ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การประยุกต์ใช้โปรแกรมตารางทำการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง

(Worksheet Application for Activated Sludge Design)

โดย

นางสาวเมทินี มณีสุวรรณสิน รหัสประจำตัว 43040262

นางสาวอรพรรณ ขำพึ่งสน รหัสประจำตัว 43040297

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....22/3/47..... **อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ**

( )

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

( )

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I-1729

การประยุกต์ใช้โปรแกรมตารางทำการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง

(Worksheet Application for Activated Sludge Design)

T097080

นางสาวเมทินี มณีสุวรรณสิน

นางสาวอรพรรณ ขำพึ่งสน

ปพ.
ม729ก
2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....97080
วัน.เดือน.ปี.....

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นางสาวเมทินี มณีสุวรรณสิน และ นางสาวอรพรรณ ขำพึ่งสน. 2547 : การประยุกต์ใช้โปรแกรมตารางทำการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง (Worksheet Application for Activated Sludge Design) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.กิตติชัย บรรจง

การประยุกต์ใช้โปรแกรมตารางทำการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง เพื่อความสะดวกต่อการใช้งาน โดยการคำนวณมีหลายขั้นตอนเริ่มจากการหามวลสมดุลของระบบ การออกแบบขนาดถังเติมอากาศ การออกแบบทางเข้า-ทางออกของถังเติมอากาศ การหาปริมาณออกซิเจนที่ต้องการ การออกแบบระบบกระจายอากาศ การออกแบบระบบถ่ายสลัดจ์ออกจากถังเติมอากาศ การออกแบบถังตกตะกอนที่สองและการออกแบบระบบสูบสลัดจ์เวียนกลับ โดยในแต่ละขั้นตอนประกอบด้วยวิธีการคำนวณย่อย ๆ ซึ่งจะต้องนำค่าในแต่ละเวิร์กชีตมาเชื่อมโยงกันเพื่อให้ได้ค่าที่ใช้ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียและอยู่ภายใต้ค่ามาตรฐานที่กฎหมายกำหนด โดยผู้ใช้โปรแกรมตารางทำการจะต้องมีความรู้ขั้นพื้นฐานทางด้านการคำนวณออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง ซึ่งผลที่ได้จากการประยุกต์ใช้โปรแกรมตารางทำการสามารถลดข้อผิดพลาดในการคำนวณ พิจารณาผลลัพธ์ได้ง่ายเมื่อผลลัพธ์ที่คำนวณได้ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่าการคำนวณด้วยมือมาก

เมทินี มณีสุวรรณสิน		
อรพรรณ ขำพึ่งสน		
ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมืออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน เดือน ปี
		22/3/47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่อง การประยุกต์ใช้โปรแกรมตารางทำการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ ดร.กิตติชัย บรรจง ซึ่งรับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่กรุณาสละเวลาเพื่อแนะนำทางด้านเนื้อหาตลอดจนวิธีการใช้โปรแกรมต่าง ๆ แนวทางในการนำเสนอและดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างมาก รวมทั้งแก้ไขรายงานฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ ที่สละเวลาให้นำแนะนำและคอยช่วยเหลือในด้านการคำนวณ รวมทั้งเพื่อน ๆ ที่คอยให้กำลังใจตลอดเวลาในระหว่างการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

เมทินี มณีสุวรรณสิน

อรพรรณ ขำพึ่งสน

22 มีนาคม 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ
สารบัญภาคผนวก	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	2
2.1 ลักษณะของน้ำเสียทางกายภาพ	2
2.2 ปริมาณน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม	7
2.3 ลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม	8
2.4 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย	11
2.5 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย	12
2.6 ระบบเอเอส	13
2.7 โปรแกรมเอ็กเซล	33
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	36
3.1 อุปกรณ์	36
3.2 วิธีการทดลอง	36
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	50
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	66
เอกสารอ้างอิง	67
ภาคผนวก	68
ประวัติผู้จัดทำ	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 วิธีบำบัดน้ำเสียเพื่อกำจัดสารปนเปื้อนต่าง ๆ	6
2.2 ค่า BOD_5 ของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท	11
2.3 ข้อมูลออกแบบกระบวนการออกแบบเอเอสแบบต่าง ๆ	23
2.4 ข้อมูลความเร็วอากาศภายในท่อจ่ายอากาศ	24
2.5 ข้อมูลการออกแบบถังตกตะกอนแรก	31
2.6 ข้อมูลแนะนำของค่าอัตราน้ำล้นผิว (Overflow Rates) สำหรับค่า MLSS ต่าง ๆ และค่าอัตราสูบสลัดจ์ไหลวนกลับ โดยมีค่าอัตราภาระของแข็งสูงสุดเท่ากับ 6.2 กก./(ตร.ม.ชม.)	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ระบบเอเอส	14
2.2 กระบวนการเอเอสแบบธรรมดา	14
2.3 กระบวนการเติมอากาศแบบเรียวลง	15
2.4 กระบวนการเติมอากาศแบบเป็นขั้น	16
2.5 กระบวนการผสมแบบสมบูรณ์	16
2.6 กระบวนการเติมอากาศยืดเวลา	17
2.7 กระบวนการปรับเสถียรสัมผัส	18
2.8 ระบบเอสบีอา	19
2.9 กระบวนการขาดอากาศ – เติมอากาศ	20
2.10 กระบวนการคลองวนเวียน	21
2.11 Deep Shaft Reactor	22
2.12 เครื่องเติมอากาศผิวน้ำ	25
2.13 ถังตกตะกอนสี่เหลี่ยมผืนผ้า	27
2.14 ถังตกตะกอนสี่เหลี่ยมจัตุรัส	28
2.15 ถังตกตะกอนทรงกลม	29
2.16 ถังตกตะกอนที่มีแผ่นเอียงติดตั้ง	30
4.1 การคำนวณวิเคราะห์หามวลสมดุลทั้งระบบ: คำนวณหา Q น้ำเสีย, BOD_5 และ TSS ตามลำดับ	50
4.2 การคำนวณวิเคราะห์หามวลสมดุลทั้งระบบ: คำนวณหาข้อมูลของสลัดจ์จากถังตกตะกอนแรก, คำนวณหาน้ำทิ้งไหลจากถังตกตะกอนแรก, คำนวณหาสลัดจ์ที่ถูกถ่ายทิ้งออกจากระบบ, คำนวณหาสลัดจ์ทั้งหมดที่ถ่ายทิ้งออกจากระบบ ตามลำดับ	51
4.3 การคำนวณวิเคราะห์หามวลสมดุลทั้งระบบ: คำนวณหาสลัดจ์หลังจากผ่านระบบทำเข้มข้น, คำนวณหาน้ำใสล้นออกจากระบบทำเข้มข้นกลับไปสู่ถังเติมอากาศ, คำนวณหาน้ำใสล้นออกจากระบบย่อยสลัดจ์แบบไร้อากาศ, คำนวณหาปริมาณของสลัดจ์ที่ไหลไประบบรีดน้ำ, คำนวณหาลักษณะของกากสลัดจ์ ตามลำดับ	52
4.4 การคำนวณวิเคราะห์หามวลสมดุลทั้งระบบ: สรุปผลลัพธ์อัตราไหล BOD_5 และ TSS	53
4.5 การคำนวณออกแบบขนาดถังเติมอากาศ: ข้อมูลน้ำเสียสำหรับการออกแบบขนาดถังเติมอากาศ, คำนวณหาค่า BOD_5 ของน้ำใสในน้ำทิ้ง ตามลำดับ	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

4.6 การคำนวณออกแบบขนาดถังเติมอากาศ: คำนวณหาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ, คำนวณหาขนาดความจุของถังเติมอากาศ, ออกแบบขนาดถังเติมอากาศ, คำนวณหาปริมาณของสลัดจ์ที่ต้องถ่ายทิ้งออก, คำนวณหาปริมาณสลัดจ์เวียนกลับ, ตรวจสอบหาเวลาเก็บกักของน้ำเสียในถังเติมอากาศ ตามลำดับ 55

4.7 การคำนวณออกแบบขนาดถังเติมอากาศ: ตรวจสอบหาค่า F/M, ตรวจสอบหาภาระอินทรีย์ ตามลำดับ 56

4.8 การคำนวณออกแบบทางเข้าของถังเติมอากาศ: คำนวณหาค่าสูญเสียระดับน้ำ 56

4.9 การคำนวณออกแบบทางออกของถังเติมอากาศ: การคำนวณหาระดับน้ำล้นบนฝายน้ำล้น ณ Q เฉลี่ย, การคำนวณหาระดับน้ำล้นบนฝายน้ำล้น ณ Q สูงสุด, คำนวณออกแบบรางน้ำออก ตามลำดับ 57

4.10 การคำนวณออกแบบทางออกของถังเติมอากาศ: คำนวณออกแบบกล่องรับน้ำทิ้งและท่อระบายน้ำออก 58

4.11 ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการ: คำนวณหาปริมาณออกซิเจนที่ต้องการทางทฤษฎี, คำนวณหาปริมาณออกซิเจนที่ต้องการ ณ สภาวะจริง ตามลำดับ 58

4.12 ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการ: คำนวณหาปริมาณอากาศที่ต้องการใช้ในการออกแบบ, คำนวณหาปริมาณอากาศที่ต้องการใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ตามลำดับ 59

4.13 การคำนวณออกแบบระบบกระจายอากาศ: เลือกชนิดของระบบกระจายอากาศ, จำนวนกระบอกกระจายอากาศ ตามลำดับ 60

4.14 การคำนวณออกแบบระบบถ่ายสลัดจ์ออกจากถังเติมอากาศ: ปริมาณของสลัดจ์ที่ถูกถ่ายออก, เลือกขนาดเครื่องสูบสลัดจ์ ตามลำดับ 61

4.15 การออกแบบระบบฉีดน้ำลงถังเติมอากาศ 62

4.16 การคำนวณออกแบบถังตกตะกอนที่สอง: การคำนวณออกแบบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของถัง, คำนวณหาค่าอัตราน้ำล้นบนถัง, คำนวณหาค่าภาระของแข็ง ตามลำดับ 63

4.17 การคำนวณออกแบบถังตกตะกอนที่สอง: คำนวณหาขนาดความลึกของถังตกตะกอนที่สอง, คำนวณหาเวลาเก็บกักของถังตกตะกอน, ออกแบบฝายน้ำล้นรอบถัง ตามลำดับ 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

4.18 การคำนวณออกแบบถังตกตะกอนที่สอง: ออกแบบรางระบายน้ำล้นรอบถัง กล่องทางน้ำออกและท่อน้ำเข้า 65

4.19 การออกแบบระบบสูบสลัดจ์เวียนกลับ 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาคผนวก

	หน้า
ภาคผนวก ก.	69
ภาคผนวก ข.	73
ภาคผนวก ค.	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

การคำนวณออกแบบโรงบำบัดน้ำเสียจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก เนื่องจากจำเป็นต้องพิจารณาหลายปัจจัย ได้แก่ ขอบเขตพื้นที่กำเนิดน้ำเสีย วิธีการรวบรวมน้ำเสีย ลักษณะน้ำเสีย ความเป็นไปได้ของที่ตั้งโรงบำบัดน้ำเสียสำหรับพื้นที่โครงการ วิธีบำบัดน้ำเสีย มาตรฐานคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว การยอมรับและผลประโยชน์ที่มีต่อชุมชนข้างเคียงที่ตั้งโรงบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น น้ำเสียเป็นน้ำที่ไหลมาจากแหล่งต่าง ๆ ได้แก่ แหล่งเพาะปลูก แหล่งเลี้ยงสัตว์ การอุตสาหกรรมและจากชุมชนทั่วไป ซึ่งลักษณะของน้ำเสียที่มาจากแหล่งต่าง ๆ จะมีความแตกต่างกัน น้ำเสียบางประเภทมีพวกสารอินทรีย์ต่าง ๆ มากมาย แต่บางประเภทจะมีสารโลหะหนักหรือสารพิษอื่น ๆ ทำให้การบำบัดน้ำเสียให้สะอาดจึงต้องวิธีบำบัดน้ำเสียที่ถูกต้องและเหมาะสมกับสภาพนั้น ๆ ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียจึงจำเป็นต้องอาศัยความรู้หลาย ๆ ด้าน ฉะนั้นการบำบัดน้ำเสียจึงเป็นศาสตร์ที่จำเป็นต้องอาศัยทฤษฎีและปฏิบัติควบคู่กันไป เพื่อสามารถบรรลุผลที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์

เพื่อประยุกต์ใช้โปรแกรมเอ็กเซลในการคำนวณค่าต่าง ๆ ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทรรศน์

2.1 ลักษณะของน้ำเสียทางกายภาพ

2.1.1 ของแข็ง

ของแข็ง หมายถึง สารทุกอย่างในของเหลวยกเว้นน้ำ การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solids) ใช้วิธีการชั่งน้ำหนัก (Gravimetric Method) ของแข็งแบ่งได้เป็นหลายชนิดดังนี้ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม,2545)

2.1.1.1 ของแข็งจมตัวได้ (Settleable Solids) หมายถึงของแข็งที่จมตัวลงสู่ก้นภาชนะเมื่อตั้งทิ้งไว้ ภายในเวลา 1 ชั่วโมง มีหน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อลิตร (มล./ล.) ปริมาณของแข็งที่ตกตะกอนได้มีประโยชน์ในการออกแบบและควบคุมประสิทธิภาพของถังตกตะกอน

2.1.1.2 ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids หรือ TDS) หมายถึง ของแข็งที่สามารถผ่านกระดาษกรองใยแก้วมาตรฐาน แล้วยังคงเหลืออยู่ หลังจากระเหยไอน้ำจนแห้งแล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 103–105 องศาเซลเซียส

2.1.1.3 ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids หรือ SS) หมายถึง ส่วนของของแข็งที่เหลือค้างบนกระดาษกรองใยแก้วมาตรฐาน หลังจากกรองน้ำตัวอย่างจนแห้งแล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 103–105 องศาเซลเซียส ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำตัวอย่างที่ได้กำจัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำออกแล้ว จะใช้ในการหาปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบบำบัดขั้นที่สองและใช้ในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย

2.1.1.4 ของแข็งระเหยง่าย (Volatile Solids หรือ VS) หมายถึง ของแข็งส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ ตรวจวัดโดยนำกระดาษกรองที่วิเคราะห์หาของแข็งแขวนลอยแล้ว หรือถ้วยกระเบื้องระเหยที่วิเคราะห์หาของแข็งละลายน้ำทั้งหมดแล้วไปเผาที่ 550 องศาเซลเซียส น้ำหนักของแข็งที่ระเหยไปคือ ปริมาณของแข็งที่ระเหยได้

2.1.2 กลิ่น (Odor)

กลิ่นจากน้ำเสีย ส่วนมากจะเกิดจากก๊าซที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ก๊าซส่วนใหญ่เป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งเกิดขึ้นจากการที่แบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนทำการเปลี่ยนสภาพของซัลเฟตเป็นซัลไฟด์ ส่วนสารอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดกลิ่นในสภาพไร้ออกซิเจนของน้ำเสีย (เกรียงศักดิ์, 2542.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 อุณหภูมิ (Temperature) น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมโดยมากจะมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ เมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ จะทำให้สภาพแวดล้อมในแหล่งน้ำนั้น ๆ เปลี่ยนแปลงไปดังนี้

2.1.3.1 ปริมาณออกซิเจนละลายจะลดลงกว่าปกติ เนื่องจากค่าอิ่มตัวของออกซิเจนละลายจะลดลงเมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น

2.1.3.2 ปฏิกิริยาชีวเคมีของจุลินทรีย์ในน้ำจะสูงขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดการใช้ออกซิเจนในน้ำสูงขึ้นด้วย

2.1.3.3 การเจริญเติบโตของพืชที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำจะสูงขึ้นกว่าปกติ

2.1.4 สี (Color)

โรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น โรงงานกระดาษ โรงงานฟอกย้อม มักมีปัญหาเรื่องสีในน้ำเสีย นอกจากนี้การเกิดสาหร่ายปริมาณมาก ๆ ในแหล่งน้ำก็จะทำให้เกิดปัญหาเรื่องสีของน้ำในแหล่งน้ำมีผลเสียนอกจากจะทำให้แหล่งน้ำไม่น่าดู แล้วยังกั้นขวางแสงแดดไม่ให้ส่องลงมาได้ ทำให้การสังเคราะห์แสงลดลง นอกจากนี้สีที่เกิดจากสารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำ ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงอีกด้วย

2.1.5 ความขุ่น (Turbidity)

ความขุ่น คือ สารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำที่กั้นหรือขวางแสงแดด น้ำที่มีความขุ่นสูง จะทำให้ยากต่อการกรองน้ำในกระบวนการผลิตน้ำประปาและต้องใช้ปริมาณคลอรีนมากกว่าปกติในกระบวนการฆ่าเชื้อโรค การวัดความขุ่นสามารถทำได้ง่ายและรวดเร็ว ดังนั้นในงานด้านการบำบัดน้ำเสียอาจใช้ค่าความขุ่นประมาณค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) ซึ่งใช้เวลาในการวัดนานกว่า

2.1.6 สารอินทรีย์ (Oganic)

ส่วนประกอบที่สำคัญของสารอินทรีย์ในน้ำเสียจากโรงงาน คือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมันและน้ำมัน การวัดปริมาณสารอินทรีย์ในปัจจุบันจึงนิยมวัดในรูปของค่า บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD) ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD) หรือทีโอซี (Total Oxygen Carbon, TOC) (กรมโรงงานอุตสาหกรรม,2545)

2.1.6.1 บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD) หมายถึง ปริมาณของออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในเวลา 5 วันที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีหน่วยเป็น มก./ล. ค่าบีโอดีเป็นค่าที่ใช้บอกผลกระทบของน้ำเสียที่มีต่อปริมาณออกซิเจนละลายโดยการทดสอบในห้องปฏิบัติการและเป็นค่าที่มีความสำคัญอย่างมาก ในการออกแบบและควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ โดยใช้ในการบ่งบอกถึงค่าภาระอินทรีย์ (Oganic loading) ใช้ในการหาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียและใช้สำหรับการตรวจคุณภาพของน้ำตามแหล่งน้ำต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6.2 ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการใช้เพื่อออกซิเดชั่นสารอินทรีย์ในน้ำให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ โดยใช้หลักการว่าสารประกอบอินทรีย์เกือบทุกชนิดจะถูกออกซิไดส์ด้วย Strong Oxidizing Agents ($K_2Cr_2O_7$) ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด ค่าซีโอดีมักมีค่าสูงกว่าบีโอดี เนื่องจากซีโอดีไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายทางชีวภาพและสารที่ยากต่อการย่อยสลายทางชีวภาพได้ แต่มีข้อดีคือ ใช้เวลาในการวิเคราะห์เพียง 3 ชั่วโมงเท่านั้น ค่าซีโอดีมีความสำคัญในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง การคุมระบบบำบัดน้ำเสีย การตรวจสอบคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำเช่นเดียวกับค่าบีโอดีและยังสามารถใช้ในการประเมินค่าบีโอดีอย่างคร่าว ๆ ได้

2.1.6.3 ทีโอซี (Total Oxygen Carbon, TOC) หมายถึง ปริมาณคาร์บอนที่มีอยู่ในน้ำประกอบด้วย อนินทรีย์คาร์บอน (Inorganic Carbon) ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ ไบคาร์บอเนต คาร์บอเนตในน้ำ อินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon) หลักการวิเคราะห์ค่าทีโอซีคือ การออกซิไดส์คาร์บอน ในสารอินทรีย์ให้เปลี่ยนสภาพไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และทำการหาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.1.7 สารอนินทรีย์

สารอนินทรีที่มีอยู่ในน้ำเสียทั่วไป ๆ ได้แก่ พีเอช คลอไรด์ ความเป็นด่าง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ โลหะหนักและก๊าซละลายน้ำ สารอนินทรีย์บางชนิดมีส่วนช่วยให้กระบวนการบำบัดน้ำเสียเป็นไปได้ด้วยดี ในขณะที่สารอนินทรีย์บางชนิดอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

2.1.7.1 พีเอช (pH) หมายถึง ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน ค่าพีเอชจะแสดงความเป็นกรดหรือด่างของน้ำเสียนั้น ๆ เป็นค่าที่มีประโยชน์อย่างมากในการบำบัดน้ำเสียทั้งทางชีวภาพและวิธีทางเคมี

2.1.7.2 ความเป็นด่าง (Alkalinity) หมายถึง ปริมาณด่างในน้ำ โดยทั่วไปเป็นผลมาจากไฮดรอกไซด์ ไบคาร์บอเนตและคาร์บอเนต ค่าความเป็นด่างจะมีความสำคัญต่อค่าพีเอชและมีประโยชน์ต่อการบำบัดน้ำเสีย เช่น ป้องกันการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน

2.1.7.3 ไนโตรเจน (Nitrogen) สารประกอบไนโตรเจนที่เกี่ยวข้องกับระบบบำบัดน้ำเสียแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน เช่น โปรตีน กรดอะมิโนและสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจน เช่น แอมโมเนีย ไนไตรต์และไนเตรต สารประกอนไนโตรเจนรูปต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กัน โดยสารมารถเปลี่ยนรูปกลับไปมาโดยปฏิกิริยาชีวเคมีของแบคทีเรีย ไนโตรเจนเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสะอาดของน้ำ โดยในการตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธรรมชาติ ถ้าพบสารประกอบไนโตรเจนในรูปอินทรีย์ไนโตรเจน (Org-N) และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) ในปริมาณมากอาจแสดงว่า น้ำนั้นมีความสกปรกและมีการปนเปื้อน นอกจากนี้ในระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen หรือ Org-N และ NH_3-N) จะต้องมีเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ซึ่งอัตราส่วนที่เหมาะสมของ BOD:N คือ 100:5

2.1.7.4 ฟอสฟอรัส (Phosphorus) ฟอสฟอรัสเป็นสารอาหารที่สำคัญสำหรับสิ่งมีชีวิตในการสร้างเซลล์ใหม่ มักอยู่ในรูปของฟอสเฟต โพลีฟอสเฟตและอินทรีย์ฟอสเฟต ปริมาณฟอสเฟตในน้ำเสียที่เหมาะสมจะทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.7.5 โลหะหนัก (Heavy Metals) โลหะหนักในน้ำเสียมีอยู่หลายชนิด เช่น แคดเมียม โครเมียม ทองแดง เหล็ก ตะกั่ว แมงกานิส ปรอท นิกเกิล สังกะสี เป็นต้น โลหะหนักบางชนิดเป็นสิ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต หากอยู่ในปริมาณที่พอเหมาะ เช่น แคดเมียม ปรอท นิกเกิล ดังนั้นในการควบคุมดูแลระบบจึงจำเป็นต้องทราบว่า ในน้ำเสียมีโลหะหนักชนิดใดและปริมาณเท่าใด ปริมาณโลหะจะมีผลกระทบต่อการทำงานของจุลินทรีย์การเลือกระบบบำบัดที่มีความเหมาะสม

ในการบำบัดน้ำเสียจะอาศัยวิธีทางกายภาพ วิธีทางชีวภาพหรือชีวเคมี วิธีเคมี วิธีทางเคมีและวิธีทางกายภาพเคมี โดยในแต่ละวิธีจะมีความสามารถในการบำบัดแตกต่างกัน บางวิธีเป็นเพียงการแยกขยะออกจากน้ำเสีย บางวิธีเป็นวิธีกำจัดแยกสารละลายที่อยู่ในน้ำเสียขออกมา เช่น ปรอท สาร ตะกั่ว เป็นต้น บางวิธีเป็นการย่อยสลายด้วยจุลชีพ เพื่อแปรสภาพจากสารอินทรีย์ไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน เป็นต้น ตารางที่ 1 ได้แสดงวิธีบำบัดน้ำเสียต่าง ๆ พร้อมทั้งความสามารถหลักในการกำจัดสารปนเปื้อนที่อยู่ในน้ำเสีย บางวิธีที่แสดงในตารางนี้อาจมีความสามารถในการกำจัดสารปนเปื้อนต่าง ๆ ได้มากชนิด แต่อาจเป็นส่วนน้อยเมื่อเทียบกับความสามารถหลัก สำหรับการลงทุนติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียของวิธีต่าง ๆ อาจมีราคาต่ำ 25 สตางค์ต่อการบำบัดน้ำเสียหนึ่ง ลบ.ม.หรือมีราคาสูง 20 บาทต่อการบำบัด แต่จะเป็นการผสมผสานกันหลายวิธี จึงยากที่จะสรุปผลว่าวิธีใดเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด นอกเหนือจากความรู้ด้านวิชาการแล้วยังต้องอาศัยข้อมูลในอดีตที่ได้เคยทำกันมาด้วย จึงจะได้ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด ประหยัดที่สุดและเหมาะสมที่สุด(เกรียงศักดิ์, 2542.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 วิธีบำบัดน้ำเสียเพื่อกำจัดสารปนเปื้อนต่าง ๆ

สารปนเปื้อน	วิธีบำบัดน้ำเสีย
1. สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้	1. กระบวรการเอเอส (Activated Sludge) 2. ระบบโปรยกรอง (Trickling Filter) 3. ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ (RBC) 4. สระบำบัดน้ำเสีย 5. ระบบทรายกรอง 6. ระบบบำบัดทางกายภาพ-เคมี 7. ระบบบำบัดธรรมชาติ
2. สารไนโตรเจน	1. ระบบ Nitrification และ Denitrification ทั้งแบบแขวนลอยและแบบเกาะผิวตัวกลาง 2. ระบบไล่ก๊าซแอมโมเนีย (Ammonia Stripping) 3. ระบบแลกเปลี่ยนประจุ (Ion exchange) 4. ระบบคลอรีน 5. ระบบบำบัดธรรมชาติ
3. สารฟอสฟอรัส	1. ระบบ Anoxic และ Aerobic 2. ระบบบำบัดแบบชีวภาพ – เคมี 3. ระบบ Coagulation 4. ระบบบำบัดแบบเคมี 5. ระบบบำบัดแบบธรรมชาติ
4. สารตะกอนแขวนลอย	1. ตะแกรงดักขยะ 2. เครื่องบดขยะ 3. ระบบกำจัดตะกอนหนัก 4. ระบบตกตะกอน 5. ระบบกรอง 6. ระบบลอยตะกอน 7. ระบบ Coagulation 8. ระบบบำบัดแบบเคมี 9. ระบบบำบัดแบบธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 วิธีบำบัดน้ำเสียเพื่อกำจัดสารปนเปื้อนต่าง ๆ (ต่อ)

สารปนเปื้อน	วิธีบำบัดน้ำเสีย
5. สารโลหะหนัก	1. ระบบตกตะกอนผลึกเคมี 2. ระบบแลกเปลี่ยนประจุ 3. ระบบบำบัดแบบธรรมชาติ
6. สารอินทรีย์ย่อยสลายยาก (Refractory Organics)	1. ระบบดูดซับด้วยคาร์บอน 2. ระบบเติมโอโซน 3. ระบบบำบัดแบบธรรมชาติ
7. สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organics)	1. ระบบไล่ก๊าซ (Gas Stripping) 2. ระบบดูดซับด้วยคาร์บอน
8. สารอนินทรีย์ที่ละลายน้ำ	1. ระบบอาร์โอ (Reverse Osmosis) 2. ระบบแลกเปลี่ยนประจุ 3. ระบบแยกด้วยไฟฟ้า-เยื่อกรอง
9. จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคภัย	1. ระบบคลอรีน 2. ระบบเติมโอโซน 3. ระบบแสงอัลตราไวโอเลต (UV) 4. ระบบเติม Bromine Chlorine 5. ระบบบำบัดแบบธรรมชาติ

เกรียงศักดิ์, 2542.

2.2 ปริมาณน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

โรงงานอุตสาหกรรมจะมีการใช้น้ำที่แตกต่างกันสำหรับประเภทหรือชนิดของโรงงาน บางโรงงานอาจต้องการน้ำใช้เพียงเพื่ออุปโภคบริโภคของคนงานและเจ้าหน้าที่ของโรงงานเท่านั้น แต่บางโรงงานอาจต้องการใช้น้ำช่วยในการผลิตสินค้า โดยสามารถแบ่งประเภทของการใช้นำในกระบวนการต่าง ๆ ของโรงงานอุตสาหกรรมมีดังนี้ (เกรียงศักดิ์, 2542.)

