

Chương **3**

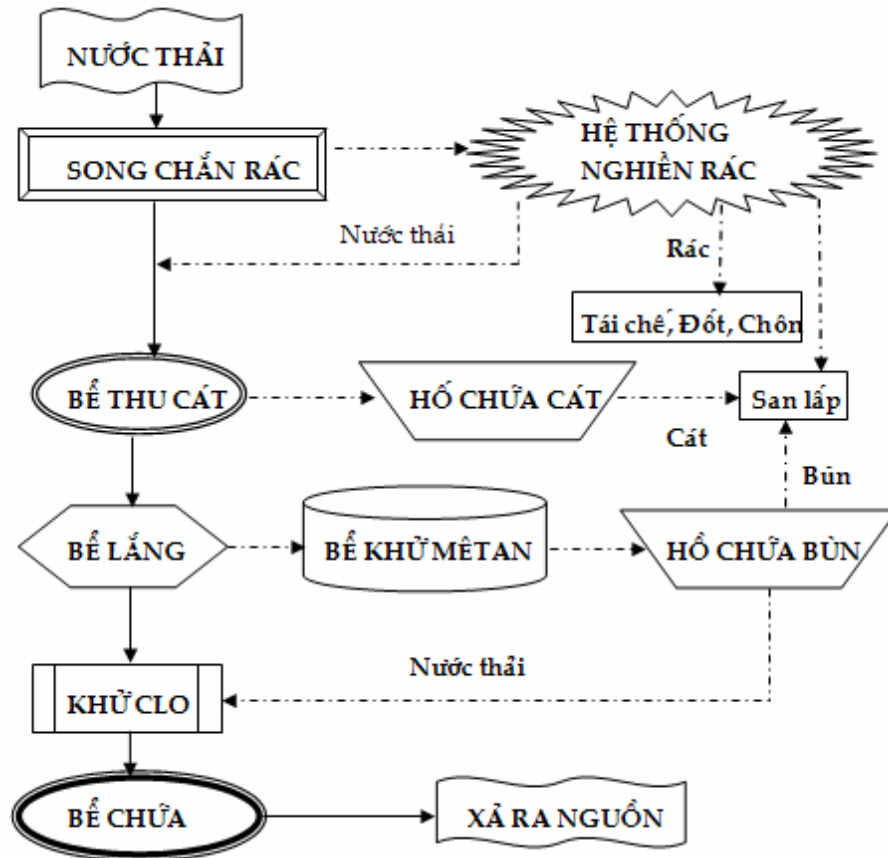
CÔNG TRÌNH XỬ LÝ NƯỚC THẢI BẰNG CƠ HỌC

--- oOo ---

3.1 CÔNG TRÌNH LÀM SẠCH CƠ HỌC

3.1.1 Song chắn rác

Trong hầu hết các công trình xử lý nước thải bằng biện pháp xử lý cơ học đều có song chắn rác (*bar-rack/screen*). Song chắn rác là hạng mục công trình xử lý sơ bộ đầu tiên nhằm ngăn giữ rác bần thô gồm giấy, bọc nylon, chất dẻo, cỏ cây, vỏ đồ hộp, gỗ, ... Các loại rác này có thể làm tắt nghẽn đường dẫn nước hoặc làm hư hỏng máy bơm. Song chắn rác là một hay nhiều lớp thanh đan xen kẽ với nhau (còn gọi là mắc song) đặt ngang đường dẫn nước thải. Rác sau khi lấy ra khỏi nước thải thường được đem qua bộ phận nghiền (*grinder*), đốt hoặc chôn tùy theo mức độ, kinh phí và công nghệ (xem hình 3.1).

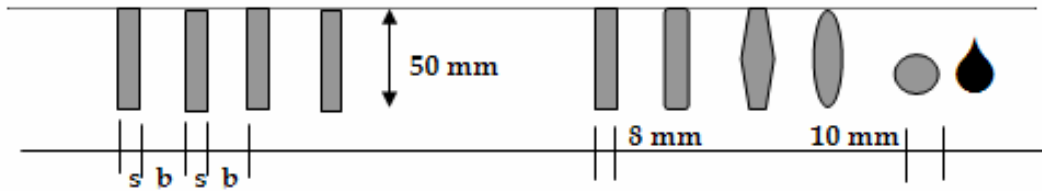


Hình 3.1: Sơ đồ trạm xử lý cơ học

Đối với song chắn rác, ta có thể phân biệt:

- Theo khe hở của song chắn có 3 kích cỡ: loại thô lớn (30 - 200 mm), loại trung bình (16 - 30 mm), loại nhỏ (dưới 16 mm).
- Theo cấu tạo của song chắn: loại cố định và loại di động.
- Theo phương cách lấy rác: loại thủ công và loại cơ giới.

Thanh đan trong song chắn có thể có hình tròn ($\phi = 8 - 10$ mm) hoặc hình chữ nhật (tiết diện ngang ($s \times b$) = 10 x 40 mm, 8 x 60 mm, ...). Hình tròn thì thuận lợi cho dòng chảy nhưng khó cào rác, còn hình chữ nhật thì gây tổn thất dòng chảy. Có nhiều hình dạng khác, tốt nhất là hình bầu dục, nhưng chi phí loại này cao.



Hình 3.2: Các kích thước và hình dạng của thanh chắn rác

Loại song chắn rác di động thường ít được sử dụng do thiết bị phức tạp và quản lý khó. Phổ biến là loại chắn rác dạng thanh chữ nhật cố định, rác được lấy bằng cào sắt gắn với một trục quay. Lượng rác được giữ lại phụ thuộc vào khe hở giữa các thanh chắn. Tùy theo mức độ rác trong nước thải, người ta định các khe hở của song chắn, nếu rộng quá thì sẽ không ngăn rác hiệu quả, còn nếu hẹp quá thì cản trở dòng chảy.

Bảng 3.1: Chỉ số thiết kế thanh chắn

Dữ liệu thiết kế	Cào rác bằng tay	Cào rác bằng cơ học
Kích thước thanh chắn		
+ Bề dày, inches (mm)	0.2 - 0.6 (5.08 - 15.24)	0.2 - 0.6 (5.08 - 15.24)
+ Bề bản, inches (mm)	1.0 - 1.5 (25.4 - 38.1)	1.0 - 1.5 (25.4 - 38.1)
Khoảng hở, inch (mm)	1.0 - 2.0 (25.4 - 38.1)	0.6 - 30 (15.24 - 72.6)
Độ dốc (độ °)	15 - 45	0 - 30
Vận tốc dòng chảy, ft/s (m/s)	1.0 - 2.0 (0.3048 - 0.6096)	2.0 - 3.25 (0.6096 - 0.9906)
Tổn thất dòng chảy, inch (mm)	6 (152.4)	6 (152.4)

Nguồn: George T., Franlin L. B., *Wastewater Engineering*, 1995

Một số lưu ý khi thiết kế song chắn rác:

Không chế tốc độ dòng chảy nước thải qua song chắn từ 0,5 - 1,0 m/s.

Nếu lượng rác $W > 0,1$ m³/ngày thì có thể lấy rác bằng tay.

Nếu lượng rác $W \leq 0,1$ m³/ngày thì có thể lấy rác bằng cơ giới.

Tổn thất cột nước khi đi qua song chắn rác có thể xác định theo:

$$h_L = B(s/b)^{4/3} \cdot h_v \cdot \sin \theta \quad (3-1)$$

trong đó :

s là bề dày thanh chắn

b là khoảng hở giữa 2 thanh

h_v là cột nước dòng chảy đoạn gần đến song chắn rác, $h_v = V^2/2g$

θ là góc nghiêng của thanh chắn so với chiều dòng chảy

B là hệ số hình dạng của thanh chắn, lấy theo bảng sau:

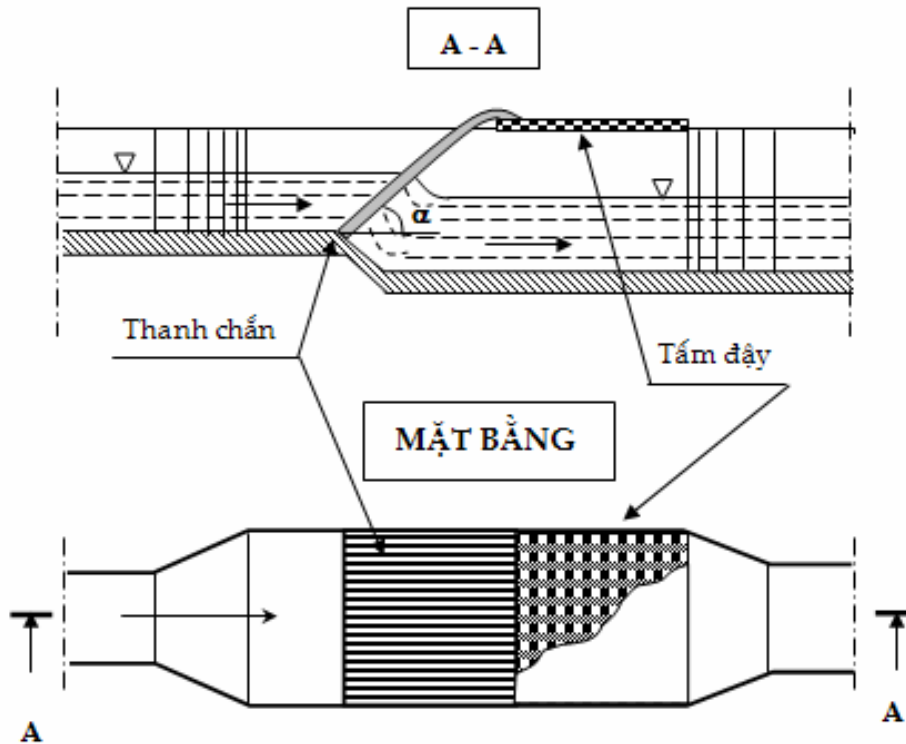
Bảng 3.2: Hệ số hình dạng thanh chắn rác

