

ภาวะประลัยทางชลศาสตร์ในเชิงปฏิบัติของน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์
ต่อถังปฏิกรณ์แบบแอนแอโรบิกฟิกร์ เบค และ อาร์ เอ ยู เอส

น.ส. อารยา สุรินทร์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2535


ISBN 974-581-531-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018535.

117154625

PRACTICAL ULTIMATE HYDRAULIC LOADING OF SLAUGHTERHOUSE WASTE
TO ANAEROBIC FIXED BED AND RAUS REACTORS



Miss Araya Surin

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Environmental Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1992

ISBN 974-581-531-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ภาวะประลัยทางเซลล์ศาสตร์ในเชิงปฏิบัติของน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์
ต่อถังปฏิกรณ์แบบแอนแอโรบิกฟิซเบค และ อาร์ เอ ยู เอส

โดย

น.ส. อารยา สุรินทร์

ภาควิชา

วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา

ศ.ดร. ธงชัย พรรณสวัสดิ์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

Dr. Ing. Johan Verink

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้มหาวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

J. Verink

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชรามัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

Chawakichanon .P

..... ประธานกรรมการ
(ดร. เพ็ชรพร เขาวกิจเจริญ)

J. Verink

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศ.ดร. ธงชัย พรรณสวัสดิ์)

J. Verink

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(Dr. Ing. Johan Verink)

Orathai Chualparit

..... กรรมการ
(อาจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

อารยา สุรินทร์ : ภาวะประลัยทางชลศาสตร์ในเชิงปฏิบัติของน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์ต่อถังปฏิกรณ์แบบแอนแอโรบิกฟิกซ์เบดและอาร์เอยูเอส (PRACTICAL ULTIMATE HYDRAULIC LOADING OF SLAUGHTERHOUSE WASTE TO ANAEROBIC FIXED BED AND RAUS REACTORS)

อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.ธงชัย พรรณสวัสดิ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : DR.-ING JOHAN VERINK, 135 หน้า. ISBN 974-581-531-4



การศึกษาวิจัยระบบแอนแอโรบิกฟิกซ์เบด และ อาร์เอยูเอส ได้กระทำขึ้นในระดับแบบจำลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียเมื่อเพิ่มภาระทางชลศาสตร์ และศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ระบบดังกล่าวบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ซึ่งมักถูกรับเป็นส่วนน้ำใหญ่

น้ำเสียที่ใช้ในงานวิจัยเป็นน้ำเสียจริงจากโรงงานที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นด้วยวิธีไหลเท้นมาก่อน และได้ป้อนน้ำเสียเข้าระบบบำบัดโดยให้ไหลอย่างต่อเนื่องจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน ความเข้มข้นของน้ำเสียอยู่ในช่วง 200-1,000 มก./ล. ซีโอดี, พีเอช 7-8 และอุณหภูมิ 29-32°C อัตราการไหลของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบได้รับการปรับให้เพิ่มขึ้นจนกระทั่งระบบวิบัติ

จากผลของการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของระบบทั้งสองแปรผกผันกับภาระทางชลศาสตร์ที่เพิ่มขึ้น สำหรับระบบแอนแอโรบิกฟิกซ์เบดที่ภาระอินทรีย์ 0.94 กก.ซีโอดี/(m^3 .ว.) หรือเวลากักเก็บ 11 ชม. ระบบสามารถกำจัดซีโอดีได้ 65% และกำจัดของแข็งแขวนลอยได้ 72% การวิบัติของระบบเกิดเนื่องจากการหลุดของแบคทีเรียออกจากระบบที่ภาระอินทรีย์ 2.38 กก.ซีโอดี/(m^3 .ว.) เวลากักเก็บ 3.4 ชม. โดยที่การกำจัดซีโอดีลดลงเหลือเพียง 30% อย่างไรก็ตามหากเพิ่มอัตราการไหลของน้ำเสียขึ้นอีกการกำจัดซีโอดีเกือบจะเป็นศูนย์ที่ภาระของระบบเป็น 5.9 กก.ซีโอดี/(m^3 .ว.) และเวลากักเก็บเป็น 0.85 ชม. ส่วนระบบอาร์เอยูเอสสามารถเก็บกักก้อนหรือสลัดจ์ซึ่งตกตะกอนได้ดีเป็นจำนวนมากที่ภาระอินทรีย์ 0.36 กก.ซีโอดี/(m^3 .ว.) หรือเวลากักเก็บ 21 ชม. ระบบหลังนี้กำจัดซีโอดีและของแข็งแขวนลอยได้ 70% และ 66% ตามลำดับ และระบบวิบัติเมื่อภาระของระบบเพิ่มขึ้นเป็น 1.6 กก.ซีโอดี/(m^3 .ว.) หรือที่เวลากักเก็บ 3.1 ชม. โดยที่การกำจัดซีโอดีเข้าใกล้ศูนย์และพบแบคทีเรียขนาดเล็กหลุดออกจากระบบ ในขณะที่การกำจัดของแข็งแขวนลอยยังใกล้เคียงค่าเดิม