1. ใช้เป็นตัวประกอบของผลิตภัณฑ์
2. ใช้เป็นตัวทำความสะอาดล้างวัตถุดิบ
3. ใช้เป็นตัวทำละลายวัตถุดิบที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม
4. ใช้เพื่อกิจกรรมทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมก็คือ น้ำเสียของโรงงานนั้น ๆ ซึ่งต้องทำการบำบัดให้ได้น้ำทิ้งที่มีคุณภาพได้มาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรม โดยน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมอาจแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทดังนี้

1. น้ำทิ้งที่เกิดจากกระบวนการหล่อเย็น (Cooling Water) จะเป็นน้ำทิ้งที่เกิดจากการระบายความร้อนในเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยปกตินำ้ประเภทนี้จะไม่ค่อยมีสิ่งปนเปื้อนมากนัก นอกจากโรงงานบางประเภทที่มีน้ำสกปรกมาก น้ำหล่อเย็นจะมีอุณหภูมิประมาณ 40 -60 $^{\circ}$C ซึ่งอุณหภูมิขนาดนี้เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม

2. น้ำทิ้งจากกระบวนการชะล้าง (Wash Water) จะเป็นน้ำทิ้งที่เกิดจากกระบวนการล้างวัตถุดิบต่าง ๆ น้ำล้างเครื่องจักร น้ำล้างทำความสะอาดพื้นโรงงาน น้ำทิ้งจากกระบวนการเหล่านี้มีสิ่งเจือปนมาก เช่น พวกสารอินทรีย์ สารเคมี สารตะกอนสกปรกและสารที่ละลายน้ำได้

3. น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิต (Process Wastewater) จะเป็นน้ำทิ้งที่เกิดจากกระบวนการผลิต เช่น จากโรงงานกระดาษ จากโรงงานน้ำตาล เป็นต้น น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตโดยมากจะมีความสกปรกมากกว่าน้ำทิ้งประเภทอื่นๆ ของโรงงานนั้น ๆ

4. น้ำทิ้งจากกิจกรรมอื่น ๆ จะเป็นน้ำทิ้งที่เกิดจากการอาบน้ำของคนงาน น้ำทิ้งจากหม้อน้ำ น้ำทิ้งจากเครื่องคอนเดนเซอร์และอื่น ๆ

ในการหาปริมาณน้ำทิ้งหรือน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อใช้ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย โดยมากแล้วจะต้องใช้ข้อมูลจากโรงงานประเภทเดียวกันที่กำลังดำเนินการผลิตอยู่

2.3 ลักษณะน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

ลักษณะน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ๆ จะมีความแตกต่างกันมาก ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ กระบวนการและปัจจัยอื่น ๆ อีกมากมาย ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทราบถึงลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ๆ เสียก่อนที่จะลงมือออกแบบกระบวนการบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ๆ ดังนั้นวิธีการบำบัดน้ำเสียจึงมีความแตกต่างกัน เพราะฉะนั้นจึงจำเป็นอย่างมากที่วิศวกรต้องทราบรายละเอียดเกี่ยวกับน้ำเสียจากโรงงานนั้น ๆ รวมทั้งรายละเอียดของกระบวนการผลิตในโรงงานนั้น ๆ ด้วย

สำหรับการวัดอัตราการไหลของน้ำเสียก็เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อใช้ข้อมูลเหล่านี้หาทางนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ในโรงงานอีกและหาทางลดปริมาณของน้ำเสียทั้งปริมาตรและความเข้มข้นของสิ่งสกปรก(วรรณศรี, 2536.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 น้ำเสียจากอุตสาหกรรมผลิตนม

อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ที่ใช้นมเป็นวัตถุดิบทั้งหลาย เช่น นมสด นมข้นหวาน นมผง ไอศกรีม เนย เครื่องดื่มต่าง ๆ ที่มีนมเป็นส่วนผสม เช่น ไมโล โอวัลติน ฯลฯ น้ำเสียจากขบวนการผลิตประกอบด้วยน้ำล้างถัง ขวด ท่อและอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เครื่องแยก เครื่องปั่น รวมทั้งน้ำล้างพื้น

คุณลักษณะของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมประเภทนี้ มีความเป็นด่างเนื่องจากสารเคมีที่ใช้ทำความสะอาด (Detergent) สิ่งที่ทำให้เกิดปัญหา คือ แลคโตส (Lactose) ซึ่งต้องการออกซิเจนในการเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายในสภาวะมีออกซิเจน ผลที่ได้จะเกิดเป็นกรดแลคติก (Lactic) ทำให้เกิดตะกอนที่บูดเน่าและมีกลิ่นเหม็นรุนแรง น้ำเสียประเภทนี้สามารถส่งเข้ารวมกับน้ำสกปรกชุมชนได้ เนื่องจากสารที่ทำให้สกปรกเป็นสารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปละลายหรือคอลลอยดัล การใช้วิธีบำบัดปฐมภูมิจึงใช้ไม่ได้ผล วิธีที่เหมาะสมได้แก่ การตกตะกอนทางเคมี ตะกอนแอคติเวทเตจ ถังกรองไหลหยดหรือถังกรองชีวะ (Biofilter) การปล่อยซึมในดิน ถ้าปริมาณไม่มากนักอาจใช้วิธีกำจัดโดยบ่อเกรอะ

2.3.2 น้ำเสียจากโรงงานฆ่าสัตว์

น้ำเสียประเภทนี้มีแหล่งที่มาจากบริเวณกักขัง ที่ฆ่าและจากการบรรจุห่อ จากบริเวณกักขังจะมีสิ่งสกปรกเป็นพวกอุจจาระ หญ้า อาหารและวัสดุที่เป็นเส้นใย บริเวณฆ่าสัตว์และการบรรจุห่อจะมีเลือด ไขมัน เครื่องใน อุจจาระ ดินทราย ขนสัตว์และเศษเนื้อ

น้ำเสียจะมีสารแขวนลอยและละลาย ปริมาณ BOD อยู่ระหว่าง 350 ถึง 2,000 ส่วนในล้านส่วน และอาจทำการบำบัดและกำจัดรวมกับน้ำเสียจากชุมชนได้ ปกติการบำบัดจะมีทั้งส่วนปฐมภูมิและทุติยภูมิ มีขั้นตอนดังนี้คือ การดักด้วยตะแกรง การตกตะกอน เครื่องกรองไหลหยด ตะกอนแอคติเวทเตจและการหมักภายในสภาวะไม่มีออกซิเจน อาจมีการใช้สารเคมีเพื่อให้เกิดการรวมตะกอน ซึ่งสามารถลด BOD ได้ถึงร้อยละ 95

2.3.3 น้ำเสียจากอุตสาหกรรมประเภทต้มกลั่น

ได้แก่ น้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องดื่มเหล้า ไวน์ เบียร์ แอลกอฮอล์และสารอินทรีย์เคมี (organic chemical manufacturing plant) และน้ำสกปรกจากการผลิตยาบางชนิด น้ำเสียประเภทนี้ส่วนใหญ่จะมีระดับมลพิษสูงมาก การบำบัดและการกำจัดนอกจากจะเป็นการลดมลพิษลงแล้วยังมุ่งที่จะได้ผลพลอยได้กลับคืนมาเป็นประโยชน์อีก

ส่วนสำคัญในน้ำเสียประเภทนี้ ได้แก่ กากเมล็ดต่าง ๆ ที่ผ่านกรรมวิธีในขบวนการผลิตแล้ว ซึ่งสามารถนำมาเป็นอาหารสัตว์ได้ หรือนำมาผลิตสารเคมีบางชนิดได้ ความสกปรกที่เหลืออยู่จะมีค่า BOD ลดต่ำลงมาก แต่จะมีปริมาตรเพิ่มมากขึ้น อาจนำไปกำจัดทิ้งโดยวิธีทำให้เจือจางในลำน้ำหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการบำบัดให้ค่า BOD ลดลงโดยวิธีถังกรองไหลหยดหรือถังกรองชีวะ แล้วจึงเจือจางในลำน้ำต่อไป

น้ำเสียจากผลิตภัณฑ์ยา เช่น เพนนิซิลลินและยาปฏิชีวนะบางชนิดจะมี BOD สูงมากประมาณ 2,000 ถึง 5,000 ส่วนในล้านส่วน น้ำเสียประเภทนี้จะไม่ได้รับอนุญาตให้กำจัดรวมกับ น้ำเสียชุมชน ในกรณีที่ BOD สูงมากอาจถึง 14,000 ส่วนในล้านส่วน มักใช้วิธีหมักในสภาวะไม่มีออกซิเจน ซึ่งสามารถลด BOD ได้ร้อยละ 80 น้ำที่เสียผ่านการบำบัดมาแล้วอาจนำมาผ่านทรายกรอง ซึ่งจะลด BOD ได้อีกประมาณ 40 ส่วนในล้านส่วน ในบางแห่งอาจใช้วิธีการระเหยให้แห้งแล้วนำไปเผาในเตา

2.3.4 น้ำเสียจากอุตสาหกรรมผักและผลไม้กระป๋อง

ได้แก่ น้ำเสียจากอุตสาหกรรมน้ำตาล แป้ง ข้าวโพด ผลไม้กระป๋อง น้ำผลไม้กระป๋องและผักกระป๋องต่าง ๆ รวมถึงการถนอมอาหารในลักษณะต่าง ๆ เช่นการตากแห้ง การดองและการแช่แข็ง เป็นต้น

น้ำเสียจะมีปริมาตรและสารต่าง ๆ ปริมาณมาก มี BOD สูง โรงงานอุตสาหกรรมมักจะอยู่ในชนบทห่างไกลและอาจมีการดำเนินการผลิตเป็นไปตามฤดูกาลของวัตถุดิบที่ป้อนเข้าสู่โรงงาน

วิธีบำบัดน้ำเสียประเภทนี้ เนื่องจากมีปริมาณสารแขวนลอย สารละลาย มีอุณหภูมิและ BOD สูงมาก ขบวนการบำบัดประกอบด้วย การดักด้วยตะแกรง การแยกตะกอนหนัก ดินทรายในถังตกตะกอนและตกตะกอน การบำบัดช่วงหลังจะสามารถลดสารแขวนลอยได้ร้อยละ 90 และลด BOD ได้ร้อยละ 40 วิธีการดักน้ำสกปรกไว้ในสระมักใช้ไม่ได้ผล เพราะจะเกิดการเน่าเสียอย่างรุนแรงต้องแก้ไขโดยการใส่ปูนขาว ตะกอนที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ต่อไป กากข้าวโพดหลังจากการทำแป้ง น้ำมัน น้ำตาลและน้ำเชื่อมแล้วสามารถเป็นอาหารสัตว์ เช่น วัวได้

น้ำสกปรกจะได้รับการบำบัดปฐมภูมิก่อน แล้วจึงส่งเข้าท่อระบายน้ำสกปรก ชุมชนนำไปบำบัดรวมกันกับน้ำทิ้งชุมชนได้เลย แต่ถ้าไม่ส่งเข้าท่อระบายน้ำสกปรกชุมชน การบำบัดทุติยภูมิจะประกอบด้วย การทำให้ตกตะกอนโดยสารเคมี เช่น ปูนขาวหรือเฟอรัสซัลเฟตหรือเฟอริคซัลเฟต หลังจากตะกอนแล้วจึงนำไปยังเครื่องกรองไหลหยดและต้องมีการแบ่งตะกอนเวียนกลับมาเติมตรงทางเข้าถังกรองใหม่อีกด้วย และทำการตกตะกอนน้ำเสียที่ออกจากถังกรองไหลหยดอีกครั้งหนึ่ง ตะกอนที่ได้จากถังตกตะกอนทั้ง 2 ถัง จะต้องนำมาหมักในถังหมักจะเกิดกรดอย่างรวดเร็ว ต้องควบคุมให้อยู่ในสภาพด่าง เพื่อเป็นการเร่งให้เกิดปฏิกิริยาหมักได้เร็วขึ้น ก๊าซที่ได้เป็นก๊าซมีเทน ซึ่งสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.2 ค่า BOD_5 ของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท

ประเภทของโรงงาน	BOD_5 (มก./ลิตร)	ประเภทของโรงงาน	BOD_5 (มก./ลิตร)
โรงงานบรรจุอาหารกระป๋อง		โรงงานนมวัว	1,000-2,000
ผักต่าง ๆ	750	โรงงานบรรจุนมขวด	230
ถั่วต่าง ๆ	200-1,000	โรงงานนมผง	480
ข้าวโพด	600-2,000	โรงงานนมเปรี้ยว	64,000
น้ำส้มโอ	310	โรงงานทางนม	73,000
มะเขือเทศ	1,000-4,000	โรงงานนมสด	102,500
เห็ด	100-400	โรงงานผลิตไอศกรีม	910
เนื้อสัตว์	1,400	โรงงานเนยเหลว	3,160
โรงงานน้ำตาล	450-1,600	โรงงานเนื้อสัตว์ทั่วไป	1,300
โรงงานลูกกวาด	1,560	โรงงานฟักไข่ไก่	200
โรงงานแป้งต่าง ๆ	330	โรงงานผลิตข้าวสำเร็จรูป	1,100
โรงงานผลิตน้ำอัดลม	480	โรงงานขนมปัง	3,000
โรงงานผลิตกาแฟ	1,500-10,000	โรงงานผลิตเหล้า	34,000
โรงงานเบียร์	800-1,200	เลือดสัตว์ทั่วไป	32,000
โรงงานฆ่าสัตว์ทั่วไป	2,000	โรงงานฆ่าไก่ (กก.BOD/1000 ตัว)	15
โรงงานผลิตยา	270	โรงงานฆ่าไก่	400-800

<u>หมายเหตุ</u> เป็นเพียงข้อมูลที่ได้รับจากโรงงานแห่งใดแห่งหนึ่งเท่านั้น ซึ่งอาจมีค่า BOD_5 ที่แตกต่างกันมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต ขนาดโรงงานผลิต การจัดการและปัจจัยอื่น ๆ เกรียงศักดิ์, 2542.

2.4 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย

2.4.1 กระบวนการทางกายภาพ (Physical Unit Operations) คือ วิธีการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยแรงต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ในการแยกของแข็งที่ไม่ละลายน้ำออกจากน้ำเสีย โดยมากจะเป็นขั้นตอนแรกของระบบบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ การดักด้วยตะแกรง (Screening) การตัดย่อย (Comminution) การกวาด (Skimming) การกวน (Mixing) การทำให้ลอย (Flotation) การตกตะกอน (Sedimentation) การแยกตัวด้วยแรงเหวี่ยง (Centrifugation) การกรอง (Filtration) การกำจัดตะกอนหนัก (Grit Removal) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 กระบวนการทางเคมี (Chemical Unit Processes) คือ วิธีการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยสารเคมีผสมกับน้ำเสียเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อแยกเอามลสารต่าง ๆ ออกจากน้ำเสีย ได้แก่ การตกผลึกตะกอน (Precipitation) การทำให้เป็นกลางหรือการสะเทิน (Neutralization) การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) เป็นต้น

2.4.3 กระบวนการทางชีวภาพ (Biological Unit Processes) คือ วิธีการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยจุลชีพที่จะทำการย่อยสลายและเปลี่ยนสารอินทรีย์ต่าง ๆ ไปเป็นก๊าซลอยขึ้นสู่อากาศและจะได้จุลชีพเพิ่มจำนวนขึ้น ได้แก่ Activated Sludge, Trickling Filter, Aerated Lagoon, Anaerobic Filter, Anaerobic Pond, Stabilization Pond เป็นต้น

2.4.4 กระบวนการทางกายภาพ–เคมี (Physicochemical Unit Processes) คือ วิธีการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยทั้งทางกายภาพและเคมีมารวมกัน จะใช้ในการกำจัดสารอนินทรีย์และสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย ได้แก่ Ion Exchange, Carbon Absorption, Reverse Osmosis, Electrodialysis เป็นต้น

2.5 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย

2.5.1 ระบบบำบัดก่อนขั้นต้น (Preliminary Treatment) เป็นระบบที่อยู่ในขั้นแรก ๆ ของระบบบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ การดักด้วยตะแกรง การกำจัดตะกอนหนัก การทำให้ลอย การบดตัด เป็นต้น

2.5.2 ระบบบำบัดขั้นต้น (Primary Treatment) เป็นระบบที่อยู่ในขั้นที่ต้องการแยกสารตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสียและกำจัดสารอินทรีย์บางส่วนออกจากน้ำเสีย ได้แก่ การดักด้วยตะแกรง การตกตะกอน เป็นต้น

2.5.3 ระบบบำบัดขั้นที่สอง (SecondaryTreatment) เป็นระบบที่กำจัดสารอินทรีย์และตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย โดยมากจะเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้กระบวนการทางชีวภาพ สำหรับระบบฆ่าเชื้อโรคในน้ำทิ้ง เช่น การเติมคลอรีนก็จัดอยู่ในระบบบำบัดขั้นที่สองด้วย

2.5.4 ระบบบำบัดขั้นที่สาม (TertiaryTreatment) เป็นระบบที่แยกและกำจัดสารตะกอนแขวนลอยที่หลงเหลือจากระบบบำบัดขั้นที่สอง การกำจัดสารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสออกจากน้ำเสียและการกำจัดสารปนเปื้อนอื่น ๆ ที่หลงเหลือจากระบบบำบัดขั้นที่สอง ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการที่จะทำการบำบัดน้ำเสียให้ได้คุณภาพของน้ำทิ้งดีขนาดไหน โดยทั่วไประบบบำบัดขั้นที่สามมักจะใช้กับการบำบัดน้ำเสียเพื่อให้ได้น้ำทิ้งที่ต้องการนำกลับมาใช้อีก เช่น นำมาใช้รดน้ำสนามหญ้า ใช้กับการชักโครกของโถส้วม ใช้กับระบบหอหล่อเย็น แม้กระทั่งนำไปใช้ผลิตน้ำประปา (เกรียงศักดิ์, 2542.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกวิธีบำบัดน้ำเสีย

- ความต้องการในการกำจัดสารต่าง ๆ ในน้ำเสีย
- ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย
- ขนาดพื้นที่ที่ต้องการใช้สำหรับโรงบำบัดน้ำเสีย
- ราคาค่าก่อสร้าง
- ราคาค่าบำรุงรักษาและดำเนินงาน
- จำนวนเครื่องมือกลที่ต้องการใช้ในระบบบำบัด
- ความยากง่ายในการควบคุมดูแลระบบบำบัด
- ความต้องการระดับความรู้ความสามารถของผู้ควบคุมดูแลระบบ

2.6 ระบบเอเอส (Activated Sludge)

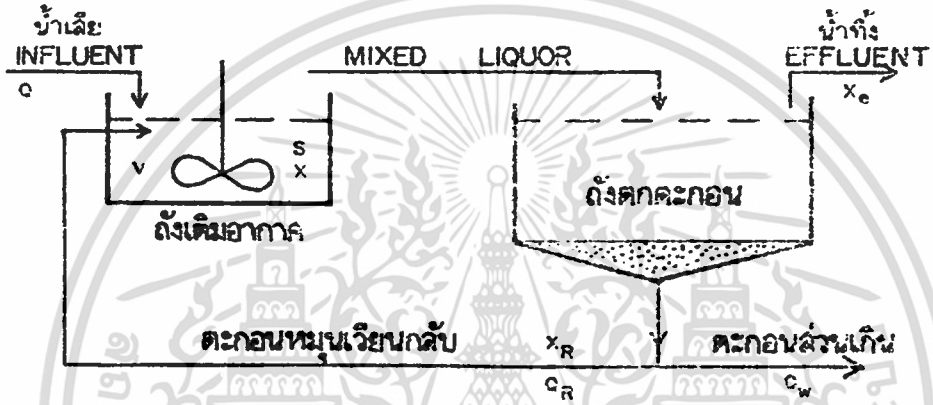
ระบบเอเอส (Activated Sludge) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีวภาพที่นิยมใช้กันมากโดยอาศัยจุลชีพที่มีปริมาณมากพอสำหรับการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย จุลชีพเหล่านี้จะลอยอยู่ในตะกอนของถังเติมอากาศ ซึ่งจุลชีพจะขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณ ขึ้นในลักษณะที่เรียกว่า การเจริญเติบโตแขวนลอย (Suspended growth) โดยทั่วไปภายในถังเติมอากาศจะมีระบบกวน ซึ่งมักจะใช้เครื่องจักรกลทำหน้าที่ให้จุลชีพหรือน้ำสลัดจ์แขวนลอยอยู่ภายในถังเติมอากาศตลอดเวลา เพื่อที่สามารถควบคุมจำนวนจุลชีพภายในระบบเอเอส (Activated Sludge) ได้เป็นที่ต้องการ ดังนั้นจำเป็นต้องมีระบบแยกน้ำใสออกจากน้ำสลัดจ์ ซึ่งนิยมใช้ถังตกตะกอนทำหน้าที่แยกน้ำทิ้งออกจากน้ำสลัดจ์ เพื่อปล่อยน้ำทิ้งที่ใสไหลล้นออกจากถังตกตะกอน ส่วนบริเวณก้นถังตะกอนจะมีความเข้มข้นของน้ำสลัดจ์มาก ซึ่งมักจะนำกลับสู่ถังเติมอากาศเพื่อช่วยในการควบคุมจำนวนจุลชีพในถังเติมอากาศได้ ถ้าพบว่าระบบมีน้ำสลัดจ์มากเกินความต้องการ ก็อาจสูบถ่ายจากก้นถังตกตะกอนหรือจากถังเติมอากาศโดยตรงก็ได้ และจะนำน้ำสลัดจ์ส่วนเกินนี้ไปบำบัดและกำจัดทิ้งต่อไป ระบบเอเอสทั่วไปแสดงไว้ในภาพที่ 2.1 (เกรียงศักดิ์, 2542.)

2.6.1 กระบวนการเอเอส (Activated Sludge Process)

กระบวนการเอเอสมีอยู่ด้วยกันหลายกระบวนการ ประกอบด้วยถังเติมอากาศและถังตกตะกอนเป็นหลัก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการจัดวางและรูปแบบของถังเติมอากาศ ซึ่งเกิดจากการวิจัยพัฒนาระบบมาอย่างต่อเนื่อง โดยคำนึงการประหยัดพลังงาน ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียและการควบคุมดูแลระบบ ต่อไปนี้จะได้อธิบายลักษณะการทำงานของกระบวนการเอเอสแบบต่าง ๆ ดังนี้

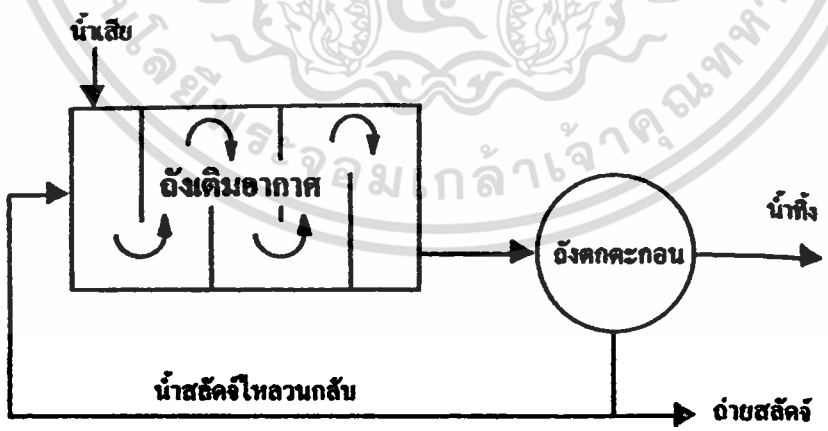
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1.1 กระบวนการเอเอสแบบธรรมดา (Conventional Process) เป็นกระบวนการที่มีรูปถังเติมอากาศแบบไหลตามกัน (Plug flow) ซึ่งทำให้ค่า BOD และปริมาณความเข้มข้นของสลัดจ์ในบริเวณต้นทางน้ำไหลของถังเติมอากาศมีมากดังแสดงกระบวนการในภาพที่ 2.2 ปริมาณ BOD ที่ไหลเข้าระบบนี้ ควรมีสม่ำเสมอจึงจะได้ผลดีและไม่สามารถรับพวกสารพิษได้มากนัก พบว่าในหลายแห่งเกิดปัญหาการเติมอากาศในบริเวณต้นทางมีไม่เพียงพอกับความต้องการออกซิเจนของน้ำเสียที่เพิ่งจะไหลเข้าระบบ



ภาพที่ 2.1 ระบบเอเอส (Activated Sludge)

(เกรียงศักดิ์, 2542.)

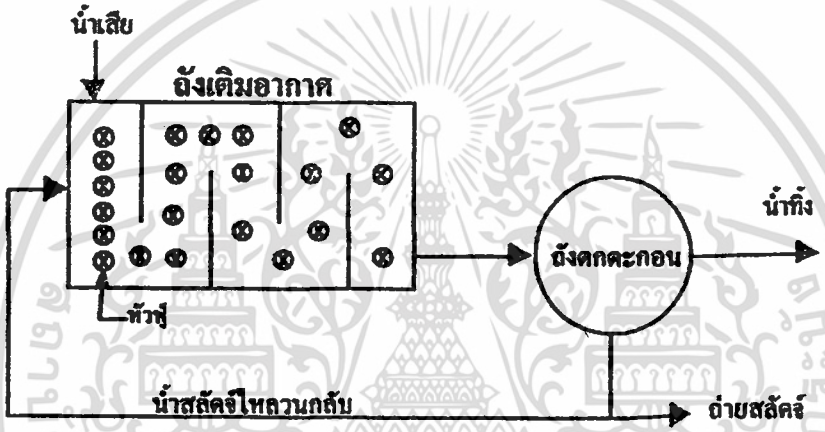


ภาพที่ 2.2 กระบวนการเอเอสแบบธรรมดา (Conventional Process)

(เกรียงศักดิ์, 2542.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

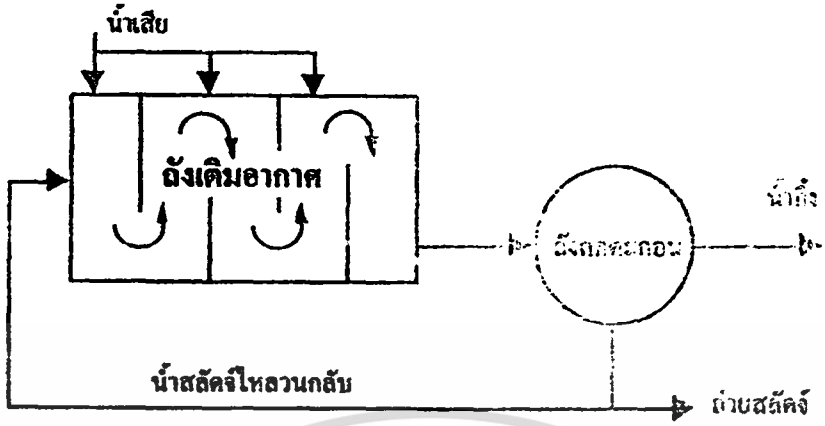
2.6.1.2 กระบวนการเติมอากาศแบบเรียวลง (Tapered Aeration Process) เป็นกระบวนการที่มีรูปถังเติมอากาศเหมือนกับของกระบวนการเอเอสแบบธรรมดา คือเป็นแบบไหลตามกันเพียงแต่จะมีการติดตั้งเครื่องเติมอากาศตรงบริเวณต้นทางมากกว่าปลายทางของถัง ถ้าใช้หัวฟู่กระจายอากาศ บริเวณต้นทางของถังจะติดตั้งหัวฟู่ให้มีระยะห่างน้อยและค่อย ๆ เพิ่มระยะห่างจนถึงห่างที่สุดบริเวณปลายทางของถัง เพื่อให้มีปริมาณออกซิเจนที่เติมลงไปใกล้เคียงกับปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้ ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.3 เช่นเดียวกับของระบบเอเอสแบบธรรมดา คือ ปริมาณ BOD ที่ไหลเข้าระบบควรมีสม่ำเสมอจึงจะได้ผลดีและไม่สามารถรับพวกสารพิษได้มากนัก



ภาพที่ 2.3 กระบวนการเติมอากาศแบบเรียวลง (Tapered Aeration Process)
(เกรียงศักดิ์, 2542.)

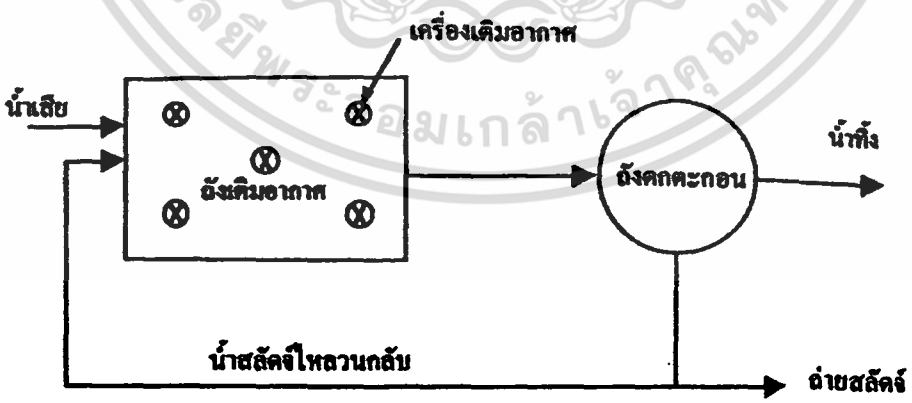
2.6.1.3 กระบวนการเติมอากาศแบบเป็นขั้น (Step-feed Aeration Process) เป็นกระบวนการที่มีการป้อนน้ำเสียเข้าหลายจุดตามความยาวของถังเติมอากาศ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถรับปริมาณ BOD ที่ไหลเข้าระบบไม่สม่ำเสมอได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถรับพวกสารพิษได้มากกว่าระบบเอเอสแบบธรรมดาและเรียวลง ดังแสดงกระบวนการนี้ไว้ในภาพที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 กระบวนการเติมอากาศแบบเป็นขั้น (Step-feed Aeration Process)
(เกรียงศักดิ์, 2542.)

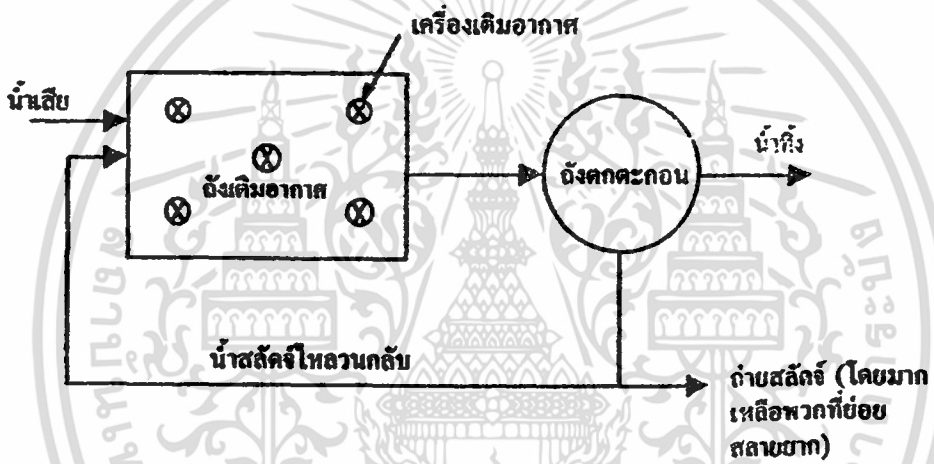
2.6.1.5 กระบวนการผสมแบบสมบูรณ์ (Completely Mixed Process) เป็นกระบวนการที่เป็นถังเติมอากาศแบบที่มีการกวนอย่างรุนแรง ทำให้มีการผสมอย่างสมบูรณ์ ความเข้มข้น ณ จุดใด ๆ ในถังมีค่าเท่ากันเสมอ ทำให้เมื่อปริมาณ BOD ที่ไหลเข้ามากเกินควรในบางเวลาหรือมีการไหลเข้าของสารพิษ ระบบนี้จะช่วยผสมกวนกันอย่างดีซึ่งทำให้มีความเข้มข้นของ BOD หรือสารพิษในถังลดลงไปได้ คือป้องกันการเกิดความเข้มข้นของน้ำเสียมากกว่าปกติอย่างกะทันหัน (Shock Loads) โดยทางทฤษฎีพบว่าถังแบบไหลตามกัน (Plug Flow) จะมีประสิทธิภาพดีกว่าแบบกวนสมบูรณ์ แต่ทางปฏิบัติพบว่าความแตกต่างดังกล่าวมีน้อยจนบางแห่งไม่เห็นความแตกต่าง ทั้งนี้เพราะการควบคุมระบบบำบัดจะเป็นปัจจัยที่สำคัญกว่ารูปแบบถัง กระบวนการนี้ได้แสดงไว้ในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 กระบวนการผสมแบบสมบูรณ์ (Completely Mixed Process)
(เกรียงศักดิ์, 2542.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

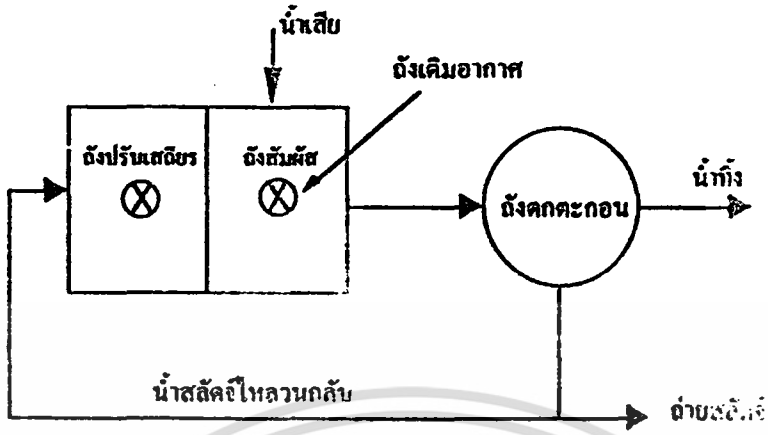
2.6.1.กระบวนการเติมอากาศยืดเวลา (Extended Aeration Process) เป็นกระบวนการที่มีระยะเวลาเก็บกักของน้ำเสียและอายุสลัดจ์นานกว่าระบบเอเอสอื่น ๆ ดังนั้นขนาดของถังเติมอากาศจะมีขนาดใหญ่กว่าระบบเอเอสอื่น ๆ ดังนั้นขนาดถังเติมอากาศจะมีขนาดใหญ่กว่าระบบอื่น ๆ แต่มีข้อดีที่ว่าง่ายต่อการควบคุมระบบให้ได้ประสิทธิภาพสูง ซึ่งอาจไม่จำเป็นต้องถ่ายน้ำสลัดจ์ทิ้งออกไปจากระบบเหมือนระบบอื่น ๆ เนื่องจากในทางทฤษฎีแล้วจะไม่มีมวลจุลชีพส่วนเกินเกิดขึ้นมา แต่ในทางปฏิบัติมักจะมีพวกย่อยสลายไม่ได้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นจึงยังจำเป็นต้องมีการถ่ายสลัดจ์ออกจากระบบบ้าง ระบบนี้นิยมใช้กับปริมาณน้ำเสียที่มีไม่มาก เช่น ตามอาคารสูงต่าง ๆ เป็นต้น ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 กระบวนการเติมอากาศยืดเวลา (Extended Aeration Process)
(เกรียงศักดิ์, 2542.)

2.6.1.7 กระบวนการปรับเสถียรสัมผัส (Contact Stabilization Process) เป็นกระบวนการที่นำน้ำสลัดจ์ที่รวบรวมได้จากถังตะกอน ส่วนหนึ่งจะถูกถ่ายทิ้งออกจากระบบและอีกส่วนหนึ่งจะนำมาทำการเติมอากาศในถังปรับเสถียร (Stabilization Tank) ประมาณ 4 ถึง 6 ชม. แล้วจึงนำมาผสมกับน้ำเสียภายในถังเติมอากาศอีกถัง ซึ่งเรียกถังนี้ว่าถังสัมผัส (Contact Tank) ด้วยเวลาเติมอากาศประมาณ 30 ถึง 60 นาที พบว่าถ้ามีการเติมอากาศนานเกินไปอาจส่งผลให้คุณภาพน้ำทิ้งไม่ดี ภาพที่ 2.7 ได้แสดงกระบวนการปรับเสถียรสัมผัส โดยระบบประกอบด้วยถังเติมอากาศสองถัง ถังหนึ่ง คือ ถังปรับเสถียร ซึ่งจะมีความเข้มข้นของน้ำสลัดจ์มาก โดยทั่วไปมักจะไม่ต่ำกว่า 10,000 มก./ลิตร และอีกถังหนึ่ง คือ ถังสัมผัสซึ่งจะมีความเข้มข้นของน้ำสลัดจ์ประมาณ 2,500 มก/ลิตร

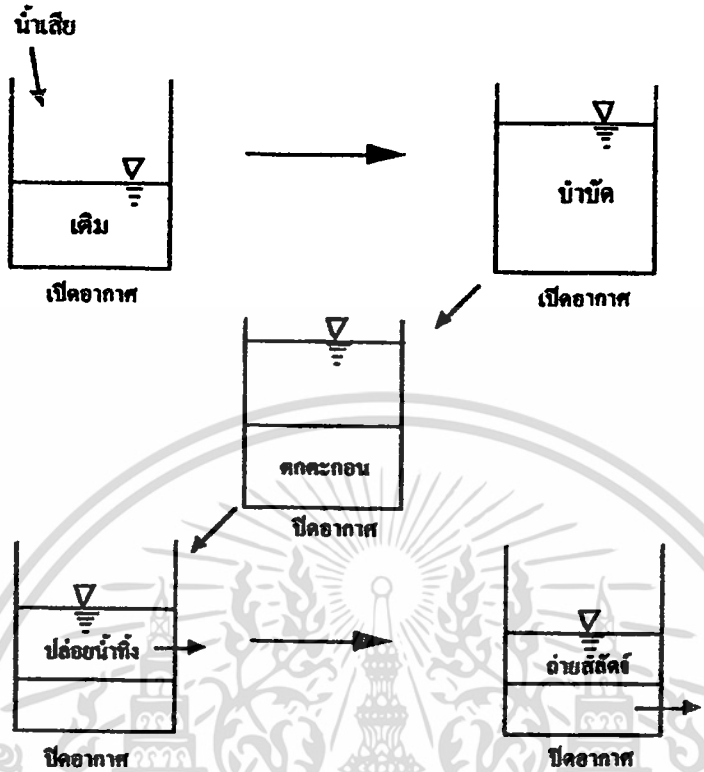
97080
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.7 กระบวนการปรับเสถียรสัมผัส (Contact Stabilization Process)
(เกรียงศักดิ์, 2542.)

2.6.1.8 ระบบเอสบีอา (Sequencing Batch Reactor (SBR)) เป็นระบบบำบัดน้ำเสีย ที่ใช้ถังเติมอากาศเพียงถังเดียว สามารถทำหน้าที่ทั้งการเติมอากาศเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์และทำหน้าที่แยกตะกอนภายในถังเดียวกันนี้ คือ จะเป็นระบบที่ปล่อยให้น้ำเสียไหลเข้าถังที่มีน้ำสลัดจ์อยู่ภายในถังแล้ว ซึ่งกำลังเติมอากาศอยู่ หลังจากนั้นจะหยุดเติมอากาศทำให้เกิดการตกตะกอน ซึ่งจะได้น้ำใสส่วนบนสามารถปล่อยทิ้งออกได้ จากนั้นสามารถนำน้ำเสียชุดใหม่เข้ามาบำบัดต่อไป ดังแสดงรูปแบบการดำเนินการระบบบำบัดน้ำเสียแบบนี้ในภาพที่ 2.8 เพื่อให้การดำเนินการบำบัดน้ำเสียได้อย่างต่อเนื่องอาจมีถังบำบัดน้ำเสีย 2 ถังขึ้นไปทำงานสลับกันไป โดยปราศจากถังตกตะกอนและระบบนี้สามารถกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้ระดับหนึ่ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ลักษณะของน้ำเสีย การดำเนินการควบคุมระบบ เป็นต้น และยังพบว่าระบบนี้จะป้องกันการเกิดปัญหาตกตะกอนไม่ดี คือปัญหาสลัดจ์อืด (Bulking Sludge) และป้องกันการเกิดฟอง (Foam) ขึ้นจนล้นออกมาได้อีกด้วยคือ ระบบนี้จะมีช่วงเวลาหนึ่งที่จุลชีพอยู่ในสภาพไร้อากาศ ทำให้จุลชีพชนิดที่ก่อให้เกิดสลัดจ์อืดและฟองไม่เกิดขึ้นในระบบนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

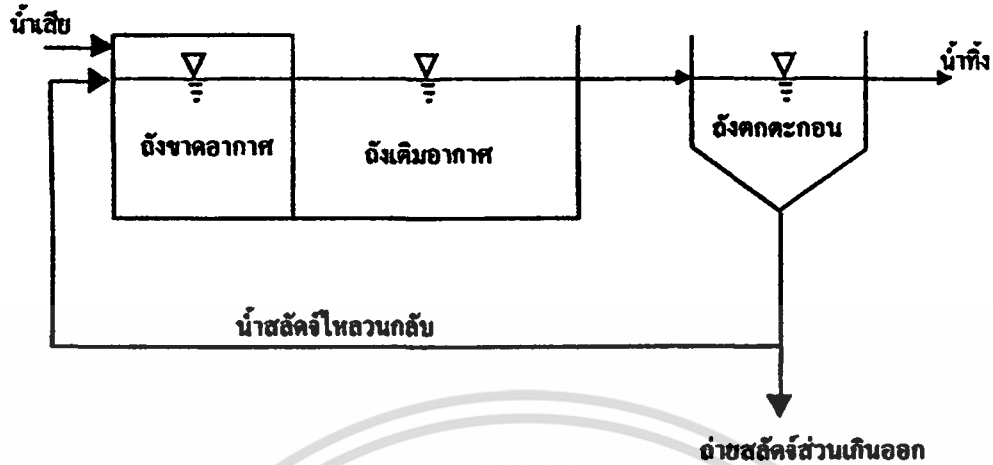


ภาพที่ 2.8 ระบบเอสบีอา (Sequencing Batch Reactor (SBR))

(เกรียงศักดิ์, 2542.)

2.6.1.9 กระบวนการขาดอากาศ–เติมอากาศ (Anoxic – Aerobic Process) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีถังกวนที่ไม่ต้องเติมอากาศและอีกถังจะมีการเติมอากาศดังแสดงในภาพที่ 2.9 ระบบนี้จะมีเวลาเก็บกักทั้งหมดประมาณ 6 ชั่วโมง โดยถังขาดอากาศต้องการเวลาเก็บกักประมาณ 30 ถึง 45 นาที และถังเติมอากาศต้องการเวลาเก็บกักประมาณ 5-6 ชั่วโมง ระบบนี้สามารถป้องกันการเกิดปัญหากากตกตะกอนไม่ดีคือ สลัดจ์อืด (Bulking Sludge) และยังป้องกันการเกิดฟอง (Foam) ขึ้นจนล้นถังเติมอากาศ ทำให้สลัดจ์ได้สูญหายไปจากระบบมาก ระบบนี้ยังสามารถกำจัดสารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้ระดับหนึ่ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ลักษณะน้ำเสีย การควบคุมระบบ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

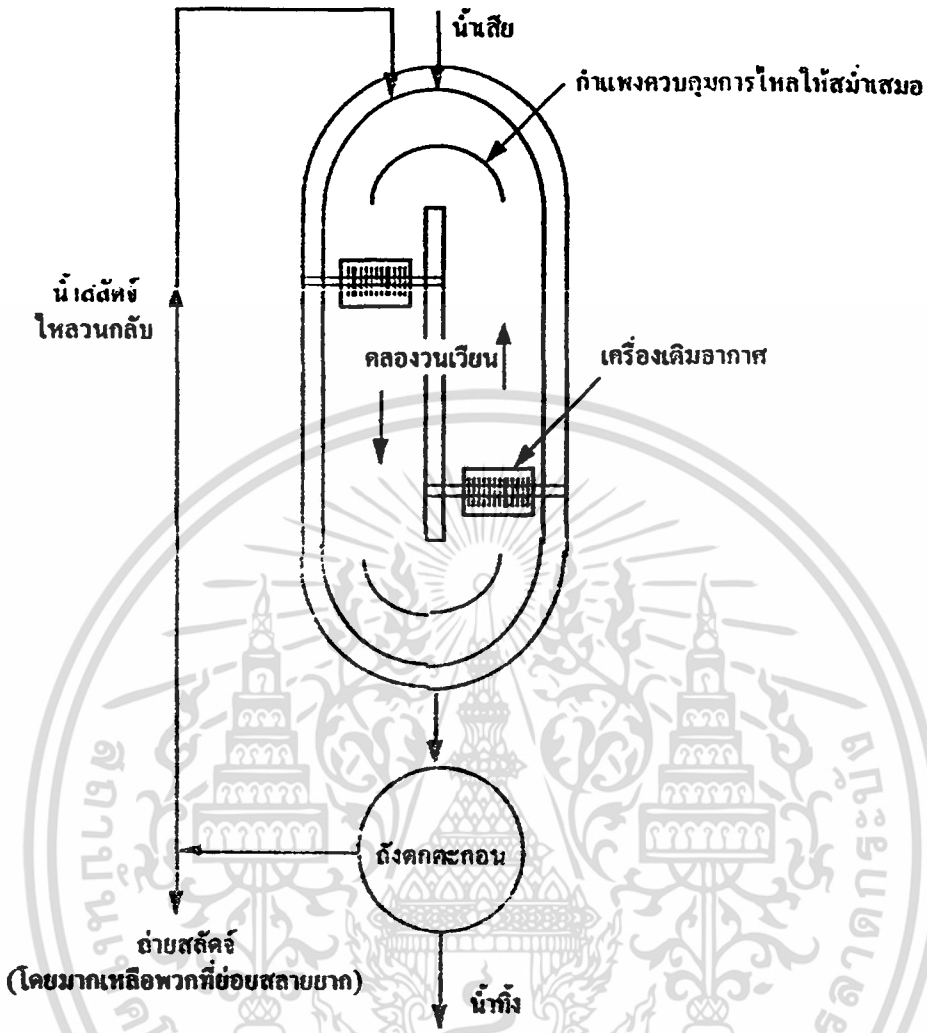


ภาพที่ 2.9 กระบวนการขาดอากาศ – เติมอากาศ (Anoxic – Aerobic Process)
(เกรียงศักดิ์, 2542.)

2.6.1.10 กระบวนการคลองวนเวียน (Oxidation Ditch Process) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีหลักการเช่นเดียวกับของกระบวนการเติมอากาศยืดเวลา เพียงแต่จะมีรูปแบบของถังเป็นลักษณะคลองวนเวียนโดยยังคงเป็นถังแบบผสมสมบูรณ์ดี ดังภาพที่ 2.10 การไหลของน้ำในถังแบบคลองวนเวียนจะมีความเร็วประมาณ 0.25 ถึง 0.35 ม./วินาที ต้องการเวลาเก็บกักนานประมาณ 24 ชม. หรือมากกว่าและมีอายุสลัดจ์ (Sludge Age) นานเท่ากับของกระบวนการเติมอากาศยืดเวลา กระบวนการคลองวนเวียนเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้กันค่อนข้างมากในประเทศไทย เพราะเป็นระบบที่มีการควบคุมดูแลไม่ยุ่งยากและโดยปกติจะได้คุณภาพน้ำทิ้งที่ได้มาตรฐานน้ำทิ้งอย่างสม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19729



ภาพที่ 2.10 กระบวนการคลองวนเวียน (Oxidation Ditch Process)

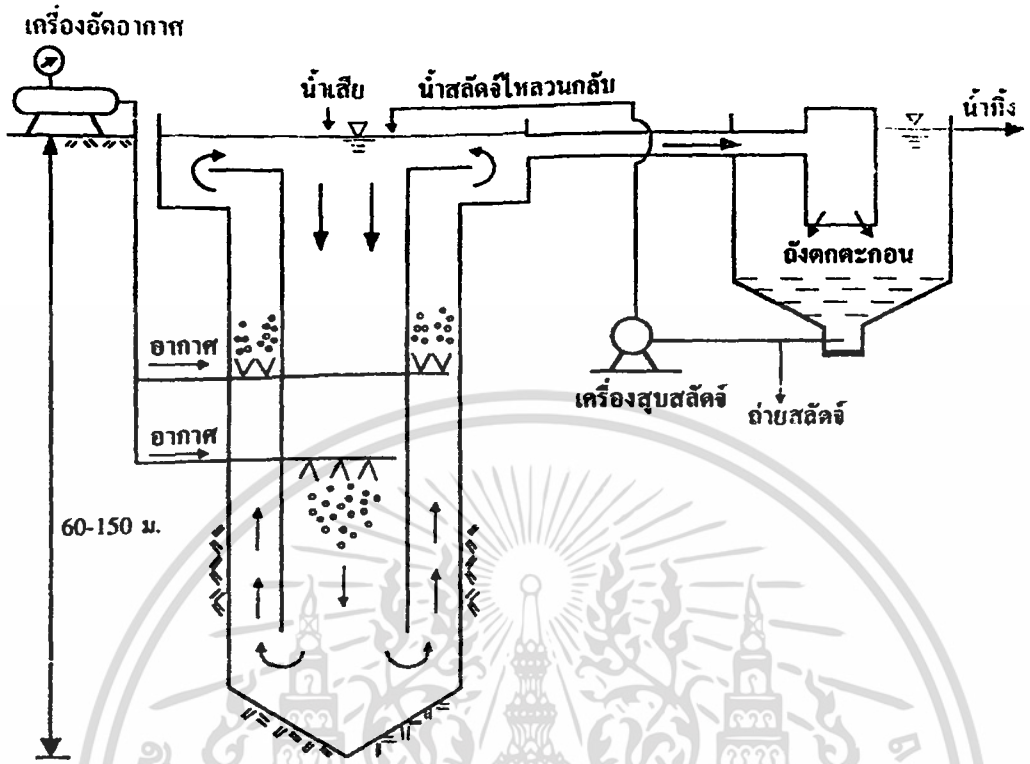
(เกรียงศักดิ์, 2542.)

2.6.1.11 Deep Shaft Reactor ระบบบำบัดน้ำเสียแบบนี้จะใช้ถังเติมอากาศที่มีความลึกประมาณ 60 ถึง 150 ม. มีพื้นที่หน้าตัดน้อยเหมือนเป็นลักษณะท่อดิ่งในแนวตั้ง ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.11 ระบบนี้สามารถรับน้ำเสียที่ไหลเข้ามาไม่สม่ำเสมอหรือมีขนาด BOD_5 ที่ไหลเข้าไม่สม่ำเสมอได้ดี แต่ระบบนี้ต้องใช้พลังงานมากในการเติมอากาศซึ่งมีน้ำลึกมาก ๆ แต่จะมีประสิทธิภาพในการให้ออกซิเจนแก่น้ำเสียในถังลึกนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง



ภาพที่ 2.11 Deep Shaft Reactor

(เกรียงศักดิ์, 2542.)

เมื่อได้อธิบายกระบวนการต่าง ๆ ของระบบเอเอส (Activated Sludge) แล้ว ตารางที่ 2.3 ได้แสดงข้อมูลออกแบบและควบคุมระบบเอเอสแบบต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลออกแบบกระบวนการออกแบบเอเอสแบบต่าง ๆ (Activated Sludge Process)

ข้อมูลออกแบบ	ระบบเอเอส[ก]								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
เวลาเก็บกัก, θ, ชม.	4-8	3-5	4-8	3-5	18-36	0.5-1.0,3-6	6	8-36	0.5-5
อายุสลัดจ์, θ_c, วัน	5-15	5-15	5-15	5-15	20-30	5-15	5-15	10-30	5-15
กก.BOD_5/(ลบ.ม.วัน)	0.3-0.6	0.8-2.0	0.3-0.6	0.6-0.9	0.15-0.4	0.9-1.2	0.08-0.24	0.12-0.18	-
F/M[ข]	0.2-0.4	0.2-0.6	0.2-0.4	0.2-0.4	0.05-0.15	0.2-0.6	0.05-0.30	0.03-0.15	0.5-50
MLSS, มก./ลิตร	1500-3000	3000-6000	1500-3000	2000-3500	3000-6000	1000-3000 4000-10000	1500-5000	3000-6000	-
Q_R/Q	0.25-0.50	0.25-1.0	0.15-0.30	0.25-0.75	0.75-1.5	0.25-1.0	-	0.75-1.5	-
θ_c/θ_c^{m}[ค]	20-70	20-70	20-70	20-70	>70	20-75	-	-	-
ลบ.ม.อากาศ/กก. BOD	45-90	45-90	45-90	45-90	90-125	45-90	45-90	90-125	-

[ก]1 = กระบวนการเอเอสแบบธรรมดา (Conventional Process)

2 = กระบวนการผสมแบบสมบูรณ์ (Completely Mixed Process)

3 = กระบวนการเติมอากาศแบบเรียวลง (Tapered Aeration Process)

4 = กระบวนการเติมอากาศแบบเป็นขั้น (Step-feed Aeration Process)

5 = กระบวนการเติมอากาศยืดเวลา (Extended Aeration Process)

6 = กระบวนการปรับเสถียรสัมผัส (Contact Stabilization Process)

7 = ระบบเอสบีอา (Sequencing Batch Reactor (SBR))

8 = กระบวนการคลองวนเวียน (Oxidation Ditch Process)

9 = Deep Shaft Reactor

[ข]ค่า F/M มีหน่วยเป็นค่า BOD_5 กำจัด/(กก. MLVSS.วัน)

[ค]θ_c = อายุสลัดจ์ปกติ, θ_c^{m} = อายุสลัดจ์น้อยที่สุด

เกรียงศักดิ์, 2542.

2.6.2 ระบบเติมอากาศ

ระบบเติมอากาศที่ใช้ในการเติมอากาศมี 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ (ก) ระบบเติมอากาศผิวน้ำ (Surface Aeration System) และ (ข) ระบบเติมอากาศแบบฟู (Diffused – air Aeration System) ในหัวข้อนี้จะได้อธิบายถึงการคำนวณออกแบบขนาดของเครื่องเติมอากาศทั้งสองประเภทนี้

ก. ระบบเติมอากาศผิวน้ำ (Surface Aeration System) ระบบนี้ประกอบด้วยเครื่องมอเตอร์ที่ทำการหมุนแผ่นตีน้ำ โดยตัวเครื่องเติมอากาศจะติดตั้งอยู่บนผิวน้ำ ซึ่งอาจยึดติดกับโครงสร้างของถังเติมอากาศหรือลอยอยู่บนผิวน้ำด้วยตัวลอย ดังแสดงไว้ใน ภาพที่ 2.12 ในการตีน้ำจะมีอยู่ 2 ระบบ คือระบบตีน้ำด้วยความเร็วหมุนสูงและความเร็วหมุนต่ำ ซึ่งมีการหมุนรอบประมาณ 900-1800 รอบต่อนาที และ 40-50 รอบต่อนาที ตามลำดับ โดยระบบตีน้ำด้วยความเร็วหมุนต่ำจะมีราคาสูงกว่า แต่จะไม่ทำให้พวก Floc แตกกระจายเป็นขนาดเล็กเกินไปซึ่งอาจมีปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการแยกตะกอน Floc ภายหลัง สำหรับระบบตีน้ำแบบนี้สามารถใช้งานได้กับถังเติมอากาศที่มีขนาดลึกถึง 5.00 ม. ก็มีใช้กันอยู่ โดยปกติในการกวนน้ำภายในถังเติมอากาศต้องการกำลังงานในการกวนตั้งแต่ 13 ถึง 26 กิโลวัตต์/1000 ลบ.ม. ของขนาดถังเติมอากาศ

ข. ระบบเติมอากาศแบบฟู่ (Diffused – air Aeration System) เป็นระบบเติมอากาศที่นิยมใช้กันมากในถังเติมอากาศทั่วไป โดยอาศัยเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) เป็นตัวเป่าอากาศเข้าไปในระบบท่อจ่ายอากาศ โดยทั่วไปพบว่าประสิทธิภาพในการถ่ายเทออกซิเจนลงไปในน้ำจะมีปริมาณ 5 ถึง 8% และ 7 ถึง 12% สำหรับฟองอากาศขนาดใหญ่และขนาดเล็กมากตามลำดับ โดยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณอากาศที่เป่าเข้าไปด้วย คือยิ่งมีปริมาณอากาศที่เป่าลงไปมากเกินไป จะมีผลให้ประสิทธิภาพในการถ่ายเทออกซิเจนลงไปในน้ำตกต่ำลงด้วย ในการคำนวณหากำลังงานที่ต้องการใช้ในการเติมอากาศควรพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ ขนาดความลึกของน้ำในถังเติมอากาศ ขนาดท่อจ่ายอากาศ ความยาวท่อจ่ายอากาศ เป็นต้น ซึ่งเราจำเป็นต้องทราบค่าสูญเสียความดันของระบบท่อจ่ายอากาศ เพื่อนำมาหากำลังงานของเครื่องเติมอากาศต่อไป

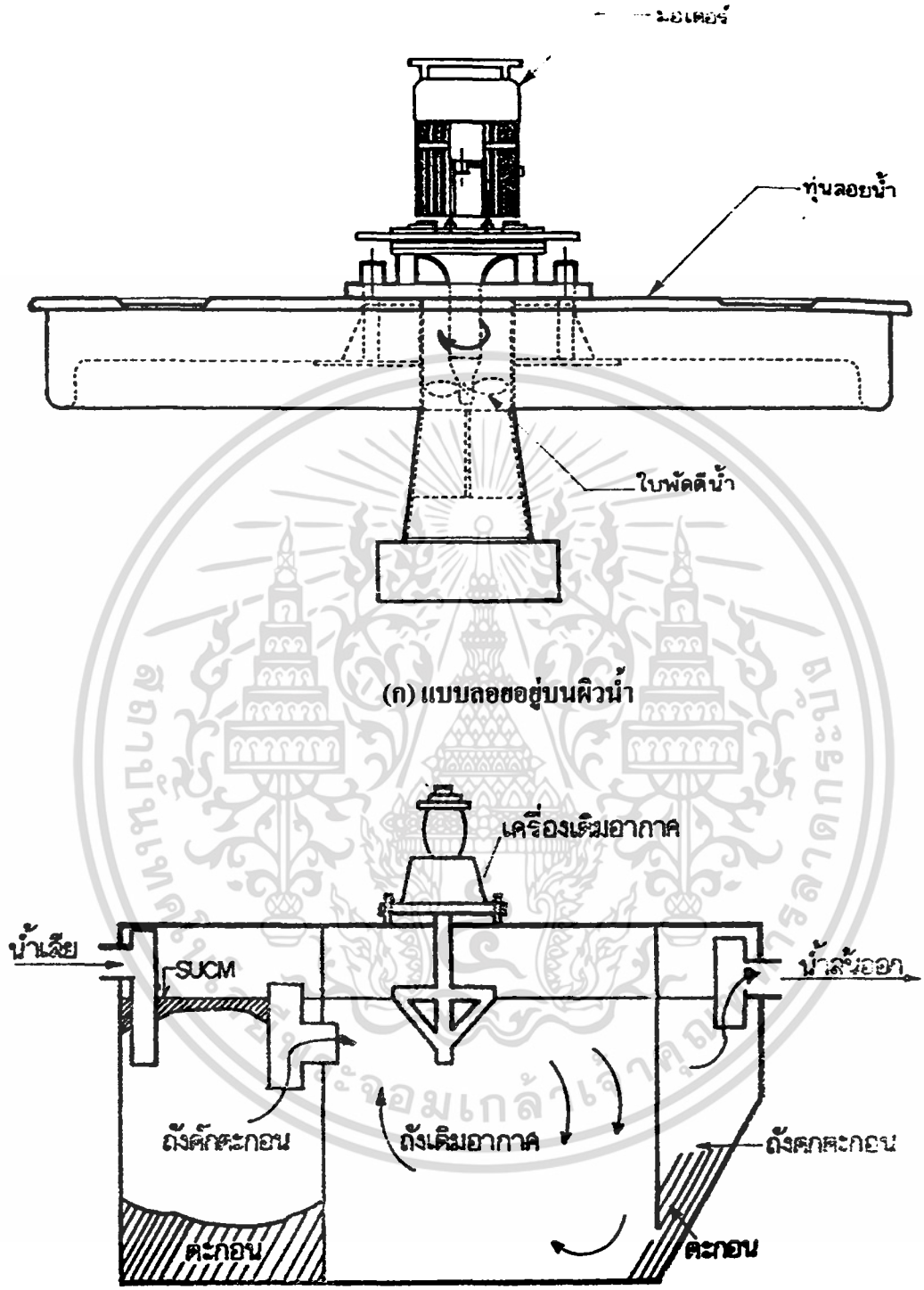
โดยปกติค่าความเร็วของอากาศภายในท่อจ่ายอากาศ จะมีประมาณ 6 ถึง 33 ม.ต่อวินาที ของขนาดท่อจ่ายอากาศ 20 มม. ถึง 1500 มม. และพบว่าค่าสูญเสียความดันของท่อจ่ายอากาศ จะมีค่าประมาณ 5 ถึง 20 ซม.ของน้ำ ขณะที่ค่าความดันสูญเสียความดันของหัวฟู่ (Diffusers) ประมาณ 40 ถึง 50 ซม.ของน้ำ สำหรับการประมาณค่าสูญเสียความดันของระบบจ่ายอากาศ จะใช้ประมาณ 25% ของค่าความดันเนื่องจากน้ำลึกที่พื้นก้นถังเติมอากาศ

