บทที่ 3
การดำเนินการทดลอง

การดำเนินการทดลองศึกษาสมรรถนะของการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ของกระบวนตะกอนเร่งโดยการใช้แบบจำลอง Bench-Scale Continuous-Flow Stirred Tank Reactor with Solid Recycle เปรียบเทียบกับกระบวนการตะกอนเร่งที่ใช้ตัวกลางฟองน้ำสังเคราะห์ ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งมีรายละเอียดและวิธีการทดสอบดังนี้

3.1 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

น้ำเสียที่ใช้ในการศึกษาเป็นน้ำเสียสังเคราะห์มีความเข้มข้นของ COD ประมาณ 300 มก./ล. และมีอัตราส่วน COD:N:P ประมาณ 150:5:1 สำหรับแหล่งสารอินทรีย์คาร์บอนได้จากนมผงละลายน้ำ สารไนโตรเจนได้จากแอมโมเนียซัลเฟต และสารฟอสฟอรัสได้จากโปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต และไดโปตัสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ซึ่งใช้เป็นสารควบคุมพีเอชด้วย และยังมีการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตเป็นสารควบคุมพีเอช นอกจากนี้ยังประกอบด้วยแร่ธาตุและสารอาหารที่จำเป็น ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 3.1

3.2 แบบจำลองและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

แบบจำลองที่ใช้ในการวิจัยได้แสดงรายละเอียดในรูปที่ 3.1 โดยการใช้แบบจำลอง Bench-Scale Continuous-Flow Stirred Tank Reactor with Solid Recycle ประกอบขึ้นจากแผ่นพลาสติกโพลิ-กลาสอคริลิกค์ มีปริมาตรรวม 11.0 ลิตร โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นถังเติมอากาศและส่วนถังตกตะกอน ซึ่งมีปริมาตร 8.0 และ 3.0 ลิตร ตามลำดับ แบ่งด้วยแผงกั้น (Baffle) ที่สามารถปรับขึ้นลงได้ตามความเหมาะสมของการไหลเวียนของตะกอน ภายในส่วนของถังเติมอากาศใช้บรรจุฟองน้ำสังเคราะห์ปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15 ของปริมาตรส่วนเติมอากาศ การป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบ โดยการใช้เครื่องสูบน้ำทำการสูบน้ำเสียจากถังเก็บน้ำเสียเข้าสู่ถังปฏิกริยา โดยทำการปรับอัตรา

การไหลให้เท่ากับ 40 มล./นาที ซึ่งทำให้มีเวลากักเก็บ (Hydraulic Retention Time, HRT) เท่ากับ 3.33 และ 1.25 ชั่วโมง สำหรับถังเติมอากาศและถังตกตะกอน ตามลำดับ เครื่องเติมอากาศใช้เป็นแบบที่ใช้ในตู้ปลาเป็นแท่งเติมอากาศแบบ Air Diffuser รับอากาศจากปั๊มลม (Air Compressor) ผ่านท่อสายยางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซ็นติเมตร โดยได้แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ไว้ในรูปที่ 3.2