(iv)

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
สาขาวิชา วิศวกรรมสาขาภิบาล
ปีการศึกษา 2534

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

##C216216 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEY WORD : HYDRAULIC LOADING/SLAUGHTERHOUSE WASTE/ANAEROBIC FIXED BED/
REVERSE ANAEROBIC UPFLOW SYSTEM

ARAYA SURIN : PRACTICAL ULTIMATE HYDRAULIC LOADING OF SLAUGHTERHOUSE
WASTE TO ANAEROBIC FIXED BED AND RAUS REACTORS. THESIS ADVISOR :
PROF. THONGCHAI PANSWAD, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR : JOHAN VERINK, Ph.D.
135 PP. ISBN 974-581-531-4

Two pilot-scale anaerobic processes, namely, Anaerobic Fixed Bed (AnFB) and Reversing Anaerobic Upflow System (RAUS), were installed to investigate the effect of increasing hydraulic loading on treatment efficiency. A feasibility study was conducted for the treatment of wastewater of a slaughterhouse (mainly pigs) by both said systems.

After being treated by a floatation system, the wastewater containing COD of 200-1,000 mg/l with a pH of 7-8 was continuously fed in an upflow mode to both processes at 29-32°C. The flow rate was gradually increased until apparent failure was detected.

It was found that in both processes, the degree of COD removal inversely varied with increasing hydraulic loading rates. For the fixed bed reactor, 65% and 72% of COD and SS removal were achieved respectively when 0.94 kg COD/(m³.d) loading rate or HRT of 11 h. was applied. Severe biomass washout was apparently the main cause of the failure at 2.38 kg COD/(m³.d) loading rate or 3.4 h HRT while COD removal was reduced to only 30%. Nevertheless, higher flowrate was continued and absolute failure was observed (when COD removal approached zero) when the loading equaled 5.9 kg COD/(m³.d) and HRT was only 0.85 h. Meanwhile, RAUS could retain a high concentration of granular sludge with excellent settling ability. It could remove, respectively, 70% COD and 66% SS at 0.36 kg COD/(m³.d) loading rate or HRT of 21 h. The COD removal efficiency approached zero level at 1.6 kg COD/(m³.d) loading rate or 3.1 h HRT. Here, the biomass washout was apparent, but the SS removal efficiency was still more than 50%.

ภาควิชา..... วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
สาขาวิชา..... วิศวกรรมสุขาภิบาล
ปีการศึกษา..... 2534

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

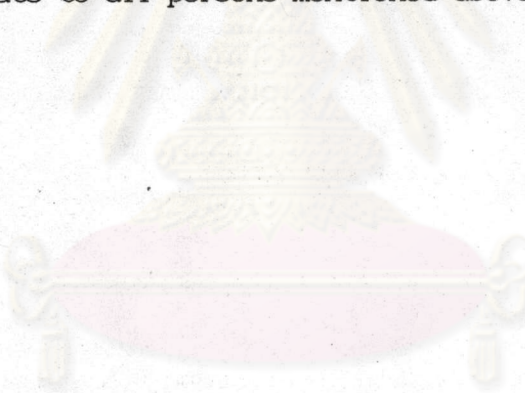
ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to express her profound gratitude to her advisors Prof. Dr. Thongchai Panswad and Dr. Ing. Johan Verink, for their kind guidance and patience advice throughout this work. Special thanks is also expressed to her advisors for editing the manuscript. She wishes to acknowledge Dr. Petchporn Chawakitchareon and Mrs. Orathai Chavalparit for serving as the committee members.

The author is indebted to GTZ project (Germany) and Environmental Engineering Division, AIT. for allowing her the places to conduct the research and analyse the experiments.

Sincere thanks is also expressed to all staff of GTZ project, staff of Env. Division : AIT and all her friends for their encouragement, love and understanding.

