บทที่ 4

การวางแผนงานและการดำเนินการวิจัย

4.1 แผนการทดลอง

การทดลองครั้งนี้กระทำที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยแบ่งการทดลองทั้งหมดออกเป็น 3 ชุดการทดลอง

พารามิเตอร์ที่ถูกควบคุมให้คงที่ตลอดการทดลองได้แก่ ค่าเวลาในการกักตะกอนจุลชีพ (Solid Retention Time, SRT.) เท่ากับ 20 วัน และควบคุมปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Disslove Oxygen, DO.) ในถังเติมอากาศให้มีค่าไม่น้อยกว่า 2 มก./ล. โดยมีตัวแปรอิสระที่จะทำการศึกษาคือ อัตราส่วนปริมาณอาหารต่อปริมาณจุลชีพ(F/M)ในถังเติมอากาศใบแรก ซึ่งแปรเปลี่ยนค่าเป็น 3 ระดับคือ ในช่วงประมาณ 2.5 กก.COD/กก.MLSS-วัน ช่วงประมาณ 5 กก.COD/กก.MLSS-วัน และช่วงประมาณ 10 กก.COD/กก.MLSS-วัน
ส่วนตัวแปรตามที่ได้ทำการศึกษาได้แก่

1. พีเอช (pH)
2. ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolve Oxygen, DO.)
3. ปริมาตรตะกอนที่ตั้งให้ตกตะกอนในภาชนะ 1 ลิตร เป็นเวลา 30 นาที (V_{30})
4. ตะกอนแขวนลอย (Mixed Liquor Suspended Solid, MLSS)
5. ดัชนีปริมาตรตะกอน (Sludge Volume Index, SVI)
6. ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD)

นอกจากนี้ยังมีตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการทำงานของระบบ แต่ไม่สามารถควบคุมได้ตลอดการทดลอง คือ อุณหภูมิ ซึ่งแปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาล

4.2 น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดให้ใช้น้ำเสียจริง โดยนำน้ำเสียมาจากโรงงานซึ่งทำการผลิตสินค้าหลายประเภทเช่น ลูกกวาด หมากฝรั่งและยาหลายชนิด น้ำเสียส่วนใหญ่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบสำคัญ เมื่อพิจารณาองค์ประกอบหลักที่จำเป็นสำหรับการนำน้ำเสียไปใช้เลี้ยงระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ พบว่าพีเอชของน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 4.8 ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำมาก

และเมื่อพิจารณาอัตราส่วนของ COD : N : P ของน้ำเสียที่ใช้ทดลองได้เท่ากับ 100:0.33:3 ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงจำเป็นต้องปรับพีเอชของน้ำเสียก่อนใช้ป้อนเข้าสู่ระบบด้วยปูนขาว(แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$)) ให้มีค่าพีเอชไม่ต่ำกว่า 7 และไม่สูงเกิน 8 และเติมอาหารเสริม (Nutrient) ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย เนื่องจากมิให้สารอาหารดังกล่าวเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (Limiting Substrate) ได้แก่ ปุ๋ยยูเรียและฟอสเฟต โดยคิดว่าน้ำเสียมีไนโตรเจน และฟอสฟอรัสน้อยมาก จึงใช้สัดส่วนของซีโอดีต่ออาหารเสริมตลอดการทดลองนี้คือ COD:N:P เท่ากับ 100:5:1 เพื่อให้แน่ใจได้ว่าระบบมีธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมากเพียงพอ โดยเติมไนโตรเจนในรูปสารละลายยูเรีย(NH_2CONH_2) และเติมฟอสฟอรัสในรูปสารละลายโปรแตสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (K_2HPO_4)

4.3 <u>เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง</u>

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ที่มีถังเติมอากาศสามใบแสดงอยู่ในรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 ดังมีรายละเอียดต่างๆ ต่อไปนี้

4.3.1 <u>ถังพักน้ำเสีย</u>

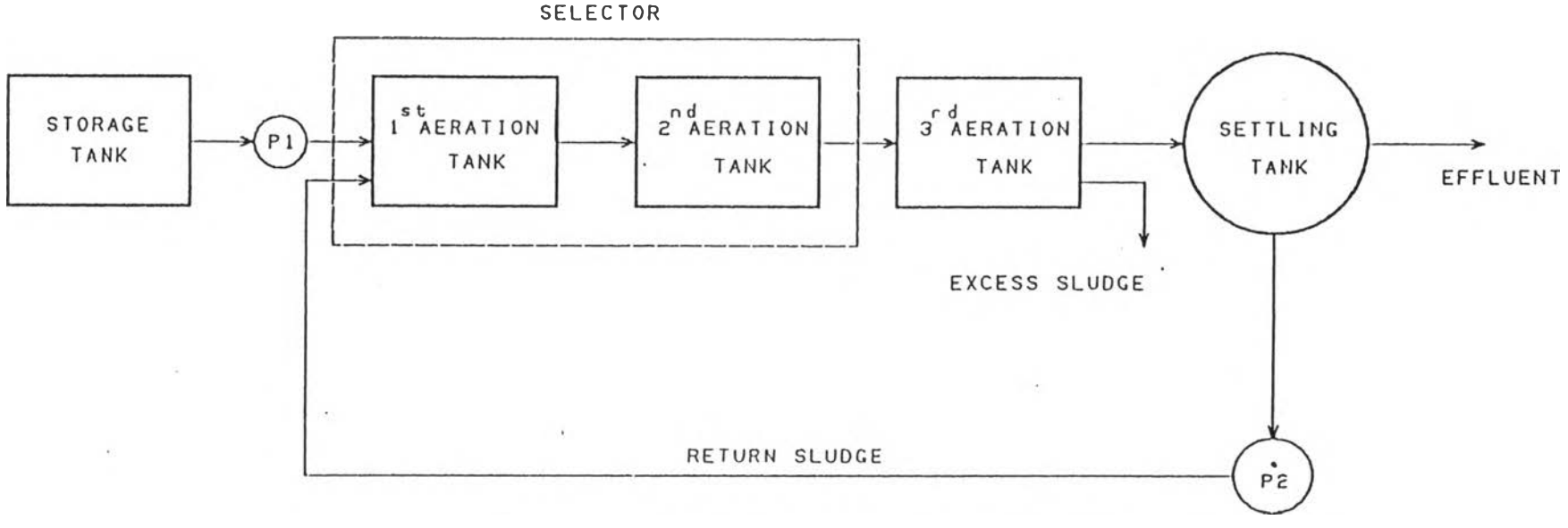
ถังพักน้ำเสียเป็นถังพลาสติกมีความจุประมาณ 40 ลิตร เป็นถังฝาเปิดและไม่มีอุปกรณ์กวนผสมน้ำเสียภายในถังพัก

4.3.2 <u>เครื่องสูบน้ำเสียเข้าระบบ</u>

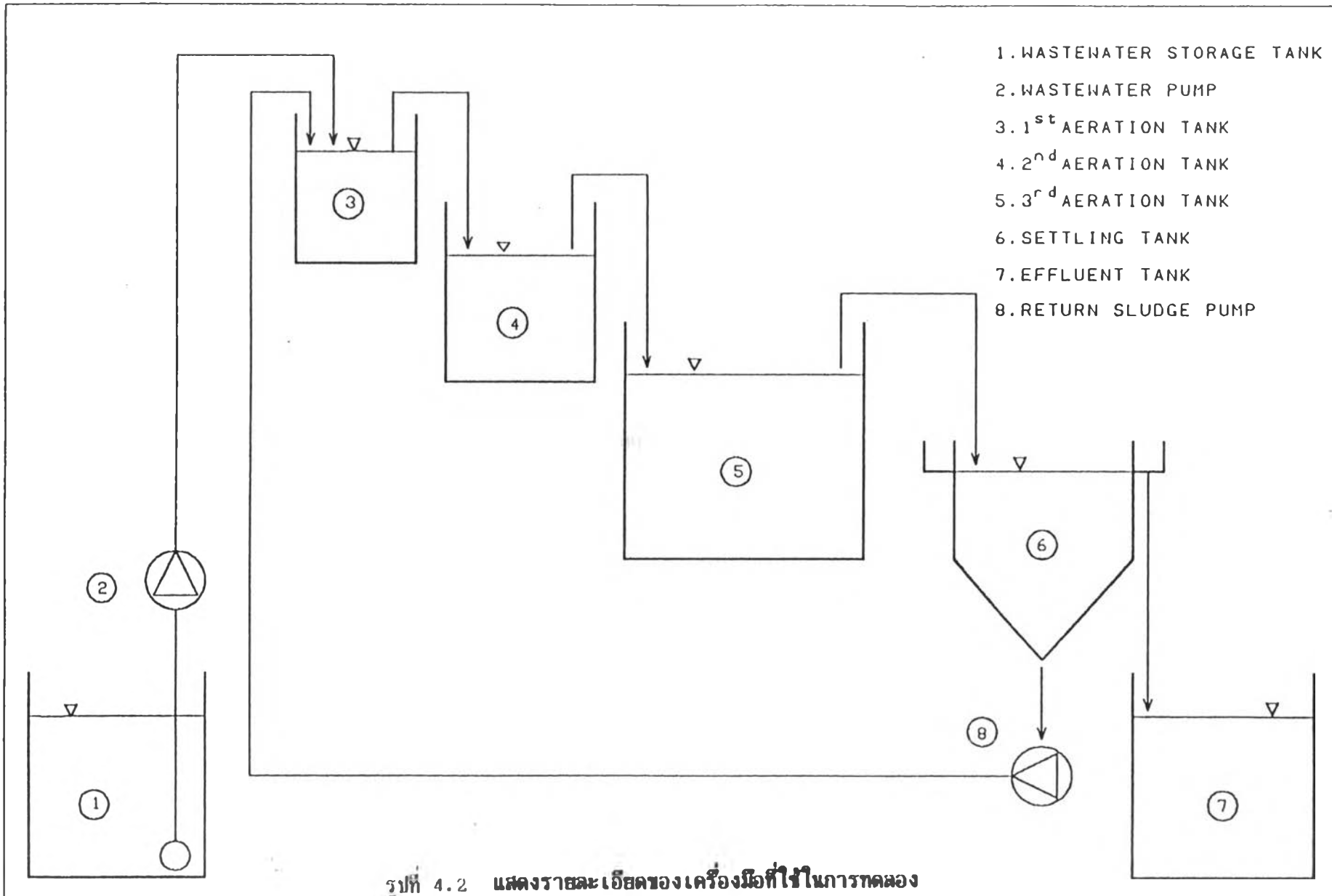
เครื่องสูบน้ำเสียที่ใช้ป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบ เป็นเครื่องสูบชนิดรีดสาย(Peristatic Pump) สามารถปรับอัตราการไหลได้ไม่น้อยกว่า 16.8 ลิตร/วัน โดยเปิดทำงานตลอดเวลายกเว้นขณะทำความสะอาดอุปกรณ์ และขณะเตรียมน้ำเสีย

4.3.3 <u>ถังเติมอากาศ</u>

ถังเติมอากาศที่ใช้ในแต่ละชุดการทดลอง มีจำนวน 3 ถังเรียงต่อกันให้มีลักษณะการไหลเป็นแบบอนุกรม โดยเฉพาะถังเติมอากาศใบที่ 1 มีปริมาตร 3.6 ลิตร , 2.8 ลิตร และ 0.8 ลิตร ตามการเปลี่ยนแปลงชุดการทดลอง (ทั้งนี้เพื่อสร้างให้ F/M ในถังเติมอากาศใบแรกมีค่าประมาณ 2.5 , 5 และ 10 กก.COD/กก.MLSS-วัน) ส่วนถังเติมอากาศใบที่ 2 และถังเติมอากาศใบที่ 3 มีปริมาตรคงที่ทุกชุดการทดลองคือ 5.6 และ 42 ลิตรตามลำดับ



รูปที่ 4.1 Flow Diagram ของระบบ AS. ที่ใช้ในการวิจัย



รูปที่ 4.2 แสดงรายละเอียดของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

4.3.4 ถังตกตะกอน

ถังตกตะกอนที่ใช้ในทุกชุดการทดลองมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20.2 ซม. ส่วนสูงทรงกระบอก 15 ซม. และส่วนสูงของกรวย 20.0 ซม. มีช่องน้ำเข้าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.6 ซม.ที่บริเวณศูนย์กลางของถังตกตะกอน มีความจุประมาณ 8 ลิตร คิดเป็นอัตราน้ำล้นผิวเท่ากับ 0.54 $ม^3/ม^2$-วัน ตัวถังทำด้วย PVC ใสบริเวณก้นถังเป็นรูปกรวย และมีชุดกวาดตะกอนหมุนด้วยอัตราเร็ว 1.5 รอบต่อนาที พร้อมทั้งมีท่อเวียนตะกอนกลับที่บริเวณก้นถัง

4.3.5 เครื่องสูบเวียนตะกอน

เครื่องสูบเวียนตะกอนทำหน้าที่สูบตะกอนจากบริเวณก้นถังตกตะกอน กลับไปถังเติมอากาศใบที่ 1 เป็นเครื่องสูบชนิดรีดลาย สามารถปรับอัตราการสูบเวียนตะกอนได้ไม่ต่ำกว่า 16.8 ลิตร/วัน

4.3.6 ถังรองรับน้ำทิ้งจากถังตกตะกอน

ถังพักน้ำทิ้งจากถังตกตะกอนเป็นถังพลาสติกความจุประมาณ 20 ลิตร

4.3.7 เครื่องอัดอากาศ

เครื่องอัดอากาศ (Air Compresser) เป็นชนิดโรตารี ทำงานด้วยแรงฉุดของมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 220 V. , 50 HZ , 1/4 HP มีความสามารถในการจ่ายลมไม่น้อยกว่า 40 ลิตร/นาที

4.4 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

4.4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

จุดเก็บตัวอย่างน้ำภายในระบบที่ศึกษานี้มีด้วยกัน 5 ตำแหน่งคือ เก็บจากถังพักน้ำเสีย ถังเติมอากาศใบที่ 1 ถังเติมอากาศใบที่ 2 ถังเติมอากาศใบที่ 3 และถังรับน้ำทิ้ง โดยตัวอย่างน้ำที่เก็บในแต่ละวันจะเก็บเป็นแบบตัวอย่างแยก ในการเก็บแต่ละครั้งจะเก็บให้เพียงพอที่จะทำการวิเคราะห์เท่านั้น และจะนำไปวิเคราะห์หาค่าต่างๆทันที โดยแผนการเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงแผนการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

ตัวแปรเปลี่ยน	ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างน้ำ				
	น้ำเสีย	ถังเติมอากาศ 1#	ถังเติมอากาศ 2#	ถังเติมอากาศ 3#	น้ำทิ้ง
พีเอช (pH)	A	A	A	A	A
ออกซิเจนละลายน้ำ	-	A	A	A	-
ตะกอนแขวนลอย	-	B	B	B	B
V_{30}	-	B	B	B	-
เอสวีไอ (SVI)	-	B	B	B	-
ซีโอดีทั้งหมด	B	-	-	-	B
ซีโอดีผ่านการกรอง	B	B	B	B	B
บีโอดีทั้งหมด	C	-	-	-	C
บีโอดีผ่านการกรอง	C	C	C	C	C

หมายเหตุ : A ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์ทุกวัน
B ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์สัปดาห์ละ 3 ครั้ง
C ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์ในช่วง Steady State

4.4.2 <u>การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ</u>

สำหรับวิธีวิเคราะห์หาค่าต่างๆ ของตัวอย่างน้ำมีดังต่อไปนี้

ก. พีเอช วิเคราะห์โดยการวัดด้วยเครื่องวัดพีเอชของ BECKMAN

ข. ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) วิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดดีโอของ YSI.

ค. ตะกอนแขวนลอย (SS) วิเคราะห์ตาม Standard Methods

ง. การตกตะกอนที่ 30 นาที (V_{30}) วิเคราะห์ตาม Standard Methods

จ. ดัชนีปริมาตรตะกอน (SVI) วิเคราะห์ตาม Standard Methods

ฉ. ซีโอดี (COD) วิเคราะห์โดยวิธี Closed Reflux Titrimetric Methods

4.5 การควบคุมการทดลอง

ในการทดลองนี้สิ่งที่ต้องควบคุมและปฏิบัติเป็นประจำทุกวัน ได้แก่การป้อนน้ำเสียจริงที่นำมาจากโรงงานผลิตลูกกวาดและยา ซึ่งมีค่าพีเอชเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.8 - 5.1 และเข้าสู่ระบบอย่างต่อเนื่องด้วยอัตรา 16.8 ลิตรต่อวัน โดยหยุดป้อนน้ำเสียเป็นเวลาประมาณ 30 - 60 นาทีต่อวัน เพื่อทำการเก็บตัวอย่างน้ำและระบายตะกอนจุลชีพทิ้งจากถังเติมอากาศใบที่ 3 (เพื่อรักษาระดับอายุตะกอนของระบบดังจะกล่าวถึงต่อไป) และเพื่อทำความสะอาดอุปกรณ์ต่างๆของระบบ นอกจากนี้ต้องตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆเป็นครั้งคราวเช่น การตรวจวัดอัตราการสูบน้ำของเครื่องป้อนน้ำเสีย การตรวจสอบการชำรุดของสายยางซิลิโคนของเครื่องสูบน้ำชนิดรีดสาย (Peristatic Pump) เป็นต้น

4.5.1 การควบคุมอายุตะกอนของระบบ

การควบคุมอายุตะกอนของระบบให้มีค่าคงที่ตลอดการวิจัยครั้งนี้ สามารถทำได้ด้วยการระบายตะกอนทิ้งจากถังเติมอากาศใบที่สาม โดยคุมค่าอายุตะกอนให้มีค่า 20 วัน ซึ่งจะสามารถคำนวณหาปริมาณของตะกอนที่ต้องระบายทิ้งได้ดังนี้คือ

เนื่องจากอายุตะกอน (SRT) หมายถึง ระยะเวลาที่ตะกอนจุลชีพถูกรักษาให้อยู่ในระบบกำจัดน้ำเสียและเขียนแทนได้ด้วยสูตร

$$SRT = \frac{\text{ปริมาณตะกอนจุลชีพทั้งหมดที่อยู่ในถังเติมอากาศ}}{\text{อัตราการระบายตะกอนจุลชีพทิ้งจากระบบ}}$$

จากนิยามดังกล่าวสามารถเขียนแทน SRT ของระบบนี้ได้ว่า

$$SRT = \frac{V_1X_1 + V_2X_2 + V_3X_3}{F_wX_3 + (F - F_w)X_e}$$

โดยที่ SRT = ค่าอายุของตะกอนจุลชีพในระบบ, วัน

V_1, V_2, V_3 = ปริมาตรของถังเติมอากาศใบที่หนึ่งสองและสามตามลำดับ, ลิตร

X_1, X_2, X_3 = ความเข้มข้นของตะกอนจุลชีพแขวนลอยในถังเติมอากาศใบที่หนึ่งสอง และสามตามลำดับ, มก./ล

F_w = อัตราการระบายตะกอนทิ้งจากระบบ, ลิตร/วัน

F = อัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ, ลิตร/วัน

X_e = ความเข้มข้นของตะกอนจุลชีพแขวนลอยในน้ำทิ้งที่ออกจากถังตกตะกอน, มก./ล.

ในกรณีที่น้ำทิ้งออกจากถังตกตะกอนมีลักษณะใสมาก ปริมาณตะกอนจุลชีพแขวนลอย X_e มีค่าต่ำมากเมื่อเทียบกับเซลล์จุลชีพในถังเติมอากาศดังนั้นเทอม $(F - F_w) X_e$ จึงมีค่าน้อยมาก และอาจตัดทิ้งได้ ดังนั้น

