

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Maučec, M., 2016. Uporaba membranskih bioreaktorjev na komunalnih čistilnih napravah. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Drev, D., somentor Krzyk, M.): 56 str.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5976/>

Datum arhiviranja: 5-10-2016

University
of Ljubljana
Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Maučec, M., 2016. Uporaba membranskih bioreaktorjev na komunalnih čistilnih napravah. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Drev, D., co-supervisor Krzyk, M.): 56 pp.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5976/>

Archiving Date: 5-10-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM VODARSTVO IN
KOMUNALNO INŽENIRSTVO

Kandidat:

MIHA MAUČEC

**UPORABA MEMBRANSKIH BIOREAKTORJEV NA
KOMUNALNIH ČISTILNIH NAPRAVAH**

Diplomska naloga št.: 331/VKI

**USAGE OF MEMBRANE BIOREACTORS IN
MUNICIPAL TREATMENT PLANTS**

Graduation thesis No.: 331/VKI

Mentor:

doc. dr. Darko Drev

Somentor:

doc. dr. Mario Krzyk

Ljubljana, 23. 09. 2016

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

Spodaj podpisani študent Miha Maučec vpisna številka 26105223, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Uporaba membranskih bioreaktorjev na komunalnih čistilnih napravah

IZJAVLJAM

1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*

a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;

b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V/Na: Ljubljana

Datum:05.09.2016

Podpis študenta:

Bibliografsko – dokumentacijska stran z izvlečkom

UDK:	628.32(043.2)
Avtor:	Miha Maučec
Mentor:	doc. dr. Darko Drev
Somentor:	asist. dr. Mario Krzyk
Naslov:	Uporaba membranskih bioreaktorjev na komunalnih čistilnih napravah
Tip dokumenta:	diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema :	56 strani, 11 preglednic, 4 grafikoni, 19 slik.
Ključne besede:	MBR, čistilna naprava, membranski bioreaktor, votla vlakna, mašenje, filtracija, Zenon, Kubota

Izvleček

V diplomski nalogi je predstavljena uporaba membranskih bioreaktorjev na komunalnih čistilnih napravah. V industriji se takšni sistemi uporabljajo že dalj časa, saj prispevajo k boljšemu čiščenju odpadnih in tehnoloških voda. Z vse strožjimi standardi o izpustih iz čistilnih naprav se je začela uporaba membranskih bioreaktorjev tudi na komunalnih čistilnih napravah.

Cilj naloge je bil opisati postopek čiščenja odpadnih voda z membranskimi bioreaktorji, ter predstaviti, prednosti in slabosti teh sistemov. Podjetja so k razvoju membranskih bioreaktorjev pristopila na različne načine, tako je prišlo do nastanka več vrst sistemov membran, različnih materialov membran, ter postopkov v samem delovanju membranskih bioreaktorjev. Tako so predstavljeni najpogosteje uporabljeni sistemi, kateri so že dobro preverjeni za uporabo na komunalnih čistilnih napravah, saj so v uporabi že vrsto let.

Iz preučevanja literature je bilo razvidno, da uporaba membranskih bioreaktorjev na komunalnih čistilnih napravah še ima določen pomankljivosti. Predvsem stroškovno gledano še niso izenačeni z običajnimi biološkimi čistilnimi napravami, kar pa je posledica, menjavanja membran, ter neveljavnosti membranskih bioreaktorjev, kar posledično zvišuje ceno postavitve sistema. Določene pomankljivosti membranskih bioreaktorjev so tudi pri vzdrževanju oziroma čiščenju membrane.

Bibliographic – documentalistic information and abstract

UDC 628.32(043.2)
Author: Miha Maučec
Supervisor: Assist. Prof. Darko Drev Ph.D.
Co-Supervisor: Assist. Mario Krzyk Ph.D.
Title: Usage of membrane bioreactors for municipal wastewater treatment plants
Type of document: Graduation Thesis – University studies
Notes: 56 pages, 11 tabels, 4 graphs, 19 images.
Keywords: MBR, wastewater treatment plant, membrane bioreactor, hollow fibre, fouling, filtration, Zenon, Kubota

Abstract

We wanted to present the usage of membrane bioreactors for municipal wastewater treatment plants. In industries such systems are widely spread contributing to improve wastewater treatment. With increasing standards on discharges from wastewater treatment plants began usage of membrane bioreactors at municipal treatment plants.

