

น้ำเสียชุมชน Domestic Wastewater

สันตต์ ศิริอนันต์ไพบูลย์*
Suntud Sirianuntapiboon*

*มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพมหานคร 10140

*King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10210

Received : June 24, 2020 Revised : June 24, 2020 Accepted : June 25, 2020

บทคัดย่อ

น้ำเสียชุมชนนั้นเกิดขึ้นจากกิจกรรมหลายกิจกรรม จึงทำให้ปริมาณและคุณลักษณะของน้ำเสียมีความแตกต่างกันออกไป ระบบรวบรวมน้ำเสียที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ ระบบท่อรวม คือ ระบบที่ใช้ท่อระบายน้ำเสียและน้ำฝนร่วมกัน น้ำเสียและน้ำฝนจะถูกส่งไปยังระบบบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ และระบบท่อแยกเป็นระบบที่แยกท่อระบายน้ำเสียและท่อระบายน้ำฝนออกจากกันจะมีเพียงน้ำเสียเท่านั้นที่ถูกส่งเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย

ระบบบำบัดน้ำเสียในประเทศไทยมีทั้งหมด 101 แห่ง อยู่ในการดูแลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นระดับเทศบาล 87 แห่ง องค์การบริหารส่วนจังหวัด 1 แห่ง องค์การบริหารส่วนตำบล 2 แห่ง เมืองพัทยา 2 แห่ง จังหวัดสมุทรปราการ 1 แห่ง และกรุงเทพมหานคร 8 แห่ง ระบบบำบัดน้ำเสียรวมที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในประเทศไทยนิยมใช้มากที่สุด ได้แก่ ระบบบำบัดบ่อฝั่ (Oxidation pond) เนื่องจากเป็นระบบบำบัดที่ทำการเดินระบบได้ง่าย ไม่ซับซ้อน ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องจักรการเดินระบบบำบัด แต่ต้องการพื้นที่ในการสร้างบ่อบำบัดมาก ระบบบำบัดน้ำเสียรวมที่ได้ความนิยมรองลงมา ได้แก่ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งประเภทคลองวนเวียน (Oxidation Ditch : OD)

*สันตต์ ศิริอนันต์ไพบูลย์

E-mail : sunutud.sir@kmutt.ac.th

ซึ่งมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง และสามารถบำบัดสารประกอบไนโตรเจนได้ดี แต่มีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและเดินระบบสูงใช้พื้นที่มากกว่าระบบตะกอนเร่งประเภทอื่น และผู้ควบคุมระบบจะต้องมีความรู้ความเข้าใจระบบเป็นอย่างดี

คำสำคัญ : น้ำเสีย, ชุมชน

Abstract

Municipal wastewater was formed from many activities. Therefore it caused various different characteristics of wastewater. The wastewater collection system was divided into 2 types: the combined pipe system, which was a system that shares sewer and rainwater together. Wastewater and rainwater were sent to the wastewater treatment system before being released into natural water sources and separate piping systems was a system that separates wastewater and rainwater pipes. So there was only the wastewater sent to the wastewater treatment system.

In Thailand, there were 101 wastewater treatment plants under the supervision of a governing organization. They were 87 local municipalities, 1 provincial administrative organization,

2 sub-district administrative organizations, 2 cities in Pattaya, 1 Samut Prakan province and 8 Bangkok Metropolis. The total wastewater treatment system that local government organizations used in Thailand were the Bo Pang Treatment System (Oxidation pond) because it was a treatment system that could be operated easily, not complicated and it did not need to use the machine to operate the system. But it needed a lot of space to build a treatment pond. The second most popular wastewater treatment system was the Oxidation Ditch (OD) which had high treatment efficiency and it could effectively treat nitrogen compounds. But it had a high cost of construction and operation. Moreover it took more space than other types of accelerated sediment systems. And the system administrator must have a good understanding of the whole system.

Keywords : Wastewater, Domestic

1. บทนำ

ปัญหามลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้นในปัจจุบันมักเกิดขึ้นจากหลายกิจกรรม ซึ่งแต่ละกิจกรรมจะมีปริมาณและคุณลักษณะของน้ำเสียที่แตกต่างกัน ก่อให้เกิดผลกระทบที่แตกต่างกัน การติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำทั่วประเทศอย่างต่อเนื่อง พบว่าแหล่งน้ำส่วนใหญ่ของประเทศมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2562) โดยมีสาเหตุหลักมาจากน้ำเสียจากแหล่งชุมชน ซึ่งเกิดจากการใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่าง ๆ และระบายลงสู่ท่อระบายน้ำแหล่งรองรับน้ำเสีย หรือแหล่งรองรับน้ำธรรมชาติ โดยไม่ผ่านการบำบัดให้มีลักษณะที่ดีขึ้นก่อน

ซึ่งทำให้แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมและเน่าเสียในที่สุด

แม้ว่าแหล่งกำเนิดน้ำเสียชุมชนบางส่วนจะมีการบำบัดน้ำเสียด้วยถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปขนาดเล็กแล้วก็ตาม และคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านถังบำบัดก็ยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน น้ำทิ้งที่ออกจากถังบำบัดเหล่านี้จะถูกระบายลงสู่คลองหรือท่อระบายน้ำสาธารณะและไหลลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติในที่สุด นอกจากนี้ชุมชนเมืองอีกหลายแห่งของประเทศยังไม่มีระบบการจัดการน้ำเสียที่ดี ทำให้น้ำเสียที่เกิดขึ้นถูกระบายลงสู่ทางระบายน้ำทำให้แหล่งน้ำมีสภาพเสื่อมโทรม จนไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในที่สุด (กรมควบคุมมลพิษ, 2560)

แนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดปัญหามลพิษทางน้ำ คือ การพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพระบบรวบรวมน้ำเสียและบำบัดน้ำเสีย ณ แหล่งกำเนิดก่อนระบายทิ้งหรือรวบรวมน้ำเสียที่เกิดขึ้นส่งไปยังระบบบำบัดน้ำเสียรวมเพื่อทำการบำบัดน้ำเสียเป็นน้ำทิ้งที่สะอาดขึ้นก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำสาธารณะต่อไป รวมทั้งกระบวนการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ และการลดการเกิดน้ำเสียที่ต้นทางก็เป็นอีกวิธีการที่สำคัญที่จะลดปัญหามลพิษทางน้ำอีกวิธีการหนึ่ง

2. ความหมายของน้ำเสีย และน้ำเสียชุมชน

กรมควบคุมมลพิษ (2560) ให้ความหมายของคำว่า น้ำเสีย (Wastewater) หมายถึง น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ มากมายจนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการ และน่ารังเกียจของคนทั่วไป ไม่เหมาะสมสำหรับใช้ประโยชน์อีกต่อไป ถ้าปล่อยลงสู่ลำน้ำธรรมชาติจะทำให้คุณภาพน้ำของธรรมชาติเสื่อมโทรมได้ตามหนังสือของมนัสสิน ตันทุลเวศม์ (2541) ให้ความหมายของคำว่าน้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ อยู่ในปริมาณสูงจนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการ และน่ารังเกียจของคนทั่วไป จากความหมายของน้ำเสียดังที่กล่าวมาข้างต้น อาจสรุปได้ว่า น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์และอนินทรีย์ ทำให้คุณสมบัติเปลี่ยนไปจากเดิม ไม่เหมาะสมที่จะนำใช้ประโยชน์อีกต่อไป จนอาจมีผลกระทบต่อธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ส่งผลต่อสุขภาพและอนามัยของมนุษย์ สัตว์ และพืช น้ำเสียชุมชน (Domestic Wastewater) หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจาก

กิจกรรมประจำวันและกิจกรรมที่เป็นอาชีพของประชาชน ที่อาศัยอยู่ในชุมชน ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบอาหารและชำระล้างสิ่งสกปรกทั้งหลายภายในครัวเรือน และอาคารประเภทต่าง ๆ

ปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งจากอาคาร บ้านเรือน มีประมาณร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำใช้หรืออาจ ประเมินได้จากจำนวนประชากร หรือพื้นที่ใช้สอยของ อาคารแต่ละประเภทในแต่ละภูมิภาค ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราการเกิดน้ำเสียต่อคนต่อวัน

ภาค	อัตราการเกิดน้ำเสีย (ลิตร/ คน-วัน)					
	2536	2540	2545	2550	2555	2560
กลาง	160-214	165-242	170-288	176-342	183-406	189-482
เหนือ	180	200	225	252	282	316
ตะวันออกเฉียงเหนือ	200-253	216-263	239-277	264-291	291-306	318-322
ใต้	171	185	204	226	249	275

ที่มา โครงการศึกษาเพื่อจัดลำดับความสำคัญการจัดการน้ำเสียชุมชน, สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม 2538

3. ลักษณะของน้ำเสียชุมชน

น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน ซึ่งมีองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2560)

3.1 สารอินทรีย์ในน้ำเสีย มีทั้งสารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ย่อยสลายง่าย ได้แก่ สารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ใช้เป็นอาหาร เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน เป็นต้น และสารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ย่อยสลายยาก ได้แก่ สารอินทรีย์ในกลุ่มที่จุลินทรีย์ทั่วไปนำไปใช้เป็นอาหารได้ยาก เช่น สี ย้อมชนิดต่าง ๆ สีของกากน้ำตาล สีของน้ำกากส่า ซึ่งจุลินทรีย์ทั่วไปย่อยสลายได้ยากมากจะต้องหาจุลินทรีย์เฉพาะมาย่อยสลายสารเหล่านี้

3.2 สารอนินทรีย์ในน้ำเสีย ได้แก่ แร่ธาตุต่าง ๆ ที่อาจไม่ทำให้เกิดน้ำเน่าเหม็น แต่อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ได้แก่ คลอไรด์ ซัลเฟต เป็นต้น

3.3 โลหะหนักและสารพิษ อาจอยู่ในรูปของสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ และสามารถสะสมอยู่ในห่วงโซ่อาหารของสัตว์หรือพืชได้ และเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่นปรอท โครเมียม ทองแดง และสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชที่ปนมากับน้ำทิ้งจากการเกษตร สำหรับในเขตชุมชนอาจมีสารมลพิษนี้มาจากอุตสาหกรรมในครัวเรือนบางประเภท เช่น อู่ซ่อมรถ ร้านชุบโลหะ และน้ำเสียจากโรงพยาบาล เป็นต้น

3.4 น้ำมันและเศษวัตถุลอยน้ำต่าง ๆ เป็นอุปสรรคต่อการสังเคราะห์แสง และกีดขวางการกระจายของออกซิเจนจากอากาศลงสู่ น้ำ นอกจากนั้น ยังทำให้เกิดสภาพไม่น่าดูอีกด้วย โดยทั่วไปน้ำมันและไขมันมักจะแยกตัวออกจากน้ำเสียและลอยอยู่ที่ผิวน้ำ แต่ในบางสภาวะน้ำมันและไขมันอาจจะแขวนลอยอยู่ในน้ำเสียก็ได้ โดยมีผลมาจากความร้อนหรือสารลดแรงตึงผิวที่ปนเปื้อนในน้ำเสียนั้น

3.5 ของแข็ง เมื่อจมตัวสู่ก้นลำน้ำจะเกิดสภาพไร้ออกซิเจนที่ท้องน้ำทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน มีความขุ่นสูง มีผลกระทบต่อการดำรงชีพของสัตว์น้ำ

3.6 สารก่อให้เกิดฟอง/สารชักฟอง ผงซักฟอก สบู่ ฟองจะกีดกันการกระจายของออกซิเจนในอากาศสู่ น้ำ และเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ

3.7 จุลินทรีย์ ปกติในน้ำเสียจะมีจุลินทรีย์อยู่โดยธรรมชาติ อาจเป็นได้ทั้งจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์ไม่ก่อโรค โดยจุลินทรีย์ดังกล่าวนี้อาจจำแนกได้เป็นกลุ่ม ๆ เช่น แบคทีเรีย รา ยีสต์ ไวรัส สาหร่าย โปรโตซัว เป็นต้น น้ำเสียที่มักพบจุลินทรีย์เป็นจำนวนมาก ได้แก่ น้ำเสียชุมชน น้ำเสียจากโรงพยาบาล น้ำเสียจากโรงแรมและภัตตาคาร เนื่องจากน้ำเสียดังกล่าวเป็น

น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งอาจมีการปนเปื้อน จุลินทรีย์ต่าง ๆ มากมาย

3.8 ธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส เมื่อมีปริมาณสูงจะทำให้เกิดการเจริญเติบโตและเพิ่ม ปริมาณอย่างรวดเร็วของสาหร่าย (Algae Bloom) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่จะทำให้ระดับออกซิเจนในน้ำ

ลดต่ำลงในช่วงกลางคืน และทำให้เกิดวัชพืชน้ำ ซึ่งเป็น ปัญหาแก่การระบายน้ำและการสัญจรทางน้ำ (กรมควบคุม มลพิษ, 2560)

3.9 กลิ่น เกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน หรือกลิ่นอื่น ๆ จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงาน ทำปลาป่น โรงฆ่าสัตว์ เป็นต้น

ตารางที่ 2 ลักษณะน้ำเสียชุมชน

พารามิเตอร์	หน่วย	ความเข้มข้น		
		น้อย	ปานกลาง	มาก
1. ของแข็งทั้งหมด (Total Solids)	มก./ล.	350	720	1,200
ของแข็งละลายน้ำ (Dissolved Solids)	มก./ล.	250	500	850
ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)	มก./ล.	100	220	350
2. ปริมาณตะกอนหนัก (Settle able Solids)	มก./ล.	5	10	20
3. ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD)	มก./ล.	110	220	400
4. ค่าซีโอดี (chemical Oxygen Demand; COD)	มก./ล.	250	500	1000
5. ไนโตรเจนทั้งหมด (Total as Nitrogen)	มก./ล.	20	40	85
อินทรีย์ไนโตรเจน (Organic)	มก./ล.	8	15	35
แอมโมเนีย (Free ammonia)	มก./ล.	12	25	50
ไนไตรท์ (Nitrites)	มก./ล.	0	0	0
ไนเตรท (Nitrate)	มก./ล.	0	0	0
6. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total as Phosphorus)	มก./ล.	4	8	15
สารอินทรีย์ (Organic)	มก./ล.	1	3	5
สารอนินทรีย์ (Inorganic)	มก./ล.	3	5	10
7. คลอไรด์ (Chloride) ⁽¹⁾	มก./ล.	30	50	100
8. ซัลเฟต (Sulfate) ⁽¹⁾	มก./ล.	20	30	50
9. สภาพด่าง (Alkalinity as $CaCO_3$)	มก./ล.	50	100	200
10. ไขมัน (Grease)	มก./ล.	50	100	150
11. Total Coliform	MPN/100 ml	10^6 - 10^7	10^7 - 10^8	10^7 - 10^9

ที่มา : Metcalf & Eddy, 2003

4. การรวบรวมน้ำเสีย

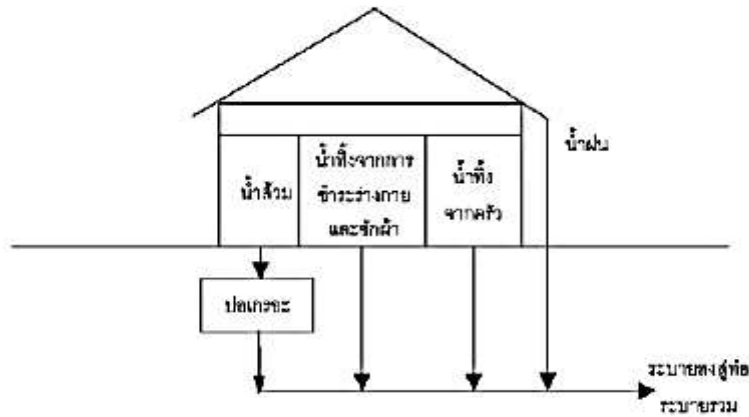
ระบบรวบรวมน้ำเสีย หรือระบบระบายน้ำ หมายถึง ระบบท่อที่มีการเชื่อมโยงเป็นเครือข่ายที่ซับซ้อนทำหน้าที่ รวบรวมน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดหลาย ๆ แห่งไปรวมกันยัง

สถานที่ที่จะบำบัด โดยผ่านท่อระบายน้ำ ทั้งนี้ ระบบ ท่อระบายน้ำจะต้องมีความสามารถในการรองรับน้ำที่ไหล เข้าท่อระบายน้ำได้ทั้งหมดโดยไม่ก่อให้เกิดการรั่วซึมหรือ

ทำให้เกิดน้ำท่วมขึ้นภายในชุมชน แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

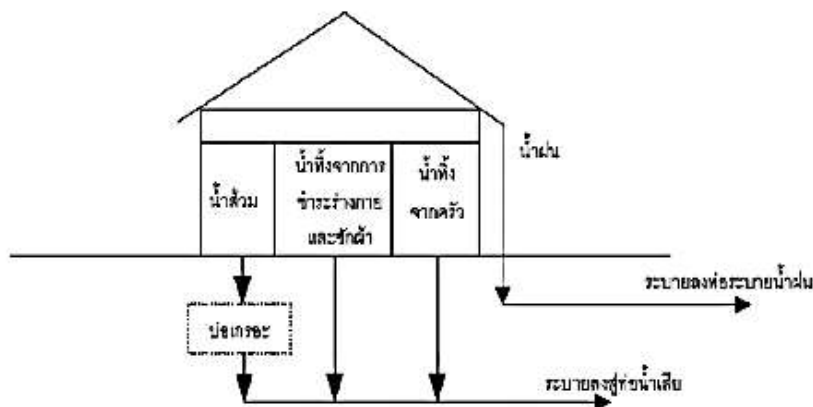
4.1 ระบบท่อร่วม (Combined System) เป็นระบบที่ใช้ท่อระบายน้ำฝนและน้ำเสียร่วมกัน โดยจะต้องสร้างท่อดักน้ำเสีย (Interceptor) เป็นระยะ ๆ เพื่อ

รวบรวมน้ำเสียให้ไหลตามท่อรวมไปยังบ่อบำบัดน้ำเสีย ส่วนน้ำฝนจะถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ข้อดีของระบบท่อรวมคือ มีต้นทุนค่าก่อสร้างที่ต่ำ เนื่องจากไม่ต้องขุดฝังท่อเป็นบริเวณกว้าง ดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2



กรณีที่ 1 ชุมชนเก่า ซึ่งมีระบบรวบรวมน้ำเสียแบบท่อระบายรวมและมีปอดเกราะบำบัดน้ำเสียร่วมกัน

ภาพที่ 1 ภาพการรวบรวมน้ำเสียกรณีที่ 1 ระบบท่อรวม (กรมควบคุมมลพิษ, 2560)



กรณีที่ 2 ชุมชนใหม่ ซึ่งมีระบบรวบรวมน้ำเสียเป็นแบบท่อระบายแยก

ภาพที่ 2 ภาพการรวบรวมน้ำเสียกรณีที่ 2 ระบบท่อแยก (กรมควบคุมมลพิษ, 2560)

4.2 ระบบท่อแยก (Separated System) เป็นระบบที่แยกท่อระบายน้ำเสียออกจากท่อระบายน้ำฝน ซึ่งจะมีเพียงน้ำเสียเท่านั้นที่จะถูกส่งไปบำบัด ทำให้ไม่จำเป็นต้องสร้างระบบบำบัดน้ำเสียให้มีขนาดใหญ่ และประหยัดค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินระบบบำบัด เนื่องจากน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดเป็นปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจริง แต่ต้องทำการฝังท่อรวบรวมน้ำเสียและท่อระบายน้ำฝนในบริเวณที่กว้าง

ทำให้มีค่าใช้จ่ายในการวางระบบท่อค่อนข้างสูง ดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2

5. ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนในประเทศไทย

ตามแผนแม่บทการบริหารจัดการน้ำ 20 ปี ด้านที่ 4 การจัดการคุณภาพน้ำและอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ มีเป้าประสงค์ที่จะสร้างระบบบำบัดน้ำเสียรวม 741 แห่งทั่วประเทศภายใน 20 ปี ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยมีระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชนทั่วประเทศรวมทั้งสิ้น

101 แห่ง รับน้ำเสียชุมชนประมาณ 3.2 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 34.67 ของปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น 9.59 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน ระบบบำบัดน้ำเสีย 101 แห่งนี้ อยู่ในการดูแลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นระดับเทศบาล 87 แห่ง องค์การบริหารส่วนจังหวัด 1 แห่ง องค์การบริหารส่วนตำบล 2 แห่ง เมืองพัทยา 2 แห่ง จังหวัดสมุทรปราการ 1 แห่ง และ กรุงเทพมหานคร 8 แห่ง (กรมควบคุมมลพิษ, 2560)

การดำเนินงานบำบัดน้ำเสียชุมชน พบว่ามีวิธีการดำเนินงานบำบัดน้ำเสียชุมชนใน 3 รูปแบบที่สำคัญ ได้แก่

5.1 ระบบบำบัดน้ำเสีย ณ แหล่งกำเนิด (On-site Treatment System) หรือ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่ เป็นระบบที่ใช้ตามอาคารบ้านเรือน ชุมชนขนาดเล็ก ร้านอาหาร ภัตตาคาร อพาร์ทเมนต์ หรือโรงแรม ประกอบด้วยท่อรวบรวมน้ำเสียและระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็ก สำหรับบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติหรือนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ (US EPA, 2005) ระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่สำหรับบ้านพักอาศัยที่นิยมใช้กัน ได้แก่ บ่อตกไขมัน (Grease Trap) ระบบบ่อกะด่าง (Septic Tank) ระบบบ่อกกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter) เป็นต้น สำหรับอาคารพาณิชย์หรืออาคารสำนักงานขนาดใหญ่ อาจมีการก่อสร้างเป็นระบบขนาดใหญ่ เช่น ระบบตะกอนเร่ง เป็นต้น เพื่อให้สามารถบำบัดน้ำเสียได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม (กรมควบคุมมลพิษ, 2560 ; ศตพล มุ่งค้ากลาง จำลอง โพธิ์บุญ และวิสาข ภูจินดา, 2556, หน้า 1-24)

5.2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบกลุ่มอาคาร (Cluster Treatment System) เป็นระบบที่รวบรวมและบำบัดน้ำเสียชุมชนจากชุมชนขนาดใหญ่มาบำบัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสียที่มีขนาดที่เหมาะสมกับปริมาณและความสกปรกของน้ำเสีย ดังแสดงในภาพที่ 3 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบรวมกลุ่มอาคารมีการพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงในปัจจุบันที่มีแหล่งชุมชนใหญ่เพียงบางจุดหรือแหล่งท่องเที่ยวบางแห่งที่ต้องรองรับนักท่องเที่ยวเป็นจำนวนมาก การก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียรูปแบบดังกล่าวมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียต่ำกว่าระบบบำบัดแบบรวมศูนย์

เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมกับพื้นที่ ที่มีประชากรอยู่อาศัยหนาแน่นเป็นกลุ่ม ๆ หรือแหล่งท่องเที่ยวที่ได้รับคความนิยม มักไม่ก่อให้เกิดน้ำเสียกระจายทั้งพื้นที่ ระบบท่อรวบรวมน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดไม่จำเป็นต้องมีขนาดใหญ่เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและบำรุงรักษาลงได้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2560)



ภาพที่ 3 ภาพระบบบำบัดน้ำเสียแบบกลุ่มอาคาร (กรมควบคุมมลพิษ, 2560)

5.3 ระบบบำบัดแบบรวมศูนย์ (Centralized Treatment System)

นั้นเป็นระบบรวบรวมน้ำเสียชุมชนจากแหล่งกำเนิดทุกแห่งในเขตพื้นที่มาบำบัดรวมกัน ซึ่งท่อรวบรวมน้ำเสียชุมชนนั้นมีอยู่ 2 แบบหลัก คือ ระบบท่อรวบรวมรวม และระบบท่อรวบรวมแยก ดังแสดงในภาพที่ 3 ระบบบำบัดน้ำเสียรวมที่นิยมใช้มีหลายประเภท ได้แก่ บ่อฝัง สระเติมอากาศ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง และระบบบำบัดน้ำเสียแบบจานหมุนชีวภาพ (กรมควบคุมมลพิษ, 2560)

ปัจจุบันระบบบำบัดน้ำเสียในประเทศไทยประมาณร้อยละ 80 เป็นระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบตะกอนเร่ง (มันสิน ตัณฑุลเวชม์, 2541) หรือใช้วิธีทางชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจนเป็นหลัก เนื่องจากน้ำเสียชุมชนมีปริมาณสารอินทรีย์ปนเปื้อนหลากหลายประเภท จากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การซักล้าง ชำระร่างกาย แต่ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารอินทรีย์ในน้ำเสียไม่สูงพอที่จะใช้การบำบัดแบบไร้อากาศเหมือนน้ำเสียจากแหล่งเกษตรกรรมหรืออุตสาหกรรม ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียรวมที่นิยมใช้ในประเทศไทย สามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้



ภาพที่ 4 ภาพระบบบำบัดแบบรวมศูนย์
(กรมควบคุมมลพิษ, 2560)

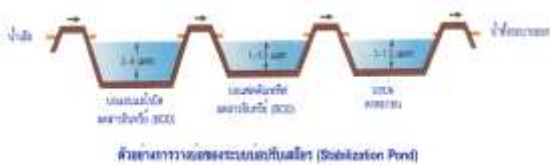
5.3.1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยธรรมชาติในการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยไม่มีการใช้เครื่องจักรกลลงในระบบบำบัดน้ำเสีย อาจกล่าวได้ว่าเป็นเพียงการสร้างบ่อขึ้นมาเพื่อกักเก็บน้ำเสียไว้โดยอาศัยระยะเวลาที่กักเก็บเพื่อช่วยให้สารอินทรีย์ในน้ำเสียถูกย่อยสลายตามธรรมชาติโดยจุลินทรีย์ในบ่อบำบัดน้ำเสียนั้น ๆ ซึ่งแบ่งตามลักษณะการทำงานได้ 3 รูปแบบ คือ บ่อแอนแอโรบิก (Anaerobic Pond) บ่อแฟคัลเตทีฟ (Facultative Pond) บ่อแอโรบิก (Aerobic Pond) และหากมีบ่อหลายบ่อต่อเนื่องกันบ่อสุดท้ายจะทำหน้าที่เป็นบ่อบ่ม (Maturation Pond) เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำทั้งก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม บ่อปรับเสถียรสามารถบำบัดน้ำเสียจากชุมชนหรือโรงงานบางประเภท เช่น โรงงานผลิตอาหาร โรงฆ่าสัตว์ เป็นต้น และเป็นระบบที่มีค่าก่อสร้างและค่าดูแลรักษาต่ำ วิธีการเดินระบบไม่ยุ่งยากซับซ้อน ผู้ควบคุมระบบไม่ต้องมีความรู้สูง แต่ต้องใช้พื้นที่ก่อสร้างมากจึงเป็นระบบที่เหมาะสมกับชุมชนที่มีพื้นที่เพียงพอและราคาไม่แพง ซึ่งโดยปกติระบบบ่อปรับเสถียรจะมีการต่อกันแบบอนุกรมอย่างน้อย 3 บ่อ (ภาพที่ 5) ส่วนประกอบของระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียรประกอบไปด้วย

5.3.1.1 บ่อแอนแอโรบิก (Anaerobic pond) หรือบ่อหมักไร้อากาศ เป็นระบบที่ใช้กำจัดสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูงโดยไม่ต้องใช้ออกซิเจน บ่อนี้จะถูกออกแบบให้มีอัตรารับสารอินทรีย์สูงมาก จนทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำเสียถูกจุลินทรีย์ใช้ไปจนหมด ทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจนและสลายน้ำภายในบ่อ ส่งผลให้จุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจนหรือออกซิเจนอิสระใน

การดำรงชีวิตเพิ่มจำนวนขึ้น และย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำเสียนั้น ระบบนี้จึงเหมาะกับน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์และปริมาณของแข็งสูง เนื่องจากของแข็งจะตกลงสู่ก้นบ่อและถูกย่อยสลายแบบแอนแอโรบิก น้ำเสียส่วนที่ผ่านการบำบัดจากบ่อนี้จะระบายต่อไปยังบ่อแฟคัลเตทีฟเพื่อบำบัดต่อไป การทำงานของบ่อแบบนี้จะขึ้นอยู่กับสมดุลระหว่างแบคทีเรียที่ทำให้เกิดกรดและแบคทีเรียที่ทำให้เกิดแก๊สมีเทน ดังนั้นอุณหภูมิของบ่อควรมากกว่า 15 องศาเซลเซียส และค่า pH มากกว่า 6

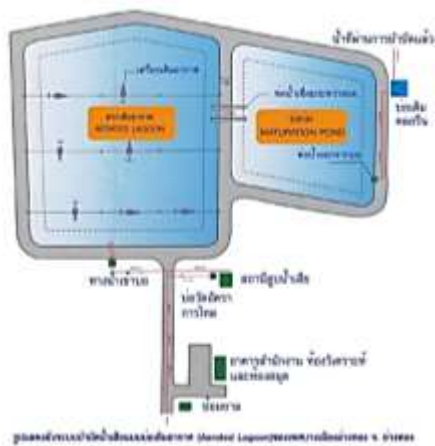
5.3.1.2 บ่อแฟคัลเตทีฟ (Facultative pond) เป็นบ่อที่นิยมใช้กันมากที่สุดภายในบ่อมีลักษณะการทำงานแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่มีออกซิเจนอิสระ (Aerobic zone) กับส่วนที่ไม่มีออกซิเจนอิสระ (Anaerobic zone) ส่วนของ Aerobic zone จะประกอบด้วยจุลินทรีย์ในกลุ่มสาหร่ายและ Heterotrophic bacteria การกำจัดสารอินทรีย์ในส่วนนี้จะเป็นปฏิกิริยาชีวเคมีแบบใช้ออกซิเจนอิสระ ส่วนของ Anaerobic zone คือ ส่วนที่แสงแดดส่องไปไม่ถึงจะมีการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ รวมทั้งตะกอนที่มีการตกสะสมก้นบ่อจะถูกย่อยสลายด้วยกระบวนการทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจนอิสระเช่นกัน

5.3.1.3 บ่อบ่ม (Maturation pond) มีสภาพเป็นแอโรบิกตลอดทั้งบ่อจึงมีความลึกไม่มากและแสงแดดส่องถึงก้นบ่อ ใช้รองรับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว เพื่อฆ่าเชื้อโรคที่อาจจะปนเปื้อนในน้ำเสีย โดยอาศัยแสงแดดทำลายเชื้อโรคหรือจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมา กับน้ำทั้งก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม บ่อบ่มนี้ใช้เป็นขั้นที่สองต่อจากบ่อแฟคัลเตทีฟ จุดประสงค์ส่วนใหญ่ในการใช้ก็คือการทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อโรค แบคทีเรียและไวรัสที่มาจากอุจจาระจะตายไปอย่างรวดเร็ว เนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมที่พวกมันจะมีชีวิตอยู่ได้ พวก Cysts และไข่ของพยาธิจะตกลงสู่ก้นบ่อ เนื่องจากเวลากักเก็บที่ยาวนานและตายไป ลักษณะของบ่อบำบัดน้ำเสียแบบนี้จะออกแบบให้เป็นบ่อที่มีขนาดความลึกประมาณ 1 เมตร และมีระยะเวลากักเก็บที่นาน การออกแบบที่เหมาะสมจะให้ประสิทธิภาพการกำจัดได้มากกว่าร้อยละ 99.99 (กรมควบคุมมลพิษ, 2560 ; สันตต์ ศิริอนันต์ไพบูลย์, 2549)



ภาพที่ 5 ภาพระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร
(สุรีย์ บุญญาพวงค์ และณัฏฐพงศ์ วรรณวิจิตร, 2551)

5.3.2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon : AL) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยการเติมออกซิเจนจากเครื่องเติมอากาศ (Aerator) เพื่อเพิ่มออกซิเจนในน้ำให้มีปริมาณเพียงพอ สำหรับจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้เร็วขึ้นกว่าการปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศสามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถลดปริมาณความสกปรกของน้ำเสียในรูปของค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD) ได้ร้อยละ 80 – 95 โดยอาศัยหลักการทำงานของจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะแอโรบิก โดยมีเครื่องเติมอากาศซึ่งนอกจากจะทำหน้าที่เพิ่มออกซิเจนในน้ำแล้ว ยังทำให้เกิดการกวนผสมของน้ำในบ่อด้วย ทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างทั่วถึงภายในบ่อ (ภาพที่ 6) ส่วนประกอบของระบบบำบัดน้ำเสีย ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศประกอบไปด้วยบ่อเติมอากาศ บ่อบ่มเพื่อปรับสภาพน้ำทิ้ง บ่อเติมคลอรีนสำหรับฆ่าเชื้อโรค (กรมควบคุมมลพิษ, 2560 ; สันทิต ศิริอนันต์ไพบูลย์, 2549)



ภาพที่ 6 ภาพระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ
(สุรีย์ บุญญาพวงค์ และณัฏฐพงศ์ วรรณวิจิตร, 2551)

5.3.3 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอ็กทิเวเต็ดสลัดจ์ หรือระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge : AS) ใช้แบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียระบบตะกอนเร่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย สามารถบำบัดได้ทั้งน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งสามารถกำหนดปริมาณสารอินทรีย์ โดยมากจะวัดออกมาในรูปของบีโอดีที่จะเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ปริมาณจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสีย กล่าวคือ แบคทีเรียในกลุ่ม Heterotrophic bacteria ที่อยู่ในถังปฏิกรณ์ ปริมาณสารอินทรีย์ต่อปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ (F/M ratio) ปริมาณอาหารเสริม (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส เหล็ก และอื่น ๆ) ตลอดจนปริมาณออกซิเจนที่เหมาะสมที่ต้องเติมให้น้ำเสียในถังปฏิกรณ์ เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียดังกล่าวสามารถควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ได้ค่อนข้างสมบูรณ์ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมทั้งมีค่าก่อสร้างระบบบำบัดและค่าใช้จ่ายในการเดินระบบที่ค่อนข้างสูง มีการเดินระบบที่มีความยุ่งยากซับซ้อน เนื่องจากจำเป็นจะต้องมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมและลักษณะทางกายภาพ ต่าง ๆ ให้เหมาะสมแก่การทำงาน และการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด ในปัจจุบันระบบตะกอนเร่งมีการพัฒนาการใช้งานหลายรูปแบบ เช่น ระบบแบบกวนสมบูรณ์ (Completely Mix) กระบวนการปรับเสถียรสัมผัส (Contact Stabilization Process) ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) หรือระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor) เป็นต้น

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งโดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ถังเติมอากาศ (Aeration Tank) และถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) โดยน้ำเสียจะถูกส่งเข้าถังเติมอากาศ ซึ่งมีสลัดจ์อยู่เป็นจำนวนมากตามที่ต้องการแบบไว้ สภาวะภายในถังเติมอากาศจะมีสภาพที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน จุลินทรีย์เหล่านี้จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้อยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำในที่สุด น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลต่อไปยังถังตกตะกอนเพื่อแยกสลัดจ์ออกจากน้ำใส สลัดจ์ที่

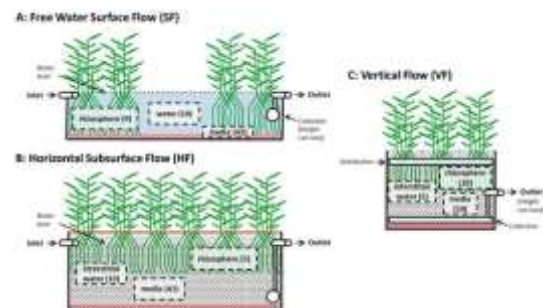
แยกตัวอยู่ที่ก้นถังตกตะกอนส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับเข้าไปในถังเติมอากาศใหม่เพื่อรักษาความเข้มข้นของสลัดจ์ในถังเติมอากาศ และอีกส่วนหนึ่งที่เป็นสลัดจ์ส่วนเกิน (Excess Sludge) จะถูกระบายออกเพื่อนำไปกำจัดต่อไป น้ำใสส่วนบนจะเป็นน้ำทิ้งที่สามารถระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2560 ; สันตติศรีอนันต์ไพบุลย์, 2549)



ภาพที่ 7 ภาพระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอ็กทิเวเตดสลัดจ์ (Global Water Pathogen Project, 2019)

5.3.4 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยกระบวนการทางธรรมชาติ เป็นระบบบำบัดที่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ก่อนระบายออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ และยังสามารถใช้เป็นระบบบำบัดน้ำเสียในขั้นที่ 2 (Secondary Treatment) สำหรับบำบัดน้ำเสียชุมชนได้อีกด้วย ข้อดีของระบบนี้ คือ เป็นระบบที่ไม่ซับซ้อนและไม่ต้องใช้เทคโนโลยีในการบำบัดสูง แต่ต้องบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ บึงประดิษฐ์มี 2 ประเภท ได้แก่ 1) แบบ Free Water Surface Wetland (FWS) ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับบึงธรรมชาติ และ 2) แบบ Vegetated Submerged Bed System (VSB) ซึ่งจะมีชั้นดินปนทรายสำหรับปลูกพืชน้ำและชั้นหินรองก้นบ่อเพื่อเป็น ตัวกรองน้ำเสีย (ภาพที่ 8) เมื่อน้ำเสียไหลเข้ามาในบึงประดิษฐ์ส่วนต้น สารอินทรีย์ส่วนหนึ่งจะตกตะกอนจมลงสู่ก้นบึงและถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ส่วนสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำจะถูกกำจัดโดยจุลินทรีย์ที่เกาะติดอยู่กับพืชน้ำหรือชั้นหิน และจุลินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ ระบบนี้จะได้รับออกซิเจนจากการแทรกซึมของอากาศผ่านผิวน้ำหรือชั้นหินลงมา

ออกซิเจนบางส่วนจะได้ออกจากการสังเคราะห์แสงจากพืชน้ำและสาหร่าย แต่มีปริมาณไม่มากนักสำหรับสารแขวนลอยจะถูกกรอง และจมตัวอยู่ในช่วงต้นของระบบ การลดปริมาณไนโตรเจนจะเป็นไปตามกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) และดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) ส่วนการลดปริมาณฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะเกิดที่ชั้นดินส่วนพื้นบ่อ และพืชน้ำจะช่วยดูดซับฟอสฟอรัสผ่านทางรากและนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ นอกจากนี้ระบบบึงประดิษฐ์ยังสามารถกำจัดโลหะหนัก (Heavy Metal) ได้บางส่วนอีกด้วย (กรมควบคุมมลพิษ, 2560 ; Weber, K.P.2016)



ภาพที่ 8 ภาพระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์แบบ Free Water Surface Wetland (FWS) Vegetated Submerged Bed System (VSB) (Weber, 2016)

5.3.5 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบจานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor; RBC) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาแบบจานหมุนชีวภาพที่ใช้ตัวกลางเป็นแผ่นจาน โดยแผ่นจานนี้จะมีการหมุนรอบตัวเองด้วยความเร็วรอบต่ำไปเรื่อย ๆ และแผ่นจานจะถูกจัดให้อยู่ในน้ำส่วนหนึ่งและอีกส่วนหนึ่งจะอยู่เหนือน้ำ เมื่อแผ่นจานหมุนขึ้นพ้นน้ำและสัมผัสอากาศ จุลินทรีย์ที่อาศัยติดอยู่กับตัวกลางจะใช้ออกซิเจนจากอากาศย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่สัมผัสตัวกลางขึ้นมาหรือเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์เหล่านั้นให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และเซลล์จุลินทรีย์ และเมื่อหมุนจมลงไปในน้ำเสียในถังปฏิกรณ์อีกครั้ง ทำให้ออกซิเจนส่วนที่เหลือผสมกับน้ำเสีย ซึ่งเป็นการเติมออกซิเจนให้กับน้ำเสียอีกส่วนหนึ่ง สลับกันเช่นนี้ตลอดไปเป็นวัฏจักร เมื่อมีจำนวน

จุลินทรีย์ยึดเกาะแผ่นจานหมุนหนามากขึ้นจะทำให้มีตะกอนจุลินทรีย์บางส่วน หลุดออกจากแผ่นจาน เนื่องจากแรงเฉือนของการหมุน ซึ่งจะรักษาความหนาของแผ่นฟิล์มให้ค่อนข้างคงที่โดยอัตโนมัติ ทั้งนี้ตะกอนจุลินทรีย์แขวนลอยที่ไหลออกจากถังปฏิกรณ์ จะไหลเข้าสู่ถังตกตะกอนเพื่อแยกตะกอนจุลินทรีย์และน้ำทิ้ง ทำให้น้ำทิ้งที่ออกจากระบบนี้มีคุณภาพดีขึ้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2560 ; สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์, 2549)

ระบบบำบัดน้ำเสียรวมที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในประเทศไทยนิยมใช้มากที่สุด ได้แก่ ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีทั้งสิ่ง 23 แห่ง ระบบบำบัดน้ำเสียรวมที่ได้ความนิมรลงมา ได้แก่ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งประเภทคลองวนเวียน (Oxidation Ditch : OD) จำนวน 18 แห่ง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเมืองที่มีประชากรหนาแน่น มีลักษณะเป็นชุมชนเมืองหรือแหล่งท่องเที่ยวสำคัญ ที่เหลือเป็นระบบบำบัดน้ำเสียรวมแบบสระเติมอากาศ จำนวน 14 แห่ง ระบบบำบัดน้ำเสียรวมแบบตะกอนเร่ง (AS) จำนวน 5 แห่ง แบบแผ่นหมุนชีวภาพ (RBC) 1 แห่ง แบบบึงประดิษฐ์ (Wetland) 2 แห่ง และแบบผสมผสานระหว่างบ่อฝั่กับบึงประดิษฐ์ (SP+ Wetland) จำนวน 3 แห่ง (กรมควบคุมมลพิษ, 2560 ; ศตพล มุ่งค้ำกลาง จำลอง โพธิ์บุญ และวิสาชา ภูจินดา และคณะ, 2556)

6. เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2560). **คู่มือระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน**. ค้นเมื่อ พฤษภาคม 22, 2562, จาก <http://www.oic.go.th/FILEWERCABINFOCENTER3/DRAWER056/GENERAL/DATA0000/00000973.PDF>
- มันสิน ตันทุลเทศ. (2541). **คู่มือการเก็บตัวอย่างน้ำเสียชุมชน**. กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ.
- ศตพล มุ่งค้ำกลาง จำลอง โพธิ์บุญ และวิสาชา ภูจินดา. (2556, กรกฎาคม-ธันวาคม). ระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับการจัดการน้ำเสียชุมชนขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น. **การจัดการสิ่งแวดล้อม**, 9, (2), หน้า 1-24.
- สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์. (2549). **ระบบบำบัดน้ำเสียการเลือกใช้การออกแบบการควบคุมและการแก้ไขปัญหา**. กรุงเทพฯ: ท็อป.
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2538). **โครงการศึกษาเพื่อจัดลำดับความสำคัญการจัดน้ำเสียชุมชน**. กรุงเทพฯ: บริษัทซีเทค อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด.
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2562). **รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2562**. รายงานผลการวิจัย. กรุงเทพฯ: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- สุริย์ บุญญานุพงศ์ และณัฐพงศ์ วรรณวิจิตร. (2551). **คู่มือการจัดการน้ำเสีย**. ค้นเมื่อ พฤษภาคม 23, 2562, จาก <http://www.sri.cmu.ac.th/~srilocal/water/mainpage.htm>
- Global Water Pathogen Project. (2019). **Activated Sludge**. Retrieved May 22, 2019, Form https://www.semanticscholar.org/paper/GLOBAL-WATER-PATHOGEN-PROJECT-PART-FOUR-MANAGEMENT-SLUDGENaughton/769daa0b3033b4a071c30cec_0399689428/figure/
- Metcalf & Eddy. (2003). **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. (4th ed.) .New York: McGraw-Hill.
- US EPA. (2005). **Guidelines for carcinogen risk assessment and supplemental guidance for assessing susceptibility from early-life exposure to carcinogens**. Guidelines for carcinogen risk assessment.
- Weber, K.P. (2016). **Microbial Community Assessment in Wetlands for Water Pollution Control : PastPresent, and Future Outlook**. Retrieved May 23, 2019, Form <https://www.mdpi.com/2073-4441/8/11/503>