



# محطة معالجة مياه الصرف الصحي



Adel Abdelmogoad



دليل المهندس المدني



01120628475

# محطة معالجة مياه الصرف الصحي

## Wastewater Treatment Plant

تهدف عملية معالجة مياه الصرف الصحي إلى إمكانية التخلص من هذه المياه وما تحتويه من رواسب بحيث لا تسبب أي تلوث لمصدر الغذاء أو الماء أو أي أضرار بالبنية أو بالصحة العامة وتتم هذه المعالجة بمحطات معالجة مياه الصرف الصحي

❖ أهم ما يراعى عند اختيار موقع محطة المعالجة ما يلي:-

- أن يكون الموقع بعيداً عن حيز العمران للمدينة أو القرية المجاورة وبمسافة لا تقل عن واحد كيلو متر
- أن يكون الموقع أقرب ما يكون من مكان التخلص النهائي للمياه المعالجة سواء مصرف أو استصلاح زراعي
- أن يكون الموقع تحت الرياح السائدة بالنسبة للمدينة
- الأخذ في الاعتبار التوسع المستقبلي للمدينة والمحطة
- تفادي الأراضي الزراعية بقدر الامكان ويفضل الأراضي البور أو الصحراوية والأراضي المملوكة للدولة
- عدم وجود عوائق بالموقع مثل خطوط كهرباء ضغط عالي \_ خطوط تليفونات \_ خطوط غاز \_ خطوط سكك حديد ... إلخ
- أن يكون هناك طريق موصل للمحطة بعرض لا يقل عن 6 م وحمولة مناسبة

# المخطط العام للمحطة

يتم إعداد المخطط العام للمحطة بعد تحديد طريقة المعالجة واختيار الموقع مع الأخذ في الاعتبار العناصر الآتية:-

## ① العناصر المساحية:-

- طبوغرافية الموقع وأبعاده
- ربط الموقع بالطرق العمومية
- اتجاه دخول خطوط مواسير المخلفات السائلة المراد معالجتها
- رفع وربط الموقع بأماكن التخلص من المياه المعالجة

## ② العناصر الهيدروليكية:-

- التخطيط الملائم لوحدات المعالجة بما يحقق أقل فواقد ممكنة بحيث يمكن صرف المياه المعالجة إلى أماكن التخلص النهائي بالإنحدار قدر الإمكان
- إستغلال الميول الطبيعية أن وجدت للتوفير في الأعمال الإنشائية
- الأخذ في الاعتبار متطلبات التوسع المستقبلي
- تقليل التقاطعات بين خطوط المواسير داخل المحطة لتسهيل أعمال التنفيذ والصيانة والإصلاح
- تقليل أطوال خطوط نقل الحمأة ومراعاة عدم وجود تغييرات كبيرة في اتجاهاتها لتقليل الفواقد ولفادي احتمالات الإنسداد والترسيب
- توزيع الوحدات وارتباطها ببعضها بما يمكن من سهولة التشغيل ويحقق المرونة في حالات الطوارئ
- توزيع الموقع بالمرافق اللازمة مثل شبكات التغذية بالمياه للمباني ومكافحة الحريق وري المسطحات الخضراء وغسيل وحدات المعالجة والصرف الصحي للمباني وإنارة المواقع والاتصالات

### ③ العناصر المعمارية:-

- حماية الموقع من المؤثرات الخارجية
- سهولة التنقل بين وحدات المعالجة وبينها وبين المباني الإدارية ومباني الخدمات ووجود طرق مباشرة بينهم
- وجود مجال رؤيه كامل لجميع الوحدات عبر صالة التشغيل والمراقبة الرئيسية
- مراعاة أن تكون المباني الإدارية ومباني الخدمات مناسبة للمحطة وبعيدة عن مصادر الضوضاء مع الأخذ في الإعتبار إتجاهات الرياح السائدة لتجنب تعرض المباني الإدارية للروائح الكريهه التي تهب من داخل عملية المعالجة أو أحواض المعالجة أو تجفيف الحمأة
- إقامة سور خارجي حول الموقع شاملا المداخل وغرف الأمن والإستعلامات
- وجود التنسيق المعماري بين وحدات ومباني المحطة من حيث الإرتفاعات والأبعاد والمسافات اللازمة للتهوية والإضاءة الطبيعية
- وجود شبكة طرق داخلية مناسبة
- تجميل الموقع وتزويده بالمسطحات الخضراء والتشجير

### ④ العناصر الإنشائية:-

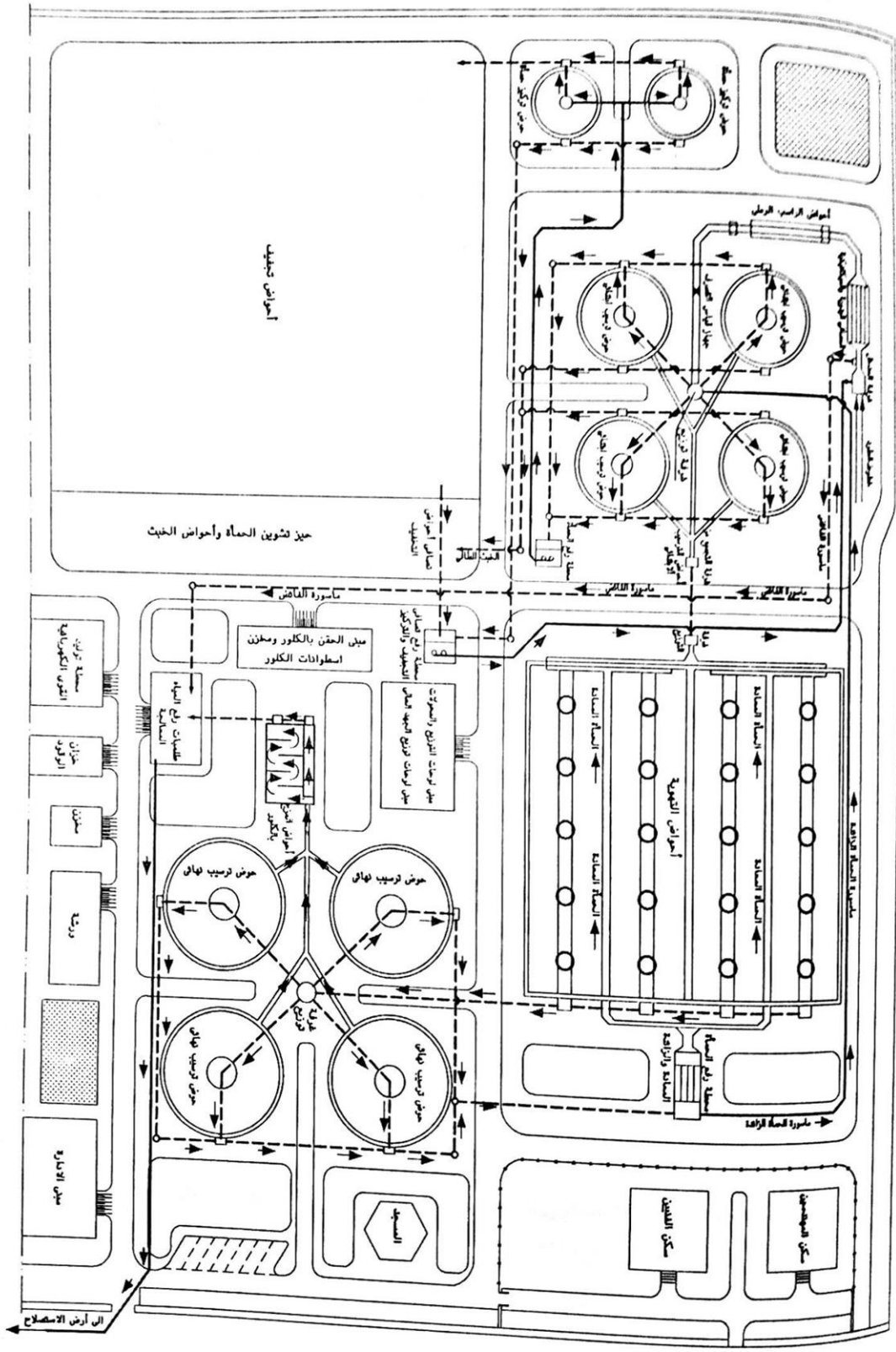
- مراعاة توزيع وحدات المعالجة ومباني الخدمات بما يتناسب مع دراسات التربة لتحقيق إقتصاديات الإنشاء
- ترك المسافات المناسبة بين وحدات المعالجة وبينها وبين المنشآت والمباني الأخرى بما يضمن سهولة الأعمال الإنشائية وتقليل التكلفة

## ⑤ العناصر الميكانيكية:-

- مراعاة وجود المساحات الكافية بين وحدات المحطة وذلك لتسهيل أعمال التركيب والتشغيل والصيانة
- وجود المسطحات الملائمة للخزانات والمعدات التي تركيب خارج المبنى
- مراعاة أن يكون مبنى المخزن والورش بالمسطح المناسب

## ⑥ العناصر الكهربائية:-

- مراعاة قرب مباني التغذية بالطاقة الكهربائية من الأحمال الرئيسية للمحطة
- تقليل أطوال ومسارات الكابلات الكهربائية ومراعاة عدم تعارضها مع مسارات المواسير والقنوات ما أمكن
- توفير مصدر بديل للطاقة الكهربائية في حالة إنقطاع التيار العمومي
- مراعاة الموقع المتوسط لغرفة التشغيل والتحكم بالنسبة لوحدات المعالجة وملحقاتها من محطة رفع ومحطات ضغط الهواء وخلافه
- أن تكون الطرق التي تمر بها الكابلات ذات إتساع مناسب لإستيعاب مجاري وخنادق الكابلات بالأبعاد المطلوبة لها طبقا للتصميمات



شكل رقم (5-0) (ب): الموقع العام لمحطة معالجة مياه صرف صحي قائمة.

# المراحل المتتابة لمعالجة مياه الصرف

❖ هناك طريقتين لمعالجة مياه الصرف:-

① المعالجة البيولوجية بالتلامس والتثبيت أو بواسطة الحمأة المنشطة

② المعالجة البيولوجية ببحيرات الأكسدة

❖ تنقسم معالجة مياه المجاري إلى:-

① أعمال معالجة ابتدائية Primary treatment

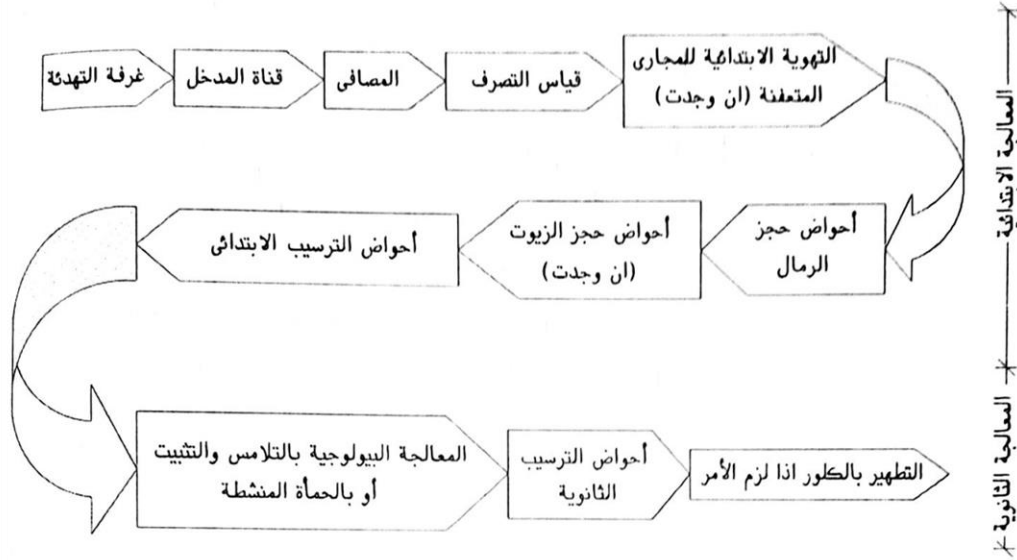
② أعمال المعالجة الثانوية Secondary treatment

③ تضاف في بعض الأحيان مرحلة أخرى للمعالجة بعد المعالجة الثانوية (الثانوية)

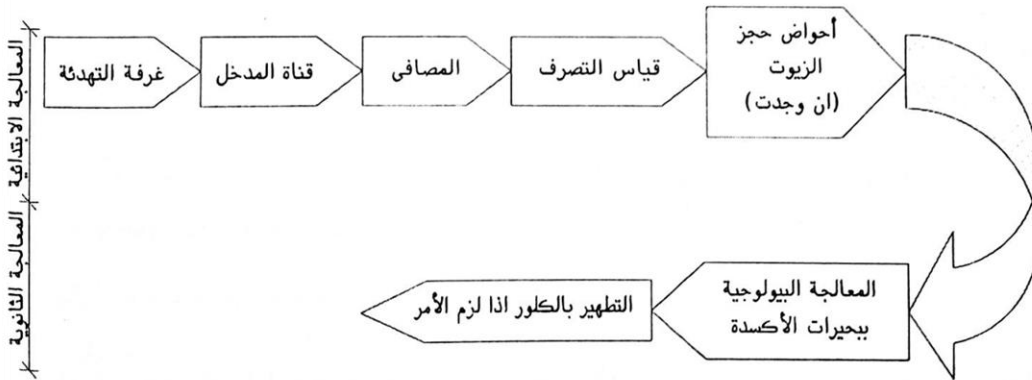
تسمى المعالجة المتقدمة (الثالثية) Advanced or tertiary treatment وذلك بهدف رفع درجة معالجة المياه لتكون أكثر صلاحية للاستخدام الزراعي أو الصرف على المصارف الزراعية

✓ تشمل عمليه المعالجة الثالثية استخدام مرشحات رملية سريعة لإزالة أكبر قدر ممكن من الاكسجين الحيوي المستهلك (BOD5) والمواد العالقة الكلية (TSS) وبعد المغذيات مثل النيتروجين والفسفور  
✓ ونظام المعالجة الثالثية هو السائد في الوقت الحالي

● تصمم جميع الوحدات في محطات المعالجة علي 1.5 التصرف اليومي المتوسط عند سنة التصميم ويتم تحديد كفاءه عملية المعالجة في أي مرحلة من مراحلها بقياس الاكسجين الحيوي المستهلك وتركيز المواد العالقة وعدد بكتيريا القولون في المخلفات السائلة قبل وبعد هذه المرحلة



المراحل المتتابعة لمعالجة مياه المجاري عندما تكون المعالجة البيولوجية بالتلامس والتثبيت أو بواسطة الحماة المنشطة



المراحل المتتابعة لمعالجة مياه المجاري عندما تكون المعالجة البيولوجية ببخيرات الأكسدة

شكل رقم (٥-١١): المراحل المتتابعة لمعالجة مياه المجاري.



## المعالجة الابتدائية

تحمل مياه المجاري الداخلة إلى محطة المعالجة بعض الاجسام الكبيرة الحجم الطافية مثل الخرق الباليه وقطع الاخشاب والبلاستيك والقش ومواد ثقيلة الوزن مثل الرمل والزلط والحصى ولو سمح لهذه المواد بالوصول إلى باقي وحدات معالجة مياه المجاري فسوف تؤدي إلى إعاقة أعمال التشغيل والصيانة مما يؤدي إلى سوء كفاءة محطة المعالجة

❖ الهدف من المعالجة الابتدائية:-

هو التخلص من المواد كبيرة الحجم وثقيلة الوزن وكذلك المواد القابلة للرسوب وتحسين خصائص المياه وإعدادها لمرحلة المعالجة البيولوجية حيث تخرج المياه من هذه المرحلة خالية من غالبية المواد غير العضوية بكفاءة (50 الى 70%) وتقل كذلك المواد العضوية بنسبه (30 الى 40%)

❖ مشتملات المعالجة الابتدائية:-

- ① غرفة التهئة
- ② قناة المدخل
- ③ المصافي
- ④ قياس التصرف
- ⑤ أحواض التهوية الابتدائية لمياه المجاري المتعفنة
- ⑥ أحواض حجز الرمال
- ⑦ أحواض حجز الزيت
- ⑧ أحواض الترسيب الابتدائي

## ① غرفة التهدئة Slow down Chamber

❖ الغرض من غرفة التهدئة:-

هو تهدئة سرعة وضغط المياه وتحويلها من نظام السريان في المجرى المغلق داخل خطوط الطرد (السير تحت ضغط الطلمبات) إلى السريان في المجرى المفتوح حيث يتعرض سطح المياه إلى الضغط الجوي مباشرة (السير تحت تأثير الجاذبية)

❖ أبعاد غرفة التهدئة:-

هذه الغرفة تأخذ أبعاد و أشكال متعددة وتكون مزودة بماسورة لخروج الرواسب والتفريغ ويتصل بها ماسورة الفائض وتصمم علي الأسس التالية:-

- مدة مكث ( 30 ~ 60 ثانية) بحيث لا يقل زمن المكث مستقبلا عن ( 30 ثانية) ولا يزيد في الوقت الحالي عن (60 ثانية)
- عمق المياه فيها لا يقل عن قطر خط الطرد الداخل الى الغرفة بالإضافة الى عمق المياه في قناة المدخل
- عرضها لا يقل عن قطر خط الطرد الداخل الى المحطة مضافا إليه ( 80 سم) بينما طولها يساوي (1~3) أمثال عرضها
- يتم رفع منسوب قاع هذه الغرفة إلى منسوب قاع قناة المدخل بزوايه ( 60 درجة) على الافقي وكذلك يتم تضيق عرضها حتى يصل الى عرض قناة المدخل خلال هذا الجزء المائل من المجرى
- ترتفع حوائطها بمسافه ( 0.4 ~ 1 م) عن أقصى منسوب متوقع للمياه داخلها

## ② قناة المدخل Approach Channel

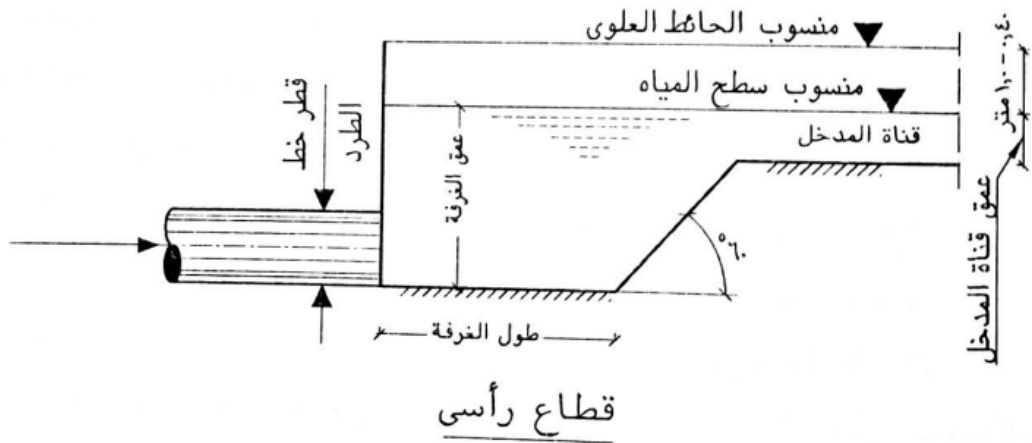
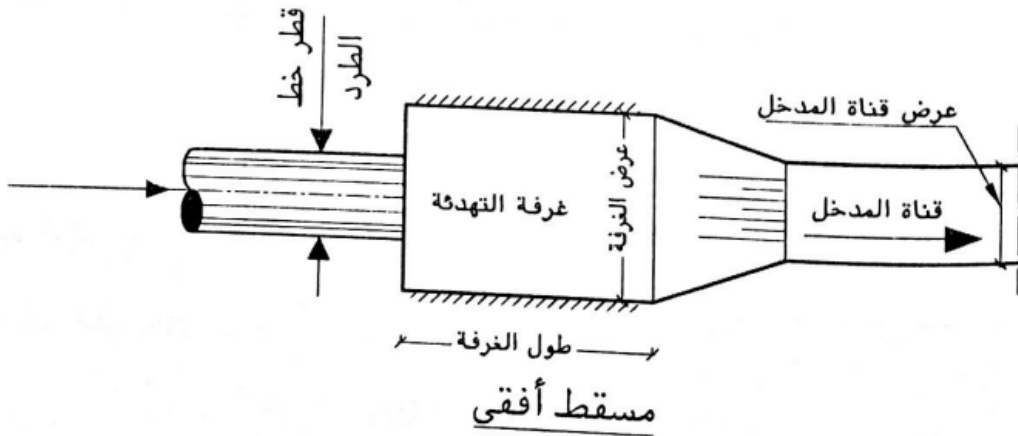
تسمى أحياناً قناة التوصيل

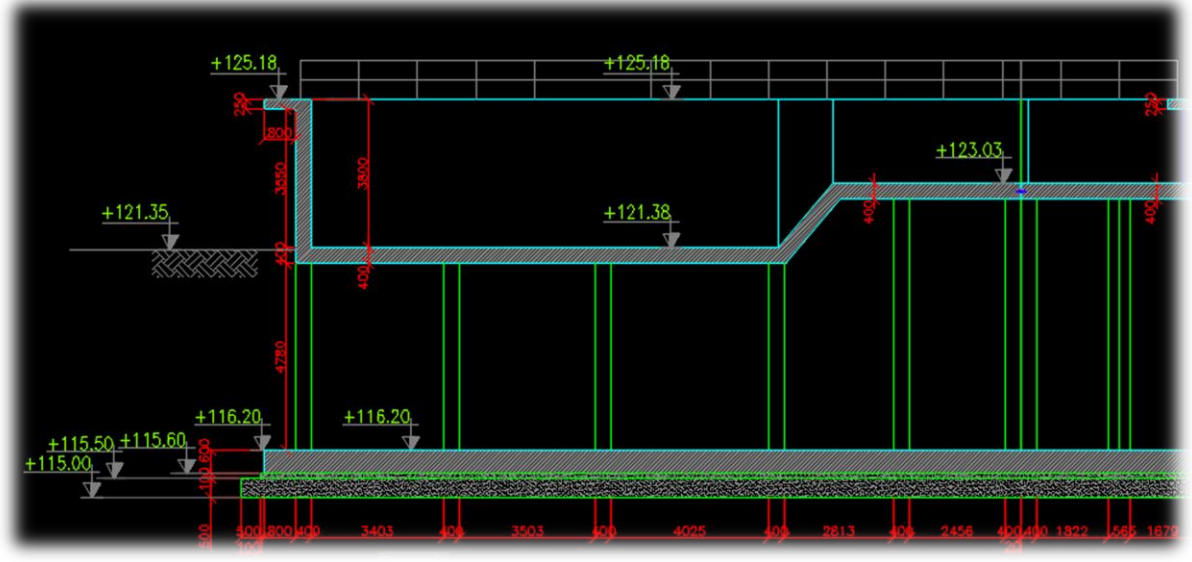
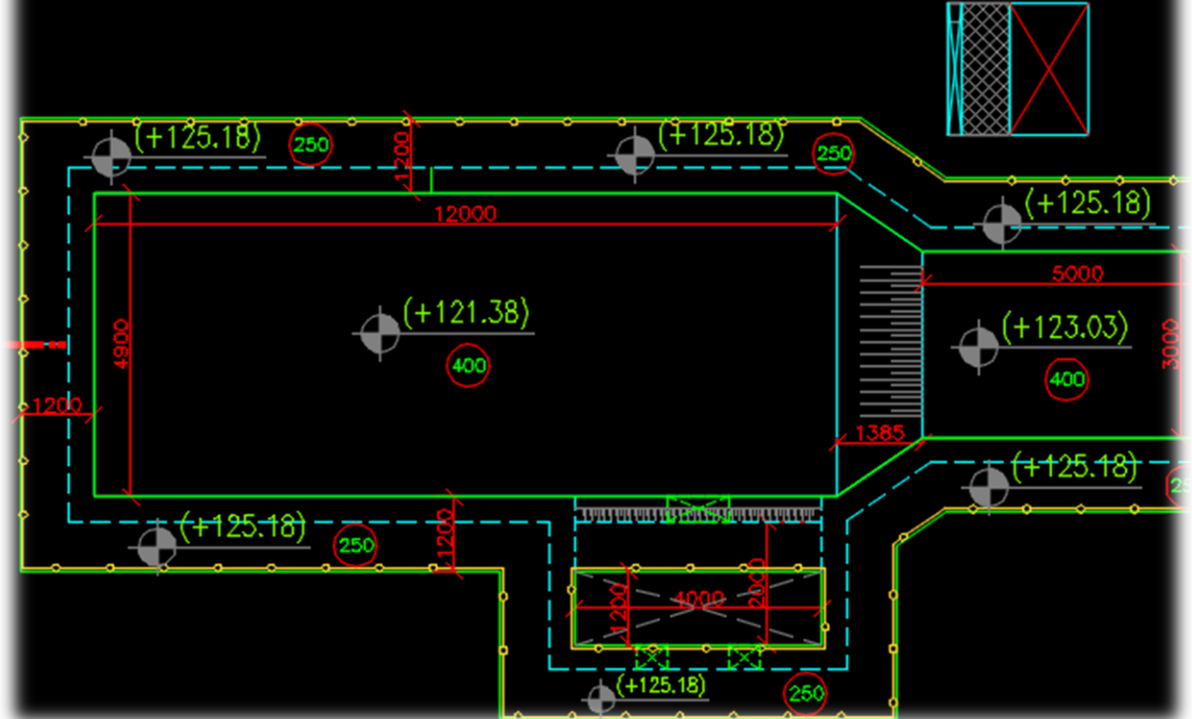
❖ الغرض من قناة المدخل:-

هي تقوم بنقل المياه من غرفة التهدة إلى أول وحدات المعالجة (المصافي)

❖ أبعاد قناة المدخل:-

- يتحدد طولها من الموقع العام للمحطة حيث يتراوح بين (2~3 متر)
- تكون السرعة الافقية فيها (0.6 ~ 1.2 م/ث)
- مقطعها مستطيل أو مربع (العرض  $\leq$  العمق)
- يحسب ميلها من معادلة ماننج حيث يؤخذ ثابت ماننج حسب نوع وحالة المادة التي تصنع منها القناة
- ترتفع حوائطها بمسافة (1~0.4 متر) عن أقصى منسوب متوقع للمياه داخلها وغالبا ما يتساوى هذا المنسوب مع منسوب حوائط غرفة التهدة
- يراعى أن يكون عمق قناة المدخل الكلي أكبر من عمق الفواقد في المصافي (20 ~ 30 سم) بالإضافة إلى عمق فواقد هدار قياس التصريف إن وضع على نفس القناة (20 ~ 30 سم لكي يعمل كهدار حر)





### ③ المصافي Screens

❖ مكوناتها:-

- تتكون من عدة قضبان حديدية مستقيمة أو مقوسة (جزء من دائرة) وتكون هذه القضبان متوازية يفصل بينها فراغات متساوية
- تنشأ المصافي من معدن لا يصدأ وتزود ببوابات أمامها وخلفها للتحكم في سريان المياه ويكون عدد قنوات المصافي اثنين على الأقل بالإضافة الى قناة جانبية على منسوب مرتفع تسمى مجرى الفائض وتكون مزودة بمصافي جانبية

❖ الغرض منها:-

تقوم بحجز المواد التي حجمها أكبر من الفتحات الصافية التي بين القضبان

❖ انواعها:-

يوجد منها نوعان

➤ النوع الأول:-

المصافي الدقيقة Fine screens

وتكون المسافة الصافية بين قضبانها (2.5~5سم)

➤ النوع الثاني:-

المصافي الواسعة Coarse screens

وتكون المسافة الصافية بين قضبانها (5~7.5سم)

تفضل المصافي الدقيقة في حالة وجود نسبة عالية من المواد العالقة حيث ستخفض الحمل عن أحواض الترسيب وتستخدم كذلك في حالة الاستغناء كلية عه أحواض الترسيب في بعض عمليات المعالجة وكذلك تستخدم المصافي الدقيقة عندما تكون مياه الصرف الصحي ستعالج جزئياً كحالة المدن الساحلية التي تصرف علي البحار

#### ❖ طريقة تنظيفها:-

يوجد طريقتين لتنظيف المصافي

##### ➤ الطريقة الأولى:- يدويا

- تكون للتصرفات التي اقل من 5000 م<sup>3</sup>/يوم
- يتم التنظيف اليدوي باستعمال شوك تكون المسافة بين أسنانها تتناسب مع فتحات المصافي
- تنشأ قضبان المصافي بدرجة ميل تتراوح بين (45° ~ 60°) على الأفقي وذلك لتسهيل عمليه التنظيف

##### ➤ الطريقة الثانية:- ميكانيكيا

- تكون للتصرفات التي أكبر من 5000 م<sup>3</sup>/يوم
- يكون مع المصافي الميكانيكية مصافي أخرى يدوية تستخدم في حالة الطوارئ
- يتكون المنظف الميكانيكي من مجموعة من الأمشاط تتحرك خلال الفتحات بصورة دورية لتجميع وفصل المواد المحجوزة على مدخل المصافي
- تكون قضبان المصافي عمودية تقريباً أو بزاوية ميل (80°) على الأفقي

يتم التنظيف دوريا وبانتظام حتى لا يحدث انسداد لفتحات المصافي كما يؤدي تنظيفها بعد انسدادها إلى تدفق كمية كبيرة من مياه المجاري المحجوزة أمام المصافي الى داخل محطة المعالجة فجأة مما يسبب حمل زائد عن طاقة وحدات المعالجة ويؤدي إلى ضعف كفاءة هذه الوحدات

#### ❖ أسس تصميم المصافي:-

- صافي المساحة بين القطبان على المائل للمصافي اليدوية =  $2 \times$  مساحه قناة المدخل المؤدية إلى المصافي
- صافي المساحة بين القضبان على المائل للمصافي الميكانيكية =  $1.25 \times$  مساحة قناة المدخل المؤدية إلى المصافي
- يكون عرض مقطع القضيب المستطيل الذي يستخدم في المصافي (1~2سم) والطول (2~6سم) والقطبان الدائرية تكون ذات قطر (1.5~3سم)
- ترتفع حوائط المصافي بمسافة (0.4~1متر) عن أقصى منسوب متوقع للمياه داخلها وغالبا ما يتساوى هذا المنسوب مع منسوب حوائط قناة المدخل وغرفة التهئة
- كميته المواد المحجوزة عليها تكون حوالي (20 لتر / 1000 م<sup>3</sup>) من مياه الصرف الصحي المارة بها
- الفاقد في الضغط خلال المصفاة عند بداية التشغيل (10~15سم) ثم يؤخذ في الزيادة نتيجة لتجمع المواد الطافية أمامها حتى يصل إلى (30سم) وعندئذ يجب التنظيف



❖ التخلص من المواد المحجوزة علي المصافي:-

ترفع المواد المحجوزة على المصافي لتوضع على مصفى لتصفية ما بها من مياه لتعود مرة ثانية الى المياه الداخلة للمحطة

➤ يتم التخلص من الفضلات المرفوعة من أمام المصافي بعدة طرق:-

1- بالحرق بعد ضغطها لتجفيفها وإزالة كمية كبيرة من مائها

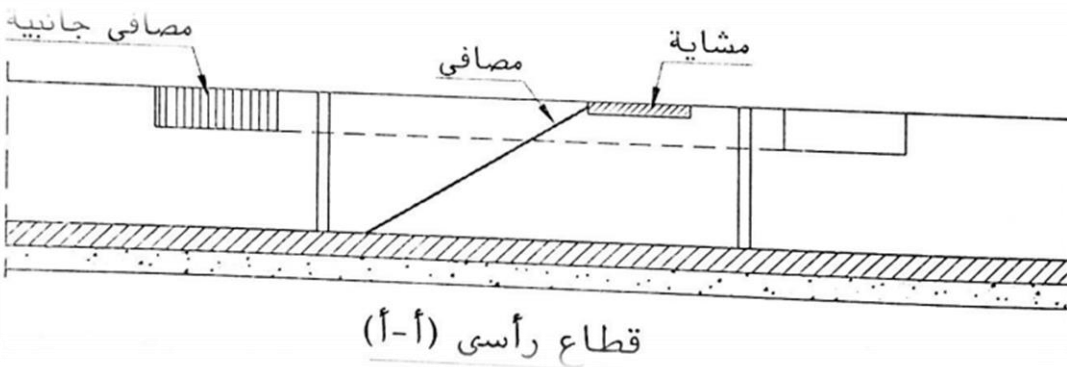
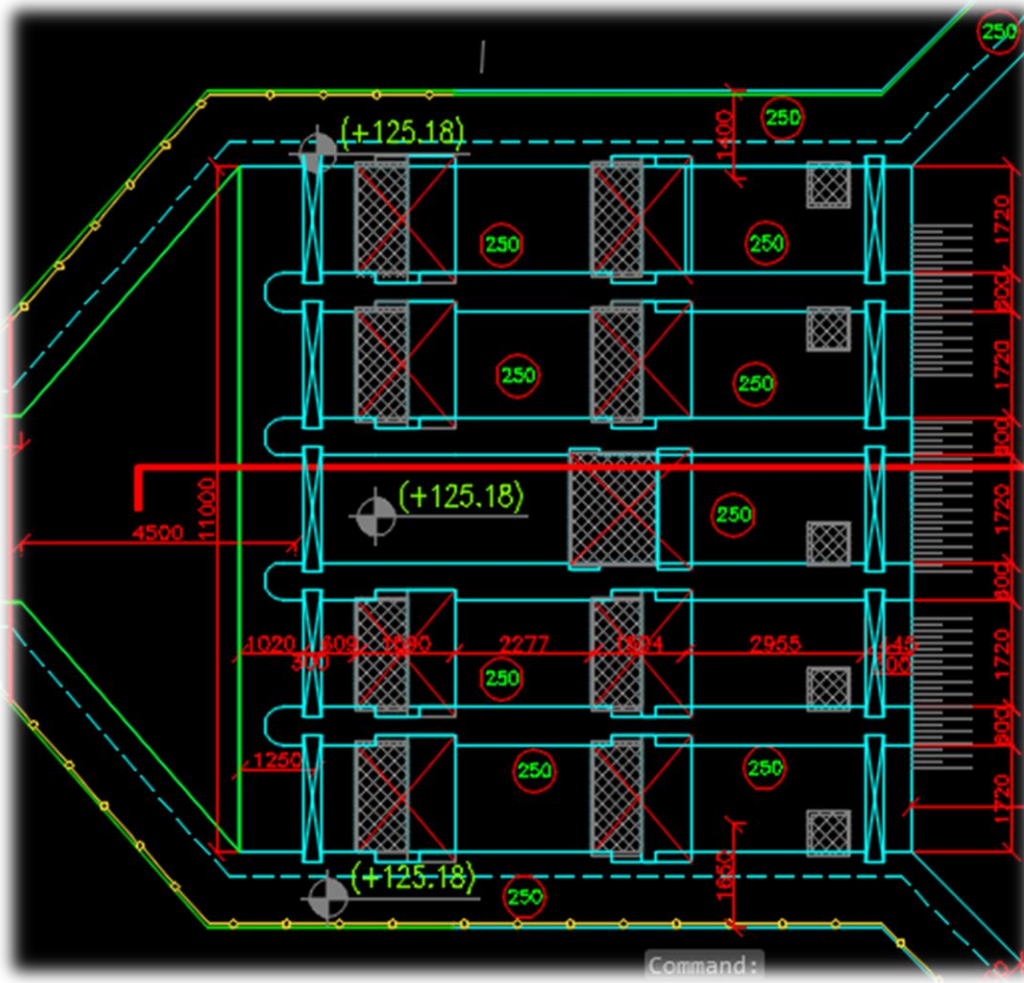
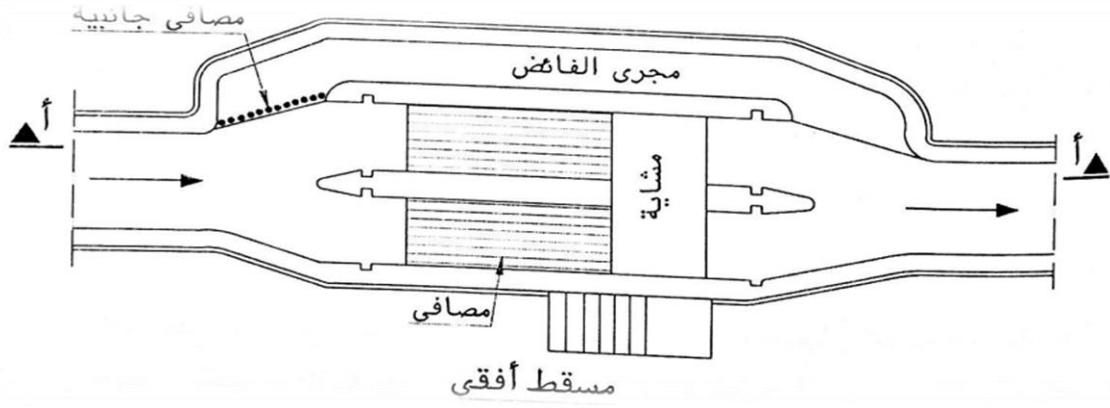
📌 هذه الطريقة تعتبر من أنسب الطرق للتخلص منها

2- بفرمها بمفارم خاصة مثبتة بجوار المصافي حيث تقطع الى أجزاء صغيرة وتعاد مرة ثانية إلى مياه المجاري

📌 توقف استخدام هذه الطريقة في كثير من المحطات لأنها تؤدي الى زيادة الحمل على وحدات المعالجة التالية للمصافي بالإضافة إلى زيادة التكاليف لزوم شراء المفارم وتكاليف إنشائها وصيانتها

3- بالدفن وعند دفن هذه المخلفات يجب أن تغطى بطبقة من الرمل سمكها لا يقل عن ( 15 سم) لمنع تكاثر الذباب وجذب الفئران إليها حيث تمنع طبقة الرمل ظهور الشروخ الناتجة من الانكماش بسبب الجفاف

📌 أحيانا تكون المخلفات المدفونة مصدرا للروائح الكريهة الناتجة من التحلل اللاهوائي الذي يحدث بها ويمكن التقليل من هذه الروائح إذا استعمل الجير الحي من وقت لآخر في تغطية هذه المواد بالإضافة إلى استعمال الرمل





## ④ قياس التصريف Flow measurement

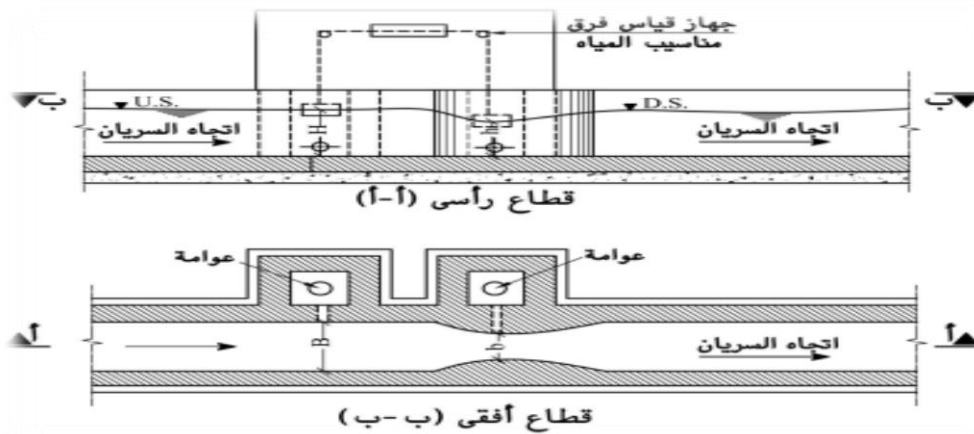
يلزم قياس التصريف داخل محطة معالجة مياه الصرف الصحي لمعرفة كمية المياه الواردة للمحطة حتى لا يصير تحميل الوحدات أكثر من طاقتها التصميمية ولأهداف أخرى عديدة منها تحديد جرعة الكلور اللازمة للتطهير ومعرفة معدلات التحميل المختلفة على وحدات المعالجة ولتحديد كميات الهواء اللازمة للتهوية ولتقدير حجم الرواسب من الوحدات المختلفة

- توجد أكثر من طريقه لقياس التصريف من أشهرها طريقه مجرى فنشوري حيث يتم عمل اختناق بتضييق عرض القناة الحالية للمياه ما عدم تكون الموجه الثابتة مما يستلزم قياس ارتفاع المياه قبل وعند المضيق ويحسب التصريف كالاتي:-

$$Q=Cd*b*h*[2g(H-h)/(1-m^2)] ^{0.5}$$

حيث Q التصريف م<sup>3</sup>/ث و Cd معامل التصريف و b عرض المضيق بالمتري و h ارتفاع المياه في المضيق بالمتري و H ارتفاع المياه أمام المضيق بالمتري و g عجلة الجاذبية الأرضية م/ث<sup>2</sup> و m هي النسبة a/A

حيث a هي مساحة القطاع المائي في المضيق و A هي مساحة القطاع المائي في الجزء المتسع أمام المضيق



شكل رقم (٢-٢٤): مجرى فنشوري (Venturi flume).

## ⑤ حواض التهوية الابتدائية لمياه الصرف الصحي المتعفنة

### Pre-aeration tanks for septic sewage

- تحتاج المخلفات السائلة التي تصل إلي محطة المعالجة في حالة تعفن إلى التهوية الابتدائية وبالذات إذا كانت أحواض حجز الرمال ليست من نوع الأحواض المهوأة
- الهدف من هذه التهوية الابتدائية هو إزالة الغازات المتعفنة الموجودة في مياه الصرف الصحي مثل غاز أول أكسيد الكربون (CO) وكبريتد الهيدروجين (H<sub>2</sub>S) والميثان (CH<sub>4</sub>) والنوشادر (NH<sub>3</sub>) وإذابة كمية من الأوكسجين تكون لازمة لعمل البكتريا الهوائية التي تقوم بتثبيت المواد العضوية
- تساعد عملية التهوية علي فصل المواد الخفيفة القابلة للطفو علي السطح مثل الزيوت والشحوم والشعر حيث تلتصق بفقاعات الهواء أثناء صعودها فتعمل لها كعوامات تساعد علي الطفو
- تتم عملية التهوية بواسطة ناشرات هواء (Air diffusers) تكون مثبتة في قاع حوض التهوية وتكون مدة المكث في هذه الأحواض (20~30دقيقة)

## ⑥ أحواض حجز الرمال Grit chambers

يتم إنشاء أحواض حجز الرمال في محطات المعالجة و أيضاً قبل السحارات التي تستخدم لمرور مياه الصرف تحت الترغ والعوائق الأخرى وذلك لتفادي سد هذه السحارات بالترسيب المستمر للرمال فيها.

### ❖ الغرض منها:-

- يتم في هذه الأحواض إزالة المواد الثقيلة مثل الرمل والطين وغيرها من المواد ذات الكثافة العالية وذلك عن طريق تخفيض سرعه جريان المياه إلى ( 30 سم / ثانيه) بينما تنتقل المواد الصلبة العضوية إلى مراحل المعالجة التالية حيث تكون عادة أخف في الوزن
- السبب في تفرقة ترسيب نوعي الرواسب هو اختلاف طرق التخلص منها كما أن اختلاط نوعي الرواسب يسبب متاعب في عمليات المعالجة التي تتبع هذه الخطوة

### ❖ الرواسب:-

- تبلغ نسبة المواد العضوية التي تحجز في هذه الأحواض مع الرمال التي ترسب حوالي ( 10 ~ 20%) في حاله عدم غسيل الرمال ونقل هذه النسبة إلى ( 5%) عند غسيل الرمال في المحطة قبل التخلص منها ما إعادة مياه الغسيل إلى المخلفات السائلة الداخلة إلى المحطة
- تتوقف كمية الرمال التي تترسب في أحواض حجز الرمال على طبوغرافية المدينة ونوع الرصف وطبيعته ونوع شبكة الصرف الصحي إذ تزيد كمية الرمال في شبكات الصرف الصحي المشتركة والتي تحمل مياه الأمطار بجانب المخلفات السائلة الأخرى من المنازل والمتاجر والمصانع

## ❖ أنواع أحواض حجز الرمال:-

يوجد نوعين من أحواض حجز الرمال هما:

1. أحواض حجز الرمال ذات التصريف الأفقي
2. أحواض حجز الرمال المهواة

### ■ أولاً:- أحواض حجز الرمال ذات التصريف الأفقي

- تتكون من قنوات متسعة نسبياً تمر فيها المخلفات السائلة مع التحكم الكافي لحفظ سرعتها عند (0.3 م /ث) حتى تسمح بترسيب المواد العالقة غير العضوية التي يبلغ قطرها (0.20مليمتر) فأكثر وفي نفس الوقت لا تسمح بترسيب المواد العضوية
- للمحافظة على السرعة الثابتة داخل أحواض حجز الرمال ذات التصريف الأفقي عند ( 0.3 م /ث) تنشأ أحواض حجز الرمال بشكل خاص تبعاً لأحدى الطريقتين التاليتين:-

- 1) أحواض حجز الرمال ذات القطاع على شكل قطع مكافئ
  - تنفذ بقطاع على هيئة شبه منحرف يكون أقرب ما يكون للقطع المكافئ حيث يكون التغير في السرعة الناتجة من التغير في الشكل من قطع مكافئ إلى شبه منحرف صغيرة جداً ولا يؤثر على قيمة السرعة
  - لتحديد أبعاد القطاع التي تحافظ على السرعة داخله (30 سم /ث) رغم تغير التصريف تستخدم العلاقة التالية:-

$$\rightarrow X=[5 \times Q]/h$$

هذه العلاقة لتحديد عرض قطاع الحوض X

▼ يلزم معرفة كلا من:-

← التصريف التصميمي الأقصى (تصرف ساعة الذروة = أقصى تصرف جاف + تصرف مياه الرش أن وجدت)

← التصرف التصميمي المتوسط (التصرف المتوسط لمياه الصرف الصحي المنزلية + تصرف مياه الرش أن وجدت)

← التصرف التصميمي الأدنى (أدنى تصرف جاف)

- يجب حساب عمق وسعة القطاع عند كل تصرف وبالتالي يمكن تنفيذ القطاع
- يؤخذ عمق المياه  $h$  في هذه الأحواض عند كل تصرف مماثل لعمقه في قناة المدخل أو في المصافي
- العرض عند كل تصرف يمكن حسابه من المعادلة السابقة وبحيث لا يقل عرض القاع عن (30 سم) لسهولة تفريغ الحوض من الرواسب
- يجب اضافته ( $0.4 \sim 1$  م) لارتفاع الحوائط فوق منسوب أقصى تصرف

(2) أحواض حجز الرمال المستطيلة المزودة بهدار تناسب

- إذا صممت أحواض حجز الرمال مستطيلة المقطع والمخرج فإن التغيير في التصرف سيؤدي الى تغيير سرعه المياه داخل هذه الأحواض وهذا ما يقلل من كفاءة عمل هذه الأحواض ويجعلها تحيد عن الهدف الذي أنشئت من أجله
- تؤدي زيادة السرعة إلى جرف الرمال والمواد العالقة الثقيلة إلى الوحدات التالية من المعالجة مما يسبب متاعب في عمل هذه الوحدات
- يؤدي النقص في السرعة إلى ترسيب المواد العضوية داخل هذه الأحواض مما يسبب مشاكل في التخلص من رواسبها
- لذلك تزود بهدار تناسب عند مخرج الحوض بحيث يحافظ على السرعة داخل الحوض ثابتة في حدود (30 سم/ث) رغم تغير التصرف
- هذا الهدار عريض من أسفله وبعرض ثابت لارتفاع (2.5 سم) ثم يأخذ في الضيق لأعلى
- توضع عتبة الهدار فوق قاع الحوض بمسافة تمنع انزلاق الرمال المترسبة على القاع وهذه المسافة يجب أن تكون أكبر من أقصى عمق للرواسب

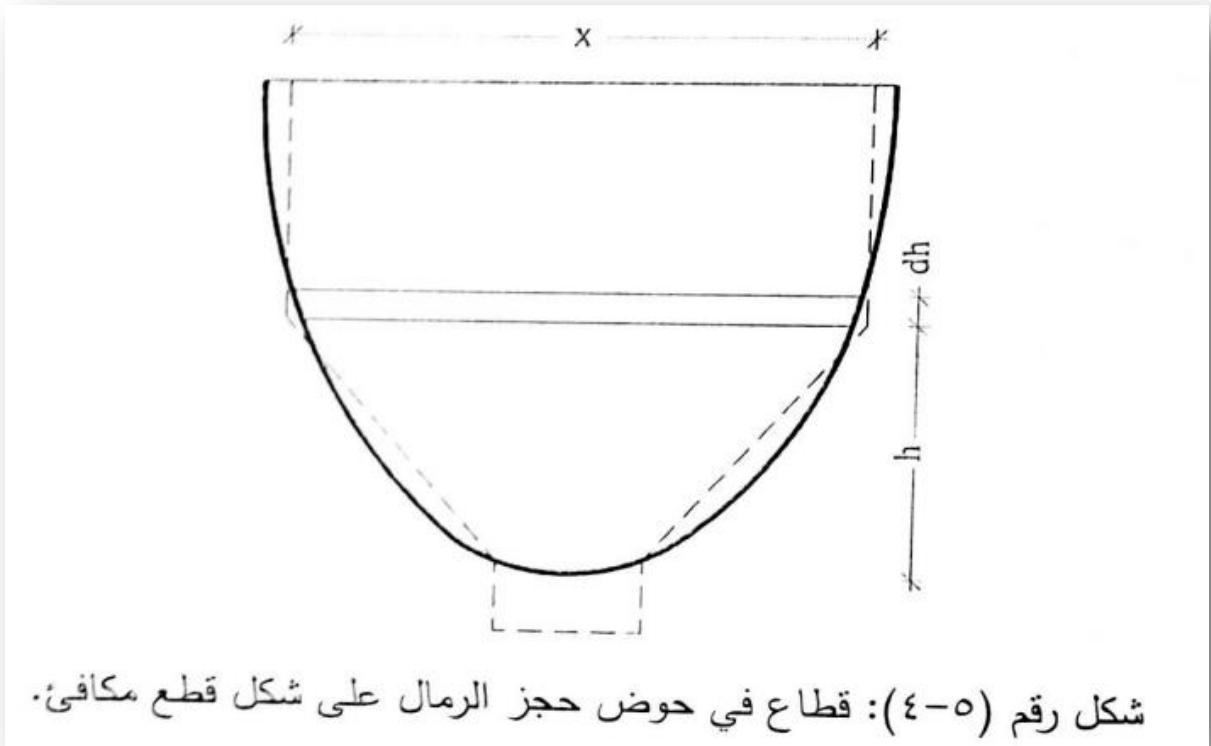
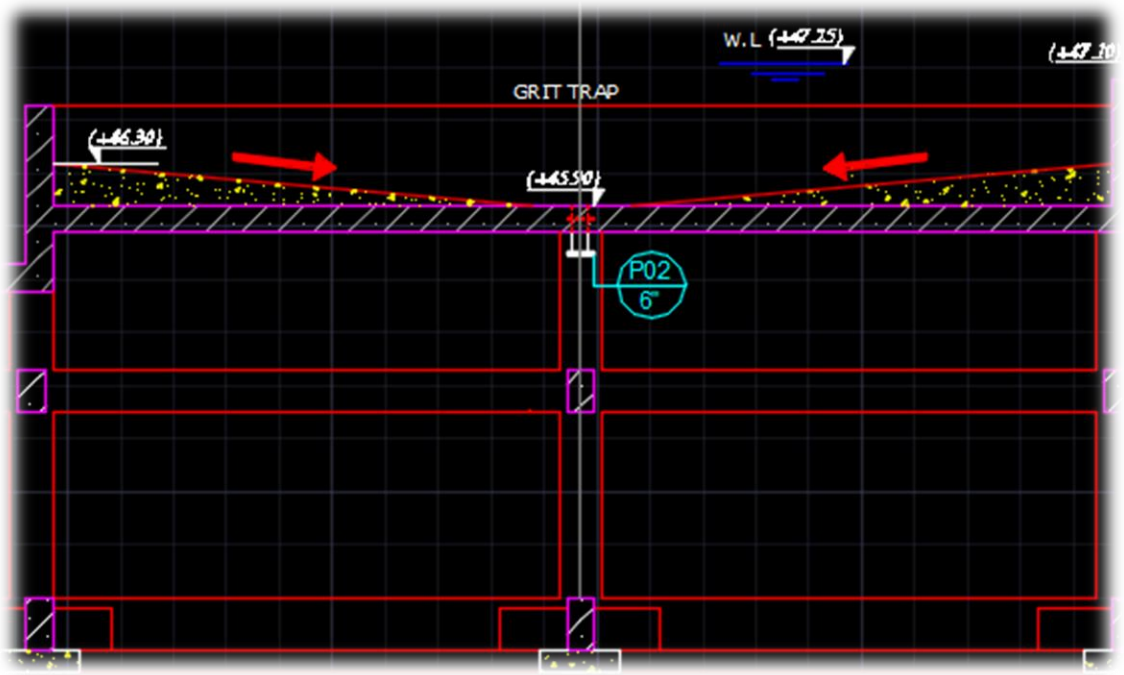


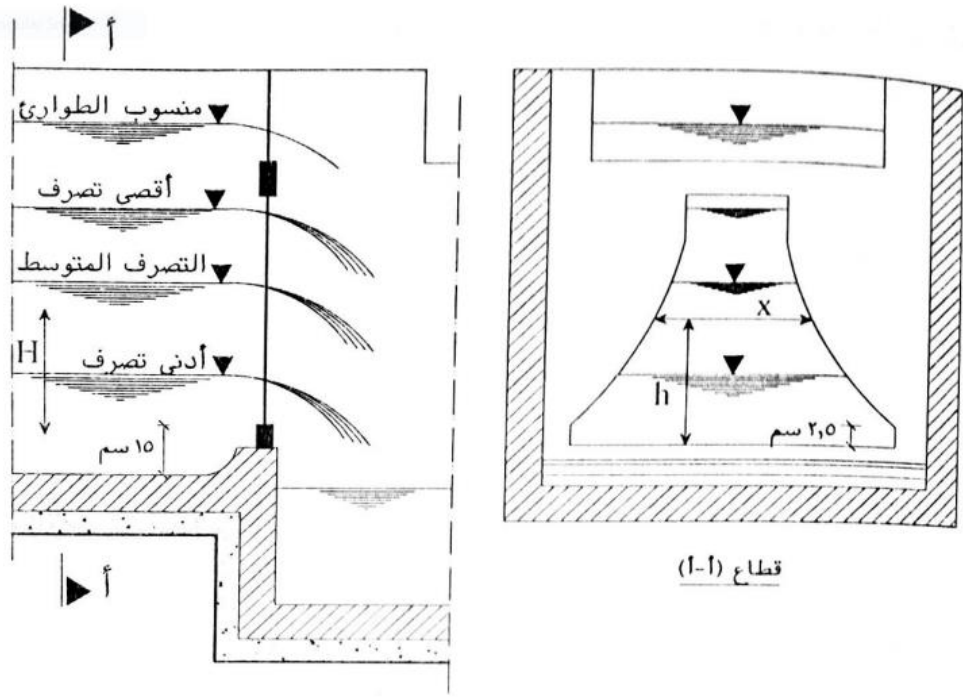
يمكن أن يحدث في الحوض وذلك يعتمد على أبعاد الحوض وحجم الرواسب والفترات التي تزال فيها الرواسب

- عادة ما تؤخذ هذه المسافة (15 سم)
- يجب أن يكون منسوب المياه في المجري خلف الهدار أقل من منسوب عتبة الهدار وبذلك يكون التصريف فوق الهدار حرا وليس مغمورا

➤ اسس تصميم أحواض حجز الرمال ذات التصريف الأفقي

- السرعة الأفقية للمياه داخل الحوض (0.25~0.5م/ث) وبمتوسط (0.3م/ث)
- مدة المكث للمياه في الحوض (45~90 ثانية)
- معدل التحميل السطحي لا يزيد عن (1200م<sup>3</sup>/2م/يوم) وذلك لترسيب الحبيبات ذات الحجم  $\leq (0.2 \text{ مم})$  والتي وزنها النوعي أكبر من (2.65)
- عدد الأحواض لا يقل عن (2) حوض لضمان التنظيف للأحواض التي يتم تنظيفها يدويا وكذلك في حال أعطال المعدات الميكانيكية للأحواض التي تنظف ميكانيكيا
- عرض الحوض المستطيل يساوي (1~2) عمق المياه في الحوض
- طول الحوض = السرعة الأفقية × زمن المكث
- عمق المياه في الحوض (60~100 سم)
- كميته الرمال المترسبة (100~250 لتر/1000م<sup>3</sup>) من تصريف المخلفات السائلة الذي يمر في الحوض





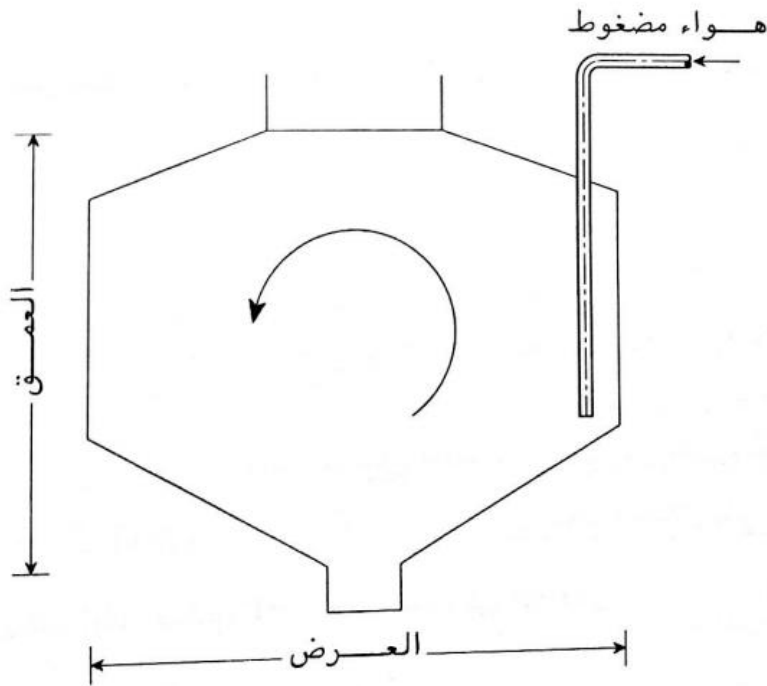
شكل رقم (٥-٥): هدار التناسب لأحواض حجز الرمال المستطيلة ذات التصريف الأفقي.

## ■ثانياً:- أحواض حجز الرمال المهواة

- تكون مزودة بناشرات هواء مثبتة أعلى القاع بجوار الجدران وبطول الحائط
  - تسير المياه في هذه الأحواض لولبيا كمحصلة لحركتين الأولى أفقيا من مدخل الحوض وفي إتجاه المخرج والثانية دائريا بفعل الهواء المضغوط
  - تساعد ناشرات الهواء على حركه مياه المجاري في حركة لولبية تسمح بتعويض الطول اللازم لترسيب الجزيئات الثقيلة القابلة للتسيب حيث تكون هذه الاحواض أقل في الطول من سابقتها ذات التصرف الأفقي
- مميزات استعمال الهواء في أحواض حجز الرمال المهواة:-
- يساعد على طفو وتعويم المواد خفيفة الوزن مثل الدهون والشحوم والشعر وخلافه على سطح المياه
  - يساعد على إنعاش مياه المجاري بإزالة الغازات الذائبة والمتعفنة واستبدالها بالأكسجين لتهيئة الظروف الملائمة للبكتيريا الهوائية للتكاثر
  - تساعد الحركة العرضية والأفقية في غسيل حبيبات الرمال من المواد العضوية فتقل نسبتها في الرمال المترسبة مما يسهل طرق التخلص من هذه الرواسب

- أسس تصميم أحواض حجز الرمال المهواة:-
- مدة المكث للمياه في الحوض من (2~5 دقائق)
  - السرعة الأفقية للمياه داخل الحوض من (0.25 ~ 0.30 م/ث) والسرعة الحلزونية للمياه (0.10~0.20 م /ث)
  - معدل التحميل السطحي لا يزيد عن (1000م<sup>3</sup>/م<sup>2</sup>/يوم) وذلك لترسيب الحبيبات ذات الحجم (0.20 مم) فأكبر والتي وزنها النوعي اكبر من(2.65)

- عدد الاحواض لا يقل عن (2) حوض لضمان التنظيف للأحواض التي يتم تنظيفها يدويا وكذلك في حالة أعطال المعدات الميكانيكية للأحواض التي تنظف ميكانيكيا
- عرض الحوض لا يزيد عن (2 م)
- طول الحوض = السرعة الأفقية × زمن المكث
- عمق المياه في الحوض (0.30~0.50 متر)
- معدل امداد الهواء (0.30~0.70 م<sup>3</sup>/دقيقة/متر) من طول الحوض بمتوسط (10 م<sup>3</sup>/ساعة / م<sup>3</sup>) من الحوض ويدخل الهواء المضغوط إلى الحوض فوق قناة تجميع الرمال بمسافة (0.60~1 م)
- كمية الرمال المترسبة (100~250 لتر/1000 م<sup>3</sup>) من التصريف المار بالحوض



شكل رقم (٥-٦): قطاع في أحد أحواض حجز الرمال المهواة.

## طرق تنظيف أحواض حجز الرمال:-

### ➤ أولاً:- الطريقة اليدوية

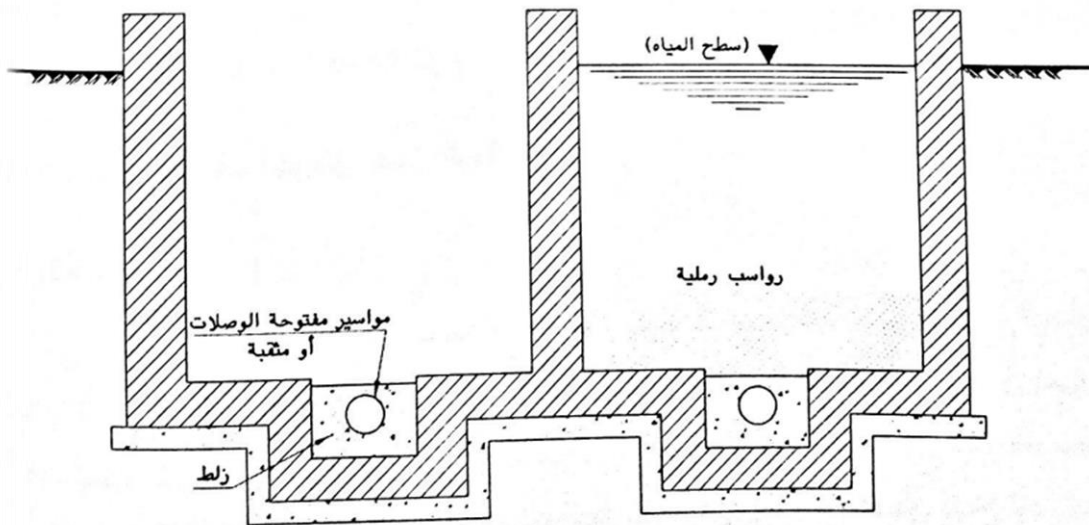
- في هذه الطريقة يتم تفريغ الحوض من المياه على فترات زمنية ثم يتم إزالة الرمال باستخدام الآلات اليدوية وفي هذه الحالة يجب عمل الطرق اللازمة لتصفية الحوض من المياه تماماً قبل تنظيفه حيث يتم عمل مجرى في منتصف قاع الحوض وبكامل طوله ويوضع فيه خط مواسير مفتوحة الوصلات ومحاطة بالزلط ويزود هذا الخط في نهايته بمحبس يفتح لتصفية الحوض عند الحاجة للتنظيف أو الصيانة

### ➤ ثانياً:- الطرق الهيدروليكية

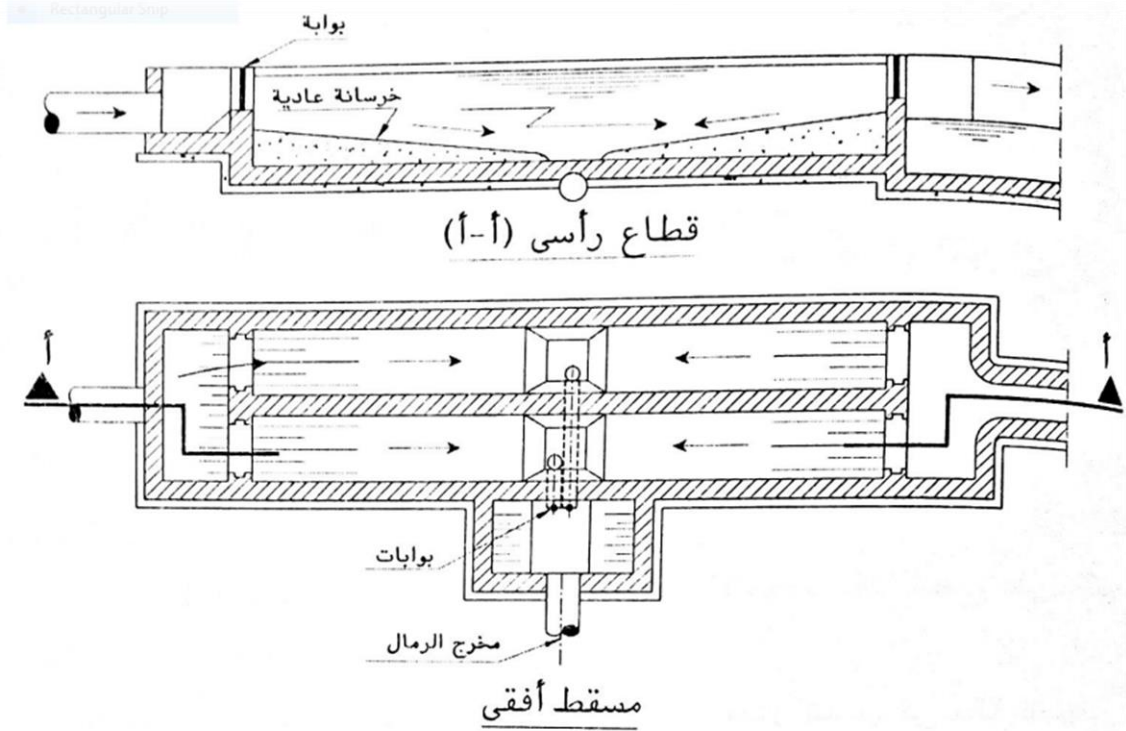
- في هذه الطريقة يتم تفريغ الحوض من المياه عند التنظيف وتسلط تيار مياه مندفع من خرطوم على الرمال المترسبة فتتجرف مع المياه الى أوطى نقطة في منتصف الحوض ومنها الى خارج الحوض حيث تسير في مواسير الى موضع التخلص منها

### ➤ ثالثاً:- الطرق الميكانيكية

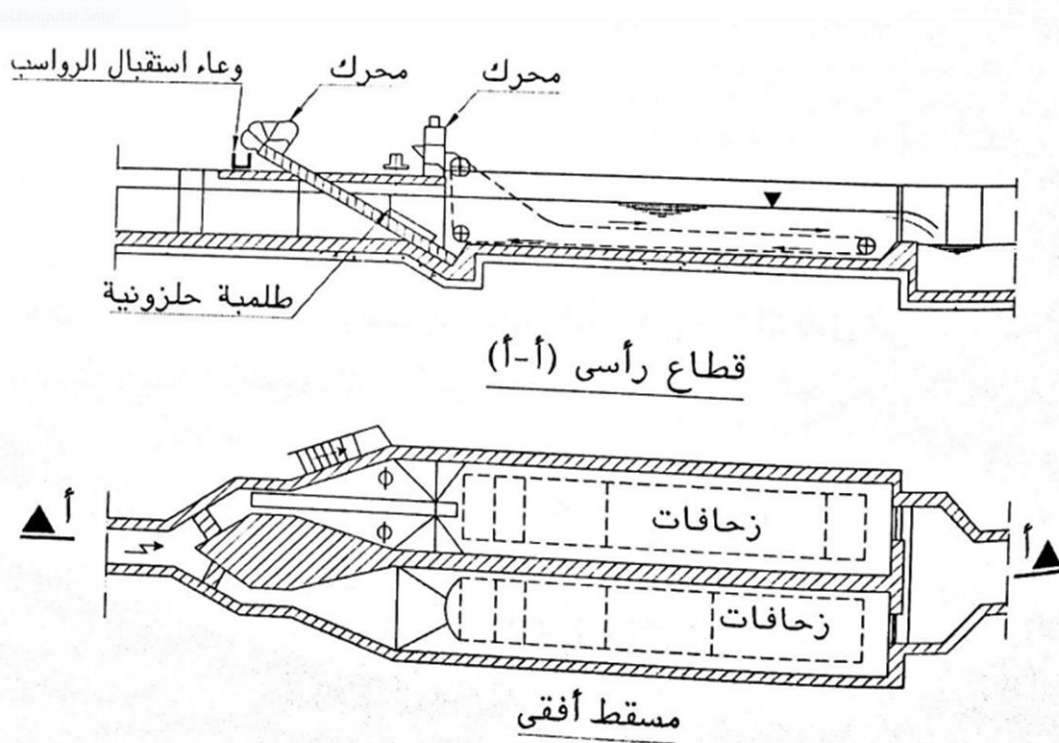
- في هذه الطريقة يتم تنظيف الحوض بواسطة كاسح يجرف الرواسب إلى منخفض في مدخل الحوض ومن هذا المنخفض ترفع الرمال بواسطة كباشات إلى أعلى الحوض حيث يتم جمعها في أوعية خاصة



شكل رقم (٥-٧): قطاع في أحواض حجز الرمال المستطيلة ذات التنظيف اليدوي.



شكل رقم (٥-٨): أحواض حجز الرمال ذات التنظيف الهيدروليكي.



شكل رقم (٥-٩): أحواض حجز الرمال ذات التنظيف الميكانيكي.

## 7) أحواض حجز الزيوت Grease removal tanks

### ❖ الغرض منها:-

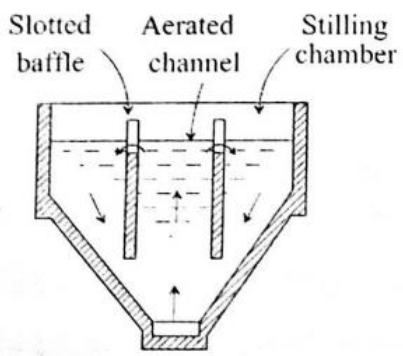
- تستخدم في حالة إحتمال وصول كمية كبيرة من الزيوت والمواد الدهنية في مياه المجاري عند وصولها الى محطة معالجة المخلفات السائلة
- يفضل أن تفصل هذه الزيوت قبل دخول المخلفات السائلة إلى أحواض الترسيب الابتدائي لأنها تقلل من سرعة الرسوب لبعض المواد العالقة إذا التصقت بها وكذلك فإنها تقلل من كفاءة العمليات البيولوجية التي تلي عملية الترسيب الابتدائي

### ❖ كيفية إزالة الزيوت:-

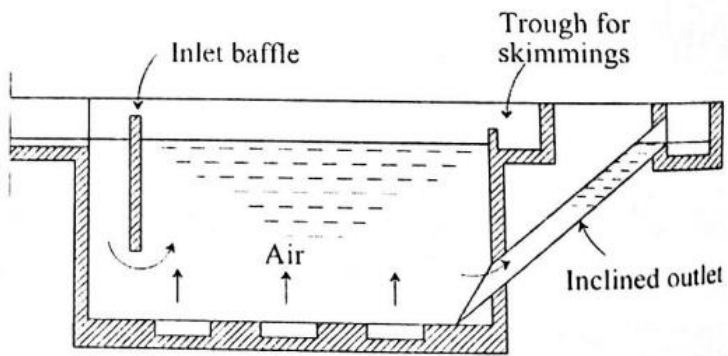
- يتم إزالة هذه الزيوت في أحواض خاصة بها
- مدة المكث في هذه الأحواض (5 ~ 15 دقيقة)
- تستخدم كمية من الهواء بمعدل (0.5 م<sup>3</sup> هواء / م<sup>3</sup> من المخلفات السائلة)
- يدفع الهواء من قاع الحوض بواسطة شبكة مواسير مثقبة
- يساعد الهواء اثناء حركته إلى أعلى على تجميع حبيبات الزيوت مع بعضها ويساعدها في الطفو لأعلى
- تخرج المياه من الأحواض بعد تخلصها من الزيوت عن طريق مخارج تقع تحت سطح المياه أو يضع حائل أمام المخرج مما يصعب من عملية خروج الزيوت الطافية على سطح المياه

👉 تكشف هذه الزيوت كلما تجمعت ويتم التخلص منها اما بدفنها في خنادق في الأرض أو حرقها مع المواد التي حجزتها المصافي



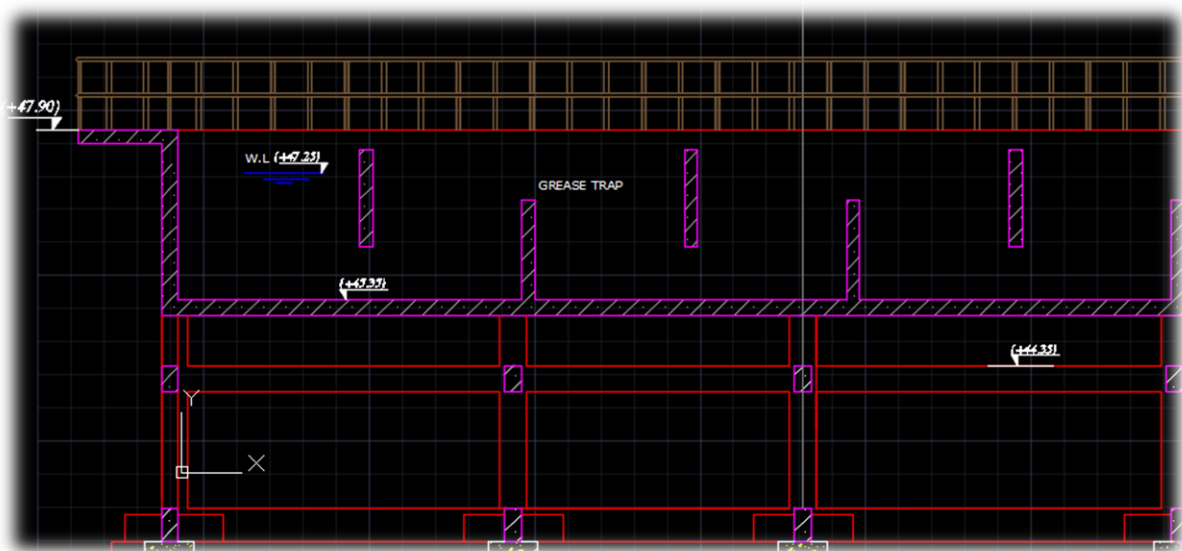


Cross section



Longitudinal section

شكل رقم (٥-١٠): أحواض حجز الزيوت.



## ⑧ أحواض الترسيب الابتدائي

### Primary sedimentation tanks

❖ الغرض منها:-

- تستقبل أحواض الترسيب الابتدائي مياه المجاري الخارجة من أحواض حجز الرمال أو من أحواض حجز الزيوت (إن وجدت) حيث يتم فيها التخلص من المواد القابلة للترسيب والمواد القابلة للطفو وذلك بحفظ مياه المجاري في حال السكون تقريبا حتى تقل سرعتها لقيمة أقل من (2 سم /ث) ولمدة تتراوح بين (1~4 ساعات)
- تتمكن الجزيئات القابلة للرسوب من النزول الى القاع وتعرف باسم الحمأة Sludge بينما المواد الخفيفة من الطفو إلى السطح وتعرف باسم الخبث Scum

❖ أنواع أحواض الترسيب:-

- يوجد بمحطات المعالجة نوعين من أحواض الترسيب
  - النوع الأول:- بعد أحواض حجز الرمال ويسمى بأحواض الترسيب الابتدائي
  - النوع الثاني:- بعد أحواض التهوية أو المرشحات ويسمى بحوض الترسيب النهائي (الثانوي)

بالرغم من أن أحواض الترسيب الابتدائية والثانوية متشابهين تماما إلا أن الحوض الابتدائي يعمل على ترسيب جزيئات أثقل وأكبر من الجزيئات التي يقوم بترسيبها الحوض الثانوي ولهذا تكون مدة المكث في الحوض الثانوي أطول منها في الحوض الابتدائي

➤ يوجد نوعين من أحواض الترسيب حسب إتجاه السريان

- النوع الأول:- أحواض الترسيب ذات التصرف الأفقي
- النوع الثاني:- أحواض الترسيب ذات التصرف الرأسي

النوع الثاني يناسب المساحات الصغيرة وهو ليس واسع الانتشار لأن تكاليفه الانشائية تكون عالية

#### ❖ الشكل الهندسي لحوض الترسيب:-

- تنشأ أحواض الترسيب مربعة أو مستطيلة أو دائرية المقطع الأفقي
- يتوقف اختيار كل نوع حسب المساحة المتاحة وحسب المعدات الميكانيكية المتوفرة والتي يسهل تشغيلها وصيانته
- سوف نقتصر على أحواض الترسيب المستطيلة القطاع ذات التصرف الأفقي و أحواض الترسيب الدائرية ذات التصرف القطري

#### ❖ مكونات أحواض الترسيب الابتدائي:-

##### ➤ المدخل:-

- يتم تغذية أحواض الترسيب من خلال غرفة توزيع بعد أحواض حجز الرمال عن طريق قناة مدخل مزودة ببوابة أو ماسورة مدخل مزودة بمحبس
- في الأحواض المستطيلة ذات التصرف الأفقي يوجد حائط حائل عند المدخل ويكون المدخل على كامل عرض الحوض وعلى شكل الفتحات مستطيلة (منافذ) تكون على مسافات متساوية وذلك لضمان توزيع المياه داخل الحوض
- لا تزيد سرعة المياه خلال الفتحات المؤدية إلى حيز الترسيب عن (0.25~0.3 م/ث)
- في حالة الأحواض الدائرية ذات التصرف القطري تكون ماسورة المدخل عبارة عن ماسورة رأسي في مركز الحوض مركب عليها حائط حائل اسطوانى مزود بفتحات توزيع ويكون منسوب نهاية ماسورة المدخل تحت سطح الماء بحوالي 50 سم
- تتراوح السرعة خلال الفتحات المؤدية الى حيز الترسيب بين (0.25~0.3 م/ث)

##### ➤ منطقة الترسيب:-

- هي المنطقة المحصورة بين حائل الدخول وحائل الخروج سواء للأحواض المستطيلة ذات التصرف الأفقي او الدائرية ذات التصرف القطري

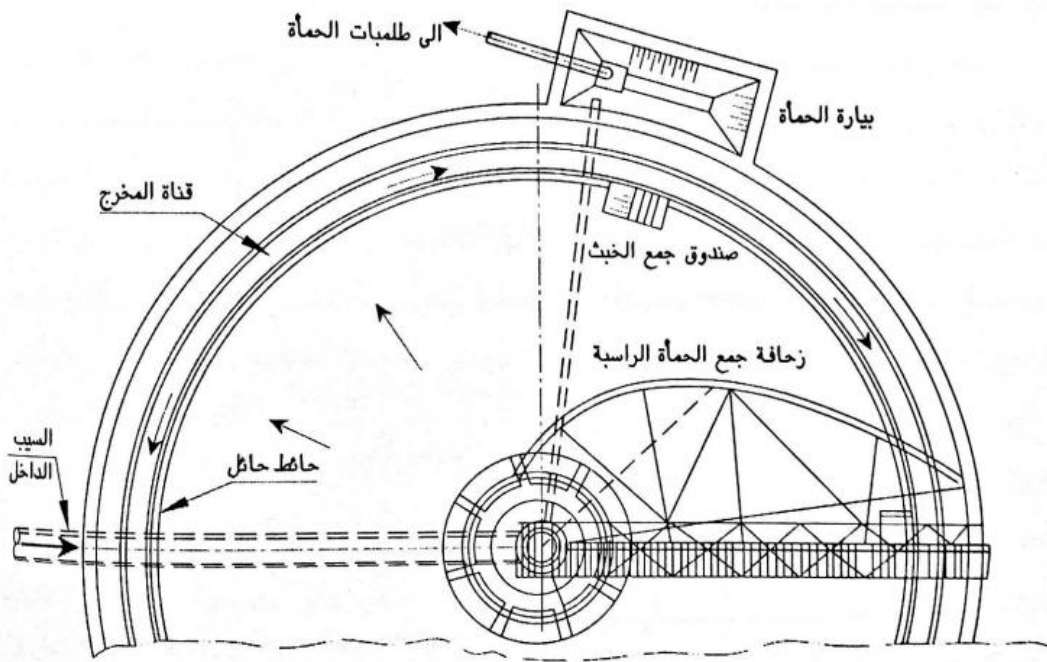
## ➤ المخرج:-

- يتم تجميع المياه الخارجة من أحواض الترسيب المستطيلة القطاع ذات التصرف الأفقي بواسطة هدار مخرج مثبت على قناة عرضية لتجميع المياه المروقة ممتدة بكامل عرض الحوض وتقع عند نهايته حيث يكون الهدار مثبت على أحد جانبي القناة
- في حالة زيادة طول الهدار عن كامل عرض الحوض يتم عمل هذه القناة بحيث تكون مزودة بهدارات على كلا جانبيها
- أحياناً يتم بناء قناتين متوازيتين لخروج المياه المروقة مثبت في كل منها جزء من الطول الكلي للهدار
- هذه الخيارات تخضع للطول الكلي المطلوب لهدار المخرج والذي يعتمد على قيمة تصرف المياه المروقة الخارجة من الحوض وقيمة التصرف لكل متر طولي من هدار المخرج
- في حالة الأحواض الدائرية ذات التصرف القطري تخرج المياه من الحوض بواسطة هدار مثبت على المحيط الداخلي لقناة تجميع المياه المروقة والتي تنشأ بكامل محيط الحوض
- يركب قبل هدار المخرج سواء في الأحواض المستطيلة أو الدائرية حائل قمته ترتفع عن سطح المياه بالحوض ومغمور بعمق (30 سم) أسفل سطح المياه ليمنع خروج المواد الطافية (الخبث) مع المياه المروقة الخارجة من الحوض
- يكون هدار المخرج مصنوع من الصلب وموزون ومثبت على نفس المنسوب بكامل طوله حتى لا تسمح الأجزاء الهابطة منه بخروج مياه أكثر من الأجزاء المرتفعة مما يسبب ما يسمى بدوائر القصر (Short circuit) والتي تقلل من كفاءة حوض الترسيب بتأثير تولد منطقه مشلولة بالحوض (Dead zone)

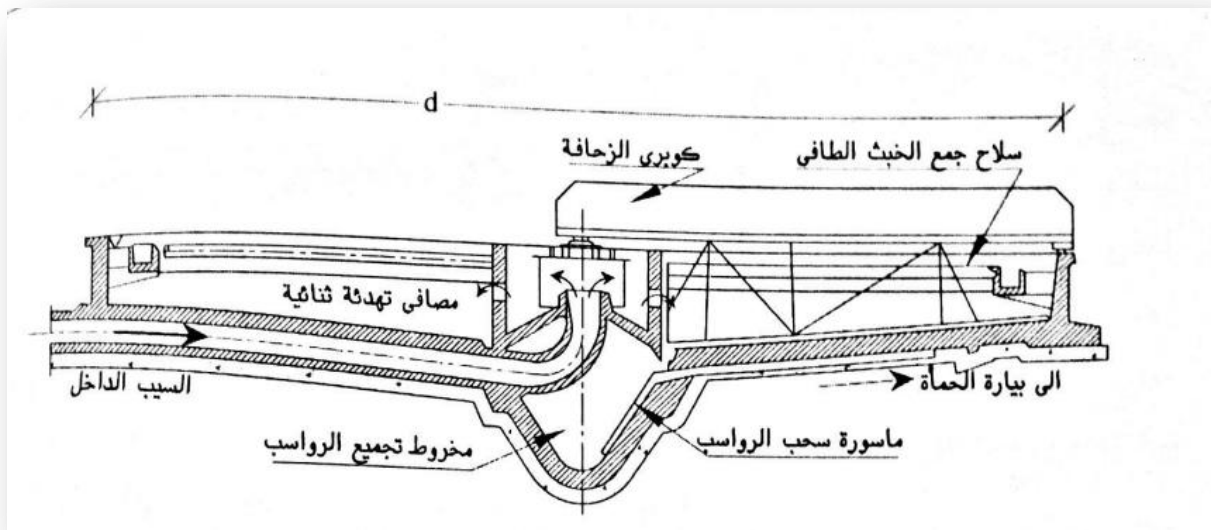
## ➤ حيز تجميع الرواسب:-

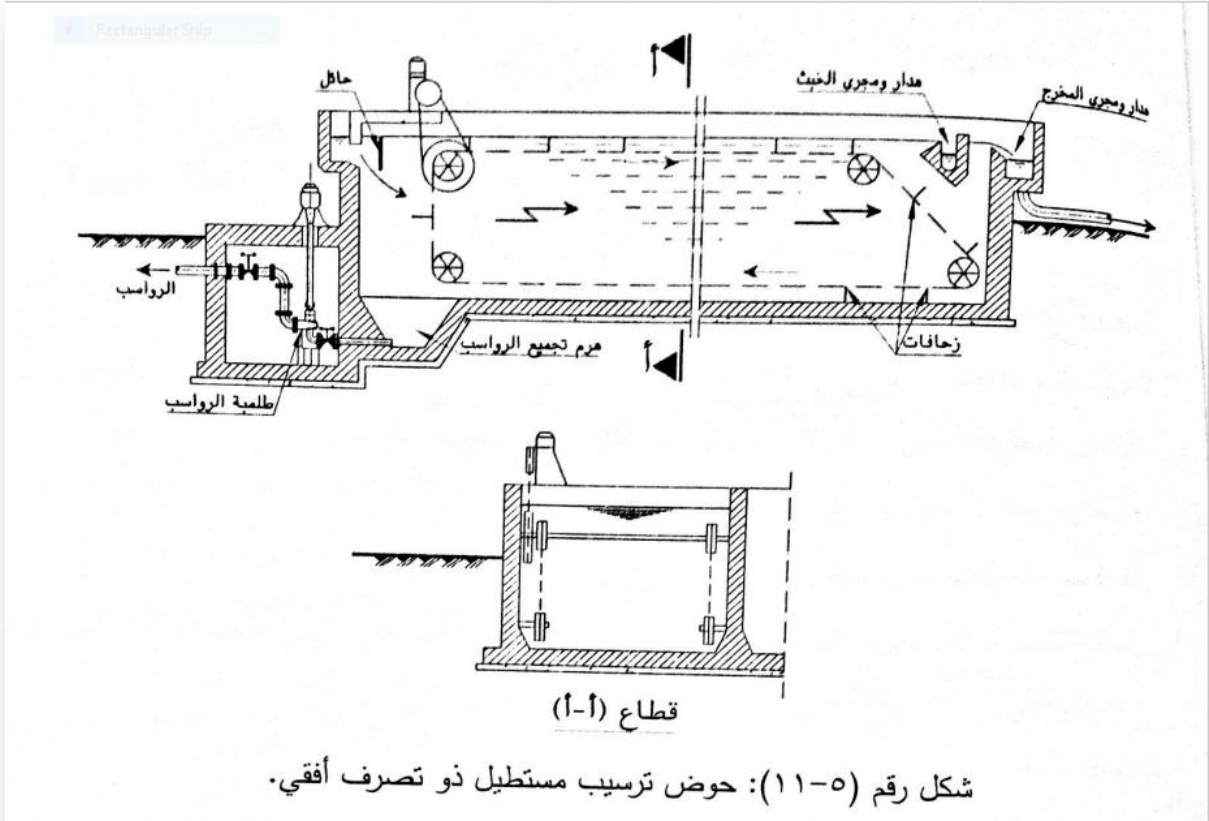
- يكون حيز تجميع الرواسب بأحواض الترسيب على شكل هرم مقلوب ناقص للأحواض المستطيلة وعلى شكل مخروط مقلوب ناقص للأحواض الدائرية
- تخرج منه ماسورة سحب الرواسب (الحمأة الابتدائية - Primary sludge) وتكون مزودة بمحبس قفل

- في الأحواض المستطيلة ذات التصرف الأفقي يكون القاع يميل نحو هرم مقلوب أو أكثر عند المدخل (حيز تجميع الرواسب) وتركب على الحوائط الطولية من الحوض سلسلة لكل جانب مثبتة على أربع بكرات (أقراص) حديدية وتتصل السلسلتين في الاتجاه العرضي بقضبان حديدية بكامل عرض الحوض ويركب على القضبان أمشاط خشبية أو كاوتشوك تزحف على القاع عند تحريك السلسلتين
- يتم تحريك السلسلتين فتدفع الأمشاط الرواسب (الحمأة الابتدائية) أمامها لتسقط في الأهرام المقلوبة ثم ترتفع لتسير على سطح المياه لتدفع الخبث الطافي إلى مجرى الخبث الموجود أمام هدار المخرج حيث يكون عادة على منسوب أعلى من منسوب هدار المخرج
- تدخل المياه الى مجرى الخبث من الناحية الأمامية فقط بينما يعمل جسم مجرى الخبث المغمور جزئيا كحائل يمنع خروج المواد الطافية (الخبث) مع المياه الخارجة من المروق حيث تمر جميع المياه الخارجة من أسفل هذا المجرى
- في أحواض الترسيب الدائرية ذات التصرف القطري يتم تجميع المواد المترسبة على القاع بواسطة كاسح يدور ميكانيكيا بسرعة بطيئة لا تؤدي الى خلخلة المواد المترسبة
- مثبتة على الكاسح من أسفله قضيب الكاوتشوك ملاصق للأرضية يعمل على تجميع الرواسب (الحمأة الابتدائية) في مخروط الرواسب الموجوده في مركز الحوض
- الخبث الذي يطفو على سطح المياه في الحوض فيجمع بواسطة مشط مغمور جزئيا ويدور مع كاسح الحمأة وبنفس سرعته فإذا دار المشط أزاح ما أمامه من الخبث إلى غرفة الخبث في جانب الحوض ليخرج منها الخبث ليلتقي مع الرواسب القادمة من قاع الحوض حيث يتم التخلص منهما معا



شكل رقم (٥-١٢): حوض الترسيب الدائري ذو التصريف القطري.





❖ أسس التصميم لأحواض الترسيب الابتدائي المستطيلة ذات التصرف الأفقي:-

- عمق المياه في الحوض (3 ~ 5 م)
- طول الحوض لا يزيد عن (40 م)
- نسبة الطول الى العرض للحوض تتراوح بين (3~5)
- السرعة الأفقية للمياه في الحوض لا تزيد عن (30 سم / دقيقة)
- ميل أرضية الحوض في الاتجاه الطولي له (1:40) إلى (1:50)
- مدة المكث (1.5 ~ 3 ساعات) لأحواض الترسيب الابتدائي التي تسبق المرشحات الزلطية
- مدة المكث من (1~1.5 ساعة) لأحواض الترسيب الابتدائي التي تطبق أحواض التهوية
- مدة المكث من (3~4 ساعات) لأحواض الترسيب الابتدائي بدون معالجة ثانوية
- معدل التحميل السطحي (1 ~ 2 م / ساعة) لأحواض الترسيب الابتدائي التي تسبق المرشحات الزلطية
- معدل التحميل السطحي (1~1.5 م / ساعة) لأحواض الترسيب الابتدائي التي تسبق أحواض التهوية
- معدل التحميل السطحي (1~1.33 متر/ساعة) لأحواض الترسيب الابتدائي بدون معالجة ثانوية
- سرعة الزحافات التي تكسح الرواسب لا تزيد عن (30سم /دقيقه)
- يتم كسح الرواسب من الحوض مرتين يوميا على الأقل
- كثافة الحمأة المسحوبة تتراوح بين (1 ~ 1.02 طن / متر مكعب) مثلها مثل المياه تقريبا وذلك لأن أغلبها يكون عبارة عن ماء
- معدل التحميل على هدار المخرج (150 ~ 600 م<sup>3</sup>/ متر / يوم)



❖ أسس التصميم لأحواض الترسيب الابتدائي الدائرية ذات التصريف القطري:-

- عمق المياه في الحوض ( 2.5 / 4 م )
- قطر الحوض لا يزيد عن ( 40 م )
- ميل قاع الحوض ( 1 : 10 ) إلى ( 1 : 15 ) في إتجاه المركز
- السرعة الأفقية للمياه في الحوض لا تزيد عن ( 30 سم /دقيقه )
- سرعة الزحافات التي تكسح الرواتب لا تزيد عن ( 30 سم /دقيقه )
- مدة المكث ومعدل التحميل السطحي ومعدل التحميل على هدار المخرج وكسح الرواسب من الأحواض تؤخذ كما سبق ذكره في الأحواض المستطيلة

✍ حجم الهرم الناقص = العمق × (مساحة القاعدة الكبرى + مساحة القاعدة الصغرى + 4 × مساحة القاعدة المتوسطة) ÷ 6

✍ حجم المخروط الناقص = العمق × (مساحة القاعدة الكبرى + مساحة القاعدة الصغرى + المتوسط الهندسي لمساحتي القاعدتين الصغرى والكبرى) ÷ 3

✍ المتوسط الهندسي لمساحتي القاعدتين الصغرى والكبرى = الجذر التربيعي لحاصل ضرب مساحتهما

## المعالجة الثانوية (الثانوية)

❖ الغرض منها:-

- إزالة المواد العضوية الذائبة والعالقة وكذلك المواد خفيفة الوزن من المواد غير العضوية وبهذا ترتفع كفاءة معالجة مياه الصرف الصحي الى 90% أو أكثر
- يطلق اسم المعالجة الثانوية على المعالجة البيولوجية شاملة الترسيب النهائي والتطهير بالكلور والذي يتم في بعض الحالات الخاصة عند إعادة استخدام هذه المياه في الزراعة أو صرفها على مصارف تصب في النهاية في ترع أو أنهار عذبة

### المعالجة البيولوجية Biological treatment

سميت هذه المعالجة بالمعالجة البيولوجية نظرا لاعتمادها على نشاط الكائنات الحية البيولوجية الدقيقة في تثبيت المواد العضوية

❖ الغرض منها:-

تحويل المواد العضوية العالقة وكذلك الذائبة إلى مواد ثابتة صعبة التحلل

❖ كيفية عملها:-

يتم تربية كائنات بيولوجية دقيقة أهمها البكتيريا الهوائية (Aerobic bacteria) لكي تقوم بتحليل المواد العضوية في وجود الأكسجين الذائب (Dissolved oxygen\_ DO) في المخلفات السائلة بهدف الحصول على الطاقة اللازمة لنموها وتكاثرها

❖ أنواعها:-

- ① المعالجة البيولوجية بالتلامس أو التثبيت
- ② المعالجة البيولوجية بالحماة المنشطة
- ③ المعالجة البيولوجية ببحيرات الأكسدة

## ① المعالجة البيولوجية بالتلامس أو التثبيت

في هذه الطريقة يتم تكوين طبقة أو غشاء رقيق من مادة هلامية تحتوي على كمية كبيرة من الكائنات الحية الدقيقة والبكتيريا على سطح وسط التلامس حيث تقوم الطبقة الهلامية بما تحويه من كائنات بيولوجية بتحليل المواد العضوية الموجودة بالمخلفات السائلة في وجود الأوكسجين الذائب في المياه وتحويلها الى مركبات ثابتة

❖ طرق المعالجة البيولوجية بالتلامس :-

- 1 حقول البكتيريا Contact beds
- 2 المرشحات العادية أو البطيئة Standard rate trickling filters
- 3 المرشحات ذات المعدل العالي High rate trickling filters
- 4 الأقراص البيولوجية الدوارة Rotation biological contactors

## 1 حقول البكتيريا

- هي عبارة عن أحواض صماء مملوءة بالزلط (وسط الترشيح) الذي حجمه يتراوح بين (5 ~ 10 سم) وبعمق (75 ~ 150 سم)
- يعلو طبقة الزلط شبكة من القنوات التي توزع المياه على الحوض
- يزود القاع بشبكة صرف من المواسير المفتوحة الوصلات أو المنقبة لتفريغ الحوض من المياه
- تتراوح كفاءة هذه الحقول في إزالة المواد العضوية من (60 ~ 80%)
- يتم تشغيلها على فترات متقطعة حيث يملأ الحوض في خلال (ساعة) ويترك مملوء من (1~2 ساعة) ثم يتم تفريغه في مدة (ساعة) أخرى ويترك فارغ مدة (3~4 ساعات) وبهذا يكون زمن دوره التشغيل الكلي (6 ~8 ساعات)

### ❖ الفكرة الأساسية في عمل حقول البكتيريا:-

- عند امتلاء الحوض بما فيه من زلط بالمياه وتركها ساكنه فيه من (1~2 ساعة) تترسب المواد العضوية على سطح الزلط مكونة طبقة هلامية تحتوي على العديد من الكائنات الحية الدقيقة بما فيها البكتيريا الهوائية
- عندما يفرغ الحوض من المياه يتخلل الهواء المحمل بالأكسجين الفراغات البينية بين الزلط فتتنشط البكتيريا الهوائية وتحول المواد العضوية الى مواد ثابتة مستخدمة في ذلك الأكسجين الذي تم امتصاصه من الهواء الجوي
- باستمرار عمليه الملاء والتفريغ تفقد المواد التي تثبتها والتي على سطح الزلط قدرتها على الالتصاق فتخرج مع المياه بعد أن أصبحت أقل ضررا لتحل محلها مواد عضوية جديدة
- تتراوح كمية الزلط اللازمة لهذه الأحواض بين (2.5 ~ 5 م<sup>2</sup> زلط / 3م<sup>3</sup> من المخلفات السائلة اليومية)

• لا يقل عدد الأحواض عن (4) أحواض نظراً لتشغيل المتقطع للأحواض وذلك حتى يمكنها أن تعمل على التناوب لمعالجة المخلفات السائلة القادمة بصفة مستمرة إلى المحطة

نظراً للتكاليف الإنشائية العالية لحقول البكتيريا حيث تحتاج لمساحات كبيرة ولعدد كبير من الأحواض وكذلك نظراً لتكاليف التشغيل العالية فقد ندر استخدامها حالياً

## 2 المرشحات العادية أو البطيئة

هي تشبه إلى حد كبير حقول البكتيريا إلا أنها تختلف عنها في طريقة التشغيل إذ أن تشغيلها يكون باستمرار وبدون انقطاع

❖ مكونات المرشح وطريقة عمله :-

- يتكون المرشح من مبنى يشبه البرج حيث ترش المياه بالتساوي على السطح فتسقط على وسط الترشيح المكون من الزلط أو من صخور تقاوم تآكل مياه المجاري مستديرة أو بيضاوية الشكل أو من البلاستيك المشكل في صورة خلية النحل
- الغرض من هذا الوسط هو الحصول على مساحة سطحية كبيرة يمكن لمياه المجاري أن تنتشر عليها مع وجود فراغات تهوية جيدة
- تتكون طبقة هلامية من الكائنات الحية على سطح وسط الترشيح
- تتغذى البكتيريا الهوائية التي في هذه الطبقة على المواد العضوية الموجودة فيها وتحولها الى مواد ثابتة صعبة التحلل مستخدمة في ذلك أكسجين الهواء المتخلل لفراغات وسط الترشيح
- كلما تكاثرت هذه الكائنات الحية وازداد سمك الطبقة الهلامية تنتشر عن سطح وسط الترشيح لتخرج مع الماء فيما يسمى بال (Unloading) وهي خاصية من خصائص المرشحات
- يساعد أيضاً على خاصية التقشير أن الطبقة العضوية المرافقة لسطح الزلط تكون عرضة للتحلل اللاهوائي وما ينتج عنه من غازات تساعد المياه المتساقطة على تقشير الطبقات البيولوجية
- يعتبر إطلاق مصطلح ترشيح على هذه العملية غير دقيق لأنها لا تعبر عن مفهوم الترشيح أي حجز الأجسام الصلبة
- يوجد بالمرشح شبكة صرف عبارة عن مجموعة من مجاري فرعية تغطي قاع المرشح وتقوم بتجميع المياه المتساقطة من الوسط مع ما تحمله من كائنات حية ومواد متساقطة من على وسط الترشيح
- تكون هذه القنوات الفرعية إما موزعة في اتجاه قطري حيث تبدأ كلا منها عند المركز لتصب على المحيط الخارجي في قناة دائرية رئيسية تحيط بالمرشح من الخارج أو أن تكون هذه القنوات الفرعية على شكل أوتار

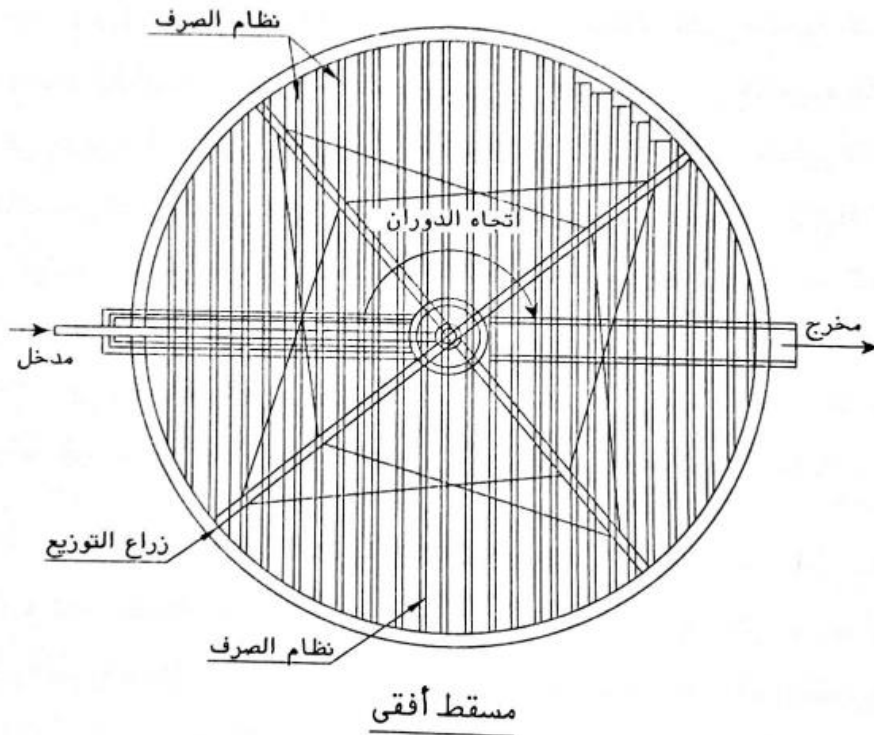
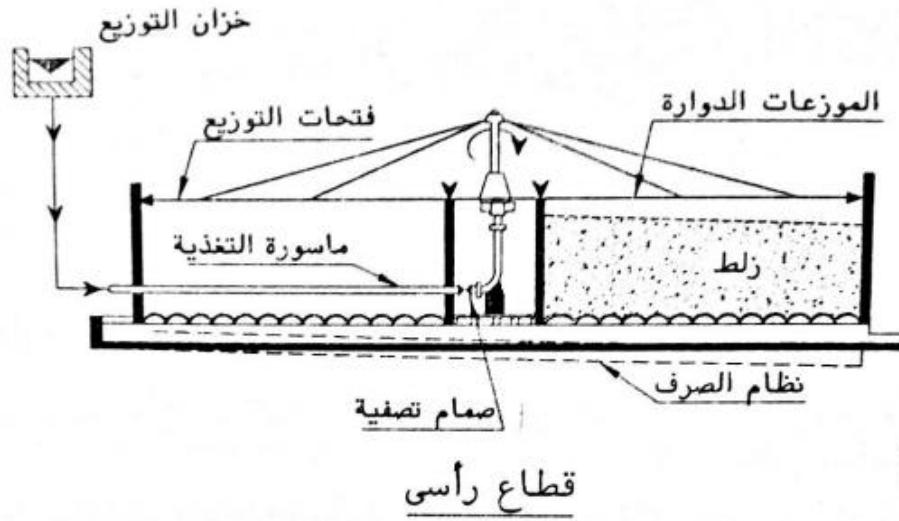
متوازية حيث تصب في قناة قطرية رئيسية عمودية على اتجاه القنوات الفرعية وتمركز الحوض

- تنقل القناة الرئيسية المياه إلى المرحلة التالية من المعالجة وتزود القناة الرئيسية القطرية بأغطية مخرمة وذلك لتسهيل عملية التجميع والمساعدة في تهوية المرشح

❖ العوامل التي تؤثر على النشاط البيولوجي للبكتيريا على سطح وسط الترشيح:-

يتأثر النشاط البيولوجي للبكتيريا التي تقوم بأكسدة المواد العضوية التي في الطبقة الهلامية المتكونة على سطح وسط الترشيح بعوامل عديدة أهمها ما يلي:-

- درجة الحرارة حيث يزيد النشاط البيولوجي إلى الضعف كلما ارتفعت درجة الحرارة ( 10 ~ 15 م°) ويقل بنفس المعدل ويحدث هذا في مدى من درجات الحرارة يتراوح بين ( 5 ~ 35 م°) وعندما ترتفع درجات الحرارة أو تنخفض عن هذا المدى يكون لها تأثير ضار على حياة الكائنات الحية الدقيقة نفسها
- يؤثر الأس أو الرقم الهيدروجيني للمياه في النشاط البيولوجي للبكتيريا ويكون هذا النشاط أكبر ما يمكن عند PH7 حيث تكون المياه متعادلة ويكون عادة التشغيل في المحطات في المدى من ( 8.5 ~ PH6.5 ) وتتغير هذه القيمة عند صرف المخلفات الصناعية المحتوية على أحماض أو قلويات بتركيزات عالية على شبكة الصرف الصحي للمدينة
- الأكسجين الذائب في المياه ( DO ) وهو ضروري لنشاط البكتيريا الهوائية في أكسدة المواد العضوية بالتحلل الهوائي وبدون ظهور روائح كريهة ومنفرة
- توافر المواد العضوية بالمياه والتي تعتبر غذاء للبكتيريا
- وجود مواد سامة قد يكون لها تأثير قاتل على الكائنات الحية الدقيقة وينشأ هذا من صرف المخلفات السائلة الصناعية التي تحتوي على مواد كيميائية سامة مما يؤثر سلباً على المعالجة البيولوجية



شكل رقم (٦-١): قطاع رأسي ومسقط أفقي في أحد المرشحات الزلطية.



## ❖ الطرق المختلفة لرش المخلفات السائلة على سطح وسط الترشيح:-

توجد ثلاث طرق

### ➤ الطريقة الأولى:- النافورات الثابتة

- تتبع في المرشحات ذات القطاع الأفقي المستطيل أو المربع
- يتم توزيع المياه على سطح وسط الترشيح عن طريق ماسورة توزيع رئيسية أفقية تتفرع إلى مجموعة من المواسير الثانوية في الاتجاه الأفقي العمودي على الماسورة الرئيسية
- يكون قطر المواسير الفرعية من (7 ~ 10 سم)
- توضع المواسير الرئيسية والثانوية مباشرة على سطح وسط الترشيح
- تكون المسافة بين كل ماسورتين فرعيتين (1.5 متر)
- توجد بالرسم العلوي للمواسير الفرعية مجموعة من الثقوب قطر (1 ~ 1.25 بوصة) والمسافة بين كل الثقب والتالي له (1.5 متر) ويركب عند مخرج كل ثقب نافورة رشاشة تقوم بتوزيع المياه على شكل رزاز في المساحة المخصصة لهذا الثقب

### ➤ الطريقة الثانية:- الموزعات السيارة

- تتبع هذه الطريقة في المرشحات المربعة او المستطيلة
- ترش فيها المياه على سطح الزلط بواسطة عربة سيارة تتحرك ذهابا وايابا على قضبان حديدية مثبتة على الحوائط الجانبية للمرشح

### ➤ الطريقة الثالثة:- الأذرع اللفافة أو الدوارة

- هذه الموزعات اللفافة تستعمل في المرشحات الدائرية
- يغذي المرشح عن طريق ماسورة أفقية تدخل المرشح في منتصف عمق طبقة الزلط تقريبا وتمتد حتى مركز المرشح ثم تتجه رأسيا إلى أعلى المرشح حيث تتفرع إلى (4) مواسير أفقية تسمى بالأذرع اللفافة بطول نصف قطر المرشح

- يكون على أحد جوانب هذه المواسير ثقب رشاشات تخرج منها المياه بقوة في الاتجاه الأفقي مما يؤدي إلى دوران المواسير الأفقية بفعل قوة الدفع الناتجة عن خروج المياه من المواسير
- أحياناً يركب محرك كهربائي لإدارة الأذرع اللفافة بانتظام لرفع كفاءة التشغيل
- يركب أمام الثقوب أقراص تصطدم بها المياه فتنتشر على شكل رزاز على سطح وسط الترشيح
- تكون المسافة بين الثقوب التي عند طرف الماسورة أقرب من المسافة بين الثقوب القريبة من مركز المرشح وذلك تبعاً للمساحة التي يغذيها كل ثقب حتى تكون المساحة التي يغذيها الثقب الواحد ثابتة من ثقب لآخر على طول الذراع اللفاف



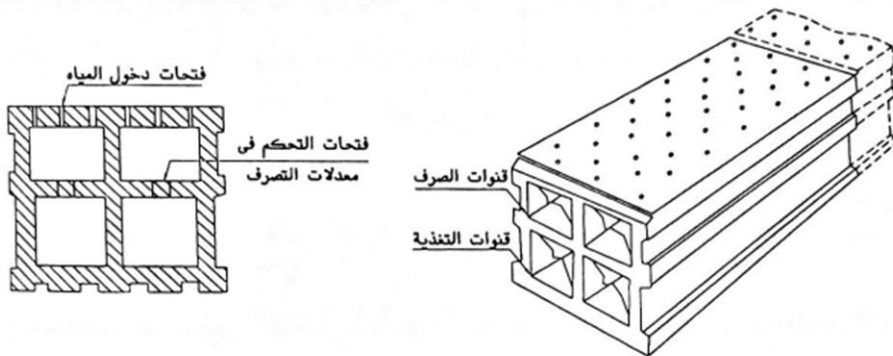
## ❖ أحواض الدفق:-

- تستخدم في حالة المرشحات البطيئة فقط
- تقع بين أحواض الترسيب الابتدائي والمرشحات البيولوجية
- تتجمع المياه الخارجة من أحواض الترسيب الابتدائي في هذه الأحواض ليتم دفعها دفعة واحدة إلى المرشحات كل فترة زمنية من (5 ~ 10 دقائق) مما يعطي تصرف من المياه كافي لإدارة الأذرع اللفافة
- يمكن أن يغذى حوض الدفق الواحد عدد (1 ~ 4 مرشح) ويعمل كحوض توزيع في نفس الوقت
- يكون المنسوب الأقصى للمياه في هذه الأحواض والذي عنده يتم دفق المياه مع منسوب المياه عند مخرج أحواض الترسيب الابتدائي والمنسوب الأدنى (القاع) يعلو عن منسوب الأذرع اللفافة في المرشح بمقدار (1.5 ~ 2.5 م) وهو عبارة عن فاقد الضغط في المواسير ابتداء من حوض الدفق وحتى الرشاشات التي على الأذرع اللفافة في المرشح (0.8 ~ 1.2 م) مضافا إليه الضغط اللازم لإدارة الأذرع اللفافة (0.7 ~ 1.5 م)

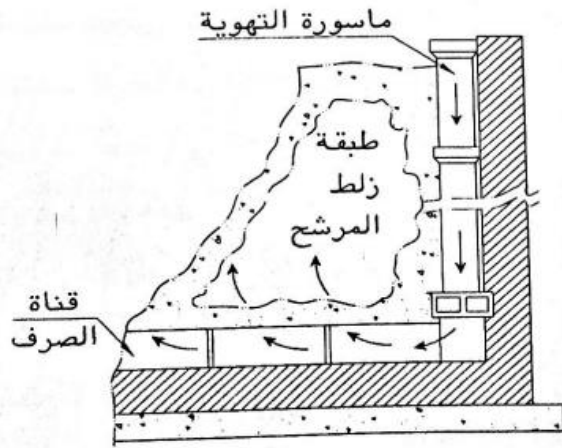
## ❖ صرف وتهوية المرشح:-

- لصرف المياه من المرشح يغطي قاعه بشبكة من المواسير النصف دائرية مفتوحة الوصلات أو تستخدم قوالب مفرغة متوازية سابقة التصنيع بها قنوات داخلية حيث تسمح للمياه المتساقطة عليها من وسط الترشيح بما تحمله من مواد وكائنات حية دقيقة بالسير خلالها في النصف السفلي لها في حين يكون نصفها العلوي مملوء بالهواء لزوم تهوية المرشح
- تصب هذه القنوات الفرعية في قناة رئيسية تكون قطرية تمر بمركز المرشح او محيطيه بطول محيط المرشح لصرف المياه التي تتجمع بالقنوات الفرعية وكذلك تقوم بتغذية القنوات الفرعية بالهواء اللازم للتهوية
- يجب تهوية المرشحات وذلك لأن كفاءتها تعتمد أساسا على نشاط البكتيريا الهوائية

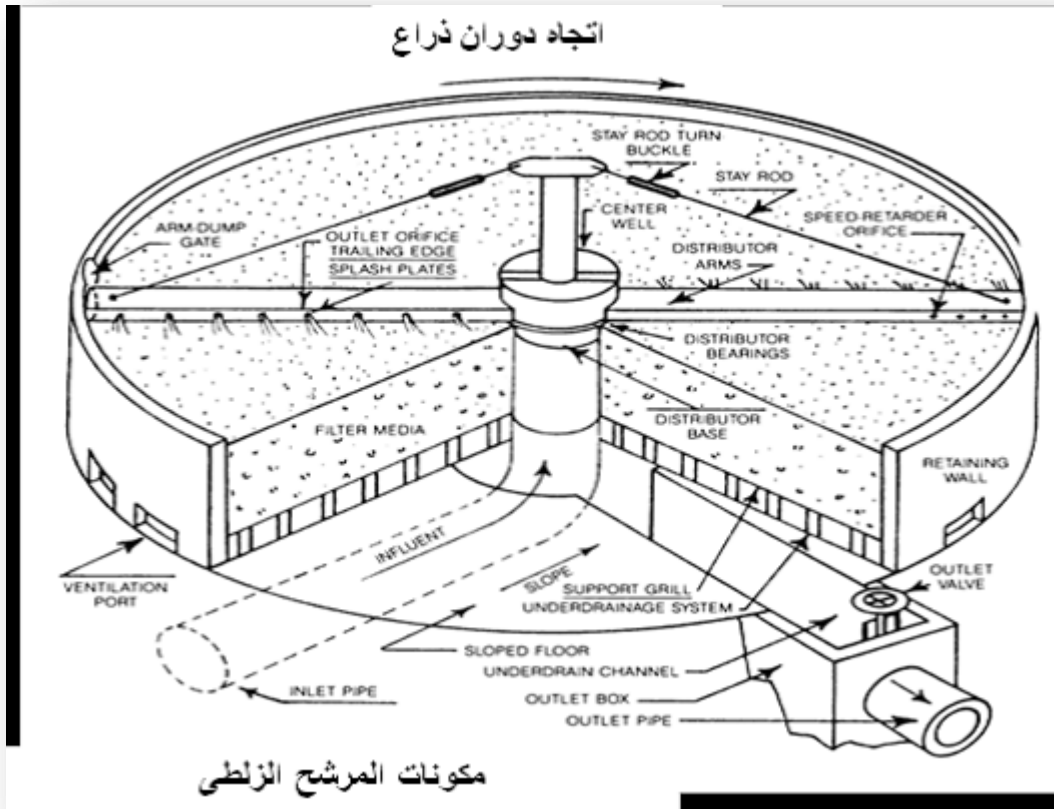
- لضمان جودة التهوية في جميع مسام وسط الترشيح يتم تركيب مواسير رأسية في نهاية القنوات الفرعية الخاصة بالصرف والتي توجد بقاع المرشح حيث تمتد هذه المواسير لتصل إلى سطح وسط الترشيح أو يتم عمل فتحات جانبية في جانب حائط المرشح للتهوية
- أحياناً تتركب مراوح على مدخل القناة الرئيسية (المصرف الرئيسي) تدفع الهواء في النصف العلوي للقناة ومنه إلى النصف العلوي لقنوات الصرف الفرعية ثم إلى مسام وسط الترشيح
- تحدث التهوية الذاتية للمرشح عن طريق ارتفاع درجة حرارة وسط الترشيح والذي يكون مصاحب للنشاط البيولوجي مما يقلل من كثافة الهواء داخل وسط الترشيح فيأخذ مسارا من أسفل إلى أعلى ليحل محله هواء جديد ولكن هذه التهوية تكون ضعيفة في المناطق الحارة حيث يكون الفارق بين درجة حرارة الجو ودرجة الحرارة داخل وسط الترشيح صغيرة وبالتالي تكون حركة الهواء معدومة تقريبا مما يستدعي استخدام الطرق الأخرى للتهوية
- يحتاج المرشح لمزيد من التهوية كلما زاد عمقه
- تساعد هذه التهوية سواء كانت ذاتية أو بأستخدام مراوح على إذابة قدر أكبر من الأكسجين في المياه عن طريق التلامس الذي يحدث بين سطح الهواء والماء أثناء صعود الهواء لأعلى في حين تكون المياه هابطة لأسفل مما يزيد من كفاءة المرشحات البيولوجية



شكل رقم (٦-٢): تفاصيل قنوات صرف قاع المرشح.



شكل رقم (٦-٣): مواسير التهوية الرأسية في نهاية قنوات الصرف.



مكونات المرشح الزلطي

#### ❖ مميزات المرشحات البطيئة:-

- المرشحات البطيئة تعالج (2 ~ 5) أضعاف كمية المخلفات السائلة التي تعالجها حقول البكتيريا التي لها نفس المساحة
- تتحمل التغير في تركيب ومحتويات المخلفات السائلة دون أن تتأثر كفاءتها
- سهولة تشغيلها وصيانتها

#### ❖ عيوب المرشحات البطيئة:-

- تكاليفها الإنشائية عالية بالمقارنة ببعض الطرق الأخرى الحديثة
- تحتاج إلى مساحة كبيرة نسبياً
- انخفاض منسوب المياه الخارج منها عن منسوب المياه عند مخرج أحواض الترسيب الابتدائي بحوالي (4 ~ 5 م) مما يستدعي عمل منشآت وحدات المعالجة الابتدائية علي مناسب عالية نسبياً مما يرفع من التكاليف
- تكون أحياناً مصدر للروائح المنفرة وتوالد الذباب وهو ما يمكن الحد منه بغمر المرشح مرة كل أسبوع لإغراق يرقات الذباب

#### ❖ أسس تصميم المرشحات البطيئة:-

- معدل التحميل السطح الهيدروليكي على سطح المرشح (S) (1~4 م<sup>3</sup>/2/يوم)
- معدل التحميل العضوي الحجمي (80 ~ 320 جم أكسجين حيوي مستهلك (BOD5) /3م من مادة الترشيح / يوم)
- عمق ماده الترشيح (H) من (1.8~3 م)
- السرعة في قناة التغذية من حوض الدفع إلى المرشح (90 سم/ ثانية)
- لا تحتوي على خطوط لإعادة المياه المعالجة بيولوجياً
- المرشحات تكون مستطيلة أو مربعة أو دائرية ولا يزيد أي بعد لها أو قطرها عن (40 متر)

- المسافة بين الراسم السفلي لأذرع التوزيع اللفافة و سطح مادة الترشيح تكون (15 ~ 45 سم)
- تغطي أرضية المرشح بالكامل بالقنوات السابقة التصنيع (قنوات التجميع الفرعية) على أن توضع بميل (1/ 100) وذلك لضمان سير المياه فيها دون أن تمتلئ حيث يتم تهوية المرشح عن طريق الجزء العلوي منها
- قناة التجميع الرئيسية تكون أما قطرية تمر بمركز المرشح أو محيطيه حول حوائط المرشح من الخارج وذات ميل (1/ 100) ~ (1/ 200) والسرعة فيها (60 ~ 90 سم/ ثانية) وبحيث تكون نصف مملوءة بالهواء في حالة أقصى تصرف
- سرعة المياه في أذرع التوزيع اللفافة على سطح المرشح (75 ~ 200 سم /ثانية) وتكون بقطر (5 ~ 15 سم)
- في حالة استخدام مراوح لتهوية الوسط المسامي يكون معدل دفع الهواء لزوم التهوية (300 لتر/م<sup>2</sup> من مساحه المرشح/ دقيقه)
- حجم حبيبات الزلط أو وسط الترشيح منتظم بقدر الإمكان ويتراوح قطرها من (4 ~ 8 سم)

### 3 المرشحات ذات المعدل العالي

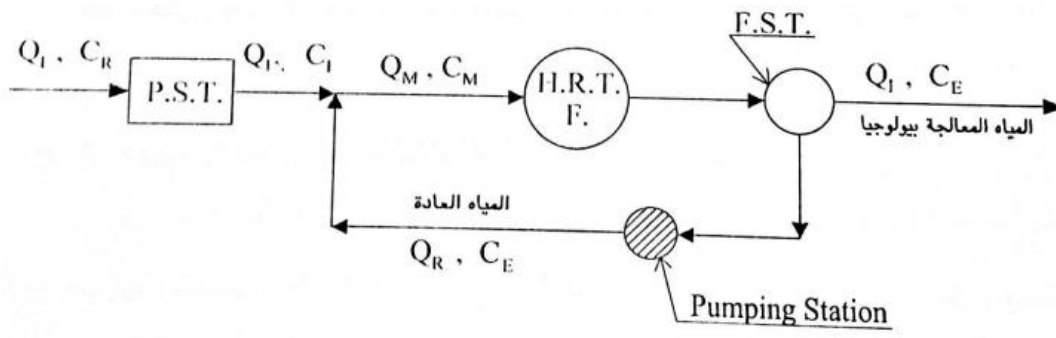
- تسمى أيضاً بالمرشحات السريعة أو المرشحات الخشنة
- هي تشبه إلى حد كبير المرشحات العادية أو البطيئة إلا أن المياه القادمة إليها من أحواض الترسيب الابتدائي يتم خلطها بنسبة من المياه الخارجة من أحواض الترسيب النهائي تسمى المياه المعادة فيما يعرف بال

#### Recirculation

#### ❖ طريقة العمل:-

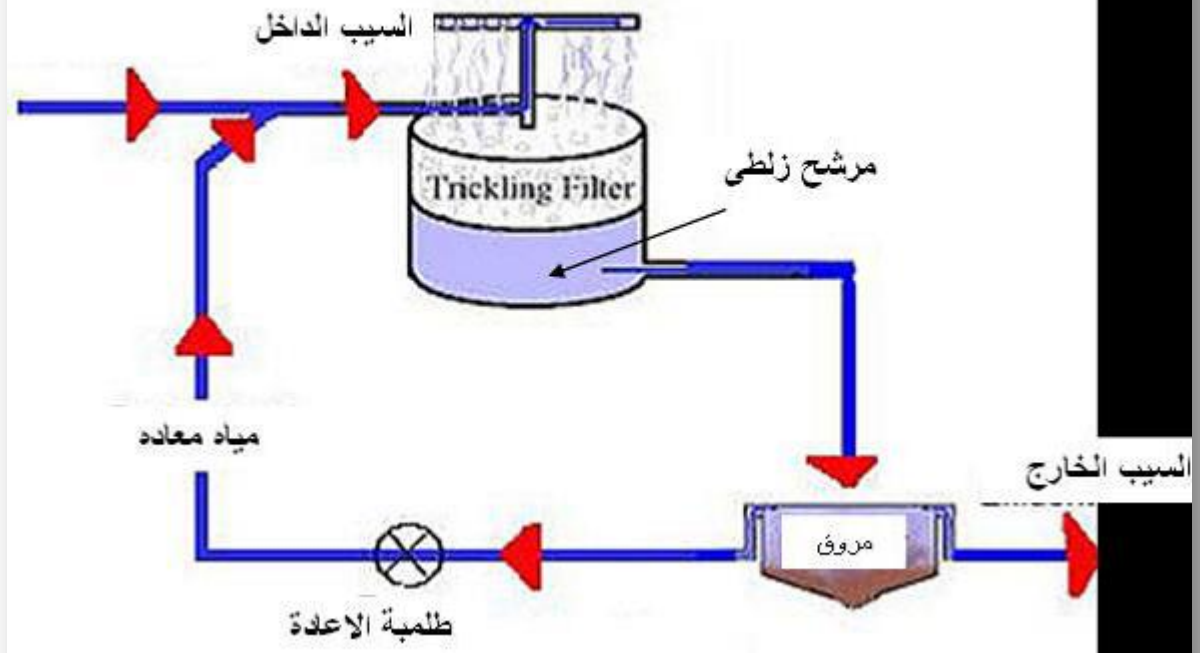
- فكرة العمل لهذه المرشحات هي نفسها فكرة عمل المرشحات البطيئة إلا أن إعادة المياه إلى المرشحات السريعة تساعد على زيادة الحمل العضوي لها ليعادل حوالي (5 أضعاف) الحمل العضوي للمرشحات البطيئة وأما الحمل الهيدروليكي فيزداد بمقدار (10 أضعاف) تقريبا مما يقلل من مساحة هذه المرشحات وتكاليفها الانشائية ويجعلها أكثر وفرا من المرشحات البطيئة
- الاتجاه السائد الآن بالنسبة للمرشحات هو استبدال المواد التقليدية لوسط الترشيح مثل الزلط أو كسر الصخور المقاومة للتآكل بمواد من البلاستيك ومشتقاته تكون مساحتها السطحية كبيرة مما يسمح بزيادة معدلات الترشيح الامر الذي سيقبل من المساحات اللازمة لهذه المرشحات بما يكفي لتغطية تكاليف شراء المواد البلاستيكية
- مع استخدام المواد البلاستيكية ذات الوزن الخفيف يمكن زيادة عمق المرشحات وبالتالي زيادة الأحمال العضوية والهيدروليكية وبدون أي مشاكل إنشائية





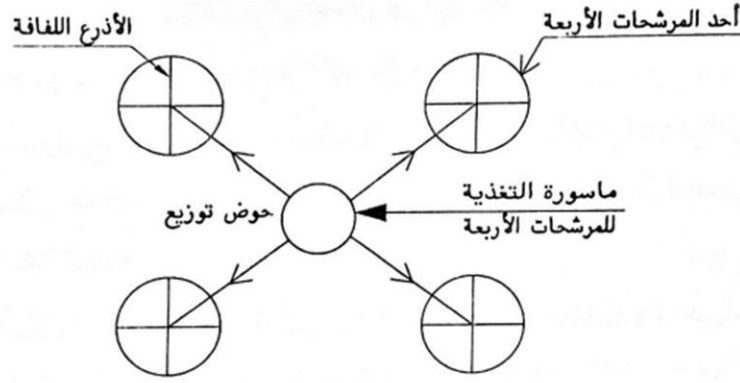
شكل رقم (٤-٦): كيفية إعادة المياه من أحواض الترسيب النهائي إلى مدخل المرشحات.

### إعادة تدوير المياه المنقاه



- ❖ مزايا إعادة رش المخلفات السائلة علي سطح المرشح السريع:-
- تخفيف تركيز المواد العضوية في المخلفات السائلة التي ستدخل إلى المرشحات
- زيادة البكتيريا النشطة التي تقوم بتثبيت المواد العضوية والتي تكون مصاحبة للمياه المعادة من أحواض الترسيب النهائي ومن ثم يمكن زيادة الحمل العضوي وكذلك الحمل الهيدروليكي على المرشحات مما يجعلها أكثر اقتصادا
- إعادة رش الماء على سطح المرشح أكثر من مرة يزود من كمية المياه التي تناسب على سطح وسط الترشيح مما يزيد من قدرة المياه على تقشير الطبقات الهلامية التي تم تثبيتها من على سطح وسط الترشيح الأمر الذي يقلل من احتمال انسداد المرشح
- إعادة رش المياه على المرشح يزيد من انتظام تشغيل المرشح ودوران الأذرع اللفافة ورش المياه على سطح المرشح بصرف النظر عن التغيرات التي تحدث في التصرفات الواردة من الشبكة لمحطة المعالجة

- ❖ عيوب إعادة رش المخلفات السائلة علي سطح المرشح السريع:-
- ضرورة استخدام محطة طلبات لرفع المياه من منسوب مخرج أحواض الترسيب النهائي إلى منسوب المياه الخارجة من أحواض الترسيب الابتدائي حيث يتم خلط المياه المعادة مع المياه القادمة من أحواض الترسيب الابتدائي في غرفة التوزيع علي المرشحات
- إنشاء أحواض الترسيب النهائي بحجم أكبر لتستوعب كمية المياه الواردة أصلاً إلى المحطة بالإضافة إلى كمية المياه المعادة



شكل رقم (٥-٦): كيفية توزيع المياه على المرشحات السريعة.

#### ❖ مميزات المرشحات السريعة:-

- سهولة التشغيل والصيانة
- تتحمل الأحمال العضوية المفاجئة التي قد تصل إلى المحطة
- أكثر اقتصادا إذا ما قورنت بحقول البكتيريا أو المرشحات البطيئة
- لا تحتاج إلى أحواض دفق بين أحواض الترسيب الابتدائية والمرشحات لأنها ذات معدلات تحميل سطحية هيدروليكية عالية مما يعطي تصرفات كافية لإدارة الأذرع اللفافة باستمرار وتستخدم فقط أحواض توزيع بين المرشحات لتوزيع التصريفات عليها

#### ❖ عيوب المرشحات السريعة:-

- تكون مصدرا للذباب والناموس وخصوصا إذا ما توقفت عن العمل بعض الوقت
- تحتاج إلى مساحات كبيرة إذا ما قورنت بالطرق الأخرى الأكثر تطورا
- انخفاض منسوب المياه الخارجة منها عن منسوب المياه الخارج من أحواض الترسيب الابتدائي بحوالي ( 2.5 ~ 4 م ) في المرشحات السريعة ( 1.5 ~ 2 متر تقريبا انخفاض سطح المرشح عن منسوب المياه في حوض الترسيب بالإضافة إلى 1 ~ 2 م عمق مادة الترشيح) وهو ما يعتبر فاقد كبير في طاقة المياه الذي اكتسبتها بالطلب

❖ أسس تصميم المرشحات السريعة:-

- معدل التحميل السطح الهيدروليكي على سطح المرشح (S) (10~30 م<sup>3</sup>/2م/يوم شاملا المياه المعادة)
- معدل التحميل العضوي الحجمي (500~1000 جم أكسجين حيوي مستهلك (BOD5) / م<sup>3</sup> من مادة الترشيح / يوم) هذا في حالة استخدام المواد التقليدية مثل الزلط أو كسر الصخور المقاومة للتآكل ولكن يمكن أن يزداد هذا المعدل بنسبة كبيرة في حالة استخدام مواد بلاستيكية لها مساحات سطحية أكبر والفجوات بينها مناسبة للمعدلات العالية
- عمق مادة الترشيح (H) من (1~2 م) هذا في حالة استخدام المواد التقليدية مثل الزلط أو كسر الصخور المقاومة للتآكل كوسط للترشيح ويمكن أن يزداد هذا العمق في حالة استخدام مواد بلاستيكية كوسط للترشيح
- تنشأ المرشحات البيولوجية السريعة من مرحلة واحدة (مرشح واحد) أو من مرحلتين (مرشحين متتاليين) حيث تستخدم المرحلتين عندما يكون الحمل العضوي كبير ودرجة المعالجة المطلوبة عالية
- تتراوح نسبة إعادة بين (0.5~3) وبحيث لا يزيد تركيز الأكسجين الحيوي المستهلك (BOD5) في الخليط الداخل إلى المرشح عن (150 مجم /لتر)
- شكل حبيبات الزلط يكون منتظما بقدر الإمكان ويكون حجمه بحيث يمر (95%) من الحبيبات خلال منخل ذو فتحات قطره (3.5 بوصة) ولا يزيد وزن الحبيبات التي تمر في منخل فتحاته (2.25 بوصة) عن (15%) من الوزن الكلي كما لا يمر خلال المنخل ذو الفتحات (1.25 بوصة) ما يزيد عن (5%) من وزن الحبيبات

باقي أسس التصميم تؤخذ مماثلة لما سبق ذكره في المرشحات العادية

#### 4 الأقراص البيولوجية الدوارة

تسمى أيضاً المرشحات البيولوجية الدوارة

❖ الغرض منها:-

أكسدة المواد العضوية بواسطة البكتريا الهوائية وتحويلها إلى مواد ثابتة يمكن ترسيبها في أحواض الترسيب النهائي

❖ فكرة عملها:-

- مماثلة لحقول البكتريا والمرشحات العادية والمرشحات ذات المعدل العالي
- تفضل المرشحات البيولوجية الدوارة في المعالجة البيولوجية للمخلفات السائلة ذات التصرفات الصغيرة والتي تحتوي على تركيزات عالية من المواد العضوية مثل مخلفات المصانع

❖ مكوناتها:-

- تتكون من أقراص دائرية خفيفة الوزن مصنوعة من مواد مثل البلاستيك بحيث تكون مساحتها السطحية كبيرة
- تدور هذه الأقراص بسرعة بطيئة حول محور أفقي يصل طوله إلى 7 متر
- تكون الأقراص مغمورة جزئياً بنسبة 40% من مساحة سطحها أو من قطرها في حوض قاعه اسطواني به مياه الصرف الصحي وباقي سطحها يكون معرض للهواء الجوي

❖ طريقة العمل:-

- أثناء دوران الأقراص تتكون طبقة بيولوجية (هلامية) علي السطح بسمك (1~4مم) تحتوي على مواد عضوية وكائنات حية دقيقة مثل البكتريا الهوائية حيث يتم النشاط البيولوجي لتثبيت المواد العضوية التي في هذه

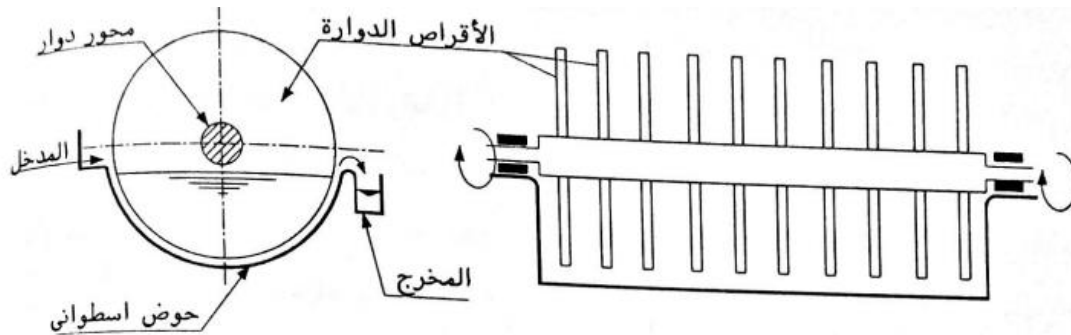
- الطبقة عن طريق البكتريا الهوائية والتي تحصل على الأكسجين اللازم لناشطها وتكاثرها من الهواء الجوي عند دوان الأقراص وذلك عندما تتعرض الطبقة البيولوجية للهواء الجوي مباشرة
- تنفشر الطبقة البيولوجية وتتساقط كلما زادت سمكها بتأثير سرعة دوران القرص وأيضا لأنها تفقد خاصية الالتصاق مع سطح القرص بعد تثبيت المواد العضوية التي بها وتخرج هذه المواد المتساقطة مع المياه إلي أحواض الترسيب النهائي حيث يتم ترسيبها

❖ عيوبها:-

تزيد التكاليف الإنشائية لها بنسبة 20% تقريبا عن طريقة الحمأة المنشطة (سيرد شرحها)

❖ مميزاتها:-

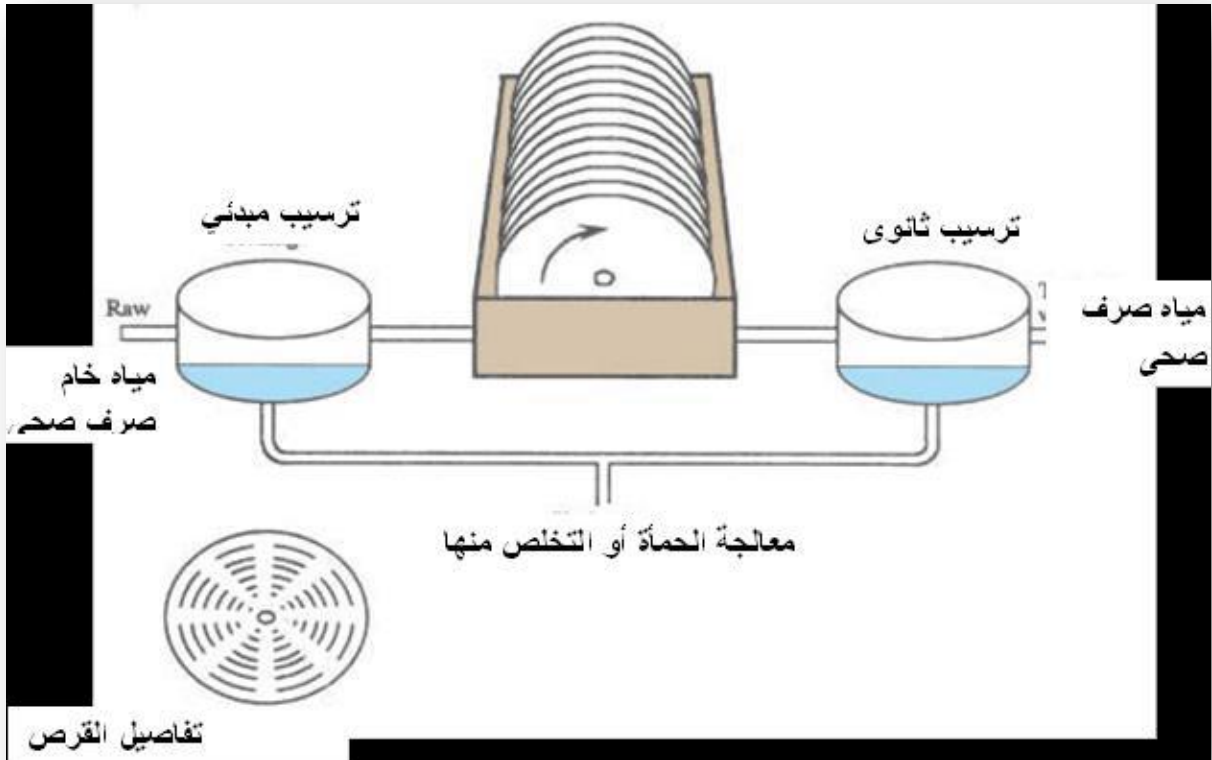
- تكاليف صيانتها وتشغيلها أقل من طريقة الحمأة المنشطة
- يمكن أن تعمل هذه الأقراص في خطوط علي التوازي يتكون كل خط منها من عدد (2~6 مراحل) علي التوالي مما يسمح بزيادة الحمل العضوي والهيدروليكي علي المرحلة الأولى من كل خط تبعا لعدد المراحل التي تليها في هذا الخط



قطاع جانبي

قطاع رأسي

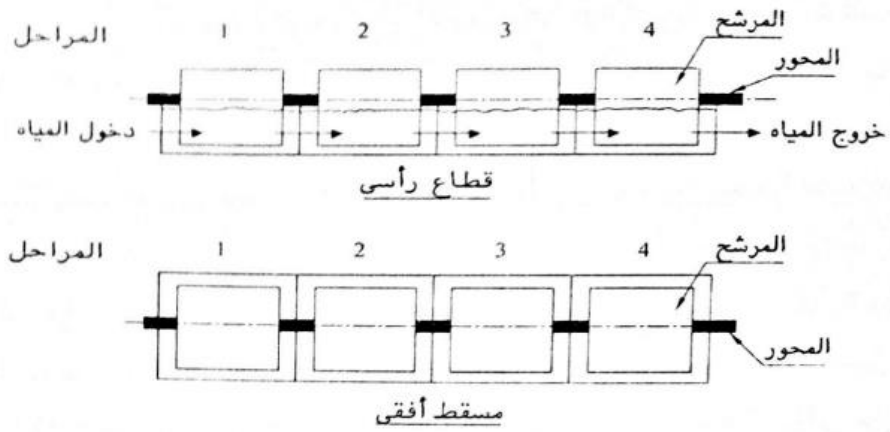
شكل رقم (٦-٦): قطاع رأسي وآخر جانبي في مرشح الأقراص البيولوجية الدوارة.



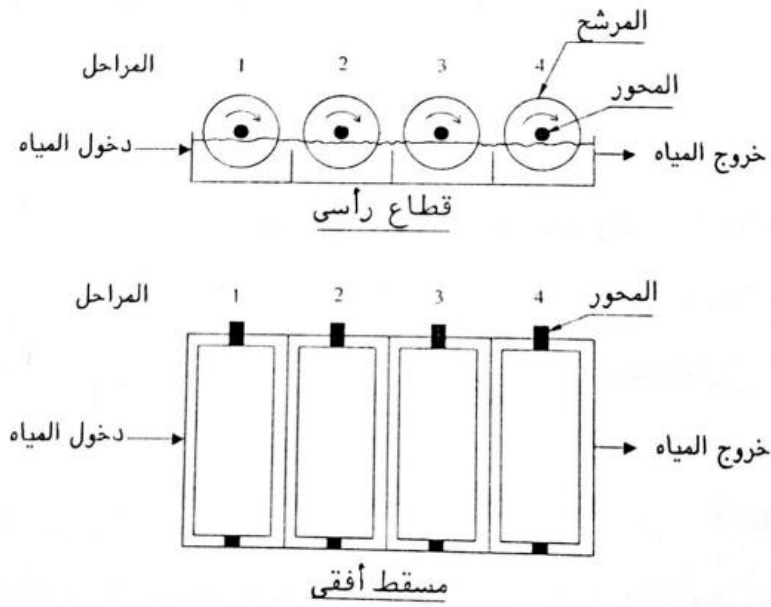
❖ أسس تصميم الأقراص البيولوجية الدوارة:-

- سمك القرص الدوار (1~2سم) وقطره (2~3.5 متر)
- سرعة دوران القرص (1~2 لفة/ دقيقة) في حالة التشغيل العادي ويمكن زيادة كفاءة المعالجة البيولوجية أو زيادة الحمل الهيدروليكي والعضوي بمضاعفة هذه السرعة
- المسافة بين كل قرصين علي نفس المحور
- ( 30~40سم) وتوضع كل مجموعة من الأقراص مع بعضها علي محور واحد وبطول يصل إلي 7 متر
- الحمل الهيدروليكي علي الأقراص من ( 30~60 لتر /م<sup>2</sup> من مساحة سطح الأقراص / يوم) للمرحلة الواحدة ويمكن زيادة هذا الحمل للمرحلة الأولى في حالة تشغيل المرشحات البيولوجية الدوارة علي التوالي تبعا لعدد المراحل التي تقع علي نفس الخط
- الحمل العضوي علي الأقراص من (15~60 جرام أكسجين حيوي مستهلك(BOD5)/م<sup>2</sup> من مساحة سطح الأقراص /يوم) ويمكن زيادة هذا الحمل ليصل إلي (210 جرام أكسجين حيوي مستهلك(BOD5)/م<sup>2</sup> من مساحة سطح الأقراص /يوم) وذلك للمرحلة الأولى في حالة تشغيل الأقراص البيولوجية الدوارة علي التوالي تبعا لعدد المراحل التي تقع علي نفس الخط
- يمكن أن يوضع عدد (2~6) مراحل متتالية من الأقراص لتعمل علي التوالي علي خط تشغيل واحد





اتجاه سريان المياه في اتجاه مواز للمحور (٤ مراحل متتالية على خط واحد)



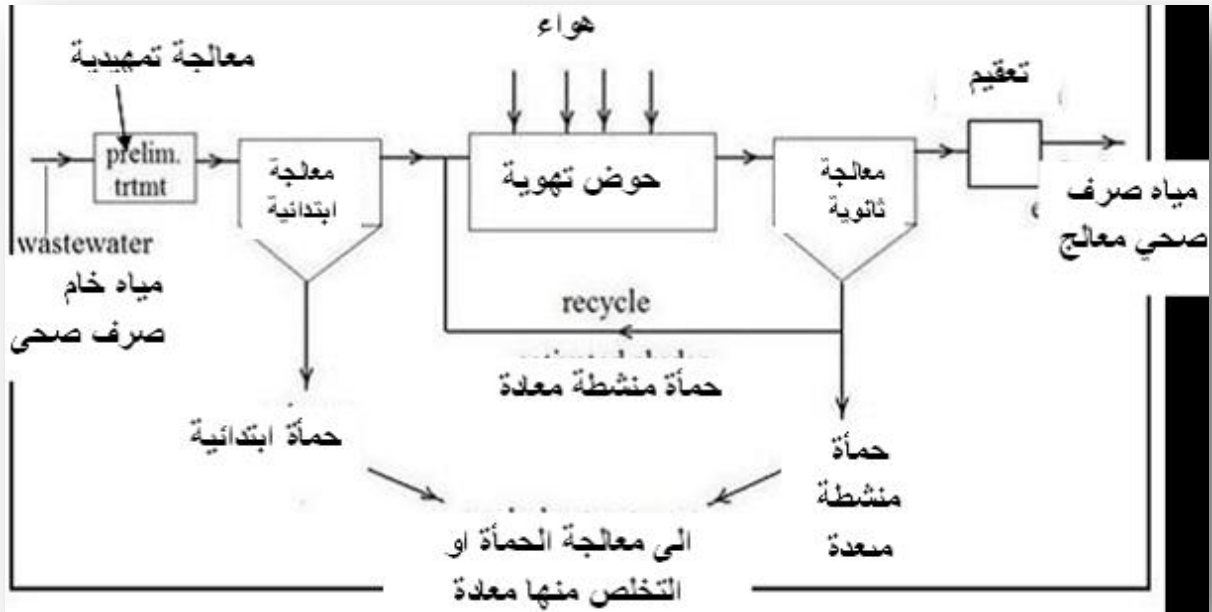
اتجاه سريان المياه في اتجاه عمودي على المحاور (٤ مراحل متتالية على خط واحد)

## ② المعالجة البيولوجية بالحماة المنشطة

- يطلق اسم الحماة المنشطة على مجموعة من البكتيريا الهوائية والكائنات الحية الدقيقة التي لها خاصية استعمال المواد العضوية كغذاء لها حيث تحولها إلى مواد ثابتة بهدف الحصول على الطاقة اللازمة لنموها وتكاثرها ويلزم لنشاط هذه البكتيريا الهوائية توافر الأكسجين الذائب في المياه
- تترك الحماة المنشطة في أحواض التهوية مع المخلفات السائلة لفترة تتراوح بين (3~8 ساعات) مع التهوية والتقليب المستمر مما ينتج عنهم امتصاص الخليط للأكسجين اللازم لنشاط البكتيريا مع الهواء
- يؤدي التقليب المستمر للخليط إلى ترويب المواد العالقة الدقيقة وتجميعها في حبيبات أكبر مثل الندف (Flocs) حيث يثقل وزنها ويمكن ترسيبها في أحواض الترسيب النهائية
- الحماة المنشطة تعتبر مادة هلامية فتعمل أثناء ترسيبها في أحواض الترسيب النهائي كمرشح وتسحب معها كثيراً من المواد العالقة سواء العضوية أو غير العضوية تاركة المياه خالية من المواد العالقة بكفاءة تصل إلى أكثر من 90 %
- للمساعدة في استمرار هذه العملية يضخ جزء من الحماة من قاع أحواض الترسيب النهائي بما تحمله من كائنات حية دقيقة وبكتيريا هوائية تساعدها على تثبيت المواد العضوية وتعرف هذه الحماة بالحماة المعادة (RAS) حيث تخلط بالمياه الواردة من أحواض الترسيب الابتدائي ولذلك تسمى محتويات أحواض التهوية بالسائل المخلوط

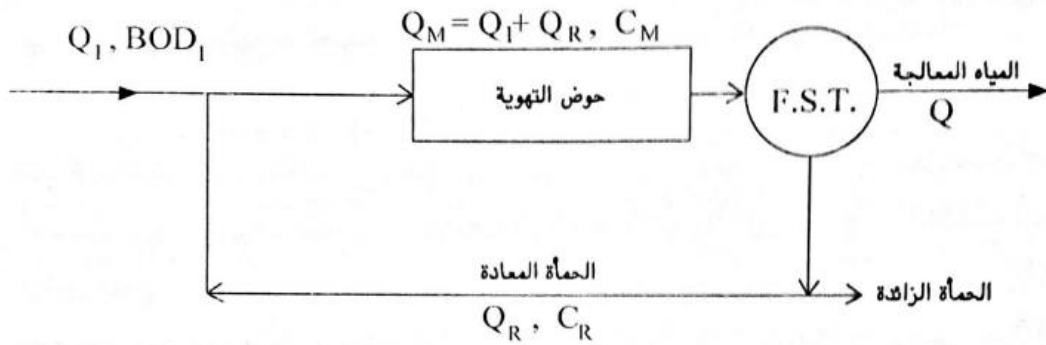
تختلف طريقة المعالجة البيولوجية بالحماة المنشطة عن طريقة المعالجة البيولوجية بالتلامس والتثبيت في الوسط الذي تنمو فيه البكتيريا وتتكاثر والتي هي أساس العملية البيولوجية حيث تتكاثر البكتيريا في طريقة المعالجة البيولوجية بالتلامس والتثبيت على سطح وسط الترشيح سواء كان زلط أو كسور صخور أو مواد بلاستيكية أو على سطح الأقراص البيولوجية الدوارة ومن ثم تقوم بأكسدة المواد العضوية التي تلتصق بهذا السطح ولكن في الحماة المنشطة تتكاثر

البكتيريا وتنمو على سطح الجسيمات العالقة للحمأة المعادة من أحواض الترسيب النهائي



❖ العوامل التي تؤثر على كفاءة التشغيل في المعالجة البيولوجية بالحماة المنشطة:-

- كمية الأكسجين الذائب (DO) في السائل المخلوط في حوض التهوية
- قيمة الأس الهيدروجيني (PH)
- تسمم البكتيريا
- التغير المفاجئ في درجة الحرارة
- أنواع الكائنات الحية الدقيقة
- نسبة المواد العضوية إلي كمية الكائنات الحية الدقيقة
- عمر الحماة
- مؤشر حجم الحماة
- معدل إعادة الحماة
- تركيز المواد الصلبة في الحماة المعادة



## ❖ طرق التهوية:-

- لا بد من القيام بعملية التهوية لإذابة الأكسجين اللازم لنشاط البكتيريا الهوائية في تثبيت المواد العضوية التي في السائل المخروط داخل أحواض التهوية بحيث لا يقل تركيز الأكسجين الذائب في أي جزء من أجزاء الحوض عن 2 جزء في المليون
- يوجد ثلاث طرق للتهوية هما:-

### ➤ الطريقة الأولى:- التهوية بالهواء المضغوط

✓ أحواض التهوية ذات التيار الحلزوني

✓ أحواض التهوية ذات القنوات

### ➤ الطريقة الثانية:- التهوية الميكانيكية

✓ طريقة سمبلكس للتهوية السطحية

✓ طريقة شفط للتهوية

✓ طريقة هارتلي للتهوية

### ➤ الطريقة الثالثة:- التهوية المشتركة

## الطريقة الأولى:- التهوية بالهواء المضغوط

### ❖ فكرة عمله:-

يتم ضخ الهواء بواسطة كباسات هواء بعد تنقيته من الأتربة والزيوت ويتم خلطه في السائل المخلوط بواسطة ناشرات هواء مثبتة في القاع على طول جدران أحواض التهوية

### ❖ أنواع الناشرات:-

✓ النوع الدقيق

✓ النوع ذو المسامية الخشنة

- النوع الأول أكثر كفاءة في إذابة الأكسجين نتيجة لصغر حجم فقاعات الهواء التي تخرج منه مما يزيد من مساحة سطح التلامس بين الهواء والمياه المحيطة به فيعمل على إذابة الأكسجين بدرجة أكبر وكذلك فإن صغر حجم الفقاع يقلل من سرعة صعودها لأعلى وبالتالي يزيد من زمن التلامس مع المياه المحيطة بها مما يزيد من كفاءة عملية التهوية
- ناشرات الهواء الدقيقة تكون أكثر عرضة للانسداد في وقت قصير

### ❖ معدلات العمل:-

- تتراوح كمية الهواء اللازمة للتهوية بين (40 ~ 140 م<sup>3</sup> / 1 كيلو جرام من الأكسجين الحيوي المستهلك)
- سرعة الهواء في المواسير المؤدية إلى ناشرات الهواء (10 ~ 15 متر/ ثانية)
- ضغط الكباسات التي تضغط الهواء يجب أن يكون كافياً لأن يصل الهواء إلى قاع الحوض تحت ضغط (0.50 كجم /سم<sup>2</sup> ) ( 5 م ماء ))

#### ❖ التعامل مع الناشرات:-

- توضع ناشرات الهواء في قاع الحوض على شكل قوالب أو بلاطات وتتراوح مساحتها الكلية بين (10 ~ 20%) من مساحة قاع الحوض
- تصنع هذه البلاطات من مواد سليكية بواسطة شركات متخصصة ومقاسات مختلفة وعلى سبيل المثال تكون أبعاد البلاطة الواحدة (30 × 30 سم) وبسمك (2.5 سم)
- تصل مسامية هذه البلاطات للهواء إلي حوالي (60%) حيث تتميز هذه البلاطات بارتفاع مساميتها للهواء وانخفاض مساميتها للماء في نفس الوقت الأمر الذي يمنع مرور مخلفات السائلة خلالها إلى مواسير الهواء عند توقف ضغط الهواء للأسباب الطارئة
- يتراوح معدل مرور الهواء خلال ناشرات الهواء من (0.5 ~ 1.5 متر مكعب/ متر مربع /دقيقة)
- تستعمل أحياناً مجموعات من المواسير القصيرة الطول المثقبة أو المسامير على قاع الحوض بهدف التهوية على أن تتصل كل مجموعة مواسير منها بماسورة تغذية رأسية مزودة بمحبس

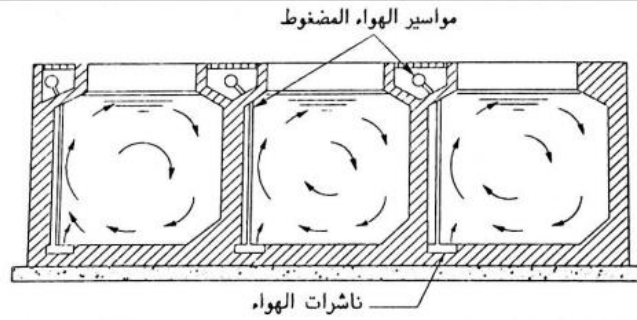
#### ❖ أنواع أحواض التهوية بالهواء المضغوط:-

##### ➤ النوع الأول:- أحواض التهوية ذات التيار الحلزوني

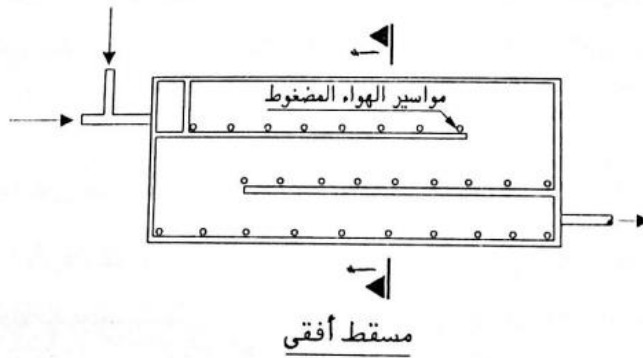
هذه الأحواض عبارة عن قنوات طولية توضع فيها ناشرات الهواء على أحد جوانب مسار المياه بين الحوائط الحائلة بحيث يسبب صعود فقائيع الهواء إلى أعلى حركة دورانية للمياه في الاتجاه العرضي للحوض تكون مع حركة المياه الأفقية في اتجاه طول الحوض حركة حلزونية

##### ➤ النوع الثاني:- أحواض التهوية ذات القنوات

هي أحواض تهوية يكون قاعها على شكل قنوات عرضيه مثلثة القطاع بكامل عرض الحوض حيث يوضع في قاع هذه القنوات ناشرات هواء يؤدي صعود الهواء منها إلى أعلى إلى تقليب المخلفات السائلة اثناء سريانها في الحوض

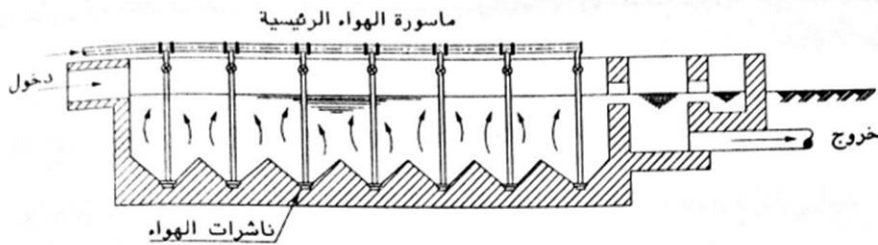


قطاع جانبي (أ-أ)

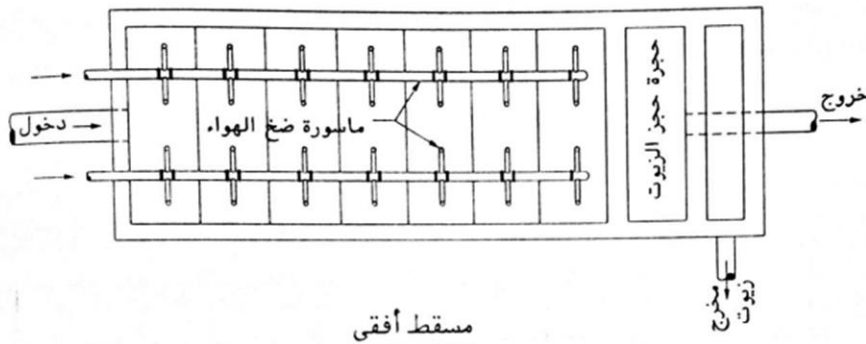


مسقط أفقي

شكل رقم (٦-٩): أحواض التهوية بالهواء المضغوط ذات التيار الحلزوني.



قطاع رأسي



مسقط أفقي

شكل رقم (٦-١٠): أحواض التهوية بالهواء المضغوط ذات القنوات.



## الطريقة الثانية:- التهوية الميكانيكية

- تتم التهوية عن طريق تشغيل رفاصات ميكانيكية (هوايات) بأحواض التهوية تكون مثبتة على السطح أو قريبة منه
- تعمل حركة دوران هذه الهوايات على توليد حركة دوامية للمياه ينتج عنها حدوث اضطراب في سطح المياه مما يساعدها على امتصاص الأكسجين من الهواء الجوي
- ينتج عن حركة الهوايات انتشار المياه ورشها على صورة رزاز في الهواء مما يسهل عملية امتصاصها للأكسجين من الهواء الجوي حيث تقوم البكتيريا الهوائية بعد ذلك باستخدام هذا الأكسجين في أكسدة المواد العضوية وتحويلها إلى مواد ثابتة

❖ أهم الطرق المستعملة للتهوية الميكانيكية:-

### ➤ طريقة سمبلكس للتهوية السطحية

- في هذه الطريقة تتم التهوية للسائل المخلوط في أحواض تهوية خاصة يكون قاعها عبارة عن مجموعة أهرامات ناقصة مقلوبة وتقف في كل هرم ماسورة رأسية في نهايتها مروحة تدور بقوة محرك فيرتفع السائل في الماسورة ويخرج من فوهتها على شكل رزاز مما يساعد المياه على امتصاص أكسجين الهواء الجوي والعودة إلى الحوض مرة أخرى وبذلك تتم عملية التقلب والتهوية للسائل في آن واحد

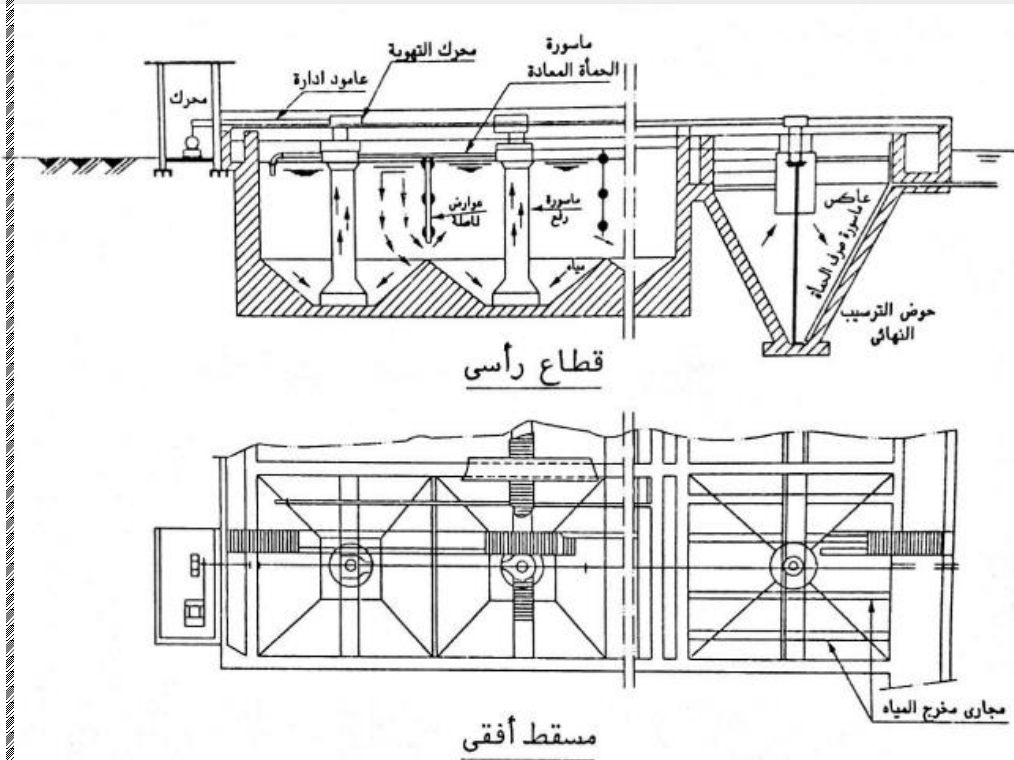
### ➤ طريقة شفلد للتهوية

- استعملت هذه الطريقة للمرة الأولى في مدينة شفلد بإنجلترا
- يبنى الحوض على هيئة قنوات مفصولة بحوائط حائلة تتحرك المياه فيها ذهابا وإيابا لمسافة كبيرة
- تتم عملية التهوية عن طريق صفيين من السواقي (البدالات) ذات الأذرع الحديدية يدوران حول محاور أفقية

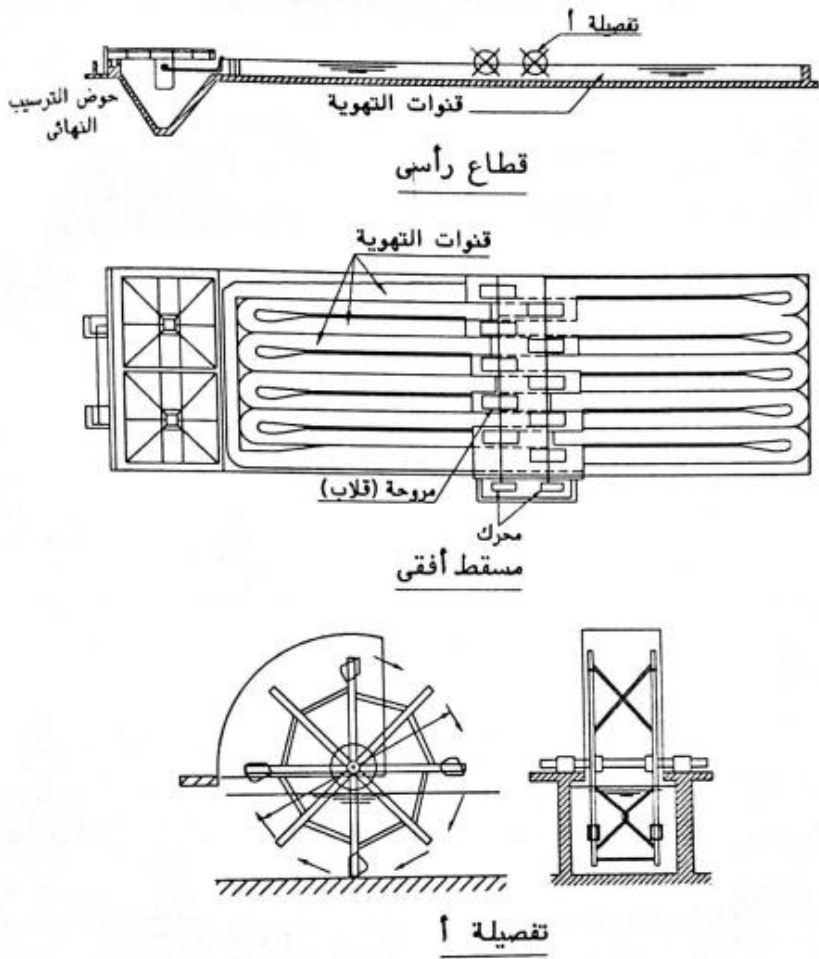
- نظراً لأن المياه تسير في كل قناة في اتجاه معاكس لحركتها في القناة المجاورة لها فيتم عمل صفين من السواقي يدور كل منهما في اتجاه معاكس للآخر ليتناسب اتجاه دوران كل صف من السواقي مع اتجاه سير المياه في القنوات التي يخدمها هذا الصف من البدالات

### ➤ طريقة هارتلي للتهوية

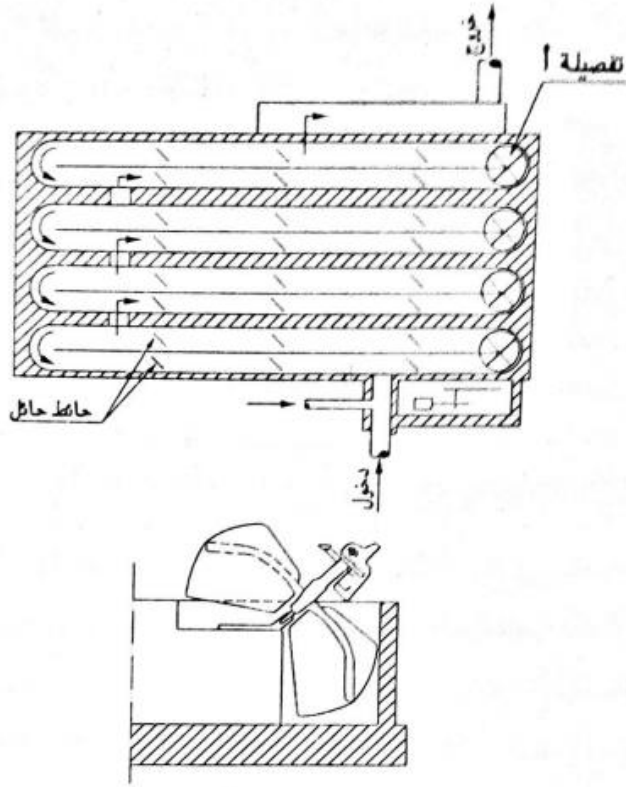
- هذه الطريقة لا تختلف كثيراً عن طريقة شفلد إلا أنه يوجد بين كل قناتين متجاورتين قلاب ميكانيكي مائل الوضع يدور فيسبب حركة حلزونية للمياه مما يسبب اضطراباً في سطح السائل مما يساعدها على امتصاص الأكسجين من الهواء



شكل رقم (٦-١١): طريقة سمبلكس للتهوية الميكانيكية.



شكل رقم (٦-١٢): طريقة شغل للتهوية الميكانيكية.



تفصيلة أ

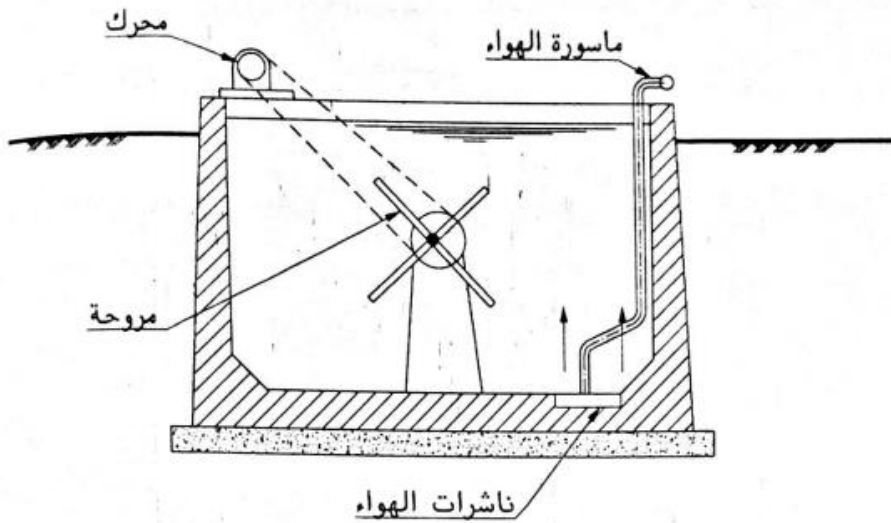
شكل رقم (٦-١٣): طريقة هارنلي للتهوية الميكانيكية.

## الطريقة الثالثة:- التهوية المشتركة

يقوم الهواء المضغوط المستعمل في أحواض التهوية بوظيفتين أساسيتين:-

- ✓ الأولى:- لعمل على إذابة الأكسجين في المياه
- ✓ الثانية:- التقليب لمنع الرواسب من الهبوط وتجميعها في حبيبات ذات حجم أكبر ( ندف)

- قد اثبتت الأبحاث أن حوالي (10%) فقط من هذا الهواء يستخدم لإذابة الأكسجين في المياه ولهذا السبب جاء التفكير في إنشاء أحواض ذات تهوية مشتركة يستخدم فيها الهواء المضغوط للإمداد بالأكسجين الذائب وتقلب محتويات الحوض بواسطة سواقي (بدلات) غاطسة مما يوفر كثيراً في استهلاك الهواء المضغوط وهذه الطريقة تناسب المحطات الصغيرة



شكل رقم (٦-١٤): التهوية المشتركة بالهواء المضغوط والتقليب الميكانيكي في آن واحد.

## ❖ نظم التشغيل المختلفة لأحواض الحمأة المنشطة:-

العوامل التي علي أساسها يتم تحديد نظام التشغيل

■ نوع سريان المياه في حوض التهوية:-

هناك نوعان من السريان (السريان المكبسي و السريان ذو الخلط التام)

في السريان المكبسي المياه في حوض التهوية لا تختلط مع بعضها البعض بين نقطة وأخري ولكن في النوع الآخر يكون الخلط سريع و تام في جميع أنحاء الحوض

في السريان المكبسي يكون كل من نسبة كمية الغذاء إلي كمية المواد الصلبة العالقة (F/M) ودرجة استهلاك الأوكسجين المذاب مرتفعين عند مدخل حوض التهوية وينخفضا تدريجيا علي طول الحوض بينما تكون كل من الكميتين ثابتة في جميع أنحاء الحوض في النوع الآخر

■ طريقة تغذية الحوض بمياه الصرف الصحي والحمأة المعادة:-

تتم التغذية إما عن طريق نقطة تغذية واحدة في مدخل حوض التهوية أو عن طريق عدد من نقاط التغذية موزعة علي طول الحوض

■ طريقة إعادة الحمأة المنشطة للحوض:-

تتم الإعادة بطريقة مباشرة من حوض الترسيب النهائي لحوض التهوية أو من حوض خاص لتهوية الحمأة

■ نظام التهوية:-

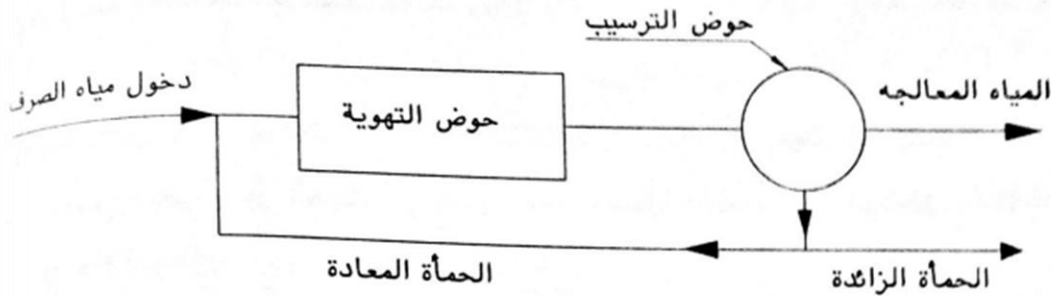
تكلنا بالتفصيل عن كل نظام من أنظمة التهوية

طبقا لهذه العوامل يتم اختيار نظام تشغيل من النظم التالية:-

- 1 النظام العادي أو التقليدي
- 2 نظام التهوية المرحلية أو التناقص التدريجي لمعدلات التهوية
- 3 نظام التغذية المرحلية
- 4 نظام الخلط التام أو الخلط الكامل
- 5 نظام التثبيت بالتلامس
- 6 نظام التهوية الممتدة
- 7 نظام قنوات الأكسدة

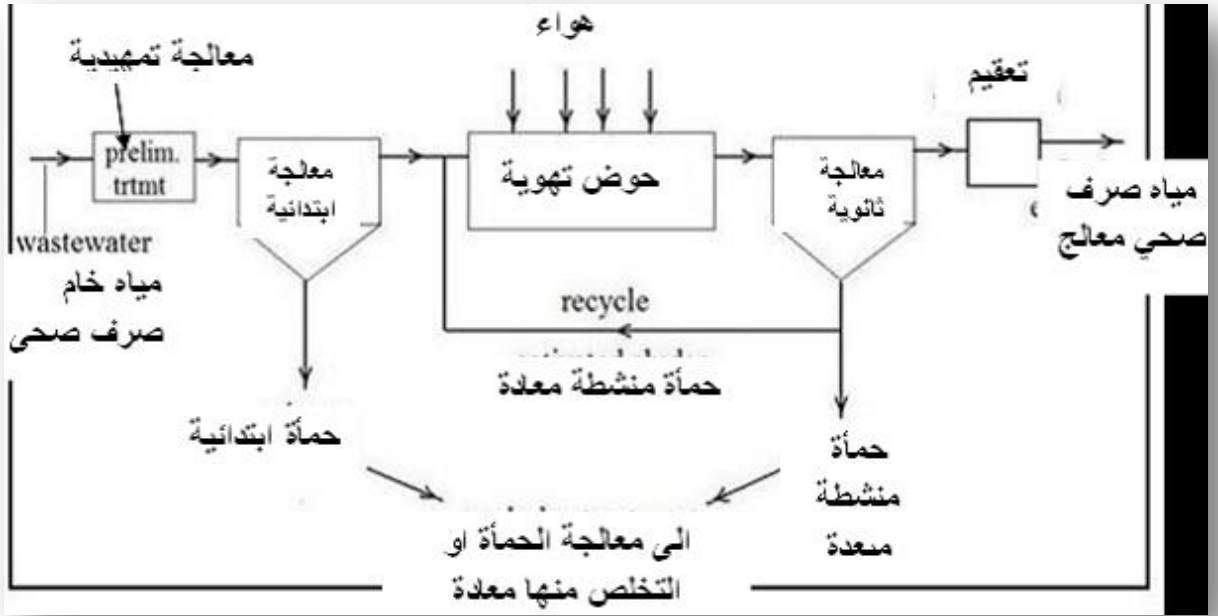
## 1 النظام العادي أو التقليدي

- هو النظام الأصلي في عملية المعالجة بالحماة المنشطة
- في نظام التشغيل التقليدي تسير مياه الصرف الصحي خلال الحوض في شكل قناة محدودة العرض بحيث يكون طول القناة حوالي (5 ~ 50 مرة) عرضها
- يتم تغذية حوض التهوية بكل من مياه الصرف الصحي والحماة المعادة وذلك عند مدخل حوض حيث تتم التهوية بصورة متساوية وتخرج الحماة المنشطة من نهاية الحوض
- في هذا النظام يكون معدل استهلاك الأوكسجين مرتفع في المنطقة القريبة من المدخل ويقل هذا المعدل على طول الحوض وذلك بسبب السريان المكبسي للمياه داخل الحوض
- يشمل هذا النظام حوض ترسيب ابتدائي وحوض تهوية وحوض ترسيب نهائي وخط لإعادة الحماة وخط للحماة الزائدة
- يعيب هذا النظام كبر حجم الحوض بالإضافة إلى عدم استقرار التشغيل في حالة زيادة معدلات التحميل الهيدروليكية أو العضوية مما يؤثر على كفاءة عملية المعالجة البيولوجية
- نظر لقدم هذا النظام واستعماله منذ فترة طويلة في كافة أنحاء العالم فهذا النظام يعتبر هو الأكثر استعمالاً وشيوعاً من بين الأنظمة المختلفة للحماة المنشطة وتتراوح سعة الأنظمة المستعملة من (5000 م<sup>3</sup>/يوم إلى 1 مليون م<sup>3</sup>/يوم)



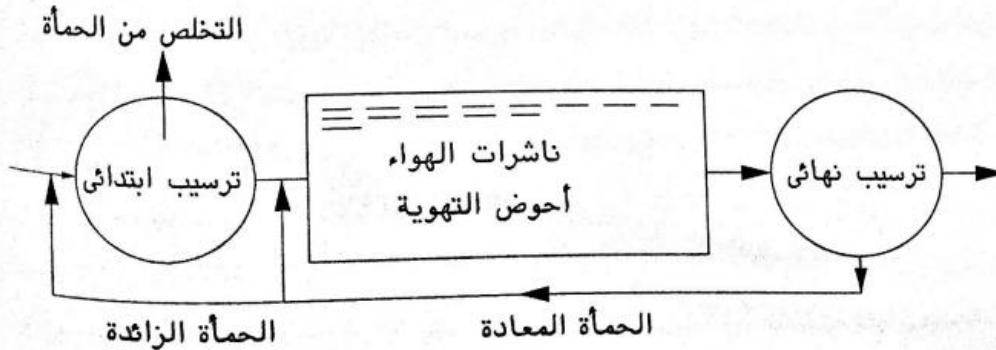
شكل رقم (٦-١٥): النظام التقليدي لتشغيل أحواض الحماة المنشطة.





## 2 نظام التهوية المرحلية أو التناقص التدريجي لمعدلات التهوية

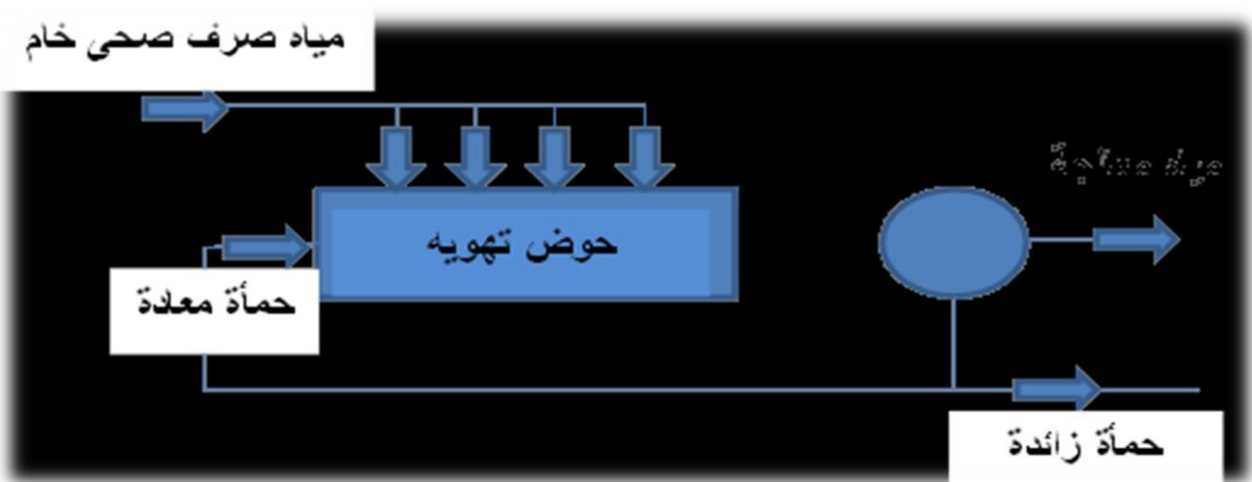
- في هذا النظام يتم ضخ الهواء بمعدلات مرتفعة عند مدخل حوض التهوية لتوفير الكمية اللازمة من الأكسجين في هذه المنطقة ثم يقل المعدل تدريجياً على طول الحوض مما يعمل على زيادة كفاءة عملية الأكسدة حيث تصل إلى الأجزاء المختلفة من الحوض كميات من الهواء تتناسب مع كمية المواد العضوية القابلة للتأكسد في هذه الأجزاء
- إذ من المعروف أن كمية المواد العضوية القابلة للتأكسد تتناقص على طول مسار الحوض نظراً للنشاط المستمر للبكتيريا الهوائية في أكسدتها
- يتم عمل هذا التناقص التدريجي في معدلات التهوية إما بزيادة ناشرات الهواء بالقرب من مدخل حوض التهوية وذلك في حالة التهوية بالهواء المضغوط أو بزيادة وحدات التقليل (التهوية) بالقرب من مدخل الحوض وذلك في حالة التهوية الميكانيكية



شكل رقم (٦-١٦): نظام التهوية المرحلية لتشغيل أحواض الحمأة المنشطة.

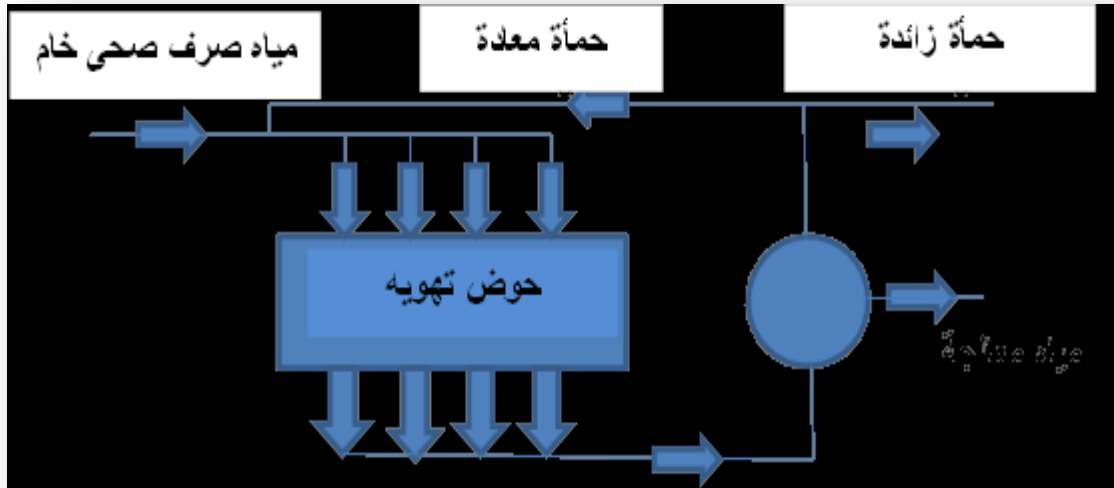
### 3 نظام التغذية المرحلية

- يستخدم هذا النظام في حوض تهوية ذو قنوات حيث توزع مياه الصرف الصحي القادمة من حوض الترسيب الابتدائي من خلال عدة نقاط على طول الحوض وبالنسبة للحمأة المعادة فإنها تضخ بأكملها عند المدخل الرئيسي لحوض التهوية
- نظر لتغير تركيز المواد الصلبة العالقة على طول حوض التهوية (وذلك بسبب وجود عدة نقاط للتغذية) فإنه لحساب كمية المواد الصلبة العالقة ونسبة الغذاء إلى كمية المواد العالقة يجب استخدام متوسط كميات المواد الصلبة العالقة على طول حوض التهوية
- ينتج عن تغذية الحوض من عدة نقاط على طول حوض استهلاك متساوي لكمية الأكسجين في جميع أنحاء الحوض
- على هذا فإن تهوية الحوض تتم بمعدلات متساوية على طول الحوض كما في النظام التقليدي ولكن الفارق في أن الأكسجين يتم استهلاكه بكفاءة أكبر
- هذه الميزة تقلل الحجم الكلي لحوض التهوية بدون أي تخفيض من كفاءة إزالة الأكسجين الحيوي المستهلك
- نظام التغذية المرحلي يمكنه مواجهة التغيرات المفاجئة في معدات التحميل سواء تمثلت في زيادة معدل تصريف مياه الصرف الصحي الخام أو في ارتفاع درجة التركيز
- تظهر ميزات نظام التغذية المرحلي في معالجة المعدلات العالية من مياه الصرف الصحي والتي قد تصل إلى (3 مليون م / اليوم)



#### 4 نظام الخلط التام أو الخلط الكامل

- في هذا النظام يتم تغذية حوض التهوية بمياه الصرف الصحي الخام والحمأة المعادة بشكل متساوي على طول الحوض ويتم سحب المياه من الحوض بنفس الطريقة وذلك من الجانب الآخر وفي الأحواض الدائرية يتم الخلط عن طريق خلاط هوائي مثبت في منتصف الحوض
- يتميز هذا النظام بقدرته على استيعاب كميات كبيرة من المواد الصلبة العالقة بحوض التهوية حيث ينتج عن ذلك خفض واضح في حجم الحوض
- هذا النظام مستقر بدرجة عالية تسمح بمواجهة أي زيادة في معدلات ضخ الهيدروليكي أو العضوي
- يتميز هذا النظام أيضاً بقدرته كبيرة على مواجهة المواد السامة وخاصة القابلة للتحلل مثل الفينول
- هذا النظام لا يستطيع التعامل مع دفعات متقطعة من المواد السامة والتي قد تسبب انهيار النظام البيولوجي
- يستعمل نظام الخلط التام في محطات التشغيل الصغيرة حيث تكون معدلات الضخ أقل من (25,000 م<sup>3</sup>/يوم)



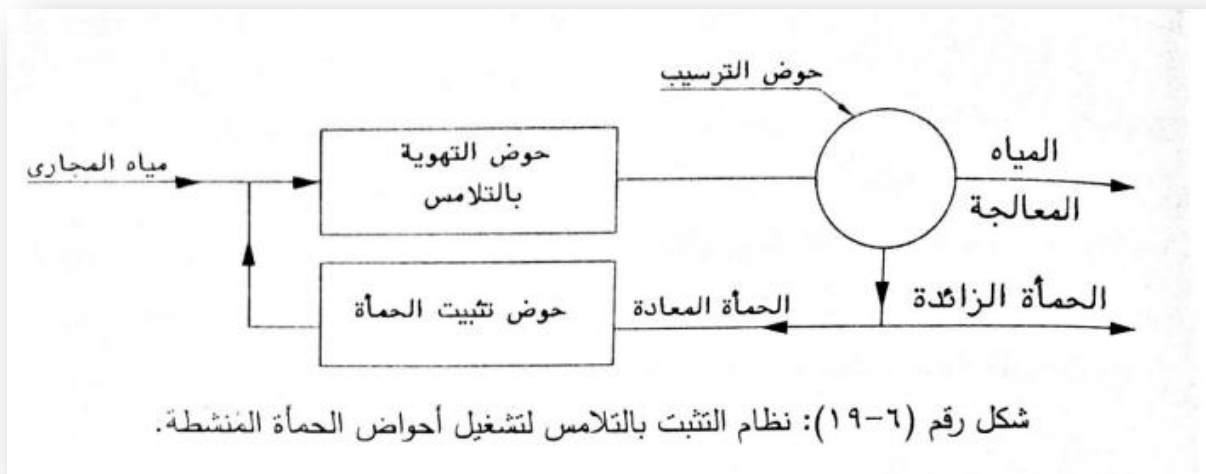
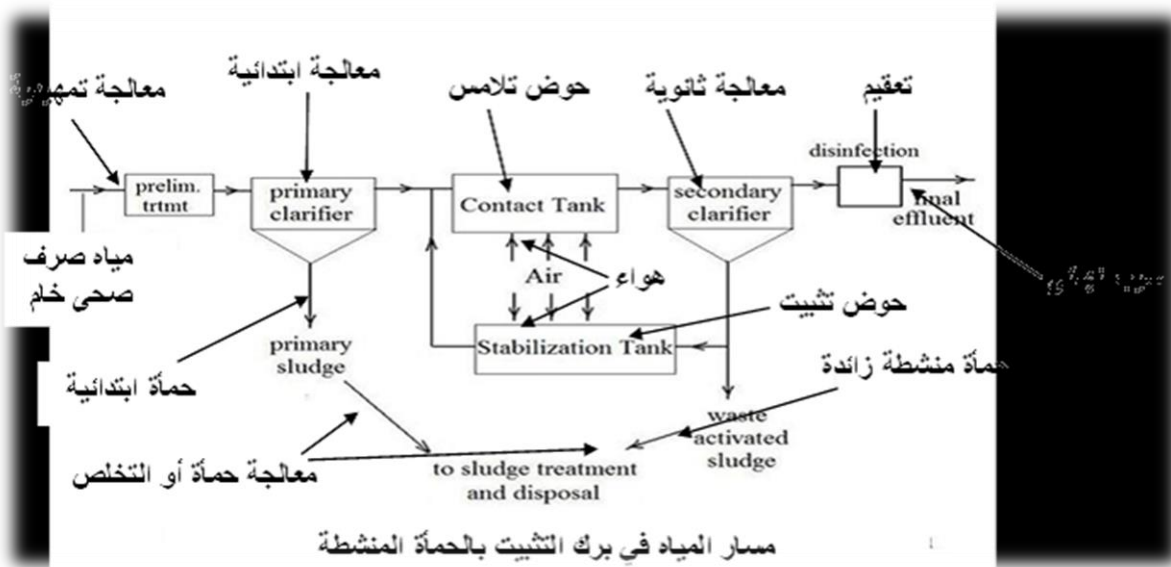
## 5 نظام التثبيت بالتلامس

يمكن تعريف التثبيت بالتلامس بعملية الامتصاص الحيوي

- هذا النظام قد يحتوي أو لا يحتوي على حوض ترسيب ابتدائي
- تتم تهوية مياه الصرف الصحي مع الحمأة المعادة في حوض تهوية ويسمى حوض التهوية بالتلامس لفترة قصيرة تتراوح بين (0.5~1.5 ساعة) وذلك لإتمام عملية امتصاص الحمأة للمواد العضوية الموجودة في مياه الصرف
- يتبع ذلك عملية ترسيب الحمأة في حوض الترسيب النهائي حيث يتم سحبها بعد ذلك بما تحمله من مواد عضوية وضخها إلى حوض تهوية يسمى بحوض تثبيت الحمأة وذلك لمدة تتراوح بين (3 ~ 6 ساعات) تقوم خلالها البكتيريا الهوائية بتثبيت المواد العضوية وذلك قبل ضخها إلى حوض التهوية بالتلامس للمرة الثانية
- يجب الإشارة إلى أن تحديد كمية الغذاء إلى كمية الكائنات الحية في حوض التهوية بالتلامس وحوض تثبيت الحمأة يتم حسابها بأستخدام كمية المواد الصلبة العالقة الخاصة بكل حوض
- تظهر كفاءة هذا النظام بوضوح في إزالة المواد العضوية العالقة ولكن هذه الكفاءة تتناقص بشكل حاد في حالة وجود المواد العضوية في صورة ذائبة
- معالجة مياه الصرف الصحي التي تحتوي على درجة تركيز منخفضة من الأكسجين الحيوي المستهلك تتم بكفاءة باستخدام هذا النظام
- بالمقارنة بالنظام التقليدي فإن نظام التثبيت بالتلامس لا يتأثر بالتغيرات المفاجئة في الأحمال وذلك بسبب قدرة الكائنات الحية في حوض تثبيت الحمأة على استيعاب هذه الزيادات المفاجئة
- هذا النظام قادر على مقاومة المواد السامة التي قد تتواجد في مياه الصرف الصحي نظرا لقصر زمن البقاء في حوض التهوية بالتلامس
- يتطلب هذا النظام كمية هواء مماثلة للنظام التقليدي وهذه الكمية يتم تقسيمها بالتساوي على كل من حوض التهوية بالتلامس وحوض تثبيت الحمأة وبالرغم من ذلك فإن مجموع حجمي حوض التهوية بالتلامس

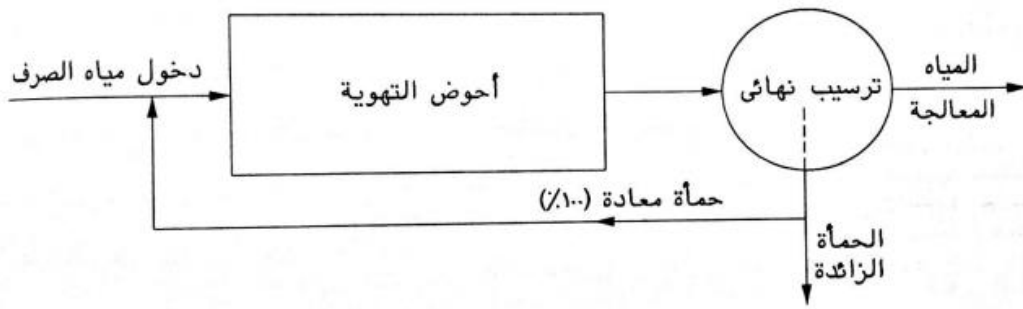
## وحوض تثبيت الحمأة يساوي ( 2 / 1 حجم ) حوض التهوية في النظام التقليدي

- هذا النظام قد يمثل طريقة جديدة لتطوير النظم التقليدية وبالأخص عندما تكون خواص مياه الصرف الصحي مناسبة
- يستعمل نظام التثبيت بالتلامس في محطات معالجة مياه الصرف الصحي ذات السعة المتوسطة والتي تبلغ حوالي ( 40 الف م<sup>3</sup>/يوم )

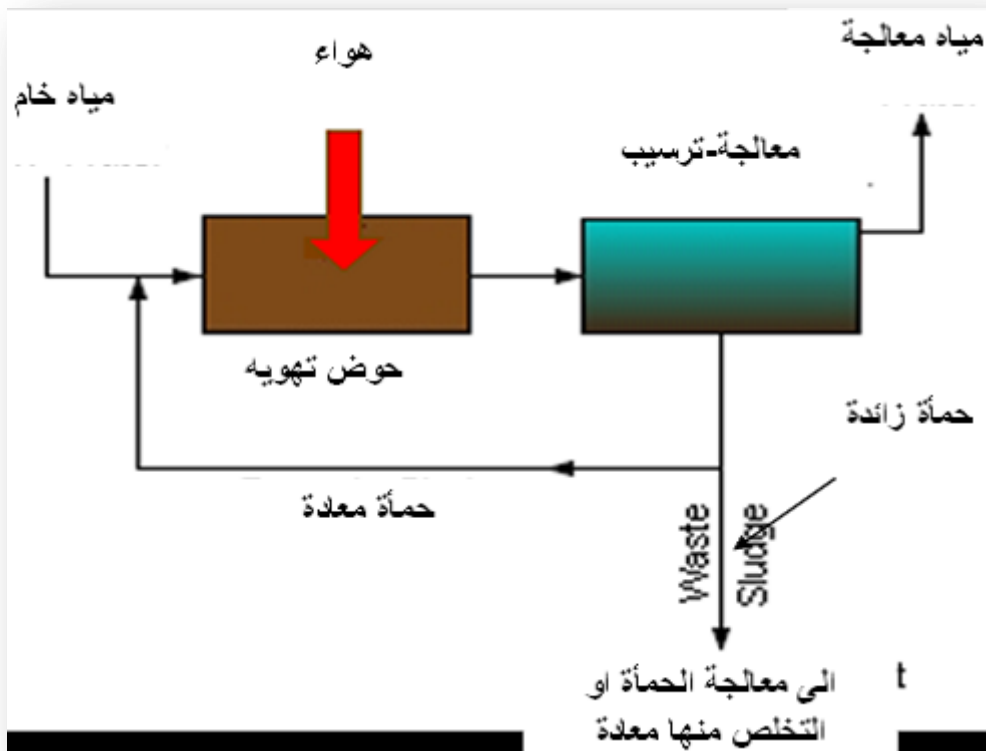


## 6 نظام التهوية الممتدة

- في هذا النظام يمكن الاستغناء عن أحواض الترسيب الابتدائي إلى أن وجود المصافي يكون ضروريا لإزالة المواد الصلبة الطافية والعالقة قبل إدخال مياه الصرف الصحي إلى حوض التهوية
- تكون تكاليف تشغيله مرتفعة جدا حيث تستخدم كميات كبيرة من الهواء ويتشابه نظام التهوية الممتدة مع نظامي الخلط الكامل وقنوات الأكسدة حيث يتم الخلط الكامل لمياه الصرف الصحي في حوض التهوية وذلك بالإضافة إلى زيادة فترة التهوية
- يتميز هذا النظام بانخفاض معدل التحميل العضوي وطول زمن التهوية وارتفاع كمية المواد الصلبة العالقة وانخفاض نسبة الغذاء إلى كمية الكائنات الحية الدقيقة وارتفاع كفاءة إزالة الأوكسجين الحيوي المستهلك
- نتيجة لطول فترة التهوية يتم تثبيت المواد الصلبة بصورة جيدة وعلى ذلك فإن الحمأة الزائدة لا تتطلب أي نوع من المعالجة ويمكن تجفيفها مباشرة في أحواض التجفيف الرملية
- تبلغ نسبة الحمأة المعادة (100%) من كمية المخلفات السائلة التي تدخل محطة المعالجة
- تستخدم كميات هواء كبيرة في هذا النظام لذا فإن تكاليف التشغيل تكون مرتفعة جدا بالرغم من ذلك فإن تشغيل هذا النظام بسيط للغاية وذلك نظرا لعدم وجود ترسيب ابتدائي أو نظام لتخمير الحمأة الزائدة
- يناسب هذا النظام التجمعات السكنية الصغيرة والتي لا يزيد معدل تصريف مياه الصرف الصحي فيها عن (4000 م<sup>3</sup>/يوم)



شكل رقم (٦-٢٠): نظام التهوية الممتدة لتشغيل أحواض الحمأة المنشطة.





## 7 نظام قنوات الأكسدة

- في هذا النظام يمكن الاستغناء عن أحواض الترسيب الابتدائي ويكون حوض التهوية عبارة عن قناة طويلة ببيضاوية الشكل بها قلابات ميكانيكية أفقية أو فرش لتقليب المياه بالحوض (تهوية ميكانيكية)
- أسس التصميم لهذه الاحواض هي نفسها أسس التصميم لنظام التهوية الممتدة مع اختلاف شكل الحوض حيث تعتبر هذه الطريقة تطوير لطريقة التهوية الممتدة
- يراعى في هذه الطريقة أن يتم التقليب باستمرار وذلك لضمان تلامس المياه مع الهواء السطحي لضمان امتصاص الأكسجين ومنع الترسيب

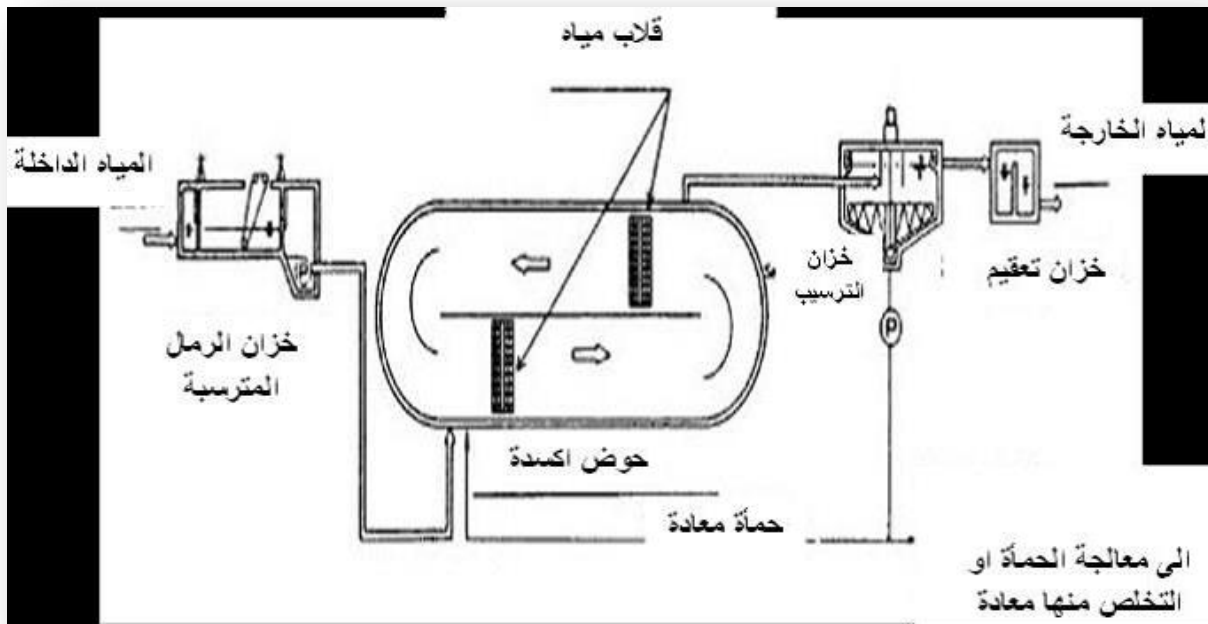
❖ يتم تشغيل قنوات الأكسدة بطريقتين كما يلي:-  
➤ الطريقة الأولى:- طريقة التشغيل المتقطع

هذه الطريقة لا تحتاج إلى حوض ترسيب نهائي حيث تعمل القنوات نفسها كحوض ترسيب نهائي حيث يتم إيقاف دخول المياه إلى القناة وإيقاف تشغيل الفرش لمدة (1 ~ 2 ساعة) تعمل خلالها قناة الأكسدة كحوض ترسيب نهائي ثم تخرج المياه المعالجة عن طريق هدار حتى ينخفض منسوب المياه إلى منسوب معين ثم يتم السماح للمياه بالدخول والفرش بالعمل مرة أخرى حتى يرتفع منسوب المياه ليصل إلى منسوب الإيقاف وهكذا تتكرر الدورة مع سحب جزء من الرواسب من قاع الحوض كحماة زائدة وفي هذه الحالة يجب استخدام قناتين على الأقل لتعمل إحداهما فترة توقف الأخرى أو يتم جمع المياه في حوض تجميع داخل المحطة لحظة توقف القناة وعملها كحوض ترسيب نهائي

➤ الطريقة الثانية:- طريقة التشغيل المستمرة

في هذه الحالة لا تتوقف الفرش ولا يتوقف التصريف الداخل إلى قنوات الأكسدة ولكن يلزم استخدام أحواض ترسيب نهائي ويتم إعادة جزء من الحماة الراسبة في أحواض الترسيب النهائي إلى مدخل القنوات

- تكون سرعة المياه بالقناة من (0.3~0.4 م/ث)
- يحدد عرض القناة طبقاً لطول القلاب المناسب والذي يعطي كمية الهواء المطلوبة
- يكون عمق القناة صغير ويتراوح من (1 ~ 1.2 م)
- يمكن إنشائها من الطوب أو الدبش بدل من الخرسانة المسلحة بل وأحياناً يمكن إنشائها في الأرض الطبيعية المتماسكة إذا عملت الاحتياطات اللازمة لحماية المياه الجوفية من التلوث
- تكون الفرشاة بقطر حوالي (70 سم) وتدور بسرعة (75 لفة/ دقيقة) لتعطي معدل إذابة للأكسجين حوالي (2.8 كجم أكسجين/ متر طولي/ ساعة) وتكون كفاءة الفرش اللازمة لتقليب المياه لقنوات الأكسدة (120~ 150م<sup>3</sup> من المياه/ متر طولي من الفرشاة)



- ❖ مزايا المعالجة بالحماة المنشطة:-
- مرونة التشغيل وامكانية التحكم فيه
- تحتاج إلى مساحة أقل وتكاليف إنشائية أقل من التي تحتاجها طرق المعالجة البيولوجية بالتلامس والتثبيت
- لا تتسبب في فاقد كبير في طاقة المخلفات السائلة مثل المرشحات الزلطية وبالتالي تحافظ على طاقة الوضع للمياه
- لا تتسبب في روائح كريهة أو تكاثر الذباب والناموس وبالتالي يمكن أن تكون أقرب للمناطق السكنية نسبيا من الطرق الأخرى مع عدم التسبب في شكوى المواطنين

- ❖ عيوب المعالجة بالحماة المنشطة:-
- تحتاج إلى عمال مهرة للتشغيل
- بدون أسباب معروفة تسوء نتائج العملية ويحتاج الأمر إلى وقت طويل لإعادة نتائج التشغيل إلى ما كانت عليه
- زياده حجم الحماة الناتجة لاحتوائها على نسبة عالية من المياه
- ❖ أسس التصميم للنظم المختلفة لأحواض التهوية للمعالجة بالحماة المنشطة:-
- عمق التهوية لا يقل عن ( 3 ~ 6 متر)
- عرض الحوض ذو التيار الحلزوني يتراوح بين ( 5 ~ 10 متر)
- عدد الاحواض لا يقل عن ( 2 حوض)

جدول رقم (٦-١): أسس تصميم نظم معالجة مياه الصرف الصحي بالحماة المنشطة

نظام عملية المعالجة	تقليدي	التهوية ذات المعدل السريع	تتاقص تدريجي لمعدلات التهوية	تغذية مرحلية	الخلط التام	التثبيت بالتلامس	تهوية ممتدة وقنوات الأكسدة
الخصائص الهيدروليكية لسريان المياه	مكبي	مكبي	مكبي	مكبي	خلط تام	مكبي	خلط تام
كمية المواد العالقة الكلية (مجم/لتر)	~١٥٠٠	٨٠٠~٣٠٠	~١٥٠٠	~٢٠٠٠	~٣٠٠٠	٣٠٠٠~١٠٠٠	~٣٠٠٠
المواد العالقة الطيارة / المواد العالقة الكلية	٣٠٠٠	٠,٨٠	٣٠٠٠	٠,٨٠	٦٠٠٠	٦٠٠٠~٣٠٠٠	٨٠٠٠
كمية الغذاء / كمية الكائنات الحية الدقيقة (كجم BOD / كجم يوم)	٠,٨٠	١,٥٠~٠,٥٠	٠,٨٠	٠,٨٠	٠,٨٠	٠,٨٠	٠,٦٠
مدة البقاء الهيدروليكي (ساعة)	~٠,٢٠	٨~٤	~٠,٢٠	~٠,٢٠	~٠,٢٠	٠,٥٠~٠,٢٠	~٠,٠٥
معدل التحميل الأقصى كجم BOD / م <sup>٢</sup>	٠,٤٠	٢,٤~١,٢	٠,٤٠	٠,٤٠	٠,٦٠	١,٢٠~١,٠	٠,١٥
زمن بقاء المواد الصلبة (يوم)	٠,٢	٠,٥٠~٠,٢٠	٠,٢	٠,٢	٠,٢	١,٥٠~٠,٥٠	٠,٤٠~٠,٢
الحماة المعادة / تصريف مياه الصرف الصحي الخام	١٥~٥	~٠,٢٥	١٥~٥	١٥~٥	١٥~٥	١٥~٥	٣٠~٢٠
النسبة المئوية لإزالة الأكسجين الحيوي المستهلك BOD	٠,٢٥	٧٥~٦٠	~٠,٢٥	~٠,٢٥	~٠,٢٥	١,٠~٠,٢٥	~٠,٣٥
كجم BOD تمت إزالته	٠,٥٠	١,٠~٠,٧	٠,٥٠	٠,٧٥	٠,٧٥	١,٠	١,٥٠
كمية الهواء اللازمة لكل كجم أكسجين حيوي مستهلك (م <sup>٣</sup> )	٩٥~٨٥	١,٠~٠,٧	٩٥~٨٥	٩٥~٨٥	٩٥~٨٥	٩٥~٨٥	٩٨~٩٠
	~٠,٨	٠,٦٠~٠,٤٠	~٠,٧	١,٠	١,٠	١,٠~٠,٧	١,٢٠~١,٠
	٦٠~٤٠	٥٠~٢٥	٦٠~٤٠	٨٠~٥٠	٨٠~٥٠	٨٠~٥٠	١٤٠~١٠٠

ملحوظة: في هذا الجدول وفي حالة نظام التثبيت بالتلامس عندما يتواجد مديان لأي متغير يكون المدى الأول خاص بحوض التهوية بالتلامس والثاني خاص بحوض تثبيت الحماة كما تقسم كمية الهواء الموضحة بالجدول بالتساوي بين حوض التهوية بالتلامس وحوض تثبيت الحماة.

### ③ المعالجة البيولوجية ببحيرات الأكسدة

- هي عبارة عن بحيرات صناعية كبيرة وضحلة تتساق فيها المخلفات السائلة الخام بعد المصافي مباشرة وتبقى فيها لمدة طويلة تمكنها من امتصاص الأكسجين من الهواء الجوي عن طريق سطح البحيرات أو الحصول عليه بفعل التمثيل الكلوروفيللي للطحالب في وجود أشعة الشمس ومن ثم تستعمل البكتيريا الهوائية هذا الأكسجين الذائب في المياه في أكسدة المواد العضوية وتثبيتها ولذلك سميت ببحيرات الأكسدة
- تتم المعالجة في هذه البحيرات بطريقة طبيعية تعتمد أساساً على العوامل الطبيعية مثل ضوء الشمس ودرجة الحرارة وأكسجين الهواء الجوي حيث يحدث نشاط متكامل بين البكتيريا والطحالب فالبكتيريا الهوائية تستخدم الأكسجين الذائب في المياه لأكسدة المواد العضوية وينتج من هذه الأكسدة مواد ثابتة وثاني أكسيد الكربون وماء وتستخدم الطحالب ثاني أكسيد الكربون مع بعض الأملاح في عملية التمثيل الكلوروفيللي لمساعدة أشعة الشمس وتعطي أكسجين تستفيد منه البكتيريا الهوائية وهكذا يحدث تبادل منفعة بين البكتيريا والطحالب كما تتغذى الأوليات على كل من الخلايا البكتيرية والطحالب
- يكون نشاط البكتيريا الهوائية أكبر ما يمكن في الطبقات السطحية من البحيرات والتي تخترقها أشعة الشمس وبالتالي تتواجد بها تركيزات عالية من الأكسجين وخصوصاً في ساعات النهار أما في ساعات الليل فينعكس نشاط الطحالب وتبدأ في استهلاك الأكسجين الذائب في المياه واعطاء ثاني أكسيد الكربون الأمر الذي يتسبب في نقص تركيب الأكسجين الذائب في المياه ليلاً أو اختفاؤه تماماً
- بالرغم من فائدة الطحالب إذ تمد البكتيريا ببعض الأكسجين اللازم لنشاطها على أنها أحياناً تكون عبئاً على عملية المعالجة وذلك إذا تكاثرت بدرجة كبيرة ثم ماتت كميات كبيرة منها مما يزيد من كمية المواد العضوية الميتة في المخلفات السائلة فيزيد من الحمل العضوي (الأكسجين الحيوي المستهلك) على البحيرات مما يقلل من كفاءتها

- تحدث في البحيرات ذات العمق الكبير تفاعلات هوائية لا هوائية في نفس الوقت ففي حين أن الطبقات العليا والتي تنفذ فيها أشعة الشمس تنشط فيها البكتيريا الهوائية بفعل الأكسجين المتواجد من التمثيل الكلوروفيلي أو الممتص من الهواء الجوي من خلال سطح المياه فإن الطبقات السفلى من البحيرات والتي لا تصل إليها أشعة الشمس وتوجد فيها مواضع عضوية قد وصلت إليها بالترسيب أو ذائبة أو عالقة في المياه ينعدم فيها تركيز الأكسجين وتنشط التفاعلات اللاهوائية لتثبيت المواد العضوية
- تلعب الطبقات العليا الغنية بالأكسجين دورا هاما إضافيا بالإضافة إلى الأكسدة الهوائية للمواد العضوية بها وهو التحكم في نواتج التفاعلات اللاهوائية التي تحدث في القاع ومنها الغازات الكريهة والأحماض العضوية
- نظرا لأن النشاط اللا هوائي بطيء فإن كمية الأحماض العضوية والكحوليات التي تصل من الطبقة اللا هوائية بالقاع تكون بسيطة وتزيد تدريجيا مع تراكم الرواسب بالقاع واكتمال النشاط اللا هوائي بها حيث تصل إلى أقصى معدل لها بعد عامين
- لحماية آبار المياه التي تستخدم كمصدر لمياه الشرب من التلوث بتسرب المخلفات السائلة من البحيرات إليها يجب أن تبعد هذه البحيرات مسافة تعتمد على اتجاه حركة المياه الجوفية ولا تقل هذه المسافة عن (30 متر) وذلك إذا كانت البحيرات تحت التيار ولا تقل المسافة عن (60 متر) إذا كانت البحيرات فوق التيار كما يجب تبطين قاع وجوانب البحيرات بمواد لا تنفذ المياه كما يتم عمل بلاطة خرسانية أو تدبيش على الجوانب وبالأخص عند سطح المياه لمقاومة تأثير حركة المياه بفعل الرياح على جوانب البحيرات ولمنع نمو الأعشاب والحشائش وتكاثر البعوض
- تنشأ عادة البحيرات فوق منسوب المياه الجوفية وذلك للتقليل من احتمالية تلوثها ولمنع تسرب المياه الجوفية إلى البحيرات مما يزيد من تصرفها
- يفضل أن يكون موقع البحيرات في منطقة مرتفعة المنسوب ليتمكن استخدام المياه الخارجة منها في الري بالانحدار الطبيعي

❖ العوامل التي تؤثر علي المعالجة البيولوجية ببحيرات الأكسدة:-

#### 1-درجة الحرارة:

يتضاعف نشاط البكتيريا مرة تقريبا كلما ارتفعت درجة الحرارة بمقدار (10 ~15°م) ولكن في خلال مدى معين من درجات الحرارة من (5 ~35°م) وهو المدى الذي يمكن أن تعيش وتنشط فيه البكتيريا والكائنات الحية الدقيقة

#### 2-أشعة الشمس:

هي العامل الرئيسي لإتمام عملية التمثيل الكلوروفيلي للطحالب لإنتاج الأوكسجين اللازم لنشاط البكتيريا الهوائية

#### 3-الرياح:

تساعد الرياح على خلط محتويات البحيرات وتحريك سطح المياه بها يجب أن لا تنشأ أسوار صماء أو تزرع أشجار أو تقام حواجز على مسافة لا تقل عن (100 متر) من حدود البحيرات حتى لا تحد من التأثير الإيجابي للرياح

#### 4- أبعاد البحيرات:

كلما كانت البحيرات بعرض صغير وطول كبير كان هذا يعطي كفاءة أفضل للمعالجة

يفضل أن تكون البحيرات اللا هوائية مستطيلة الشكل وتكون النسبة بين الطول والعرض (2 ~3 : 1) وذلك لتجنب تكون رواسب تعمل كجسور أمام المدخل اما البحيرات المترددة والإنضاج فليس شرطا أن تكون مستطيلة الشكل فيمكن أن تكون منحنية حسب المساحة المتاحة أو كشكل جمالي كما يمكن أن تصل نسبة الطول إلى العرض فيها إلى (10 : 1) وعندئذ يكفيها مدخل واحد ومخرج واحد لكل بحيرة

#### 5- خصائص المخلفات السائلة المراد معالجتها

#### 6- العناصر الغذائية للبكتيريا والخاصة بنشاطها

7- الأوكسجين الذائب في مياه البحيرات

8- تركيز الطحالب في مياه البحيرات

9- ظاهرة الطبقة في البحيرات

10- الاتزان الهيدروليكي للبحيرات:

للحفاظ على منسوب المياه في اي بحيرة يجب أن يكون التصرف الداخل إليها أكبر من أو يساوي مجموع قيمتي البخر من السطح والتسرب من القاع في أي وقت خلال ساعات اليوم

11- عمق المياه في البحيرات:

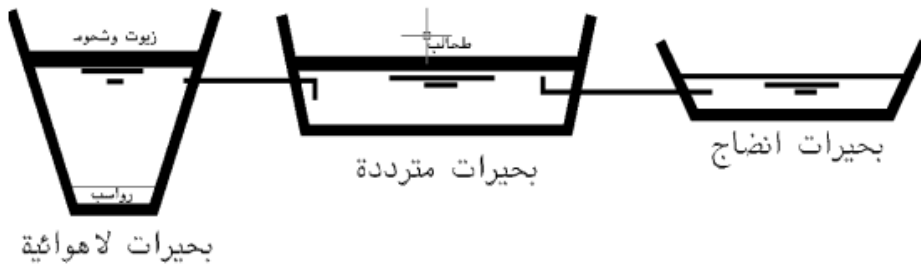
يجب أن لا يقل عمق المياه في أي بحيرة عن (1 متر) حتى لا تنمو حشائش على قاع البحيرة تؤدي إلى تكاثر الناموس والقواقع وما يصاحب ذلك من مشاكل تشغيلية

❖ أنواع بحيرات الأوكسدة:-

يتم تشغيل ثلاثة أنواع من البحيرات المتتالية في المعالجة البيولوجية للمخلفات السائلة بطريقة بحيرات الأوكسدة حيث لكل نوع من هذه البحيرات وظيفة أساسية يقوم بها

#### برك الأوكسدة الطبيعية

شكل (1-7) يوضح بحيرات الأوكسدة الطبيعية





## ➤ النوع الأول:- البحيرات اللاهوائية

- لا تعتمد البحيرات اللاهوائية في عملها على نشاط الطحالب أو البكتيريا الهوائية وتدخلها المياه قبل باقي بحيرات الأكسدة وتنشأ لخفض تركيز الأكسجين الحيوي المستهلك بنسبه تتراوح بين (30% ~ 60%)
- كما هو واضح من اسم هذه البحيرات أنه لا يوجد أكسجين ذائب في المياه خلال العمق الكلي لها وتعمل هذه البحيرات كأحواض تحليل مكشوفة يزيد فيها نشاط البكتيريا اللاهوائية في تحليل المواد العضوية ويقل بدرجة كبيرة نشاط البكتيريا الهوائية
- يفضل إلا تمكث المياه فيها فترة أكثر من (5 أيام) حتى لا تتحول إلى بحيرات مترددة
- ينتج من التحلل اللاهوائي للمواد العضوية في هذه البحيرات الغازات الكريهة الرائحة والسامة والتي تحمل معها إلى سطح المياه بعد المواد العالقة وتجعلها في صورة مواد طافية على سطح البحيرة (خبت) تكون مرتعا للذباب ومصدرا للروائح الكريهة وقد يكون لهذه الطبقة الطافية على السطح فائدة وحيدة وهي عزل درجة حرارة الطقس خارج البحيرة عن المياه داخلها وخصوصا في وقت الليل مما يحافظ على مياه البحيرة دافئة ويزيد من نشاط البكتيريا داخل البحيرات ليلا

## ✚ أسس تصميم البحيرات اللاهوائية:-

- مدة المكث للمياه في هذه البحيرات من (3~5 أيام)
- عمق المياه في هذه البحيرات من (2.5 ~ 5 متر) شاملا عمق الرواسب التي ستحدث داخل البحيرة حيث يعتمد عمق الرواسب على معدل الترسيب داخل البحيرة و على مدة تخزين الرواسب فيها
- معدل تجميع الرواسب على قاع البحيرة (0.030 ~ 0.040 م<sup>3</sup>/فرد/سنة)
- يلزم تفريغ البحيرة من الرواسب عندما يبلغ عمق الرواسب فيها (50%) من عمق البحيرة وهذا يكون على فترات تتراوح بين (5 ~ 10) سنوات

- معدل التحميل العضوي الحجمي للأكسجين الحيوي المستهلك للبحيرات يتراوح من (0.125~0.300 كجم /م<sup>3</sup>/يوم) وفي حال زيادة الحمل العضوي عن (0.400 كجم /م<sup>3</sup>/يوم) تظهر الروائح الكريهة
- معدل التحميل العضوي السطحي للأكسجين الحيوي المستهلك في البحيرات تتراوح من (1000~6000 كجم /هكتار/يوم)

### ➤ النوع الثاني:- البحيرات المترددة

- تسمى هذه البحيرات أيضاً بالبحيرات الاختيارية أو البحيرات الهوائية اللا هوائية وهي توضع في الترتيب بعد البحيرات اللاهوائية مباشرة وتسمى في هذه الحالة بالبحيرات المترددة الثانوية وفي حالة عدم استخدام بحيرات لا هوائية فإن مياه الصرف الصحي الخام تدخل إلى البحيرات المترددة بعد المصافي مباشرة وتسمى في هذه الحالة بالبحيرات المترددة الابتدائية
- يكون عمق البحيرات مقسم إلى طبقتين الطبقة العلوية وهي طبقة هوائية تنشط فيها البكتيريا الهوائية حيث يوجد الأكسجين الذائب في المياه والنتاج من عملية التمثيل الكلوروفيللي التي تقوم بها الطحالب في وجود أشعة الشمس وكذلك الأكسجين الذي يذوب في الماء بالامتصاص من الهواء الجوي من خلال سطح المياه أما الطبقة السفلى وهي طبقة لاهوائية تكون واقعة تحت تأثير النشاط اللاهوائي للبكتيريا ومن هنا سميت هذه البحيرات بالبحيرات الهوائية اللاهوائية
- يختلف العمق النسبي لكل طبقة بالنسبة لعمق البحيرة الكلي تبعا لمجموعة عوامل منها تأثير الرياح وكمية الرواسب المتركمة في القاع ودرجة الحرارة وكثافة أشعة الشمس وخصائص المياه بالبحيرات والحمل العضوي الذي يضاف إلى البحيرة بسبب الطحالب

### ✚ أسس التصميم للبحيرات المترددة:-

- مدة المكث للمياه بالبحيرات من (15 ~ 30 يوم)
- عمق المياه في البحيرات من (1.5 ~ 2 متر)
- كفاءة البحيرات في إزالة الحمل العضوي من (70 ~ 95%)
- معدل التحميل العضوي السطحي للأكسجين الحيوي المستهلك بالبحيرات المترددة يتراوح من (200 ~ 500 كجم/هكتار/يوم)

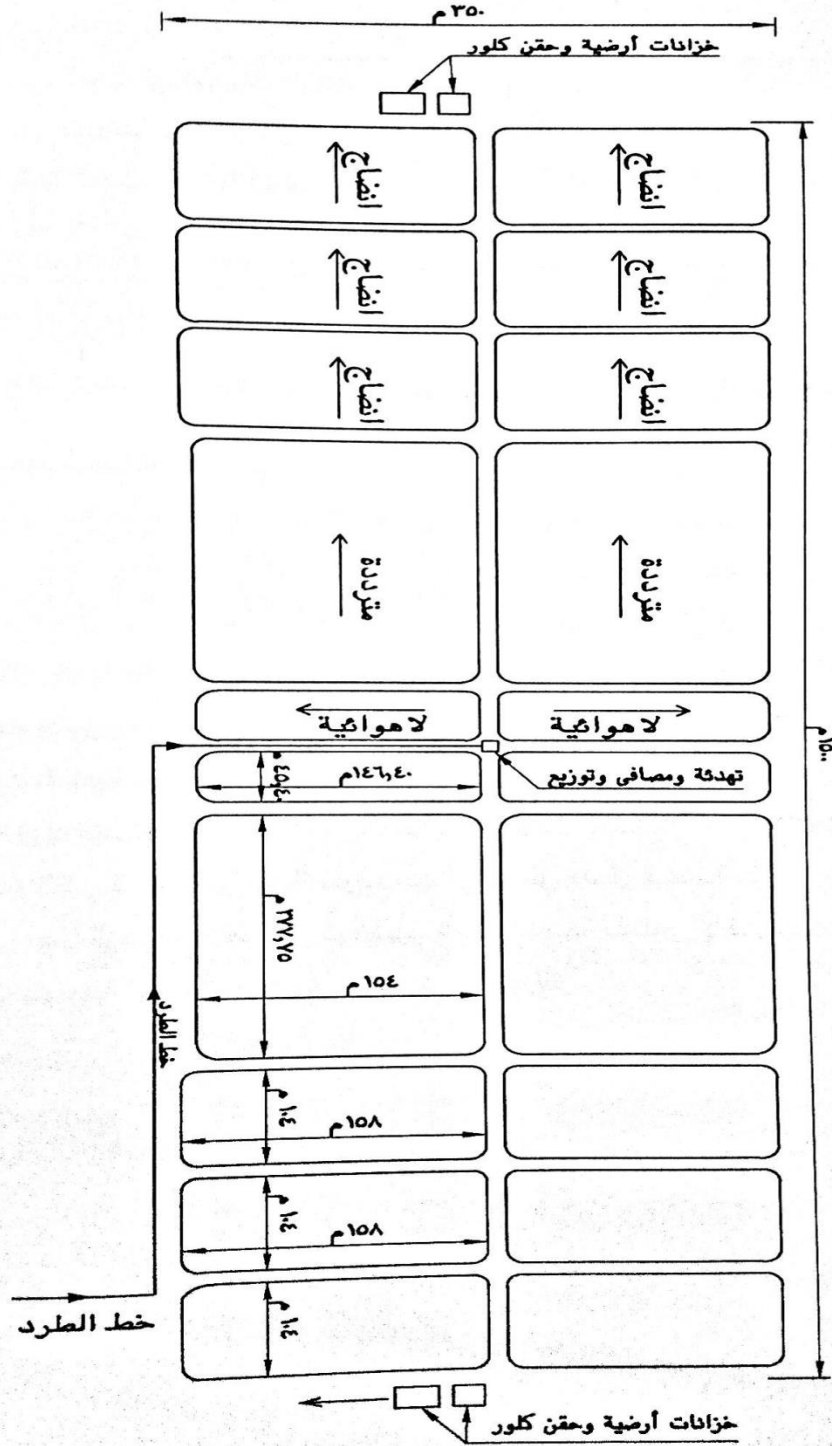
## ➤ النوع الثالث:- بحيرات الإنضاج

- تسمى هذه البحيرات أيضاً ببحيرات إتمام الأكسدة أو بحيرات تحسين الخصائص وهي توضع في الترتيب بعد البحيرات المترددة
- يستخدم هذا النوع من البحيرات لتحسين خصائص المياه من الناحية الكيميائية والبكتريولوجية وخاصة البكتيريا الضارة والجراثيم والعفن والفيروسات والحيوانات وحيدة الخلية ولتقليل نسبة المواد العالقة كما أنها تخفض ولو بدرجة صغيرة من الأوكسجين الحيوي المستهلك للمياه
- تعتبر هذه البحيرات هوائية حتى ولو زاد عمقها ليصل إلى 3 م وعلى العموم يكون عمقها أقل من البحيرات التي تسبقها حيث يزداد معدل القضاء على البكتيريا الضارة بفعل أشعة الشمس كلما قل عمق المياه في هذه البحيرات ويصل هذا المعدل إلى (99.99%) لبحيرات الإنضاج التي عمقها لا يزيد عن (1.5 متر)
- لا بد من استخدام هذا النوع من البرك عندما يستعمل السيب الخارج من البحيرات في الري ولو لمزارع الأخشاب وذلك لتقليل عدد الكائنات الحية الضارة التي في المياه ويرجع هذا التخفيض الذي يحدث في عدد الفيروسات والكائنات الحية الضارة والبكتيريا في هذه البحيرات إلى مجموعة أسباب طبيعية وبيوكيميائية أهمها ما يلي:-

- تأثير أشعة الشمس القاتل على هذه الكائنات الدقيقة
- زمن التخزين الطويل في البحيرات والذي يؤدي إلى ترسيب المواد العالقة بما تحمله من سطحها من الكائنات الدقيقة
- عدم ملائمة الظروف البيئية داخل هذه البحيرات لحياة بعض الكائنات الحية الدقيقة وتأثير بعض الأنواع منها على الأخرى
- نقص المواد المغذية للبكتيريا
- ارتفاع قيمة الأس الهيدروجيني في البحيرات حتى تصل قيمته إلى أكثر من (8) بعد الظهر نتيجة استهلاك الطحالب لثاني أكسيد الكربون من المياه في عملية التمثيل الكلوروفيلي لها مما يؤدي إلى تفكك أيونات البيكربونات والكربونات التي في المياه لتعطي (CO<sub>2</sub>&OH) حيث يستهلك المركب الأول بواسطة البكتيريا بينما أيونات الهيدروكسيد ترفع قيمه ال (PH) للمياه

- أسس التصميم لبحيرات الإنضاج:-
- مدة المكث بالبحيرات من (3 ~ 10 يوم)
- عمق المياه في البحيرة تتراوح من (1 ~ 1.5 متر)

شكل رقم (٢٢-٦): المخطط العام لمحطة معالجة مخلفات سائبة بترك الأكسدة الطبيعية.



هندسة الصرف الصحي

الطيب السادس

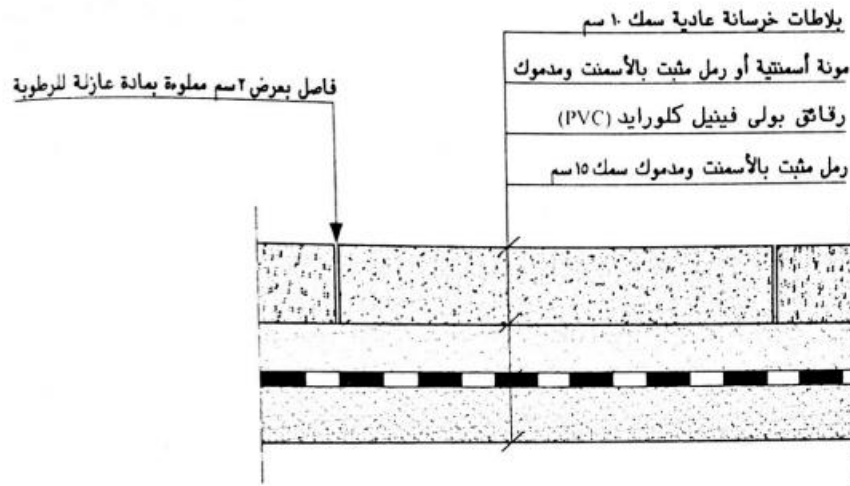
٥٧-٦

## ❖ ملاحظات إنشائية علي بحيرات الأكسدة:-

- تدخل المياه إلى جميع البحيرات بالقرب من القاع أو أعلى من سطح المياه بينما تخرج منها من على السطح عند المنسوب المحدد بواسطة المصمم عن طريق هدارات حرة تدخلها المياه بعد المرور أسفل حاجز رأسي (Scum guard) يقطع سطح المياه مما يمنع خروج المواد الطافية من البحيرات
- تكون الجسور حول البحيرات ذات منسوب أعلى من أعلى منسوب للمياه في البحيرات (Free board) بمسافة (0.5 ~ 1 متر) وذلك لمقاومة حركة المياه والأمواج الناتجة عن سرعة الرياح وتعطي عناية فائقة لإنشاء جسور البحيرات حيث يتم فرشها على طبقات بسمك (20 سم) لكل طبقة مع الدمك الجيد وتغطي أحياناً ببلاطات خرسانة وأسفلت
- يجب دمك قاع البحيرات جيداً مع تبطين كل من القاع والجوانب بطبقة غير منفذة للمياه حتى لا تختلط مياه البحيرات بمياه الخزان الجوفي مما يؤدي إلى تلوثه وتكون البطانة عبارة عن (10 سم) من الطين المضغوط أو خليط روبة مع الأسمنت أو من رقائق البوليفينيل كلورايد (PVC) المحصورة بين طبقتين من التربة النظيفة الخالية من الحصى والدموكة جيداً أو من الرمل المثبت بالأسمنت مع تغطية طبقات الرمل ببلاطات من الخرسانة العادية المصبوبة في الموقع وبأسمنت مقاوم للكبريتات أو بطبقة من كسر الصخور
- يجب إنشاء طريق لخدمة المحطة وعمل جسور بين البحيرات بعرض لا يقل عن (3 م) وكذلك يتم عمل طرق مائلة للوصول إلى قيعان البحيرات اللاهوائية بحيث تكون ذات ميل مناسبة وعروض كافية لنزول معدات ميكانيكية وعربات لإزالة الرواسب من هذه الأحواض بعد تفريغها من المياه كل فترة من (5~10 سنوات) ويفضل عندما يكون القاع مغطى بكسور الصخور أن يتم إزالة هذه الرواسب بطريقة يدوية حتى لا تؤثر المعدات الميكانيكية على بنية البرك

- يكون ميل جوانب جسور البحيرات على الأفقي يتراوح بين (1~2): (1~4) وكلما كان الميول منبسط كانت المقاومة لفعل الأمواج واستقرار الجسور أكثر أمانا

- يجب التأكد من عدم صرف مياه المجازر ومصانع الألبان ومحطات البنزين على شبكة الصرف إلا بعد معالجتها معالجة خاصة لأن هذا يقلل من كفاءة البحيرات في معالجة المخلفات السائلة وعند وصول مخلفات تحتوي على كمية من الشحوم والدهون إلى المحطة يتم إنشاء وحدات خاصة لإزالة الشحوم والزيوت من المياه قبل دخولها إلى البحيرات



شكل رقم (٦-٢٣): قطاع في تبطين قاع وجوانب بحيرات الأكسدة بألواح البوليفينيل كلورايد.

## ❖ مميزات المعالجة البيولوجية ببحيرات الأكسدة:-

تعتبر هذه الطريقة من أنسب الطرق للمدن الصغيرة وكذلك المدن القريبة من المناطق الصحراوية للمميزات التالية:-

- اقتصادية في تكاليف الإنشاء
- سهولة التصميم والتنفيذ
- احتياجات الصيانة والتشغيل لها قليلة بالمقارنة بطرق المعالجة الأخرى
- تستوعب الأحمال العضوية والهيدروليكية المفاجئة
- يمكن الاستغناء عن المرحلة الابتدائية من المعالجة
- الحمأة الناتجة من المعالجة البيولوجية ببحيرات الأكسدة تكون مخمرة حيث يكون قد تم تخزينها في البحيرات اللاهوائية لمدة من (5 ~ 10 سنوات)

## ❖ عيوب المعالجة البيولوجية ببحيرات الأكسدة:-

من أبرز عيوب المعالجة البيولوجية ببحيرات الأكسدة هو احتياجها إلى مساحات كبيرة من الأراضي قد لا تناسب بعض المدن وخاصة عند ارتفاع ثمن الأرض أو عند محاولة اللجوء لاقتطاع مساحة من الرقعة الزراعية كما أنها قد تكون أحياناً مصدراً لتكاثر الذباب والناموس وانتشار الروائح الكريهة ما لم يتم تشغيلها وملاحظتها بالطرق السليمة ولهذا تنشأ هذه البحيرات على مسافة لا تقل عن (1 كيلو متر) من الامتداد العمراني للمناطق السكنية في حين أن الأراضي التي تروى بمائها يجب أن تبعد مسافة لا تقل عن (3 كيلو متر) من الامتداد العمراني للمناطق السكنية ويوجد لها عيب آخر وهو أنها قد تؤدي أحياناً إلى تلوث المياه الجوفية ما لم تعمل الاحتياطات اللازمة لمنع تسربها إلى الخزان الجوفي

## أحواض الترسيب النهائي

### ❖ الغرض منها:-

- ترتيب المواد الصلبة العالقة والتي تم تثبيت جزء كبير منها وأكسدتها في حقول البكتيريا أو المرشحات الزلطية أو المرشحات البيولوجية الدوارة أو أحواض التهوية
- لها فائدة أخرى في حال استخدامها بعد أحواض التهوية وهي إعادة جزء من الحمأة التي تم ترسيبها فيها كحمأة معادة إلى مدخل أحواض التهوية

### ❖ مكوناتها:-

- هي لا تختلف عن أحواض الترسيب الابتدائي التي سبق شرحها ولكن يفضل أن تستخدم الأحواض الدائرية المقطع في أحواض الترسيب النهائي وذلك لكبر التصرف الداخل إليها

### ❖ أسس التصميم لأحواض الترسيب النهائي:-

- عمق المياه في الحوض ( 2.5~4.5متر)
  - قطر الحوض ( 25 ~ 40 م)
  - ميل القاع ( 10/ 1 ~ 15 / 1)
  - معدل التحميل على هدار المخرج ( 100 ~ 150 م<sup>3</sup>/م/يوم)
- مدة المكس ومعدل التحميل السطحي على الحوض كما هو معطى في الجدول



جدول رقم (٦-٢): مدة المكث ومعدل التحميل السطحي لأحواض الترسيب النهائي

نوع العملية السابقة لأحواض الترسيب النهائي	المرشحات الزلطية أو المرشحات البيولوجية الدوارة	أحواض تنشيط الحمأة
مدة المكث	١,٥٠ - ٢,٠ ساعة	٢,٠٠ - ٣,٠٠ ساعة
معدل التحميل السطحي	١٠ - ٢٥ م <sup>٣</sup> /م <sup>٢</sup> /يوم في حالة التصرف المتوسط ٤٠ - ٥٠ م <sup>٣</sup> /م <sup>٢</sup> /يوم في حالة التصرف الأقصى	٢٥ - ٣٥ م <sup>٣</sup> /م <sup>٢</sup> /يوم في حالة التصرف المتوسط ٤٠ - ٥٠ م <sup>٣</sup> /م <sup>٢</sup> /يوم في حالة التصرف الأقصى



## التطهير بالكلور

- تسمى أيضاً باسم الكلورة حيث تكون مياه المجاري التي تم معالجتها ابتدائياً فقط أو عمل معالجة كاملة لها لا تزال ملوثة بالجراثيم والبكتيريا المسببة للأمراض ولا تصلح لتركها تصب في المصارف أو تستخدم في ري مزارع الأشجار الخشبية قبل تطهيرها لقتل الجراثيم والبكتيريا التي بها وخصوصاً في حالة انتشار الأوبئة والأمراض
- تعتبر من أكثر الطرق استعمالاً للتطهير حيث تتميز بالتالي:

✓ سهولة الاستعمال

✓ السعر المناسب

- ✓ سهولة الحكم على مدى الفعالية وذلك بالتأكد من وجود تركيز من الكلور المتبقي بعد فترة من إضافة الكلور للمياه

- عملياً تكون جرعة الكلور المضافة إلى المياه المعالجة ابتدائياً من (20~ 25 مجم/ لتر) بينما تكون جرعة الكلور المضافة للمياه المعالجة ابتدائياً وثنائياً من (8~10 مجم/ لتر)

❖ أماكن إضافة الكلور:-

يتم إضافة الكلور إلى المياه حسب الحاجة إليه في أماكن عديدة من شبكة المجاري أو في محطة معالجة مياه الصرف الصحي وأهم هذه الأماكن ما يلي:

- الأماكن التي تظهر فيها الروائح الكريهة من شبكة المجاري وذلك بهدف التخلص من هذه الروائح حيث يقوم الكلور بأكسدة غاز كبريتيد الهيدروجين كم يقلل من تأثيره الضار في تآكل مواسير الشبكة
- يضاف الكلور عند مدخل محطات المعالجة لقتل البكتيريا اللاهوائية ولإعطاء فرصة للبكتيريا الهوائية للتكاثر بعد مرحلة التهوية الأولية
- إضافة الكلور في محطة معالجة مياه الصرف الصحي عند النقاط التي تظهر في الروائح الكريهة بهدف التخلص من هذه الروائح وكذلك يقلل

عند إضافته من تأثير مياه المجاري في تآكل منشآت وحدات محطة  
المعالجة

- إضافة الكلور في بعض نقاط محطة معالجة مياه الصرف الصحي بهدف قتل يرقات الذباب التي تتولد في بعض مراحل المعالجة
- إضافة الكلور للمياه المعالجة عند مخرج محطة المعالجة في حالة الخوف من انتشار الأوبئة والأمراض لتطهيرها قبل صرفها إلى المصارف أو استخدامها في ري مزارع الأشجار الخشبية مع الاحتفاظ بكلور متبقي لا يقل عن (0.5 جزء في المليون بعد 30 دقيقة من إضافة الكلور)



## المعالجة الثلاثية (الثانوية المتقدمة)

إن المعالجة الثلاثية للمياه الملوثة تعتبر كمعالجة إضافية من أجل تحقيق الأمور التالية :-

- 1- إزالة المواد العالقة الناعمة وتخفيض الـ BOD في المياه المعالجة النهائية.
- 2- تخفيض تراكيز العوامل الممرضة مثل البكتيريا وبيوض الديدان المعوية بحيث يتم تجنب أي ضرر بالصحة العامة الممكن أن ينجم عنها.
- 3- التحكم بالمغذيات ( الفوسفور – النتروجين ) والمواد الصلبة المنحلة (عضوية، لاعضوية ) وإزالتها . وقد ظهرت التأثيرات السلبية لهذه المواد على المصادر المائية المستقبلية ( أنهار – بحيرات ) وأصبحت هذه التأثيرات مشمولة بدراسات علمية وافية ولهذا تم وضع التشريعات التي تحدد مواصفات المياه المعالجة المطروحة للمصادر المائية مما يضمن سلامة هذه المصادر والمحافظة عليها

## تسلسل القرارات المتخذة أثناء اختيار أسلوب معالجة المياه الملوثة

### 1 الخيار الأول :- هل شبكة الصرف ضرورية؟!

هنا وبحال وجودها فهل تعمل بشكل جيد وهل المياه السطحية المستخدمة للشرب ملوثة وهل النظام الموجود جيد كفاية بحيث يؤمن حماية للصحة العامة وهل إنشاء خطوط جديدة للمجاري سوف ينقل المشكلة من المدينة إلى قرب المجري المائي.

### 2 الخيار الثاني:- هل المعالجة ضروري؟!

من وجهة النظر البيئية ولحماية المصادر المائية فإن القول الشائع في منطقتنا إذا لم يكن بإمكاننا تحمل الكلفة الباهظة لمحطات المعالجة فإنه على الأقل يجب تأمين معالجة أولية للمياه الملوثة ، خير من القاءها دون معالجة.

### 3 الخيار الثالث:- هل المعالجة الأولية ملائمة ( تخفض BOD5 بمقدار 35% و SS بمقدار 65% )؟!

ماهي المنافع التي ستجنى إذا ما تجاوزت المعالجة مرحلة المعالجة الأولية وماهي قدرة المصادر المائية المتاحة على تحمل الملوثات وهل سيتم إتباع هذه المرحلة الأولية بمعالجة إضافية عند ازدياد الحمولات العضوية والهيدروليكية

➤ بدائل المعالجة الأولية :-

- 1- برك التثبيت.
- 2- خزانات أمهوف مع أحواض تجفيف الحمأة.
- 3- المعالجة الأولية التقليدية(مصافي- مصائد الرمال-أحواض الترسيب الأولية- معالجة الحمأة).

4 الخيار الرابع:- هل المعالجة الثانوية ملائمة ( والتي تحقق معالجة بمعدل 90% )؟!

إن مياه المجاري في منطقتنا قوية وتبلغ حوالي

( SS 600 mg/L , BOD 500 mg/l ) وهذا يعني أن تخفيض التلوث بمعدل 85% فإن الملوثات ستبقى بعد المعالجة الثانوية بحدود 50 الى 60 ملغ/ل، وهنا وبشكل واضح يظهر التساؤل التالي ماهي الحاجة لأجل معالجة أكثر .

ومرة ثانية نسأل ماهي الفوائد التي ستجني ، لمن ولماذا ، وعلى الأقل يجب أن يكون هناك تباطؤاً في الزمن ولا داعي للعجلة عند اتخاذ أي قرار دون دراسة معمقة لنواتج المعالجة الثانوية وإمكانية استيعاب المجرى المائي لنواتج المعالجة

إن الجانب المالي يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار عند التجروء على الأقدام إلى معالجة أعمق لأن الكلفة تزداد بشكل سريع جداً لأجل المعالجة المتقدمة بينما ستكون الفوائد والمنافع شبه معدومة فمثلاً للحصول على معالجة بمعدل 40% فإن تكلفتها تكون 10% من الكلفة الكلية وللحصول على معالجة ( 40 - 90 ) فإن الكلفة تبلغ 100% وللحصول على معالجة ( 90 - 95 ) فإن الكلفة تبلغ 200% وللحصول على 1% فوق 95% فإن الكلفة تزداد بمقدار 40% من الكلفة عند 95% أي تتضاعف الكلفة بشكل كبير جداً كلما كانت المياه النهائية عالية المواصفات.

➤ البدائل الشائعة للمعالجة الثانوية :-

- 1- برك التثبيت.
- 2- خزانات أمهوف متبوعة بمرشحات حجرية.
- 3- المعالجة الثانوية التقليدية ( مصافي - مصائد رمال - ترسيب أولي - عمليات بيولوجية - ترسيب ثانوي - معالجة الحمأة ) . ويمكن أن تتضمن العمليات البيولوجية : الحمأة المنشطة أو المرشحات الحجرية.
- 4- الأقراص البيولوجية الدوارة.

## 5 الخيار الخامس:- هل المعالجة المتقدمة ضرورية ( فوق 95%)!؟

يجب أن نسأل نفس الأسئلة ولكن مع معايير أكثر صراحة ومبررات قاسية جداً .  
في هذا المجال من المعالجة فإن الكلفة الرئيسية والتشغيلية سوف تزداد مع  
إضافة كل 1% من المعالجة بشكل فعال بينما ستزداد الفوائد بشكل نسبي .

➤ البدائل المتاحة للمعالجة الثانوية المتقدمة :-

- 1- برك تثبيت مع سعة تخزين كبيرة.
- 2- التهوية المطولة ( زمن تهوية 24 ساعة ).
- 3- خنادق الأكسدة.
- 4- نظام الحمأة المنشطة التقليدية مع زمن تهوية طويل.
- 5- النظام الرابط : وهو يجمع بين المرشحات الحجرية والحمأة المنشطة وهو نظام فعال جداً

## المراجع

- 1- الكود المصري لأسس تصميم وشروط تنفيذ محطات تنقية مياه الشرب والصرف الصحي ومحطات الرفع المجلد الثاني أعمال المعالجة (الصرف الصحي)
- 2- دليل المتدرب البرنامج التدريبي فني تشغيل صرف صحي وظائف ومكونات محطة معالجة مياه الصرف الصحي والشبكات
- 3- هندسة الصرف الصحي – الاستاذ الدكتور / . علي عبد الرحمن محمد جاد أستاذ الهندسة الصحية والبيئية – كلية الهندسة - جامعة اسيوط