สารบัญ

3.1 การวางแผนควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย..... 3-2

3.2 ปัจจัยเบื้องต้นที่จำเป็นสำหรับการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย..... 3-3

3.3 การควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียแบบต่างๆ ที่ใช้ในโรงพยาบาล..... 3-3

3.3.1 การควบคุมระบบเอเอส..... 3-3

3.3.1.1 การเลือกอัตราหมุนเวียนสลัดจ์..... 3-4

3.3.1.2 การเลือกอัตราทิ้งสลัดจ์..... 3-4

3.3.2 การควบคุมระบบจานหมุนชีวภาพ..... 3-6

3.3.3 การควบคุมสระเติมอากาศ..... 3-6

3.3.4 การควบคุมถังกรองไม่ใช้อากาศและถังย่อยไม่ใช้อากาศอื่นๆ..... 3-6

3.3.4.1 ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์..... 3-7

3.3.4.2 โออาร์พี (ORP)..... 3-7

3.3.4.3 ระดับสภาพด่างในรูปไบคาร์บอเนต(Bicarbonate Alkalinity)..... 3-8

3.3.4.4 ระดับพีเอช..... 3-9

3.3.4.5 อัตราการผลิตมีเทน..... 3-9

3.3.4.6 สัญญาณอื่นๆ..... 6-9

3.3.5 การควบคุมถังย่อยสลัดจ์แบบไม่ใช้อากาศ..... 3-9

3.4 การติดตามผลการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย..... 3-10

3.4.1 การสังเกตทั่วไป..... 3-10

3.4.2 การทดลองตกตะกอนเพื่อหา V30 และ SVI..... 3-11

3.4.3 การสังเกตลักษณะการตกตะกอนของตะกอนสลัดจ์..... 3-13

3.4.3.1 การตกตะกอนของเซลล์ที่มีอายุน้อย..... 3-14

3.4.3.2 การตกตะกอนของแบคทีเรียไม่สมบูรณ์..... 3-14

3.4.3.3 การตกตะกอนในถังตกตะกอนที่ออกแบบบกพร่อง..... 3-16

3.4.3.4 การตกตะกอนแบบมีปัญหาตะกอนสลัดจ์ลอย(Sludge Rising)..... 3-16

3.4.3.5 การตกตะกอนของตะกอนสลัดจ์ที่เป็นโรคจมไม่ลง(Sludge Bulking).....3-17

3.4.4 การวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ(ดีโอ).....3-17

3.4.5 พีเอช.....3-18

3.4.6 การตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์.....3-18

บทที่ 3

การควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล

น้ำเสียของโรงพยาบาลจัดเป็นน้ำเสียที่สามารถบำบัดแบบชีวภาพได้ง่าย เนื่องจากส่วนประกอบของน้ำเสียมีอาหารครบถ้วนสำหรับแบคทีเรียที่ใช้ในระบบบำบัด ระดับพีเอชมักอยู่ในช่วงเหมาะสม แม้ว่าอาจจะมีน้ำเสียบางส่วนที่มีสารพิษ แต่ก็มีปริมาณน้อยซึ่งอยู่ในวิสัยที่สามารถจัดการได้โดยไม่ยาก

เมื่อพิจารณาโดยรวมถึงวิธีควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลแบบต่างๆ อาจจำแนกระบบตามวิธีควบคุมได้เพียง 2 ประเภทคือ ประเภทที่ต้องควบคุม *(หรือควบคุมได้)* และประเภทที่ไม่ต้องควบคุม *(หรือควบคุมไม่ได้)* ระบบเอเอสจัดเป็นประเภทที่ควบคุมได้เพียงอย่างเดียวที่มีอยู่ในปัจจุบัน ระบบอื่นๆล้วนเป็นระบบที่ไม่ต้องควบคุมเนื่องจากไม่มีพารามิเตอร์สำหรับควบคุมนั่นเอง ยกตัวอย่างเช่นระบบสระเติมอากาศที่ออกแบบและสร้างเสร็จแล้วก็มีหน้าที่เพียงรับบำบัดน้ำเสียที่ปล่อยให้ไหลเข้ามาเท่านั้น เป็นต้น ระบบย่อยไม่ใช้อากาศที่ใช้บำบัดน้ำเสียก็เป็นระบบที่ไม่มีตัวควบคุม แต่ต้องมีการติดตามความเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ที่เป็นสัญญาณเตือนเหตุล้มเหลว

ระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้ในโรงพยาบาลมีดังนี้

- ระบบเอเอส (Activated Sludge)
- ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch)
- ระบบจานหมุนชีวภาพ (RBC = Rotating Biological Contactor)
- ระบบบ่อเติมอากาศ(Aerated Pond)
- ระบบบ่อออกซิเดชัน หรือบ่อเขียว(Oxidation Pond)
- ระบบบ่อเกรอะและบ่อซึม(Septic Tank and Cess pool)

3.1 การวางแผนควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย

งานควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นงานในขั้นตอนสุดท้ายที่สำคัญที่สุด เพราะเป็นงานส่วนที่กำหนด ความสำเร็จของระบบบำบัดน้ำเสีย ต่อให้มีการออกแบบและก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียให้ดีพร้อมเพียงใดก็ตาม การควบคุมที่อ่อนด้อยจะทำให้ระบบไม่สามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในทางตรงกันข้าม ระบบบำบัดที่ออกแบบไม่ดี วิศวกรควบคุมที่ชำนาญอาจช่วยให้การบำบัดน้ำเสียได้ผลอย่างเต็มที่

เนื่องจากการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นงานวิทยาศาสตร์ที่ต้องอาศัยความรู้ความชำนาญของวิศวกรควบคุมระบบ สมรรถนะของระบบบำบัดน้ำเสียจึงเป็นเรื่องที่ต้องอธิบายได้ด้วยหลักการและความรู้ทางวิชาการ การควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียย่อมมิใช่ศิลป จึงไม่ขึ้นอยู่กับทักษะส่วนบุคคลของผู้ควบคุม ผู้ควบคุมต้องมีความรู้ทางวิชาการ จึงจะสามารถทำงานได้ดีและอย่างมีความเชื่อมั่น การวางแผนควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากอย่างน้อยด้วยเหตุผล 2 ข้อ คือ

- วิศวกรออกแบบมักไม่ใช่เป็นวิศวกรควบคุมระบบหรือ วิศวกรออกแบบมิได้คำนึงถึงการควบคุมระบบ ซึ่งต้องทำให้ได้ง่าย และสดวกสำหรับพนักงานระดับช่างเทคนิคหรือระดับต่ำกว่า

- สภาวะในการเดินระบบ อาจไม่เหมือนกับสภาวะที่ใช้ออกแบบ เช่น น้ำเสียในระยะแรกมีปริมาณน้อยกว่าตัวเลขที่ใช้ออกแบบมาก เป็นต้น

ก่อนเริ่มวางแผนควบคุมระบบ วิศวกรควบคุมจะต้องดำเนินการตรวจสอบระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อให้ทราบรายละเอียดทั้งหมดเกี่ยวกับระบบ เช่น ส่วนประกอบและขนาดของหน่วยบำบัดต่างๆ รวมทั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ทุกอย่าง เป็นต้น ผู้ควบคุมจะต้องรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณและลักษณะของน้ำเสียให้ครบถ้วน และจะต้องมีข้อมูลความแปรปรวนของน้ำเสีย ในกรณีของโรงพยาบาล วิศวกรควบคุมจะต้องมีข้อมูลแหล่งน้ำเสียที่อาจเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียเพื่อหาทางจัดการมิให้เกิดปัญหาต่อการบำบัดน้ำเสีย

หลังจากที่มีข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับน้ำเสียและตัวระบบบำบัดฯแล้ว วิศวกรควบคุมจึงจะสามารถกำหนดแผนการควบคุมให้เหมาะสมกับสภาวะปัจจุบันของระบบ(ซึ่งอาจไม่เหมือนกับสภาวะออกแบบก็ได้) วิศวกรควบคุมอาจต้องมีการปรับปรุงหรือแก้ไขหน่วยบำบัดบางส่วนเพื่อให้การบำบัดน้ำเสียดำเนินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.2 ปัจจัยเบื้องต้นที่จำเป็นสำหรับการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย

ปัจจัยเบื้องต้นที่จำเป็นสำหรับการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียคือ ต้องควบคุมอัตราไหลเข้าระบบของน้ำเสียให้คงที่ให้ได้ จึงจำเป็นต้องมีถังหรือบ่อปรับเสมอ (Equalization) ที่มีขนาดใหญ่พอเพียงสำหรับเฉลี่ย อัตราไหลของน้ำเสียให้ได้เกือบสม่ำเสมอเท่ากันตลอด24 ชั่วโมง

3.3 การควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียแบบต่างๆ ที่ใช้ในโรงพยาบาล

3.3.1 การควบคุมระบบเอเอส

ในปัจจุบัน ระบบเอเอสเป็นระบบเดียวที่สามารถควบคุมและสะสมแบคทีเรียให้มีปริมาณมากหรือน้อยในระบบได้ จึงเป็นระบบเดียวที่อยู่ภายใต้อำนาจของผู้ควบคุมหรือกล่าวได้ว่าเป็นระบบที่มีพารามิเตอร์สำหรับควบคุมระบบ พารามิเตอร์ที่ใช้ควบคุมระบบได้แก่ อัตราทิ้งสลัดจ์และอัตราหมุนเวียนสลัดจ์ พารามิเตอร์ตัวแรกจะมีความสำคัญมากที่สุดในการควบคุมระบบ เนื่องจากเป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย กำหนดความต้องการออกซิเจน กำหนดชนิดของแบคทีเรียที่เลี้ยงในระบบ ฯลฯนอกจากนี้อัตราทิ้งสลัดจ์ยังเป็นตัวกำหนด F/M และ SRT อีกด้วย แม้ว่าอัตราหมุนเวียนสลัดจ์ของระบบเอเอสที่ใช้กำจัดสารอินทรีย์คาร์บอนอาจควบคุมให้อยู่ในช่วง 30-100% การปรับตั้งอัตราหมุนเวียนสลัดจ์ให้มีค่าคงที่ตลอดเวลาจะช่วยทำให้ระบบเอเอสสามารถควบคุมได้ง่ายขึ้นมาก อัตราหมุนเวียนสลัดจ์ไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีหรือความสิ้นเปลืองออกซิเจน ผู้ควบคุมจึงอาจเลือกกำหนดค่าใดก็ได้ในช่วง 30-100%

การควบคุมระบบเอเอสมีหลายวิธี เช่น วิธี SRT, วิธี F/M หรือ วิธีควบคุม MLSS เป็นต้น การควบคุมด้วย SRT หรือ F/M เป็นวิธีที่มีหลักการมากที่สุด จึงเป็นวิธีที่แนะนำให้ใช้ การควบคุมด้วย SRT หรือ F/M ล้วนขึ้นอยู่กับอัตราทิ้งสลัดจ์ จึงเห็นได้ว่าอัตราทิ้งสลัดจ์เป็นพารามิเตอร์ควบคุมที่สำคัญที่สุด

แผนการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอเอส ควรประกอบด้วยข้อมูลอย่างน้อยดังนี้

- อัตราสูบหรือป้อนน้ำเสียเข้าระบบ
- อัตราหมุนเวียนตะกอนสลัดจ์
- อัตราการทิ้งสลัดจ์

- ปริมาณและชนิดของสารเคมีที่ต้องใช้ เช่น คลอรีน, โซดาแอช เป็นต้น
- โปรแกรมการบำบัดสลัดจ์
- วิธีการจัดการกับน้ำเสียเป็นพิษ

3.3.1.1 การเลือกอัตราหมุนเวียนสลัดจ์

จากการตรวจสอบโมเดลทางจลศาสตร์ของระบบเอเอส อัตราหมุนเวียนสลัดจ์ไม่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย ผู้ควบคุมอาจเลือกอัตราหมุนเวียนสลัดจ์ค่าใดก็ได้ที่อยู่ในช่วง 30-100% แต่ควรรักษาระดับอัตราหมุนเวียนสลัดจ์ให้คงที่เพื่อให้ง่ายต่อการควบคุมระบบเอเอส

3.3.1.2 การเลือกอัตราทิ้งสลัดจ์

อัตราทิ้งสลัดจ์เป็นตัวกำหนดระดับ SRT โดยตรง การระบายสลัดจ์ทิ้งสามารถทำได้ 2 ทางคือ ระบายสลัดจ์ทิ้งจากก้นถังตกตะกอนและระบายสลัดจ์ทิ้งจากถังเติมอากาศ การทิ้งสลัดจ์จากก้นถังตกตะกอนเป็นวิธีที่นิยมมากกว่าในกรณีที่มีการควบคุมระบบเอเอสด้วย F/M ผู้ควบคุมจะไม่สามารถคำนวณอัตราทิ้งสลัดจ์ได้จากค่า F/M ที่ใช้ ผู้ควบคุมต้องคำนวณหาค่า MLSS จากค่า F/M และทดลองทิ้งสลัดจ์ในอัตราต่างๆ (ต้องเดา) เพื่อให้ได้ MLSS ตามต้องการ

ในกรณีที่มีการทิ้งสลัดจ์จากก้นถังตกตะกอนอัตราการทิ้งสลัดจ์ (F_W) จะขึ้นอยู่กับระดับSRT และอัตราหมุนเวียนสลัดจ์ (R) ดังนี้

$$_{w} = V R / SRT (1 + R) \quad (1)$$

เมื่อ V = ปริมาตรของถังเติมอากาศ(ลบ.ม.)

R = อัตราส่วนของการหมุนเวียนสลัดจ์ และมีค่าเท่ากับ F_r/F

F_r = อัตราไหลของสลัดจ์ที่หมุนเวียน(ลบ.ม./วัน)

F = อัตราไหลของน้ำเสียที่เข้าถังเติมอากาศ(ลบ.ม./วัน)

SRT = เวลากักตะกอนหรืออายุสลัดจ์(วัน)

F_W = อัตราการทิ้งสลัดจ์(ลบ.ม./วัน)

สมการ (1) จะใช้ได้ดีก็ต่อเมื่อระบบเอเอสทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและน้ำทิ้งของถังตกตะกอนมีค่าตะกอนแขวนลอยต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับค่าMLSS นั่นคือสลัดจ์ที่หลุดออกไปกับน้ำ

ทิ้งสุดท้ายมีปริมาณน้อยและไม่มีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับสลัดจ์ที่ระบายทิ้งทางก้นถังตกตะกอน

ตัวอย่าง ถ้าถังเติมอากาศมีความจุเท่ากับ2400 ลบ.ม.และมีอัตราหมุนเวียนสลัดจ์100% (R=1) อัตราการทิ้งสลัดจ์จากก้นถังตกตะกอนจะมีค่าเท่าใด ที่SRT 5 และ 20 วัน

<u>เมื่อ SRT = 5 วัน</u>

อัตราการทิ้งสลัดจ์ F_w = 2400 x 1/5x (1 + 1)

= 240 ลบ.ม./วัน

<u>เมื่อ SRT = 20 วัน</u>

อัตราการทิ้งสลัดจ์ F_w = 2400 x 1 / 20x (1 + 1)

= 60 ลบ.ม./วัน

ในกรณีที่สลัดจ์หลุดออกไปกับน้ำทิ้งสุดท้ายมีปริมาณมากอย่างมีนัยสำคัญ สมการที่ จะใช้ไม่ได้ อัตราทิ้งสลัดจ์ต้องคำนวณจากสมการ(2) ดังนี้

$$SRT = V X/(F_w X_r + (F - F_w) X_e) \quad (2)$$

เมื่อ X = ความเข้มข้น MLSS, มก./ล.

X_r = ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยที่หมุนเวียน, มก./ล.

X_e = ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยในน้ำออกจากถังตกตะกอน,มก./ล.