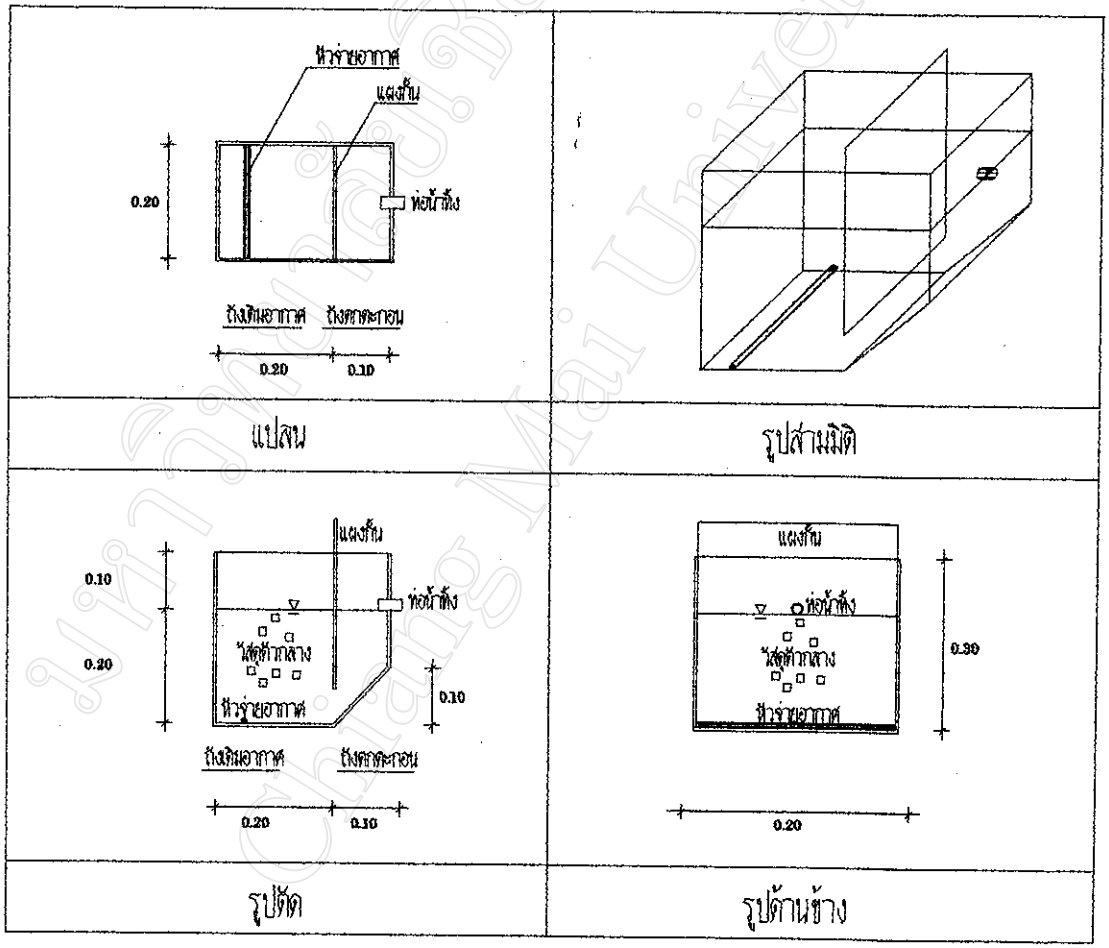
ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการศึกษา

สารที่ใช้	ความเข้มข้นของสารละลาย (กรัม/ลิตร)	ปริมาณสารที่ใช้ (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้นของสารในน้ำเสียสังเคราะห์ (มก./ล.)
$FeCl_3.6H_2O$	4	5	2
$CaCl_2$	15	5	7.5
$MgSO_4.7H_2O$	100	5	50
$MnSO_4.H_2O$	10	5	0.5
$(NH_4)_2SO_4$	90	11.5	103.5
KH_2PO_4 1/	4	28	11.2
K_2HPO_4 1/	8	28	22.4
$NaHCO_3$ 2/	45	55	24.7
น้ำนม 3/	60	33	300 ในค่า COD
น้ำประปา		10 ลิตร	

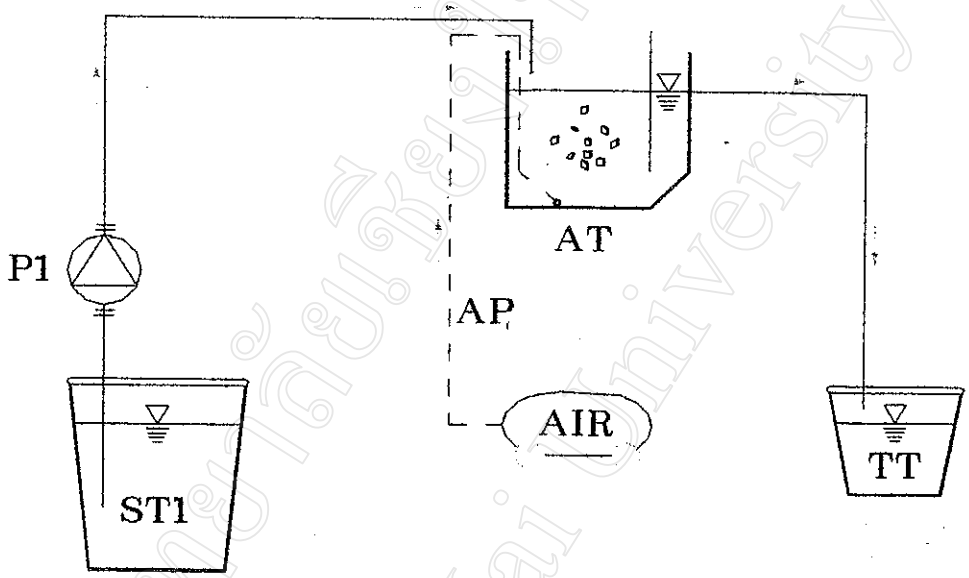
หมายเหตุ 1/ เป็นสารควบคุม pH และใช้เป็นแหล่งฟอสฟอรัส

