



มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบกลางภาค ประจำปีการศึกษาที่ 1

ปีการศึกษา 2554

วันที่ 30 กรกฎาคม 2554

เวลา 9.00 – 12.00 น.

วิชา 223-501 ADVANCED WASTEWATER TREATMENT AND ENGINEERING

ห้องสอบ ห้วหุ่นยนต์

**คำชี้แจง**

เฉลยข้อสอบทั้งหมดมี 8 ข้อ รวม 100 คะแนน ดังแสดงในตารางข้างล่าง

ข้อสอบมี 15 หน้า ไม่มีหน้าใดที่ไม่มีข้อความ ห้ามแกะหรือฉีกข้อสอบออกจากเล่ม

ห้ามนำเอกสารใดๆ เข้าห้องสอบ ทุกวิธีจะได้ E ทุกกรณี

ทุจริตในการสอบ โทษขั้นต่ำปรับตกในรายวิชานั้นและพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา โทษสูงสุดให้ออก

ให้เขียนชื่อ-รหัส ที่หัวกระดาษทุกแผ่น

ห้ามหยิบหรือยืมสิ่งของใดๆ ของผู้อื่นในห้องสอบ

ถ้าพิจารณาเห็นว่าค่าคงที่ต่างๆ หรือข้อสมมุติฐานที่โจทย์กำหนดให้ไม่เพียงพอต่อการคิดคำนวณ ให้สมมุติขึ้นมาเองตามความเหมาะสม

ตารางแสดงคะแนนสอบกลางภาค

ข้อ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	20	
2	10	
3	12	
4	12	
5	12	
6	12	
7	10	
8	12	
รวม	100	

จรงค์พันธ์ มุสิกวงค์

กรกฎาคม 2554

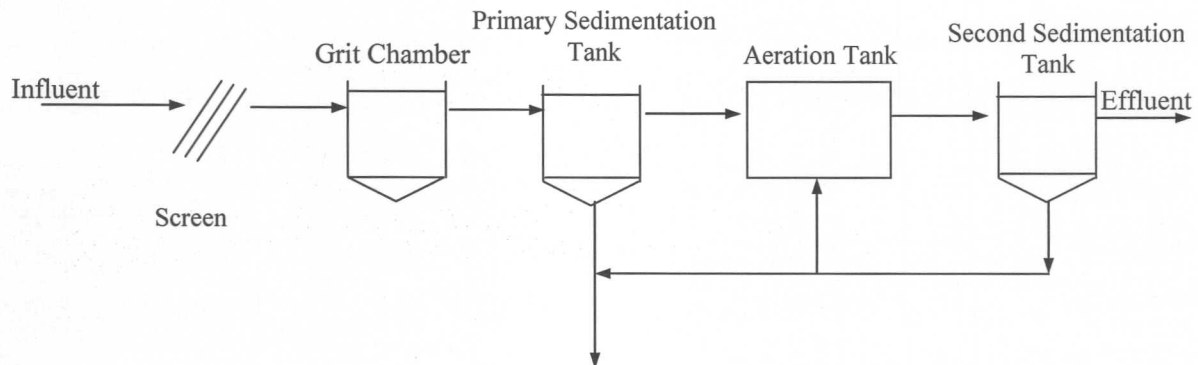
**ข้อที่ 1** จงตอบคำถามต่อไปนี้ (20 คะแนน)

1.1 จากสูตรการคำนวณหาเวลาเก็บกักน้ำของถังปฏิกรณ์แบบ CSTR และ Plug Flow เมื่อกำหนดให้ประสิทธิภาพในการบำบัดเท่ากันที่ร้อยละ 90 จงแสดงให้เห็นว่าถังปฏิกรณ์แบบใดมีปริมาตรมากกว่ากัน (5 คะแนน)

กำหนดให้

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1+k\theta}, \quad \frac{C}{C_0} = e^{-k\theta}, \quad \text{first order reaction rate} = 5 \text{ day}^{-1}$$

1.2 จากรูปเขียนแสดงว่าในถัง grit chamber, primary sedimentation tank และ secondary sedimentation tank มี การตกตะกอนประเภทใดบ้างได้บ้างตามระดับความลึก (Top, Middle and Bottom) (5 คะแนน)



**1.3 การบำบัดน้ำเสียขั้นสูงต่างจากการบำบัดน้ำเสียโดยทั่วไปอย่างไร จงอธิบายโดยสังเขป (5 คะแนน)**

**1.4 จงจับคู่มลพิษที่เหลืออยู่ในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วกับ Unit operation process ที่สามารถใช้กำจัดมลพิษดังกล่าวได้โดยพิจารณาจากความเหมาะสม ความเป็นพิษและความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ (5 คะแนน)**

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| ..... A Suspended and Colloids solids  | 1. Air striping                |
| .....B Total organic carbon            | 2. Activated carbon adsorption |
| .....C Heavy metal                     | 3. Ion exchange                |
| .....D Bacteria                        | 4. Surface filtration          |
| .....E Volatile organic compound (VOC) | 5. Electrolysis                |

ข้อที่ 2 โรงงานถลุงมีอย่างแห่งหนึ่งต้องการใช้ระบบ Dissolved air flotation (DAF) เป็นระบบบำบัดขั้นต้น

กำหนดให้

- Wastewater flow rate มีค่าเท่ากับ 1,500 m<sup>3</sup>/day
- Chemical oxygen demand มีค่าเท่ากับ 1,500 mg/L
- Total suspended solids มีค่าเท่ากับ 500 g/m<sup>3</sup>
- Optimum A/S ratio มีค่าเท่ากับ 0.01 mL/mg
- Temperature 30 °C, S<sub>a</sub> มีค่าเท่ากับ 15.7 mL/L
- Recycle pressure มีค่าเท่ากับ 250 kPa
- Fraction of saturation มีค่าเท่ากับ 0.5
- ค่า loading มีค่าเท่ากับ 4 kg/m<sup>2</sup>-h
- ค่า safety factor สำหรับพื้นที่มีค่าเท่ากับ 2
- ค่า Surface loading rate มีค่าอยู่ระหว่าง 20 – 150 L/m<sup>2</sup>-min
- ระบบ Dissolved air flotation เป็นระบบที่มีการ recycle
- $$\frac{A}{S} = \frac{1.3Sa(fp - 1)R}{TSS(Q)}$$
- $$p = \frac{p + 101.35}{101.35}, p = \text{pressure, atm}$$
- ระบบทำงานวันละ 24 ชั่วโมง

จงใช้ข้อมูลที่กำหนดให้เพื่อหาค่าดังต่อไปนี้ (10 คะแนน)

- 2.1 ค่าความดันที่ใช้ (atm)
- 2.2 อัตราการไหลรวมที่เข้าถัง (Q + R) (m<sup>3</sup>/h)
- 2.3 Surface area ของถัง (m<sup>2</sup>)
- 2.4 ให้ตรวจสอบว่า Surface loading rate L/m<sup>2</sup>-min อยู่ในช่วงที่กำหนดหรือไม่ ในกรณีที่ ไม่เหมาะสมให้หาขนาดที่เหมาะสม

**ข้อที่ 3** ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) ของโรงงานถลุงมีอยู่ในข้อที่ 2 ซึ่งใช้ระบบ Dissolved air flotation (DAF) เป็นระบบบำบัดขั้นต้น และมีน้ำเสียเพิ่มเติมเข้าระบบ UASB (wastewater from other process) ดังลักษณะที่กำหนดให้ ให้นักศึกษาใช้ข้อมูลจากข้อที่ 2 และข้อมูลที่กำหนดให้ตอบคำถามต่อไปนี้ (12 คะแนน)

- 3.1 จงหา  $COD_{mix}$  และ ปริมาตรถังบำบัดน้ำเสีย ( $V_n$  และ  $V_L$ )
- 3.2 จงหาพื้นที่ของถังบำบัดน้ำเสีย เส้นผ่านศูนย์กลางและความสูง ( $A$ ,  $H_L$  และ  $H_T$ )
- 3.3 จงตรวจสอบว่าค่า alkalinity ของน้ำเสียเพียงพอที่ต่อความสมดุลของระบบหรือไม่ ถ้าไม่ เพียงพอต้องเติมสารเพิ่ม alkalinity ลงไปเท่าไรในหน่วยกิโลกรัมต่อวัน
- 3.4 กรณีที่ค่า COD ตามมาตรฐานน้ำทิ้งสำหรับโรงงานที่ตั้งอยู่ในเขตการนิคมอุตสาหกรรมต้องมีค่าไม่เกิน 300 mg/L น้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบ UASB มีค่าผ่านมาตรฐานหรือไม่ และให้แสดงความคิดเห็นว่าตัวแปรใดที่ต้องทำการตรวจสอบก่อนจะแทนค่าในสูตรที่ให้มา

### กำหนดให้

#### Wastewater from DAF

- Wastewater flowrate, m <sup>3</sup> /day	1,500
- Soluble COD, mg/L	750
- Alkalinity, g/m <sup>3</sup> as CaCO <sub>3</sub>	250

#### Wastewater from other process

- Wastewater flow rate, m <sup>3</sup> /day	1,500
- Soluble COD, g/m <sup>3</sup>	5,000
- Alkalinity, g/m <sup>3</sup> as CaCO <sub>3</sub>	250
- Organic loading rate, kg COD/m <sup>3</sup> -day	12
- Upflow velocity, m/h	0.8
- Reactor volume effectiveness factor (E), percent	85
- Height for gas collection, m	2
- ความสูงของถังต้องมีค่าน้อยกว่า, เมตร	10 เมตร
- ค่า alkalinity ที่ระบบต้องการ, g/m <sup>3</sup>	3,000
- เวลาเก็บกักตะกอน $\theta_c$ , วัน	52

$$- V_n = \frac{QS_0}{L_{org}}, V_L = \frac{V_n}{E}, A = \frac{Q}{velocity}, H_L = \frac{V_L}{A}, H_T = H_L + H_G$$

$$- K_s = 500 \text{ mg/L}, k = 3.125 \text{ g COD/g VSS.d}, Y = 0.08 \text{ g VSS/g COD}, k_d = 0.04 \text{ g VSS/g VSS.d}$$

$$- s = \frac{K_s [1 + (k_d)\theta_c]}{\theta_c (Yk - k_d) - 1}$$

$$- COD_{mix} = \frac{Q_{DAF} COD_{DAF} + Q_{other} COD_{other}}{Q_{DAF} + Q_{other}}$$

**ข้อที่ 4** จากข้อที่ 3 พบว่าทางโรงงานถลุงมีอย่างต้องการทางเลือกในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระบบบำบัดแบบใช้อากาศให้นักศึกษาใช้ข้อมูลจากข้อที่ 2-3 และข้อมูลที่กำหนดให้ตอบคำถามต่อไปนี้ (12 คะแนน)

- 4.1 จงหาค่าเวลาในการเก็บกักตะกอน( $\theta_c$ ) (4 คะแนน)
- 4.2 จงหาค่าเวลาในการเก็บกักน้ำ( $\theta$ ) (2 คะแนน)
- 4.3 จงหาปริมาตรของถังเติมอากาศ (2 คะแนน)
- 4.4 จงเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียด้านค่าใช้จ่ายของระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศข้อที่ 3 และระบบบำบัดแบบใช้อากาศข้อที่ 4 และความคิดในการใช้สมการที่กำหนดให้ในการออกแบบ (4 คะแนน)

#### กำหนดให้

##### Wastewater from DAF

- Wastewater flowrate, m <sup>3</sup> /day	1,500
- Soluble COD, mg/L	750
- Alkalinity, g/m <sup>3</sup> as CaCO <sub>3</sub>	250

##### Wastewater from other process

- Wastewater flow rate, m <sup>3</sup> /day	1,500
- Soluble COD, g/m <sup>3</sup>	5,000
- ค่า $Q_R$ จากถังตกตะกอน, m <sup>3</sup> /day	200
- Soluble COD, g/m <sup>3</sup>	5,000
- Alkalinity, g/m <sup>3</sup> as CaCO <sub>3</sub>	250
- MLSS, g/m <sup>3</sup>	3,000
- MLVSS, g/m <sup>3</sup>	2,500
- The plant permits standard COD <sub>5</sub> , mg/L	300
- COD of suspended solid equal to 20% of soluble COD	
- $\mu_{\max} = 3.0 \text{ day}^{-1}$ , $K_s = 60 \text{ mg/L}$ (g/m <sup>3</sup> ), $Y = 0.60 \text{ mgMLVSS/mgBOD}_5$ , $K_d = 0.06 \text{ day}^{-1}$	
- $\frac{1}{\theta_c} = \mu - k_d$ , $\mu = \frac{\mu_{\max} S}{K_s + S}$	
- $\theta = \frac{\theta_c Y(S_0 - S)}{X(1 + k_d \theta_c)}$ , $\theta = \frac{V}{Q}$	

**ข้อที่ 5 (12 คะแนน)** กำหนดให้สารที่เข้าระบบบำบัดน้ำเสียในข้อ 4 มีสูตรเคมี  $C_{12}H_{22}O_{11}$

- 1) จงหาปริมาณออกซิเจนที่ต้องการทางทฤษฎี (Theoretical Oxygen Demand) ในการย่อยสลาย  $C_{12}H_{22}O_{11}$  1 kg (ให้ตอบในหน่วยกิโลกรัม) และต้องการอากาศที่ใช้จริงเท่าไร (ให้ตอบในหน่วยกิโลกรัม) เมื่อกำหนดให้อากาศมีออกซิเจนเป็นส่วนประกอบ 20 เปอร์เซ็นต์
- 2) การย่อยสลายสารอินทรีย์ทั้งหมดในข้อที่ 4 ต้องการปริมาณออกซิเจนทางทฤษฎีเท่าไร

**ข้อที่ 6** น้ำเสียจากโรงงานแห่งหนึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้

- Wastewater flow rate, m <sup>3</sup> /day	3,000
- Total suspended solids (TSS), g/m <sup>3</sup>	400
- Wastewater alkalinity, g/m <sup>3</sup> as CaCO <sub>3</sub>	50
- Alum Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> 18H <sub>2</sub> O added for removing TSS only, kg/1000 m <sup>3</sup>	30
- Phosphorus in wastewater, g P/m <sup>3</sup>	10
- Raw sludge properties: Specific gravity	1.03
Moisture content, percent	94
- Chemical sludge properties: Specific gravity	1.05
Moisture content, percent	92.5

**กำหนด**

- 60 เปอร์เซ็นต์ของ Total suspended solids (TSS) สามารถตกตะกอนได้ใน primary sedimentation tank โดยไม่ต้องใช้ alum
- 90 เปอร์เซ็นต์ของ Total suspended solids (TSS) สามารถตกตะกอนได้ใน primary sedimentation tank โดยใช้ alum
- สมการการเติม alum เพื่อการ precipitation  

$$3\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{CaSO}_4 + 6\text{CO}_2 + 18\text{H}_2\text{O}$$

(3 x 100 as CaCO<sub>3</sub>) (666.5) (2 x 78) 3x136 6x44 18x18
- สมการการเติม alum กับ Lime  

$$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O} + 3\text{Ca}(\text{OH})_2 \longrightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{CaSO}_4 + 18\text{H}_2\text{O}$$

(666.5) (3 x 56 as CaO) (2 x 78) 3x136 18x18
- จากการทดลองพบว่าการกำจัด Phosphorus (P) 1 kg ต้องการ 18 kg ของ Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 18H<sub>2</sub>O
- ρ<sub>น้ำ</sub> = 1000 kg/m<sup>3</sup>

**จงตอบคำถามต่อไปนี้ (12 คะแนน)**

- 6.1 จงหามวลของ TSS (kg/day) ที่ถูกกำจัดโดยไม่เติม alum และเติม alum (2 คะแนน)
- 6.2 จงตรวจสอบว่า alkalinity ในน้ำเสียมีเพียงพอต่อการกำจัด TSS โดยการเติม alum หรือไม่ ถ้าไม่เพียงพอ ต้องเติม Ca(OH)<sub>2</sub> ลงไปเท่าไร (kg/day) (3 คะแนน)
- 6.3 จงหาค่า Al(OH)<sub>3</sub> ที่เกิดขึ้น (kg/day) (2 คะแนน)
- 6.4 จงหาปริมาณของตะกอน TSS ที่เกิดขึ้นจากการตกตะกอนโดยไม่เติม alum และเติม alum (3 คะแนน)
- 6.5 จงหาปริมาณ alum ที่ต้องเติมเพิ่ม (kg/day) เพื่อใช้กำจัด phosphorus (2 คะแนน)



ข้อที่ 7 โรงงานผลิตถุงมือต้องการใช้ระบบบำบัดแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon) เพื่อบำบัดน้ำออกจากระบบ UASB ในข้อที่ 1 ให้ได้ค่าน้ำทิ้งผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งโดยทั่วไป ให้นักศึกษาใช้ข้อมูลจากข้อที่ 1 และข้อมูลที่กำหนดให้ตอบคำถามต่อไปนี้ (10 คะแนน)

- 3.1 จงหาค่าเวลาในการเก็บกักตะกอน( $\theta_c$ )
- 3.2 จงหาปริมาตรของบ่อเติมอากาศ
- 3.3 จงหาปริมาณความต้องการออกซิเจนทางทฤษฎีต่อวัน และให้ประมาณความต้องการออกซิเจนที่ต้องใช้จริง
- 3.4 จงหาว่าค่า BOD ในน้ำทิ้งผ่านมาตรฐานหรือไม่

กำหนดให้

- Wastewater flow rate,  $m^3/day$  3,000
- Soluble COD,  $g/m^3$  155
- BOD/COD 0.8
- The plant permits standard  $BOD_5$ ,  $mg/L$  8
- Depth of Lagoon, m 3
- $\theta$ , day 5
- Water temperature,  $^{\circ}C$  20
- $Y = 0.65 \text{ mg}_{MLVSS}/\text{mg}_{BOD5}$ ,  $K_s = 100 \text{ mg/L}$  ( $g/m^3$ ),  $k = 6.0 \text{ g/g}$ ,  $K_d = 0.07 \text{ day}^{-1}$  for  $25^{\circ}C$
- First order observed soluble BOD removal –rate constant  $k_{20} = 2.5 \text{ d}^{-1}$  at  $20^{\circ}C$
- $S = \frac{S_0}{[1 + (k)\theta]}$
- $k_2 = k_1 1.06^{(T_2 - T_1)}$
- Oxygen demand =  $1.5 Q(S_0 - S)$

**ข้อที่ 8** ชุมชนแห่งหนึ่งมีประชากร 5,000 คน ประชากร 1 คนใช้น้ำประปาเท่ากับ 250 L/day โดยน้ำทิ้งจากบ้านเรือน ได้ถูกรวบรวมเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย นักศึกษาถูกมอบหมายงานให้ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Tricking Filter จงใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ออกแบบหาเส้นผ่านศูนย์กลางของถัง Tricking Filter ที่สามารถจัดวางได้พอดีในพื้นที่ (12 คะแนน)

**กำหนดให้**

- |   |                        |
|---|------------------------|
| - ปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบ, m <sup>3</sup> /day | 0.8 (น้ำประปาที่ใช้ไป) |
| - ค่า BOD, mg/L น้ำเสีย                         | 600                    |
| - ค่า BOD น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว, mg/L          | 20                     |
| - ถึงตกตะกอนขั้นต้นกำจัด BOD ได้ร้อยละ          | 30                     |
| - Filter depth (D), m                           | 4-6                    |
| - Recycle ratio, m <sup>3</sup> /d (R/Q)        | ไม่มีการ Recycle       |
| - ค่า K   | 2.35                   |
| - n   | 0.5                    |
| - พื้นที่ที่ใช้ในการวางถัง, เมตร x เมตร         | 8 x 8                  |
- $\frac{S_t}{S_0} = e^{-KD/Q_L^n}$

**ข้อพิเศษ** นักศึกษาคิดว่าผู้ควบคุมระบบมีความชอบที่จะควบคุม Unit operation processes ไตมากที่สุด (ดูแผนผังข้อ  
1.2) ให้ตอบแค่ 1 คำตอบไม่ต้องอธิบาย (5 คะแนน)