บทที่ 3

แผนการทดลองและการดำเนินวิจัย

3.1 แผนการทดลอง

การทดลองทั้งหมดในการวิจัยนี้กระทำที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงผลของสังกะสีที่มีต่อการกำจัดไนโตรเจนและอินทรีย์คาร์บอนจากน้ำเสียโดยกระบวนการแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบแอน็อกซิก-ออกซิก โดยในการศึกษามีการใช้ชุดทดลองจำนวน 2 ชุด กำหนดให้ชุดทดลองที่ 1 ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้นปกติ (น้ำเสียซีโอดี 500 มก./ล.) ส่วนชุดทดลองที่ 2 ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้นสูง (น้ำเสียซีโอดี 3,500 มก./ล.) ซึ่งขั้นตอนในการศึกษาสรุปได้ดังรูปที่ 3-1

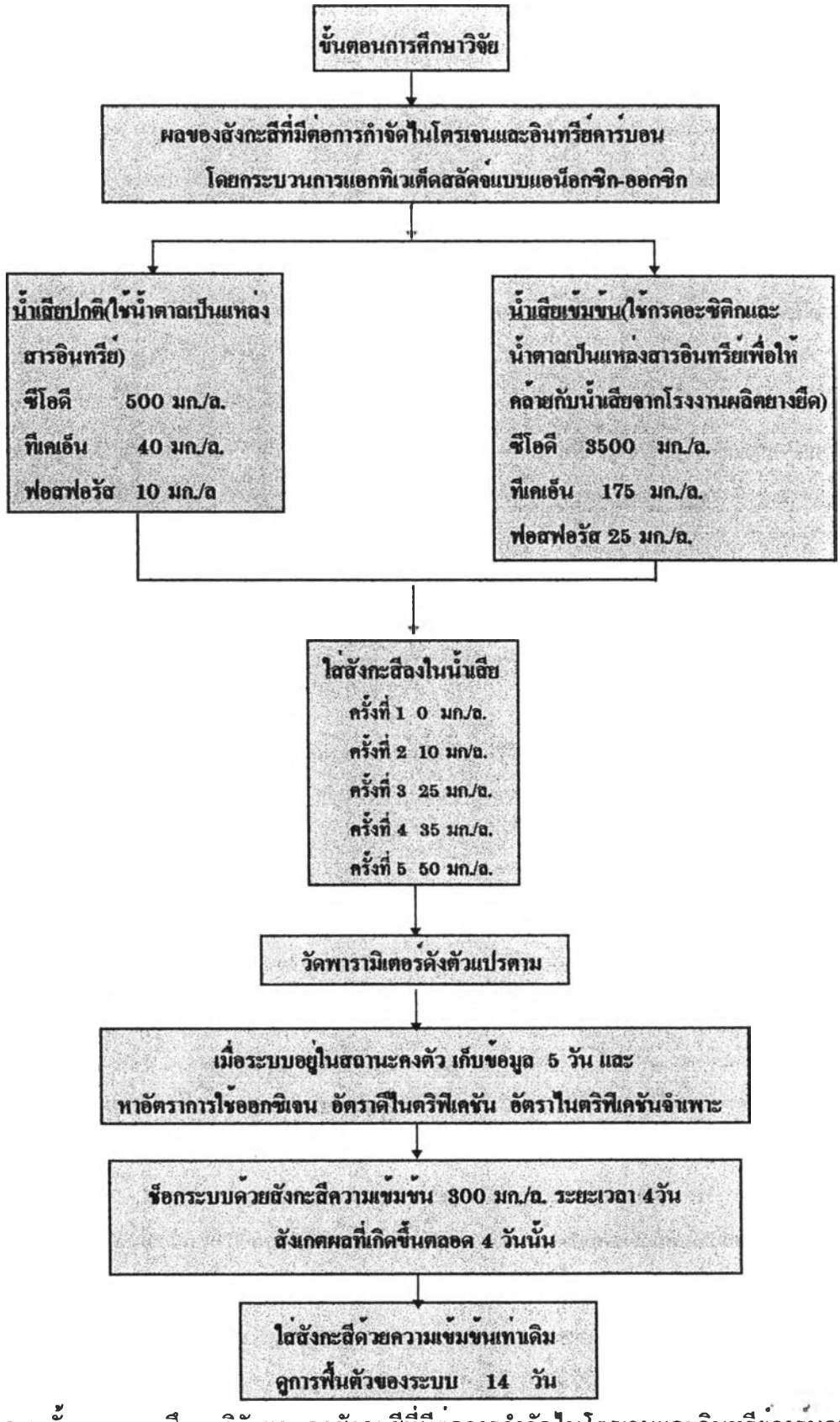
ตัวแปรที่พิจารณาในการทดลองนี้แบ่งได้เป็น 3 แบบด้วยกันคือ ตัวแปรกำหนด (fixed varibles) ตัวแปรอิสระ (independent varibles) และตัวแปรตาม (dependent varibles)

- ตัวแปรกำหนด

ตัวแปรกำหนดที่ต้องการให้คงที่ได้แก่ เวลากักพักของแข็ง(เอสอาร์ที) , อัตราไหลของน้ำเสีย , อัตราการเวียนสลัดจ์กลับ , อัตราการเวียนน้ำกลับ , เวลากักพักน้ำในถังแอน็อกซิก , เวลากักพักน้ำในถังออกซิก รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3-1

- ตัวแปรอิสระ

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ทำขึ้นเพื่อหาผลกระทบของสังกะสีที่มีต่อการกำจัดไนโตรเจนและอินทรีย์คาร์บอน ดังนั้นตัวแปรอิสระ คือความเข้มข้นของสังกะสี 5 ค่า คือ 0, 10, 25, 35 และ 50 มก./ล.