ในกรณีที่มีการทิ้งสลัดจ์จากถังเติมอากาศแม้ว่าการทิ้งสลัดจ์จากถังเติมอากาศจะมิใช่วิธีปฏิบัติที่นิยมในการควบคุมระบบเอเอส แต่ก็มีข้อดีเป็นอย่างมากเนื่องจากอัตราทิ้งสลัดจ์ไม่ขึ้นอยู่กับอัตราหมุนเวียนสลัดจ์หรือ R ดังนี้

$$\text{อัตราทิ้งสลัดจ์จากถังเติมอากาศ } F_w = V/SRT \quad (3)$$

สมการที่ 3 จะใช้ได้ก็ต่อเมื่อระบบเอเอสทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและน้ำทิ้งของถังตกตะกอนมีค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยต่ำ ในกรณีที่ถังตกตะกอนไม่สามารถผลิตน้ำทิ้งที่มีคุณภาพสูง อัตราทิ้งสลัดจ์ต้องคำนวณจากสมการที่ 4 ดังนี้

$$SRT = V X/(F_W X + (F - F_W) X_e) \quad (4)$$

3.3.2 การควบคุมระบบจานหมุนชีวภาพ

พารามิเตอร์ควบคุมที่เปลี่ยนแปลงได้ของระบบจานหมุนชีวภาพมีเพียง2 อย่างคือ ความเร็วและระยะจุ่มน้ำของจานชีวภาพ เมื่อมีการปรับตั้งความเร็วและระยะจุ่มน้ำแล้วก็ไม่ต้องมีการควบคุมอะไรอีกเลย การหมุนเวียนสลัดจ์มิใช่เป็นเรื่องจำเป็นสำหรับระบบจานหมุนชีวภาพที่ใช้บำบัดน้ำเสียชุมชน การบำรุงรักษาก็เป็นเรื่องง่ายเพราะในแต่ละสัปดาห์มีเพียงเรื่องการหล่อลื่นและตรวจตราความสึกหรอของอุปกรณ์ขับเคลื่อนแผ่นจาน ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับถังตกตะกอนขั้นสองมีแต่การระบายสลัดจ์ทุกวันอย่างสม่ำเสมอ สลัดจ์ที่เข้าสู่ถังตกตะกอนต้องระบายทิ้งทั้งหมดเนื่องจากไม่ต้องหมุนเวียนสลัดจ์

3.3.3 การควบคุมสระเติมอากาศ

สระเติมอากาศเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ไม่สามารถควบคุมอะไรได้เลย ทั้งนี้เพราะเวลากักน้ำเป็นตัวแปรหรือพารามิเตอร์เพียงอย่างเดียวที่มีผลต่อการทำงานของระบบและการควบคุมเวลากักน้ำไม่อยู่ในวิสัยที่ทำได้ไม่ว่าจะเป็นระบบใด ระบบสระเติมอากาศจึงไม่อยู่ในอำนาจของผู้ควบคุมเลย หน้าที่ของผู้ควบคุมได้แก่ การดูแลและซ่อมแซมบำรุงเครื่องเติมอากาศรวมทั้งดูแลรักษาตัวบ่อให้อยู่ในสภาพเรียบร้อยและแข็งแรง

3.3.4 การควบคุมถังกรองไม่ใช้อากาศและถังย่อยไม่ใช้อากาศอื่นๆ

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพที่อาศัยปฏิกิริยาย่อยไม่ใช้อากาศ เป็นระบบที่ต้องการการติดตามดูแลอย่างใกล้ชิดมากกว่าระบบที่ใช้ออกซิเจน ระบบเอเอสอาจจัดเป็นระบบที่ควบคุมยาก แต่เป็นการควบคุมเพื่อรักษาปริมาณแบคทีเรียให้อยู่ในระดับที่ต้องการ (โดยใช้ SRT หรือ F/M) แต่ระบบไม่ใช้อากาศต้องการการติดตามอย่างใกล้ชิด เพื่อมิให้ระบบล้มเหลว และมีจุดอ่อนที่ไม่สามารถควบคุมและสะสมปริมาณแบคทีเรียให้คงอยู่ในระบบได้ตามต้องการของผู้ควบคุม ในปัจจุบันมีระบบยูเอเอสบี(UASB) เพียงแบบเดียวที่สามารถสะสมปริมาณแบคทีเรียให้คงอยู่ในระบบได้

ลักษณะทางจุลชีววิทยาของระบบย่อยไม่ใช้อากาศ ทำให้เสถียรยรภาพของระบบค่อนข้างต่ำ ปัจจัยหลายอย่างทำให้ระบบล้มเหลวด้วยเหตุนี้การควบคุมถังกรองไม่ใช้อากาศหรือถังย่อยอื่นๆจึงต้องมีการติดตามการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ที่ใช้เป็นสัญญาณเตือนเหตุล้มเหลวต่างๆ สัญญาณต่างๆ เหล่านี้ได้แก่พีเอชกรดอินทรีย์ระเหยง่าย, สภาพด่าง, โออาร์พี, อัตราส่วนของมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซชีวภาพเป็นต้น ประโยชน์ที่จะได้จากการติดตามพารามิเตอร์ต่างๆ ดังกล่าวคือ ทำให้รู้ล่วงหน้าว่าระบบกำลังอยู่ในสภาวะใช้งานที่เหมาะสมหรือ

ไม่ และยังสามารถทราบด้วยว่าระบบกำลังจะล้มเหลวหรือล้มเหลวแล้ว

อาจสรุปได้ว่าการควบคุมถังกรองไม่ใช้อากาศ มีลักษณะคล้ายคลึงกับของระบบจานหมุนชีวภาพและระบบบ่อเติมอากาศ กล่าวคือไม่มีพารามิเตอร์สำหรับใช้ควบคุมระบบ แต่เนื่องจากถังกรองไม่ใช้อากาศ (หรือระบบย่อยไม่ใช้อากาศอื่นๆ) มีเสถียรภาพต่ำกว่าระบบที่ใช้ออกซิเจน จึงต้องมีการติดตามการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อรักษาเสถียรภาพของระบบไว้

เมื่อกระบวนการไม่ใช้อากาศเกิดการเสียสมดุลขึ้นจะต้องมีการแก้ไขทันที มิฉะนั้นแล้วการแก้ไขภายหลังจะทำได้ยากและกินเวลา เนื่องจากการเสียสมดุลจะเกิดขึ้นโดยมีสัญญาณเตือนเหตุหลายอย่าง ผู้ควบคุมจึงจำเป็นต้องรู้จักสัญญาณเตือนเหตุเหล่านั้นให้ดี

3.3.4.1 ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์

โดยปกติความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ประมาณ 200-400 มิลลิกรัม/ลิตร (ในเทอมของกรดอะซิติค) อาจถือเป็นสัญญาณที่แสดงว่ากระบวนการไม่ใช้อากาศทำงานได้ดี อย่างไรก็ดี ปริมาณของกรดยังไม่สำคัญเท่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของกรด ถังย่อยอาจทำงานได้ดี แม้จะมีความเข้มข้นของกรดอินทรีย์สูงมากกว่า 1000 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ถ้าความเข้มข้นของกรดอินทรีย์เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว จะเป็นสัญญาณให้เห็นถึงการเสียสมดุลเกิดขึ้นกับถังย่อย การเพิ่มอย่างรวดเร็วและทันทีของความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ แสดงว่า มีบางอย่างเกิดขึ้นทำให้เกิดการชลอการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างมีเทนหรือทำให้การเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างกรดถูกเร่งให้เร็วขึ้น

นอกจากนี้ ข้อมูลเกี่ยวกับชนิดของกรดอินทรีย์ก็มีความสำคัญ ยกตัวอย่างเช่น ถ้าความเข้มข้นของกรดโพรไพโอนิคสูงกว่า1,000 มิลลิกรัม/ลิตร ก็จะมีปัญหาเรื่องพิษเพิ่มขึ้นมาอีกอย่างหนึ่ง นอกจากปัญหาเรื่องการมีพีเอชต่ำ เป็นต้น อย่างไรก็ดีตราบเท่าที่พีเอชมีค่าเป็นกลาง ปัญหาต่างๆ จะเกิดขึ้นน้อย แม้ว่าระดับความเข้มข้นของกรดอินทรีย์อย่างอื่นจะสูงก็ตาม และโดยทั่วไปแล้วควรตระหนักว่าการที่กรดอินทรีย์มีระดับความเข้มข้นสูง มักเป็นผลมาจากการขาดสมดุลระหว่างแบคทีเรียทั้งสองชนิด และมิใช่เป็นต้นเหตุของการขาดสมดุล

3.3.4.2 โออาร์พี (ORP)