2/ เป็นสารควบคุม pH

3/ เป็นแหล่งสารอินทรีย์คาร์บอน



รูปที่ 3.1 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาวิจัย



รูปที่ 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

อุปกรณ์การศึกษาได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.2 ประกอบด้วย

- ถังเก็บน้ำเสีย (ST1) เป็นถังพลาสติคความจุ 200 ลิตร
- ถังปฏิกริยา (AT) ที่ใช้ในการศึกษา
- ถังพักน้ำทิ้ง (TT) เป็นถังพลาสติคความจุ 5 ลิตร
- เครื่องเติมอากาศ (AP) ชนิดปั๊มลม
- เครื่องสูบน้ำเสีย (P1) ใช้ปั๊มชนิดสายรีด
- ท่ออากาศ (AP) สายยางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร

3.3 วัสดุตัวกลาง

วัสดุตัวกลางที่ใช้เติมในถังปฏิกริยาของแบบจำลองเป็นฟองน้ำสังเคราะห์ที่มีขนาด 2.50x2.50x1.00 เซ็นติเมตร ซึ่งวัสดุตัวกลางฟองน้ำสังเคราะห์ดังกล่าวได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท พรีเมียร์โพรดักส์ จำกัด

รูปที่ 3.3 วัสดุตัวกลางฟองน้ำสังเคราะห์ที่ใช้ในการศึกษา

3.4 การเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

การเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์โดยการนำหัวเชื้อจุลินทรีย์จากท่อเวียนตะกอนย้อนกลับจากโรงบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่มาทำการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์แบบเท (Batch Reactor) โดยเติมครั้งละ 400 มล. พร้อมกับเจือจางด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ เป็นระยะเวลา 3 วัน ต่อจากนั้นจึงทำการเลี้ยงแบบต่อเนื่องจนกระทั่งเมื่อจุลินทรีย์สามารถปรับตัวเข้ากับน้ำเสียสังเคราะห์ได้ดีแล้วจึงทำการวิจัยต่อไป

3.5 ขั้นตอนและวิธีการศึกษา

การศึกษาเริ่มต้นจากการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์เก็บไว้ในถังเก็บน้ำเสีย (ST1) และใช้เครื่องสูบน้ำเสีย (P1) ทำการสูบน้ำเสียและปรับอัตราการไหลเพื่อป้อนน้ำเสียเข้าสู่ถังปฏิกริยา (AT) เท่ากับ 40 มล./นาที (57.60 ล./วัน) และน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วถูกเก็บไว้ในถังพักน้ำทิ้ง (TT) ซึ่งการทดลองแบ่งออกเป็น 4 การทดลอง โดยได้มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณวัสดุตัวกลางฟองน้ำสังเคราะห์ที่ร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 ของปริมาตรถังปฏิกริยา และในแต่ละการทดลองได้มีการเปลี่ยนแปลงค่าอายุตะกอนในระบบในช่วงประมาณระหว่าง 5-20 วัน

สำหรับเวลากักเก็บในถังเติมอากาศและถังตกตะกอนเท่ากับ 3.33 และ 1.25 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยในระยะแรกของการศึกษาเป็นการ Start Up ระบบ สำหรับระบบที่มีการเติมวัสดุตัวกลางฟองน้ำสังเคราะห์เท่ากับร้อยละ 5, 10 และ 15 ของปริมาตรถังปฏิกริยา เติมลงในส่วนของถังเติมอากาศ แต่สำหรับชุดควบคุมไม่มีการเติมวัสดุตัวกลาง แล้วจึงดำเนินระบบจนกระทั่งเข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady State) โดยมีการควบคุมอายุของตะกอนในถังปฏิกริยาให้มีค่าประมาณ 5, 10, 15 และ 20 วันตามลำดับ ดังแสดงแผนการดำเนินการวิจัยไว้ในตารางที่ 3.2 สำหรับการควบคุมอายุของตะกอนอินทรีย์ส่วนที่แขวนลอยในระบบ สามารถทำได้โดยการประมาณค่าปริมาณตะกอนอินทรีย์ส่วนเกินที่ระบายออกจากระบบได้จากสมการที่ 3.1 ซึ่งจำเป็นต้องทำการสมมุติค่าตะกอนอินทรีย์ในระบบ (MLVSS) และค่าตะกอนอินทรีย์ในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด (VSS) ที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ และเมื่อกำหนดค่าอายุตะกอนที่ต้องการควบคุม ก็สามารถคำนวณหาค่าปริมาณตะกอนส่วนเกินที่ระบายออกจากระบบในส่วนของตะกอนอินทรีย์ที่แขวนลอยในน้ำเสียได้ หลังจากนั้นก็จะทำการระบายตะกอนดังกล่าวในปริมาณที่คงที่ทุกวัน

