# ต้นแบบการสร้างพลังงานของระบบสุขาภิบาล

นางสาวสรีธร อมรจารุชิต

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# A PROTOTYPE MODEL OF ENERGY-PRODUCING SANITARY SYSTEM

Miss Saritorn Amornjaruchit

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Architecture Program in Architecture

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

491455

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | ต้นแบบการสร้างพลังงานของระบบสุขาภิบาล |
| โดย | นางสาวสริธร อมรจารุชิต |
| สาขาวิชา | สถาปัตยกรรม |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | รองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ |

---

คณะสถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จาตุรนต์ วัฒนผาสุก)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์)

..... กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)

..... กรรมการ

(คุณ อุทัย ใยบัวเทศ)

สริธร อมรจารุชิต : ต้นแบบการสร้างพลังงานของระบบสุขาภิบาล. (A PROTOTYPE MODEL OF ENERGY-PRODUCING SANITARY SYSTEM) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์, 148 หน้า.

ปัจจุบันการออกแบบระบบสุขาภิบาลของอาคารส่วนใหญ่เป็นการนำระบบประปามาใช้ โดยไม่คำนึงถึงการใช้น้ำจากธรรมชาติ ทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณและพลังงานในการผลิตน้ำประปาและการบำบัดน้ำเสียอย่างมหาศาล การศึกษาวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางการออกแบบระบบสุขาภิบาลสำหรับที่พักอาศัยยุคใหม่ที่คำนึงถึงการจัดสรรทรัพยากรน้ำฝนให้เพียงพอต่อการอุปโภคบริโภค การจัดการน้ำเสียและขยะให้สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่าโดยไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อสภาพแวดล้อม

ขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย การศึกษาข้อมูลด้านการหมุนเวียนพลังงานด้วยการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา การสร้างพลังงานด้วยการผลิตก๊าซชีวภาพ และการใช้พลังงานทั้งไฟฟ้าและก๊าซหุงต้ม การระบุตัวแปรและการเก็บรวบรวมข้อมูลตัวแปรที่มีผลต่อการออกแบบระบบสุขาภิบาล ได้แก่ จำนวนผู้ใช้อาคาร 1-50 คน ปริมาณน้ำใช้ 280 ลิตร/คน-วัน ปริมาณน้ำเสีย แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ น้ำเสียจากการชำระล้าง 200 ลิตร/คน-วัน น้ำเสียจากครัว 30 ลิตร/คน-วัน และน้ำโสโครก 50 ลิตร/คน-วัน ปริมาณน้ำฝน 30 ลิตร/คน-วัน ปริมาณขยะจากส้วม เศษอาหาร และเศษใบไม้ ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า 14.75 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/คน-วัน และก๊าซหุงต้ม 0.06 กิโลกรัม/คน-วัน คุณภาพของน้ำเสีย และประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำ และประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย เพื่อกำหนดกระบวนการจัดการน้ำเสียและขยะ คือ น้ำเสียจากการชำระล้างเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย น้ำเสียจากครัว น้ำโสโครก และขยะเข้าสู่ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ นำไปสู่การคำนวณหาขนาดของระบบสุขาภิบาล ได้แก่ ถังบำบัดน้ำเสียซึ่งประกอบด้วยถังดักไขมันและถังเติมอากาศ ถังกักเก็บน้ำหมุนเวียน ถังกักเก็บน้ำฝน และถังหมักก๊าซชีวภาพ จากการวิเคราะห์ข้อมูล นำมาสรุปผลเป็นคู่มือสำหรับการออกแบบต้นแบบการสร้างพลังงานของระบบสุขาภิบาล ที่ผสมผสานกับระบบวิศวกรรมโครงสร้างและสถาปัตยกรรม และในขั้นตอนการออกแบบนั้นสามารถสรุปอิทธิพลของต้นแบบระบบสุขาภิบาลที่มีต่อแนวความคิดในด้านการออกแบบสถาปัตยกรรม การออกแบบภูมิสถาปัตยกรรม และคุณภาพชีวิต ซึ่งเป็นการเปลี่ยนกระบวนความคิดดั้งเดิมให้กลายเป็นกฎเกณฑ์สำหรับการออกแบบที่พักอาศัยยุคใหม่ต่อไป

