



การศึกษาคุณภาพน้ำบริเวณกลุ่มอาคารศูนย์เรียนรวม
สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ

ปพ.
๒๖/๗๓
๒๕๓๗

นางสาวมุกดาวรรณ กรพิทักษ์ศักดิ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....

612532733

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2537

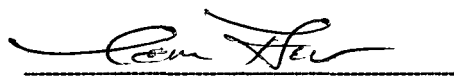
**The Study of Water Quality at H.R.H. Princess Maha Chakri
Sirindhorn Academic Center**

Miss Mookdawan Kornpitaksak

**A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for
the Degree of Bachelor of Science
Department of Applied Chemistry
Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
1994**

หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษาคุณภาพน้ำบริเวณกลุ่มอาคารศูนย์เรียนรวมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ
โดย นางสาวมุกดาวรรณ กรพิทักษ์ศักดิ์
ภาควิชา เคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย
อาจารย์ทรงแก้ว ทิพย์ศักดิ์

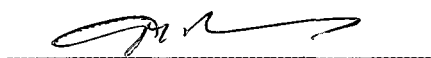
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นับโครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต



(ผศ.ดร.เมชญชัย ไชยสิทธิ์)

หัวหน้าภาควิชาเคมี

คณะกรรมการโครงการพิเศษ



(รศ. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล)

ประธานกรรมการ



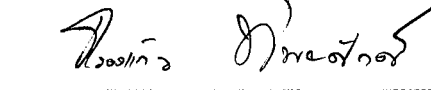
(ผศ.ดร. เมชญชัย ไชยสิทธิ์)

กรรมการ



(อาจารย์พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย)

กรรมการ



(อาจารย์ทรงแก้ว ทิพย์ศักดิ์)

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงการพิเศษ	การศึกษาคุณภาพน้ำบริเวณกลุ่มอาคารศูนย์เรียนรวมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ
ชื่อนักศึกษา	นางสาวมุกดาวรรณ กรพิทักษ์ศักดิ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย อาจารย์กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์
ระดับการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2537

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาและวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการทดลองอาคารศูนย์เรียนรวมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ ซึ่งระบบบำบัดที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน คือระบบบำบัดแบบแอกติเวเต็ด สลัดจ์ (Activated Sludge) โดยที่สภาพการใช้งานในปัจจุบันการเดินระบบบำบัดไม่ครบทุกหน่วยการทำงาน

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีของน้ำก่อนเข้าระบบบำบัด หลังผ่านระบบบำบัด และน้ำในสระน้ำบริเวณอาคารศูนย์เรียนรวมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ โดยเก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละจุดแบบรวม โดยดึงตัวอย่างทุก 2 ชั่วโมง ระหว่างเวลา 9.00 - 17.00 น. ทำการเก็บตัวอย่างระหว่างเดือนธันวาคม 2537 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2538 รวม 10 ครั้ง ผลการวิเคราะห์พบว่าน้ำหลังผ่านระบบบำบัดเฉพาะในวันที่มีการเรียนปฏิบัติการทดลองมีค่าบีโอดี ซีโอดี และของแข็งแขวนลอย ลดลงร้อยละ 55 46 และ 75 ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณเจลดาร์ลในโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และของแข็งที่ละลายน้ำได้ เพิ่มขึ้น 4.55 2.97 และ 1.13 เท่าของน้ำก่อนเข้าระบบบำบัดตามลำดับ สำหรับในวันที่ไม่มีปฏิบัติการทดลอง ค่าบีโอดี และซีโอดี ของน้ำหลังผ่านระบบบำบัดมีค่าลดลงน้อยมาก คือร้อยละ 4 และ 17 ตามลำดับ ในทำนองเดียวกันปริมาณเจลดาร์ลในโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัส และของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น 24.05 6.53 และ 1.18 เท่าของน้ำก่อนเข้าระบบบำบัดตามลำดับ ส่วนของแข็งแขวนลอยไม่มีค่าความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามค่าบีโอดีของน้ำหลังผ่านระบบบำบัดยังคงสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชนประเภท ข ในขณะที่น้ำในสระน้ำบริเวณอาคารศูนย์เรียนรวมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ มีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานชุมชนประเภท ข สามารถปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะได้

Special Project Title	The Study of Water Quality at H.R.H. Princess Maha Chakri Sirindhorn Academic Center
Name	Miss Mookdawan Kornpitaksak
Special Project Advisor	Mrs. Pitsamai Chairat-Utai Mrs. Krongkaew Tippayasak
Department	Applied Chemistry
Academic Year	1994

Abstract

The special project was to characterize waste water from laboratory, H.R.H. Princess Maha Chakri Sirindhorn Academic Center. At the present time, the water is treated by activated sludge system which some units are not operated.

The samples were collected as the influent, the effluent from the system and the pond nearby the building. The samples were collected every 2 hours for 10 days by composite method between 9.00 AM till 5.00 PM during December, 1994 - February, 1995. The physical and chemical properties of waste water were analyzed. The waste water during experimental day, BOD, COD and suspended solids (SS) of the effluent were fairly decreased by 50, 46 and 75 % with respect to the influent. Meanwhile total Kjeldahl nitrogen (TKN), total phosphorus (P) and total dissolved solid (TDS) were highly increased by 4.55, 2.97 and 1.13 folds respectively. But, the waste water during non-experimental day, BOD and COD of the effluent were slightly decreased by 4 and 17 % when compared with the influent. Also, TKN, P and TDS were higher by 24.05, 6.53 and 1.18 folds. Therefore, BOD of the effluent was higher than the standard Domestic Waste Water. However, the water quality in a pond was under the criteria, then it can be released directly to water resource.

กิติกรรมประกาศ

ในการจัดทำโครงการพิเศษนี้ ผู้จัดทำได้รับความกรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และความอนุเคราะห์ในด้านต่าง ๆ จากอาจารย์พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย และอาจารย์กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์ ซึ่งผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ทั้ง 2 ท่านเป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์อรุณี คงศักดิ์ไพศาล และอาจารย์เผด็จชัย ไชยสิทธิ์ ที่กรุณาตรวจสอบโครงการพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ คุณปรีชา มาประสพ เจ้าหน้าที่กองอาคารสถานที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ผู้อนุเคราะห์ข้อมูลระบบบำบัดน้ำทิ้งอาคารศูนย์เรียนรวม สมเด็จพระเทพฯ

สุดท้ายนี้ขอขอบใจเพื่อน ๆ และน้อง ๆ ทุกคนที่ให้ความสนับสนุน ช่วยเหลือในระหว่างขั้นตอนการปฏิบัติกรวิเคราะห์

มุกดาวรรณ กรพิทักษ์ศักดิ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูป	จ
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
2. ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 น้ำทิ้ง	3
2.2 ประเภทของน้ำทิ้ง	3
2.3 คุณลักษณะน้ำทิ้ง	4
2.3.1 คุณลักษณะทางกายภาพ	4
2.3.2 คุณลักษณะทางเคมี	5
2.3.3 คุณลักษณะทางชีววิทยา	7
2.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์น้ำทิ้ง	8
2.4.1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ	8
2.4.2 วิธีเก็บตัวอย่างน้ำ	8
2.4.3 การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ	10
2.5 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย	12
2.5.1 กระบวนการทางกายภาพ	12
2.5.1.1 ตะแกรง	12
2.5.1.2 การบดตัด	12
2.5.1.3 การกำจัดตะกอนหนัก	13
2.5.1.4 การกำจัดน้ำมันและไขมัน	13
2.5.1.5 การตกตะกอน	13

2.5.1.6 การทำให้ลอย	14
2.5.2 กระบวนการทางเคมี	14
2.5.2.1 การทำให้เป็นกลาง	15
2.5.2.2 การทำให้เกิดตะกอน	15
2.5.2.3 ปฏิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน	16
2.5.2.4 ปฏิริยาคลอรีเนชัน	16
2.5.3 กระบวนการทางชีววิทยา	16
2.5.3.1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน	16
ก. ระบบ Oxidation pond	17
ข. ระบบ Aeration Lagoons	17
ค. ระบบ Activated Sludge	18
ง. ระบบ Tricking Filter	21
2.5.3.2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน	22
ก. ระบบ Anaerobic Lagoons	23
ข. ระบบ conventional Anerobic Digestion	24
ค. ระบบ Anerobic Contact	24
ง. ระบบ Anerobic Filter	25
3.วิธีการทดลอง	26
3.1 สภาพทั่วไปของระบบบำบัดน้ำทิ้งอาคารศูนย์เรียนรวมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ	26
3.2 การเก็บตัวอย่างน้ำ	33
3.2.1 การเลือกจุดเก็บตัวอย่างน้ำ	33
3.2.2 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ	33
3.3 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ	33
3.4 วิธีการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ	33
3.5 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ	34
4. ผลการทดลอง	39
4.1 คุณภาพน้ำทิ้งทางด้านกายภาพ	39
4.2 ผลการศึกษา	39

5. สรุปผลการทดลอง	51
5.1 สรุป	51
5.2 ข้อเสนอแนะ	52
ภาคผนวก	53
ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์พารามิเตอร์ของตัวอย่างน้ำ	53
1. อุณหภูมิ	53
2. พีเอช	53
3. ปริมาณของแข็ง	
3.1 ของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TDS)	54
3.2 ของแข็งแขวนลอย (SS)	54
4. บีโอดี	55
5. ซีโอดี	64
6. ปริมาณเจลดาร์ลไนโตรเจน	72
7. ฟอสฟอรัสทั้งหมด	76
ภาคผนวก ข ลักษณะการใช้และจำนวนผู้ใช้ห้องปฏิบัติการทดลอง อาคารศูนย์เรียนรวมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ	81
ภาคผนวก ค มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง	83
ภาคผนวก ง ลักษณะน้ำเสียจากอาคารมหาวิทยาลัย	85
1. การศึกษาคุณภาพและปริมาณน้ำทิ้งภายใน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต	85
2. ลักษณะและปริมาณน้ำเสียจากอาคารสาธารณะ บางประเภท	86
3. การบำบัดน้ำเสียจากหอพักด้วยระบบ ถังเกรอะ-ถังกรองไร้อากาศ	90
บรรณานุกรม	93

สารบัญตาราง

		หน้า
ตาราง 2-1	ช่วงความถี่ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำสำหรับวิเคราะห์ หาค่าต่าง ๆ	10
ตาราง 2-2	การเก็บรักษาตัวอย่างโดยการยับยั้งการเปลี่ยนแปลง	11
ตาราง 2-3	การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ	11
ตาราง 4-1	พารามิเตอร์ของน้ำก่อนเข้าระบบบำบัด	41
ตาราง 4-2	พารามิเตอร์ของน้ำหลังผ่านระบบบำบัด	41
ตาราง 4-3	พารามิเตอร์ของน้ำในสระน้ำในบริเวณอาคารสมเด็จพระเทพฯ	42
ตาราง 4-4	เปอร์เซ็นต์การบำบัดน้ำทิ้งของพารามิเตอร์ทั้ง 6 ชนิดของน้ำก่อน และหลังบำบัด	43
ตาราง 4-5	การเปรียบเทียบพารามิเตอร์เฉลี่ยกับมาตรฐานน้ำทิ้งอาคาร ประเภท ข	44
ตาราง ก-1	Dilution and Type of Sample.	60
ตาราง ก-2	BOD Measurable with various dilutions of sample.	60
ตาราง ก-3	Effect of Seed Type and Quality on BOD Results.	62
ตาราง ก-4	Reagent Quantities and Molarity for Various Sample Sizes.	67
ตาราง ก-5	ปริมาณตัวอย่างและรีเอเจนต์ที่ใช้สำหรับขนาดต่าง ๆ ของภาชนะ ที่ใช้ในการย่อยสลาย	70
ตาราง ก-6	แสดงปริมาตรของตัวอย่างน้ำที่เหมาะสมใน ออร์แกนิก-ไนโตรเจน	75
ตาราง ก-7	ช่วงความเข้มข้นสำหรับความยาวคลื่นที่ใช้	78
ตาราง ข-1	ลักษณะการใช้และจำนวนผู้ใช้ห้องปฏิบัติการทดลองเคมี	81
ตาราง ข-2	ลักษณะการใช้และจำนวนผู้ใช้ห้องปฏิบัติการทดลองชีววิทยา	82
ตาราง ง-1	ลักษณะสมบัติน้ำเสียจากอาคารมหาวิทยาลัย	87
ตาราง ง-2	ปริมาณน้ำเสียจากอาคารมหาวิทยาลัย	88
ตาราง ง-3	ตารางแสดงปริมาณสารอินทรีย์จากอาคารมหาวิทยาลัย	88
ตาราง ง-4	สรุปลักษณะสมบัติน้ำเสียจากอาคารมหาวิทยาลัย	89
ตาราง ง-5	คุณลักษณะของน้ำเสียจากหอพัก ณ จุดต่าง ๆ	91

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 3.1	ภาพโดยรวมของระบบบำบัด	27
รูปที่ 3.2	ภาพโดยรวมของระบบบำบัด	27
รูปที่ 3.3	บ่อระบายน้ำโสโครกจากส้วม	28
รูปที่ 3.4	แนวระบบบำบัดน้ำโสโครกจากส้วม (บ่อเกรอะ-บ่อซึม) และระบบบำบัดน้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการทดลองซึ่งขนานกัน	28
รูปที่ 3.5	แบบแปลนระบบบำบัดน้ำทิ้งอาคารศูนย์เรียนรวมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ	29
รูปที่ 3.6	ถังกรดซัลฟิวริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์	30
รูปที่ 3.7	หน่วยการปรับสภาพความเป็นกรด-เบส	31
รูปที่ 3.8	หน่วยการปรับสภาพความเป็นกรด-เบส	31
รูปที่ 3.9	ถังปฏิกิริยาของระบบบำบัด	32
รูปที่ 3.10	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ - น้ำทิ้งก่อนเข้าระบบบำบัด	35
รูปที่ 3.11	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ - น้ำทิ้งหลังผ่านระบบบำบัด	36
รูปที่ 3.12	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ - น้ำทิ้งหลังผ่านระบบบำบัด	36
รูปที่ 3.13	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ - สระน้ำบริเวณอาคารศูนย์เรียนรวมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ	37
รูปที่ 3.14	การระบายน้ำจากสระน้ำออกสู่ลำน้ำสาธารณะ	37
รูปที่ 3.15	เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำปริมาตร 2 ลิตร	38
รูปที่ 4.1	กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าบีโอดีที่จุดเก็บน้ำต่าง ๆ ในวันที่มีและไม่มีปฏิบัติการทดลอง	45
รูปที่ 4.2	กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าซีโอดีที่จุดเก็บน้ำต่าง ๆ ในวันที่มีและไม่มีปฏิบัติการทดลอง	46
รูปที่ 4.3	กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าปริมาณเจลดาร์ลในโตรเจนที่จุดเก็บน้ำต่าง ๆ ในวันที่มีและไม่มีปฏิบัติการทดลอง	47
รูปที่ 4.4	กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดที่จุดเก็บน้ำต่าง ๆ ในวันที่มีและไม่มีปฏิบัติการทดลอง	48

รูปที่ 4.5	กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าของแข็งแขวนลอยที่จุดเก็บน้ำ ต่าง ๆ ในวันที่มีและไม่มีปฏิบัติการทดลอง	49
รูปที่ 4.6	กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดที่จุด เก็บน้ำต่าง ๆ ในวันที่มีและไม่มีปฏิบัติการทดลอง	50

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

น้ำเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิต ปัจจุบันพบว่าปัญหามลพิษทางน้ำ มีความรุนแรงเพิ่มขึ้น ทุกคนจึงควรตระหนักถึงบทบาทของตนเองเพื่อร่วมกันป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังเป็นสถาบันที่เน้นการเรียนการสอน ในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประกอบด้วย 5 คณะ ได้แก่ วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีการเกษตร คุรุศาสตร์อุตสาหกรรม และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ดังนั้นตามอาคารเรียนจึงมีห้องปฏิบัติการในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ห้องปฏิบัติการเคมี ชีววิทยา อุตสาหกรรมเกษตร ไฟฟ้า อิเลคทรอนิกส์ เป็นต้น ซึ่งก็หมายถึงนอกจากจะมีน้ำทิ้งจากโรงอาหาร น้ำโสโครกจากส้วม ยังมีน้ำทิ้งที่ได้รับการปนเปื้อนจากสารเคมี ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียจึงจำเป็นต้องใช้ระบบบำบัดน้ำทิ้งที่เหมาะสมกับคุณลักษณะของน้ำทิ้งก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม

กลุ่มอาคารศูนย์เรียนรวมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ (ศูนย์เรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ) เป็นอาคารเรียนรวมสำหรับนักศึกษาทุกคณะ ทุกชั้นปี โดยเฉพาะนักศึกษาชั้นปีที่ 1 และ 2 ที่ต้องทำการทดลองชั้นพื้นฐานด้านต่าง ๆ เป็นผลให้เกิดน้ำทิ้งที่ปนเปื้อนเป็นจำนวนมาก ซึ่งศูนย์เรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ ได้ถูกออกแบบให้มีระบบบำบัดน้ำทิ้งเพื่อรองรับอยู่แล้ว แต่เนื่องจากน้ำทิ้งส่วนหนึ่งถูกปนเปื้อนโดยสารเคมี ดังนั้นหากระบบบำบัดทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ มีโอกาสที่สารเคมีเหล่านั้นถูกปล่อยเล็ดลอดลงสู่ลำน้ำสาธารณะรอบบริเวณศูนย์เรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ การศึกษาคุณภาพน้ำบริเวณศูนย์เรียนรวมสมเด็จพระเทพฯจึงเป็นการเปรียบเทียบให้เห็นถึงการทำงานของระบบบำบัดน้ำทิ้งเพื่อประโยชน์สำหรับข้อมูลของอาคารอื่น ๆ

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.ศึกษาและวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งบริเวณรอบศูนย์เรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ ก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด
- 2.ศึกษาและวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ผ่านระบบบำบัดแล้ว
- 3.รวบรวมข้อมูลและผลการวิเคราะห์เป็นข้อมูลพื้นฐาน เพื่อใช้ในการออกแบบระบบบำบัดของอาคารเรียนอื่น ๆ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษาคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำรอบบริเวณศูนย์เรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ ก่อนและหลัง
เข้าระบบบำบัด

ตัวเลือกที่จะศึกษา ได้แก่

- ค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี, ซีโอดี (Chcmical Oxygen Demand,COD)
- ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีววิทยา ,บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD)
- ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid, SS)
- ของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solid, TDS)
- ปริมาณเจลดาร์ลไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN)
- ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus)

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 น้ำทิ้ง

น้ำทิ้ง (Wastewater) หมายถึง น้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์ต่าง ๆ มาแล้ว เช่น ชำระร่างกาย ประกอบอาหาร ขับถ่ายของเสีย การล้างเครื่องจักร การหล่อเย็นเครื่องจักร ฯลฯ ซึ่งทำให้ลักษณะของน้ำเปลี่ยนไปจากเดิมเนื่องจากมีสิ่งสกปรกต่าง ๆ ทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์มาเจือปนอยู่ในน้ำ ซึ่งเมื่อระบายลงสู่แหล่งน้ำแล้วจะก่อให้เกิดการปนเปื้อนของแหล่งน้ำ และทำให้น้ำนั้นใช้งานได้ไม่ดีดังเดิม

2.2 ประเภทของน้ำทิ้ง

อาจแบ่งน้ำทิ้งออกเป็นประเภทตามแหล่งกำเนิดได้ 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. น้ำทิ้งจากชุมชน (Sewage) คือ น้ำทิ้งที่ถูกใช้แล้วจากแหล่งชุมชนต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมของสารอินทรีย์ต่าง ๆ แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ น้ำส้วม ซึ่งมีสิ่งขับถ่ายปะปนอยู่ และน้ำทิ้งจากกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ เช่น การชำระร่างกาย การซักผ้า การประกอบอาหาร เป็นต้น

2. น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial Wastewater) ได้แก่ น้ำทิ้งที่เกิดจากกระบวนการต่าง ๆ ในงานอุตสาหกรรม เช่น การล้างวัตถุดิบ การล้างเครื่องจักร การระบายความร้อน สิ่งสกปรกในน้ำประเภทนี้มีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้น้ำและชนิดของโรงงาน

นอกจากนี้หากแบ่งตามลักษณะของสิ่งสกปรกส่วนใหญ่ในน้ำทิ้ง ก็อาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. น้ำทิ้งอินทรีย์ (Organic Wastewater) ได้แก่ น้ำทิ้งที่มีสิ่งสกปรกส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์ย่อยสลายได้ น้ำทิ้งประเภทนี้ ได้แก่ น้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น โรงงานกระดาษ โรงงานน้ำตาล โรงงานประกอบอาหาร โรงฆ่าสัตว์ ฯลฯ ซึ่งการสลายตัวของสารอินทรีย์แบบไร้อากาศก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นได้

2. น้ำทิ้งอนินทรีย์ (Inorganic Wastewater) ได้แก่ น้ำทิ้งที่มีสิ่งสกปรกส่วนใหญ่เป็นสารอนินทรีย์ น้ำทิ้งประเภทนี้ได้แก่ น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น โรงงานชุบโลหะ โรงงานถลุงเหล็ก โรงงานผลิตกรดกำมะถัน โรงงานผลิตปุ๋ย ฯลฯ

อย่างไรก็ตาม น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท อาจจะมีลักษณะเด่นได้ทั้ง เป็นน้ำทิ้งอินทรีย์และน้ำทิ้งอนินทรีย์ สำหรับน้ำทิ้งจากอาคารเรียนของมหาวิทยาลัยจะมี ลักษณะต่างไปจากน้ำทิ้งจากชุมชนเนื่องจากกิจกรรมการใช้สอยน้ำ การชำระล้างในครัวถือว่า มี น้อย เมื่อเทียบกับน้ำจากครัว

2.3 คุณลักษณะของน้ำทิ้ง

น้ำทิ้งมีคุณลักษณะที่บอกถึงคุณภาพของน้ำ 3 ประเภท คือ

2.3.1 คุณลักษณะทางกายภาพ

2.3.2 คุณลักษณะทางเคมี

2.3.3 คุณลักษณะทางชีววิทยา

2.3.1 คุณลักษณะทางกายภาพ

2.3.1.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิ หมายถึง ระดับความร้อน อุณหภูมิของน้ำทิ้งที่ปล่อยลงสู่ลำน้ำ สาธารณะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำทั้งทางตรงทางอ้อม โดยที่สิ่งมีชีวิตในน้ำอาจถึงตายได้ในกรณี ที่อุณหภูมิของน้ำทิ้งสูงเกินไป และยังมีผลให้การละลายของออกซิเจนในน้ำลดลงอีกด้วย

2.3.1.2 สี

สีของน้ำทิ้งเกิดจากพวกสารเจือปนต่าง ๆ ที่ละลายในน้ำ ซึ่งก่อให้เกิดผลเสีย ต่อลำน้ำสาธารณะ คือ สีจะเป็นตัวกั้นหรือขวางแสงแดดไม่ให้ส่องลงใต้น้ำไปยังสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ เป็นเหตุให้การเกิด กระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) ของพืชใต้น้ำลดลง

2.3.1.3 ความขุ่น

ความขุ่นของน้ำเกิดจากมีสารแขวนลอยต่าง ๆ อยู่ เช่น ดิน ตะกอน สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ แผลงตอน และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กอื่น ๆ ความขุ่นก็เช่นเดียวกับสี คือจะกั้นหรือ ขวางแสงแดดไม่ให้ส่องลงใต้น้ำ

2.3.1.4 กลิ่น

กลิ่นของน้ำเกิดจากพวกสารจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำทำการย่อยสารอินทรีย์ ทำให้เกิดการเน่าเปื่อย พวกก๊าซที่ก่อให้เกิดกลิ่น เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และยังสามารถ เกิดขึ้นเนื่องจาก การใช้สารเคมีในการบำบัดน้ำ

2.3.1.5 สภาพนำไฟฟ้า

สภาพนำไฟฟ้าเป็นตัวเลขที่บอกถึงความสามารถของตัวอย่างน้ำในการนำกระแสไฟฟ้า จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นทั้งหมดของสารที่มีประจุที่ละลายอยู่ในตัวอย่างน้ำและอุณหภูมิขณะที่ทำการวัด นอกจากนี้ ชนิด ความเข้มข้น และจำนวนประจุของสารที่มีประจุก็จะมีผลต่อความสามารถในการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำนั้น สารประกอบที่มีคุณสมบัติในการนำไฟฟ้าได้ดี ก็คือ สารประกอบอนินทรีย์ของกรด ต่างและเกลือ ตามลำดับ ในทางกลับกันสารประกอบอินทรีย์ เช่น ซูโครส เบนซิน จะเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ไม่ดี

2.3.2. คุณลักษณะทางเคมี

2.3.2.1 ความเป็นกรดเบส, พีเอช (pH)

พีเอช (pH) เป็นค่าที่แสดงปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคไฮโดรเจน (H^+) ในน้ำ โดยคำนวณจากสูตร

$$pH = -\log [H^+]$$

เมื่อ $[H^+]$ คือ ความเข้มข้นของ H^+ มีหน่วยเป็นโมลต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ในทางปฏิบัติ ค่าพีเอช (pH) แสดงถึงความเป็นกรดหรือด่างของน้ำทั้ง น้ำทิ้งที่มีสมบัติเป็นกรดจะมีค่าพีเอช (pH) น้อยกว่า 7 เป็นด่างจะมีพีเอช (pH) มากกว่า 7 และเป็นกลางจะมีพีเอช (pH) เท่ากับ 7

2.3.2.2 กรดอินทรีย์และกรดไขมัน ระเหยง่าย

กรดไขมันระเหยง่าย (Volatile fatty acid, VFA) เป็นกรดอินทรีย์ที่มีคาร์บอนอะตอมไม่เกิน 6 อะตอม ละลายน้ำได้ และสามารถกลิ่นได้ที่ความดันบรรยากาศ จึงสามารถแยกออกจากสารละลายได้

2.3.2.3 ปริมาณของแข็ง

ปริมาณของแข็งทั้งหมดจะประกอบไปด้วยปริมาณของแข็งที่แขวนลอย (Total suspended solids) และปริมาณของแข็งที่ละลายอยู่ในน้ำ

ปริมาณของแข็งทั้งหมดอาจจะประกอบไปด้วยของแข็งที่สามารถระเหยได้ที่อุณหภูมิ 600°ซ รวมกับของแข็งที่ไม่ระเหยที่อุณหภูมิ 600°ซ ซึ่งของแข็งที่ระเหยไป ณ อุณหภูมิ 600°ซ ก็คือ ปริมาณของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียนี้และของแข็งที่ไม่ระเหย ณ อุณหภูมิ 600°ซ ก็คือ ปริมาณของสารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียนี้

2.3.2.4 ปริมาณออกซิเจน

ก. ออกซิเจนละลาย (Dissolved oxygen, DO)

ค่าออกซิเจนละลาย คือ ปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำอันเป็นลักษณะสำคัญที่จะบอกให้ทราบว่าน้ำนั้นมีความเหมาะสมเพียงใดต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ และแนวการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในน้ำว่าเป็นแบบใช้ออกซิเจนอิสระหรือไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ ปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายในน้ำมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของน้ำ ความกดดันของอากาศ และสิ่งเจือปนในน้ำ

ข. บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD)

ค่าบีโอดี คือ ค่าที่บอกถึงปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในเวลว 4 วัน ที่อุณหภูมิคงที่ 20°C บอกให้ทราบถึงความสกปรกของน้ำ

ค. ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD)

ค่าซีโอดี คือ ค่าที่บอกถึงปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์ โดยใช้สารเคมีซึ่งมีอำนาจในการออกซิไดส์สูงในสารละลายที่เป็นกรด เป็นการวัดความสกปรกของน้ำอีกวิธีหนึ่ง

2.3.2.5 ปริมาณเจลดาร์ลไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN)

ปริมาณเจลดาร์ลไนโตรเจน หมายถึง ผลรวมของออร์แกนิกไนโตรเจน (ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์) กับ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ที่อยู่ในโปรตีนของพืชหรือสัตว์ หรือที่เกิดจากกระบวนการของสิ่งมีชีวิต

2.3.2.6 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus)

ฟอสฟอรัสทั้งหมดจะอยู่ในรูปต่าง ๆ คือ

- ฟวอกอนินทรีย์ฟอสฟอรัส (Orthophosphate ion, PO_4^{3-})
- ฟวอกพอลิฟอสเฟต (Polyphosphate)
- ฟอสฟอรัสอินทรีย์ (Organic phosphorus)

2.3.2.7 โลหะต่าง ๆ

โลหะเหล่านี้ ได้แก่ นิกเกิล แมงกานีส โครเมียม ปรัอท แคดเมียม ตะกั่ว ฯลฯ จะพบได้ในน้ำทั่วไป ธาตุบางชนิดเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับช่วยให้มีการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต แต่ถ้ามีธาตุเหล่านี้มากเกินไปจะเป็นพิษร้ายแรงต่อสิ่งมีชีวิต

2.3.2.8 ปริมาณน้ำมันและไขมัน (Fats, Oil and Grease, FOG)

ปริมาณน้ำมันและไขมัน คือ ปริมาณรวมของกลุ่มน้ำมันและไขมันที่มีคุณสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถละลายรวมกันได้ในตัวทำละลาย

2.3.3. คุณลักษณะทางชีววิทยา

2.3.3.1 จุลินทรีย์ (Microorganisms)

ก. แบคทีเรีย

แบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์ตัวสำคัญที่สุดในระบบบำบัดน้ำทิ้งแบบชีววิทยาน เนื่องจากสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ทั้งชนิดที่ละลายน้ำและชนิดที่ไม่ละลายน้ำ โดยปกติแบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์เซลล์เดียว มีรูปร่างเป็นแท่ง (rod) กลม (coccus) หรือเป็นเกลียว (spiral) แต่ชนิดที่สำคัญที่สุดได้แก่ชนิดที่มีรูปร่างเป็นแท่งเคลื่อนไหวได้ ซึ่งในบางครั้งอาจจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม (cluster) หรือเป็นลูกโซ่ (chain)

ข. เชื้อรา (Fungi)

เชื้อรา เป็นสิ่งมีชีวิตที่เป็นทั้งเซลล์เดียวและหลายเซลล์ เซลล์ของเชื้อราเป็นแบบยูคาริโอท (eukaryotic cell) ไม่มีคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) จึงสังเคราะห์แสงไม่ได้ ชนิดที่เป็นเซลล์เดียว ได้แก่ ยีสต์ (Yeast) ชนิดหลายเซลล์ ได้แก่ ราที่มีเส้นสาย (mold)

ค. สาหร่าย (Algae)

สาหร่ายเป็นพืชเซลล์เดียวหรือหลายเซลล์มีสารคลอโรฟิลล์ทำให้สามารถสังเคราะห์สารอินทรีย์ได้จากแสงอาทิตย์และคาร์บอนไดออกไซด์ ปฏิกริยาชีวเคมีของการสังเคราะห์สารอินทรีย์ของสาหร่ายนี้ยังได้ออกซิเจนออกมาด้วย ซึ่งเป็นประโยชน์แก่แบคทีเรีย

ง. โปรโตซัว (Protozoa)

โปรโตซัวเป็นสัตว์เซลล์เดียวสามารถเจริญเติบโตได้โดยอาศัยสารอินทรีย์ อาหารของโปรโตซัวส่วนใหญ่ได้แก่ แบคทีเรีย โปรโตซัวแบ่งตามลักษณะรูปร่างได้ 3 กลุ่ม คือ อมีบอย (amoeboid) มีหนวด (flagellate) และมีขน (ciliate)

จ. โรติเฟอร์ (Rotifer)

โรติเฟอร์เป็นสัตว์หลายเซลล์ มีขนรอบบริเวณปากซึ่งใช้ทำหน้าที่ในการเคลื่อนที่และโบกอาหารให้เข้าปาก ปกติโรติเฟอร์จะกินสารอินทรีย์ที่ไม่ละลายเป็นอาหาร โรติเฟอร์สามารถยึดติดตัวไปมาได้โดยอาศัยหางเป็นรูปแฉก ที่ยึดติดกับผนังซึ่งอยู่กับที่ เช่น ผนังของบ่อเติมอากาศ (Aeration tank) และผนังบ่อตกตะกอน (Setting tank) เป็นต้น

จ. ครัสเตเชียน (Crustacean)

ครัสเตเชียนเป็นสัตว์หลายเซลล์ มีเปลือกแข็ง (shell) หุ้มตัว สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ดำรงชีวิตอยู่ได้โดยกินสารอินทรีย์ที่ไม่ละลาย สกปรายและแบคทีเรีย ตัวอย่างได้แก่ แดฟเนีย (daphnia) และโคปิพอด (copepod) เป็นต้น

2.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์น้ำทิ้ง

2.4.1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

2.4.1.1 ถ้าเป็นน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ให้เก็บตัวอย่างน้ำจากทุก ๆ จุดที่มีการปล่อยน้ำเสียออกมา และ/หรือ ที่จุดรวมของน้ำเสียก่อนระบายออกนอกโรงงาน

2.4.1.2 ในการตรวจสอบและควบคุมระบบบำบัด ให้เก็บตัวอย่างน้ำจากจุดที่ระบายออกจากระบบ ๆ ก่อนปล่อยทิ้งลงสู่แม่น้ำลำคลองหรือท่อระบายของเทศบาล

2.4.1.3 ถ้าเป็นน้ำเสียชุมชน (domestic waste) ให้เก็บจากปลายท่อระบายน้ำ โสโครกหรือบ่อตรวจการระบาย (manhole) หรือจากบ่อสูบ

2.4.1.4 ในการตรวจสอบหาประสิทธิภาพและควบคุมการทำงานของระบบบำบัด ให้เก็บจากจุดต่าง ๆ ตามขั้นตอนของระบบบำบัด บริเวณที่จะเก็บตัวอย่างน้ำดังกล่าวจะต้องเป็นบริเวณที่ไม่มีการตกตะกอน และน้ำทิ้ง (effluent) ควรรวมตัวกันได้ดี

2.4.2 วิธีเก็บตัวอย่างน้ำ

การที่จะเก็บตัวอย่างน้ำ ให้ได้ตัวแทนที่มีลักษณะสมบัติใกล้เคียงกับน้ำเสียทั้งหมดนั้น จำเป็นต้องเลือกวิธีเก็บตัวอย่างน้ำที่เหมาะสม ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ

2.4.2.1 การเก็บแบบจ้วง (grab sampling) เป็นการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วงเอาเฉย ๆ แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าที่ต้องการทราบ ดังนั้น ตัวอย่างน้ำจะแสดงให้เห็นถึงลักษณะสมบัติของน้ำ ณ จุดเก็บเฉพาะเวลานั้นเท่านั้น การเก็บตัวอย่างน้ำแบบนี้มีข้อดีในกรณีที่

ก. น้ำเสียไม่ได้ไหลแบบต่อเนื่อง เช่น ปล่อยทิ้งเป็นครั้งคราวเนื่องจากกระบวนการผลิตเดินเครื่องเป็นช่วง ๆ

ข. น้ำเสียมีลักษณะสมบัติไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

ค. ต้องการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะสมบัติของน้ำเสียตามกรรมวิธีการผลิต ในกรณีนี้ต้องจ้วงเก็บตัวอย่างหลายตัวอย่างมาเทียบกับเวลา

ง. ต้องการหาลักษณะสมบัติบางอย่างของน้ำเสีย ณ จุดที่เก็บเนื่องจากค่าเหล่านั้นเปลี่ยนแปลงได้ง่าย เช่น pH อุณหภูมิ ออกซิเจนละลาย (dissolved oxygen) ตะกอนหนัก (settleable solids) หรือคลอรีนหลงเหลือ (residual chlorine)

2.4.2.2 การเก็บแบบผสมรวม (composite sampling) เป็นการเก็บตัวอย่างหลายๆ ครั้งต่อช่วงการผลิต โดยแบ่งแต่ละช่วงระยะเวลาของการเก็บให้สม่ำเสมอ ปริมาณการเก็บขึ้นกับอัตราการไหลของน้ำ แล้วนำมารวมลงในถังเก็บใบเดียวกันซึ่งควบคุมอุณหภูมิไว้ประมาณ 10°C การเก็บวิธีนี้มีข้อดีที่ลดจำนวนตัวอย่างน้ำที่ต้องวิเคราะห์ ค่าใช้จ่ายเคมีภัณฑ์และเวลาในการศึกษาได้มาก แต่ถึงอย่างไรก็มีข้อเสีย คือ ต้องใช้เวลาในการเก็บตัวอย่างนานกว่าวิธีแรก

ข้อบกพร่องในการเก็บตัวอย่างน้ำแบบผสมรวมอาจจะเกิดขึ้นได้ เป็นต้นว่า

ก. การเก็บตัวอย่างน้ำแต่ละครั้งที่จุดเดียวกัน ใช้วิธีไม่เหมือนกัน

ข. การถ่ายตัวอย่างน้ำจากจุดที่เก็บลงในถัง อาจทำให้ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ผิดพลาด

ในการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อให้ได้ข้อมูลจากระบวนการผลิตอย่างสมบูรณ์ ต้องเก็บทั้งแบบจ้วงและแบบผสมรวม การเก็บไม่เพียงแต่จะเก็บจากท่อน้ำทั้งหมดเท่านั้น แต่ควรเก็บจากแต่ละจุดในกระบวนการผลิตที่มีน้ำเสียออกมาด้วย

2.4.2.3 ช่วงความถี่ของการเก็บตัวอย่างน้ำและจำนวนครั้งของการเก็บขึ้นอยู่กับอัตราการไหลและลักษณะสมบัติของน้ำเสียนั้น ๆ สำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วงอาจจะเก็บชั่วโมงละครั้งถ้าหน้านั้นมีลักษณะสมบัติที่แปรปรวนมาก หรืออาจเก็บทุก 2,4,8 และ 16 หรือ 24 ชั่วโมงต่อครั้งในกรณีที่มีลักษณะสมบัติของน้ำเสียนั้นไม่ค่อยแปรผัน แต่ถ้าเป็นการเก็บตัวอย่างน้ำแบบผสมรวม เวลาที่กำหนดจะขึ้นอยู่กับลักษณะสมบัติของน้ำเสียและไม่ควรเกิน 24 ชั่วโมง ถ้าลักษณะสมบัติของน้ำค่อนข้างคงที่ควรใช้เวลาในการเก็บทั้งหมดอยู่ระหว่าง 8-12 ชั่วโมง ก็พอ

2.4.2.4 ปริมาณตัวอย่างน้ำ ในการเก็บตัวอย่างน้ำแต่ละครั้ง ผู้เก็บตัวอย่างน้ำต้องตั้งจุดมุ่งหมายไว้ก่อนว่าจะเก็บตัวอย่างน้ำไปเพื่อวิเคราะห์หาค่าอะไรบ้าง เพื่อที่จะได้เก็บตัวอย่างน้ำให้มีปริมาณมากพอที่จะทำการวิเคราะห์ได้ตามต้องการ ในกรณีการเก็บแบบผสมรวม ปริมาณตัวอย่างน้ำควรจะสัมพันธ์กับอัตราการไหลของน้ำด้วย โดยทั่วไปแล้วควรเก็บตัวอย่างน้ำปริมาณไม่น้อยกว่า 5 ลบ.ดม. (ลิตร) ส่วนรายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณน้ำที่จะต้องใช้ในการวิเคราะห์แต่ละค่าจะได้แสดงไว้ในวิธีวิเคราะห์ต่อไป

ตาราง 2-1 ช่วงเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำสำหรับวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ

ค่าที่ต้องการวิเคราะห์	น้ำเสียที่ลักษณะสมบัติ	น้ำเสียที่มีลักษณะสมบัติ
	แปรผันมาก	แปรผันน้อย
บีโอดี	4 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง
ซีโอดี	2 ชั่วโมง	8 ชั่วโมง
เอสเอส	8 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
สภาพต่าง สภาพกรด	1 ชั่วโมง	8 ชั่วโมง
พีเอช	เก็บต่อเนื่องกันไป (continuous)	4 ชั่วโมง
ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส	24 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
โลหะหนัก	4 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง

สำหรับการเก็บแบบจ้วง

2.4.3 การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ (preservation)

โดยทั่วไปผลการวิเคราะห์จะเชื่อถือได้ที่สุด และเป็นตัวแทนคุณภาพน้ำที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงที่สุดก็ต่อเมื่อต้องทำการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทันทีภายหลังจากการเก็บตัวอย่างแล้ว ทั้งนี้เพราะเมื่อทิ้งตัวอย่างไว้นานจะเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทั้งทางด้านเคมีและชีววิทยาได้ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับลักษณะของตัวอย่างน้ำแต่ละประเภท ข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์และสภาพการเก็บรักษาน้ำ เช่น การเปลี่ยนแปลงลักษณะน้ำเนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ถ้าหากทำการเก็บตัวอย่างน้ำไว้ในที่มีดและที่อุณหภูมิต่ำ (4 °ซ) จะลดการเปลี่ยนแปลงซึ่งอาจจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาก่อนทำการตรวจวิเคราะห์ได้อย่างมาก

หลักการโดยทั่วไปที่ต้องทำการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ ก็เพื่อป้องกันและลดอัตราการเปลี่ยนแปลงลักษณะสมบัติของตัวอย่างในช่วงเวลาหลังการเก็บและก่อนตรวจวิเคราะห์ เป็นต้นว่า

- ก. ชะลอปฏิกิริยาทางชีววิทยา
 - ข. ชะลอการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบ และสารประกอบเชิงซ้อนในกระบวนการไฮโดรไลซิส
 - ค. ลดการระเหยตัวขององค์ประกอบอินทรีย์
- วิธีการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำโดยทั่วไปทำได้โดย ควบคุมค่า pH การเติมสารเคมี การแช่เย็น และการแช่แข็ง ดังแสดงในตาราง 2-2 และ 2-3

ตารางที่ 2-2 การเก็บรักษาตัวอย่างโดยการยับยั้งการเปลี่ยนแปลง

วิธีเก็บรักษา	กลไก	ใช้ได้กับ
HgCl ₂	ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์	ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส
HNO ₃	ละลายโลหะ, ป้องกันการตกผลึก	โลหะ
H ₂ SO ₄	ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์	สารอินทรีย์ (COD, น้ำมันและไขมัน, อินทรีย์ คาร์บอน ฯลฯ)
NaOH	สร้างเกลือโดยจับกับเบสในรูปสารอินทรีย์ แอมโมเนีย, อามีน	ไซยาไนด์, กรดอินทรีย์
การแช่เย็นหรือ	ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์	สภาพกรด, สภาพด่าง, สารอินทรีย์
การแช่แข็ง		BOD, กลิ่น, อินทรีย์ฟอส ฟอรัส, ซี, อินทรีย์ไนโตรเจน, คาร์บอนโคลิฟอร์ม ฯลฯ

ตารางที่ 2-3 การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ

พารามิเตอร์	การเก็บรักษา	ช่วงระยะเวลาที่ยอมให้เก็บ
pH	วัดในที่	ห้ามเก็บ
BOD	แช่เย็นที่ 4°C	6 ชั่วโมง
COD	2 ลบ.ชม. H ₂ SO ₄ /ลบ.ชม	7 วัน
โลหะ	5 ลบ.ชม. HNO ₃ /ลบ.ชม.	6 เดือน
โลหะละลาย	กรอง 3 ลบ.ชม. 111 HNO ₃ /ลบ.ชม.	6 เดือน
TKN	40 มก. HgCl ₂ */ลบ.ชม.-4°C	ไม่คงรูป
ฟอสฟอรัส	40 มก. HgCl ₂ */ลบ.ชม.-4 °C	7 วัน

* ตัวอย่างเหล่านี้จะมีสารปรอทอยู่ด้วย การถ่ายทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อมก็ถือว่าการทำลายสภาวะแวดล้อมด้วย ขณะนี้กำลังมีงานวิจัยที่จะหาสารอื่นมาใช้แทนการใช้สารปรอท

2.5 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสียเป็นการกำจัดสารต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสีย จะมีหลายวิธีและหลายกระบวนการ ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยทั้งความรู้ทางชีวเคมี ทางจุลชีววิทยา ทางเคมีและทางกายภาพ ถ้าแบ่งออกเป็นขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียก็จะสามารถแยกออกเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. ระบบบำบัดก่อนขั้นต้น (Preliminary Treatment) เป็นระบบที่อยู่ในขั้นแรก ๆ ของระบบบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ การดักด้วยตะแกรง การกำจัดตะกอนหนัก การทำให้ลอย เป็นต้น

2. ระบบบำบัดขั้นต้น (Primary Treatment) เป็นระบบที่อยู่ในขั้นที่ต้องการแยกสารตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย ได้แก่ การดักด้วยตะแกรง การตกตะกอน เป็นต้น

3. ระบบบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment) เป็นระบบที่แยกและกำจัดสารอินทรีย์ต่าง ๆ และตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย โดยมากจะเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้กระบวนการทางชีววิทยา

4. ระบบบำบัดขั้นที่สาม (Tertiary Treatment) เป็นระบบที่แยกและกำจัดสารตะกอนแขวนลอยที่หลงเหลือจากระบบบำบัดขั้นที่สอง กำจัดสารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสออกจากน้ำเสียได้มาก และกำจัดสารอื่น ๆ ที่หลงเหลือจากระบบบำบัดขั้นที่สอง ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการที่จะทำการบำบัดน้ำเสียให้ได้คุณภาพของน้ำที่ปล่อยทิ้งออกดีขนาดไหน

กระบวนการบำบัดน้ำเสียมีอยู่ด้วยกันหลายกระบวนการซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กระบวนการใหญ่ ๆ ดังต่อไปนี้

2.5.1 กระบวนการทางกายภาพ (Physical Unit Operations)

คือวิธีการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยแรงต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ในการแยกของแข็งที่ไม่ละลายน้ำออกจากน้ำเสีย โดยมากจะเป็นขั้นตอนแรกของระบบบำบัดน้ำเสีย ได้แก่

2.5.1.1 ตะแกรง (Screen) มีไว้ใช้ในการดักเศษขยะต่าง ๆ จากน้ำเสีย เช่น เศษไม้ เศษกระดาษ เศษพลาสติก ฯลฯ มีประโยชน์มากต่อการช่วยเสริมประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของระบบบำบัด และป้องกันการเสียหายที่มีต่อเครื่องจักรกลต่าง ๆ เช่น เครื่องสูบน้ำ เครื่องเติมอากาศ เป็นต้น ตะแกรงมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือตะแกรงหยาบและตะแกรงละเอียด ซึ่งมีช่องว่างระหว่างแท่งเหล็กตั้งแต่ 25 มม. ขึ้นไป และมีอยู่ระหว่าง 2 ถึง 6 มม. ตามลำดับ

2.5.1.2 การบดตัด (comminution) เครื่องบดตัดมีหน้าที่บดตัดเศษขยะที่ไหลมากับน้ำเสีย เพื่อให้เศษขยะนี้มีขนาดเล็ก ๆ เพื่อช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย

2.5.1.3 การกำจัดตะกอนหนัก (Grit Removal) ตะกอนหนัก คือ พวกรวด หินทราย หรือตะกอนต่าง ๆ ที่มีความถ่วงจำเพาะสูง ๆ ตะกอนหนักดังกล่าวนี้จำเป็นต้องถูกกำจัดออกไปจากน้ำเสีย เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ดังนี้

- เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายแก่เครื่องจักรกลต่าง ๆ เช่น เครื่องสูบน้ำ
- เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการอุดตันในท่อระบายน้ำเสีย
- เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการจับตัวเป็นก้อนใหญ่ขึ้น ซึ่งก่อให้เกิดระบบบำบัดเสียหาย

2.5.1.4 การกำจัดน้ำมันและไขมัน (Oil and Grease Removal) น้ำมันและไขมันจะพบมากในน้ำทิ้งจากร้านอาหารทั่ว ๆ ไป สถานีจำหน่ายน้ำมัน ตู้ซ่อมรถยนต์ เป็นต้น การกำจัดน้ำมันและไขมันมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ดังนี้

- เติมคลอรีนประมาณ 2-5 มก./ลิตร
- เติมคลอรีนร่วมกับการเป่าอากาศ
- การทำให้ลอย (Floatation) แล้วเก็บกวาดออกจากน้ำบนผิวน้ำ
- การเพิ่มอุณหภูมิ เพื่อช่วยลดค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันหรือไขมัน ทำให้ลอยขึ้นมาได้มาก
- การขูดถูใช้สำหรับพวกน้ำมันหรือไขมันเกาะตามถังหรือเครื่องมือต่าง ๆ
- การเป่าอากาศเพื่อให้ฟองอากาศที่มีจำนวนมากสาปพวกน้ำมันหรือไขมันลอยขึ้นมาได้มาก

สำหรับระบบกำจัดไขมันหรือน้ำมันแบบที่นิยมใช้เป็นถังพักที่มีแผ่นกั้นขวางอยู่ในบ่อ เพื่อดักไขมันไว้ให้ได้ปริมาณมาก บ่อดักไขมัน (oil trap) เป็นบ่อคอนกรีตรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีความจุพอที่จะกักน้ำไว้ได้นานประมาณ 15 นาที ในบ่อมีแผ่นคอนกรีตหรือไม้ (baffle) กั้นขวางทางน้ำไหลเอาไว้ น้ำจะไหลลอดแผ่นกั้นนี้ไป ส่วนน้ำมันจะถูกดักไว้ จะต้องกวาดเอาไปทำลาย ในกรณีที่มีน้ำมันมากอาจใช้เครื่องกวาด (skimmer) กวาดคราบน้ำมันออกจากถัง ถังดักน้ำมันชนิดมีเครื่องกวาดที่ใช้กันทั่วไปในการกำจัดน้ำทิ้งจากโรงกลั่นน้ำมัน เรียกว่า API separator

2.5.1.5 การตกตะกอน (Sedimentation) เป็นวิธีการแยกตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย โดยอาศัยการจมตัวของตะกอนแขวนลอยที่มีค่าความถ่วงจำเพาะของตะกอนสูงกว่าน้ำ ในระบบบำบัดน้ำเสียทั่วไปมักจะมีถังตกตะกอนอยู่ 2 ชนิด คือ ถังตกตะกอนที่ทำหน้าที่แยกตะกอนต่าง ๆ ออกจากน้ำเสียก่อนที่จะไหลไปลงถังบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีววิทยา ซึ่งนิยมเรียกว่าถังตกตะกอนแรก (Primary Sedimentation Tank) และถังตกตะกอนอีกชนิดคือ ถังตกตะกอนที่ใช้แยกตะกอนชีวภาพหรือตะกอนเคมีออกจากน้ำเพื่อให้ได้น้ำใสสะอาด ซึ่งนิยม

ก่อนที่ใช้แยกตะกอนชีวภาพหรือตะกอนเคมีออกจากน้ำเพื่อให้ได้น้ำใสสะอาด ซึ่งนิยมเรียกว่าถังตกตะกอนที่สอง (Secondary Sedimentation Tank)

2.5.1.6 การทำให้ลอย (Flotation) ใช้ในการแยกสิ่งสกปรกที่ตกตะกอนได้ยาก หรือสิ่งสกปรกที่อยู่ในลักษณะครึ่งจมครึ่งลอย ซึ่งอาจจะเป็นของแข็ง หรือของเหลวเช่น น้ำมัน การแยกสิ่งสกปรกเหล่านี้ทำได้โดยการใช้ฟองอากาศพาสิ่งสกปรกลอยขึ้นสู่มิวน้ำเพื่อกวาดออกไปกำจัด การทำให้ลอยนี้ใช้กันมากในการกำจัดน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิด เช่น โรงงานกระดาษ, โรงน้ำมัน, โรงฆ่าไก่ ฯลฯ และใช้ในการเพิ่มความเข้มข้นของตะกอน (sludge thickening)

การทำให้ลอยโดยใช้อากาศมี 3 ระบบ คือ

ก) Air Flotation เป็นระบบที่ง่ายที่สุดคือเป่าฟองอากาศลงไปในน้ำทิ้งโดยตรง เพื่อให้ฟองอากาศพาสิ่งสกปรกลอยขึ้นสู่มิวน้ำอยู่แล้ว ฟองอากาศเพียงแต่ช่วยทำให้ลอยเร็วขึ้นเท่านั้น

ข) Dissolved Air Flotation เป็นระบบที่ใช้กันแพร่หลายมากที่สุด โดยอัดอากาศเข้าไปในน้ำทิ้งที่อยู่ภายใต้ความกดดันสูงกว่าบรรยากาศทั้งนี้เพราะต้องการให้อากาศละลายน้ำได้มากยิ่งขึ้น หลังจากนั้นจึงลดความดันของน้ำลง ทำให้อากาศละลายน้ำได้น้อยลง อากาศส่วนเกินก็จะหนีออกจากน้ำเป็นฟองเล็ก ๆ พาสิ่งสกปรกลอยขึ้นสู่มิวน้ำ

ค) Vacuum Flotation ระบบนี้ตรงกันข้ามกับระบบ Dissolved air Flotation คืออัดอากาศเข้าไปในน้ำที่ความดันบรรยากาศ แต่ทำให้เกิดฟองอากาศโดยการลดความดันลงจนเกิดสูญญากาศ เพื่อให้อากาศหนีออกจากน้ำในรูปของฟองเล็ก ๆ พาสิ่งสกปรกลอยขึ้นสู่มิวน้ำ

ประสิทธิภาพของระบบทำให้ลอยจะสูงยิ่งขึ้น หากเติมสารเคมีบางชนิดลงไป เพื่อให้อนุภาคสิ่งสกปรกจับตัวเกาะกับฟองอากาศหรือจับตัวกันรอบฟองอากาศได้ดียิ่งขึ้น

2.5.2 กระบวนการทางเคมี (Chemical Unit Process)

กระบวนการทางเคมีเป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียกระบวนการหนึ่ง โดยต้องการกำจัดหรือแยกสารต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย วิธีนี้จะต้องใช้สารเคมีต่าง ๆ เติมลงไปลงในน้ำเสียเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี ที่ทำให้เกิดการแยกสารปนเปื้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด กระบวนการทางเคมีที่ใช้ในการกำจัดน้ำเสียมียุหลายประเภท เช่น



2.5.2.1 การทำให้เป็นกลาง (Neutralization)

น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไปมักจะไม่เป็นกลาง จึงมีคุณลักษณะเป็นกรด คือมีพีเอชต่ำกว่า 7 หรือมีคุณลักษณะเป็นด่าง คือมีพีเอชสูงกว่า 7 ในการกำจัดน้ำทิ้งด้วยวิธีทางชีววิทยานั้นจะต้องมีค่าพีเอชที่เหมาะสมในช่วงระหว่าง 6-9 นอกจากนี้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรมที่จะระบายลงลำน้ำสาธารณะจะต้องมีค่าพีเอชระหว่าง 5-9 ดังนั้นการปรับค่าพีเอชหรือการทำให้เป็นกลางจึงเป็นหน่วยการกำจัดที่สำคัญ

กรดที่ใช้ในการลดค่าพีเอชที่ใช้กันทั่วไปได้แก่กรดกำมะถันเข้มข้น (Conc. H_2SO_4) หรือกรดเกลือความเข้มข้น 35% ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ส่วนต่างที่ใช้ในการเพิ่มค่าพีเอชที่ใช้กันทั่วไปได้แก่ โซดาไฟ (caustic soda, $NaOH$) และปูนขาว (lime, CaO) ความเข้มข้นประมาณ 50%

ระบบการปรับค่าพีเอชนั้นจะต้องประกอบด้วยถังผสม (mixing tank) ทำหน้าที่ผสมน้ำยากรดหรือด่างให้เข้ากับน้ำทิ้ง ถังพัก (retention tank) เพื่อให้ปฏิกิริยาระหว่างน้ำยาเคมีกับน้ำทิ้งเกิดโดยสมบูรณ์ที่สุด และระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ (pH controller) ซึ่งจะควบคุมค่าพีเอชตามต้องการ ถ้าค่าพีเอชเปลี่ยนไปเครื่องควบคุมพีเอชจะส่งสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ไปหยุดหรือเดินเครื่องเติมน้ำยาเคมีทันที การเติมน้ำยากรดหรือด่างอาจทำได้ 2 วิธีคือ ใช้เครื่องเติมแบบ metering pump หรือใช้ Solenoid Valve ถ้าใช้ metering pump ถึงเก็บน้ำยาตั้งอยู่บนพื้นได้เพราะเครื่องเติมน้ำยาจะสูบน้ำยาเคมีส่งไปด้วยแรงดันสูง แต่ถ้าใช้ solenoid valve จำเป็นจะต้องตั้งถังเก็บน้ำยาเหนือระดับพื้นดินเพื่อให้ น้ำยาเคมีไหลผ่าน solinoid valve ได้ด้วยแรงดัน

การใช้ปูนขาวมีข้อดีตรงที่มีราคาถูกและทำให้เกิดการตกตะกอนด้วย แต่มีข้อเสียตรงที่อาจทำให้เกิดตะกอน (scaling) ในเส้นท่อได้ ถ้าใช้ปูนขาวในลักษณะที่เป็นผง จะต้องใช้เครื่องเติมน้ำยาชนิดผง ถ้าจะใช้ในรูปของสารละลายจะต้องมีถังผสมและต้องกวนอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้ปูนขาวละลายน้ำได้มากและไม่ตกตะกอนอยู่กันถึง

2.5.2.2 การทำให้เกิดตะกอน (Precipitation)

การทำให้เกิดตะกอนเป็นการเติมสารลงไปใต้น้ำทิ้งเพื่อให้ไปทำปฏิกิริยากับสิ่งสกปรกที่ละลายอยู่ในน้ำทิ้งเกิดเป็นตะกอนหนักซึ่งจับตัวได้ (ต่างจากคำว่า coagulation ซึ่งเป็น การเติมสารเคมีเพื่อช่วยให้สิ่งสกปรกที่เป็นตะกอนขนาดเล็กรวมตัวกันเป็นตะกอนขนาดใหญ่) ตัวอย่างการกำจัดน้ำทิ้งด้วยการทำให้เกิดตะกอน ได้แก่การกำจัดฟอสเฟต สารละลายตะกั่ว (Pb) และสังกะสี (Zn) ด้วยปูนขาว ในทางปฏิบัติการทำให้เกิดตะกอนต้องมีการผสมเร็วและการกวนช้า

2.5.2.3 ปฏิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน (Oxidation-Reduction)

เป็นวิธีการทางเคมีที่ใช้กันมากในการกำจัดน้ำทิ้งซึ่งมีสารประกอบของโลหะต่างๆเจือปนอยู่ในการกำจัดเติมสารเคมีลงไปเพื่อให้ทำปฏิริยาออกซิเดชันหรือรีดักชันกับสารประกอบของโลหะ ทำให้สารประกอบนั้นเปลี่ยนรูปไปเป็นสารประกอบอื่นที่ไม่เป็นพิษหรือตกตะกอนได้ สารเคมีที่ใช้เป็นตัวออกซิไดส์ ได้แก่ อากาศ, ออกซิเจน, โอโซน, คลอรีน, ไฮโปคลอไรท์, เปอร์แมงกาเนต, โครเมท และไนเตรต ตัวรีดิวซ์ ได้แก่ เพอร์ซัลเฟต, โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ฯลฯ

2.5.2.4 ปฏิริยาคลอรีเนชัน (Chlorination)

การเติมสารคลอรีนหรือสารประกอบคลอรีนลงไปในน้ำทิ้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำทิ้งจากชุมชน มีจุดมุ่งหมายเพื่อฆ่าเชื้อโรคที่เป็นแบคทีเรียและไวรัส นอกจากนี้ยังใช้เพื่อประโยชน์อย่างอื่นอีก เช่น การกำจัดกลิ่น การควบคุมการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต การลดค่าบีโอดีในอัตราส่วนคลอรีน 1:2 หมายถึง คลอรีน 1 ส่วน ทำลายค่าบีโอดีได้ 2 ส่วน ฯลฯ แต่ประโยชน์ที่สำคัญที่สุดของคลอรีนคือการฆ่าเชื้อโรคเท่านั้น

2.5.3 กระบวนการทางชีววิทยา (Biological Unit Process)

จุดประสงค์หลักของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีนี้คือการกำจัดค่าบีโอดีลง นั่นคือต้องการกำจัดสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย โดยอาศัยหลักการที่ใช้จุลินทรีย์ต่าง ๆ มาทำการย่อยสลายแปรเปลี่ยนสภาพของสารอินทรีย์ต่าง ๆ ไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) (ในระบบเติมอากาศ) หรือก๊าซมีเทน (CH_4) (ในระบบไม่เติมอากาศ) กระบวนการบำบัดทางชีววิทยาแบ่งออกเป็น 2 ระบบใหญ่ ๆ คือ

2.5.3.1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน

การบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนมีหลายระบบ เช่น ระบบ Oxidation pond, ระบบ Aerated Lagoons และ ระบบ Activated sludge เป็นต้น อย่างไรก็ตามระบบบำบัดต่าง ๆ นี้อาศัยหลักการอันเดียวกันคือ ใช้แบคทีเรียเป็นตัวกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งด้วยปฏิริยาแบบใช้ออกซิเจน ดังนั้นระบบบำบัดแต่ละระบบจึงแตกต่างกันตรงวิธีการให้ออกซิเจนแก่แบคทีเรียและการควบคุมปฏิริยาของแบคทีเรีย

ในการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน น้ำทิ้งจะต้องมีอาหารเสริมสร้างอย่างพอเพียง อัตราส่วน BOD : N : P สูงสุดประมาณ 100 : 5 : 1 นอกจากนี้ น้ำทิ้งต้องมีลักษณะที่ไม่ขัดต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ที่สำคัญที่สุดคือในน้ำทิ้งต้องมีปริมาณออกซิเจนพอเพียง

ก. ระบบ Oxidation pond

เป็นระบบการบำบัดน้ำทิ้งที่ง่ายที่สุดและต้องพึ่งธรรมชาติมากที่สุด Oxidation pond เป็นบ่อดินธรรมดาหรือบ่อดินลาดด้วยคอนกรีตหรือวัสดุอื่นที่กั้นการรั่วซึมได้ การกำจัดเป็นแบบต่อเนื่องคือน้ำทิ้งจะไหลเข้าและออกจากบ่อบำบัดตลอดเวลา ในระหว่างที่น้ำทิ้งอยู่ในบ่อบำบัด แบคทีเรียจะทำลาย บีโอดีในน้ำทิ้งด้วยปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจน ออกซิเจนเกือบทั้งหมดที่แบคทีเรียใช้ในการนี้ได้มาจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย เนื่องจากอัตราการเติมออกซิเจนค่อนข้างต่ำ ดังนั้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจึงถูกจำกัดด้วยปริมาณออกซิเจนในอัตราเร็วของปฏิกิริยาการทำลายบีโอดีจึงค่อนข้างช้า ระบบ Oxidation pond จึงต้องใช้บ่อที่มีขนาดใหญ่กินเนื้อที่มาก เนื่องจากประสิทธิภาพของ Oxidation ponds ขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนที่จะได้จากการสังเคราะห์แสง ระบบบำบัดนี้จึงใช้ได้ผลดีในบริเวณที่มีแสงแดดมาก

Oxidation ponds แบ่งออกได้เป็น 2 ระบบ คือ

1) High rate ponds ระบบนี้ใช้บ่อตื้น ๆ ความลึกไม่เกิน 0.5 เมตร เพื่อให้แสงแดดส่องทะลุถึงก้นบ่อ น้ำทิ้งที่จะนำมาบำบัดในบ่อนี้ควรต้องผ่านการบำบัดขั้นต้นแยกตะกอนออกเสียก่อน เพราะบ่อตื้นหากมีตะกอนจะทับถมจนเต็มได้ในเวลาไม่นาน สาหร่ายในบ่อนี้จะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วเพราะได้รับแสงแดดมาก น้ำทิ้งที่ออกจากบ่อบำบัดจึงมีสีเขียวขุ่นเพราะมีสาหร่ายอยู่มาก หากระบายทิ้งลงในแหล่งน้ำจะทำให้เกิดปัญหาน้ำเสียขึ้นได้ จึงต้องนำน้ำทิ้งจากบ่อ high rate มาแยกสาหร่ายออก ซึ่งอาจทำได้โดยกักน้ำไว้ในบ่อใหญ่เป็นเวลานานเพื่อให้สาหร่ายตายและตกตะกอน หรือแยกสาหร่ายออกโดยตกตะกอนด้วยสารเคมีแล้วแยกตะกอนออกโดยระบบทำให้ลอยหรือใช้ถังตกตะกอน

2) Facultative ponds ระบบนี้ใช้บ่อลึกประมาณไม่เกิน 2 เมตร ทำให้แสงแดดส่องลงไปไม่ตลอดความลึก การเจริญเติบโตของสาหร่ายจึงช้ากว่าในบ่อแบบ high rate น้ำทิ้งที่จะบำบัดไม่จำเป็นต้องตกตะกอนก่อน ทำให้เกิดชั้นตะกอนทับถมอยู่ก้นบ่อ ปฏิกิริยาชีวเคมีเกิดขึ้นในส่วนบนของบ่อเป็นแบบใช้ออกซิเจน ส่วนปฏิกิริยาชีวเคมีในส่วนล่างเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจนน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อบำบัดแบบ facultative มีสาหร่ายไม่มากนัก ไม่จำเป็นต้องกำจัดออก

ข. ระบบ Aerated Lagoons

ระบบ Aerated Lagoons เป็นระบบกำจัดที่ใช้แพร่หลายมากที่สุดระบบหนึ่งในการกำจัดน้ำทิ้งจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม ถึงปฏิกิริยาของระบบนี้คือบ่อขนาดใหญ่ลึกไม่น้อยกว่า 2 เมตร ปฏิกิริยาการทำลายบีโอดีโดยแบคทีเรียจะเร็วกว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในระบบ

Oxidation ponds เพราะมีการเติมออกซิเจนด้วยเครื่องมือกล จึงทำให้การเจริญเติบโตของแบคทีเรียไม่ถูกจำกัดด้วยอัตราการเติมออกซิเจน

ระบบ Aerated Lagoons แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1) Aerobic Lagoons ได้แก่บ่อที่มีกำลังเครื่องเติมอากาศ (aerators) พอเพียงที่จะกวนน้ำในบ่ออย่างทั่วถึงจนไม่มีการตกตะกอนเกิดขึ้นในบ่อ ปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นในบ่อจะเป็นแบบใช้ออกซิเจนตลอดความลึก โดยปรกติน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อบำบัดแบบนี้จะค่อนข้างขุ่น จำเป็นต้องแยกตะกอนออกโดยการตกตะกอนในถังตกตะกอนหรือบ่อตกตะกอน

2) Facultative Lagoons ได้แก่บ่อที่มีกำลังเครื่องเติมอากาศพอเพียงที่จะให้ออกซิเจนแก่แบคทีเรียตามปริมาณที่ต้องการ แต่ไม่เพียงพอที่จะกวนน้ำในบ่ออย่างทั่วถึง ทำให้เกิดการตกตะกอนในบ่อ ตะกอนจะถูกย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาชีวเคมีแบบไม่ใช้ออกซิเจน

ข้อดีของระบบ Aerated Lagoon คือการควบคุมดูแลทำได้ง่าย ค่าก่อสร้างต่ำ ไม่ใช่พื้นที่ดินมากจนเกินไป ไม่มีปัญหาการกำจัดกากตะกอน รับ shock load ได้ดีเพราะมีปริมาณมาก ไม่มีกลิ่นเหม็นและเหตุเดือดร้อนรำคาญอย่างอื่น ประสิทธิภาพสูงพอสมควร

ค. ระบบ Activated Sludge

ระบบ Activated Sludge (จะเขียนย่อเป็น AS) เป็นระบบบำบัดที่ใช้เครื่องจักรกลมากที่สุด ค่าก่อสร้างและค่าใช้จ่ายในการบำบัดจึงสูงกว่าระบบอื่น แต่ใช้พื้นที่น้อยกว่ามาก ระบบ AS เป็นระบบที่ใช้กันแพร่หลายและเหมาะสมในกรณีที่พื้นที่ดินมีจำกัด หรือที่ดินมีราคาแพงมาก และต้องการน้ำทิ้งที่มีคุณภาพสูง

ระบบ AS มีแบบปลีกย่อยหลายแบบ แต่ทุกแบบมีหลักการเหมือนกัน กล่าวคือระบบจะต้องประกอบด้วยถังปฏิริยาซึ่งเป็นถังเติมอากาศ (Aeration Tank) และถังตกตะกอน น้ำทิ้งจะถูกสูบมาเข้าถังเติมอากาศเพื่อทำปฏิริยากับแบคทีเรีย อัตราการทำลายบีโอดีโดยแบคทีเรียจะถูกเร่งให้เร็วขึ้นโดยการเพิ่มทั้งปริมาณออกซิเจนและปริมาณแบคทีเรีย ดังนั้นแบคทีเรียจะทำลายบีโอดีในน้ำทิ้งและเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว ปริมาณแบคทีเรียในถังเติมอากาศจะมีมากจนจับกันเป็นตะกอนชิ้นใหญ่ ๆ มีสีน้ำตาลเข้มซึ่งเรียกว่า Activated Sludge น้ำผสมระหว่างน้ำทิ้งกับตะกอนแบคทีเรียในถังเติมอากาศเรียกว่า Mixed-Liquor ในถังเติมอากาศจะมีระบบเติมอากาศเพื่อทำหน้าที่ให้ออกซิเจนแก่แบคทีเรียและกวน Mixed-Liquor เพื่อให้ตะกอนแบคทีเรียอยู่ในลักษณะแขวนลอยกระจายไปทั่วถังเติมอากาศ หลังจากถูกกักอยู่ในถังเติมอากาศเป็นเวลาหลายชั่วโมง Mixed-Liquor จะไหลจากถังเติมอากาศมาเข้าสู่ถังตกตะกอนเพื่อแยกตะกอนแบคทีเรียออก จะได้น้ำทิ้งที่ใสสะอาดและมีค่าบีโอดีต่ำ ส่วนตะกอน

แบคทีเรียที่จมอยู่บนก้นถังตกตะกอนส่วนใหญ่จะถูกสูบไปเข้าถังเติมอากาศ เพื่อรักษาปริมาณแบคทีเรียในถังเติมอากาศให้คงที่ ตะกอนแบคทีเรียส่วนเกินที่เกิดขึ้นจากการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะต้องนำไปกำจัด

ระบบ AS แบบต่าง ๆ

ระบบ AS มีหลายแบบ แต่ละแบบแตกต่างกันที่การควบคุมการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย และรายละเอียดปลีกย่อยอื่น ๆ สรุปลักษณะที่สำคัญ ประสิทธิภาพและการใช้งานของระบบ AS แบบต่าง ๆ ที่ใช้กันมาก ได้แก่

1) แบบธรรมดา (Conventional Process) เป็นระบบ AS ที่มักใช้บำบัดน้ำทิ้งจากชุมชนที่มีปริมาณมาก ๆ ลักษณะทางศาสตร์ในถังเติมอากาศจะเป็นแบบ Plug Flow น้ำทิ้งและ Activated Sludge ที่หมุนเวียนกลับมาใช้จะไหลเข้าทางตอนหัวของถังเติมอากาศ ใช้เวลาในการเติมอากาศประมาณ 6 ชั่วโมง ปริมาณตะกอนหมุนเวียนประมาณ 25 - 50 % ของปริมาณน้ำทิ้งเนื่องจากการไหลเป็นแบบ Plug Flow ค่าบีโอดีจึงสูงสุดตรงหัวถังเติมอากาศ และค่อย ๆ ลดลงตามความยาวของถัง ทำให้ความต้องการออกซิเจนของแบคทีเรียมีค่าสูงสุดที่ตรงหัวถัง และค่อย ๆ ลดลงตามความยาวของถังเช่นกัน ส่วนอัตราการเติมออกซิเจนนั้น จะมีค่าคงที่ตลอดความยาวของถังเติมอากาศ

เพื่อให้การใช้ออกซิเจนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปจึงออกแบบให้อัตราการเติมออกซิเจนสอดคล้องกับความต้องการออกซิเจนของแบคทีเรีย (Tapered Aeration)

2) แบบ Step-Aeration เพื่อไม่ให้ความต้องการออกซิเจนที่หัวถังเติมอากาศมากเกินไป ในระบบ AS แบบนี้ น้ำทิ้งจะถูกแบ่งระบายเข้าถังอากาศหลายจุด ทำให้การใช้ออกซิเจนมีประสิทธิภาพสูงขึ้น วิธีนี้ใช้กันแพร่หลายมาก ในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ AS แบบธรรมดา

3) แบบ High-Rate หลักการเหมือนแบบธรรมดา แต่ต่างกันตรงที่ใช้เวลาในการเติมอากาศสั้นมาก ประมาณ 1.5 - 3 ชั่วโมง และค่า MLSS ในถังเติมอากาศต่ำมากเพียง 200 - 500 มก./ล. เมื่อเทียบกับค่า MLSS ที่เกินกว่า 1500 มก./ล. ในระบบ AS แบบอื่น ๆ ดังนั้นค่า F/M จึงสูงมาก ทำให้การเจริญเติบโตของแบคทีเรียอยู่ในช่วงระหว่าง Log Growth Phase และ Declining Growth Phase แบคทีเรียจึงทำลายบีโอดีได้รวดเร็ว แต่การตกตะกอนของ Activated Sludge ไม่ดี จึงทำให้น้ำทิ้งขุ่น ระบบนี้มีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีต่ำเพียงแต่ 60 - 70 % เท่านั้น ระบบ High-Rate AS จึงเหมาะสำหรับบำบัดน้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีต่ำ

4) แบบ Biosorption หรือ Contact Stabilization ระบบ AS แบบนี้อาศัยหลักการที่ว่า การลดของค่าบีโอดีในระบบ AS นั้นแบ่งออกได้เป็น 2 ระยะคือ ระยะแรกเกิดขึ้นในช่วงเวลา

20 - 40 นาทีแรก เมื่อน้ำทิ้งผสมกับ Activated Sludge สารอินทรีย์ในน้ำทิ้งก็จะถูกแบคทีเรียดูดซึมเข้าไปในเซลล์อย่างรวดเร็วจึงทำให้ค่าบีโอดีลดต่ำลงโดยทันที แบคทีเรียจะปล่อยน้ำย่อยออกมาทำลายสารอินทรีย์ที่ดูดซึมไว้ สารอินทรีย์บางส่วนจึงละลายกลับออกมาในน้ำทิ้งอีก ทำให้ค่าบีโอดีกลับสูงเพิ่มขึ้น จากนั้นแบคทีเรียก็จะทำลายสารอินทรีย์ต่อไป จึงทำให้ค่าบีโอดีลดลง

ในระบบ AS แบบทั่ว ๆ ไป การลดของค่าบีโอดีทั้งสองระยะนี้เกิดขึ้นในถังเติมอากาศเดียวกัน แต่สำหรับในระบบ Contact Stabilization จะออกแบบให้ทั้งสองระยะแยกจากกัน โดยใช้ถังเติมอากาศสองถัง จะเห็นได้ว่าน้ำทิ้งจะถูกระบายมาเข้าถังเติมอากาศ ถังแรกเรียกว่า Contact Tank ซึ่งมีค่า MLSS สูงกว่า 4000 มก./ล. ใช้เวลาเติมอากาศนาน 30 - 90 นาที เพื่อให้แบคทีเรียดูดซึมสารอินทรีย์ จากนั้นนำ Mixed Liquor มาตกตะกอนแยก Activated Sludge ออก นำ Activated Sludge ซึ่งดูดซึมสารอินทรีย์ไว้แล้วไปเข้าถังเติมอากาศถังที่สองเรียกว่า Reaeration Tank เพื่อให้แบคทีเรียทำลายบีโอดีที่ดูดซึมไว้ ใช้เวลาในการเติมอากาศนานประมาณ 3 - 6 ชั่วโมง จนแบคทีเรียพร้อมที่จะดูดซึมสารอินทรีย์อีก จึงระบาย Activated Sludge กลับไปเข้า Contact Tank

ข้อดีของระบบ AS แบบ Contact Stabilization คือ สามารถลดค่าก่อสร้างลงได้ เนื่องจากใช้ถังเติมอากาศที่มีปริมาตรน้อยกว่าถังเติมอากาศในระบบ AS แบบอื่น ๆ แบบ Contact Stabilization เหมาะสำหรับบำบัดน้ำทิ้งที่สารอินทรีย์ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของอนุภาคคอลลอยด์ที่แบคทีเรียดูดซึมได้ง่าย

5) แบบ Complete Mix ลักษณะทางศาสตร์ของระบบนี้เป็นแบบ Complete Mix คือ ออกแบบให้น้ำทิ้งและ Activated Sludge ไหลเข้าถังเติมอากาศสม่ำเสมอตลอดถัง เพื่อให้ Mixed Liquor ในถังเติมอากาศเป็นเนื้อเดียวกันหมด (homogeneous) ทำให้ความต้องการออกซิเจนและอัตราการเติมออกซิเจนเท่ากันทุกจุด ระบบ Complete Mix AS จึงมีเสถียรภาพต่ำ Shock loads สูงมาก และสามารถบำบัดน้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีสูงประมาณ 5000 - 10,000 มก./ล. ได้

6) แบบ Extended Aeration ระบบ AS แบบนี้ออกแบบให้การเจริญเติบโตของแบคทีเรียอยู่ใน Endogeneous Phase จึงใช้ค่า F/M ต่ำ และเวลาในการเติมอากาศนานมาก เพื่อให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสูง และต้องการให้ Activated Sludge ส่วนเกินที่ต้องแยกออกมากำจัดมีน้อยที่สุด เพราะต้องการลดค่าก่อสร้างระบบกำจัดตะกอนส่วนเกิน แต่เนื่องจากระยะเวลาในการเติมอากาศนานมาก ถังเติมอากาศจึงต้องมีขนาดใหญ่ ถ้าปริมาณน้ำทิ้งมีมากแล้วผลที่ได้จากการใช้แบบ Extended Aeration เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดตะกอนส่วนเกิน จะไม่

คุ้มกับผลเสียที่เกิดขึ้นจากการที่ต้องใช้ถังเติมอากาศขนาดใหญ่ พบว่าระบบ AS แบบนี้เหมาะสำหรับกำจัดน้ำทิ้งประมาณไม่เกิน 1 ล้านแกลลอน/วัน (3785 ลบ.ม./วัน)

7) แบบ Oxidation-Ditch ระบบ AS แบบนี้โดยแท้จริงแล้วเป็นระบบ Extended Aeration AS แต่แทนที่จะใช้ถังเติมอากาศเป็นถังลึก 3 - 4 เมตร รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเหมือนกับระบบ AS แบบอื่น ๆ จะใช้คูรูปวงรีลึกเพียง 1.5 เมตร แทนถังเติมอากาศ เพื่อต้องการให้การก่อสร้างง่าย ดังนั้น Oxidation-Ditch จึงใช้พื้นที่มากกว่าระบบ AS แบบอื่น ๆ เหมาะสำหรับบำบัดน้ำทิ้งปริมาณไม่มากนัก

8) แบบ Pure Oxygen เป็นระบบ AS ที่ใช้ก๊าซออกซิเจนอัดลงไป Mixed-Liquor โดยตรง แทนที่จะใช้อากาศ ทำให้แบคทีเรียเจริญเติบโตได้เร็วยิ่งขึ้น Activated Sludge จมตัวได้ดีมาก และระบบบำบัดสามารถทำงานที่มีค่า F/M สูงได้ ทำให้สามารถลดขนาดของถังเติมอากาศได้ ปริมาณตะกอนส่วนเกินที่ต้องกำจัดมีน้อยลง และน้ำทิ้งมีออกซิเจนละลายอยู่มาก ข้อเสียก็คือการทำงานของระบบบำบัดยุ่งยากซับซ้อนขึ้น ไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติ

ง. ระบบ Trickling Filter

ระบบ Trickling Filter (TF) เป็นระบบที่ใช้กันแพร่หลายที่สุดระบบหนึ่ง ระบบ TF มีข้อดีตรงที่ค่าก่อสร้างและค่าใช้จ่ายถูกกว่าระบบ AS และการควบคุมระบบง่ายกว่า เหมาะสำหรับใช้กำจัดน้ำทิ้งจากชุมชนเล็ก ๆ ระบบ TF มีข้อเสียคือมีกลิ่นเหม็น และต้องใช้โอโซนช่วยในการกำจัดกลิ่น

หลักการของระบบ TF ต่างกับระบบบำบัดแบบอื่น ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วทั้งหมด ซึ่งใช้แบคทีเรียในลักษณะตะกอนแขวนลอย แบคทีเรียที่ใช้ในระบบ TF จะถูกเลี้ยงให้เกาะเป็นเมือก (Slime) หนาประมาณ 2 - 3 มม. รอบตัวกลาง (Medium) ซึ่งทำด้วยวัสดุแข็ง เช่น ก้อนหินขนาด 2 - 3.5 นิ้ว หรือแผ่นพลาสติก ดังปฏิกิริยาของระบบ TF จึงเป็นถังกลมหรือถังสี่เหลี่ยมสูงไม่น้อยกว่า 2 เมตร ในถังมีตัวกลางบรรจุอยู่เต็ม น้ำทิ้งจะถูกนำมาโปรยลงบนพื้นผิวหน้าของถังปฏิกิริยา และจะไหลหยด (Trickling) ผ่านตัวกลางลงสู่ก้นถัง ในขณะที่น้ำทิ้งไหลผ่านเมือกแบคทีเรียรอบตัวกลาง แบคทีเรียจะดูดซึมสารอินทรีย์ต่าง ๆ เข้าไปในขณะเดียวกันก็ทำลายสารอินทรีย์ด้วยปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจน เมือกแบคทีเรียจึงเติบโตหนาขึ้นจนในที่สุดแบคทีเรียชั้นในที่เกาะกับก้อนหินจะตายเนื่องจากขาดอาหาร จึงทำให้เมือกแบคทีเรียหลุดจากก้อนหินปะปนไปกับน้ำทิ้ง น้ำทิ้งที่ระบายออกจากถังปฏิกิริยาจะผ่านไปเข้าถังตกตะกอนเพื่อแยกตะกอนเมือกแบคทีเรียออก ตะกอนนี้เรียกว่า Humus Sludge ซึ่งมีไม่มากนัก ตะกอนที่แยกออกมาได้ต้องนำไปกำจัดด้วยวิธีที่เหมาะสม

ระบบ TF แบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ตามอัตราการรับปริมาณน้ำทิ้ง (Hydraulic Load) และอัตราการรับปริมาณบีโอดี (Organic Load) ดังนี้คือ

1) แบบ Low-Rate ระบบ Low-Rate TF จะไม่มีการหมุนเวียนของน้ำทิ้งในระบบเหมือนระบบ TF แบบอื่น ๆ อัตราการรับปริมาณน้ำทิ้งตั้งแต่ 1 ถึง 4 ล้าน แกลลอน/เอเคอร์/วัน (0.935 - 3.74 ลบ.ม./ตร.ม./วัน) และอัตราการรับปริมาณบีโอดีระหว่าง 5 ถึง 20 ปอนด์/1000ลบ.ฟ./วัน (0.08 - 0.32 กก./ลบ.ม./วัน) ความสูงของตัวกลางประมาณ 5 ถึง 10 ฟุต พบว่าเมื่อกแบคทีเรียพวก Nitrifying Bacteria มาก แบคทีเรียนี้จะเปลี่ยนแอมโมเนียในน้ำทิ้งให้กลายเป็นไนเตรต น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ Low-Rate TF จึงมีปริมาณไนเตรตสูง ข้อเสียของระบบ Low-Rate TF ได้แก่กลิ่นเหม็นและเป็นแหล่งเพาะแมลงวัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าอากาศร้อน

2) แบบ High-Rate มีการหมุนเวียนของน้ำทิ้งในระบบ (Recirculation) ซึ่งเป็นได้หลายแบบ อัตราการรับปริมาณน้ำทิ้งรวมทั้งน้ำหมุนเวียนตั้งแต่ 10 ถึง 30 ล้าน แกลลอน/เอเคอร์/วัน (9.34 - 28.05 ลบ.ม./ตร.ม./วัน) และอัตราการรับปริมาณบีโอดี ไม่รวมปริมาณบีโอดีในน้ำหมุนเวียน ระหว่าง 30 - 60 ปอนด์/1000 ลบ.ฟ./วัน (0.48 - 0.96 กก./ลบ.ม./วัน) ความสูงของตัวกลางประมาณ 3 ถึง 6 ฟุต เนื่องจากอัตราการรับปริมาณบีโอดีสูงมากจึงไม่มี Nitrifying Bacteria ดังนั้นน้ำทิ้งที่ออกจากระบบจึงมีปริมาณแอมโมเนียสูง โดยทั่วไประบบ High-Rate TF จะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าระบบ Low-Rate TF

3) แบบ Intermediate-Rate หลักการเหมือนระบบ High-Rate TF แต่อัตราการรับปริมาณน้ำทิ้งและอัตราการรับปริมาณบีโอดีจะมีค่าอยู่ระหว่างแบบ Low-Rate และแบบ High-Rate คือระหว่าง 4 ถึง 10 ล้านแกลลอน/เอเคอร์/วัน (3.74 - 9.35 ลบ.ม./ตร.ม./วัน) และระหว่าง 15 ถึง 30 ปอนด์/1000 ลบ.ฟ./วัน (0.24 - 0.48 กก./ลบ.ม./วัน)

4) แบบ Supper-Rate หรือ Roughing Filters มีอัตราการรับปริมาณน้ำทิ้งและอัตราการรับปริมาณบีโอดีสูงมาก อาจสูงถึง 150 ล้านแกลลอน/เอเคอร์/วัน (140.25 ลบ.ม./ตร.ม./วัน) และ 100 ปอนด์/1000 ลบ.ม./วัน (1.6 กก./ลบ.ม./วัน) โดยมากใช้ตัวกลางที่เป็นพลาสติก ระบบ TF แบบนี้มักใช้กับน้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีสูงเป็นการบำบัดขั้นต้น

2.5.3.2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน

การบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic process) อาจกล่าวได้ว่าเป็นการบำบัดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับใช้ในเขตที่มีอากาศร้อน เนื่องจากปฏิกิริยา

ชีวเคมีแบบไม่ใช้ออกซิเจนต้องการอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูง การบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนจึงไม่ใช้กันแพร่หลายนักในประเทศที่มีอากาศหนาวเพราะต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงมากในการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำทิ้ง

การบำบัดน้ำทิ้งด้วยวิธีชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีข้อดีว่าการบำบัดแบบใช้ออกซิเจนหลายประการที่สำคัญได้แก่

ก) ในปฏิบัติการแบบไม่ใช้ออกซิเจน สารอินทรีย์ที่แบคทีเรียย่อยสลายได้ประมาณ 80 - 90 % จะถูกทำลายเป็นกาสมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนที่ถูกนำไปสังเคราะห์สร้างเซลล์จึงมีน้อยมาก ส่วนในปฏิบัติการแบบใช้ออกซิเจนนั้น สารอินทรีย์ประมาณ 50 % จะถูกนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ ดังนั้นการบำบัดน้ำทิ้งด้วยวิธีชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจนจึงมีปัญหากการกำจัดกากตะกอนน้อยมาก เมื่อเทียบกับปัญหากการกำจัดกากตะกอน ของการกำจัดแบบใช้ออกซิเจน เช่น ระบบ Activated Sludge

ข) ในการกำจัดน้ำทิ้งด้วยวิธีชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน ปริมาณอาหารเสริมสร้างที่ต้องการจะน้อยกว่าในระบบใช้ออกซิเจนมาก เพราะการเติบโตของแบคทีเรียมีอัตราต่ำดังกล่าวแล้ว

ค) การที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจน จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดลงได้มาก

ง) ได้แก๊สมีเทน ซึ่งอาจนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้

อย่างไรก็ตาม การบำบัดน้ำทิ้งแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีข้อเสียที่สำคัญ คือแบคทีเรียที่ใช้ในการกำจัดเจริญเติบโตได้ช้า จึงทำให้ต้องใช้เวลานานในการเริ่มต้นระบบบำบัด (start-up) และระบบบำบัดปรับตัวได้ไม่ดีนักต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำทิ้ง ปริมาณบีโอดี อุณหภูมิและสภาพแวดล้อมอื่น ๆ นอกจากนี้ในการบำบัดจะเกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ขึ้นด้วยซึ่งทำให้มีกลิ่นเหม็นและน้ำทิ้งอาจมีสีดำได้เนื่องจากไฮโดรเจนซัลไฟด์ทำปฏิกิริยากับสารประกอบของโลหะต่าง ๆ ในน้ำทิ้งเกิดเป็นสารประกอบซัลไฟด์ ซึ่งมีสีดำ

ระบบบำบัดน้ำทิ้งแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีหลายระบบ เริ่มตั้งแต่ระบบที่ง่ายที่สุดคือ ระบบ Anaerobic Lagoons จนถึงระบบที่ยุ่งยาก คือ ระบบ Anaerobic contact process ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ก. ระบบ Anaerobic Lagoons

ระบบ Anaerobic Lagoons หรือระบบบ่อหมักเป็นวิธีกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่ง่ายที่สุดซึ่งเทียบเคียงได้กับระบบ Oxidation Ponds กล่าวคือ เป็นระบบที่ไม่ใช้เครื่องจักรกล และอาศัยธรรมชาติมากที่สุด ตัวบ่อหมักเป็นบ่อดินขนาดใหญ่ลึก 2 - 3 เมตร น้ำทิ้งจะใช้เวลาอยู่ในบ่อหลายวันก่อนที่จะไหลล้นออกไปในระหว่างที่น้ำทิ้งอยู่ในบ่อ สารอินทรีย์ในน้ำทิ้งจะถูก

แบคทีเรียทำลายด้วยปฏิกิริยาชีวเคมีแบบไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้น้ำทิ้งเน่าเหม็น มีสีดำและมีค่าบีโอดีลดลง ระบบบ่อหมักเหมาะสำหรับบำบัดน้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีสูง มีความเหมาะสมที่สุดในกรณีที่ที่ดินมีราคาไม่แพงนัก และใช้ที่ดินน้อยกว่าระบบ Oxidation Ponds ประมาณ 10 - 30 เท่า ข้อเสียของระบบบ่อหมัก คือ ปัญหาเรื่องกลิ่น หากบ่อหมักทำงานดีแล้วกลิ่นเหม็นจะไม่รุนแรงนัก

ข. ระบบ Conventional Anaerobic Digestion

ระบบ Conventional Anaerobic Digestion เป็นระบบที่มีความยุ่งยากใช้เครื่องมือกลเพิ่มขึ้นจากระบบ Anaerobic Lagoons ระบบกำจัดจะประกอบด้วยถังปฏิกิริยา ซึ่งเป็นถังคอนกรีตกลมมีฝาปิดเพื่อเก็บความร้อน กลิ่น ก๊าซ และทำให้ภายในถังปฏิกิริยามีสภาพไร้ออกซิเจนอย่างแท้จริง บนฝาดังมีทางระบายก๊าซมีเทนออกเพื่อเผาทิ้งหรือนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง น้ำทิ้งในถังปฏิกิริยาจะถูกกวนอยู่ตลอดเวลาโดยใช้เครื่องกวนเครื่องสูบน้ำแบบ Screw pump หรือนำก๊าซมีเทนที่ได้มาอัดลงไปใต้น้ำทิ้ง การกวนจะทำให้แบคทีเรียสัมผัสสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งได้ทั่วถึงยิ่งขึ้นดังนั้น อัตราการทำลายบีโอดีในระบบนี้จึงเร็วกว่าในระบบ Anaerobic Lagoons มาก ลักษณะการกำจัดในถังปฏิกิริยาจะเป็นแบบ Complete Mix ที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำแบคทีเรียกลับมาใช้อีก ซึ่งเทียบได้กับลักษณะการบำบัดในระบบ Aerated Lagoons ดังนั้นที่สถานะสมดุลปริมาณแบคทีเรียที่เกิดขึ้นจะต้องเท่ากับปริมาณแบคทีเรียที่สูญเสียไปกับน้ำทิ้งที่ออกจากถังปฏิกิริยา มิฉะนั้นระบบบำบัดจะทำงานไม่ได้ผล ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการบำบัดจึงต้องนานมาก

ระบบ Conventional Anaerobic Digestion โดยทั่วไปใช้กำจัดน้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีสูง เช่น กากตะกอนจากระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจน พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดอาจสูงเกินกว่า 90%

ค. ระบบ Anaerobic Contact

เนื่องจากแบคทีเรียพวก Methane Formers เจริญเติบโตได้ช้า ระบบบำบัดแบบ Conventional anaerobic Digestion จึงต้องใช้เวลาานานมาก ดังนั้นจึงไม่เหมาะที่จะใช้ในการกำจัดน้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีต่ำ และมีปริมาณมาก เพราะจะต้องสร้างถังปฏิกิริยาขนาดใหญ่มาก ระบบ Anaerobic Contact เป็นระบบที่จะแก้ปัญหานี้ โดยอาศัยหลักการเดียวกันกับระบบ Activated Sludge Process กล่าวคือมีการแยกตะกอนแบคทีเรียออกจากน้ำทิ้งที่ออกจากถังปฏิกิริยา แล้วนำตะกอนกลับมาใช้ในการบำบัดอีก

ระบบ Anaerobic Contact เหมาะสำหรับการบำบัดน้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีปานกลาง ผลการบำบัดน้ำทิ้งด้วยระบบนี้มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงถึง 95 %

ข้อยุ่งยากของระบบ Anaerobic Contact คือการแยกตะกอนแบคทีเรียออกจากน้ำทิ้งที่ระบายออกจากถังปฏิกริยา เนื่องจากน้ำทิ้งมีก๊าซละลายปนอยู่มากซึ่งก๊าซนี้จะพาตะกอนลอยขึ้นแทนที่จะจมลง อาจแก้ปัญหานี้ได้โดยนำน้ำทิ้งมากำจัดก๊าซเสียก่อนโดยใช้เครื่องไล่ก๊าซสูญญากาศ (Vacuum degasifier) เนื่องจากตะกอนไม่เข้มข้นนักจึงทำให้ปริมาณน้ำตะกอนที่สูบกลับไปเข้าถังปฏิกริยา มากกว่าปริมาณน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบประมาณ 2 ถึง 4 เท่า

ง. ระบบ Anaerobic Filter

ระบบ Anaerobic Filter มีหลักการคล้ายคลึงกับระบบ Trickle Filter คือถังปฏิกริยาเป็นถังกลมสูงประมาณ 2 - 3 เมตร ภายในถังมีตัวกลาง (Medium) เช่นก้อนหินบรรจุอยู่เต็ม น้ำทิ้งจะถูกปล่อยเข้ามาทางก้นถังแล้วไหลออกทางตอนบน (upward flow) แบคทีเรียที่เกิดขึ้นจะยึดเกาะตัวกลางและเกาะกันเป็นตะกอนติดอยู่ตามช่องว่างระหว่างตัวกลาง ด้วยเหตุนี้ระบบ Anaerobic Filter จึงสามารถบำบัดน้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีไม่สูงนักได้เช่นเดียวกับระบบ Anaerobic Contact แต่ระบบ Anaerobic Filter ง่ายกว่าระบบ Anaerobic Contact มาก เพราะไม่ต้องการตกตะกอนและไม่ต้องการสูบตะกอนจากก้นถังตกตะกอนกลับมาเข้าถังปฏิกริยาอีก

ระบบ Anaerobic Filter ยังไม่เป็นที่แพร่หลายกันนักในประเทศที่มีอากาศหนาว ทั้งนี้เพราะถ้าน้ำทิ้งมีค่าบีโอดีต่ำกว่า 10,000 มก./ล. แล้วก๊าซมีเทนที่ได้จะมีปริมาณไม่มากพอที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงเพิ่มอุณหภูมิของน้ำทิ้งได้ จึงทำให้ค่าใช้จ่ายในการบำบัดสูงกว่าวิธีการบำบัดแบบใช้ออกซิเจนเช่นระบบ Activated Sludge แต่สำหรับในประเทศเขตร้อนจะไม่มีปัญหาเรื่องการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำทิ้ง ระบบบำบัดแบบ Anaerobic Filter จึงน่าจะเป็นระบบที่เหมาะสมและประหยัดที่สุด