$$\theta_c = V_{AT}.MLVSS/(Q_w MLVSS + Q_e S_e) \qquad (3.1)$$

โดยที่

V_{AT} = ปริมาตรถังปฏิกริยา (ลิตร)

Q_w = ปริมาตรตะกอนที่ระบายจากถังปฏิกริยาแต่ละวัน (ลิตร/วัน)

MLVSS = ค่า MLVSS ของตะกอนแขวนลอยในถังปฏิกริยา (มก./ล.)

Q_e = ปริมาณน้ำทิ้งที่ไหลออกจากระบบ (ลิตร/วัน)

S_e = ค่า VSS. ของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (มก./ล.)

ส่วนระบบที่มีการเติมวัสดุตัวกลางฟองน้ำสังเคราะห์เท่ากับร้อยละ 5, 10 และ 15 ของถังปฏิกริยา พบว่าจะมีตะกอนอินทรีย์ในระบบ 2 ประเภท ได้แก่ ตะกอนอินทรีย์ประเภทที่เกาะติดวัสดุตัวกลางฟองน้ำสังเคราะห์และตะกอนอินทรีย์ประเภทที่แขวนลอยในน้ำเสีย การควบคุมค่าอายุตะกอนในระบบก็จะแยกออกเป็น 2 แบบเช่นเดียวกัน ได้แก่ การควบคุมค่าอายุตะกอนอินทรีย์ประเภทที่เกาะติด

วัสดุตัวกลางฟองน้ำสังเคราะห์ ทำโดยใช้วิธีการนับชิ้นฟองน้ำออกจากระบบทุกวันในปริมาณคงที่ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากปริมาณวัสดุตัวกลางฟองน้ำในระบบทั้งหมดต่อค่าอายุตะกอนในระบบที่ต้องการควบคุม ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 3.3 และอีกส่วนหนึ่งเป็นตะกอนอินทรีย์ที่แขวนลอยในระบบ ซึ่งจะควบคุมค่าอายุตะกอนได้โดยการระบายตะกอนอินทรีย์ที่แขวนลอยในระบบทิ้งในปริมาณคงที่ทุกวัน เพื่อความสะดวกในการดำเนินการทดลองทั้ง 4 การทดลองที่มีค่าอายุตะกอนเดียวกันจะทำการระบายตะกอนส่วนเกินในส่วนของตะกอนอินทรีย์ประเภทที่แขวนลอยในปริมาณที่เท่ากันทุกวัน หากนำปริมาณตะกอนที่ระบายออกจากระบบดังกล่าวไปคำนวณค่าอายุตะกอนที่แท้จริง อาจจะได้ค่าที่แตกต่างกันเล็กน้อย

ตารางที่ 3.2 แผนการดำเนินการวิจัย

การทดลอง	อายุของตะกอน (วัน)	ปริมาณวัสดุตัวกลางฟองน้ำสังเคราะห์ (ร้อยละ)			
1	5	0	5	10	15
2	10	0	5	10	15
3	15	0	5	10	15
4	20	0	5	10	15

ตารางที่ 3.3 ปริมาณวัสดุตัวกลางฟองน้ำสังเคราะห์ที่นับออกและทดแทนในแต่ละวัน

วัสดุตัวกลางฟองน้ำสังเคราะห์ ที่อยู่ภายในถังเติมอากาศ			ปริมาณตัวกลางฟองน้ำสังเคราะห์ ที่นับออกและทดแทน (ชิ้น)			
ร้อยละ	ลิตร	ชิ้น	SRT = 5 d.	SRT= 10 d.	SRT = 15 d.	SRT = 20 d.
5	0.40	64	13	6	4	3
10	0.80	128	26	13	9	6
15	1.20	192	38	19	13	10

3.6 การระบายตะกอนในระบบเพื่อให้ได้ค่าอายุตะกอนตามที่ต้องการ

การควบคุมค่าอายุตะกอนในกระบวนการตะกอนเร่งโดยทั่วไป สามารถคำนวณหาได้จากน้ำหนักของจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศต่อน้ำหนักของจุลินทรีย์ที่ออกจากระบบต่อวัน ดังที่แสดงไว้ในสมการที่ 3.1

$$\theta_c = V_{AT}.MLVSS/(Q_w MLVSS + Q_e S_e) \quad (3.1)$$

สำหรับในการควบคุมค่าอายุตะกอน โดยการระบายตะกอนส่วนเกินออกจากระบบ เมื่อกำหนดค่าอายุตะกอนที่ต้องการ สามารถหาได้จากการจัดรูปสมการที่ 3.1 ดังนี้

$$Q_w = V_{AT}./\theta_c - Q_e S_e/MLVSS \quad (ค.1)$$

ในกรณีที่ต้องการความสะดวกในการควบคุมค่าอายุตะกอนตามที่ต้องการในระบบ บางครั้งถือว่าค่า S_e มีค่าน้อยมาก ซึ่งทำให้การคำนวณหาค่าการระบายตะกอนส่วนเกินออกจากระบบ เป็นดังสมการที่ 3.2 ดังนี้

$$Q_w = V_{AT}./\theta_c \quad (3.2)$$

แต่ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า เทอมของค่า S_e มีผลต่อค่าอายุตะกอนในระบบมาก ทั้งนี้หากนำสมการที่ 3.2 มาใช้ในการประมาณค่าตะกอนส่วนเกินที่ต้องระบายออกจากระบบ มีผลทำให้ค่าอายุตะกอนที่แท้จริงของระบบที่คำนวณได้จริง ภายหลังจากที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ในช่วง 7 วัน มีค่าเปลี่ยนแปลงจากค่าอายุตะกอนตามที่ต้องการมาก เนื่องจากปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและออกจากระบบมีค่าสูง ทำให้เทอมของ $Q_e S_e/MLVSS$ ในสมการที่ 3.1 มีค่าสูงขึ้นเช่นเดียวกัน จึงมีผลต่อค่าตะกอนที่ต้องระบายออกจากระบบ และยังคงต้องใช้สมการที่ 3.1 ในการประมาณหาค่าการระบายตะกอนส่วนที่แขวนลอยออกจากระบบ โดยจากสมการที่ 3.1 จะเห็นได้ว่า นอกจากทราบค่าปริมาตรของถังปฏิกริยาและค่าอายุตะกอนตามที่ต้องการแล้ว ยังจำเป็นที่จะต้องสมมุติค่า MLVSS ในถังปฏิกริยาและค่า VSS

ของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบด้วย โดยในการสมมุติค่าดังกล่าวจำเป็นที่จะต้องมีการดำเนินการทดลองจริงในห้องปฏิบัติการ และจะมีการคำนวณหาค่าอายุตะกอนที่แท้จริงของระบบในภายหลัง

3.6.1 ระบบที่ไม่มีการเติมวัสดุตัวกลางฟองน้ำสังเคราะห์

ในการทดลองดำเนินระบบจะสามารถหาค่าตะกอนอินทรีย์ที่อยู่ในระบบ (MLVSS) และตะกอนอินทรีย์ส่วนที่หลุดออกไปกับน้ำทิ้ง (VSS) โดยประมาณได้จากการทดลอง ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 3.4 ซึ่งจะใช้เป็นค่าที่สมมุติขึ้นเพื่อใช้ในการประมาณหาค่าปริมาณตะกอนส่วนเกินที่ต้องระบายออกจากระบบ (Q_w)

นำค่าที่สมมุติขึ้นที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ ดังที่แสดงในตารางที่ 3.4 มาแทนในสมการ 3.1 ทำให้ทราบค่าปริมาณตะกอนส่วนเกินที่ต้องระบายออกจากระบบ (Q_w) แต่เพื่อความสะดวกในการดำเนินระบบจริงจะระบายตะกอนในปริมาณที่แตกต่างจากค่าที่คำนวณได้เล็กน้อย โดยการเฉลี่ยค่าปริมาณตะกอนส่วนเกินที่ต้องระบายออกจากระบบทั้ง 4 ระบบ และนำค่าปริมาณตะกอนที่ระบายจริงไปทำการคำนวณหาค่าอายุตะกอนที่แท้จริงของระบบอีกครั้ง

3.6.2 ระบบที่มีการเติมวัสดุตัวกลางฟองน้ำสังเคราะห์เท่ากับร้อยละ 5, 10 และ 15

ระบบที่มีการเติมวัสดุตัวกลางฟองน้ำสังเคราะห์เท่ากับร้อยละ 5, 10 และ 15 มีตะกอนอินทรีย์เกิดขึ้นในระบบ 2 ส่วน ได้แก่ ตะกอนอินทรีย์ที่อยู่ในระบบส่วนที่แขวนลอยและตะกอนอินทรีย์ที่เกาะติดตัวกลาง ฉะนั้นในการระบายตะกอนส่วนเกินออกจากระบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ก. การระบายตะกอนอินทรีย์ที่อยู่ในระบบส่วนที่แขวนลอย

การควบคุมค่าอายุตะกอนในระบบส่วนที่เป็นตะกอนอินทรีย์ที่แขวนลอย มีวิธีการเช่นเดียวกับระบบที่ไม่มีการเติมวัสดุตัวกลางฟองน้ำสังเคราะห์ และเพื่อความสะดวกในการดำเนินระบบ จึงกำหนดให้การระบายตะกอนส่วนเกินออกจากระบบจริงมีค่าเหมือนกันในแต่ละระบบที่มีค่าอายุ

ตะกอนใกล้เคียงกัน และนำค่าปริมาณตะกอนที่ระบายจริงไปทำการคำนวณหาค่าอายุตะกอนที่แท้จริงของระบบอีกครั้ง

ข. การระบายตะกอนอินทรีย์ที่อยู่ในระบบส่วนที่เกาะวัสดุตัวกลางฟองน้ำสังเคราะห์

การควบคุมค่าอายุตะกอนอินทรีย์ที่อยู่ในระบบส่วนที่เกาะวัสดุตัวกลางฟองน้ำสังเคราะห์ ทำได้โดยการคำนวณจากสมการที่ 3.3 ดังนี้

ฟองน้ำที่ระบาย = จำนวนฟองน้ำทั้งหมด/ ค่าอายุตะกอนที่ต้องการ (3.3)

โดยที่

ฟองน้ำที่ระบาย	=	ปริมาณฟองน้ำที่ต้องระบายออกจากระบบ (ชิ้น/วัน)
จำนวนฟองน้ำทั้งหมด	=	จำนวนฟองน้ำทั้งหมดที่มีอยู่ในถังปฏิกริยา (ชิ้น)
ค่าอายุตะกอนที่ต้องการ	=	ค่าอายุตะกอนที่ต้องการควบคุม (วัน)

ค่าปริมาณการระบายตะกอนส่วนที่แขวนลอยและส่วนที่เกาะวัสดุตัวกลางฟองน้ำสังเคราะห์ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.4 แต่เพื่อความสะดวกในการดำเนินระบบจริงจะระบายตะกอนดังกล่าวในปริมาณที่แตกต่างจากค่าที่คำนวณได้เล็กน้อย โดยปริมาณตะกอนส่วนแขวนลอยที่ระบายออกจากระบบจริงในแต่ละวันได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.5 และนำค่าปริมาณตะกอนที่ระบายจริงไปทำการคำนวณหาค่าอายุตะกอนที่แท้จริงของระบบอีกครั้ง

ตารางที่ 3.4 วิธีการประมาณค่าการระบายตะกอนส่วนเกินของตะกอนอินทรีย์ที่แขวนลอยและเกาะติดวัสดุตัวกลางฟองน้ำสังเคราะห์ออกจากระบบในแต่ละวัน

SRT ที่ต้องการ (วัน)	Media (%)	Qe=Q (ลิตร/วัน)	V_{AT} (ลิตร)	V_{MEDIA} (ลิตร)	MLVSS (มก./ล.)	VSS น้ำทิ้ง (มก./ล.)	V_{AT}/SRT (ลิตร/วัน)	Q.VSS/MLVSS (ลิตร/วัน)	Q_W (ลิตร/วัน)	Q_Wเฉลี่ย (ลิตร/วัน)	ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ระบายออกจริง (ลิตร/วัน)	ฟองน้ำในระบบทั้งหมด (ชิ้น)	ฟองน้ำที่ระบายจากการคำนวณ (ชิ้น/วัน)	ปริมาณฟองที่ระบายออกจริง (ลิตร/วัน)
5	0	57.6	8	0	1100	16	1.60	0.84	0.76	0.64	0.6	0	0	0
5	5	57.6	7.6	0.4	1100	16	1.52	0.84	0.68	0.64	0.6	64	12.8	13
5	10	57.6	7.2	0.8	1100	16	1.44	0.84	0.60	0.64	0.6	128	25.6	26
5	15	57.6	6.8	1.2	1100	16	1.36	0.84	0.52	0.64	0.6	192	38.4	38
10	0	57.6	8	0	1900	13	0.80	0.39	0.41	0.35	0.4	0	0	0
10	5	57.6	7.6	0.4	1900	13	0.76	0.39	0.37	0.35	0.4	64	6.4	6
10	10	57.6	7.2	0.8	1900	13	0.72	0.39	0.33	0.35	0.4	128	12.8	13
10	15	57.6	6.8	1.2	1900	13	0.68	0.39	0.29	0.35	0.4	192	19.2	19
15	0	57.6	8	0	2200	12	0.53	0.31	0.22	0.18	0.2	0	0	0
15	5	57.6	7.6	0.4	2200	12	0.51	0.31	0.19	0.18	0.2	64	4.3	4
15	10	57.6	7.2	0.8	2200	12	0.48	0.31	0.17	0.18	0.2	128	8.5	9
15	15	57.6	6.8	1.2	2200	12	0.45	0.31	0.14	0.18	0.2	192	12.8	13
20	0	57.6	8	0	2400	12	0.40	0.29	0.11	0.08	0.1	0	0	0
20	5	57.6	7.6	0.4	2400	12	0.38	0.29	0.09	0.08	0.1	64	3.2	3
20	10	57.6	7.2	0.8	2400	12	0.36	0.29	0.07	0.08	0.1	128	6.4	6
20	15	57.6	6.8	1.2	2400	12	0.34	0.29	0.05	0.08	0.1	192	9.6	10

หมายเหตุ V_{AT} = ปริมาตรส่วนแขวนลอยในระบบ (ลิตร)

V_{MEDIA} = ปริมาตรส่วนวัสดุตัวกลางฟองน้ำสังเคราะห์ในระบบ (ลิตร)

Q_W = ปริมาณตะกอนแขวนลอยส่วนเกินที่ได้จากการคำนวณโดยการประมาณตามค่าอายุตะกอนที่ต้องการ (ลิตร/วัน)

Q_Wเฉลี่ย = ค่าเฉลี่ยของ Q_W ที่การกำหนดตามค่าอายุตะกอนเดียวกัน

ค่า MLSS ของระบบและ VSS ของน้ำทิ้งเป็นค่าที่สมมุติขึ้นจากการทดลองดำเนินระบบ เพื่อใช้ในการหาค่าการระบายตะกอนแขวนลอยออกจากระบบ

ตารางที่ 3.5 ปริมาณตะกอนส่วนแขวนลอยที่ระบายออกจากระบบจริงในแต่ละวัน

ค่าอายุตะกอน	ไม่มีการเติมวัสดุตัวกลางในระบบ	ปริมาณวัสดุตัวกลางร้อยละ5	ปริมาณวัสดุตัวกลางร้อยละ 10	ปริมาณวัสดุตัวกลางร้อยละ 15
ประมาณ 5 วัน	600 มล.	600 มล.	600 มล.	600 มล.
ประมาณ 10 วัน	400 มล.	400 มล.	400 มล.	400 มล.
ประมาณ 15 วัน	200 มล.	200 มล.	200 มล.	200 มล.
ประมาณ 20 วัน	100 มล.	100 มล.	100 มล.	100 มล.