โออาร์พี (ORP/Oxidation Reduction Potential) เป็นพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox) หรือปฏิกิริยาออกซิเดชันรีดักชัน พารามิเตอร์ตัวนี้วัดปริมาณความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดจากการถ่ายเท (ให้/รับ) อิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นในน้ำค่าโออาร์พีที่วัดได้อาจเป็นบวกหรือลบก็ได้ โดยทั่วไปจะวัดโออาร์พีได้ค่าบวกในน้ำที่มีออกซิเจนหรือไนเตรตและวัดโออาร์พีได้ค่าลบในน้ำเสียที่ปราศจากออกซิเจน ในทางทฤษฎีค่าโออาร์พีจะแสดงถึงความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของสารละลายเช่นถ้าวัดโออาร์พีได้ค่าบวกมากๆ เช่น+300

มิลลิโวลท์ แสดงว่าสารละลายนี้มีสารรับอิเล็กตรอนได้ดี เช่น มีออกซิเจนละลายน้ำ เป็นต้น แต่ถ้าวัดโออาร์พีได้ค่าลบ เช่น-300 มิลลิโวลท์ แสดงว่า สารละลายมีความสามารถในการรับอิเล็กตรอนได้น้อย หรือมีความสามารถในให้อิเล็กตรอนได้ดี เป็นต้น

หน่วยของโออาร์พีคือโวลท์หรือมิลลิโวลท์และมีค่าอยู่ในช่วง -1,400 ถึง +1,400 มิลลิโวลท์ เครื่องวัดพีเอชชั้นดีทั่วไปสามารถใช้วัดโออาร์พีได้ แต่ต้องเปลี่ยนอีเล็กโทรดให้ถูกต้อง อีเล็กโทรดสำหรับวัดโออาร์พีคืออีเล็กโทรดแบบทองขาว(Platinum Electrode) ในขณะที่ใช้ Glass Electrode สำหรับวัดพีเอชเนื่องจากปฏิกิริยาชีวเคมีต่างๆ ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียล้วนเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ ปฏิกิริยาแต่ละประเภทจึงมีค่าโออาร์พีประจำตัวดังแสดงอยู่ในตารางที่ 3.1 จะเห็นได้ว่า ถังย่อยไม่ใช้อากาศที่ทำงานได้ดีจะต้องมีค่าโออาร์พีอยู่ในช่วง-300 ถึง -500 มิลลิโวลท์ ถ้าโออาร์พีมีค่าเป็นลบน้อยๆ หรือมีค่าเป็นบวก ย่อมแสดงว่า ปฏิกิริยาการย่อยไม่ใช้อากาศเกิดขึ้นน้อยหรือไม่เกิดขึ้น

ตารางที่ 3.1 ค่าโออาร์พีของปฏิกิริยาบำบัดน้ำเสียประเภทต่าง ๆ

ประเภทของปฏิกิริยา	โออาร์พี (มิลลิโวลท์)*
แอโรบิกออกซิเดชัน	+300
ไนตริฟิเคชัน	+100
ดีไนตริฟิเคชัน	0
การย่อยไม่ใช้อากาศ	
- สร้างกรดอินทรีย์	-300
- สร้างมีเทน	-500

* Ag / Ag_2Cl_2 Reference Electrode

3.3.4.3 ระดับสภาพด่างในรูปไบคาร์บอเนต (Bicarbonate Alkalinity)

ข้อมูลในเรื่องสภาพด่าง บอกให้ทราบถึงว่ามีกำลังบัฟเฟอร์ (Buffer Capacity) เหลืออยู่เท่าใดในระบบไร้อากาศ เรื่องนี้ถือว่าสำคัญเพราะว่าถ้ากำลังบัฟเฟอร์มีค่าต่ำ ปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยก็จะทำให้พีเอชลดลงได้อย่างมากและเร็ว ซึ่งเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียที่สร้างมีเทน ในทางตรงกันข้าม ถ้าระบบมีสภาพความเป็นด่างสูงพอ ระบบจะสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของกรดโวลาไทล์ได้โดยไม่ส่งผลกระทบให้กับพีเอชมากนัก ระดับของสภาพความเป็นด่างควรสูงเท่าใดจึงทำให้ระบบมีกำลังบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมนั้น กำหนดให้ตายตัวได้ยากเพราะขึ้นอยู่กับสมบัติและความเข้มข้นของน้ำเสีย ถ้าน้ำเสียมีความเข้มข้นสูงก็มีโอกาสที่จะผลิต CO_2 ได้มาก เป็นผลให้ความต้องการสภาพด่างของระบบมีค่าเพิ่มขึ้นได้ โดยทั่วไประบบไม่ใช้อากาศควรมีสภาพด่างประมาณ 1,500-2,000 มิลลิกรัม/ลิตร ปัจจัยที่สำคัญกว่าระดับของสภาพด่างก็คืออัตราส่วนของความเข้มข้นของกรดระเหยง่าย(มก./ล.ของกรดอะซิติค) ต่อ

ระดับของสภาพด่างคาร์บอเนต (มก./ล. ของ $CaCO_3$) ตราบใดที่อัตราส่วนนี้มีค่าน้อยกว่า 0.4 ระบบไม่ใช้อากาศจัดว่ามีกำลังบัพเฟอร์สูง การเพิ่มค่าของอัตราส่วนนี้เป็นสัญญาณของการเสียดุลของระบบและแสดงว่ากำลังบัพเฟอร์ที่มีอยู่เดิมลดน้อยลงและไม่พอเพียง ถ้าอัตราส่วนนี้สูงกว่า 0.8 แสดงว่า ระบบไร้อากาศนั้น กำลังอยู่ในขั้นที่พีเอชจะลดลงอย่างรวดเร็วถ้ามีการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยของกรดระเหยง่ายด้วยเหตุนี้ ในระหว่างการควบคุมระบบไร้อากาศ จึงต้องเอาใจใส่กับค่าของอัตราส่วนดังกล่าวกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของมันด้วย

3.3.4.4 ระดับพีเอช

พีเอชไม่ใช่สัญญาณที่เร็วพอจะบอกถึงการทำงานผิดพลาดของระบบไม่ใช้อากาศได้ทันท่วงที ทั้งนี้เพราะความเสียหายเกิดขึ้นเสียก่อนที่พีเอชจะลดลง อย่างไรก็ดี ข้อมูลของพีเอชก็ยังมีความสำคัญเพราะว่าแบคทีเรียทั้งสองชนิดโดยเฉพาะชนิดที่สร้างมีเทนสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงแคบๆ ของพีเอชเท่านั้น ถ้าไม่มีการควบคุมให้พีเอชมีค่าเป็นกลาง การเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างมีเทนก็จะถูกยับยั้งทำให้ระบบล้มเหลวได้ นอกจากนี้การรักษาระดับพีเอชให้เป็นกลางยังเป็นเรื่องจำเป็นอย่างยิ่ง ถ้ากำลังจะแก้ไขให้ระบบฟื้นตัวจากความเสียสมดุล และถือว่าเป็นเรื่องแรกที่จะต้องกระทำก่อนเรื่องใดๆ

3.3.4.5 อัตราการผลิตมีเทน

อัตราการสร้างมีเทนเป็นเครื่องวัดโดยตรงของ Metabolic Activity ของแบคทีเรียที่สร้างมีเทน และถือเป็นเครื่องวินิจฉัยสมรรถนะของระบบไม่ใช้อากาศที่มีความสำคัญมาก การเปลี่ยนแปลงของอัตราการผลิตมีเทนมีความสำคัญกว่าค่าปริมาณการผลิต เพราะเป็นสัญญาณที่บอกว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้นกับแบคทีเรียที่สร้างมีเทน

3.3.4.6 สัญญาณอื่นๆ

สัญญาณที่อาจบอกถึงการเสียสมดุลของระบบไม่ใช้อากาศอีก 2 ชนิด ได้แก่ ส่วนประกอบของก๊าซรวมและอัตราการผลิตก๊าซ เนื่องจากสัญญาณทั้งสองชนิดนี้ เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาร่วมกันอย่างซับซ้อนของแบคทีเรียทั้งสองประเภท การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเล็กน้อยมักไม่เป็นเครื่องชี้สมรรถนะของระบบที่น่าเชื่อถือได้ การเสียสมดุลของแบคทีเรียประเภทสำคัญทั้งสองอย่างมักทำให้อัตราการสร้างมีเทนลดลง และการสร้าง CO_2 สูงขึ้น ซึ่งจะเห็นได้จากส่วนประกอบของก๊าซที่เปลี่ยนแปลงไป การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของก๊าซนี้ มักเกิดขึ้นก่อนมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซทั้งหมดที่ผลิตได้

