Membrane Bioreactor (MBR) for Municipal Wastewater Treatment

A Thesis
Submitted by

Aly Al Sayed Ahmed Mohamed Alaneny

(M.Sc. Environmental Chemistry 2012)

For the Requirement of the Degree
of
Doctor of Philosophy (Ph.D)
to
Chemistry Department

Faculty of Science

Ain Shams University

2018

Membrane Bioreactor (MBR) for Municipal Wastewater Treatment

Submitted by

Aly Al Sayed Ahmed Mohamed Alaneny

This thesis has been approved for submission by supervisors:

Thesis supervisors	**APPROVED**
Prof. Dr. ***Mohamed Mahmoud Abo-Aly*** **Professor of Inorganic Chemistry - Faculty of Science - Ain Shams University**	……
Prof. Dr. ***Fatma Abd El-Hameed El-Gohary*** **Professor of Water Pollution Research - National Research Centre**	……

Head of Chemistry Department

Prof. Dr. Ibrahim Husseini Ali Badr

Approval Sheet

Ph.D. Thesis

Membrane Bioreactor (MBR) for Municipal Wastewater Treatment

Name of the candidate: ***Aly Al Sayed Ahmed Mohamed Alaneny***

This thesis has been approved for submissionby:

Thesis supervisors	**SIGNATURE**
Prof. Dr. ***Mohamed Mahmoud Abo-Aly*** **Professor of Inorganic Chemistry - Faculty of Science - Ain Shams University**	……
Prof. Dr. ***Fatma Abd El-Hameed El-Gohary*** **Professor of Water Pollution Research - National Research Centre**	……
	APPROVED
Government Committee	
Prof. Dr. ***Mohamed Mahmoud Abo-Aly*** **Professor of Inorganic Chemistry - Faculty of Science - Ain Shams University**	……
Prof. Dr. ***Fatma Abd El-Hameed El-Gohary*** **Professor of Water Pollution Research - National Research Centre**	……
Prof. Dr. Taysseer Abd-Elsamee Lasheen **Professor of Inorganic Chemistry- Nuclear Materials Authority**	……
Dr. ***Mohamed Fathy Atta Allah Ibrahim Abdo*** **Associate professor of analytical chemistry - Atomic Energy Authority**	……

Head of Chemistry Department

Prof. Dr. Ibrahim Husseini Ali Badr

كلية العلوم

قسم الكيمياء

"المفاعلات الحيويه الغشائيه لمعالجة مياة الصرف الصحى"

رسالة مقدمة من

على السيد احمد محمد العنيني

(ماجستير كيمياء البيئة 2012)

للحصول على درجة دكتوراة الفلسفة فى العلوم

(كيمياء)

إلى

قسم الكيمياء

كلية العلوم

جامعة عين شمس

2018

كلية العلوم

قسم الكيمياء

اسم الطالب : على السيد احمد محمد العنيني

الدرجة العلمية : دكتوراة الفسلفة فى العلوم تخصص كيمياء

القسم التابع له: الكيمياء

الكلية: العلوم

الجامعة: عين شمس

سنة التخرج: 2003

سنة المنح: 2018

كلية العلوم

قسم الكيمياء

"المفاعلات الحيويه الغشائيه لمعالجة مياة الصرف الصحى "

رسالة مقدمة من

على السيد احمد محمد العنيني

لجنة الإشراف:	**التوقيع**
أ.د/محمد محمود ابو على	.....
أستاذ الكيمياء غير عضوية – قسم الكيمياء – كلية العلوم – جامعة عين شمس	
أ.د/ فاطمة عبد الحميد الجوهرى	.....
أستاذ باحث – بحوث تلوث المياة – المركز القومي للبحوث	

رئيس قسم الكيمياء

أ.د/ إبراهيم حسينى على بدر

كلية العلوم
قسم الكيمياء

رسالة دكتوراة الفلسفة في العلوم (كيمياء غير عضوية)

اسم الطالب : **على السيد احمد محمد العنيني**

عنوان الرسالة :

" المفاعلات الحيويه الغشائيه لمعالجة مياة الصرف الصحى "

اسم الدرجة: دكتوراة الفلسفة في العلوم تخصص كيمياء

لجنة الإشراف:

أ.د/محمد محمود ابو على .....
أستاذ الكيمياء غير عضوية – كلية العلوم – جامعة عين شمس

أ.د/ فاطمة عبد الحميد الجوهرى .....
أستاذ باحث – بحوث تلوث المياة – المركز القومي للبحوث

تاريخ البحث : / /2018

لجنة التحكيم:

أ.د/محمد محمود ابو على .....
أستاذ الكيمياء غير عضوية – كلية العلوم – جامعة عين شمس

أ.د/ فاطمة عبد الحميد الجوهرى .....
أستاذ باحث - بحوث تلوث المياة – المركز القومي للبحوث

أ.د/ تيسير عبدالسميع لاشين .....
أستاذ الكيمياء غير العضوية– هيئة المواد النووية

د.محمد فتحي عطا الله إبراهيم عبده .....
أستاذ الكيمياء التحليلية المساعد - هيئة الطاقة الذرية

الدراسات العليا :
ختم الإجازة : **أجيزت الرسالة بتاريخ**
/ /2018

موافقة مجلس الكلية **موافقة مجلس الجامعة**
/ /2018 / /2018

جامعة عين شمس
كلية العلوم
قسم الكيمياء

شكـــــــــر

اشكر السادة الأساتذة الذين قاموا بالإشراف وهم :

1- أ.د/محمد محمود ابو على

أستاذ الكيمياء غير عضوية – قسم الكيمياء – كلية العلوم – جامعة عين شمس

2- أ.د/ فاطمة عبد الحميد الجوهرى

أستاذ باحث – قسم بحوث تلوث المياة – شعبة بحوث البيئة – المركز القومي للبحوث

:

ثم الأشخاص الذين تعاونوا معى فى البحث وهم :

1- أ.د/ احمد زكريا الهراوي

أستاذ الطفيليات – قسم بحوث تلوث المياة – شعبة بحوث البيئة – المركز القومي للبحوث

2- أ.د/ وليد مرسي السنوسي

أستاذ الفيروسات – قسم بحوث تلوث المياة – شعبة بحوث البيئة – المركز القومي للبحوث

:

وكذلك الهيئات الآتية :

1- المركز القومي للبحوث

2- قسم بحوث تلوث المياة

3- كلية العلوم جامعة عين شمس

DEDICATION

First Of All, I Dedicate This Work to my Beloved Mother, my Wife Dr. Mona, & my Lovely Son Mohamed

ALSO

To My Whole Family & Dear Friends
Deep Gratefulness

for

Their Patience, kind support, & continuous encouragement during the whole time of my Ph.D. thesis

Aly Al Aneny

Acknowledgments

*First and foremost, all praises and sincere thanks are to **ALLAH**.*

I wish to express my sincere appreciation to **Prof. Dr. Mohamed Mahmoud Abo-Aly,** *Professor of Inorganic Chemistry, Faculty of Science, Ain Shams University*, for his valuable guidance, helpful suggestions, continuous encouragement, supervision and support during this work.

I would like to express my sincere thanks, full respect and deep gratitude to **Prof. Dr. Fatma Abd El-Hameed El-Gohary**, *Professor of Water Pollution Research - National Research Centre,* for her patient supervision, inspiring guidance, critical comments, suggestions, and the never-ending support she displayed throughout this study.

I sincerely express my deepest gratitude to **Prof. Dr. Ahmad Al-Herrawy**, *Professor of Parasitology, National Research Centre,* for his support, enthusiasm, and valuable discussion.

Thanks, appreciation and gratitude are due to **Prof. Dr. Waled El-Senousy,** *Professor of Virology, National Research Centre,* for providing necessary knowledge and laboratory facilities during this work.

I wish to express my warm and sincere thanks and appreciation to ***my wife Dr. Mona Tawfik Al-Shemy***, for supporting and helping me solving problems during my work. Really I don't find any word to express my thanks and my gratitude to her.

I would like to thank ***Water Research Department, National Research Centre, and Faculty of Science, Ain Shams University***, for all the facilities provided.

Finally, I would like to thank ***my mother &my family*** for their love, support and devotion throughout my Ph.D. fulfillment.

Aly Alsayed Ahmed Mohamed Alaneny

Assistant researcher,
Water Research Department,
National Research Centre
31/7/2018

Contents

	Page
Contents	I-IV
List of Tables	V
List of Figures	VI-X
List of Abbreviations	XI-XII
Abstract & Keywords	XIII-XIV
Summary and Conclusion	a-h
Chapter 1: Literature Review	1
1.1.Background	1
1.2 Wastewater use	2
1.2.1 Benefits of the use of treated municipal wastewater	2
1.2.2 The Egyptian situation	4
1.2.2.1 Water reuse in Egypt	5
1.2.2.2 Challenges facing water reuse in Egypt	6
1.3 Municipal wastewater treatment	8
1.3.1 Composition of wastewater	8
1.3.2 The aim of wastewater treatment	9
1.3.3 Wastewater treatment technologies	9
1.4 Membrane bioreactor technology	12
1.4.1 Background	12
1.4.2 Advantages of membrane bioreactor	14
1.4.3 Membrane materials	18
1.4.4 Pore size	19
1.4.5 Membrane configurations	22
1.4.6 Membrane process operation	27
1.4.7 Membrane fouling	29
1.4.8 Physical and chemical cleaning	33

Chapter 2: Materials and Methods	***36***
2.1 Experimental set-up	***36***
2.1.1 Hollow fibre submerged membrane bioreactor (HF SMBR)	***36***
2.1.2 Flat sheet submerged membrane bioreactor (FS SMBR)	***40***
2.2 Operating conditions	***42***
2.3 Analytical procedures	***42***
2.3.1 Physico-chemical analysis	***42***
2.3.2 Microbiological examination	***44***
2.3.2.1 Total and faecal coliform counts	***44***
2.3.2.2 Parasitological examination	***44***
2.3.2.3 Virological examination	***45***
2.4 Calculations of membrane resistance fraction	***49***
Part I: ***Characteristics of raw municipal wastewater***	
Chapter 3: Results & Discussion	***51***
3.1 Characteristics of raw municipal wastewater	***51***
3.1.1 Physico-chemical characteristics	***51***
3.1.2. Results of bacteriological examination	***59***
3.1.3. Results of viruses examination	***59***
3.1.4. Results of parasites examination	***60***
Part II*: The First Module: Hollow Fibre MBR*	
3.2 Performance of Membrane Bioreactors	***62***
3.2.1 Use of hollow fibre submerged membrane bioreactor (HF SMBR)	***62***
3.2.1.1 Impact of HRT on removal efficiency of HF SMBR for COD, BOD and SS	***62***
Nitrogen removal	***66***
Total and fecal coliform bacteria removal	***66***
Parasites removal	***67***
Virus removal	***70***

Biomass characteristics	***76***
Fouling behavior	***77***
Resistance analysis	***78***
Part III: The Second Module: Flat Sheet MBR	
a. Effects of HRT on the performance	
3.2.2 Use of flat sheet submerged membrane bioreactor (FS SMBR)	***80***
3.2.2.1 Impact of HRT on the performance of FS SMBR	***80***
COD removal	***80***
BOD removal	***84***
Total suspended solids removal	***86***
Impact of HRT on nitrogen species	***87***
Phosphorus removal	***89***
Fecal coliform removal	***91***
Parasites removal	***92***
Biomass growth rate	***92***
b. Effects of SRT on the performance	
3.2.2.2 Effects of sludge retention time on the performance of the FS SMBR	***95***
Effect of SRT on biomass growth rate	***103***
Impact of SRT on flux and TMP	***105***
Impact of SRT on membrane fouling	***107***
c. Impact of OLRs on the performance	
3.2.2.3 Impact of OLRs on the performance of FS SMBR	***109***
Removal of organic compounds and nutrients	***109***
Impact of OLR on nitrogen species	***113***
Impact of OLR on sludge growth biomass	***116***
Resistance analysis	***118***
TMP variation	***120***

3.2.2.4 Impact of SRT on the performance of FS SMBR at Constant OLR	***122***
Phosphorus removal	***126***
Impact of SRT on growth of biomass	***127***
Impact of SRT on MBR resistance	***129***
References	***130***
الملخص العربي	***أ-خ***