หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ทฤษฎีและการออกแบบกระบวนการบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสียได้เริ่มเกิดมีขึ้นในสมัย ค.ศ. 1900 โดย KOCH และ PASTEUR ได้เป็นผู้ริเริ่มตั้งทฤษฎีของจุลินทรีย์ขึ้น (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 1990) ซึ่งทฤษฎีนี้เอง สามารถช่วยให้เรารู้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำเสียกับจุลินทรีย์ และสามารถนำความรู้นี้ไปใช้กับทฤษฎีของการบำบัดน้ำเสีย น้ำเสียจะถูกบำบัดได้โดยทางกายภาพ (physical) ทางเคมี (chemical) ทางชีววิทยา (biological) และทางกายภาพ - เคมี (physico - chemical) หรืออาจแยกออกได้เป็น Physical unit operotions, Chemical unit processes, Biological unit processes และ Physico - Chemical unit processes.

หลักการที่ใช้กันในระบบบำบัดน้ำเสีย มีอยู่ 4 หลักการใหญ่ ๆ ดังนี้

1. Physical unit operations คือ การบำบัดน้ำเสียที่ใช้วิธีทางกายภาพ โดยใช้ในการกำจัดของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ มักเป็นหน่วยบำบัดแรก ๆ ของกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งได้แก่ การดักด้วยตะแกรง (screening) การบดตัด (comminution) การกวาด (skimming) การกวน (mixing) การทำให้ลอย (flotation) การตกตะกอน - (sedimentation) การแยกด้วยแรงเหวี่ยง (centrifugation) และการกรอง - (filtration)

2. Chemical unit processes คือ การบำบัดน้ำเสียที่ใช้วิธีทางเคมี โดยการใช้สารเคมีหรือทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี เพื่อแยกเอาสารมลพิษออกจากน้ำเสีย ใช้ในการกำจัดสารประกอบต่าง ๆ ซึ่งส่วนมากเป็นสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย ซึ่งได้แก่ การทำให้สะเทิน (neutralization) การทำให้เกิดการตกผลึกตะกอน (precipitation) ออกซิเดชั่น - รีดักชั่น (oxidation - reduction) การตกตะกอนทางเคมี (chemical - coagulation) และการฆ่าเชื้อโรค (disinfection)

3. Biological unit processes คือ การบำบัดน้ำเสียที่ใช้วิธีทางชีววิทยาเพื่อลดสารมลพิษที่สามารถกำจัดได้ด้วยจุลชีพ เช่น สารอินทรีย์ต่าง ๆ ทั้งในรูปตะกอนขนาดเล็กและที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยจุลินทรีย์จะทำการย่อยสลายและเปลี่ยนสารอินทรีย์ต่าง ๆไปเป็นก๊าซลอยขึ้นสู่อากาศ และได้เซลล์ของจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น

กระบวนการทางชีววิทยาสามารถใช้บำบัดน้ำเสียได้อย่างกว้างขวาง ยกเว้นน้ำเสียที่มีสารเป็นพิษผสมอยู่เป็นปริมาณสูง โดยมักจะใช้ในการบำบัดน้ำเสียขั้นที่สองหรือเป็นขั้นสุดท้ายก่อนที่จะปล่อยทิ้งลงสู่ลำน้ำสาธารณะ

กระบวนการทางชีววิทยานี้ แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ กระบวนการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน หมายถึง ต้องมีการให้ออกซิเจนแก่จุลินทรีย์ ได้แก่ กระบวนการแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (activated sludge) กระบวนการโปรยกรอง (trickling filters) กระบวนการอาร์บีซี (rotating biological contractors) สระเติมอากาศ (aerated lagoon) บ่อออกซิเดชั่น (oxidation pond) และอีกประเภทหนึ่ง ได้แก่ กระบวนการบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน เช่น บ่อหมัก (anaerobic pond) ถังกรองไร้อากาศ (anaerobic filter) ถังเซ็พติก (septic tank) เป็นต้น

4. Physico - Chemical unit processes คือ กระบวนการบำบัดน้ำเสียที่ใช้วิธีทางกายภาพ - เคมี โดยใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย ได้แก่ การดูดติดผิวด้วยถ่าน (carbon adsorption) การแลกเปลี่ยนประจุ (ion exchange) ออสโมซีสย้อน (reverse osmosis) อิเล็กโตรไดอะไลซีส - (electrodialysis) เป็นต้น

3.1 <u>ถังดักกรวดทรายหรือกริต</u>

วัตถุประสงค์ของการใช้ถังดักกรวดทรายหรือกริต คือ การป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ดังนี้ คือ

1. ไม่ให้เกิดความเสียหาย แก่เครื่องจักรกลต่าง ๆ ที่ตามมา เช่น เครื่องสูบน้ำ
2. ไม่ให้เกิดการอุดตันในท่อระบายน้ำเสีย
3. ไม่ให้เกิดการจับตัวเป็นก้อนในบริเวณก้นถังของถังตกตะกอน

4. ไม่ให้เกิดการสะสมของกรวดทรายหรือกริตเหล่านี้ในถังเติมอากาศ และถังย่อยตะกอน ซึ่งจะส่งผลให้ปริมาตรใช้งานน้อยลง

หลักการทำงานของถังดักกรวดทรายหรือกริตแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า จะอาศัยการควบคุมความเร็วของน้ำเสียที่ไหลในถัง เพื่อให้พวกตะกอนหนักสามารถจมตัวได้ แต่พวกสารอินทรีย์ทั่ว ๆ ไปมีแนวโน้มที่จะไม่ตกลงมาแต่ยังแขวนลอยอยู่ ดังนั้นความเร็วของน้ำเสียที่ไหลในถังนี้จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องควบคุมอย่างดี จากประสบการณ์ของวิศวกรหลายท่าน (เกรียงศักดิ์ - อุดมสินโรจน์, 1990) ได้กำหนดว่า ถ้าความเร็วของน้ำเสียที่ไหลในถังมีค่าประมาณ 0.3 ม/วินาที ตะกอนหนักสามารถตกลงมาได้ แต่พวกสารอินทรีย์ส่วนใหญ่จะยังคงแขวนลอยอยู่ได้

ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบถังดักกรวดทรายหรือกริต ได้แก่ ความเร็วของน้ำเสียที่ไหลในถัง และระยะเวลาเก็บกัก ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ขั้นตอนในการออกแบบถังดักกรวดทรายหรือกริต

ก. กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จำเป็นในการคำนวณออกแบบ ดังนี้
   - hydraulic retention time, HRT
   - horizontal velocity
   - settling velocity
   - no. of chamber
   - % of peak flow for each chamber
   - free board

ข. หาค่าอัตราไหลที่ใช้ในการคำนวณ จาก

$$Q_{design} = Q_{peak} * \%\ of\ peak\ flow$$

ค. หาค่าปริมาตรน้ำที่ต้องเก็บกัก จาก

$$water\ volume = Q_{design} * HRT$$

ง. หาค่าพื้นที่หน้าตัดของถัง จาก

$$section\ area = Q_{design} / horizontal\ velocity$$

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลในการออกแบบถังดักกรวดทรายหรือกริตแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 1990)

ข้อมูลออกแบบ	ช่วงค่าที่ใช้ออกแบบ	ค่าเหมาะสม
เวลาเก็บกัก, วินาที	45 - 90	60
ความเร็วที่ไหลในแนวราบ ม./วินาที	0.25 - 0.40	0.3
ความเร็วของการตกตะกอน, ม./วินาที	0.60 - 1.30	1.0
ค่าสูญเสียความดัน ณ. บริเวณปลายรางระบายน้ำเป็น % ความลึกของน้ำในรางระบายน้ำ	30 - 40	36
ความยาวของถัง, เมตร	10 - 20	15

จ. หาค่าความลึกน้ำ, ความกว้าง ความยาว ความลึกของถัง จาก

water depth = HRT * settling velocity

tank depth = water depth + free board

tank width = section area / water depth

tank length = water volume / section area

3.2 ถังปรับเสมอ

วัตถุประสงค์หลักในการออกแบบถังปรับเสมอ ได้แก่

1. เพื่อปรับปริมาณการไหลของน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัด ให้มีปริมาณการไหลเข้าในอัตราที่ค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดเวลา

2. เพื่อปรับความเข้มข้นของน้ำเสียทั้งทางด้านปริมาณสารอินทรีย์ (organic load), ธาตุอาหาร (nutrient), สารละลายและแขวนลอยอื่น ๆ ให้มีค่าเฉลี่ยกันไป ไม่แตกต่างกันมากนัก

การออกแบบถังปรับเสมอ มีหลักการคือ คำนวณหาปริมาตรของถังที่พอเพียงเพื่อใช้ในการควบคุมอัตราการไหล เนื่องจากน้ำเสียที่ไหลเข้าสู่ถังนี้มีปริมาณที่แปรเปลี่ยนมาก ซึ่งจะสัมพันธ์กับเวลา เช่น เวลาเช้า บ่าย เย็น และกลางคืน ดังนั้นในการคำนวณออกแบบที่ละเอียดวิศวกรผู้ออกแบบจำเป็นต้องทราบปริมาณน้ำเสียที่ไหลเข้าในทุก ๆ ชั่วโมงตลอด 24 ชั่วโมง

ข้อดีของถังปรับเสมอ

1. การลดอัตราการไหลของน้ำเข้าถังตกตะกอนขั้นต้นในช่วงน้ำไหลสูงสุดทำให้การตกตะกอนดีขึ้นและคุณภาพน้ำที่ออกจากถังตกตะกอนสม่ำเสมอมากขึ้น ลดขนาดของหน่วยบำบัดที่ตามมา (เช่น ถังตกตะกอน) ลงได้ โดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาน้ำท่วมล้นเกินไปในช่วงที่มีน้ำเข้าสู่ระบบมากที่สุด

2. การปรับความเข้มข้นของน้ำเสียให้อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันมากนัก จะสามารถช่วยให้มีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียคงที่ และการบำบัดไม่ล้มเหลวเนื่องจากมีสารอื่น ๆ และหรือสารพิษเจือปนในน้ำเสียมากเกินไป

3. ถังปรับเสมอสามารถใช้ปรับค่าพีเอช ให้อยู่ในช่วงเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ คือ 6.5 - 7.5 ได้

4. ชั้นตะกอนก้นถังในถังตกตะกอนขั้นที่สอง จะอยู่ในระดับค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงระดับสูงต่ำมาก ทำให้ลดแนวโน้มในการที่ตะกอนจะหลุดลอยออกจากถังตกตะกอน

5. การเติมออกซิเจนในถังปรับคุณภาพน้ำเสีย จะสามารถช่วยลดค่าบีโอดี ได้ประมาณ 10 - 20 เปอร์เซนต์ (พิจักขณ์ ตันเหิมหงส์, 1987)

ปัจจัยที่มีผลต่อการคำนวณหาขนาดถังปรับเสมอ ได้แก่ อัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำ และระยะเวลาเก็บกักที่ต้องการ

ขั้นตอนในการออกแบบถังปรับเสมอ

ก. กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จำเป็นในการคำนวณออกแบบ ดังนี้

- detention time
- water depth
- length / width ratio
- embankment slope
- free board

ข. หาค่าปริมาตรน้ำที่ต้องเก็บกัก จาก

water volume = $Q_{average}$ * detention time

ค. หาค่าความลึกของถัง จาก

tank depth = water depth + free board

ง. หาค่ามิติต่าง ๆ ของถัง จากความสัมพันธ์ของค่า length / width ratio, embankment slope และสูตรหาปริมาตรของรูปปิรามิดปลายตัด ดังนี้

volume = (top area + bottom area + sqrt(top area * bottom area)) * depth / 3

3.3 <u>ถังตกตะกอนขั้นต้น</u>

หลักการของการกำจัดหรือแยกตะกอนประเภทต่าง ๆ ในน้ำเสีย ด้วยถังตกตะกอนขั้นต้น คือ

1. พยายามทำให้น้ำเสียที่อยู่ภายในถังนิ่งที่สุด เพื่อให้ตะกอนต่าง ๆ ตกลงมาได้สะดวก

2. อาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก ทำให้ตะกอนที่มีค่าความถ่วงจำเพาะสูง

กว่าน้ำ ตกลงมาได้

จุดประสงค์ของการมีถังตกตะกอนขั้นต้นไว้ในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย คือ ต้องการกำจัดหรือแยกตะกอนต่าง ๆ ทั้งที่ตกลงมาสู่ก้นถังและลอยขึ้นสู่ผิวหน้า

สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบถังตกตะกอนขั้นต้น คือ พื้นที่ผิวของถังและเวลาเก็บกัก สำหรับความลึกของถังจะมีผลน้อยมากต่อประสิทธิภาพของการกำจัดตะกอนในถังตกตะกอน

ในทางปฏิบัติเมื่อต้องการออกแบบถังตกตะกอน วิศวกรควรที่จะทราบข้อมูลของอัตราไหลเข้าของน้ำเสียโดยเฉลี่ยและสูงสุด โดยจะใช้ค่าอัตราไหลเข้าของน้ำเสียโดยเฉลี่ย เพื่อการคำนวณหาค่าภาระผิว (surface loading), ตรวจสอบค่าเวลาเก็บกักของน้ำในถัง และเพื่อการคำนวณตรวจสอบค่าภาระเวียร์ (weir loading) สำหรับค่าอัตราไหลเข้าของน้ำเสียสูงสุด จะใช้เพื่อการออกแบบโครงสร้างของทางเข้า (inlet structure) และโครงสร้างของทางออก (outlet structure)

ถังตกตะกอนขั้นต้นนี้นิยมวางไว้ก่อนระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีววิทยา เพื่อที่จะลดความสกปรกของน้ำเสียลง โดยทั่ว ๆ ไปถังตกตะกอนขั้นต้นดังกล่าวสามารถลดค่าบีโอดีได้ประมาณ 25 - 40 % และลดค่าทีเอสเอสได้ประมาณ 50 - 70 % (เกรียงศักดิ์ - อุดมสินโรจน์, 1990)

ในการออกแบบถังตกตะกอนขั้นต้น วิศวกรอาจเลือกใช้ข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.2 ซึ่งจะอยู่ทั้งหมด 3 ค่า คือ เวลาเก็บกัก อัตราน้ำล้น (overflow rate) และอัตราน้ำล้นเวียร์ (weir overflow rate) สำหรับค่าเวลาเก็บกัก ค่าอัตราน้ำล้นและค่าความลึกของน้ำในถังจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.3 ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการพิจารณาออกแบบถังตกตะกอนได้ ส่วนตารางที่ 3.4 ได้แสดงความ - สัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี และทีเอสเอส กับเวลาเก็บกัก ซึ่งสามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีและทีเอสเอสได้ เมื่อทราบค่าเวลาเก็บกักแล้ว

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลสำหรับการออกแบบถังตกตะกอนขั้นต้น

ข้อมูลออกแบบ	ช่วงค่าที่ใช้ออกแบบ	ค่าเหมาะสม
สำหรับถังตกตะกอนแรกที่มีน้ำเสียไหลเข้าเพียงอย่างเดียว :		
เวลาเก็บกัก, ชม.	1.5 - 2.5	2.0
อัตราน้ำล้น, $ม^3/ม^2$-วัน :		
เมื่อใช้อัตราไหลเข้าเฉลี่ย	32 - 48*	
	30 - 50**	40
เมื่อใช้อัตราไหลเข้าสูงสุด	80 - 120*	100
	70 - 130**	100
อัตราน้ำล้นเวียร์, $ม^3$/ม-วัน	125 - 500	250
สำหรับถังตกตะกอนขั้นต้นที่มีน้ำเสีย และตะกอนชีวภาพที่ไหลกลับมาจากระบบเอเอส		
เวลาเก็บกัก, ชม.	1.5 - 2.5	2.0
อัตราน้ำล้น, $ม^3/ม^2$-วัน :		
เมื่อใช้อัตราไหลเข้าเฉลี่ย	24 - 32*	
	25 - 35**	30
เมื่อใช้อัตราไหลเข้าสูงสุด	48 - 70*	60
	45 - 80**	60
อัตราน้ำล้นเวียร์, $ม^3$/ม-วัน	125 - 500	250

หมายเหตุ : * Metcalf & Eddy, 1979

** เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 1990

ตารางที่ 3.3 ค่าเวลาเก็บกักสำหรับอัตราน้ำล้นต่าง ๆ และความลึกต่าง ๆ ของถังตกตะกอน (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 1990)

อัตราน้ำล้น	เวลาเก็บกัก (ชม.)						
	ความลึกของถังตะกอน (ม.)						
	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
30	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0
40	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0
50	1.0	1.2	1.4	1.7	1.9	2.2	2.4
60	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
70	0.7	0.9	1.0	1.2	1.4	1.5	1.7
80	0.6	0.8	0.9	1.1	1.2	1.4	1.5
100	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.2
120	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0

โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว ถังตกตะกอนขั้นต้นนิยมใช้ถังประเภทสี่เหลี่ยม หรือถังประเภทวงกลม โดยได้แสดงข้อมูลสำหรับการออกแบบถังตกตะกอนขั้นต้นรูปร่างต่าง ๆ ไว้ในตารางที่ 3.5

ขั้นตอนการออกแบบถังตกตะกอนขั้นต้น

ก. กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จำเป็นในการคำนวณออกแบบ ดังนี้

- overflows rate (average flow)

ตารางที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดเอสเอส และ บีโอดี$_5$ กับเวลาเก็บกัก สำหรับถังตกตะกอนขั้นต้น (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 1990)

เวลาเก็บกัก (ชม.)	ประสิทธิภาพในการกำจัด (%)	
	TSS	BOD_5
1	48	22
2	60	33
3	67	40
4	69	42
5	70	46

- water depth
- free board
- no. of tank
- % of flow rate for each tank
- % of BOD removal
- % of SS removal
- length / width ratio (เมื่อเลือกถังตกตะกอนแบบ - สี่เหลี่ยมผืนผ้า)

ข. หาค่าอัตราการไหลที่ใช้ในการคำนวณ จาก

$Q_{design} = Q_{average} * \%$ of flow rate

ค. หาค่าพื้นที่ผิวถังที่ต้องการ จาก

surface area = Q_{design} / overflow rate

018956

ตารางที่ 3.5 ข้อมูลสำหรับการออกแบบถังตกตะกอนขั้นต้นรูปร่างต่าง ๆ (เกรียงศักดิ์ - อุดมสินโรจน์, 1990)

ประเภทของถัง	ช่วงค่าออกแบบ	ค่าเหมาะสม
ถังสี่เหลี่ยมผืนผ้า:		
ความลึก, ม.	3 - 5	3 - 6
ความยาว, ม.	15 - 90	25 - 40
ความกว้าง, ม.	3 - 24	6 - 10
ความเร็วของการกวาดตะกอน, ม/นาที	0.6 - 1.2	1
ถังวงกลม:		
ความลึก, ม.	3 - 5	4.5
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง, ม.	3 - 60	10 - 30
ความลาดก้นถัง, ม.	60 - 160	80
ความเร็วของการกวาดตะกอน, รอบ/นาที	0.02 - 0.05	0.03
ถังสี่เหลี่ยมจัตุรัส		
ความลึก, ม.	3 - 5	4.5
ความกว้างหรือความยาว, ม.	3 - 50	10 - 30
ความเร็วของการกวาดตะกอน, รอบ/นาที	0.02 - 0.05	0.03

ง. หาค่าปริมาตรน้ำที่ต้องเก็บกัก จาก

water volume = surface area * water depth

จ. หาค่ามิติต่าง ๆ ของถัง จาก

tank diameter = sqrt (surface area * 4 / PI)

tank width = sqrt (surface area / length per width ratio)

tank length = width * length per width ratio

tank depth = water depth + free board

tank volume = tank depth * surface area

ฉ. หาค่าระยะเวลาเก็บกัก จาก

HRT = water volume / Q_{design}

ช. หาค่าบีโอดี และเอสเอสในน้ำออก จาก

BOD_{eff} = BOD_{inf} * (1 - % BOD removal/100)

SS_{eff} = SSinf * (1 - % SS removal/100)

ซ. ตรวจสอบค่าอัตราไหลล้น และระยะเวลาเก็บกัก เมื่อเกิดอัตราไหลสูงสุด จาก

overflow rate at Q_{peak} = Q_{peak} / (no. of tank * surface area)

HRT at Q_{peak} = water volume * no. of tank / Q_{peak}

ฌ. หาค่าปริมาณสลัดจ์ที่เกิดขึ้น จาก

sludge = $(SS_{inf} - SS_{eff}) * Q_{average}$

3.4 กระบวนการแอกทิเวเต็ดสลัดจ์

กระบวนการแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีว - วิทยาแบบใช้ออกซิเจน ซึ่งสามารถกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอนและสารไนโตรเจนออกจากน้ำเสีย การทำงานของกระบวนการประกอบด้วย การให้ออกซิเจนแก่น้ำเสีย และกวนให้สัมผัสกับตะกอนจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศ เพื่อใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย และเปลี่ยนมาเป็นมวลจุลินทรีย์ จากนั้นน้ำเสียที่ถูกบำบัดแล้วและตะกอนจุลินทรีย์จะไหลไปยังถังทำใส เพื่อแยกน้ำใส

ส่วนบนทิ้งออกจากระบบ ส่วนตะกอนจุลินทรีย์ซึ่งจมอยู่ที่ก้นถังนั้นส่วนใหญ่จะถูกสูบกลับไปเข้าถังเติมอากาศ มีเพียงส่วนน้อยซึ่งเป็นผลจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ต้องนำไปทิ้ง หรือกำจัดต่อ

การคำนวณออกแบบกระบวนการแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ มีอยู่ 2 วิธี ที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน ได้แก่ การใช้ค่าอัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์ (F/M) และการคำนวณทางจลน-ศาสตร์ ที่ต้องอาศัยผลจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของกระบวนการแอกทิเวเต็ดสลัดจ์รูปแบบต่าง ๆ ได้ถูกสรุป ดังแสดงในตารางที่ 3.6 และ 3.7

ส่วนสมรรถนะของเครื่องเติมอากาศแบบต่าง ๆ หากจะนำไปใช้งานจริงจะต้องสอบถามจากบริษัทผู้ผลิตตามชนิดและรุ่นนั้น ๆ เช่น ความสามารถในการเติมออกซิเจน ความสามารถในการกวนน้ำ เป็นต้น แต่เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาเบื้องต้น จึงได้สรุปค่าความสามารถในการเติมออกซิเจนของเครื่องเติมอากาศ ไว้ในตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.6 ข้อมูลในการออกแบบกระบวนการแอกทิเวเต็ดสลัดจ์

พารามิเตอร์	ช่วงค่าที่ใช้ออกแบบ	ค่าเหมาะสม	เอกสารอ้างอิง
Yield coefficient (Y),	0.4 - 0.8	0.6	Metcalf & Eddy, 1979
mg VSS/ mg BOD_5	0.3 - 0.7	0.5	สุรพล สายพานิช, 1988
Decay coefficient (K_d),	0.04 - 0.075	0.06	Metcalf & Eddy, 1979
day^{-1}	0.03 - 0.07	0.05	สุรพล สายพานิช, 1988
Mixing energy, HP/1000 m^3	15 - 25		สุรพล สายพานิช, 1988

ตารางที่ 3.7 ข้อมูลหลักที่ใช้ในการออกแบบกระบวนการแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (Metcalf & Eddy, 1979)

ประเภทของกระบวนการ	อายุตะกอน วัน	อัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์ กก. BOD / กก. MLVSS-วัน	MLSS มก/ล.	ระยะเวลาบำบัด ชม.	อัตราการสูบตะกอนกลับ %
Conventional	5-15	0.2-0.4	1500-3000	4-8	25-50
Tapered aeration	5-15	0.2-0.4	1500-3000	4-8	25-50
Continuous-flow stirred-tank reactor	5-15	0.2-0.6	3000-6000	3-5	25-100
Step aeration	5-15	0.2-0.4	2000-3500	3-5	25-75
Modified aeration	0.2-0.5	1.5-5.0	200-500	1.5-3	5-15
Contact stabilization	5-15	0.2-0.6	1000-3000[a]	0.5-1[a]	25-100
			4000-10000[b]	3-6[b]	
Extended aeration	20-30	0.05-0.15	3000-6000	18-36	75-150
Krauss process	5-15	0.3-0.8	2000-3000	4-8	50-100
High-rate aeration	5-10	0.4-1.5	4000-10000	0.5-2	100-500
Pure-oxygen system	8-20	0.25-1.0	6000-8000	1-3	25-50

[a]Contact unit

[b]Solids stabilization unit

ตารางที่ 3.8 ความสามารถในการเติมออกซิเจนของเครื่องเติมอากาศชนิดต่าง ๆ (สุรพล สายพานิช, 1986)

ชนิดของเครื่องเติมอากาศ	ประสิทธิภาพในการถ่ายเทออกซิเจน กก. O_2 / แรงม้า - ชม.
ระบบเป่าอากาศ :	
หัวฟู่อากาศฟองหยาบ	0.6 - 1.0
หัวฟู่อากาศฟองละเอียด	1.0 - 2.6
ใช้ลมเป่ายก	1.1 - 1.3
เครื่องกลเติมอากาศ :	
ความเร็วต่ำ	0.9 - 1.4
ความเร็วสูง	0.6 - 0.9
แกนตีน้ำในแนวนอน, โรเตอร์	1.0 - 1.4
เทอร์ไบน์ใต้น้ำ	0.8 - 1.2
ท่อเป่าลง	1.0 - 1.5
ติดตั้งใต้น้ำ	0.5 - 1.2
อีเจกเตอร์	0.5 - 1.7

กระบวนการแอกทิเวเต็ดสลัดจ์เป็นที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากมีข้อดีหลายประการ กล่าวคือ

1. ใช้พื้นที่ก่อสร้างน้อย เมื่อเทียบกับกระบวนการบำบัดทางชีววิทยาแบบอื่น ๆ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารมลพิษได้สูง เนื่องจากมีจุลินทรีย์หลายชนิด และจุลินทรีย์สามารถปรับสภาพให้เข้ากับลักษณะสมบัติของน้ำเสียต่างๆได้ดี และรวดเร็ว

3. สามารถรับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารมลพิษต่าง ๆ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำเสียได้ดีพอควร

4. เป็นระบบซึ่งสามารถติดตามและควบคุมปริมาณของมวลจุลินทรีย์ได้ง่าย ทำให้มีความคล่องตัวในการควบคุม ดูแล และปรับปรุงการดำเนินงาน ให้เข้ากับสภาวะที่เปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล หรือการขยายงานในอนาคต

5. สามารถเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของถังเติมอากาศ เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพของน้ำเสีย หรือเพื่อการควบคุมการทำงานได้ง่ายและได้หลายรูปแบบ

สำหรับข้อเสียของกระบวนการนี้ ก็มีความสำคัญที่จะต้องคำนึงถึงอย่างมาก ก่อนการตัดสินใจนำไปใช้งาน ข้อที่สำคัญสรุปได้ดังนี้

1. เป็นระบบที่ใช้พลังงานมาก ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูง

2. ต้องใช้ผู้ควบคุมระบบที่มีทักษะ และได้รับการอบรมด้านการควบคุมการทำงานอย่างดี

3. มักจะเกิดปัญหาที่ต้องแก้ไข เช่น ปัญหาเรื่องการจมตัวไม่ดีของ - ตะกอนจุลินทรีย์ และปัญหาเรื่องฟอง เป็นต้น

4. มีสลัดจ์ส่วนเกิน (excess sludge) ที่ต้องทำการกำจัดต่อเป็น - ประจำอย่างต่อเนื่อง

ขั้นตอนในการออกแบบกระบวนการแอกทิเวเต็ดสลัดจ์

ก. กำหนดค่าให้กับพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จำเป็นในการคำนวณออกแบบดังนี้

- F/M
- MLSS

- MLRSS
- yield coefficient (Y)
- decay coefficient (K_d)
- % of BOD removal
- water depth
- length / width ratio
- embankment slope
- free board
- BOD_5 / BOD_u
- oxygen transfer capacity of aerator
- mixing energy requirement

ข. หาค่าอัตราการสูบสลัดจ์กลับ จาก

Q_r = [MLSS / (MLRSS - MLSS)] * Q_{ave}

ค. หาค่ามวลจุลินทรีย์ จาก

mass = Q_{ave} * BOD_{inf} / (F/M)

ง. หาค่าปริมาตรน้ำที่ต้องการ จาก

water volume = mass / MLSS

จ. หาค่าระยะเวลาเก็บกัก จาก

detention time = water volume / (Q_{ave} + Q_r)

ฉ. หาค่าภาระสารอินทรีย์ จาก

organic loading = Q_{ave} * BOD_{inf} / water volume

ช. หาค่าปริมาณสลัดจ์ส่วนเกิน จาก

excess sludge = Y * efficiency * Q_{ave} * BOD_{inf} - (K_d * mass)

ซ. หาค่าอายุสลัดจ์ (sludge age) จาก

sludge age (Θ_c) = mass / excess sludge

ฌ. หาค่าบีโอดีในน้ำออก จาก

BOD_{eff} = BOD_{inf} * (1 - % BOD removal/100)

ญ. หาค่าปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัดออกไป จาก

BOD removal = $(BOD_{inf} - BOD_{eff}) * Q_{ave}$

ฎ. หาค่าความต้องการออกซิเจน

- ถ้าเป็นระบบ extended aeration (F/M < 0.2)

O_2 requirement = BOD removal / (BOD_5/BOD_u ratio) - (1.42 * excess sludge) + (4.3 * TKN * Q_{ave})

- ถ้าเป็นระบบอื่น ๆ (F/M > 0.2)

O_2 requirement = BOD removal / (BOD_5/BOD_u ratio) - (1.42 * excess sludge)

ฏ. หาค่ากำลังงานที่ต้องการเนื่องจากความต้องการออกซิเจน

HP = O_2 requirement / O_2 transfer capacity of aerator

ฐ. หาค่ากำลังงานที่ต้องการเนื่องจากการกวน

HP = mixing energy requirement * water volume

ฑ. หาค่ามิติต่าง ๆของถัง จากความสัมพันธ์ของค่า length / width ratio, embankment slope และสูตรหาปริมาตรของรูปปิรามิดปลายตัด

3.5 ถังทำให้ใสและถังตกตะกอนขั้นสอง

วัตถุประสงค์หลักของการออกแบบถังทำให้ใสขั้นสอง เพื่อต้องการแยกมวลชีวภาพออกจากน้ำตะกอน (mixed liquor) เช่น กระบวนการแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ หรือแยกมวลชีวภาพออกจากกระบวนการอื่น เช่น กระบวนการโปรยกรอง, กระบวนการแผ่นชีวหมุน เป็นต้น

โดยมากแล้วถังทำให้ใสขั้นสองนี้จะเป็นขั้นตอนสุดท้าย หรือเกือบสุดท้ายของการบำบัดน้ำเสีย ดังนั้นน้ำที่ไหลผ่านถังทำให้ใสขั้นสองจำเป็นต้องมีคุณภาพของน้ำที่ดี เช่น มีความเข้มข้นของสารแขวนลอยต่ำ มีค่าบีโอดีต่ำเป็นต้น แต่การที่จะออกแบบควบคุมถังทำให้ใสขั้นสองให้มีประสิทธิภาพที่สูง จำเป็นต้องคำนึงถึงระบบบำบัดน้ำเสียต่าง ๆ ที่เกี่ยวพันกัน เช่น ระบบ

แอกทิเวเต็ดสลัดจ์ ซึ่งถ้าการออกแบบควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียดังกล่าวไม่ดี จะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการกำจัด หรือแยกสลัดจ์ในถังทำใสขั้นสอง อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าที่ควรจะเป็น เกณฑ์ในการออกแบบถังทำใสขั้นสอง ประกอบด้วย อัตราภาระผิว (surface loading rate), ภาระตะกอน (solids loading) และความลึกของถัง ดังแสดงในตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 ข้อมูลสำหรับการออกแบบถังทำใสขั้นสอง (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 1990)

ประเภทของกระบวนการ	อัตราภาระผิว $ม^3/ม^2$-วัน		ภาระตะกอน กก./$ม^2$-ชม.		ความลึกของถัง ม.
	ค่าเฉลี่ย	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	สูงสุด	
แอกทิเวเต็ดสลัดจ์ แบบเติมอากาศนาน	8-16	24-32	1-5	7	3.5-5
แอกทิเวเต็ดสลัดจ์ แบบอื่น ๆ	16-32	40-48	3-6	9	3.5-5
อาร์บีซี	16-34	40-48	3-5	8	3-4

นอกจากนั้น ค่าภาระเวียร์ (weir loading) ซึ่งโดยปกติสำหรับถังทำใสขนาดเล็ก จะใช้ค่าเฉลี่ยไม่เกิน 125 ลบ.ม/ม.-วัน (สุรพล สายพานิช, 1991)

ขั้นตอนในการออกแบบถังทำใสขั้นสอง

ก. กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จำเป็นในการคำนวณออกแบบดังนี้

- influent MLSS
- overflow rate ($Q_{average}$)

- water depth
- free board
- no. of tank
- % of flow rate for each tank

ข. หาค่าอัตราไหลที่ใช้ในการคำนวณ จาก

Q_{design} = $Q_{average}$ * % of flow rate

ค. หาค่าอัตราการสูบสลัดจ์กลับ จาก

Q_r = MLSS / (MLRSS - MLSS) * Q_{design}

ง. หาค่าพื้นที่ผิวของถัง จาก

surface area = (Q_{design} + Q_r) / overflow rate

จ. หาค่าปริมาตรน้ำที่ต้องเก็บกัก จาก

water volume = surface area * water depth

ฉ. หาค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง ความลึกและปริมาตรถัง จาก

tank diameter = sqrt (surface area * 4 / PI)

tank depth = water depth + free board

tank volume = surface area * tank depth

ช. หาค่าระยะเวลาเก็บกักและภาระตะกอน จาก

detention time = water volume / Q_{design}

solids loading = MLSS * overflow rate

ซ. ตรวจสอบค่าอัตราภาระผิว ระยะเวลาเก็บกักและภาระตะกอนเมื่อเกิดอัตราไหลสูงสุด จาก

overflow rate at Q_{peak} = Q_{peak} / (no. of tank * surface area)

detention time at Q_{peak} = water volume * no. of tank/Q_{peak}

solids loading at Q_{peak} = MLSS * overflow rate at Q_{peak}

3.6 สระเติมอากาศ

สระเติมอากาศเป็นกระบวนการซึ่งใช้จุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน และเจริญเติบโตโดยลอยอยู่ในน้ำ (aerobic suspended-growth) ลักษณะการทำงานส่วนใหญ่จะออกแบบให้น้ำเสียไหลเข้ามาบำบัดในสระจากด้านหนึ่ง และไหลออกไปอีกด้านหนึ่ง (flow - through) การให้ออกซิเจนทำได้ ทั้งการใช้เครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำ (mechanical surface aeration) หรือใช้การเป่าอากาศ (diffused - air aeration) โครงสร้างของสระมักใช้เป็นบ่อดินลึกประมาณ 2.5-4.0 เมตร สระเติมอากาศเป็นกระบวนการที่อยู่กลางระหว่างกระบวนการแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ และกระบวนการบ่อออกซิเดชั่น

ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบสระเติมอากาศ

1. ระยะเวลาในการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากสระเติมอากาศโดยทั่วไปเป็นกระบวนการซึ่งไม่มีการสูบตะกอนกลับ ดังนั้นระยะเวลาในการบำบัดน้ำเสียจึงมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสารมลพิษต่าง ๆ ตามสมการ

$$t = \frac{E}{(100-E) * K}$$

โดย t = ระยะเวลาบำบัดน้ำเสียในสระเติมอากาศ (วัน)

E = ประสิทธิภาพในการกำจัดค่าบีโอดี (%)

K = สัมประสิทธิ์ของอัตราการกำจัดบีโอดี ($วัน^{-1}$) โดยมักบ่งไว้ที่ค่ามาตรฐาน หรือ 20^{o} ซ.

ค่า K ของน้ำเสียชุมชนทั่วไป = 0.50 - 1.0 (สุรพล สายพานิช, 1986)

= 0.50 - 3.0 (เสริมพล รัตตสุข, 1984)

= 0.25 - 1.0 (Metcalf & Eddy, 1979)

ถ้าบำบัดน้ำเสียโดยใช้สระเติมอากาศหลายสระต่อกันแบบอนุกรม ควรใช้ค่า K ในสระต่อ ๆ ไปลดลงสระละ 20 % (สุรพล สายพานิช, 1986)

2. อุณหภูมิ หากอุณหภูมิของน้ำในสระสูงกว่า 15^{o} ซ. จะมีผลต่อการทำงานของระบบน้อย และคุณภาพของน้ำที่ทิ้งออกมามีค่าค่อนข้างสม่ำเสมอ อุณหภูมิมีผลต่อค่า

K ตามสมการ

$$K_T = K_{20} * \theta^{(T-20)}$$

โดย θ = ตัวประกอบในการปรับค่าอุณหภูมิ

= 1.075 (สุรพล สายพานิช, 1986)

= 1.079 (เสริมพล รัตตสุข, 1984)

= 1.06 (Metcalf & Eddy, 1979)

= 1.035 (Mara D, 1982)

T = อุณหภูมิเป็น ^{o}ซ.