รูปที่ 3-1 ขั้นตอนการศึกษาวิจัยผลของสังกะสีที่มีต่อการกำจัดไนโตรเจนและอินทรีย์คาร์บอน ในน้ำเสียโดยกระบวนการแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบแอน็อกซิก-ออกซิก

ตารางที่ 3-1 ตัวแปรกำหนดที่ใช้ในการวิจัย

พารามิเตอร์	ชุดทดลองที่ 1	ชุดทดลองที่ 2
1. เวลากักพักของแข็ง หรือเอสอาร์ที; (วัน)	10	10
2. อัตราไหล (Q_I); (ลิตรต่อวัน)	20	6
3. อัตราการเวียนสลัดจ์กลับ (Q_{RAS}); (ลิตรต่อวัน)	10	3
4. อัตราการเวียนน้ำกลับ (Q_{IR}); (ลิตรต่อวัน)	40	12
5. เวลากักพักน้ำในถังแอนอ็อกซิก; (ชั่วโมง)	1.2	12
6. เวลากักพักน้ำในถังออกซิก; (ชั่วโมง)	12	48

<u>หมายเหตุ</u> เวลากักพักน้ำในถังแอนอ็อกซิกและถังออกซิกคำนวณจากปริมาตรของถังในแต่ละใบต่ออัตราไหลของน้ำเสีย (Q_I)

ในการศึกษา ชุดทดลองทั้ง 2 ชุด เริ่มทำการทดลองพร้อมกันและมีการแปรค่าสังกะสีเข้าสู่ระบบ 5 ค่าเช่นเดียวกัน และเมื่อระบบเข้าสู่สสถานะคงตัวและทำการวัดพารามิเตอร์ต่างๆเรียบร้อยแล้ว จะมีการสร้างภาวะช็อกของสังกะสีให้เกิดขึ้นในระบบโดยเติมสังกะสีความเข้มข้น 300 มก./ล.เป็นเวลา 4 วัน เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของระบบ จากนั้นเติมสังกะสีด้วยความเข้มข้นเดิมก่อนที่จะทำการช็อกระบบเพื่อดูลักษณะการฟื้นตัวของระบบ โดยทำเช่นนี้ก่อนทุกครั้งที่จะมีการเปลี่ยนความเข้มข้นของสังกะสี

- ตัวแปรตาม

ตัวแปรตามเป็นค่าที่แปรเปลี่ยนไปเมื่อตัวแปรอิสระมีการเปลี่ยนแปลง ในการศึกษานี้ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์คือประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนและอินทรีย์คาร์บอนและลักษณะต่างๆของน้ำเสียในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการ โดยมีพารามิเตอร์ดังนี้คือ

- ค่าอุณหภูมิ (temperature)
- ค่าเอสวี 30 (SV_{30})
- ค่าดรรชนีปริมาตรสลัดจ์ (sludge volume index, SVI)
- ค่าของแข็งแขวนลอยแขวนลอย (suspended solids, SS)
- ค่าโออาร์พี (oxidation reduction potential, ORP)
- ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen, DO)
- อัตราการใช้ออกซิเจนจำเพาะ (specific oxygen uptake rate, SOUR)

- ค่าพีเอช (pH)
- ค่าสภาพด่าง (alkalinity)
- ค่าซีโอดี (chemical oxygen demand, COD)
- ค่าไนไทรต์ (nitrite, NO_2^-)
- ค่าไนเทรต (nitrate, NO_3^-)
- ค่าแอมโมเนีย (ammonia,NH_3^+)
- ค่าทีเคเอ็น (total kjedahl nitrogen, TKN)
- อัตราไนตริฟิเคชันจำเพาะ (specific nitrification rate, SNR)
- อัตราดีไนตริฟิเคชันจำเพาะ (specific denitrification rate,SDNR)
- ค่าความเข้มข้นสังกะสี

3.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดประมาณ 12 เดือน โดยเริ่มทดลองตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2539 และสิ้นสุดการทดลองในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2540 รายละเอียดระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองแสดงดังตารางที่ 3-2

3.3 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

ลักษณะน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองนั้น เกิดจากการสังเคราะห์น้ำให้มีลักษณะเหมือนกับน้ำเสีย โดยชุดทดลองที่ 1 สังเคราะห์น้ำเสียความเข้มข้นปกติซีโอดีประมาณ 500 มก./ล. ทีเคเอ็น 40 มก./ล. ฟอสฟอรัสทั้งหมด 10 มก./ล. และชุดทดลองที่ 2 สังเคราะห์น้ำเสีย***ที่มีลักษณะคล้ายกับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตยางยืด*** ซึ่งมีซีโอดีประมาณ 3500 มก./ล. ทีเคเอ็น 175 มก./ล. และฟอสฟอรัสทั้งหมด 25 มก./ล. โดยมีส่วนประกอบของน้ำเสีย ดังตารางที่ 3-3

นอกจากนั้นต้องมีการเติมสังกะสีเข้าสู่ระบบโดยทำการแปรค่าความเข้มข้นที่ 0 , 10 , 25, 35 และ 50 มก./ล. และทุกการทดลองเมื่อระบบเข้าสู่สถานะคงตัวแล้วมีการสร้างภาวะช็อกให้แก่ระบบด้วยสังกะสี300 มก./ล. โดยเลือกใช้สังกะสีซัลเฟตเป็นแหล่งของสังกะสี และเนื่องจากถ้าผสมสังกะสีซัลเฟตรวมกับสารอาหารแล้วจะทำให้เกิดการตกตะกอนของสังกะสีในถังป้อนน้ำเสีย (feed tank) ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณสังกะสีที่ต้องการให้เข้าสู่ระบบไม่ถูกต้องตามที่ต้องการ การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลองจึงแบ่งเป็น 2 วิธี คือ เมื่อทดลองที่สังกะสี 0 มก./ล.

(ชุดควบคุม)ให้ผสมสารอาหารที่คำนวณไว้สำหรับปริมาณน้ำเสียที่ต้องการในแต่ละครั้งกับน้ำประปาตามปกติ แต่เมื่อทดลองที่สังกะสี 10 , 25 , 35 , 50 และ 300 มก./ล ต้องแยกน้ำเสียออกเป็น 2 ถัง โดยแบ่งเป็นถังของสารอาหารและถังของสังกะสีซัลเฟตที่แยกละลายกับน้ำประปาโดยในแต่ละถังมีปริมาตรน้ำเสียเป็นครึ่งหนึ่งของปริมาตรน้ำเสียที่ต้องการ การเติมน้ำเสียเข้าสู่ระบบทำได้โดยเติมน้ำเสียพร้อมกันทั้ง 2 ถัง โดยใช้เครื่องสูบ 2 ตัว และตั้งอัตราการไหลของเครื่องสูบแต่ละตัวไว้ที่ครึ่งหนึ่งของอัตราไหลน้ำเสียที่ต้องการในแต่ละวัน (ดูรูป 3-2)

3.4 เครื่องมือและอุปกรณ์

ในการวิจัยทำการทดลองเป็น 2 ชุดทดลอง ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในขั้นต้น โดยมีบางอุปกรณ์ของชุดทดลองมีการออกแบบที่ต่างกัน แต่มีลักษณะการติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์แบบเดียวกันดังแสดงในรูปที่ 3-2 โดยรายละเอียดขณะเดินระบบจริงแสดงดังภาพที่ 3-1 และ 3-2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในแต่ละชุดประกอบด้วย