3.3.5 การควบคุมถังย่อยสลัดจ์แบบไม่ใช้อากาศ

การทำงานของถังหมักย่อยสลัดจ์มักเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง สลัดจ์ดิบจะถูกสูบจากก้นถังตก

ตะกอนมาป้อนให้กับถังย่อยเป็นระยะๆ การเก็บสลัดจ์ไว้ในถังพักและป้อนเข้าถังย่อยให้บ่อยๆ จะดีกว่าการป้อนสลัดจ์ปริมาณมากๆ แต่น้อยครั้ง ถ้าถังย่อยเป็นแบบฝาปิดตาย น้ำใสตอนบนของถังจะถูกดันออกจากถังเนื่องจากถูกแทนที่ด้วยสลัดจ์ดิบที่ป้อนเข้าไป ในระหว่างการย่อยสลัดจ์ถ้าพีเอชต่ำกว่า6-6.5 ต้องเติมปูนขาวหรือโซดาไบคาร์บอเนตหรือโซดาแอชจนกระทั่งพีเอชสูงถึงประมาณ 7 ข้อควรระวังคืออย่าปิดท่อออกของน้ำใสตอนบนในขณะที่มีการป้อนสลัดจ์ไปเข้าถังย่อย เนื่องจากอาจทำให้ถังแตกได้ อัตราป้อนสลัดจ์จะต้องไม่สูงกว่าอัตราการระบายน้ำใสตอนบนออกจากถังย่อย มิฉะนั้นจะทำให้ถังแตกได้เช่นกัน การป้อนสลัดจ์ดิบเข้าถังย่อยในอัตราต่ำแต่บ่อยๆ ทำให้น้ำใสตอนบนไหลออกจากถังย่อยด้วยอัตราต่ำตะกอนแขวนลอยจะหนีออกมากับน้ำใสตอนบนได้น้อย เมื่อส่งน้ำใสตอนบนดังกล่าวไปบำบัดในระบบบำบัดจะไม่กระทบกระเทือนต่อการบำบัดน้ำเสีย

3.4 การติดตามผลการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย

เพื่อให้การควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องมีการติดตามผลการทำงานของระบบอย่างใกล้ชิดและมีรูปแบบ

เพื่อให้ผู้ควบคุมสามารถติดตามผลการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียได้ตลอดเวลา ผู้ควบคุมควรวิเคราะห์หาลักษณะของน้ำเสียและของระบบเป็นประจำ หากไม่สามารถปฏิบัติเป็นประจำวัน ควรทำการวิเคราะห์อย่างน้อยสัปดาห์ละ 2-3 ครั้งเป็นประจำตลอดไป การวิเคราะห์ที่ควรทำได้แก่ บีโอดีหรือซีโอดี, พีเอช, และ V_{30} นอกจากนี้ ถ้ามีอุปกรณ์ ควรวิเคราะห์หา BOD หรือ SVI และตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ด้วย

ผู้ควบคุมควรรู้จักสังเกตสีของตะกอน, กลิ่น, ความใสของน้ำทิ้งสุดท้าย (จากถังตกตะกอน) ซึ่งล้วนแต่เป็นดรรชนีที่สะท้อนให้เห็นถึงผลของการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย

3.4.1 การสังเกตทั่วไป

ผู้ควบคุมควรสังเกตสีและกลิ่นของตะกอนในถังบำบัดหลัก เช่น ถังเติมอากาศและถังตกตะกอน จดบันทึกไว้เป็นประจำทุกวันเพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้น สังเกตฝ้าไข (Scum) ที่ลอยอยู่บนถังตกตะกอนหรือฟองในถังบำบัดหลักด้วย ในกรณีของระบบใช้อากาศ เช่น ระบบเอเอสหรือคลองวนเวียน ระบบที่ทำงานได้ดี สลัดจ์จะมีสีน้ำตาลชอคโคแล็ต และมีกลิ่นคล้ายกลิ่นดิน (ไม่เหม็น) ถ้าสลัดจ์เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อนและรู้สึกว่าปริมาณสลัดจ์น้อยลง (เช่น V_{30} ลดลงมาก) อาจแสดงว่ามีการระบายสลัดจ์ออกจากระบบมากเกินไป ประสิทธิภาพจะลดลง และน้ำในถังตกตะกอนจะขุ่นเพิ่มขึ้นอย่างมาก ผู้ควบคุมจะต้องลดอัตราระบายสลัดจ์หรือหยุดระบายสลัดจ์เป็นเวลา1-2 วัน เพื่อเพิ่มปริมาณตะกอนแบคทีเรียในระบบให้อยู่ใน

ระดับที่เหมาะสม หากปล่อยให้มีการระบายสลัดจ์มากเกินไปติดต่อกันเป็นเวลานานๆ โดยไม่มีการแก้ไข สีของตะกอนจะจางมากและมีแบคทีเรียน้อย จนไม่สามารถทำลายความสกปรกของน้ำเสียได้ น้ำในถังตกตะกอนจะขุ่นมาก และมีตะกอนเล็กๆ เต็มไปหมด

ถ้าตะกอนแบคทีเรียมีสีดำและมีกลิ่นเหม็น แสดงว่าระบบได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ ซึ่งอาจเกิดเนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น

ก. แอเรเตอร์ไม่เสีย แต่ระบบได้รับความสกปรกมากเกินไป เช่น นำน้ำเสียเข้าระบบมากกว่าปกติ หรือ ซีโอดีสูงกว่าปกติ

ข. แอเรเตอร์เสีย

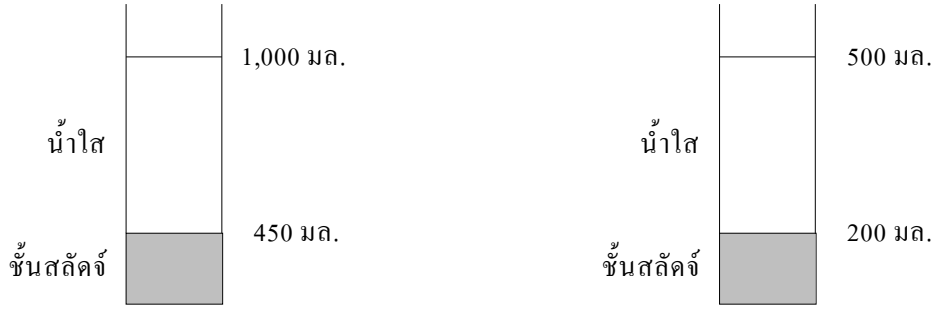
ค. ถ้าสะสมตะกอนแบคทีเรียไว้ในถังเติมอากาศมากเกินไป หรือนานเกินไป ความต้องการออกซิเจนก็จะเพิ่มขึ้น

ง. ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน(หรือปฏิกิริยาการเปลี่ยนแอมโมเนียเป็นไนเตรต) เกิดขึ้น

กลิ่นมักเป็นเครื่องชี้ถึงความล้มเหลวในการควบคุมระบบ แต่กลิ่นเหม็นอาจเกิดขึ้นเนื่องจากความสกปรกของระบบ เพราะผู้ควบคุมมิได้รักษาความสะอาดมากเท่าที่ควร ดังนั้นถ้ามีกลิ่นเหม็นเกิดขึ้นควรตรวจสอบให้แน่ใจก่อนว่าเกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุอะไร และแก้ไขให้ถูกจุด

3.4.2 การทดลองตกตะกอนเพื่อหา V_{30} และ SVI

วิธีการทดสอบอย่างง่ายแต่สำคัญสำหรับการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ คือ การทดลองตกตะกอนกับน้ำสลัดจ์ที่ได้จากถังเติมอากาศ เพื่อหา V_{30} อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการทดลองแบบนี้ ได้แก่ กระบอกตวงใส(ที่มีขีดบอกปริมาตร) หรือกรวยอิมฮอฟฟ์ ขนาด 500 มล. หรือ 1000 มล. การทดลองเริ่มต้นด้วยการเติมตัวอย่างน้ำจากถังเติมอากาศให้เต็มภาชนะ(ถึงขีด 500 มล. หรือ 1000 มล.) จากนั้นปล่อยให้เกิดการจมตัวอย่างสงบเป็นเวลา 30 นาทีพอดี ผลการจากการจมตัวควรทำให้มีชั้นสลัดจ์แยกจากน้ำใสอย่างเห็นได้ชัด อ่านปริมาตรของชั้นสลัดจ์เป็นมิลลิลิตร (ต่อปริมาตรตัวอย่าง 1000 มล.) และจดเป็นค่า V_{30} (ดูรูปที่ 3.1)



V_{30} = 450 มล./ล.
เมื่อใช้กระบอกตวง 1,000 มล.

V_{30} = 200 x 2 = 400 มล./ล.
เมื่อใช้กระบอกตวงขนาด 500 มล.

รูปที่ 3.1 **การวัดค่า** V_{30}

ระบบบำบัดน้ำเสียที่ออกแบบและควบคุมได้ถูกต้อง ควรมี V_{30} อยู่ในช่วง 300-800 มล. โดยปกติถ้า V_{30} มีค่าต่ำกว่า 300 มล. แสดงว่ามีสลัดจ์อยู่ในระบบน้อยเกินไป แต่ถ้า V_{30} มีค่าสูงกว่า 800 มล. แสดงว่ามีสลัดจ์อยู่ในระบบมากเกินไป โดยปกติ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอเอสนี้ อาจใช้ค่า V_{30} เป็นพารามิเตอร์อย่างหยาบ สำหรับกำหนดปริมาณการระบายสลัดจ์ออกจากระบบ ตัวอย่างเช่น ถ้าควบคุมปริมาณน้ำเสียเข้าระบบให้มีค่าใกล้เคียงกันทุกวัน V_{30} ควรมีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละวันด้วย ถ้า V_{30} มีค่าเปลี่ยนแปลงไปมากผิดปกติ ก็แสดงว่า น้ำเสียมีความสกปรกเปลี่ยนแปลงไปด้วย หรือมีความผิดพลาดในการควบคุม เป็นต้น

ระบบที่ทำงานได้อย่างถูกต้องจะต้องได้สลัดจ์ที่จมตัวง่าย เนื้อสลัดจ์ต้องแน่นและได้น้ำใสอยู่เหนือชั้นสลัดจ์ น้ำใสต้องมีความขุ่นหรือตะกอนแขวนลอยน้อยมาก หรือไม่มีเลย ระบบที่มี SRT ต่ำเกินไป (ระบายสลัดจ์ออกจากระบบมากเกินไป) จะได้น้ำขุ่น วิธีแก้ไข คือ ลดปริมาณสลัดจ์ที่ระบายทิ้งให้น้อยลง แต่ระบบที่มี SRT สูงเกินไป (ระบายสลัดจ์ทิ้งน้อยเกินไป) จะได้น้ำใส แต่อาจเกิดปัญหาฝ้าไข (Scum) ลอยขึ้นมาปิดผิวน้ำ วิธีแก้ไขคือ เพิ่มปริมาณการระบายสลัดจ์ทิ้งให้มากขึ้น

สำหรับค่า SVI นั้น สามารถคำนวนได้จากค่า V_{30} และ ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยในถังเติมอากาศ (MLSS) ดังนี้

$$SVI = \frac{V30\ (\text{มล.}) \times 1{,}000}{MLSS\ (\text{มก./ล.})}$$

ยกตัวอย่างเช่น V_{30} = 400 มล.

MLSS = 2,000 มก./ล.

SVI = $\frac{400 \times 1,000}{2,000}$

= 200 มล./กรัม ถือว่าเป็นสลัดจ์ปกติ

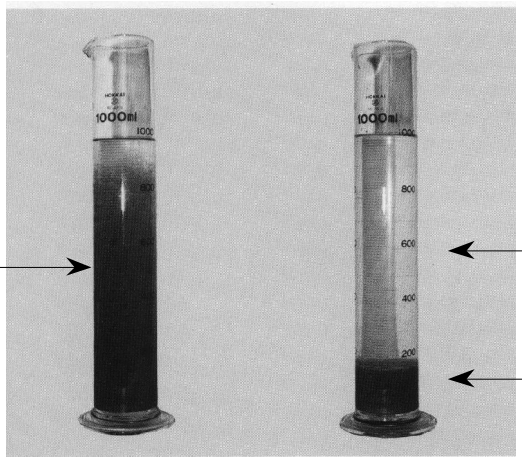
3.4.3 การสังเกตลักษณะการตกตะกอนของตะกอนสลัดจ์

การวัดประสิทธิภาพของระบบแอ็คติเว้ตเต็ดสลัดจ์หรือระบบเอเอสในการบำบัดน้ำเสียมักกระทำโดยการวัด %กำจัดบีโอดีหรือซีโอดี อย่างไรก็ตาม การสังเกตลักษณะการตกตะกอนของตะกอนสลัดจ์ ก็อาจบอกถึง สมรรถนะของระบบได้โดยไม่ต้องวิเคราะห์หาบีโอดีหรือซีโอดี ระบบแอ็คติเว้ตเต็ดสลัดจ์ที่ทำงานได้ผล จะต้องมีตะกอนสลัดจ์(แบคทีเรีย) สีน้ำตาลที่จับตัวกันเป็นกลุ่ม ซึ่งสามารถตกตะกอนได้รวดเร็ว และที่สำคัญ คือ เมื่อตกตะกอนแล้วต้องให้น้ำใส ถ้าลักษณะการตกตะกอนเป็นดังกล่าวนี้ ก็เชื่อได้ว่าน้ำทิ้งออกจากถังตกตะกอนจะมีบีโอดีประมาณ 20 – 60 มก./ล. หรือต่ำกว่า

การสังเกตลักษณะการตกตะกอนของตะกอนสลัดจ์ มักกระทำโดยนำน้ำจากบ่อเติมอากาศมาตกตะกอนในกระบอกตวงใสขนาด1,000 มิลลิลิตร เป็นเวลา30 นาที ปริมาตรของตะกอนสลัดจ์ที่อ่านได้ที่เวลา 30 นาที เรียกว่า V_{30} (ดูหัวข้อ 4.2) สิ่งที่ได้จากการทดลองนี้ อีกอย่างหนึ่งคือ SVI (Sludge Volume Index) ลักษณะการตกตะกอนของตะกอนสลัดจ์ในกระบอกตวงรวมทั้งค่า V_{30} และ SVI สะท้อนให้เห็นถึงสมรรถนะของระบบแอ็คติเว้ตเต็ดสลัดจ์ได้เป็นอย่างดี และสามารถใช้ประกอบในการพิจารณา เพื่อปรับปรุงระบบให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

การตกตะกอนแบบปรกติของตะกอนสลัดจ์

ในระบบแอ็คติเว้ตเต็ดสลัดจ์ที่มีประสิทธิภาพสูง ตะกอนแขวนลอยในบ่อเติมอากาศควรมีสีน้ำตาลเข้ม เมื่อนำมาตกตะกอนในกระบอกตวง จะเห็นการแบ่งชั้นอย่างชัดเจนระหว่างตะกอนสลัดจ์และน้ำใส (ดูรูปที่ 3.2) ชั้นตะกอนสลัดจ์จะตกตะกอนลงด้วยอัตราเดียวกัน(คล้ายกับเป็นวัตถุชิ้นใหญ่ชิ้นเดียว) อย่างรวดเร็ว และทิ้งน้ำใสไว้ตอนบนของชั้นตะกอนสลัดจ์SVI และ V_{30} อยู่ในช่วง 7– 200 และ 200 – 800 มิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะพบโปรโตซัวชนิดต่างๆเป็นจำนวนมาก และพบว่าแบคทีเรียจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อนขนาดใหญ่



รูปที่ 3.2 **ลักษณะของการตกตะกอนแบบปรกติในกระบอกตวงขนาด** 1,000 **มล.**

ในกรณีของระบบแอ็คติเว้ตเต็ดสลัดจ์แบบหมักในตัว หรือ ระบบEAAS ที่มีเวลากักตะกอน (SRT) สูงกว่า 20 วัน อาจพบว่ามีตะกอนแขวนลอยขนาดเล็กจำนวนเล็กน้อยปะปนอยู่ในน้ำหลังจากตกตะกอนแล้ว(แต่ก็ยังได้น้ำใสอยู่) ลักษณะเช่นนี้อาจถือว่าเป็นเรื่องปรกติและจะไม่ทำให้ประสิทธิภาพของระบบเอเอสลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

3.4.3.1 การตกตะกอนของเซลล์ที่มีอายุน้อย

แบคทีเรียในบ่อเติมอากาศที่มีอายุน้อยเกินไป จะไม่จับตัวกันเป็นกลุ่มก้อน ทำให้แขวนลอยอยู่ในน้ำโดยไม่ตกตะกอน เมื่อนำมาทดลองตกตะกอนในกระบอกตวงใส จะเห็นการแขวนลอยโดยไม่ตกตะกอนอย่างชัดเจน(ดูรูปที่ 3.3) ทำให้ได้น้ำขุ่น เมื่อตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์จะไม่พบโปรโตซัวเลย และไม่พบการรวมกลุ่มของแบคทีเรีย(ที่เรียกว่า ฟล้อค) การตกตะกอนเช่นนี้ ไม่สามารถวัด V_{30} และ SVI ได้ เนื่องจากมีค่าต่ำมาก

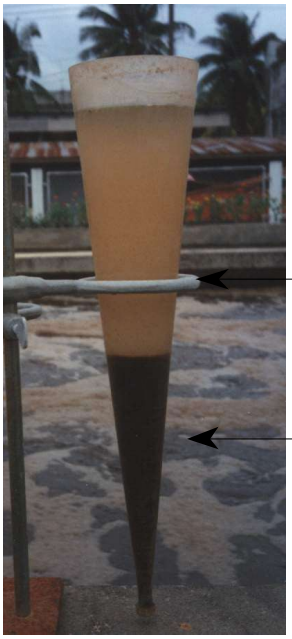
3.4.3.2 การตกตะกอนของแบคทีเรียไม่สมบูรณ์

แบคทีเรียที่มีอายุแล้วแต่ไม่สมบูรณ์ เช่น ได้รับออกซิเจนไม่พอเพียง หรือได้รับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสน้อยเกินไป ฯลฯ จะไม่สามารถตกตะกอนได้อย่างหมดจด เป็นผลให้น้ำที่ผ่านการตกตะกอนแล้ว(ทั้งในกระบอกตวงหรือถังตะกอนจริงๆ) มีความขุ่นคล้ายน้ำคลอง (ความขุ่นปะปน เป็นเนื้อเดียวกับน้ำ) แต่ตะกอนสลัดจ์ส่วนใหญ่สามารถตกตะกอนได้ ทำให้วัด V_{30} ได้ ในกรณีนี้ V_{30} และ SVI อาจมีค่าอยู่ในช่วงปรกติแต่ไม่ได้น้ำใส (ดูรูปที่ 3.4)

เมื่อผ่านไป 30 นาที

ตะกอนแบคทีเรียมักมีปริมาณน้อย และไม่จับตัวกันเป็นฟล้อค จึงตกตะกอนยาก ทำให้หลังจากตั้งทิ้งไว้ 30 นาที น้ำจึงยังมีความขุ่นเหลือมาก

รูปที่ 3.3 การตกตะกอนของแบคทีเรียที่มีอายุน้อย



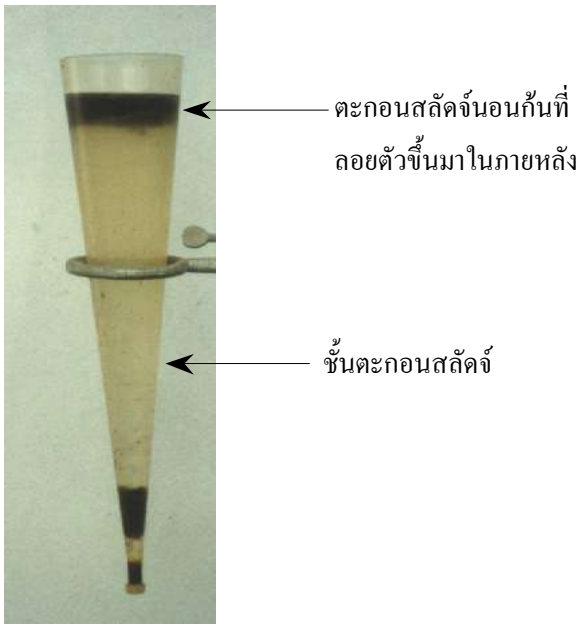
รูปที่ 3.4 การตกตะกอนของแบคทีเรียที่ไม่สมบูรณ์

3.4.3.3 การตกตะกอนในถังตกตะกอนที่ออกแบบบกพร่อง

ถ้าผลจากการทดลองตกตะกอนในกระบอกแก้วได้น้ำใสที่มีตะกอนแขวนลอยน้อย แต่น้ำในถังตกตะกอนมีตะกอนแขวนลอยสูงกว่ามาก แสดงว่า ถังตกตะกอนได้รับการออกแบบไม่ดี เช่น ความลึกน้อยเกินไป เกิดการฟุ้งของตะกอนสลัดจ์ที่ก้นถัง ทางน้ำออกไม่ดี ทางน้ำเข้าไม่ดี ฯลฯ กรณีเช่นนี้ V_{30} และ SVI อาจอยู่ในระดับปรกติ และให้น้ำใสในกระบอกตวง

3.4.3.4 การตกตะกอนแบบมีปัญหาตะกอนสลัดจ์ลอย (Sludge Rising)

ตะกอนสลัดจ์ที่ตกตะกอนเป็นปรกติในตอนแรก ในกระบอกตวงที่ตั้งทิ้งไว้30 นาที อาจเกิดการลอยตัวของชั้นตะกอนสลัดจ์ที่นอนก้นได้ในภายหลัง(ดูรูปที่ 3.5) ทำให้มีชั้นตะกอนสลัดจ์ปิดผิวน้ำ ลักษณะเช่นนี้แสดงว่ามีก๊าซไนไตรเจนเกิดขึ้น อาการดังกล่าวนี้เห็นได้ชัดมากในถังตกตะกอน เนื่องจากตะกอนสลัดจ์จะลอยคลุมผิวน้ำเต็มไปหมด บางครั้งตะกอนสลัดจ์มีความหนาหลายเซนติเมตร การตกตะกอนแบบนี้V_{30} และ SVI ของตะกอนสลัดจ์จะอยู่ในระดับปรกติ

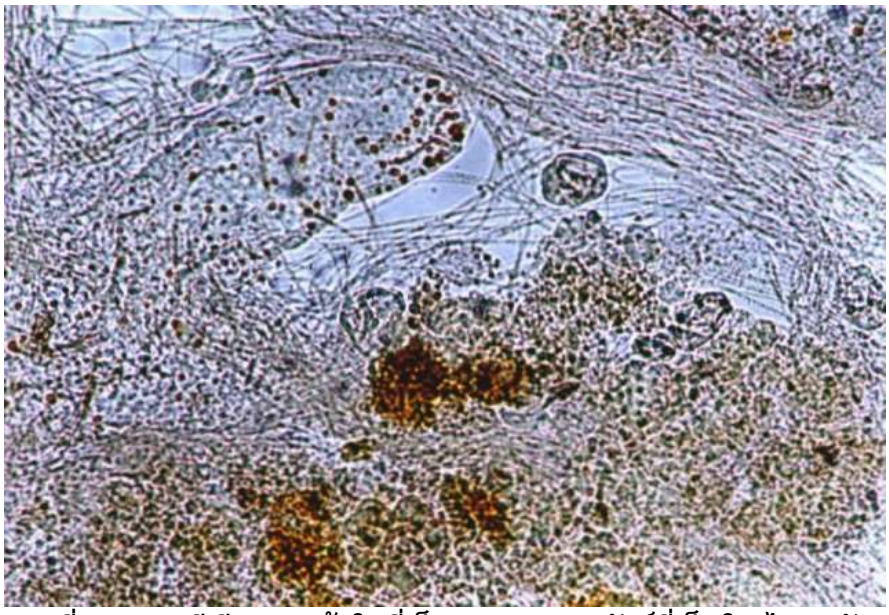


รูปที่ 3.5 **การตกตะกอนแบบมีปัญหาตะกอนสลัดจ์ลอย** (Sludge Rising)