The aim of the thesis was to describe the process of wastewater treatment with membrane bioreactors and to present advantages and disadvantages of these systems. Companies that produce membrane bioreactors have different ways of approaching to development. So there has been the emergence of several types of membrane systems, materials and procedures in the proper functioning of membrane bioreactors. We have presented the most commonly used systems, which are already well proven for usage for municipal wastewater treatment plants, since they have been in operation for several years.

By studying the literature it showed that the usage of membrane bioreactors for municipal wastewater treatment plants still has some drawbacks. Particularly the operating costs are higher than by conventional biological wastewater treatment plants, which is result of membrane exchange. Since the membrane bioreactors are not commonly used at this type of treatment plants the costs of installing the system are therefore also higher. Some of setbacks of membrane bioreactors can be found in intense maintance and cleaning of the membranes.

Zahvala

Zahvaljujem se vsem, ki so mi kakorkoli pomagali ob izdelavi diplomske naloge, posebej profesorju doc. dr. Darko Drevu in asistentu dr. Mariu Kzyku, ter gospodu Egonu Batiču univ. dipl. inž. kem. inž. za posredovanje podatkov.

Zahvaljujem se tudi družini in prijateljem, ki so mi stali ob strani celotno študijsko obdobje.

KAZALO VSEBINE

Izjave	ii
Bibliografsko-dokumentacijska stran in izvleček	iii
Bibliographic-documentalistic information and abstract	iv
Zahvala	v
Kazalo vsebine	vi
Kazalo preglednic	viii
Kazalo grafikonov	ix
Kazalo slik	x
Kratice	xi
1 UVOD	1
2 MEMBRANSKI BIOREAKTORJI (MBR)	2
2.1 Splošne značilnosti membranskih bioreaktorjev	2
2.2 Tipi Membranskih bioreaktorjev (MBR)	3
2.2.1 Potopljeni membranski bioreaktorji	4
2.2.2 Cross – flow (prečnotočni) membranski bioreaktorji	5
2.2.3 Primerjava potopljenih in cross – flow MBR	7
2.3 Načrtovanje membranskih bioreaktorjev	9
2.3.1 Teoretični pregled	9
2.3.2 Vpliv na sistem aktivnega blata	10
2.3.3 Predčiščenje	11
2.4 Delovanje MBR	12
2.4.1 Delovanje potopljenih MBR	12
2.4.2 Delovanje cross – flow MBR	13
2.4.3 Mašenje membrane	13
2.4.4 Čiščenje membrane	14
2.4.5 Potencial membranskih bioreaktorjev	17
3 Komericalni membranski bioreaktorji	19
3.1 Kubota	19
3.1.1 Opis sistema	19
3.1.2 Opis delovnja	19
3.2 Zee Weed membrane	20
3.3 Orelis in Mutsui Chemicals	21
3.3.1 Ubis	21
3.4 US Filter	21
3.5 Membratex, Weirenvig, Aquatec in Bioscan A/S	22

4	Predstavitev praktične uporabe membranskih čistilnih naprav	23
4.1	Opis vodne skupnosti Erftverband	23
4.2	Opis čistilnih naprav z MBR na območju združenja Erftverband	24
4.2.1	Predčiščenje	24
4.2.2	Bioreactor	24
4.2.3	Membrane in filtracija	25
4.3	Pregled Rodingen MBR	26
4.4	Pregled Nordkanal MBR	27
4.5	Pregled Glessen MBR	28
4.6	Vpliv na kvaliteto vodotokov	29
4.6.1	Vpliv Rodingen MBR na potok Finkelbach	29
4.6.2	Vpliv Nordkanal MBR na kanal Nordkanal	30
4.6.3	Vpliv Glessen MBR na potok Glessner	30
5	Predstavitev komunalne čistilne naprave z MBR v Novem mestu	31
5.1	Opis območja čistilne naprave	31
5.1.2	Opis predhodne čistilne naprave	33
5.2	Načrtovanje nove čistilne naprave	35
5.2.1	Financiranje in izvedba projekta	35
5.2.2	Priprava dokumentacije	36
5.2.3	Razlogi za uporabo MBR sistema	36
5.2.4	Tehnološka izhodišča za načrtovanje	36
5.3	Nova čistilna naprav z MBR sistemom	38
6	ZAKLJUČEK	41
	VIRI	43