ตารางที่ 3-2 รายละเอียดระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

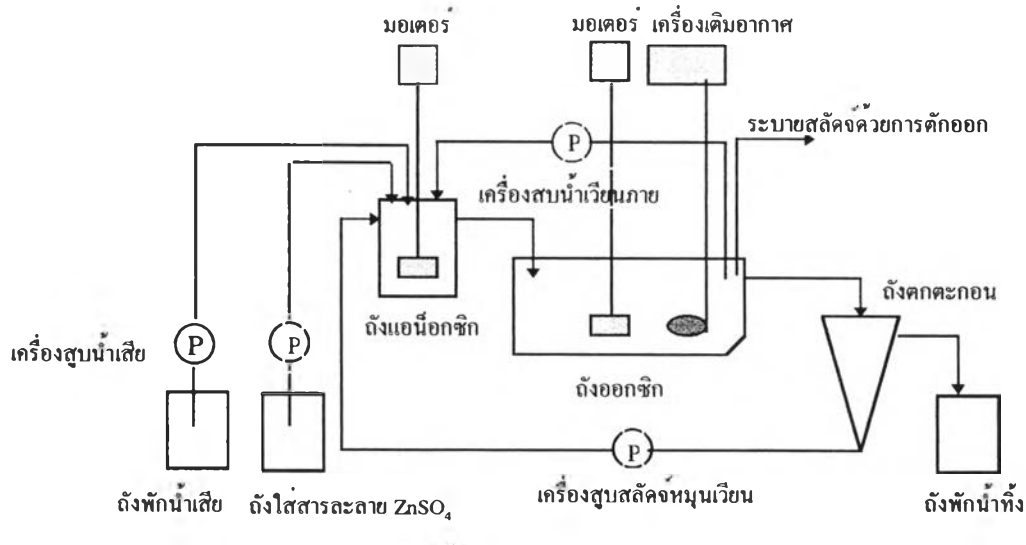
แผนการทดลอง	เวลาที่ใช้ในการทดลอง (เดือนที่)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
เตรียมการทดลอง												
ชุดทดลองที่ 1 (น้ำเสียซีโอดี 500 มก./ล.)												
การทดลองครั้งที่ 1 (สังกะสี 0 มก./ล.; ชุดควบคุม)												
การทดลองครั้งที่ 2 (สังกะสี 10 มก./ล.)												
การทดลองครั้งที่ 3 (สังกะสี 25 มก./ล.)												
การทดลองครั้งที่ 4 (สังกะสี 35 มก./ล.)												
การทดลองครั้งที่ 5 (สังกะสี 50 มก./ล.)												
ชุดทดลองที่ 2 (น้ำเสียซีโอดี 3,500 มก./ล.)												
การทดลองครั้งที่ 1 (สังกะสี 0 มก./ล.; ชุดควบคุม)												
การทดลองครั้งที่ 2 (สังกะสี 10 มก./ล.)												
การทดลองครั้งที่ 3 (สังกะสี 25 มก./ล.)												
การทดลองครั้งที่ 4 (สังกะสี 35 มก./ล.)												
การทดลองครั้งที่ 5 (สังกะสี 50 มก./ล.)												

ตารางที่ 3-3 ส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์

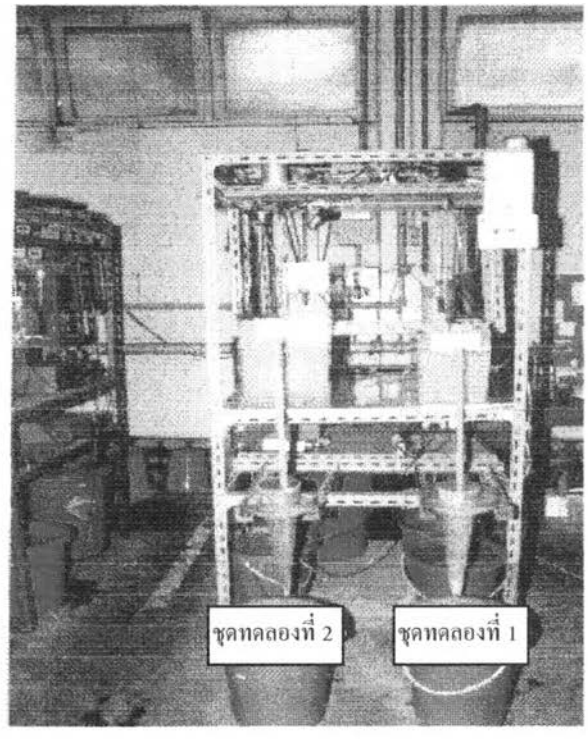
ส่วนประกอบ	ความเข้มข้น (มก./ล.)	
	ชุดทดลองที่ 1	ชุดทดลองที่ 2
กรดอะซิติก	-	0.89 ลบ.ซม./ล. (1000 มก.ซีโอดี/ล.)
น้ำตาล	430 (500 มก.ซีโอดี/ล.)	2150(2500 มก.ซีโอดี/ล.)
KH_2PO_4	43.9	109.7
$(NH_4)_2SO_4$	188.6	825
$MgSO_4.7H_2O$	31.25	218.8
$FeCl_3$	1	7
$NaHCO_3$	325	2275
$CaCl_2$	8.5	59.7

3.4.1 ถังปฏิกริยา

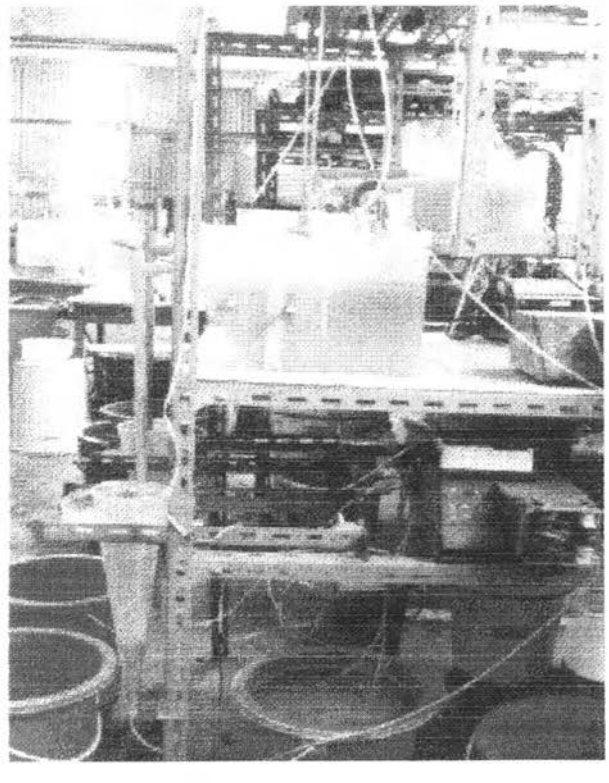
ถังปฏิกิริยาที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นถังอะครีลิกใส ซึ่งในแต่ละชุดทดลองประกอบด้วยถังปฏิกริยาจำนวน 2 ถัง ได้แก่ ถังแอน็อกซิก และถังออกซิก โดยมีขนาดและจำนวนดังต่อไปนี้