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า ระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงานนี้สามารถลดการใช้น้ำประปาและพลังงาน ก๊าซชีวภาพที่ได้จากระบบ 2 ลบ.ม./คน-วัน ทดแทนไฟฟ้าได้ร้อยละ 17 และทดแทนก๊าซหุงต้มได้ทั้งหมด ประหยัดค่าใช้จ่ายรายเดือนด้านสาธารณูปโภคได้ร้อยละ 26-29 คุ้มทุนในระยะเวลา 1.38-14.99 ปี สามารถลดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้ โดยน้ำเสียถูกนำกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่ กากตะกอนกลายเป็นปุ๋ยชีวภาพ และไขมันถูกย่อยสลายจนหมดในระบบ การวิจัยนี้จึงเหมาะสมอย่างยิ่งต่อการประยุกต์ใช้ออกแบบที่พักอาศัยที่ต้องการความยั่งยืนด้านพลังงานอย่างครบวงจร ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อชุมชนและประเทศชาติ

ภาควิชา....สถาปัตยกรรมศาสตร์.....ลายมือชื่อนิสิต.....สริธร อมรจารุชิต.....

สาขาวิชา....สถาปัตยกรรม.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา....2549.....

## # 487 41832 25 : MAJOR ARCHITECTURE

KEY WORD: SANITARY SYSYTEM / BIOGAS / RECYCLE / ENERGY

SARITORN AMORNJARUCHIT : A PROTOTYPE MODEL OF ENERGY-PRODUCING SANITARY SYSTEM. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. VORASUN BURANAKARN,Ph.D., 148 pp.

Sanitary system today is designed only for tap water instead of using rainwater or water recycle, resulting in a huge waste of money and energy used to produce tap water and to treat waste water. The objective of this study is to investigate the approach for designing a new sanitary system for housing. Factors taken into consideration when the new system was designed were the proper management of rainwater in order for it to be enough for use as well as a proper waste management removing any harmful substances to the environment.

The followings were the research methods. The investigation of energy recycling through the biological wastewater treatment, energy production by biogas system, and energy consumption of electricity and LPG. Variables which related to the sanitary system design were the number of residents (1-50 persons), the amount of water demand (280 liters/person-day), the amount of wastewater (washing water 200 liters/person-day, kitchen wastewater 30 liters/person-day, and sewage 50 liters/person-day), the amount of rainwater (30 liters/person-day), the amount of waste (from toilet, food, and leaves), the amount of energy use (electricity 14.75 kWh/person-day and LPG 0.06 kg/person-day), the quality of wastewater and the effective wastewater treatment process. The data were analyzed by comparing the quality of water and the effectiveness of wastewater treatment in order to determine a process for treating wastewater and waste. This would lead to the design and calculation of a new sanitary system which included a treatment tank which comprised the grease trap and the aeration tank, a recycling water tank, a rainwater tank, and a biogas reactor. The results were summarized in the form of a handbook for designing a prototype model of an energy-producing sanitary system incorporating a structural engineering system and architecture. The designing steps of the prototype model could influence the architectural design criteria, landscape architecture, and quality of life. These concepts were adjusted and became rules for designing a sanitary system for future housing.

In this study, it was found that the new energy-producing sanitary system could reduce the use of tap water and reduce energy use by-product, biogas 2 $m^3$/ person-day, could replace electricity by 17% and LPG by 100%, resulting in a decrease in monthly expenses spent on public utilities by 26-29%. The proposed system has payback as 1.38 -14.99 years. It could lessen environmental problems by using recycled treated water. The sludge was used as bio-fertilizer and all grease decomposed and was disposed of by the system. This system is ideal for a house which requires self-contained sustainable energy. This research benefits not only the community but also the country.

