

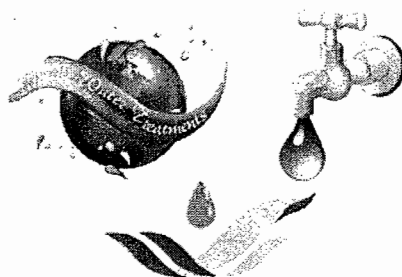
# Sanitary Engineering

4th Year Civil - Public Works

## Water Treatment

2

- Chemical Sedimentation
- Sludge Removal
- Solved Examples



## B - Chemical Sedimentation

## الترسيب الكيميائي

- هو ترسيب المواد الصلبة العالقة عن طريق إضافة مواد كيميائية للمياه تساعد على سرعة الترسيب حتى تترسب المواد العالقة بفعل الجاذبية تحت تأثير وزنها في وقت أسرع من الترسيب الطبيعي وبالتالي حجم خزان اقل ومن ثم تكلفة أقل وكفاءة أعلى - يستخدم ذلك النظام في محطات التنقية التي تخدم عدد سكان كبير

### Theory of Removal by Chemical Coagulant

- نتيجة وجود مادة هلامية فإن المواد العالقة تتجذب إليها Adhesion  
Flocs
- تجاذب ثقالي عن طريق الكتلة Gravity Tension
- الحجز Screening  
أى ان كبر حجم المادة الهلامية اثناء ترسيبها للأسفل فإنها تحجز اسفلها مايقابلها من مواد صلبة عالقة فى المياه
- تجاذب كهربى Electrical Tension  
حيث ان المادة الهلامية يكون لها شحنة موجبة أما الشوائب يكون لها شحنة سالبة نتيجة التأين فى الماء فيحدث تجاذب كهربى
- التصادم Accident  
نتيجة التصادم بين المادة الهلامية والمواد العالقة فإن المواد العالقة الصغيرة تدخل إلى حيز المادة الهلامية وتظل بداخلها

- يتم الترسيب باستخدام المواد الكيميائية Chemical Sedimentation عن طريق

(1) إضافة المادة الكيميائية على المياه العكرة مع التقليل السريع لكي يصبح توزيع المادة الكيميائية في المياه توزيع منتظم ومتجانس ..... وتسمى هذه العملية بالـ Coagulation

(2) بعد التقليل السريع الذي ليس له فائدة غير خلط المادة الكيميائية بالمياه يتم عمل تقليل بطيء لكي نعطي فرصة للتفاعل وتكوين ما يسمى بالندف Flocs وتسمى هذه العملية بالـ Flocculation

### - الترويب Coagulation

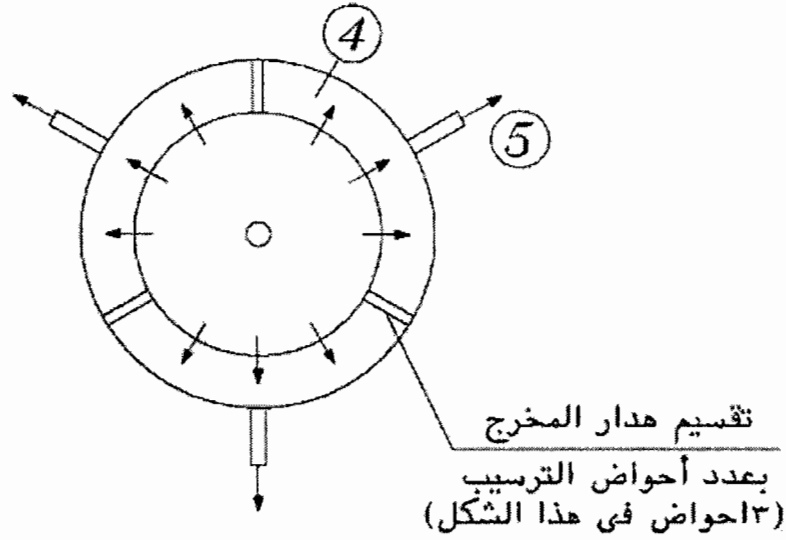
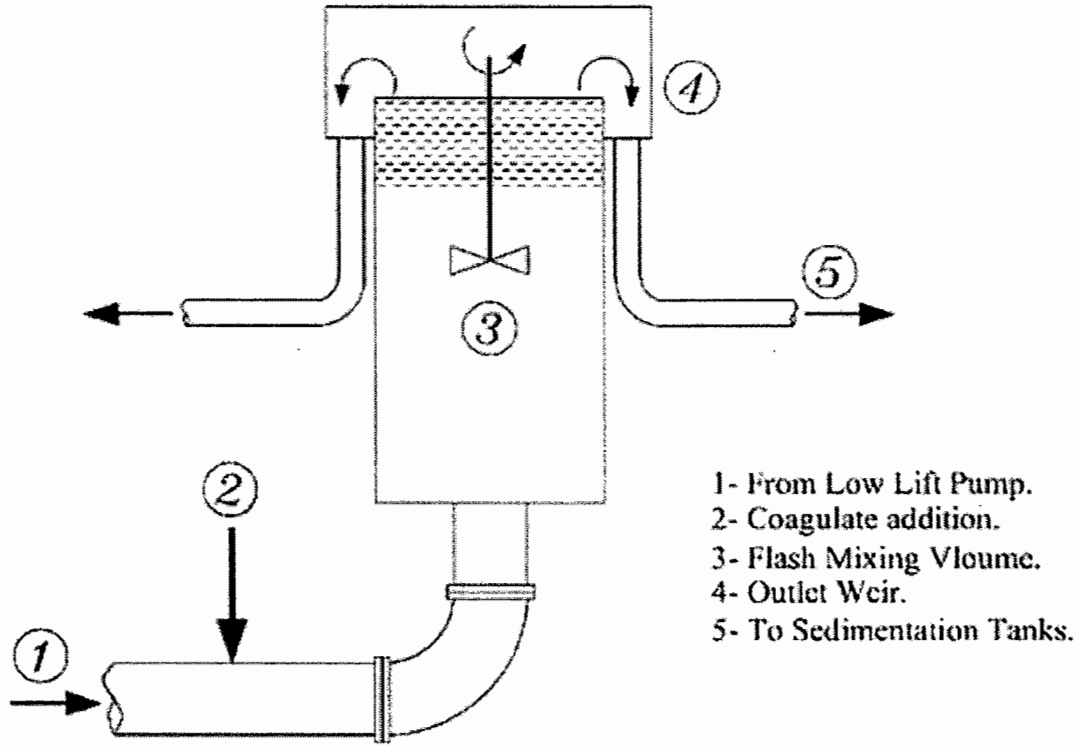
- هي عملية تستخدم فقط في حالة الترسيب باستخدام المواد الكيميائية حيث يتم إضافة المادة الكيميائية الى المياه والتي تعمل دورها على تكوين كتل جيلاتينية تسمى الندف Flocs تلتصق المواد العالقة في المياه فيثقل وزنها فتترسب في وقت أقل من لترسيب الطبيعي

- يحدث الالتصاق بين الندف والمواد العالقة عن طريق اختلاف الإشارة بينهم حيث تحمل الندف إشارة موجبة وتحمل المواد العالقة إشارة سالبة يحدث تجاذب بينهم

Coagulation is the destabilization of colloids by addition of chemicals that neutralize the negative charges.

- تتم عملية الـ Coagulation عن طريق إضافة احدى المواد الكيميائية لأتية alum (aluminum sulfate) or ferric chloride or ferrous sulfate الى المياه ويتم تقليلهم مع عمل Control على الـ pH للمياه

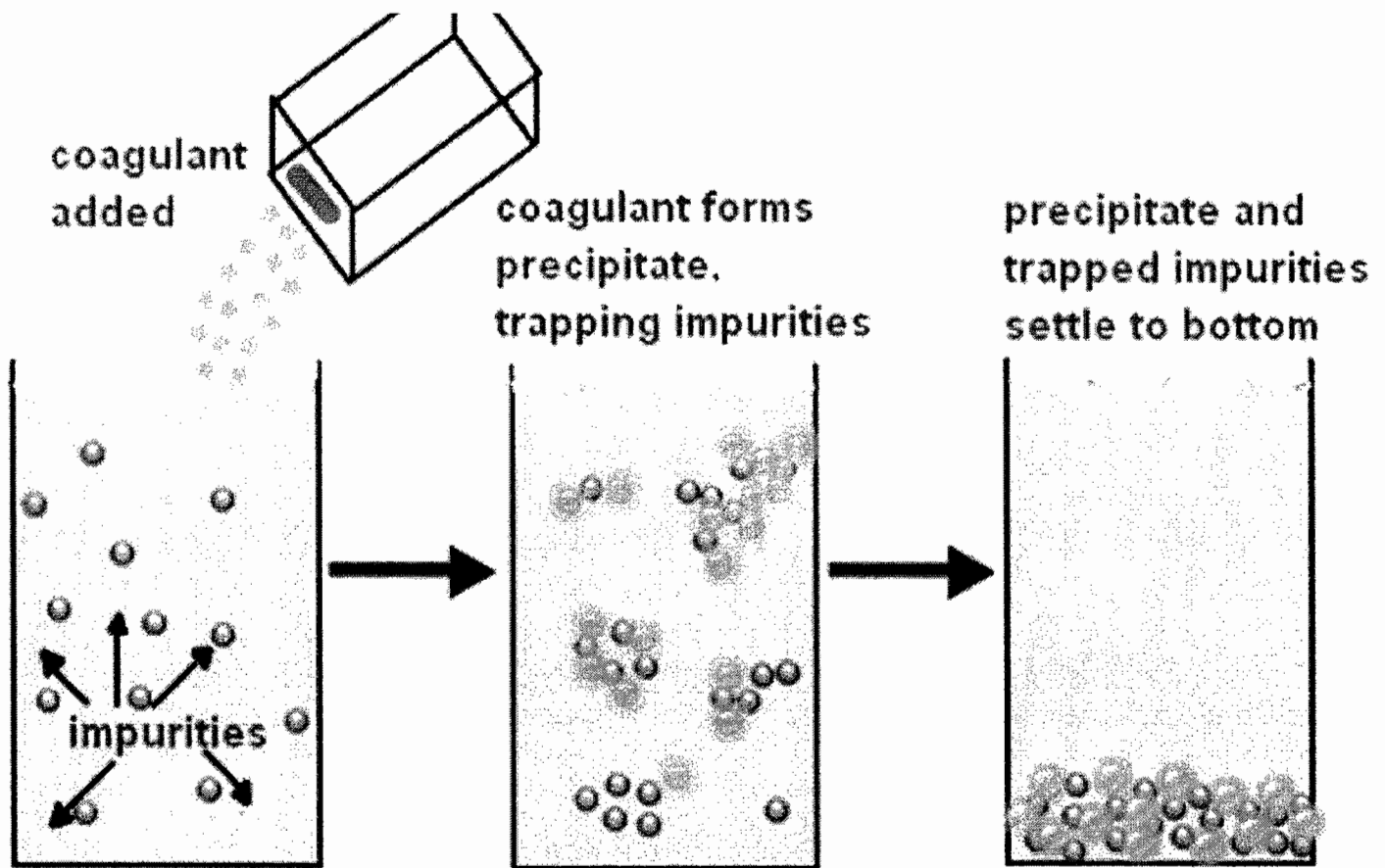
- في الصفحة القادمة رسمة الـ Flash Mixing Tank وهو عبارة عن خزان يدخل فيه المياه العكرة واثناء دخولها يتم إضافة المادة الكيميائية ومن ثم تصعد لأعلى حيث يحدث تقليل سريع لمزج المادة الكيميائية المياه العكرة جيداً ثم يتم توزيعها على وحدات الترسيب بنفس عددها



مسقط افقى

حوض المزج السريع والتوزيع على أحواض الترسيب  
*Flash Mixing*

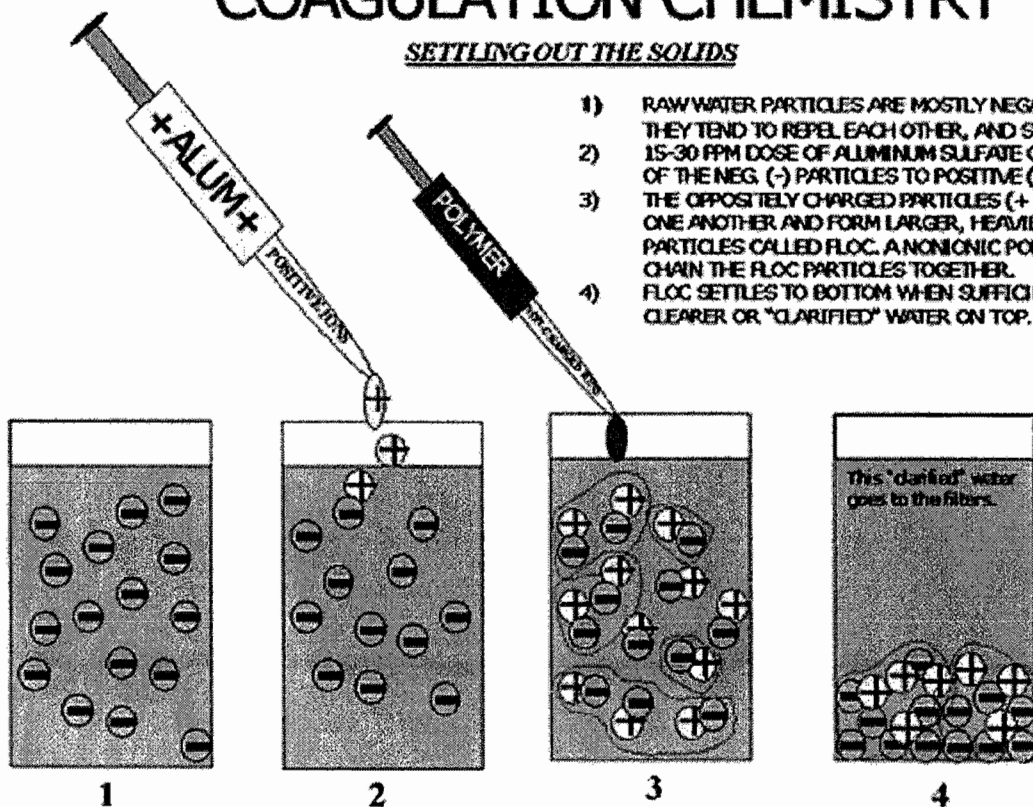
الغرض الأساسي من عملية الترويب Coagulation هو إزالة Turbidity الموجودة في المياه حتى الوصول إلى درجة Turbidity التي تسمح بعمل Disinfection للمياه



## COAGULATION CHEMISTRY

### SETTLING OUT THE SOLIDS

- 1) RAW WATER PARTICLES ARE MOSTLY NEGATIVELY CHARGED. THEY TEND TO REPEL EACH OTHER, AND STAY IN SUSPENSION.
- 2) 15-30 PPM DOSE OF ALUMINUM SULFATE CONVERTS ABOUT HALF OF THE NEG. (-) PARTICLES TO POSITIVE (+).
- 3) THE OPPOSITELY CHARGED PARTICLES (+ & -) NOW ATTRACT ONE ANOTHER AND FORM LARGER, HEAVIER CLUMPS OF PARTICLES CALLED FLOC. A NONIONIC POLYMER IS ADDED TO CHAIN THE FLOC PARTICLES TOGETHER.
- 4) FLOC SETTLES TO BOTTOM WHEN SUFFICIENTLY HEAVY, LEAVING CLEARER OR "CLARIFIED" WATER ON TOP.



⊖ NEGATIVELY CHARGED PARTICLES

⊕ POSITIVELY CHARGED ALUM IONS

● NON-IONIC ORGANIC POLYMER

## عملية الترويب Coagulation تتم على مرحلتين

### 1. Chemical Feeding

- Chemical preparation تحضير المادة الكيميائية
- Feeding method ( Wet - Dry ) إضافة المادة الكيميائية

### 2. Flash Mixing التقليل السريع لضمان التوزيع المنتظم للمروب

## بعد ذلك تتم عملية الـ Flocculation

### أنواع المواد المستخدمة في الترويب Types of Coagulants

- كبريتات الألومنيوم المائية ( الشبة ) Alum (aluminum sulfate)  
 $Al_2(SO_4)_3 + 18H_2O$
- كبريتات الحديدوز Ferrous sulfate
- كبريتات الحديدك Ferric sulfate
- كلوريد الحديدك Ferric chloride
- ألومينات الصوديوم Sodium Aluminate

المادة المروبة لا تتفاعل مع الماء نفسه بل تتفاعل مع الـ Alkalinity الموجودة في الماء

### أنواع المواد المساعدة لمواد الترويب Types of Coagulants Aids

- البوليمرات Polymers
- الجير الحي Lime

### الهدف من المواد المساعدة لمواد الترويب The Purpose of Coagulants Aids

- Improve the toughness of flocs تحسين متانة الندف
- Increase the flocs size زيادة حجم الندف
- Decrease the dose of coagulant تقليل من جرعة المروب اللازمة

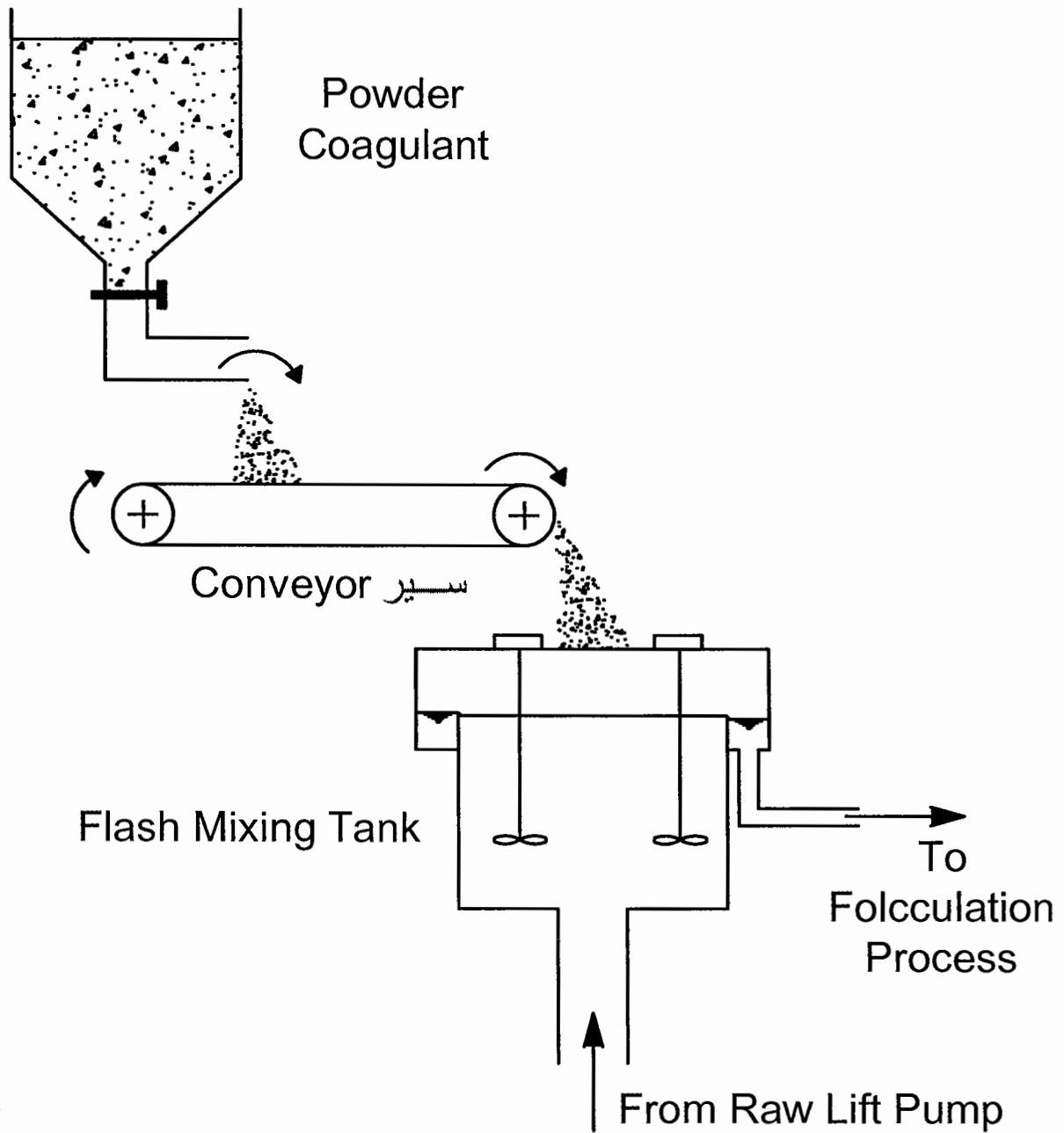
## Methods of Coagulants feeding in water treatment.

### 1 - Dry Feeding      التغذية الجافة

- يتم إضافة المادة الكيميائية على هيئة بودرة
- من عيوب هذه الطريقة

1 صعوبة التحكم في الجرعة

2 تأثر المادة الكيميائية بالرطوبة وبالتالي يحدث تحجر



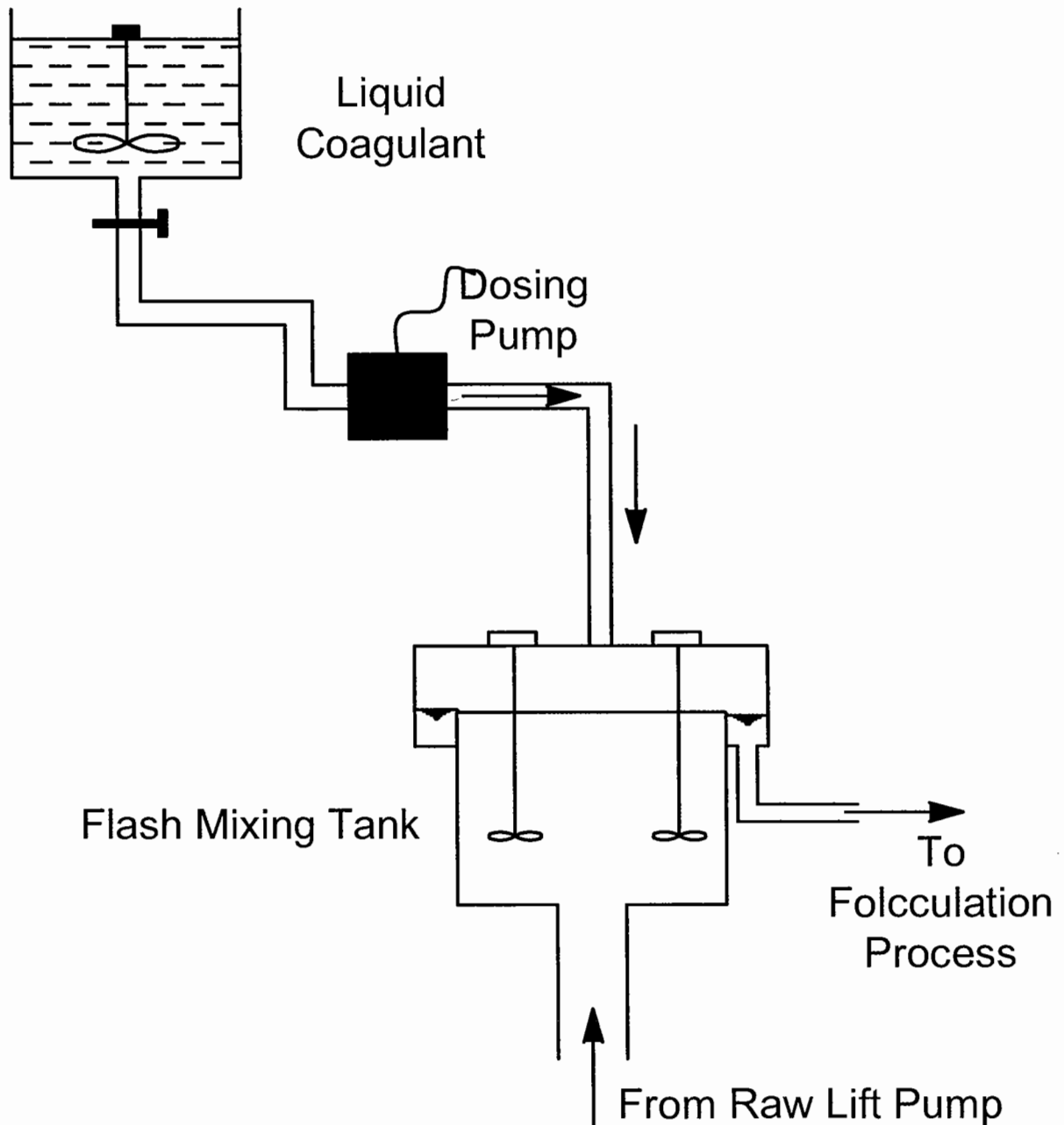
## 1 - Wet Feeding التغذية المبتلة

- يتم إضافة المادة الكيميائية في صورة محلول
- من مزايا هذه الطريقة

1 سهولة التحكم في الجرعة المضافة

2 زيادة كفاءة التقليل وانتشار المادة الكيميائية في المياه

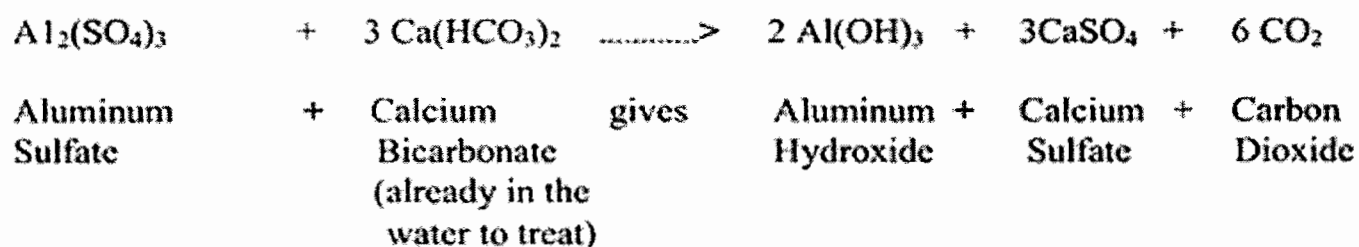
- تحتاج هذه الطريقة لخزان تحضير محلول المادة الكيميائية



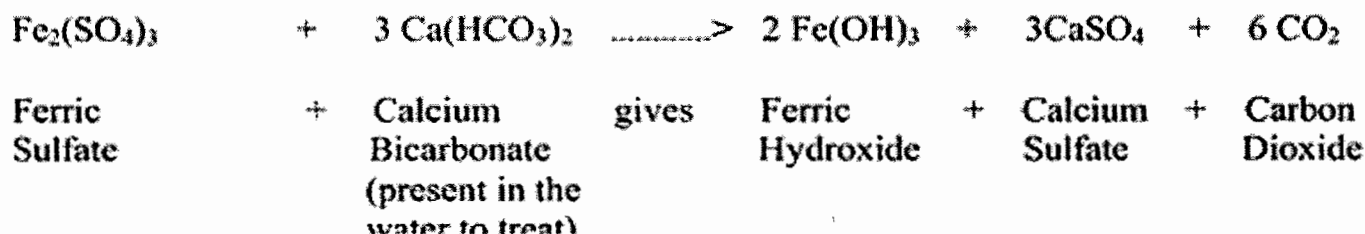


# Coagulant Reactions

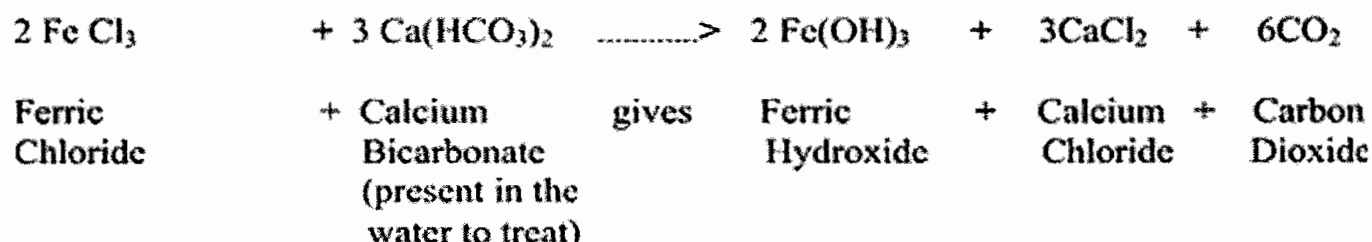
## **ALUM**



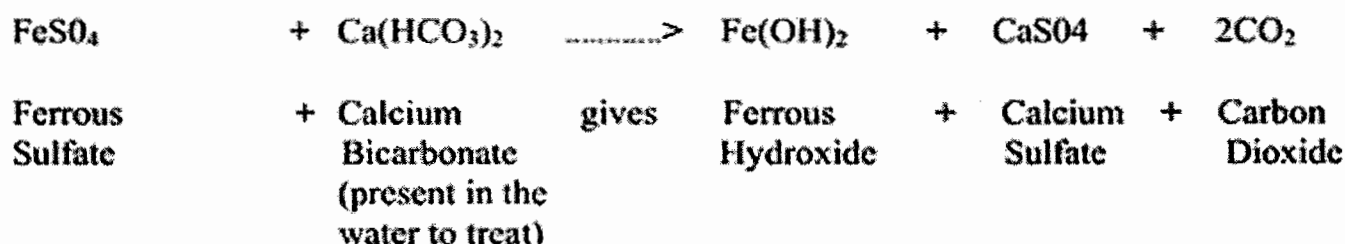
## **FERRIC SULFATE**



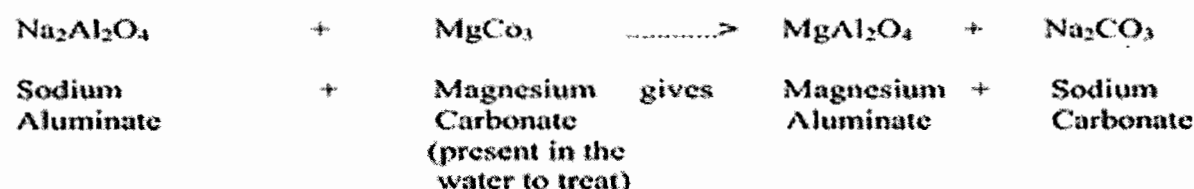
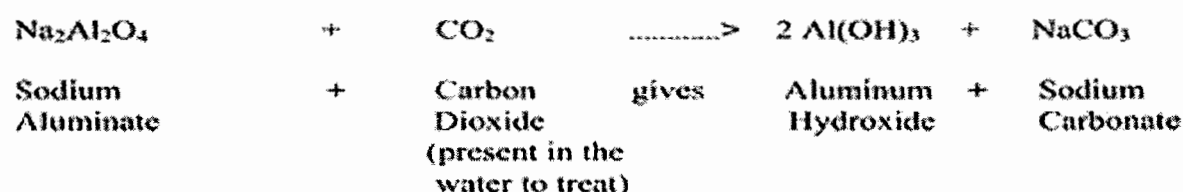
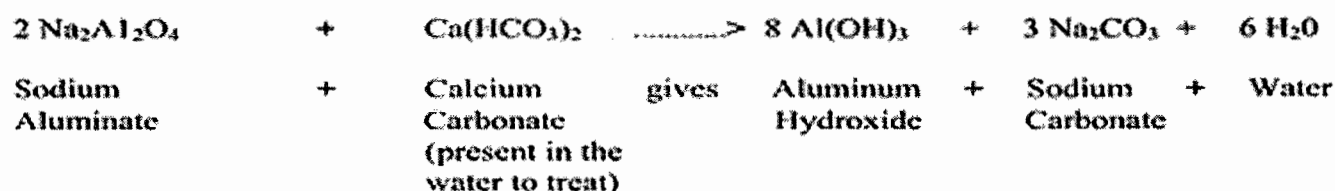
## **FERRIC CHLORIDE**



## **FERROUS SULFATE**



## **SODIUM ALUMINATE**



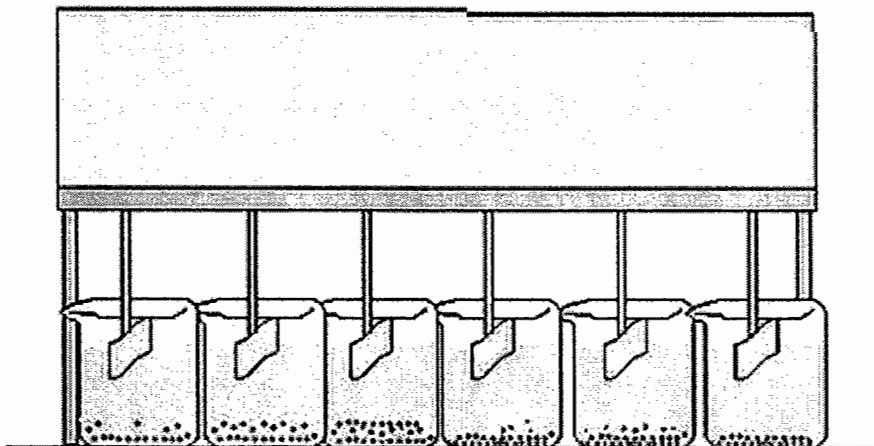
## كيف يتم تحديد جرعة المادة الكيميائية Using Jar Test

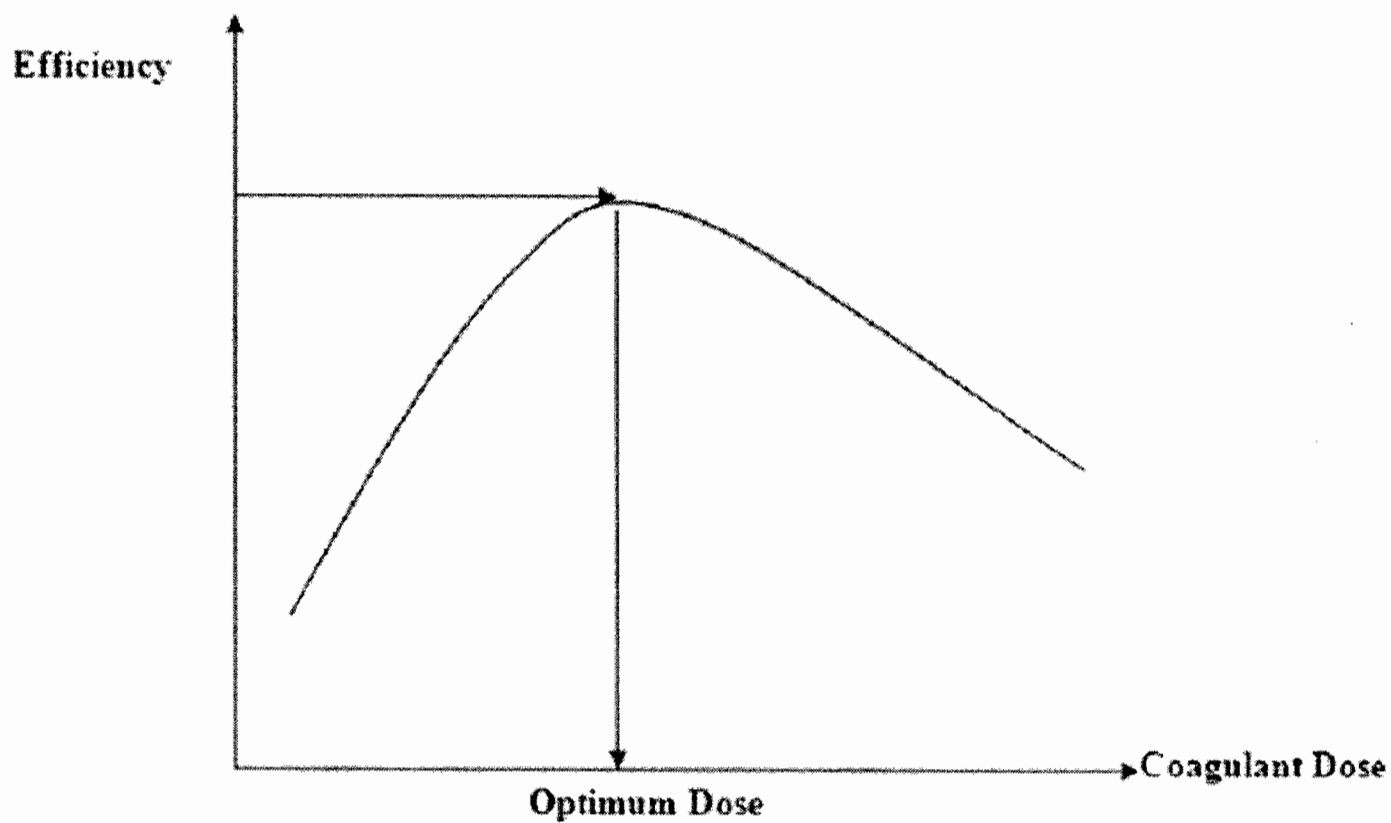
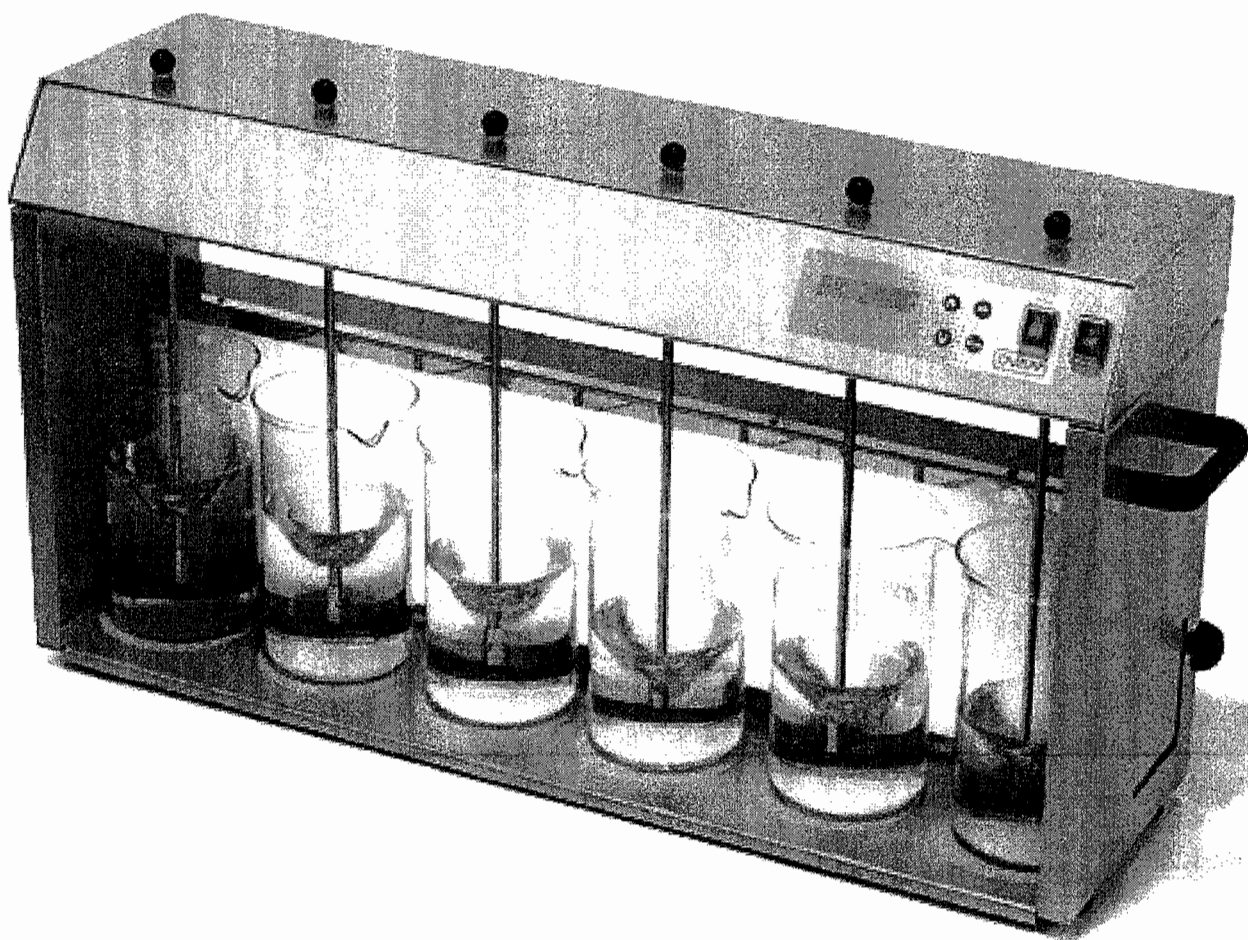
### Steps of Jar Test

- 6 vessels each 1 liter put in them different coagulant doses.  
يتم إضافة لتر مياه عكرة في 6 أواني ووضع 6 جرعات مختلفة من المادة الكيميائية كل إناء به جرعة مختلفة عن الآخر
- Flash mixing for 30 sec. (100 - 300 rpm)  
يتم عمل تقليب سريع لمدة 30 ثانية وبسرعة دوران تتراوح من 100 إلى 300 لفة في الدقيقة
- Gentle mixing for 10 min. (1 - 3 rpm)  
يتم عمل تقليب بطيء لمدة 10 دقائق وبسرعة دوران تتراوح من 1 إلى 3 لفة في الدقيقة
- Sedimentation for 30 min.  
يتم ترك المياه لمدة 30 دقيقة لإعطاء فرصة للترسيب

Get removal efficiency for each vessel, then plot the relationship between coagulant dose and removal efficiency, and then get from the curve the optimum dose at maximum removal efficiency

لكل إناء يتم إيجاد كفاءة الترسيب ثم رسم علاقة بين كفاءة الترسيب وجرعة المادة الكيميائية المضافة ومن الرسم يتم تحديد الجرعة المثلى





## - Flocculation

- بعد ان تم اضافة المادة الكيميائية Coagulation ومزجها مع المياه لعكرة فى ال Flash Mixing Tank

تم بعد ذلك تقليب الخليط ببطئى Gentle Mixing حتى يحدث تفاعل بين المادة الكيميائية والمياه فتتكون الندف Floccs

Gentle mixing (flocculation) provides a period of time to promote the aggregation and growth of the insoluble particles (flocs).

- بعد ان تتكون الندف تنجذب لها المواد العالقة فى المياه فيتقلل وزن الندف فتترسب بسرعة

نجد ان هناك مواد عالقة صغيره جدا وايضاً ندف صغيره جدا فتظل عالقة فى المياه ولا تترسب ..... ويتم ازالتهما فى الفلتر

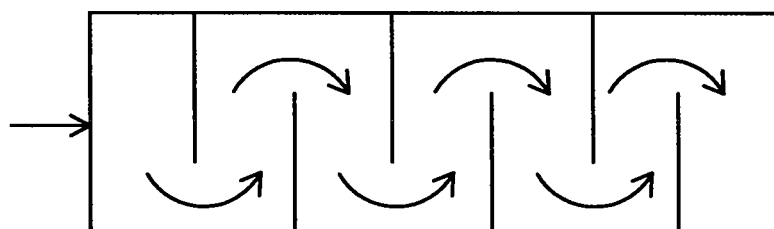
## - Types of Flocculation

### 1 - Mechanical Flocculation

حيث يتم التقليب البطئى بواسطة ماتور وأذرع ميكانيكية

### 2 - Hydraulic Flocculation

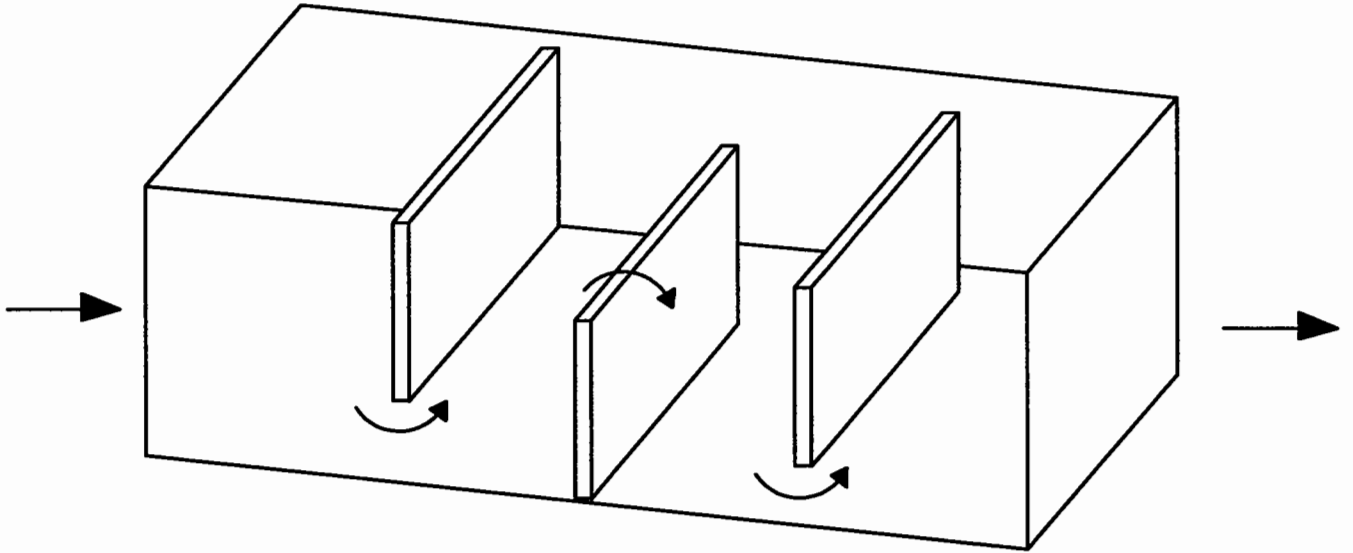
حيث يتم التقليب البطئى هيدروليكيًا وليس ميكانيكيًا وهو يتم عن طريق عمل baffles فى الخزان بحيث تصطدم بها المياه مرة تلو الاخرى فيحدث تقليب



Plan

### • Horizontally baffled tank

تتحرك المياه أفقيًا بجانب ال Horizontal Baffles وهذا يساعد على حدوث turbulence فى المياه وبالتالي يحدث التقليب بسهولة



### • Vertically baffled tank

تتحرك المياه من أعلى ومن أسفل الـ Vertical Baffles وهذا يساعد على حدوث turbulence في المياه وبالتالي يحدث التقليب بسهولة

### ملاحظة هامة

- من الممكن ان يتم عمل الـ Flash Mixing Tank منفصل وعمل الـ Flocculation Tank منفصل وعمل الـ Sedimentation Tank منفصل  
من الممكن ان يتم الدمج بين الـ Flocculation Tank والـ Sedimentation Tank  
من الممكن ان يتم الدمج بين الثلاثة معاً في خزان واحد

## Factors affecting the Coagulation Process

- Water Temperature
- pH of raw water
- Coagulant type
- Coagulant dose
- Total suspended solids in water
- Mixing method and type (mechanical or manual)
- Coagulant feeding method ( dry or wet )

# Design of Alum Solution Tank

- الشببة فى الطبيعة عبارة عن حجارة يتم تحويلها لبودرة بالطحن

- يتم تحضير الشببة فى حوض يسمى Alum Solution Tank

- يتم تصميم هذا الخزان كالآتى

## Design Criteria

- Alum dose = 20 : 50 gm/m<sup>3</sup> ( take it 40 if not given )

وهى جرعة المادة الكيميائية نفسها

- Conc. of Alum solution = 5 : 10 % ( take it 10% if not given )

تركيز المادة الكيميائية بمعنى نسبة المادة الكيميائية من المحلول

- $\gamma$  of Alum Solution = 1 : 1.07 t/m<sup>3</sup> ( take it 1.05 if not given )

- Number of tanks = working period / عدد ساعات الوردية

- d = 1 : 3 m

## Design Steps of Alum Solution Tank

Calculate Volume of Alum Solution per day V1

حجم محلول الشببة ككل يومياً

$$V1 = Q_{mm} \times \text{Dose} \times \frac{100}{5 : 10} \times \frac{1}{\gamma} \times 10^{-6}$$

m<sup>3</sup>/d      gm/m<sup>3</sup>      1/conc      weight to volume      gm to ton

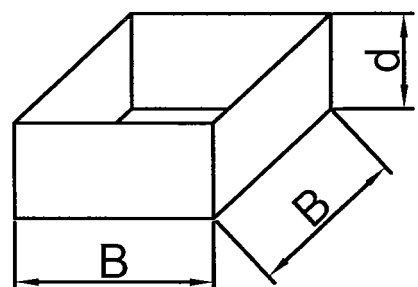
شرح القانون نفس  
فكرة الـ Sludge Estimation  
فى آخر الملزمة

$$\text{Volume of one tank (V2)} = \frac{V1}{n}$$

where n = no. of tanks = 3 if not given

$$V2 = B^2 d$$

Assume d = 1 : 3 m then get B



- يتم أخذ الـ  $n$  تساوى 3 بفرض إن الوردية تكون 8 ساعات وبالتالي اليوم فيه 3 ورديات ولكل وردية خزان

$$\begin{aligned} \text{Rate of dosing} &= Q = \text{Volume of alum solution} / \text{day} \\ &= Q = V1 / \text{Working period} \end{aligned}$$

## Design of Flash Mixing Tank

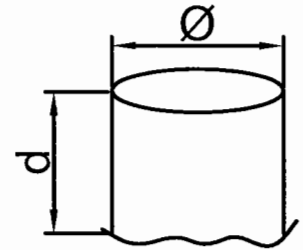
- يتم فيه التقليب السريع حيث يتم مزج المادة المروبة مع المياه حتى تمام الخلط

### Design Criteria

- Retention Time (RT) = 30 : 60 sec

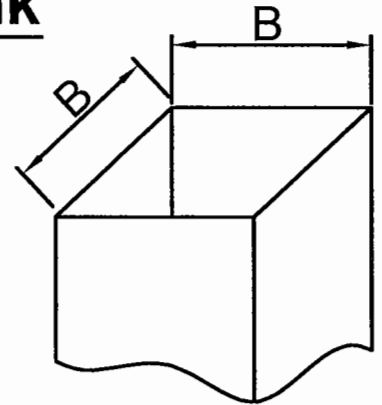
الزمن لا يزيد عن دقيقة حتى لا تتكسر الندف Floccs ولأنه ليس خزان ترسيب

- $d = 1.5 : 5 \text{ m}$
- $n \geq 1$  ( take it 1 )
- من الممكن أن يكون الخزان مربع أو دائري
- If circular,  $\emptyset \leq 35\text{m}$



### Design Steps of Flash Mixing Tank

- Assume RT
- Calculate Volume of Tank =  $Q_{\text{mm}} \times \text{R.T.}$
- Assume  $n = 1$
- Assume  $d = 2\text{m}$  or any
- Volume =  $n (\pi/4) \emptyset^2 d$  If Circular  $\longrightarrow$  get  $\emptyset$
- Volume =  $n B^2 d$  If Square  $\longrightarrow$  get  $B$



## Design of Flocculation Tank (Gentle Mixing )

– يتم فيه التقايب البطيئ حيث يعطى فرصة لحدوث التفاعل  
الكيميائى بين المادة المروبة والقلوية الموجودة فى الماء وبالتالى  
تتكون الـ Floccs

### Design Criteria

- Retention Time (RT) = 20 : 40 minutes.
- $d = 2 : 4 \text{ m}$
- $n \geq 2$
- $L = ( 2 : 4 ) B$
- $B = ( 2 : 3 ) d$
- $L \leq 50 \text{ m}$

### Design Steps of Flocculation Tank

- Assume RT
- Calculate Volume of Tank =  $Q_{mm} \times R.T.$
- Assume  $d = 2\text{m}$  or any
- Calculate Surface Area = Volume /  $d$
- Area =  $n L B$
- Assume  $n$
- Calculate  $B, L$



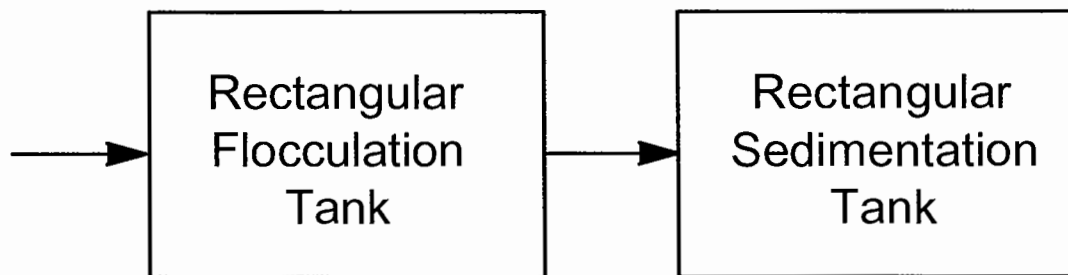
## Development of Chemical Sedimentation Process

– تم تطوير عمليه الـ Chemical Sedimentation وهذه التطورات نتج عنها تقليل حجم الخزانات وزيادة كفاءة الترسيب وتقليل التكلفة

– هذه التطورات تكون عن طريق دمج اكثر من وظيفة فى خزان واحد بدلاً من ان تكون كل وظيفة فى خزان منفصل

### هذا التطور حدث تدريجياً كالاتى

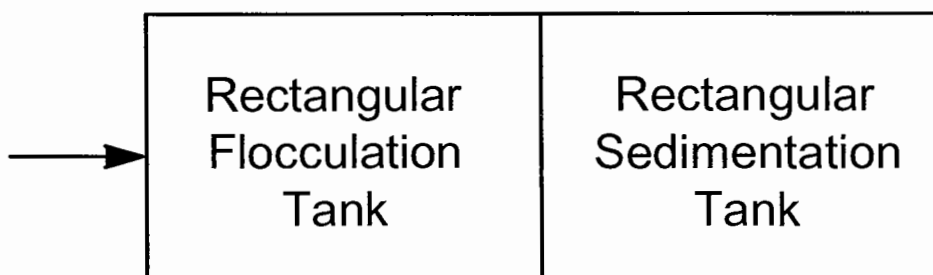
#### فى البداية



خزان مستطيل منفصل لكل عملية

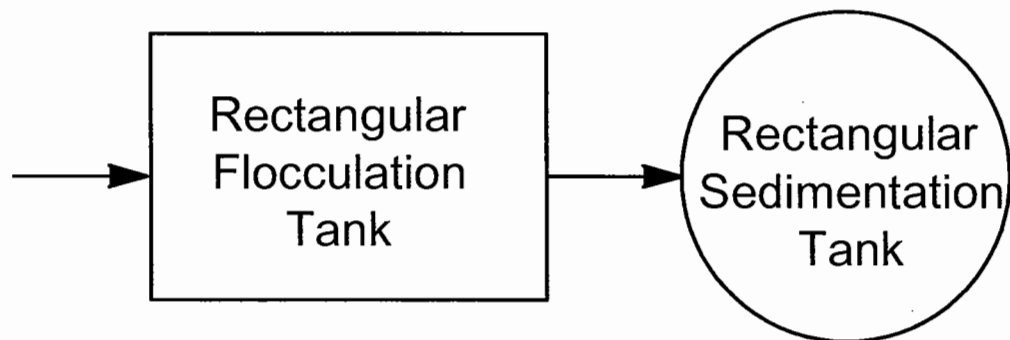
#### ثم بعد ذلك

تم دمج الخزائين واصبحوا مشتركين فى حائط واحد



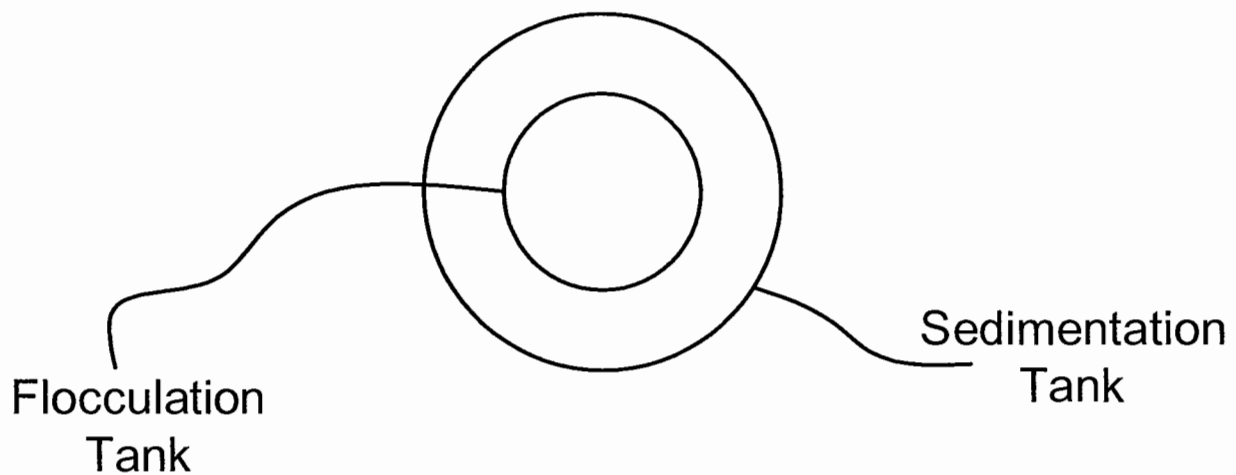
### ثم بعد ذلك

تم عمل خزان الترسيب مستدير وعمل خزان الترويب مستطيل وكلاهما منفصل عن الآخر

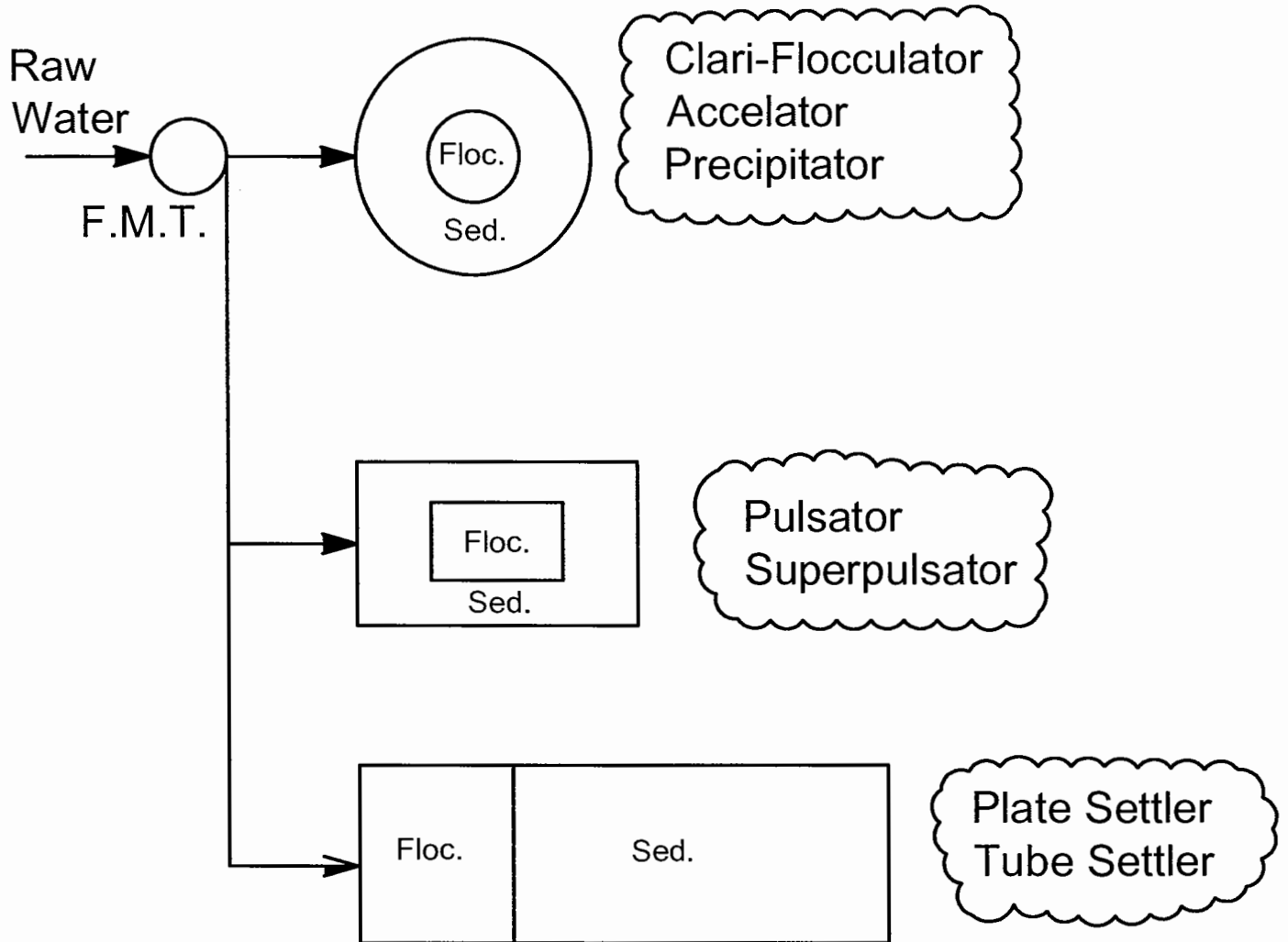


### ثم بعد ذلك

تم عمل كلا الخزانين مستدير ودمجهما فى نفس الخزان



وهذا التطور يسمى بالـ Clari-Flocculator



## Clari-Flocculator

- يتم فى هذه الحالة عمليتي الترويب Flocculation والترويق Sedimentation داخل حوض دائري واحد يجمع بين حيز الترويب الداخلى وحيز الترويق الخارجى

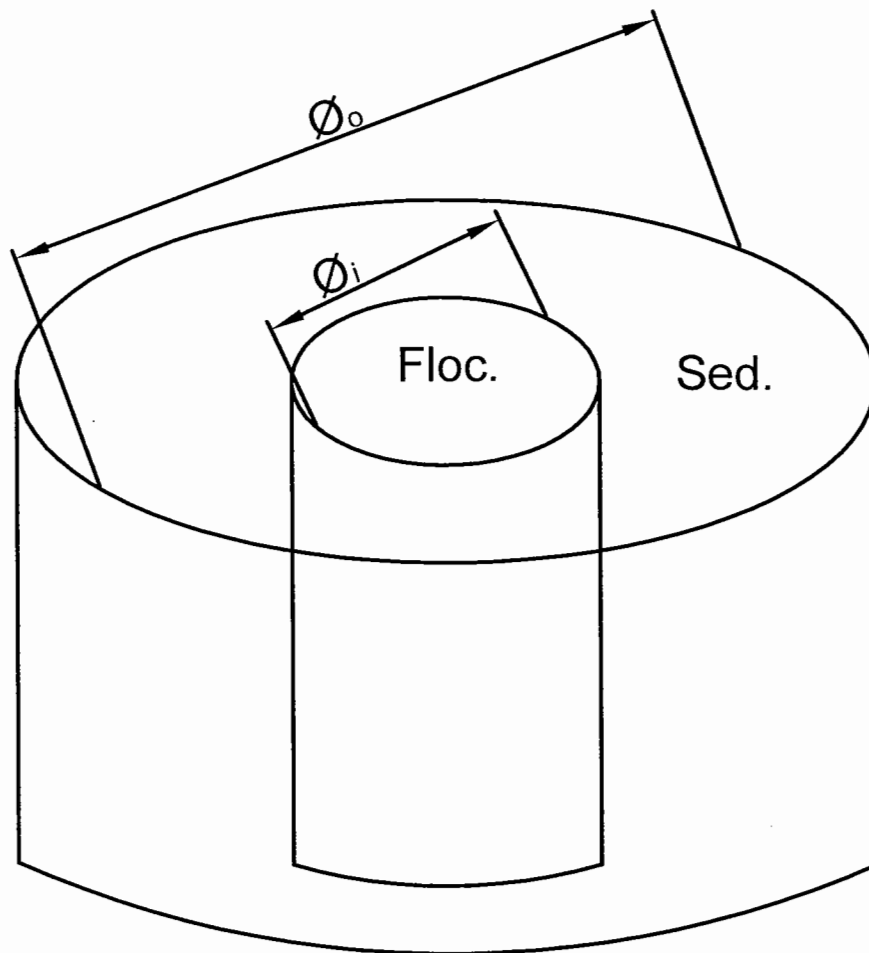
### 1. Flocculation Process ( Inner Zone )

ويحدث فيها Gentle Mixing وتكوين للـ Floccs

### 2. Sedimentation Process ( Outer Zone )

ويحدث فيها ترسيب للـ Floccs التى تحمل بدورها المواد العالقة الموجودة فى المياه

## Design Criteria of Clari-Flocculator



- $Q_d = Q_{mm}$

**Inner Retention Time (  $T_i$  ) = 20 : 30 Min.**

**Outer Retention Time (  $T_o$  ) = 2 : 4 hr +  $T_i$**

- $d_o = 3 : 5 \text{ m}$

- $d_i = d_o - ( 0.5 : 1 )$

- Surface Loading rate ( SLR ) = 25 : 40  $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$

- Hydraulic Load on Weir ( HLOW ) = 150 : 300  $\text{m}^3/\text{m}/\text{d}$

- Horizontal velocity  $V_{hz} > 0.3 \text{ m}/\text{min}$ .

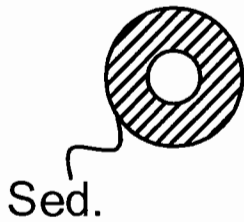
- $\phi_o \neq 35 \text{ m}$

- $n \neq 2$

– معدل التحميل السطحي Surface Loading Rate  
يعنى كل متر مربع من مساحة الخزان تقدر تشيل كام متر مكعب مياه  
فى اليوم ويجب أن لايزيد عن  $40 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$  حتى لا يحدث Turbulence  
فى المياه ويصعد الـ Sludge لأعلى ويخرج مع المياه المروقة

الـ SLR يكون خاص فقط بعملية الترسيب Sedimentation Only  
لذلك ينقسم على فرق المساحة الخارجية والداخلية  $A(\text{out}) - A(\text{in})$

$$\bullet \text{ Surface Loading Rate} = \frac{Q_{\text{des.}}}{A(\text{out}) - A(\text{in})} = \frac{Q_{\text{des.}}}{n \pi \frac{(\phi_o^2 - \phi_i^2)}{4}}$$



Surface Area  
of Sedimentation Zone

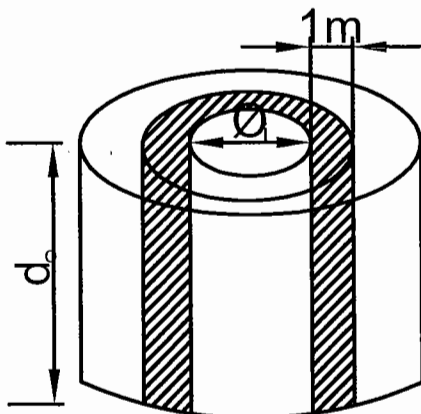
$$\bullet \text{ Hydraulic load on weir} = \frac{Q_{\text{des.}}}{\text{Length of weir}} = \frac{Q_{\text{des.}}}{n \pi \phi_o}$$

طول الهدار

وهو محيط الدائرة الخارجية الخاصة بالترسيب

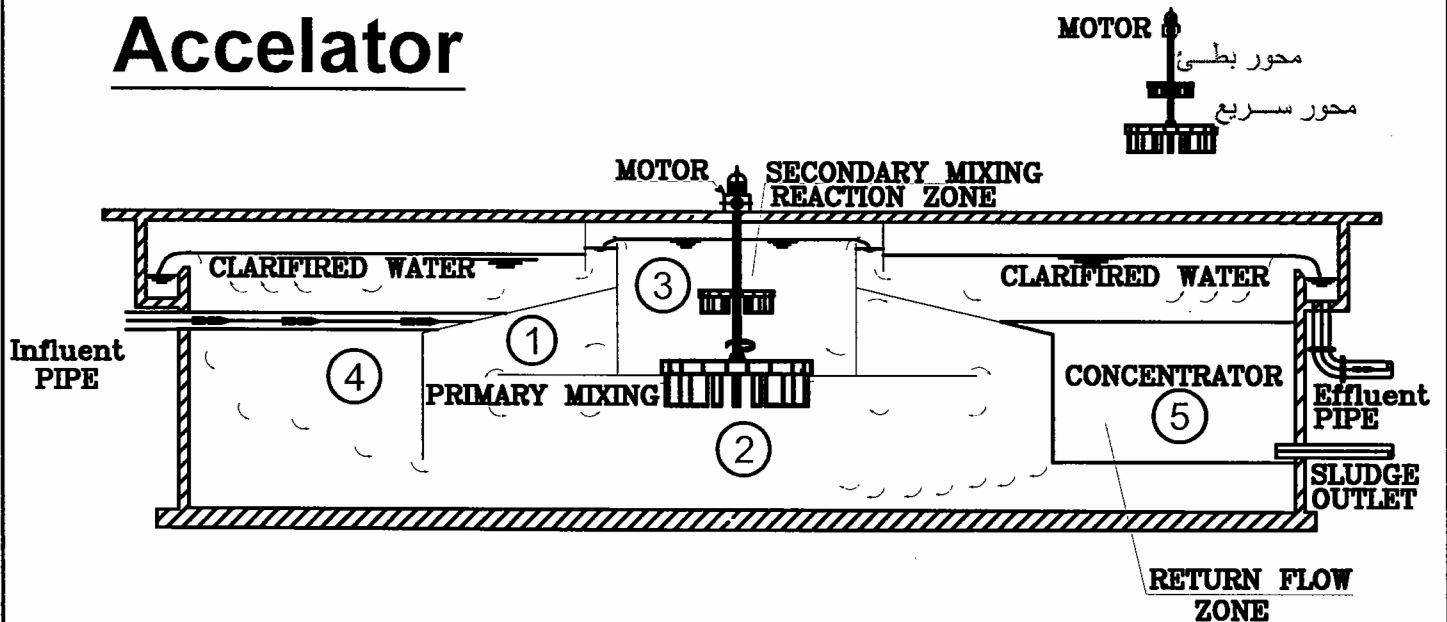
$$\bullet \text{ Horizontal Velocity } (V_{\text{hz}}) = \frac{Q_{\text{des.}}}{\text{HZ. X-Area}} = \frac{Q_{\text{des.}}}{n \pi d_o (\phi_i + 1\text{m})}$$

المساحة الجانبية للإسطوانة



$(\phi_i + 1\text{m})$  لأن عند بُعد 1 متر عن الـ Inner Zone تكون  
أكثر نقطة Critical للسرعة

# Accelator



- تدخل المياه من ماسورة الدخول Influent Pipe إلى المنطقة ①
- تنزل المياه إلى الـ Primary Mixing والتي يحدث فيها تقليب

## ② Flash Mixing سريع

- نتيجة للتقليب السريع تصعد المياه لأعلى إلى الـ Sec. Mixing

## ③ Floccs حيث يحدث فيها تقليب بطيء Gentle Mixing لتكوين

- تخرج المياه إلى المنطقة ④ عن طريق الهدارات حتى يحدث لها

## ترسيب

- بعد عمليه الترسيب تخرج المياه النقية من هدارات الخروج ومن ثم

## يتم سحبها بماسورة الـ Effluent Pipe

- بالنسبة للـ Sludge فإنه يتكثف في الـ ⑤

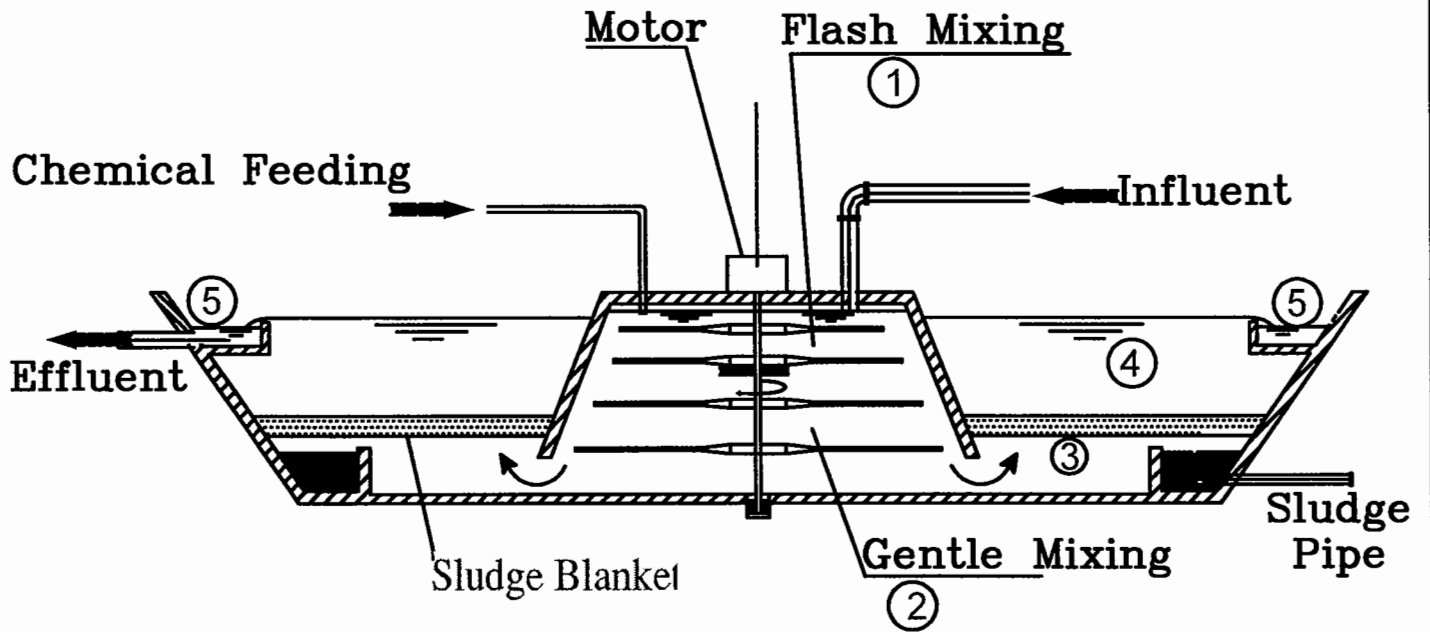
- يتم فتح ماسورة خروج الروبة Sludge Outlet كل فترة معينه

## الـ Sludge الزائد يهبط إلى اسفل ويدخل مرة اخرى الى منطقة

## Primary Mixing حيث يندمج مع المياه الداخلة للخران مما يزيد من

## كفاءة الترسيب

# Precipitator



• تدخل المياه Influent من ماسورة الدخول الى منطقة ① حيث يحدث

فيها تقليب سريع Flash Mixing

• تنزل المياه للأسفل ويحدث لها Gentle Mixing تقليب بطيء حيث

تتكون الـ Floccs ②

• تخرج المياه إلى منطقة ③ فتجد أمامها طبقة من الـ Sludge معلقة

في المياه تسمى Sludge Blanket فتلتصق بها الـ Floccs

وتحجز أسفلها الـ Sludge

• تنتهي طبقة الـ Sludge Blanket عندما يتغلب وزنها على قوة دفع

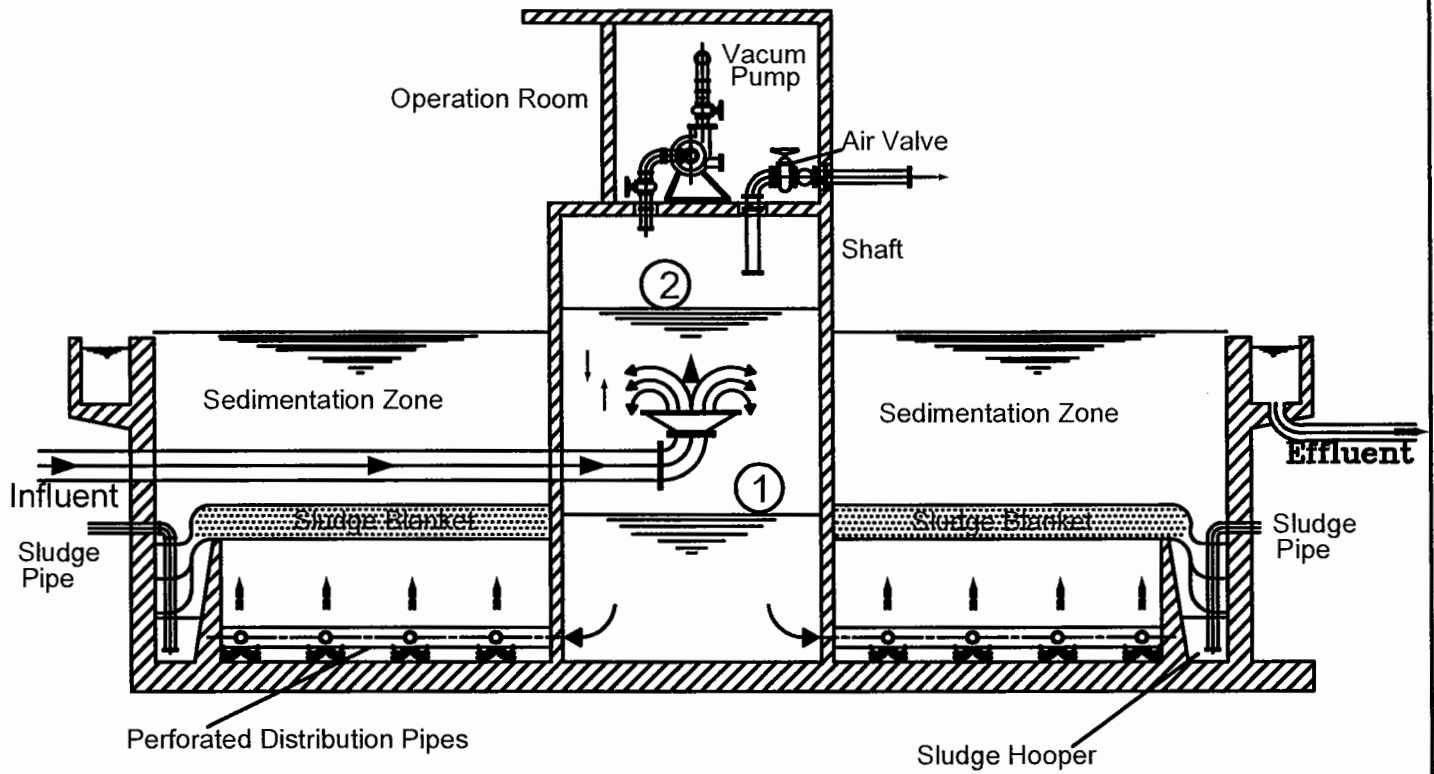
المياه لأعلى فتتهبط ويتم سحب الـ Sludge عن طريق ماسورة الـ

Sludge Pipe

• تصعد المياه الرايقة إلى أعلى ④ ويتم سحبها من هدار الخروج عن طريق

ماسورة الـ Effluent ⑤

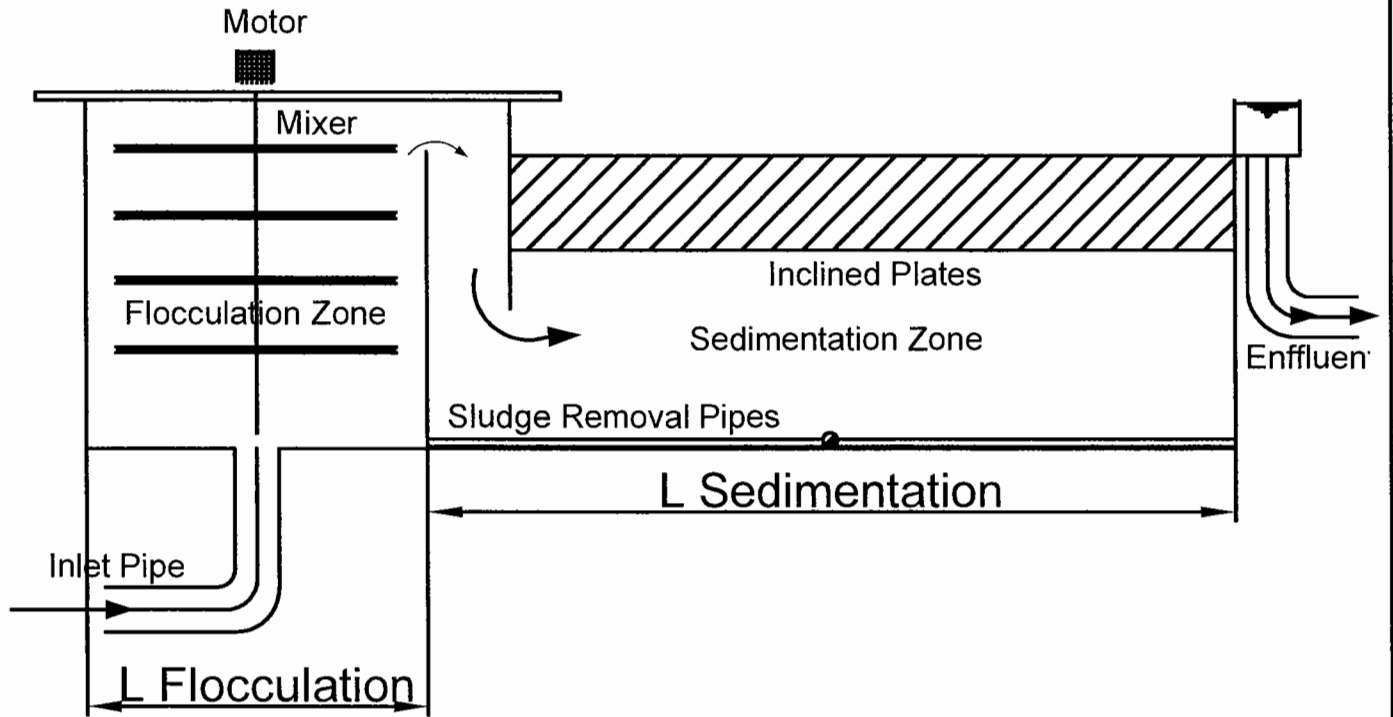
# Pulsator



- يتم إضافة المادة الكيميائية المروبة وعمل تقليب سريع داخل ماسورة الدخول قبل دخول المياه الى Pulsator
- تدخل المياه Influent في الـ Inlet Pipe وتكون حينها الـ Vacuum Pump مفتوحة فتسحب الهواء وتطرده والـ Air Valve مغلق
- تبدأ الـ Vacuum Pump في التشغيل حتى يصل منسوب المياه من ① إلى ② حيث يكون الـ Air Valve مفتوح
- يتم غلق الـ Vacuum Pump فيهبط منسوب المياه من ② إلى ① وبالتالي تنزل المياه الى الـ Perforated Distribution Pipes بدفعة لأنها نازلة تحت تأثير وزنها فتخرج منها الى منطقة الترسيب فيحدث ترسيب الـ Sludge وتخرج المياه من هدارات الخروج
- تكون Sludge Blanket عائمة في المياه تعمل كفلتر للمياه حيث تمر منها المياه ويتحجز تحتها الـ Sludge
- تظل هذه العملية حتى تتساوى قوة دفع المياه لأعلى مع وزن Sludge حبيبات الـ Sludge Blanket فتترسب هذه الطبقة في الـ Hooper ويتم سحبها بالـ Sludge Pipe



# Plate Settler



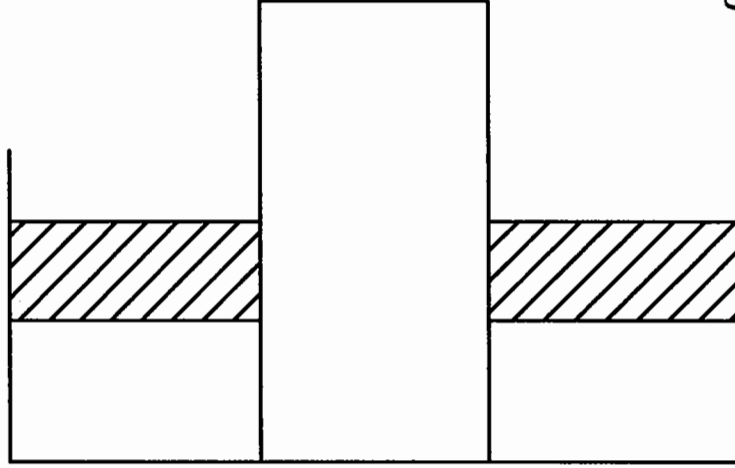
- تدخل المياه إلى الـ Flocculation Zone محمله بالمادة المروبة حيث يحدث لها تقليب بطئ Gentle Mixing وتتكون الـ Floccs ومن ثم تدخل المياه إلى الـ Sedimentation Zone فتترسب عن طريق وزنها فإذا كان وزنها كبير فتترسب بسرعة أما إذا كان وزنها خفيف فتصعد لأعلى وتصطدم بالـ Inclined Plates
- الـ Inclined Plates هي شرائح من البلاستيك الخفيف الوزن قليل التكلفة أو من الأسطوانة مثبتة بزاوية تتراوح قيمتها من  $45^\circ$  إلى  $60^\circ$
- الـ Floccs التي تصعد لأعلى تلتصق على الـ Plates فتتراكم وتتجمع ويزداد وزنها وبالتالي تنزل لأسفل وتترسب
- خزان الـ Sedimentation وخزان الـ Flocculation متلاصقين ولهم حائط مشترك وبالتالي لابد أن يكون العرض B ثابت للخزانين أثناء التصميم
- يتم تصميم الـ Sedimentation كأنه خزان ترسيب عادي جداً

## Tube Settler

- هو نفس فكرة ال-Plate Settler ولكن بدل ال-Plates وضعنا Tubes
- نلاحظ أن المساحة السطحية في ال-Plate or Tube Settler زادت حوالى أضعاف وبالتالي زيادة كفاءة الترسيب

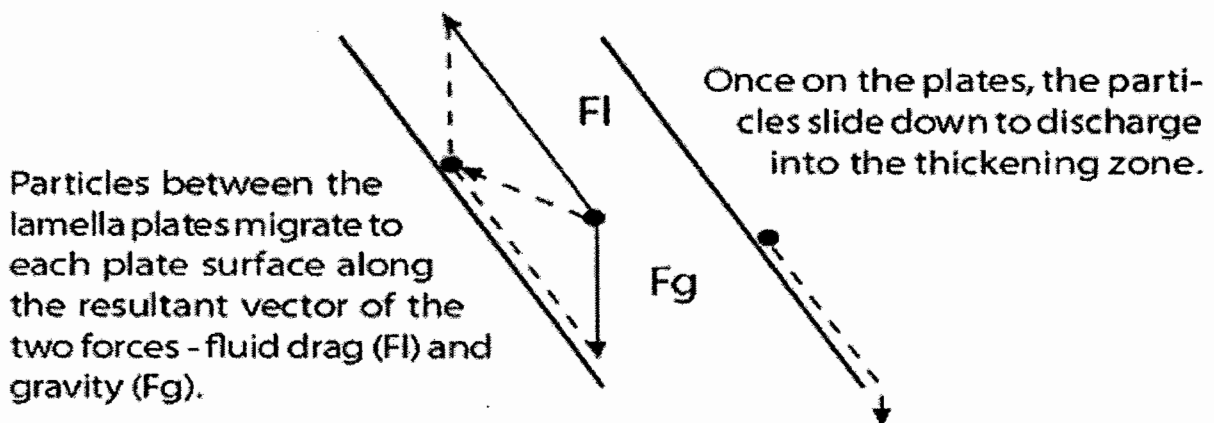
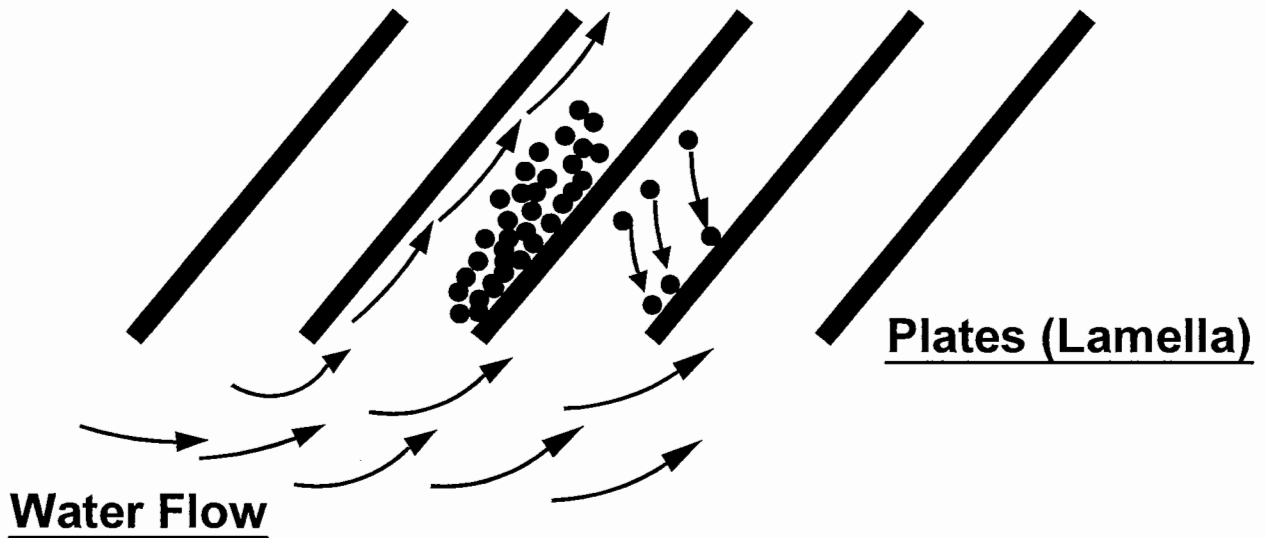
## Super Pulsator

يتم وضع Plates مع ال-Pulsator العادى وبالتالي زيادة أكثر فى كفاءة الترسيب



# Lamella Principle

- يدخل الماء من أسفل ويصطدم بالألواح ثم يتحرك موازى للألواح
- الـ Solids الموجودة فى المياه تترسب على اللوح السفلي ثم تتراكم الـ Solids فوق بعضها فيثقل وزنها فتترسب فى أسفل الحوض بالكامل
- الـ Surface Area هى مجموع المساحات السطحية للألواح لأن المساحة التى يتم عليها الترسيب هى المساحة المائلة



## Design criteria of Different Types of Sedimentation Units

Unit	$T_1$	$T_2$	$d_1$	$d_2$	SLR ( $m^3/m^2/d$ )	FLOW ( $m^3/m/d$ )
Clariflocculator	20 to 30 mins.	$T_1 + (2 \text{ to } 4 \text{ hrs})$	$d_0 - (0.5 \text{ to } 1 \text{ m})$	3 to 5 m	(25 to 40)	(150 to 300)
Accelerator	15 to 20 mins.	$T_1 + (1 \text{ to } 1.5 \text{ hrs})$	1 to 1.5 m	3 to 5 m	(45 to 60)	(150 to 300)
Precipitator	2 to 5 mins	$T_1 + (45 - 75 \text{ mins})$	$d_0 - (0.5 \text{ to } 1) \text{ m}$	3 to 5 m	(60 to 100)	(150 to 300)
Pulsator	0.5 to 3 min	$T_1 + (25 - 35 \text{ mins})$	$d_0 + (0.5 \text{ to } 1) \text{ m}$	3 to 5 m	(60 to 120)	(150 to 300)
Super Pulsator	0.5 to 3 min	$T_1 + (15 - 25 \text{ mins})$	$d_0 + (0.5 \text{ to } 1) \text{ m}$	3 to 5 m	(120 to 220)	(150 to 300)
Plate settler	(45 to 70) min		3 to 5 m		(75 to 120)	(150 to 300)
Tube settler	(15 to 45) min		3 to 5 m		(120 to 150)	(150 to 300)

- يتم استخدام هذه Design Criteria إذا لم يذكر شيء في المسألة
- لاحظ في الـ Plate Settler و Tube Settler مسافيش  $d_0$  و  $d_1$  لأن هو عبارة عن حوض ترسيب عادي جدا جواه الـ Plates أو الـ Tubes

# Dissolved Air Floatation

— تقنية أخرى لإزالة الرواسب من الماء ولكن بدل ما تترك المواد العالقة فى المياه لتترسب بيتتم إدخال هواء من أسفل الحوض يدفع الـ Floccs بما تحمله من Solids إلى أعلى فتطفو على السطح بدلاً من أن تترسب

Dissolved air flotation clarifiers bubble air into the flocculated water and cause the floc particles to float to the surface.

ضخ هواء مضغوط من الأسفل يجبر المواد العالقة على الطفو

Dissolved air flotation clarification allows for loading rates up to 10 times that of conventional clarifiers.

استخدام هذه التقنية تسمح بتصريف يساوى 10 مرات تقريباً من التصريف فى حالة الترسيب العادى

Dissolved air flotation consists of saturating a side stream with air at high pressure and then injecting it into a flotation tank to mix with incoming water. As the side-stream enters the flotation tank, the pressure drop releases the dissolved air. The air bubbles then rise, attaching to floc particles and creating a layer of sludge at the surface of the tank. The clarified water is collected near the bottom of the tank.

# Sludge Removal

- الروبة Sludge الناتجة من عملية تنقية المياه يتم فصلها أو

تصفيتها وذلك من أحواض الترويق Sedimentation Tanks

وكذلك التي تنتج من عملية غسيل المرشحات

- مصدر المواد العالقة بالروبة هو المياه الخام الداخلة قبل تنقيتها

بالإضافة إلى المادة الكيميائية المستخدمة في عملية الترسيب

- الهدف من أحواض الترويق Sedimentation Tanks هو ترسيب المواد

العالقة في قاع الحوض

- هذه المواد العالقة يتم تجميعها وسحبها من أسفل الحوض

- الروبة Sludge هي المواد العالقة التي تم ترسيبها في الحوض

- الروبة Sludge عبارة عن مزيج بين المواد العالقة والمياه

بمعنى أنه يتكون من 2 : 5 % مواد عالقة (SS) Suspended Solids

بالإضافة إلى 95 : 98 % مياه Water

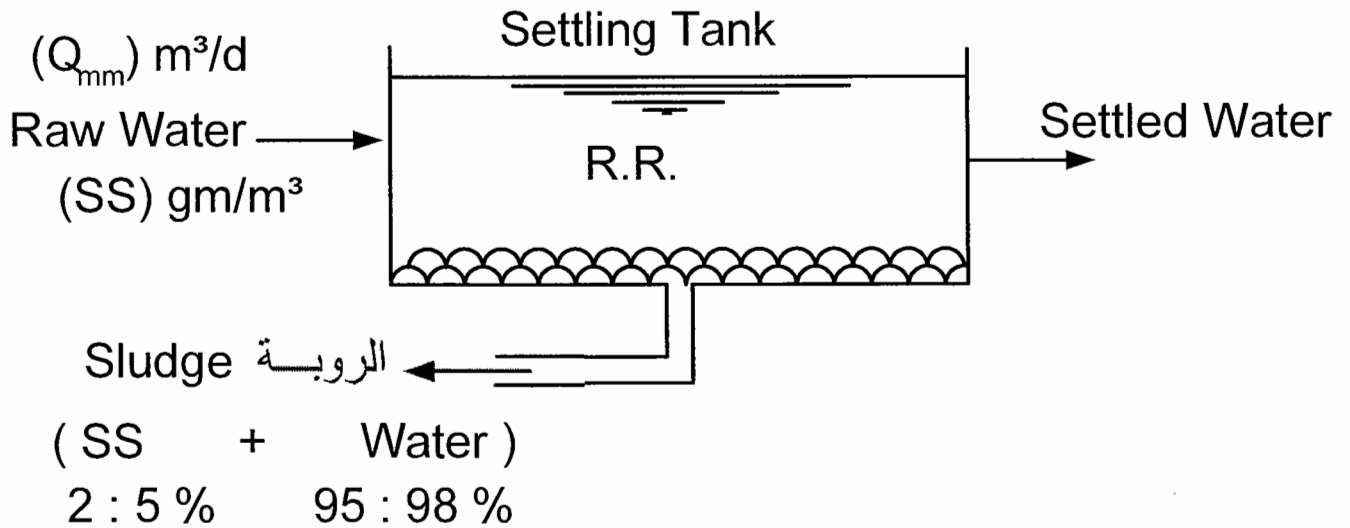
- المطلوب حساب حجم الروبة المتكونة خلال اليوم الواحد في المحطة

كي يتم سحبها والتخلص منها أو إعادة استخدامها

- ملحوظة

يتم قياس التركيز بأحد الوحدات الآتية

$$\text{ppm} = \text{gm/m}^3 = \text{mg/l}$$



حساب كمية المواد العالقة الموجودة فى المياه الداخلة على خزان الترسيب

Amount of Suspended Solids (SS) enter to Settling Tanks Per

Day =  $Q_{mm} (\text{m}^3/\text{d}) \times \text{Concentration of SS} (\text{gm/m}^3) = \sqrt{\quad} (\text{gm/d})$

حساب كمية المواد العالقة التى سيتم إزالتها فى خزان الترسيب

Amount of S.S. Settled or Removed through the Settling tanks

=  $R.R. \times Q_{mm} (\text{m}^3/\text{d}) \times \text{Conc. of SS} (\text{gm/m}^3) = \sqrt{\quad} (\text{gm/d})$

Where , RR = Removal Ratio نسبة الإزالة

ويتم التعويض عنها بعد القسمة على 100

i.e.

RR = 90% >> 0.9 نعوض عنها بـ

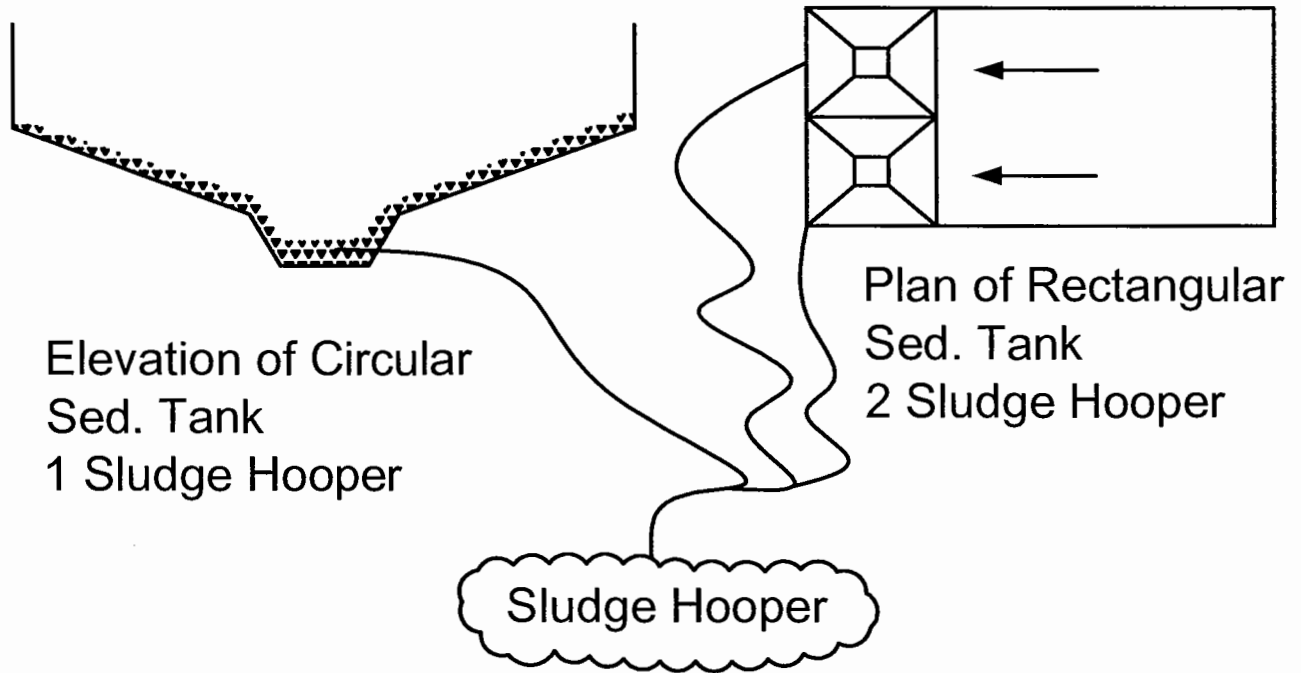
- يتم تجميع الروبة Sludge في قاع خزان الترسيب فيما يسمى بالـ Sludge Hooper مجمع الروبة وهو عبارة عن مخروط لأسفل يتم فيه تجميع الروبة ومنه يتم سحبها

- أحواض الترسيب المستطيلة

كل حوض فيه 2 مجمع الروبة Sludge Hooper

- بالنسبة لأحواض الترسيب الدائرية

كل حوض فيه 1 مجمع الروبة Sludge Hooper



- لحساب حجم الـ Sludge Hooper

يتم حساب حجم الروبة الناتجة من المحطة بالكامل يومياً لجميع الأحواض V1

يتم حساب نصيب كل Sludge Hooper على حدة V2 عن طريق  
قسمة V1 على عدد الـ Sludge Hooper

عدد الـ Sludge Hooper يكون مساوياً لعدد أحواض الترسيب إذا كانت  
دائرية ويكون مساوياً ضعف عدد أحواض الترسيب إذا كانت مستطيلة



لو افترضنا ان عدد احواض الترسيب يساوى n

فإذا كانت أحواض الترسيب مستطيلة

يكون عدد الـ Sludge Hooper يساوى 2n

أما إذا كانت احواض الترسيب دائرية

يكون عدد الـ Sludge Hooper يساوى n

وبالتالى فإن  $V_2 = \frac{V_1}{N}$  حيث N هي عدد الـ Sludge Hooper

$$\begin{array}{c} N \\ \swarrow \quad \searrow \\ n \quad \text{or} \quad 2n \end{array}$$

- يتم سحب الروبة من الـ Sludge Hooper أكثر من مرة يومياً

حوالى من 4 إلى 6 مرات يومياً

وبالتالى فإن حجم الـ Sludge Hooper يكون  $V_2$  مقسوماً على عدد

مرات السحب 4 : 6

$$V_3 = \frac{V_2}{4 : 6}$$

Amount of Sludge per day (  $V_1$  )

$$V_1 = [ R.R. \times Q_{mm} \times SS ] \times \frac{100}{2 : 5} \times \frac{1}{\gamma} \times 10^{-6}$$

$\gamma$  = Density of Sludge = 1.05 : 1.20 t/m<sup>3</sup>

هذه الكمية [  $R.R. \times Q_{mm} \times SS$  ] تساوى وزن المواد العالقة التى تم

ترسيبها فقط أى وزن الـ SS فقط ولكننا عايزين وزن الـ Sludge ؟؟؟؟؟

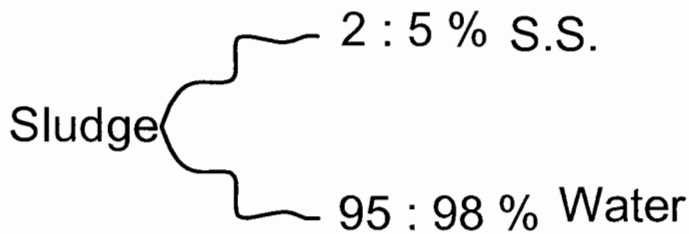
Where, R.R. = Removal Ratio = Given or Assumed

وبما أن تركيز المواد العالقة Concentration of Suspended Solids

يساوى 2 : 5 %

وهذه يعنى إن الـ Sludge فيه 2 : 5 % المواد العالقة والباقي

مياه 95 : 98 %



وبالتالى لو عندى هذا الوزن [ R.R. X Q<sub>mm</sub> X SS ] يحتوى على SS

بتركيز مثلاً 5 % ودة يعنى انى معايا وزن المواد العالقة فقط

والمفروض ان احنا عارفين ان الـ Sludge يتكون من مياه ومواد عالقة

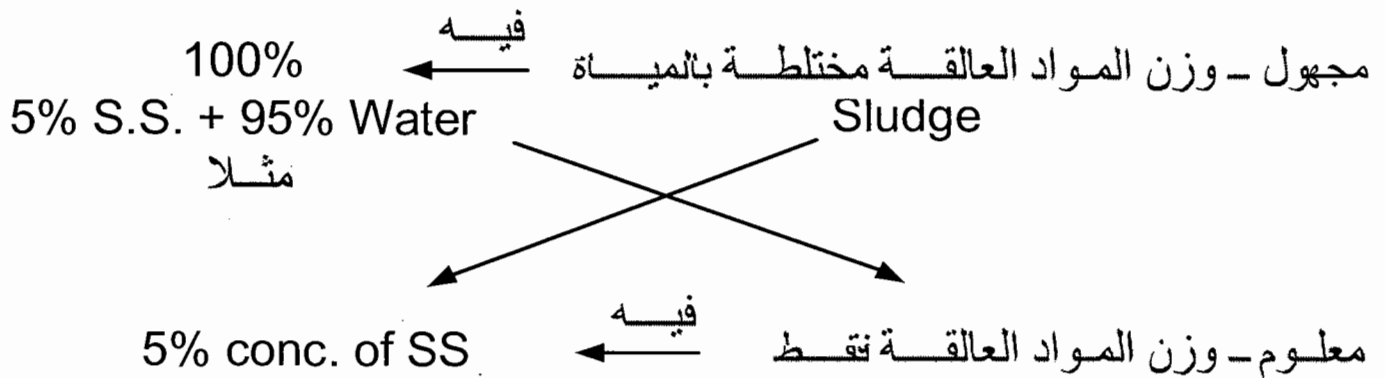
وبالتالى مطلوب اوصل لوزن خايط المياه والمواد العالقة الذى يمثل

وزن الـ Sludge

عايز أحسب وزن الـ Sludge

هذا يعنى أننا عايزين نخلي تركيز الـ Sludge يساوى 100%

وبالتالى يكون وزن الـ Sludge كالتى باستخدام الـ Cross Multiplication



وبالتالى أصبح لدينا وزن الروبة فيتم قسمتها على الكثافة  $\gamma_{\text{Sludge}}$   
لتحويلها لحجم وبالتالى أصبح لدينا  $V1$   
ومنه نحسب  $V2$  و  $V3$

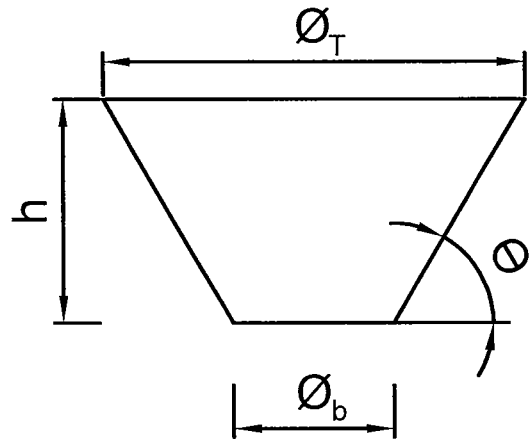
يمثل  $V3$  حجم الـ Sludge Hooper الواحد فنبدأ بتصميمه وإيجاد أبعاده

يتم الضرب فى  $10^{-6}$  للتحويل من جرام إلى طن لأن الـ  $\gamma_{\text{Sludge}}$  بالطن على المتر المكعب

لية بنضرب فى الـ R.R. = Removal Ratio  
عشان مش كل الـ S.S. الموجودة فى المياه بتترسب بل عزجمنها  
يعتمد على كفاءة الازالة وبالتالى لو كفاءة الازالة مثلاً 85% يبقى  
اللى اترسب عندي 0.85 من الكل

## Design of Sludge Hooper

1. Assume  $h = 1 : 2 \text{ m}$
2. Assume  $\Theta = 45^\circ : 60^\circ$
3. Assume  $\varnothing_b = 1 : 2 \text{ m}$
4. Calculate  $\varnothing_T = \sqrt{\quad}$



## Design of Sludge Hooper Pipe

$$q = \frac{V3 \text{ (m}^3\text{)}}{T \text{ (sec)}}$$

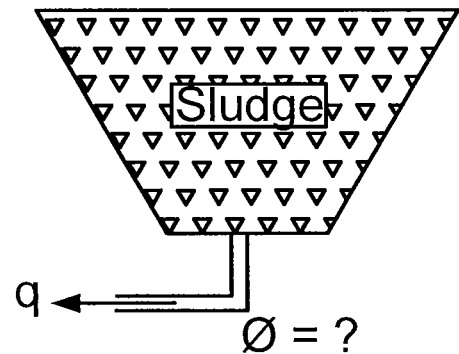
حيث T هو زمن تفريغ الـ Hooper

$T = 10 : 20 \text{ min}$

$q = A V \gg \gg$  get  $\varnothing$

Assume  $V = 1 : 1.5 \text{ m/s}$

لمنع حدوث سد في الماسورة



Minimum  $\varnothing = 150 \text{ mm}$

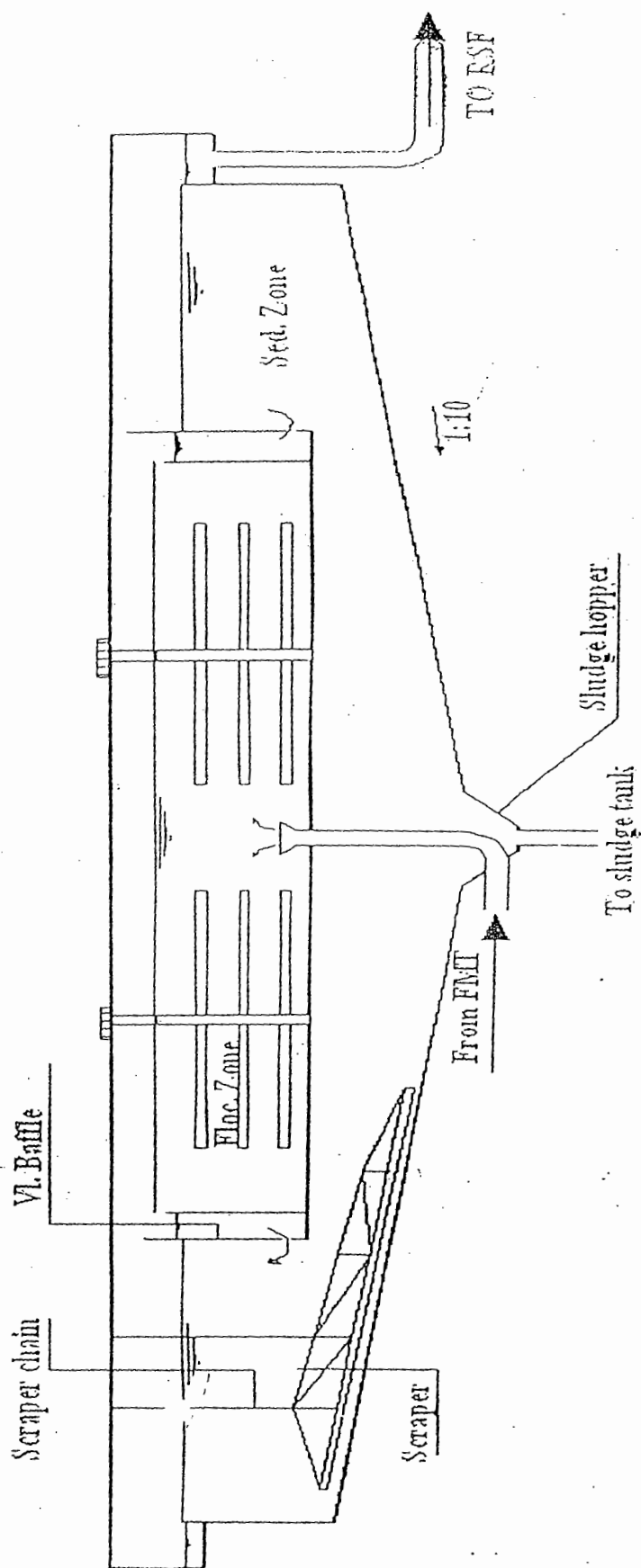
if  $\varnothing < 150 \text{ mm}$  take it  $150 \text{ mm}$

Then calculate Actual Velocity

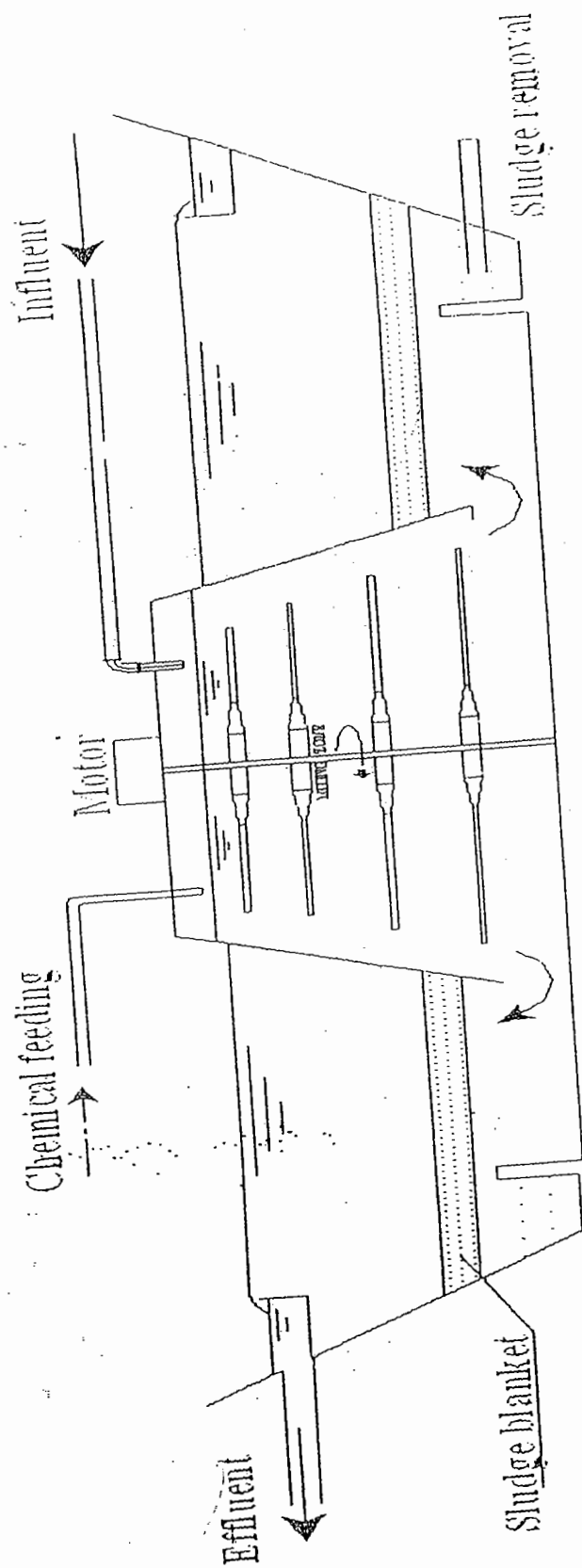
Then Calculate Actual  $q$

Then Calculate Actual  $T$

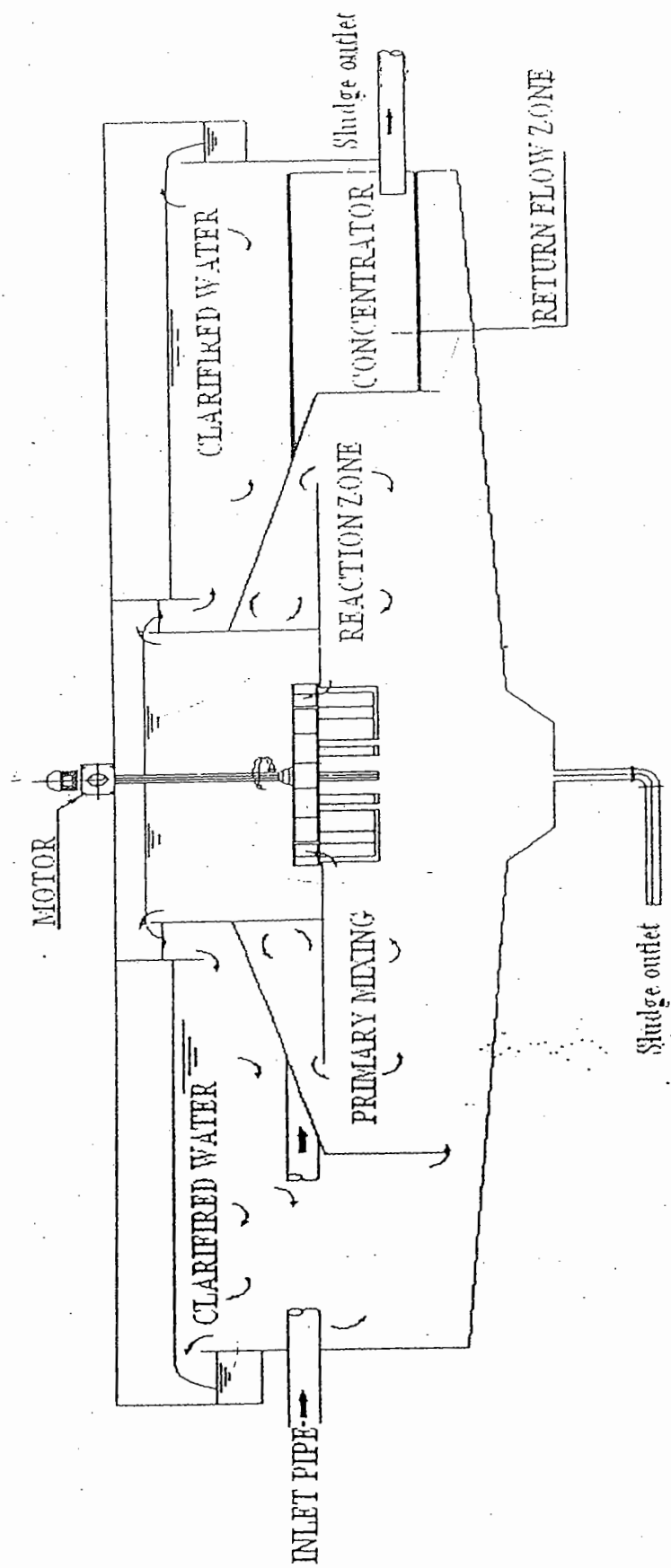
هذه الصفحة للقراءة  
فقط في المنهج  
ولكنها هلمه لطالبة  
مشروع الصحية فقط



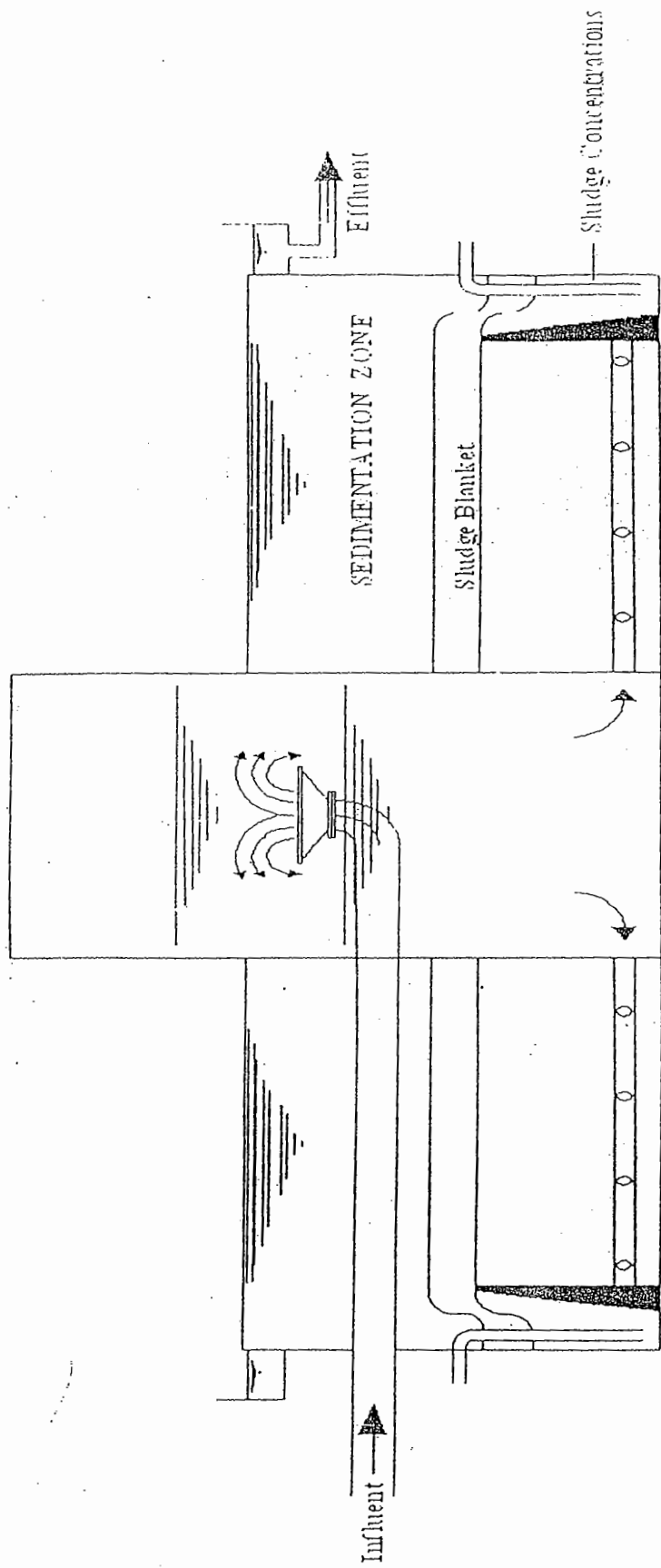
Clariflocculator



## Precipitator

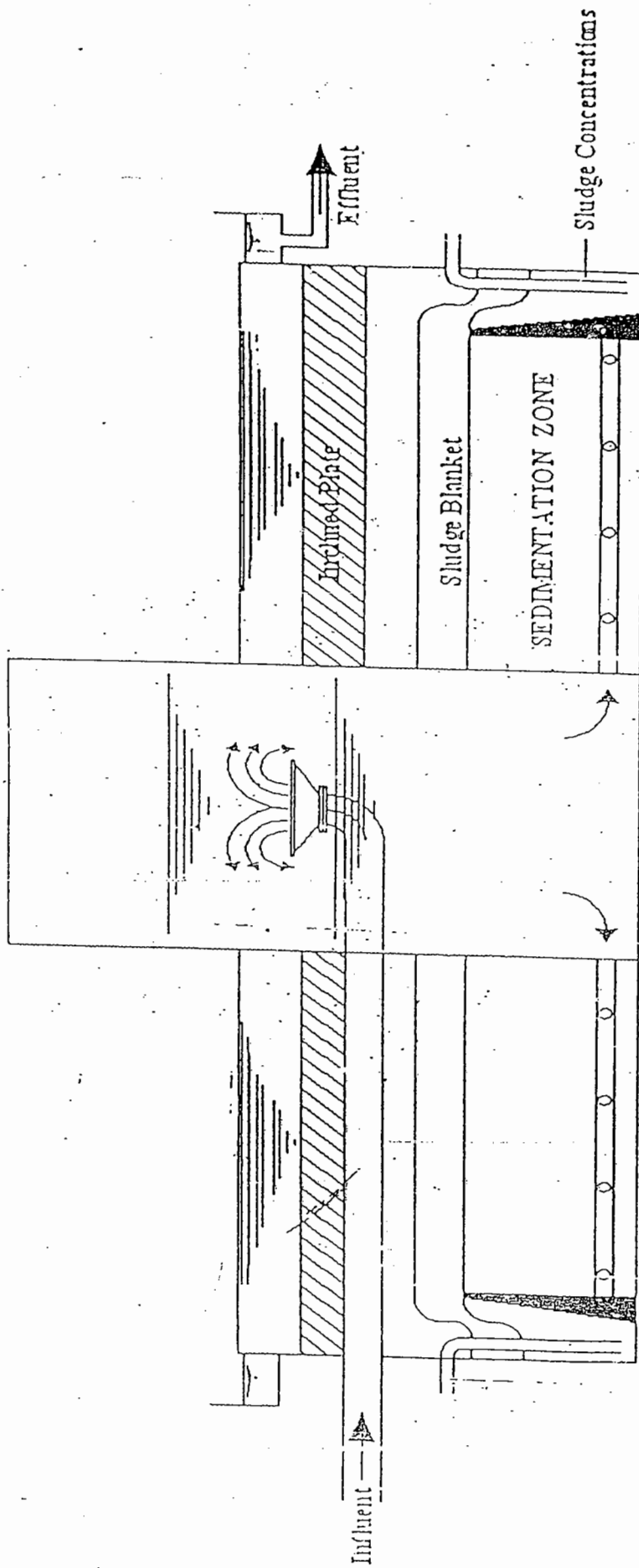


Accelerator

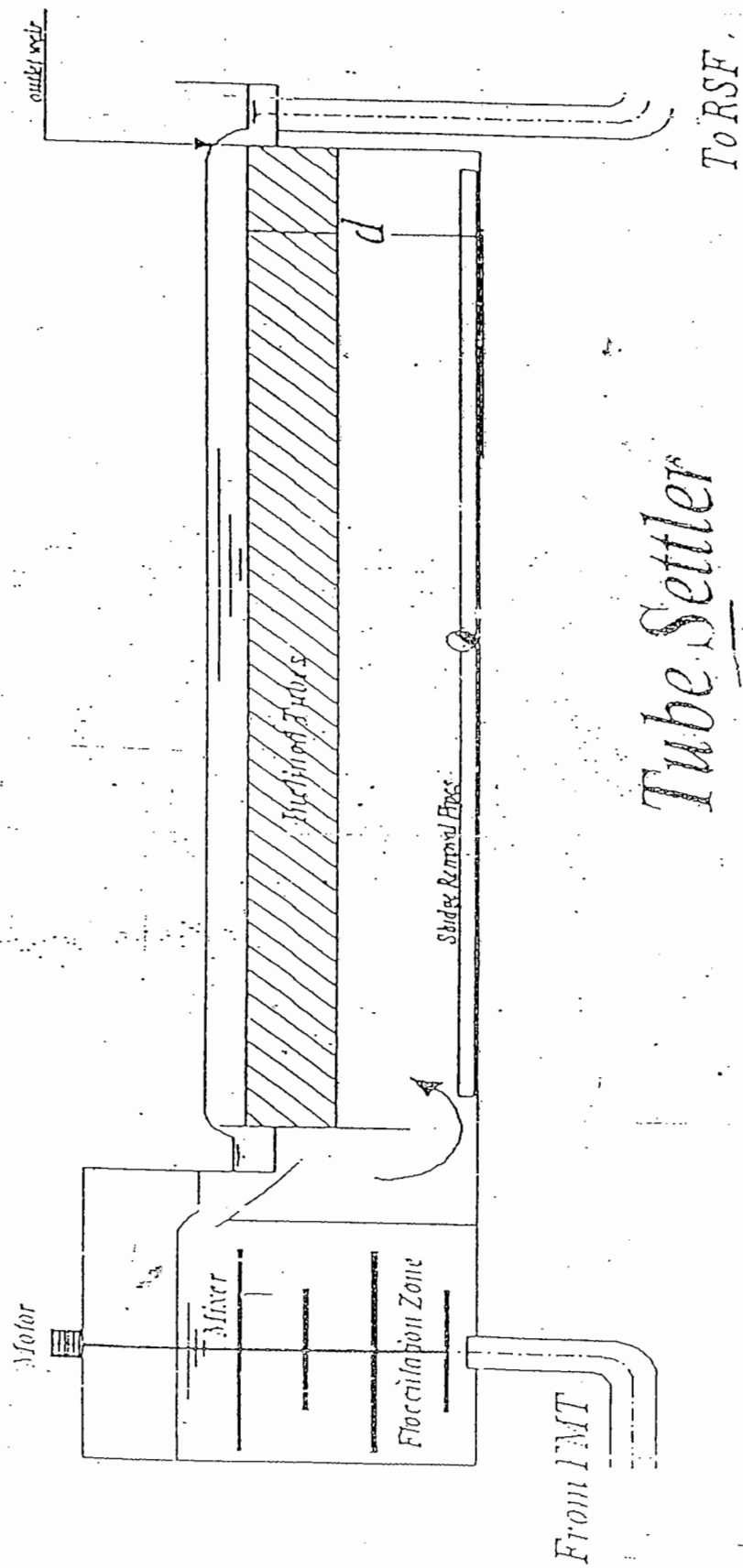


Pulsator

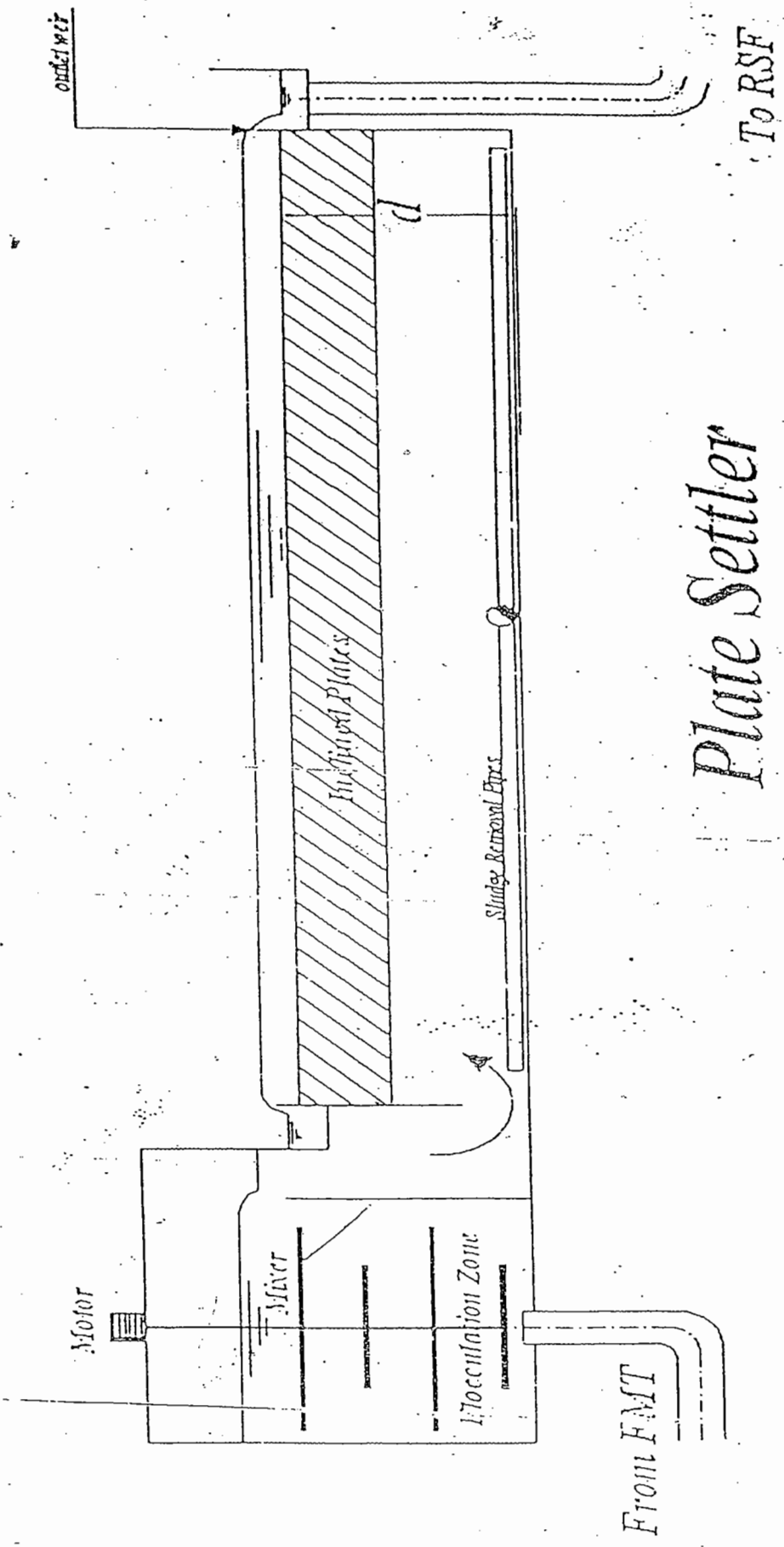




Super Pulsator



## Tube Settler



# Plate Settler

### Example 1 :-

Design Concentrated Alum Solution Tanks and the Flash Mixing Tanks For a Water Treatment Plant of a daily output  $20000 \text{ m}^3$ , if the alum dose is  $40 \text{ mg/L}$ . What should be the rate of dosing of concentrated alum solution.

Solution :- \* Design of Alum solution Tank.

$$\therefore Q_d = 20000 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\therefore \text{Alum dose} = 40 \text{ mg/L}$$

$$Y = Q_{m.m} \cdot \text{Dose} = \frac{1}{8} \times \frac{1}{\text{conc}} \times 10^6$$

شرح في المحاضرة

$$\therefore \text{Daily Amount of Alum} = Q \cdot \text{dose}$$

$$= 20000 \text{ m}^3/\text{d} \times \frac{40 \text{ mg/L} \times 10^3}{10^3 \times 10^6}$$

$L \rightarrow m^3$   
 $m^3 \rightarrow g$      $g \rightarrow \text{Ton}$

$$\rightarrow \text{Daily amount of alum} = 0.8 \text{ T/d}$$

Assume Alum solution Concentration = 10 %

$$\therefore \text{Daily Amount of alum solution} = 0.8 \text{ T/d} \times \frac{100}{10} = 8 \text{ T/d}$$

Alum + water

$$\therefore \text{Daily Amount of alum solution} = 8 \text{ T/d}$$

\* Assume Specific gravity of alum solution = 1.05

$$\therefore \text{Daily Volume of solution Tanks} = 8/1.05 = 7.62 \text{ m}^3$$

$$\therefore \text{Total Volume of alum solution Tanks} = 7.62 \text{ m}^3$$

Assume alum solution Tanks Number = 3 Tanks

$$\therefore \text{Volume of one alum solution Tank} = \frac{7.62}{3} = 2.54 \text{ m}^3$$

$$\therefore V = 2.54 \text{ m}^3 = \underbrace{B \times B}_{\text{Assume IT Square}} \cdot d$$

$$\text{Assume } d = 1 \text{ m} \rightarrow \therefore B = 1.6 \text{ m}$$

\* The rate of Pumping The alum solution Tank To

$$\begin{aligned} \text{Flash Mixing Tank} &= \text{Volume Per day} = 7.62 \text{ m}^3/\text{d} \\ &= 7620 \text{ l/d} \\ &= 317.5 \text{ l/hr} \end{aligned}$$

\* Design of Flash Mixing Tank

$$Q_d = 20000 \text{ m}^3/\text{d} \quad \& \quad \text{Assume R.T.} = 20 \text{ Sec}$$

$$\therefore V = Q \cdot R.T = \frac{20000}{24 \cdot 60 \cdot 60} \cdot 20 = 4.63 \text{ m}^3 = n \frac{\pi \phi^2 d}{4}$$

$$\text{Take } n=1, d=1 \text{ m} \rightarrow \therefore \phi = 2.4 \text{ m}$$

Assume IT  
(Circular)

### Example 2 :-

A Water Treatment Plant Serves a City of Population 200000 capita, if The average water consumption is 200 l/c/d, Maximum Monthly Water Consumption 1.5 Times average Water Consumption. The WTP consist of 4 clariflocculators, retention Period in Settling Zone is 3 hrs, and retention Time in flocculation Zone is 0.5 hrs.

IT's required to determine The clariflocculators dimensions and Check The SLR & HLOW.

### Solution :-

Assume W.P. = 24 hr/d.

$$Q_d = 1.5 Q_{avg} = 1.5 \times W.C \times Pop = 1.5 \times \frac{200}{1000} \times 200000$$

L → m<sup>3</sup>

$$\therefore Q_d = 60000 \text{ m}^3/\text{d} = 2500 \text{ m}^3/\text{hr}$$

#### \* Inner Chamber

Assume  $T_i = 0.5 \text{ hr}$

$$\therefore V = 2500 \times 0.5 = 1250 \text{ m}^3 = n \frac{\pi}{4} \phi_i^2 d$$

$$\therefore n = 4$$

$$\therefore d_i = 3 \text{ m} - 0.5 = 2.5 \text{ m}$$

$$\therefore \phi_i = 12.6 \text{ m}$$

#### \* Outer Chamber

$$T_o = 0.5 + 3 \text{ hrs} = 3.5 \text{ hr}$$

(Given)

$$\therefore V_o = 3.5 \times 2500 = 8750 \text{ m}^3$$
$$= n \frac{\pi}{4} \phi_o^2 d_o$$

Assume  $d_o = 3 \text{ m}$

$$\therefore n = 4$$

$$\therefore \phi_o = 30.5 \text{ m}$$

## Checks

$$\textcircled{1} SLR = \frac{60000}{4 \times \frac{\pi}{4} (30.5^2 - 12.6^2)} = 24.75 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d} \text{ (25:40 m}^3/\text{m}^2/\text{d})$$

Safe but Waste

$$\textcircled{2} \frac{\Phi_i}{\Phi_o} = \frac{12.6}{30.5} = 0.41 \text{ (} \frac{1}{3} : \frac{1}{2} \text{) OK}$$

$$\textcircled{3} HLOW = \frac{60000}{4 \pi (30.5)} = 156 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d} \text{ (150:300) m}^3/\text{m}^2/\text{d}$$

Safe

$$\textcircled{4} V_h = \frac{60000}{\underbrace{60 \times 24}_{d \rightarrow \text{min}} \times \underbrace{4 \times \pi}_{n} (\underbrace{12.6+1}_{\Phi_i} \times \underbrace{3}_{d_o})} = 0.08 \text{ m/min} \neq 0.3 \text{ m/min}$$

Safe

## Example 3:-

Water Treatment Plant has four rectangular sedimentation Tanks of length 40m, width 10m, depth 3m, and Weir length of 38m. Find out the Max. Capacity of The WTP.

Solution :-

$$n=4, L=40\text{m}, B=10\text{m}, d=3\text{m}, L_w=38$$

$$\therefore V = nLBd = 4 \times 40 \times 10 \times 3 = 4800 \text{ m}^3$$

$$\therefore S.A. = nLB = 4 \times 40 \times 10 = 1600 \text{ m}^2$$

$$\therefore X.A = nBd = 4 \times 10 \times 3 = 120 \text{ m}^2$$

$$\therefore \text{Total Weir length} = nL_w = 4 \times 38 = 152 \text{ m}$$

Assume Working Period = 24 hr/d

Assume R.T. = minimum = 2 hr =  $\frac{2}{24}$  day

$$\therefore Q_1 = \frac{V}{T} = \frac{4800}{\frac{2}{24}} = 57600 \text{ m}^3/\text{d}$$

Assume  $SLR = Max = 40 m^3/m^2/d$

$$\therefore Q_2 = 40 * 1600 = 64000 m^3/d$$

Assume  $HLOW = Max = 300 m^3/m^2/d$

$$\therefore Q_3 = 300 * 152 = 45600 m^3/d$$

Assume  $V_h = 0.3 m/min = 432 m/d$

$$\therefore Q_4 = 432 * 120 = 51840 m^3/d$$

$\therefore \text{Max Capacity} = 45600 m^3/d \} = \text{Minimum } Q$



#### Example 4 :-

\* Design The Clariflocculator Tanks required for a WTP works 18hr/d and serve 420000 capita with average water consumption 250 l/c/d. Redesign these units once as Plate Settler and another as Pulsator.

Solution :-  $Q_d = Q_{m.m} = 1.4 \times \frac{250}{1000} \times 420000 = 147000 \text{ m}^3/\text{d}$

Working Period = 18 hr/d

$$\therefore Q_d = 147000 \text{ m}^3/\text{d} = 8166.67 \text{ m}^3/\text{hr}$$

#### III Design of Clariflocculator

##### \* Inner Chamber

Assume  $T_i = 0.5 \text{ hr}$

$$V_i = T_i \times Q = n \frac{\pi}{4} \phi_i^2 d_i$$

$$= 0.5 \times 8166.67 = 4083.3 \text{ m}^3$$

$$\therefore d_i = d_o - (0.5) = 3 - 0.5 = 2.5 \text{ m}$$

$$\therefore n = 9$$

$$\therefore \boxed{\phi_i = 15.2 \text{ m}}$$

##### \* Outer Chamber

Assume  $T_o = 0.5 + 2.5 = 3 \text{ hr}$

$$V_o = T_o \times Q = 3 \times 8166.67$$

$$= 24500 \text{ m}^3$$

$$= n \frac{\pi}{4} \phi_o^2 d$$

Assume  $d = 3 \text{ m}$

Assume  $\phi_o = 35 \text{ m}$

$$\therefore n_{\min} = 8.4$$

Take  $\boxed{n = 9}$

$$\therefore \boxed{\phi_{\text{act}} = 34 \text{ m}}$$

## Important Checks

$$① \frac{\phi_i}{\phi_o} = \frac{15.2}{34} = 0.447 \quad (1/3 : 1/2) \text{ Safe}$$

$$② SLR = \frac{8166.67 \times 24}{9 + \frac{\pi}{4}(34^2 - 15.2^2)} = 30 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d} \quad (25 : 40 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}) \text{ Safe}$$

$$③ V_h = \frac{8166.67 \text{ m}^3/\text{hr}}{60 \text{ min} \times 9 + \pi(15.2 + 1\text{m}) \times 3\text{m}} = 0.099 \text{ m/min} (< 0.3 \text{ m/min}) \text{ Safe}$$

$$④ HLow = \frac{8166.67 \times 24}{9 + \pi \times 34} = 204 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d} \quad (150 : 300) \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d} \text{ Safe}$$

## ② Design of Plate Settler

Assume R.T. = 60 min (45 : 70 min)  
= 1 hr

$$\therefore V = Q \cdot R.T. = 8166.67 \cdot 1 = 8166.67 \text{ m}^3 = n \text{ L B d}$$

Assume  $d = 4\text{m}$

Assume  $L = 4B$  &  $L = 50\text{m} \rightarrow \therefore B = 12.5\text{m}$

$$\therefore 8166.67 \text{ m}^3 = n \times 50 \times 12.5 \times 4 \rightarrow \therefore n = 3.2$$

$$\therefore \boxed{n = 4}$$

$$\therefore \text{Actual Surface Area} = \frac{8166.67 \text{ m}^3}{\frac{4 \times 4}{n \times d}} = 510.42 \text{ m}^2 = L \times B$$

$$\therefore 510.4 = 4B \times B \rightarrow \therefore \boxed{B_{\text{act}} = 11.3\text{m}}$$

$$\therefore \boxed{L_{\text{act}} = 45.2\text{m}}$$

## Important checks

$$* SLR = \frac{8166.67 + 24 \text{ m}^3/d}{4 + 45.2 + 11.3} = 96 \text{ m}^3/\text{m}^2/d \quad (75 : 120 \text{ m}^3/\text{m}^2/d) \quad \text{Safe}$$

## 3] Design of Pulsator

### \* Inner Chamber

Assume  $T_i = 2 \text{ min}$

$$\therefore V = 8166.67 \times \frac{2 \text{ min}}{60 \frac{\text{min}}{\text{hr}}} = 272.2 \text{ m}^3$$

$$\therefore 272.2 = n b^2 d_i$$

$$\text{Take } d_i = 3 \text{ m} + 0.5 = 3.5 \text{ m}$$

$$\therefore 272.2 = 2 \times b^2 \times 3.5$$

$$\therefore b = 6.25 \text{ m}$$

### \* Outer Chamber

$$T_o = \frac{2}{60} \text{ hr} + 1 \text{ hr} = 1.03 \text{ hr}$$

$$\therefore V = 8166.67 \times 1.03 = 8438.9 \text{ m}^3 = n B^2 d_o$$

$$\text{Take } d_o = 3 \text{ m}$$

$$B = 50 \text{ m (max)}$$

$$\therefore n_{\min} = 1.125$$

$$\text{Take } n = 2$$

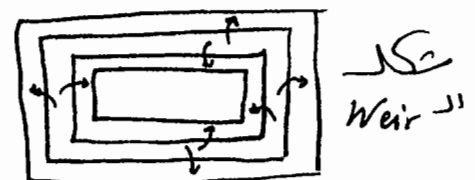
$$\therefore B_{\text{act}} = 37.5 \text{ m}$$

## Checks

$$* SLR = \frac{8166.67 + 24}{2 \times (37.5^2 - 6.25^2)} = 71.7 \text{ m}^3/\text{m}^2/d \quad (60 : 120 \text{ m}^3/\text{m}^2/d) \quad \text{Safe}$$

$$* HLOW = \frac{8166.67 + 24}{\frac{2 \times (4 \times 37.5)}{n} \times 2} = 326 \approx 300 \text{ m}^3/\text{m}^2/d \quad (150 : 300) \quad \text{Safe}$$

2 weir in each Pulsator



### Example 5 :-

Design the Accelerator units for a water Treatment Plant of hourly output  $2500 \text{ m}^3$  and Working Period 20 h/d.

Solution :-

$$Q_d = 2500 \text{ m}^3/\text{hr} = \frac{2500 \text{ m}^3}{60 \text{ min}} = 41.6 \text{ m}^3/\text{min}$$

#### \* Inner Chamber

$$* T_i = 10 \text{ min}$$

$$\begin{aligned} * V_i &= T_i * Q_d = n \frac{\pi}{4} \phi_i^2 d \\ &= 10 * 41.6 = 416.7 \text{ m}^3 \\ &= n \frac{\pi}{4} \phi_i^2 d \end{aligned}$$

$$\text{Assume } \boxed{d_i = 2 \text{ m}}$$

$\therefore n = 2$  From outer Chamber

$$\therefore 416.7 = 2 * \frac{\pi}{4} \phi_i^2 * 2$$

$$\therefore \boxed{\phi_i = 11.5 \text{ m}}$$

#### \* Outer Chamber

$$* T_o = T_i + 110 \text{ min} = 2 \text{ hrs}$$

$$\begin{aligned} * V_o &= T_o * Q_d = n \frac{\pi}{4} \phi_o^2 d \\ &= 2 * 2500 = 5000 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$* \boxed{d_o = 3 \text{ m}} = \frac{d_i}{2} + 1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} * \text{Total Surface Area} &= \frac{V_o}{d_o} \\ &= \frac{5000}{3} \\ &= 1666.7 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$* \text{Assume } \phi_{\max} = 35 \text{ m}$$

$$\therefore n_{\min} = 1.7 \rightarrow \text{Take } \boxed{n = 2}$$

$$\therefore \text{Actual } \boxed{\phi = 32.5 \text{ m}}$$

Important check

? w.p. = 20 h/d ?

$$* SLR = \frac{Q_d}{S.A._{\text{outer}}} = \frac{2500 * 24 \text{ m}^3/\text{d}}{2 * \frac{\pi}{4} * (32.5^2 - 11.5^2)} = 41.3 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d} \quad (40 : 80 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d})$$

Safe

نظم الغرب في 24 ساعة ال SLR يومه 24 مش بـ 20 ساعة اليوم.

$$\bullet HLOW = \frac{2500 \times 24}{2 \times \pi \times 32.5} = 294 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d} \quad (150 : 300 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}) \text{ Safe}$$

### Example 6:-

Design The clariflocculators units for a Water Treatment plant of an hourly output of  $6000 \text{ m}^3$  and Working Period 24hr/d. if The Maximum Surface loading rate in sedimentation Zone is  $30 \text{ m}^3/\text{d}$ .

Solution :-

$$\therefore Q_d = 6000 \text{ m}^3/\text{hr}.$$

#### \* Inner Chamber

Assume  $T_i = 0.5 \text{ hr}$

$$\therefore V_i = 6000 \times 0.5 = 3000 \text{ m}^3$$

$$= n \frac{\pi}{4} \phi_i^2 d_i$$

$$\therefore n = 7, d_i = 3 - 0.5 = 2.5 \text{ m}$$

$$\therefore \boxed{\phi_i = 14.8 \text{ m}}$$

#### \* Outer Chamber

Assume  $T_o = 0.5 + 2.5 = 3 \text{ hrs}$

$$\therefore V_o = 6000 \times 3 = 18000 \text{ m}^3 = n \frac{\pi}{4} \phi_o^2 d_o$$

Assume  $d_o = 3 \text{ m}$

Assume  $\phi = 35 \text{ m}$

$$\therefore n_{\min} = 6.23$$

$$\text{Take } \boxed{n = 7}$$

$$\therefore \boxed{\phi_{\text{act}} = 33 \text{ m}}$$

### Checks

$$\bullet \text{Actual R.T.} = \frac{7 \times \frac{\pi}{4} \times 33^2 \times 3}{6000 \text{ m}^3/\text{hr}} = 2.99 \text{ hr} \quad \text{OK}$$

$$\bullet \text{SLR} = \frac{6000 \times 24}{7 \times \frac{\pi}{4} (33^2 - 14.8^2)} = 30 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d} \quad (\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}) \quad \text{OK}$$

$$\bullet \phi_i/\phi_o = 14.8/33 = 0.448 \quad (1/3 \text{ to } 1/2) \text{ Safe}$$

$$\bullet H_{low} = \frac{6000 + 24}{7 + \pi \times 33} = 198 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d} \text{ (150:300 m}^3/\text{m}^2/\text{d) OK}$$

$$\bullet V_h = \frac{6000 \text{ m}^3/\text{hr}}{\frac{60}{\text{min}} + 7 + \frac{\pi}{4} (14.8 + 1\text{m}) \times 3} = 0.096 \text{ m/min} < 0.3 \text{ m/min Safe}$$

### Example 7 :-

A Water Treatment Plant has 3 Precipitators each of outer diameter = 30m, inner diameter = 10m and depth = 2.5m. Find The Maximum Population Can be served by These units if the average water consumption = 250 l/c/d and:-

• The Retention Time in The inner chamber of The Precipitator = 2:5 min.

• The Retention Time in The outer chamber of The Precipitator = 45:75 min.

• Surface loading rate = 60:100 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d.

Solution :-

$$N = 3, \phi_o = 30\text{m}, \phi_i = 10\text{m}, d_i = 2.5\text{m}$$

$$Q_d = 1.4 \times \frac{250}{1000} \times P_{op} =$$

$$\hookrightarrow d_o = 3\text{m}$$

$$\therefore SLR = 60:100 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d} = \frac{Q_d}{S.A.}$$

Assume SLR = 100 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d (Max SLR To get Max Pop)

$$\therefore 100 = \frac{Q_d}{3 \times \frac{\pi}{4} (30^2 - 10^2)} \Rightarrow Q_d = 188495.6 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\therefore \text{HLOW} = 150 : 300 \text{ m}^3/\text{m}^3/\text{d}$$

Assume HLOW =  $300 \text{ m}^3/\text{m}^3/\text{d}$  (Max HLOW To get Max Population)

$$\therefore 300 = \frac{Q_d}{3 \times \pi \times 30}$$

$$\therefore Q_2 = 84823 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\therefore \text{Inner Volume} = Q_d \cdot T_i$$

$$\therefore T_i = 2 : 5 \text{ min} \rightarrow \text{Assume } T_i = 2 \text{ min (Min. } T_i \text{ To get Max Pop)}$$

$$\therefore n \frac{\pi}{4} \phi_i^2 d_i = 3 \times \frac{\pi}{4} (10)^2 \times 2.5 = Q_d \times \frac{2 \text{ min}}{60 \text{ min/hr} \times 24 \text{ hr/day}}$$

$$\therefore Q_3 = 424115 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\therefore \text{Outer Volume} = Q_d \cdot T_o$$

$$\therefore T_o = 45 : 75 \text{ min} \rightarrow \text{Assume } T_o = 45 \text{ min (Min } T_o \text{ To get Max Pop.)}$$

$$\therefore 3 \times \frac{\pi}{4} \times (30)^2 \times 3 = Q_d \times \frac{45}{60 \times 24}$$

$$\therefore Q_d = 203575 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{Take Max. } Q \rightarrow Q_2 = 84823 \text{ m}^3/\text{d} = 1.4 \times \frac{250}{1000} \times \text{Pop}$$

$$\therefore \text{Max Pop} = 242352 \text{ Capita}$$

### Example 8 :-

Find The Maximum Population Can be served by a water Treatment Plant Contains 6 Clariflocculators each of outer diameter 30m, inner diameter 12m, outer depth 4m and inner depth 3m. if The average water Consumption = 250 l/cld.

Solution :-  $n = 6$ ,  $\phi_o = 30_m$ ,  $\phi_i = 12_m$ ,  $d_o = 4m$ ,  $d_i = 3m$ ,  $w.c = 250_{l/cld}$

[1] Assume  $T_i = \text{minimum} = 20 \text{ min}$  (20:30 min)

$$\therefore \text{inner Volume} = 6 \times \frac{\pi}{4} \times 12^2 \times 3m = Q_1 \times \frac{20 \text{ min}}{60 \text{ min/hr} \times 24 \text{ hr/d}}$$

$$\therefore Q_1 = 146574 \text{ m}^3/\text{d}$$

[2] Assume  $T_o = \text{Minimum} = 2 \text{ hrs}$  (2:4) hr

$$\therefore \text{outer Volume} = 6 \times \frac{\pi}{4} \times 30^2 \times 4 = Q_2 \times \frac{2 \text{ hr}}{24 \text{ hr/day}}$$

$$\therefore Q_2 = 263575 \text{ m}^3/\text{d}$$

[3] Assume  $SLR = \text{Maximum} = 40 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$  (25:40  $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ )

$$\therefore 40 = \frac{Q_3}{6 \times \frac{\pi}{4} (30^2 - 12^2)}$$

$$\therefore Q_3 = 142503 \text{ m}^3/\text{d}$$



4] Assume  $H_{2O} = \text{Maximum} = 300 \text{ m}^3/\text{m}^3/\text{d}$ .  $(150; 300) \text{ m}^3/\text{m}^3/\text{d}$

$$\therefore 300 = \frac{Q_4}{6 \times \pi \times 30}$$

$$\therefore Q_4 = 169646 \text{ m}^3/\text{m}^3/\text{d}$$

5] Assume  $V_h = 0.3 \text{ m/min} = 18 \text{ m/hr} = 432 \text{ m/d} = \frac{Q_s}{6 \times \pi (12+1) \times 4}$

$$\therefore Q_s = 423436.42 \text{ m}^3/\text{d}$$

$\therefore \text{Max. } Q = \text{Minimum} = 142503 \text{ m}^3/\text{d} = 1.4 \times \frac{250}{1000} \times \text{Pop.}$   
From SLR

$$\therefore \text{Max Pop} = 407152 \text{ Capita}$$

### Example 9 :-

A City of Population 600000 capita has an existing WTP consisting of 4 clariflocculators each of ( $\Phi_o = 34m$ ,  $\Phi_i = 14m$ ,  $d_o = 4m$ ,  $d_i = 3m$ ). Check if The WTP satisfies The Population demand or not.

if not, find out how many units should be

Constructed to serve this city. The Average W.C. is 250 l/c/d.

### Solution :-

المطلوب من المسألة هو إيجاد الـ  $Pop_{Max}$  التي تقدر ان تكون مغطاة  
التقنية بالـ units المغطاة ← لو طلع نفس الـ Pop المغطى  
أو أكثر ← يبقى الم محطة قادرة على خدمة هذا التعداد السكانى  
زعا! إذا طلع أقل من الـ Pop المغطى يبقى كدة محتاج units  
إضافية فى المحطة والمطلوب عددها.

∴ For Existing Clariflocculators (Max Pop can be served = ?)

\* Assume  $T_i = 20min$

$$\therefore Q_1 = \frac{4 \times \pi/4 \times 14^2 \times 3}{20} = 92.36 m^3/min$$

\* Assume  $T_o = 120min + 20min = 140min$

$$\therefore Q_2 = \frac{4 \times \pi/4 \times 34^2 \times 4}{140} = 104 m^3/min$$

\* Assume  $SLR = 40 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d} = \text{Max.}$

Assume W.P = 24 hr/d

$$\therefore Q_3 = 40 \times 4 \times \frac{\pi}{4} (34^2 - 14^2) = 120637.2 \text{ m}^3/\text{d} \\ = 83.78 \text{ m}^3/\text{min}$$

\* Assume  $H_{Low} = 300 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$

$$\therefore Q_4 = 300 \times 4 \times \pi \times 34 = 128178 \text{ m}^3/\text{d} \\ = 89 \text{ m}^3/\text{min}$$

Take  $Q_d = \text{Min.} = 83.73 \text{ m}^3/\text{min} = 120571.2 \text{ m}^3/\text{d}$

$$\therefore 120571.2 = 1.4 + \frac{250}{1000} \times \text{Pop}$$

$$\therefore \text{Pop can be served by This units} \\ = 344490 \text{ capita} < 600000$$

$\therefore$  This WTP units can not satisfy the Pop Demand & need to increase the number of units

$$\therefore \frac{P_{\text{given}}}{P_{\text{calc}}} = \frac{600000}{344490} = 1.7417$$

$$\therefore \frac{n_{\text{given}}}{n_{\text{calc}}} = \frac{1}{1.7417} \rightarrow \therefore n_{\text{calc.}} = 6.96$$

$$\therefore n_{\text{required}} = 7 \text{ Tanks}$$

يعني نزيد 3 على الـ 4 الموجودين فيه

&  $n$  To be increased  
 $= 7 - 4 = 3 \text{ Tanks}$   
all & existing

### Example 10:-

For a Water Treatment Plant of hourly capacity  $5000 \text{ m}^3$ . it's required to design the Accelerators if the following design criteria are used:-

- Maximum retention Time in Sedimentation Zone = 1.5 hr
- Maximum retention Time in Flocculation Zone = 0.3 hr
- Working Period = 16 hr/d
- Maximum allowable SLR =  $40 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ .

Solution :-

$$Q_d = 5000 \text{ m}^3/\text{hr} = 5000 \times 16 = 80000 \text{ m}^3/\text{d}$$

\* Inner Chamber

$$\therefore T_i = 0.3 \text{ hr}$$

$$\therefore V_i = 5000 \times 0.3 = 1500 \text{ m}^3$$
$$= n \frac{\pi}{4} \phi_i^2 d_i$$

$$\therefore n = 3, d_i = 3 - 0.5 = 2.5$$

$$\therefore \boxed{\phi_i = 15.95 \text{ m}}$$

\* outer chamber

$$\therefore T_o = 1.5 \text{ hr}$$

$$\therefore V_o = 5000 \times 1.5 = 7500 \text{ m}^3$$
$$= n \frac{\pi}{4} \phi_o^2 d_o$$

$$\text{Assume } d_o = 3 \text{ m}, \phi_{\text{max}} = 35 \text{ m}$$

$$\therefore n_{\text{min}} = 2.6$$

$$\text{Take } \boxed{n = 3}$$

$$\therefore \boxed{\phi_{\text{act}} = 32.6 \text{ m}}$$

Check

$$SLR = \frac{5000 \text{ m}^3/\text{hr} \times 24}{3 \frac{\pi}{4} (32.6^2 - 15.95^2)} = 63 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d} > 40 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$$

Unsafe  
Redesign as follow

$$\therefore SLR > \text{Max allowable}$$

$$\therefore \text{Assume } SLR = 40 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d} = \frac{40}{24} = 1.67 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hr}$$

$$\therefore 1.67 = \frac{5000 \text{ m}^3/\text{hr}}{n \frac{\pi}{4} (\phi_o^2 - \phi_i^2)}$$

$$\therefore n \frac{\pi}{4} (\phi_o^2 - \phi_i^2) = 2994$$

$$\therefore n \frac{\pi}{4} \phi_o^2 d_o = 7500$$

$$\text{Assume } d_o = 3 \text{ m} \nrightarrow \phi_o = 35 \text{ m} \nrightarrow n = 4$$

$$\therefore \boxed{\phi_i = 16.5 \text{ m}}$$

$$\therefore \text{Final Results } \underline{\phi_o = 35 \text{ m}}, \underline{\phi_i = 16.5 \text{ m}}, \underline{n = 4}, \underline{d_o = 3 \text{ m}}$$

$$\underline{d_i = 2.5 \text{ m}}, \underline{SLR = 40 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}}$$

### Example 11 :-

An Existing Water Treatment Plant Consists of 4 Clariflocculators each has ( $\phi_o = 30m, \phi_i = 15m, d_o = 3m, d_i = 2.5m$ ) if These Tanks are Modified by Precipitators, Calculate The increasing in Served Population by Them. if The average Water Consumption is  $300l/c/d$ .

<u>Design Criteria</u>	<u>Clariflocculators</u>	<u>Precipitators</u>
$T_i$ (min)	15 - 20	2 - 5
$T_2$ (min)	120 - 180	45 - 75
SLR ( $m^3/m^2/d$ )	25 - 40	60 - 100

### Solution :-

\* For clariflocculators

① Assume  $T_i = \min = 15 \text{ min}$

$$\therefore Q_{d1} = \frac{4 \times \frac{\pi}{4} \times 15^2 \times 2.5}{15 \text{ min}} \times 60 \times 24 \xrightarrow{\text{min} \rightarrow d} = 169646 \text{ m}^3/d$$

② Assume  $T_o = 120 \text{ min}$

$$\therefore Q_{d2} = \frac{4 \times \frac{\pi}{4} \times 30^2 \times 3}{120} \times 60 \times 24 = 101787.6 \text{ m}^3/d$$

③ Assume  $SLR = 40 \text{ m}^3/\text{m}^2/d$

$$\therefore Q_{d3} = 40 \times 4 \times \frac{\pi}{4} \times (30^2 - 15^2) = 84823 \text{ m}^3/d$$

$$\therefore Q_{max} = \text{Min } Q = 101787.6 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\therefore 101787.6 = 1.4 + \frac{300}{1000} \cdot \text{Pop}$$

$$\therefore \text{Pop}_1 = 242352 \text{ Cap.}$$

\* For Precipitators:

① Assume  $T_i = 2 \text{ min}$

$$\therefore Q_{d1} = \frac{4 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 15^2 \cdot 2.5}{2} \cdot 60 \cdot 24 = 127234.5 \text{ m}^3/\text{d}$$

② Assume  $T_o = 45 \text{ min}$

$$\therefore Q_{d2} = \frac{4 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 30^2 \cdot 3}{45} \cdot 60 \cdot 24 = 271433.6 \text{ m}^3/\text{d}$$

③ Assume  $\text{SLR} = 100 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$

$$\therefore Q_{d3} = 100 \cdot 4 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (30^2 - 15^2) = 212057.5 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\therefore Q_{max} = \text{Min. } Q = 271433.6 \text{ m}^3/\text{d} = 1.4 + \frac{300}{1000} \cdot \text{Pop}$$

$$\therefore \text{Pop}_2 = \frac{271433.6}{0.001} \text{ Cap.}$$

$$\therefore \text{increase in Pop.} = 646270 - 242352$$

$$= 403919 \text{ Cap.} \quad \#$$

### Example 12 :-

Design Pulsators units To serve a city of Population 200000 Capita With average Water Consumption in Summer 400 l/cld. Find The Percentage of increasing in discharge When The design Tanks are Modified To be Super Pulsators.

* Design Criteria	* Pulsators	* Super Pulsator
$T_i$ (min)	0.5 : 2	0.5 : 2
$T_o$ (min)	35 : 60	25 : 45
SLR ( $m^3/m^2/d$ )	60 : 120	100 : 150

### Solution :-

#### \* Design of Pulsator

\* المطلوب في هذه المسألة هو تصميم ال Pulsator  
ثم يتم تعديل ال Pulsator إلى Super-Pulsator وذلك عن طريق  
نفس حجم ال Pulsator سوف تزداد ال  $Q$  لأن  $Q \sim T \cdot Q = H$   
وبالتالي ال  $H$  ثابت ولكن ال  $T$  متغير، بالتالي ستغير ال  $Q$   
لكن تتوافق مع ال  $T$  ياتى ال Super-Pulsator له نتائج نفس ال  $H$   
\* معطى avg. water Summer يعنى ال  $Q_{m.m}$  معطاة مباشرة وحسب ال  $Q_d$



$$\therefore Q_d = W.C * Pop = \frac{400}{1000} * 200000 = 80000 \text{ m}^3/\text{d}$$

\* Inner Chamber

$$T_i = 1 \text{ min}$$

$$V_i = \frac{80000}{24 * 60 \text{ min}} * 1 \text{ min} = 55.6 \text{ m}^3$$

$$= n b^2 d_i$$

جری

Assume  $d_i = 1 \text{ m}$

$$\therefore n = 2 \rightarrow \therefore b = 5.27 \text{ m}$$

$$\therefore \boxed{b = 5.3 \text{ m}}$$

\* Outer Chamber

$$T_o = 1 \text{ min} + 50 \text{ min} = 51 \text{ min}$$

$$V_o = \frac{80000}{24 * 60} * 51 = 2833.3 \text{ m}^3$$

$$= n B^2 d_o$$

Assume  $d_o = 3 \text{ m}$

Assume  $B = 50 \text{ m}_{\text{max}}$

$$\therefore n_{\text{min}} = 0.37$$

$$\text{Take } \boxed{n = 2}$$

$$\therefore \boxed{B = 21.75 \text{ m}}$$

Check

$$SLR = \frac{80000}{2(21.75^2 - 5.3^2)} = 90 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d} \text{ (60:120) m}^3/\text{m}^2/\text{d} \text{ -- OK}$$

\* The Percentage of increasing in discharge in case of Super Pulsators = The Smallest of :-

$$\textcircled{1} \frac{T_i}{T_{i, \text{S.P.}}} = \frac{2 \text{ min}}{1 \text{ min}} = 2$$

(0.5:2) (Max)  
0.5%  
100%

$$\textcircled{2} \frac{T_o}{T_{o, \text{S.P.}}} = \frac{45 \text{ min}}{50 \text{ min}} = 0.9$$

(100:150)  
0.9%  
10%

$$\textcircled{3} \frac{SLR}{SLR_{\text{S.P.}}} = \frac{150}{90} = 1.67$$

0.5%  
67%

Take The Smallest of The Maximum increases

$\therefore$  The increase is 67%