รูปที่ 3-2 แผนผังการติดตั้งเครื่องมือที่ใช้ในชุดทดลองที่ 1 และชุดการทดลงที่ 2



ภาพที่ 3-1 การติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ของชุดทดลองที่ 1 และ 2 ขณะเดินระบบจริง



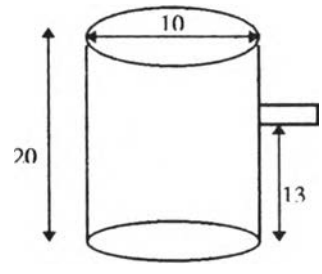
ภาพที่ 3-2 การติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์

ชุดทดลองที่ 1

1. ถังแอน็อกซิก จำนวน 1 ถัง

บรรจุน้ำ 1 ลิตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม.

ความสูงระดับน้ำ 13 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 3-3

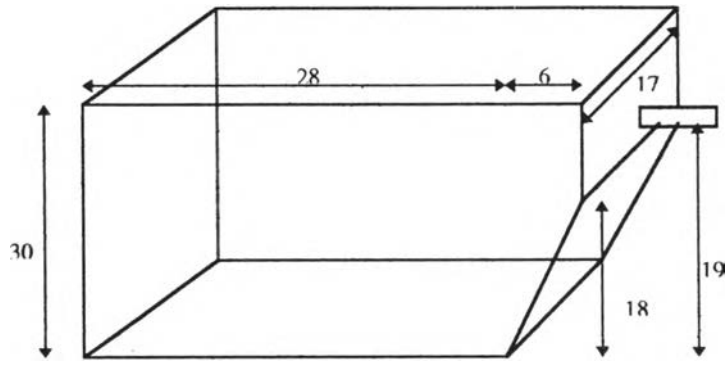


รูปที่ 3-3 ถังแอน็อกซิกที่ใช้ในชุดทดลองที่ 1

2. ถังออกซิก จำนวน 1 ถัง

บรรจุน้ำ 10 ลิตร ขนาด 34 x 17 x 30 ลบ.ซม.

ความสูงระดับน้ำ 19 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 3-4

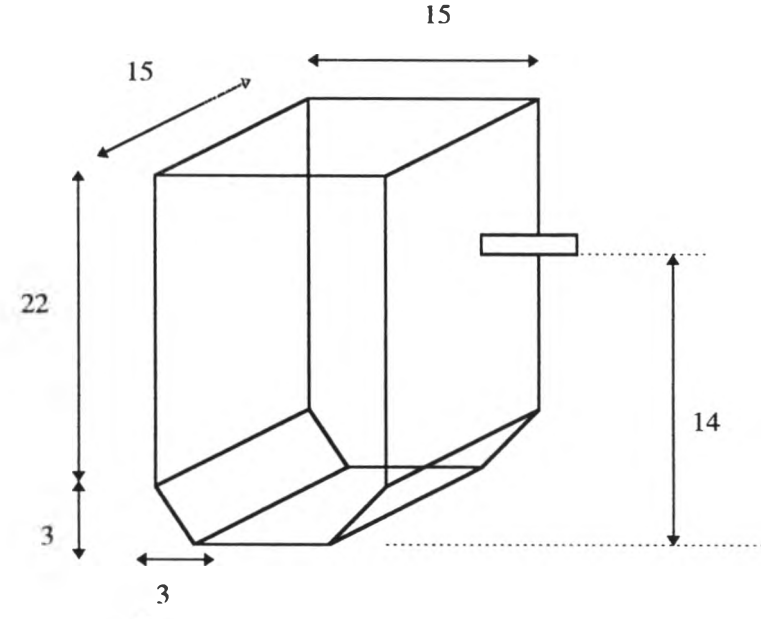


รูปที่ 3-4 ถังออกซิกที่ใช้ในชุดทดลองที่ 1

ชุดทดลองที่ 2

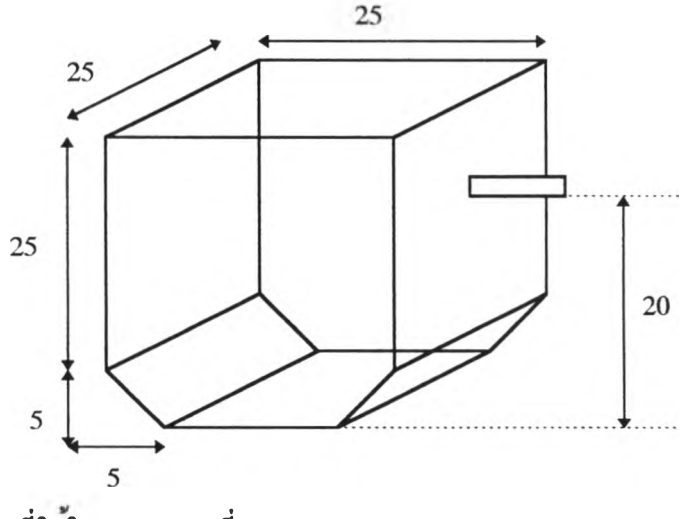
1. ถังแอน็อกซิก จำนวน 1 ถัง

บรรจุน้ำ 3 ลิตร ขนาด 15 x 15 x 25 ลบ.ซม.
ความสูงระดับน้ำ 14 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 3-5



