การคำนวณระบบบำบัดน้ำเสีย
ชนิด บ่อดักไขมัน, Anaerobic Filter(A/F) และ Activated Sludge Process

- **การคำนวณบ่อดักไขมัน**

<u>กำหนด</u> 1. Flow rate of influent = 4.5 m^3/d

2. Detention time > 30 min

จากสมการ $Q = \frac{V}{t}$

ปริมาตรถัง Grease Trap ที่ 1 และ 2 มีปริมาตรรวม = 4 m^3

แทนค่าลงในสมการ $4.5\ m^3/d = \frac{4\ m^3}{t}$

$\therefore$ t = 0.888 day = 21.33 hr > 30 min

- **การคำนวณ Anaerobic Filter (A/F)**

<u>กำหนด</u> 1. Wastewater flow rate = 4.5 m^3/d

2. Hydraulic retention time = 12 hr

3. BOD Removal efficiency = 60%

4. BOD influent = 750 mg/l

Volume of A/F required = (4.5 x 12)/24

= 2.25 m^3

<u>Select</u> ϕ = 1.8 m , L = 1.3 m , free board = 0.3 m

Effective Volume of A/F = 2.95 m^3 > 2.25 m^3 (OK)

<u>Check</u> Detention time = (2.95 x 24)/ 4.5

= 15.733 > 12 hr (OK)

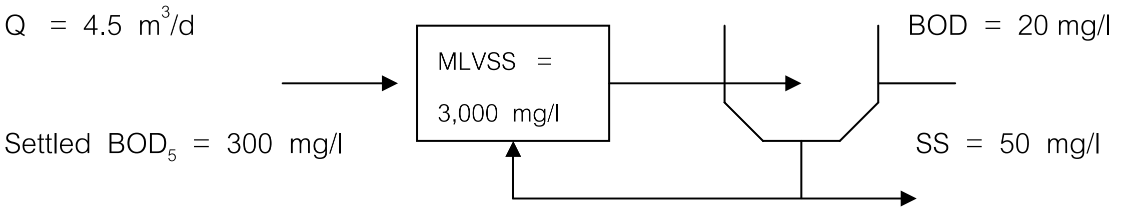
BOD outlet from filter $= 750 \times \frac{(100 - 60)}{100}$

= 300 mg/l

- **การคำนวณระบบเติมอากาศ(Activated Sludge Process)**

<u>กำหนด</u>

1. Effluent BOD$_5$ = 20 mg/l
2. Settled wastewater BOD$_5$ = 300 mg/l
3. Flow rate of influent = 4.5 m^3/d
4. Mixed Liquor Volatile suspended Solid = 3,000 mg/l (MLVSS)
5. Return Sludge Concentration = 10,000 mg/l (SS)
6. $\frac{\text{MLVSS}}{\text{MLSS}} = 0.8$
7. Effluent Suspended Solid Concentration = 50 mg/l
8. Recireulation ratio (α) = 0.7



$$\frac{Qr}{Q} = 0.7$$

เนื่องจากกำหนด Effluent BOD$_5$ มาให้ ซึ่งรวมทั้ง BOD$_5$ ในรูป Soluble และ BOD$_5$ ของ Biological Solid จึงต้องหา BOD$_5$ Effluent ในรูป Soluble ดังนี้

1. Estimate the Concentration of Soluble BOD$_5$ in the Effluent using the following relationship :

Effluent BOD$_5$ = influent Soluble BOD$_5$ escaping treatment + BOD$_5$ of effluent biological Solid

1.1 คำนวณหา BOD$_5$ of effluent biological Solid จาก

BOD at any time, t = Ultimate BOD (1-10^{-kt})

k = is a rate constant bass on this equation for a k equal to 0.1 perday

t = 5 day

แทนค่า

$$*BOD_5 = BOD_L (1-10^{-0.1x5})$$

* จาก Water and wastewater Technology, Third Edition หน้า 73

$$BOD_5 = 0.683772\ BOD_L$$

$$\frac{BOD_5}{BOD_L} = 0.68$$

a. Common Value for domestic waste, 68 percent of the Ultimate Carbonaceous BOD is excreted after five days.

ค่า BOD Ultimate หาจากปฏิกิริยา

$$C_5H_7O_2N + 5O_2 \longrightarrow 5CO_2 + 2H_2O + NH_3 + energy$$

113	5(32)
Cell	
1	1.42

✵ BOD_L of one mole of cell is equal to 1.42 time the Concentration of Cell

✵✵ แต่ 65 percent is biodegradable (Domestic wastewater) ในช่วงแรกก่อน 5 วัน Bacteria จะมีขบวนการ metabolism สูง เกิดการย่อยสลายทางชีววิทยาสูง

$$BOD_L = 1.42 \times 0.65 \times VSS(mg/l)$$

* <u>หมายเหตุ</u> 1.42 mg = O_2 consumed/mg Cell oxidized

แต่ BOD มาจาก VSS ไม่ใช่ SS

จากข้อกำหนด $\frac{MLVSS}{MLSS} = 0.8$

Effluent Suspended Solid = 50 mg/l

MLVSS = 0.8 x 50 mg/l

= 40 mg/l

แทนค่าลงในสมการ BOD_L

$\therefore BOD_L = 1.42 \times 0.65 \times 40$

$= 36.96$ mg/l

จาก BOD_5 = $0.68\ BOD_L$ (BOD_5 ในที่นี้คือ BOD_5 of effluent biological Solid)

= 0.68 x 36.92 mg/l

= 25.1056 mg/l

✵ จากหนังสือ Wastewater Engineering , Third Edition หน้า 335

✵✵ จากหนังสือ Water and Wastewater Technology , Third Edition หน้า 80-81

แทนค่าในสมการ

Effluent BOD_5 = influent Soluble BOD_5 escaping treatment + BOD_5 of effluent biological Solid

20 mg/l = influent Soluble BOD_5 escaping treatment + 25.1056

$\therefore$ influent Soluble BOD_5 escaping treatment = -5.1056 mg/l

ได้ค่าติดลบ เป็นไปไม่ได้ เข้าใจว่า BOD_5 effluent ที่กำหนด เป็น BOD_5 ของ influent Soluble BOD_5 escaping treatment การที่ได้ค่าติดลบ อาจจะเกิดจาก ค่า Effluent Suspended Solid Concentration ที่กำหนดมีค่าสูง ทำให้การคำนวณค่า BOD_5 ที่อยู่ในรูปของ biological Solid สูงไปด้วย

$\therefore$ Design ที่ 1. influent BOD_5 = 300 mg/l

2. effluent BOD_5 = 20 mg/l

1.2 The overall Plant efficiency is

$$E_{overall} = \frac{(S_o - S)}{S_0} \times 100$$

Where :

S_0 = influent BOD_5 = 300 mg/l

S = influent BOD_5 = 20 mg/l

$$\therefore \quad E_{overall} = \frac{(300 - 200)}{300} \times 100$$

$$= 93\%$$

2. คำนวณหาค่า θ_c (mean cell residence time) จากสูตร

$$S = \frac{k_s(1+\theta_C k_d)}{\theta_c(Yk - k_d) - 1}$$

Random ค่า k = 2 d^{-1}

k_s = 60 mg/l BOD_5

y = 0.4 mg VSS/mg BOD_5

k_d = 0.06 d^{-1}

โจทย์กำหนด Effluent BOD_5 = 20 mg/l แทนค่าลงในสมการ

$$20 \text{ mg/l} = \frac{60 \text{ mg/l } (1+\theta_c \times 0.06\, d^{-1})}{\theta_c (0.4 \text{ mg VSS/mg BOD}_5 \times 2\, d^{-1} - 0.06\, d^{-1}) - 1}$$

$$20 = \frac{60 (1+\theta_c \times 0.06\, d^{-1})}{\theta_c (0.8 - 0.06^{-1}) - 1}$$

$$\theta_c (d^{-1})\ 0.74\text{-}1 = 3+0.18\, d^{-1}\theta_c$$

$$0.74\, \theta_c (d^{-1}) = 4$$

$$\theta_c = \frac{4}{0.56}$$

$$\theta_c = 7.142 \text{ day}$$

3. หาขนาดของถัง Reactor (Volume of the aeration) จากสูตร

$$X = \frac{\theta_c Y(S_o - S)}{\theta (1+k_d \theta_c)}$$

Where

X = MLVSS ในถัง Reactor = 3,000 mg/l

Y = 0.4 mg VSS/mg BOD_5 ~ จากข้อ 2

K_d = 0.06 day^{-1} ~ จากข้อ 2

θ_c = 7.142 day

แต่ The mean hydraulic of reactor time (θ_c) for the reactor ได้จาก

$$\theta_c = \frac{V_r}{Q}$$

where

V_r = Volume of the reactor (m^3)

Q = Q จาก Flow rate of influent

= 4.5 m^3/d (ไม่ทำ Q จาก Return sludge)….

โจทย์กำหนด S_0 = 300 mg/l

S = 20 mg/l

…..

จะได้สมการใหม่

$$V_r = \frac{\theta_c QY(S_0 - S)}{X(1 + K_d\theta_c)}$$

$$V_r = \frac{7.142\,(d) \times 4.5\,(m^3/d) \times 0.4\,(mg/\ VSS/mg\ \ BOD_5) \times (300\,mg/l - 20mg/l)}{3{,}000\,mg/l\,(1 + 0.06\,d^{-1} \times 7.142\,d)}$$

$$V_r = 3{,}599.568/4{,}285.56$$

$$V_r = 0.839929\ \ m^3$$

4. คำนวณหา Detention time

จาก $Q = \frac{V_r}{t}$

$$t = \frac{V_r}{Q}$$

$$= \frac{0.839929\ \ m^3}{4.5\ \ m^3/d}$$

$$= 0.18665\ \ d$$

$$= 4.4796 \qquad \text{(OK)}$$

5. คำนวณหา Sludge Production rate on a mass basis

5.1 The Observed Yield is

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1 + k_d\theta_c}$$

Where

$Y = 0.4$ mg VSS/mg BOD_5

$K_d = 0.06\ \ d^{-1}$

$\theta_c = 7.142$ day

แทนค่า $Y_{obs} = \frac{0.4}{1 + 0.06 \times 7.142}$

$= 0.28$

5.2 The Biomass production rate is (Px)

$P_x = Y_{obs}\,Q(S_0\text{-}S) \times (10^3\ g/ug)^{-1}$

$Q = 4.5\ \ m^3/d$

P_x biomass production = $0.28 \times 4.5\ m^3/d \times (300\ mg/l - 20\ mg/l) \times \frac{kg}{10^6 mg} \times 1{,}000 \frac{l}{m^3}$

= 0.3528 kg VSS/day

6. คำนวณหา Oxygen requirement per day จากสูตร

$$O_2\ (Kg/d) = \frac{Q(S_0 - S) \times (10^3\ g/Kg)^{-1}}{f} - 1.42\ P_x$$

Where f = conversion factor for Coverting BOD_5 to BOD_L = 0.68

แทนลงในสมการ

$$O_2 = \frac{4.5\ m^3/d(300 - 20)\ mg/l}{0.68} \times \frac{kg}{10^6 mg} \times \frac{1000\ ml}{m^3} - 1.42 x 0.3136 \frac{kg}{d}$$

= 1.4076 kg/d

O_2 requirement = 1.4076 kg/d

= 1.4076 kg/d

Check O_2 requirement จาก

O_2 = (1-1.2) x Q x C

=

1. Oxygen requirement ที่ = QC

$= 4 \frac{m^3}{d} \times 300\ mg/l \times \frac{kg}{10^6 mg} \times \frac{1000 l}{m^3}$

= 1.2 kg/d

2. Oxygen requirement ที่ = 1.2 QC

$= 1.2 \times 4 \frac{m^3}{d} \times 300\ mg/l \times \frac{kg}{10^6 mg} \times \frac{1000\ ml}{m^3} \times 4 \frac{m^3}{d}$

= 1.44 kg/d

Oxygen requirement ที่หาได้อยู่ใน Range (OK)

7.คำนวณหา Volume of air requirement

Assuming that the oxygen- transfer efficiency that aeration equipment to be used is 10% -ใช้ Safety factor = 2 Should be used to determine that actual design Volume for sizing the blowers

(a) The Theoretical air requirement, assuming that air constant (อากาศ 100% มี O_2 = 23.2%) = 23.2% Oxygen be weight, is

จาก Standard air has a specific weight of 0.075 lb/ff^3 หรือ 1.2 kg/m^3

$$= \frac{1.4076 \text{ kg/day}}{1.2 \text{ kg/m}^3 \times 0.232}$$

$$= 5.0561 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$= 5.06 \text{ m}^3/\text{d}$$

(b) Determine the actual air requirement at on 10% transfer efficiency

$$= \frac{5.06}{0.1} \text{m}^3/\text{d}$$

$$= 50.6 \text{ m}^3/\text{d} \times \frac{\text{day}}{24 \text{ hr}} \times \frac{\text{hr}}{60 \text{ min}}$$

$$= 0.35 \text{ m}^3/\text{min}$$

(c) Determine the design air requirement

กำหนด Safety factor = 2

$$= 2 \times 0.035 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$= 0.07 \text{ m}^3/\text{min} \approx 70 \text{ l/min}$$

8. Check the air Volume using the actual value determined in step 7b

(a) Air requirement per unit volume :

$$= \frac{50.6 \text{ m}^3/\text{d}}{4.5 \text{ m}^3/\text{d}}$$

$$= 11.24 \text{ m}^3/\text{m}^3 \quad \text{(OK)}$$

For diffused-air aeration, the amount of air used has community ranged from 0.5 to 2 lt^3/gallon (3.75 to 15 m^3/m^3)

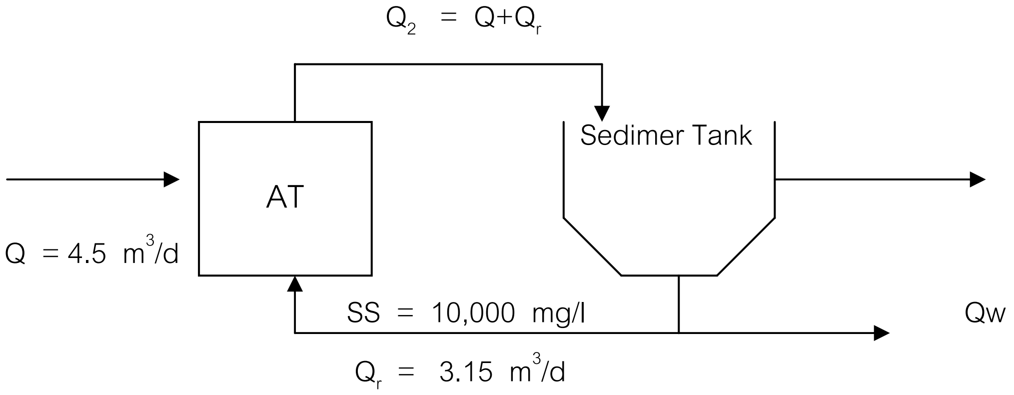
(b) Air requirement per kilogram to BOD_5 removed :

$$= \frac{50.6 \text{ m}^3/\text{d}}{(300 - 20) \text{ mg/l} \times 4.5 \text{ m}^3/\text{d} \times \frac{\text{kg}}{10^6 \text{ mg}} \times \frac{1000 \text{ l}}{\text{m}^3}}$$

$$= \frac{50.6 \text{ m}^3/\text{d}}{1.12 \text{ m}^3/\text{d} \times \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 40.1587 \text{ m}^3/\text{kg BOD}$$

9. จากรูป แสดงระบบ Activated Sludge Process



โจทย์กำหนด Recircoulation ratio (∝)

$$\therefore \frac{Q_r}{Q} = 0.7$$

$$Q_r = 0.79$$

$$= 0.7 \times 4.5\ m^3/d$$

$$= 3.15\ m^3/d$$

$$\therefore Q_r = 3.15 + 4.5$$

$$= 7.65\ m^3/d$$

แต่จาก Mass balance around reactor

Aeration VSS Concentration = 3,000 mg/l

Return VSS Concentration = 0.8 x 10,000 mg/l $\left(\frac{MLVSS}{MLSS}\ 0.8\right)$

= 80,000 mg/l

Mass balance

$$\Sigma Q_1 = \Sigma Q_2$$

$$(Q + Q_r) \times 3{,}000\ mg/l = Q_r \times 8{,}000\ mg/l$$

$$3{,}000\ Q + 3{,}000\ Q_r = 8{,}000\ Q_r$$

$$3{,}000Q = 5{,}000\ Q_r$$

$$\frac{Q_r}{Q} = 0.6\quad (OK)$$

10. คำนวณหา final Clarifier Volume

The Design information for Secondary Clarifier , Settling following air activated – Sludge (excludig extended aeration)

Assume : overflow rate = 1,100 gallon/ft^2.d

= 44.77 m^3/m^3.d (gallon/ft^2.day x 0.040 m^3/m^2.d)

Depth of Tank = 2 m

จากสูตร

$$\text{overflow rate} = \frac{Q}{A}$$

where Q = flow เข้าถัง final Clarifier

= 7.65 m^3/d

A = surface Area

$$\text{แทนค่า } A = \frac{7.65 \text{ m}^3/\text{d}}{44.77 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}}$$

= 0.1708 m^2

∴ Volume Tank = 0.1708 x

= 0.3417 m^3

11.Check F/M ratio

$$\text{F/M ratio} = \frac{\text{BOD (mg/l) x flow (m}^3\text{/d)}}{\text{MLVSS (mg/l) x } V_r \text{ (m}^3\text{)}}$$

$$= \frac{300 \text{ (mg/l) x 4.5 (m}^3\text{/d)}}{3{,}000 \text{ mg/l x 0.7466 m}^3}$$

= 0.6027 per day (OK)

12.Chack Volumetric loading

$$\text{Volumetric loading} = \frac{\text{BOD (mg/l) x flow (m}^3\text{/d)}}{V_r \text{ (m}^3\text{)}}$$

$$= \frac{300 \text{ (mg/l) x 4.5 (m}^3\text{/d)}}{0.7466 \text{ m}^3} \times \frac{\text{kg}}{10^6 \text{ mg}} \times \frac{1000\text{l}}{\text{m}^3}$$

$$= 1.8081 \frac{\text{kg BOD}}{\text{m}^3.\text{day}}$$

$$= 1.8081 \frac{kg}{m^3.d} \times \frac{\dfrac{2.2046\ \dfrac{lb\,BOD}{kg}}{ft^3}}{2.877 \times 10^{-2}\ m^3}$$

$$= 0.114681\ \frac{lb}{ft^3.d} \times \frac{1000\ ft^3}{1000\ ft^3}$$

$$= 114.681\ \ lb/1{,}000\ ft^3.d \qquad OK$$

เป็นแบบ Complete Mix Activated Sludge