Department : ....Architecture.....Student's signature....Saritorn Amornjaruchit

Field of study : ....Architecture.....Advisor's signature.....

Academic year....2006.....

# กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ต้องขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ และรองศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่มอบวิชาความรู้ แนวความคิด และปรัชญาสู่ความสำเร็จ ทั้งในด้านการเรียนและวิธีการดำเนินชีวิต ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จาตุรนต์ วัฒนผาสุก ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ คุณอุทัย ใยบัวเทศ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร และอาจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่ดีมาโดยตลอด

กราบขอบพระคุณคุณพ่อสุทธิและคุณแม่พรรณี อมรจารุชิต สำหรับทุกความเป็นห่วงเป็นใยและกำลังใจอย่างหาที่สุดมิได้ ขอขอบคุณคุณศิริลักษณ์ ศิริ สำหรับคำปรึกษาและความช่วยเหลือด้วยความเต็มใจ ขอขอบคุณเหล่าพวกพ้องน้องพี่ทั้งระดับปริญญาโทและเอกในสาขาเทคโนโลยีทางสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อม คุณพี่ติ่งแห่งรถโรงเรียน คุณพี่เปิ้ลแห่งสโนไวท์ คุณพี่จั้มและคุณพี่หลินแห่งบ้านลูกกลม คุณพี่ชูพงษ์ คุณพี่ก้อย คุณแนน คุณนก คุณเจ คุณต้อง คุณเอ้ คุณออย คุณท็อป และที่สำคัญ คุณวีรเลิศกับคุณธรรมธร ที่ร่วมสร้างประสบการณ์สุขทุกข์ด้วยกันมาตลอด ขอบคุณคุณวงศ์วสุ เฉลยทรัพย์ ที่ช่วยตรวจทานเนื้อหา ให้คำปรึกษา และเป็นผู้สนับสนุนที่ดีตลอดมา สุดท้ายนี้ขอขอบคุณทุกกำลังใจอันดีงามที่ช่วยผลักดันให้เดินหน้าต่อสู้มาจนทุกวันนี้

# สารบัญ


หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

ขอบเขตของการวิจัย..... 2

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... 3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

วิธีดำเนินการวิจัย..... 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎี..... 6

2.1 การบำบัดน้ำเสีย..... 6

2.1.1 หลักการ..... 6

2.1.2 แหล่งที่มาของน้ำเสีย..... 6

2.1.3 ลักษณะของน้ำเสีย..... 8

2.1.4 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย..... 17

2.1.5 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย..... 34

2.1.6 การเลือกวิธีบำบัดน้ำเสีย..... 36

2.2 การผลิตก๊าซชีวภาพ..... 38

2.2.1 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ..... 38

2.2.2 คุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ..... 38

2.2.3 การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ..... 38

หน้า

2.2.4 ผลเสียเมื่อปล่อยก๊าซชีวภาพทิ้งสู่บรรยากาศ..... 39
2.2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ..... 40
2.2.6 สารอินทรีย์ตั้งต้นของก๊าซชีวภาพ..... 41
2.2.7 เทคโนโลยีระบบก๊าซชีวภาพ..... 41
2.2.8 ประเภทของบ่อก๊าซชีวภาพ..... 43
2.2.9 การทดแทนด้านพลังงาน..... 44
2.2.10 การประยุกต์ใช้ก๊าซชีวภาพในปัจจุบัน..... 46
2.3 การคำนวณการใช้พลังงาน..... 47
2.3.1 พลังงานไฟฟ้า..... 47
2.3.2 พลังงานก๊าซหุงต้ม..... 48

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย
ประชากร..... 49
การเก็บรวบรวมข้อมูล..... 50
หลักการวิเคราะห์ข้อมูล..... 62
การวิเคราะห์ข้อมูล..... 63