รูปที่ 3-5 ถังแอน็อกซิกที่ใช้ในชุดทดลองที่ 2

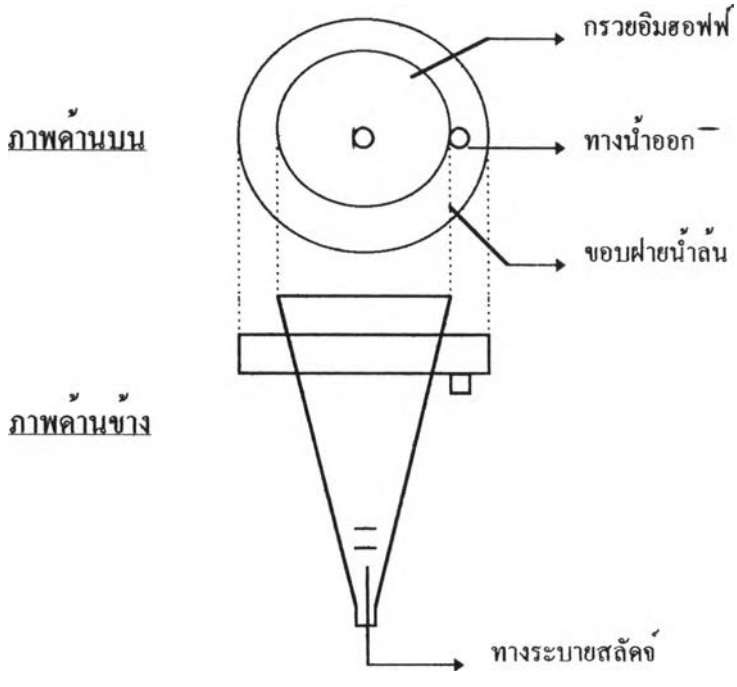
2. ถังออกซิก จำนวน 1 ถัง
บรรจุน้ำ 12 ลิตร ขนาด 25 x 25 x 30 ลบ.ซม.
ความสูงระดับน้ำ 20 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 3-6



รูปที่ 3-6 ถังออกซิกที่ใช้ในชุดทดลองที่ 2

3.4.2 ถังตกตะกอน

ถังตะกอนที่ใช้ในการทดลองนี้ใช้กรวยอิมฮอฟฟ์สำเร็จรูปขนาด 1 ลิตร มาดัดแปลง ความจุทั้งหมด 1.85 ลิตร ชุดทดลองละ 1 อัน ดังแสดงในรูปที่ 3-7 โดยที่ชุดทดลองที่ 1 เอชอาร์ที 3.5 ชั่วโมง เอสแอลอาร์ 1.1 เมตรต่อวัน และชุดทดลองที่ 2 เอชอาร์ที 8 ชั่วโมง เอสแอลอาร์ 0.6 เมตรต่อวัน



รูปที่ 3-7 ถังตกตะกอน (ดัดแปลงจากกรวยอิมฮอฟฟ์สำเร็จรูป)

3.4.3 อุปกรณ์การกวนน้ำในถังแอน็อกซิกและถังออกซิก

การกวนผสมน้ำเสียในถังแอน็อกซิก เพื่อให้เกิดการสัมผัสกันอย่างทั่วถึงของสารอินทรีย์กับจุลชีพของทั้ง 2 ชุดการทดลองนั้น ประกอบด้วยมอเตอร์และใบกวนน้ำแบบกังหัน (turbine) ชนิด 3 ใบพัด ทำด้วยพลาสติค และใช้มอเตอร์ขับให้มีความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที ซึ่งชุดการทดลองที่ 1 ใช้ใบกวนที่มีขนาดใบพัดกว้าง 1 ซม. ยาว 2 ซม. และชุดการทดลองที่ 2 ใบกวนมีขนาดกว้าง 1.5 ซม. ยาว 3 ซม. โดยในแต่ละชุดทดลองใช้อุปกรณ์การกวนจำนวน 1 ชุด

ส่วนการใช้อุปกรณ์การกวนในถังออกซิกนั้น เนื่องจากชุดทดลองที่ใช้เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบจำลองมีขนาดเล็ก หากต้องการให้ของเหลวผสมในถังผสมเป็นเนื้อเดียวกันอย่างทั่วถึงโดยอาศัยฟองอากาศเพียงอย่างเดียวแล้ว พบว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำในถังมีค่าประมาณ 6 - 7 มก./ล. ทำให้ออกซิเจนสามารถเข้าสู่ถังแอน็อกซิกได้ในปริมาณมากจากการเวียนน้ำกลับจากถังออกซิกซึ่งมีผลต่อการเกิดปฏิกริยาดีไนตริฟิเคชันในถังแอน็อกซิก เนื่องจากจุลินทรีย์บางส่วนสามารถใช้ออกซิเจนได้โดยตรงโดยที่ไม่ต้องอาศัยออกซิเจนที่เป็นส่วนประกอบของไนเทรต นอกจากนั้นยังมีส่วนให้สลัดจ์จมตัวได้ไม่ดีนัก(WEF, 1996) ซึ่งในระบบบำบัดน้ำเสียจริงนั้นต้องการออกซิเจนมากกว่า 2 มก./ล. ก็เพียงพอแล้ว (ธีระ,2534) และเมื่อใช้อุปกรณ์การกวนช่วยในการกวนผสมแล้ว ทำให้สามารถลดการเติมอากาศลงได้ โดยแต่ละชุดทดลองใช้อุปกรณ์การกวนจำนวน 1 ชุด ใบกวนน้ำมีลักษณะเหมือนที่ใช้ในถังแอน็อกซิกแต่ขนาดใหญ่กว่าคือ กว้าง 3 ซม. ยาว 5 ซม. และใช้มอเตอร์ขับให้มีความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที

3.4.4 เครื่องเติมอากาศและหัวเติมอากาศ

เครื่องเติมอากาศและหัวเติมอากาศที่ใช้ในการวิจัยนี้ เป็นชนิดที่ใช้สำหรับเติมอากาศในตู้ปลา ทั้ง 2 ชุดการทดลองใช้เครื่องเติมอากาศจำนวน 1 เครื่อง และหัวเติมอากาศขนาดกลาง 2 หัว

3.4.5 เครื่องสูบน้ำเสียเข้าระบบ

ในชุดทดลองแต่ละชุดประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำแบบไดอะแฟรม (diapharm pump)จำนวน 2 เครื่อง โดยแยกใช้สำหรับสูบน้ำเสียที่เป็นสารอาหารและน้ำเสียที่มีเฉพาะสารละลายของสังกะสีซัลเฟตเข้าสู่ถังแอน็อกซิก