หมายเหตุ ค่าที่ใช้ในการระบายตะกอนส่วนที่แขวนลอยในระบบนี้นำไปใช้ในการคำนวณค่าอายุตะกอนจริงของระบบภายหลัง

การวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสีย ในช่วงแรกของการดำเนินระบบจะเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ที่จำเป็นในการดำเนินระบบในการควบคุมค่าอายุตะกอน เช่น SS, VSS เป็นต้น และจะเริ่มทำการเก็บหลังจากที่ดำเนินระบบแล้วอย่างน้อยประมาณ 2 เท่าของค่าอายุตะกอน เพื่อตรวจสอบระบบและหลังจากที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ได้มีการเก็บตัวอย่างน้ำติดต่อกันเป็นเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประเมินสมรรถนะของระบบต่อไป

3.7 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำได้มีการกระทำทันทีภายหลังจากการเก็บตัวอย่างน้ำหรือหากไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ จะทำการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำไว้ตามวิธีที่ปรากฏใน Standard Method for the Water and Wastewater (1992) ซึ่งพารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาการทำงานของระบบ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.6 โดยวิธีการวิเคราะห์และเก็บรักษาได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.7

สำหรับการวัดค่าตะกอนในถังปฏิกิริยา ซึ่งมีจุลินทรีย์อยู่ 2 ลักษณะคือ จุลินทรีย์ประเภทที่แขวนลอยในน้ำ สามารถหาได้จากการกรองตัวอย่างผ่านกระดาษกรองใยแก้ว และจุลินทรีย์ประเภทที่เกาะติดวัสดุตัวกลางฟองน้ำสังเคราะห์สามารถหาค่าตะกอนจุลินทรีย์ได้โดยการนำตัวอย่างชิ้นฟองน้ำสังเคราะห์มาทำการล้างตะกอนที่ติดออกโดยตรงในบีกเกอร์ด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด และคำนวณ

ปริมาตรของน้ำตัวอย่างดังกล่าวเฉพาะส่วนที่เป็นปริมาตรของวัสดุตัวกลางฟองน้ำสังเคราะห์ โดยไม่คิดปริมาตรของน้ำกลั่นที่ใช้ล้างและนำตะกอนจุลินทรีย์ดังกล่าวที่ได้ไปหาค่าตะกอนในระบบต่อไปโดยการกรองตัวอย่างผ่านกระดาษกรองใยแก้วและค่า SVI ได้มาจากการคำนวณเฉพาะส่วนที่เป็นจุลินทรีย์ประเภทแขวนลอยในระบบเท่านั้นได้

ตารางที่ 3.6 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์

ลำดับที่	ดัชนีคุณภาพน้ำ	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	น้ำทิ้งจากระบบผ่านกระดาษกรอง	น้ำทิ้งจากระบบไม่ผ่านกระดาษกรอง	ถังปฏิกริยา	ความถี่ในการวิเคราะห์
1	pH	*	-	-	*	(1)
2	COD	*	*	*	-	(2)
3	SS	-	-	*	*	(1)
4	VSS	-	-	*	*	(1)
5	SVI	-	-	-	*	(1)
6	TKN	*	-	*	-	(2)
7	NH_3-N	*	-	*	-	(2)
8	NO_x-N	*	*	-	-	(2)
9	DO	-	-	-	*	(1)

* หมายถึง ข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์

\- หมายถึง ข้อมูลที่ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

(1) หมายถึง ข้อมูลวิเคราะห์ทุกวัน

(2) หมายถึง ข้อมูลที่วิเคราะห์ทุก 3-5 วัน ก่อน Steady State และทุกวันในช่วง Steady State

ตารางที่ 3.7 วิธีการวิเคราะห์และการเก็บรักษาน้ำตัวอย่าง

ลำดับที่	ดัชนีคุณภาพน้ำ	วิธีการวิเคราะห์	วิธีการเก็บรักษา
1	pH	เครื่องวัด pH ยี่ห้อ Hibira รุ่น F-22	วัดทันที
2	COD	Dichromae Open Reflux	H_2SO_4 2 cc./litre
3	SS	Gravimetric Method	วัดทันที
4	VSS	Gravimetric Method	วัดทันที
5	SVI	ตั้งในกระบอกตวง 1 ลิตร เป็นเวลา 30 นาที	วัดทันที
6	TKN	Kjeldahl	แช่เย็นที่ 4 °ซ
7	NH_3-N	กลั่นและไตเตรต	แช่เย็นที่ 4 °ซ
8	NO_X-N	Hydrazine Method	แช่เย็นที่ 4 °ซ
9	DO	เครื่องวัดออกซิเจนละลายน้ำ ยี่ห้อ YSI รุ่น 51B	วัดทันที