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล
ผลการวิเคราะห์..... 82
4.1 ถังบำบัดน้ำเสีย..... 83
4.2 ถังกักเก็บน้ำหมุนเวียน..... 84
4.3 ถังกักเก็บน้ำฝน..... 85
4.4 ถังหมักก๊าซชีวภาพ..... 86
4.5 การใช้พลังงาน..... 87
4.6 การปรับปรุงคุณภาพของน้ำเสีย น้ำโสโครก และขยะ..... 103
4.7 หลักเกณฑ์ในการเลือกชนิดของถังบำบัดน้ำเสีย..... 104

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย..... 105

5.1 ปัจจัยสำคัญในการออกแบบระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน..... 105

5.2 แผนผังกระบวนการทำงานของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน..... 106

5.3 ตารางคำนวณขนาดของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน..... 107

5.4 ตารางวัสดุและราคาค่าก่อสร้าง..... 110

5.5 การวิเคราะห์ความคุ้มทุน..... 116

5.6 เกณฑ์ในการออกแบบระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน..... 119

อภิปรายผล..... 120

ข้อเสนอแนะ..... 131

รายการอ้างอิง..... 132

ภาคผนวก..... 135

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 148

# สารบัญตาราง


| | | หน้า |
|---|---|---|
| ตารางที่ 2.1 | แสดงมลพิษหลักของแหล่งกำเนิดน้ำเสียต่างๆ | 7 |
| ตารางที่ 2.2 | แสดงอัตราการเกิดน้ำเสียต่อคนต่อวัน | 14 |
| ตารางที่ 2.3 | แสดงปริมาณน้ำเสียจากอาคารประเภทต่างๆ | 14 |
| ตารางที่ 2.4 | แสดงลักษณะน้ำเสียชุมชน | 15 |
| ตารางที่ 2.5 | แสดงตัวอย่างลักษณะน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย | 16 |
| ตารางที่ 2.6 | แสดงลักษณะของน้ำเสียจากอาคารประเภทต่างๆ | 16 |
| ตารางที่ 2.7 | แสดงขนาดมาตรฐานบ่อดักไขมันแบบวงขอบซีเมนต์สำหรับบ้านพักอาศัย | 19 |
| ตารางที่ 2.8 | แสดงคุณภาพของน้ำทิ้งจากถังเกรอะสำหรับอาคารพักอาศัยทั่วไป | 26 |
| ตารางที่ 2.9 | แสดงลักษณะของตะกอนในบ่อเกรอะ | 26 |
| ตารางที่ 2.10 | แสดงข้อมูลออกแบบถังเกรอะ | 27 |
| ตารางที่ 2.11 | แสดงขนาดบ่อเกรอะที่รับน้ำส้วมจากบ้านพักอาศัย | 28 |
| ตารางที่ 2.12 | แสดงคุณภาพน้ำทิ้งจากถังกรองไร้อากาศสำเร็จรูปของอาคารบ้านพักอาศัยทั่วไป | 32 |
| ตารางที่ 2.13 | แสดงขนาดมาตรฐานถังกรองไร้อากาศสำหรับบ้านพักอาศัย | 33 |
| ตารางที่ 3.1 | แสดงปริมาณน้ำใช้ต่อวัน | 50 |
| ตารางที่ 3.2 | แสดงปริมาณน้ำฝนที่ต้องการต่อวัน | 55 |
| ตารางที่ 3.3 | แสดงปริมาณขยะต่อวัน | 56 |
| ตารางที่ 3.4 | แสดงความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อคนต่อวัน | 57 |
| ตารางที่ 3.5 | แสดงคุณภาพของน้ำเสียที่เหมาะสมต่อระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ | 59 |
| ตารางที่ 3.6 | แสดงคุณภาพของน้ำเสียที่เหมาะสมต่อระบบผลิตก๊าซชีวภาพ | 59 |
| ตารางที่ 3.7 | แสดงประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสียแบบต่างๆ | 61 |
| ตารางที่ 3.8 | ลักษณะของน้ำเสียจากงานวิจัย | 63 |
| ตารางที่ 3.9 | ลักษณะของน้ำเสียจากการตรวจวัดจริง | 64 |
| ตารางที่ 3.10 | ลักษณะของน้ำโสโครกจากงานวิจัย | 64 |
| ตารางที่ 3.11 | แสดงการเปรียบเทียบลักษณะของน้ำเสียกับคุณภาพของน้ำเสียที่เหมาะสมต่อระบบบำบัดน้ำเสีย | 65 |