If there be something valuable in her work the author would like to dedicate to all persons mentioned above.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER	PAGE
Title page	i
Thesis approval	iii
Abstract in Thai	iv
Abstract in English	v
Acknowledgements	vi
Table of contents	vii
List of Tables	xi
List of Figures	xii
I INTRODUCTION	1
General Background	1
Objective	2
Scope of Work	3
II LITERATURE REVIEW	4
Slaughterhouse Wastewater	4
Slaughterhouse Process	4
Sources of Wastes from Slaughterhouses	5
Characteristic of the Wastewaters	7
Quantity of Wastewater	11
Treatment of Meat-Industry Wastewater	13
III THEORETICAL CONSIDERATION	17
Anaerobic Wastewater Treatment Overview	17
Old-fashioned Anaerobic Treatment	17
Anaerobic Lagoons	18
Conventional Anaerobic Treatment	18
Advanced Anaerobic Treatment	20
Anaerobic Contact Process	20
Fixed-bed reactor	22
Anaerobic Sludge Blanket Reactor	23
Anaerobic Fluidized Bed Reactor	24
Microorganisms Concept	25

TABLE OF CONTENTS (Cont'd)

CHAPTER	PAGE
Suspended-growth Microorganisms	25
Attached Biofilm Microorganisms	25
Biological and Biochemistry of Anaerobic Process	26
Nonmethanogenic Bacteria	26
Methanogenic Bacteria	26
Effect on Environmental Factors	29
Temperature	30
Effect of pH	31
Nutrient Requirements	32
Volatile Fatty Acids	33
Ammonia-nitrogen	33
Heavy Metals	34
Stabilization of Organic Material	35
Biological Solids Production	35
Gas Composition	36
IV EXPERIMENTAL INVESTIGATION	40
Experiment Apparatus	40
Experiment Set-up	43
Fixed-bed Reactor	43
RAUS Reactors	46
Wastewater Used in the Study	48
Experiment Program	49
Sampling and Analysis	51
V EXPERIMENT RESULT & DISCUSSION	54
Wastewater Characteristics	54
Fluctuation of Wastewater Concentration	56
Influent Distribution	58
Process Start-up	60
Anaerobic Fixed-bed Reactor	60
Reversing Anaerobic Upflow System (RAUS)	61

TABLE OF CONTENTS (Cont'd)

CHAPTER	PAGE
Process Treatability	63
COD Treatability	63
Solids	72
Temperature	79
pH	82
Alkalinity	85
VFA	86
Gas Production	87
Sludge Inside the Reactors	89
Sludge Concentration	90
Biomass of Fixed-bed Reactor	90
Biomass of RAUS	92
Sludge Profile During Sedimentation	92
Sludge Profile During Feeding	93
pH and Temperature Profile	95
Process Failure	98
Fixed-bed Reactor	98
RAUS	99
Optimum Condition	100
Microorganisms Observation	101
Granular Size	101
Microorganisms on Granular Surface	102
Microorganisms Inside Granular Sludge	105
VI ENVINEERING SIGNIFICANCE	108
Effect of Wastewater Concentration	108
Process Possibility	108
Process Comparative	109
Process Commissioning	109
Advantages of the Process	109
Disadvantages of the Process	110
Process Design Information	110

TABLE OF CONTENTS (Cont'd)

CHAPTER	PAGE
Design criteria	110
Fixed-bed Reactor	110
RAUS	111
Reactor Sizing	111
Phase Separation	111
Feed Inlet Systems/Mixing	112
VII CONCLUSION	113
VIII RECOMMENDATION FOR FUTURE WORK	115
REFERENCES	116
APPENDIX A (Production Activity)	121
APPENDIX B (COD Raw Data)	122
APPENDIX C (Solids, Temp & pH Raw Data)	126
APPENDIX D (Summary of Characteristics of Methanogenic Bacteria)	134
VITA	135



 ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLES

TABLE	TITLE	PAGE
2.1	Average characteristics of composite sample during working days	8
2.2	Characteristics of wastewater from a slaughterhouse and its by-product	9
2.3	Characteristics of cattle fresh whole blood	10
2.4	Characteristics of cattle rumen	10
2.5	Volume of wastewater and impurities	11
2.6	Approximate range of wastewater flow	12
	and characteristics	
2.7	Effluent production per day	13
2.8	Types of waste treatment of 108 meat packing and .. processing plants	14
2.9	Anaerobic contact process of treating meat packing wastes, Albert Lea, Minnesota	15
2.10	Efficiency of anaerobic lagoons on treating meat .. packing wastes	16
3.1	Vapour pressure of water at various temperatures ..	38
3.2	Henry's constant for carbon dioxide at various temperatures	39
4.1	Reactors details	42
4.2	HRT and HLR of fixed-bed and RAUS	50
4.3	Parameter and frequency of analysis	52
4.4	Parameter and analysis methods	53
5.1	Wastewater characteristics after floatation unit ..	55
5.2	Water quality during start-up	62
5.3	Average influent and effluent suspended solids of fixed-bed reactor	72
5.4	Average influent and effluent suspended solids of RAUS	75
5.5	Volatile fatty acid	86