$$SRT = \frac{V_1 X_1 + V_2 X_2 + V_3 X_3}{F_w X_3}$$

แต่เนื่องจากถังเติมอากาศใบแรก และถังเติมอากาศใบที่สอง มีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับถังเติมอากาศใบที่สาม ดังนั้นหากความเข้มข้นของตะกอนจะมีค่าเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นหรือต่ำลงไปบ้างจากปรกติก็ไม่ทำให้ความเข้มข้นของตะกอนทั้งระบบเปลี่ยนแปลงไปมากนัก จึงอาจประมาณได้ว่าความเข้มข้นของตะกอนในถังเติมอากาศใบแรก และใบที่สอง มีค่าใกล้เคียงกับความเข้มข้นของตะกอนในถังเติมอากาศใบที่สาม ($X_1 = X_2 = X_3$) ซึ่งจะสามารถคำนวณหาอัตราการทิ้งตะกอนเพื่อควบคุมอายุตะกอนได้ง่ายขึ้นคือ

$$F_w = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{SRT}$$

เพราะฉะนั้น อัตราการทิ้งตะกอนโดยประมาณของระบบนี้ ซึ่งมี SRT 20 วัน และปริมาตรของถังเติมอากาศเป็น 2.8, 5.6 และ 42 ลิตรตามลำดับเท่ากับ

$$F_w = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{SRT}$$

$$= \frac{2.8 + 5.6 + 42}{20}$$

เพราะฉะนั้นอัตราการทิ้งตะกอน, F_w = 2.52 ลิตร/วัน

1177351024

4.5.2 <u>การควบคุมอัตราส่วนปริมาณอาหารต่อมวลจุลชีพ (F/M) ของถังเติมอากาศใบแรก</u>

ในการวิจัยครั้งนี้กำหนดตัวแปรเปลี่ยนอิสระที่ทำการศึกษาคือ อัตราส่วนปริมาณอาหารต่อมวลจุลชีพ (F/M) ในถังเติมอากาศใบแรก ซึ่งแปรเปลี่ยนค่าเป็นสามระดับคือ ควบคุมให้ F/M มีค่าใกล้เคียงกับ 2.5 กก.COD/กก.MLSS-วัน และในช่วงประมาณ 5 กก.COD/กก.MLSS-วัน และในช่วงประมาณ 10 กก.COD/กก.MLSS-วัน โดยที่อัตราการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบถูกกำหนดให้มีค่าคงที่ด้วยอัตรา 16.8 ลิตร/วัน

เนื่องจากค่า เวลากักน้ำ(θ) และCOD ของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ถังเติมอากาศใบแรกแต่ละครั้งจะมีค่าคงที่ช่วงหนึ่ง ดังนั้นการควบคุม F/M ให้มีค่าคงที่ช่วงหนึ่งจึงต้องใช้ความเข้มข้นของเซลล์จุลชีพในถังเติมอากาศใบแรกเป็นตัวควบคุม ด้วยสมการ

$$F/M = \frac{COD}{MLSS * \theta}$$

ดังนั้นความเข้มข้นของเซลล์จุลชีพที่ต้องการควบคุม , $MLSS = \frac{COD}{F/M * \theta}$

การควบคุม F/M ของถังเติมอากาศใบแรกนี้ จะใช้ MLSS ที่มีอยู่ในระบบเมื่อเริ่มต้นทำการทดลอง เป็นตัวควบคุม F/M ของถังเติมอากาศใบแรก และใช้ค่า F/M นี้เป็นตัวแปรเปลี่ยนอิสระค่าแรก เนื่องจากน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นน้ำเสียจริง ค่า COD ของน้ำเสียอาจมีการแปรเปลี่ยนไปได้ ขึ้นอยู่กับอัตราการผลิตของโรงงาน ดังนั้นถ้าหากน้ำเสียจริงที่ไปทำการเก็บมานั้นมีค่าแตกต่างไปมากๆ อันจะส่งผลกระทบต่อค่า F/M ของถังเติมอากาศใบแรก ทางแก้หนึ่งก็คือทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียใหม่ หรือในกรณี COD ของน้ำเสียจริงที่เก็บมาใช้มีค่าสูงมากก็อาจจำเป็นที่จะต้องใช้น้ำประปาทำการเจือจางน้ำเสียบางส่วน เพื่อให้ได้ค่า COD ที่ต้องการ ซึ่งผลที่ได้จะทำให้ F/M ของถังเติมอากาศใบแรกมีค่าอยู่ในช่วงคงเดิม