บทที่ 3
เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย

3.1. แหล่งกำเนิดน้ำเสีย

น้ำเสีย (Wastewater) ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ 2535 หมายความถึงของเสียที่อยู่ในสภาพที่เป็นของเหลว รวมทั้งมลสารที่ปะปนและปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น โดยมลสาร (polluants) คือ สิ่งสกปรกต่างๆที่เจือปนอยู่ในน้ำและทำให้เกิดน้ำเสีย

แหล่งกำเนิดน้ำเสีย แบ่งได้ดังนี้

1. น้ำเสียจากชุมชน (Domestic Wastewater) เป็นน้ำเสียจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นจากผู้ที่อาศัยอยู่ในชุมชน เช่น บ้านเรือน อาคาร ร้านค้า สำนักงาน เป็นต้น ส่วนใหญ่ลักษณะของน้ำเสียประเภทนี้จะอยู่ในรูปของสารอินทรีย์
2. น้ำเสียจากอุตสาหกรรม (Industrial Wastewater) เป็นน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการอุตสาหกรรมในแต่ละขั้นตอน ซึ่งจะทำให้ลักษณะน้ำเสียมีความแตกต่างกัน น้ำเสียจากอุตสาหกรรมจะเป็นน้ำเสียที่มีปริมาณมาก ก่อนทิ้งจึงต้องมีการบำบัดให้ได้ตามมาตรฐานก่อน
3. น้ำเสียเกษตรกรรม (Agricultural Wastewater) น้ำเสียเกษตรกรรมจะมีทั้งกสิกรรมและปศุสัตว์ น้ำเสียทางกสิกรรมส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับลักษณะและปริมาณของปุ๋ยและสารเคมีที่ใช้ แต่ถ้าเป็นทางด้านปศุสัตว์ น้ำเสียส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์
4. น้ำเสียที่ไม่ทราบแหล่งกำเนิด (Nonpoint Source Wastewater) ได้แก่ น้ำฝน และน้ำหลาก ที่ไหลผ่านและชะล้างความสกปรกต่างๆ เช่น กองขยะมูลฝอย แหล่งเก็บสารเคมี ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น

ลักษณะของน้ำเสีย มีองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ ไนโตรเจน โลหะหนัก เป็นต้น รวมทั้งสารพิษอื่นๆ ปรอท สารเคมีที่ใช้ทางการเกษตร ไขมัน น้ำมัน ปริมาณความร้อน ปริมาณของแข็ง สี และความขุ่น ความเป็นกรดด่าง กลิ่น เป็นต้น ซึ่งสีและกลิ่นที่เกิดขึ้นจะเป็นปัจจัยสำคัญ ที่ทำให้เกิดการร้องเรียนหรือการต่อต้านจากประชาชนที่อยู่โดยรอบโดยกลิ่นที่เกิดจากน้ำเสีย หรือระหว่างกระบวนการบำบัดน้ำเสีย เช่น การเกิดกลิ่นในกระบวนการบำบัด เช่น แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ แก๊สแอมโมเนีย หรือการเกิดกลิ่นจากการใช้สารเคมี เป็นต้น มีผลทำให้เกิดลักษณะของกลิ่นที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงลักษณะของกลิ่นของสารต่างๆที่เกิดในระบบบำบัดน้ำเสีย

สารที่ให้กลิ่น	ลักษณะกลิ่น
เอมีน (CH_3NH_2 หรือ $(CH_3)_3H$)	กลิ่นคล้ายปลาดิบ
ไดเอมีน ($NH_2(CH_2)_4NH_2$)	กลิ่นคล้ายปลาเน่า
ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)	กลิ่นคล้ายไข่เน่า
เมทิลแคปแทนหรือ เอทิลแคปแทน ($CH_3SH_2CH_3((CH_2)SH)$	กลิ่นคล้ายกะหล่ำปลีเน่า

3.2 ผลกระทบของน้ำเสียที่มีต่อสิ่งแวดล้อม

ผลกระทบของน้ำเสียที่มีต่อสิ่งแวดล้อม คือ

1. แหล่งแพร่ระบาดของเชื้อโรค เช่น อหิวาตกโรค บิด ท้องเสีย
2. แหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงนำโรค
3. ทำให้เกิดปัญหามลพิษต่อ ดิน น้ำ อากาศ
4. ทำให้เกิดความรำคาญ เช่น กลิ่นเหม็น
5. ทำให้สูญเสียทัศนียภาพ เช่น ทำให้เกิดสภาพที่ไม่น่าดู
6. ทำให้สูญเสียทางเศรษฐกิจ เช่น ทำให้รายได้จากการท่องเที่ยวลดลง
7. ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางระบบนิเวศ เช่น มีการสูญเสียพันธ์ปลาบางชนิด
8. ทำให้เกิดการเจ็บป่วย ซึ่งสามารถแบ่งสาเหตุของโรคที่มาจากแหล่งน้ำ ได้ 4 อย่าง คือ

1 Waterborne Diseases เป็นโรคหรือความเจ็บป่วยจากการบริโภคน้ำที่ปนเปื้อนด้วยเชื้อโรคประเภทต่างๆ ตลอดจนสารเคมี โลหะหนัก เช่น การเกิดโรคบิด ท้องเสีย ไทฟอยด์ ตับอักเสบ เป็นต้น

2 Water-washed Diseases เป็นโรคหรือความเจ็บปวดที่เกิดจากการใช้น้ำกับการอุปโภคต่างๆ ทำให้เกิดอาการโรคติดเชื้อตามเยื่อบุตา ผิวหนังภายนอกร่างกาย

3 Water-based Diseases เป็นโรคหรือความเจ็บปวดที่เกิดจากเชื้อโรค หรือสัตว์ที่มีวงจรชีวิตที่อาศัยในน้ำ เช่น พยาธิใบไม้ในตับ พยาธิใบไม้ในเลือด เป็นต้น

4 Water-related Insect Vectors เป็นโรคหรือความเจ็บป่วยที่เกิดจากแมลงที่เป็นพาหนะนำโรค ที่อาศัยแหล่งน้ำในการแพร่พันธุ์ เช่น โรคไข้เลือดออก เป็นต้น

3.3. การบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสีย อาจแบ่งโดยการใช้กระบวนการทางกายภาพ (Physical Process) หรือเรียกว่าหน่วยปฏิบัติการ (Unit Operations) เช่น การดักเศษพลาสติก กรวด ด้วยตะแกรง (Screening) การกวาดไขมันที่ผิวหน้า (Skimming) เป็นต้น และการบำบัดโดยการใช้กระบวนการทางเคมี (Chemical Process) และกระบวนการทางชีวภาพ (Biological Process) ซึ่งอาศัยหลักการของปฏิกิริยา (Unit Processes) เช่น การทำให้เป็นกลาง โดยการเติมกรดหรือด่าง (Neutralization) การทำให้ตกตะกอนโดยการเติมสารเคมี (Precipitation) การใช้จุลินทรีย์ช่วยในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีในน้ำเสียในระบบที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Process) หรือสภาพที่ไม่มีการใช้ออกซิเจน (Anaerobic Process) เป็นต้น ในปัจจุบันได้มีการนำหลักการทั้งสองมาใช้ร่วมกันในการทำงาน และแบ่งลักษณะของการบำบัดเป็นการบำบัดขั้นปฐมภูมิ (Primary Treatment) การบำบัดขั้นทุติยภูมิ (Secondary Treatment) และการบำบัดขั้นตติยภูมิหรือขั้นสูง (Tertiary หรือ Advanced Treatment) การบำบัดขั้นปฐมภูมิ เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียเบื้องต้น โดยอาศัยหลักการทางกายภาพเป็นหลัก เช่น การใช้ตะแกรง เพื่อกำจัดกรวด หิน ของแข็งอื่น เศษพลาสติก กระดาษ เป็นต้น การตกตะกอน การกำจัดน้ำมันและไขมัน การบำบัดขั้นทุติยภูมิเป็นกระบวนการที่ใช้ลักษณะทางเคมีและชีวภาพ เช่น บ่อเติมอากาศ ระบบเอเอส ถังโปรยกรอง เป็นต้น การบำบัดขั้นตติยภูมิเป็นกระบวนการบำบัดที่มีขั้นตอนเพิ่มเติม หรือมีความจำเพาะเพิ่มขึ้น เช่น การกำจัดอนินทรีย์สารที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย หรือการกำจัดสารพิษ เป็นต้น

ส่วนกระบวนการทางเคมี เช่น การใช้สารเคมี เช่น สารส้ม (alum, $Al_3(SO_4)_3 18\ H_2O$) ปูนขาว (lime, $Ca(OH)_2$) เพื่อให้สารแขวนลอยสารอินทรีย์และแร่ธาตุต่างๆในน้ำเสียให้ตกตะกอน การใช้ผงถ่านเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ที่ละลายได้ การใช้คลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคก่อนระบายน้ำทิ้งสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

3.4 หลักเกณฑ์เบื้องต้นที่ใช้ในการพิจารณาเพื่อเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสม

หลักเกณฑ์เบื้องต้นที่ใช้ในการพิจารณาเพื่อเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสม มีดังนี้

