

การประยุกต์ดังทรงชนิดสารทรงเคลื่อนที่เพื่อบำบัดน้ำเสียชุมชน



นางสาววัฒนาพร ฉิมเวศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-03-0085-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

APPLICATIONS OF MOVING BED FILTER
FOR TREATMENT OF DOMESTIC WASTEWATER



Miss Wattanaporn Chimras

สถาบันวิทยบริการ
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 2000

ISBN 974-03-0085-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประยุกต์ใช้กรอบแนวคิดการกรองเคลื่อนที่เพื่อบำบัดน้ำเสียชุมชน
โดย นางสาววัฒนาพร ฉิมเรศ
สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล สายพานิช

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์สุรี ชาวเขียว)

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

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เกรอต)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพชรพร เขาวกิจเจริญ)

วัฒนาพร ฉิมเรศ : การประยุกต์ถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่เพื่อบำบัดน้ำเสียชุมชน
(APPLICATIONS OF MOVING BED FILTER FOR TREATMENT OF DOMESTIC SEWAGE)
อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สุรพล สายพานิช, หน้า. ISBN 974-03-0085-5

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นมาใหม่สำหรับใช้บำบัดน้ำเสียชุมชน เพื่อให้ได้ผลงานที่สามารถนำไปใช้งานได้ตามสภาพความเป็นจริง จึงใช้น้ำเสียจริงจากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา ถังกรองที่ใช้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 ม. ตัวกลางสารกรองที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้สังเคราะห์ขึ้นจากพลาสติกชนิดพีวีซี (PVC) มีรูปร่างเป็นรูปทรงกระบอกกลวง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 3.9 มม. เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 7.0 มม. และความสูง 3.5 มม. พื้นที่ผิวจำเพาะ 667 ตร.ม.ต่อ ลบ.ม. แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง การทดลองชุดที่ 1 แบ่งออกเป็น 3 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 2 และ 3 เปลี่ยนแปลงค่าอัตราการหมุนเวียนสารกรองร้อยละ 20 50 และ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน ตามลำดับ โดยควบคุมค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์คงที่เท่ากับ 3 ลบ.ม. ต่อ ตร.ม.-ชม. ส่วนการทดลองชุดที่ 2 และ 3 เปลี่ยนแปลงค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ 2 และ 0.5 ลบ.ม. ต่อ ตร.ม.-ชม. ตามลำดับ โดยที่แต่ละชุดการทดลองแบ่งการทดลองออกเป็นชุดละ 2 การทดลอง โดยเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการหมุนเวียนสารกรองร้อยละ 50 และ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน และควบคุมค่าอัตราการทิ้งน้ำล้างสารกรองให้มีค่าไม่เกินร้อยละ 10 ของปริมาตรน้ำที่กรองได้ทุกการทดลอง

ผลการทดลองพบว่าถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ เมื่อเดินระบบที่ภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ 0.5-3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. และควบคุมค่าอัตราการเวียนสารกรองร้อยละ 20-100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน ระบบสามารถผลิตน้ำทิ้งที่มีค่าของแข็งแขวนลอยโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 16.8-29.6 มก./ล. ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน และให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีกรองโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 65-75 การบำบัดน้ำเสียสามารถบำบัดได้อย่างต่อเนื่องไม่ต้องหยุดพักระบบ

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม.....ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2543.....

##4070411921 : MAJOR : ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEY WORDS : MOVING BED FILTER/BIOFILTRATION/AERATED FILTER

WATTANAPORN CHIMRAS : APPLICATIONS OF MOVING BED FILTER FOR
TREATMENT OF DOMESTIC SEWAGE. THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF.
SURAPOL SAIPANICH, Dr. Ing., 254 pp. ISBN 974-03-0085-5

The purpose of this study was to investigate applications of moving bed filter to treat domestic wastewater. Actual domestic wastewater at Si Phraya wastewater treatment plant of Si Phray district was used to that its result will be useful fo real application. 0.8 m. diameter filter was used. The media was made of PVC with hollow cylindrical in shape, 3.9 mm. in inner diameter, 7.0 mm. in outer diameter, 3.5 mm. in height and $667 \text{ m}^2/\text{m}^3$ in specific surface area. This research was divided into 3 parts by varying the hydraulic loading rate with 3, 2 and $0.5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-h}$, respectively. Flow rate of media washing water effluent was controlled not exceeding 10% of treated water effluent. At the $3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-h}$ hydraulic loading rate experiment, turnover rate of media was varied at 20, 50, and 100% of total media volume per day.

Results from this research were shown that at $0.5\text{-}3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-h}$ hydraulic loading rate and turnover rate 20-100% of total media volume per day, the system was able to produce effluent with average suspended solids between 16.8-29.6 mg/L, which was within Standard domestic wastewater effluent. This causes the system not requiring to have secondary sedimentation tank. An average COD removal efficiency in this filtration system was within 65-75%. And this wastewater treatment system was able to operate continuously without any interruption.

Department Environmental Engineering..... Student's signature.....

Field of Study Environmental Engineering..... Advisor's signature.....

Academic year 2000.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล สายพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นผู้ชี้แนะ แนะนำแนวทาง และข้อคิดเห็นต่างๆ แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำและชี้แนะ ข้อบกพร่องให้แก่ผู้วิจัย รวมทั้งคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัยสามารถใช้ประโยชน์ร่วมในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกตลอดมา

ขอขอบคุณ คุณปวิตร สุธาวิยางกูร ผู้แทนบริษัท อาควา นิธิฮาร์ว คอร์ปอเรชั่น จำกัด ที่ให้ความช่วยเหลือในขั้นตอนของการติดตั้งระบบ

ขอขอบคุณ พี่ๆ น้องๆ ที่โรงงานปรับปรุงคุณภาพน้ำสีพระยา ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกด้วยดีตลอดมา จนงานวิจัยสามารถสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณ ผู้อำนวยการส่วนที่ 5 พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พี่ๆ เพื่อนๆ ปี 4 น้องๆ ปี 3 น้องๆ ปี 2 ที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ ที่ให้กำลังใจและช่วยเหลืออย่างมากในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอแสดงความขอบคุณ Econet Corporation Limited ซึ่งเป็นผู้ได้รับอนุญาตในการผลิตเครื่องกรองชนิด Moving Bed Filter จากเจ้าของสิทธิบัตรในประเทศญี่ปุ่น ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการขอยืมและใช้เครื่องกรองดังกล่าวตลอดระยะเวลาการทำวิจัย

ขอแสดงความขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และมูลนิธิชินโสภณพนิชที่สนับสนุนเงินทุนในการทำวิทยานิพนธ์

ท้ายสุดนี้ คุณความดีและประโยชน์ทั้งปวงของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอน้อมมอบให้แก่บิดา-มารดา ซึ่งเป็นผู้สนับสนุนพร้อมทั้งให้กำลังใจอย่างดีเยี่ยมตลอดมาและเป็นผู้มีพระคุณสูงสุดของผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญรูป.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ต
บทที่ 1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย.....	3
บทที่ 2. ทบทวนเอกสาร.....	4
2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการย่อยสลายทางชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจน.....	4
2.2 ลักษณะสมบัติและชนิดของจุลินทรีย์ในเมือกจุลินทรีย์.....	7
2.3 กลไกการกำจัดสารอินทรีย์โดยกระบวนการฟิล์มชีวภาพ.....	11
2.4 ลักษณะของถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่.....	16
2.5 การทำงานของถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่.....	16
2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อระดับสมรรถนะของถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่.....	19
2.7 ข้อดีและข้อเสียของระบบถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่.....	23
2.8 รายงานและผลการวิจัยที่เกี่ยวกับถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่.....	24
2.9 รายงานและผลการวิจัยที่เกี่ยวกับถังกรองชีวภาพแบบเติมอากาศ.....	26
บทที่ 3. วิธีดำเนินการวิจัย.....	34
3.1 แผนการวิจัย.....	34

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง.....	35
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	36
3.4 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง.....	39
3.5 การเดินระบบ.....	42
บทที่ 4. ผลการทดลองและวิจารณ์	44
4.1 การดำเนินการทดลอง.....	44
4.2 การเริ่มต้นเดินระบบ.....	45
4.3 การหาพื้นที่ผิวของตัวกลางสารกรองโดยการคำนวณ.....	46
4.4 การทดลองหาลักษณะสมบัติน้ำเสียเข้าระบบ.....	46
4.5 ผลการทดลองของพารามิเตอร์ต่างๆ.....	50
4.6 ผลของค่าภาระบรรจุทุกทางชลศาสตร์ต่อการบำบัดน้ำเสีย.....	90
4.7 ผลของอัตราการเวียนสารกรองต่อการบำบัดน้ำเสีย 1.....	98
4.8 ลักษณะของจุลินทรีย์ที่พบในระบบ.....	100
4.9 อัตราการทิ้งของแข็ง.....	105
4.10 ค่าอายุตะกอน.....	105
4.11 การหาค่ายิลด์.....	108
บทที่ 5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ	109
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	109
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	109
รายการอ้างอิง	111
ภาคผนวก	115
ภาคผนวก ก วิธีคำนวณคุณสมบัติของตัวกลาง.....	116
ภาคผนวก ข ตารางแสดงข้อมูลผลการทดลอง.....	141
ภาคผนวก ค ตารางแสดงค่าเฉลี่ยข้อมูลผลการทดลอง.....	236
ประวัติผู้เขียน	245

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1.1	ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย.....	3
ตารางที่ 3.1	แสดงค่าต่ำสุด-สูงสุด และค่าเฉลี่ย ของลักษณะสมบัติน้ำเสีย จากการเดินระบบของโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2543 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2544.....	36
ตารางที่ 3.2	แสดงลักษณะสมบัติของน้ำเสีย จุดเก็บตัวอย่าง และความถี่ ในการวิเคราะห์.....	40
ตารางที่ 3.3	วิธีการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ.....	41
ตารางที่ 4.1	สรุปลำดับการทดลอง.....	44
ตารางที่ 4.2	แสดงค่าเฉลี่ยจากการวัดมิติต่างๆ และการคำนวณพื้นที่ผิวของ ตัวกลางสารกรองแต่ละเม็ด.....	46
ตารางที่ 4.3	แสดงค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของผลการวิเคราะห์ ค่าบีโอดีและซีโอดีจากห้องดักกรวดทรายที่โรงบำบัดน้ำเสีย สี่พระยา ระหว่างเดือนธันวาคม 2542 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2543..	49
ตารางที่ 4.4	เปรียบเทียบค่าออกซิเจนละลายทุกชุดการทดลอง.....	50
ตารางที่ 4.5	เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิทุกชุดการทดลอง.....	53
ตารางที่ 4.6	เปรียบเทียบค่าพีเอชทุกชุดการทดลอง.....	58
ตารางที่ 4.7	เปรียบเทียบค่าสภาพต่างทั้งหมดทุกชุดการทดลอง.....	61
ตารางที่ 4.8	เปรียบเทียบค่าของแข็งแขวนลอย และค่า VSS/SS ทุกชุดการทดลอง	62
ตารางที่ 4.9	เปรียบเทียบค่าซีโอดีทุกชุดการทดลอง.....	73
ตารางที่ 4.10	เปรียบเทียบค่าไนโตรเจนทุกชุดการทดลอง.....	74
ตารางที่ 4.11	เปรียบเทียบค่าฟอสฟอรัสทุกชุดการทดลอง.....	90
ตารางที่ 4.12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีทั้งหมดและประสิทธิภาพ การกำจัดซีโอดีทั้งหมดต่อค่าภาระบรรจุทุกทางชลศาสตร์ที่ อัตราการเวียนสารกรองร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรอง ทั้งหมดต่อวัน.....	91

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีไอดีทั้งหมดและประสิทธิภาพ การกำจัดซีไอดีทั้งหมดต่อค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ที่ อัตราการเวียนสารกรองร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรอง ทั้งหมดต่อวัน.....	92
ตารางที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการใช้สารอาหารเทียบ มวลจุลินทรีย์ทั้งหมดกับค่าซีไอดีทั้งหมดในน้ำออก.....	94
ตารางที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของแข็งแขวนลอยและประสิทธิภาพ การกำจัดของแข็งแขวนลอยต่อค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ที่อัตรา การเวียนสารกรองร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน.....	96
ตารางที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของแข็งแขวนลอยและประสิทธิภาพ การกำจัดของแข็งแขวนลอยต่อค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ที่อัตรา การเวียนสารกรองร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน.....	97
ตารางที่ 4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีไอดีทั้งหมดและประสิทธิภาพ การกำจัดซีไอดีทั้งหมดต่ออัตราการเวียนสารกรอง ที่ภาระบรรทุก ทางชลศาสตร์เท่ากับ 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.....	98
ตารางที่ 4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างของแข็งแขวนลอยและประสิทธิภาพ การกำจัดของแข็งแขวนลอยต่ออัตราการเวียนสารกรอง ที่ภาระบรรทุก ทางชลศาสตร์เท่ากับ 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.....	99
ตารางที่ 4.19 แสดงค่าอัตราการทิ้งของแข็งต่อการกำจัดซีไอดีของ ทุกชุดการทดลอง.....	106
ตารางที่ 4.20 แสดงการคำนวณหาค่าอายุตะกอนของทุกชุดการทดลอง.....	107

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ความหนาแน่นจลนทรีย์ของเมือกจลนทรีย์ที่ขึ้นความหนาต่างๆ.....	10
รูปที่ 2.2 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างผิวของฟิล์มชีวภาพและผิวของเหลวโดยรอบ....	12
รูปที่ 2.3 ลักษณะของชั้นเมือกจลนทรีย์ในกรณีความเข้มข้นสารอินทรีย์และออกซิเจน	13
รูปที่ 2.4 สภาพขาดแคลนสารอินทรีย์ และ/หรือ ออกซิเจนในระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้เมือกจลนทรีย์.....	15
รูปที่ 2.5 ถึงปฏิกรณ์ไบโอฟอล์ และ แอคติเวเตดสลัดจ์.....	32
รูปที่ 3.1 แสดงรายละเอียดของถังกรอง.....	37
รูปที่ 3.2 แสดงรายละเอียดในการเดินระบบ.....	38
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงผลการทดลองวัดค่ามิติของตัวกลางแต่ละเม็ด จำนวน 1 ลิตร.....	47
รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าบีโอดีและซีโอดีจากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของห้องดักกรวดทรายที่โรงบำบัดน้ำเสียสีพระยา ระหว่างเดือนธันวาคม 2542 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2543.....	49
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายน้ำที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ.....	51
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ.....	54
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ.....	56
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสภาพด่างที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ.....	59
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งแขวนลอยที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ.....	63
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ.....	66
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ.....	68
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าบีโอดีที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ.....	70

สารบัญรูป (ต่อ)

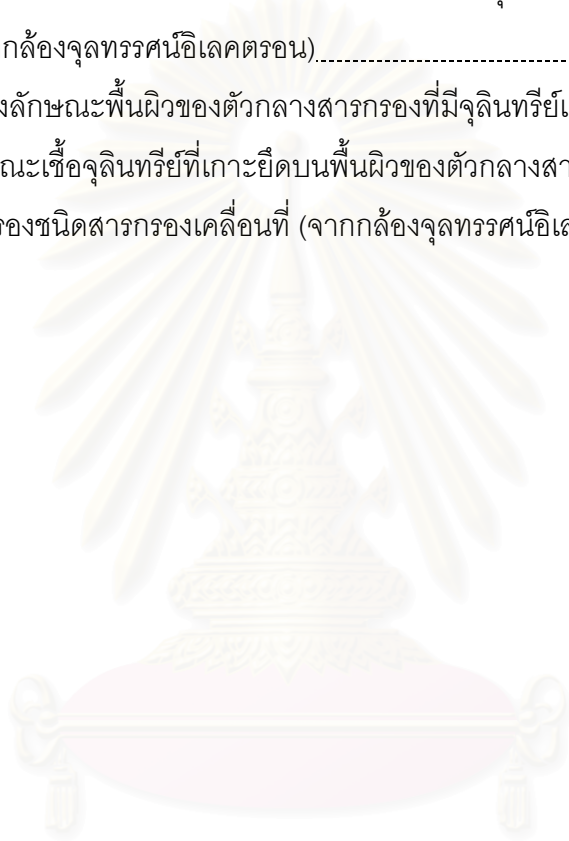
	หน้า
รูปที่ 4.11 ค่าซีไอดีที่ตำแหน่งความสูงต่างๆ ในถังกรองของการทดลองต่างๆ.....	71
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าแอมโมเนียไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ.....	75
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าอินทรีย์ไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ.....	77
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าที่เคเอ็นที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ.....	79
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าไนไตรต์ที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ.....	81
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าไนเตรตที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ.....	83
รูปที่ 4.17 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าไนโตรเจนรวมที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ.....	85
รูปที่ 4.18 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าฟอสฟอรัสที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ.....	88
รูปที่ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีไอดีทั้งหมดและประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีทั้งหมดต่อค่าภาระบรทุกทางชลศาสตร์ที่อัตราการเวียนสารกรองร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน.....	91
รูปที่ 4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีไอดีทั้งหมดและประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีทั้งหมดต่อค่าภาระบรทุกทางชลศาสตร์ที่อัตราการเวียนสารกรองร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน.....	92
รูปที่ 4.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการใช้สารอาหารเทียบมวลจุลินทรีย์ทั้งหมดกับค่าซีไอดีทั้งหมดในน้ำออก.....	94
รูปที่ 4.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของแข็งแขวนลอยและประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยต่อค่าภาระบรทุกทางชลศาสตร์ที่อัตราการเวียนสารกรองร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน.....	96

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของแข็งแวนลอยและประสิทธิภาพ การกำจัดของแข็งแวนลอยต่อค่าการะบรทุกทางชลศสตร์ที่อัตรา การเวยนสวรกรรองร้อยละ 100 ของปริมาตรสวรกรรองทั้งหมดต่อวัน.....	97
รูปที่ 4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีทั้งหมดและประสิทธิภาพ การกำจัดซีโอดีทั้งหมดต่ออัตราการเวยนสวรกรรอง ที่การะบรทุก ทางชลศสตร์เท่ากับ 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.....	99
รูปที่ 4.25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างของแข็งแวนลอยและประสิทธิภาพ การกำจัดของแข็งแวนลอยต่ออัตราการเวยนสวรกรรอง ที่การะบรทุก ทางชลศสตร์เท่ากับ 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.....	100

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 เส้นใย (Glycocalyx) เกาะพันระหว่างเซลล์แบคทีเรียในเมือกจุลินทรีย์...	9
ภาพที่ 2.2 ลักษณะของถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่.....	17
ภาพที่ 4.1 แสดงลักษณะเชื้อจุลินทรีย์แขวนลอยต่างๆ ที่พบในถังกรอง.....	101
ภาพที่ 4.2 แสดงลักษณะพื้นผิวของตัวกลางสารกรองที่ไม่มีจุลินทรีย์เกาะอยู่บนผิว (จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน).....	103
ภาพที่ 4.3 แสดงลักษณะพื้นผิวของตัวกลางสารกรองที่มีจุลินทรีย์เกาะยึด และ ลักษณะเชื้อจุลินทรีย์ที่เกาะยึดบนพื้นผิวของตัวกลางสารกรองใน ถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ (จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน).....	104



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันปัญหาภาวะมลพิษทางน้ำที่ทวีความรุนแรงมากขึ้น และข้อกำหนดตามกฎหมายมาตรฐานน้ำทิ้งมีความเข้มงวดขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการเสาะแสวงหาเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่ทันสมัยเท่าที่จะทำได้มาบำบัดน้ำเสียให้มีคุณภาพได้ตามมาตรฐานก่อนจะระบายลงสู่แหล่งน้ำ เพื่อให้แหล่งน้ำสาธารณะนั้นสามารถใช้เพื่ออุปโภคและบริโภคได้ในราคาประหยัดและเกิดประโยชน์สูงสุด เนื่องจากการวิจัยถึงกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่เพื่อการบำบัดน้ำเสียยังไม่เป็นที่รู้จักและนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายเหมือนระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพชนิดอื่น ทำให้ผลการศึกษายังมีน้อย ดังนั้นทฤษฎีหรือสมมติฐานที่ใช้จึงอ้างอิงจากทฤษฎีของฟิล์มชีวภาพ (biofilm) และทฤษฎีของถังกรองชีวภาพเติมอากาศ (BAF) จากผลการศึกษาพบว่าระบบถังกรองชีวภาพสามารถบำบัดน้ำเสียได้ดีและยังใช้พื้นที่ในการก่อสร้างน้อยกว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง (Bebin, 1975 Blanc, 1975 Grasmick, 1979 และ Leglise, 1980) ดังนั้นการนำถังกรองชีวภาพมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจึงเหมาะสมกับบริเวณพื้นที่ก่อสร้างมีขนาดจำกัดหรือตั้งอยู่ในชุมชนหนาแน่น เพื่อให้เกิดผลกระทบต่อชุมชนข้างเคียงน้อยที่สุด นอกจากนี้จะลดขนาดของพื้นที่ในการก่อสร้างแล้ว ยังรวมถึงการประหยัดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอีกด้วย เนื่องจากการนำไปใช้ไม่ต้องใช้ถังตกตะกอนชั้นที่สองซึ่งเป็นแหล่งเกิดปัญหาต่างๆ เช่น ตะกอนไม่จมตัว ซึ่งเกิดขึ้นในระบบตะกอนเร่ง แต่เครื่องกรองที่ใช้โดยทั่วไปต้องทำการล้างย้อนเครื่องกรอง (Back wash) บ่อยครั้ง ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงนำถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่มาใช้ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนเพื่อแก้ไขปัญหาการหยุดพักระบบเนื่องจากการล้างสารกรองของถังกรองชีวภาพ และเพื่อให้การควบคุมปฏิบัติงานเป็นไปได้ง่ายขึ้น

เนื่องจากการศึกษานี้เป็นเรื่องที่ต่อเนื่องจากการศึกษาของวีระพันธ์ (2539) ที่ศึกษาดังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ และใช้แวนทราไรต์เป็นตัวกลางกรอง ซึ่งมีค่าความพรุนอากาศขณะแห้งเพียงร้อยละ 50 ทำให้เกิดการอุดตันในกรณีที่มีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์สูง ดังนั้นเพื่อเป็นการประยุกต์เทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ให้ได้ผลงานที่สามารถนำไปใช้งานได้ตามสภาพความเป็นจริง จึงใช้น้ำเสียจริงจากโรงบำบัดน้ำเสียสีพระยา และในการศึกษานี้ใช้ตัวกลางกรองซึ่งสังเคราะห์ขึ้นจากพลาสติกชนิดพีวีซี (PVC) มีค่าความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.1 และค่าความพรุนอากาศขณะแห้งเท่ากับร้อยละ 55 เป็นตัวกลางกรอง เพื่อเป็น

การพัฒนาถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ที่สามารถรองรับค่าภาระบรรทุกทุกสารอินทรีย์ได้มากขึ้น รวมทั้งเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดและประหยัดพลังงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่เป็นระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่สองในการบำบัดน้ำเสียชุมชน

1.2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและค่าตัวแปรที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียของถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่เมื่อนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียจริง

1.2.3 เพื่อสามารถนำข้อมูลและหลักเกณฑ์ที่เหมาะสมซึ่งได้จากการวิจัยไปใช้งานได้ ตามสภาพความเป็นจริง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง ในการวิจัยนี้ใช้น้ำเสียจากโรงงานปรับปรุงคุณภาพน้ำสีพระยาซึ่งรับน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือน อาคารพาณิชย์ ในเขตป้อมปราบศัตรูพ่าย เขตสัมพันธวงศ์ และพื้นที่บางส่วนของเขตบางรัก

1.3.2 ศึกษาประวัติการทดลองในอดีตที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางการสร้างถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่

1.3.3 พัฒนาถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เมตร ซึ่งเป็นขนาดต้นแบบ (pilot plant) มาตรฐาน มาใช้เป็นถังปฏิกรณ์ชีวภาพ

1.3.4 ศึกษาประสิทธิภาพและกลไกของถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการเวียนล้างสารกรอง โดยควบคุมค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์คงที่เท่ากับ 3 ลบ.ม. ต่อ ตร.ม.-ชม. และควบคุมค่าอัตราการทิ้งน้ำล้างสารกรองให้มีค่าไม่เกินร้อยละ 10 ของปริมาตรน้ำที่กรองได้

1.3.5 ศึกษาประสิทธิภาพและกลไกของถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ (hydraulic loading) โดยควบคุมค่าอัตราการเวียนล้างสารกรองคงที่เท่ากับ 50% และ 100% ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน และควบคุมค่าอัตราการทิ้งน้ำล้างสารกรองให้มีค่าไม่เกินร้อยละ 10 ของปริมาตรน้ำที่กรองได้

บทที่ 2

ทบทวนเอกสาร

ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีบทบาทสำคัญในการลดปริมาณสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ในน้ำเสียจากแหล่งชุมชน ตลอดจนโรงงานอุตสาหกรรม บางประเภทที่มีสารที่สามารถย่อยสลายได้โดยขบวนการทางชีวภาพ

ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยานี้ ประกอบไปด้วยจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลายสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ น้ำเสียจากแหล่งชุมชนหรือโรงงานอุตสาหกรรม เป็นอาหารที่แบคทีเรียนำไปใช้ในการดำรงชีวิต ในขณะที่ระบบบำบัดน้ำเสียจะเป็นเครื่องมือในการควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของแบคทีเรีย การควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีววิทยานี้จำเป็นต้องเข้าใจระบบกำจัดน้ำเสียแบบนี้เป็นอย่างดี จึงสามารถที่จะควบคุมการทำงานของระบบให้เป็นไปอย่างราบรื่นได้

2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการย่อยสลายทางชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจน

ปัจจัยและสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพในกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจน ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าพีเอช ความต้องการออกซิเจนของจุลินทรีย์ สารอาหารที่จำเป็น และสารพิษ ดังนั้นในการควบคุมให้กระบวนการมีเสถียรภาพสูงสุด จึงต้องควบคุมปัจจัยและสภาวะแวดล้อมให้พอเหมาะ (สิทธิชัย, 2529)

2.1.1 อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์เพราะกระบวนการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาทางชีวเคมีและอัตราของปฏิกิริยานี้ก็มีผลมาจากอุณหภูมิ ภายใต้วงอุณหภูมิที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตสามารถแบ่งจุลินทรีย์ได้เป็น 3 ประเภท คือ

Psychrophilic microorganism เจริญเติบโตได้ในช่วงอุณหภูมิ 5-20 องศาเซลเซียส

Mesophilic microorganism เจริญเติบโตได้ในช่วงอุณหภูมิ 20-45 องศาเซลเซียส

Thermophilic microorganism เจริญเติบโตได้ในช่วงอุณหภูมิ 45-55 องศาเซลเซียส

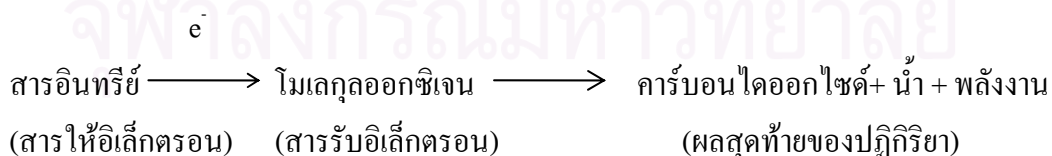
จะเห็นได้ว่าจุลินทรีย์เติบโตได้ในช่วงอุณหภูมิต่างๆ กัน ตั้งแต่ต่ำสุดที่พบคือ -7 องศาเซลเซียส และสูงสุดคือ 93 องศาเซลเซียส แต่โดยทั่วไปแล้วจุลินทรีย์เติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิ

ระหว่าง 30-40 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงของ Mesophilic ที่แสดงถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่สุด (Optimum growth temperature) จุลินทรีย์จะแบ่งตัวได้อย่างรวดเร็วที่อุณหภูมินี้

Schroepffer (1952) พบว่าอุณหภูมิของน้ำเสียเป็นสิ่งสำคัญที่เป็นตัวควบคุมอัตราการกำจัดค่าบีโอดี Galler และ Gotaas (1965) ได้ศึกษาพบว่าผลของอุณหภูมิที่เกิดในช่วง 23 - 32 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่มีสมรรถนะสูงของจุลินทรีย์และจะลดสมรรถนะลง เมื่ออุณหภูมिन้อยกว่าหรือมากกว่าที่กล่าว Sander (1964) พบว่าจำนวนจุลินทรีย์บนตัวกลางที่ 20 องศาเซลเซียสมากกว่า 30 องศาเซลเซียส Eckenfelder (1967) พบว่า อัตราของปฏิกิริยาชีวเคมี (Rate of biochemical reaction) จะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิจนถึงขีดสูงสุดของอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และเมื่อเพิ่มขึ้นไปอีกจะทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีลดลง

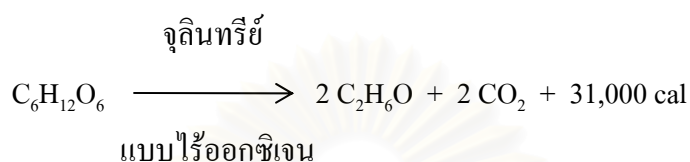
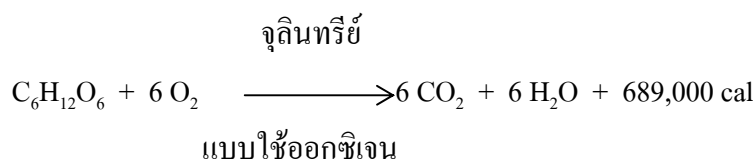
2.1.2 ค่าพีเอช เป็นตัวกลางสำคัญในการที่จะทำให้เอนไซม์ต่างๆ ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเมตาโบลิซึมของเซลล์ดำเนินไปได้ด้วยการทำงานของเอนไซม์เหล่านั้น ดังนั้นโดยสรุปแล้วค่าพีเอชมีอิทธิพลต่อจุลินทรีย์ในแง่ของการเจริญเติบโต โดย Gaud ได้ตั้งสมมุติฐานว่า ณ ค่าพีเอชที่มีปริมาณไฮโดรเจนไอออน (H^+ ion) แตกต่างกันออกไป ซึ่งจะทำให้ความต่างศักย์ทางเคมีไฟฟ้า (Electrochemical Gradient) ของการขนถ่ายสารอาหารและการกำจัดของเสียออกจากเซลล์เปลี่ยนแปลง โดยค่าพีเอชที่ต่ำๆ จะมีปริมาณไฮโดรเจนไอออนอยู่มาก ทำให้การซึมเข้าและออกจากเซลล์เป็นไปได้ยาก เป็นสาเหตุให้เกิดการยับยั้งการเจริญเติบโตและการตายของจุลินทรีย์

2.1.3 ความต้องการออกซิเจน ในกระบวนการย่อยสลายทางชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจนพวกจุลินทรีย์ที่เจริญได้ในที่มีออกซิเจนอิสระ (Obligate aerobe) จะต้องการโมเลกุลออกซิเจนเพื่อใช้เป็นตัวรับอิเล็กตรอน (Terminal electron acceptor) ดังสมการ



ในระหว่างพวก Heterotrop ต่างๆ Aerobic และ Facultative microorganism จะสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างสมบูรณ์และให้ปริมาณพลังงานที่สูงมาก ในขณะที่

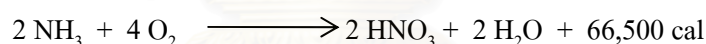
Anaerobic fermenter ไม่สามารถทำได้ ซึ่งจะแสดงความแตกต่างให้เห็นตามสมการเมตาโบลิซึมของกลูโคส ดังนี้คือ



Aerobic autotrophic bacteria บางจำพวกสามารถย่อยสลายสารประกอบอนินทรีย์ได้อย่างสมบูรณ์ เช่น การย่อยสลายสารประกอบซัลเฟอร์โดย *Thiobacillus thiooxidans* ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ดี ดังแสดงตามสมการ คือ



นอกจากนี้เชื้อ *Nitrosomonas* จะสามารถย่อยสลายแอมโมเนียบางส่วนได้ ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนอิสระ ดังที่แสดงในสมการ คือ



ดังนั้นการให้อากาศในระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจนนี้จะต้องออกแบบให้มีการถ่ายเทออกซิเจนในอัตราที่สามารถตอบสนองความต้องการของเซลล์จุลินทรีย์ภายในถังปฏิกรณ์อย่างพอเพียง และต้องควบคุมปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen) ไม่ให้ต่ำกว่า 1-2 มก.ต่อลิตร

Lesperance (1970) ได้วิจัยเกี่ยวกับการกำจัดแอมโมเนียซึ่งจะต้องใช้ปริมาณออกซิเจนต่อปริมาณแอมโมเนียที่กำจัดเพียง 0.745 ต่อ 1.00 ในระบบตะกอนเร่ง

Burd (1968) ได้ศึกษาปริมาณอากาศที่ใช้กับระบบตะกอนเร่ง โดยการเป่าอากาศด้วยอัตรา 20-30 ลูกบาศก์ฟุต/นาที่/1,000 ลูกบาศก์ฟุต ซึ่งเพียงพอที่จะทำให้แบคทีเรียอยู่ในลักษณะแขวนลอย และทำให้ปริมาณออกซิเจนในระบบมีค่าประมาณ 1-2 มก. ต่อลิตร แต่ก็ไม่ได้กล่าวถึงรายละเอียดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากปริมาตรบรรจุ (Volumetric loading) ที่เปลี่ยนแปลงไป

Metcalf และ Eddy (1991) กล่าวว่า ปริมาณอากาศที่ใช้ในระบบ Conventional Activated Sludge นั้น จะใช้ประมาณ 75-115 ลูกบาศก์เมตรของอากาศต่อกิโลกรัมบีโอดีที่ถูกกำจัดไป

2.1.4 สารอาหารที่จำเป็น สารอาหารที่จำเป็นต่อจุลินทรีย์ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจน ได้แก่ ธาตุคาร์บอน ธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัส เนื่องจากธาตุต่างๆ เหล่านี้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์จุลินทรีย์ คือ $(C_5H_7NO_2)_n$ นอกจากนี้ก็มีสารอาหารรองที่ช่วยในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ความสมบูรณ์และแข็งแรงยิ่งขึ้น ซึ่งมีความต้องการในปริมาณที่ต่ำ เช่น ธาตุเหล็ก และอื่นๆ ตามแต่ชนิดของจุลินทรีย์นั้น อัตราส่วนของสารอาหารที่เหมาะสมควรมีค่า BOD : N : P : Fe เท่ากับ 100 : 5 : 1 : 0.5 หรือถ้าเป็น COD : N : P : Fe เท่ากับ 150 : 5 : 1 : 0.5

2.1.5 สารพิษ สารเคมีใดๆ ที่เข้าสู่ระบบเมื่อมีค่าความเข้มข้นถึงระดับหนึ่งแล้วมีผลให้ประสิทธิภาพหรือเสถียรภาพของระบบลดลง สารนั้นจัดว่าเป็นสารพิษ ความเป็นพิษต่อระบบมีผลตั้งแต่ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Inhibition) จนถึงทำลายจุลินทรีย์หมด (Completely toxic) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องควบคุมความเข้มข้นของสารใดๆ มิให้เกินขีดจำกัด ซึ่งมีผลต่อระบบในน้ำเสียก่อนที่จะเข้าสู่ระบบบำบัด

ดังนั้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ถ้าสภาวะแวดล้อมต่างๆ เช่น พีเอช และอุณหภูมิไม่ขัดต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะขึ้นอยู่กับปริมาณสารอาหารเท่านั้น ถ้าสารอาหารเสริมเพียงพอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะขึ้นอยู่กับปริมาณสารอาหารที่เป็นพลังงานเป็นสำคัญ

2.2 ลักษณะสมบัติและชนิดของจุลินทรีย์ในเมือกจุลินทรีย์

สารอินทรีย์ในน้ำเสียเมื่อระบายทิ้งลงแหล่งน้ำธรรมชาตินั้น สามารถถูกย่อยสลายโดยกระบวนการชีววิทยา (Self-purification process) จุลินทรีย์ที่สามารถทำลายสารอินทรีย์นี้อาจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ พวกแรกเป็นจุลินทรีย์ที่ลอยในน้ำ (Suspended microorganisms) และพวกที่สองเป็นเมือกจุลินทรีย์ (Bioslime) ที่เกาะบนผิวกรวด หิน ทรายต่างๆ บนผิวพื้นก้นแหล่งน้ำ โดยพบว่าสารอินทรีย์ส่วนใหญ่จะถูกย่อยทำลายโดยเมือกจุลินทรีย์นี้ หลักการนี้ได้นำมาประยุกต์ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียอย่างกว้างขวาง เช่น ระบบทรिकคิ่งฟิลเตอร์ (Trickling filter) ระบบหอชีวภาพ (Biological Tower) และระบบจานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor)

โดยลักษณะสมบัติของเมือกจุลินทรีย์ที่เกาะบนผิววัสดุต่างๆ นั้น ขึ้นกับองค์ประกอบต่างๆ เช่น ชนิดสารอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำนั้นๆ ความเร็วของน้ำที่ไหลผ่าน ความเข้มข้นสารอินทรีย์ปริมาณ ออกซิเจนละลายในน้ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ลักษณะผิวดักกลาง ที่เมือกจุลินทรีย์เกาะ เป็นต้น โดยจะได้กล่าวรายละเอียดย่อๆ ดังนี้ (สุเมธ, 2530)

2.2.1 ระบบนิเวศน์ของเมือกจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียนั้นประกอบด้วยจุลินทรีย์หลายชนิดอยู่ร่วมกัน ประเภทและจำนวนจุลินทรีย์ต่างๆ ในเมือกจุลินทรีย์นี้จะขึ้นกับสภาวะแวดล้อมต่างๆ เช่น ความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิ ลักษณะการไหลของน้ำในระบบบำบัดน้ำเสียนั้น เป็นต้น

2.2.2 การเกาะและการหลุด (Microbial Attachment and Sloughing) ของเมือกจุลินทรีย์นั้นจะเกิดขึ้นเป็นวัฏจักร โดยแบคทีเรียสามารถเกาะบนผิววัสดุต่างๆ ได้ ไม่ว่าผิววัสดุนั้นจะมีลักษณะอย่างไรแต่จะเกาะได้ดีถ้าผิววัสดุมีความหยาบ Costeron และคณะ (1978) ได้อธิบายการเกาะติดบนผิววัสดุของแบคทีเรียไว้ว่า แบคทีเรียจะสร้างเส้นใยรอบตัวเซลล์มากมายซึ่งมีขนาดเล็กเส้นใยเหล่านี้จะเกาะจับกันแน่นกับเส้นใยของเซลล์อื่น ทำให้แบคทีเรียเหล่านั้นสามารถเกาะติดหนาเป็นเมือก ดังแสดงในรูปที่ 2.1 เส้นใยเหล่านี้เรียกว่า Glycocalyx ซึ่งเป็นสารพวก Polysaccharides หรือเป็นโมเลกุลพวกน้ำตาลที่มีกิ่ง (Branching sugar molecules) Characklis (1973,1981) กล่าวว่าเส้นใยนี้ประกอบด้วย Polysaccharides และ Glycoproteins จะอยู่ในลักษณะเกี่ยวพันกันแน่น ทำให้ดูเหมือนว่า เซลล์แบคทีเรียจมตัวและถูกฝังในสารละลาย Polysaccharide นี้ ดังนั้นปริมาตรรวมของเซลล์แบคทีเรียเหล่านี้ในเมือกจุลินทรีย์จึงน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาตรทั้งหมดของเมือกจุลินทรีย์ในเส้นใยเหล่านี้จะเป็นที่เก็บน้ำย่อยที่ใช้ในการย่อยสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ให้เล็กลงและสามารถละลายน้ำได้ก่อนที่จะถูกดูดซึมผ่านผนังเซลล์แบคทีเรียต่อไป ส่วนการหลุดของเมือกจุลินทรีย์ขึ้นกับองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่ ความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ Rittman (1982) ได้ทำการทดลองแสดงให้เห็นว่าสาเหตุที่สำคัญต่อการหลุดของเมือกจุลินทรีย์นั้น เนื่องมาจากเมือกจุลินทรีย์มีความหนามากจนกระทั่งชั้นในเกิดสภาพขาดแคลนออกซิเจนอิสระ (Anaerobic) ดังนั้นสารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ (Anaerobic Decomposition) ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นทำให้เมือกจุลินทรีย์หลุดออก นอกจากนี้ถ้าเมือกจุลินทรีย์มีความหนามาก ในที่สุดจะถูกถ่วงดึงให้หลุดโดยน้ำหนักของเมือกจุลินทรีย์เอง

2.2.3 องค์ประกอบทางเคมี เมื่อจุลินทรีย์นี้ประกอบด้วยน้ำสูงถึงร้อยละ 87-96 โดยน้ำหนัก และมี Volatile solids ต่ำเพียงร้อยละ 1.9-3.2 เท่านั้น (Characklis, 1980) ส่วนประกอบเคมีสามารถเขียนเป็นสูตรเคมี $C_5H_7O_2N$ (Burkhead และ Mckinney, 1969) นอกจากนี้เมื่อจุลินทรีย์ยังประกอบด้วยสารอนินทรีย์ในปริมาณน้อย ได้แก่ Ca Mg และ Fe เป็นต้น โดยปริมาณสารอนินทรีย์นี้ในเมื่อจุลินทรีย์ขึ้นกับความเข้มข้นสารอนินทรีย์ในน้ำเสีย

2.2.4 ความหนาแน่นจุลินทรีย์ เนื่องจากเมื่อจุลินทรีย์ประกอบด้วยน้ำสูงถึงร้อยละ 87-96 และเซลล์จุลินทรีย์ในเมื่อจุลินทรีย์ยังประกอบด้วยน้ำสูงถึงร้อยละ 90 ดังนั้นค่าความถ่วงจำเพาะของเมื่อจุลินทรีย์จึงใกล้เคียงกับค่าของน้ำ

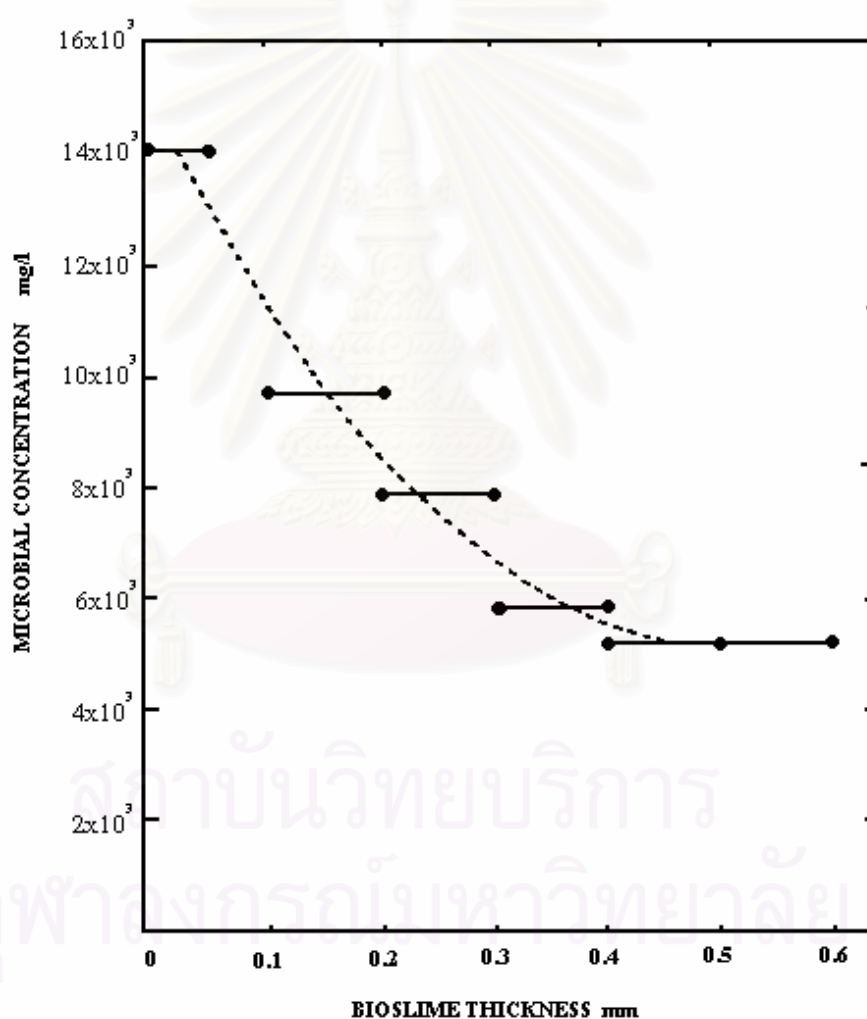


ภาพที่ 2.1 เส้นใย (Glycocalyx) เกาะพันระหว่างเซลล์แบคทีเรียในเมื่อจุลินทรีย์ (สุเมธ, 2530)

ความหนาแน่นจุลินทรีย์นี้สามารถวัดเป็นจำนวนหรือน้ำหนักแห้ง ความหนาแน่นจุลินทรีย์ของเมื่อจุลินทรีย์นี้ขึ้นกับสภาวะแวดล้อมต่างๆ เช่น ความเร็วน้ำที่ไหลผ่าน อัตราจับสารอินทรีย์ อุณหภูมิ และชั้นความหนาของเมื่อจุลินทรีย์ เมื่อจุลินทรีย์จะมีความหนาแน่นจุลินทรีย์สูงขึ้นเมื่อความเร็วน้ำที่ไหลผ่านสูงขึ้นและอัตราจับสารอินทรีย์สูงขึ้น Green และคณะ (1965) รายงานว่าเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส ความหนาแน่นจุลินทรีย์จะสูงขึ้นตามอุณหภูมิ Characklis (1981) รายงานว่าเมื่อจุลินทรีย์มีจำนวนจุลินทรีย์สูงถึง $10^4 - 10^8$ ตัวในหนึ่งลูกบาศก์เซนติเมตร

ความหนาแน่นจุลินทรีย์ในเมือกจุลินทรีย์ยังขึ้นกับถึงปฏิกิริยาที่ใช้ และความหนาของเมือกจุลินทรีย์นั้นดังแสดงในรูปที่ 2.1 แสดงความหนาแน่นจุลินทรีย์ที่ชั้นความหนาต่างๆ ของเมือกจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตบนแผ่นลาดเอียง จะเห็นว่า ความหนาแน่นจุลินทรีย์ในชั้นที่อยู่ใกล้พื้นผิวตัวกลางที่เกาะจะมีค่าสูงกว่าชั้นที่อยู่ถัดออกไป

2.2.5 ค่าสัมประสิทธิ์แพร่ซึม การถ่ายเทมวลของทั้งสารอินทรีย์และออกซิเจนจากน้ำเสียไปยังเซลล์แบคทีเรียภายในเมือกจุลินทรีย์นั้น เป็นกระบวนการแพร่ซึม (Molecular diffusion) ซึ่งสามารถเขียนเป็นสูตรคณิตศาสตร์ได้



รูปที่ 2.1 ความหนาแน่นจุลินทรีย์ของเมือกจุลินทรีย์ที่ชั้นความหนาต่างๆ (สุเมธ, 2530)

ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์แพร่ซึมของสารต่างๆ ในเมือกจุลินทรีย์จึงมีความสำคัญต่อการคำนวณ เพื่อประเมินประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์โดยระบบบำบัดแบบใช้เมือกจุลินทรีย์ ค่าสัมประสิทธิ์แพร่ซึมของสารในเมือกจุลินทรีย์จะไม่เท่ากับค่าในน้ำ ดังนั้นจึงมีการทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์แพร่ซึมของสารต่างๆ ในเมือกจุลินทรีย์ สรุปได้ว่า สำหรับเมือกจุลินทรีย์ที่ inactive จะให้ค่าสัมประสิทธิ์แพร่ซึมคิดเป็นประมาณร้อยละ 80 ของค่าสัมประสิทธิ์แพร่ซึมในน้ำบริสุทธิ์ ส่วนเมือกจุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบบำบัดน้ำเสียหรือถึงปฏิกิริยาที่ใช้ทดลอง ซึ่งเป็นเมือกจุลินทรีย์ที่ Active และอยู่ในสภาพเป็นจริงธรรมชาติ จะให้ค่าสัมประสิทธิ์แพร่ซึมคิดเป็นร้อยละ 50 ของค่าสัมประสิทธิ์แพร่ซึมสารนั้นๆ ในน้ำบริสุทธิ์ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าควรใช้ค่าสัมประสิทธิ์แพร่ซึมของสารต่างๆ ในเมือกจุลินทรีย์ประมาณร้อยละ 50 ของค่าสัมประสิทธิ์แพร่ซึมในน้ำบริสุทธิ์

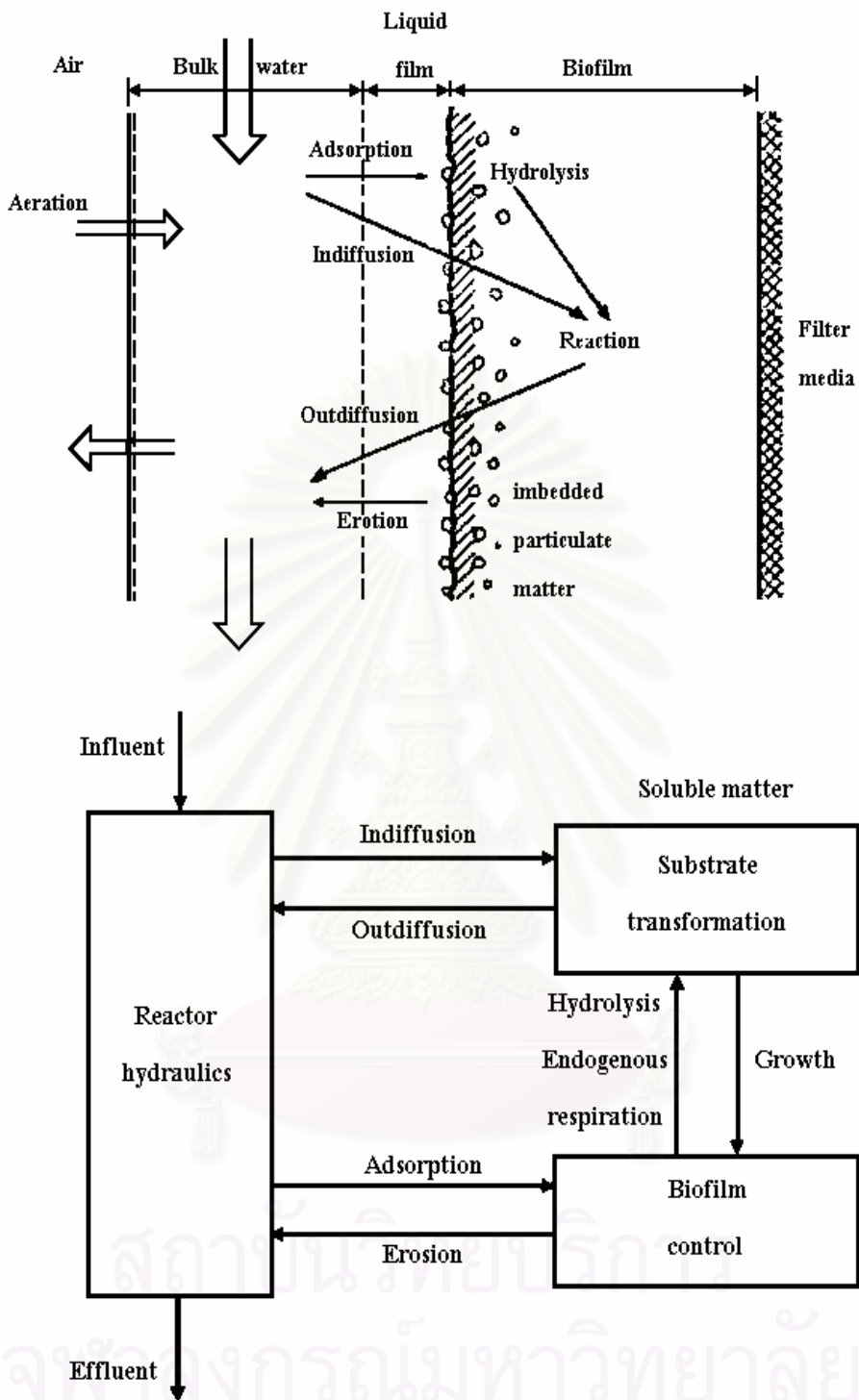
$$N = -D \frac{ds}{dy}$$

โดยที่	N = อัตราการแพร่ซึมมวล	M/L ² t
	D = สัมประสิทธิ์แพร่ซึม	L ² /t
	S = ความเข้มข้นสารอินทรีย์	M/L ³
	y = ระยะทางการถ่ายเทมวล	L

2.3 กลไกการกำจัดสารอินทรีย์โดยกระบวนการฟิล์มชีวภาพ

การกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยการปล่อยน้ำเสียไหลผ่านถังปฏิกรณ์ ซึ่งมีตัวกลางของแข็งบรรจุอยู่ โดยที่ตัวกลางของแข็งดังกล่าวเป็นที่ซึ่งจุลินทรีย์ใช้เกาะยึดเรียกว่าฟิล์มชีวภาพนั้น มีกระบวนการถ่ายเทมวลและปฏิกิริยาชีวเคมีเกิดขึ้นพร้อมกันระหว่างผิวของฟิล์มชีวภาพและผิวของเหลวโดยรอบ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.2 โดยมีขั้นตอนในการกำจัดสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ในฟิล์มชีวภาพ ดังนี้ (Arvin และ Harremöes, 1990)

- (1) ถ่ายเทมวลสารอินทรีย์และออกซิเจนละลายจากน้ำเสียไปยังเขตร่วมระหว่างของเหลวและฟิล์มชีวภาพ
- (2) ถ่ายเทมวลสารอินทรีย์และออกซิเจนละลายจากเขตร่วมระหว่างของเหลวและฟิล์มชีวภาพไปยังชั้นของฟิล์มชีวภาพ
- (3) มีการใช้สารอินทรีย์ และออกซิเจนละลายโดยจุลินทรีย์ในชั้นของฟิล์มชีวภาพ
- (4) ถ่ายเทมวลของผลผลิต คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ออกจากชั้นฟิล์มชีวภาพไปยังเขตร่วม



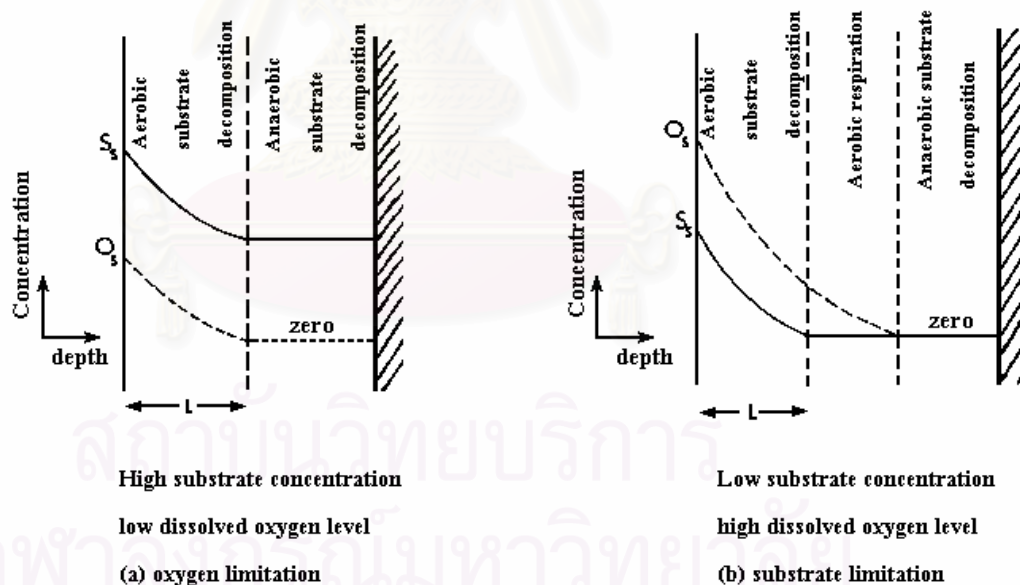
รูปที่ 2.2 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างผิวของฟิล์มชีวภาพและผิวของเหลวโดยรอบ (Arvin และ Harremöes, 1990 อ้างจาก Harremöes และ Gönenc, 1983)

(5) ถ่ายเทมวลที่ได้จากข้อ (4) จากเขตร่วมไปสู่ น้ำเสีย

อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์อาจถูกควบคุมโดยออกซิเจน และ/หรือ สารอินทรีย์ กล่าวคือ ชั้นนอกจะเป็นชั้นแอโรบิก (Aerobic layer) ปฏิกริยาย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียเป็นแบบใช้ออกซิเจน ส่วนชั้นในถัดเข้าไปจะเป็นชั้นที่ไม่มีออกซิเจน ดังนั้นอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์จึงขึ้นกับปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นในชั้นแอโรบิกเป็นส่วนใหญ่ ความหนาของชั้นแอโรบิกนี้

เรียกว่า ความหนาประสิทธิผล (Effective depth) ขึ้นกับองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่ ความเข้มข้นสารอินทรีย์ ความเข้มข้นออกซิเจนละลายน้ำ ความหนาแน่นจุลินทรีย์ และอัตราดูดซึมสารอินทรีย์ (substrate uptake rate)

2.3.1 ความหนาประสิทธิผล ลักษณะชั้นเมือกจุลินทรีย์ที่มีความหนามาก อาจแบ่งเป็น 2 ชั้น คือ แอโรบิก (Aerobic layer) และแอนาโรบิก (Anaerobic layer) ดังแสดงในรูปที่ 2.3

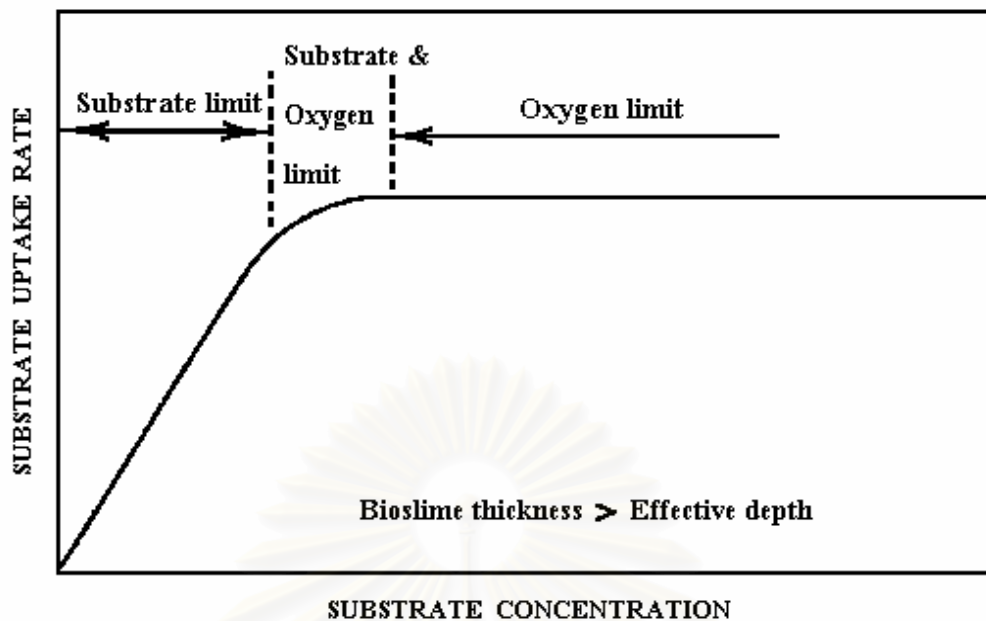


รูปที่ 2.3 ลักษณะชั้นเมือกจุลินทรีย์ในกรณีความเข้มข้นสารอินทรีย์และออกซิเจน (ศุภมิตร, 2533 อ้างจาก Tomlinson และ Snaddon, 1966)

Tomlinson และ Snaddon (1966) และ Kornegay และ Andrews (1968) ได้ทำการทดลองพบว่าอัตราการผลิตสารอินทรีย์โดยเมือกจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเมื่อความหนาของเมือกจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น แต่อัตราการผลิตสารอินทรีย์จะคงที่เมื่อความหนาของเมือกจุลินทรีย์หนากว่าความหนาของชั้นแอโรบิก โดยความหนาของชั้นแอโรบิกประมาณ 70-100 ไมโครเมตร Hoehn และ Ray (1973) ได้รายงานผลการทดลองเช่นเดียวกัน โดยพบว่าความหนาของชั้นแอโรบิกประมาณ 250-300 ไมโครเมตร Bungay และคณะ (1969) ใช้ D.O. probe เพื่อวัดออกซิเจนละลายน้ำในความลึกต่างๆ ของเมือกจุลินทรีย์ พบว่าความหนาของชั้นแอโรบิกประมาณ 50-150 ไมโครเมตร โดยความหนานี้ขึ้นกับความเข้มข้นสารอินทรีย์ LaMotta (1976) รายงานว่าความหนาของชั้นแอโรบิกประมาณ 320 ไมโครเมตร โดยใช้วิธีวัด ATP. Trulear และ Characklis (1982) ได้รายงานว่าความหนาของชั้นแอโรบิกจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นกลูโคสเพิ่มขึ้น จะเห็นว่าความหนาของชั้นแอโรบิกนี้ค่อนข้างบางมาก อยู่ในระหว่าง 50-300 ไมโครเมตร ดังนั้นเมือกจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียต่างๆ นั้น การกำจัดสารอินทรีย์จะเกิดที่เฉพาะชั้นผิวบนๆ เท่านั้น ดังนั้นในการเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดดังกล่าว กระทำได้โดยเพิ่มความหนาของชั้นแอโรบิก เช่น การใช้กาซออกซิเจนแทนอากาศ เป็นต้น

2.3.2 สภาพขาดแคลนสารอินทรีย์และออกซิเจน ในขบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยแบคทีเรียแบบใช้ออกซิเจนอิสระ (Aerobic Decomposition) ปฏิกริยาชีวเคมีนี้ประกอบด้วยสารให้อิเล็กตรอน (Electron donor) ซึ่งได้แก่สารอินทรีย์ต่างๆ กับสารรับอิเล็กตรอน (Electron acceptor) ซึ่งได้แก่ออกซิเจนซึ่งอยู่ในรูปละลายน้ำ อัตราการดูดกลืนสารอินทรีย์โดยเมือกจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียนั้นอาจถูกควบคุมโดยสารให้อิเล็กตรอน และ/หรือ สารรับอิเล็กตรอน (ในที่นี้หมายถึงสารอินทรีย์ และ/หรือ ออกซิเจนละลายน้ำ) ซึ่งขึ้นกับความเข้มข้นสารอินทรีย์ ความเข้มข้นออกซิเจนละลายน้ำในน้ำเสีย อัตราการถ่ายเทมวลของสารทั้งสอง และสัมประสิทธิ์ปฏิกริยาย่อยสลาย (Stoichiometric coefficient)

รูปที่ 2.4 แสดงสภาพขาดแคลนสารอินทรีย์ และ/หรือ ออกซิเจน ซึ่งจะเห็นว่าขึ้นกับความเข้มข้นสารอินทรีย์ กล่าวคือ ที่ค่าความเข้มข้นออกซิเจนละลายน้ำหนึ่ง อัตราการดูดกลืนสารอินทรีย์อาจแบ่งได้เป็น 3 ช่วง คือ ช่วงแรก อัตราการดูดกลืนสารอินทรีย์จะเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงเมื่อความเข้มข้นสารอินทรีย์ในน้ำเสียเพิ่มสูงขึ้น ช่วงนี้อัตราการดูดกลืนสารอินทรีย์จึงถูกควบคุมด้วยความเข้มข้นสารอินทรีย์ (Substrate limit) ช่วงที่สองเป็นช่วงที่อัตราการดูดกลืนสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น แต่อัตราเพิ่มขึ้นลดน้อยลง ในช่วงนี้อัตราการดูดกลืนสารอินทรีย์ถูกควบคุมโดยทั้งสารอินทรีย์และออกซิเจน (Substrate and oxygen limit) ส่วนช่วงที่สามเป็นช่วงที่อัตรา



รูปที่ 2.4 สภาพขาดแคลนสารอินทรีย์ และ/หรือ ออกซิเจนในระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้เมือกจุลินทรีย์ (ศุภมิตร, 2533 อ้างจาก Tomlinson และ Snaddon, 1966)

สารอินทรีย์โดยเมือกจุลินทรีย์คงที่ไม่ว่าจะเพิ่มความเข้มข้นสารอินทรีย์มากเท่าใดก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากออกซิเจนละลายน้ำถูกใช้หมด ทำให้ไม่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้เพิ่มขึ้น ดังนั้นในช่วงนี้อัตราดูดกลืนสารอินทรีย์จึงถูกควบคุมและจำกัดโดยออกซิเจน (Oxygen limit)

Arvin และ Harremöes (1990) ได้ทำการทดลองพบว่า ความหนาของฟิล์มชีวภาพถูกควบคุมโดยปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้

(1) การเจริญเติบโตของมวลชีวะไวงาน (active biomass) ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณสารอาหารในน้ำเสีย

(2) การสลายตัวของมวลชีวะไวงาน

(3) การสะสมของสารอินทรีย์เนื่องจากการสลายตัวของแบคทีเรียไวงาน

(4) การสะสมของโพลีเมอร์จากการย่อยสลายของสารอาหารซึ่งโพลีเมอร์อาจถูกย่อยสลายซ้ำ

มาก

(5) การเกาะและจับของอนุภาคแขวนลอยจากน้ำเสีย

(6) การเซาะกร่อนจากพื้นผิวฟิล์มชีวะของอนุภาคขนาดเล็ก

(7) การหลุดออกของฟิล์มชีวภาพขนาดใหญ่

2.4 ลักษณะของถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่

ถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ เป็นถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบเติมอากาศโดยมีทิศทางการไหลของน้ำและอากาศเป็นแบบไหลขึ้น และมีการหมุนเวียนสารกรองไปล้างตลอดเวลา ดังแสดงในภาพที่ 2.2

2.5 การทำงานของถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่

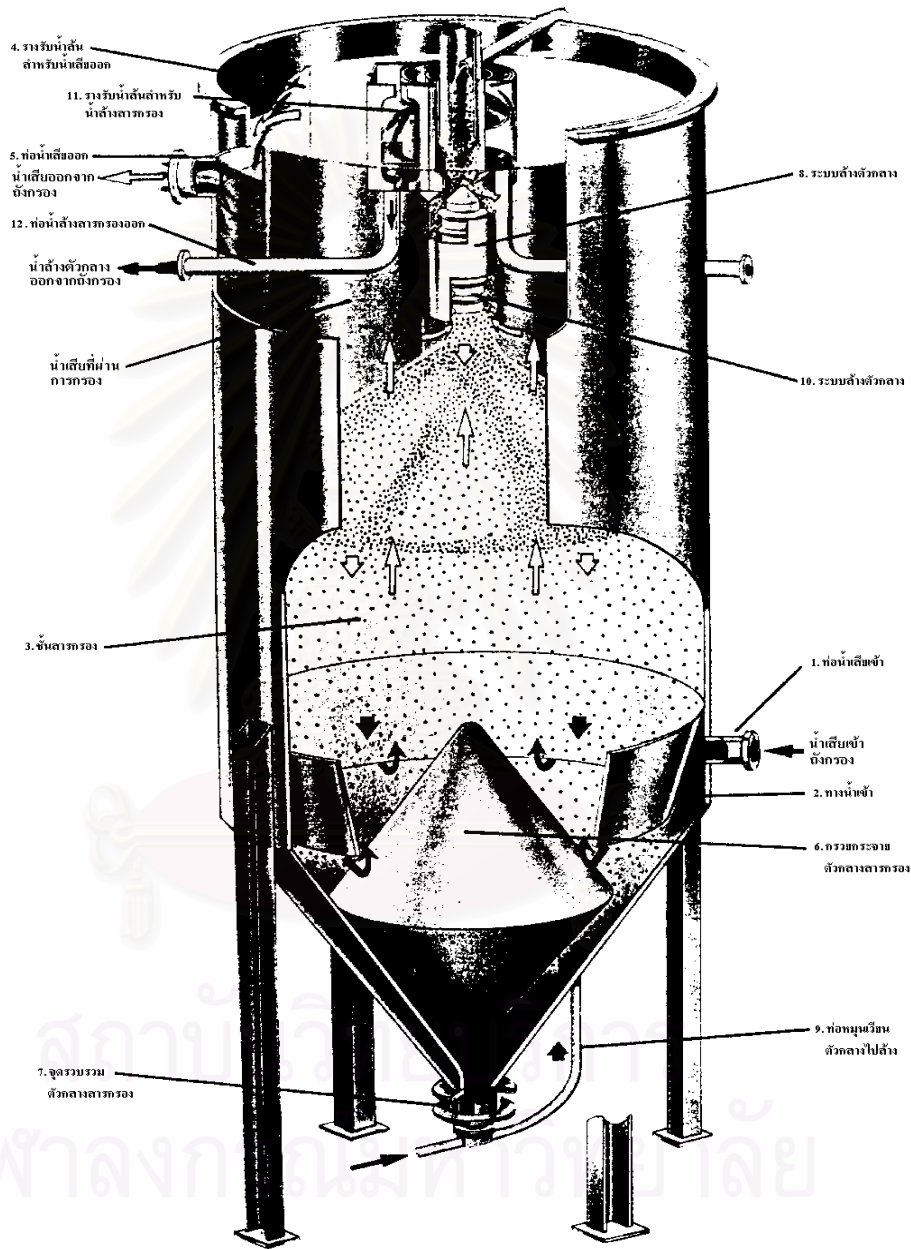
ถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ มีการเลี้ยงจุลินทรีย์แบบเกาะยึดกับตัวกลาง โดยมีทิศทางการไหลของน้ำและอากาศเป็นแบบไหลขึ้น ในการนำถังกรองดังกล่าวมาใช้งานนั้น น้ำเสียที่ป้อนเข้าถังกรองควรผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียขั้นที่หนึ่งก่อน ภายในถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ประกอบด้วยกระบวนการต่างๆ ดังนี้

2.5.1 กระบวนการกรอง

น้ำเสียถูกป้อนเข้าสู่ถังกรองโดยผ่านท่อน้ำเข้าและเข้าสู่ช่องทางน้ำเข้า แล้วผ่านเข้าสู่ส่วนล่างของชั้นกรอง หลังจากนั้นน้ำเสียไหลขึ้นผ่านชั้นกรอง ในชั้นตอนนี้อยู่ในถังกรองประกอบด้วยกระบวนการทางกายภาพและกระบวนการทางชีวภาพ โดยกระบวนการทางกายภาพซึ่งทำหน้าที่กักเก็บฟิล์มชีวภาพส่วนเกินที่หลุดออกจากตัวกลางและของแข็งแขวนลอยไว้ในชั้นวัสดุกรอง และกระบวนการทางชีวภาพ จะทำหน้าที่กำจัดสารอินทรีย์ โดยฟิล์มจุลินทรีย์จะดูดเอาสารอินทรีย์และออกซิเจนเข้าไป ในเวลาเดียวกันก็จะทำการย่อยสลาย (metabolism) เกิดเป็นฟิล์มชีวภาพส่วนเกิน น้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ และอื่นๆ โดยทั่วไปกระบวนการทั้งสองมักเกิดขึ้นพร้อมกัน ซึ่งทำให้ของแข็งแขวนลอยถูกกำจัดและได้น้ำเสียที่ออกจากถังกรองมีลักษณะใส จึงไม่ต้องมีขั้นตอนในการตกตะกอนขั้นที่สอง ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยในระบบตะกอนเร่ง

2.5.2 กระบวนการเติมอากาศ

อากาศถูกป้อนผ่านหัวกระจายอากาศชนิดฟองละเอียด ซึ่งมีความแข็งแรง ไม่อุดตัน และให้ประสิทธิภาพในการถ่ายเทออกซิเจนสูง หัวเติมอากาศจะถูกติดตั้งบริเวณส่วนล่างของถังกรองชีวภาพ การฉีดอากาศผ่านหัวเติมอากาศต้องเพียงพอกับความต้องการออกซิเจนของจุลินทรีย์



ภาพที่ 2.2 ลักษณะของถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ (Nihon Inka Engineering Ltd., 1994)

2.5.3 กระบวนการหมุนเวียนตัวกลางไปล่าง

ตัวกลางที่มีของแข็งแขวนลอยเกาะติดอยู่จะเคลื่อนที่ลงผ่านช่องรอบๆ กรวยกระจายตัวกลางลงสู่ด้านล่างของถังกรองและเข้าสู่บริเวณรวบรวมสารกรอง แล้วตัวกลางจะถูกหมุนเวียนไปยังระบบล้างตัวกลาง โดยการใช้อากาศยก (Air Lift)

2.5.4 กระบวนการล้างตัวกลาง

ตัวกลางที่มีฟิล์มชีวภาพส่วนเกินเกาะติดอยู่ถูกป้อนเข้าสู่เครื่องล้างตัวกลาง โดยที่ตัวกลางตกลงไปในเครื่องล้างตัวกลางเป็นแบบสลับฟันปลา (zigzag) ตัวกลางถูกทำความสะอาดในทิศทางสวนกันกับน้ำล้างตัวกลางซึ่งมีทิศทางไหลขึ้นโดยไหลผ่านจากด้านล่างของเครื่องล้างตัวกลาง ตัวกลางที่สะอาดแล้วถูกหมุนเวียนกลับไปยังด้านบนของชั้นกรอง ในขณะที่เดียวกัน น้ำล้างตัวกลางจะไหลออกเหนือรางรับน้ำล้นซึ่งสามารถปรับระดับได้ และไหลออกผ่านทางท่อล้างตัวกลางออกจากถังกรอง

ในการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจน โดยใช้ถังปฏิกรณ์ที่มีขนาดเล็กและใช้เวลาสัมผัส (contact time) ระหว่างน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบกับตัวกลางกรองสั้นนั้น ระบบจะต้องประกอบด้วย

- ความเข้มข้นของมวลจุลินทรีย์ไวงาน (active biomass) ในถังปฏิกรณ์มีอยู่พอเพียง
- มีระบบการเติมอากาศเชื่อถือได้และเพียงพอกับความต้องการออกซิเจนของระบบบำบัด
- มวลชีวภาพส่วนเกิน (excess biomass) ต้องเก็บไว้ภายใต้การควบคุมที่เข้มงวด

กระบวนการกรองทางชีวภาพแบบเติมอากาศ ภายในถังปฏิกรณ์ประกอบด้วย 3 สถานะ ดังนี้คือ

- สถานะของแข็ง คือ วัสดุกรอง ใช้ทั้งกักเก็บของแข็งแขวนลอยและเป็นที่ยึดของจุลินทรีย์
- สถานะของเหลว คือ น้ำเสียที่ถูกป้อนเข้าอย่างต่อเนื่อง
- สถานะก๊าซ คือ อากาศที่เติมเข้าสู่ถังปฏิกรณ์

Arvin และ Harremöes (1990) ได้สรุปข้อพิจารณาในการออกแบบถังปฏิกรณ์แบบฟิล์มชีวภาพ ดังนี้คือ

- (1) รูปร่างลักษณะของตัวกลางที่มีฟิล์มชีวภาพและลักษณะการไหลของน้ำผ่านฟิล์มชีวภาพ
- (2) รูปแบบการป้อนออกซิเจนสำหรับกระบวนการแบบใช้ออกซิเจน
- (3) การควบคุมการเจริญเติบโตของมวลชีวภาพ

2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อระดับสมรรถนะของถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของถังกรองชีวภาพ ประกอบด้วย

2.6.1 ตัวกลางกรอง

ตัวกลางกรองที่นำมาใช้เป็นชั้นกรอง ควรมีคุณลักษณะดังต่อไปนี้

- ขนาดของตัวกลางกรอง ควรเลือกใช้ที่มีขนาดเหมาะสม จะทำให้มีอัตราการกรองน้ำที่สูงขึ้น ในขณะที่เดียวกันสามารถกักเก็บสารแขวนลอยได้ดี
- ความหนาแน่น ควรมีค่าใกล้เคียงกับความหนาแน่นของน้ำ เพื่อโครงสร้างถังกรองจะได้ไม่รับน้ำหนักมาก และเพื่อประหยัดพลังงานที่ใช้ในการล้างตัวกลาง
- ความแข็ง ชั้นวัสดุกรองจะต้องยังคงรูปร่างและขนาดเดิม
- ความทนการขัดสี ในขั้นตอนการล้าง วัสดุกรองที่ร่วนจะเกิดรอยสึกในตัวเอง ทำให้การใช้งานในการเดินระบบไม่เป็นผลดี
- ความพรุน แบบที่เรียกว่าเจริญเติบโตได้ดีในบางพื้นที่ เช่น บริเวณรูพรุนเล็กๆ ตามช่องว่างระหว่างตัวกลาง
- ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางชีวภาพได้ดี
- สภาพของพื้นผิวเหมาะสำหรับการยึดเกาะของจุลินทรีย์
- ไม่มีสารพิษหรือโลหะหนักที่สามารถละลายน้ำได้เป็นองค์ประกอบ
- มีความสะดวกและง่ายต่อการขนส่งประกอบและติดตั้ง

หน้าที่หลักของตัวกลางกรองที่มีต่อระบบคือ

- (1) ใช้เป็นวัสดุให้จุลินทรีย์มาเกาะยึดเป็นฟิล์มชีวภาพอยู่ที่ผิว

(2) กรองสารแขวนลอยต่างๆ

ในการเลือกใช้ตัวกลางกรองที่เหมาะสมจะต้องพิจารณาถึง คุณสมบัติของ ตัวกลางกรองชนิดของถังปฏิกรณ์ รวมถึงธรรมชาติของน้ำเสียที่จะบำบัด เช่น น้ำเสียชุมชน น้ำเสีย จากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น แต่ในการเลือกตัวกลางกรองให้มีคุณสมบัติครบถ้วนกระทำ ได้ยากเพราะมีสมบัติบางอย่างมีลักษณะตรงกันข้าม เช่น ต้องการตัวกลางกรองที่มีความแข็งและ ต้องการความพรุนสูง ดังนั้นในการเลือกตัวกลางกรองที่เหมาะสม จะต้องพิจารณาลักษณะต่างๆ ดังนี้

- (1) วัตถุประสงค์ในการบำบัด
- (2) เลือกรูปร่างและขนาดให้เหมาะกับการใช้งาน
- (3) การเลือกตัวกลางที่มีสัมประสิทธิ์พื้นที่ผิวสูงจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของถังกรอง แต่การอุดตันก็จะเกิดขึ้นเร็วเช่นกัน

2.6.2 ระบบการเติมอากาศ

การเติมออกซิเจนให้กับระบบสามารถทำได้โดยการละลายของออกซิเจน ในบรรยากาศ หรือการเติมออกซิเจนบริสุทธิ์ หรือการเติมอากาศเข้าไปในถังปฏิกรณ์โดยตรง เนื่องจากการเติมออกซิเจนโดยการเติมอากาศเข้าไปในถังปฏิกรณ์โดยตรงมีราคาถูกและจัดหา ได้ง่าย จึงเป็นที่นิยมใช้มากกว่า

วิธีการเติมอากาศแก่ระบบถังกรองชีวภาพมีผลโดยตรงต่อความสามารถในการ บำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียนั้น ถ้าน้ำเสียมีความเข้มข้นสูงการถ่ายเทออกซิเจนจากการเติมอากาศ ควรเป็นไปอย่างรวดเร็วเพื่อจุลินทรีย์สามารถใช้ออกซิเจนในการบำบัดน้ำเสียได้ทัน

กระบวนการเติมอากาศ ควรใช้หัวเติมอากาศที่มีความแข็งแรง ไม่อุดตัน และให้ ประสิทธิภาพการถ่ายเทสูง กระบวนการเติมอากาศเป็นการฉีดอากาศตามความต้องการออกซิเจน ของจุลินทรีย์ที่เกาะยึดกับตัวกลางและติดตั้งที่ตำแหน่งที่ฐานของถังปฏิกรณ์

2.6.3 การไหลของน้ำและอากาศแบบไหลขึ้นทิศทางเดียวกัน

ทิศทางการไหลของน้ำและอากาศมีความสำคัญ ในกรณีที่การไหลของน้ำและ อากาศเป็นแบบไหลขึ้นทิศทางเดียวกัน มีข้อดี คือ

- (1) สารแขวนลอยถูกกักแบบสม่ำเสมอ
- (2) การกระจายตัวของของเหลวมีรูปแบบการไหลสม่ำเสมอ
- (3) การให้ออกซิเจนได้ผลสูง เนื่องจากฟองอากาศไม่รวมตัวกัน และยังคงรักษาอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวและปริมาตรอย่างเหมาะสม

ในระบบแบบไหลขึ้นสารแขวนลอยถูกกักอยู่ในชั้นกรองได้ตลอดความสูงของชั้นกรองความดันภายในชั้นกรองปกติมีค่าบวก เนื่องจากมีการขยายตัว การสูญเสียเสียด และภาระบรรทุกทางน้ำ ภาระบรรทุกทางน้ำถูกวัดในหน่วย ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. และสามารถอธิบายได้ง่ายในรูปแบบของอัตราการบำบัด วัดในหน่วย เมตร/ชม.

ส่วนในกรณีของถังปฏิกรณ์ที่มีทิศทางของน้ำและอากาศไหลสวนทางกัน จะทำให้เกิดแรงต้าน มีผลทำให้เกิดการไหลลงอย่างช้าๆ และฟองอากาศซึ่งถูกฉีดเข้าไปจะเกิดการรวมตัวกัน ทำให้เกิดผลเสียต่อระบบดังนี้

- เพิ่มการสูญเสียเสียด ทำให้การไหลของน้ำที่จะบำบัดลดลง และความถี่ในการล้างตัวกลางกรองสูงขึ้น
- การฉีดอากาศที่มากเกินไป เป็นสาเหตุของการเกิดความปั่นป่วน (Turbulence) ทำให้ความสามารถในการกักเก็บของแข็งแขวนลอยน้อยลง

2.6.4 กระบวนการล้าง

กระบวนการล้างเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ เนื่องจากตัวกลางกรองจะถูกอุดตันจากการสร้างฟิล์มชีวภาพและเกิดฟิล์มชีวะส่วนเกิน ดังนั้นจึงต้องกำจัดออกจากถังปฏิกรณ์เพื่อรักษาความสามารถของตัวกลางกรองได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

สิ่งสำคัญเพื่อให้กระบวนการล้างมีความเหมาะสม ประกอบด้วย

- พลังงานที่ต้องใช้
- ปริมาณอากาศและน้ำที่ใช้ในการล้างตัวกลางกรอง

กระบวนการล้างต้องมีประสิทธิภาพพอเพียงเพื่อให้มีวงจรของการบำบัดสูงสุด การล้างตัวกลางต้องไม่ทำลายชั้นตัวกลางกรองและสัดส่วนของความต้องการมวลชีวะสำหรับการเดินระบบของถังปฏิกรณ์ชีวภาพ

2.6.5 การระบรทุกทางน้ำ (hydraulic loading)

การระบรทุกทางน้ำ หมายถึง อัตราการไหลของน้ำเสียต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่หน้าตัดของถังกรองชีวภาพ ซึ่งบางครั้งอาจเรียกว่า surface loading rate ค่าการระบรทุกทางน้ำสามารถหาได้จากสมการ

$$q = Q/A$$

โดยที่

$$q = \text{ค่าการระบรทุกทางน้ำ (ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.)}$$

$$Q = \text{อัตราการไหลของน้ำเสีย (ลบ.ม./ชม.)}$$

$$A = \text{พื้นที่หน้าตัดของถังกรอง (ตร.ม.)}$$

การระบรทุกทางน้ำจะมีผลต่อประสิทธิภาพของถังกรองชีวภาพเนื่องจากจะกระทบต่อระยะเวลาสัมผัสน้ำเสียเมื่อไม่คิดตัวกลาง กล่าวคือ ถ้าค่าการระบรทุกทางน้ำมาก จะทำให้ได้เวลาสัมผัสน้ำเสียเมื่อไม่คิดตัวกลางมีค่าต่ำ ทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียไม่ทั่วถึง หรือย่อยสลายสารอินทรีย์ไม่ทัน น้ำทิ้งจะมีลักษณะสมบัติไม่ดีพอ

2.6.6 การระบรทุกสารอินทรีย์ทางปริมาตร (volumetric organic loading)

การระบรทุกสารอินทรีย์ทางปริมาตร หมายถึง อัตราการจ่ายสับสเตรทเข้าสู่ระบบต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของตัวกลางสารกรองโดยสารอาหารจะวัดในรูปของบีโอดี หรือ ซีโอดี ค่าการระบรทุกสารอินทรีย์ทางปริมาตร สามารถหาได้จากสมการ

$$q_0 = QS_0/V$$

โดยที่

$$q_0 = \text{ค่าการระบรทุกสารอินทรีย์ทางปริมาตร (กก./ลบ.ม.-วัน)}$$

$$Q = \text{อัตราการไหลของน้ำเสีย (ลบ.ม./วัน)}$$

$$S_0 = \text{ความเข้มข้นของสับสเตรทที่เข้าสู่ระบบ (กก./ลบ.ม.)}$$

$$V = \text{ปริมาตรของตัวกลางสารกรอง (ลบ.ม.)}$$

ค่าการระบรทุกสารอินทรีย์ที่สูงจะมีผลโดยตรงต่อลักษณะสมบัติน้ำทิ้งทำให้น้ำทิ้งมีคุณสมบัติไม่ดีและทำให้ความถี่การล้างข้อนสารกรองต้องล้างบ่อยขึ้น การออกแบบให้ถังกรองรับภาระบรทุกสารอินทรีย์สูง ต้องคำนึงถึงระบบการเติมอากาศให้ทั่วถึง และเพียงพอต่อชั้นกรอง

2.6.7 ระยะเวลาสัมผัสน้ำเสียเมื่อไม่คิดตัวกลาง (empty bed contact time)

ระยะเวลาสัมผัสน้ำเสียเมื่อไม่คิดตัวกลาง หมายถึงระยะเวลาที่น้ำไหลผ่านชั้นกรองในถังกรอง โดยไม่คิดปริมาตรตัวกลางที่อยู่ในถังกรอง ค่าระยะเวลาสัมผัสน้ำเสียเมื่อไม่คิดตัวกลางสามารถหาได้จากสมการ

$$EBCT = \frac{H}{q}$$

โดยที่

EBCT = ระยะเวลาสัมผัสน้ำเสียเมื่อไม่คิดตัวกลาง (ชั่วโมง)

H = ความสูงของชั้นตัวกลางในถังกรอง (เมตร)

q = ค่าการระบรทุกทางน้ำ (ลบ.ม./ตร.ม.-ชั่วโมง)

ค่าระยะเวลาสัมผัสน้ำเสียเมื่อไม่คิดตัวกลาง มีผลต่อประสิทธิภาพของถังกรองชีวภาพ นอกจากนี้การออกแบบระบบถังกรองชีวภาพสามารถใช้ค่า EBCT ทำนายลักษณะน้ำทิ้งได้ด้วย (Condren, 1990 อ้างถึงใน วีระพันธ์, 2539)

2.7 ข้อดีและข้อเสียของระบบถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่

2.7.1 ข้อดีของระบบถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่

- 1) ประหยัดพื้นที่ในการติดตั้ง เนื่องจากใช้เวลากักน้ำเสียน้อยทำให้ปริมาตรของถังปฏิกรณ์มีขนาดเล็กและโครงสร้างมีลักษณะในแนวดิ่ง ดังนั้นจึงไม่ต้องการพื้นที่มาก นอกจากนี้ระบบดังกล่าวไม่มีความจำเป็นต้องมีถังตกตะกอนชั้นที่สอง
- 2) ไม่มีความเสี่ยงของการชะออกเพราะมวลจุลินทรีย์เกาะติดกับตัวกลางกรอง ดังนั้นกระบวนการนี้จึงสามารถรับอัตราการไหลที่มีการเปลี่ยนแปลงได้
- 3) การเจือจางน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูงเพื่อให้บำบัดได้ง่ายขึ้นกระทำได้ง่าย
- 4) การเริ่มเดินระบบสามารถทำได้เร็วถึงแม้ว่าจะหยุดเดินระบบหลายเดือน

5) การควบคุมการทำงานและบำรุงรักษาสามารถทำได้ง่าย เนื่องจากระบบไม่ต้องมีการหมุนเวียนตะกอนกลับ และระบบไม่จำเป็นต้องมีถังตกตะกอนจึงไม่เกิดปัญหาเกี่ยวกับตะกอนไม่จมตัว

6) ไม่เกิดปัญหาการอุดตันของชั้นวัสดุกรอง เมื่อมีมวลจุลินทรีย์เติบโตมากในระบบเนื่องจากมีระบบหมุนเวียนล้างตัวกลางตลอดเวลา

7) ไม่ต้องหยุดเดินระบบเพื่อทำการล้างตัวกลางกรอง โดยทั่วไปถังกรองชีวภาพเดิมอากาศปกติต้องมีการหยุดระบบเพื่อล้างย้อนตัวกลางกรองทุก 1-2 วัน ทำให้การออกแบบต้องมีหลายเซลล์ และต้องคำนึงถึงภาระบรรทุกทางน้ำที่เพิ่มขึ้นทันทีเมื่อมีการล้างย้อนเซลล์ใดเซลล์หนึ่ง ทั้งนี้ความถี่ในการล้างขึ้นอยู่กับภาระบรรทุกทางน้ำและภาระบรรทุกสารอินทรีย์

8) สามารถทนและรับการเปลี่ยนแปลงภาระบรรทุกอย่างเฉียบพลัน (shock load) ได้ เนื่องจากในถังปฏิกรณ์ชีวภาพมีปริมาณจุลินทรีย์สูงและมีหลากหลายชนิด ทำให้ระบบสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาวะต่างๆ ได้รวดเร็วเมื่อพบกับภาวะผิดปกติโดยเฉียบพลัน

9) สามารถก่อสร้างหรือติดตั้งเพิ่มเติมเมื่อน้ำเสียมีปริมาณมากขึ้นได้ง่าย

10) ไม่เกิดปัญหาเรื่องกลิ่น เนื่องจากมีระบบเดิมอากาศ

2.7.2 ข้อเสียของระบบถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่

1) เนื่องจากระบบมีการหมุนเวียนล้างตัวกลางตลอดเวลา ทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน

2.8 รายงานและผลการวิจัยที่เกี่ยวกับถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่

วีระพันธ์ (2539) ได้ทำการศึกษาถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่เพื่อบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ โดยใช้แอนทราไซต์ขนาด 1.8 มม. ถึง 2.0 มม. เป็นตัวกลางสารกรองเพื่อให้จุลินทรีย์ใช้เป็นที่ยึดเกาะ และควบคุมให้ค่าภาระบรรทุกทางน้ำเท่ากับ 2 ม./ชม. พบว่า

1) ถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ เมื่อควบคุมอัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลางกรองเท่ากับ 2 วัน ถังกรองสามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้ 5 กก. ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน ซีไอดีน้ำเข้าเท่ากับ 170 มก./ล. ได้ซีไอดีน้ำทิ้งเท่ากับ 15.70 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีร้อยละ 91 ตะกอนแขวนลอยน้ำทิ้งเท่ากับ 6.57 มก./ล. น้ำทิ้งใสไม่ต้องมีถังตกตะกอน

2) เพื่อการประหยัดพลังงาน ถังกรองสามารถควบคุมอัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลางได้เท่ากับ 5 วัน ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 2 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน ซีไอดีน้ำเข้า 70 มก./ล. จะได้ซีไอดีน้ำทิ้ง 5 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีร้อยละ 92 ตะกอนแขวนลอยน้ำทิ้ง 5.33 มก./ล. น้ำทิ้งใสไม่ต้องมีถังตกตะกอน

3) ปริมาณของแข็งที่จะเพิ่มขึ้น เมื่อภาระบรรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น และมีค่าอัตราการทิ้งของแข็ง (observed yield) ประมาณ 0.45 กก. เอสเอส/ กก. ซีโอดี ที่ถูกกำจัด

4) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอายุตะกอนกับค่าอัตราการหมุนเวียนลำตัวกลาง จะมีลักษณะเป็นสมการเส้นตรง ดังนี้

$$\theta_c = 0.273 \theta_m + 0.0819$$

โดยที่

$$\theta_c = \text{อายุตะกอน (วัน)}$$

$$\theta_m = \text{อัตราการหมุนเวียนลำตัวกลาง (วัน)}$$

รัชพล (2540) ได้ศึกษาการกำจัดไนโตรเจนด้วยถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่และถังปฏิกรณ์ชนิดฟลูอิดไดซ์เบด โดยใช้แอนทราไซท์ ขนาด 0.85 มม. เป็นตัวกลางสารกรองพบว่า

1) ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอนอยู่ระหว่าง 95 ถึง 96 % แต่ส่วนใหญ่การกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอนเกิดในถังปฏิกรณ์ชนิดฟลูอิดไดซ์เบดมากกว่าในถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่

2) ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนตั้งแต่ 65 ถึง 83 % โดยที่ประสิทธิภาพจะลดลงมากในค่าที่เคเอ็นน้ำเสียเข้า 45 มก./ล. และในน้ำเสียออกจากระบบสารประกอบไนโตรเจนจะอยู่ในรูปของไนเตรด

3) ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนตั้งแต่ 72 ถึง 100 %

4) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าภาระบรรทุกที่เคเอ็นกับอัตราการเกิดไนตริฟิเคชันสามารถเขียนได้ดังสมการ

$$NI = -0.5948 TL^2 + 0.6359 TL + 0.0104$$

โดยที่

$$NI = \text{อัตราการเกิดไนตริฟิเคชัน}$$

$$TL = \text{ค่าภาระบรรทุกที่เคเอ็น (อยู่ในช่วง 0.11 ถึง 0.94 กก. (TKN) /ลบ.ม.-วัน)}$$

Andreottola และคณะ (2000) ได้ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge System, AS) กับถังปฏิกรณ์ชนิดสารกรองเคลื่อนที่ (Moving Bed Biofilm Reactor) ราคาถูก ซึ่งหมายถึงพื้นที่ผิวจำเพาะต่ำประมาณ 160 ตร.ม./ ลบ.ม. ในการกำจัดสารอินทรีย์และไนตริฟิเคชัน พบว่า

1) ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีทั้งหมดของระบบตะกอนเร่งสูงกว่าถึงปฏิกรณ์ชนิดสารกรองเคลื่อนที่ โดยระบบเร่งตะกอนจะมีประสิทธิภาพร้อยละ 84 และถึงปฏิกรณ์ชนิดสารกรองเคลื่อนที่ที่มีประสิทธิภาพร้อยละ 76 แต่ประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดีละลายน้ำ (Soluble COD) จะใกล้เคียงกันประมาณร้อยละ 71

2) ประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียของถึงปฏิกรณ์ชนิดสารกรองเคลื่อนที่ ร้อยละ 92 และในระบบตะกอนเร่งร้อยละ 98 ที่ภาระบรรทุกแอมโมเนียสูงถึง 0.12 กก./ลบ.ม.-วัน ถึงปฏิกรณ์ชนิดสารกรองเคลื่อนที่ที่มีประสิทธิภาพการเกิดไนตริไฟเคชันสูงกว่าร้อยละ 98 แต่ถ้าภาระบรรทุกสูงกว่านี้จะลดประสิทธิภาพของถึงปฏิกรณ์ชนิดสารกรองเคลื่อนที่

3) การใช้พื้นที่ผิวจำเพาะ 160 ตร.ม./ลบ.ม. ของตัวกลางพลาสติกที่ใช้ในถึงปฏิกรณ์ชนิดสารกรองเคลื่อนที่ ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ต่ำกว่าระบบตะกอนเร่ง

4) ชีตจำกัดของถึงปฏิกรณ์ชนิดสารกรองเคลื่อนที่ไม่ได้อยู่ในกิจกรรมของเซลล์จุลินทรีย์ (biomass activity) แต่เป็นความเข้มข้นของเซลล์จุลินทรีย์

2.9 รายงานและผลการวิจัยที่เกี่ยวกับถังกรองชีวภาพแบบเติมอากาศ

Rusten (1984) ได้ทำการศึกษาถังกรองชีวภาพ โดยใช้ถังกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 เมตร ชั้นกรองสูง 1.2 เมตร โดยใช้ตัวกลาง 2 ชนิดคือ PLASdek S19 และ PLASdek S12 ซึ่งมีพื้นที่ผิวจำเพาะเท่ากับ 140 ตร.ม./ลบ.ม. และ 230 ตร.ม./ลบ.ม. ตามลำดับ สรุปได้ดังนี้

1) คุณภาพน้ำที่ขึ้นกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์เป็นหลัก การออกแบบถังกรองชีวภาพจึงควรคำนึงถึงภาระบรรทุกสารอินทรีย์ แม่น้ำเสียจะมีความเข้มข้นสูงและภาระบรรทุกทางน้ำต่ำหรือน้ำเสียเข้มข้นต่ำแต่ภาระบรรทุกทางน้ำสูง ประสิทธิภาพในการบำบัดวัดในรูปของการกำจัดซีไอดีมีค่าลดลงจากร้อยละ 57 เมื่อภาระบรรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นจาก 5 กรัม ซีไอดี/ ตร.ม.-วัน เป็น 120 กรัม ซีไอดี/ ตร.ม.-วัน

2) การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิระหว่าง 10 - 20 องศาเซลเซียส ไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบ

3) การถ่ายเทออกซิเจนของระบบเป็นไปด้วยดีในตัวกลางทั้งสองชนิด โดยมีอัตราการเติมอากาศเท่ากับ 10 - 15 ลบ.ม. อากาศ/กก.ซีไอดีที่ถูกกำจัด

Amar และคณะ (1986) ได้ศึกษาการทำงานของแบบจำลองถึงปฏิกรณ์ชั้นกรองนิ่งแบบไหลขึ้นในการบำบัดน้ำเสียชุมชนซึ่งผ่านการตกตะกอนชั้นที่หนึ่งแล้ว โดยตัวกลางใน

แบบจำลองนี้ ใช้หินเผาซึ่งมีฮีมาไทต์ (hematite) และแมกนีไทต์ (magnetite) เป็นส่วนประกอบ มีความพรุน 0.5 ขนาดสัมฤทธิ์ 2.7 มม. พบว่า

1) ปริมาณของของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าระหว่าง 10 และ 20 มก./ลิตร สำหรับชั้นกรองที่มีความลึกในช่วง 2-3 เมตร และมีอัตราการกรอง 3-6 ลบ.ม./ตร.ม. - ชม.

2) กิจกรรมของมวลจุลินทรีย์มีค่าคงที่ตลอดความสูงของถังปฏิกรณ์

3) ระบบมีประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี ประมาณร้อยละ 80

4) น้ำล้างย้อนที่ใช้ประมาณร้อยละ 5 ของปริมาณน้ำที่กรองได้

5) การผลิตตะกอนชีวภาพส่วนเกินเท่ากับ 1 กก. ต่อ 1 กก.บีโอดี ที่ถูกกำจัด และตะกอนชีวภาพเหล่านี้คล้ายกับตะกอนชีวภาพที่เกิดขึ้นจากระบบการตะกอนเร่งแบบอัตราการบำบัดสูง

Stensel และคณะ (1988) ได้ทดลองโดยใช้ถังกรองชีวภาพโดยใช้ถังกรองขนาด 3.7 x 6.4 x 3.7 ลบ.ม. และใช้ดินเหนียวแข็งเป็นตัวกลาง สรุปได้ว่า

1) น้ำที่ใช้ในการล้างสารกรองจะใช้เพียง 7 - 10 % ของน้ำที่บำบัดได้

2) ที่ภาระบรรทุกทางน้ำ 2.4 เมตร/ชั่วโมง จะทำให้เกิดของแข็ง 2.5 กก.ทีเอสเอส/ลบ.ม. ของปริมาณสารกรอง และที่ภาระบรรทุกทางน้ำที่ต่ำกว่าก็จะให้ของแข็งต่ำกว่า

3) ความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยของน้ำล้างสารกรองเป็น 1500 มิลลิกรัม/ลิตร

4) อัตราการเติมอากาศ 20 ลบ.ม./กก.ทีบีโอดี ที่เข้าระบบ ซึ่งจะทำให้ให้ออกซิเจนละลายเฉลี่ยในถังปฏิกรณ์เป็น 1.5 มิลลิกรัม/ลิตร

Dillon และ Thomas (1990) ได้ทดลองโดยใช้ถังกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เมตร สูง 4.3 เมตร และใช้หินชนวนขนาด 3 - 6 มิลลิเมตร เป็นตัวกลาง ชั้นกรองสูง 2 เมตร พบว่า

1) น้ำทิ้งมีคุณภาพดีเมื่ออัตราการบรรทุกสูงถึง 4.1 กก.บีโอดี/ลบ.ม.-วัน (9.2 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)

2) ปริมาณของตะกอนชีวภาพที่เกิดขึ้นจากระบบประมาณ 0.63 - 1.06 กก.เอสเอส/กก.บีโอดีห้าที่ถูกกำจัด

3) น้ำที่ใช้ในการล้างชั้นกรองประมาณร้อยละ 12 - 35 ของปริมาณน้ำที่กรองได้

Okubo และคณะ (1990) ได้ทดลองถังกรองชีวภาพเดิมอากาศ โดยใช้เม็ดเซรามิกขนาด 4-7 มิลลิเมตร เป็นตัวกลาง มีพื้นที่ผิวจำเพาะเท่ากับ 600 - 700 ตร.ม./ลบ.ม. และมีความถ่วงจำเพาะ 1.5 ขนาดถังกรองชีวภาพมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1,000 มิลลิเมตร และสูง 3,900 มิลลิเมตร น้ำเสียจะผ่านการบำบัดขั้นต้นซึ่งเป็นถังกรองไหลขึ้น ก่อนจ่ายไปบำบัดต่อในถังกรองชีวภาพ ระยะเวลาสัมผัสน้ำเสียทั้งหมดเท่ากับ 1.5 - 2 ชั่วโมง จากการทดลองพบว่า

- 1) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 1.7 กิโลกรัม/ลบ.ม.-วัน หรือน้อยกว่า ความเข้มข้นน้ำเสียเข้าถังกรองเท่ากับ 60 - 90 มิลลิกรัม/ลิตร และ เอสเอสเท่ากับ 30 - 50 มิลลิกรัม/ลิตร จะได้บีโอดีน้ำทิ้งเท่ากับ 10 มิลลิกรัม/ลิตร
- 2) เมื่อภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 3 กิโลกรัม/ลบ.ม.-วัน จะได้ค่าบีโอดีน้ำทิ้งเท่ากับ หรือน้อยกว่า 20 มิลลิกรัม/ลิตร และประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีเท่ากับ 85 - 92 %
- 3) เอสเอสน้ำทิ้งเท่ากับหรือต่ำกว่า 10 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อภาระบรรทุกบีโอดีเท่ากับหรือน้อยกว่า 3 กิโลกรัม/ลบ.ม.-วัน น้ำทิ้งจะมีลักษณะใส และไม่ต้องมีถังตกตะกอน
- 4) เนื่องจากระยะเวลาสัมผัสน้ำเสียประมาณ 2 ชั่วโมงทำให้ระบบมีขนาดเล็กกว่าระบบบำบัดน้ำเสียทั่วไปประมาณ 5 - 10 เท่า

Rogalla และ Bourbigot (1990) ได้ศึกษาทดลองการทำงานของถังกรองชีวภาพเดิมอากาศแบบไหลขึ้นโดยใช้น้ำเสียชุมชน ตัวกลางในถังกรองสูง 3-4 เมตร มีปริมาตร 0.2-0.3 ลบ.ม. น้ำทิ้งจะไหลผ่านถังตกตะกอนแบบลามลลา (lamellar settlers) จากการทดลองพบว่า

- 1) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่ำ ตะกอนแขวนลอยน้ำทิ้งมีค่าเกือบคงที่ต่ำกว่า 10 มก./ล. และซีโอดีน้ำทิ้งมีค่าต่ำกว่า 50 มก./ล. ซึ่งไม่สามารถบำบัดโดยทางชีวภาพ
- 2) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูง 15 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน น้ำทิ้งจะมีค่าตะกอนแขวนลอยโดยเฉลี่ย 15 มก./ล. และมีค่าซีโอดี ประมาณ 60 มก./ล.

Pujol, และคณะ (1992) ได้ศึกษาถังกรองชีวภาพแบบเดิมอากาศและทำการประเมินทางด้านเทคนิคของโรงบำบัด 8 แห่ง โดยแบ่งออกเป็นกระบวนการบำบัดแบบไหลขึ้น 4 แห่ง และอีก 4 แห่ง เป็นกระบวนการบำบัดแบบไหลลง พบว่า

- 1) ถังกรองสามารถผลิตน้ำทิ้งคุณภาพดี มีค่าซีโอดีต่ำกว่า 90 มก./ลิตร เมื่อภาระบรรทุกต่ำกว่า 6 กก.ซีโอดี/ลบ.ม. - วัน และความสัมพันธ์ระหว่างซีโอดีน้ำทิ้งกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์สามารถเขียนได้ดังสมการ

$$Y = 9.82 X + 15.83$$

โดยที่

$Y =$ ค่าซีโอดีน้ำทิ้ง (มก./ลิตร)

$X =$ ภาระบรทุกสารอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ ลบ.ม.-วัน)

2) ประสิทธิภาพการบำบัดของการบำบัดขั้นที่หนึ่ง ควรมีค่าความเข้มข้นซีโอดีต่ำกว่า 300 มก./ลิตร ในกรณีที่ภาระบรทุกทางน้ำเป็น 2 ม./ชม.

3) คุณภาพของน้ำทิ้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างถังกรองแบบไหลขึ้นและถังกรองแบบไหลลง

4) กระบวนการกรองชีวภาพแบบเติมอากาศ มีผลกระทบต่อความแปรปรวนของภาระบรทุกภายในข้อจำกัดที่ยอมรับได้ การเริ่มเดินระบบรวดเร็ว โดยใช้เวลาประมาณ 8-10 วัน

5) เพื่อให้ถังกรองทำงานได้อย่างเหมาะสมต้องดำเนินการอย่างระมัดระวัง โดยเฉพาะการล้างสารกรองและการเติมอากาศ การดูแลบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆ เช่น วาล์วอัตโนมัติ เพื่อสามารถประกันได้ว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดมีคุณภาพคงที่

Pujol และคณะ (1992) ได้ศึกษาถังกรองชีวภาพแบบเติมอากาศสำหรับการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนบริเวณริมฝั่งทะเล พบว่า

1) สามารถรับภาระบรทุกที่มีปริมาตรสูง (สูงถึง 7 กก.ซีโอดี/ลบ.ม. - วัน , น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าซีโอดีเท่ากับ 90 มก./ลิตร) และด้วยเหตุนี้ ทั้งปริมาตรของถังปฏิกรณ์และพื้นที่ผิวที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียลดลง

2) เมื่อพิจารณาสารอินทรีย์คาร์บอน คุณภาพของน้ำที่บำบัดแล้วอยู่ในระดับที่น่าพอใจ

3) การเริ่มเดินระบบของโรงบำบัดรวดเร็ว ใช้เวลาประมาณ 8-10 วัน

4) มีการทำงานร่วมกันของกระบวนการทางฟิสิกส์และเคมี

5) ถึงแม้ว่าการดำเนินการของถังกรองชีวภาพแบบเติมอากาศมีระบบอัตโนมัติและมีการควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ในการประกันคุณภาพของการบำบัดขึ้นอยู่กับ การบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่องและการติดตามการดำเนินการของการล้างสารกรองและการเติมอากาศอย่างสม่ำเสมอ

Boller และคณะ (1994) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการเกิดไนตริไฟเคชัน ในระบบตะกอนเร่ง ระบบจานหมุนชีวภาพ ระบบลานกรองจุลินทรีย์ และถังกรองชีวภาพเติมอากาศ พบว่า

1) พื้นที่และปริมาตรสุทธิของถังปฏิกริยาในกระบวนการบำบัดโดยฟิล์มชีวภาพ จะมีขนาดเล็กกว่ากระบวนการเร่งตะกอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งถังกรองชีวภาพเติมอากาศ จะมีขนาดเล็กกว่าระบบตะกอนเร่ง 10 เท่า

2) พื้นที่และปริมาตรก่อสร้างทั้งหมดเมื่อรวมอุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่างๆ แล้ว ระบบตะกอนเร่ง จะใช้พื้นที่มากกว่าระบบอื่นประมาณ 3-3.8 เท่า

3) ระบบถังกรองชีวภาพเติมอากาศ จะใช้พลังงานมากกว่าระบบอื่นทั้งหมด

4) ระบบถังกรองชีวภาพเติมอากาศ มีความสามารถในการกำจัดไนโตรเจนได้ดีกว่าระบบอื่น

Canler และ Peret (1994) ได้ศึกษาประเมินระบบถังกรองชีวภาพเติมอากาศ จากระบบจริงที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ จำนวน 12 แห่ง สรุปได้ดังนี้

1) ถังกรองแบบไหลลง มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี, บีโอดี และของแข็งแขวนลอย ได้ดีกว่าถังกรองแบบไหลขึ้น แต่ถังกรองแบบไหลขึ้นจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนได้ดีกว่า

2) อัตราการกำจัดบีโอดีจะมากกว่าอัตราการกำจัดซีโอดี อยู่ประมาณร้อยละ 10 ซึ่งเป็นสมบัติของถังกรองชีวภาพเติมอากาศ

3) ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีจะลดลงเมื่อภาระบรรทุกทุกทางน้ำเพิ่มขึ้น แม้วาน้ำเสียจะเข้มข้นน้อยลง ทั้งนี้เนื่องจากระยะเวลาสัมผัสน้ำเสียระหว่างสับสเตรทและฟิล์มชีวภาพ ถูกจำกัดให้ลดลง และความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกำจัดซีโอดีกับภาระบรรทุกทุกทางน้ำ สามารถเขียนได้ดังสมการ

$$Y = -8.6 X + 89.56$$

โดยที่

$$Y = \text{อัตราการกำจัดซีโอดี (\%)}$$

$$X = \text{ภาระบรรทุกทุกทางน้ำ (ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.)}$$

4) เมื่อต้องการควบคุมให้คุณภาพน้ำทิ้งมีค่าซีโอดีไม่เกิน 90 มก./ลิตร ระบบไม่ควรรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์มากกว่า 7 กก. ซีโอดี/ ลบ.ม.-วัน และความสัมพันธ์ระหว่างซีโอดีน้ำทิ้งกับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ สามารถเขียนได้ดังสมการ

$$Y = 9.49 X + 19.16$$

โดยที่

$$Y = \text{ค่าซีไอได้น้ำทิ้ง (มก./ลิตร)}$$

$$X = \text{ภาระบรทุกสารอินทรีย์ (กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน)}$$

5) อัตราการกำจัดไนโตรเจนขึ้นกับหลายองค์ประกอบ เช่น อุณหภูมิ น้ำ การเติมอากาศในถังกรอง ภาระบรทุกสารอินทรีย์คาร์บอน และการล้างยอนที่มีประสิทธิภาพ ระบบสามารถกำจัดไนโตรเจนได้มากกว่าร้อยละ 80 สำหรับภาระบรทุกไม่เกิน 0.45 กิโลกรัมไนโตรเจน/ลูกบาศก์เมตร-วัน หรือ 0.36 กิโลกรัม NH_4^+ /ลูกบาศก์เมตร-วัน เมื่อระบบรับน้ำเสียที่มีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงประมาณ 10

6) ปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นจากระบบเท่ากับ 0.41 กก. เอสเอส/กก.ซีไอดีที่ถูกกำจัด เมื่อระบบมีประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีเท่ากับร้อยละ 67 และรับภาระบรทุกสารอินทรีย์ 6.2 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน

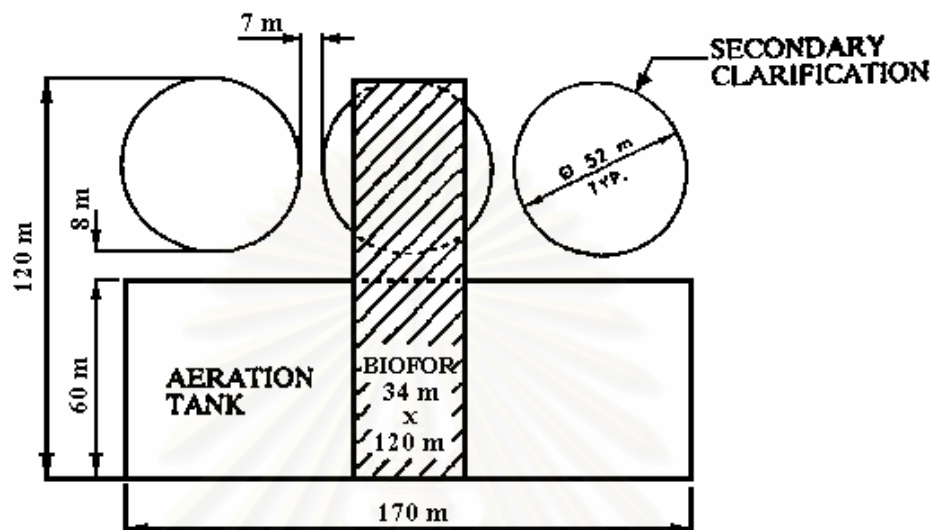
Pujol และคณะ (1994) ได้ศึกษาดังปฏิกรณ์ชีวภาพเติมอากาศแบบไหลขึ้น (Biofor[®]) ของบริษัท Degremont พบว่า

- 1) สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีภาระบรทุกสารอินทรีย์ได้สูงถึง 10 กก.ซีไอดี/ลบ.ม. - วัน ที่อัตราการกรอง 6 ลบ.ม./ตร.ม. - ชม.
- 2) สามารถบำบัดน้ำเสียแบบไนตริฟิเคชันที่มีภาระบรทุก 1.5 กก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ลบ.ม.- วัน ที่อัตราการกรอง 10 ลบ.ม./ตร.ม. - ชม.
- 3) สามารถบำบัดน้ำเสียแบบดีไนตริฟิเคชันที่มีภาระบรทุกสูงกว่า 4 กก.ไนเตรด-ไนโตรเจน/ลบ.ม. - วัน ที่อัตราการกรอง 14 ลบ.ม./ตร.ม. - ชม.
- 4) สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีภาระบรทุกฟอสฟอรัสได้ 0.4 กก.ฟอสเฟต/ลบ.ม. - วัน ที่อัตราการกรอง 11 ลบ.ม./ตร.ม. - ชม.

Rovel และคณะ (1994) ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานกระดาษโดยการกรองทางชีวภาพ สรุปได้ว่า

- 1) กระบวนการไบโอฟอร์สามารถใช้เป็นส่วนประกอบหรือแทนที่ระบบตะกอนเร่งได้ และสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของภาระบรทุกสารอินทรีย์และภาระบรทุกทางน้ำได้
- 2) พื้นที่ผิวที่ต้องการสำหรับการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียโดยการกรองทางชีวภาพ มีขนาดเล็กกว่าระบบตะกอนเร่ง เมื่อระบบทั้งสองมีสมรรถนะเทียบเท่ากัน แสดงดังรูปที่ 2.5

3) การบำบัดทางชีวภาพโดยใช้ถังกรองไบโอฟอร์ 4 ถัง แต่ละถังมีพื้นที่หน้าตัด 22.7 ตร.ม. สามารถรับน้ำเสียซึ่งมี 500 กรัมบีโอดี/วัน อัตราการกรองอยู่ในช่วงจาก 3.7 ถึง 5 เมตร/ชม.



รูปที่ 2.5 ถังปฏิกรณ์ไบโอฟอร์ และ ตะกอนเร่ง (Rovel, 1994)

Vedry และคณะ (1994) ได้ศึกษาการดำเนินการเดือนแรกของถังกรองชีวภาพ 2 ชนิด ในโรงบำบัดน้ำเสีย คือ แบบ Biofor[®] ของบริษัท Degremont และ แบบ Biostyr ของ OTV พบว่า

1) ระบบ Biofor[®] และ ระบบ Biostyr สามารถทำงานได้ในช่วงกว้าง โดยสามารถรับภาระบรรทุกที่อัตราการไหลปกติเท่ากับ 3 เมตร/ชม. และสามารถรับภาระบรรทุกที่อัตราการไหลสูงสุดเท่ากับ 10 เมตร/ชม. ได้

2) ระบบ Biofor[®] สามารถกำจัดไนโตรเจนได้ 0.85 กก. แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ลบ.ม. - วัน ต้องการออกซิเจนทั้งหมด 5.5 กก.ออกซิเจน/ลบ.ม. - วัน แม้ในช่วงฤดูหนาว

Mohamed และคณะ (1999) ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำตาลที่บางครั้งเข้ามาพร้อมกับน้ำเสียชุมชน แล้วผ่านไปยังระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยกระบวนการฟิล์มตรึงเติมอากาศแบบจมน้ำ (Aerated submerged fixed-film) พบว่า

1) กระบวนการนี้มีประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีร้อยละ 97.9

2) อัตราการใช้สารอาหารอินทรีย์ (organic substrate utilization rate) ได้เพิ่มมากขึ้น เมื่อภาระบรรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นถึง 120 กรัมบีโอดี/ตร.ม.-วัน โดยจุลินทรีย์ชนิดเกาะผิวตัวกลางเพิ่มขึ้น

3) กระบวนการนี้สามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก 5 ถึง 120 กรัมบีโอดี/ตร.ม.-วัน โดยประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีจะลดลงตามลำดับจากร้อยละ 97.9 ถึงร้อยละ 88.5 และประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีจะลดลงจากร้อยละ 73.6 ถึงร้อยละ 67.8

4) กระบวนการนี้สามารถจัดการกับภาระสารอินทรีย์เฉียบพลัน (shock load) จากโรงงานน้ำตาลซึ่งมีค่าความเข้มข้นสูง ด้วยประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีร้อยละ 86.9



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษการใช้ถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่เพื่อบำบัดน้ำเสียชุมชน กระทำโดยใช้เครื่องกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เมตร ซึ่งเป็นขนาดต้นแบบ (pilot plant) มาตรฐาน ที่ได้ ออกแบบและสร้างขึ้นให้มีขนาดสำหรับนำไปใช้งานได้จริง ดังนั้นเพื่อให้งานวิจัยนี้สำเร็จตามเป้าหมายจึงได้วางแผนการวิจัยไว้ดังนี้

3.1 แผนการวิจัย

การศึกษการใช้ถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่เพื่อบำบัดน้ำเสียชุมชนนี้ การทดลองได้กระทำ ณ โรงงานปรับปรุงคุณภาพน้ำสี่พระยา ของสำนักงานระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร และ ณ ห้องปฏิบัติการวิจัยของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เนื่องจากงานวิจัยนี้ไม่อาจศึกษาตัวแปรอิสระได้หลายตัวภายในระยะเวลาอันเหมาะสม จึงกำหนดตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ค่าอัตราการเวียนล้างสารกรอง และค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์

การวิจัยถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

(1) หาพื้นที่ผิวของตัวกลางสารกรองโดยการคำนวณ

เพื่อทราบถึงพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางสารกรอง ทำการทดลองโดยการตวงตัวกลางสารกรองจำนวน 1 ลิตร แล้ววัดค่ามิติของตัวกลางสารกรองแต่ละเม็ด นำค่ามิติที่วัดได้ มาคำนวณหาพื้นที่ผิวของตัวกลางสารกรองแต่ละเม็ด และนำค่าดังกล่าวมาคำนวณหาพื้นที่ผิวทั้งหมดของตัวกลางสารกรองต่อปริมาตรของตัวกลางสารกรอง

(2) หาลักษณะสมบัติของน้ำเสียเข้าระบบ

เพื่อทราบถึงสมบัติของน้ำเสียที่เข้าระบบ ทำการทดลองโดยการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของน้ำเสียที่ใช้ทดลอง

(3) ค่าอัตราการหมุนเวียนสารกรอง

เพื่อให้ได้มาซึ่งประสิทธิภาพสูงสุดและประหยัดพลังงาน ทำการทดลองโดยการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการหมุนเวียนสารกรอง จำนวน 3 ค่า คือ 20% 50% และ 100% ของปริมาณสารกรองทั้งหมดต่อวัน โดยควบคุมค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์คงที่เท่ากับ 3 ลบ.ม. ต่อ ตร.ม.-ชม. และควบคุมค่าอัตราการทึ่งน้ำล้างสารกรองให้มีค่าไม่เกินร้อยละ 10 ของปริมาณน้ำที่กรองได้

(4) ค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์

เพื่อทราบถึงการเปลี่ยนแปลงค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียของถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ ทำการทดลองโดยการแปรค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ (hydraulic loading) จำนวน 3 ค่า คือ 3 2 และ 0.5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. โดยควบคุมค่าอัตราการหมุนเวียนตัวกลางสารกรองคงที่เท่ากับ 50 % และ 100 % ของปริมาณสารกรองทั้งหมดต่อวัน และควบคุมค่าอัตราการทึ่งน้ำล้างสารกรองให้มีค่าไม่เกินร้อยละ 10 ของปริมาณน้ำที่กรองได้

(5) คำนวณค่าปริมาณตะกอนชีวภาพส่วนเกินที่เกิดขึ้นในระบบ

3.2 น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

การวิจัยนี้ใช้น้ำเสียจากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา ซึ่งรับน้ำเสียจากแหล่งชุมชน ได้แก่ น้ำเสียจากอาคารบ้านเรือน อาคารพาณิชย์ ในเขตป้อมปราบศัตรูพ่าย เขตสัมพันธวงศ์ และพื้นที่บางส่วนของเขตบางรัก น้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่เครื่องกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่เป็นน้ำเสียซึ่งผ่านการบำบัดทางกายภาพ (Physical Treatment Process) แล้ว โดยที่กระบวนการดังกล่าวประกอบด้วย เครื่องดักขยะขนาดใหญ่ เครื่องดักขยะชนิดละเอียด บ่อปรับสภาพน้ำเสีย และเครื่องดักกวาดทราย ซึ่งมีลักษณะสมบัติน้ำเสีย แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าต่ำสุด-สูงสุด และค่าเฉลี่ย ของลักษณะสมบัติน้ำเสีย จากการเดินระบบของโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา ระหว่างเดือน พฤศจิกายน 2543 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2544

พารามิเตอร์	หน่วย	น้ำเสียเข้าระบบ					บ่อดักกรวดทราย				
		Avg.	Min.	Max.	SD	N	Avg.	Min.	Max.	SD	N
อุณหภูมิ	°ซ	27.6	26.1	29.6	0.82	32	-	-	-	-	-
พีเอช	-	7.1	4.9	7.8	0.68	32	-	-	-	-	-
ของแข็งแขวนลอย	มก./ล.	62	28	152	26.6	32	-	-	-	-	-
บีโอดี	มก./ล.	54.8	40.5	84	9.6	31	29.6	21	54	7.4	31
ซีโอดี	มก./ล.	117.4	80	160	22.2	32	84.4	44	128	20.3	32

ที่มา : โรงงานปรับปรุงคุณภาพน้ำสี่พระยา, 2543

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

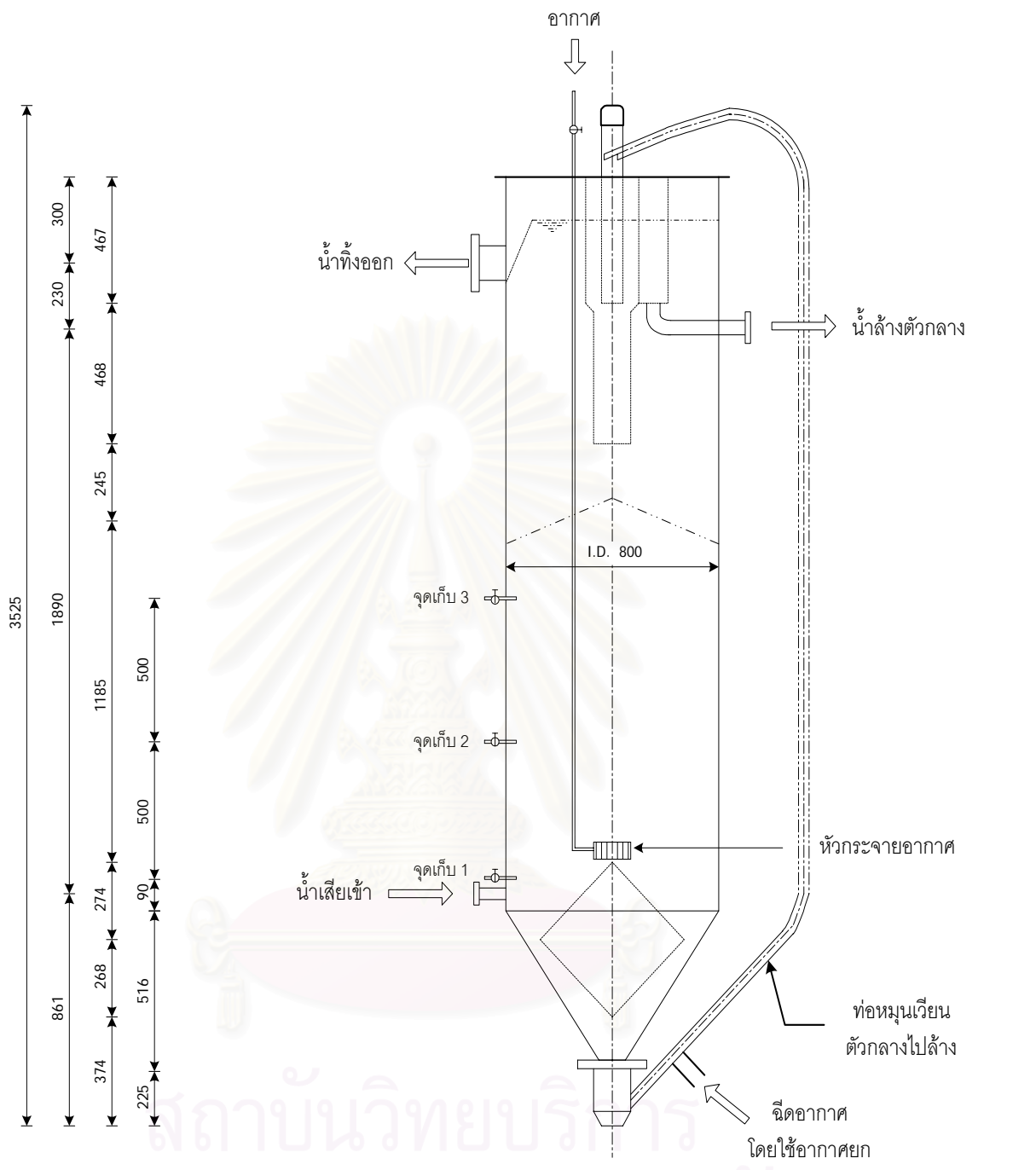
ในการวิจัยนี้ได้จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ดังต่อไปนี้

3.3.1 เครื่องกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่

ถังกรองที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ทำจากแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถังกรองเท่ากับ 800 มม. ความสูงถังกรองทั้งหมดเท่ากับ 3,525 มม. ส่วนรวบรวมสารกรองมีลักษณะเป็นกรวย พร้อมติดตั้งท่อขนาด 32 มม. เพื่อใช้สำหรับหมุนเวียนตัวกลางไปล้าง โดยใช้อากาศยก (Air lift) รายละเอียดของถังกรอง แสดงดังรูปที่ 3.1 ส่วนรายละเอียดในการเดินระบบ แสดงดังรูปที่ 3.2

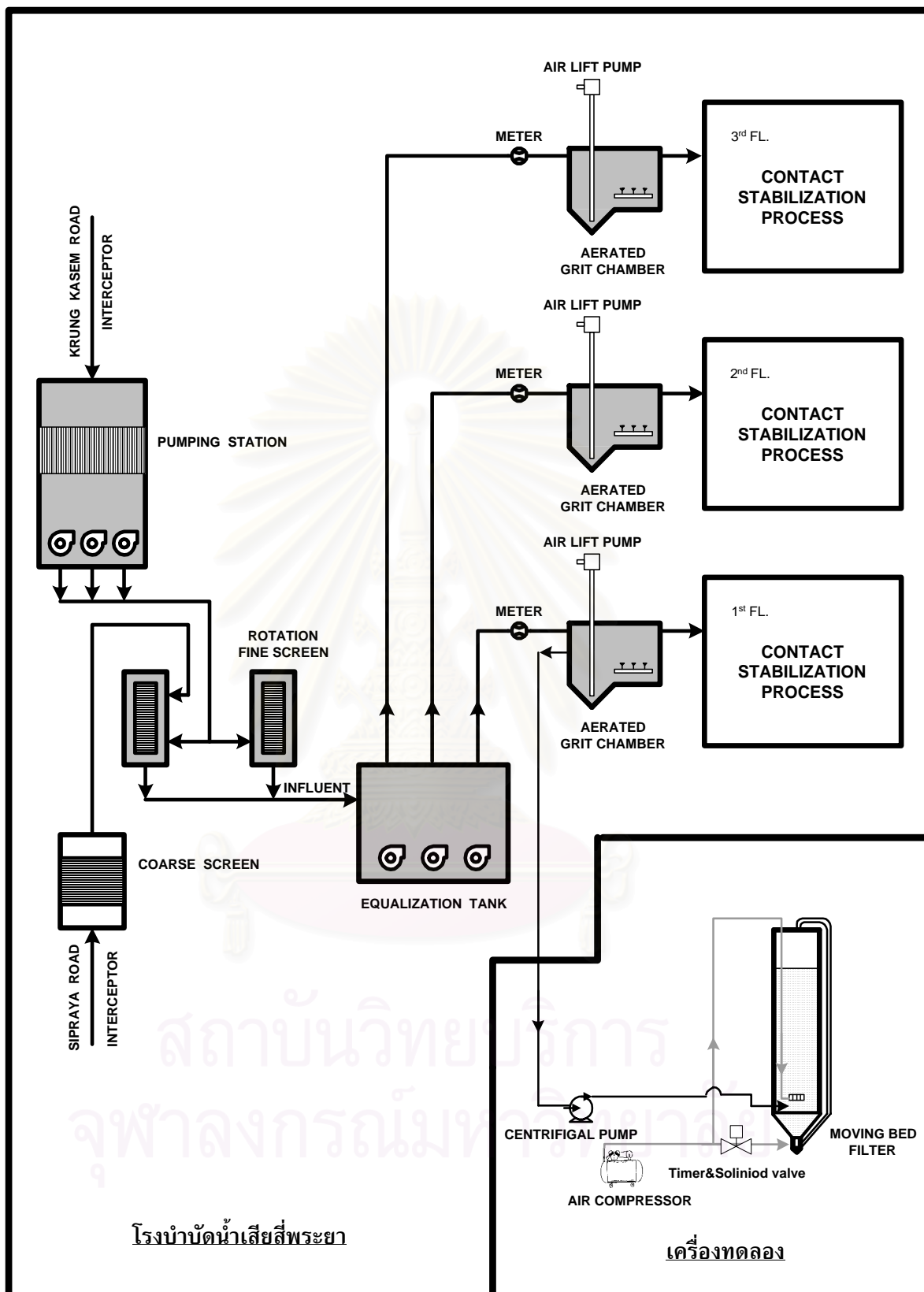
3.3.2 ตัวกลางสารกรอง (Media)

ตัวกลางสารกรองสังเคราะห์ขึ้นจากพลาสติกชนิด พีวีซี (PVC) มีรูปร่างเป็นทรงกระบอกกลวง ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในโดยเฉลี่ย 3.9 มม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกโดยเฉลี่ย 7.0 มม. และมีความยาวโดยเฉลี่ย 3.5 มม. ตัวกลางสารกรองมีค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ประมาณ 1.1 และมีค่าความพรุนอากาศประมาณร้อยละ 55



หน่วย : มิลลิเมตร

รูปที่ 3.1 แสดงรายละเอียดของถังกรอง



รูปที่ 3.2 แสดงรายละเอียดในการเดินระบบ

3.3.3 เครื่องสูบน้ำเสียดชนิดปั๊มหอยโข่ง (Centrifugal pump)

การป้อนน้ำเสียดเข้าสู่เครื่องกรอง ใช้เครื่องสูบน้ำเสียดชนิดปั๊มหอยโข่ง ยี่ห้อ POLO ขนาด 0.5 แรงม้า โดยเดินเครื่องตลอด 24 ชั่วโมง