ตารางที่ 2.4 ข้อมูลความเร็วอากาศภายในท่อจ่ายอากาศ

ความเร็วของอากาศ ณ สภาวะมาตรฐาน (ม./นาที)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อจ่ายอากาศ (มม.)
360-500	20-80
500-900	80-250
900-1050	250-400
1050-1200	400-600
1200-1350	600-800
1350-1950	800-1500

เกรียงศักดิ์, 2542.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) แบบลอยอยู่บนผิวน้ำ

(ข) แบบยึดติดกับโครงสร้างของถังเติมอากาศ

ภาพที่ 2.12 เครื่องเติมอากาศผิวน้ำ (Surface Aerators)

(เกรียงศักดิ์, 2542.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 การตกตะกอน (Sedimentation)

การตกตะกอนเป็นวิธีการแยกตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย โดยอาศัยการจมตัวลงของตะกอนแขวนลอยที่มีค่าความถ่วงจำเพาะของตะกอนสูงกว่าน้ำ ในระบบบำบัดน้ำเสียทั่วไปมักจะมีถังตกตะกอนอยู่ 2 ชนิด คือ ถังตกตะกอนที่ทำหน้าที่แยกตะกอนต่าง ๆ ออกจากน้ำเสียก่อนที่จะไหลไปลงถังบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีวภาพ ซึ่งนิยมเรียกว่าถังตกตะกอนแรก (Primary Sedimentation Tank) และถังตกตะกอนอีกชนิดคือ **ถังตกตะกอนที่ใช้แยกตะกอนชีวภาพหรือตะกอนเคมีออกจากน้ำเพื่อให้ได้น้ำใสสะอาด ซึ่งนิยมเรียกว่าถังตกตะกอนที่สอง (Secondary Sedimentation Tank)**

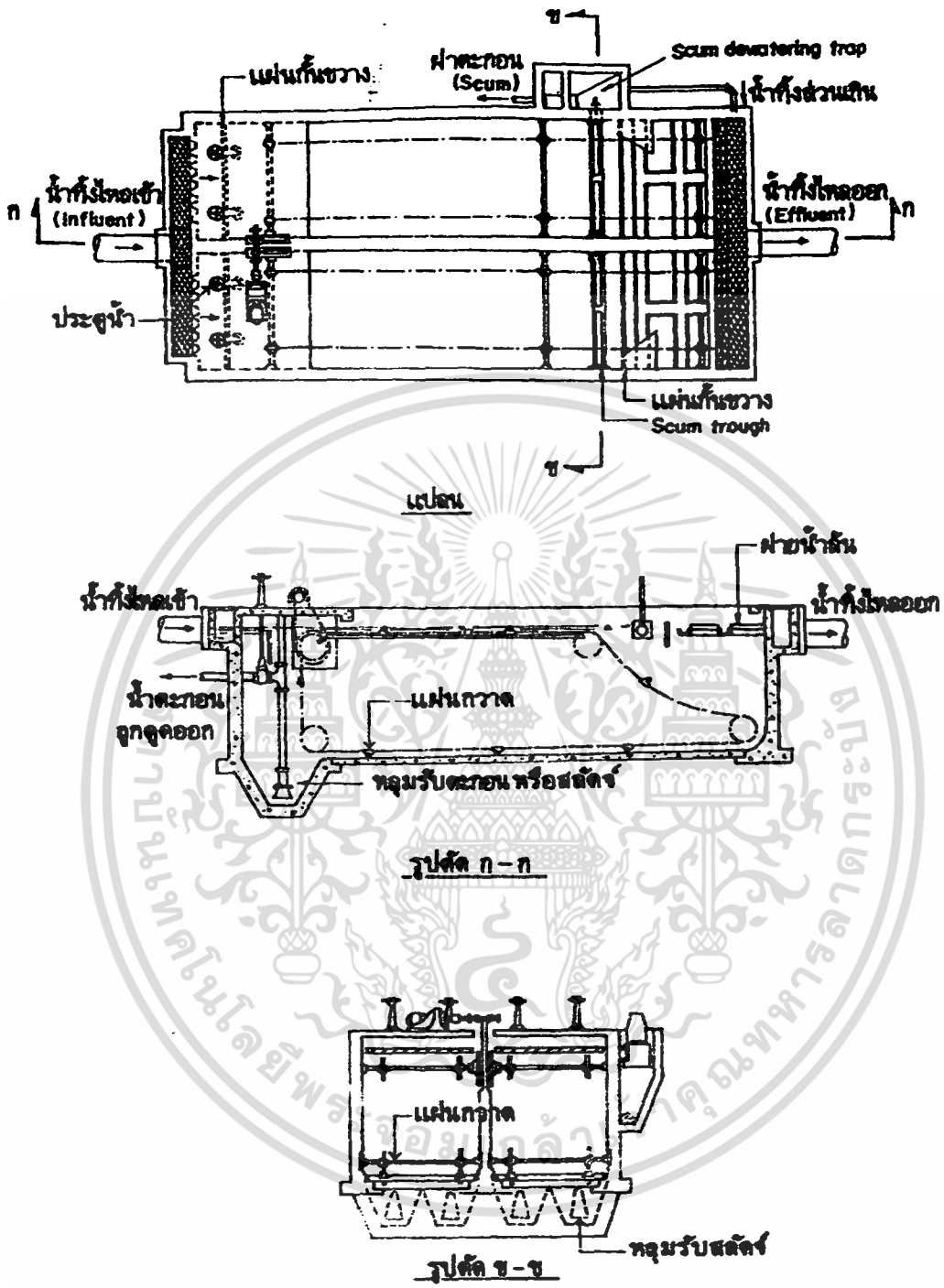
<u>ปัจจัยที่ควรพิจารณาในการออกแบบเลือกใช้ถังตกตะกอน</u> **มีดังต่อไปนี้**

1. **อัตราไหลเข้าของน้ำเสีย**
2. **อุณหภูมิและความดันของบรรยากาศรอบบริเวณที่ตั้ง**
3. **ปริมาณและลักษณะของตะกอนในน้ำเสีย**
4. **ลักษณะน้ำเสีย**
5. **พื้นที่ผิวบนของถังตกตะกอน**
6. **ความลึกของถังตกตะกอน**
7. **คุณภาพของน้ำที่ไหลล้นออกจากถัง**
8. **กระบวนการบำบัดน้ำเสีย**
9. **ราคาก่อสร้าง**

2.6.3.1 ถังตกตะกอน

2.6.3.1.1 ถังสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยมากมักจะมีพื้นลาดเอียงไปด้านใดด้านหนึ่งเพื่อให้เครื่องกวาดตะกอนที่ก้นถังทำหน้าที่กวาดตะกอนลงมาที่หลุม หรือบางแบบจะมีพื้นก้นถังเป็นแบบหลุม ๆ ตลอดทั่วทั้งถังทำให้ไม่ต้องใช้เครื่องกวาดตะกอน เพราะตะกอนจะตกลงมาทุก ๆ หลุมกระจายไปทั่วพื้นก้นถัง ซึ่งสามารถสูบตะกอนจากแต่ละหลุมออกไปได้ไม่ยากนัก ภาพที่ 2.13 โดยทั่วไปมีขนาดความยาว : ความกว้างของถังประมาณ 3 : 1 หรือมากกว่า มีขนาดความกว้าง : ความลึกของถังประมาณ 1 ถึง 2.25 : 1 และความลึกของถังสี่เหลี่ยมผืนผ้าควรมีประมาณ 2.4 ถึง 3.0 ม. สำหรับถังตกตะกอนแรก และ 3.0 ถึง 3.6 ม. สำหรับถังตกตะกอนที่สอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

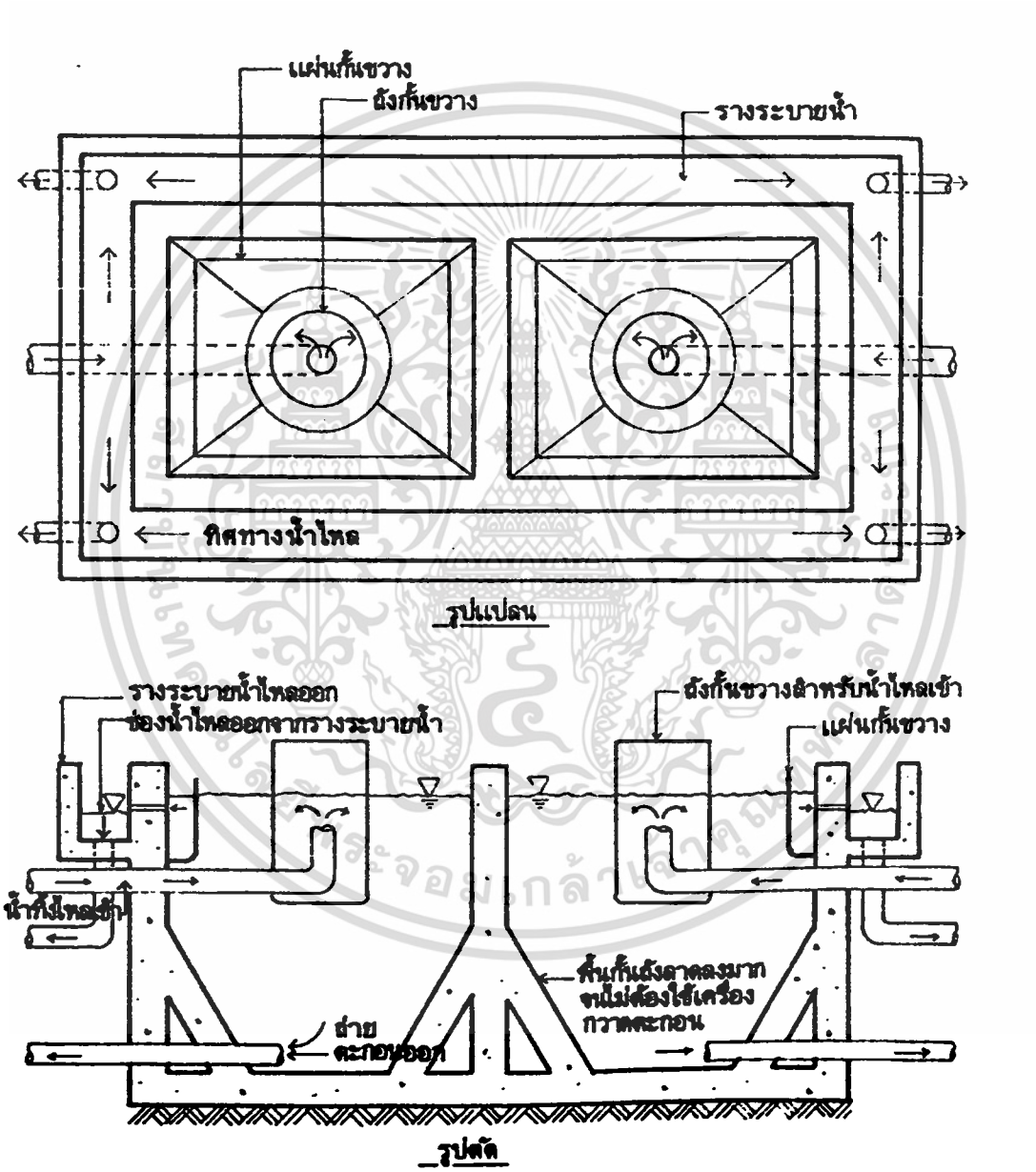


ภาพที่ 2.13 ถังตกตะกอนสี่เหลี่ยมผืนผ้า

(เกรียงศักดิ์, 2542.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3.1.2 ถังสี่เหลี่ยมจตุรัส มีลักษณะเป็นถังที่คล้ายกับถังทรงกลม แต่บริเวณขอบมุมของถังจะเป็นข้อด้อยกว่าของถังทรงกลม เพราะตะกอนอาจไปตกค้างที่มุมขอบถังนี้ แต่มีข้อดีตรงที่ใช้พื้นที่ในการก่อสร้างน้อยกว่าของถังทรงกลม ถ้าขนาดพื้นที่เป็นข้อจำกัดในการออกแบบโดยทั่วไปถังแบบนี้จะมีขนาดความลึกเท่ากับ 3.0 ถึงบ 5.0 ม. มีขนาดความกว้างเท่ากับ 3.0 ถึง 50 ม. ภาพที่ 2.14

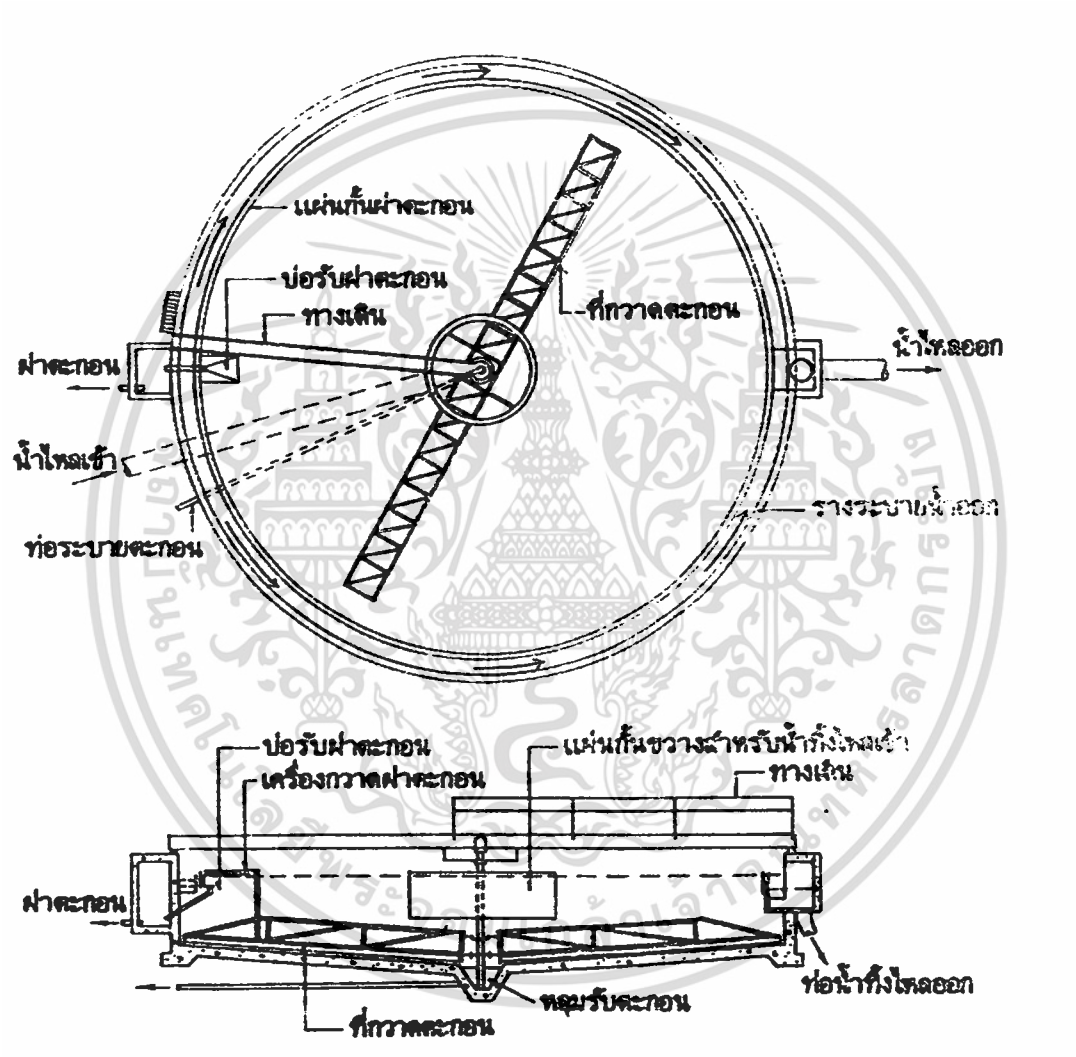


ภาพที่ 2.14 ถังตกตะกอนสี่เหลี่ยมจัตุรัส

(เกรียงศักดิ์, 2542.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3.1.3 ถังทรงกลม เป็นถังที่นิยมใช้กันมากในงานบำบัดน้ำเสีย เพราะจะไม่มีตะกอนตกค้างอยู่บริเวณใด ๆ รอบถัง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของถังจะมีตั้งแต่ 3.0 ถึง 60 ม. สำหรับความลึกของน้ำในถังตกตะกอนแรกและถังตกตะกอนที่สองควรมีประมาณ 2- 3 ม. และ 3-4 ม. ตามลำดับ ความลาดของพื้นก้นถังควรมีประมาณ 1: 12 โดยจำเป็นต้องมีเครื่องกวาดตะกอนบริเวณพื้นก้นถัง ดังภาพที่ 2.15

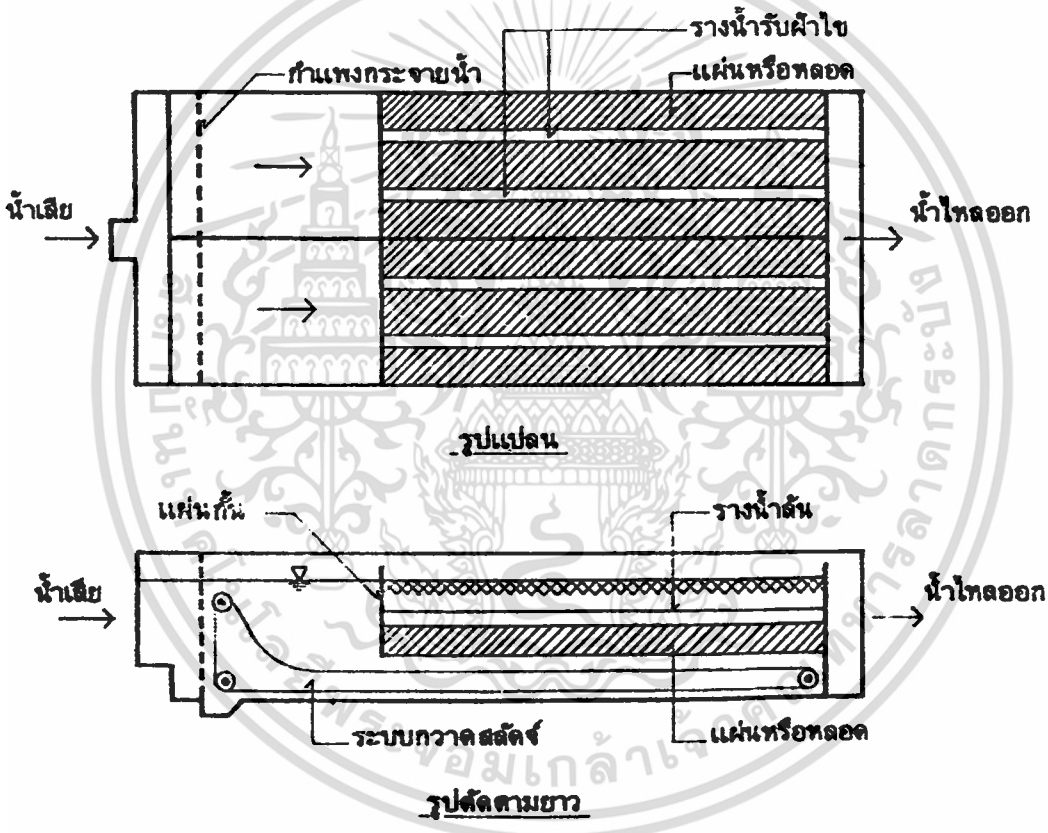


ภาพที่ 2.15 ถังตกตะกอนทรงกลม

(เกรียงศักดิ์, 2542.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3.1.4 ถังที่มีแผ่นเอียงติดตั้ง เป็นถังตกตะกอนที่ให้น้ำไหลไปตามแผ่นหรือท่อเอียงดังภาพที่ 2.16 โดยมีหลายแผ่นหรือหลายท่อวางเรียงขนานกัน โดยมีระยะห่างระหว่างแผ่นประมาณ 40° กับแนวนอน จุดประสงค์หลักของการติดตั้งแผ่นเอียงคือ เพื่อให้น้ำไหลขึ้นมีความหนืดสูงขึ้น ซึ่งส่งผลให้การไหลของน้ำภายในถังสงบกว่าของถังตกตะกอนที่ไม่มีการติดแผ่นเอียง และอีกข้อคือ ต้องการลดความลึกของการตกตะกอน เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพดีที่สุดควรมีค่าความยาวของท่อเอียง : ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อเอียงประมาณ 20 และค่ามุมเอียงของท่อประมาณ 40°



ภาพที่ 2.16 ถังตกตะกอนที่มีแผ่นเอียงติดตั้ง

(เกรียงศักดิ์, 2542.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3.2 ถังตกตะกอนแรกและถังตกตะกอนที่สอง เนื่องจากถังตกตะกอนแรกและถังตกตะกอนที่สองจะมีหน้าที่ในการแยกตะกอนที่มีลักษณะแตกต่างกัน ทำให้การออกแบบถังตกตะกอนทั้งสองแบบจึงแตกต่างกันด้วย

2.6.3.2.1 ถังตกตะกอนแรก หลักการของการกำจัดตะกอนออกจากน้ำเสียด้วยถังตกตะกอนแรก คือ พยายามทำให้น้ำเสียที่อยู่ภายในถังนิ่งที่สุด ทำให้ตะกอนที่มีค่าความถ่วงจำเพาะสูงกว่าน้ำได้ตะกอน โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบถังตกตะกอนแรก คือ พื้นที่ผิวของถังและเวลาเก็บกัก สำหรับความลึกของถังจะมีผลไม่มากต่อประสิทธิภาพของการกำจัดตะกอนในถังตกตะกอน

ตารางที่ 2.5 ข้อมูลการออกแบบถังตกตะกอนแรก

ข้อมูลออกแบบ	ค่าออกแบบ	
	ช่วงของเขต	โดยเฉลี่ย
สำหรับถังตกตะกอนแรกที่มีน้ำเสียไหลเข้าเพียงอย่างเดียว :		
เวลาเก็บกัก, ชม.	1.5-2.5	2.0
อัตราน้ำล้น, $ม^3/(ม^2.วัน)$:		
Q เฉลี่ย	30-50	40
Q สูงสุด	70-130	100
อัตราภาระฝาย (Weir Loading Rate), $ม^3/(ม.วัน)$	125-500	250
สำหรับถังตกตะกอนแรกที่มีน้ำเสียและตะกอนชีวภาพ :		
เวลาเก็บกัก, ชม.	1.5-2.5	2.0
อัตราน้ำล้น, $ม^3/(ม^2.วัน)$:		
Q เฉลี่ย	25-35	30
Q สูงสุด	45-80	60
อัตราภาระฝาย, $ม^3/(ม.วัน)$	125-500	250

เกรียงศักดิ์, 2542.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3.2.2 ถังตกตะกอนที่สอง (Secondary Clarifier) มีความสำคัญมากสำหรับระบบบำบัดน้ำเสีย เพราะจะทำหน้าที่แยกสลัดจ์ที่มาจากถังเติมอากาศด้วยถังตกตะกอน โดยปกติถังตกตะกอนนี้จะมีน้ำไหลเข้าออกและจะมีสลัดจ์บริเวณก้นถังถูกสูบกลับไปที่ถังเติมอากาศอีกครั้งและบางส่วนจะถูกถ่ายทิ้งออกไป เพื่อนำไปบำบัดและกำจัดตะกอนสลัดจ์ต่อไป ดังนั้นในการออกแบบถังตกตะกอนที่สองไม่สามารถใช้วิธีการออกแบบเช่นเดียวกับถังตกตะกอนแรก เกณฑ์การออกแบบและข้อควรพิจารณาในการออกแบบถังตกตะกอนที่สองสำหรับระบบเอเอส

ก. ควรใช้ค่าอัตราไหลเข้าสูงสุดของน้ำเสีย (Peak flow rate) โดยจะไปใช้กับการคำนวณหาค่าอัตราน้ำล้นบนพื้นผิวของถัง (Overflow Rate) ค่าอัตราภาระฝาย (Weir Loading Rate) และค่าอัตราภาระของแข็ง (Solids Loading Rate)

ข. ถ้าใช้ถังรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือถังรูปทรงกลมขนาดความยาวหรือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของถังไม่ควรมีมากกว่า 10 เท่าของขนาดน้ำลึกของถัง

ค. ระบบถ่ายเทสลัดจ์ที่ออกจากถังตกตะกอนพบว่า ระบบท่อดูดสลัดจ์ออกโดยอาศัยแรงดันของน้ำในถังเป็นวิธีที่เหมาะสมดี

ง. บริเวณทางเข้าของถังตกตะกอนที่สองแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า ควรมีความเร็วน้ำไหลเข้าไม่เกิน 0.5 ม.ต่อนาที

จ. บริเวณทางเข้าของถังตกตะกอนที่สองแบบวงกลม จะมีแผ่นกั้นวงกลมติดตั้งไว้ส่วนกลางของถังตกตะกอน ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.15-0.20 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของถังตกตะกอน

ฉ. ค่าอัตราภาระของแข็ง (SLR) ควรมีประมาณ 2.5 และ 6.2 กก./(ตร.ม.ชม.) ณ อัตราไหลเข้าโดยเฉลี่ยและสูงสุด ตามลำดับ

ช. ค่าอัตราน้ำล้นของถัง ณ อัตราไหลเข้าสูงสุด โดยไม่ได้รวมถึงปริมาณสลัดจ์ที่ไหลวนกลับ (แสดงข้อมูลดังตาราง) เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบขนาดถังตกตะกอนที่สอง โดยพิจารณาทั้งความเข้มข้นของน้ำสลัดจ์และปริมาณสลัดจ์ไหลวนกลับ

ซ. ค่าอัตราภาระฝาย (WLR) ควรมีค่าต่ำกว่า 370 ลบ.ม./(ม.วัน) เมื่อติดตั้งฝายห่างจากขอบถังอย่างน้อย 3.5 ม. และมีค่าต่ำกว่า 250 ลบ.ม./(ม.วัน) เมื่อติดตั้งฝายเกือบใกล้ชิดกับขอบถัง ทั้งนี้ต้องเป็นค่าที่คำนวณจากค่าอัตราไหลเข้าสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 ข้อมูลแนะนำของค่าอัตราน้ำล้นผิว (Overflow Rates) สำหรับค่า MLSS ต่าง ๆ และค่าอัตราสูบสลัดจ์ไหลวนกลับ โดยมีค่าอัตราภาระของแข็งสูงสุดเท่ากับ 6.2 กก./(ตร.ม.ชม.)

MLSS (มก./ลิตร)	อัตราน้ำล้นผิว ($ม^3/(ม^2.วัน)$) ปริมาณสลัดจ์ไหลวนกลับ (%)	
	25	50
500	57	57
1000	57	57
1500	49	49
2000	49	49
2500	47	39
3000	39	33
3500	33	28

เกรียงศักดิ์, 2542.

2.7 โปรแกรมเอ็กเซล (Excel)

โปรแกรมเอ็กเซล เป็นโปรแกรมที่เน้นการคำนวณแบบตารางทำการ สามารถช่วยผ่อนปรนปัญหานี้ได้เพราะว่าจัดหาง่าย เข้าใจได้ไม่ยากและสามารถทำได้ด้วยตนเอง โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ทางคอมพิวเตอร์มากนัก ตัวเลขข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาทำการคำนวณ โดยใช้เอ็กเซลในรูปตารางคำนวณรายการย่อยต่าง ๆ ซึ่งผูกโยงเข้าด้วยกันและนำไปประมวลผลในรูปแบบต่าง ๆ การผูกโยงแบบอ้างอิง (Relative) ซึ่งเป็นคุณสมบัติของเอ็กเซลจะทำการผูกโยงตารางคำนวณต่าง ๆ มีปฏิสัมพันธ์กันอย่างมีประสิทธิภาพ การเปลี่ยนแปลงของตัวเลขตัวหนึ่งจะส่งผลกระทบถึงตัวเลขตัวอื่น ๆ ด้วยไม่โดยตรงก็โดยอ้อม สิ่งนี้เองที่เป็นหัวใจสำคัญที่ทำให้การคำนวณมีความยืดหยุ่นและปรับเปลี่ยนได้ตามสถานการณ์ การผูกเชื่อมโยงกันนั้นจะต้องเป็นไปตามลักษณะความสัมพันธ์ที่มีต่อกันของรายการเหล่านั้น การคำนวณจึงจะเป็นในลักษณะต่อเนื่องเชื่อมโยงกันแบบอ้างอิง โดยเน้นให้มีการใส่ข้อมูลประเภทอินพุต (Input) เท่าที่จำเป็น ซึ่งข้อมูลอินพุตเหล่านี้ก็คือตัวแปรของสถานการณ์ต่าง ๆ นั่นเอง ในแต่ละตารางคำนวณจะมีความสมบูรณ์ในตัวเองด้วยการผูกสูตรคำนวณ ตรวจสอบค่าเงื่อนไขที่ต้องใช้และจำเป็นในการได้ผลลัพธ์ ดังนั้นเมื่อนำตารางย่อยซึ่งมีความสมบูรณ์ในตัวเองมาผูกเชื่อมสัมพันธ์กันในแบบอ้างอิงก็จะไม่ต่างไปจากการสร้างระบบงานย่อย ๆ และผูกโยงกันเป็นระบบงานใหญ่นั่นเอง แบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็คือระบบการคำนวณใหญ่ที่มีระบบการคำนวณย่อย ๆ ที่มีความเป็นอิสระมาผูกสัมพันธ์กัน โดยมีช่องข้อมูลอินพุตรับค่าตัวแปรเพื่อนำไปคำนวณให้ได้ผลลัพธ์อันเกิดจากตัวแปรนั้น ๆ

2.7.1 คำสั่งของเอ็กเซลที่ใช้บ่อย

2.7.1.1 กลุ่มคำสั่ง File : New, Open, Close, Save, Save As, Print

2.7.1.1.1 New ใช้ในการสร้างเวิร์กบุ๊ก (Work Book) ครั้งแรก โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของ General

2.7.1.1.2 Open และ Close เป็นคำสั่งพื้นฐานในการเรียกใช้และปิดไฟล์ใช้เป็นปกติวิสัย

2.7.1.1.3 Save ใช้ในการจัดเก็บไฟล์หรือเวิร์กบุ๊ก เป็นคำสั่งที่ใช้ตลอดเวลาในขณะที่สร้างแบบจำลอง ทั้งนี้จะมีการสร้างตารางคำนวณต่าง ๆ ที่มีรายละเอียดมากและต้องทำการทดลองการทำงานของสูตรต่าง ๆ ที่ผูกขึ้น เมื่อการทำงานเป็นไปตามที่ต้องการก็จะทำการจัดเก็บเป็นระยะ อย่าใช้วิธีรอและจัดเก็บคราวเดียว การใช้คำสั่งนี้จะใช้ผ่านปุ่มลัด

2.7.1.1.4 Save As ใช้ในการจัดเก็บไฟล์ในชื่อต่าง ๆ กัน บ่อยครั้งที่เราเกิดความไม่แน่ใจว่าวิธีการหรือการผูกสูตรในตารางคำนวณขณะใดขณะหนึ่งจะให้ผลลัพธ์เป็นอย่างไร การทดลองสูตรในหลายรูปแบบอาจทำให้เกิดความสับสนได้ เราจะใช้คำสั่งนี้จัดเก็บไฟล์ในชื่อต่าง ๆ กันเพื่อทดลองสูตรนั้นและเลือกเอาชุดที่ดีที่สุด จัดเก็บกลับเข้าไปทับไฟล์ต้นฉบับ ส่วนไฟล์ทดลองนั้นก็ลบทิ้งไป

2.7.1.1.5 กลุ่มคำสั่ง Print ประกอบไปด้วย Page Setup, Print Area, Print Preview และ Print คำสั่งในกลุ่มนี้จะเป็นเรื่องเกี่ยวกับการจัดรูปแบบการพิมพ์

2.7.1.2 กลุ่มคำสั่ง Edit : Undo, Cut, Copy, Paste, Paste Special, Clear และ Delete

2.7.1.2.1 Undo ใช้เมื่อต้องการยกเลิกการสั่งงานหรือคำสั่งหลังสุด ส่วนใหญ่จะใช้เมื่อมีการทำการแก้ไขสูตรคำนวณ ณ จุดใดจุดหนึ่ง ซึ่งในขณะที่ทำการแก้ไขได้เกิดความไม่แน่ใจหรือสับสน ก็ให้ใช้คำสั่งนี้กลับไปจุดเดิมก่อนแก้ไขเพื่อเริ่มต้นคิดใหม่ หรือในกรณีที่ทำการแก้ไข ลบทิ้ง หรือเพิ่มเติมบางสิ่งบางอย่างโดยไม่ตั้งใจ ก็จะสามารถกลับไปจุดเดิมได้โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแบบจำลอง

2.7.1.2.2 Cut, Copy, Paste เป็นคำสั่งพื้นฐานในการเคลื่อนย้าย คัดลอกข้อมูลจากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่ง หรือหลายจุด

2.7.1.2.3 Paste Special เป็นคำสั่งที่จะนำมาใช้ในบางกรณีเพื่อผลการคำนวณหรือให้มีการแสดงผลบางอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1.2.4 Fill มีประโยชน์ในการทำงานเช่นเดียวกับคำสั่ง Copy โดยเฉพาะการคัดลอกสูตร เช่นต้องการคัดลอกสูตรจากช่อง B ไปใส่ไว้ในช่อง C ถึง M ก็ให้เริ่มโดยนำเคอร์เซอร์ไปไว้ที่ช่อง B จากนั้นให้กดปุ่ม Shift ค้างไว้และเลื่อนเคอร์เซอร์ไปที่ช่อง M ให้ปล่อยปุ่ม Shift จะเกิดแถบสี ให้ไปที่เมนู Edit ใช้คำสั่ง Fill, Right เครื่องก็จะคัดลอกสูตรจากช่อง B ไปยังทุกช่องที่อยู่ในแถบสี

2.7.1.2.5 Clear, Delete เป็นคำสั่งที่ใช้ในการลบข้อมูลในช่องและบรรทัด

2.7.1.2.6 Find, Replace, Go To เป็นคำสั่งที่เกี่ยวกับการค้นหาคำ การค้นหาและทำการแก้ไขและการไปยังตำแหน่งใด ๆ ในแบบจำลอง คำสั่งนี้จะมีประโยชน์และถูกนำมาใช้มากขึ้นเมื่อแบบจำลองมีขนาดใหญ่ขึ้น

2.7.1.3 กลุ่มคำสั่ง Insert

2.7.1.3.1 Row และ Columns ใช้ในการแทรกบรรทัดหรือช่องจะใช้บ่อยครั้งมาก การรู้จักคำสั่งในรูปทางลัดต่าง ๆ จะทำให้การทำงานรวดเร็วขึ้นมาก ในการสร้างแบบจำลองใด ๆ การแทรกบรรทัดเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ แม้ว่าเราจะได้มีการวางแผนไว้อย่างดีแล้วก็ตาม เพราะการจัดสร้างแบบจำลองนั้นจะต้องทำการทดลองอยู่ตลอดเวลา การแทรกหรือลดบรรทัดจะช่วยให้การทดลองมีความสมบูรณ์ขึ้น

2.7.1.3.2 Name ใช้ในการตั้งชื่อช่องคำนวณ (Cell)

2.7.1.3.3 Note ใช้ในการสร้างหมายเหตุคำอธิบายช่องคำนวณช่องใดช่องหนึ่งเป็นการเฉพาะ

2.7.1.4 กลุ่มคำสั่ง Format

2.7.1.4.1 Cells ใช้กำหนดรูปแบบลักษณะข้อมูลของช่อง (Cells) ช่องใดช่องหนึ่ง แต่ถ้าต้องการกำหนดให้ข้อมูลทุกช่องเป็นลักษณะเดียวกันทั้งเวิร์กชีตให้กดปุ่มบนซ้ายสุดที่เป็นจุดตัดของบรรทัด (Rows) และแถว (Columns)

2.7.1.4.2 Rows และ Columns โดยทั่วไปคำสั่งในส่วน Rows จะไม่ค่อยมีปัญหา แต่จะมีปัญหาในการจัดความสูงในช่วงของการพิมพ์ โดยเฉพาะการพิมพ์อักษรภาษาไทยที่รูปแบบของตัวอักษรที่เลือกใช้อาจจะไม่สอดคล้องกับความสูงของบรรทัดในกระดาษพิมพ์ได้ ส่วน Columns แนะนำให้กำหนดช่อง A มีความกว้างเท่ากับ 40 ตัวอักษร เพราะเป็นช่องที่เราใช้ในการใส่รายละเอียดหรือชื่อของรายการต่าง ๆ กำหนดให้ช่อง B ถึง M มีขนาด 15 ตัวอักษรเพื่อรองรับตัวเลขข้อมูลและช่องที่เหลือให้ปล่อยคงเดิมไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์

3.1.2 โปรแกรมเอ็กเซล

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 วิเคราะห์ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง เพื่อศึกษาลำดับการคำนวณของการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย โดยมีระบบย่อยดังต่อไปนี้

3.2.1.1 การคำนวณวิเคราะห์หามวลสมดุลของทั้งระบบ

3.2.1.1.1 คำนวณหา Q น้ำเสีย, BOD_5 และ TSS

$$BOD_5 = Q \times (BOD_{5A} / 1000)$$

$$TSS = Q \times (TSS_A / 1000)$$

3.2.1.1.2 คำนวณหาข้อมูลของสลัดจ์จากถังตกตะกอนแรก (Primary Sludge)

$$BOD_{5PS} = BOD_{5E} \times BOD_5$$

$$TSS_{PS} = TSS_E \times TSS$$

$$SLU = TSS_{PS} / (CONC_S \times K_S \times 1 \times 1000)$$

3.2.1.1.3 คำนวณหาน้ำทิ้งไหลออกจากถังตะกอนแรก (Primary Treated Effluent)

$$Q_{EFF} = Q - SLU$$

$$BOD_{5EFF} = BOD_5 - BOD_{5PS}$$

$$= (BOD_{5EFF} \times 1000) / Q_{EFF}$$

$$TSS_{EFF} = TSS - TSS_{PS}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.1.4 คำนวณหาสลัดจ์ที่ถูกถ่ายทิ้งออกจากระบบ

$Y_{obs} = Y / (1 + K_d\theta_c)$

$TVSS_I = (Y_{obs} \times (BOD_{5EFF} - Z) \times Q_{EFF}) / 1000$

$TSS_I = TVSS_I / B$

$TSS_W = TSS_I - ((Q_{EFF} - Q_W) \times (BOD_{5F} / 1000))$

$MLSS = MLVSS / B$

$Q_{W1} = 1000 \times (TSS_W / MLSS)$

$BOD_{5S} = TSS_W \times 0.65 \times 0.68 \times 1.42$

$BOD_{5O} = Q_{W1} \times (Z / 1000)$

$BOD_{5TO} = BOD_{5S} + BOD_{5O}$

3.2.1.1.5 คำนวณหาสลัดจ์ทั้งหมดที่ถ่ายทิ้งออกจากระบบ

$Q_{W2} = SLU + Q_{W1}$

$BOD_{5W} = BOD_{5PS} + BOD_{5TO}$

$TSS_{W1} = TSS_{PS} + TSS_W$

3.2.1.1.6 คำนวณหาสลัดจ์หลังจากผ่านระบบทำเข้มข้น (Thickener)

$TSS_{th} = 0.85 \times TSS_{W1}$

$Q_{th} = TSS_{th} \times K_d \times K_S \times 1000$

3.2.1.1.7 คำนวณหาน้ำใสล้นออกจากระบบทำเข้มข้นกลับไปสู่ถังเติมอากาศ

$Q_R = Q_{W2} - Q_{th}$

$TSS_R = 0.15\ TSS_{W1}$

$BOD_{5R} = (BOD_{5W} \times TSS_R) / TSS_{W1}$

3.2.1.1.8 คำนวณหาน้ำใสล้นออกจากระบบย่อยสลัดจ์แบบไร้อากาศ (Anaerobic Digester)

$TVSS/TSS_{TS} = [((TVSS/TSS_{SO}) \times TSS_W) + ((\ TVSS/TSS_{PS}) \times TSS_{PS})]/ (TSS_W + TSS_{PS})$

$TVSS_{AD} = TVSS/TSS_{TS} \times TSS_{th}$

$TVSS_{ADO1} = 0.52 \times TVSS_{AD}$

$TSS_{AD} = (TSS_{th} - TVSS_{AD}) + 0.48 \times TVSS_{AD}$

$M_{SAD} = TSS_{th} / K_d$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$G = X \times X_A \times TVSS_{ADO1} \times D$$

$$M_{AD} = M_{SAD} - G$$

$$S = [(M_{AD} \times TSS_C \times 5) - (TSS_C \times TSS_{AD} \times 100)] / (46 \times 10^5)$$

$$C_{AD} = (S \times 1000) / TSS_C$$

$$BOD_{5C1} = BOD_{5C} \times (C_{AD} / 1000)$$

3.2.1.1.9 คำนวณหาปริมาณสลัดจ์ที่ไหลไประบบรีดน้ำ

$$TSS_D = TSS_{AD} - S$$

$$S_D = Q_{th} - C_{AD}$$

3.2.1.1.10 คำนวณหาลักษณะของกากสลัดจ์และน้ำที่ถูกรีดออก

$$TSS_{SLU} = (F \times TSS_D) + (Y \times TSS_D \times P_{INO}) + (Y \times TSS_D \times P_{ORG})$$

$$V_S = TSS_{SLU} / (Y_F \times K_{SLU} \times 1000)$$

$$W_F = S_D - V_S$$

$$BOD_{5F1} = BOD_{5F} \times (W_F / 1000)$$

$$TSS_F = (P_{INO} \times TSS_D) + (Y_F \times TSS_D \times P_{INO}) + (Y_F \times TSS_D \times P_{ORG})$$

$$X_{TSS} = TSS_F \times (1000 / W_F)$$

$$X_{BOD5} = BOD_{5F1} \times (1000 / W_F)$$

3.2.1.2 การคำนวณออกแบบขนาดถังเติมอากาศ

3.2.1.2.1 ข้อมูลน้ำเสียสำหรับการออกแบบขนาดถังเติมอากาศ

3.2.1.2.2 คำนวณหาค่า BOD_5 ของน้ำใสในน้ำทิ้ง

$$BOD_{5SW} = BOD_{5G} \times SB \times SB_1 \times BOD_5$$

$$BOD_{5CW} = BOD_{5G} - BOD_{5SW}$$

3.2.1.2.3 ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ

$$E_C = [(BOD_{5X} - BOD_{5CW}) \times 100] / BOD_{5X}$$

$$E_W = [(BOD_{5A} - BOD_{5G}) \times 100] / BOD_{5A}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2.4 คำนวณหาความจุของถังเติมอากาศ

$$V = [Q_X \times \theta_C \times Y \times (BOD_{5X} - BOD_{5CW})] / [X \times (1 + K_d\theta_C)]$$

3.2.1.2.5 ออกแบบขนาดถังเติมอากาศ

$$V_a = \text{กว้าง} \times \text{ยาว} \times \text{ลึก}$$

$$V_{a4} = 4 \times V_a$$

3.2.1.2.6 คำนวณหาปริมาณของสลัดจ์ที่ต้องถ่ายทิ้งออก

$$P_X = [Y_{obs} \times Q_X \times (BOD_{5X} - BOD_{5CW})] / 1000$$

$$= P_X / B$$

$$P_{XEFF} = (Q_X - 507) \times (BOD_{5G} / 1000)$$

$$P_{XA} = P_X - P_{XEFF}$$

$$Q_{WA} = P_{XA} \times (1000 / MLSS)$$

3.2.1.2.7 คำนวณหาปริมาณสลัดจ์เวียนกลับ

แก้สมการหา $Q_r : MLSS\ (Q + Q_r) = X_r Q_r$

$$Q_r / Q = Q_r \times (86400 / Q_X)$$

3.2.1.2.8 ตรวจสอบหาเวลาเก็บกักของน้ำเสียในถังเติมอากาศ

$$\theta = (V_{a4} \times 24) / Q_X$$

3.2.1.2.9 ตรวจสอบหาค่า F/M

$$F/M = [Q_X \times (BOD_{5X} - BOD_{5CW})] / (V_{a4} \times X)$$

3.2.1.2.10 การตรวจสอบหาภาระอินทรีย์

$$OL = (BOD_{5X} \times Q_X) / (V_{a4} \times 1000)$$

3.2.1.3 การคำนวณออกแบบทางเข้าของถังเติมอากาศ

3.2.1.3.1 คำนวณหาค่าสูญเสียระดับน้ำ

$$Q_{m/l} = (Q_m + Q_r) / 3$$

$$Qn = Q_{m/l} / 2$$

$$R = Qn / (\text{ขนาดกว้างของรางน้ำ} \times \text{ระดับน้ำลึกบนรางน้ำ})$$

$$Qn_C = Qn / 5$$

$$\Delta Z = [Qn_C / (C_d \times 0.25 \times 0.25 \times (2 \times G)^{1/2})]^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.4 การคำนวณออกแบบทางออกของถังเติมอากาศ

3.2.1.4.1 คำนวณหาระดับน้ำล้นบนฝายน้ำล้น ณ Q เฉลี่ย

$Q_O = Q_X + Q_r$

$Q_1 = Q_O / 4$

$Q_b = Q_1 / 8$

แก้สมการหา H: $Q_b = (2/3) \times C_d \times L' \times (2 \times G \times H^3)^{1/2}$

3.2.1.4.2 คำนวณหาระดับน้ำล้นบนฝายน้ำล้น ณ Q สูงสุด

$Qn_w = Q_{m/1} / 8$

แก้สมการหา H: $Qn_w = (2/3) \times C_d \times L' \times (2 \times G \times H^3)^{1/2}$

3.2.1.4.3 คำนวณออกแบบรางน้ำออก

L = กว้าง – 1

$Y_2 = Q / 86400$

$q = Q_{m/1} / L$

$Y_1 = [Q^2 + ((2qL)^2 / (GY_2b^2))]^{1/2}$

3.2.1.4.4 คำนวณออกแบบกล่องรับน้ำทิ้งและท่อระบายน้ำออก

$Q_m = Q_{m/1} \times 2$

3.2.1.5 ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการ

3.2.1.5.1 คำนวณหาปริมาณออกซิเจนที่ต้องการทางทฤษฎี

ปริมาณ $O_2 = [Q_X \times (BOD_{5X} - BOD_{5CW})] / (BOD_5 \times 1000)$

3.2.1.5.2 คำนวณหาปริมาณออกซิเจนที่ต้องการ ณ สภาวะจริง

SOR = ปริมาณ $O_2 / \alpha [(C'_{CW} \times \beta \times (\alpha - C)) / C_{SW}] \times (1.024)^{24-20}$

3.2.1.5.3 คำนวณหาปริมาณอากาศที่ต้องการในการออกแบบ

Air_{R1} = SOR / (ความหนาแน่นอากาศ $\times$ $O_2 \times$ ประสิทธิภาพของหัวกระจายอากาศ)

Air_{R2} = Air_{R1} $\times$ ปริมาณอากาศที่ออกแบบ

สำหรับ 4 ถัง = $Air_{R2} / (60 \times 24)$

สำหรับ 1 ถัง = สำหรับ 4 ถัง / 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.5.4 คำนวณหาปริมาณอากาศที่ต้องการใช้ในการบำบัดน้ำเสีย

$Air_1 = (Air_{R2} \times 1000) / [(BOD_{5X} - BOD_{5CW}) \times Q_X]$

$Air_2 = Air_{R2} / Q_X$

$Air_3 = Air_{R2} / V_{a4}$

3.2.1.6 การคำนวณออกแบบระบบกระจายอากาศ

3.2.1.6.1 เลือกชนิดระบบกระจายอากาศ

3.2.1.6.2 จำนวนกระบอกกระจายอากาศ

n = สำหรับ 4 ถัง / ปริมาณอากาศ

n_R = การจัดวาง × แถว × จำนวนกระบอกกระจายอากาศ

$n_{R4} = 4 \times n_R$

3.2.1.7 การคำนวณออกแบบระบบถ่ายสลัดจ์ออกจากถังเติมอากาศ

3.2.1.7.1 ปริมาณของสลัดจ์ที่ถูกถ่ายออก

3.2.1.7.2 เลือกขนาดเครื่องสูบสลัดจ์

อัตราสูบสลัดจ์ $= (60 / 15) \times Q_{WA}$

3.2.1.8 การออกแบบระบบฉีดน้ำลงถังเติมอากาศ

3.2.1.9 การคำนวณออกแบบถังตกตะกอนที่สอง

3.2.1.9.1 การคำนวณออกแบบเส้นผ่าศูนย์กลางของถัง

$Q_I = (Q_X / 86400) + (Q_r / 86400) + (Q_{WA} / 86400)$

$Q_{I/1} = Q_I / 4$

$A = (Q_{I/1} \times 60 \times 60 \times MLSS) / (2 \times 1000)$

$D = [(A \times 4) / \pi]^{1/2}$

$A_T = (\pi / 4) \times D^2$

3.2.1.9.2 คำนวณหาอัตราน้ำล้นบนถัง

$OFR_X = (Q_{I/1} \times 86400) / A_T$

$Q_{T/4} = (Q_m + Q_r) / 4$

$OFR_Y = (Q_{T/4} \times 86400) / A_T$

$Q_{T/3} = (Q_m + Q_r) / 3$

$OFR_Z = (Q_{T/3} / A_T)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.9.3 คำนวณหาภาระของแข็ง

SLR_X $= (Q_{I/1} \times MLSS \times 86400) / (1000 \times A_T)$

SLR_Y $= (Q_{T/4} \times MLSS \times 86400) / (1000 \times A_T)$

SLR_Z $= (Q_{T/3} \times MLSS\ \ 86400) / (1000 \times A_T)$

3.2.1.9.4 คำนวณหาขนาดความลึกของถังตกตะกอนที่สอง

$Sludge_{SC}$ $= (MLSS \times$ ลึก $\times$ ยาว $\times$ กว้าง$) / 1000$

$= $ ปริมาณของตะกอนในถังตกตะกอน $\times Sludge_{SC}$

U $= (Sludge_{SC} \times 1000) / (X_A \times A_T)$

ณ ช่วงเวลาสูงสุด

TVS_M $= P_X \times BOD_5$ในถังตกตะกอน $\times$ Q ถังตกตะกอน

TS_M $= TVS_M / (TVSS/TSS_{SO})$

TS_2 $= TS_M \times 2$

TS_{S1} $= TS_2 / 4$

$Sludge_{SCA}$ $= Sludge_{SC} + TS_{S1}$

D_S $= (Sludge_{SCA} \times 1000) / (X_A\ A_T)$

3.2.1.9.5 คำนวณหาเวลาเก็บกักของถังตกตะกอน

V_C $= (\pi / 4) \times A_T \times D_W$

DT_1 $= V_C / (Q_{I/1} \times 60 \times 60)$

DT_4 $= V_C / (Q_{T/4} \times 60 \times 60)$

DT_3 $= V_C / (Q_{T/3}\ 60 \times 60)$

3.2.1.9.6 ออกแบบฝายน้ำล้นรอบถัง

ความยาวของฝาย $= \pi \times (D - D_S)$

จำนวนของตัว V รอบถัง $=$ ความยาวของฝาย / ระยะห่างระหว่างปลายแหลม

Q_O $= Q_X - (Q_{WA} / 86400)$

$Q_{O/1}$ $= Q_O / 4$

$Q_{O/V}$ $= Q_{O/1} /$ จำนวนของตัว V รอบถัง

H $= [(15/8) (Q_{O/V} / (0.584 \times (2 \times G)^{1/2} \times \tan 45^{O}))]^{2/5}$

WL $= (Q_{O/1} \times 86400) /$ ความยาวของฝาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$Q_{O/3/V}$ = $[Q_m - (Q_{WA} / 86400)] / (3 \times$จำนวณของตัว V รอบถัง$)$

H_3 = $[(15/8) (WL / (0.584 \times (2 \times G)^{1.2} \times \tan 45^{\circ}))]^{2/5}$

WL_3 = $[(Q_m - (Q_{WA} / 86400)) \times 86400]$

$/ (3 \times$ ความยาวของฝาย$)$

3.2.1.9.7 ออกแบบรางระบายน้ำล้นรอบถัง กล่องทางน้ำออกและท่อน้ำออก

$Q_{1/2}$ = $Q_m / (2 \times 3)$

L = $[\pi$ (D – ความกว้างของราง$) - 2] / 2$

q = $(Q_{1/2} /$ ความกว้างของราง$) \times$ ความยาวของฝาย

Y_1 = $[(Y_2)^2 + ((2 (qLN)^2 / (Gb^2 Y_2))]^{1/2}$

D_O = $Y_1 +$ ระดับท้องรางระบายน้ำ

3.2.1.10 การออกแบบระบบสูบสลัดจ์เวียนกลับ

อัตราสูบสลัดจ์ต่อเครื่อง = ขนาดเครื่องสูบสลัดจ์ / 4

3.2.2 กำหนดตัวแปร สัญลักษณ์และความหมาย

3.2.2.1 สัญลักษณ์และความหมายของสมดุลระบบ

TSS	=	ปริมาณของแข็งที่แขวนลอย
BOD_5	=	ปริมาณของออกซิเจนที่ถูกใช้ในการย่อยสารอินทรีย์
Q	=	อัตราไหลเข้าของน้ำเสีย
BOD_{5A}	=	BOD_5 ของน้ำเสีย
TSS_A	=	TSS ของน้ำเสีย
BOD_{5E}	=	ประสิทธิภาพของการกำจัด BOD_5
TSS_E	=	ประสิทธิภาพของการกำจัด TSS
$CONC_S$	=	ความเข้มข้นของของแข็ง
K_S	=	ความถ่วงจำเพาะของของแข็ง
BOD_{5PS}	=	BOD_5 ของสลัดจ์จากถังตกตะกอนแรก
TSS_{PS}	=	TSS ของสลัดจ์จากถังตกตะกอนแรก
SLU	=	ปริมาณสลัดจ์
Q_{EFF}	=	Q ของน้ำทิ้งไหลออกจากถังตกตะกอนแรก
BOD_{5EFF}	=	BOD_5 ของน้ำทิ้งไหลออกจากถังตกตะกอนแรก
TSS_{EFF}	=	TSS ของน้ำทิ้งไหลออกจากถังตกตะกอนแรก
Q_W	=	ปริมาณสลัดจ์ที่ถูกถ่ายทิ้งออกจากระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$TVSS_I$	=	TVSS ที่เพิ่มขึ้นในระบบ
TSS_I	=	TSS ที่เพิ่มขึ้นในระบบ
TSS_W	=	TSS ของสลัดจ์ที่ถูกถ่ายทิ้งออกจากระบบ
BOD_{5S}	=	BOD_5 ของสลัดจ์
BOD_{5O}	=	BOD_5 ของน้ำทิ้ง
BOD_{5TO}	=	BOD_5 รวมที่ถูกถ่ายทิ้งออกจากระบบ
Q_{W2}	=	Q ของสลัดจ์ทั้งหมดที่ถ่ายทิ้งออกจากระบบ
BOD_{5W}	=	BOD_5 ของสลัดจ์ทั้งหมดที่ถ่ายทิ้งออกจากระบบ
TSS_{W1}	=	TSS ของสลัดจ์ทั้งหมดที่ถ่ายทิ้งออกจากระบบ
TSS_{TH}	=	TSS ของสลัดจ์หลังจากผ่านระบบทำเข้มข้น
Q_{TH}	=	Q ของสลัดจ์หลังจากผ่านระบบทำเข้มข้น
Q_R	=	Q ของน้ำใสออกจากระบบทำเข้มข้นกลับไปสู่ถังเติมอากาศ
TSS_R	=	TSS ของน้ำใสออกจากระบบทำเข้มข้นกลับไปสู่ถังเติมอากาศ
BOD_{5R}	=	BOD_5 ของน้ำใสออกจากระบบทำเข้มข้นกลับไปสู่ถังเติมอากาศ
BOD_{5C}	=	BOD_5 ของน้ำใส (สมมติ)
TSS_c	=	TSS ของน้ำใส (สมมติ)
TSS_S	=	TSS ของสลัดจ์ที่ผ่านระบบย่อยแบบไร้อากาศแล้ว
$TVSS/TSS_{SO}$	=	TVSS/ TSS ของสลัดจ์ที่ถูกถ่ายทิ้ง
$TVSS/TSS_{PS}$	=	TVSS/ TSS ของสลัดจ์จากถังตกตะกอนแรก
$TVSS/TSS_{TS}$	=	TVSS/ TSS ของสลัดจ์รวมกันของทั้งสอง
$TVSS_{AD}$	=	TVSS ของน้ำใสที่ล้นออกจากระบบย่อยสลัดจ์แบบไร้อากาศ
$TVSS_{ADO}$	=	TVSS ถูกกำจัดในถังหมักไร้อากาศ
$TVSS_{ADO1}$	=	TVSS ถูกกำจัดในถังหมักไร้อากาศ (สมมติ)
TSS_{AD}	=	TSS ของสลัดจ์ที่ได้ผ่านถังหมักไร้อากาศแล้ว
X	=	ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น (สมมติ)
X_A	=	ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นในระบบมีน้ำหนักเบากว่าอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D	=	ความหนาแน่นของอากาศ
G	=	ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น
M_{SAD}	=	มวลรวมของสลัดจ์ในถังหมักไร้อากาศ
M_{AD}	=	ในถังหมักไร้อากาศ
S	=	ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำใสล้นออกจาก ถังหมักไร้อากาศ
C_{AD}	=	ปริมาณน้ำใสล้นออกจากถังหมักไร้อากาศ
BOD_{5C1}	=	BOD_5 ของน้ำใส
TSS_D	=	TSS ของสลัดจ์ที่ไหลไประบบรีดน้ำ
S_D	=	ปริมาณของสลัดจ์ที่ไหลไประบบรีดน้ำ
SS	=	ปริมาณของแข็งในกากสลัดจ์
F	=	ระบบรีดน้ำแบบอัดกรองสามารถได้ของแข็ง
K_{SLU}	=	ความถ่วงจำเพาะของกากสลัดจ์
P_{INO}	=	สารโพลีเมอร์อนินทรีย์ที่เติมลงไปเพื่อปรับสภาพสลัดจ์
P_{ORG}	=	สารโพลีเมอร์อินทรีย์ที่เติมลงไปเพื่อปรับสภาพสลัดจ์
Y	=	ปริมาณสารเคมีที่ผสมอยู่ในกากสลัดจ์
Y_F	=	ปริมาณสารเคมีที่ไหลไปกับน้ำที่ถูกรีดออกซึ่งไหลกลับไปที่ระบบบำบัด
BOD_{5F}	=	BOD_5 ของน้ำที่ถูกรีดออก (สมมติ)
TSS_{SLU}	=	TSS ของกากสลัดจ์
V_S	=	ปริมาตรของกากสลัดจ์
W_F	=	ปริมาณของน้ำที่ถูกรีดออก
BOD_{5F1}	=	BOD_5 ของน้ำที่ถูกรีดออก
TSS_F	=	TSS_F ของน้ำที่ถูกรีดออก
X_{TSS}	=	ความเข้มข้นของ TSS ของน้ำที่ถูกรีดออก
X_{BOD5}	=	ความเข้มข้นของ BOD_5 ของน้ำที่ถูกรีดออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.2 สัญลักษณ์และความหมายของถังเติมอากาศ

