

การศึกษาระบบกำเนิดน้ำเสียแบบก่อสร้างอยู่กับแหล่งกำเนิด  
โดยระบบการข้มลงดินและการระเหยโดยใช้พืช



นาย จิรวัตร จิรจรรยาเวช

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

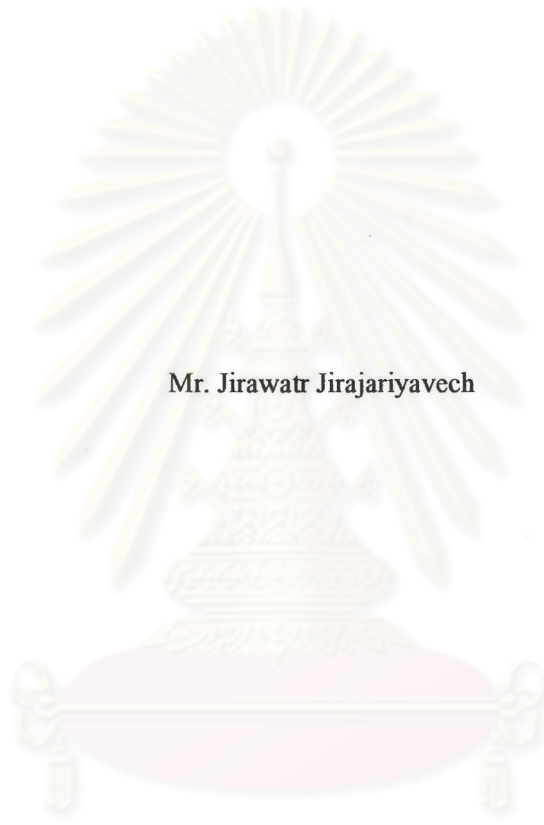
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-5078-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A STUDY OF ONSITE WASTEWATER DISPOSAL USING SUBSURFACE SOIL  
ABSORPTION AND EVAPOTRANSPIRATION SYSTEMS



Mr. Jirawatr Jirajariyavech

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering

Department of Environmental Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-5078-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาระบบกำจัดน้ำเสียแบบก่อสร้างอยู่กับแหล่งกำเนิดโดย  
ระบบการซึมลงดินและการระเหยโดยใช้พืช

โดย

นาย จิรวัตร จิรจริยาเวช

สาขาวิชา

วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา

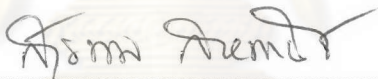
รองศาสตราจารย์ ดร. สุรพล สายพานิช


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้  
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

  
..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ถาวรย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุญยง โล่ห้วงส์วัฒน)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุรพล สายพานิช)

  
..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชเรศ ศรีสถิตย์)

  
..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

จิรวัดร์ จิรจรียาเวช : การศึกษาระบบกำจัดน้ำเสียแบบก่อสร้างอยู่กับแหล่งกำเนิดโดยระบบ  
การซึมลงดินและการระเหยโดยใช้พืช. (A STUDY OF ONSITE WASTEWATER  
DISPOSAL USING SUBSURFACE SOIL ABSORPTION AND EVAPOTRANSPIRATION  
SYSTEMS) อ.ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. สุรพล สายพานิช, 211 หน้า. ISBN  
974-17-5078-1

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาระบบกำจัดน้ำเสียแบบก่อสร้างอยู่กับแหล่งกำเนิดด้วยกระบวนการ  
ซึมลงดินและการระเหยโดยใช้พืช โดยทำการศึกษาอัตราการซึมน้ำของดิน อัตราการระเหยน้ำ  
อัตราการระเหยน้ำของพืช ความเหมาะสมในการใช้งานของระบบ และเกณฑ์การออกแบบระบบ  
กำจัดน้ำเสีย

สถานที่ทดลองเป็นบ้านพักอาศัยในเขตแจ้งวัฒนะ กรุงเทพมหานคร โดยทำการทดลอง  
ประมาณ 4 เดือน ตั้งแต่เดือน ธันวาคม 2546 ถึงเดือน มีนาคม 2547 ในการทดลองได้ใช้น้ำเสียที่  
ผ่านการบำบัดจากบ่อเกรอะแล้วมาบำบัดในกระเบพลาสติกขนาดกว้าง 1.0 เมตร ยาว 1.7 เมตร ลึก  
0.6 เมตร จำนวน 2 อัน โดยปลูกต้นเข็มคลุมดินทุกๆระยะ 10 ซม. X 10 ซม.