3.3.4 เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor)

ใช้เครื่องอัดอากาศยี่ห้อ SWANS รุ่น SVP 212 ขนาด 0.5 แรงม้า เดินเครื่องตลอด 24 ชั่วโมง โดยที่อากาศจะถูกอัดจากเครื่องอัดอากาศ เพื่อใช้ในการเติมอากาศให้แก่ระบบและใช้สำหรับยกตัวกลางสารกรอง เพื่อควบคุมการหมุนเวียนสารกรอง

3.3.5 หัวเติมอากาศ (Air Diffusor)

หัวเติมอากาศใช้เมมเบรนของหัวเติมอากาศแบบฟองละเอียด โดยเมมเบรนจะถูกตัดออกมาเพื่อประกอบเป็นหัวเติมอากาศ

3.3.6 โซลินอยด์วาล์ว

การควบคุมการหมุนเวียนตัวกลางไปล้าง ใช้โซลินอยด์วาล์วทำหน้าที่เปิดและปิดพร้อมติดตั้งเครื่องควบคุมเวลา (Timer) เพื่อควบคุมปริมาณอากาศที่ใช้ในการยกตัวกลาง

3.4 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.4.1 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

การเก็บตัวอย่างน้ำเสียดสำหรับการทดลองที่ 1 และ 2 ในช่วงปกติจะเก็บตัวอย่างที่จุดเก็บตัวอย่าง 3 จุด คือ น้ำเสียดเข้าระบบ น้ำเสียดออกจากระบบ และน้ำเสียดจากน้ำล้างสารกรอง เมื่อระบบทำงานได้ค่อนข้างจะคงที่แล้ว จะเก็บตัวอย่างเพิ่มเติมตามความลึก คือ ระดับชั้นตัวกลางก่อนเป่าอากาศ และในชั้นตัวกลางอีก 2 จุด ทั้งนี้เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปรต่าง ๆ ตามความลึกของถังกรอง ส่วนการเก็บตัวอย่างน้ำเสียดในชุดการทดลองที่ 3 4 5 6 และ 7 จะเก็บตัวอย่างที่จุดเก็บตัวอย่างทุกจุด ทุกวัน

การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจะทำการวิเคราะห์ทั้งลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ โดยลักษณะสมบัติ จุดเก็บตัวอย่าง และความถี่ในการวิเคราะห์ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงลักษณะสมบัติของน้ำเสีย จุดเก็บตัวอย่าง และความถี่ในการวิเคราะห์

ลักษณะสมบัติ ของน้ำเสีย	จุดเก็บตัวอย่าง					น้ำเสียดังกล่าว	น้ำล้าง สารกรอง
	น้ำเสียเข้า	ถังกรอง			น้ำเสียออก		
		จุดเก็บ 1	จุดเก็บ 2	จุดเก็บ 3			
พีเอช	A	B	B	B	A		
ออกซิเจนละลาย	A	B	B	B	A	A	
อุณหภูมิ	A	B	B	B	A		
ของแข็งแขวนลอย	A				A	A	
ของแข็งแขวนลอย ระเหย	A				A	A	
ซีโอดี	A	B	B	B	A	A	
สภาพต่างทั้งหมด	A	B	B	B	A	A	
แอมโมเนีย- ไนโตรเจน	A	B	B	B	A	A	
อินทรีย์-ไนโตรเจน	A	B	B	B	A	A	
ไนไตรต์- ไนโตรเจน	A	B	B	B	A	A	
ไนเตรต-ไนโตรเจน	A	B	B	B	A	A	
ฟอสฟอรัส	A	B	B	B	A	A	

หมายเหตุ - สำหรับการทดลองที่ 1 และ 2

A คือ ตัวแปรที่ต้องทำการวิเคราะห์สัปดาห์ละ 3 ครั้ง

B คือ ตัวแปรที่ต้องวิเคราะห์สัปดาห์ละ 3 ครั้ง ในช่วงที่ระบบทำงานได้ค่อนข้างจะคงที่

- สำหรับการทดลองที่ 3 4 5 6 และ 7

A และ B คือ ตัวแปรที่ต้องวิเคราะห์ทุกวัน

สำหรับวิธีวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ นั้น ใช้วิธีวิเคราะห์ตามหนังสือมาตรฐานอเมริกา (Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 1995) และคู่มือวิเคราะห์น้ำเสียของสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2540 ซึ่งได้แสดงวิธีวิเคราะห์ไว้ในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 วิธีการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์	หมายเหตุ
PH	pH Meter with Glass Electrode	MODEL HM-7E
DO	Azide Modification	-
Temp.	Thermometer	-
SS	Gravimetric Method	Carbolite (550°C)
VSS	Gravimetric Method	Heraew (103°C)
COD	Dicromate Close Reflux Method	Memmert (150°C)
Alkalinity	Titration Method	Horiba F-13
NH ₃ -N	Distillation and Titrimetric Method	-
Org-N	Digestion and Titrimetric Method	-
NO ₂ ⁻ -N	NED Colorimetric Method	SHIMADZU UV-1201
NO ₃ ⁻ -N	UV-Spectrophotometer	SHIMADZU UV-1650
PO ₄ -P	Vanadomolybdophosphoric Acid Method	SHIMADZU UV-1201
มวลจุลินทรีย์ที่เกาะติดตัวกลาง	Sonification & Gravimetric Method	Ultrasonic Probe

3.4.2 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างตัวกลางสารกรอง

การเก็บตัวอย่างตัวกลางสารกรองภายในถังกรองจะทำก่อนที่จะสิ้นสุดการทำงานสำหรับแต่ละการทดลอง การเก็บตัวอย่างกระทำโดยดวงตัวอย่างตัวกลางสารกรองภายในถังกรองแล้วนำตัวอย่างดังกล่าวมาวิเคราะห์หาปริมาณมวลจุลินทรีย์ที่เกาะยึดบนตัวกลางสารกรองตามขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

- 1) เติมน้ำกลั่นประมาณ 50 มล. ลงในตัวอย่างวัสดุตัวกลางสารกรองที่มีมวลจุลินทรีย์เกาะติดตัวกลาง
- 2) นำหัวจุ่มอัลตราโซนิค จุ่มลงไป 10 นาที ทำซ้ำจนกว่าตัวอย่างตัวกลางสารกรองสะอาด
- 3) แยกวัสดุตัวกลางออกจากน้ำที่มีเซลล์จุลินทรีย์ปะปน
- 4) นำวัสดุตัวกลางที่ได้จากข้อ 3) ไปอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส แล้วทิ้งให้เย็นในเดสิคเคเตอร์ และนำไปชั่งน้ำหนัก หากน้ำหนักที่ชั่งได้ไม่คงที่ให้นำไปอบแล้วทิ้งให้เย็นในเดสิคเคเตอร์ซ้ำจนกว่าจะได้น้ำหนักคงที่ หรือจนกระทั่งมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักน้อยกว่า 4 % จะได้น้ำหนักแห้งของวัสดุตัวกลางสารกรองที่สะอาด
- 5) นำน้ำที่มีเซลล์จุลินทรีย์ปะปนที่ได้จากข้อ 3) ไปวิเคราะห์หาค่าของแข็งแขวนลอย แล้วนำไปเผาหาค่าของแข็งแขวนลอยระเหยเพื่อหาอัตราส่วนระหว่างของแข็งแขวนลอยระเหยกับของแข็งแขวนลอย (VSS/SS) การวิเคราะห์ค่าดังกล่าวใช้วิธี gravimetric method ตามหนังสือมาตรฐานอเมริกา
- 6) คำนวณหามวลจุลินทรีย์ที่เกาะติดตัวกลางทั้งหมด โดยคิดเทียบกับปริมาตรตัวกลางสารกรอง

$$\text{มวลตะกอน} = X * (b/a) \quad \text{กรัมเอสเอส/ลิตร}$$

$$\text{โดยที่ } X = \text{น้ำหนักแห้งของตะกอนที่ติดอยู่บนผิวตัวกลางสารกรอง (กรัม)}$$

$$a = \text{น้ำหนักแห้งของวัสดุตัวกลางที่สะอาด (กรัม)}$$

$$b = \text{ความหนาแน่นของวัสดุตัวกลาง (กรัม/ลิตร)}$$

$$\text{มวลจุลินทรีย์} = \text{มวลตะกอน} * (VSS/SS)$$

3.5 การเดินระบบ

การเดินระบบโดยการเพาะเลี้ยงฟิล์มชีวภาพและเริ่มต้นเดินระบบในการวิจัย ได้กระทำดังนี้

3.5.1 เติมตัวกลางสารกรองซึ่งสังเคราะห์ขึ้นจากพลาสติกชนิดพีวีซี ลงในถังกรองโดยใช้ปริมาตร 750 ลิตร

3.5.2 ป้อนน้ำเสียซึ่งผ่านการบำบัดทางกายภาพมาแล้ว โดยป้อนน้ำเสียเข้าระบบให้เพียงพอสำหรับแช่ตัวกลางในน้ำ เพื่อให้ตัวกลางชุ่มน้ำและสามารถตกจมลงในน้ำได้ด้วยน้ำหนักของตัวเอง

3.5.3 เมื่อตัวกลางในถังกรองตกจมลงในน้ำแล้ว จึงนำเชื้อตะกอนจุลินทรีย์จากท่อเวียนตะกอนกลับของโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยาประมาณ 20 ลิตร ผสมกับน้ำเสียในถังกรองที่มีตัวกลางบรรจุอยู่ ตามข้อ 3.5.2 และเปิดควาล์วเติมอากาศให้ระบบเดินแบบทีละเท (batch reactor) เป็นเวลา 1 วัน

3.5.4 สูบจ่ายน้ำเสียเข้าระบบแบบต่อเนื่อง (continuous feed) จนกระทั่งเกิดฟิล์มชีวภาพขึ้นปกคลุมบนผิวตัวกลางกรอง

3.5.5 เริ่มทำการวัดผล



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การดำเนินการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้เครื่องมือทดสอบได้ประกอบและติดตั้งเสร็จเมื่อเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2543 ใช้ระยะเวลาในการทดลองทั้งหมดประมาณ 10 เดือน โดยเริ่มจากเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2543 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2544 ช่วง 4 เดือนแรกเป็นการเริ่มต้นเดินระบบ หลังจากนั้นจึงเริ่มทำการทดลองและวิเคราะห์ผลตามลำดับการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สรุปลำดับการทดลอง

การทดลองที่	ค่าการบรรทุกทางชลศาสตร์ (ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.)	อัตราการไหล (ลบ.ม./วัน)	อัตราการเวียนสารกรอง (ร้อยละของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน)
1	3	36	20%
2			50%
3			100%
4	2	24	50%
5			100%
6	0.5	12	100%
7			50%

ในการทดลองที่ 1 ถึง การทดลองที่ 3 เป็นการหาค่าอัตราการเวียนสารกรองที่เหมาะสมเพื่อให้ได้มาซึ่งประสิทธิภาพสูงสุดและประหยัดพลังงาน ได้ทำการทดลองโดยป้อนน้ำเสียด้วยอัตราการไหล 36 ลบ.ม./วัน ซึ่งทำให้ระบบมีเวลาเก็บกักน้ำเป็น 16 นาที โดยการแปรค่าอัตราการเวียนสารกรอง 20% 50% และ 100% ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน ตามลำดับ

ในการทดลองที่ 2 4 และ 7 เป็นการหาค่าการบรรทุกทางชลศาสตร์ที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสีย ได้ทำการทดลองโดยใช้อัตราการเวียนสารกรองร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน และแปรค่าการบรรทุกทางชลศาสตร์เท่ากับ 3 2 และ 0.5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. โดยป้อน

อัตราการไหลเป็น 36 24 และ 12 ลบ.ม./วัน ตามลำดับ ซึ่งทำให้เวลากักน้ำเป็น 16 นาที 24 นาที และ 1 ชั่วโมง 38 นาที ตามลำดับ

ในการทดลองที่ 3 5 และ 6 เป็นการหาค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสีย ได้ทำการทดลองโดยใช้อัตราการเวียนสารกรองร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน และแปรค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์เท่ากับ 3 2 และ 0.5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. โดยป้อนอัตราการไหลเป็น 36 24 และ 12 ลบ.ม./วัน ตามลำดับ ซึ่งทำให้เวลากักน้ำเป็น 16 นาที 24 นาที และ 1 ชั่วโมง 38 นาที ตามลำดับ

4.2 การเริ่มต้นเดินระบบ

ในระยะเริ่มต้นเดินระบบ ได้สูบน้ำเสียเข้าระบบแบบต่อเนื่อง จากเส้นท่อซึ่งสูบน้ำเสียจากบ่อปรับสภาพน้ำเสียเข้าสู่บ่อดักกรวดทราย เมื่อเดินระบบทดลองได้ประมาณ 15 นาที ปรากฏว่าเกิดการอุดตันขึ้น ในท่อหมุนเวียนตัวกลางไปล้าง เนื่องจากมีเศษขยะอุดตันภายในท่อดังกล่าว ทำให้ไม่มีการเวียนตัวกลางสารกรองกลับเข้าสู่ถังกรอง และอากาศที่ใช้สำหรับยกตัวกลางสารกรองเพื่อหมุนเวียนตัวกลางไปล้าง มีการไหลย้อนกลับเข้าสู่ถังกรอง ทำให้ระบบไม่สามารถควบคุมการหมุนเวียนสารกรองได้อีก

สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ปัญหา

1. มีขยะอุดตันในท่อหมุนเวียนตัวกลางไปล้าง เช่น เศษถุงพลาสติก เศษไม้ เส้นผม ทราย ขางวง และแก้ไขปัญหาโดยการติดตั้งปั้มน้ำเพื่อสูบน้ำเสียจากบ่อปรับสภาพน้ำเสียเข้าถังกรอง
2. เม็ดสารกรองมีขนาดไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากมีของเสียปะปนมากับของดี เช่น ตัวกลางที่เป็นเส้นปะปนมากับตัวกลางที่เป็นเม็ด และแก้ไขปัญหโดยนำตัวกลางสารกรองทั้งหมดออกจากถังกรองมาคัดขนาด และแยกของเสียออกจากของดี
3. เมื่อทำการแก้ไขปัญหาด่าง ๆ ตามข้อ 1 และ 2 แล้ว พบว่าเกิดข้อปัญหาในทำนองเดียวกันกับที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น แต่ในท่อหมุนเวียนตัวกลางไปล้างมีเฉพาะน้ำเสียไหลเวียนผ่านท่อหมุนเวียนตัวกลางไปล้างเข้าสู่ถังกรอง แต่ไม่มีเม็ดตัวกลางสารกรอง สาเหตุของปัญหาคือ มีทรายอุดตันในท่อหมุนเวียนตัวกลางไปล้าง และแก้ไขปัญหาโดยเปลี่ยนแหล่งสูบน้ำเสียจากบ่อปรับสภาพน้ำเสียเป็นบ่อดักกรวดทราย พบว่าการเดินระบบดีขึ้น

4.3 การหาพื้นที่ผิวของตัวกลางสารกรองโดยการคำนวณ

สำหรับการทดลองหาพื้นที่ผิวของตัวกลางสารกรองโดยการคำนวณ ได้กระทำโดยวัดค่ามิติต่างๆ ของตัวกลางสารกรองแต่ละเม็ด จากการสุ่มตัวอย่างตัวกลางสารกรองจำนวน 1 ลิตร ซึ่งมีจำนวนตัวกลางสารกรอง 3,866 เม็ด โดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์เป็นเครื่องมือวัด

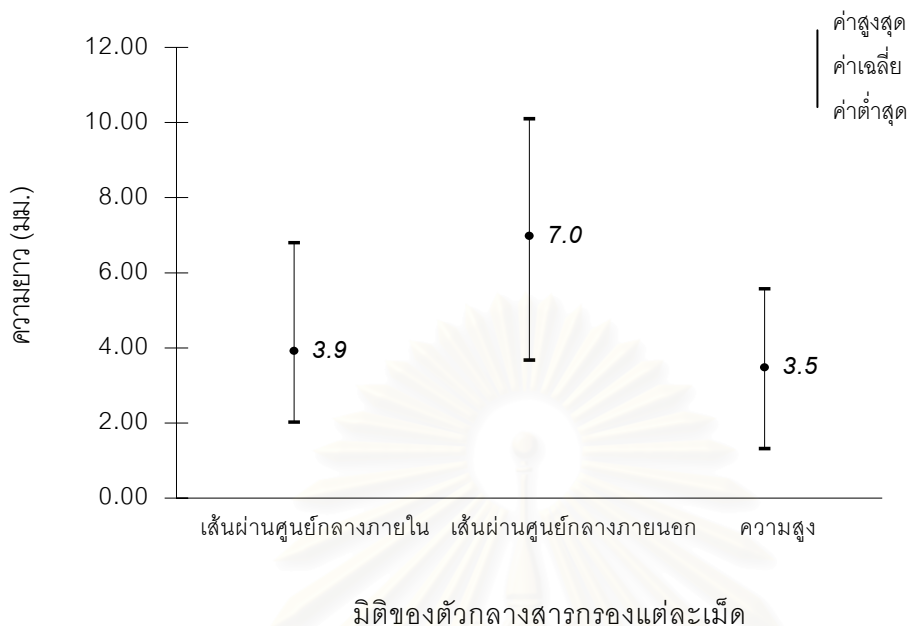
จากผลการวัดค่ามิติต่างๆ ของตัวกลางสารกรองพบว่า ตัวกลางสารกรองมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในโดยเฉลี่ย 3.9 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกโดยเฉลี่ย 7.0 และความสูงโดยเฉลี่ย 3.5 มม. เมื่อนำผลที่ได้จากการวัดมาคำนวณหาพื้นที่ผิวของตัวกลางสารกรองพบว่า ตัวกลางสารกรองแต่ละเม็ดมีพื้นที่ผิวโดยเฉลี่ย 173 ตร.มม. และมีพื้นที่ผิวจำเพาะเท่ากับ 667 ตร.ม ต่อ ลบ.ม. ค่าต่ำสุด-สูงสุด และค่าเฉลี่ย ที่ได้จากการทดลองข้างต้น ดังตารางที่ 4.2 และแสดงในรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ย จากการวัดมิติต่างๆ และการคำนวณพื้นที่ผิวของตัวกลางสารกรองแต่ละเม็ด

มิติต่างๆ ที่วัด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนข้อมูล
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (มม.)	2.02	3.92	6.80	0.43	3866
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (มม.)	3.67	6.98	10.10	0.74	3866
ความสูง (มม.)	1.32	3.49	5.57	0.33	3866
พื้นที่ผิว (ตร.มม.)	53.16	172.62	311.91	28.07	3866

4.4 การทดลองหาลักษณะสมบัติน้ำเสียเข้าระบบ

น้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่เครื่องกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่เป็นน้ำเสีย ซึ่งผ่านการบำบัดทางกายภาพ ประกอบด้วยเครื่องดักขยะขนาดหยาบ เครื่องดักขยะชนิดละเอียด บ่อปรับสภาพน้ำเสียและบ่อดักกรวดทราย การแสดงผลการทดลองหาลักษณะสมบัติน้ำเสียเข้าระบบ จะแสดงด้วยรูปภาพและตาราง ดังแสดงอยู่ในหัวข้อที่ 4.5 จากผลการทดลองพบว่าน้ำเสียเข้าระบบมีลักษณะสมบัติดังนี้



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงผลการทดลองวัดค่ามิติของตัวกลางแต่ละเม็ด จำนวน 1 ลิตร

4.4.1 ค่าออกซิเจนละลายน้ำ

จากตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.3 พบว่าน้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบมีค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำไม่ต่ำกว่า 1-2 มก./ล. ทำให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำในน้ำเสียที่ใช้ทดลองไม่เป็นปัจจัยจำกัดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ค่าออกซิเจนละลายน้ำโดยเฉลี่ยของทุกการทดลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.2-3.5 มก./ล.

4.4.2 ค่าอุณหภูมิ

จากตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.4 พบว่าอุณหภูมิของน้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบโดยเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 27-32 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่จุลินทรีย์สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

4.4.3 ค่าพีเอช

จากตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.5 พบว่าน้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบมีค่าพีเอชโดยเฉลี่ยแปรเปลี่ยนอยู่ในช่วง 7.1-7.6 ซึ่งเป็นค่าพีเอชที่อยู่ในช่วงที่เป็นกลาง ซึ่งจุลินทรีย์สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

4.4.4 ค่าสภาพต่าง

จากตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.6 พบว่าค่าสภาพต่างโดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการเดินระบบ อยู่ในช่วง 140.6-168.6 มก.หินปูน/ล. ซึ่งค่าดังกล่าวมีปริมาณสภาพต่างมากพอต่อการเป็น บัฟเฟอร์

4.4.5 ค่าของแข็งแขวนลอย

จากตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.7 พบว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียที่ป้อนเข้าถังกรอง มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 40.4-89.2 มก./ล. ซึ่งค่าดังกล่าวมีลักษณะคุณภาพน้ำยังต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ซึ่งกำหนดให้มีค่าไม่เกิน 30 มก./ล.

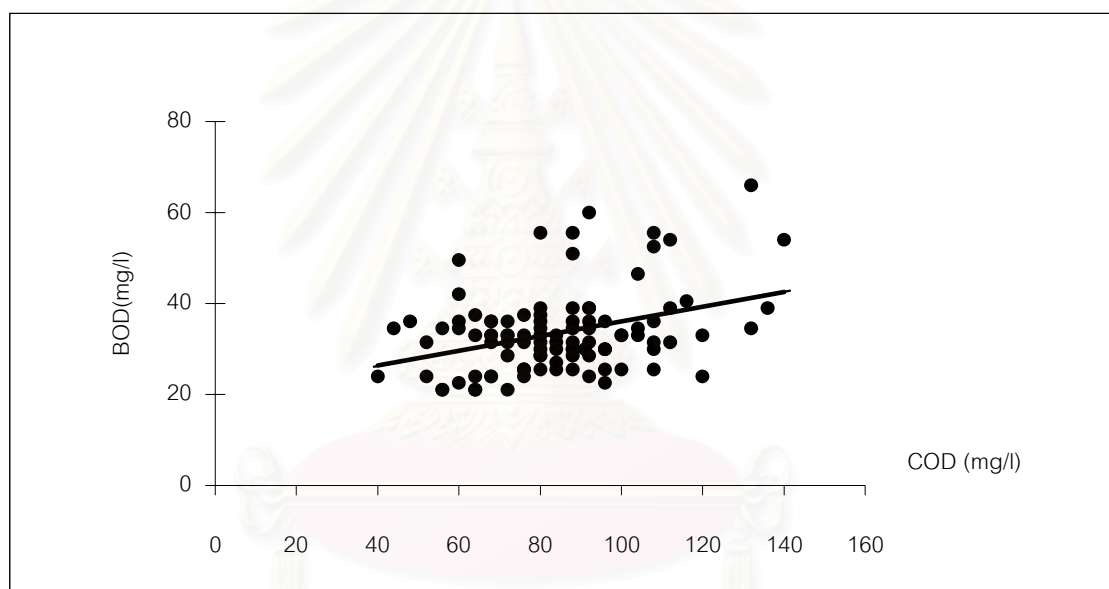
4.4.6 ค่าซีโอดี และค่าบีโอดี

จากตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.8 และ รูปที่ 4.10 พบว่าน้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบมีค่าซีโอดีทั้งหมด โดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 85-140 มก./ล. และมีค่าซีโอดีกรองโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 37-56 มก./ล.จากการ ทดลองครั้งที่ 1 พบว่าอัตราส่วนค่าเฉลี่ยของบีโอดีต่อซีโอดีทั้งหมดในน้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบมี ค่าประมาณ 0.44 ดังนั้นค่าน้ำเสียที่ใช้ป้อนเข้าระบบในการทดลองนี้ เป็นน้ำเสียที่มี ส่วนประกอบของสารอินทรีย์ซึ่งไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพบางส่วนและ/หรือสารอินทรีย์ บางส่วนได้ถูกย่อยสลายไปแล้วในขั้นตอนของการรวบรวมน้ำเสียก่อนป้อนเข้าสู่ระบบจึงเป็นผล ให้มีค่าบีโอดีต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าเฉลี่ยซีโอดีมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงตามปริมาณของแข็ง แขวนลอยที่เข้าระบบ

จากข้อมูลผลการวิเคราะห์น้ำจากห้องคัดกรวดทรายของโรงบำบัดน้ำเสียดิพระยา ระหว่าง เดือนธันวาคม 2542 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2543 พบว่าอัตราส่วนโดยเฉลี่ยระหว่างค่าบีโอดี ต่อซีโอดีมีค่า 0.41 รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด ของผลการวิเคราะห์ค่าบีโอดีและซีโอดี จากห้องดักกรวดทราย ที่โรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา ระหว่างเดือนธันวาคม 2542 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2543

พารามิเตอร์	Min.	Avg.	Max.	SD	N
บีโอดี (มก./ล.)	21	33.5	66	9.1	101
ซีโอดี (มก./ล.)	40	84.5	140	20.2	101
อัตราส่วนบีโอดีต่อซีโอดี	0.20	0.41	0.83	0.13	101



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าบีโอดีและซีโอดี จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของห้องดักกรวดทราย ที่โรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา ระหว่างเดือนธันวาคม 2542 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2543

4.4.7 ค่าแอมโมเนีย อินทรีย์ไนโตรเจน ค่าทีเคเอ็น ค่าไนไตรต์ ไนเตรต และค่าไนโตรเจนรวม

จากตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.12-4.17 พบว่าค่าไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 12.3-16.9 มก./ล. ค่าไนโตรเจนส่วนใหญ่อยู่ในรูปของทีเคเอ็นซึ่งประกอบด้วย

แอมโมเนียมไอออนเป็นส่วนมาก ส่วนค่าไนโตรต์ และค่าไนเตรตมีน้อยมาก จากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเข้าพบว่าปริมาณไนโตรเจนเพียงพอต่อการนำไปใช้ในการสร้างเซลล์

4.4.8 ค่าฟอสฟอรัส

จากตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.18 พบว่าค่าฟอสฟอรัสในน้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบมีปริมาณน้อย มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.27-0.69 มก./ล. แต่ยังคงเพียงพอต่อการนำไปใช้ในการสร้างเซลล์

4.5 ผลการทดลองของพารามิเตอร์ต่างๆ

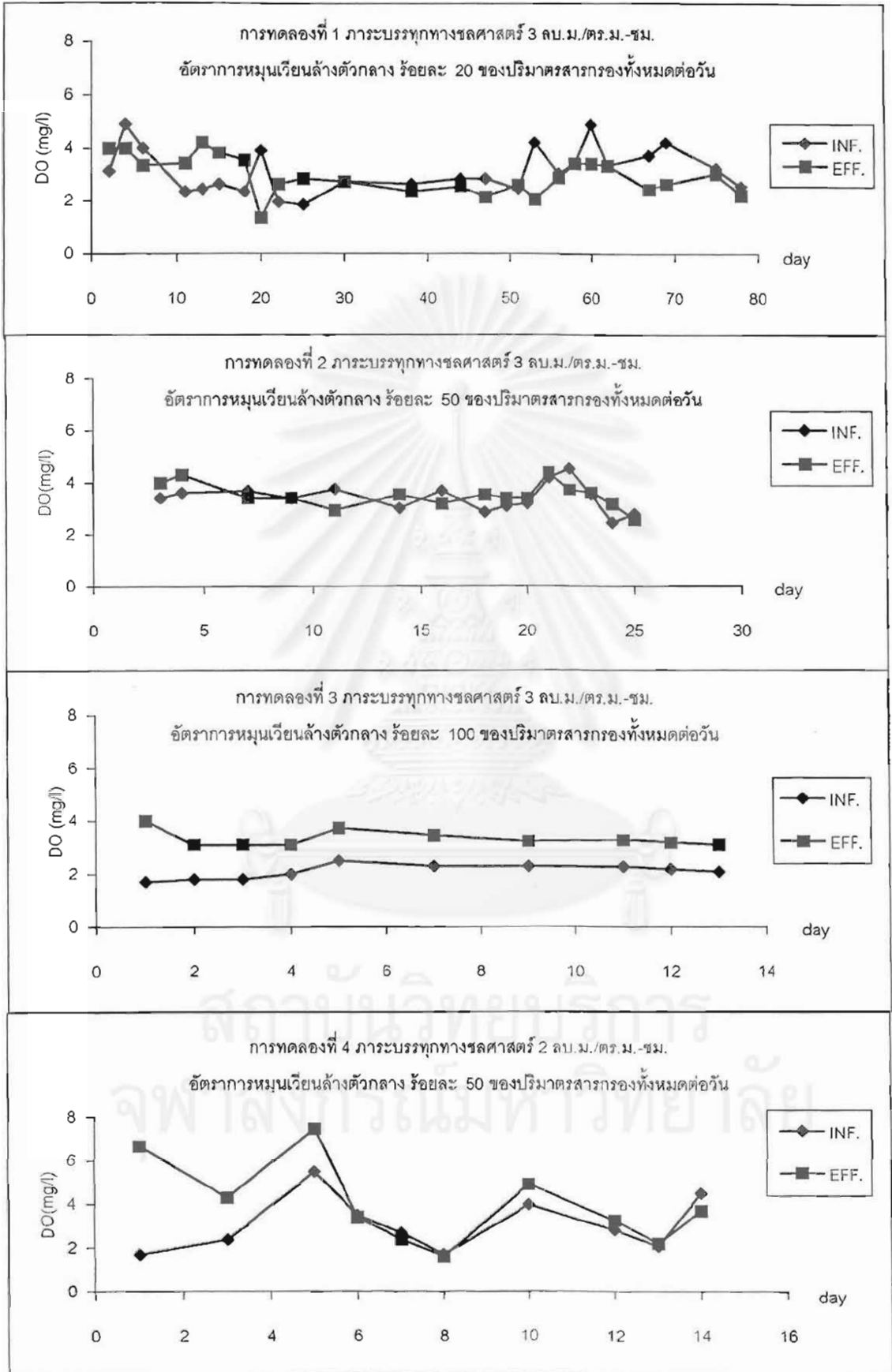
ค่าพารามิเตอร์เฉลี่ยที่สภาวะต่างๆ ของทุกชุดการทดลอง แสดงดังตารางที่ ค 1 - ค 7 ในภาคผนวก ค ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

4.5.1 ออกซิเจนละลายน้ำ

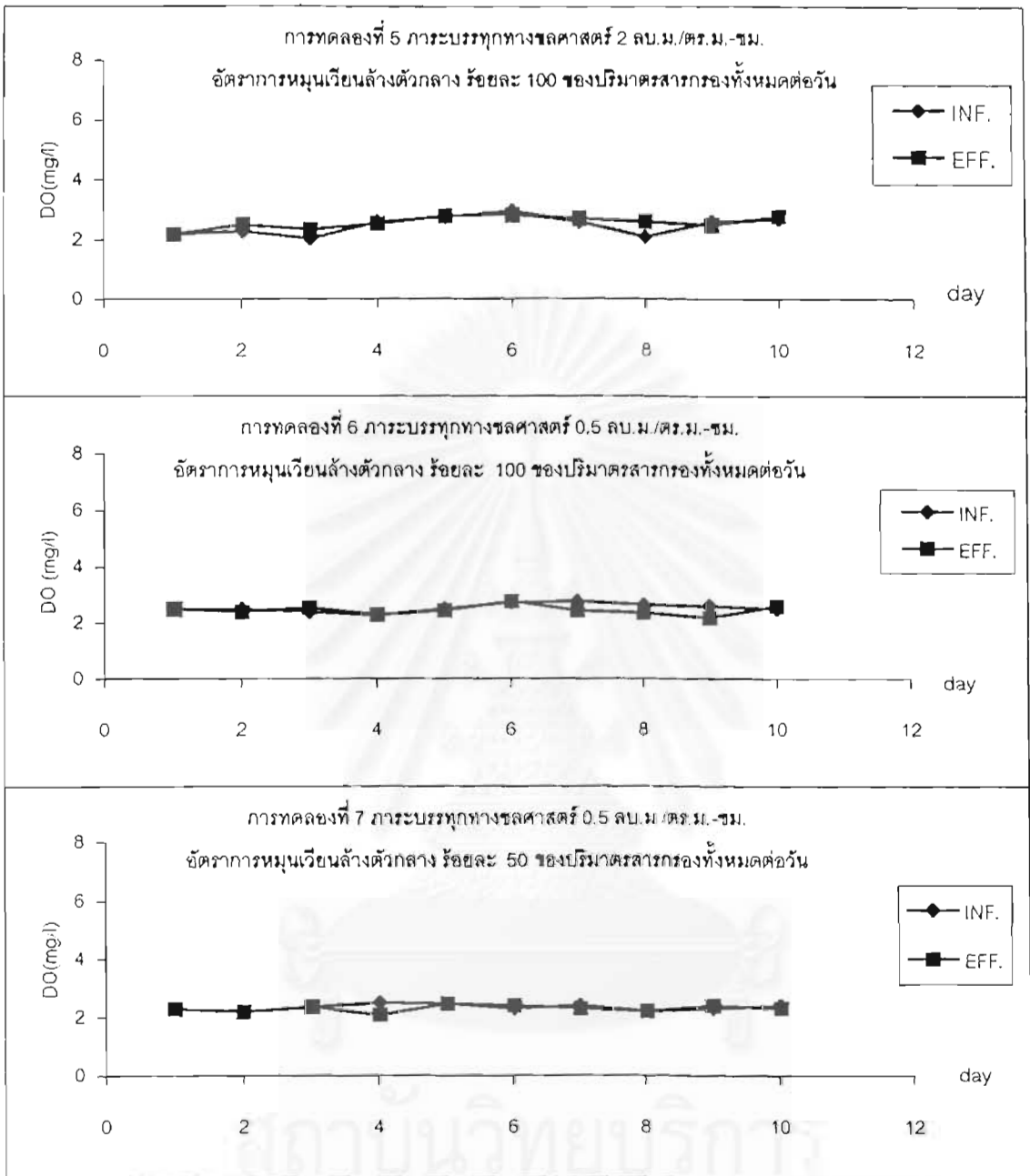
แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายน้ำที่สภาวะต่างๆ ของทุกชุดการทดลอง แสดงดังรูปที่ 4.3 และมีค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายน้ำแสดงดังตารางที่ 4.4 พบว่าทุกชุดการทดลอง มีค่าออกซิเจนละลายน้ำที่สภาวะต่างๆ ใกล้เคียงกัน เช่น ค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายน้ำของน้ำเข้า น้ำออก และน้ำล้างของชุดการทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ 3.4 2.7 และ 3.4 มก./ล. ตามลำดับ และทุกชุดการทดลองมีค่าโดยเฉลี่ยที่สภาวะต่างๆ อยู่ในช่วง 2.2-3.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งแสดงว่า

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าออกซิเจนละลายน้ำทุกชุดการทดลอง

การทดลองที่	ออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.)		
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำล้าง
1	3.4	2.7	3.4
2	3.5	3.5	3.8
3	2.2	3.3	3.6
4	3.0	3.1	2.9
5	2.6	2.7	2.6
6	2.6	2.5	2.5
7	2.3	2.3	2.4



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายน้ำที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะ:



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายน้ำที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ (ต่อ)

ทุกชุดการทดลองมีสภาวะระบบเป็นแบบแอโรบิกตามจุดประสงค์ของระบบ หรืออาจกล่าวได้ว่าทุกชุดการทดลองมีการเติมปริมาณอากาศอย่างเพียงพอและไม่จำกัดต่อปฏิกิริยาชีวเคมีของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ถึงแม้ว่ามีการแปรผันค่าการระบรทุกทางชลศาสตร์ 0.5-3.0 ลบ.ม.ต่อ ตร.ม.-ชม.

4.5.2 อุณหภูมิ

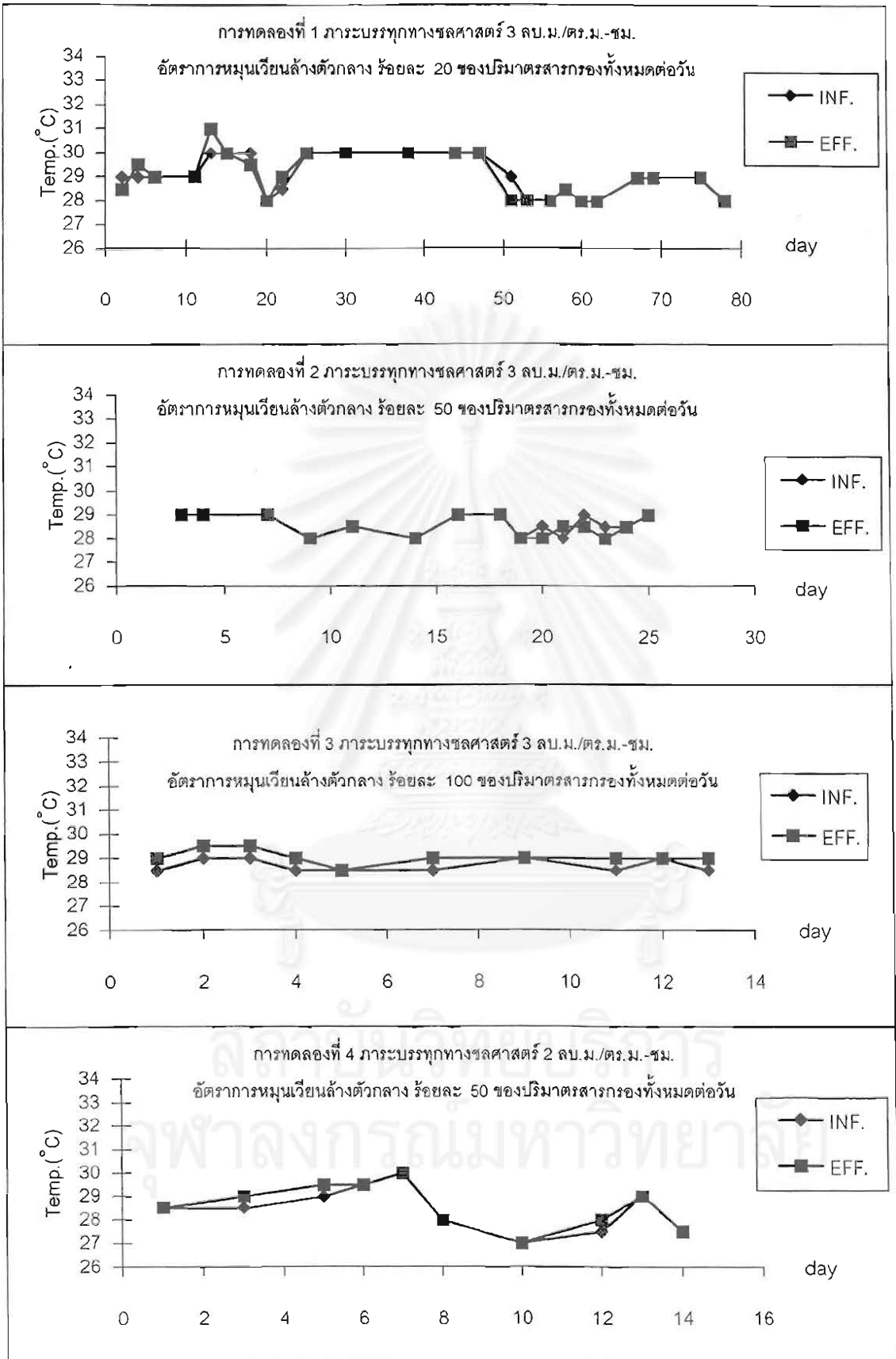
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในระบบในแต่ละชุดการทดลองแปรผันตามฤดูกาลอยู่ในช่วง 27.8-32.3 องศาเซลเซียส ดังตารางที่ 4.5 นอกจากนี้พบว่าค่าอุณหภูมิที่สภาวะต่างๆ ของแต่ละชุดการทดลองมีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละชุดการทดลอง เช่น ชุดการทดลองที่ 1 มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่น้ำเข้า น้ำออก และน้ำล้างมีค่าเท่ากับ 28.6 28.9 และ 28.7 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าค่าอุณหภูมิดังกล่าวเหมาะสมต่อปฏิกิริยาชีวเคมีของการย่อยสลายสารอินทรีย์ของแบกทีเรีย และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิที่สภาวะต่างๆ ของทุกชุดการทดลอง แสดงดังรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิทุกชุดการทดลอง

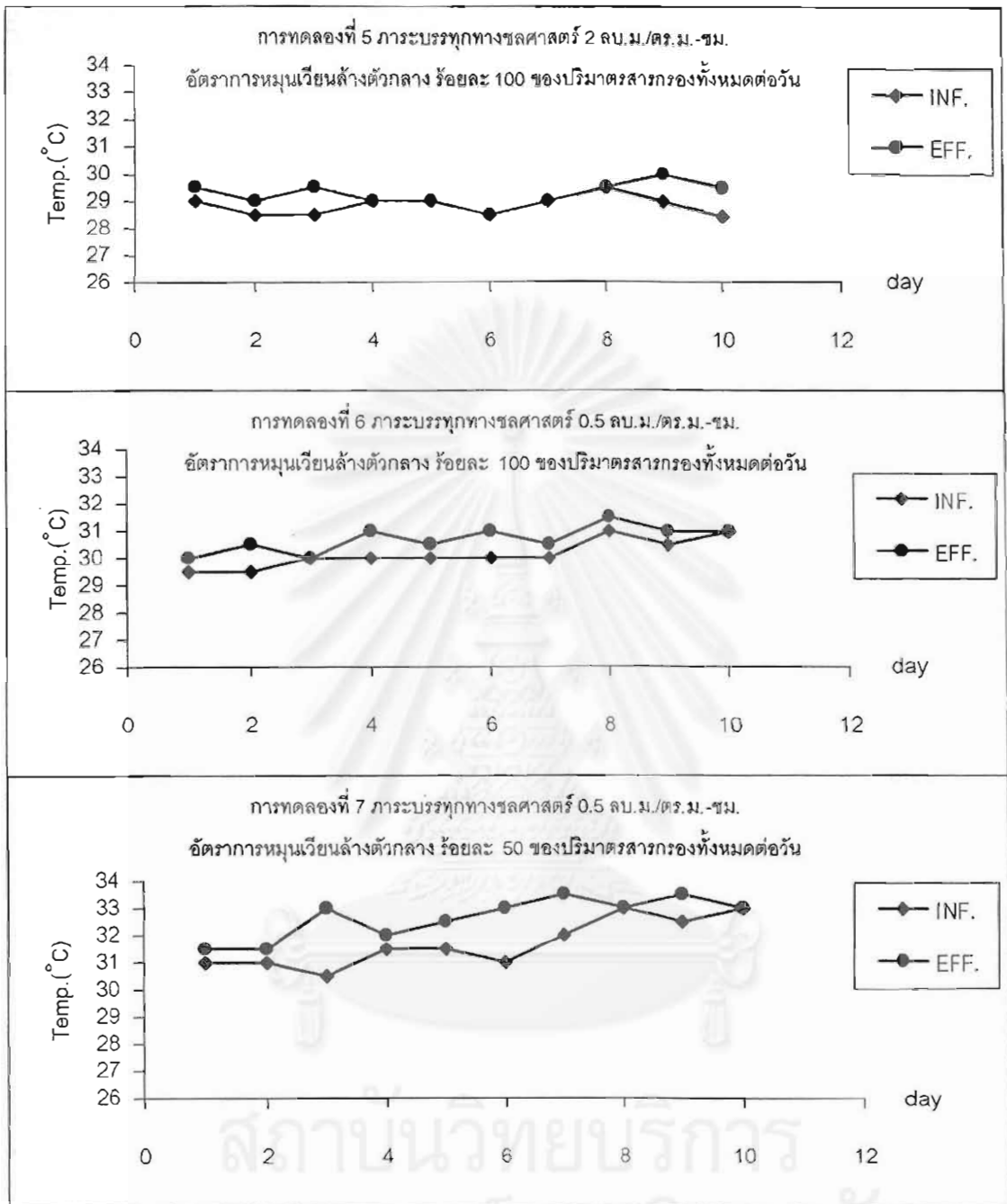
การทดลองที่	อุณหภูมิ (°ซ)		
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำล้าง
1	28.6	28.9	28.7
2	28.6	28.5	28.7
3	28.7	29.0	29.0
4	27.8	27.9	27.8
5	28.9	29.3	28.7
6	30.5	31.0	31.7
7	32.3	33.2	33.3

4.5.3 พีเอช

ค่าพีเอชเฉลี่ยที่สภาวะต่างๆ ของทุกชุดการทดลอง สรุปได้ดังตารางที่ 4.6 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชที่สภาวะต่างๆ แสดงได้ดังรูปที่ 4.5 พบว่า ค่าพีเอชเฉลี่ยที่สภาวะต่างๆ ของทุกชุดการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน คือ อยู่ในช่วง 7.1-7.7 ซึ่งพบว่าทุกชุดการทดลองมีค่าพีเอช



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในถังกรอง
ของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ (ต่อ)

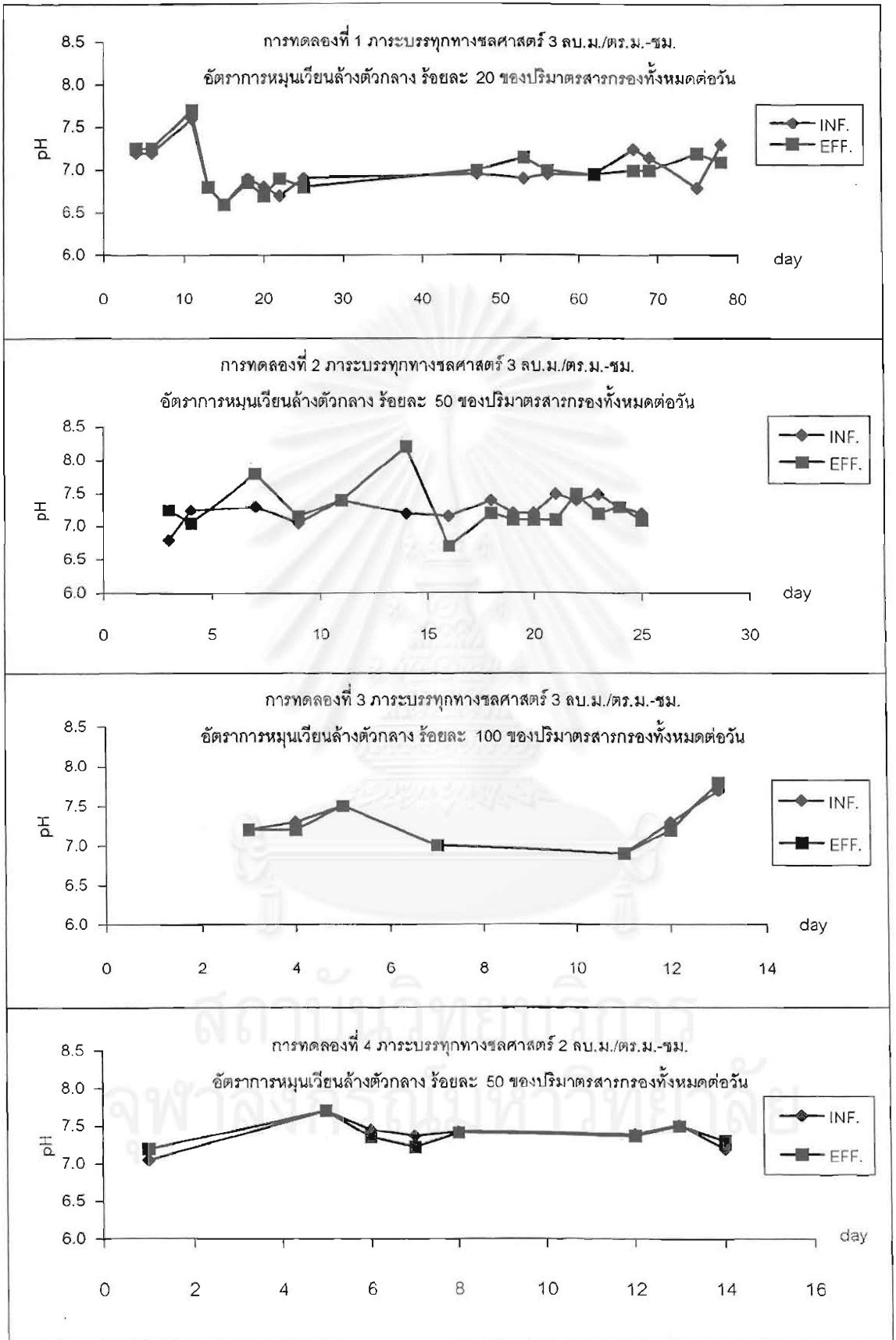
ที่สภาวะต่างๆ ที่เหมาะสมต่อปฏิกิริยาชีวเคมีในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของน้ำเข้าและยังพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชที่สภาวะต่างๆของแต่ละชุดการทดลอง เช่น ชุดการทดลองที่ 1 ค่าพีเอชของน้ำเข้าระบบ น้ำออก และน้ำล้าง มีค่าพีเอชคงที่เท่ากับ 7.1 นอกจากนี้ในระบบยังมีปริมาณสภาพต่างมากพอต่อการเป็นบัฟเฟอร์ของน้ำเข้าและน้ำออก และยังพบว่าที่สภาวะต่างๆ ของแต่ละชุดการทดลองไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าสภาพต่างเหมือนกัน ดังรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบค่าพีเอชทุกชุดการทดลอง

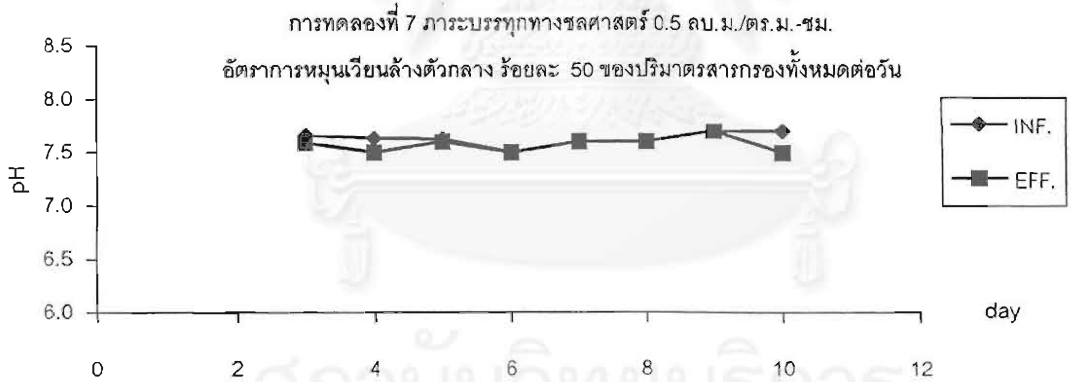
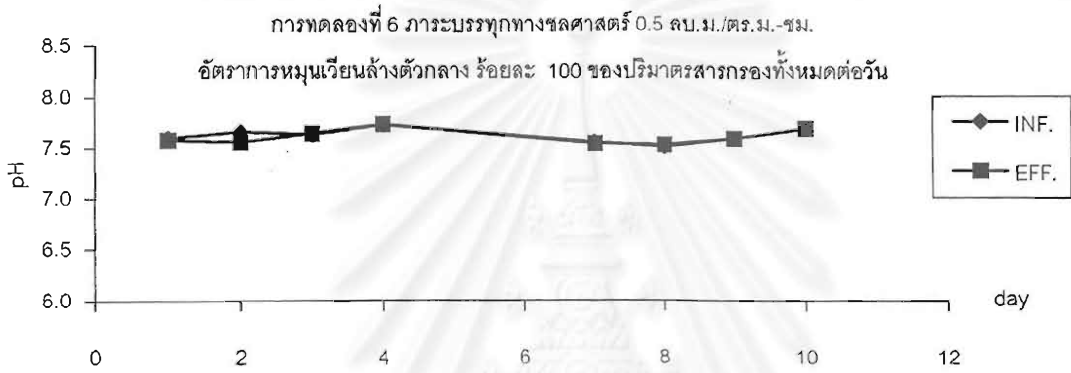
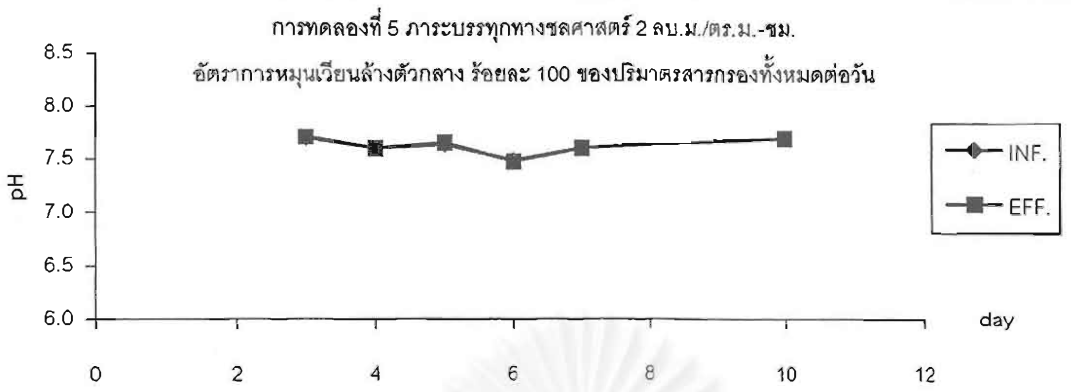
การทดลองที่	พีเอช		
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำล้าง
1	7.1	7.1	7.1
2	7.4	7.2	7.3
3	7.2	7.2	7.2
4	7.4	7.4	7.4
5	7.6	7.6	7.6
6	7.6	7.6	7.7
7	7.6	7.6	7.6

4.5.4 สภาพต่าง

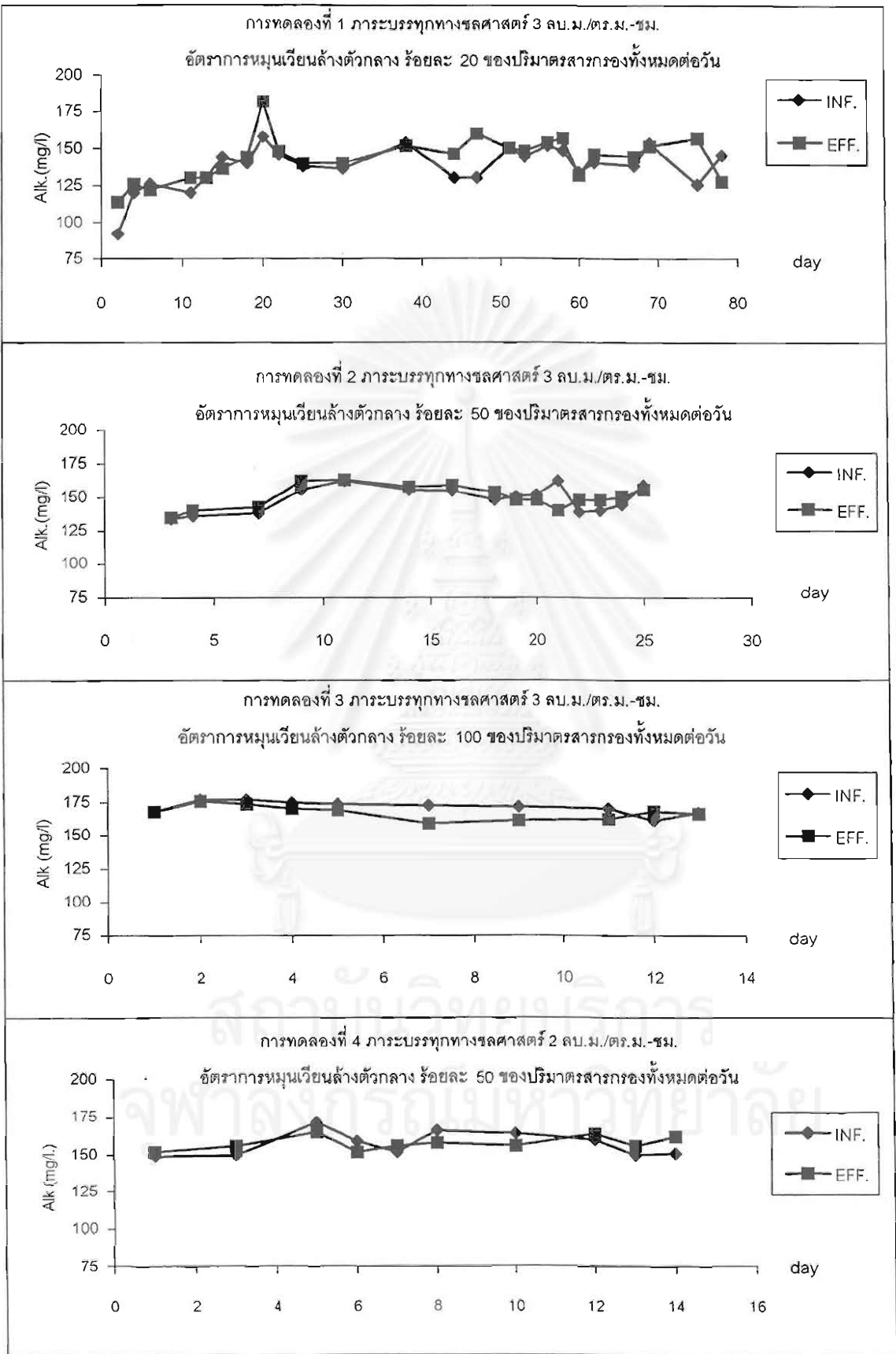
ค่าสภาพต่างรายวันที่สภาวะต่างๆ ทุกชุดการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.6 และค่าสภาพต่างเฉลี่ยที่สภาวะต่างๆ ของทุกชุดการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.7 พบว่าค่าสภาพต่างเฉลี่ยของน้ำเข้าระบบทุกชุดการทดลองมีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วง 140–169 มก.หินปูน/ลิตร และทุกชุดการทดลองมีค่าสภาพต่างเกือบคงที่ที่น้ำเข้าระบบ น้ำออกและน้ำล้าง เช่น ชุดการทดลองที่ 1 มีค่าสภาพต่างที่น้ำเข้า น้ำออก และน้ำล้าง เท่ากับ 140.6 145.3 และ 151.0 มก.หินปูน/ลิตร ตามลำดับ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับค่าทีเคเอ็น ไนโตรเจน ไนไตรต์ และไนเตรตที่สภาวะต่างๆ (ดูหัวข้อที่ 4.5.7) กล่าวคือทุกชุดการทดลองไม่เกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน ทำให้ค่าสภาพต่างไม่เปลี่ยนแปลงอ้างดังสมการที่ 4.1 (โดยปกติถ้าระบบสามารถเปลี่ยนแอมโมเนียเป็นไนโตรเจน ไนไตรต์หรือไนเตรตได้หรือเรียกว่าปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันจะทำให้ค่าสภาพต่างของน้ำออกมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเข้าระบบ)



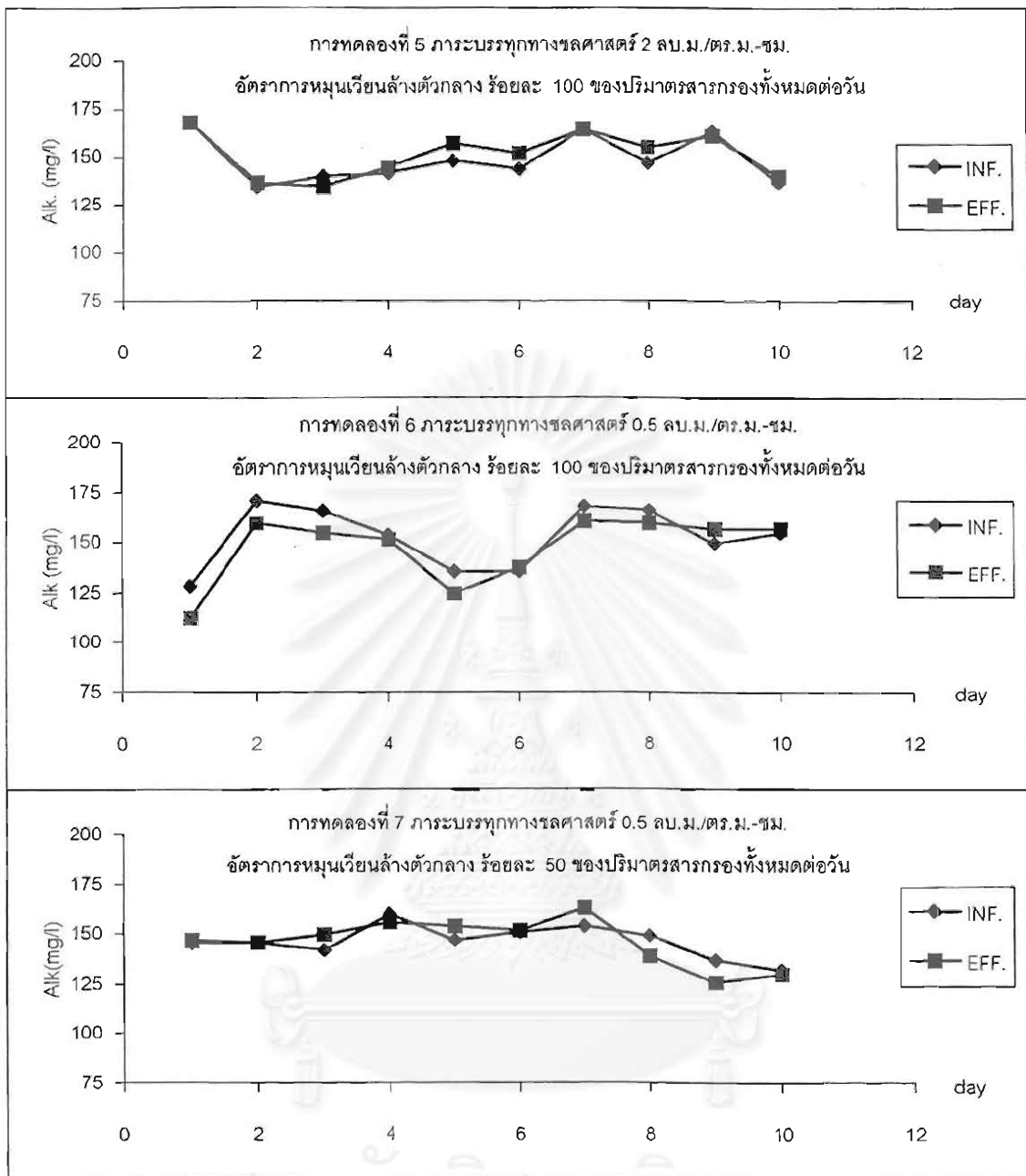
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ (ต่อ)



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสภาพต่างที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสภาพต่างที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ (ต่อ)

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบค่าสภาพต่างทั้งหมดทุกชุดการทดลอง

การทดลองที่	สภาพต่างทั้งหมด (มก. หินปูน/ล.)		
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำล้าง
1	140.6	145.3	151.0
2	149.2	148.5	151.4
3	168.6	163.5	161.2
4	158.1	159.2	154.5
5	150.9	154.3	149.0
6	154.9	154.5	152.5
7	144.4	141.7	137.7

4.5.5 ของแข็งแขวนลอย

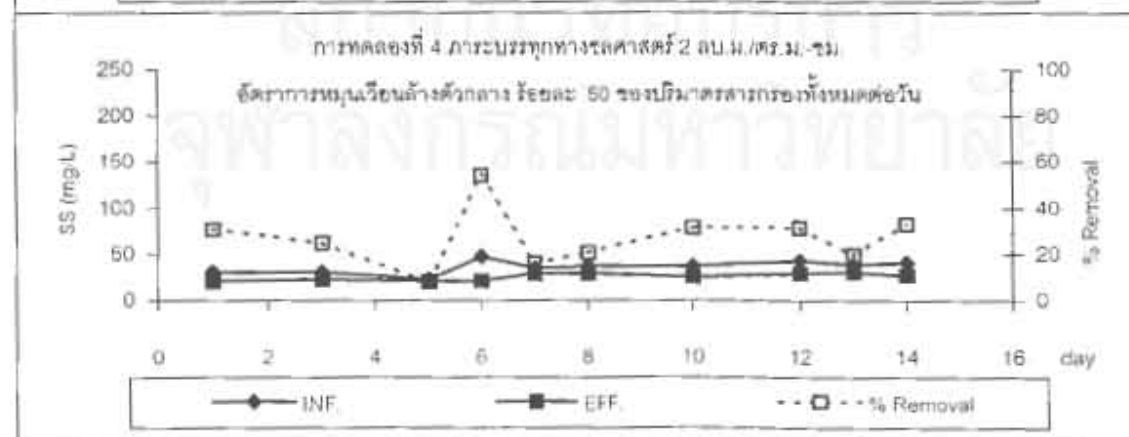
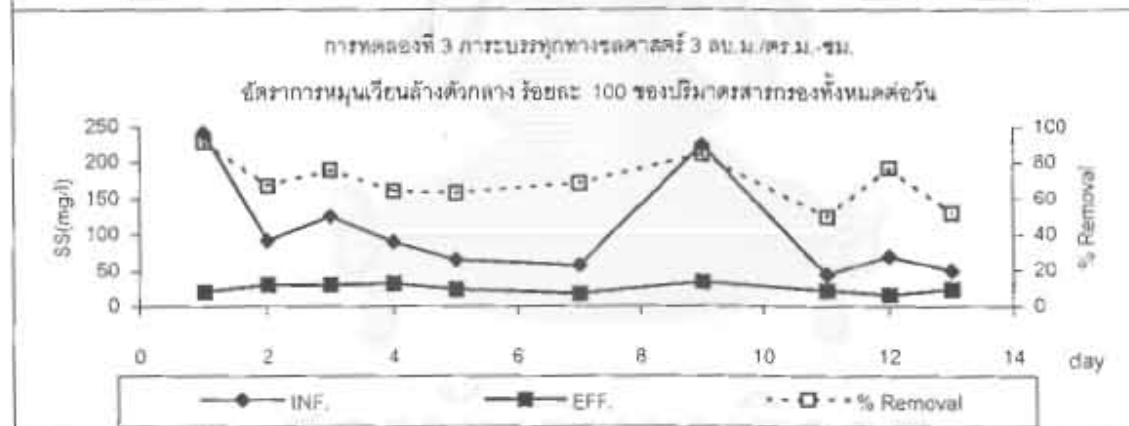
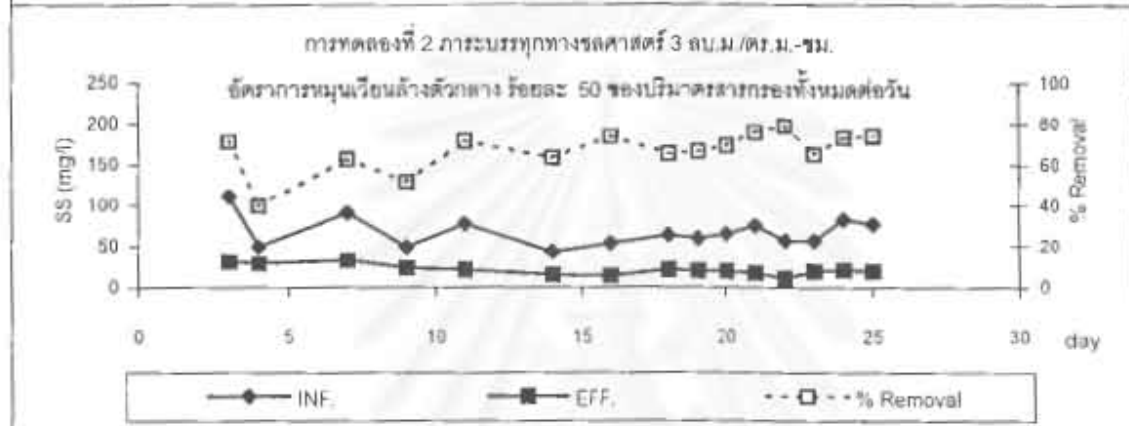
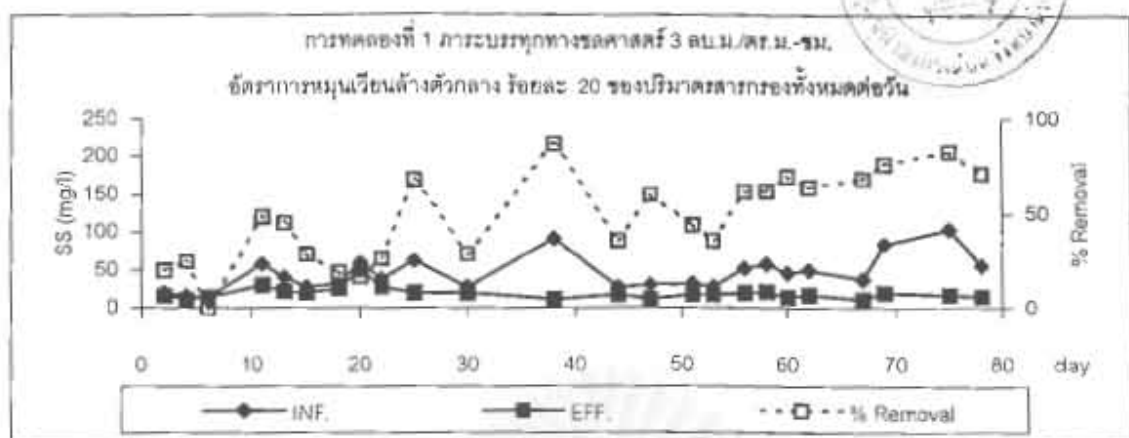
ค่าของแข็งแขวนลอยรายวันที่สภาวะต่างๆ ของทุกชุดการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.7 และค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยที่สภาวะต่างๆ ของทุกชุดการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.8 ค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยของน้ำเข้าระบบมีค่าแปรผันอยู่ในช่วง 40-89 มก./ล. และทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งแขวนลอยที่สภาวะต่างๆ คล้ายๆ กัน กล่าวคือค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำออกมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเข้าระบบ และที่ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำล้างมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเข้าระบบ ทั้งนี้เนื่องจากการไหลของน้ำเสียเข้าระบบเป็นแบบไหลขึ้นทำให้อุณหภูมิของแข็งแขวนลอยเข้าระบบติดค้างกับสารกรอง ทำให้น้ำออกมีค่าของแข็งแขวนลอยลดลงซึ่งมีค่าเฉลี่ยของทุกชุดการทดลองอยู่ในช่วง 17-30 มก./ล. ซึ่งแสดงว่ามีของแข็งแขวนลอยบางส่วน (ที่มีขนาดเล็ก) ซึ่งคาดว่าแผ่นฟิล์มชีวภาพที่เกาะบนผิวสารกรองหลุดออกไปกับน้ำออกบ้างทั้งนี้อาจเนื่องจากความปั่นป่วนของการเติมอากาศ และเมื่อสารกรองถูกเวียนกลับขึ้นด้านบนของถังกรอง ทำให้อุณหภูมิของแข็งแขวนลอยที่ติดค้างในชั้นกรองถูกเวียนกลับไปพร้อมกับสารกรองด้วยและสาเหตุที่ทำให้มีน้ำล้างมีค่าของแข็งแขวนลอยสูงเนื่องจากมีของแข็งแขวนลอยที่ติดค้างในชั้นกรองและมีแผ่นฟิล์มชีวภาพบนสารกรองหลุดออกไปกับน้ำล้างทำให้มีค่าของแข็งแขวนลอยสูง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองอยู่ในช่วง 48-90 มก./ล.