LIST OF FIGURES

FIGURE	TITLE	PAGE
2.1	Process flow diagram of slaughterhouses	5
2.2	Sources of wastes from slaughterhouse	6
3.1	Standard rate digester	19
3.2	High-rate digester	19
3.3	High-rate : 2 stage digester	20
3.4	Process-diagram of different types of reactors ...	21
3.5	Fixed-bed reactor complete with settling tank	22
3.6	UASB reactor complete with settling tank	23
3.7	Anaerobic operations	27
3.8	Fermentative product formation from pyruvate	28
3.9	The effect of temperture and retention time on ... the production of gas from urban refuse	31
3.10	Net yeild of biological solids as related to solids retention time for three types of organic wastes	36
4.1	Pilot palnt : General view	40
4.2	Pilot plant schematic drawing : Top view	41
4.3	Screw pumps in pump room	42
4.4	Experimental set-up : Schematic diagram	43
4.5	Anaerobic Fixed-bed reactor	44
4.6	Fixed-bed reactor and filter media drawings	45
4.7	Reverse anaerobic upflow system reactor & settle	46
4.8	Dimensions and configuration of RAUS	47
4.9	Feeding pattern of RAUS	48
4.10	Flow schedule of fixed-bed reactor	50
4.11	Flow schedule of RAUS	51
4.12	Sampling points	52
5.1	Wastewater concentration during working hours	57
5.2	Distribution of influent wastewater	59
5.3	Probability of influent wastewater	60
5.4	Flow pattern during start-up	62
5.5.1	Influent and effluent COD of fixed-bed reactor	64

LIST OF FIGURES

FIGURE	TITLE	PAGE
5.5.2	Influent and effluent COD of RAUS	65
5.5.3	Average Influent and effluent COD	66
	of fixed-bed reactor	
5.5.4	Average Influent and effluent COD of RAUS	67
5.5.5	% Removal efficiency of fixed-bed reactor	70
5.5.6	% Removal efficiency of RAUS	70
5.5.7	% Average removal efficiency of fixed-bed reactor	71
5.5.8	% Average removal efficiency of RAUS reactors ..	71
5.5.9	Suspended solids of fixed-bed reactor	73
5.5.10	Average Suspended solids of fixed-bed reactor ..	73
5.5.11	Settleable solids of fixed-bed reactor	75
5.5.12	Suspended solids of RAUS reactors	76
5.5.13	Average Settleable solids of fixed-bed reactor	77
5.5.14	Settleable solids of RAUS reactors	78
5.5.15	Average Settleable solids of RAUS reactors	78
5.5.16	Influent and effluent temperature of fixed-bed reactor	79
5.5.17	Influent and effluent temperature of RAUS	80
5.5.18	Average Influent and effluent temperature	81
	of fixed-bed reactor	
5.5.19	Average Influent and effluent temperature of RAUS	81
5.5.20	pH of fixed-bed reactor	83
5.5.21	pH of RAUS	83
5.5.22	Average pH of fixed-bed reactor	84
5.5.23	Average pH of RAUS	84
5.5.24	Average alkalinity of fixed-bed and RAUS at	85
	different HRT	
5.5.25	Average VFA of fixed-bed and RAUS at different HRT	87
5.7.1	Biomass concentration in reactors	90
5.7.2	Fixed-bed reactor filter media	92

LIST OF FIGURES

FIGURE	TITLE	PAGE
5.7.3	Sludge profile during sedimentation period	93
5.7.4	Sludge profile in RAUS (Reactor 1; U-shape)	94
5.7.5	Sludge profile in RAUS (Reactor 2; V-shape)	94
5.7.6	pH profiles	96
5.7.7	Temperature profiles	97
5.8.1	Average removal efficiency of fixed-bed	98
5.8.2	Average removal efficiency of RAUS	99
5.10.1	Granular sludge from anaerobic fixed-bed reactor	101
5.10.2	Granular sludge from RAUS reactor	102
5.10.3	Filaments bacteria on fixed-bed granular surface	103
5.10.4	Coccus and rod bacteria on fixed-bed granular ... surface	103
5.10.5	Filaments bacteria on RAUS granular surface	104
5.10.6	Coccus and rod bacteria on RAUS granular surface	104
5.10.7	Filaments bacteria inside fixed-bed granular ...	105
5.10.8	Coccus and rod bacteria inside fixed-bed granular	105
5.10.9	Filaments bacteria inside RAUS granular	106
5.10.10	Coccus and rod bacteria inside RAUS granular ..	106

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย