

ค่ากำหนด การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย

ฉ

628.16

สมค

ฉ.2

โดย

สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2540

99 บาท



คำกำหนดในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2540

จำนวน 2,000 เล่ม

ISBN 974-89573-5-7

พิมพ์ที่ เรือนแก้วการพิมพ์

947 ถนนอรุณอมรินทร์ บางกอกน้อย

กรุงเทพฯ 10700

คำกำหนด
การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย

โดย



สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

2540



๖๖.

01688 7

628.16

ปี 210

๖.๖

คำนำ

คำกำหนดหรือ design code สำหรับการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียเล่มนี้ เดิมทีเคยตั้งใจจะให้เพียงข้อเสนอแนะ(guidelines)สำหรับวิศวกรไทยนำไปใช้ประกอบการออกแบบ โดยหวังว่าจะสามารถแก้ไขปัญหาข้อโต้แย้งระหว่างวิศวกรด้วยกัน และวิศวกรผู้ออกแบบกับหน่วยงานภาครัฐที่มีอำนาจหน้าที่ในการตรวจอนุมัติแบบ แต่จากการที่ได้ปรึกษากันหลายครั้งในคณะผู้จัดทำและกรรมการอำนวยการของสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย มีความเห็นตรงว่าน่าจะจัดทำให้ดีและรัดกุม รวมทั้งต้องแปลงให้เหมาะสมกับสภาพในประเทศไทยโดยเฉพาะ แล้วจัดให้เป็นมาตรฐานในรูปของโค้ดหรือข้อกำหนดเลยจะเป็นประโยชน์แก่วงการและสังคมโดยรวมมากกว่า จึงได้จัดให้เป็นโค้ดเล่มเล็กในรูปร่างดังที่เป็นอยู่นี้

อย่างไรก็ตามการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียมีอยู่มากมายหลายรูปแบบ ซึ่งเกินกว่าที่ครอบคลุมในหนังสือเล่มนี้มาก ทว่าการที่จะทำให้ครบสมบูรณ์จำเป็นต้องใช้เวลามากกว่านี้อีกมาก(การจัดทำคำกำหนดเล่มนี้ใช้เวลาประมาณ 2 ปี) คณะผู้รวบรวมฯจึงตกลงกันที่จะผลิตเล่มนี้เป็นเล่มแรกออกมาก่อนเพื่อที่จะฟังข้อทักท้วงหรือติติงรวมทั้งข้อเสนอแนะจากผู้ใช้ เพื่อที่จะนำข้อมูลต่างๆเหล่านี้มาใช้ในการปรับปรุงแก้ไขและเพิ่มเติมในการจัดทำฉบับพิมพ์ครั้งที่ 2 ต่อไป

หนังสือเล่มนี้ไม่ต้องการให้เป็นตำราซึ่งมีการจัดพิมพ์และจำหน่ายอยู่แล้วโดยหลายคนและหลายองค์กร จึงไม่มีคำอธิบายที่มาที่ไปของข้อกำหนดต่างๆ โดยมีสมมุติฐานว่าผู้ใช้หนังสือเล่มนี้ต้องเป็นผู้ที่คุ้นเคยกับเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียมาอย่างดีในระดับหนึ่งแล้ว จึงไม่จำเป็นต้องมีการอธิบายให้เปลืองเนื้อที่(ซึ่งจะไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม)โดยใช้เหตุ

คณะผู้รวบรวมและจัดทำ

30 กันยายน 2540

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้รวบรวมและจัดทำ “คำกำหนดการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย” ขอขอบคุณการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยที่ได้ให้ความสนับสนุนด้านค่าใช้จ่ายส่วนหนึ่งในการจัดทำคู่มือเล่มนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ อาจารย์ศักดิ์ชัย สุริยจันทร์าทอง และ รศ.ดร.สุรพล สายพานิช รวมทั้ง บริษัท ไทยเอนิเนียริงคอนซัลแตนท์สจำกัด และ บริษัท โปรเกรสเทคโนโลยีคอนซัลแต็นส์ จำกัด เป็นอย่างยิ่งที่กรุณาให้คำแนะนำและเพิ่มเติมในรายละเอียดของข้อมูลต่างๆที่เป็นประโยชน์ในการจัดทำคู่มือครั้งนี้

1. ตะแกรงรางและตะแกรง

BAR RACKS AND SCREENS

1.1 ตะแกรงราง (Bar Racks)	1
1.2 ตะแกรง (Screens)	2

2. หน่วยแยกกรวดทราย

GRIT REMOVAL UNITS

2.1 รางดักกรวดทราย (Grit Chambers)	3
2.2 ถังดักกรวดทรายแบบกระแสวน (Vortex-type Grit Chambers)	4
2.3 ถังเคไทรทัส (Detritus Tanks)	5

3. ถังตกตะกอนขั้นต้น

PRIMARY SEDIMENTATION TANKS

3.1 ช้อแนะนำทางชลศาสตร์	6
3.2 ช้อแนะนำทางกายภาพ	7

4. กระบวนการแอกทีเวตเต็ดสลัดจ์

ACTIVATED SLUDGE PROCESSES

4.1 สัมประสิทธิ์จิ้น (Kinetic Coefficients)	8
4.2 ประเภทของกระบวนการแอกทีเวตเต็ดสลัดจ์	
4.2.1 แบบธรรมดาไหลตามกัน (Conventional Plug-Flow)	10
4.2.2 แบบผสมสมบูรณ์ (Complete-Mix)	11

	หน้า
4.2.3 แบบป้อนน้ำเสียแบบเป็นขั้น (Step-Feed)	12
4.2.4 แบบเติมอากาศแบบดัดแปร (Modified Aeration)	12
4.2.5 แบบปรับเสถียรสัมผัส (Contact Stabilization)	13
4.2.6 แบบเติมอากาศยืดเวลา (Extended Aeration)	14
4.2.7 แบบเติมอากาศด้วยอัตราเร็ว (High-Rate Aeration)	14
4.2.8 แบบกระบวนการแบบเคราส์ (Kraus Process)	15
4.2.9 แบบออกซิเจนบริสุทธิ์ (High-Purity Oxygen)	15
4.2.10 แบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch)	16
4.2.11 แบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor, SBR)	17

5. ระบบโปรยกรอง

TRICKLING FILTERS

5.1 แบบอัตราต่ำ (Low-Rate)	18
5.2 แบบอัตราปานกลาง (Intermediate-Rate)	18
5.3 แบบอัตราสูง (High-Rate)	18

6. ระบบแผ่นหมุนชีวภาพหรืออาร์บีซี

ROTATING BIOLOGICAL CONTACTORS, RBC	19
-------------------------------------	----

7. กระบวนการกำจัดไนโตรเจน

NITROGEN REMOVAL PROCESSES

7.1 สัมประสิทธิ์จลน์ (Kinetic Coefficients)	20
7.2 เกณฑ์กำหนดการออกแบบ (Design Criteria)	22

8. กระบวนการกำจัดฟอสฟอรัส

PHOSPHORUS REMOVAL PROCESSES

- | | |
|---|----|
| 8.1 กระบวนการทางชีววิทยา (Biological Processes) | 26 |
| 8.2 กระบวนการทางเคมี (Chemical Processes) | 28 |

9. กระบวนการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสพร้อมกัน
ทางชีวภาพ**COMBINED BIOLOGICAL REMOVAL OF NITROGEN
AND PHOSPHORUS**

- | | |
|--|----|
| 9.1 กระบวนการเอ-ทู-โอ (A^2/O) | 29 |
| 9.2 กระบวนการบาร์เดนโฟ 5 ขั้น
(5-stage Bardenpho Process) | 29 |
| 9.3 กระบวนการยูซีที (UCT Process) | 30 |
| 9.4 กระบวนการวีไอพี (VIP Process) | 31 |

10. เครื่องผสมและเครื่องเติมอากาศ

MIXERS AND AERATORS

- | | |
|---|----|
| 10.1 พลังงานในการผสม | 32 |
| 10.2 สัมประสิทธิ์การปรับแก้ (Correction Factors) | 32 |
| 10.3 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทออกซิเจนของเครื่องเติมอากาศ | 33 |

11. ถังตกตะกอนขั้นสอง

SECONDARY SEDIMENTATION TANKS

- | | |
|----------------------------|----|
| 11.1 ข้อเสนอแนะทางชลศาสตร์ | 34 |
| 11.2 ข้อเสนอแนะทางกายภาพ | 36 |

12. บ่อปรับเสถียร**STABILIZATION PONDS**

12.1 พารามิเตอร์ที่สำคัญ	37
12.2 หน่วยบำบัด	
12.2.1 บ่อแอนแอโรบิก (Anaerobic Ponds)	37
12.2.2 บ่อแฟคัลเททีฟ (Facultative Ponds)	38
12.2.3 บ่อบ่ม (Maturation Ponds)	38
12.2.4 บ่อผักตบชวา (Water Hyacinth Ponds)	39
12.2.5 สระเติมอากาศ (Aerated Lagoons)	39

13. บึงวิศวกรรม**ENGINEERED WETLANDS**

13.1 บึงประดิษฐ์ (Constructed Wetlands)	40
13.2 บึงธรรมชาติ (Natural Wetlands)	41

14. การฆ่าเชื้อโรค**DISINFECTION**

14.1 การเติมคลอรีน (Chlorination)	42
14.2 การลดคลอรีน (Dechlorination)	43
14.3 การเติมโอโซน (Ozonation)	43
14.4 การฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสียูวี (UV Disinfection)	44

15. การทำขึ้น**THICKENING**

- 15.1 ตั้งทำขึ้นด้วยแรงโน้มถ่วง (Gravity Thickeners) 45
- 15.2 ตั้งลอยตัวด้วยอากาศละลาย
(Dissolved Air Flotation (DAF) Tanks) 48

16. ตั้งย่อยสลาย**SLUDGE DIGESTERS**

- 16.1 ตั้งย่อยสลายแบบแอโรบิก (Aerobic Sludge Digesters) 50
- 16.2 ตั้งย่อยสลายแบบแอนแอโรบิก
(Anaerobic Sludge Digesters) 52

17. ลานตากแห้งสลัดจ์**SLUDGE DRYING BEDS 55**

- คณะผู้รวบรวมและจัดทำ 57

1. ตะแกรงรางและตะแกรง

BAR RACKS AND SCREENS

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
1.1 ตะแกรงราง (Bar Racks)		
1.1.1 แบบทำความสะอาดด้วยแรงคน		
ขนาดของซี่ตะแกรง (ซม.)		
-ความกว้าง	0.4 - 1.5	
-ความลึก	2.5 - 5.0	
ช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรง (ซม.)	2.5 - 7.5	
ความชันจากแนวนอน (องศา)	45 - 60	
ความเร็วของน้ำเมื่อเริ่มผ่านตะแกรง (ม./วินาที)	0.3 - 0.7	
การสูญเสียเฮดที่ยอมรับได้ (ซม.)		15
1.1.2 แบบทำความสะอาดด้วยเครื่องกล		
ขนาดของซี่ตะแกรง (ซม.)		
-ความกว้าง	0.5 - 1.5	
-ความลึก	2.5 - 7.5	
ช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรง (ซม.)	1.0 - 7.5	
ความชันจากแนวนอน (องศา)	60 - 90	
ความเร็วของน้ำเมื่อเริ่มผ่านตะแกรง (ม./วินาที)	0.6 - 1.0	
การสูญเสียเฮดที่ยอมรับได้ (ซม.)		15

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
1.2 ตะแกรง (Screens)		
ขนาดของรูตะแกรง (มม.)	0.2 - 6.0	
การสูญเสียเฮคที่ยอมรับได้ (ชม.)	10 - 15	

2. หน่วยแยกกรวดทราย

GRIT REMOVAL UNITS

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
2.1 รางคัดกรวดทราย (Grit Chambers)		
2.1.1 แบบน้ำไหลแนวนอนในรางสี่เหลี่ยมผืนผ้า		
เวลากักพักที่อัตราไหลสูงสุด (นาทิจ)	0.8 - 1.5	1
ความเร็วของน้ำในแนวนอน (ม./วินาที)	0.2 - 0.4	0.3
ความเร็วจมตัวสำหรับการแยก (ม./นาทิจ)		
- กรวดทรายที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.21 มม. (65-mesh) ⁿ	1.0 - 1.3	1.2
- กรวดทรายที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.15 มม. (100-mesh) ⁿ	0.6 - 0.9	0.8
การสูญเสียเศษในการควบคุมความเร็วของน้ำในราง (% ของความลึกน้ำในราง) ^p	30 - 40	36
ความลึกของน้ำในราง (ม.)	0.6 - 1.5	1
ความยาวของราง (ม.)	10 - 25	15

หมายเหตุ: ⁿ สำหรับกรวดทรายที่มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.65 และน้ำเสียมีอุณหภูมิเท่ากับ 15.5 °C (จาก Stokes' law เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความเร็วจมตัวจะเพิ่มขึ้น)

^p สำหรับการควบคุมรางพาร์เซลล์

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
2.1.2 แบบเติมอากาศ^๓		
เวลากักพักที่อัตราไหลสูงสุด (นาที)	2 - 5	3
ขนาด:		
- ความลึก (ม.)	2 - 5	
- ความยาว (ม.)	8 - 20	
- ความกว้าง (ม.)	2.5 - 7.0	
- อัตราส่วนของความกว้างต่อความลึก	1:1 - 5:1	1.5:1
- อัตราส่วนของความยาวต่อความกว้าง	3:1 - 5:1	4:1
การเติมอากาศ (ลบ.ม./นาที-ม. ความยาว)	0.2 - 0.8	
ปริมาณของกรวดทราย (ลบ.ม./1000 ลบ.ม. น้ำเสีย)	0.004 - 0.2	0.015
2.2 ถังดักกรวดทรายแบบกระแสวน		
(Vortex-type Grit Chambers)		
เวลากักพักที่อัตราไหลเฉลี่ย (วินาที)		30
ขนาด		
- เส้นผ่านศูนย์กลาง (ม.)		
- สำหรับส่วนบนของถัง	1.2 - 7.2	
- สำหรับส่วนล่างของถัง	0.9 - 1.8	
- ความสูง (ม.)	2.7 - 5.8	

หมายเหตุ: ^๓ หากใช้สำหรับระบบ Biological Nutrient Removal ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
ประสิทธิภาพในการแยกกรวดทราย (%)		
- กรวดทรายขนาด 0.3 มม. (50 mesh)	> 95	
- กรวดทรายขนาด 0.24 มม. (70 mesh)	> 85	
- กรวดทรายขนาด 0.15 มม. (100 mesh)	> 65	
2.3 ถังเคไทรทัต (Detritus Tanks)		
อัตราน้ำล้นสูงสุดที่ยอมให้ทางทฤษฎี (ลบ.ม./ตร.ม.-วัน)		
- กรวดทรายที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.21 มม. (65-mesh) ^ก และมีความถ่วงจำเพาะ		
- เท่ากับ 2.65		1,890
- เท่ากับ 2.0		1,140
- เท่ากับ 1.5		570
- กรวดทรายที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.15 มม. (100-mesh) ^ก และมีความถ่วงจำเพาะ		
- เท่ากับ 2.65		1,320
- เท่ากับ 2.0		800
- เท่ากับ 1.5		400

หมายเหตุ: ^ก สำหรับน้ำเสียที่มีอุณหภูมิเท่ากับ 15.5 °C

3. ถังตกตะกอนขั้นต้น

PRIMARY SEDIMENTATION TANKS

รายการ	ค่าแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
3.1 ข้อเสนอแนะทางชลศาสตร์		
3.1.1 ถังตกตะกอนขั้นต้นตามด้วยระบบบำบัดขั้นสอง		
เวลากักพัก (ชั่วโมง)	1 - 4	2
อัตราน้ำล้น (ลบ.ม./ตร.ม.-วัน)		
- อัตราไหลเฉลี่ย	30 - 50	40
- อัตราไหลสูงสุด	70 - 130	100
อัตราภาระฝาย (ลบ.ม./ม.-วัน)	125 - 500	250
3.1.2 ถังตกตะกอนขั้นต้นสำหรับน้ำเสียที่ผ่าน		
กระบวนการสร้างตะกอน		
อัตราน้ำล้นที่อัตราไหลเฉลี่ย (ลบ.ม./ตร.ม.-วัน)		
- สำหรับตะกอนสารส้มและสารประกอบเหล็ก	24 - 48	
- สำหรับตะกอนปูนขาว	30 - 60	
3.1.3 ถังตกตะกอนขั้นต้นที่รับสัคค์ส่วนเกินจาก		
กระบวนการแยกทิวเต็ดสัคค์		
เวลากักพัก (ชั่วโมง)	1.5 - 2.5	2
อัตราน้ำล้น (ลบ.ม./ตร.ม.-วัน)		
- อัตราไหลเฉลี่ย	25 - 35	30
- อัตราไหลสูงสุด	45 - 80	60
อัตราภาระฝาย (ลบ.ม./ม.-วัน)	125 - 500	250

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
3.2 ข้อเสนอแนะทางกายภาพ		
3.2.1 ถังแบบตีเหลี่ยมผืนผ้า		
ความยาว (ม.)	15 - 90	25 - 40
ความกว้าง (ม.)	3 - 24	5 - 10
ความลึกของระดับน้ำที่ขอบถัง (ม.)	2.0 - 4.5	3.5
อัตราส่วนของความยาวต่อความกว้าง	1.0 - 7.5	4
อัตราส่วนของความยาวต่อความลึก	4 - 25	7 - 18
ความชันของพื้นด้านล่างของถังตกตะกอน (%)		1
ความเร็วของใบกวาดสลัดจ์ (ม./นาที)	0.6 - 1.2	0.9
3.2.2 ถังแบบกลม		
ความลึกของระดับน้ำที่ขอบถัง (ม.)	2 - 6	4
เส้นผ่านศูนย์กลาง (ม.)	3 - 60	12 - 45
ความชันของพื้นด้านล่างของถังตกตะกอน (%)	6 - 17	8
อัตราเร็วที่ปลายสุดของใบกวาดสลัดจ์ (tip speed) (ม./นาที)	1.5 - 2.1	

4. กระบวนการแยกทิวเต็ดสลัดจ์

ACTIVATED SLUDGE PROCESSES

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
4.1 สัมประสิทธิ์จลน์ (Kinetic Coefficients)		
4.1.1 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด (μ_m) (วัน⁻¹)		
น้ำเสียชุมชนในรูปของ: บีโอดี ₅	0.6 - 5.6	2.0
ซีโอดี	0.16 - 4.00	1.6
น้ำเสียจากโรงฆ่าเป็ดไก่ในรูปของบีโอดี ₅		3
น้ำเสียจากโรงงานที่ใช้ถั่วเหลืองในรูปของบีโอดี ₅		0.5
น้ำเสียจากโรงงานย้อมผ้าในรูปของบีโอดี ₅		0.29
4.1.2 ความเข้มข้นที่ครึ่งความเร็ว (K_s) (มก./ล.)		
น้ำเสียชุมชนในรูปของบีโอดี ₅	40 - 120	80
น้ำเสียจากโรงฆ่าเป็ดไก่ในรูปของบีโอดี ₅		500
น้ำเสียจากโรงงานที่ใช้ถั่วเหลืองในรูปของบีโอดี ₅		355
น้ำเสียจากโรงงานย้อมผ้าในรูปของบีโอดี ₅		86
4.1.3 สัมประสิทธิ์ปริมาณผลิต (Y)		
(มก. VSS แยกที่เรียกที่เพิ่มขึ้น/มก. สับสเตรดที่ใช้)		
- ในรูปของบีโอดี ₅	0.3 - 0.7	0.5
- ในรูปของซีโอดี	0.2 - 0.5	0.4

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
4.1.4 สัมประสิทธิ์อัตราการปฏิกิริยาเฉลี่ย		
$(k_c = \mu_m / (Y.K_s))$ (ล./มก.-ชั่วโมง)		
น้ำเสียชุมชน (ในรูปของบีโอดี ₅)	$1.1 \cdot 10^{-3}$ - $1.4 \cdot 10^{-3}$	
น้ำเสียที่มีแอมโมเนียเป็นสารพื้นฐาน (ในรูปของบีโอดี ₅)		$4.6 \cdot 10^{-4}$
น้ำเสียจากโรงงานเคมีทั่วไป (ในรูปของบีโอดี ₅)	$1.4 \cdot 10^{-4}$ - $2.0 \cdot 10^{-4}$	
น้ำเสียจากโรงงานเคมีอินทรีย์ (ในรูปของบีโอดี ₅)	$0.5 \cdot 10^{-4}$ - $0.7 \cdot 10^{-4}$	
น้ำเสียจากโรงงานปิโตรเคมี (ในรูปของบีโอดี ₅)	$2.4 \cdot 10^{-4}$ - $2.8 \cdot 10^{-4}$	
น้ำเสียจากโรงงานผลิตเบียร์ (ในรูปของบีโอดี ₅)		$2.2 \cdot 10^{-4}$
น้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำมันพืช (ในรูปของบีโอดี ₅)		$3.1 \cdot 10^{-4}$
น้ำเสียจากโรงงานผลิตยา (ในรูปของบีโอดี ₅)	$2.1 \cdot 10^{-4}$ - $5.7 \cdot 10^{-4}$	
น้ำเสียจากโรงงานผลิตฟีนอล (ในรูปของบีโอดี ₅)		$0.92 \cdot 10^{-4}$
น้ำเสียจากโรงงานเยื่อและกระดาษ (ในรูปของบีโอดี ₅)		$4.17 \cdot 10^{-4}$
น้ำเสียจากโรงกลั่นน้ำมัน (ในรูปของบีโอดี ₅)	$3.5 \cdot 10^{-4}$ - $1.0 \cdot 10^{-3}$	
น้ำเสียที่มีตะกั่วเตตราเอทิล (tetraethyl lead)		$7.1 \cdot 10^{-4}$
(ในรูปของบีโอดี ₅)		
น้ำเสียจากโรงงานย้อมหรือพิมพ์ผ้า (ในรูปของบีโอดี ₅)		$1.5 \cdot 10^{-4}$
น้ำเสียที่มีไรโอซัลเฟต (thiosulfate) (ในรูปของซีโอดี)	$1.1 \cdot 10^{-4}$ - $2.1 \cdot 10^{-4}$	
น้ำเสียจากโรงกลั่นแอมโมเนีย (ในรูปของซีโอดี)		$11.0 \cdot 10^{-4}$

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
4.1.5 สัมประสิทธิ์การสลายตัวจำเพาะ (k_d) (วัน⁻¹)		
น้ำเสียชุมชน	0.03 - 0.07	0.05
น้ำเสียจากโรงงานฆ่าเป็ดไก่		0.72
น้ำเสียจากโรงงานกระดาษและเยื่อ	0.036 - 0.2	
น้ำเสียจากโรงกลั่นน้ำมัน		0.24
น้ำเสียจากโรงงานแปรรูปกุ้ง		1.61
น้ำเสียจากโรงงานถั่วเหลือง		0.14
น้ำเสียจากโรงงานย้อมหรือพิมพ์ผ้า	0.033 - 1.2	
น้ำเสียที่มีไรโอซัลเฟต	0.010 - 0.02	
น้ำเสียจากโรงงานแปรรูปผักและผลไม้	0.029 - 0.19	
น้ำเสียจากโรงงานผลิตเนย		0.055
4.2 ประเภทของกระบวนการแยกที่เวตต์สัจค์		
4.2.1 แบบธรรมดาไหลตามกัน		
(Conventional Plug-Flow)		
อัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ (F/M)	0.2 - 0.4	
(กก. บีโอดี5/กก. MLVSS-วัน)		
อายุสัจค์ (θ_c) (วัน)	5 - 15	
อัตราภาระอินทรีย์ (OLR) (ก.ก. บีโอดี ₅ /ลบ.ม.-วัน)	0.3 - 0.6	
ของแข็งแขวนลอยในน้ำตะกอน (MLSS) (มก./ล.)	1,500 - 3,000	

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
เวลากักพักขลศาสตร์ (HRT) (ชั่วโมง)	4 - 8	
อัตราส่วนการสูบสลัดจ์กลับ (Qr/Q)	0.25 - 1.0	
ความต้องการออกซิเจน (กก. ออกซิเจน/กก. บีโอดี ₅ ที่ถูกกำจัด)	0.8 - 1.1	
ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี (%)	85 - 95	
4.2.2 แบบผสมสมบูรณ์ (Complete-Mix)		
อัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ (กก. บีโอดี ₅ /กก. MLVSS-วัน)	0.2 - 0.6	
อายุสลัดจ์ (วัน)	5 - 15	
อัตราภาระอินทรีย์ (ก.ก. บีโอดี ₅ /ลบ.ม.-วัน)	0.8 - 1.9	
ของแข็งแขวนลอยในน้ำตะกอน (มก./ล.)	2,500 - 4,000	
เวลากักพักขลศาสตร์ (ชั่วโมง)	3 - 5	
อัตราส่วนการสูบสลัดจ์กลับ	0.25 - 1.0	
ความต้องการออกซิเจน (กก. ออกซิเจน/กก. บีโอดี ₅ ที่ถูกกำจัด)	0.8 - 1.1	
ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี (%)	85 - 95	

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
4.2.3 แบบป้อนน้ำเสียแบบเป็นขั้น		
(Step-Feed)		
อัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ (กก. บีโอดี ₅ /กก. MLVSS-วัน)	0.2 - 0.5	
อายุสลัดจ์ (วัน)	5 - 15	
อัตราภาระอินทรีย์ (ก.ก. บีโอดี ₅ /ลบ.ม.-วัน)	0.6 - 1.0	
ของแข็งแขวนลอยในน้ำตะกอน (มก./ล.)	2,000 - 3,500	
เวลากักพักชลศาสตร์ (ชั่วโมง)	3 - 5	
อัตราส่วนการสูบสลัดจ์กลับ	0.25 - 0.75	
ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี (%)	85 - 95	
4.2.4 แบบเติมอากาศแบบดัดแปร		
(Modified Aeration)		
อัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ (กก. บีโอดี ₅ /กก. MLVSS-วัน)	1.5 - 5.0	
อายุสลัดจ์ (วัน)	0.2 - 0.5	
อัตราภาระอินทรีย์ (ก.ก. บีโอดี ₅ /ลบ.ม.-วัน)	1.2 - 2.4	
ของแข็งแขวนลอยในน้ำตะกอน (มก./ล.)	200 - 1,000	
เวลากักพักชลศาสตร์ (ชั่วโมง)	1.5 - 3.0	
อัตราส่วนการสูบสลัดจ์กลับ	0.05 - 0.24	

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
ความต้องการออกซิเจน (กก. ออกซิเจน/กก. บีโอดี, ที่ถูกกำจัด)	0.4 - 0.6	
ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี (%)	60 - 75	
4.2.5 แบบปรับเสถียรสัมผัส (Contact Stabilization)		
อัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ (กก. บีโอดี/กก. MLVSS-วัน)	0.2 - 0.6	
อายุสลัดจ์ (วัน)	5 - 15	
อัตราภาระอินทรีย์ (ก.ก. บีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	0.9 - 1.2	
ของแข็งแขวนลอยในน้ำตะกอน (มก./ล.)		
- ในถังสัมผัส	1,000 - 3,000	
- ในถังปรับเสถียร	4,000-10,000	
เวลากักพักขดศาสตร์ (ชั่วโมง)		
- ในถังสัมผัส	0.5 - 1.0	
- ในถังปรับเสถียร	3 - 8	
อัตราส่วนการสูบสลัดจ์กลับ	0.25 - 1.50	
ความต้องการออกซิเจน (กก. ออกซิเจน/กก. บีโอดี, ที่ถูกกำจัด)		
- ในถังสัมผัส	0.4 - 0.6	
- ในถังปรับเสถียร	0.3 - 0.5	
ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี (%)	80 - 90	

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
4.2.6 แบบเติมอากาศยืดเวลา		
(Extended Aeration)		
อัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ (กก. บีโอดี ₅ /กก. MLVSS-วัน)	0.05 - 0.15	0.1
อายุสลัดจ์ (วัน)	20 - 30	
อัตราภาระอินทรีย์ (ก.ก. บีโอดี ₅ /ลบ.ม.-วัน)	0.1 - 0.4	
ของแข็งแขวนลอยในน้ำตะกอน (มก./ล.)	3,000 - 6,000	
เวลากักพักชลศาสตร์ (ชั่วโมง)	18 - 36	
อัตราส่วนการสูบสลัดจ์กลับ	0.5 - 1.5	
ความต้องการออกซิเจน (กก. ออกซิเจน/กก. บีโอดี ₅ ที่ถูกกำจัด)	1.4 - 1.6	
ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี (%)	75 - 95	
4.2.7 แบบเติมอากาศด้วยอัตราเร็ว		
(High-Rate Aeration)		
อัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ (กก. บีโอดี ₅ /กก. MLVSS-วัน)	1.5 - 3.0	
อายุสลัดจ์ (วัน)	< 2	
อัตราภาระอินทรีย์ (ก.ก. บีโอดี ₅ /ลบ.ม.-วัน)	1.6 - 16	
ของแข็งแขวนลอยในน้ำตะกอน (มก./ล.)	4,000-10,000	

รายการ	ค่าแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
เวลากักพักชลศาสตร์ (ชั่วโมง)	0.5 - 2.0	
อัตราส่วนการสูบสลัดจ์กลับ	1.0 - 2.0	
ความต้องการออกซิเจน (กก. ออกซิเจน/กก. บีโอดี ₅ ที่ถูกกำจัด)	0.7 - 0.9	
ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี (%)	75 - 90	
4.2.8 แบบกระบวนการแบบเคราส์ (Kraus Process)		
อัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ (กก. บีโอดี ₅ /กก. MLVSS-วัน)	0.3 - 0.8	
อายุสลัดจ์ (วัน)	5 - 15	
อัตราภาระอินทรีย์ (ก.ก. บีโอดี ₅ /ลบ.ม.-วัน)	0.6 - 1.6	
ของแข็งแขวนลอยในน้ำตะกอน (มก./ล.)	2,000 - 3,000	
เวลากักพักชลศาสตร์ (ชั่วโมง)	4 - 8	
อัตราส่วนการสูบสลัดจ์กลับ	0.5 - 1.0	
ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี (%)	85 - 95	
4.2.9 แบบออกซิเจนบริสุทธิ์ (High-Purity Oxygen)		
อัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ (กก. บีโอดี ₅ /กก. MLVSS-วัน)	0.25 - 1.0	

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
อายุสลัดจ์ (วัน)	3 - 10	
อัตราภาระอินทรีย์ (ก.ก. บีโอดี ₅ /ลบ.ม.-วัน)	1.6 - 3.2	
ของแข็งแขวนลอยในน้ำตะกอน (มก./ล.)	2,000 - 8,000	
เวลากักพักชลศาสตร์ (ชั่วโมง)	1 - 3	
อัตราส่วนการสูบสลัดจ์กลับ	0.25 - 0.5	
ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี (%)	85 - 95	
4.2.10 แบบคลองวนเวียน		
(Oxidation Ditch)		
อัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ (กก. บีโอดี ₅ /กก. MLVSS-วัน)	0.05 - 0.30	
อายุสลัดจ์ (วัน)	10 - 30	
อัตราภาระอินทรีย์ (ก.ก. บีโอดี ₅ /ลบ.ม.-วัน)	0.1 - 0.5	
ของแข็งแขวนลอยในน้ำตะกอน (มก./ล.)	3,000 - 6,000	
เวลากักพักชลศาสตร์ (ชั่วโมง)	8 - 36	
อัตราส่วนการสูบสลัดจ์กลับ	0.75 - 1.50	
ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี (%)	75 - 95	

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
4.2.11 แบบเอสบีอาร์		
(Sequencing Batch Reactor, SBR)		
อัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ (กก. บีโอดี ₅ /กก. MLVSS-วัน)	0.05 - 0.30	
อายุสลัดจ์ (วัน)	8 - 20	
อัตราภาระอินทรีย์ (ก.ก. บีโอดี ₅ /ลบ.ม.-วัน)	0.1 - 0.3	
ของแข็งแขวนลอยในน้ำตะกอน (มก./ล.)	1,500 - 5,000	
ความจุถังต่ออัตราไหลของน้ำเข้า (ชั่วโมง)	12 - 50	
ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี (%)	85 - 95	
สัดส่วนระยะเวลาในการควบคุม (%)		
- ช่วงเติมน้ำเสีย (fill)	5 - 25	
- ช่วงปฏิกิริยา (react)	35 - 50	
- ช่วงตกตะกอน (settle)	10 - 20	
- ช่วงระบายน้ำออก (draw)	10 - 20	
- ช่วงพักหรือทิ้งสลัดจ์ส่วนเกิน (idle)	0 - 5	

5. ระบบโปรยกรอง

TRICKLING FILTERS

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
5.1 แบบอัตราต่ำ (Low-Rate)		
ภาระชลศาสตร์ (ลบ.ม./ตร.ม.-วัน)	1 - 4	
อัตราภาระบีโอดี ₅ (กก./ลบ.ม.-วัน)	0.08 - 0.30	
ความลึก (ม.)	1.5 - 3.0	
การป้อนกลับ (เท่า)	0	
ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี ₅ (%)	75 - 90	
5.2 แบบอัตราปานกลาง (Intermediate-Rate)		
ภาระชลศาสตร์ (ลบ.ม./ตร.ม.-วัน)	4 - 10	
อัตราภาระบีโอดี ₅ (กก./ลบ.ม.-วัน)	0.24 - 0.48	
ความลึก (ม.)	1.25 - 2.50	
การป้อนกลับ (เท่า)	0 - 1	
ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี ₅ (%)	60 - 80	
5.3 แบบอัตราสูง (High-Rate)		
ภาระชลศาสตร์ (ลบ.ม./ตร.ม.-วัน)	10 - 40	
อัตราภาระบีโอดี ₅ (กก./ลบ.ม.-วัน)	0.32 - 1.00	
ความลึก (ม.)	1 - 2	
การป้อนกลับ (เท่า)	1.0 - 2.5	
ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี ₅ (%)	50 - 80	

6. ระบบแผ่นหมุนชีวภาพหรืออาร์บีซี

ROTATING BIOLOGICAL CONTACTORS, RBC

รายการ	ค่าแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
ภาระขลศาสตร์ (ลบ.ม./1000 ตร.ม.-วัน)	80 - 160	
อัตราภาระอินทรีย์		
-กก. บีโอดี ₅ ละลาย/1000 ตร.ม.-วัน	4 - 10	
-กก. บีโอดี ₅ ทั้งหมด/1000 ตร.ม.-วัน	10 - 17	
อัตราภาระอินทรีย์สูงสุดที่ตอนแรก (first stage)		
-กก. บีโอดี ₅ ละลาย/1000 ตร.ม.-วัน	12 - 30	
-กก. บีโอดี ₅ ทั้งหมด/1000 ตร.ม.-วัน	30 - 60	
เวลากักพักขลศาสตร์ (ชั่วโมง)	0.7 - 1.5	
บีโอดี ₅ ในน้ำออก (มก./ล.)	15 - 30	

7. กระบวนการกำจัดไนโตรเจน

NITROGEN REMOVAL PROCESSES

รายการ	ค่าแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
7.1 สัมประสิทธิ์จลน์ (Kinetic Coefficients)		
7.1.1 กระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification Process)		
7.1.1.1 ไนโตรโซโมนัส (Nitrosomonas)		
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด (μ_m) (วัน ⁻¹)	0.3 - 2.0	0.7
ความเข้มข้นที่ครึ่งความเร็ว (K_s) (มก. NH_4^+ -N/ล.)	0.2 - 3.6	0.6
สัมประสิทธิ์ปริมาณผลิต (Y) (มก. VSS แยกที่เรียกที่เพิ่มขึ้น/มก. NH_4^+ -N ที่ใช้)	0.03 - 0.13	
7.1.1.2 ไนโตรแบคทีเรีย (Nitrobacter)		
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด (μ_m) (วัน ⁻¹)	0.14 - 3.0	1.0
ความเข้มข้นที่ครึ่งความเร็ว (K_s) (มก. NH_4^+ -N/ล.)	0.2 - 5.0	1.4
สัมประสิทธิ์ปริมาณผลิต (Y) (มก. VSS แยกที่เรียกที่เพิ่มขึ้น/มก. NO_2^- -N ที่ใช้)	0.02 - 0.07	
7.1.1.3 ไนตริฟิอิงแบคทีเรีย (Nitrifying Bacteria)		
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด (μ_m) (วัน ⁻¹)	0.3 - 3.0	1.0
ความเข้มข้นที่ครึ่งความเร็ว (K_s) (มก. NH_4^+ -N/ล.)	0.2 - 5.0	1.4

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
สัมประสิทธิ์การผลิต (Y) (มก. VSS แยกที่เรียกที่เพิ่มขึ้น/มก. $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ ที่ใช้)	0.05 - 0.3	0.2
สัมประสิทธิ์การสลายตัวจำเพาะ (k_d) (วัน^{-1})	0.03 - 0.06	0.05
7.1.2 กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน		
(Denitrification Process)		
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด (μ_m) (วัน^{-1})	0.3 - 0.9	0.3
ความเข้มข้นที่ครึ่งความเร็ว (K_s) (มก. $\text{NO}_3^- \text{-N/ล.}$)	0.06 - 0.20	0.1
สัมประสิทธิ์ปริมาณผลิต (Y) (มก. VSS แยกที่เรียกที่เพิ่มขึ้น/มก. $\text{NO}_3^- \text{-N}$ ที่ใช้)	0.4 - 0.9	0.8
สัมประสิทธิ์การสลายตัวจำเพาะ (k_d) (วัน^{-1})	0.04 - 0.08	0.04
อัตราดีไนตริฟิเคชัน (มก. $\text{NO}_3^- \text{-N/มก. VSS-วัน}$)		
แหล่งของคาร์บอน -เมทานอล (25 °C)	0.21 - 0.32	
-เมทานอล (20 °C)	0.12 - 0.20	
-น้ำเสีย (15 - 27 °C)	0.03 - 0.11	
-เอน โคจิเนียส เมแทบอลิซึม (12 - 20 °C)	0.017 - 0.048	

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
7.2 เกณฑ์กำหนดการออกแบบ (Design Criteria)		
ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการ (มก. ออกซิเจน/มก. TKN ที่ออกซิไดส์)	4.33 - 4.57	
7.2.1 กระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification Process)		
7.2.1.1 ไนตริฟิเคชันแบบขั้นเดียว (Single-Stage Nitrification)		
(การกำจัดคาร์บอนและไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นในถังปฏิกรณ์ใบเดียวกัน)		
7.2.1.1.1 ถังปฏิกรณ์แบบไหลตามกัน (Plug-Flow Reactor)		
อัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ (กก. บีโอดี ₅ /กก. MLVSS-วัน)	0.05 - 0.15	
อัตราส่วนของเจลคาท์ลใน ไตรเจนทั้งหมดต่อจุลินทรีย์ (กก. TKN/กก. MLVSS-วัน)	0.02 - 0.15	
อายุสลัดจ์ (θ_c) (วัน)	8 - 20	
เวลากักพักชลศาสตร์ (ชั่วโมง)	6 - 15	
ของแข็งแขวนลอยในน้ำตะกอน (MLSS) (มก./ล.)	1,500 - 6,000	

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
พีเอช	7.0 - 8.0	
ความต้องการออกซิเจน (กก. ออกซิเจน/กก. บีโอดี ₅ ที่กำจัด)	1.1 - 1.5	
อัตราส่วนการสูบสลัดจ์กลับ (เท่า)	0.3 - 1.0	
7.2.1.1.2 ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactors)		
ภาระขลศาสตร์ (ลบ.ม./1000 ตร.ม.-วัน)	30 - 80	
อัตราภาระอินทรีย์		
-กก. บีโอดี ₅ ละลาย/1000 ตร.ม.-วัน	2.5 - 7.0	
-กก. บีโอดี ₅ ทั้งหมด/1000 ตร.ม.-วัน	7 - 15	
อัตราภาระอินทรีย์สูงสุดที่ตอนแรก (first stage)		
-กก. บีโอดี ₅ ละลาย/1000 ตร.ม.-วัน	12 - 30	
-กก. บีโอดี ₅ ทั้งหมด/1000 ตร.ม.-วัน	30 - 60	
อัตราภาระแอมโมเนีย (กก./1000 ตร.ม.-วัน)	0.7 - 1.5	
เวลากักพักขลศาสตร์ (ชั่วโมง)	1.5 - 4.0	
บีโอดี ₅ ในน้ำออก (มก./ล.)	7 - 15	
แอมโมเนียในน้ำออก (มก./ล.)	< 2	

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
7.2.1.2 ไนตริฟิเคชันแบบแยก		
(Separate-Stage Nitrification)		
(การกำจัดคาร์บอนและ ไนตริฟิเคชัน ไม่ได้เกิดขึ้นในถังปฏิกรณ์ใบเดียวกัน)		
7.2.1.2.1 ถังปฏิกรณ์แบบไหลตามกัน		
(Plug-Flow Reactor)		
อัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์	0.05 - 0.20	
(กก. บีโอดี ₅ /กก. MLVSS-วัน)		
อัตราส่วนของเจลาห์ลไนโตรเจนทั้งหมดต่อจุลินทรีย์	0.04 - 0.15	
อายุสลัดจ์ (θ_c) (วัน)	10 - 20	
อัตราภาระอินทรีย์ (ก.ก. บีโอดี ₅ /ลบ.ม.-วัน)	0.05 - 0.15	
ของแข็งแขวนลอยในของเหลวผสม (มก./ล.)	1,500 - 3,000	
เวลากักพักชลศาสตร์ (ชั่วโมง)	3 - 6	
อัตราส่วนการสูบสลัดจ์กลับ (เท่า)	0.5 - 2.0	
7.2.1.2.2 ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ		
(Rotating Biological Contactors)		
ภาระชลศาสตร์ (ลบ.ม./1000 ตร.ม.-วัน)	40 - 100	
อัตราภาระอินทรีย์		
-กก. บีโอดี ₅ ละลาย/1000 ตร.ม.-วัน	0.5 - 1.5	
-กก. บีโอดี ₅ ทั้งหมด/1000 ตร.ม.-วัน	1 - 3	

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
อัตราภาระแอมโมเนีย (กก./1000 ตร.ม.-วัน)	1 - 2	
เวลากักพักขลศาสตร์ (ชั่วโมง)	1.2 - 2.9	
บีโอดี ₅ ในน้ำออก (มก./ล.)	7 -15	
แอม โมเนียในน้ำออก (มก./ล.)	1 - 2	
7.2.2 กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน		
(Denitrification Process)		
อายุสลัดจ์ (θ_c) (วัน)	1 - 5	
เวลากักพักขลศาสตร์ (ชั่วโมง)	0.2 - 2	
ของแข็งแขวนลอยในน้ำตะกอน (MLSS) (มก./ล.)	1,000 - 2,000	
พีเอช	6.5 - 7.0	

หมายเหตุ: กระบวนการกำจัดไนโตรเจนทางฟิสิกส์เคมีไม่เป็นที่นิยมใช้ใน
ปัจจุบัน เนื่องจากปัญหาของตะกอนในหอไล่ก๊าซแอมโมเนีย
(Ammonia Stripping Tower)

8. กระบวนการกำจัดฟอสฟอรัส

PHOSPHORUS REMOVAL PROCESSES

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
8.1 กระบวนการทางชีวภาพ (Biological Processes)		
8.1.1 กระบวนการฟิเรดออกซ์หรือเอโอ (Phoredox or A/O Processes)		
อัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ (กก. บีโอดี ₅ /กก. MLVSS-วัน)	0.2 - 0.7	
อายุสลัดจ์ (θ_c) (วัน)	2 - 8	
ของแข็งแขวนลอยในน้ำตะกอน (MLSS) (มก./ล.)	2,000 - 4,000	
เวลาปฏิบัติการ (ชั่วโมง)		
-ช่วงแอนแอโรบิก	0.5 - 1.5	
-ช่วงแอโรบิก	1 - 3	
อัตราการสูบกลับของแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (% ของน้ำเข้า)	25 - 40	
8.1.2 กระบวนการโฟสตริป (PhoStrip Process)		
อัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ (กก. บีโอดี ₅ /กก. MLVSS-วัน)	0.1 - 0.5	

รายการ	ค่าแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
อายุสลัดจ์ (θ_c) (วัน)	10 - 30	
ของแข็งแขวนลอยในน้ำตะกอน (MLSS) (มก./ล.)	600 - 5,000	
เวลาปฏิบัติการ (ชั่วโมง)		
-ช่วงแอนแอโรบิก	8 - 12	
-ช่วงแอโรบิก	4 - 10	
อัตราการสูบกลับของแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (% ของน้ำเข้า)	20 - 50	
อัตราการหมุนเวียนภายในของสลัดจ์จาก ถังสตริปเปอร์ (stripper) (% ของน้ำเข้า)	10 - 20	
8.1.3 กระบวนการเอสบีอาร์		
(Sequencing Batch Reactor, SBR)		
อัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ (กก. บีโอดี ₅ /กก. MLVSS-วัน)	0.15 - 0.5	
อายุสลัดจ์ (θ_c) (วัน)	2 - 8	
ของแข็งแขวนลอยในน้ำตะกอน (MLSS) (มก./ล.)	2,000 - 3,000	
เวลาปฏิบัติการ (ชั่วโมง)		
-ช่วงแอนแอโรบิก	1.8 - 3.0	
-ช่วงแอโรบิก	1 - 4	

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
8.2 กระบวนการทางเคมี (Chemical Processes)		
8.2.1 โดยใช้สารส้ม		
อัตราส่วน โมลของอลูมิเนียมต่อฟอสฟอรัสที่ต้องการ		
ที่ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัส 75%	.25:1-1.5:1	1.4:1
ที่ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัส 85%	1.6:1 - 1.9:1	1.7:1
ที่ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัส 95%	2.1:1 - 2.6:1	2.3:1
พีเอชที่เหมาะสม	5.5 - 6.5	
8.2.2 โดยใช้เฟอร์ริกคลอไรด์ (FeCl₃)		
อัตราส่วน โมลของเหล็กต่อฟอสฟอรัสที่ต้องการ		
ที่ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัส 75%		1.4:1
ที่ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัส 85%		2.0:1
ที่ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัส 95%		3.0:1
พีเอชที่เหมาะสม	4.5 - 5.0	
8.2.3 โดยใช้ปูนขาว		
อัตราส่วน โมลของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสที่ต้องการ	1.3:1 - 2.0:1	1.7:1
พีเอชที่เหมาะสม	> 9.5	

9. กระบวนการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสพร้อมกันทางชีวภาพ

COMBINED BIOLOGICAL REMOVAL OF NITROGEN AND PHOSPHORUS

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
9.1 กระบวนการเอ-ทู-โอ (A^2/O)		
อัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ (กก. บีโอดี ₅ /กก. MLVSS-วัน)	0.15 - 0.25	
อายุสลัดจ์ (θ_c) (วัน)	4 - 27	
ของแข็งแขวนลอยในน้ำตะกอน (มก./ล.)	3,000 - 5,000	
เวลาปฏิบัติการ (ชั่วโมง)		
-ช่วงแอนแอโรบิก	0.5 - 1.5	
-ช่วงแอน็อกซิก	0.5 - 1.0	
-ช่วงแอโรบิก	3.5 - 6.0	
อัตราการสูบกลับของแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (% ของน้ำเข้า)	20 - 50	
อัตราการหมุนเวียนภายใน (internal recycle) (% ของน้ำเข้า)	100 - 300	
9.2 กระบวนการบาร์เดนโฟ 5 ขั้น		
(5-stage Bardenpho Process)		
อัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ (กก. บีโอดี ₅ /กก. MLVSS-วัน)	0.1 - 0.2	
อายุสลัดจ์ (θ_c) (วัน)	10 - 40	
ของแข็งแขวนลอยในน้ำตะกอน (มก./ล.)	2,000 - 4,000	

รายการ	ค่าแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
เวลาปฏิบัติการ (ชั่วโมง)		
-ช่วงแอนแอโรบิก	1 - 2	
-ช่วงแอนีออกซิก-1	2 - 4	
-ช่วงแอโรบิก-1	4 - 12	
-ช่วงแอนีออกซิก-2	2 - 4	
-ช่วงแอโรบิก-2	0.5 - 1	
อัตราการสูบกลับของแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (% ของน้ำเข้า)	50 - 100	
อัตราการหมุนเวียนภายใน (internal recycle) (% ของน้ำเข้า)		400
9.3 กระบวนการยูซีที (UCT Process)		
อัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ (กก. บีโอดี ₅ /กก. MLVSS-วัน)	0.1 - 0.2	
อายุสลัดจ์ (θ_c) (วัน)	10 - 30	
ของแข็งแขวนลอยในน้ำตะกอน (มก./ล.)	2,000 - 4,000	
เวลาปฏิบัติการ (ชั่วโมง)		
-ช่วงแอนแอโรบิก	1 - 2	
-ช่วงแอนีออกซิก-1	2 - 4	
-ช่วงแอโรบิก-1	4 - 12	
-ช่วงแอนีออกซิก-2	2 - 4	
อัตราการสูบกลับของแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (% ของน้ำเข้า)	50 - 100	
อัตราการหมุนเวียนภายใน (internal recycle) (% ของน้ำเข้า)	100 - 600	

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
9.4 กระบวนการวีไอพี (VIP Process)		
อัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ (กก. บีโอดี ₅ /กก. MLVSS-วัน)	0.1 - 0.2	
อายุสลัดจ์ (θ_c) (วัน)	5 - 10	
ของแข็งแขวนลอยในน้ำตะกอน (มก./ล.)	1,500 - 3,000	
เวลาปฏิบัติการ (ชั่วโมง)		
-ช่วงแอนแอโรบิก	1 - 2	
-ช่วงแอนีออกซิก-1	1 - 2	
-ช่วงแอโรบิก-1	2.5 - 4.0	
อัตราการสูบกลับของแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (% ของน้ำเข้า)	50 - 100	
อัตราการหมุนเวียนภายใน (internal recycle) (% ของน้ำเข้า)	200 - 400	

10. เครื่องผสมและเครื่องเติมอากาศ

MIXERS AND AERATORS

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
10.1 พลังงานในการผสม		
10.1.1 สำหรับเครื่องเติมอากาศแบบฟุ้ง (ลบ.ม./นาที่-1000 ลบ.ม. ของปริมาตรน้ำในถัง)		
สำหรับการเติมอากาศแบบหมุนควง (Spiral Roll Aeration)	20 - 30	
สำหรับการติดตั้งแบบสม่ำเสมอ (Uniform Aeration)	10 - 15	
10.1.2 สำหรับเครื่องเติมอากาศแบบเครื่องกล (แรงม้า/1000 ลบ.ม. ของปริมาตรน้ำในถัง)	15 - 25	
10.2 สัมประสิทธิ์การปรับแก้ (Correction Factors)		
สัมประสิทธิ์การปรับแก้อุณหภูมิ (θ)	.015 - 1.04	1.024
สัมประสิทธิ์การปรับแก้การผสมและรูปร่างถัง (α)		
-การเติมอากาศแบบฟุ้ง	0.70 - 0.98	0.95
-การเติมอากาศแบบเครื่องกลความเร็วช้าที่ผิวน้ำ สำหรับน้ำเสียจาก		
-ชุมชน		0.82
-โรงงานเยื่อและกระดาษ		0.68
-โรงงานผลิตกระดาษสีน้ำตาล (Kraft Paper)	0.48 - 0.68	
-โรงงานผลิตกระดาษฟอก (Bleached Paper)	0.83 - 1.98	

รายการ	ค่าแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
- โรงงานยา	1.65 - 2.15	
- โรงงานผลิตไฮสังเคราะห์	1.88 - 3.25	
- สำหรับการเติมอากาศแบบเครื่องกลประเภทอื่นๆ	0.6 - 1.2	
ค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้ลักษณะน้ำเสีย (β)	0.70 - 0.98	0.95
10.3 ตั้มประสิทธิภาพถ่ายเทออกซิเจนของ		
เครื่องเติมอากาศ (กก. ออกซิเจน/แรงแม่/ชั่วโมง)		
10.3.1 เครื่องเติมอากาศแบบฟู่		
แบบฟองอากาศหยาบ (coarse bubble)	0.6 - 1.0	
แบบฟองอากาศละเอียด (fine bubble)	1.0 - 2.6	
แบบยกด้วยลม (air-lift)	1.1 - 1.3	
10.3.2 เครื่องเติมอากาศแบบเครื่องกล		
แบบความเร็วต่ำ (low speed)	0.9 - 2.2	
แบบความเร็วสูง (high speed)	0.6 - 1.6	
แบบแกนในแนวนอน (horizontal shaft)	1.0 - 1.4	
แบบแกนจมน้ำ (submerged shaft)	0.8 - 1.2	
แบบหลอดดูดลากลงล่าง (downdraft tube)	0.9 - 1.5	
แบบจมน้ำ (submersible)	0.5 - 1.2	
แบบเครื่องอัดฟุ้ง (ejector)	0.5 - 1.7	
แบบจุกฟุ้ง (jet)	0.5 - 1.0	
แบบหลอดสถิต (static tube)	0.8 - 1.2	

11. ถังตกตะกอนขั้นสอง

SECONDARY SEDIMENTATION TANKS

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
11.1 ข้อแนะนำทางชลศาสตร์		
11.1.1 สำหรับกระบวนการแยกทิวเท็ดสลัดจ์		
(ยกเว้นแบบเติมอากาศยืดเวลา)		
อัตราน้ำล้น (ลบ.ม./ตร.ม.-วัน)		
-อัตราไหลเฉลี่ย	16 - 33	
-อัตราไหลสูงสุด	40 - 60	
อัตราการระของแข็ง (กก./ตร.ม.-ชม.)		
-อัตราไหลเฉลี่ย	3 - 6	
-อัตราไหลสูงสุด	10	
ความลึก (ม.)	3 - 6	
อัตราการระฝาย (ลบ.ม./ม.-วัน)	250	
11.1.2 สำหรับกระบวนการแยกทิวเท็ดสลัดจ์		
แบบเติมอากาศยืดเวลา		
อัตราน้ำล้น (ลบ.ม./ตร.ม.-วัน)		
-อัตราไหลเฉลี่ย	8 - 16	
-อัตราไหลสูงสุด	24 - 32	

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
อัตราภาระของแข็ง (กก./ตร.ม.-ชม.)		
-อัตราไหลเฉลี่ย	1 - 5	
-อัตราไหลสูงสุด	7	
ความลึก (ม.)	3 - 6	
อัตราภาระฝาย (ลบ.ม./ม.-วัน)	250	
11.1.3 สำหรับระบบไปรยกรอง		
อัตราน้ำล้น (ลบ.ม./ตร.ม.-วัน)		
-อัตราไหลเฉลี่ย	16 - 24	
-อัตราไหลสูงสุด	40 - 48	
อัตราภาระของแข็ง (กก./ตร.ม.-ชม.)		
-อัตราไหลเฉลี่ย	3 - 5	
-อัตราไหลสูงสุด	8	
ความลึก (ม.)	3.0 - 4.5	
อัตราภาระฝาย (ลบ.ม./ม.-วัน)	250	
11.1.4 สำหรับระบบแผ่นหมุนชีวภาพ		
อัตราน้ำล้น (ลบ.ม./ตร.ม.-วัน)		
-อัตราไหลเฉลี่ย	16 - 32	
-อัตราไหลสูงสุด	40 - 48	

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
อัตราภาระของแข็ง (กก./ตร.ม.-ชม.)		
-อัตราไหลเฉลี่ย	3 - 6	
-อัตราไหลสูงสุด	10	
ความลึก (ม.)	3.0 - 4.5	
อัตราภาระฝาย (ลบ.ม./ม.-วัน)	250	
11.2 ข้อเสนอทางกายภาพ		
11.2.1 อังแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า		
ความยาว (ม.)		
ความกว้าง (ม.)		
ความลึก (ม.)	3.0 - 3.6	
อัตราส่วนของความยาวต่อความกว้าง	> 3	
อัตราส่วนของความกว้างต่อความลึก	1 - 2.25	
ความชันของพื้นด้านล่างของถังตกตะกอน (%)		1
ความเร็วของใบกวาดสลัดจ์ (ม./นาที)	0.6 - 1.2	0.9
11.2.2 อังแบบกลม		
ความสูงด้านข้าง (ม.)	3 - 4	
เส้นผ่านศูนย์กลาง (ม.)	3 - 60	12 - 45
ความชันของพื้นด้านล่างของถังตกตะกอน (%)	6 - 17	8
อัตราเร็วที่ปลายสุดของใบกวาดสลัดจ์ (tip speed) (ม./นาที)	0.6 - 1.2	

12. บ่อปรับเสถียร

STABILIZATION PONDS

รายการ	ค่าแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
12.1 พารามิเตอร์ที่สำคัญ		
แฟกเตอร์การกระจาย (Dispersion Factor) (วัน)		
-บ่อแอโรบิก	0.1 - 2.0	1.0
-บ่อแฟคัลเททีฟ	0.3 - 1.0	
ค่าคงที่ของอัตราการกำจัดบีโอดี, ลำดับที่ 1 (วัน ⁻¹)	0.05 - 1.00	
12.2 หน่วยบำบัด		
12.2.1 บ่อแอนแอโรบิก (Anaerobic Ponds)		
เวลากักพิภพศาสตร์ (วัน)	20 - 50	
ความลึก (ม.)	2 - 5	
พีเอช	6.5 - 7.2	
อุณหภูมิ (°C)	6 - 50	
อัตราการบีโอดี, (กรัม/ตร.ม.-วัน)	20 - 55	
(กรัม/ลบ.ม.-วัน)	100 - 400	
ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี, ละลาย (%)	50 - 85	
ของแข็งแขวนลอยในน้ำออก (มก./ล.)	80 - 160	

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
12.2.2 บ่อแฟคัลเททีฟ (Facultative Ponds)		
เวลากักพักขลศาสตร์ (วัน)	5 - 30	
ความลึก (ม.)	1.0 - 2.5	
พีเอช	6.5 - 8.5	
อุณหภูมิ (°C)	0 - 50	
อัตราการระบิไอดี ₅ (กรัม/ตร.ม.-วัน)	5 - 25	
อัตราการระบิไอดี ₅ (กรัม/ลบ.ม.-วัน)	20 - 100	
ประสิทธิภาพในการกำจัดบิไอดี ₅ ละลาย (%)	80 - 95	
ความเข้มข้นของสาหร่าย (มก./ล.)	100 - 200	
ของแข็งแขวนลอยในน้ำออก (มก./ล.)	40 - 60	
12.2.3 บ่อบ่ม (Maturation Ponds)		
เวลากักพักขลศาสตร์ (วัน)	5 - 20	
ความลึก (ม.)	1.0 - 1.5	
พีเอช	6.5 - 10.5	
อุณหภูมิ (°C)	0 - 30	
อัตราการระบิไอดี ₅ (กรัม/ตร.ม.-วัน)	< 2	
ประสิทธิภาพในการกำจัดบิไอดี ₅ ละลาย (%)	60 - 80	
ความเข้มข้นของสาหร่าย (มก./ล.)	5 - 10	
ของแข็งแขวนลอยในน้ำออก (มก./ล.)	10 - 30	

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
12.2.4 บ่อผักตบชวา (Water Hyacinth Ponds)¹		
เวลากักพักชลศาสตร์ (วัน)	5 - 10	
ความลึก (ม.)	1.0 - 1.5	
อัตราภาระบีโอดี ₅ (กรัม/ตร.ม.-วัน)	20 - 40	
อัตราภาระบีโอดี ₅ (กรัม/ลบ.ม.-วัน)	100 - 200	
12.2.5 สระเติมอากาศ (Aerated Lagoons)		
เวลากักพักชลศาสตร์ (วัน)	3 - 10	
ความลึก (ม.)	2 - 6	
พีเอช	6.5 - 8.0	
อุณหภูมิ (°C)	0 - 30	
ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี ₅ ละลาย (%)	80 - 95	
ของแข็งแขวนลอยในน้ำออก (มก./ล.)	80 - 250	
ความต้องการออกซิเจน (กรัม ออกซิเจน/กรัม บีโอดี ₅ ที่ถูกกำจัด)	0.7 - 1.4	

หมายเหตุ: ¹ ควรมีการเก็บเกี่ยวผักตบชวา 50 % ของพื้นที่ทุก 1 - 3 เดือน

13. บึงวิศวกรรม

ENGINEERED WETLANDS

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
13.1 บึงประดิษฐ์ (Constructed Wetlands)		
13.1.1 แบบน้ำไหลบนดิน (Free Water Surface)		
ขนาดพื้นที่ที่ต้องการขั้นต่ำ (เฮกตาร์/1000 ลบ.ม.-วัน)	2 - 7	
ความลึกสูงสุดของระดับน้ำ (ม.)		0.5
สัดส่วนขั้นต่ำของความยาวต่อความกว้างของบึง		2:1
เวลาดักพักชลศาสตร์ขั้นต่ำ (วัน)	4 - 15	
อัตราการชะลอสายสูงสุด (ชม./วัน)	1.5 - 5.0	
อัตราการระบ่ำคสูงสุด		
-กก. บีโอดี/เฮกตาร์-วัน	< 110	
-กก. ไนโตรเจนทั้งหมด/เฮกตาร์-วัน		60
13.1.2 แบบน้ำไหลใต้ดิน (Subsurface Flow)		
ขนาดพื้นที่ที่ต้องการขั้นต่ำ (เฮกตาร์/1000 ลบ.ม.-วัน)	1.2 - 1.7	
ความลึกของบึง (ม.)	0.3 - 0.9	
เวลาดักพักชลศาสตร์ขั้นต่ำ (วัน)	5 - 10	
อัตราการชะลอสายสูงสุด (ชม./วัน)	6 - 8	
อัตราการระบ่ำคสูงสุด		
-กก. บีโอดี/เฮกตาร์-วัน	80 - 120	
-กก. ไนโตรเจนทั้งหมด/เฮกตาร์-วัน		60

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
13.2 บึงธรรมชาติ (Natural Wetlands)		
ขนาดพื้นที่ที่ต้องการขั้นต่ำ (เฮกตาร์/1000 ลบ.ม.-วัน)	5 - 10	
ความลึกสูงสุดของระดับน้ำ (ม.)		
-สำหรับพืชโคล่พื้นน้ำ เช่น ต้นกก ต้นอ้อ ต้นธูปฤาษี		0.5
-สำหรับพืชลอยน้ำ เช่น ผักตบชวา ผักบุ้ง ผักกระเฉด		1.0
เวลากักพืชรลศาสตร์ขั้นต่ำ (วัน)	5 - 15	
อัตราการระลลศาสตร์สูงสุด (ชม./วัน)	1 - 2	
อัตราการบำบัดสูงสุด		
-กก. บีโอดี/เฮกตาร์-วัน		4
-กก. ไนโตรเจนทั้งหมด/เฮกตาร์-วัน		3

หมายเหตุ: ควรมีการเก็บเกี่ยวพืชที่ปลูกในบึงวิศวกรรมทุก 1 - 5 ปี

14. การฆ่าเชื้อโรค

DISINFECTION

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
14.1 การเติมคลอรีน (Chlorination)		
ความเข้มข้นของคลอรีนที่ต้องการ (มก./ล.)		
-น้ำเสียดิบ (สำหรับการเติมคลอรีนก่อนบำบัด (prechlorination))	6 - 25	
-น้ำออกจากการบำบัดขั้นต้น	5 - 24	
-น้ำออกจากการตกตะกอนผลึกทางเคมี (chemical precipitation)	3 - 10	
-น้ำออกจากระบบไปรยกรอง	3 - 20	
-น้ำออกจากระบวนการแยกทิวเด็คสลัดจ์	2 - 15	
-น้ำออกจากการบำบัดขั้นสองรวมทั้งจาก บ่อปรับเสถียร		6
-น้ำออกจากระบวนการแยกทิวเด็คสลัดจ์ ที่ผ่านการกรอง	1 - 5	
-น้ำออกจากการบำบัดขั้นสาม (ไม่เกิดไนตริฟิเคชัน)	4 - 7	
เวลาสัมผัส (นาที)		
-อัตราไหลเฉลี่ย		30
-อัตราไหลสูงสุด		10

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
คลอรีนคงเหลือทั้งหมด (Total Residual Chlorine) (มก./ล.)		
-ขั้นต่ำ		0.3
-ขั้นสูง		2.0
14.2 การลดคลอรีน (Dechlorination)		
14.2.1 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์		
-ความเข้มข้นที่ต้องการ (มก./ล. ต่อ มก./ล. คลอรีนอิสระ)		
-อัตราไหลเฉลี่ย	1.0 - 1.6	1.3
-อัตราไหลสูงสุด	2 - 5	4
-เวลาสัมผัสในช่วงผสมเร็วที่อัตราไหลสูงสุด (วินาที)	30 - 60	45
14.2.2 ถ่านกัมมันต์		
-อัตราการระ (ลบ.ม./ตร.ม.-วัน)	120 - 160	150
-เวลาสัมผัส (นาที)	15 - 25	20
14.3 การเติมโอโซน (Ozonation)		
ความเข้มข้นของโอโซน (มก./ล.) ที่ต้องการเพื่อให้ ได้ค่า MPN = 100/100 มล.	5 - 8	
เวลาสัมผัส (นาที)	> 2	

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
14.4 การฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสียูวี (UV Disinfection)		
ความเข้มของแสง (มิลลิวัตต์-วินาที/ตร.ซม.)		
-น้ำออกจากระบบโปรยกรอง	15 - 130	
-น้ำออกจากกระบวนการแยกทิวเด็คสลัดจ์	15 - 130	
-น้ำออกจากกระบวนการแยกทิวเด็คสลัดจ์	40 - 200	
ที่ผ่านการกรอง		
เวลาสัมผัส (วินาที)		
-น้ำออกจากระบบโปรยกรอง	7 - 14	
-น้ำออกจากกระบวนการแยกทิวเด็คสลัดจ์	7 - 14	
-น้ำออกจากกระบวนการแยกทิวเด็คสลัดจ์	14 - 21	
ที่ผ่านการกรอง		

15. การทำชั้น

THICKENING

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
15.1 ตั้งทำชั้นด้วยแรงโน้มถ่วง		
(Gravity Thickeners)		
15.1.1 สลัดจ์จากถังตกตะกอนชั้นต้น		
ความถ่วงจำเพาะของของแข็งในสลัดจ์		1.40
ความถ่วงจำเพาะของสลัดจ์		1.02
ความเข้มข้นของสลัดจ์เข้าตั้งทำชั้น (%)	1.0 - 7.0	
ความเข้มข้นของสลัดจ์หลังจากผ่านตั้งทำชั้น (%)	5.0 - 10.0	
อัตราการระเหยของน้ำ (ลบ.ม./ตร.ม.-วัน)	16 - 33	
อัตราการระเหยของแข็ง (กก./ตร.ม.-วัน)	90 - 150	
ของแข็งที่ถูกกำจัด (%)	85 - 98	90
ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำล้นจากตั้งทำชั้น (มก./ล.)	80 - 1,000	200
บีโอดี ₅ ในน้ำล้นจากตั้งทำชั้น (มก./ล.)	100 - 400	250
ความชื้นของพื้นด้านล่างของตั้งทำชั้น (%)	16 - 25	

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
15.1.2 สถิติจากระบบไปรษณีย์หรือระบบ		
แผ่นหมุนชีวภาพ		
ความถี่ของข้อบกพร่องของแข็งในสถิติ		1.45
ความถี่ของข้อบกพร่องของสถิติ		1.025
ความเข้มข้นของสถิติเข้าถึงทำขึ้น (%)	1.0 - 4.0	
ความเข้มข้นของสถิติหลังจากผ่านถึงทำขึ้น (%)	2.0 - 6.0	
ภาระศาสตร์ (ลบ.ม./ตร.ม.-วัน)	2.0 - 6.0	
ภาระของแข็ง (กก./ตร.ม.-วัน)	35 - 50	
ของแข็งที่ถูกกำจัด (%)	80 - 92	
ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำล้นจาก ถึงทำขึ้น (มก./ล.)	200 - 1,000	
ความชื้นของพื้นด้านล่างของถึงทำขึ้น (%)	16 - 25	
15.1.3 สถิติจากระบบการแยกทิวเค็ดสถิติ		
ความถี่ของข้อบกพร่องของแข็งในสถิติ		1.25
ความถี่ของข้อบกพร่องของสถิติ		1.005
ความเข้มข้นของสถิติเข้าถึงทำขึ้น (%)	0.5 - 1.5	
ความเข้มข้นของสถิติหลังจากผ่านถึงทำขึ้น (%)	2.0 - 4.0	

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
อัตราการระชดศาสตร์ (ลบ.ม./ตร.ม.-วัน)	2.0 - 4.0	
อัตราการระของแข็ง (กก./ตร.ม.-วัน)	10 - 35	
ของแข็งที่ถูกกำจัด (%)	60 - 85	
ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำล้นจาก ถังทำขึ้น (มก./ล.)	200 - 1,000	
ความชื้นของพื้นด้านล่างของถังทำขึ้น (%)	16 - 25	
15.1.4 สถัดจ์รวมจากดังตคตะกอนขึ้นคั้นและ		
กระบวนการแยกทิวเต็ดสถัดจ์		
ความเข้มข้นของสถัดจ์เข้าถังทำขึ้น (%)	0.5 - 5.0	
ความเข้มข้นของสถัดจ์หลังจากผ่านถังทำขึ้น (%)	2.0 - 8.0	
อัตราการระชดศาสตร์ (ลบ.ม./ตร.ม.-วัน)	4.0 - 10.0	
อัตราการระของแข็ง (กก./ตร.ม.-วัน)	25 - 30	
ของแข็งที่ถูกกำจัด (%)	80 - 92	85
ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำล้นจาก ถังทำขึ้น (มก./ล.)	100 - 800	250
บีโอดี ₅ ในน้ำล้นจากถังทำขึ้น (มก./ล.)	60 - 400	300
ความชื้นของพื้นด้านล่างของถังทำขึ้น (%)	16 - 25	

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
15.2 ถังลอยตัวด้วยอากาศละลาย		
(Dissolved Air Flotation (DAF) Tanks)		
15.2.1 สกัดจกถังตกตะกอนชั้นคั้น		
อัตราส่วนของอากาศต่อของแข็ง (มล./มก.)	0.04 - 0.07	
อัตราการระของแข็ง (กก./ตร.ม.-วัน)	90 - 200	
อัตราการระชลศาสตร์ (ลบ.ม./ตร.ม.-วัน)	90 - 250	
ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็ง (%)	80 - 95	
ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำออก (มก./ล.)	100 - 600	
ความเข้มข้นของสลักซ์ภายหลังการทำชั้น (%)	3 - 6	4
15.2.2 สกัดส่วนเกินจากกระบวนการ		
แยกทิวเต็ดสลักซ์		
อัตราส่วนของอากาศต่อของแข็ง (มล./มก.)	0.03 - 0.05	
อัตราการระของแข็ง (กก./ตร.ม.-วัน)	50 - 90	
อัตราการระชลศาสตร์ (ลบ.ม./ตร.ม.-วัน)	60 - 180	
ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็ง (%)	80 - 95	
ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำออก (มก./ล.)	100 - 600	
ความเข้มข้นของสลักซ์ภายหลังการทำชั้น (%)	3 - 6	4

รายการ	ค่าแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
15.2.3 สลัดจ์จากถังตกตะกอนชั้นต้นและ		
กระบวนการแยกทิวเต็ดสลัดจ์		
อัตราส่วนของอากาศต่อของแข็ง (มล./มก.)	0.02 - 0.05	
อัตราการระของแข็ง (กก./ตร.ม.-วัน)	60 - 150	
อัตราการระขลศาสตร์ (ลบ.ม./ตร.ม.-วัน)	90 - 250	
ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็ง (%)	90 - 95	
ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำออก (มก./ล.)	100 - 600	
ความเข้มข้นของสลัดจ์ภายหลังการทำขึ้น (%)	3 - 6	4
15.2.4 สลัดจ์จากระบบไปรยกรองหรือระบบ		
แผ่นหมุนชีวภาพ		
อัตราส่วนของอากาศต่อของแข็ง (มล./มก.)	0.02 - 0.05	
อัตราการระของแข็ง (กก./ตร.ม.-วัน)	50 - 120	
อัตราการระขลศาสตร์ (ลบ.ม./ตร.ม.-วัน)	90 - 250	
ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็ง (%)	90 - 98	
ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำออก (มก./ล.)	100 - 600	
ความเข้มข้นของสลัดจ์ภายหลังการทำขึ้น (%)	3 - 6	4

16. ถังย่อยสลัดจ์

SLUDGE DIGESTERS

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
16.1 ถังย่อยสลัดจ์แบบแอโรบิก		
(Aerobic Sludge Digesters)		
เวลากักพักของแข็ง (วัน)		
-สลัดจ์จากถังตกตะกอนขั้นต้น	10 - 15	
-สลัดจ์จากกระบวนการแยกทิวเด็คสลัดจ์	10 - 18	
-สลัดจ์จากระบบแยกทิวเด็คสลัดจ์ที่ไม่มี การตกตะกอนขั้นต้น	12 - 20	
-สลัดจ์รวมจากถังตกตะกอนขั้นต้นและกระบวนการ การแยกทิวเด็คสลัดจ์หรือ ระบบไปรยกรอง	10 - 20	
อัตราภาระของแข็ง (กก. VS/ลบ.ม.-วัน)	0.4 - 4.8	
ความต้องการออกซิเจน (กก. ออกซิเจน/กก. ของแข็งที่ถูกย่อยสลาย)		
-สำหรับการย่อยสลายเซลล์ของแบคทีเรีย		2.3
-สำหรับการย่อยสลายบีโอดี ₅ ในสลัดจ์ขั้นต้น	1.6 - 1.9	

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
ความต้องการพลังงานในการผสม		
-เครื่องเติมอากาศแบบเครื่องกล (กิโลวัตต์/1000 ลบ.ม.)	20 - 40	
-เครื่องเติมอากาศแบบฟู่ (ลบ.ม./1000 ลบ.ม.-นาที)		
-สลัดจ์จากถังตกตะกอนชั้นต้น	20 - 40	
-สลัดจ์รวมจากถังตกตะกอนชั้นต้นและ	> 60	
กระบวนการแยกทิวเด็คสลัดจ์		
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในถังย่อย (มก./ล.)	1 - 2	
ประสิทธิภาพในการกำจัด VSS (%)	35 - 50	
ความเข้มข้นของสลัดจ์ภายหลังการย่อย (%)	1 - 8	
ลักษณะของของเหลวส่วนบน (supernatant)		
-พีเอช	5.9 - 7.7	7.0
-บีโอดี ₅ ทั้งหมด (มก./ล.)	9 - 5,000	500
-บีโอดี ₅ หลังกรอง (มก./ล.)	4 - 183	50
-ซีโอดี (มก./ล.)	300 - 8,200	2,600
-ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	50 - 11,500	3,400
-เจลดาคาร์บอนไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) (มก./ล.)	10 - 400	170
-ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	20 - 240	100
-ฟอสฟอรัสละลาย (มก./ล.)	2.5 - 64	25

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
16.2 ถังย่อยสลัดจ์แบบแอนแอโรบิก		
(Anaerobic Sludge Digesters)		
สัมประสิทธิ์จลน์		
-สัมประสิทธิ์ปริมาณผลิต (Y) (มก. VSS/มก. บีโอดี)	0.04 - 0.10	0.06
-สัมประสิทธิ์การสลายตัวจำเพาะ (k_d) (วัน^{-1})	0.02 - 0.04	0.03
เวลากักพักของแข็ง (วัน)		
-แบบอัตราปกติ ⁿ	30 - 60	
-แบบอัตราเร็ว ⁿ	10 - 20	
อัตราการระสัดจ์ (กก. VSS/ลบ.ม.-วัน)		
-แบบอัตราปกติ	0.64 - 1.60	
-แบบอัตราเร็ว	1.60 - 6.41	
ความเข้มข้นของสลัดจ์เข้าถังย่อยสำหรับสลัดจ์ขึ้นต้น		
รวมกับแยกที่เวตเคสสลัดจ์		
-แบบอัตราปกติ (% น้ำหนักแห้ง)	2 - 4	
-แบบอัตราเร็ว (% น้ำหนักแห้ง)	4 - 6	

หมายเหตุ: ⁿ อัตราปกติคือการย่อยสลายแบบไม่มีการเพิ่มความร้อนและไม่มีการกวน

ⁿ อัตราเร็วคือการย่อยสลายแบบที่มีการเพิ่มความร้อนและมีการกวน

รายการ	ค่าแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
ความเข้มข้นของแข็งที่ผ่านการย่อยสลาย		
(% น้ำหนักแห้ง)		
-แบบอัตราปกติ	4 - 6	
-แบบอัตราเร็ว	4 - 6	
อุณหภูมิของของน้ำตะกอน (°C)		
-ช่วงเมโซฟิลิก	30 - 38	35
-ช่วงเทอร์โมฟิลิก	49 - 57	54
อัตราส่วนความต้องการธาตุอาหารต่อสัมประสิทธิ์		
ปริมาณผลิต (Y)		
-ไนโตรเจน (มก.ไนโตรเจน/มก. ซีโอดีที่กำจัด)		0.105
-ฟอสฟอรัส (มก. ฟอสฟอรัส/มก. ซีโอดีที่กำจัด)		0.021
ความต้องการพลังงานในการผสม		
-เครื่องผสมแบบเครื่องกล (กิโลวัตต์/1000 ลบ.ม.)	5 - 8	
-เครื่องผสมแบบใช้ก๊าซ (ลบ.ม./1000 ลบ.ม.-นาที)	4.5 - 7	
ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น		
-ลบ.ม./กก. ภาวะ VS	0.5 - 0.75	
-ลบ.ม./กก. VS ที่ลดลง	0.75 - 1.13	

รายการ	ค่าแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
ลักษณะของเหลวส่วนบน (supernatant)		
-ของแข็งทั้งหมด (มก./ล.)	3,000 - 15,000	
-บีโอดี ₅ (มก./ล.)	1,000 - 10,000	
-ซีโอดี (มก./ล.)	3,000 - 30,000	
-แอมโมเนียไนโตรเจน (มก./ล.)	400 - 1,000	
-ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.)	300 - 1,000	
ลักษณะทางกายภาพของถังย่อยสลัดจ์		
-เส้นผ่านศูนย์กลาง (ม.)	6 - 38	
-ความลึก (ม.)	7 - 14	
-ความลาดชันของก้นถัง (%)	> 25	

17. ลานตากแห้งสลัดจ์

SLUDGE DRYING BEDS

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
ความหนาของชั้นทรายในลานตาก (ซม.)	15 - 30	
ลักษณะของทรายกรอง		
-สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (uniformity coefficient)	< 4	
-ขนาดประสิทธิผล (effective size) (mm)	0.3 - 0.75	
ความเร็วภายในท่อนำสลัดจ์เข้าสู่ลานตากแห้งสลัดจ์ (ม./วินาที)	> 0.75	
ระยะเวลาในการตากสลัดจ์ (วัน)	10 - 15	
ความหนาของชั้นสลัดจ์บนลานตาก (ซม.)	20 - 30	
อัตราภาระสลัดจ์ (กก. สลัดจ์แห้ง/ตร.ม.-ปี)		
-ลานตากแห้งสลัดจ์แบบไม่มีหลังคา (uncovered bed)		
-สลัดจ์จากถังตกตะกอนขั้นต้นที่ย่อยแล้ว	120 - 150	
-สลัดจ์จากถังตกตะกอนขั้นต้นและระบบไปรยกรองที่ย่อยแล้ว	90 - 300	
-สลัดจ์จากถังตกตะกอนขั้นต้นและกระบวนการแยกทิวเต็ดสลัดจ์ที่ย่อยแล้ว	60 - 300	
-สลัดจ์จากถังตกตะกอนขั้นต้นและถังตกตะกอนทางเคมีที่ย่อยแล้ว	100 - 160	

รายการ	คำแนะนำ	
	ช่วง	ค่าทั่วไป
-ลานตากแห้งสไลด์แบบมีหลังคา (covered bed)		
-สไลด์จากถึงตกตะกอนชั้นต้นและถึงตกตะกอน ชั้นสองที่ข่อยแล้ว	150 - 400	
ปริมาณความชื้นของสไลด์ (%)	60 - 70	
ปริมาณของแข็งในสไลด์ (%)	20 - 40	

คณะผู้รวบรวมและจัดทำ

ศ.ดร.ธงชัย พรรณสวัสดิ์

วศ.บ. (จุฬาฯ), MSCE (U. of Illinois), Ph.D. (U. of Colorado)

ศ.ดร.จรงค์ษ์ ผลประเสริฐ

วศ.บ. (จุฬาฯ), M.Eng. (AIT), Ph.D. (U. of Washington)

คุณธนวัฒน์ โปริยานนท์

วศ.บ. (จุฬาฯ)

คุณปราณี พันธุมสินชัย

B.Eng. (Sydney U.), M.Sc. (Illinois Inst. of Tech.)

อ.ดร.จินต์ อโณทัย

วศ.บ. (จุฬาฯ), วศ.ม. (จุฬาฯ), Ph.D. (Drexel U.)

อ.พิพัฒน์ ภูริปัญญาคุณ

วศ.บ. (เกษตรศาสตร์), วศ.ม. (จุฬาฯ)

หนังสือของสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

1. คู่มือการออกแบบระบบระบายน้ำเสียและน้ำฝน
2. คู่มือน้ำเสียชุมชน
เล่มที่ 1: สำหรับเจ้าของอาคาร/ภัตตาคารและผู้รับจ้างติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่
เล่มที่ 2: สำหรับผู้ออกแบบและผู้ผลิตระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่
เล่มที่ 3: แนวทางควบคุมปัญหาน้ำเสียสำหรับองค์กรบริหารท้องถิ่น
เล่มที่ 4: สำหรับผู้ให้บริการตรวจสอบระบบบำบัดน้ำเสีย
3. คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย
4. เทคโนโลยีควบคุมมลพิษ
5. ปฏิบัติการอย่างง่ายสำหรับการวิเคราะห์น้ำเสีย
6. มลพิษอุตสาหกรรมเบื้องต้น
7. ศัพท์บัญญัติและนิยามขยะ
8. ศัพท์บัญญัติและนิยามสิ่งแวดล้อมน้ำ

ท่านที่สนใจหนังสือของสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

ติดต่อสั่งซื้อได้ที่

สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทร. 218-6669, 252-7511

โทรสาร 252-7510

E-mail: eeer@ancxinc.env.chula.ac.th

ศูนย์บริการเอกสารการวิจัยฯ



BT16695

หนังสือเล่มนี้ได้รับความอนุเคราะห์ในการจัดพิมพ์
บางส่วนจาก การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

