b15562

การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติบำบัด กรณีศึกษา ศูนย์กสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง

สิริสุดา หนูทิมทอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม)
คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
2550

การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติบำบัด
กรณีศึกษา ศูนย์กสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง
สิริสุดา หนูทิมทอง
คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาแล้วเห็นสมควรอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์.....ประธานกรรมการ
(ดร. สมพจน์ กรรณนุช)

รองศาสตราจารย์.....กรรมการ
(ดร. ธวัชชัย ศุภดิษฐ์)

อาจารย์.....กรรมการ
(วิวัฒน์ ศัลยกำธร)

รองศาสตราจารย์.....รักษาราชการแทนคณบดี
(ดร. สุรสิทธิ์ วชิรชจร)
วันที่ ๒๓ ตุลาคม พ.ศ. 2550

บทคัดย่อ

ชื่อวิทยานิพนธ์	การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติบำบัด กรณีศึกษา ศูนย์กลิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง
ชื่อผู้เขียน	นางสาวสิริสุดา หนูทิมทอง
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม)
ปีการศึกษา	2550

การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติบำบัด กรณีศึกษา ศูนย์กลิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโดยใช้วิธีธรรมชาติจากจุดต่าง ๆ ของลำรางประดิษฐ์ ได้แก่ น้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) น้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) น้ำตก พืชห้าชั้น อิฐยกระดับ แปลงธูปฤาษี แปลงผักตบชวา และฝายชะลอน้ำ เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำก่อนและหลังการบำบัด ซึ่งได้แก่ ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid) แอมโมเนีย (NH_3) ไนเตรท (NO_3) ความเป็นกรด – ด่าง (pH) แบคทีเรียกลุ่มโคลีฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria) แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)

ผลการศึกษา พบว่า จุดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) สามารถบำบัดไนเตรทได้ดีที่สุด จุดน้ำตกและแปลงผักตบชวาสามารถบำบัดแอมโมเนียได้ดีที่สุด จุดอิฐยกระดับสามารถบำบัดบีโอดีได้ดีที่สุด แปลงธูปฤาษีสามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยได้ดีที่สุด และในส่วนของฝายชะลอน้ำสามารถบำบัดฟอสฟอรัส แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มได้ดีที่สุด

สรุปได้ว่า ฝายชะลอน้ำสามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะสามารถบำบัดสิ่งปนเปื้อนในน้ำได้เป็นอย่างดี

ABSTRACT

Title of Thesis	Effectiveness of Wastewater Treatment by Natural Method: A Case Study of Natural Agriculture Center Mab Aung
Author	Miss Sirisuda Nootimthong
Degree	Master of Science (Environmental Management)
Year	2007

Effectiveness of Wastewater Treatment by Natural Method: A Case Study of Natural Agriculture Center Mab Aung

The objective of this study was to find out the effective of natural method with wastewater treatment at Natural Agriculture Center Mab Aung. The methods were: 1) fountain 1 (behind toilet), 2) fountain 2 (behind kitchen), 3) waterfall, 4) five levels forest, 5) uplifted block, 6) *Typha angustifolia* crop field, 7) water hyacinth crop field and 8) check dam to compare the effective before and after treatment in terms of total phosphorus, biochemical oxygen demand (BOD), suspended solid (SS), ammonia, nitrate, pH, total coliform bacteria and fecal coliform bacteria.

The results illustrated that nitrate could be treated mostly at fountain 1 area, ammonia at waterfall and water hyacinth areas, BOD at uplifted block, SS at *Typha angustifolia* crop field, and phosphorus, total coliform bacteria and fecal coliform bacteria at check dam.

It can be concluded that check dam area can treat wastewater most effectively.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่านได้กรุณาให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษา ข้อแนะนำ ตลอดทั้งกำลังใจและกำลังกาย

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมพจน์ กรรณนุช ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ธวัชชัย ศุภดิษฐ์ กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้แนวคิด คำชี้แนะ และตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้อย่างละเอียดทุกขั้นตอน และอาจารย์วิวัฒน์ ศัลยกำธร กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ในการทำงานวิจัย รวมถึงแนวทาง และคำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ในหลักสูตรการจัดการสิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดความรู้ให้แก่ผู้เขียน และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของหลักสูตรทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการติดต่อประสานงานเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณสนาน เจริญพร และเจ้าหน้าที่ของศูนย์กสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้องทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ หลักสูตรการจัดการสิ่งแวดล้อม รุ่น 10 ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้ผู้เขียนมาโดยตลอด และขอขอบคุณ คุณวิรัช เอื้อทรงธรรม คุณวรมน สุนทรภัค คุณพนมกร ชุนอ่อน และคุณนงค์นภา เกลี้ยงเกลา คุณชุลีพร วณิชกุลชัยพร ที่มีส่วนช่วยในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่ได้ช่วยเหลือและสนับสนุนให้ผู้เขียนได้มีโอกาสในการเข้าศึกษา และได้จัดทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้

สิริสุดา หนูทิมทอง

ตุลาคม 2550

b155262

สารบัญ

	หน้า	
บทคัดย่อ	(3)	
ABSTRACT	(4)	
กิตติกรรมประกาศ	(5)	
สารบัญ	(6)	
สารบัญตาราง	(8)	
สารบัญภาพ	(9)	
บทที่ 1 บทนำ	1	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1	
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2	
1.3 สมมติฐานการศึกษา	3	
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	3	
1.5 กรอบแนวคิดในการศึกษา	3	
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4	
1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ	4	
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	6	c2-1
2.1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับน้ำเสีย	6	
2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสีย	17	
2.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติ	27	c2-2
2.4 ข้อมูลศูนย์กสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง	34	
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	35	
บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการศึกษา	40	
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	40	
3.2 วิธีการศึกษา	40	

3.3 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	42	
3.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	43	
3.5 การบันทึกข้อมูล	43	
3.6 ระยะเวลาและสถานที่ที่ใช้ในการทดลอง	44	
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	45	c4-1
4.1 น้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ)	45	
4.2 น้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว)	56	
4.3 น้ำตก	65	
4.4 พืชห้าชั้น	74	c4-2
4.5 อิฐยกระดับ	83	
4.6 แปลงธูปฤาษี	92	
4.7 แปลงผักตบชวา	102	c4-3
4.8 ฝายชะลอน้ำ	112	
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	122	
5.1 สรุปผลการทดลอง	122	
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับศูนย์กสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง	126	
5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาครั้งต่อไป	126	
บรรณานุกรม	128	
ภาคผนวก	133	
ภาคผนวก ก มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	134	ap-1
ภาคผนวก ข วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	139	
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ	167	ap-2
ภาคผนวก ง ภาพแสดงจุดเก็บน้ำตัวอย่างจากลำรางประดิษฐ์	201	ap-3
ประวัติผู้เขียน	206	

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 วิธีการกักตัวอย่างของน้ำ และช่วงเวลากัก และปริมาณของตัวอย่างน้ำที่ควรกักไว้ 14

3.1 วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ 43

4.1 คุณภาพน้ำที่ผ่านจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) 51

4.2 คุณภาพน้ำที่ผ่านจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) 60

4.3 คุณภาพน้ำที่ผ่านจุดบำบัดน้ำตก 69

4.4 คุณภาพน้ำที่ผ่านจุดบำบัดพืชห้าชั้น 78

4.5 คุณภาพน้ำที่ผ่านจุดบำบัดอิฐยกระดับ 87

4.6 คุณภาพน้ำที่ผ่านจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี 97

4.7 คุณภาพน้ำที่ผ่านจุดบำบัดแปลงผักตบชวา 107

4.8 คุณภาพน้ำที่ผ่านจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ 117

5.1 ร้อยละของคุณภาพน้ำตัวอย่างที่ลดลงหลังการบำบัดในจุดต่าง ๆ ของลำรางประดิษฐ์ 125

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge) 23

2.2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบคลองวนเวียน 24

2.3 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแผ่นจานหมุนชีวภาพ 24

2.4 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ 25

3.1 แผนที่จุดเก็บน้ำตัวอย่าง 41

4.1 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) 52

4.2 ค่าบีโอดีในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) 52

4.3 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) 53

4.4 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) 53

4.5 ปริมาณไนเตรทในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) 54

4.6 ค่าความเป็นกรด – ด่างในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) 54

4.7 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) 55

4.8 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) 55

4.9 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) 61

4.10 ค่าบีโอดีในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) 61

4.11 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) 62
4.12 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) 62
4.13 ปริมาณไนเตรทในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) 63
4.14 ค่าความเป็นกรด – ด่างในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) 63
4.15 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) 64
4.16 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) 64
4.17 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก 70
4.18 ค่าบีโอดีในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก 70
4.19 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก 71
4.20 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก 71
4.21 ปริมาณไนเตรทในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก 72
4.22 ค่าความเป็นกรด – ด่างในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก 72
4.23 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก 73
4.24 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก 73
4.25 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น 79
4.26 ค่าบีโอดีในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น 79
4.27 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น 80
4.28 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น 80
4.29 ปริมาณไนเตรทในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น 81
4.30 ค่าความเป็นกรด – ด่างในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น 81

4.31 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น 82
4.32 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น 82
4.33 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ 88
4.34 ค่าบีโอดีในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ 88
4.35 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ 89
4.36 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ 89
4.37 ปริมาณไนเตรทในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ 90
4.38 ค่าความเป็นกรด – ด่างในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ 90
4.39 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ 91
4.40 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ 91
4.41 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี 98
4.42 ค่าบีโอดีในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี 98
4.43 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี 99
4.44 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี 99
4.45 ปริมาณไนเตรทในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี 100
4.46 ค่าความเป็นกรด – ด่าง ในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี 100
4.47 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี 101
4.48 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี 101
4.49 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดผักตบชวา 108
4.50 ค่าบีโอดีในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา 108
4.51 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา 109

4.52 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา 109
4.53 ปริมาณไนเตรทในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา 110
4.54 ค่าความเป็นกรด – ด่างในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา 110
4.55 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา 111
4.56 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา 111
4.57 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ 118
4.58 ค่าบีโอดีในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ 118
4.59 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ 119
4.60 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ 119
4.61 ปริมาณไนเตรทในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ 120
4.62 ค่าความเป็นกรด – ด่าง ในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ 120
4.63 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ 121
4.64 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ 121

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิด น้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญสำหรับร่างกาย และสิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องการน้ำในการดำรงชีวิต อาทิ น้ำสำหรับใช้สอยประจำวัน มนุษย์ต้องการน้ำสะอาดสำหรับดื่มคนละประมาณ 1 ลิตรต่อวัน และยังต้องการน้ำในการหุงหาอาหาร และการชำระล้างด้วย ซึ่งเมื่อรวมปริมาณน้ำสำหรับดื่ม หุงหาอาหาร และชำระล้างแล้ว น้ำที่มนุษย์ต้องใช้ภายในครัวเรือนมีปริมาณ 100 ลิตรต่อคนต่อวัน หรือประมาณ 35 ลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อปี น้ำจำเป็นสำหรับการผลิตด้านการเกษตรและการผลิตอาหาร ในการปลูกข้าว ผัก และผลไม้ต่าง ๆ รวมถึงการเลี้ยงสัตว์ ต่างก็ต้องการใช้น้ำเพื่อให้ได้ผลผลิตมาสนองความต้องการของมนุษย์ เช่น การผลิตผัก 1 กิโลกรัม ต้องใช้น้ำอย่างน้อย 3 ลิตร หรือการผลิตอาหารเพื่อสนองความต้องการของมนุษย์แต่ละคนจำเป็นต้องใช้น้ำถึง 300 ตันต่อปี น้ำจำเป็นสำหรับกระบวนการผลิตด้านอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ต้องการน้ำ 4,500 ลิตรในการผลิตปูนซีเมนต์ 1 ตัน อุตสาหกรรมเหล็กต้องการน้ำ 4.3 ตัน ในการผลิตเหล็ก 1 ตัน อุตสาหกรรมหนังต้องการน้ำ 50 ตันเพื่อผลิตหนัง 1ตัน นอกจากนั้นน้ำยังมีบทบาทสำคัญในการเป็นสื่อกลางในการชำระสิ่งโสโครก เป็นพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อการพักผ่อนหย่อนใจ เพื่อการคมนาคมและการขนส่ง (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2542: 35)

เมื่อมีการใช้ประโยชน์จากน้ำในการประกอบกิจกรรมต่าง ๆ จึงทำให้มีน้ำเสียเกิดขึ้นและถ้าน้ำเสียนั้นถูกปล่อยทิ้งโดยไม่ได้รับการบำบัดจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ และส่งผลกระทบไปยังสิ่งมีชีวิตและความเป็นอยู่รวมทั้งทรัพย์สินเป็นอย่างมาก ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการบำบัดน้ำเสียให้ได้มาตรฐานก่อนการปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

น้ำเสียจากชุมชนเป็นปัญหาหลักประการหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมเป็นอย่างมาก น้ำเสียเหล่านี้สามารถแก้ไขและ/หรือปรับปรุงสภาพให้ดีขึ้นด้วยการบำบัดเพื่อให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น เทคโนโลยีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียมีอยู่อย่างหลากหลายวิธีการ แต่เทคโนโลยีที่สร้างขึ้นเหล่านี้มักจะต้องใช้การลงทุนที่ค่อนข้างสูงทั้งในด้านเครื่องจักรกลและพลังงาน สำหรับเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติเป็นเทคโนโลยีที่ง่าย สะดวก และเป็นวิธีการที่อาศัยธรรมชาติให้ช่วยเหลือธรรมชาติด้วยตนเอง โดยการอาศัยพืชช่วยในการกรองหรือฟอกน้ำให้สะอาดขึ้น อันเป็นผลมาจากพืชจะดูดซับธาตุอาหารที่มีอยู่ในน้ำเสียนำไปใช้ในการเจริญเติบโต และการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในดินช่วยประกอบกัน นอกจากนี้การใช้พืชกรองน้ำเสียประเภทหญ้าเลี้ยงสัตว์ยังจะได้รับผลประโยชน์ในการนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์อีกทางหนึ่งด้วย และเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการบำบัดน้ำเสียที่ต้องลงทุนอย่างสูงในปัจจุบัน

ศูนย์กสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้องเกิดขึ้นเพื่อทดสอบและสาธิตแนวคิด "เศรษฐกิจพอเพียง" ตามพระราชดำรัสพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว โดยอาจารย์วิวัฒน์ ศัลยกำธร ประธานกรรมการมูลนิธิกสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง ได้ศึกษาแนวปฏิบัติของ ทฤษฎีใหม่ ตามหลักการเศรษฐกิจพอเพียงเพื่อทดสอบโครงสร้างที่เป็นการเกษตรและการดำรงชีวิต และมีการจัดการอบรมเผยแพร่ให้แก่เกษตรกรและบุคคลทั่วไปได้เห็นจริงและใช้ความเข้าใจ แนวพระราชดำริพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ในการสร้างความอุดมสมบูรณ์ที่เรียกว่า "พอเพียง" และใช้การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติ จัดว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญ ของพื้นที่สาธิตระบบ ทฤษฎีใหม่

การศึกษานี้เป็นการออกแบบประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติของศูนย์ฯ ซึ่งเป็นน้ำเสียจากการขับถ่ายน้ำ น้ำจากการซักล้าง ห้องสุขา การประกอบอาหารและชำระล้าง การหมุนเวียนของน้ำที่สูบขึ้นไปพ่นกระจายบนหลังคาเพื่อดูดซับความร้อน โดยมีการเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจวัดคุณภาพน้ำที่หมุนเวียนในระบบ และเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำของกรมควบคุมมลพิษ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำที่เกิดจากการหมุนเวียนของน้ำผ่านลำรางประดิษฐ์ ที่มีพืชชนิดต่าง ๆ ช่วยกรองของเสียของศูนย์กสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง
2. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดภูมิสถาปัตย์ ที่เป็นประโยชน์เพื่อประยุกต์ในการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติเพื่อนำไปใช้กับพื้นที่อื่น ๆ

1.3 สมมติฐานการศึกษา

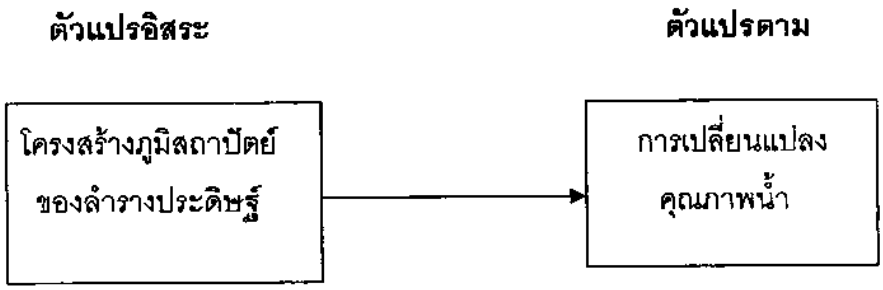
ภูมิสถาปัตย์ลำรางประดิษฐ์ ที่ใช้พืชหลายชนิดช่วยกรองของเสียในน้ำเสีย ช่วยให้น้ำหมุนเวียนมีคุณภาพดีขึ้น

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาประสิทธิภาพของลำรางประดิษฐ์ ที่ใช้พืชหลายชนิดกรองของเสีย ของศูนย์กสิกรรมธรรมชาติ มาบเอื้อง จังหวัดชลบุรี เป็นการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ วันที่ 28 มีนาคม 2550 มีจุดต่าง ๆ ของลำรางประดิษฐ์ ซึ่งมีโครงสร้างของภูมิสถาปัตย์ประกอบด้วย

1. น้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ)
2. น้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว)
3. น้ำตก
4. กรองด้วยพืชห้าชั้น
5. จุดเติมอากาศด้วยอิฐยกระดับ
6. จุดกรองด้วยแปลงธูปฤาษี
7. จุดกรองด้วยแปลงผักตบชวา
8. จุดเติมอากาศฝายชะลอน้ำ

1.5 กรอบแนวคิดในการศึกษา



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการศึกษา

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำที่หมุนเวียนในระบบภูมิสถาปัตย์ลำรางประดิษฐ์ ที่ใช้พืชหลายชนิดกรองของเสีย ของศูนย์กสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง

2. มีแนวทางในการออกแบบภูมิสถาปัตย์ลำรางประดิษฐ์ที่ใช้พืชหลายชนิดกรองของเสีย เพื่อนำไปใช้กับพื้นที่อื่น ๆ ได้

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. น้ำเสีย หมายถึง น้ำทิ้งจากแหล่งต่าง ๆ หรือน้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์จากกิจกรรมต่าง ๆ ภายในศูนย์กสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง ซึ่งจะปล่อยสารปนเปื้อนออกมา เช่น สารแขวนลอย ไขมัน กรด ด่าง และเชื้อโรคทำให้ไม่สามารถนำมาอุปโภค หรือบริโภคได้อีก

2. ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) หมายถึง ตัวเลขแสดงความเป็นกรด – ด่างของน้ำเสีย สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือวัดความเป็นกรด – ด่าง (pH Meter)

3. ค่าบีโอดี (BOD) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสีย ซึ่งสามารถวัดได้จากปริมาณออกซิเจนที่ใช้หมดไปในระยะเวลา 5 วัน ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

4. ค่าดีโอ (DO) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำทั้งหมด ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้จากวิธี Azide Modification

5. ปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) หมายถึง ปริมาณของแข็งแขวนลอยที่มีอยู่ในน้ำเสีย ซึ่งสามารถวัดได้จากวิธี Gravimetric Method

6. ค่าซีโอดี (COD) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการใช้เพื่อออกซิเดชั่นสารอินทรีย์ในน้ำให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

7. มาตรฐานคุณภาพน้ำ หมายถึง มาตรฐานทั่วไปที่ทางราชการกำหนดขึ้นเพื่อใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำแต่ละแห่งว่ามีความสกปรกหรือพิษภัยมากน้อยเพียงใด (มูลนิธิศูนย์กฎหมายสิ่งแวดล้อม – ประเทศไทย, 2542: 3)

8. ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่น หมายถึง กระบวนการย่อยสลายแอมโมเนียไอออนหรือก๊าซแอมโมเนียภายใต้สภาวะที่ใช้ออกซิเจนให้เป็นไนเตรท

9. ปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชั่น หมายถึง ปฏิกิริยาที่เปลี่ยนไนเตรทให้เป็นก๊าซไนโตรเจน

10. พืชห้าชั้น หมายถึง พืชห้าชนิดที่มีลักษณะของลำต้นแตกต่างกัน ดังนี้

- พืชชั้นสูง เป็นพืชที่มีลำต้นสูงใหญ่ ได้แก่ ยางนา ประดู่
- พืชชั้นกลาง เป็นพืชที่มีลำต้นขนาดกลาง ได้แก่ มะกอกน้ำ สะเดา ขี้เหล็ก
- พืชเตี้ย เป็นพืชที่มีลำต้นเตี้ย ได้แก่ ผักหวาน ผักแต้ว ผักเสม็ด
- พืชหน้าดิน เป็นพืชที่อยู่บนพื้นดิน ได้แก่ ชะพลู พลูคาว ใบบัวบก ผักปอด
- พืชที่มีหัวใต้ดิน ได้แก่ หัวไพล ข่า ขมิ้น กะทือ

11. ภูมิสถาปัตย์ หมายถึง สภาพแวดล้อมรอบ ๆ อาคาร หรือสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาวิจัยเรื่อง ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ธรรมชาติบำบัด กรณีศึกษาศูนย์กสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทบทวนวรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับน้ำเสีย

2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสีย

2.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติ

2.4 ข้อมูลศูนย์กสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับน้ำเสีย

2.1.1 น้ำเสีย

น้ำเสีย ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 หมายความว่า ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลว รวมทั้งมวลสารที่ปะปนและปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2549: 11)

กรมควบคุมมลพิษ และสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย (2546: 5 – 1) ให้คำจำกัดความของน้ำเสีย (Wastewater) ไว้ว่า เป็นน้ำที่ไม่ต้องการหรือน้ำใช้แล้วระบายทิ้ง โดยน้ำใช้แล้วจากชุมชนอาจประกอบด้วยสิ่งปะปนที่ติดมาจากกิจกรรมบริเวณที่อยู่อาศัย ธุรกิจ โรงงานอุตสาหกรรม และสถาบันต่าง ๆ รวมกับน้ำใต้ดิน น้ำผิวดิน น้ำฝน

สมร มุตตามระ (2546: 15) ให้คำอธิบายไว้ว่า น้ำเสีย หมายถึง น้ำทิ้งหรือน้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์จากกิจกรรมต่าง ๆ ในอาคารบ้านเรือน หรือโรงงานอุตสาหกรรม และมีสิ่งปนเปื้อนปนมามากบ้างน้อยบ้าง ทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ไม่สามารถนำกลับมาใช้อุปโภคบริโภคได้อีก เว้นเสียแต่ว่าจะได้ผ่านกรรมวิธีบำบัดที่เหมาะสมก่อน

วิสาขา ภู่จินดา (2548: 28) ให้คำอธิบายไว้ว่า น้ำเสีย หมายถึง น้ำทิ้งจากแหล่งต่าง ๆ หรือน้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์จากกิจกรรมต่าง ๆ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม ชุมชน และสัตว์เลี้ยง เป็นต้น ซึ่งจะปล่อยสารปนเปื้อนออกมา เช่น สารแขวนลอย น้ำมัน กรด ด่าง เชื้อโรค และสารเคมี ทำให้ไม่สามารถนำมาอุปโภคหรือบริโภคได้อีก

สิ่งปนเปื้อนที่ปะปนมากับน้ำเสีย จะมีคุณลักษณะแตกต่างกันไปตามแหล่งกำเนิดนั้น ๆ อาจมีสี กลิ่น น้ำมัน สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ สารแขวนลอย เชื้อโรค ตลอดจนสารพิษต่าง ๆ ในปริมาณที่แตกต่างกันออกไป

น้ำเสียจะก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ แก่แหล่งน้ำซึ่งเป็นที่รองรับ เช่น ทำให้เกิดการเน่าเสีย หรือเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต จากการตรวจสอบคุณภาพแหล่งน้ำจืดของกรมควบคุมมลพิษในปี พ.ศ. 2546 พบว่า แหล่งน้ำที่มีคุณภาพเสื่อมโทรมมาก ได้แก่ เจ้าพระยาตอนล่าง ท่าจีนตอนล่าง ลำตะคองตอนล่าง และทะเลสาบสงขลา โดยสาเหตุของความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำเกิดจากการระบายน้ำทิ้งในกิจกรรมต่าง ๆ ได้แก่ เกษตรกรรม ชุมชน และภาคอุตสาหกรรม ซึ่งส่วนใหญ่ไม่ได้ผ่านการบำบัดน้ำให้ได้มาตรฐานก่อนการระบายลงสู่แม่น้ำ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2548: 67)

ดังนั้น น้ำเสียจากกิจกรรมต่าง ๆ ก่อนที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำจึงจำเป็นต้องต้องมีการบำบัดให้ได้มาตรฐานก่อนเพื่อไม่ให้เกิดปัญหากับแหล่งน้ำ

2.1.2 สาเหตุของการเกิดปัญหาน้ำเสีย

ในแต่ละวัน คนหนึ่งคน จะมีการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคโดยเฉลี่ย 150 – 200 ลิตร ซึ่งน้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์แล้วจะกลับกลายเป็นน้ำที่มีความสกปรก และมีสิ่งเจือปน หรือที่เรียกว่าน้ำเสีย ดังนั้น การเพิ่มจำนวนประชากรในแต่ละชุมชน จึงมีผลโดยตรงต่อการเพิ่มของน้ำเสียด้วย นอกจากนี้ การประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ในภาคธุรกิจ การบริการรวมทั้งการผลิตสินค้าต่าง ๆ ล้วนแต่ใช้น้ำเป็นจำนวนมากในกระบวนการผลิต หรือการบริการ ดังนั้น การขยายตัวของกิจการต่าง ๆ จึงมีส่วนทำให้เกิดน้ำเสียเป็นจำนวนมากด้วย สาเหตุสำคัญของการเกิดปัญหาน้ำเสียมีดังนี้ (สุรีย์ บุญญานุพงศ์, 2544: 9)

2.1.2.1 การเพิ่มของจำนวนประชากรในเขตเมืองและเขตชนบท การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรทำให้ชุมชนขยายตัวขึ้น นอกจากนี้การขยายตัวของกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การท่องเที่ยว การบริการ การขนส่ง เป็นต้น ก็มีส่วนทำให้เกิดน้ำเสียเป็นจำนวนมาก

2.1.2.2 การขยายตัวทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะภาคอุตสาหกรรม ซึ่งมีการใช้น้ำเป็นจำนวนมาก น้ำเสียที่เกิดจากภาคอุตสาหกรรมเป็นน้ำเสียที่ไม่สามารถบำบัดได้ง่ายโดยวิธีธรรมชาติ การส่งเสริมการลงทุนในภาคอุตสาหกรรมจึงทำให้เกิดปัญหาน้ำเสียเป็นอย่างมาก

2.1.2.3 การนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ และสารชนิดต่าง ๆ มาใช้ในการผลิตทั้งภาคเกษตรและอุตสาหกรรมทำให้น้ำถูกปล่อยทิ้งจากกระบวนการผลิตที่มีการปนเปื้อนสารเคมีที่เป็นพิษและโลหะหนัก ซึ่งน้ำเสียประเภทนี้ก่อให้เกิดปัญหาและผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาและสุขภาพของประชาชนอย่างมาก นอกจากนี้ยังเป็นน้ำเสียที่ต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการบำบัด

2.1.3 ผลกระทบของน้ำเสียต่อสิ่งแวดล้อม

การระบายน้ำเสียจากกิจกรรมต่าง ๆ ลงสู่แหล่งน้ำต่าง ๆ ทำให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสีย กระจายทั่วไปทั้งแม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของระบบนิเวศ ซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นนั้นมีดังนี้ (สุรีย์ บุญญานุพงศ์, 2544: 10)

2.1.3.1 ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมโดยทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ และเกิดการปนเปื้อนในดิน ทำให้สภาพแวดล้อมของระบบนิเวศตามธรรมชาติเสื่อมโทรม

2.1.3.2 เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของเชื้อโรคและแมลง (Breeding Places) ขยะมูลฝอยจำนวนมากที่ทิ้งลงสู่แม่น้ำ เมื่อเกิดการเน่าเสียจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งยังเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน โดยเฉพาะอย่างยิ่งขยะมูลฝอยที่เป็นสารเคมีเจือปน

2.1.3.3 ก่อให้เกิดเหตุรำคาญแก่ประชาชนที่อยู่ใกล้เคียงและผู้พบเห็น เช่น กลิ่นเน่าเหม็น ความสกปรก ทำให้สูญเสียทัศนียภาพที่สวยงาม

2.1.3.4 ทำให้ค่าบีโอดี (Biological Oxygen Demand: BOD) ในน้ำลดลง หรือความต้องการออกซิเจนในทางชีวเคมีสูงเกินมาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน ค่าของความเป็นกรด – ด่าง (pH) ไม่ได้มาตรฐาน และค่าของดีโอ (Dissolved Oxygen: DO) ต่ำกว่ามาตรฐาน ทำให้แหล่งน้ำเกิดการเน่าเสียได้

2.1.3.5 ทำให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ เช่น ต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย เพิ่มค่าใช้จ่ายในการทำน้ำให้สะอาดในการผลิตน้ำประปา ทำให้เครื่องจักรสูญเสียพลังงาน ทำให้สูญเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการผลิตสินค้า น้ำที่ใช้ในการอุปโภคบริโภคไม่ได้มาตรฐาน

เพื่อที่จะสามารถแก้ไขปัญหาและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น จำเป็นต้องมีการจัดการน้ำเสียโดยทำการบำบัดน้ำเสียให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น

2.1.4 แหล่งที่มาของน้ำเสีย

เนื่องจากน้ำเสียมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามแหล่งกำเนิด จึงสามารถแบ่งน้ำเสียออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ดังต่อไปนี้

2.1.4.1 น้ำเสียจากชุมชน (Domestic Wastewater)

น้ำเสียส่วนนี้ เกิดจากการใช้น้ำในชีวิตประจำวันจากที่พักอาศัย ร้านค้า ตลาด โรงแรม อาคารชุด ตลอดจนสถานที่ราชการต่าง ๆ น้ำเสียที่ระบายออกมาจะมีเศษอาหาร สบู่ สารซักฟอก อุจาระและปัสสาวะปะปนอยู่ เนื่องจากชุมชนส่วนใหญ่ยังไม่มีระบบบำบัดน้ำเสีย หรือที่มีอยู่ก็ยังไม่ได้มาตรฐาน น้ำเสียส่วนนี้เมื่อถูกปล่อยลงสู่แม่น้ำ/ลำคลองแล้ว จึงเกิดการเน่าเสียส่งกลิ่นเหม็น มีผลให้ออกซิเจนในแหล่งน้ำนั้นมีปริมาณลดน้อยลง เกิดผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์น้ำ อีกทั้งยังทำให้เชื้อโรคที่อาจปะปนมาแพร่กระจายเป็นอันตรายต่อผู้ใช้อีกด้วย

2.1.4.2 น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial Wastewater)

น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเกิดขึ้นได้หลายจุดในกระบวนการผลิตของโรงงาน เริ่มต้นจากน้ำที่มาใช้ล้างวัตถุดิบ น้ำที่ผ่านเข้ามาในกระบวนการผลิต น้ำที่นำมาล้างเครื่องใช้ไม้สอยเมื่อการผลิตสิ้นสุดลง ตลอดจนน้ำที่ใช้ล้างพื้น นอกจากนี้ยังมีน้ำหล่อเย็นที่มีการปนเปื้อนน้อย น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไปตามประเภทของโรงงาน โดยโรงงานบางประเภทให้น้ำเสียที่มีคุณสมบัติเป็นกรด บางประเภทเป็นด่าง สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ สารพิษ สี ความขุ่น และมีของเสียหลายชนิดปะปนกัน เป็นต้น

เนื่องจากน้ำเสียมีคุณสมบัติแตกต่างกัน จึงทำให้การบำบัดมีหลายวิธี และมีความยากง่ายแตกต่างกันออกไป หากน้ำเสียส่วนนี้ถูกปล่อยลงสู่แม่น้ำลำคลองโดยไม่ได้ผ่านการบำบัดย่อมเกิดผลเสียหายต่อคุณภาพน้ำและระบบนิเวศในแม่น้ำลำคลองอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้เช่นเดียวกัน

2.1.4.3 น้ำเสียจากการเกษตรกรรม (Agricultural Wastewater)

น้ำเสียส่วนนี้เกิดจากการเพาะปลูกพืชและการเลี้ยงสัตว์ น้ำเสียจากการปลูกพืชจะมียาฆ่าแมลง ยาฆ่าวัชพืชและปุ๋ยปนมาเป็นส่วนใหญ่ ส่วนน้ำเสียจากการเลี้ยงสัตว์จะประกอบด้วยสารอินทรีย์เป็นหลัก เพราะมีเศษอาหารตกค้างและมูลสัตว์ซึ่งล้วนเป็นสารอินทรีย์ทั้งสิ้น

นอกจากน้ำเสียทั้งสามแหล่งที่กล่าวมาแล้ว ยังมีน้ำเสียจากแหล่งอื่นอีก เช่น น้ำเสียจากกิจกรรมเกี่ยวเนื่องจากการท่องเที่ยว จากการพัฒนาพลังงาน การขนส่ง และอื่น ๆ

2.1.5 **คุณสมบัติของน้ำเสีย**

การรู้ถึงคุณสมบัติของน้ำเสียและปริมาณของน้ำเสียเป็นประโยชน์อย่างมากต่อวิศวกรผู้ออกแบบและผู้ควบคุมระบบบำบัด เพราะจะทำให้วิศวกรเลือกและออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียได้อย่างเหมาะสม ส่วนผู้ดูแลควบคุมระบบก็จะรู้สึกถึงประสิทธิภาพ และการทำงานของระบบว่าเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ อย่างไร คุณสมบัติของน้ำเสียสามารถแบ่งออกได้ต่อไปนี้

2.1.5.1 คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Characteristics)

คุณสมบัติทางกายภาพประกอบด้วย สี กลิ่น ความขุ่น ตะกอน อุณหภูมิ และการไหล คุณสมบัติเหล่านี้นอกจากจะนำมาใช้ออกแบบและวัดความผิดปกติของระบบแล้ว ยังมีผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำและพืชน้ำอีกด้วย กล่าวคือ อุณหภูมิจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบบำบัด อุณหภูมิสูงจะช่วยเร่งให้เกิดการย่อยสลายเร็วขึ้น แต่ต้องไม่สูงเกินขีดจำกัด เช่น น้ำทิ้งมีอุณหภูมิสูงเกิน 40 องศาเซลเซียส จะทำให้พืชและสัตว์น้ำขนาดเล็กในแม่น้ำลำคลองตายได้ ทำให้เกิดผลกระทบต่อสัตว์น้ำที่มีขนาดใหญ่กว่า ได้แก่ กุ้ง หอย ปู ปลา เป็นต้น เมื่ออาหารของสัตว์น้ำเหล่านี้น้อยลง กุ้ง หอย ปู ปลา จะมีปริมาณน้อยลงไปด้วย นั่นย่อมหมายถึงว่า ห่วงโซ่อาหารของคนถูกรบกวน เป็นสาเหตุให้อาหารประเภทนี้มีราคาแพงขึ้นด้วย

สารแขวนลอยก็เช่นเดียวกัน สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ว่าน้ำทิ้งได้มาตรฐานหรือไม่ หากไม่ได้มาตรฐานจะได้กระทำการตรวจสอบแก้ไขการทำงานของระบบต่อไป ในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ สารแขวนลอยอาจเป็นได้ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ อย่างไรก็ตามหากมีสารแขวนลอยคลุมผิวน้ำหนาแน่นจนแสงแดดไม่สามารถส่องผ่านลงไปได้ นอกจากจะเป็นการหยุดยั้งกระบวนการสังเคราะห์แสงไม่ให้เกิดขึ้นแล้ว ยังทำให้ปริมาณออกซิเจนในอากาศถ่ายเทลงสู่แหล่งน้ำได้น้อยลงอีกด้วย ทำให้เกิดผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์น้ำขนาดเล็ก ตลอดจนแหล่งอาหารประเภทโปรตีนของคนได้

การไหล การแปรเปลี่ยนของปริมาณการไหลของน้ำเสียสู่ระบบบำบัดอย่างไม่สม่ำเสมอ เป็นสาเหตุให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียเปลี่ยนแปลงไป ลักษณะของน้ำทิ้งจากระบบอาจไม่ได้มาตรฐานน้ำทิ้งตามที่รัฐกำหนดไว้ได้ ผู้ออกแบบจะต้องกำหนดขนาดเส้นท่อ และระยะทางให้พอเหมาะกับปริมารการไหลของน้ำเสียที่ไม่เท่ากันตลอดทั้งวัน เป็นต้น

2.1.5.2 คุณสมบัติทางเคมี (Chemical Characteristics)

คุณสมบัติทางเคมีของน้ำเสียมีมากมายหลายชนิด เช่น สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ ธาตุ อาหาร สารพิษ และพวกโลหะหนัก ในแต่ละชนิดยังแยกย่อยออกไปได้หลายอย่าง การ

วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีจะทำให้ทราบถึงองค์ประกอบและความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ที่ปะปนมา หรือที่คงเหลืออยู่ในน้ำเสียหรือน้ำทิ้ง ในที่นี้ จะยกตัวอย่างแสดงรายละเอียดพารามิเตอร์บางชนิดเพื่อให้เกิดความเข้าใจ เช่น

พีเอช (pH) เป็นการวัดความเข้มข้นของธาตุไฮโดรเจน (H) ที่มีอยู่ในน้ำเสีย ไม่มีหน่วยแต่มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 14 น้ำเสียที่เป็นกลางจะมีพีเอช เท่ากับ 7 พีเอชมีความสำคัญมากต่อระบบบำบัดชีวภาพ เพราะมีจุลินทรีย์ในระบบจะทำงานได้ดีในช่วงพีเอช 6.8 – 8 เท่านั้น น้ำเสียชุมชนจะมีค่าพีเอชค่อนข้างเป็นกลาง ไม่เหมือนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีค่าแปรเปลี่ยนไปตามประเภท

บีโอดี (BOD) เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์ (เศษอาหารและสิ่งปฏิกูล) ที่มีอยู่ในน้ำ สารอินทรีย์นี้นอกจากจะเป็นสารอาหารของจุลินทรีย์แล้ว ยังเป็นตัวทำให้ออกซิเจน ที่ละลายอยู่ในน้ำลดลง เป็นอันตรายต่อการดำรงชีวิตของพืชน้ำและสัตว์หลาย ๆ ประเภทที่อาศัยในแหล่งน้ำ วิศวกรและผู้ควบคุมระบบใช้ค่าบีโอดีเพื่อเลือกและออกแบบระบบ อีกทั้งยังใช้ตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบอีกด้วย น้ำเสียจากอาคารบ้านเรือนหลังจากผ่านบ่อดักไขมันจะมีค่าบีโอดี ประมาณ 200 – 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ในฤดูฝนอาคารที่ใช้ท่อรวม จะมีค่าบีโอดีต่ำกว่านี้

ไนโตรเจน (N) เป็นสารอาหารที่สิ่งมีชีวิตต้องการในการดำรงชีวิต ในน้ำเสียมีไนโตรเจนอยู่หลายรูปแบบ คือ ในรูปของสารอินทรีย์ แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท การที่เราตรวจพบว่าในน้ำเสียมีไนโตรเจนรูปใด จะสามารถบอกให้ทราบว่าน้ำเสียนั้นใหม่หรือเก่า น้ำเสียชุมชนที่เกิดขึ้นใหม่จะมีค่าไนโตรเจนในรูปของสารอินทรีย์ประมาณ 20 – 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าเป็นน้ำเสียเก่าจะมีค่าไนโตรเจนสูง เป็นต้น

ฟอสฟอรัส (P) เป็นสารอาหารเช่นเดียวกันไนโตรเจน และจำเป็นต่อการดำรงชีวิตด้วยเช่นเดียวกัน หากผิวน้ำมีค่าฟอสฟอรัสสูงจะทำให้เกิดสาหร่ายขึ้นเป็นจำนวนมาก ฟอสฟอรัสมีอยู่หลายรูปแบบเช่นเดียวกับไนโตรเจน คือ ในรูปของสารอินทรีย์ โพลีฟอสเฟต และออโธฟอสเฟต ในน้ำทิ้งชุมชนทั่วไปจะมีค่าฟอสฟอรัสประมาณ 2 ถึง 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.1.5.3 คุณสมบัติทางชีวภาพ (Biological Characteristics)

การตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ในน้ำเสียทำให้ทราบว่าจุลินทรีย์ที่ปะปนมานั้นมีประเภทที่เป็นอันตรายหรือไม่ เราสามารถใช้จุลินทรีย์บางตัวเป็นดัชนีบ่งบอกให้ทราบว่าน้ำเสียนั้นมีสิ่งปฏิกูลปนมาหรือไม่ มีอันตรายไหม โคลิฟอร์มแบคทีเรียสามารถใช้เป็นดัชนีบอกถึงสิ่งเหล่านี้ได้ แม้ว่าตัวมันเองนั้นไม่ทำให้เกิดโรคในคนและสัตว์ก็ตาม แต่เนื่องจากมีแหล่งกำเนิดจาก

ลำไส้ของคนและสัตว์ ซึ่งอาจมีเชื้อโรคระบบทางเดินอาหารปะปนอยู่ เมื่อตรวจพบว่ามีเชื้อโคลิฟอร์มอยู่ในน้ำใด น้ำนั้นจะไม่มีความปลอดภัย นอกจากนี้ยังมีเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายอีกหลายชนิด เช่น เชื้อรา ไวรัส สัตว์เซลล์เดียว และสาหร่ายบางประเภทที่อาจจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของคนและสัตว์ เชื้อจุลินทรีย์นอกจากจะใช้เป็นดัชนีบ่งบอกถึงความสกปรกของน้ำแล้ว ยังใช้เป็นดัชนีบอกให้ทราบว่าการทำงานของระบบบำบัดแบบชีวภาพดีมากหรือน้อยเพียงใดอีกด้วย

2.1.6 **การศึกษาคุณสมบัติของน้ำเสีย**

การศึกษาคุณสมบัติของน้ำเสียเพื่อที่จะทราบว่าน้ำเสียนั้น ๆ มีคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ เป็นอย่างไร มีความเข้มข้นระดับไหน และจะเลือกวิธีบำบัดแบบใดจึงจะเหมาะสมนั้น จะต้องเก็บตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์เสียก่อนจึงจะทราบได้ การเก็บตัวอย่างน้ำเสียมีรายละเอียดดังนี้

2.1.6.1 การเก็บตัวอย่าง (Sampling)

การเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติของน้ำทิ้งนั้น จะต้องได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของน้ำทิ้งนั้นจริง ๆ มิฉะนั้นแล้วผลการวิเคราะห์จะไม่ถูกต้อง นำไปใช้ประโยชน์ตามที่ต้องการไม่ได้ ด้วยเหตุนี้การเก็บตัวอย่างในแต่ละครั้งจะต้องกำหนดวัตถุประสงค์ไว้ และดำเนินการเลือกวิธีเก็บตัวอย่างแล้ววิเคราะห์ให้ได้ข้อมูลตามต้องการ การเก็บตัวอย่างมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน คือ

1) การเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling)

หมายถึง การเก็บตัวอย่างครั้งเดียว ที่จุดเดียวในเวลาหนึ่ง แล้วนำมาวิเคราะห์ ก็จะได้ผลแสดงคุณสมบัติของน้ำเสีย ณ จุดนั้น และในเวลานั้นเท่านั้น หาได้เป็นตัวแทนของน้ำเสียอย่างแท้จริงไม่ การเก็บตัวอย่างแบบนี้จะทำให้ทราบถึงคุณสมบัติของน้ำเสียในแต่ละจุดว่ามีคุณสมบัติอย่างไร มีความเข้มข้นระดับไหน สมควรจะนำมารวมกับน้ำเสียจากจุดอื่น ๆ ก่อนเข้าระบบบำบัดหรือไม่ หรือควรแยกออกมาบำบัดเฉพาะส่วนจะเหมาะสมและประหยัดกว่า การเก็บตัวอย่างในลักษณะนี้จะเห็นความผันแปรของปริมาณและความเข้มข้นของน้ำเสียในจุดต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน

2) การเก็บตัวอย่างแบบผสมรวม (Composite Sampling)

หมายถึง การเก็บตัวอย่างน้ำเสีย ณ จุดหนึ่งจุดใดติดต่อกันตลอดวัน แล้วจึงนำน้ำเสียนั้นมารวมกัน การเก็บน้ำเสียแบบนี้ปริมาณที่เก็บจะต้องเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณของการไหลของน้ำเสีย ถ้าน้ำเสียไหลออกมามากก็เก็บมาก ถ้าไหลออกมาน้อยก็เก็บน้อย

การเก็บแต่ละครั้งจะห่างกันประมาณ 2 ชั่วโมง หรือ 3 ชั่วโมงตามความเหมาะสมจนครบ 1 วัน (ถ้าเก็บ 2 ชั่วโมงจะต้องเก็บ 12 ตัวอย่าง) แล้วจึงนำเอาน้ำเสียที่เก็บมาได้รวมกันก็จะได้น้ำเสียที่เป็นตัวแทนจริง ๆ (ปริมาณน้ำเสียที่เก็บได้เมื่อรวมกันแล้วจะต้องไม่น้อยกว่า 4 ลิตร) ผลจากการวิเคราะห์ของน้ำเสียที่เก็บด้วยวิธีนี้สามารถนำไปออกแบบระบบบำบัดได้

ข้อดีของการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีนี้ คือ จะรู้ว่าน้ำเสียที่จุดใดมีคุณสมบัติเป็นอย่างไร มีความเข้มข้นแค่ไหน มีปริมาณเท่าใด ควรจะนำมารวมหรือแยกบำบัด ข้อเสียของการเก็บตัวอย่างแบบนี้ คือ เสียเวลา และจะต้องวิเคราะห์น้ำเสียหลายตัวอย่างด้วยกัน การเก็บตัวอย่างน้ำเสียด้วยวิธีนี้ หากสามารถซื้อเครื่องเก็บแบบอัตโนมัติได้ก็จะเป็นการสะดวกแต่มีราคาแพง

น้ำเสียที่เก็บในชั่วโมงต้น ๆ จะต้องเก็บไว้ในห้องเย็นหรือแช่น้ำแข็งไว้เพื่อมิให้คุณสมบัติของน้ำเสียเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมาก การแช่น้ำในห้องเย็นหรืออุณหภูมิต่ำจะหยุดการทำงานของแบคทีเรียที่ปะปนมากับน้ำเสีย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อย แต่ก็ไม่ควรเก็บเกิน 6 ชั่วโมง น้ำเสียที่จะต้องเก็บนานเกิน 6 ชั่วโมง จะต้องเติมสารเคมีบางชนิดเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลง

3) การเก็บตัวอย่างจากบ่อรวม (Sump Sampling)

หมายถึง การเก็บน้ำเสียจากบ่อที่เป็นที่รวมของน้ำเสียจากแหล่งต่าง ๆ น้ำเสียจากบ่อรวมจัดได้ว่าเป็นตัวแทนของน้ำเสียที่แท้จริงได้ หากน้ำเสียที่ถูกกักไว้ในบ่อนานกว่า 6 ชั่วโมง เมื่อนำมาวิเคราะห์ทราบคุณสมบัติแล้วสามารถนำไปออกแบบระบบบำบัดได้เช่นเดียวกัน

ข้อดีของการเก็บน้ำเสียด้วยวิธีนี้ คือ เก็บง่ายไม่ต้องเก็บหลายตัวอย่าง แต่มีข้อเสียที่ไม่สามารถแยกน้ำเสียที่มีความเข้มข้นน้อยออกมาได้ เพราะไม่ทราบว่าจะแยกออก ณ จุดใด เนื่องจากไม่มีข้อมูลเหล่านั้นอยู่เลย ทำให้ต้องบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณมาก และเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดสูง

2.1.6.2 ภาชนะที่เก็บน้ำเสีย (Sample Bottle)

ควรใช้ขวดแก้วปากกว้างล้างให้สะอาด หรือขวดพลาสติกที่มีคุณภาพดี ไม่ทำปฏิกิริยากับกรดหรือด่าง การเก็บน้ำเสียไม่ควรเก็บจนเต็มขวด ควรมีที่ว่างอากาศเหลืออยู่ เพื่อป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์ที่ปะปนมากับน้ำเสียตายเพราะขาดออกซิเจน

ขวดเก็บน้ำเสียจะต้องมีฉลากติดไว้ บนฉลากจะบอกรายละเอียดถึงแหล่งน้ำเสีย วิธีเก็บ การเก็บรักษา เก็บ ณ จุดใดเวลาใด ใครเป็นผู้เก็บ พร้อมทั้งวันที่เก็บด้วย ทั้งนี้หากผลการ

วิเคราะห์ที่ได้มีปัญหา ผู้วิเคราะห์จะได้สอบถามผู้เก็บ หรือติดต่อให้ไปเก็บตัวอย่าง ณ จุดที่ต้องการใหม่ได้

2.1.7 การเก็บน้ำเสียเพื่อรอการวิเคราะห์

ตัวอย่างน้ำเสียที่เก็บแล้วควรแช่ในถังน้ำแข็ง แล้วรีบนำกลับมาห้องปฏิบัติการวิเคราะห์โดยทันทีหากสามารถทำได้ เพื่อป้องกันไม่ให้คุณสมบัติของน้ำเสียแปรเปลี่ยนไป หากทราบก่อนว่าน้ำเสียที่เก็บไว้ในถังเย็นไม่สามารถนำกลับมาวิเคราะห์ได้ทันภายใน 6 ชั่วโมง ก่อนเก็บจะต้องเติมสารเคมีบางตัวลงไปเพื่อรักษาคุณสมบัติของน้ำเสียนั้น ๆ ไว้ ไม่ให้คุณสมบัติเปลี่ยนแปลง หรือเปลี่ยนไปน้อยที่สุด

ตารางที่ 2.1 วิธีการกักตัวอย่างของน้ำ และช่วงเวลากัก และปริมาณของตัวอย่างน้ำที่ควรกักไว้

ลักษณะน้ำที่ทำการวิเคราะห์	วิธีการกัก	ช่วงเวลากักที่ยอมให้นานที่สุด	ปริมาณของตัวอย่างน้ำที่ควรกักไว้ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)
Acidity และ Alkalinity	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C	14 วัน	200
Ammonia Nitrogen	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C และใส่ H_2SO_4 จนได้ pH < 2	28 วัน	400
BOD	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C	2 วัน	1,000
Chloride	ไม่จำเป็นต้องคำนึงถึง	28 วัน	50
Chlorine	ต้องวัดทันที	-	500
Chromium VI	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C	1 วัน	500
COD	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C และใส่ H_2SO_4 จนได้ pH < 2	28 วัน	50 – 100
Coliform	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C	6 ชม.	-
Color	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C	2 วัน	500
Cyanide	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C และใส่ NaOH จนได้ pH > 12	1 วัน	500

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ลักษณะน้ำที่ทำการวิเคราะห์	วิธีการกัก	ช่วงเวลากักที่ยอมให้นานที่สุด	ปริมาณของตัวอย่างน้ำที่ควรกักไว้ ลบ.ซม.
Dissolved Oxygen	ต้องเก็บที่จุดวัด	-	300
Fluoride	ไม่จำเป็นต้องคำนึงถึง	28 วัน	300
Hardness	ใส่ HNO_3 หรือ H_2SO_4 จนได้ pH < 2	6 เดือน	100
Mercury	ใส่ HNO_3 จนได้ pH < 2	28 วัน	500
Metals	ใส่ HNO_3 จนได้ pH < 2	6 เดือน	200
Nitrate และ Nitrite N	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C	2 วัน	100
Oil และ Grease	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C และใส่ H_2SO_4 จนได้ pH < 2	28 วัน	1,000
Organic Carbon	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C และใส่ H_2SO_4 จนได้ pH < 2	28 วัน	100
Orthophosphate	กรองทันทีหลังจากเก็บตัวอย่างและแช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C	2 วัน	50
pH	ต้องวัดที่จุดเก็บ	-	25
Phenol	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C และใส่ H_2SO_4 จนได้ pH < 2	28 วัน	500
Phosphorus	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C และใส่ H_2SO_4 จนได้ pH < 2	28 วัน	50
Solids	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C	7 วัน	100
Specific Conductance	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C	28 วัน	500
Sulfate	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C	28 วัน	50
Sulfide	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C และใส่ Zinc Acetate และ NaOH จนได้ pH > 9	7 วัน	500

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ลักษณะน้ำที่ทำการวิเคราะห์	วิธีการกัก	ช่วงเวลากักที่ยอมให้นานที่สุด	ปริมาณของตัวอย่างน้ำที่ควรกักไว้ ลบ.ซม.
Surfactants	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C	2 วัน	-
Threshold odor	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C	7 วัน	100 – 500
Total Kjeldahl Nitrogen	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C และใส่ H_2SO_4 จนได้ pH < 2	28 วัน	500
Turbidity	แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C	2 วัน	100

แหล่งที่มา: เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2542: 63

2.1.8 **การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำเสีย** (Wastewater Analysis)

การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำเสีย ควรทำตามวิธีมาตรฐานที่กำหนดไว้ เช่น วิธีของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นวิธีที่ทั่วโลกยอมรับและใช้กันอยู่ ประโยชน์ของการใช้วิเคราะห์วิธีเดียวกันเช่นนี้ คือ สามารถนำเอาข้อมูลจากที่ต่าง ๆ มาใช้ประโยชน์และเปรียบเทียบผลกันได้ หากใช้วิธีต่างกันจะลดข้อจำกัดของแต่ละวิธีออกไปเสียก่อน จึงจะนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกันทำให้เสียเวลา ประเทศไทยก็ใช้วิธีมาตรฐานเดียวกันนี้เช่นกัน

สำหรับเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ก็เช่นเดียวกัน หากสามารถปรับให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกันก็จะเป็นประโยชน์อย่างมาก สามารถใช้แทนกันได้เมื่อเครื่องหนึ่งเครื่องใดเสีย และที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ การจัดลำดับการวิเคราะห์ก่อนหลัง หากทำไม่ถูกต้องจะทำให้ข้อมูลจากการวิเคราะห์ลำดับท้าย ๆ ผิดไปจากความเป็นจริงได้

ผลการวิเคราะห์ไม่ว่าจะเป็นคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี ชีวภาพ ควรใช้หน่วยเดียวกันตามมาตรฐานสากล เพื่อสะดวกในการอ้างอิงและเปรียบเทียบหน่วยที่ใช้ควรเป็นหน่วยเมตริกเหมือนกันทั้งหมด

2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสีย

ความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำตามธรรมชาติอย่างต่อเนื่อง เป็นสาเหตุหนึ่งทำให้คนหันมาสนใจระบบบำบัดน้ำเสีย เพราะต่างก็เริ่มเข้าใจแล้วว่าน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือนหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ยังไม่ได้ผ่านการบำบัด ก่อให้เกิดผลเสียหายต่อระบบนิเวศในน้ำ ทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมลง ยากต่อการนำมาทำน้ำประปา จำต้องใช้กรรมวิธีที่ยุ่งยากซับซ้อนและมีราคาแพง คนส่วนใหญ่เห็นด้วยกับความคิดที่ว่าใครทำให้เกิดน้ำเสีย คนนั้นควรเป็นผู้บำบัด ไม่ควรผลักภาระให้ผู้อื่นที่ไม่ได้มีส่วนได้ส่วนเสียในกิจกรรมนั้น ๆ เดือดร้อน

การบำบัดน้ำเสีย หมายถึง การกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่ปนมากับน้ำเสียให้หมดไป หรือให้เหลือน้อยที่สุดเท่าที่เทคโนโลยีจะอำนวย เพื่อให้แน่ใจได้ว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว เมื่อปล่อยลงสู่แม่น้ำลำคลองจะไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่อาศัยอยู่ในน้ำ ในบางกรณีน้ำเสียที่บำบัดแล้วสามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่อีก โดยนำไปล้างพื้น รดน้ำต้นไม้ หรือเลี้ยงปลา เป็นต้น (สมร มุตตามระ, 2546: 25)

เนื่องจากน้ำเสียจากแหล่งต่างกันมีคุณสมบัติไม่เหมือนกัน ดังนั้น กระบวนการบำบัดน้ำจึงมีต่างกันออกไปมากมายหลายวิธี

หลักการจัดการน้ำเสียที่สำคัญ ได้แก่ การนำน้ำเสียที่เกิดขึ้นเข้าสู่กระบวนการบำบัดให้ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้ง ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม และสุขภาพอนามัย โดยทั่วไปการจัดการน้ำเสียจะประกอบด้วย

1. การรวบรวมน้ำเสีย (Collection)
2. การบำบัดน้ำเสีย (Treatment)
3. การนำกลับมาใช้ประโยชน์ (Reuse and Reclamation)

สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมมีการจัดการระบบบำบัดน้ำเสียต่างกันไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ในการจัดการเรื่องระบบน้ำเสีย สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่มีการถ่ายเทน้ำเสียในปริมาณมากออกสู่สิ่งแวดล้อม เช่น โรงงานน้ำตาล โรงงานผลิตอาหารทางการเกษตร จะมีการจัดการเรื่องระบบบำบัดซึ่งต้องใช้พื้นที่ขนาดใหญ่ ดังนั้น ระบบบำบัดจึงเหมาะสำหรับเป็นระบบบ่อชนิดต่าง ๆ ทั้งมีการใช้ออกซิเจนและไม่มีการใช้ออกซิเจน

การเลือกระบบบำบัดน้ำเสียให้เหมาะสมกับชนิดของน้ำเสียอาจไม่ใช่เรื่องยาก หากผู้เลือกเข้าใจระบบบำบัดต่าง ๆ ที่มีอยู่ดีพอ รู้ปริมาณ รู้องค์ประกอบ และรู้ระดับความต้องการที่จะบำบัดก็จะเลือกระบบที่เหมาะสมได้ง่าย ยิ่งไปกว่านั้นหากทราบว่ามีพื้นที่ที่จะวางระบบบำบัดมีมากน้อย

เพียงใดด้วยแล้ว ก็จะเลือกระบบได้เหมาะสมยิ่งขึ้น ระบบบำบัดน้ำเสียทั่ว ๆ ไปอาศัยวิธีบำบัด 4 วิธี คือ วิธีทางกายภาพ วิธีทางเคมี วิธีทางชีวภาพ และ วิธีกายภาพ – เคมี ซึ่งแต่ละวิธีจะมีกระบวนการบำบัดที่ต่างกันและประสิทธิภาพของการบำบัดก็ไม่เท่ากัน ดังนี้

2.2.1 **วิธีทางกายภาพ** (Physical Treatment)

วิธีทางกายภาพเป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียอย่างง่าย ๆ ไม่ยุ่งยากซับซ้อน มีความต้องการเพียงแยกเอาวัตถุซึ่งเป็นของแข็งที่ปะปนมากับน้ำเสียออก วัตถุนี้อาจมีขนาดใหญ่หรือเป็นสารแขวนลอยที่สามารถตกตะกอนเองได้ เช่น กรวดทราย ถุงพลาสติก เศษอาหาร ไขมัน กรรมวิธีง่าย ๆ ที่ใช้แยกวัตถุเหล่านี้ ได้แก่ การกรองด้วยตระแกรง การทำให้ลอย การตัดย่อย รางดักกรวดทราย การปรับสภาพการไหล การแยกด้วยแรงเหวี่ยง การตกตะกอน และบ่อดักไขมัน เป็นต้น วิธีนี้จะกำจัดตะกอนลงไปได้ประมาณร้อยละ 50 – 65 ส่วนความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ BOD ลดลงได้ประมาณร้อยละ 20 – 30 เท่านั้น

2.2.1.1 ตะแกรงเหล็ก (Screen) หรือตะแกรงลวดที่ใช้ดักของแข็งในน้ำเสียมีอยู่หลายขนาดด้วยกัน แบบหยาบ ซี่เหล็กจะห่างกัน 2 – 4 นิ้ว ส่วนที่ละเอียดลงมาจะมีช่องระหว่างซี่ 0.25 – 2 นิ้ว ตะแกรงลวดจะถูกนำมาวางเอียงทำมุม 30 – 45 องศา เต็มรางระบายเพื่อดักวัตถุชิ้นใหญ่ ๆ ที่ปะปนมากับน้ำเสียออก ได้แก่ เศษไม้ ถุงพลาสติก กระดาษ และอื่น ๆ ตะแกรงพวกนี้จะขจัดของแข็งออกจากน้ำเสียได้ประมาณร้อยละ 5 – 15 น้ำที่ผ่านตะแกรงไปจะต้องไปบำบัดต่อจึงจะสมบูรณ์ เพราะยังมีสารแขวนลอยขนาดเล็กเป็นจำนวนมากลอดผ่านไปได้ วัสดุต่าง ๆ ที่ติดหน้าตะแกรงลวดจะต้องเขี่ยออก และทำความสะอาดตะแกรงลวดทุกวัน วัสดุที่เขี่ยออกจะนำไปเผาหรือรวมขจัดพร้อมกับขยะก็ได้

ตะแกรงบางชนิดจะมีเครื่องตัดและเครื่องบดพร้อมกันในตัวเดียวกันเพื่อเป็นการลดแรงงานในการทำความสะอาด และทำให้น้ำเสียไหลไปได้ด้วยดีโดยไม่ติดขัด ขนาดของแข็งที่ถูกตัดและบดให้เหลือขนาดใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของระบบที่เลือกที่จะบำบัดน้ำเสียนั้นต่อไป ตะแกรงแบบนี้มักจะใช้กับน้ำเสียที่มีปริมาณมากกว่า 3,875 ลูกบาศก์เมตรต่อวันขึ้นไป

2.2.1.2 การทำให้ลอย (Flotation) เป็นการแยกของแข็งที่ตกตะกอนได้ยากหรือมีลักษณะครึ่งจมครึ่งลอยหรือมีน้ำหนักเบาออกจากส่วนที่เป็นของเหลวโดยใช้ฟองอากาศเป็นตัวพาหรือยกสิ่งสกปรกให้ลอยสูงขึ้นสู่ผิวของของเหลวกลายเป็นฝ้า ซึ่งกวาดออกหรือตักออกโดยใช้คนหรือเครื่องมือกล

2.2.1.3 การตัดย่อย (Comminution) การตัดย่อยเป็นการลดขนาดหรือปริมาตรของของแข็งให้มีขนาดเล็กลงและมีขนาดสม่ำเสมอ มักเป็นของแข็งที่เน่าเปื่อยได้ เช่น เศษเนื้อ กระดูกหมู กระดูกไก่ เป็นต้น

2.2.1.4 รางดักกรวดทราย (Grit Chamber) รางดักกรวดทรายเป็นเครื่องมือที่ใช้แยกเอาของแข็งที่น้ำหนักมาก เช่น กรวดทราย เศษโลหะ เศษไม้ เศษกระดูก เป็นต้น ออกจากน้ำเสีย

2.2.1.5 การปรับสภาพการไหล (Flow Equalization) การปรับสภาพการไหลเป็นการเก็บกักน้ำเสียไว้ระยะหนึ่ง เพื่อปรับอัตราการไหลของน้ำเสียซึ่งไหลเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียให้มีความสม่ำเสมอและต่อเนื่อง และทำให้ความเข้มข้นของสิ่งสกปรกที่อยู่ในน้ำเสียมีค่าคงที่และสม่ำเสมอ

2.2.1.6 การตกตะกอน (Sedimentation) คือ การแยกเอาของแข็งซึ่งอยู่ในรูปของสารแขวนลอยออกจากของเหลว อาจเป็นน้ำเสียที่ผ่านตะแกรงลวดออกมา ของแข็งนี้อาจเป็นดิน ทราย สารแขวนลอย ตะกอนเคมี และตะกอนชีวภาพ หรือพวกจุลินทรีย์ต่าง ๆ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้น้ำเสียใสขึ้นและตะกอนมีความเข้มข้นมากขึ้น ตะกอนในถังตกตะกอนจะตกได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น ความหนักเบาของตะกอน ความหนืดของน้ำเสีย อุณหภูมิ และความสดของน้ำเสีย เป็นต้น นอกจากนี้ระยะเวลาที่น้ำเสียถูกกักไว้ในถังก็มีความสำคัญมาก น้ำเสียใหม่ที่ยังไม่ถูกย่อยสลายจนเกิดก๊าซ และน้ำเสียที่มีตะกอนหนัก ตะกอนในน้ำเสียเหล่านี้จะตกได้เร็ว หากน้ำเสียนี้ถูกกักไว้ในถังนานประมาณ 1 – 2 ชั่วโมง ตะกอนจะตกลงมาสู่ก้นถังประมาณร้อยละ 50 – 70 ส่วนตะกอนเบาที่มีประจุลบ (-) จะไม่ตกลงข้างล่างเพราะเกิดแรงผลักกัน หากต้องการให้ตะกอนส่วนนี้ตกลงสู่ก้นถัง จำเป็นต้องใส่สารเคมีที่มีประจุ (+) มาช่วยรวมตะกอนให้มีขนาดใหญ่ และหนักขึ้น จึงตกตะกอนลงมาเองได้

ถังตะกอนมีหลายรูปแบบ มีทั้งรูปกลม และสี่เหลี่ยมผืนผ้า อาจมีเครื่องกวาดตะกอนที่ก้นถัง หรือไม่มีก็ได้ ส่วนถังตะกอนอีกแบบที่มีแผ่นเอียงทำมุม 45 องศาซ้อนกันหลาย ๆ แผ่นจะช่วยเร่งให้ตะกอนตกได้เร็วขึ้น ใช้เวลาเพียง 15 นาที หรือสั้นกว่านั้นก็เป็นได้

2.2.1.7 บ่อดักไขมัน (Grease Trap) น้ำเสียจากครัวเรือน ห้องอาหาร และอุตสาหกรรมบางประเภทมีไขมันปะปนมา น้ำเสียเหล่านี้ไม่ควรนำเข้าระบบบำบัดโดยทันที เพราะไขมันเป็นของย่อยสลายได้ยาก หากจะย่อยสลายไขมันในระบบบำบัดต้องเติมเอ็นไซม์ ลงไปเพื่อช่วยย่อยไขมัน แต่ทำให้การบำบัดมีราคาแพงขึ้น หากผ่านน้ำเสียที่มีไขมันเข้าบ่อดักไขมันเสียก่อนจะทำให้การบำบัดขั้นต่อไปง่ายขึ้น เมื่อน้ำเสียผ่านเข้ามาในบ่อดักไขมันจะถูกกักเอาไว้อย่างน้อย

15 นาที ไขมันจะลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ ส่วนเศษอาหารที่ปนมาจะตกสู่ก้นถัง ทั้งไขมันที่ลอยขึ้นมาและกากตะกอนหรือเศษอาหารที่ตกอยู่ก้นถังจะต้องได้รับการตักออกเพื่อนำไปบำบัดด้วยวิธีเผาหรือฝังกลบต่อไป มิฉะนั้นแล้วจะเกิดเน่าเสียและส่งกลิ่นเหม็นขึ้นได้ ส่วนน้ำเสียที่ผ่านออกจากบ่อดักไขมันจะถูกส่งไปบำบัดในระบบบำบัดน้ำขั้นที่สอง

2.2.2 **วิธีทางเคมี** (Chemical Treatment)

วิธีทางเคมีเป็นการกำจัดสารแขวนลอยที่มีขนาดเล็กที่ไม่สามารถตกตะกอนเองได้แล้ว ยังใช้ขจัดสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสียให้กลายเป็นเกลือตกตะกอนออกมาด้วยการเติมสารเคมีที่เหมาะสมลงไป สารแขวนลอยที่มีขนาดเล็กและตกตะกอนเองไม่ได้จะมีประจุลบ (-) สารพวกนี้จะมีแรงผลักกันตลอดเวลา จึงไม่สามารถตกตะกอนลงมาได้ ฉะนั้นสารเคมีที่เติมจะต้องมีประจุบวก (+) เพื่อไปหักล้างกันทำให้เป็นกลางหรือให้เหลือแรงผลักดันกันได้น้อยลง สามารถก่อตะกอนขึ้นได้แล้วตกตะกอนลงมาวิธีนี้เรียกว่า กระบวนการรวมกลุ่ม (Coagulation) ส่วนสารเคมีที่เติมลงไปเป็นตัวก่อตะกอนเรียกว่า Coagulant และสารเคมีที่ช่วยสารก่อตะกอน คือ Coagulation Aids การบำบัดด้วยวิธีทางเคมี เป็นการใช้สารเคมีหรือการทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีเพื่อบำบัดน้ำเสีย โดยมีวัตถุประสงค์

1. เพื่อรวมตะกอนหรือของแข็งแขวนลอยขนาดเล็กในน้ำเสียให้มีขนาดโตพอที่จะตกตะกอนได้ง่าย ซึ่งเรียกตะกอนดังกล่าวว่า Floc และเรียกกระบวนการดังกล่าวว่า การสร้างตะกอน (Coagulation) และการรวมตะกอน (Flocculation)

2. เพื่อให้ของแข็งที่ละลายในน้ำเสียให้กลายเป็นตะกอน หรือทำให้ไม่สามารถละลายน้ำได้ เรียกกระบวนดังกล่าวว่า การตกตะกอนผลึก (Precipitation)

3. เพื่อทำการปรับสภาพน้ำเสียให้มีความเหมาะสมที่จะนำไปบำบัดด้วยกระบวนการอื่นต่อไป เช่น การทำให้น้ำเสียมีความเป็นกลางก่อนแล้วนำไปบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพ เป็นต้น

4. เพื่อทำลายเชื้อโรคในน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ หรือก่อนที่จะบำบัดด้วยวิธีการอื่น ๆ ต่อไป

โดยทั่วไปแล้วการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมีนี้มักจะทำร่วมกันกับหน่วยบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ ตัวอย่างเช่น กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมีโดยการใช้สารเคมีเพื่อทำให้ตกตะกอน เป็นต้น ในปัจจุบันนี้มีการใช้หน่วยบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมีหลายอย่างด้วยกัน แต่

จะขอกล่าวเฉพาะที่ถูกนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียเป็นส่วนใหญ่ คือ การตกตะกอนโดยใช้สารเคมี การทำให้เป็นกลาง และการทำลายเชื้อโรค

2.2.2.1 การตกตะกอนโดยใช้สารเคมี (Chemical Coagulation หรือ Precipitation) เป็นการใช้สารเคมีช่วยตกตะกอนโดยให้เติมสารเคมี (Coagulant) ลงไป เพื่อเปลี่ยนสถานะทางกายภาพของของแข็งแขวนลอยที่มีขนาดเล็กให้รวมกันมีขนาดใหญ่ขึ้นเรียกกระบวนดังกล่าวว่า Flocculation

สารเคมีที่เป็นสารก่อตะกอนส่วนใหญ่จะละลายน้ำ เช่น พวกเกลืออะลูมิเนียมซัลเฟต หรือสารส้ม ($Al_2(SO_4)_3$) เกลือเหล็ก ($FeCl_3$, $FeSO_4$) และเกลือแคลเซียม ($Ca(OH)_2$) ส่วนเกลือที่นำมาช่วยสารก่อตะกอนก็มีพวกแอคทิเวเต็ดซิลิกา (Activated Silica) และโพลีอิเล็คโทรไลต์ (Polyelectrolytes) สารช่วยก่อตะกอนจะทำให้การตกตะกอนมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

การที่จะเลือกเอาสารก่อตะกอนและสารช่วยก่อตะกอนตัวหนึ่งตัวใดได้อย่างเหมาะสมนั้น จำเป็นต้องรู้คุณสมบัติของสารนั้นว่าทำปฏิกิริยาได้ดีในสภาวะใด และน้ำเสียอยู่ในสภาวะนั้นหรือไม่ เช่น เกลืออะลูมิเนียมจะทำปฏิกิริยาได้ดีในช่วงพีเอช 6.8 – 7.3 แต่เกลือคลอไรด์ของเหล็กจะทำปฏิกิริยาในช่วงพีเอชที่กว้างกว่า คือ 4 – 11 สารเคมีที่นำมาก่อตะกอนอาจจะใช้สารตัวเดียวกันหรือมากกว่านั้นเพื่อประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น หากสารก่อตะกอนทำให้เกิดตะกอนเบาจำเป็นต้องเติมสารช่วยก่อตะกอนเพื่อให้ตะกอนหนักและตกเร็วขึ้น การที่จะหาสภาวะพอเหมาะเพื่อให้การตกตะกอนมีประสิทธิภาพ สามารถทำได้ในห้องทดลองโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Jar Test

ตัวอย่างปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการก่อตะกอนเมื่อเติมเกลืออะลูมิเนียมลงไปในน้ำ มีดังนี้

$$Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O \longrightarrow 2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4$$

อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเป็นตะกอนวุ้นตกลงมาช้า ๆ ในขณะที่ตกลงมาจะนำสารแขวนลอยขนาดเล็กตกลงมาด้วย การใช้สารส้มกับน้ำเสียที่ไม่มีด่างปนอยู่เลย จะทำให้การตกตะกอนไม่ดีและเปลืองสารส้มอีกด้วย

2.2.2.2 การทำให้เป็นกลาง (Neutralization) เป็นการปรับสภาพความเป็นกรด – ด่าง หรือพีเอช ให้อยู่ในสภาพที่เป็นกลาง เพื่อให้เกิดความเหมาะสมที่จะนำไปบำบัดน้ำเสียในขั้นอื่นต่อไป โดยเฉพาะกระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพซึ่งต้องการน้ำเสียที่มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 6.5 – 8.5 แต่ก่อนที่จะปล่อยน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดดีแล้วลงสู่ธรรมชาติ ต้องปรับสภาพพีเอชอยู่ในช่วง 5 – 9 ถ้าพีเอชต่ำจะต้องปรับสภาพด้วยด่าง ด่างที่นิยมนำมาใช้ คือ โซดาไฟ

(NaOH) ปูนขาว (CaO) หรือแอมโมเนีย (NH_3) เป็นต้น และถ้าน้ำเสียมีค่าพีเอชสูงต้องทำการปรับสภาพพีเอชให้เป็นกลางโดยใช้กรด กรดที่นิยมนำมาใช้ ได้แก่ กรดกำมะถัน (H_2SO_4) กรดเกลือ (HCl) หรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

2.2.2.3 การทำลายเชื้อโรค (Disinfection) การทำลายเชื้อโรคในน้ำเสียเป็นการทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคโดยใช้เคมีหรือสารอื่น ๆ โดยมีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรคมาสู่คน และเพื่อทำลายห่วงโซ่ของเชื้อโรคและการติดเชื้อก่อนที่จะถูกปล่อยลงแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดเชื้อโรค ได้แก่ คลอรีนและสารประกอบคลอรีน โบรมีน ไอโอดีน โอโซน ฟีนอลและสารประกอบของฟีนอล และแอลกอฮอล์ เป็นต้น ซึ่งคลอรีนเป็นสารเคมีที่นิยมใช้มาก

2.2.3.**วิธีทางชีวภาพ** (Biological Treatment)

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีนี้ เพื่อกำจัดเอาสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสียออก และป้องกันไม่ให้ไปทำปฏิกิริยากับออกซิเจนที่ละลายในน้ำให้มีปริมาณน้อยลงจนการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ขนาดเล็กเกิดอันตราย การบำบัดวิธีนี้อาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ รา และสาหร่าย ที่เติมลงไปในถังบำบัดที่มากพอที่จะย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ปนมาให้เหลือน้อยลงจนได้มาตรฐานน้ำทิ้ง เนื่องจากมีจุลินทรีย์ให้เลือกใช้หลายชนิด แต่ละชนิดจะย่อยสารอินทรีย์ได้แตกต่างกัน เช่น แบคทีเรียย่อยพวกโปรตีนได้ดี ยีสต์ย่อยพวกแป้งและน้ำตาล เป็นต้น นอกจากนี้ยังต้องคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมกับจุลินทรีย์ที่เลือกอีกด้วย การทำงานจึงจะมีประสิทธิภาพ น้ำทิ้งที่ได้มาตรฐานน้ำทิ้งสามารถระบายลงสู่คลองตามธรรมชาติได้ หรือจะนำกลับมาใช้ใหม่ได้เพื่อประโยชน์อื่น เช่น รดน้ำต้นไม้ เป็นต้น

สำหรับแบคทีเรียที่นำมาย่อยสลายสารอินทรีย์จำแนกเป็น 2 ประเภทด้วยกัน ประเภทแรกต้องอาศัยออกซิเจน (Aerobic Bacteria) ประเภทที่สองเป็นพวกไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Bacteria) พวกที่ใช้ออกซิเจนจะทำงานได้ดีและรวดเร็วกว่า ตะกอนที่เกิดขึ้นก็มีมากกว่า สำหรับตะกอนส่วนเกินที่ไม่ต้องการ จำเป็นจะต้องแยกออกมากำจัด หรือนำไปเลี้ยงปลา ทำก๊าซชีวภาพหรือทำปุ๋ยหมักก็ได้ตามความเหมาะสม

การทำงานของระบบนี้จะให้ประสิทธิภาพสูงกว่าร้อยละ 90 หากเลือกระบบที่ไม่ต้องใช้ไฟฟ้าจะต้องใช้พื้นที่มาก ประสิทธิภาพอาจด้อยกว่าบ้าง อย่างไรก็ตามวิธีบำบัดทางชีวภาพจะเป็นที่นิยมกันมาก เพราะมีหลายรูปแบบให้เลือก รูปแบบที่ใช้พื้นที่มากจะมีราคาถูกกว่ารูปแบบที่ใช้พื้นที่น้อย

ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพที่ใช้สำหรับน้ำเสียชุมชนในประเทศไทย ได้แก่

2.2.3.1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอเอส (Activated Sludge) และระบบดัดแปลงต่าง ๆ ของ เอเอส เช่น คลองวนเวียน ระบบเอสบีอาร์

2.2.3.2 ระบบบำบัดน้ำเสียฟิล์มตรึง เช่น ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ

2.2.3.3 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อธรรมชาติ เช่น บ่อปรับเสถียร

2.2.3.4 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบระบบสระเติมอากาศ และบึงประดิษฐ์

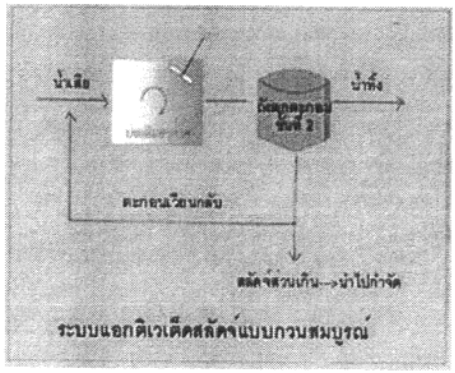
2.2.3.5 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ตัวกลางเติมอากาศ

2.2.3.1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอเอส (Activated Sludge) และระบบดัดแปลงต่าง ๆ

ระบบเอเอส เป็นระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีชีวภาพ ที่อาศัยจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย มีองค์ประกอบหลัก คือ ถังเติมอากาศ และถังตกตะกอน จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศจะอาศัยสารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นอาหาร และออกซิเจนจากการเติมอากาศในถังเติมอากาศ เพื่อการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณกลายเป็นสลัดจ์ จากนั้นน้ำเสียจะถูกส่งเข้าสู่ถังตกตะกอนเพื่อแยกน้ำใสให้ไหลล้นออกมา ไปสู่ระบบบำบัดขั้นสุดท้าย และตะกอนบางส่วนก็จะถูกสูบย้อนกลับเข้าสู่ถังเติมอากาศ เพื่อควบคุมตะกอนจุลินทรีย์ แล้วถูกส่งเข้าถังตกตะกอนอีกครั้ง ซึ่งจะเป็นไปอย่างนี้เรื่อย ๆ จนกว่าน้ำจะสะอาด

กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบเอเอส ยังสามารถแยกย่อยต่าง ๆ ได้หลายประเภท ขึ้นอยู่กับการจัดวาง และรูปแบบของถังเติมอากาศ ที่ใช้ในประเทศไทย เช่น

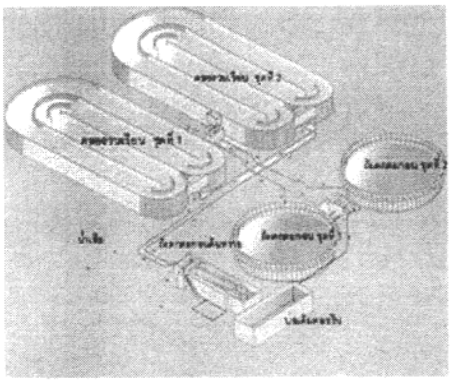
1) ระบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor; SBR) มีถังเติมอากาศและถังตกตะกอนรวมอยู่ในถังเดียวกัน โดยอาศัยการทำงานเป็นรอบ (ภาพที่ 2.1)



ภาพที่ 2.1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge)

แหล่งที่มา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุนารี, 2549: 2

2) ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch Process) น้ำเสียและสลัดจ์จะถูกเก็บกักอยู่ในถังเติมอากาศที่มีลักษณะเป็นคลองวนเวียนวงรี ทำด้วยคอนกรีต มีหลักการทำงาน คือ น้ำเสียจะไหลผานคลองวนเวียนไปยังถังตกตะกอนเพื่อแยกน้ำใสและตะกอน น้ำใสจะไหลไปยังระบบบำบัดขั้นสุดท้ายก่อนปล่อยทิ้ง ส่วนตะกอนก้นถังจะถูกสูบกลับไปยังคลองวนเวียนเพื่อทำการบำบัดใหม่ (ภาพที่ 2.2)

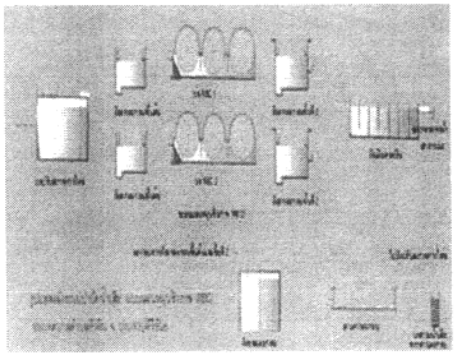


ภาพที่ 2.2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบคลองวนเวียน

แหล่งที่มา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุนารี, 2549: 3

2.2.3.2 ระบบบำบัดน้ำเสียฟิล์มตรึง เช่น ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ

ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contractor; RBC) เป็นระบบให้น้ำเสียไหลผ่านตัวกลางทรงกระบอกที่วางอยู่ในถังบำบัด จุลินทรีย์ที่ติดอยู่ที่ตัวกลางจะทำหน้าที่บำบัดโดยใช้ออกซิเจนในอากาศ (ภาพที่ 2.3)



ภาพที่ 2.3 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแผ่นจานหมุนชีวภาพ

แหล่งที่มา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุนารี, 2549: 4

2.2.3.3 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อธรรมชาติ เช่น บ่อปรับเสถียร

ระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) แบ่งเป็น

1) บ่อแอนแอโรบิค อินทรียสารในน้ำเสียจะถูกย่อยด้วยจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้อากาศ ผลผลิตที่ได้จะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และก๊าซไข่เน่า

2) บ่อแอโรบิค อินทรียสารในน้ำเสียจะถูกย่อยด้วยจุลินทรีย์ชนิดใช้อากาศ เนื่องจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย จึงทำให้ได้ก๊าซออกซิเจน

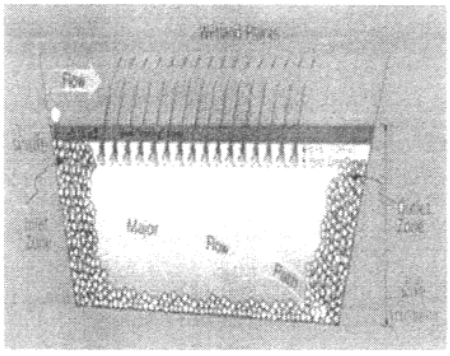
3) บ่อแฟคัลเททีฟ หลักการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียจะเป็นแบบใช้อากาศ ที่ผิวด้านบนที่แดดส่องถึง และเป็นแบบไร้อากาศที่ก้นบ่อ

4) บ่อบ่ม ใช้รองรับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดต่าง ๆ มาแล้ว

2.2.3.4 ระบบบำบัดน้ำเสีย แบบระบบสระเติมอากาศ และบึงประดิษฐ์

ระบบสระเติมอากาศ (Aerated Lagoon) หลักการทำงานอาศัยจุลินทรีย์เหมือนกับบ่อแฟคัลเททีฟ มีเครื่องเติมอากาศผิวน้ำแบบทุ่นลอยหรือยึดติดกับแท่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้กับจุลินทรีย์ การเติมอากาศสามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ การผสมแบบสมบูรณ์ทั่วทั้งบ่อ และการผสมเพียงบางส่วน

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetlands) (ภาพที่ 2.4) เป็นระบบที่จำลองแบบพื้นที่ชุ่มน้ำมาใช้บำบัดน้ำเสียโดยการบดอัดดินให้แน่น เพื่อปลูกพืชจำพวก กก แฝก ธูปฤาษี เป็นต้น สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทหลัก คือ แบบน้ำไหลบนผิวดิน และแบบน้ำไหลใต้ผิวดิน



ภาพที่ 2.4 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์

แหล่งที่มา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุนารี, 2549: 5

2.2.3.5 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ตัวกลางเติมอากาศ

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ตัวกลางเติมอากาศ (Contract Aeration Process) น้ำเสียจะเข้าสู่ถังบรรจุตัวกลางพลาสติกที่มีจุลินทรีย์เกาะอยู่ พร้อมทั้งมีระบบเติมอากาศที่ก้นถังใต้ชั้นตัวกลางให้กับแบคทีเรีย เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียเนื่องจากว่าปัญหาน้ำเสียที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากหลายสาเหตุ ไม่ว่าจะเป็นน้ำเสียที่ปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรม อาคารบ้านเรือน ตลาดสด เกษตรกรรม เป็นต้น ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการใช้ค่ามาตรฐานน้ำเข้ามาใช้ควบคุมก่อนที่จะปล่อยทิ้งสู่แหล่งน้ำ

2.2.4 **กระบวนการทางกายภาพ – เคมี** (Physical – chemical Process)

เป็นกระบวนการที่ต้องมีอุปกรณ์ช่วยมากกว่ากระบวนการที่กล่าวมา ซึ่งกระบวนการนี้จะใช้ในขั้นตอนสุดท้ายในการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านกระบวนในขั้นตอนอื่นแล้ว เช่น กระบวนการดังต่อไปนี้

2.2.4.1 การดูดซับด้วยถ่าน (Carbon Adsorption) วิธีการนี้ใช้ผงถ่านหรือคาร์บอนเป็นตัวดูดซับสารเจือปนที่ละลายอยู่ในน้ำทิ้ง

2.2.4.2 การแลกเปลี่ยนประจุ วิธีการนี้อาศัยหลักการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างสารปนเปื้อนในน้ำเสียกับตัวกลางที่บรรจุซึ่งมีทั้งประจุบวกและประจุลบ โดยจะมีการลำเลียงน้ำภายใน

2.2.5 **วิธีการบำบัดน้ำเสีย**

ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย โดยทั่วไปการบำบัดน้ำทิ้งแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้น ดังนี้

1. การบำบัดขั้นเตรียมการ (Preliminary Treatment) เป็นขั้นตอนการแยกสิ่งสกปรกที่มีขนาดใหญ่ ไม่ละลายน้ำออกจากน้ำ โดยการใช้ตะแกรง

2. การบำบัดขั้นต้น (Primary Treatment) น้ำเสียที่ผ่านขั้นตอนจากข้อที่ 1 แล้วจะถูกนำมาตกตะกอนในถังตกตะกอน ซึ่งเรียกว่า Primary Sludge การบำบัดในขั้นนี้จะลดค่า BOD ได้ประมาณร้อยละ 25 – 40 แล้วแต่คุณลักษณะของน้ำทิ้งและประสิทธิภาพของถังตกตะกอน

3. การบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment) น้ำเสียจากข้อ 2 จะถูกนำเข้าไปสู่ถังเติมอากาศซึ่งจะมีการเติมอากาศให้แก่แบคทีเรียโดยใช้เครื่องเติมอากาศ แบคทีเรียช่วยย่อยสลายและกำจัดสารอินทรีย์หรือบีโอดี ซึ่งอยู่ในรูปของสารละลายหรืออนุภาคคอลลอยด์

ออกไปจากน้ำ กลายเป็นตะกอนตกลงไปที่ก้นถัง กากตะกอนในส่วนนี้จะถูกนำไปกำจัดต่อไป น้ำในส่วนบนของถังตกตะกอนจะใสขึ้น ในขั้นตอนนี้จะช่วยลดค่าบีโอดีลงได้ประมาณร้อยละ 75 – 95 ซึ่งค่าบีโอดีของน้ำส่วนนี้จะต่ำกว่า 20 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถปล่อยทิ้งลงสู่แม่น้ำได้ แต่ถ้าต้องการความสะอาดเหมาะแก่การนำกลับมาใช้ใหม่ต้องเข้าสู่การบำบัดขั้นที่ 3 ต่อไป

4. การบำบัดขั้นที่สาม (Tertiary Treatment) ต้องการความบริสุทธิ์ สะอาด สามารถนำกลับมาใช้อุปโภคและบริโภคได้ ขบวนการบำบัดนี้จึงเป็นขบวนการเคมีรวมกับฟิสิกส์ – เคมี น้ำทิ้งจากการบำบัดขั้นตอนที่สอง จะถูกนำมาตกตะกอนด้วยวิธีทางเคมีแยกสารประกอบฟอสเฟตออกด้วยปูนขาว จากนั้นจึงนำมากำจัดสารอินทรีย์ที่เหลืออยู่ด้วยขบวนทางฟิสิกส์ – เคมี ด้วยขบวนการ Ion Exchange ซึ่งจะได้น้ำที่สะอาด เมื่อผ่านการฆ่าเชื้อโรคแล้วจะได้น้ำที่สะอาด

2.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติ

2.3.1 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติ

การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Treatment) เป็นวิธีบำบัดน้ำเสียที่อาศัยธรรมชาติช่วยในการกำจัดสารปนเปื้อนออกจากน้ำเสียโดยไม่ต้องอาศัยเครื่องจักรกลต่าง ๆ เป็นวิธีที่ประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้า พึ่งพาผู้ควบคุมระบบน้อยกว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบอื่น ๆ มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการธรรมชาติทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ ที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อม ในการบำบัดน้ำเสียจะมีน้ำ ดิน พืช จุลชีพ และบรรยากาศเข้ามาช่วยแปรสภาพน้ำเสียให้มีสารปนเปื้อนน้อยลง ซึ่งสิ่งปนเปื้อนที่สามารถกำจัดได้โดยวิธีธรรมชาติ ได้แก่ ของแข็งแขวนลอย สารอินทรีย์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ธาตุอื่น ๆ และจุลชีพ เป็นต้น โดยการกำจัดสิ่งปนเปื้อนประเภทต่าง ๆ มีหลักการดังนี้ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2542: 392 – 394)

2.3.1.1 การกำจัดของแข็งแขวนลอย

ของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียที่ไหลผ่านบนดินสามารถถูกกำจัดหรือแยกออกมาจากน้ำเสียโดยอาศัยการตกตะกอน การกรองผ่านชั้นดินหรือการกรองผ่านรากพืชต่าง ๆ

2.3.1.2 การกำจัดสารอินทรีย์

การกำจัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติสามารถกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้โดยอาศัยกระบวนการทางชีวภาพแบบใช้อากาศ คือ พวกจุลชีพที่เกาะอยู่ตามผิวเม็ดดินต่าง ๆ จะอาศัยออกซิเจนจากบรรยากาศดำรงชีวิตอยู่และจะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย นอกจากนี้ยังมีการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่เกิดขึ้นภายในชั้นดินบ้างแต่ไม่มากนัก

ออกไปจากน้ำ กลายเป็นตะกอนตกลงไปที่ก้นถัง กากตะกอนในส่วนนี้จะถูกนำไปกำจัดต่อไป น้ำในส่วนบนของถังตกตะกอนจะใสขึ้น ในขั้นตอนนี้จะช่วยลดค่าบีโอดีลงได้ประมาณร้อยละ 75 – 95 ซึ่งค่าบีโอดีของน้ำส่วนนี้จะต่ำกว่า 20 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถปล่อยทิ้งลงสู่แม่น้ำได้ แต่ถ้าต้องการความสะอาดเหมาะแก่การนำกลับมาใช้ใหม่ต้องเข้าสู่การบำบัดขั้นที่ 3 ต่อไป

4. การบำบัดขั้นที่สาม (Tertiary Treatment) ต้องการความบริสุทธิ์ สะอาด สามารถนำกลับมาใช้อุปโภคและบริโภคได้ ขบวนการบำบัดนี้จึงเป็นขบวนการเคมีรวมกับฟิสิกส์ – เคมี น้ำทิ้งจากการบำบัดขั้นตอนที่สอง จะถูกนำมาตกตะกอนด้วยวิธีทางเคมีแยกสารประกอบฟอสเฟตออกด้วยปูนขาว จากนั้นจึงนำมากำจัดสารอินทรีย์ที่เหลืออยู่ด้วยขบวนทางฟิสิกส์ – เคมี ด้วยขบวนการ Ion Exchange ซึ่งจะได้น้ำที่สะอาด เมื่อผ่านการฆ่าเชื้อโรคแล้วจะได้น้ำที่สะอาด

2.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติ

2.3.1 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติ

การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Treatment) เป็นวิธีบำบัดน้ำเสียที่อาศัยธรรมชาติช่วยในการกำจัดสารปนเปื้อนออกจากน้ำเสียโดยไม่ต้องอาศัยเครื่องจักรกลต่าง ๆ เป็นวิธีที่ประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้า พึ่งพาผู้ควบคุมระบบน้อยกว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบอื่น ๆ มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการธรรมชาติทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ ที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อม ในการบำบัดน้ำเสียจะมีน้ำ ดิน พืช จุลชีพ และบรรยากาศเข้ามาช่วยแปรสภาพน้ำเสียให้มีสารปนเปื้อนน้อยลง ซึ่งสิ่งปนเปื้อนที่สามารถกำจัดได้โดยวิธีธรรมชาติ ได้แก่ ของแข็งแขวนลอย สารอินทรีย์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ธาตุอื่น ๆ และจุลชีพ เป็นต้น โดยการกำจัดสิ่งปนเปื้อนประเภทต่าง ๆ มีหลักการดังนี้ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2542: 392 – 394)

2.3.1.1 การกำจัดของแข็งแขวนลอย

ของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียที่ไหลผ่านบนดินสามารถถูกกำจัดหรือแยกออกมาจากน้ำเสียโดยอาศัยการตกตะกอน การกรองผ่านชั้นดินหรือการกรองผ่านรากพืชต่าง ๆ

2.3.1.2 การกำจัดสารอินทรีย์

การกำจัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติสามารถกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้โดยอาศัยกระบวนการทางชีวภาพแบบใช้อากาศ คือ พวกจุลชีพที่เกาะอยู่ตามผิวเม็ดดินต่าง ๆ จะอาศัยออกซิเจนจากบรรยากาศดำรงชีวิตอยู่และจะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย นอกจากนี้ยังมีการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่เกิดขึ้นภายในชั้นดินบ้างแต่ไม่มากนัก

2.3.1.3 การกำจัดไนโตรเจน

ไนโตรเจนในน้ำเสียมักจะมีในรูปของสารอินทรีย์ไนโตรเจนและสารแอมโมเนียไนโตรเจน ซึ่งสารไนโตรเจนจะก่อให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียได้ เพราะเป็นสารที่ทำให้เกิดความต้องการใช้ออกซิเจนค่อนข้างมากทำให้เกิดการขาดออกซิเจนในน้ำ การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติจะกำจัดสารไนโตรเจนในน้ำเสียโดยจะออกมาในรูปของอากาศ คือ ก๊าซไนโตรเจน (N_2) และก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ในรูปของพืชต่าง ๆ คือ ถูกต้นไม้และพืชอื่น ๆ นำสารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียและไนเตรทมาใช้ และในรูปของสารไนเตรทต่าง ๆ ที่ซึมลงไปในดินอาจผสมกับน้ำใต้ดิน

2.3.1.4 การกำจัดฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสในน้ำเสียก่อให้เกิดน้ำเน่าเสียได้ เพราะเป็นสารที่ทำให้เกิดความต้องการใช้ออกซิเจนค่อนข้างมาก การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติจะกำจัดสารฟอสฟอรัสในน้ำเสียโดยวิธีทางชีวภาพที่มีระบบขาดอากาศขั่วคราวและระบบเติมอากาศสลับกันไปมา และอาจสามารถกำจัดได้โดยวิธีทางเคมีซึ่งจะทำให้เกิดสลัดจ์ในปริมาณมาก ในการกำจัดสารฟอสฟอรัสโดยวิธีธรรมชาติจะใช้หลักการดูดซับ แต่อาจมีปัญหาเกิดการอิ่มตัวของปริมาณฟอสฟอรัสในชั้นดินบางบริเวณหรือเกิดการอิ่มตัวในพืชน้ำได้

2.3.1.5 การกำจัดธาตุอื่น ๆ

ธาตุอื่น ๆ ในที่นี้บางตัวอาจเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับพืช แต่ธาตุบางตัวอาจเป็นธาตุที่มีพิษเมื่อมีปริมาณมากขึ้น เช่น แคดเมียม โครเมียม ปรอท เป็นต้น เมื่อน้ำเสียผ่านการบำบัดด้วยวิธีธรรมชาติแล้ว ธาตุต่าง ๆ จะถูกจับไว้โดยอาศัยการดูดซับ การตกผลึก และการแลกเปลี่ยนประจุ โดยทั่วไปจะต้องมีพีเอชของน้ำเสียหรือบริเวณพื้นที่บำบัดน้ำเสียมากกว่า 7 จึงจะได้ประสิทธิภาพของการบำบัดอยู่ในระดับสูง แต่ถ้าพีเอชน้อยกว่า 7 จะเกิดปัญหาธาตุที่มีพิษจะละลายปนกับน้ำออกจากระบบได้

2.3.1.6 จุลชีพ

การกำจัดจุลชีพต่าง ๆ ในน้ำเสียด้วยวิธีธรรมชาติค่อนข้างได้ผลดี เพราะอาศัยการดัก การดูดซับ การตกตะกอน และอื่น ๆ ถ้าบริเวณพื้นที่มีพืชขึ้นมากก็ยิ่งช่วยดักเอาไว้ได้อีกทาง ทำให้การกำจัดจุลชีพต่าง ๆ ค่อนข้างได้ผลดี แต่พบว่ายังไม่เพียงพอเมื่อต้องการกำจัดจุลชีพต่าง ๆ ให้หมดสิ้น

2.3.2 ประเภทของการกำจัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติ

การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติอาจจำแนกได้เป็น 3 ระบบใหญ่ คือ ระบบกระจายบนดิน ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์ และระบบพืชลอยน้ำ แต่ละระบบมีรายละเอียดดังนี้ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2542: 391 – 421)

2.3.2.1 ระบบกระจายบนดิน (Land Treatment System)

การบำบัดน้ำเสียแบบกระจายบนดินจะใช้กับพื้นที่เกษตรกรรม หรือพื้นที่ว่างเปล่าที่ไม่ใช้ประโยชน์ วิธีนี้เป็นวิธีที่ประหยัดค่าใช้จ่ายมาก แต่ต้องใช้พื้นที่มากในการบำบัดน้ำเสีย ถ้าน้ำเสียมีแร่ธาตุอาหารและมีสารอินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชก็จะเป็นเหมือนการใส่ปุ๋ยให้แก่ดินเพื่อทำการเกษตรต่อไป แต่หากน้ำเสียมีสารพิษปนเปื้อนต้องคำนึงถึงปริมาณสารพิษและชนิดของสารพิษอย่างระมัดระวังเพราะอาจส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช และส่งผลกระทบต่อมนุษย์หากนำพืชนั้นมาทำเป็นอาหาร วิธีการบำบัดน้ำเสียแบบกระจายบนดินแยกเป็นประเภทย่อยได้ 3 ระบบดังนี้

1) ระบบอัตราไหลช้า วิธีนี้เป็นการรดน้ำ ปล่อยให้น้ำไหลซึมลงดินและปล่อยให้เกิดการคลายน้ำออกจากระบบโดยจะมีพืชต่าง ๆ เช่น ข้าวโพด ผักต่าง ๆ หรือต้นไม้ทั่วไปอยู่ในระบบบำบัดน้ำเสียนี้ น้ำเสียที่นำมาบำบัดในระบบนี้อาจนำมาบำบัดได้โดยตรง หรือผ่านการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นหรือขั้นสูงมาแล้วก็ได้ขึ้นอยู่กับการออกแบบของระบบ โดยต้องพิจารณาถึงระยะห่างจากชุมชนของพื้นที่ ลักษณะน้ำเสีย และความสามารถของพื้นที่ที่จะรองรับน้ำเสีย

2) ระบบไหลซึมเร็ว วิธีนี้เป็นการปล่อยให้น้ำเสียที่ได้รับการบำบัดขั้นต้นหรือผ่านการแยกตะกอนออกแล้ว ระบายลงที่บ่อหรือร่องรองรับน้ำเสียซึ่งจะเกิดการระเหยออกและซึมลงใต้ดิน โดยไม่จำเป็นต้องปลูกพืช วิธีนี้ปล่อยน้ำเสียในปริมาณที่มากกว่าระบบอัตราไหลช้า เมื่อน้ำเสียไหลลงสู่ส่วนล่างของชั้นดินอาจมีท่อรองรับน้ำที่ผ่านชั้นดินแล้วระบายน้ำทิ้งออกหรือใช้วิธีสูบน้ำขึ้นมาระบายทิ้ง

3) ระบบไหลนอง วิธีนี้เป็นการปล่อยให้น้ำเสียไหลออกจากท่อเจาะรูหรือหัวกระจายน้ำเสียซึ่งอยู่ที่สูงไหลจากระบบจ่ายผ่านพืชต่าง ๆ ที่ปลูกอยู่บริเวณที่น้ำไหลผ่านซึ่งเป็นพื้นลาดเอียงลงมาจนถึงรางรองรับน้ำทิ้งเพื่อระบายออก ขณะที่น้ำไหลผ่านพืชต่าง ๆ ลงมาจะมีการไหลซึมลงดินส่วนหนึ่ง และมีการคลายน้ำออกจากพืชและพื้นดินอีกส่วนหนึ่ง ส่วนที่เหลือจะไหลลงรางรองรับน้ำทิ้ง น้ำเสียที่จะนำมาบำบัดในระบบนี้จะต้องผ่านตะแกรงละเอียดแล้วเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาอุดตันในช่องกระจายน้ำเสียในระบบ

2.3.2.2 **ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์** (Constructed Wetland System)

เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างที่ใดที่หนึ่ง โดยมีจุดประสงค์เพื่อเป็นเทคโนโลยีใหม่ในการบำบัดน้ำเสีย การใช้พื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์เพื่อบำบัดน้ำเสีย มีหลักการเบื้องต้นเหมือนกับพื้นที่ชุ่มน้ำธรรมชาติ คือ มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียแบบชีววิทยา โดยอาศัยพืชน้ำ จุลินทรีย์ รวมทั้งดินเป็นตัวบำบัด (ลักษณี คณานิธินันท์, 2539 อ้างถึงใน สุชาดา ปุณณสัมฤทธิ์, 2548: 3) ซึ่งพื้นที่ชุมน้ำประดิษฐ์สามารถกำจัดบีโอดี ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยได้มากกว่าร้อยละ 50 – 60 ขึ้นไป แต่พื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แตกต่างกับพื้นที่ชุ่มน้ำธรรมชาติตรงที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้มากขึ้น ดังนั้น ข้อได้เปรียบของการใช้พื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์ คือ สถานที่ตั้งซึ่งมีความยืดหยุ่นจะตั้งอยู่ที่ใดหรือมีขนาดใดก็ได้ รวมทั้งการควบคุมการไหลของน้ำและระยะเวลาเก็บกักน้ำ โดยอาศัยหลักเกณฑ์การออกแบบต่าง ๆ พื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์มี 2 แบบ คือ พื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบไหลผ่านพื้นผิว และพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบไหลใต้ผิวตัวกลาง และต่อมาได้มีการศึกษาโดยการนำพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์ทั้ง 2 แบบ มาใช้ร่วมกันโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (สุชาดา ปุณณสัมฤทธิ์, 2548: 4)

1) **พื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบไหลผ่านพื้นผิว** (Free Water Surface Flow Constructed Wetland; FWS)

เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์ที่น้ำเสียไหลผ่านผิวหน้าดินหรือตัวกลาง สัมผัสกับอากาศโดยตรง จากนั้นจึงไหลซึมลงสู่พื้น ซึ่งประกอบด้วยพืชน้ำหลายชนิด และมีระดับน้ำลึกประมาณ 0.1 – 0.6 เมตร แต่โดยทั่วไปจะมีระดับความลึกประมาณ 0.3 เมตร พื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์ในรูปแบบนี้อาศัยการทำงานของพืชในการบำบัดน้ำเสียเป็นหลัก น้ำเสียจะไหลตามแนวนอนขนานกับพื้นดิน ซึ่งมีการอัดดินให้แน่นหรือปูด้วยวัสดุกันซึม โดยพืชน้ำจะทำให้เกิดการหมุนเวียนของแร่ธาตุ และเป็นที่ยึดเกาะของพวกจุลินทรีย์ ซึ่งมีความสำคัญสำหรับการปรับปรุงคุณภาพน้ำ (ลักษณี คณานิธินันท์, 2539 อ้างถึงใน สุชาดา ปุณณสัมฤทธิ์, 2548: 4) **ซึ่งจะปล่อยให้น้ำเสียไหลเข้าระบบอย่างช้า ๆ ผ่านก้านต้นพืช และรากพืช จึงเป็นขั้นตอนหลักที่ทำการบำบัดน้ำเสียของระบบนี้ โดยการตกตะกอนโดยพืช และการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้ออกซิเจนทำให้ค่าบีโอดีลดลง** (ศุวศา กานตวนิชกูร, 2544 อ้างถึงใน สุชาดา ปุณณสัมฤทธิ์, 2548: 4)

2) **พื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบไหลใต้ผิวตัวกลาง** (Subsurface Flow Constructed Wetland; SF)

เป็นการบำบัดน้ำเสียโดยผ่านลงไปในชั้นตัวกลางที่มีพืชน้ำขึ้นอยู่ ตัวกลางที่ใช้เป็นพวกหินบด กรวด หรือดินชนิดต่าง ๆ ซึ่งตัวกลางอาจมีเพียงชนิดใดชนิดหนึ่งหรือใช้รวมกันได้ ความหนาชั้นตัวกลางประมาณ 0.6 – 0.7 เมตร ด้านล่างอัดด้วยดินเหนียวหรือวัสดุกันซึม เพื่อรักษาระดับน้ำซึ่งจะต่ำกว่าผิวตัวกลางเล็กน้อย โดยที่ทางน้ำเข้าจะไหลผ่านข้างใต้ชั้นตัวกลางในแนวนอนหรือแนวดิ่งได้ และทางน้ำออกอยู่ลึกจากผิวตัวกลางประมาณ 0.3 – 0.6 เมตร (ระดับน้ำอยู่เท่ากันหรือต่ำกว่าผิวดิน) พื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์ระบบนี้น้ำเสียที่ผ่านเข้าระบบจะถูกบำบัดระหว่างสัมผัสพื้นผิวตัวกลาง และรากพืชซึ่งมีจุลินทรีย์เกาะอยู่ โดยสารแขวนลอยหรือสารอินทรีย์จะตกตะกอนภายในตัวกลาง ส่วนสารที่ละลายได้จะถูกดูดซับที่ผิวของตัวกลาง และย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ทั้งกลุ่มที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน นอกจากนี้ธาตุอาหารในน้ำเสียจะลดลงเนื่องจากกลไกการดูดซึมของพืช พื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบไหลใต้ผิวตัวกลางสามารถกำจัดไนโตรเจน และฟอสฟอรัสซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดของตัวกลาง และชนิดของน้ำเสีย

การนำพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบต่าง ๆ มาใช้ร่วมกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยทั่วไปจะเป็นการนำเอาพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบไหลผ่านพื้นผิวกับแบบไหลใต้ผิวตัวกลางมาต่ออนุกรมหรือต่อขนานกัน เนื่องจากการใช้พื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบไหลใต้ผิวตัวกลางอย่างเดียวพบว่ามีการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นได้น้อยกว่าแบบไหลผ่านพื้นผิว จึงมีการนำเอาพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบไหลผ่านพื้นผิวมาใช้ร่วมกัน เนื่องจากพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบไหลผ่านพื้นผิวมีความสามารถในการถ่ายเทออกซิเจนสูงกว่าพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบไหลใต้ผิวตัวกลาง นอกจากนี้พื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบไหลผ่านพื้นผิวยังสามารถบำบัดสารอินทรีย์ได้ดี สำหรับพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบไหลใต้ผิวตัวกลางสามารถกรองของแข็งแขวนลอยออกจากน้ำได้ แต่ถ้ามีปริมาณของแข็งแขวนลอยมากจะทำให้เกิดการสะสมและอุดตัน จึงมีการนำพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบไหลผ่านพื้นผิวมาร่วมเพื่อทำการตกตะกอนของแข็งแขวนลอยบางส่วนออกจากน้ำ จากช่วงระยะเวลาที่ผ่านมามีการนำพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบผสมมาใช้ โดยนำข้อดีของพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบไหลผ่านพื้นผิว และพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบไหลใต้ผิวตัวกลางมาใช้ร่วมกัน

2.3.2.3 ระบบพืชลอยน้ำ (Floating Aquatic Plant Treatment System)

วิธีบำบัดน้ำเสียในระบบพืชลอยน้ำคล้ายคลึงกับระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำอยู่เหนือผิวดิน แตกต่างกันตรงที่ระบบนี้จะใช้พืชที่ลอยน้ำ และมีความลึกของน้ำมากกว่า คือ มีน้ำลึกประมาณ 0.5 – 1.8 เมตร พืชที่นิยมใช้ในการบำบัด ได้แก่ ผักตบชวา และแหน สำหรับระบบบำบัดที่ใช้ผักตบชวา ค่าบีโอดีของน้ำเสียควรมีค่าประมาณวันละ 1 – 30 กรัมต่อตารางเมตร ถ้ามีค่าบีโอดีในบ่อบำบัดแบบใช้ผักตบชวาเกินวันละ 10 กรัมต่อตารางเมตร จะเริ่มมีกลิ่นเหม็นในบ่อ แก้ไข

โดยนำระบบเติมอากาศเข้ามาช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนในบ่อ แต่ถ้าน้ำเสียมีปริมาณซัลเฟตมากกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร แม้จะมีค่าบีโอดีน้อยก็อาจมีปัญหากลิ่นเหม็นได้

2.3.3 การบำบัดน้ำเสียโดยใช้พืชน้ำ

2.3.3.1 **ประเภทของพืชน้ำ**

พืชน้ำหรือพรรณไม้น้ำตรงกับภาษาอังกฤษว่า Aquatic Plant, Water Plant หรือ Hydrophyte หมายถึง **พืชที่ขึ้นอยู่ในน้ำโดยที่พืชนั้นอาจจะจมอยู่ใต้ดินทั้งหมด หรือโผล่บางส่วนขึ้นมาอยู่เหนือน้ำ ลอยอยู่ที่ผิวน้ำ หรือเป็นพืชที่ขึ้นอยู่ตามริมน้ำหรือชายตลิ่ง** นอกจากนี้ยังรวมถึงพวกที่เจริญเติบโตอยู่ในบริเวณที่น้ำขังแฉะอีกด้วย

ขนาดของพืชน้ำมีตั้งแต่เล็กมากจนต้องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microphytes) ไปจนถึงขนาดใหญ่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Macrophytes) **พืชน้ำมีการเจริญเติบโตในแหล่งน้ำแตกต่างกัน** โดยทั่วไปจะแบ่งประเภทของพืชน้ำตามลักษณะแหล่งที่อยู่เป็น 4 ประเภท ดังนี้ (กรมประมง. กองประมงน้ำจืด, 2538; สุชาดา ศรีเพ็ญ, 2542 อ้างถึงใน วิศัลย์ ธรรมประสิทธิ 2549: 46)

พืชใต้น้ำ (Submergrd Plants) **เป็นพืชน้ำที่มีส่วนของราก ลำต้น และใบอยู่ใต้น้ำทั้งหมด** อาจมีรากยึดกับพื้นดินใต้น้ำหรือไม่ก็ได้ บางชนิดเจริญเต็มที่ก็จะส่งดอกขึ้นมาเจริญที่ผิวน้ำหรือเหนือน้ำ **พืชใต้น้ำมีประโยชน์มากเพราะจะคายก๊าซออกซิเจนให้กับน้ำโดยตรง** ขณะเดียวกันก็จะดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของสัตว์น้ำทำให้แหล่งน้ำอยู่ในสภาพสมดุล ตัวอย่างพืชประเภทนี้ ได้แก่ สาหร่ายและสันตะวาชนิดต่าง ๆ

พืชโผล่เหนือน้ำ (Emerged Plants) **พืชน้ำประเภทนี้เป็นพวกที่เจริญเติบโตอยู่ใต้น้ำบางส่วนและโผล่เหนือน้ำบางส่วนโดยมีรากหรือทั้งรากและลำต้นเจริญอยู่ในพื้นดินใต้น้ำ แล้วส่งส่วนของใบและดอกขึ้นมาเจริญเหนือน้ำ** บางชนิดพบว่าที่โคนต้นมีเนื้อเยื่อโปร่ง ๆ สีขาวเรียกว่า Aerenchymatous Tissue **ทำหน้าที่เก็บสะสมอากาศไว้เพื่อช่วยในการหายใจ** ตัวอย่างพืชประเภทนี้ ได้แก่ บัวต่าง ๆ และกกบางชนิด เป็นต้น

พืชลอยน้ำ (Floating Plants) **พืชน้ำประเภทนี้มีการเจริญเติบโตลอยอยู่ระดับผิวน้ำ มีรากห้อยอยู่ใต้ระดับน้ำส่วนของลำต้น ใบ และดอก จะเจริญเหนือน้ำ ถ้าอยู่ในน้ำตื้นรากอาจหยั่งยึดพื้นดินใต้น้ำก็ได้ พืชลอยน้ำขนาดเล็กมักลอยตัวได้อย่างอิสระ เช่น** พวกแหนต่าง ๆ ส่วนพวกที่มีขนาดใหญ่มักจะมีส่วนหนึ่งส่วนใดเปลี่ยนไปเป็นทุ่นเพื่อพยุงให้ลำต้นลอยน้ำได้ เช่น ผักตบชวามีส่วนของก้านใบพองตัวเป็นทุ่น ผักบุ้งมีส่วนลำต้นภายในกลวงเป็นช่องอากาศใหญ่ช่วยให้ลำต้นเลื้อยทอดตัวไปบนผิวน้ำได้ดี เป็นต้น

พืชชายน้ำ (Marginal Plants) **พืชน้ำประเภทนี้มักขึ้นอยู่ตามชายน้ำ ริมตลิ่ง หนองน้ำ หรือทะเลสาบ โดยมีรากหรือทั้งรากและลำต้นเจริญอยู่ในพื้นดิน และส่งลำต้นบางส่วน ใบและดอกขึ้นมาที่เหนือน้ำ เช่น ผักเป็ดน้ำและหญ้าต่าง ๆ พืชน้ำประเภทนี้จะมีลักษณะใกล้เคียงกับพวกพืชโผล่เหนือน้ำมากจนบางครั้งไม่สามารถแยกได้ชัดเจน ซึ่งพืชบางอย่างพบว่าจำแนกเป็นได้ทั้งพืชโผล่เหนือน้ำและพืชชายน้ำ เช่น ต้นกกบางชนิด เป็นต้น**

2.3.3.2 หลักการบำบัดน้ำเสียโดยใช้พืชน้ำ

จากการจำแนกระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติเป็น 3 ระบบดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่าพืชน้ำมีส่วนสำคัญในการบำบัดน้ำเสียได้ 2 ระบบ คือ ระบบบึงประดิษฐ์และระบบพืชลอยน้ำ ซึ่งในแต่ละระบบอาจมีการปลูกพืชชนิดเดียวกันหรือมากกว่าหนึ่งชนิด กระบวนการในการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยใช้พืชน้ำเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นร่วมกันระหว่างปฏิกิริยาทางชีววิทยา ปฏิกิริยาทางฟิสิกส์ – เคมี และลักษณะของพืชน้ำที่นำมาใช้ รากของพืชน้ำจะทำหน้าที่เสมือนเป็นที่ยึดเกาะของแบคทีเรียเพื่อให้แบคทีเรียสามารถทำงานได้ จากการศึกษาพบว่า การทำงานของแบคทีเรีย ทำให้ปริมาณสารแขวนลอยที่มีอยู่ในน้ำและค่าบีโอดีลดลง นอกจากนี้พืชน้ำยังมีหน้าที่ช่วยในการดูดซึมสารอาหารและแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) มาเก็บสะสมไว้ในตัวเอง (พัฒนี จันทรโรทัย, 2536 อ้างถึงใน วิศัลย์ ธรรมประสิทธิ์, 2549: 46)

การทำงานของส่วนต่าง ๆ ของพืชน้ำในการบำบัดน้ำเสีย มีหลักการทำงานของแต่ละส่วนของพืชน้ำแยกเป็นส่วนของพืชที่อยู่ในน้ำและส่วนของพืชที่อยู่เหนือน้ำ ดังนี้ (ปิยนุช บุญศิริชัย, 2547 อ้างถึงใน วิศัลย์ ธรรมประสิทธิ์, 2549: 46)

1) **ราก ก้าน หรือลำต้นที่อยู่ในน้ำ จะทำหน้าที่ดูดซับสารพิษและสารอาหาร เป็นพื้นผิวที่ให้จุลินทรีย์อาศัยอยู่และเจริญเติบโต เป็นตัวกลางในการกรอง (Filtration) และดูดซับ (Absorption) ตะกอนและของแข็งที่ลอยอยู่ในน้ำ นอกจากนี้ยังช่วยลดความเข้มข้นของแสงแดด ที่ส่องตรงสู่ผิวน้ำเป็นการป้องกันการเจริญเติบโตของสาหร่ายในน้ำ**

2) **ก้าน ลำต้น หรือใบที่อยู่เหนือน้ำ จะช่วยลดผลกระทบของลมที่มีต่อน้ำ เช่น การพัดและทำให้ตะกอนที่จมอยู่ขุ่นขึ้นมา และทำการส่งผ่านของก๊าซและความร้อนระหว่างบรรยากาศและน้ำลดลง**

คุณสมบัติของพืชน้ำที่เหมาะสมในการนำมาใช้บำบัดน้ำเสีย มีข้อสังเกตในการเลือกใช้พืชน้ำในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ดังนี้

1) สามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ในท้องถิ่นนั้น ๆ นอกจากนี้ยังต้องสามารถปรับตัวได้ดีในสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป และต้องเป็นพืชที่ทนต่ออากาศเย็นได้ดี

2) มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงและเจริญเติบโตได้ดี ซึ่งปริมาณสารอาหารในน้ำที่พืชนำไปใช้นั้นจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการเจริญเติบโตของพืชและองค์ประกอบภายในเนื้อเยื่อพืช

3) มีความสามารถในการส่งผ่านออกซิเจนได้สูง โดยพืชน้ำบางชนิด เช่น ผักตบชวาสามารถส่งผ่านออกซิเจนลงมาตามใบ ลำต้น และราก ซึ่งปริมาณออกซิเจนที่ผ่านมานี้บางส่วนรากจะนำไปใช้ในการหายใจ ในขณะที่ออกซิเจนส่วนที่เหลือจะส่งผ่านลงมาที่ชั้นน้ำและแบคทีเรียสามารถนำไปใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์

4) สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษได้ค่อนข้างกว้าง

5) มีความสามารถในการดูดซึมและเก็บสะสมสารต่าง ๆ ได้ พืชน้ำหลายชนิดสามารถดูดซึมเอาปริมาณสารอาหารและแร่ธาตุที่มีอยู่ในน้ำได้ในปริมาณที่มากเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของพืช ปริมาณสารอาหารที่พืชดูดไปใช้จะสัมพันธ์โดยตรงกับชีวมวลของพืช พืชที่มีชีวมวลต่อหน่วยพื้นที่มากย่อมมีโอกาสที่จะเก็บสะสมปริมาณสารอาหารไว้ได้มาก อย่างไรก็ดี สารอาหารที่พืชดูดไปนั้นจะอยู่ในเนื้อเยื่อพืชเพียงช่วงระยะเวลาสั้น ๆ เมื่อพืชนั้นตายลงสารอาหารเหล่านั้นก็จะกลับคืนสู่แหล่งน้ำ

6) มีความทนทานต่อโรคและแมลงต่าง ๆ ได้ดี

7) ต้องง่ายต่อการจัดการโดยเฉพาะการนำพืชน้ำออกจากระบบบำบัดน้ำเสียเนื่องจากพืชน้ำจะสามารถลดปริมาณสารอาหารที่มีอยู่ในน้ำให้ได้ผลดีที่สุดนั้น จะต้องมีการนำพืชน้ำนั้นออกจากระบบบ้าง เพื่อไม่ให้พืชน้ำอยู่กันหนาแน่นเกินไป

2.4 ข้อมูลศูนย์กสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง

ศูนย์กสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง ตั้งอยู่เลขที่ 114 หมู่ 1 บ้านมาบเอื้อง ตำบลหนองบอนแดง อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี มีเนื้อที่ประมาณ 40 ไร่

ศูนย์กสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้องเกิดขึ้นจากแนวคิด "เศรษฐกิจพอเพียง" ตามพระราชดำรัสพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวที่เป็นแรงบันดาลใจให้อาจารย์วิวัฒน์ ศัลยกำธร ประธานศูนย์ฯ ผู้มีโอกาสได้รับใช้เบื้องพระยุคลบาท โดยรับราชการใกล้ชิดกับพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว

ในขณะดำรงตำแหน่งในหน่วยงานสำนักคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (กปร.) สำนักนายกรัฐมนตรีกว่า 16 ปี และมีโอกาสได้สัมผัสกับชีวิตของเกษตรกรในทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ จากการตามเสด็จพระราชดำเนิน และได้เห็นพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงทุ่มเทพระวรกาย กำลัง และพระราชทรัพย์ส่วนพระองค์ ทั้งเวลาส่วนใหญ่กับการพัฒนาค้นคว้า และทดลองสิ่งต่าง ๆ ภายใต้โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเกษตรเป็นส่วนใหญ่ โดยได้ทรงลงมือปฏิบัติการด้วยพระองค์เอง ทรงเน้นให้เกษตรกรและประชาชนรู้จักพึ่งพาตนเอง จึงได้พระราชทานแนวคิดเรื่อง "ทฤษฎีใหม่ เศรษฐกิจพอเพียง" เพื่อเป็นหลักคิดให้กับทุก ๆ คน

ด้วยสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณ อาจารย์วิวัฒน์ จึงได้รวบรวมกลุ่มคนหลาย ๆ อาชีพที่มีแนวคิด อุดมการณ์ที่จะฟื้นฟูประเทศ โดยน้อมนำแนวคิด เรื่อง "ทฤษฎีใหม่ เศรษฐกิจพอเพียง" มาประยุกต์ใช้กับการทำการเกษตรและการดำรงชีวิต โดยจัดตั้งเป็น "ชมรมกสิกรรมธรรมชาติไท" และดำเนินการรณรงค์เผยแพร่ให้ความรู้เรื่องการทำกสิกรรมธรรมชาติ และลงมือปฏิบัติตามแนวพระราชดำริดังกล่าว เพื่อพิสูจน์ให้เห็นว่าสามารถทำการเกษตรและอยู่อย่างพอเพียงได้จริง ชมรมดำเนินการมาอย่างต่อเนื่องในการเผยแพร่ ให้ความรู้ ลงมือปฏิบัติเป็นตัวอย่าง และช่วยเหลือเกษตรกรในหลาย ๆ จังหวัด จนมีแนวร่วมประชาชนทั้งเกษตรกร ข้าราชการ เอกชนให้ความสนใจเข้าร่วมและพร้อมให้การสนับสนุนการดำเนินการมากขึ้นเรื่อย ๆ จึงได้จดทะเบียนขึ้นเป็น "มูลนิธิกสิกรรมธรรมชาติ" เมื่อวันที่ 17 กันยายน พ.ศ. 2544 เป็นการนำโครงการต่าง ๆ ที่ชมรมได้ดำเนินการมาสานต่อและเผยแพร่ขยายให้กว้างไกลยิ่งขึ้น

สืบเนื่องจากการดำเนินการดังกล่าว จึงนำมาสู่แนวคิดในการจัดตั้งศูนย์ฝึกอบรมกสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง เพื่อเผยแพร่แนวคิด และดำเนินการให้เป็นไปตามเจตนารมณ์ "คืนชีวิตให้แผ่นดิน" โดยน้อมนำแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียงมาเป็นแนวปฏิบัติแสดงให้เกษตรกรและบุคคลทั่วไปได้เห็นจริงและเข้าใจตามแนวพระราชดำริพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ในการดำรงชีวิตอยู่แบบ "พอเพียง"

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์ (2538: บทคัดย่อ) ทำการศึกษาการใช้ดินตะกอนก้นคลองพื้นสมุทรในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืชเป็นต้นแบบในการบำบัดน้ำเสียชุมชน มี 3 การทดลองแบบ Split Plot Design มี 3 ซ้ำ จากผลการทดลองทำให้ทราบว่า การทดลองที่ 1 ได้ทำการทดลองหาเนื้อดิน

ที่เหมาะสม โดยผสมด้วย 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 25, 50, 75, 100 ลงในดินเลน ผลการทดลองพบว่า เนื้อดินร่วน (ร้อยละ +25 ทราย) ทำให้กกกลมเจริญเติบโตดีที่สุด การทดลองที่ 2 เป็นการทดลองภาคสนาม เพื่อศึกษาความสามารถในการบำบัดน้ำเสียของดินเลน ผลการทดลองสรุปได้ว่า ระบบบำบัดน้ำเสียนี้มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีบีโอดีสูงมาก กกกลมมีความเหมาะสมสำหรับระบบนี้มากที่สุด การทดลองที่ 3 ใช้ดินนาซึ่งความเค็มน้อย และทำให้ร่วนแล้วและใช้กกสามเหลี่ยม ผลการทดลองสรุปได้ทำนองเดียวกับการทดลองที่ 2 แต่มีประสิทธิภาพดีกว่าเล็กน้อย สรุปผลการทดลองได้ว่าการใช้ดินที่มีเนื้อดินร่วน หรือทำให้ร่วนในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช สามารถใช้ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพในทุกท้องที่

จงรักษ์ บุญอเนก (2539: บทคัดย่อ) ศึกษาการบำบัดเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี ในน้ำเสียชุมชน โดยใช้ดินในสภาพน้ำท่วมขังสลับแห้งร่วมกับการปลูกพืช จากการศึกษาพบว่า ปริมาณเหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี ของน้ำเสียก่อนการบำบัดมีค่าประมาณ 0.120 - 0.710, 0.113 – 3.483, 0.046 และ 0.019 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ปริมาณเหล็กและแมงกานีสภายหลังการบำบัดมีค่าสูงขึ้นเพราะเกิดจากปฏิกิริยารีดักชั่นภายในดิน ทำให้เหล็กและแมงกานีสปะปนจากดินมากับน้ำที่ระบายออก ทองแดงและสังกะสีจะมีค่าผันแปรไม่แน่นอน เพราะในน้ำทิ้งของชุมชนก่อนบำบัดมีค่าต่ำ การศึกษาสรุปได้ว่า หากเปรียบเทียบระหว่าง กกกลม ธูปฤาษี และดินเปล่า ธูปฤาษีให้ผลการบำบัดเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสีดีที่สุดที่ระยะเวลาการขังน้ำ 3 วัน สลับแห้ง 3 วัน

จรีรัตน์ สาตราวาหะ (2540: บทคัดย่อ) ศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำเสียชุมชน โดยการปลูกพืชในสภาพของดินสลับน้ำขังและน้ำแห้ง จากการศึกษา พบว่า น้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรี ก่อนการบำบัดมีการปนเปื้อนสารฆ่าแมลง 3 ชนิด ภายหลังการบำบัด พบว่า สารฆ่าแมลงทุกชนิดมีปริมาณลดลง สรุปได้ว่าระบบบำบัดโดยการปลูกพืชในสภาพดินสลับน้ำขังและน้ำแห้ง มีแนวโน้มที่จะช่วยลดปริมาณสารฆ่าแมลงที่ตกค้างได้

จันทวรรณ วรรธนะพงษ์ (2539: บทคัดย่อ) การบำบัดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรีโดยใช้ดินในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช ผลการทดลอง พบว่า ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแคลเซียม ในน้ำมีปริมาณลดลง ในขณะที่โปตัสเซียม และแมกนีเซียมในน้ำมีปริมาณสูงกว่าก่อนบำบัด การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดระหว่างกกกลมและธูปฤาษี พบว่า กกกลมสามารถบำบัดได้ดีกว่า

อาภรณ์ ยิ่งยง (2539: บทคัดย่อ) การบำบัดบีโอดีและซีโอดีในน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรีโดยใช้ดินในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช ผลการทดลอง พบว่า ระยะเวลาน้ำขังมีผลต่อการ

บำบัดบีโอดี โดยระยะเวลาน้ำขัง 5 และ 7 วัน สลับแห้ง 3 วัน สามารถบำบัดบีดีโอได้ดีกว่าระยะเวลาน้ำขัง 3 วัน สลับแห้ง 3 วัน แต่ไม่มีผลต่อการบำบัดซีโอดี และการใช้ดินในการบำบัดร่วมกับพืชสามารถบำบัดบีโอดีได้ดีกว่าระบบที่ใช้ดินอย่างเดียว แต่ไม่มีผลต่อการบำบัดซีโอดี ส่วนชนิดพืชที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการบำบัดบีโอดีและซีโอดี

อภิชัย เชียร์ศิริกุล (2533: บทคัดย่อ) การบำบัดน้ำเสียจากที่พักโดยบ่อผักตบชวา พบว่าประสิทธิภาพของบ่อผักตบชวาในการลดซีโอดี บีดีโอ สารแขวนลอย ที.เค.เอ็น. และฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 80.9, 85.8, 70.65 และ48.3 ตามลำดับ สรุปได้ว่าประสิทธิภาพของบ่อที่มีผักตบชวาในการบำบัดน้ำเสียจากที่พักอาศัยได้ดีกว่าบ่อที่ไม่มีผักตบชวา

สุชาดา ศรีเพ็ญ, จันทนา สุขปรีชา, สมบัติ ชิณะวงศ์, สุมน มาสุธน และสมศักดิ์ เจริญวัย (2542: 26 – 1) ศึกษาความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารและโลหะหนักของกกกลมและธูปฤาษีในการบำบัดน้ำเสียจากเทศบาลเมืองเพชรบุรีในพื้นที่ชุมน้ำเทียม ธาตุอาหารที่ศึกษา ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม ทองแดง สังกะสี และโลหะหนักที่ศึกษา ได้แก่ ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม ผลการศึกษา พบว่า ความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารของทั้งกกกลมและธูปฤาษีสามารถดูดซับได้ใกล้เคียงกัน ยกเว้น ส่วนรากของธูปฤาษีสามารถดูดซับทองแดงและสังกะสีได้ดีกว่าส่วนรากของกกกลม ส่วนความสามารถในการดูดซับโลหะหนัก ส่วนรากและส่วนต้นของกกกลมสามารถดูดซับปรอท แคดเมียม และตะกั่ว ได้ดีกว่าส่วนรากและส่วนต้นของธูปฤาษี ซึ่งจากผลการศึกษา สรุปว่า กกกลมและธูปฤาษีน่าจะนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้ และถ้าในบริเวณนั้นมีโลหะหนักปนเปื้อนในน้ำเสีย การปลูกกกกลมจะเหมาะสมกว่าการปลูกธูปฤาษี

ธนิยา เกาศล (2545: บทคัดย่อ) ศึกษาประสิทธิภาพของการใช้พืชน้ำร่วมกับระบบบ่อบำบัดน้ำเสียในการบำบัดน้ำเสียชุมชนจากเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยศึกษาประสิทธิภาพของพืชน้ำ 3 ชนิด คือ ผักบุ้ง ผักกระเฉด และผักตบชวา พบว่า มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียใกล้เคียงกันทั้ง 3 ชนิด และค่าตัวแปรจากการบำบัดส่วนใหญ่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน ซึ่งจากผลการศึกษาสรุปว่าพืชทั้ง 3 ชนิด มีความเหมาะสมในการนำมาบำบัดน้ำเสีย โดยผักบุ้งและผักตบชวามีความคงทนและดูแลรักษาง่าย โดยผักตบชวาสามารถปลูกให้ครอบคลุมพื้นที่ผิวน้ำได้ง่ายกว่าพืชอีก 2 ชนิด

ดำรงศักดิ์ พิริยะภัทรกิจ (2549: บทคัดย่อ) ทำการศึกษาการบำบัดน้ำเสียด้วยน้ำสกัดชีวภาพ โดยใช้ตัวอย่างน้ำเสียในคลองแสนแสบ เพื่อศึกษาการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ผลิตขึ้นเอง กับการเติมน้ำสกัดชีวภาพที่ซื้อมาและการไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพในการบำบัดน้ำเสีย ที่ระยะเวลาในการบำบัด 3, 6 และ 9 วัน เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัด ซึ่งได้แก่ ค่าความเป็นกรด

เป็นด่าง ปริมาณของแข็งแขวนลอย ค่าบีโอดี ปริมาณปรอท ตะกั่ว แคดเมียม และปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด ผลการศึกษา พบว่า การใช้น้ำสกัดชีวภาพที่ผลิตขึ้นเองและที่ซื้อมาสามารถใช้ในการบำบัดตัวอย่างน้ำเสียจากคลองแสนแสบได้ไม่แตกต่างกับการไม่เติมน้ำสกัดชีวภาพ ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำสกัดชีวภาพเป็นกลุ่มจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน ส่งผลให้ไม่สามารถเจริญเติบโตแข่งขันกับจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำที่มีอยู่เดิมตามสภาพธรรมชาติ ซึ่งเป็นจุลินทรีย์กลุ่มที่ต้องการออกซิเจนได้ เพราะสามารถปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดีกว่า ส่วนระยะเวลาการบำบัดที่เพิ่มขึ้น มีผลต่อการบำบัดตัวอย่างน้ำเสียในคลองแสนแสบให้ดีขึ้นได้ ยกเว้น ค่าบีโอดีที่ระยะเวลา 6 วัน จะเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากการขาดแคลนอาหารทำให้เกิดการตายของจุลินทรีย์

ณัฐพล เอี่ยมอ้น (2549: บทคัดย่อ) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียด้วยน้ำสกัดชีวภาพจากกากส่าเหล้าหมัก โดยใช้ตัวอย่างน้ำเสียในคลองแสนแสบ เพื่อศึกษาผลของการใช้น้ำสกัดชีวภาพจากกากส่าเหล้าหมักในการบำบัดน้ำคุณภาพน้ำตัวอย่าง และเปรียบเทียบผลของการเติมและไม่เติมออกซิเจนต่อคุณภาพน้ำเสีย โดยตัวชี้วัดคุณภาพน้ำที่ทำการศึกษา ได้แก่ ความเป็นกรด – ด่าง บีโอดี ของแข็งแขวนลอย ตะกั่ว แคดเมียม ปรอท และแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด โดยการทำการวัดที่ระยะการทดลอง 6 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าคุณภาพน้ำเสียตัวอย่างตามดัชนีชี้วัดที่ผ่านการบำบัดด้วยน้ำสกัดชีวภาพจากกากส่าเหล้าหมักชนิดต่าง ๆ ส่วนใหญ่ให้ผลไม่แตกต่างกันกับการเติมน้ำกลั่นเข้าไปในน้ำเสียตัวอย่าง นอกจากนี้พบว่าการเติมออกซิเจนส่งผลให้ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำเสียส่วนใหญ่แตกต่างกับการไม่เติมออกซิเจนทั้งในน้ำตัวอย่างที่มีการใช้ และไม่ใช้น้ำสกัดชีวภาพจากกากส่าเหล้าหมัก

วิศัลย์ ธรรมประสิทธิ์ (2549: บทคัดย่อ) ศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ผักกระเฉดบำบัดน้ำที่ปนเปื้อนน้ำกากส่า ชีวมวลของผักกระเฉด ดุลไนโตรเจน และปริมาณโลหะหนักในน้ำ และในผักกระเฉดที่ระดับความเข้มข้นของน้ำกากส่าร้อยละ 0, 5, 10, 15, และ 20 โดยมีระดับความเข้มข้นของน้ำกากส่าร้อยละ 0 เป็นกลุ่มควบคุม ทำการศึกษาที่ระยะเวลาการบำบัด 10, 20 และ 30 วัน ผลการศึกษา พบว่า ผักกระเฉดมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณของแข็งแขวนลอยได้ดีในทุกระดับความเข้มข้น และทุกระยะเวลาในการบำบัด มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 89.28 – 96.30 มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณบีโอดี และซีโอดี สูงสุดที่ระยะเวลาการบำบัด 10 วัน มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 42.89 – 70.37 และ 8.72 – 25.00 ตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของน้ำกากส่าที่ต่ำลง แต่ไม่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณของแข็งละลายน้ำ และปริมาณทีเคเอ็นในน้ำ รวมทั้งไม่มีประสิทธิภาพในการควบคุมค่าพีเอชให้เป็นกลางมากขึ้นได้ ส่วน

ปริมาณของแข็งละลายน้ำและปริมาณทีเคเอ็นในน้ำมีแนวโน้มเพิ่มตามระดับความเข้มข้นของน้ำกากส่าที่สูงขึ้นและระยะเวลาการบำบัดที่นานขึ้น

จากการรวบรวมผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งแต่ละงานวิจัยใช้ปัจจัยและวิธีการบำบัดแตกต่างกัน และการทดลองได้ผลที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยและวิธีที่ทำการทดลอง ซึ่งการทำวิจัยในครั้งนี้จึงนำวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติในรูปแบบต่าง ๆ มาใช้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติ

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการศึกษา

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

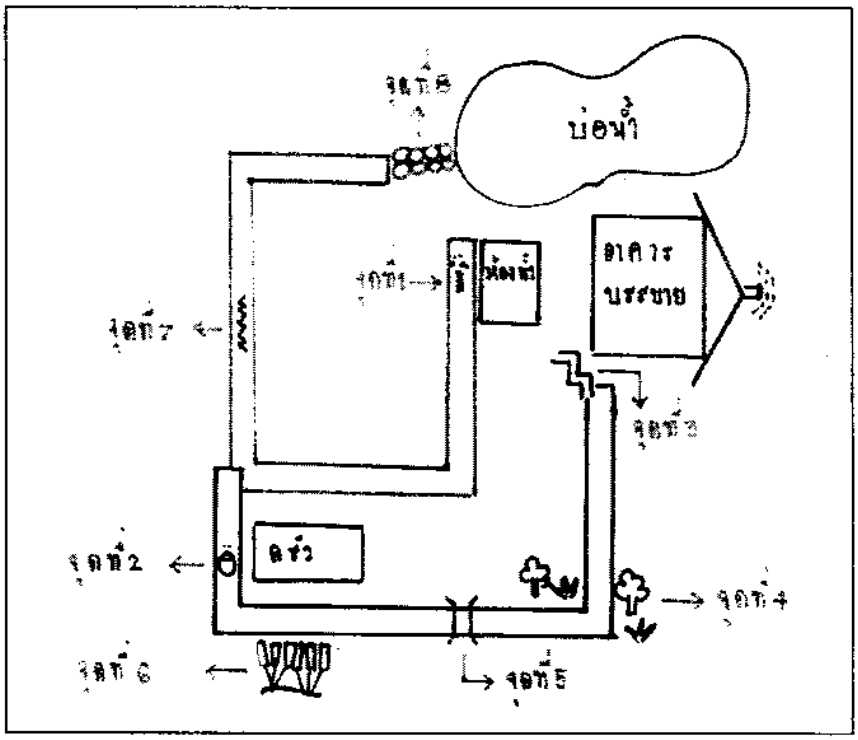
1. ถังน้ำพลาสติก
2. ขวดสำหรับบรรจุน้ำตัวอย่าง
3. กระบอกตวงปริมาตรน้ำ
4. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำ
5. กล่องโฟม
6. กล้องถ่ายรูป
7. เครื่องวัดสภาพความเป็นกรดเป็นด่าง

3.2 วิธีการศึกษา

ทำการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำโดยวิธีธรรมชาติ โดยการเก็บน้ำตัวอย่างที่จุดต่าง ๆ ของลำรางประดิษฐ์ เพื่อนำน้ำตัวอย่างไปวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus) ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ (BOD) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid) แอมโมเนีย (NH_3) ไนเตรท (NO_3) ความเป็นกรด – ด่าง (pH) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria) แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria) น้ำตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์เป็นน้ำที่ผ่านการบำบัดโดยวิธีธรรมชาติจากศูนย์กสิกรรมธรรมชาติ มาบเอื้อง อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี

3.2.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ ณ ศูนย์กสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง ซึ่งทำการสุ่มเก็บตัวอย่างแบบผสมรวม (Composite Sampling) จากจุดต่าง ๆ ของลำรางประดิษฐ์จำนวน 8 จุด ได้แก่ น้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) น้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) น้ำตก พืชหน้าชั้น อิฐยกระดับ แปลงธูปฤาษี แปลงผักตบชวา ฝายชะลอน้ำ ดังภาพที่ 3.1 ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ 3 ช่วงเวลา คือ 9.00 น. 12.00 น. และ 15.00 น. โดยในแต่ละครั้งจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำปริมาณจุดละ 3 ลิตร และแช่ในถังน้ำแข็งเพื่อลดอุณหภูมิ จากนั้นนำตัวอย่างน้ำที่ได้นำส่งที่ คณะวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย เพื่อทำการวิเคราะห์ผลในห้องปฏิบัติการ



ภาพที่ 3.1 แผนที่จุดเก็บน้ำตัวอย่าง

3.2.2 การวางแผนการทดลองและขั้นตอนการทดลอง

การศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำโดยใช้ธรรมชาติบำบัด: กรณีศึกษา ศูนย์กสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง ได้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยแบ่งเป็น 8 Treatment ดังนี้

Treatment ที่ 1 น้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ)

Treatment ที่ 2 น้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว)

Treatment ที่ 3 น้ำตก

Treatment ที่ 4 พืชน้ำชั้น

Treatment ที่ 5 อิฐยกระดับ

Treatment ที่ 6 แปลงธูปฤาษี

Treatment ที่ 7 แปลงผักตบชวา

Treatment ที่ 8 ฝายชะลอน้ำ

โดยขั้นตอนการทดลองมีดังนี้

3.2.2.1 ทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากจุดต่าง ๆ ตามช่วงเวลา ดังขั้นตอนที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.2.1

3.2.2.2 ทำการส่งวิเคราะห์คุณภาพน้ำโดยใช้มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน เป็นตัวชี้วัด ซึ่งพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่

1. ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus)
2. ออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ (BOD)
3. ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid)
4. แอมโมเนีย (NH_3)
5. ไนเตรท (NO_3)
6. ความเป็นกรด – ด่าง (pH)
7. แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)
8. แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)

3.3 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำวิธีการวิเคราะห์นั้นจะใช้ตาม Standard Methods For Examination of Water and Wastewater, 20 Edition (American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation, 1998: 57 – 85) ดังที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำ	วิธีการวิเคราะห์
Biochemical Oxygen Demand (BOD)	Azide Modification 20°C: 5 วัน
ความเป็นกรด – ด่าง (pH)	pH Meter
ของแข็งแขวนลอย (SS)	Gravimetric Method และอบที่ 103 – 105 °C
ปริมาณไนเตรท (NO_3– N)	Cadmium Reduction
ปริมาณแอมโมเนีย (NH_3 – N)	Titrimetric Method
ปริมาณฟอสฟอรัสรวม	Ascorbic Acid Method
แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	Multiple Tube Fermentation Technique
แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)	Multiple Tube Fermentation Technique

แหล่งที่มา: APHA. AWWA. and WPCF.,1998 อ้างถึงใน ดำรงศักดิ์ พิริยะภัทรกิจ, 2549: 60

3.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้จากการศึกษา เป็นการเปรียบเทียบความความแตกต่างของผลการบำบัดน้ำเสีย ระหว่างก่อนบำบัดและหลังบำบัด จากจุดต่าง ๆ ที่กล่าวไว้ข้างต้น และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้สถิติ t – test

3.5 การบันทึกข้อมูล

1. วันที่ทำการทดลอง
2. คุณภาพน้ำตัวอย่างจาก Treatment ที่ 1 น้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) (ก่อนและหลัง)
3. คุณภาพน้ำตัวอย่างจาก Treatment ที่ 2 น้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) (ก่อนและหลัง)

4. คุณภาพน้ำตัวอย่างจาก Treatment ที่ 3 น้ำตก (ก่อนและหลัง)
5. คุณภาพน้ำตัวอย่างจาก Treatment ที่ 4 พืชห้าชั้น (ก่อนและหลัง)
6. คุณภาพน้ำตัวอย่างจาก Treatment ที่ 5 อิฐยกระดับ (ก่อนและหลัง)
7. คุณภาพน้ำตัวอย่างจาก Treatment ที่ 6 แปลงธูปฤาษี (ก่อนและหลัง)
8. คุณภาพน้ำตัวอย่างจาก Treatment ที่ 7 แปลงผักตบชวา (ก่อนและหลัง)
9. คุณภาพน้ำตัวอย่างจาก Treatment ที่ 8 ฝายชะลอน้ำ (ก่อนและหลัง)

3.6 ระยะเวลาและสถานที่ที่ใช้ในการทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการศึกษาและทำการทดลองที่ศูนย์กสิกรรมธรรมชาติ มาบเอื้อง จังหวัดชลบุรี ระยะเวลาในการศึกษาครั้งนี้มีระยะเวลาในการศึกษาตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ถึง มีนาคม พ.ศ. 2550 รวมระยะเวลา 5 เดือน โดยมีรายละเอียดการดำเนินการ ดังนี้

1. ศึกษาค้นคว้าหลักการ แนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. วางแผนการทดลอง
3. เตรียมเครื่องมือ/อุปกรณ์
4. ดำเนินการทดลอง
5. เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผล
6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ
7. จัดทำรูปเล่ม

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากศูนย์กสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี เพื่อทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติบำบัด ด้วยวิธีการให้น้ำไหลผ่านจุดบำบัดต่าง ๆ ได้แก่ น้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) น้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) น้ำตก พืชห้าชั้น อิฐยกระดับ แปลงฐปฤาษี แปลงผักตบชวา และฝายชะลอน้ำ ซึ่งมีรายละเอียดของผลการทดลองคุณภาพน้ำที่ไหลผ่านแต่ละจุดบำบัดดังนี้

4.1 น้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ)

การบำบัดน้ำในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ)เป็นการเติมออกซิเจนให้กับน้ำเสียโดยเวลาที่น้ำพุ่งขึ้นไปในอากาศทำให้น้ำได้สัมผัสกับอากาศเพิ่มขึ้น ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ไหลผ่านจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) คุณภาพน้ำที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid) แอมโมเนีย (NH_3) ไนเตรท (NO_3) ความเป็นกรด – ด่าง (pH) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria) แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria) โดยมีรายละเอียดผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.1.1 ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus)

ปริมาณของฟอสฟอรัสรวมในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 1

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีค่าเท่ากับ 1.35 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีค่าเท่ากับ 0.50 มิลลิกรัม/ลิตร

จะเห็นได้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมลดลงร้อยละ 63.00 ทั้งนี้เนื่องมาจากเมื่อเปิดน้ำพุจึงทำให้ออกซิเจนในอากาศละลายลงสู่น้ำ จุลินทรีย์จะนำออกซิเจนไปใช้ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำ (สุรีย์ บุญญนุพงศ์, 2544: 16) ฟอสฟอรัสเป็นสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเมื่อมีออกซิเจนจึงทำให้จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายฟอสฟอรัสได้ จึงทำให้ฟอสฟอรัสรวมในน้ำมีปริมาณลดลง

เมื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณฟอสฟอรัสกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า ค่ามาตรฐานยังไม่ได้มีการกำหนดค่าฟอสฟอรัสไว้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.1.2 บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD)

ปริมาณของบีโอดีในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1(บริเวณหลังห้องน้ำ) ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.2 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 2

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของบีโอดีในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีค่าบีโอดีเท่ากับ 146.00 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีค่าบีโอดีเท่ากับ 125.00 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่า ปริมาณบีโอดีลดลงร้อยละ 13.40 ทั้งนี้เนื่องมาจากเมื่อเปิดน้ำพุจึงทำให้มีออกซิเจนละลายน้ำมากขึ้น เมื่อมีออกซิเจนเพิ่มขึ้นจะทำให้จุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศที่อยู่ตามธรรมชาติ ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้มากขึ้น อาหารของจุลินทรีย์จึงหมดเร็วขึ้น ทำให้สามารถลดปริมาณบีโอดีลงได้ (ณัฐพล เอี่ยมอ้น, 2549: 79)

เมื่อเปรียบเทียบค่าบีโอดีกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว ยังมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้มาก ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 2.00 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.1.3 ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid)

ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1(บริเวณหลังห้องน้ำ) ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.3 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 3

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีปริมาณของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 30.00 มิลลิกรัม/ลิตร และ

หลังทำการบำบัดมีปริมาณของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 20.00 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยลดลงร้อยละ 33.33 ทั้งนี้เนื่องมาจากเมื่อเปิดน้ำพุจึงทำให้มีออกซิเจนละลายน้ำมากขึ้นจึงทำให้จุลินทรีย์พวกที่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเพื่อนำไปใช้เป็นพลังงานและนำไปสร้างเซลล์ใหม่ โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ สามารถฟอกน้ำเสียให้กลับมาเป็นสภาพปกติได้ อย่างไรก็ตามการฟอกตัวเองของแหล่งน้ำจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาหนึ่ง และเกี่ยวเนื่องกับปริมาณของสิ่งปนเปื้อน รวมทั้งจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำนั้นด้วย (ไกรฤกษ์ ขุนรักษ์พะเนาว์, 2538: 1 – 2) และอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ของแข็งแขวนลอยมีปริมาณลดลงเนื่องจากเกิดการรวมตัวเป็นตะกอนขนาดใหญ่ ทำให้ตกตะกอนได้ดีขึ้น (ณัฐพล เอี่ยมอ้น, 2549: 91)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแข็งแขวนลอยกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า ค่ามาตรฐานยังไม่ได้มีการกำหนดปริมาณของแข็งแขวนลอยไว้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.1.4 แอมโมเนีย (NH_3)

ปริมาณของแอมโมเนียในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1(บริเวณหลังห้องน้ำ) ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.4 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 4

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณแอมโมเนียในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีปริมาณแอมโมเนียเท่ากับ 2.24 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณแอมโมเนียเท่ากับ 1.68 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณแอมโมเนียลดลงร้อยละ 25.00 ทั้งนี้เนื่องมาจากแอมโมเนียสามารถระเหยจากน้ำขึ้นสู่อากาศ (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, มั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์, 2547: 19 – 18) และเมื่อเปิดน้ำพุทำให้มีออกซิเจนละลายน้ำมากขึ้น ทำให้เกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน เป็นปฏิกิริยาทางชีวภาพที่ทำให้แอมโมเนียถูกออกซิไดซ์เป็นไนเตรทในสภาพที่มีออกซิเจน โดยออโทโทรฟิกแบคทีเรีย ไนโตรโซโมนัส (Nitrosomonas) ไนตริฟายอิงแบคทีเรีย (Nitrifying) และไนโตรแบกเตอร์ (Nitrobacter) จึงทำให้ปริมาณแอมโมเนียลดลง (กรมโรงงานอุตสาหกรรม และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2545: 5 – 58)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแอมโมเนียกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว ยังมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 0.50 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.1.5 ไนเตรท (NO_3)

ปริมาณของไนเตรทในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1(บริเวณหลังห้องน้ำ) ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.5 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 5

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณไนเตรทในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีปริมาณไนเตรทเท่ากับ 2.70 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณเท่ากับ 1.00 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณไนเตรทลดลงร้อยละ 63.00 ทั้งนี้เนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน ซึ่งไนเตรทจะถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซไนโตรเจน โดยเฮเทอโรโทรฟิกแบคทีเรีย ที่เป็นพวกแฟคัลเททีฟ ซึ่งสามารถหายใจด้วยออกซิเจนในสภาพที่มีอากาศจึงทำให้ปริมาณไนเตรทลดลง (กรมโรงงานอุตสาหกรรม และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย 2545: 5 – 58)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนเตรทกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว มีปริมาณไนเตรทต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 5.00 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.1.6 ความเป็นกรด – ด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรด – ด่างในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1(บริเวณหลังห้องน้ำ) ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.6 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 6

ผลการทดลอง พบว่า ค่าความเป็นกรด – ด่างในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีค่าความเป็นกรด – ด่างเท่ากับ 7.53 และหลังทำการบำบัดมีค่าความเป็นกรด – ด่างเท่ากับ 7.76 จะเห็นได้ว่าค่าความเป็นกรด – ด่างเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.00 แสดงว่า

การเติมออกซิเจนในน้ำโดยใช้ระบบน้ำพุมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด – ด่างแต่ไม่มากนัก

เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด – ด่าง กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำเสียมีค่าความเป็นกรด – ด่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 5.00 – 9.00 (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.1.7 แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)

ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.7 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 7

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดก่อนทำการบำบัดมีเท่ากับ 170,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณเท่ากับ 70,000 เอ็มพีเอ็น/100มิลลิลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดลดลงร้อยละ 58.80 ทั้งนี้เนื่องมาจากหลายสาเหตุด้วยกัน คือ น้ำเสียมีสภาพที่ต่างไปจากสภาพภายในลำไส้ของสัตว์เลือดอุ่นเป็นอย่างมาก ไม่เหมาะกับการดำรงชีวิตจึงทำให้ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดลดลง (สิรินี ทิพากร, 2527: 114) และเมื่อเปิดน้ำพุทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้แบคทีเรียสามารถนำออกซิเจนไปใช้ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์เพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ที่เป็นอาหารของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดลดลง เมื่อสารอินทรีย์ที่เป็นอาหารลดลง จึงทำให้แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดลดลงด้วย (ณัฐพล เอี่ยมอ้น, 2549: 81) และอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดลดลง คือ เกิดจากการที่น้ำสัมผัสกับแสงแดด ซึ่งแสงแดดสามารถทำลายเชื้อแบคทีเรียได้บางส่วน

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้วมีปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 20,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.1.8 **แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม** (Fecal Coliform Bacteria)

ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1(บริเวณหลังห้องน้ำ) ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.8 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 8

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มก่อนและหลังทำการบำบัดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มก่อนทำการบำบัดมีเท่ากับ 6,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณเท่ากับ 3,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มลดลงร้อยละ 50.00 ทั้งนี้เนื่องมาจากแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มอยู่ในกลุ่มของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด เมื่อแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดลดลงจึงทำให้แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มลดลงไปด้วย ซึ่งมีสาเหตุการลดลงเช่นเดียวกับแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด

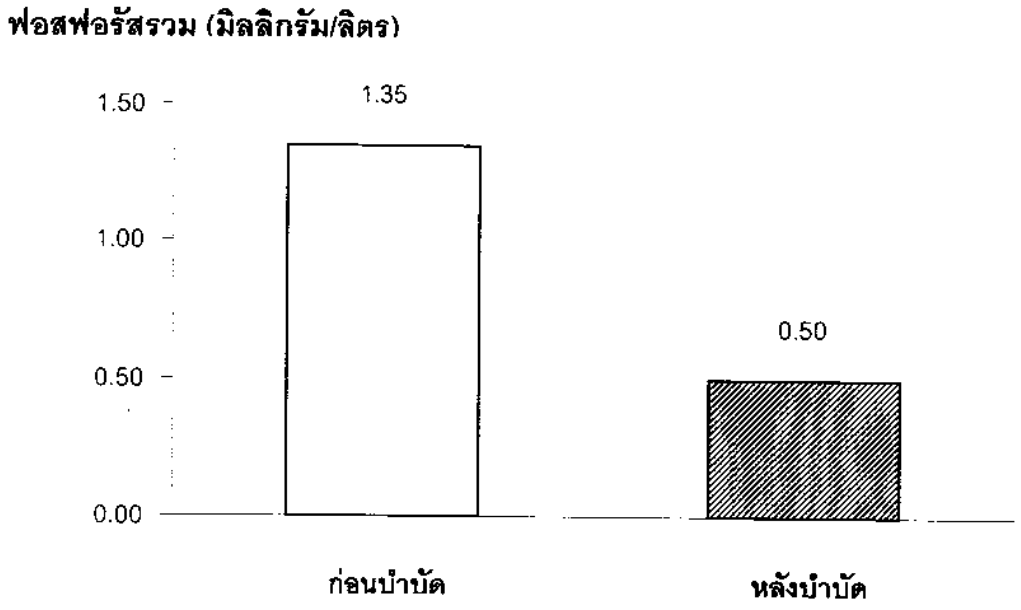
เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมด กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้วมีปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 4,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

ตารางที่ 4.1 คุณภาพน้ำที่ผ่านจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ)

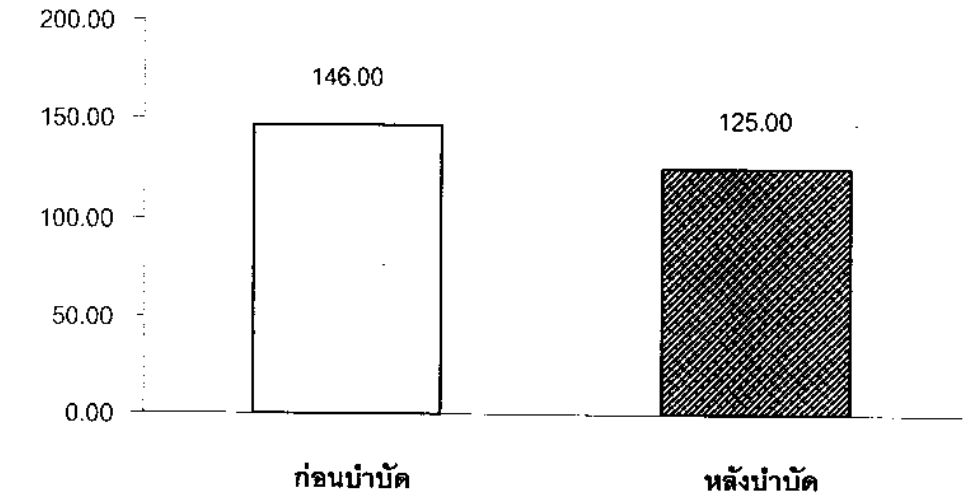
คุณภาพของน้ำทิ้ง	มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	ก่อนบำบัด	หลังบำบัด	ร้อยละ
ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	n/a	1.35[a]	0.50[b]	63.00
ค่าบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	2.00	146.00[a]	125.00[b]	13.40
ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	n/a	30.00[a]	20.00[b]	33.33
ปริมาณแอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.50	2.24[a]	1.68[b]	25.00
ปริมาณไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	5.00	2.70[a]	1.00[b]	63.00
ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)	5.00 – 9.00	7.53[a]	7.76[b]	3.00
ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (10^3 MPN/100 ml.)	20.00	170.00[a]	70.00[b]	58.80
ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (10^3 MPN/100 ml.)	4.00	6.00[a]	3.00[b]	50.00

หมายเหตุ: [ab] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

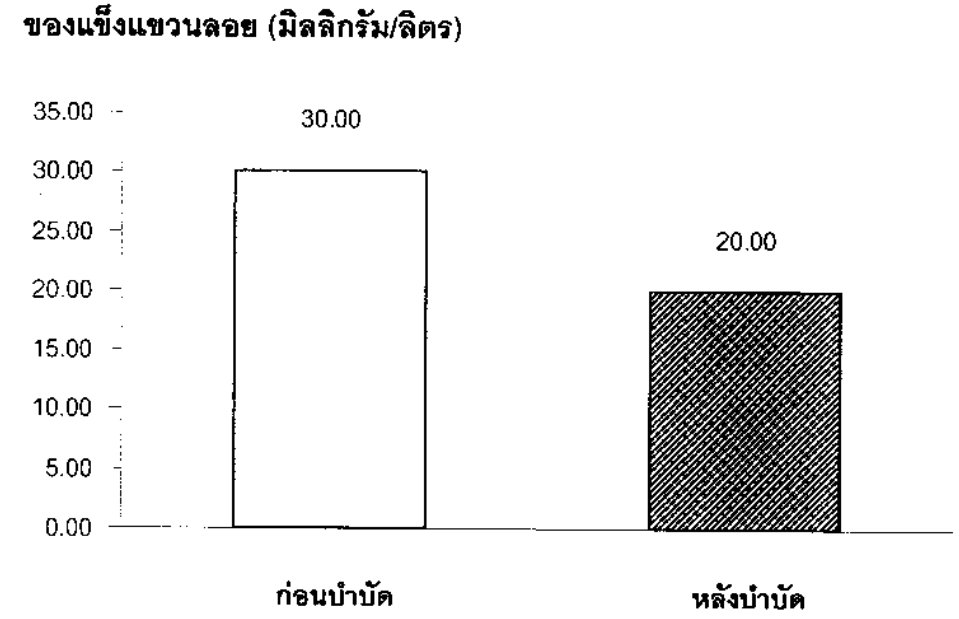
n/a คือ non available หมายถึง มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินไม่ได้กำหนด



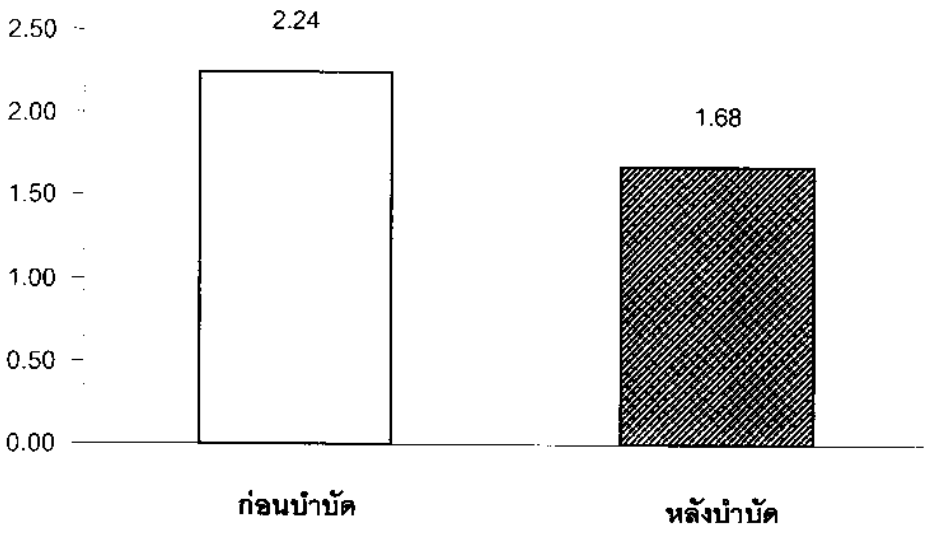
ภาพที่ 4.1 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ)



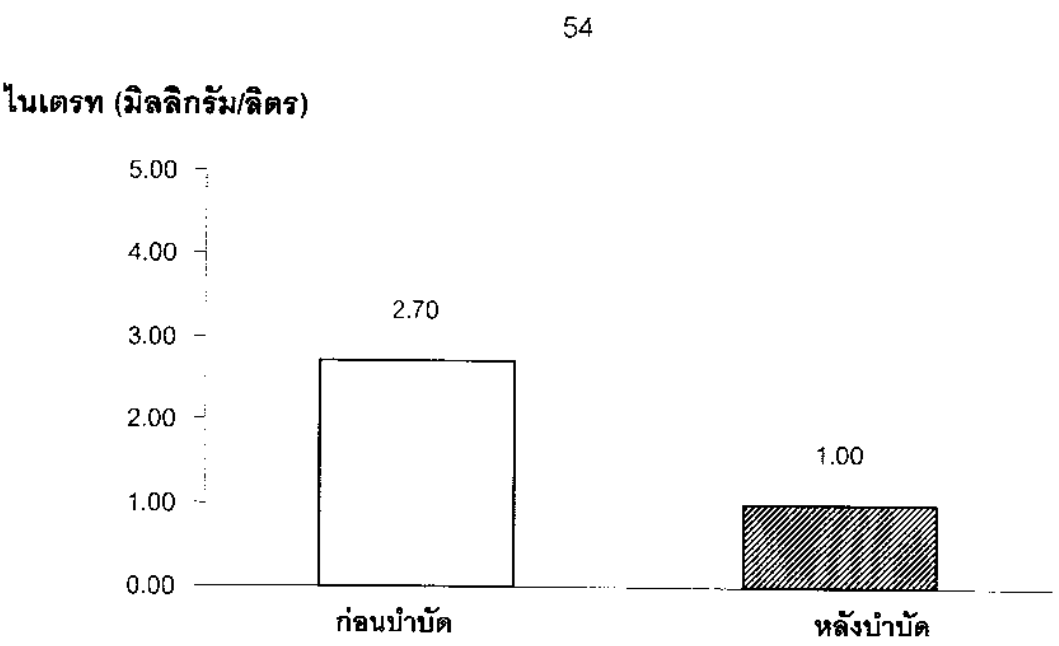
ภาพที่ 4.2 ปริมาณบีโอดีในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ)



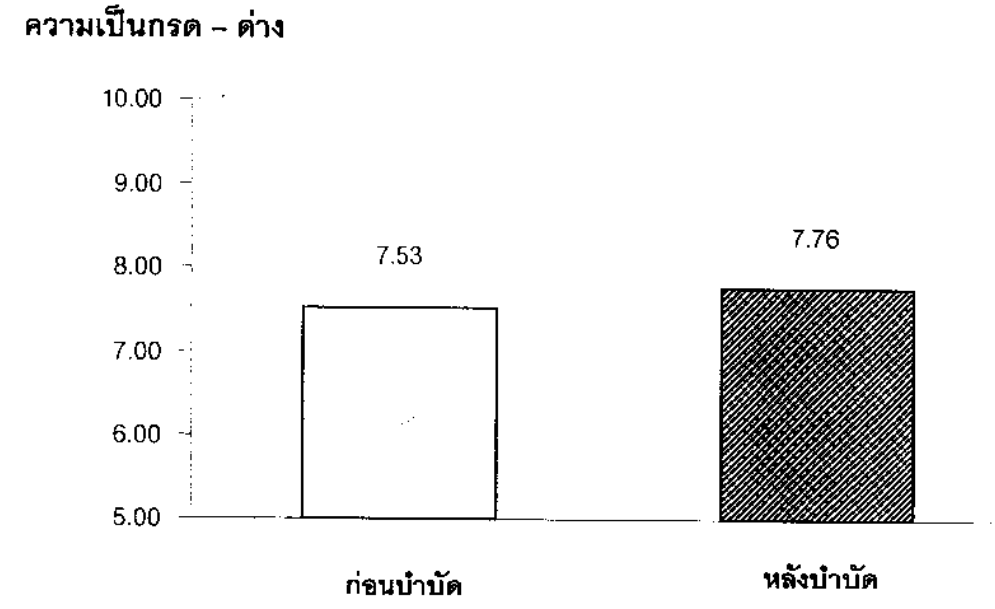
ภาพที่ 4.3 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ)



ภาพที่ 4.4 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ)

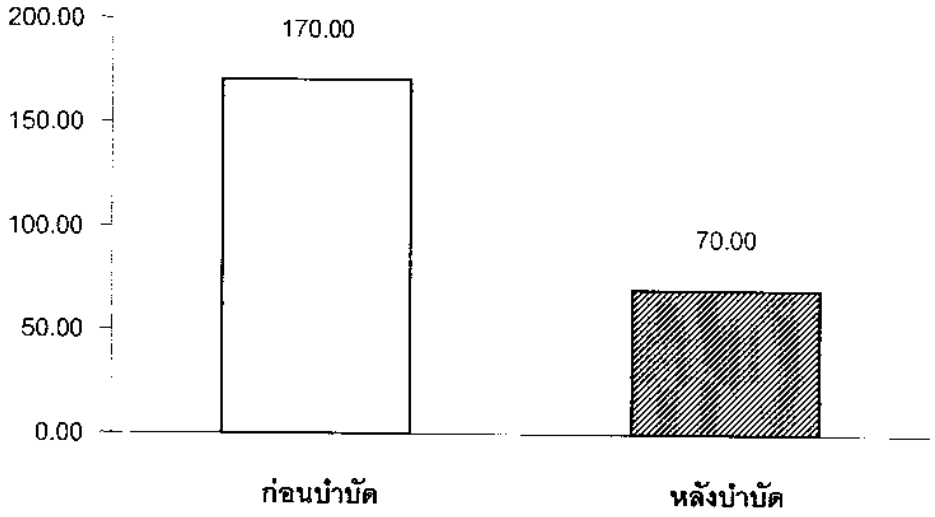


ภาพที่ 4.5 ปริมาณไนเตรทในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ)



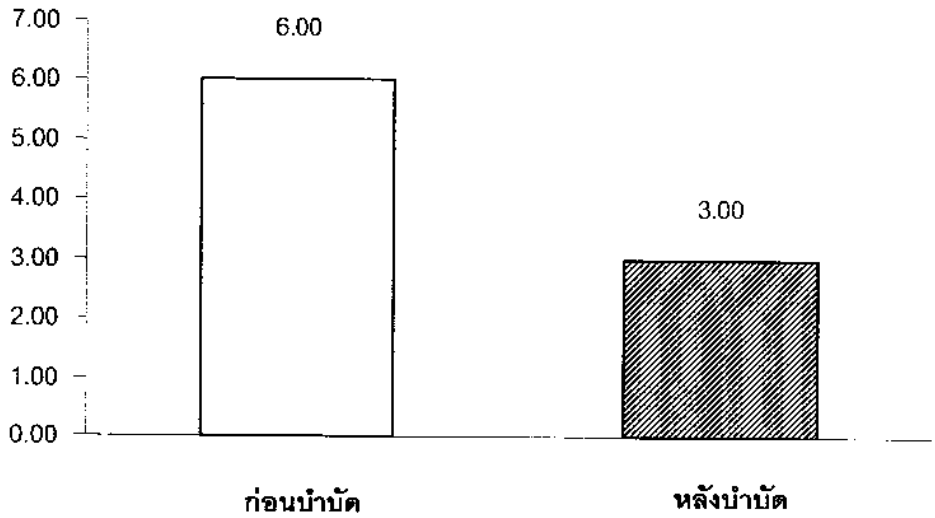
ภาพที่ 4.6 ค่าความเป็นกรด – ด่าง ในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ)

แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (10^3 x MPN/100ml.)



ภาพที่ 4.7 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ)

แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมด (10^3 x MPN/100ml.)



ภาพที่ 4.8 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ)

4.2 น้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว)

การบำบัดน้ำในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) เป็นการเติมออกซิเจนให้กับน้ำเสีย โดยเวลาที่น้ำพุ่งขึ้นไปในอากาศทำให้น้ำได้สัมผัสกับอากาศเพิ่มขึ้น ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ไหลผ่านจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) คุณภาพน้ำที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid) แอมโมเนีย (NH_3) ไนเตรท (NO_3) ความเป็นกรดด่าง (pH) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (Total Coliform Bacteria) แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria) โดยมีรายละเอียดผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.2.1 ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus)

ปริมาณของฟอสฟอรัสรวมในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.9 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 9

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีค่าเท่ากับ 1.75 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีค่าเท่ากับ 1.18 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมลดลงร้อยละ 32.60 ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุเดียวกันกับในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) ซึ่งได้แสดงเหตุผลไว้ข้างต้นดังข้อ 4.1.1

เมื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณฟอสฟอรัสกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า ค่ามาตรฐานยังไม่ได้มีการกำหนดค่าฟอสฟอรัสไว้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.2.2 บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD)

ปริมาณของบีโอดีในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.10 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 10

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของบีโอดีในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีค่าบีโอดีเท่ากับ 458.00 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีค่าบีโอดีเท่ากับ

312.00 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่า ปริมาณบีโอดีลดลงร้อยละ 31.90 ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุเดียวกันกับจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) ซึ่งได้แสดงเหตุผลไว้ข้างต้นดังข้อ 4.1.2

เมื่อเปรียบเทียบค่าบีโอดีกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว ยังมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้มาก ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 2.00 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.2.3 **ของแข็งแขวนลอย** (Suspended Solid)

ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุด บำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.11 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 11

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีปริมาณของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 40.00 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 30.00 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยลดลงร้อยละ 25.00 ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุเดียวกันกับในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) ซึ่งได้แสดงเหตุผลไว้ข้างต้นดังข้อ 4.1.3

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแข็งแขวนลอยกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า ค่ามาตรฐานยังไม่ได้มีการกำหนดปริมาณของแข็งแขวนลอยไว้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.2.4 **แอมโมเนีย** (NH_3)

ปริมาณของแอมโมเนียในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.12 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 12

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณแอมโมเนียในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีปริมาณแอมโมเนียเท่ากับ 2.12 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณแอมโมเนียเท่ากับ 1.12 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณแอมโมเนียลดลงร้อยละ

47.20 ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุเดียวกันกับในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) ซึ่งได้แสดงเหตุผลไว้ข้างต้นดังข้อ 4.1.4

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแอมโมเนียกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว ยังมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 0.50 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.2.5 ไนเตรท (NO_3)

ปริมาณของไนเตรทในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.13 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 13

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณไนเตรทในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีปริมาณไนเตรทเท่ากับ 1.07 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณเท่ากับ 0.70 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณไนเตรทลดลงร้อยละ 34.60 ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุเดียวกันกับในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) ซึ่งได้แสดงเหตุผลไว้ข้างต้นดังข้อ 4.1.5

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนเตรทกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว มีปริมาณไนเตรทต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 5.00 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.2.6 ความเป็นกรด – ด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรด – ด่าง ในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.14 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 14

ผลการทดลองพบว่า ค่าความเป็นกรด – ด่างในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีค่าความเป็นกรด – ด่างเท่ากับ 7.20 และหลังทำการบำบัดมีค่าความเป็นกรด – ด่างเท่ากับ 7.20 จะเห็นได้ว่าค่าความเป็นกรด – ด่างมีค่าเท่าเดิมไม่เปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกันกับเหตุผลข้อ 4.1.6

เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด – ด่าง กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำเสียมีค่าความเป็นกรด – ด่าง อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 5.00 – 9.00 (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.2.7 **แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด** (Total Coliform Bacteria)

ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.15 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 15

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดก่อนทำการบำบัดมีเท่ากับ 160,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณเท่ากับ 90,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มลดลงร้อยละ 43.80 ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุเดียวกันกับในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) ซึ่งได้แสดงเหตุผลไว้ข้างต้นดังข้อ 4.1.7

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้วมีปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 20,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.2.8 **แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม** (Fecal Coliform Bacteria)

ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.16 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 16

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มก่อนและหลังทำการบำบัดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มก่อนทำการบำบัดมีเท่ากับ 5,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณเท่ากับ 4,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มลดลงร้อยละ 20.00 ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุเดียวกันกับในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) ซึ่งได้แสดงเหตุผลไว้ข้างต้นดังข้อ 4.1.8

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมด กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้วมีปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 4,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

ตารางที่ 4.2 คุณภาพน้ำที่ผ่านจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว)

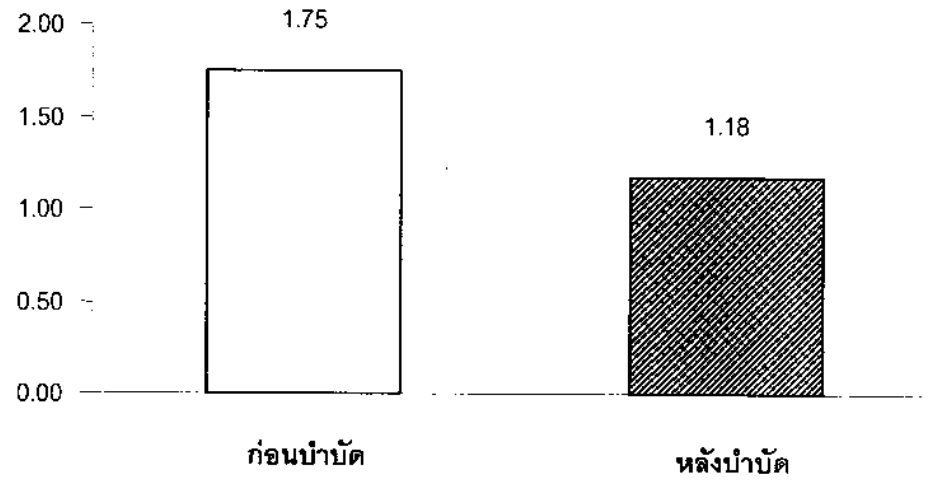
คุณภาพของน้ำทิ้ง	มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	ก่อนบำบัด	หลังบำบัด	ร้อยละ
ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	n/a	1.75.00[a]	1.18[b]	32.60
ค่าบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	2.00	458.00[a]	312.00[b]	31.90
ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	n/a	40.00[a]	30.00[b]	25.00
ปริมาณแอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.50	2.12[a]	1.12[b]	47.20
ปริมาณไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	5.00	1.07[a]	0.70[b]	34.60
ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)[n.s.]	5.00 – 9.00	7.20	7.20	-
ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (10^3 MPN/100 ml.)	20.00	160.00[a]	90.00[b]	43.80
ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (10^3 MPN/100 ml.)	4.00	5.00[a]	4.00[b]	20.00

หมายเหตุ: [ab] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

[n.s.] คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

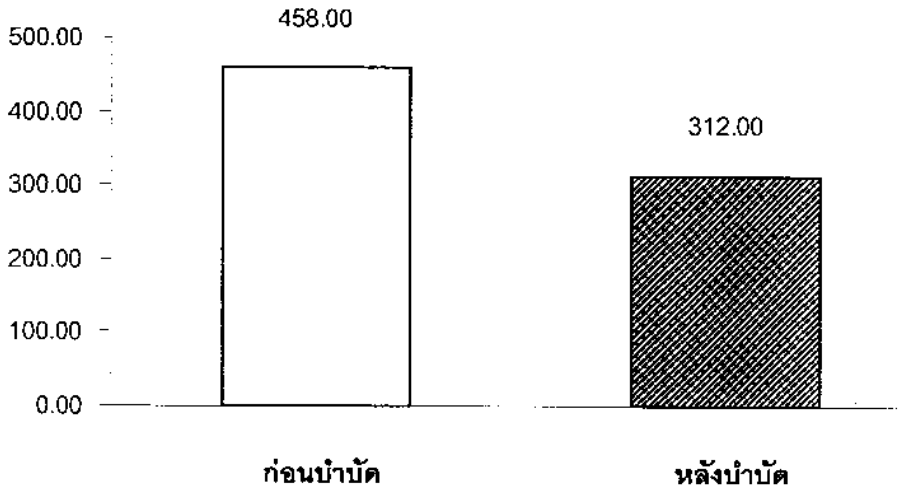
n/a คือ non available หมายถึง มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินไม่ได้กำหนดไว้

ฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัม/ลิตร)



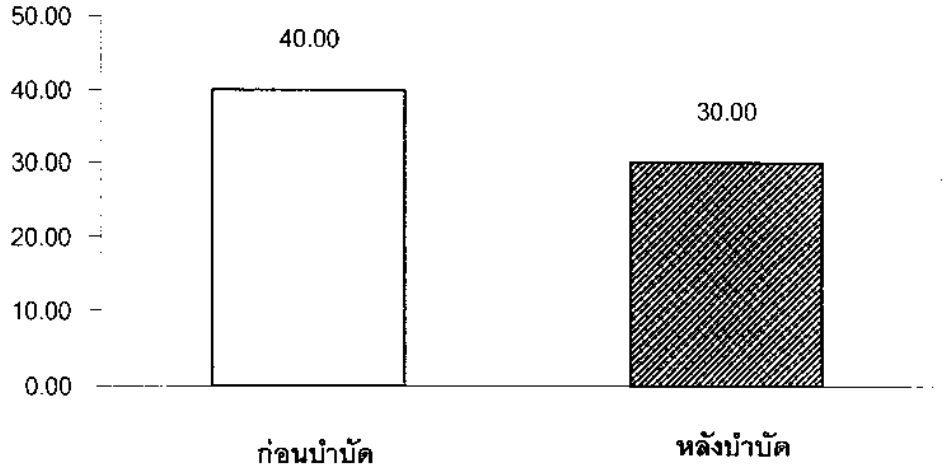
ภาพที่ 4.9 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว)

บีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร)



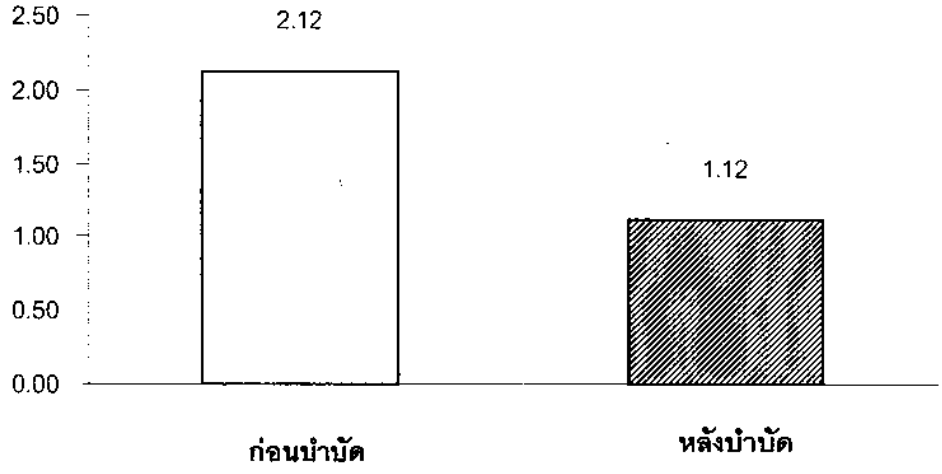
ภาพที่ 4.10 ปริมาณบีโอดีในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว)

ของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัม/ลิตร)



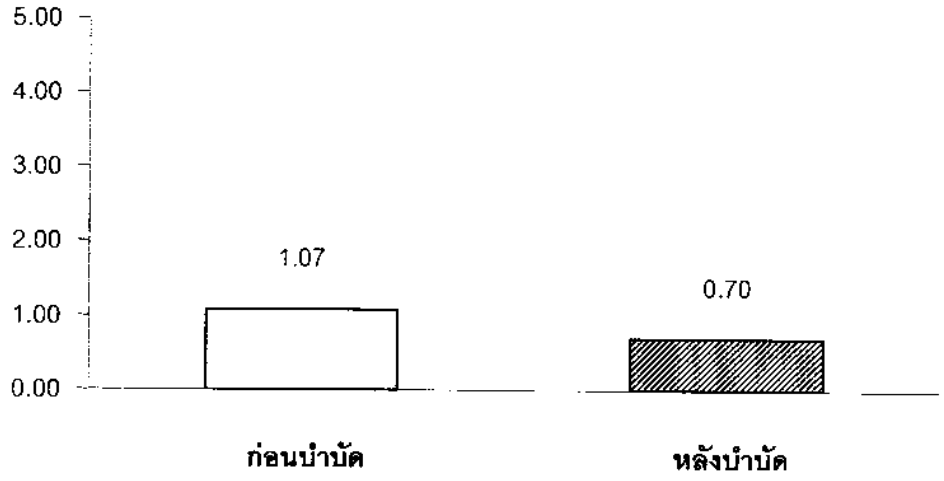
ภาพที่ 4.11 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว)

แอมโมเนีย (มิลลิกรัม/ลิตร)



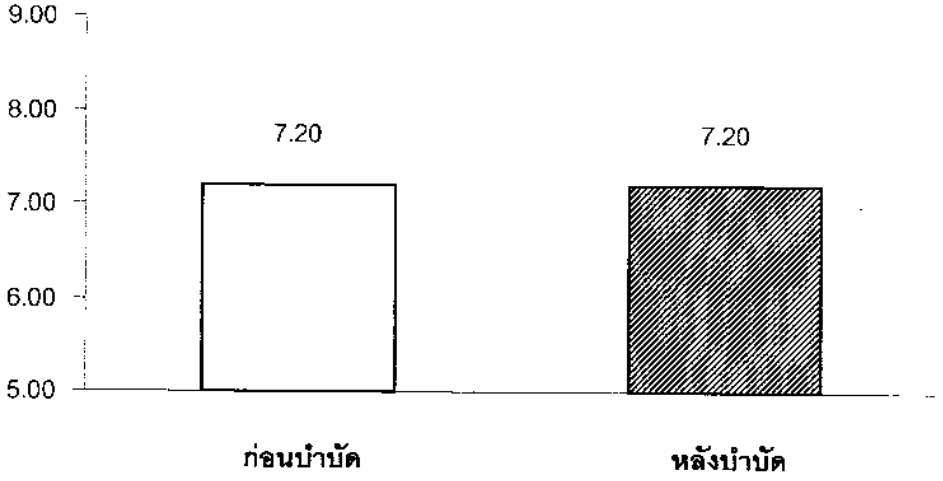
ภาพที่ 4.12 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว)

ไนเตรท (มิลลิกรัม/ลิตร)



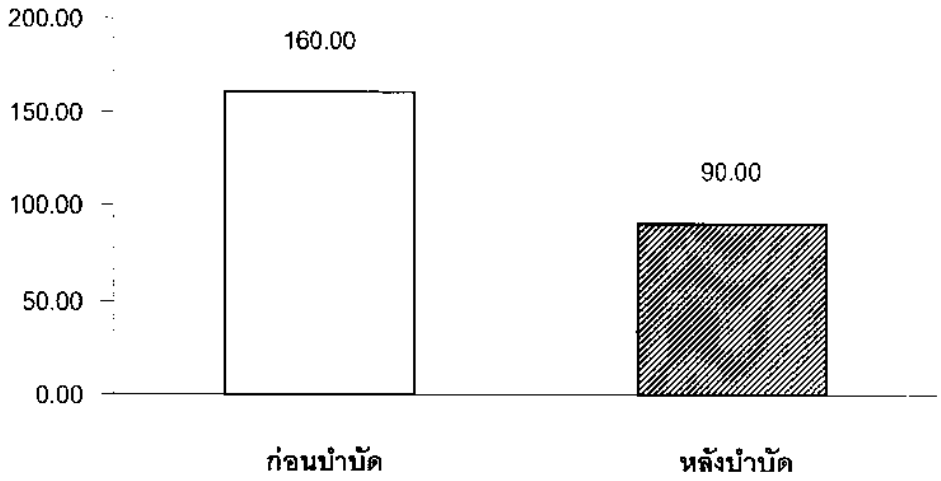
ภาพที่ 4.13 ปริมาณไนเตรทในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว)

ความเป็นกรด – ด่าง



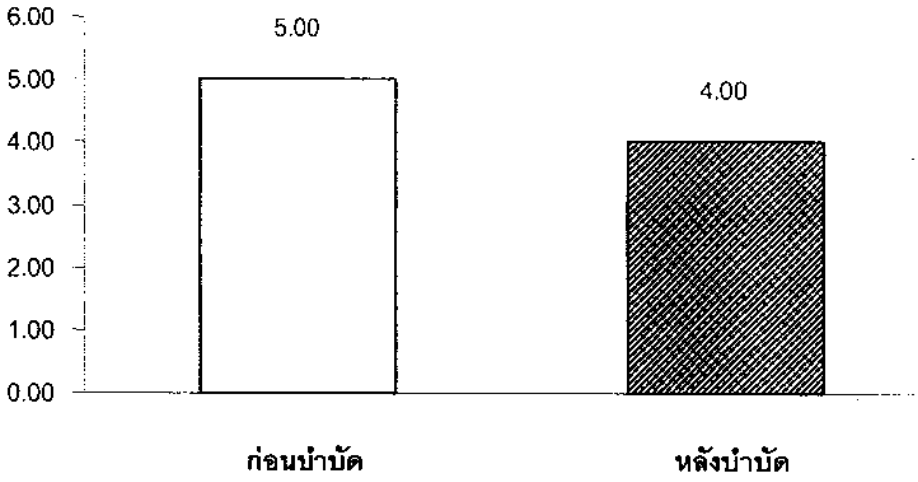
ภาพที่ 4.14 ค่าความเป็นกรด – ด่างในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว)

แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (10^3 x MPN/100ml.)



ภาพที่ 4.15 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว)

แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมด (10^3 x MPN/100ml.)



ภาพที่ 4.16 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว)

4.3 น้ำตก

การบำบัดน้ำเสียในจุดน้ำตกเป็นการเติมออกซิเจนโดยไม่ใช้วิธีธรรมชาติ ทำให้อากาศละลายลงในน้ำเพิ่มมากขึ้น และได้สัมผัสแสงแดดเพิ่มขึ้น (ฉัตรไชย รัตนชัย, 2539: 218) ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ไหลผ่านจุดบำบัดน้ำตกคุณภาพน้ำที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid) แอมโมเนีย (NH_3) ไนเตรท (NO_3) ความเป็นกรดด่าง (pH) แบคทีเรียกลุ่มโคลีฟอร์ม (Total Coliform Bacteria) แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลีฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria) โดยมีรายละเอียดผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.3.1 ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus)

ปริมาณของฟอสฟอรัสรวมในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.17 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 17

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีค่าเท่ากับ 1.56 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีค่าเท่ากับ 1.45 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมลดลงร้อยละ 8.20 ทั้งนี้เนื่องมาจากระบบการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic System) ของจุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้ออกซิเจน และสะสมฟอสเฟตโดยเรียกว่า Polyphosphate Accumulate Organisms แบคทีเรียกลุ่มนี้จะทำการดูดซึมสารอินทรีย์ฟอสเฟตเข้าไปในเซลล์ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน (สุบัณฑิต นิ่มรัตน์, 2548: 110)

เมื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณฟอสฟอรัสกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า ค่ามาตรฐานยังไม่ได้มีการกำหนดค่าฟอสฟอรัสไว้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.3.2 บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD)

ปริมาณของบีโอดีในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.18 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 18

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของบีโอดีในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีค่าบีโอดีเท่ากับ 141.00 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีค่าบีโอดีเท่ากับ 138.00 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่า ปริมาณบีโอดีลดลงร้อยละ 2.10 ซึ่งจะเห็นได้ว่าในจุดบำบัดน้ำตกนี้สามารถลดปริมาณบีโอดีได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

เมื่อเปรียบเทียบค่าบีโอดีกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว ยังมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้มาก ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 2.00 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.3.3 **ของแข็งแขวนลอย** (Suspended Solid)

ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.19 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 19

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีปริมาณของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 20.00 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 10.00 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยลดลงร้อยละ 50.00 ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุเดียวกันกับในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) ซึ่งได้แสดงเหตุผลไว้ข้างต้นดังข้อ 4.1.3

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแข็งแขวนลอยกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า ค่ามาตรฐานยังไม่ได้มีการกำหนดปริมาณของแข็งแขวนลอยไว้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.3.4 **แอมโมเนีย** (NH_3)

ปริมาณของแอมโมเนียในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.20 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 20

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณแอมโมเนียในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมี

ปริมาณแอมโมเนียเท่ากับ 2.24 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณแอมโมเนียเท่ากับ 1.12 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณแอมโมเนียลดลงร้อยละ 50.00 ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุเช่นเดียวกันกับในข้อ 4.1.4

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแอมโมเนียกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว ยังมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 0.50 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.3.5 **ไนเตรท** (NO_3)

ปริมาณของไนเตรทในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.21 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 21

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณไนเตรทในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีปริมาณไนเตรทเท่ากับ 1.00 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณเท่ากับ 0.70 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณไนเตรทลดลงร้อยละ 30.00 ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุเดียวกันกับจุดบำบัดน้ำพุ 1 ซึ่งได้แสดงเหตุผลไว้ข้างต้นดังข้อ 4.1.5

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนเตรทกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว มีปริมาณไนเตรทต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 5.00 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.3.6 **ความเป็นกรด – ด่าง** (pH)

ค่าความเป็นกรด – ด่าง ในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.22 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 22

ผลการทดลอง พบว่า ค่าความเป็นกรด – ด่าง ในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีค่าความเป็นกรด – ด่างเท่ากับ 7.50 และหลังทำการบำบัดมีค่าความเป็นกรด – ด่าง เท่ากับ 7.50 จะเห็นได้ว่าค่าความเป็นกรด – ด่าง ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้แสดงว่าการเติมออกซิเจนและการที่น้ำได้สัมผัสกับอากาศโดยใช้ระบบน้ำตกไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรดด่าง

เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด – ด่าง กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำเสียมีค่าความเป็นกรด – ด่าง อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 5.00 – 9.00 (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.3.7 แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)

ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.23 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 23

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดก่อนทำการบำบัดมีเท่ากับ 120,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณเท่ากับ 80,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มลดลงร้อยละ 33.33 ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุเดียวกันกับจุดบำบัดน้ำพุ 1 ซึ่งได้แสดงเหตุผลไว้ข้างต้นดังข้อ 4.1.7

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้วมีปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 20,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.3.8 แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)

ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.24 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 24

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มก่อนและหลังทำการบำบัดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มก่อนทำการบำบัดมีเท่ากับ 700 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณเท่ากับ 400 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มลดลงร้อยละ 42.80 ทั้งนี้เนื่องมาจากแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มอยู่ในกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดเมื่อแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดลดลงจึงทำให้แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มมีปริมาณลดลงด้วย ดังที่ได้อภิปรายเหตุผลไว้ในข้อ 4.1.8 ข้างต้น

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมด กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้วมีปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 4,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

ตารางที่ 4.3 คุณภาพน้ำที่ผ่านจุดบำบัดน้ำตก

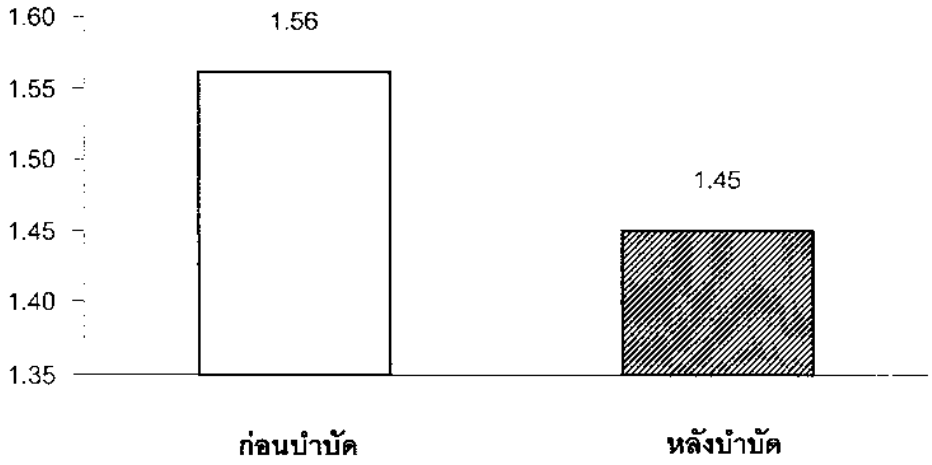
คุณภาพของน้ำทิ้ง	มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	ก่อนบำบัด	หลังบำบัด	ร้อยละ
ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	n/a	1.56[a]	1.45[b]	8.20
ค่าบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)[n.s.] (มิลลิกรัมต่อลิตร)	2.00	141.00	138.00	2.10
ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	n/a	20.00[a]	10.00[b]	50.00
ปริมาณแอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.50	2.24[a]	1.12[b]	50.00
ปริมาณไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	5.00	1.00[a]	0.70[b]	30.00
ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)[n.s.]	5.00 – 9.00	7.50	7.50	-
ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (10^3 MPN/100 ml.)	20.00	120.00[a]	80.00[b]	33.33
ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (10^3 MPN/100 ml.)	4.00	7.00[a]	4.80[b]	42.80

หมายเหตุ: [ab] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

[n.s.] คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

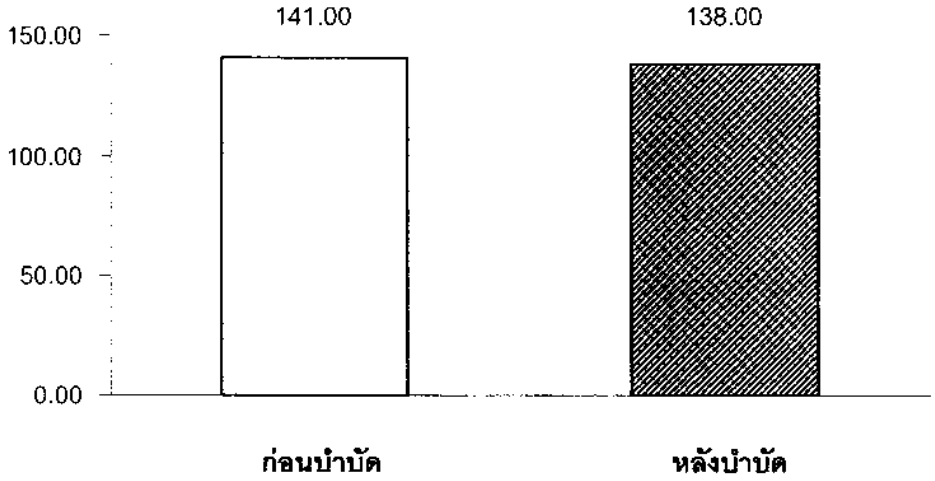
n/a คือ non available หมายถึง มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินไม่ได้กำหนดไว้

ฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัม/ลิตร)

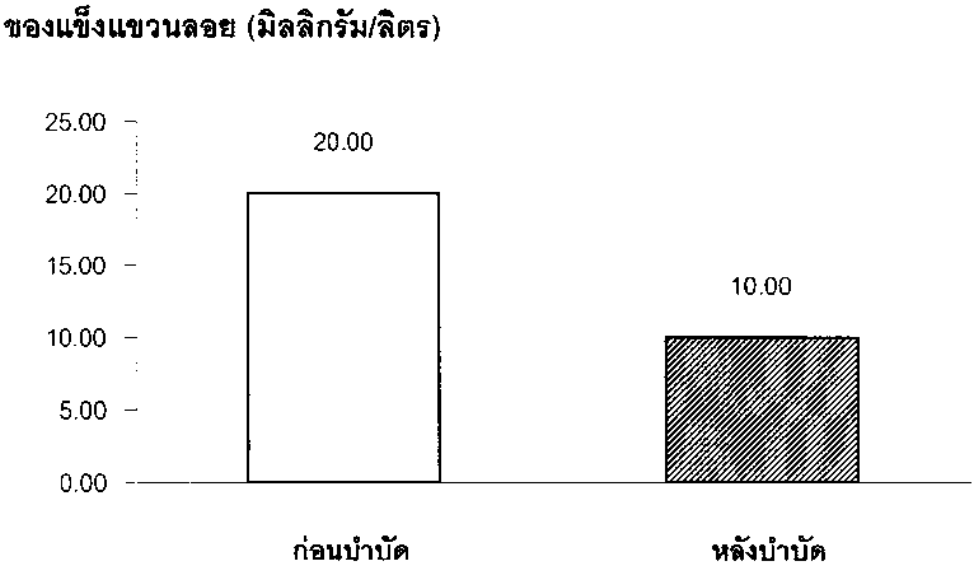


ภาพที่ 4.17 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก

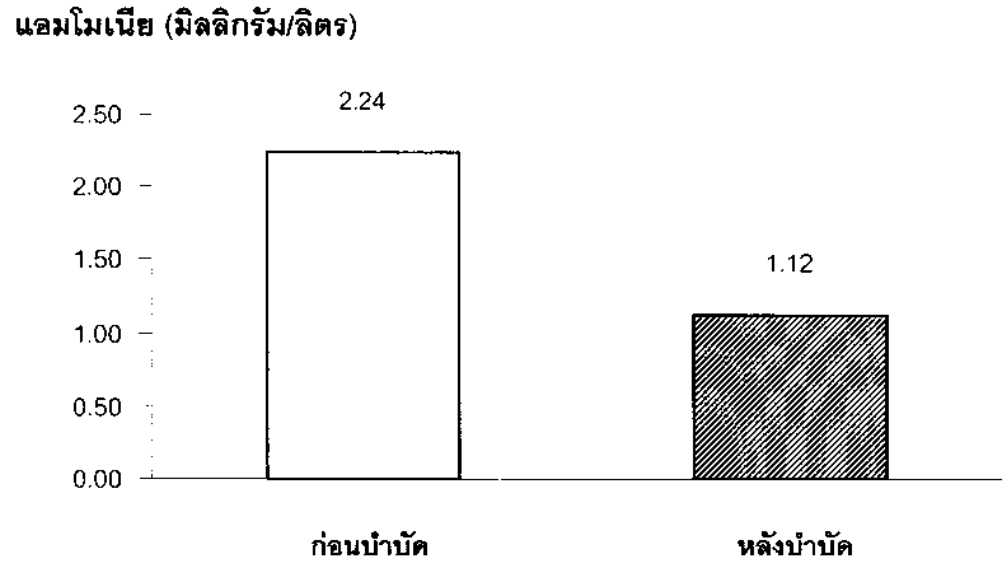
บีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร)



ภาพที่ 4.18 ปริมาณบีโอดีในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก

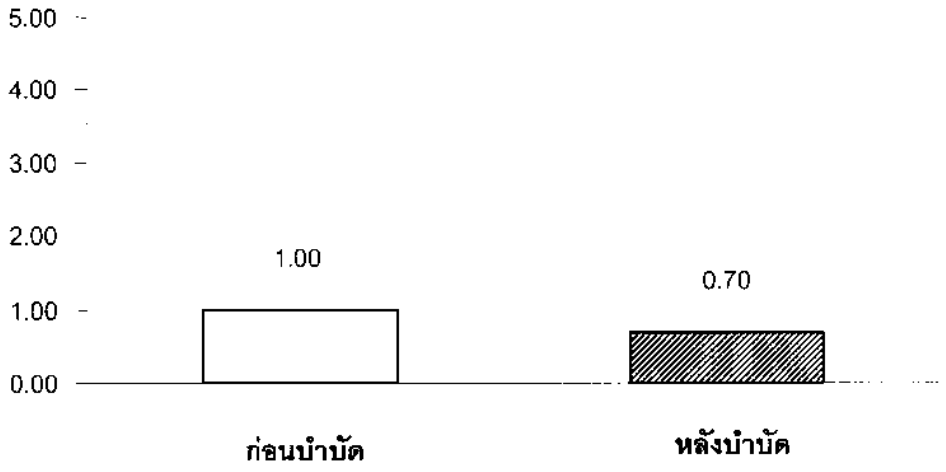


ภาพที่ 4.19 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก



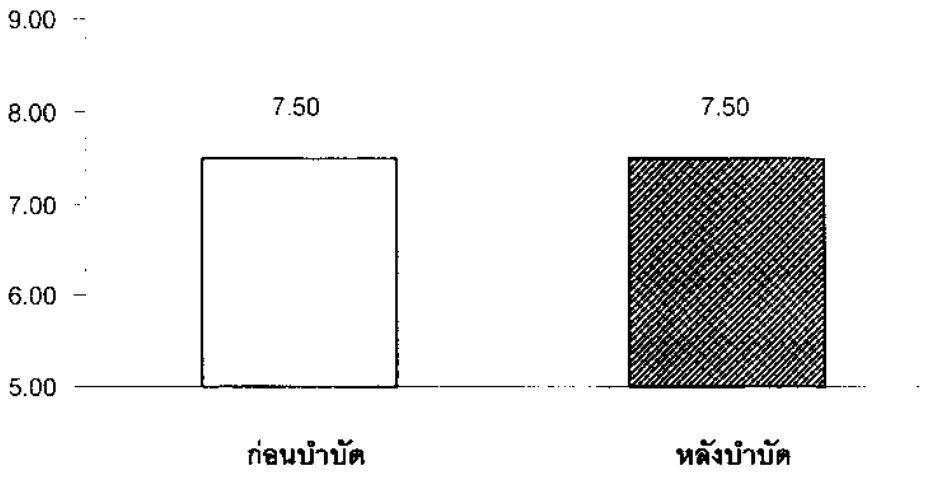
ภาพที่ 4.20 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก

ไนเตรท (มิลลิกรัม/ลิตร)



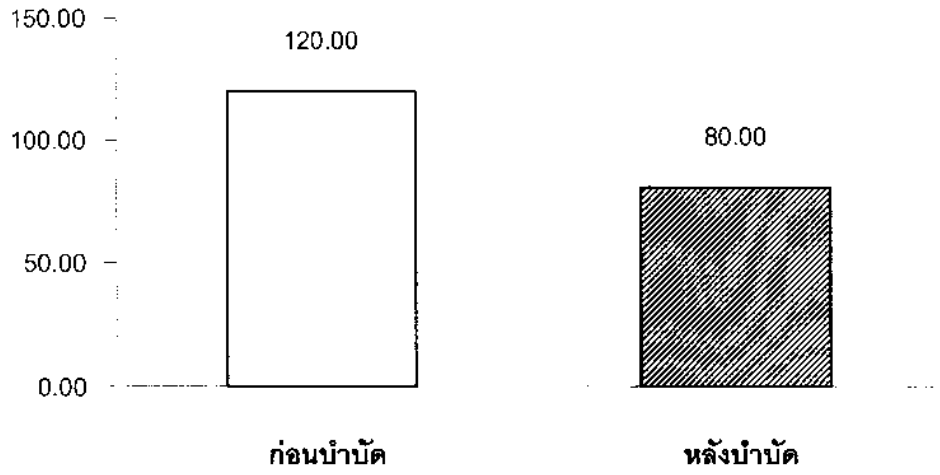
ภาพที่ 4.21 ปริมาณไนเตรทในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก

ความเป็นกรด – ด่าง



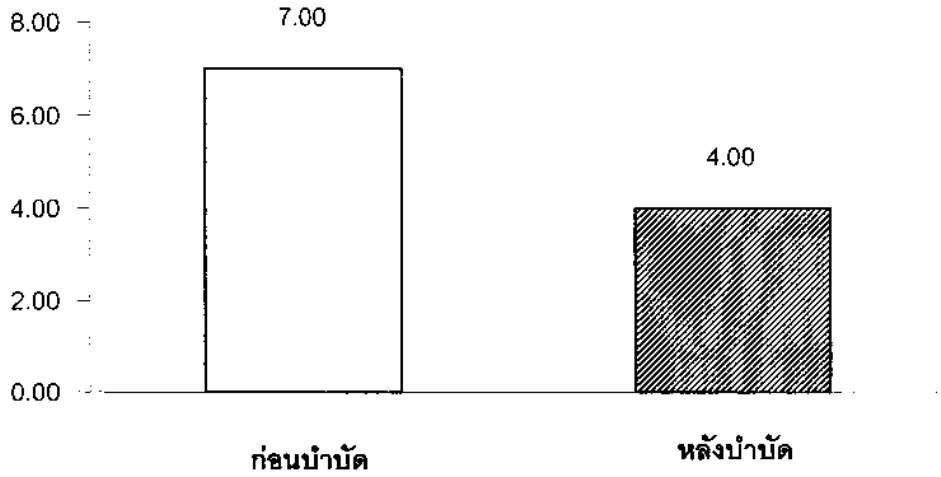
ภาพที่ 4.22 ค่าความเป็นกรด – ด่าง ในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก

แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (10^3 x MPN/100ml.)



ภาพที่ 4.23 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก

แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมด (10^3 x MPN/100ml.)



ภาพที่ 4.24 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก

4.4 พืชห้าชั้น

การบำบัดน้ำเสียในจุดบำบัดพืชห้าชั้นเป็นการเพิ่มออกซิเจนให้กับน้ำ และรากพืชสามารถดูดซับสารอินทรีย์ต่าง ๆ ไปใช้ในการเจริญเติบโตทำให้สามารถบำบัดน้ำเสียได้ ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ไหลผ่านจุดบำบัดพืชห้าชั้น คุณภาพน้ำที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid) แอมโมเนีย (NH_3) ไนเตรท (NO_3) ความเป็นกรด – ด่าง (pH) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (Total Coliform Bacteria) แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria) โดยมีรายละเอียดผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.4.1 ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus)

ปริมาณของฟอสฟอรัสรวมในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.25 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 25

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีค่าเท่ากับ 1.55 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีค่าเท่ากับ 1.13 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมลดลงร้อยละ 27.10 ทั้งนี้เนื่องมาจากการดูดซึมโดยพืชซึ่งจะดูดซึมผ่านทางราก และนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่ต่อไป (สุชาดา ปุณณสัมฤทธิ์, 2548: 17)

เมื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณฟอสฟอรัสกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า ค่ามาตรฐานยังไม่ได้มีการกำหนดค่าฟอสฟอรัสไว้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.4.2 บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD)

ปริมาณของบีโอดีในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.26 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 26

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของบีโอดีในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีค่าบีโอดีเท่ากับ 256.00 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีค่าบีโอดีเท่ากับ 159.00

มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่า ปริมาณบีโอดีลดลงร้อยละ 38.00 ทั้งนี้เนื่องมาจากพืชสามารถดูดซึมเอาสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำมาใช้เพิ่มมวลชีวภาพให้มากขึ้นจึงทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียลดลง เมื่อปริมาณสารอินทรีย์ลดลงส่งผลให้ปริมาณของจุลินทรีย์ลดลงด้วยทำให้ความต้องการออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ลดน้อยลง (คณิต ไชยาคำ และยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร 2537: 3 – 5)

เมื่อเปรียบเทียบค่าบีโอดีกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว ยังมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้มาก ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 2.00 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.4.3 **ของแข็งแขวนลอย** (Suspended Solid)

ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.27 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 27

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีปริมาณของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 30.00 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 20.00 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยลดลงร้อยละ 33.33 ทั้งนี้เนื่องมาจากรากพืชจำนวนมากซึ่งเป็นที่อาศัยของจุลินทรีย์ และพืชสามารถผลิตออกซิเจนเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้กับน้ำจึงทำให้จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ซึ่งเป็นสารแขวนลอยให้มีปริมาณลดลง (สุรัสวดี บุบผะเรณู, 2542: 27) รวมทั้งได้เกิดการตกตะกอนร่วมด้วย

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแข็งแขวนลอยกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า ค่ามาตรฐานยังไม่ได้มีการกำหนดปริมาณของแข็งแขวนลอยไว้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.4.4 **แอมโมเนีย** (NH_3)

ปริมาณของแอมโมเนียในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.28 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 28

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณแอมโมเนียในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมี

ปริมาณแอมโมเนียเท่ากับ 2.24 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณแอมโมเนียเท่ากับ 1.57 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณแอมโมเนียลดลงร้อยละ 30.00 ทั้งนี้เนื่องมาจากพืชสามารถดูดซับแอมโมเนียซึ่งเป็นแหล่งไนโตรเจนสำหรับการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโต (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และไพรพรรณ พรประภา, 2540: 36) และแอมโมเนียสามารถระเหยสู่บรรยากาศด้วยจึงทำให้ปริมาณแอมโมเนียลดลง

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแอมโมเนียกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว ยังมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 0.50 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.4.5 ไนเตรท (NO_3)

ปริมาณของไนเตรทในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัด พืชห้าชั้น ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.29 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 29

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณไนเตรทในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีปริมาณไนเตรทเท่ากับ 1.05 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณเท่ากับ 0.80 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณไนเตรทลดลงร้อยละ 23.80 ทั้งนี้เนื่องมาจากพืชสามารถดูดซึมไนเตรทไปใช้เพื่อสังเคราะห์เซลล์ใหม่ขึ้นมา (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2545: 50)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนเตรทกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว มีปริมาณไนเตรทต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 5.00 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.4.6 ความเป็นกรด – ด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรด – ด่าง ในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.30 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 30

ผลการทดลอง พบว่า ค่าความเป็นกรด – ด่าง ในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีค่าความ

เป็นกรด – ด่างเท่ากับ 7.60 และหลังทำการบำบัดมีค่าความเป็นกรด – ด่างเท่ากับ 7.50 แสดงว่า ในจุดบำบัดพืชห้าชั้นนี้ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าวามเป็นกรด – ด่างมากนัก

เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด – ด่าง กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำเสียมีค่าความเป็นกรด – ด่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 5.00 – 9.00 (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.4.7 **แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด** (Total Coliform Bacteria)

ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.31 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 31

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดก่อนทำการบำบัดมีเท่ากับ 160,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณเท่ากับ 90,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดลดลงร้อยละ 43.80 ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุเดียวกันกับจุดบำบัดน้ำพุ 1 ซึ่งได้แสดงผลไว้ข้างต้นดังข้อ 4.1.7

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้วมีปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 20,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.4.8 **แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม** (Fecal Coliform Bacteria)

ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.32 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 32

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มก่อนและหลังทำการบำบัดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มก่อนทำการบำบัดมีเท่ากับ 1,700 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณเท่ากับ 800 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟี

คัลโคลิฟอร์มลดลงร้อยละ 53.00 ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุเดียวกับแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดซึ่งได้กล่าวไว้ในข้อที่ 4.1.8

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมด กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้วมีปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 4,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

ตารางที่ 4.4 คุณภาพน้ำที่ผ่านจุดบำบัดพืชห้าชั้น

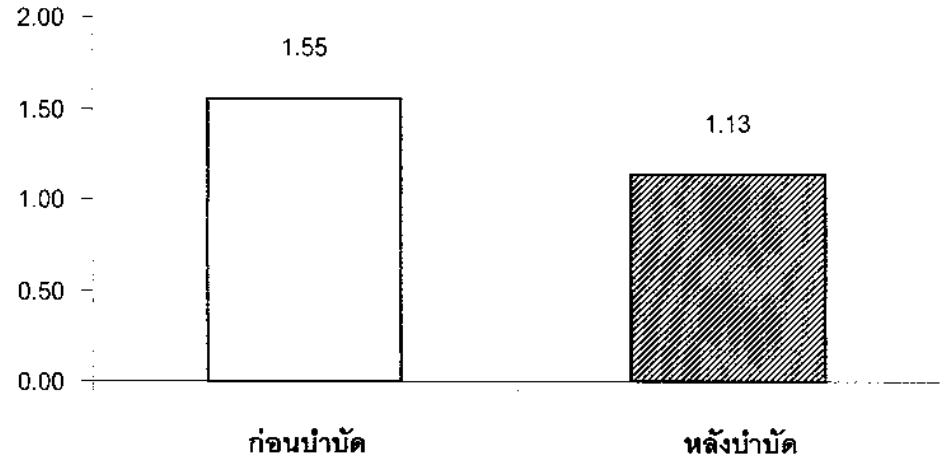
คุณภาพของน้ำทิ้ง	มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	ก่อนบำบัด	หลังบำบัด	(ร้อยละ)
ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	n/a	1.55[a]	1.13[b]	27.10
ค่าบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	2.00	256.00[a]	159.00[b]	37.90
ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	n/a	30.00[a]	20.00[b]	33.33
ปริมาณแอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.50	2.24[a]	1.57[b]	30.00
ปริมาณไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	5.00	1.05[a]	0.80[b]	23.80
ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)[n.s.]	5.00 – 9.00	7.60	7.50	1.30
ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (10^3 MPN/100 ml.)	20.00	160.00[a]	90.00[b]	43.75
ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (10^3 MPN/100 ml.)	4.00	1.70[a]	0.80[b]	53.00

หมายเหตุ: [ab] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

[n.s.] คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

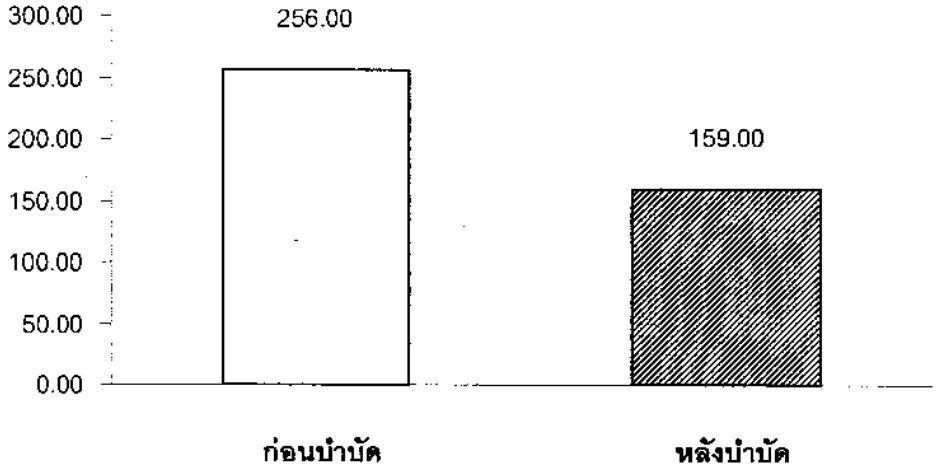
n/a คือ non available หมายถึง มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินไม่ได้กำหนดไว้

ฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัม/ลิตร)



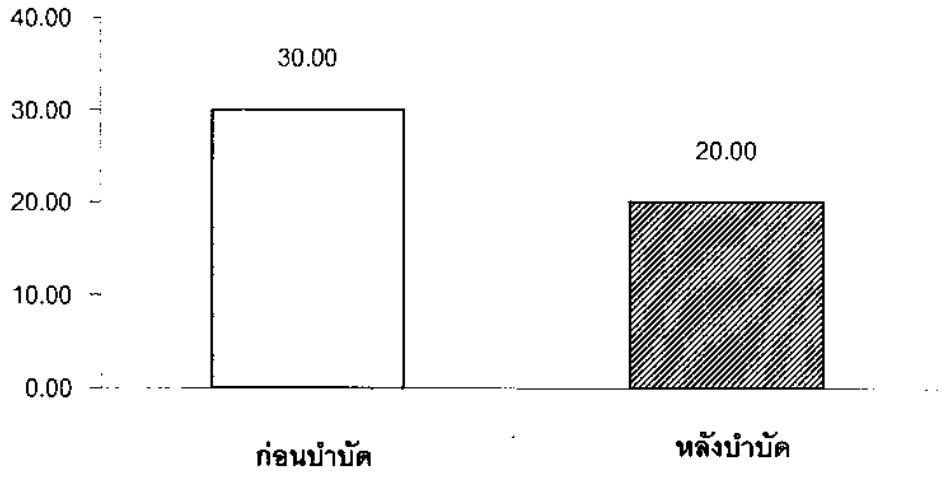
ภาพที่ 4.25 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น

บีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร)



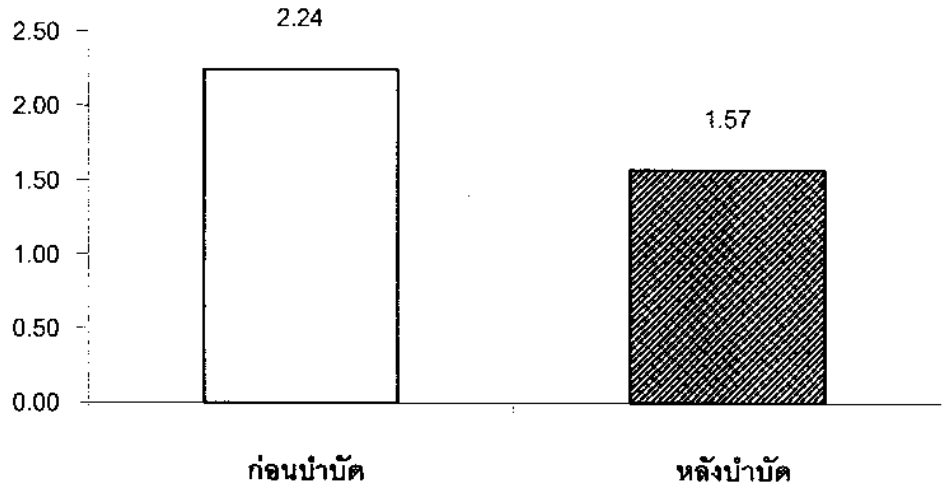
ภาพที่ 4.26 ปริมาณบีโอดีในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น

ของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัม/ลิตร)

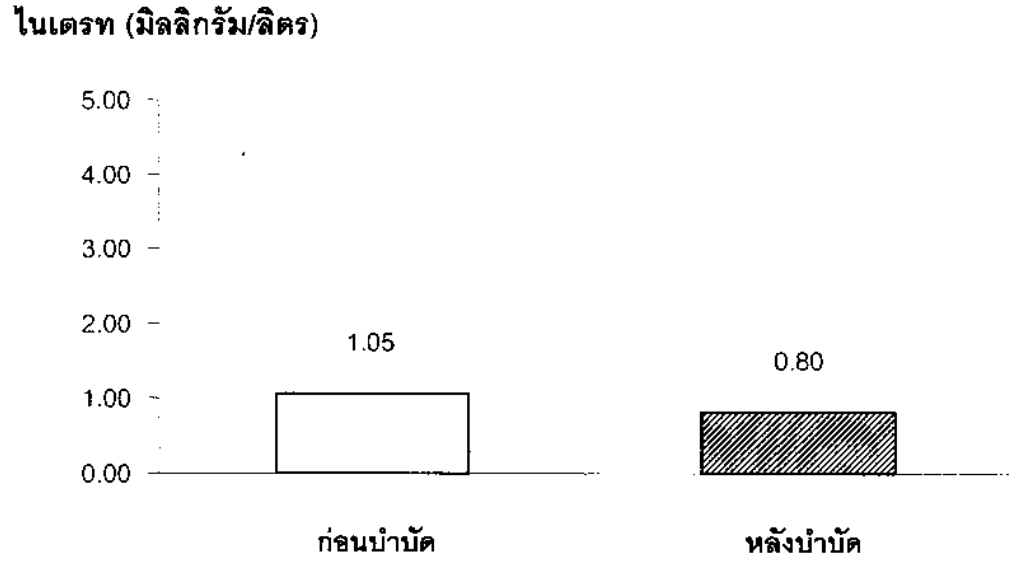


ภาพที่ 4.27 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น

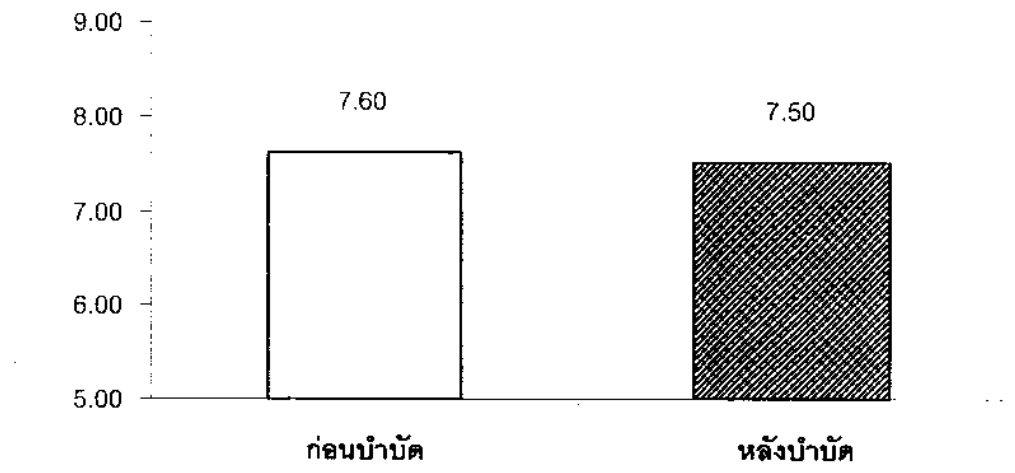
แอมโมเนีย (มิลลิกรัม/ลิตร)



ภาพที่ 4.28 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น

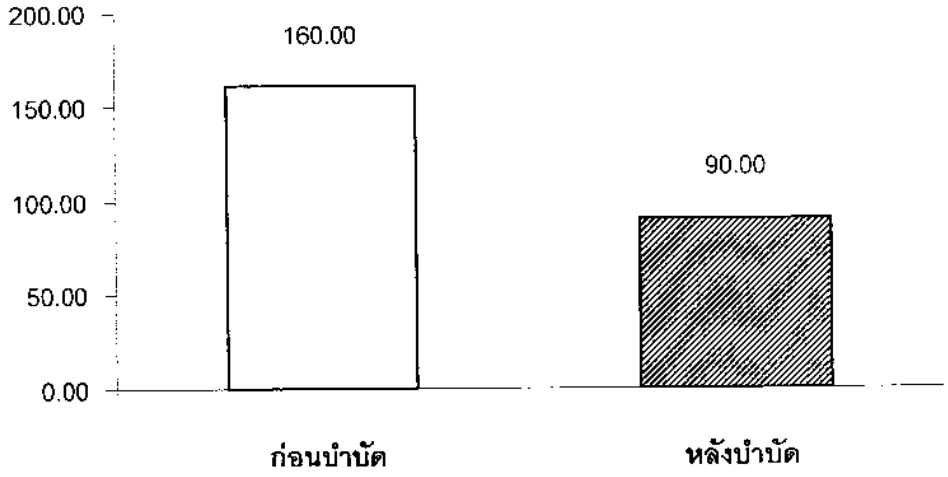


ภาพที่ 4.29 ปริมาณไนเตรทในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น



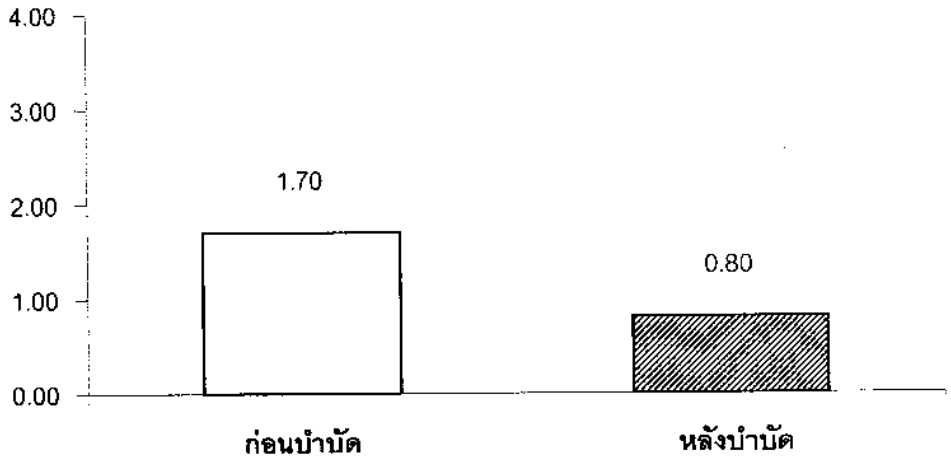
ภาพที่ 4.30 ค่าความเป็นกรด – ด่างในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น

แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (10^3 x MPN/100ml.)



ภาพที่ 4.31 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัด พืชห้าชั้น

แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมด (10^3 x MPN/100ml.)



ภาพที่ 4.32 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น

4.5 อิฐยกระดับ

การบำบัดน้ำเสียในจุดบำบัดอิฐยกระดับนี้เป็นการชะลอการไหลของน้ำทำให้เกิดการตกตะกอนของสารละลายต่าง ๆ และเป็นการเพิ่มออกซิเจนเข้าไปในน้ำทำให้กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยใช้จุลินทรีย์มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ไหลผ่านจุดบำบัดอิฐยกระดับ คุณภาพน้ำที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid) แอมโมเนีย (NH_3) ไนเตรท (NO_3) ความเป็นกรด – ด่าง (pH) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (Total Coliform Bacteria) แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria) โดยมีรายละเอียดผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.5.1 ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus)

ปริมาณของฟอสฟอรัสรวมในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.33 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 33

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีค่าเท่ากับ 1.12 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีค่าเท่ากับ 0.53 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมลดลงร้อยละ 52.70 ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุเดียวกันกับจุดบำบัดน้ำพุ 1 ซึ่งได้แสดงเหตุผลไว้ข้างต้นดังข้อ 4.1.1

เมื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณฟอสฟอรัสกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า ค่ามาตรฐานยังไม่ได้มีการกำหนดค่าฟอสฟอรัสไว้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.5.2 บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD)

ปริมาณของบีโอดีในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.34 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 34

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของบีโอดีในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการ

บำบัดมีค่าบีโอดีเท่ากับ 245.00 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีค่าบีโอดีเท่ากับ 145.00 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่า ปริมาณบีโอดีลดลงร้อยละ 40.80 ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุเดียวกันกับจุดบำบัดน้ำพุ 1 ซึ่งได้แสดงเหตุผลไว้ข้างต้นดังข้อ 4.1.2

เมื่อเปรียบเทียบค่าบีโอดีกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว ยังมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้มาก ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 2.00 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.5.3 ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid)

ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.35 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 35

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีปริมาณของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 30.00 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 20.00 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยลดลงร้อยละ 33.33 ทั้งนี้เนื่องมาจากของแข็งแขวนลอยบางส่วนจุลินทรีย์สามารถทำการย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อใช้เป็นอาหาร และบางส่วนเกิดการตกตะกอนเนื่องจากมีอิฐกั้นทำให้น้ำไหลได้ช้าลง จึงทำให้ปริมาณของแข็งแขวนลอยลดปริมาณลง

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแข็งแขวนลอยกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า ค่ามาตรฐานยังไม่ได้มีการกำหนดปริมาณของแข็งแขวนลอยไว้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.5.4 แอมโมเนีย (NH_3)

ปริมาณของแอมโมเนียในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.36 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 36

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณแอมโมเนียในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีปริมาณแอมโมเนียเท่ากับ 3.36 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณ

แอมโมเนียเท่ากับ 2.24 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณแอมโมเนียลดลงร้อยละ 33.30 ทั้งนี้เนื่องมาจากแอมโมเนียไอออนจะแพร่กระจายไปยังน้ำซึ่งมีออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำ แอมโมเนียไอออนจะถูกออกซิไดซ์ไปเป็นไนเตรท และแอมโมเนียมีการระเหยขึ้นสู่บรรยากาศจึงทำให้มีปริมาณลดลง (จันทวรรณ วรรธนะพงษ์, 2539: 61)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแอมโมเนียกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว ยังมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 0.50 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.5.5 **ไนเตรท** (NO_3)

ปริมาณของไนเตรทในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัด อิฐยกระดับดังแสดงในตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.37 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 37

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณไนเตรทในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีปริมาณไนเตรทเท่ากับ 1.00 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณเท่ากับ 0.90 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณไนเตรทลดลงพียงเล็กน้อย ร้อยละ 10.00 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสาเหตุเดียวกันกับจุดบำบัดน้ำพุ 1 ซึ่งได้แสดงเหตุผลไว้ข้างต้นดังข้อ 4.1.5

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนเตรทกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว มีปริมาณไนเตรทต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 5.00 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.5.6 **ความเป็นกรด – ด่าง** (pH)

ค่าความเป็นกรด – ด่าง ในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.38 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 38

ผลการทดลอง พบว่า ค่าความเป็นกรด – ด่างในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีค่าความเป็นกรด – ด่างเท่ากับ 7.50 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีค่าความเป็นกรด – ด่าง

เท่ากับ 7.60 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าการเติมออกซิเจนโดยใช้ระบบอิฐยกระดับนี้ไม่สามารถทำให้ค่าความเป็นกรด – ด่างเปลี่ยนแปลงมากนัก ซึ่งเป็นเหตุผลเช่นเดียวกับข้อ 4.1.6

เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด – ด่าง กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำเสียมีค่าความเป็นกรด – ด่าง อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 5.00 – 9.00 (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.5.7 **แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด** (Total Coliform Bacteria)

ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.39 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 39

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดก่อนทำการบำบัดมีเท่ากับ 50,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณเท่ากับ 30,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มลดลงร้อยละ 33.33 ทั้งนี้เนื่องมาจากเมื่อมีออกซิเจนเพิ่มขึ้น จุลินทรีย์ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์แล้วจะมีผลทำให้ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดลดลง เนื่องจากเกิดการขาดอาหาร หรือเกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อโคลิฟอร์มตามสภาพเดิม (บัน ยีรัมย์, 2534 อ้างถึงใน ณัฐพล เอี่ยมอ้น, 2549: 81)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้วมีปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 20,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.5.8 **แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม** (Fecal Coliform Bacteria)

ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.40 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 40

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มก่อนและหลังทำการบำบัดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณของแบคทีเรีย

กลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มก่อนทำการบำบัดมีเท่ากับ 2,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณเท่ากับ 1,300 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มลดลงร้อยละ 35.00 ทั้งนี้เนื่องมาจากแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มอยู่ในกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด จึงมีสาเหตุของการลดลงเช่นเดียวกับแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด ดังเหตุผลที่ได้อธิบายไว้ในข้อ 4.1.8 ข้างต้น

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมด กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้วมีปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 4,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

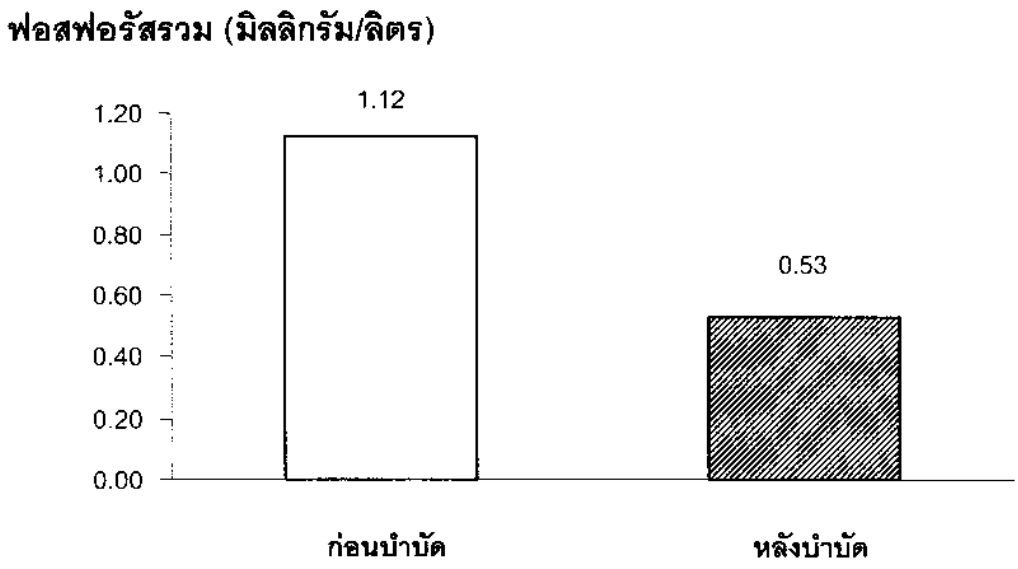
ตารางที่ 4.5 คุณภาพน้ำที่ผ่านจุดบำบัดอิฐยกระดับ

คุณภาพของน้ำทิ้ง	มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	ก่อนบำบัด	หลังบำบัด	(ร้อยละ)
ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	n/a	1.12[a]	0.53[b]	52.70
ค่าบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	2.00	245.00[a]	145.00[b]	40.80
ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	n/a	30.00[a]	20.00[b]	33.33
ปริมาณแอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.50	3.36[a]	2.24[b]	33.33
ปริมาณไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)[n.s.]	5.00	1.00	0.90	10.00
ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)[n.s.]	5.00 – 9.00	7.50	7.60	1.30
ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (10^3 MPN/100 ml.)	20.00	50.00[a]	30.00[b]	40.00
ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (10^3 MPN/100 ml.)	4.00	2.00[a]	1.30[b]	35.00

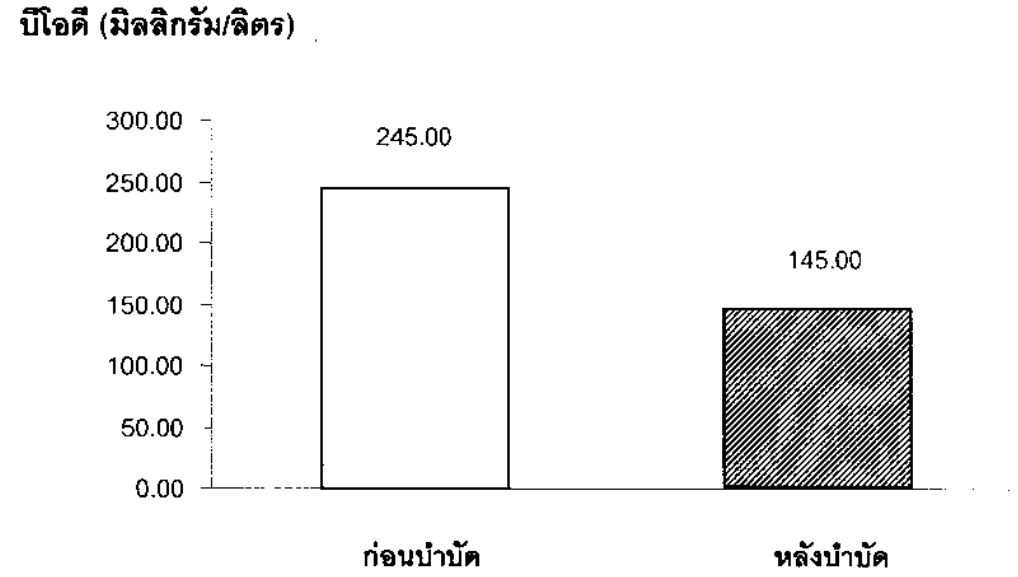
หมายเหตุ: [ab] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

[n.s.] คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

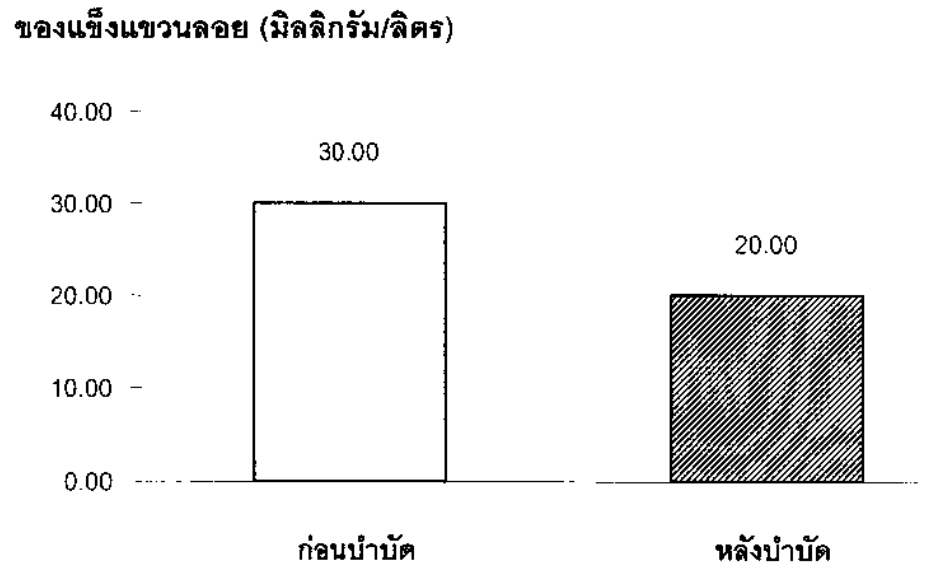
n/a คือ non available หมายถึง มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินไม่ได้กำหนดไว้



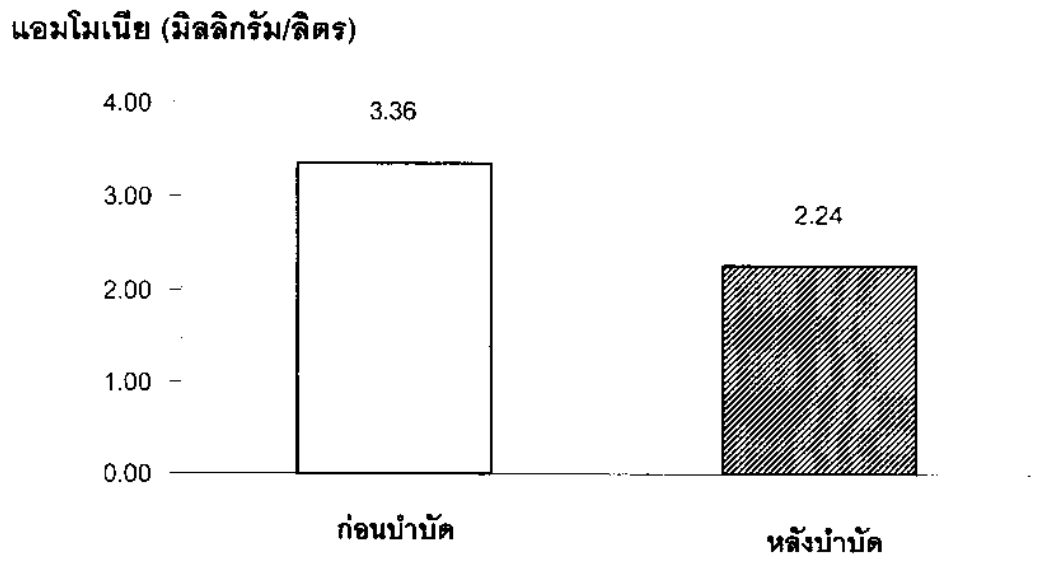
ภาพที่ 4.33 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดอิฐุยกระดับ



ภาพที่ 4.34 ปริมาณบีโอดีในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดอิฐุยกระดับ

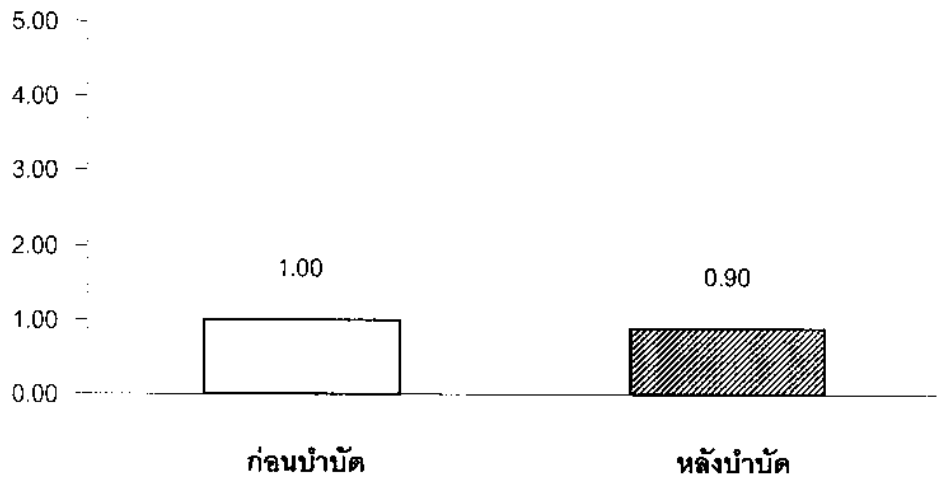


ภาพที่ 4.35 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ



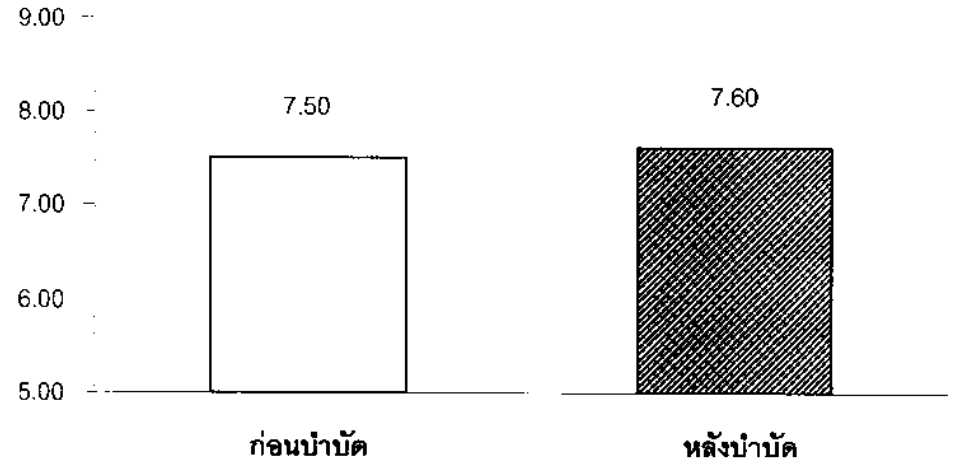
ภาพที่ 4.36 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ

ไนเตรท (มิลลิกรัม/ลิตร)



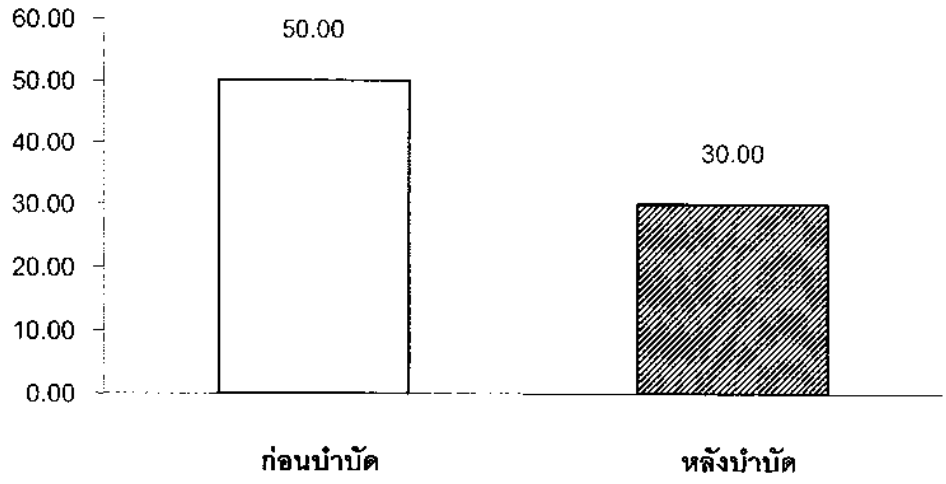
ภาพที่ 4.37 ปริมาณไนเตรทในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ

ความเป็นกรด – ด่าง



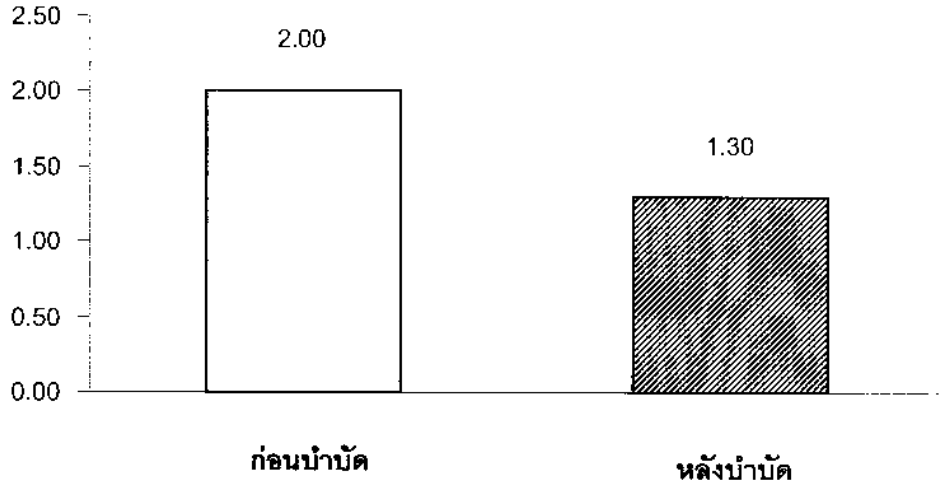
ภาพที่ 4.38 ค่าความเป็นกรด – ด่างในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ

แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (10^3 x MPN/100ml.)



ภาพที่ 4.39 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ

แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมด (10^3 x MPN/100ml.)



ภาพที่ 4.40 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ

4.6 แปลงธูปฤาษี

แปลงธูปฤาษีเป็นการบำบัดโดยใช้พืชน้ำ เป็นการเติมออกซิเจนให้กับน้ำโดยอาศัยการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ และเป็นการดูดธาตุอาหารของพืชเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและช่วยให้การทำงานของจุลินทรีย์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น (เกษม จันทร์แก้ว และคณะ, 2542: 49 – 1) การวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ไหลผ่านจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี คุณภาพน้ำที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่ ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid) แอมโมเนีย (NH_3) ไนเตรท (NO_3) ความเป็นกรด – ด่าง (pH) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (Total Coliform Bacteria) แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria) โดยมีรายละเอียดผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.6.1 ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus)

ปริมาณของฟอสฟอรัสรวมในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี ดังแสดงในตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.41ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 41

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีค่าเท่ากับ 1.75 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีค่าเท่ากับ 1.55 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมลดลงร้อยละ 11.40 ทั้งนี้เนื่องมาจากธูปฤาษีได้นำฟอสฟอรัสไปใช้ในรูปของออร์โธฟอสเฟต ซึ่งเป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อพืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างไซโตพลาสซึม (ประเทือง เชาว์วันกลาง, 2534: 68 – 69)

เมื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณฟอสฟอรัสกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า ค่ามาตรฐานยังไม่ได้มีการกำหนดค่าฟอสฟอรัสไว้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.6.2 บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD)

ปริมาณของบีโอดีในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี ดังแสดงในตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.42 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 42

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของบีโอดีในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีค่าบีโอดีเท่ากับ 217.00 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีค่าบีโอดีเท่ากับ 189.00 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่า ปริมาณบีโอดีลดลงร้อยละ 14.80 ทั้งนี้เนื่องมาจากธูปฤาษีมีลักษณะลำต้นใต้ดิน แตกกิ่งก้านสาขากระจาย ทำให้ระบบรากซึ่งเป็นรากฝอย สามารถเจริญแผ่ออกไปได้อย่างกว้างขวาง และระบบรากดังกล่าวยังสานระหว่างกันใต้ดิน ทำให้ต้นธูปฤาษีสามารถกรองดูดซับธาตุอาหารสิ่งสกปรกต่าง ๆ ได้ดี (ภาว์สุระ ลิมปิสวัสดิ์, 2545: 50) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ภาว์สุระ ลิมปิสวัสดิ์ ที่พบว่า แปลงธูปฤาษีระยะที่สามารถบำบัดได้ดีที่สุด คือ ที่ระยะ 60.00 เมตร มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียร้อยละ 80.76 โดยที่ความยาวของแปลงดังกล่าวสามารถบำบัดน้ำเสียจนมีค่าบีโอดีของน้ำทิ้งไม่เกิน 20.00 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร

เมื่อเปรียบเทียบค่าบีโอดีกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว ยังมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้มาก ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 2.00 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.6.3 **ของแข็งแขวนลอย** (Suspended Solid)

ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี ดังแสดงในตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.43 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 43

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีปริมาณของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 30.00 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 10.00 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยลดลงร้อยละ 66.66 ทั้งนี้เนื่องมาจากของแข็งแขวนลอยตกตะกอน และถูกรากกับลำต้นของธูปฤาษีเป็นตัวกรอง หรือสกัดกั้นให้ของแข็งแขวนลอยผ่านไปได้ในปริมาณที่น้อยลง

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแข็งแขวนลอยกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า ค่ามาตรฐานยังไม่ได้มีการกำหนดปริมาณของแข็งแขวนลอยไว้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.6.4 แอมโมเนีย (NH_3)

ปริมาณของแอมโมเนียในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี ดังแสดงในตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.44 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 44

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณแอมโมเนียในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีปริมาณแอมโมเนียเท่ากับ 2.24 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณแอมโมเนียเท่ากับ 1.30 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณแอมโมเนียลดลงร้อยละ 42.00 ทั้งนี้เนื่องมาจากกระบวนการที่แอมโมเนียถูกออกซิไดซ์เป็นไนเตรทโดยไนตริฟายอิงแบคทีเรีย และไนเตรทจะซึมลงสู่พื้นดิน จากนั้นธูปฤาษีจะสามารถดูดซึมไปใช้ในการเจริญเติบโตต่อไป (สุชาดา ปุณณสัมฤทธิ์, 2548: 6)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแอมโมเนียกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว ยังมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 0.50 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.6.5 ไนเตรท (NO_3)

ปริมาณของไนเตรทในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี ดังแสดงในตารางที่ 4. และภาพที่ 4.45 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 45

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณไนเตรทในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดแปลงธูปฤาษี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีปริมาณไนเตรทเท่ากับ 0.80 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณเท่ากับ 0.50 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณไนเตรทลดลงร้อยละ 37.50 ทั้งนี้เนื่องมาจากไนเตรทได้ผ่านกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน และผ่านการกรองซึ่งจะถูกธูปฤาษีดูดซึมไปใช้ในการเจริญเติบโต (วิทิต ขอสันติวิวัฒน์, 2545 อ้างถึงใน สุชาดา ปุณณสัมฤทธิ์, 2548: 16)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนเตรทกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว มีปริมาณไนเตรทต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 5.00 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.6.6 ความเป็นกรด – ด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี ดังแสดงในตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.46 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 46

ผลการทดลอง พบว่า ค่าความเป็นกรด – ด่าง ในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีค่าความเป็นกรด – ด่างเท่ากับ 7.60 และหลังทำการบำบัดมีค่าความเป็นกรด – ด่าง เท่ากับ 7.50 จะเห็นได้ว่าค่าความเป็นกรด – ด่าง ลดลงเพียงเล็กน้อยทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ จะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2545: 179) และเมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำจะมีสภาพเป็นกรดจึงทำให้ค่าความเป็นกรด – ด่างลดลง (ปิยนุช บุญสิริชัย, 2547: 45)

เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด – ด่าง กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำเสียมีค่าความเป็นกรด – ด่าง อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 5.00 – 9.00 (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.6.7 แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)

ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี ดังแสดงในตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.47 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 47

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดก่อนทำการบำบัดมีเท่ากับ 150,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณเท่ากับ 100,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มลดลงร้อยละ 33.33 ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุเดียวกันกับจุดบำบัดน้ำพุ 1 ซึ่งได้อภิปรายเหตุผลไว้ข้างต้นดังข้อ 4.1.7 และแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดบางส่วนเกาะติดอยู่ที่รากและลำต้นของธูปฤาษีจึงทำให้มีปริมาณในน้ำลดลง

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้วมีปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 20,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.6.8 **แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม** (Fecal Coliform Bacteria)

ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี ดังแสดงในตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.48 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 48

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มก่อนและหลังทำการบำบัดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มก่อนทำการบำบัดมีเท่ากับ 2,800 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณเท่ากับ 2,400 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มลดลงร้อยละ 14.30 ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุเดียวกับแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด ซึ่งได้กล่าวถึงเหตุผลไว้เช่นเดียวกับหัวข้อ 4.1.8

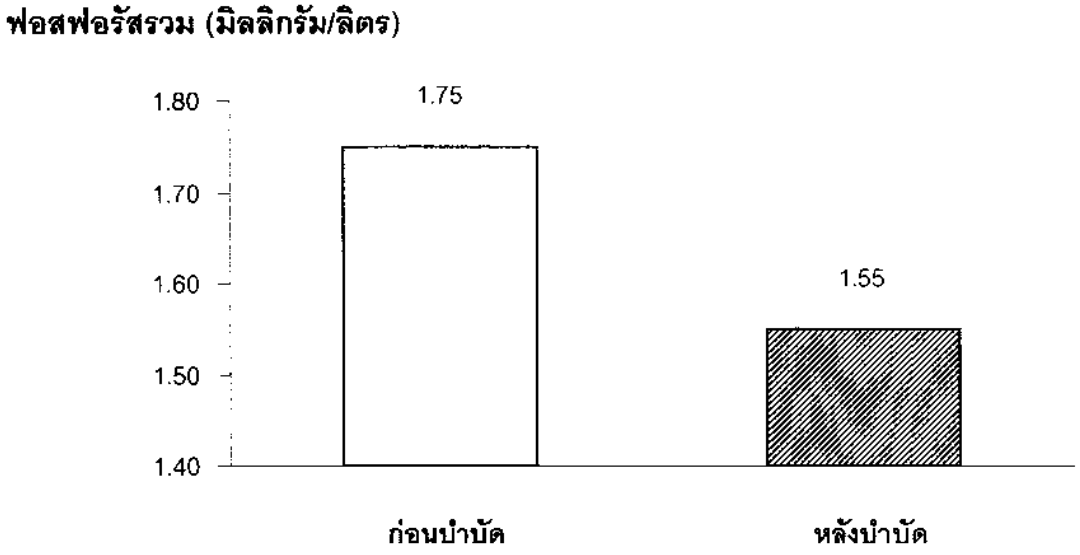
เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมด กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้วมีปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 4,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

ตารางที่ 4.6 คุณภาพน้ำที่ผ่านจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี

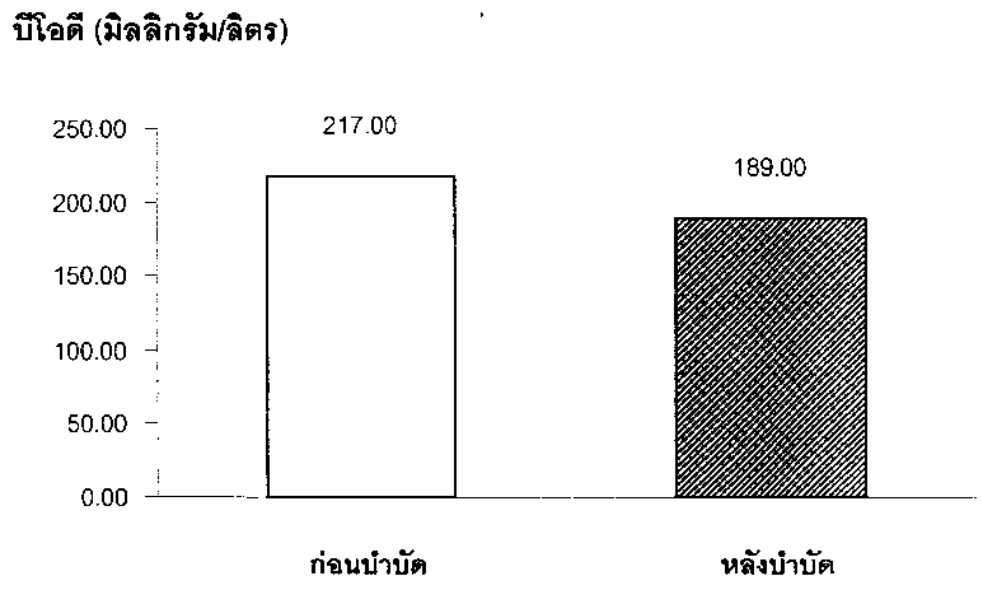
คุณภาพของน้ำทิ้ง	มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	ก่อนบำบัด	หลังบำบัด	ร้อยละ
ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	n/a	1.75[a]	1.55[b]	11.40
ค่าบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	2.00	217.00[a]	189.00[b]	14.80
ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	n/a	30.00[a]	10.00[b]	66.70
ปริมาณแอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.50	0.84[a]	0.70[b]	42.00
ปริมาณไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	5.00	2.40[a]	1.20[b]	37.50
ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)	5.00 – 9.00	7.60	7.50	1.30
ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (10^3 MPN/100 ml.)	20.00	150.00[a]	100.00[b]	33.33
ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (10^3 MPN/100 ml.)	4.00	2.80[a]	2.40[b]	14.30

หมายเหตุ: [ab] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

n/a คือ non available หมายถึง มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินไม่ได้กำหนดไว้

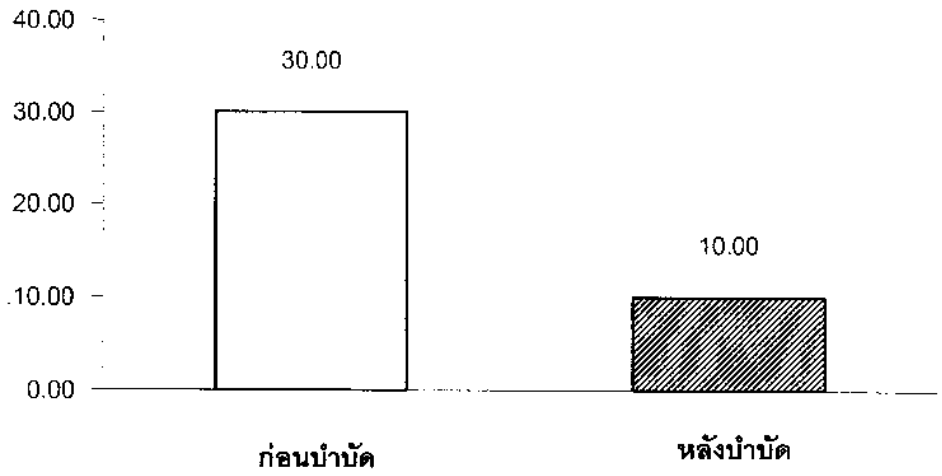


ภาพที่ 4.41 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี



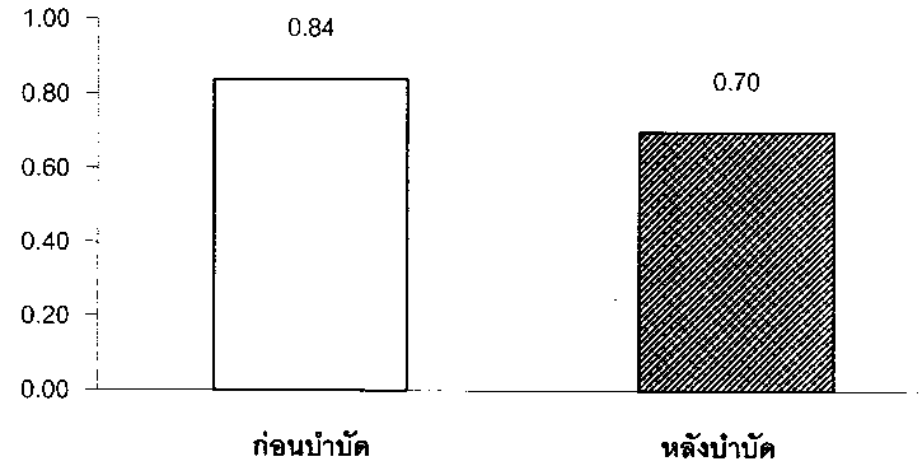
ภาพที่ 4.42 ปริมาณบีโอดีในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี

ของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัม/ลิตร)



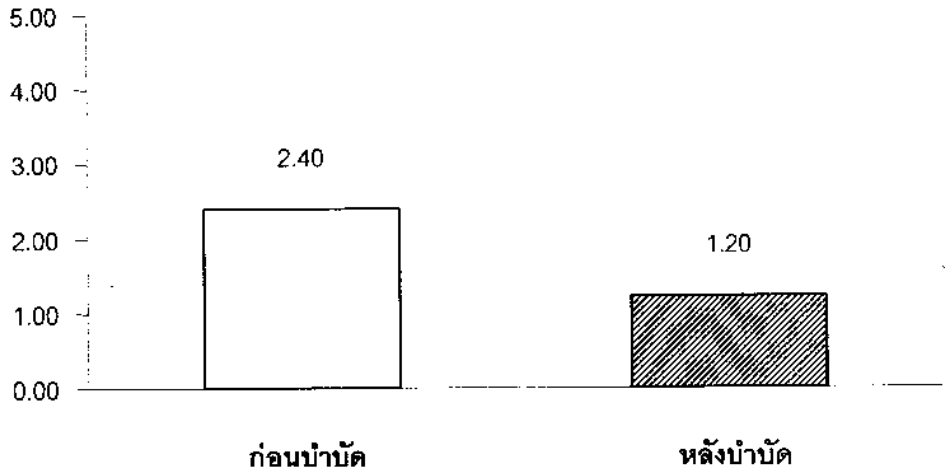
ภาพที่ 4.43 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี

แอมโมเนีย (มิลลิกรัม/ลิตร)



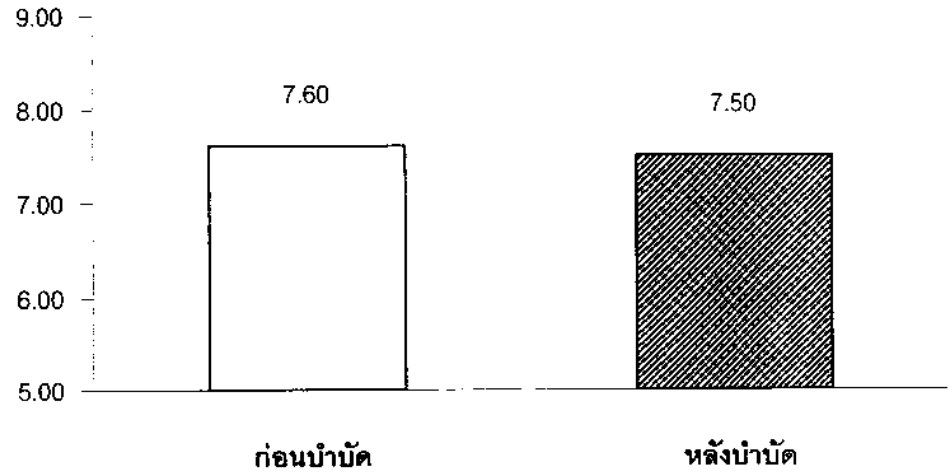
ภาพที่ 4.44 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี

ไนเตรท (มิลลิกรัม/ลิตร)

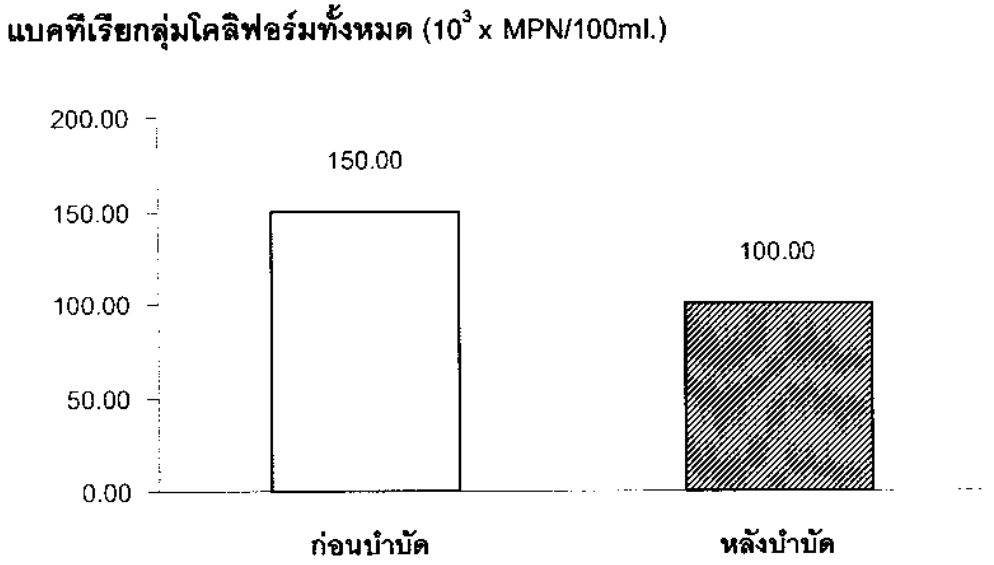


ภาพที่ 4.45 ปริมาณไนเตรทในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี

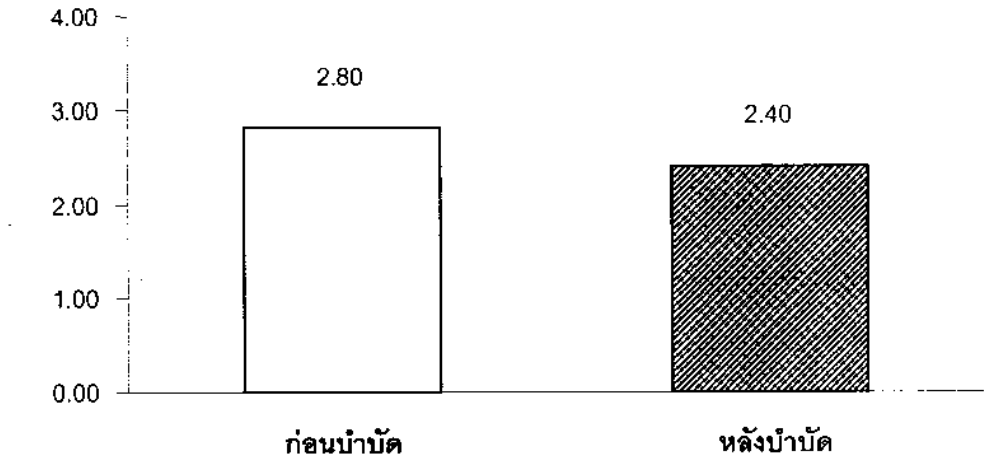
ความเป็นกรด – ด่าง



ภาพที่ 4.46 ค่าความเป็นกรด – ด่าง ในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี



ภาพที่ 4.47 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี



ภาพที่ 4.48 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี

4.7 แปลงผักตบชวา

การบำบัดน้ำเสียในจุดบำบัดแปลงผักตบชวานั้น ผักตบชวาจะเป็นตัวดูดซับสารอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส บริเวณรากของผักตบชวาจะเป็นที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์ที่ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ และรากยังเป็นตัวกลางสำหรับกรองของแข็งแขวนลอยในน้ำเสีย (อภิชัย เชียร์สิริกุล, 2533: บทคัดย่อ) ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ไหลผ่านจุดบำบัดแปลงผักตบชวาคุณภาพน้ำที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid) แอมโมเนีย (NH_3) ไนเตรท (NO_3) ความเป็นกรด – ด่าง (pH) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (Total Coliform Bacteria) แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria) โดยมีรายละเอียดผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.7.1 ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus)

ปริมาณของฟอสฟอรัสรวมในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.49 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 49

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีค่าเท่ากับ 1.80 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีค่าเท่ากับ 1.45 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมลดลงร้อยละ 19.40 ทั้งนี้เนื่องมาจากฟอสฟอรัสมีความสำคัญต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมต่าง ๆ มาก ผักตบชวาต้องการฟอสฟอรัสในปริมาณมากในระยะแรกของการเจริญเติบโต เนื่องจากในช่วงที่กำลังเจริญเติบโตและมีการแบ่งเซลล์สร้างไหลและต้นใหม่อย่างรวดเร็วนั้น เซลล์ต่าง ๆ ของผักตบชวาจะมีเมตาบอลิซึมสูงมาก เพราะในระยะนี้ภายในเซลล์ของผักตบชวาจะมีอัตราการสร้างสารและสิ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโต และอัตราการทำลายสารที่ให้พลังงานซึ่งได้จากการสังเคราะห์แสงของผักตบชวาเพื่อให้ได้พลังงานมาใช้ในการเจริญเติบโตก็จะสูงด้วย (อารียา ลิมปนานุวัฒน์, 2536: 17) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ อภิชัย เชียร์สิริกุล ที่พบว่า ผักตบชวามีประสิทธิภาพในการลดฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 48.30

เมื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณฟอสฟอรัสกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า ค่ามาตรฐานยังไม่ได้มีการกำหนดค่าฟอสฟอรัสไว้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.7.2 **บีโอดี** (Biochemical Oxygen Demand; BOD)

ปริมาณของบีโอดีในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.50 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 50

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของบีโอดีในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีค่าบีโอดีเท่ากับ 271.00 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีค่าบีโอดีเท่ากับ 250.00 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่า ปริมาณบีโอดีลดลงร้อยละ 7.80 ทั้งนี้เนื่องมาจากผักตบชวาจะทำหน้าเป็นตัวบดบังแสงสว่างที่ส่องลงมาสู่พื้นน้ำ ทำให้พืชน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งสาหร่ายขนาดเล็กที่ต้องอาศัยพลังงานแสงในการสร้างอาหาร ไม่สามารถดำรงอยู่ได้ตามปกติจึงมีจำนวนลดลง (อารียา ลิมปนานุวัฒน์, 2536: 17 – 18) เมื่อไม่มีสาหร่ายจึงทำให้ความต้องออกซิเจนลดลงด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ อภิชัย เชียร์สิริกุล ที่พบว่า ผักตบชวามีประสิทธิภาพในการลดปริมาณบีโอดี เท่ากับร้อยละ 85.80

เมื่อเปรียบเทียบค่าบีโอดีกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว ยังมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้มาก ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 2.00 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.7.3 **ของแข็งแขวนลอย** (Suspended Solid)

ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.51 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 51

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีปริมาณของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 30.00 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 15.00 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยลดลงร้อยละ 50.00 ทั้งนี้เนื่องมาจากรากและลำต้นของผักตบชวาเป็นตัวกลางในการกรองและดูดซับของแข็งแขวนลอยเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโต (จิตติมา เชื้อกูล, 2545: 23)

ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ อภิชัย เชียร์สิริกุล ที่พบว่าผักตบชวามีประสิทธิภาพในการลดปริมาณของแข็งแขวนลอย เท่ากับร้อยละ 70.60

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแข็งแขวนลอยกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า ค่ามาตรฐานยังไม่ได้มีการกำหนดปริมาณของแข็งแขวนลอยไว้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.7.4 แอมโมเนีย (NH_3)

ปริมาณของแอมโมเนียในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.52 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 52

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณแอมโมเนียในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีปริมาณแอมโมเนียเท่ากับ 1.12 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณแอมโมเนียเท่ากับ 0.56 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณแอมโมเนียลดลงร้อยละ 50.00 ทั้งนี้เนื่องมาจากแอมโมเนียมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบจึงทำให้มีการดึงไนโตรเจนจากแอมโมเนียไปใช้ประโยชน์โดยผักตบชวา (อภิชัย เชียร์สิริกุล, 2533: 43)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแอมโมเนียกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว ยังมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 0.50 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.7.5 ไนเตรท (NO_3)

ปริมาณของไนเตรทในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.53 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 53

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณไนเตรทในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดแปลงผักตบชวา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีปริมาณไนเตรทเท่ากับ 1.70 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณเท่ากับ 1.30 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณไนเตรทลดลงร้อยละ 23.50 ทั้งนี้เนื่องมาจากการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชั่น และกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่นทำให้ไนเตรทเปลี่ยนไปเป็นไนโตรเจน

ซึ่งทำให้ผักตบชวาสามารถนำไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโต (จิตติมา เชื้อกูล, 2545: 24) เพราะไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของโปรตีน และคลอโรฟิลล์ ในช่วงที่ที่ผักตบชวากำลังเจริญเติบโตและขยายพันธุ์นั้น จะต้องมีการสร้างโปรตีนและคลอโรฟิลล์อย่างรวดเร็วและในปริมาณที่มาก ซึ่งในการสร้างโปรตีนและคลอโรฟิลล์นั้น จำเป็นต้องใช้ไนโตรเจนในปริมาณที่มากพอเพื่อช่วยสร้างผนังเซลล์ในผักตบชวาให้เพิ่มขึ้น (อารียา ลิมปนานุวัฒน์, 2536: 17)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนเตรทกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว มีปริมาณไนเตรทต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 5.00 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.7.6 **ความเป็นกรด – ด่าง** (pH)

ค่าความเป็นกรด – ด่างในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.54 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 54

ผลการทดลอง พบว่า ค่าความเป็นกรด – ด่างในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวาไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีค่าความเป็นกรด – ด่างเท่ากับ 7.60 และหลังทำการบำบัดมีค่าความเป็นกรด – ด่างเท่ากับ 7.60 จะเห็นได้ว่าค่าความเป็นกรด – ด่างไม่มีการเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผักตบชวาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด – ด่างของน้ำเสีย

เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด – ด่าง กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำเสียมีค่าความเป็นกรด – ด่าง อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 5.00 – 9.00

4.7.7 **แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด** (Total Coliform Bacteria)

ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.55 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 55

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดก่อนทำการบำบัดมีเท่ากับ 150,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณเท่ากับ 90,000 เอ็มพีเอ็น/100

มิลลิลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มลดลงร้อยละ 40.00 ทั้งนี้เนื่องมาจากรากและลำต้นของผักตบชวาเป็นตัวดูดซับแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และมีอีกสาเหตุหนึ่งซึ่งได้อภิปรายไว้ในข้อที่ 4.1.7

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้วมีปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 20,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.7.8 **แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม** (Fecal Coliform Bacteria)

ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.56 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 56

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มก่อนทำการบำบัดมีเท่ากับ 3,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณเท่ากับ 2,300 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มลดลงร้อยละ 23.30 ทั้งนี้มีสาเหตุเดียวกับแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด ซึ่งได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.1.8

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมด กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้วมีปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 4,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

ตารางที่ 4.7 คุณภาพน้ำที่ผ่านจุดบำบัดแปลงผักตบชวา

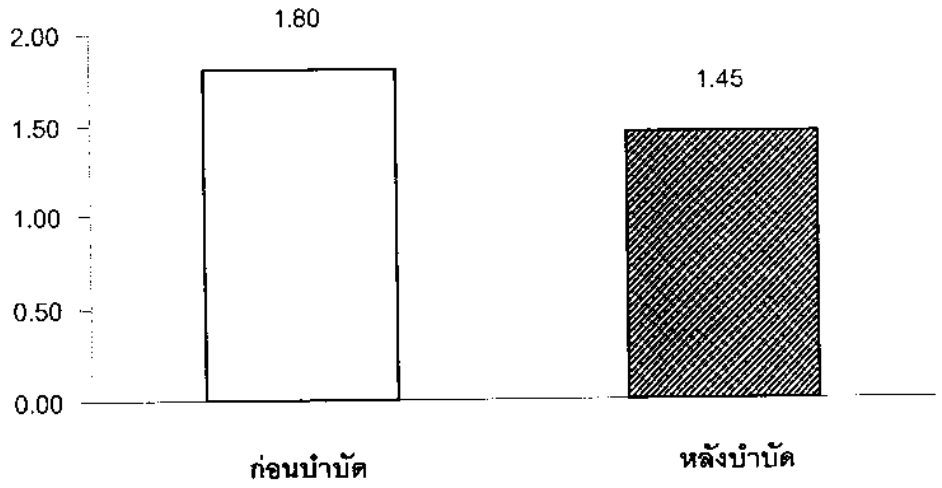
คุณภาพของน้ำทิ้ง	มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	ก่อนบำบัด	หลังบำบัด	ร้อยละ
ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	n/a	1.80[a]	1.45[b]	19.40
ค่าบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	2.00	271.00[a]	250.00[b]	7.80
ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	n/a	30.00[a]	15.00[b]	50.00
ปริมาณแอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.50	1.12[a]	0.56[b]	50.00
ปริมาณไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	5.00	1.70[a]	1.30[b]	23.50
ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)[n.s.]	5.00 - 9.00	7.60	7.60	-
ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (10^3 MPN/100 ml.)	20.00	150.00[a]	90.00[b]	40.00
ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (10^3 MPN/100 ml.)	4.00	3.00[a]	2.30[b]	23.30

หมายเหตุ: [ab] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

[n.s.] คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

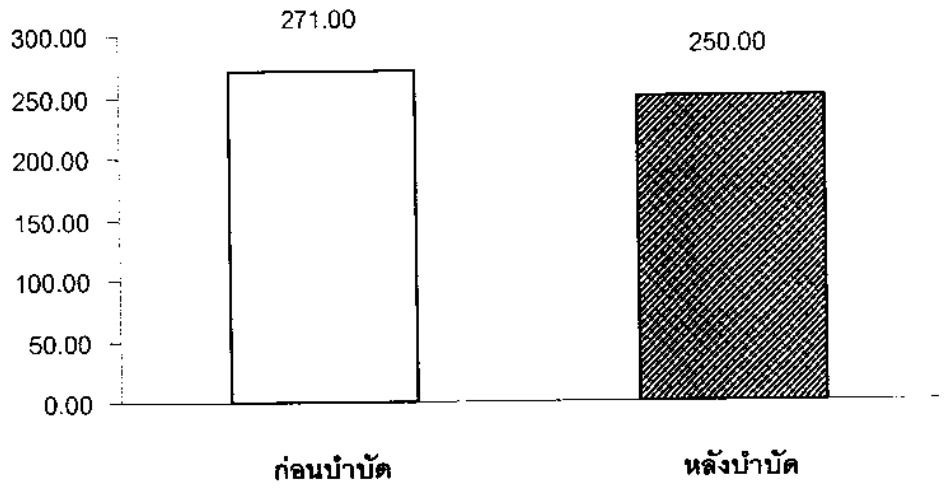
n/a คือ non available หมายถึง มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินไม่ได้กำหนดไว้

ฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัม/ลิตร)

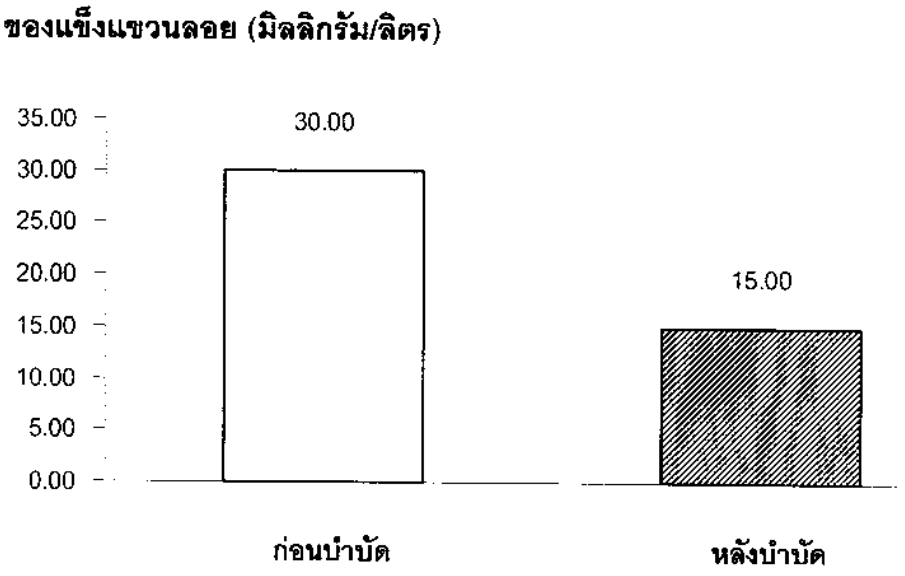


ภาพที่ 4.49 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา

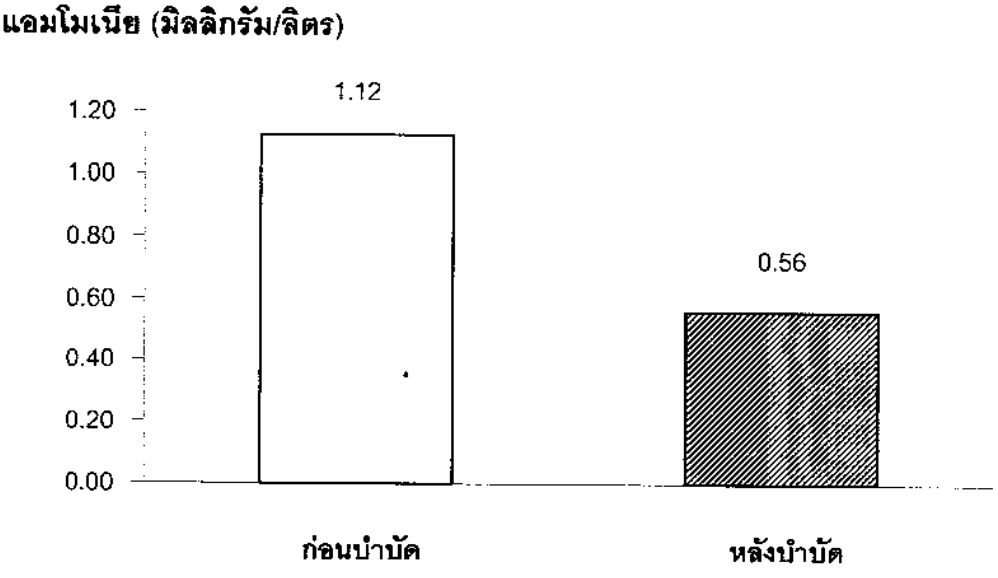
บีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร)



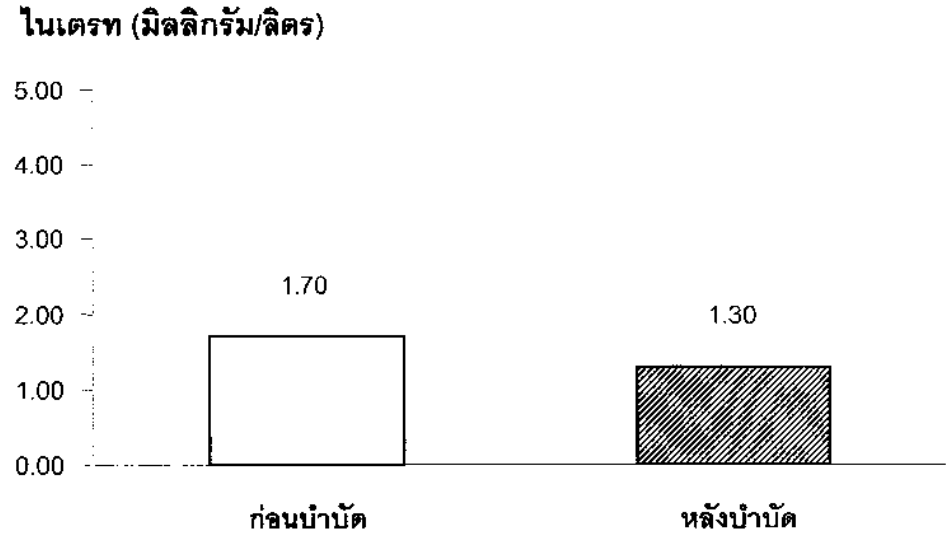
ภาพที่ 4.50 ปริมาณบีโอดีในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา



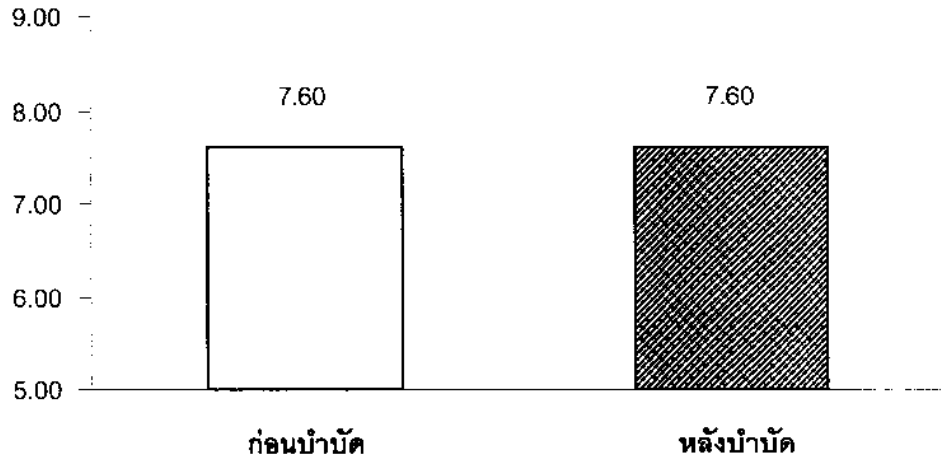
ภาพที่ 4.51 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา



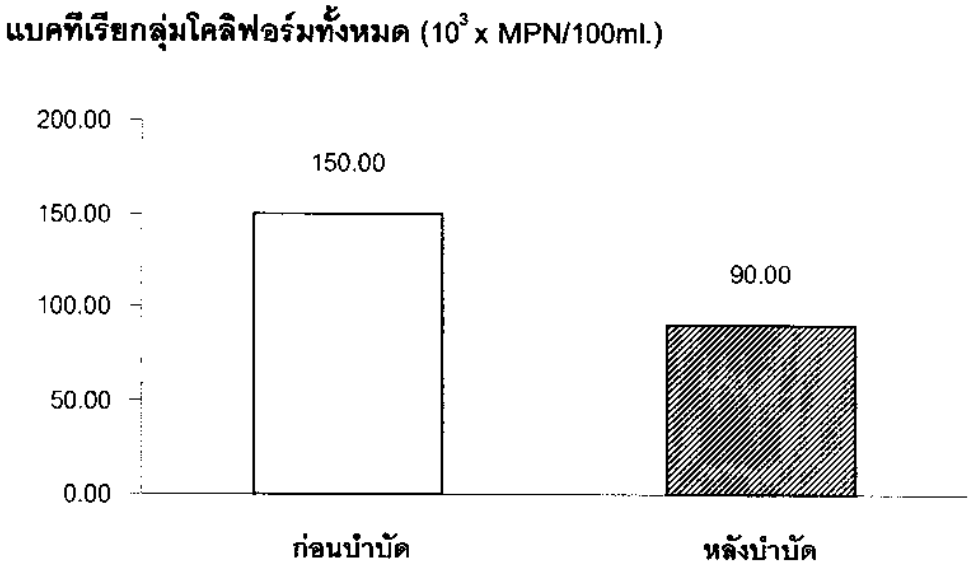
ภาพที่ 4.52 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา



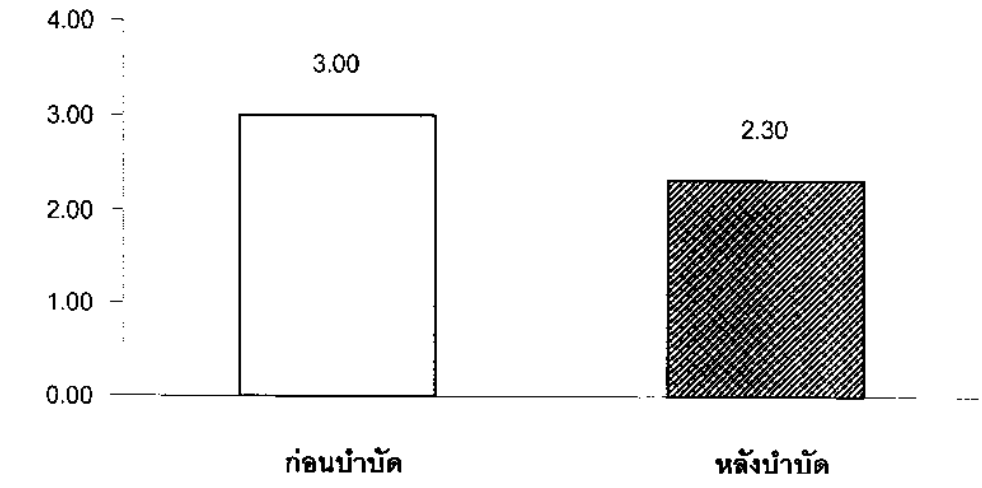
ภาพที่ 4.53 ปริมาณไนเตรทในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา



ภาพที่ 4.54 ค่าความเป็นกรด – ด่างในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา



ภาพที่ 4.55 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา



ภาพที่ 4.56 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา

4.8 ฝายชะลอน้ำ

การบำบัดน้ำเสียในจุดฝายชะลอน้ำเป็นการเติมออกซิเจนที่ไม่ใช่วิธีธรรมชาติ ซึ่งการเติมอากาศโดยฝายเป็นการปล่อยให้น้ำไหลผ่านฝายเพื่อเพิ่มพื้นผิวสัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศ ในบางครั้งผิวฝายถูกแต่งให้หยาบเพื่อให้น้ำกระเซ็นเป็นฝอยเพิ่มพื้นที่ผิวขึ้นอีก ช่วยในการเติมอากาศเพิ่มขึ้นอีก และฝายชะลอน้ำยังช่วยในการชะลอการไหลของน้ำทำให้เกิดการตกตะกอนของสารแขวนลอยเพิ่มขึ้น และยังเพิ่มระยะเวลาในการย่อยสลายของสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ไหลผ่านจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ ซึ่งคุณภาพน้ำที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่ ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid) แอมโมเนีย (NH_3) ไนเตรท (NO_3) ความเป็นกรด – ด่าง (pH) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (Total Coliform Bacteria) แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria) โดยมีรายละเอียดผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.8.1 ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus)

ปริมาณของฟอสฟอรัสรวมในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.57 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 57

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีค่าเท่ากับ 1.55 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีค่าเท่ากับ 0.35 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมลดลงร้อยละ 77.4 ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุเดียวกันกับจุดบำบัดน้ำพุ 1 ซึ่งได้อภิปรายไว้ข้างต้นดังข้อ 4.1.1

เมื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณฟอสฟอรัสกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า ค่ามาตรฐานยังไม่ได้มีการกำหนดค่าฟอสฟอรัสไว้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.8.2 **บีโอดี** (Biochemical Oxygen Demand; BOD)

ปริมาณของบีโอดีในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.58 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 58

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของบีโอดีในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีค่าบีโอดีเท่ากับ 275.00 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีค่าบีโอดีเท่ากับ 163.00 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่า ปริมาณบีโอดีลดลงร้อยละ 40.70 ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุเดียวกันกับจุดบำบัดน้ำพุ 1 ซึ่งได้อภิปรายไว้ข้างต้นดังข้อ 4.1.2

เมื่อเปรียบเทียบค่าบีโอดีกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว ยังมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้มาก ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 2.00 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.8.3 **ของแข็งแขวนลอย** (Suspended Solid)

ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.59 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 59

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีปริมาณของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 40.00 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 25.00 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยลดลงร้อยละ 37.50 ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุเดียวกับจุดบำบัดอิฐยกระดับ ซึ่งได้อภิปรายไว้ข้างต้นดังข้อ 4.5.3

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแข็งแขวนลอยกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า ค่ามาตรฐานยังไม่ได้มีการกำหนดปริมาณของแข็งแขวนลอยไว้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.8.4 แอมโมเนีย (NH_3)

ปริมาณของแอมโมเนียในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.60 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 60

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณแอมโมเนียในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีปริมาณแอมโมเนียเท่ากับ 0.84 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณแอมโมเนียเท่ากับ 0.70 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณแอมโมเนียลดลงร้อยละ 16.70 ทั้งนี้เนื่องมาจากแอมโมเนียสามารถระเหยจากน้ำขึ้นสู่อากาศ จึงทำให้ปริมาณแอมโมเนียลดลง (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และมั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์, 2547: 19 – 18)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแอมโมเนียกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว ยังมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 0.50 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.8.5 ไนเตรท (NO_3)

ปริมาณของไนเตรทในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.61 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 61

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณไนเตรทในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีปริมาณไนเตรทเท่ากับ 2.40 มิลลิกรัม/ลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณเท่ากับ 1.20 มิลลิกรัม/ลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณไนเตรทลดลงร้อยละ 50.00 ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุเดียวกับจุดบำบัดน้ำพุ 1 ซึ่งได้อภิปรายไว้ข้างต้นดังข้อ 4.1.5

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนเตรทกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว มีปริมาณไนเตรทต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 5.00 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.8.6 **ความเป็นกรด – ด่าง** (pH)

ค่าความเป็นกรด – ด่างในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.62 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 62

ผลการทดลองพบว่า ค่าความเป็นกรด – ด่างในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยก่อนทำการบำบัดมีค่าความเป็นกรด – ด่างเท่ากับ 8.00 และหลังทำการบำบัดมีค่าความเป็นกรด – ด่างเท่ากับ 8.50 จะเห็นได้ว่าค่าความเป็นกรด – ด่าง เพิ่มขึ้นร้อยละ 6.25 การเติมออกซิเจนโดยระบบฝายชะลอน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด – ด่างแต่ไม่มากนัก

เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด – ด่างกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำเสียมีค่าความเป็นกรด – ด่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 5.00 – 9.00 (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.8.7 **แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด** (Total Coliform Bacteria)

ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.63 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 63

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดในน้ำก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดก่อนทำการบำบัดมีเท่ากับ 240,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณเท่ากับ 90,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มลดลงร้อยละ 62.50 ทั้งนี้เนื่องมาจากปริมาณอาหารที่ลดลงทำให้เกิดภาวะแข่งขันกันของจุลินทรีย์ จึงมีส่วนทำให้ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดลดลง หรืออาจเนื่องมาจากแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดเป็นแบคทีเรียที่เจริญเติบโตอยู่ในลำไส้ของคนและสัตว์เลือดอุ่น (กัณฑรีย์ ศรีพงศ์พันธุ์, 2540: 140) จึงทำให้แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดมีปริมาณลดลงดังเหตุผลเช่นเดียวกับในหัวข้อ 4.1.7

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้วมีปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 20,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

4.8.8 แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)

ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำที่นำมาวิเคราะห์ก่อนและหลังทำการบำบัดในจุดบำบัดแปลงฝายชะลอน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.64 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตารางที่ ค. 64

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มก่อนและหลังทำการบำบัดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มก่อนทำการบำบัดมีเท่ากับ 2,700 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร และหลังทำการบำบัดมีปริมาณเท่ากับ 700 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร จะเห็นได้ว่าปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มลดลงร้อยละ 74.10 ทั้งนี้มีสาเหตุเดียวกับแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด ซึ่งได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.1.8

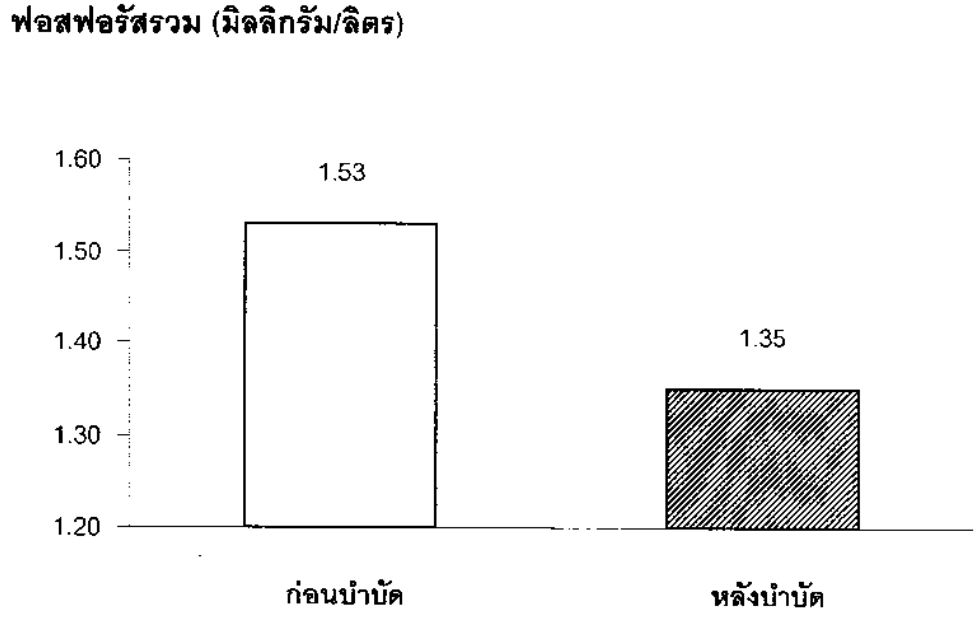
เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มทั้งหมด กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้วมีปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้เท่ากับ 4,000 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2548: 21)

ตารางที่ 4.8 คุณภาพน้ำที่ผ่านจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ

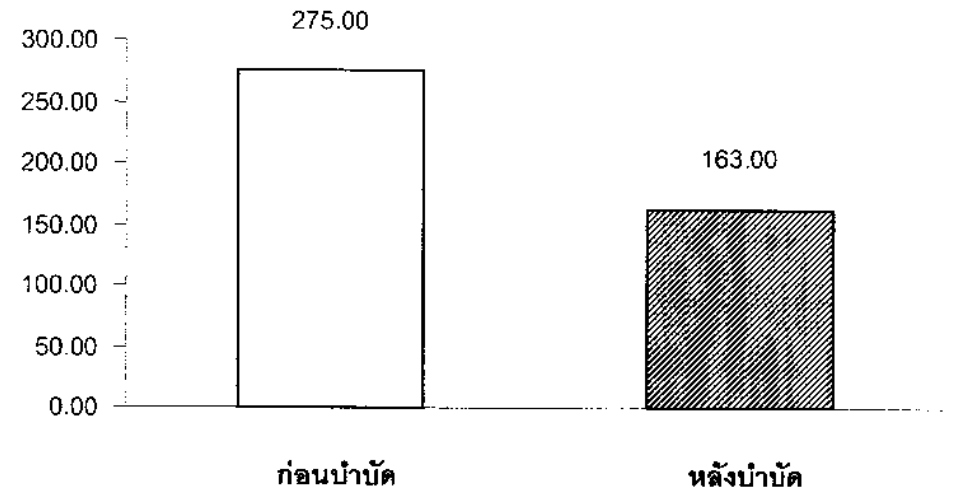
คุณภาพของน้ำทิ้ง	มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	ก่อนบำบัด	หลังบำบัด	ร้อยละ
ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	n/a	1.53[a]	13.50[b]	77.40
ค่าบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	2.00	275.00[a]	163.00[b]	40.70
ปริมาณของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	n/a	40.00[a]	25.00[b]	37.50
ปริมาณแอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.50	0.84[a]	0.70[b]	16.70
ปริมาณไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	5.00	2.40[a]	1.20[b]	50.00
ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)	5.00 – 9.00	8.00[a]	8.50[b]	6.25
ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (10^3 MPN/100 ml.)	20.00	240.00[a]	90.00[b]	62.50
ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (10^3 MPN/100 ml.)	4.00	2.70[a]	0.70[b]	74.10

หมายเหตุ: [ab] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

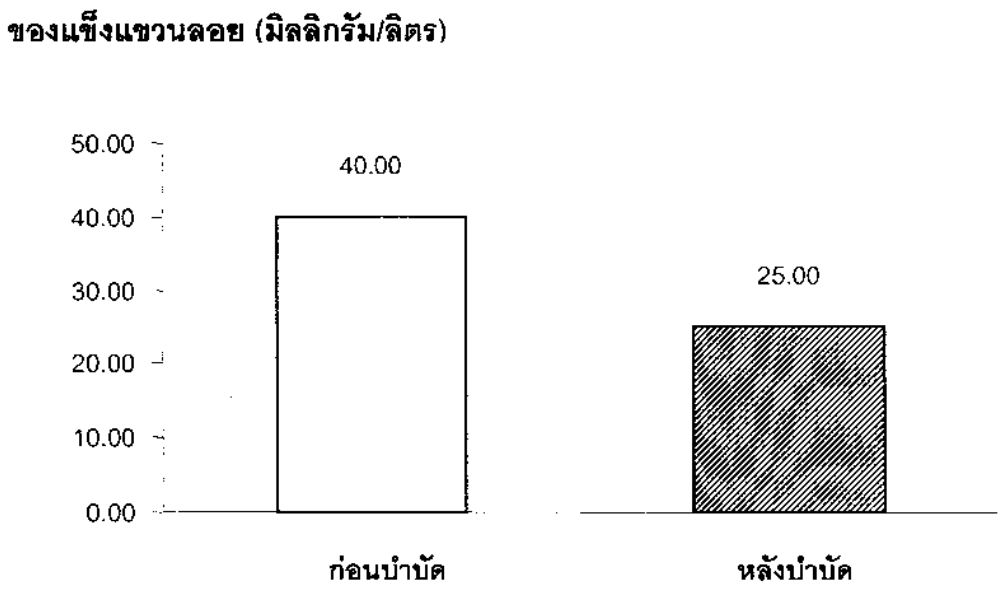
n/a คือ non available หมายถึง มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินไม่ได้กำหนดไว้



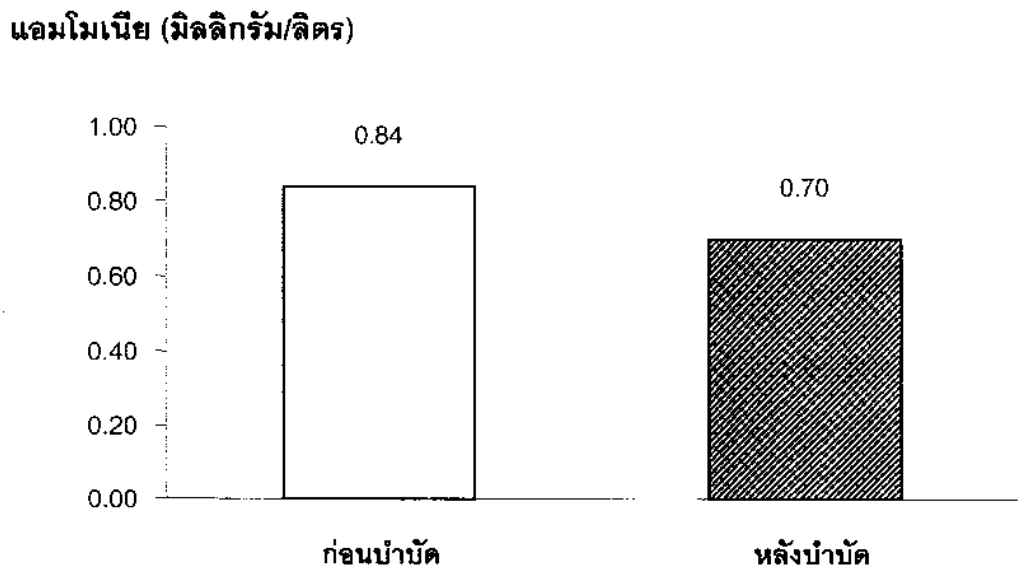
ภาพที่ 4.57 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ



ภาพที่ 4.58 ปริมาณบีโอดีในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ

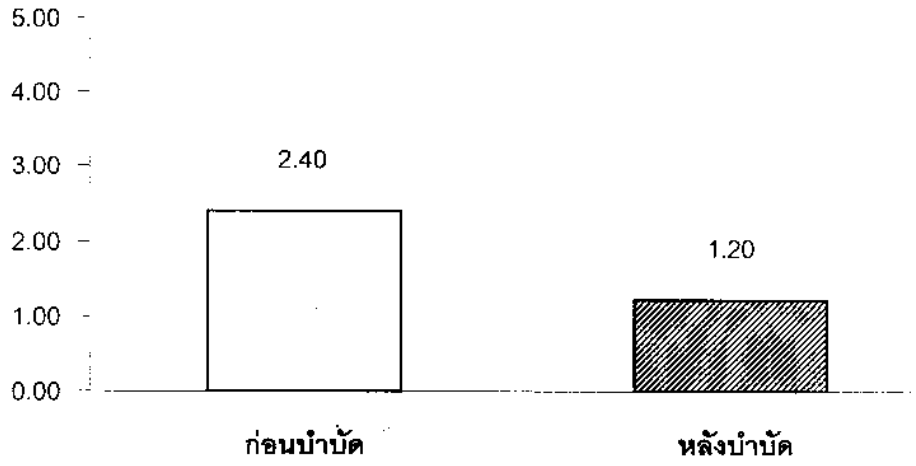


ภาพที่ 4.59 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ



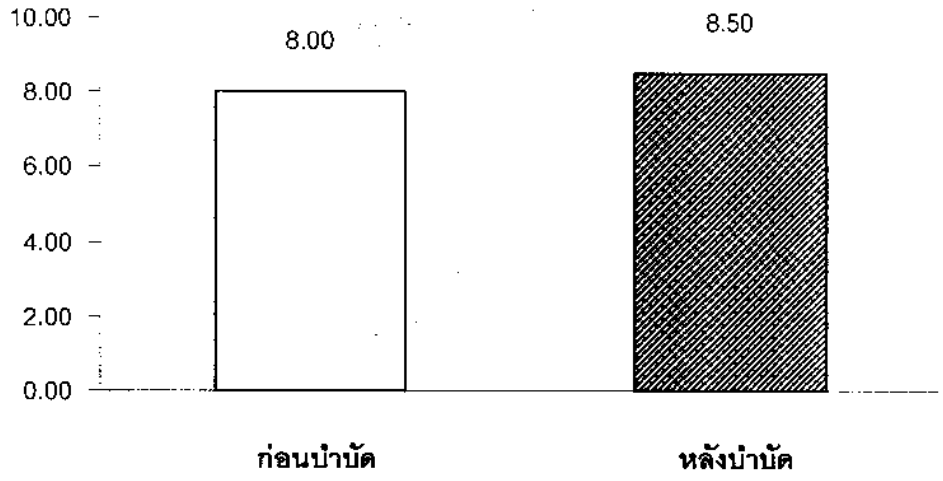
ภาพที่ 4.60 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ

ไนเตรท (มิลลิกรัม/ลิตร)

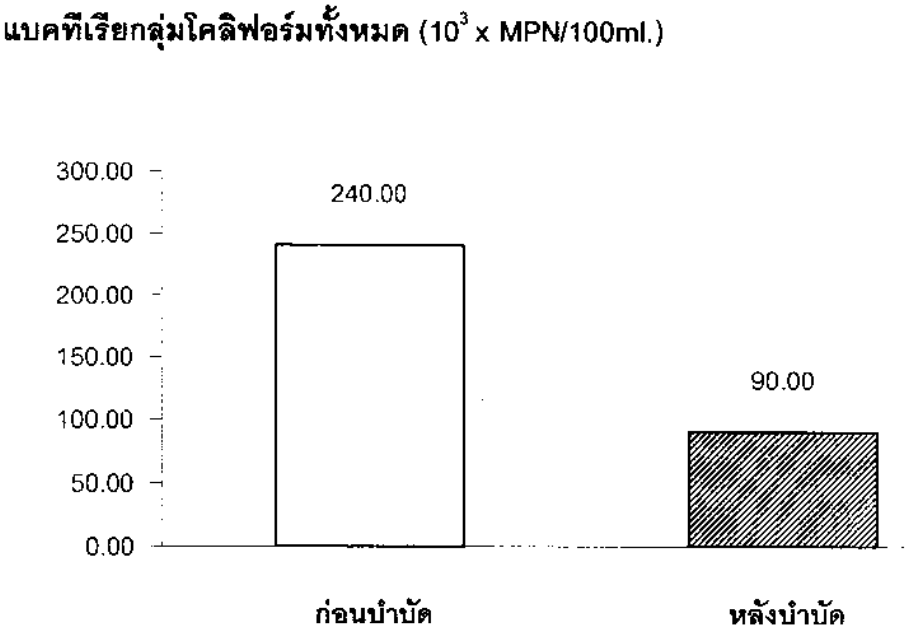


ภาพที่ 4.61 ปริมาณไนเตรทในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ

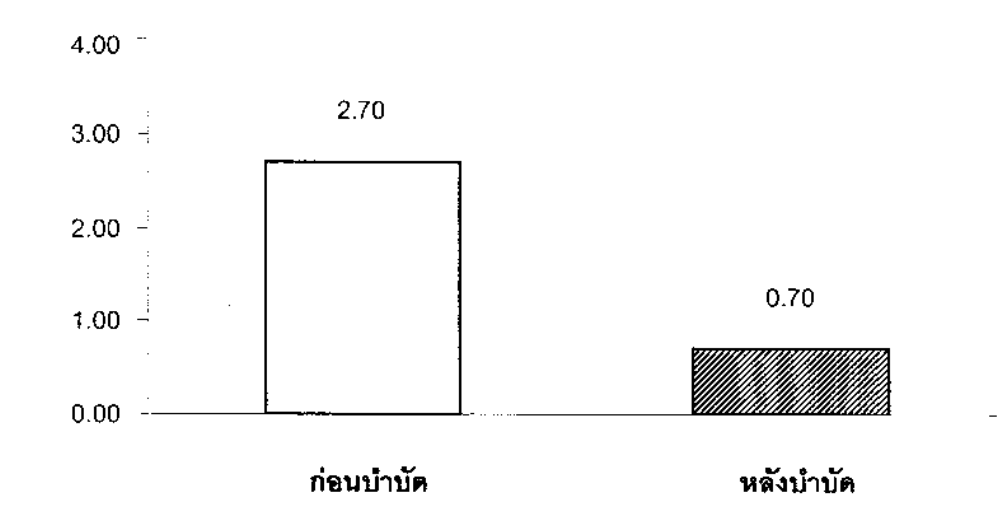
ความเป็นกรด – ด่าง



ภาพที่ 4.62 ค่าความเป็นกรด – ด่าง ในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ



ภาพที่ 4.63 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ



ภาพที่ 4.64 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มในน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาตัวอย่างน้ำเสียจากจุดต่าง ๆ ของลำรางประดิษฐ์ ของศูนย์กสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี เพื่อทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติบำบัดตามจุดต่าง ๆ ได้แก่ น้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) น้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว) น้ำตก พืชห้าชั้น อิฐยกระดับ แปลงธูปฤาษี แปลงผักตบชวา และฝายชะลอน้ำ สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1.1 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus)

จากการศึกษาคุณภาพน้ำจากจุดต่าง ๆ ของลำรางประดิษฐ์ทั้ง 8จุด พบว่า สามารถลดปริมาณฟอสฟอรัสได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 5.1 โดยที่จุดฝายชะลอน้ำสามารถบำบัดปริมาณฟอสฟอรัสได้ดีที่สุด คือ ลดลงถึงร้อยละ 77.40

5.1.2 ปริมาณบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD)

จากการศึกษาคุณภาพน้ำจากจุดต่าง ๆ ของลำรางประดิษฐ์ทั้ง 8จุด พบว่า สามารถลดปริมาณบีโอดีได้ในปริมาณที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 5.1 โดยที่จุดอิฐยกระดับ สามารถลดปริมาณบีโอดีได้ดีที่สุด คือ ลดลงถึงร้อยละ 40.80

5.1.3 ปริมาณของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid)

จากการศึกษาคุณภาพน้ำจากจุดต่าง ๆ ของลำรางประดิษฐ์ทั้ง 8จุด พบว่า สามารถลดปริมาณของแข็งแขวนลอยได้ในปริมาณที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 5.1 โดยที่แปลงธูปฤาษีสามารถลดปริมาณของแข็งแขวนลอยได้ดีที่สุด คือ ลดลงถึงร้อยละ 66.70

5.1.4 **ปริมาณแอมโมเนีย** (NH_3)

จากการศึกษาคุณภาพน้ำจากจุดต่าง ๆ ของลำรางประดิษฐ์ทั้ง 8จุด พบว่า สามารถลดปริมาณแอมโมเนียได้ในปริมาณที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 5.1 โดยที่จุดน้ำตกและแปลงผักตบชวาสามารถลดปริมาณแอมโมเนียได้ดีที่สุด คือ ลดลงถึงร้อยละ 50.00

5.1.5 **ปริมาณไนเตรท** (NO_3)

จากการศึกษาคุณภาพน้ำจากจุดต่าง ๆ ของลำรางประดิษฐ์ทั้ง 8จุด พบว่า สามารถลดปริมาณไนเตรทได้ในปริมาณที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 5.1 โดยที่จุดน้ำพุสามารถลดปริมาณไนเตรทได้ดีที่สุด คือ ลดลงถึงร้อยละ 63.00 ทั้งนี้ไนเตรทลดลงในปริมาณมากเพราะเกิดการระเหยด้วย

5.1.6 **ค่าความเป็นกรด – ด่าง** (pH)

จากการศึกษาคุณภาพน้ำจากจุดต่าง ๆ ของลำรางประดิษฐ์ทั้ง 8จุด พบว่า ค่าความเป็นกรด – ด่าง เปลี่ยนแปลงไม่มากนักทั้งนี้เนื่องจากน้ำมีสภาพเป็นกลางอยู่แล้ว

5.1.7 **แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด** (Total Coliform Bacteria)

จากการศึกษาคุณภาพน้ำจากจุดต่าง ๆ ของลำรางประดิษฐ์ทั้ง 8จุด พบว่า สามารถลดปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดได้ในปริมาณที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 5.1 โดยที่ฝายชะลอน้ำสามารถลดปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดได้ดีที่สุด คือ ลดลงถึงร้อยละ 62.50 ทั้งนี้เพราะบริเวณฝายชะลอน้ำมีแดดส่องถึงจึงทำให้แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดถูกทำลายโดยรังสีอัลตราไวโอเล็ต

5.1.8 **แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม** (Fecal Coliform Bacteria)

จากการศึกษาคุณภาพน้ำจากจุดต่าง ๆ ของลำรางประดิษฐ์ทั้ง 8จุด พบว่า สามารถลดปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มได้ในปริมาณที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 5.1 โดยที่ฝายชะลอน้ำสามารถลดปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มได้ดีที่สุด คือ ลดลงถึงร้อยละ 74.10 ทั้งนี้มีสาเหตุเช่นเดียวกันกับข้อ 5.1

ดังนั้น สรุปได้ว่าคุณภาพของน้ำตัวอย่างที่ผ่านการบำบัดตามจุดต่าง ๆ ของลำรางประดิษฐ์นั้นสามารถบำบัดได้มากน้อยแตกต่างกันโดยที่ จุดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ) สามารถบำบัดไนเตรทได้ดีที่สุด จุดน้ำตกและแปลงผักตบชวาสามารถบำบัดแอมโมเนียได้ดีที่สุด จุดอิฐ

ยกระดับสามารถบำบัดบีโอดีได้ดีที่สุด แปลงธูปฤาษีสามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยได้ดีที่สุด และในส่วนของฝายชะลอน้ำสามารถบำบัดฟอสฟอรัส แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มได้ดีที่สุด แต่อย่างไรก็ตามคุณภาพน้ำหลังการบำบัดยังมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ตารางที่ 5.1 ร้อยละของคุณภาพน้ำตัวอย่างที่ลดลงหลังการบำบัดในจุดต่าง ๆ ของลำรางประดิษฐ์

จุดบำบัด	คุณภาพน้ำ							
	ฟอสฟอรัส	บีโอดี	ของแข็งแขวนลอย	แอมโมเนีย	ไนเตรท	ความเป็นกรด – ด่าง	แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม	แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม
น้ำพุ 1	63.00	13.40	33.33	25.00	63.00	3.00	58.00	50.00
น้ำพุ 2	32.60	31.90	25.00	47.20	34.60	0.00	43.80	20.00
น้ำตก	8.20	21.10	50.00	50.00	30.00	0.00	33.30	42.80
พืชน้ำขั้น	21.10	37.90	33.30	30.00	28.80	1.30	43.75	53.00
อิฐยกระดับ	52.70	40.80	33.30	33.30	10.00	1.30	40.00	35.00
ธูปฤาษี	11.40	14.80	66.70	42.00	37.50	1.30	33.30	14.30
ผักตบชวา	19.40	7.80	50.00	50.00	23.50	0.00	40.00	23.30
ฝายชะลอน้ำ	77.40	40.70	37.50	16.70	50.00	6.25	62.50	74.10

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับศูนย์กสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง

จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ฝายชะลอน้ำสามารถบำบัดน้ำเสียได้ดี แต่มีต้นทุนในการก่อสร้างสูง ดังนั้น ควรใช้อิฐยกระดับแทนฝายชะลอน้ำ เพราะมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้ใกล้เคียงกัน

2. ควรมีการเปิดระบบการทำงานของน้ำพุเป็นระยะเวลาที่แน่นอน หรือเปิดในช่วงที่มีการทำให้เกิดปริมาณน้ำเสียมาก เพื่อจะทำให้ระบบการทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. ในแต่จุดบำบัดควรมีการดูแลอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เช่น การทำความสะอาดไม่ให้มีเศษซากใบไม้เพราะอาจจะทำให้แบคทีเรียไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. ในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี ควรที่จะปลูกต้นธูปฤาษีเพิ่มขึ้นเพราะต้นธูปฤาษีจะช่วยบำบัดปริมาณของแข็งแขวนลอยให้ลดลงได้

5. จากการที่ปริมาณแอมโมเนียในจุดบำบัดสุดท้ายที่ผ่านฝายชะลอน้ำ ก่อนปล่อยลงสู่บ่อน้ำ มีปริมาณสูงกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ดังนั้น ควรนำผักตบชวามาใส่เพิ่มเติมในระบบบำบัดน้ำเสีย ตามระยะต่าง ๆ ของระบบ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียในการลดปริมาณแอมโมเนีย ก่อนปล่อยลงสู่บ่อน้ำ

6. จากการที่ค่าบีโอดีที่ผ่านฝายชะลอน้ำในจุดบำบัดสุดท้าย มีปริมาณสูงกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน คือ มีค่าบีโอดีเท่ากับ 16.3 มิลลิกรัม/ลิตร จากการที่อิฐยกระดับสามารถบำบัดค่าบีโอดีให้ลดลงได้ร้อยละ 40.80 ดังนั้น จึงควรเพิ่มอิฐยกระดับอีกประมาณ 4 จุด ซึ่งจะช่วยบำบัดค่าบีโอดีให้มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

7. ควรทำการปิดกั้นน้ำไม่ให้ไหลลงสู่ลระใหญ่เร็วเกินไปเพราะจะทำให้จุลินทรีย์มีเวลาในการย่อยสลายสารอินทรีย์นานขึ้น เป็นผลทำให้มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาครั้งต่อไป

1. เนื่องจากการทดลองในครั้งนี้ทำการทดลองในช่วงฤดูร้อน จึงทำให้พืชชนิดต่าง ๆ ประสบกับปัญหาความแห้งแล้งจึงเจริญเติบโตได้ไม่ดี ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้น อาจทำการทดลองช่วงฤดูฝนเพิ่มเติม ในช่วงที่พืชมีการเจริญเติบโตได้ดี

2. ควรมีการศึกษาในพื้นที่อื่น ๆ เพื่อที่จะได้ทราบว่าวิธีการบำบัดโดยวิธีธรรมชาติสามารถนำไปใช้กับพื้นที่อื่น ๆ ได้หรือไม่

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ตารางที่ ก. 1 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

คุณภาพน้ำ[2/]	ค่าทางสถิติ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด[3/]ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์[1/]				
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5
1. สี กลิ่นและรส (Colour, Odour and Taste)		-	ธ	ธ[1]	ธ[1]	ธ[1]	-
2. อุณหภูมิ (Temperature)		°ซ	ธ	ธ[1]	ธ[1]	ธ[1]	-
3. ความเป็นกรดและด่าง (pH)		-	ธ	5.0 - 9.0	5.0 - 9.0	5.0 - 9.0	-
4. ออกซิเจนละลาย (DO)[3/]	P20	มก./ล. (mg/l)	ธ	6.0	4.0	2.0	-
5. บีโอดี (BOD)	P80	"	ธ	1.5	2.0	4.0	-
6. แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	P80	เอ็ม.พี.เอ็น/ 100 มล. (MPN/100ml)	ธ	5,000	20,000	-	-
7. แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)	P80	"	ธ	1,000	4,000	-	-
8. ไนเตรต (NO_3) ในหน่วยไนโตรเจน		มก./ล. (mg/l)	ธ	5.0	5.0	5.0	-
9. แอมโมเนีย (NH_3) ในหน่วยไนโตรเจน		"	ธ	0.5	0.5	0.5	-
10. ฟีนอล (Phenols)		"	ธ	0.005	0.005	0.005	-
11. ทองแดง (Cu)		"	ธ	0.1	0.1	0.1	-
12. นิคเกิล (Ni)		"	ธ	0.1	0.1	0.1	-
13. แมงกานีส (Mn)		"	ธ	1.0	1.0	1.0	-
14. สังกะสี (Zn)		"	ธ	1.0	1.0	1.0	-
15. แคดเมียม (Cd)		"	ธ	0.005*	0.005*	0.005*	-
				0.05**	0.05**	0.05**	-
16. โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Cr Hexavalent)		"	ธ	0.05	0.05	0.05	-
17. ตะกั่ว (Pb)		"	ธ	0.05	0.05	0.05	-
18. ปรอททั้งหมด (Total Hg)		"	ธ	0.002	0.002	0.002	-
19. สารหนู (As)		"	ธ	0.01	0.01	0.01	-
20. ไซยาไนด์ (Cyanide)		"	ธ	0.005	0.005	0.005	-

ตารางที่ ก. 1 (ต่อ)

คุณภาพน้ำ	ค่าทางสถิติ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุดตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5
21. กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity)							
- ค่ารังสีแอลฟา (Alpha)		เบคเคอเรล/ล.	ธ	0.1	0.1	0.1	-
– ค่ารังสีเบตา (Beta)		"	ธ	1.0	1.0	1.0	-
22. สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides)		มก./ล.	ธ	0.05	0.05	0.05	-
23. ดีดีที (DDT)		ไมโครกรัม/ล.	ธ	1.0	1.0	1.0	-
24. บีเอชซีชนิดแอลฟา (Alpha – BHC)		"	ธ	0.02	0.02	0.02	-
25. ดิลดริน (Dieldrin)		"	ธ	0.2	0.2	0.2	-
26. อัลดริน (Aldrin)		"	ธ	0.1	0.1	0.1	-
27. เฮปตาคลอร์และเฮปาตาคลอร์ซิปอกไซด์ (Heptachlor & Heptachlor epoxide)		"	ธ	0.2	0.2	0.2	-
28. เอนดริน (Endrin)		"	ธ	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด			-

แหล่งที่มา: ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ.2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน **ตีพิมพ์ใน** ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537

หมายเหตุ: 1) การแบ่งประเภทแหล่งน้ำผิวดิน

ประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน

(2) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน

(3) การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ

ประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ

(3) การประมง

(4) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

ประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(2) การเกษตร

ประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน

(2) การอุตสาหกรรม

ประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

2) กำหนดค่ามาตรฐานเฉพาะในแหล่งน้ำประเภทที่ 2 – 4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติและแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า

3) ค่า DO เป็นเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุด

ธ เป็นไปตามธรรมชาติ

ธ[1] อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติ เกิน 3 องศาเซลเซียส

* น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

** น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

°ซ องศาเซลเซียส

P20 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

8 P 0 ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

มก./ล. มิลลิกรัมต่อลิตร

มล. มิลลิลิตร

MPN เอ็ม.พี.เอ็น หรือ Most Probable Number

ภาคผนวก ข
วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

การวิเคราะห์บีโอดี (BOD)
โดยวิธี 5 – Days BOD Test

1. หลักการ

การหาบีโอดีเป็นกระบวนการทดสอบทางชีววิทยาเพื่อหาปริมาณค่าออกซิเจนซึ่งแบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียภายใต้สภาวะที่เหมือนกับที่เกิดในธรรมชาติที่สุด เพื่อที่จะให้การวิเคราะห์เป็นปริมาณวิเคราะห์จึงต้องทำปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่ออัตราการย่อยสลายคงที่ นั่นคือ ค่าบีโอดีมาตรฐานต้องบ่ม (Incubate) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน

วิธีวิเคราะห์มี 2 วิธี คือ วิธีแบบโดยตรง (Direct Method) ใช้ในกรณีที่ตัวอย่างน้ำมีค่าบีโอดีไม่เกิน 7 มิลลิกรัมต่อลิตร และวิธีแบบเจือจางใช้ในกรณีที่ตัวอย่างน้ำมีความสกปรกสูง (มีค่าบีโอดีมากกว่า 7 มิลลิกรัมต่อลิตร) จำเป็นต้องทำให้ตัวอย่างน้ำที่สกปรกเจือจางลงเพื่อให้มีออกซิเจนเพียงพอที่แบคทีเรียจะใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์นั้น วิธีแบบเจือจางจะแบ่งเป็น 2 กรณี คือ ไม่ต้องมีการเติมหัวเชื้อ (No Seeding) และต้องมีการเติมหัวเชื้อ (Seeding) โดยวิธีแบบไม่ใช้หัวเชื้อเหมาะสำหรับตัวอย่างน้ำเสียหรือน้ำทิ้งทั่วไปซึ่งมีจุลินทรีย์เพียงพอและมีพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการย่อยสลายทางชีวภาพ ตัวอย่างน้ำจะต้องไม่ผ่านการเติมคลอรีนหรือความร้อนมาก่อน ส่วนวิธีแบบใช้หัวเชื้อเป็นวิธีที่ใช้สำหรับตัวอย่างน้ำทิ้งที่ไม่มีแบคทีเรียอยู่เลยหรือมีอยู่ปริมาณน้อยมากจำเป็นที่จะต้องหาแบคทีเรียจากที่อื่นมาช่วยในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

2. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ขวดบีโอดี (BOD Bottle) ขนาด 250 – 300 มิลลิลิตร พร้อมจุกปิดสนิท
2. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 20 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส และต้องมืด
3. อุปกรณ์เครื่องแก้วต่าง ๆ เช่น กระบอกตวง บิวเรต ขวดรูปกรวย เป็นต้น
4. เครื่องจ่ายลม

3. สารเคมี

1. น้ำกลั่น

2. สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ เตรียมโดย ละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) 8.5 กรัม ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรต ($Na_2HPO_4.7H_2O$) 33.4 กรัม ไดโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (K_2PO_4) 21.75 กรัม และแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 1.7 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร แล้วเจือจางให้เป็น 1 ลิตร

3. สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต เตรียมโดย ละลายแมกนีเซียมซัลเฟตเฮปต้าไฮเดรต ($MgSO_4.7H_2O$) จำนวน 22.5 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

4. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เตรียมโดย ละลายแคลเซียมคลอไรด์ปราศจากน้ำ (Anhydrous $CaCl_2$) 27.5 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

5. สารละลายเฟริคคลอไรด์ เตรียมโดย ละลายเฟริคคลอไรด์เฮกซะไฮเดรต ($FeCl_3.6H_2O$) จำนวน 0.25 กรัม แล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

6. สารละลายแมงกานีสซัลเฟต เตรียมโดย ละลายแมงกานีสซัลเฟตโมโนไฮเดรต ($MnSo_4.H_2O$) 364 กรัม หรือแมงกานีสซัลเฟตเตตราไฮเดรต ($MnSO_4.4H_2O$) 480 กรัม หรือแมงกานีสซัลเฟตไดไฮเดรต ($MnSO_4.2H_2O$) 400 กรัม ในน้ำกลั่น กรองแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

7. สารละลายอัลคาไลน์ – ไอโอไดด์ – เอไซด์ (Alkari – iodide – azide Reagent) เตรียมโดย ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 500 กรัม และโซเดียมไอโอไดด์ (NaI) 135 กรัม ในน้ำกลั่น เจือจางเป็น 1 ลิตร และละลายโซเดียมเอไซด์ (NaN_3) 10 กรัม ในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร แล้วเติมลงในสารละลายข้างต้น

8. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (36 N)

9. น้ำแป้ง เตรียมโดย ละลายแป้ง 5 กรัม ในน้ำต้ม 800 มิลลิลิตร เติมน้ำให้ได้ 1 ลิตร ต้มให้เดือด 2 – 3 นาที ตั้งค้างคืน ใช้แต่น้ำใส เติมกรดแซลลิไซลิค (Salicylic Acid) 1.25 กรัม ต่อน้ำแป้ง 1 ลิตร

10. สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัล เตรียมโดย ละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตเพนตะไฮเดรต ($Na_2S_2O_3.5H_2O$) 24.82 กรัม ในน้ำต้มที่เย็นแล้ว เติมจนได้ปริมาตร 1 ลิตร เก็บรักษาโดยการเติมคลอโรฟอร์ม 5 มิลลิลิตร หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 กรัม ต่อสารละลาย 1 ลิตร

11. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.025 นอร์มัล เตรียมโดยเจือจางสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัล จำนวน 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1 ลิตร เก็บรักษาโดยการเติมคลอโรฟอร์ม 5 มิลลิลิตร หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.4 กรัมต่อสารละลาย 1 ลิตร

12. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต 0.025 นอร์มัล เตรียมโดยละลายโพแทสเซียมไดโครเมตที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จำนวน 1.226 กรัมต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร

13. สารละลายโซเดียมซัลไฟต์ 0.025 นอร์มัล เตรียมโดยละลายโซเดียมซัลไฟต์ปราศจากน้ำ (Na_2SO_3) 1.575 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร

4. การเตรียมตัวอย่างน้ำก่อนการวิเคราะห์

1. ในกรณีที่ตัวอย่างน้ำเป็นด่างหรือกรด จะต้องปรับพีเอชให้เป็นกลาง (6.5 – 7.5) ก่อนด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มัล หรือกรดซัลฟิวริก 1 นอร์มัล โดยที่ปริมาตรของด่างหรือกรดที่เติมจะต้องไม่เจือจางตัวอย่างมากเกินกว่าร้อยละ 0.5

2. ในกรณีที่ตัวอย่างน้ำมีสารประกอบคลอรีนตกค้าง จะต้องกำจัดออกก่อนโดยให้ตั้งตัวอย่างน้ำทิ้งไว้ 1 – 2 ชั่วโมง คลอรีนตกค้างจะลดลงสลายไปเอง แต่ถ้าในตัวอย่างมีคลอรีนตกค้างปริมาณมาก ๆ ต้องกำจัดโดยการเติมสารละลายโซเดียมซัลไฟต์ (Na_2SO_3) ซึ่งการหาปริมาณที่จะใช้เติมในตัวอย่างน้ำ หาได้โดยนำตัวอย่างน้ำมาในปริมาณที่เหมาะสม (100 – 1,000 มิลลิลิตร) เติมกรดอะซิติก (1+1) หรือกรดซัลฟิวริก (1+50) 10 มิลลิลิตร เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 10 มิลลิลิตร (เตรียมโดยละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 10 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร) แล้วไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมซัลไฟต์ 0.025 นอร์มัล โดยใช้น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์ จนถึงจุดยุติ จากนี้ก็จะทราบปริมาณของโซเดียมซัลไฟต์ที่ใช้เติมลงไปในตัวอย่างน้ำที่จะหาค่าบีโอดี หลังจากเติมสารละลายโซเดียมซัลไฟต์ตามปริมาณที่คำนวณได้ลงในตัวอย่างแล้วกวนให้เข้าตั้งทิ้งไว้ 10 – 20 นาที

3. ในกรณีที่ตัวอย่างน้ำที่มีโลหะหนักหรือมีสารพิษเจือปนอยู่จะต้องศึกษาและกำจัดเสียก่อนเป็นเฉพาะกรณี

4. ตัวอย่างที่มีออกซิเจนละลายอิ่มตัวมากเกินไป เช่น ค่าออกซิเจนละลายมากกว่า 9 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจพบได้ในน้ำที่เย็นจัดหรือในน้ำที่มีการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้น ให้ลดออกซิเจนละลายอยู่ในชั้นอิ่มตัวโดยการเอาตัวอย่างใส่ขวดแล้วเขย่าแรง ๆ หรือโดยการเป่าอากาศลงไป ทั้งนี้เพื่อป้องกันการสูญเสียออกซิเจนละลายในการวิเคราะห์

5. เมื่อมีการเก็บรักษาตัวอย่างโดยการแช่เย็นต้องทำให้ตัวอย่างอยู่ที่อุณหภูมิห้องก่อนทำการวิเคราะห์

6. ในกรณีที่ตัวอย่างน้ำเกิดไนตริฟิเคชั่น ต้องทำการยับยั้งโดยเติม 2 - คลอโร 6 – ไตรคลอโรเมทธิล (CTCMP) 3 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างขนาด 300 มิลลิลิตร หรือเติมในน้ำเจือจางจนมีความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ก่อนก็ได้

5. วิธีวิเคราะห์บีโอดีแบบโดยตรง

5.1 วิธีวิเคราะห์

5.1.1 นำตัวอย่างน้ำมาปรับอุณหภูมิให้ได้ประมาณ 20 องศาเซลเซียส

5.1.2 เติมอากาศให้มีออกซิเจนละลายอิ่มตัว

5.1.3 เติมตัวอย่างน้ำลงในขวดบีโอดีจนเต็ม 2 ขวด ปิดจุกให้สนิทและมีน้ำหล่อที่ปากขวด

5.1.4 นำขวดหนึ่งมาหาค่าออกซิเจนละลาย ถือว่าเป็นค่าออกซิเจนละลายที่เริ่มต้น

5.1.5 นำอีกขวดใส่ตู้ควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน เมื่อครบ 5 วันแล้ว นำตัวอย่างนั้นมาหาค่าออกซิเจนละลายน้ำที่เหลืออยู่

5.2 การคำนวณ

ค่าบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร) = $DO_0 - DO_5$

เมื่อ DO_0 = ค่าออกซิเจนละลายที่ไดเตรทได้ในวันแรก

DO_5 = ค่าออกซิเจนละลายที่ไดเตรทได้ในวันที่ 5

6. วิธีวิเคราะห์แบบเจือจางที่ไม่ต้องเติมหัวเชื้อ

6.1 วิธีเตรียมน้ำเจือจาง (Dilution Water)

6.1.1 ตวงน้ำกลั่นให้มากกว่าปริมาตรที่จะใช้ 1 ลิตร ใส่ขวดแอสไพเรเตอร์ (Aspirator Bottle) ที่สะอาด

6.1.2 เป่าอากาศที่สะอาดเพื่อเพิ่มออกซิเจนในน้ำอย่างน้อย 1 ชั่วโมง

6.1.3 เติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ แมกนีเซียมซัลเฟต แคลเซียมคลอไรด์ และเฟริกคลอไรด์ อย่างละ 1 มิลลิลิตรต่อน้ำเจือจาง 1 ลิตร

6.2 วิธีวิเคราะห์

6.2.1 การเลือกปริมาณตัวอย่างที่จะใช้ ถ้าไม่ทราบค่าบีโอดีโดยประมาณของตัวอย่างน้ำ ต้องหาซีโอดีก่อนพร้อมกับพิจารณาลักษณะของน้ำตัวอย่างและแหล่งเก็บตัวอย่างน้ำร่วมด้วย เพื่อประมาณค่าบีโอดี การเลือกปริมาณตัวอย่างน้ำนิยมเลือกให้มีปริมาณออกซิเจนเหลืออยู่อย่างน้อย 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และควรจะมีการใช้ออกซิเจนอย่างน้อย 2 มิลลิกรัมต่อลิตร การเลือกขนาดตัวอย่างและอัตราการเจือจางสำหรับช่วงบีโอดีต่าง ๆ ตามตารางที่ ค.1

ตารางที่ ค.1 การเลือกขนาดตัวอย่างและอัตราเจือจางสำหรับช่วงบีโอดีต่าง ๆ

ปริมาณตัวอย่าง (มิลลิลิตร)	ช่วงบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	อัตราเจือจาง
0.02	30,000 – 105,000	15,000
0.05	12,000 – 42,000	6,000
0.10	6,000 – 21,000	3,000
0.20	3,000 – 10,500	1,500
0.50	1,200 – 4,200	600
1.0	600 – 2,100	300
2.0	300 – 1,050	150
5.0	120 – 420	60
10.0	60 – 210	30
20.0	30 – 105	15
50.0	12 – 42	6
100.0	6 – 21	3
300.0	0 – 7	1

หมายเหตุ: ถ้าปริมาณตัวอย่างที่ใช้น้อยกว่า 1.0 มิลลิลิตร ควรเจือจางตัวอย่างก่อนปิเปตใส่ขวดบีโอดี

6.2.2 เมื่อเลือกปริมาณตัวอย่างได้แล้ว ปิเปตตัวอย่างตามจำนวนที่เลือกไว้ วางลงในขวดบีโอดีขนาด 300 มิลลิลิตร อย่างละ 2 ขวด เติมน้ำเจือจางจนเต็มขวดบีโอดี ปิดฝาให้

แน่น นำขวดบีโอดีขวดหนึ่งมาหาค่าออกซิเจนละลายที่มีเริ่มต้น ส่วนอีกขวดนำไปบ่มที่ตู้ควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน

6.2.3 เมื่อครบ 5 วันแล้ว นำขวดบีโอดีที่บ่มไว้มาหาค่าออกซิเจนละลายน้ำที่เหลืออยู่

6.3 การคำนวณ

ค่าบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร) = $(DO_0 - DO_5)$ x อัตราเจือจาง

เมื่อ DO_0 = ค่าออกซิเจนละลายที่ไตเตรทได้ในวันแรก

DO_5 = ค่าออกซิเจนละลายที่ไตเตรทได้ในวันที่ 5

อัตราเจือจาง = $\frac{\text{ปริมาตรน้ำเต็มขวดบีโอดี (300 มิลลิลิตร)}}{\text{ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้}}$

7. วิธีวิเคราะห์แบบเจือจางที่ต้องเติมหัวเชื้อ

7.1 วิธีการวิเคราะห์

7.1.1 การเลือกปริมาณตัวอย่างและวิธีทำเหมือนกับกรณีไม่ต้องเติมหัวเชื้อ เพียงแต่ต้องเติมหัวเชื้อปริมาตรเท่ากันลงในแต่ละชุด ปริมาตรของหัวเชื้อที่จะใช้ควรมีค่าบีโอดีประมาณ 0.6 – 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากการเติมหัวเชื้อเช่นนี้ ทำให้ปริมาณการใช้ออกซิเจนละลายเพิ่มขึ้น จึงต้องทำการแก้ค่าบีโอดีที่ผิดพลาดเนื่องจากการเติมหัวเชื้อ (Seed Correction) ทุกครั้งเพื่อนำมาคำนวณหาค่าบีโอดีที่แท้จริงของตัวอย่าง ปริมาตรของหัวเชื้อที่ใช้เติมไม่ควรเกิน 5 มิลลิลิตร

7.1.2 การแก้ค่าเนื่องจากการเติมหัวเชื้อ ทำโดยนำหัวเชื้อมาหาค่าการใช้ออกซิเจนหรือหาค่าบีโอดี เริ่มด้วยการหาค่าออกซิเจนละลายเริ่มต้น แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน แล้วจึงนำมาหาค่าออกซิเจนละลาย

7.2 การคำนวณ

ค่าบีโอดีเมื่อเติมหัวเชื้อ = $((D1 - D2) - (B1 - B2)\,f)$ x อัตราเจือจาง

เมื่อ D1 = ค่าออกซิเจนละลายเริ่มต้นของตัวอย่างที่มีการเติมหัวเชื้อ

D2 = ค่าออกซิเจนละลายที่ 5 วัน ของตัวอย่างที่มีการเติมหัวเชื้อ

B1 = ค่าออกซิเจนละลายเริ่มต้นของหัวเชื้อ

B2 = ค่าออกซิเจนละลายที่ 5 วัน ของหัวเชื้อ

f = $\frac{\text{ปริมาตรของหัวเชื้อที่เติมในขวดบีโอดีตัวอย่าง}}{}$

$$\text{อัตราเจือจาง} = \frac{\text{ปริมาตรของหัวเชื้อในการทำ Seed Correction}}{\text{ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้}} \quad \frac{\text{ปริมาตรน้ำเต็มขวดบีโอดี (300 มิลลิลิตร)}}{}$$

การวิเคราะห์หาแอมโมเนีย
โดยวิธี Titrimetric

1. หลักการ

เมื่อปรับพีเอชให้ใกล้เคียง 9.5 ด้วยการใช้สารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ แอมโมเนียไนโตรเจนจะถูกกลั่นออกมาพร้อมกับไอน้ำ ถ้าพีเอชสูงเกินไป สารอินทรีย์ไนโตรเจนและไซยาเนตที่มีอยู่ในน้ำจะถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย แต่ถ้าพีเอชต่ำเกินไป แอมโมเนียจะถูกกลั่นออกมาไม่หมด แอมโมเนียไนโตรเจนที่ถูกกลั่นออกาจะรวมตัวกับกรดบอริคเกิดเป็นอิออนแอมโมเนียม (NH_4^+) และอิออนบอเรต ($H_2BO_3^-$) ปริมาณแอมโมเนียหาได้โดยการไตเตรทด้วยกรดแก่ ซึ่ง H^+ จะรวมกับ $H_2BO_3^-$ เกิดเป็น H_3BO_3 พีเอชของสารละลายจะลดลงจนเท่ากับค่าเริ่มต้น ดังนั้นปริมาณของกรดแก่ที่เติมลงไปสมดุลกับปริมาณแอมโมเนียที่มีจุดยุติดูได้จากการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์จากสีเขียวเป็นม่วง

2. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดกลั่นแอมโมเนีย
2. ขวดรูปกรวยขนาด 300 มิลลิลิตร
3. เครื่องวัดพีเอช
4. ขวดเจลดาห์ลขนาด 800 มิลลิลิตร
5. บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร

3. สารเคมี

1. น้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนีย
2. สารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ (Borate Buffer Solution) เตรียมโดยเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล จำนวน 88 มิลลิลิตร ลงในสารละลายโซเดียมเตตระบอเรต 0.025 โมลาร์ ปริมาณ 500 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 1 ลิตร
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 นอร์มัล

4. สารกำจัดคลอรีน ใช้สารละลายต่อไปนี้ 1 มิลลิลิตร เพื่อกำจัดคลอรีนตกค้าง 1 มิลลิกรัม/ลิตร ในน้ำตัวอย่าง 500 มิลลิลิตร

4.1 สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต เตรียมโดยละลาย $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ 3.5 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

4.2 สารละลายโซเดียมซัลไฟต์ เตรียมโดยสารละลาย Na_2SO_3 0.9 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเจือจางให้เป็น 1 ลิตร

5. สารละลายกรดบอริค (Absorbent Solution) เตรียมโดยสารละลาย H_3BO_3 20 กรัม ในน้ำกลั่นเจือจางเป็น 1 ลิตร

6. สารละลายอินดิเคเตอร์ผสม (Mixed Indicator Solution) เตรียมโดยสารละลาย เมทธิลเรด 200 มิลลิกรัม ในเอทธิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 หรือในไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ 100 มิลลิลิตร และละลายเมทธิลีนบูล 100 มิลลิกรัม ในเอทธิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 หรือในไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ 50 มิลลิลิตร นำสารละลายทั้งสองชนิดมาผสมกัน

7. สารละลายกรดบอริคที่เติมอินดิเคเตอร์ (Indicating Boric Acid Solution) เตรียมโดยละลายกรดบอริค 20 กรัม ในน้ำกลั่น เติมสารละลายอินดิเคเตอร์ผสม 10 มิลลิลิตรเจือจางให้เป็น 1 ลิตร

8. สารละลายมาตรฐานกรดกำมะถัน 0.02 นอร์มัล

4. การวิเคราะห์

1. การเตรียมชุดกลั่น ล้างส่วนต่าง ๆ ของชุดกลั่น ล้างอีกทีโดยเติมน้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนีย 500 มิลลิลิตร และสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ 20 มิลลิลิตร ปรับพีเอชให้เป็น 9.5 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 นอร์มัล เทใส่ขวดกลั่น เติมลูกแก้ว 2 – 3 เม็ด นำไปกลั่นล้างเครื่องมือจนกระทั่งสารที่กลั่นออกมาไม่มีแอมโมเนียหรือมีน้อยมาก

2. การเตรียมตัวอย่าง ถ้าตัวอย่างน้ำมีคลอรีนต้องกำจัดโดยเติมสารกำจัดคลอรีน โดยเติมสารกำจัดคลอรีนในปริมาณที่สมมูลกับคลอรีนตกค้าง ตวงตัวอย่าง 500 มิลลิลิตร หรือน้อยกว่า แล้วเติมน้ำกลั่นให้เป็น 500 มิลลิลิตร ใส่ลงในบีกเกอร์ ถ้าพีเอชสูงหรือต่ำมากควรปรับให้เป็น 7 เสียก่อน แล้วเติมสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ 25 มิลลิลิตร ปรับพีเอชให้เป็น 9.5 ด้วยโซเดียม ไฮดรอกไซด์ 6 นอร์มัล เทตัวอย่างลงขวดกลั่น

3. การกลั่น นำขวดกลั่นที่ใส่ตัวอย่างเข้าเครื่องกลั่น เปิดน้ำหล่อเย็นให้พร้อม ตวงสารละลายอินดิเคเตอร์ในกรดบอริค 50 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปกรวย นำเข้าไปต่อกับชุดกลั่นโดยให้

ปลายหลอดที่ต่อนำไอน้ำและแอมโมเนียที่กลั่นออกมาจุ่มอยู่ใต้สารละลาย เปิดไฟให้กลั่นด้วยอัตรา 6 – 10 มิลลิลิตร/นาที ให้กลั่นจนได้สารละลายจากการกลั่น (Distillate) ในขวดกรวยอย่างน้อย 300 มิลลิลิตร แล้วจึงดึงปลายหลอดให้พ้นสารละลาย กลั่นต่ออีก 2 – 3 นาที เพื่อทำความสะอาดชุดกลั่น นำสารละลายที่ได้จากการกลั่นมาเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 500 มิลลิลิตร ถ้ามีแอมโมเนียสารละลายที่ได้จะมีสีเขียว ถ้าไม่มีแอมโมเนียจะเป็นสีม่วงเดิมของกรดบอริคอินดิเคเตอร์ นำไปหาปริมาณแอมโมเนียโดยวิธีไตเตรทต่อไป

5. วิธีไตเตรชัน

1. นำสารละลายที่ได้จากการกลั่น (Distillate) มาไตเตรทด้วยกรดกำมะถัน 0.02 นอร์มัล จนกระทั่งสีเขียวของสารละลายเปลี่ยนเป็นสีม่วง

2. แบลงค์ ใช้น้ำกลั่นและทำขั้นตอนทุกอย่างเหมือนทำตัวอย่าง

6. การคำนวณ

$$\text{แอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจน/ลิตร)} = \frac{(A - B) \times N \times 14{,}000}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง (มิลลิลิตร)}}$$

เมื่อ A = มิลลิลิตรของกรดกำมะถันที่ใช้ไตเตรทตัวอย่าง

B = มิลลิลิตรของกรดกำมะถันที่ใช้ไตเตรทแบลงค์

N = ความเข้มข้นของกรดกำมะถันเป็นนอร์มัลลิตี้

การวิเคราะห์หาไนเตรท (NO_3) โดยวิธี Cadmium Reduction Method

วิธีการวิเคราะห์โดยทั่วไปที่ใช้หาไนเตรท คือ การรีดิวซ์ไนเตรทในสารละลายบัฟเฟอร์ที่เป็นด่างให้เป็นไนไตรท์ ด้วยการผ่านตัวอย่างไปในคอลัมน์ที่มีแคดเมี่ยมซึ่งเคลือบด้วยทองแดงอยู่ จากนั้นวัดไนไตรท์ที่ได้ด้วยวิธี Diazotization ผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะรวมทั้งไนเตรทและไนไตรท์ที่มีอยู่ในตัวอย่าง ดังนั้น การวิเคราะห์หาไนเตรทจึงจำเป็นต้องวิเคราะห์หาไนไตรท์ด้วยวิธี Diazotization ด้วย เพื่อนำค่าไนไตรท์ที่ได้มาหักลบกับค่าที่ได้จากวิธีนี้ จึงจะได้เป็นค่าไนเตรทที่แท้จริง

1. การเก็บและการรักษาน้ำตัวอย่าง

การวิเคราะห์ไนเตรท ควรวิเคราะห์ทันทีเมื่อกลับมาถึงห้องปฏิบัติการเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ธาตุอาหารอื่น ๆ หากวิเคราะห์ไม่ทันควรกรองตัวอย่างด้วยแผ่นกรอง GF/C หรือ แผ่นกรอง Millipore แล้วแช่เย็นอุณหภูมิ 4 – 5 องศาเซลเซียส และเก็บในที่มืด ซึ่งสามารถเก็บไว้ได้นาน 12 ชั่วโมง แต่หากต้องการเก็บน้ำตัวอย่างไว้นานหลายสัปดาห์ควรแช่แข็งที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

2. น้ำยาเคมีและวิธีเตรียม

1. สารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เข้มข้น

ละลายแอมโมเนียคลอไรด์ (NH_4Cl) 125 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เก็บสารละลายที่ได้ในขวดแก้วหรือขวดพลาสติก

2. สารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เจือจาง

ดูดสารละลายในข้อ 2.1 มา 50 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 2,000 มิลลิลิตร เก็บสารละลายที่ได้ในขวดแก้วหรือขวดพลาสติก

3. สารละลายซัลฟานิลาไมด์

ใช้สารละลายเดียวกับไนไตรท์

4. สารละลายแนฟทิล เอธิลีนไดอะมีน ไดไฮโดรคลอไรด์ (NED)

ใช้สารละลายเดียวกับไนไตรท์

5. น้ำทะเลเทียม

เตรียมเช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาแอมโมเนีย

6. สารละลาย $CuSO_4$ ร้อยละ 2 (W/V)

ละลาย $CuSO_4.5H_2O$ 10 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร

7. สารละลายมาตรฐานของไนเตรท

ละลายโพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3) ที่อบแห้ง 105 – 110 องศาเซลเซียส นาน 1 – 1.5 ชั่วโมง 1.02 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเจือจางให้ได้เป็น 1 ลิตร สารละลายนี้จะมีความเข้มข้น 140 mg-N/l สารละลายที่ได้เรียกว่า Stock Standard Solution เก็บสารละลายนี้ไว้ในขวดสีชาแล้วแช่เย็นไว้ สารละลายนี้เสถียรตลอดไป

3. การเตรียมคอลัมน์

1. ชั่งโลหะแคดเมียมมาประมาณ 50 กรัม ผสมกับสารละลาย $CuSO_4$ ร้อยละ 2 (W/V) 250 มิลลิลิตร กวนจนกระทั่งสีฟ้าของสารละลายจางลง และเริ่มีตะกอนของทองแดงเกิดขึ้นในสารละลาย จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นประมาณ 10 ครั้ง

2. อุดด้านในของคอลัมน์ด้วยใยแก้วหรือขดลวดทองแดง แล้วเติมสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เจือจางให้เต็มคอลัมน์ ทำการบรรจุผงแคดเมียมลงในคอลัมน์ (ระวังอย่าให้แคดเมียมสัมผัสกับอากาศ) จากนั้นก็ล้างคอลัมน์ด้วยสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เจือจาง 3 – 4 ครั้ง

3. เติมสารละลายมาตรฐานของไนเตรท 1.4 mg-N/l 100 มิลลิลิตร (เติมสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เข้มข้น 2 มิลลิลิตรแล้ว) ปล่อยให้ไหลผ่านคอลัมน์ด้วยอัตราการไหล 8 -12 มิลลิลิตรต่อนาที เพื่อ Activated คอลัมน์ จากนั้นล้างคอลัมน์ด้วยสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เจือจางอีก 3 – 4 ครั้ง

4. ขั้นตอนการวิเคราะห์

4.1 การเตรียมกราฟมาตรฐาน

1. ใช้ไปเปตดูดสารละลายจาก Stock Standard Solution มา 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรแล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 500 มิลลิลิตร สารละลายนี้มีความเข้มข้น 1.4 mg-N/l สารละลายนี้เรียกว่า Intermediate Standard Solution

2. ดูดสารละลาย Intermediate Standard Solution 1, 5, 10 และ 20 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำทะเลเทียมให้ได้ 100 มิลลิลิตร สารละลายนี้มีความเข้มข้น 0.014, 0.070, 0.140 และ 0.280 mg-N/l ตามลำดับ สารละลายนี้เรียกว่า Working Standard Solution สำหรับแบลงค์ใช้น้ำทะเลเทียม (ใช้น้ำกลั่นเตรียมสารละลายมาตรฐานของไนเตรทได้)

3. เติมสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เข้มข้น 2 มิลลิลิตร ลงใน Working Standard Solution และแบลงค์ที่จะนำมาผ่านคอลัมน์ แล้วเขย่าให้เข้ากัน

4. นำเอา Working Standard Solution และแบลงค์ในข้อ 4.1.3 ไปผ่านคอลัมน์ โดยปรับให้สารละลายในคอลัมน์ไหลด้วยอัตรา 8 – 12 มิลลิลิตร/นาที จากนั้นเติมสารละลายที่ได้ประมาณ 5 – 10 มิลลิลิตร ปล่อยสารละลายในคอลัมน์ทิ้งจนเหลือระดับเดิม แล้วเติมสารละลายที่เหลือลงในคอลัมน์ ปล่อยสารละลายทิ้งประมาณ 25 มิลลิลิตร เก็บสารละลายที่เปิดออกในช่วงหลังให้ได้ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ส่วนสารละลายที่เหลือปล่อยทิ้งไป

5. เติมสารละลายซัลฟานิลาไมด์ 1 มิลลิลิตร ทันที แล้วเขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 2 – 8 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ จากนั้นเติมสารละลาย NED 1 มิลลิลิตร เขย่าตัวอย่างทันที แล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ถึง 1 ชั่วโมงจากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 543 nm

6. หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้กับความเข้มข้นด้วยวิธี Linear Regression (ผู้วิเคราะห์อาจหาความสัมพันธ์จากเครื่องวัดการดูดกลืนแสงโดยตรงก็ได้)

4.2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. ตวงน้ำตัวอย่างใส่ฟลาสก์รูปชมพู่ 100 มิลลิลิตร

2. เติมสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เข้มข้น 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

3. เติมสารละลายในข้อ 4.2.2 ประมาณ 5 – 10 มิลลิลิตร ลงในคอลัมน์ที่มี อัตราการไหล 8 – 12 นาที ต่อ 100 มิลลิลิตร ปล่อยสารละลายในคอลัมน์ทิ้งจนเหลือระดับเดิม

4. เติมสารละลายในข้อ 4.2.2 ที่เหลือลงในคอลัมน์ ปล่อยสารละลายทิ้งประมาณ 25 มิลลิลิตร แล้วเก็บสารละลายที่เปิดออกในช่วงหลังให้ได้ปริมาตร 50 มิลลิลตร

5. เติมสารละลายซัลฟานิลาไมด์ 1 มิลลิลิตร เขย่าตัวอย่างทันที ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ถึง 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 543 nm คำนวณหาความเข้มข้นของไนเตรทจากกราฟมาตรฐานที่เตรียมไว้

6. ความเข้มข้นของไนเตรท = ความเข้มข้นตัวอย่างที่ผ่านคอลัมน์ – ค่าไนไตรท์ของตัวอย่างนั้น

ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids, SS)
โดยวิธี Gravimetric และอบที่ 103 – 105 °C

ของแข็งทั้งหมด (Total Solids) หมายถึง สารที่เหลืออยู่เป็นตะกอนภายหลังจากที่ผ่านการระเหยด้วยไอน้ำ และทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 – 105 °C สิ่งที่กลายเป็นไอไปได้ก็จะสูญไป เหลือเพียงกากตะกอนของสารที่มีในน้ำตัวอย่างเท่านั้น ตะกอนที่คงเหลืออยู่นั้นมีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ของแข็งทั้งหมดประกอบด้วย ของแข็งแขวนลอย (Total Suspended Solids) คือ ส่วนที่ค้างอยู่บนกระดาษกรอง (2.0 µm Pore Size) และของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solids) คือ ส่วนที่ผ่ากระดาษกรอง

การหาค่าของแข็งแขวนลอยนั้นเกิดข้อผิดพลาดง่ายถ้าใช้ตัวอย่างน้อย ดังนั้น ควรจะใช้ตัวอย่างในการกรองให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ สำหรับน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วหรือมีความสกปรกน้อยอาจต้องใช้ถึง 1 ลิตร

1. ขอบข่ายการทดสอบ

วิธีนี้ใช้ได้กับตัวอย่างน้ำผิวดินและน้ำเสีย

2. รายละเอียดการประกันคุณภาพ (Quality Assurance Criteria)

1. QA Limit สำหรับการวิเคราะห์ซ้ำเท่ากับร้อยละ 10
2. ปริมาณของตะกอนบนกระดาษกรองหลังจากนำไปอบแห้งแล้ว ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 2.5 – 200 mg

3. หลักการ

กรองน้ำตัวอย่างที่ผสมเป็นเนื้อเดียวกันผ่านกระดาษกรอง GF/C (Glass – Fiber Filter) ที่ทราบน้ำหนัก แล้วนำกระดาษกรองพร้อมตะกอนที่ค้างอยู่ด้านบนไปอบที่อุณหภูมิ 103 – 105 °C จนได้น้ำหนักคงที่ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น คือ ปริมาณของของแข็งแขวนลอย

4. สิ่งรบกวน

แยกตะกอนขนาดใหญ่ที่ลอยน้ำหรือจมน้ำอยู่ที่ไม่ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของตัวอย่างออก

5. การเก็บรักษาตัวอย่าง

ควรเก็บตัวอย่างด้วยขวดแก้วหรือขวดพลาสติก ในกรณีที่ไม่สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้ทันที ให้แช่เย็นตัวอย่างที่อุณหภูมิที่ 4 °C โดยไม่ต้องเติมสารใด ๆ และสามารถเก็บไว้ได้นานไม่เกิน 7 วัน

6. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. กระดาษกรองใยแก้ว GF/C เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 cm
2. อุปกรณ์ชุดกรอง
3. เครื่องดูดอากาศ
4. เตาอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ 103 – 105 °C
5. โถทำแห้ง (Desiccator) พร้อมสารดูดความชื้น
6. เครื่องชั่งอย่างละเอียดที่สามารถชั่งได้ละเอียดถึง 0.0001 g
7. กระดาษอลูมิเนียม เพื่อทำเป็นภาชนะสำหรับใส่กระดาษกรอง
8. กระบอกตวง
9. คีมหนีบ

7. ขั้นตอนการวิเคราะห์

7.1 การเตรียมกระดาษกรอง

1. นำกระดาษกรองไปใส่ในถ้วยกระดาษอลูมิเนียมที่ทำรหัสไว้
2. อบถ้วยกระดาษอลูมิเนียมพร้องกระดาษกรองที่อุณหภูมิ 103 – 105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถทำแห้ง แล้วชั่งหาน้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมพร้อมกระดาษกรอง
3. เก็บถ้วยอลูมิเนียมพร้อมกระดาษกรองไว้ในโถทำแห้งจนกว่าจะนำมาใช้

7.2 **การวิเคราะห์**

1. เลือกตัวอย่างอย่างน้อยร้อยละ 10 ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด สำหรับการวิเคราะห์ซ้ำ

2. เลือกปริมาตรตัวอย่างน้ำสำหรับนำไปกรองที่จะให้ค่าของแข็งแขวนลอยโดยประมาณ 2.5 – 200 mg กรณีที่เก็บตัวอย่างแช่เย็นไว้ ให้ทำให้ตัวอย่างมีอุณหภูมิเท่าอุณหภูมิห้องก่อน

3. ใช้คีมหนีบ คีบกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักในโถทำแห้ง มาวางลงบนกรวยในชุดกรอง ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องดูดอากาศโดยให้ด้านขรุขระของกระดาษกรองอยู่ด้านบน

4. ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาษกรองให้เปียก และให้ถูกดูดติดแน่นกับกรวย

5. เขย่าตัวอย่างน้ำให้เข้ากันดี แล้วเทตัวอย่างใส่กระบอกตวงครั้งเดียวให้ได้ปริมาตรใกล้เคียงกับที่ต้องการ แล้วจดบันทึกปริมาตรที่เทได้

6. เทตัวอย่างใส่ชุดกรอง เปิดเครื่องดูดอากาศ

7. ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างของแข็งที่อาจติดอยู่ข้างกระบอกตวง และชุดกรองจนหมดและรอจนกว่ากระดาษกรองจะแห้ง

8. ปิดเครื่องดูดอากาศ ใช้คีมหนีบคีบกระดาษกรองใส่ถ้วยอลูมิเนียมอันเดิม

9. นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 – 105 ^{o}C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

10. ทิ้งไว้ให้เย็นเท่ากับอุณหภูมิของห้องในโถทำแห้ง แล้วจากนั้นชั่งหาน้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมพร้อมกระดาษกรองใหม่

11. ให้ทำข้อ 7.2.10 – 7.2.11 ซ้ำอีกจนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่ คือ น้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้งแตกต่างกันไม่มากกว่า 0.0005 g หรือ มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าร้อยละ 4 ของน้ำหนักครั้งแรก

8. การคำนวณ

$$\text{ของแข็งแขวนลอย (SS) (mg/l)} = \frac{(B - A) * 1,000}{\text{ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ (ml)}}$$

A = น้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมพร้อมกระดาษกรอง (mg)

B = น้ำหนัก (ที่ชั่งได้ค่าน้อยที่สุด) ถ้วยอลูมิเนียมพร้อมกระดาษกรองและตัวอย่าง (mg)

การวิเคราะห์หาฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus) โดยวิธี Persulfate Digestion และ Ascorbic Acid

ฟอสฟอรัส (Phosphorus) ในน้ำธรรมชาติและในน้ำเสียส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่ต่าง ๆ กันของฟอสเฟต (Phosphate) โดยจะสามารถแยกได้เป็น ออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphates) และ คอนเดนซ์ฟอสเฟต (Condensed Phosphates, Pyro-, Meta- and Polyphosphates อื่น ๆ) และ Organically Bound Phosphates โดยอยู่ในรูปของสารละลาย สารแขวนลอยหรือในร่างกายของสิ่งมีชีวิตในน้ำ Phosphorous เป็นธาตุที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์และมักจะพบว่าเป็น Growth Limiting Nutrient ของแหล่งน้ำ ดังนั้น ในการปล่อนน้ำโสโครกที่มี Phosphorous อยู่ลงในแหล่งน้ำ อาจจะกระตุ้นให้เกิดการเจริญเติบโตของพืชน้ำอย่างรวดเร็วซึ่งก่อให้เกิดปัญหาอื่น ๆ ตามมา

1. ขอบข่ายการทดสอบ

วิธีการทดสอบนี้ใช้กับตัวอย่างน้ำเสียจากชุมชนและอุตสาหกรรม

2. ค่าที่รายงานผล (Detection Limits)

Minimum Detection Limit เท่ากับ 0.1 mg P/l

3. รายละเอียดการประกันคุณภาพ (Quality Assurance Criteria)

1. QA Limit สำหรับ Spike Recovery เท่ากับร้อยละ 20
2. QA Limit สำหรับการวิเคราะห์ซ้ำ เท่ากับร้อยละ 15

4. หลักการ

การวิเคราะห์หาฟอสฟอรัสทั้งหมด แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1. เปลี่ยนฟอสฟอรัสในรูปต่าง ๆ ให้อยู่ในรูป Orthophosphates ที่ละลายน้ำโดยการย่อยสลาย ด้วยวิธี Persulfate Digestion

2. หาค่า Orthophosphates ที่ละลายน้ำน้ำด้วยวิธี Ascorbic Acid โดย

Ammonia Molybdate และ Potassium Antimonyl Tartrate จะทำปฏิกิริยาภายในตัวกลางที่เป็นกรดกับ Orthophosphate ทำให้เกิด Phosphomolydic Acid ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับ Ascorbic Acid ได้ Molybdenum Blue

5. การเก็บรักษาตัวอย่าง

ในกรณีที่จะทำการหา Total Phosphorus อย่างเดียวสามารถเก็บรักษาตัวอย่างได้ 3 วิธี คือ

1. ให้แช่แข็งตัวอย่างโดยไม่ต้องเติมสารใด ๆ หรือ
2. เติมกรด HCl เข้มข้นในปริมาณ 1 ml ต่อตัวอย่าง 1 ลิตร แล้วแช่เย็น หรือ
3. เติมกรด H_2SO_4 เข้มข้นในปริมาณ 2 ml ต่อตัวอย่าง 1 ลิตร แล้วแช่เย็น

โดยให้วิเคราะห์ตัวอย่างภายใน 28 วัน ตัวอย่างที่มีค่าฟอสฟอรัสน้อยไม่ควรเก็บในขวดพลาสติกเพราะอาจเกิดการดูดซับบนผนังขวดได้ ภาชนะที่ทำด้วยแก้วทุกชนิดที่ใช้ในการหาฟอสฟอรัส ต้องล้างด้วยกรด HCl 1:1 แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นหลาย ๆ ครั้งไม่ควรใช้ผงซักฟอกในการล้างเครื่องแก้ว

6. สิ่งรบกวน

1. Arsenates สามารถทำปฏิกิริยากับสารละลาย Molybdate ทำให้เกิดสีน้ำเงินเช่นเดียวกับ Phosphate ความเข้มข้น 0.1 mg As/l จะรบกวนการหา Phosphate

2. Hexavalent Chromium และ NO_2^- ที่ความเข้มข้น 1 mg/l จะรบกวนให้ค่าที่ได้ต่ำไปร้อยละ 3 และที่ความเข้นข้น 1.0 – 10 mg/l จะทำให้ค่าต่ำไปร้อยละ 10 – 15

7. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Spectrophotometer ที่สามารถให้ความถี่คลื่น 880 nm และใช้เซลขนาด 1 cm หรือใหญ่กว่านั้น
2. หม้ออบฆ่าเชื้อ (Autoclave)
3. ขวดวัดปริมาตร (Volumetric Flask)
4. บีคเกอร์ (Beakers)
5. ปิเปต (Pipets)

6. กระบอกตวง (Cylinder)

7. ขวดแก้วพร้อมฝาที่สามารถนำเข้าเครื่อง Autoclave ที่ 120 ^{o}C ขนาด 100 ml

8. สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐาน Phosphate (20 mg P/l)

นำ Anhydrous KH_2PO_4 มา 87.8 mg ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1,000 ml (1 ml ของสารละลายที่เตรียมนี้มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.02 mg P)

2. สารละลาย Phenolphthalein Indicator

ละลาย Phenolphthalein 5 g ใน 500 ml ของร้อยละ 95 Ethyl Alcohol และปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 ml ด้วยน้ำกลั่น

3. สารละลาย H_2SO_4

เติม H_2SO_4 เข้มข้น จำนวน 300 ml ลงในน้ำกลั่น 600 ml แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 ml ด้วยน้ำกลั่น

4. สาร Potassium Persulfate ($K_2S_2O_8$)

5. NaOH 1N

ละลาย NaOH จำนวน 40 g ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 ml ด้วยน้ำกลั่น

6. H_2SO_4 5 N

นำกรด H_2SO_4 เข้มข้น มา 70 ml ใส่ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 500 ml

7. สารละลาย Potassium Antimonyl Tartrate

ละลายสาร K(Sbo) $C_4H_4O_7$ ½ H_2O จำนวน 1.3715 g ในน้ำกลั่น 400 ml แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ 500 ml เก็บในขวดจุกแก้ว

8. สารละลาย Ammonium Molybdate

ละลายสาร $(NH_4)_6$ $MO_7O_{24}4H_2O$ จำนวน 20 g ลงในน้ำกลั่นปริมาตร 500 ml เก็บในขวดจุกแก้ว

9. สารละลาย Ascorbic Acid 0.1 M

ละลายสาร Ascorbic Acid จำนวน 1.76 g ในน้ำกลั่นปริมาตร 100 ml สารละลายนี้เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4^{o}C สามารถเก็บได้ 1 สัปดาห์

10. สารละลายผสม ผสมสารละลายข้อ 6 – 9 ตามอัตราส่วนดังนี้

สารข้อ 6 : สารข้อ 7 : สารข้อ 8 : สารข้อ 9 คือ 50 : 5 : 15 : 30 จะได้สารละลายผสม 100 ml ในการผสมนั้นให้ผสมทีละขั้นตอน โดยผสมสารข้อ 6 และข้อ 7 ให้เข้ากันดีก่อนแล้วจึงเติมสารข้อ 8 เขย่าให้เข้ากันแล้วจึงใส่สารข้อ 9 ผสมให้เข้ากัน และเมื่อสารมีอุณหภูมิเท่าอุณหภูมิห้องเก็บสารนี้ไว้ได้นาน 4 ชั่วโมง

9. ขั้นตอนการวิเคราะห์

9.1 การทำ Standard Curve

นำสารละลายมาตรฐาน Phosphate (20 mg P/l) มา 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml ผสมน้ำกลั่นให้ได้ 50 ml จะได้สารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 0, 0.4, 0.8, 1.2, 1.6 และ 2 mg/l ตามลำดับ นำไปวิเคราะห์เหมือนตัวอย่างทุกขั้นตอน (กรณีที่มี Standard Curve อยู่แล้วให้เตรียมสารละลายที่อย่างน้อย 2 ความเข้มข้น แล้วนำไปวิเคราะห์เหมือนตัวอย่างทุกขั้นตอน และตรวจสอบความถูกต้อง โดยค่าร้อยละ Difference ต้องน้อยกว่าร้อยละ 15)

9.2 การทำ QC

เลือกตัวอย่างอย่างน้อย 1 ตัวอย่าง ต่อตัวอย่างทุก ๆ 10 ตัวอย่าง สำหรับการวิเคราะห์ซ้ำ และ Spike Recovery โดยมีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง (สำหรับ 1 ตัวอย่าง) ดังนี้

1. นำ Volumetric Flask ขนาด 50 ml มา 3 ขวด
2. ใส่ตัวอย่างที่เลือกไว้สำหรับการวิเคราะห์ซ้ำ และ Spike Recovery จำนวน 10 ml ในแต่ละ Flask
3. นำ 2 Flask ที่ใส่ตัวอย่างแล้ว มาเติมสารละลายมาตรฐาน Phosphate (20 mg P/l) Flask ละ 1 ml
4. เติมน้ำกลั่นในทั้ง 3 Flask จนได้ปริมาตรรวมในแต่ละ Flask 50 ml
5. นำไปวิเคราะห์เช่นเดียวกับตัวอย่างอื่น

9.3 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

การเปลี่ยนฟอสฟอรัสให้อยู่ในรูปของ Orthophosphate โดยวิธี Presulfate Digestion

1. นำตัวอย่างมา 50 ml หรือน้อยกว่าแล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ 50 ml ใส่ในขวดขนาดบรรจุ 100 ml

2. เติมสารละลาย Phenolphthalin Indicator 1 หยด ถ้าตัวอย่างเปลี่ยนเป็นสีแดงให้เติมสารละลาย H_2SO_4 ลงไปจนสีแดงหาย

3. เติมสารละลาย H_2SO_4 จำนวน 1 ---

4. เติมสาร $K_2S_2O_8$ จำนวน 0.5 --- ปิดฝาให้สนิท

5. นำตัวอย่างไปเข้าเครื่อง Autoclave ที่อุณหภูมิ 120 ^{o}C เป็นเวลา 30 นาที

6. ทำให้เย็นแล้วเติม Phenolphthalin Indicator 1 หยด แล้วปรับ pH ด้วย NaOH 1 N จนได้ตัวอย่างสีชมพูอ่อน

7. ถ่ายตัวอย่างใส่ใน Volumetric Flask ขนาด 100 ml แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 ml

8. นำตัวอย่างไปวิเคราะห์ด้วยวิธี Ascorbic Acid Method การหาค่า Orthophosphate โดยวิธี Ascorbic Acid

9. นำตัวอย่างมา 50 ml เติม Phenolphthalin Indicator 1 หยด ถ้าตัวอย่างเปลี่ยนป็นสีแดง ให้เติม H_2SO_4 5 N ทีละหยดจนสีหายไป

10. เติมสารละลายผสมปริมาณ 8 ml ลงในตัวอย่างปรับปริมาตรให้เป็น 50 ml เขย่าให้เข้ากันดี หลังจากนั้น 10 นาที แต่ไม่เกิน 30 นาที ให้นำตัวอย่างไปวัดค่า Absorbance ที่ 880 nm

10. การคำนวณ

$$\text{Total Phosphorous (mg P/l)} = \frac{\text{(ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่ได้จาก Standard Curve)} \times 50}{\text{ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ (ml)}}$$

การวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)และการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)

1. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. จานเพาะเชื้อ (ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว)
2. หลอดทดลอง
3. ปิเปต ขนาด 0.1, 1.0 และ 10.0 มิลลิลิตร
4. กระบอกตวงขนาด 100.0 มิลลิลิตร
5. ชุดเยื่อกรอง (Millipore Filter)
6. เยื่อกรอง (Filter Membrane)
7. เครื่องดูดอากาศ (Suction Pump)
8. ตู้อบ (Incubator)
9. ปากคีบ
10. บัฟเฟอร์สำหรับเจือจางตัวอย่างน้ำ หลอดละ 9 มิลลิลิตร
11. อาหารเลี้ยงเชื้อ
    - Lauryl Tryptose Broth Double Strength
    - Lauryl Tryptose Broth Single Strength
    - Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB)
    - Eosin Methylene Blue Agar (EMB agar)

2. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Lauryl Tryptose Broth Single Strength

Tryotose	20	กรัม
Lactose	5	กรัม

K_2HPO_4	2.75	กรัม
KH_2PO_4	2.75	กรัม
NaCl	5	กรัม
Sodium Lauryl Sulfate	0.1	กรัม
Bromthymol Blue 1.6%	4	กรัม

pH 6.8

2. Lauryl Tryptose Broth Double Strength

Tryotose	40	กรัม
Lactose	10	กรัม
K_2HPO_4	5.5	กรัม
NaCl	10	กรัม
Sodium Lauryl Sulfate	0.2	กรัม
Bromthymol Blue 1.6%	8	กรัม

pH 6.8

3. Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB)

Peptone	10	กรัม
Lactose	10	กรัม
Oxgall	20	กรัม
Brilliant Green	0.0133	กรัม

pH 7.2

หลังจากนึ่งฆ่าเชื้อแล้วให้นำอาหารเลี้ยงเชื้อออกมาแช่น้ำทันที

4. Eosin Methylene Blue Agar (EMB agar)

Peptone	10	กรัม
Lactose	10	กรัม
K_2HPO_4	2	กรัม
Agar	15	กรัม
Eosin Y	0.4	กรัม
Methylene blue	0.065	กรัม

pH 7.1

3. การตรวจหาแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมดโดยวิธีเอ็มพีเอ็น

วิธีนี้จะแสดงปริมาณของแบคทีเรียโคลิฟอร์มในรูปเอ็มพีเอ็นต่อตัวอย่างน้ำ 100 มิลลิลิตร (MPN/100 ml) แบ่งการทดลองเป็นขั้นตอนดังนี้

1. **การตรวจสอบขั้นแรก** (Presumptive Test)

เป็นการทดสอบว่าในน้ำตัวอย่างมีแบคทีเรียโคลิฟอร์มหรือไม่ โดยอาศัยคุณสมบัติในการหมัก (Ferment) น้ำตาลแลกโตสให้กรดและแก๊สโดยใช้อาหาร Lauryl Tryptose Broth

1. ดูดตัวอย่างน้ำโดยตรงปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดอาหาร Lauryl Tryptose Broth Double Strength จำนวน 5 หลอด

2. ดูดตัวอย่างน้ำโดยตรง 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในอาหาร Lauryl Tryptose Broth Single Strength จำนวน 5 หลอด

3. ดูดตัวอย่างน้ำจากความเจือจาง 1 : 10 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในอาหาร Lauryl Tryptose Broth Single Strength จำนวน 5 หลอด

4. ดูดตัวอย่างน้ำจากความเจือจาง 1 : 100 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และ 0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดอาหาร Lauryl Tryptose Broth Single Strength ความเจือจางละ 5 หลอด

5. เขย่าหลอดอาหารทุกหลอด นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 0.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 24 – 28 ชั่วโมง

6. นำหลอดที่ให้ผลบวก (Positive) คือ หลอดที่เกิดก๊าซไปทดสอบในขั้นตอนต่อไป

2. **การทดสอบขั้นยืนยัน** (Confirmed Test)

การทดสอบในขั้นแรกไม่สามารถชี้วัดได้ว่าแบคทีเรียในตัวอย่างน้ำเป็นโคลิฟอร์ม เนื่องจากยังมีแบคทีเรียอื่นๆ ที่สามารถหมักแลกโตสแล้วเกิดก๊าซได้เช่นกัน จึงต้องทำการตรวจวิเคราะห์ขั้นยืนยัน อาหารที่ใช้ทดลองคือ Brilliant green lactose bile broth ซึ่งเป็น selective media ที่ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียอื่นๆ ที่ไม่ใช่โคลิฟอร์ม

1. ถ่ายเชื้อจากหลอดที่ให้ผลบวกในขั้นแรก จำนวน 1-2 ลูป ใส่ลงในหลอดอาหาร BGLB ที่มีหลอดดักก๊าซอยู่ ทำการถ่ายเชื้อแบบหลอดต่อหลอดทุกความเจือจาง

2. นำหลอดอาหารทั้งหมดไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 35 ± 0.5 องศาเซลเซียส ตรวจผลเมื่อเวลาครบ 24 ชั่วโมง หลอดที่เกิดก๊าซให้ผลบวก หลอกที่ไม่เกิดแก๊สนำไปบ่มต่อในตู้อบจนครบ 48 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาอ่านผลอีกครั้ง หลอดที่เกิดก๊าซภายใน 24 ชั่วโมง ทั้งหมดให้ผลเป็นบวก

3. เลือกความเจือจางที่สูงที่สุด ที่ให้ผลบวก 3 ความเจือจาง แล้วนำไปอ่านค่า เอ็ม พี เอ็น ต่อ 100 มิลลิลิตร จากตารางที่ ค.2 โดยเทียบค่าจากตารางให้สอดคล้องกับค่าความเจือจางที่ใช้

ตารางที่ ข. 2 ดัชนีค่า เอ็มพี เอ็น และขีดจำกัดความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของหลอดที่ให้ผลบวก เมื่อใช้ระบบ 5 หลอด ของตัวอย่างน้ำที่ตรวจวิเคราะห์ 10 มิลลิลิตร 1 มิลลิลิตร และ 0.1 มิลลิลิตร

จำนวนหลอดที่ให้ผลบวก	ดัชนี เอ็ม พี เอ็น/100 มิลลิลิตร	ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95	
		ต่ำกว่า	สูงกว่า
0 – 0 – 0	<2	-	-
0 – 0 – 1	2	1.0	10
0 – 1 – 0	2	1.0	10
0 – 2 – 0	4	1.0	13
1 – 0 – 0	2	1.0	11
1 – 0 – 1	4	1.0	15
1 – 1 – 0	4	1.0	15
1 – 1 – 1	6	2.0	18
1 – 2 – 0	6	2.0	18
2 – 0 – 0	4	1.0	17
2 – 0 – 1	7	2.0	20
2 – 1 – 0	7	2.0	21
2 – 1 – 1	9	3.0	24
2 – 2 – 0	9	3.0	25
2 – 3 – 0	12	5.0	29
3 – 0 – 0	8	3.0	24
3 – 0 – 1	11	4.0	29
3 – 1 – 0	11	4.0	29

ตารางที่ ช. 2 (ต่อ)

จำนวนหลอดที่ให้ผลบวก	ดัชนี เอ็ม พี เอ็น/100 มิลลิลิตร	ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95	
		ต่ำกว่า	สูงกว่า
3 – 1 – 1	14	6.0	35
3 – 2 – 0	14	6.0	35
3 – 2 – 1	17	7.0	40
4 – 0 – 0	13	5.0	38
4 – 1 – 2	26	12.0	63
4 – 2 – 0	22	9.0	56
4 – 2 – 1	26	12.0	65
4 – 3 – 0	47	12.0	67
4 – 3 – 1	33	15.0	77
4 – 4 – 0	34	16.0	80
5 – 0 – 0	23	9.0	86
5 – 0 – 1	30	10.0	110
5 – 0 – 2	40	20.0	140
5 – 1 – 0	30	10.0	120
5 – 1 – 1	50	20.0	150
5 – 1 – 2	60	30.0	180
5 – 2 – 0	50	20.0	170
5 – 2 – 1	70	30.0	210
5 – 2 – 2	90	40.0	250
5 – 3 – 0	80	30.0	250
5 – 3 – 1	110	40.0	300
5 – 3 – 2	140	60.0	360
5 – 3 – 3	170	80.0	410
5 – 4 – 0	130	50.0	390
5 – 4 – 1	170	70.0	480
5 – 4 – 2	220	100.0	580

จำนวนหลอดที่ให้ผลบวก	ดัชนี เอ็ม พี เอ็น/100 มิลลิลิตร	ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95	
		ต่ำกว่า	สูงกว่า
5 – 4 – 3	280	120.0	690
5 – 4 – 4	350	160.0	820
5 – 5 – 0	240	100.0	940
5 – 5 – 1	300	100.0	1300
5 – 5 – 2	500	200.0	2000
5 – 5 – 3	900	300.0	2950
5 – 5 – 4	1600	600.0	5300
5 – 5 – 5	$\geq$1600	-	-

ทั้งนี้ค่าของ เอ็ม พี เอ็น ที่อ่านได้จากตาราง สามารถคำนวณได้โดยใช้สูตรตามนี้ คือ

$$\text{MPN/100ml} = \frac{\text{จำนวนหลอดที่ให้ผลบวก} \times 100}{\sqrt{\text{จำนวนตัวอย่างน้ำที่ใช้ทดสอบซึ่งให้ผลลบ} \times \text{จำนวนตัวอย่างน้ำที่ใช้}}}$$

และการคำนวณหาปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด สามารถคำนวณได้โดยใช้สูตรตามนี้คือ

$$\text{ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม} = \frac{\text{ดัชนีเอ็ม พี เอ็น/ 100 มิลลิลิตร} \times 10}{\text{ปริมาณตัวอย่างน้ำในแถวแรกต่อหลอด}}$$

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิต

ตารางที่ ค. 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณฟอสฟอรัสก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ)

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	1.3500	3	.01000	.00577
	post	.5100	3	.01000	.00577

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	.500	.667

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	.8400	.01000	.00577	.8152	.8648	145.492	2	.000

ตารางที่ ค. 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณบีโอดีก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ)

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	146.1667	3	1.05987	.61192
	post	123.8333	3	.63509	.36667

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	.136	.913

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	22.3333	1.15902	.66916	19.4542	25.2125	33.375	2	.001

ตารางที่ ค. 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณของแข็งแขวนลอยก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ)

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	PRE	30.0000	3	2.00000	1.15470
	POST	20.0000	3	1.00000	.57735

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	PRE & POST	3	.500	.667

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	PRE - POST	10.0000	1.73205	1.00000	5.6933	14.3027	10.000	2	.010

ตารางที่ ค. 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแอมโมเนียก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ)

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Errc Mean
Pair	pre	2.2500	3	.01000	.0057
	post	1.6700	3	.01000	.0057

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	-1.000	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	.5800	.02000	.01155	.5303	.6297	50.229	2	.000

ตารางที่ ค. 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณไนเตรทก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ)

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	2.7000	3	.10000	.05774
	post	1.0133	3	.01528	.00882

Paired Samples Correlations

		N	Correlatio	Sig.
Pair 1	pre & post	3	-.655	.546

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	1.6867	.11060	.06386	1.4119	1.9614	26.413	2	.001

a.

ตารางที่ ค. 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความเป็นกรด – ด่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ)

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	2.7000	3	.10000	.05774
	post	1.0133	3	.01528	.00882

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	-1.000	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	-.2300	.02000	.01155	-.2797	-.1803	-19.919	2	.003

ตารางที่ ค. 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ)

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
air 1	PRE	170026.7	3	25.16611	14.52966
	POST	70004.00		1.58258	2.64575

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	PRE & POST	3	.954	.194

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	PRE - POST	100022.7	20.84067	12.03236	99970.90	100074.4	8312.803	2	.000

a.

ตารางที่ ค. 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ)

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	PRE	6010.000	3	10.00000	5.77350
	POST	3020.000	3	26.45751	15.27525

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	PRE & POST	3	.189	.879

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	PRE - POST	2990.000	26.45751	15.27525	2924.276	3055.724	195.741	2	.000

ตารางที่ ค. 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณฟอสฟอรัสก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ (บริเวณหลังครัว)

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	1.7667	3	.01528	.00882
	post	1.1833	3	.01528	.00882

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	-.786	.425

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	.5833	.02887	.01667	.5116	.6550	35.000	2	.001

a.

ตารางที่ ค. 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณบีโอดีก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ (บริเวณหลังครัว)

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
P r 1	pre	458.3333	3	1.52753	.88192
	post	312.3333	3	2.51661	1.45297

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 pre & post	3	-.434	.715

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-taile)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 pre - post	146.0000	3.46410	2.00000	137.3947	154.6053	73.000	2	.00

ตารางที่ ค. 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณของแข็งแขวนลอยก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ (บริเวณหลังครัว)

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	PRE	40.0000	3	.00000	.00000
	POST	30.0000	3	2.00000	1.15470

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 PRE & POST	3	.	.

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 PRE - POST	10.0000	2.00000	1.15470	5.0317	14.9683	8.660	2	.013

ตารางที่ ค. 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแอมโมเนียก่อนและหลัง การบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว)

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	1.1733	3	.11015	.06360
	post	1.0733	3	.06429	.03712

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 pre & post	3	.273	.824

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 pre - post	.1000	.11136	.06429	-.1766	.3766	1.555	2	.260

ตารางที่ ค. 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณไนเตรทก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว)

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	PRE	1.0767	3	.02082	.01202
	POST	.7067	3	.01155	.00667

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 PRE & POST	3	.971	.154

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 PRE - POST	.3700	.01000	.00577	.3452	.3948	64.086	2	.000

ตารางที่ ค. 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความเป็นกรด – ด่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว)

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	7.2767	3	.19655	.11348
	post	7.2667	3	.15275	.08819

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	-.988	.098

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	.0100	.34828	.20108	-.8552	.8752	.050	2	.965

ตารางที่ ค. 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด ก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว)

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	PRE	160043.3	3	40.41452	23.33333
	POST	90036.67	3	55.07571	31.79797

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	PRE & POST	3	.839	.367

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	PRE - POST	70006.67	30.55050	17.63834	69930.78	70082.56	3969.005	2	.000

ตารางที่ ค.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว)

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	PRE	5033.333	3	49.32883	28.48001
	POST	4013.333	3	15.27525	8.81917

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 PRE & POST	3	-.088	.944

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 PRE - POST	1020.000	52.91503	30.55050	888.5518	1151.448	33.387	2	.001

ตารางที่ ค.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณฟอสฟอรัสก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	1.5600	3	.03606	.02082
	post	1.4267	3	.02517	.01453

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 pre & post	3	.937	.228

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 pre - post	.1333	.01528	.00882	.0954	.1713	15.119	2	.004

ตารางที่ ค.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณบีโอดีก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	142.6667	3	1.52753	.88: 2
	post	135.0000	3	3.00000	1.73: 5

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	-.982	.121

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 pre - post	7.6667	4.50925	2.60342	-3.5349	18.8683	2.945	2	.099

ตารางที่ ค. 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณของแข็งแขวนลอยก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	PRE	20.0000	3	2.00000	1.15470
	POST	10.0000	3	1.00000	.57735

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	PRE & POST	3	-1.000	.000

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 PRE - POST	10.0000	3.00000	1.73205	2.5476	17.4524	5.774	2	.029

ตารางที่ ค. 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแอมโมเนียก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	2.2433	3	.02517	.01453
	post	1.1467	3	.02517	.01453

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	.500	.667

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	PRE - POST	.9500	.05568	.03215	.8117	1.0883	29.553	2	.001

ตารางที่ ค. 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณไนเตรทก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	PRE	1.0767	3	.02082	.01202
	POST	.7067	3	.01155	.00667

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	PRE & POST	3	.971	.154

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	PRE - POST	.3700	.01000	.00577	.3452	.3948	64.086	2	.000

ตารางที่ ค. 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความเป็นกรด – ด่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	7.5000	3	.20000	.11547
	post	7.5000	3	.26458	.15275

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 pre & post	3	-.756	.454

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 pre - post	.0000	.43589	.25166	-1.0828	1.0828	.000	2	1.000

ตารางที่ ค. 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	PRE	120133.3	3	152.75252	88.19171
	POST	80140.00	3	150.99669	87.17798

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 PRE & POST	3	.217	.861

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 PRE - POST	39993.33	190.08770	109.7472	39521.13	40465.54	364.413	2	.000

ตารางที่ ค.24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดน้ำตก

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	PRE	709.3333	3	10.06645	5.81187
	POST	408.0000	3	10.58301	6.11010

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	PRE & POST	3	.075	.952

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	PRE - POST	301.3333	14.04754	8.11035	266.4373	336.2294	37.154	2	.001

ตารางที่ ค.25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณฟอสฟอรัสก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	1.5167	3	.05774	.03333
	post	1.1167	3	.02887	.01667

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	.500	.667

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	.4000	.05000	.02887	.2758	.5242	13.856	2	.005

ตารางที่ ค. 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณบีโอดีก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	253.6667	3	2.51661	1.45297
	post	156.6667	3	2.08167	1.20185

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	.636	.561

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	97.0000	2.00000	1.15470	92.0317	101.9683	84.004	2	.000

ตารางที่ ค. 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณของแข็งแขวนลอยก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	PRE	30.0000	3	1.00000	.57735
	POST	20.0000	3	2.00000	1.15470

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	PRE & POST	3	1.000	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	PRE - POST	10.0000	1.00000	.57735	7.5159	12.4841	17.321	2	.003

ตารางที่ ค. 28 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแอมโมเนียก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	2.2333	3	.03055	.01764
	post	1.5400	3	.03606	.02082

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	-.454	.700

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	.6933	.05686	.03283	.5521	.8346	21.119	2	.002

ตารางที่ ค. 29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณไนเตรทก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	1.0567	3	.05132	.02963
	post	.8000	3	.02000	.01155

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	-.682	.522

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	.2567	.06658	.03844	.0913	.4221	6.677	2	.022

ตารางที่ ค. 30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความเป็นกรด – ด่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	7.5533	3	.05033	.02906
	post	7.4667	3	.05774	.03333

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	-.803	.407

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	.0867	.10263	.05925	-.1683	.3416	1.463	2	.281

ตารางที่ ค. 31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดพืชห้าชั้น

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	PRE	160116.7	3	160.72751	92.79607
	POST	90076.67	3	107.85793	62.27181

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	PRE & POST	3	-.226	.855

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	PRE - POST	70040.00	212.83797	122.8821	69511.28	70568.72	569.977	2	.000

ตารางที่ ค.32 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดพีชห้าชั้น

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	PRE	1706.667	3	20.81666	12.01850
	POST	809.3333	3	10.06645	5.81187

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	PRE & POST	3	-.350	.772

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	PRE - POST	897.3333	26.10236	15.07021	832.4915	962.1752	59.544	2	.000

ตารางที่ ค.33 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณฟอสฟอรัสก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	1.1233	3	.02517	.01453
	post	.5267	3	.02517	.01453

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	-.684	.520

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	.5967	.04619	.02667	.4819	.7114	22.375	2	.002

ตารางที่ ค. 34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณบีโอดีก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Erro Mean
Pair 1	pre	244.6667	3	.57735	.33333
	post	144.3333	3	2.08167	1.20185

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	.971	.154

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	100.3333	1.52753	.88192	96.5388	104.1279	113.767	2	.000

ตารางที่ ค. 35 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณของแข็งแขวนลอยก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	PRE	30.0000	3	2.00000	1.15470
	POST	20.0000	3	.00000	.00000

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	PRE & POST	3	.	.

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	PRE - POST	10.0000	2.00000	1.15470	5.0317	14.9683	8.660	2	.013

ตารางที่ ค. 36 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแอมโมเนียก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	3.3533	3	.05033	.02906
	post	2.2333	3	.03055	.01764

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	.997	.048

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	1.1200	.02000	.01155	1.0703	1.1697	96.995	2	.000

ตารางที่ ค. 37 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณไนเตรทก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	1.0000	3	.10000	.05774
	post	.9100	3	.01000	.00577

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	-1.000	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	.0900	.11000	.06351	-.1833	.3633	1.417	2	.292

a.

ตารางที่ ค. 38 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความเป็นกรด – ด่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	7.5033	3	.00577	.00333
	post	7.5767	3	.06658	.03844

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 pre & post	3	-.997	.048

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 pre - post	-.0733	.07234	.04177	-.2530	.1064	-1.756	2	.221

ตารางที่ ค. 39 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	PRE	50266.67	3	378.59389	218.5813
	POST	30140.00	3	225.38855	130.1281

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 PRE & POST	3	-.340	

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 PRE - POST	20126.67	502.12880	289.9082	18879.31	21374.02	69.425	2	.000

ตารางที่ ค.40 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดอิฐยกระดับ

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	PRE	2019.667	3	26.65208	15.38759
	POST	1320.000	3	26.45751	15.27525

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	PRE & POST	3	1.000	.013

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	PRE - POST	699.6667	.57735	.33333	698.2324	701.1009	2099.000	2	.000

ตารางที่ ค.41 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณฟอสฟอรัสก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงฐูปฤาษี

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	1.7500	3	.02000	.01155
	post	1.5633	3	.01528	.00882

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	-.655	.546

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	.1867	.03215	.01856	.1068	.2665	10.058	2	.010

ตารางที่ ค. 42 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณบีโอดีก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	216.0000	3	1.00000	.57735
	post	187.0000	3	2.00000	1.15470

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	-.500	.667

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	29.0000	2.64575	1.52753	22.4276	35.5724	18.985	2	.003

ตารางที่ ค. 43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณสารแขวนลอยก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	PRE	30.0000	3	.00000	.00000
	POST	10.0000	3	2.00000	1.15470

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	PRE & POST	3	.	.

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	PRE - POST	20.0000	2.00000	1.15470	15.0317	24.9683	17.321	2	.003

ตารางที่ ค. 44 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแอมโมเนียก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงฐูปฤาษี

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	2.2633	3	.03215	.01856
	post	1.3267	3	.02517	.01453

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	-.041	.974

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	.9367	.04163	.02404	.8332	1.0401	38.968	2	.001

ตารางที่ ค. 45 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณไนเตรทก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงฐูปฤาษี

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	.8100	3	.01000	.00577
	post	.5100	3	.01732	.01000

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	.866	.333

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	.3000	.01000	.00577	.2752	.3248	51.962	2	.000

a.

ตารางที่ ค. 46 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความเป็นกรด – ด่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	7.6067	3	.01155	.00667
	post	7.5567	3	.02082	.01202

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 pre & post	3	-.693	.512

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 pre - post	.0500	.03000	.01732	-.0245	.1245	2.887	2	.102

ตารางที่ ค. 47 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	PRE	150050.0	3	50.00000	28.86751
	POST	100073.3	3	64.29101	37.11843

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 PRE & POST	3	.933	.234

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 PRE - POST	49976.67	25.16611	14.52966	49914.15	50039.18	3439.630	2	.000

ตารางที่ ค.48 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงธูปฤาษี

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	PRE	2806.000	3	5.29150	3.05505
	POST	2408.333	3	10.40833	6.00925

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	PRE & POST	3	.545	.633

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	PRE - POST	397.6667	8.73689	5.04425	375.9630	419.3703	78.836	2	.000

ตารางที่ ค.49 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณฟอสฟอรัสก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	1.7767	3	.02517	.01453
	post	1.4500	3	.02000	.01155

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	-.397	.740

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	.3267	.03786	.02186	.2326	.4207	14.945	2	.004

ตารางที่ ค. 50 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณบีโอดีก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	271.3333	3	.57735	.33333
	post	252.3333	3	2.51661	1.45297

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 pre & post	3	-.803	.407

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 pre - post	19.0000	3.00000	1.73205	11.5476	26.4524	10.970	2	.008

ตารางที่ ค. 51 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณสารแขวนลอยก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	PRE	30.0000	3	2.00000	1.15470
	POST	15.0000	3	1.00000	.57735

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 PRE & POST	3	-1.000	.000

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 PRE - POST	15.0000	3.00000	1.73205	7.5476	22.4524	8.660	2	.013

ตารางที่ ค. 52 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแอมโมเนียก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	1.1167	3	.00577	.00333
	post	.5600	3	.01000	.00577

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	.866	.333

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	.5567	.00577	.00333	.5423	.5710	167.000	2	.000

ตารางที่ ค. 53 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณไนเตรทก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	1.7100	3	.01000	.00577
	post	1.3067	3	.01155	.00667

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	.866	.333

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	.4033	.00577	.00333	.3890	.4177	121.000	2	.000

ตารางที่ ค. 54 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความเป็นกรด – ด่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	7.6700	3	.02646	.01528
	post	7.6100	3	.01000	.00577

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	-.945	.212

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	.0600	.03606	.02082	-.0296	.1496	2.882	2	.102

ตารางที่ ค. 55 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	PRE	150100.0	3	100.00000	57.73503
	POST	90036.67	3	32.14550	18.55921

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	PRE & POST	3	.778	.433

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	PRE - POST	60063.33	77.67453	44.84541	59870.38	60256.29	1339.342	2	.000

ตารางที่ ค.56 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดแปลงผักตบชวา

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	PRE	3032.333	3	50.06329	28.90406
	POST	2326.000	3	38.31449	22.12088

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	PRE & POST	3	.999	.022

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	PRE - POST	706.3333	11.84624	6.83943	676.9056	735.7610	103.274	2	.000

ตารางที่ ค.57 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณฟอสฟอรัสก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	1.5500	3	.05000	.02887
	post	.3467	3	.01528	.00882

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	-.327	.788

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	1.2033	.05686	.03283	1.0621	1.3446	36.654	2	.001

ตารางที่ ค. 58 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณบีโอดีก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	162.6667	3	1.52753	.88192
	post	123.6667	3	1.52753	.88192

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	-.500	.667

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	39.0000	2.64575	1.52753	32.4276	45.5724	25.531	2	.002

ตารางที่ ค. 59 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณสารแขวนลอยก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	PRE	40.0000	3	2.00000	1.15470
	POST	25.0000	3	.00000	.00000

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	PRE & POST	3	.	.

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	PRE - POST	15.0000	2.00000	1.15470	10.0317	19.9683	12.990	2	.006

ตารางที่ ค. 60 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแอมโมเนียก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	.8400	3	.01000	.00577
	post	.7000	3	.02000	.01155

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	-1.000	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	.1400	.03000	.01732	.0655	.2145	8.083	2	.015

ตารางที่ ค. 61 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณไนเตรทก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	2.4233	3	.02517	.01453
	post	1.2133	3	.01528	.00882

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	.997	.048

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	1.2100	.01000	.00577	1.1852	1.2348	209.578	2	.000

ตารางที่ ค. 62 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความเป็นกรด – ด่างก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	8.0800	3	.02646	.01528
	post	8.5100	3	.01000	.00577

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	3	.756	.454

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	-.4300	.02000	.01155	-.4797	-.3803	-37.239	2	.001

ตารางที่ ค. 63 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	PRE	240046.7	3	41.63332	24.03701
	POST	90023.33	3	20.81666	12.01850

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	PRE & POST	3	.885	.309

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	PRE - POST	150023.3	25.16611	14.52966	149960.8	150085.8	10325.31	2	.000

ตารางที่ ค.64 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม ก่อนและหลังการบำบัดในจุดบำบัดฝายชะลอน้ำ

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	PRE	2736.667	3	32.14550	18.55921
	POST	705.6667	3	5.13160	2.96273

Paired Samples Correlations

		N	Correlatio n	Sig.
Pair 1	PRE & POST	3	.899	.288

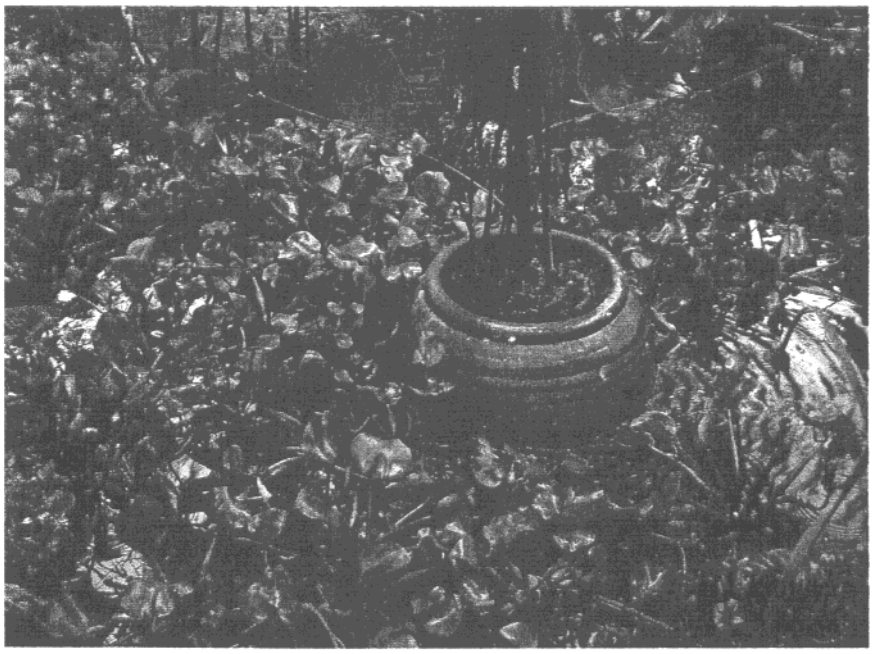
Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	PRE - POST	2031.000	27.62245	15.94783	1962.382	2099.618	127.353	2	.000

ภาคผนวก ง

ภาพแสดงจุดเก็บน้ำตัวอย่างจากลำรางประดิษฐ์

ภาพที่ ง. 1 น้ำพุ 1 (บริเวณหลังห้องน้ำ)

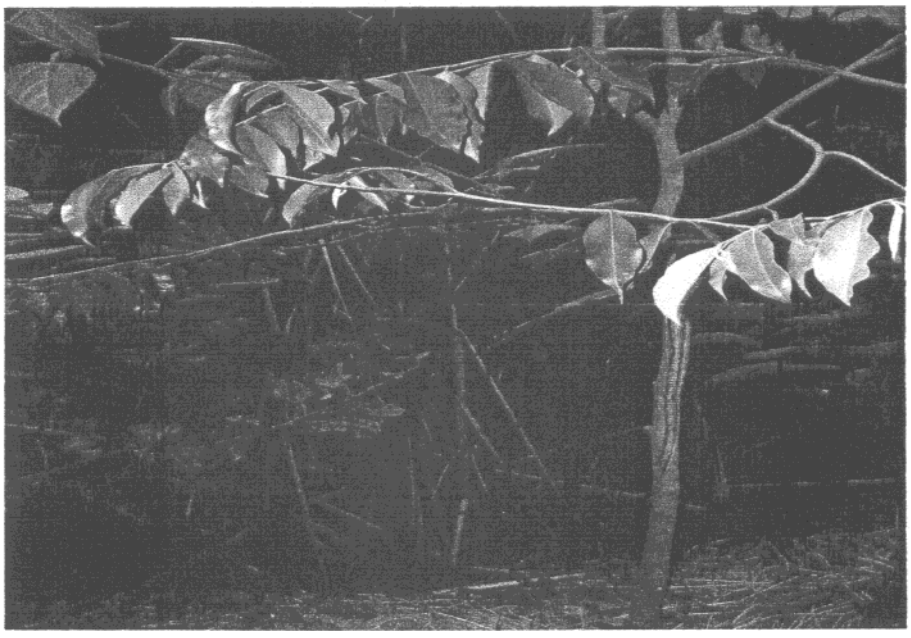


ภาพที่ ง. 2 น้ำพุ 2 (บริเวณหลังครัว)

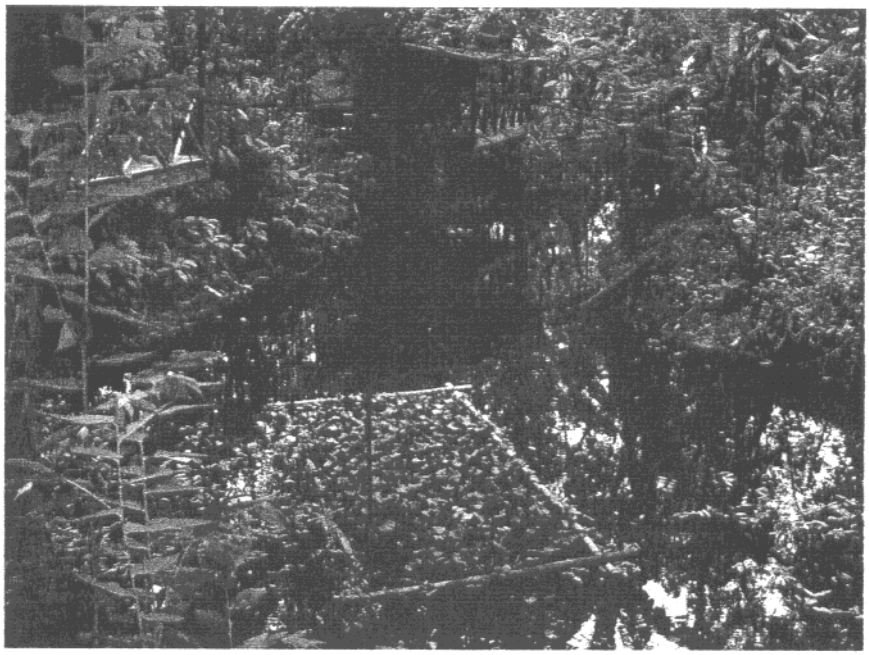
ภาพที่ ง. 3 จุดน้ำตก

ภาพที่ ง. 4 พืชห้าชั้น

ภาพที่ ง. 5 อิฐยกระดับ



ภาพที่ ง. 6 แปลงฐูปฤาษี



ภาพที่ ง. 7 แปลงผักตบชวา

ภาพที่ ง. 8 ฝายชะลอน้ำ

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ. 2548. **ระบบบำบัดน้ำเสีย.** ค้นวันที่ 14 ธันวาคม 2549 จาก http://www.pcd.go.th/Info_serv/water_wt.html

กรมควบคุมมลพิษ และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. 2546. **สรุปเกณฑ์แนะนำการออกแบบระบบรวบรวมน้ำเสียและโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชน.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

กรมประมง. กองประมงน้ำจืด. 2538. **พรรณไม้น้ำในประเทศไทย.** กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. 2545. **ตำราบำบัดมลพิษน้ำ.** กรุงเทพมหานคร: สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2542. **คู่มือกฎหมายสิ่งแวดล้อมสำหรับประชาชน มลพิษทางน้ำ.** กรุงเทพมหานคร: กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

เกษม จันทร์แก้ว และคณะ. 2542. การวิจัยเทคโนโลยีการกำจัดขยะและบำบัดน้ำเสีย. ในเอกสาร**การสัมมนาวิชาการ เรื่อง เทคโนโลยีการกำจัดขยะแบบประหยัดและการบำบัดน้ำเสียด้วยพืช.** 25 – 28 สิงหาคม. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กัณฑรีย์ ศรีพงศ์พันธุ์. 2540. **มลพิษทางน้ำ.** นครปฐม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ . 2542. **การบำบัดน้ำเสีย.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สยามสเตชั่นเนอรี่ซัพพลายส์.

ไกรฤกษ์ ชุนรักษ์พะเนาว์. 2538. **การฟอกตัวเองของน้ำทางแบคทีเรียบริเวณลุ่มน้ำแม่กลองตอนบน อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณิต ไชยาคำ และยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร. 2537. **แนวทางการป้องเพื่อลดผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมจากการพัฒนาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา.**กรุงเทพมหานคร. สถาบันวิจัยเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง.

จงรักษ์ บุญอเนก. 2539. **การบำบัดการศึกษาการบำบัดเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี ในน้ำเสียชุมชน โดยใช้ดินในสภาพน้ำท่วมขังสลับแห้งร่วมกับการปลูกพืช.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จรีรัตน์ สาดราวาหะ. 2540. **การศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำเสียชุมชน โดยการปลูกพืชในสภาพของดินสลับน้ำขังและน้ำแห้ง จากการศึกษาพบว่า น้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรี.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จันทวรรณ วรรธนะพงษ์. 2539. **การบำบัดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพทัสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรีโดยใช้ดินในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิตติมา เชื้อกูล. 2545. **การบำบัดน้ำเสียโดยใช้ต้นพุทธรักษาในพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล.

ฉัตรชัย รัตนไชย. 2539. **การจัดการคุณภาพน้ำ.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัฐพล เอี่ยมอ้น. 2549. **การบำบัดน้ำเสียด้วยน้ำสกัดชีวภาพจากกากส่าเหล้าหมัก: กรณีศึกษา น้ำตัวอย่างจากคลองแสนแสบ.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

ดำรงศักดิ์ พิริยะภัทรกิจ. 2549. **การบำบัดน้ำเสียด้วยน้ำสกัดชีวภาพ: กรณีศึกษาตัวอย่างน้ำเสียในคลองแสนแสบ.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2545. **การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทางชีวภาพ.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

ธนิยา เกาศล. 2545. **การศึกษาประสิทธิภาพของการใช้พืชน้ำร่วมกับระบบบ่อบำบัดน้ำเสียในการบำบัดน้ำเสียชุมชน กรณีศึกษา: น้ำเสียชุมชนจากเทศบาลนครหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.** รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ประเทือง เชาว์วันกลาง. 2534. **คุณภาพน้ำทางการประมง.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

ปราณี พันธุมสินชัย. 2537. **คู่มือการดำเนินงานควบคุมปัญหาน้ำเสียของภาครัฐบาล.** กรุงเทพมหานคร: เรือนแก้วการพิมพ์.

ปราณี พันธุมสินชัย. 2537. **คู่มือการดำเนินงานควบคุมปัญหาน้ำเสียของภาครัฐบาล.** กรุงเทพมหานคร: เรือนแก้วการพิมพ์.

ปิยนุช บุญศิริชัย. 2547. **การศึกษาความเป็นไปได้ของการบำบัดคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยใช้ผักกระเฉด.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

ภาว์สุระ ลิมปิสวัสดิ์. 2545. **ประสิทธิภาพและคุณภาพน้ำใต้ผิวดินในแปลงทดลองบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้หญ้ากรอง บริเวณแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. **การบำบัดน้ำเสีย.** 2549. ค้นวันที่ 10 พฤศจิกายน 2549 จาก www.sut.ac.th/e-texts/Medicine/behs/lesson8/lesson8-2.html - 26k -

มหาวิทยาลัยมหิดล. 2549. **เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสีย .** ค้นวันที่ 14 ธันวาคม 2549 จาก www.il.mahidol.ac.th/course/ecology/chapter3/chapter3_water13.htm - 20k -

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2537. **คู่มือผู้ให้บริการตรวจสอบระบบบำบัดน้ำเสีย.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และไพรพรรณ พรประภา. 2540. **การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่น.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และมั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์. 2547. **เคมีวิทยาของน้ำเสียและน้ำเสีย.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลักษณี คณานิธินันท์. 2539. อ้างถึงใน สุชาดา ปุณณสัมฤทธิ์. 2548. **การบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบผสม.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วิศัลย์ ธรรมประสิทธิ์. 2549. **ประสิทธิภาพของการใช้ผักกระเฉดบำบัดน้ำที่ปนเปื้อนน้ำ** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

วิสาขา ภู่จินดา. 2548. **เทคโนโลยีการจัดการสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพมหานคร: คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

สมร มุตตามระ. 2546. **เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสีย (ขั้นสูง)**. พิมพ์ครั้งที่ 3. ปทุมธานี: ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพ.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2548. **รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ.** 2547. กรุงเทพมหานคร: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

สิรินี ทิพากร. 2527. **การฟอกตัวเองของน้ำทางแบคทีเรียในห้วยแม่ราก บริเวณโครงการหลวงพัฒนาต้นน้ำหน่วยที่** 1 **(ทุ่งจ๊อ) อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์. 2538. **การใช้ดินตะกอนภาคพื้นสมุทรในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช เป็นต้นแบบในการบำบัดน้ำเสียชุมชน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุชาดา ปุณณสัมฤทธิ์. 2548. **การบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบผสม**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สุชาดา ศรีเพ็ญ, จันทนา สุขปรีดา, สมบัติ ชิณะวงศ์, สุมน มาสุธน และสมศักดิ์ เจริญวัย. 2542. การบำบัดน้ำเสียจากชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีในพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมโดยใช้กกกลมและธูปฤาษี. **ในเอกสารการสัมมนาวิชาการ เรื่อง เทคโนโลยีการกำจัดขยะแบบประหยัดและการบำบัดน้ำเสียด้วยพืช**. 25 – 28 สิงหาคม. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุบัณฑิต นิ่มรัตน์. 2548. **จุลชีววิทยาของน้ำเสีย**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรัสวดี บุบผะเรณู . 2542. **การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี และซีโอดีในน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรี โดยวิธีหญ้ากรอง**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรีย์ บุญญานุพงศ์. 2544. **แนวทางการนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนกลับมาใช้ประโยชน์ในประเทศไทย**. เชียงใหม่: สถาบันวิจัยสังคม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อภิชัย เชียร์สิริกุล. 2533. **การบำบัดน้ำเสียจากที่พักอาศัยด้วยบ่อผักตบชวา**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อาภรณ์ ยิ่งยง. 2539. **การบำบัดบีโอดี และซีโอดี ในน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรีโดยใช้ดินในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อารียา ลิมปนานุวัฒน์. 2536. **การใช้ประโยชน์จากผักตบชวาในการบำบัดน้ำเสีย**. ภาคนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวสิริสุดา หนูทิมทอง
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีการศึกษา 2544