อัตราการสูบน้ำเสียของแต่ละชุดทดลองมีค่าต่างกัน โดยชุดทดลองที่ 1 ตั้งอัตราการสูบน้ำเสียไว้ที่ 20 ลิตร/วัน ในกรณีที่ไม่มีการเติมสังกะสีเข้าสู่ระบบและใช้เครื่องสูบน้ำเพียงเครื่องเดียว แต่เมื่อต้องเติมสังกะสีเข้าระบบจะต้องใช้เครื่องสูบน้ำ 2 เครื่อง ปรับตั้งอัตราการสูบน้ำเสียไว้ที่ 10 ลิตร/วัน สำหรับชุดการทดลองที่ 2 ตั้งอัตราการสูบน้ำเสียไว้ที่ 6 ลิตร/วัน ในกรณีที่ไม่มีการเติมสังกะสีเข้าสู่ระบบและใช้เครื่องสูบน้ำเพียงเครื่องเดียว แต่เมื่อต้องเติมสังกะสีเข้าระบบจะต้องใช้เครื่องสูบน้ำ 2 เครื่องเช่นกัน ปรับตั้งอัตราการสูบน้ำเสียไว้ที่ 3 ลิตร/วัน

3.4.6 เครื่องสูบสลัดจ์กลับและเครื่องสูบเวียนน้ำกลับ

เป็นเครื่องสูบแบบรีดสาย (peristetic pump) โดยในแต่ละชุดทดลองใช้จำนวน 2 เครื่อง แบ่งเป็นใช้สำหรับสูบสลัดจ์กลับ และการเวียนน้ำกลับจากถังออกซิกสู่ถังแอน็อกซิก ซึ่งชุดทดลองที่ 1 มีอัตราการสูบสลัดจ์ 10 ลิตร/วัน อัตราการเวียนน้ำกลับ 40 ลิตร/วัน ส่วนชุดทดลองที่ 2 มีอัตราการสูบสลัดจ์ 3 ลิตร/วัน อัตราการเวียนน้ำกลับ 12 ลิตร/วัน

3.4.7 ถังพักน้ำเสีย

ชุดทดลองทั้ง 2 ชุด ใช้ถังพักน้ำเสียที่เป็นพลาสติกจำนวน 2 ใบ เพื่อแยกใส่น้ำเสียที่เป็นสารอาหาร และน้ำเสียที่เป็นสารละลายของสังกะสีซัลเฟต โดยชุดทดลองที่ 1 ใช้ถังที่มีปริมาตร 25 ลิตร ส่วนชุดทดลองที่ 2 ใช้ถังที่มีปริมาตร 10 ลิตร ซึ่งถังทั้งหมดนี้สามารถเก็บน้ำเสียไว้ได้อย่างน้อย 1 วัน และมีขีดบอกปริมาตรน้ำทุกๆ 1 ลิตร ซึ่งใช้ตรวจสอบอัตราการสูบน้ำเสียได้อย่างคร่าวๆ

3.4.8 ถังพักน้ำทิ้ง

ใช้ถังพลาสติกจำนวน 1 ใบในแต่ละชุดทดลอง โดยชุดทดลองที่ 1 ใช้ถังที่มีปริมาตร 25 ลิตร ส่วนชุดทดลองที่ 2 ใช้ถังที่มีปริมาตร 10 ลิตร ซึ่งถังสามารถเก็บน้ำทิ้งไว้ได้อย่างน้อย 1 วัน

3.5 การเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์

การเก็บตัวอย่างน้ำมาทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ นั้นกระทำ 2 แบบ คือใช้อุปกรณ์วัดค่าพารามิเตอร์ที่ชุดทดลอง ได้แก่ การวัดค่าโออาร์พี ออกซิเจนละลายน้ำ และอุณหภูมิ และอีกแบบคือเก็บจากถังพักน้ำเสีย ถังปฏิกริยา และถังพักน้ำทิ้ง ทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ทันที โดยแบ่งลักษณะการวัดตัวอย่างน้ำเป็นแบบวัดค่าทั้งหมดคือนำตัวอย่างน้ำมาทำการวิเคราะห์ได้เลย เช่น การวัดพีเอช การวัดพารามิเตอร์ต่างๆของน้ำเสียจากถังพัก การวัดซีโอดีของน้ำทิ้ง และอีกแบบคือกรองเอาเซลล์จุลินทรีย์ออกโดยใช้กระดาษกรอง GF-C และนำส่วนน้ำใสที่ได้มาวิ

เคราะห์ เช่น การวัดพารามิเตอร์ต่างๆในถังแอน็อกซิก ถังออกซิก และน้ำทิ้ง ซึ่งรายละเอียดของตำแหน่งการเก็บและความถี่ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 3-4

ส่วนวิธีวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆนั้น ปฏิบัติตามหนังสือมาตรฐานของสหรัฐอเมริกา (Standard Method for Examination of Water and Wastewater) (American Water Works Association, 1995) และคู่มือปฏิบัติการเคมีของน้ำเสีย(อรทัย,2535) ซึ่งพารามิเตอร์แต่ละตัวมีวิธีในการวิเคราะห์ต่างกันไป ดังแสดงในตารางที่ 3-5

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมีดังนี้

- เครื่องวัดพีเอช (pH meter)

เป็นเครื่องวัดพีเอชของ HACH รุ่น EC pH Meter

- เครื่องวัดโออาร์พี (ORP meter)

เป็นเครื่องวัดโออาร์พีของ Radiometer Copenhagen รุ่น PHM 80 PORTABLE pH Meter และใช้โพรบชนิด แพลททินัม/โพแทสเซียมคลอไรด์

- เครื่องวัดออกซิเจนละลายน้ำ(dissolved oxygen meter)

เป็นเครื่องวัดออกซิเจนละลายน้ำของ YSI รุ่น 52

- เครื่องวัด Spectrophotometer

เป็นเครื่องวัด Spectrophotometer ของ Merck รุ่น SQ 118 สำหรับใช้ในการวัดไนเทรต และไนไทรต์

-เครื่องวัด Atomatic Absorption Spectro Meter

เป็นเครื่องวัดAtomatic Absorption Spectro Meter ของ Varian รุ่น spectr AA. 10 Plus สำหรับใช้ในการวัดค่าตวามเข้มข้นของสังกะสี

3.6 การเดินระบบ

การเริ่มเดินระบบในการวิจัยนี้ใช้หัวเชื้อ(seed) จากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา ซึ่งเป็นระบบแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ โดยมีขั้นตอนการเดินระบบดังนี้