ระบบ Anaerobic Filter สามารถรับปริมาณบีโอดีได้พอ ๆ กับระบบบำบัดแบบ Activated Sludge หรือ Trickle Filter คือ กว่า 200 ปอนด์ ซีโอดี / 1000 ลบ.ฟ./วัน ประสิทธิภาพในการบำบัดอยู่ในช่วงระหว่าง 60 - 95 %

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

3.1 สภาพทั่วไปของระบบบำบัดน้ำทิ้งศูนย์เรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ

ระบบบำบัดน้ำทิ้งของศูนย์เรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ เป็นระบบบำบัดแบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge) ซึ่งประกอบด้วยหน่วยการทำงาน คือ

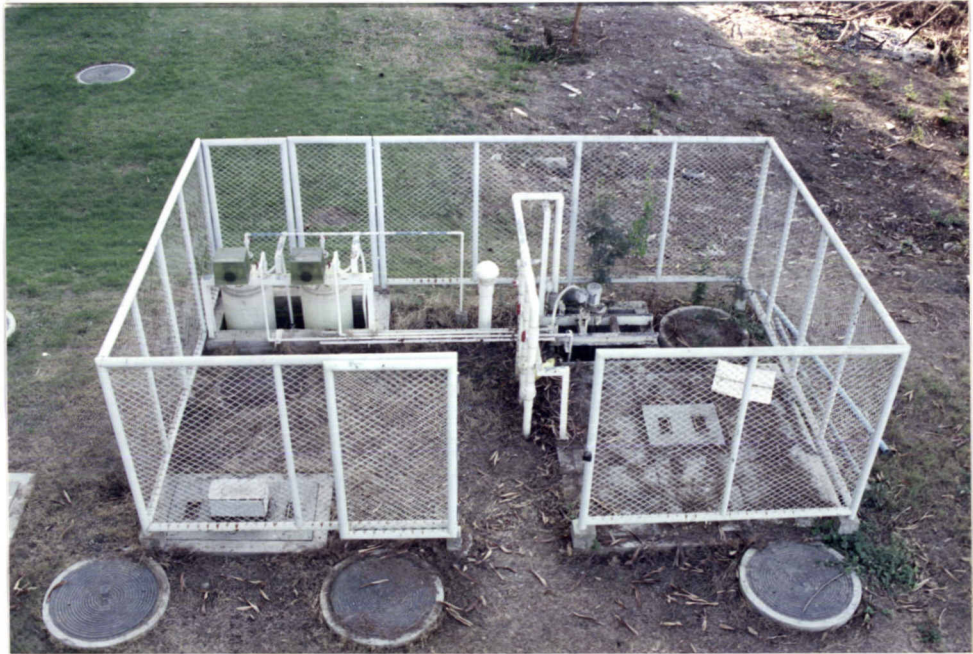
ก. ถังเติมอากาศ (Aeration Tank) น้ำทิ้งจะถูกสูบเข้ามาในถังเติมอากาศเพื่อให้ น้ำทิ้งได้ทำปฏิกิริยากับแบคทีเรีย อัตราการทำลายบีโอดีโดยแบคทีเรียจะถูกเร่งให้เร็วขึ้นโดยการเพิ่มปริมาณออกซิเจนและปริมาณแบคทีเรีย ดังนั้นถังเติมอากาศจะมีระบบเติมอากาศเพื่อทำหน้าที่ให้ออกซิเจนแก่แบคทีเรียและกวนตะกอน Mixed-Liquor (น้ำทิ้งผสมกับตะกอนแบคทีเรีย) เพื่อให้ตะกอนแบคทีเรียแขวนลอยกระจายไปทั่วถังเติมอากาศ ก่อนจะไหลไปสู่ถังตกตะกอนต่อไป

ข. ถังตกตะกอน ทำหน้าที่แยกตะกอนแบคทีเรียออก จะได้น้ำทิ้งที่ใสสะอาดและมีค่าบีโอดีต่ำ ส่วนตะกอนแบคทีเรียที่จมอยู่ก้นถังตกตะกอนส่วนใหญ่จะถูกสูบเข้าถังเติมอากาศเพื่อรักษาปริมาณแบคทีเรียในถังเติมอากาศให้คงที่

ค. ถังปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง จากสภาพน้ำทิ้งซึ่งเป็นน้ำทิ้งที่ปนเปื้อนจากห้องปฏิบัติการ ดังนั้นจึงมีถังสำหรับเติมกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เพื่อปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง ซึ่งภายในจะมีเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง

จากสภาพการทำงานในปัจจุบันที่ได้จากการสำรวจภาคสนามพบว่า น้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการไหลเข้าสู่บ่อที่ 1 ดังรูปที่ 3.10 เมื่อได้ระดับของลูกลอยบีมจะทำงาน ทำให้น้ำทิ้งไหลมาสู่บ่อที่ 2 ดังรูปที่ 3.7 และ 3.8 ซึ่งเป็นบ่อปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง แต่ไม่มีการบีมเติมกรดหรือด่าง จึงไม่มีการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง แล้วไหลลงเข้าสู่บ่อที่ 3 ดังรูปที่ 3.9 เป็นถังเติมอากาศ ซึ่งไม่มีการเติมอากาศในการใช้งานจริง จากนั้นจึงไหลไปสู่บ่อที่ 4 เป็นถังตกตะกอน แล้วไหลออกไปยังบ่อรวมหลังผ่านระบบบำบัด ดังรูปที่ 3.11 และ 3.12 ก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

เนื่องจากไม่มีการเติมอากาศ จึงทำให้การทำงานของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดขึ้นอยู่กับจุลินทรีย์ประเภทที่ไม่ใช้ออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ (Semi-anaerobic) ซึ่งสังเกตได้จากเมื่อเปิดฝาจะพบฟองก๊าซปุดขึ้นมา



รูปที่ 3.1 และ 3.2 ภาพโดยรวมของระบบบำบัด



รูปที่ 3.3 ป่อระบายน้ำโสโครกจากส้วม

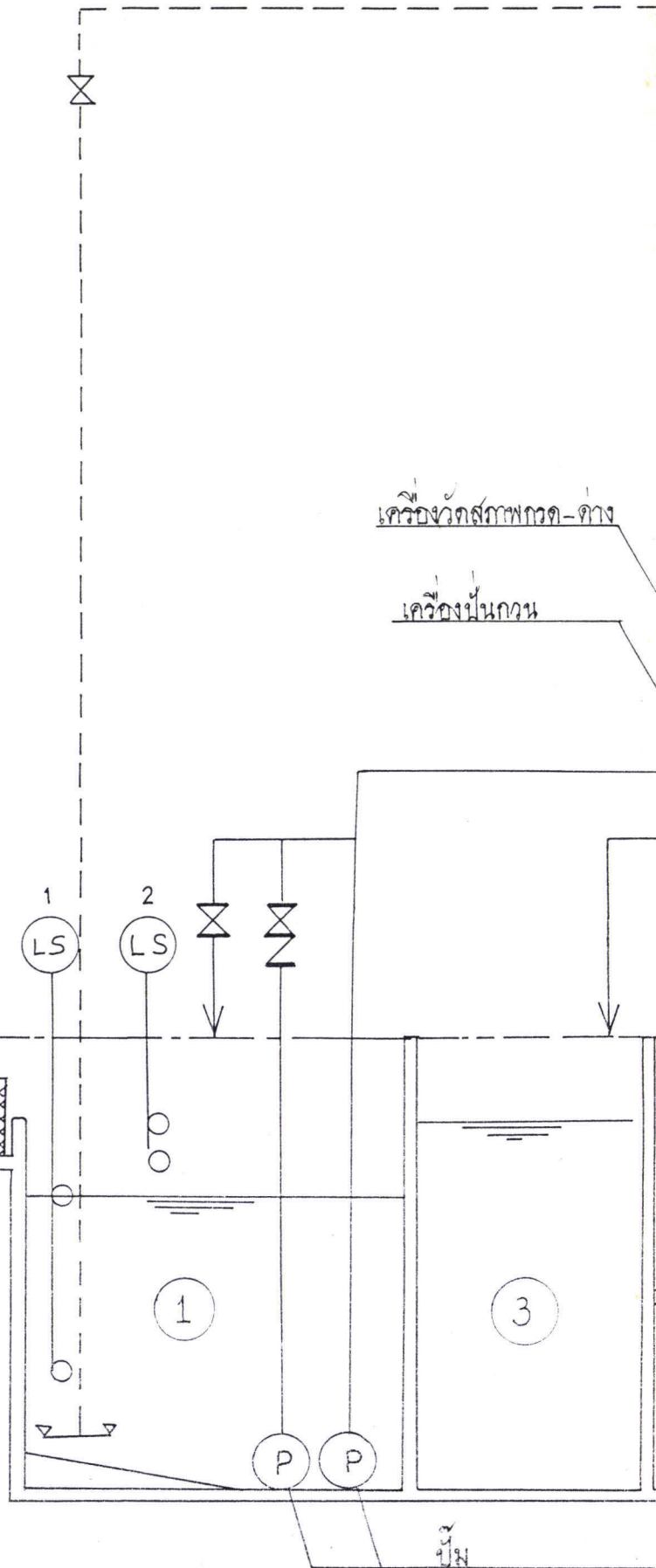


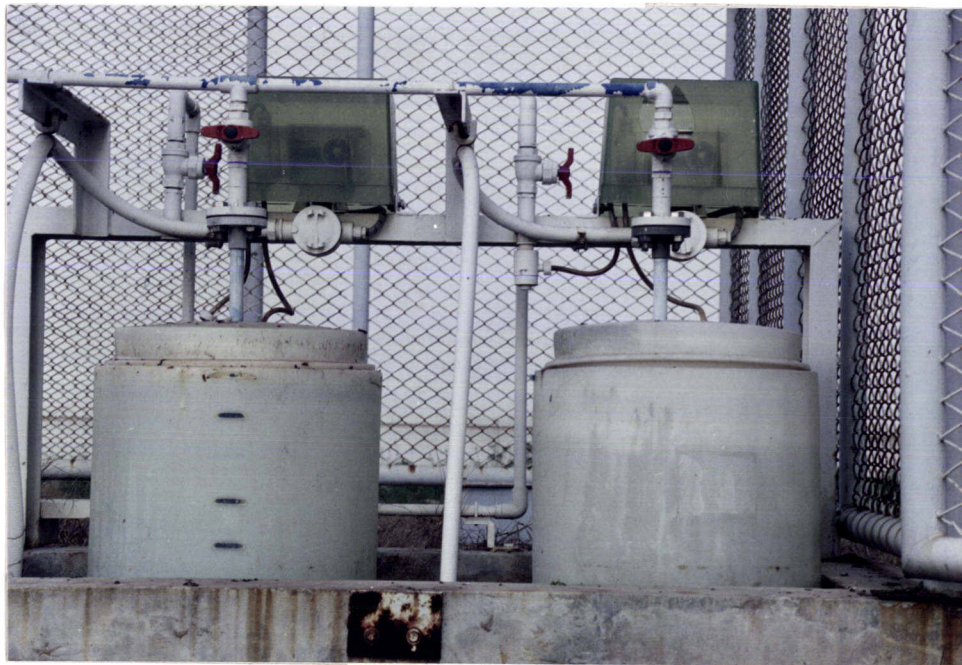
รูปที่ 3.4 แนวระบบบำบัดน้ำโสโครกจากส้วม (บ่อเกรอะ-บ่อซึม) และระบบบำบัดน้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการซึ่งวางขนานกัน

น้ำก่อนเข้าระบบบำบัด	
อัตรา	36.6 ม ³ /วัน
PH	3 ~ 12

น้ำเข้า

ตะแกรง

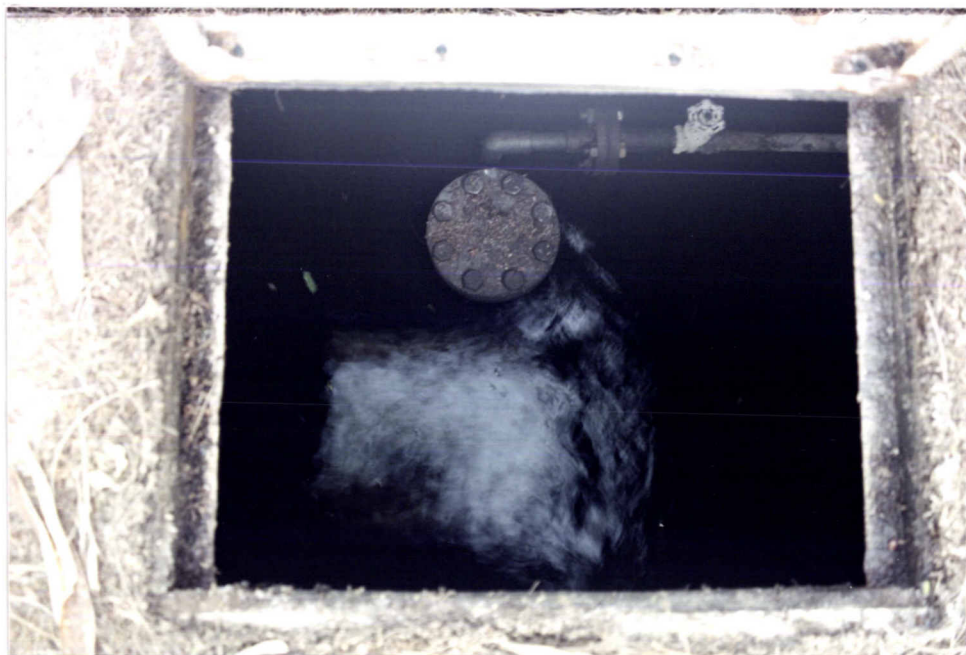




รูปที่ 3.6 ถังกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ ($NaOH$) (ปัจจุบันไม่มีการใช้งาน)



รูปที่ 3.7 และ 3.8 หน่วยการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง (บ่อที่ 2 ตามแปลน)



รูปที่ 3.9 ถังปฏิกิริยาของระบบบำบัด (บ่อที่ 3 ตามแบบแปลน)

3.2 การเก็บตัวอย่างน้ำ

3.2.1 การเลือกจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

จากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นภาคสนาม โดยพิจารณาจากสถานที่จริงประกอบกับแผนผังระบบบำบัดน้ำเสีย ดังรูปที่ 3.5 และท่อระบายน้ำทิ้งต่าง ๆ และจากการสอบถามเจ้าหน้าที่งานอาคารสถานที่ เพื่อเลือกจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่เป็นตัวแทนของลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งก่อนเข้าระบบบำบัด, น้ำทิ้งหลังผ่านระบบบำบัด และ น้ำในบริเวณศูนย์เรียนรวมสมเด็จพระเทพ

3.2.2 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ระบายออกจากห้องปฏิบัติการทดลองอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ บริเวณบ่อบำบัด บ่อบำบัดน้ำทิ้ง และสระน้ำในบริเวณอาคารฯ รวม 3 จุด

- จุดที่เป็นบ่อสะสมน้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการทดลองก่อนทำการบำบัด ดังรูปที่

3.10

- จุดที่เป็นบ่อน้ำออกจากระบบบำบัดก่อนการระบายออกสู่ลำน้ำสาธารณะ ดังรูปที่ 3.11 และ 3.12

- สระน้ำในบริเวณศูนย์เรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ ด้านอาคารเรียนซี ดังรูปที่

3.13 และ 3.14

3.3 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ

วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำใช้วิธีการเก็บแบบรวม (Composite Sample) โดยใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำปริมาตร 2 ลิตร ดังรูปที่ 3.15 เก็บน้ำทุก ๆ 2 ชั่วโมง ในช่วงเวลาทำการราชการ วันจันทร์ - วันศุกร์ ตั้งแต่ 9.00 - 17.00 น. (เวลาที่เก็บ คือ 9.00, 11.00, 13.00, 15.00 และ 17.00 น.) แล้วนำมารวมกันในถังพลาสติกขนาดความจุ 15 ลิตร ใบเดียวกันซึ่งแช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 10-12 °ซ ในวันที่มีการเรียนปฏิบัติการทดลองและวันที่ไม่มีการเรียนปฏิบัติการทดลอง รวม 10 ตัวอย่าง

3.4 วิธีการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างน้ำที่เก็บมาจากจุดต่าง ๆ ในแต่ละวัน จำนวน 5 ครั้งต่อวัน นำมารวมกันและผสมให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวกัน และเมื่อนำมาถึงห้องปฏิบัติการ ส่วนหนึ่งจะทำการวิเคราะห์หาค่าบีโอดีและซีโอดีในทันที อีกส่วนหนึ่งเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 10 °ซ เพื่อรักษาสภาพของตัวอย่างน้ำเสียให้คงอยู่สภาพเดิมมากที่สุดเพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ฟอสฟอรัสทั้งหมด ของแข็งแขวนลอย และของแข็งที่ละลายน้ำได้ ในวันรุ่งขึ้น

3.5 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
บีโอดี (BOD)	วิธีเฮลด์ โมดิฟิเคชัน ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วัน
ซีโอดี (COD)	รีฟลักซ์ด้วยไดโครเมต
เจลดาร์ลไนโตรเจน (TKN)	วิธีมาโครเจลดาร์ล
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus)	ย่อยสลายโดยวิธีกรดซัลฟิวริก- ไนตริก และหาปริมาณโดยวิธี Vanado-molybdo phosphoric acid Colorimetric method
ของแข็งแขวนลอย (SS)	กรองด้วยกระดาษ GF/C
ของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (TDS)	การระเหย



รูปที่ 3.10 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ - น้ำที่กักก่อนเข้าระบบบำบัด (บ่อที่ 1 ตามแบบแปลน)



รูปที่ 3.11 และ 3.12 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ - น้ำทิ้งหลังผ่านระบบบำบัด



รูปที่ 3.13 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ - สระน้ำบริเวณอาคารเรียน



รูปที่ 3.14 การระบายน้ำจากสระน้ำออกสู่น้ำสาธารณะ



รูปที่ 3.15 เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำปริมาตร 2 ลิตร

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 คุณภาพน้ำทิ้งทางด้านกายภาพ

น้ำทิ้งก่อนการบำบัด มีลักษณะเป็นฟองอากาศปุดอยู่ตลอดเวลา คาดว่าเป็นก๊าซมีเทน (Methane) , สีค่อนข้างคล้ำ ยกเว้นในบางวันจะใส มีตะกอนไม่มากนัก และมีกลิ่นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)

น้ำทิ้งหลังผ่านระบบบำบัด มีลักษณะสีขาวขุ่นเล็กน้อย มีตะกอนบ้างไม่มากนัก มีสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กอาศัยอยู่ เช่น ไรแดง, โคปิปอด เป็นต้น

น้ำสระในบริเวณศูนย์เรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ มีลักษณะสีเขียวขุ่น มีสาหร่ายแขวนลอยอยู่เป็นจำนวนมาก

4.2 ผลการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ ดังได้กล่าวแล้วว่าได้ทำการวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ 6 ค่า คือ บีโอดี (BOD), ซีโอดี (COD), ปริมาณเจลดาร์ลไนโตรเจน (TKN), ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus), ของแข็งแขวนลอย (SS) และ ของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TDS) ซึ่งผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังนี้

- น้ำทิ้งก่อนเข้าระบบบำบัดในวันที่ไม่มีปฏิบัติการทดลองมีพารามิเตอร์ทุกตัว คือ บีโอดี, ซีโอดี ปริมาณเจลดาร์ลไนโตรเจน ปริมาณ ฟอสฟอรัสทั้งหมด ของแข็งแขวนลอย และของแข็งที่ละลายน้ำได้ ลดลงมากเมื่อเทียบกับวันที่มีปฏิบัติการทดลอง โดยเฉพาะค่าบีโอดี ปริมาณเจลดาร์ลไนโตรเจน และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด คือ จากค่าเฉลี่ยเท่ากับ 80.34 ลดลงเป็น 34.22 เท่ากับ 14.19 ลดลงเป็น 2.87 และเท่ากับ 0.34 ลดลงเป็น 0.19 มก./ล. ตามลำดับ

- น้ำทิ้งหลังผ่านระบบบำบัดในวันที่มีปฏิบัติการทดลองมีพารามิเตอร์ บีโอดี ซีโอดี และของแข็งแขวนลอย ลดลงจากน้ำทิ้งก่อนเข้าระบบในวันที่มีปฏิบัติการทดลองค่อนข้างมาก คือ จากค่าเฉลี่ยเท่ากับ 80.34 ลดลงเป็น 35.42 181.96 ลดลงเป็น 97.95 และ 0.04 ลดลงเป็น 0.01 มก./ล. ตามลำดับ แต่ปริมาณเจลดาร์ลไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และของแข็งที่ละลายน้ำได้กลับสูงขึ้นอย่างมาก คือ จากค่าเฉลี่ย เท่ากับ 14.19 เพิ่มขึ้นเป็น 64.62 เท่ากับ 0.34 เพิ่มขึ้นเป็น 1.01 และเท่ากับ 0.61 เพิ่มขึ้นเป็น 0.69 มก./ล. ตามลำดับ

- น้ำทิ้งก่อนเข้าระบบบำบัดและน้ำทิ้งหลังผ่านระบบบำบัดในวันที่ไม่มีปฏิบัติการทดลอง มีพารามิเตอร์ บีโอดี ซีโอดี และของแข็งแขวนลอย ใกล้เคียงกัน และเช่นเดียวกันกับในวันที่มีปฏิบัติการทดลอง คือ ปริมาณเจลดาร์ลไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงขึ้นมาก จากค่าเฉลี่ยเปลี่ยนแปลงจาก 2.87 เป็น 69.02 จาก 0.19 เป็น 1.24 และ จาก 0.55 เป็น 0.65 มก./ล. ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม น้ำทิ้งหลังผ่านระบบบำบัดทั้งในวันที่มีปฏิบัติการทดลองและวันที่ไม่มีปฏิบัติการทดลองมีค่าบีโอดีเท่ากับ 35.42 และ 32.77 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งยังคงสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน ประเภท ข ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 30 มก./ล. ดังตาราง 3-5

- น้ำสระในบริเวณศูนย์เรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ ทั้งวันที่มีปฏิบัติการทดลองและวันที่ไม่มี มีค่าค่อนข้างต่ำใกล้เคียงกัน แสดงว่าสระน้ำไม่ได้เป็นที่รองรับน้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการทดลอง

ตารางที่ 4-1 แสดงพารามิเตอร์ของน้ำก่อนเข้าระบบบำบัด

จุดเก็บน้ำ	พารามิเตอร์	วันที่มีการปฏิบัติการทดลอง					เฉลี่ย	วันที่ไม่มีการปฏิบัติการทดลอง					เฉลี่ย
		จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์		จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	
	บีโอดี (มก./ล.)	82.4	91.25	90.56	93.98	43.5	80.34	45.6	46.41	35.5	17.15	26.45	34.22
น้ำก่อนเข้า	ซีโอดี (มก./ล.)	221.15	188.6	177.60	173.33	149.12	181.96	156.8	158.75	141.16	35.52	45.12	107.47
ระบบบำบัด	ไนโตรเจน(มก./ล.)	2.02	4.85	33.40	3.18	27.48	14.19	2.08	2.88	3.70	3.20	2.48	2.87
บัต	ฟอสฟอรัส (มก./ล.)	0.46	0.53	0.27	0.22	0.20	0.34	0.41	0.3	0.260	trace	trace	0.19
(INF)	เอสเอส (มก./ล.)	0.01	0.06	0.04	0.04	0.03	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	ทีดีเอส (มก./ล.)	0.55	0.75	0.47	0.53	0.73	0.61	0.37	0.66	0.77	0.58	0.36	0.55

ตารางที่ 4-2 แสดงพารามิเตอร์ของน้ำหลังผ่านระบบบำบัด

จุดเก็บน้ำ	พารามิเตอร์	วันที่มีการปฏิบัติการทดลอง					เฉลี่ย	วันที่ไม่มีการปฏิบัติการ					เฉลี่ย
		จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์		จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	
	บีโอดี (มก./ล.)	31.70	37.50	36.40	46.75	24.75	35.42	16.70	38.40	24.33	33.70	50.70	32.77
น้ำหลัง	ซีโอดี (มก./ล.)	163.46	67.47	64.00	57.69	137.12	97.95	113.60	83.00	95.25	74.88	78.72	89.09
ผ่านระบบ	ไนโตรเจน(มก./ล.)	54.01	63.30	72.73	59.54	73.54	64.62	75.20	67.08	65.12	72.03	65.69	69.02
บำบัด	ฟอสฟอรัส (มก./ล.)	0.93	1.38	0.78	0.56	1.42	1.01	1.27	1.20	1.25	1.35	1.13	1.24
(EFF)	เอสเอส (มก./ล.)	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
	ทีดีเอส (มก./ล.)	0.65	0.79	0.58	0.71	0.70	0.69	0.55	0.70	0.73	0.72	0.56	0.65

ตารางที่ 4-3 แสดงพารามิเตอร์ของน้ำประปาบริเวณอาคารเรียนสมเด็จพระเทพฯ

จุดเก็บน้ำ	พารามิเตอร์	วันที่มีการปฏิบัติการทดลอง					เฉลี่ย	วันที่ไม่มีการปฏิบัติการ					เฉลี่ย
		จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์		จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	
	บีโอดี (มก./ล.)	11.10	22.25	10.00	13.53	9.75	13.33	7.15	18.13	9.67	11.38	14.88	12.24
สระน้ำ	ซีโอดี (มก./ล.)	137.60	78.20	75.20	19.23	52.63	72.57	115.20	36.48	124.80	50.40	91.20	83.62
บริเวณ	ไนโตรเจน(มก./ล.)	2.16	2.16	2.16	1.35	1.89	1.94	2.42	2.04	1.81	1.92	1.83	2.00
อาคาร	ฟอสฟอรัส (มก./ล.)	trace	trace	trace	trace	trace	-	trace	trace	trace	trace	trace	-
พระเทพฯ	เอสเอส (มก./ล.)	0.04	0.02	0.03	0.01	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
(PON)	ทีดีเอส (มก./ล.)	0.52	0.57	0.42	0.46	0.53	0.50	0.80	0.60	0.64	0.64	0.58	0.65

หมายเหตุ trace หมายถึง ปริมาณน้อยกว่าขีดจำกัดของวิธีการวิเคราะห์ (ในที่นี้ต่ำกว่า 200 ไมโครกรัม/ลิตร)

ตาราง 4-4 แสดงเปอร์เซ็นต์การบำบัดน้ำทิ้งของพารามิเตอร์ทั้ง 6 ชนิดของน้ำทิ้งก่อนและหลังการบำบัด

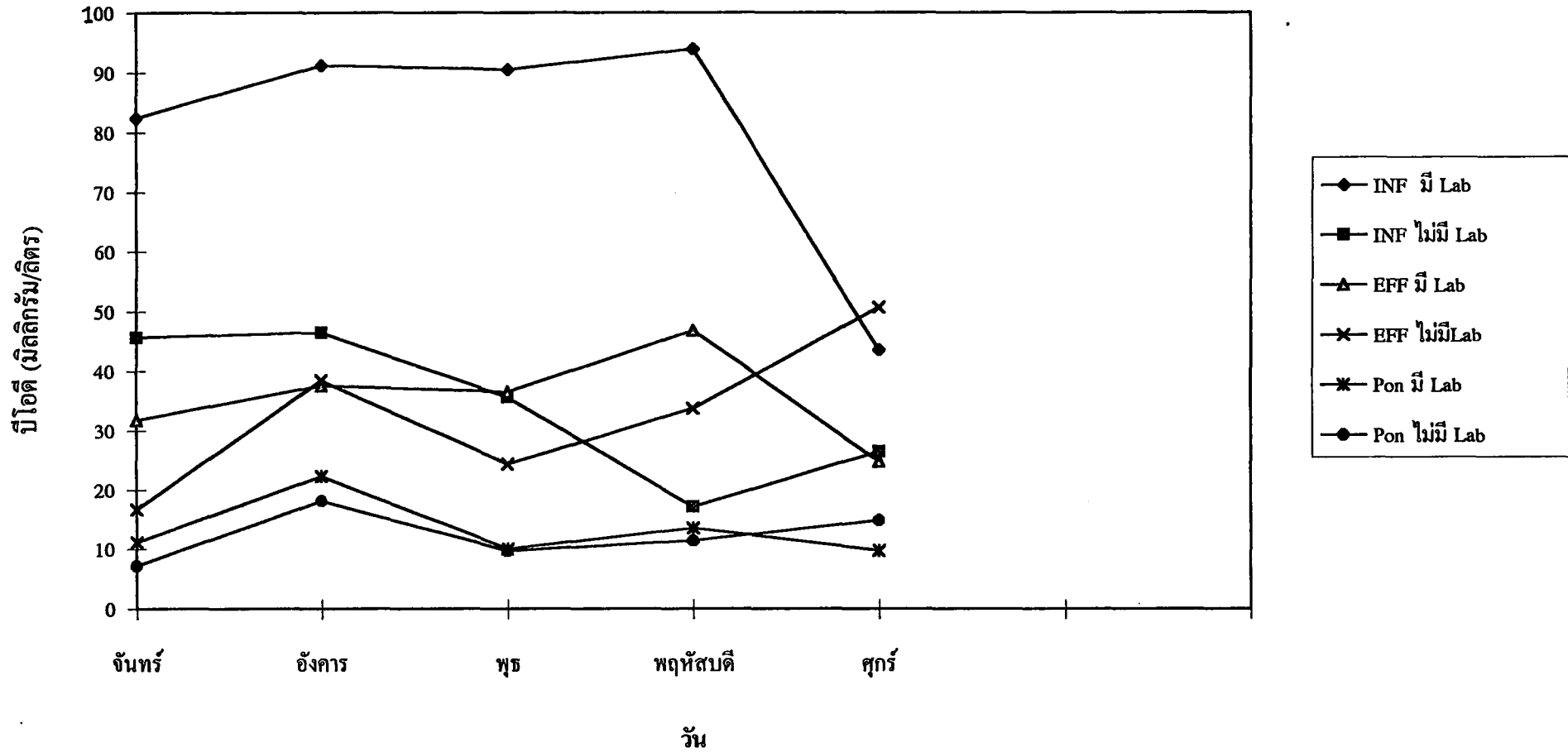
พารามิเตอร์ (มก./ล.)	วันที่มีปฏิบัติการทดลอง		%การบำบัด	วันที่ไม่มีปฏิบัติการทดลอง		%การบำบัด
	น้ำก่อนเข้าระบบบำบัด	น้ำหลังผ่านระบบบำบัด		น้ำก่อนเข้าระบบบำบัด	น้ำหลังผ่านระบบบำบัด	
บีโอดี เฉลี่ย	43.50-93.98 80.34	24.75-46.75 35.42	55.91	17.15-46.40 34.22	16.70-50.70 32.77	4.24
ซีโอดี เฉลี่ย	149.12-221.1 181.96	57.69-163.46 97.95	46.17	35.52-158.75 107.47	74.88-113.60 89.09	17.10
ไนโตรเจน เฉลี่ย	2.02-33.40 14.19	54.01-73.54 64.62	-355.39	2.08-3.70 2.87	65.12-75.08 69.02	-2304.88
ฟอสฟอรัส เฉลี่ย	0.20-0.53 0.34	0.56-1.42 1.01	-197.06	0.00-0.41 0.19	1.13-1.35 1.24	-552.63
ของแข็งแขวนลอย เฉลี่ย	0.01-0.06 0.04	0.01 0.01	75.00	0.01 0.01	0.01-0.02 0.01	0.00
ของแข็งละลายน้ำได้ เฉลี่ย	0.47-0.75 0.61	0.58-0.79 0.69	-13.11	0.36-0.77 0.55	0.55-0.73 0.65	18.18

ตาราง 4-5 แสดงการเปรียบเทียบพารามิเตอร์เฉลี่ยกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งอาคาร ประเภท ข

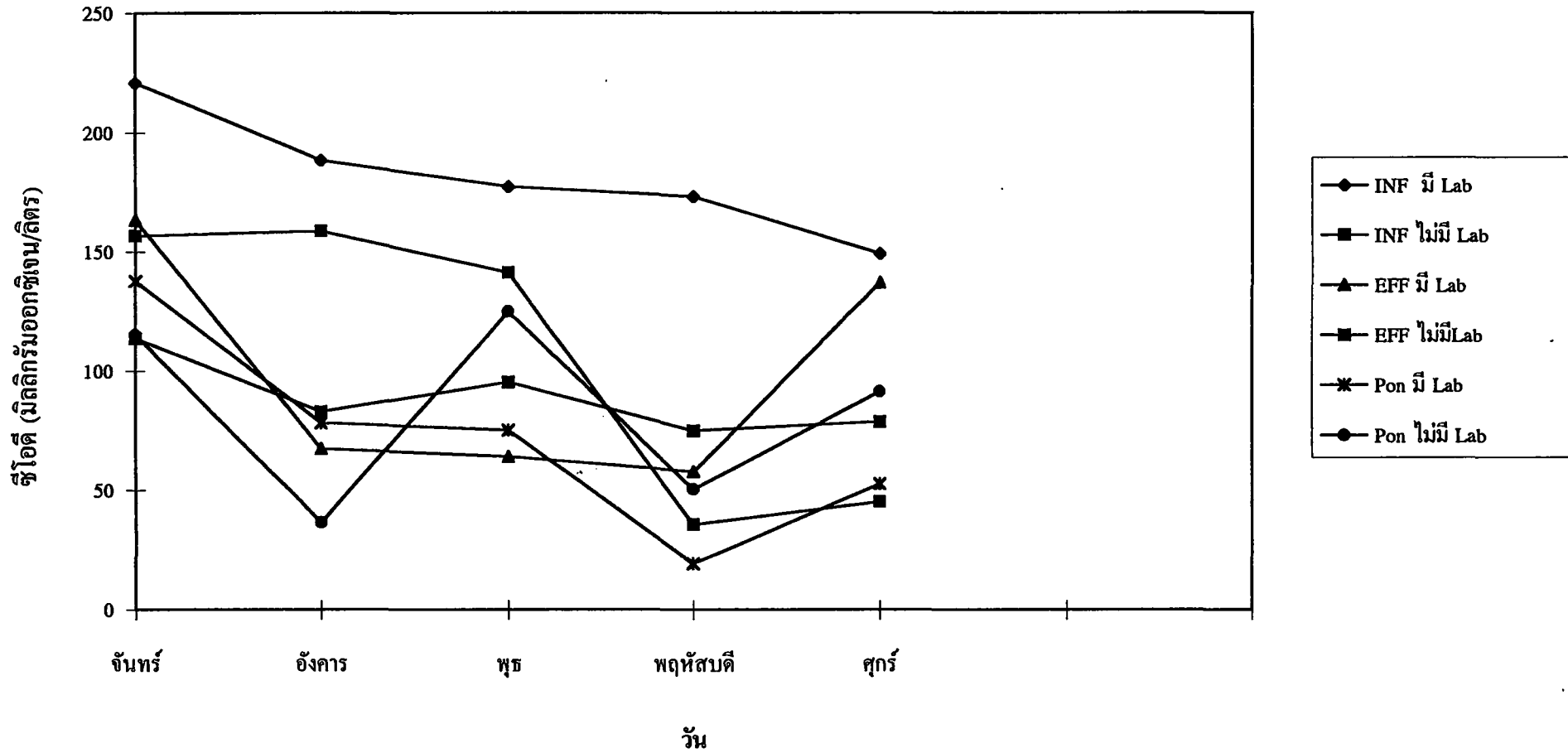
ค่าเฉลี่ย พารา มิเตอร์ มก./ล	วันที่มีปฏิบัติการทดลอง			วันที่ไม่มีปฏิบัติการทดลอง			มาตรฐาน คุณภาพ อาคาร ประเภท ข
	น้ำก่อน เข้าระบบ	น้ำหลัง ผ่านระบบ	น้ำระน้ำ	น้ำก่อน เข้าระบบ	น้ำหลัง ผ่านระบบ	น้ำระน้ำ	
บีโอดี	80.34	35.42	13.33	34.22	32.77	12.24	30
ซีโอดี	181.96	97.95	72.57	107.47	89.09	83.62	-
ทีเคเอ็น	14.19	64.62	1.94	2.87	69.02	2.00	-
ฟอสฟอรัส	0.34	1.01	น้อยมาก	0.19	1.24	น้อยมาก	-
เอส เอส	0.04	0.01	0.03	0.01	0.01	0.03	40
ทีดีเอส	0.61	0.69	0.50	0.55	0.65	0.65	+500*

หมายเหตุ * หมายถึง เพิ่มขึ้นจากปริมาณสารละลายในน้ำใช้ไม่เกิน 500 มก./ลบ.ดม.

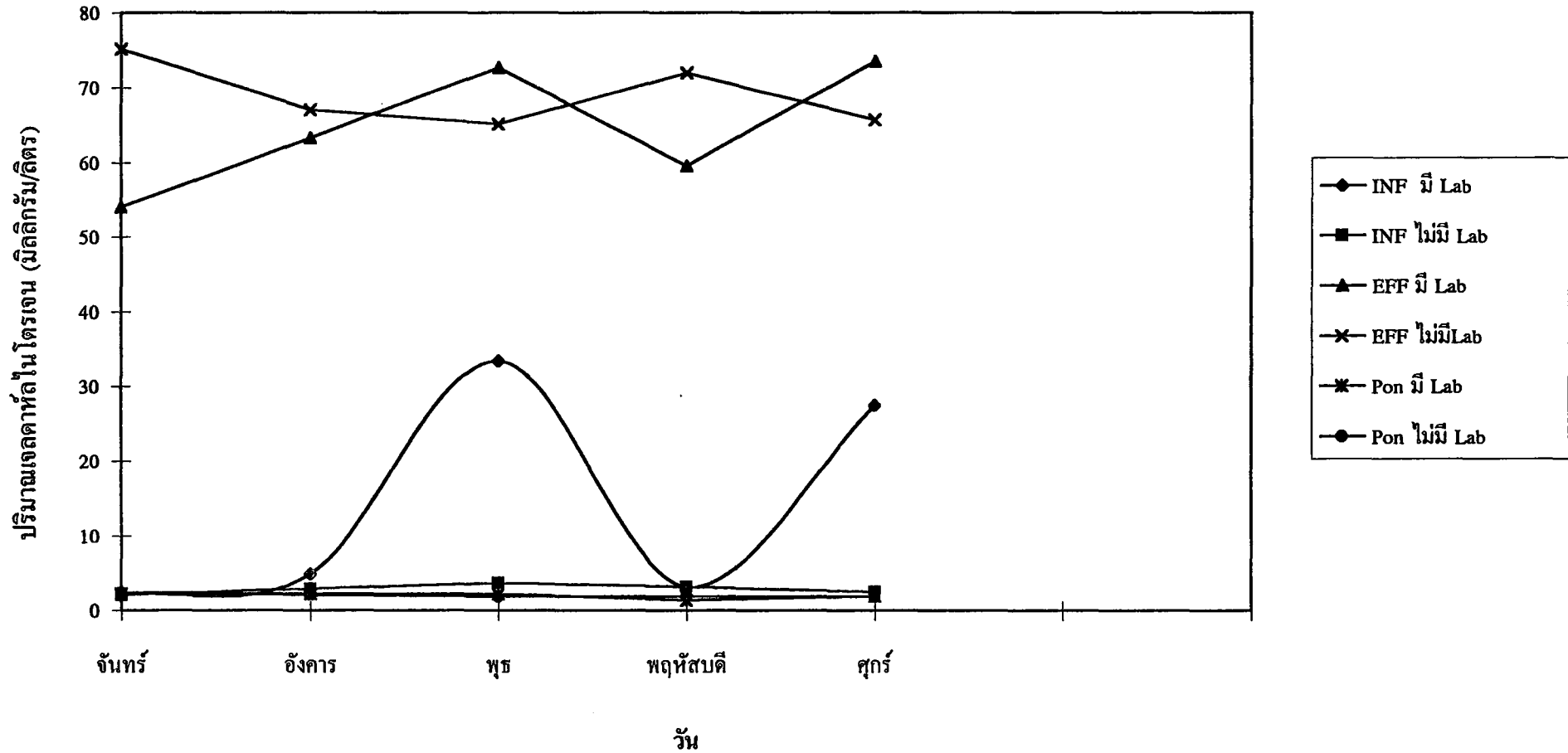
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าบีโอดีที่จุดเก็บน้ำต่าง ๆ ในวันที่มีและไม่มีปฏิบัติการทดลอง



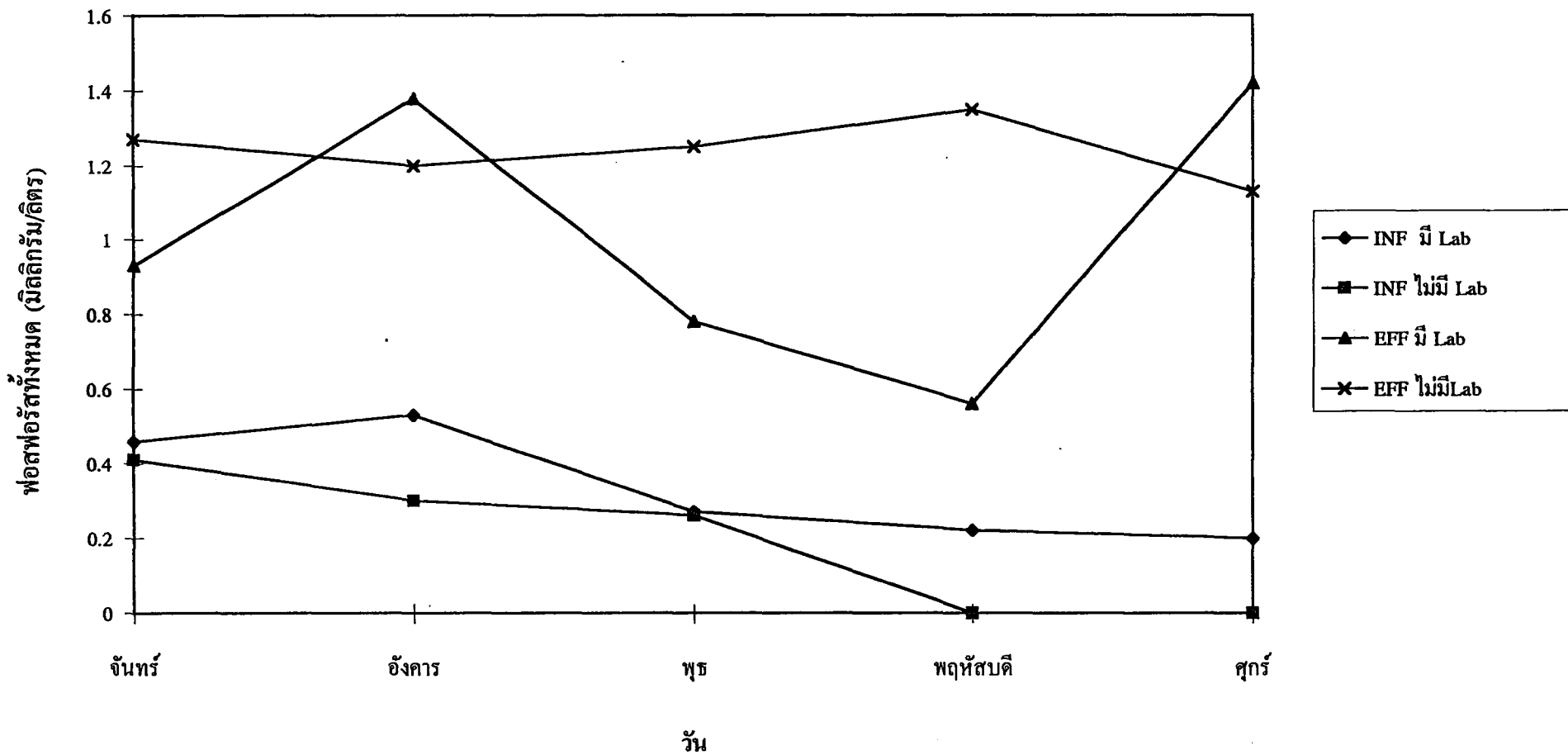
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าซีไอดีที่จุดเก็บน้ำต่าง ๆ ในวันที่มีและไม่มีปฏิบัติการทดลอง



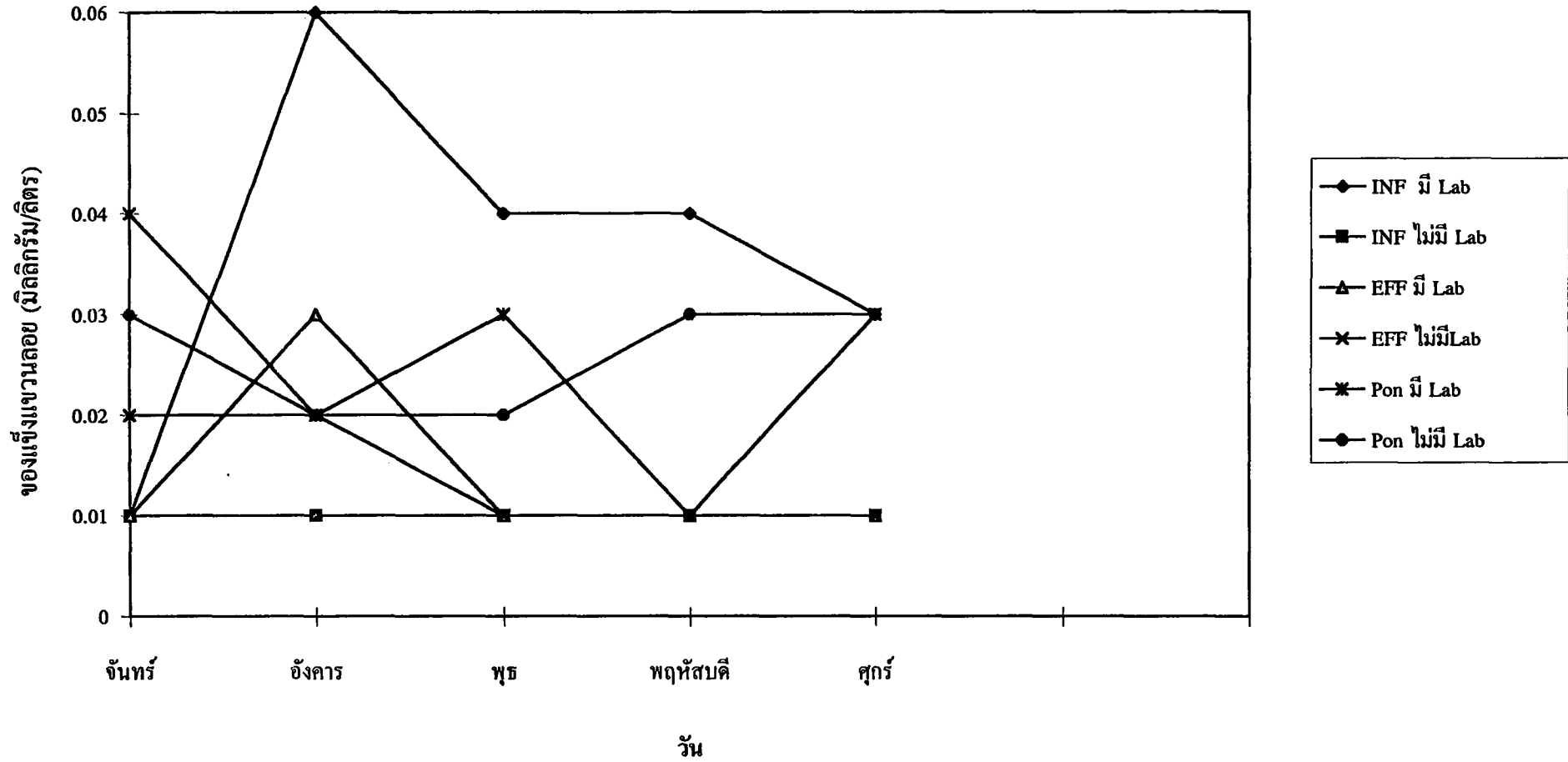
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าปริมาณเจลคาท์ลในโตรเจนที่จุดเก็บน้ำต่าง ๆ ในวันที่มีและไม่มีปฏิบัติ การทดลอง



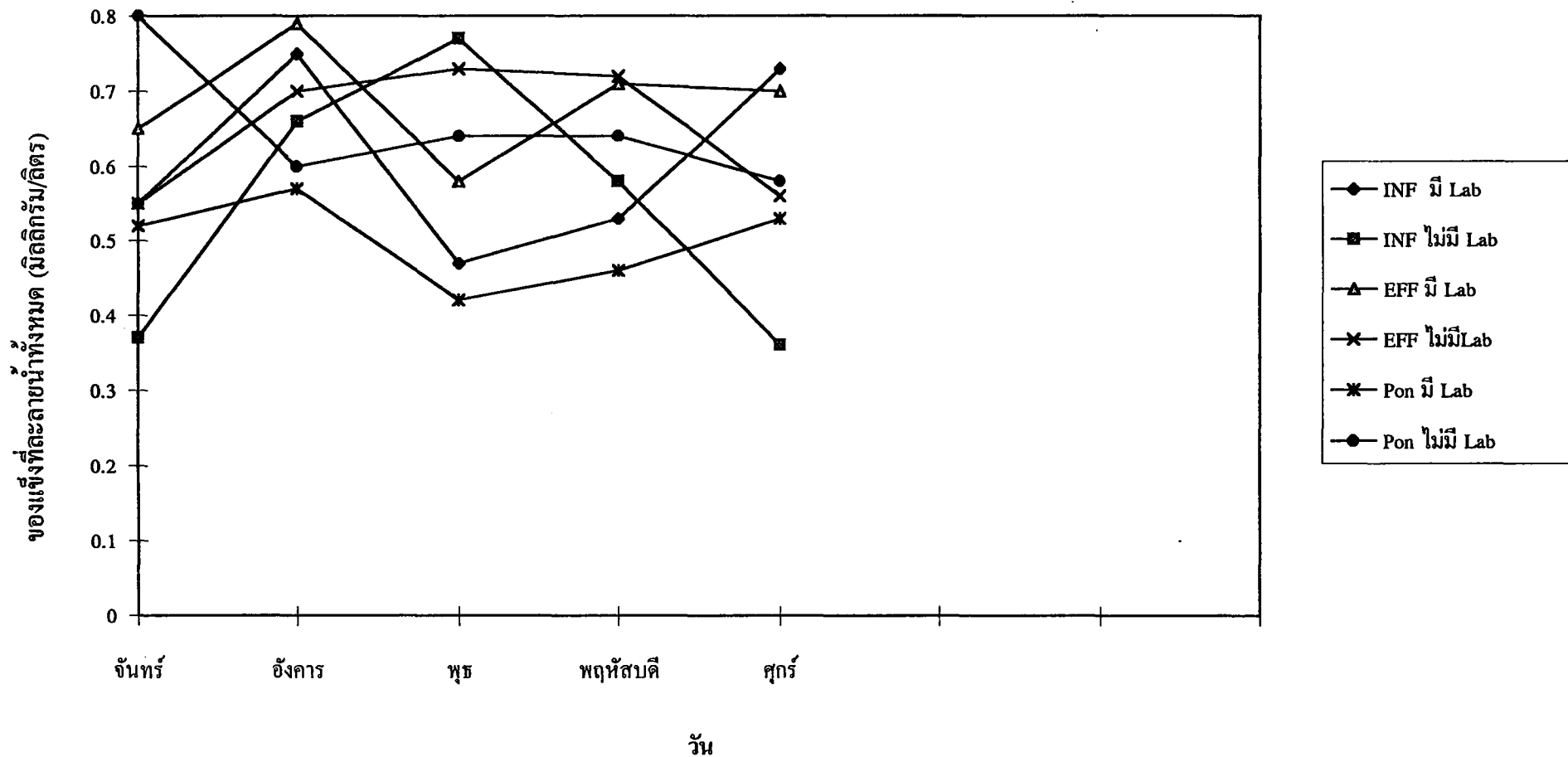
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดที่จุดเก็บน้ำต่าง ๆ ในวันที่มีและไม่มีปฏิบัติการทดลอง



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าของแข็งแขวนลอยที่จุดเก็บน้ำต่าง ๆ ในวันที่มีและไม่มีปฏิบัติการทดลอง



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดที่จุดเก็บต่าง ๆ ในวันที่มีและไม่มีกรทดลอง



บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

ในการศึกษาคุณภาพน้ำบริเวณกลุ่มอาคารศูนย์เรียนรวมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ โดยเก็บตัวอย่างน้ำในสระน้ำบริเวณอาคารเรียน, น้ำก่อน - หลังจากระบบบำบัดน้ำเสีย ทั้งในวันที่มีปฏิบัติการทดลองและวันที่ไม่มีปฏิบัติการทดลอง โดยเก็บตัวอย่างแบบรวม เป็นเวลา 10 วัน ได้ผลดังนี้

1. ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 6 ชนิด ได้แก่ บีโอดี (BOD) ซีโอดี (COD) ปริมาณเจลดาร์ล ไนโตรเจน (TKN) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus) ของแข็งแขวนลอย (SS) และของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TDS) ของน้ำก่อนเข้าระบบบำบัดในวันที่มีปฏิบัติการทดลองมีค่าสูงกว่าวันที่ไม่มีปฏิบัติการทดลอง

2. น้ำหลังผ่านระบบบำบัดทั้งวันที่มีปฏิบัติการทดลองและวันที่ไม่มีปฏิบัติการทดลองมีค่าปริมาณเจลดาร์ลไนโตรเจน และ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด เพิ่มขึ้นจากน้ำก่อนเข้าระบบบำบัด แสดงว่า น้ำในบ่อหลังผ่านระบบบำบัดอาจจะมีการปนเปื้อนจากระบบบ่อเกรอะบ่อซึมจากบริเวณใกล้เคียง (ดูรูปที่ 3.4)

3. น้ำก่อนเข้าระบบบำบัดในวันที่มีปฏิบัติการทดลองโดยเฉพาะวันพุธและศุกร์มีค่าปริมาณเจลดาร์ลไนโตรเจน สูงกว่าวันอื่น ๆ อันเนื่องจากในวันดังกล่าวมีปฏิบัติการทดลองเคมีอินทรีย์ทั้งเช้าและบ่ายซึ่งประกอบด้วยจำนวนนักศึกษาเป็นจำนวนมาก (ดูตารางการใช้ห้องปฏิบัติการทดลอง ที่ภาคผนวก ข)

4. น้ำหลังผ่านระบบบำบัดทั้งวันที่มีปฏิบัติการทดลองและวันที่ไม่มีปฏิบัติการทดลองมีพารามิเตอร์ทุกตัวใกล้เคียงกัน แต่ยังคงสูงกว่าเกณฑ์น้ำทิ้งมาตรฐานชุมชน ประเภท ข ดังตาราง 3-5

5. น้ำสระมีพารามิเตอร์ทุกตัวต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชนประเภท ข จึงปล่อยออกสู่น้ำสาธารณะได้ เนื่องจากลักษณะโดยทั่วไปของน้ำมีสาหร่ายแขวนลอยอยู่เป็นจำนวนมาก แต่กลับมีปริมาณเจลดาร์ลไนโตรเจนต่ำ เนื่องจากออร์แกนิกไนโตรเจน (Organic- nitrogen) เปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรต-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) โดยจุลินทรีย์ประเภท Nitrobacter และ Nitrosomonas

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาค่าพารามิเตอร์ทั้ง 6 ชนิด น้ำที่ออกจากระบบบำบัดที่ปล่อยออกสู่ภายนอกนั้นมีค่าสูงเกินเกณฑ์น้ำทิ้งมาตรฐานชุมชนประเภท ข ในส่วนของสถาบันการศึกษาควรให้ความสนใจและมีส่วนร่วมรับผิดชอบต่อสภาวะแวดล้อม จึงขอเสนอแนะดังนี้

1. ทำการศึกษาปริมาณโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว (Pb) ปรอท (Hg) เป็นต้น ในน้ำทิ้ง เพื่อป้องกันการใช้สารตัวนี้ในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. มีการดูแลรักษา ปรับปรุง ให้ระบบบำบัดสามารถทำงานได้เต็มทีทุกหน่วยงาน อย่างสม่ำเสมอ
3. ตรวจสอบและซ่อมแซมระบบท่อน้ำทิ้ง ท่อระบายน้ำ ให้อยู่ในสภาพดีอยู่เสมอ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนอันอาจเกิดขึ้นได้

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ของตัวอย่างน้ำ

1. อุณหภูมิ

เครื่องมือ

เทอร์โมมิเตอร์ ชนิดอ่านค่าออกมาเป็นองศาเซลเซียส

2. พีเอช (pH)

การวัดค่า พีเอช ทำได้หลายวิธี คือ

- i) ใช้กระดาษ พีเอช :ซึ่งเมื่อจุ่มลงในน้ำทิ้งแล้วจะมีสีเปลี่ยนไปตามค่า พีเอช ของน้ำทิ้ง เมื่อ นำมาเทียบกับแถบสีมาตรฐานจะได้ค่า พีเอช โดยประมาณ
- ii) ใช้เทียบสีกับสารละลายมาตรฐานที่ทราบค่า พีเอช โดยการเติมอินดิเคเตอร์ (indicator) ปริมาณเท่า ๆ กัน วิธีนี้จะวัดค่า พีเอช ได้ละเอียดกว่าใช้กระดาษและสีจะคงทนอยู่นานกว่า แต่อาจเกิดข้อผิดพลาดได้ในกรณีที่ตัวอย่างน้ำมีสี
- iii) ใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-เบส (pH meter) ซึ่งมีหลายแบบขึ้นอยู่กับความละเอียดของค่า พีเอช ที่ต้องการ

วิธีการหาค่า พีเอช โดยใช้เครื่องวัด

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดความเป็นกรด-เบส (pH meter)
2. บีกเกอร์

วิธีการวัด

หลักการหาค่าพีเอช ด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-เบส โดยทั่ว ๆ ไป

1. ใช้น้ำกลั่นชนิดล้างแท่งแก้วอิเล็กโทรดและคาไลเมลอิเล็กโทรดให้สะอาด ใช้กระดาษทิสซูนิดเนื้อละเอียดซับน้ำให้แห้ง
2. ปรับเครื่องมือให้ได้ค่ามาตรฐานตามคำแนะนำในคู่มือของเครื่องมือ นั้น ๆ ด้วยสารละลายมาตรฐานที่มีค่าพีเอช ใกล้เคียงกับค่าของน้ำทิ้งตัวอย่างที่จะวัด
3. ใช้น้ำกลั่นชนิดล้างอิเล็กโทรดอีกครั้ง ซับน้ำให้แห้ง
4. วัดค่าพีเอช ของตัวอย่างน้ำ (ตัวอย่างน้ำที่จะนำมาหาค่า ต้องมีอุณหภูมิ ใกล้เคียงหรือเท่ากับอุณหภูมิของสารละลายมาตรฐานในข้อ 2)

หมายเหตุ รายละเอียดนอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้วนี้ จะอ่านได้ในคู่มือประจำเครื่อง

3. ปริมาณของแข็ง (solids)

3.1 ของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (Total dissolved solids, TDS)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. จานระเหย (evaporating dish)
2. เครื่องอังน้ำ (water bath)
3. เตาอบแห้ง
4. โถอบแห้ง (desiccator)
5. เครื่องชั่งอย่างละเอียด

วิธีวิเคราะห์

1. กรองตะกอนที่สามารถกรองได้ออกทิ้ง หรือใช้น้ำส่วนที่ได้จากการกรอง (filtrate) ที่เหลือจากการหาปริมาณสารแขวนลอย
2. ชั่งจานระเหยที่นำไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 °ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และปล่อยให้เย็นลงในโถทำแห้งมาแล้ว สมมติเป็น A มก.
3. ตวงน้ำส่วนที่ได้จากการกรอง 50 ลบ.ซม. (ปริมาตรของตัวอย่างน้ำขึ้นอยู่กับขนาดของจานระเหย) ใส่ในจานระเหย
4. นำไปตั้งบนเครื่องอังน้ำให้น้ำระเหยจนแห้ง
5. นำจานระเหยที่แห้งไปเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 103-105°ซ อบจนแห้งและได้น้ำหนักคงที่ ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง
6. ปล่อยให้เย็นในโถทำแห้งจนถึงอุณหภูมิห้อง
7. ชั่งจานระเหยทันทีที่เย็นเท่ากับอุณหภูมิห้อง สมมติว่าเป็น B มก.

การคำนวณ

$$\text{TDS (มก./ลบ.ดม.)} = \frac{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (B-A)} \times 1000}{\text{ลบ.ซม. ตัวอย่างน้ำ}}$$

3.2 สารแขวนลอย (suspended solids, SS)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. กระดาษกรองใยแก้ว GF/C (Whatman GF/C) เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 ซม
2. กรวยบุคเนอร์ ความจุ 100 ลบ.ซม.

3. เครื่องดูดอากาศ
4. เตอบแห้ง
5. โถทำแห้ง
6. เครื่องชั่งอย่างละเอียด

วิธีวิเคราะห์

1. อบกระดาษกรองให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105°C ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถทำแห้ง แล้วชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง สมมติเป็น A มก.
2. เลือกปริมาตรตัวอย่างน้ำ ซึ่งจะให้ค่าของแข็งซึ่งได้โดยประมาณอย่างน้อยที่สุด 2.5 มก. (เพิ่มจากน้ำหนักของกระดาษกรอง)
3. วางกระดาษกรองลงในกรวยบุคเนอร์ ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องดูดอากาศ
4. ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาษกรองให้เปียกและให้ถูกดูดติดแน่นกับกรวยบุคเนอร์
5. กรองตัวอย่างน้ำตามปริมาตรที่ต้องการโดยอาศัยแรงดูดช่วย
6. ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างของแข็งที่ติดอยู่ข้างกรวยจนหมดและรอจนกว่าจะแห้ง
7. ปิดเครื่องดูดอากาศ ใช้ปากคีบ คีบกระดาษกรองใส่ภาชนะทนไฟ เช่น จานเพาะเชื้อ (Petri dish) ถ้วยอลูมิเนียม หรือกระเจกนาฬิกา นำไปอบในตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 103-105°C จนกว่าจะแข็ง ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง
8. ทิ้งให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้องในโถทำแห้ง แล้วชั่งน้ำหนักกระดาษกรองใหม่ สมมติเป็น B มก.

การคำนวณ

$$SS \text{ (มก./ลบ.ดม.)} = \frac{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (B-A)} \times 1000}{\text{ลบ.ชม. ของตัวอย่างน้ำ}}$$

4. บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD)

เนื่องจากออกซิเจนในอากาศสามารถละลายน้ำได้ในจำนวนจำกัด คือประมาณ 9 มก./ลบ.ดม. ในน้ำบริสุทธิ์ ที่อุณหภูมิ 20 °C. ดังนั้น ในน้ำเสียซึ่งมีความสกปรกมาก จำเป็นจะต้องทำให้ปริมาณความสกปรกเจือจางลงอยู่ในระดับซึ่งสมดุลพอดีกับปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ การวิเคราะห์นี้เกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ในน้ำ จึงจำเป็นต้องทำให้มีสภาพที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ กล่าวคือไม่มีสารพิษ แต่มีอาหารเสริมเพียงพอสำหรับ

จุลินทรีย์ เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส เป็นต้น นอกจากนี้การย่อยสลายสารอินทรีย์ให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำกระทำโดยจุลินทรีย์หลายชนิด จึงจำเป็นต้องมีปริมาณจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เหล่านี้เพียงพอยู่ในตัวอย่างน้ำซึ่งทำการวิเคราะห์ ถ้าไม่มีหรือมีปริมาณน้อยไปควรเติมจุลินทรีย์ ซึ่งเรียกว่า หัวเชื้อ (Seed) ลงไป

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ขวดอินคิวเบต (incubation bottles) หรือ ขวดบีโอดี (BOD) ขนาด 250-300 ลบ.ซม. ซึ่งมีจุดปิดเป็นจุกแก้วปิดสนิท

ก่อนที่จะนำขวดบีโอดีมาใช้จะต้องนำขวดมาล้างให้สะอาดปราศจากอินทรีย์สารต่าง ๆ การล้างควรล้างด้วยสารละลายของกรดโครมิก (chromic acid solution) หลังจากนั้นนำขวดมาล้างด้วยน้ำให้สะอาด ครึ่งสุดท้ายล้างด้วยน้ำกลั่นอีกครั้งหนึ่งแล้วทำให้แห้ง

2. ตู้อินคิวเบต (incubator) ชนิดใช้อากาศหรือน้ำ ซึ่งสามารถควบคุมและปรับอุณหภูมิได้เองโดยอัตโนมัติที่ $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ และต้องเป็นตู้ที่สามารถป้องกันไม่ให้แสงผ่านเข้าไปได้

3. อุปกรณ์เครื่องแก้วต่าง ๆ เช่น บิวเรตต์ ขนาด 25 ลบ.ซม. ขวดเออร์เลนเมเยอร์ ขนาด 500 ลบ.ซม. กระบอกตวง ขนาด 1000 ลบ.ซม.

รีเอเจนต์

1. น้ำกลั่น จะต้องมีคุณภาพดีกลั่นจากเครื่องกลั่นที่ทำด้วยแก้ว และต้องเป็นน้ำกลั่นซึ่งมีปริมาณของทองแดงน้อยกว่า 0.01 มก./ลบ.ซม. และต้องปราศจากคลอรีน คลอรามีน ความเป็นด่างเนื่องจากไฮดรอกไซด์ อินทรีย์สาร และกรด

2. สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์

ละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) 8.5 กรัม ไดโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (K_2HPO_4) 21.75 กรัม ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปต้าไฮเดรต ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 33.4 กรัม และแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 1.7 กรัม ในน้ำกลั่น 500 ลบ.ซม. แล้วทำให้เจือจางเป็น 1000 ลบ.ซม. สารละลายนี้จะมีค่าพีเอช เท่ากับ 7.2

3. สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต

ละลายแมกนีเซียมซัลเฟตเฮปต้าไฮเดรต ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 22.5 กรัม ใน น้ำกลั่น แล้วทำให้เจือจางเป็น 1000 ลบ.ซม.

4. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์

ละลายแอนไฮดรัสแคลเซียมคลอไรด์ (anhydrous CaCl_2) 27.5 กรัมในน้ำกลั่น แล้วทำให้เจือจางเป็น 1000 ลบ.ซม.

5. สารละลายไอร์ออน (III) คลอไรด์

ละลายไอร์ออน (III) คลอไรด์เฮกซาไฮเดรต ($\text{FeCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 0.25 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วทำให้เจือจางเป็น 1000 ลบ.ซม.

6. สารละลายกรดและด่างเข้มข้น 1 โมล/ลบ.ดม. ใช้สำหรับปรับตัวอย่าง น้ำที่เป็นกรดและด่างให้เป็นกลาง ก่อนที่จะนำมาวิเคราะห์

7. สารละลายแมงกานีสซัลเฟต

ละลายแมงกานีสซัลเฟตเตตราไฮเดรต ($\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 480 กรัม หรือแมงกานีสซัลเฟตไดไฮเดรต ($\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 400 กรัม หรือแมงกานีสซัลเฟตโมโนไฮเดรต ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 364 กรัม ในน้ำกลั่น กรอง แล้วทำให้เจือจางเป็น 1000 ลบ.ซม. สารละลายนี้จะต้องไม่เกิดสีกับน้ำแฉ่ำเมื่อเติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ในสภาพที่เป็นกรด

8. สารละลายอัลคาไล-ไอโอไดด์-เอไซด์ (alkali-iodide-azide reagent) เตรียมได้ 2 วิธี

8.1 ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 500 กรัม และโซเดียมไอโอไดด์ (NaI) 135 กรัม (หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 700 กรัม และโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) 150 กรัม) ในน้ำกลั่นแล้วทำให้เจือจางเป็น 1000 ลบ.ซม. หลังจากนั้นเติมโซเดียมเอไซด์ (NaN_3) 10 กรัม ซึ่งละลายในน้ำกลั่น จำนวน 40 ลบ.ซม. ก่อนที่จะใช้เติมลงในสารละลายที่เตรียมไว้ข้างต้น สารละลายนี้ไม่ควรเกิดสีกับน้ำแฉ่ำ เมื่อทำให้เป็นกรดหรือทำให้เจือจาง

8.2 ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 400 กรัม ในน้ำกลั่นซึ่งต้มไล่คาร์บอนไดออกไซด์ และทำให้เย็นเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้ว 500 ลบ.ซม. เมื่อละลายจะเกิดความร้อนขึ้น ทิ้งไว้ให้เย็นเล็กน้อย เติมโซเดียมไอโอไดด์ 900 กรัม ละลายโซเดียมเอไซด์ 10 กรัม ในน้ำกลั่น 40 ลบ.ซม. แล้วเทลงในสารละลายต่าง ถ้าปริมาตรของสารละลายที่เตรียมยังไม่ถึง 1 ลบ.ดม. ทำให้เจือจางเป็น 1 ลบ.ดม. แต่ในทางปฏิบัติสารละลายที่เตรียมขึ้นนี้จะมีปริมาตรเกิน 1 ลบ.ดม. เล็กน้อยอยู่แล้ว โดยไม่ต้องทำให้เจือจางลงไปอีก เนื่องจากมีความเข้มข้นของเกลือที่ละลายอยู่สูง

9. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น

10 น้ำแฉ่ำ

11. สารละลายมาตรฐานไทโอซัลเฟต 0.0021 โมล/ลบ.ดม.

ละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 6.205 กรัม ในน้ำกลั่น เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 6 โมล/ลบ.ดม. จำนวน 1.5 ลบ.ซม. หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.4 กรัม แล้วทำให้เจือจางเป็น 1000 ลบ.ซม. สารละลายนี้จะต้องนำมาหาความเข้มข้นที่แน่นอน (Standardization) ด้วยสารไบโอไอโอดีต

12. สารละลายโซเดียมซัลไฟต์ 0.0125 โมล/ลบ.ดม.

ละลายแอนไฮดรัสโซเดียมซัลไฟต์ (Na_2SO_3) 1.575 กรัม ในน้ำกลั่น 1000 ลบ.ซม. (สารละลายนี้ไม่อยู่ตัวต้องเตรียมในวันที่จะใช้เท่านั้น)

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียมตัวอย่างน้ำก่อนการวิเคราะห์ (pretreatment)

1.1 ในกรณีที่ตัวอย่างน้ำไม่เป็นกลางจะต้องทำให้มีพีเอช 6.5-7.5 โดยการใส่กรดซัลฟิวริก 0.5 โมล/ลบ.ดม. หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 โมล/ลบ.ดม.

1.2 ในกรณีที่ตัวอย่างน้ำมีคลอรีนตกค้างจะต้องกำจัดออกก่อนโดยปกติกคลอรีนตกค้างจะลดลงเองเมื่อตั้งตัวอย่างทิ้งไว้ 1-2 ชั่วโมง แต่ในตัวอย่างซึ่งมีคลอรีนตกค้างปริมาณมาก ๆ จะต้องกำจัดโดยการเติมสารละลายโซเดียมซัลไฟต์ซึ่งจะทราบปริมาณว่าต้องเติมไปเท่าใด โดยนำตัวอย่างน้ำมาในปริมาณที่เหมาะสม (ระหว่าง 100-1000 ลบ.ซม) เติมกรดแอสซีติก (1+1) หรือกรดซัลฟิวริก (1+50) 10 ลบ.ซม. เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 10 ลบ.ซม. (เตรียมโดยละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 10 กรัม ในน้ำกลั่น 100 ลบ.ซม.) แล้วไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมซัลไฟต์ 0.0125 โมล/ลบ.ดม. โดยใช้น้ำแบ่งไอโอไดด์เป็นอินดิเคเตอร์ จากนั้นก็จะทราบปริมาณของโซเดียมซัลไฟต์ที่ใช้เติมลงไปในตัวอย่าง หลังจากเติมสารละลายโซเดียมซัลไฟต์ตามปริมาณที่คำนวณได้ลงในตัวอย่างแล้ว กวนให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 10-20 นาที

1.3 ในกรณีที่ตัวอย่างน้ำมีสารพิษเจือปนอยู่ เช่น น้ำทิ้งจากโรงงานชุบโลหะ จะต้องศึกษาหาทางแก้ไขเป็นกรณี ๆ ไป

2. การวิเคราะห์ มี 2 วิธี

2.1 วิธีตรง (Direct Method) ใช้ในกรณีที่ตัวอย่างน้ำมีค่าบีโอดีน้อยกว่า 7 มก./ลบ.ซม. ทำได้ดังนี้

2.1.1 นำตัวอย่างน้ำที่ปรับปรุงแล้วตามข้อ 1 มาปรับอุณหภูมิให้ได้ประมาณ 20°C

2.1.2 เติมอากาศให้มีออกซิเจนละลายอิ่มตัว (ใช้เวลาประมาณ 5-10 นาที)

2.1.3 รินตัวอย่างน้ำลงใส่ขวดปิไอดีจนเต็ม 3 ขวด ปิดจุกให้สนิท ดูให้แน่ใจว่ามีน้ำหล่อที่ปากขวด นำขวดหนึ่งมาหาค่าออกซิเจนละลายก่อน อีกสองขวดนำไปอินคิวเบทที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วัน

2.1.4 หลังจาก 5 วันแล้ว นำตัวอย่างนั้นมาหาค่าออกซิเจนละลายที่เหลืออยู่

การคำนวณ

$$\text{ค่าบีโอดี (มก./ลบ.ตม.)} = D_1 - D_2$$

เมื่อ D_1 = ค่าออกซิเจนละลายที่ไทเทรตได้ในวันแรก

เมื่อ D_2 = ค่าออกซิเจนละลายไทเทรตได้ในวันที่ 5

2.2 วิธีทำให้เจือจาง ใช้ได้ในกรณีที่ตัวอย่างน้ำมีความสกปรกสูง (มีค่าบีโอดีมากกว่า 7 มก./ลบ.ตม.) จำเป็นจะต้องทำให้ตัวอย่างน้ำที่สกปรกเจือจางลงโดยใช้น้ำผสมเจือจาง (dilution water) และควรทำหลาย ๆ ความเข้มข้น อย่างน้อย 3 ความเข้มข้น

2.2.1 การเตรียมน้ำผสมเจือจาง

-นำน้ำกลั่นที่ปราศจากสารมีพิษ (กลั่นจากเครื่องกลั่นແກ້ວ) มาปรับอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง $20 \pm 1^\circ\text{C}$

-ปรับคุณภาพให้เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์โดยเติมสารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ แมกนีเซียมซัลเฟต แคลเซียมคลอไรด์ และไอโรน (III) คลอไรด์ อย่างละ 1 ลบ.ซม. ต่อน้ำกลั่น 1 ลบ.ตม.

-เติมอากาศให้มีออกซิเจนละลายอิ่มตัว

2.2.2 การเตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์ (Seed) เพื่อให้ได้จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลาย จำเป็นจะต้องเลือกหัวเชื้อที่เหมาะสมกับตัวอย่างแต่ละชนิด โดยทั่วไปใช้น้ำจากส้วมหรือน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ไม่ได้ผ่านการฆ่าเชื้อมาก่อนเป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์

2.2.3 การผสมเจือจาง เนื่องจากการวิเคราะห์ค่าบีโอดีอาศัยปฏิกิริยาทางชีวเคมี โดยมีจุลินทรีย์เป็นตัวกลางในการย่อยสลาย สภาวะแวดล้อมจะมีผลต่อการวิเคราะห์มากทำให้ค่าบีโอดีที่ได้มีความผันแปรสูง การวิเคราะห์ตัวอย่างหนึ่ง ๆ จึงมักจะทำการผสมเจือจางหลาย ๆ ความเข้มข้น (โดยทั่วไปไม่น้อยกว่า 3 ความเข้มข้น) ส่วนอัตราส่วนในการผสมเจือจางอาจประมาณจากชนิดของตัวอย่าง (ดูจากตาราง ก-1) หรือค่าความเข้มข้นโดยประมาณ (ดูตาราง ก-2) เมื่อได้อัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วจึงทำการผสมเจือจาง ดังนี้

-ค้อย ๆ รินน้ำผสมเชื้อจาก (2.2.1) ลงในกระบอกตวง (ขนาด 1000 ลบ.ซม.)
ประมาณ 500 ลบ.ซม. โดยให้น้ำค้อย ๆ ไหลลงตามข้างกระบอกตวง

-เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ (2.2.3) ลงในกระบอกตวง 2 ลบ.ซม. (ในกรณีจำเป็น
ต้องเติม)

ตาราง ก-1 Dilution and Type of Sample

Dilution	Type of sample
0.0 - 1.0%	Strong industrial wastes
1 - 5 %	Raw & settled wastewater
5 - 25 %	Biologically treated effluent
25 - 100 %	Polluted river waters

ตาราง ก-2 BOD Measurable with various dilutions of sample *

Using percent mixture		By direct pipetting into 300 ml bottles	
% mixture	Range of BOD	ml	Range of BOD
0.01	20000 - 70000	0.02	30000 - 105000
0.02	10000 - 35000	0.05	12000 - 42000
0.05	4000 - 14000	0.10	6000 - 21000
0.1	2000 - 7000	0.20	3000 - 10500
0.2	1000 - 3500	0.50	1200 - 4200
0.5	400 - 1400	1.0	600 - 2100
1.0	200 - 700	2.0	300 - 1050
2.0	100 - 350	5.0	100 - 420
5.0	40 - 140	10.0	60 - 210
10.0	20 - 70	20.0	30 - 105
20.0	10 - 35	50.0	12 - 42
50.0	4 - 14	100	6 - 21
100	0 - 7	300	0 - 7

* จาก Chemistry for Environmental Engineering , 3rd edition, 1985

-เติมตัวอย่างน้ำตามส่วนที่คำนวณได้ จากตารางที่ ก-1 หรือ ตาราง ก-2

-เติมน้ำผสมเชื้อจากลงจนครบ 1000 ลบ.ซม.

-กวนให้เข้ากันโดยใช้แท่งแก้วเสียบจุกยางไว้ที่ปลายชักขึ้นลงเบา ๆ ระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ

-ค่อย ๆ รินตัวอย่างที่ผสมเข้ากันดีแล้วนี้ลงในขวดบีโอดีที่แห้งและสะอาดจนเต็ม 3 ขวด ปิดจุกให้สนิทขวดหนึ่งนำไปวิเคราะห์ หาค่าออกซิเจนละลายวันแรก อีกสองขวดนำไปอินคิวเบทที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วัน ก่อนนำไปอินคิวเบทให้ตรวจดูว่ามีน้ำหล่อที่ปากขวด และควรตรวจดูทุกวันอย่าให้แห้ง (ถ้าแห้งให้เติมด้วยน้ำผสมเชื้อจาก)

2.2.4 การอินคิวเบท

หลังจากอินคิวเบทที่อุณหภูมิ 20°C ในที่มีดครบ 5 วันแล้วนำมาหาค่าออกซิเจนละลาย ตัวอย่างที่ใช้ได้จะต้องมีค่าออกซิเจนละลายเหลืออยู่อย่างน้อย 1 มก./ลบ.ดม. และมีการใช้ออกซิเจนไปอย่างน้อย 2 มก./ลบ.ดม.

2.2.5 การแก้ค่าเนื่องจากการเติมหัวเชื้อ (Seed-correction) ถ้ามีการใส่หัวเชื้อจะต้องนำหัวเชื้อมาทำให้เจือจาง แล้วนำไปอินคิวเบทเช่นเดียวกับตัวอย่างน้ำ หลังจากนั้นนำมาหาค่าการใช้ออกซิเจนหลังจาก 5 วัน เลือกอันที่มีการใช้ออกซิเจนระหว่าง 40 - 70 เปอร์เซ็นต์ การคำนวณดูในหัวข้อสุดท้าย

2.2.6 การตรวจสอบคุณภาพน้ำผสมเชื้อจาก (dilution - water check) เติมน้ำผสมเชื้อจากที่ยังไม่ได้ใส่หัวเชื้อลงในขวดบีโอดี 3 ขวด ขวดหนึ่งนำไปหาค่าออกซิเจนละลายก่อน อีก 2 ขวด ปิดจุกนำไปอินคิวเบท หลังจากนั้นนำมาหาค่าการใช้ออกซิเจนไปหลังจากอินคิวเบท 5 วันที่อุณหภูมิ 20°C และไม่ต้องนำไปใช้ในการคำนวณผลต่างของค่าออกซิเจนละลายก่อนและหลัง 5 วัน ที่ 20°C ไม่ควรเกิน 0.2 มก./ลบ.ดม. และยิ่งดีถ้าไม่เกิน 0.1 มก./ลบ.ดม.

2.2.7 การตรวจสอบโดยใช้กลูโคส- กรดกลูตามิก (glucose - glutamic acid check)

เนื่องจากน้ำกลั่นที่ใช้ อาจจะมีสารเป็นพิษเจือปนอยู่ โดยเฉพาะทองแดง ซึ่งจะทำให้หัวเชื้อมีประสิทธิภาพลดลง มีผลทำให้ค่าบีโอดีที่ได้ต่ำกว่าความเป็นจริง ควรตรวจสอบโดยใช้สารประกอบอินทรีย์บริสุทธิ์ที่ทราบค่าบีโอดีแล้ว ซึ่งได้แก่ กลูโคสและกรดกลูตามิก กลูโคสออกซิไดส์ได้ง่าย และอัตราการออกซิไดส์ไม่คงที่ให้ได้ กับหัวเชื้อทั่ว ๆ ไป เมื่อใช้ผสมกับกรดกลูตามิกทำให้อัตราการออกซิไดส์จะคงที่ และมีสมบัติคล้ายกับน้ำเสียจากชุมชน

วิธีการตรวจสอบการวิเคราะห์ ทำโดยเตรียมสารละลายมาตรฐานที่มีกลูโคส และกรดกลูตามิก ซึ่งอบแห้งที่ 103°C นาน 1 ชั่วโมง อย่างละ 150 มก./ลบ.ดม. จากนั้นดูดสารละลายที่เตรียมมา 5 ลบ.ซม. ใส่ขวดบีโอดีจำนวน 3 ขวด เติมน้ำผสมเจือจางที่ใส่หัวเชื้อแล้วลงไปจนเต็ม ปิดจุกให้แน่น ขวดหนึ่งนำไปไทเทรตหาค่าออกซิเจนละลายวันแรก อีกสองขวดนำไปอินคิวเบทพร้อมกับตัวอย่างน้ำ ที่อุณหภูมิ 20°C นาน 5 วัน จากนั้นนำมาหาค่าออกซิเจนที่ใช้ไป (oxygen depletion) และค่าบีโอดีนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของหัวเชื้อที่ใส่ลงไป ดังตัวอย่างในตาราง ก-3

ตาราง ก-3 Effect of Seed Type and Quality on BOD Results *

Type of Seed	5-day Seed Correction (mg / l)	Mean 5-day BOD (mg / l)	Standard Deviation (mg / l)
Settled fresh sewage	> 0.6	218	± 11
Settled stale sewage	> 0.6	207	± 8
River water (4 sources)	0.05 - 0.22	224 - 242	± 7 - 13
activated sludge effluent	0.07 - 0.68	221	± 13
Trickling filter effluent	0.2 - 0.4	225	± 8

* จาก Standard Methods for The Examination of water and Wastewater, 14 th edition, 1975

2.2.8 ไอดีโอดี (Immediate Dissolved Oxygen Demand ,IDOD) สารประกอบพวกไอร์ออน (II) (iron II compound) และอัลดีไฮด์สามารถถูกออกซิไดส์โดยออกซิเจน ถ้ามีอยู่ในตัวอย่างน้ำจะทำให้ปริมาณการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น ซึ่งจะต้องนำมาพิจารณาด้วย ปริมาณการใช้ออกซิเจนทั้งหมดของสารดังกล่าว สามารถหาได้โดยการคำนวณหาออกซิเจนละลายเริ่มต้น (initial dissolved oxygen) หรือโดยใช้ผลบวกของค่าออกซิเจนละลายที่ถูกใช้ไปในตัวอย่าง ที่ทำให้เจือจางแล้วเป็นเวลา 15 นาที (immediate dissolved oxygen demand), และค่าบีโอดี 5 วัน แต่ต้องทราบเสียก่อนว่าค่าไอดีโอดี อาจเกิดขึ้นในขณะที่ทำการเติมกรดลงไป เพื่อให้เกิดไอโอดีอิสระ (free I₂) ในการวิเคราะห์ออกซิเจนละลายโดยวิธีไอโอดีเมตริกก็ได้

วิธีทำ ต้องหาค่าออกซิเจนละลายของตัวอย่าง (ส่วนมากเป็นศูนย์) และออกซิเจนละลายของน้ำผสมเจือจางก่อน แล้วจึงนำตัวอย่างนั้นมาทำให้เจือจางด้วยน้ำผสมเจือจาง ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที จึงทำการหาค่าออกซิเจนละลายของตัวอย่างที่ทำให้เจือจาง แล้วคำนวณหาค่าออกซิเจนละลายของตัวอย่างที่ทำให้เจือจางลงนี้ จากนั้นสามารถหาค่าไฮโดรเจน (มก./ลบ.ดม.) ของตัวอย่างได้โดยเอาค่าออกซิเจนละลายที่คำนวณได้ลบด้วยค่าออกซิเจนละลายที่หาได้หลังจากตั้งทิ้งไว้ 15 นาที

2.2.9 การหาค่าออกซิเจนละลาย

การหาค่าออกซิเจนละลายในวันแรก และวันหลังหลังจากอินคิวเบทแล้ว 5 วัน ใช้วิธีเดียวกับวิธีการวิเคราะห์หาออกซิเจนละลายในหัวข้อ การหา Dissolved Oxygen

การคำนวณ

ค่า บีไอดี เมื่อไม่ใส่หัวเชื้อ

$$\text{บีไอดี (มก./ลบ.ดม.)} = \frac{D_1 - D_2}{P}$$

ค่าบีไอดี เมื่อใส่หัวเชื้อ

$$\text{บีไอดี (มก./ลบ.ดม.)} = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2) \cdot f}{P}$$

ค่าบีไอดี เมื่อคิด ไฮโดรเจน

$$\text{บีไอดี (มก./ลบ.ดม.)} = \frac{D_c - D_2}{P}$$

ค่าไฮโดรเจน

$$\text{ไฮโดรเจน (มก./ลบ.ดม.)} = \frac{D_c - D_1}{P}$$

เมื่อ

- P - decimal fraction of dilution water used
- P - decimal fraction of sample used
- D₀ - DO of original dilution water
- D₁ - DO of diluted sample 15 minutes after preparation
- D₂ - DO of diluted sample after incubation
- S - DO of original undiluted sample

D_c - DO available in dilution at zero time

$$= pD_0 + P_S$$

B_1 - DO of dilution of seed control before incubation

B_2 - DO of dilution of seed control after incubation

f - ratio of seed in sample to seed in control

$$= \frac{\% \text{ seed in } D_1}{\% \text{ seed in } B_1}$$

$$\text{Seed correction} = (B_1 - B_2) f$$

5. ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD)

หลักการทั่วไป

การวิเคราะห์หาค่าซีโอดี เป็นการวัดความสกปรกของน้ำเสียโดยคิดเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์ โดยใช้สารเคมีซึ่งมีอำนาจในการออกซิไดส์สูงในสารละลายที่เป็นกรด

5.1 ซีโอดี โดยวิธีรีฟลักซ์แบบเปิด (Open Reflux)

เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือที่ใช้ในการรีฟลักซ์ ประกอบด้วย

1. ขวดเออร์เลนเมเยอร์ ขนาดความจุ 250 ลบ.ซม. หรือขวดกลมก้นแบน (flat-bottom flask) ชนิดที่มีปากแบบกรวยจอยท์ด้านใน ขนาด 24/40

2. เครื่องควบแน่น (condenser) ซึ่งมีแจ็กเก็ต (jacket) ขนาด 300 มม. มีกรวยจอยท์ด้านนอก ขนาด 24/40

3. เตาชนิด hot plate หรือ heating mantle ซึ่งสามารถให้กำลังไฟฟ้าอย่างน้อย 1.4 วัตต์/ตร.ซม. ที่ผิวหน้าเตา

รีเอเจนต์

1. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต (standard potassium dichromates solution) เข้มข้น 0.0417 โมล/ลบ.ดม.

ละลายโพแทสเซียมไดโครเมต (มาตรฐานปฐมภูมิ) ซึ่งอบให้แห้งที่ 103°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมงหนัก 12.259 กรัม ลงในน้ำกลั่น ทำให้เจือจางเป็น 1000 ลบ.ซม

2. กรดซัลฟิวริกเอเจนต์

ละลายซิลเวอร์ซัลเฟต (AgSO_4) 22 กรัม ลงในกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 ขวด ซึ่งมีน้ำหนัก 4.0 กิโลกรัม (ต้องใช้เวลาในการละลาย 1-2 วัน)

3. สารละลายมาตรฐานไอร์ออน (II) แอมโมเนียมซัลเฟตไทเทรนต์ (standard ferrous ammonium sulfate titrant) เข้มข้น 0.25 โมล/ลบ.ดม.

ละลายไอร์ออน (II) แอมโมเนียมซัลเฟต $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ 20 ลบ.ซม. ทำให้เย็นแล้วเจือจางเป็น 1000 ลบ.ซม.

สารละลายนี้จะต้องนำมาหาความเข้มข้นที่แน่นอน ด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต

การหาความเข้มข้นของสารละลายไอร์ออน (II) แอมโมเนียมซัลเฟต

นำสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต 10.0 ลบ.ซม. มาเติมน้ำ 90 ลบ.ซม. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นจำนวน 30 ลบ.ซม. ทิ้งให้เย็นแล้วนำมาไทเทรตกับไอร์ออน (II) แอมโมเนียมซัลเฟต โดยใช้เฟอร์โรอิน (ferroin) จำนวน 0.10 -0.15 ลบ.ซม. (2-3 หยด) เป็นอินดิเคเตอร์

การคำนวณ

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไอร์ออน (II) แอมโมเนียมซัลเฟตเป็น โมล/ลบ.ดม

$$= \frac{\text{ลบ.ซม. } 0.0417 \text{ M } \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \times 0.25}{\text{ลบ.ซม. } \text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2}$$

4 สารละลายเฟอร์โรอินอินดิเคเตอร์ (ferroin indicator solution)

ละลาย 1,10-ฟีแนนโทรอลีนโมโนไฮเดรต [1,10-phenanthroline monohydrate ($\text{C}_{12}\text{H}_8\text{H}_2 \cdot \text{N}_2\text{O}$)] 1.485 กรัม และไอร์ออน (II) ซัลเฟตเฮปต้าไฮเดรต ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 0.695 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วทำให้เจือจางเป็น 100 ลบ.ซม.

5. เมอร์คิวรี (II) ซัลเฟต ชนิด เออาร์ (mercury (II) sulfate, analytical grade crystals, HgSO_4)

6. กรดซัลฟามิก ชนิด เออาร์ (sulfamic acid, analytical grade)

หมายเหตุ สารในข้อ 6 ใช้ในการกำจัดไนไตรต์ (nitrite) เนื่องจากไนไตรต์-ไนโตรเจน (nitrite-nitrogen) จะมีค่าซีโอดี 1.1 มก. ต่อ 1 มก. ของไนไตรต์-

ไนโตรเจน ดังนั้นจึงควรเติมกรดซัลฟามิก จำนวน 10 มก. ต่อ 1 มก. ของไนไตรต์-ไนโตรเจนจำนวน 1000 ลบ.ซม. จะสามารถกำจัดไนไตรต์ที่มีอยู่ในตัวอย่างจำนวน 20 มก./ลบ.ดม. ในกรณีที่มีความเข้มข้นของไนไตรต์-ไนโตรเจนมากกว่า 6 มก./ลบ.ดม. จะต้องทำให้ตัวอย่างเจือจางก่อน

การที่เราเติมกรดซัลฟามิกลงในสารละลายมาตรฐานไดโครเมตนี้เป็นการสะควกและจะไม่ทำให้ค่าซีไอดีผิดไป เนื่องจากต้องทำ "แบลนด์" จากน้ำกลั่นอยู่แล้ว

7. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท

ละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท ($\text{HOOC}_6\text{H}_4\text{COOK}$) ซึ่งอบที่ 120°C จนมีน้ำหนักคงที่ จำนวน 425 มก. ในน้ำกลั่นเจือจางจนได้ปริมาตร 1000 ลบ.ซม.

วิธีวิเคราะห์

1. ใส่เมอร์คิวรี (II) ซัลเฟต (HgSO_4) ประมาณ 0.4 กรัม ลงในขวดรีฟลักซ์ เติมตัวอย่างน้ำหรือตัวอย่างน้ำที่ทำให้เจือจางแล้วลงไป 20.0 ลบ.ซม. เขย่าให้เข้ากัน เติมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต จำนวน 10.0 ลบ.ซม. แล้วค่อย ๆ เติมกรดซัลฟริกเข้มข้น ซึ่งมีซิลเวอร์ซัลเฟตเจือปนอยู่ จำนวน 30 ลบ.ซม. ลงไป ใส่ลูกแก้ว (glass beads) ลงไป 5-6 เม็ด เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเดือดอย่างรุนแรง

หมายเหตุ ก่อนที่จะทำการรีฟลักซ์จะต้องผสมสารละลายในขวดให้เข้ากันเสียก่อน มิฉะนั้นเมื่อสารละลายในส่วนกันขวดเริ่มร้อนอาจทำให้ส่วนผสมพุ่งออกมาจากเครื่องควบแน่น

การใช้เมอร์คิวรี (II) ซัลเฟตลงไปอีกเพื่อให้อัตราส่วนโดยน้ำหนักของ $\text{HgSO}_4 : \text{Cl}^-$ เป็น 10 : 1 และถ้ามีตะกอนเกิดขึ้นเล็กน้อยหลังจากเติมเมอร์คิวรี (II) : ซัลเฟตลงไปแล้ว ก็ไม่มีผลกระทบกระเทือนต่อการวิเคราะห์แต่อย่างใด

2. นำขวดรีฟลักซ์ต่อเข้ากับเครื่องควบแน่น ใช้บี๊กเกอร์เล็ก ๆ ปิดปลายด้านบนเปิดของเครื่องควบแน่น เพื่อป้องกันสารต่าง ๆ จากภายนอกหลุดเข้าไป แล้วรีฟลักซ์หรือต้มให้เดือดเป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น ล้างเครื่องควบแน่นด้วยน้ำกลั่นก่อนที่จะถอดเครื่องควบแน่นออกจากขวดรีฟลักซ์

3. ทำส่วนผสมให้เจือจางลงด้วยน้ำกลั่น จนมีปริมาตรประมาณ 150 ลบ.ซม. ทำให้เย็นลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วจึงไทเทรตหาปริมาณของไดโครเมตที่มากเกินไปด้วยสารละลายมาตรฐานไอโอรอน (III) แอมโมเนียมซัลเฟต โดยใช้เฟอร์โรอินเป็นอินดิเคเตอร์ซึ่งโดยทั่ว ๆ

ไปใช้ประมาณ 2-3 หยด หรือ 0.10-0.15 ลบ.ซม. ถึงแม้ว่าปริมาณอินดิเคเตอร์ที่ใช้ไม่มีความสำคัญมากนัก แต่ควรใช้เท่า ๆ กันทุก ๆ ตัวอย่าง การเปลี่ยนสีของส่วนผสมเมื่อถึงจุดยุติจะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเขียวไปเป็นสีน้ำตาลแดง ควรจะใช้เมื่อตอนที่สีเริ่มเปลี่ยนไปเป็นสีน้ำตาลแดงทันที ถึงแม้ว่าเมื่อตั้งทิ้งไว้สักครู่หนึ่งสีนั้นอาจเปลี่ยนกลับไปเป็นสีน้ำเงินเขียวใหม่ก็ตาม

4. การทำแบลนด์ควรทำไปพร้อมกับตัวอย่าง ใช้น้ำกลั่น 20.00 ลบ.ซม. แทนตัวอย่าง เติมนิเอเจนต์ต่าง ๆ ที่ใช้ และทำการรีฟลักซ์ เช่นเดียวกับตัวอย่างทุกประการ

ในกรณีที่ใช้ปริมาณของตัวอย่างต่าง ๆ กัน อัตราส่วนของสารละลายอื่น ๆ จะต้องเปลี่ยนแปลงด้วย ดังแสดงไว้ในตารางที่ ก-4 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ ก-4 Reagent Quantities and Molarity for Various Sample Sizes *

Sample size, ml.	0.0417 M Std. Dichromate, ml	Conc. H ₂ SO ₄ with Ag ₂ SO ₄ , ml	HgSO ₄ g.	Molarity of Fe(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₂	Final vol. before titration, ml
10.0	5.0	15	0.2	0.05	70
20.0	10.0	30	0.4	0.10	140
30.0	15.0	45	0.6	0.15	210
40.0	20.0	60	0.8	0.20	280
50.0	25.0	75	1.0	0.25	350

*จาก Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 15 th ,edition , 1980.