TSS	=	ปริมาณของแข็งที่แขวนลอย
BOD_5	=	ปริมาณของออกซิเจนที่ถูกใช้ในการย่อยสารอินทรีย์
BOD_{5X}	=	BOD_5 ของน้ำเสียทั้งหมดไหลลงสู่ถังเติมอากาศ
TSS_X	=	TSS_X ของน้ำเสียทั้งหมดไหลลงสู่ถังเติมอากาศ
Q_X	=	อัตราไหลของน้ำเสียทั้งหมดไหลสู่ถังเติมอากาศ
BOD_{5G}	=	BOD_5 ของน้ำทิ้ง
SB	=	ของแข็งที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ
SB_1	=	หนึ่งกรัมของของแข็งที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ
$BOD_{5\,SW}$	=	BOD_5 ของของแข็งที่อยู่ในน้ำทิ้ง
$BOD_{5\,CW}$	=	BOD_5 ของน้ำใสที่อยู่ในน้ำทิ้ง
$BOD_{5\,A}$	=	BOD_5 ของน้ำเสีย
E_C	=	ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ พิจารณา BOD_5 ของน้ำใส
E_w	=	ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ พิจารณา BOD_5 ของน้ำเสีย
Q	=	อัตราไหลเข้าของน้ำเสีย
θ_C	=	อายุของตะกอน
Y	=	ค่าสัมประสิทธิ์
k_d	=	ค่าสัมประสิทธิ์
X	=	MLVSS ในถังเติมอากาศ
v	=	ปริมาตรความจุของถังเติมอากาศ
P_x	=	ปริมาณ MLVSS ที่ต้องการถ่ายทิ้งออก
$P_{x\,eff}$	=	ปริมาณตะกอนไหลทิ้งออกจากระบบไปกับน้ำทิ้ง
V_a	=	ปริมาตรความจุของถังเติมอากาศ
V_{a4}	=	ปริมาตรจริงของถังเติมอากาศทั้ง 4 ถัง
Q_r	=	ปริมาณสลัดจ์เวียนกลับ
θ	=	เวลาเก็บกักของน้ำเสียในถังเติมอากาศ
F/M	=	อาหาร/จุลชีพ
OL	=	ภาระอินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.3 สัญลักษณ์และความหมายของทางเข้าของถังเติมอากาศ

Q_m = อัตราไหลเข้าสูงสุดของน้ำเสีย

$Q_{m/1}$ = อัตราไหลเข้าสูงสุดของน้ำเสียที่เป็นไปได้ต่อหนึ่งถัง

Q_n = ปริมาณน้ำไหลบนรางแต่ละทิศทาง

R = ความเร็วของน้ำไหลบนราง

QN_C = ปริมาณน้ำไหลผ่านช่อง

ΔZ = ค่าสูญเสียระดับน้ำ

3.2.2.4 สัญลักษณ์และความหมายของทางออกของถังเติมอากาศ

Q_x = อัตราไหลของน้ำเสียทั้งหมดไหลสู่ถังเติมอากาศ

Q_o = อัตราไหลของน้ำเสียทั้งหมดที่ไหลบนทางน้ำออก

Q_1 = อัตราไหลของน้ำเสียทั้งหมดที่ไหลบนทางน้ำออกต่อหนึ่งถัง

Q_b = อัตราไหลของน้ำเสียทั้งหมดที่ไหลบนทางน้ำออกต่อหนึ่งถังต่อกล่องฝายน้ำล้น

H = ระดับน้ำล้นบนฝายน้ำล้น

$Q_{m/1}$ = อัตราไหลเข้าสูงสุดของน้ำเสียที่เป็นไปได้ต่อหนึ่งถัง

Qn_w = ปริมาณน้ำไหลล้นต่อกล่องฝายน้ำล้น

Q_m = Q สูงสุดที่อาจเป็นไปได้ต่อกล่องรับน้ำทิ้งและท่อระบายน้ำออก 1 ชุด

3.2.2.5 สัญลักษณ์และความหมายของปริมาณออกซิเจนที่ต้องการ

O_2 = ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการทางทฤษฎี

T = อุณหภูมิของน้ำเสียในบ่อเติมอากาศ ณ สภาวะจริง

C_{SW} = การละลายของออกซิเจนในน้ำประปา ณ อุณหภูมิ20°C

C'_{SW} = การละลายของออกซิเจนในน้ำประปา ณ อุณหภูมิของสภาวะจริง

C = ค่าออกซิเจนละลายต่ำสุดในถังเติมอากาศ

α = ค่าแก้ไขการถ่ายเทออกซิเจนสำหรับน้ำเสีย

β = ค่าออกซิเจนอิ่มตัวในน้ำเสีย/ค่าออกซิเจนอิ่มตัวในน้ำประปา

F_a = ค่าแก้ไขของการละลายของออกซิเจน ณ ระดับใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOR	=	ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการ ณ สภาวะจริง
Air_{R1}	=	ปริมาณอากาศที่ต้องการทางทฤษฎี ณ สภาวะจริง
Air_{R2}	=	ปริมาณอากาศที่ต้องการใช้ในการออกแบบ
Air_1	=	ปริมาณอากาศที่ต้องการใช้ต่อกิโลกรัมของ BOD5 ที่ถูกกำจัด
Air_2	=	ปริมาณอากาศที่ต้องการใช้ต่อลบ.ม. ของน้ำเสีย
Air_3	=	ปริมาณอากาศที่ต้องการใช้ต่อ วัน ต่อลบ.ม. ของถังเติมอากาศ

3.2.2.6 สัญลักษณ์และความหมายของระบบกระจายอากาศ

n_R	=	จำนวนกระบอกกระจายอากาศที่ใช้จริงต่อถังเติมอากาศ
n_{R4}	=	จำนวนกระบอกกระจายอากาศที่ใช้จริงทั้งหมด

3.2.2.7 สัญลักษณ์และความหมายของระบบถ่ายสลัดจ์ออกจากถังเติมอากาศ

P_{xA}	=	ปริมาณ MLVSS ที่ต้องการถ่ายทิ้งออกจากถังเติมอากาศ
Q_{wa}	=	ปริมาณสลัดจ์ที่ถูกถ่ายทิ้งออกจากระบบจากถังเติมอากาศ

3.2.3 ออกแบบเวิร์กชีตของแต่ละระบบย่อย เพื่อความสะดวกในการใช้งาน

โปรแกรมตารางทำการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง แบ่งการทำงานออกเป็น 10 ตารางทำการ ได้แก่ การคำนวณวิเคราะห์หามวลสมดุลของทั้งระบบ การคำนวณออกแบบขนาดถังเติมอากาศ การคำนวณออกแบบทางเข้าของถังเติมอากาศ การคำนวณออกแบบทางออกของถังเติมอากาศ การคำนวณหาปริมาณออกซิเจนที่ต้องการ การคำนวณออกแบบระบบกระจายอากาศ การคำนวณออกแบบระบบถ่ายสลัดจ์ออกจากถังเติมอากาศ การออกแบบระบบฉีดน้ำลงถังเติมอากาศ การคำนวณออกแบบถังตกตะกอนที่สองและการออกแบบระบบสูบสลัดจ์เวียนกลับ รายละเอียดในแต่ละช่องมีดังนี้

(ก) คอลัมน์ที่ 1 เป็นช่องที่ใช้ในการใส่ตัวแปร มีความกว้างเท่ากับ 40 ตัวอักษร

(ข) คอลัมน์ที่ 2 เป็นช่องที่ใช้ในการใส่ค่าตัวแปร มีความกว้างเท่ากับ 15 ตัวอักษร

(ค) คอลัมน์ที่ 3 เป็นช่องที่ใช้ในการใส่หน่วย มีความกว้างเท่ากับ 15 ตัวอักษร

(ง) คอลัมน์ที่ 4 ถึง 6 มีขนาด 15 ตัวอักษร

(จ) แถวที่ 1 แสดงหัวข้อในการคำนวณ

(ฉ) แถวที่ 3 แสดงหัวข้อย่อย ซึ่งจะใช้พื้นหลังสีม่วง

(ช) ช่องสีฟ้าสำหรับป้อนค่าตัวแปร

(ซ) ช่องสีเขียวสำหรับค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ฌ) ช่องสีเหลืองสำหรับสูตรคำนวณ

(ญ) ช่องสีเขียวมะกอกสำหรับแสดงการเตือนว่าผลลัพธ์ที่ได้ สามารถนำไปใช้คำนวณใน ขั้นต่อไปได้หรือไม่

3.2.4 ทดสอบการคำนวณของเวิร์กชีต

ทำการทดสอบโดยการเปลี่ยนค่าตัวแปรทีละรายการ ในส่วนของการป้อนข้อมูลและดูในส่วนที่แสดงผลลัพธ์ ว่าถูกต้องหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

จากการทดลองนำโปรแกรมเอ็กเซลมาประยุกต์ใช้ในการคำนวณออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง เมื่อทำการศึกษาการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งเสร็จแล้ว สามารถออกแบบตารางทำการได้ดังนี้

4.1 การคำนวณหามวลสมดุลของทั้งระบบ

4.1.1 คำนวณหา Q น้ำเสีย, BOD_5 และ TSS

4.1.2 คำนวณหาข้อมูลของสลัดจ์จากถังตกตะกอนแรก

4.1.3 คำนวณหาน้ำทิ้งไหลจากถังตกตะกอนแรก

4.1.4 คำนวณหาสลัดจ์ที่ถูกถ่ายทิ้งออกจากระบบ

4.1.5 คำนวณหาสลัดจ์ทั้งหมดที่ถ่ายทิ้งออกจากระบบ

4.1.6 คำนวณหาสลัดจ์หลังจากผ่านระบบทำเข้มข้น

4.1.7 คำนวณหาน้ำใสล้นออกจากระบบทำเข้มข้นกลับไปสู่ถังเติมอากาศ

4.1.8 คำนวณหาน้ำใสล้นออกจากระบบย่อยสลัดจ์แบบไร้อากาศ

4.1.9 คำนวณหาปริมาณของสลัดจ์ที่ไหลไประบบรีดน้ำ

4.1.10 คำนวณหาลักษณะของกากสลัดจ์

	A	B	C	D	E	F
1	การคำนวณวิเคราะห์หามวลสมดุลของทั้งระบบ					
2						
3						
4	1. คำนวณหา Q น้ำเสีย, BOD_5 และ TSS					
5	Q	38,016	ลบ.ม./วัน	0.44	ลบ.ม./วินาที	
6	BOD_{5A}	250	มก./ลิตร			
7	TSS_A	260	มก./ลิตร			
8	BOD_5	9504	กก./วัน			
9	TSS	9884	กก./วัน			

ภาพที่ 4.1 การคำนวณวิเคราะห์หามวลสมดุลทั้งระบบ: คำนวณหา Q น้ำเสีย, BOD_5 และ TSS ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10					
11	**2. คำนวณหาข้อมูลของสลัดจ์จากถังตกตะกอนแรก (Primary Sludge)**				
12	BOD_{5E}	34%			
13	TSS_E	63%			
14	$CONC_S$	4.50%			
15	K_s	1.03			
16	BOD_{5PS}	3231	กก./วัน		
17	TSS_{PS}	6227	กก./วัน		
18	SLU	134	ลบ.ม./วัน		
19					
20	**3. คำนวณหาน้ำทิ้งไหลออกจากถังตกตะกอนแรก (Primary Treated Effluent)**				
21	Q_{EFF}	37,882	ลบ.ม./วัน		
22	BOD_{5EFF}	6273	ลบ.ม./วัน	165.6	มก./ลิตร
23	TSS_{EFF}	3657	ลบ.ม./วัน	96.5	มก./ลิตร
24					
25	**4. คำนวณหาสลัดจ์ที่ถูกถ่ายทิ้งออกจากระบบ**				
26	BOD_{5T}	20			
27	θ_c	10	วัน		
28	Y	0.5	มก./มก.		
29	k_d	0.06	ต่อวัน		
30	Y_{obs}	0.3125			
31	Z	7.4			
32	B	0.8			
33	MLVSS	3000	มก./ลิตร		
34	BOD_5/BOD_L	0.68			
35	จุลชีพทั้งหมด	65%			
36	Q_W	425	ลบ.ม./วัน		
37	$TVSS_T$	1873	กก./วัน		
38	TSS_T	2341	กก./วัน		
39	TSS_w	1592	กก./วัน		
40	MLSS	3750	มก./ลิตร		
41	Q_{W1}	424	ลบ.ม./วัน		
42	BOD_{5S}	999	กก./วัน		
43	BOD_{5O}	3	กก./วัน		
44	BOD_{5TO}	1002	กก./วัน		
45					
46	**5. คำนวณหาสลัดจ์ทั้งหมดที่ถ่ายทิ้งออกจากระบบ**				
47	Q_{W2}	559	ลบ.ม./วัน		
48	BOD_{5W}	4233	กก./วัน		
49	TSS_{wt}	7819	กก./วัน		
50					

ภาพที่ 4.2 การคำนวณวิเคราะห์หามวลสมดุลทั้งระบบ: คำนวณหาข้อมูลของสลัดจ์จากถังตกตะกอนแรก, คำนวณหาน้ำทิ้งไหลจากถังตกตะกอนแรก, คำนวณหาสลัดจ์ที่ถูกถ่ายทิ้งออกจากระบบ, คำนวณหาสลัดจ์ทั้งหมดที่ถ่ายทิ้งออกจากระบบ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

51	**6. คำนวณหาสลัดจ์หลังจากผ่านระบบทำข้นข้น (Thickener)**		
52	ระบบรวบรวมตะกอนได้	85%	
53	TSS_{Th}	6646	กก./วัน
54	Q_{Th}	108	ลบ.ม./วัน
55			
56	**7. คำนวณหาน้ำใสล้นออกจากระบบทำข้นข้นกลับไปสู่ถังเติมอากาศ**		
57	Q_R	451	ลบ.ม./วัน
58	TSS_R	1173	กก./วัน
59	BOD_{5R}	635	กก./วัน
60			
61	**8. คำนวณหาน้ำใสล้นออกจากระบบย่อยสลัดจ์แบบไร้อากาศ (Anaerobic Digester)**		
62	BOD_{5C}	3000	มก./ลิตร
63	TSS_C	4000	มก./ลิตร
64	TSS_S	5%	
65	$TVSS/TSS_{SO}$	0.8	
66	$TVSS/TSS_{ES}$	0.74	
67	$TVSS/TSS_{TS}$	0.752	
68	$TVSS_{AD}$	4999	กก./วัน
69	$TVSS_{ADO}$	52%	
70	$TVSS_{ADO1}$	2600	กก./วัน
71	TSS_{AD}	4046	กก./วัน
72	M_{SAD}	110764	กก./วัน
73	X	0.936	ลบ.ม./กก.ของ TVSS ที่ถูกกำจัด
74	X_A	0.86	ของปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมด
75	D	1.162	กก./ลบ.ม.
76	G	2432	กก./วัน
77	M_{AD}	108333	กก./วัน
78	S	119	ลบ.ม./วัน
79	C_{AD}	30	ลบ.ม./วัน
80	BOD_{5C1}	89	กก./วัน
81			
82	**9. คำนวณหาปริมาณสลัดจ์ที่ไหลไประบบรีดน้ำ**		
83	TSS_D	3927	กก./วัน
84	S_D	78	ลบ.ม./วัน
85			
86	**10. คำนวณหาลักษณะของกากสลัดจ์ (Sludge Cake) และน้ำที่ถูกปล่อยออก (Liquid)**		
87	SS	25%	
88	F	95%	
89	K_{SLU}	1.06	

ภาพที่ 4.3 การคำนวณวิเคราะห์หามวลสมดุลทั้งระบบ: คำนวณหาสลัดจ์หลังจากผ่านระบบทำเข้มข้น, คำนวณหาน้ำใสล้นออกจากระบบทำเข้มข้นกลับไปสู่ถังเติมอากาศ, คำนวณหาน้ำใสล้นออกจากระบบย่อยสลัดจ์แบบไร้อากาศ, คำนวณหาปริมาณของสลัดจ์ที่ไหลไประบบรีดน้ำ, คำนวณหาลักษณะของกากสลัดจ์ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

90	P_{BIO}	5%	ของปริมาณของสลัดจ์
91	P_{ORG}	2%	ของปริมาณของสลัดจ์
92	Y	0.75	ของปริมาณสารเคมีทั้งหมด
93	Y_I	0.25	ของปริมาณสารเคมีทั้งหมด
94	BOD_{5I}	1500	มก./ลิตร
95	TSS_{SLU}	3937	กก./วัน
96	V_S	15	ลบ.ม./วัน
97	W_I	63	ลบ.ม./วัน
98	BOD_{5I1}	94	กก./วัน
99	TSS_I	265	กก./วัน
100	X_{TSS}	4215	มก./ลิตร
101	X_{BOD5}	1500	มก./ลิตร
102			
103			

	ประเภทของน้ำไหลในระบบ	อัตราไหล	BOD_5		TSS	
104						
105		(ลบ.ม./วัน)	กก./วัน	มก./ลิตร	กก./วัน	มก./ลิตร
106	1. สลัดจ์ขั้นต้น	134	3231	24052	6227	46350
107	2. น้ำที่ผ่านถังตกตะกอนแรก	37,382	6283	165.6	3657	96.5
108	3. น้ำที่ผ่านถังทำเติมอัน	451	635	1407	1173	2599
109	4. น้ำที่ผ่านถังหมักไร้อากาศ	30	89	3000	119	4000
110	5. น้ำที่ดูดซึมออกจากเครื่องอัดกรอง	63	94	1500	265	4215
111	6. น้ำทั้งหมดที่ไหลกลับสู่ระบบบำบัด	544	819	1500	1587	2363
112	7. น้ำเสียทั้งหมดไหลสู่ถังเติมอากาศ	38,426	7091	185	5214	136
113						
114						
115						
116						

สมดุลระบบ | ถังเติมอากาศ | ทางเข้าถังเติมอากาศ | ทางออกถังเติมอากาศ | ปริมาณออกซิเจน | กช |

ภาพที่ 4.4 การคำนวณวิเคราะห์หามวลสมดุลทั้งระบบ: สรุปผลลัพธ์อัตราไหล BOD_5 และ TSS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การคำนวณออกแบบขนาดถังเติมอากาศ

4.2.1 ข้อมูลน้ำเสียสำหรับการออกแบบขนาดถังเติมอากาศ

4.2.2 คำนวณหาค่า BOD_5 ของน้ำใสในน้ำทิ้ง

4.2.3 คำนวณหาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ

4.2.4 คำนวณหาขนาดความจุของถังเติมอากาศ

4.2.5 ออกแบบขนาดถังเติมอากาศ

4.2.6 คำนวณหาปริมาณของสลัดจ์ที่ต้องถ่ายทิ้งออก

4.2.7 คำนวณหาปริมาณสลัดจ์เวียนกลับ

4.2.8 ตรวจสอบหาเวลาเก็บกักของน้ำเสียในถังเติมอากาศ

4.2.9 ตรวจสอบหาค่า F/M

4.2.10ตรวจสอบหาภาระอินทรีย์

	A	B	C	D	E	F
1	การคำนวณออกแบบขนาดถังเติมอากาศ					
2						
3						
4	1.ข้อมูลน้ำเสียสำหรับการออกแบบขนาดถังเติมอากาศ					
5	BOD_{5x}	185				
6	TSS_x	136				
7	Q_x	38,426				
8						
9	2.คำนวณหาค่า BOD_5 ของน้ำใสในน้ำทิ้ง					
10	BOD_{5G}	20	มก./ลิตร			
11	SB	0.65	ของของแข็งชีวภาพ			
12	SB_1	1.42	กรัมของ BOD_L			
13	BOD_5	0.68	BOD_L			
14	BOD_{5sw}	12.6	มก./ลิตร			
15	BOD_{5cw}	7.4	มก./ลิตร			
16						

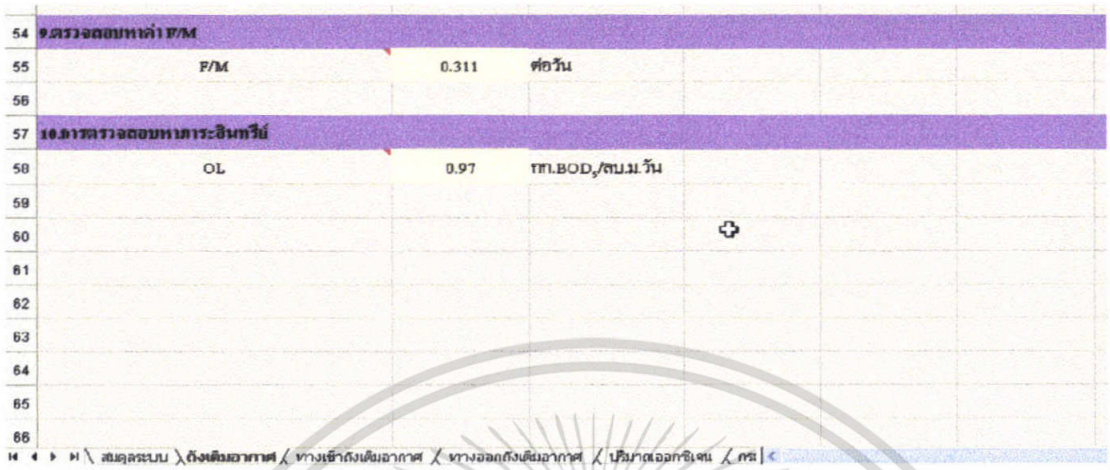
ภาพที่ 4.5 การคำนวณออกแบบขนาดถังเติมอากาศ: ข้อมูลน้ำเสียสำหรับการออกแบบขนาดถังเติมอากาศ, คำนวณหาค่า BOD_5 ของน้ำใสในน้ำทิ้ง ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17	3.ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ				
18		$BOD_{5,A}$	250	มก./ลิตร	
19		E_C	96	%	
20		E_w	92	%	
21					
22	4.คำนวณหาขนาดความจุของถังเติมอากาศ (v)				
23		θ_c	10	วัน	
24		Y	0.5	มก./มก.	
25		k_s	0.06	ต่อวัน	
26		X	3000	มก./ลิตร	
27		v	7089	ลบ.ม.	
28					
29	5. ออกแบบขนาดถังเติมอากาศ				
30	ใช้ถังเติมอากาศ		4	ถัง	
31	ความยาว : ความกว้าง		2:01		
32	ขนาดกว้างของถัง		13.5	ซม.	
33	ขนาดยาวของถัง		27	ซม.	
34	น้ำลึก		5	ซม.	
35	V_s		1822.5	ลบ.ม./ถัง	
36	V_{st}		7290	ลบ.ม.	
37					
38	6.คำนวณหาปริมาณของสลัดจ์ที่ต้องถ่ายทิ้งออก				
39		Y_{obs}	0.3125		
40		P_x	2127	2658	กก./วัน (MLVSS)
41		$P_{x\,NT}$	758	กก./วัน	
42		P_{xA}	1900	กก./วัน	
43		Q_{ws}	507	ลบ.ม./วัน	
44					
45	7. คำนวณหาปริมาณสลัดจ์เวียนกลับ				
46		$MLSS\ (Q+Q_r) = X_r Q_r$			
47		MLSS	3750	มก./ลิตร	
48		Q_r	23055.34	ลบ.ม./วัน	0.267 ลบ.ม./วินาที
49		Q_r/Q	0.60		
50					
51	8.ตรวจสอบหาเวลาเก็บกักของน้ำเสียในถังเติมอากาศ				
52		θ	4.55	ชม.	

ภาพที่ 4.6 การคำนวณออกแบบขนาดถังเติมอากาศ: คำนวณหาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ, คำนวณหาขนาดความจุของถังเติมอากาศ, ออกแบบขนาดถังเติมอากาศ, คำนวณหาปริมาณของสลัดจ์ที่ต้องถ่ายทิ้งออก, คำนวณหาปริมาณสลัดจ์เวียนกลับ, ตรวจสอบหาเวลาเก็บกักของน้ำเสียในถังเติมอากาศ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



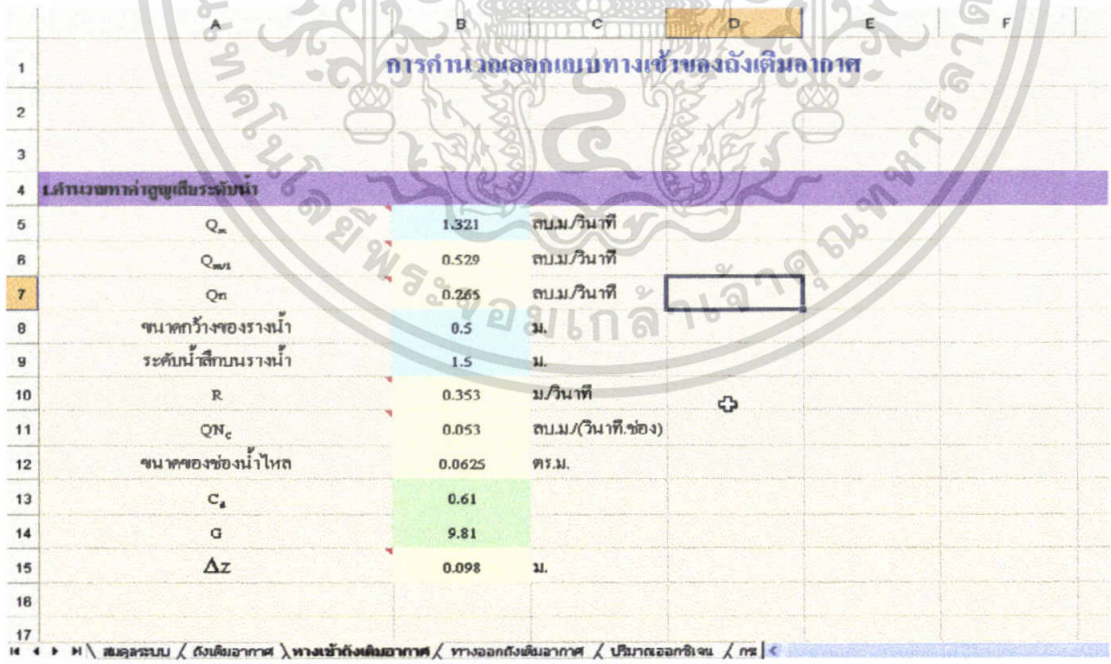
54	9.ตรวจสอบหาค่า F/M		
55	F/M	0.311	ต่อวัน
56			
57	10.การตรวจสอบหาภาระอินทรีย์		
58	OL	0.97	กก.BOD_5/ลบ.ม.วัน
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			

สมดุลระบบ | ถังเติมอากาศ | ทางเข้าถังเติมอากาศ | ทางออกถังเติมอากาศ | ปริมาณออกซิเจน | กร

ภาพที่ 4.7 การคำนวณออกแบบขนาดถังเติมอากาศ: ตรวจสอบหาค่า F/M, ตรวจสอบหาภาระอินทรีย์ ตามลำดับ

4.3 การคำนวณออกแบบทางเข้าของถังเติมอากาศ

4.3.1 คำนวณหาค่าสูญเสียระดับน้ำ



	A	B	C	D	E	F
1			การคำนวณออกแบบทางเข้าของถังเติมอากาศ			
2						
3						
4	1.คำนวณหาค่าสูญเสียระดับน้ำ					
5	Q_m	1.321	ลบ.ม./วินาที			
6	Q_{act}	0.529	ลบ.ม./วินาที			
7	Qn	0.265	ลบ.ม./วินาที			
8	ขนาดกว้างของรางน้ำ	0.5	ม.			
9	ระดับน้ำสูงบนรางน้ำ	1.5	ม.			
10	R	0.353	ม./วินาที			
11	QN_c	0.053	ลบ.ม./(วินาที.ช่อง)			
12	ขนาดของช่องน้ำไหล	0.0625	ตร.ม.			
13	C_d	0.61				
14	G	9.81				
15	Δz	0.098	ม.			
16						
17						

สมดุลระบบ | ถังเติมอากาศ | ทางเข้าถังเติมอากาศ | ทางออกถังเติมอากาศ | ปริมาณออกซิเจน | กร

ภาพที่ 4.8 การคำนวณออกแบบทางเข้าของถังเติมอากาศ: คำนวณหาค่าสูญเสียระดับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การคำนวณออกแบบทางออกของถังเติมอากาศ

4.4.1 การคำนวณหาระดับน้ำล้นบนฝายน้ำล้น ณ Q เฉลี่ย

4.4.2 การคำนวณหาระดับน้ำล้นบนฝายน้ำล้น ณ Q สูงสุด

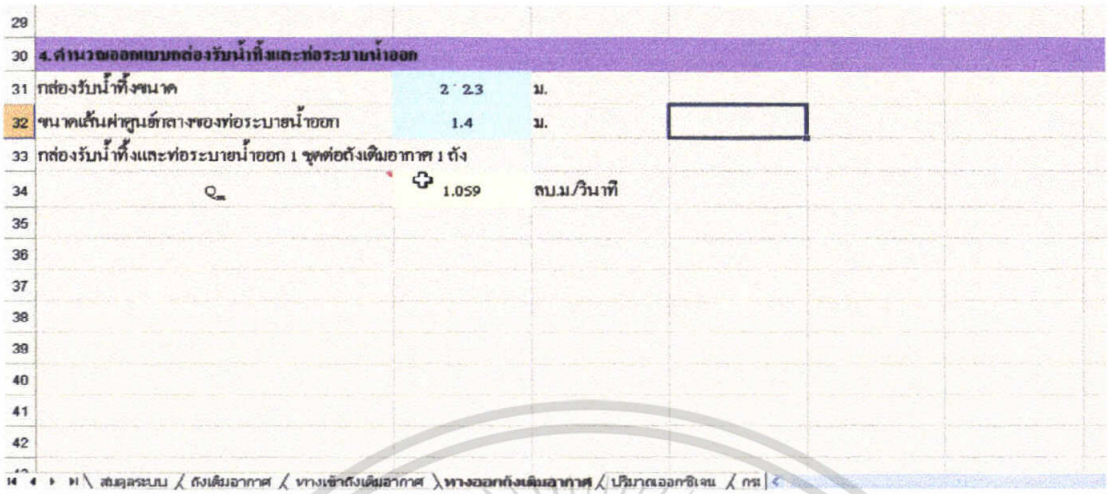
4.4.3 คำนวณออกแบบรางน้ำออก

4.4.4 คำนวณออกแบบกล่องรับน้ำทิ้งและท่อระบายน้ำออก

	A	B	C	D	E	F
1	การคำนวณออกแบบทางออกของถังเติมอากาศ					
2						
3						
4	1. คำนวณหาระดับน้ำล้นบนฝายน้ำล้น ณ Q เฉลี่ย					
5	กล่องฝายน้ำล้น	8	ชุด/กล่อง			
6	กว้าง	0.5	ม.			
7	C_d	0.624				
8	L'	0.48	ม. (รุ่ม)			
9	Q_{av}	38,426	ลบ.ม./วัน	0.445	ลบ.ม./วินาที	
10	Q_m	0.712	ลบ.ม./วินาที			
11	Q_1	0.178	ลบ.ม./วินาที			
12	Q_b	0.022	ลบ.ม./วินาที			
13	$Q_b=(2/3)*C_d*L'*(2gH^3)^{1/2}$					
14	H	0.086	ม.			
15						
16	2. คำนวณหาระดับน้ำล้นบนฝายน้ำล้น ณ Q สูงสุดที่อาจเป็นไปได้เมื่อมีถังเติมอากาศหนึ่งถังหยุดทำงาน					
17	Q_{m1}	0.529	ลบ.ม./วินาที			
18	Q_{b_m}	0.066	ลบ.ม./วินาที			
19	L'	0.463	ม. (รุ่ม)			
20	H	0.182	ม.			
21						
22	3.คำนวณออกแบบรางน้ำออก					
23	L	12.5	ม.			
24	y_2	0.44	ม.			
25	b	1	ม.			
26	N	1				
27	q	0.0423	ลบ.ม.			
28	y_1	0.57	ม.			

