



การศึกษาวិธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ในนิคม
อุตสาหกรรมอัญธานี

WASTEWATER MODEL IMPROVEMENT FOR RECYCLING REUSABLE WATER: A CASE
STUDY OF GEMOPOLIS INDUSTRIAL ESTATE

นันท์วัฒน์ เนติจรัสโรจน์

บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียให้สามารถนำกลับมาใช้
ใหม่ในนิคมอุตสาหกรรมอัญธานี



นันท์วัฒน์ เนติจรัสโรจน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและการจัดการทรัพยากร
คณะวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

WASTEWATER MODEL IMPROVEMENT FOR RECYCLING REUSABLE
WATER: A CASE STUDY OF GEMOPOLIS INDUSTRIAL ESTATE



A Thesis Submitted in partial Fulfillment of Requirements
for MASTER OF SCIENCE (Environmental Technology & Resources Management)
Faculty of Environmental Culture and Ecotourism Srinakharinwirot University

2018

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง
การศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ในนิคม
อุตสาหกรรมอัญธานี
ของ
นันทวัฒน์ เนติจรัสโรจน์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและการจัดการทรัพยากร
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญจน์ ศิลป์ประสิทธิ์) (อาจารย์ ดร.สันทนา นาคะพงศ์)

..... ที่ปรึกษาร่วม กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ณภัทร โพธิ์วัน) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทนายท ศรียาภัย)

ชื่อเรื่อง	การศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ในนิคมอุตสาหกรรมอัญธานี
ผู้วิจัย	นันทวัฒน์ เนติจรัสโรจน์
ปริญญา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัญจน์ ศิลป์ประสิทธิ์

การศึกษารูปแบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั้งจากระบบบำบัดน้ำเสียให้นำกลับมาใช้ซ้ำในนิคมอัญธานี จะดำเนินการเก็บตัวอย่างจากระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งจากระบบบำบัดน้ำ ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2560 – พฤษภาคม 2561 พบว่าค่า BOD มีค่าเฉลี่ย 11.17 mg/L และค่า pH มีค่าเฉลี่ย 6.94 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย 31.09 °C ค่า TDS มีค่าเฉลี่ย 722.07 mg/L ค่า Color มีค่าเฉลี่ย 34.64 ADMI ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทั้งจากนิคมอุตสาหกรรมตามประกาศของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พบว่าน้ำทั้งจากระบบบำบัดน้ำเสียสามารถระบายทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะได้ จากนั้นได้นำน้ำทั้งที่ออกจากระบบบำบัดไปทดสอบกระบวนการกรองที่แตกต่างกัน 4 รูปแบบ ได้แก่ (1)กรองด้วย PP แล้วผ่านกรองด้วยคาร์บอนแบบเกล็ดแล้วผ่านกรองด้วย UF (2)กรองด้วย PP แล้วผ่านกรองด้วยคาร์บอนแบบอัดแท่งแล้วผ่านกรองด้วย UF (3)กรองทรายแล้วผ่านกรองด้วยคาร์บอนแบบเกล็ดแล้วผ่านกรองด้วย UF และ (4)กรองทรายแล้วผ่านกรองด้วยคาร์บอนแบบอัดแท่งแล้วผ่านกรองด้วย UF ได้ผลของระบบกรองทั้ง 4 รูปแบบนั้น เมื่อพิจารณาจากค่า BOD, ค่า DO, ค่า Turbidity, ค่า Color พบว่า ไม่ว่าจะผ่านรูปแบบกรองแบบใด ก็ไม่มีค่าความแตกต่างกัน ซึ่งเมื่อพิจารณาภาพรวมทั้งคุณภาพน้ำและปัจจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์แล้วสามารถวิเคราะห์ได้ว่า รูปแบบที่ 3 คือ ระบบ SADN -> GAC -> UF จะเป็นรูปแบบที่ดีที่สุด เนื่องจากวัสดุทรายและคาร์บอนเกล็ดสำหรับการปรับสภาพน้ำ มีราคาที่เหมาะสมตามกระบวนการทางเศรษฐศาสตร์ โดยรูปแบบที่ 3 นี้ยังสามารถนำน้ำทั้งกลับมาใช้ซ้ำในโรงงานอุตสาหกรรมได้

คำสำคัญ : การบำบัดน้ำเสีย, อัลตราฟิลเทรชัน, นิคมอุตสาหกรรม, การกรอง

Title	WASTEWATER MODEL IMPROVEMENT FOR RECYCLING REUSABLE WATER: A CASE STUDY OF GEMOPOLIS INDUSTRIAL ESTATE
Author	NUNTHAWAT NEATIJARADROJ
Degree	MASTER OF SCIENCE
Academic Year	2018
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Kun Silprasit

The study of the waste water quality improvement methods for a wastewater treatment system for water reuse in the Gemopolis Industrial Estate. The samples from the wastewater treatment plant were obtained from the wastewater treatment system. As a result, the effluent quality from wastewater treatment in the Gemopolis Industrial Estate from November 2017 to May 2018, with an average BOD of 11.17 mg/L and pH 6.94, a temperature of 31.09 °C, an average TDS 722.07 mg/L and a color of 34.64 ADMI were in accordance with the acceptable standards of the Ministry of Natural Resources and Environment. As a result, the effluent qualities from the plant was discharged from the Gemopolis into public canal. Then, the processed effluent water was processed using four prototype filtration methods, were as follows: (1) a filter system with PP filters followed by GAC filters and then UF; (2) filter systems with a PP filter followed by a Carbon Block filter and then UF; (3) a filter system with a sand-filter followed by a GAC filter and then UF; (4) filter systems with sand-filters, followed by a Carbon Block filter and then UF. The results of BOD, DO, turbidity and color had very similar results. When considering the overall of water quality and economic factors, it can be argued that third methods sand -> GAC -> UF is the best method because sand and GAC for filtration was reasonably priced according to economic standards. The results of the experiments indicated that the third method produced the best prototype and acceptable quality of water to be reused in the industry.

Keyword : Industrial Estate, Wastewater treatment, Ultrafiltration, Filters



กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้ดำเนินการสำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ รวมทั้งได้ให้ความช่วยเหลืออย่างยิ่ง ทั้งทางด้านวิชาการ และ ด้านการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญจน์ ศิลป์ประสิทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.ณภัทร โพธิ์วัน อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้สละเวลาอันมีค่าให้ความรู้ ให้แนวทางในการจัดทำปริญญานิพนธ์ทุกขั้นตอน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทนายท ศรียาภัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพงษ์ เกริกสกุล และอาจารย์ ดร.วิรงรอง ดวงใจ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำในการปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ จนสมบูรณ์อย่างยิ่ง

อาจารย์ ดร.สันทนา นาคะพงษ์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกจากมหาวิทยาลัยรามคำแหง ซึ่งให้เกียรติมาเป็นประธานคณะกรรมการสอบปากเปล่า ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำในการปรับปรุงปริญญานิพนธ์จนสมบูรณ์ยิ่ง

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤมล แก้วจำปา สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำในการปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ จนสมบูรณ์อย่างยิ่ง

ขอขอบคุณคณะผู้บริหารนิคมอุตสาหกรรมอัญธานี ที่ได้อนุเคราะห์สถานที่ในการเก็บข้อมูลการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณแม่และคุณอัญชลี อภิมาบุญญ์ ผู้สนับสนุนทุนวิจัยและมีส่วนช่วยให้ปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณน้องๆ นิสิตสาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและการจัดการทรัพยากร ทุกท่านที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนให้การช่วยเหลือในการศึกษาจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

นนทวัฒน์ เนติจรัสโรจน์

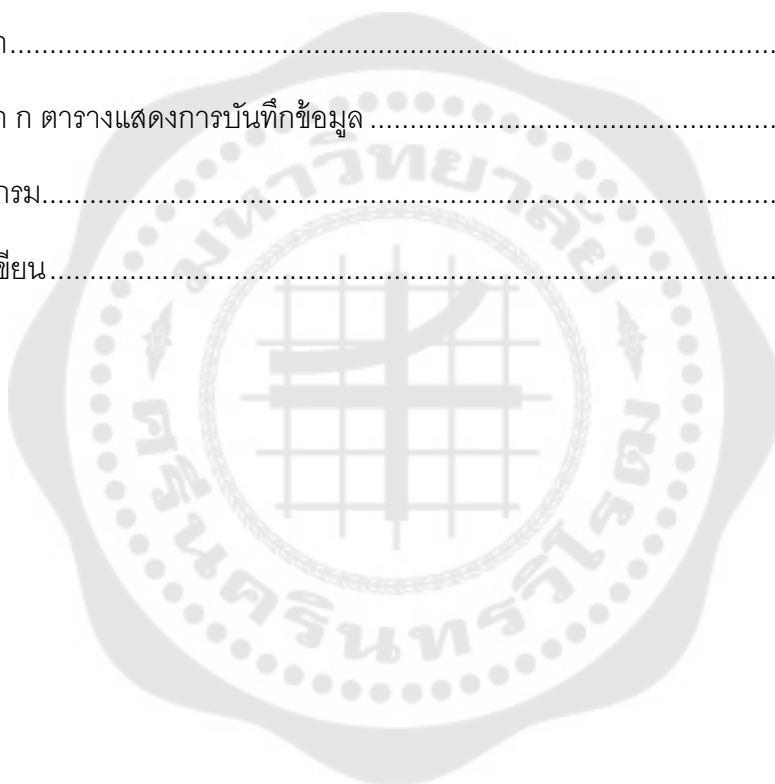
สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ข
สารบัญ.....	ข
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูปภาพ.....	๗
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
ความสำคัญของการวิจัย.....	3
ขอบเขตการวิจัย.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	4
สมมติฐาน.....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำเสียและการจัดการน้ำเสีย.....	6
1.1 ความหมายของน้ำเสีย.....	6
1.2 การจัดการน้ำเสีย.....	7
2. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.....	8
3. ประเภทของการบำบัดน้ำเสีย.....	9

4. ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย สามารถแบ่งได้ตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้.....	10
5.ความสำคัญของระบบบำบัดน้ำเสีย (กรมควบคุมมลพิษ, 2561).....	11
5.1 ระบบบำบัดน้ำเสีย.....	12
6. การนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่	18
6.1 การเอาน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ด้วยระบบการกรอง	19
6.2 ประเภทของเยื่อกรอง (Type of Membrane Filtration)	19
6.3 ไมโครเมมเบรน	21
7. พื้นที่ศึกษา.....	22
ระบบถนนในโครงการ	24
การระบายน้ำฝน	24
การพัฒนาพื้นที่ป้องกันน้ำท่วม.....	24
ระบบน้ำประปา.....	24
ระบบไฟฟ้า.....	24
ระบบบำบัดน้ำเสียของนิคมอุตสาหกรรมอัญธานี.....	25
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	27
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	29
1. พื้นที่ศึกษา.....	29
2. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำทิ้ง	30
2.1 ขอบเขตของตำแหน่งของจุดเก็บตัวอย่างน้ำ จำนวน 5 ตำแหน่ง	30
3. วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ.....	31
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานเก็บตัวอย่างน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสีย	31
3.2 พารามิเตอร์ที่การตรวจวิเคราะห์ดังนี้	31
4. วัสดุและอุปกรณ์ในการวิจัย	33

5. คำจำกัดความ (Definition)	34
6. วิธีการใช้งาน.....	35
6.1 ส่วนประกอบตัวเครื่องวัดค่า	35
6.2 รายละเอียดตัวเครื่อง	37
6.3 การวัด CD / TDS / SALT.....	37
6.4 การวัด DO	37
6.5 การวัด pH.....	38
6.6 การวัดอุณหภูมิ	38
6.7 การเลือกโหมดการใช้งาน	38
7. วิธีการดำเนินการทดลองการนำน้ำทิ้งเพื่อนำกลับไปใช้ใหม่.....	40
7.1 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านกระบวนการกรอง	40
7.2 ขั้นตอนการดำเนินงานเก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านกระบวนการกรอง.....	40
7.3 พารามิเตอร์ในการตรวจวิเคราะห์น้ำที่ผ่านกระบวนการกรอง	41
7.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	42
บทที่ 4 ผลการศึกษา	43
พื้นที่ศึกษา.....	43
1. การวิเคราะห์ค่า BOD	46
2. ค่า pH.....	47
3. ค่า DO (Dissolved Oxygen)	48
4. ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity).....	49
5. ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids: TDS).....	49
6. อุณหภูมิ (Temperature)	50
7. ค่าความขุ่นของน้ำ (Turbidity)	51

8. สีของน้ำ (Color)	52
การเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของน้ำที่กระบวนการกรองทั้ง 4 แบบ.....	52
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย	56
สรุปผลการทดลอง	56
วิจารณ์ผลการทดลอง	57
การใช้ประโยชน์จากน้ำทิ้งโดยการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ด้วยวิธีการกรอง.....	58
ภาคผนวก.....	62
ภาคผนวก ก ตารางแสดงการบันทึกข้อมูล	63
บรรณานุกรม.....	70
ประวัติผู้เขียน.....	73



สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2559)	14
ตาราง 2 คุณลักษณะของมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค (การประปาส่วนภูมิภาค, 2019)	16
ตาราง 3 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย	43
ตาราง 4 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม และเขตประกอบการอุตสาหกรรม	45
ตาราง 5 แสดงค่า BOD ของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดและผ่านการกรองทั้ง 4 แบบ	46
ตาราง 6 ค่า pH ของน้ำออกจากระบบบำบัดและผ่านกระบวนการกรองทั้ง 4 แบบ	47
ตาราง 7 ค่า DO ของน้ำออกจากระบบบำบัดและผ่านกระบวนการกรองทั้ง 4 แบบ	48
ตาราง 8 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำออกจากระบบบำบัดและผ่านกระบวนการกรองทั้ง 4 แบบ	48
ตาราง 9 ค่า TDS ของน้ำออกจากระบบบำบัดและผ่านกระบวนการกรองทั้ง 4 แบบ	49
ตาราง 10 ค่าอุณหภูมิของน้ำออกจากระบบบำบัดและผ่านกระบวนการกรองทั้ง 4 แบบ	50
ตาราง 11 ค่าระดับความขุ่นของน้ำ	50
ตาราง 12 ค่าสีของน้ำที่ออกจากระบบบำบัดและผ่านกระบวนการกรอง 4 แบบ	51
ตาราง 13 แสดงเปรียบเทียบค่าต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยของดัชนีคุณภาพน้ำที่ผ่านกระบวนการกรองทั้ง 4 แบบ	54
ตาราง 14 การหาค่าการกระจายของข้อมูล	55
ตาราง 15 แสดงอัตราค่าใช้จ่ายน้ำประปาที่สามารถประหยัดได้	61
ตาราง 16 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 1 เดือนพฤศจิกายน 2560	63
ตาราง 17 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 2 เดือนพฤศจิกายน 2560	63
ตาราง 18 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 3 เดือนธันวาคม 2560	64

ตาราง 19 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 4 เดือนธันวาคม 2560.....	64
ตาราง 20 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 5 เดือนมกราคม 2561.....	65
ตาราง 21 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 6 เดือนมกราคม 2561.....	65
ตาราง 22 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 7 เดือนกุมภาพันธ์ 2561.....	66
ตาราง 23 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 8 เดือนกุมภาพันธ์ 2561.....	66
ตาราง 24 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 9 เดือนมีนาคม 2561	67
ตาราง 25 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 10 เดือนมีนาคม 2561	67
ตาราง 26 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 11 เดือนเมษายน 2561	68
ตาราง 27 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 12 เดือนเมษายน 2561	68
ตาราง 28 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 13 เดือนพฤษภาคม 2561	69
ตาราง 29 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 14 เดือนพฤษภาคม 2561	69

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 แผนที่แสดงที่ตั้งนิคมอุตสาหกรรมอัญธานี.....	2
ภาพประกอบ 2 แสดงคุณสมบัติของเยื่อกรองประเภทต่าง ๆ	21
ภาพประกอบ 3 แสดงสถานที่ตั้ง นิคมอุตสาหกรรมอัญธานี (GEMOPOLIS).....	23
ภาพประกอบ 4 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียในนิคมอุตสาหกรรมอัญธานี	25
ภาพประกอบ 5 ตำแหน่งของจุดเก็บตัวอย่างน้ำ.....	31
ภาพประกอบ 6 ภาพส่วนประกอบตัวเครื่อง	35
ภาพประกอบ 7 การดำเนินการทดลองการนำน้ำทิ้งผ่านกระบวนการกรองในรูปแบบที่แตกต่าง .	40
ภาพประกอบ 8 ระบบการกรองด้วยวัสดุเส้นใย Polypropylene แล้วผ่านระบบการกรองด้วย คาร์บอนแบบเกล็ด (GAC) แล้วผ่านระบบการกรองด้วยระบบอัลตราฟิลเทรชัน	44
ภาพประกอบ 9 ระบบการกรองด้วยวัสดุเส้นใย Polypropylene แล้วผ่านระบบการกรองด้วย คาร์บอนแบบอัดแท่ง (Carbon Block) แล้วผ่านระบบการกรองด้วยระบบอัลตราฟิลเทรชัน	44
ภาพประกอบ 10 ระบบการกรองทรายแล้วผ่านระบบการกรองด้วยทราย แล้วผ่านคาร์บอนแบบ เกล็ด (GAC) แล้วผ่านระบบการกรองด้วยระบบอัลตราฟิลเทรชัน	44
ภาพประกอบ 11 ระบบการกรองทราย แล้วผ่านระบบการกรองด้วย คาร์บอนแบบอัดแท่ง (Carbon Block) แล้วผ่านระบบการกรองด้วยระบบอัลตราฟิลเทรชัน	45
ภาพประกอบ 12 กราฟแสดงค่าคุณภาพของน้ำที่ออกจากระบบบำบัดและการกรองทั้ง 4 แบบ .	53
ภาพประกอบ 13 กราฟแสดงค่า TDS ของน้ำที่ออกจากระบบบำบัดและการกรองทั้ง 4 แบบ	53
ภาพประกอบ 14 การนำน้ำที่ผ่านกระบวนการกรองไปรดน้ำต้นไม้	59
ภาพประกอบ 15 การนำน้ำที่ผ่านกระบวนการกรองไปล้างเครื่องจักร	60

บทที่ 1

บทนำ

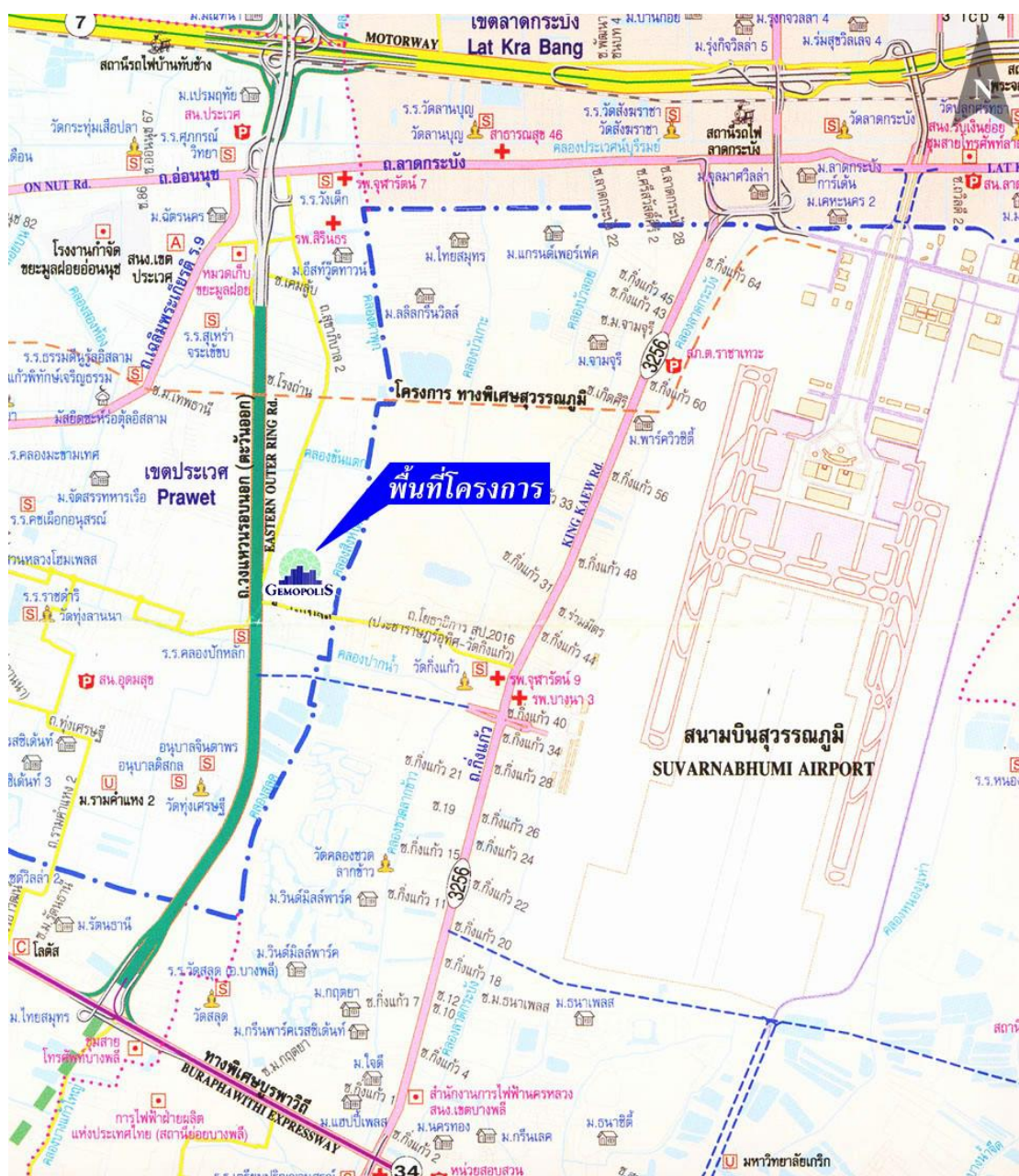
ภูมิหลัง

การขยายตัวและการพัฒนาที่ดำเนินอยู่อย่างต่อเนื่องของอุตสาหกรรมและชุมชนเมืองต่าง ๆ มีความจำเป็นที่จะต้องหาวิธีการในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างถูกต้อง นอกจากนี้ ปัญหาในเชิงคุณภาพของแหล่งน้ำยังมีการปนเปื้อนของสารต่าง ๆ ในปริมาณที่สูง และส่งผลให้แหล่งน้ำเสื่อมโทรมลง อีกทั้งการขยายตัวของชุมชนเมืองและอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ทำให้เกิดการใช้น้ำในปริมาณที่สูงขึ้นและอัตราการเกิดน้ำเสียก็สูงขึ้นเช่นกัน ในปัจจุบันยังขาดการจัดการคุณภาพน้ำทั้งก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ทำให้เกิดปัญหาการทำลายทรัพยากรน้ำและสิ่งแวดล้อม จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาวิธีการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นเหล่านี้ โดยวิธีการดังกล่าวจะต้องมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และมีความยั่งยืน

มลพิษทางน้ำ มีสาเหตุสำคัญมาจากน้ำเสียและน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นน้ำเสียจากขั้นตอนและกระบวนการผลิต แม้ว่าจะมีกฎหมายบังคับให้โรงงานอุตสาหกรรมต้องบำบัดน้ำทิ้งเหล่านี้ก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติก็ตาม แต่ยังมีปัญหาเรื่องคุณภาพน้ำทิ้งที่ส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำธรรมชาติ ทำให้เกิดปัญหาน้ำเสีย นิคมอุตสาหกรรมเป็นพื้นที่หรือแหล่งรวมโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ ไว้ในที่เดียวกัน หน่วยงานที่รับผิดชอบและดูแลการจัดตั้งนิคมอุตสาหกรรม คือ การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (กนอ.) สังกัดกระทรวงอุตสาหกรรม ดำเนินการจัดสรรพื้นที่ สิ่งอำนวยความสะดวกรวมถึงสาธารณูปโภคสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม เข้าไปอยู่รวมกันอย่างเป็นระบบและมีระเบียบ (การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2535) นิคมอุตสาหกรรมที่อยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร มีด้วยกัน 3 แห่ง คือ นิคมอุตสาหกรรมบางชัน นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง และนิคมอุตสาหกรรมอัญธานี การเกิดขึ้นของนิคมอุตสาหกรรมส่งผลให้เกิดการส่งเสริมและพัฒนาอุตสาหกรรม ลดการก่อกมลพิษและเหตุเดือดร้อนรำคาญและ เพื่อพัฒนาสภาพแวดล้อมให้ดีขึ้น

นิคมอุตสาหกรรมอัญธานี (Gemopolis) เป็นนิคมอุตสาหกรรมเฉพาะทาง ที่เป็นแหล่งรวมของโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตอัญมณีและเครื่องประดับเพียงอย่างเดียว ตั้งแต่ต้นน้ำไปยังปลายน้ำ ในกลุ่ม (Cluster) อุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ นิคมฯ นี้มีโรงงานอุตสาหกรรมรวมกว่า 120 บริษัท มีจำนวนพนักงานรวมทั้งสิ้นกว่า 20,000 คน บนเนื้อที่ 148 ไร่ น้ำเสียจากโรงงานในนิคมฯ ส่วนใหญ่มาจากการใช้น้ำในกิจกรรมประจำวันและการชำระล้างทำ

ความสะอาดต่างๆ นำเสียจากกระบวนการผลิตนั้นเกิดขึ้นในบางขั้นตอนของกระบวนการการผลิตเท่านั้น เช่น กระบวนการหล่อ กระบวนการล้างตัวเรือน และกระบวนการชุบเคลือบผิว เป็นต้น



ภาพประกอบ 1 แผนที่แสดงที่ตั้งนิคมอุตสาหกรรมอัญธานี

ที่มา: รายงานการปฏิบัติตามมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการนิคมอุตสาหกรรมอัญธานี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบเร่งตะกอน
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบอัลตราฟิลเตรชันเพื่อการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ได้

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบข้อมูลในด้านประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge Process) ของนิคมอุตสาหกรรมอัญธานี รวมไปถึงแนวทางการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ โดยผ่านกระบวนการอัลตราฟิลเตรชัน (Ultra Filtration Process) ที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกอน ความขุ่น สี และสารอินทรีย์ สามารถกำจัดจุลินทรีย์และแบคทีเรีย ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ และลดการใช้สารเคมี ได้

ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาคุณภาพน้ำ การบริหารจัดการน้ำเสียและวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งของนิคมอุตสาหกรรมอัญธานีให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ โดยใช้พื้นที่ที่ใช้ทำการศึกษาคือ บริเวณระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง ในนิคมอุตสาหกรรมอัญธานี โดยมีระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูล ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2560 ถึง พฤษภาคม 2561

นิยามศัพท์เฉพาะ

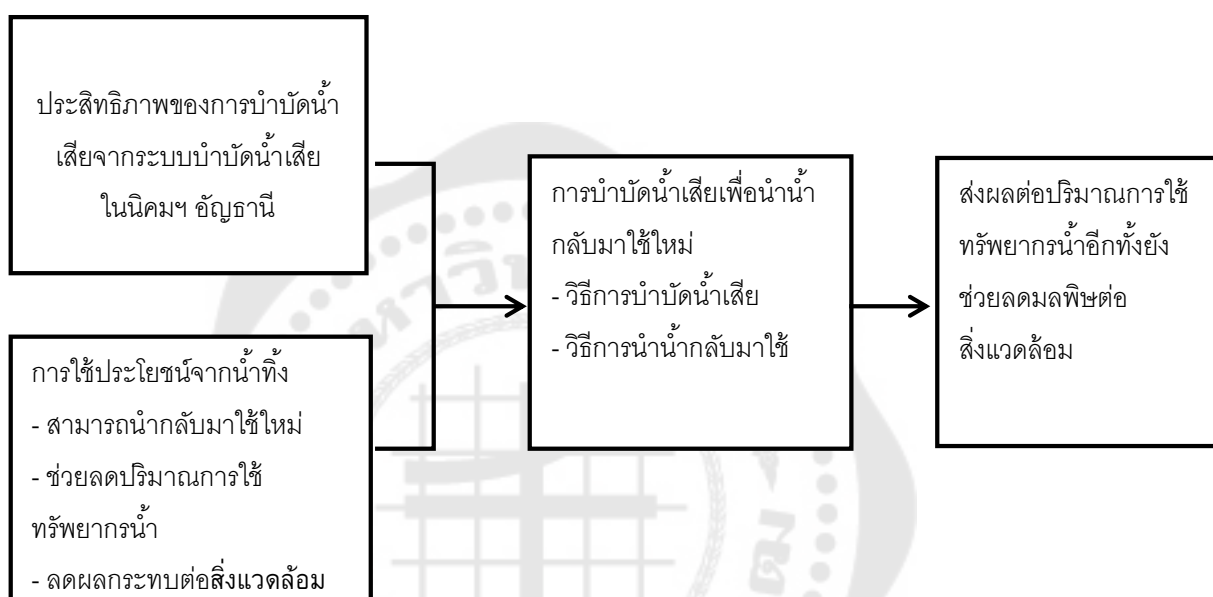
“นิคมอุตสาหกรรม” หมายถึง พื้นที่ ที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมาย ว่าด้วยประกาศการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยซึ่งประกอบด้วยเขตอุตสาหกรรมทั่วไปหรือเขตประกอบการเสรีหรือทั้งสองเขต เป็นแหล่งรวมโรงงานประเภทต่างๆ ไปอยู่รวมกัน

มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2559 ใช้เพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานต่างๆ ตามที่ตรวจวัดได้ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ถูกต้องและเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด

“น้ำทิ้ง” หมายถึง น้ำที่เกิดจากการใช้น้ำในสถานประกอบการ น้ำจากการใช้น้ำของคนงาน หรือน้ำจากกิจกรรมอื่นในโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม หรือเขตประกอบการอุตสาหกรรมที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม

“ระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง” หมายถึง สิ่งอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานของผู้ประกอบกิจการในนิคมอุตสาหกรรมที่ได้จัดให้มีไว้สำหรับบำบัดน้ำเสียจากสถานประกอบกิจการ หรืออาจเกิดจากกิจกรรมอื่นในนิคมอุตสาหกรรม

กรอบแนวคิดในการวิจัย



สมมติฐาน

1. น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียในนิคมอุตสาหกรรมอัญธานีสามารถนำไปผ่านกระบวนการการกรองด้วยระบบอัลตราฟิลเตรชัน แล้วสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้
2. น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียในนิคมอุตสาหกรรมอัญธานีมีความสามารถในการลดมลภาวะหรือปรับปรุงคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำสาธารณะ (คลองสิงโต) ให้ดีขึ้น

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงการบริหารจัดการน้ำเสียของนิคมอุตสาหกรรมอัญธานี
2. ทราบถึงวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้
3. เพื่อประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งให้เกิดประโยชน์ด้วยการนำทรัพยากรน้ำที่มีอยู่กลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์คุ้มค่าสูงสุด โดยคำนึงถึงคุณภาพน้ำทิ้งที่ได้หลังจากการบำบัดแล้ว

4. เพื่อเป็นทางเลือกในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งการใช้น้ำที่เกิดจากการบำบัดแล้วนั้น จะช่วยลดการขาดน้ำใน ชุมชน บ้านเรือน และโรงงานขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ได้อีกด้วย

5. เพื่อลดปริมาณการใช้น้ำลดการใช้ทรัพยากร ทำให้ลดค่าใช้จ่ายที่ต้องสูญเสียไปเนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมต้องซื้อน้ำจากการประปา หรือจากการนิคมอุตสาหกรรมมาผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ส่งผลให้อัตราค่าน้ำลดลง



บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปริญญานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ในนิคมอุตสาหกรรมอัญธานี ได้ทำการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในหัวข้อดังนี้

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำเสียและการจัดการน้ำเสีย
2. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
3. ลักษณะของระบบบำบัดน้ำเสีย
4. ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย
5. ความสำคัญของระบบบำบัดน้ำเสีย
6. การนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่
7. พื้นที่ศึกษา
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำเสียและการจัดการน้ำเสีย

1.1 ความหมายของน้ำเสีย

ในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ได้ให้คำจำกัดความของคำว่า “มลพิษ” “ภาวะมลพิษ” และ “น้ำเสีย” ดังนี้

“มลพิษ” หมายถึง ของเสีย, วัตถุอันตรายและมลสารอื่นๆ รวมทั้งกากตะกอนหรือสิ่งตกค้างจากสิ่งเหล่านั้น ที่ถูกปล่อยทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษ หรือที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพของสิ่งแวดล้อมหรือภาวะที่เป็นพิษภัยอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนได้ และให้หมายความรวมถึง รังสี, ความร้อน, เสียง แสง, กลิ่น ความสั่นสะเทือนหรือเหตุรำคาญอื่นๆ ที่เกิดหรือถูกปล่อยจากแหล่งกำเนิดด้วย

“ภาวะมลพิษ” หมายถึง สภาวะที่สิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงหรือถูกปนเปื้อนโดยมลพิษ ซึ่งทำให้คุณภาพของสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมลง เช่น มลพิษทางน้ำ, มลพิษทางอากาศ มลพิษในดิน

“น้ำเสีย” หมายถึง ของเสีย ที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลว รวมทั้งมลสารที่ปะปน หรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น

ดังนั้น มลพิษทางน้ำ หมายถึง สภาวะน้ำที่เสื่อมคุณภาพ น้ำจะมีคุณสมบัติเปลี่ยนไปจากสภาพธรรมชาติ เนื่องจากมีสารมลพิษเข้าไปปะปนอยู่มาก น้ำในสภาพเช่นนี้ไม่เหมาะต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ไม่เหมาะต่อการบริโภคและอุปโภคของมนุษย์ เช่น น้ำที่มีสีมีกลิ่นเหม็น น้ำที่มีสารเคมีที่เป็นพิษหรือเชื้อโรคปะปนอยู่ รวมทั้งน้ำที่มีอุณหภูมิสูงผิดปกติ (กรมควบคุมมลพิษ, 2561)

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีการปนเปื้อนมากมายจนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่ต้องการและน่ารังเกียจของทุกคนทั่วไปไม่เหมาะสำหรับใช้ประโยชน์ต่อไปอีกหรือถ้าปล่อยลงสู่ลำน้ำธรรมชาติทำให้คุณภาพน้ำของธรรมชาติเสียหายได้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2561)

1.2 การจัดการน้ำเสีย

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการจัดการน้ำเสีย มีดังนี้ (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2561)

1.2.1 น้ำเสียที่เกิดจากการใช้น้ำของชุมชน (Domestic wastewater) เป็นน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมการใช้ชีวิตประจำวัน และการประกอบอาชีพของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชน เช่น น้ำเสียที่เกิดจากชำระล้างสิ่งสกปรกและการประกอบอาหารและทิ้งหลายภายในอาคารประเภทต่าง ๆ

1.2.2 น้ำเสียที่เกิดจากแหล่งอุตสาหกรรม (Industrial wastewater) เป็นน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ การล้างวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การล้างวัสดุอุปกรณ์ และเครื่องจักร ตลอดจนการทำความสะอาด น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจะมีลักษณะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับประเภทของอุตสาหกรรม

1.2.3 น้ำเสียที่เกิดจากเกษตรกรรม (Agriculture wastewater) เป็นน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมทางการเกษตร การเพาะปลูก การเลี้ยงสัตว์ โดยน้ำเสียจากการเพาะปลูกจะมีเศษปุ๋ยเคมีในรูปของสารฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ไนโตรเจนและยากำจัดศัตรูพืชรวมทั้งยากำจัดวัชพืชในปริมาณสูง ส่วนน้ำเสียที่เกิดจากการเลี้ยงสัตว์ จะพบสิ่งปนเปื้อนในรูปของสารอินทรีย์เป็นส่วนมาก

1.2.4 น้ำเสียที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ (Mine wastewater) ที่เกิดจากการสลายตัวของซากพืช ซากสัตว์และสิ่งปฏิกูลของสัตว์ในรูปของสารอินทรีย์ เมื่อไหลลงสู่แหล่งน้ำจะสลายตัวโดยการแปรสภาพของจุลินทรีย์ ทำให้ปริมาณออกซิเจนของแหล่งน้ำนั้นๆ ลดลง เป็นผลให้เกิดปัญหาน้ำเสียตามมา

2. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

2.1 อุณหภูมิ (Temperature) ของน้ำทิ้งที่ปล่อยลงสู่แม่น้ำมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำทั้งทางอ้อมและทางตรง โดยที่สิ่งมีชีวิตในน้ำอาจถึงตายได้ในกรณีที่อุณหภูมิของน้ำทิ้งสูงเกินไปและยังมีผลให้การละลายของออกซิเจนในน้ำลดลงอีกด้วย ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ยอมให้อุณหภูมิของน้ำที่ปล่อยลงสู่ลำน้ำสาธารณะได้ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส (ธงชัย พรรณสวัสดิ์ & วิบูลย์ลักษณ์ วิสุมิศักดิ์, 2540)

2.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เป็นค่าแสดงปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน $[H^+]$ ในน้ำสามารถคำนวณได้จากสูตร

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

เมื่อ $[H^+]$ = ความเข้มข้นของ H^+ มีหน่วยเป็นโมล/ลูกบาศก์เซนติเมตร

ค่าความเป็นกรด-ด่าง แสดงถึงความเป็นกรดหรือด่างของน้ำเสีย น้ำเสียที่มีคุณสมบัติเป็นกรดจะมีค่า pH น้อยกว่า 7 เป็นด่างจะมีค่า pH มากกว่า 7 และเป็นกลางจะมีค่า pH เท่ากับ 7 (ธงชัย พรรณสวัสดิ์ & วิบูลย์ลักษณ์ วิสุมิศักดิ์, 2540)

2.3 ค่า DO (Dissolved oxygen) เป็นค่าที่แสดงปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำ เป็นลักษณะที่จะบอกให้ทราบว่าน้ำนั้นมีคุณสมบัติหรือความเหมาะสมเพียงใดต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ และใช้เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพของน้ำการหาค่าออกซิเจนละลายในน้ำสามารถทำการวิเคราะห์ได้หลายวิธี เช่น การวัดโดยใช้เครื่องดีไอมิเตอร์ (DO meter) หรือออกซิเจนมิเตอร์ (oxygen meter) ซึ่งเหมาะสำหรับใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนในน้ำที่สกปรก เช่น น้ำทิ้ง น้ำในแม่น้ำลำคลอง

2.4 ค่า BOD (Biochemical oxygen demand) เป็นปริมาณของออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ที่อุณหภูมิ 20°C ค่า BOD มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร ค่า BOD เป็นค่าที่ใช้บอกถึงผลกระทบของน้ำเสียที่มีต่อปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำโดยการทดสอบในห้องปฏิบัติการ เป็นวิธีที่ใช้ประเมินความสกปรกของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม วิธีการตรวจวัดค่า BOD สามารถทำได้หลายวิธีซึ่งแต่ละวิธีจะประกอบด้วยหลายขั้นตอนตั้งแต่การเตรียมน้ำสำหรับการเจือจาง วิธีการเจือจาง เพื่อเปรียบเทียบให้ทราบว่าค่าบีโอดีที่หาได้มีความเชื่อถือได้แค่ไหน

2.5 ค่า COD (Chemical oxygen demand) เป็นการหาปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการเพื่อใช้ในการออกซิเดชันสารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ค่า COD สูงกว่าค่า BOD และสูงมากเมื่อมีสารอินทรีย์ที่ยากต่อการย่อยสลายทางชีววิทยา ค่า COD ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะการควบคุมระบบบำบัด เนื่องจากการวิเคราะห์ซีโอดี ใช้เวลาสั้นสามารถนำมาปรับปรุงกระบวนการได้ในระยะเวลาอันสั้น

2.6 ค่า SS (Suspended solids) เป็นค่าของแข็งแขวนลอย หรือเป็นสารแขวนลอยในของเหลวหรือในน้ำซึ่งมีประโยชน์สำหรับการวิเคราะห์น้ำเสีย และเป็นค่าหนึ่งที่บ่งถึงความสกปรกในน้ำเสียตลอดจนบ่งถึงประสิทธิภาพของขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียต่างๆ การหาค่าของแข็งแขวนลอยจึงมีความสำคัญเท่ากับค่า BOD ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้วิธีตรวจวัดค่าของแข็งแขวนลอยด้วยวิธีการกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้วมาตรฐาน

2.7 ค่า TDS (Total dissolved solids) คือ ปริมาณของแข็งที่ละลายเจือปนในน้ำ ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า มีหน่วยวัดเป็น มิลลิกรัม/ลิตร (mg/L ซึ่งเทียบเท่ากับหน่วย ppm) หากพบว่าในน้ำมีค่า TDS มาก แสดงว่าในน้ำนั้นมีสารละลายแปลกปลอมมาก ค่า TDS จะเป็นตัวบ่งบอกถึง ค่าความกระด้างของน้ำได้ เนื่องจากค่าความกระด้างของน้ำ เป็นสาเหตุของการก่อตัวของหินปูนในท่อ หรือตามวาล์วต่างๆ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้วิธีตรวจวัดค่า TDS ด้วย เครื่องวัดค่า TDS (TDS meter)

2.8 ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) เป็นวิธีวัดความสามารถของน้ำในการส่งผ่านกระแสไฟฟ้าซึ่งเกิดจากสารประกอบอนินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำ เช่น แอนไอออนของคลอไรด์ไนเตรต ซัลเฟต และฟอสเฟต (แอนไอออนคือไอออนที่มีประจุลบ) หรือ แคทไอออนของโซเดียม แมกนีเซียม เหล็ก และอะลูมิเนียม (แคทไอออนคือไอออนที่มีประจุบวก) หากน้ำทิ้งที่ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำมีสารประกอบเหล่านี้เจือปนอยู่อาจส่งผลต่อค่าการนำไฟฟ้าทั้งนี้ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของน้ำทิ้งนั้น

3. ประเภทของการบำบัดน้ำเสีย

ประเภทของการบำบัดน้ำเสียสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท

3.1 การบำบัดทางกายภาพ (Physical Treatment) เป็นวิธีการแยกสิ่งปนเปื้อนออกจากแหล่งน้ำ เช่น ของแข็งขนาดใหญ่ กระดาษ พลาสติก เศษอาหาร กววด ทราาย ไขมันและน้ำมัน โดยใช้อุปกรณ์ประเภท ตะแกรงดัักขยะ ถังดัักกววดทราาย ถังดัักตะกอน ถังดัักไขมันและน้ำมัน ซึ่งเป็นการลดปริมาณของแข็งที่มีในน้ำเสีย

3.2 การบำบัดทางเคมี (Chemical Treatment) เป็นการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางเคมีเพื่อทำปฏิกิริยากับสิ่งเจือปนในน้ำเสีย วิธีการนี้จะใช้สำหรับน้ำเสียที่มีส่วนประกอบอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่สูงหรือต่ำเกินไป มีสารพิษ มีโลหะหนัก มีของแข็งแขวนลอยที่ตกตะกอนยาก มีไขมันที่ละลายน้ำ มีไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสที่สูงเกินไป อุปกรณ์ที่ใช้ในการบำบัดด้วยวิธีการทางเคมี ได้แก่ ถังกวนเร็ว ถังกวนช้า ถังตะกอน ถังกรอง และถังฆ่าเชื้อโรค

3.3 การบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ (Biological Treatment) เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียซึ่งอาศัยจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradable organic compound) โดยจุลินทรีย์ใช้สารอินทรีย์เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการเจริญเติบโต การดำรงชีวิตและการสังเคราะห์เซลล์ใหม่และได้ผลเป็น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และสารตกค้างซึ่งไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ กระบวนการบำบัดทางชีวภาพ สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทตามชนิดของจุลินทรีย์ที่สำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ได้แก่ การบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic wastewater treatment) เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยจุลินทรีย์กลุ่มที่ต้องอาศัยออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen) หรือ ออกซิเจนอิสระ ในการย่อยสลายสารอินทรีย์และการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic wastewater treatment) เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียในสภาวะไร้ออกซิเจน โดยจุลินทรีย์จะอาศัยสารประกอบอินเป็นตัวรับอิเล็กตรอนแทนออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen) หรือออกซิเจนอิสระ การบำบัดทางชีวภาพ (Biological Treatment) เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้จุลินทรีย์ในการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสียโดยเฉพาะสารคาร์บอน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยความสกปรกเหล่านี้จะถูกใช้เป็นอาหารและเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ในถังเลี้ยงเชื้อเพื่อการเจริญเติบโตทำให้น้ำเสียมีความสกปรกน้อยลง (กรมควบคุมมลพิษ, 2535)

4. ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย สามารถแบ่งได้ตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

4.1 การบำบัดเบื้องต้น (Primary Treatment) เพื่อแยกทราย กรวด และของแข็งขนาดใหญ่ออกจากน้ำเสีย อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย ตะแกรงหยาบ ตะแกรงละเอียด ถังดักกรวดทราย ถังตกตะกอนเบื้องต้น และบ่อดักไขมัน การบำบัดน้ำเสียขั้นนี้สามารถกำจัดของแข็งแขวนลอยได้ร้อยละ 50-70 และกำจัดสารอินทรีย์ได้

4.2 การบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment) เป็นการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดเบื้องต้นมาแล้วแต่ยังคงมีของแข็งแขวนลอยขนาดเล็ก สารอินทรีย์ที่ละลาย และไม่ละลายในน้ำเสียเหลือค้างอยู่โดยทั่วไป การบำบัดขั้นที่สองจะอาศัยหลักการเลี้ยงจุลินทรีย์ในระบบภายใต้สภาวะที่สามารถควบคุมได้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ได้รวดเร็วกว่าที่เกิดขึ้น

ตามธรรมชาติ และแยกตะกอนจุลินทรีย์ออกจากน้ำทิ้งโดยใช้ถังตกตะกอนทำให้น้ำทิ้งมีคุณภาพดีขึ้น จากนั้นจึงผ่านน้ำเข้าสู่ระบบฆ่าเชื้อโรคเพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคปนเปื้อน ก่อนที่จะระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติหรือนำกลับมาใช้ประโยชน์ การบำบัดน้ำเสียในขั้นนี้สามารถกำจัดของแข็งแขวนลอย และสารอินทรีย์ได้

4.3 การบำบัดขั้นสูง (Advance Treatment) เป็นการกำจัดสี สารแขวนลอยที่ตกตะกอนยาก ซึ่งยังไม่ได้ถูกกำจัดโดยกระบวนการขั้นที่สอง เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดียิ่งขึ้นเพียงพอที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ได้ นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันการเติบโตผิดปกติของสาหร่ายที่เป็นสาเหตุทำให้น้ำเน่า แก่ปัญหาของแหล่งน้ำอันเนื่องมาสี และการแก้ไขปัญหาอื่นๆ ที่ระบบบำบัดขั้นที่สองไม่สามารถกำจัดได้

5.ความสำคัญของระบบบำบัดน้ำเสีย (กรมควบคุมมลพิษ, 2561)

โรงบำบัดน้ำเสียเป็นสถานที่รวบรวมน้ำเสียจากบ้านเรือน แหล่งพาณิชยกรรม และอุตสาหกรรมเข้าสู่กระบวนการบำบัดแบบต่าง ๆ เพื่อกำจัดมลสารที่อยู่ในน้ำเสียให้มีคุณภาพดีขึ้น และไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อแม่น้ำ ลำคลอง แหล่งน้ำธรรมชาติหรือสิ่งแวดล้อมโดยรอบ น้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดแล้วจะถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หรือบางส่วนยังนำกลับมาใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตร อุตสาหกรรม แม้ว่าน้ำจะเป็นแหล่งทรัพยากรที่มีการใช้ซ้ำหลายครั้ง และมีกระบวนการทำให้สะอาดโดยตัวมันเอง (Self-Purification) แต่กระบวนการนี้ก็มีขีดความสามารถจำกัดในแต่ละแหล่งน้ำ ดังนั้น การบำบัดน้ำเสียจึงเป็นกลไกสำคัญอันหนึ่งที่จะช่วยลดภาระของแหล่งน้ำและช่วยป้องกันไม่ให้อาการมลพิษปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำดิบในการผลิตน้ำประปา

การกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่มากับน้ำเสียหรือนำมาบำบัดสภาพให้สะอาดจนมีของเสียเหลือน้อยมากเท่าที่เทคโนโลยีจะอำนวยความสะดวก เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วเมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำจะไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม (สุรพล วิทศไพบุลย์, 2543)

การบำบัดน้ำเสีย หมายถึง การดำเนินการเปลี่ยนสภาพขององค์ประกอบในน้ำเสียจากแหล่งชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมหรือดีขึ้นก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือนำน้ำนั้นไปใช้ประโยชน์อีก (วีระ ตั้งชวาล, 2545)

5.1 ระบบบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสียแบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือ

5.1.1 ระบบบำบัดแบบบ่อตาก (Oxidation Ponds)

เป็นบ่อคอนกรีตหรือบ่อดินธรรมดาหรือบ่อที่ผลิตจากวัสดุอื่นที่กันการรั่วซึมได้ การบำบัดเป็นแบบต่อเนื่องคือน้ำทิ้งจะไหลเข้าและออกจากบ่อบำบัดตลอดเวลาในระหว่างที่น้ำทิ้งอยู่ในบ่อบำบัด แบคทีเรียจะทำลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งด้วยปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic) แบคทีเรียที่ใช้ในการนี้ได้มาจากการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) ของสาหร่าย (Algae) เนื่องจากอัตราการเพิ่มออกซิเจนค่อนข้างต่ำ การเจริญเติบโตของแบคทีเรียจึงถูกจำกัดด้วยปริมาณออกซิเจน อัตราเร็วของปฏิกิริยาการทำลายสารอินทรีย์จึงค่อนข้างช้า ระบบบำบัดแบบบ่อตาก (Oxidation ponds) จึงต้องใช้บ่อที่มีขนาดใหญ่กินเนื้อที่มาก เนื่องจากประสิทธิภาพของระบบบำบัดแบบบ่อตาก (Oxidation ponds) ขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนที่จะได้จากการสังเคราะห์แสง ระบบบำบัดน้ำจึงใช้ได้ผลดีในบริเวณที่มีแสงแดดมาก เช่น ในประเทศไทย (สนอง ทองปาน, 2550)

5.1.2 ระบบบำบัดแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoons)

เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยการเติมออกซิเจนจากเครื่องเติมอากาศ (Aerator) ที่ติดกับทุ่นลอยหรือยึดติดกับแท่นก็ได้ เพื่อเติมออกซิเจนในน้ำให้มีปริมาณเพียงพอสำหรับจุลินทรีย์สามารถนำไปย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำได้เร็วขึ้นกว่าการปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศสามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถลดปริมาณความสกปรกของน้ำเสียในรูปของค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD) ได้ร้อยละ 80-95% โดยอาศัยหลักการทำงานของจุลินทรีย์ภายใต้ภาวะที่มีออกซิเจน (Aerobic) โดยมีเครื่องเติมอากาศ ซึ่งนอกจากจะทำหน้าที่เพิ่มออกซิเจนในน้ำแล้วยังทำให้เกิดการกวนผสมในบ่อด้วย ทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างทั่วถึงภายในบ่อ (กรมควบคุมมลพิษ, 2535)

5.1.3 ระบบบำบัดน้ำเสียระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge Process)

เป็นวิธีบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา โดยใช้แบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เป็นตัวหลักในการย่อยสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ระบบตะกอนเร่งหรือระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย สามารถบำบัดได้ทั้งน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม แต่การเดินระบบประเภทนี้จะมีความยุ่งยากซับซ้อนเนื่องจากจำเป็นจะต้องมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมและลักษณะทางกายภาพให้เหมาะสมแก่การทำงานและการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดใน

ปัจจุบัน ระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge Process) มีการพัฒนาใช้งานหลายรูปแบบ เช่น ระบบแบบกวนผสมบูรณ์ (Completely Mix) กระบวนการปรับเสถียรสัมผัส (Contact Stabilization Process) ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor) หรือระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) เป็นต้น (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ, 2545) หลักการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งหรือระบบแบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge Process) โดยทั่วไปจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ถังเติมอากาศ (Aeration Tank) และถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) โดยน้ำเสียจะถูกส่งเข้าส่วนของถังเติมอากาศ ซึ่งมีตะกอน (Sludge) อยู่เป็นจำนวนมากตามที่ย่อยสลายแล้ว สภาวะภายในถังเติมอากาศจะมีสภาพที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แบบแอโรบิก (Aerobic Bacteria) จุลินทรีย์เหล่านี้จะย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้อยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำในที่สุด น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลต่อไปยังถังตกตะกอนเพื่อแยกตะกอน (Sludge) ออกจากน้ำใส ตะกอนที่แยกตัวอยู่ที่ก้นถังตกตะกอนส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับเข้าไปในถังเติมอากาศใหม่เพื่อรักษาความเข้มข้นของตะกอนในถังเติมอากาศให้ได้ตามที่กำหนด และอีกส่วนหนึ่งจะเป็นตะกอนส่วนเกิน (Excess Sludge) ที่ต้องนำไปกำจัดต่อไป สำหรับน้ำใสส่วนบนจะเป็นน้ำทิ้งที่สามารถระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้

คุณภาพของน้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัดจะเป็นตัวบ่งชี้ว่าควรเลือกขั้นตอนและชนิดของการบำบัดด้วยวิธีใด ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำเสียที่บำบัดแล้ว (น้ำทิ้ง) ที่กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอนุญาตให้ปล่อยสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ดังนั้น กระบวนการบำบัดน้ำเสียเพียงกระบวนการเดียวอาจไม่เพียงพอที่จะทำให้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามที่กำหนดไว้ โดยคุณลักษณะของน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วเมื่อพิจารณาพารามิเตอร์หลัก สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 1 ดังนี้

ตาราง 1 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2559)

ลำดับ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน
1	ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH value)	5.5-9.0
2	ค่า TDS หรือ Total Dissolved Solids	ไม่เกิน 3,000 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่ง รองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ที่คณะกรรมการ การควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 5,000 มก./ล. น้ำทิ้งที่จะระบายลงแหล่งน้ำกร่อยที่มีค่าความเค็ม (Salinity) เกิน 2,000 มก./ล. หรือลงสู่ทะเลค่าที่ดีเอสในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่า ที่ดีเอส ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือน้ำทะเลได้ไม่เกิน 5,000 มก./ล.
3	สารแขวนลอย (Suspended Solids : SS)	ไม่เกิน 50 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่ง รองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภท ของระบบบำบัดน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษ เห็นสมควรแต่ไม่เกิน 150 มก./ล.
4	อุณหภูมิ (Temperature)	ไม่เกิน 40°C
5	สีหรือกลิ่น	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
6	ซัลไฟด์ (Sulfide as H ₂ S)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
7	ไซยาไนด์ (Cyanide)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.
8	น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่ง รองรับน้ำทิ้ง หรือ ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่ คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 15 มก./ล.
9	ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
10	สารประกอบฟีนอล (Phenols)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
11	คลอรีนอิสระ (Free Chlorine)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
12	สารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัด ศัตรูพืชหรือสัตว์ (Pesticide)	ต้องตรวจไม่พบตามวิธีตรวจสอบที่กำหนด

ตาราง 1 (ต่อ)

ลำดับ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน
13	ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD)	ไม่เกิน 20 มก./ล. หรือแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 60 มก./ล.
14	ค่าทีเคเอ็น (TKN) (Total Kjeldahl Nitrogen)	ไม่เกิน 100 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษ เห็นสมควร แต่ไม่เกิน 200 มก./ล.
15	ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD)	ไม่เกิน 120 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษ เห็นสมควร แต่ไม่เกิน 400 มก./ล.
16	สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.
17	โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Hexavalent Chromium)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.
18	โครเมียมชนิดไตรวาเลนต์ (Trivalent Chromium)	ไม่เกิน 0.75 มก./ล.
19	ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 2.0 มก./ล.
20	แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.03 มก./ล.
21	แบเรียม (Ba)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
22	ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.
23	นิกเกิล (Ni)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
24	แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.
25	อาร์เซนิก (As)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.
26	เซลีนียม (Se)	ไม่เกิน 0.02 มก./ล.
27	ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.005 มก./ล.

ตาราง 2 คุณลักษณะของมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค (การประปาส่วนภูมิภาค, 2019)

ลำดับ	รายการ (Parameter)	หน่วย (Units)	ค่ามาตรฐาน คุณภาพน้ำประปา
1	คุณลักษณะทางกายภาพ		
	สีปรากฏ (Apperance colour)	Pt-Co Unit	15
	รสและกลิ่น(Taste and odour)	-	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ
	ความขุ่น (Turbidity)	NTU	4
	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	6.5 - 8.5
2	คุณลักษณะทางเคมี		
	ปริมาณสารที่ละลายทั้งหมด (Total dissolved solids)	mg/l	600
	เหล็ก (Iron)	mg/l	0.3
	แมงกานีส(Manganese)	mg/l	0.3
	ทองแดง (Copper)	mg/l	2.0
	สังกะสี (Zinc)	mg/l	3.0
	ความกระด้างทั้งหมด (Total hardness as CaCO ₃)	mg/l	300
	ซัลเฟต(Sulfate)	mg/l	250
	คลอไรด์(Chloride)	mg/l	250
	ฟลูออไรด์ (Fluoride)	mg/l	0.7
	ไนเตรทในรูปไนเตรท (Nitrate as NO ₃)	mg/l	50
	ไนไตรท์ในรูปไนไตรท์ (Nitrite as NO ₂)	mg/l	3
3	คุณลักษณะทางจุลชีววิทยา		
	โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (Total Coliform bacteria)	ต่อ100ml	ไม่พบ
	อีโคไล (E.coli)	ต่อ100ml	ไม่พบ
	สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส	ต่อ100ml	ไม่พบ
	แซลโมเนลลา (Salmonellaspp.)	ต่อ100ml	ไม่พบ
	คลอสทริเดียมเพอร์ฟริงเจนส์	ต่อ100ml	ไม่พบ

ตาราง 2 (ต่อ)

ลำดับ	รายการ (Parameter)	หน่วย (Units)	ค่ามาตรฐาน คุณภาพน้ำประปา
4	สารเป็นพิษ		
	ปรอท (Inorganic mercury)	mg/l	0.001
	ตะกั่ว (Lead)	mg/l	0.01
	สารหนู (Arsenic)	mg/l	0.01
	ซีลีเนียม (Selenium)	mg/l	0.01
	โครเมียม (Chromium)	mg/l	0.05
	แคดเมียม (Cadmium)	mg/l	0.003
	แบเรียม (Barium)	mg/l	0.7
	ไซยาไนด์ (Cyanide)	mg/l	0.07
5	สารเคมีที่ใช้ป้องกันและกำจัดศัตรูพืช		
	อัลดรินและดิลดริน (Aldrin and dieldrin)	µg/l	0.03
	คลอเดน (Chlordane)	µg/l	0.2
	ดีดีที (DDT)	µg/l	1
	เฮปตาคลอและเฮปตาคลออีพอกไซด์ (Heptachlor and heptachlor epoxide)	µg/l	0.03
	เฮกซะคลอโรเบนซีน (Hexachlorobenzene)	µg/l	1
	ลินเดน (Lindane)	µg/l	2
	เมททอกซีคลอร์ (Methoxychlor)	µg/l	20
6	ไตรฮาโลมีเทน		
	คลอโรฟอร์ม (Chloroform)	µg/l	300
	โบรมोไดคลอโรมีเทน (Bromodichloromethane)	µg/l	60
	ไดโบรมอคลอโรมีเทน (Dibromochloromethane)	µg/l	100
	โบรมอฟอร์ม (Bromoform)	µg/l	100

ตาราง 2 (ต่อ)

ลำดับ	รายการ (Parameter)	หน่วย (Units)	ค่ามาตรฐาน คุณภาพน้ำประปา
7	สารกัมมันตภาพรังสี		
	ความแรงรวมรังสีแอลฟา (Gross alpha activity)	Bq/l	0.5
	ความแรงรวมรังสีเบต้า (Gross beta activity)	Bq/l	1

6. การนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่

กระบวนการบำบัดทางชีวภาพและกระบวนการบำบัดทางเคมี ไม่สามารถบำบัดสิ่งปนเปื้อนออกได้หมด จึงมีความจำเป็นที่จะต้องนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เพื่อให้ น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วสามารถปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมหรือนำกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยกระบวนการทำน้ำให้สะอาด หรือนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งในการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำ และหลายอุตสาหกรรมเริ่มให้ความสนใจในการที่จะหาวิธีและกระบวนการต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ไขปัญหา ดังกล่าว เพื่อให้ น้ำที่ผลิตได้สามารถนำมาใช้เพื่อการอุปโภคและบริโภค ตลอดจนการนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรมได้ กระบวนการที่ถูกนำมาประยุกต์ในการนำน้ำกลับมาใช้ เพื่อแยกองค์ประกอบหรือสารแขวนลอยให้อยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม (Fractionation) และการทำให้บริสุทธิ์ (Purification) มีหลายกระบวนการ เช่น การระเหย (Evaporation) การตกตะกอน (Sedimentation) การหมุนเหวี่ยง (Centrifugation) การกรองแบบดั้งเดิม (Conventional Filtration) และกระบวนการเมมเบรน (Membrane Process) เป็นต้น การเลือกใช้กรรมวิธีการแยกวิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น คุณสมบัติของวัตถุดิบ ความเป็นไปได้ทางเทคนิค ชนิด และคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (รัตนจิระรัตนานนท์, 2553) วิธีการทั่วไปในการเอาน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ ได้แก่ การกรองด้วยสารกรองหลายชั้นใน ข้างต้น

6.1 การเอาน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ด้วยระบบการกรอง

6.1.1 การกรองผ่านถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) ถ่านกัมมันต์เป็นถ่านที่สังเคราะห์ขึ้น โดยทั่วไปเป็นวัสดุที่ประกอบด้วย คาร์บอน ที่ได้จาก ถ่าน มีความสามารถในการดูดซับ กำจัดสี กลิ่น รส ซึ่งเกิดจากสาร อินทรีย์ เช่น กรดฮิวมิก และ กรดฟุลวิก (Fulvic Acid) และช่วยในการกำจัดคลอรีนในน้ำ บางครั้งจำเป็นต้องเติมคลอรีนจำนวนมาก เพื่อให้ได้ผลอย่างรวดเร็วเฉียบพลันในการฆ่าเชื้อโรคจึงทำให้คลอรีนตกค้างในน้ำมากเกินไป กรณีนี้แก้ไขได้โดยปล่อยให้ น้ำไหลผ่านชั้นถ่านกัมมันต์ การสังเคราะห์คาร์บอนชนิดนี้ กระทำได้โดยไล่ความชื้นออกจากวัตถุดิบ เสียก่อน จากนั้นจึงเผาวัตถุดิบที่แห้งให้เป็นถ่าน ที่อุณหภูมิประมาณ 400-600°C คาร์บอนที่ได้อาจมีอายุติดตัวต่ำ เนื่องจากโพรงภายในคาร์บอน ยังมีน้ำมันดิน (TAR) อุดตันอยู่ คาร์บอนนี้จึงต้องเผาต่อไปที่อุณหภูมิประมาณ 750-950 °C ภายใต้อากาศที่แห้งเพื่อไล่ น้ำมันดิน (TAR) ออกให้หมด จึงจะได้ถ่านกัมมันต์ (Activated carbon)

6.1.2 การกรองผ่านเยื่อกรอง (Membrane Filtration) เป็นกระบวนการที่ใช้เยื่อกรอง กระบวนการนี้ได้พัฒนาขึ้นตามลำดับ สำหรับประเทศไทยในปัจจุบันยังมีการประยุกต์ใช้กระบวนการเยื่อกรองไม่มากนัก ส่วนมากเป็นกระบวนการออสโมซิสผันกลับ (Reverse Osmosis) ในการผลิตน้ำสะอาดจากน้ำบาดาลเพื่อใช้ในภาคอุตสาหกรรม เช่น สำหรับหม้อไอน้ำ และในกระบวนการผลิตบางอย่างที่ต้องใช้น้ำที่มีความสะอาดสูง และเริ่มมีการใช้งานสำหรับกระบวนการบำบัดน้ำทิ้งตลอดจนมีการใช้กระบวนการบำบัดควบคู่กับเยื่อกรองอัลตราฟิลเตรชัน (Ultrafiltration Membrane) และเยื่อกรองไมโครฟิลเตรชัน (Microfiltration Membrane) (รัตนจิระรัตนานนท์, 2543) ในอนาคตกระบวนการกรองผ่านเยื่อกรองจะมีบทบาทที่สำคัญในด้านสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น เพราะนอกจากจะสามารถใช้บำบัดน้ำเสียเพื่อลดมลพิษแล้ว ยังมีศักยภาพสำหรับการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ซึ่งเป็นสิ่งที่น่าสนใจ

6.2 ประเภทของเยื่อกรอง (Type of Membrane Filtration)

ในการประยุกต์ใช้วิธีการกรองสำหรับแยกอนุภาคนั้น จะต้องเลือกใช้เยื่อกรองให้เหมาะสมและตรงตามคุณสมบัติของเยื่อกรองประเภทต่าง ๆ ซึ่งสามารถจำแนกประเภทเยื่อกรองได้ดังนี้

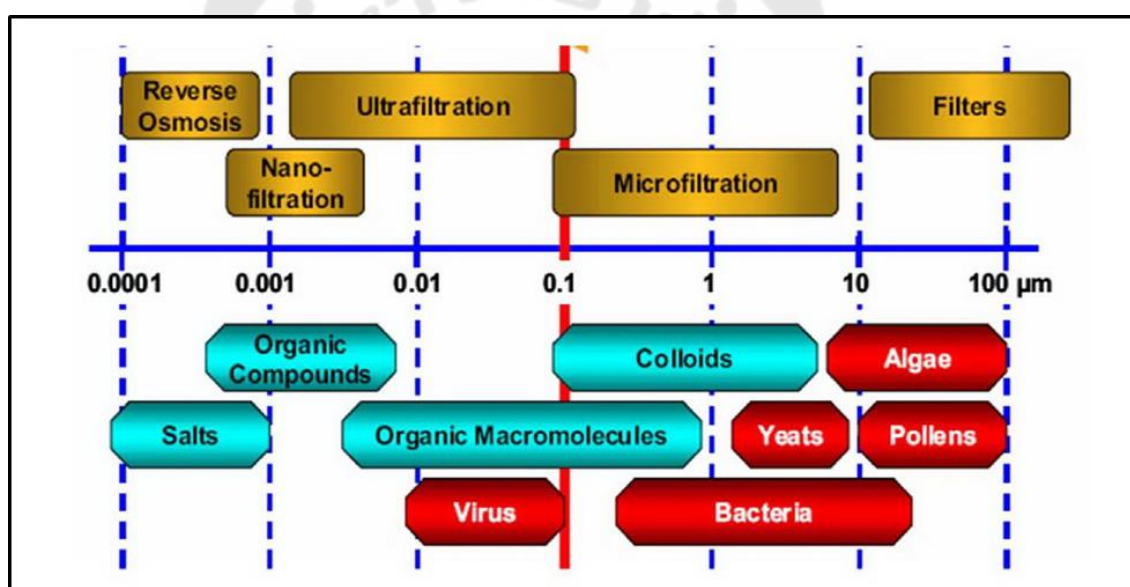
6.2.1 ไมโครฟิลเตรชัน (Micro Filtration: MF) เป็นกระบวนการที่ใช้เยื่อกรองที่มีแผ่นรูพรุนค่อนข้างใหญ่ขนาด 50-1000 nm สำหรับแยกโมเลกุลขนาดใหญ่ สารแขวนลอยออกจากของเหลว แรงดันที่ใช้อยู่ระหว่าง 100-500 kPa หรือ 1-5 atm ใช้สำหรับการกำจัดสารแขวนลอยที่

เป็นสาเหตุความขุ่นของน้ำ และแบคทีเรียทั่วไป ชนิดของเยื่อกรองที่ใช้กันโดยทั่วไปเช่น Cellulose acetate Polysulfide และ Polystyrene การใช้งานเหมาะสมสำหรับใช้ในการบำบัดน้ำทิ้ง อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม และงานด้านเทคโนโลยีชีวภาพ

6.2.2 อัลตราฟิลเทรชัน (Ultra Filtration : UF) เป็นระบบการกรองที่ให้น้ำไหลผ่านเส้นใยสังเคราะห์ที่มีรูพรุนความละเอียดประมาณ 0.01 ไมครอน ซึ่งทำให้ ตะกอน สารแขวนลอย และโลหะหนักอื่นๆ รวมทั้งเชื้อแบคทีเรียที่มีขนาดใหญ่กว่ารูพรุนของเยื่อกรองไม่สามารถแทรกตัวเล็ดลอดผ่านไปได้ มีเพียงน้ำใสที่สามารถไหลผ่าน โดยสิ่งปนเปื้อนที่ถูกดักจับไว้จะถูกกำจัดออกจากระบบเป็นระยะ เพื่อป้องกันการตกค้างสะสม ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้งานระบบอัลตราฟิลเทรชันมากมาย เช่น ระบบผลิตน้ำประปา การนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ การผลิตน้ำใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม, อุตสาหกรรมผลิตน้ำดื่ม หรือแม้แต่การกรองน้ำเพื่อใช้บริโภคในครัวเรือน ฯลฯ อย่างไรก็ตามการนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ในประเทศไทยยังมีการศึกษาวิจัยไม่มากนัก เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาที่สูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตน้ำจากแหล่งน้ำดิบธรรมชาติด้วยกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไป ดังนั้นการประยุกต์ใช้กระบวนการกรองผ่านเยื่อกรอง (UF) สำหรับการนำน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เพื่อให้ได้ค่าที่น้ำเชื่อถือและทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์โดยเลือกเอาปัจจัยที่มีความสำคัญ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้งานจริงในอนาคตต่อไป โดยกระบวนการเมมเบรนอัลตราฟิลเตรชันนิยมมาประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลาย

6.2.3 นาโนฟิลเทรชัน (Nano Filtration: NF) เป็นกระบวนการที่ใช้เยื่อกรองขนาดรูพรุน 2-5 nm ซึ่งใกล้เคียงกับรีเวิร์สออสโมซิสมาก คือมีผลต่างของความดันเป็นแรงขับเคลื่อนในการแยกตัวถูกละลายที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า 1,000 ดาร์ตัน ออกจากสารละลาย ความดันที่ใช้ในอยู่ระหว่าง 1-2 MPa หรือ 10-20 atm มีความสามารถในการแยกอิออนบางชนิด และสารอินทรีย์ตามธรรมชาติ (Natural Organic Matter: NOM) ชนิดของเยื่อกรองที่ใช้กันโดยทั่วไป เช่น Polymer Organic Compounds Automatic Polyimide และ Polyvinyl Alcohol เยื่อกรองนาโนฟิลเตรชันส่วนมากเป็นเยื่อกรองเชิงประกอบ ซึ่งประกอบด้วยชั้นผิวที่มีโครงสร้างแน่นอยู่บนชั้นรองรับที่มีรูพรุนใหญ่กว่า

6.2.4 รีเวิร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis: RO) กระบวนการนี้เรียกว่า Hyper Filtration เป็นการแยกสารละลายโดยผลต่างความดันระหว่างเยื่อแผ่นเป็นแรงขับเคลื่อน เยื่อกรองออสโมซิสมีความสามารถในการกรองโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น เกลือ น้ำตาล (น้ำหนักโมเลกุล < 500 ดาร์ตัน หรือมีขนาดประมาณ 0.1-1 nm) แต่ยอมให้น้ำผ่านได้ และเป็นเยื่อแผ่นที่มีโครงสร้างแน่นหรือไม่มีรูพรุน การผ่านเยื่อแผ่นของสารเกิดจากความสามารถในการละลายและการแพร่ (Solution-diffusion) ความดันที่ใช้อยู่ระหว่าง 1-10 MPa หรือ 10-100 atm การใช้งานที่สำคัญของกระบวนการนี้ คือ การแยกเกลือจากน้ำกร่อยและน้ำทะเลเพื่อผลิตน้ำจืด การเพิ่มความเข้มข้นของน้ำผลไม้ การผลิตน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง ตลอดจนการบำบัดน้ำทิ้งที่มีโลหะเจือปน เช่น อุตสาหกรรมชุบเคลือบโลหะ



ภาพประกอบ 2 แสดงคุณสมบัติของเยื่อกรองประเภทต่าง ๆ

6.3 โมดูลเมมเบรน

โมดูลเมมเบรน (Membrane module) คือเยื่อกรองที่ผลิตขึ้นมาสำหรับใช้ในกระบวนการกรองอาจมีรูปร่างต่างกัน เช่น เป็นเยื่อกรองแบบแผ่นเรียบหรือเป็นแบบท่อ ในการใช้ต้องบรรจุหรือประกอบเยื่อกรองให้มีพื้นที่เยื่อกรองตามความต้องการ ซึ่งเรียกว่า (Module) ได้มีการออกแบบโมดูลที่มีรูปร่างต่างกัน โดยสามารถแบ่งออกเป็น 4 แบบ (Scott, 1990)

6.3.1 โมดูลแบบแผ่นและแบบกรอบ (Plate and Frame) ประกอบด้วยตัวแผ่น (plate) และตัวกรอบ (frame) ยึดสลักกันอยู่บนราวคู่ ตัวแผ่นจะมีรูพุนทำหน้าที่เป็น supporter ให้แก่ผ้ากรอง ตัวกรอบจะมีเฉพาะกรอบสี่เหลี่ยมหุ้มด้วยผ้ากรอง โดยตัวกรอบมีช่องทางให้ของเหลวพุ่งเข้าไปได้ ส่วนตัวแผ่นไม่มีช่องให้ของเหลวพุ่งไหลเข้า แต่มีช่องทางออกของของเหลวไหล เมื่อของเหลวพุ่งเข้าไปอยู่ในตัวกรอบซึ่งหุ้มด้วยผ้ากรอง

6.3.2 โมดูลแบบท่อ (Tubular module) เป็นเมมเบรนแบบท่อที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่าหรือเท่ากับ 10 มิลลิเมตรโดยจะบรรจุในตัวบรรจุ (Housing) ที่ประกอบด้วยท่อเมมเบรนหลาย ๆ ท่อ สูงถึง 30 ท่อ น้ำหรือสารละลายจะไหลเข้าในท่อและเพอมีเอทจะถูกเก็บมารวมกัน ชุดอุปกรณ์แบบนี้มีพื้นที่ผิวต่อหน่วยปริมาตรของอุปกรณ์ต่ำกว่าแบบแผ่นและแบบกรอบ ลักษณะเมมเบรนแบบท่อผลิตจากโพลีเมอร์ หรือเซรามิค ก็ได้

6.3.3 โมดูลแบบเส้นใยกลวง (Hollow fiber module) เป็นเมมเบรนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1 มิลลิเมตรซึ่งถือว่าขนาดเล็กมาก ภายในชุดจะประกอบด้วยเส้นใยมากกว่า 1 ล้านเส้นใยข้อดีของเมมเบรนชนิดนี้คือจะมีความยืดหยุ่นสูง

6.3.4 โมดูลแบบท่อม้วน (Spiral wound module) เป็นการนำเมมเบรนแผ่นเรียบม้วนรอบแกนโดยมีแผ่นกั้นน้ำหรือสารละลายจะไหลเข้าตามแนวแกน ข้อดีของแบบท่อม้วนคือมีความแข็งแรง สามารถทนต่อแรงดันสูงได้

7. พื้นที่ศึกษา

นิคมอุตสาหกรรมอัญธานี ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2535 และได้รับการพัฒนาโดย บริษัท ไอ.จี.เอส จำกัด (มหาชน) สถานที่ตั้งเลขที่ 38 ซอยสุขาภิบาล 2 ซอย 31 แขวงดอกไม้ เขตประเวศ กรุงเทพฯ 10250 โครงการมีเนื้อที่ทั้งหมด 148 ไร่ ระยะเวลาห่างจากสถานที่ต่างๆ และมีพื้นที่ติดต่อดังนี้

สนามบินดอนเมือง 50 กิโลเมตร

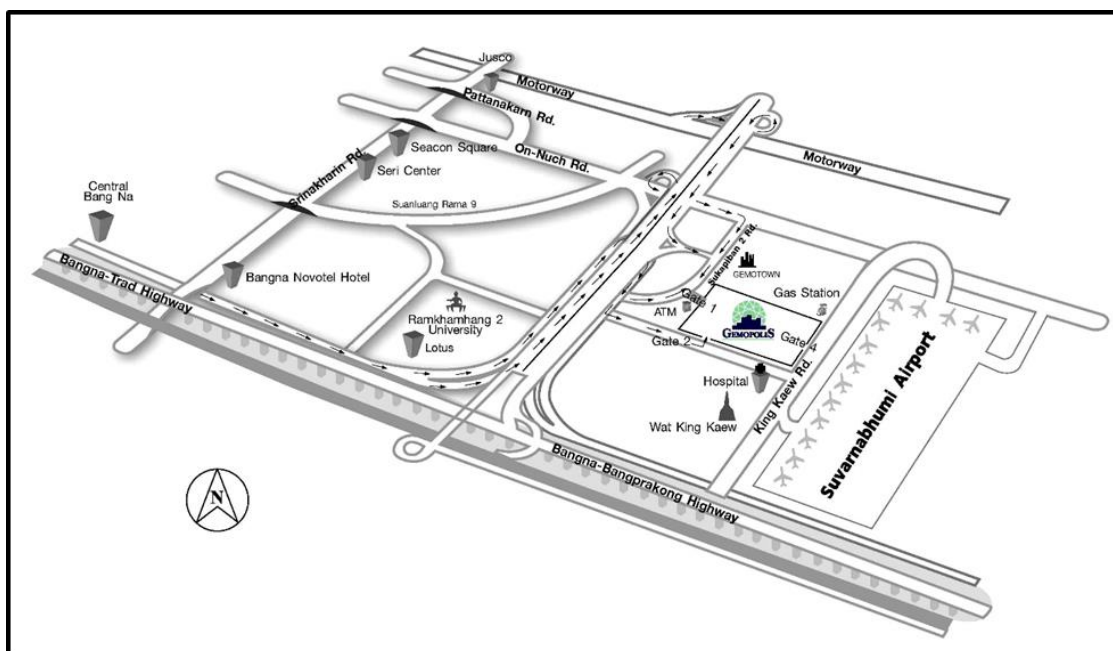
สนามบินสุวรรณภูมิ 2 กิโลเมตร

ท่าเรือคลองเตย 20 กิโลเมตร

ท่าเรือแหลมฉบัง 100 กิโลเมตร

สำนักงานเขตประเวศ 4 กิโลเมตร

ทิศเหนือ	ติดถนนอ่อนนุช-ลาดกระบัง
ทิศใต้	ติดถนนกาญจนาภิเษก
ทิศตะวันออก	ติดคลองสีหิโต
ทิศตะวันตก	ติดถนนสุขาภิบาล 2



ภาพประกอบ 3 แสดงสถานที่ตั้ง นิคมอุตสาหกรรมอัญธานี (GEMOPOLIS)

นิคมอุตสาหกรรมอัญธานี ก่อตั้งโดยนายบุญยง อัครัสกร รวมแหล่งผลิตและตลาดในที่เดียวกันพัฒนาเป็นศูนย์กลางการผลิตและการค้าอัญมณีและเครื่องประดับครบวงจรระดับโลก ดังนั้นนิคมอุตสาหกรรมอัญธานี จึงเป็นนิคมฯ เฉพาะทางที่มีโรงงาน / บริษัทที่ผลิตอุตสาหกรรมด้านอัญมณีและเครื่องประดับเพียงอย่างเดียว ปัจจุบันมีโรงงานอุตสาหกรรม / บริษัท รวมกว่า 120 บริษัท มีจำนวนพนักงานมากถึง 15,000 คน มีหน่วยงานภาครัฐที่ให้การสนับสนุนหลายหน่วยงาน เช่น การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย คณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) กรมศุลกากร กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กรมพัฒนาฝีมือแรงงานและกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ เป็นต้น

ระบบถนนในโครงการ

การคมนาคมภายในพื้นที่โครงการ อาศัยระบบถนนของโครงการ โดยมีถนนสายประธานเป็นถนนเข้า ออกโครงการซึ่งมีเขตทางกว้าง 25 เมตร ผิวจราจรกว้าง 16 เมตร ทางเท้ากว้างข้างละ 4.5 เมตร เข้าสู่ถนนสายรองประธานซึ่งมีเขตทางกว้าง 18 เมตร ผิวจราจรกว้าง 12 เมตร ทางเท้ากว้างข้างละ 3 เมตร ที่สุดปลายถนนที่เป็นทางตันจะมีที่กัลบรถ ซึ่งมีเขตทางกว้าง 9.5 เมตร ผิวจราจรกว้าง 6 เมตร และทางเท้ากว้างข้างละ 2 เมตร โดยโครงสร้างของถนนมีผิวจราจรเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กและทางเท้าเป็นบล็อกปูถนนสำเร็จรูป

การระบายน้ำฝน

สภาพพื้นที่ของโครงการเดิมเป็นที่ราบลุ่ม มีค่าระดับดินเฉลี่ย +0.25 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ดังนั้นการปรับปรุงพื้นที่เพื่อป้องกันน้ำท่วมได้ทำการถมดินจนค่าระดับเมื่อปรับปรุงแล้วอยู่ที่ระดับถนนเดิมในโครงการ ซึ่งจะทำให้การระบายน้ำฝนลงสู่ระบบรางระบายน้ำเดิมของโครงการต่อเข้ากับประตูน้ำลงสู่คลองสิงโตทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การพัฒนาพื้นที่ป้องกันน้ำท่วม

โครงการมีมาตรการพัฒนาพื้นที่ป้องกันน้ำท่วม ในกรณีที่มีฝนตกหนักโดยทำการก่อสร้างกำแพงกันดินคอนกรีตเสริมเหล็กไว้โดยรอบโครงการพื้นที่ป้องกันดินทลาย โดยกำแพงกันดินดังกล่าวมีความกว้างประมาณ 30 ซม. และมีมาตรการเสริมป้องกันน้ำจากภายนอกไม่ให้ไหลเข้าพื้นที่ของโครงการ โดยภายในโครงการได้มีการออกแบบบ่อบัก ท่อระบายน้ำและช่องระบายน้ำในทางเท้า โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อระบายน้ำ 24" ต่ำกว่าผิวการจราจร 0.05 เมตรเพื่อระบายน้ำจากผิวการจราจรและทางเท้าภายในโครงการลงสู่ท่อระบายน้ำหลักของโครงการ

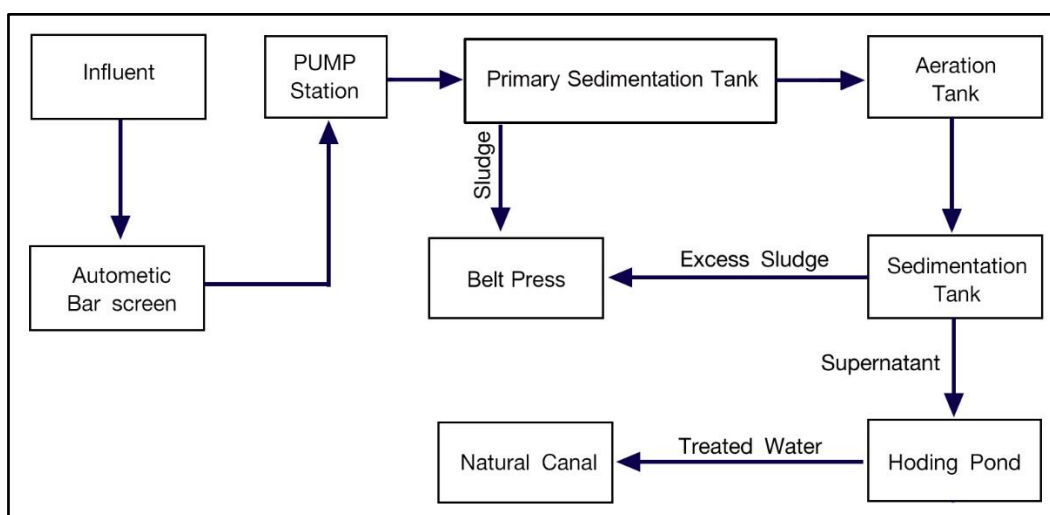
ระบบน้ำประปา

แหล่งน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภคภายในโครงการ มาจากการประปานครหลวง โดยโครงการได้ต่อท่อรับน้ำจากจุดแยกของท่อเมนของการประปานครหลวง โดยได้ลงทุนวางท่อเมนประปาขนาด 300 มม. ความยาวประมาณ 4.6 กิโลเมตร จากด้านถนนอ่อนนุชมาจนถึงโครงการ

ระบบไฟฟ้า

นิคมอุตสาหกรรมอู่ยานีตั้งอยู่ในเขตของการไฟฟ้านครหลวง และมีสถานีไฟฟ้าย่อยอยู่ในบริเวณใกล้กับโครงการ ปริมาณไฟฟ้าที่สถานีไฟฟ้าย่อยสามารถจัดหาได้มีพอเพียงกับความ

ต้องการภายในโครงการ ระบบไฟฟ้าภายในโครงการจะเป็นระบบ Over Head Line จากสถานีไฟฟ้าย่อยของไฟฟ้านครหลวงเดินตามแนวติดกับแนวถนนป้อนให้กับหม้อแปลงและผ่านไปยังแผงจ่ายไฟหลัก MDB แบ่งเป็น Feeder เพื่อจ่ายให้กับผู้ใช้รายย่อย โดยยึดติดกับอาคารและติดตั้งมิเตอร์บริเวณอาคาร



ภาพประกอบ 4 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียในนิคมอุตสาหกรรมอัญธานี

ระบบบำบัดน้ำเสียของนิคมอุตสาหกรรมอัญธานี

โครงการนิคมอุตสาหกรรมอัญธานีได้ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเร่งตะกอน (Activated Sludge Process) (ภาพประกอบ 4) โดยน้ำเสียจากโรงงานต่างๆ ในนิคมฯ จะผ่านเข้ามารวมกันโดยระบบท่อใต้ดิน (Influent) เข้าสู่ระบบบำบัดส่วนกลางของนิคมฯ และจะถูกคัดแยกขยะออกโดยเครื่องแยกขยะอัตโนมัติ (Automatic Bar screen) และน้ำเสียจะถูกสูบไปไว้ที่บ่อตกตะกอนขั้นต้น (Primary Sedimentation Tank) จากนั้นจะผ่านไปบ่อเติมอากาศเพื่อเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย และตกตะกอนต่อไปที่บ่อตกตะกอน (Sedimentation Tank) ตะกอนที่ได้จากบ่อตกตะกอนขั้นต้นและบ่อตกตะกอน (Sludge) หลังเติมอากาศ จะถูกรวบรวมเข้าสู่เครื่องรีดตะกอน (Belt Press) ส่วนน้ำใสหลังการตกตะกอนจะถูกส่งไปรอที่บ่อพัก (Holding Pond) ก่อนปล่อยสู่ลำรางสาธารณะ การจัดการน้ำเสียในนิคมฯ จะดำเนินการภายใต้มาตรการจัดการระบบบำบัดน้ำเสีย โดยใช้ตามประกาศของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2559 เรื่องค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ทางนิคมอุตสาหกรรมอัญธานีมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียที่ 2,500 ลูกบาศก์เมตร / วัน แต่ปัจจุบันมีปริมาณน้ำเสียเฉลี่ยวันละ 1,800 ลูกบาศก์เมตร / วัน



8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Xiao, Xu, Xie, Yang, and Zeng (2014) ได้ศึกษาความได้เปรียบของ Sequencing Batch Biofilm Reactor : SBBR สำหรับการบำบัดน้ำเสียที่มีความแปรปรวนสูง เปรียบเทียบกับระบบที่มีการไหลของน้ำเสียแบบต่อเนื่อง พบว่าการเดินระบบเป็นพั๊ๆ จะมีข้อได้เปรียบกว่าระบบการไหลแบบต่อเนื่องเพราะว่า การกระจายตัวของตะกอนจุลินทรีย์จะสามารถทำได้ดีกว่า จึงทำให้ระบบสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงภาระอย่างเฉียบพลันได้ดีกว่า

บุญจรรย์ ใจฉันทน์ (2538) ได้ศึกษาถึงประสิทธิภาพของระบบ Aerobic packed bed ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร พบว่า ประสิทธิภาพการลดค่า COD, BOD และ SS ที่ระยะเวลาเก็บกัก 4 ชั่วโมง ค่าภาระบรรจุสารอินทรีย์ 40.47 g-COD/m².d เท่ากับร้อยละ 93.72, 98.72 และ 97.07 ตามลำดับ และมีปริมาณสารแขวนลอยในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วเฉลี่ย 3.8มก./ลิตร

ศักดิ์สิทธิ์ อิ่มแมน (2551) ศึกษาการกรองด้วยเยื่อกรองอัลตราฟิลเตรชัน พบว่าการแปรผันความดันจาก 110-150 kPa พบว่าความดันที่สูงขึ้นส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์แต่ไม่มีผลต่อการกำจัดไอออน ความดันที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันในการกำจัดความขุ่นซึ่งมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารแขวนลอยได้ 99%

สุกฤษฎา ทับอุไร (2554) ศึกษาการประยุกต์ใช้กระบวนการอัลตราฟิลเตรชันสำหรับการกำจัดสารอินทรีย์ธรรมชาติในกระบวนการผลิตน้ำประปา โดยทำการทดสอบน้ำผิวดินจากอ่างเก็บน้ำสุระและน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เป็นกรณีศึกษาด้วยกระบวนการกรองเมื่อนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียมาศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่พบว่าน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียเมื่อผ่านกระบวนการบำบัดขั้นต้นแล้วไม่สามารถลดค่าสารอินทรีย์ละลายน้ำให้เหลือน้อยกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงมีความจำเป็นต้องนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียมาผ่านระบบกรองอัลตราฟิลเตรชันเพื่อลดค่าสารอินทรีย์ละลายน้ำต่อไป

ดรฤณี ศิริวิไล จำลอง โพธิ์บุญ และ วิสาชา ภูจินดา (2015) ศึกษาการจัดการน้ำเสียขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ตำบลเมืองแกลง จังหวัดระยอง เนื่องจากเทศบาลตำบลเมืองแกลงเคยประสบปัญหาน้ำเน่าเสีย ส่งกลิ่นเหม็น สัตว์น้ำในแม่น้ำประแสลอยตายเป็นจำนวนมาก ทางเทศบาลตำบลเมืองแกลงได้ทำการจัดการน้ำเสียเพื่อแก้ไขปัญหาน้ำเสียของเทศบาล โดยการใช้ถังดักไขมันและการใช้น้ำหมักจุลินทรีย์ (EM) เติมลงในแหล่งน้ำ ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย ประหยัดค่าใช้จ่าย ใช้เทคโนโลยีที่ไม่สูง แต่ได้ผลการบำบัดที่ดี และจากการจัดการน้ำเสียและขยะของเทศบาล ส่งผลให้เทศบาลตำบลเมืองแกลงได้รับรางวัลด้านสิ่งแวดล้อมหลายรางวัล

Piadeh Farzad, Alavi Moghaddam, and Mardan (2014) ศึกษาการจัดการน้ำเสียที่นิคมอุตสาหกรรมของอิหร่าน เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการเป็นอุตสาหกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยนำเสนอถึงสถานการณ์และประสิทธิภาพของระบบการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่เพื่อการอุตสาหกรรมและการชลประทาน ณ ขณะนี้ 689 นิคมอุตสาหกรรมที่สร้างขึ้นในอิหร่าน และ 37 % ของปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมดได้ถูกบำบัดโดยโรงบำบัดน้ำเสีย ซึ่งได้รับการรายงานว่ามีน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ในด้านชลประทานถึง 20.25 % เนื่องจากการกำหนดความต้องการน้ำในด้านอุตสาหกรรมและการขาดแคลนทรัพยากรน้ำ โดยนโยบายดังกล่าวได้มีการดำเนินการพัฒนาหลากหลายแนวทางร่วมกับ AUTs มาตั้งแต่ปี 2008 โดยเน้นที่การลดค่า BOD, COD, TSS และ TDS เป็นหลัก และน้ำเสียที่มีค่าต่างๆ สูง ซึ่งขึ้นอยู่กับเป้าหมายในการใช้เยื่อ (Membrane) ในการกรอง เช่น SF, MF, UF หรือ RO และระบบชีวภาพที่เลือกใช้ เช่น การจับตัวและการกรอง, DAF หรือ MBR นอกจากนี้ยังใช้ AC และ O3 เพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดซึ่งแสดงถึงผลประโยชน์ในด้านเศรษฐกิจที่มีศักยภาพสูงในการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ และความสำเร็จในนิคมอุตสาหกรรมของประเทศอิหร่าน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ปัจจุบันมีความต้องการใช้น้ำประปาและน้ำใช้สำหรับกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม ปริมาณน้ำที่มีอยู่นั้นเริ่มมีน้อยลงและในบางช่วงของปีจะประสบกับภาวะภัยแล้ง ดังนั้นการนำน้ำ ที่กลับมาใช้ใหม่จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง น้ำทิ้งที่จะนำมาใช้ซ้ำควรผ่านการบำบัดเพื่อให้ได้ คุณภาพที่เหมาะสมกับกิจกรรมที่ต้องการใช้น้ำ เช่น น้ำที่ต้องการใช้ในกระบวนการผลิตใน อุตสาหกรรม น้ำที่ต้องการใช้ในการผลิตน้ำประปา น้ำที่ต้องการใช้ในการล้างถนนและรดน้ำต้นไม้ เป็นต้น งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาเพื่อหาวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียให้ สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ในนิคมอุตสาหกรรมอัญธานี โดยกระบวนการอัลตราฟิльтраชัน โดยมี รายละเอียดวิธีการดำเนินงานวิจัยดังนี้

1. พื้นที่ศึกษา
2. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำทิ้ง
3. วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ
 - 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานเก็บตัวอย่างน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสีย
 - 3.2 พารามิเตอร์ในการตรวจวิเคราะห์
4. วัสดุและอุปกรณ์ในการวิจัย
5. วิธีการดำเนินการทดลองการนำน้ำทิ้งเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่
 - 5.1 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านกระบวนการกรอง
 - 5.2 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านกระบวนการกรอง
 - 5.3 พารามิเตอร์ในการตรวจวิเคราะห์น้ำที่ผ่านกระบวนการกรอง
 - 5.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. พื้นที่ศึกษา

จะดำเนินการเก็บตัวอย่างจากระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลางของนิคมอุตสาหกรรมอัญธานี เขตประเทศ จังหวัดกรุงเทพมหานคร ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะใช้วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ ทิ้งโดยวิธีเก็บแบบจ้วง (Grab sampling) การเก็บตัวอย่างแบบนี้สามารถใช้เป็นตัวแทนของน้ำทิ้ง ที่ระบายออกจากนิคมอุตสาหกรรมว่ามีคุณสมบัติเป็นอย่างไร โดยจุดเก็บตัวอย่างทำการเก็บ ตัวอย่างน้ำทิ้งที่ได้หลังผ่านระบบการบำบัดตามภาพประกอบ 5

2. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำทิ้ง

การศึกษานี้จะดำเนินการเก็บตัวอย่างจาก ระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลางของนิคมอุตสาหกรรมอัญธานี ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียของนิคมฯ เป็นระบบตะกอนเร่ง (Activated sludge) แบบ Extended aeration ซึ่งออกแบบมาให้สามารถรองรับน้ำเสียได้ 2,500 ลบ.ม./วัน การเก็บตัวอย่างน้ำที่ถูกวิธีในปริมาณที่เหมาะสมต่อการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งนี้ต้องไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากวิธีเก็บและการขนส่ง อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นตัวแทนที่ดีของแหล่งน้ำนั้น (กรมอนามัย, 2537) วิธีเก็บที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ตัวแทนที่ดีของน้ำทิ้ง ผู้วิจัยจะใช้วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งตามประกาศของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2559 เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ในข้อ 7.2 เป็นวิธีการเก็บแบบจ้วง (Grab Sampling) โดยใช้วัสดุที่ใช้บรรจุตัวอย่างน้ำเสียเป็นวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยากับกรด-ด่าง และมลพิษในตัวอย่างน้ำมีความแข็งแรงทนทาน ไม่เปราะหรือแตกง่าย สามารถล้างทำความสะอาดได้ง่าย มีฝาปิดสนิทในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะใช้ขวดพลาสติกสีขาวขุ่นอย่างดีที่แข็งและทนความร้อน ขนาด 2 ลิตร ซึ่งเป็นขนาดพอเหมาะที่จะบรรจุตัวอย่างน้ำได้เพียงพอสำหรับการวิเคราะห์

2.1 ขอบเขตของตำแหน่งของจุดเก็บตัวอย่างน้ำ จำนวน 5 ตำแหน่ง

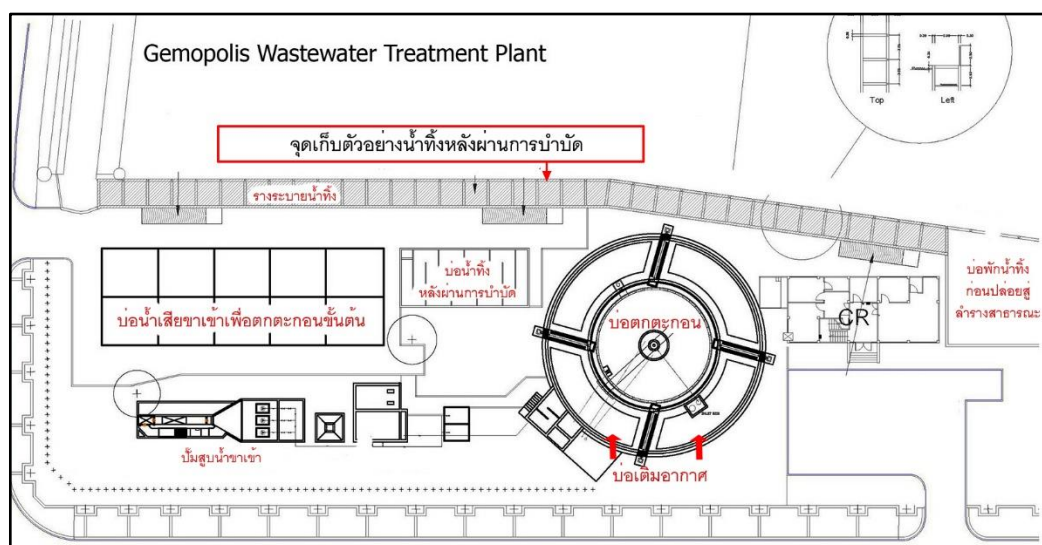
2.1.1 เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่ได้หลังจากผ่านระบบบำบัดน้ำเสียตาม ภาพประกอบ 5

2.1.2 เก็บตัวอย่างน้ำจากระบบการกรองด้วยวัสดุเส้นใย Polypropylene แล้วผ่านระบบการกรองด้วย คาร์บอนแบบเกล็ด (GAC) แล้วผ่านระบบการกรองด้วยระบบอัลตราฟิลเทรชัน

2.1.3 เก็บตัวอย่างน้ำจากระบบการกรองด้วยวัสดุเส้นใย Polypropylene แล้วผ่านระบบการกรองด้วย คาร์บอนแบบอัดแท่ง (Carbon block) แล้วผ่านระบบการกรองด้วยระบบอัลตราฟิลเทรชัน

2.1.4 เก็บตัวอย่างน้ำจากระบบการกรองทรายแล้วผ่านระบบการกรองด้วย คาร์บอนแบบเกล็ด (GAC) แล้วผ่านระบบการกรองด้วยระบบอัลตราฟิลเทรชัน

2.1.5 เก็บตัวอย่างน้ำจากระบบการกรองทรายแล้วผ่านระบบการกรองด้วย คาร์บอนแบบอัดแท่ง (Carbon Block) แล้วผ่านระบบการกรองด้วยระบบอัลตราฟิลเทรชัน



ภาพประกอบ 5 ตำแหน่งของจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

3. วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ

การเก็บตัวอย่างน้ำจะใช้วิธี การเก็บแบบจ้วง (Grab sampling) เป็นการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วงเอาโดยตรงแล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าที่ต้องการทราบ ดังนั้น ตัวอย่างน้ำจะแสดงให้เห็นถึงลักษณะสมบัติของน้ำ ณ จุดเก็บเฉพาะเวลานั้น คือเลือกเก็บบริเวณที่ต้องการตัวอย่างโดยตรง จากนั้นนำมานำไปวิเคราะห์หาค่าที่ต้องการทราบต่อไป

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานเก็บตัวอย่างน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสีย

3.1.1 ดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย จำนวน 5 จุดเก็บตัวอย่าง (ตามภาพประกอบที่ 5) ทุกเดือน เดือนละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 7 เดือน รวมทั้งสิ้น 70 ตัวอย่าง

3.1.2 ตรวจวัดคุณภาพน้ำหน้างานทุกครั้งที่ทำกรเก็บตัวอย่างน้ำ

3.1.3 นำน้ำเสียที่ได้ในแต่ละเดือนเพื่อส่งเข้าห้องปฏิบัติการดำเนินการวิเคราะห์ต่อไป รวมทั้งสิ้น 70 ตัวอย่าง

3.2 พารามิเตอร์ที่การตรวจวิเคราะห์ดังนี้

3.2.1 อุณหภูมิ (Temperature) ตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ยี่ห้อ Lutron รุ่น WA-2017SD

3.2.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตรวจด้วยวิธีตรวจวัดด้วยพีเอชมิเตอร์ ยี่ห้อ Lutron รุ่น WA-2017SD

3.2.3 ค่า DO (Dissolved Oxygen) ตรวจวัดด้วยเครื่องดีไอมิเตอร์ (DO meter) ยี่ห้อ Lutron รุ่น WA-2017SD

3.2.4 ค่า BOD (Biochemical Oxygen Demand) เป็นการวัดความสกปรกของน้ำ คิดเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจน (O_2) ที่ลดลงเนื่องจากจุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรีย (Bacteria) นำไปใช้ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Organic) โดยการหาค่าความต่างของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในตัวอย่างน้ำที่วัดได้วันแรก (DO_0) กับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในตัวอย่างน้ำเดียวกันที่เก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ (incubator) $20 \pm 1^\circ C$ เป็นเวลา 5 วัน (DO_5)

$$BOD = DO_0 - DO_5$$

DO_0 = ค่าออกซิเจนละลายในน้ำที่ไตเตรตได้ในวันแรก

DO_5 = ค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายในน้ำที่ไตเตรตได้ หลังจากเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ $20 \pm 1^\circ C$ เป็นเวลา 5 วัน

3.2.5 ค่า COD (Chemical Oxygen Demand) วิธีตรวจวัดค่า COD ด้วยวิธีการเร่งปฏิกิริยาแบบปิด (Closed reflux) สารประกอบอินทรีย์สามารถถูกออกซิไดซ์ได้ด้วยตัวออกซิไดซ์ที่รุนแรง ในการวิเคราะห์หาค่าซีโอดี ในที่นี้จะใช้โพแทสเซียมไดโครเมต (Potassium Dichromate; $K_2Cr_2O_7$) เป็นตัวออกซิไดซ์ (Oxidizing Agent) ในสารละลายกรดซัลฟิวริกโดยใช้ซิลเวอร์ซัลเฟตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในสภาวะที่ร้อนและมีความเป็น กรดสูง สารผสมระหว่างกรดโครมิกและกรดซัลฟิวริกจะออกซิไดซ์สารประกอบอินทรีย์ในสารละลายการ วิเคราะห์หาค่าซีโอดีทำได้โดยการหาปริมาณของโพแทสเซียมไดโครเมตที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ทั้งหมด ในตัวอย่างแล้วคำนวณเทียบเป็นปริมาณออกซิเจน โพแทสเซียมไดโครเมตที่ทราบปริมาณและความเข้มข้นที่แน่นอนและจะถูกเติมลงในน้ำตัวอย่างใน ปริมาณที่มากเกินไปแต่ทราบปริมาณที่แน่นอน หลังจากการรีฟลักซ์ตัวอย่างที่ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมงโพแทสเซียมไดโครเมตที่เหลือ(ยังไม่ถูกรีดิวซ์)ในสารละลายหลังจากการรีฟลักซ์หาได้โดยการไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (Standard Ferrous Ammonium Sulfate Solution) โดยใช้เฟอโรอิน (Ferroin) เป็นอินดิเคเตอร์

3.2.6 ค่า SS (Suspended Solids) ใช้วิธีตรวจวัดค่า ส่วนที่ไม่ละลายในน้ำแต่มีขนาดเล็กพอที่จะแขวนลอย (suspend) อยู่ในน้ำได้ หาได้โดยการกรองตัวอย่างน้ำด้วยกระดาษ

กรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter, GF/C) แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105°C โดยมีวิธีการดังนี้

3.2.6.1 นำกระดาษกรอง GF/C มาชั่งโดยเครื่องชั่งละเอียด สมมติได้น้ำหนัก = C กรัม นำไปวางบน evaporating dish หรือ petri dish ก็ได้

3.2.6.2 วางกระดาษกรองลงบน Buchner's funnel ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องดูดอากาศโดยใช้ปากคีบที่สะอาด ใช้น้ำกลั่นฉีดบนกระดาษกรองให้ทั่ว แล้วเปิดปั๊มดูดอากาศเพื่อให้กระดาษกรองแนบสนิทกับกรวย

3.2.6.3 เปิดตัวอย่างน้ำ 50-100 มล. (ปริมาตรที่ใช้ขึ้นกับของแข็งแขวนลอยในน้ำ) ใส่ไปบนกระดาษกรอง ที่ละน้อยพร้อมกับเปิดปั๊มดูดอากาศพยายามให้ของแข็งกระจายไปทั่วๆกระดาษกรอง

3.2.6.4 ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างของแข็งที่ติดอยู่ข้างกรวยจนหมดและรอจนกว่าจะแห้ง แล้วใช้ปากคีบค่อยๆหยิบกระดาษกรองออกนำไปวางบนภาชนะที่ใส่เดิม

3.2.6.5 นำไปอบให้แห้งในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 103-105°C นานประมาณ 1 ชม. ทำให้เย็นใน desiccator แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก สมมติได้ = D กรัม

$$\text{SS, mg/l} = \frac{(D - C) \times 106}{\text{ml sample}}$$

4. วัสดุและอุปกรณ์ในการวิจัย

- 4.1 ขวดบีโอดี ขนาด 300 ml. พร้อมจุกแก้ว และฝาพลาสติกที่ปิดได้สนิท
- 4.2 ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask)
- 4.3 บิวเรต (Burette)
- 4.4 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาดความจุ 500 mL
- 4.5 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator)
- 4.6 ปิเปต (Pipette)
- 4.7 กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 1000 ml.
- 4.8 อุปกรณ์เติมอากาศ
- 4.9 ภาชนะที่ใช้ในการย่อยสลาย (Digestion Vessel) ควรใช้หลอดทดลองที่เป็นบอโรซิลิเกต ซึ่งมีขนาด 16 x 100 มม. หรือ 20 x 150 มม. หรือ 25 x 150 มม. พร้อมทั้งฝาจุกที่บุด้วย

TFE หรือใช้บอโรซิลิเกตแอมพูล (Borosilicate Ampules) ขนาดความจุ 10 ลบ.ซม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 19 -20 มม. ซึ่งมีความลึก 45 ถึง 50 มม.

4.10 ฮีตติงบล็อก (Heating Block) เป็นอลูมิเนียมหล่อ (Cast Aluminum) มีช่องหลายๆ ช่องซึ่งมีความลึก 45 ถึง 50 มม. เป็นช่องที่จะให้หลอดหรือแอมพูลตั้งอยู่ได้พอดี

4.11 เครื่องเชื่อมแอมพูล (ampule sealer) ใช้แมคเคนนิคัลซีลเลอร์ (mechanical sealer)

4.12 เครื่องมือวัดมือวัดค่า ยี่ห้อ Lutron รุ่น WA-2017SD เพื่อวัดค่า pH, ORP, CD, TDS, DO, SALT จัดทำขึ้นเพื่อกำหนดแนวทางในการใช้งานเครื่องมือ

4.13 หัววัดสำหรับวัดค่า pH (pH electrode) รุ่น PE-03

4.14 หัววัดสำหรับวัดค่า ORP (ORP Probe) รุ่น S500C

4.15 หัววัดสำหรับวัดค่า CD/TDS/SALT (CD/TDS/SALT Probe) รุ่น CDPB-03

4.16 หัววัดสำหรับวัดค่า DO (DO Probe) รุ่น OXPB-11

4.17 หัววัดสำหรับวัดอุณหภูมิ (Temp. Probe) รุ่น TP-07

5. คำจำกัดความ (Definition)

pH คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำเสีย

ORP คือ ชนิดของดัชนีที่แสดงถึงระดับความสามารถในการเกิดออกซิเดชันและการเกิดรีดักชัน

CD คือค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ของน้ำเสียมีหน่วยวัดเป็น uS หรือ mS

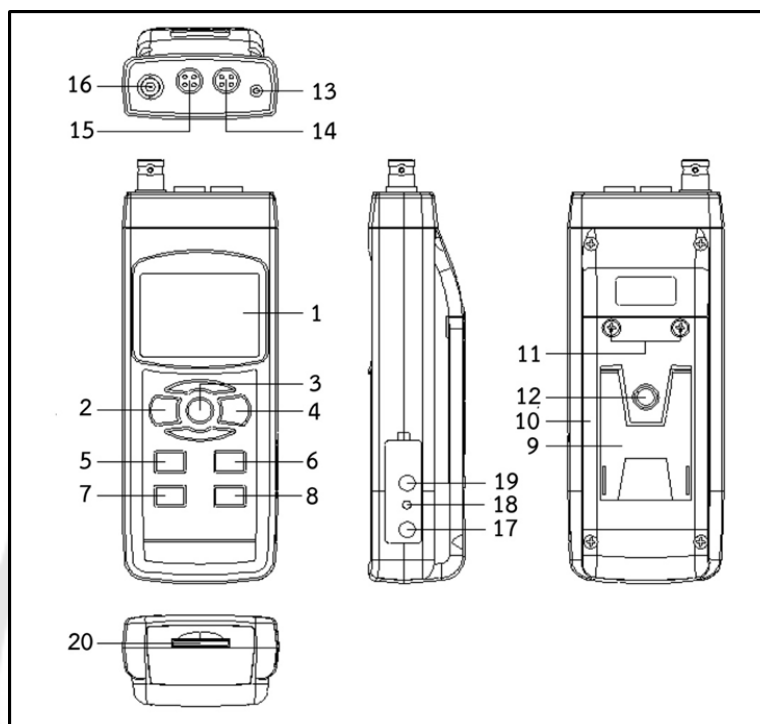
TDS คือ ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ที่มีอยู่ในน้ำเสีย มีหน่วยวัดเป็น mg/L หรือ ppm

DO คือ ปริมาณออกซิเจน (Dissolved Oxygen) ที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย มีหน่วยวัดเป็น mg/L

Salt คือ ปริมาณเกลือที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย มีหน่วยวัดเป็น % โดยน้ำหนัก

6. วิธีการใช้งาน

6.1 ส่วนประกอบตัวเครื่องวัดค่า



ภาพประกอบ 6 ภาพส่วนประกอบตัวเครื่อง

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| 1. จอแสดงผล | 11. ฝาด้านแบตเตอรี่ |
| 2. ปุ่มเปิด-ปิด เครื่อง | 12. เกลียวเชื่อมต่อ |
| 3. ปุ่ม Hold, ESC | 13. ช่องเสียบหัววัดอุณหภูมิ |
| 4. ปุ่ม REC, Enter | 14. ช่องเสียบหัววัด DO |
| 5. ปุ่มเลือกโหมดการใช้งาน | 15. ช่องเสียบ CD/TDS/SALT |
| 6. ปุ่มเลือกฟังก์ชันการใช้งาน | 16. ช่องเสียบหัววัด pH |
| 7. ปุ่ม Time | 17. ช่อง adapter (DC 9V) |
| 8. ปุ่ม Logger | 18. ปุ่ม Reset |
| 9. ฝา | 19. input terminal RS-232 |
| 10. ช่องใส่แบตเตอรี่ | 20. ช่องใส่ SD card |



6.2 รายละเอียดตัวเครื่อง

6.2.1 เครื่องวัด pH, CD, TDS, DO, SALT

6.2.2 สามารถบันทึกข้อมูลด้วย SD card

6.2.3 สามารถรองรับ SD card ได้ตั้งแต่ 1 – 16 GB

6.2.4 ไม่จำเป็นต้องใช้ software ในการดาวน์โหลดข้อมูล

6.2.5 สามารถดูข้อมูลในรูปแบบไฟล์ Excel โดยนำ SD card ไปเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

6.3 การวัด CD / TDS / SALT

ช่วงการวัด	CD	200 uS - 200 mS
	TDS	200 - 200,000 ppm
	Salt	0 – 12 % (โดยน้ำหนัก)
ความละเอียดการแสดงผล	CD	0.1 uS, 0.001 – 0.1mS
	TDS	0.1, 1, 10, 100 ppm
	Salt	0.01 % Salt
ความแม่นยำ	CD	± 2% + 1d
	TDS	± 2% + 1d
	Salt	± 0.5% Salt value
อุณหภูมิในการใช้งาน	CD	0 – 60 °C
	TDS	0 – 60 °C
	Salt	0 – 60 °C

6.4 การวัด DO

ช่วงการวัด	0 – 20 mg/L
ความละเอียดการแสดงผล	0.1 mg/L
ความแม่นยำ	± 0.4 mg/L
อุณหภูมิในการใช้งาน	0 – 50 °C

6.5 การวัด pH

ช่วงการวัด	0 – 14 pH
ความละเอียดการแสดงผล	0.01 pH
ความแม่นยำ	$\pm 0.02 \text{ pH} + 2d$
อุณหภูมิในการใช้งาน	0 – 50 °C

6.6 การวัดอุณหภูมิ

ช่วงการวัด	0 – 50 °C
ความแม่นยำ	$\pm 0.8 \text{ °C} / 1.5 \text{ °F}$

6.7 การเลือกโหมดการใช้งาน

6.7.1 การเลือกโหมดการใช้งาน

เปิดเครื่อง โดยกดปุ่มเปิด-ปิด

เครื่องมือสามารถเลือกโหมดการวัดได้

กดปุ่ม “Mode” เพื่อเลือกโหมดในการวัด

กดปุ่ม “Mode” ซ้ำๆ เพื่อเปลี่ยนโหมดการวัดเป็นโหมดอื่น

หน้าจอจะแสดงโหมดที่เลือก

6.7.2 การใช้งานโหมดวัด pH

เปิดเครื่อง เลือกโหมดการวัดเป็น “PH”

เชื่อมต่อ Probe เข้ากับเครื่อง ในช่อง “PH IN”

จุ่มหัว Probe ลงในน้ำที่ต้องการตรวจวัด และกวนเล็กน้อย

หน้าจอจะแสดงค่า pH

6.7.3 การวัดค่า Conductivity

เปิดเครื่อง เลือกโหมดการวัดเป็น “Cd”

เลือกช่วงในการวัด โดยกดปุ่ม “RANGE” ไปเรื่อยๆ เพื่อเลือกช่วงในการวัด โดยสามารถเลือกได้ตั้งแต่ 200 uS, 2 mS, 20 mS, 200 mS และ Auto

เชื่อมต่อ Probe สำหรับวัด CD/TDS/SALT เข้ากับเครื่อง ในช่องเสียบ “CD IN”

จุ่มหัว Probe ลงในน้ำที่ต้องการตรวจวัด และกวนเล็กน้อย

หน้าจอจะแสดงค่า Conductivity ในหน่วย mS หรือ uS

หมายเหตุ : กรณีที่ยังไม่จุ่มหัว Probe ลงในน้ำที่ต้องการตรวจวัด หน้าจอจะแสดงค่าเป็น 0 ให้กดปุ่ม “▲” ค้างไว้ 10 วินาที หน้าจอจะแสดงค่าเป็น 0

6.7.5 การวัดค่า TDS

เปิดเครื่อง เลือกโหมดการวัดเป็น “tdS”

เชื่อมต่อ Probe เข้ากับเครื่อง ในช่อง “CD IN”

จุ่มหัว Probe ลงในน้ำที่ต้องการตรวจวัด และกวนเล็กน้อย

หน้าจอจะแสดงค่า tdS ในหน่วย ppm

6.7.6 การใช้งานโหมดการวัด Salt

เปิดเครื่อง เลือกโหมดการวัดเป็น “SALT”

เชื่อมต่อ Probe สำหรับวัด เข้ากับเครื่อง ในช่อง “CD IN”

จุ่มหัว Probe ลงในน้ำที่ต้องการตรวจวัด และกวนเล็กน้อย

หน้าจอจะแสดงค่า SALT ในหน่วย % โดยน้ำหนัก (pcnt)

6.7.7 การใช้งานโหมดการวัด DO

เปิดเครื่อง เลือกโหมดการวัดเป็น “do”

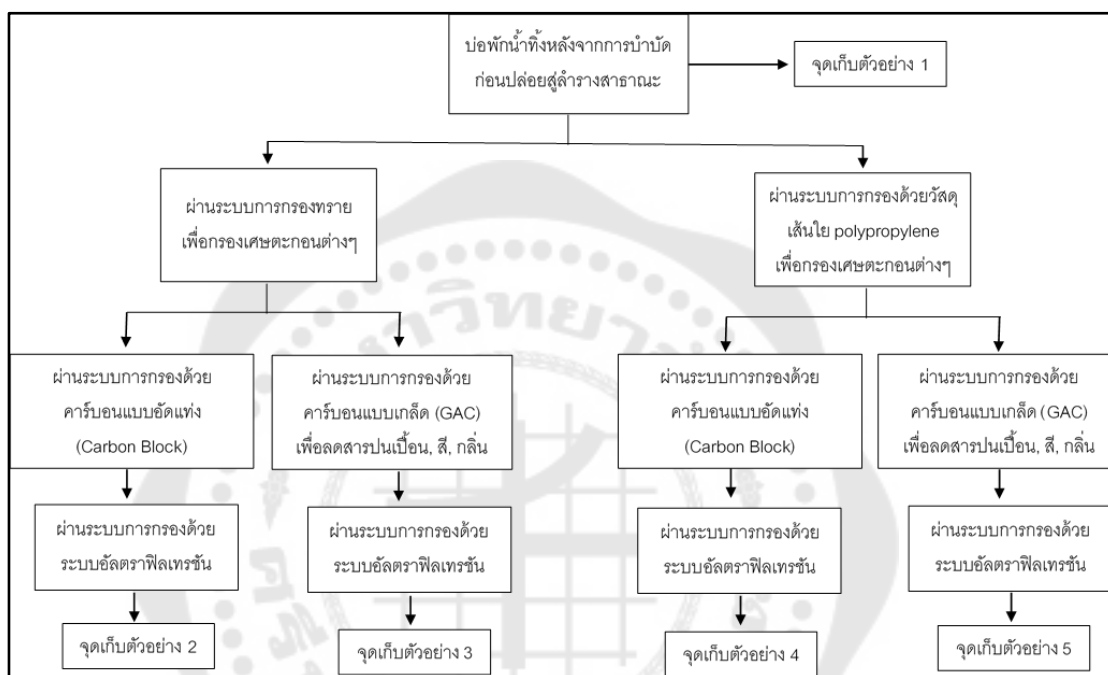
เชื่อมต่อ Probe สำหรับวัด DO เข้ากับเครื่อง ในช่อง “DO IN”

จุ่มหัวProbe ลงในน้ำที่ต้องการตรวจวัดความลึกอย่างน้อย 10 ซม.

หน้าจอจะแสดงค่า DO ในหน่วย มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L)

7. วิธีการดำเนินการทดลองการนำน้ำทิ้งเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

การศึกษาวิจัยนี้จะทำการทดสอบน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียภายในนิคมอุตสาหกรรม อัญธานี โดยทดสอบด้วยกระบวนการกรองผ่านเยื่อกรองในระดับต้นแบบ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการกรองและความเป็นไปได้ในการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่



ภาพประกอบ 7 การดำเนินการทดลองการนำน้ำทิ้งผ่านกระบวนการกรองในรูปแบบที่แตกต่าง

7.1 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านกระบวนการกรอง

ใช้วิธีการเก็บแบบจ้วง (Grab sampling) เป็นการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วงเอาโดยตรงแล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าที่ต้องการทราบ

7.2 ขั้นตอนการดำเนินงานเก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านกระบวนการกรอง

- เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่ได้หลังจากผ่านระบบการบำบัดตาม ภาพประกอบ 7
- เก็บตัวอย่างน้ำจากระบบการกรองด้วยวัสดุเส้นใย Polypropylene แล้วผ่านระบบการกรองด้วย คาร์บอนแบบเกล็ด (GAC) แล้วผ่านระบบการกรองด้วยระบบอัลตราฟิลเทรชัน

- เก็บตัวอย่างน้ำจากระบบการกรองด้วยวัสดุเส้นใย Polypropylene แล้วผ่านระบบการกรองด้วย คาร์บอนแบบอัดแท่ง (Carbon Block) แล้วผ่านระบบการกรองด้วยระบบอัลตราฟิลเทรชัน
- เก็บตัวอย่างน้ำจากระบบการกรองทรายแล้วผ่านระบบการกรองด้วย คาร์บอนแบบเกล็ด (GAC) แล้วผ่านระบบการกรองด้วยระบบอัลตราฟิลเทรชัน
- เก็บตัวอย่างน้ำจากระบบการกรองทรายแล้วผ่านระบบการกรองด้วย คาร์บอนแบบอัดแท่ง (Carbon Block) แล้วผ่านระบบการกรองด้วยระบบอัลตราฟิลเทรชัน
- ดำเนินการตรวจวัดคุณภาพน้ำหน้างานทุกครั้งที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ
- นำน้ำที่ผ่านกระบวนการกรอง ในแต่ละตัวอย่างดำเนินการวิเคราะห์ ต่อไป
- บันทึกผลการทดลอง

7.3 พารามิเตอร์ในการตรวจวิเคราะห์น้ำที่ผ่านกระบวนการกรอง

อุณหภูมิ (Temperature) ตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ยี่ห้อ Lutron รุ่น WA-2017SD

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตรวจวัดด้วยพีเอชมิเตอร์ ยี่ห้อ Lutron รุ่น WA-2017SD

ค่า DO (Dissolved Oxygen) ตรวจวัดด้วยเครื่องดีไอเอ็มมิเตอร์ (DO meter) ยี่ห้อ Lutron รุ่น WA-2017SD

ค่า BOD (Biological Oxygen Demand) ตรวจวัดด้วยวิธีไฮโดรเจนไมดิฟิเคชัน Azide modification method

ค่า COD (Chemical Oxygen Demand) ตรวจวัดด้วยวิธีการเร่งปฏิกิริยาแบบปิด (Closed reflux)

ค่า SS (Suspended Solids) ตรวจวัดด้วยวิธีกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้วมาตรฐาน

ค่า TDS (Total Dissolved Solids) ตรวจวัดด้วยเครื่องวัดค่า TDS (TDS meter) ยี่ห้อ Lutron รุ่น WA-2017SD

ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ตรวจวัดด้วย เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity meter) ยี่ห้อ Lutron รุ่น WA-2017SD

7.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Statistical Package for the Social Science) และทดสอบค่าทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of variance (ANOVA)



บทที่ 4

ผลการศึกษา

พื้นที่ศึกษา

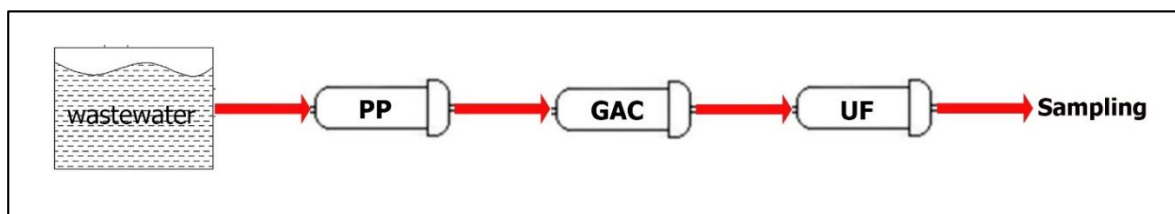
การศึกษาวิจัยนี้ ดำเนินการเก็บตัวอย่างจาก ระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลางของนิคมอุตสาหกรรมอัญธานี ระบบบำบัดน้ำเสียของนิคมฯ เป็นระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) แบบ Extended Aeration ที่ออกแบบมาให้สามารถรองรับน้ำเสียได้ 2,500 ลบ.ม./วัน

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลางในนิคมอุตสาหกรรมอัญธานี ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2560 – พฤษภาคม 2561 พบว่า ค่า BOD มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 11.17 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง ค่า BOD จะต้องไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงว่ามีค่าเป็นไปตามค่ามาตรฐาน และค่า pH เฉลี่ยเท่ากับ 6.94 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 31.09 องศาเซลเซียส ค่า TDS มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 722.07 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า Color มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 34.64 เอดีเอ็มไอ (ตาราง 3) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง ตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากนิคมอุตสาหกรรมตามประกาศของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2559 แล้วพบว่าน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลางในนิคมอุตสาหกรรมอัญธานี มีค่าเป็นไปตามค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากนิคมอุตสาหกรรม สามารถระบายทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อมได้

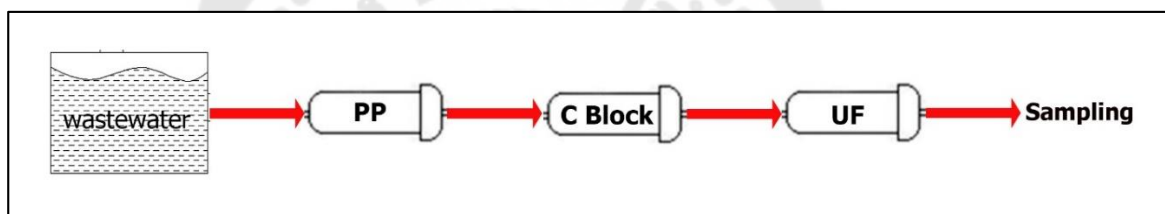
ตาราง 3 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย

Station	BOD (mg/L)	pH	DO (mg/L)	Temp. (°C)	Cond. (μ mhos/cm)	TDS (mg/L)	Turbid (NTU)	Color (ADMI)
มาตรฐาน	< 20	5.5 - 9.0	-	< 40	-	< 3000	-	300
ค่า S.D.	4.440	.280	.954	1.261	.133	96.481	1.773	11.057
น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย	11.17	6.94	4.63	31.09	1.14	722.07	6.09	34.64

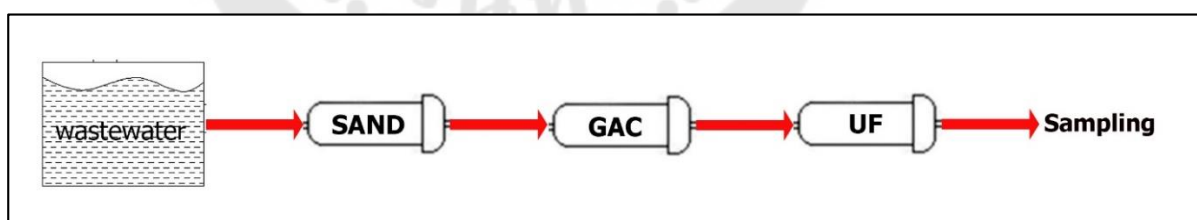
จากนั้นได้ดำเนินการนำน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียไปทดสอบกระบวนการกรองระดับต้นแบบที่แตกต่างกัน 4 รูปแบบ ได้แก่



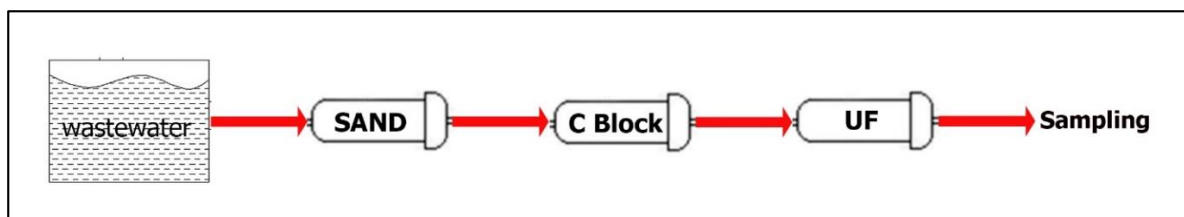
ภาพประกอบ 8 ระบบการกรองด้วยวัสดุเส้นใย Polypropylene แล้วผ่านระบบการกรองด้วยคาร์บอนแบบเกล็ด (GAC) แล้วผ่านระบบการกรองด้วยระบบอัลตราฟิลเทรชัน



ภาพประกอบ 9 ระบบการกรองด้วยวัสดุเส้นใย Polypropylene แล้วผ่านระบบการกรองด้วยคาร์บอนแบบอัดแท่ง (Carbon Block) แล้วผ่านระบบการกรองด้วยระบบอัลตราฟิลเทรชัน



ภาพประกอบ 10 ระบบการกรองทรายแล้วผ่านระบบการกรองด้วยทราย แล้วผ่านคาร์บอนแบบเกล็ด (GAC) แล้วผ่านระบบการกรองด้วยระบบอัลตราฟิลเทรชัน



ภาพประกอบ 11 ระบบการกรองทราย แล้วผ่านระบบการกรองด้วย คาร์บอนแบบอัดแท่ง (Carbon Block) แล้วผ่านระบบการกรองด้วยระบบอัลตราฟิลเทรชัน

อัลตราฟิลเทรชัน (Ultra Filtration : UF) เป็นระบบการกรองที่ให้น้ำไหลผ่านเส้นใยสังเคราะห์ที่มีรูพรุนความละเอียดประมาณ 0.01 ไมครอน ซึ่งทำให้ ตะกอน สารแขวนลอย โลหะหนักอื่นๆ รวมทั้งเชื้อแบคทีเรียที่มีขนาดใหญ่กว่ารูพรุนของเยื่อกรองไม่สามารถแทรกตัวเล็ดลอดผ่านไปได้ มีเพียงน้ำใสที่สามารถไหลผ่าน โดยสิ่งปนเปื้อนที่ถูกดักจับไว้จะถูกกำจัดออกจากระบบเป็นระยะ เพื่อป้องกันการตกค้างสะสม ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้งานระบบอัลตราฟิลเทรชันมากมาย เช่น ระบบผลิตน้ำประปา, การนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่, การผลิตน้ำใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม, อุตสาหกรรมผลิตน้ำดื่ม หรือแม้แต่การกรองน้ำเพื่อใช้บริโภคในครัวเรือน

ตาราง 4 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม และเขตประกอบการอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน
ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)	5.5-9.0
อุณหภูมิ (Temperature)	ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส
สี (Color)	ไม่เกิน 300 ADMI
ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids หรือ TDS)	ไม่เกิน 3,000 mg/L
BOD (Biochemical Oxygen Demand)	ไม่เกิน 20 mg/L
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด(Total Suspended Solids)	ไม่เกิน 50 mg/L
ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity)	-
ค่าความขุ่นของน้ำ (Turbidity)	-
Do (Dissolved Oxygen)	-

ที่มา http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water04_img01.html

ผลการนำระบบการกรองทั้ง 4 รูปแบบมาใช้เพื่อนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้นั้น ต้องพิจารณาเปรียบเทียบจากค่าดัชนีตรวจวัดคุณภาพมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม และเขตประกอบการอุตสาหกรรม ซึ่งผลการวิจัยที่ได้มีดังนี้

ตาราง 5 แสดงค่า BOD ของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดและผ่านการกรองทั้ง 4 แบบ

จุดเก็บน้ำ	ค่า BOD														ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
น้ำออกจากระบบบำบัด	12.20	7.40	8.30	7.70	12.20	12.80	15.20	12.40	11.00	14.00	8.30	8.30	7.00	12.00	11.17
PP -> GAC -> UF	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PP -> C BLOCK -> UF	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sand -> GAC -> UF	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sand -> C BLOCK -> UF	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

หมายเหตุ: Non Detectable บีโอดี < 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

1. การวิเคราะห์ค่า BOD

เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์ (เศษอาหารและสิ่งปฏิกูล) ที่มีอยู่ในน้ำ ซึ่งบอกถึงปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ ค่า BOD เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำลดน้อยลงซึ่งเป็นอันตรายต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์น้ำ ถ้าค่า BOD สูงมากแสดงว่าน้ำนั้นเน่าเสียมาก น้ำที่มีคุณภาพดี ควรมีค่า BOD ไม่เกิน 6 มิลลิกรัมต่อลิตร พระราชบัญญัติน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม กำหนดไว้ว่า น้ำทิ้งก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ต้องมีค่า BOD ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 5) ซึ่งผลการตรวจค่า BOD ในนิคมอุตสาหกรรมอัญธานี พบว่า น้ำที่ออกจากระบบบำบัดมีค่า BOD เฉลี่ย 11.17 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานควบคุม เมื่อนำมาผ่านกระบวนการกรองทั้ง 4 แบบ พบค่า BOD น้อยกว่า 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงว่า การกรองทั้ง 4 แบบ มีประสิทธิภาพในการกรองสารอินทรีย์ได้ ประสิทธิภาพไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 6 ค่า pH ของน้ำออกจากระบบบำบัดและผ่านกระบวนการกรองทั้ง 4 แบบ

จุดเก็บน้ำ	ค่า pH														ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
น้ำออกจากระบบบำบัด	7.08	7.24	6.85	6.83	6.89	6.65	7.30	7.03	7.06	6.98	6.78	6.72	6.97	6.82	6.94
PP -> GAC -> UF	7.01	7.45	6.80	7.00	6.95	6.95	6.46	6.37	7.24	7.10	6.43	7.31	7.28	7.12	6.96
PP -> C BLOCK -> UF	7.11	7.43	6.99	6.97	6.98	6.96	6.74	6.39	7.31	7.18	6.59	7.11	7.45	7.21	7.03
Sand -> GAC -> UF	7.05	7.39	6.95	7.22	6.94	7.05	6.76	7.06	7.24	7.08	6.95	8.14	7.36	7.20	7.17
Sand -> C BLOCK -> UF	7.10	7.41	7.08	7.11	6.97	6.86	6.75	7.01	7.14	7.16	6.94	7.21	7.37	7.13	7.09

2. ค่า pH

เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเป็นกรดหรือด่างของน้ำ ซึ่งเป็นการวัดความเข้มข้นของธาตุไฮโดรเจน (H) ที่มีอยู่ในน้ำเสีย ไม่มีหน่วยแต่มีตารางบอกจากค่า 1 ถึง 14 น้ำเสียที่มีคุณสมบัติเป็นกรดจะมีค่า pH น้อยกว่า 7 เป็นด่างจะมีค่า pH มากกว่า 7 และเป็นกลางจะมีค่า pH เท่ากับ 7 (ธงชัย พรรณสวัสดิ์ & วิบูลย์ลักษณ์ วิสุมิศักดิ์, 2540) ค่า pH มีความสำคัญมากต่อระบบบำบัดทางชีวภาพ เพราะจุลินทรีย์ในระบบจะทำงานได้ดีในช่วง pH 6.8-8 เท่านั้น น้ำเสียชุมชนจะค่อนข้างเป็นกลาง ไม่เหมือนกับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่แปรเปลี่ยนไปตามประเภทของอุตสาหกรรม จากการวิจัย ค่า pH ของน้ำที่ออกจากระบบบำบัด มีค่าเฉลี่ย 6.94 เมื่อผ่านกระบวนการกรองทั้ง 4 แบบ พบว่า การกรองด้วย PP -> GAC -> UF มีค่า pH เฉลี่ย 6.96 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงจากน้ำที่ออกจากระบบบำบัดมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน กรองแบบ PP -> C BLOCK -> UF มีค่า pH เฉลี่ย 7.03 กรองแบบ Sand -> GAC -> UF มีค่า pH เฉลี่ย 7.17 และกรองแบบ Sand -> C BLOCK -> UF มีค่า pH เฉลี่ย 7.09 ซึ่งมีฤทธิ์เป็นกลาง

ตาราง 7 ค่า DO ของน้ำออกจากระบบบำบัดและผ่านกระบวนการกรองทั้ง 4 แบบ

จุดเก็บน้ำ	ค่า DO														ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
น้ำออกจากระบบบำบัด	4.59	5.22	3.95	4.94	4.70	4.27	5.12	4.62	4.60	4.52	4.58	4.62	4.89	4.22	4.63
PP -> GAC -> UF	4.48	4.07	2.71	3.43	3.97	4.14	3.52	3.06	3.31	3.32	2.75	5.11	3.08	3.13	3.58
PP -> C BLOCK -> UF	4.18	3.67	2.60	3.10	2.81	3.89	2.21	2.69	2.67	3.20	1.80	4.91	3.06	2.98	3.13
Sand -> GAC -> UF	3.12	3.52	2.18	1.58	4.14	4.41	2.68	3.12	3.12	3.45	4.46	4.83	3.00	3.38	3.36
Sand -> C BLOCK -> UF	3.47	3.53	2.09	2.81	2.67	2.53	2.35	1.62	2.34	2.41	2.32	5.17	3.14	3.31	2.84

3. ค่า DO (Dissolved Oxygen)

ค่าปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำเป็นลักษณะสำคัญที่จะบ่งบอกให้ทราบว่า แหล่งน้ำนั้นมีปริมาณออกซิเจนเพียงพอต่อความต้องการของสิ่งมีชีวิตหรือไม่ แบบคิที่เรียที่เป็นสารอินทรีย์ในน้ำต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ความต้องการออกซิเจนของแบบคิที่เรียนี้จะทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง ดังนั้นน้ำสะอาดจะมีค่า DO สูง และน้ำเสียจะมีค่า DO ต่ำ มาตรฐานของน้ำที่มีคุณภาพดีโดยทั่วไปจะมีค่า DO ประมาณ 5-8 ppm น้ำเสียจะมีค่า DO ต่ำกว่า 3 ppm ผลการวิจัยพบว่า น้ำที่ออกจากระบบบำบัด มีค่า DO 4.63 ppm น้ำที่ผ่านกระบวนการกรองแบบ PP -> GAC -> UF มีค่า DO สูงที่สุด รองลงมาแบบ Sand -> GAC -> UF, PP -> C BLOCK -> UF และ Sand -> C BLOCK -> UF ที่ระดับ 3.58, 3.36, 3.13 และ 2.84 ppm ตามลำดับ ซึ่งจะพบว่า น้ำที่ออกจากระบบบำบัดมีค่า DO มากกว่าน้ำที่ผ่านกระบวนการกรองนั้นอาจเป็นเพราะในระบบบำบัดมีการเติมออกซิเจนในระบบตลอดเวลาเพื่อให้จุลินทรีย์นำไปใช้ในการย่อยสลายจึงทำให้มีปริมาณออกซิเจนสูงกว่าน้ำที่นำมาผ่านกระบวนการกรอง ซึ่งมีความสะอาดกว่าน้ำที่ผ่านระบบบำบัดเพียงอย่างเดียว

ตาราง 8 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำออกจากระบบบำบัดและผ่านกระบวนการกรองทั้ง 4 แบบ

จุดเก็บน้ำ	ค่า Cond. (mS)														ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
น้ำออกจากระบบบำบัด	1.16	1.16	1.00	1.03	1.05	1.11	1.16	1.06	1.97	1.14	1.09	1.01	1.02	1.05	1.14
PP -> GAC -> UF	1.16	1.14	1.01	1.03	1.05	1.11	1.09	1.13	1.00	1.09	0.93	0.89	1.08	0.94	1.05
PP -> C BLOCK -> UF	1.16	1.15	1.01	1.01	1.05	1.11	1.06	1.12	1.00	1.09	0.92	0.87	1.01	0.94	1.04
Sand -> GAC -> UF	1.16	1.14	1.03	1.03	1.06	1.11	1.11	1.13	0.91	1.09	0.98	0.95	1.02	0.94	1.05
Sand -> C BLOCK -> UF	1.16	1.11	1.02	1.03	1.05	1.12	1.09	1.14	0.99	1.05	0.95	1.06	1.02	0.93	1.05

4. ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity)

บอกถึงความสามารถของน้ำที่กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่าน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไอออนโดยรวมในน้ำ และอุณหภูมิขณะทำการวัดค่าการนำไฟฟ้า ค่าการนำไฟฟ้ายังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิด้วย ถ้าอุณหภูมิสูงค่าการนำไฟฟ้าก็จะยิ่งมากขึ้น น้ำทิ้งที่ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำอาจส่งผลต่อค่าการนำไฟฟ้าทั้งนี้ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของน้ำทิ้งนั้นด้วย จากการวิจัย น้ำที่ออกจากระบบบำบัดมีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย 1.14 mS เมื่อผ่านกระบวนการกรองแบบ PP -> GAC -> UF, Sand -> GAC -> UF และ Sand -> C BLOCK -> UF มีค่าการนำไฟฟ้าเท่ากันที่ระดับ 1.05 mS และกรองแบบ PP -> C BLOCK -> UF มีค่าการนำไฟฟ้า 1.04 mS ซึ่งการกรองทั้ง 4 แบบ มีค่าการนำไฟฟ้าไม่แตกต่างกันมาก

ตาราง 9 ค่า TDS ของน้ำออกจากระบบบำบัดและผ่านกระบวนการกรองทั้ง 4 แบบ

ค่า TDS															
จุดเก็บน้ำ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	ค่าเฉลี่ย
น้ำออกจากระบบบำบัด	771.00	768.00	670.00	691.00	701.00	716.00	768.00	797.00	649.00	761.00	724.00	678.00	715.00	700.00	722.07
PP -> GAC -> UF	774.00	760.00	674.00	686.00	701.00	740.00	730.00	725.00	669.00	725.00	619.00	590.00	680.00	625.00	692.71
PP -> C BLOCK -> UF	770.00	764.00	673.00	677.00	699.00	742.00	700.00	720.00	667.00	726.00	624.00	577.00	675.00	623.00	688.36
Sand -> GAC -> UF	774.00	762.00	687.00	689.00	705.00	746.00	729.00	732.00	608.00	726.00	647.00	637.00	686.00	628.00	696.86
Sand -> C BLOCK -> UF	775.00	740.00	676.00	680.00	701.00	747.00	723.00	725.00	662.00	704.00	629.00	690.00	679.00	618.00	696.36

5. ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids: TDS)

บอกถึงปริมาณของแข็งที่ละลายเจือปนในน้ำ ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า การวัดค่า TDS มีหน่วยเป็น mg/ L (ppm) หากพบว่าในน้ำมีค่า TDS มาก แสดงว่าในน้ำนั้นมีสารละลายแปลกปลอมมาก ค่า TDS จะเป็นตัวบ่งบอกถึง ค่าความกระด้างของน้ำได้ เนื่องจากค่าความกระด้างของน้ำเป็นสาเหตุของการก่อตัวของหินปูน จากการวิจัยพบว่าน้ำที่ออกจากระบบบำบัดมีค่า TDS เฉลี่ย 722.07 เมื่อนำมาผ่านการกรองแบบ PP -> C BLOCK -> UF มีค่าเฉลี่ย TDS น้อยที่สุดที่ระดับ 688.36 ppm ซึ่งบ่งบอกว่ามีสารละลายแปลกปลอมในน้ำน้อยที่สุด รองลงมาเป็นการกรองแบบ PP -> GAC -> UF, Sand -> C BLOCK -> UF และ Sand -> GAC -> UF ที่ค่าเฉลี่ย 692.71, 696.36 และ 696.86 ppm ตามลำดับ

ตาราง 10 ค่าอุณหภูมิของน้ำออกจากระบบบำบัดและผ่านกระบวนการกรองทั้ง 4 แบบ

ค่า Temp.															
จุดเก็บน้ำ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	ค่าเฉลี่ย
น้ำออกจากระบบบำบัด	32.10	33.00	31.70	30.90	31.60	31.80	30.60	30.10	29.90	30.70	30.90	30.10	30.80	31.10	31.09
PP -> GAC -> UF	32.00	32.50	31.60	31.40	32.20	31.30	32.10	33.00	30.20	32.40	32.90	36.30	32.30	31.90	32.29
PP -> C BLOCK -> UF	32.30	32.40	31.90	31.30	32.10	31.20	32.40	33.10	30.20	32.10	32.80	35.70	32.50	31.90	32.28
Sand -> GAC -> UF	32.30	32.50	32.00	31.50	32.00	31.30	32.60	33.50	31.10	31.80	33.40	36.40	32.30	32.10	32.49
Sand -> C BLOCK -> UF	32.20	32.80	32.20	31.40	31.60	31.20	32.90	33.10	31.30	31.90	33.70	35.10	32.90	31.80	32.44

6. อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบบำบัด เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะช่วยให้เกิดการย่อยสลายเร็วขึ้น แต่ต้องไม่สูงเกินมาตรฐานควบคุมที่กำหนด คือ อุณหภูมิต้องสูงไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส เพราะจะทำให้พืชและสัตว์น้ำขนาดเล็กในแม่น้ำลำคลองตายได้ ส่งผลกระทบต่อระบบห่วงโซ่อาหาร จากการวิจัยครั้งนี้ อุณหภูมิน้ำที่ออกจากระบบบำบัดมีค่าเฉลี่ย 31.09 องศาเซลเซียส เมื่อนำน้ำผ่านระบบการกรองพบว่า การกรองแบบ Sand -> GAC -> UF มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด รองมา Sand -> C BLOCK -> UF มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ 32.44 และกรองแบบ PP -> GAC -> UF กับแบบ PP -> C BLOCK -> UF มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากันที่ 32.29 องศาเซลเซียส

ตาราง 11 ค่าระดับความขุ่นของน้ำ

ระดับความขุ่น	ค่าความขุ่น (NTU)
น้ำใส	ไม่เกิน 25
น้ำขุ่นปานกลาง	25-100
น้ำขุ่นมาก	100

ที่มา <http://www.eastern-energy.net/product-en-702400-Turbidity+Meter.html>

7. ค่าความขุ่นของน้ำ (Turbidity)

ความขุ่นเป็นคุณลักษณะที่สำคัญอย่างหนึ่งของน้ำ ซึ่งเป็นดัชนีที่ใช้ตรวจวัดคุณภาพมากพอสมควร ความขุ่นเกิดจากการที่ในน้ำมีสารที่ไม่ละลายน้ำขนาดเล็กแขวนลอยซึ่งอาจเป็นไปได้ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เช่น ดิน ทราย แพลงค์ตอน สารอินทรีย์ขนาดเล็กหรือจุลินทรีย์ เป็นต้น ถ้าน้ำมีปริมาณสารแขวนลอยดังกล่าวอยู่ในปริมาณมากเมื่อส่องมากระทบสารแขวนลอยนี้จะทำให้เกิดการหักเหของแสงกระจัดกระจายไป ทำให้มองเห็นน้ำมีลักษณะขุ่น สารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำนี้อาจจะมีหรือไม่มีผลต่อสุขภาพอนามัยหรือระบบนิเวศวิทยาของแหล่งน้ำก็ได้ สารแขวนลอยบางชนิดที่ทำให้น้ำมีความขุ่นอาจจะไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคมากนัก แต่ทำให้น้ำนั้นไม่น่านำมาใช้ประโยชน์ในการอุปโภคหรือบริโภค ทำให้น้ำรังเกียจและมีผลต่อการนำน้ำมาใช้ประโยชน์ เช่น มีผลกระทบต่อระบบการกรองทำให้เครื่องกรองอุดตันและเสียเร็ว มีผลต่อระบบการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน เนื่องจากแขวนลอยจะห่อหุ้มจุลินทรีย์ไว้ ทำให้คลอรีนไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ (ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข, 2553) นอกจากนี้ความขุ่นยังส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำและการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ เนื่องจากความขุ่นของน้ำจะบดบังแสงอาทิตย์ทำให้พืชไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้เต็มที่ มีผลต่อการมองเห็นของสัตว์น้ำและเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ ซึ่งการวัดค่าความขุ่นของน้ำหน่วยที่ใช้ คือเอ็นทียู (Nephelometric Turbidity Unit, NTU) จากตารางที่ ค่ามาตรฐานความขุ่นของน้ำประปา ควรมีค่าไม่เกิน 5 NTU และแหล่งน้ำทั่วไปไม่ควรมีความขุ่นเกิน 100 NTU เพราะส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสัตว์และพืชที่อยู่ในน้ำ

ตาราง 12 ค่าสีของน้ำที่ออกจากระบบบำบัดและผ่านกระบวนการกรอง 4 แบบ

Color water (ADMI)															
จุดเก็บน้ำ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	ค่าเฉลี่ย
น้ำออกจากระบบบำบัด	30.00	35.00	35.00	30.00	35.00	35.00	50.00	35.00	25.00	30.00	40.00	35.00	30.00	40.00	34.64
PP -> GAC -> UF	15.00	10.00	15.00	15.00	15.00	20.00	10.00	15.00	15.00	10.00	20.00	20.00	0.00	5.00	13.21
PP -> C BLOCK -> UF	10.00	20.00	10.00	5.00	10.00	5.00	10.00	10.00	10.00	20.00	5.00	10.00	0.00	5.00	9.29
Sand -> GAC -> UF	15.00	15.00	10.00	5.00	10.00	5.00	15.00	10.00	15.00	15.00	5.00	10.00	5.00	10.00	10.36
Sand -> C BLOCK -> UF	5.00	10.00	5.00	5.00	15.00	15.00	5.00	10.00	5.00	5.00	10.00	0.00	10.00	10.00	7.86

8. สีของน้ำ (Color)

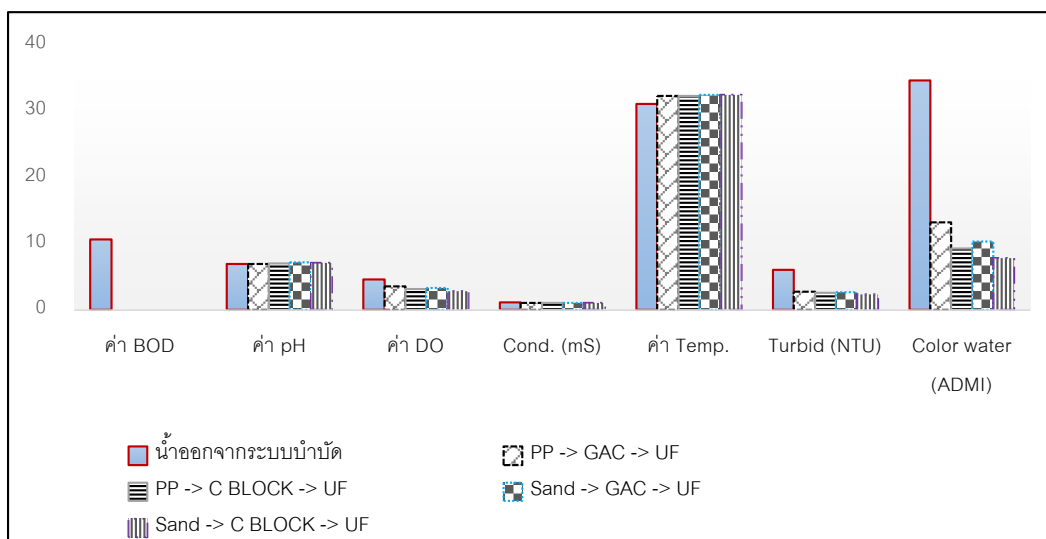
โดยทั่วไปในแหล่งน้ำในธรรมชาติสีของน้ำจะเป็นสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาลซึ่งจะเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อม ชนิด ความเข้มข้น และปริมาณของสารละลายหรือสารแขวนลอย สีของน้ำเกิดจากการปนเปื้อนของสารต่างๆ ทั้งที่เป็นสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ทั้งที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ สีของน้ำจะขึ้นอยู่กับความเป็นกรด-ด่างของน้ำ โดยสีของน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น สีของน้ำนั้นสามารถถูกกำจัดออกได้เพื่อให้น้ำเหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ ปัจจุบันมีการวัดค่าสีอยู่หลายหน่วย แต่ที่นิยมใช้คือ หน่วยเอดีเอ็มไอ (ADMI unit) ซึ่งสีของน้ำมีค่ามาตรฐานไม่เกิน 300 ADMI และสำหรับประกาศของการนิคมอุตสาหกรรม ปี พ.ศ.2560 ค่ามาตรฐานสีของน้ำทั้งที่ระบายลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลางในนิคมอุตสาหกรรม ไม่เกิน 600 ADMI โดยทั่วไปการวัดค่าสีจะเป็นการวัดค่าสีจริง คือ สีที่ได้หลังจากการกำจัดเอาสารแขวนลอยออกแล้ว ซึ่งการกำจัดสารแขวนลอยออกนั้น ก็มีใช้กัน 2 วิธี คือ 1) วิธีการกรอง Filtration system ผ่าน calcined filter aids และ micrometallic filter crucible ขนาด 40 um 2) วิธีการหมุนเหวี่ยง Centrifuge system

การวัดค่าสีในหน่วย ADMI เป็นการตรวจสอบการปนเปื้อนของสีย้อม (Dye) และเม็ดสี (Pigment) ในน้ำ โดยการวัดค่าสีในหน่วย ADMI จะตรวจวัดปริมาณของสี (Color Value) ในทุกหน่วยสี ไม่นับที่สีใดสีหนึ่งโดยการตรวจวัดจะเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน EPA ซึ่งเหมาะสำหรับการวัดค่าสีของน้ำในโรงงานหรือนิคมอุตสาหกรรม การตรวจวัดค่าสีในหน่วย ADMI เป็นการวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 400-700 nm ซึ่งเป็นการวัดค่าสีที่แท้จริง โดยวัดปริมาณเม็ดสีตั้งแต่เจดสีม่วงถึงเจดสีแดง ซึ่งผลการศึกษาน้ำที่ออกจากระบบบำบัดมีค่าสีของน้ำเฉลี่ย 34.64 ADMI เมื่อนำมาผ่านกระบวนการกรองทั้ง 4 แบบ พบว่าการกรองด้วย Sand -> C BLOCK -> UF มีค่าสีน้อยที่สุด รองลงมา PP -> C BLOCK -> UF , Sand -> GAC -> UF และ PP -> GAC -> UF ที่ระดับ 7.86, 9.29, 10.36 และ 13.21 ตามลำดับ

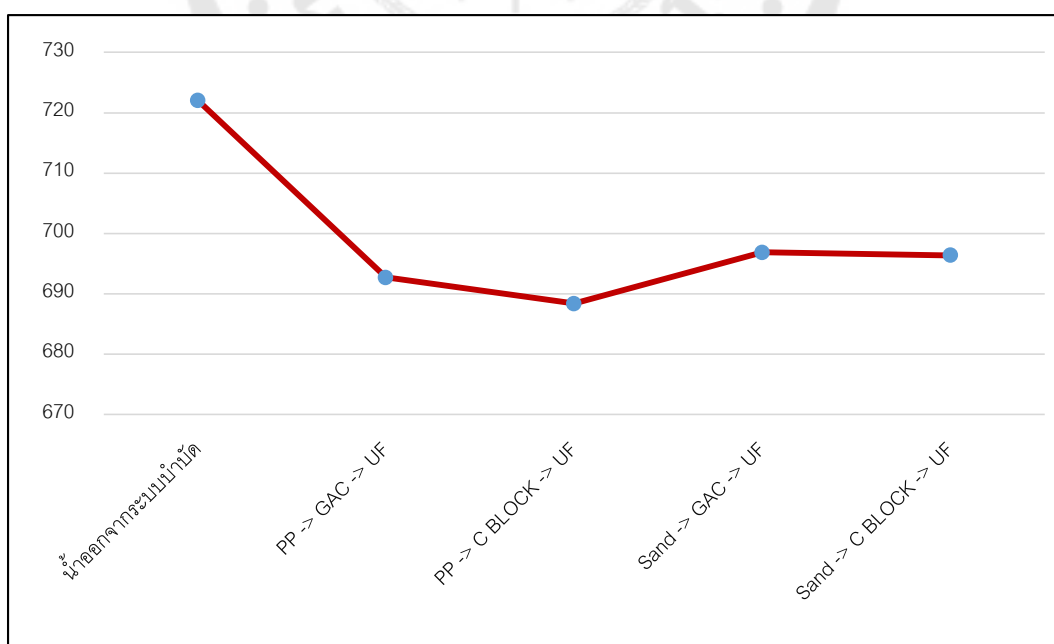
การเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของน้ำที่กระบวนการกรองทั้ง 4 แบบ

จากภาพประกอบ 12 การกรองทั้ง 4 แบบ ไม่พบ ค่า BOD การกรองแบบ PP -> C BLOCK -> UF พบค่า pH เฉลี่ย เป็นกลางมากที่สุดที่ระดับ 7.03 การกรองแบบ PP -> GAC -> UF มีค่า DO เฉลี่ยมากที่สุด ที่ระดับ 3.58 ppm เพราะค่า DO มากจะบอกถึงปริมาณออกซิเจนในน้ำ การกรองแบบ PP -> C BLOCK -> UF ค่าการนำไฟฟ้าน้อยที่สุดที่ระดับ 1.04 mS ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการกรองทั้ง 3 แบบ การกรองแบบ Sand -> GAC -> UF มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุดที่ระดับ 32.49 องศาเซลเซียส การกรองแบบ Sand -> C BLOCK -> UF มีค่าความขุ่นน้อยที่สุด

ที่ระดับ 2.35 NTU ซึ่งค่าความขุ่นน้อยแสดงว่าน้ำมีความใสมาก การกรองแบบ Sand -> C BLOCK -> UF มีค่าสีของน้ำน้อยที่สุด ที่ระดับ 7.86 ADMI บ่งบอกถึงการปนเปื้อนของน้ำน้อยที่สุด การกรองแบบ PP -> C BLOCK -> UF มีค่า TDS น้อยที่สุดที่ระดับ 688.36 ppm (ภาพประกอบ 12) ซึ่งค่า TDS น้อยบ่งบอกถึงสารละลายแปลกปลอมในน้ำก็จะน้อยด้วย



ภาพประกอบ 12 กราฟแสดงค่าคุณภาพของน้ำที่ออกจากระบบบำบัดและการกรองทั้ง 4 แบบ



ภาพประกอบ 13 กราฟแสดงค่า TDS ของน้ำที่ออกจากระบบบำบัดและการกรองทั้ง 4 แบบ

ตาราง 13 แสดงเปรียบเทียบค่าต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยของดัชนีคุณภาพน้ำที่ผ่านกระบวนการกรองทั้ง 4 แบบ

ดัชนีคุณภาพน้ำ	จุดเก็บน้ำ	Min	Max	$\bar{x}$	F	Sig
BOD	PP -> GAC -> UF	0.000	0.000	0.00		
	PP -> C BLOCK -> UF	0.000	0.000	0.00		
	Sand -> GAC -> UF	0.000	0.000	0.00		
	Sand -> C BLOCK -> UF	0.000	0.000	0.00		
pH	PP -> GAC -> UF	6.370	7.450	6.96	1.269	.295
	PP -> C BLOCK -> UF	6.390	7.450	7.03		
	Sand -> GAC -> UF	6.760	8.140	7.17		
	Sand -> C BLOCK -> UF	6.750	7.410	7.09		
DO	PP -> GAC -> UF	2.710	5.110	3.58	2.078	.114
	PP -> C BLOCK -> UF	1.800	4.910	3.13		
	Sand -> GAC -> UF	1.580	4.830	3.36		
	Sand -> C BLOCK -> UF	1.620	5.170	2.84		
Temp	PP -> GAC -> UF	30.200	36.300	32.29	.096	.962
	PP -> C BLOCK -> UF	30.200	35.700	32.28		
	Sand -> GAC -> UF	31.100	36.400	32.49		
	Sand -> C BLOCK -> UF	31.200	35.100	32.44		
Cond	PP -> GAC -> UF	.888	1.162	1.05	.103	.958
	PP -> C BLOCK -> UF	.866	1.159	1.04		
	Sand -> GAC -> UF	.913	1.161	1.05		
	Sand -> C BLOCK -> UF	.928	1.156	1.05		
TDS	PP -> GAC -> UF	6.190	774.000	648.94	.600	.618
	PP -> C BLOCK -> UF	577.000	770.000	688.36		
	Sand -> GAC -> UF	608.000	774.000	696.86		
	Sand -> C BLOCK -> UF	618.000	747.000	696.36		
Turbid	PP -> GAC -> UF	1.220	4.040	2.77	.632	.598
	PP -> C BLOCK -> UF	1.140	3.900	2.58		
	Sand -> GAC -> UF	1.660	3.960	2.68		
	Sand -> C BLOCK -> UF	1.290	3.840	2.35		
Color water	PP -> GAC -> UF	0.000	20.000	13.21	3.676	.018
	PP -> C BLOCK -> UF	0.000	20.000	9.29		
	Sand -> GAC -> UF	5.000	15.000	10.36		
	Sand -> C BLOCK -> UF	0.000	15.000	7.86		

จากตารางที่ 13 เปรียบเทียบค่าต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยของดัชนีคุณภาพน้ำที่ผ่านกระบวนการกรองทั้ง 4 แบบ พบว่า ค่า pH, ค่า Do, อุณหภูมิ, ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity), ค่าความขุ่น (Turbid) และ ค่า TDS ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ค่า Color water มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตาราง 14 การหาค่าการกระจายของข้อมูล

Parameter	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
BOD	70	.000	15.200	2.12571	4.440808
pH	70	6.370	8.140	7.03886	.280959
DO	70	1.580	5.220	3.50629	.954186
Temp	70	29.900	36.400	32.11714	1.261006
Cond	70	.866	1.974	1.06493	.133558
TDS	70	6.190	797.000	690.51700	96.481087
Turbid	70	1.140	8.440	3.29429	1.773064
Color water	70	.000	50.000	15.42857	11.057913

การวัดการกระจายของข้อมูลที่นิยมนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย และเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้ทราบถึงลักษณะข้อมูลค่าเฉลี่ยที่ได้รับว่ามีคุณภาพที่เหมาะสมกับสถานการณ์หรือไม่ กล่าวกันอย่างง่ายคือ หากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าการกระจายตัวน้อย แสดงว่าข้อมูลในค่าเฉลี่ยนั้นใกล้เคียงกัน ในทางตรงกันข้าม หากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าการกระจายตัวมาก แสดงว่าข้อมูลในค่าเฉลี่ยแตกต่างกันมาก ซึ่งอาจจะส่งผลให้ผลลัพธ์ของการวิจัยคลาดเคลื่อนได้ จากตารางที่ 17 แสดงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการกรองในรูปแบบต่างๆ ว่าสามารถปรับปรุงคุณภาพของน้ำทิ้งให้ดีขึ้น

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่า น้ำที่ออกจากระบบบำบัด มีค่า BOD เฉลี่ยเท่ากับ 10.63 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานน้ำทิ้ง ค่า BOD จะต้องไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่า pH เฉลี่ยเท่ากับ 6.9 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 31.09 องศาเซลเซียส ค่า TDS มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 722.07 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า Color มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 34.64 ADMI มีค่าเป็นไปตามค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากนิคมอุตสาหกรรมตามประกาศของกระทรวงทรัพยากร ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2559 ตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากนิคมอุตสาหกรรมตามประกาศของกระทรวงทรัพยากร ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2559 สามารถระบายทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อมได้

คุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านกระบวนการกรองระดับต้นทั้ง 4 รูปแบบ มีค่าคุณภาพน้ำทิ้งผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานของคุณภาพน้ำที่ต่อนการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ในโรงงานอุตสาหกรรม (Asano, 1998) โดยน้ำทิ้งที่ผ่านกระบวนการกรองทั้ง 4 รูปแบบ มีคุณภาพที่ดีขึ้น โดยจะเห็นว่าค่า BOD ทั้ง 4 รูปแบบ จากผลการวิเคราะห์จะพบค่า BOD น้อยกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งเป็นค่าที่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ และค่า pH, DO, อุณหภูมิ, และ ค่า Conductivity ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน รวมทั้งพบว่า ค่า TDS ค่า Turbidity ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความขุ่นของน้ำ และค่า Color เป็นค่าที่แสดงถึงสีที่ปรากฏหรือความใสของน้ำ มีค่าลดลงเมื่อผ่านระบบการกรองทั้ง 4 รูปแบบ โดยพบว่า น้ำทิ้งที่ผ่านระบบการกรองรูปแบบที่ 1 มีค่า TDS น้อยที่สุด เท่ากับ 648.94 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่ระบบการกรองรูปแบบที่ 4 พบค่า Turbidity และ Color น้อยที่สุด เท่ากับ 2.35 NTU และ 7.86 เอดีเอ็มไอ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับคุณลักษณะของมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค ตามคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก (WHO) ปี 2011 พบว่าค่ามาตรฐาน Turbidity ต้องมีค่า ≤ 4 NTU และค่า Color ≤ 15 ADMI จากผลการวิเคราะห์การกรองทั้ง 4 รูปแบบการกรองทั้ง Turbidity และค่า Color มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอย่างชัดเจน สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุกดญา ทับอุไร (2554) ซึ่งศึกษา การประยุกต์ใช้กระบวนการอัลตราฟิльтраชันสำหรับการกำจัดสารอินทรีย์ธรรมชาติในกระบวนการผลิตน้ำประปา โดยทำการทดสอบน้ำผิวดินจากอ่างเก็บน้ำสุระและน้ำทิ้งจากระบบ

บำบัดน้ำเสีย ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีจังหวัดนครราชสีมา เรื่องคุณลักษณะของน้ำที่เข้าและออกจากระบบกรองอัลตราฟิลเทรชันของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย สามารถลดค่าความขุ่น (Turbidity) และน้ำจะมีลักษณะใสขึ้น

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิจัยครั้งนี้ ระบบการกรองทั้ง 4 รูปแบบนั้น สามารถนำมาใช้เพื่อนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เมื่อพิจารณาจากค่า BOD, DO, Turbidity และ Color พบว่าไม่ว่าจะผ่านรูปแบบการกรองแบบใดก็ไม่มีค่าความแตกต่างกัน ส่วนการกรองรูปแบบที่ 3 : Sand -> GAC -> UF สามารถปรับสภาพ pH, Temperature. และ DO ได้ดีที่สุด ในขณะที่รูปแบบการกรองรูปแบบที่ 1: PP -> GAC -> UF สามารถกรองค่า TDS ได้ดีที่สุด ซึ่งเมื่อพิจารณาภาพรวมทั้งคุณภาพน้ำและปัจจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์แล้วสามารถวิเคราะห์ได้ว่า รูปแบบที่ 3 คือ ระบบการกรองทรายแล้วผ่านระบบการกรองด้วย คาร์บอนแบบเกล็ด (GAC) แล้วผ่านระบบการกรองด้วยระบบอัลตราฟิลเทรชัน จะเป็นรูปแบบที่ดีที่สุด เนื่องจากวัสดุทรายสำหรับการกรองน้ำและคาร์บอนเกล็ดสำหรับการปรับสภาพน้ำ สามารถหาซื้อได้ง่ายและมีราคาที่เหมาะสมตามกระบวนการทางเศรษฐศาสตร์ ในขณะที่ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและการบำรุงรักษาก็มีค่าใช้จ่ายที่ไม่สูงเช่นกัน โดยรูปแบบที่ 3 นี้ยังสามารถนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ซ้ำในโรงงานอุตสาหกรรมได้ทำให้ลดปริมาณการใช้น้ำประปาลง โดยอัตราการผลิตน้ำขึ้นอยู่กับการใช้ปั๊มแรงดัน แต่อย่างไรก็ตามการนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ ยังมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาสูง เมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตน้ำจากแหล่งน้ำดิบธรรมชาติด้วยกระบวนการปรับคุณภาพน้ำทั่วไป ดังนั้นการประยุกต์ใช้กระบวนการกรองโดยมีระบบการกรองด้วยระบบอัลตราฟิลเทรชันเป็นขั้นตอนสุดท้ายของทั้ง 4 รูปแบบซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้งานจริงในอนาคต

การใช้ประโยชน์จากน้ำทิ้งโดยการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ด้วยวิธีการกรอง

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการกรองจะมีค่าดัชนีคุณภาพน้ำดีกว่าน้ำที่ผ่านระบบบำบัดเพียงอย่างเดียว มีค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากนิคมอุตสาหกรรมตามประกาศของกระทรวงทรัพยากร ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในนิคมอุตสาหกรรมอัญธานี มีดังนี้

ใช้สำหรับรดน้ำต้นไม้รอบนิคมฯ อัญธานี ซึ่งมีต้นไม้ทั้งขนาดใหญ่ ขนาดเล็ก และสนามหญ้า การรดน้ำต้นไม้ไม่ต้องใช้ปริมาณในการรดค่อนข้างมาก ดังนั้น การนำน้ำรีไซเคิลมาใช้จึงช่วยลดการใช้ปริมาณน้ำลง และไม่เสียทรัพยากรโดยเปล่าประโยชน์

ใช้ในการกระบวนการล้างเครื่องจักร ในระบบบำบัดมีเครื่องรีดตะกอนหนึ่งชุด ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการบำบัดน้ำเสียซึ่งเครื่องจักรชุดนี้จะต้องใช้น้ำสะอาดหรือน้ำประปาเข้าไปล้างชุดรีดตะกอนตลอดเวลาที่เครื่องจักรทำงาน ซึ่งการใช้น้ำสะอาดหรือน้ำประปา มีความจำเป็นต้องใช้ถึง 7 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ในหนึ่งวันเครื่องรีดตะกอนนี้ทำงาน 12 ชั่วโมง ซึ่งการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ด้วยวิธีการกรองสามารถลดการใช้น้ำไปได้ถึง 84 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน





ภาพประกอบ 14 การนำน้ำที่ผ่านกระบวนการกรองไปรดน้ำต้นไม้





ภาพประกอบ 15 การนำน้ำที่ผ่านกระบวนการกรองไปล้างเครื่องจักร

ปัจจุบันการประยุกต์ใช้งานระบบอัลตราฟิลเทรชันมีมากมาย โดยกระบวนการนี้นิยมมาประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น ระบบผลิตน้ำประปา, การนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่, การผลิตน้ำใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม, อุตสาหกรรมผลิตน้ำดื่ม หรือแม้แต่การกรองน้ำเพื่อใช้บริโภคในครัวเรือน ฯลฯ อย่างไรก็ตามการนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบเร่งตะกอน (Activated Sludge Process) ในนิคมอุตสาหกรรมอัญธานี พบว่าได้ผลการทดสอบมีค่ามาตรฐานเป็นไปตามประกาศของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2559 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม และพบว่าน้ำทิ้งที่ผ่านระบบการกรองระดับต้นแบบทั้ง 4 รูปแบบ สามารถนำน้ำทิ้งที่ผ่านกระบวนการกรองกลับมาใช้ซ้ำภายในโรงงานได้ มีประสิทธิภาพในการลดค่า BOD, DO, TDS, Conductivity, Turbidity และค่า Color ดังนั้นคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านระบบการกรองระดับต้นแบบทั้ง 4 รูปแบบ ที่แตกต่างกัน จะได้ค่าตามมาตรฐานที่ไม่ต่างกันและหากนำด้านราคาที่เหมาะสมตามกระบวนการทางเศรษฐศาสตร์ และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการการบำรุงรักษาและมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการที่ไม่สูงมาพิจารณา รูปแบบระบบการกรองทรายแล้วผ่านระบบการกรองด้วย คาร์บอนแบบเกล็ด (GAC) แล้วผ่านระบบการกรองด้วยระบบอัลตราฟิลเทรชันเป็นรูปแบบที่เหมาะสมที่สุด สามารถนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ซ้ำในโรงงานอุตสาหกรรมได้ช่วยลดปริมาณการใช้น้ำประปาลง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้งานจริงในอนาคตต่อไป

ความสามารถนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ซ้ำในโรงงานอุตสาหกรรมได้ทำให้ลดปริมาณการใช้น้ำประปาลงมีเครื่องจักรจะต้องใช้น้ำสะอาดหรือน้ำประปาเข้าไปล้างชุดผ้ารีดตะกอนตลอดเวลาที่เครื่องจักรทำงาน การใช้น้ำสะอาดหรือน้ำประปา ในการใช้กับชุดรีดตะกอนมีความจำเป็นต้องใช้ถึง 7 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ในหนึ่งวันเครื่องรีดตะกอนนี้ทำงาน 12 ชั่วโมง ซึ่งการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ด้วยวิธีการกรองสามารถลดการใช้น้ำไปได้ถึง 84 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือทำให้ลดค่าใช้จ่ายน้ำประปาได้ถึง 45,360 บาทต่อเดือนหรือ 544,320 บาทต่อปี ตามตารางที่ 15

ตาราง 15 แสดงอัตราค่าใช้จ่ายน้ำประปาที่สามารถประหยัดได้

ต้องใช้น้ำสะอาดล้างชุดผ้ารีดตะกอน	7	ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
ต้องใช้น้ำประปา	12	ชั่วโมงต่อวัน
อัตราการใช้ น้ำประปา	84	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
อัตราค่าน้ำประปา	18	บาทต่อลูกบาศก์เมตร
อัตราค่าน้ำประปาต่อวัน	1,512	บาทต่อวัน
อัตราค่าน้ำประปาต่อเดือน	45,360	บาทต่อเดือน
อัตราค่าน้ำประปาต่อปี	544,320	บาทต่อปี

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
ตารางแสดงการบันทึกข้อมูล

ตาราง 16 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 1 เดือนพฤศจิกายน 2560

จุดเก็บน้ำ	BOD	pH	DO (mg/L)	Temp. (°C)	Cond. (mS)	TDS (ppm)	Turbid (NTU)	Color water
PP	ND	4.81	32.3	1.126	749	7.22	40	4.81
PP -> GAC	ND	4.17	31.8	1.154	770	4.90	15	4.17
PP -> GAC -> UF	ND	4.48	32	1.162	774	2.38	15	4.48
PP -> C BLOCK	ND	4.59	32.4	1.177	784	3.78	35	4.59
PP -> C BLOCK -> UF	ND	4.18	32.3	1.159	770	3.90	10	4.18
Sand	ND	5.35	31.8	1.149	765	4.76	15	5.35
Sand -> GAC	ND	4.35	32.1	1.176	784	3.96	10	4.35
Sand -> GAC -> UF	ND	3.12	32.3	1.161	774	2.38	15	3.12
Sand -> C BLOCK	ND	3.33	31.8	1.171	778	4.76	15	3.33
Sand -> C BLOCK -> UF	ND	3.47	32.2	1.156	775	3.68	10	3.47

หมายเหตุ: Non Detectable บีโอดี < 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตาราง 17 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 2 เดือนพฤศจิกายน 2560

จุดเก็บน้ำ	BOD	pH	DO (mg/L)	Temp. (°C)	Cond. (mS)	TDS (ppm)	Turbid (NTU)	Color water
PP	ND	7.36	5.22	32.2	1.136	756	2.36	15
PP -> GAC	ND	7.45	4.89	32.3	1.139	760	5.64	30
PP -> GAC -> UF	ND	7.45	4.07	32.5	1.14	760	1.75	10
PP -> C BLOCK	ND	7.59	4.22	32.5	1.134	754	1.93	5
PP -> C BLOCK -> UF	ND	7.43	3.67	32.4	1.15	764	1.14	20
Sand	ND	7.09	5	31.6	1.103	737	3.55	10
Sand -> GAC	ND	7.33	5.27	32	1.124	766	2.52	20
Sand -> GAC -> UF	ND	7.39	3.52	32.5	1.141	762	2.93	15
Sand -> C BLOCK	ND	7.33	3.66	32.1	1.133	760	2.64	25
Sand -> C BLOCK -> UF	ND	7.41	3.53	32.8	1.113	740	1.90	10

หมายเหตุ: Non Detectable บีโอดี < 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตาราง 18 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 3 เดือนธันวาคม 2560

จุดเก็บน้ำ	BOD	pH	DO (mg/L)	Temp. (°C)	Cond. (mS)	TDS (ppm)	Turbid (NTU)	Color water
PP	ND	6.66	4.32	31.3	0.987	658	4.92	35
PP -> GAC	ND	6.65	4.07	31.3	1.015	678	2.05	5
PP -> GAC -> UF	ND	6.8	2.71	31.6	1.011	674	3.30	15
PP -> C BLOCK	ND	7.1	4.21	31.8	1.015	677	1.41	20
PP -> C BLOCK -> UF	ND	6.99	1.6	31.9	1.012	673	2.40	10
Sand	ND	6.73	4.12	31.5	1.01	673	2.11	5
Sand -> GAC	ND	7.04	4.22	31.7	1.027	683	1.62	5
Sand -> GAC -> UF	ND	6.95	2.18	32	1.028	687	2.50	10
Sand -> C BLOCK	ND	7.11	3.22	32	1.01	675	1.18	5
Sand -> C BLOCK -> UF	ND	7.08	2.09	32.2	1.017	676	1.90	5

หมายเหตุ: Non Detectable บีโอดี < 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตาราง 19 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 4 เดือนธันวาคม 2560

จุดเก็บน้ำ	BOD	pH	DO (mg/L)	Temp. (°C)	Cond. (mS)	TDS (ppm)	Turbid (NTU)	Color water
PP	ND	6.83	5.18	30.9	1.023	683	3.02	10
PP -> GAC	ND	7.05	4.77	31.3	1.034	690	2.68	15
PP -> GAC -> UF	ND	7.00	3.43	31.4	1.03	686	2.38	15
PP -> C BLOCK	ND	7.15	4.78	31.6	1.021	681	2.59	10
PP -> C BLOCK -> UF	ND	6.97	3.1	31.3	1.014	677	2.32	5
Sand	ND	6.82	4.1	30.9	1.029	686	7.68	20
Sand -> GAC	ND	6.77	4.17	31	1.027	686	4.10	15
Sand -> GAC -> UF	ND	7.22	1.58	31.5	1.025	689	2.55	5
Sand -> C BLOCK	ND	6.93	3.6	31.1	1.023	682	4.45	15
Sand -> C BLOCK -> UF	ND	7.11	2.81	31.4	1.026	680	1.29	5

หมายเหตุ: Non Detectable บีโอดี < 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตาราง 20 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 5 เดือนมกราคม 2561

จุดเก็บน้ำ	BOD	pH	DO (mg/L)	Temp. (°C)	Cond. (mS)	TDS (ppm)	Turbid (NTU)	Color water
PP	ND	7.17	4.84	32.4	1.062	705	7.22	40
PP -> GAC	ND	7.01	4.61	32.2	1.056	703	4.90	15
PP -> GAC -> UF	ND	6.95	3.97	32.2	1.053	701	3.90	15
PP -> C BLOCK	ND	6.98	3.96	32.1	1.054	702	3.78	35
PP -> C BLOCK -> UF	ND	6.98	2.81	32.1	1.05	699	3.78	10
Sand	ND	6.86	4.55	31.6	1.047	699	4.76	15
Sand -> GAC	ND	6.83	3.57	31.3	1.048	699	3.96	10
Sand -> GAC -> UF	ND	6.94	4.14	32	1.055	705	3.96	10
Sand -> C BLOCK	ND	6.84	4.3	31.5	1.053	698	4.76	15
Sand -> C BLOCK -> UF	ND	6.97	2.67	31.6	1.054	701	3.76	15

หมายเหตุ: Non Detectable บีโอดี < 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตาราง 21 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 6 เดือนมกราคม 2561

จุดเก็บน้ำ	BOD	pH	DO (mg/L)	Temp. (°C)	Cond. (mS)	TDS (ppm)	Turbid (NTU)	Color water
PP	ND	6.65	4.79	31.8	1.116	743	2.36	15
PP -> GAC	ND	6.82	4.8	31.2	1.124	747	5.64	30
PP -> GAC -> UF	ND	6.95	4.14	31.3	1.112	740	2.38	20
PP -> C BLOCK	ND	6.76	3.68	31.4	1.11	734	1.93	5
PP -> C BLOCK -> UF	ND	6.96	3.89	31.2	1.113	742	2.32	5
Sand	ND	6.81	4.63	31.1	1.109	738	3.55	10
Sand -> GAC	ND	6.92	4.75	31.2	1.119	747	2.52	20
Sand -> GAC -> UF	ND	7.05	4.41	31.3	1.114	746	2.55	5
Sand -> C BLOCK	ND	7.00	2.5	31.2	1.125	733	2.64	25
Sand -> C BLOCK -> UF	ND	6.86	2.53	31.2	1.123	747	2.64	15

หมายเหตุ: Non Detectable บีโอดี < 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตาราง 22 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 7 เดือนกุมภาพันธ์ 2561

จุดเก็บน้ำ	BOD	pH	DO (mg/L)	Temp. (°C)	Cond. (mS)	TDS (ppm)	Turbid (NTU)	Color water
PP	ND	6.56	4.14	31.5	1.088	725	4.92	35
PP -> GAC	ND	6.63	4.45	31.6	1.095	731	2.05	5
PP -> GAC -> UF	ND	6.46	3.52	32.1	1.094	730	3.68	10
PP -> C BLOCK	ND	6.74	3.73	32	1.091	727	1.41	20
PP -> C BLOCK -> UF	ND	6.74	2.21	32.4	1.055	700	3.76	10
Sand	ND	6.53	3.92	32.1	1.092	728	2.11	5
Sand -> GAC	ND	6.53	3.62	32.3	1.105	735	1.62	5
Sand -> GAC -> UF	ND	6.76	2.68	32.6	1.106	729	3.09	20
Sand -> C BLOCK	ND	6.77	2.65	32.5	1.098	733	1.18	5
Sand -> C BLOCK -> UF	ND	6.75	2.35	32.9	1.093	723	2.16	15

หมายเหตุ: Non Detectable บีโอดี < 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตาราง 23 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 8 เดือนกุมภาพันธ์ 2561

จุดเก็บน้ำ	BOD	pH	DO (mg/L)	Temp. (°C)	Cond. (mS)	TDS (ppm)	Turbid (NTU)	Color water
PP	ND	6.67	4.25	32.1	1.13	724	3.02	10
PP -> GAC	ND	6.52	3.66	33	1.136	730	2.68	15
PP -> GAC -> UF	ND	6.37	3.06	33	1.133	725	2.64	15
PP -> C BLOCK	ND	6.63	3.24	33	1.125	731	2.59	10
PP -> C BLOCK -> UF	ND	6.39	2.69	33.1	1.123	720	3.76	10
Sand	ND	6.95	4.13	32.3	1.137	732	7.68	20
Sand -> GAC	ND	7.13	4.67	33.2	1.133	721	4.10	15
Sand -> GAC -> UF	ND	7.06	3.12	33.5	1.127	732	2.75	10
Sand -> C BLOCK	ND	7.12	2.36	33.3	1.139	724	4.45	15
Sand -> C BLOCK -> UF	ND	7.01	1.62	33.1	1.137	725	2.29	10

หมายเหตุ: Non Detectable บีโอดี < 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตาราง 24 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 9 เดือนมีนาคม 2561

จุดเก็บน้ำ	BOD	pH	DO (mg/L)	Temp. (°C)	Cond. (mS)	TDS (ppm)	Turbid (NTU)	Color water
PP	ND	7.13	4.13	32.2	1.094	727	7.22	40
PP -> GAC	ND	7.10	4.00	32.6	1.093	738	4.90	15
PP -> GAC -> UF	ND	7.10	3.32	32.4	1.090	725	2.75	10
PP -> C BLOCK	ND	7.09	3.41	32.0	1.061	727	3.78	35
PP -> C BLOCK -> UF	ND	7.18	3.20	32.1	1.088	726	1.14	20
Sand	ND	7.14	3.81	31.5	1.089	726	4.76	15
Sand -> GAC	ND	6.91	3.47	31.7	1.088	727	3.96	10
Sand -> GAC -> UF	ND	7.08	3.45	31.8	1.087	726	2.93	15
Sand -> C BLOCK	ND	7.17	2.65	32.0	1.087	723	4.76	15
Sand -> C BLOCK -> UF	ND	7.16	2.41	31.9	1.053	704	1.90	10

หมายเหตุ: Non Detectable บีโอดี < 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตาราง 25 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 10 เดือนมีนาคม 2561

จุดเก็บน้ำ	BOD	pH	DO (mg/L)	Temp. (°C)	Cond. (mS)	TDS (ppm)	Turbid (NTU)	Color water
PP	ND	6.74	4.41	34.0	0.959	645	2.36	15
PP -> GAC	ND	6.76	3.89	33.5	0.945	626	5.64	30
PP -> GAC -> UF	ND	6.43	2.75	32.9	0.926	619	3.38	25
PP -> C BLOCK	ND	6.93	3.10	34.0	0.925	617	1.93	5
PP -> C BLOCK -> UF	ND	6.59	1.80	32.8	0.921	624	2.32	5
Sand	ND	6.86	2.89	33.4	0.980	650	3.55	10
Sand -> GAC	ND	6.92	3.45	33.4	0.997	660	2.52	20
Sand -> GAC -> UF	ND	6.95	4.46	33.4	0.976	647	2.55	5
Sand -> C BLOCK	ND	6.96	2.71	33.6	0.959	643	2.64	25
Sand -> C BLOCK -> UF	ND	6.94	2.32	33.7	0.952	629	2.32	10

หมายเหตุ: Non Detectable บีโอดี < 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตาราง 26 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 11 เดือนเมษายน 2561

จุดเก็บน้ำ	BOD	pH	DO (mg/L)	Temp. (°C)	Cond. (mS)	TDS (ppm)	Turbid (NTU)	Color water
PP	ND	7.01	4.97	35.5	0.885	590	4.92	35
PP -> GAC	ND	7.06	4.85	36.0	0.884	591	2.05	5
PP -> GAC -> UF	ND	7.31	5.11	36.3	0.888	590	7.04	30
PP -> C BLOCK	ND	7.21	4.82	36.5	0.856	568	1.41	20
PP -> C BLOCK -> UF	ND	7.11	4.91	35.7	0.866	577	3.79	20
Sand	ND	6.88	5.00	35.6	0.866	579	2.11	5
Sand -> GAC	ND	7.74	4.82	36.0	0.896	598	1.62	5
Sand -> GAC -> UF	ND	8.14	4.83	36.4	0.954	637	1.75	10
Sand -> C BLOCK	ND	7.70	4.81	36.3	0.836	556	1.18	5
Sand -> C BLOCK -> UF	ND	7.21	5.17	35.1	1.061	690	1.46	0

หมายเหตุ: Non Detectable บีโอดี < 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตาราง 27 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 12 เดือนเมษายน 2561

จุดเก็บน้ำ	BOD	pH	DO (mg/L)	Temp. (°C)	Cond. (mS)	TDS (ppm)	Turbid (NTU)	Color water
PP	ND	7.38	4.79	33.9	1.031	690	1.98	10
PP -> GAC	ND	7.36	3.53	32.0	1.023	683	1.44	15
PP -> GAC -> UF	ND	7.28	3.08	32.3	1.079	680	0.71	0
PP -> C BLOCK	ND	7.38	3.70	32.1	1.022	685	1.22	10
PP -> C BLOCK -> UF	ND	7.45	3.06	32.5	1.014	675	0.44	0
Sand	ND	7.31	3.81	33.5	1.031	684	2.88	20
Sand -> GAC	ND	7.33	3.81	33.0	1.018	687	2.37	15
Sand -> GAC -> UF	ND	7.36	3.00	32.3	1.024	686	1.66	5
Sand -> C BLOCK	ND	7.36	3.66	32.0	1.025	681	2.68	20
Sand -> C BLOCK -> UF	ND	7.37	3.14	32.9	1.022	679	1.89	10

หมายเหตุ: Non Detectable บีโอดี < 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตาราง 28 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 13 เดือนพฤษภาคม 2561

จุดเก็บน้ำ	BOD	pH	DO (mg/L)	Temp. (°C)	Cond. (mS)	TDS (ppm)	Turbid (NTU)	Color water
PP	ND	7.18	4.03	31.0	0.933	621	3.02	10
PP -> GAC	ND	7.19	3.58	31.2	0.930	620	2.68	15
PP -> GAC -> UF	ND	7.12	3.13	31.9	0.937	625	1.65	5
PP -> C BLOCK	ND	7.19	4.02	31.3	0.929	620	2.59	10
PP -> C BLOCK -> UF	ND	7.21	2.98	31.9	0.935	623	1.67	5
Sand	ND	7.23	4.27	31.0	0.932	623	7.68	20
Sand -> GAC	ND	7.21	3.80	31.9	0.935	622	4.10	15
Sand -> GAC -> UF	ND	7.2	3.38	32.1	0.937	628	3.44	10
Sand -> C BLOCK	ND	7.19	3.86	31.8	0.933	624	4.45	15
Sand -> C BLOCK -> UF	ND	7.13	3.31	31.8	0.928	618	3.84	10

หมายเหตุ: Non Detectable บีโอดี < 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตาราง 29 แสดงค่าการบันทึกข้อมูลครั้งที่ 14 เดือนพฤษภาคม 2561

จุดเก็บน้ำ	BOD	pH	DO (mg/L)	Temp. (°C)	Cond. (mS)	TDS (ppm)	Turbid (NTU)	Color water
PP	ND	6.83	5.18	30.9	1.023	683	3.02	10
PP -> GAC	ND	7.05	4.77	31.3	1.034	690	2.68	15
PP -> GAC -> UF	ND	7.12	3.13	31.9	0.937	625	1.65	5
PP -> C BLOCK	ND	7.19	4.02	31.3	0.929	620	2.59	10
PP -> C BLOCK -> UF	ND	7.21	2.98	31.9	0.935	623	1.67	5
Sand	ND	7.14	3.81	31.5	1.089	726	4.76	15
Sand -> GAC	ND	6.91	3.47	31.7	1.088	727	3.96	10
Sand -> GAC -> UF	ND	7.2	3.38	32.1	0.937	628	3.44	10
Sand -> C BLOCK	ND	7.08	3.33	31.8	1.171	778	4.76	15
Sand -> C BLOCK -> UF	ND	7.13	3.31	31.8	0.928	618	3.84	10

หมายเหตุ: Non Detectable บีโอดี < 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

บรรณานุกรม

- Piadeh Farzad, Alavi Moghaddam, M. R., & Mardan, S. (2014). Present situation of wastewater treatment in the Iranian industrial estates: Recycle and reuse as a solution for achieving goals of eco-industrial parks. *Resources, Conservation and Recycling*, 92, 172-178.
- Scott, K. (1990). *Membrane Separation Technology: industrial Applications and Markets*. England: British Hydromechanics Assn.
- Xiao, Y., Xu, H. Y., Xie, H. M., Yang, Z. H., & Zeng, G. M. (2014). Comparison of the treatment for isopropyl alcohol wastewater from silicon solar cell industry using SBR and SBBR. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 12(7), 2381-2388.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2535). การศึกษาการจัดการน้ำเสียชุมชนในเขตเทศบาลเมืองปทุมธานี. กรุงเทพฯ: กรม.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2561). ระบบบำบัดน้ำเสีย. สืบค้นจาก http://www.pcd.go.th/info_serv/water_wt.html
- กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2559). กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม. http://infofile.pcd.go.th/law/std_water_iww_2559.pdf?CFID=1930675&CFTOKEN=71712633
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2561). การศึกษาประสิทธิภาพของระบบ *Biological Activated Carbon* ร่วมกับ *Membrane Micro Filtration* ในการบำบัดน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่. กรุงเทพฯ. <http://www.deqp.go.th/media/879910/%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%89%E0%B8%9A-%E0%B8%9A%E0%B8%AA%E0%B8%A1%E0%B8%9A-%E0%B8%A3%E0%B8%93-%E0%B9%82%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%87%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3-bac-edit.pdf>
- การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. (2535). บทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบ. <https://www.ieat.go.th/about/roles-responsibilities>
- การประปาส่วนภูมิภาค. (2019). มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค.

<https://www.pwa.co.th/download/pwastandard50-1.pdf>

ครุณี ศิริวิไล จำลอง โพธิ์บุญ และ วิสาชา ภูจินดา. (2015). การจัดการน้ำเสียขององค์การปกครองส่วนท้องถิ่น:

กรณีศึกษาเทศบาลตำบลเมืองแกลง จังหวัดระยอง. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT*.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์, & วิบูลย์ลักษณ์ วิสุมิศักดิ์. (2540). คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย น้ำเสีย--การวิเคราะห์ (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

บุญจรัตน์ ไจลำนันท์. (2538). ประสิทธิภาพของระบบ แอโรบิค แพคเก็ต เบด สำหรับการบำบัดน้ำทิ้งจากโรง

อาหาร. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. (บัณฑิตวิทยาลัย).

ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข. (2553). การวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

รัตนา จิระรัตนานนท์. (2553). การศึกษาหลักการพื้นฐานและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเมมเบรนในอุตสาหกรรม และสิ่งแวดล้อม. In. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วีระ ตั้งชาวล. (2545). เคมีของน้ำและการบำบัดน้ำเสีย: กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ศักดิ์สิทธิ์ อิ่มแมน. (2551). ผลการเปลี่ยนแปลงอัตราการล้างยอน ต่อประสิทธิภาพของอัลตราฟิลเตรชันเมมเบรน ต้นแบบในการผลิตน้ำประปา. In. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สนอง ทองปาน. (2550). การศึกษาประสิทธิภาพของถังบำบัดน้ำเสีย โดยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส.

วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์ ปีที่ 8, ฉบับที่ 1 (ม.ค.-เม.ย. 2550), หน้า 55-64.

สุกลยา ทับอุไร. (2554). การประยุกต์ใช้กระบวนการอัลตราฟิลเตรชันสำหรับการกำจัดสารอินทรีย์ธรรมชาติใน กระบวนการผลิตน้ำประปา. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา. (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม).

สุรพล วิทโพนาลัย. (2543). การพัฒนาปฏิบัติการเรื่องการบำบัดน้ำเสียสำหรับนักเรียนระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1. ปริญญานิพนธ์ (กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2543.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นันทวัฒน์ เนติจรัสโรจน์
วัน เดือน ปี เกิด	4 ธันวาคม 2515
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2561 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและการจัดการทรัพยากร คณะวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ปัจจุบัน	33/6 ซอยเจริญนคร 18 ถนนเจริญนคร แขวงบางลำภูล่าง เขตคลองสาน กรุงเทพฯ 10600