บทที่ 6

แผนการทดลองและการดำเนินการวิจัย

การทดลองใช้แบบทดลองที่สร้างขึ้น และดำเนินงานทดลองในห้องปฏิบัติการวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.1 แผนการทดลอง

เนื่องจากต้องการศึกษาผลของค่าอายุตะกอนที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ของกระบวนการแอกติเวตเตดสลัดจ์ แบบแอนแอโรบิค-ออกซิค ต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีและหาค่าพารามิเตอร์ทางจลน์ศาสตร์ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องควบคุมพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของกระบวนการโดยที่พารามิเตอร์ที่ควบคุมให้คงที่ คือ ความเข้มข้นของซีโอดีของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ (Total influent COD) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1000 มก.ต่อลิตร

พารามิเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงได้แก่

ค่าอายุตะกอนของระบบซึ่งมีการเปลี่ยนแปลง 4 ค่า คือ ที่อายุตะกอนเท่ากับ 3, 7, 11 และ 15 วัน

การทดลองทั้งหมด ได้กำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน ดังแสดงไว้ในรายละเอียดตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 แผนการทดลอง

พารามิเตอร์	การทดลองที่			
	1	2	3	4
1. ค่าซีโอดีทั้งหมดของน้ำเสียที่เข้าระบบ (มก./ลิตร)	1000	1000	1000	1000
2. อัตราการไหลเข้าของน้ำเสีย (ลิตร/วัน)	15	15	15	15
3. อัตราการเวียนตะกอนกลับ เสีย (ลิตร/วัน)	15	15	15	15
4. ค่าอายุตะกอน (วัน)	3	7	11	15
5. เวลากักน้ำ (ชั่วโมง)				
5.1 ในถังแอนแอโรบิค	4.8	4.8	4.8	4.8
5.2 ในถังแอโรบิค	24	24	24	24

6.2 การเตรียมน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

น้ำเสียที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตเบียร์ ซึ่งจะมีค่า COD ประมาณ 1300-3000 มก.ต่อลิตร โดยจะเก็บตัวอย่างน้ำจากถังพักน้ำเสีย (Equalizing tank) จากนั้นจะนำมาวัดค่าซีโอดีจากน้ำเสียสด เมื่อทราบค่าซีโอดีแล้วจะทำการเจือจางโดยใช้น้ำประปาให้มีค่าซีโอดีของน้ำเสียที่จะป้อนเข้าสู่ระบบ เหลือ 1000 มก.ต่อลิตร เพื่อใช้เป็นค่าซีโอดี ทั้งหมด (COD total) จากนั้นก็จะนำมาปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสีย โดยจะทำการปรับสภาพให้มีค่าพีเอช (pH) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 6.0-8.0 และมีการเติมอาหารเสริม (Nutrients) ให้แก่จุลชีพในระบบในกรณีที่ตรวจสอบจากการวัดค่าไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) และค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) ไม่เพียงพอต่อจุลินทรีย์ตามสมการสตอยชีดีโอเมตริกของจุลินทรีย์ในระบบแอกติเวตเตดสลัดจ์ โดยจะรักษาค่าอัตราส่วนโดยประมาณของ ซีโอดี : ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เท่ากับ 150 : 5 : 1

6.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

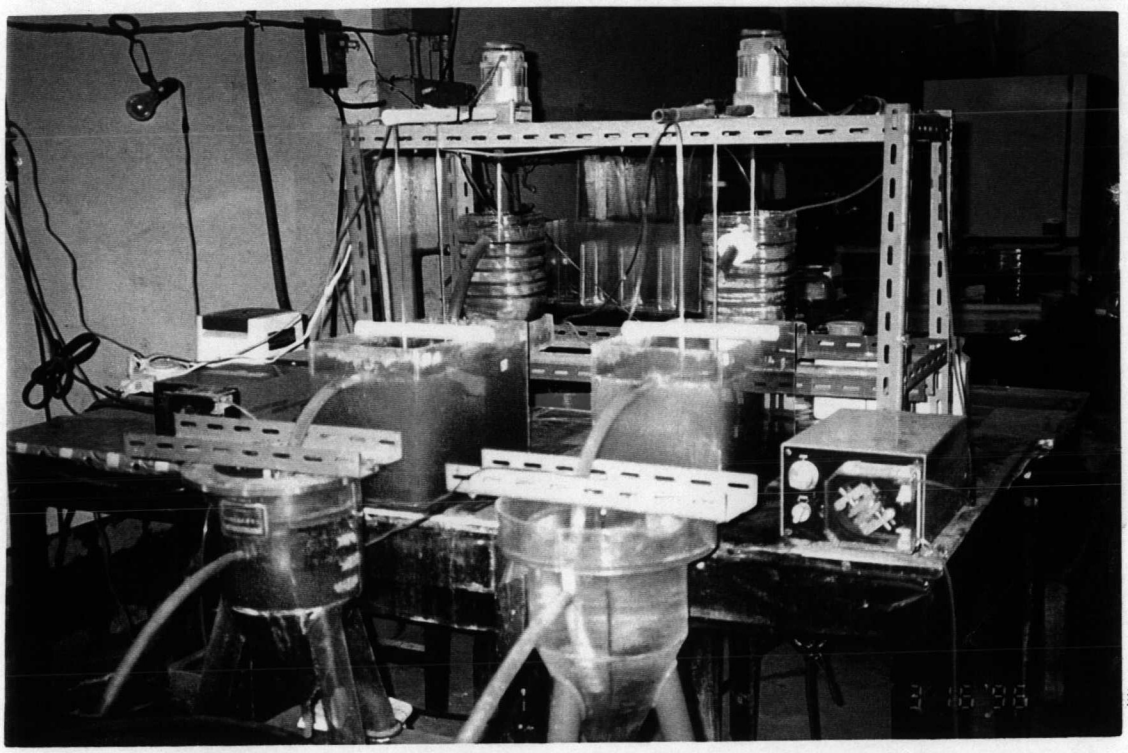
6.3.1 การติดตั้งเครื่องมือและหลักการทำงาน

การติดตั้งเครื่องมือการทำงานของกระบวนการแอกติเวตเตดสลัดจ์ แบบแอนแอโรบิค -ออกซิค ดังแสดงในรูปที่ 6.1 โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

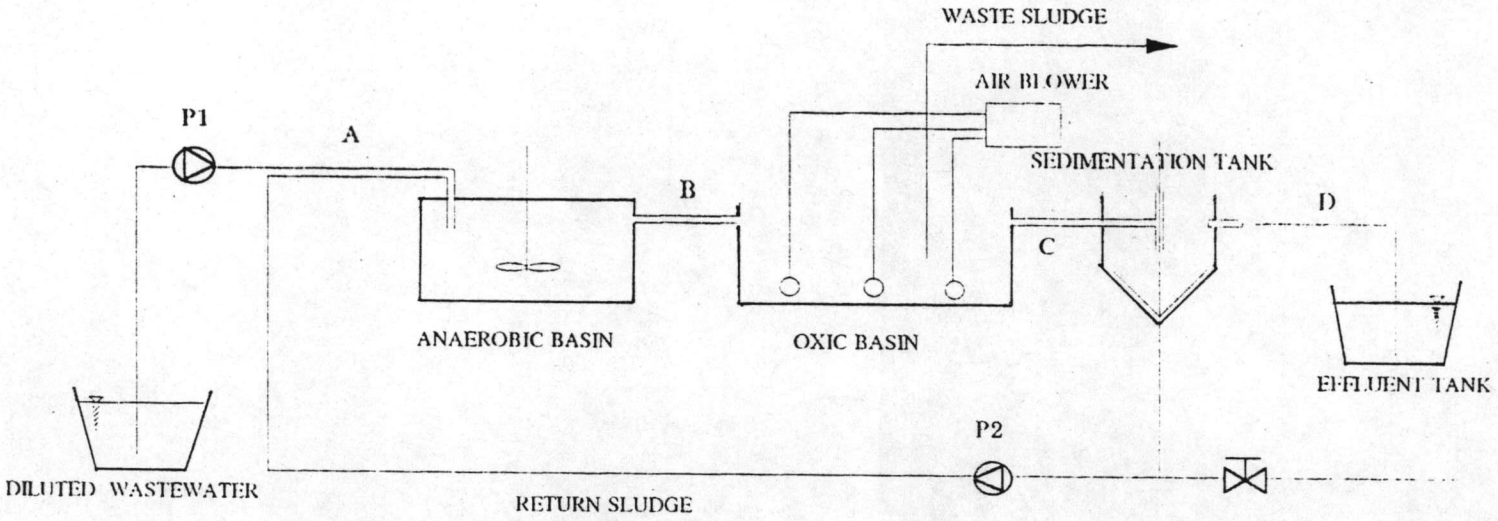
1. เครื่องสูบน้ำเสีย P1 สูบน้ำเสียจากถังที่เตรียมน้ำเสีย ส่งเข้าถังแอนแอโรบิค อีกส่วนหนึ่ง เครื่องสูบตะกอน P2 สูบตะกอนกลับจากก้นถังตกตะกอน ส่งเข้ามายังถังแอนแอโรบิค เช่นกัน ทั้งสองส่วนจะผสมกันมีเวลากักเก็บประมาณ 4.8 ชั่วโมง เมื่อคำนวนจากอัตรา การสูบน้ำเสียเข้า

2. น้ำจะออกจากถังแอนแอโรบิคที่จุด B และส่งเข้าถังออกซิคซึ่งมีเวลากักเก็บประมาณ 24 ชั่วโมง

3. น้ำออกจากถังออกซิคที่จุด C ส่งเข้าไปยังถังตกตะกอน น้ำใสส่วนบนของถังตกตะกอน จะไหลเข้ารางรับน้ำใสรอบ ๆขอบถังตะกอนและไหลออกจากระบบที่จุด D



รูปที่ 6.1 ภาพแสดงการติดตั้งเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองจริงในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 6.2 ภาพแสดงการติดตั้งเครื่องมือและหลักการทำงานของกระบวนการแอคติเวตเตดสลัดจ์ แบบแอนแอโรบิค-ออกซิค

6.3.2 ถังเก็บน้ำเสียและถังเก็บน้ำใสจากการบำบัด

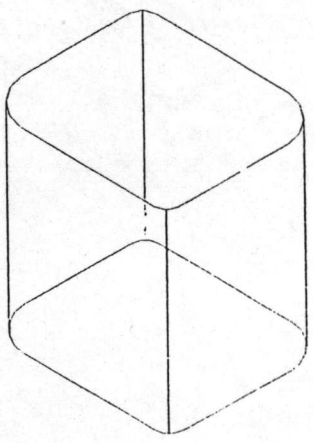
ถังเก็บน้ำเสียและถังเก็บน้ำใสจากการบำบัดแล้ว จะใช้เป็นถังพลาสติกขนาดบรรจุประมาณ 100 ลิตร โดยดังนี้สามารถบรรจุน้ำเสียได้ครั้งละประมาณ 2-3 วัน และทำความสะอาดทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบใหม่

6.3.3 เครื่องสูบน้ำเสียเข้าระบบและเครื่องสูบตะกอนกลับ

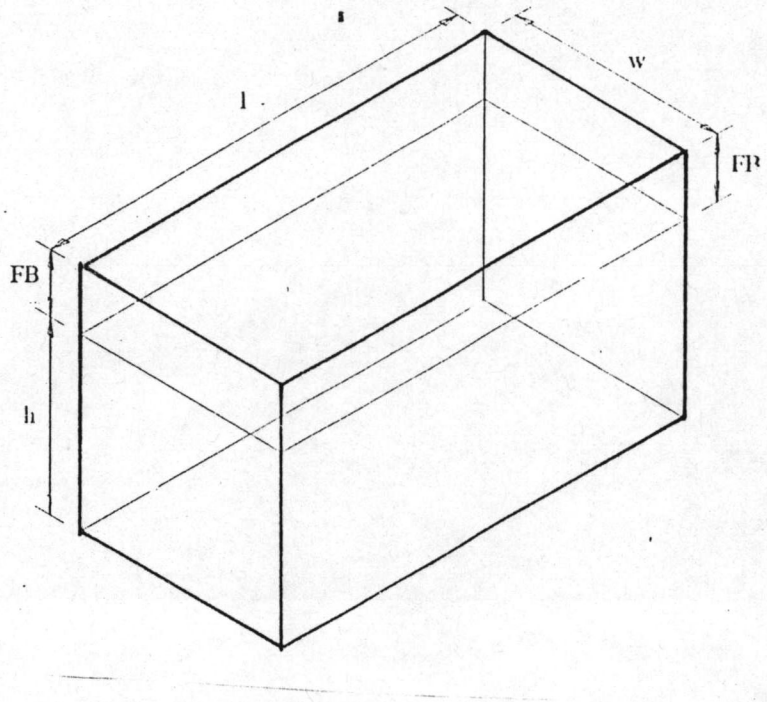
ในการวิจัยนี้จะทำการทดลองครั้งละ 2 ชุดการทดลอง โดยแต่ละชุดจะใช้เครื่องสูบแบบไดอะแฟรม (Diaphram pump) เป็นตัวสูบน้ำเสีย โดยปรับอัตราการไหลของน้ำเสียที่จะป้อนเข้าสู่ระบบเท่ากับ 15 ลิตรต่อวัน และใช้เครื่องสูบแบบรีดสาย (Peristaltic pump) เป็นตัวสูบน้ำตะกอนเวียนกลับ โดยปรับอัตราการไหลกลับของตะกอนเท่ากับ 15 ลิตรต่อวันเช่นกัน ในการวิจัยจะใช้เครื่องสูบน้ำเสียแบบรีดสาย 1 เครื่อง และแบบไดอะแฟรม 1 เครื่องต่อหนึ่งชุดการทดลอง

6.3.4 ถังแอนแอโรบิค (ANAEROBIC TANK)

ถังแอนแอโรบิค (anaerobic tank) ที่ใช้ในการวิจัยนี้ทำด้วยถังพลาสติกใสในลักษณะรูปสี่เหลี่ยมทรงกระบอก ดังรูปที่ 6.3 โดยจะมีการติดตั้งชุดการกวน (mixing) ที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นแรงหมุน ขนาดของถังแอนแอโรบิคที่ใช้มีขนาดเท่ากับ 3 ลิตร



รูปที่ 6.3 ถังแอนแอโรบิค (Anaerobic Tank) ที่ใช้การทดลอง



h = 25.0 ซม. W = 20.0 ซม. FB = 7.50 ซม. l = 30.0 ซม.

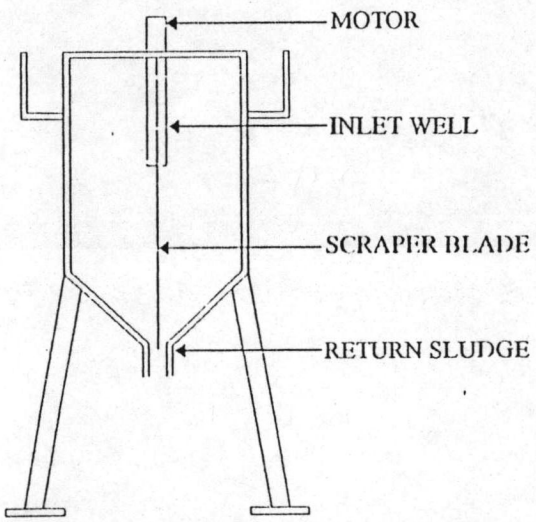
รูปที่ 6.4 ถังแอโรบิค (Aerobic Tank) ที่ใช้ในการทดลอง

6.3.5 ถังแอโรบิค (Aerobic tank)

ถังแอโรบิค (Aerobic tank) ที่ใช้ในการวิจัยเป็นถังพลาสติกอะคริลิคใสทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ดังแสดงในรูปที่ 6.4 ถังแอโรบิคที่ใช้มีปริมาตรใช้งานเท่ากับ 15 ลิตร ระยะเพื่อขอบ (FREE BOARD) เท่ากับ 7.5 ซม. ภายในถังมีการเติมอากาศโดยใช้หัวกระจายอากาศ (Air diffuser) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 4.0 ซม.จำนวน 2 หัว (ดูภาพที่ 6.4) ซึ่งใช้เครื่องปั๊มอากาศ (air pump) เป็นตัวให้อากาศ

6.3.6 ถังตกตะกอน (Sedumentation tank)

ถังตกตะกอน ทำด้วยแผ่นอาร์คริลิกใสรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 ซม. มีปริมาตรบรรจุ 7 ลิตร พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องกวาดตะกอนที่ก้นถังหมุนด้วยความเร็ว 2 รอบต่อนาที ด้านล่างมีท่อสำหรับสูบตะกอนกลับ ด้านบนมีรางรับน้ำส่วนที่ใส่ทิ้งออกจากระบบ ดังแสดงในรูปที่ 6.5



รูปที่ 6.5 ถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) ที่ใช้ในการทดลอง

6.3.7 ท่อน้ำเข้าและท่อน้ำออก

ท่อน้ำเข้าและท่อน้ำออกของแต่ละถังใช้สายซิลิโคน (silicone pipe) ซึ่งดูแลรักษาง่าย ไม่ชำรุดบ่อย

6.4 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ (Sampling)

6.4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ (Sampling)

ตัวอย่างน้ำที่เก็บมาทำการวิเคราะห์ จะมีการจัดเก็บตามตำแหน่งต่าง ๆ ดังแสดงในรูป 6.1 ตามตำแหน่งดังนี้

1. น้ำเสียดิบ (raw wastewater) โดยเก็บจากถังน้ำเสีย ที่จุด A
2. น้ำที่ออกจากถังแอนแอโรบิค โดยเก็บจากถังแอนแอโรบิค ที่จุด B
3. น้ำที่ออกจากถังออกซิค โดยเก็บจากถังออกซิค ที่จุด C
4. น้ำที่ออกจากส่วนบนของถังตกตะกอน โดยเก็บจากน้ำใส ที่จุด D

ตัวอย่างน้ำที่จะจัดเก็บแต่ละจุดมีปริมาตรประมาณ 100 มิลลิลิตร โดยนำมาวิเคราะห์ หาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 พารามิเตอร์ที่วัดและความถี่ในการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	ตำแหน่งการจัดเก็บตัวอย่าง				ความถี่
	A	B	C	D	
pH	*	*	*	*	2-3 ครั้งต่อสัปดาห์
Temperature ^{o}C	-	-	*	-	2-3 ครั้งต่อสัปดาห์
DO mg/l	-	*	*	-	2-3 ครั้งต่อสัปดาห์
SV_{30} mg/l	-	-	*	-	2-3 ครั้งต่อสัปดาห์
MLSS mg/l	*	*	*	*	2-3 ครั้งต่อสัปดาห์
COD total mg/l	*	*	*	*	2-3 ครั้งต่อสัปดาห์
COD Filtrated mg/l	*	*	*	*	2-3 ครั้งต่อสัปดาห์
P-Total	*	-	-	*	สัปดาห์ละ 1 ครั้ง
TKN	*	-	-	*	สัปดาห์ละ 1 ครั้ง
Microscopic Examination	-	-	*	-	ชุดการทดลองละครั้ง

6.4.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

ตารางที่ 6.3 วิธีวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

พารามิเตอร์		วิธีวิเคราะห์
pH		เครื่องวัดพีเอช (pH Meter)
Temperature	^{o}C	เทอร์โมมิเตอร์
DO	mg/l	เครื่องวัดออกซิเจนละลายน้ำ (DO meter)
SV_{30}	mg/l	วิธี Settle Volume Test
MLSS	mg/l	Standard Method โดยใช้กระดาษกรอง GF/C WHATMAN
COD total	mg/l	Close Reflux Titrimetric Methods.
COD Filtrated	mg/l	Close Reflux Titrimetric Methods.
P-Total	mg/l	วิธี Persulfate Digestion-Stannous Chloride Method
TKN	mg/l	วิธี Total Kjeldahl Nitrogen
Microscopic Examination		ใช้กล้องจุลทรรศน์

6.5 การควบคุมการทดลอง

ในการทดลองและวิจัยนี้สิ่งที่ต้องควบคุมและปฏิบัติเป็นประจำทุกวัน ได้แก่

1. การเตรียมและป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบอย่างต่อเนื่องด้วยอัตรา 15 ลิตรต่อวัน
2. การระบายตะกอนจุลชีพทิ้งออกจากถังแอโรบิค เพื่อรักษาระดับอายุตะกอนของระบบ ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในตอนท้าย
3. การทำความสะอาดและอุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบตลอดจนการตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น การตรวจวัดอัตราการสูบน้ำของเครื่องสูบน้ำเสีย การตรวจสอบการชำรุดของสายยางซิลิโคน

การควบคุมค่าอายุตะกอนของระบบให้คงที่ตามค่าตัวแปรอายุตะกอน ตลอดการวิจัย สามารถทำได้โดยการระบายตะกอนบางส่วนทิ้งออกจากระบบในถังออกซิค โดยควบคุมให้มีค่าอายุตะกอนเท่ากับ 3, 7, 11 และ 15 วัน ซึ่งสามารถทำการคำนวณหาปริมาณตะกอน ที่ต้องระบายทิ้งแต่ละวันได้ดังนี้คือ

เนื่องจากอายุตะกอน (Sludge Age, SRT or θ_c) หมายถึง ระยะเวลาเฉลี่ยที่ตะกอนจุลชีพถูกรักษาให้อยู่ในระบบกำจัดน้ำเสีย และเขียนแทนได้ด้วยสูตร

$$\theta_c = \frac{\text{ปริมาณตะกอนจุลชีพในถังปฏิกรณ์ทั้งหมด}}{\text{ปริมาณจุลชีพที่ระบายทิ้งจากระบบ}}$$

จากนิยามดังกล่าวสามารถเขียนแทนด้วยสมการดังนี้

$$\theta_c = \frac{VX}{Q_wX + (Q-Q_w)X_e}$$

โดยที่ θ_c = ค่าอายุตะกอน, วัน

V = ปริมาตรของถังปฏิกรณ์ทั้งหมด, ลิตร (ในที่นี้หมายถึงปริมาตรถังแอนแอโรบิครวมกับถังแอโรบิค)

X = ความเข้มข้นของตะกอนจุลชีพแขวนลอยในถังปฏิกรณ์,มก.ต่อลิตร

Q_w = อัตราการระบายตะกอนทิ้ง, ลิตรต่อวัน

X_e = ความเข้มข้นของตะกอนจุลชีพแขวนลอยในน้ำทิ้งที่ออกจากถังตกตะกอน,มก.ต่อลิตร

ในกรณีที่น้ำทิ้งออกจากถังตกตะกอนมีลักษณะใสมาก ปริมาณตะกอนจุลชีพแขวนลอย X_e มีค่าต่ำมาก เมื่อเทียบกับเซลล์จุลชีพในถังเติมอากาศ ดังนั้นเทอม $(Q-Q_w)X_e$ จึงมีค่าน้อยมากและอาจตัดทิ้งได้ ดังนั้น

$$\theta_c = \frac{VX}{Q_wX} = \frac{V}{Q_w}$$

เพราะฉะนั้นอัตราการทิ้งตะกอนโดยประมาณของระบบที่มี θ_c เท่ากับ 3, 7, 11 และ 15 วัน และปริมาตรของถังปฏิกรณ์ของระบบเป็น 18 ลิตร ตามลำดับเท่ากับ

1) ที่อายุตะกอนเท่ากับ 3 วัน

Q_w = 18 / 3 = 6.00 ลิตร

ดังนั้นอัตราการทิ้งตะกอน (Q_w) ที่ θ_c = 3 วัน เท่ากับ 6.0 ลิตรต่อวัน

2) ที่อายุตะกอนเท่ากับ 7 วัน

Q_w = 18 / 7 = 2.55 ลิตร

ดังนั้นอัตราการทิ้งตะกอน (Q_w) ที่ θ_c = 7 วัน เท่ากับ 2.55 ลิตรต่อวัน

3) ที่อายุตะกอนเท่ากับ 11 วัน

Q_w = 18 / 11 = 1.63 ลิตร

ดังนั้นอัตราการทิ้งตะกอน (Q_w) ที่ θ_c = 11 วัน เท่ากับ 1.63 ลิตรต่อวัน

4) ที่อายุตะกอนเท่ากับ 15 วัน

Q_w = 18 / 15 = 1.20 ลิตร

ดังนั้นอัตราการทิ้งตะกอน (Q_w) ที่ θ_c = 15 วัน เท่ากับ 1.20 ลิตรต่อวัน

เพราะฉะนั้นในการวิจัยครั้งนี้จะมีอัตราการทิ้งตะกอนของระบบ เพื่อควบคุมให้ระบบมีค่าอายุตะกอนเท่ากับ 3, 7, 11 และ 15 วัน ดังแสดงในตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.4 ปริมาณน้ำตะกอนที่ต้องระบายทิ้งของการทดลองทั้ง 4 ชุด

การทดลองชุดที่	อายุตะกอน, θ_c (วัน)	ปริมาณน้ำตะกอนที่จะต้องระบายทิ้ง (ลิตรต่อวัน)
1	3	6.0
2	7	2.55
3	11	1.63
4	15	1.20