1. การเลือกและการออกแบบระบบที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย จำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับน้ำเสีย องค์ประกอบและปริมาณของน้ำเสีย ที่เป็นจริงมากที่สุด เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบ วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ การวางท่อ ระบบการบำบัดที่เหมาะสม พร้อมทั้งค่าใช้จ่าย
2. ลักษณะและปริมาณของน้ำเสีย ตลอดจนสารปนเปื้อนต่างๆในน้ำเสีย
3. อัตราการไหลของน้ำเสียที่เกิดขึ้นและความแปรปรวน
4. สภาพอากาศและสภาพภูมิศาสตร์ ตลอดจนลักษณะพื้นดิน พื้นน้ำ
5. การเลือกรูปแบบของระบบบำบัดน้ำเสียและประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ซึ่งต้องดำเนินการเพื่อให้ได้คุณภาพของน้ำทิ้งตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้
6. การกำจัดกากตะกอน และแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์
7. ปริมาณสารเคมี พลังงาน เครื่องจักรที่ต้องใช้
8. ศักยภาพของบุคลากรที่จะมาดำเนินการ
9. การประเมินและการตรวจสอบระบบในขั้นตอนสุดท้าย ทั้งนี้เพื่อให้การดำเนินการเป็นไปตามวัตถุประสงค์
10. แนวทางการปฏิบัติงานและการดูแลรักษาระบบบำบัดน้ำเสีย
11. การเก็บตัวอย่างและการตรวจวัดคุณภาพน้ำ

3.5 การบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ

การบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ สามารถแบ่งเป็นประเภทได้ ดังนี้

3.5.1 การบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยออกซิเจน

การบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยออกซิเจนมีหลายระบบ แต่ละระบบจะมีลักษณะและรูปแบบที่แตกต่างกันในวิธีการใช้ออกซิเจน ซึ่งมีตั้งแต่การอาศัยหลักธรรมชาติที่ไม่อาศัยเครื่องจักร หรืออุปกรณ์อื่น เช่น ระบบบึงประดิษฐ์ หรือระบบบ่อผึ่ง ซึ่งลักษณะแบบนี้จำเป็นต้องใช้พื้นที่มาก ในกรณีที่มีการใช้เครื่องจักรช่วยในการเติมออกซิเจน จะทำให้ใช้พื้นที่น้อยกว่า แต่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเรื่องเครื่องมือและระบบควบคุมที่ยุ่งยากกว่า

$$COHNS + O_2 + \text{จุลินทรีย์} \longrightarrow CO_2 + H_2O + NH_3 + \text{พลังงาน}$$

ระบบบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยออกซิเจน อาจแบ่งได้

1. ประเภทที่จุลินทรีย์อยู่ในลักษณะที่แขวนลอย ได้แก่ ระบบบ่อผึ่ง ระบบบ่อเติมอากาศ เป็นต้น
2. ประเภทที่จุลินทรีย์อยู่ในลักษณะที่ถูกตรึง ได้แก่ ระบบโปรยกรอง ระบบจานหมุนทางชีวภาพ เป็นต้น

ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง โดยทั่วไปของการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย โดยอาศัยออกซิเจน มีดังนี้

1. สัดส่วนของสารอาหาร โดยทั่วไปในการบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยออกซิเจน ควรมีอัตราส่วนของค่าบีโอดีต่อปริมาณไนโตรเจนต่อปริมาณฟอสฟอรัส ประมาณ 100 ต่อ 5 ต่อ 1 เพื่อให้การบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยออกซิเจนมีประสิทธิภาพ จึงควรวิเคราะห์ค่าดังกล่าวก่อน แล้วปรับค่าดังกล่าวโดยการใช้ยูเรียเพื่อเพิ่มปริมาณไนโตรเจน และการเติมกรดฟอสฟอริกในการเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัส
2. อุณหภูมิ โดยทั่วไปก่อนที่จะมีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่กระบวนการบำบัด ควรให้มีอุณหภูมิไม่สูงเกินกว่า 40 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมจะเป็นที่ 35 องศาเซลเซียส
3. พีเอช ที่เหมาะสมในการควบคุมการทำงาน จะอยู่ระหว่าง 7-8

4. ปริมาณโลหะ ชนิดและปริมาณโลหะที่มีในน้ำทิ้งบางอย่าง ที่มีปริมาณมากเกินไป เช่น น้ำทิ้งจากโรงงานชุบโลหะ เป็นต้น อาจจำเป็นต้องมีกระบวนการอื่นเพื่อแยกโลหะปนเปื้อนเหล่านั้นออกไปก่อน เพื่อไม่ให้ทำลายการทำงานและการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในระบบบำบัด
5. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้เป็นสิ่งที่สำคัญยิ่งในระบบบำบัดน้ำเสีย ที่อาศัยออกซิเจน ซึ่งต้องมีการควบคุมเพื่อให้มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้เพียงพอกับแต่ละระบบ ในกรณีที่เป็นระบบเอเอส ควรมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ประมาณ 1-2 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบบ่อเติมอากาศ ควรมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ ประมาณ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นต้น การมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้น้อยเกินไป จะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของแต่ละระบบลดลง หรืออาจทำให้ระบบล้มเหลวในการทำงานได้
6. ปริมาตรของสลัดจ์ (sludge volume, SV) และสารแขวนลอย (solid suspension) เป็นค่าที่ใช้ในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย โดยแสดงปริมาณตะกอนที่มีในการบำบัด ในกรณีการบำบัดในระบบบ่อเติมอากาศ ควรมีค่าปริมาตรสลัดจ์ และสารแขวนลอย ไม่เกิน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อลิตร และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนในระบบเอเอส จะมีค่าเป็น 500 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อลิตร และ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในกรณีที่ค่าปริมาตรของสลัดจ์ที่มากเกินไป อาจเนื่องจากพีเอชในระบบมีค่าต่ำเกินไป ทำให้เหมาะสมกับการเจริญของเชื้อราหรือไมซีเลียมแบคทีเรีย หรือเป็นเพราะปริมาณออกซิเจนในระบบบำบัดมีปริมาณไม่เพียงพอ หรือการระบายของตะกอนส่วนเกินทิ้งน้อยเกินไป

3.5.1.1 ระบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetlands)

ระบบบึงประดิษฐ์เป็นการบำบัดน้ำเสียที่เลียนแบบการบำบัดน้ำเสียตามธรรมชาติ โดยมีพืชที่สามารถเจริญในพื้นที่ซึ่งมีน้ำท่วมขัง โดยแบ่งประเภทของระบบบึงประดิษฐ์ได้ดังนี้

3.5.1.1.1 ระบบพืชผิวน้ำ (Free-floating Macrophyte Treatment Systems) โดยพืชที่อยู่ในระบบจะลอยอยู่ผิวน้ำ

3.5.1.1.2 ระบบพืชชุ่มน้ำ (Emergent Macrophyte Treatment Systems) โดยการให้น้ำไหลผ่านลำต้นหรือไหลผ่านราก

3.5.1.1.3 ระบบพืชใต้น้ำ (Submergent Macrophyte Treatment Systems) โดยพืชมีการเจริญอยู่ใต้ผิวน้ำ

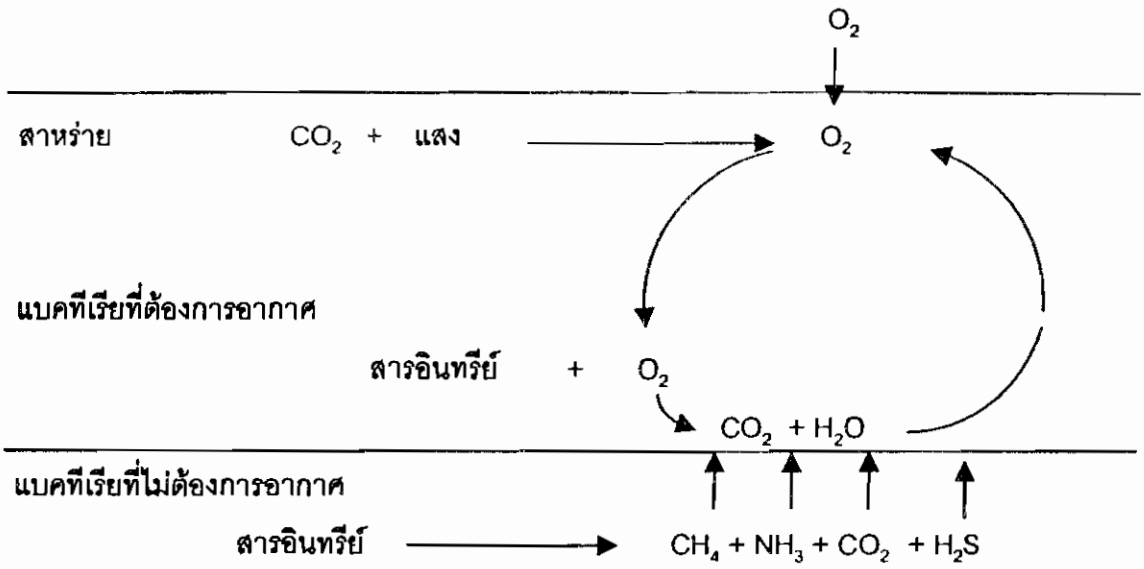
สำหรับการออกแบบระบบบึงประดิษฐ์ จะต้องคำนึงถึง ชนิดของพืชที่ใช้ ความลึกของน้ำ ระยะเวลาการกักเก็บน้ำในบ่อ เป็นต้น

3.5.1.2. ระบบบ่อผึ่ง (Oxidation Ponds,OP)

ระบบบ่อผึ่งเป็นระบบการบำบัดน้ำเสียที่ง่ายที่สุด และประหยัด โดยบ่อจะมีความลึกประมาณ 0.5-2 เมตร และอาศัยการทำงานร่วมกันของแบคทีเรีย และสาหร่าย โดยไม่มีเครื่องมืออื่นๆเพิ่มเติม จึงทำให้ระยะเวลาในการกักเก็บ และบำบัดน้ำเสียใช้เวลานาน 1-3 เดือน ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ซึ่งลักษณะของระบบบ่อผึ่ง ยังสามารถแบ่งได้ตามความลึกของบ่อที่ใช้ เป็นดังนี้