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Faze delovanja membranskih bioreaktorjev	13
Preglednica 2: Različni moduli proizvajalca ZeeWeed	20
Preglednica 3: Specifikacije mehanskega predčiščenja na čistilnih napravah	24
Preglednica 4: Količine ključnih parametrov na čistilnih napravah	24
Preglednica 5: Način, volumni in zahteve na iztoku obratovanja	25
Preglednica 6: Podatki glede membran in filtracije	26
Preglednica 7: Zahteve zakonodaje	33
Preglednica 8: Izhodiščni parametri dimenzioniranja	37
Preglednica 9: Zahtevani iztočni parametri	37
Preglednica 10: Mejne vrednosti in rezultati prvih meritev	39
Preglednica 11: Stroški obratovanja primerjava 1-6, 2011:2013	40

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1. Prikaz povečanja pretoka glede na povečan tlak na membranah	7
Grafikon 2: Prikaz prepustnosti membrane kot funkcija časa, dveh režimov čiščenja	15
Grafikon 3: Spreminjanje kakovosti vode v potoku Finkelbach	29
Grafikon 4: Spreminjanje kakovosti vode v kanalu Nordkanal	30

KAZALO SLIK

Slika 1: Shema običajne čistilne naprave z membranskim bioreaktorjem	2
Slika 2: Velikost por pri različnih tipih filtracij	3
Slika 3. Prikaz različnih tipov filtriranja	4
Slika 4. Shematski prikaz potopljenega MBR sistema	4
Slika 5. Shematski prikaz cross – flow (prečnotočnega) MBR sistema	6
Slika 6: Shema Nizko tlačne cross – flow membrane (LPCF MBR)	8
Slika 7: Pogled na kom. čistilno napravo z MBR, zgrajeno v kraju Varssveld na Nizozemskem	17
Slika 8: Shematski prikaz ploščatega potopljenega membranskega bioreaktorja	19
Slika 9: Prikaz in sestava ZeeWeed membran v kasete ter povezave v bazenu	20
Slika 10: Območje združenja Erftverband in lokacije kom. čistilnih naprav in naprav z MBR	23
Slika 11: Shematski prikaz Rodingen MBR	26
Slika 12: Shematski prikaz Nordkanal MBR	27
Slika 13: Shematski prikaz Glessen MBR	28
Slika 14: Pregledna karta občutljivega območja zaradi evtrofikacije	31
Slika 15: Pregledna karta občutljivega območja zaradi kopalnih voda: terciarnočiščenje	32
Slika 16: Pregledna karta občutljivega območja zaradi kopalnih voda: mikrobiološke zahteve	32
Slika 17: Shematski prikaz čistilne naprave v Novem mestu	34
Slika 18: Shematski prikaz čistilne naprave v Novem mestu po rekonstrukciji	39
Slika 19: Moderna membranska čistilna naprava v Novem mestu	40

KRATICE

BPK	Biokemjska potreba po kisiku	[mg]
CaCO_3	Kalcijev karbonat	
CCN	Centralna čistilna naprava	
$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$	Citronska kislina	
CaPO_4	Kalcijev fosfat	
DK DOX smell	snov za vezavo vonjav	
F_m	Membranski tok	
FeCl_3	Železov triklorid	
FePO_4	Železov fosfat	
HCl	Klorovodikova kislina	
H_2O_2	Vodikov peroksid	
H_2SO_4	Žveplova kislina	
KPK	Kemijska potreba po kisiku	[mg]
LPCF	Low pressure cross-flow	
MBR	Membranski bioreaktor	
MLSS	Sušina blata	[mg/l]
NaOCl	Natrijev klorooksid	
NaOH	Natrijev hidroksid	
N_{tot}	celoten dušik	
$N\text{-H}_4$	amonium	
TSS	Skupne suspendirane snovi	
γ	Viskoznost tekočine	
Φ	Prepustnost membrane	[l/m ² h]
Δp_{TM}	Trans membranski tlak	[bar]