ผลการศึกษาพบว่าอัตราการใช้น้ำประปาเท่ากับ 192 ลิตร/คน-วัน น้ำเสียที่ออกจากบ่อ  
เกรอะจากบ้านพักอาศัยมีพีเอช 6.59 มก./ล., บีโอดี 181 มก./ล., ของแข็งแขวนลอย 64 มก./ล., ทีเค  
เอ็น 20 มก./ล., ไขมันและน้ำมัน 34 มก./ล. และซัลไฟด์ 3.4 มก./ล. ระบบ evapotranspiration  
system มีประสิทธิภาพในการกำจัดค่า บีโอดี, ของแข็งแขวนลอย, ทีเคเอ็น, ไขมันและน้ำมัน และ  
ซัลไฟด์เท่ากับร้อยละ 46, 77, 49, 25 และ 53 ตามลำดับ โดยมีระดับน้ำใต้ดินอยู่ต่ำกว่าผิวดิน  
ประมาณ 0.5 เมตร อัตราการซึมน้ำของดินเท่ากับ 38 นาทีต่อเซนติเมตร อัตราการระเหยน้ำอยู่  
ในช่วง 1.5-3.6 มิลลิเมตรต่อวัน อัตราการดูดซึมน้ำไปใช้ของต้นเข็มอยู่ในช่วง 2.7-3.4 มิลลิเมตรต่อ  
วัน ค่า evapotranspiration rate ของระบบมีค่าประมาณ 5.1 มิลลิเมตรต่อวัน ทำให้ระบบ  
evapotranspiration system สามารถกำจัดน้ำเสียได้ประมาณ 6 ล./ตร.ม.-วัน

ขนาดของพื้นที่ที่จะติดตั้งระบบ evapotranspiration system สำหรับนำไปใช้กับบ้านพัก  
อาศัยขนาด 4 คน จะใช้พื้นที่ประมาณ 54 ตร.ม. บ้านพักอาศัยขนาด 6 คน จะใช้พื้นที่ประมาณ 80  
ตร.ม. และบ้านพักอาศัยขนาด 8 คน จะใช้พื้นที่ประมาณ 107 ตร.ม.

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม  
สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม  
ปีการศึกษา 2546

ลายมือชื่อนิติศ .....จิรวัดร์.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา...สุรพล สายพานิช...



##4370641121 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEY WORDS : ONSITE WASTEWATER DISPOSAL / EVAPOTRANSPIRATION

JIRAWATR JIRAJARIYAVECH : A STUDY OF ONSITE WASTEWATER DISPOSAL  
USING SUBSURFACE SOIL ABSORPTION AND EVAPOTRANSPIRATION  
SYSTEMS. THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF.SURAPOL SAIPANICH, DR.Ing.,  
211 pp. ISBN 974-17-5078-1

This research studies the onsite wastewater treatment system by using soil infiltration and plant evapotranspiration processes. The experiment was designed to examine soil infiltration rate, evaporation rate, plant transpiration rate, suitability of the system, and design criteria.

The experiment was conducted during a 4-month period at a private house in Jaeng Wattana, Bangkok started from December 2003 until March 2004. In the experiment, effluent from septic tank was taken to receive further treatment in the experimental units. The experimental units made from plastic trays with the dimension of 1.0 x 1.7 x 0.6 m were filled with soil and cover plants. *Ixora chinensis lamks* or ton khem, a domestic garden plant, were planted on the top surface with a spacing of 10 cm.