1. นำหัวเชื้อมาส่องด้วยกล้องจุลทัศน์เพื่อดูลักษณะ ซึ่งหัวเชื้อที่ดีควรมีลักษณะเป็นกลุ่มฟล็อคและมีส่วนที่เป็นเส้นใยน้อยที่สุด

2. หาปริมาณของแข็งแขวนลอยของหัวเชื้อที่นำมา

ตารางที่ 3-4 พารามิเตอร์และความถี่ในการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	ตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำเสีย			
	น้ำเสีย	ถังแอนีอกซิก	ถังออกซิก	น้ำทิ้ง
พีเอช	D	D	D	D
อุณหภูมิ	D	D	D	D
ออกซิเจนละลายน้ำ	D	D	D	D
โออาร์พี	D	D	D	D
อัตราการใช้ออกซิเจน	-	-	SS , SH , RE	-
ตะกอนแขวนลอย	-	D	D	D
เอสวี30	-	D	D	-
ซีโอดี (ทั้งหมด)	MWF	-	-	MWF
ซีโอดี (กรอง)	-	MWF	-	MWF
ทีเคเอ็น (ทั้งหมด)	MWF	-	-	-
ทีเคเอ็น (กรอง)	-	-	-	MWF
แอมโมเนีย (กรอง)	-	WMF	MWF	-
ไนเทรต (กรอง)	-	MWF	MWF	-
ไนไทรต์ (กรอง)	-	WMF	MWF	-
อัตราดีไนตริฟิเคชันจำเพาะ	-	S , SH , RE	-	-
อัตราไนตริฟิเคชันจำเพาะ	-	-	S , SH , RE	-
ความเป็นด่าง (ทั้งหมด)	MWF	-	-	-
ความเป็นด่าง (กรอง)	-	MWF	MWF	MWF
ความเข้มข้นสังกะสี (ทั้งหมด)	MWF/S	MWF/S	MWF/S	MWF/S
ความเข้มข้นสังกะสี (กรอง)	-	MWF/S	MWF/S	MWF/S

หมายเหตุ : D - ทำการวิเคราะห์ทุกวัน

MWF - ทำการวิเคราะห์วันจันทร์, พุธ,ศุกร์

MWF/S - ทำการวิเคราะห์วันจันทร์, พุธ ศุกร์และโดยละเอียดเมื่อสถานะระบบคงตัวแล้ว

S , SH , RE - ทำการวิเคราะห์เมื่อระบบมีสถานะคงตัว เกิดภาวะช็อกและฟื้นสภาพ

โดย การวัดค่าพีเอช อุณหภูมิ ออกซิเจนละลายน้ำ โออาร์พี ทำการวัดในช่วง 9.00-12.00 น.

ตารางที่ 3-5 วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
พีเอช	Electronic pH meter with glass electrode Method
อุณหภูมิ	Thermometer Method
ออกซิเจนละลายน้ำ	Membrain Electrode Method
โออาร์พี	Electronic ORP meter with Platinum Electrode Method
ตะกอนแขวนลอย	Gravimetric Method (Total Residue drying at 103-105^{o}C)
เอสวี$_{30}$	Settle Volume Method
เอสวีไอ	Calculate from MLSS & SV_{30}
ซีโอดี	Dichromate Close Reflux Method
การกรองตัวอย่างน้ำ	GF - C filter
ทีเคเอ็น	Kjeldahl Method
ไนเทรต	Spectrophotometric Method
ไนไทรต์	Spectrophotometric Method
ความเป็นด่าง	Titration Method
ความเข้มข้นสังกะสี	Atomatic Absorption Spectrometer

3. คำนวณหาปริมาณเอ็มแอลเอสเอสที่ต้องการในระบบ โดยใช้สูตรคำนวณดังในสมการที่ 3.1 จากสมการนี้สามารถประมาณปริมาณของแข็งแขวนลอยที่ต้องใช้ในการเริ่มเดินระบบได้

$$F/M = S/(X\tau) \quad \text{----------3.1)}$$

เมื่อ F/M คือ ค่าอาหารต่อปริมาณจุลินทรีย์ในระบบ ; ต่อวัน
S คือ ซีโอดีที่เข้าสู่ระบบ ; มก./ล.
X คือ ค่าตะกอนแขวนลอยในระบบ ; มก./ล.
τ คือ เวลากักน้ำของระบบ ; วัน

4. เลี้ยงหัวเชื้อให้เคยชินกับน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง โดยเลี้ยงในถังออกซิกเติมอากาศให้หัวเชื้อ เดินระบบให้เป็นแบบแบตช์ และถ่ายน้ำเสียออกวันละครั้ง ซึ่งการเลี้ยงหัวเชื้อแบบนี้

สามารถป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แบบเส้นใยได้ ระยะเวลาในการเดินระบบแบบนี้แปรตามความแตกต่างระหว่างลักษณะน้ำเสียที่หัวเชื้อเคยชินกับน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง โดยมุ่งเน้นที่ค่าซีโอดี ในการวิจัยนี้ใช้หัวเชื้อที่เคยชินกับน้ำเสียชุมชนที่มีค่าซีโอดีโดยเฉลี่ยประมาณ 107 มก./ล.(ชัยพร, 2538) จากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา กรุงเทพมหานคร ซึ่งชุดทดลองที่ 1 ใช้น้ำเสียสังเคราะห์มีค่าซีโอดี 500 มก./ล. ค่าซีโอดีไม่แตกต่างกันมากนัก จึงเดินระบบประมาณ 3 วัน ส่วนชุดทดลองที่ 2 น้ำเสียสังเคราะห์มีค่าซีโอดี 3,500 มก./ล. การเริ่มเดินระบบต้องใช้เวลานานกว่าโดยต้องแปรค่าซีโอดีที่ให้หัวเชื้อในแต่ละวันจาก 500 มก./ล. ไปจนถึง 3,500 มก./ล. ซึ่งใช้เวลาประมาณ 8 วัน ซึ่งการเลี้ยงหัวเชื้อลักษณะนี้ทำเฉพาะการทดลองของชุดควบคุม(สังกะสี 0 มก./ล.) ของทั้ง 2 ชุดทดลองเท่านั้น และการทดลองครั้งถัดไปใช้เชื้อต่อเนื่องจากการทดลองของชุดควบคุมที่ผ่านการช็อกระบบด้วยสังกะสี 300 มก./ล. และฟื้นตัวแล้วในการเดินระบบต่อไป