หน้า


ตารางที่ 3.12 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะของน้ำโสโครกกับคุณภาพของน้ำเสียที่เหมาะสมต่อระบบผลิตก๊าซชีวภาพ..... 65

ตารางที่ 3.13 แสดงวิธีการคำนวณหาขนาดของถังดักไขมัน..... 67

ตารางที่ 3.14 ข้อมูลออกแบบกระบวนการเอเอสแบบต่างๆ..... 68

ตารางที่ 3.15 แสดงวิธีการคำนวณหาขนาดของถังเติมอากาศ..... 69

ตารางที่ 3.16 แสดงวิธีการคำนวณหาขนาดของถังกักเก็บน้ำหมุนเวียน..... 70

ตารางที่ 3.17 แสดงปริมาณก๊าซที่ผลิตออกมาได้จากสารอินทรีย์ของวัสดุต่างๆ..... 73

ตารางที่ 3.18 แสดงราคาถังบำบัดน้ำเสียแบบสำเร็จรูป..... 80

ตารางที่ 3.19 แสดงราคาถังบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่..... 81

ตารางที่ 4.1 แสดงขนาดถังบำบัดน้ำเสีย..... 83

ตารางที่ 4.2 แสดงขนาดถังกักเก็บน้ำหมุนเวียน..... 84

ตารางที่ 4.3 แสดงขนาดถังกักเก็บน้ำฝน..... 85

ตารางที่ 4.4 แสดงขนาดถังหมักก๊าซชีวภาพ..... 86

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานกับปริมาณพลังงานที่ผลิตได้ในแต่ละวัน 87

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าใช้จ่ายรายเดือนต่อคนของระบบทั่วไปสำหรับจำนวนผู้ใช้อาคาร 1-3 คน..... 88

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าใช้จ่ายรายเดือนต่อคนของระบบทั่วไปสำหรับจำนวนผู้ใช้อาคาร 4 คน..... 89

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าใช้จ่ายรายเดือนต่อคนของระบบทั่วไปสำหรับจำนวนผู้ใช้อาคาร 5 คน..... 90

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าใช้จ่ายรายเดือนต่อคนของระบบทั่วไปสำหรับจำนวนผู้ใช้อาคาร 6-7 คน..... 91

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าใช้จ่ายรายเดือนต่อคนของระบบทั่วไปสำหรับจำนวนผู้ใช้อาคาร 8 คน..... 92

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าใช้จ่ายรายเดือนต่อคนของระบบทั่วไปสำหรับจำนวนผู้ใช้อาคาร 9 คน..... 93

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าใช้จ่ายรายเดือนต่อคนของระบบทั่วไปสำหรับจำนวนผู้ใช้อาคาร 10 คน..... 94