3.4.3.5 การตกตะกอนของตะกอนสลัดจ์ที่เป็นโรคจมไม่ลง (Sludge Bulking)

เมื่อนำตะกอนสลัดจ์มาทดลองตกตะกอนในกระบอกตวงแล้ว ปรากฏว่าอัตราการตกตะกอนต่ำมาก V_{30} มีค่าสูงกว่า 900 – 950 (และ SVI มีค่าสูงกว่า 250 แต่ได้น้ำใสมาก แสดงว่าตะกอนสลัดจ์เป็นโรคจมไม่ลง เมื่อตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ จะพบว่ามีแบคทีเรียแบบเส้นใยยาวๆ จำนวนมาก (ดูรูปที่ 3.6) ถ้าอาการรุนแรงมาก จะสังเกตเห็นชั้นตะกอนสลัดจ์ลอยสูงในถังตกตะกอนและอาจสูงขึ้นจนกระทั่งมีตะกอนสลัดจ์หนีออกไปกับน้ำใส ทำให้น้ำทิ้งมีบีโอดีสูง

ในบางครั้ง ปรากฏว่าตะกอนสลัดจ์มี V_{30} สูงมาก แต่มี SVI ไม่ถึง 200 กรณีเช่นนี้ไม่จำเป็นต้องเป็นโรคจมไม่ลงของตะกอนสลัดจ์ (Bulking) แต่มักเกิดขึ้นเพราะว่ามีตะกอนแขวนลอยในบ่อเติมอากาศ (MLSS) สูงมาก เช่น มากกว่า5,000 มก./ล. เป็นต้น ในกรณีเช่นนี้ อาจมีผลเสียต่อการทำงานของระบบหรือไม่ก็ได้ ทั้งนี้แล้วแต่ว่าระบบสามารถทำงานในสภาวะที่มี MLSS สูงมากได้หรือไม่



รูปที่ 3.6 แบคทีเรียแบบเส้นใยที่เป็นสาเหตุของสลัดจ์ที่เป็นโรคไม่จมตัว

3.4.4 การวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ(ดีโอ)

การวัดดีโอ เป็นวิธีทดสอบอย่างง่ายอีกชนิดหนึ่งที่มีประโยชน์ในการควบคุมและบอกประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย การวัดดีโออาจกระทำโดยใช้Test kit ขนาดเล็ก หรือใช้วิธีมาตรฐานที่กำหนดใน US. Standard Methods หรือคู่มือวิเคราะห์น้ำเสียของประเทศไทยเราเอง ถังเติมอากาศควรมีดีโอประมาณ0.5-2 มก./ล. จึงจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถ้าดีโอมีค่าต่ำแสดงว่าแอเรเตอร์ทำงานเต็มที่แล้วและไม่มีกำลังสำรองอีก ถ้าวัดดีโอในถังเติมอากาศไม่ได้เลย

แสดงว่าแอเรเตอร์ทำงานเกินกำลังแล้วจำเป็นต้องเพิ่มแอเรเตอร์ หรือลดปริมาณ น้ำเสียที่เข้าระบบ

ถ้าการวัดดีโอเป็นภาระมากเกินไปสำหรับผู้ควบคุม การสังเกตสีของตะกอนในถังเติมอากาศจะช่วยบอกถึงระดับดีโอในน้ำได้ ถ้ามีดีโอไม่พอเพียงตะกอนจะมีสีคล้ำ ยิ่งคล้ำมากก็ยิ่งขาดดีโอมาก ถ้าตะกอนเป็นสีดำและเหม็น แสดงว่าไม่มีดีโออยู่เลย โดยปกติ ถ้าระบบทำงานเป็นปกติเรื่อยมาแต่แล้วเกิดเน่าเหม็นขึ้นมาทันทีโดยที่แอเรเตอร์ยังเป็นปกติอยู่ แสดงว่า ความสกปรกเข้าสู่ระบบมากผิดปกติ

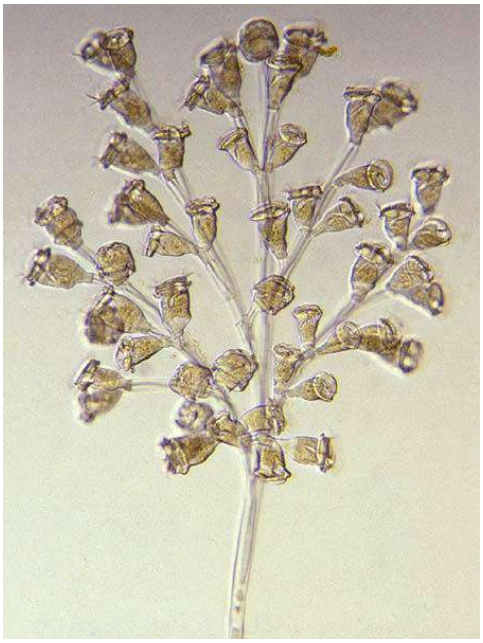
3.4.5 พีเอช

การวัดพีเอช เป็นสิ่งที่สมควรกระทำทุกวันเป็นประจำ เพราะสามารถวัดได้ง่าย โดยปกติระดับพีเอชของระบบที่ทำงานได้ดี ต้องมีค่าประมาณ7 การระบายสลัดจ์ทิ้งน้อยเกินไปเป็นเวลาติดต่อกัน อาจทำให้เกิด ปฏิกริยาไนตริฟิเคชันขึ้นในถังเติมอากาศ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้พีเอชลดต่ำกว่า 7 การจดบันทึกค่าพีเอชทุกวัน ทำให้สามารถเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ ของพีเอช (ถ้าเกิดผิดปกติ) และมีเวลาแก้ไขความผิดปกติได้ก่อนที่จะเกิดปัญหารุนแรงขึ้น โดยปกติการปรับพีเอชในถังเติมอากาศด้วยด่างหรือกรด ไม่อาจแก้ปัญหาเรื่องพีเอชต่ำหรือสูงได้ วิธีแก้ไขที่ดีคือ การแก้ไขในด้านวิธีการควบคุมระบบ

3.4.6 การตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์

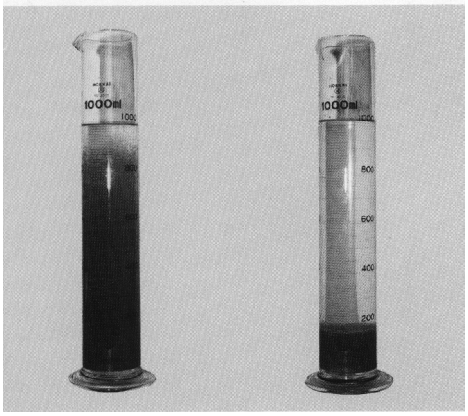
เมื่อผู้ควบคุมมีกล้องจุลทรรศน์ไว้ใช้ ควรนำน้ำสลัดจ์จากถังเติมอากาศไปตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เพื่อดูประเภทของจุลินทรีย์ที่ประกอบกันเป็นสลัดจ์ ระบบที่มีการกำจัดความสกปรกได้ดีและให้น้ำใสหลังตกตะกอน จะสามารถตรวจพบกลุ่มแบคทีเรียที่จับตัวกันเป็นก้อนใหญ่หรือฟล้อค (Floc) และมีสีน้ำตาล นอกจากนี้ จะพบโปรโตซัวชนิดต่างๆ เป็นจำนวนมากด้วย (ดูภาพ 3.7) ระบบที่มีโปรโตซัวน้อยแต่มีฟล้อค เป็นระบบที่กำจัดความสกปรกได้ แต่น้ำจะขุ่น วิธีแก้ไขคือ ต้องเพิ่มระดับ SRT ให้สูงขึ้น (โดยการลดอัตราการระบายสลัดจ์ทิ้งให้น้อยลง)

ก้อนฟล้อคที่มีโปรโตซัวหากินอยู่โดยรอบ



Stalked Ciliate ทำให้น้ำใส

Paramecium แสดงว่าระบบอยู่ในสภาวะสมบูรณ์



รูปที่ 3.7 จุลินทรีย์ที่พบได้เสมอในระบบเอเอส สลัดจ์ที่ทำงานได้ดี ถ้ามีโปรโตซัวอยู่เป็นจำนวนมาก จะพบว่าการตกตะกอนเกิดขึ้นได้ดีมาก ทำให้ได้น้ำใสในถังตกตะกอน