Hình dạng thanh	Hệ số B
Thanh chữ nhật sắc cạnh vuông	2,42
Thanh chữ nhật có đầu tròn ở mặt thượng lưu dòng chảy	1,83
Hình tròn	1,79
Thanh chữ nhật có đầu tròn ở mặt thượng lưu và hạ lưu	1,67
Thanh hình giọt nước	0,76

Nguồn: Kriengsak Udomsinrot, *Wastewater Engineering Design*, AIT, 1989

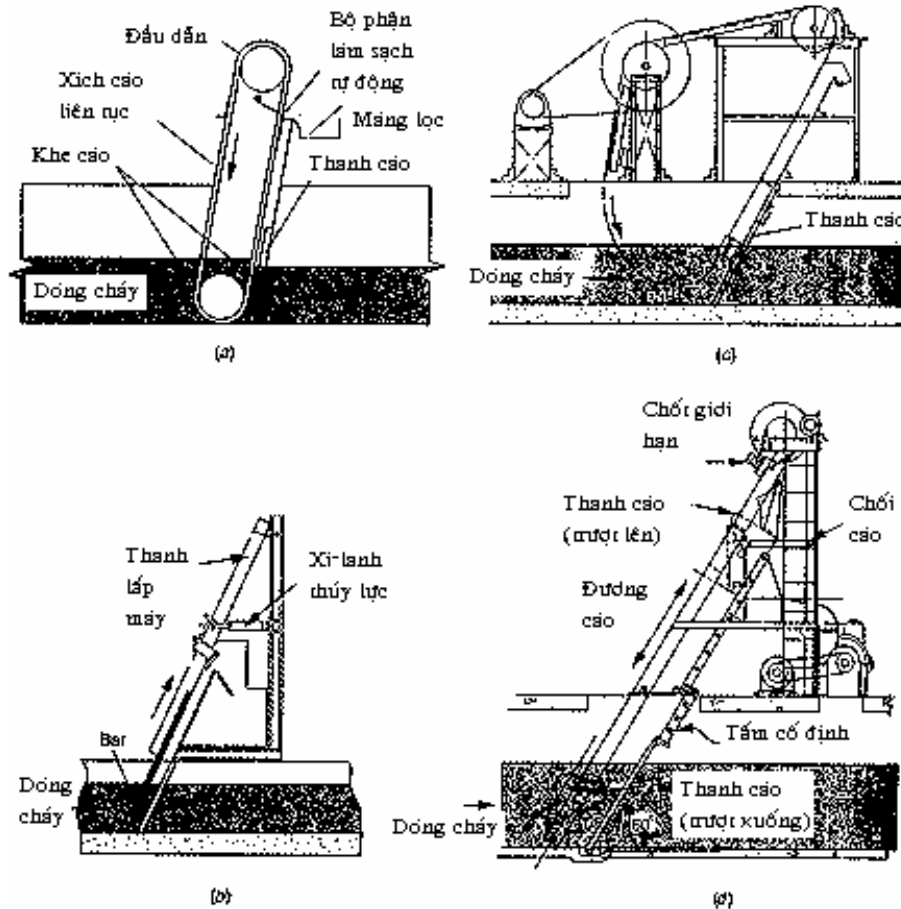
3.1.2 Một số kiểu song chắn rác

Hình 3.3 là một kiểu song chắn rác cào bằng tay, đây là loại được dùng phổ biến ở các công trình đầu mối của trạm bơm nước thải. Khi thiết kế cần lưu ý là chiều dài rãnh làm sạch bằng tay không nên vượt quá khoảng cách thuận lợi cho việc cào rác bằng tay, khoảng 3 m. Thanh chắn rác thường không nhỏ hơn 10 mm theo chiều dày và 50 mm theo chiều sâu. Các thanh này được hàn chặt trong một khung cứng với các khoảng cách phù hợp với dụng cụ cào rác. Phía trên kênh dẫn thường có các tấm đập để ngăn cản mùi hôi của nước thải. Kênh dẫn nước thải cần được thiết kế để ngăn cản các tích tụ sạn sỏi và các vật liệu nặng khác lắng tụ trong kênh, nên xác định bề rộng kênh dẫn trước khu vực chắn rác sao cho vận tốc dòng chảy chỉ giới hạn trong khoảng 0,40 m/s - 0,80 m/s là tốt nhất.



Hình 3.3: Một kiểu kết cấu song chắn rác cào bằng tay

Song chắn rác có bộ phận lấy rác bằng cơ giới rất đa dạng về hình kiểu, mỗi loại đều có ưu điểm và khuyết điểm riêng (hình 3.4).



Hình 3.4: Một số kết cấu chắn rác với thiết bị làm sạch bằng cơ giới
(a) kiểu vận hành bằng xích quay; (b) kiểu bàn cào trượt (theo Franklin Miller);
(c) kiểu tời quay (theo Dresser Industries); (d) kiểu đầu cáp

- Trong hình 3.4(a), bộ phận cào rác vận hành bằng xích quay theo một đầu dẫn, rác được cuốn theo chiều đi xuống của dây xích và đưa lên một máng lọc đỡ. Ưu điểm của kiểu này là việc lấy rác tương đối triệt để nhất là các loại rác "mềm" như giấy, vải, nylon,... các thanh chắn được bảo vệ khỏi bị hư hại do các mảnh vỡ gây ra. Khuyết điểm là nó thỉnh thoảng bị kẹt do các loại rác "cứng" gây ra, đồng thời gặp khó khăn khi chỉnh sửa bánh xích và cần thiết phải tháo nước khỏi lòng kênh.

- Hình 3.4(b) là một kiểu lấy rác theo cách trượt, bộ phận cào rác di chuyển theo một giá đỡ, lên đến đầu giá đỡ, rác sẽ tự rơi xuống và đưa đi nơi khác. Độ nghiêng của giá đỡ có thể điều chỉnh tùy theo tình trạng rác thải. Ưu điểm của kiểu này là hầu hết các bộ phận lấy rác đều nằm trên mực nước, có thể dễ dàng làm sạch và quản lý mà không cần phải tháo sạch nước trong lòng kênh. Khuyết điểm của nó là bộ phận cào rác chỉ hoạt động trên một chiều giá đỡ thay vì liên tục như loại xích quay.

- Hình 3.4(c) là một hình thức lấy rác theo kiểu tời quay, bộ phận cào rác được giữ trên giá đỡ nhờ vào trọng lượng của dây xích. Ưu điểm của kiểu này là bộ phận đầu bánh răng cơ khí không bị ngập chìm trong nước thải. Khuyết điểm của nó là chiếm nhiều không gian lắp đặt.

- Hình 3.4(d) cho một kiểu lấy rác bằng đầu cáp, bộ phận cào rác đi lên xuống trên một giá trục qua sự chuyển động của hệ thống dây cáp và đầu trống quay. Bộ phận cào đi xuống bằng trọng lượng bản thân và nâng lên bằng cáp quay. Ưu điểm của kiểu này là bộ phận cào rác tự trọng lượng bản thân nó đảm nhận một phần việc vận hành cơ học khi rơi vào vùng nước thải. Khuyết điểm của nó là khả năng cào rác bị giới hạn, quản lý hơi phức tạp, cuộn cáp hay bị vướng do chất thải rắn và bộ phận thắng hãm cơ học thường bị trục trặc.

Ví dụ 3.1: Định hình kích thước liên quan đến việc thiết kế một kênh dẫn trước khi đi đến một bộ phận song chắn rác cào tay với các thông số tính toán sau:

+ Lưu lượng thiết kế lớn nhất	$Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}$
+ Vận tốc dòng chảy đi qua song chắn rác	$V = 0,5 \text{ m/s}$
+ Khoảng cách các thanh chắn rác	$b = 50 \text{ mm}$
+ Chiều sâu dòng chảy trong kênh lấy rác	$H = 1 \text{ m}$.

Tính hệ số hữu dụng của song lọc và số lượng rác qua song mỗi ngày, giả thiết song có khả năng giữ 20 m^3 rác / 10^6 m^3 nước thải.

Giải:

1. Tính chiều rộng các thanh chắn và bề rộng kênh dẫn nước thải

Diện tích mặt làm sạch qua song chắn A:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ m}^2$$

Chiều rộng mặt làm sạch qua song chắn W:

$$W = \frac{A}{H} = \frac{2}{1} = 2 \text{ m}$$

Số khoảng hở trên song chắn rác n:

$$n = \frac{W}{b} = \frac{2.m}{5.cm} = \frac{100.cm}{1.m} = 40 \text{ khoảng hở}$$

Mỗi khoảng hở có bề rộng $b = 5 \text{ cm}$, tổng số thanh chắn sẽ là $40 - 1 = 39$ thanh, mỗi thanh chắn có rộng 5 mm , vậy chiều rộng của kênh dẫn nước thải sẽ là:

B = Bề rộng các khoảng hở + Bề rộng các thanh chắn

$$B = 2,00 + \left(39 \times \frac{5}{1000} \right) = 2,195 \cong 2,2 \text{ m (làm tròn)}$$

2. Tính hệ số hữu dụng - *efficiency coefficient ce* - của song chắn rác (được định nghĩa là tỉ số giữa không gian làm sạch so với bề rộng kênh dẫn, hệ số này cũng được dùng khi tính toán bề rộng kênh)

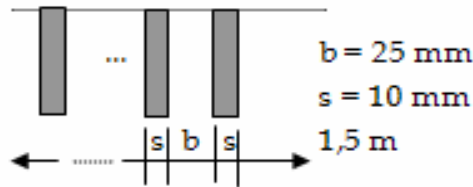
$$ce = \frac{n.b}{B} = \frac{40 \times 50}{2,2 \times 1000} = 0,91$$

3. Tính toán số rác giữ lại ở song lọc trong 1 ngày.

$$\begin{aligned} \text{Khối lượng rác giữ lại} &= (20 \text{ m}^3 / 1.000.000 \text{ m}^3) (1 \text{ m}^3 / \text{s}) (3600 \text{ s/h}) (24 \text{ h/ngày}) \\ &= 1,73 \text{ m}^3 \text{ rác/ngày.} \end{aligned}$$

Ví dụ 3.2: Một song cào rác dạng thanh đứng với khoảng hở là $b = 25 \text{ mm}$ để lọc rác từ nước thải đến một nhà máy xử lý qua một ống dẫn hình tròn. Cho biết :

- + Đường kính ống dẫn $D = 1,25 \text{ m}$
- + Hệ số nhám đường ống $n = 0,013$
- + Độ dốc đường ống $S = 0,00064$
- + Vận tốc trung bình dòng nước $V_{\text{avg}} = 0,8 V_{\text{max}}$ (vận tốc lớn nhất)
- + Kích thước thanh chắn $s = 10 \text{ mm}$ (dày), bề rộng song chắn $1,5 \text{ m}$



Yêu cầu xác định

- (1) vận tốc trung bình dòng chảy trong ống.
- (2) số thanh chắn cho bộ phận song cào rác theo các số liệu trên.
- (3) tổn thất cột nước qua song chắn ứng với V_{avg} .

Giải : Trường hợp nước chảy đầy ống, lưu lượng lớn nhất sẽ là (áp dụng phương trình Hazen-Williams):

$$Q_{\text{max}} = \frac{0,312 \cdot D^{8/3} \cdot S^{1/2}}{n} = \frac{0,312 \cdot (1,25)^{8/3} \cdot (0,00064)^{1/2}}{0,013} = 1,10 \text{ m}^3/\text{s}$$

Vận tốc lớn nhất của dòng chảy trong ống:

$$V_{\text{max}} = \frac{Q_{\text{max}}}{A} = \frac{1,10}{\pi \cdot (1,25)^2 / 4} = 0,9 \text{ m/s}$$

(1): Vận tốc trung bình dòng chảy nước thải trong ống

$$V_{\text{avg}} = 0,8 V_{\text{max}} = 0,8 \times 0,9 = 0,72 \text{ m/s}$$

(2): Số thanh chắn yêu cầu tương ứng với kính thước khoảng hở 25 mm

$n = (\text{bề rộng song chắn} - 1 \text{ khoảng hở}) / (1 \text{ khoảng hở} + \text{bề dày 1 thanh chắn})$

$$n = \frac{(1,5 \times 1000 - 25)}{(25 + 10)} = 42,1 \implies \text{Chọn } 42 \text{ thanh chắn}$$

(3): Tổn thất cột nước ứng với V_{avg}

$$h_L = B(s/b)^{4/3} \cdot h_v \cdot \sin \theta$$

trong đó : thanh chữ nhật $B = 1,83$, $s = 10 \text{ mm} = 0,01 \text{ m}$, $b = 25 \text{ mm} = 0,025 \text{ m}$

h_v là cột nước dòng chảy đoạn gần đến song chắn rác, $h_v = V_{\text{avg}}^2 / 2g$

θ là góc nghiêng của thanh chắn so với chiều dòng chảy, lấy $\theta = 90^\circ$

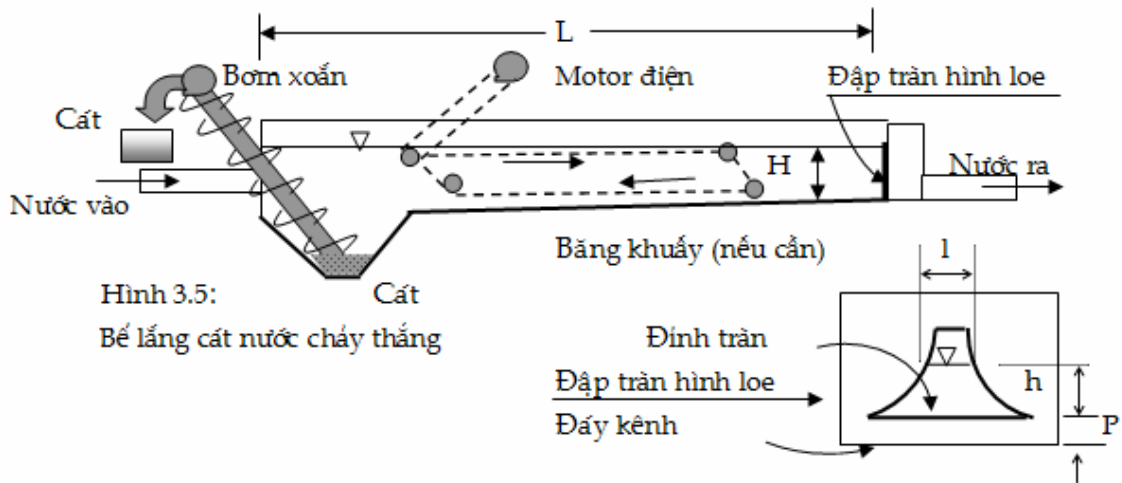
$$h_L = 1,83 \cdot (0,01 / 0,025)^{4/3} \left(\frac{0,72^2}{2 \times 9,81} \right) \cdot \sin 90^\circ = 0,014 \text{ m}$$

3.2 BỂ LẮNG CÁT

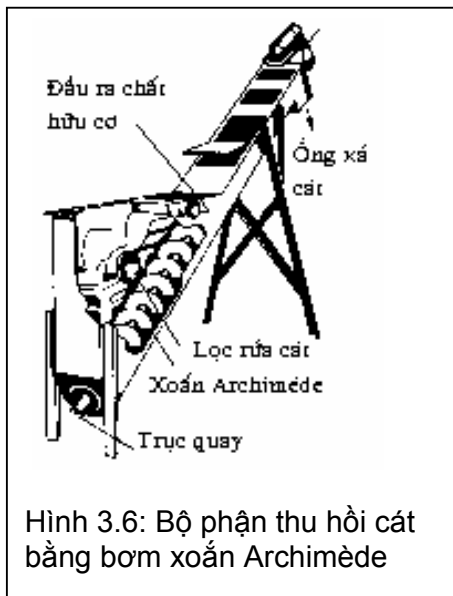
Bể lắng cát (*grit chamber*) dùng để chắn giữ những hạt cát, sạn nhỏ có trong nước thải, đặc biệt là những hệ thống thoát nước mưa và nước thải chảy chung. Các hạt cát này có thể gây hư hỏng máy bơm và làm nghẽn các ống dẫn bùn của các bể lắng. Khi lượng nước thải lớn hơn 100 m³/ngày thì việc xây dựng bể lắng cát là cần thiết. Dòng chảy trong các bể nên khống chế ở vào khoảng $V_{max} \approx 0,3$ m/s nhằm đảm bảo các hạt cát có thể lắng chìm xuống đáy, đồng thời cũng không nên để nước chảy với vận tốc nhỏ hơn 0,15 m/s làm các liên kết hữu cơ trong nước thải lắng đọng.

Thời gian nước lưu lại trong bể lắng từ 30 - 60 giây. Các bể lắng cát có hố thu cát ở đầu bể, cát được thu hồi bằng biện pháp thủ công khi lượng cát $W_{cát}$ (0,5 m³/ngày đêm, trên lượng này có thể dùng cơ giới như bơm phun tia, gàu xúc, bơm ruot xoắn kiểu Archimède, ...

Dưới đây là một số kiểu bể lắng cát:



Hình 3.5: Bể lắng cát nước chảy thẳng



Hình 3.6: Bộ phận thu hồi cát bằng bơm xoắn Archimède

Hình 3.5 là một sơ đồ bể lắng cát nước chảy thẳng với hố thu cát ở đầu kênh, đáy kênh có độ dốc ngược $i = - 0,01$, độ dốc của hố thu cát không nhỏ hơn 45°, cuối kênh là một đập tràn thành mỏng thu hẹp bên hình loe. Dòng chảy qua đập tràn này giống như chảy qua lỗ, vận tốc trên mặt cao hơn dưới. Một số trường hợp, để chủ động khống chế vận tốc trong kênh theo ý muốn, người ta làm một băng khuấy quay tròn như hình vẽ (băng khuấy còn làm nhiệm vụ gạt đẩy các chất thải nổi). Hố thu cát có thể bố trí một bộ phận lấy cát như hình 3.6.

Ví dụ 3.3:

(1) Thiết kế một bể lắng cát với lưu lượng nước thải lớn nhất $Q_{\max} = 0,45 \text{ m}^3/\text{s}$. Cho thời gian nước lưu lại trong bể là $T = 1$ phút và vận tốc chảy là $V = 0,3 \text{ m/s}$. Bề rộng kênh dẫn là $B = 1,50 \text{ m}$.

(2) Xác định kích thước của đập tràn hình loe cần thiết. Cho chiều cao từ đáy kênh đến đỉnh tràn là $P = 0,2 \text{ m}$ (xem hình 3.5).

Giải: (1) Tính toán kích thước bể lắng cát

Chiều dài bể lắng cát:

$$L = V.T = 0,3 \text{ m/s} \times 60 = 18 \text{ m}$$

Diện tích mặt cắt ướt: $A = \frac{Q}{V} = \frac{0,450}{0,3} = 1,5 \text{ m}^2$

Chiều sâu lớp nước: $H = \frac{A}{B} = \frac{1,5}{1,5} = 1,0 \text{ m}$

(2) Thiết kế đập tràn hình loe

Đập tràn hình loe đối xứng được bố trí ở cuối kênh dẫn. Đây là dạng phối hợp giữa bài toán dòng chảy qua một đập tràn thành mỏng và một lỗ. Loại này có đặc điểm là khi Q tăng gấp đôi, thì chiều sâu dòng chảy cũng tăng gấp đôi và nhưng vận tốc dòng chảy không đổi:

$$V = \frac{Q}{(B)(H)} = \frac{2Q}{(B)(2H)}$$

với B là bề rộng kênh và $H = (h + P)$ là độ sâu dòng chảy.

Tại điểm lưu lượng max, cột nước trên đỉnh tràn là:

$$h = H - P = 1,00 - 0,20 = 0,80 \text{ m}$$

Lưu lượng qua đập tràn hình loe được tính theo công thức:

$$Q = 1,57 \cdot \sqrt{2g} \cdot C \cdot (l \cdot h^{3/2}) = 7,5 \cdot (l \cdot h^{3/2})$$

với l là bề ngang mặt nước qua hình loe trên mực nước tràn h .

C là hệ số lưu lượng, $C = 0,6$

g là gia tốc trọng trường, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

$$\text{Từ công thức trên } Q = 0,45 = 4,173 \times l \times (0,8)^{3/2} \rightarrow l = 0,15 \text{ m}$$

Để xác định hình dạng của mặt hình loe, ta tính toán theo tiến trình sau:

$$Q = 4,17 l \cdot h^{1/2} \cdot h$$

Xem $l \cdot h^{1/2} = 0,15 \cdot (0,8)^{1/2} = 0,13$ là một hằng số;

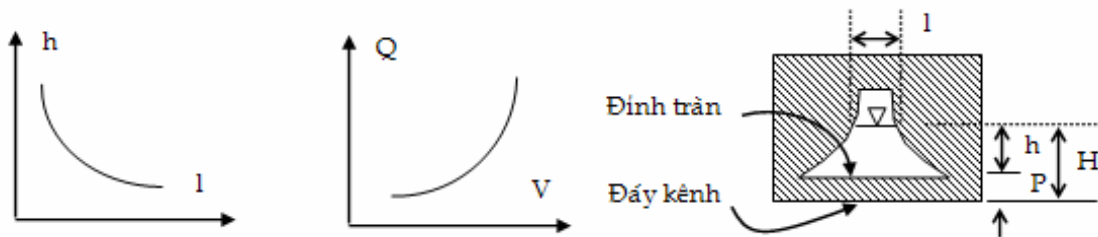
ta có $Q = 4,17(0,13) h \approx 0,56 h$

$$\rightarrow h = \frac{Q}{0,56}$$

Lập bảng tính:

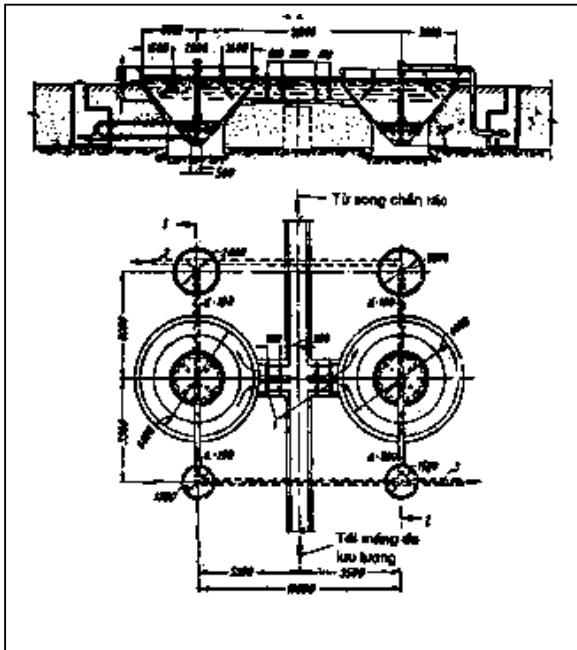
Lưu lượng Q (m ³ /s)	Độ sâu tràn h = Q/0,56 (m)	Độ sâu H = h + 0,20 (m)	Bề rộng l = 0,13/h ^{1/2} (m)	Vận tốc V = Q/BH (m/s)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
0.45	0,803	1,003	0,145	0,298
0.40	0,714	0,914	0,153	0,291
0.35	0,625	0,825	0,146	0,282
0.30	0,535	0,735	0,177	0,271
0.25	0,446	0,646	0,194	0,257
0.20	0,357	0,557	0,217	0,239
0.15	0,267	0,467	0,254	0,213
0.10	0,178	0,378	0,307	0,176

Từ bảng tính, ta lập quan hệ $h \sim l$ (cột 2 và 4) cũng như $Q \sim V$ (cột 1 và 5).



+ Bể lắng cát ngang nước chảy vòng

Loại này có thể áp dụng trong trường hợp lưu lượng nước thải lớn hơn 2.000 m³/ngày đêm. Loại này có ưu điểm là ít tốn diện tích xây dựng. Bể gồm phần lắng, máng vòng theo chu vi hình tròn của bể. Ở đáy máng làm khe hở rộng chừng 0,10 - 0,15 m để cát chui xuống phần chứa. Phần chứa này hình chóp cụt. Cát được lấy ra bằng máy bơm phun tia. Nguyên tắc làm việc của bể loại này giống như bể lắng cát ngang nước chảy thẳng.

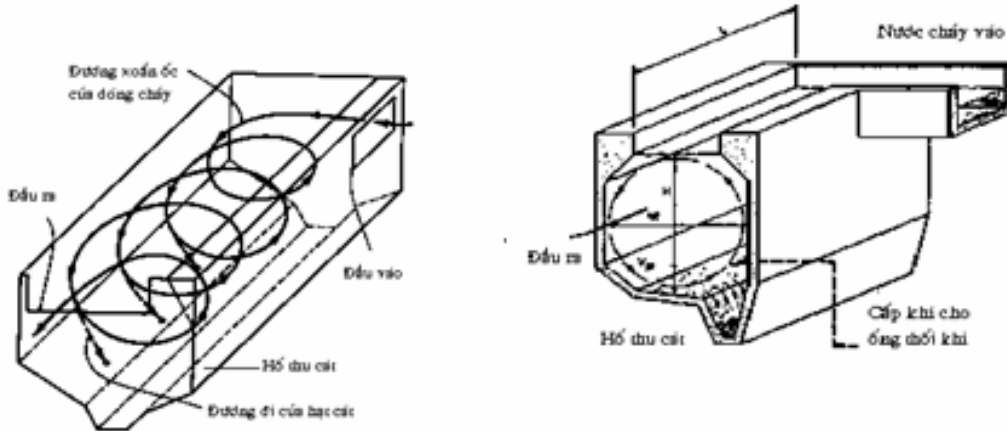


Hình 3.7:
Bể lắng cát nước chảy vòng

1. Tấm phay
2. Nước kỹ thuật (cho bơm phun)
3. Ống dẫn cát ($\frac{1}{8} < \frac{H}{R} < \frac{1}{6}$)

+ Bể lắng cát có sục khí

Bể lắng cát loại này thiết kế theo quan sát chuyển động của chất lỏng xoáy tròn làm các hạt rắn trong chất lỏng tích lũy lại, nhất là các hạt cát có đường kính lớn hơn 0,2 mm, thời gian lưu lại trong bể khoảng 2 đến 5 phút tại thời điểm có lưu lượng cực đại. Hồ thu cát được bố trí dưới đáy đường dẫn chùng 0,9 m dưới các ống thổi khí. Các ống thổi khí được đặt ở vị trí cách đáy bể chừng 0,45 - 0,60 m.



Hình 3.8: Chuyển động của hạt cát trong bể lắng có khí nén

Bảng 3.3: Thông số thiết kế bể lắng cát với bơm khí nén

Thông số	Khoảng áp dụng	Khoảng chuẩn
Thời gian lưu lại trong bể tại Q max, phút	2 - 5	3
Kích thước bể, ft (1 ft # 0,3048 m)	+ Sâu	7 - 16 (2,133 - 4,867)
	+ Rộng	25 - 65 (7,620 - 19,812)
	+ Dài	8 - 23 (2,438 - 19,507)
Tỉ số Rộng : Sâu	1:1 - 5:1	1,5 : 1
Tỉ số Dài : Rộng	3:1 - 5:1	4:1
Máy nén khí, ft ³ /min.ft (# 0.0929 m ³ /min.m)	2 - 5 (0,1855 - 0,4645)	
Lượng cát thu, ft ³ /Mgal (# 0,00748 m ³ /10 ³ m ³ nước)	0,5 - 27 (0,0037 - 0,2019)	2 (0,0149)

Nguồn: George T., Franlin L. B., *Wastewater Engineering*, 1995

Ví dụ 3.4: Xác định kích thước bể lắng cát hoạt động với bơm khí nén cho một kênh dẫn nước thải có lưu lượng thải lớn nhất là Q_{max} = 30 000 m³/ngày, thời gian chất thải trong kênh ứng với Q_{max} là 3 phút, chiều sâu dòng chảy trong bể là H = 3 m. Dùng máy nén khí với công suất nén = 0,6 m³/phút.m, hiệu suất η_a = 60% để thổi khí vào bể. Máy nén khí này được kéo bởi 1 mô-tơ điện hoạt động hiệu suất η_m = 90%. Cho biết:

- Độ ngập máy khuấy 2,5 m
- Tổn thất cột nước tại ống khuấy 300 mm, ống khuấy dài L = 2,8 m
- Tổn thất đường ống khuấy và van khoảng 30%
- Giá điện tiêu thụ C_e = 0.03 USD/KWh

Tính lượng khí cần thiết, công suất khí tại đầu ra của máy nén khí và chi phí tiền điện hàng tháng.

Giải :

Với số liệu đã cho, xác định kích thước bể

Lưu lượng kênh max $Q = 30.000 \text{ m}^3/\text{ngày}$

Thời gian lưu lại $T = 3 \text{ phút} = V/Q$ (V là thể tích khối nước thải)

Thể tích khối nước thải trong kênh:

$$V = T.Q = \frac{3.\text{phút} \times 30000.\text{m}^3 / \text{ngày}}{24.\text{giờ} \times 60.\text{phút}} = 62,5 \text{ m}^3 \text{ nước thải}$$

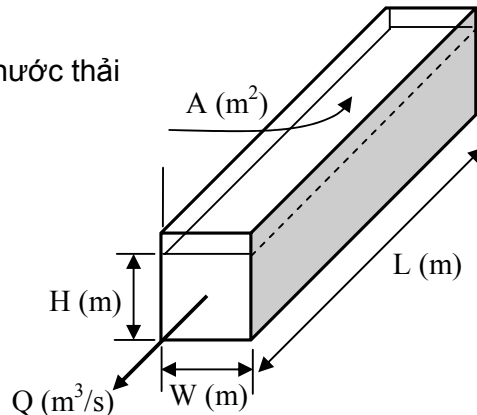
Diện tích mặt thoáng:

$$A = \frac{V}{H} = \frac{62,5}{3} = 20,8 \text{ m}^2$$

Chọn mặt thoáng có

bề dài $L = 8,5 \text{ m}$ và bề rộng $W = 2,5 \text{ m}$:

$$(8,5 \times 2,5) = 21,25 \text{ m}^2 > 20,8 \text{ m}^2$$



Xác định lưu lượng khí cần thiết

$$Q_{air} = 0,6 \text{ m}^3/\text{phút} \cdot \text{m} \times 8,5 \text{ m} = 5,1 \text{ m}^3/\text{phút}$$

Xác định công suất:

Tính cột áp nước

$h = (\text{máy khuấy khí}) + (\text{độ ngập máy khuấy khí}) + (\text{tổn thất ống khuấy và van})$

$$h = 300 \text{ mm} + 2500 \text{ mm} + 30\% (2800 \text{ mm}) = 3,64 \text{ m}$$

$$h = 3,64 \times 9790 \text{ N/m}^2/\text{m} = 35.700 \text{ N/m}^2 \quad (1 \text{ m áp nước ở } 20^\circ\text{C} = 9790 \text{ N/m}^2)$$

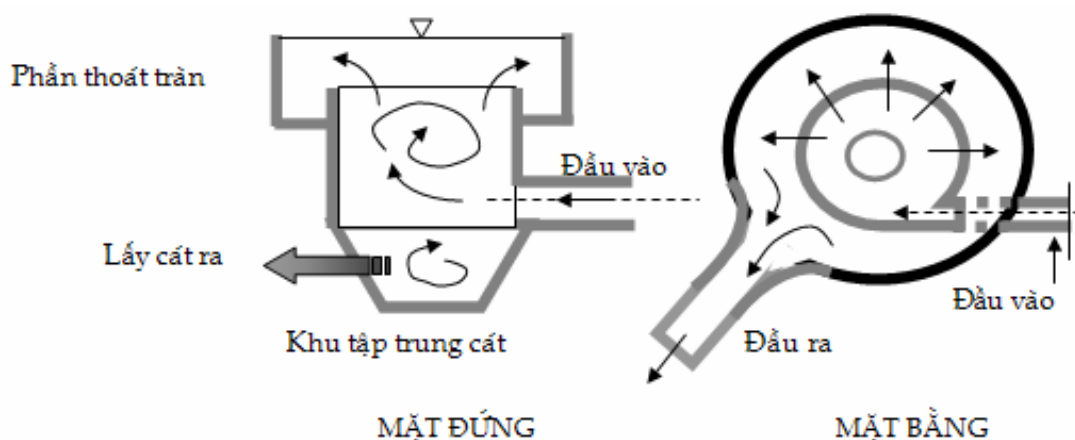
Công suất máy bơm khí P:

$$P = \frac{Q_{air} \times h}{\eta_b} = \frac{5,1 \times 35.700}{0,60} = 303.450 \text{ N.m}/60 \text{ giây} = 5058 \text{ Watt} \quad (1 \text{ W} = 1 \text{ N.m/s})$$

$$P \approx 5,06 \text{ kW}$$

Chi phí bơm khí mỗi tháng C_m từ động cơ

$$C_m = \frac{T_m \times C_e \times P}{\eta_m} = \frac{24.h / d \times 30.d / \text{mo} \times 0,03\$ / \text{kW} \cdot h \times 5,06 \text{ kW}}{0,90} = 121.\$/\text{mo}$$

+ Bể lắng cát đứng

Hình 3.9: Bể lắng cát đứng

Bể lắng cát đứng được xây dựng theo nguyên tắc nước thải dẫn theo ống tiếp tuyến với phần dưới hình trụ vào bể. Dòng chảy xoáy vòng theo trục, tịnh tiến đi lên. Các hạt cát bị rơi dồn về đáy phễu và được lấy ra khỏi bể.

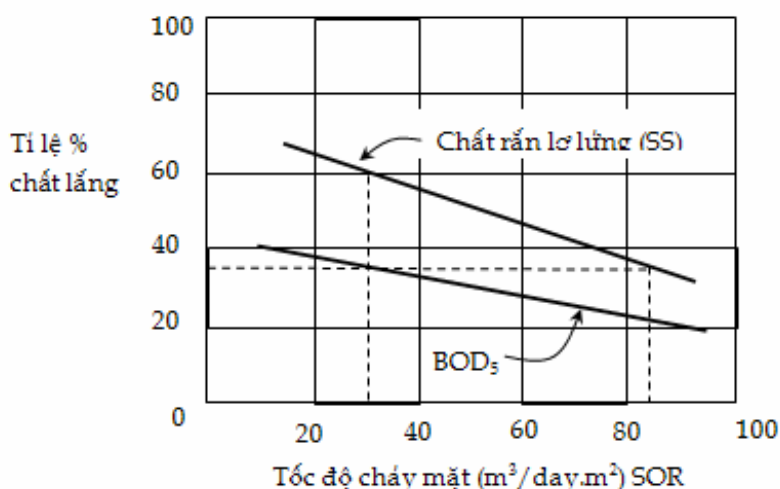
Tải trọng của nước thải lên mặt bể có thể lấy vào khoảng $110 - 130 \text{ m}^3/\text{m}^2$. Tốc độ nước chảy trong máng thu là $0,4 \text{ m/s}$. Lấy thời gian nước lưu tồn $T = 2 - 3,5$ phút. Tốc độ nước dâng lên $3 - 3,7 \text{ m/s}$.

3.3 BỂ LẮNG SƠ CẤP

Bể lắng sơ cấp (*primary sedimentation tanks*) là một trong những tiến trình xử lý nước thải cổ điển nhất, nó có nhiệm vụ giữ lại các chất không hòa tan, trôi lơ lửng trong nước thải. Các chất có thể bị giữ lại trong bể gồm:

- Các chất rắn có khả năng lắng;
- Các chất dầu, mỡ và các vật liệu nổi khác;
- Một phần các chất tải hữu cơ.

Theo tác giả Gerard Kiely (*Environmental engineering*, 1997), nếu bể lắng sơ cấp được thiết kế và vận hành tốt thì có khoảng 50 - 70 % chất rắn lơ lửng bị giữ lại và làm giảm 25 - 40 % hàm lượng BOD₅ trước khi đi vào việc xử lý bằng phương pháp sinh học (hình 3.10).



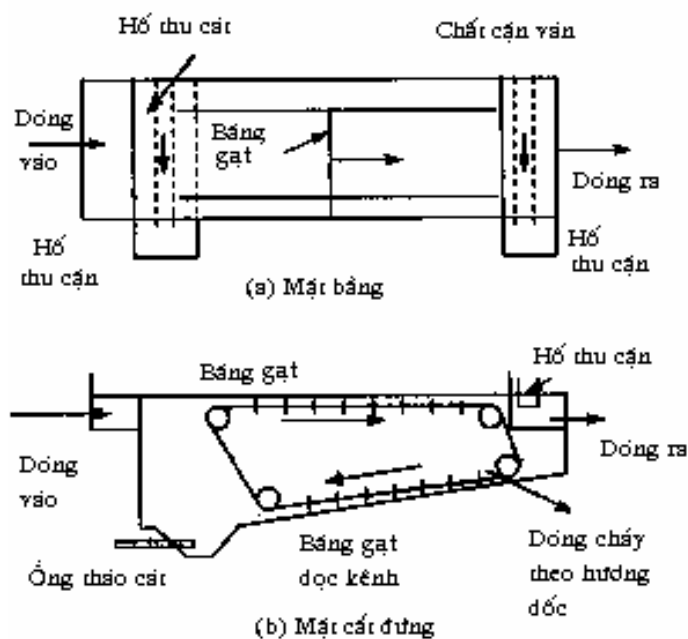
Hình 3.10: Quan hệ giữa tốc độ chảy mặt và tỉ lệ chất thải rắn lắng đọng (McGhee, 1991) (các đường đứt nét - - - - - dùng cho ví dụ 3.5)

Người ta phân biệt:

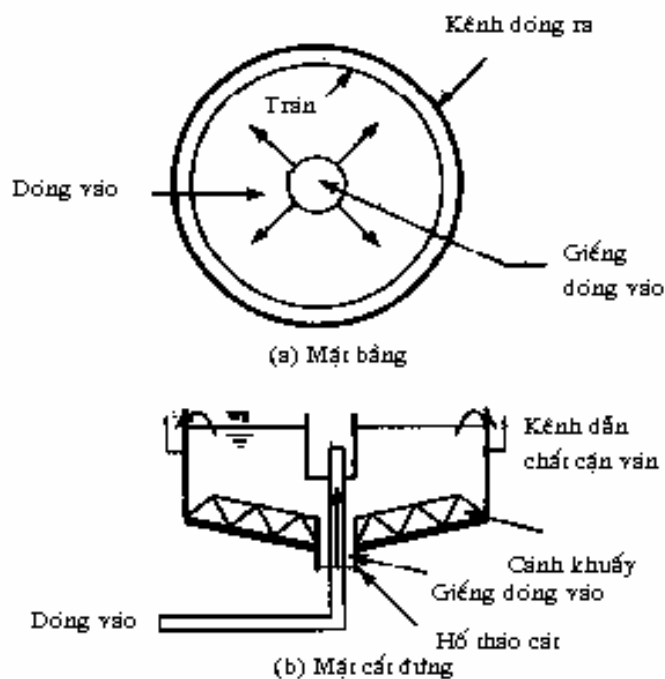
+ Bể lắng sơ cấp hoạt động gián đoạn: loại này áp dụng khi lượng nước thải ít và chế độ thải không đồng đều (ví dụ ở xưởng giặt áo quần). Bể loại này có nguyên tắc hoạt động tương đối đơn giản là ta cứ việc xả nước thải vào một bể chứa (xem cách xác định cách cân bằng dòng chảy ở phần 2.3.5, chương 2) và để nước đứng yên trong một khoảng thời gian nhất định (khoảng 1,5 - 2,5 giờ), sau khi để các chất rắn lắng xuống, ta tháo nước ra và cho lượng xả mới vào.

+ Bể lắng hoạt động liên tục: nước thải được xả liên tục vào bể và trong quá trình di chuyển các chất rắn lơ lửng bị giữ lại. Có nhiều kiểu bể loại này: bể lắng ngang, bể lắng đứng và bể lắng hình tròn.

Hình 3.11 và 3.12 là sơ đồ các kiểu bể lắng chữ nhật và hình tròn, các bể này ngoài chức năng lắng bùn cát còn thêm nhiệm vụ thu hút các chất cặn vẩn như xăng dầu, mỡ, dầu nhờn, chất dẻo nhẹ và các chất thải nổi khác.



Hình 3.11 SƠ ĐỒ BỂ LẮNG HÌNH CHỮ NHẬT

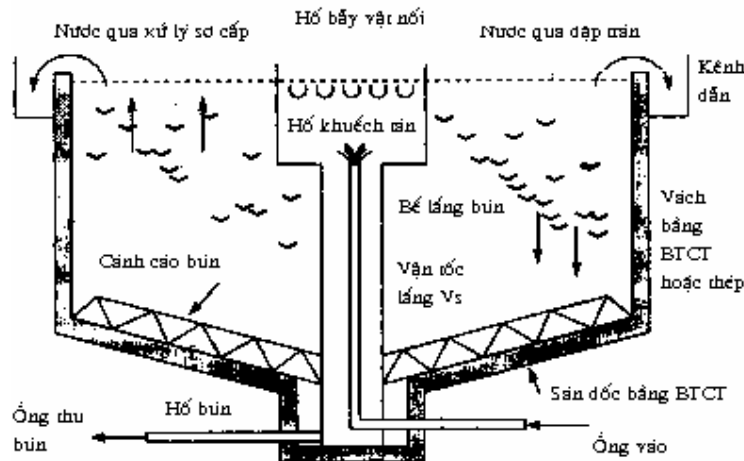


Hình 3.12: SƠ ĐỒ BỂ LẮNG HÌNH TRÒN

Các hạt chất rắn có tốc độ lắng khác nhau, nó phụ thuộc vào nhiều yếu tố như số lượng hạt rắn, hình dạng, trọng lượng riêng, động lực dòng chảy và cả nhiệt độ nước nữa. Một số nhà nghiên cứu về thủy lực đã cố gắng xác định quá trình lắng bằng một phương trình toán học nhưng đến nay vẫn chưa có thể khái quát hóa được. Đến nay quá trình lắng động học thường xác định bằng cách thực nghiệm. Vận tốc lắng của thành phần hạt V_s có thể lấy theo công thức:

$$V_s = \frac{g}{18 \cdot \mu} (\rho_s - \rho_w) \cdot d^2 \quad (3-7)$$

trong đó g - gia tốc trọng trường, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
 μ - hệ số nhớt động học (dynamic viscosity), $\mu = \nu \cdot \rho$, N.s/m^2
 (ν là hệ số nhớt động lực - *kinematic viscosity* - của chất lỏng, m^2/s và
 ρ là trọng lượng riêng - density -, kg/m^3)
 ρ_s và ρ_w - lần lượt là khối lượng riêng của nước thải và nước tinh
 d - đường kính hạt, mm



Hình 3.13: Một kiểu bể xử lý sơ cấp hình tròn

Chỉ tiêu thiết kế bể lắng sơ cấp gồm:

- Lượng chảy tràn mặt thoáng (*surface overflow rate* - SOR) ($\text{m}^3/\text{day}/\text{m}^2$)
- Chiều sâu lớp nước
- Đặc điểm hình học của mặt bằng
- Thời gian lưu tồn thủy lực
- Tốc độ nước chảy qua một đơn vị chiều dài đập tràn thành mỏng

Bảng 3.4: Các số liệu để thiết kế bể lắng sơ cấp

Thông số	Khoảng biến thiên	Khoảng chuẩn
◆ Bể lắng sơ cấp trước trạm xử lý thứ cấp Thời gian lưu tồn, giờ Lưu lượng, gal/ft ² .day (m ³ /m ² .day) - Trung bình - Tối đa	1,5 - 2,5 800 - 1.200 (32,56 - 48,84) 2.000 - 3.000 (81,4 - 122,1)	2,0 2.500 (101,75)
Lưu lượng qua 1 đơn vị chiều dài đập tràn gal/ft.day (m ³ /m.day)	10.000 - 40.000 (124 - 496)	20.000 (248)
◆ Bể lắng sơ cấp có hoàn lưu bùn hoạt tính Thời gian lưu tồn, giờ Lưu lượng, gal/ft ² .day (m ³ /m ² .day) - Trung bình - Tối đa	1,5 - 2,5 600 - 800 (24,42 - 32,56) 1.200 - 1.700 (48,84 - 69,19)	2,0 1.500 (61,05)
Lưu lượng qua 1 đơn vị chiều dài đập tràn gal/ft.day (m ³ /m.day)	10.000 - 40.000 (124 - 496)	20.000 (248)

Nguồn: George T., Franlin L. B., *Wastewater Engineering*, 1995

Bảng 3.5: Số liệu thiết kế bể lắng sơ cấp hình chữ nhật và hình tròn

Thông số	Khoảng biến thiên	Khoảng chuẩn
◆ Bể lắng hình chữ nhật - chiều sâu, ft (m) - chiều dài, ft (m) - chiều rộng, ft (m) * Vận tốc thiết bị gạt váng, ft/min (m/min)	10 - 15 (3,048 - 4,572) 50 - 300 (15,24 - 91,44) 10 - 80 (3,048 - 24,384) 2 - 4 (0,6096 - 1,2192)	12 (3,6576) 80 - 130 (24,384 - 39,624) 16 - 32 (4,8768 - 9,7536) 3 (0,9144)
◆ Bể lắng hình tròn - chiều sâu, ft (m) - đường kính, ft (m) - độ dốc đáy, in/ft (mm/m) Vận tốc thiết bị gạt váng cặn, r/min	10 - 15 (3,048 - 4,572) 10 - 200 (3,048 - 60,96) 0,75 - 2 (62,5 - 166,6) 0,02 - 0,05	12 (3,6576) 40 - 150 (12,192 - 45,72) 1 (83,3) 0,03

Nguồn: George T., Franlin L. B., *Wastewater Engineering*, 1995

* nếu chiều rộng bể chữ nhật lớn hơn 20 ft (6,096 m) ta có thể dùng thiết bị gạt nhiều cánh, loại này cho phép thiết kế chiều rộng bể lên đến 80 ft (24,384 m) hoặc hơn nữa.

Nước thải có thành phần kích thước hạt như bảng.

Kích thước hạt d, mm	0,1	0,08	0,07	0,06	0,04	0,02	0,01
% trọng lượng hạt lắng	10	15	35	65	90	98	100
Vận tốc lắng Vs (mm/s)	0,81	0,52	0,40	0,30	0,13	0,03	0,008
Số Reynolds, Re	0,08	0,042	0,028	0,018	0,005	0,0006	0,00008

Ví dụ 3.5: Xác định kích thước một bể lắng sơ cấp hình vuông để xử lý 36.400 m³/day nước thải với lượng chảy mặt là SOR = 12 m³/ m².ngày và thời gian lưu là 6 giờ. Tính lượng thải loại toàn bộ nếu trong lượng riêng của nước thải là 1,15.

Giải: Diện tích mặt thoáng $A_p = \frac{Q}{SOR} = \frac{36.400}{12} = 3.033 \text{ m}^2$

Bể hình vuông $L = W = \sqrt{3033} = 55,072 \text{ m}$, lấy tròn 56 x 56 m

Với việc chọn bể hình vuông 56 x 56 m thì lượng chảy mặt thực tế SOR' sẽ là:

$$SOR' = \frac{36.400}{56 \times 56} = 11,607 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{ngày}$$

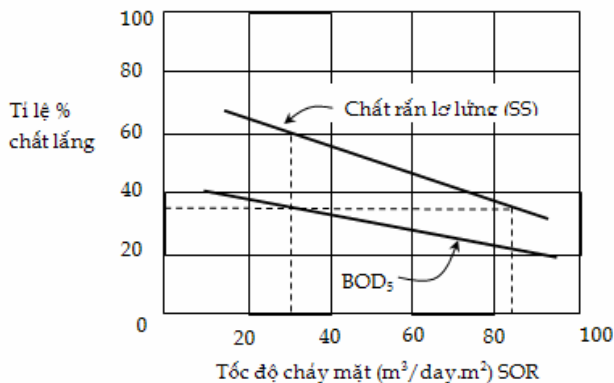
Chiều sâu bể $H = V_s \cdot t = 12,033 \times \frac{6}{24} = 2,901 \text{ m}$. Lấy tròn H = 3,0 m

Kiểm tra lượng chảy qua đập tràn (Weir overflow rate, WOR):

$$WOR = \frac{Q}{W} = \frac{36.400}{56} = 650 \text{ m}^3 / \text{day} / \text{m}$$

Ví dụ 3.5: Thiết kế một bể lắng sơ cấp để loại 60% chất rắn lơ lửng (SS) với lưu lượng dòng nước thải trung bình là 5.000 m³/ngày so với hệ số lưu lượng max là 2,5. Xác định mức giảm của BOD₅.

Giải: Căn cứ vào đồ thị trong hình 3.10 ta thấy, để giảm 60% SS thì tốc độ chảy tràn mặt sẽ cần là SOR = 35 m³/day.m². Đồng thời giá trị này cũng dẫn đến giảm 32% BOD₅.



Diện tích mặt thoáng: $A_p = \frac{Q}{SOR} = \frac{5000}{35} = 143 \text{ m}^2$

Chọn bể tròn có đường kính 13,5 m và chiều sâu bể là 3m.

Thể tích bể : $V = 143 \times 3 = 429 \text{ m}^3$

Thời gian lưu tồn : $T = \frac{V_{day}}{Q} = \frac{429 \cdot \text{m}^3 \times 24 \cdot \text{h}}{5000 \cdot \text{m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{ngày}} = 2.06 \text{ h}$

Tại lưu lượng max: $SOR = \frac{2.5 \times 5000}{143} = 87 \text{ m}^3 / \text{day} \cdot \text{m}^2$.

Với SOR = 87 m³/day.m², tra lại đồ thị hình 3.10 ta xác định được mức loại thải SS là 38% và BOD₅ giảm 20%.

3.4 BỂ THU DẦU, BỂ THU MỠ

Dầu mỡ trong nước thải từ các nhà máy lọc dầu, xưởng sửa chữa xe cộ, xí nghiệp chế biến thực phẩm gia súc, ... là các chất độc hại cho môi trường sinh thái. Cách tính toán kích thước và kết cấu hai loại bể thu dầu và bể thu mỡ thì tương tự.

Đối với các chất cặn ván nổi được trong nước như dầu (có kích thước hạt khoảng 0,1 - 0,08 mm) và mỡ (có kích thước hạt lớn hơn 0,1 mm) thì tốc độ nổi lên U_{min} của hạt sẽ được xác định theo công thức Stokes:

$$U_{min} = \frac{981}{18} \cdot d^2 \cdot \frac{\rho_n - \rho_d}{\mu} \quad (\text{cm/s}) \quad (3-8)$$

trong đó : d - đường kính hạt dầu, cm
 ρ_n, ρ_d - lần lượt là trọng lượng riêng của nước thải và dầu, g/cm^3
 μ - độ nhớt của nước thải, ở 20°C có thể lấy $\mu = 0,01 \text{ g/cm}^3 \cdot \text{s}$

Chiều dài của bể thu dầu có thể xác định theo công thức:

$$L = \alpha \cdot \frac{v_{tt}}{U_{min}} \cdot h \quad (\text{m}) \quad (3-8)$$

trong đó : v_{tt} - tốc độ tính toán của dòng chảy
 h - chiều sâu công tác của bể
 α - hệ số chảy rối theo quan hệ giữa v_{tt}/U_{min} , có thể lấy theo

v_{tt}/U_{min}	20	15	10
α	1,75	1,65	1,5

Nếu xây và vận hành tốt, có thể thu hồi 97 - 98% lượng dầu trong nước thải.

Ví dụ 3.6:

Một nhà máy lọc dầu xả có kênh nước thải trộn lẫn với dầu cặn với lưu lượng thải 220 l/s. Hàm lượng dầu trong nước thải là 5.000 mg/l. Cho biết hạt dầu có đường kính $d = 0,008 \text{ cm}$, ở nhiệt độ 20°C, trọng lượng riêng của dầu là $\rho_d = 0,87 \text{ g/cm}^3$, nước thải $\rho_n = 1 \text{ g/cm}^3$, độ nhớt của môi trường nước thải là $\mu = 0,01 \text{ g/cm}^3 \cdot \text{s}$. Tỷ số vận tốc dòng chảy ngang trong bể và vận tốc nổi tối thiểu là $v_{tt}/U_{min} = 10$. Yêu cầu xác định kích thước bể thu dầu.

Giải : Tốc độ nổi lên của hạt dầu:

$$U_{min} = \frac{981}{18} \cdot d^2 \cdot \frac{\rho_n - \rho_d}{\mu} = \frac{981}{18} \cdot 0,008^2 \cdot \frac{1 - 0,87}{0,01} = 0,0465 \text{ cm/s} = 0,00465 \text{ m/s}$$

Với $v_{tt}/U_{min} = 10$, ta có hệ số chảy rối $\alpha = 1,5$

Vận tốc tính toán $v_{tt} = 10 \cdot U_{min} = 0,465 \text{ cm/s}$

Mặt cắt ướt bể thu dầu:

$$\omega = \frac{Q}{v_{tt}} = \frac{0,22}{0,00465} \approx 48 \text{ m}^2$$

Thanh gạt dầu thường có chiều rộng 1,2 - 1,5 m. Chọn 4 thanh, chiều rộng bể thu dầu lấy là $B = 6 \text{ m}$, 4 ngăn. Khi đó chiều sâu công tác của bể là:

$$h = \frac{w}{B} = \frac{48}{6 \times 4} = 2 \text{ m}$$

Chiều dài của bể thu dầu:

$$L = \alpha \cdot \frac{v_{it}}{U_{\min}} \cdot h = 1,5 \times 10 \times 2 = 30 \text{ m}$$

Dung tích bể thu dầu:

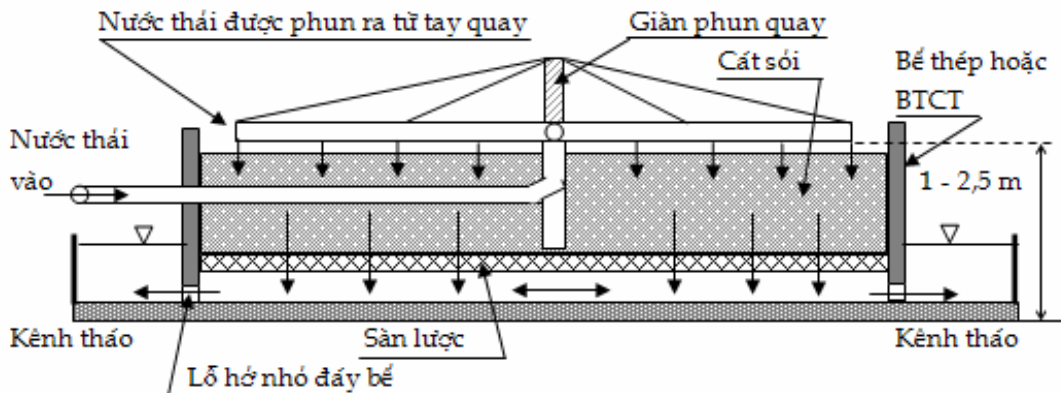
$$W = B.L.h = 24 \times 30 \times 2 = 1.440 \text{ m}^3$$

Thời gian lắng nước thải trong bể thu dầu:

$$t = \frac{L}{v_{it}} = \frac{30 \times 100}{0,465 \times 60} = 107,52 \text{ phút} \# 1 \text{ giờ } 47 \text{ phút}$$

3.5 BỂ LỌC

Người ta có thể dùng các hạt sạn sỏi, cát, than ... để loại bỏ một phần các chất rắn lơ lửng của nước thải và lượng BOD trước khi cho qua các công trình xử lý sinh học hay hóa học khác. Bể lọc thấm hay bể lọc nhỏ giọt (percolating hay trickling filters) là một trong các hình thức lọc cổ điển với dạng hình hộp tròn, hình chữ nhật bằng bê tông hoặc thép chứa sỏi, đá vôi (có đường kính hạt khoảng 25 - 100 mm). Kích thước các bể thường vào khoảng 1,0 - 2,5 m theo chiều sâu và có đường kính khoảng 5 - 50 m, đáy bể là các tấm lọc để thu hồi nước thải đã qua xử lý bể lọc thấm. Gần đáy bể có một lỗ nhỏ thông khí. Sơ đồ bể như hình vẽ.



Hình 3.14: Sơ đồ một bể lọc thấm

Các yếu tố ảnh hưởng đến việc xử lý và thiết kế bể lọc:

- Thành phần và khả năng xử lý của nước thải;
- Loại vật liệu lọc và bề dày lớp lọc;
- Tính dẫn tải thủy lực và hữu cơ;
- Tỷ số quay vòng và sắp xếp nước thải;
- Nhiệt độ nước thải;
- Sự vận hành của hệ thống phân phối nước thải

Bảng 3.6: Các đặc trưng của bể lọc nhỏ giọt

Đặc trưng thiết kế (vận tốc)	Thấp	Trung	Cao	Rất cao	Lọc tròn
Loại vật liệu lọc	Sỏi	Sỏi	Sỏi	Plastic	Plastic/ Sỏi
Tải thủy lực (x 1000 m ³ /m ² . ngày)	10 - 40	40 - 100	100 - 400	150 - 900	600 - 1800
Tải hữu cơ (kg BOD ₅ /m ³ . ngày)	1 - 3	3 - 6	6 - 12	< 30	> 20
% BOD bị loại khử	80 - 85	50 - 70	40 - 80	65 - 85	40 - 85
Nitrat hóa	Có	Một số	Không	Ít	Không

Nguồn: American Water Works Association (AWWA), 1992

Nhiệt độ của dòng nước thải càng cao thì hiệu quả lọc càng lớn. Công thức kinh nghiệm sau cho thấy quan hệ giữa hiệu suất bể lọc và nhiệt độ nước thải:

$$E_t = E_{20} \cdot a^{t-20} \quad \% \quad (3-9)$$

trong đó : E_t - hiệu suất bể lọc ở nhiệt độ nước thải t °C
 E_{20} - hiệu suất bể lọc ở nhiệt độ nước thải 20 °C
 a - hằng số thực nghiệm, $a = 1,035$

Thông thường, giàn phun nước thải quay với vận tốc 1 vòng/phút với lượng nước thải phun ra mỗi đợt khoảng 30 giây. Nếu tần suất phun lớn hơn 30 giây thì phải điều chỉnh giàn quay chậm lại nhằm giảm sự vung vãi bụi nước thải và vi trùng trên mặt bể. Bể lọc có khả năng làm giảm lượng BOD. Tuy nhiên hiệu suất của việc giảm BOD tùy thuộc rất nhiều vào thành phần và độ đồng đều của vật liệu lọc. Hai công thức kinh nghiệm sau để tính toán hiệu suất giảm BOD của bể:

→ Theo Mô hình của Hội đồng Nghiên cứu Quốc gia (*The National Research Council, NRC*) của Mỹ, 1948:

$$E = \frac{100}{1 + 0,448 \cdot \sqrt{W/VF}} \quad \% \quad (3-10)$$

trong đó: E - hiệu suất giảm BOD (*efficiency of BOD removal*) của bể lọc
 W - lượng BOD vào (*influent BOD*), kg/ngày
 V - lượng lọc thải (*filter removal*), m³
 F - hệ số hoàn lưu (*recirculation factor*) = $(1+R)/(1+0,1R)^2$
 $R = Qr/Q$ = lượng hoàn lưu/lượng nước thải

Lưu ý: + Có thể thay W/V bằng L với L là lượng tải BOD (g/m³ mỗi ngày)
 + Theo Kriengsak Udomsinrot (AIT, 1989), hệ số thực nghiệm 0,448 của Mỹ có thể thay bằng 0,014 trong điều kiện áp dụng ở Đông Nam Á do điều kiện xử lý lọc thải vùng nhiệt đới cao hơn các vùng ôn đới, dẫn đến hiệu suất cao hơn.

→ Theo Cẩm nang Mô hình Thực nghiệm Anh quốc (*The British Manual of Practices Model*), 1988:

$$\frac{L_1}{L_0} = \frac{1}{\left[1 + K\alpha^{t-15} \left(\frac{A \cdot S^m}{Q^n}\right)\right]} \quad (3-11)$$

trong đó: L_1 - lượng BOD vào, mg/l
 L_0 - lượng BOD ra sau khi đã xử lý, mg/l

K - hệ số lọc ($K = 0,02$ với sạn sỏi, $= 0,4$ với plastic)
 As^m - diện tích mặt thấm (*media surface area*) và hệ số, m^2/m^3
 ($m = 1,41$ với sạn sỏi, $= 0,73$ với plastic)
 Q_n - tốc độ tải khối (*volumetric loading rate*) và hệ số, m^2/m^3 .ngày
 ($m = 1,25$ với sạn sỏi, $= 1,4$ với plastic)
 α - hệ số nhiệt độ ($= 1,111$), t - nhiệt độ của nước thải, $^{\circ}C$

Ví dụ 3. 7: Nước thải đô thị cho số liệu sau:

Lượng BOD₅ ban đầu = 360 mg/l

Tiêu chuẩn BOD₅ đòi hỏi = 25 mg/l

Dân số tương đương (PE) = 20.000 người với lượng thải 225 l/người.ngày

Nhiệt độ nước thải $t = 20^{\circ}C$

Xác định thể tích một bể lọc nhỏ giọt đơn với vật liệu lọc là sạn sỏi, nếu tỉ số hoàn lưu R là 1:1 và 2:1. Sử dụng phương trình NRC.

Giải: Hiệu suất giảm BOD yêu cầu: $E = \frac{360 - 25}{360} = 93\%$

Với $R = 1:1 = 1$, sử dụng phương trình NRC:

Hệ số hoàn lưu:

$$F = \frac{1 + R}{(1 + 0,1R)^2} = \frac{1 + 1}{(1 + 0,1.1)^2} = 1,65$$

Lượng tải BOD₅ ban đầu:

$$W = 20.000 \times 225 \times 360 \times 10^{-6} = 1620 \text{ kg/ngày}$$

Phương trình NRC:

$$E = \frac{100}{1 + 0,448 \cdot \sqrt{W / VF}} = 93 = \frac{100}{1 + 0,448 \cdot \sqrt{1620 / V(1,65)}}$$

$$\rightarrow V = 34.793 \text{ m}^3$$

Nếu hiệu suất hữu dụng là 80 % thì $V' = 34.793 / 80\% = 43.491 \text{ m}^3$

Với $R = 2:1 = 2$

Hệ số hoàn lưu:

$$F = \frac{1 + R}{(1 + 0,1R)^2} = \frac{1 + 2}{(1 + 0,1 \times 2)^2} = 2,083$$

Phương trình NRC:

$$E = \frac{100}{1 + 0,448 \cdot \sqrt{W / VF}} = 93 = \frac{100}{1 + 0,448 \cdot \sqrt{1620 / V(2,083)}}$$

$$\rightarrow V = 26.550 \text{ m}^3$$

Nếu hiệu suất hữu dụng là 80 % thì $V' = 26.550 / 80\% = 31.212 \text{ m}^3$

Chọn $n = 10$ bể lọc hình tròn với kích thước: sâu $h = 2,5$ m, đường kính $D = 40$ m.

Kiểm tra: $V_{tk} = n \cdot \left(\frac{\pi D^2}{4} \cdot h \right) = 10 \times \left(\frac{3,1416 \times 40^2}{4} \times 2,5 \right) = 31.416 \text{ m}^3 > 31.212 \text{ m}^3$ (thỏa).

Ví dụ 3.8: Cho BOD₅ của nước thải $W_{BOD} = 200$ mg/l
 Lượng nước thải $WW = 1.400$ m³/ngày
 Thể tích bể lọc nhỏ giọt $V_{ff} = 16.000$ m³
 Sử dụng bể lọc nhỏ giọt vận tốc thấp, không có hệ thống hoàn lưu.
 Xác định hiệu suất lọc hệ thống trong điều kiện nhiệt đới và lượng BOD₅ loại bỏ.

Giải: Tính lượng tải BOD₅

$$L = \frac{WW \times W_{BOD}}{V_{ff}} = \frac{1400 \cdot (m^3 / ngày) \times 200 \cdot (mg / l)}{16000 \cdot (m^3)} = 17,5 \text{ g/m}^3 \cdot \text{ngày}$$

Hệ số hoàn lưu

$$F = \frac{1 + R}{(1 + 0,1R)^2} = 1, \text{ vì } R = 0 \text{ (không có lượng nước thải hoàn lưu)}$$

Hiệu suất bể lọc trong điều kiện nhiệt đới :

$$E = \frac{100}{1 + 0,014 \cdot \sqrt{L / F}} = \frac{100}{1 + 0,014 \cdot \sqrt{17,5 / 1}} = 84,41 \%$$

Lượng BOD₅ loại thải:

$$\text{Eff}_{BOD} = (1 - E) \cdot W_{BOD} = (1 - 0,8441) \times 200 = 31 \text{ mg/l}$$