หน้า

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าใช้จ่ายรายเดือนต่อคนของระบบทั่วไปสำหรับจำนวนผู้ใช้อาคาร 11 คน ..... 95
ตารางที่ 4.14 แสดงค่าใช้จ่ายรายเดือนต่อคนของระบบทั่วไปสำหรับจำนวนผู้ใช้อาคาร 12-14 คน ..... 96
ตารางที่ 4.15 แสดงค่าใช้จ่ายรายเดือนต่อคนของระบบทั่วไปสำหรับจำนวนผู้ใช้อาคาร 15-19 คน ..... 97
ตารางที่ 4.16 แสดงค่าใช้จ่ายรายเดือนต่อคนของระบบทั่วไปสำหรับจำนวนผู้ใช้อาคาร 20-23 คน ..... 98
ตารางที่ 4.17 แสดงค่าใช้จ่ายรายเดือนต่อคนของระบบทั่วไปสำหรับจำนวนผู้ใช้อาคาร 24-50 คน ..... 99
ตารางที่ 4.18 แสดงค่าใช้จ่ายรายเดือนต่อคนของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน ..... 101
ตารางที่ 4.19 แสดงค่าใช้จ่ายรายเดือนที่ประหยัดได้ต่อคนของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน ..... 102
ตารางที่ 4.20 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของถังบำบัดน้ำเสีย ระหว่างถังบำบัดน้ำเสียแบบสำเร็จรูปกับถังบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่ ..... 104
ตารางที่ 5.1 แสดงขนาดของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน ..... 107
ตารางที่ 5.2 แสดงวัสดุและราคาค่าก่อสร้าง ..... 110
ตารางที่ 5.3 แสดงราคาค่าก่อสร้างของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน ..... 113
ตารางที่ 5.4 แสดงระยะเวลาคุ้มทุนของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน ..... 116
ตารางที่ 5.5 การใช้ประโยชน์จากผลผลิตของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน ..... 120
ตารางที่ 5.6 แสดงขนาดของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงานสำหรับบ้านพักอาศัยจำนวน 5 คน ..... 122

# สารบัญภาพ


| | | หน้า |
|---|---|---|
| ภาพที่ 2.1 | วัฏจักรไนโตรเจน | 11 |
| ภาพที่ 2.2 | วัฏจักรซัลเฟอร์ | 12 |
| ภาพที่ 2.3 | แสดงการจำแนกประเภทของจุลินทรีย์ในน้ำเสีย | 13 |
| ภาพที่ 2.4 | แสดงบ่อดักไขมันแบบสร้างในที่ | 20 |
| ภาพที่ 2.5 | แสดงบ่อดักไขมันแบบใช้วงขอบซีเมนต์ | 20 |
| ภาพที่ 2.6 | แสดงลักษณะทั่วไปของระบบแผ่นหมุนชีวภาพ | 23 |
| ภาพที่ 2.7 | แสดงระบบเอเอสแบบกวนสมบูรณ์ | 24 |
| ภาพที่ 2.8 | แสดงบ่อเกรอะแบบมาตรฐานขนาดเล็ก | 25 |
| ภาพที่ 2.9 | อัตราการผลิตก๊าซมีเทนกับตัวกลางประเภทต่างๆ ที่ใช้ในระบบถังกรองไร้อากาศ | 29 |
| ภาพที่ 2.10 | แสดงถังกรองไร้อากาศแบบมาตรฐาน | 30 |
| ภาพที่ 2.11 | แสดงถังกรองไร้อากาศแบบวงขอบซีเมนต์ | 31 |
| ภาพที่ 2.12 | แสดงการเปรียบเทียบหน่วยราคากับค่าประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสีย | 37 |
| ภาพที่ 2.13 | แสดงกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ | 42 |
| ภาพที่ 2.14 | แสดงการทดแทนด้านพลังงานของก๊าซชีวภาพ | 45 |
| ภาพที่ 3.1 | แสดงปริมาณน้ำฝนรายวันของกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีกรุงเทพมหานคร ประจำปี พ.ศ. 2548 | 53 |
| ภาพที่ 3.2 | แสดงปริมาณน้ำฝนรายวันของกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีกรุงเทพมหานคร ประจำปี พ.ศ. 2549 | 53 |
| ภาพที่ 3.3 | แสดงปริมาณน้ำฝนรายวันของกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีดอนเมือง ประจำปี พ.ศ. 2548 | 54 |
| ภาพที่ 3.4 | แสดงปริมาณน้ำฝนรายวันของกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีดอนเมือง ประจำปี พ.ศ. 2549 | 54 |
| ภาพที่ 3.5 | แสดงสัดส่วนความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อคนต่อวัน | 58 |
| ภาพที่ 3.6 | ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปัจจัยยับยั้ง pH กับ pH ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ | 60 |
| ภาพที่ 3.7 | ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตรากำจัด COD จำเพาะ กับอุณหภูมิในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ | 60 |

หน้า


ภาพที่ 3.8 ความสามารถบำบัดน้ำเสียของถังกรองไร้อากาศเปรียบเทียบกับถังกรองใช้อากาศ..... 61
ภาพที่ 3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับวันที่ฝนตก..... 71
ภาพที่ 3.10 ผลการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยวิธีแอนแอโรบิก..... 75
ภาพที่ 3.11 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากักพักของแข็งกับประสิทธิภาพบำบัดน้ำเสียในระบบบำบัดแบบแอนแอโรบิก..... 76
ภาพที่ 3.12 กราฟแสดงราคาถังดักไขมันแบบสำเร็จรูป..... 77
ภาพที่ 3.13 กราฟแสดงราคาถังกรองไร้อากาศแบบสำเร็จรูป..... 78
ภาพที่ 3.14 กราฟแสดงราคาถังเติมอากาศแบบสำเร็จรูป..... 78
ภาพที่ 3.15 กราฟแสดงราคาถังดักไขมันแบบติดกับที่..... 79
ภาพที่ 3.16 กราฟแสดงราคาถังกรองไร้อากาศแบบติดกับที่..... 79
ภาพที่ 3.17 กราฟแสดงราคาถังเติมอากาศแบบติดกับที่..... 80
ภาพที่ 3.18 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างระหว่างถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปกับถังบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่..... 81
ภาพที่ 4.1 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายรายเดือนต่อคน..... 102
ภาพที่ 5.1 แสดงแผนผังกระบวนการทำงานของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน..... 106
ภาพที่ 5.2 กราฟแสดงขนาดของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน..... 109
ภาพที่ 5.3 กราฟแสดงค่าก่อสร้างต่อหน่วยของถังบำบัดน้ำเสีย..... 110
ภาพที่ 5.4 กราฟแสดงค่าก่อสร้างต่อหน่วยของถังกักเก็บน้ำหมุนเวียน..... 111
ภาพที่ 5.5 กราฟแสดงค่าก่อสร้างต่อหน่วยของถังกักเก็บน้ำฝน..... 111
ภาพที่ 5.6 กราฟแสดงค่าก่อสร้างต่อหน่วยของถังกักหมักก๊าซชีวภาพ..... 112
ภาพที่ 5.7 กราฟแสดงราคาของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน..... 115
ภาพที่ 5.8 กราฟแสดงระยะเวลาคุ้มทุนของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน..... 118
ภาพที่ 5.9 แสดงแผนผังกระบวนการทำงานของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงานสำหรับบ้านพักอาศัยจำนวน 5 คน รูปแบบที่ 1..... 121
ภาพที่ 5.10 แสดงแผนผังกระบวนการทำงานของระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงานสำหรับบ้านพักอาศัยจำนวน 5 คน รูปแบบที่ 2..... 121
ภาพที่ 5.11 ผังฐานราก..... 122

หน้า

ภาพที่ 5.12 ผังพื้นชั้นที่ 1..... 123
ภาพที่ 5.13 ผังพื้นชั้นที่ 2..... 123
ภาพที่ 5.14 ผังหลังคา..... 124
ภาพที่ 5.15 รูปตัด..... 124
ภาพที่ 5.16 แปลนและรูปตัดถังดักไขมัน..... 125
ภาพที่ 5.17 แปลนและรูปตัดถังหมักก๊าซชีวภาพ รูปแบบที่ 1..... 126
ภาพที่ 5.18 แปลนและรูปตัดถังหมักก๊าซชีวภาพ รูปแบบที่ 2..... 127
ภาพที่ 5.19 ผลกระทบของการออกแบบระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงาน..... 128