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบค่าของแข็งแขวนลอย และ ค่า VSS/SS ทุกชุดการทดลอง

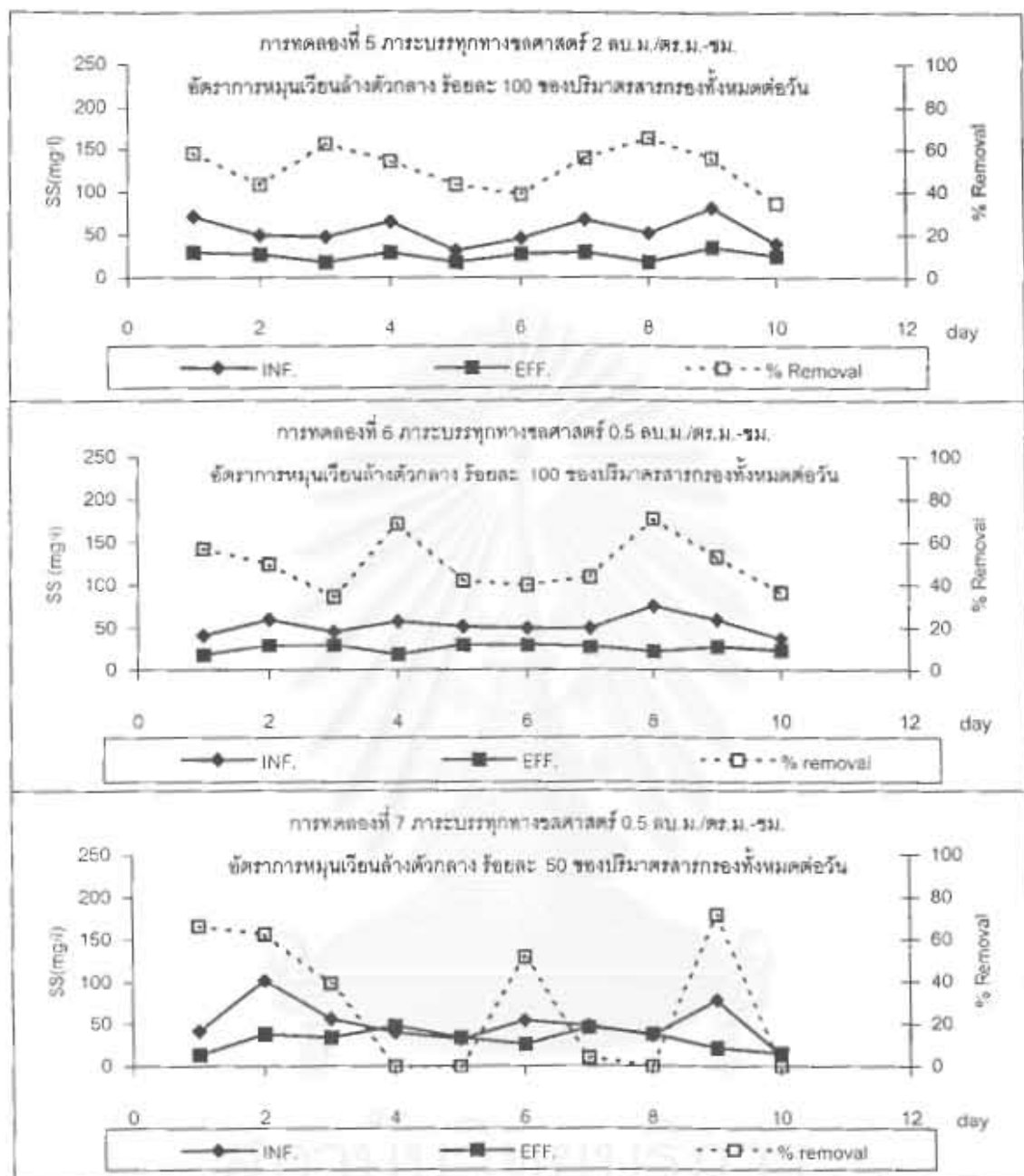
การทดลองที่	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)			VSS/SS		
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำล้าง	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำล้าง
1	66.4	16.8	52.4	0.6	0.6	0.5
2	70.8	18.4	78.0	0.7	0.6	0.6
3	89.2	22.8	90.2	0.7	0.6	0.6
4	40.4	29.2	81.6	0.6	0.7	0.6
5	57.6	27.6	87.6	0.6	0.7	0.6
6	54.8	26.4	48.4	0.7	0.8	0.7
7	46.0	29.6	74.8	0.9	0.7	0.7

จากผลการทดลองพบว่าค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำออกและน้ำล้างมีความสัมพันธ์กับอัตราการเวียนล้างสารกรองดังนี้ เมื่ออัตราเวียนล้างสารกรองเพิ่มขึ้นทำให้ของแข็งแขวนลอยในน้ำออกและน้ำล้างสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามอัตราการเวียนล้างสารกรองมีผลต่อน้ำล้างมากกว่า กล่าวคือในชุดการทดลองที่ 1 ถึง 3 มีภาระบรรทุกลศาสตร์คงที่ 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชั่วโมง และแปรค่าอัตราการเวียนล้างสารกรองเท่ากับ 20 50 และ 100% ตามลำดับ มีค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำออกเท่ากับ 16.8 18.4 และ 22.8 มก./ล. และมีค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำล้างเท่ากับ 52.4 78.0 และ 90.2 มก./ล. ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการเวียนกลับสารกรองมากขึ้นย่อมทำให้ปริมาณของสารกรองที่เวียนกลับไปล้างมากขึ้นด้วยและทำให้ของแข็งแขวนลอยที่ติดค้างบนสารกรองและฟิล์มชีวภาพหลุดออกจากสารกรองปริมาณมากขึ้นด้วย แต่ในขณะเดียวกันอัตราไหลของน้ำล้างที่ออกจากระบบคงที่ จึงทำให้ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำล้างมีความเข้มข้นมากขึ้นด้วย หรือถ้าจะเปรียบเทียบระหว่างชุดการทดลองที่ 4 และ 5 หรือ ระหว่างชุดการทดลองที่ 6 และ 7 ซึ่งมีการแปรอัตราการเวียนล้างเท่ากับ 50 และ 100% ของสารกรองในระบบ ซึ่งมีภาระบรรทุกทางลศาสตร์เท่ากับ 2.0 และ 0.5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชั่วโมง ตามลำดับ ก็มีผลการทดลองเป็นไปในแนวโน้มเดียวกับชุดการทดลองที่ 1 ถึง 3

นอกจากนี้ยังพบว่าค่าภาระบรรทุกลศาสตร์ยังมีผลต่อค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำล้าง กล่าวคือ ถ้าภาระบรรทุกลศาสตร์ลดลงมีผลทำให้ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำล้างมีค่าลดลง เช่น เมื่อเปรียบเทียบชุดการทดลองที่ 3 5 และ 6 ซึ่งมีอัตราการเวียนล้างสารกรองคงที่ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดในระบบต่อวัน และแปรค่าภาระบรรทุกลศาสตร์เท่ากับ 3.0 2.0 และ



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งแขวนลอยที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งแขวนลอยที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ (ต่อ)

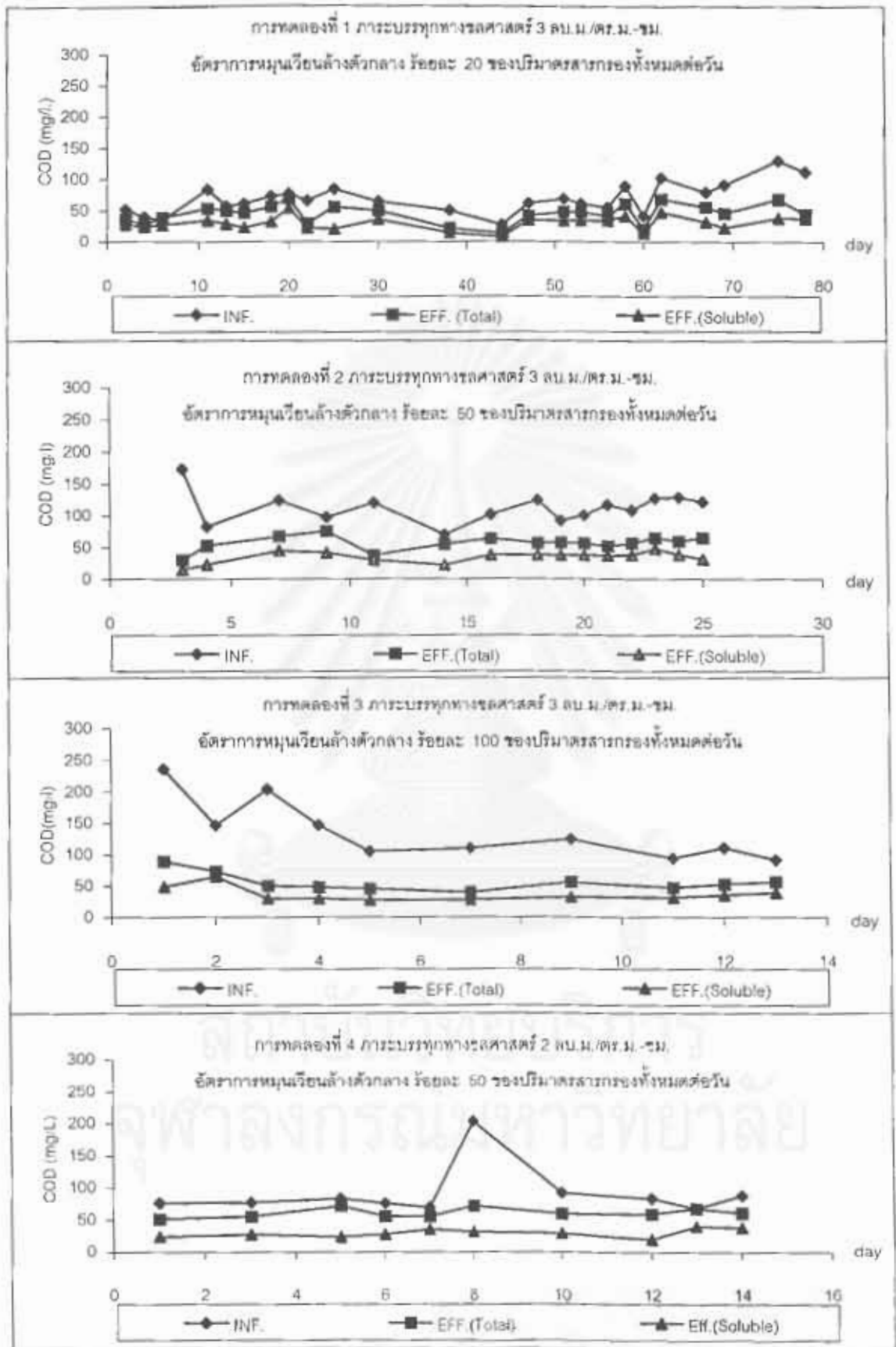
0.5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ทำให้ของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยของน้ำล้างลดลงเท่ากับ 90.2 87.6 และ 48.4 มก./ล. ตามลำดับ จากผลการทดลองดังกล่าวอาจกล่าวได้ว่าเมื่ออัตราการระบรทุกทางชลศาสตร์ลดลง ก็ทำให้การระบรทุกอินทรีย์ลดลงด้วย ซึ่งทำให้ฟิล์มชีวภาพบนสารกรองลดลงด้วย ดังนั้นเมื่อเวียนสารกรองเพื่อนำไปล้างจึงทำให้ปริมาณฟิล์มชีวภาพที่หลุดจากสารกรองลดลง เป็นผลทำให้ของแข็งแขวนลอยของน้ำล้างลดลงด้วย

4.5.6 ซีโอดี

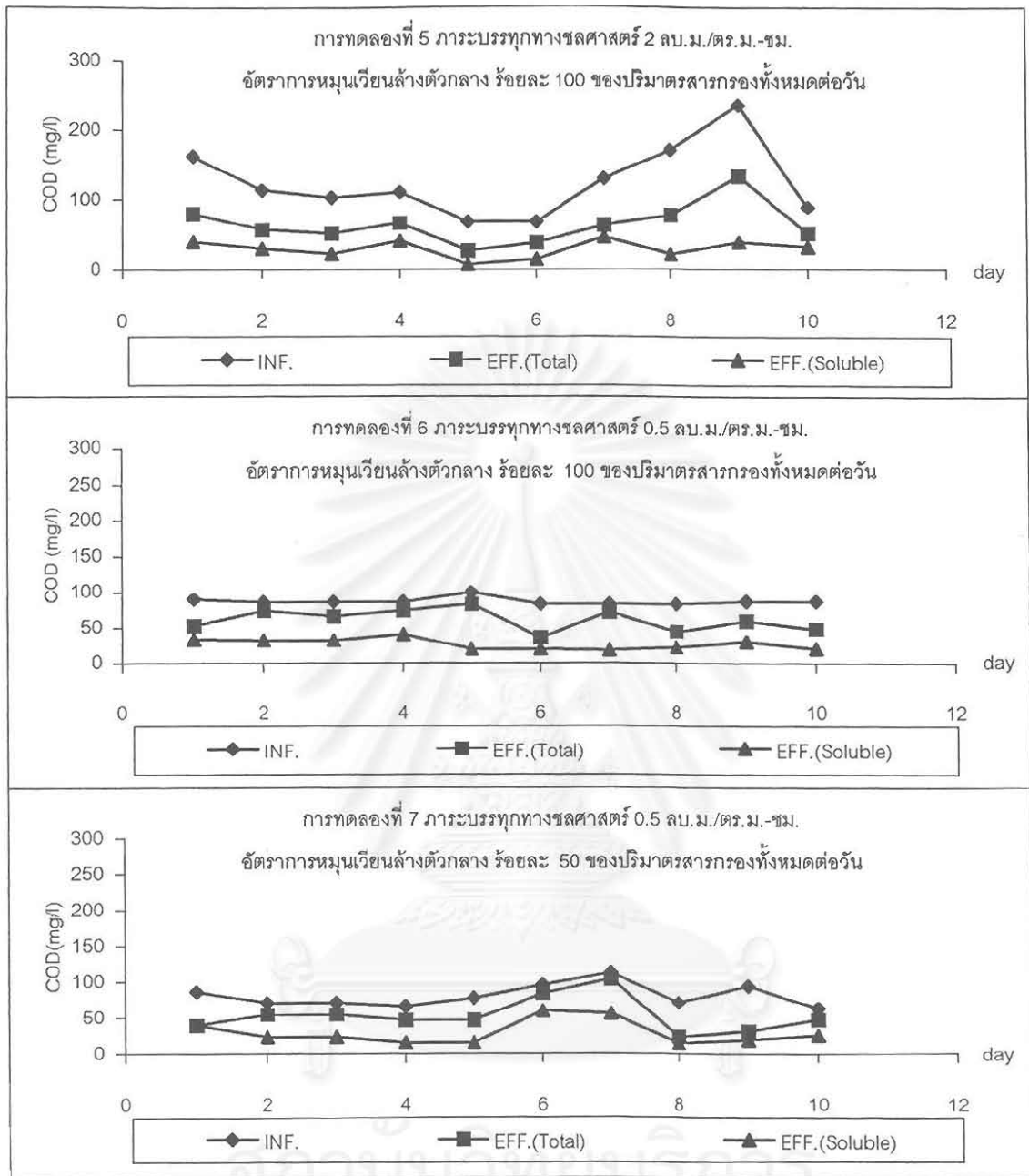
การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบได้แยกการวิเคราะห์ห่อออกเป็น 2 ประเภท คือ ใช้ค่าซีโอดีทั้งหมดในน้ำออก (total effluent COD) มาคำนวณหาประสิทธิภาพ ซึ่งในกรณีนี้จะรวมถึงค่าสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในของแข็งแขวนลอย (suspended solid) ด้วย อีกประเภทหนึ่งกระทำโดยนำน้ำออก (effluent) มากรองเอาของแข็งแขวนลอยออกแล้วนำเฉพาะน้ำใสมาวิเคราะห์หาค่าซีโอดีกรอง (soluble COD) ซึ่งการคำนวณประสิทธิภาพก็ยังคงคิดเทียบกับค่าซีโอดีทั้งหมดของน้ำเข้า (total influent COD) เช่นเดียวกับการคำนวณประสิทธิภาพโดยใช้ค่าซีโอดีทั้งหมดในน้ำออก

ค่าเฉลี่ยซีโอดีที่สภาวะต่างๆ ของทุกชุดการทดลอง แสดงดังตารางที่ 4.9 และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีและประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่สภาวะต่างๆ แสดงดังรูปที่ 4.8 และ 4.9 ส่วนแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีตามความสูงของถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่แสดงดังรูปที่ 4.11 จากผลการทดลองดังกล่าวอาจกล่าวได้ว่าค่าซีโอดีทั้งหมดของน้ำเข้าระบบมีการแปรผันตั้งแต่ 85-140 มก./ล. และมีค่าซีโอดีกรองแปรผันตั้งแต่ 37-56 มก./ล. เนื่องจากการทดลองนี้ทำการทดลองกับน้ำเสียจริงที่ถูกรวบรวมจากน้ำเสียชุมชนเข้าสู่โรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา แต่อย่างไรก็ตามพบว่าทุกชุดการทดลองมีค่าเฉลี่ยซีโอดีของน้ำออกใกล้เคียงกัน คือ มีค่าซีโอดีทั้งหมดของน้ำออกโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 52-64 มก./ล. และมีค่าซีโอดีกรองเฉลี่ยอยู่ในช่วง 32-38 มก./ล. ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเมื่อมีค่าการระบรทุกสารอินทรีย์แปรผันตั้งแต่ 0.7-5.8 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของทุกชุดการทดลองหรือมีค่าอัตราเวียนล้างสารกรองแปรผันตั้งแต่ 20-100% ระบบถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ก็สามารถกำจัดให้ปริมาณค่าซีโอดีในน้ำออกมีค่าใกล้เคียงกัน

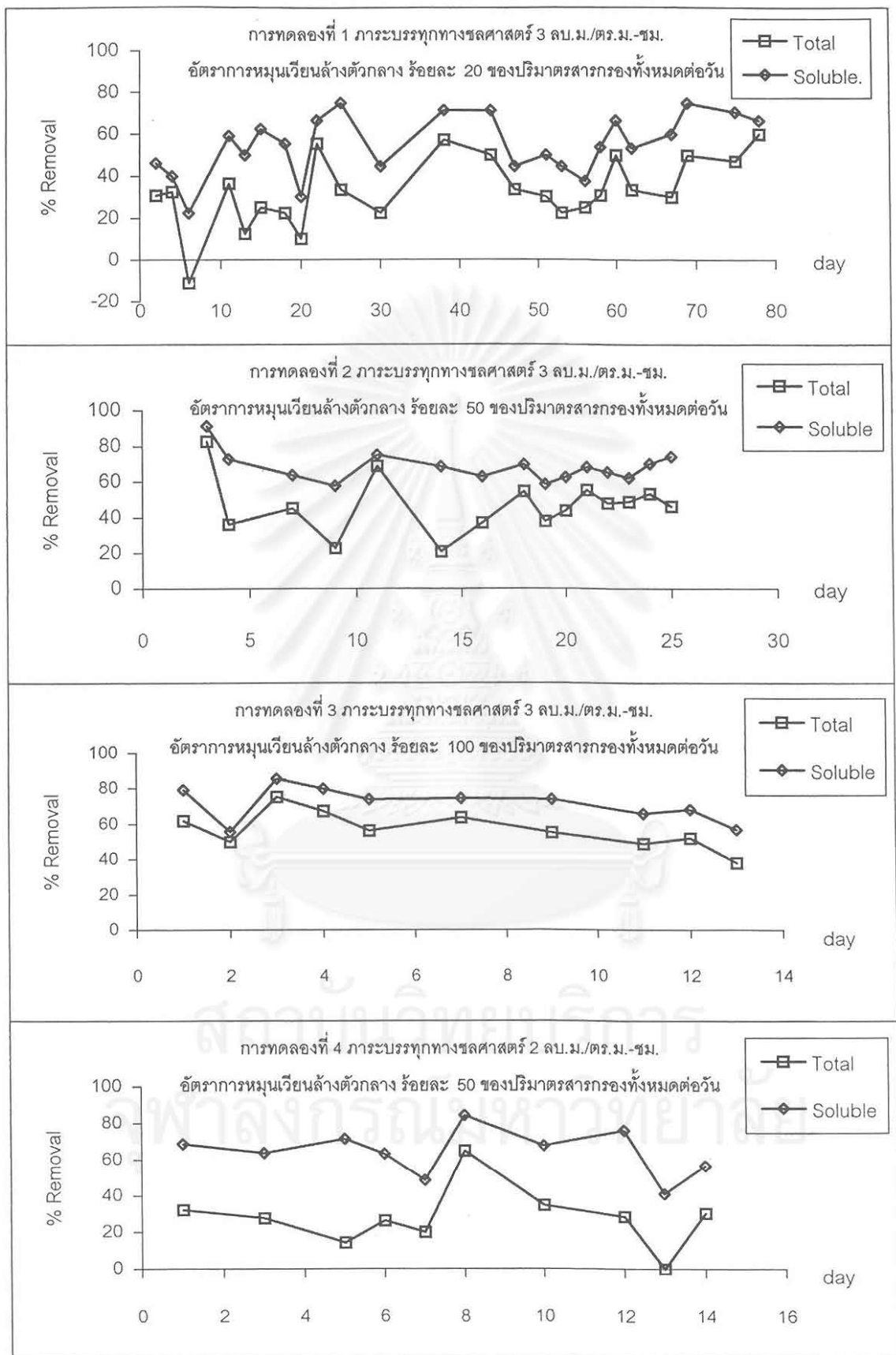
จากรูปที่ 4.11 แสดงค่าซีโอดีที่ความสูงต่างๆของถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ของทุกชุดการทดลองพบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงซีโอดีจะลดตามความสูงของถังกรองมีแนวโน้มเหมือนกันทุกชุดการทดลอง กล่าวคือในช่วงระยะความสูงระหว่างจุดเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่ 1 ถึง



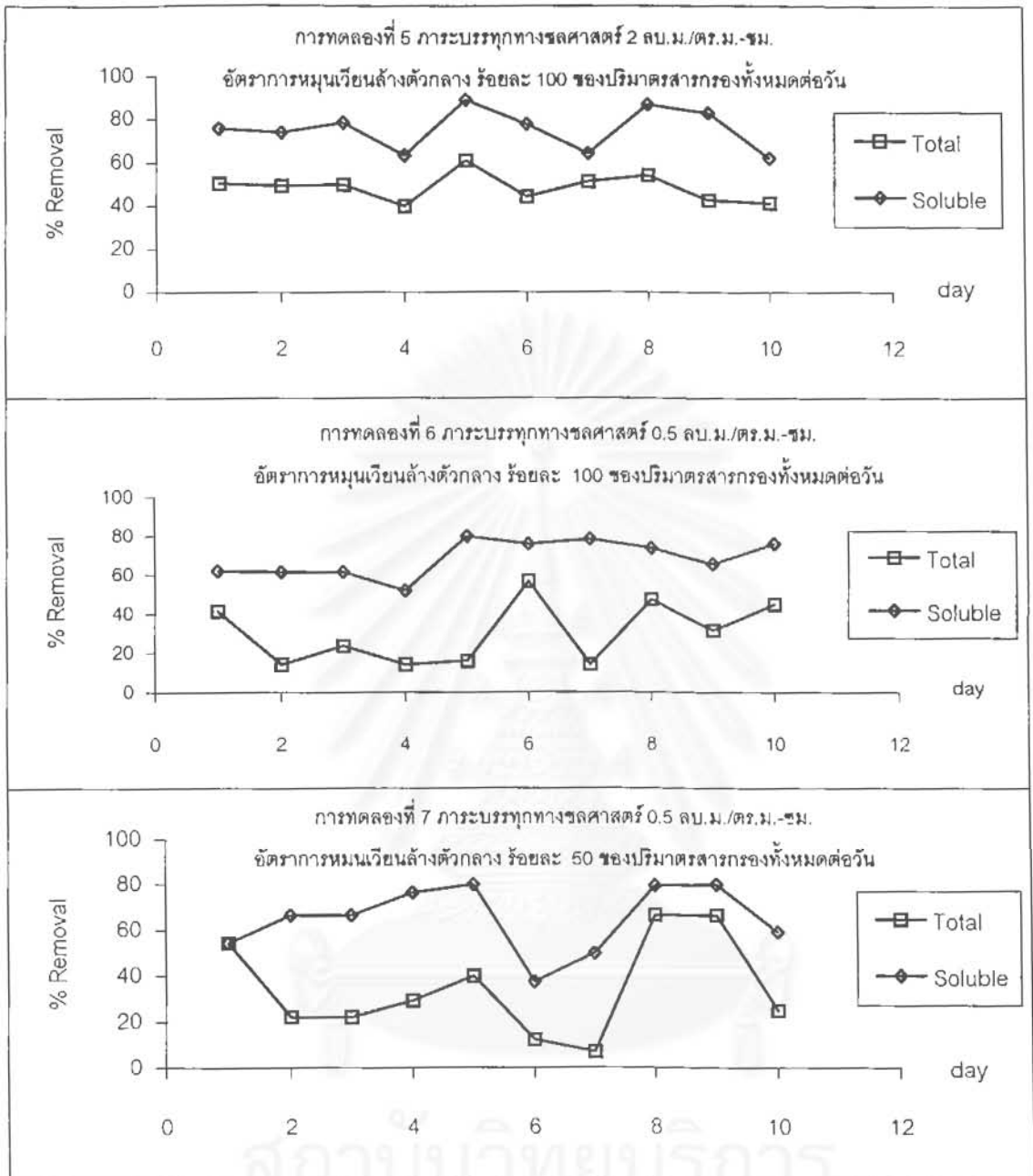
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ



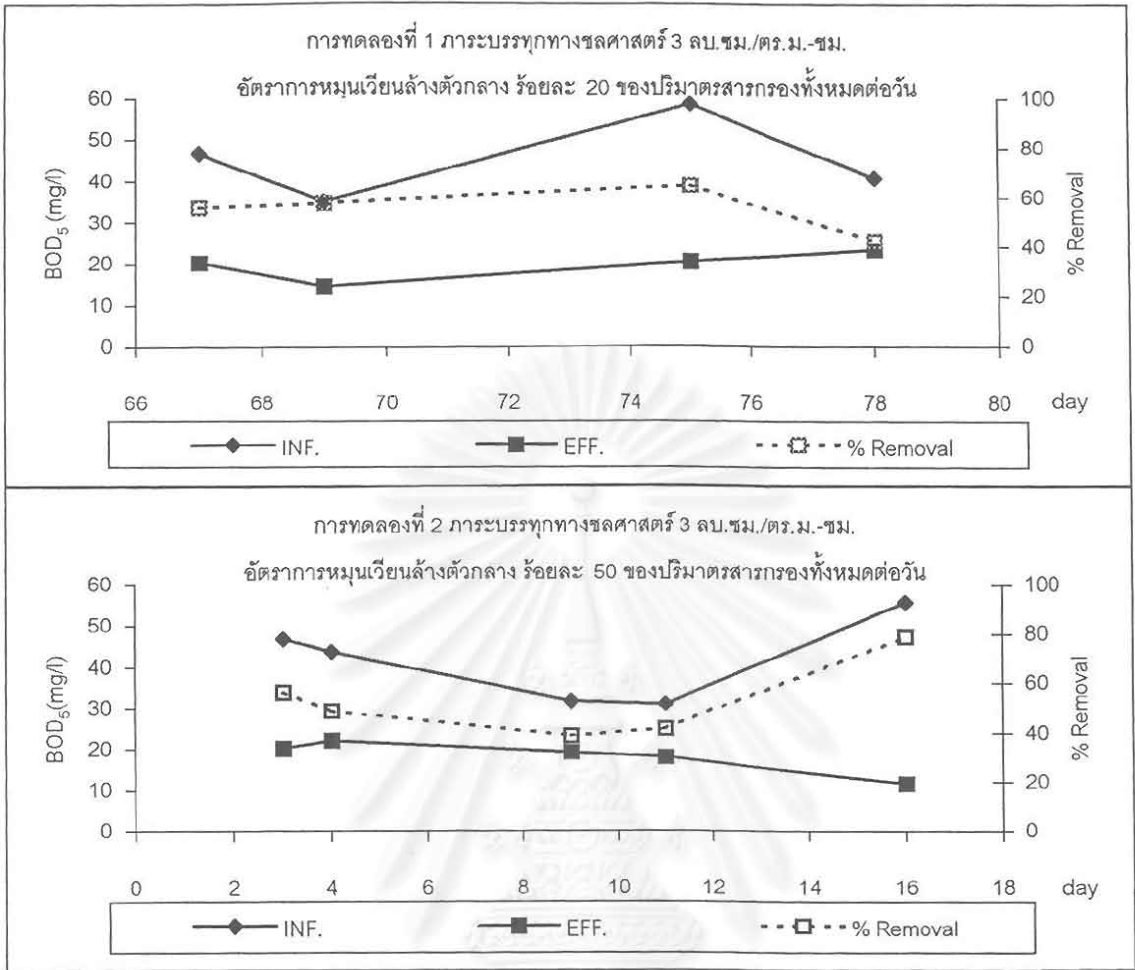
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ (ต่อ)



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ

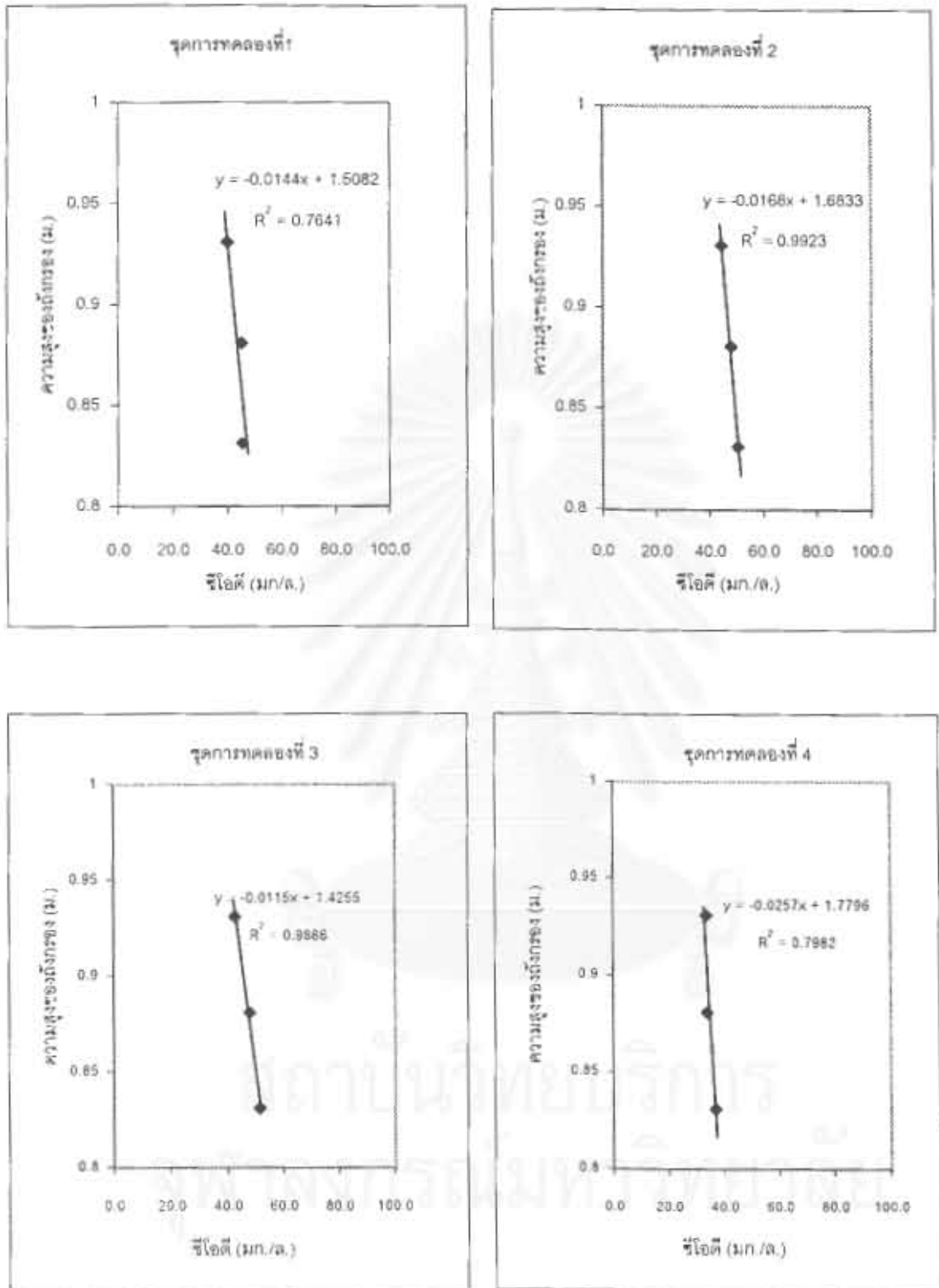


รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ (ต่อ)

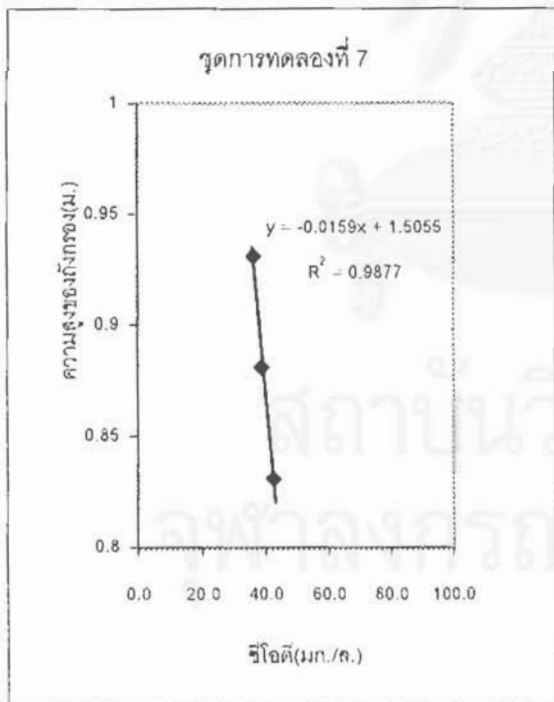
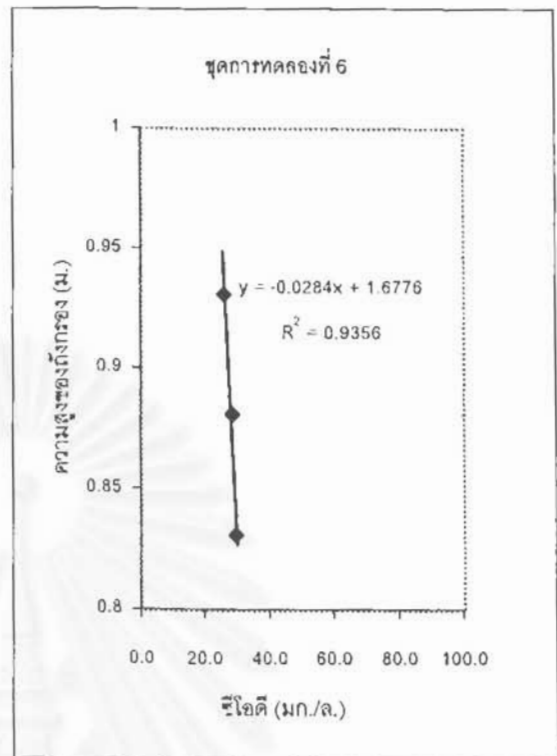
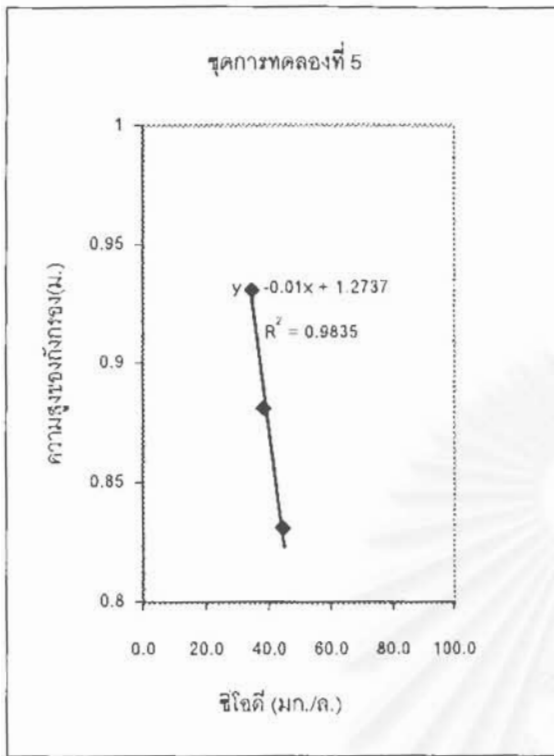


รูปที่ 4.10 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าบีโอดีที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.11 ค่าซีไอดีกรองที่ตำแหน่งความสูงต่างๆ ในถังกรองของการทดลองต่างๆ



รูปที่ 4.11 ค่าซีไอดีกรองที่ตำแหน่งความสูงต่างๆ ในถังกรองของการทดลองต่างๆ (ต่อ)

ความสูงถังกรอง 0.5 และ 1.0 เมตร เมื่อเทียบกับจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 มีค่าซีไอลดลงด้วยอัตราคงที่ตามความสูงของถังกรอง

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบค่าซีไอดีทั้งหมดและค่าซีไอกรองทุกชุดการทดลอง

การทดลองที่	ซีไอดีทั้งหมด (มก./ล.)			ซีไอกรอง (มก./ล.)		
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำล้าง	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำล้าง
1	103.7	57.0	90.5	51.0	35.8	44.8
2	121.0	59.8	155.2	56.3	38.5	40.1
3	106.5	50.9	221.1	55.6	33.6	39.4
4	107.3	64.3	128.4	49.2	32.0	28.2
5	139.8	73.6	128.9	48.1	31.7	36.0
6	84.9	51.6	89.7	37.3	22.0	21.4
7	87.2	58.1	84.9	48.9	35.1	36.5

ทั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าผลของภาระบรรทุกทางชลศาสตร์และอัตราการเวียนสารกรอง ไม่มีผลต่อค่าซีไอของน้ำออกมากนัก ทั้งนี้ทางผู้วิจัยคาดว่าซีไอที่ถูกกำจัดในทุกชุดการทดลอง เป็นซีไอที่แบคทีเรียสามารถนำไปใช้ได้ง่าย เช่น สารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลเล็กๆ (เช่น น้ำตาล) หรือ เป็นพวกกรดไขมันระเหยง่าย เนื่องจากอัตราการลดซีไอที่แสดงดังรูปที่ 4.11 มีเพียงอัตราการลดซีไอเพียงอัตราเดียว และอาจสรุปว่าถังกรองไม่สามารถกำจัดสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยากหรือพวกสารอนุภาคอินทรีย์ ทั้งนี้เนื่องเวลากักน้ำของถังกรองมีค่าต่ำมาก คือ มีค่าเวลากักน้ำเพียง 16 นาที 24 นาที และ 1 ชม. 38 นาที ที่ค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์เท่ากับ 0.5 2.0 และ 3.0 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ตามลำดับ ทำให้แบคทีเรียมีความสามารถจับใช้เฉพาะสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่ายเท่านั้น และอนุภาคอินทรีย์ที่เข้ามากับน้ำเข้าระบบน่าจะถูกกำจัดด้วยกลไกการกรองและถูกนำไปทิ้งในน้ำล้าง

4.5.7 ค่าทีเคเอ็น ในไตรต์ ไนเตรต และไนโตรเจนทั้งหมด

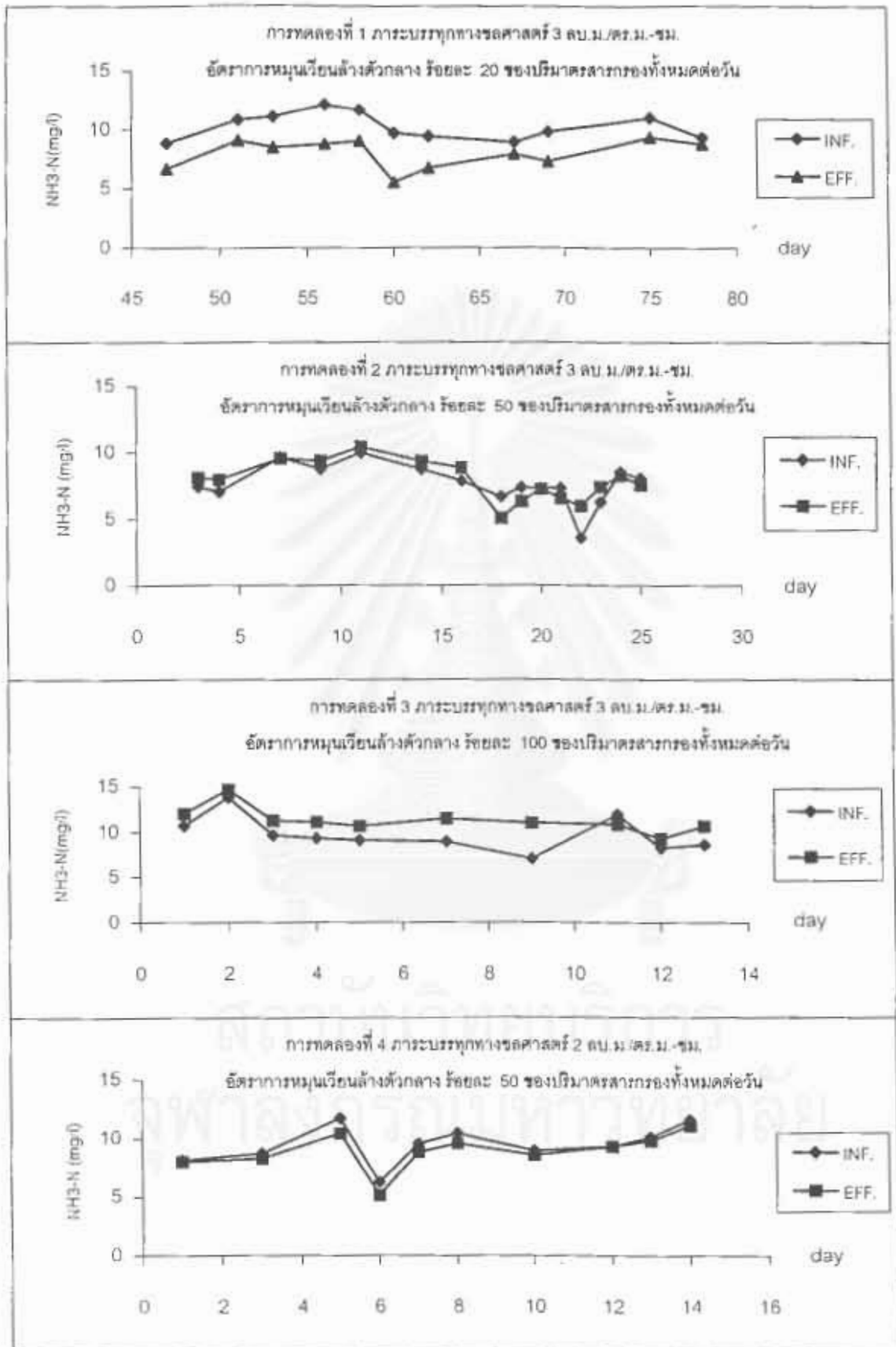
ค่าทีเคเอ็น ไนไตรต์ ไนเตรต และไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยที่สภาวะต่างๆ ของทุกชุดการทดลองแสดง ดังตารางที่ 4.10 (ค่าทีเคเอ็นที่แสดงดังตารางเป็นค่าทีเคเอ็นทั้งหมด คือ ค่าแอมโมเนียมไอออน + ค่าอินทรีย์ไนโตรเจน) ส่วนแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ ของแต่ละชุดการทดลองแสดง ดังรูปที่ 4.12 ถึงรูปที่ 4.17 พบว่าค่าทีเคเอ็นเฉลี่ยของน้ำเข้าระบบแต่ละชุด

การทดลองแปรผันในช่วง 11-16 มก.ไนโตรเจน/ลิตร และค่าที่เคเอ็นของน้ำเข้าส่วนใหญ่อยู่ในรูปแอมโมเนียมไอออน เช่น ชุดการทดลองที่ 1 มีค่าที่เคเอ็นเท่ากับ 11.8 มก.ไนโตรเจน/ลิตร โดยมีค่าแอมโมเนียมไอออนเท่ากับ 9.7 มก.ไนโตรเจน/ลิตร และค่าอินทรีย์ไนโตรเจนเท่ากับ 2.1 มก.ไนโตรเจนไอออน/ลิตร และพบว่าค่าไนไตรต์ และค่าไนเตรตมีค่าต่ำมาก คือ อยู่ในช่วง 0.02-0.10 มก.ไนโตรเจน/ลิตร และ 0.3-1.8 มก.ไนโตรเจน/ลิตร ตามลำดับ

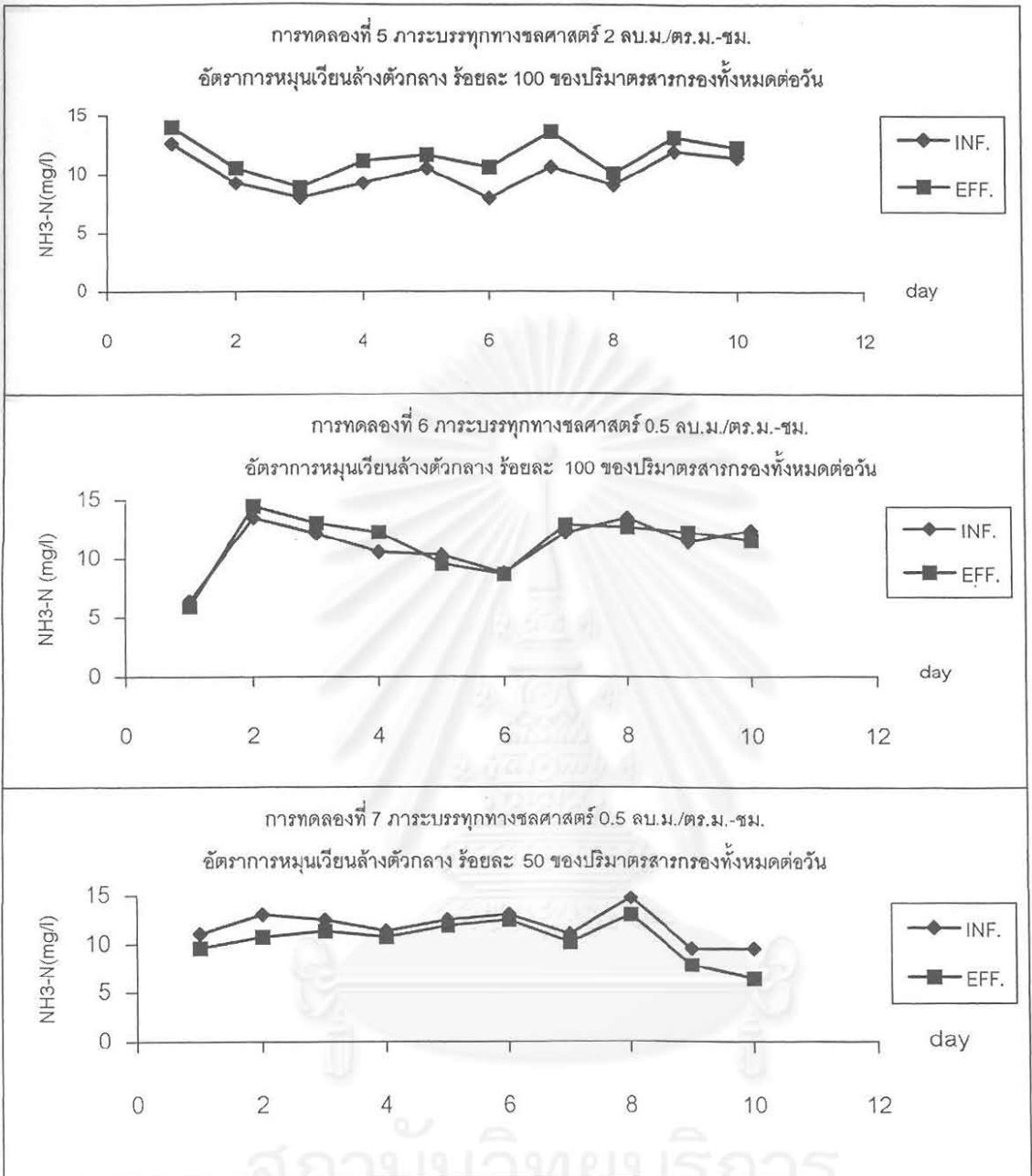
ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบค่าไนโตรเจนทุกชุดการทดลอง

การทดลอง ที่	น้ำเข้า (มก./ล.)				น้ำออก (มก./ล.)				น้ำล้าง (มก./ล.)			
	TK N	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	TN	TK N	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	TN	TK N	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	TN
1	11.75	0.10	0.48	12.33	10.98	0.02	0.76	11.76	13.09	0.04	1.00	14.13
2	11.14	0.05	1.77	12.95	10.04	0.03	0.92	10.99	13.85	0.08	1.21	15.14
3	13.73	0.02	1.78	15.62	12.89	0.02	1.08	14.18	16.52	0.04	0.93	17.52
4	12.90	0.07	1.01	13.98	12.20	0.06	0.71	12.98	14.64	0.18	0.76	15.58
5	13.90	0.03	0.94	14.87	13.14	0.03	0.74	13.91	16.03	0.06	0.62	16.70
6	15.59	0.04	0.35	15.97	14.94	0.02	0.59	15.55	16.26	0.15	0.68	17.10
7	16.05	0.03	0.77	16.85	14.40	0.22	0.58	15.20	15.65	0.10	0.59	16.34

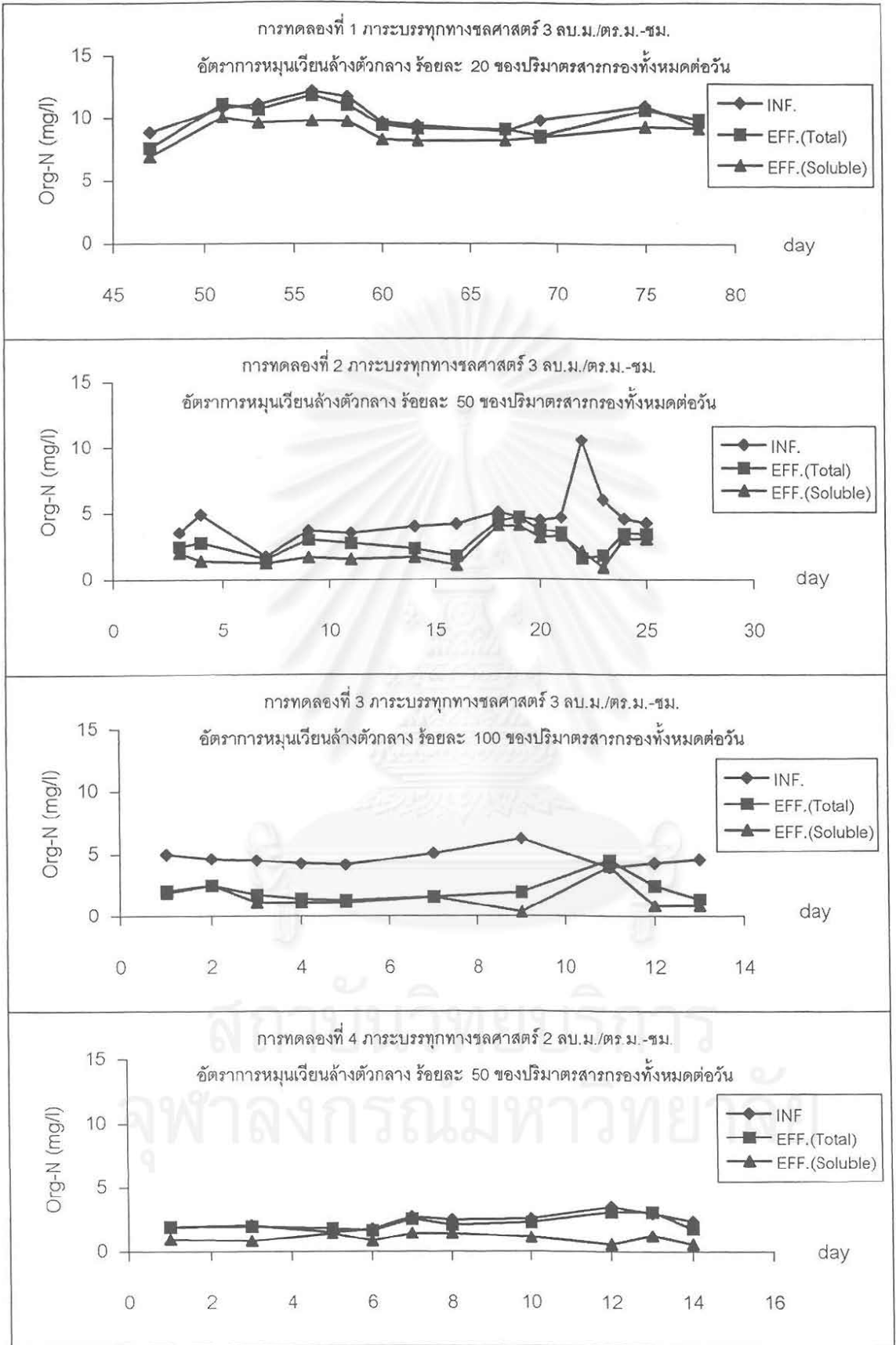
แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าที่เคเอ็น ไนไตรต์ ไนเตรต และไนโตรเจนทั้งหมดของทุกชุดการทดลองมีความใกล้เคียงกัน กล่าวคือ ค่าที่เคเอ็นในน้ำออกมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเข้า และมีค่าเพิ่มขึ้นในน้ำล้าง เช่น ชุดการทดลองชุดที่ 1 มีค่าที่เคเอ็นในน้ำเข้า น้ำออก และน้ำล้าง มีค่าเท่ากับ 11.8 11.0 และ 13.1 มก.ไนโตรเจน/ลิตร ตามลำดับ ค่าที่เคเอ็นของน้ำล้างมีค่ามากกว่าน้ำออกเนื่องจากน้ำล้างมีค่าของแข็งแขวนลอยสูง และของแข็งแขวนลอยส่วนใหญ่ของน้ำล้างน่าจะเป็นอนุภาคของจุลินทรีย์ที่หลุดจากสารกรองในระบบ ซึ่งมีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบของเซลล์จุลินทรีย์ด้วย ส่วนค่าไนไตรต์และค่าไนเตรตมีค่าเกือบจะคงที่เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเข้าและน้ำออก เช่น ชุดการทดลองที่ 1 มีค่าไนไตรต์ที่น้ำเข้า และน้ำออก มีค่าเท่ากับ 0.10 และ 0.02 มก.ไนโตรเจน/ล.ตามลำดับ มีค่าไนเตรตเท่ากับ 0.48 และ 0.76 มก.ไนโตรเจน/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งจากผลของไนเตรตดังกล่าวอาจกล่าวได้ว่าถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ของทุกชุดการทดลองไม่ทำให้เกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน ดังนั้นเป็นผลให้ค่าที่เคเอ็นในน้ำออกมีค่าสูงและมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเข้า และสอดคล้องกับผลของค่าพีเอชและค่าสภาพต่างในหัวข้อ 4.5.3 และ 4.5.4 ตามลำดับ กล่าวคือค่าพีเอชของน้ำออก



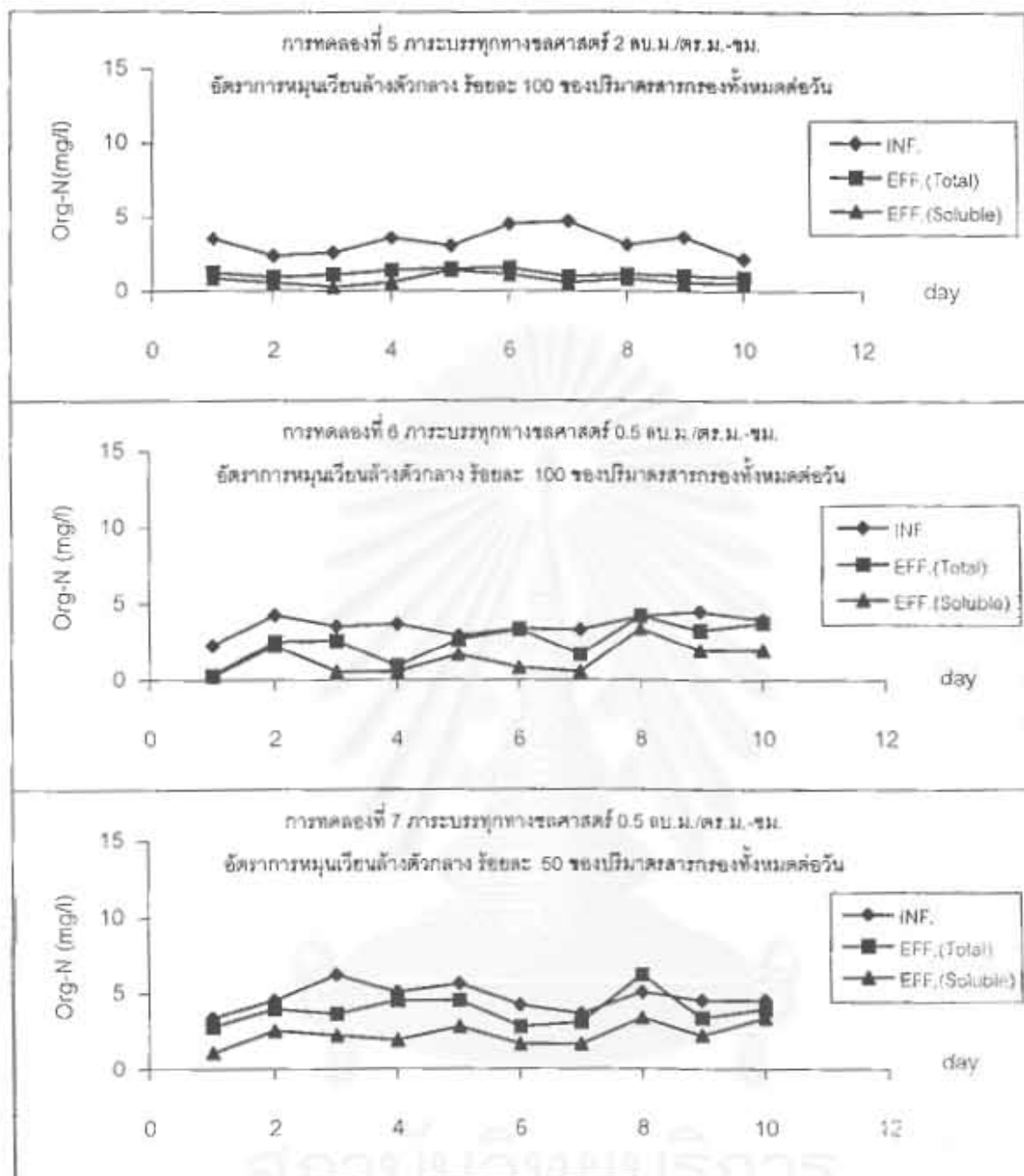
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าแอมโมเนียในโตรเจนที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ



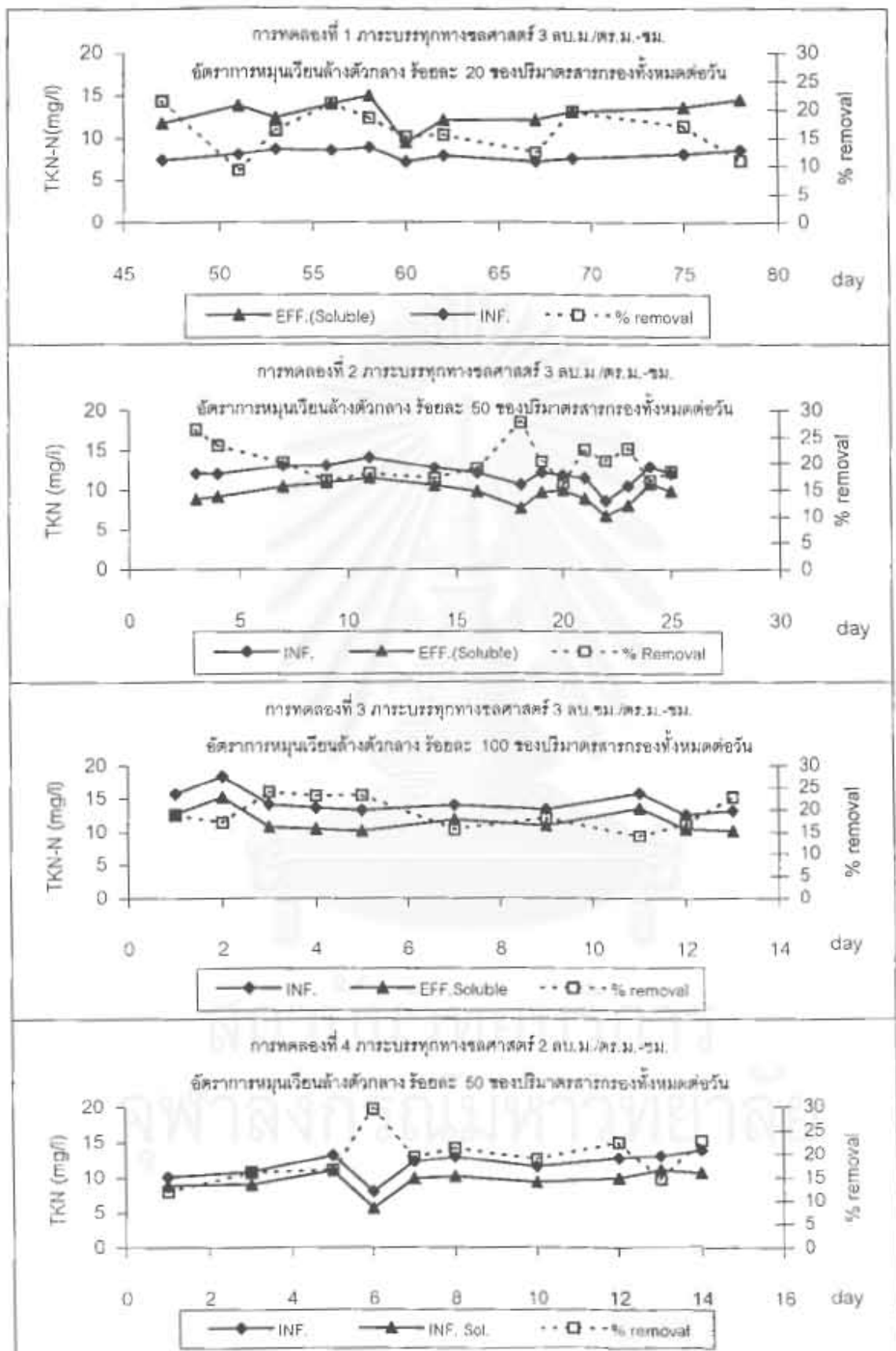
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าแอมโมเนียไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ (ต่อ)



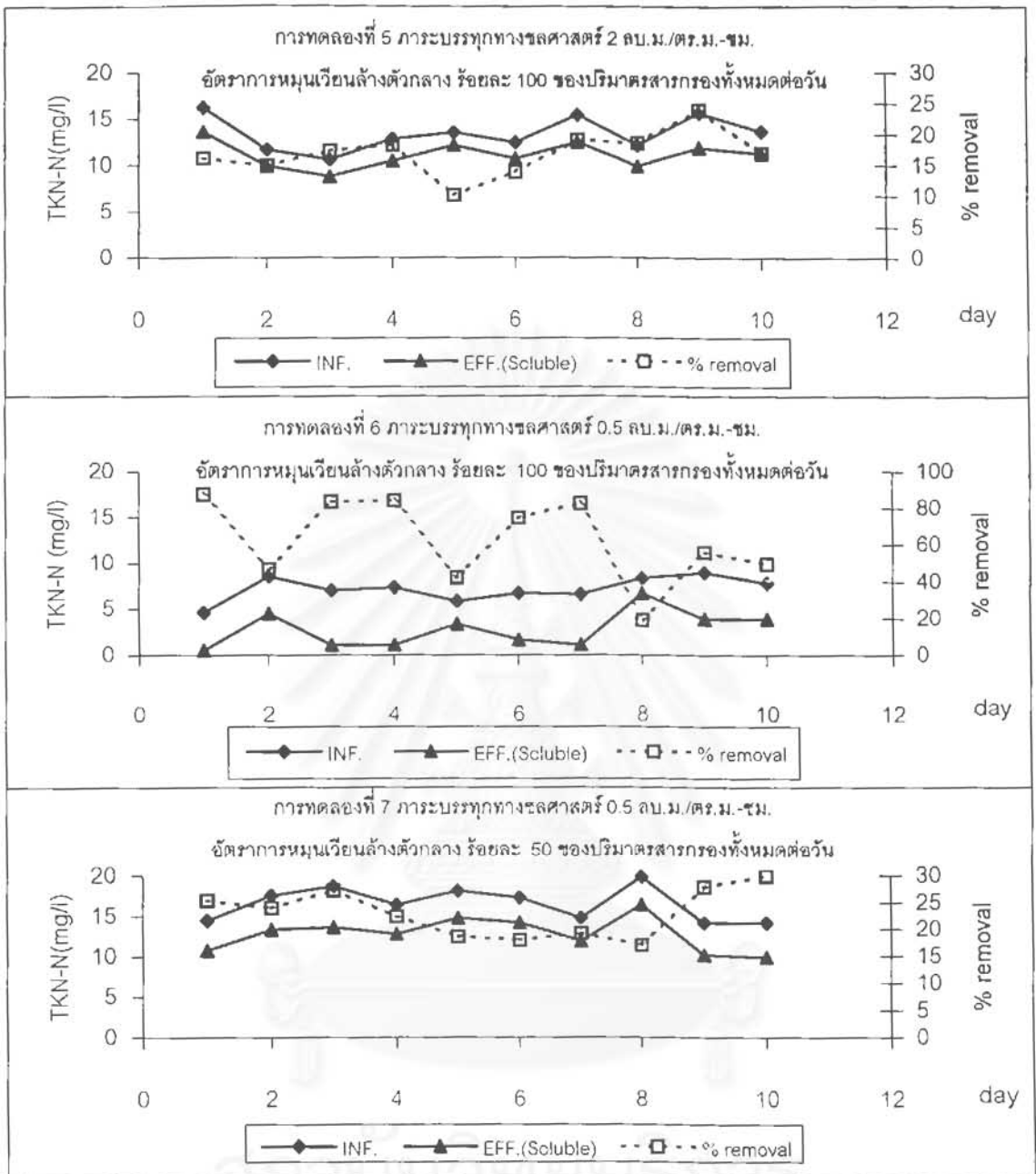
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าอินทรีย์ไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในถังกรอง
ของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ



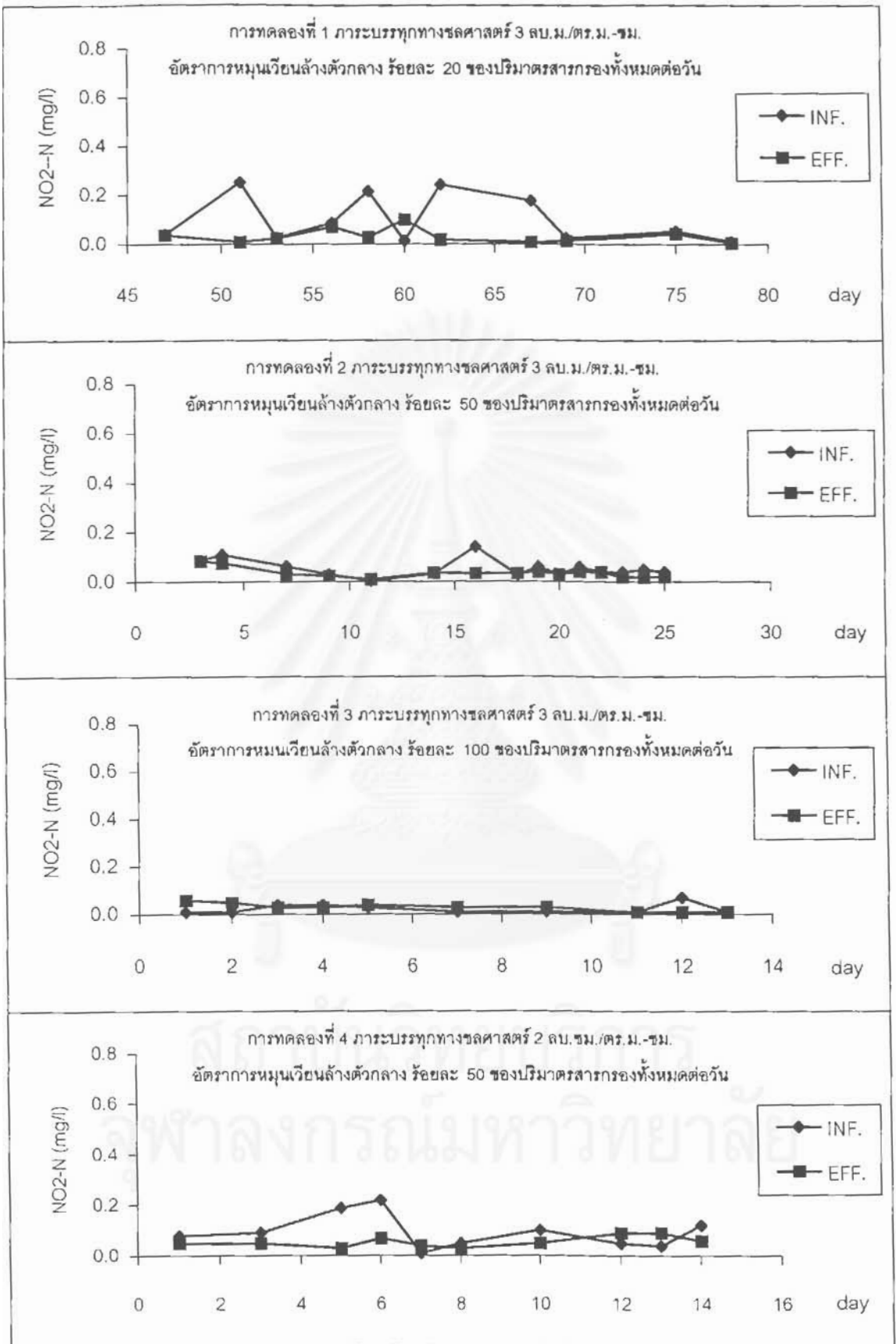
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าอินทรีย์ไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ (ต่อ)



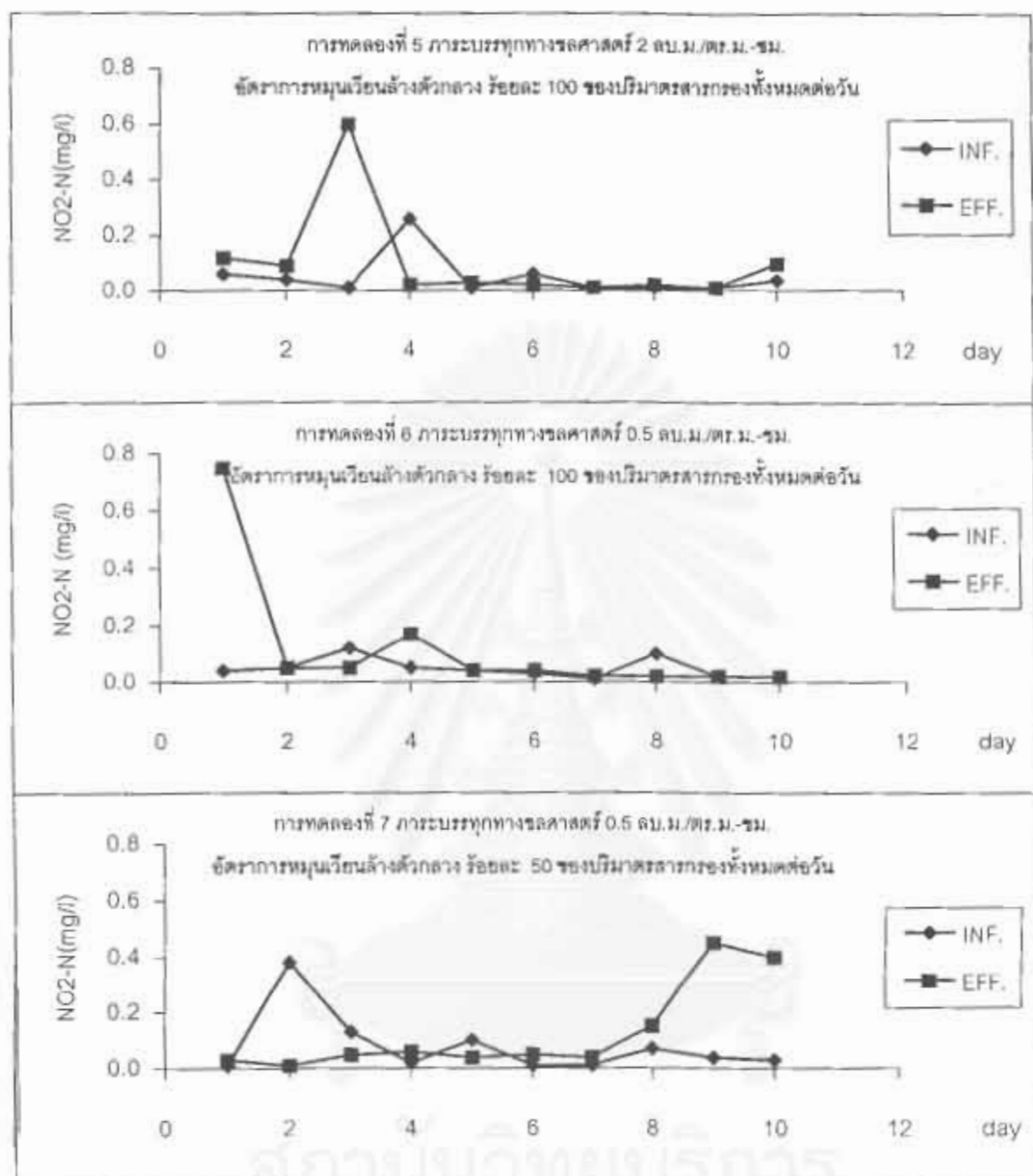
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าที่เคเอ็นที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ



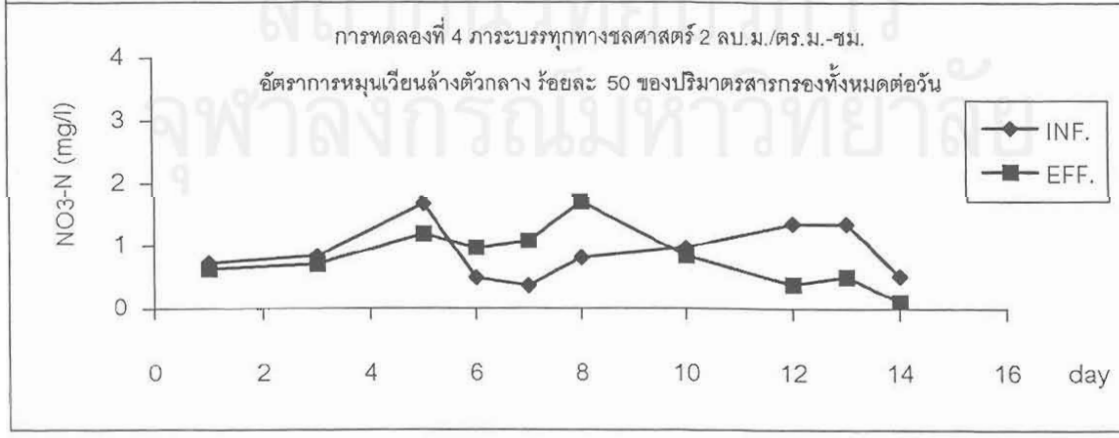
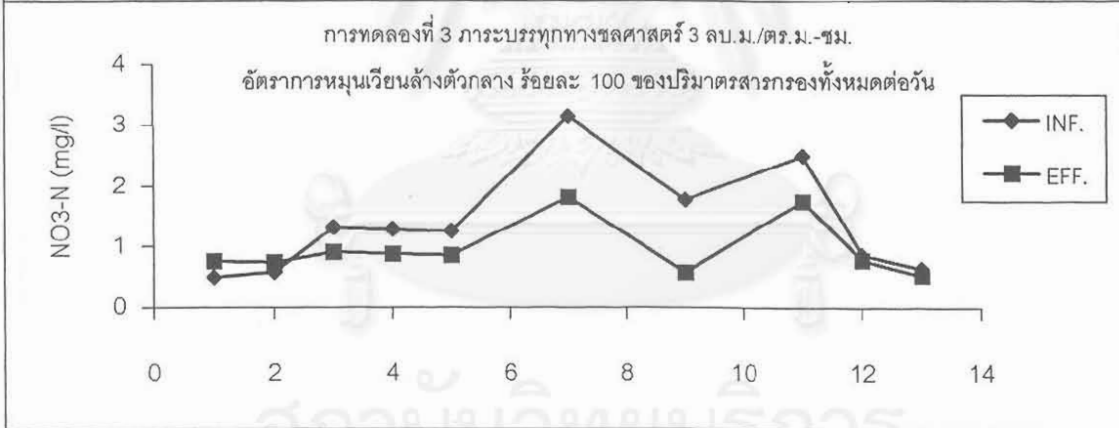
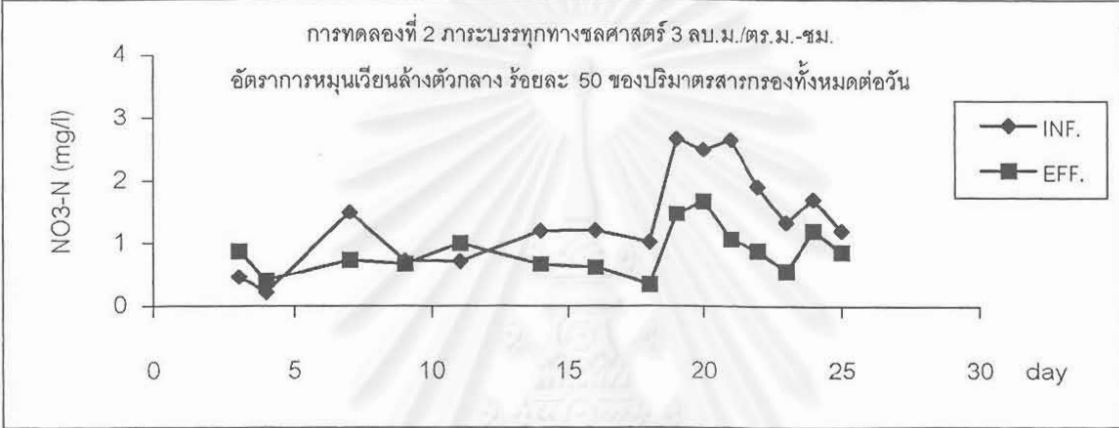
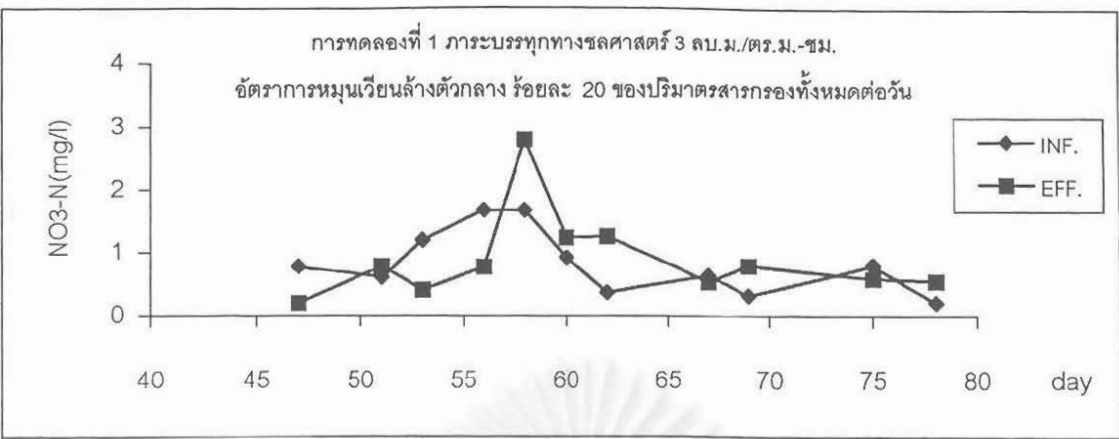
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าที่เคเอ็นทีเกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ (ต่อ)



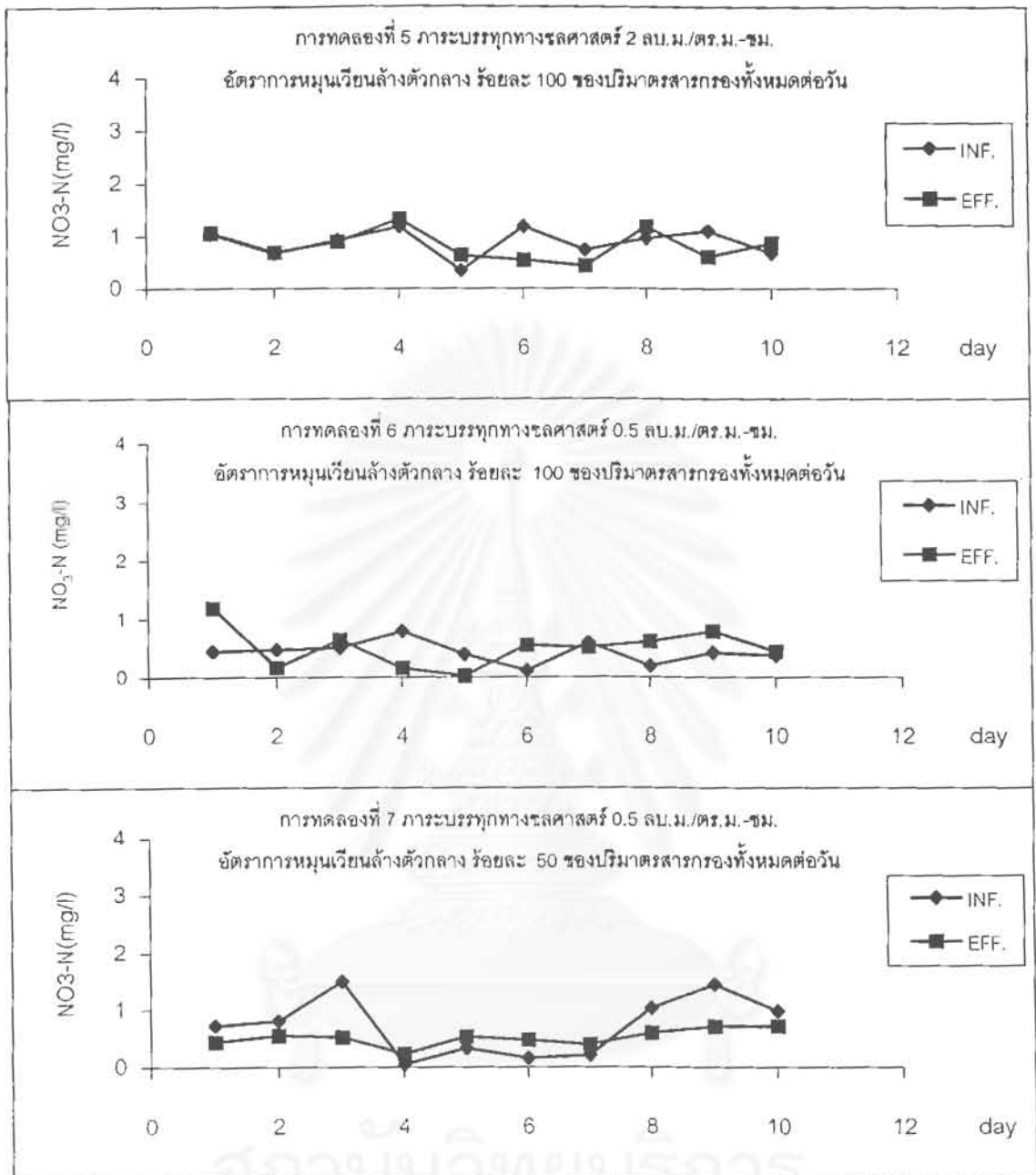
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าไนโตรดที่เพิ่มขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ



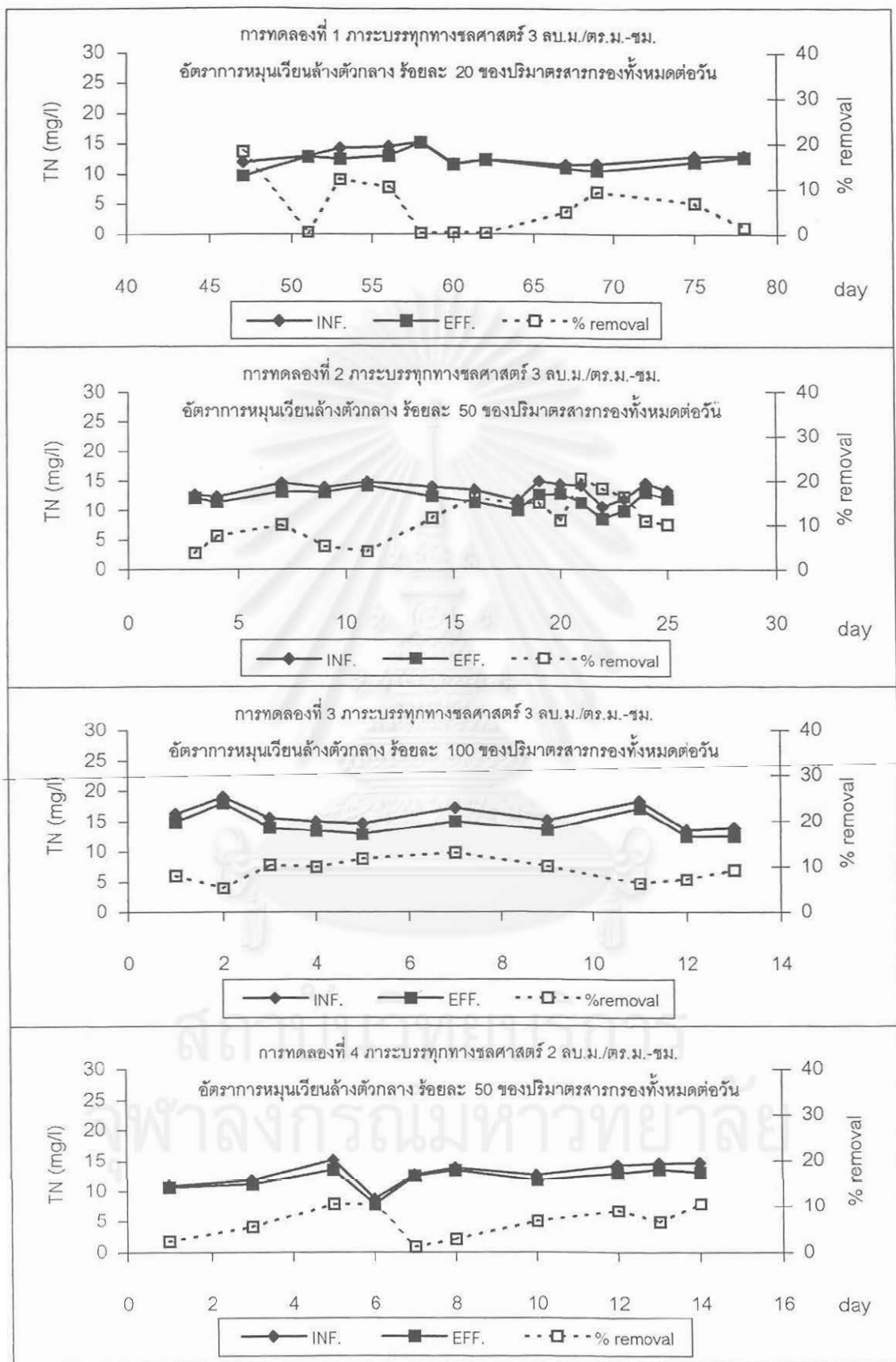
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าไนไตรต์ที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ (ต่อ)



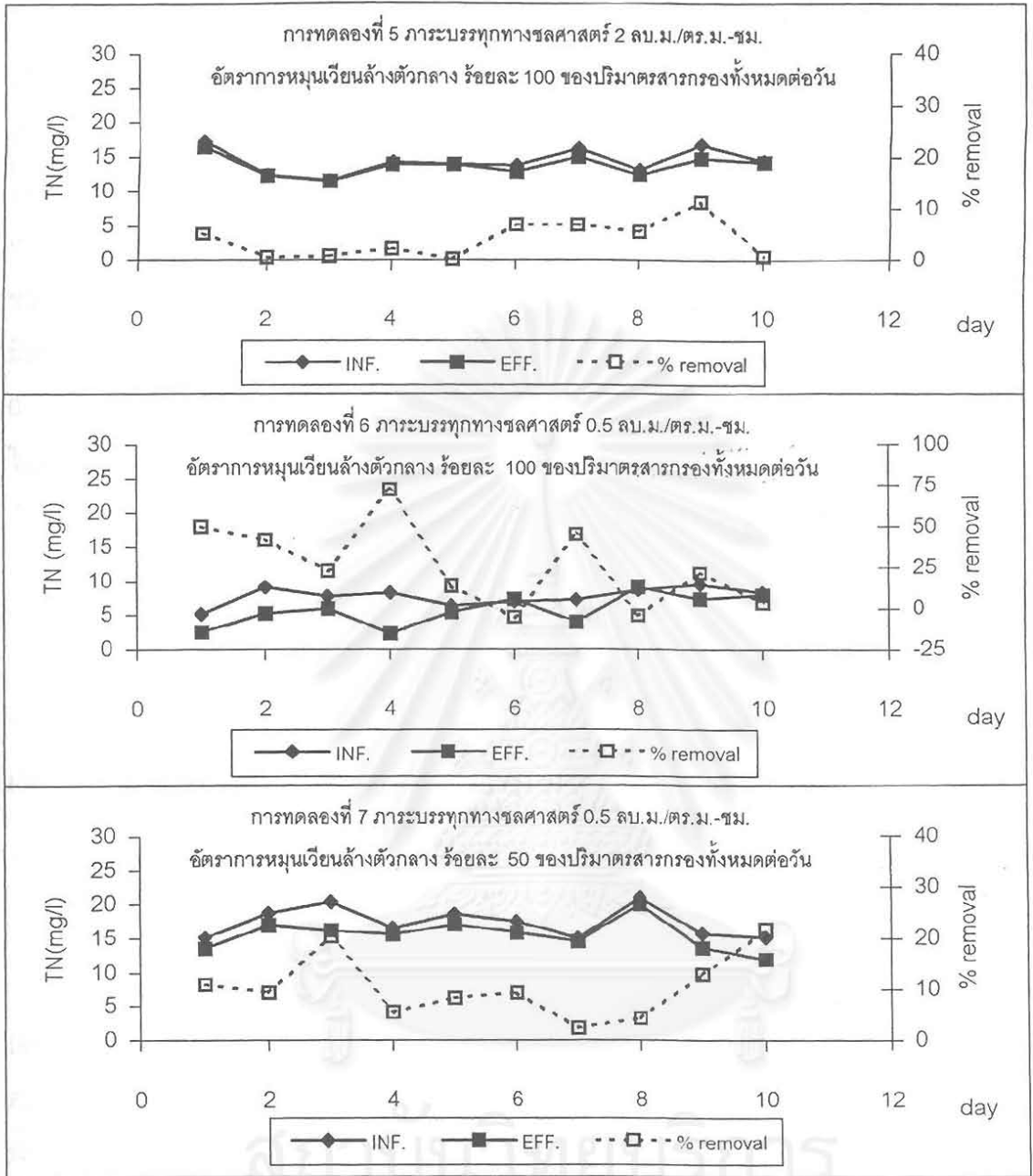
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าไนเตรตที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าไนเตรตที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ (ต่อ)



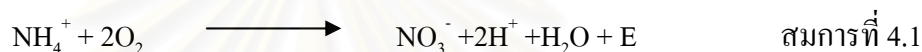
รูปที่ 4.17 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าไนโตรเจนรวมที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ



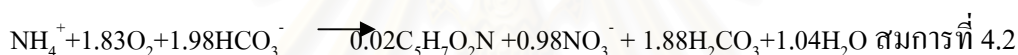
รูปที่ 4.17 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าไนโตรเจนรวมที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ (ต่อ)

ใกล้เคียงกับน้ำเข้า และค่าสภาพต่างในน้ำออกและน้ำล้างมีค่าใกล้เคียงกับค่าสภาพต่างของน้ำเข้าในทุกชุดการทดลอง โดยปกติปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันจะต้องทำให้สภาพต่างในน้ำลดลงและทำให้ค่าพีเอชลดลงดังสมการการหายใจและสมการการสังเคราะห์เซลล์ แสดงดังสมการที่ 4.1 และ 4.2 ดังนั้นจากผลการทดลองของค่าพีเอช สภาพต่าง ทีเคเอ็น และค่าไนเตรต มีความสอดคล้องไปในทางเดียวกัน และยิ่งยืนยันว่าทุกชุดการทดลองไม่เกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน ทั้งนี้จากความเห็นของผู้วิจัยคิดว่าการที่ไม่เกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน อาจเป็นผลจากทุกชุดการทดลองมีระยะเวลาสัมผัสน้ำเสียต่ำมาก คือ ชุดการทดลองที่มีภาระบรรทุกลศาสตร์เท่ากับ 3.0 2.0 และ 0.5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชั่วโมง มีเวลากักน้ำเท่ากับ 16 นาที 24 นาที และ 1 ชม. 38 นาที ตามลำดับ ในขณะที่อายุตะกอนมีค่าประมาณ 4-18 วัน ตั้งแต่ชุดการทดลองที่ 1 ถึง 7

สมการรวมการหายใจของปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน ได้แก่



สมการรวมการสังเคราะห์เซลล์ของปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน ได้แก่

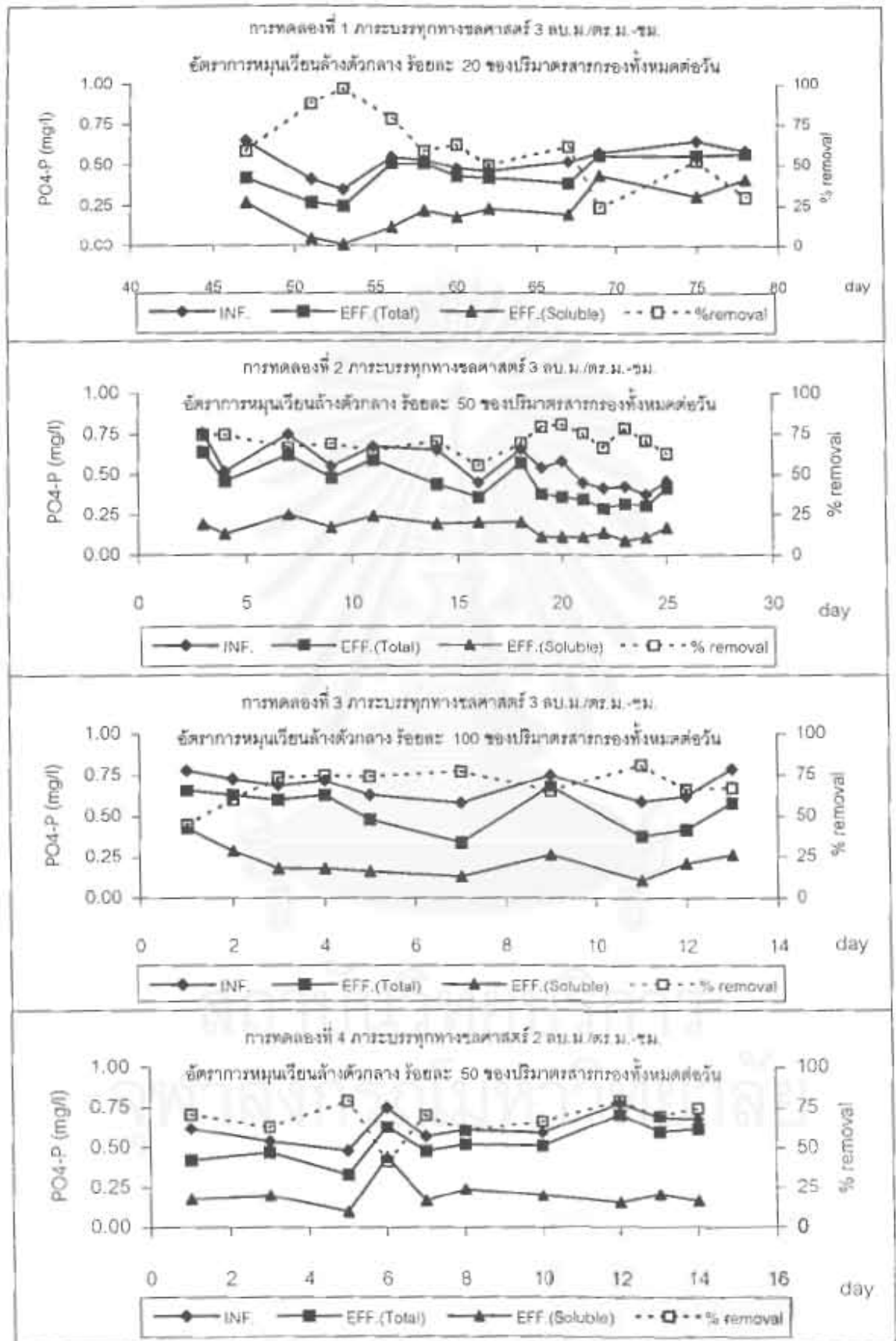


4.5.8 ฟอสฟอรัส

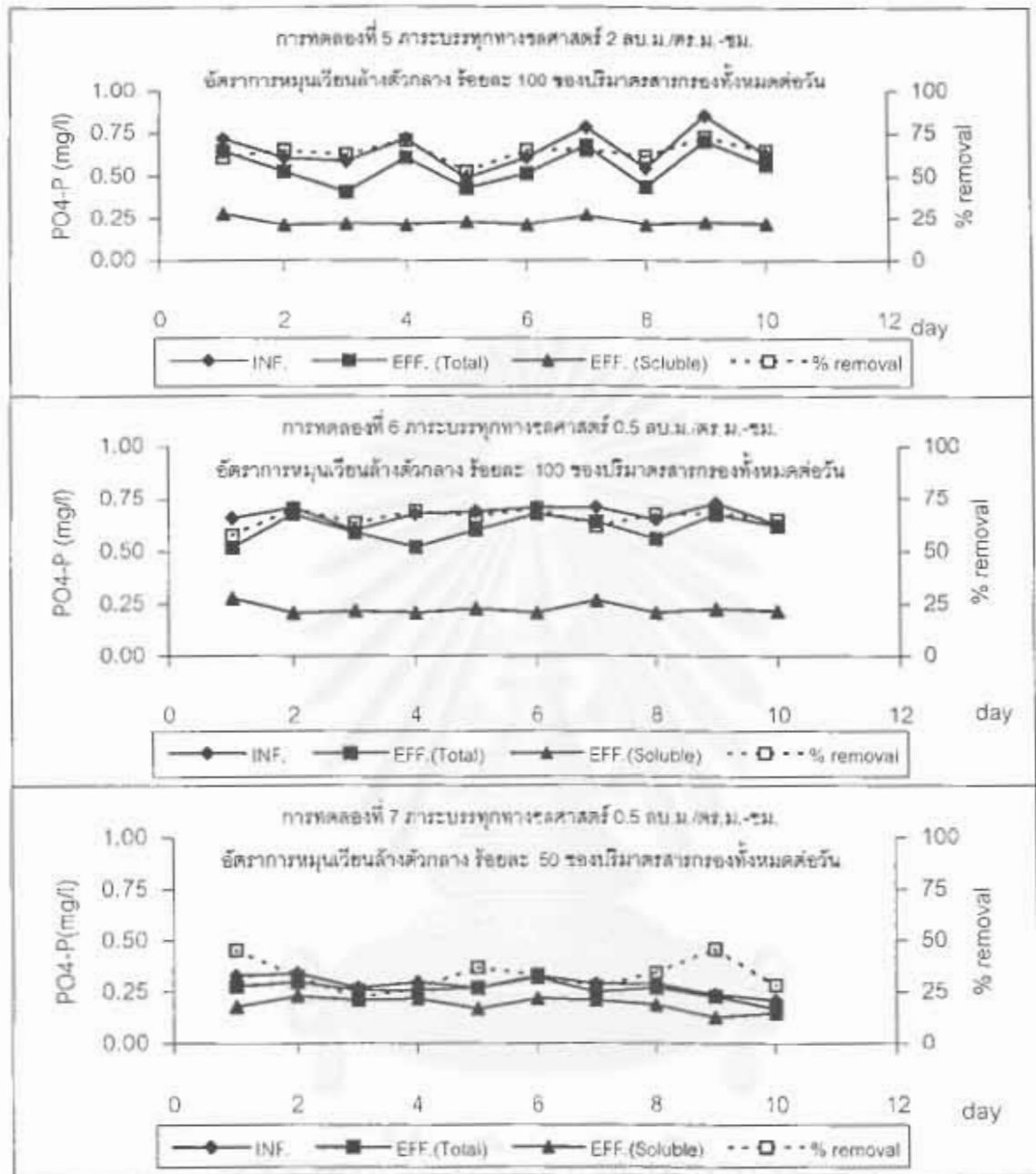
ค่าฟอสฟอรัสรายวันที่สภาวะต่างๆ ทุกการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.18 และ ค่าฟอสฟอรัสเฉลี่ยที่สภาวะต่างๆแสดงดังตารางสรุปที่ 4.11 พบว่าทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าฟอสฟอรัสที่สภาวะต่างๆคล้ายกัน กล่าวคือ ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำออกมีค่าน้อยกว่าน้ำเข้าเล็กน้อย ส่วนค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำล้างมีค่าสูงกว่าน้ำเข้า ทั้งนี้เนื่องจากในน้ำล้างมีของแข็งแขวนลอยสูง ซึ่งของแข็งแขวนลอยบางส่วนก็คือฟิล์มชีวภาพและมีฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบของเซลล์ เช่น ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดชุดการทดลองที่ 1 มีค่าฟอสฟอรัสเฉลี่ยของน้ำเข้าระบบ น้ำออก และน้ำล้างเท่ากับ 0.56 0.5 และ 0.92 มก./ล. ตามลำดับ และสอดคล้องกับการสมดุลของฟอสฟอรัส ดังนี้

$$\text{TP}_{\text{inf}} = \text{TP}_{\text{eff}} + \text{TP}_{\text{wash}} \quad \text{สมการที่ 4.3}$$

$$\begin{aligned} \text{TP}_{\text{inf}} &= \text{ฟอสฟอรัสทั้งหมดที่เข้าระบบ, (กรัม/วัน)} \\ &= \text{ฟอสฟอรัสละลายน้ำของน้ำเข้า} + \text{ฟอสฟอรัสในของแข็งแขวนลอยในน้ำเข้า} \end{aligned}$$



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าฟอสฟอรัสที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าฟอสฟอรัสที่เกิดขึ้นในถังกรองของการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ (ต่อ)

$$\begin{aligned}
 TP_{\text{eff}} &= \text{ฟอสฟอรัสทั้งหมดคือน้ำออก, (กรัม/วัน)} \\
 &= \text{ฟอสฟอรัสละลายน้ำของน้ำออก} + \text{ฟอสฟอรัสในของแข็งแขวนลอยในน้ำออก} \\
 TP_{\text{wash}} &= \text{ฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำล้าง, (กรัม/วัน).} \\
 &= \text{ฟอสฟอรัสละลายน้ำของน้ำล้าง} + \text{ฟอสฟอรัสในของแข็งแขวนลอยในน้ำล้าง}
 \end{aligned}$$

จากการสมดุลฟอสฟอรัสของชุดการทดลองที่ 1 พบว่าเมื่อป้อนน้ำเสียด้วยอัตราการไหล 36000 ลิตร/วัน จะได้ค่าฟอสฟอรัสในน้ำเข้า น้ำออก และน้ำล้าง เท่ากับ 20.16 16.2 และ 3.3 กรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งจากสมดุลดังกล่าวมีความคลาดเคลื่อนประมาณ 3.2% ถือว่าใกล้เคียง ทั้งนี้เนื่องจากอาจเกิดความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัส จากผลการสมดุลฟอสฟอรัสข้างต้นแสดงว่าค่าฟอสฟอรัสที่แสดงดังกล่าวมีความน่าเชื่อถือ

ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบค่าฟอสฟอรัสทุกชุดการทดลอง

การทดลองที่	ฟอสฟอรัส (มก./ล.)		
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำล้าง
1	0.56	0.50	0.92
2	0.43	0.34	1.11
3	0.67	0.48	1.32
4	0.67	0.59	1.17
5	0.69	0.58	1.35
6	0.69	0.64	0.94
7	0.27	0.25	0.28

4.6 ผลของค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ต่อการบำบัดน้ำเสีย

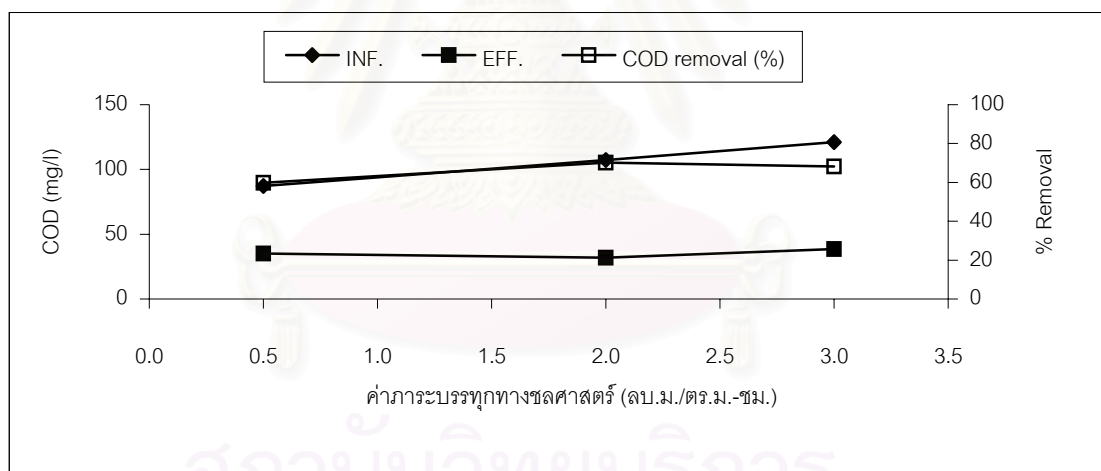
4.6.1 ผลของค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ต่อค่าซีโอดี

เมื่อนำผลการวิเคราะห์ที่ได้จากชุดการทดลองที่ 2 4 และ 7 ซึ่งเปรียบเทียบค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ต่อการบำบัดน้ำเสีย ที่อัตราการเวียนล้างสารกรองร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน มาเปรียบเทียบกับได้ดังตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.19 พบว่าการแปรผันค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ไม่มีผลต่อค่าซีโอดีกรองในน้ำทิ้ง จากผลการทดลองทั้ง 3 ชุด

การทดลอง มีค่าซีไอดีกรองในน้ำออกโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 32-38 มก./ล. ซึ่งถือว่ามีความใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาถึงค่าประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีกรองจะพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีกรอง มีแนวโน้มขึ้นอยู่กับค่าซีไอดีทั้งหมดคือน้ำเสียเข้าระบบ

ตารางที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีไอดีกรองและประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีกรองต่อค่าภาระบรรทุกทางชีวศาสตร์ ที่อัตราการเวียนสารกรองร้อยละ 50 ของปริมาณสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ชุดการทดลองที่	ค่าภาระบรรทุกทางชีวศาสตร์ (ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.)	ค่าซีไอดี (มก./ล.)		ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีกรอง (ร้อยละ)
		ทั้งหมดในน้ำเข้า	กรองในน้ำออก	
2	3	121.0	38.5	68.2
4	2	107.3	32.0	70.2
7	0.5	87.2	35.1	59.7



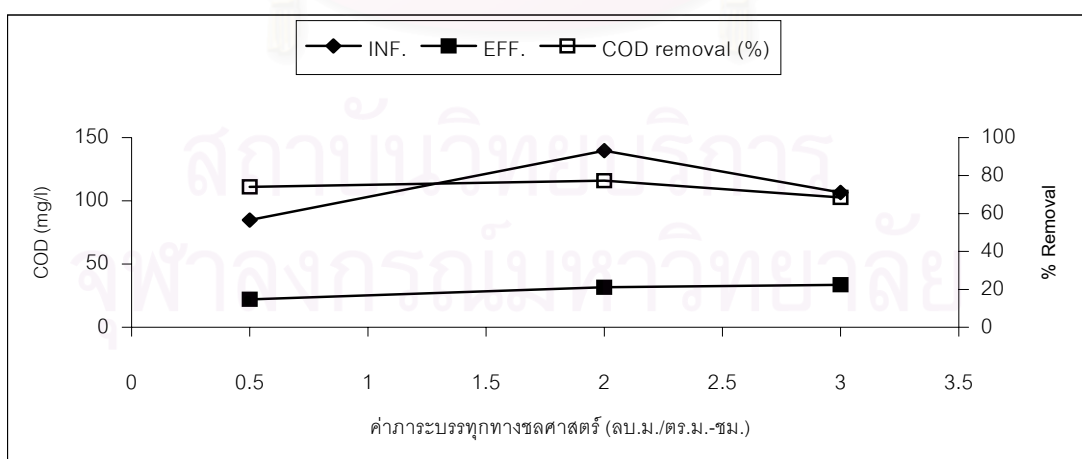
รูปที่ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีไอดีกรองและประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีกรองต่อค่าภาระบรรทุกทางชีวศาสตร์ ที่อัตราการเวียนสารกรองร้อยละ 50 ของปริมาณสารกรองทั้งหมดต่อวัน

และเมื่อนำผลการวิเคราะห์ที่ได้จากชุดการทดลองที่ 3 5 และ 6 ซึ่งเปรียบเทียบค่าภาระบรรทุกทางชีวศาสตร์ต่อการบำบัดน้ำเสีย ที่อัตราการเวียนล้างสารกรองร้อยละ 100 ของปริมาณสารกรองทั้งหมดต่อวัน มาเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 4.13 และรูปที่ 4.20 พบว่าการแปรค่าภาระบรรทุกทางชีวศาสตร์ไม่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียมากนัก ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวมีความ

สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ข้างต้น ทั้งนี้ผู้วิจัยคาดว่าสาเหตุที่ถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่สามารถผลิตน้ำทิ้งที่ให้ค่าซีโอดีกรองในน้ำออกมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากน้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบซึ่งใช้ในการทดลองครั้งนี้มีค่าซีโอดีต่ำและมีค่าซีโอดีที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (nonbiodegradable) รวมอยู่ด้วย ดังนั้นทำให้ค่าซีโอดีในน้ำออกเป็นซีโอดีที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ทำให้ผลการทดลองทุกชุดการทดลองมีค่าซีโอดีกรองในน้ำออกใกล้เคียงกัน และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีกรองของถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่น่าจะมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ จากผลการทดลองทุกชุดการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีกรองมีแนวโน้มขึ้นอยู่กับค่าซีโอดีทั้งหมดในน้ำเสียเข้าระบบ

ตารางที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกรองและประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีกรองต่อค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ ที่อัตราการเวียนสารกรองร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ชุดการทดลองที่	ค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ (ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.)	ค่าซีโอดี (มก./ล.)		ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีกรอง (ร้อยละ)
		ทั้งหมดในน้ำเข้า	กรองในน้ำออก	
3	3	106.5	33.6	68.5
5	2	139.8	31.7	77.3
6	0.5	84.9	22.0	74.1



รูปที่ 4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกรองและประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีกรองต่อค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ ที่อัตราการเวียนสารกรองร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

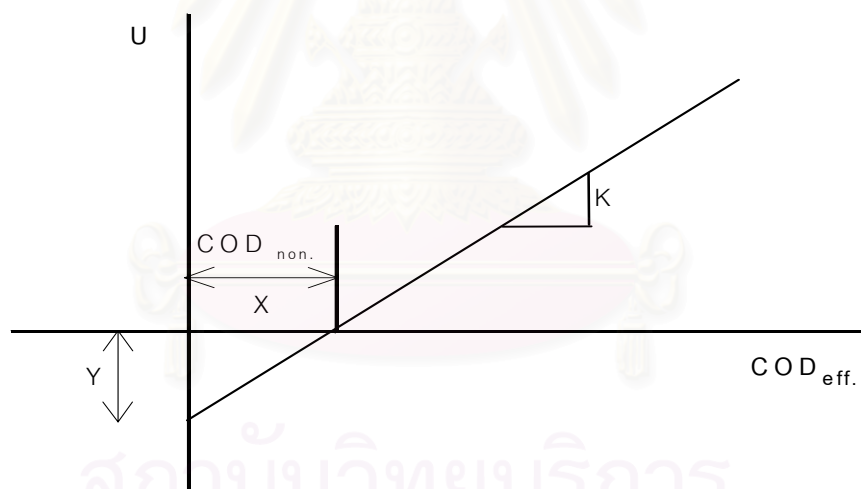
Eckenfelder และ Ford (1970) ได้เสนอวิธีการหาค่า COD nonbiodegradable โดยกำหนดให้ปฏิกิริยาชีวเคมีของการย่อยสลายสารอินทรีย์ เป็นไปตามสมการ first order ดังนี้

$$\frac{dS}{dt} = KX(\text{COD})_{\text{eff}}$$

$$\frac{Q(\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{out}})}{\text{Total biomass}} = K \text{COD}_{\text{eff}} \dots \dots \dots (1)$$

ในกรณีที่สารอินทรีย์มีส่วนที่เป็น nonbiodegradable สามารถเขียนสมการ (1) ใหม่ เป็น

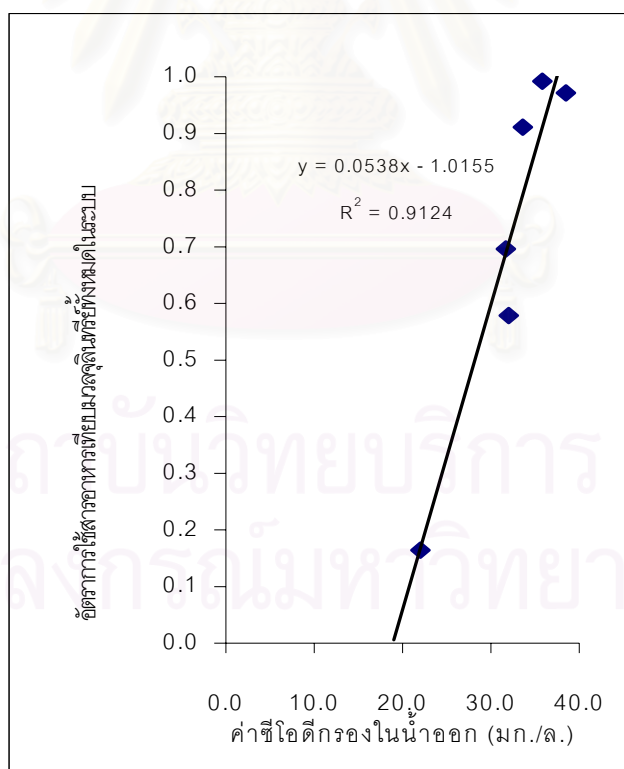
$$\frac{Q(\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{out}})}{\text{Total biomass}} = K \text{COD}_{\text{eff}} - Y$$



โดย X เป็นค่า COD nonbiodegradable ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.21

ตารางที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการใช้สารอาหารเทียบมวลจุลินทรีย์ทั้งหมด กับค่าซีไอดีกรองในน้ำออก

การทดลองชุดที่	ค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ (ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.)	อัตราการเวียนสารกรอง (ร้อยละของปริมาณสารกรองทั้งหมดต่อวัน)	อัตราการใช้สารอาหารเทียบมวลจุลินทรีย์ทั้งหมด (1/วัน)	ค่าซีไอดีกรองในน้ำออก (มก./ล.)
1	3	20	0.992	35.8
2		50	0.972	38.5
3		100	0.911	33.6
4	2	50	0.579	32.0
5		100	0.699	31.7
6	0.5	100	0.164	22.0
7		50	0.119	35.1



รูปที่ 4.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการใช้สารอาหารเทียบมวลจุลินทรีย์ทั้งหมด กับค่าซีไอดีกรองในน้ำออก

จากรูปที่ 4.21 พบว่าเส้นกราฟตัดแกน X ที่ $X = 18.88$ มก./ล. สามารถอธิบายได้ว่าค่าซีโอดีกรองในน้ำออกในการทดลองครั้งนี้เป็นสารอินทรีย์ที่มีส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ซึ่งไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพประมาณ 19 มก./ล.

ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า การแปรผันค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ในช่วง 0.5-3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ไม่มีผลกระทบต่อการจัดซีโอดีของระบบถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ เมื่อน้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบมีค่าซีโอดีทั้งหมดโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 85-121 มก./ล. ซึ่งเป็นช่วงที่มีค่าซีโอดีต่ำ

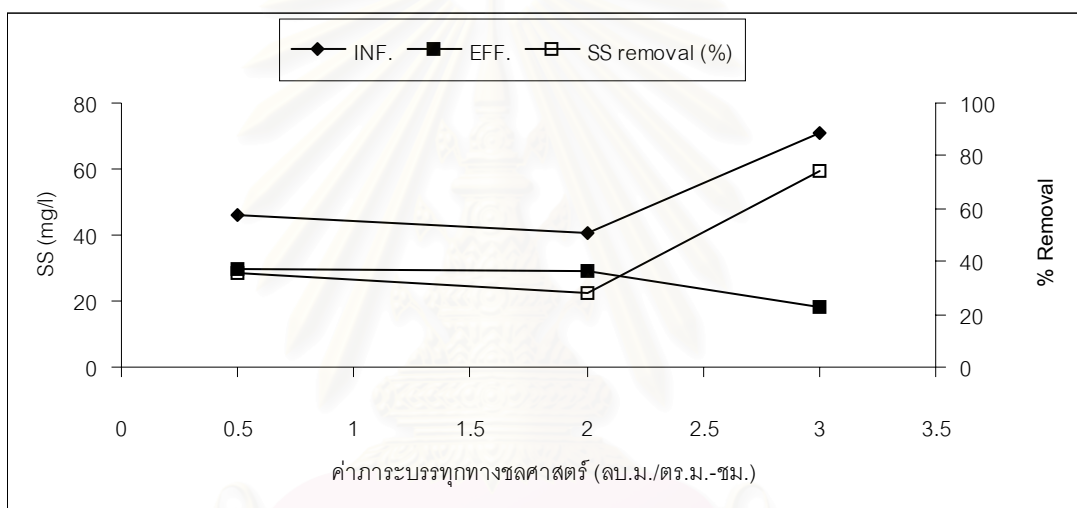
4.6.2 ผลของค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ต่อค่าของแฉ่งแฉวนลอย

เมื่อนำผลการวิเคราะห์ที่ได้จากชุดการทดลองที่ 2 4 และ 7 ซึ่งเปรียบเทียบค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ต่อการบำบัดน้ำเสีย ที่อัตราการเวียนล้างสารกรองร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน มาเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 4.15 และรูปที่ 4.22 พบว่าชุดการทดลองที่ 2 ซึ่งได้ควบคุมค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ที่ 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. มีประสิทธิภาพการกำจัดของแฉ่งแฉวนลอยสูงถึงร้อยละ 74 ทั้งนี้อาจเป็นผลจากน้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบมีปริมาณของแฉ่งแฉวนลอยเข้าถังกรองจำนวนมาก จึงช่วยส่งเสริมกลไกการกรองทำให้น้ำออกมีค่าของแฉ่งแฉวนลอยต่ำ ส่วนชุดการทดลองที่ 4 และ 7 ซึ่งได้ควบคุมค่าภาระบรรทุกทางชลศาสตร์เท่ากับ 2 และ 0.5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. จะให้คุณภาพของน้ำออกมีค่าของแฉ่งแฉวนลอยโดยเฉลี่ยมีค่า 29 มก./ล. เท่ากันทั้ง 2 ชุดการทดลอง ซึ่งค่าดังกล่าวผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน ซึ่งกำหนดให้มีค่าของแฉ่งแฉวนลอยในน้ำทิ้งต่ำกว่า 30 มก./ล. และผู้วิจัยคาดว่าน่าจะเป็นความสามารถในการผลิตน้ำทิ้งที่แท้จริงของถังกรอง ในชุดการทดลองที่ 4 และ 7 การกำจัดของแฉ่งแฉวนลอยมีค่าโดยเฉลี่ยร้อยละ 28 และ 36 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำ ผู้วิจัยคาดว่าถังกรองที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีความสามารถในการกรองมากกว่านี้หากตัวกลางสารกรองที่ใช้ในการทดลองมีขนาดเล็กกว่านี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของแข็งแขวนลอยและประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยต่อค่าการระบรทุกทางชลศาสตร์ ที่อัตราการเวียนสารกรองร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ชุดการทดลองที่	ค่าการระบรทุกทางชลศาสตร์ (ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.)	ค่าของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)		ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอย (ร้อยละ)
		น้ำเข้า	น้ำออก	
2	3	70.8	18.4	74.0
4	2	40.4	29.2	27.7
7	0.5	46.0	29.6	35.7



รูปที่ 4.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของแข็งแขวนลอยและประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยต่อค่าการระบรทุกทางชลศาสตร์ ที่อัตราการเวียนสารกรองร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

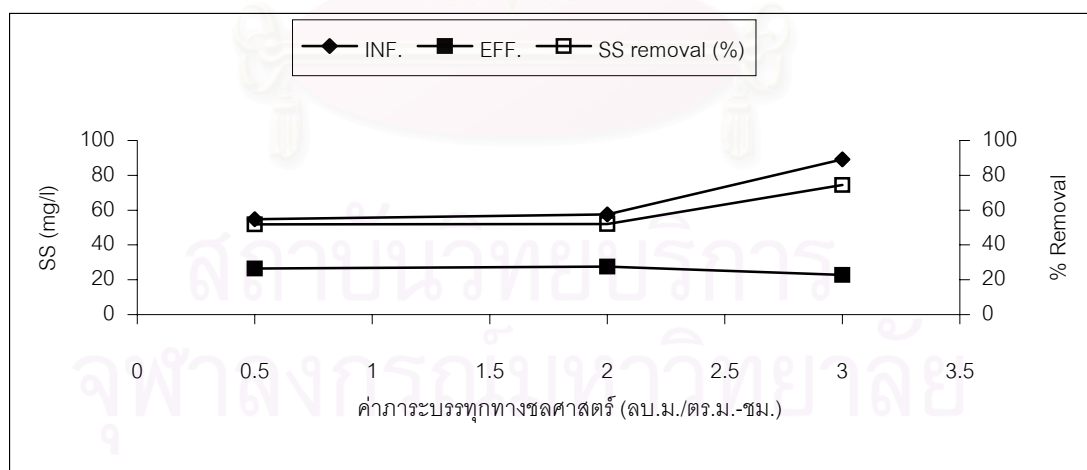
จากตารางที่ 4.16 และรูปที่ 4.23 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าการระบรทุกทางชลศาสตร์ 0.5 2 และ 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. กับค่าของแข็งแขวนลอย ที่อัตราการเวียนสารกรองร้อยละ 100 ต่อวัน พบว่า ผลการทดลองที่ได้มีความสอดคล้องกันกับผลการเปรียบเทียบของชุดการทดลองที่ 2 4 และ 7 กล่าวคือ ที่การระบรทุกทางชลศาสตร์ 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. มีปริมาณของแข็งแขวนลอยเข้าถังกรองมาก จึงช่วยส่งเสริมให้กลไกการกรองทำงานได้ดีขึ้น แต่ผู้วิจัยคาดว่าถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ น่าจะสามารถผลิตน้ำทิ้งที่ให้ค่าของแข็งแขวนลอยโดยเฉลี่ยประมาณ 26-29 มก./ล. ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากตัวกลางสารกรองมีขนาดใหญ่เกินไปทำให้มี

ความสามารถในการกักเก็บของแข็งแขวนลอยได้น้อย แต่อย่างไรก็ตาม ถึงกรองที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้สามารถผลิตน้ำทิ้งที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชนได้

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ สามารถสรุปได้ว่า การแปรผันค่าการะบรทุกทางชลศาสตร์ ในช่วง 0.5-3 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม. ไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของแข็งแขวนลอยของระบบถึงกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ เมื่อน้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบมีค่าของแข็งแขวนลอยอยู่ในช่วง 55-89 มก./ล.