3. การเติมออกซิเจน ความต้องการออกซิเจนปกติมีค่าประมาณ 0.9-1.4 เท่าของค่าบีโอดีที่ถูกกำจัดออกไป โดยที่เครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำ โดยทั่วไปสามารถให้ออกซิเจนได้ประมาณ 1 - 1.8 กก.ออกซิเจน/แรงม้า-ชม. และใช้พลังงานในการกระจายออกซิเจนประมาณ 1.6 - 2.6 แรงม้า/ปริมาตรน้ำ 1000 ลบ.ม.(สุรพล สายพานิช, 1986)

4. การกวนผสม เพื่อผสมน้ำเสียที่ส่งเข้ามาบำบัดให้ไปสัมผัสกับจุลินทรีย์อย่างทั่วถึง ซึ่งถ้าใช้พลังงานในการกวนสูงประมาณ 15 - 25 แรงม้า/ปริมาตรน้ำ 1000 ลบ.ม. จะสามารถกวนให้ตะกอนจุลินทรีย์ฟุ้งกระจายทั่วทั้งสระ (aerobic aerated - lagoon) และถ้าลดพลังงานในการกวนลงมาเหลือประมาณ 2 - 10 แรงม้า/ปริมาตรน้ำ 1000 ลบ.ม. จะทำให้มีตะกอนจุลินทรีย์บางส่วนที่อยู่ไกลออกจากเครื่องเติมอากาศออกไปตกตะกอนได้เป็นบางส่วน แต่ยังสามารถแพร่กระจายออกซิเจนไปได้ทั่วทั้งสระ (facultative aerated lagoon) (สุรพล สายพานิช, 1986)

ข้อดีของกระบวนการสระเติมอากาศ มีดังนี้

1. เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูงพอใช้ สามารถกำจัดบีโอดีได้ประมาณร้อยละ 60-90

2. ควบคุมการทำงานได้ง่ายเพราะไม่มีการสูบสลัดจ์กลับ และไม่ต้องควบคุมความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ในสระเติมอากาศ จึงไม่ต้องใช้ผู้ควบคุมที่มีประสบการณ์และทักษะสูง

3. สามารถกำจัดสารพิษที่ระเหยง่าย (volatile toxics) ส่วนสารพิษชนิดอื่น ๆ สามารถกำจัดได้เช่นเดียวกับ กระบวนการแอกทิเวเต็ดสลัดจ์

4. มีสลัดจ์ส่วนเกิน (excess sludge) ที่ต้องนำไปกำจัดต่อน้อย

ข้อเสียของกระบวนการสระเติมอากาศ มีดังนี้

1. ใช้พื้นที่ก่อสร้างมาก
2. ใช้พลังงานมาก
3. มีตะกอนหลุดออกมากับน้ำออก (effluent) จำเป็นต้องบำบัดต่อด้วยบ่อแมทูเรชั่น (maturation pond) อีกครั้งหนึ่งก่อนปล่อยทิ้ง
4. มีความคล่องตัวในการควบคุมการทำงานน้อย และการเพิ่มประสิทธิภาพทำได้จำกัด

ขั้นตอนในการออกแบบกระบวนการสระเติมอากาศ

ก. กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จำเป็นในการคำนวณออกแบบดังนี้

- effluent BOD_5 requirement
- K constant at 20^0 C
- lagoon water temperature
- temperature coefficient (θ)
- water depth
- length / width ratio
- free board
- O_2-required/ BOD_5-removed ratio
- O_2 transfer capacity of aerator
- mixing energy requirement

ข. หาค่าคงที่ K ที่อุณหภูมิใด ๆ จาก

$$K_T = K_{20} \cdot \theta^{(T-20)}$$

ค. ถ้าออกแบบสระเติมอากาศเป็นแบบอนุกรม ค่า K ในสระต่อ ๆ ไปจะลดลงสระละ 20%

ง. หาค่าระยะเวลาเก็บกัก จาก

$$t = \frac{E}{(100 - E) * K}$$

$$\text{detention time} = (BOD_{inf} / BOD_{eff}) - 1 / K_T$$

จ. หาค่าปริมาตรน้ำที่ต้องเก็บกัก จาก

$$\text{water volume} = Q_{average} * \text{detention time}$$

ฉ. หาค่าปริมาณบีโอดีที่ถูกกำจัดออกไป จาก

$$\text{BOD removal} = (BOD_{inf} - BOD_{eff}) * Q_{average}$$

ช. หาค่าความต้องการออกซิเจน จาก

$$O_2 \text{ requirement} = \text{BOD removal} * (O_2 \text{ required} / BOD_5 \text{ removed ratio})$$

ซ. หาค่ากำลังงานที่ต้องการเนื่องจากความต้องการออกซิเจน

$$HP = O_2 \text{ requirement} / O_2 \text{ transfer capacity of aerator}$$

ฌ. หาค่ากำลังงานที่ต้องการเนื่องจากการกวนผสม

$$HP = \text{mixing energy requirement} * \text{water volume}$$

ญ. หาค่ามิติต่าง ๆ ของถัง จากความสัมพันธ์ของค่า length / width ratio, embankment slope และสูตรหาปริมาตรของรูปปิรามิดปลายตัด

3.7 บ่อปรับเสถียรน้ำเสีย

บ่อปรับเสถียรน้ำเสีย เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่ใช้ธรรมชาติมากที่สุด การออกแบบก่อสร้างสามารถทำได้ตามลักษณะของพื้นที่ดิน ตัวบ่อมักก่อสร้างด้วยดินและดินเหนียว โดยการขุดผิวหน้าดินทิ้ง แล้วสร้างคันดินให้สูงกว่าระดับดินเดิม ความลาดเอียงของคันดินกั้นน้ำ ความมีค่าอย่างน้อย 2 : 1 ถึง 3 : 1 ก้นบ่อต้องปรับระดับให้เรียบเพื่อให้น้ำไหลกระจายได้

สม่ำเสมอ ผนังบ่อและก้นบ่อควรใช้วัสดุชนิดกันซึมได้ เช่น การถมด้วยชั้นดินเหนียวด้านข้างในบ่อหนา 0.3 เมตร และถมทับอีกชั้นด้วยวัสดุชนิดอื่น เช่น เบนโทไนท์ (bentonite) (สุรพล สายพานิช, 1986)

บ่อปรับเสถียรน้ำเสียควรก่อสร้างในสถานที่ซึ่งห่างไกลจากย่านการค้าและพักอาศัย เพื่อป้องกันเหตุเดือดร้อนรำคาญจากกลิ่นเหม็นที่เกิดขึ้นตามปกติวิสัยของกระบวนการบำบัดน้ำเสียชนิดนี้

3.7.1 บ่อแฟคัลเททีฟ

บ่อแฟคัลเททีฟ หรือบ่อแอโรบิก-แอนแอโรบิก เป็นบ่อที่ใช้กันมากที่สุด โดยที่ส่วนบนของบ่ออยู่ในสภาพแอโรบิกเนื่องจากการเติมอากาศที่ผิวหน้าและจากกิริยาของสาหร่ายซึ่งให้ออกซิเจน ส่วนล่างของบ่ออยู่ในสภาพแอนแอโรบิกที่ซึ่งสารอินทรีย์ตกตะกอนแล้วถูกย่อยสลายแบบแอนแอโรบิก

บ่อแฟคัลเททีฟนี้ โดยปกติแล้วรับน้ำเสียดิบจากที่อยู่อาศัยที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามก็ใช้บ่อแบบนี้บำบัดน้ำเสียที่ผ่านการตกตะกอนจากถังเซพติก (septic tanks) และบ่อเหม็น (anaerobic ponds) ก็มีเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ

บ่อแฟคัลเททีฟมีความลึกประมาณ 1.0 - 2.0 เมตร น้ำเสียจะถูกกักเป็นเวลาหลายวัน เพื่อปรับให้เสถียรหรือคงตัวและไม่น่ารังเกียจเมื่อปล่อยลงสู่แหล่งรับน้ำหรือพื้นดิน กระบวนการบำบัดที่เกิดขึ้นมีทั้งทางฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา ซึ่งเรียกกันว่าการทำความสะอาดตัวเอง (self-purification) และเกี่ยวข้องกับกิริยาของสาหร่าย และ - แบกทีเรียภายใต้อิทธิพลของแสงอาทิตย์ (photosynthesis) สารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสียจะถูกทำให้คงตัวและเปลี่ยนเป็นสาหร่ายส่วนหนึ่ง อีกส่วนก็เปลี่ยนเป็นสารอนินทรีย์ที่คงตัวกว่า ซึ่งจะหลุดออกไปในน้ำออก (ธีระ เกรอต)

ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบบ่อแฟคัลเททีฟ ได้ถูกสรุปไว้ดังแสดงในตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบบ่อแฟคัลเททีฟ (Mara D, 1982)

พารามิเตอร์	ช่วงค่าที่ใช้ในการออกแบบ
K constant @ 20° C, day	0.3
Temperature coefficient (θ)	1.05 - 1.09
Water depth, m	1.0 - 1.5
Length / width ratio	2 - 3 : 1
Volumetric loading, g BOD_5 / cu.m-d	15 - 30

ขั้นตอนในการออกแบบบ่อแฟคัลเททีฟ

ก. กำหนดค่าให้กับพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จำเป็น ในการคำนวณออกแบบ ดังนี้

- embankment slope
- effluent BOD_5 requirement
- K constant @ 20° C
- pond water temperature
- temperature coefficient (θ)
- water depth
- length / width ratio

- free board

ข. หาค่า K constant ที่เวลา t ใด ๆ จาก

$K_T = K_{20} * \theta^{(T-20)}$

ค. หาค่าระยะเวลาเก็บกัก จาก

detention time = $[(BOD_{inf}/BOD_{eff})-1]/K_T$

ง. หาค่าปริมาตรที่ต้องเก็บกัก จาก

water volume = $Q_{averaqe}$ * detenion time

จ. หาค่ามิติต่าง ๆของถัง จากความสัมพันธ์ของค่า length / width ratio, embankment slope และสูตรหาปริมาตรของรูปปิรามิดปลายตัด

ฉ. ตรวจสอบค่า volumetric loading จาก

volumetric loading = BOD_{inf} / detention time

3.7.2 บ่อเหม็น

บ่อเหม็นใช้กำจัดสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูง บ่อนี้จะถูกออกแบบให้มีอัตรารับสารอินทรีย์สูงมาก จนสาหร่ายและการเติมออกซิเจนที่ผิวหน้าไม่สามารถป้อน - ออกซิเจนได้ทัน ดังนั้นภายในบ่อจะไม่มีออกซิเจนละลาย(D.O)อยู่ ข้อดีที่สุดของบ่อแบบนี้คือ ใช้สำหรับบำบัดน้ำทิ้งเสียที่มีความเข้มข้นสูง และมีปริมาณของแข็งสูง ของแข็งเหล่านี้จะตกลงสู่ก้นบ่อแล้วถูกย่อยสลายแบบแอนแอโรบิก น้ำใสที่ออกจากบ่อจะถูกปล่อยลงสู่บ่อแฟคัลเททีฟ สำหรับการบำบัดขั้นต่อไป

การทำงานของบ่อ ขึ้นอยู่กับสมดุลระหว่างแบกทีเรียที่ทำให้เกิดกรดและแบกทีเรียที่ทำให้เกิดก๊าซมีเทน ดังนั้นอุณหภูมิของบ่อควรต้องมากกว่า 15 ° ซ. และ พีเอชต้องมากกว่า 6 ภายใต้สภาพเช่นนี้ตะกอนสะสมจะมีน้อยที่สุด การเอาตะกอนออกซึ่งจำเป็นเมื่อตะกอนสะสมถึงครึ่งหนึ่งของบ่อจะทำทุก 3-5 ปี ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 15 ° ซ. บ่อหมักนี้จะทำหน้าที่เป็นแต่เพียงบ่อเก็บตะกอนเท่านั้น (ธีระ เกรอต)

ตารางที่ 3.11 แสดงค่าความสัมพันธ์ของเปอร์เซนต์การกำจัดบีโอดีที่ระยะเวลาเก็บกักต่าง ๆ เมื่ออุณหภูมิมากกว่า 20 ° ซ. ซึ่งถ้าอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 15-20 ° ซ. จะต้องลดค่าในตารางลง 10 - 20 % (Mara D, 1982) ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบบ่อเหม็นอื่น ๆ ได้สรุปไว้ในตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.11 ความสัมพันธ์ของเปอร์เซนต์การกำจัดบีโอดีที่ระยะเวลาเก็บกักต่าง ๆ เมื่ออุณหภูมิมากกว่า 20 ° ซ. ของบ่อเหม็น (Mara D, 1982)

ระยะเวลาเก็บกัก , วัน	% การกำจัด บีโอดี
1	50
2.5	60
5	70

ขั้นตอนในการออกแบบบ่อเหม็น

ก. กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จำเป็นในการออกแบบ ดังนี้

- detention time
- water depth
- length / width ratio
- embankment slope
- free board
- % of BOD removal

ตารางที่ 3.12 ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบบ่อเหม็น (Mara D,1982)

พารามิเตอร์	ช่วงค่าที่ใช้ออกแบบ
ความลึกน้ำ , ม.	2-4
อัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง	2-3 : 1
ระยะเวลาเก็บกักที่เหมาะสม , วัน	5

ข. หาค่าปริมาณน้ำที่ต้องเก็บกัก จาก

water volume = $Q_{average}$ * detention time

ค. หาค่ามิติต่าง ๆ ของบ่อ จากความสัมพันธ์ของค่า length/width ratio, embankment slope และสูตรการหาปริมาตรของรูปทรงปิรามิดปลายตัด

ง. หาค่า บีโอดีในน้ำออก จาก

BOD_{eff} = BOD_{inf} * (1 - % of BOD removal/100)

3.7.3 บ่อบ่ม

บ่อบ่มนี้ใช้เป็นบ่อบำบัดต่อจากบ่อแฟคัลเททีฟ จุดประสงค์ใหญ่ในการใช้ คือ การทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรค แบกทีเรีย และไวรัสที่มาจากอุจจาระจะตายไปอย่างรวดเร็ว เนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม พวกซิสท์และไข่ของพยาธิที่อยู่ในท้อง ที่มีความหนาแน่นประมาณ 1.1 จะตกลงสู่ก้นบ่อ เนื่องจากเวลากักที่ยาวนานและจะตายไป การกำจัดบีโอดีในบ่อบ่มนี้จะมีน้อยมาก ซึ่งสำหรับบ่อบ่มต่ออนุกรมกันสองบ่อ แต่ละบ่อมีระยะเวลาเก็บกัก 7 วัน จะสามารถลดค่าบีโอดีจากประมาณ 50-70 ก./ลบ.ม. ลงมาได้เหลือน้อยกว่า 25

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก./สบ.ม. (Mara D, 1982)

บ่อบ่มจะเป็นบ่อแอโรบิกทั้งหมด และสามารถรักษาสภาพแอโรบิกได้ลึกถึง 3 เมตร แต่อย่างไรก็ตามโดยปกติแล้วความลึกของแมทูเรชั่นจะเท่ากับบ่อแฟคัลเททีฟที่อยู่ข้างหน้า (1 ถึง 1.5 เมตร) ความลึกนี้นอกจากสะดวกแล้ว ก็ยังคงใช้โน่องจากการทำลายไวรัสของบ่อตื้นจะดีกว่าบ่อลึก การวัดประสิทธิภาพของบ่อบ่มในการกำจัดจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค อาจทำได้ง่ายโดยการวัดการกำจัดฟีคัลโคลิฟอร์ม การออกแบบที่เหมาะสมจะให้ประสิทธิภาพการกำจัดมากกว่า 99.99 % (Mara D, 1982)

ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบบ่อบ่ม ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.13

ตารางที่ 3.13 ข้อมูลที่ใช้ออกแบบบ่อบ่ม (Mara D,1982)

พารามิเตอร์	ช่วงค่าที่ใช้ในการออกแบบ
ความลึกน้ำ , เมตร	1.0 - 1.5
อัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง	2 - 3 : 1
ระยะเวลาเก็บกักที่เหมาะสม , วัน	5 - 7

ที่ ๑๑๑๑๑๖

ขั้นตอนในการออกแบบบ่อบ่ม

ก. กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จำเป็นในการคำนวณออกแบบ ดังนี้

- detention time
- water depth
- length / width ratio
- embankment slope
- free board
- no. of ponds in series

ข. หาค่าปริมาตรน้ำที่ต้องเก็บกัก จาก

water volume = $Q_{average}$ * detention time

ค. หาค่ามิติต่าง ๆ ของบ่อ จากความสัมพันธ์ของค่า length / width ratio, embankment slope และสูตรหาปริมาตรของรูปปิรามิดปลายตัด

ข้อดีของระบบบ่อปรับเสถียรน้ำเสีย มีดังนี้

1. สามารถบำบัดน้ำเสียให้สะอาดขึ้นถึงระดับที่ต้องการ โดยเสียค่าลงทุนต่ำสุด ต้องการการบำรุงรักษาน้อยที่สุด และใช้ผู้ควบคุมที่ไม่ต้องมีฝีมือนัก

2. สามารถกำจัดเชื้อโรคได้มากกว่าวิธีการบำบัดแบบอื่น ๆ

3. ระบบบ่อทนทานต่อการช็อคอย่างกระทันหันของค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์และอัตราไหล เนื่องจากมีระยะเวลาเก็บกักที่ยาวนาน ทำให้เชื่อได้ว่าจะมีอัตราเจือจางเพียงพอ สำหรับการเพิ่มภาระอย่างกระทันหันในเวลาสั้น ๆ

4. ระบบบ่อสามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างกว้างขวาง สามารถบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมและจากการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. วิธีการสร้างระบบบ่อง่ายต่อการนำที่ดินกลับไปใช้ เพื่อจุดประสงค์อื่นที่ต้องการในอนาคต

6. สาหร่ายที่ผลิตจากบ่อ สามารถใช้เป็นแหล่งอาหารที่มี -

โปรตีนสูง ซึ่งอาจนำมาใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงปลาได้

ข้อเสียของระบบบ่อปรับเสถียรน้ำเสีย ได้แก่

1. ต้องการพื้นที่มากกว่าระบบบำบัดแบบอื่น ๆ
2. ในกรณีของบ่อแอนแอโรบิก อาจมีกลิ่นเหม็น ถ้าการออกแบบหรือควบคุมไม่ดี
3. น้ำทิ้งที่ออกจากบ่อ อาจมีสาหร่ายขนาดเล็กปะปนอยู่ จำเป็นต้องมีการป้องกันและแยกสาหร่ายอย่างมีประสิทธิภาพ
4. การทำงานขึ้นอยู่กับธรรมชาติ
5. ต้องกำจัดหญ้า วัชพืช และต้นไม้
6. เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุง
7. อาจทำให้เกิดมลพิษกับน้ำใต้ดินได้

3.8 <u>การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน</u>

ระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งออกแบบเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้เหลือน้อยที่สุดจนไม่ก่อให้เกิดปัญหาน้ำเสียแล้ว ยังจะต้องมีการฆ่าเชื้อโรคติดต่อ ที่ติดมากับน้ำเป็นขั้นสุดท้ายก่อนที่จะระบายน้ำลงสู่คูคลองสาธารณะ ซึ่งจะลดปัญหาทางด้านสาธารณสุขได้

คลอรีนนิยมนำมาใช้ในการฆ่าเชื้อโรคต่าง ๆ ที่ติดมากับน้ำในกระบวนการทำน้ำประปาและการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนและน้ำเสียจากโรงงานบางประเภท คลอรีนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำมี 2 ชนิด คือ ชนิดผงมาละลายน้ำและชนิดเป็นก๊าซคลอรีน คลอรีนก๊าซนิยมใช้กับระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนขนาดใหญ่และโรงกรองน้ำขนาดใหญ่ เพราะสะดวกและใช้ได้นาน ส่วนคลอรีนผงหรือคลอรีนน้ำ จะใช้สะดวกปลอดภัยกับระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กหรือโรงกรองน้ำขนาดเล็ก ซึ่งใช้ปริมาณคลอรีนในแต่ละวันไม่มาก ข้อเสียของคลอรีนก๊าซก็คือ คลอรีนก๊าซเป็นก๊าซพิษทำอันตรายต่อผู้สูบก๊าซคลอรีนเข้าไป อาจถึงเสียชีวิตได้ เพราะฉะนั้นการใช้จะ

ต้องพิจารณาให้รอบคอบ คลอรีนที่มีใช้ในท้องตลาดได้แก่ แคลเซียมไฮโปรคลอไรด์ ($Ca(OCl)_2$) โซเดียมไฮโปรคลอไรด์ (NaOCl) และคลอรีนก๊าซ