From the study, it was found that, at the household water consumption rate of 192 L/person-d, the characteristics of the effluent from septic tank were as follow; pH = 6.59 mg/L, BOD = 181 mg/L, SS = 64 mg/L, TKN = 20 mg/L, oil & grease = 34 mg/L, and sulfide = 3.4 mg/L. The results showed that, with this influent characteristics, the removal efficiencies of BOD, SS, TKN, oil & grease, and sulfide were achieved at 46%, 77%, 49%, 25%, and 53% respectively. The experiment also found that, at the ground water level about 0.5 m below ground surface as occur in this study area, the studied parameters were as follow; infiltration rate = 38 min/cm, evaporation rate = 1.5-3.6 mm/d, and the plant transpiration rate  $\approx$  5.10 mm/d. From the results, the removal capacity of this evapotranspiration system is 6 L/m<sup>2</sup>-d approximately.

The design criteria for the real implementation of evapotranspiration system can be set from this study. For a 4-member household installation, the area required for the system is 54 m<sup>2</sup>. The areas will increase to around 80 m<sup>2</sup> and 107 m<sup>2</sup> for 6-member and 8-member household installation respectively.

Department Environmental Engineering

Field of Study Environmental Engineering

Academic year 2003

Student's signature ..... Jirawatr .....

Advisor's signature. .... S. Saipanch .....

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. สุรพล สายพานิช ที่กรุณาช่วยเหลือดูแล ให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทาง รวมถึงข้อคิดเห็นต่างๆจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุญยง โฉ่ห้วงศ์วัฒน์ รองศาสตราจารย์ ดร. ธีเรศ ศรีสถิตย์ และรองศาสตราจารย์ อรทัย ขวาลภาฤทธิ์ ที่ช่วยให้คำแนะนำวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้กับผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและบุคลากรภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือและอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือในระหว่างดำเนินการวิจัย

ขอขอบพระคุณโครงการศูนย์วิจัยแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย (ศูนย์เครือข่าย คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ ครอบครัวแก้วประจักษ์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับทำการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนอุดหนุนในการทำการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่กรมอุตุนิยมหาวิทยาลัยที่เอื้อเฟื้อ และอำนวยความสะดวกในการให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณพี่ๆ น้องๆ และเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความสนใจและความช่วยเหลือด้วยดีตลอด

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่ชาย ที่ได้อบรมสั่งสอน ให้ความช่วยเหลือ ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจในทุกๆด้านแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง .....	ฎ
สารบัญรูป .....	ฏ
บทที่	
1. บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ .....	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย .....	2
2. ทบทวนเอกสาร .....	3
2.1 แนวคิดและทฤษฎี .....	3
2.1.1 การวางแผนและการจัดการ .....	3
2.1.1.1 การพิจารณาเลือกระบบขั้นแรก .....	5
2.1.1.2 การเลือกระบบที่เหมาะสม .....	7
2.1.1.3 การออกแบบระบบ .....	7
2.1.1.4 การจัดการของระบบ .....	7
2.1.2 แนวทางในการพิจารณาสถานที่ก่อสร้าง .....	8
2.1.2.1 วิธีการกำจัดน้ำเสียที่มีความเป็นไปได้ .....	8
2.1.2.2 ขั้นตอนในการพิจารณาสถานที่ก่อสร้าง .....	8
2.1.3 ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย .....	10
2.1.3.1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย .....	10
2.1.3.2 วิธีคำนวณลักษณะสมบัติของน้ำเสีย .....	13
2.1.4 วิธีบำบัดน้ำเสีย .....	13
2.1.4.1 ถังเกรอะ .....	14
2.1.5 ระบบกำจัดน้ำเสียแบบติดกับที่ .....	21



## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.1.6 คุณลักษณะของน้ำเสีย.....	22
2.1.6.1 อัตราการไหลของน้ำเสีย.....	22
2.1.6.2 คุณลักษณะของน้ำเสีย.....	24
2.1.6.3 ปริมาณความสกปรกของน้ำเสีย.....	24
2.1.7 ระบบซึมลงดิน.....	25
2.1.7.1 ระบบรางซึมและลานซึม.....	26
2.1.7.2 ระบบบ่อซึม.....	30
2.1.7.3 ระบบพุนดิน.....	30
2.1.8 ระบบการทำงานของดินในการกำจัดน้ำโสโครก.....	31
2.1.8.1 กลไกการบำบัดทางกายภาพ.....	31
2.1.8.2 กลไกการบำบัดทางเคมี.....	32
2.1.8.3 กลไกการบำบัดทางชีวภาพ.....	32
2.1.8.4 การกำจัดชีวมวลและสารเคมี.....	32
2.1.9 การอุดตันของดิน.....	36
2.1.9.1 ปังจัยทางกายภาพ.....	36
2.1.9.2 ปังจัยทางเคมี.....	37
2.1.9.3 ปังจัยทางชีวภาพ.....	37
2.1.10 การแก้ไขการอุดตันของดิน.....	38
2.1.11 ระบบระเหย.....	38
2.1.11.1 evapotranspiration beds.....	39
2.1.11.2 lagoon.....	40
2.1.11.3 mechanical.....	40
2.1.12 การระเหย.....	41
2.1.12.1 กลไกการระเหย.....	41
2.1.12.2 ปังจัยที่ทำให้เกิดการระเหย.....	41
2.1.12.3 องค์ประกอบที่ควบคุมการระเหยของน้ำ.....	42
2.1.12.4 การคำนวณหาค่าการระเหยของน้ำ.....	43
2.1.13 สีและการดูดแสง.....	47
2.1.14 สมการการระเหย.....	47



สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.1.15ระบบระบายลงสู่แหล่งน้ำ.....	48
2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	48
3. แผนการทดลองและการดำเนินการวิจัย.....	52
3.1 วิธีดำเนินการวิจัย.....	52
3.1.1 ขั้นตอนการทดลอง.....	52
3.1.2 พารามิเตอร์.....	62
3.1.3 อุปกรณ์.....	62
3.1.3.1 ระบบบำบัดขั้นต้น.....	62
3.1.3.2 ระบบรวบรวมน้ำเสีย.....	62
3.1.3.3 ระบบอัตโนมัติ.....	63
3.1.3.4 ระบบ trench system.....	63
3.1.3.5 ระบบ evapotranspiration system.....	63
3.1.3.6 อุปกรณ์อื่นๆ.....	63
3.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการทดลอง.....	64
3.1.5 การเลือกพื้นที่ติดตั้งระบบกำจัดน้ำเสีย.....	66
3.1.5.1 ระบบ trench system.....	66
3.1.5.2 ระบบ evapotranspiration system.....	66
3.1.6 การวิเคราะห์น้ำเสีย.....	67
3.1.7 การออกแบบระบบรวบรวมน้ำเสีย.....	67
3.1.8 ระบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ กำจัดน้ำเสีย.....	67
3.1.9 ระบบซึมลงดิน.....	68
3.1.9.1 การออกแบบระบบรางซึม.....	68
3.1.10ระบบระเหย.....	70
3.1.10.1 การออกแบบระบบระเหยโดยใช้พืช.....	70
3.1.11สรุปขั้นตอนการวิจัย.....	72
3.1.12ผังแสดงรายละเอียดของระบบกำจัดน้ำเสีย.....	74
3.1.12.1 ระบบ trench system.....	74
3.1.12.2 ระบบ evapotranspiration system.....	75

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 ขั้นตอนและระยะเวลาการดำเนินการ .....	76
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ .....	78
4.1 การดำเนินการทดลอง .....	78
4.2 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล .....	79
4.2.1 อัตราการซึมน้ำของดินและระดับน้ำใต้ดิน .....	79
4.2.2 อัตราการใช้น้ำประปาและอัตราการเกิดน้ำเสีย .....	80
4.2.3 กิจกรรมและอัตราการใช้น้ำประปาในแต่ละช่วงเวลา .....	82
4.2.4 อุณหภูมิ , ความชื้นสัมพัทธ์และสภาพภูมิอากาศ .....	84
4.2.5 ค่า evaporation rate และปริมาณฝน .....	86
4.2.6 ค่า transpiration rate ของต้นเข็ม .....	88
4.2.7 เวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำเสียออกจากระบบ .....	90
4.2.8 ค่า evaporation rate ในช่วงเวลาต่างๆ .....	92
4.2.9 ค่า transpiration rate ของต้นเข็มในช่วงเวลาต่างๆ .....	94
4.2.10 ค่า evapotranspiration rate ของระบบ evapotranspiration system .....	96
4.2.11 คุณลักษณะน้ำเสียเข้าและออกจากระบบ evapotranspiration system .....	97
4.2.11.1 pH .....	98
4.2.11.2 BOD .....	99
4.2.11.3 COD .....	101
4.2.11.4 suspended solids , dissolved solids and settleable solids .....	102
4.2.11.5 TKN .....	106
4.2.11.6 sulfide .....	107
4.2.11.7 phosphate .....	109
4.2.11.8 fat , oil and grease .....	110
4.2.12 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของระบบ evapotranspiration system .....	112
4.2.13 ความสามารถในการกักเก็บน้ำของชั้นกรวด ทราบย ดิน .....	114

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	115
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	115
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	117
6. ความสำคัญของงานวิจัยในทางวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม.....	118
รายการอ้างอิง.....	120
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.....	124
ภาคผนวก ข.....	192
ภาคผนวก ค.....	194
ภาคผนวก ง.....	196
ภาคผนวก จ.....	198
ภาคผนวก ฉ.....	205
ภาคผนวก ช.....	208
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	211

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แนวทางในการพิจารณาเลือกระบบกำจัดน้ำเสียเบื้องต้นจากสภาพ ของสถานที่ก่อสร้าง.....	6
2.2 ขั้นตอนในการสำรวจสถานที่ก่อสร้าง.....	9
2.3 ปริมาณการไหลของน้ำเสียแต่ละประเภท.....	11
2.4 คุณภาพน้ำเสียเฉลี่ยจากบ้านพักอาศัย.....	12
2.5 น้ำหนักของมลสารต่อคนตามลักษณะการใช้สอย (กรัม/คน-วัน).....	12
2.6 ความเข้มข้นของมลสารตามลักษณะการใช้สอย (มิลลิกรัม/ลิตร).....	13
2.7 คุณภาพของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจากถังเกรอะ.....	16
2.8 ปริมาตรของน้ำในถังเกรอะตามจำนวนห้องน้ำ.....	17
2.9 ความสูงเหนือระดับน้ำและความลึกต่ำกว่าระดับน้ำของสามทาง หรือแผ่นกั้นน้ำออก.....	18
2.10 อัตราการไหลของน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย.....	22
2.11 คุณลักษณะของน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย.....	24
2.12 ค่าสมมูลย์ประชากร (สป.).....	25
2.13 เกณฑ์การพิจารณาสถานที่ที่จะใช้รางซึมและลานซึม.....	27
2.14 ปฏิบัติการเคมีของการกำจัดฟอสเฟต.....	34
3.1 การวิเคราะห์น้ำเสีย.....	67
4.1 อัตราการซึมน้ำของดินและระดับน้ำใต้ดิน.....	80
4.2 อัตราการใช้น้ำประปาและอัตราการเกิดน้ำเสีย.....	81
4.3 กิจกรรมและอัตราการใช้น้ำประปาเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลา.....	83
4.4 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ.....	85
4.5 ค่า evaporation rate และปริมาณฝน.....	87
4.6 ค่า Transpiration rate ของต้นไม้.....	89
4.7 เวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำเสียออกจากระบบ evapotranspiration.....	91
4.8 ค่า evaporation rate เฉลี่ยในช่วงเวลาต่างๆ.....	93
4.9 ค่า transpiration rate เฉลี่ยของต้นไม้ในช่วงเวลาต่างๆ.....	95
4.10 ค่า evapotranspiration rate ของระบบ evapotranspiration system.....	96



สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.11 ค่า pH น้ำเสียเข้าและออกจากระบบ evapotranspiration system . . . . .	98
4.12 ค่า BOD น้ำเสียเข้าและออกจากระบบ evapotranspiration system. . . . .	99
4.13 ค่า COD น้ำเสียเข้าและออกจากระบบ evapotranspiration system . . . . .	101
4.14 ค่า suspended solids , dissolved solids และ settleable solids น้ำเสียเข้าและออกจากระบบ evapotranspiration system . . . . .	103
4.15 ค่า TKN น้ำเสียเข้าและออกจากระบบ evapotranspiration system . . . . .	106
4.16 ค่า sulfide น้ำเสียเข้าและออกจากระบบ evapotranspiration system . . . . .	107
4.17 ค่า phosphate น้ำเสียเข้าและออกจากระบบ evapotranspiration system . . . . .	109
4.18 ค่า fat , oil and grease น้ำเสียเข้าและออกจากระบบ evapotranspiration system. . . . .	110
4.19 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียเฉลี่ยของระบบ. . . . .	113
4.20 ความสามารถในการกักเก็บน้ำของชั้นกรวด ทราบย ดิน. . . . .	114

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	4
2.2	15
2.3	19
2.4	19
2.5	20
2.6	23
3.1	53
3.2	54
3.3	55
3.4	55
3.5	56
3.6	57
3.7	57
3.8	58
3.9	59
3.10	59
3.11	59
3.12	60
3.13	60
3.14	65
3.15	66
3.16	66
3.17	69
3.18	71
3.19	74
3.20	75

## สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.1 อัตราการใช้น้ำประปาระหว่างทำการทดลอง.....	82
4.2 อัตราการใช้น้ำประปาเฉลี่ยที่ใช้ใน 1 วัน.....	84
4.3 อุณหภูมิของอากาศระหว่างทำการทดลอง.....	85
4.4 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศระหว่างทำการทดลอง.....	86
4.5 ค่า evaporation rate ระหว่างทำการทดลอง.....	87
4.6 ปริมาณฝนระหว่างทำการทดลอง.....	88
4.7 ค่า transpiration rate ของต้นเข็มระหว่างทำการทดลอง.....	90
4.8 เวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำเสียออกจากระบบในแต่ละรอบการทำงาน.....	91
4.9 ค่า evaporation rate เฉลี่ยที่เกิดขึ้นในช่วง 1 วัน.....	94
4.10 ค่า transpiration rate เฉลี่ยของต้นเข็มที่เกิดขึ้นในช่วง 1 วัน.....	96
4.11 ค่า evapotranspiration rate ของระบบ evapotranspiration system.....	97
4.12 ค่า pH ของน้ำเสียระหว่างทำการทดลอง.....	99
4.13 ค่า BOD ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 1.....	100
4.14 ค่า BOD ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 2.....	100
4.15 ค่า COD ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 1.....	101
4.16 ค่า COD ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 2.....	102
4.17 ค่า suspended solids ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 1.....	104
4.18 ค่า suspended solids ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 2.....	104
4.19 ค่า dissolved solids ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 1.....	105
4.20 ค่า dissolved solids ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 2.....	105
4.21 ค่า TKN ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 1.....	106
4.22 ค่า TKN ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 2.....	107
4.23 ค่า sulfide ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 1.....	108
4.24 ค่า sulfide ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 2.....	108
4.25 ค่า phosphate ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 1.....	109
4.26 ค่า phosphate ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 2.....	110
4.27 ค่า fat , oil and grease ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 1.....	111
4.28 ค่า fat , oil and grease ของน้ำเสียเข้าและออกจากระบบที่กระบะ 2.....	111

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
6.1	ขนาดของระบบ evapotranspiration system ที่แนะนำ .....	119



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย