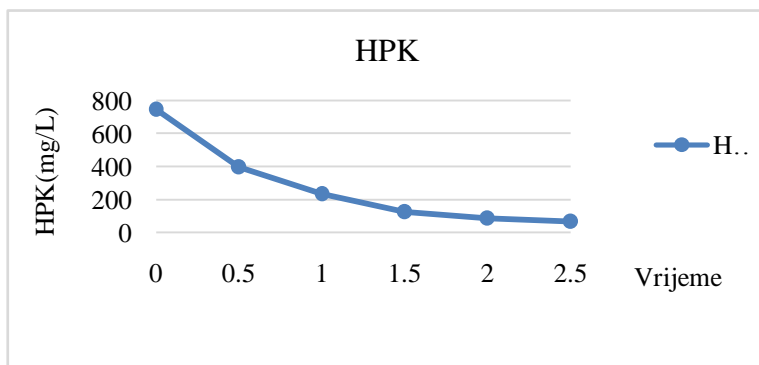
Slika 1. Promjene pH vrijednosti, otopljenog kisika i temperature tokom biorazgradnje komunalne otpadne vode



Slika 2. Promjene koncentracije amonijakalnog dušika tokom biorazgradnje komunalne otpadne vode



Slika 3. Promjene koncentracija nitrita i nitrata tokom biorazgradnje komunalne otpadne vode



Slika 4. Promjena koncentracije HPK vrijednosti tokom biorazgradnje komunalne otpadne vode

DISKUSIJA

U radu je prikazana biološka obrada komunalne otpadne vode pomoću aktivnog mulja. U pokusima je korišten aktivni mulj sa uređaja za prečišćavanje otpadnih voda. Provedbom postupka autotrofne nitrifikacije, gdje autotrofne bakterije koriste anorganski izvor ugljika, u komunalnoj otpadnoj vodi je smanjena početna koncentracija $\text{NH}_4\text{-N}$ od 29,06 mg/l na vrijednost $\text{NH}_4\text{-N}$ 6,73 mg/l. Tokom dva i pol sata brzina oksidacije amonijaka iznosila je 10,96 mg/l/h. Uklanjanjem amonijaka smanjuje se i sadržaj organske materije izražen preko HPK. Kod influenta koncentracija HPK je iznosila 745 mg/l, dok je kod efluenta HPK 65,25 mg/l, što je vrlo povoljno sa stanovišta zaštite životne sredine. Brzina razgradnje organskih sastojaka izražena kao HPK vrijednost je iznosila 271,9 mg/l.h. Tokom oksidacije amonijaka došlo je do nakupljanja nitritia i nitrata. Najveća koncentracija nitrita izmjerena je u prvom satu pokusa i iznosila je 6 mg/L. Nakon toga dolazi do oksidacije nitrita u nitrate. Nakon dva i pol sata pokusa koncentracija nitrata je iznosila 14,8 mg/L. Tokom provođenja procesa autotrofne nitrifikacije dolazi do smanjenja pH vrijednosti, usljed smanjenja puferskog kapaciteta, ali i do smanjenja koncentracije otopljenog kisika.

ZAKLJUČAK

Na osnovu dobivenih rezultata nakon obrade komunalne otpadne vode, biološkim postupkom prečišćavanja doneseni su sljedeći zaključci:

- Provedbom postupka autotrofne nitrifikacije, gdje autotrofne bakterije koriste anorganski izvor ugljika, smanjena je početna koncentracija $\text{NH}_4\text{-N}$ 29,06 mg/l na vrijednost $\text{NH}_4\text{-N}$ 6,73 mg/l, kao što je prikazano u Tabeli 1.
- U uvjetima autotrofne nitrifikacije, uz početnu koncentraciju $\text{NH}_4\text{-N}$ 29,06 mg/l, brzina oksidacije amonijaka iznosila je 10,96 mg/l/h uklonjenog $\text{NH}_4\text{-N}$. Procesom nitrifikacije amonijakalni dušik može se provesti u nitritni, koji je manje štetni oblik dušika za živi svijet vodotoka.
- Uklanjanjem amonijaka smanjuje se i sadržaj organske materije izražen preko HPK. Kod influenta koncentracija HPK iznosila je 745 mg/l, dok je kod efluenta HPK 65,25 mg/l, što je vrlo povoljno sa stanovišta zaštite životne sredine.
- Istraživanja su pokazala da se kontrola dušika u upotrijebljenim otpadnim vodama najefikasnije može postići u procesima sa objedinjenom nitrifikacijom i denitrifikacijom (Šćiban i sur., 2013).

AUTOTROPHIC NITRIFICATION OF MUNICIPAL WASTEWATER

Assistant professor Jasmina Ibrahimpasić PhD, Eldina Purković, Merima Toromanović MA

Abstract: Municipal wastewater contain significant amounts of organic and inorganic nitrogen and phosphorus compounds. Nutrients such as nitrogen and phosphorus, if they are present in increased concentrations in aquatic ecosystem, they stimulate the growth of algae and other photosynthetic organisms, which affects the acceleration of the process of eutrophication. In order to prevent the negative impact of nitrogen present in the used water to aquatic ecosystems, water is required prior to discharge purified to a suitable degree.

The subject of this paper was biological treatment of municipal wastewater and removal of substances with nitrogen with autotrophic nitrification. The paper describes the biological treatment of municipal wastewater. In experiment was used activated sludge from wastewater treatment plant. In the autotrophic nitrification, where autotrophic bacteria use inorganic carbon source, initial concentration of the $\text{NH}_4\text{-N}$ from 29.06 mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$ decreased on value of 6.73 mg/l. Oxidation of ammonia (ammonia converted into $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NO}_2\text{-N}$) is followed by decomposition of organic matter (COD). Influent COD concentration was 745 mg/l, while the effluent COD, after biological processes, was 65.25 mg/l, which is highly favorable for environmental protection.

Keywords: *municipal wastewater, autotrophic nitrification, denitrification, biological treatment.*

LITERATURA

1. Chughtai, M. I. D. and Krushid, A. (1991): Biological Degradation of Wastes, Biological treatment of Liquid effluents, Elsevier Applied Science, London pp 47-84.
2. Čurlin, M., Bevetek, A., Ležajić, Z., Deverić Meštović, B. i Kurtanjek, Ž. (2008): Modeliranje procesa biološke obrade otpadne vode na komunalnom uređaju grada Velika Gorica, *Kemijska Industrija*, Vol. 57 No. 2. pp 59–67.
3. Direktiva o odvodnji i pročišćavanju komunalnih otpadnih voda - 91/271/EEC, Službeni list 135, svibanj 1991, s. 0040-0052.
4. Europska agencija za okoliš (1998): Urban wastewater projects-a layperson's guide, Vodoprivredno-projektini biro, d.d. Zagreb, pp 12.
5. Henze, M., Harremoës, P., La Cour Jansen, J., Arvin, E. (2002): Wastewater Treatment, *Biological and Chemical Processes*, 3. Ed. pp 89-108.
6. Nicholas, P. C. (1996): Biotechnology for waste and wastewater treatment, Noyes Publications, New Jersey.
7. Šćiban, M., Kukić, D., Klašnja, M., Prodanović, J. (2013): Aeracija kao postupak uklanjanja amonijaka iz otpadne vode fabrike kvasca, *Savremene tehnologije 2013*, Vol.2, 1, s. 15-19.