ตารางที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของแข็งแขวนลอยและประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยต่อค่าการะบรทุกทางชลศาสตร์ ที่อัตราการเวียนสารกรองร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ชุดการทดลองที่	ค่าการะบรทุกทางชลศาสตร์ (ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.)	ค่าของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)		ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอย (ร้อยละ)
		น้ำเข้า	น้ำออก	
3	3	89.2	22.8	74.4
5	2	57.6	27.6	52.1
6	0.5	54.8	26.4	51.8



รูปที่ 4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของแข็งแขวนลอยและประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยต่อค่าการะบรทุกทางชลศาสตร์ ที่อัตราการเวียนสารกรองร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

4.7 ผลของอัตราการเวียนสารกรองต่อการบำบัดน้ำเสีย

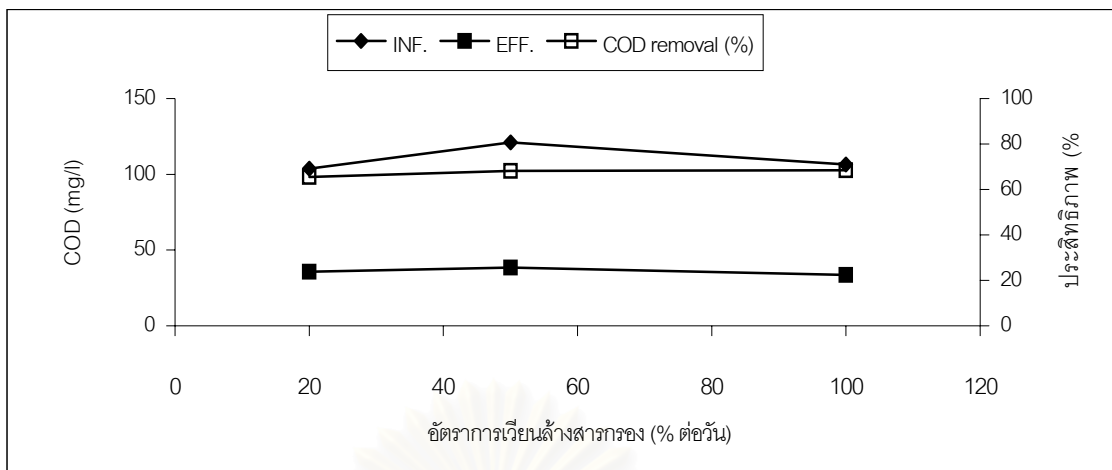
4.7.1 ผลของอัตราการเวียนสารกรองต่อค่าซีไอดี

เมื่อนำผลการวิเคราะห์ที่ได้จากชุดการทดลองที่ 1 2 และ 3 ซึ่งเปรียบเทียบค่าอัตราการเวียนสารกรองต่อการบำบัดน้ำเสีย ที่ค่าภาระบรรทุกทางชีวศาสตร์ 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. มาเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 4.17 และรูปที่ 4.24 พบว่าการเพิ่มอัตราการเวียนล้างตัวกลางไม่มีผลต่อค่าซีไอดีกรองในน้ำออก จากผลการทดลองทั้ง 3 ชุดการทดลองมีค่าซีไอดีกรองในน้ำออกโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 34-38 มก./ล. ซึ่งถือว่ามีค่าไม่แตกต่างกัน และเมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีกรอง จะพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีกรองมีค่าไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้มีค่าโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 66-68 ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าอาจจะไม่ใช่ประสิทธิภาพที่แท้จริงของระบบ เนื่องจากเมื่อพิจารณาจากค่าซีไอดีทั้งหมดในน้ำเข้าระบบ มีค่าซีไอดีทั้งหมดโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 104-121 มก./ล. ซึ่งถือได้ว่าเป็นช่วงที่มีค่าซีไอดีค่อนข้างต่ำ และมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาค่าซีไอดีกรองในน้ำออก จะพบว่าคุณภาพของน้ำทิ้งมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก จึงเป็นผลให้ถึงกรองมีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียมีค่าไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ น้ำเสียที่ใช้ในการวิจัยมีค่าซีไอดีกรองในน้ำออกมีส่วนประกอบของสารอินทรีย์ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ประมาณ 19 มก./ล. ดังรายละเอียดซึ่งได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 4.6.1 ดังนั้นระบบจึงไม่สามารถบำบัดน้ำเสียให้ค่าซีไอดีในน้ำออกได้ต่ำกว่านี้ จึงทำให้ผลการวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่าการแปรผันค่าอัตราการเวียนล้างตัวกลางในช่วงร้อยละ 20-100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวันไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีกรอง

ตารางที่ 4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีไอดีกรองและประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีกรองต่ออัตรา

การเวียนสารกรอง ที่ภาระบรรทุกทางชีวศาสตร์เท่ากับ 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ชุดการทดลองที่	อัตราการเวียนสารกรอง (ร้อยละต่อวัน)	ค่าซีไอดี (มก./ล.)		ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีกรอง (ร้อยละ)
		ทั้งหมดในน้ำเข้า	กรองในน้ำออก	
1	20	103.7	35.8	65.5
2	50	121	38.5	68.2
3	100	106.5	33.6	68.5



รูปที่ 4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกรองและประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีกรองต่ออัตรา

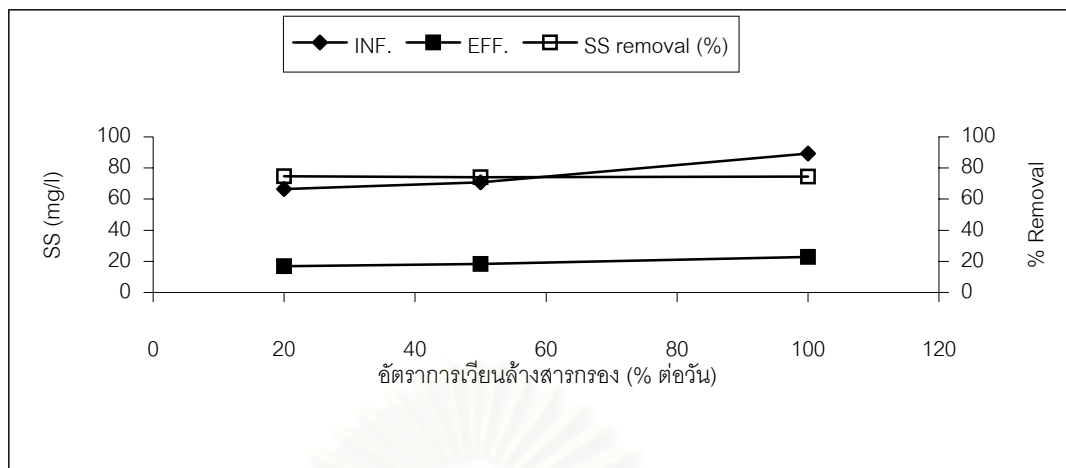
การผลิตน้ำเสีย ที่ภาระบรรทุกทางชลศาสตร์เท่ากับ 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

4.7.2 ผลของอัตราการผลิตน้ำเสียต่อค่าของแฉ่งแวนลอย

เมื่อนำผลการวิเคราะห์ที่ได้จากชุดการทดลองที่ 1 2 และ 3 ซึ่งเปรียบเทียบค่าอัตราการผลิตน้ำเสียต่อการบำบัดน้ำเสีย ที่ภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. มาเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 4.18 และรูปที่ 4.25 พบว่าการเพิ่มอัตราการผลิตน้ำเสียไม่มีผลต่อคุณภาพน้ำออกกล่าวคือ ค่าของแฉ่งแวนลอยในน้ำออกและประสิทธิภาพการกำจัดของแฉ่งแวนลอยมีค่าไม่แตกต่างกัน จากผลการทดลองทั้ง 3 ชุดการทดลอง มีค่าของแฉ่งแวนลอยในน้ำออกโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 17-23 มก./ล. และระบบให้ค่าประสิทธิภาพการกำจัดของแฉ่งแวนลอยโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 67-74 ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่า การแปรผันค่าอัตราการผลิตน้ำเสียในช่วงร้อยละ 20-100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน ไม่มีผลต่อการกำจัดของแฉ่งแวนลอยของถังกรอง เมื่อน้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบมีค่าของแฉ่งแวนลอยอยู่ในช่วง 66-89 มก./ล.

ตารางที่ 4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของแฉ่งแวนลอยและประสิทธิภาพการกำจัดของแฉ่งแวนลอยต่ออัตราการผลิตน้ำเสีย ที่ภาระบรรทุกทางชลศาสตร์เท่ากับ 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

ชุดการทดลองที่	อัตราการผลิตน้ำเสีย (ร้อยละต่อวัน)	ค่าของแฉ่งแวนลอย (มก./ล.)		ประสิทธิภาพการกำจัดของแฉ่งแวนลอย (ร้อยละ)
		น้ำเข้า	น้ำออก	
1	20	66.4	16.8	72.5
2	50	70.8	18.4	73.9
3	100	89.2	22.8	66.6

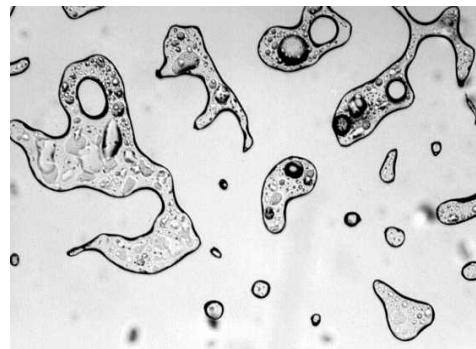
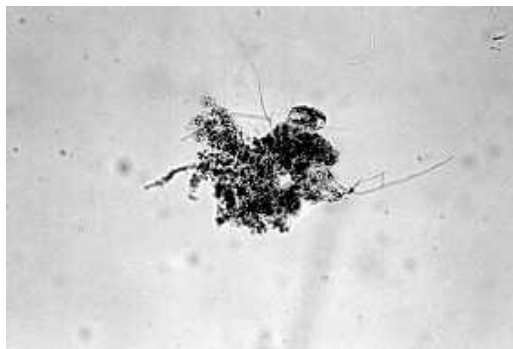


รูปที่ 4.25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของแข็งแขวนลอยและประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยต่ออัตราการเวียนสารกรอง ที่ภาระบรรทุกทางชลศาสตร์เท่ากับ 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

4.8 ลักษณะของจุลินทรีย์ที่พบในระบบ

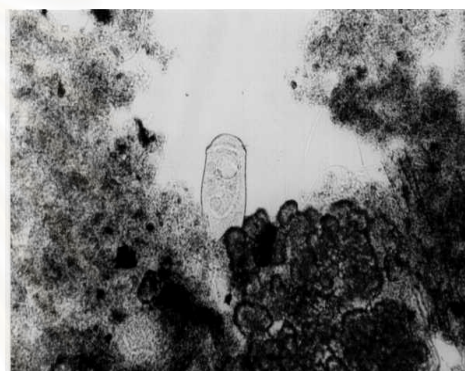
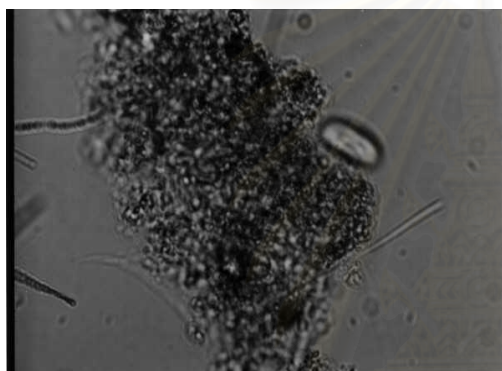
ในการทดลองครั้งนี้ได้แบ่งการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ที่พบในระบบออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกวิเคราะห์จากน้ำเสียภายในระบบ และอีกส่วนหนึ่งวิเคราะห์จากตัวอย่างตัวกลางสารกรองภายในถังกรอง

ในกรณีที่วิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์จากน้ำเสียภายในถังกรองโดยตรวจดูเชื้อจุลินทรีย์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าจุลินทรีย์ในถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่มีลักษณะเหมือนกับที่เกิดขึ้นในระบบตะกอนเร่ง ระบบทรिकลิ่งฟิลเตอร์ และอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากภายในถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่จะประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีลักษณะแขวนลอยและจุลินทรีย์ที่เกาะยึดกับตัวกลางสารกรอง ซึ่งในการทดลองครั้งนี้จุลินทรีย์ตัวหลักที่สำคัญคือแบคทีเรีย ได้แก่ แบคทีเรียที่มีรูปร่างแบบแท่ง (Rods) รูปร่างกลมหรือรี (Cocci) และรูปร่างเป็นเกลียว (Spirillae) ปะปนอยู่ด้วย นอกจากนี้ยังพบจุลินทรีย์ที่เป็นเมือก (Slime Bacteria) กลุ่มโปรโตซัวที่เคลื่อนที่แบบอิสระ (Free Swimming Ciliates) จุลินทรีย์แบบกึ่งก้าน (Stalked Ciliates) โปรโตซัวพวก sarcodina เป็นพวกที่เคลื่อนที่โดยการไหลเวียนของ cytoplasm ภายในเซลล์ โดย cytoplasm ขึ้นออกไปเป็นเท้าเทียม (pseudopodium) และ โปรโตซัวพวก flagellates เป็นพวกที่เคลื่อนที่โดยใช้แฟลเจลลัมโบกไปมาทำให้หมุนตัวเคลื่อนที่ไปได้ ดังแสดงในภาพที่ 4.1



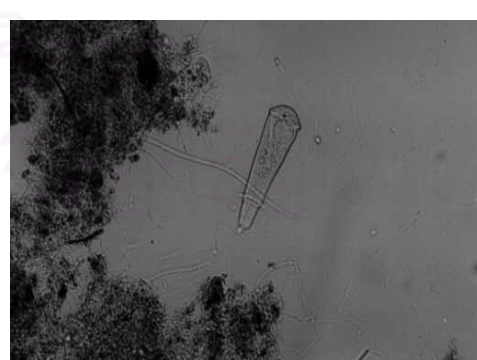
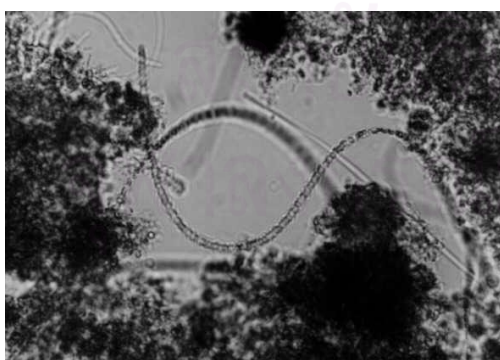
๙) แบคทีเรียที่เป็นเมือก (จาก
กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 20 เท่า)

๖) โปรโตซัว (จากกล้องจุลทรรศน์
กำลังขยาย 60 เท่า)



ค) แบคทีเรียที่เป็นเมือกและโปรโตซัว
(จากกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย
40 เท่า)

๗) แบคทีเรียที่เป็นเมือกและโปรโตซัว
(จากกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย
60 เท่า)



๑) แบคทีเรียชนิดเส้นใย (จาก
กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 60

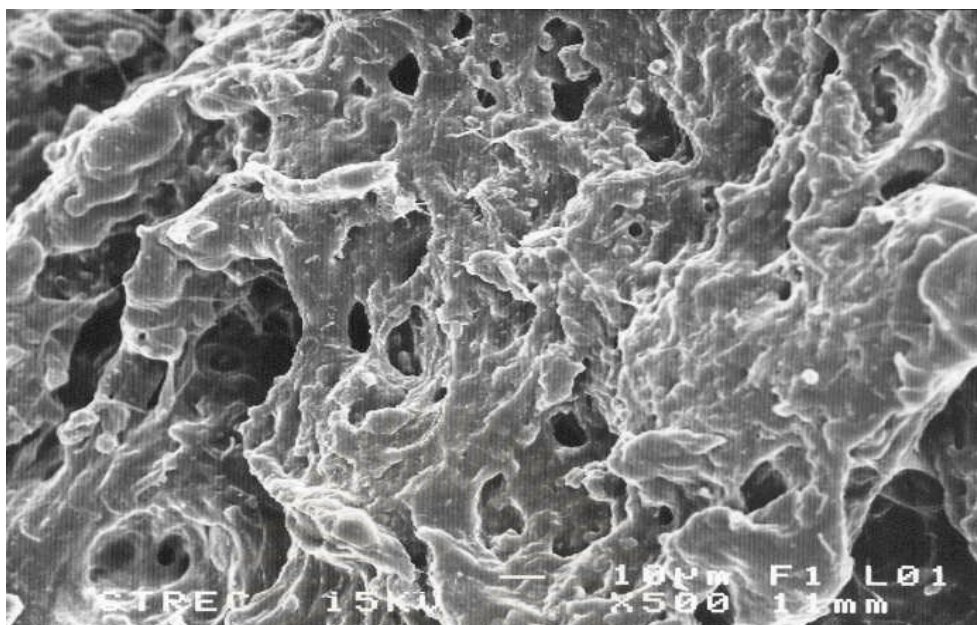
๘) โปรโตซัว (จากกล้องจุลทรรศน์
กำลังขยาย 60 เท่า)

ภาพที่ 4.1 แสดงลักษณะเชื้อจุลินทรีย์แขวนลอยต่างๆ ที่พบในถังกรอง

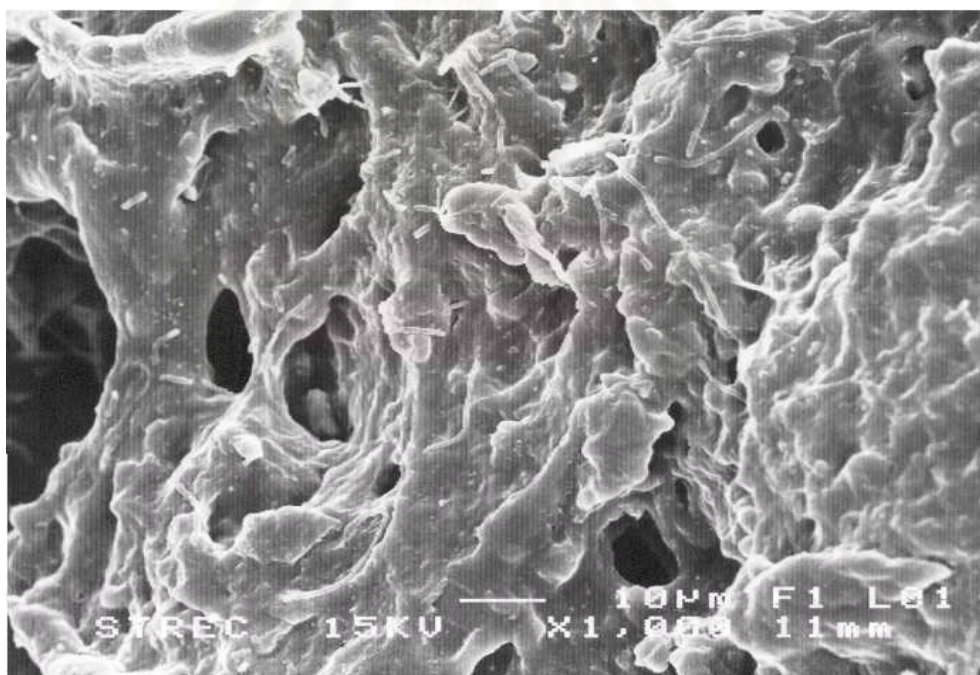
ส่วนการทดลองนำตัวอย่างตัวกลางสารกรองภายในถังกรองมาวิเคราะห์โดยวิธี SEM (Scanning Electron Microscope) กระทำโดยนำตัวอย่างตัวกลางสารกรองที่สะอาดมาวิเคราะห์พบว่าลักษณะของพื้นผิวที่มีความขรุขระซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสำหรับให้จุลินทรีย์มาเกาะยึดเป็นฟิล์มชีวภาพอยู่ที่ผิว รายละเอียดแสดงดังภาพที่ 4.2 ส่วนตัวอย่างตัวกลางสารกรองภายในถังกรอง เมื่อวิเคราะห์โดยวิธีดังกล่าวพบว่าจุลินทรีย์หลักที่สำคัญคือแบคทีเรีย ได้แก่ แบคทีเรียที่มีรูปร่างแบบแท่ง (Rods) รูปร่างกลมหรือรี (Cocci) จุลินทรีย์ที่เป็นเมือก (Slime Bacteria) จุลินทรีย์ที่เป็นเส้นใย (Filamentous Bacteria) โดยแบคทีเรียดังกล่าวจะยึดเกาะอยู่บนพื้นผิวของตัวกลางสารกรอง นอกจากนี้ยังพบกลุ่มโปรโตซัว เช่น ไดอะตอม (Diatom) รายละเอียดแสดงดังภาพที่ 4.3 ซึ่งจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่บนพื้นผิวนี้น่าทำหน้าที่ช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียและเจริญเติบโตสร้างเซลล์ใหม่ขึ้นมา

นอกจากนี้ในการทดลองผู้วิจัยได้นำตัวอย่างตัวกลางสารกรองภายในถังกรองมาเคาะเซลล์จุลินทรีย์ออกโดยใช้ Ultrasonic Probe แล้วนำเชื้อจุลินทรีย์มาตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่าจุลินทรีย์ที่พบเป็นจุลินทรีย์กลุ่มเดียวกันกับที่พบในน้ำเสียภายในถังกรอง

จากการสังเกตทั่วไป พบว่าภายในถังกรองมีหนอนตัวกลม ได้แก่ หนอนแดง และมีหนอนตัวแบน ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ชั้นสูงปะปนอยู่ด้วย



ก) ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน กำลังขยาย 500

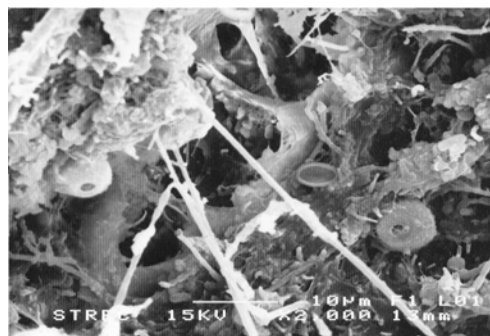


ข) ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน กำลังขยาย 1000

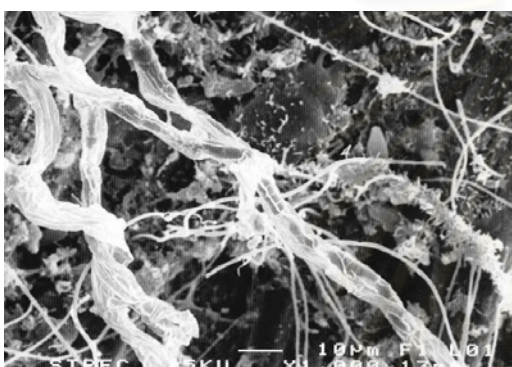
ภาพที่ 4.2 แสดงลักษณะพื้นผิวของตัวกลางสารกรองที่ไม่มีจุลินทรีย์เกาะอยู่บนผิว



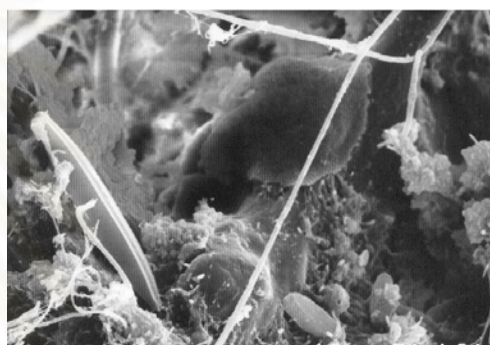
๖) แบคทีเรียที่มีรูปร่างกลม (จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน กำลังขยาย 2000 เท่า)



๗) แบคทีเรียชนิดเส้นใย (จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน กำลังขยาย 2000 เท่า)



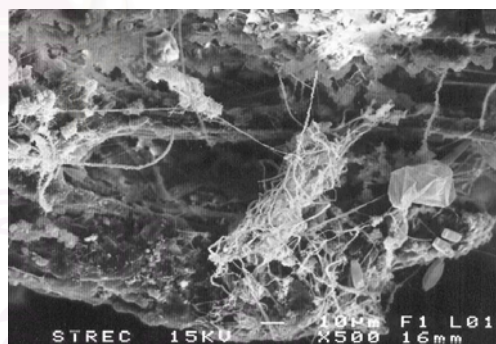
๗) แบคทีเรียชนิดเส้นใย (จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน กำลังขยาย 1000 เท่า)



๘) ไดอะตอม (จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน กำลังขยาย 1500 เท่า)



๗) แบคทีเรียที่เป็นเมือก (จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน กำลังขยาย 1800 เท่า)



๗) แบคทีเรียที่เป็นเมือก (จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน กำลังขยาย 500 เท่า)

ภาพที่ 4.3 แสดงลักษณะพื้นผิวของตัวกลางสารกรองที่มีจุลินทรีย์เกาะยึด และลักษณะเชื้อจุลินทรีย์ที่เกาะยึดบนพื้นผิวของตัวกลางสารกรองในถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่

4.9 อัตราการทิ้งของแข็ง (observed yield)

ค่าอัตราการทิ้งของแข็งจะทำให้สามารถคาดคะเนของแข็งที่ต้องถูกกำจัดเมื่อระบบบำบัดระบบรรทุกสารอินทรีย์ที่ค่าต่างๆ ทำให้สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบหน่วยระบบกำจัดตะกอนของแข็งที่เกิดขึ้นต่อไป จากผลการทดลองทั้ง 7 ชุดการทดลอง เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทิ้งของแข็งกับค่าการระบบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.19 สามารถสรุปได้ว่าอัตราการทิ้งของแข็งของระบบถังกรองชีวภาพมีค่าระหว่าง 0.30 ถึง 0.65 กก.เอสเอส/กก.ชีโอดีทั้งหมดที่ถูกกำจัด ค่าอัตราการทิ้งของแข็งจะมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อระบบบำบัดระบบรรทุกทางชลศาสตร์เท่ากัน เช่น ในการทดลองที่ 1-3 ระบบบำบัดระบบรรทุกทางชลศาสตร์ 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. จะให้ค่าอัตราการทิ้งของแข็งเท่ากับ 0.30 0.30 และ 0.41 กก.เอสเอส/กก.ชีโอดีทั้งหมดที่ถูกกำจัด ตามลำดับ

4.10 ค่าอายุตะกอน (Sludge Age)

การหาค่าอายุตะกอน สามารถหาได้จากค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณของจุลินทรีย์ที่สะสมในระบบต่อปริมาณจุลินทรีย์ที่ถูกทิ้งออกจากระบบ ดังแสดงในตารางที่ 4.19 จากผลการทดลองทุกชุดการทดลอง อาจกล่าวได้ว่าเมื่ออัตราการเวียนล้างสารกรองเพิ่มขึ้นทำให้แนวโน้มของอายุตะกอนลดลง เช่น ชุดการทดลองที่ 1 2 และ 3 มีค่าอัตราการเวียนล้างสารกรองเท่ากับ 20 50 และ 100% ของปริมาตรสารกรองในระบบทั้งหมดต่อวัน และมีค่าการระบบรรทุกทางชลศาสตร์เท่ากัน จะให้ค่าอายุตะกอนเท่ากับ 5.85 5.81 และ 4.52 วัน ตามลำดับ และมีความสอดคล้องกับผลการทดลองที่เปรียบเทียบกันกับ ชุดการทดลองที่ 6 และ 7 คือเมื่ออัตราการเวียนล้างสารกรองเพิ่มขึ้นทำให้อายุตะกอนลดลงด้วย ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากเมื่ออัตราเวียนล้างสารกรองมากขึ้นทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ที่ทิ้งออกจากระบบมากขึ้นด้วย ในขณะที่แต่ละชุดการทดลองที่มีค่าการระบบรรทุกทางชลศาสตร์เท่ากัน พบว่าของแข็งแขวนลอยในระบบมีค่าใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อการระบบรรทุกทางชลศาสตร์ลดลงมีผลทำให้อายุตะกอนเพิ่มขึ้น เช่น เมื่อเปรียบเทียบชุดการทดลองที่ 3 5 และ 6 ซึ่งมีค่าอัตราการเวียนล้างสารกรองที่ 100% และมีการแปรค่าการระบบรรทุกเท่ากับ 3.0 2.0 และ 0.5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. มีค่าอายุตะกอนเท่ากับ 4.52 6.86 และ 17.11 วัน ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากทุกชุดการทดลองดังกล่าวมีค่าของแข็งแขวนลอยที่ทิ้งออกจากระบบต่อวันลดลงเมื่อการระบบรรทุกทางชลศาสตร์ลดลงในขณะที่ ของแข็งแขวนลอยที่สะสมในระบบไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก และเมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนกลับอายุตะกอน($1/\theta_c$) กับอัตรา

การใช้สารอาหารเทียบกับมวลจุลินทรีย์ทั้งหมดในถังกรอง(U) สามารถหาค่ายิลด์ได้จากความชันของเส้นกราฟ ดังสมการ

$$\frac{1}{\theta_c} = YU - K_d$$

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าอัตราการทิ้งของแข็งต่อการกำจัดชีโอดีของทุกชุดการทดลอง

ชุดการทดลองที่	1	2	3	4	5	6	7
ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ (ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.)	3			2		0.5	
ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ (กก.ชีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	4.98	5.81	5.11	3.43	4.47	0.68	0.70
อัตราการหมุนเวียนลี้ยงตัวกลาง (%ของสารกรองทั้งหมด/วัน)	20	50	100	50	100	100	50
ของแข็งแขวนลอยน้ำทิ้ง (มก./ล.)	16.8	18.4	22.8	29.2	27.6	26.4	29.6
ปริมาณน้ำทิ้ง (ล./วัน)	32400			21600		5400	
ของแข็งแขวนลอยน้ำทิ้ง (ก./วัน)	544	596	739	631	596	143	160
ของแข็งแขวนลอยน้ำล้าง (มก./ล.)	52.4	78	90.2	81.6	87.6	48.4	74.8
ปริมาณน้ำล้าง (ล./วัน)	3600			2400		600	
ของแข็งแขวนลอยน้ำล้าง (ก./วัน)	189	281	325	196	210	29	45
ของแข็งแขวนลอยทิ้ง (กก./วัน)	0.73	0.88	1.06	0.83	0.81	0.17	0.20
สารอาหารที่ใช้ไป (กก.ชีโอดีทั้งหมดที่ถูกกำจัดต่อวัน)	2.44	2.97	2.62	1.80	2.59	0.38	0.31
อัตราการทิ้งของแข็ง ต่อการกำจัดชีโอดี (กก.เอสเอส/กก.ชีโอดีทั้งหมดที่ ถูกกำจัด)	0.30	0.30	0.41	0.46	0.31	0.45	0.65

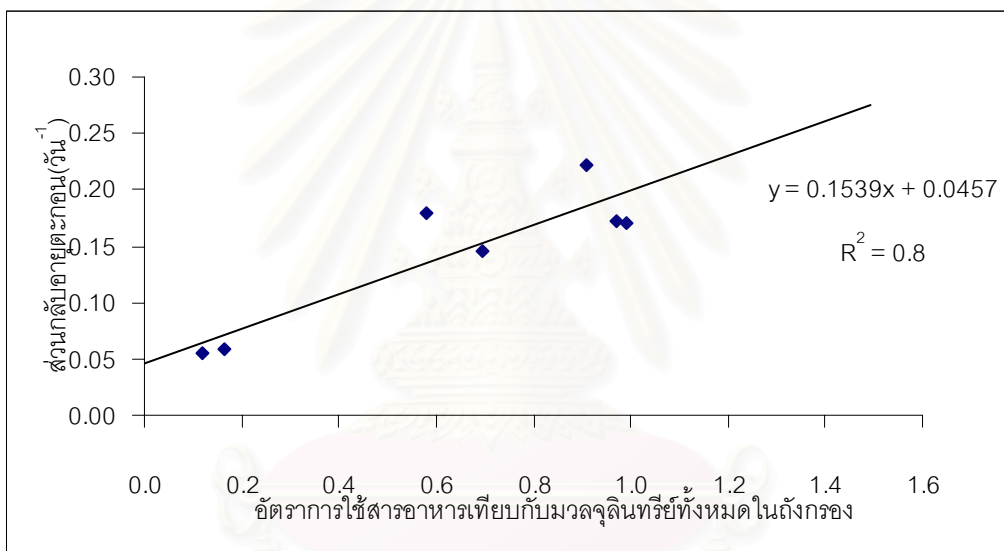
ตารางที่ 4.20 แสดงการคำนวณหาค่าอายุตะกอนของทุกชุดการทดลอง

ชุดการทดลองที่	1	2	3	4	5	6	7
ภาวะบรรทุทางชลศาสตร์ (ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.)	3			2		0.5	
ภาวะบรรทุสารอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	4.98	5.81	5.11	3.43	4.47	0.68	0.70
อัตราการหมุนเวียนสิ่งแวดล้อม (%ของสารกรองทั้งหมด/วัน)	20	50	100	50	100	100	50
ปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำออก (มก./ล.)	10.08	11.04	13.68	20.44	19.32	21.12	20.72
ปริมาณน้ำออก (ล./วัน)	32400			21600		5400	
ปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำออก (กก./วัน)	0.33	0.36	0.44	0.44	0.42	0.11	0.11
ปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำล้าง (มก./ล.)	26.20	46.80	54.12	48.96	52.56	33.88	52.36
ปริมาณน้ำล้าง (ล./วัน)	3600			2400		600	
ปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำล้าง (กก./วัน)	0.09	0.17	0.20	0.12	0.13	0.02	0.031
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (กก./วัน)	0.42	0.53	0.64	0.56	0.54	0.13	0.14
ปริมาณจุลินทรีย์ในระบบ (กก.)	2.46	3.06	2.88	3.12	3.73	2.30	2.62
อายุตะกอน(วัน)	5.85	5.81	4.52	5.59	6.86	17.11	18.31

4.11 การหาค่ายิลด์ (Yield)

เมื่อนำข้อมูลผลที่ได้จากการทดลองมาศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนกลับอายุตะกอน ($1/\theta_c$) กับอัตราการใช้สารอาหารเทียบกับมวลจุลินทรีย์ทั้งหมดในถังกรอง(U) สามารถหาค่ายิลด์ได้จากความชันของเส้นกราฟ ดังสมการ

$$\frac{1}{\theta_c} = YU - K_d$$



รูปที่ 4.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนกลับอายุตะกอน($1/\theta_c$) กับอัตราการใช้สารอาหารเทียบกับมวลจุลินทรีย์ทั้งหมดในถังกรอง(U)

จากค่าความชันของเส้นกราฟที่ได้จากการทดลองพบว่า ค่ายิลด์(Y) เท่ากับ 0.15 มก.วีเอสเอส/มก.ซีโอดีทั้งหมด แต่ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการสลายตัว(K_d) หาได้ค่าติดลบ เนื่องจากปริมาณจุลินทรีย์ที่ถูกกำจัดออกจากระบบไม่ได้เกิดจากระบวนการทางชีวเคมีเพียงอย่างเดียวแต่มีผลจากกลไกการกรองร่วมด้วย ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงไม่สามารถสรุปค่าคงที่ทางจลนศาสตร์ของกระบวนการ

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษากาใช้ถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่เพื่อบำบัดน้ำเสียชุมชน ได้ข้อสรุปดังนี้

1. ระบบถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่ที่สามารถใช้บำบัดน้ำเสียทางชีวภาพได้จริง มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีกรองโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 65-75 การบำบัดน้ำเสียสามารถบำบัดอย่างต่อเนื่องไม่ต้องหยุดพักระบบ
2. ระบบสามารถผลิตน้ำทิ้งที่มีคุณภาพดีมีค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำออกโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 16.8-29.6 มก./ล. ซึ่งค่าดังกล่าวมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 30 มก./ล. ทำให้ไม่ต้องมีถังตกตะกอนชั้นที่สอง
3. ระบบถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่มีอัตราการทิ้งของแข็งประมาณ 0.30 ถึง 0.65 กก. เอสเอส/กก.ซีโอดีที่ถูกกำจัด
4. เพื่อประหยัดพลังงาน ถังกรองสามารถควบคุมอัตราการหมุนเวียนสารกรองที่ร้อยละ 20 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน ที่ภาระบรรทุกทางชลศาสตร์เท่ากับ 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ซีโอดีทั้งหมดในน้ำเข้า 103.7 มก./ล. จะได้ค่าซีโอดีกรองในน้ำทิ้ง 35.8 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีกรองร้อยละ 65.5 ตะกอนแขวนลอยน้ำทิ้ง 16.8 มก./ล. น้ำทิ้งใสไม่ต้องมีถังตกตะกอน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เลือกใช้ตัวกลางชนิดอื่นที่เหมาะสมกว่า เช่น ให้มีขนาดเล็กกว่า
2. ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดตะกอนแขวนลอยของชั้นวัสดุกรอง

- เปลี่ยนแหล่งน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง จากเดิมใช้น้ำเสียจากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา ซึ่งมีระบบรวบรวมน้ำเสียเป็นแบบท่อรวม (combined sewer system) เป็นใช้น้ำเสียที่รับน้ำเสียจากระบบรวบรวมน้ำเสียเป็นแบบท่อแยก (separated sewer system) ทั้งนี้เพื่อลดผลกระทบที่เกิดจากความแปรปรวนของภาระบรรทุกสารอินทรีย์ นอกจากนี้ควรเลือกใช้แหล่งน้ำเสียที่มีค่าซีโอดีสูงกวานี้ และระบบบำบัดน้ำเสียขั้นต้น ควรมีถังตกตะกอนเบื้องต้น (primary sedimentation)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กิตติ โสภณภักดิ์. “การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานสุราโดยขบวนการอาร์บิซีที่มีการหมุนเวียนน้ำทิ้ง”
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2524.
- จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม. “ปัญหาผลกระทบของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม
ในประเทศไทย” รายงานการสัมมนาทางวิชาการ โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
2530.
- พิพัฒน์ ฐิธิปัญญาคุณ. “การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำทิ้งของไบโอดีส์
และสับเมอเจอร์” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2523.
- มันสิน ตันฑุลวศม์. วิศวกรรมการประปา เล่ม 2 ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527.
- รัชพล สุทธาโรจน์. “การศึกษาการกำจัดในโตรเจนด้วยถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่และ
ถังปฏิกรณ์ชนิดฟลูอิดไดซ์เบด” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรม
สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.
- วีระพันธ์ วัฒนวิระเดช. “การศึกษาถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่เพื่อบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ”
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.
- ศุภมิตร จันทรคำอ้าย. “การกำจัดน้ำเสียที่มีพีเอชต่ำโดยไบโอดรัม” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2533.
- สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย พิมพ์ครั้งที่ 3 โรงพิมพ์เรือนแก้ว
การพิมพ์, 2540.
- สิทธิชัย เชื้อยยืนยง. “การศึกษากิจกรรมวิธี แอร์เรตต์ ซับเมอร์จค์ ฟิลเตอร์” วิทยานิพนธ์ปริญญา
โทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
2529.
- สุเมธ ชวเดช. “ลักษณะสมบัติเมือกจุลินทรีย์”, การสัมมนาวิชาการระดับชาติเทคโนโลยีน้ำและ
น้ำเสีย (รศ.ดร. ชงชัย พรณสวัสดิ์). คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
2530.

ภาษาอังกฤษ

- Andreottola, G., Foladori, P., Ragazzi, M. and Tatano, F. "Experimental Comparison between MBBR and Activated sludge System for Treatment of Municipal Wastewater". Water Science and Technology Vol.41, No.4-5 (2000) : 375-382.
- Amar, D. et al. "The Use of an Upflow Fixed Bed Reactor for Treatment of a Primary Settled Domestic Sewage". Water Reserch Vol.20, No.1 (1986) : 9-14.
- Arvin, E. and HarremÖes, P. "Concepts and Model for Biofilm Reactor Performance". Water Science and Technology Vol.22, No.1/2 (1990) : 171-192.
- Bjorn Rusten, "Wastewater Treatment with Aerated Submerged Biological Filters". Journal WPCF Vol.56, No.5 (1984) : 424-439.
- Boller, M., Gujer, W. and Tschui, M. "Parameters Affecting Nitrifying Biofilm Reactors". Water Science and Technology Vol.29, No.10-11 (1994) : 1-12.
- Canler, J.P. and Perret J.M. "Biological Aerated Filters : Assessment of the Process Based on 12 Sewage Treatment Plants". Water Science and Technology Vol.29, No.10-11 (1994) : 13-22.
- Carl L. Hamann and Rose E. McKinney "Upflow Filtration Process". Journal AWWA (Sep.1968) : 1023-1031.
- Carrand, G. et al. "Elimination of Carbonaceous and Nitrogenous Pollutants by a Twin-stage Fixed Growth Process". Water Science and Technology Vol.22, No.1/2 (1990) : 261-272.
- Craft, T.F. "Review of Rapid Sand Filtration Theory". Journal AWWA 58 (April.1966) : 428-439.
- Degrémont. Water Treatment Handbook. Volume 2. Sixth Edition.(n.p.) : 1991.
- Deront, M., Samb, M.F., Adler, N. และ Peringer, P. "Volumetric oxygen mass transfer coefficient in an Upflow Cocurrent Packed-bed Bioreactor". Chemical Engineering Science Vol.53, No.7 (1998) : 1321-1330.
- Dillon,G.R. and Thomas, V.K. "A Pilot-Scale Evaluation of the Biocarbone Process for the Treatment of Settled Sewage and for Tertiary Nitrification of Secondary Effluent". Water Science and Technology Vol.22, No.3 (1990) : 305-316.
- Eckenfelder, W.W. and Ford, d.l. Experimental Procedures for Process Design. Austin and New York : the Demberton press jenkins, 1970.

- EPA-Environmental Protection Agency Technology Transfer. "Wastewater Filtration-Design Considerations", Environmental Protection Technology Series. Environmental Protection Agency, USA., 1974.
- Frank J. Castaldi, Joseph F. Malina, JR. "Velocity-Dependent Reaction Rates in a Slime Reactor" Journal WPCF Vol.54, No.3 (1982) : 261-269.
- Frank Rogalla, and Marie-Marguerite Bourbigot, "New Developments in Complete Nitrogen Removal with Biological Aerated Filters" Water Science and Technology Vol.22, No.1/2 (1990) : 273-280.
- Ho Hsia - Yuan, "Petroleum Toxic Waste Treatment with a Caged RBC-PBSS Baffle Reactor". Master's Thesis, Department of Environmental Engineering, AIT, 1991.
- Kornegay, B.H. and Andrews, J.F. "Kinetics of Fixed-Film Biological Reactors". Journal WPCF Vol.40, No.11 (1968) : R460-R468.
- Metcalf and Eddy. Wastewater Engineering : Treatment Disposal Reuse. 2 nd Edition, New Delhi : TATA McGraw-Hill, 1991.
- Mohamed F. Hamoda and Hamed A. Al-Sharekh "Sugar Wastewater Treatment with Aerated Fixed-Film Biological Systems". Water Science and Technology Vol.40, No.1 (1999) : 313-321.
- Moniruzzaman Chowdhury, "Petroleum Waste Biodegradation with Porous Biomass Support System (PBSS) on a Rotating Biological Contactor". Master's Thesis, Department of Environmental Engineering, AIT, 1990.
- Okubo, Y., Itoh, T. and Miki, K. "Development of a New Domestic Wastewater Treatment System Using an Upflow Filter for Raw Wastewater". Water Pollution Research and Control, (1990) : 299-302.
- Pujol, R., Canler, J.P. and Iwema, A. "Biological Aerated Filters : An Attractive and Alternative Biological Process". Water Science and Technology Vol.26, No.3-4 (1992) : 693-702.
- Pujol, R., Canler, J.P., Vachon, A. and Vidou,P. "Biological Aerated Filters : An Adapted Biological Process for Wastewater from Coastal Areas". Water Science and Technology Vol.25, No.12 (1992) : 175-184.
- Pujol, R., Hamon, M., Kandel,X. et al. "Biofilters : Flexible, Reliable Biological reactor". Water Science and Technology Vol.29, No.10-11 (1994) : 33-38.

- Rogalla, F. and Bourbigot, M. "New Developments in Complete Nitrogen Removal with Biological Aerated Filters" Water Science and Technology Vol.22, No.1/2 (1990) : 273-280.
- Ruffer, H. and Rosenwinkel, K.H. "The Use of Biological for Further Wastewater Treatment" Water Science and Technology Vol.16, No. (1984) : 241-260.
- Rovel, J.M., Trudel, J.P., Lavallée, P. et al. "Paper Mill Effluent Treatment Using Biofiltration". Water Science and Technology Vol.29, No.10-11 (1994) : 804.
- Smit, P. "Upflow Filter". Journal AWWA 55 (Jun.1963) : 804.
- Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, (1995), APHA-AWWA-WPCF. 18th Ed.
- Stensel, H.D., Brenner, R.C., Lee, K.M., Meller, H. and Rakness, K. "Biological Aerated Filter Evaluation". Journal of Environmental Engineering Vol.114, No.3 (1988) : 655-671.
- Vedry, B., Paffoni, C., Gousailles, M. et al. "First Months Operation of Two Biofilter Prototypes in the Wastewater Plant of Acheres". Water Science and Technology Vol.29, No.10-11 (1994) : 39-46.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก.
วิธีคำนวณคุณสมบัติของตัวกลาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีคำนวณคุณสมบัติของตัวกลาง

การหาช่องว่างในชั้นตัวกลางสารกรอง

ปริมาตรของน้ำเหนือชั้นกรอง	= 590	ลิตร
ปริมาตรของน้ำในชั้นกรอง	= 410	ลิตร
ดังนั้น ปริมาตรของน้ำทั้งหมดในถังกรอง	= 1000	ลิตร
ปริมาตรของตัวกลางสารกรอง	= 750	ลิตร
ชั้นสารกรองมีอัตราส่วนช่องว่าง	= $410 \times 100 / 750$	
	= 55 %	

ระยะเวลาสัมผัสน้ำเสีย

ภาวะบรรจุทุกทางน้ำ (ม./ชม.)	อัตราการไหลของน้ำ (ลบ.ม./ชม.)	ระยะเวลาสัมผัสน้ำเสีย (นาที)
0.5	0.25	97.6
2	1.0	24.6
3	1.5	16.4

การหาพื้นที่ผิวของตัวกลางสารกรองโดยการคำนวณ

ตัวกลางสารกรองที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ทำจากพีวีซี (PVC) ซึ่งมีรูปร่างเป็นรูปทรงกระบอกกลวง ดังนั้นการหาพื้นที่ผิวของตัวกลางสารกรองจึงคำนวณโดยใช้สูตรคำนวณหาพื้นที่ผิวของทรงกระบอกกลวง จึงได้วัดค่าเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (I.D.) เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (O.D.) และความสูง (H) ของตัวกลางสารกรองแต่ละเม็ด จำนวน 1 ลิตร แล้วนำผลที่ได้จากการวัดมาคำนวณหาพื้นที่ผิวของตัวกลางสารกรอง จากสูตร

$$\text{พื้นที่ผิวของตัวกลางสารกรอง} = \Pi (\text{O.D.}) H + \Pi (\text{I.D.}) H + (\Pi /2)\{ (\text{O.D.})^2 - (\text{I.D.})^2 \}$$

รายละเอียดผลการวัดค่ามิติต่างๆ ของตัวกลางสารกรอง และการคำนวณหาพื้นที่ผิวสำหรับตัวกลางสารกรอง สามารถสรุปได้ดังนี้

มิติต่างๆ ที่วัด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนข้อมูล
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (มม.)	3.92	0.43	3866
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (มม.)	6.98	0.74	3866
ความสูง (มม.)	3.49	0.33	3866
พื้นที่ผิว (มม.)	172.62	28.07	3866

ตัวกลางสารกรอง 1 ลิตร มีจำนวนตัวกลางสารกรอง 3,866 เม็ด

ผลรวมของพื้นที่ผิวของตัวกลางสารกรอง จำนวน 3,866 เม็ด เท่ากับ 667,368 ตร.มม.

ดังนั้นพื้นที่ผิวจำเพาะของตัวกลางสารกรองที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เท่ากับ 667 ตร.ม. / ลบ.ม.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ข
ตารางแสดงข้อมูลผลการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 1.1 ค่าซีโอดีที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 20 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ซีโอดี (COD) , มก./ล.																
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.		PORT 1		PORT 2		PORT 3		EFF.		WW.		% removal	
			Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.		
1	04/11/43	2	52.3	36.2							36.2	28.1	40.2	32.2	30.8	46.2
2	06/11/43	4	40.2	28.1							27.2	24.1	92.5	20.1	32.4	40.0
3	08/11/43	6	34.6	18.1							38.4	26.9	46.1	30.7	0.0	22.2
4	13/11/43	11	83.8	45.7							53.3	34.3	137.1	38.1	36.4	59.1
5	15/11/43	13	57.6	43.2							50.4	28.8	100.8	28.8	12.5	50.0
6	17/11/43	15	61.4	30.7							46.1	23.0	161.3	23.0	25.0	62.5
7	20/11/43	18	73.4	40.8							57.1	32.6	89.8	24.5	22.2	55.6
8	22/11/43	20	77.4	62.0							69.7	54.2	147.1	46.5	10.0	30.0
9	24/11/43	22	66.2	29.4							29.4	22.1	51.5	22.1	55.6	66.7
10	27/11/43	25	84.5	42.2							56.3	21.1	126.7	35.2	33.3	75.0
11	02/12/43	30	64.8	43.2							50.4	36.0	172.8	28.8	22.2	44.4
12	10/12/43	38	50.4	28.8							21.6	14.4	64.8	14.4	57.1	71.4
13	16/12/43	44	27.5	27.5							13.8	7.9	55.0	23.4	50.0	71.4
14	19/12/43	47	61.9	34.4	75.7	41.3	48.2	41.3	55.0	41.3	41.3	34.4	68.8	27.5	33.3	44.4
15	23/12/43	51	68.8	34.4	41.3	20.6	45.2	34.4	34.4	20.6	48.2	34.4	75.7	27.5	30.0	50.0
16	25/12/43	53	61.9	34.4	68.8	41.3	55.0	34.4	55.0	34.4	48.2	34.4	75.7	34.4	22.2	44.4
17	28/12/43	56	55.0	34.4	75.7	34.4	41.3	34.4	48.2	20.6	41.3	34.4	68.8	27.5	25.0	37.5
18	30/12/43	58	89.4	55.0	82.6	55.0	96.3	55.0	61.9	55.0	61.9	41.3	75.7	68.8	30.8	53.8
19	1/01/44	60	41.3	20.6	27.5	20.6	6.9	6.9	13.8	6.9	20.6	13.8	34.4	27.5	50.0	66.7
20	3/01/44	62	103.2	61.9	61.9	41.3	48.2	48.2	48.2	27.5	68.8	48.2	75.7	50.2	33.3	53.3
21	8/01/44	67	80.0	56.0	72.0	40.0	56.0	48.0	80.0	48.5	56.0	32.0	64.0	48.0	30.0	60.0
22	10/01/44	69	92.2	38.4	76.8	38.4	46.1	30.7	46.1	42.3	46.1	23.0	69.1	30.7	50.0	75.0
23	16/01/44	75	130.5	46.1	99.8	69.1	69.1	61.4	84.5	44.2	69.1	38.2	138.2	42.2	47.0	70.7
24	19/01/44	78	112.8	52.6	67.7	37.6	45.1	37.6	22.6	37.6	45.1	37.6	105.3	52.6	60.0	66.7
Average			103.7	51.0	75.6	45.3	52.9	45.2	56.3	40.0	57.0	35.8	90.5	44.8	44.1	65.1
St. Dev.			19.3	9.1	14.6	13.4	10.0	11.7	25.8	8.0	11.7	9.2	31.1	8.7	12.4	8.6

ตารางที่ ข 1.2 ค่าบีโอดีที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุทุกทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ชม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 20 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า บีโอดี (BOD ₅) , มก./ล.					
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	EFF.	% BOD ₅ removal
1	8/01/44	67	46.8	20.4	56.4
2	10/01/44	69	35.1	14.7	58.1
3	16/01/44	75	58.8	20.6	65.1
4	19/01/44	78	40.8	23.4	42.6
Average			45.4	19.8	55.6
St. Dev.			10.1	3.6	9.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 1.3 ค่าของแข็งแขวนลอย, ของแข็งแขวนลอยระเหยที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางคลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนด้านล่างตัวกลาง = ร้อยละ 20 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ของแข็งแขวนลอย (SS) และ ค่า ของแข็งแขวนลอยระเหย (VSS) , มก./ล.												
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.			EFF.			WW.			% removal
			SS	VSS	VSS/SS	SS	VSS	VSS/SS	SS	VSS	VSS/SS	
1	04/11/43	2	20	9	0.45	16	6	0.38	66	40	0.61	20.0
2	06/11/43	4	16	8	0.50	12	8	0.67	154	6	0.04	25.0
3	08/11/43	6	14	12	0.86	14	8	0.57	24	18	0.75	0.0
4	13/11/43	11	58	34	0.59	30	18	0.60	192	74	0.39	48.3
5	15/11/43	13	40	26	0.65	22	18	0.82	168	76	0.45	45.0
6	17/11/43	15	28	14	0.50	20	14	0.70	188	96	0.51	28.6
7	20/11/43	18	32	22	0.69	26	14	0.54	80	44	0.55	18.8
8	22/11/43	20	60	34	0.57	50	30	0.60	100	52	0.52	16.7
9	24/11/43	22	38	26	0.68	28	12	0.43	30	20	0.67	26.3
10	27/11/43	25	62	32	0.52	20	12	0.60	132	60	0.45	67.7
11	02/12/43	30	28	12	0.43	20	16	0.80	152	76	0.50	28.6
12	10/12/43	38	92	30	0.33	12	8	0.67	36	24	0.67	87.0
13	16/12/43	44	28	18	0.64	18	14	0.78	56	32	0.57	35.7
14	19/12/43	47	30	20	0.67	12	8	0.67	52	28	0.54	60.0
15	23/12/43	51	32	12	0.38	18	12	0.67	62	34	0.55	43.8
16	25/12/43	53	28	16	0.57	18	12	0.67	44	22	0.50	35.7
17	28/12/43	56	52	30	0.58	20	20	1.00	62	36	0.58	61.5
18	30/12/43	58	58	34	0.59	22	14	0.64	60	36	0.60	62.1
19	1/01/44	60	46	30	0.65	14	12	0.86	30	20	0.67	69.6
20	3/01/44	62	50	24	0.48	18	10	0.56	38	20	0.53	64.0
21	8/01/44	67	38	24	0.63	12	10	0.83	49	25	0.51	68.4
22	10/01/44	69	84	32	0.38	20	6	0.30	58	32	0.55	76.2
23	16/01/44	75	104	66	0.63	18	12	0.67	62	32	0.52	82.7
24	19/01/44	78	56	38	0.68	16	8	0.50	55	28	0.51	71.4
Average			66.4	36.8	0.6	16.8	9.2	0.6	52.4	27.4	0.5	72.5
St. Dev.			27.0	17.4	0.1	3.0	2.3	0.2	9.3	5.1	0.0	7.2

ตารางที่ ข 1.4 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 20 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า แอมโมเนียไนโตรเจน (NH ₃ -N) , มก./ล.											
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.		PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.		WW.	
			Tot.	Sol.	Sol.	Sol.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.
1	19/12/43	47	8.87	6.72	7.28	7.28	7.84	7.60	6.96	10.32	7.61
2	23/12/43	51	10.82	9.08	9.37	9.81	9.66	11.12	10.10	12.65	9.81
3	25/12/43	53	11.11	8.49	9.66	9.96	9.96	10.70	9.62	10.12	8.28
4	28/12/43	56	12.13	8.79	9.96	9.96	9.96	11.80	9.79	12.75	9.39
5	30/12/43	58	11.67	9.04	8.73	9.35	9.35	11.05	9.72	12.46	9.13
6	01/01/44	60	9.71	5.56	5.56	5.86	5.86	9.45	8.32	8.12	6.30
7	03/01/44	62	9.43	6.74	7.61	7.61	8.49	9.16	8.20	11.10	8.91
8	08/01/44	67	8.93	7.91	7.91	8.20	8.20	9.10	8.20	10.10	8.49
9	10/01/44	69	9.80	7.32	8.49	8.20	8.79	8.58	8.47	11.05	8.20
10	16/01/44	75	11.02	9.35	9.35	9.35	11.55	10.67	9.35	15.62	9.22
11	19/01/44	78	9.35	8.79	8.79	8.79	11.13	9.90	9.22	12.30	8.13
Average			9.71	8.02	8.43	8.43	9.63	9.48	8.69	12.03	8.59
St. Dev.			0.80	1.06	0.69	0.66	1.58	0.81	0.56	2.15	0.47

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 1.5 ค่าอินทรีย์ไนโตรเจนที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรทุกทางชีวศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = ร้อยละ 20 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า อินทรีย์ไนโตรเจน (Org-N) , มก./ล.											
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.		P1	P2	P3	EFF.		WW.	
			Tot.	Sol.	Sol.	Sol.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.
1	19/12/43	47	2.23	1.68	1.12	1.12	4.48	1.90	1.74	1.48	1.09
2	23/12/43	51	1.28	0.88	0.88	0.58	1.17	0.98	0.88	1.15	0.88
3	25/12/43	53	1.93	1.46	1.76	1.76	1.46	1.40	1.28	2.28	1.87
4	28/12/43	56	0.66	0.87	0.02	0.64	0.33	0.40	0.31	1.25	0.91
5	30/12/43	58	1.72	0.91	2.64	2.64	2.05	1.35	1.18	2.54	1.87
6	01/01/44	60	1.04	1.46	0.88	0.88	0.88	0.85	0.78	1.38	1.05
7	03/01/44	62	2.37	1.46	1.46	1.46	0.58	1.94	1.76	1.00	0.89
8	08/01/44	67	1.77	1.17	0.58	0.88	0.58	1.30	1.17	1.00	0.88
9	10/01/44	69	1.53	1.87	4.36	4.36	1.25	1.17	0.63	2.05	1.56
10	16/01/44	75	1.08	0.83	1.61	1.61	1.61	0.73	0.67	1.88	1.08
11	19/01/44	78	3.45	1.57	3.19	3.56	0.85	2.35	2.18	5.20	3.37
Average			2.04	1.38	2.24	2.37	0.97	1.50	1.28	2.23	1.56
St. Dev.			0.92	0.40	1.51	1.50	0.45	0.64	0.68	1.73	1.05

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 1.6 ค่าไนไตรต์ที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชีวศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในถังกลาง = ร้อยละ 20 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่าไนไตรต์ (NO_2^- -N), มก./ล.								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW
1	19/12/43	47	0.04	0.03	0.02	0.01	0.04	0.05
2	23/12/43	51	0.25	0.10	0.01	0.01	0.01	0.02
3	25/12/43	53	0.03	0.05	0.02	0.01	0.02	0.04
4	28/12/43	56	0.09	0.18	0.01	0.01	0.07	0.05
5	30/12/43	58	0.22	0.03	0.01	0.01	0.03	0.04
6	01/01/44	60	0.02	0.01	0.04	0.03	0.10	0.12
7	03/01/44	62	0.24	0.06	0.04	0.01	0.02	0.05
8	08/01/44	67	0.18	0.05	0.02	0.01	0.01	0.04
9	10/01/44	69	0.03	0.03	0.03	0.00	0.02	0.08
10	16/01/44	75	0.06	0.07	0.03	0.01	0.04	0.02
11	19/01/44	78	0.01	0.13	0.03	0.01	0.01	0.01
Average			0.10	0.07	0.03	0.01	0.02	0.04
St. Dev.			0.10	0.04	0.01	0.00	0.02	0.03

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 1.7 ค่าไนเตรตที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = ร้อยละ 20 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ไนเตรต ($\text{NO}_3^- \text{-N}$) , มก./ล.								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW
1	19/12/43	47	0.79	0.74	0.25	0.18	0.21	0.31
2	23/12/43	51	0.62	0.68	0.69	0.84	0.79	0.71
3	25/12/43	53	1.21	2.66	1.71	0.40	0.41	1.51
4	28/12/43	56	1.68	0.46	0.03	0.52	0.78	2.32
5	30/12/43	58	1.68	2.46	2.67	0.63	2.81	2.48
6	01/01/44	60	0.94	0.99	1.20	1.48	1.25	0.70
7	03/01/44	62	0.37	1.46	1.32	1.61	1.26	0.45
8	08/01/44	67	0.65	1.77	0.61	0.58	0.55	0.59
9	10/01/44	69	0.33	1.77	0.58	2.92	0.82	2.71
10	16/01/44	75	0.81	1.16	0.69	0.63	0.61	0.64
11	19/01/44	78	0.22	0.43	0.97	0.88	0.57	0.61
Average			0.48	1.32	0.83	1.32	0.76	1.00
St. Dev.			0.24	0.56	0.31	0.98	0.30	0.96

ตารางที่ ข 1.8 ค่าที่เคเอ็นที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชีวศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 20 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ที่เคเอ็น (TKN) , มก./ล.													
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.		P1	P2	P3	EFF.		WW.		% removal	
			Tot.	Sol	Sol	Sol	Sol	Tot.	Sol	Tot.	Sol	Tot.	Sol
1	19/12/43	47	11.10	8.40	8.40	8.40	12.32	9.50	8.70	11.80	8.70	14.4	21.6
2	23/12/43	51	12.10	9.96	10.25	10.39	10.83	12.10	10.98	13.80	10.69	0.0	9.3
3	25/12/43	53	13.04	9.95	11.42	11.72	11.42	12.10	10.90	12.40	10.15	7.2	16.4
4	28/12/43	56	12.79	9.66	9.98	10.60	10.29	12.20	10.10	14.00	10.30	4.6	21.0
5	30/12/43	58	13.39	9.95	11.37	11.99	11.40	12.40	10.90	15.00	11.00	7.4	18.6
6	01/01/44	60	10.75	7.02	6.44	6.74	6.74	10.30	9.10	9.50	7.35	4.2	15.3
7	03/01/44	62	11.80	8.20	9.07	9.07	9.07	11.10	9.96	12.10	9.80	5.9	15.6
8	08/01/44	67	10.70	9.08	8.49	9.08	8.78	10.40	9.37	12.10	9.37	2.8	12.4
9	10/01/44	69	11.33	9.19	12.85	12.56	10.04	9.75	9.10	13.10	9.76	13.9	19.7
10	16/01/44	75	12.10	10.18	10.96	10.96	13.16	11.40	10.02	13.65	10.30	5.8	17.2
11	19/01/44	78	12.80	10.36	11.98	12.35	11.98	12.25	11.40	14.50	11.50	4.3	10.9
Average			11.75	9.40	10.67	10.80	10.61	10.98	9.97	13.09	10.15	6.6	15.2
St. Dev.			0.79	0.88	1.86	1.69	1.90	0.96	0.89	1.03	0.83	4.3	3.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 1.9 ค่าไนโตรเจนทั้งหมดที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรกรทุกทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 20 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ไนโตรเจนรวม (TN) , มก./ล.									
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.	WW.	% removal
1	19/12/43	47	11.93	9.17	8.67	12.51	9.75	12.15	18.28
2	23/12/43	51	12.97	11.02	11.09	11.68	12.90	14.53	0.58
3	25/12/43	53	14.27	14.13	13.44	11.83	12.54	13.95	12.17
4	28/12/43	56	14.56	10.62	10.64	10.81	13.05	16.37	10.38
5	30/12/43	58	15.29	13.86	14.67	12.04	15.24	17.52	0.33
6	01/01/44	60	11.70	7.44	7.98	8.25	11.65	10.31	0.43
7	03/01/44	62	12.42	10.59	10.42	10.69	12.38	12.60	0.29
8	08/01/44	67	11.53	10.31	9.71	9.37	10.95	12.73	5.00
9	10/1/2001	69	11.69	14.64	13.16	12.96	10.58	15.89	9.47
10	16/01/44	75	12.97	12.19	11.68	13.80	12.05	14.31	7.03
11	19/01/44	78	13.03	12.54	13.35	12.87	12.83	15.12	1.58
Average			12.33	12.06	11.67	11.94	11.76	14.13	4.67
St. Dev.			0.70	1.74	1.62	1.84	0.96	1.45	3.79

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 1.10 ค่าฟอสฟอรัสที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรพทุกทางชีวศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 20 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ฟอสฟอรัส (PO ₄ -P) , มก./ล.													
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.		P1	P2	P3	EFF.		WW.		% removal	
			Tot.	Sol.	Sol.	Sol.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.
1	19/12/43	47	0.65	0.60	0.38	0.35	0.20	0.42	0.27	0.90	0.90	35.38	58.46
2	23/12/43	51	0.41	0.36	0.40	0.09	0.03	0.27	0.05	0.82	0.82	34.15	87.80
3	25/12/43	53	0.35	0.31	0.08	0.07	0.15	0.25	0.01	0.51	0.51	28.57	97.14
4	28/12/43	56	0.55	0.26	0.33	0.43	0.32	0.51	0.12	0.92	0.92	7.27	78.18
5	30/12/43	58	0.53	0.33	0.29	0.24	0.19	0.51	0.22	0.95	0.95	3.77	58.49
6	01/01/44	60	0.48	0.36	0.33	0.30	0.10	0.43	0.18	0.62	0.62	10.42	62.50
7	03/01/44	62	0.46	0.29	0.39	0.24	0.11	0.42	0.23	0.75	0.34	8.70	50.00
8	08/01/44	67	0.52	0.10	0.40	0.33	0.13	0.39	0.20	0.81	0.30	25.00	61.54
9	10/01/44	69	0.58	0.21	0.60	1.41	0.28	0.56	0.44	1.10	0.48	3.45	24.14
10	16/01/44	75	0.65	0.21	0.37	0.40	0.43	0.56	0.31	1.00	0.34	13.85	52.31
11	19/01/44	78	0.59	0.21	0.26	0.36	0.30	0.57	0.41	0.96	0.44	3.39	30.51
Average			0.56	0.20	0.40	0.55	0.25	0.50	0.32	0.92	0.38	10.88	43.70
St. Dev.			0.07	0.07	0.12	0.49	0.13	0.09	0.11	0.14	0.08	9.00	15.72

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 1.11 ค่าสภาพด่างที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ชม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในถังกลาง = ร้อยละ 20 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า สภาพด่าง (Alk.) , มก./ล.CaCO ₃								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	04/11/43	2	92.0				114.0	103.0
2	06/11/43	4	120.0				126.0	130.0
3	08/11/43	6	126.0				122.0	124.0
4	13/11/43	11	120.0				130.0	132.0
5	15/11/43	13	130.0				130.0	114.0
6	17/11/43	15	144.0				136.0	142.0
7	20/11/43	18	140.0				144.0	146.0
8	22/11/43	20	158.0				182.0	172.0
9	24/11/43	22	146.0				148.0	144.0
10	27/11/43	25	138.0				140.0	138.0
11	02/12/43	30	136.0				140.0	140.0
12	10/12/43	38	154.0				152.0	152.0
13	16/12/43	44	130.0				146.0	144.0
14	19/12/43	47	130.0	138.0	148.0	148.0	160.0	124.0
15	23/12/43	51	150.0	148.0	146.0	152.0	150.0	152.0
16	25/12/43	53	144.0	148.0	148.0	152.0	148.0	148.0
17	28/12/43	56	152.0	154.0	158.0	158.0	154.0	160.0
18	30/12/43	58	148.5	148.5	152.7	152.7	156.9	167.4
19	1/01/44	60	133.9	139.8	131.8	127.9	131.8	129.7
20	3/01/44	62	140.2	133.9	140.2	140.2	146.1	146.4
21	8/01/44	67	138.1	138.1	142.3	142.3	144.4	150.6
22	10/01/44	69	153.7	151.4	153.7	153.7	151.4	153.7
23	16/01/44	75	125.5	142.2	146.4	158.1	156.9	150.6
24	19/01/44	78	145.4	142.2	148.5	149.6	127.6	153.8
Average			140.6	141.6	146.2	148.8	145.3	151.0
St. Dev.			10.3	6.5	5.3	7.6	11.0	3.0

ตารางที่ ข 1.12 ค่าพีเอชที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ซม./ตร.ม.-ซม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 20 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า พีเอช (pH)								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	06/11/43	4	7.2				7.3	7.4
2	08/11/43	6	7.2				7.3	7.4
3	13/11/43	11	7.6				7.7	7.8
4	15/11/43	13	6.8				6.8	6.9
5	17/11/43	15	6.6				6.6	6.6
6	20/11/43	18	6.9				6.9	7.0
7	22/11/43	20	6.8				6.7	6.7
8	24/11/43	22	6.7				6.9	6.9
9	27/11/43	25	6.9				6.8	6.8
10	19/12/43	47	7.0	7.0	7.0	7.1	7.0	7.1
11	25/12/43	53	6.9	7.1	7.1	7.0	7.2	7.0
12	28/12/43	56	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.1
13	3/01/44	62	7.0	7.1	6.9	6.9	7.0	7.1
14	8/01/44	67	7.3	6.8	7.0	7.0	7.0	7.0
15	10/01/44	69	7.2	7.2	7.0	7.0	7.0	6.8
16	16/01/44	75	6.8	6.8	6.9	6.9	7.2	7.2
17	19/01/44	78	7.3	6.8	6.8	6.8	7.1	7.2
Average			7.1	6.9	6.9	6.9	7.1	7.1
St. Dev.			0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2