ปริมาณน้ำยาคลอรีนที่ควรจะเติมลงไปในน้ำเสียและส่วนอื่น ๆ ของน้ำเสียได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.14 ปริมาณคลอรีนดังกล่าวจะต้องมีเพียงพอในการฆ่าเชื้อโรคและมีคลอรีนเหลือติดไปกับน้ำเสียอีก 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (พิจักษณ์ ตันเหิมหงส์, 1987)

ตารางที่ 3.14 ปริมาณคลอรีนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคของน้ำเสียส่วนต่าง ๆ (พิจักษณ์ - ตันเหิมหงส์, 1987)

Waste	Chlorine Dosage, mg/l
Raw Sewage	6 - 12
Raw Sewage (Septic)	12 - 25
Settle Sewage	5 - 10
Settle Sewage (Septic)	12 - 40
Chemical Precipitation Effluent	3 - 10
Trickling Filter Effluent	3 - 10
Activated Sludge Effluent	2 - 8
Sand Filter Effluent	1 - 5

การฆ่าเชื้อโรคในน้ำอย่างมีประสิทธิภาพจะต้องทำให้น้ำเสียนั้นผสม และสัมผัสกับน้ำยาคลอรีนอย่างรวดเร็วแล้วเก็บกักให้คลอรีนมีเวลาในการทำลายเชื้อโรค ช่วงระยะเวลาเก็บกักที่เหมาะอยู่ระหว่าง 15 - 45 นาที โดยในช่วงน้ำไหลสูงสุด (peak flow) ระยะเวลาเก็บกักจะต้องไม่น้อยกว่า 15 นาที (Metcalf & Eddy, 1979)

ความเร็วของน้ำในถังจะต้องให้สูงมากพอที่จะไม่ก่อให้เกิดการตกตะกอนมากจนเกินไป โดยจะต้องรักษาความเร็วน้ำตามแนวนอนให้อยู่ระหว่าง 2 - 4.5 เมตร/นาที (Metcalf & Eddy, 1979)

ถังเก็บกักโดยทั่วไปจะเป็นถังคอนกรีต ภายในถังจะมีแผงคอนกรีตกั้นเป็นระยะ ๆ เพื่อบังคับน้ำให้ไหลหมุนเวียนไปมาหรือขึ้นลง เพื่อให้เกิดการผสมและสัมผัสระหว่างน้ำเสียและน้ำยาคลอรีนที่เติมเข้าไปจากต้นทาง

ขั้นตอนในการออกแบบระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน

ก. กำหนดค่าให้กับพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จำเป็นในการคำนวณออกแบบดังนี้

- chlorine contact time
- horizontal velocity
- water depth
- free board
- no. of sub-channel

ข. หาค่าปริมาตรน้ำที่ต้องเก็บกัก จาก

water volume = Q_{ave} * contact time

ค. หาขนาดความกว้าง-ยาวของทางน้ำ จาก

channel width = Q_{ave} / (horizontal velocity * water depth)

channel length = horizontal velocity * contact time

ง. หาขนาดมิติต่าง ๆ ของถัง จาก

tank width = channel length /no. of sub channel

tank length = channel width * no. of sub channel
+ 0.1 * (no. of sub channel - 1)

tank depth = water depth + free board

tank volume = channel width + channel length +
tank depth

3.9 การฆ่าเชื้อโรคด้วยโอโซน

โอโซนเป็นสารฆ่าเชื้อโรคในน้ำที่ดี และมีอำนาจรุนแรงกว่าคลอรีน แต่เนื่องจากการผลิตโอโซนต้องการพลังงานไฟฟ้ามาก และใช้อุปกรณ์ยุ่งยาก ทำให้มีราคาแพงเมื่อเทียบกับคลอรีน โอโซนจึงไม่เป็นที่นิยมแพร่หลาย อย่างไรก็ตาม โอโซนมีข้อดีอยู่ตรงที่วัตถุดิบหาได้ง่ายและไม่ต้องเสียเงินซื้อ เนื่องจากใช้อากาศแห้งผลิตโอโซนได้ ทำให้สามารถผลิตโอโซนได้ทุกสถานที่ตราบเท่าที่มีกระแสไฟฟ้าไปถึง

โอโซนนอกจากจะเป็นตัวฆ่าเชื้อโรคที่ดีแล้ว ยังมีประสิทธิภาพสูงในการทำลายกลิ่น สีและรสในน้ำ มีประสิทธิภาพในการควบคุมและป้องกันแบกทีเรียที่ฆ่ายาก และมีอำนาจในการทำลายไวรัสได้ดีกว่าคลอรีน แต่อย่างไรก็ตาม โอโซนตกค้าง (residual ozone) จะคงตัวอยู่ได้ในระยะเวลาอันสั้นไม่เกิน 30 นาที (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 1989)

ปัญหาอีกอย่างหนึ่งที่เกิดจากการใช้โอโซน คือ โอโซนละลายน้ำได้น้อยกว่าคลอรีนมาก อุปกรณ์การเติมโอโซนให้กับน้ำจึงต้องออกแบบให้มีประสิทธิภาพสูง ทั้งนี้เพื่อให้มีการสูญเสียโอโซนเกิดขึ้นน้อยที่สุด นอกจากนี้เนื่องจากโอโซนมีความบริสุทธิ์ต่ำมาก (มักมีก๊าซอื่นปนอยู่ด้วยมากกว่า 96 - 97 %) ถังผสมโอโซนจึงต้องมีระบบระบายอากาศที่ใช้การได้ดี (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 1989)

3.10 การฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอัลตราไวโอเลต

แสงอัลตราไวโอเลตหรือแสงยูวี เป็นรังสีที่เกิดขึ้นจากการเผาไอปรอทที่มีความดันต่ำในหลอดแก้ว หลอดไฟยูวีที่ทำขึ้นขายเพื่อใช้ฆ่าเชื้อโรคในน้ำมักมีความยาวคลื่นประมาณ 2537 A° (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 1989) แก้วที่ใช้ทำหลอดต้องเป็นแก้วพิเศษที่ยอมให้แสงยูวีส่องผ่านได้ตลอด เช่น ควอทซ์ (Quartz) หรือแก้วที่มีเนื้อซิลิกาสูงมาก ๆ

ปริมาณการใช้แสงอัลตราไวโอเลต วัดได้ด้วยหน่วย ไมโครวัต-วินาที/ตร.ซม. ซึ่งเกิดจากผลคูณระหว่างความเข้มข้นของแสงใน 1 หน่วยพื้นที่ (หน่วยไมโครวัต/ตร.ซม.) กับเวลาสัมผัสระหว่างแสงและน้ำ (หน่วย วินาที) การวัดปริมาณแสงยูวี อาจใช้หน่วย Ultrad ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 ไมโครวัต-วินาที/ตร.ซม.

เชื้อโรคต่าง ๆ มีความต้านทานต่อแสงยูวีได้ไม่เท่ากัน ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 3.15 ความต้องการแสงยูวีเพื่อฆ่าเชื้อโรคมีค่าอยู่ในช่วง 3400 - 8000 ไมโครวัต-วินาที/ตร.ซม. อย่างไรก็ตามเพื่อให้มีความแน่ใจในการฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงยูวี จึงควรใช้ปริมาณแสงยูวีไม่น้อยกว่า 20,000 ไมโครวัต-วินาที/ตร.ซม. ในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำ ในกรณีเช่นนี้หลอดไฟยูวีควรให้ปริมาณแสงไม่ต่ำกว่า 30,000 ไมโครวัต-วินาที/ตร.ซม. ที่ความยาว 2537 A° ทั้งนี้เพราะมักมีการสูญเสียแสงยูวีบางส่วนเกิดขึ้นเสมอ (มั่นสิน - ตัณฑุลเวศม์, 1989)

แสงยูวีฆ่าเชื้อโรคในน้ำได้ก็ต่อเมื่อได้เห็นเชื้อโรค ดังนั้นน้ำต้องปราศจากความขุ่นหรือสี ความขุ่นหรือสิ่งสกปรกสามารถเกาะจับอยู่บนหลอดแสงยูวี และทำให้แสงยูวีไม่สามารถส่องผ่านได้ตลอดความลึก ดังนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์ทำความสะอาดผิวนอก (ด้านที่สัมผัสกับน้ำ) ของหลอดยูวีอย่างสม่ำเสมอ น้ำที่จะให้แสงยูวีส่องผ่านเข้าไปฆ่าเชื้อโรคได้ ต้องไม่ลึกเกินกว่า 7.5 ซม.

ข้อดีของแสงยูวีที่เหนือกว่าคลอรีน คือ ไม่ทำให้เกิดรสและไม่สร้างสารตกค้างในน้ำ

ตารางที่ 3.15 ปริมาณแสงยูวีที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคชนิดต่าง ๆ (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 1989)

Microorganisms	Disease	Ultrads
Salmonella typhosa	Typhoid fever	4100
Salmonella paratyphi	Enteric fever	6100
Shigella disenteriea	Dysentery	4200
Shigella flexneri	Dysentery	3400
Vibro comma	Cholera	6500
Leptospira spp	Infectious jaundice	6000
Poliovius	Poliomyelitis	6000
Unidentified	Infectious hepatitis	8000

3.11 กระบวนการย่อยแบบไร้อากาศ

กระบวนการย่อยแบบไร้อากาศเป็นกระบวนการที่ใช้ย่อยสลัดจ์ สารอินทรีย์ มวลจุลชีพ หรือน้ำเสียที่มีค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูงภายใต้สภาวะที่ไม่มีอากาศ องค์ประกอบที่เป็นคาร์บอนจะถูกใช้ในการเจริญเติบโตของจุลชีพ ส่วนที่เหลือจะถูกเปลี่ยนไปเป็นมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จุลชีววิทยาของกระบวนการค่อนข้างซับซ้อน โดยประกอบด้วยจุลชีพสองจำพวก ซึ่งต้องควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและมีปริมาณสมดุลกัน

สำหรับกระบวนการย่อยอัตราธรรมดา (standard rate digestion)

ของเสียจะถูกส่งเข้าไปที่ชั้นกลางของถังที่ปิดและไม่มีการกวน สารอินทรีย์จะถูกย่อยและเปลี่ยนไปเป็นก๊าซ และพยุงตะกอนเบาลอยขึ้นที่ผิวน้ำ ก๊าซจะถูกเก็บไว้ที่ส่วนบนของถังสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานได้ ส่วนตะกอนหนักจะจมลงก้นถัง จากนั้นจึงสูบเอาสลัดจ์ที่ก้นถังไปกำจัดหรือทิ้งต่อไป ส่วนกระบวนการย่อยอัตราสูง (high - rate digestion) จะมีเครื่องกวนให้น้ำและจุลชีพผสมกันอย่างทั่วถึง ทำให้สามารถลดระยะเวลาในการบำบัดลงได้ ค่าแนะนำอายุสลัดจ์ที่ใช้ในการออกแบบถังย่อยสลายที่มีอัตราไหลและการกวนอย่างต่อเนื่อง (continuous - flow stirred - tank digesters) แสดงไว้ในตารางที่ 3.16

รูปแบบของถังย่อยแบบไร้อากาศอาจจะเป็นถังสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าก็ได้ แต่โดยทั่วไปนิยมออกแบบเป็นถังทรงกลม ซึ่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของถังมักจะออกแบบไม่น้อยกว่า 6 เมตร และไม่เกิน 35 เมตร ความลึกน้ำอยู่ในช่วง 6 - 14 เมตร ส่วนระยะจากผิวบนของน้ำถึงขอบถัง (free board) จะขึ้นอยู่กับชนิดของฝาปิดและระดับความดันก๊าซสูงสุด ซึ่งฝาปิดแบบลอยได้ (floating covers)โดยทั่วไปจะเผื่อระยะ free board 0.5 - 0.6 เมตร ส่วนฝาปิดแบบอยู่กับที่ (fixed flat slab roofs)จะเผื่อระยะ free board ประมาณ 0.3 - 0.6 เมตร (WPCF & ASCE, 1977)

ขั้นตอนในการออกแบบถังย่อยแบบไร้อากาศ

ก. กำหนดค่าให้กับพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จำเป็นในการคำนวณออกแบบ ดังนี้

- raw sludge :
  - % dry solids
  - sludge gravity
- VSS/SS ratio
- digested time
- % volatile solids reduction
- digested sludge :
  - % dry solids
  - sludge gravity

ตารางที่ 3.16 ค่าแนะนำอายุตะกอนที่ใช้ในการออกแบบถังย่อย ที่มีอัตราไหลและการกวนอย่างต่อเนื่อง (McCarty P.L., 1968)

อุณหภูมิ, ^{o}C	คำแนะนำ θ_C สำหรับการออกแบบ
18	28
24	20
30	14
35	10
40	10

- sludge depth
- free board
- no. of tanks
- % raw sludge for each tank

ข. หาค่าปริมาณสลัดจ์ทั้งหมด จาก

total sludge = 1^{o} sludge + 2^{o} sludge

ค. หาค่าปริมาณสลัดจ์ที่ใช้ในการคำนวณ จาก

sludge = total sludge * % raw sludge

ง. หาค่าปริมาตรของสลัดจ์สด จาก

V_f = sludge / (% dry solids of raw sludge * sludge gravity of raw sludge)

จ. หาค่า volatile solids และ fixed solids จาก

VSS = sludge * (VSS/SS ratio)

ตารางที่ 3.17 ข้อมูลลักษณะสมบัติทางกายภาพของสลัดจ์ที่เกิดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียต่าง ๆ (Metcalf & Eddy, 1979)

Treatment process	Specific gravity of sludge solids	Specific gravity of sludge
Primary sedimentation	1.40	1.02
Activated sludge (waste sludge)	1.25	1.005
Trickling filtration (waste sludge)	1.45	1.025
Extended aeration (waste sludge)	1.30	1.015
Aerated lagoon (waste sludge)	1.30	1.010
Filtration	1.20	1.005
Algae removal	1.20	1.005

FS = (1 - VSS/SS ratio) * sludge

ฉ. หาค่า remain volatile solids จาก

remain VSS = (1 - % volatile solids reduction/100) * VSS

ช. หาค่าปริมาตรของสลัดจ์ที่ผ่านการย่อยสลาย (V_d) จาก

V_d = (FS + remain VSS)/(% dry solids of digested sludge * sludge gravity of digested sludge)

ซ. หาค่าปริมาตรของสลัดจ์ที่ต้องเก็บกัก จาก

digested sludge volume = $[V_f - 2/3 (V_f - V_d)]$ * digested time

ฌ. หาค่าพื้นที่ผิวของถัง จาก

surface area = digested sludge volume/sludge depth

ตารางที่ 3.18 ข้อมูลปริมาณความเข้มข้นของสลัดจ์จากการบำบัดแบบต่าง ๆ (Metcalf & Eddy, 1979)

Operation or process application	% dry solids	
	Range	Typical
Primary settling tank:		
Primary sludge	4.00-12.0	5.00
Primary and waste activated sludge	3.00-10.0	4.00
Primary and trickling-filter humus	4.00-10.0	5.00
Secondary settling tank:		
Waste activated sludge, with primary settling	0.50-1.50	0.75
Waste activated sludge, without primary settling	0.75-2.50	1.25
Pure-oxygen A/S, with primary settling	1.25-3.00	2.00
Pure-oxygen A/S, without primary settling	1.50-4.00	2.50
Anaerobic digester:		
Primary sludge only	5.00-10.0	7.00
Primary and waste activated sludge	2.50-7.00	3.50
Primary and trickling-filter humus	3.00-8.00	4.00

ญ. หาค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง ความลึก และปริมาตรถัง จาก

tank diameter = sqrt (surface area * 4/PI)

tank depth = sludge depth + free board

tank volume = surface area * tank depth

3.12 ลานตากสลัดจ์

ลานตากสลัดจ์เป็นวิธีหนึ่งของกระบวนการรีดน้ำออกจากสลัดจ์ (sludge dewatering) ซึ่งเหตุผลที่ต้องทำการรีดน้ำออกจากสลัดจ์ มีอยู่หลายประการ ดังนี้

1. การรีดน้ำออกจากสลัดจ์ทำให้ปริมาตรของสลัดจ์ลดลง จึงประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่งสลัดจ์ไปยังบริเวณที่จะกำจัดต่อไป

2. สลัดจ์ที่ผ่านกระบวนการรีดน้ำแล้ว โดยทั่วไปจะง่ายในการลำเลียงกว่าสลัดจ์เปียก

3. ในการกำจัดสลัดจ์โดยวิธีการเผา มักจะต้องผ่านกระบวนการรีดน้ำออกจากสลัดจ์ก่อน เพื่อลดความชื้นในเนื้อสลัดจ์

4. ในบางกรณี การกำจัดความชื้นส่วนเกินออกจากสลัดจ์มีความจำเป็นเพื่อการกำจัดกลิ่น และไม่ทำให้เกิดการเน่าเหม็น

5. ในการนำสลัดจ์ไปถมที่ (landfilling) ควรที่จะผ่านกระบวนการรีดน้ำออกจากสลัดจ์ก่อน เพื่อลดการเกิดน้ำล้างชะของสลัดจ์ (leachate) ที่จะเกิดขึ้นในบริเวณที่ถม

ลานตากสลัดจ์เป็นกระบวนการรีดน้ำออกจากสลัดจ์ที่อาศัยธรรมชาติ โดยการระเหยกลายเป็นไอเนื่องจากความร้อน และการซึมผ่านของน้ำลงสู่ระบบรวบรวมเบื้องล่าง เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ระบบนี้ไม่ค่อยเป็นที่นิยมมากนักเนื่องจากมีปัจจัยหลายอย่างที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา อุณหภูมิ และอัตราการระบายน้ำของสลัดจ์ เป็นต้น ข้อเสียที่สำคัญอีกอย่างคือ ต้องการพื้นที่มากเมื่อเทียบกับกระบวนการรีดน้ำออกจากสลัดจ์โดยใช้เครื่องจักรกล แต่อย่างไรก็ตาม กระบวนการรีดน้ำออกจากสลัดจ์โดยใช้เครื่องจักรกลก็มีข้อเสียหลายอย่าง เช่น ราคาเครื่องจักรกล ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติการ รวมทั้งค่าไฟฟ้า ค่าอุปกรณ์ และการบำรุงรักษาที่สูง

ขั้นตอนในการออกแบบลานตากสลัดจ์

ก. กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จำเป็นในการคำนวนออกแบบ ดังนี้

- Raw sludge :
  - % dry solids
  - sludge gravity
- drying time
- sludge depth
- media depth
- free board
- length/width ratio
- no. of tanks per (sludge per day)

ข. หาค่าปริมาตรของสลัดจ์ทั้งหมดต่อวัน

- ถ้าไม่มี Anaerobic Digester

sludge volume = (1^{o} sludge + 2^{o} sludge)/ (sludge gravity * % dry solids)

- ถ้ามี Anaerobic Digester

sludge volume = digested sludge withdraw

ค. หาค่าปริมาตรสลัดจ์ที่ใช้ในการคำนวณ จาก

design sludge = sludge volume / no. of tank per (sludge per day)

ง. หาค่าพื้นที่ผิวของถัง จาก

surface area = design sludge / sludge depth

จ. หาค่ามิติต่าง ๆ ของถัง จาก

tank width = sqrt (surface area / (length/width ratio))

tank length = tank width * (length/width ratio)

tank depth = sludge depth + media depth + free board

tank volume = surface area * tank depth

ฉ. หาจำนวนถัง และปริมาตรถังทั้งหมด จาก

total units = (drying time + 1) * no. of tank per (sludge per day)

total volume = tank volume * total units