ในกรณีที่ต้องการตัวอย่างที่มีความเข้มข้นต่ำ (dilute sample) วิธีการวิเคราะห์ก็ทำเช่นเดียวกันกับข้อ 1 ถึง 4 ตามวิธีวิเคราะห์ แต่เปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน กล่าวคือ

1. ใช้สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต ให้เจือจางลงเป็น 0.00417 โมล/ลบ.ดม.

2. การไทเทรตหลังจากรีฟลักซ์แล้ว ใช้สารละลายมาตรฐานไอร์ออน (III) แอมโมเนียมซัลเฟต ที่เจือจางลงเป็น 0.025 โมล/ลบ.ดม. แทน

ในกรณีนี้จะต้องรักษาอัตราส่วนระหว่างกรดซัลฟิวริกเข้มข้น กับตัวอย่างผสมกับ ไดโครเมต ให้เป็นอัตราส่วน 1 : 1 เพราะถ้าใช้กรดมากหรือน้อยเกินไป ประสิทธิภาพในการออก ซิไดส์จะลดลง

การวิเคราะห์ตัวอย่างมาตรฐาน

เพื่อที่จะตรวจสอบวิธีการวิเคราะห์และคุณภาพของรีเอเจนต์ที่ใช้ โดยตรวจสอบกับสารละลายกลูโคสหรือโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท (potassium hydrogen phthalate) ซึ่งในทางทฤษฎีเมื่อละลายกลูโคสจำนวน 468.6 มก. ในน้ำกลั่น แล้วทำให้เจือจางเป็น 1000 ลบ.ซม. จะให้ค่าซีไอดี 500 มก./ลบ.ดม. (กลูโคส 1 กรัมมีค่าซีไอดี 1.067 กรัม) ส่วน โพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท ซึ่งอบที่ 120°C จนมีน้ำหนักคงที่ จำนวน 425 มก. ละลายใน น้ำกลั่น แล้วทำให้เจือจางเป็น 1000 ลบ.ซม. จะให้ค่าซีไอดี 500 มก./ลบ.ดม (โพแทสเซียม ไฮโดรเจนพทาเลท 1 กรัม มีค่าซีไอดี 1.176 กรัม)

การคำนวณ

$$\text{ซีไอดี (มก./ลบ.ดม.)} = \frac{(A - B) M \times 1000}{\text{ลบ.ซม.ของตัวอย่าง}}$$

ลบ.ซม.ของตัวอย่าง

A = ลบ.ซม. ของไอร์ออน (II) แอมโมเนียมซัลเฟต ซึ่งใช้ไทเทรตสำหรับแบลนด์

B = ลบ.ซม. ของไอร์ออน (II) แอมโมเนียมซัลเฟต ซึ่งใช้ไทเทรตสำหรับตัวอย่างน้ำ

M = โมล/ลบ.ดม. ของไอร์ออน (II) แอมโมเนียมซัลเฟต

5.2 ซีไอดี โดยวิธีรีฟลักซ์แบบปิด (Closed Reflux)

หลักการทั่วไป

เช่นเดียวกับวิธีรีฟลักซ์แบบเปิด

สารอินทรีย์ที่ระเหยจะสามารถถูกออกซิไดส์ได้มากกว่าในระบบเปิดเพราะมีเวลา สัมผัสกับสารออกซิไดส์ได้นานกว่า ก่อนทำการทดลองควรตรวจสอบว่าปิดหลอดแก้วว่ามีรอยแตก ตรงรอยต่อของ TFE liner หรือไม่ การเลือกขนาดของหลอดที่ใช้ขึ้นอยู่กับความไว (sensitivity) ที่ต้องการ สำหรับตัวอย่างน้ำที่มีค่าซีไอดีต่ำควรใช้หลอดแก้วขนาด 25 x 150 มม. เพราะจะต้อง ใช้ปริมาตรตัวอย่างน้ำที่มาก

สารแทรกสอด

เช่นเดียวกันวิธีหาซีไอดีโดยวิธีรีฟลักซ์แบบเปิด

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ภาชนะที่ใช้ในการย่อยสลาย (digestion vessel) ควรใช้หลอดทดลองที่เป็นบอโรซิลิเกต ซึ่งมีขนาด 16 x 100 มม. หรือ 20 x 150 มม. หรือ 25 x 150 มม. พร้อมทั้งฝาจากที่บุด้วย TFE หรือใช้บอโรซิลิเกตแอมพูล (borosilicate ampules) ขนาดความจุ 10 ลบ.ซม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 19 - 20 มม.

2. ฮีตติ้งบล็อก (heating block) เป็นอลูมิเนียมหล่อ (cast-aluminum) มีช่องหลาย ๆ ช่องซึ่งมีความลึก 45 ถึง 50 มม. เป็นช่องที่จะให้หลอดหรือแอมพูลตั้งอยู่ได้พอดี

3. เครื่องให้ความร้อนหรือเตาอบ (block heater or oven) ให้ความร้อนอยู่ระหว่าง $150 \pm 2^{\circ}\text{C}$

หมายเหตุ ฝาจากของหลอดทดลองที่อาจเกิดชำรุดในขณะทำการย่อยสลายในเตาอบ จะทำให้เกิดการปนเปื้อน และทำให้มีการสูญเสียของสารอินทรีย์ได้ ดังนั้นจึงควรที่จะต้องระมัดระวังสำหรับการย่อยสลายในเตาอบจะใช้อุณหภูมิที่ 150°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

4. เครื่องเชื่อมแอมพูล (ampule sealer) ที่แน่ใจว่าจะมีการเชื่อมที่แข็งแรงพอ

รีเอเจนต์

1. น้ำยาย่อยสลายสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต ความเข้มข้น 0.0167 โมลาร์ ซึ่งสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิ (primary standard) โพแทสเซียมไดโครเมต 4.913 กรัม ซึ่งถูกทำให้แห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถทำแห้ง ใส่ไปในน้ำกลั่นประมาณ 500 ลบ.ซม. ค่อย ๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 167 ลบ.ซม. เติมเมอร์คิวริกซัลเฟต 33.3 กรัม คนให้ละลายตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วเจือจางให้มีปริมาตรเป็น 1000 ลบ.ซม. ด้วยน้ำกลั่น

2. กรดซัลฟิวริกรีเอเจนต์ เช่นเดียวกับวิธีรีฟลักซ์แบบเปิด

3. เฟอร์ริน อินดิเคเตอร์ เช่นเดียวกับวิธีรีฟลักซ์แบบเปิด

4. สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ละลาย $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ เฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตเฮกซะไฮเดรต 39.2 กรัม ในน้ำกลั่นประมาณ 500 ลบ.ซม. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 20 ลบ.ซม. คนให้ละลาย ทิ้งให้

เย็น แล้วเติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตรเป็น 1000 ลบ.ซม. สารละลายนี้ต้องเทียบมาตรฐานกับสารละลายนี้ต้องเทียบมาตรฐานกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมตที่ใช้ในการย่อยสลายทุกครั้งที่น่ามาใช้

ตาราง ก-5 ปริมาณตัวอย่างและรีเอเจนต์ที่ใช้สำหรับขนาดต่าง ๆ ของภาชนะที่ใช้ในการย่อยสลาย

ขนาดของภาชนะ ย่อยสลาย	ตัวอย่างน้ำ ลบ.ซม.	สารละลายใน การย่อยสลาย	กรดซัลฟิวริก รีเอเจนต์ ลบ.ซม.	ปริมาตรทั้งหมด ลบ.ซม.
หลอดย่อยสลาย				
16 x 100 มม.	2.5	1.5	3.5	7.5
20 x 150 มม.	5.0	3.0	7.0	15.0
25 x 150 มม.	10.0	6.0	14.0	30.0
แอมพูลมาตรฐาน				
10 ลบ.ซม	2.5	1.5	3.5	7.5

เติมสารเคมีตามตารางดังกล่าวข้างบนนี้ในภาชนะย่อยสลาย แต่ใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่างน้ำ ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วไทเทรตด้วยสารมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) ใช้เฟอโรอินเป็นอินดิเคเตอร์ 0.05 - 0.1 ลบ.ซม. ทำประมาณ 1-2 หลอด ไทเทรตจนถึงจุดยุติสีจะเปลี่ยนจากฟ้าอมเขียวเข้ม สีสน้ำตาลแดง

การคำนวณ

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไอร์ออน (II) แอมโมเนียมซัลเฟต (FAS)

$$\text{โมลาริตีของ FAS} = \frac{\text{ปริมาตรของ } 0.0167 \text{ โมลาร์ } K_2Cr_2O_7 \times 0.10}{\text{ปริมาตร FAS ที่ใช้ไทเทรต}}$$

5.กรดซัลฟามิก เพื่อแก้สารแทรกสอดเนื่องจากไนไตรต์ โดยใช้กรดซัลฟามิก 10 มก. เพื่อกำจัดไนไตรต์ทุก ๆ 1 มก. โดยใช้ภาชนะย่อยสลายก่อนที่จะนำไปรีฟลักซ์

6.สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท เช่นเดียวกับวิธีรีฟลักซ์แบบเปิด

วิธีวิเคราะห์

1. ล้างหลอดย่อยสลายและฝาจุกด้วยกรดซัลฟิวริกร้อยละ 20 ก่อนนำไปใช้เพื่อป้องกันการปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์
 2. เลือกใช้ปริมาตรของตัวอย่างน้ำและสารเคมีที่เหมาะสม ตามตารางที่ ก-5
 3. นำตัวอย่างน้ำมาใส่หลอดย่อยสลายหรือแอมพูล เติมสารละลายที่ใช้ในการย่อยสลายซึ่งได้แก่สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต
 4. ค่อย ๆ เทกรดซัลฟิวริกเอเจนต์ ให้ไหลลงก้นหลอดแก้วเพื่อให้ชั้นของกรดอยู่ใต้ตัวอย่างน้ำ และน้ำย่อยสลาย
 5. ปิดจุกหลอดแก้วให้แน่น หรือถ้าใช้แอมพูลก็ให้เชื่อมให้สนิท แล้วคว่ำหลอดแก้วไปมาหลาย ๆ ครั้งเพื่อผสมให้เข้ากันอย่างทั่วถึง
- ข้อควรระวัง 1) ในขณะที่ผสมในภาชนะให้ใส่น้ำกากป้องกัน (face shield) และให้ใส่ถุงมือเพื่อกันความร้อนด้วย
- 2) ต้องผสมของผสมให้เข้ากันให้ดีก่อนนำไปรีฟลักซ์ เพื่อกันไม่ให้เกิดความร้อนสะสมอยู่เฉพาะที่ก้นหลอด เพราะอาจทำให้ระเบิดได้
6. นำหลอดทดลองเหล่านี้ไปใส่ในเครื่องย่อยสลาย (block-digester) หรือเตาอบ ซึ่งได้ทำให้ร้อนถึงอุณหภูมิ 150°C ก่อน ใช้เวลารีฟลักซ์ 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นถึงอุณหภูมิห้อง โดยนำหลอดทดลองมาวางไว้ใน test tube rack (ที่วางหลอดทดลอง)
 7. เปิดฝาจุก แล้วจึงใส่แท่งแม่เหล็กที่หุ้มด้วย TFE (TFE covered Magnetic bar) ถ้าใช้แอมพูลให้เทของผสมลงไปใส่ภาชนะที่ใหญ่กว่าเพื่อนำไปเทเทรต เติมเฟอโรอินอินดิเคเตอร์ 0.05-0.1 ลบ.ซม. (1 หรือ 2 หยด) คนโดยใช้เครื่องกวนชนิดใช้แม่เหล็ก (magnetic stirrer) อย่างเร็วในขณะที่เทเทรตด้วย 0.1 โมลาร์ สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) จุดยุติจะเปลี่ยนอย่างรวดเร็วจากฟ้าอมเขียวเป็นน้ำตาลแดง ถึงแม้บางครั้งสีฟ้าอมเขียวอาจจะกลับมาให้เห็นอีกในระยะเวลาอันสั้นก็ตาม ให้ถือว่าจุดยุติอยู่ที่สีน้ำตาลครั้งแรก
 8. ด้วยวิธีทำเช่นเดียวกัน ให้รีฟลักซ์น้ำกลั่น (blank) แล้วไทเทรตแบบลงคี่ซึ่งมีรีเอเจนต์และปริมาตรน้ำกลั่นเท่ากับปริมาตรของตัวอย่างน้ำที่ใช้

การคำนวณ

$$\text{ซีไอดี มก.ออกซิเจน/ลบ.ดม.} = \frac{(A - B)M}{\text{ลบ.ซม. ตัวอย่างน้ำ}} \times 8000$$

โดย A = ลบ.ซม. ของ FAS ที่ใช้ในการไทเทรตแบลนด์

B = ลบ.ซม. ของ FAS ที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่างน้ำ

M = โมลาริตีของ FAS

6. ปริมาณเจลดาร์ลไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องมือในการย่อยสลาย (digestion unit) จะต้องมีเครื่องดูดอากาศเพื่อดูดไอน้ำและควันซ์ฟอสฟอรัสไตรออกไซด์ออกทิ้ง

2. เครื่องกลั่น แต่ละหน่วยจะประกอบด้วย เตา ขวดเจลดาร์ล (kjeldahl flask) ขนาด 500 - 1000 ลบ.ซม. ต่อกับกระเปาะแก้วคอนเนตติ้งบัลบ์ (connecting bulb) แล้วจึงต่อกับเครื่องควบแน่นชนิดตรง (vertical condenser) 1 อัน ซึ่งที่ปลายจะจุ่มอยู่ใต้สารที่ใช้จับแอมโมเนีย เครื่องควบแน่นอาจเป็นแก้วหรือท่ออะลูมิเนียม เครื่องกลั่นที่ใช้อาจจะประกอบด้วยหนึ่งหน่วยหรือมากกว่าหนึ่งหน่วย

รีเอเจนต์

1. น้ำที่ปราศจากแอมโมเนียละลายอยู่ (ammonia-free water) เพื่อนำไปใช้ในการเตรียมสารละลายต่าง ๆ ในการทดลองนี้เตรียมได้โดยวิธีใดวิธีหนึ่งดังต่อไปนี้

ก. ใส่แคทไอออน-เอกซ์เชนจ์ เรซิน (cation-exchange resin) 10 กรัม ลงในน้ำกลั่น 1000 ลบ.ซม. เขย่าแรง ๆ หรืออาจผ่านน้ำเข้าไปในคอลัมน์ซึ่งมีแคทไอออน-เอกซ์เชนจ์เรซิน ก็ได้

ข. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.1 ลบ.ซม. ต่อน้ำกลั่น 1000 ลบ.ซม. แล้วนำไปกลั่นอีกครั้ง

2. สารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ (borate buffer solution) นำโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 โมลาร์ จำนวน 88 ลบ.ซม. เติมลงในสารละลายโซเดียมเตตราบอเรต ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) 500 ลบ.ซม. เจือจางด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนีย จนได้ปริมาตร 1000 ลบ.ซม. (สารละลายโซเดียมเตตราบอเรต นำ 5.0 กรัมของ $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ หรือ 9.5 กรัม ของ $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1000 ลบ.ซม.)

3. สารที่ไปทำลายคลอรีน

ใช้สารใดสารหนึ่งต่อไปนี้ 1 ลบ.ซม. เพื่อกำจัดคลอรีนที่ตกค้าง 1 มก./ลบ.ดม. ในตัวอย่างน้ำ 500 ลบ.ซม. สารที่ไปทำลายคลอรีนมีดังนี้คือ

3.1 เฟนิลลาซีนออกไซด์ (phenylarsine oxide, C_6H_5AsO)

ละลายเฟนิลลาซีนออกไซด์ 1.2 กรัม ในโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.3 โมล/ลบ.ดม. จำนวน 200 ลบ.ซม. กรอง แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรเป็น 1000 ลบ.ซม.

ข้อควรระวัง ห้ามดูดหรือกลืนสารชนิดนี้ เพราะเป็นพิษ

3.2 โซเดียมอาร์เซไนต์ (sodium arsenite, $NaAsO_2$)

ละลายโซเดียมอาร์เซไนต์ 0.93 กรัม ในน้ำกลั่นเพียงเล็กน้อย แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรเป็น 1000 ลบ.ซม.

ข้อควรระวัง ห้ามดูดหรือกลืนสารชนิดนี้ เพราะเป็นพิษ

3.3 โซเดียมซัลไฟต์ (sodium sulphite, Na_2SO_3)

ละลายโซเดียมซัลไฟต์ 0.9 กรัม ในน้ำกลั่นเพียงเล็กน้อย แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรเป็น 1000 ลบ.ซม. สารละลายนี้เตรียมแล้วควรใช้ทันที

3.4 โซเดียมไทโอซัลเฟต (sodium thiosulfate, $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$)

ละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต 3.5 กรัม ในน้ำกลั่นเพียงเล็กน้อย แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรเป็น 1000 ลบ.ซม. สารละลายนี้ควรเตรียมทุกสัปดาห์

4. สารละลายให้ปรับ pH

4.1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 โมล/ลบ.ดม.

4.2 กรดซัลฟิวริก 0.5 โมล/ลบ.ดม.

5. สารละลายที่ใช้ดูดกลืนแอมโมเนีย (absorbent solution) เลือกใช้ตามวิธีการที่ใช้วิเคราะห์

5.1 สารละลายกรดบอริก (boric acid solution, H_2BO_3)

ละลายกรดบอริก 20 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรเป็น 1000 ลบ.ซม.

5.2 สารละลายอินดิเคติงบอริกแอซิด (indicating boric acid solution)

ละลายกรดบอริก 20 กรัม ในน้ำกลั่นเพียงเล็กน้อย เติมนิกซอินดิเคเตอร์ (mixed indicator) ลงไป 10 ลบ.ซม. แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรเป็น 1000 ลบ.ซม.

การเตรียมมิกซ์อินดิเคเตอร์

ละลายเมทิลเรดอินดิเคเตอร์ (methyl red indicator) 200 มก. ในเอทิลแอลกอฮอล์ (ร้อยละ 95) 100 ลบ.ซม. (หรือไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์) ละลายเมทิลีนบลู 100 มก. ในเอทิลแอลกอฮอล์ (ร้อยละ 95) 50 ลบ.ซม. (หรือไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์) แล้วผสมสารละลายทั้ง 2 ชนิดนี้เข้าด้วยกัน สารละลายนี้ควรเตรียมทุก ๆ เดือน

ข้อสังเกต สารละลายอินดิเคติงบอริกแอซิดจะมีสีม่วงถ้าไม่มีแอมโมเนียละลายอยู่ ถ้ามีแอมโมเนียละลายอยู่จะได้สีเขียว แสดงว่าสารละลายนี้ใช้ไม่ได้ ให้เตรียมใหม่และควรเตรียมทุก ๆ เดือน

6. สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก 0.01 โมล/ลบ.ดม.

7. สารละลายซิงค์ซัลเฟต (Zinc sulphate solution)

ละลายซิงค์ซัลเฟตเฮปตาไฮเดรต ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) 100 กรัม ในน้ำกลั่นเล็กน้อย แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรเป็น 1000 ลบ.ซม.

8. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 โมล/ลบ.ดม.

ละลาย 240 กรัม โซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำกลั่นเพียงเล็กน้อย แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรเป็น 1000 ลบ.ซม.

9. สารละลายสเทบิลไลเซอร์ (stabilizer reagent)

สารละลาย อีดีทีเอ (EDTA reagent)

ละลายไดโซเดียมเอทิลีนไดเอมีนเตตราแอสีเตตไดไฮเดรต $[CH_2N(COOH)CH_2COONa]_2 \cdot 2H_2O$ 50 กรัม ในน้ำ 60 ลบ.ซม. ซึ่งมีโซเดียมไฮดรอกไซด์ละลายอยู่ 10 กรัม ถ้าไม่ละลายให้ค่อย ๆ ให้ความร้อนจนละลายได้หมด ทิ้งให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้อง แล้วจึงเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรเป็น 1000 ลบ.ซม.

10. สารละลายสำหรับย่อยสลาย (digestion solution)

ละลายโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 134 กรัม ในน้ำ 650 ลบ.ซม. ผสมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 200 ลบ.ซม. แล้วละลายเมอร์คิวรี (II) ออกไซด์แดง [red mercury (II) oxide, H_2O] 2 กรัม ในกรดซัลฟิวริก 3 โมล/ลบ.ดม. ค่อย ๆ เติมลงในสารละลายโพแทสเซียมซัลเฟต แล้วทำให้เป็น 1000 ลบ.ซม. เก็บไว้ในที่ ๆ มีอุณหภูมิสูงกว่า $14^\circ C$ เพื่อป้องกันการตกตะกอน

11. ฟีนอล์ฟธาลีน อินดิเคเตอร์

12. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ - โซเดียมไทโอซัลเฟต (sodium hydroxide sodium thiosulphate reagent)

ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 500 กรัม และโซเดียมไทโอซัลเฟต เพนตาไฮเดรต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 25 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรเป็น 1000 ลบ.ซม.

วิธีวิเคราะห์

1. การเลือกปริมาตรของตัวอย่างน้ำที่เหมาะสม ปริมาตรของตัวอย่างน้ำที่ใช้ขึ้นอยู่กับปริมาณของ ออร์แกนิก - ไนโตรเจน ในตัวอย่างน้ำทั้งนั้น ๆ ดังรายละเอียดที่แสดงไว้ในตาราง ก-6

ตาราง ก-6 แสดงปริมาตรของตัวอย่างน้ำที่เหมาะสมในการออร์แกนิก - ไนโตรเจน

ออร์แกนิก - ไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำ (มก./ลบ.ดม.)	ปริมาณของตัวอย่างน้ำ (ลบ.ซม.)
0.1	500.0
1-10	250.0
10-20	100.0
20-50	50.0
50-100	25.0

จาก Standard Method for the Examination of water and Wastewater, 16 th edition, 1985

2. นำส่วนที่เหลือจากการหาแอมโมเนีย - ไนโตรเจนดังกล่าว แล้วมาหาค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดต่อไปได้โดย

2.1 เติมสารละลายสำหรับย่อยสลายออร์แกนิก - ไนโตรเจน 50 ลบ.ซม.

2.2 ต้มเคี่ยวจนได้สารละลายใส เคี่ยวต่อไปอีก 20 - 30 นาที ทิ้งให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่นลงไป 300 ลบ.ซม.

2.3 ทำให้เป็นด่าง ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ - โซเดียมไทโอซัลเฟต ประมาณ 50 ลบ.ซม. โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ แล้วนำไปกลั่นลงในสารละลายอินดิเคติงบอริกแอซิด 50 ลบ.ซม. จนได้ปริมาตรทั้งหมดเป็น 200 ลบ.ซม.

2.4 ทำส่วนที่กลั่นได้ให้เย็น แล้วนำไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก 0.01 โมล/ลบ.ดม. โดยใช้มีกซ์อินดิเคเตอร์ 2 - 3 หยด จดปริมาตรของกรดซัลฟิวริกมาตรฐานที่ใช้ไว้

การคำนวณ

$$\text{TKN มก./ลบ.ดม.} = \frac{(A - B) M \times 1000 \times 28}{\text{ลบ.ชม.ของตัวอย่างน้ำที่ใช้}}$$

A = ลบ.ชม.สารละลายกรดซัลฟิวริกที่ใช้สำหรับตัวอย่างน้ำ

B = ลบ.ชม. สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริกที่ใช้สำหรับแบลนด์

M = โมล/ลบ.ดม. ของสารละลายกรดซัลฟิวริกมาตรฐานที่ใช้

7. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus)

7.1. การย่อยสลายขั้นแรกโดยวิธีกรดซัลฟิวริก - ไนตริก (preliminary digestion steps for total phosphorus by sulfuric acid - nitric acid digestion)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ไดเจสชันแรค (digestion rack) ใช้ไฟฟ้า หรือแก๊สมีเทนสำหรับระบายควัน
2. ขวดไมโครเคลดดาห์ล (micro - kjeldahl flask)

รีเอเจนต์

1. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น
2. กรดไนตริกเข้มข้น
3. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน อินดิเคเตอร์
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 โมล/ลบ.ดม.

วิธีวิเคราะห์

ใส่ตัวอย่างน้ำจำนวนพอเหมาะประมาณ 25 - 100 ลบ.ชม. ลงในขวดไมโครเคลดดาห์ล ใส่กรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 ลบ.ชม. และกรดไนตริกเข้มข้น 5 ลบ.ชม. ตามลงไป นำไปย่อยสลายบนเครื่องไดเจสชันแรคจนได้ปริมาตร 1 ลบ.ชม. และย่อยสลายต่อไปเพื่อไล่กรดไนตริกจนกว่าสารละลายไม่มีสี

ทำให้เย็นและเติมน้ำกลั่นประมาณ 20 ลบ.ซม. ใส่ฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ 1 หยด (0.05 ลบ.ซม.) เติมนิโคติอิมไฮดรอกไซด์ 1 โมล/ลบ.ดม. ลงไปที่ละน้อย ๆ จนสารละลายมีสีชมพูอ่อน

ถ้าสารละลายนี้ขุ่น ให้กรองก่อนแล้วถ่ายลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 ลบ.ซม. ใช้น้ำกลั่นล้างสารละลายที่ติดตามขวดเจลดาร์ล จนแน่ใจว่าล้างหมด รวมน้ำที่ใช้ล้างทั้งหมดลงในสารละลายที่อยู่ในขวดวัดปริมาตรและเติมน้ำกลั่นลงไปจนถึงขีด จะได้ปริมาตร 100 ลบ.ซม. เก็บสารละลายนี้ไว้สำหรับหาฟอสฟอรัสต่อไป

ในกรณีที่ไม่มีไตเจสชันแรคและขวดไมโครเจลดาร์ล อาจใช้ถ้วยระเหย (porcelain evaporating dish) แทน และให้ระเหยในตู้ควีน

7.2 วิธีการวานาโด-โมลิบโด ฟอสฟอริกแอซิด คัลเลอร์ิเมตริก

(Vanadomolybdo phosphoric acid Colormetric method)

แนวความคิดโดยทั่วไป

1. หลักการ แอมโมเนียมโมลิบเดต ในสารละลาย ออร์โธฟอสเฟต (ortho phosphate) เจือจาง ทำปฏิกิริยาภายใต้สภาวะกรดแล้วจับตัวเป็นเฮเทอโรโพลีแอซิด (heteropoly acid) และ วานาเดียม (Vanadium) จะจับตัวเป็น vanadomolybdophosphoric acid ซึ่งมีสีเหลือง ความเข้มของสีเหลืองจะเป็นตัวบ่งบอกถึงความเข้มข้นของฟอสเฟต

2. การรบกวนการ รบกวนในทางบวกเกิดจากซิลิกา (silica) และ อาร์เซเนท (arsenate) ใน

กรณีที่ให้ความร้อนกับสารตัวอย่างการรบกวนในทางลบเกิดจากอาร์เซเนท (arsenate) ฟลูออไรด์ (fluoride) ทอริเรียม (thorium) บิสมัท (bismuth) ซัลไฟด์ (sulfide) ไทโอซัลไฟด์ (thiosulfate) ไทโอไซยาเนท (thiocyanate) หรือ โมลิบเดต (molybdate) ที่มากเกินไป สีน้ำเงินเกิดจากเฟอร์รัสไอออน (ferrous ion) แต่ไม่มีผลกับผลการทดลอง ถ้ามีความเข้มข้นของเฟอร์รัสไอออนน้อยกว่า 100 มก./ล. การรบกวนของซัลไฟด์กำจัดได้โดยการออกซิเดชันด้วยน้ำโบรมีน ไอออนที่ไม่มีผลในการรบกวนเมื่อความเข้มข้นมากถึง 1000 มก./ล. ได้แก่ Al^{3+} Fe^{3+} Mg^{2+} Ca^{2+} Ba^{2+} Sr^{2+} Li^{+} K^{+} NH_4^{+} Cd^{2+} Mn^{2+} Pb^{2+} Hg^{+} Hg^{2+} Sn^{2+} Cu^{2+} Ag^{+} U^{4+} Zr^{4+} AsO_3 Br CO_3^{2-} ClO_4^{-} CN^{-} IO_3^{-} SiO_4^{4-} NO_3^{-} SO_4^{2-} SO_3^{2-} ไพโรฟอสเฟต (pyrophosphate) โมลิบเดต (molybdate) เตตราโบเรท (tetraborate) ซีลีเนท (selenate) เบนโซเอท (benzoate) ซิทเรท (citrate) ออกซาเลท (oxalate) แลคเตต (lactate) ทาเทรต (tartrate)

ซาลิไซเลต (salicylate) ถ้าใช้กรดไนตริกในการทดสอบ คลอไรด์ไอออนจะรบกวนที่ความเข้มข้น 75 มก./ล.

3. ความเข้มข้นที่น้อยที่สุดที่ตรวจวัดได้ ความเข้มข้นที่น้อยที่สุดที่ตรวจวัดได้ คือ 200 ไมโครกรัมฟอสฟอรัส/ลิตร ในเซลล์สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ขนาด 1 เซนติเมตร

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. อุปกรณ์ทางคัลเลอร์ิเมตริก (Colorimetric) ใช้เครื่องอันโดอันหนึ่งต่อไปนี้

1.1 สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ใช้สำหรับ 400 ถึง 490 นาโนเมตร

1.2 ฟิลเตอร์โฟโตมิเตอร์ (Filter photometer) ซึ่งกรองแสงสีน้ำเงินหรือม่วงให้มีการผ่านแสงมากที่สุด ในช่วงระหว่าง 400 และ 470 นาโนเมตร

ความยาวคลื่นที่ใช้วัดความเข้มข้นของสีขึ้นกับความไวของเครื่อง (sensitivity) ที่ต้องการ เพราะความไวของเครื่องจะแปรผันกับความยาวคลื่น 400 ถึง 490 นาโนเมตร เฟอริกไอออน (Ferric ion) จะมีผลการรบกวนที่ความยาวคลื่นต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ 400 นาโนเมตร โดยปกตินิยมใช้ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร ช่วงความเข้มข้นสำหรับความยาวคลื่นต่าง ๆ ดังนี้

ตาราง ก-7 ช่วงความเข้มข้นสำหรับความยาวคลื่นที่ใช้

ช่วง P มก./ล.	ความยาวคลื่น นาโนเมตร
1.0 - 5.0	400
2.0 - 10	420
4.0 - 18	470

2. กรดสำหรับล้างเครื่องแก้ว ใช้กรดสำหรับล้างเครื่องแก้วเพื่อให้มีปริมาณฟอสฟอรัสติดอยู่น้อยที่สุด โดยปกติจะมีการปนเปื้อนของฟอสเฟตเนื่องมาจากการดูดซับไว้บนผิวหน้าของเครื่องแก้ว หลีกเลี่ยงการใช้ผงซักล้างในทางการค้าที่มีฟอสเฟตผสมอยู่ ล้างเครื่องแก้วทั้งหมดด้วยกรดไฮโดรคลอริกเจือจางที่ร้อน แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นหลาย ๆ ครั้ง อาจแยกเครื่องแก้วโดยเฉพาะสำหรับการหาปริมาณฟอสเฟตและหลังจากใช้แล้ว ล้างและเติมน้ำเอาไว้จนกว่าจะต้องการใช้อีก ถ้าทำเช่นนี้แล้วการล้างด้วยกรดไม่จำเป็นต้องทำทุกครั้ง

3. เครื่องมือสำหรับกรองและกระดาดกรอง

รีเอเจนต์

1. สารละลายอินดิเคเตอร์ฟีนอล์ฟทาลีน
2. กรดไฮโดรคลอริก, ไฮโดรคลอริก, 1+1 กรดซัลฟูริก, กรดไฮเปอร์คลอริก หรือกรดไนตริก อาจใช้แทนกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้นของกรดในการหาปริมาณฟอสฟอรัส นั้นไม่เคร่งครัดนักแต่ความเข้มข้นสุดท้ายของสารตัวอย่างควรจะเท่ากับ 0.5 นอर्मลล์
3. ผงถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) กำจัดอนุภาคเล็ก ๆ โดยล้างด้วยน้ำกลั่น
4. สารวานาเดต- โมลิบเดต (Vanadate-molybdate)
 - 4.1 สารละลาย A : ละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต (ammonium molybdate, $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 25 กรัม ในน้ำกลั่น 300 มล.
 - 4.2 สารละลาย B : ละลายแอมโมเนียมวานาเดต (ammonium vanadate, NH_4VO_3) 1.25 กรัม โดยให้ความร้อนหรือต้มในน้ำกลั่น 300 มล. ทิ้งไว้ให้เย็นเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 330 มล. ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติมสารละลาย A ลงในสารละลาย B ผสมกัน ให้ดี เจือจางให้เป็น 1 ลิตร
5. สารละลายมาตรฐานฟอสเฟต ละลายโปแตสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) ที่แห้ง 219.5 มก. ในน้ำกลั่น และเจือจางให้เป็น 1000 มล. ; 1.00 มก, = 50.0 ไมโครกรัม ฟอสเฟต

วิธีวิเคราะห์

1. ปรับพีเอชของสารตัวอย่าง ถ้าพีเอชของสารตัวอย่างมากกว่า 10 ใช้สารตัวอย่าง 50 มล. เติมอินดิเคเตอร์ฟีนอล์ฟทาลีน 0.05 มล. (1 หยด) เติม 1+1 ไฮโดรคลอริก จนได้สีแดงแล้วจึงเจือจางให้เป็น 100 มล.
2. การกำจัดสีจากสารตัวอย่าง การกำจัดสีทำโดยใส่ผงถ่านกัมมันต์ 200 มก. ลงในน้ำตัวอย่าง 50 มล. ซึ่งบรรจุอยู่ในเออร์เลนเมเยอร์พลาสติก แล้วเขย่าเป็นเวลา 5 นาที และกรองเอาผงถ่านออก ตรวจสอบผงถ่านสำหรับฟอสเฟตทุกครั้งที่ทำ เพราะบางครั้งอาจทำให้เกิดสารเคมีปริมาณสูงสำหรับ blank
3. การทำให้เกิดสีในน้ำตัวอย่าง ใส่ตัวอย่าง 35 มล. หรือน้อยกว่า ซึ่งมีฟอสฟอรัส 0.05 -1.0 มก. ในขวดวัดปริมาตร 50 มล. เติมสารละลายวานาเดต-โมลิบเดต 10 มล. และเจือจางให้ได้ถึงขีดโดยใช้น้ำกลั่น เตรียม blank โดยใช้น้ำกลั่น 35 มล. แทนน้ำตัว

อย่าง ทั้งเอาไว้ประมาณ 10 นาทีหรือนานกว่านั้น นำไปวัดการดูดกลืนแสงของน้ำตัวอย่าง เทียบกับ blank ที่ช่วงความยาวคลื่น 400 ถึง 490 นาโนเมตร ขึ้นอยู่กับว่าต้องการใช้ความไวของ เครื่องเท่าไร สีที่เกิดขึ้นมีความเสถียรอยู่ได้เป็นวันและความเข้มข้นของมันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิห้อง

4. การเตรียมกราฟมาตรฐาน (Calibration curve) เตรียมกราฟมาตรฐานโดยใช้ ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตที่เหมาะสม เมื่อไอออนเฟอริก มีปริมาณต่ำจนไม่เกิด การรบกวน พล็อตค่าของกราฟมาตรฐานใน 1 ชุด ของสารละลายมาตรฐานสำหรับแต่ละความ ยาวคลื่นที่ใช้ ซึ่งจะได้ช่วงความเข้มข้นที่กว้างใน 1 ชุดของการทดสอบ ทดสอบอย่างน้อย 1 ชุดของสารละลายมาตรฐานในแต่ละชุดของน้ำตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\text{มิลลิกรัมฟอสฟอรัส/ลิตร} = \frac{\text{มิลลิกรัมฟอสฟอรัส (ในปริมาตรสุดท้าย 50 มล.)} \times 1000}{\text{ปริมาณน้ำตัวอย่างที่ใช้ (มล.)}}$$

ภาคผนวก ข

ลักษณะการใช้และจำนวนผู้ใช้ห้องปฏิบัติการทดลองอาคารเรียนสมเด็จพระเทพฯ
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2537

ตาราง ข-1 แสดงการใช้ห้องปฏิบัติการทดลองเคมี

วัน	ช่วงเช้า	ภาควิชา/ชั้นปี จำนวน(คน)	ช่วงบ่าย	ภาควิชา/ชั้นปี จำนวน (คน)	จำนวนคน รวม (คน)
จันทร์	-	-	ป.ชีวเคมีพื้น ฐาน	ชีววิทยา 2 50	50
อังคาร	ป.ชีวเคมีพื้น ฐาน	พืชไร่, พืชสวน 1 42	ป.เคมี วิเคราะห์ 1	เคมี 1 52	94
พุธ	ป.เคมี วิเคราะห์ 1	อุตสาหกรรม เกษตร2,ปฐพี วิทยา 3 40,18	ป.เคมี อินทรีย์ 1	อุตสาหกรรม เกษตร 1,การ ผลิตสัตว์ 1, การหมัก 1 32,61,11	162
พฤหัสบดี			ป.เคมีวิ เคราะห์ 1	ชีววิทยา 2 50	50
ศุกร์	ป.เคมีอินทรีย์ 1	เคมี 1, ชีววิทยา 1 52,77	ป.เคมีอินทรีย์ 1	การผลิตพืช 1 125	254

ตาราง ข-2 แสดงการใช้ห้องปฏิบัติการชีววิทยา

วัน	ช่วงเช้า	ภาควิชา/ชั้นปี จำนวน(คน)	ช่วงบ่าย	ภาควิชา/ชั้นปี จำนวน (คน)	จำนวนคน รวม (คน)
จันทร์	ป.สัตว ศาสตร์	การผลิต สัตว์ 1 60	ป.พันธุศาสตร์	ชีววิทยา 1 77	137
อังคาร	-	-	ป.จุลชีววิทยา ทั่วไป	อุตสาหกรรม เกษตร 2 42	42
พุธ	ป.จุลชีววิทยา ทั่วไป	ชีววิทยา 2 50	ป.จุลชีววิทยา ทั่วไป	การผลิตพืช 2 89	139
พฤหัสบดี	ป.จุลชีววิทยา ทั่วไป	การผลิต สัตว์ 2,ปราบ ศัตรูพืช 2 38,26	ป.เทคโนโลยี ชีวภาพ 2 ป.สัตววิทยา ของพืช	ชีววิทยา 2 47 พืชไร่ 1 18	129
ศุกร์	ป.พฤกษศาสตร์	การผลิตพืช 1 124	ป.สัตวศาสตร์	ประมง 1 21	145

หมายเหตุ ห้องปฏิบัติการทดลองฟิสิกส์มีปริมาณการใช้นำน้อยมาก ถือว่ามีผลน้อย
มาก จึงไม่กล่าวถึงในที่นี้

ภาคผนวก ค
เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน

ลักษณะน้ำทิ้ง	หน่วย	ค่ามาตรฐานในระดับและขนาดชุมชนต่าง ๆ				หมายเหตุ
		ก.2501คน ขึ้นไป	ข.501-2500 คน	ค.101-500 น.น้อยกว่า 101 คน	ง.น้อยกว่า 101 คน	
1.บีโอดี	มก./ลบ.ดม.	20	30	60	90	เป็นบีโอดีของตัวอย่างน้ำที่ปล่อยให้ตกตะกอน 30 นาที
2. ปริมาณของแข็ง						
2.1 ปริมาณสารแขวนลอย	มก./ลบ.ดม.	30	40	50	60	
2.2 ปริมาณตะกอนหนัก	ลบ.ซม/ลบ.ดม.	0.5	0.5	0.5	0.5	
2.3 ปริมาณสารละลาย	มก./ลบ.ดม.	+500	+500	+500	+500	เพิ่มขึ้นจากปริมาณสารละลายในน้ำใช้ไม่เกิน 500 มก./ลบ.ดม.
3.ซีลไฟด์	มก./ลบ.ดม.	1.0	1.0	3.0	4.0	
4.คลอรีนอิสระตกค้าง	ม ก./ลบ.ดม.	0.3*	0.3*	-	-	เฉพาะภาวะโรคระบาดต้องเติมคลอรีนให้มีคลอรีนอิสระตกค้าง ในน้ำแต่มีค่าไม่เกิน 0.3 มก./ลบ.ดม. สำหรับภาวะปกติไม่ก่า หนดค่านี้ 5.ไนโตรเจน
5.1 ทีเคเอ็น	มก./ลบ.ดม.	-	-	40	40	แบ่งขนาดชุมชนเป็น 2 ระดับ คือ น้อยกว่า 501 และ 501 คน ขึ้นไป
5.2 ออร์แกนิก-ไนโตรเจน	มก./ลบ.ดม.	10	10	15	15	เครื่องหมาย - คือ ไม่กำหนด
5.3 แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	มก./ลบ.ดม.	-	-	25	25	เครื่องหมาย + คือ ไม่กำหนด เพราะปกติไม่มีในเทรต-ไนโตรเจน ออกมาจากกระบวนการใช้ออกซิเจน
5.4 ไนเตรต-ไนโตรเจน	มก./ลบ.ดม.	*	*	+	+	เครื่องหมาย * คือ จะกำหนดเมื่อแหล่งน้ำมีปัญหา

ลักษณะน้ำทิ้ง	หน่วย	ค่ามาตรฐานในระดับและขนาดชุมชนต่าง ๆ				หมายเหตุ
		ก.2501คน ขึ้นไป	ข.501-2500 คน	ค.101-500 คน	ง.น้อยกว่า 101 คน	
6.ค่าความเป็นกรด-ด่าง	-	5-9	5-9	5-9	5-9	
7.น้ำมันและไขมัน	มก./ลบ.ดม.	20	20	20	20	ตัวอย่างผสมเป็นเนื้อเดียวกัน (emulsified samples)
8.ฟิคัล โคลิฟอร์ม	เอ็มพีเอ็น/100 ลบ.ชม.	x	x	x	x	เครื่องหมาย x คือ ไม่กำหนดในขณะนี้ แต่จะกำหนด ภายหลังเมื่อมีข้อมูลเพิ่มเติม
9.ฟอสเฟต	มก./ลบ.ดม.	x	x	x	x	

หมายเหตุ มติคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ 31 มกราคม 2528

ภาคผนวก ง
ลักษณะน้ำเสียจากอาคารมหาวิทยาลัย

การศึกษาคุณภาพและปริมาณน้ำทิ้งจากอาคารมหาวิทยาลัยในสถาบันการศึกษาแต่ละแห่งให้ผลการทดลองที่แตกต่างกัน ในที่นี้จะยกผลการศึกษาซึ่งจะให้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการศึกษาคูณภาพน้ำทิ้งบริเวณศูนย์เรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ ในครั้งนี้

1) การศึกษาคูณภาพและปริมาณน้ำทิ้งภายในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ศูนย์รังสิต
(A Study of Quality and Quantity of Domestic Wastewater in Thammasat University, Rangsit Campus) โดย อุษษา วิเศษสุมน

การศึกษาคูณภาพและลักษณะน้ำทิ้ง/น้ำเสียในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการป้องกันและแก้ไขปัญหาคูณภาพเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำในมหาวิทยาลัยฯ และสภาพโดยรอบ ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากกลุ่มอาคาร 12 อาคาร มีค่าเฉลี่ย 1000 ลบ.ม./วัน ค่าที่ 50 % Probability ของดัชนีที่สำคัญหลังจากผ่านระบบบ่อบำบัดแล้ว ได้แก่ บีโอดี (BOD) = 35 มก./ล., ไนเตรต ($\text{NO}_3\text{-N}$) = 0.32 มก./ล. และ ฟอสเฟต ($\text{PO}_4\text{-P}$) = 0.80 มก./ล.

ในการทำวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ รวม 8 ค่า คือ อุณหภูมิ, พีเอช (pH), ออกซิเจนละลาย (DO), บีโอดี (BOD), ไนเตรต-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$), ฟอสเฟต ($\text{PO}_4\text{-P}$), ของแข็งแขวนลอย (SS) และ ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (FCB) แต่สำหรับพารามิเตอร์ที่สำคัญ ได้แก่ บีโอดี (BOD), ไนเตรต-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$), ฟอสเฟต ($\text{PO}_4\text{-P}$) ได้นำค่าที่ได้ทั้ง 5 ครั้งมาวิเคราะห์โดยใช้หลัก Time Series Analysis เพื่อหาโอกาสที่จะพบค่าที่เท่ากับหรือน้อยกว่าค่าที่กำหนดซึ่งผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังนี้

-ลักษณะน้ำเสีย บีโอดี (BOD) ไม่สูงนัก อยู่ในช่วง 20-118 มก./ล. ยกเว้นน้ำเสียโรงอาหาร มีค่า บีโอดี (BOD) ค่อนข้างสูง เฉลี่ยมากกว่า 769 มก./ล. แต่ก็มีปริมาณน้อยประมาณ 4.28 % ของปริมาณน้ำทั้งหมด ดังนั้นการเจือจางจะทำให้ค่าบีโอดีไม่สูงนัก

ค่า BOD ที่ 50 % Probability = 35 มก./ล.

ค่า BOD ที่ 80 % Probability = 60 มก./ล.

ค่าบีโอดี เฉลี่ย 35 มก./ล. นี้ สูงเกินกว่ามาตรฐานคูณภาพน้ำทิ้ง จากอาคารประเภท ก กำหนดไว้ไม่เกิน 20 มก./ล. (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ) ซึ่งอาคารต่าง ๆ ในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จัดอยู่ในประเภท ก.

จากข้อมูลนี้ ถ้าให้ปริมาณน้ำเสียมีค่าโดยเฉลี่ย 1000 ลบ.ม./วัน และออกแบบที่ค่าบีโอดี 80% Probability จะคำนวณปริมาณบีโอดีที่จะต้องบำบัดเท่ากับ 60 กก./วัน

-ส่วนค่าไนเตรต-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) เมื่อนำมาวิเคราะห์ พบว่า

ค่า $\text{NO}_3\text{-N}$ ที่ 50% Probability = 0.32 มก./ล.

ค่า $\text{NO}_3\text{-N}$ ที่ 80% Probability = 1.00 มก./ล.

ค่าไนเตรต-ไนโตรเจน ในน้ำทิ้ง จะเป็นอาหารเสริมของแบคทีเรีย ที่ใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่ แต่ถ้ามีมากเกินไปก็จะเกิดสภาพการระบาดของพืชน้ำ (Eutrophication)

-ฟอสเฟต ($\text{PO}_4\text{-P}$) เมื่อนำมาวิเคราะห์พบว่า

ค่า $\text{PO}_4\text{-P}$ ที่ 50% Probability = 0.80 มก./ล.

ค่า $\text{PO}_4\text{-P}$ ที่ 80% Probability = 1.40 มก./ล.

ค่าฟอสเฟตนี้ก็เช่นเดียวกับไนเตรต คือ เป็นอาหารเสริมให้กับแบคทีเรียในแหล่งน้ำหากมีค่าฟอสเฟตมากกว่า 0.1 มก./ล. ก็จะทำให้เกิดการระบาดของพืชน้ำ

2) ลักษณะและปริมาณน้ำเสียจากอาคารสาธารณะบางประเภท (ในที่นี้กล่าวถึงเฉพาะอาคารมหาวิทยาลัย) โดย นายธานี ประดับหยิว

วิธีการวิจัยใช้วิธีการชักตัวอย่างน้ำเสียและวัดปริมาณน้ำเสียโดยตรงจากอาคารสาธารณะประเภทต่าง ๆ ประเภทละ 1-2 อาคาร

ผลการวิจัยพบว่าค่าเฉลี่ยของบีโอดีของน้ำเสียจากอาคารสาธารณะประเภทต่าง ๆ มีค่าที่แตกต่างกันตั้งแต่ 28 ถึง 6300 มก./ล. โดยค่าเฉลี่ยของบีโอดีของน้ำเสียจากห้างสรรพสินค้าแห่งที่ 1 และ 2, โรงพยาบาล, ภัตตาคาร, มหาวิทยาลัย, สถานีขนส่ง, สำนักงานและโรงเรียน มีค่าเท่ากับ 238 และ 156, 498, 292, 28, 6300, 94, 95 มก./ล. ตามลำดับ ปริมาณน้ำเสียในหน่วยลิตรต่อวันเทียบกับตัวแปรของอาคารที่มีผลต่อการผลิตน้ำเสียเฉลี่ยทั้งสัปดาห์ จากห้างสรรพสินค้าแห่งที่ 1 และ 2 เฉลี่ยต่อพื้นที่บริการเป็น ตร.ม. เท่ากับ 174.88 และ 91.69 ตามลำดับ และเฉลี่ยต่อจำนวนพนักงานมีค่าเท่ากับ 8.26 และ 6.72 ตามลำดับ, โรงพยาบาลเฉลี่ยต่อเตียงทั้งหมดและจำนวนผู้ป่วยในเท่ากับ 574 และ 847 ตามลำดับ, ภัตตาคารเฉลี่ยต่อที่นั่ง, จำนวนผู้ใช้บริการและพื้นที่บริการเป็น ตร.ม. เท่ากับ 12.2, 35.4 และ 11.4 ตามลำดับ, มหาวิทยาลัยเฉลี่ยต่อจำนวนนิสิตและพื้นที่ห้องเรียนเป็น ตร.ม. เท่ากับ 22.4 และ 6.29 ตามลำดับ, สถานีขนส่งเฉลี่ยต่อจำนวนผู้โดยสารเท่ากับ 1.11, สำนักงานเฉลี่ยต่อพื้นที่ทำงานเป็น ตร.ม. และจำนวนพนักงานเท่ากับ 7.7 และ 89 ตามลำดับ, โรงเรียนเฉลี่ยต่อจำนวนนักเรียนและพื้นที่ห้องเรียนเป็น

ตร.ม. เท่ากับ 26.2 และ 19.62 ตามลำดับ การแปรผันของน้ำเสียจากอาคารทั้งหมดมีค่าต่ำ จำนวนเท่าของอัตราไหลสูงสุดต่ออัตราไหลเฉลี่ยมีค่าระหว่าง 1.22-2.28

ตาราง ง-1 ลักษณะสมบัติน้ำเสียจากอาคารมหาวิทยาลัย

แหล่ง น้ำเสีย	จำนวน ตัวอย่าง	ลักษณะสมบัติน้ำเสีย							หมาย เหตุ
		พีเอช	อุณหภูมิ °ซ	เอสเอส มก./ล.	ซีโอดี มก./ล.	บีโอดี มก./ล.	ทีเคเอ็น มก./ล.	ฟอส- ฟอรัส มก./ล.	
น้ำโส โครก และน้ำ เสียอื่น	9	7.5-8.0	21-23	18-27	43-85	21-45	2.9-7.1	1.9-4.3	
ค่าเฉลี่ย	-	7.7	22	22	54	28	4.9	2.7	

ค่าเอส เอส ของน้ำเสียจากอาคารมหาวิทยาลัย มีค่าใกล้เคียงกับมาตรฐานน้ำทิ้งจาก โรงงานอุตสาหกรรมและมาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน ซึ่งกำหนดค่าเอส เอส ของน้ำทิ้งไม่เกิน 30 มก./ล.

ค่าทีเคเอ็นมีค่าค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้น เกิดจากกิจกรรม การใช้สอยอาคาร ซึ่งไม่มีใครจะมีกิจกรรมการขับถ่ายมากนัก เนื่องจากนิสิตใช้เวลาอยู่ในอาคาร ในแต่ละวันค่อนข้างสั้น จึงมีการผลิตยูเรียให้น้ำเสียจากอาคารนี้ค่อนข้างน้อย รวมทั้งสาเหตุ กิจกรรมอาคารไม่มีการประกอบอาหาร หรือล้างจานชาม จากเหตุดังกล่าวประกอบกัน ค่าที เคเอ็นของอาคารมหาวิทยาลัยนี้มีค่าไม่มากนัก

ลักษณะสมบัติน้ำเสียจากอาคารมหาวิทยาลัยมีค่าความสกปรกหรือความเข้มข้นของ สารต่าง ๆ ค่อนข้างต่ำ ซึ่งสรุปสาเหตุสำคัญจากการใช้สอยอาคารนิสิต ซึ่งมีเวลาการใช้อาคาร ค่อนข้างสั้นตามชั่วโมงการเรียนการสอน การขับถ่าย จึงมีโอกาสเกิดขึ้นน้อย

ตาราง ง-2 แสดงปริมาณน้ำเสียจากอาคารมหาวิทยาลัย

แหล่งน้ำเสีย	จำนวนชม. การไหลใน รอบวัน	จำนวน วันทดลอง	ตัวแปร- การผลิตน้ำเสีย		ปริมาณน้ำ เสียเฉลี่ย ลิตร/หน่วย วัด/วัน	หมายเหตุ
			หน่วยวัด	จำนวน		
น้ำโสโครก จากส้วม และน้ำเสีย อื่น ๆ	12	10	นิสิต	74	22.45	วันหยุด ราชการ การไม่มี การใช้น้ำ
			พื้นที่ห้อง เรียน(ตร.ม)	264	6.29	

ตาราง ง-3 แสดงปริมาณสารอินทรีย์จากอาคารมหาวิทยาลัย

แหล่งน้ำ เสีย	*ความเข้มข้น บีโอดี มก./ล	**ปริมาณน้ำเสีย ลิตร/วัน		ปริมาณมลสาร กรัมบีโอดี/วัน		หมายเหตุ
		ต่อนิสิต	ต่อพื้นที่ห้อง เรียน (ตร.ม.)	ต่อนิสิต	ต่อพื้นที่ ห้องเรียน (ตร.ม.)	
น้ำโสโครก จากส้วม และน้ำเสีย อื่น ๆ	29.67	21.82	6.12	0.65	0.18	*เฉลี่ยเฉพาะ วันที่มีการวัด ปริมาณน้ำ เสียเท่านั้น **เฉลี่ย เฉพาะวันที่มี ผลกา รวิเคราะห์ค่า บีโอดีเท่านั้น

ปริมาณน้ำเสียจากอาคารมหาวิทยาลัยมีความสม่ำเสมอพอควรในแต่ละชั่วโมง ค่าจำนวนเท่าของอัตราไหลสูงสุดเทียบกับอัตราไหลเฉลี่ยมีค่าระหว่าง 1.30 - 2.53 ทั้งนี้เพราะในอาคารมหาวิทยาลัยมีกิจกรรมการใช้น้ำค่อนข้างสม่ำเสมอ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นน้ำชำระในห้องน้ำ ห้องส้วม ไม่มีการอาบน้ำหรือประกอบอาหารซึ่งเป็นลักษณะการใช้น้ำที่เป็นช่วงเวลาทำให้อัตราไหลของน้ำเสียในรอบวันแปรผันไปได้มาก

ปริมาณน้ำเสียต่อจำนวนนิสิตต่อวันมีค่าระหว่าง 19.2-25.5 ลิตร/คน/วัน ซึ่งมีค่าไม่มากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำเสียจากอาคารสาธารณะประเภทอื่นในการสำรวจศึกษานี้ ทั้งนี้เป็นเพราะลักษณะการใช้สอยอาคารของนิสิต ซึ่งแต่ละคนมีระยะเวลาใช้อาคารค่อนข้างสั้น เฉพาะช่วงการเรียนการสอนเท่านั้น

ข้อมูลลักษณะสมบัติและปริมาณน้ำเสียจากอาคารมหาวิทยาลัยที่สำรวจศึกษานี้มีความเหมาะสมและมีความน่าเชื่อถือได้ แม้ผลการสำรวจศึกษาจะให้ค่าที่ค่อนข้างน้อยจนเป็นที่สังเกต หากเมื่อพิจารณาวิธีการสำรวจศึกษานี้ ซึ่งทำการวัดปริมาณน้ำเสียโดยตรง และด้วยวิธีการที่เหมาะสมจึงทำให้ผลการสำรวจศึกษานี้มีความน่าเชื่อถือได้

ตาราง ง-4 สรุปลักษณะสมบัติน้ำเสียจากอาคารมหาวิทยาลัย

ลักษณะสมบัติน้ำเสีย	แหล่งน้ำเสีย	ค่าที่ตรวจวัด		
		เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด
พีเอช	น้ำโสโครกจากส้วมและน้ำเสียจากกิจกรรมอื่น ๆ	7.7	8.0	7.5
อุณหภูมิ, °ซ		22	23	21
เอส เอส, มก./ล		22	27	18
ซีไอดี, มก./ล		54	85	43
บีไอดี, มก./ล		28	45	21
ทีเคเอ็น, มก./ล		4.9	7.1	2.9
ฟอสฟอรัส, มก./ล.		2.7	4.3	1.9

3) การบำบัดน้ำเสียจากหอพักด้วยระบบถังเกรอะ-ถังกรองใ้อากาศ

โดย บุษมาพร ชัยวานิชยา

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงความสามารถในการบำบัดน้ำเสียจากหอพัก ของระบบถังเกรอะ - ถังกรองใ้อากาศชนิดติดกับที่ ซึ่งระบบดังกล่าวประกอบด้วย ถังเกรอะ 2 ถัง และถังกรองใ้อากาศ 1 ถัง โดยมีความจุของถังเกรอะ 2.88 ลบ.ม. ความจุของถังกรองใ้อากาศ 1.16 ลบ.ม. ภายในถังกรองใ้อากาศบรรจุตัวกรองซึ่งเป็นหินบดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5-3.5 ซม. หนา 90 ซม. ปริมาณน้ำเสียที่บำบัดเท่ากับ 1230 ลิตร/วัน ระยะเวลาที่กักเก็บน้ำเสียประมาณ 3.28 วัน

ผลการศึกษาพบว่า ระบบถังเกรอะ - ถังกรองใ้อากาศสามารถบำบัด BOD, SUSPENDED SOLIDS, SETTLEABLE SOLIDS, TOTAL DISSOLVED SOLIDS และ ORG-NITROGEN ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งของอาคาร ประเภท ง ของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ โดยมีประสิทธิภาพในการบำบัด BOD, SUSPENDED SOLIDS, SETTLEABLE SOLIDS, TOTAL DISSOLVED SOLIDS, ORG-NITROGEN และ GREASE & OIL เท่ากับร้อยละ 74.59, 80.37, 98.02, 40.62, 48.64 และ 88.68 ตามลำดับ ในขณะที่ถังเกรอะสามารถบำบัดน้ำเสียจากหอพักได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งของอาคารเพียงอย่างเดียวคือ ORG-NITROGEN และมีประสิทธิภาพในการบำบัด BOD, SUSPENDED SOLIDS, SETTLEABLE SOLIDS, TOTAL DISSOLVED SOLIDS, ORG-NITROGEN และ GREASE & OIL เท่ากับร้อยละ 44.09, 46.06, 85.028, 25.27, 23.92 และ 58.46 ตามลำดับ จากการศึกษาครั้งนี้ยังพบว่า ระบบถังเกรอะ - ถังกรองใ้อากาศสามารถบำบัดน้ำเสียจากหอพักได้โดยไม่ต้องมีการคุมองค์ประกอบและสภาพแวดล้อม

นอกจากนี้ระบบถังเกรอะ (SEPTIC TANK) ที่เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบันนั้น ถ้าพื้นดินเป็นดินแน่นหรือมีเนื้อที่จำกัดก็จะทำให้น้ำซึมผ่านไปได้ยาก หรือถ้ามีน้ำใต้ดินที่อยู่ไม่ลึกมากอย่างกรุงเทพมหานครก็จะเป็นสาเหตุทำให้น้ำใต้ดินได้รับการปนเปื้อนได้ ทั้งนี้ยังพบว่า ถังเกรอะมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ได้ 26-65 % กำจัดสารแขวนลอยได้ 40-80 % และกำจัดพวกไขมันได้ 70-80 % แต่ถังเกรอะไม่สามารถลดจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคให้หมดไปได้ น้ำทิ้งที่ออกจากถังเกรอะยังคงมีค่าบีโอดี แบนคทีเรีย ไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัสสูง จำเป็นต้องมีการบำบัดขั้นทุติยภูมิซึ่งโดยทั่วไปนิยมใช้ SAND FILTER, SAND FILTER TRENCHES ซึ่งวิธีดังกล่าวจำเป็นที่จะต้องมีการดูแลบ่อย และต้องใช้น้ำช่วยเพื่อให้งานบำบัดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและต่อเนื่อง

ตาราง ง-5 แสดงคุณลักษณะของน้ำเสียจากหอพัก ณ จุดต่าง ๆ

ประเภท คุณภาพ	หอพัก	น้ำเสียที่ออก จากถังเกรอะ	ถังเกรอะ-ถัง กรองไร้อากาศ	มาตรฐาน คุณภาพของ อาคารประเภท ง
1.BOD(mg/l)	150-320	92-170	15-18	90
Average	217.07	117.17	49.10	
%การบำบัด	-	44.09	74.59	
2.SS(mg/l)	172-348	88-156	24-60	60
Average	230.43	118.10	42.40	
%การบำบัด	-	46.06	80.37	
3.SS(cm ³ /l)	2-15	0.1-2.0	0.01-0.3	0.5
Average	7.45	0.65	0.10	
%การบำบัด	-	85.28	98.02	
4.TDS(mg/l)	313-828	241-604	200-481	500 ⁺
Average	532.37	393.80	311.13	
%การบำบัด	-	25.27	40.62	
5.Sulfide (mg/l)	-	1.15-3.60	3.21-9.68	4
Average	-	2.53	5.89	
6.TKN(mg/l)	30.33-44.19	33.18-46.20	30.38-46.30	40
Average	38.14	39.50	39.45	
7.Org-nitrogen (mg/l)	8.55-16.30	5.95-14.00	2.45-10.10	15
Average	12.70	9.66	6.52	
%การบำบัด	-	23.92	48.64	
8.NH ₃ -N (mg/l)	18.75-35.00	24.0-37.35	24.60-40.25	25
Average	25.70	29.64	32.95	

9.pH	5.70-8.62	5.80-8.10	7.11-8.40	5-9
Average	7.52	6.98	7.48	
10.Greasa&Oil (mg/l)	213-920	102-299	13-98	20
Average	530.10	201.04	55.43	
%การบำบัด	-	58.46	88.68	

บรรณานุกรม

1. เกียรติศักดิ์ อุดมสินโรจน์, ดร. วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มิตรนราการพิมพ์, 2537
2. เกียรติศักดิ์ อุดมสินโรจน์, ดร. วิศวกรรมกรรมการกำจัดน้ำเสีย เล่มที่ 1 พิมพ์ครั้งที่ 3, มิตรนราการพิมพ์, 2536
3. เกียรติศักดิ์ อุดมสินโรจน์, ดร. วิศวกรรมกรรมการกำจัดน้ำเสีย เล่มที่ 2 พิมพ์ครั้งที่ 2, มิตรนราการพิมพ์, 2535
4. ณรงค์ ณ เชียงใหม่ มลพิษสิ่งแวดล้อม สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2525
5. ธงชัย พรรณสวัสดิ์, ศ.ดร. และ อูษา วิเศษสุนัน คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย พิมพ์ครั้งที่ 3, สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมไทย, 2535
6. พิมพ์ เวียนวัฒนา และ ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์ เคมีสภาวะแวดล้อม สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2525
7. เสริมพล รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์ การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2524
8. American Public Health Association. "Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water." American Public Health Association Inc., Washington D.C., 1985
9. กรมควบคุมมลพิษและสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย ศัพท์บัญญัติและนิยามสิ่งแวดล้อมน้ำ, 2536
10. ชัยลักษณะณ์ เจริญรัตน์ ธัญญา วิจารณ์ พรทัต เจริญสันติวรกุล และ สุชาติ เพิ่มพูนอนันต์ชัย "การสำรวจน้ำเสียและแนวทางการบำบัดน้ำเสียในบริเวณคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง" วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ปีการศึกษา 2535
11. ธนะศักดิ์ ตริฎิเดช "การศึกษาและออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์" วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ปีการศึกษา 2536
12. ธานี ประดับหยิว "ลักษณะและปริมาณน้ำเสียจากอาคารสาธารณะบางประเภท" วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529