5. ในการเริ่มเดินระบบจริงของชุดควบคุมทำการแบ่งหัวเชื้อที่เลี้ยงในถังออกซิกใส่ในถังแอน็อกซิก และสูบน้ำเสียเข้าระบบอย่างต่อเนื่อง ควบคุมอัตราหมุนเวียนสลัดจ์และเวียนน้ำภายในตามตัวแปรกำหนดดังที่กล่าวมาแล้ว เดินระบบประมาณ 7 วัน จึงเริ่มเก็บตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ ส่วนการทดลองอื่นๆทำการเดินระบบต่อเนื่องจากชุดควบคุมดังกล่าวมาแล้วในข้อ 4 และแปรค่าความเข้มข้นสังกะสีในน้ำเสียที่ต้องการ เดินระบบประมาณ 7 วัน จึงเริ่มเก็บตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์เช่นกัน ในช่วงเดินระบบนี้ต้องทำการดูแลรักษาความสะอาดและควบคุมอายุสลัดจ์ของระบบด้วย ดังจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

3.6 การควบคุมและการดูแลรักษาระบบ

การควบคุมและดูแลรักษาประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ควบคุมอัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบ การหมุนเวียนน้ำภายในและสลัดจ์ให้คงที่ตามที่ได้กำหนดไว้ การควบคุมอัตราการไหลของน้ำเสียอาจสังเกตได้อย่างง่ายจากการลดลงของน้ำเสียในถังพัก โดยใน 1 วันน้ำเสียควรหมดไปตามปริมาตรที่กำหนดไว้ หากอัตราการสูบน้ำไม่เป็นไปตามที่กำหนดไว้ให้ทำความสะอาดเครื่องสูบ แล้ววัดอัตราการไหลในระยะเวลาสั้นๆ เช่น 5 นาที โดยใช้กระบอกตวงขนาด 50 หรือ 100 ลบ.ซม. วัดปริมาตรน้ำที่ได้ตรงกับที่กำหนดไว้ หากยังคงคลาดเคลื่อนให้ปรับตั้งเครื่องสูบใหม่ และใช้วิธีการดังกล่าวนี้วัดอัตราการหมุนเวียนน้ำภายในและสลัดจ์ของระบบด้วย โดยควรทำการวัดอย่างน้อยวันละ 1 ครั้ง

2. ควบคุมการระบายสลัดจ์ออกจากถังออกซิก เพื่อควบคุมเวลากักพักของแข็งให้ได้ 10วัน ตามต้องการ ซึ่งสามารถทำได้โดยระบายสลัดจ์ออกจากถังออกซิก โดยปริมาณสลัดจ์ที่จะระบายนั้นคำนวณได้จากสมการที่ 3.2 เมื่อนำสลัดจ์ออกจากถังออกซิกแล้วให้นำน้ำทิ้งจากถังรองรับเติมลงในถังออกซิกปริมาตรเท่ากับสลัดจ์ที่ระบายออกไป

$$Q_w = ((V_T X / \theta_C) - Q X_e) / (X - X_e) \quad \text{----------3.2)}$$

โดยที่ θ_C คือ เวลากักพักของแข็ง,วัน

V_T คือ ปริมาตรรวมของทุกถังปฏิกิริยา,ลิตร

X คือ ความเข้มข้นจุลชีพแขวนลอยในถังปฏิกิริยา,มก.เอ็มแอลเอสเอส/ลิตร

Q_w คือ อัตราการระบายสลัดจ์ทิ้งจากถังปฏิกิริยาโดยตรง,ลิตรต่อวัน

Q คือ อัตราไหลของน้ำเสียเข้าระบบ,ลิตร/วัน

X_e คือ ความเข้มข้นของจุลชีพแขวนลอยในน้ำทิ้งที่ออกจากถังตกตะกอน,มก./ล.

ในการศึกษาสมมติให้น้ำทิ้งที่ออกจากถังตกตะกอนมีลักษณะใส ซึ่ง X_e จะมีค่าน้อยมาก ฉะนั้นสมการที่ 3.2 จะสามารถเขียนได้ดังสมการที่ 3.3

$$Q_w = V_T / \theta_C \quad \text{----------3.3)}$$

ดังนั้นในระบบที่ทำการทดลองจะทำการระบายสลัดจ์ออกจากถังออกซิกด้วยอัตราดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1

$$Q_w = \frac{1+10}{10} = 1.1 \text{ ลิตรต่อวัน}$$

ชุดการทดลองที่ 2

$$Q_w = \frac{3+12}{10} = 1.5 \text{ ลิตรต่อวัน}$$

และในกรณีขณะเดินระบบของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งมีค่าสูงขึ้นจนกระทั่ง $X_c \neq 0$ เช่น งานวิจัยขณะเกิดภาวะช็อกของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งมีค่าสูง ต้องมีการนำค่า X_c มาคำนวณอัตราการระบายสลัดจ์ทิ้งจากถังปฏิกิริยาโดยตรงด้วย ดังแสดงในสมการที่ 3.4

$$Q_{WR} = \frac{Q_W X - (X_c Q)}{X} \quad \text{----------3.4)}$$

โดยที่ Q_{WR} คือ อัตราการระบายสลัดจ์ทิ้งจากถังปฏิกิริยาโดยตรงจริง เมื่อ $X_c \neq 0$,ลิตรต่อวัน

ทั้งนี้การนำสลัดจ์ออกจากระบบนั้นให้รวมปริมาตรของตัวอย่างน้ำที่นำไปวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ต่างๆด้วย

3.การดูแลรักษาระบบเริ่มด้วยถังเก็บพักน้ำเสียและน้ำทิ้งต้องมีการทำความสะอาดทุกวัน รวมทั้งถังปฏิกริยาต้องไม่มีคราบหรือเมือกเกาะบริเวณข้างหรือส่วนล่างของถัง ซึ่งการทำความสะอาดให้ใช้แปรงขนาดเล็กขัดถูอย่างน้อยวันละ 2 ครั้ง นอกจากนั้นระบบท่อของชุดทดลองต้องมีการเปลี่ยนใหม่ให้สะอาดอยู่เสมอ โดยท่อสูบน้ำเสียควรเปลี่ยนทุก 3 วัน และท่อหมุนเวียนน้ำภายในและสลัดจ์ควรเปลี่ยนทุก 7 วัน การดูแลรักษาความสะอาดนี้มีความสำคัญต่อชุดทดลองขนาดเล็กมาก เพราะสามารถช่วยป้องกันการเกิดเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่สามารถขัดขวางการทำงานของระบบได้ เช่น เชื้อรา เป็นต้น