ภาพที่ 4.9 การคำนวณออกแบบทางออกของถังเติมอากาศ: การคำนวณหาระดับน้ำล้นบนฝายน้ำล้น ณ Q เฉลี่ย, การคำนวณหาระดับน้ำล้นบนฝายน้ำล้น ณ Q สูงสุด, คำนวณออกแบบรางน้ำออกตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



29				
30	4. คำนวณออกแบบกล่องรับน้ำทิ้งและท่อระบายน้ำออก			
31	กล่องรับน้ำทิ้งขนาด	2 * 2.3	ม.	
32	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อระบายน้ำออก	1.4	ม.	
33	กล่องรับน้ำทิ้งและท่อระบายน้ำออก 1 ชุดต่อถังเติมอากาศ 1 ถัง			
34	Q_m	1.059	ลบ.ม./วินาที	
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				

สมดุลระบบ | ถังเติมอากาศ | ทางเข้าถังเติมอากาศ | ทางออกถังเติมอากาศ | ปริมาณออกซิเจน | กร

ภาพที่ 4.10 การคำนวณออกแบบทางออกของถังเติมอากาศ: คำนวณออกแบบกล่องรับน้ำทิ้งและท่อระบายน้ำออก

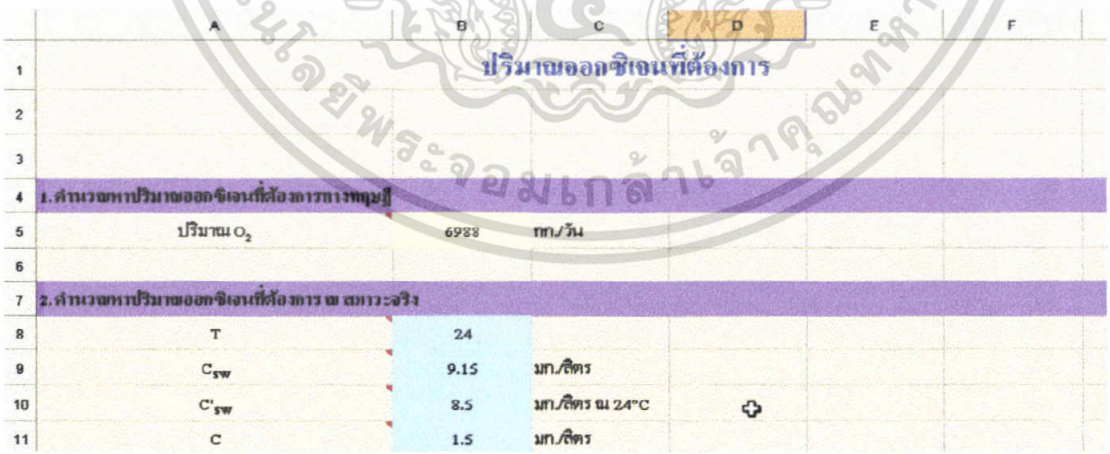
4.5 ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการ

4.5.1 คำนวณหาปริมาณออกซิเจนที่ต้องการทางทฤษฎี

4.5.2 คำนวณหาปริมาณออกซิเจนที่ต้องการ ณ สภาวะจริง

4.5.3 คำนวณหาปริมาณอากาศที่ต้องการใช้ในการออกแบบ

4.5.4 คำนวณหาปริมาณอากาศที่ต้องการใช้ในการบำบัดน้ำเสีย



	A	B	C	D	E	F
1			ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการ			
2						
3						
4	1. คำนวณหาปริมาณออกซิเจนที่ต้องการทางทฤษฎี					
5	ปริมาณ O_2	6933	กก./วัน			
6						
7	2. คำนวณหาปริมาณออกซิเจนที่ต้องการ ณ สภาวะจริง					
8	T	24				
9	C_{sw}	9.15	มก./ลิตร			
10	C'_{sw}	8.5	มก./ลิตร ณ 24°C			
11	C	1.5	มก./ลิตร			

ภาพที่ 4.11 ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการ: คำนวณหาปริมาณออกซิเจนที่ต้องการทางทฤษฎี, คำนวณหาปริมาณออกซิเจนที่ต้องการ ณ สภาวะจริง ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12	α	0.95	
13	β	0.9	
14	F_s	0.95	เมื่ออยู่ระดับสูง 500 ม. เหนือระดับน้ำทะเล
15	SOR	10613.37	กก./วัน
16			
17	**3. คำนวณหาปริมาณอากาศที่ต้องการในการออกแบบ**		
18	อากาศมีความหนาแน่น	1.201	กก/ลบ.ม.
19	อากาศมี O_2	23.20%	โดยน้ำหนัก
20	ประสิทธิภาพของหัวกระจายอากาศ	8%	
21	ปริมาณอากาศที่ออกแบบ	1.5	ปริมาณอากาศทางทฤษฎี
22	Air_{B1}	476137	ลบ.ม./วัน
23	Air_{B2}	714206	ลบ.ม./วัน
24	สำหรับ 4 ถัง	496	ลบ.ม./นาที
25	สำหรับ 1 ถัง	124	ลบ.ม./นาที
26			
27	**4.คำนวณหาปริมาณอากาศที่ต้องการใช้ในการบำบัดน้ำเสีย**		
28	Air_1	105	ลบ.ม./กก.
29	Air_2	13.6	ลบ.ม./ลบ.ม.
30	Air_3	98	ลบ.ม./ลบ.ม.
31			
32			
33			
34			
35			
36			

สมดุลระบบ | ถังเติมอากาศ | ทางเข้าถังเติมอากาศ | ทางออกถังเติมอากาศ | **ปริมาณออกซิเจน** | กร

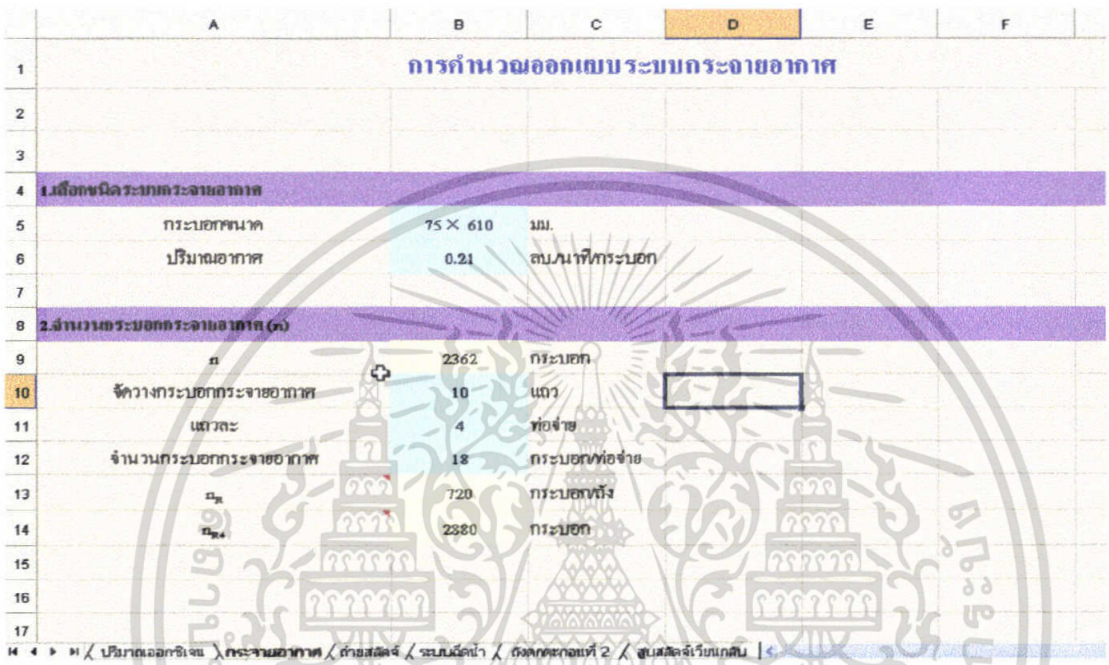
ภาพที่ 4.12 ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการ: คำนวณหาปริมาณอากาศที่ต้องการใช้ในการออกแบบ, คำนวณหาปริมาณอากาศที่ต้องการใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การคำนวณออกแบบระบบกระจายอากาศ

4.6.1 เลือกชนิดของระบบกระจายอากาศ

4.6.2 จำนวนกระบอกกระจายอากาศ



	A	B	C	D	E	F
1	การคำนวณออกแบบระบบกระจายอากาศ					
2						
3						
4	1.เลือกชนิดระบบกระจายอากาศ					
5	กระบอกขนาด	75 × 610	มม.			
6	ปริมาณอากาศ	0.21	ลบ.ม/นาที/กระบอก			
7						
8	2.จำนวนกระบอกกระจายอากาศ(n)					
9	n	2362	กระบอก			
10	จัดวางกระบอกกระจายอากาศ	10	แถว			
11	แถวละ	4	ท่อจ่าย			
12	จำนวนกระบอกกระจายอากาศ	18	กระบอก/ท่อจ่าย			
13	n_R	720	กระบอก/ถัง			
14	n_{R4}	2880	กระบอก			
15						
16						
17						

ปริมาณออกซิเจน | กระจายอากาศ | ถ่ายสลัจ์ | ระบบบัดน้ำ | ถังเก็บกากอยที่ 2 | สูบสลัจ์เวียนกลับ

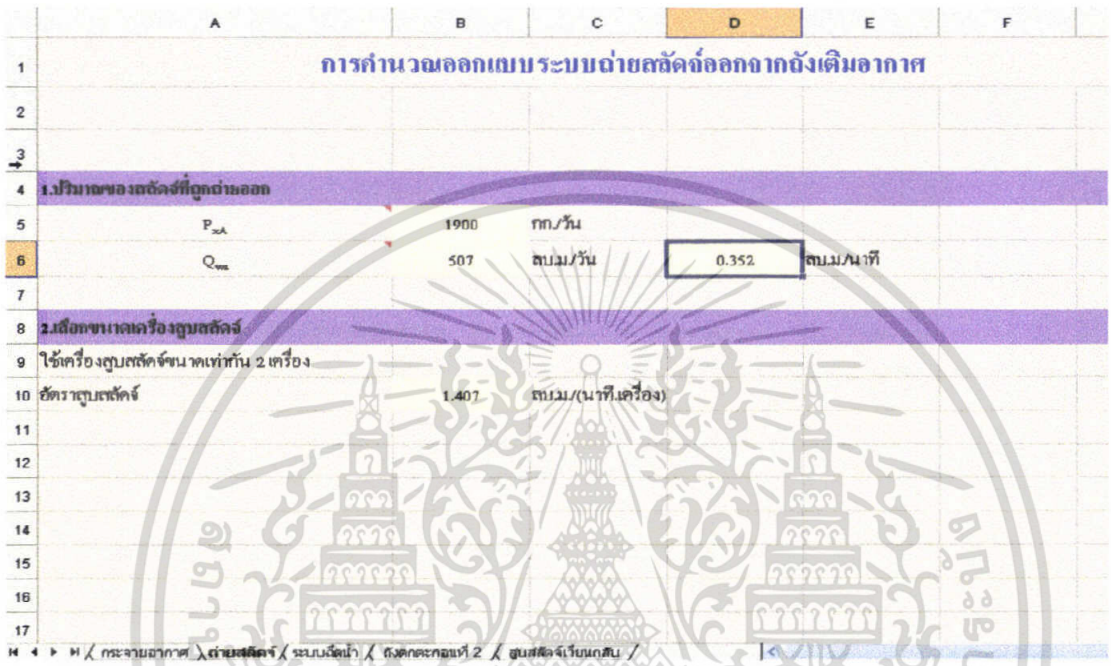
ภาพที่ 4.13 การคำนวณออกแบบระบบกระจายอากาศ: เลือกชนิดของระบบกระจายอากาศ, จำนวนกระบอกกระจายอากาศ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 การคำนวณออกแบบระบบถ่ายสลัดจ์ออกจากถังเติมอากาศ

4.7.1 ปริมาณของสลัดจ์ที่ถูกถ่ายออก

4.7.2 เลือกขนาดเครื่องสูบสลัดจ์



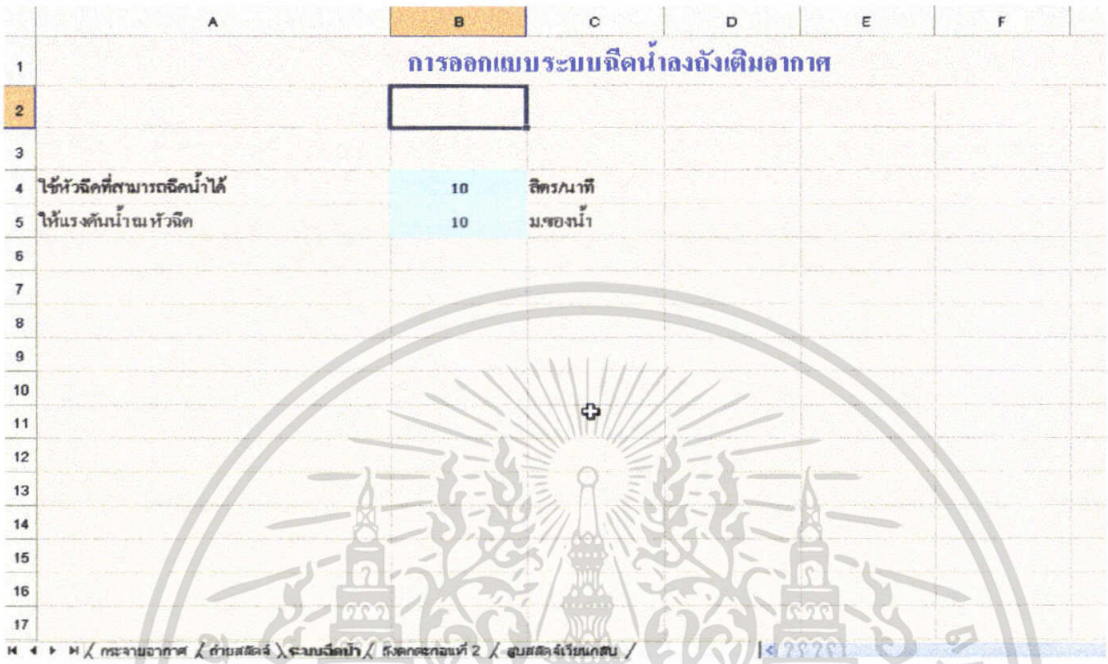
	A	B	C	D	E	F
1	การคำนวณออกแบบระบบถ่ายสลัดจ์ออกจากถังเติมอากาศ					
2						
3						
4	1.ปริมาณของสลัดจ์ที่ถูกถ่ายออก					
5	P_{xA}	1900	กก./วัน			
6	Q_{ws}	507	ลบ.ม./วัน	0.352	ลบ.ม./นาที	
7						
8	2.เลือกขนาดเครื่องสูบสลัดจ์					
9	ใช้เครื่องสูบสลัดจ์ขนาดเท่ากัน 2 เครื่อง					
10	อัตราสูบสลัดจ์	1.407	ลบ.ม./(นาที.เครื่อง)			
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						

กระจายอากาศ | ถ่ายสลัดจ์ | ระบบบัดน้ำ | ถังตกตะกอนที่ 2 | สูบสลัดจ์เวียนกลับ

ภาพที่ 4.14 การคำนวณออกแบบระบบถ่ายสลัดจ์ออกจากถังเติมอากาศ: ปริมาณของสลัดจ์ที่ถูกถ่ายออก, เลือกขนาดเครื่องสูบสลัดจ์ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 การออกแบบระบบฉีดน้ำลงถังเติมอากาศ



ภาพที่ 4.15 การออกแบบระบบฉีดน้ำลงถังเติมอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 การคำนวณออกแบบถังตกตะกอนที่สอง

4.9.1 การคำนวณออกแบบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของถัง

4.9.2 คำนวณหาค่าอัตราน้ำล้นบนถัง

4.9.3 คำนวณหาค่าภาระของแข็ง

4.9.4 คำนวณหาขนาดความลึกของถังตกตะกอนที่สอง

4.9.5 คำนวณหาเวลาเก็บกักของถังตกตะกอน

4.9.6 ออกแบบฝายน้ำล้นรอบถัง

4.9.7 ออกแบบรางระบายน้ำล้นรอบถัง กล่องทางน้ำออกและท่อน้ำเข้า

	A	B	C	D	E	F
1	การคำนวณออกแบบถังตกตะกอนที่สอง					
2						
3						
4	1.การคำนวณออกแบบเส้นผ่าศูนย์กลางของถัง					
5	1 วัน	86400	วินาที			
6	Q_1	0.706	ลบ.ม./วินาที			
7	$Q_{ถ1}$	0.176	ลบ.ม./วินาที			
8	A	1191	ตร.ม.			
9	D	38.9	ม.			
10	A_1	1191	ตร.ม.			
11						
12	2.คำนวณหาอัตราน้ำล้นบนถัง					
13	OFR_x	12.8	ลบ.ม./(ตร.ม.วัน)		TRUE	
14	$Q_{T/4}$	0.40	ลบ.ม./วินาที			
15	OFR_y	28.80	ลบ.ม./(ตร.ม.วัน)			
16	$Q_{T/3}$	0.529	ลบ.ม./วินาที			
17	OFR_z	38.40	ลบ.ม./(ตร.ม.วัน)		TRUE	
18						
19	3.คำนวณหาค่าภาระของแข็ง					
20	SLR_x	48	กก./(ตร.ม.วัน)		TRUE	
21	SLR_y	108.0	กก./(ตร.ม.วัน)			
22	SLR_z	144	กก./(ตร.ม.วัน)		TRUE	

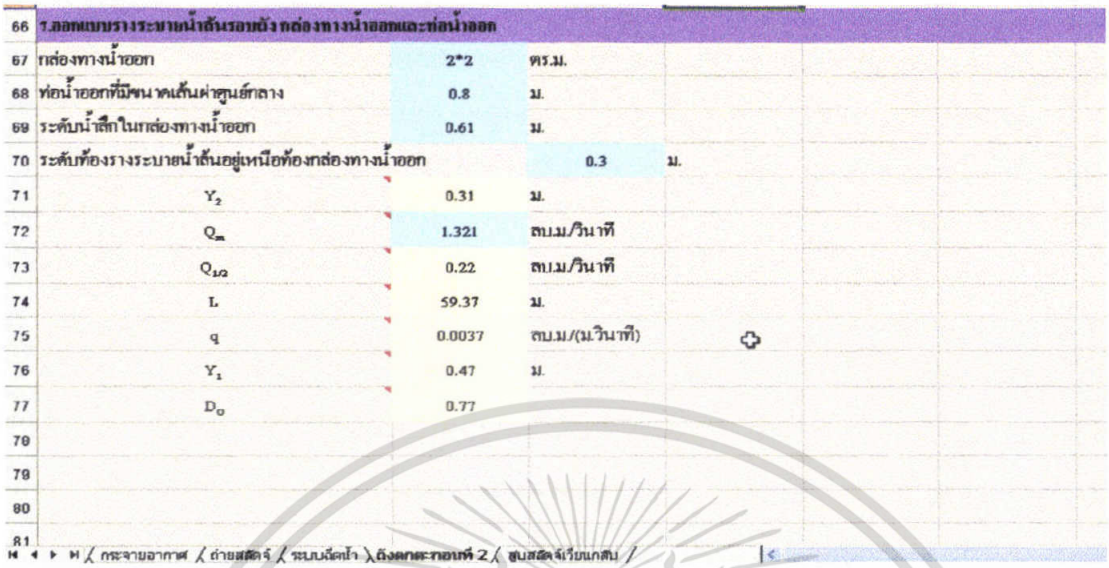
ภาพที่ 4.16 การคำนวณออกแบบถังตกตะกอนที่สอง: การคำนวณออกแบบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของถัง, คำนวณหาค่าอัตราน้ำล้นบนถัง, คำนวณหาค่าภาระของแข็ง ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

23						
24	**4.คำนวณหาขนาดความลึกของถังตกตะกอนที่สอง**					
25	กำหนดให้ปริมาณของตะกอนในถังตกตะกอน	0.3	เท่าของปริมาณของตะกอนในถังเติมอากาศ			
26	กำหนดความลึกของชั้นน้ำใส	2	ม.			
27	กำหนดให้ระยะผนังเหนือน้ำ	0.5	ม.			
28	X_A	7000	มก./ลิตร			
29	$sludge_{sc}$	6834.38	กก.			
30		2050.31	กก.			
31	U	0.25	ม.	0.3	ม.	
33	**ช่วงเวลาสูงสุด**					
34	ค่า BOD_5 ภายในถังตกตะกอน	1.5	เท่าของ BOD5 เฉลี่ย			
35	ค่า Q ไหลเข้าถังตกตะกอน	2.5	เท่าของ Q เฉลี่ย			
36	TVS_M	7974.85	กก./วัน			
37	TS_M	9968.56	กก./วัน			
38	TS_2	19937.11702	กก.			
39	TS_{r1}	4984.28	กก.			
40	$sludge_{sc,A}$	7034.59	กก.			
41	D_s	0.844	ม.	1	ม.	
42	D_w	3.3	ม.	3.5	ม.	
43	D_c	4	ม.			
44						
45	**5.คำนวณหาเวลาเก็บกักของถังตกตะกอน**					
46	V_c	4168.16	ลบ.ม.			
47	DT_1	6.6	ชม.			
48	DT_4	3	ชม.			
49	DT_3	2.2	ชม.			
50						
51	**6.ออกแบบฝายน้ำล้นรอบถัง**					
52	ขนาดความกว้างของรางระบายน้ำล้นรอบถัง	0.5	ม.			
53	ขนาดความยาวของฝายน้ำล้นรอบถัง	119.16	ม.			
54	ใช้รูปตัว V ขนาดลึกลงปลายแหลม	0.08	ม.			
55	ระยะห่างระหว่างปลายแหลม	39.5	ซม.	0.395	ม.	
56	จำนวนของตัว V รอบถัง	301.68	ตัว	302	ตัว	
57	Q_o	0.439				
58	$Q_{o/1}$	0.110	ลบ.ม./วินาที			
59	$Q_{o/v}$	0.00036	ลบ.ม./วินาที			
60	H	0.037	ม.	3.7	ซม.	
61	WL	79.55	ลบ.ม./(ม.วัน)			
62	$Q_{o/vv}$	0.0015	ลบ.ม./วินาที			
63	H_3	0.064	ม.	6.4	ซม.	
64	WL_3	317.85	ลบ.ม./(ม.วัน)			
65						

ภาพที่ 4.17 การคำนวณออกแบบถังตกตะกอนที่สอง: คำนวณหาขนาดความลึกของถังตกตะกอนที่สอง, คำนวณหาเวลาเก็บกักของถังตกตะกอน, ออกแบบฝายน้ำล้นรอบถัง ตามลำดับ

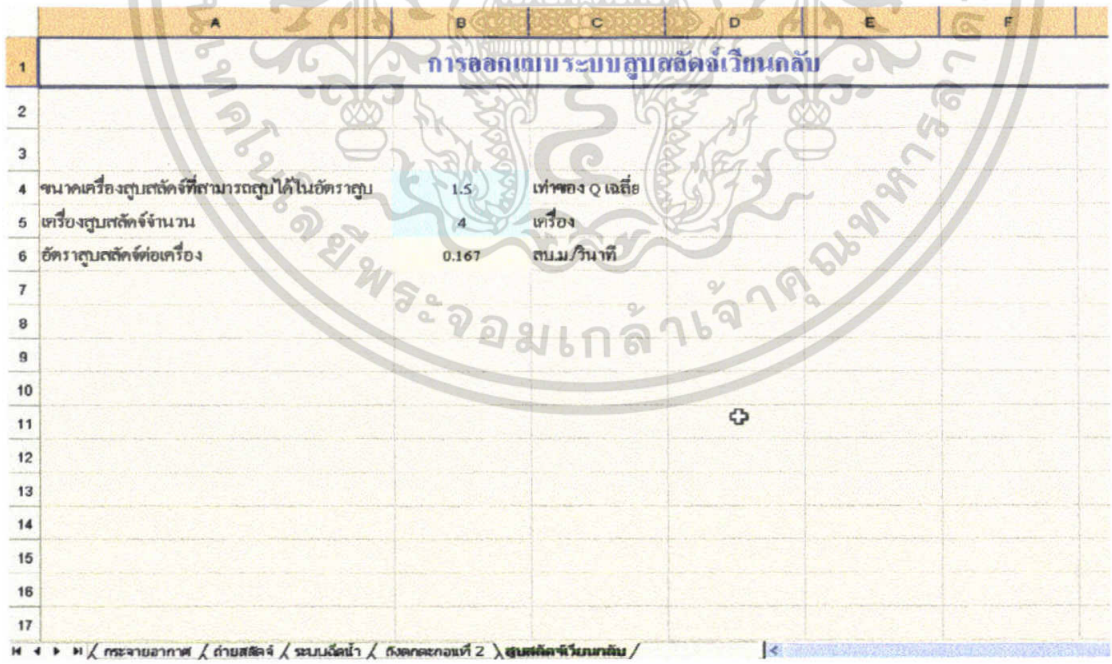
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



66	7.ออกแบบรางระบายน้ำล้นรอบถัง กล่องทางน้ำออกและท่อน้ำออก			
67	กล่องทางน้ำออก	2*2	ตร.ม.	
68	ท่อน้ำออกที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง	0.8	ม.	
69	ระดับน้ำลึกในกล่องทางน้ำออก	0.61	ม.	
70	ระดับท้องรางระบายน้ำล้นอยู่เหนือท้องกล่องทางน้ำออก	0.3	ม.	
71	Y_2	0.31	ม.	
72	Q_m	1.321	ลบ.ม./วินาที	
73	$Q_{1/2}$	0.22	ลบ.ม./วินาที	
74	L	59.37	ม.	
75	q	0.0037	ลบ.ม./(ม.วินาที)	
76	Y_1	0.47	ม.	
77	D_0	0.77		
78				
79				
80				
81				

ภาพที่ 4.18 การคำนวณออกแบบถังตกตะกอนที่สอง: ออกแบบรางระบายน้ำล้นรอบถัง กล่องทางน้ำออกและท่อน้ำเข้า

4.10 การออกแบบระบบสูบสลัดจ์เวียนกลับ



	A	B	C	D	E	F
1	การออกแบบระบบสูบสลัดจ์เวียนกลับ					
2						
3						
4	ขนาดเครื่องสูบสลัดจ์ที่สามารถสูบได้ในอัตราสูบ	1.5	เท่าของ Q เฉลี่ย			
5	เครื่องสูบสลัดจ์จำนวน	4	เครื่อง			
6	อัตราสูบสลัดจ์ต่อเครื่อง	0.167	ลบ.ม./วินาที			
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						

ภาพที่ 4.19 การออกแบบระบบสูบสลัดจ์เวียนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาและทดลองการนำโปรแกรมเอ็กเซลมาประยุกต์ใช้ในการคำนวณออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง พบว่าในแต่ละขั้นตอนการคำนวณมีรายละเอียดขั้นตอนที่ซับซ้อนมาก จึงต้องทำการศึกษาในรายละเอียดปลีกย่อย ก่อนที่จะทำการออกแบบตารางทำการเพื่อคำนวณระบบ โปรแกรมเอ็กเซลเป็นการนำค่าตัวแปรต่าง ๆ มาคำนวณเป็นขั้น ๆ ต่อเนื่องสัมพันธ์กัน การเปลี่ยนแปลงตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งจะส่งผลให้ผลการคำนวณอื่นที่เกี่ยวข้องเปลี่ยนตามไปด้วย ผลลัพธ์ค่าต่าง ๆ เกิดจากการป้อนค่าตัวแปรเข้าไปโดยตรงตารางทำการและเป็นผลลัพธ์จากการคำนวณในขั้นตอนอื่น ๆ นอกจากนี้ผลลัพธ์ที่เกิดจากเวิร์กชีตแรกจะถูกนำมาใช้ในการคำนวณในเวิร์กชีตถัดไป โดยผลลัพธ์ที่ได้จากบางเวิร์กชีตสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบได้ทันที เช่น ทางเข้าถังเติมอากาศ ทางออกถังเติมอากาศ เป็นต้น การใช้โปรแกรมเอ็กเซลสามารถลดขั้นตอนความยุ่งยากในการคำนวณได้เป็นอย่างดี สามารถลดความผิดพลาดจากการคำนวณ สามารถพิจารณาผลลัพธ์ได้สะดวกรวดเร็วและลดเวลาในการคำนวณได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. ตำราบำบัดมลพิษน้ำ. กรุงเทพมหานคร : สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. 2545.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. การบำบัดน้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 2, มิตรนราการพิมพ์ : นนทบุรี. 2542.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. การออกแบบโรงบำบัดน้ำเสีย. มิตรนราการพิมพ์ : นนทบุรี. 2540.

ปรัชญา ไทยกล้า. 2542. สร้างแบบจำลองธุรกิจด้วยโปรแกรมเอ็กเซล. กรุงเทพมหานคร: บริษัท เอช. เอ็น. กรุ๊ป จำกัด.

วรรณศรี บุณยรัตพันธุ์. เทคนิคการกำจัดน้ำสกปรกจากอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 2, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2536.

ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 13 ง หน้า 27

ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 52 ง หน้า 12

Metcalf & Eddy, Inc., Wastewater Engineering; Treatment Disposal, and Reuse, 3 rd Ed., McGraw-Hill Co. LTD., 1991.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม
ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2539)
ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535
เรื่อง กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน

อาศัยอำนาจตามความในข้อ 14 แห่งกฎกระทรวงฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 ที่ระบุว่า "ห้ามระบายน้ำทิ้งออกจากโรงงานเว้นแต่ได้ทำการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างจนน้ำทิ้งนั้นมีลักษณะเป็นไปตามที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษาแต่ทั้งนี้ต้องไม่ใช่วิธีทำให้เจือจาง (Dilution)" รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมจึงออกประกาศกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ดังนี้

ข้อ 1 คำจำกัดความ

น้ำทิ้ง หมายถึง น้ำที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรมที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม และให้หมายความรวมถึงน้ำเสียจากการใช้น้ำของคนงานรวมทั้งจากกิจกรรมอื่น ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม โดยน้ำทิ้งต้องเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ในประกาศนี้

ข้อ 2 น้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงานต้องมีคุณสมบัติดังนี้

(1) ความเป็นกรดและด่าง (pH) มีค่าน้อยกว่า 5.5 และไม่มากกว่า 9.0

(2) ทีดีเอส (TDS หรือ Total Dissolve Solids) ต้องมีค่าดังนี้

2.1 ค่า ทีดีเอส ไม่มากกว่า 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่โรงงานอุตสาหกรรมกำหนด แต่ต้องไม่มากกว่า 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.2 น้ำทิ้งซึ่งระบายออกจากโรงงานลงสู่แหล่งน้ำที่มีค่าความเค็ม (Salinity) มากกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า ทีดีเอส ในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่าทีดีเอส ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำได้ไม่เกิน 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

(3) สารแขวนลอย (Suspended Solids) ไม่มากกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่โรงงานอุตสาหกรรมกำหนด แต่ต้องไม่มากกว่า 150 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) โลหะหนักมีค่าดังนี้

4.1 ปรอท (Mercury) ไม่มากกว่า 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.2 เซเลเนียม (Selenium) ไม่มากกว่า 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.3 แคดเมียม (Cadmium) ไม่มากกว่า 0.003 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.4 ตะกั่ว (Lead) ไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.5 อาร์เซนิค (Arsenic) ไม่มากกว่า 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.6 โครเมียม (Chromium)

4.6.1 Hexavalent Chromium ไม่มากกว่า 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.6.2 Trivalent Chromium ไม่มากกว่า 0.75 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.7 บาเรียม (Barium) ไม่มากกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.8 นิเกิล (Nickel) ไม่มากกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.9 ทองแดง (Copper) ไม่มากกว่า 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.10 สังกะสี (Zinc) ไม่มากกว่า 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.11 แมงกานิส (Manganese) ไม่มากกว่า 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

(5) ซัลไฟด์ (Sulphide) คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

(6) ไซยาไนด์ (Cyanide) คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN) ไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

(7) ฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

(8) สารประกอบฟีนอล (Phenols Compound) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

(9) คลอรีนอิสระ (Free Chlorine) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

(10) เพสติไซด์ (Pesticide) ต้องไม่มี

(11) อุณหภูมิ ไม่มากกว่า 40 องศาเซลเซียส

(12) สี ต้องไม่เป็นที่พึงรังเกียจ

(13) กลิ่น ต้องไม่เป็นที่น่ารังเกียจ

(14) น้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) ไม่มากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่โรงงานอุตสาหกรรมกำหนด แต่ต้องไม่มากกว่า 15 มิลลิกรัมต่อลิตร

(15) ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เวลา 5 วัน ไม่มากกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่โรงงานอุตสาหกรรมกำหนด แต่ต้องไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร

(16) ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่โรงงานอุตสาหกรรมกำหนด แต่ต้องไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

(17) ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) ไม่มากกว่า 120 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่โรงงานอุตสาหกรรมกำหนด แต่ต้องไม่มากกว่า 400 มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ 3 การตรวจสอบค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมตามข้อ 2 ให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

(1) การตรวจสอบค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำทิ้ง ให้ใช้เครื่องวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ (pH Meter)

(2) การตรวจสอบค่าทีดีเอส ให้ใช้วิธีการระเหยแห้ง ระหว่างอุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียสถึงอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ในเวลา 1 ชั่วโมง

(3) การตรวจสอบค่าสารแขวนลอย ให้ใช้วิธีการกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fibre Filter Disc)

(4) การตรวจสอบค่าโลหะหนัก ให้ใช้วิธีการดังนี้

4.1 การตรวจสอบค่าสังกะสี โครเมียม ทองแดง แคดเมียม เบเรียม ตะกั่ว นิเกิลและแมงกานีส ให้ใช้วิธีอะตอมมิค แอบซอฟชั่น สเปคโตร์โฟโตเมตตรี (Atomatic Absorption Spectrophotometry) ชนิดไดเร็คแอสไพเรชั่น (Direct Aspiration) หรือวิธีพลาสม่า อีมิสชั่น สเปคโตร์สโคปี (Plasma Emission Spectroscopy) ชนิดอินดักทีฟลี คัพเพิล พลาสม่า (Inductively Coupled Plasma : ICP)

4.2 การตรวจสอบค่าอาร์เซนิคและเซเลเนียม ให้ใช้วิธีอะตอมมิค แอบซอฟชั่น สเปคโตร์โฟโตเมตตรี (Atomic Absorption Spectrophotometry) ชนิดไฮไดร์ เจนเนอร์เรชั่น (Hydride Generation) หรือวิธีพลาสม่า อีมิสชั่น สเปคโตร์สโคปี (Plasma Emission Spectroscopy) ชนิดอินดักทีฟลี คัพเพิล พลาสม่า (Inductively Coupled Plasma : ICP)

4.3 การตรวจสอบค่าปรอท ให้ใช้วิธีอะตอมมิคแอบซอฟชั่น โคลด์ เวเปอร์ เทคนิค (Atomatic Absorption Cold Vapour Technigue)

(5) การตรวจสอบค่าซัลไฟต์ ให้ใช้วิธีการ ไตเตรท (Titrate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(6) การตรวจสอบค่าไซยาไนด์ ให้ใช้วิธีการกลั่นและตามดวยวิธีไพริดีน บาร์บิทูริค แอซิด (Pyridine – Barbituric Acid)

(7) การตรวจสอบค่าฟอร์มัลดีไฮด์ ให้ใช้วิธีเทียบสี (Spectrophotometry)

(8) การตรวจสอบค่าสารประกอบฟีนอล ให้ใช้วิธีกลั่นและตามด้วยวิธี 4 – อะมิโนแอนติไพรีน (Distillation, 4 - Aminoantipyrine)

(9) การตรวจสอบค่าคลอรีนอิสระ ให้ใช้วิธีไอโอโดเมตริค (Iodometric Method)

(10) การตรวจสอบค่าสารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ ให้ใช้วิธีก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas – Chromatography)

(11) การตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำ ให้ใช้เครื่องวัดอุณภูมิ วัดขนาด ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ

(12) การตรวจสอบค่าน้ำมันและไขมัน ให้ใช้วิธีสกัดด้วยตัวทำละลายแล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน

(13) การตรวจสอบค่าบีโอดี ให้ใช้วิธีอะไซด์ โมดิฟิเคชั่น (Azide Modification) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน ติดต่อกันหรือ วิธีการอื่นที่โรงงานอุตสาหกรรมให้ความเห็นชอบ

(14) การตรวจสอบค่าทีเคเอ็น ให้ใช้วิธีเจลดาห์ล (Kjeldahl)

(15) การตรวจสอบค่าซีโอดี ให้ใช้วิธีย่อยสลาย โดยโปตัสเซียมไดโครเมต (Potassium Dichromate digestion)

ข้อ 4 การตรวจสอบค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ตามข้อ 3 จะต้องเป็นไปตามคู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย ของสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย หรือ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ซึ่ง American Public Health Association, American Water Work Associantion และ Water Environment Federation ของสหรัฐอเมริกา รวมกันกำหนดไว้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
ฉบับที่ 4 (พ.ศ.2539)
เรื่อง กำหนดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่ต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 69 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษ กำหนดประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อมไว้ดังต่อนี้

ข้อ 1 ในประกาศนี้

"โรงงานอุตสาหกรรม" หมายความว่า โรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน

"นิคมอุตสาหกรรม" นิคมอุตสาหกรรมตามกฎหมายว่าด้วยนิคมอุตสาหกรรมหรือโครงการที่จัดไว้สำหรับการประกอบการอุตสาหกรรม ที่มีการจัดการระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อมร่วมกัน

"น้ำเสีย" หมายความว่า ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลว รวมทั้งมลสารที่ปะปนหรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น

"น้ำทิ้ง" หมายความว่า น้ำที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรมหรือนิคมอุตสาหกรรม ที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม และให้ความหมายรวมถึงน้ำเสียจากการใช้น้ำของคนงานรวมทั้งจากกิจกรรมอื่นในโรงงานอุตสาหกรรมหรือในนิคมอุตสาหกรรมด้วย โดยน้ำทิ้งต้องเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

"แหล่งน้ำสาธารณะ" ให้ความหมายรวมถึง ท่อระบายน้ำสาธารณะด้วย

"การบำบัดน้ำเสีย" หมายความว่า กระบวนการทำหรือปรับปรุงน้ำเสีย เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม แต่ทั้งนี้ ห้ามมิให้ใช้วิธีการทำให้เจือจาง (Dilution)

ข้อ 2 ให้โรงงานอุตสาหกรรมจำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ตามบัญชีท้ายประกาศ เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่ต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม

ข้อ 3 ให้นิคมอุตสาหกรรมตามข้อ 1 เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หรือออกสู่สิ่งแวดล้อม

ข้อ 4 ห้ามมิให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองโรงงานอุตสาหกรรมหรือนิคมอุตสาหกรรมตามข้อ 2 และข้อ 3 ปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม เว้นแต่น้ำเสียดังกล่าว ไม่ว่าจะผ่านการบำบัดน้ำเสียหรือไม่ก็ตามต้องมีคุณภาพมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสียต่าง ๆ

ระบบบำบัดน้ำเสีย	ค่าประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย				
	BOD_5	สารอินทรีย์ไนโตรเจน	แอมโมเนีย	ฟอสฟอรัส	ตะกอนแขวนลอย
1. ตะแกรงดักขยะและถังดักตะกอนหนัก	0-5	0	0	0	0-5
2. ถังตกตะกอนแรก	30-40	10-20	0	10-20	50-60
3. ระบบเอเอส (Activated Sludge)	80-90	10-50	10-20	10-30	80-90
4. ระบบโปรยกรอง (Trickling Filter)	60-90	10-50	10-20	10-20	60-90
5. ระบบเอเอสแบบเกิด Nitrification ในถังเดียว	80-90	80-90	80-90	10-20	70-90
6. ระบบเอเอสแบบเกิด Nitrification ในอีกถัง	80-90	90-95	90-95	10-20	70-90
7. ระบบจุลชีพเกาะติดผิวตัวกลางแบบเกิด Nitrification	80-90	80-90	80-90	10-20	70-90
8. ระบบ Denitrification	20-50	0	0	0	-
9. ระบบเอเอสแบบ Anoxic-Aerobic	80-90	80-90	80-90	20-90	70-90
10. ระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond)	50-80	10-50	10-50	10-20	50-60
11. ระบบถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter)	60-80	10-50	10-20	0	50-70
12. ระบบบ่อหมักไร้อากาศ (Anaerobic Pond)	60-80	10-50	10-20	0	50-70
13. ระบบสระเติมอากาศ (Aerated Lagoon)	60-80	10-50	10-70	10-20	50-90
14. ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ (RBC)	60-90	10-50	10-70	0	60-90
15. ถังเกรอะ	50-70	10-20	0	10-20	70-80
16. ระบบ Coagulation และตกตะกอน	50-70	50-90	0	70-90	50-80
17. ระบบ Coagulation ในระบบเอเอส	80-90	60-90	0	70-90	70-90
18. ระบบเติมปูนขาว	50-70	60-90	0	70-90	60-80
19. ระบบเติมปูนขาวในระบบเอเอส	80-90	60-90	0	70-90	70-80
20. ระบบไล่ก๊าซแอมโมเนีย	0	-	60-90	0	0
21. ระบบเติมคลอรีนจนพอดี	-	-	80-90	0	0
22. ระบบแลกเปลี่ยนประจุสำหรับกำจัดแอมโมเนีย	0	0	90-95	0	0
23. ระบบกรอง	20-50	50-70	20-50	20-50	60-80
24. ระบบคาร์บอนดูดซับ	50-80	30-50	20-50	10-30	50-80
25. ระบบ Reverse osmosis	90-95	90-95	60-90	90-95	-
26. ระบบแยกด้วยไฟฟ้า-เยื่อกรอง (Electrodialysis)	20-60	80-90	30-50	-	-

เกรียงศักดิ์, 2542.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าต่าง ๆ ของระบบเอเอสสำหรับน้ำเสียชุมชน

ค่าสัมประสิทธิ์	หน่วย	ค่าออกแบบ	
		ขอบเขต	ค่าทั่วไป
Y	มก.MLVSS/มก.BOD_5	0.4-0.8	0.6
k_d	ต่อวัน	0.025-0.075	0.06
K_s	มก./ ลิตร BOD_5	25-100	60
	มก./ ลิตร COD	15-70	40
k	ต่อวัน	2-10	5

Metcalf & Eddy, 1991.

ตารางแสดงประสิทธิภาพของการกำจัดแบคทีเรียออกจากน้ำเสียด้วยวิธีการต่าง ๆ

วิธีการกำจัดแบคทีเรียออกจากน้ำเสีย	ประสิทธิภาพของการกำจัดแบคทีเรีย (%)
ตะแกรงหยาบ	0-5
ตะแกรงละเอียด	10-20
ถังดักกรวดทราย	10-25
ถังตกตะกอนธรรมดา	25-75
ถังตกตะกอนเคมี	40-84
ถังโปรยกรอง	90-95
ระบบเอเอส	90-98
ระบบคลอรีนของน้ำทิ้ง	98-99

เกรียงศักดิ์, 2542.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงลักษณะทางกายภาพของสลัดจ์

สลัดจ์จากกระบวนการบำบัดน้ำเสียต่าง ๆ	ความถ่วงจำเพาะของของแข็งสลัดจ์	ความถ่วงจำเพาะของสลัดจ์	ของแข็งแห้ง (กก./ลบ.ม.)
ถังตกตะกอนแรก	1.40	1.02	0.10-0.17
ระบบเอเอส	1.25	1.005	0.07-0.10
ระบบโปรยกรอง	1.45	1.025	0.06-0.10
ระบบเติมอากาศแบบยืดเวลา	1.30	1.015	0.08-0.12
สระเติมอากาศ	1.30	1.01	0.08-0.12
ระบบกรองทราย	1.20	1.005	0.01-0.02
ระบบแยกสาหร่าย	1.20	1.005	0.01-0.02

เกรียงศักดิ์, 2542.

ตารางข้อมูลออกแบบระบบเอเอส (ต่อ)

ระบบเอเอส (Activated Sludge System)	ข้อมูลออกแบบ	
1. ข้อมูลพื้นฐานทางชีวเคมี BOD_5/BOD_L	0.68	
BOD_L/มวลจุลชีพ	1.42	
TVSS/TSS หรือ MLVSS/MLSS	0.75 - 0.85	
ตะกอนชีวภาพย่อยสลายทางชีววิทยาได้/ตะกอนชีวภาพทั้งหมด	065	
ค่าสัมประสิทธิ์ของระบบเอเอส	ช่วงค่าออกแบบ	ค่าออกแบบทั่วไป
Y , มก. VSS/มก. BOD_5	0.3 - 0.7	0.5
k_d , ต่อวัน	0.03 - 0.07	0.05
K_s , มก. BOD_5	40 – 120	80
k , ต่อวัน	2 - 8	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางข้อมูลออกแบบระบบเอเอส (ต่อ)

ระบบเอเอส (Activated Sludge System)	ข้อมูลออกแบบ
2. ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการเอเอสแบบต่างๆ	
ระบบเอเอสแบบทั่วไป (Conventional AS) :	
ลักษณะการไหล	แบบไหลตามกัน (Plug Flow)
อายุของตะกอน (θ_c) , วัน	5 - 15
อาหาร/จุลชีพ (F/M), กก. BOD_5 เข้า / (กก. MLVSS : วัน)	0.2 - 0.4
ภาระ BOD, กก. BOD_5 เข้า/(ลบ.ม.วัน)	0.3 - 0.6
MLSS, มก./ลิตร	1500 - 3000
เวลาเติมอากาศ, ชม.	4 - 8
อัตราสูบตะกอนเวียนกลับ/อัตราไหลเข้าของน้ำเสีย, Q_r/Q	0.25 - 0.50
ระบบเติมอากาศแบบเรียวลง (Tapered Aeration) :	
ลักษณะการไหล	แบบไหลตามกัน
ลักษณะของระบบ	เติมอากาศมาก ๆ บริเวณน้ำเสียไหลเข้า แล้วจะค่อย ๆ ลดปริมาณอากาศลงตามความยาวของถัง
θ_c , วัน	5 - 15
F/M , กก. BOD_5 เข้า / (กก. MLVSS : วัน)	0.2 - 0.4
ภาระ BOD, กก. BOD_5 เข้า/(ลบ.ม.วัน)	0.3 - 0.6
MLSS, มก./ลิตร	1500 - 3000
เวลาเติมอากาศ, ชม.	4 - 8
Q_r/Q	0.25 - 0.5
ระบบเติมอากาศเป็นขั้น (Step Aeration) :	
ลักษณะการไหล	แบบไหลตามกัน
ลักษณะของระบบ	น้ำตะกอนจากถังเวียนตะกอนกลับกลับลงไปที่จุดต่าง ๆ ตามความยาวของถังเติมอากาศ เพื่อให้ระบบในถังเติมอากาศมีความต้องการออกซิเจนเท่า ๆ กัน ตลอดความยาวของถังเติมอากาศ
θ_c , วัน	5 - 15
F/M , กก. BOD_5 เข้า / (กก. MLVSS : วัน)	0.2 - 0.4
ภาระ BOD, กก. BOD_5 เข้า/(ลบ.ม.วัน)	0.6 - 1.0
MLSS, มก./ลิตร	2000 - 3500
เวลาเติมอากาศ, ชม.	3 - 5
Q_r/Q	0.25 - 0.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางข้อมูลออกแบบระบบเอเอส (ต่อ)

ระบบเอเอส (Activated Sludge System)	ข้อมูลออกแบบ
ระบบเติมอากาศแบบผสมสมบูรณ์ (Complete Mix Aeration) :	
ลักษณะการไหล	แบบผสมสมบูรณ์
ลักษณะของระบบ	น้ำเสียผสมกับตะกอนจากถังตกตะกอนไหลลงถังเติมอากาศ ณ จุดต่าง ๆ ตลอดความยาวของถัง พวก MLSS จะไหล เพื่อส่งไปยังถังตกตะกอน ทำให้ระบบมีความต้องการออกซิเจนและมีภาระ BOD เท่า ๆ กันตลอดความยาวของถัง
θ_c , วัน	5 - 15
F/M , กก. BOD_5 เข้า / (กก. MLVSS : วัน)	0.2 - 0.6
ภาระ BOD, กก. BOD_5 เข้า/(ลบ.ม.วัน)	0.8 - 2.0
MLSS, มก./ลิตร	3000 - 6000
เวลาเติมอากาศ, ชม.	3 - 5
Q_r/Q	0.25 - 1.0
ระบบเติมอากาศแบบยืดเวลา (Extended Aeration) :	
ลักษณะการไหล ลักษณะของระบบ	แบบผสมสมบูรณ์หรือแบบไหลตามกัน มีถังเติมอากาศขนาดใหญ่ มี MLSS มากจะเหมาะสมกับน้ำเสียที่ไหลเข้ามาไม่มากระบบคลองเวียน (Oxidation ditch) ทั่วไปก็นิยมใช้ระบบนี้
θ_c , วัน	20 - 30
F/M , กก. BOD_5 เข้า / (กก. MLVSS : วัน)	0.05 - 0.15
ภาระ BOD, กก. BOD_5 เข้า/(ลบ.ม.วัน)	0.1 - 0.4
MLSS, มก./ลิตร	3000 - 6000
เวลาเติมอากาศ, ชม.	18 - 36
Q_r/Q	0.5 - 2.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางข้อมูลออกแบบระบบเอเอส (ต่อ)

ระบบเอเอส (Activated Sludge System)	ข้อมูลออกแบบ
ระบบการปรับเสถียรสัมผัส (Contact Stabilization) :	
ลักษณะการไหล	แบบไหลตามกัน
ลักษณะของระบบ	น้ำไหลไหลผสมกับตะกอนที่มีความเข้มข้นสูง ลงในถังเติมอากาศขนาดเล็ก โดยมีเวลาเก็บกักไม่เกิน 1 ชม. เพื่อให้จุลชีพดูดซับสารอินทรีย์ไว้ หลังจากนั้น MLSS เหล่านี้จะไหลไปยังถังตกตะกอน เพื่อให้น้ำใสไหลล้นออก ส่วนตะกอนที่ตกตะกอนจะไหลไปที่ถังเติมอากาศอีกถัง เพื่อทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์
θ_c , วัน	5 - 15
F/M , กก. BOD_5 เข้า / (กก. MLVSS : วัน)	0.2 - 0.6
MLSS ในถังสัมผัส, มก./ลิตร	1000 - 4000
MLSS ในถังย่อยสลาย, มก./ลิตร	4000 - 10000
เวลาเก็บกักในถังสัมผัส, ชม.	0.5 - 1.0
เวลาเก็บกักในถังย่อยสลาย, ชม.	3.0 - 6.0
Q_r/Q	0.5 - 1.0
ระบบเติมออกซิเจนบริสุทธิ์ (Pure Oxygen) :	
ลักษณะการไหล	แบบผสมสมบูรณ์
ลักษณะของระบบ	ใช้ออกซิเจนบริสุทธิ์เติมลงไปในถังปิด มีระบบระบายก๊าซออกจากถัง เพื่อลดปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระบบนี้ใช้กับน้ำเสียที่มีค่า BOD_5 สูงและมีพื้นที่อย่างจำกัด
θ_c , วัน	8 - 20
F/M , กก. BOD_5 เข้า / (กก. MLVSS : วัน)	0.25 - 1.0
ภาระ BOD, กก. BOD_5 เข้า/(ลบ.ม.วัน)	1.6 - 3.3
MLSS, มก./ลิตร	6000 - 8000
เวลาเก็บกัก, ชม.	2 - 5
Q_r/Q	0.25 – 0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางข้อมูลออกแบบระบบเอเอส (ต่อ)

ระบบเอเอส (Activated Sludge System)	ข้อมูลออกแบบ	
3. ข้อมูลของระบบเติมอากาศ	ประสิทธิภาพในการถ่ายเทออกซิเจน (%)	อัตราการถ่ายเทออกซิเจน (กก.O_2/(กิโลวัตต์.ชม.)
ระบบเติมอากาศแบบฟู้ (Diffused air system) :		
แบบฟองอากาศละเอียด	10 - 30	1.2 - 2.0
แบบฟองอากาศขนาดกลาง	6 - 15	1.0 - 1.6
แบบฟองอากาศหยาบ	4 - 8	0.6 - 1.2
แบบหลอด (Tubular system)	7 - 10	1.2 - 1.6
แบบดูดพ่น (Jet system)	10 - 25	1.2 - 2.4
ระบบเติมอากาศแบบเครื่องกล :		
แบบไหลตามแนวรัศมี (Radial Flow)		1.2 - 2.4
แบบไหลตามแกน (Axial Flow)		1.2 - 2.4
แบบแปรงหมุน (Brush rotor)		1.2 - 2.4
แบบกังหันจุ่มน้ำ (Submerged tubine)		1.0 - 1.5
4. ถังเติมอากาศ		
ความลึกของถัง, ม.	3 - 5	
ระยะผนังเหนือผิวน้ำ, ม.	0.3 - 0.6	
การไหลหมุนควง :		
ความกว้าง/ความลึก, ม.	1 - 2.2	
ความกว้าง, ม.	3 - 11	
ขนาดของถังมากที่สุดที่ยอมให้มี, ลบ.ม.	140	
5. ถังตกตะกอนที่สอง		
อัตราน้ำล้นของถัง, ลบ.ม./(ตร.ม.วัน) :		
เมื่อมี Q เฉลี่ย	15 - 32	
เมื่อมี Q สูงสุด	40 - 48	
ภาระของแข็ง, กก./(ตร.ม.วัน)		
เมื่อมี Q เฉลี่ย	49 - 144	
เมื่อมี Q สูงสุด	100 - 200	
ความลึกของถัง, ม.	3 - 6	
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของถัง, ม.	10 - 60	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางข้อมูลออกแบบระบบเอเอส (ต่อ)

ระบบเอเอส (Activated Sludge System)	ข้อมูลออกแบบ
6. ระบบสูบสลัดจ์เวียนกลับสู่ถังเติมอากาศ	
ปริมาณการสูบสลัดจ์เวียนกลับ/ Q เฉลี่ย	0.5 - 1.50
7. สลัดจ์ถ่ายทิ้งออกจากระบบ	
ปริมาณของแข็งของสลัดจ์จากถังเติมอากาศ, %TS	0.2 - 0.6
ปริมาณของแข็งของสลัดจ์จากถังตกตะกอน, %TS	0.5 - 1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้จัดทำ

นางสาวเมทินี มณีสุวรรณสิน เกิดเมื่อวันที่ 10 มกราคม 2525 กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมตอนปลาย จากโรงเรียนนวมินทราชินูทิศ บดินทรเดชา กรุงเทพมหานคร และจบการศึกษาจากภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

นางสาวอรพรรณ ขำพึ่งสน เกิดเมื่อวันที่ 26 เมษายน 2525 กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมตอนปลาย จากโรงเรียนชิโนรสวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร และจบการศึกษาจากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้