ตารางที่ ข 1.13 ค่าออกซิเจนละลายน้ำที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรยากาศทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ซม./ตร.ม.-ซม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = รั้อยละ 20 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) , มก./ล.								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	04/11/43	2	3.1				4.0	3.8
2	06/11/43	4	4.9				4.0	2.8
3	08/11/43	6	4.0				3.3	2.6
4	13/11/43	11	2.3				3.4	1.9
5	15/11/43	13	2.4				4.2	2.7
6	17/11/43	15	2.6				3.8	1.6
7	20/11/43	18	2.3				3.5	3.1
8	22/11/43	20	3.9				1.4	0.6
9	24/11/43	22	2.0				2.6	2.1
10	27/11/43	25	1.9				2.8	1.5
11	02/12/43	30	2.7				2.7	1.4
12	10/12/43	38	2.6				2.3	1.4
13	16/12/43	44	2.8				2.5	3.3
14	19/12/43	47	2.8	2.9	1.1	0.4	2.1	2.0
15	23/12/43	51	2.4	1.9	1.1	0.6	2.6	4.1
16	25/12/43	53	4.2	2.4	1.1	0.6	2.1	3.0
17	28/12/43	56	3.0	2.5	1.0	0.9	2.9	4.4
18	30/12/43	58	3.4	1.3	0.1	0.1	3.4	2.1
19	1/01/44	60	4.9	3.2	1.5	0.2	3.4	4.0
20	3/01/44	62	3.3	3.1	1.5	0.2	3.3	4.2
21	8/01/44	67	3.7	2.6	0.5	0.4	2.4	3.9
22	10/01/44	69	4.2	3.0	0.2	0.2	2.6	2.2
23	16/01/44	75	3.2	2.9	1.0	0.6	3.0	3.4
24	19/01/44	78	2.5	2.3	1.1	0.6	2.2	3.0
Average			3.4	2.8	0.8	0.4	2.7	3.4
St. Dev.			0.6	0.3	0.5	0.2	0.4	0.8

ตารางที่ ข 1.14 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ชม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 20 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า อุณหภูมิ (Temp), องศาเซลเซียส								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	04/11/43	2	29.0				28.5	28.0
2	06/11/43	4	29.0				29.5	29.0
3	08/11/43	6	29.0				29.0	29.0
4	13/11/43	11	29.0				29.0	31.0
5	15/11/43	13	30.0				31.0	30.5
6	17/11/43	15	30.0				30.0	30.0
7	20/11/43	18	30.0				29.5	31.0
8	22/11/43	20	28.0				28.0	28.0
9	24/11/43	22	28.5				29.0	29.0
10	27/11/43	25	30.0				30.0	31.0
11	02/12/43	30	30.0				30.0	30.0
12	10/12/43	38	30.0				30.0	30.0
13	16/12/43	44	30.0				30.0	30.0
14	19/12/43	47	30.0				30.0	30.0
15	23/12/43	51	29.0	29.0	29.0	28.0	28.0	28.5
16	25/12/43	53	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
17	28/12/43	56	28.0	28.0	28.5	28.0	28.0	28.0
18	30/12/43	58	28.5	28.5	28.5	29.0	28.5	28.5
19	1/01/44	60	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.5
20	3/01/44	62	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.5
21	8/01/44	67	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0
22	10/01/44	69	29.0	29.5	29.0	29.0	29.0	29.0
23	16/01/44	75	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0
24	19/01/44	78	28.0	28.0	29.0	28.0	28.0	28.0
Average			28.6	28.7	28.8	28.6	28.6	28.7
St. Dev.			0.5	0.7	0.4	0.5	0.5	0.4

ตารางที่ ข 2.1 ค่าซีโอดีที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ซีโอดี (COD) , มก./ล.																
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.		PORT 1		PORT 2		PORT 3		EFF.		WW.		% removal	
			Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.		
1	25/01/44	3	173.0	56.4							30.1	15.0	263.2	30.1	82.6	91.3
2	26/01/44	4	82.7	45.1							52.6	22.6	97.8	37.6	36.4	72.7
3	29/01/44	7	124.1	48.9							67.7	45.1	112.8	48.9	45.5	63.6
4	31/01/44	9	97.8	40.6							75.2	41.4	75.2	41.4	23.1	57.7
5	02/02/44	11	120.3	33.8							37.6	30.1	163.9	30.1	68.8	75.0
6	05/02/44	14	69.9	40.5							55.2	22.1	110.4	33.1	21.1	68.4
7	07/02/44	16	101.5	56.4							63.9	37.6	109.0	45.1	37.0	63.0
8	09/02/44	18	124.1	45.1	97.8	45.1	79.0	37.6	79.0	56.4	56.4	37.6	184.2	45.1	54.5	69.7
9	10/02/44	19	92.2	46.3	61.9	34.4	52.6	25.0	48.3	34.5	57.1	38.1	73.4	37.6	38.1	58.7
10	11/02/44	20	100.8	51.2	61.9	41.3	48.2	40.6	48.2	41.3	56.4	37.6	139.0	45.1	44.0	62.7
11	12/02/44	21	117.0	58.3	97.8	45.1	79.0	37.6	79.0	41.8	52.0	37.0	174.0	44.1	55.6	68.4
12	13/02/44	22	109.0	49.5	45.1	48.7	63.9	45.1	18.8	35.6	56.4	37.6	97.8	18.4	48.3	65.5
13	14/02/44	23	127.8	59.1	86.5	58.5	110.2	57.1	73.4	51.2	65.3	48.2	167.3	52.4	48.9	62.3
14	15/02/44	24	129.0	57.3	92.5	43.2	63.9	45.1	61.9	45.1	60.0	38.2	174.0	39.6	53.5	70.4
15	16/02/44	25	122.0	57.3	86.5	57.1	73.4	55.2	73.4	49.5	65.3	31.6	163.0	46.0	46.5	74.1
Average			121.0	56.3	81.7	50.5	78.1	48.0	61.3	44.6	59.8	38.5	155.2	40.1	50.5	68.1
St. Dev.			8.2	3.9	21.0	6.9	19.1	8.1	24.6	6.3	5.8	6.0	32.5	13.0	3.8	4.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 2.2 ค่าบีโอดีที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในถังกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า บีโอดี (BOD ₅) , มก./ล.					
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	EFF.	% BOD ₅ removal
1	25/01/44	3	46.8	20.4	56.4
2	26/01/44	4	43.7	22.3	49.0
3	31/01/44	9	31.7	19.4	38.9
4	02/02/44	11	30.9	18.0	41.7
5	07/02/44	16	55.8	11.7	79.0
Average			41.8	18.4	53.0
St. Dev.			10.6	4.0	16.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 2.3 ค่าของแข็งแขวนลอย, ของแข็งแขวนลอยระเหยที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ของแข็งแขวนลอย (SS) และ ค่า ของแข็งแขวนลอยระเหย (VSS) , มก./ล.												
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.			EFF.			WW.			% removal
			SS	VSS	VSS/SS	SS	VSS	VSS/SS	SS	VSS	VSS/SS	
1	25/01/44	3	112	45	0.40	32	22	0.69	262	142	0.54	71.4
2	26/01/44	4	50	26	0.52	30	16	0.53	170	92	0.54	40.0
3	29/01/44	7	92	54	0.59	34	18	0.53	80	50	0.63	63.0
4	31/01/44	9	50	30	0.60	24	16	0.67	38	24	0.63	52.0
5	2/02/44	11	78	58	0.74	22	18	0.82	122	72	0.59	71.8
6	5/02/44	14	44	28	0.64	16	12	0.75	84	66	0.79	63.6
7	7/02/44	16	54	42	0.78	14	8	0.57	64	40	0.63	74.1
8	9/02/44	18	64	38	0.59	22	18	0.82	192	112	0.58	65.6
9	10/02/44	19	60	44	0.73	20	14	0.70	64	40	0.63	66.7
10	11/02/44	20	66	46	0.70	20	12	0.60	75	42	0.56	69.7
11	12/02/44	21	76	54	0.71	18	12	0.67	80	43	0.54	76.3
12	13/02/44	22	58	38	0.66	12	8	0.67	86	42	0.49	79.3
13	14/02/44	23	58	56	0.97	20	12	0.60	72	42	0.58	65.5
14	15/02/44	24	84	58	0.69	22	10	0.45	84	48	0.57	73.8
15	16/02/44	25	78	54	0.69	20	12	0.60	68	40	0.59	74.4
Average			70.8	52.0	0.7	18.4	10.8	0.6	78.0	43.0	0.6	73.9
St. Dev.			12.0	8.0	0.1	3.8	1.8	0.1	7.7	3.0	0.0	5.1



ตารางที่ ข 2.4 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรจุทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาณสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า แอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) , มก./ล.										
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.		WW.	
			Tot.	Sol.	Sol.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.
1	25/01/44	3	7.48				8.13	6.86	16.75	7.17
2	26/01/44	4	7.07				7.98	7.79	13.66	7.48
3	29/01/44	7	9.64				9.58	9.20	10.38	8.57
4	31/01/44	9	8.79				9.40	9.20	10.29	8.57
5	02/02/44	11	10.00				10.43	9.98	11.57	7.33
6	05/02/44	14	8.73				9.35	8.88	12.04	9.20
7	07/02/44	16	7.88				8.88	8.73	12.23	8.88
8	09/02/44	18	6.73	7.33	7.17	7.02	5.14	3.58	14.43	7.64
9	10/02/44	19	7.39	8.79	8.49	8.20	6.38	5.56	8.20	7.48
10	11/02/44	20	7.32	8.20	7.84	7.61	7.28	6.74	11.88	7.61
11	12/02/44	21	7.37	9.08	8.79	8.49	6.60	5.56	13.88	9.66
12	13/02/44	22	3.64	7.65	7.48	7.17	6.01	4.68	8.47	7.17
13	14/02/44	23	6.33	7.17	8.11	7.48	7.48	7.17	7.79	7.48
14	15/02/44	24	8.57	8.49	8.20	7.91	8.27	7.61	11.56	8.20
15	16/02/44	25	8.11	7.91	7.61	7.28	7.62	6.74	10.70	8.20
Average			6.80	8.06	8.04	7.67	7.20	6.35	10.48	8.14
St. Dev.			1.96	0.74	0.52	0.54	0.89	1.21	2.45	0.96

ตารางที่ ข 2.5 ค่าอินทรีย์ไนโตรเจนที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า อินทรีย์ไนโตรเจน (Org-N) . มก./ล.										
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.		WW.	
			Tot.	Sol.	Sol.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.
1	25/01/44	3	3.58				2.47	2.03	5.35	2.03
2	26/01/44	4	4.94				2.77	1.40	7.64	4.05
3	29/01/44	7	1.74				1.57	1.25	4.82	1.40
4	31/01/44	9	3.76				3.02	1.71	4.81	4.05
5	02/02/44	11	3.58				2.77	1.56	4.63	1.56
6	05/02/44	14	4.05				2.34	1.71	6.71	2.34
7	07/02/44	16	4.27				1.78	1.09	1.87	0.78
8	09/02/44	18	5.12	3.36	2.64	2.64	4.48	4.12	9.41	4.60
9	10/02/44	19	4.76	3.97	2.34	1.74	4.74	4.12	7.15	3.76
10	11/02/44	20	4.53	3.42	3.36	3.10	3.81	3.19	5.24	3.81
11	12/02/44	21	4.73	4.12	3.97	3.81	3.61	3.36	7.32	4.30
12	13/02/44	22	10.59	4.68	2.49	3.74	1.64	2.18	7.13	2.81
13	14/02/44	23	6.07	1.87	0.62	0.58	1.87	0.94	4.68	0.31
14	15/02/44	24	4.68	3.56	2.64	2.34	3.55	3.12	5.94	4.12
15	16/02/44	25	4.36	3.48	2.34	2.05	3.48	3.12	5.64	4.05
Average			6.09	3.54	2.41	2.50	2.83	2.54	6.14	3.12
St. Dev.			2.60	1.05	1.19	1.34	0.99	1.00	1.09	1.68

ตารางที่ ข 2.6 ค่าไนไตรต์ที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในถังกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ไนไตรต์ ($\text{NO}_2^- \text{-N}$), มก./ล.								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW
1	25/01/44	3	0.09				0.09	0.03
2	26/01/44	4	0.11				0.08	0.05
3	29/01/44	7	0.06				0.03	0.11
4	31/01/44	9	0.03				0.02	0.08
5	02/02/44	11	0.01				0.01	0.01
6	05/02/44	14	0.03				0.04	0.07
7	07/02/44	16	0.14				0.03	0.07
8	09/02/44	18	0.03	0.03	0.03	0.01	0.03	0.04
9	10/02/44	19	0.06	0.05	0.05	0.02	0.04	0.09
10	11/02/44	20	0.03	0.02	0.01	0.01	0.03	0.08
11	12/02/44	21	0.06	0.04	0.03	0.02	0.04	0.02
12	13/02/44	22	0.04	0.16	0.08	0.02	0.04	0.10
13	14/02/44	23	0.04	0.03	0.06	0.01	0.02	0.09
14	15/02/44	24	0.05	0.04	0.03	0.01	0.02	0.10
15	16/02/44	25	0.04	0.02	0.01	0.01	0.02	0.08
Average			0.05	0.06	0.04	0.01	0.03	0.08
St. Dev.			0.01	0.06	0.03	0.01	0.01	0.03

ตารางที่ ข 2.7 ค่าไนเตรตที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ไนเตรต ($\text{NO}_3^- \text{-N}$), มก./ล.								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW
1	25/01/44	3	0.47				0.88	0.86
2	26/01/44	4	0.22				0.42	0.54
3	29/01/44	7	1.50				0.74	2.19
4	31/01/44	9	0.73				0.68	1.12
5	02/02/44	11	0.72				1.00	0.53
6	05/02/44	14	1.20				0.67	0.60
7	07/02/44	16	1.21				0.62	1.44
8	09/02/44	18	1.02	0.95	0.88	0.34	0.34	0.37
9	10/02/44	19	2.67	2.46	1.68	1.25	1.48	2.48
10	11/02/44	20	2.50	2.29	1.77	1.32	1.68	1.71
11	12/02/44	21	2.66	1.71	1.21	0.88	1.07	1.91
12	13/02/44	22	1.91	1.62	1.07	0.82	0.89	0.81
13	14/02/44	23	1.34	1.65	0.80	0.51	0.56	0.89
14	15/02/44	24	1.71	1.46	0.99	0.95	1.21	1.46
15	16/02/44	25	1.21	1.20	0.97	0.84	0.87	0.99
Average			1.77	1.53	1.01	0.80	0.92	1.21
St. Dev.			0.57	0.21	0.15	0.17	0.24	0.46

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 2.8 ค่าทีเคเอ็นที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ทีเคเอ็น (TKN) , มก./ล.												
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.		WW.		% removal	
			Tot.	Sol.	Sol.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.
1	25/01/44	3	12.10				11.20	8.89	22.10	9.20	7.44	26.53
2	26/01/44	4	12.01				10.90	9.19	19.40	9.41	9.24	23.48
3	29/01/44	7	13.10				12.40	10.45	15.20	10.50	5.34	20.23
4	31/01/44	9	13.10				12.42	10.91	14.10	11.30	5.19	16.72
5	02/02/44	11	14.10				13.20	11.54	19.20	11.87	6.38	18.16
6	05/02/44	14	12.78				11.69	10.59	18.75	11.54	8.53	17.14
7	07/02/44	16	12.15				10.65	9.82	14.10	9.66	12.35	19.18
8	09/02/44	18	10.65	10.69	9.81	9.66	9.62	7.70	19.30	8.00	9.67	27.70
9	10/02/44	19	12.15	12.76	10.83	9.94	11.12	9.68	11.00	6.91	8.48	20.33
10	11/02/44	20	11.85	11.62	11.20	10.71	11.09	9.93	14.90	10.23	6.41	16.20
11	12/02/44	21	11.54	13.20	12.76	12.30	10.21	8.92	14.00	9.21	11.53	22.70
12	13/02/44	22	8.64	12.33	9.97	10.91	7.71	6.86	11.80	7.30	10.76	20.60
13	14/02/44	23	10.51	9.04	8.73	8.06	9.35	8.11	12.47	8.25	11.04	22.84
14	15/02/44	24	12.90	12.05	10.84	10.25	11.82	10.73	16.30	10.98	8.37	16.82
15	16/02/44	25	12.10	11.39	9.95	9.33	11.10	9.86	14.70	10.10	8.26	18.51
Average			11.14	11.60	10.45	10.17	10.04	8.90	13.85	9.17	9.99	20.29
St. Dev.			1.65	1.57	1.49	1.60	1.60	1.50	1.79	1.46	1.55	2.63

ตารางที่ ข 2.9 ค่าไนโตรเจนทั้งหมดที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ไนโตรเจนรวม (TN) , มก./ล.									
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.	WW.	% removal
1	25/01/44	3	12.66				12.17	22.99	3.89
2	26/01/44	4	12.34				11.40	19.99	7.66
3	29/01/44	7	14.66				13.17	17.50	10.16
4	31/01/44	9	13.86				13.12	15.30	5.32
5	02/02/44	11	14.83				14.21	19.74	4.14
6	05/02/44	14	14.01				12.39	19.42	11.55
7	07/02/44	16	13.50				11.30	15.61	16.28
8	09/02/44	18	11.70	11.67	10.72	10.01	9.99	19.71	14.57
9	10/02/44	19	14.88	15.27	12.56	11.21	12.64	13.57	15.05
10	11/02/44	20	14.38	13.93	12.98	12.04	12.80	16.69	10.99
11	12/02/44	21	14.26	14.95	14.00	13.20	11.32	15.93	20.62
12	13/02/44	22	10.59	14.11	11.12	11.75	8.64	12.71	18.41
13	14/02/44	23	11.89	10.72	9.59	8.58	9.93	13.45	16.48
14	15/02/44	24	14.66	13.55	11.86	11.21	13.05	17.86	10.98
15	16/02/44	25	13.35	12.61	10.93	10.18	11.99	15.77	10.19
Average			12.95	13.19	11.50	10.98	10.99	15.14	15.34
St. Dev.			1.70	1.62	1.62	1.73	1.73	2.07	4.59

ตารางที่ ข 2.10 ค่าฟอสฟอรัสที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ฟอสฟอรัส ($PO_4\text{-P}$) , มก./ล.												
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.		WW.		% removal	
			Tot.	Sol.	Sol.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.
1	25/01/44	3	0.76				0.64	0.19	3.12	0.21	15.79	75.00
2	26/01/44	4	0.52				0.46	0.13	2.05	0.15	11.54	75.00
3	29/01/44	7	0.75				0.62	0.25	1.32	0.28	17.33	66.67
4	31/01/44	9	0.55				0.48	0.17	0.66	0.19	12.73	69.09
5	02/02/44	11	0.67				0.59	0.24	1.68	0.26	11.94	64.18
6	05/02/44	14	0.65				0.44	0.19	1.49	0.21	32.31	70.77
7	07/02/44	16	0.45				0.36	0.20	0.99	0.23	20.00	55.56
8	09/02/44	18	0.65	0.17	0.33	0.21	0.57	0.20	2.54	0.22	12.31	69.23
9	10/02/44	19	0.54	0.10	0.08	0.10	0.38	0.11	0.91	0.12	29.63	79.63
10	11/02/44	20	0.58	0.10	0.08	0.10	0.36	0.11	1.25	0.14	37.93	81.03
11	12/02/44	21	0.45	0.12	0.12	0.12	0.35	0.11	1.56	0.14	22.22	75.56
12	13/02/44	22	0.42	0.18	0.15	0.15	0.29	0.14	0.97	0.16	30.95	66.67
13	14/02/44	23	0.43	0.84	0.02	0.01	0.32	0.09	0.94	0.11	25.58	79.07
14	15/02/44	24	0.38	0.16	0.15	0.12	0.31	0.11	1.05	0.13	18.42	71.05
15	16/02/44	25	0.46	0.22	0.18	0.14	0.42	0.17	1.01	0.20	8.70	63.04
Average			0.43	0.30	0.12	0.11	0.34	0.12	1.11	0.15	21.17	71.08
St. Dev.			0.03	0.30	0.06	0.06	0.05	0.03	0.26	0.03	8.36	6.48

ตารางที่ ข 2.11 ค่าสภาพด่างที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า สภาพด่าง (Alk.) , มก./ล. CaCO ₃								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	25/01/44	3	133.9				134.9	137.0
2	26/01/44	4	136.0				140.2	139.1
3	29/01/44	7	138.5				143.0	140.7
4	31/01/44	9	155.9				162.6	159.2
5	02/02/44	11	162.3				163.4	160.0
6	05/02/44	14	155.9				158.1	157.0
7	07/02/44	16	154.8				159.2	155.2
8	09/02/44	18	148.1	149.2	150.3	149.2	153.7	151.4
9	10/02/44	19	150.3	153.1	153.7	155.2	148.1	148.1
10	11/02/44	20	152.0	148.1	148.1	151.4	148.1	152.0
11	12/02/44	21	162.3	148.5	146.0	140.2	140.2	160.0
12	13/02/44	22	139.2	144.8	139.2	141.4	148.1	148.1
13	14/02/44	23	140.3	138.1	134.7	135.9	148.1	137.0
14	15/02/44	24	144.8	144.8	138.1	134.7	150.3	153.7
15	16/02/44	25	159.2	155.9	155.9	158.1	155.9	158.1
Average			149.2	146.4	142.8	142.1	148.5	151.4
St. Dev.			10.8	6.5	8.4	9.4	5.6	9.3

ตารางที่ ข 2.12 ค่าพีเอชที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า พีเอช (pH)								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	25/01/44	3	6.8				7.3	7.0
2	26/01/44	4	7.3				7.1	7.1
3	29/01/44	7	7.3				7.8	7.8
4	31/01/44	9	7.1				7.2	7.2
5	02/02/44	11	7.4				7.4	7.3
6	05/02/44	14	7.2				8.2	7.3
7	07/02/44	16	7.2				6.7	6.8
8	09/02/44	18	7.4	7.5	7.3	7.6	7.2	7.2
9	10/02/44	19	7.2	7.4	7.4	7.5	7.1	7.1
10	11/02/44	20	7.2	7.1	7.1	7.2	7.1	7.2
11	12/02/44	21	7.5	7.3	7.2	7.1	7.1	7.4
12	13/02/44	22	7.4	7.3	6.9	6.9	7.5	7.4
13	14/02/44	23	7.5	7.4	7.4	7.3	7.2	7.4
14	15/02/44	24	7.3	7.3	7.2	7.0	7.3	7.4
15	16/02/44	25	7.2	7.1	7.1	7.2	7.1	7.2
Average			7.4	7.3	7.2	7.1	7.2	7.3
St. Dev.			0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1

ตารางที่ ข 2.13 ค่าออกซิเจนละลายน้ำที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ซม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) , มก./ล.								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	25/01/44	3	3.4				4.0	0.7
2	26/01/44	4	3.6				4.3	2.2
3	29/01/44	7	3.7				3.4	3.9
4	31/01/44	9	3.4				3.4	3.5
5	02/02/44	11	3.8				2.9	3.3
6	05/02/44	14	3.0				3.6	4.0
7	07/02/44	16	3.7				3.2	3.8
8	09/02/44	18	2.9	3.1	2.3	1.9	3.5	3.4
9	10/02/44	19	3.1	3.3	2.9	2.6	3.4	3.7
10	11/02/44	20	3.2	3.8	3.1	2.9	3.4	3.6
11	12/02/44	21	4.2	4.5	3.9	3.4	4.4	4.9
12	13/02/44	22	4.6	3.3	2.3	1.7	3.7	4.0
13	14/02/44	23	3.6	4.1	2.5	1.7	3.6	3.7
14	15/02/44	24	2.5	1.8	1.9	1.5	3.2	3.6
15	16/02/44	25	2.8	2.9	1.1	0.9	2.6	3.0
Average			3.5	3.3	2.3	1.8	3.5	3.8
St. Dev.			0.9	1.0	1.0	0.9	0.7	0.7

ตารางที่ ข 2.14 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า อุณหภูมิ (Temp.) , องศาเซลเซียส								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	25/01/44	3	29.0				29.0	29.0
2	26/01/44	4	29.0				29.0	29.5
3	29/01/44	7	29.0				29.0	29.0
4	31/01/44	9	28.0				28.0	28.0
5	02/02/44	11	28.5				28.5	29.0
6	05/02/44	14	28.0				28.0	28.0
7	07/02/44	16	29.0				29.0	29.0
8	09/02/44	18	29.0	29.0	28.5	28.5	29.0	29.5
9	10/02/44	19	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
10	11/02/44	20	28.5	28.5	28.0	28.0	28.0	28.5
11	12/02/44	21	28.0	28.5	28.5	28.5	28.5	29.0
12	13/02/44	22	29.0	29.5	29.0	28.5	28.5	29.0
13	14/02/44	23	28.5	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
14	15/02/44	24	28.5	29.0	29.0	28.5	28.5	28.5
15	16/02/44	25	29.0	28.5	28.5	28.5	29.0	29.0
Average			28.6	28.7	28.6	28.4	28.5	28.7
St. Dev.			0.4	0.6	0.4	0.2	0.4	0.4

ตารางที่ ข 3.1 ค่าซีโอดีที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ซีโอดี (COD) , มก./ล.																
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.		PORT 1		PORT 2		PORT 3		EFF.		WW.		% removal	
			Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.
1	17/02/44	1	236.6	57.1	163.2	49.0	69.4	57.1	53.0	49.0	89.8	49.0	167.3	65.3	62.1	79.3
2	18/02/44	2	146.9	77.5	114.2	73.4	89.8	44.9	61.2	53.0	73.4	65.3	195.8	93.8	50.0	55.6
3	19/02/44	3	204.0	99.8	116.0	62.0	39.7	31.9	56.0	46.4	50.4	29.8	130.5	73.0	75.3	85.4
4	20/02/44	4	147.1	68.8	111.4	57.1	57.6	39.7	51.5	42.2	48.2	29.8	92.2	57.6	67.2	79.7
5	21/02/44	5	105.3	55.0	92.2	48.2	61.9	40.2	50.4	40.8	46.1	27.5	103.2	61.4	56.2	73.9
6	23/02/44	7	110.0	57.0	99.2	59.3	44.6	31.7	39.7	29.8	40.0	28.0	391.8	49.2	63.6	74.5
7	25/02/44	9	125.0	60.0	84.3	55.4	168.6	80.5	173.6	79.7	56.0	32.5	372.0	45.6	55.2	74.0
8	27/02/44	11	94.1	57.6	76.8	43.6	53.8	38.4	38.4	34.6	48.0	32.1	145.9	30.7	49.0	65.9
9	28/02/44	12	111.4	61.4	103.7	58.4	107.5	50.8	65.3	35.4	53.5	35.5	80.6	37.2	52.0	68.1
10	01/03/44	13	92.2	42.2	88.3	40.1	142.1	38.3	92.2	34.6	57.0	39.7	115.2	34.2	38.2	56.9
Average			106.5	55.6	90.5	51.4	103.3	47.9	81.8	42.8	50.9	33.6	221.1	39.4	51.6	67.9
St. Dev.			13.6	7.7	11.0	8.9	54.1	19.5	55.8	20.7	7.0	4.3	148.8	7.8	9.3	7.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 3.2 ค่าของแข็งแขวนลอย, ของแข็งแขวนลอยระเหยที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรจุทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ของแข็งแขวนลอย (SS) และ ค่า ของแข็งแขวนลอยระเหย (VSS) , มก./ล.												
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.			EFF.			WW.			% removal
			SS	VSS	VSS/SS	SS	VSS	VSS/SS	SS	VSS	VSS/SS	
1	17/02/44	1	242	180	0.74	20	12	0.60	124	74	0.60	91.7
2	18/02/44	2	92	70	0.76	30	18	0.60	148	98	0.66	67.4
3	19/02/44	3	126	86	0.68	30	22	0.73	130	84	0.65	76.2
4	20/02/44	4	90	62	0.69	32	22	0.69	92	58	0.63	64.4
5	21/02/44	5	66	46	0.70	24	16	0.67	68	42	0.62	63.6
6	23/02/44	7	58	42	0.72	18	11	0.61	94	54	0.57	69.0
7	25/02/44	9	224	116	0.52	34	22	0.65	84	52	0.62	84.8
8	27/02/44	11	44	26	0.59	22	14	0.64	102	65	0.64	50.0
9	28/02/44	12	70	50	0.71	16	11	0.69	83	52	0.63	77.1
10	01/03/44	13	50	42	0.84	24	16	0.67	88	52	0.59	52.0
Average			89.2	55.2	0.7	22.8	14.8	0.6	90.2	55.0	0.6	66.6
St. Dev.			76.0	35.1	0.1	7.0	4.5	0.0	7.9	5.7	0.0	15.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 3.3 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า แอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) , มก./ล.										
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.		WW.	
			Tot.	Sol.	Sol.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.
1	17/02/44	1	10.75	11.85	11.54	12.16	12.05	10.91	10.68	6.24
2	18/02/44	2	13.83	15.59	13.09	14.03	14.74	12.78	16.83	12.16
3	19/02/44	3	9.72	9.66	9.82	11.54	11.28	9.66	14.99	8.88
4	20/02/44	4	9.40	9.35	9.51	10.60	11.15	9.35	12.38	8.57
5	21/02/44	5	9.15	9.07	9.20	10.21	10.71	9.07	11.46	8.39
6	23/02/44	7	8.99	9.04	10.91	13.41	11.54	10.29	17.11	11.54
7	25/02/44	9	7.10	9.98	11.22	15.28	11.03	10.60	9.75	9.98
8	27/02/44	11	11.96	7.37	8.22	8.79	10.94	9.64	11.18	8.79
9	28/02/44	12	8.35	8.22	9.92	9.92	9.32	9.64	10.24	8.79
10	01/03/44	13	8.68	9.35	9.35	11.55	10.71	9.35	12.36	9.66
Average			9.04	8.84	9.80	11.53	10.71	9.77	12.02	9.53
St. Dev.			1.61	0.92	1.12	2.43	0.74	0.58	2.66	1.15

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 3.4 ค่าอินทรีย์ไนโตรเจนที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรทุกทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า อินทรีย์ไนโตรเจน (Org-N) , มก./ล.										
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.		WW.	
			Tot.	Sol.	Sol.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.
1	17/02/44	1	5.00	2.18	1.25	1.56	2.07	1.87	6.77	3.12
2	18/02/44	2	4.62	3.43	2.81	3.43	2.51	2.49	12.12	7.79
3	19/02/44	3	4.50	1.56	0.85	1.13	1.74	1.13	5.31	3.48
4	20/02/44	4	4.25	1.56	0.85	1.13	1.41	1.13	4.87	3.43
5	21/02/44	5	4.16	1.56	0.64	1.13	1.27	1.13	4.59	3.43
6	23/02/44	7	5.06	3.43	0.31	1.25	1.56	1.56	5.54	1.56
7	25/02/44	9	6.23	1.56	2.18	1.56	1.95	0.31	6.70	0.31
8	27/02/44	11	3.89	5.95	0.64	0.85	4.51	3.97	7.56	1.98
9	28/02/44	12	4.26	1.70	1.13	1.98	2.47	0.85	5.12	1.98
10	01/03/44	13	4.56	1.70	0.85	0.64	1.35	0.86	4.25	1.70
Average			4.69	2.65	0.96	1.24	2.18	1.45	5.63	1.83
St. Dev.			0.85	1.77	0.66	0.48	1.22	1.30	1.28	1.00

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 3.5 ค่าไนไตรต์ที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรจุทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่าไนไตรต์ (NO_2^- -N), มก./ล.								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW
1	17/02/44	1	0.01	0.09	0.02	0.04	0.06	0.07
2	18/02/44	2	0.01	0.02	0.02	0.03	0.05	0.08
3	19/02/44	3	0.04	0.06	0.01	0.02	0.03	0.05
4	20/02/44	4	0.04	0.06	0.01	0.02	0.03	0.04
5	21/02/44	5	0.03	0.03	0.01	0.03	0.04	0.06
6	23/02/44	7	0.01	0.09	0.01	0.01	0.03	0.05
7	25/02/44	9	0.01	0.09	0.01	0.01	0.03	0.05
8	27/02/44	11	0.01	0.09	0.01	0.01	0.01	0.06
9	28/02/44	12	0.07	0.07	0.01	0.01	0.01	0.03
10	01/03/44	13	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03
Average			0.02	0.07	0.01	0.01	0.02	0.04
St. Dev.			0.03	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 3.6 ค่าไนเตรตที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชีวศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่าไนเตรต (NO_3^- -N), มก./ล.								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW
1	17/02/44	1	0.50	1.69	0.73	1.06	0.76	0.90
2	18/02/44	2	0.59	1.69	1.16	0.74	0.74	0.29
3	19/02/44	3	1.32	1.41	1.13	1.15	0.91	0.77
4	20/02/44	4	1.28	1.36	1.09	1.05	0.88	0.75
5	21/02/44	5	1.25	1.32	1.06	1.02	0.86	0.73
6	23/02/44	7	3.13	1.93	1.93	2.23	1.81	1.67
7	25/02/44	9	1.77	0.95	1.71	1.02	0.57	0.87
8	27/02/44	11	2.50	2.29	1.73	1.79	1.74	1.21
9	28/02/44	12	0.87	1.20	0.53	0.87	0.78	0.40
10	01/03/44	13	0.64	0.66	0.76	0.73	0.52	0.52
Average			1.78	1.41	1.33	1.33	1.08	0.93
St. Dev.			1.06	0.68	0.64	0.65	0.64	0.52

ตารางที่ ข 3.7 ค่าทีเคเอ็นที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรทุกทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ทีเคเอ็น (TKN) , มก./ล.												
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.		WW.		% removal	
			Tot.	Sol.	Sol.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.
1	17/02/44	1	15.75	14.03	12.79	13.72	14.12	12.78	17.45	9.36	10.35	18.86
2	18/02/44	2	18.45	19.02	15.90	17.46	17.25	15.27	28.95	19.95	6.50	17.24
3	19/02/44	3	14.22	11.22	10.67	12.67	13.02	10.79	20.30	12.36	8.44	24.12
4	20/02/44	4	13.65	10.91	10.36	11.73	12.56	10.48	17.25	12.00	7.99	23.22
5	21/02/44	5	13.31	10.63	9.84	11.34	11.98	10.20	16.05	11.82	9.99	23.37
6	23/02/44	7	14.05	12.47	11.22	14.66	13.10	11.85	18.10	13.10	6.76	15.66
7	25/02/44	9	13.33	11.54	13.40	16.84	12.98	10.91	15.80	10.29	2.63	18.15
8	27/02/44	11	15.85	13.32	8.86	9.64	15.45	13.61	17.20	10.77	2.52	14.13
9	28/02/44	12	12.61	9.92	11.05	11.90	11.79	10.49	15.36	10.77	6.50	16.81
10	01/03/44	13	13.24	11.05	10.20	12.19	12.06	10.21	16.61	11.36	8.91	22.89
Average			13.73	11.49	10.76	12.76	12.89	11.21	16.52	11.35	6.22	18.50
St. Dev.			1.13	1.24	1.55	2.57	1.37	1.33	1.01	1.01	3.11	3.82

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 3.8 ค่าไนโตรเจนทั้งหมดที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชีวศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ไนโตรเจนรวม (TN) , มก./ล.									
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.	WW.	% removal
1	17/02/44	1	16.26	15.81	13.54	14.82	14.94	18.42	8.12
2	18/02/44	2	19.05	20.73	17.08	18.23	18.04	29.32	5.30
3	19/02/44	3	15.58	12.69	11.81	13.84	13.96	21.12	10.40
4	20/02/44	4	14.97	12.33	11.46	12.80	13.47	18.04	10.02
5	21/02/44	5	14.59	11.98	10.91	12.39	12.88	16.84	11.72
6	23/02/44	7	17.19	14.49	13.16	16.90	14.94	19.82	13.09
7	25/02/44	9	15.11	12.58	15.12	17.87	13.58	16.72	10.13
8	27/02/44	11	18.36	15.70	10.60	11.44	17.20	18.47	6.32
9	28/02/44	12	13.55	11.19	11.59	12.78	12.58	15.79	7.16
10	01/03/44	13	13.89	11.72	10.97	12.93	12.59	17.16	9.36
Average			15.62	13.14	12.29	14.38	14.18	17.59	9.21
St. Dev.			2.09	1.90	1.86	2.82	1.95	1.58	2.67

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 3.9 ค่าฟอสฟอรัสที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรกรทุกทางซลศศศศศ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ซม.

อัตราการหมุนเวียนลั้งตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ฟอสฟอรัส (PO ₄ -P) , มก./ล.												
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.		WW.		% removal	
			Tot.	Sol.	Sol.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.
1	17/02/44	1	0.78	0.46	0.31	0.30	0.66	0.43	1.98	0.51	15.38	44.87
2	18/02/44	2	0.73	0.27	0.27	0.30	0.63	0.29	2.35	0.38	13.70	60.27
3	19/02/44	3	0.69	0.27	0.18	0.21	0.60	0.18	1.86	0.19	13.04	73.91
4	20/02/44	4	0.72	0.26	0.18	0.18	0.63	0.18	1.30	0.15	12.50	75.00
5	21/02/44	5	0.63	0.22	0.18	0.19	0.48	0.16	1.01	0.16	23.81	74.60
6	23/02/44	7	0.58	0.15	0.30	0.18	0.34	0.13	1.23	0.14	41.38	77.59
7	25/02/44	9	0.75	0.21	0.22	0.22	0.68	0.26	1.26	0.23	9.33	65.33
8	27/02/44	11	0.59	0.17	0.17	0.18	0.38	0.11	1.60	0.22	35.59	81.36
9	28/02/44	12	0.62	0.19	0.22	0.24	0.42	0.21	1.24	0.22	32.26	66.13
10	01/03/44	13	0.79	0.31	0.29	0.32	0.58	0.26	1.28	0.19	26.58	67.09
Average			0.67	0.21	0.24	0.23	0.48	0.19	1.32	0.20	29.03	71.50
St. Dev.			0.10	0.09	0.06	0.06	0.12	0.09	0.42	0.12	11.22	10.54

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 3.10 ค่าสภาพด่างที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางคลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า สภาพด่าง (Alk.) , มก./ล. CaCO ₃								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	17/03/44	1	168.1	164.0	168.1	169.1	168.1	164.0
2	18/02/44	2	177.1	171.5	174.8	172.6	175.9	173.7
3	19/02/44	3	177.1	167.0	172.6	172.6	173.7	170.4
4	20/02/44	4	174.8	164.8	170.4	170.4	170.4	168.1
5	21/02/44	5	173.7	163.0	168.1	169.3	169.3	167.1
6	23/02/44	7	172.6	157.0	173.7	165.9	159.2	162.6
7	25/02/44	9	171.5	155.9	158.1	164.8	161.5	159.2
8	27/02/44	11	170.4	154.8	153.7	155.9	162.6	158.1
9	28/02/44	12	161.5	160.3	168.1	167.0	168.1	165.9
10	01/03/44	13	167.1	158.0	163.0	167.1	166.1	160.0
Average			168.6	157.2	163.3	164.1	163.5	161.2
St. Dev.			4.5	2.1	7.9	4.7	3.6	3.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 3.11 ค่าพีเอชที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า พีเอช (pH)								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	19/02/44	3	7.2	7.3	7.4	7.3	7.2	7.2
2	20/02/44	4	7.3	7.3	7.4	7.3	7.2	7.3
3	21/02/44	5	7.5	7.4	7.4	7.5	7.5	7.8
4	23/02/44	7	7.0	7.1	7.1	7.1	7.0	7.0
5	27/02/44	11	6.9	7.0	7.3	7.2	6.9	6.8
6	28/02/44	12	7.3	7.3	7.4	7.3	7.2	7.1
7	01/03/44	13	7.7	7.8	7.7	7.6	7.8	7.8
Average			7.2	7.3	7.4	7.3	7.2	7.2
St. Dev.			0.4	0.4	0.3	0.2	0.4	0.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 3.12 ค่าออกซิเจนละลายน้ำที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชีวศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) , มก./ล.								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	17/02/44	1	1.7	2.5	1.6	1.7	4.0	3.7
2	18/02/44	2	1.8	2.5	1.6	1.7	3.1	3.4
3	19/02/44	3	1.8	2.5	1.6	1.7	3.1	3.4
4	20/02/44	4	2.0	2.4	1.5	1.6	3.1	3.5
5	21/02/44	5	2.5	3.0	1.5	1.9	3.7	3.5
6	23/02/44	7	2.3	3.2	1.6	1.7	3.5	4.1
7	25/02/44	9	2.3	3.1	1.9	1.4	3.3	3.5
8	27/02/44	11	2.3	3.1	1.7	1.9	3.3	3.9
9	28/02/44	12	2.2	2.8	1.6	1.7	3.2	3.5
10	01/03/44	13	2.1	2.5	1.4	1.8	3.1	3.2
Average			2.2	2.9	1.6	1.7	3.3	3.6
St. Dev.			0.1	0.3	0.2	0.2	0.1	0.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 3.13 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า อุณหภูมิ (Temp.) , องศาเซลเซียส								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	17/02/44	1	28.5	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0
2	18/02/44	2	29.0	29.5	29.5	29.5	29.5	29.0
3	19/02/44	3	29.0	29.5	29.5	29.5	29.5	29.0
4	20/02/44	4	28.5	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0
5	21/02/44	5	28.5	28.5	29.0	28.5	28.5	28.5
6	23/02/44	7	28.5	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0
7	25/02/44	9	29.0	29.0	29.5	29.0	29.0	29.0
8	27/02/44	11	28.5	28.5	29.0	29.0	29.0	29.0
9	28/02/44	12	29.0	29.5	29.5	29.0	29.0	29.0
10	01/03/44	13	28.5	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0
Average			28.7	29.0	29.2	29.0	29.0	29.0
St. Dev.			0.3	0.4	0.3	0.0	0.0	0.0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 4.1 ค่าซีโอดีที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 2 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = รั้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ซีโอดี (COD) , มก./ล.																	
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.		PORT 1		PORT 2		PORT 3		EFF.		WW.		%removal		
			Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	
1	02/03/44	1	76.8	36.0	80.6	32.0	48.0	34.6	44.0	28.0	52.0	24.0	107.5	28.0	32.3	68.8	
2	04/03/44	3	77.5	36.0	84.0	32.0	49.9	32.0	46.1	28.0	56.0	28.0	111.4	38.4	27.7	63.9	
3	06/03/44	5	84.0	56.0	128.0	28.0	72.0	36.0	116.0	60.0	72.0	24.0	224.0	32.0	14.3	71.4	
4	07/03/44	6	76.0	64.0	148.0	48.0	52.0	28.0	32.0	20.0	56.0	28.0	124.0	28.0	26.3	63.2	
5	08/03/44	7	70.0	52.0	84.0	60.0	48.0	40.0	84.0	56.0	56.0	36.0	120.0	92.0	20.0	48.6	
6	09/03/44	8	204.0	56.0	88.0	48.0	56.0	48.0	56.0	32.0	72.0	32.0	144.0	24.0	64.7	84.3	
7	11/03/44	10	92.2	44.0	92.0	38.4	56.0	36.0	52.0	37.5	60.0	29.8	130.5	34.6	34.9	67.7	
8	13/03/44	12	84.0	56.0	108.0	20.0	68.0	20.0	44.0	32.0	60.0	20.0	116.0	20.0	28.6	76.2	
9	14/03/44	13	68.0	47.8	52.0	28.0	52.0	20.0	36.0	32.0	68.0	40.0	140.0	24.0	0.0	41.2	
10	15/03/44	14	88.3	42.2	84.5	49.9	49.9	46.1	42.2	35.6	61.4	38.4	111.4	38.4	30.4	56.5	
Average			107.3	49.2	84.9	36.9	56.4	34.0	46.0	33.8	64.3	32.0	128.4	28.2	31.7	65.2	
St. Dev.			54.8	6.5	20.5	12.8	7.0	13.6	8.0	2.6	5.4	8.0	14.4	7.9	23.0	16.9	

ตารางที่ ข 4.2 ค่าของแข็งแขวนลอย, ของแข็งแขวนลอยระเหยที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 2 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ของแข็งแขวนลอย (SS) และ ค่า ของแข็งแขวนลอยระเหย (VSS) , มก./ล.												
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.			EFF.			WW.			% removal
			SS	VSS	VSS/SS	SS	VSS	VSS/SS	SS	VSS	VSS/SS	
1	02/03/44	1	32	20	0.63	22	12	0.55	66	40	0.61	31.3
2	04/03/44	3	32	20	0.63	24	14	0.58	68	40	0.59	25.0
3	06/03/44	5	24	14	0.58	22	12	0.55	96	58	0.60	8.3
4	07/03/44	6	48	30	0.63	22	10	0.45	62	38	0.61	54.2
5	08/03/44	7	36	22	0.61	30	16	0.53	108	54	0.50	16.7
6	09/03/44	8	38	22	0.58	30	14	0.47	98	52	0.53	21.1
7	11/03/44	10	38	22	0.58	26	16	0.62	80	48	0.60	31.6
8	13/03/44	12	44	28	0.64	30	28	0.93	48	38	0.79	31.8
9	14/03/44	13	40	22	0.55	32	20	0.63	116	66	0.57	20.0
10	15/03/44	14	42	34	0.81	28	22	0.79	66	42	0.64	33.3
Average			40.4	25.6	0.6	29.2	20.0	0.7	81.6	49.2	0.6	27.6
St. Dev.			2.6	5.4	0.1	2.3	5.5	0.2	26.6	10.8	0.1	6.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 4.3 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 2 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า แอมโมเนียไนโตรเจน (NH ₃ -N) , มก./ล.										
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.		WW.	
			Tot.	Sol.	Sol.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.
1	02/03/44	1	8.18	6.80	7.94	7.65	8.04	7.94	8.07	7.65
2	04/03/44	3	8.77	7.94	7.94	8.50	8.37	8.22	8.93	8.50
3	06/03/44	5	11.76	9.64	11.34	10.77	10.49	9.64	10.49	5.26
4	07/03/44	6	6.27	9.36	9.36	7.94	5.15	4.82	9.07	7.09
5	08/03/44	7	9.59	8.79	9.36	11.06	8.85	8.50	10.35	9.36
6	09/03/44	8	10.48	9.64	9.92	9.64	9.61	8.79	10.03	8.79
7	11/03/44	10	8.99	8.79	9.36	9.36	8.59	8.22	9.51	7.65
8	13/03/44	12	9.36	8.79	9.64	9.64	9.36	9.36	8.55	8.50
9	14/03/44	13	10.17	8.50	8.79	9.07	9.88	9.96	9.90	7.94
10	15/03/44	14	11.64	10.21	10.77	10.77	11.18	10.21	10.58	10.21
Average			10.13	9.19	9.70	9.70	9.73	9.31	9.72	8.62
St. Dev.			1.04	0.71	0.73	0.65	0.95	0.82	0.76	1.00

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 4.4 ค่าอินทรีย์ไนโตรเจนที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 2 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า อินทรีย์ไนโตรเจน (Org-N) , มก./ล.										
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.		WW.	
			Tot.	Sol.	Sol.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.
1	02/03/44	1	1.94	1.13	0.96	0.85	1.94	0.96	4.61	1.42
2	04/03/44	3	2.05	1.13	0.96	0.57	1.97	0.85	4.32	1.13
3	06/03/44	5	1.51	1.13	1.42	0.28	1.81	1.42	1.70	0.59
4	07/03/44	6	1.78	1.13	1.13	0.57	1.65	0.85	3.71	1.41
5	08/03/44	7	2.73	1.42	0.85	0.28	2.57	1.42	6.58	2.55
6	09/03/44	8	2.50	0.85	0.85	0.28	2.10	1.42	4.87	0.57
7	11/03/44	10	2.55	1.42	1.13	0.85	2.28	1.13	5.14	2.27
8	13/03/44	12	3.47	1.13	1.42	1.42	3.12	0.57	4.57	1.13
9	14/03/44	13	2.98	1.42	2.26	1.13	3.10	1.24	5.36	1.42
10	15/03/44	14	2.38	1.98	1.13	0.85	1.77	0.57	4.67	0.85
Average			2.78	1.36	1.36	0.91	2.47	0.99	4.92	1.25
St. Dev.			0.45	0.42	0.54	0.42	0.61	0.39	0.33	0.65

ตารางที่ ข 4.5 ค่าไนโตรดที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางคลศาสตร์ = 2 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่าไนโตรด ($\text{NO}_2^- \text{-N}$), มก./ล.								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW
1	02/03/44	1	0.08	0.03	0.01	0.02	0.05	0.10
2	04/03/44	3	0.09	0.04	0.02	0.02	0.05	0.12
3	06/03/44	5	0.19	0.04	0.01	0.01	0.03	0.05
4	07/03/44	6	0.22	0.03	0.02	0.01	0.07	0.09
5	08/03/44	7	0.01	0.03	0.01	0.01	0.04	0.06
6	09/03/44	8	0.05	0.04	0.01	0.02	0.03	0.08
7	11/03/44	10	0.10	0.04	0.01	0.02	0.05	0.12
8	13/03/44	12	0.05	0.04	0.01	0.06	0.09	0.24
9	14/03/44	13	0.04	0.04	0.02	0.04	0.09	0.22
10	15/03/44	14	0.12	0.06	0.01	0.02	0.06	0.26
Average			0.07	0.04	0.01	0.03	0.06	0.18
St. Dev.			0.04	0.01	0.00	0.02	0.03	0.08

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 4.6 ค่าไนเตรดที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 2 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ไนเตรด ($\text{NO}_3^- \text{-N}$), มก./ล.								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW
1	02/03/44	1	0.72	0.91	0.66	0.63	0.63	0.51
2	04/03/44	3	0.84	1.08	0.72	0.71	0.71	0.55
3	06/03/44	5	1.67	2.19	2.02	0.80	1.20	0.51
4	07/03/44	6	0.50	1.63	0.71	0.82	0.97	0.67
5	08/03/44	7	0.37	0.34	0.67	0.42	1.08	0.50
6	09/03/44	8	0.81	0.21	0.72	1.55	1.70	1.22
7	11/03/44	10	0.97	1.25	0.88	0.88	0.84	0.67
8	13/03/44	12	1.36	0.97	0.84	1.30	0.39	0.93
9	14/03/44	13	1.36	1.79	0.66	0.51	0.52	0.20
10	15/03/44	14	0.53	1.31	0.30	0.46	0.12	0.77
Average			1.01	1.11	0.68	0.94	0.71	0.76
St. Dev.			0.36	0.58	0.23	0.48	0.61	0.37

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 4.7 ค่าทีเคเอ็นที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 2 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ทีเคเอ็น (TKN) , มก./ล.												
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.		WW.		% removal	
			Tot.	Sol.	Sol.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.
1	02/03/44	1	10.12	7.93	8.90	8.50	9.98	8.90	12.68	9.07	1.4	12.1
2	04/03/44	3	10.82	9.07	8.90	9.07	10.34	9.07	13.25	9.63	4.4	16.2
3	06/03/44	5	13.27	10.77	12.76	11.05	12.30	11.06	12.19	5.85	7.3	16.7
4	07/03/44	6	8.05	10.49	10.49	8.51	6.80	5.67	12.78	8.50	15.5	29.6
5	08/03/44	7	12.32	10.21	10.21	11.34	11.42	9.92	16.93	11.91	7.3	19.5
6	09/03/44	8	12.98	10.49	10.77	9.92	11.71	10.21	14.90	9.36	9.8	21.3
7	11/03/44	10	11.54	10.21	10.49	10.21	10.87	9.35	14.65	9.92	5.8	19.0
8	13/03/44	12	12.83	9.92	11.06	11.06	12.48	9.93	13.12	9.63	2.7	22.6
9	14/03/44	13	13.15	9.92	11.05	10.20	12.98	11.20	15.26	9.36	1.3	14.8
10	15/03/44	14	14.02	12.19	11.90	11.62	12.95	10.78	15.25	11.06	7.6	23.1
Average			12.90	10.55	11.05	10.60	12.20	10.29	14.64	9.87	5.4	20.2
St. Dev.			0.89	0.95	0.53	0.71	0.90	0.72	0.89	0.71	3.5	3.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 4.8 ค่าไนโตรเจนทั้งหมดที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 2 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = รั้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ไนโตรเจนรวม (TN) , มก./ล.									
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.	WW.	%removal
1	02/03/44	1	10.92	8.87	9.57	9.15	10.66	13.29	2.4
2	04/03/44	3	11.75	10.19	9.64	9.80	11.10	13.92	5.5
3	06/03/44	5	15.13	13.00	14.79	11.86	13.53	12.75	10.6
4	07/03/44	6	8.77	12.15	11.22	9.34	7.84	13.54	10.6
5	08/03/44	7	12.70	10.58	10.89	11.77	12.54	17.49	1.3
6	09/03/44	8	13.84	10.74	11.50	11.49	13.44	16.20	2.9
7	11/03/44	10	12.61	11.50	11.38	11.11	11.76	15.44	6.7
8	13/03/44	12	14.24	10.93	11.91	12.42	12.96	14.29	9.0
9	14/03/44	13	14.55	11.75	11.73	10.75	13.59	15.68	6.6
10	15/03/44	14	14.67	13.56	12.21	12.10	13.13	16.28	10.5
Average			13.98	11.70	11.75	11.57	12.98	15.58	7.1
St. Dev.			0.83	1.12	0.33	0.69	0.72	0.80	2.9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 4.9 ค่าฟอสฟอรัสที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 2 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ฟอสฟอรัส (PO ₄ -P) , มก./ล.												
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.		WW.		% removal	
			Tot.	Sol.	Sol.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.
1	02/03/44	1	0.62	0.18	0.18	0.20	0.42	0.18	0.97	0.18	32.3	71.0
2	04/03/44	3	0.54	0.19	0.18	0.21	0.47	0.20	0.95	0.18	13.0	63.0
3	06/03/44	5	0.48	0.22	0.15	0.10	0.33	0.10	1.25	0.13	31.3	79.2
4	07/03/44	6	0.75	0.40	0.49	0.50	0.63	0.44	1.24	0.46	16.0	41.3
5	08/03/44	7	0.57	0.19	0.17	0.21	0.48	0.17	1.30	0.22	15.8	70.2
6	09/03/44	8	0.61	0.25	0.19	0.21	0.52	0.24	1.23	0.19	14.8	60.7
7	11/03/44	10	0.59	0.22	0.21	0.22	0.51	0.20	1.15	0.20	13.6	66.1
8	13/03/44	12	0.78	0.12	0.14	0.26	0.71	0.16	0.89	0.13	9.0	79.5
9	14/03/44	13	0.69	0.19	0.22	0.24	0.60	0.21	1.56	0.22	13.0	69.6
10	15/03/44	14	0.68	0.18	0.16	0.20	0.62	0.17	1.01	0.15	8.8	75.0
Average			0.67	0.19	0.18	0.23	0.59	0.20	1.17	0.18	11.8	70.2
St. Dev.			0.08	0.05	0.03	0.02	0.08	0.03	0.25	0.04	2.7	7.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 4.10 ค่าสภาพต่างที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรทุกทางซลศาสตร์ = 2 ลบ.ชม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า สภาพต่าง (Alk.) , มก./ล. CaCO ₃								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	02/03/44	1	148.8	146.8	149.8	148.8	151.9	148.8
2	04/03/44	3	149.8	149.8	149.8	157.9	155.9	157.9
3	06/03/44	5	171.1	162.0	169.1	168.1	165.0	165.0
4	07/03/44	6	159.0	159.0	156.9	163.0	151.9	146.8
5	08/03/44	7	151.9	148.8	155.9	162.0	155.9	159.0
6	09/03/44	8	166.1	160.0	158.0	155.9	158.0	153.9
7	11/03/44	10	164.0	162.0	159.0	159.0	155.9	148.8
8	13/03/44	12	160.0	162.0	164.0	172.1	164.0	158.0
9	14/03/44	13	149.9	151.9	151.9	158.0	155.9	147.8
10	15/03/44	14	150.9	156.9	162.0	166.1	162.0	164.0
Average			158.1	158.6	159.0	162.2	159.2	154.5
St. Dev.			7.5	4.3	4.6	6.7	3.7	6.7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 4.11 ค่าพีเอชที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรทุกทางศาสตร์ = 2 ลบ.ชม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า พีเอช pH)								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	02/03/44	1	7.1	7.7	7.7	7.6	7.2	7.2
2	06/03/44	5	7.7	7.9	7.6	7.6	7.7	7.7
3	07/03/44	6	7.5	7.3	7.2	7.2	7.4	7.5
4	08/03/44	7	7.4	6.9	7.1	7.1	7.2	7.3
5	09/03/44	8	7.4	7.4	7.5	7.4	7.4	7.5
6	13/03/44	12	7.4	7.4	7.3	7.3	7.4	7.5
7	14/03/44	13	7.5	7.4	7.5	7.5	7.5	7.6
8	15/03/44	14	7.2	7.4	7.4	7.4	7.3	7.3
Average			7.4	7.3	7.4	7.3	7.4	7.4
St. Dev.			0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 4.12 ค่าออกซิเจนละลายน้ำที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 2 ลบ.ซม./ตร.ม.-ซม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) , มก./ล.								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	02/03/44	1	1.7	5.4	4.9	3.8	6.7	6.3
2	04/03/44	3	2.4	3.7	2.5	2.4	4.3	4.1
3	06/03/44	5	5.5	6.2	4.3	4.1	7.5	7.2
4	07/03/44	6	3.5	2.4	2.1	3.0	3.4	3.5
5	08/03/44	7	2.7	2.0	1.7	1.4	2.4	2.6
6	09/03/44	8	1.7	1.8	1.6	1.3	1.6	1.7
7	11/03/44	10	4.0	4.2	3.9	3.9	4.9	4.0
8	13/03/44	12	2.8	3.0	2.8	2.7	3.3	2.7
9	14/03/44	13	2.1	2.2	3.0	2.2	2.2	2.1
10	15/03/44	14	4.5	5.9	3.9	3.5	3.7	3.8
Average			3.0	3.4	3.0	2.7	3.1	2.9
St. Dev.			1.2	1.7	0.9	1.0	1.3	1.0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 4.13 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาชนะบรรจุทุกทางเซลล์ศาสตร์ = 2 ลบ.ซม./ตร.ม.-ซม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า อุณหภูมิ (Temp.) , องศาเซลเซียส								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	02/03/44	1	28.5	28.0	28.5	28.5	28.5	28.5
2	04/03/44	3	28.5	28.5	29.0	29.0	29.0	29.0
3	06/03/44	5	29.0	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5
4	07/03/44	6	29.5	30.0	30.0	30.0	29.5	29.5
5	08/03/44	7	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
6	09/03/44	8	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	27.5
7	11/03/44	10	27.0	27.0	27.0	27.5	27.0	27.0
8	13/03/44	12	27.5	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
9	14/03/44	13	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0
10	15/03/44	14	27.5	28.0	27.5	27.5	27.5	27.5
Average			27.8	28.0	27.9	28.0	27.9	27.8
St. Dev.			0.8	0.7	0.7	0.6	0.7	0.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 5.1 ค่าซีโอดีที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 2 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในถังกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ซีโอดี (COD) , มก./ล.																
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.		PORT 1		PORT 2		PORT 3		EFF.		WW.		% removal	
			Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.
1	17/03/44	1	163.2	61.4	107.5	50.0	65.3	44.6	57.1	34.7	80.6	39.7	153.8	44.6	50.6	75.7
2	18/03/44	2	114.2	44.3	77.5	34.7	46.4	30.7	40.8	25.0	57.6	29.8	111.4	30.7	49.6	73.9
3	19/03/44	3	103.4	44.3	118.2	44.3	44.3	29.5	51.7	29.5	51.7	22.2	59.1	29.5	50.0	78.6
4	20/03/44	4	110.8	36.9	110.8	29.5	59.1	36.9	62.8	22.2	66.5	40.6	132.9	36.9	40.0	63.3
5	21/03/44	5	68.6	61.0	53.3	15.2	53.3	7.6	30.5	7.6	26.7	7.6	102.9	19.1	61.1	88.9
6	22/03/44	6	68.6	30.5	99.1	45.7	61.0	38.1	30.5	22.9	38.1	15.2	49.5	11.4	44.4	77.8
7	23/03/44	7	131.3	48.8	71.3	33.8	37.5	30.0	45.0	37.5	63.8	46.8	93.8	30.0	51.4	64.3
8	24/03/44	8	172.5	48.8	63.8	37.5	45.0	30.0	30.0	26.3	78.8	22.5	135.0	45.0	54.3	87.0
9	25/03/44	9	236.6	67.5	90.0	60.0	63.8	60.0	56.3	45.0	135.0	40.0	287.7	45.0	42.9	83.1
10	26/03/44	10	90.0	45.0	75.0	45.0	33.8	33.8	48.8	41.3	52.5	33.8	78.8	48.8	41.7	62.5
Average			139.8	48.1	79.8	44.4	48.2	38.4	42.1	34.6	73.6	31.7	128.9	36.0	47.0	74.9
St. Dev.			67.2	13.2	14.4	10.1	13.6	12.5	11.6	9.6	37.4	12.8	93.9	15.5	5.6	11.0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 5.2 ค่าของแข็งแขวนลอย, ของแข็งแขวนลอยระเหยที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 2 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ของแข็งแขวนลอย (SS) และ ค่า ของแข็งแขวนลอยระเหย (VSS) , มก./ล.												
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.			EFF.			WW.			% removal
			SS	VSS	VSS/SS	SS	VSS	VSS/SS	SS	VSS	VSS/SS	
1	17/03/44	1	72	44	0.61	30	18	0.60	116	66	0.57	58.3
2	18/03/44	2	50	34	0.68	28	16	0.57	84	50	0.60	44.0
3	19/03/44	3	48	32	0.67	18	10	0.56	42	28	0.67	62.5
4	20/03/44	4	66	46	0.70	30	22	0.73	104	58	0.56	54.5
5	21/03/44	5	32	28	0.88	18	10	0.56	92	56	0.61	43.8
6	22/03/44	6	46	24	0.52	28	16	0.57	104	64	0.62	39.1
7	23/03/44	7	68	42	0.62	30	20	0.67	60	34	0.57	55.9
8	24/03/44	8	52	40	0.77	18	12	0.67	94	54	0.57	65.4
9	25/03/44	9	82	52	0.63	36	24	0.67	120	82	0.68	56.1
10	26/03/44	10	40	24	0.60	26	18	0.69	60	36	0.60	35.0
Average			57.6	36.4	0.6	27.6	18.0	0.7	87.6	54.0	0.6	50.3
St. Dev.			17.2	12.2	0.1	6.5	4.5	0.0	26.8	20.0	0.0	12.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 5.3 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรทุกทางศาสตร์ = 2 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในถังกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า แอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) , มก./ล.										
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.		WW.	
			Tot.	Sol.	Sol.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.
1	17/03/44	1	12.67	11.62	13.04	12.47	14.04	12.76	15.24	12.47
2	18/03/44	2	9.28	8.22	9.07	8.79	10.58	9.36	10.95	8.79
3	19/03/44	3	8.03	8.79	9.07	9.07	8.87	8.51	9.85	8.22
4	20/03/44	4	9.26	9.07	9.07	9.64	11.23	9.92	10.14	8.79
5	21/03/44	5	10.54	9.64	9.92	10.21	11.71	10.77	14.86	9.92
6	22/03/44	6	7.95	10.77	11.34	8.22	10.68	9.64	10.45	8.79
7	23/03/44	7	10.65	9.07	10.77	11.34	13.65	11.91	10.56	11.34
8	24/03/44	8	9.07	9.07	9.64	10.21	10.12	9.07	11.44	9.07
9	25/03/44	9	12.01	9.64	11.91	11.91	13.21	11.34	14.88	11.34
10	26/03/44	10	11.49	10.49	9.92	13.32	12.38	10.77	9.64	7.65
Average			10.23	9.81	10.72	11.00	12.01	10.55	11.39	9.64
St. Dev.			1.69	0.79	0.95	1.92	1.55	1.18	2.05	1.64

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 5.4 ค่าอินทรีย์ไนโตรเจนที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรทุกทางซลศาสตร์ = 2 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า อินทรีย์ไนโตรเจน (Org-N) , มก./ล.										
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.		WW.	
			Tot.	Sol.	Sol.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.
1	17/03/44	1	3.58	2.27	2.27	0.57	1.24	0.85	4.21	0.85
2	18/03/44	2	2.40	1.70	1.81	0.57	0.96	0.57	3.43	0.57
3	19/03/44	3	2.60	1.70	0.85	0.57	1.11	0.28	2.54	0.85
4	20/03/44	4	3.59	1.30	1.42	0.85	1.40	0.57	4.90	0.57
5	21/03/44	5	3.04	0.85	0.96	0.57	1.54	1.42	1.24	0.28
6	22/03/44	6	4.57	0.85	1.70	0.57	1.57	1.13	5.40	1.13
7	23/03/44	7	4.79	0.28	0.28	0.57	0.97	0.57	5.54	1.13
8	24/03/44	8	3.12	0.85	0.28	0.28	1.12	0.85	3.81	0.28
9	25/03/44	9	3.67	1.13	1.13	0.85	1.04	0.57	5.57	1.13
10	26/03/44	10	2.19	2.18	2.26	0.57	0.95	0.57	2.84	0.85
Average			3.67	1.06	1.13	0.57	1.13	0.74	4.63	0.90
St. Dev.			1.07	0.70	0.87	0.20	0.25	0.25	1.24	0.37

ตารางที่ ข 5.5 ค่าไนไตรต์ที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรกรทุกทางขลศศศศศ = 2 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนลั้งดัวกลล = ร้อยละ 100 ของปริมาตรศารกรรทงทงมดต่อวัน

