Uspješnost obrade komunalne otpadne vode u membranskom bioreaktoru

VELJKO N. UKI, Panevropski univerzitet APEIRON, Banja Luka
Bosna i Hercegovina

Originalni naučni rad
UDC:628.336.4:66.023.2
DOI:10.5937/tehnika1506923D

Membranski bioreaktori (MBR) za obradu komunalnih otpadnih voda koji koriste membrane za odvajanje biomase aktivnog mulja imaju mnoge prednosti pred klasičnom tehnologijom.

Primjena u obradi komunalnih otpadnih voda bila je do nedavno ograničena zbog visoke cijene membrana i energije potrebne za filtraciju, ali zbog povećanih zakonskih zahtjeva za kvalitetom obrađene otpadne vode i zbog usavršavanja membranske tehnologije danas postoji veći broj postrojenja u upotrebi. Zbog svojih prednosti i moguće šire upotrebe u obradi komunalnih otpadnih voda provedena su istraživanja da bi se utvrdile moguće nosivosti i ograničenja MBR uređaja. S obzirom na rezultate istraživanja moguće je očekivati širenje MBR tehnologije na obradu komunalnih otpadnih voda.

U radu je istražena uspješnost procesa obrade komunalne otpadne vode u bioreaktoru s uronjenom membranom. MBR je uklanjao više od 92% prisutne organske materije izražene kao HPK te više od 98% organske materije izražene kao BPK₅ uz vrlo stabilnu nitrifikaciju s niskim udjelom asimilacije amonijaka u biomasu.

Ključne riječi: otpadne vode, membranski bioreaktor, organska materija

1. UVOD

Biološka obrada otpadnih voda aktivnim muljem već je dugo najzastupljenija metoda zbog niske cijene i uinkovitosti. Ipak, sve stroži zakonski zahtjevi za višim kvalitetom obrađene otpadne vode tjeraju nas prema usavršavanju procesa. S obzirom na dešavanja u svijetu, čini se da će usavršavanje i u smjeru upotrebe membranskih bioreaktora (MBR) koji kombinuju biološku obradu s membranskim procesom ultrafiltracije. MBR u poređenju s klasičnom tehnologijom aktivnog mulja daje vodu višeg kvaliteta, olakšava rad na uređaju i čini ga manje osjetljivim na promjene procesnih parametara [1]. Danas su u upotrebi uglavnom ultrafiltracijski cijevni moduli s pritiskom tangencijalnom filtracijom. U novije vrijeme razvijene su uronjive membrane s vakuum filtracijom koje karakteriše mnogo niža količina utrošene energije za filtraciju i upotreba turbulentnog strujanja vazduha za aeraciju oko membrane u cilju sprečavanja začepljenja. S obzirom da je upotreba uronjivih membrana na samom početku, njihov uticaj na proces obrade i na in-

njihovog rada još su predmet istraživanja [2].

2. KLASIČNA TEHNOLOGIJA AKTIVNOG MULJA

Komunalne otpadne vode danas se uglavnom obrađuju klasičnom tehnologijom obrade aktivnim muljem. Pod ovim se podrazumijeva aerobni i/ili anaerobni postupak kojim se biohemijom aktivnošću u mješovite kulture mikroorganizama, uklanjaju one tvari iz otpadne vode.

Ovim postupkom se iz otpadne vode prvenstveno uklanjaju biološki razgradive organske materije prevođenjem u jednostavne proizvode (najčešće gasove) i biomasu, koja se formiranjem flokula može izdvojiti taloženjem [2]. Postupak uklanjanja organskih sastojaka iz otpadne vode primjenom biološke razgradnje prate tri uzastopne reakcije: oksidacija, sinteza mikrobnog biomase i endogena respiracija.

Osim razgradnje i uklanjanja organskih spojeva biološkom obradom mogu se ukloniti i azotna jedinjenja koja se u otpadnoj vodi pojavljuju kao amonijak ili amino grupa u organskim spojevima.

Uklanjanje azota provodi se procesima nitrifikacije i denitrifikacije. Nitrifikaciju provode spororastuće hemolitotrofne bakterije rodova *Nitrosomonas*, *Nitrovibrio* i *Nitrococcus* koje u aerobnim uslovima amo-

Adresa autora: Veljko Uki, Panevropski univerzitet Apeiron, Banja Luka, Vojvode Pere Krece 13, Bosna i Hercegovina

Rad primljen: 14.10.2015.

Rad prihvatio: 09.11.2015.

nijak oksidiraju do nitrita, te bakterije iz roda *Nitrobacter*, *Nitrospina* i *Nitrospira* koje oksidiraju nitrite do nitrata. Denitrifikaciju provodi velik broj fakultativnih aeroba koji u odsutnosti kisika koriste nitrat kao konačni akceptor elektrona prevode i ga u elementarni plinoviti azot.

Proces obrade otpadne vode aktivnim muljem provodi se u nekoliko faza. U fazi primarne obrade iz vode se taloženjem uklanjaju suspendirane čestice i pijesak, a flotacijom ulja i masti. Biološka obrada odvija se u aeracijskim bazenima, pri čemu se aktivni mulj održava kao suspenzija vode i mulja, a potreban režim aerobnih i anoksičnih uslova za nitrifikaciju i denitrifikaciju održava se odvajanjem bioreaktora, naizmjenu aeracijom ili stalnom niskom koncentracijom kisika pri čemu se anaerobni uslovi postižu u centru flokule aktivnog mulja. Nakon biološke obrade slijedi odvajanje mulja od obrađene vode u sekundarnom taložniku.

2.1. Nedostaci kod klasične tehnologije aktivnog mulja

Klasična tehnologija aktivnog mulja pokazala se relativno jeftinom i pouzdanom metodom i danas predstavlja najzastupljeniju metodu obrade komunalnih otpadnih voda. Ipak, ova tehnologija ima nekoliko nedostataka koji otežavaju njenu primjenu [3].

Da bi obrada otpadne vode bila uspješna potrebno je aktivni mulj u vidu flokula odvojiti od obrađene vode u sekundarnom taložniku. Da bi se mulj taložio potrebno je održavati optimalne uslove kao što su koncentracija kiseonika i supstrata (organskih materija u otpadnoj vodi).

Pri nepovoljnim uslovima dolazi do rasta nitastih bakterija koje značajno otežavaju ili čak potpuno onemogućavaju taloženje mulja (tzv. plivaju i mulj). Pri uslovima niskog organskog opterećenja vode dolazi do raspada flokula aktivnog mulja koje se tada sporije talože. Ovaj problem često se javlja kod povećanog protoka otpadne vode zbog oborina. Zbog navedenog klasični uređaji na bazi aktivnog mulja zahtijevaju stalni nadzor osposobljenih rukovodilaca.

Problem taloženja aktivnog mulja značajno ograničava i efikasnost uklanjanja organskog onečišćenja koja ovisi o koncentraciji biomase u reaktoru. S obzirom da visoka koncentracija biomase dovodi do niskog odnosa supstrat/biomasa pri kojem je taloženje mulja otežano, zapreminska u inkovitost procesa je relativno niska. Zbog visokog odnosa supstrat/biomasa potrebnog za dobro taloženje mulja, postiže se eksponencijski rast biomase. Iako se u nekim slučajevima višak aktivnog mulja može korisno upotrijebiti kao ubrivo u poljoprivredi, zbrinjavanje viška mulja predstavlja trošak koji poskupljuje tehnologiju. Uza sve

stroške zahtjeve pri odlaganju mulja, smanjenje proizvodnje mulja postaje značajan cilj.

Pri stalnom izdvajanju viška mulja dolazi i do selekcije mikrobne populacije prema brzini rasta pri čemu dolazi do smanjenja koncentracije sporije rastećih mikroorganizama. S obzirom da su za razgradnju nekih organskih jedinjenja koji se nalaze u komunalnim otpadnim vodama (npr. lijekovi i njihovi razgradni produkti) potrebni specifični mikroorganizmi koji vrlo često sporo rastu, oni se ne mogu razviti u dovoljnoj koncentraciji pri normalnim uslovima rada uređaja. Nitrificirajuće bakterije također spadaju u skupinu spororastućih mikroorganizama tako da se pri radu uređaja mogu pojaviti i problemi s uklanjanjem azota [4]. Osim navedenih postoji i problem kvaliteta obrađene vode s obzirom na mikrobiološku onečišćenje uzrokovano ograničenom mogućnošću u sekundarnog taložnika da zadrži bakterijske stanice. Ukoliko se obrađena voda ispušta u recipijente koji služe za kupanje može doći i do širenja bolesti često povezanih s infekcijama oka ili uha.

3. OBRADA OTPADNE VODE MBR (MEMBRANSKIM BIOREAKTOROM)

Za rješavanje problema navedenih kod klasične tehnologije aktivnog mulja mnogo autora vidi u razvoju klasične tehnologije povezivanjem s membranskim procesom koji bi zamijenio sekundarni taložnik u odvajanju biomase od obrađene vode. Pri tome je moguće postići mnogo više koncentracije biomase u reaktoru što dovodi do povećanja u inkovitosti obrade, a time i do smanjenja potrebnog volumena bioreaktora. Zbog smanjenog odnosa supstrat/biomasa, ukupan rast biomase je značajno usporen tako da su količine otpadnog mulja smanjene.

Zbog produžene starosti mulja spororastući i mikroorganizmi se zadržavaju u bioreaktoru tako da je razgradnja teže razgradivih materija bolja. Mikrobiološki kvalitet obrađene vode je visok zbog zadržavanja mikroorganizama filtracijom na membrani, pa se obrađena voda može koristiti za više primjena koje uključuju ponovnu upotrebu vode. Najčešće se radi o malim uređajima kapaciteta 10-200 m³dan⁻¹ za obradu voda izdvojenih manjih naselja, hotela, škola i sl, ali postoji više uređaja za obradu komunalnih voda većih naselja kapaciteta i do 9500 m³dan⁻¹. Zbog svojih prednosti i moguće šire upotrebe u obradi komunalnih otpadnih voda provedene su studije da bi se utvrdile mogućnosti i ograničenja MBR uređaja [5]. S obzirom na rezultate studija moguće je očekivati širenje MBR tehnologije na obradu komunalnih otpadnih voda.

3.1. Efikasnost obrade vode u MBR-u

Svi dostupni literaturni podaci pokazuju vrlo visoku efikasnost uklanjanja organske materije iz vode

obradom u MBR-u. Kod komunalnih otpadnih voda efikasnost je uvijek veća od 90% za HPK i 95% za BPK₅. Visoka efikasnost uklanjanja prašina je i visokom ujednaenoš u kvaliteta izlazne vode i pri znatnim oscilacijama karakteristika ulazne vode [6]. Efikasnost uklanjanja može se pripisati dužem zadržavanju teže razgradivih suspendiranih materija u bioreaktoru filtracijom pri čemu bakterije aktivnog mulja imaju više vremena za njihovu razgradnju.

Vjerovatno je značajno prisustvo spororastu ih mikroorganizama sposobnih za razgradnju teže razgradivih jedinjenja. Uklanjanje azota je tako er visoko i stabilno zahvaljuju i višim starostima mulja koje dozvoljavaju razvoj nitrificiraju e mikroflora.

I kod primjene MBR-a za obradu industrijskih otpadnih voda postiže se visoka u inkovitost obrade. U Sjevernoj Americi je esta upotreba MBR-a za obradu otpadnih voda optere enih sintetskim uljima. Kod ovakvih primjena potrebno je duže vrijeme zadržavanja vode (24-55 h) u pore enju s obradom komunalnih otpadnih voda (2-8 h) zbog teže razgradivosti, ali uklanjanje HPK je tako er više od 90%.

Kod primjene MBR-a za obradu industrijskih otpadnih voda u na elu treba provesti predistraživanje za svaku pojedinu primjenu zbog velike razli itosti u sastavu i biorazgradivosti otpadnih voda koje esto nisu pogodne za biološku obradu.

3.2. Membrane i konfiguracija MBR-a

Filtracija kod MBR-a odvija se na membranama smještenim izvan bioreaktora s kružnim tokom povrata mulja (slika 1) ili uronjenima direktno u bioreaktor (slika 2). Kod membrana smještenih izvan bioreaktora upotrebljava se pritisna tangencijalna filtracija (crossflow) s brzim protokom vode i niskim iskorištenjem vode na samoj membrani da bi se sprije ilo taloženje suspendiranih materija po površini membrane.

Mada je izvedba modula jednostavna i omogu uje jednostavnu hidrodinami ku kontrolu za epljivanje, cijena energije potrebne za ostvarivanje brzog protoka i potrebnog pritiska je relativno visoka.

Slika 1 - MBR s povratom koncentrata u bioreaktor

Konfiguracija MBR-a s uronjenom membranom za epljenje spre ava turbulentnom aeracijom vazduhom oko membrane jer se filtracija odvija pod vakuumom pri čemu nema turbulentnog strujanja teku ine

oko membrane. Kod konfiguracije s uronjenom membranom iskorištenje vode na samoj membrani je vrlo visoko, a upotrebljeni podpritisak mnogo niži, pa je potrošnja energije i do dva reda veli ine niža nego kod konfiguracije s tangencijalnom filtracijom. U isto vrijeme uronjene membrane rade pri nižem fluksu vode te zato moraju imati ve u površinu od tangencijalnih [7].

Slika 2 - MBR s uronjenom membranom

U tehnologiji MBR-a upotrebljavaju se mikrofiltracijske ili ultrafiltracijske membrane veli ina pora 0,01-0,5 μm . Veli ina pora uglavnom ovisi o željenom stepenu separacije mikroorganizama. Membrane manjih pora bolje zadržavaju mikroorganizme pri čemu se dobije viša mikrobiološka kvaliteta filtrirane vode, me utim, takve su membrane op enito podložnije za epljenje.

Za konfiguracije s tangencijalnom filtracijom upotrebljavaju se cijevni membranski moduli i membrane se šupljim vlaknima (hollow fibre), a kod uronjenih membrana moduli sa šupljim vlaknima i okvirni membranski filteri (plate and frame). Cijevni membranski moduli izra eni su od keramike s aluminijevim (Al_2O_3), cirkonijevim (ZrO_2) ili titanovim oksidima (TiO_2), dok su membrane sa šupljim vlaknima i okvirni membranski moduli izra eni od polimera kao što su polietilen, polipropilen, poliviniliden flourid ili polisulfon. Kerami ke membrane imaju mnogo bolju hidrauli ku, termi ku i hemijsku otpornost, ali su limitirane geometrijom membrane i mnogo višom cijenom od polimernih.

3.3. Mehanizmi za epljavanja membrane

I pored svih prednosti MBR-a pred klasi nom tehnologijom, širenje tehnologije MBR-a je usporeno zbog naglašenog problema za epljivanja membrana. Za epljenje dovodi do smanjenja fluksa i potrebe za estim iš enjem i zamjenom membrane što poskupljuje proces.

Mnogo je radova o MBR-ima posve eno otkrivanju, istraživanju i kontroli problema za epljivanja membrana te razvijanju matemati kih modela koji bi objasnili fenomen. Do za epljenja dolazi zbog interakcije izme u membrane i komponenata aktivnog mulja kao što su otpadna voda, stanice, ostaci stanica i izvanstani ni polimeri (Extracellular polymeric

substances-EPS). S obzirom da sastav aktivnog mulja uvelike ovisi o različitim uticajima (ulaznoj vodi, starosti mulja, odnosu supstrat/biomasa, konfiguraciji membrane) vrlo je teško doći do jednakih objašnjenja i pravila o začepljivanju membrana u MBR-u.

Mada je teško postaviti generalno pravilo o začepljivanju membrana u MBR-u, može se reći da nivo i priroda začepljenja zavisi od tri faktora: karakteristika biomase, uslovima rada te karakteristikama membrana.

4. OBRADA OTPADNE VODE U POSTROJENJU S URONJENOM MEMBRANOM

U radu je korišten uređaj za pročišćavanje otpadne vode s uronjenom membranom ZW-1. Za vrijeme rada uređaja otpadna voda iz kanala je odvođena centrifugalnom pumpom u spremnik otpadne vode u nivou uređaja. Spremnik otpadne vode imao je zapreminu 250 L u prvom periodu, i 450 L u drugom i trećem.

Spremnik je punjen vodom jednom dnevno, a pri najvišim protocima u trećem period dvaput. Na usisnoj cijevi centrifugalne pumpe se nalazila plastična perforirana komora čime se sprežavalo začepljenje pumpe krupnim otpadom iz kanalizacijskog kanala.

Otpadna voda iz spremnika odvođena je u bioreaktor s uronjenom membranom uz pomoć peristaltičke pumpe u prvom periodu rada i polovini drugog perioda, a nakon toga je zamijenjena membranskom pumpom. Shema postrojenja za vrijeme rada prikazana je na slici 3.

Slika 3 - Shema postrojenja za vrijeme rada

Aeracija je za čitavo vrijeme rada uređaja bila $3,4 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ što je davalo stabilnu koncentraciju kisika iznad 4 mg L^{-1} . Protok ulazne vode bio je 7 L h^{-1} . Klipna pumpa koja je odvodila obrađenu vodu iz bioreaktora kroz membranu se koristila i za povratno pranje membrane.

Režim rada pumpe bio je isti za čitavog trajanja pokusa tako da je pumpa radila 9 minuta i 45 sekundi, a zatim 15 sekundi protustrujno pri čemu je protok vode za pranje bio 1,5 puta veći od protoka vode pri filtraciji.

Tokom pokusa iz bioreaktora je izuziman mulj, 0,6-1 L, za analizu suspendirane suhe materije te organskog i anorganskog udjela u suhoj materiji.

Prosječan sastav otpadne vode prikazan je u tabeli 1.

Tabela 1. Karakteristike ulazne otpadne vode

Parametar	Minimum	Srednja vrijednost	Maksimum
pH	7,33	7,70	8,12
Temperatura [$^{\circ}\text{C}$]	3	13	18
HPK [$\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$]	197	435	1084
BPK ₅ [$\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$]	49	149	589
Utrošak KMnO_4 [$\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$]	65	79	105
Amonijak [mg N L^{-1}]	16	51	77
Nitriti [mg N L^{-1}]	0	0	0
Nitrati [mg N L^{-1}]	0,1	0,6	1,9
Suha materija [mg L^{-1}]	580	714	1013
Ukupni fosfor [mg L^{-1}]	4,6	9,7	12,3

5. ANALIZA REZULTATA

Efikasnost uklanjanja organskih materija vrlo visoka (94%), bez obzira na koncentraciju aktivnog mulja i vrijednosti protoka. Visoka efikasnost omogućava relativno visokom koncentracijom aktivnog mulja zbog koje je povećana zapreminska u inkovitost procesa te zadržavanjem teže razgradivih suspendovanih materija na membrani zbog čega je omogućen duži kontakt odnosno bolja razgradnja. Također je zadržavanjem biomase na membrani omogućena adaptacija i razvoj mikroorganizama sposobnih za razgradnju teže razgradivih jedinjenja. Visoke vrijednosti uklanjanja HPK zabilježene su i u većini drugih radova za obradu komunalnih otpadnih voda u MBR-u pri čemu se dobro uklanjanje organskih materija uglavnom pripisuje aktivnosti aktivnog mulja i zadržavanju suspendovanih materija filtracijom.

Uklanjanje BPK₅ je otklikovano više nego uklanjanje HPK s vrijednostima višim od 98%. Izlazne vrijednosti BPK₅ kreću se oko 2 mg L^{-1} što ukazuje na potpuno uklanjanje razgradivih organskih materija.

Rezultati određivanja suve materije u ulaznoj i izlaznoj vodi te organskog i anorganskog dijela suve materije pokazuju da je gotovo sva uklonjena suva materija iz vode organskog porijekla odnosno da ni mikroorganizmi ni membrana ne zadržavaju anorganski dio suhe materije. Iz toga se može zaključiti da otpadna voda sadrži malo suspendirane anorganske materije koja bi se zadržavala na membrani, odnosno da je većina suspendirane materije u vodi biološki razgradiva. Razlog izostanka većine koncentracije anorganske suspendovane materije u ulaznoj otpadnoj vodi može biti njihovo taloženje u spremniku otpadne vode gdje je voda zadržavana od 12 do 48 sati. Vidljivo je znatno niže uklanjanje organskih materija određenim ovom metodom u poređenju s uklanjanjem određenim preko HPK i BPK₅.

Pri odreivanju organske materije oksidacijom s KMnO_4 uklanjanje organskih materija je nešto niže nego za organsku materiju odreivanu preko HPK. U ovom slučaju razlika je uzrokovana kraćim vremenom oksidacije s KMnO_4 (10 minuta u poređenju s 2 sata kod HPK) pri čemu se suspendovana materija u ulaznoj vodi ne oksidira brzo kao otopljena organska materija u izlaznoj vodi što daje prividno niže uklanjanje organske materije. Korelacija između HPK i utroška KMnO_4 potvrđuje navedenu pretpostavku jer je srednji omjer HPK/ KMnO_4 - 3,5 za ulaznu vodu, a 1,6 za izlaznu. Vrlo slične vrijednosti za uklanjanje BPK_5 (95%) i organskih materija određeni kao KMnO_4 (80%) dobili su Ogoshi i Suzuki (2000) za MBR s uronjenom membranom.

Nakon početne faze privikavanja i rasta mikrobne populacije nitrifikanata koja je ovisila o koncentraciji nitrifikanata u mulju uspostavljena je stabilna nitrifikacija s vrlo niskom koncentracijom nitrita u izlazu i relativno visokim postotkom ukupne nitrifikacije. U provedenom eksperimentu je uspješnost nitrifikacije primjetno niža što se može objasniti nižim temperaturama prema kraju eksperimenta.

Negativni uticaj temperature na brzinu nitrifikacije poznat je od ranije. Uticaj na nitrifikaciju u provedenom eksperimentu može se tako i pripisati problemima s pumpom za dovod otpadne vode zbog koje je uređaj bio bez dotoka supstrata. Može se zaključiti da je nitrifikacija svakako osjetljiviji proces od razgradnje organske materije te da se lakše poremeti zbog kolebanja procesnih parametara.

Visok procenat prevođenja amonijakog azota u nitratni upotrebu i na činjenicu da mikrobne stanice ne asimiliraju mnogo azota odnosno da sporo rastu. Muller i sar. (1995) primjetili su malu asimilaciju azota u biomasu (<2%) pri visokim koncentracijama mulja i sporom rastu pri čemu je 86% azota prevedeno u nitrat. Witzig i sar. (2002) su pri obradi komunalne otpadne vode u MBR-u primjetili potpunu odsutnost najčešćih spominjanih rodova nitrifikanata *Nitrobacter* i *Nitrosomonas* koji se smatraju najvažnijima u procesu nitrifikacije kod klasičnog procesa. To može značiti da uzgojem u MBR-u ne postižu samo više koncentracije nitrifikanata u mulju, nego da u trci za supstrat u uslovima kad brzina rasta nije presudna za opstanak u bioreaktoru, ulogu u nitrifikaciji preuzimaju novi rodovi nitrifikanata.

6. ZAKLJUČAK

Membranski bioreaktor pri obradi komunalne otpadne vode uklanjao je više od 92% prisutne organske materije izražene kao HPK te više od 98% organske materije izražene kao BPK_5 . Visoka efikasnost razgradnje omogućena je zadržavanjem biomase u reaktoru

filtracijom na membrani zbog čega je postignuta visoka koncentracija biomase ($9\text{--}14\text{ g L}^{-1}$) kojoj je omogućena prilagođavanja i razvoj mikroorganizama sposobnih za razgradnju teže razgradivih jedinjenja. Filtracijom je također postignuto potpuno zadržavanje suspendovanih materija čime je omogućen duži kontakt odnosno bolja razgradnja.

Nitrifikacija u procesu je uspostavljena i održavana vrlo stabilnom kroz čitavo trajanje procesa s niskim udjelom asimilacije amonijaka u biomasu. Na uspješnost nitrifikacije značajnije su negativno uticali samo niska temperatura i različiti uslovi rada.

Brzina prirasta biomase aktivnog mulja bila je ovisna o odnosu supstrat/biomas tako da je pri višim koncentracijama biomase uz isti unos organskog supstrata primjetno zaustavljanje rasta. Primjetno je brzo smanjenje koncentracije suspendovane materije aktivnog mulja pri prestanku dotoka supstrata.

Brzina smanjenja koncentracije suspendirane materije aktivnog mulja u uslovima bez dotoka supstrata bila je $0,38\text{--}0,58\text{ gL}^{-1}\text{dan}^{-1}$ uz istovremeno povećanje anorganskog udjela u aktivnom mulju. Uprkos smanjenju koncentracije suspendovane materije i ukupnog broja živih mikroorganizama, aktivni mulj je zadržao nitrifikacijsku aktivnost i zadovoljavajuć stepen specifične brzine respiracije.

LITERATURA

- [1] Uki, V., Osnovi zaštite životne sredine, Panevropski Univerzitet Apeiron, Banja Luka, 209-212, 2009.
- [2] Uki, V., Upravljanje i zaštita voda, Panevropski Univerzitet Apeiron, Banja Luka, 179-186, 2009.
- [3] Horvat, P., Membrane filtration-integrated bioreactors in wastewater treatment a way out from the dead-end-street, *Current Studies Biotechnol.*-Vol.II, 97-115, 2002.
- [4] Abbassi, B., Dullstein, S., Rabiger, N., Minimization of excess sludge production by increase of oxygen concentration in activated sludge flocs; experimental and theoretical approach, *Wat. Res.* 34 (1), 139-146, 2000.
- [5] Roest, H. F., Bentem, A. G., Lawrence, D. P., MB R-technology in municipal wastewater treatment: challenging the traditional treatment technologies, *Wat. Sci. Technol.* 46(4-5), 273-280, 2002.
- [6] Rosenberger, S., Krüger, U., Witzig, R., Performance of a bioreactor with submerged membranes for aerobic treatment of municipal waste water, *Wat. Res.* 36, 413-420, 2002.
- [7] Chang, I. S., Chese, Le.P., Jefferson, B., Membrane fouling in membrane bioreactors for wastewater treatment, *J. Environ. Eng.* 128 (11), 1018-1029, 2002.

SUMMARY

THE SUCCESS OF TREATMENT OF MUNICIPAL WASTEWATER IN THE MEMBRANE BIOREACTOR

Membrane bioreactors applied to wastewater treatment in which membranes are used for biomass separation provide many advantages over conventional treatment.

Application of membrane bioreactor in the municipal wastewater was until recently limited because the high cost of the membrane and the energy needed for filtration, but due to increased legal requirements for the quality of treated wastewater and for development of membrane technology today there are more of plants in use. Because of their advantages and possible wider use in the treatment of municipal wastewater were carried out research to determine the capabilities and limitations of the MBR of the device. Considering the results of the research is possible to expect expansion of the MBR technology in the treatment of municipal wastewater.

Performance of MBR equipped with an immersed hollow fibre membrane treating municipal wastewater was investigated. MBR removed more than 92% COD present in the wastewater and more than 98% present BOD along with very stable denitrification with low assimilation of ammonium into biomass.

Key words: *wastewater, membrane bioreactor, organic matter*