3.5.1.2.1 High Rate Pond เป็นบ่อที่มีความลึกประมาณ 0.5 เมตร ทำให้แสงแดดสามารถส่งถึงก้นบ่อได้ จึงเหมาะกับการเจริญของสาหร่ายได้เป็นอย่างดี ในระบบนี้สามารถ ลดค่า BOD ได้มากกว่า 90% ในกรณีที่มีสาหร่ายสีเขียวเจริญมากเกินไป (Algae bloom) จะต้องลดปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเสียเริ่มต้นก่อน หรืออาจใช้วิธีการกำจัดสาหร่ายก่อนที่จะปล่อยออกไป โดยปริมาณสาหร่ายที่มีมากนี้อาจแยกออกได้ โดยการตกตะกอนด้วยสารเคมี

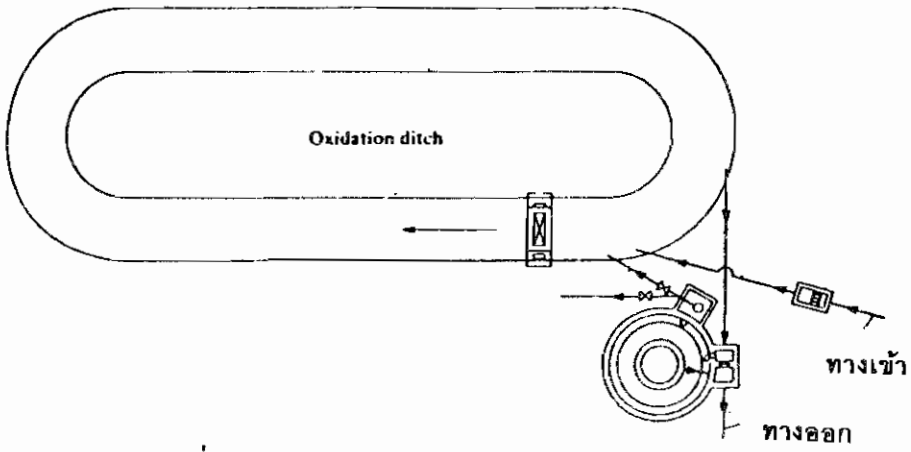
3.5.1.2.2 Facultative Pond เป็นบ่อที่มีความลึกประมาณ 1-1.5 เมตร ทำให้แสงไม่สามารถส่องลงไปถึงยังก้นบ่อ จากสภาพดังกล่าวทำให้สภาพภายในบ่อเป็นสภาพที่ไม่มีออกซิเจน ซึ่งทำให้การย่อยสลายที่เกิดขึ้นมีแก๊สมีเทน และแอมโมเนีย แม้น้ำทิ้งที่บำบัดแล้วจะไม่มีปัญหาของสาหร่ายที่เจริญมากอย่างระบบ High Rate Pond แต่จะมีปัญหาของกลิ่นที่เกิดขึ้นเนื่องจากสภาพที่ไม่มีออกซิเจนที่ก้นบ่อ



รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะการทำงานระบบบ่อผึ่ง

3.5.1.3 ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch)

ระบบคลองวนเวียนเป็นระบบการบำบัดที่มีการทำงานคล้ายระบบบ่อเติมอากาศ แต่จะต่างกันที่เครื่องเติมอากาศของระบบคลองวนเวียน ซึ่งเป็นแบบนอนที่เรียกว่า Brush Rotor ส่วนระบบเอเอสจะเป็นแบบ Surface Aerator หรือ Air Diffusion



รูปที่ 3.2 แสดงการทำงานของคลองวนเวียน

ที่มา Warren,V. และ Mark,J.H.,1993

3.5.1.4 ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoons, AL)

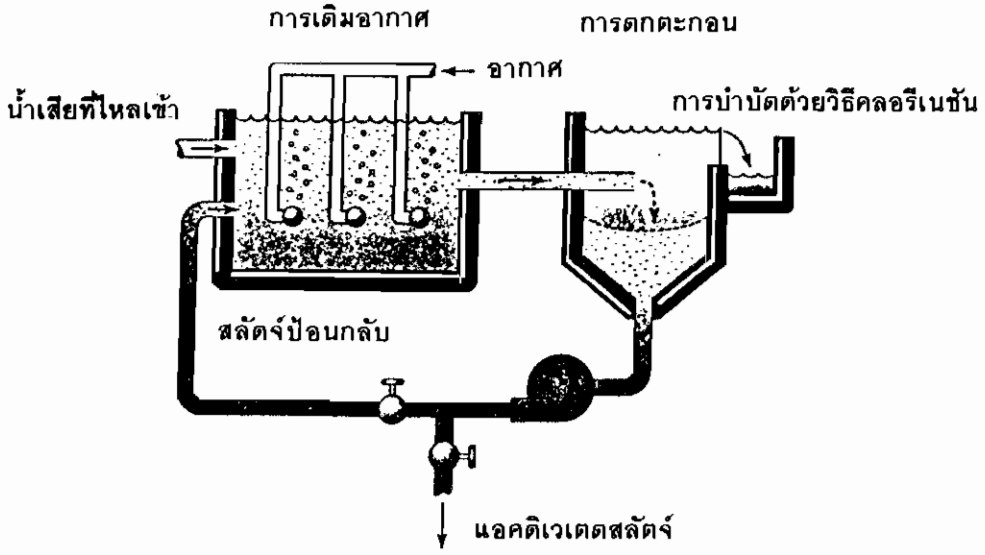
ระบบบ่อเติมอากาศเป็นระบบที่นิยมใช้กัน มีลักษณะที่ลึกกว่าบ่อผึ่งแต่ตื้นกว่าบ่อหมักที่ไม่ใช้ออกซิเจน ระบบบำบัดนี้เหมาะกับการบำบัดน้ำทิ้งจากชุมชน โดยขนาดของบ่อจะมีขนาดลึกไม่น้อยกว่า 2 เมตร และมีเครื่องมือที่ช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนในบ่อบำบัด โดยการใช้เครื่องกวนหรือเครื่องเติมอากาศ ซึ่งจะทำให้อัตราการย่อยสลายที่เกิดขึ้นเร็วกว่าระบบบ่อผึ่ง โดยใช้ระยะเวลาในการกักเก็บและบำบัดน้ำเสียนาน 3-10 วัน นอกจากนี้ยังเป็นการใช้พื้นที่ที่น้อยกว่าด้วย ปัญหาที่มักพบในระบบนี้ คือ การตกตะกอนของจุลินทรีย์ที่หลุดออกมา ทั้งนี้อาจเนื่องจากเครื่องเติมอากาศไม่เพียงพอหรือมีตำแหน่งการติดตั้งที่ไม่เหมาะสม ทำให้เกิดจุดอับในระบบ

3.5.1.5 ระบบเอเอส (Activated Sludge,AS)

ระบบเอเอสที่พบโดยทั่วไปจะประกอบด้วยถังปฏิกิริยาที่มีการให้อากาศ (Aeration tank) และถังตกตะกอน (Sedimentation tank) เพื่อแยกน้ำทิ้งที่ใสและตะกอนออกจากกัน ในถังที่มีการเติมอากาศนี้จะทำให้แบคทีเรียสามารถเจริญได้อย่างรวดเร็ว จึงทำให้สารอินทรีย์ที่มีในน้ำเสีย ถูกย่อยสลายไป มีผลทำให้ค่า BOD ลดลง ในขณะที่ปริมาณแบคทีเรียที่มีการเพิ่มจำนวนขึ้นนี้ จะมีการจับตัวกัน เรียกว่า ฟลอค (floc) ฟลอคที่มีจำนวนมากขึ้นจะตกตะกอน โดยตะกอนสีน้ำตาลนี้จะเรียกว่า แอคติเวเตดสลัดจ์ (activated sludge) ในกรณีที่ฟลอคที่เกิดนั้นจับตัวกันอย่างหลวมๆ ซึ่งอาจเป็นเพราะมีจุลินทรีย์ชนิดเส้นใย หรือตะกอนเกิดการบวมน้ำ ซึ่งอาจเกิดจากการขาดออกซิเจนเป็นเวลานาน หรือสภาวะในระบบที่เป็นกรดหรือด่างเกินไป จึงทำให้ยากแก่การตกตะกอน ซึ่งเป็นลักษณะที่เรียกว่า บัลคกิง (bulking) ส่วนน้ำทิ้งจะเรียกว่า mixed liquor โดยสภาวะที่ต้องมีการควบคุมในถังที่มีการเติมอากาศ คือ ปริมาณออกซิเจน โดยระบบการป้อนอากาศที่ใช้ต้องสามารถให้ปริมาณออกซิเจนได้ มากกว่า 0.5 พีพีเอ็ม คุณสมบัติของน้ำเสียที่ป้อนเข้ามาในระบบควรมีสัดส่วนของค่า BOD ต่อปริมาณไนโตรเจนต่อปริมาณฟอสฟอรัส เป็น 100 ต่อ 5 ต่อ 1 ส่วนใหญ่ถ้าไม่ได้ตามสัดส่วนดังกล่าวอาจมีการปรับปริมาณไนโตรเจน ให้มีสัดส่วนอยู่ในช่วงดังกล่าว ค่าพีเอชควรอยู่ในช่วง 6-9 และอุณหภูมิไม่ควรเกิน 40 องศาเซลเซียส ส่วน mixed liquor ที่ได้ในถังที่มีการเติมอากาศจะถูกส่งต่อไปยังถังตกตะกอนเพื่อแยกแอคติเวเตดสลัดจ์ออกมา ทำให้ได้น้ำทิ้งที่ใสขึ้นและไหลออกจากระบบได้ ในขณะที่แอคติเวเตดสลัดจ์ที่อยู่ที่ก้นถังตกตะกอนนั้น ส่วนหนึ่งจะถูกป้อนกลับมาใช้ในถังเติมอากาศ เพื่อ

รักษาปริมาณแบคทีเรียในถังเติมอากาศให้มีปริมาณคงที่ ส่วนตะกอนส่วนเกินจะถูกนำไปทำให้แห้งด้วยการกรอง หรือการตากแห้ง ก่อนนำไปเป็นอาหารสัตว์ ปุ๋ย หรือเผาทิ้ง ทั้งนี้ขึ้นกับองค์ประกอบที่มีในน้ำเสียแต่ละชนิด โดยระบบเอเอสนี้สามารถนำมาใช้ในระบบ Conventional (Plug Flow) Activated Sludge Complete-mix Activated Sludge และ Oxidation Ditch Activated Sludge เป็นต้น

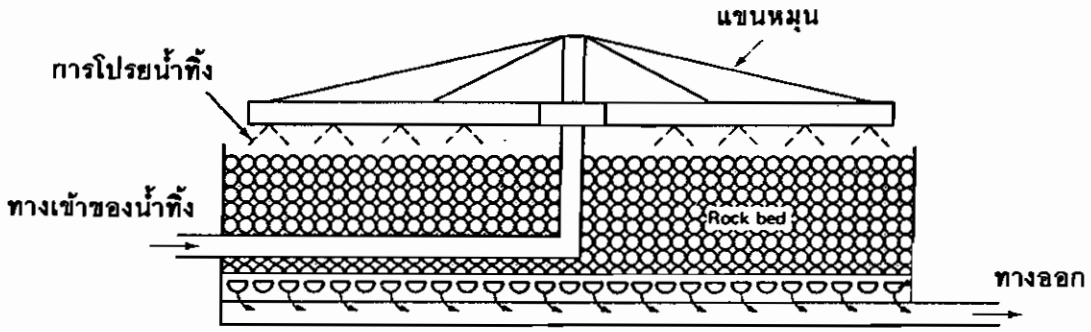
ตัวแปรที่สำคัญที่ใช้ในการควบคุมระบบเอเอส คือ อายุของตะกอน (sludge age) หมายถึง ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ตะกอนของจุลินทรีย์มีการหมุนเวียนอยู่ในถังเติมอากาศ ซึ่งสามารถควบคุมได้โดยการนำเอาตะกอนส่วนเกินออกจากระบบไป โดยทั่วไปจะเป็นการควบคุมให้ระบบมีอายุของตะกอนประมาณ 5-15 วัน ส่วนอัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ (F/M ratio) คือ อัตราส่วนของน้ำหนักสารอินทรีย์ที่มีในน้ำเสียที่ไหลเข้ามาในระบบบำบัด (กิโลกรัมต่อวินาที) ต่อน้ำหนักตะกอนของจุลินทรีย์ในระบบ (กิโลกรัม) โดยทั่วไปจะมีการควบคุมให้ระบบมีค่าสัดส่วนของ F/M มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1 -- 0.4 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน แต่เนื่องจากอัตราการไหลและความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่มีในน้ำเสียที่เข้ามาในระบบมักมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ จึงทำให้ยากในการควบคุม



รูปที่ 3.3 แสดงการทำงานของระบบเอเอส

ที่มา Verilind, P.A., 1997

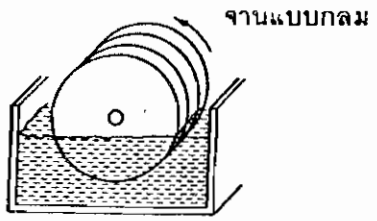
3.5.1.6 ระบบโปรยกรอง (Trickling Filter,TF) เป็นระบบที่อาศัยตัวกลางที่อาจเป็นก้อนหิน ชิ้นไม้เล็กๆ หรือเม็ดพลาสติก เพื่อใช้เป็นที่ยึดเกาะของจุลินทรีย์ ซึ่งจะบรรจุในถังที่มีความสูงไม่น้อยกว่า 6-10 ฟุต โดยน้ำเสียจะถูกป้อนลงมาโดยลักษณะโปรยเป็นหยด (trickling) และไหลผ่านตัวกลางดังกล่าว ซึ่งจะทำให้ลักษณะการย่อยสลายของสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นอยู่ในสภาวะที่มีออกซิเจน ส่วนแบคทีเรียที่ยึดเกาะและเจริญอยู่บนตัวกลางเป็นฟิลม์บางๆที่เรียกว่า ซูโอเกลียลฟิลม์ (zoogloeal film) จะมีความหนาประมาณ 2-3 มิลลิลิตร เมื่อแบคทีเรียเจริญบนตัวกลางจนทำให้ความหนาของเซลล์เพิ่มขึ้น จะทำให้แบคทีเรียภายในขาดอาหารและออกซิเจน มีผลทำให้แบคทีเรียตายและหลุดไหลออกจากถัง โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วกับแบคทีเรียดังกล่าว จะไหลไปยังถังตกตะกอนเพื่อแยกตะกอนออก โดยลักษณะของตะกอนดังกล่าวจะเรียกว่า humus sludge ปัญหาที่มักพบในระบบ คือ ปัญหาน้ำท่วมถัง ซึ่งมาจากตัวกลางที่ใช้มีขนาดเล็กหรือมีการแตกหักของตัวกลาง ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมและป้องกันโดยการเปลี่ยนตัวกลางให้มีขนาดที่เหมาะสมขึ้น หรือถ้ามีการแตกหักหรืออุดตันของตะกอน อาจจำเป็นต้องเปลี่ยนตัวกลางใหม่ นอกจากนี้ยังมีการควบคุมสัดส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ไม่ให้มีมากเกินไป และควบคุมปริมาณของแข็งที่ละลายได้ให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสมด้วย

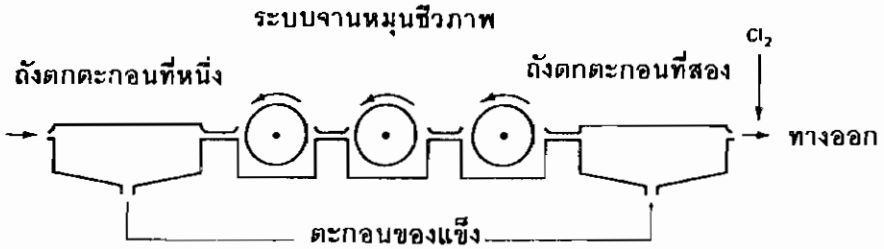


รูปที่ 3.4 แสดงการทำงานของระบบโปรยกรอง

ที่มา Gilbert, M.M., 1991

3.5.1.7 ระบบจานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor, RBC) เป็นระบบที่มีแผ่นตัวกลางเป็นจานแบนและกลม (Circular Disk) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-3 เมตร ที่เรียงใกล้ๆกันตามแนวนอน มักทำด้วยพลาสติกพอลิสไตรีน (polystyrene) หรือพอลิไวนิลคลอไรด์ (polyvinyl chloride,PVC) โดยลักษณะของแผ่นจะเป็นร่อง เพื่อการเพิ่มที่ผิวให้จุลินทรีย์เกาะ และลักษณะการจัดให้แผ่นจานกลมวางจมในน้ำเสียประมาณ 40% ของพื้นที่หน้าตัดของจานกลมโดยมีการหมุนของจานกลมไปช้าๆรอบแกน เพื่อผลัดเปลี่ยนให้ส่วนอื่นๆของแผ่นจานได้สัมผัสกับน้ำเสีย จึงทำให้จุลินทรีย์ที่เกาะอยู่นั้น ได้มีการหมุนเวียนและมีการสัมผัสกับอากาศและสัมผัสกับน้ำเสีย ปัญหาที่มักพบในระบบจานหมุนชีวภาพ คือ ฟิลม์แบคทีเรียจะมีการหลุดออกจากแผ่นตัวกลาง ทำให้น้ำทิ้งมีค่า BOD ที่เพิ่มขึ้น การแก้ไขและการป้องกันมักทำโดยการควบคุมอัตราการป้อนน้ำเสียที่เข้ามาในระบบให้เหมาะสม หรือการควบคุมปริมาณอากาศในน้ำเสียนั้น





รูปที่ 3.5 แสดงการทำงานของระบบจานหมุนชีวภาพ

ที่มา Gilbert, M.M., 1991

3.5.2 การบำบัดน้ำเสียโดยไม่อาศัยออกซิเจน

การทำงานที่เกิดขึ้นในระบบการบำบัดน้ำเสียโดยไม่อาศัยออกซิเจน จะเริ่มจากการทำงานของแบคทีเรียประเภท Facultative bacteria และ Anaerobic bacteria หรือเรียก

ว่าเอซิดฟอร์มเมอร์ (acid formers) ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เป็นโมเลกุลใหญ่ เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เป็นกรดอินทรีย์ที่มีโมเลกุลที่เล็กลง เช่น กรดอะซิติก กรดโพรพิออนิก เป็นต้น ต่อจากนั้นแบคทีเรียที่เป็น Obligate anaerobic bacteria ที่เป็นมีเทนฟอร์มเมอร์ (methane formers) จะเปลี่ยนกรดอินทรีย์เป็นแก๊สมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณซีโอดี มีปริมาณที่ลดลง

COHNS + จุลินทรีย์ ⟶ H_2O + CH_4 + N_2 + HS + CO_2 + พลังงาน

ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง โดยทั่วไปของการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียโดยไม่อาศัยออกซิเจน มีดังนี้

1. สัดส่วนของสารอาหาร โดยทั่วไปในการบำบัดน้ำเสียโดยไม่อาศัยออกซิเจน ควรมีอัตราส่วนของค่าบีโอดีต่อไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส เป็นปริมาณ 100 ต่อ 1 ต่อ 0.2
2. ปริมาณออกซิเจนที่มีในระบบ เนื่องจากระบบบำบัดต้องการสภาพที่ปราศจากออกซิเจน โดยเฉพาะแบคทีเรียมีเทนฟอร์มเมอร์ เช่น กรณีบ่อบำบัดแบบ Anaerobic Lagoon จะต้องมีการออกแบบให้บ่อมีความลึกมากกว่า 2 เมตร หรือในระบบบ่อเกรอะที่มีการออกแบบให้มีฝาปิดบ่อที่มิดชิด และมีเฉพาะท่อระบายแก๊สที่เกิดขึ้นเท่านั้น
3. อุณหภูมิ เนื่องจากการทำงานในระบบบำบัดแบบนี้ มี 2 ขั้นตอน ในขั้นตอนการเกิดกรดนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 30-37 องศาเซลเซียส ส่วนช่วงที่ผลิตแก๊สมีเทน จะอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 45-55 องศาเซลเซียส
4. พีเอช โดยทั่วไปควรมีการควบคุมให้ระบบมีพีเอชอยู่ในช่วง 6-8 เพราะในช่วงที่มีการเกิดกรดอินทรีย์ จะมีผลทำให้พีเอชลดลง ถ้าไม่มีการควบคุมจะมีผลทำให้ระบบการบำบัดมีประสิทธิภาพที่ลดลง หรือเกิดระบบล้มเหลวในการบำบัด

5. กรดอินทรีย์ระเหย การแสดงสมดุลของระบบการทำงานของจุลินทรีย์ในการบำบัดโดยไม่อาศัยออกซิเจน ในกรณีที่ระบบเกิดเสียสมดุล ซึ่งอาจเนื่องจากอุณหภูมิ พีเอช หรือสภาพออกซิเจนที่มี เป็นต้น จะมีผลทำให้แบคทีเรียที่สร้างแก๊สมีเทนหยุดการทำงาน และทำให้มีปริมาณกรดอินทรีย์หรือสารอินทรีย์ระเหยเพิ่มมากขึ้น พีเอชในระบบจะลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ระบบเกิดสภาพล้มเหลวในการทำงาน

3.5.2.1 Anaerobic Lagoon เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยไม่ใช้ออกซิเจน โดยบ่อที่ใช้จะมีความลึก 2-3 เมตร สารอินทรีย์ต่างๆในน้ำเสียจะถูกย่อยสลายด้วยปฏิกริยาที่ไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้น้ำเสียมีสีดำและมีกลิ่น

3.5.2.2 Conventional Anaerobic Digestion เป็นระบบที่มีฝาปิดเพื่อทำให้ระบบการบำบัดอยู่ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์โดยใช้เวลาประมาณ 30 - 60 วัน และทำให้เกิดแก๊สต่างๆ เช่น แก๊สมีเทนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะถูกระบายออกทางฝาด้านบน โดยท่อนี้สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้

3.5.2.3 บ่อเกรอะ (Septic Tank) เป็นการบำบัดน้ำเสียเบื้องต้นที่สามารถแยกของแข็งเป็นตะกอนที่จะถูกย่อยสลายกับส่วนที่จะลอยเป็นคราบฝ้าเหนือน้ำ โดยการออกแบบบ่อเกรอะควรให้มีความจุของบ่อเพื่อการกักเก็บน้ำเสียได้ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง และมีฝาปิดบ่อที่มิดชิด มีท่อสำหรับระบายแก๊สที่เกิดขึ้นนั้น

3.5.2.4 ถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter) เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ โดยในถังจะบรรจุตัวกรองที่เป็น กรวด พลาสติก พีวีซี เป็นต้น เพื่อเพิ่มพื้นที่การทำงานของจุลินทรีย์ ในกรณีที่มีการใช้ไปนานๆแล้วเกิดการอุดตันของตัวกลางการกรอง จำเป็นต้องล้างตัวกลางโดยการป้อนน้ำล้างในทิศทางตรงข้ามกับน้ำเสียที่ป้อนเข้า โดยน้ำที่ล้างจะมีจุลินทรีย์ที่สามารถนำไปใช้ในการบำบัดต่อได้ เช่น อาจเติมกลับในบ่อเกรอะ เพื่อให้เชื้อทำงานต่อได้

3.5.2.5 ระบบ Anaerobic Contact เป็นระบบที่มีลักษณะที่คล้ายกับระบบเอเอส โดยมีการแยกแบคทีเรียออกจากน้ำทิ้งในถังปฏิกิริยา และนำตะกอนแบคทีเรียกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งจะช่วยเพิ่ม ประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดในถังปฏิกิริยาซึ่งเป็นระบบที่ไม่ใช้ออกซิเจน

3.5.2.6 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket, UASB) เป็นการบำบัดโดยน้ำเสียจะถูกป้อนเข้าสู่ถังบำบัดที่บริเวณส่วนล่างของถังด้วยอัตราการไหลที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดการผสมกันระหว่างน้ำเสียกับเม็ดตะกอนจุลินทรีย์อย่างสม่ำเสมอ โดยชั้นนี้จะเรียกว่า สลัดจ์เบด (sludge bed) ซึ่งมีความหนาแน่นของตะกอนจุลินทรีย์ที่สูงกว่า ทำให้ระบบมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้สูง จากนั้นน้ำเสียจะไหลขึ้นไปยังด้านบนสู่ชั้น sludge blanket ซึ่งมีความหนาแน่นของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ที่น้อยกว่า แต่การย่อยสลายอินทรีย์ยังคงเกิดขึ้นเช่นกัน ส่วนด้านบนของถังบำบัด จะมีที่กักเม็ดจุลินทรีย์ไม่ให้ไหลออกจากถังบำบัด และแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้น

3.5.2.7 ระบบการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนร่วมกับการใช้สารเคมี (Anoxic Process) เป็นการย่อยสลายน้ำทิ้งในสภาพที่ไม่ใช่ออกซิเจน ร่วมกับการใช้สารเคมีประเภทพอลิเมอร์ ในการเร่งให้เกิดการตกตะกอน ซึ่งมักใช้ในการกำจัดไนโตรเจน หรือที่เรียกว่า Denitrification

3.5.3 ประเภทของถังตกตะกอน

ลักษณะและรูปร่างของถังตกตะกอนที่ใช้กันในระบบบำบัดน้ำเสีย ส่วนใหญ่ได้แก่

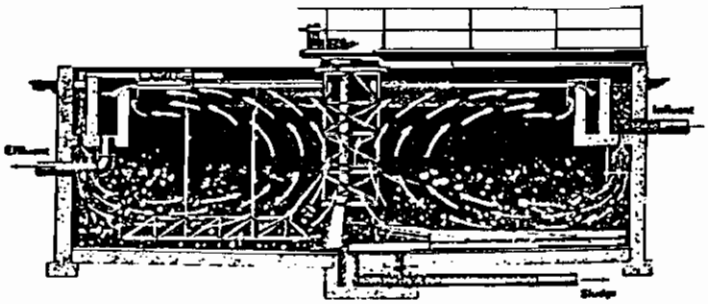
3.5.3.1 ถังสี่เหลี่ยมพื้นผ้า ลักษณะของถังประเภทนี้จะมีพื้นที่ลาดเอียงไปทางด้านใดด้านหนึ่ง เพื่อให้เครื่องกวาดตะกอนที่ก้นถังสามารถทำหน้าที่กวาดเอาตะกอนเหล่านี้ไปยังหลุมที่ก้นถังตกตะกอนได้

3.5.3.2 ถังสี่เหลี่ยมจตุรัส ถังประเภทนี้จะมีข้อดีในการใช้พื้นที่ในการก่อสร้างน้อยกว่า ส่วนข้อเสีย คือ ตะกอนอาจไปค้างอยู่ตามมุมของถังตกตะกอนได้

3.5.3.3 ถังทรงกลม เป็นถังที่นิยมใช้กันมาก เพราะไม่ทำให้เกิดการสะสมหรือการคั่งค้างของตะกอน

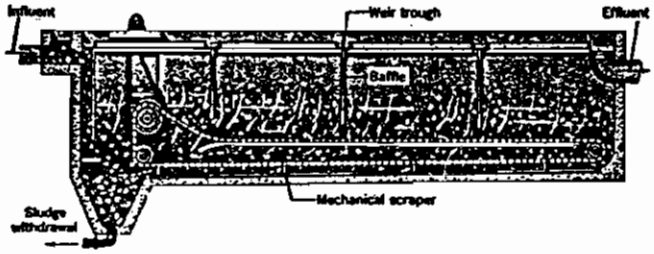
3.5.3.4 ถังที่มีแผ่นเอียงติดตั้ง ลักษณะของถังตกตะกอนแบบนี้ จะมีการสอดแผ่นลงไปในถัง โดยแต่ละแผ่นจะจัดวางขนานกัน และมีระยะห่างกันประมาณ 2.5 – 5.0 เซนติเมตร นอกจากนั้นยังวางในลักษณะที่เอียงประมาณ 40 องศากับแนวนอน ทั้งนี้เพื่อลดความลึกในการตกตะกอน

และทำให้ลักษณะการไหลของของเหลวมีค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ที่ต่ำลง ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพของการตกตะกอนเพิ่มขึ้น



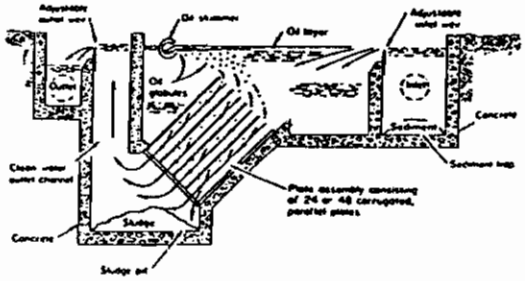
รูปที่ 3.6 แสดงถังตกตะกอนแบบทรงกลม

ที่มา Hammer,M.J., 1986



รูปที่ 3.7 แสดงถังตกตะกอนแบบสี่เหลี่ยม

ที่มา Hammer,M.J., 1986



รูปที่ 3.8 แสดงประเภทของถังตกตะกอนแบบแผ่น

ที่มา Pinheiro, H และ Cabral, J.M.S., 1993

นอกจากนี้ลักษณะของถังตกตะกอน อาจแบ่งตามทิศทางการไหลของของไหลได้เป็น 2 แบบ คือ แบบไหลในแนวนอน (Horizontal-flow) กับแบบไหลในแนวดิ่ง (Vertical-flow)

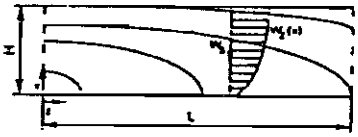
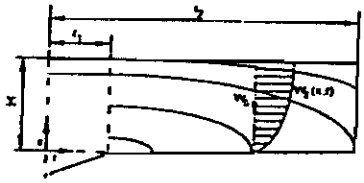
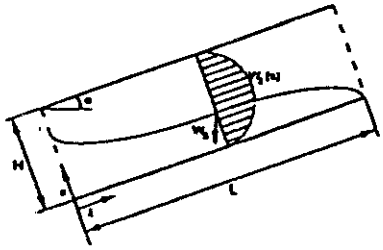
1. แบบไหลในแนวนอน การออกแบบถังตกตะกอนแบบนี้ ถ้าพิจารณาในส่วนของขนาด ความกว้าง ความยาว และความลึกของตัวถัง ความเร็วของของเหลวที่ป้อน และระยะเวลาในการเก็บกัก ลักษณะของถังตกตะกอนประเภทนี้มักเป็นถังสี่เหลี่ยมพื้นผ้า
2. แบบไหลในแนวดิ่ง ลักษณะการตกตะกอนแบบนี้ ทิศทางของของเหลวที่ไหลเข้าไปในถัง จะไหลลงมาในแนวดิ่งพร้อมๆกับตะกอนที่ตกลงมา ในขณะที่ทิศทางของของเหลวใสจะล้นออกมาในแนวนอน ซึ่งลักษณะเช่นนี้ ความลึกของถังจะเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบ

ถ้าพิจารณาลักษณะการทำงานของถังตกตะกอนแล้ว อาจแบ่งได้ 2 แบบ คือ การตกตะกอนแบบเบทช์และแบบต่อเนื่อง การตกตะกอนแบบเบทช์นั้น ความสูงของแต่ละชั้นของตะกอนจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา แต่สำหรับการตกตะกอนแบบต่อเนื่องนั้น ความสูงในแต่ละชั้นของตะกอนจะค่อนข้างคงที่ เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะสมดุล นั่นคือเมื่อของเหลวผสมที่ใส่เข้าไปในถังตกตะกอนต่อหน่วยเวลามีค่าเท่ากับตะกอนและของเหลวใสที่ถูกเอาออกต่อหน่วยเวลาเช่นกัน เมื่อกำหนดให้ตะกอนมีลักษณะที่เหมือนกันแล้ว สามารถคำนวณสัดส่วนของเหลวใส (Clarification Ratio) หรือสัดส่วนของตะกอนที่กำจัดได้ (Solid Removal) โดย

$$Y = \frac{\text{น้ำหนักหรือจำนวนตะกอนที่ถูกกำจัด}}{\text{น้ำหนักหรือจำนวนตะกอนที่มีในสารละลายป้อน}}$$

โดยสัดส่วนของส่วนใส (Y) นี้ ขึ้นอยู่กับลักษณะ รูปร่างของถังตกตะกอน ดังแสดงสมการที่ใช้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงสัดส่วนของส่วนใสที่ขึ้นกับรูปร่างและทิศทางการไหลของถังตกตะกอน

รูปร่างและทิศทางการไหล	สัดส่วนของส่วนใส
ถังสี่เหลี่ยมพื้นผ้า 	$Y = \frac{L}{H} \times \frac{W_s}{W_o}$
ถังทรงกลม 	$Y = \frac{r_2^2 - r_1^2}{2r_2 H} \times \frac{W_s}{W_{o_2}}$
ถังที่มีแผ่นเอียงติดตั้ง 	$Y = \frac{\frac{L}{H}\cos z}{\frac{W_o}{W_s} + \sin z}$

ที่มา Pinheiro, H และ Cabral, J.M.S., 1993

เมื่อ W_s เป็นความเร็วในการตกตะกอน

W_o เป็นความเร็วเฉลี่ยของของเหลวในทิศทางเดียวกันกับทิศทางของไหล

W_{o2} เป็นความเร็วเฉลี่ยของของเหลวในทิศทาง $r = r_2$

W_z และ W_r เป็นการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของของเหลวในทิศทางการไหล และในการไหลแบบราบเรียบ ตามลำดับ

การบำบัดน้ำเสียซึ่งมีปริมาณมากอย่างน้ำเสียที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรม จำเป็นต้องคำนึงเทคโนโลยีการบำบัดในเชิงเศรษฐศาสตร์ ซึ่งเป็นการลดน้ำเสียที่จุดเกิดเหตุ โดยการนำระบบการจัดการที่ดีในโรงงาน (Good House Keeping) และการผลิตที่สะอาด (Cleaner Production) การลดน้ำเสียที่จุดเกิดเหตุ โดยวิธีการป้องกันมลพิษ (Pollution Prevention, PP) เป็นการลดต้นทุน ด้วยกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีมลพิษเกิดขึ้น เพราะมลพิษเป็นต้นทุนที่สูญเสีย ส่วนการผลิตที่สะอาดเป็นการป้องกันหรือการลดผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม เริ่มตั้งแต่กระบวนการผลิต สินค้าหรือผลิตภัณฑ์ วัตถุดิบ และพลังงาน โดยไม่ใช้วัตถุดิบที่เป็นพิษ การลดปริมาณและความเป็นพิษของของเสียทุกชนิดที่มีการปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม การกำหนดรูปแบบและลักษณะของสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่คำนึงถึงทุกขั้นตอนในวงชีวิตของสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ จนหมดอายุการใช้งาน ด้วยกระบวนการบำบัดที่ไม่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม

3.5.4 การรวบรวมน้ำเสีย (Collection System)

การรวบรวมน้ำเสียเป็นการรวบรวมน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดต่างๆ โดยการออกแบบและวางแผนระบบดังกล่าว จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลต่างๆ เช่น ปริมาณน้ำเสีย อัตราการไหลของน้ำเสีย ขนาดของท่อระบายน้ำเสีย แผนการตรวจสอบและซ่อมแซมระบบ โดยลักษณะของการรวบรวมน้ำเสีย มี 2 แบบ คือ การรวบรวมน้ำเสียแบบรวม (Combined System) เป็นการรวบรวมน้ำเสียและน้ำฝนในท่อเดียวกัน ซึ่งเป็นระบบที่ทำให้ปริมาณน้ำเสียที่ต้องใช้ในการบำบัดมีปริมาณที่เพิ่มขึ้น และขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นในแต่ละฤดูกาล กับการรวบรวมน้ำเสียแบบแยก (Separate System) เป็นการรวบรวมน้ำเสียและน้ำฝน โดยการแยกท่อกัน ซึ่งท่อที่รวบรวมน้ำเสียจะถูกนำไปบำบัดต่อในโรงบำบัดน้ำเสีย ส่วนน้ำฝนจะถูกรวบรวมไปบำบัดต่อโดยวิธีทางธรรมชาติ ซึ่งทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย แต่อาจเกิดความยุ่งยากในการออกแบบและการก่อสร้างระบบ

3.5.5 การเก็บตัวอย่างน้ำเสีย

การเก็บตัวอย่างและการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ต้องมีการวางแผนและการกำหนดจุดเพื่อการเก็บตัวอย่าง เพื่อวัดตัวแปรที่ต้องการตรวจวัด ช่วงเวลา และความถี่ในการเก็บตัวอย่าง ขนาดและขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง เพื่อให้ได้ลักษณะน้ำเสียที่ใกล้เคียงกับสภาพเดิม รูปแบบการเก็บตัวอย่าง มีดังนี้

1. ตัวอย่างแบบแยก (Grab Sample) คือ ตัวอย่างที่เก็บน้ำทิ้งเฉพาะเวลาและจุดที่เก็บเท่านั้น
2. ตัวอย่างรวมแบบ Composite คือ การนำตัวอย่างน้ำทิ้งที่เก็บที่จุดเดียวกันแต่คนละเวลา ทำให้ได้ค่าเฉลี่ย
3. ตัวอย่างรวมแบบ Integrated คือ การนำตัวอย่างน้ำทิ้งที่จุดต่างๆในเวลาเดียวกัน

3.5.6 ความถี่ของการเก็บตัวอย่าง

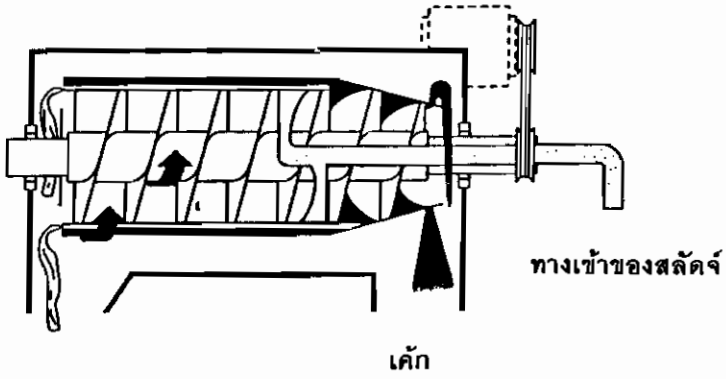
ในกรณีที่ตัวอย่างมีความแปรปรวนสูง อาจจำเป็นต้องเก็บตัวอย่างทุกๆชั่วโมง ถ้าตัวอย่างมีความแปรปรวนน้อยลงอาจเก็บตัวอย่างทุกๆ 2 ถึง 24 ชั่วโมง

3.5.7 การเก็บรักษาตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์

ภาชนะที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง ต้องสะอาดและเลือกใช้ภาชนะที่เหมาะสมกับตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ โดยทั่วไปจะใช้ภาชนะพลาสติกประเภทพอลิเอทิลีน (polyethylene) และก่อนการเก็บตัวอย่างจะมีการล้างภาชนะด้วยตัวอย่างที่จะเก็บหลายๆครั้ง โดยปริมาตรที่เก็บขึ้นกับพารามิเตอร์ที่ต้องการวิเคราะห์ เมื่อเก็บตัวอย่างแล้วต้องรีบนำมาวิเคราะห์ทันที ถ้าเป็นการวัดอุณหภูมิหรือความเป็นกรดด่าง หรือเก็บไว้ในอุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ ในกรณีที่ต้องการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ ภาชนะที่ใช้เก็บตัวอย่างต้องผ่านการทำลายเชื้อก่อน แล้วนำไปวิเคราะห์ทันที และมีการระบุชื่อผู้เก็บตัวอย่าง เวลา ตำแหน่งสถานที่ วันที่เก็บ ด้วย

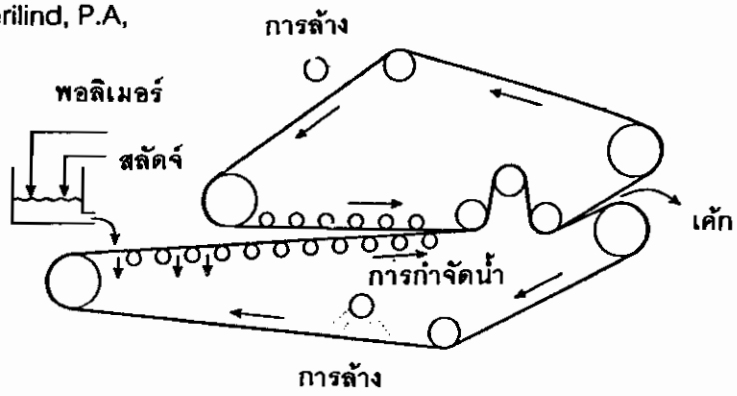
3.5.8 การบำบัดสลัดจ์ (Sludge Treatment)

การบำบัดสลัดจ์หรือการกำจัดกากของแข็ง โดยปริมาณสลัดจ์หรือของแข็งที่เกิดในระหว่างกระบวนการบำบัด มักเป็นปัญหามากกว่าการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากมีค่า BOD ที่สูงกว่า และเป็นของแข็งที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ด้วยวิธีทางชีวภาพหรือย่อยได้ช้ามาก จึงต้องมีการรวบรวมปริมาณสลัดจ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจใช้วิธีการกำจัดโดยการกรอง การทำให้สลัดจ์เข้มข้นขึ้น (Sludge Thickening) การใช้ลานตากแห้ง (Drying Bed) หรือการเปลี่ยนสภาพของของแข็งเหล่านี้ให้มีความคงตัวในกระบวนการสเตบิไลเซชัน (Stabillization) ซึ่งมีทั้งกระบวนการย่อยแบบใช้ออกซิเจนหรือไม่ใช้ออกซิเจน (Digestion) การทำปุ๋ย(Composting) การเติมสารเคมี หรือการเผา (Incineration) เป็นต้น



รูปที่ 3.9 แสดงการทำให้สลัดจ์แห้งโดยการหมุนเหวี่ยงแบบ Solid bowl decanter

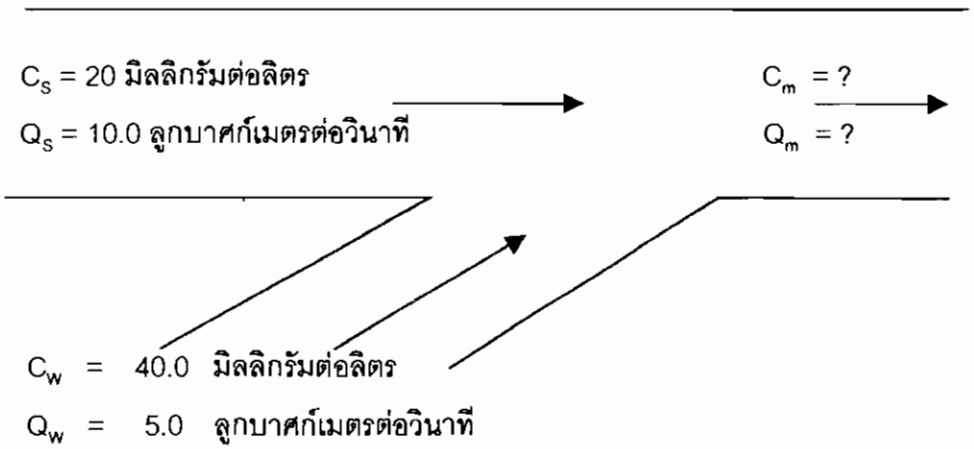
ที่มา Verilind, P.A,



รูปที่ 3.10 แสดงการทำให้สลัดจ์แห้ง โดยผ่านสายพานกรอง (Belt Filter)

ที่มา Verilind, P.A,

ตัวอย่างที่ 3.1 ถ้าระบบการไหลของน้ำเสียในท่อมีปริมาณ BOD_5 เป็น 40.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยอัตราการไหลเท่ากับ 5.0 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ไหลมาผสมกับน้ำเสียอีกเส้นที่ไหลมาด้วยความเร็ว 10.0 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที โดยมีความเข้มข้นของ BOD_5 เป็น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร จงคำนวณอัตราการไหลน้ำเสียผสมที่เกิดขึ้น และความเข้มข้นของ BOD_5



วิธีทำ

อัตราการไหลของน้ำเสียผสมที่เกิดขึ้น

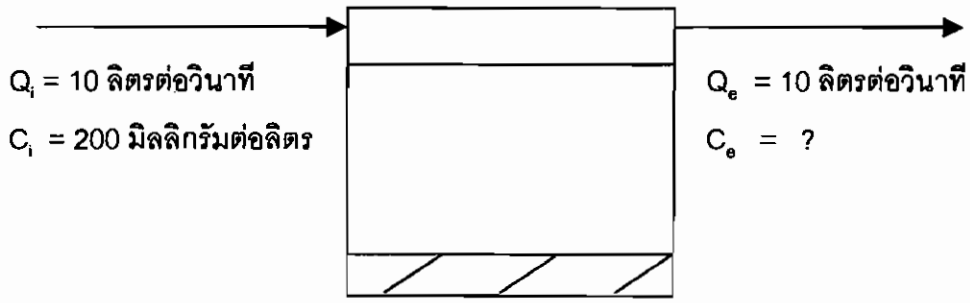
$$Q_m = Q_S + Q_w$$
$$= 10.0 + 5.0$$
$$= 15.0 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที}$$

ความเข้มข้นของ BOD_5

$$C_m Q_m = C_S Q_S + C_w Q_w$$
$$C_m = \frac{C_S Q_S + C_w Q_w}{Q_m}$$
$$= \frac{(20.0 \times 10.0) + (40.0 \times 5.0) \text{ มิลลิกรัม/ลิตร} \cdot \text{ลูกบาศก์เมตร/วินาที}}{(10.0 + 5.0) \text{ ลูกบาศก์เมตร/วินาที}}$$
$$= 26.7 \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร}$$

ตัวอย่างที่ 3.2 การตกตะกอนของของแข็งที่แขวนลอยในระบบบำบัดน้ำเสีย เมื่อพิจารณาในถังตกตะกอนที่มีอัตราการไหลเข้ามาของน้ำเสียเท่ากับ 10 ลิตรต่อวินาที โดยมีของแข็งที่แขวนลอยอยู่ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าประสิทธิภาพการตกตะกอนของของแข็งนี้เป็นร้อยละ 60 จงคำนวณปริมาณของแข็งในน้ำทิ้งที่สะสมอยู่ในถังตกตะกอนในแต่ละวัน

วิธีทำ



$$C_e = \frac{C_i \times (100 - \text{ประสิทธิภาพในการบำบัด})}{100}$$

$$= \frac{200\ (100 - 60)}{100}$$

$$= 200 \times 0.40$$

$$= 80 \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร}$$

สมดุลของของแข็ง

ปริมาณของแข็งที่เข้ามาในระบบ = ปริมาณของแข็งที่ออกจากระบบ + ปริมาณของแข็งที่ตกตะกอน

ปริมาณของแข็งที่เข้ามาในระบบ = $\frac{10 \text{ ลิตร}}{\text{วินาที}} \times 60 \frac{\text{วินาที}}{\text{นาที}} \times 60 \frac{\text{นาที}}{\text{ชั่วโมง}} \times 24 \frac{\text{ชั่วโมง}}{\text{วัน}} \times 200 \frac{\text{มิลลิกรัม}}{\text{ลิตร}}$

$\times 10^{-6} \frac{\text{กิโลกรัม}}{\text{มิลลิกรัม}}$

= 172.8 กิโลกรัมต่อวัน

ปริมาณของแข็งที่ออกจากระบบ = 10 ลิตร/วินาที x 60 วินาที/นาที x 60 นาที/ชั่วโมง x 24 ชั่วโมง/วัน x 80 มิลลิกรัม/ลิตร

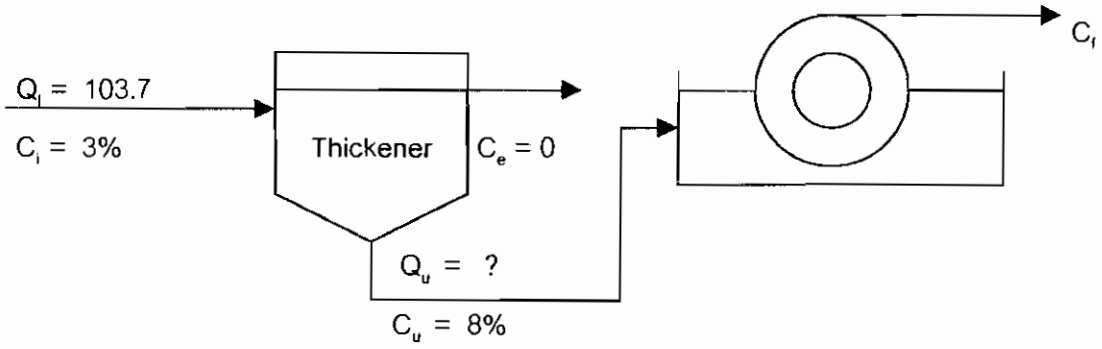
x 10^{-6} กิโลกรัม/มิลลิกรัม

= 69.1 กิโลกรัมต่อวัน

ดังนั้น ปริมาณของแข็งที่ตกตะกอนอยู่ในระบบ = 172.8 – 69.1

= 103.7 กิโลกรัมต่อวัน

ตัวอย่างที่ 3.3 จากตัวอย่างที่ 3.2 ถ้าต้องการกำจัดสลัดจ์โดยการเผา จำเป็นต้องทำให้สลัดจ์แห้งก่อน เมื่อสลัดจ์ที่อยู่ในถังตกตะกอนมีความเข้มข้นร้อยละ 3 ถูกทำให้เข้มข้นขึ้นในกระบวนการ Thickener ซึ่งจะทำให้ได้ความเข้มข้นเป็นร้อยละ 8 ต่อจากนั้นจึงผ่านกระบวนการดึงน้ำออกภายใต้สภาพการกรองแบบสุญญากาศ ซึ่งสามารถกำจัดน้ำออกไปได้ร้อยละ 75 จงคำนวณอัตราการไหลของสลัดจ์



วิธีทำ เมื่อกำหนดให้ความหนาแน่นของสลัดจ์ เท่ากับ ความหนาแน่นของน้ำ

เมื่อพิจารณาที่ระบบ Thickener

จากตัวอย่างที่ 3.2 Q_i = 103.7 กิโลกรัมต่อวัน

ซึ่งมี C_i = 3%

ดังนั้น

$$Q_i = \frac{103.7 \text{ กิโลกรัม/วัน} \times 10^6 \text{ มิลลิกรัม/กิโลกรัม}}{86{,}400 \text{ วินาที/วัน} \times 30{,}000 \text{ มิลลิกรัม/ลิตร}}$$

$$= 0.040 \text{ ลิตรต่อวินาที}$$

ส่วน

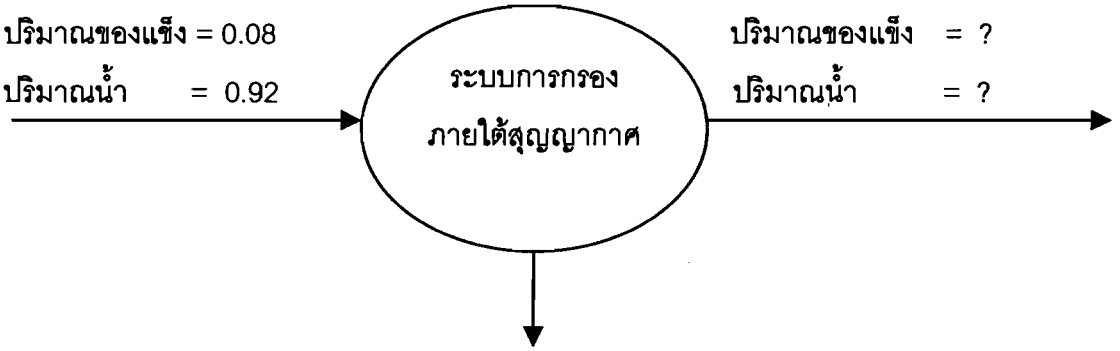
$$Q_u = \frac{103.7 \text{ กิโลกรัม/วัน} \times 10^6 \text{ มิลลิกรัม/กิโลกรัม}}{86{,}400 \text{ วินาที/วัน} \times 80{,}000 \text{ มิลลิกรัม/ลิตร}}$$

$$= 0.015 \text{ ลิตรต่อวินาที}$$

เมื่อพิจารณาที่ระบบการกรองแบบสุญญากาศ

ปริมาณน้ำที่ถูกกำจัดร้อยละ 75 = 0.75 x 0.92

= 0.69 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมของสลัดจ์



เมื่อพิจารณาสมดุลของน้ำ โดยรอบระบบการกรอง ภายใต้สุญญากาศ

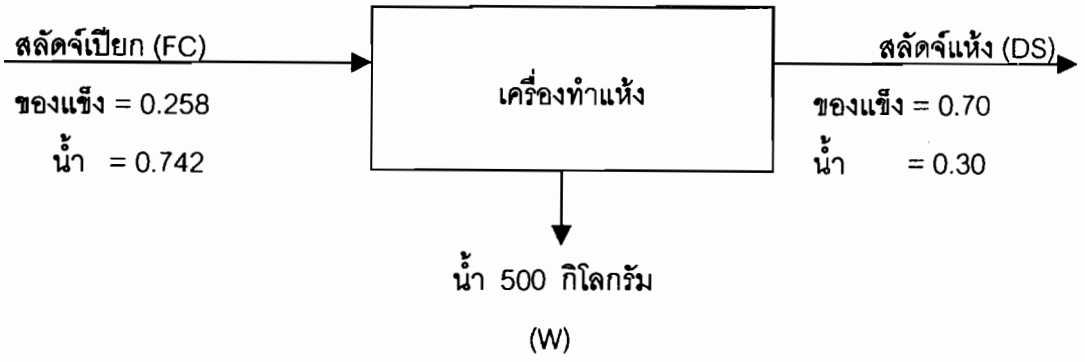
ปริมาณน้ำที่เข้ามาในระบบ – ปริมาณน้ำที่ออกจากระบบ = ปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในระบบ

0.92 – 0.69 = 0.23

องค์ประกอบของเค้กที่กรองได้

	กิโลกรัม	%
ปริมาณของแข็ง	0.08	25.8
ปริมาณน้ำ	0.23	74.2
ปริมาณทั้งหมด	0.31	100.0

ตัวอย่างที่ 3.4 จากตัวอย่างที่ 3.3 ถ้าต้องการทำให้สลัดจ์ที่มีน้ำอยู่ร้อยละ 74.2 แห้งขึ้น จึงได้ผ่านสลัดจ์ไปยังเครื่อง Rotary Kiln Dryer ซึ่งสามารถกำจัดน้ำออกไปได้ 500 กิโลกรัม และทำให้ได้สลัดจ์ที่มีน้ำอยู่ร้อยละ 30 จงคำนวณน้ำหนักของสลัดจ์ก่อนและหลังผ่านเครื่องทำแห้ง



วิธีทำ

สมดุลของมวลทั้งหมด $FC = DS + W$

$= DS + 500$ สมการที่ 3.1

สมดุลของแข็ง $0.258\ FC = 0.70\ DS$

ดังนั้น $DS = \frac{0.258\ FC}{0.70}$

$= 0.369\ FC$ สมการที่ 3.2

แทนสมการที่ 3.2 ในสมการที่ 3.1 จะได้

$FC = 0.369\ FC + 500$

$0.631\ FC = 500$

สลัดจ์ก่อนผ่านเครื่องทำแห้ง FC = 792 กิโลกรัม

สลัดจ์หลังผ่านเครื่องทำแห้ง DS = 292 กิโลกรัม

3.5.9 องค์การจัดการน้ำเสียกับการจัดการ

องค์การจัดการน้ำเสียได้มีการนำเอาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS) มาประยุกต์ใช้ เพื่อการรวบรวมข้อมูลระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย ทั้งชนิด ขนาด ความลึก และสาธารณูปโภคอื่นๆ แผนที่ตั้งอุปกรณ์ ท่อ และบ่อสูบ ตลอดจนพื้นที่บ้านพักอาศัย อุตสาหกรรม จำนวนประชากร เป็นต้น โดยการใช้สารสนเทศภูมิศาสตร์นี้ จะเอื้ออำนวยประโยชน์กับการปฏิบัติงานดังกล่าว ในด้านวิศวกรรม โดยการวางแผนและออกแบบความเหมาะสมของแต่ละเส้นท่อ ระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย ปริมาณและกำลังของท่อสูบน้ำ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการบริหารจัดการ ให้การบริการ การบำรุงรักษา การนำข้อมูลมาพิจารณาตำแหน่ง ที่ตั้งโรงบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสม เช่น การมีพื้นที่ที่อยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดของเสีย น้ำท่วมไม่ถึง เป็นต้น

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เป็นระบบที่มีการใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือหลักในการจัดการเกี่ยวกับข้อมูล ตั้งแต่การรวบรวมข้อมูล การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ และการประเมินข้อมูลเชิงซ้อนทั้งหมด โดยอาศัยลักษณะทางภูมิศาสตร์ร่วมในการพิจารณา ทั้งนี้เพื่อการนำไปใช้ในการวางแผน ติดตาม วิเคราะห์ และประเมินผลในด้านต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การออกแบบและการโรงบำบัดน้ำเสีย การประเมินสภาพมลพิษทางอากาศ เป็นต้น