ค่าไนไตรต์ (NO ₂ ⁻ -N), มก./ล.								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW
1	17/03/44	1	0.06	0.22	0.01	0.02	0.12	0.12
2	18/03/44	2	0.04	0.15	0.01	0.02	0.09	0.08
3	19/03/44	3	0.01	0.50	0.01	0.03	0.60	0.15
4	20/03/44	4	0.26	0.15	0.02	0.01	0.02	0.14
5	21/03/44	5	0.01	0.13	0.02	0.01	0.03	0.08
6	22/03/44	6	0.06	0.17	0.02	0.01	0.02	0.08
7	23/03/44	7	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
8	24/03/44	8	0.01	0.04	0.01	0.06	0.02	0.08
9	25/03/44	9	0.01	0.27	0.01	0.01	0.01	0.06
10	26/03/44	10	0.04	0.20	0.01	0.02	0.10	0.07
Average			0.03	0.14	0.01	0.02	0.03	0.06
St. Dev.			0.02	0.11	0.00	0.02	0.04	0.03

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 5.6 ค่าไนเตรดที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 2 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่าไนเตรด ($\text{NO}_3^- \text{-N}$), มก./ล.								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW
1	17/03/44	1	1.04	1.32	0.89	0.93	1.06	1.01
2	18/03/44	2	0.68	0.91	0.88	0.91	0.70	0.65
3	19/03/44	3	0.93	1.52	1.62	1.00	0.90	0.84
4	20/03/44	4	1.19	1.86	0.72	0.82	1.33	1.19
5	21/03/44	5	0.36	1.26	1.10	0.88	0.64	0.74
6	22/03/44	6	1.19	1.06	0.63	1.01	0.55	0.61
7	23/03/44	7	0.74	0.42	0.34	0.69	0.44	0.41
8	24/03/44	8	0.97	1.32	0.91	1.25	1.19	0.88
9	25/03/44	9	1.11	0.65	0.68	0.61	0.62	0.65
10	26/03/44	10	0.69	1.26	0.89	0.97	0.88	0.55
Average			0.94	0.94	0.69	0.90	0.74	0.62
St. Dev.			0.22	0.40	0.23	0.26	0.30	0.17

ตารางที่ ข 5.7 ค่าทีเคเอ็นที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 2 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ทีเคเอ็น (TKN) , มก./ล.												
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.		WW.		% removal	
			Tot.	Sol.	Sol.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.
1	17/03/44	1	16.25	13.89	15.31	13.04	15.28	13.61	19.45	13.32	5.97	16.25
2	18/03/44	2	11.68	9.92	10.88	9.36	11.54	9.93	14.38	9.36	1.20	14.98
3	19/03/44	3	10.63	10.49	9.92	9.64	9.98	8.79	12.39	9.07	6.11	17.31
4	20/03/44	4	12.85	10.37	10.49	10.49	12.63	10.49	15.04	9.36	1.71	18.37
5	21/03/44	5	13.58	10.49	10.88	10.78	13.25	12.19	16.10	10.20	2.43	10.24
6	22/03/44	6	12.52	11.62	13.04	8.79	12.25	10.77	15.85	9.92	2.16	13.98
7	23/03/44	7	15.44	9.35	11.05	11.91	14.62	12.48	16.10	12.47	5.31	19.17
8	24/03/44	8	12.19	9.92	9.92	10.49	11.24	9.92	15.25	9.35	7.79	18.62
9	25/03/44	9	15.68	10.77	13.04	12.76	14.25	11.91	20.45	12.47	9.12	24.04
10	26/03/44	10	13.68	12.67	12.18	13.89	13.33	11.34	12.48	8.50	2.56	17.11
Average			13.90	10.87	11.85	11.57	13.14	11.28	16.03	10.54	5.39	18.58
St. Dev.			1.61	1.33	1.35	1.99	1.40	0.99	2.86	1.83	3.09	3.66

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 5.8 ค่าไนโตรเจนทั้งหมดที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางคลศาสตร์ = 2 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ไนโตรเจนรวม (TN) , มก./ล.									
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.	WW.	% removal
1	17/03/44	1	17.35	15.43	16.21	13.99	16.46	20.58	5.13
2	18/03/44	2	12.40	10.98	11.77	10.29	12.33	15.11	0.56
3	19/03/44	3	11.57	12.51	11.55	10.67	11.48	13.38	0.78
4	20/03/44	4	14.30	12.38	11.23	11.32	13.98	16.37	2.22
5	21/03/44	5	13.95	11.88	12.00	11.67	13.92	16.92	0.19
6	22/03/44	6	13.77	12.85	13.69	9.81	12.82	16.54	6.87
7	23/03/44	7	16.19	9.81	11.40	12.66	15.07	16.52	6.91
8	24/03/44	8	13.17	11.51	10.84	11.75	12.45	16.21	5.47
9	25/03/44	9	16.80	11.69	13.73	13.38	14.88	21.16	11.42
10	26/03/44	10	14.41	14.13	13.08	14.88	14.31	13.10	0.69
Average			14.87	12.00	12.55	12.49	13.91	16.70	6.27
St. Dev.			1.57	1.61	1.34	1.89	1.20	2.88	3.84

ตารางที่ ข 5.9 ค่าฟอสฟอรัสที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรทุกทางชลศาสตร์ = 2 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ฟอสฟอรัส (PO ₄ -P) , มก./ล.												
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.		WW.		% removal	
			Tot.	Sol.	Sol.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.
1	17/03/44	1	0.72	0.24	0.29	0.26	0.65	0.28	1.65	0.30	9.72	61.11
2	18/03/44	2	0.61	0.18	0.20	0.19	0.53	0.21	1.19	0.21	13.11	65.57
3	19/03/44	3	0.59	0.19	0.24	0.24	0.41	0.22	0.75	0.19	30.51	62.71
4	20/03/44	4	0.72	0.18	0.15	0.20	0.61	0.21	1.35	0.19	15.28	70.83
5	21/03/44	5	0.49	0.18	0.19	0.22	0.43	0.23	1.32	0.23	12.24	53.06
6	22/03/44	6	0.61	0.24	0.24	0.22	0.52	0.21	1.54	0.21	14.75	65.57
7	23/03/44	7	0.79	0.21	0.22	0.25	0.68	0.27	0.96	0.29	13.92	65.82
8	24/03/44	8	0.55	0.19	0.22	0.20	0.44	0.21	1.29	0.22	20.00	61.82
9	25/03/44	9	0.86	0.23	0.26	0.23	0.71	0.23	1.90	0.26	17.44	73.26
10	26/03/44	10	0.63	0.22	0.22	0.31	0.57	0.22	1.04	0.33	9.52	65.08
Average			0.69	0.22	0.23	0.24	0.58	0.23	1.35	0.26	15.13	66.31
St. Dev.			0.13	0.02	0.02	0.04	0.11	0.02	0.38	0.05	3.94	4.20

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 5.10 ค่าสภาพด่างที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรพทุกทางซัลเฟอร์ = 2 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า สภาพด่าง (Alk.) , มก./ล.CaCO ₃								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	17/03/44	1	168.1	164.0	168.1	169.1	168.1	164.0
2	18/03/44	2	134.7	133.7	136.7	139.7	136.7	133.7
3	19/03/44	3	139.7	136.7	140.7	136.7	134.7	133.7
4	20/03/44	4	141.8	149.9	144.8	143.8	144.8	141.8
5	21/03/44	5	147.8	147.8	150.9	153.9	156.9	154.9
6	22/03/44	6	143.8	161.0	162.0	153.9	151.9	146.8
7	23/03/44	7	164.0	147.8	158.0	168.1	164.0	153.9
8	24/03/44	8	146.8	143.8	149.9	150.9	154.9	144.8
9	25/03/44	9	163.0	153.9	162.0	168.1	161.0	163.0
10	26/03/44	10	136.7	134.7	139.7	140.7	139.7	136.7
Average			150.9	148.2	154.3	156.3	154.3	149.0
St. Dev.			12.1	10.0	9.6	11.8	9.5	9.9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 5.11 ค่าพีเอชที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางศาสตร์ = 2 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า พีเอช (pH)								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	19/03/44	3	7.7	7.7	7.8	7.8	7.7	7.7
2	20/03/44	4	7.6	7.6	7.7	7.9	7.6	7.6
3	21/03/44	5	7.6	7.8	7.7	7.7	7.7	7.7
4	22/03/44	6	7.5	7.5	7.5	7.3	7.5	7.5
5	23/03/44	7	7.6	7.8	7.6	7.5	7.6	7.6
6	26/03/44	10	7.7	7.6	7.7	7.6	7.7	7.7
Average			7.6	7.6	7.6	7.5	7.6	7.6
St. Dev.			0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 5.12 ค่าออกซิเจนละลายน้ำที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางศาสตร์ = 2 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) , มก./ล.								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	17/03/44	1	2.2	2.3	2.2	2.1	2.2	2.3
2	18/03/44	2	2.3	2.5	2.1	2.2	2.5	2.4
3	19/03/44	3	2.0	2.3	2.0	1.9	2.4	2.2
4	20/03/44	4	2.6	2.5	2.3	2.2	2.6	2.6
5	21/03/44	5	2.8	2.9	2.5	2.4	2.8	2.4
6	22/03/44	6	2.9	2.9	2.6	2.3	2.8	3.0
7	23/03/44	7	2.6	2.8	2.5	2.4	2.7	2.6
8	24/03/44	8	2.1	2.6	2.4	2.3	2.6	2.4
9	25/03/44	9	2.6	2.5	2.3	2.2	2.5	2.6
10	26/03/44	10	2.7	2.8	2.7	2.5	2.8	2.5
Average			2.6	2.7	2.5	2.3	2.7	2.6
St. Dev.			0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2

ตารางที่ ข 5.13 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางศาสตร์ = 2 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล่างตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า อุณหภูมิ (Temp.) , องศาเซลเซียส								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	17/03/44	1	29.0	29.0	29.0	29.5	29.5	29.0
2	18/03/44	2	28.5	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0
3	19/03/44	3	28.5	28.5	29*.5	30.0	29.5	28.5
4	20/03/44	4	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	28.5
5	21/03/44	5	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0
6	22/03/44	6	28.5	28.5	28.5	29.0	28.5	28.5
7	23/03/44	7	29.0	29.0	29.0	29.5	29.0	28.5
8	24/03/44	8	29.5	29.0	29.5	29.0	29.5	29.0
9	25/03/44	9	29.0	29.5	29.5	29.5	30.0	28.5
10	26/03/44	10	28.5	29.5	29.0	29.0	29.5	29.0
Average			28.9	29.1	29.1	29.2	29.3	28.7
St. Dev.			0.4	0.4	0.4	0.3	0.6	0.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 6.1 ค่าซีโอดีที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = รั้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ซีโอดี (COD) , มก./ล.																
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.		PORT 1		PORT 2		PORT 3		EFF.		WW.		% removal	
			Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.		
1	27/03/44	1	90.0	45.0	75.0	45.0	33.8	33.8	48.8	41.3	52.5	33.8	78.8	48.8	41.7	62.5
2	28/03/44	2	86.2	53.3	78.0	49.2	41.0	24.6	32.8	16.4	73.9	32.8	98.5	28.7	14.3	61.9
3	29/03/44	3	86.2	41.0	151.8	45.1	49.2	41.0	45.1	45.1	65.6	32.8	73.9	36.9	23.8	61.9
4	30/03/44	4	86.2	32.8	65.5	41.0	61.5	32.8	53.3	53.3	73.9	41.0	90.3	41.0	14.3	52.4
5	31/03/44	5	99.2	19.8	79.3	31.7	35.7	35.7	31.7	19.8	83.3	19.8	99.2	23.8	16.0	80.0
6	01/04/44	6	83.3	23.8	99.2	19.8	39.7	31.7	43.6	19.8	35.7	19.8	111.1	11.9	57.1	76.2
7	02/04/44	7	83.3	27.8	67.4	34.8	31.7	23.8	47.6	43.6	71.4	18.0	59.5	15.9	14.3	78.4
8	03/04/44	8	83.3	31.7	83.3	23.5	47.6	15.9	43.6	19.8	43.6	21.7	63.5	23.8	47.6	74.0
9	04/04/44	9	87.3	79.3	79.3	35.7	39.7	31.7	51.6	23.8	59.5	29.7	95.2	23.8	31.8	66.0
10	05/04/44	10	87.3	23.8	51.6	33.8	63.5	39.7	31.7	23.8	47.6	20.7	119.0	31.7	45.5	76.3
Average			84.9	37.3	76.2	29.5	44.4	28.6	43.6	26.2	51.6	22.0	89.7	21.4	39.3	74.2
St. Dev.			2.2	23.7	17.8	7.3	12.0	9.0	7.4	10.0	14.0	4.5	27.1	7.7	16.6	4.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 6.2 ค่าของแข็งแขวนลอย, ของแข็งแขวนลอยระเหยที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ของแข็งแขวนลอย (SS) และ ค่า ของแข็งแขวนลอยระเหย (VSS) , มก./ล.												
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.			EFF.			WW.			% removal
			SS	VSS	VSS/SS	SS	VSS	VSS/SS	SS	VSS	VSS/SS	
1	27/03/44	1	42	34	0.81	18	12	0.67	42	32	0.76	57.1
2	28/03/44	2	60	40	0.67	30	24	0.80	162	88	0.54	50.0
3	29/03/44	3	46	34	0.74	30	18	0.60	94	52	0.55	34.8
4	30/03/44	4	58	38	0.66	18	16	0.89	96	54	0.56	69.0
5	31/03/44	5	52	30	0.58	30	18	0.60	52	38	0.73	42.3
6	01/04/44	6	50	42	0.84	30	24	0.80	46	36	0.78	40.0
7	02/04/44	7	50	40	0.80	28	18	0.64	26	22	0.85	44.0
8	03/04/44	8	76	46	0.61	22	18	0.82	30	18	0.60	71.1
9	04/04/44	9	60	42	0.70	28	22	0.79	52	34	0.65	53.3
10	05/04/44	10	38	26	0.68	24	20	0.83	88	56	0.64	36.8
Average			54.8	39.2	0.7	26.4	20.4	0.8	48.4	33.2	0.7	49.0
St. Dev.			14.2	7.7	0.1	3.3	2.6	0.1	24.6	14.9	0.1	13.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 6.3 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า แอมโมเนียไนโตรเจน (NH ₃ -N) , มก./ล.										
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.		WW.	
			Tol.	Sol.	Sol.	Sol.	Tol.	Sol.	Tol.	Sol.
1	27/03/44	1	6.43	10.21	4.54	4.54	5.94	4.82	11.87	10.77
2	28/03/44	2	13.52	12.76	12.19	11.06	14.52	12.47	17.16	11.34
3	29/03/44	3	12.16	21.83	11.91	11.91	13.07	13.32	14.74	11.91
4	30/03/44	4	10.60	8.51	10.77	10.21	12.25	11.06	13.91	10.49
5	31/03/44	5	10.35	9.07	9.07	7.65	9.62	8.79	12.55	9.92
6	01/04/44	6	8.79	8.51	9.64	9.64	8.70	8.51	9.93	8.22
7	02/04/44	7	12.23	11.06	12.19	12.19	12.92	12.19	13.18	12.76
8	03/04/44	8	13.52	11.62	11.62	12.76	12.71	11.62	12.49	12.47
9	04/04/44	9	11.47	7.94	13.04	11.91	12.33	11.62	11.71	10.21
10	05/04/44	10	12.47	9.64	12.19	11.34	11.62	11.34	13.58	11.34
Average			11.70	9.75	11.74	11.57	11.66	11.06	12.18	11.00
St. Dev.			1.78	1.58	1.28	1.19	1.72	1.46	1.44	1.85

ตารางที่ ข 6.4 ค่าอินทรีย์ไนโตรเจนที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรกรทุกทางชลศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = รั้อยละ100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า อินทรีย์ไนโตรเจน (Org-N) , มก./ล.										
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.		WW.	
			Tot.	Sol.	Sol.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.
1	27/03/44	1	2.33	0.85	8.79	0.28	0.31	0.28	2.81	0.85
2	28/03/44	2	4.30	1.42	1.98	1.13	2.53	2.27	4.30	1.70
3	29/03/44	3	3.56	3.40	2.84	2.27	2.62	0.57	3.51	1.13
4	30/03/44	4	3.71	1.70	2.55	1.42	0.97	0.57	3.67	1.70
5	31/03/44	5	2.96	0.57	1.42	0.85	2.71	1.70	8.10	6.85
6	01/04/44	6	3.40	1.70	1.70	1.42	3.37	0.85	4.05	1.70
7	02/04/44	7	3.34	1.70	1.70	1.42	1.72	0.57	3.00	1.13
8	03/04/44	8	4.21	0.57	1.13	0.85	4.24	3.40	4.16	2.27
9	04/04/44	9	4.54	0.85	1.70	1.70	3.31	1.98	3.90	2.27
10	05/04/44	10	3.97	2.27	1.98	1.98	3.78	1.98	5.31	1.70
Average			3.89	1.42	1.64	1.47	3.28	1.76	4.08	1.81
St. Dev.			0.52	0.69	0.31	0.42	0.95	1.12	0.82	0.48

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 6.5 ค่าไนไตรต์ที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางคลศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ไนไตรต์ (NO ₂ ⁻ -N) , มก./ล.								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW
1	27/03/44	1	0.04	0.06	0.16	0.70	0.75	0.02
2	28/03/44	2	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.12
3	29/03/44	3	0.12	0.05	0.05	0.05	0.05	0.15
4	30/03/44	4	0.05	0.21	0.05	0.05	0.17	0.05
5	31/03/44	5	0.04	0.04	0.01	0.01	0.04	0.10
6	01/04/44	6	0.03	0.05	0.01	0.01	0.04	0.17
7	02/04/44	7	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.16
8	03/04/44	8	0.10	0.01	0.01	0.01	0.02	0.17
9	04/04/44	9	0.02	0.12	0.01	0.01	0.02	0.15
10	05/04/44	10	0.02	0.10	0.01	0.02	0.02	0.10
Average			0.04	0.06	0.01	0.01	0.02	0.15
St. Dev.			0.04	0.05	0.00	0.00	0.01	0.03

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 6.6 ค่าไนเตรตที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ไนเตรต (NO ₃ ⁻ -N) , มก./ล.								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW
1	27/03/44	1	0.45	1.00	1.10	1.24	1.19	0.70
2	28/03/44	2	0.48	0.65	0.78	0.66	0.17	0.15
3	29/03/44	3	0.51	0.03	0.53	0.40	0.65	0.45
4	30/03/44	4	0.80	0.05	0.19	0.31	0.16	0.59
5	31/03/44	5	0.40	1.16	0.31	0.15	0.03	0.27
6	01/04/44	6	0.12	0.16	0.09	0.71	0.56	0.53
7	02/04/44	7	0.60	0.44	0.74	0.71	0.52	0.77
8	03/04/44	8	0.20	0.64	0.96	0.54	0.62	0.85
9	04/04/44	9	0.43	0.83	0.95	1.03	0.80	0.75
10	05/04/44	10	0.38	0.50	2.46	0.58	0.45	0.52
Average			0.35	0.51	1.04	0.71	0.59	0.68
St. Dev.			0.19	0.25	0.87	0.19	0.13	0.15

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 6.7 ค่าที่เคเอ็นที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า เจดาล์ไนโตรเจน (TKN) , มก./ล.												
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.		WW.		%removal	
			Tot.	Sol.	Sol.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.
1	27/03/44	1	8.76	11.06	13.33	4.82	6.25	5.10	14.68	11.62	28.7	41.8
2	28/03/44	2	17.82	14.18	14.17	12.19	17.05	14.74	21.46	13.04	4.3	17.3
3	29/03/44	3	15.72	25.23	14.75	14.18	15.69	13.89	18.25	13.04	0.2	11.6
4	30/03/44	4	14.31	10.21	13.32	11.63	13.22	11.63	17.58	12.19	7.6	18.7
5	31/03/44	5	13.31	9.64	10.49	8.50	12.33	10.49	20.65	16.77	7.4	21.2
6	01/04/44	6	12.19	10.21	11.34	11.06	12.07	9.36	13.98	9.92	1.0	23.2
7	02/04/44	7	15.57	12.76	13.89	13.61	14.64	12.76	16.18	13.89	6.0	18.0
8	03/04/44	8	17.73	12.19	12.75	13.61	16.94	15.02	16.65	14.74	4.5	15.3
9	04/04/44	9	16.01	8.79	14.74	13.61	15.64	13.60	15.61	12.48	2.3	15.1
10	05/04/44	10	16.44	11.91	14.17	13.32	15.40	13.32	18.89	13.04	6.3	19.0
Average			15.59	11.17	13.38	13.04	14.94	12.81	16.26	12.81	4.0	18.1
St. Dev.			2.06	1.64	1.35	1.12	1.80	2.10	1.78	1.83	2.3	3.3

ตารางที่ ข 6.8 ค่าไนโตรเจนทั้งหมดที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล่างตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ไนโตรเจนรวม (TN) , มก./ล.									
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.	WW.	% removal
1	27/03/44	1	9.25	12.12	14.59	6.76	8.19	15.40	11.46
2	28/03/44	2	18.35	14.88	15.00	12.90	17.27	21.73	5.89
3	29/03/44	3	16.35	25.31	15.33	14.63	16.39	18.85	-0.24
4	30/03/44	4	15.16	10.47	13.56	11.99	13.55	18.22	10.62
5	31/03/44	5	13.75	10.84	10.81	8.66	12.40	21.02	9.82
6	01/04/44	6	12.34	10.42	11.44	11.78	12.67	14.68	-2.67
7	02/04/44	7	16.18	13.22	14.64	14.33	15.18	17.11	6.18
8	03/04/44	8	18.03	12.84	13.72	14.16	17.58	17.67	2.50
9	04/04/44	9	16.46	9.74	15.70	14.65	16.46	16.51	0.00
10	05/04/44	10	16.84	12.51	16.64	13.92	15.87	19.51	5.76
Average			15.97	11.75	14.43	13.77	15.55	17.10	2.35
St. Dev.			2.15	1.56	2.00	1.14	1.84	1.76	3.78

ตารางที่ ข 6.9 ค่าฟอสฟอรัสที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ฟอสฟอรัส (PO ₄ -P) , มก./ล.																
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.		PORT 1		PORT 2		PORT 3		EFF.		WW.		%removal	
			Tot.	Sol.	Sol.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.		
1	27/03/44	1	0.66	0.26	0.08	0.06	0.52	0.28	0.95	0.30	21.2	57.6				
2	28/03/44	2	0.71	0.20	0.30	0.29	0.68	0.21	1.94	0.21	4.2	70.4				
3	29/03/44	3	0.60	0.19	0.19	0.24	0.59	0.22	1.25	0.19	1.7	63.3				
4	30/03/44	4	0.68	0.22	0.22	0.24	0.52	0.21	1.26	0.19	23.5	69.1				
5	31/03/44	5	0.69	0.23	0.22	0.24	0.60	0.23	0.98	0.23	13.0	66.7				
6	01/04/44	6	0.71	0.31	0.31	0.32	0.68	0.21	0.96	0.21	4.2	70.4				
7	02/04/44	7	0.71	0.22	0.24	0.24	0.64	0.27	0.72	0.29	9.9	62.0				
8	03/04/44	8	0.65	0.19	0.25	0.28	0.56	0.21	0.58	0.22	13.8	67.7				
9	04/04/44	9	0.73	0.23	0.24	0.20	0.68	0.23	0.95	0.26	6.8	68.5				
10	05/04/44	10	0.63	0.20	0.26	0.29	0.62	0.22	1.48	0.33	1.6	65.1				
Average			0.69	0.23	0.26	0.27	0.64	0.23	0.94	0.26	7.3	66.7				
St. Dev.			0.04	0.05	0.03	0.05	0.05	0.02	0.34	0.05	4.8	3.3				

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 6.10 ค่าสภาพต่างที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน)

ค่า สภาพต่าง (Alk.) , มก./ล.CaCO ₃								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	27/03/44	1	128.6	169.1	103.3	101.3	112.4	161.0
2	28/03/44	2	171.1	171.1	171.1	168.1	160.0	168.1
3	29/03/44	3	166.1	160.0	164.0	153.9	154.9	158.0
4	30/03/44	4	153.9	150.9	161.0	165.0	151.9	155.9
5	31/03/44	5	135.7	136.7	138.7	131.6	124.5	133.7
6	01/04/44	6	135.7	129.6	143.8	139.0	137.7	134.7
7	02/04/44	7	168.1	164.0	168.1	164.0	161.0	164.0
8	03/04/44	8	166.1	158.0	176.2	164.0	160.0	160.0
9	04/04/44	9	149.9	152.9	174.2	163.0	156.9	148.8
10	05/04/44	10	154.9	150.9	160.0	158.0	156.9	154.9
Average			154.9	151.1	164.4	157.6	154.5	152.5
St. Dev.			13.2	13.0	13.2	10.7	9.6	11.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 6.11 ค่าพีเอชที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

(ภาวะบรทุกทางซดศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ ตร.ม.-ซม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า พีเอช (pH)								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	27/03/44	1	7.6	7.9	7.7	7.6	7.6	7.7
2	28/03/44	2	7.7	7.6	7.6	7.3	7.6	7.6
3	29/03/44	3	7.6	7.6	7.6	7.6	7.7	7.7
4	30/03/44	4	7.7	7.8	7.8	7.8	7.7	7.8
5	02/04/44	7	7.6	7.5	7.5	7.5	7.6	7.7
6	03/04/44	8	7.5	7.5	7.5	7.9	7.5	7.7
7	04/04/44	9	7.6	7.6	7.6	7.8	7.6	7.7
8	05/04/44	10	7.7	7.7	7.5	7.6	7.6	7.6
Average			7.6	7.6	7.5	7.7	7.6	7.7
St. Dev.			0.1	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 6.12 ค่าออกซิเจนละลายน้ำที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) , มก./ล.								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	27/03/44	1	2.5	2.3	2.4	2.5	2.5	2.4
2	28/03/44	2	2.5	2.4	2.3	2.3	2.4	2.5
3	29/03/44	3	2.4	2.5	2.5	2.4	2.6	2.5
4	30/03/44	4	2.3	2.1	1.6	1.6	2.3	2.3
5	31/03/44	5	2.5	2.4	2.1	2.0	2.4	2.6
6	01/04/44	6	2.7	2.7	2.6	2.4	2.8	2.6
7	02/04/44	7	2.8	2.3	2.0	2.2	2.4	2.5
8	03/04/44	8	2.7	2.3	2.3	2.1	2.4	2.6
9	04/04/44	9	2.6	2.5	2.1	2.3	2.2	2.4
10	05/04/44	10	2.5	2.4	2.4	2.2	2.6	2.5
Average			2.6	2.4	2.3	2.2	2.5	2.5
St. Dev.			0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 6.13 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = รั้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า อุณหภูมิ (Temp.) , องศาเซลเซียส								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	27/03/44	1	29.5	30.5	31.0	30.5	30.0	30.0
2	28/03/44	2	29.5	30.0	30.5	31.0	30.5	30.0
3	29/03/44	3	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	31.0
4	30/03/44	4	30.0	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0
5	31/03/44	5	30.0	30.5	30.5	30.5	30.5	31.0
6	01/04/44	6	30.0	30.5	31.0	31.0	31.0	31.0
7	02/04/44	7	30.0	30.5	31.0	31.0	30.5	31.5
8	03/04/44	8	31.0	31.5	31.5	31.5	31.5	33.0
9	04/04/44	9	30.5	30.5	31.0	31.0	31.0	32.0
10	05/04/44	10	31.0	31.0	31.0	30.5	31.0	31.0
Average			30.5	30.8	31.1	31.0	31.0	31.7
St. Dev.			0.5	0.4	0.2	0.4	0.4	0.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 7.1 ค่าซีโอดีที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ซีโอดี (COD) , มก./ล.																
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.		PORT 1		PORT 2		PORT 3		EFF.		WW.		% removal	
			Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.		
1	07/04/44	1	86.6	39.3	39.3	23.6	39.3	27.5	35.4	23.6	39.3	39.3	63.0	23.6	54.6	54.6
2	08/04/44	2	70.8	39.3	55.1	23.6	47.2	31.5	39.3	27.5	55.1	23.6	70.8	39.3	22.2	66.7
3	09/04/44	3	70.8	39.3	70.8	31.5	39.3	23.6	47.2	27.5	55.1	23.6	63.0	15.7	22.2	66.7
4	10/04/44	4	65.8	27.1	46.5	23.2	31.0	19.8	38.7	23.2	46.5	15.5	116.1	31.0	29.4	76.5
5	11/04/44	5	77.4	31.0	56.0	38.7	23.2	15.5	31.0	15.5	46.5	15.5	100.6	31.0	40.0	80.0
6	12/04/44	6	96.0	72.0	72.0	52.0	56.0	41.0	84.0	64.0	84.0	60.0	92.0	56.0	12.5	37.5
7	13/04/44	7	112.0	68.0	84.0	54.0	68.0	50.0	68.0	46.5	104.0	56.0	120.0	80.0	7.1	50.0
8	14/04/44	8	70.8	31.5	53.6	35.7	45.7	37.8	31.5	25.8	23.6	14.6	31.5	23.6	66.7	79.4
9	15/04/44	9	94.4	49.5	61.5	41.7	45.7	37.9	23.6	18.3	31.5	19.0	125.9	15.7	66.7	79.9
10	16/04/44	10	63.0	23.6	51.5	29.0	53.6	27.5	39.3	26.7	47.2	25.7	55.1	7.9	25.0	59.2
Average			87.2	48.9	64.5	42.5	53.8	38.8	49.3	36.3	58.1	35.1	84.9	36.6	35.6	61.2
St. Dev.			20.0	21.5	13.5	10.6	9.2	8.0	25.6	18.7	34.6	21.4	40.9	30.4	29.1	18.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 7.2 ค่าของแข็งแขวนลอย, ของแข็งแขวนลอยระเหยที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรจุทุกทางชลศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ของแข็งแขวนลอย (SS) และ ค่า ของแข็งแขวนลอยระเหย (VSS) , มก./ล.												
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.			EFF.			WW.			% removal
			SS	VSS	VSS/SS	SS	VSS	VSS/SS	SS	VSS	VSS/SS	
1	07/04/44	1	42	40	0.95	14	28	2.00	32	44	1.38	66.7
2	08/04/44	2	102	26	0.25	38	22	0.58	50	32	0.64	62.7
3	09/04/44	3	56	44	0.79	34	22	0.65	34	28	0.82	39.3
4	10/04/44	4	40	26	0.65	48	32	0.67	86	64	0.74	0.0
5	11/04/44	5	32	26	0.81	34	28	0.82	74	50	0.68	0.0
6	12/04/44	6	54	50	0.93	26	18	0.69	64	52	0.81	51.9
7	13/04/44	7	48	48	1.00	46	30	0.65	64	50	0.78	4.2
8	14/04/44	8	36	28	0.78	38	28	0.74	36	26	0.72	0.0
9	15/04/44	9	78	62	0.79	22	16	0.73	156	110	0.71	71.8
10	16/04/44	10	14	12	0.86	16	12	0.75	54	38	0.70	0.0
Average			46.0	40.0	0.9	29.6	20.8	0.7	74.8	55.2	0.7	25.6
St. Dev.			23.5	19.8	0.1	12.2	7.8	0.0	46.8	32.4	0.0	33.9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 7.3 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า แอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) , มก./ล.										
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.		WW.	
			Tol.	Sol.	Sol.	Sol.	Tol.	Sol.	Tol.	Sol.
1	07/04/44	1	11.06	18.71	11.91	10.77	10.21	9.64	10.77	10.21
2	08/04/44	2	13.04	10.77	12.47	11.91	12.47	10.77	12.47	11.34
3	09/04/44	3	12.47	11.91	12.47	13.04	11.91	11.34	11.34	10.77
4	10/04/44	4	11.34	11.34	11.91	10.91	10.77	10.77	12.47	11.91
5	11/04/44	5	12.47	11.34	13.04	11.91	11.91	11.91	11.91	11.91
6	12/04/44	6	13.04	13.04	12.47	11.34	12.47	12.47	13.32	13.32
7	13/04/44	7	11.06	12.19	10.77	11.34	11.06	10.21	11.34	11.34
8	14/04/44	8	14.74	14.18	14.18	10.77	13.04	13.04	12.47	11.91
9	15/04/44	9	9.64	9.07	8.51	10.21	9.07	7.94	9.64	9.64
10	16/04/44	10	9.64	7.65	6.24	8.51	6.80	6.52	8.22	7.94
Average			11.62	11.23	10.43	10.43	10.49	10.04	11.00	10.83
St. Dev.			2.23	2.76	3.15	1.17	2.57	2.82	2.08	2.09

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 7.4 ค่าอินทรีย์ไนโตรเจนที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรพทุกทางซลศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า อินทรีย์ไนโตรเจน (Org-N) , มก./ล.										
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.		WW.	
			Tot.	Sol.	Sol.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.
1	07/04/44	1	3.40	1.70	2.27	2.27	2.84	1.13	3.40	1.70
2	08/04/44	2	4.54	2.84	2.55	9.64	3.97	2.58	4.54	2.84
3	09/04/44	3	6.24	2.84	2.27	2.27	3.69	2.27	4.54	3.40
4	10/04/44	4	5.10	1.70	2.84	2.58	4.54	1.98	9.64	2.27
5	11/04/44	5	5.67	2.84	2.84	1.70	4.54	2.84	6.80	2.27
6	12/04/44	6	4.25	1.13	1.98	1.70	2.84	1.70	3.97	1.70
7	13/04/44	7	3.69	2.27	1.70	1.42	3.12	1.70	3.97	1.13
8	14/04/44	8	5.10	3.40	2.84	4.54	6.24	3.40	4.54	2.27
9	15/04/44	9	4.54	2.55	2.55	2.27	3.40	2.27	5.67	2.27
10	16/04/44	10	4.54	1.42	1.13	1.42	3.97	3.40	5.10	2.84
Average			4.42	2.15	2.04	2.27	3.91	2.49	4.65	2.04
St. Dev.			0.51	0.91	0.68	1.32	1.37	0.86	0.74	0.65

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 7.5 ค่าไนไตรต์ที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางคลศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ไนไตรต์ (NO ₂ ⁻ -N) , มก./ล.								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW
1	07/04/44	1	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.10
2	08/04/44	2	0.38	0.17	0.01	0.01	0.01	0.04
3	09/04/44	3	0.13	0.12	0.01	0.07	0.05	0.08
4	10/04/44	4	0.02	0.01	0.01	0.07	0.06	0.01
5	11/04/44	5	0.10	0.03	0.01	0.07	0.04	0.03
6	12/04/44	6	0.01	0.01	0.01	0.08	0.05	0.06
7	13/04/44	7	0.01	0.01	0.01	0.08	0.04	0.03
8	14/04/44	8	0.07	0.04	0.01	0.14	0.15	0.10
9	15/04/44	9	0.04	0.02	0.10	0.39	0.45	0.18
10	16/04/44	10	0.03	0.22	0.12	0.04	0.40	0.13
Average			0.03	0.06	0.05	0.15	0.22	0.10
St. Dev.			0.02	0.09	0.06	0.14	0.19	0.06

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 7.6 ค่าไนเตรดที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่าไนเตรด ($\text{NO}_3^- \text{-N}$), มก./ล.								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW
1	07/04/44	1	0.73	0.51	0.63	0.72	0.45	0.59
2	08/04/44	2	0.81	0.59	0.84	0.57	0.56	0.22
3	09/04/44	3	1.50	0.57	0.55	0.68	0.53	0.65
4	10/04/44	4	0.05	0.33	0.64	0.50	0.23	0.51
5	11/04/44	5	0.33	0.35	0.55	0.68	0.54	0.51
6	12/04/44	6	0.16	0.46	0.65	0.55	0.48	0.55
7	13/04/44	7	0.21	0.54	0.70	0.45	0.39	0.56
8	14/04/44	8	1.03	0.69	0.66	0.62	0.60	0.62
9	15/04/44	9	1.45	0.60	0.57	0.70	0.72	0.68
10	16/04/44	10	0.98	0.57	0.62	0.60	0.72	0.56
Average			0.77	0.57	0.64	0.58	0.58	0.59
St. Dev.			0.56	0.08	0.05	0.09	0.15	0.06

ตารางที่ ข 7.7 ค่าทีเคเอ็นที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรทุกทางชลศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในถังกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ทีเคเอ็น (TKN) , มก./ล.												
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.		WW.		%removal	
			Tot.	Sol.	Sol.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.
1	07/04/44	1	14.46	20.41	14.18	13.04	13.05	10.77	14.17	11.91	9.75	25.52
2	08/04/44	2	17.58	13.61	15.02	21.55	16.44	13.35	17.01	14.18	6.48	24.06
3	09/04/44	3	18.71	14.75	14.74	15.31	15.60	13.61	15.88	14.17	16.62	27.26
4	10/04/44	4	16.44	13.04	14.75	13.49	15.31	12.75	22.11	14.18	6.87	22.45
5	11/04/44	5	18.14	14.18	15.88	13.61	16.45	14.75	18.71	14.18	9.32	18.69
6	12/04/44	6	17.29	14.17	14.45	13.04	15.31	14.17	17.29	15.02	11.45	18.05
7	13/04/44	7	14.75	14.46	12.47	12.76	14.18	11.91	15.31	12.47	3.86	19.25
8	14/04/44	8	19.84	17.58	17.02	15.31	19.28	16.44	17.01	14.18	2.82	17.14
9	15/04/44	9	14.18	11.62	11.06	12.48	12.47	10.21	15.31	11.91	12.06	28.00
10	16/04/44	10	14.18	9.07	7.37	9.93	10.77	9.92	13.32	10.78	24.05	30.04
Average			16.05	13.38	12.47	12.70	14.40	12.53	15.65	12.87	10.85	22.50
St. Dev.			2.48	3.21	3.63	1.91	3.22	2.76	1.60	1.72	8.50	6.05

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 7.8 ค่าไนโตรเจนทั้งหมดที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = รั้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน)

ค่า ไนโตรเจนรวม (TN) , มก./ล.									
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.	WW.	% removal
1	07/04/44	1	15.20	20.93	14.82	13.79	13.53	14.86	10.99
2	08/04/44	2	18.77	14.37	15.87	22.13	17.01	17.27	9.38
3	09/04/44	3	20.34	15.44	15.30	16.06	16.18	16.61	20.45
4	10/04/44	4	16.51	13.38	15.40	14.06	15.60	22.63	5.51
5	11/04/44	5	18.57	14.56	16.44	14.36	17.03	19.25	8.29
6	12/04/44	6	17.46	14.64	15.11	13.67	15.84	17.90	9.28
7	13/04/44	7	14.97	15.01	13.18	13.29	14.61	15.90	2.40
8	14/04/44	8	20.94	18.31	17.69	16.07	20.03	17.73	4.35
9	15/04/44	9	15.67	12.24	11.73	13.57	13.64	16.17	12.95
10	16/04/44	10	15.19	9.86	8.11	10.57	11.89	14.01	21.72
Average			16.85	14.01	13.16	13.43	15.20	16.34	10.14
St. Dev.			2.49	3.17	3.60	1.95	3.06	1.58	7.69

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 7.9 ค่าฟอสฟอรัสที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ฟอสฟอรัส (PO ₄ -P) , มก./ล.												
ลำดับ ที่	วันที่	ลำดับ วัน	INF.	PORT 1	PORT 2	PORT 3	EFF.		WW.		% removal	
			Tot.	Sol.	Sol.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.	Tot.	Sol.
1	07/04/44	1	0.33	0.21	0.23	0.24	0.28	0.18	0.27	0.22	15.2	45.5
2	08/04/44	2	0.34	0.23	0.18	0.26	0.30	0.23	0.37	0.29	11.8	32.4
3	09/04/44	3	0.27	0.23	0.25	0.22	0.26	0.21	0.26	0.22	3.7	22.2
4	10/04/44	4	0.30	0.29	0.30	0.26	0.26	0.22	0.33	0.24	13.3	26.7
5	11/04/44	5	0.27	0.21	0.25	0.21	0.27	0.17	0.35	0.22	0.0	37.0
6	12/04/44	6	0.33	0.23	0.30	0.22	0.32	0.22	0.34	0.30	3.0	33.3
7	13/04/44	7	0.29	0.28	0.29	0.25	0.25	0.21	0.31	0.22	13.8	27.6
8	14/04/44	8	0.29	0.34	0.12	0.19	0.27	0.19	0.25	0.16	6.9	34.5
9	15/04/44	9	0.24	0.21	0.19	0.16	0.23	0.13	0.32	0.13	4.2	45.8
10	16/04/44	10	0.21	0.18	0.16	0.23	0.17	0.15	0.19	0.14	19.0	28.6
Average			0.27	0.25	0.21	0.21	0.25	0.18	0.28	0.19	9.4	34.0
St. Dev.			0.05	0.06	0.08	0.04	0.05	0.04	0.06	0.07	6.8	7.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 7.10 ค่าสภาพต่างที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาณสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า สภาพต่าง (Alk.) , มก./ล. CaCO ₃								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	07/04/44	1	145.8	147.8	153.9	143.8	146.8	147.8
2	08/04/44	2	145.8	147.8	153.9	145.8	145.8	147.8
3	09/04/44	3	141.8	143.8	147.8	145.8	149.9	137.7
4	10/04/44	4	160.0	160.0	162.0	160.0	155.9	161.0
5	11/04/44	5	146.8	149.9	158.0	153.9	153.9	272.4
6	12/04/44	6	150.9	162.0	155.9	155.9	151.9	151.9
7	13/04/44	7	153.9	167.1	165.0	150.9	163.0	142.8
8	14/04/44	8	148.8	144.8	140.7	136.7	138.7	138.7
9	15/04/44	9	136.7	138.7	134.7	126.6	125.6	129.6
10	16/04/44	10	131.6	129.6	131.6	133.7	129.5	125.6
Average			144.4	148.4	145.6	140.7	141.7	137.7
St. Dev.			9.7	15.8	14.3	12.3	15.6	10.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 7.11 ค่าพีเอชที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางคลศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า พีเอช (pH)								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	09/04/44	3	7.7	7.6	7.5	8.2	7.6	7.7
2	10/04/44	4	7.6	7.6	7.8	7.6	7.5	7.7
3	11/04/44	5	7.6	7.5	7.5	7.8	7.6	7.7
4	12/04/44	6	7.5	7.8	7.9	7.9	7.5	7.5
5	13/04/44	7	7.6	7.7	7.8	7.8	7.6	7.6
6	14/04/44	8	7.6	7.6	7.7	7.7	7.6	7.7
7	15/04/44	9	7.7	7.8	7.6	7.8	7.7	7.6
8	16/04/44	10	7.7	7.7	7.7	7.6	7.5	7.7
Average			7.6	7.7	7.7	7.8	7.6	7.6
St. Dev.			0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 7.12 ค่าออกซิเจนละลายน้ำที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) , มก./ล.								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	07/04/44	1	2.3	2.3	2.2	2.0	2.3	2.3
2	08/04/44	2	2.2	2.2	2.4	2.2	2.2	2.4
3	09/04/44	3	2.4	2.2	2.0	2.1	2.4	2.2
4	10/04/44	4	2.5	2.0	2.1	1.9	2.1	2.6
5	11/04/44	5	2.5	1.8	2.0	2.1	2.5	2.3
6	12/04/44	6	2.3	2.4	2.1	2.4	2.4	2.4
7	13/04/44	7	2.4	2.3	2.2	2.2	2.3	2.2
8	14/04/44	8	2.2	2.2	2.3	2.3	2.2	2.5
9	15/04/44	9	2.3	2.5	2.2	2.2	2.4	2.4
10	16/04/44	10	2.4	2.3	2.1	2.4	2.3	2.3
Average			2.3	2.3	2.2	2.3	2.3	2.4
St. Dev.			0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

ตารางที่ ข 7.13 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

ค่า อุณหภูมิ (Temp.) , องศาเซลเซียส								
ลำดับที่	วันที่	ลำดับวัน	INF.	Port 1	Port 2	Port 3	EFF.	WW.
1	07/04/44	1	31.0	31.5	31.5	31.5	31.5	32.0
2	08/04/44	2	31.0	31.5	31.5	31.5	31.5	32.0
3	09/04/44	3	30.5	32.0	33.0	32.5	33.0	34.5
4	10/04/44	4	31.5	32.0	32.0	32.0	32.0	33.5
5	11/04/44	5	31.5	32.0	32.5	31.0	32.5	32.5
6	12/04/44	6	31.0	31.5	32.0	32.0	33.0	33.0
7	13/04/44	7	32.0	32.0	33.0	32.5	33.5	33.5
8	14/04/44	8	33.0	33.5	33.5	33.5	33.0	33.0
9	15/04/44	9	32.5	33.0	33.0	33.5	33.5	33.5
10	16/04/44	10	33.0	33.5	33.5	33.0	33.0	33.5
Average			32.3	32.7	33.0	32.9	33.2	33.3
St. Dev.			0.8	0.9	0.6	0.7	0.3	0.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข 8 ค่าของแข็งแขวนลอย และค่าของแข็งแขวนลอยระเหยที่เกาะติดตัวกลาง
สารกรองทุกชุดการทดลอง

ชุดการ ทดลองที่	ทดลอง ครั้งที่	นน.ตัวกลาง สารกรอง (ก.)	นน.ค่าของแข็งแขวนลอย บนตัวกลางสารกรอง (ก.)	นน.ของแข็งแขวนลอย ต่อ นน.ตัวกลางสารกรอง	นน.ของแข็งแขวนลอย ระเหยบนผิวตัวกลาง (ก.)	VSS/SS
1	1	6.965	0.066	0.010	0.045	0.6712
	2	5.965	0.060	0.010	0.039	0.6555
	3	5.680	0.062	0.011	0.038	0.6138
	4	6.291	0.060	0.010	0.041	0.6890
	5	5.984	0.058	0.010	0.040	0.6781
2	1	5.369	0.056	0.010	0.043	0.7634
	2	5.741	0.067	0.012	0.046	0.6841
	3	5.742	0.074	0.013	0.049	0.6603
3	1	6.506	0.080	0.012	0.054	0.6801
	2	6.246	0.068	0.011	0.046	0.6696
	3	6.158	0.067	0.011	0.046	0.6891
4	1	5.839	0.066	0.011	0.047	0.7045
	2	6.079	0.082	0.014	0.053	0.6476
	3	6.313	0.081	0.013	0.052	0.6424
5	1	5.942	0.078	0.013	0.055	0.7038
	2	6.227	0.087	0.014	0.062	0.7136
	3	5.899	0.088	0.015	0.063	0.7140
6	1	6.520	0.059	0.009	0.042	0.7186
	2	6.396	0.054	0.008	0.038	0.7015
	3	5.803	0.050	0.009	0.035	0.7026
7	1	6.165	0.059	0.010	0.042	0.7121
	2	6.187	0.069	0.011	0.050	0.7174
	3	5.631	0.048	0.009	0.035	0.7318



ภาคผนวก ค
ตารางแสดงค่าเฉลี่ยข้อมูลผลการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค1 ค่าเฉลี่ยข้อมูลชุดการทดลองที่ 1

ภาวะบรรทุทางชลศาสตร์ = 3 ตบ.ขม./ตร.ม.-ขม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = ร้อยละ 20 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

พารามิเตอร์	น้ำเข้า		น้ำออก		น้ำล้าง		จำนวนข้อมูล
	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD	
ออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.)	3.4	0.6	2.7	0.4	3.4	0.8	5
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	28.6	0.5	28.6	0.5	28.7	0.4	5
พีเอช	7.1	0.2	7.1	0.1	7.1	0.2	5
สภาพคั่ง (มก./ล. หินปูน)	140.6	10.3	145.3	11.0	151.0	3.0	5
ช่องแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	66.4	27.0	16.8	3.0	52.4	9.3	5
ประสิทธิภาพการกำจัดช่องแข็งแขวนลอย(%)	72.5						5
VSS/SS	0.6	0.1	0.6	0.2	0.5	0.0	5
ซีโอดีทั้งหมด (มก./ล.)	103.7	19.3	57.0	11.7	90.5	31.1	5
ซีโอดีกรอง (มก./ล.)	51.0	9.1	35.8	9.2	44.8	8.7	5
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีทั้งหมด(%)	44.1						5
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีกรอง(%)	65.1						5
แอมโมเนีย(มก./ล.)	9.7	0.8	9.5	0.8	12.0	2.2	5
ทีเคเอ็นทั้งหมด (มก./ล.)	11.8	0.8	11.0	1.0	13.1	1.0	5
ทีเคเอ็นละลายน้ำ (มก./ล.)	-	-	10.0	0.9	10.1	0.8	5
ไนโตรด(มก./ล.)	0.10	0.10	0.02	0.02	0.04	0.03	5
ไนเตรด(มก./ล.)	0.48	0.24	0.76	0.30	1.00	0.96	5
ไนโตรเจนทั้งหมด(มก./ล.)	12.3	0.7	11.8	1.0	14.1	1.5	5
ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นทั้งหมด(%)	6.6						5
ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นละลายน้ำ(%)	15.2						5
ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมด(%)	4.6						5
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	0.56	0.07	0.50	0.09	0.92	0.14	5
ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (มก./ล.)	0.20	0.07	0.32	0.11	0.38	0.08	5
ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมด(%)	10.9						5
ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสกรอง(%)	43.7						5

หมายเหตุ SD คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ ค2 ค่าเฉลี่ยข้อมูลชุดการทดลองที่ 2

ภาวะบรรทุทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล่างตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

พารามิเตอร์	น้ำเข้า		น้ำออก		น้ำล่าง		จำนวน
	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD	ข้อมูล
ออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.)	3.5	0.9	3.5	0.7	3.8	0.7	5
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	28.6	0.4	28.5	0.4	28.7	0.4	5
พีเอช	7.4	0.1	7.2	0.2	7.3	0.1	5
สภาพต่าง (มก./ล.หินปูน)	149.2	10.8	148.5	5.6	151.4	9.3	5
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	70.8	12.0	18.4	3.8	78.0	7.7	5
ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอย(%)	73.9						5
VSS/SS	0.7	0.1	0.6	0.1	0.6	0	5
ซีโอดีทั้งหมด (มก./ล.)	121	8.2	59.8	5.8	155.2	32.5	5
ซีโอดีกรอง (มก./ล.)	56.3	3.9	38.5	6.0	40.1	13.0	5
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีทั้งหมด(%)	50.5						5
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีกรอง(%)	68.1						5
แอมโมเนีย(มก./ล.)	6.8	2.0	7.2	0.9	10.5	2.5	5
ทีเคเอ็นทั้งหมด (มก./ล.)	11.1	1.7	10.0	1.6	13.9	1.8	5
ทีเคเอ็นละลายน้ำ (มก./ล.)	-	-	8.9	1.5	9.2	1.5	5
ไนโตรเจนทั้งหมด(มก./ล.)	0.05	0.01	0.03	0.01	0.08	0.03	5
ไนเตรต(มก./ล.)	1.77	0.57	0.92	0.24	1.21	0.46	5
ไนโตรเจนทั้งหมด(มก./ล.)	13.0	1.7	11.0	1.7	15.1	2.1	5
ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นทั้งหมด(%)	10.0						5
ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นละลายน้ำ(%)	20.3						5
ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมด(%)	15.3						5
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	0.43	0.03	0.34	0.05	1.11	0.26	5
ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (มก./ล.)	-	-	0.12	0.03	0.15	0.03	5
ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมด(%)	21.2						5
ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสกรอง(%)	71.1						5

หมายเหตุ SD คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ ค3 ค่าเฉลี่ยข้อมูลชุดการทดลองที่ 3

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนน้ำในตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

พารามิเตอร์	น้ำเข้า		น้ำออก		น้ำล้าง		จำนวน ข้อมูล
	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD	
ออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.)	2.2	0.1	3.3	0.1	3.6	0.3	5
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	28.7	0.3	29.0	0.0	29.0	0.0	5
พีเอช	7.2	0.4	7.2	0.4	7.2	0.4	5
สภาพต่าง (มก./ล.นินปุณ)	168.6	4.5	163.5	3.6	161.2	3.1	5
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	89.2	76.0	22.8	7.0	90.2	7.9	5
ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอย(%)	66.6						5
VSS/SS	0.7	0.1	0.6	0.0	0.6	0.0	5
ซีไอดีทั้งหมด (มก./ล.)	106.5	13.6	50.9	7.0	221.1	148.8	5
ซีไอดีกรอง (มก./ล.)	65.6	7.7	33.6	4.3	39.4	7.8	5
ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีทั้งหมด(%)	51.6						5
ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีกรอง(%)	67.9						5
แอมโมเนีย(มก./ล.)	9.0	1.6	10.7	0.7	12.0	2.7	5
ทีเคเอ็นทั้งหมด (มก./ล.)	13.7	1.1	12.9	1.4	16.5	1.0	5
ทีเคเอ็นละลายน้ำ (มก./ล.)	-	-	11.2	1.3	11.4	1.0	5
ไนโตรเจน(มก./ล.)	0.02	0.03	0.02	0.01	0.04	0.01	5
ไนเตรต(มก./ล.)	1.78	1.06	1.08	0.64	0.93	0.52	5
ไนโตรเจนทั้งหมด(มก./ล.)	15.6	2.1	14.2	2.0	17.6	1.6	5
ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นทั้งหมด(%)	6.2						5
ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นละลายน้ำ(%)	18.5						5
ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมด(%)	9.2						5
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	0.67	0.10	0.48	0.12	1.32	0.42	5
ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (มก./ล.)	-	-	0.19	0.09	0.20	0.12	5
ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมด(%)	29.0						5
ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสกรอง(%)	71.5						5

หมายเหตุ SD คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ ค4 ค่าเฉลี่ยข้อมูลชุดการทดลองที่ 4

ภาวะบรรทุทางชลศาสตร์ = 2 ลบ.ซม./ตร.ม.-ซม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

พารามิเตอร์	น้ำเข้า		น้ำออก		น้ำล้าง		จำนวน ข้อมูล
	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD	
ออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.)	3.0	1.2	3.1	1.3	2.9	1.0	5
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	27.8	0.8	27.9	0.7	27.8	0.8	5
พีเอช	7.4	0.1	7.4	0.1	7.4	0.1	5
สภาพต่าง (มก./ล.นินปุณ)	158.1	7.5	159.2	3.7	154.5	6.7	5
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	40.4	2.6	29.2	2.3	81.6	26.6	5
ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอย(%)	27.6						5
VSS/SS	0.6	0.1	0.7	0.2	0.6	0.1	5
ซีโอต์ทั้งหมด (มก./ล.)	107.3	54.8	64.3	5.4	128.4	14.4	5
ซีโอต์กรอง (มก./ล.)	49.2	6.5	32.0	8.0	28.2	7.9	5
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอต์ทั้งหมด(%)	31.7						5
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอต์กรอง(%)	65.2						5
แอมโมเนีย(มก./ล.)	10.1	1.0	9.7	1.0	9.7	0.8	5
ทีเคเอ็นทั้งหมด (มก./ล.)	12.9	0.9	12.2	0.9	14.6	0.9	5
ทีเคเอ็นละลายน้ำ (มก./ล.)	-	-	10.3	0.7	9.9	0.7	5
ไนโตรด(มก./ล.)	0.07	0.04	0.06	0.03	0.18	0.08	5
ไนเตรต(มก./ล.)	1.01	0.36	0.71	0.61	0.76	0.37	5
ไนโตรเจนทั้งหมด(มก./ล.)	14.0	0.8	13.0	0.7	15.6	0.8	5
ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นทั้งหมด(%)	5.5						5
ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นละลายน้ำ(%)	20.2						5
ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมด(%)	7.1						5
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	0.67	0.08	0.59	0.08	1.17	0.25	5
ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (มก./ล.)	-	-	0.20	0.03	0.18	0.04	5
ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมด(%)	11.8						5
ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสกรอง(%)	70.2						5

หมายเหตุ SD คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ ค5 ค่าเฉลี่ยข้อมูลชุดการทดลองที่ 5

ภาวะบรรจุทางชลศาสตร์ = 2 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

พารามิเตอร์	น้ำเข้า		น้ำออก		น้ำล้าง		จำนวนข้อมูล
	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD	
ออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.)	2.6	0.3	2.7	0.1	2.6	0.2	5
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	28.9	0.4	29.3	0.6	28.7	0.3	5
พีเอช	7.6	0.1	7.6	0.1	7.6	0.1	5
สภาพต่าง (มก./ล.หินปูน)	150.9	12.1	154.3	9.5	149.0	9.9	5
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	57.6	17.2	27.6	6.5	87.6	26.8	5
ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอย(%)	50.3						5
VSS/SS	0.6	0.1	0.7	0.0	0.6	0.0	5
ซีโอดีทั้งหมด (มก./ล.)	139.8	67.2	73.6	37.4	128.9	93.9	5
ซีโอดีกรอง (มก./ล.)	48.1	13.2	31.7	12.8	36.0	15.5	5
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีทั้งหมด(%)	47.0						5
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีกรอง(%)	74.9						5
แอมโมเนีย(มก./ล.)	10.2	1.7	12.0	1.6	11.4	2.1	5
ทีเคเอ็นทั้งหมด (มก./ล.)	13.9	1.6	13.1	1.4	16.0	2.9	5
ทีเคเอ็นละลายน้ำ (มก./ล.)	-	-	11.3	1.0	10.5	1.8	5
ไนโตรด(มก./ล.)	0.03	0.02	0.03	0.04	0.06	0.03	5
ไนเตรต(มก./ล.)	0.94	0.22	0.74	0.3	0.62	0.17	5
ไนโตรเจนทั้งหมด(มก./ล.)	14.9	1.6	13.9	1.2	16.7	2.9	5
ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นทั้งหมด(%)	5.4						5
ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นละลายน้ำ(%)	18.6						5
ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมด(%)	6.3						5
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	0.69	0.13	0.58	0.11	1.35	0.38	5
ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (มก./ล.)	-	-	0.23	0.02	0.26	0.05	5
ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมด(%)	15.1						5
ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสกรอง(%)	66.3						5

หมายเหตุ SD คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ ๑๖ ค่าเฉลี่ยข้อมูลชุดการทดลองที่ 6

ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ ตร.ม.-ชม.

อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

พารามิเตอร์	น้ำเข้า		น้ำออก		น้ำล้าง		จำนวน ข้อมูล
	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD	
ออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.)	2.6	0.1	2.5	0.2	2.5	0.1	5
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	30.5	0.5	31.0	0.4	31.7	0.8	5
พีเอช	7.6	0.1	7.6	0.0	7.7	0.0	5
สภาพต่าง (มก./ล.หินปูน)	154.9	13.2	154.5	9.6	152.5	11.5	5
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	54.8	14.2	26.4	3.3	48.4	24.6	5
ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอย(%)	49.0						5
VSS/SS	0.7	0.1	0.8	0.1	0.7	0.1	5
ซีโอดีทั้งหมด (มก./ล.)	84.9	2.2	51.6	14.0	89.7	27.1	5
ซีโอดีกรอง (มก./ล.)	37.3	23.7	22.0	4.5	21.4	7.7	5
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีทั้งหมด(%)	39.3						5
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีกรอง(%)	74.2						5
แอมโมเนีย(มก./ล.)	11.7	1.8	11.7	1.7	12.2	1.4	5
ทีเคเอ็นทั้งหมด (มก./ล.)	15.6	2.1	14.9	1.8	16.3	1.8	5
ทีเคเอ็นละลายน้ำ (มก./ล.)	-	-	12.8	2.1	12.8	1.8	5
ไนโตรต์(มก./ล.)	0.04	0.04	0.02	0.01	0.15	0.03	5
ไนเตรต(มก./ล.)	0.35	0.19	0.59	0.13	0.68	0.15	5
ไนโตรเจนทั้งหมด(มก./ล.)	16.0	2.2	15.6	1.8	17.1	1.8	5
ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นทั้งหมด(%)	4.0						5
ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นละลายน้ำ(%)	18.1						5
ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมด(%)	2.4						5
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	0.69	0.04	0.64	0.05	0.94	0.34	5
ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (มก./ล.)	-	-	0.23	0.02	0.26	0.05	5
ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมด(%)	7.3						5
ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสกรอง(%)	66.7						5

หมายเหตุ SD คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ ๗ ค่าเฉลี่ยข้อมูลชุดการทดลองที่ 7

ภาวะบรรทุทางชลศาสตร์ = 0.5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

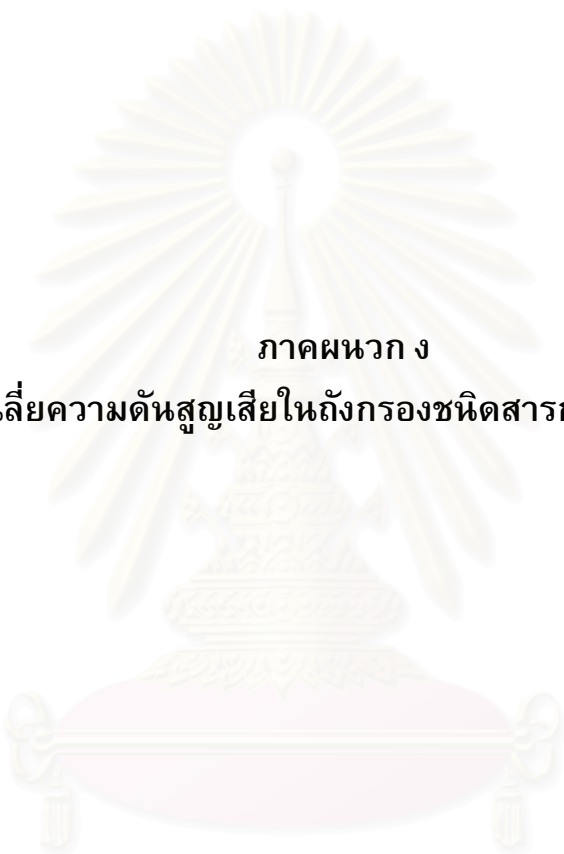
อัตราการหมุนเวียนล้างตัวกลาง = ร้อยละ 50 ของปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน

พารามิเตอร์	น้ำเข้า		น้ำออก		น้ำล้าง		จำนวน ข้อมูล
	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD	
ออกซิเจนละลายน้ำ(มก./ล.)	2.3	0.1	2.3	0.1	2.4	0.1	5
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	32.3	0.8	33.2	0.3	33.3	0.3	5
พีเอช	7.6	0.1	7.6	0.1	7.6	0.1	5
สภาพต่าง (มก./ล.หินปูน)	144.4	9.7	141.7	15.6	137.7	10.5	5
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	46.0	23.5	29.6	12.2	74.8	46.8	5
ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอย(%)	25.6						5
VSS/SS	0.9	0.1	0.7	0.0	0.7	0.0	5
ซีโอต์ทั้งหมด (มก./ล.)	87.2	20.0	58.1	34.6	84.9	40.9	5
ซีโอต์กรอง (มก./ล.)	48.9	21.5	35.1	21.4	36.6	30.4	5
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอต์ทั้งหมด(%)	35.6						5
ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอต์กรอง(%)	61.2						5
แอมโมเนีย(มก./ล.)	11.6	2.2	10.5	2.6	11.0	2.1	5
ทีเคเอ็นทั้งหมด (มก./ล.)	16.1	2.5	14.4	3.2	15.7	1.6	5
ทีเคเอ็นละลายน้ำ (มก./ล.)	-	-	12.5	2.8	12.9	1.7	5
ไนโตรเจน(มก./ล.)	0.03	0.02	0.22	0.19	0.10	0.06	5
ไนเตรต(มก./ล.)	0.77	0.56	0.58	0.15	0.59	0.06	5
ไนโตรเจนทั้งหมด(มก./ล.)	16.9	2.5	15.2	3.1	16.3	1.6	5
ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นทั้งหมด(%)	10.9						5
ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นละลายน้ำ(%)	22.5						5
ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมด(%)	10.1						5
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	0.27	0.05	0.25	0.05	0.26	0.06	5
ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (มก./ล.)	-	-	0.18	0.04	0.19	0.07	5
ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมด(%)	9.4						5
ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสกรอง(%)	34.0						5

หมายเหตุ SD คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ ค 8 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแข็งแขวนลอยและน้ำหนักของแข็งแขวนลอยระเหย
ทั้งหมดที่เกาะติดผิวตัวกลางสารกรอง

ชุดการทดลองที่		1	2	3	4	5	6	7
จำนวนข้อมูล		5	3					
นน. ตัวกลาง สารกรอง (กรัม)	ค่าเฉลี่ย	6.17	5.62	6.30	6.08	6.02	6.24	5.99
	SD	0.49	0.21	0.18	0.24	0.18	0.38	0.31
นน. ของแข็งแขวนลอยบนผิว ตัวกลางสารกรอง (กรัม)	ค่าเฉลี่ย	0.06	0.06	0.07	0.08	0.08	0.05	0.05
	SD	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01
อัตราส่วน นน.ตัวกลางสารกรอง ต่อ นน. ของแข็งแขวนลอยบน ตัวกลางสารกรอง	ค่าเฉลี่ย	0.010	0.012	0.011	0.013	0.014	0.009	0.010
	SD	0.0006	0.0012	0.0008	0.0011	0.0009	0.0003	0.0013
นน.ตัวกลางสารกรองทั้งหมด (กก.)		374						
นน.ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดบน ตัวกลางสารกรอง (กก.)		3.72	4.35	4.24	4.7	5.25	3.25	3.64
นน. ของแข็งแขวนลอยระเหยบน ตัวกลางสารกรอง (กรัม)	ค่าเฉลี่ย	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.04	0.04
	SD	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
VSS/SS บนตัวกลางสารกรอง	ค่าเฉลี่ย	0.6615	0.7026	0.6796	0.6649	0.7105	0.7076	0.7204
	SD	0.0293	0.0540	0.0098	0.0345	0.0057	0.0096	0.0102
นน.ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดบน ตัวกลางสารกรอง (กก.)		2.46	3.06	2.88	3.12	3.73	2.30	2.62



ภาคผนวก ง
ค่าเฉลี่ยความดันสูญเสียในถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

ค่าเฉลี่ยความดันสูญเสียในถังกรองชนิดสารกรองเคลื่อนที่

การทดลองที่	ภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์ (ลบ.ม./ตร.ม.-ชม)	อัตราการเวียนสารกรอง(ร้อยละของ ปริมาตรสารกรองทั้งหมดต่อวัน)	ค่าเฉลี่ยความสูญเสีย(เมตร น้ำ)
1	3	20	1.5
2		50	1.4
3		100	1.3
4	2	50	1.3
5		100	1.4
6	0.5	100	1.3
7		50	1.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาววัฒนาพร ฉิมเรศ เกิดวันที่ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2515 ที่อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในปีการศึกษา 2537 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2540 ปัจจุบันรับราชการที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย