جمهورية العراق
وزارة التربيـــــة
المديرية العامة للتعليم المهني

العلوم الصناعية

محطات وشبكات ومعالجة المياه

الصف الثاني

تأليـــــــــف

أ.د. حسن علي عمران
أ. ساطع محمود الراوي
أ.د.ثائر شريف خيون
م.م.ايهاب ناجي عباس
المهندسة سعدية كصاب ساكت

الطبعة الاولى
1434هـ - 2012م

مقدمة

لقد ظهرت في كثير من دول العالم المتقدم مناهج حديثة في جميع فروع العلم ،وطرائق تدريسية جديدة، أثرت في العملية التعليمية في المدارس والجامعات، وأحدثت تطوراً جذرياً في جميع المناهج التدريسية، وعليه أصبح من الضروري أن يلتحق العراق بهذا الركب وأن يسارع في العمل لتطوير مناهج التعليم وأساليبه، واستحداث تخصصات جديدة وخاصة في مجال شبكات معالجة المياه ومحطاتها التي تؤدي دوراً طليعياً في إرساء دعائم الحضارة والمدنية، إذ إن هنالك علاقة طردية بين احتياجات التنمية الصناعية، والمدنية، والتكنولوجية، والاقتصادية، والبيئية بصفة خاصة، وبين مناهج التعليم الصناعي.

شُكلت لجنة مختصة من قبل المديرية العامة للتعليم المهني لإعداد كتاب العلوم الصناعية ـ المرحلة الأولى ـ لطلبة إعداديات الصناعة تخصص محطات المياه وشبكاتها، كمساهمة جزئية منها في ضمن خطة شاملة لإنشاء تخصصات مهنية جديدة، تواكب النهضة العلمية والتكنولوجية التي يعيشها العالم اليوم.

ينقسم الكتاب الى قسمين :

أولاً: محطات تصفية المياه والتي تتضمن ثلاث أبواب .

الباب الأول يتناول أهمية المياه –مشاريع المياه – الطلب على المياه – مضخات الرفع الواطئ والرفع العالي- ومعايير المياه .

اما الباب الثاني فيتضمن وحدات التصفية السائدة مثل الترسيب التمهيدي – المزج السريع والبطيء – الترسيب - الترشيح – الخزن - التعقيم .

واشتمل الباب الثالث والأخير على الاعمال التكميلية في مشاريع المياه والتعرف على معايير المياه الصالحة للشرب.

ثانيا: محطات معالجة مياه الصرف الصحي وتتضمن أربعة أبواب .

الباب الرابع مدخل الى الصرف الصحي والباب الخامس المعالجات التمهيدية لمياه الصرف الصحي والباب السادس المعالجات الثانوية والمعالجات المتقدمة.

فضلاً عن إعطاء أسئلة مختلفة في نهاية كل فصل ليتمكن الطالب بمساعدة مدرسي المادة من فهم المادة العلمية بشكل أكبر، واستيعاب التخصص بصورة علمية وفنية صحيحة، ومن ثم يكون قادراً على المهام الفنية التي سوف يُكّلف بها مستقبلاً من الأعمال الفنية في محطات تصفية المياه وتعقيمها ومحطات معالجة المياه الصرف الصحي .

ندعو الله عز وجل أن نكون قد وفقنا في جهدنا بإعداد هذا الكتاب، وسنكون شاكرين لكل الأخوة المعنيين بهذه المادة إذا ما رفدونا بملاحظاتهم وآرائهم عن مضمون الكتاب مع شكرنا واعتزازنا بالجميع.

والله الموفق.

المؤلفون

الباب الأول

محطات تصفية مياه الشرب

الأهداف

الهدف العام:

يهدف هذا الباب إلى التعرف على مشاريع المياه ومعايير مواقعها

الأهداف الخاصة:

نتوقع أن يكون الطالب قادراً على أن:

- المعرفة بمصادر المياه .
- المعرفة بمشاريع المياه ومعايير مواقعها.
- المعرفة باستخدامات المياه .
- المعرفة باستهلاك المياه والطلب عليها .
- المعرفة الغرض من محطات تصفية المياه .

الفصل الاول

مصادر المياه

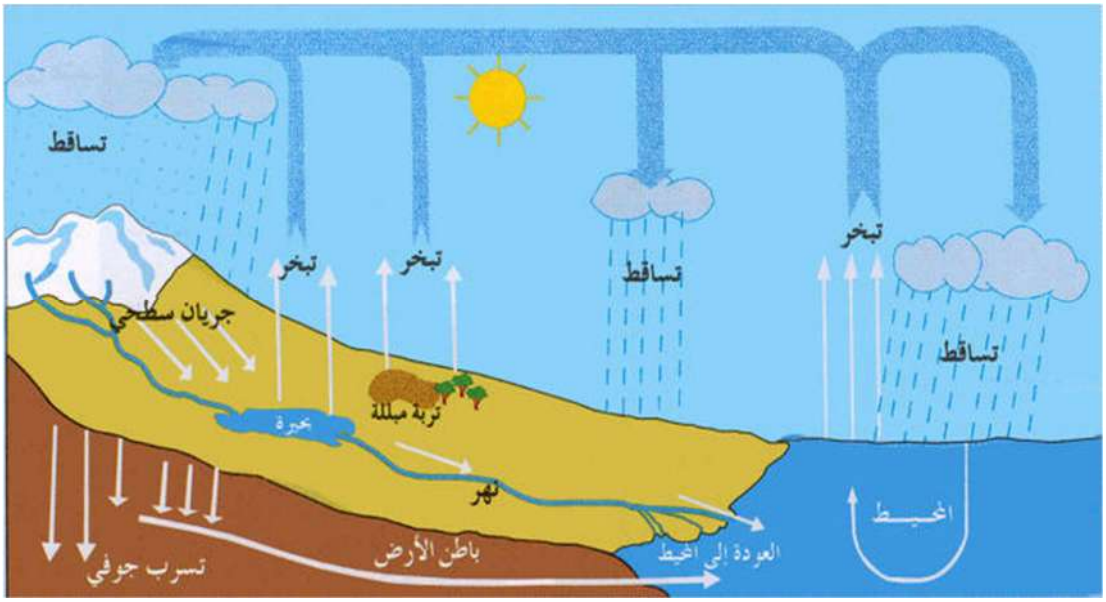
المقدمة

1-1: أهمية المياه

تعد المياه العنصر الرئيسي للحياة وذلك لأنها تدخل في كل مجالاتها ، إن الماء النقي كيميائياً غير موجود في الطبيعة وحتى ماء المطر الذي هو الشكل الأكثر نقاء من مياه الطبيعة فهو يحوي على تلوثات من الغازات المنحلة فيه كالأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون وبعض الأملاح اللاعضوية ، كذلك المياه الجوفية التي تعد من الناحية البايولوجية أفضل مصدر لمياه الشرب ، فإن كميتها في أكثر البلدان قليلة ولا تكفي للاحتياجات المتزايدة لأغراض الشرب وللأغراض الصناعية . وبالتالي فإن مزيداً من المياه السطحية يجب أن يستعمل لتحضير مياه الشرب والمياه الصناعية بما في ذلك مياه الأنهار والبحيرات والبحار. وهذه المياه تكون عادة ملوثة بشكل واضح وتحتاج إلى تنقية وتعقيم قبل أن تكون مُؤمنة ومناسبة لاستهلاك السكان.

2-1:دورة المياه في الطبيعة

ليس لدورة الماء نقطة إنطلاق، ولكن المحيطات تُعد أفضل مكان لها لتنطلق منها .الشكل (1-1) يوضح هذه الدورة إذ إن الشمس التي تعد المحرك الأساسي لها ، تقوم بتسخين المياه في المحيطات التي تتبخر (تتحول) إلى بخار ماء داخل الجو . وتقوم التيارات الهوائية لمتصاعدة بأخذ بخار الماء إلى الأعلى داخل الغلاف الجوي ، إذ درجات الحرارة الباردة التي تتسبب في تكثيف بخار الماء ، وتحويله إلى سحاب تقوم التيارات الهوائية بتحريك السحب حول الكرة الأرضية ، التي تنمو وتسقط من السماء أمطاراً، ويسقط بعض من هذه الأمطار جليداً، ويمكن أن يتراكم أنهاراً جليدية . وفي ظل الظروف المناخية الحارة يتعرض الجليد إلى الذوبان، خصوصاً عندما يحل فصل الربيع ، وتتدفق المياه المذابة على سطح الأرض ، وتجري بوصفها أمطاراً جليدية مذابة . وتسقط أغلب مياه الأمطار في داخل المحيطات ، أو على سطح الأرض إذ تسيل بوصفها أمطاراً جارية نتيجة للجاذبية الأرضية



الشكل(1-1): مخطط لدورة الماء في الطبيعة

يدخل جزء من مياه الأمطار الجارية إلى مجاري الأنهار ويتحرك باتجاه المحيطات. وتسيل مياه الأمطار السطحية والمياه الجوفية لتشكل مياهاً عذبة في البحيرات والأنهار. ومع أن مياه الأمطار لا تذهب كلها إلى الأنهار إلا أن الكثير منها يتسرب إلى داخل الأرض كلإرتشاح ويبقى جزء من هذه المياه قريباً من سطح الأرض، ويمكن أن يسيل مرة أخرى إلى داخل مجاميع المياه السطحية ثم تنفذ الى باطن الأرض لتشكل مياهً جوفية. وتجد بعض من المياه الجوفية فتحات على سطح الأرض إذ تخرج منها كينابيع من المياه العذبة. وتقوم الجذور النباتية بامتصاص المياه الضحلة، ثم ترتشح من خلال أسطح الأوراق النباتية ، لتعود مـرة أخرى إلى الغـلاف الجـوي . تتسرب بعض من هذه المياه إلى داخل الأرض ، وتتعمق داخلها لتتزود بها الطبقات الصخرية المائية (صخور سطحية مشبعة)، التي تقوم بتخزين كميات هائلة من المياه العذبة لفترات طويلة من الزمن. ومع ذلك تظل المياه متحركة على مدى الزمن ، ويعود بعض منها مرة أخرى إلى المحيطات إذ تبدأ دورة الماء وتنتهي

3-1: مصادر المياه الطبيعية

هناك ثلاث مصادر طبيعية للمياه هي:

1- المياه السطحية.

2- المياه الجوفية .

3- مياه الامطار .

أن هذه المصادر تستخدم لتغذية محطات الإسالة ويتم اختيار المصدر المائي للاستهلاك اعتمادا على عوامل عديدة ، اهمها توفر المصدر وسهولة الحصول عليه فضلاً عن نوعية المياه وكميتها في هذا المصدر .

1- المياه السطحية : وتشمل مياه القنوات والانهار و البحيرات وتمتاز بالصفات الآتية:

* وفرة كمياتها مما يجعلها أنسب وأضمن لسد الاحتياجات .
* تعرضها لعوامل التلوث الشديد ، اذ انها نادراً ما توجد في الطبيعة نقية وصالحة للاستعمال مباشرة من غير معالجة ، لما تحويه من مواد عالقة وذائبة وكثيرمن البكتريا مما يجعلها خطرا على الصحة العامة ومما يوجب تنقيتها قبل استعمالها كمصدر للمياه .

2- **المياه الجوفية :** وتتوفر هذه المياه من مصدرين هما :

- المطر الذي يخترق التربة خلال المسامات أو الشقوق في تكوينات الصخور.
- مياه الانهار والبحيرات والخزانات التي تنفذ خلال التربة الى باطن الارض .

أن هذا المصدر يعتمد على نوعية المياه وعذوبتها وسهولة الحصول عليها

3- مياه الأمطار : أن مياه الأمطار تكون يسرة وملائمة جدا لأغراض الغسيل ولا يمكن أن تستخدم مباشرة لأغراض التجهيز لمشاريع الإسالة من غير أجراء المعالجة عليها

1- 4 : العمليات الجارية على المياه

إن الماء النقي كيميائياً غير موجود في الطبيعة ، كذلك ماء المطر الذي هو الشكل الأكثر نقاء من مياه الطبيعة فهو يحوي على تلوثات من الغازات الذائبة فيه كالأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون وبعض الأملاح اللاعضوية. كما أن المياه الجوفية التي تعد من الناحية البايولوجية أفضل مصدر لمياه الشرب، فإن كميتها في أكثر البلدان قليلة ولا تكفي الاحتياجات المتزايدة لأغراض الشرب وللأغراض الصناعية . وبالتالي فإن مزيداً من المياه السطحية يجب أن يستعمل لتجهيزها لأغراض الشرب والاغراض الصناعية . وهذه المياه تكون عادة ملوثة بشكل واضح وتحتاج إلى تنقية وتعقيم قبل أن تكون مأمونة ومناسبة لاستهلاك السكان. لذلك يجب أن تؤمن تخلصاً للمياه من موادها العالقة وقسم من موادها الذائبة . وأن نؤمن إزالة الطعم والرائحة منها . كذلك يجب إزالة عسرة الماء إن وجدت وإزالة الحديد والمنغنيز وغيرها من المواد التي تزداد تراكيزها عن الحدود المسموح بها للاستعمالات المختلفة للمياه . ويبين الجدول (1.1) عمليات المعالجة المختلفة المستعملة لتنقية المياه.

الجدول (1.1)عمليات المعالجة المستعملة للأغراض المختلفة في تنقية المياه

الصفة	عمليات المعالجة المستخدمة
اللون	*الترويب والترشيح (مع المعالجة بالكربون المنشط) *الأكسدة أحياناً بوساطة الكلور أو الاوزون
العكارة	الترويب والترشيح(يمكن أن يستخدم الترشيح فقط عندما تكون العكارة قليلة)
الطعم والرائحة	*الامتزاز بوساطة الكاربون المنشط *الترويب والترشيح *الكلورة أو المعالجة بالاوزون *التهوية
النحاس والزنك	تختلف طرق ازالتهما حسب طبيعة الشوائب الاخرى الموجودة
الكالسيوم والمغنيسيوم	*الترسيب الطبيعي والكيميائي *عمليات التبادل الأيوني
الحديد والمنغنيز	*الاكسدة والترسيب * عمليات التبادل الايوني
PH	يتم تعديل تركيز الايون الهيدروحيني بزيادة بعض الحوامض أو القواعد مثل هيدروكسيد الكالسيوم أو الصوديوم وحامض الكبريتيك أو الهيدروليك
المركبات الفينولية	استعمال ثاني اوكسيد الكاربون أو الاوزون أو الكاربون المنشط
كبريتيد الهيدروجين	*التهوية في ظروف حامضية * الكلورة أو المعالجة بالاوزون *الترسيب مع أملاح الحديد بشكل كبريتيد الحديديك
ثاني أوكسيد الكاربون	*التهوية * تحويله الى بيكاربونات بزيادة مادة قلوية
الرصاص	يمكن أن يرسب في وسط قلوي
الزرنيخ	*الترويب والترشيح اذ تزال 55% منه *التبادل الايوني
الفلورايد	يمكن أن يرسب مع المغنيسيوم في أثناء عمليات ازالة العسرة

	بزيادة الكلس
الجراثيم	**يتم ازالة الجراثيم من خلال عمليات التعقيم بالكلور أو الاوزون**
النشاط الاشعاعي	**تستخدم عمليات خاصة للتبادل الايوني ، وترويب وترشيح ينفذان بدقة، مع امتزاز بوساطة الكربون المنشط**

5-1: استخدامات مياه محطات التصفية

أن المياه التي تضخ من محطات التصفية تستخدم لأغراض عدة هي :

1- الاستخدامات المنزلية وتشمل الشرب والطبخ والتنظيف والسباحة وسقي الحدائق المنزلية. وأن هذه الاستخدامات تقاس بوحدات اللتر لكل شخص خلال اليوم الواحد .

2- الاستخدامات العامة وتشمل المرافق العامة كالمدارس والمستشفيات والاسواق ودوائر الدولة وغيرها . وأن هذه الاستخدامات تقاس بوحدات اللتر خلال اليوم الواحد.

3- الاستخدامات التجارية وتشمل الفنادق والمجازر ومحلات غسيل الملابس وغيرها . كذلك تقاس بوحدات اللتر خلال اليوم الواحد.

4-المتطلبات الصناعية وتشمل المصانع العامة كافة وتقاس بوحدات المتر المكعب لكل وحدة انتاج صناعية.

6-1 : أهداف مشاريع إسالة المياه

أن مشاريع إسالة المياه تؤمن تخليصها للمياه من موادها العالقة وقسم من موادها الذائبة ، اضافة الى إزالة الطعم والرائحة اللذين قد ينتجان عن امتزاجها ببعض المواد العضوية أو الأعشاب أو نواتج المخلفات الصناعية ، كذلك يجب إزالة عسرة الماء إن وجدت وإزالة الحديد والمنغنيز وغيرها من المواد ذات الكميات الأكبر مما هو مقبول لأغراض استعمال المياه . كما تؤمن هذه المشاريع تخليص المياه من كل الجراثيم والميكروبات المسببات المرضية وكافة من خلال اجراء عملية التعقيم اللازمة لها.

أن أولى العمليات التي تجرى على المياه ، هي عملية التخلص من المواد العالقة بفعل قوة الجاذبية الأرضية من غير زيادة مواد كيميائية والتي تسمى بالترسيب الطبيعي ، أو مع اضافة المواد الكيمياوية وتسمى بالترسيب الكيمياوي. ثم تليها عمليات الترشيح التي تتضمن ازالة

المواد العالقة الدقيقة وتتخللها عمليات ازالة المواد الذائبة . وتختم العمليات بالتعقيم والتي يتم من خلالها التخلص من جميع الملوثات واخراج المياه بمواصفات متطابقة مع متطلبات منظمة الصحة العالمية .

أسئلة الفصل الاول

س1: كيف تتم دورة المياه في الطبيعة ؟

س2: ماهي مصادر المياه الطبيعية ؟

س3: أذكر العمليات التي تستخدم لتنقية المياه ؟

س4: ماهي استخدامات مياه محطات التصفية ؟

الفصل الثاني

مشاريع المياه

1-2 : مقدمة

تشغل المياه نحو ثلاثة أرباع سطح الكرة الأرضية ، فيما يُعد اقل من 1% فقط من هذه الكمية صالحا للشرب، ويحتاج إلى معالجة دقيقة قبل استخدامها بشكل آمن .وبسبب احتواء المياه أنواعاً متعددة من الجراثيم و الكائنات الدقيقة ، يعتقد العلماء أن (80 %) من الأمراض في البلدان النامية يعود سببها إلى المياه الملوثة و انعدام الإجراءات التي تساهم في تطهيرها و تعقيمها.

تحوي المياه السطحية على نسبة قليلة من الأملاح مقارنة بالمياه الجوفية التي تحوي على نسب عالية منها ، وهي بذلك تعد مياه يسرة (غير عسرة) ، اذ تهدف عمليات معالجتها بصورة عامة إلى إزالة المواد العالقة التي تسبب ارتفاعاً في نسبة العكارة وتغيرا في اللون والرائحة ، وعليه يمكن القول أن معظم طرق معالجة هذا النوع من المياه يقتصر على عمليات الترسيب والترشيح والتطهير . وتتكون المواد العالقة من مواد عضوية وطينية ، كما تحتوي على بعض الكائنات الدقيقة مثل الطحالب والبكتيريا .وبالنظر لصغر حجم هذه المكونات وكبر مساحتها السطحية مقارنة بوزنها فإنها تبقى عالقة في الماء ولا تترسب . اذ يتم استخدام عمليات الترويب ثم الترسيب والترشيح ، إذ تستخدم بعض المواد الكيمائية لتقوم بإخلال اتزان المواد العالقة وتهيئة الظروف الملائمة لترسيبها وإزالتها خلال أحواض الترسيب .ومن المواد المستخدمة في عملية الترويب مادة الشب . ويتبع عملية الترسيب عملية ترشيح باستخدام مرشحات رملية لإزالة ما تبقى من الرواسب

2-2 تسلسل الوحدات في مشاريع المياه

تتضمن محطات تصفية المياه عدد من الوحدات التي تتولى اجراء العمليات الفيزياوية والكيمياوية والبايولوجية على المياه الخام الداخلة لها لغرض تحويلها الى مياه صالحة للاستهلاك البشري وذات مواصفات متطابقة مع متطلبات منظمة الصحة العالمية.

أن اولى الوحدات التي تحتويها هذه المحطات هي المأخذ الذي تولى سحب المياه من المصدر المائي الى محطة التصفية . ثم أحواض الترسيب التي تكون بمرحلة أو مرحلتين حسب تركيز

المواد العالقة الموجودة في المياه اذ تتولى هذه الأحواض ازالة المواد العالقة . بعد ذلك تنقل المياه الى مرحلة الترشيح التي تتولى ازالة ما تبقى من المواد العالقة زيادة على العمليات الكيمياوية لإزالة المواد الذائبة . تأتي بعد ذلك عملية تعقيم المياه للتخلص من الملوثات فيها ثم وحدة ضخ المياه الى شبكات التوزيع الى المدن.

3-2 مآخذ المياه

تتعرض مصادر المياه إلى تغيرات كبيرة في كمية التدفق ودرجة الحرارة ، وبما أن الغرض من مآخذ المياه هو تأمين وصول المياه من القنوات أو الأنهار أو البحيرات إلى محطات التصفية، فإن عناصر المأخذ يجب أن تصمم لكي يتم سحب التدفق المطلوب على الرغم من كل التغيرات الطبيعية في كمية الماء ونوعية ودرجة حرارته .

يتألف المأخذ من فوهة ذات مصفاة إذ تكون سرعة الدخول أقل من (0.15 م\ثانية) وذلك لحماية المضخات من الأسماك وبعض المواد الصلبة. زيادة على أنبوب نقل يلائم التدفق ثم بئر تضخ منه المياه إلى محطة التصفية.

عند تحديد موقع المأخذ فإنه يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار التغيرات المحتملة في مستوى الماء ومتطلبات الملاحة والتيارات المحلية وإمكانية الحت والترسيب وتغيرات نوعية المياه المكانية والزمانية ، وأخيراً كمية المواد الطافية عند فوهة المأخذ .

تتعرض مجمعات المياه إلى تغيرات واسعة في العمق وبالتالي وفي حالة إمكانية حصول تغير في المنسوب فيجب أن تسمح عناصر المأخذ بالسحب على مدى واسع من المنسوب وتكون نهاية أنبوب الامتصاص من مجمع المياه مرتفعة عن القاع ولا تسحب المواد الصلبة المترسبة ، مع الأخذ نعين الاعتبار أن الماء في قاع الخزانات قليل الأكسجين المذاب وكثير المواد العضوية ولا يفضل سحب ماء كهذا .

كما أن مآخذ البحيرات يجب أن تكون قدر الإمكان بعيدة عن مواقع التلوث زيادة عن الأخذ بعين الاعتبار تأثير التيارات والرياح على حركة الملوثات. وفي جميع الحالات يجب منع كل مصادر التلوث بالقرب من المأخذ وخاصة إلقاء النفايات المنزلية والصناعية وذلك لمسافة (500 م) بعكس اتجاه التيار و (150 م) مع اتجاه التيار وذلك بالنسبة إلى المآخذ الكبيرة و (150 م) بعكس اتجاه التيار و (100م) مع اتجاه التيار بالنسبة إلى المآخذ الصغيرة.

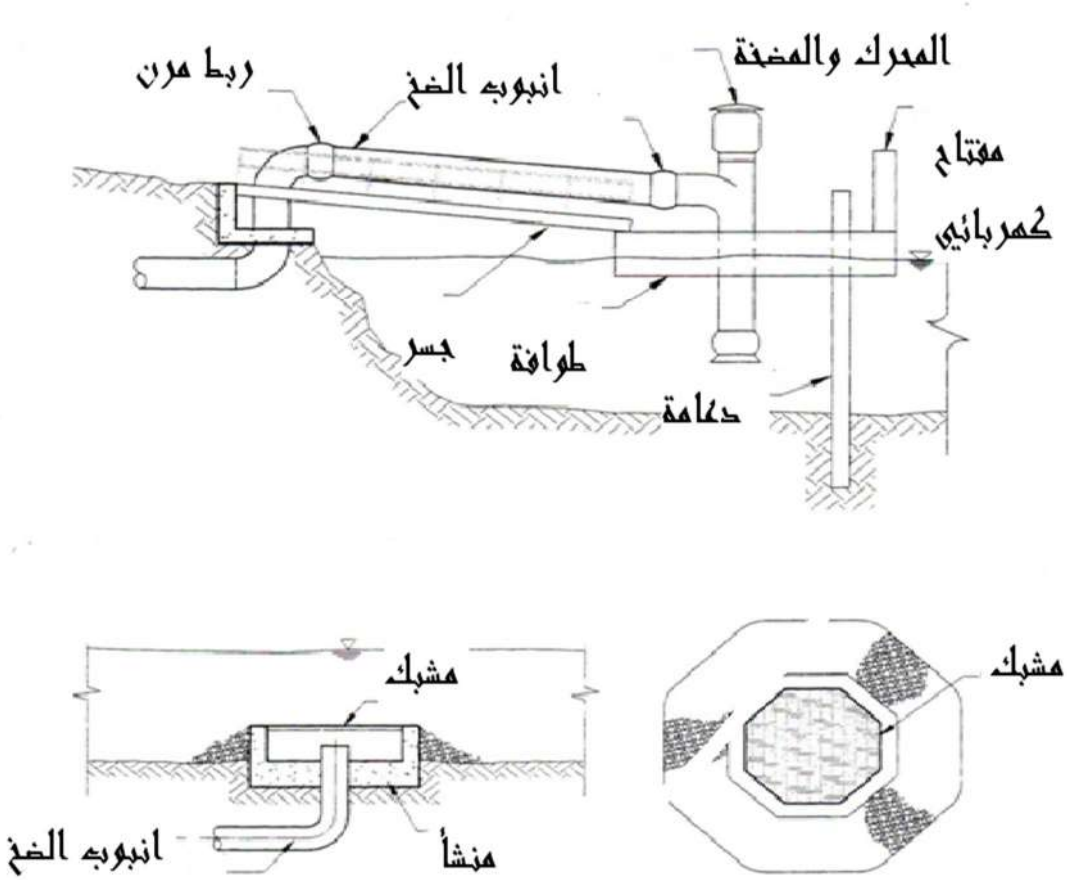
وتحسب عادة غرفة الامتصاص لمدة بقاء للمياه فيها تتراوح بين (5-10 دقيقة) كما يمكن أن تعمل أمام هذه الغرفة مصفاة بشكل مجموعة قضبان متوازية المسافات بينها (25-50 ملم) .

2-4- انواع منشآت مآخذ المياه:-

2-4-1-: مآخذ طافية (Floating Intakes)

تكون هذه المآخذ رخيصة الكلفة وهي ملائمة في سحب المياه من مصدرها والذي يكون في موقع ذي جيولوجية غير ملائمة وكذلك وجود تذبذب قليل في مستويات سطح المياه او اعماق المياه.

أن هذا النوع من المآخذ يحوي على منشأ طافٍ على سطح المياه، مضخات، مصافي، اقفال، مفاتيح كهربائية وتروس ومعدات اخرى. أن المنشأ يربط الى جوانب النهر بوساطة جسر يقوم بحمل انبوب تصريف المياه الخام وخطوط الكهرباء. شكل (2-1).



شكل(2-1): مأخذ طافي ومأخذ غاطس وعلى التوالي.

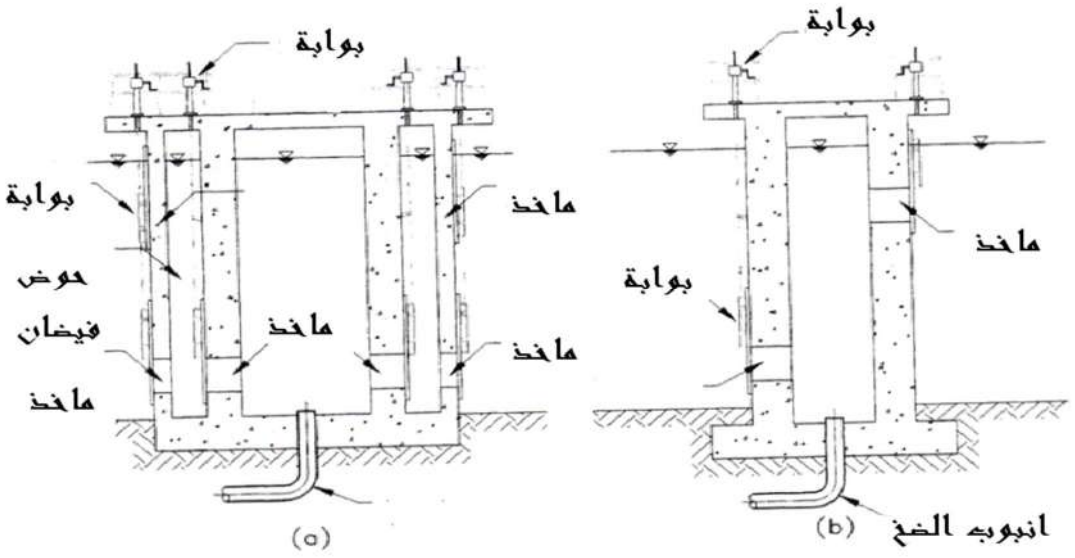
2-4-2 : مأخذ غاطس (Submerged Intakes) :-

يستخدم المآخذ الغاطس لسحب المياه من مجاري المياه أو البحيرة والذي يتغير فيها مستوى المياه بنسبة قليلة ويحوي المنشأ لهذه المأخذ على صندوق كونكريتي لإسناد انبوب السحب الداخل للمنشأ.

أن انبوب السحب يضخ أما في حوض يقع على جانب مصدر المياه والذي يكون مجهزاً بمحطة ضخ أو الى نظام أيصال المياه بوساطة الجاذبية الارضية. أن قمة فتحة المأخذ تغطى بالحديد المغلون أو أية مادة اخرى مناسبة إذ يمكن أن يلحق بهذا المنشأ مصافي للمياه. وكذلك عند وجود مياه ذات رواسب كبيرة فان المأخذ يصمم على ان تكون فتحة دخول المياه اعلى بنحو من (1-2) متر فوق قاع المصدر المائي. شكل (2-1)

2-4-3-: مأخذ على شكل ابراج (Tower Intakes)

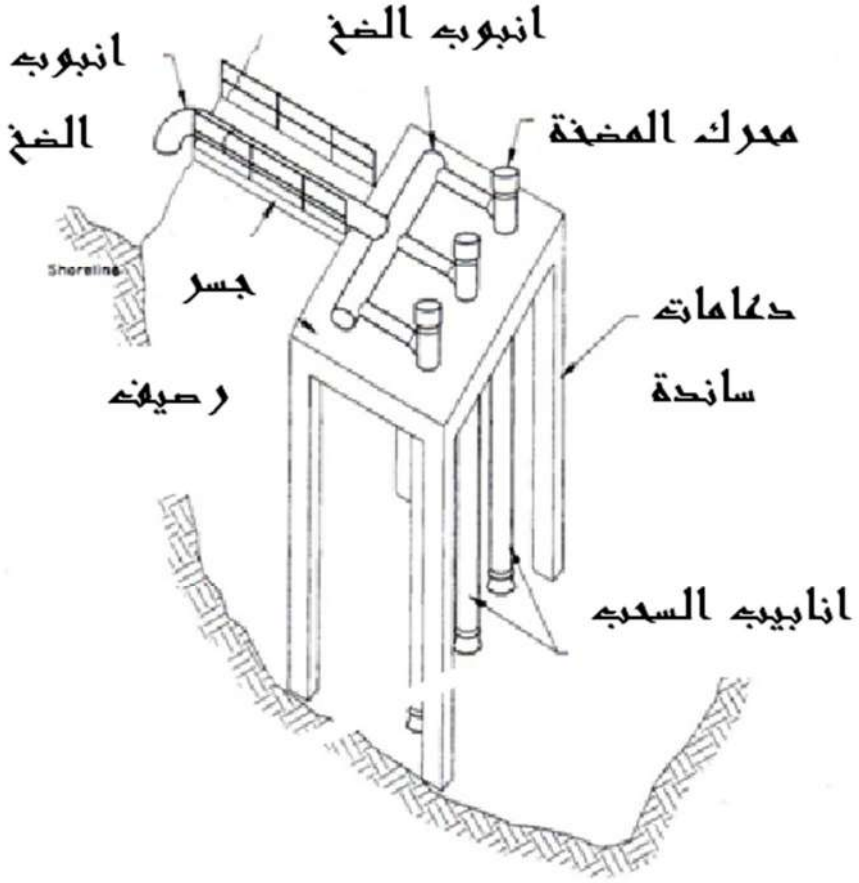
يستخدم هذا المأخذ في المشاريع الكبيرة على الانهار أو الخزانات والتي يكون فيها تذبذب مستوى المياه بنسبة كبيرة. وتنشأ بالقرب من جانب النهر ويلحق بها جسر للمشاة مع وجود فتحات للبوابات مسيطر عليها وتوضع بمستويات متعددة في المنشأ وذلك للسماح بدخول الكمية المناسبة من المياه. شكل (2-2)



شكل(2-2): مآخذ على شكل ابراج.

2-4-4: مأخذ ذو دعامات (Pier Intakes) :

يستخدم هذا المأخذ في البحيرات والانهر التي يكون فيها عمق المياه منخفض جداً. في هذا النوع من المأخذ، يستخدم منشأ مصنوع من الحديد او رصيف كونكريتي يجلس على دعامات حديدية او خرسانية. وكذلك فأن الرصيف تسند عليه المضخات، والانابيب، والاقفال والمعدات الكهربائية. يلحق جسر بالمنشأ ويقوم بربط الرصيف الى جانب النهر. شكل (2-3).



شكل(2-3): مآخذ ذات دعامات.

5-2 : العوامل المؤثرة في اختيار موقع المأخذ

عند اختيار موقع مأخذ المياه لمحطات الإسالة يجب مراعاة النقاط الآتية:

1- يجب أن يكون المأخذ في مكان لا يوجد فيه تيار سريع قد يؤدي الى الاضرار به مسببا توقف تجهيز المياه الى المحطة .

2- يجب أن تكون الارض قرب المأخذ ثابتة ويكون الجزء الذي يقع فيه مستقيما لمنع التآكل والنحر في أكتاف النهر .

3- يجب أن يكون الطريق الى المأخذ خاليا من العوارض.

4- يجب أن يكون أنبوب دخول الماء في اسفل سطح الماء لغرض منع دخول المواد الطافية . كذلك لمنع دخول المواد العالقة قرب القاع ، يجب أن يكون انبوب دخول الماء في أعلى من قاع الجسم المائي .

5- لتجنب التلوث المحتمل في المأخذ فأنه يجب أن يكون على مسافة مناسبة من الساحل .

6- يجب أن يكون موقع المأخذ في مقدم تيار الماء بالنسبة للمدينة التي تغذى من النهر(Upstream) وذلك لضمان سحب مياه قليلة التلوث وخالية من فضلات المدينة.

7- يجب أن لا يتعارض موقع المأخذ مع اعمال الملاحة في الممر المائي .

8- يجب أن تكون منشآت المأخذ في موقع بعيد عن خطر الفيضان وفي مأمن من التعرية والترسبات الغرينية .

اسئلة الفصل الثاني

س1) اذكر تسلسل وحدات التصفية في مشاريع المياه .

س 2) ماهي العوامل المؤثرة في اختيار موقع المأخذ ؟

س3) عرف المأخذ وممن يتكون .

س4) اذكر الاهداف التي يمكن توخيها من مشاريع إسالة المياه

س5) اذكر استخدامات المياه الناتجة من محطات التصفية

س6) ماهي مصادر المياه في الطبيعة ؟

الفصل الثالث

الطلب على المياه

1-3: مقدمة

أن المياه التي تنتجها محطات التصفية توزع على عدة استخدامات كما ورد في الفصول السابقة . وأن كمية المياه المنتجة تعتمد على كمية الطلب على هذه المياه . أن الطلب على المياه يعبر عنه بمعدل الاستهلاك اليومي الذي يعتمد على عدد السكان بالنسبة الى الكميات المطلوبة للاستخدامات البلدية ويقاس بوحدات (لتر \ شخص .يوم) . وينطبق ذلك على الاستخدامات العامة فهي ايضا تقاس بالاعتماد على عدد السكان .أما الاستخدامات الصناعية ، فتعتمد كميات المياه المطلوبة على نوع الصناعة .

2.3 : استهلاك المياه

أن استهلاك المياه يقاس كما تم ذكره على اساس المعدل في اليوم الواحد ، أي متوسط الاستهلاك على مدار السنة، اذ أن هذا المعدل يختلف من مدينة لأخرى تبعا لعدة عوامل سيأتي ذكرها لاحقا .

أن استهلاك المياه يتغير في خلال اليوم الواحد تبعا لعدد من العوامل منها مناخية كتغير درجات الحرارة في خلال اليوم وأخرى تتعلق بالمستوى الحياتي للمدينة وطبيعة سكانها والمستوى المعاشي لهم.

لذلك فأن هناك حداً أعلى لاستهلاك المياه والذي يكون في خلال ساعات النهار ، وهناك حد ادنى للاستهلاك يكون خلال ساعات الليل . وتبعا لهذا التغير فأن تجهيز المياه من محطات التصفية أيضا يكون متغيرا خلال اليوم الواحد ويتم معالجة هذا التغير بعدد من الوسائل التي تعتمد على نوع المضخات المستخدمة ونوع منظومة الضخ التي سيأتي ذكرها في الفصول اللاحقة .

3-3: العوامل المؤثرة في استهلاك المياه

أن استهلاك المياه بالنسبة للشخص الواحد يحسب أساس لحساب معدل الطلب على المياه في المجتمع . وأن هذا الاستهلاك يتغير من شخص لآخر بالاعتماد على العوامل الآتية:

1- الموقع الجغرافي والمناخ: اذ يزداد معدل الاستهلاك مع زيادة درجات الحرارة .

2- مستوى الحياة العام : أن ارتفاع مستوى الحياة العام يزيد من معدل استهلاك.

3- حجم المدينة : كلما كبرت المدينة زاد معدل الاستهلاك .

4- نصب مقاييس الماء للمساكن وكلفة المتر المكعب : ويلاحظ انخفاض معدل استهلاك المياه في المدن التي تحوي كافة دورها ومنشآتها على مقاييس المياه . كذلك فأن زيادة كلفة المتر المكعب الواحد من الماء يؤدي الى انخفاض معدل الاستهلاك .

5- انتشار الصناعة في المدينة :اذ أن انتشار الصناعة يؤدي الى زيادة معدل الاستهلاك .

6- خواص المياه : اذ يزداد معدل استهلاك المياه مع تحسن خواصها .

7- الضغط في شبكات توزيع المياه : إذ يزداد معدل استهلاك المياه مع زيادة الضغط في شبكات توزيع المياه .

8- انشاء شبكات مياه الصرف :اذ يؤدي ذلك الى زيادة معدل الاستهلاك .

4-3 تغاير الطلب على المياه

أن استهلاك المياه والطلب عليها يتغير في خلال ساعات اليوم الواحد كما سبق ذكره ، كذلك يتغيرفي خلال ايام الاسبوع وأشهر السنة تبعا للعوامل التي وردت سابقا .

ففي الاشهر الحارة يزداد استهلاك المياه لأغراض الشرب والسقي والسباحة . وفي ايام العطل الرسمية ونهايات الاسبوع يكون الاستهلاك عالياً في اثناء الصباح وقريباً وقت الظهيرة ، بينما يكون قليلاً في اوقات الليل بحسب تغير المتطلبات المختلفة للماء . والجدول (1.3) يبين المتطلبات المختلفة للمياه.

الجدول (1.3): المتطلبات المختلفة للماء

ت	نوع الاستهلاك	الكمية(لتر\يوم)
-1	الاستهلاك المنزلي :	
	- الشرب والطبخ والتنظيف (للشخص الواحد)	30-20
	- الاستحمام لمرة واحدة في خلال اليوم	80-40
	- كسح التواليت مرة واحدة	15-1
	- سقي الحدائق (لكل متر مربع)	2-1
-2	المتطلبات العامة	
	- غسيل الشوارع(لكل متر مربع)	1
	- سقي النباتات والمساحات الخضراء(لكل مترمربع	2
	- المدارس (لكل طالب)	2

	- المستشفيات (لكل سرير)	150-50
	- الاسواق (لكل متر مربع)	5
	- الدوائر (لكل موظف)	2
-3	المتطلبات التجارية	
	- الفنادق (لكل سرير)	150-50
	- المجازر (لكل رأس)	300
	- محلات غسيل الملابس(لكل كغم)	70-40
-4	المتطلبات الصناعية	
	- الفحم (لكل طن)	200-100
	- مصافي النفط(لكل متر مكعب)	20-7
	- الحديد (لكل طن)	20-8
	- الانسجة الصناعية(لكل طن)	400
	- الورق (لكل طن)	600-400
	- السكر (لكل طن بنجر)	17-1
	- الالبان (لكل متر مكعب حليب)	6-2

اسئلة الفصل الثالث

س1: عدد استخدامات المياه .

س2: ماهي العوامل المؤثرة على استهلاك المياه ؟

س3 : اذكر أسباب تغاير الطلب في المياه.

س4 : كيف يمكنك تصنيف متطلبات المياه ؟

الفصل الرابع

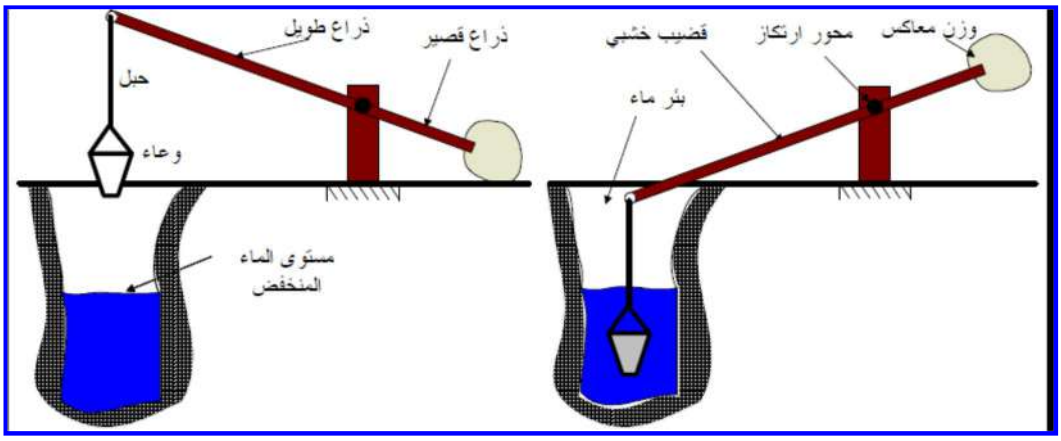
المضخات Pumps

1-4 مقدمة

اعتاد الإنسان على مشاهدة نزول الماء من أعلى إلى أسفل ففهم أن ذلك خاضعٌ لقوانين محددة خلقها الله سبحانه وتعالى. إلاّ أنه تعلّم من خلال تجاربه أن رفع الماء من أسفل إلى أعلى يحتاج إلى بذل جهد إما يدوياً أو عن طريق الاستعانة بآلة تحتاج في عملها إلى طاقة الحيوان أو الوقود.

ولقد حاول الإنسان على مر العصور الافادة من الماء بشتى الطرق وفي مجالات متعددة منها الشرب والري وكافة الصناعات القائمة عليه كعنصر أساسي. وبالنظر لحاجة الإنسان إلى الماء تتطلب نقله من مكان إلى آخر أو رفعه من مستوى منخفض إلى مستوى مرتفع ، فقد بدأ باختراع آلات رفع الماء التي تعمل يدوياً أو باستخدام الحيوان أو آلياً.

وتعد آلة الشادوف من أقدم ما استعمله الإنسان لرفع الماء من الآبار بطريقة توفر عليه جهداً كبيراً. ويبين الشكل (1.4) طريقة عمل آلة الشادوف التي تتكون من قضيب خشبي طويل يرتكز قرب نهايته على محور ثابت في كتلة خشبية متينة إذ يكون حر الحركة حول محوره. كما يثبت بإحدى طرفي القضيب (جهة الذراع الطويل) حبل في نهايته وعاء بينما يثبت وزن معاكس في نهاية طرف الذراع القصير ليجعل أرجحة القضيب الخشبي حول محوره سهلة ولا تتطلب جهداً كبيراً.



الشكل (1.4) آلة الشادوف لرفع المياه

ولما ازدادت حاجة الإنسان إلى كميات كبيرة من الماء في الزراعة توصل إلى اختراع آلة الساقية التي تستخدم طاقة الحيوان لإدارتها. أما في وقتنا الحاضر فتُستخدم المضخات لرفع السوائل وتحريكها من مكان إلى آخر، وهي عبارة عن آلة يدور فيها عضو دوار في داخل غلاف محكم فيسحب السائل إلى داخلها ليبذل عليه شغلاً بمقدار طاقة حركته فيختزنه السائل في صورة طاقة تسبب ارتفاعاً في ضغطه وتجعله يخرج مندفعاً من مخرج المضخة.

والأولى بالذكر أن المضخة لا تملك بذاتها رفع ضغط السائل المار بها لأن ذلك يحتاج إلى صب الماء في حيز مغلق، ولكن يستعاض عن ذلك بوجود مقاومة تعاكس جريان الماء. فبينما يتحرك السائل من مدخل المضخة إلى خارجها فإنه يكتسب قدراً من الطاقة، وهو في نفس الوقت يواجه مقاومة لدفعه وتحريكه خلال بقية منظومة المضخة وملحقاتها من أنابيب ووصلات وصمامات فتتحول تلك الطاقة إلى ضغط بمقدار تلك المقاومة.

وبهذا يتحدد ضغط المضخة بمقدار الحمل الملقى على عاتقها زيادة على طاقة الوضع بين مستويي السائل الأدنى والأعلى لسحب المضخة وطردها.

2.4:الغرض من المضخات

أن نحو ثلثي تعداد سكان العالم يرون أنهم في حالة توازن مع مصادر مياههم. ومع ذلك وبمرور السنوات، بحلول عام 2025كما أكد بعض المختصين، فمن الطبيعي نتيجة للتوزيع غير المتكافئ للمياه فسوف يتسبب بعجز في المياه لنحو800 مليون نسمة.

إن وجود شبكة فعالة لإمداد المياه يُعد أساسياً لعملية البناء في كل دولة. ولتحقيق ذلك لابد من أن تضخ المياه من مصادر طبيعية مثل الطبقات الجيرية والرملية من تحت سطح الأرض، أو من الأنهار ثم يتبع ذلك نقل هذه المياه إلى خزانات أو بحيرات طبيعية أو صناعية عبر خطوط من الأنابيب الناقلة لمسافات ثم إلى محطات التصفية إذ يتم تصفية المياه وخزنها ومن ثم ضخها إلى محطات التغذية وشبكات التوزيع لتصل إلى الناس، وذلك لا يتم إلاّ من خلال استخدام المضخات.

3.4: مصطلحات المضخات

1.3.4 معدّل تصريف المضخة (Q) Pump flow rate:

ويطلق عليه التصريف على سبيل الاختصار، ويعرف بأنه حجم الماء الذي تعطيه المضخة في ثانية واحدة، ويقاس بوحدات(متر مكعب لكل ثانية). ويمكن تقديره عملياً بقياس الزمن اللازم لملء حجم معين من الماء الخارج من المضخة ثم قسمة الحجم على الزمن.

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{---------- (4-1)}$$

فيكون : Vهو حجم السائل بوحدة($م^3$).

t: هو الزمن بوحدة (ثانية).

2.3.4السرعة Velocity (v):

هي المسافة التي تقطعها نقطة ما من السائل في زمن قدره ثانية واحدة، و تقاس بوحدات (متر لكل ثانية)، و يمكن حسابها من القانون الآتي:

$$V = \frac{Q}{A} \quad \text{---------- (4-2)}$$

فيكون : Q هي تصريف المضخة بوحدات ($م^3$\ ثانية)

A : هي مساحة مقطع الجريان بوحدة ($م^2$) وتحسب من العلاقة $A=(\pi/4)d^2$ في حالة الأنبوب الدائري المقطع.

وعلى ذلك يمكن حساب قيمة السرعة كالاتي:

$$v=1.273 \frac{Q}{d^2} \quad \text{---------- (4-3)}$$

فيكون : d هو قطر الأنبوب بوحدات (م).

3.3.4 الضغط Head (H):

هو ارتفاع عمود الماء عند مستوى معين، و يقاس بوحدة m (متر). كما يطلق أيضا على ارتفاع عمود الماء المناظر لطاقة الماء (طاقة الارتفاع+ الطاقة الحركية + طاقة الضغط) عند نقطة معينة.

$$H= h+ \frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} \quad \text{----------(4-4)}$$

فيكون: h هو شحنة الارتفاع.

g هو التعجيل الأرضي

ρ يمثل الكثافة النسبية

p\ρ g يمثل شحنة الضغط.

v^2\2g تمثل شحنة السرعة.

4.3.4 شحنة السحب الاستاتيكي (h_{ss}) Static suction head:

هي المسافة الرأسية بين السطح الحر للماء في البئر و مركز المضخة، كما يتضح من شكل (2.4)، و يرمز له h_{ss}.

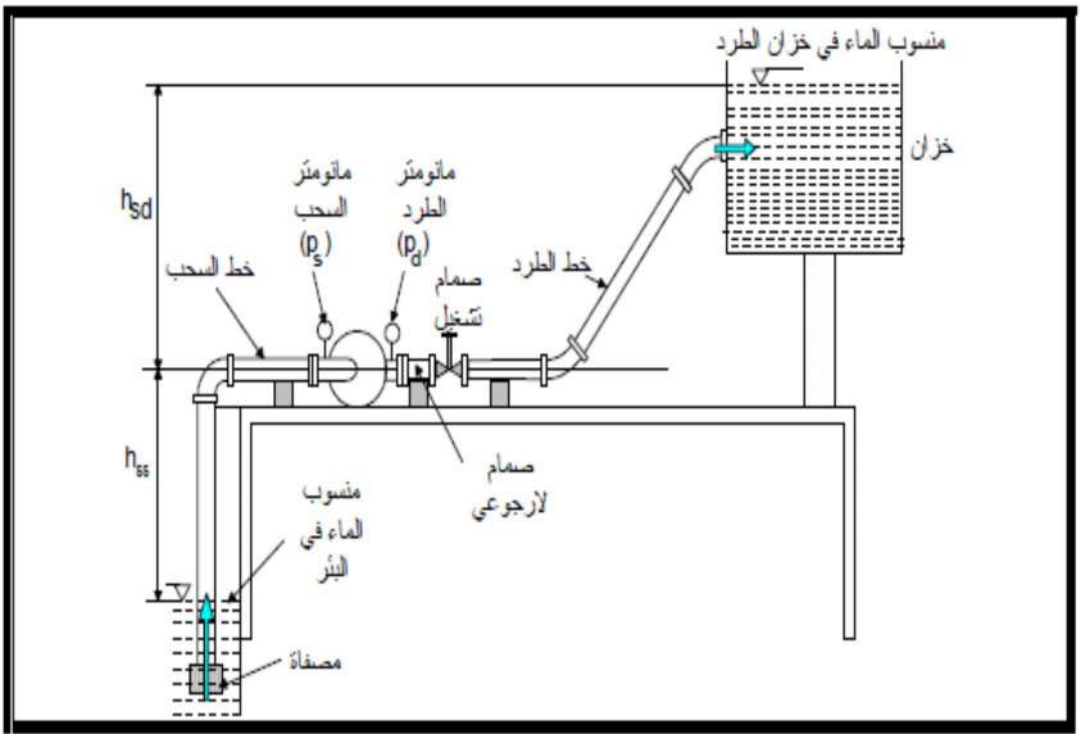
5.3.4 شحنة الطرد الإستاتيكي (h_{sd}) Static discharge head:

هي المسافة الرأسية بين السطح الحر للماء في خزان الطرد ومركز المضخة، كما يتضح من الشكل (2.4)، و يرمز لـ h_{sd}.

6.3.4 الشحنة الإستاتيكية الكلية (h_{ts}) Total static head

هي المجموع الجبري لكل من شحنتي السحب والطرد.

$$h_{ts}=h_{ss}+h_{sd} \quad \text{----------(4-5)}$$



الشكل (2.4) منظومة مضخة طاردة مركزية

7.3.4:شحنة الاحتكاك (h_f) Friction head:

وهي فقدان الضغط بالاحتكاك في خلال جريان الماء في مسار معين سواء في خط السحب أم الطرد ويعبر عنه بوحدة المتر.

يصنّف هذا الفقدان على نوعين أساسيين هما فقدان الضغط في الأنابيب وفقدان الضغط في الوصلات (مثل المشتركات والصمامات وغيرها). ويمكن حساب قيمة فقدان الاحتكاك في الأنابيب من المعادلة الآتية:

$$h_{f,p}=f \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g} \quad \text{----------(4-6)}$$

فيكون : f هو معامل الاحتكاك ويعتمد على نوع الجريان وخشونة الأنبوب.

L هو طول الأنبوب بوحدات (م).

d هو قطر الأنبوب بوحدات (م).

V هي سرعة الماء داخل الأنبوب بوحدات (م\ثانية).

كما يمكن حساب فاقد الاحتكاك في الوصلات من المعادلة الآتية:

$$h_{f,s}=k \frac{v^2}{2g} \quad \text{----------(4-7)}$$

فيكون : k هو ثابت الاحتكاك في الوصلة أو الصمام

8.3.4 شحنة ضغط المضخة Pump head (h_p)

المجموع الجبري للسمت الاستاتيكي الكلي وسمتي الاحتكاك في كل من خطي السحب والطرد.

$$h_p=h_{ss}+h_{sd}+h_{f,s}+h_{f,d} \quad \text{---------- (4-8)}$$

9.3.4 قدرة ضخ الماء Water pumping power (P_w):

هي طاقة الوضع التي يكتسبها تصريف معين من الماء Q لرفعه مسافة معينة (h_p)، ويعبّر عنها بوحدة (kW) وتحسب كالتالي:

$$P_w= \gamma Q h_p \quad \text{---------- (4-9)}$$

فيكون : γ هي الوزن النوعي للماء ويساوي 9800 نيوتن\م^3

10.3.4 قدرة المضخة الفرملية Pump brake power (P_b)

هي القدرة اللازمة لتشغيل المضخة، وهي تزيد عن قدرة ضخ الماء بمقدار الاحتكاك في داخل الأجزاء المتحركة بالمضخة.

11.3.4 كفاءة المضخة (E_p) :Pump efficiency

هي نسبة قدرة ضخ الماء إلى القدرة الفرملية.

$$E_p = \frac{P_w}{P_b} \quad \text{---------- (4-10)}$$

وهي تعبّر عن مدى الافادة من طاقة المضخة في ضخ الماء.

12.3.4شحنة السحب الصافي الموجب (NPSH) Net positive suction head:

عندما تركب مضخة فوق مستوى سطح الماء بارتفاع معين فإن ضغط الماء عند مدخل المضخة يصبح أقل من الضغط الجوي. فاذا صادف أن تساوت قيمة هذا الضغط مع ضغط تبخر الماء المناظر لدرجة حرارته فإنه يتحول إلى بخار، وعندئذ لا تستطيع المضخة أداء عملها بطريقة صحيحة إذ إن وجود فقاعات بخار الماء وسط الماء تجعل دوران المضخة مضطرباً. تسمى هذه الظاهرة بظاهرة التكهف Cavitations، وغير مرغوب في حدوثها لأنها تحدث اهتزازات خطيرة وتسبب تآكل معدن المضخة كما تقلل من جريان الماء وكفاءة المضخة. ويمكن تجنّب حدوث هذه الظاهرة بتقدير أقصى عمق آمن لسطح الماء في أسفل المضخة والذي يسمى بشحنة السحب الصافي الموجب ويمكن حسابه من المعادلة الآتية:

$$NPSH = \frac{p_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_f - h_s \quad \text{---------- (4-11)}$$

إذ: p_a هو الضغط الجوي المطلق بوحدات (نيوتن\م^2).

P_v هو ضغط تشبع الماء المناظر لدرجة حرارته عند مدخل المضخة بوحدات (نيوتن\م^2).

ولضمان تشغيل آمن للمضخة يجب أن نحافظ على قيمة معينة لشحنة السحب الصافي الموجب والذي يعتمد على تصميم المضخة نفسها فضلاً عن ظروف التشغيل. لذا يزود صانع المضخة المشغل بمعامل تجريبي يسمى معامل التكهف (σ_c) الذي يمكن عن طريقه احتساب أقصى ارتفاع آمن للمضخة عن مستوى سحب الماء.

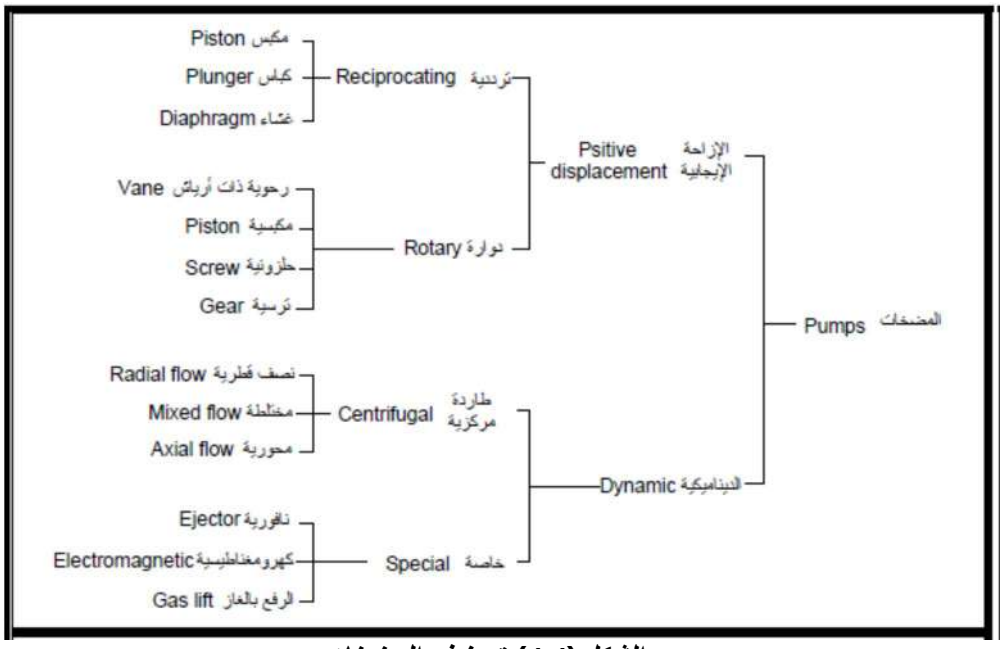
$$\sigma_c = \frac{NPSH}{h_p} \quad \text{---------- (4-12)}$$

$$(h_s)_{max} = \frac{p_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - \sigma_c h - h_f \quad \text{----------(4-13)}$$

4.4 تصنيف المضخات Pumps Classification

يوجد تصنيفان رئيسيان للمضخات ويتم تعريفهما طبقاً للمبدأ الأساسي للتشغيل. والتصنيفان هما المضخات الديناميكية Dynamic pumps ومضخات الإزاحة Displacement pumps. والشكل (4.4) يبين أقسام كل من المضختين.

وتجب الإشارة إلى أن هناك فرقاً جوهرياً بين مضخات الإزاحة الإيجابية والمضخات الديناميكية يكمن في أن النوع الأول يعطي حجماً محدداً من السائل في فترة معينة ثم يتوقف خروج السائل لفترة أخرى في أثناء دورة تشغيل واحدة، بينما تعطي المضخات الديناميكية تصريفاً مستمراً للسائل.



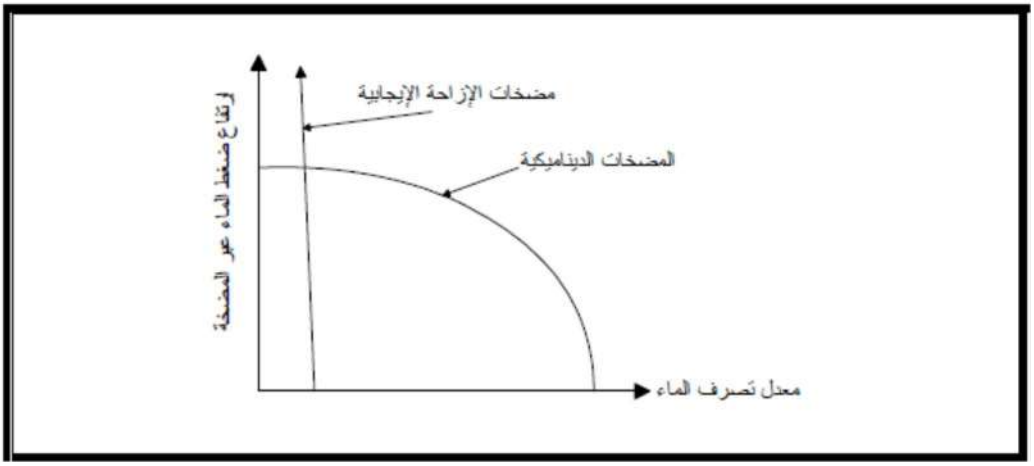
الشكل (4.4) تصنيف المضخات

1.4.4مقارنة بين مضخات الإزاحة الإيجابية والمضخات الديناميكية

1-تعطي المضخات الديناميكية معدلات تصريف عالية (حتى 400 000 لتر\ دقيقة) وذلك على حساب ضغط معقول للماء الخارج من المضخة ، بينما تعطي مضخات الإزاحة ضغوطاً عالية (نحو300 بار) عند معدلات تصريف منخفضة (قد يصل إلى 25 لتر\ دقيقة).

2- تحتاج المضخات الديناميكية إلى عملية تحضير لكي تمتلئ بالماء قبل بدء تشغيلها بينما تتميز مضخات الإزاحة بأنها ذاتية التحضير في كثير من التطبيقات.

3-يختلف أداء مضخات الإزاحة عن المضخات الديناميكية تماماً كما يتضح من الشكل (5.4) ، إذ يعتمد الارتفاع في ضغط الماء عبر مضخات الإزاحة على أبعاد المضخة وسرعتها ولا يتأثر كثيراً بمعدل تصريف الماء بينما يتأثر الضغط كثيراً بمعدل التصريف في حالة المضخات الديناميكية.



الشكل (5.4) مقارنة أداء مضخات الإزاحة والمضخات الحركية

2.4.4 طرائق تصنيف المضخات

يمكن تصنيف المضخات بعدة طرائق، ويمكن التطرق لأهم تلك الطرائق كالآتي:

1-التصنيف هندسياً: وهو التصنيف العام للآلات التوربينية والمضخات وعلى وجه الخصوص يتم التصنيف على أساس شكل الغلاف، وكذلك التصنيف طبقاً لموقع فتحة السحب، مثال ذلك السحب من الجانب أو السحب من أعلى.

2-التصنيف التخطيطي: هذا التصنيف يعتمد على تصميم أو وضع عمود المضخة ومثال على ذلك الوضع الأفقي أو الرأسي أو المائل، وهذا يبين لنا متطلبات التركيب أو التثبيت.

3-التصنيف بالتركيب أو التثبيت: هذا التصنيف مشتق من طريقة تركيب المضخة أو تثبيتها واستعمالها ولكن ليس بالضرورة أن يشمل هذا التصنيف جميع أنواع المضخات.

4-التصنيف طبقاً للسائل المتداول: يوضّح هذا التصنيف مدى قدرة المضخة على تداول نوع أو أنواع خاصة ومعينة من السائل أو المنتج. مثال ذلك المياه أو المياه الثقيلة أو الزيوت أو غيرها من السوائل.

5-التصنيف بمادة أو خامة الصنع: ويصف هذا التصنيف الخامات أو المواد التي يتم تصنيع المضخة منها أو الجزء المبلل من المضخة ومدى ملائمة هذه الخامات للتداول مع السائل الذي يدخل المضخة مثل الكيمياويات النشطة أو سوائل التآكل.

6-التصنيف بوساطة وسيلة الإدارة: يشرح هذا التصنيف الوسيلة التي تدير المضخة ومن أمثلة ذلك المحرك الكهربائي، الإدارة اليدوية، الإدارة المغناطيسية، والإدارة التوربينية، والإدارة من خلال عمود.

8-التصنيف بالغمر (المضخات ذات التشغيل المغمور): المضخات التي من هذا النوع لها أهمية كبيرة في مبرر تصنيفها الذي ينطبق على طبيعة عملها فيما إذا كانت مغمورة في السائل المراد تداوله. ويمكن من خلال هذه الطريقة تقسيم المضخات على تصنيفات مختلفة طبقاً لطبيعة عمل كل مضخة ومن أمثلة ذلك الآبار العميقة.

4-5أنواع المضخات Pumps types

يمكن تقسيم المضخات الرئيسية التي تستخدم لنقل المياه (وحقن المياه) بحسب رفعها للماء على الآتي:

1- مضخات ضغط منخفض (ارتفاع التسليم أقل من600 متر).

2- مضخات ضغط متوسط (ارتفاع التسليم مساويا600 متر).

3- مضخات ضغط عالي (ارتفاع التسليم أعلى من 600 متر).

والحل الاقتصادي لوحدة الضخ يمكن الوصول إليه عن طريق استخدام المضخات ذات المدخل المزدوج والتي تتألف من مرحلة إلى ثلاث مراحل (Stages) ويحدد عدد المراحل بحسب نوع التصميم.

وفي هذا الأسلوب يمكن رفع السرعات المطلقة نحو 40% أعلى من تلك التي للمضخات الأحادية المرحلة مع وحدة علو السحب الموجب الصافي NPSH المعينة الخالية من الخطر الناتج من تلف التكهف ونتيجة لذلك فإن المضخات التي لها أبعاد أصغر يمكن الحصول عليها بميزات تشغيل مثل الوزن الأقل (ويكون سعر الشراء والتكاليف أقل). وهذه الأنواع من المضخات ملائمة بصفة خاصة لمعدل الضغط المنخفض والمتوسط كما أن أغلفتها تكون مشقوقة عند خط المحور.

ومضخات الضغط العالي التي تصمم أغلفتها وتكون حاوية على شقوق عند خط المنتصف ،فتكون قواعد تصميمها محكومة بالحجم والضغط وتشوه المفاصل الرابطة التي على الأغلفة المشقوقة من عند خط المنتصف والفراغ المطلوب لمسامير التثبيت كل هذا يفرض اختيار الأغلفة المشقوقة رأسياً.

وفيما يأتي أهم أنواع المضخات والمستخدمة على مجال واسع في محطات تنقية المياه ومحطات المعالجة والأجزاء المكونة لكل منها.

1.5.4 المضخات الطاردة المركزية Centrifugal pumps

تعد المضخة الطاردة المركزية من أنواع المضخات الديناميكية، وتسمى بهذا الاسم لان السائل يندفع من مداخلها إلى مخرجها بوساطة القوة الطاردة المركزية التي يبذلها عضو المضخة الدوار على السائل .تتميز المضخات الطاردة المركزية بالاتي:

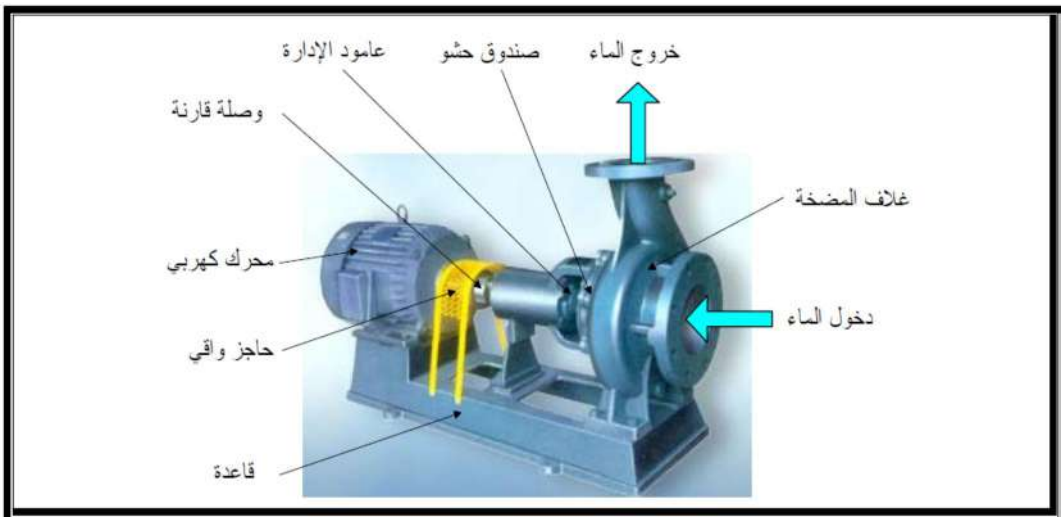
1. سهولة التصميم.
2. رخص الثمن.
3. انخفاض مستوى الضوضاء عند الدوران.
4. انتظام جريان الماء و خلوه من الاضطرابات.
5. انخفاض تكاليف الصيانة.

إن مضخات الطرد المركزي، ومن جانب تصميم العضو الدوار، تصنف على ثلاثة أنواع هي:

1. جريان نصف قطري Radial flow.
2. مختلطة الجريان Mixed flow.
3. محورية الجريان Axial flow.

يتميز كل نوع من هذه المضخات بمدى تصريفه ورفعه للماء إذ تغطي مدى كبيراً من التطبيقات العلمية. يبين الشكل (6.4) منظراً عاماً لمضخة طاردة مركزية نصف قطريه تدار بوساطة محرك كهربائي إذ تتصل أعمدة إدارة كل منهما بوساطة وصلة خاصة تسمى القارن (Coupling).

يدخل الماء من مركز المضخة في اتجاه محورها و يخرج من محيطها في اتجاه نصف القطر مما يميزها بقوة طاردة مركزية عالية تؤدي إلى الوصول إلى أقصى رفع للماء بالمقارنة مع النوعين الآخرين لمضخات الطرد المركزي (المختلطة و المحورية)، إلا أن ذلك ينعكس على مدى تصريف المضخة ذات الجريان النصف قطري الذي يعد اقل من مثيله في المضخات المختلطة والمحوريـــــة. لذا تستخدم المضخة النصف قطرية في التطبيقات التي تستلزم رفع ماء عالي و تصريف منخفض، ويمكن استخدام أكثر من مضخة على التوازي عند الاحتياج إلى تصريف عالي.

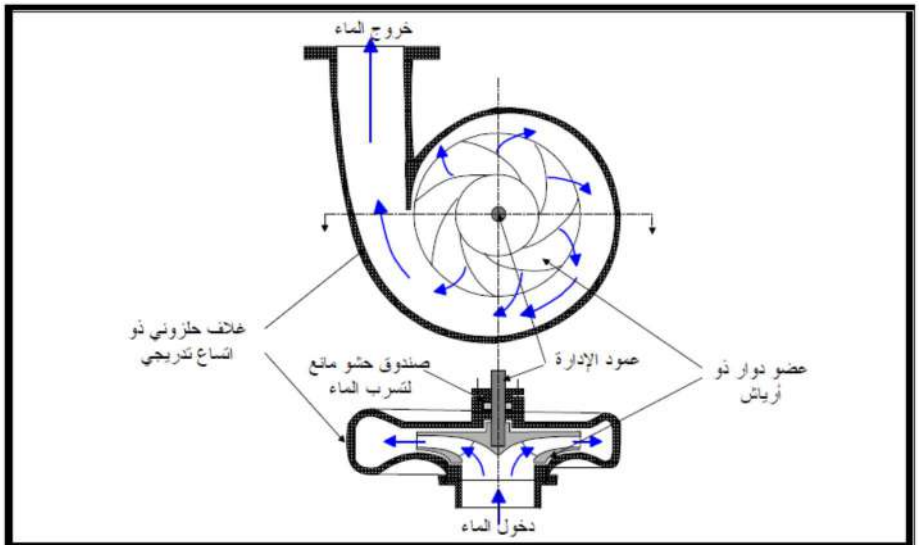


الشكل (6.4) مضخة طاردة مركزية تعمل بمحرك كهربائي

1.1.5.4 تركيب المضخة الطاردة المركزية

تتكون المضخة الطاردة المركزية كما يتضح من شكل(7.4) من عضو دوار Impellerيدور في داخل غلاف محكم Casing يتخذ شكل مجرى حلزوني ذي اتساع متدرج. يتكون العضو الدوار من مجموعة من الريش Blades مثبتة على صرة اسطوانية الشكل بها مجرى طولي يُستخدم لتثبيت العضو الدوار على عمود إدارة المضخة بوساطة خابور.

يركب عمود الإدارة على مجموعة محامل مثبتة في غلاف المضخة ويمتد العمود فيخترق الغلاف من إحدى نهايتيه ليرتبط مع عمود إدارة محرك التشغيل بوساطة قارن .وبما أن عمود الإدارة يخترق الغلاف، لذلك يستخدم صندوق حشو لمنع تسرب الماء من بين العمود والغلاف.



الشكل (7.4) مقطع في مضخة طاردة مركزية

وفيما يلي شرح مبسط لمكونات المضخة الطاردة المركزية.

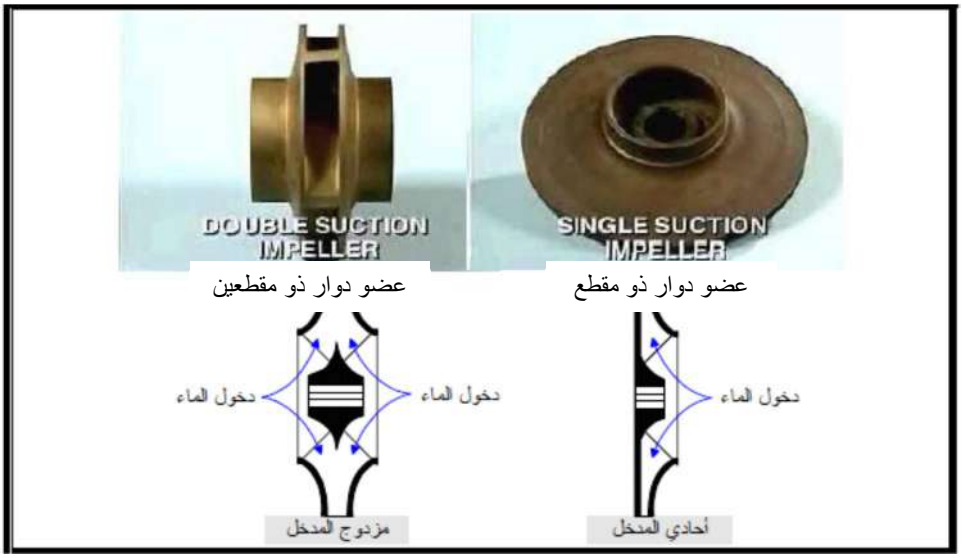
1- العضو الدوار Impeller

هناك ثلاثة أنواع للعضو الدوار، شكل (8.4)، هي من النوع المغلق والنوع المفتوح والنوع نصف المفتوح.

الشكل (8.4) أنواع العضو الدوار في المضخة الطاردة المركزية

يتميز النوع المغلق بكفاءة تشغيل عالية بينما يستخدم النوع المفتوح في حالة وجود رواسب عالقة في الماء. يصنع العضو الدوار غالباً من حديد الزهر وأحياناً من مادة البرونز . والعضو الدوار أما أن يكون أحادي المدخل عندما يدخله الماء من جانب واحد أو مزدوج المدخل عندما يدخله الماء من كلا جانبيه ، كما يتضح من شكل(9.4).

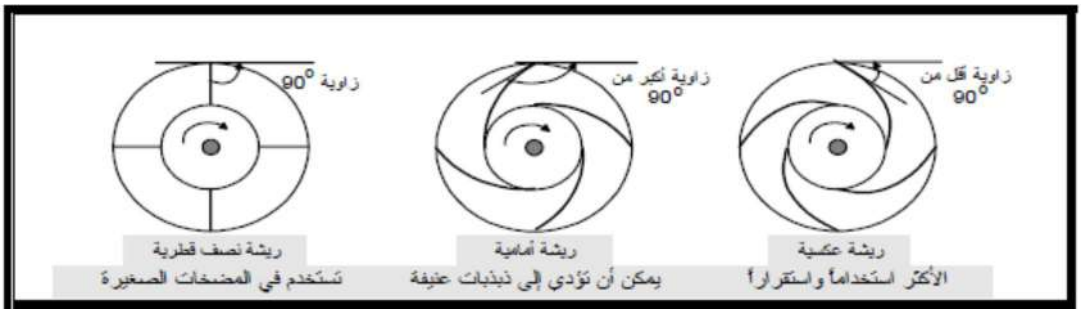
تمتاز المضخات ذات العضو الدوار مزدوج المدخل باتزانها ديناميكياً نتيجة لتعادل دفع الماء على جانبي العضو الدوار، بينما تفتقر إلى ذلك المضخات ذات العضو الدوار أحادي المدخل.



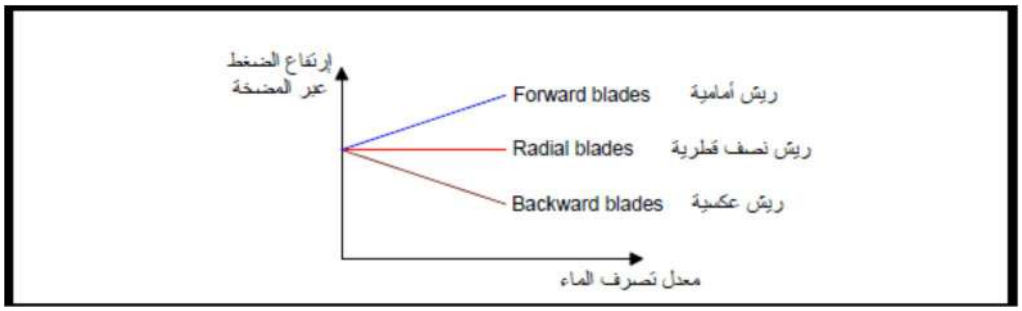
الشكل (9.4) مدخل أحادي وآخر مزدوج للعضو الدوار

وتأخذ ريش العضو الدوار، شكل (10.4)، ثلاثة أشكال رئيسية هي الأمامية و العكسية و النصف قطرية. و تعد الريش العكسية أكثر الأنواع شيوعا في المضخات المستخدمة في مجال الزراعة.

وتؤثر زاوية الريشة تأثيرا مباشرا على الأداء النظري للمضخة كما هو مبين في شكل(11.4) إذ يتضح إن المضخة ذات الريش النصف قطرية لا يتأثر فيها ضغط الماء في خارج المضخة بتغير معدل تصريفه، أما الريش الأمامية فيزداد ضغط الماء مع زيادة معدل التصريف و يبدو ذلك ميزة جيدة إلا أن تشغيل المضخة تصاحبه اهتزازات قوية وحالة عدم استقرار خصوصا في بداية تشغيل المضخة مما يؤثر على عمرها الافتراضي. لذلك تستخدم الريش العكسية بشكل واسع في المضخات بالنظر لاستقرار تشغيلها.



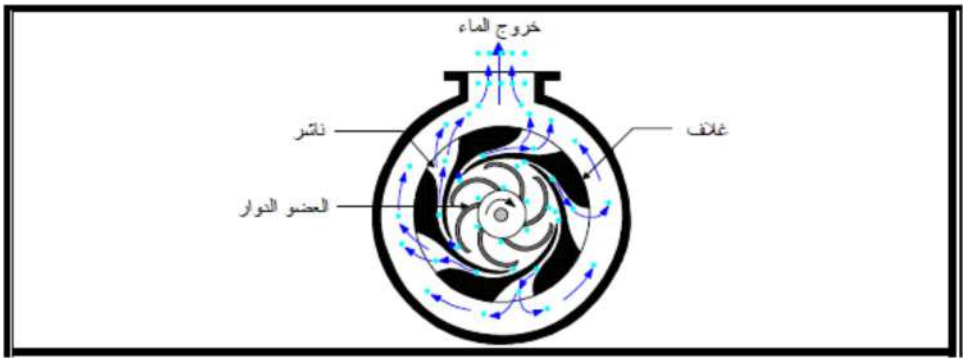
الشكل (10.4) أشكال ريش العضو الدوار



الشكل (11.4) تأثير زاوية ريشة العضو الدوار على أداء المضخة

2- الغلاف Casing

غلاف المضخة عبارة عن غرفة محكمة يدور في داخلها العضو الدوار ولها مدخل لدخول الماء ومخرج لخروجه ويصنع غالبا من الحديد الزهر. ولغلاف المضخة الطاردة المركزية نوعان أساسيان هما الغلاف الحلزوني ذو الاتساع التدريجي والغلاف الناشر.



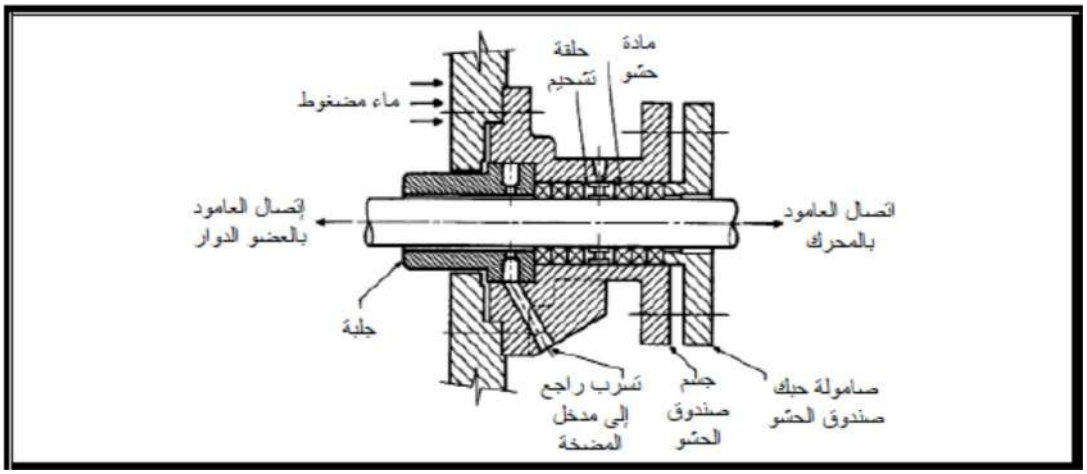
الشكل (12.4) مضخة طاردة مركزية ذات غلاف من النوع الناشر

يأخذ الغلاف الحلزوني شكل اللولب الذي تتسع مساحة مقطعه تدريجياً كلما اقترب من المخرج مما يسبب خفض سرعة السائل ورفع ضغطه، راجع شكل (4-7). يمتاز الغلاف الحلزوني بكفاءته العالية لتحويل الطاقة الحركية التي يكتسبها الماء من حركة العضو الدوار إلى طاقة ترفع ضغط الماء الخارج من المضخة.

أما الغلاف الناشر، شكل (4-12)، فتوجد فيه مجموعة من المجاري ذات الاتساع المتدرج تسمى النواشر تأخذ مكانها بين المحيط الخارجي للعضو الدوار و المحيط الداخلي للغلاف، تعمل على تخفيض سرعة الماء الخارج من العضو الدوار و بالتالي رفع ضغطه. يتميز هذا النوع بقلة فقدان الضغط فيه أثناء تحويل طاقة الحركية إلى ارتفاع في الضغط و ذلك خلال مدى كبير من ظروف تشغيل المضخة، لذا فهو يستخدم في المضخات متعددة المراحل ذات الضغوط العالية.

3- صندوق الحشو Stuffing Box

من البديهي في أثناء تشغيل المضخة يكون العضو الدوار مغمورا تماما بالماء، علاوة على انه يأخذ حركته من عمود إدارة تنفذ إحدى نهايتيه من خلال عمود المضخة، لذا يجب إيجاد وسيلة لمنع تسرب الماء من حول هذا العمود راجع الشكل (7.4).



الشكل (13.4) صندوق الحشو

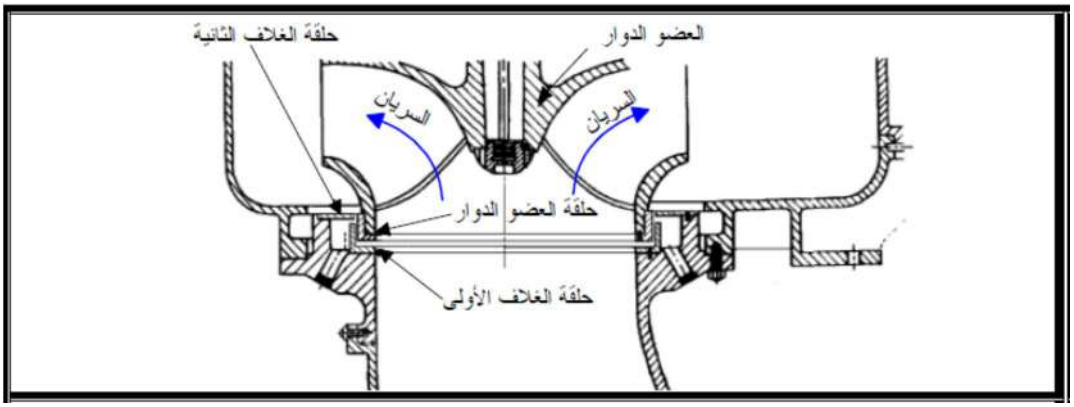
ولمنع التسرب وسائل كثيرة نذكر منها صندوق الحشو الذي هو عبارة عن جسم به تجويف اسطواني بقطر اكبر من قطر العمود الذي يحيط به، تملا مادة الحشو الفراغ بينهما ثم تكبس بوساطة جبلة اسطوانية مقلوظة ،تركب من إحدى نهايته، كما يتضح من الشكل(13.4).

يراعى عند وضع مادة الحشو أن تحشر في مكانها من غير ضغط عالي ثم تربط جبلة الحبك بطريقة مبدئية تسمح بتسرب بعض الماء ثم تشغل المضخة ويعاد ربط جبلة الحبك تدريجيا حتى يتلاشى التسرب، وبذلك نتفادى الضغط الزائد على مادة الحشو الذي يسبب احتكاكا عاليا يؤدي إلى سخونة زائدة في عمود الإدارة.

ولتحسين أداء صندوق الحشو يزيد عليه زيت من خلال حلقة تشحيم تركب في وسط مادة الحشو لتقليل الاحتكاك و من ثم إطالة عمر مادة الحشو.

4- حلقات الحبكWearing Rings

تستخدم حلقات الحبك في المضخات الطاردة المركزية لضمان سهولة دوران العضو الدوار في داخل الغلاف بأقل خلوص لتقليل تسرب الماء. تركب إحدى هذه الحلقات من الغلاف بينما تركب الأخرى مع العضو الدوار وتستبدل عندما تتآكل ويزداد الخلوص بشكل يؤثر على أداء المضخة.
تأخذ هذه الحلقات أشكالا كثيرة متلائم تصميم المضخة و يوضح شكل (4-14) إحدى هذه الأشكال.

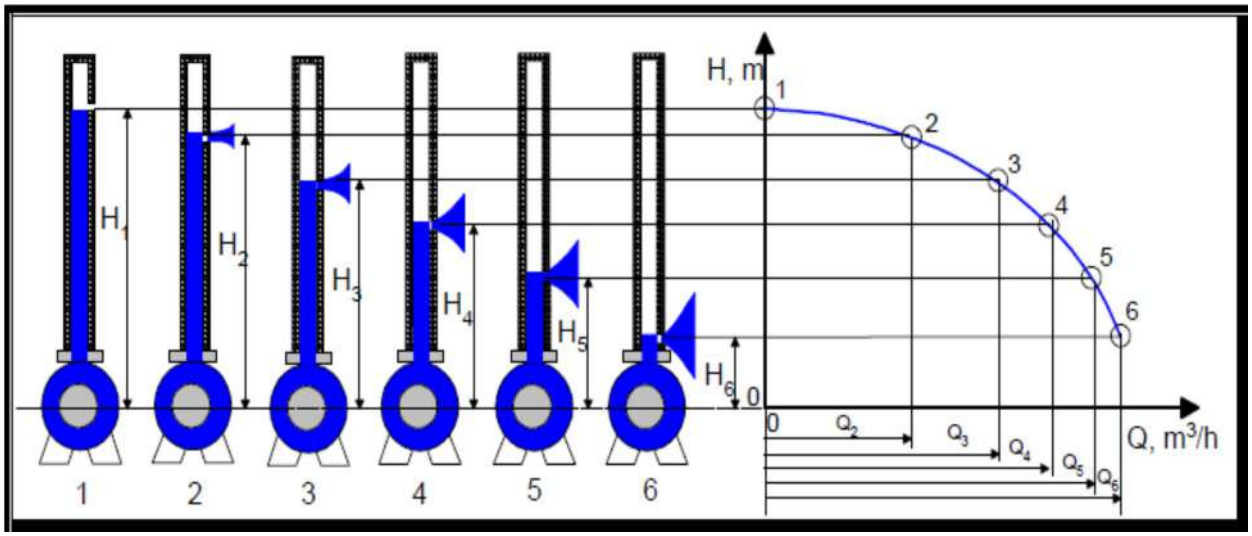


الشكل (14.4) حلقات الحبك للعضو الدوار ولغلاف المضخة

2.1.5.4خصائص المضخة الطاردة المركزية

لكل مضخة مجموعة من العلاقات التي توضح خصائصها وتربط بين متغيرات تشغيلها. وأهم هذه المتغيرات هي تصريف المضخة، وشحنتها، والقدرة اللازمة لإدارتها، وكفاءة تشغيلها وغالباً ما تمثل هذه العلاقات بيانياً في ما يسمى بمنحنيات أداء أو خصائص المضخة.

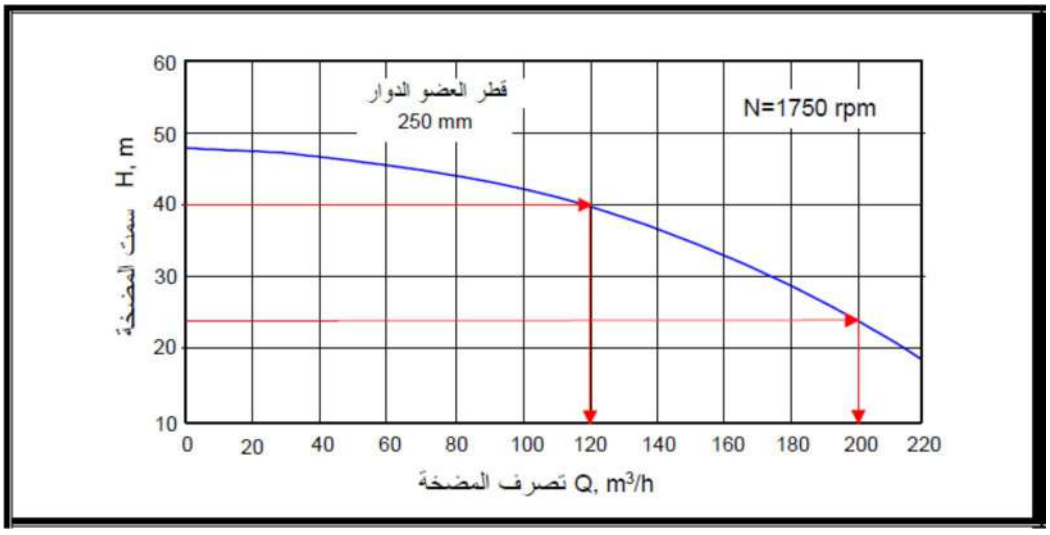
تصور مضخة تسحب الماء من مستوى يوازي مركزها وتطرده في أنبوب رأسي عالي كما مبين في الشكل (15.4). عندما تدور المضخة يرتفع السائل تدريجياً في الأنبوب إلى أن يصل إلى الحد الذي لا يستطيع أن يتجاوزه فيكون ذلك بمثابة أقصى شحنة ضغط تتحمله المضخة. وبالرغم من أن المضخة سوف تستمر في عملها إلا أنها لا تكون قادرة على دفع عمود الماء أعلى من مستواه، لذا يدور الماء فقط حول العضو الدوار بحيث تتساوى طاقة الحركة التي يعطيها للماء مع طاقة وضعه، وبالتالي لا يدخل ماء جديد من خلال المضخة ويكون تصريف المضخة عند أقصى شحنة ضغط لها مساوياً للصفر.



الشكل (15.4) علاقة تصريف المضخة بارتفاع الماء الخارج منها

الخطوة التالية أن نفتح ثقباً في أنبوب الطرد عند مستوى أدنى من الوضع السابق ليتدفق منه الماء، فتكون شحنة ضغط المضخة أقلّ عما كانت عليه في الحالة الأولى، كما يتضح من الوضع (2). وكلما جعلنا الثقب أكثر انخفاضاً كلما زاد تدفق الماء كما يتضح من الأوضاع (3، 4، 5، 6).

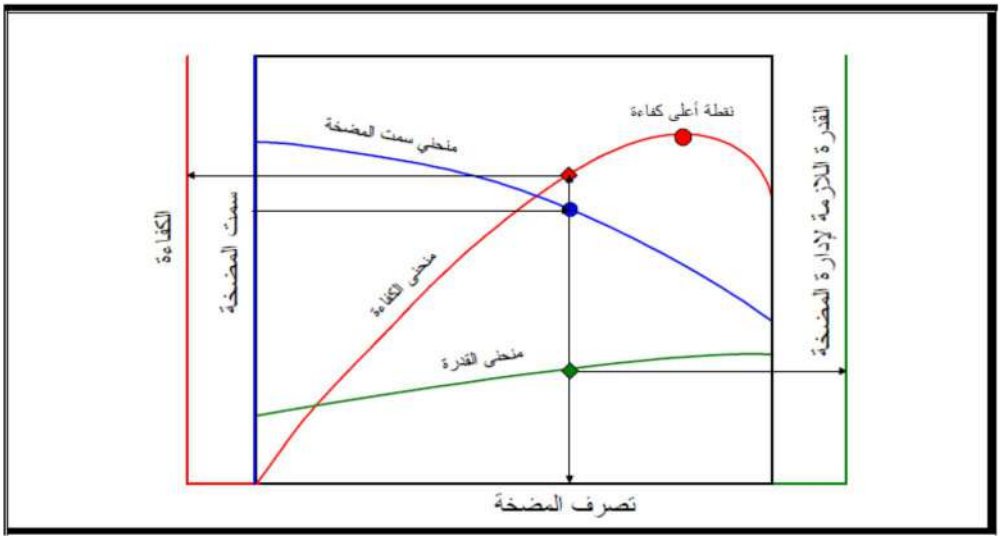
يمكن تمثيل ذلك بيانياً برسم قيم هذه الحالات على منحنى يمثل العلاقة بين شحنة ضغط المضخة وتصريفها، والذي يعطي علاقة عكسية. ويمكن القول أن منحنى التصريف – الضغط للمضخة يحدد سعة المضخة مقابل ضغط الماء الذي يمكن أن ترفعه عندما تدور بسرعة معينة، ويختلف ذلك باختلاف قطر العضو الدوار كما يتضح من الشكل (16.4).



الشكل (16.4) منحنى تصريف – ضغط المضخة الطاردة المركزية

فمثلاً يمكن للمضخة ذات الخصائص الموضحة بالشكل (16.4) أن تعطي تصريفاً قدره 120 متر مكعب\ ساعة مقابل شحنة ضغط قدرها 40 متر أو تعطي تصريفاً آخر قدره 200 متر مكعب\ ساعة عند شحنة ضغط قدرها 24 متر وذلك عند سرعة 1750 دورة\ دقيقة وبعضو دوار قطره 250 ملم.

فضلاً عن منحنى سمت المضخة هناك منحنيات تحدد قدرة المضخة وكفاءتها. فعند نقطة تشغيل معينة تُحدد بسمت وتصريف المضخة يمكن معرفة القدرة اللازمة لتشغيل هذه المضخة وكفاءتها كما يتضح من الأسهم الموجودة في الشكل (17.4). ومن الأولى بالذكر أنه عند اختيار المضخة لعمل معين يجب أن تقع نقطة تشغيلها حول نقطة الكفاءة القصوى للمضخة وذلك لضمان تشغيلها بطريقة اقتصادية.

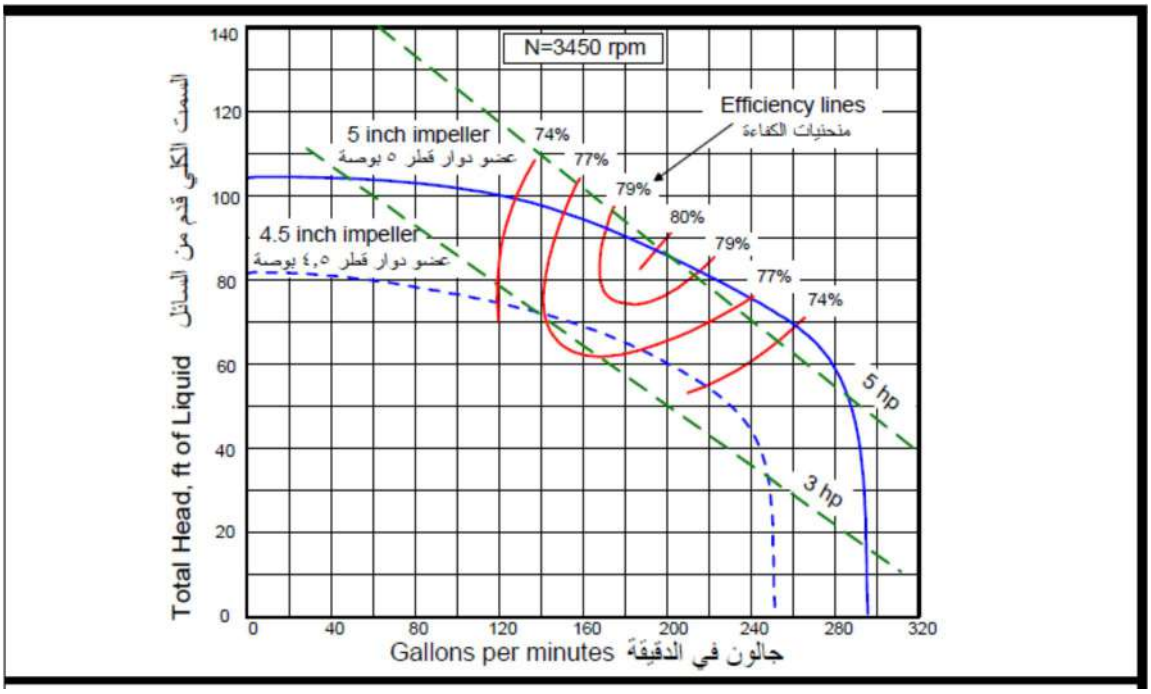


الشكل (17.4) منحنيات أداء المضخة

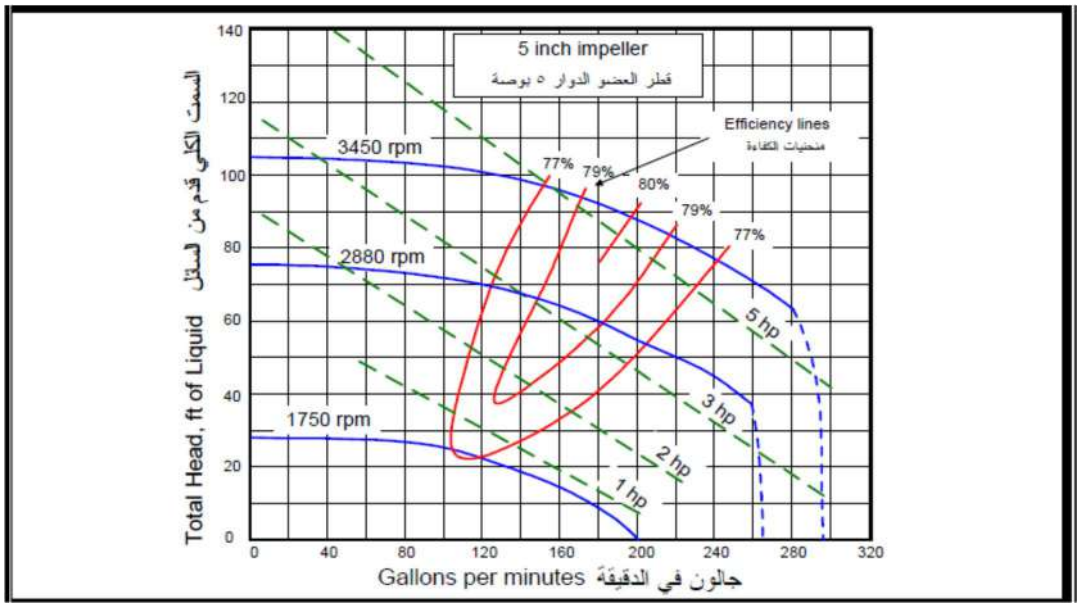
وعند اختيار مضخة لعمل معين فإن المصنع يزود المستهلك بكاتالوج يحوي على منحنيات كافة من المضخات عند سرعات وأقطار مختلفة للعضو الدوار، ومنها يمكن اختيار المضخة المناسبة. الشكلين (18.4 ، 19.4). (استخدم الجدول(1.4) لإجراء التحويلات اللازمة).

الجدول (1.4): تحويل وحدات الشكلين (18.4 , 19.4)

الوحدة الحالية	الوحدة المراد التحويل اليها	معامل التحويل
Gpm	$م^3$\ ساعة	0,2271
Hp	كيلوواط	0,746
Ft	م	0,305
Inch	م	0,0254



الشكل (18.4) منحنيات أداء المضخة عند سرعة ثابت



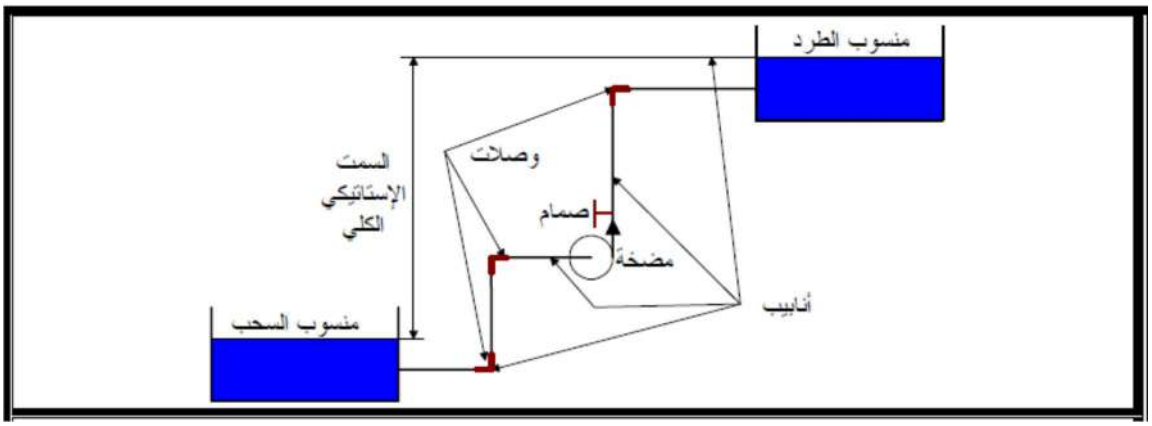
الشكل (19.4) منحنيات أداء المضخة عند سرعات مختلفة

3.1.5.4 نقطة تشغيل المضخة

عند تركيب مضخة في منظومة تشمل خزانين للسحب والطرد ومجموعة من الأنابيب والوصلات، كما في الشكل (20.4)، فإن تشغيل المضخة يتطلب الآتي:

1- رفع منسوب السحب إلى منسوب الطرد.

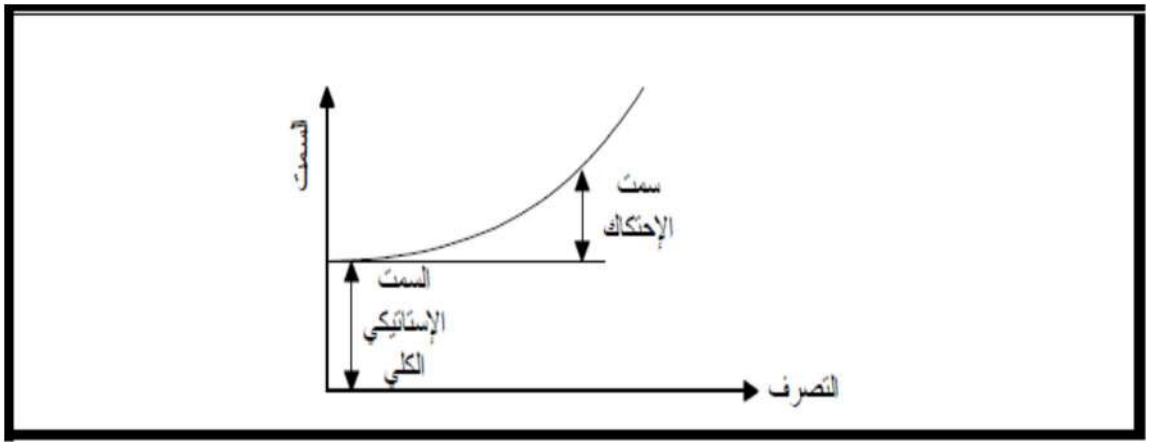
2- التغلب على مقاومة الاحتكاك نتيجة لجريان الماء في الأنابيب والصمامات والوصلات كافة.



الشكل (20.4) منظومة المضخة

وبما أن منسوب الماء لا يعتمد على تصريف المضخة بينما تتوقف مقاومة الاحتكاك للجريان على تصريف المضخة لذا يمكن تمثيل محصلة الفقرتين في أعلاه (السمت الاستاتيكي الكلي + سمت الاحتكاك) على منحنى السمت – التصريف بمنحنى منظومة المضخة كما يتضح من الشكل (21.4).

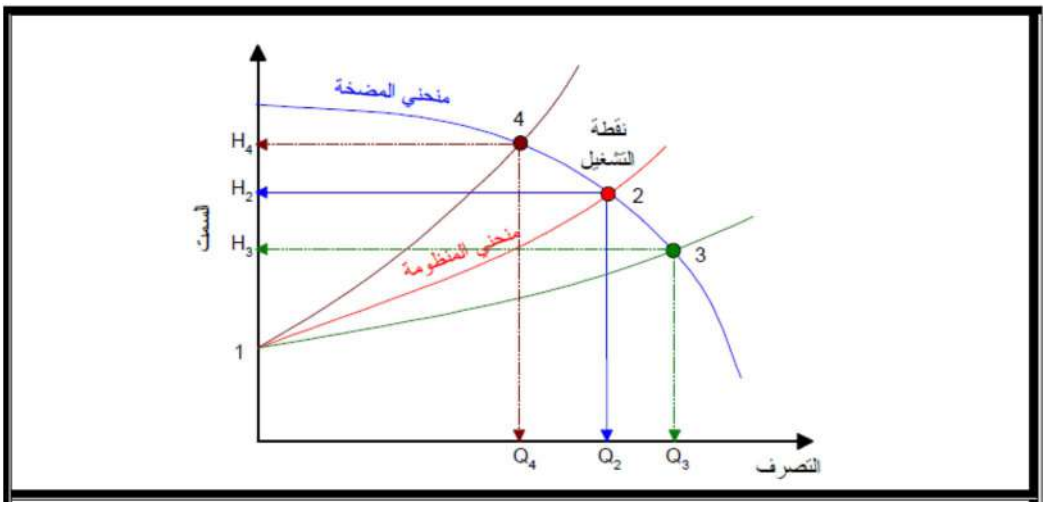
وعندما يتم اختيار المضخة بطريقة صحيحة إذ يتوافق بين إمكانات المضخة ومتطلباتها يستقر تشغيل المضخة عند نقطة تشغيل معينة تنتج من تقاطع منحنى المضخة ومنحنى المنظومة كما يتضح من الشكل (22.4) فتنتج المضخة تصريفاً معيناً (Q_2) عند السمت المطلوب (H_2).



الشكل (21.4) منحنى منظومة المضخة

ولزيادة تصريف المضخة يجب تقليل فقدان الاحتكاك والذي يتأتى بفتح صمام التحكم في التصريف، شكل (22.4)، فتنتقل نقطة التشغيل إلى اليمين. ولخفض تصريف المضخة يغلق صمام التحكم جزئياً فيزيد فقدان الضغط وتنتقل نقطة التشغيل إلى اليسار كما يعبر عنه بالمنحنى (4-22).

وبهذا نرى أن التحكم في تصريف المضخة يتطلب تغيير ضغط الاحتكاك بينما يبقى الضغط الاستاتيكي الكلي للمضخة ثابتاً لا يتغير كما يتضح من حالات التشغيل السابق

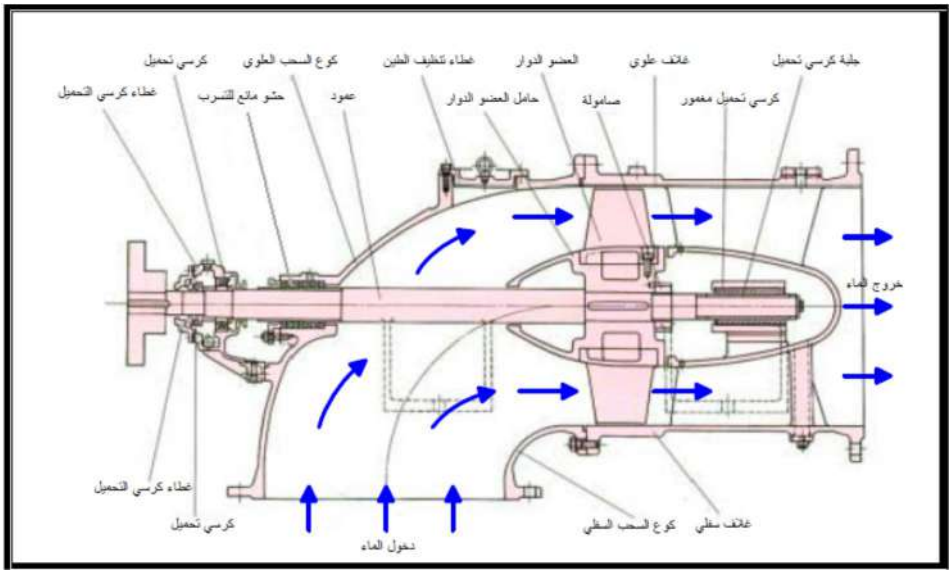


الشكل (22.4) نقطة تشغيل المضخة

4.1.5.4المضخة محورية الجريان

تعد المضخة المحورية أحدى أنواع مضخات الطرد المركزي التي تتميز بارتفاع تصريفها على حساب انخفاض مقدرتها على رفع الماء. يبين الشكل (23.4) أجزاء هذه المضخة ويتضح منه أن الماء يدخل ويخرج في اتجاه محور المضخة. يستخدم هذا النوع من المضخات عند الحاجة إلى معدلات تصريف أكبر من 450 متر مكعب\ ساعة مقابل رفع الماء إلى أقل من 15 متر (مع تعدد المراحل). ويمكن استخدام أكثر من مرحلة عند الحاجة إلى رفع الماء بين مستويات أكبر من ذلك في حالة المضخات التوربينية المحورية.

يراعى عند اختيار المضخة المحورية لتطبيق ما أن تكون السرعة النوعية أكبر من 7500 (راجع الشكل (3.4)). وذلك لضمان التشغيل الاقتصادي للمضخة.

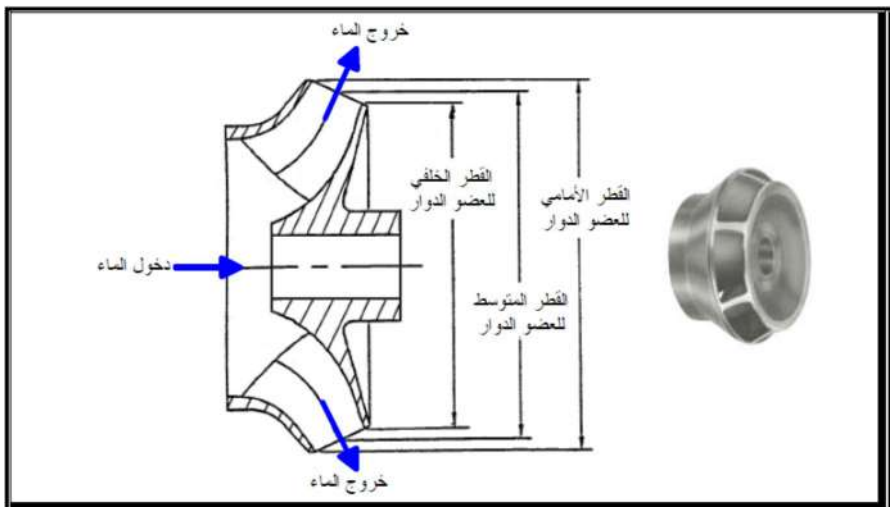


الشكل (23.4) مضخة محورية الجريان

5.1.5.4 المضخة مختلطة الجريان

هي أحدى أنواع مضخات الطرد المركزي ذات التصريف والرفع المتوسطين. يلاحظ من الشكل (24.4) أن اتجاه دخول الماء في اتجاه محور المضخة بينما يصنع اتجاه خروجه زاوية معينة مع الاتجاه الرأسي للمضخة. ولهذا السبب يكون تصريف المضخة وضغطها وسطاً بين مثيليه في المضخة النصف قطرية والمضخة المحورية.

تستخدم المضخة غالباً في مضخات الأعماق، ويراعى عند اختيار مضخة الجريان المختلط لتطبيق ما أن تكون السرعة النوعية بين 3500 و 7500 (راجع الشكل (3.4)).



الشكل (24.4) العضو الدوار لمضخة مختلطة الجريان

2.5.4 المضخات الدوارةRotary Pumps

وتعد المضخات الدوارة النوع الآخر لمضخات الإزاحة الجانبية الذي يأخذ عضوها الدوار أشكالاً متعددة منها الترس أو مكبس أو الحلزون أو ذات الريش.

يصل معدل تصريف هذه المضخات وضغطها إلى 2000 م^3\ ساعة و 350بار، ولكن المدى العملي لهذه المضخة يتراوح بين 2-35 بار. ويبين الجدول (2.4) مقارنة بين المضخات الدوارة والطاردة المركزية.

الجدول (2.4) : مقارنة بين المضخات الدوارة والطاردة المركزية

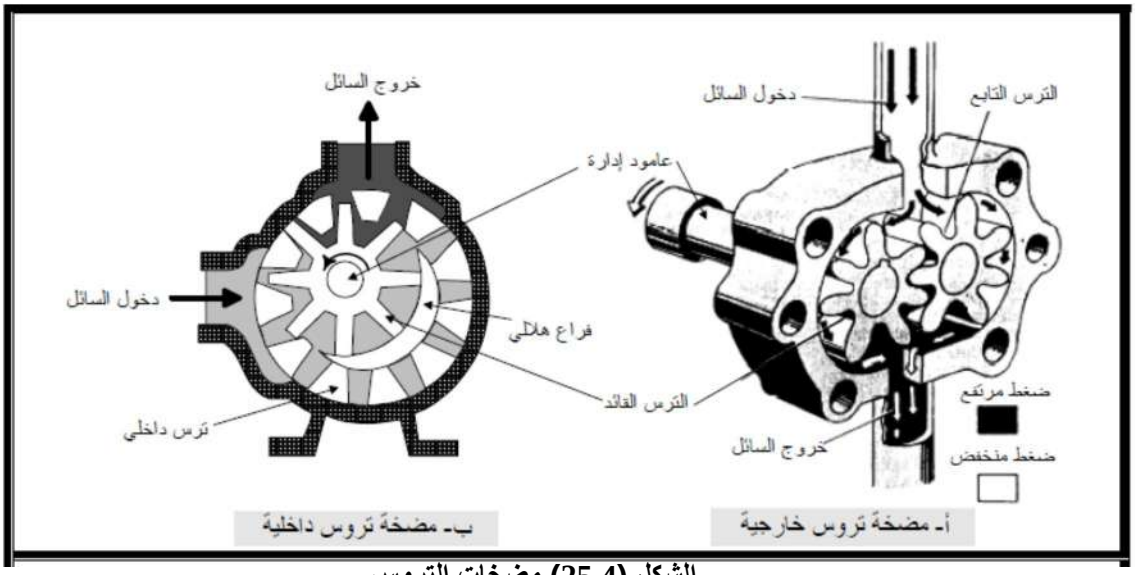
ت	المضخات الدوارة	المضخات الطاردة المركزية
1	تصريف المضخة مستقل عن ضغط خروج المائع	تصريف المضخة مرتبط بخروج المائع
2	يمكن تغيير تصريف المضخة بمن غير التأثير على كفاءة المضخة	ترتبط كفاءة المضخة بالتصريف
3	ذاتية التحضير	تحتاج إلى تحضير
4	تتعامل مع الموائع ذات اللزوجة العالية	تزداد كفاءتها كلما انخفضت لزوجة السائل
5	يعتمد التصريف على سرعة المضخة أما الضغط فهو مفتوح إلى أن تصل إلى القدرة الكاملة للمضخة	يتغير التصريف بزيادة السرعة ويلازم ذلك تغيير في الضغط
6	تعطي تشغيل خالي من الاهتزازات	قد يشوبها بعض الاهتزازات

وفيما يلي عرض مختصر لبعض أنواع المضخات الدوارة.

3.5.4مضخة التروس Gear Pumps

تتكون مضخة التروس من ترسين معشقين يدوران في اتجاهين متعاكسين في داخل حيز محكم تماماً كما يتضح من الشكل (25.4 أ ، ب). يسمى الترس المتصل بمحرك الإدارة بالترس القائد بينما يسمى الآخر بالترس التابع. ولمضخات التروس نوعان هما مضخة التروس الخارجية ومضخة التروس الداخلية.

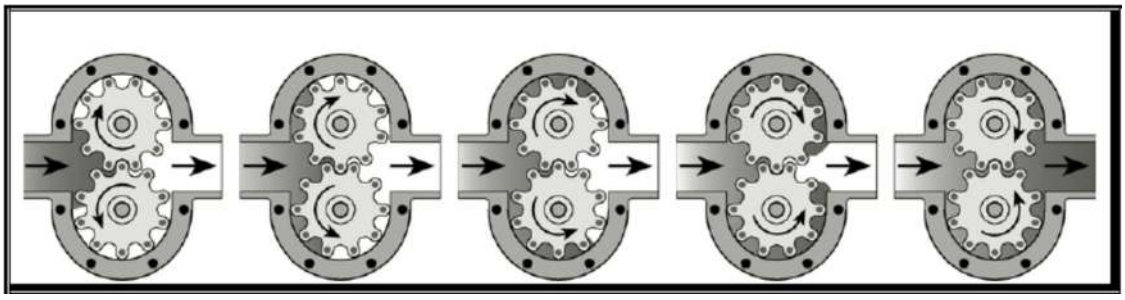
في مضخة التروس الخارجية تتصل أسنان الترسين عند إطاريهما الخارجيين كما يتضح من الشكل (25.4 أ)، بينما في مضخة التروس الداخلية يعشق الترسين من إطاريهما الداخليين كما يتضح من الشكل (25.4 ب).



الشكل (25.4) مضخات التروس

وتتلخص طريقة عمل المضخة بما يأتي : عندما يدور الترسان في يدخل السائل ليملأ الفراغ الموجود بين أسنان الترسين والغلاف إذ يتم إزاحته ويصل إلى مخرج المضخة كما يتضح من الشكل (26.4). والمضخة لا تؤدي بذاتها إلى رفع ضغط السائل ولكنها تضخ السائل في حيز مغلق مما يسبب ارتفاع ضغطه باستمرار، لذا يجب استخدام صمام لتنظيم ارتفاع الضغط.

يقع مدى تشغيل هذه المضخة حول ضغط 35 بار ومعدل تصريف 300 م^3\ ساعة وتستخدم غالباً لضخ السوائل ذات اللزوجة العالية مثل الزيوت.



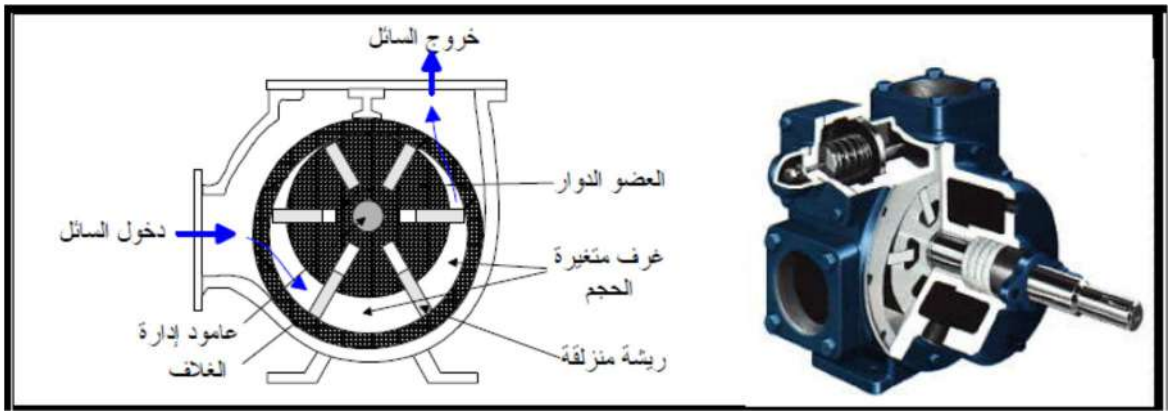
الشكل (26.4) طريقة عمل مضخة التروس

4.5.4المضخة الدوارة ذات الريش المنزلقة Sliding Vane Rotary Pumps

يوضح الشكل (27.4) مضخة دوارة ذات ريش منزلقة حرة الحركة في داخل مجاري نصف قطرية محفورة بالعضو الدوار، الذي يدور حول مركز يبعد مسافة معينة عن مركز الغلاف مما ينشأ عنه غرف متغيرة الحجم تنحصر بين العضو الدوار والغلاف وكل ريشتين متتاليتين.

عندما يدور العضو الدوار فإن قوى الطرد المركزي تعمل على إحكام غلق الريش مع الغلاف، ومن ثم يدخل المائع إلى المضخة فيملأ تلك الغرف المحكمة التي يقل حجمها تدريجياً فيزداد ضغط السائل حتى يصل إلى مخرج المضخة.

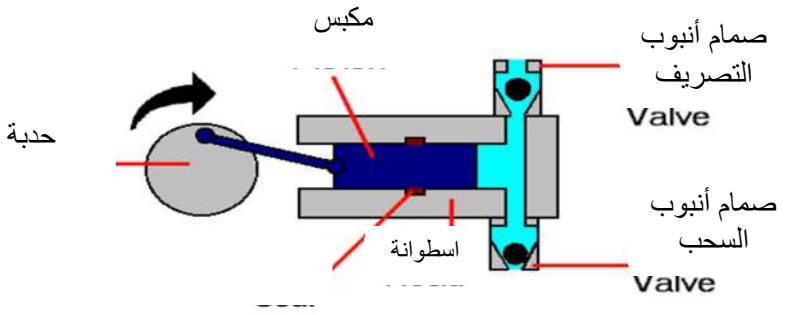
يصل تصريف هذا النوع من المضخات وضغطه إلى 200 متر مكعب\ ساعة و 10 بار وتمتاز بذاتية التحضير وانخفاض الضوضاء الصادرة منها وخلو السائل الخارج من النبضات.



الشكل (27.4) مضخة دوارة ذات الريش المنزلقة

5.5.4 المضخات الترددية Reciprocating pumps

تتكون المضخات الترددية بصورة رئيسية من مكبس أو غطاس يتحرك بصورة ترددية في داخل اسطوانة محكمة الإغلاق وهذا يشكل أشواط السحب والتصريف. تعد المضخة الترددية من أحد النوعين الرئيسيين لمضخات الإزاحة الجانبية ومعناه أنها تخلق الرفع والضغط وذلك بإزاحة المائع بوساطة جزء متحرك أو مكبس، إن الغرفة أو الاسطوانة تملأ وتفرغ بالتعاقب بضغط المائع وسحبه بحركة ديناميكية. أن أنابيب السحب والتصريف تكون مربوطة إلى الاسطوانة كما هو موضح في الشكل (28.4)، إذ أن كل منهما مزود بصمام عدم الرجوع والغاية منه هو تأكيد عدم تغير اتجاه جريان السائل، وعليه فإن صمام أنبوب السحب يسمح فقط للماء بدخول الاسطوانة بينما يسمح صمام أنبوب التصريف فقط بتصريف الماء من الاسطوانة.



الشكل (28.4): مضخة ترددية

إن حجم أو سعة التصريف ثابتة بمن غير اعتبار للضغط، وهو يتغير فقط بتغير السرعة. تعمل المضخات الترددية عموماً بسرعة واطئة وعليه يجب أن تربط إلى محرك كهربائي بوساطة نطاق على شكل حرف V.

تُناسب المضخات الترددية العمل بتصريف قليل نسبياً وبسمت عالي في حفر الآبار النفطية وهذا النوع من المضخات شائع جداً. إن المضخات الترددية تستعمل عموماً في منظومات الضغط الهوائي وتغذية المراجل الصغيرة ومضخات تكثيف الزيت الخفيف الراجع.

6-4: المضخات المستخدمة في محطات المياه

تعمل المضخات على رفع المياه بعد الترشيح والتطهير من أحواض المياه المرشحة والخزانات إلى شبكة توزيع المياه وذلك لإمداد المدينة بالمياه بالمعدلات والضغوط المناسبة ويتم اختيار نظام تشغيل وحدات الضخ وتصريفاتها بعد دراسة اقتصادية وفنية شاملة، لمقارنة ساعات التشغيل وقوة المضخات وحجم الخزانات العلوية المطلوبة لكل طريقة من طرق التشغيل.

ويتم حساب الرفع الكلي للمضخات على أساس الفقدان في أطوال أنابيب الشبكة، والضغط المطلوب توافره في جميع أجزاء الشبكة، ويُعد ارتفاع الخزانات العالية، وموقعها بالنسبة لشبكة التوزيع من أهم العوامل المؤثرة في ضغط المضخات. وتستخدم مضخات ذات قدرة تصريف تتراوح من (1,9-5,7) متر مكعب\ دقيقة. ويفضل استخدام مضخات بقدرة 2,8 متر مكعب\ دقيقة أو أكبر بالنسبة للمدن التي يتجاوز عدد سكانها 10000 نسمة.

الشكل (4-29) مضخات رفع المياه

4-6-1: أنواع المضخات المستخدمة في محطات المياه

وتستعمل في محطات الضخ مضخات الضغط العالي ومضخات الضغط المنخفض وتكون إما مضخات ماصة كابسة أو مضخات طاردة مركزية. إن الضغط الذي تعمل ضده المضخات يساوي ضغط السحب وهو الفرق بين منسوب المياه في آبار المياه النقية ومنسوب المضخة يزيد عليه ضغط الطرد الواجب حفظه في شبكة المياه ، وهو ما اتفق على أن يكون كافيا لتوصيل المياه إلى الطابق الرابع في المنازل أي خمسة و عشرين مترا موزعة كالآتي:

14 متر: ارتفاع منزل ذي أربعة طوابق.

5 متر: الفاقد في عامود الضغط في داخل الأنابيب المنزلية.

6 متر: عامود الضغط اللازم على الحنفيات في المنزل.

فيكون المجموع 25 متراً، و يفضل أن يصل إلى ثلاثين مترا) . يزيد على ذلك أيضا الفقدان في الاحتكاك نتيجة سير المياه في شبكة التوزيع من محطة المضخات إلى أقصى مكان في المدينة على أن تزود كل مضخة بالصمامات وأجهزة القياس الخاصة بقياس التصريف و الضغط، وأن يراعى موقع المضخات بالنسبة لمنسوب المياه في الآبار طبقا لما سبق ذكره عند الحديث عن مضخات الضغط المنخفضة.

وأكثر القوى المحركة استعمالا في الوقت الحاضر لتشغيل محطات الضغط العالي هي المحركات الكهربائية إلا انه يفضل دائما أن يكون هناك أكثر من مصدر للكهرباء لإدارة هذه المحركات حتى إذا ما انقطع التيار الكهربائي من مصدر أمكن الاعتماد على المصدر الثاني لإدارة المحركات بل انه زيادة في الاحتياط في بعض عمليات المياه الكبرى تنشا وحدة إدارة بالديزل بوصفها وحدة محركة احتياطية تعمل عند انقطاع التيار حتى نتأكد من عدم توقف تشغيل محطة تنقية المياه مهما حدث من أعطال.

4-6-2التصريف التصميمي لمحطة المضخات

يراعى في اختيار وحدات الضخ أن يكون الضغط الكلي للمضخة كافياً لرفع المياه من موقع المأخذ إلى وحدات التنقية وإلى الخزانات العليا، وكما موضح في الشكل (30.4) يكون الضغط الكلي للمضخة مساوياً للفرق في منسوب المياه بين أدنى مستوى عند موقع المأخذ وسطح المياه في الخزانات أو وحدات التنقية، يزيد على ذلك مجموع الفقدان في مسار المياه، ويستعمل مصطلح ضغط (Head) ، الذي تم التطرق له سابقاً- لوصف الطاقة الهيدروليكية الكامنة التي تدفع بالماء إلى

المنسوب المطلوب، ولمعرفة مجموع الضغط الديناميكي الذي يجب أن تشغل من أجله المضخة نحسب:

$$TDH = H_L + H_F + H_V \quad \text{---------- (4-14)}$$

فيكون :

TDH: مجموع الضغط الديناميكي (Total dynamic head)

H_L: مجموع الضغط الاستاتيكي (Total static head) وهو الفارق في منسوب المياه بين مستوى المأخذ ومستوى الخزان.

H_F: مجموع الفقدان في الضغط الناتج من الاحتكاك (Total friction head loss)

H_V : ضاغط السرعة وعادة يهمل.

وتكون قدرة تدفق المياه في الأنابيب مساوية للناتج الصافي للمضخة (Net output)، ويمكن حساب ذلك باستخدام العلاقة (4-9) سالفة الذكر.

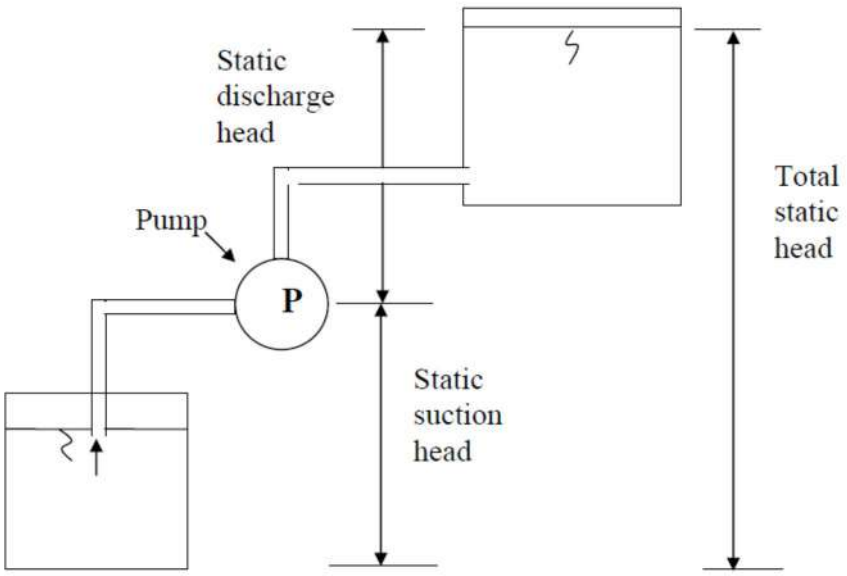
وتحتاج وحدات الضخ إلى قدرة كافية لضخ المياه بالضغط المناسب في الأنابيب. ويمكن حساب قدرة المضخات باستخدام العلاقة الآتية:

$$P_p = \frac{P_w}{E_p} \quad \text{---------- (4-15)}$$

فيكون:

P_p: قدرة المضخة (كيلو واط)

E_p: كفاءة المضخة



الشكل (30.4) ضخ المياه إلى خزان علوي

مثال: احسب قدرة تدفق الماء وقدرة مضخة صممت لرفع الماء بمعدل 1.9 م^3\ دقيقة إلى ارتفاع قدره 70 . علماً أن كفاءة المضخة تساوي 90%.

الحل:

$$P_w = \square\, Q\, h_p \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (1)$$

$$P_w = 9800 \frac{N}{m^3} \times \frac{1.9\ (m^3)}{60\ (S)} \times 70\ m \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

$$P_w = 0.163 \times 1.9 \times 70 = 21.68\ kW \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

$$E_p = \frac{P_w}{P_b}$$

$$P_p = 21.68 / 0.9 = 24.1\ kW$$

ويتوقف التصريف الذي تصمم عليه محطة مضخات الرفع العالي على العوامل الآتية:

1-عدد السكان الذين يخدمهم المشروع

2-متوسط الاستهلاك السنوي (لتر\شخص\يوم).

3-التغيرات الموسمية التي تحدث في هذا المتوسط صيفا و شتاء.

4-التغيرات من ساعة إلى ساعة في نفس اليوم للاستهلاك في المدينة.

5-سعة خزانات المياه العالية .

6-ساعات تشغيل محطة المضخات إذ انه في بعض الأحوال يفضل تشغيل المحطة ساعات معدودة من اليوم بدلاً من تشغيلها 24 ساعة يومياً.

7.4 المضخات المستخدمة في محطات المعالجة

يمكن تقسيم المضخات الشائعة في أعمال الصرف الصحي على صنفين رئيسيين الأول يستخدم في ضخ المياه بشكل عام ومنها المياه العادمة والمياه المعالجة و الثاني يستخدم في ضخ الحمأة والمواد الصلبة المنقولة بالمياه، كما تستخدم بعض أنواع الصنف الأول في ضخ الحمأة أيضاً.

في معظم الحالات نجد أن نوع الجزيئات الصلبة وحجمها في الصرف الصحي يتطلبان مساحات مقاطع ممكنة. لذا فإن الأجزاء الدوارة التي لها ممر كروي ناقص أو التي لها اثنان أو ثلاثة من المجاري هي التي تكون مناسبة لهكذا استخدامات، وهناك نقاط أخرى تؤخذ بعين الاعتبار وهي:

1- الحافات الأمامية للريش يجب أن تكون استدارتها جيدة لكي تمنع الأقمشة ومكونات الألياف الطويلة من أن تمسك بها.
2- احتواء الصرف على الغاز يستدعي أن يكون تصميم شكل الجزء الدوار للمضخة مانعا من تراكم فقاعات الغاز في منطقة الضغط السالب لمقدمة الريشة إذ انه قد يتسبب في قطع الجريان.

4-7-1 تأثيرات الجزيئات الصلبة

لكي نخفض من عملية الصيانة يكون تشييد محطات الضخ بمن غير مصافي أو حواجز بقدر الإمكان وبما أن الجزيئات الصلبة في الصرف الصحي تختلف كثيراً في النوع والحجم والتركيب فالأجزاء الدوارة التي يمكن استخدامها هي الريشة الأحادية أو العضو الدوار للمضخة ذات الجريان الحر مع الممر الكروي. أما بالنسبة لمحطات الضخ الصغيرة فقد أظهرت التجربة أن الممر الكروي الحر يجب أن يكون قياسه على الأقل 100 ملم، ومع المضخات الكبيرة يمكن التقليل النسبي لمساحة المقطع الحر مع الاتساع الاسمي في الاهتمام بالكفاءة.

4-7-2 تأثير الغازات

الرواسب المختلفة الموجودة في وحدات تنقية مياه الصرف الصحي وخاصة مع الراسب الخام والراسب المنقى نجد أحياناً ظهور كميات من الميثان من خلال عملية التنقية وبسبب الهبوط في الضغط الذي تحتمله المضخة بدخول الجريان والذي ينتج منه الضغط الأدنى في منطقة سحب للعضو الدوار للمضخة، كما أن السوائل المحملة بالغاز تعطي مواصفات خاصة لتخطيطات التصميم والتشغيل للمضخات المستخدمة، فالهبوط في مستويات الضغط لايؤدي فقط إلى زيادة اعتبارية في حجم الغاز غير المذاب والمخلوط مع السائل ولكن أيضاً للغاز الثابت الناشئ بوساطة الغاز المذاب. وفقاعات الغاز تسبب الإعاقة على جانب التغذية ويمكن أن يسبب في انحراف للجريان وانقطاع له.

4-7-3 تأثير السيولة

رواسب الصرف الصحي بصفة عامة رواسب غير نيوتونية مع سلوك الجريان الذاتي اللزج. والمادة الصلبة في هذه الرواسب يمكن أن تصل حتى 6% وجميع أشكال العضو الدوار للمضخة التي

تستخدم والتي تناسب نقل المياه العادمة والراسب يمكنها أن تأخذ في الاعتبار المقاومات الزائدة لخط الأنابيب وكذلك الهبوط في مستوى الجريان نتيجة لاحتواء الغاز والسيولة.

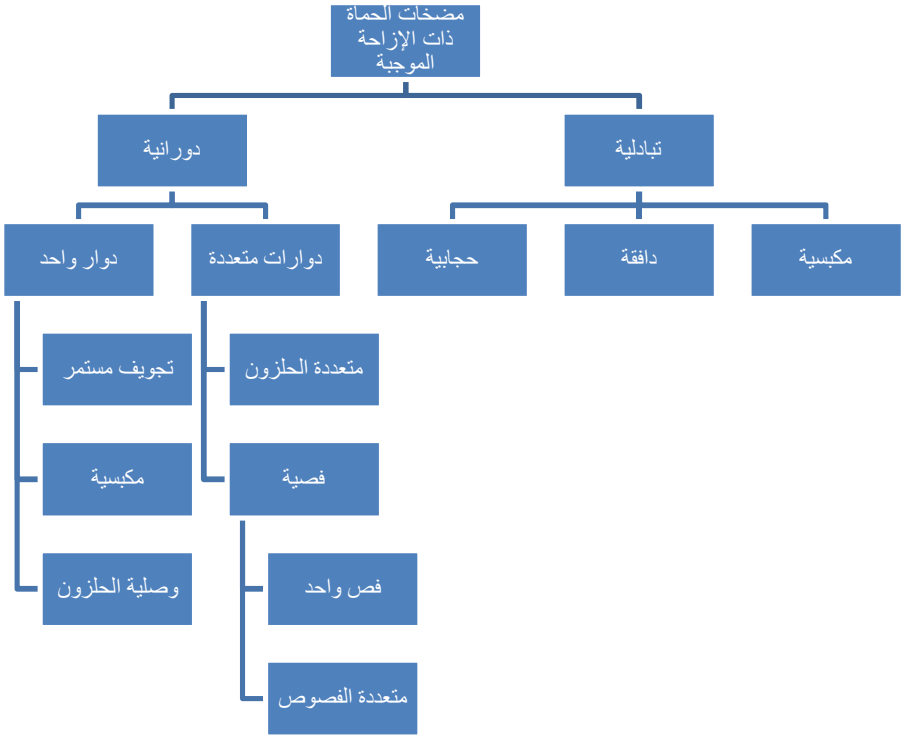
4-7-4 مضخات المياه Water Pumps

وتستخدم المضخات الطاردة المركزية التي تم ذكر أنواعها في جزء سابق من الفصل ، وبعض أنواع المضخات الحركية Kinetic Pumps. ويمكن إيجاز استخدامها كالآتي:

1- المضخة النابذة (مضخات الطرد المركزي) ذات الجريان القطري أو الشعاعي Radial flow: تستخدم هذه المضخة عادة لارتفاع أكبر من 30 متر ولتدفقات كبيرة ومنها أيضاً المضخة النابذة الغاطسةSubmersible centrifugal pump.
2- المضخة النابذة ذات الجريان المختلط Mixed flow: تستخدم لارتفاع يصل الى 20 متراً ولضخ المياه العادمة ومياه العاصفة المطرية.
3- المضخة النابذة (مضخات الطرد المركزي) ذات الجريان المحوري Axial flow: تستخدم لارتفاعات منخفضة ولضخ كميات كبيرة جدا من المياه المعالجة.
4- الطارد الهوائي Pneumatic Ejector: يستخدم لضخ المياه المعالجة و بشكل خاص في شبكات الري ولتدفقات صغيرة.
5- المضخة ذات الرفع بالهواء Air lift pump: تستخدم عادة لضخ المياه وأحياناً الحماة من أحواض الترسيب الثانوي وإعادة تدويرها إلى أحواض التهوية في محطات المعالجة وذلك تحت حمولات صغيرة وتدفقات صغيرة.
6- المضخة اللولبية Screw pump: تستخدم لضخ كميات كبيرة من مياه المجاري الخام بحمولات صغيرة لا تتجاوز عادة (10) أمتار كما تستخدم لضخ مياه العاصفة المطرية و كذلك الحماة في محطات المعالجة.
7- المضخة الطاحنة Grinder pump: تستخدم في طحن المواد الصلبة وسحقها المنقولة بمياه الصرف الصحي لتفتيتها وحماية المضخات الأخرى والمنشات اللاحقة في محطات المعالجة.

5-7-4 مضخات الحمأة Sludge Pumps

يبين المخطط في الشكل (4-31) تصنيفا لمضخات الحمأة الشائعة التي تقع في ضمن صنف المضخات ذات الإزاحة الموجبة.



الشكل (4-31) بعض مضخات الحمأة الشائعة

وتكون استعمالات بعض تلك المضخات كالآتي:

1. المضخات الدوارة: لضخ الحماة لارتفاعات لا تتجاوز (1.5 bar) أو (15) مترا و سرعة دورانها يجب أن لا تتجاوز (150) د\دقيقة.
2. المضخة الحجابية : لضخ المواد الكيميائية المسببة للتآكل المستعملة في معالجة الحماة.
3. المضخة المكبسية : لضخ الحماة لمسافات بعيدة.
4. المضخة الدافعة : لضخ الحماة المسحوبة من الأحواض الأولية ومن المكثفات.

4-7-6المضخات الراسية Vertical Pumps

وهي من مضخات الطرد المركزي وتستخدم بشكل واسع في محطات المياه ومحطات الصرف الصحي . تنقسم مضخات العمود الراسي على تصنيفين وهما مضخة الفجوة الجافة ومضخة الفجوة المبللة إذ ان مضخات الفجوة الجافة يكون محاطة بالهواء أما مضخات الجافة المبللة فتكون مغمورة كلياً أو جزئيا في السائل الذي يتم تداوله.

1- المضخات الرأسية ذات الفجوة الجافة vertical dry-pit pumps :مضخات

الفجوة الجافة ذات كراسي التحميل الخارجية وتشمل الآتي:

- مضخات الصرف الصحي الراسية ذات الحجم الصغير والمتوسط والكبير.

- مضخات الصرف والري ذات الحجم المتوسط والكبير.
- مضخات إمداد المياه والمضخات ذات علو السائل المتوسط والمرتفع .
- العديد من المضخات البحرية .
- أحيانا يفضل التصميم الرأسي (خاصة بالنسبة للمضخات البحرية) لأنها توفر في المساحة الأرضية . وفي أوقات أخرى يفضل تركيب المضخة في مستوى منخفض بسبب حالات السحب وبعد ذلك يكون من الضروري أن يكون محرك المضخة في مستوى مرتفع. وعادة ما تستخدم المضخة الراسية لاستخدامات سعة التصريف الكبيرة لأنها هي الأكثر اقتصادا من النوع الأفقي

وهناك أساسا العديد من مضخات الفجوة الجافة الرأسية التي هي مضخات أفقية من جانب التصميم (مع بعض التعديلات القليلة في كراسي التحميل) وذلك للتهيئة لإدارة العامود الرأسي وهذا لا يطابق أحجام مضخات الصرف الصحي الصغير والمتوسط ومع ذلك الشائع في هذه الوحدات هو التصميم الرأسي.

معظم هذه المضخات للصرف الصحي لها فتحات سحب مرفقية لأن مصدر سحب هذه الفتحات يكون عادة مأخوذ من بئر سائل مجاور للفجوة الموجود بها المضخة، وتحتوي عادة فتحة السحب المرفقية فتحة يدوية بغطاء متحرك لإتاحة منفذ وصول سهل للعضو الدوار للمضخة.

تجهيزات العمود الرأسي لمضخات السحب الأحادي مع مرفقيه تؤسس بصفة عامة إما بقائم أو بمرفق القاعدة وكلاهما يمكن ربطه بألواح القاعدة أو بدمجها فيها، وطريقة الدمج هذه غير مرغوب فيها إلا إذا كان هناك تأكيد قوي بان القائم أو المرفق لن يحدث فيهما تشوه أو أن تلك المساحة الخاصة بإدراج المرفق أو قائم يحدث لها انفصال من المضخة بمن غير صعوبة زائدة .

مضخات السحب الأحادي الرأسية ذات السحب القاعي تستخدم عادة لاستخدامات الصرف الأكبر وإمداد المياه أو دورة المكثف ومثل هذه المضخات تزود بقدم تثبيت جانبي يثبت في ألواح القاعدة المدمجة مع القوائم أو الدعامات . وأحيانا يثبت القدم الجانبي بزاوية قائمة في القائم. كما يجب أن يؤدي هذا التثبيت إلى توافر منفذ صحيح إلى أي فتحات يدوية في المضخة وكذلك السماح بخلوص لفتحات السحب المرفقية إذا كانت تستخدم.

وإذا كان محرك المضخة الرأسية ذات الفجوة الجافة يقع بطريقة مباشرة فوق المضخة فغالباً ما يكون تدعيمه على المضخة نفسها، كما انه يجب توصيل أعمدة المضخة والمحرك بصندوق حشو

مرن وذلك يتطلب أن يكون لكل منهم كرسي دفع . وإذا تم توصيل عمود المضخة بصلابة مع صندوق الحشو والى عمود المحرك أو امتداد عامود المحرك فيستخدم في هذه الحالة كرسي دفع عادي في المحرك .

وبالرغم من إن المحركات القائدة تركب مستقيمة إلى أعلى غلاف المضخة فهناك سبب مهم لاستخدام تصميم العامود الراسي هو إمكانية وضع المحرك في مستوى أعلى المضخات ويكون كافياً لمنع حدوث غمر له. ويجب أن يتم فحص المضخة ومحركها بوساطة قياس طول معين من الأعمدة ويتطلب هذا كراسي ثابتة بين الوحدتين .

2- المضخات الرأسية ذات الفجوة المبللة vertical wet-pit pumps: وهي المضخات التي يكون الغرض منها التشغيل الغاطس (مغمورة في الماء) ويصنع منها عدد كبير من التصميمات التي تعتمد بصفة رئيسية على نوع الخدمة التي ستؤديها هذه المضخات. والمضخات الطاردة المركزية ذات الفجوة المبللة يمكن تصنيفها بالطريقة الآتية:

أ- مضخات توربينية رأسية : وتستخدم في مجال الضخ من الآبار، والري والأغراض الزراعية الأخرى ، وإمداد المياه المحلية وإمدادات المياه الصناعية، والمداولة والتبريد وتكييف الهواء.

ب- مضخات رفاصية : تستخدم لضخ السوائل المحملة بالمواد الصلبة (كالرواسب والمواد الطينية) كمياه الصرف الصحي

ت- مضخات حلزونية : وهي مصممة لتضخ سوائل الصرف الصحي المحملة بالمواد الصلبة أيضاً والتي تسبب احتكاكات.

8-4 اختيار المضخات Pumps Selection

إن اختيار المضخة يقوم أساسا على العلاقة بين كفاءة المضخة و كل من تصريفها و سمتها الكلي، ومن ثم اختيارها لتعمل بأفضل كفاءة من خلال مدى التشغيل المتوقع. يتم اختيار المضخات على ثلاث مراحل:

أولا: تحديد نوع المضخة بمعلومة السرعة النوعية .

ثانيا: تحديد نوع المضخة تبعا لعمق الماء أو شكل موقع السحب.

ثالثا: تحديد أبعاد المضخة لإعطاء اكبر كفاءة عند مدى التشغيل المتوقع.

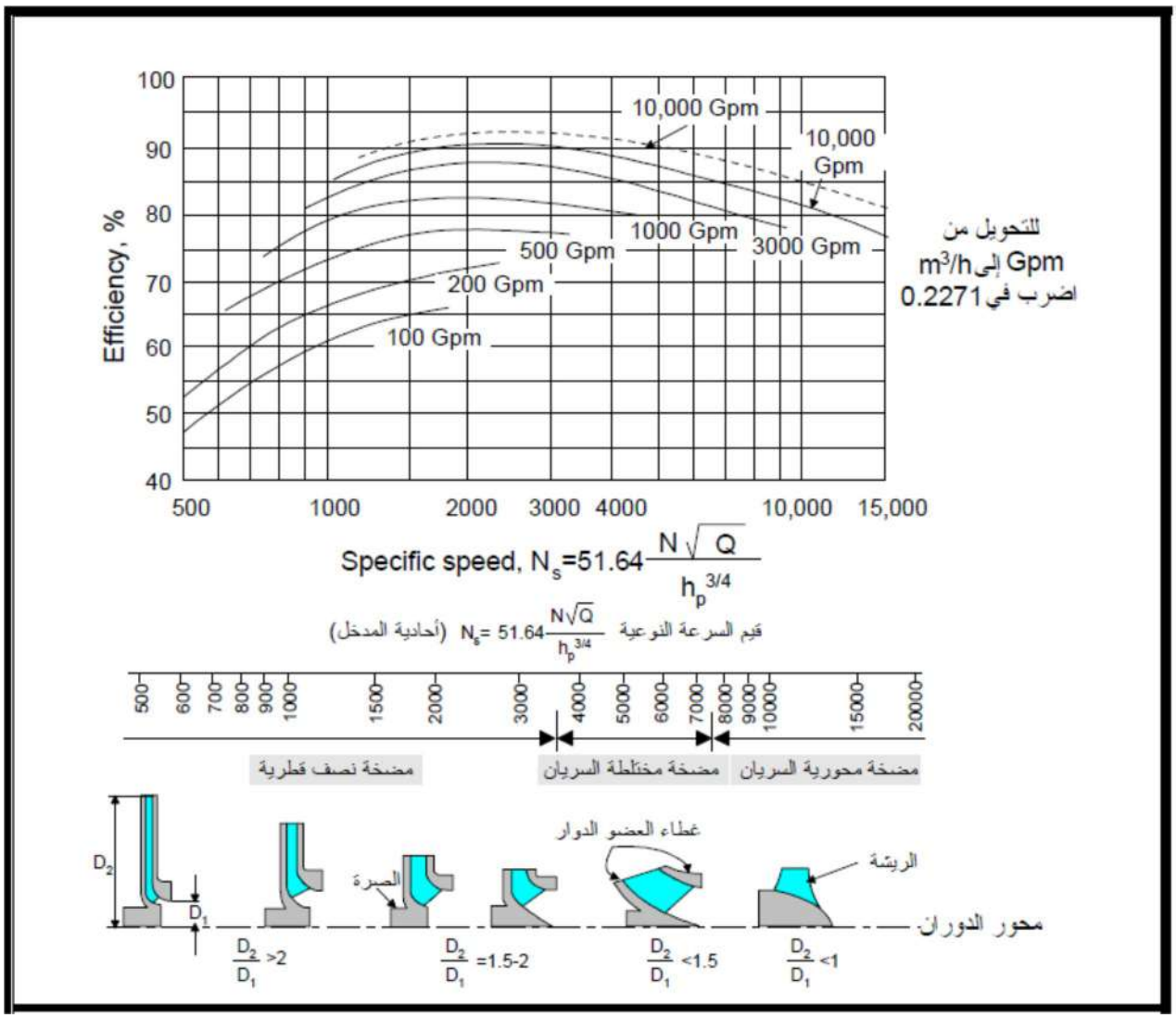
4-8-1 تحديد نوع المضخة بمعلومة السرعة النوعية

هو بمعنى أدق تحديد نوع عضو المضخة الدوار إما نصف قطري أو مختلط الجريان أو محوري الجريان و للوصول إلى ذلك نقوم بعمل الآتي :

1. تقدير التصرف المطلوب من المضخة $Q(m^3\backslash h)$.
2. تقدير سمت المضخة الكلي و هو المسافة الرأسية بين منسوب الماء عند السحب و عند الطرد $hp(m)$.
3. معرفة سرعة المحرك المتاحة لإدارة المضخة $N(rpm)$.
4. حساب السرعة النوعية Ns
5. تحديد نوع المضخة تبعا لقيمة السرعة النوعية كالآتي:

نوع المضخة	مدى السرعة النوعية
مضخة من النوع النصف قطري	Ns<3500
مضخة مختلطة	3500<Ns<7500
مضخة محورية	$7500<N_S<15000$

ويمكن الرجوع للشكل (4-32)لمزيد المعرفة بمدى استخدام كافة أنواع المضخات و منحني كفاءتها خلال مدى تشغيلها . يلاحظ من الشكل انه يمكن التعويض في معادلة السرعة النسبية بأكثر من سرعة للمضخة للحصول على انسب سرعة نسبية تعطي أعلى كفاءة للمضخة عند ظروف تشغيل معينة. فمثلا عند تصرف قدره Gpm1000 (اضرب ×0.2271 للتحويل إلى $m^3\backslash h$) تصل أعلى كفاءة للمضخة إلى نحو83% عند سرعة نسبية 2000. وبالتالي يمكن الوصول قريبا من هذه السرعة النسبية بدلالة السمت و التصريف المعلومين و اختيار اقرب سرعة متوفرة لمحرك إدارة المضخة المراد اختيارها.



الشكل (4-32) تصنيف المضخات تبعاً للسرعة النسبية

أسئلة الفصل الرابع

1- ما الفرق بين مضخات الايجابية و مضخات الطرد المركزي ؟

2- يسري ماء بمعدل $450m^3\backslash h$ في أنبوب قطره 250mm احسب سرعة الماء في الأنبوب.

3- احسب السرعة النسبية لمضخة سرعتها 3000rpm و تصريفها $1500m^3\backslash h$ و ترفع الماء بين مستويين المسافة الرأسية بينهما 35m .

4- اذكر أجزاء المضخة الطاردة المركزية، ثم بين طريقة عملها.

5- اشرح وظيفة الغلاف في المضخة الطاردة المركزية و بين نوعيه المستخدمين.

6- اختر الإجابة الصحيحة:

أ- يثبت محرك إدارة المضخة التوربينية	**أعلى البئر**	**في داخل البئر**	**في أدنى البئر**
ب- يثبت محرك المضخة الغاطسة	**أعلى البئر**	**في داخل البئر**	**في أدنى البئر**
ج- العضو الدوار في المضخة التوربينية	**مغمور في ماء البئر**	**في خارج ماء البئر**	
د- تتميز المضخة محورية الجريان ب	**ارتفاع تصريفها وارتفاع سمتها**	**ارتفاع تصريفها وانخفاض سمتها**	**توسط تصريفها وتوسط سمتها**
هـ- تتميز المضخة مختلطة الجريان ب	**ارتفاع تصريفها وارتفاع سمتها**	**ارتفاع تصريفها وانخفاض سمتها**	**توسط تصريفها وتوسط سمتها**
و- يدخل الماء في المضخة المختلطة في اتجاه محور المضخة ويخرج	**في اتجاه محور المضخة**	**في اتجاه عمودي على محور المضخة**	**في اتجاه يصنع زاوية مع محور المضخة**

7- اذكر مكونات مضخة النفث للآبار ثم اشرح طريقة عملها بنوعيها .

8- اشرح طريقة عمل القابض الطارد المركزي .

9- اذكر أنواع المضخات الطاردة المركزية .

10- مضخة تصريفها $600m^3\backslash hr$ ترفع الماء مسافة رأسية قدرها 30m احسب قدرة ضخ الماء وكفاءة المضخة إذا علمت أن قدرة المضخة الفرملية هي 65KW .

11- احسب ضغط الماء نتيجة لارتفاع عمود ماء قدره 45m .

12- احسب السمت المناظر لسرعة مائع قدرها 10m\s .

13- أكمل ما يأتي:

- للعضو الدوار بالمضخة الطاردة المركزية ثلاثة أنواع منها العضو المفتوح و العضو ..... والعضو .....
- هناك ثلاثة أشكال لريش العضو الدوار منها الريشة الأمامية والريشة ..... والريشة .....

14- ارسم رسما مبسطا يوضح طريقة الحبك في المضخات باستخدام صندوق الحشو.

15- اذكر أنواع المضخات الدوارة.

16- اذكر مكونات مضخة التروس.

17- اشرح طريقة عمل مضخة التروس موضحا ذلك بالرسم.

18- ارسم مضخة ترددية مؤشراً على الأجزاء.

19- اذكر أنواع المضخات المستخدمة في محطات المعالجة.

20- ما هي أهم التأثيرات التي تؤثر على عمل المضخات في محطات المعالجة.

الباب الثاني

وحدات التصفية التمهيدية السائدة لمياه الشرب

الأهداف

الهدف العام:

يهدف هذا الباب إلى التعريف بوحدات التصفية التمهيدية السائدة والاعمال التكميلية في مشاريع المياه.

الأهداف الخاصة:

نتوقع أن يكون الطالب قادراً على أن:

1. المعرفة بأحواض المزج السريع.
2. المعرفة بآلية المزج السريع.
3. التعرف بأحواض المزج البطيء
4. المعرفة بآلية الترسيب .
5. يصنف المواد المستعملة للتخثير وجرعتها .
6. المعرفة بآلية التعقيم
7. يصنف اشكال أحواض الترسيب.
8. يصنف أنواع أحواض الخزن.
9. يصنف أنواع مصافي وحدة الترسيب التمهيدي واستخداماتها.

الفصل الخامس

مأخذ المياه ،المصافي والتهوية

5-1 مقدمة :

يقوم منشأ مأخذ المياه بسحب المياه الخام من النهر أو البحيرة أو خزانات السدود وعند مستوى معين للمياه . أن وجود المصافي في مأخذ المياه جاء لإزالة الاجسام الطافية الكبيرة من المياه من اجل حماية المضخات وملحقاتها قبل دخول المياه الى محطة الضخ وكذلك ان وجود وحدات التهوية بعد محطة الضخ وجد لإزالة الغازات والمواد العضوية التي تسبب مشاكل في الطعم والرائحة في المياه المجهزة . كذلك تستخدم وحدة التهوية لأكسدة المعادن الذائبة بوساطة تشكيل اكاسيد غير ذائبة ، اما وحدة التهوية وتنشأ عادةً في مقدمة مشروع تنقية المياه بعد المأخذ.

5-2 منشآت مآخذ المياه:

تستخدم منشات مأخذ المياه للسيطرة على سحب الماء الخام من مصادر المياه السطحية. ان الغرض الاولي لهذه المآخذ هو سحب النوعية الافضل من المياه مستثنياً منها الاسماك والاجسام الطافية والرواسب الكبيرة الحجم. هذه المنشات تحوي على انابيب بسيطة غاطسة وبوابات ومصافي واقفال سيطرة ومضخات ومغذيات للمواد الكيمياوية ومنشات لقياس التصريف وغيرها.

5-3 المعايير التصميمة لمأخذ المياه:

5-3-1: سرعة المياه في الماخذ:

ان سرعة المياه الداخلة الى المأخذ تُعد ذات اهمية كبيرة في التصميم إذ ان السرعة العالية للمياه تسبب خسائر كبيرة في الشحنة مع زيادة في دخول المواد العالقة والاسماك. اما عند اختيار السرع المنخفضة ، فان ذلك يؤدي الى تصميم مأخذ كبير الحجم وزيادة في كلفة المنشأ أن الخبرة العملية أوضحت بأن سرعة المياه الاقل من (1.5) م \ ثا هي المناسبة للتصميم.

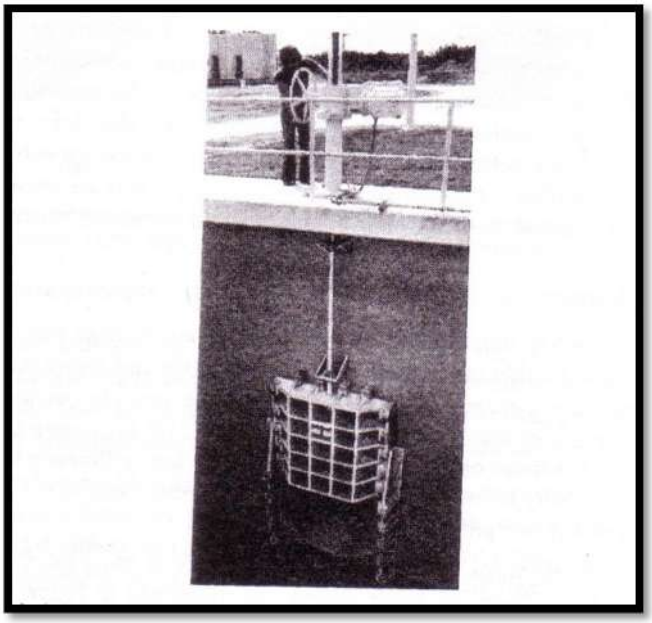
5-3-2: موقع المأخذ:

لكي يكون مأخذ المياه مناسباً من الجوانب التصميمية، يجب سحب المياه بنوعية جيدة ، ولتحقيق ذلك فأن المأخذ يصمم بفتحات ذات مستويات مختلفة على اساس ان نوعية المياه متغيرة مع

عمق المياه. ان الموقع العمودي للمأخذ يجب ان يحدد باختيار نوعية المياه من مختلف الاعماق. هذه الاختيارات يجب ان تعمل لكل فصول السنة، والتي خلالها تتغير اعماق البحيرات والخزانات وكذلك الظروف المناخية. إذ يجب ان تكون قمة المأخذ على مستوى ليس بأقل من 2 متر في اسفل مستوى المياه وان قاع المأخذ يكون على ارتفاع 1 متر في أعلى القاع على الاقل لمنع انغماره بالرواسب.

5-3- 3: البوابات:

تستخدم البوابات في منشأ المأخذ ، للسيطرة على تصريف المياه الداخلة اليه. ان البوابات التي تستخدم لأمرار المياه من مستوى معين يجب ان تكون ذات نوعية جيدة ، اذ تكون من النوع العمودي الحركة خلال سكة (Sluice gate). أن هذا النوع من البوابات يصنع من الفولاذ المغلون والشكل (5-1) يوضح هذا النوع.



شكل(5-1):بوابة حديدية للسيطرة على تصريف المياه.

5-4: المصافي

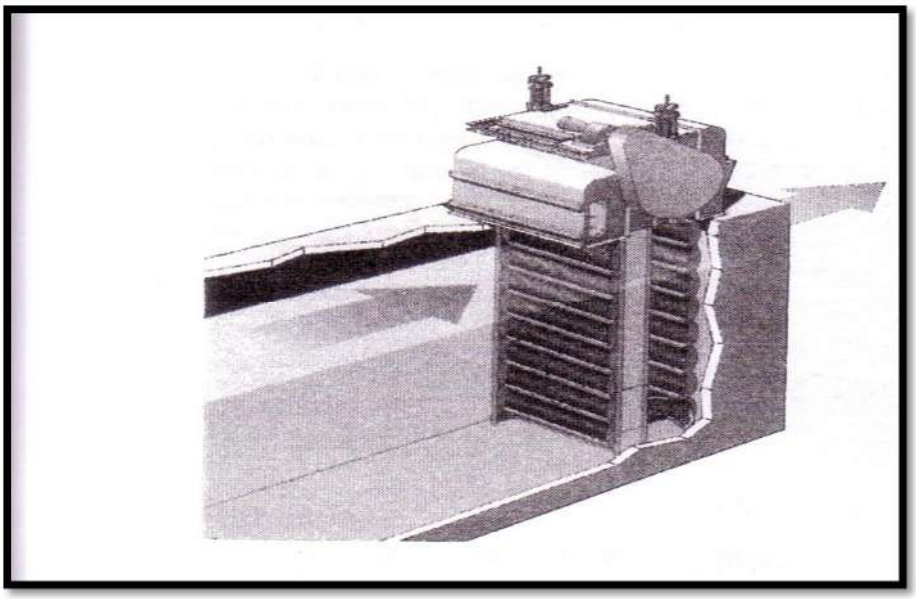
5-4-1: المصافي الخشنة (Coarse screen):

ان المصافي تُعد أحدى العناصر المهمة لمآخذ المياه . أن المصافي الخشنة او ما تسمى (bar rack) تستخدم لمنع الاجسام الكبيرة من الدخول مع المياه. هذه المصافي تحوي على قضبان من الفولاذ عمودية او مائلة (مستوية او دائرية) توضع بمسافات تتراوح بين (5-8سم).

ان المصافي الخشنة توضع في خارج البوابات لمنع الاجسام الصلبة من الدخول. إذ تنظف هذه المصافي ميكانيكياً او يدوياً. ان سرعة المياه من خلال هذه المصافي هي بحدود (60-100) سم\ثانية.

2.4.5: المصافي الناعمة (Fine screen):

تستخدم المصافي الناعمة لإزالة الاجسام الصغيرة التي ربما تلحق أضرارا بالمضخات. وتقع أما في منشأ المأخذ أو في مقدمة محطة الضخ. وفي حالة نظام التوصيل بالجاذبية فأن المصافي الناعمة توضع في مقدمة مشروع تصفية المياه. تحوي هذه المصافي على شبكة من المعدن بفتحات مربعة ابعادها 5 سم. ان كفاءة المصافي الناعمة بحدود 55% وتحتاج الى تنظيف آلي بالنظر الى الكميات الكبيرة المحجوزة مقدمها. شكل (2.5)

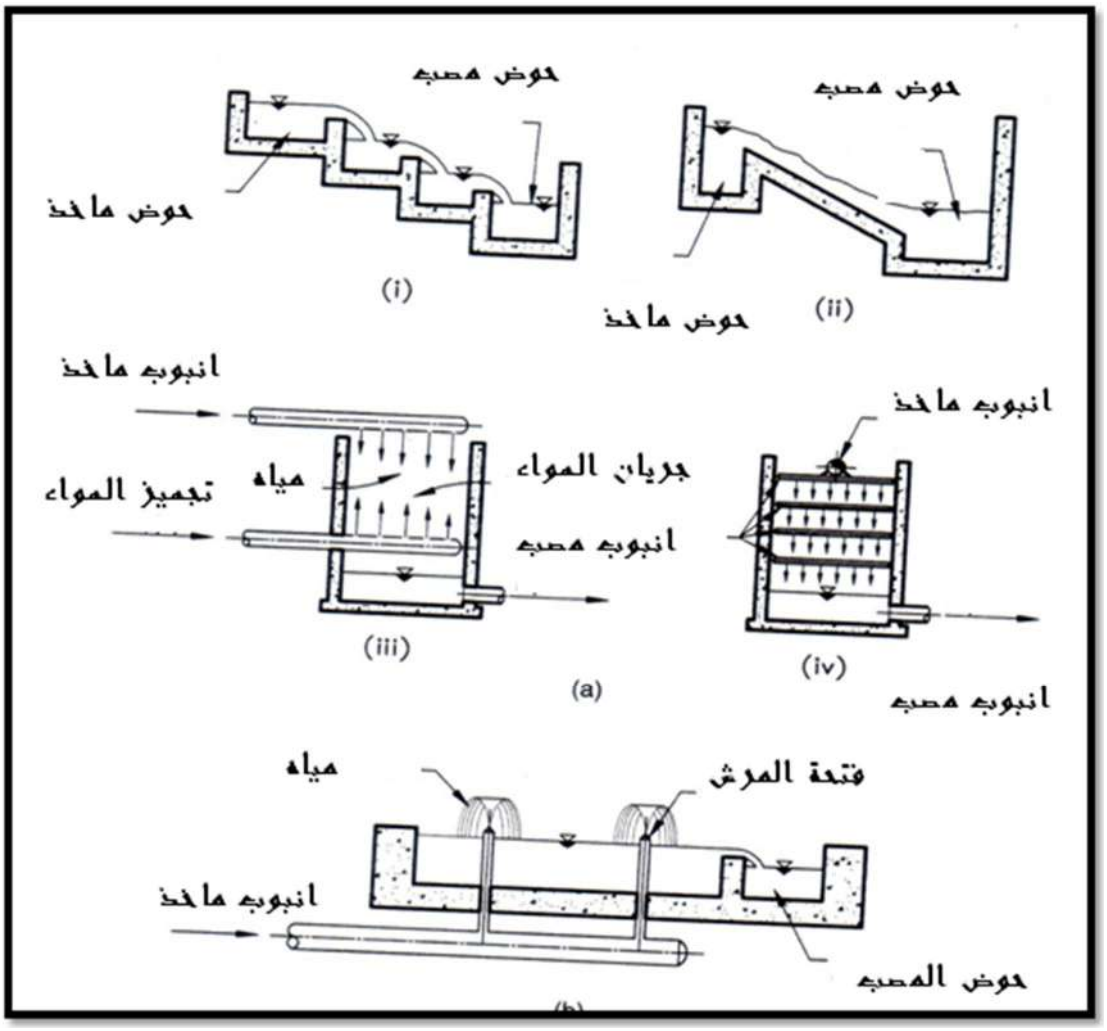


شكل(2.5): مصافي مياه ناعمة.

5-5 التهوية (Aeration)

تشمل التهوية زيادة الهواء مع الماء لتحويل المواد المتطايرة السائلة الى غازية ولإذابة الغازات في الماء. ان الغازات التي تذاب في الماء تتضمن الاوكسجين وثنائي اوكسيد الكاربون. ان الغرض من التهوية هو تقليل تركيز المواد المسببة للطعم والرائحة ولأكسدة الحديد والمنغنيز ولإذابة الغاز في المياه.

هنالك عدة انواع لوحدات التهوية منها (التي تعمل بالجاذبية، المرشات، الناشرات والوحدات الميكانيكية) شكل(3.5).



شكل(3.5): انواع وحدات التهوية.

اسئلة الفصل الخامس

س1)-ماهي مأخذ المياه ولماذا تستخدم المصافي ووحدات التهوية فيها؟

س2)-عدد انواع مآخذ المياه وحدد المعايير المستخدمة لاختيار هذه المآخذ؟

س3)ماهي العوامل المستخدمة في اختيار مواقع مآخذ المياه؟

س4)-عدد الاعتبارات التصميمية لمآخذ المياه واشرحها بالتفصيل.

س5)-ماهي انواع المصافي واين تستخدم كل منها؟

س6)-عدد انواع وحدات التهوية المستخدمة في موقع مأخذ المياه معززا إجابتك بالرسم

الفصل السادس

المزج السريع

1-6:المقدمة:

ان المياه من المصادر الطبيعية وعادة ما تحوي على العديد من المواد الصلبة الذائبة والعالقة. الحبيبات العالقة مثل الرمل تتصرف كأنها حبيبات منفصلة ويمكن بسهولة ازالتها بوساطة عمليات الترسيب او الترشيح. ان الجزيئات العالقة ذات الاحجام الصغيرة لايمكن بسهولة ترسيبها بوساطة الجاذبية إذ يمكن ترسيبها او ترشيحها بعد زيادة مواد كيميائية للمياه وفي هذه الحالة تسمى هذه العلمية بالتخثير (Coagulation)

2-6: المواد الصلبة العالقة:

ان المواد الصلبة العالقة في المياه تتضمن الرمل، الطين، مواد عضوية، بكتريا، فيروسات ومواد اخرى. الجدول (1.6) في الادنى يوضح مختلف احجام الجزيئات الموجودة في المياه السطحية. ان الجزيئات التي هي اكبر من (1) مايكرون يمكن ترسيبها اما الجزيئات التي هي اقل من (1) مايكرون فلا يمكن ترسيبها الا بعد زيادة مواد كيميائية لها.

جدول (1.6): حجم الجزيئات الموجودة في المياه المعالجة

المواد	قطر الجزيئات مايكرون
فيروسات	0.005-0.01
بكتريا	0.3 -3
مواد يمكن تخثيرها	0.01-0.1
طين	1–100
رمل	500

أن الجزيئات التي يمكن تخثيرها تعرف عن طريق حجمها، إذ يتراوح حجمها بين (0.001) مايكرون (10^{-6} ملم) الى (1) مايكرون (10^{-3} ملم). ان من بين هذه المواد الجزيئات غير العضوية (طين، غرين)، والجزيئات العضوية (فيروسات، بكتريا). ان كتلة هذه الجزيئات صغيرة جداً إذ يكون تأثير قوة الجاذبية عليها صغيراً . وان الظاهرة الاساسية التي تسيطر على تصرف هذه المواد هي القوى الالكتروستاتيكية ، فبعض الجزيئات لها شحنة موجبة والاخر لها شحنة سالبة (المعدنية وغير المعدنية).

3-6 المزج السريع:

ان عملية التخثر تحتاج الى زيادة مواد كيمياوية الى مجرى المياه. ان نجاح هذه العملية يعتمد على سرعة المواد الكيمياوية وانتشارها. ان عملية انتشار المواد الكيمياوية (المخثرات الكيمياوية) يعرف بالمزيج السريع (Rapid mix). إذ تستمر عملية المزج سريعا فلا تأخذ اكثر من 30 ثانية.

ان المخثرات الكيميائية المستخدمة بشكل عام، هي هيدروكسيد الكالسيوم$Ca(OH)_2$ ، كبريتات الحديديك $Fe_2(SO_4)_3$ ، كلوريد الحديديك $FeCl_3$ ،كبريتات الالمنيوم المائية $7H_2O$. $Al_2(SO_4)_3$، و بنتونايت .ويكون التركيز المثالي لهذه المخثرات بحسب الجدول الآتي:

جرعة التخثير		
المخثر	**(ملغم)تركيزالجرعة**	**PH**
Alum	75-250	4.2-7
$FeCl_3$	32-150	4.2-7
$FeSO_4$-$7H_2O$	70-200	4.0-7.0
Lime	150-500	9.0-11

ان زيادة المادة المخثرة الى مياه المصدر هو لإثارة قوى الانجذاب بين الجسيمات العالقة.

6- 4 انواع أحواض المزج السريع:

ان الشكل الهندسي لأحواض المزج السريع يُعد الجزء المهم في تصميمه. وان الأمور المهمة التي يجب ان تأخذ بعين الاعتبار عند التصميم هي :

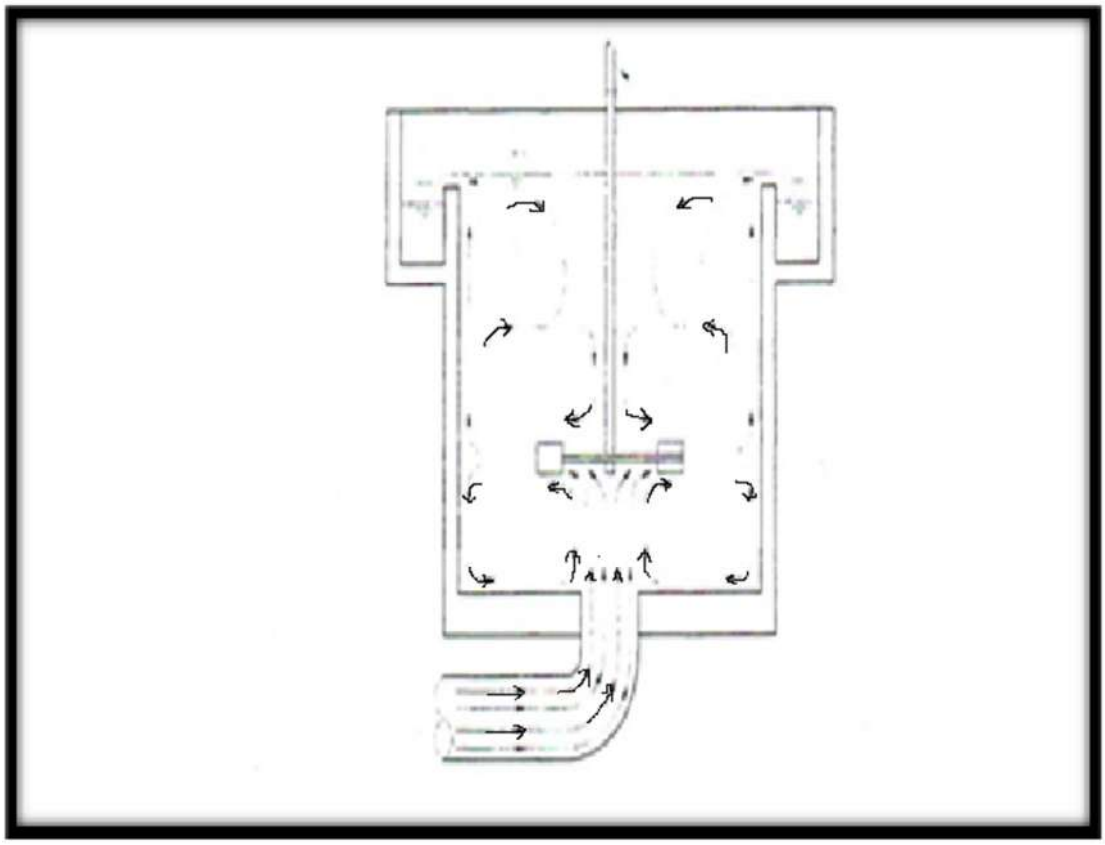
أ- توفير مزج منتظم للمواد الكيميائية مع المياه.

ب- تقليل المساحات الميتة التي لايتم فيها المزج

ت- اقصر طريق لدوران المياه

ففي أحواض المزج السريع التي تستخدم المزج الميكانيكي يكون الشكل الهندسي المستخدم هو المربع وتكون نسبة العمق الى العرض مساوية الى (2).

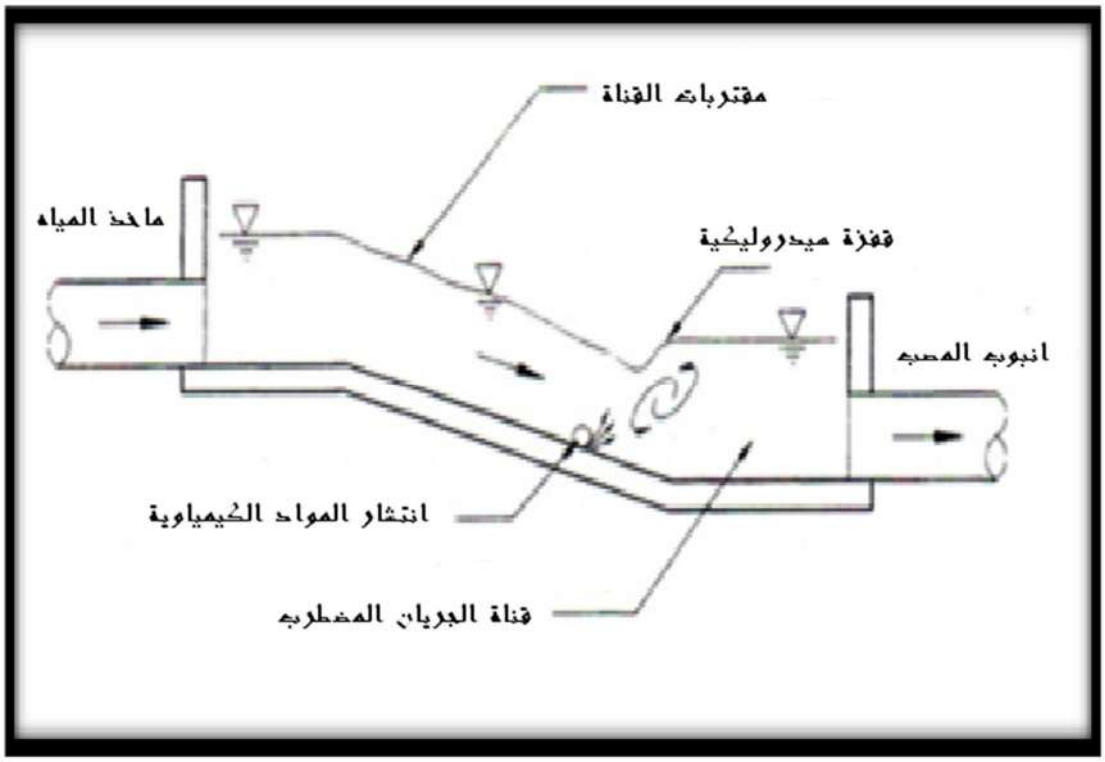
الشكل (1.6)، يوضح خطوط الجريان او حزمة الجريان عند خلط المياه. ان الاشكال الاسطوانية او المدورة يجب تجنبها عند استخدام الخلاطات الميكانيكية بسبب توليد مقاومة قليلة للجريان الدوراني وبالتالي التقليل من كفاءة الخلط.



شكل(1.6):خطوط الجريان عند خلط المياه في أحواض المزج السريع.

في بعض انواع الخلط من الممكن استخدام ظاهرة القفزة الهيدروليكية في خلط المواد الكيميائية مع المياه ومن غير استخدام الخلاطات الميكانيكية شكل (2.6). إذ تزداد المواد الكيميائية في المواقع

التي لا يوجد فيها جريان مضطرب، وكذلك في مواقع قناة بارشال (Parshall flume).



شكل(2.6): استخدام ظاهرة القفزة الهيدروليكية في خلط المواد الكيميائية .

5-6 العوامل المؤثرة على جرعة التخثير:

للسيطرة على عملية التخثير (Coagulation) ، يتم اجراء فحص الجرة (Jar tests) في المختبر لإيجاد جرعة التخثير التقريبية للمواد الكيميائية ، وبدرجة الحرارة الحقيقية للحصول على افضل النتائج إذ يتم اعتماد كدرة المياه (turbidity) المزالة مؤشرا لتحديد الجرعة المناسبة .

ان أفضل قيمة للـ (PH) والمخثرات المساعدة يجب تحديدها في هذه الاختبارات. ثم يتم ضبط أجهزة زيادة الجرعة الكيميائية (تغذية جافة او تغذية عن طريق محلول) لزيادة الكمية المرغوبة من المواد الكيميائية بالتناسب مع معدل جريان المياه المراد تنقيتها للحصول على أفضل النتائج. ويجب على العاملين في مشاريع تصفية المياه أن يكونوا على علم بأن المياه الخام المسحوبة من النهر تكون متغيرة بخواصها بين النهار والليل من إذ PH والأوكسجين المذاب. زيادة على ذلك فهناك متغيرات مهمة في زيادة كفاءة التخثير ومنها الشحنة الكهربائية لأيونات المخثر وحجم الايونات او الجزيئات كلما كانا كبيران كلما زادت فعالية المخثرات.

اسئلة الفصل السادس

س1)-عرف عملية التخثير ، وعلى من تعتمد هذه العملية؟

س2)-ماهي المواد الموجودة في المياه السطحية وما هو حجم جزيئاتها؟

س3)-ماهي انواع المخثرات الكيميائية المستخدمة في عملية التخثير ، حدد جرعة التخثير لكل منها؟

س4)-ماهي النقاط المهمة التي يجب ان تؤخذ بعين الاعتبار عند تصميم أحواض المزج السريع

س5)-كيف يتم خلط المواد الكيميائية في أحواض المزج السريع موضحا ذلك بالرسم؟

س6)-تكلم عن العوامل المؤثرة على جرعة التخثير.

الفصل السابع

المزج البطيء

1-7: مقدمة

ان عملية التلبيد (Flocculation)هي عبارة عن تجميع أو تكتيل الجزيئات الى احجام اكبر يمكن فصلها من المياه بوساطة الترسيب او الترشيح ان حجم اللبادات يتراوح بين (0.12-)ملم .ان المزج البطيء او التلبيد (Flocculation) يتحقق بعدة طرائق منها وجود الحواجز (baffles) اوالخلاطات الميكانيكية لتكوين اللبادات. تتم هذه الطريقة بفترة مكوث اطول من (30) دقيقة وبسرعة جريان تتراوح بين (0.15- 0.45) م\دقيقة.

بعد ذلك فان الماء الملبد ينقل الى أحواض ترسيب تصمم بفترة مكوث تتراوح بين(4 - 6) ساعة. ان معدل الجريان الخارج من الهدارات يكون بحدود 60000غالون\يوم لكل متر من طول الهدار. وان سرعة الجريان خلال هذه الأحواض لاتتعدى 0.15 م\ دقيقة. ان المياه الباردة تكون لزوجتها عالية مقارنة بالمياه الدافئة ولذلك فان معدل الجزيئات الملبدة او معدل ترسيب الملبدات يكون قليلا في المياه الباردة ، ولذلك في هذه الحالة فأن درجة الحرارة يجب ان تؤخذ بعين الاعتبار عند تصميم أحواض الترسيب.

2-7 : شكل وانواع وحدات المزج البطيء:

ان وحدات المزج البطيء (Flocculation units) عادة ما تقسم على نوعين رئيسين هما:

1- وحدات تلبيد هيدروليكية

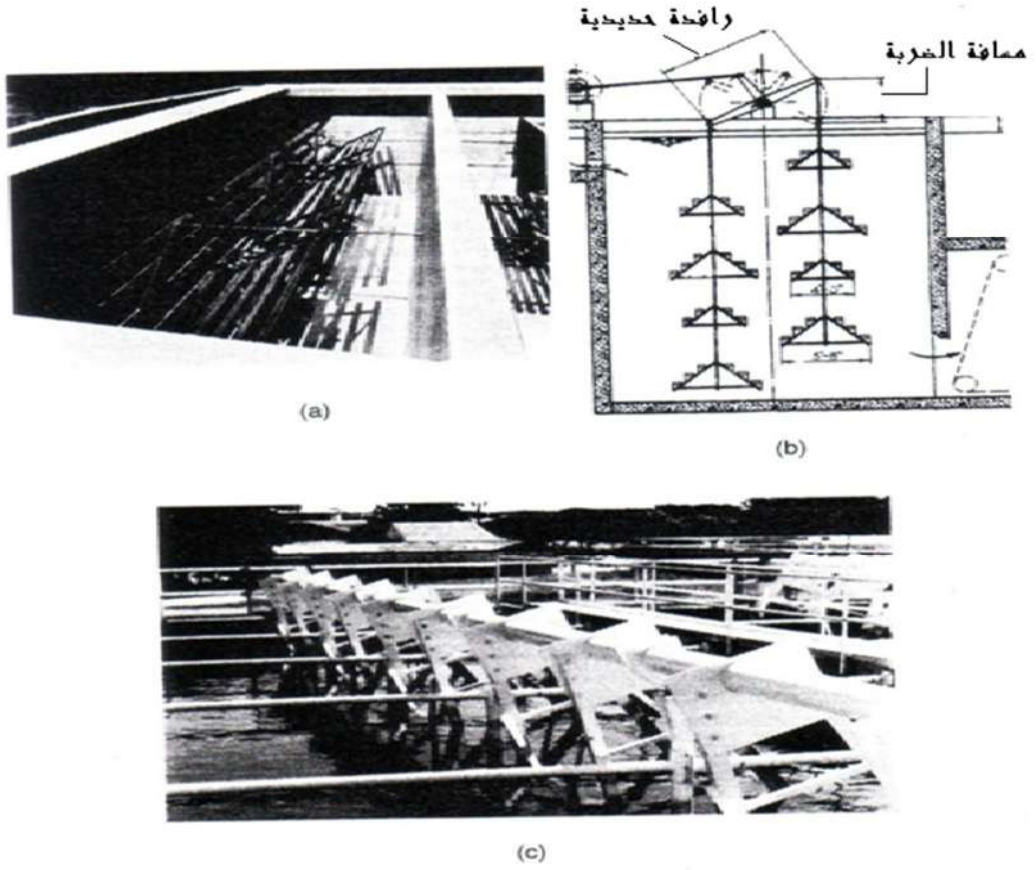
2- وحدات تلبيد ميكانيكية

في وحدات التلبيد الهيدروليكية يتم استخدام حواجز للجريان تقوم بتدوير المياه في داخل الحوض للحصول على المزج المطلوب .

ان الهدف من وحدات التلبيد الهيدروليكية هو تحقيق خلط منتظم لايؤدي الى حصول اجهادات قص للمواد الملبدة. هذا النوع هو فعال فقط في معدلات جريان ثابتة نسبياً. إذ لا تستخدم هذه الطريقة في مشاريع تصفية المياه الكبيرة والمتوسطة.

أما في الطريقة الميكانيكية فتستخدم طريقة الخلط بوساطة استخدام خلاطات معينة، (وبسرعة بطيئة). أن الخلاطات النموذجية المستخدمة في أحواض التلبيد هي أما ريش افقية- ذات عجلات ،

أوالانواع التوربينية وهي ملبدات محورية وشعاعية عمودية وافقية .فضلاًعن تلك الانواع هناك (جسور متحركة) والنوع المتأرجح وكما موضح في شكل(1.7).



شكل(1.7): الخلاطات النموذجية المستخدمة في أحواض التلبيد

7- 3الابعاد الهندسية وزمن المكوث في أحواض التلبيد

أن زمن بقاء أو مكوث المياه في أحواض التلبيد تكون اعلى من أحواض المزج السريع. وتكون بحدود (20-60) دقيقة ، و أن العامل المهم في التصميم هو القيمة المتأتية من حاصل ضرب (تدرج السرعة وزمن المكوث).

في أحواض التلبيد يجب أن يقلل الدوران القصير ويتم ذلك باستخدام (3-4) اقسام أو أحواض مفصولة بحواجز على شكل جدران ، أن هذه الاقسام تكون مربعة الشكل وبابعاد (6×6) م وبعمق يتراوح بين(3-5 م) ، هذا في حالة الملبدات العمودية. أما في حالة الملبدات ذات المحور أو الريش الافقية فأن اقسام الملبدات تكون بأبعاد (6- 30م) طولا و(3-5 م) للعرض. تصمم أحواض التلبيد على أن تكون سرعة المياه تتراوح بين (0.15-0.45) م\ دقيقة لان السرعة التي هي اعلى من 0.5 م\دقيقة تسبب اجهادات قص على الجزيئات المتلبدة.

اسئلة الفصل السابع

س1)-عرف عملية التلبيد وماهي الطرائق التي تحقق هذه العملية؟

س2)-عدد اشكال المزج البطيء وانواعها واشرحها؟

س3)-تكلم عن فترة المكوث للملبدات.

س4)-ماهي الابعاد الهندسية لأحواض التلبيد؟

الفصل الثامن

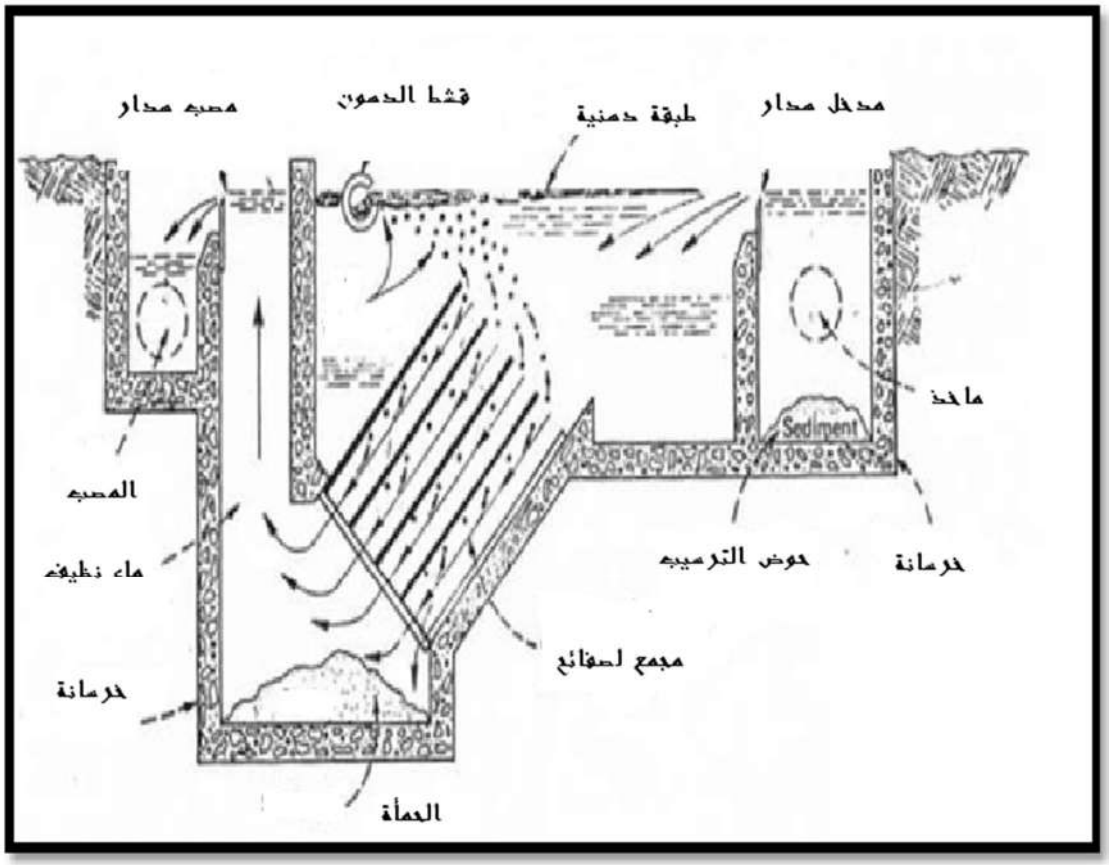
الترسيب

1-8: مقدمة

أن الغرض من الترسيب الطبيعي هو ازالة اكبر كمية من المواد الصلبة العالقة ذات الكثافة الاكبر من كثافة المياه في أحواض خاصة تمر فيها المياه في فتره معينة وتحت ظروف تساعد على هبوط المواد العالقة الى قاع هذه الأحواض. وتستخدم عمليات الترسيب في ازالة الرمال في أحواض الترسيب الاولية لمياه الشرب ، وفي فصل الحمأة المنشطة في المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي . وكذلك في فصل الرواسب في المعالجة الكيميائية وفي عمليات التثخين.

2-8 :انواع أحواض الترسيب الاولية

1-2-8أحواض الترسيب الافقية (المستطيلة)



شكل(1.8): حوض ترسيب مستطيل.

تتألف من خزان مستطيل الشكل ومقسم على عدة اقسام وغالباً مايكون عددها اكثر من اثنين وذلك بهدف عدم تعطل المنشأ ككل في حال تعطل احد اقسامها، شكل (1.4)

تقدر سرعة حركة جزيئات المواد العالقة في ضمن حوض الترسيب الافقي بأنها مساوية لسرعة ترسيبها (U) تحت تأثير الجاذبية الارضية وسرعة حركة المياه (V). واستمرار الجزيئات في حركتها يتبع لتأثير كل من هاتين السرعتين. فعند معرفة (طول الحوض L)، (عمق الحوض H)،و يمكن تحديد قيمة (U) والتي في خلالها يحصل التوازن في ابعد نقطة من الحوض ولتكن C.

يتم الترسيب لجميع المواد العالقة التي سرعة ترسيبها اكبر من(U) أو تساويها. اما المواد الدقيقة العالقة والتي سرعة ترسيبها أقل من (U) فستحملها المياه معها في اثناء خروجها من الحوض .

تتكون أحواض الترسيب بصورة عامة من أربع مناطق هي :-

1- منطقة الدخول : وفيها يتم توزيع المياه على المقطع الافقي للحوض

2- منطقة الترسيب : وفيها يتم ترسيب المواد العالقة

3- منطقة الخروج :وفيها يتم تجميع المياه الرائقة

4- منطقة الحمأة : وفيها يتم تجميع المواد الصلبة في اسفل الحوض ثم يتم ازالتها منه .

ولتصميم أحواض الترسيب الافقية ، ينصح بأن يكون العمق (3-4)م وسرعة حركة المياه (5-7)ملم\ثاوالجدول (1-8) يوضح المعايير التصميمية لهذا النوع من الأحواض.

جدول(1.8): المعايير التصميمية لأحواضالترسيب الافقية

الابعاد والحجم	أحواض ترسيب ذات عرض	
	6م	9م
الطول(م)	24-30	30-36
العمق (م)	3.2-4.4	3.2-4.4
العمق الفعال(م)	3-4	3-4
الحجم الفعال($م^3$)	536-690	1050-1260
التصريف على هدارخروج المياه $m^3\sec\m$ of L	5-3	8-6

يزداد على العمق الفعال ارتفاع جدران الحوض فوق سطح المياه على أن لايزيد هذا الارتفاع عن(0.4م) كما يقدر سمك طبقة تجميع الرواسب في قاع الحوض باتجاه(0.4م) ايضاً ومنه يمكن ان يحدد العمق الكلي للحوض .

أن عرض الحوض يحدد بحسب طريقة التنظيف المتبعة (يدوية ام ميكانيكية) ويفضل الا يزيد عن (9م) وفي حال التنظيف الميكانيكي يفضل ان تستعمل الابعاد النموذجية مما يمكن من استخدام اليات التنظيف الأكثر من منشأ في محطة المعالجة، وبالتالي فالعرض النموذجي للأحواض الافقية (6-9)م.

أن من مزايا أحواض الترسيب الافقية انها قليلة العمق وذات كفاءة عالية في الترسيب. ويمكن استخدام اليات لأكثر من حوض. الا انها بسبب العرض القليل تتطلب ذلك عددًكبيراً ممن الأحواض.

غالباً ما يتم تنظيف الأحواض الافقية ميكانيكياً ولذلك يعطي قاع الحوض ميلا قليلاً وعلى شكل هرم مقلوب أو اكثر عند المدخل، وتركب سلسلتين في كل من جانبي الحوض وتثبت كل سلسلة على اربع عجلات ذات تروس وتحيط بالعجلات الاربع في كل جانب سلسلة، وتتصل السلسلتان بوساطة قضبان حديدية بعرض الحوض، وتركب على هذه القضبان امشاط تزحف على قاع الحوض عند تحريك السلسلتين .يتم تحريك السلسلتين بوساطة محرك كهربائي فتحرك الامشاط دافعة امامها الرواسب المتراكمة في قاع الحوض الى غرفة تجميع الرواسب عند مدخل الحوض . ثم ترتفع الامشاط لتسير على سطح الماء دافعة الخبث المتجمع على السطح الى مجرى الخبث الموجود امام هدار المياه الخارجة ومنه الى خارج الحوض.

8-2-2:أحواض الترسيب العمودية:-

يتألف حوض الترسيب العمودي من خزان دائري المسقط ، ويمثل القسم العلوي من الحوض منطقة الترسيب، مع قاعدة هرمية تمثل القسم السفلي إذ يتم فيها تجميع المواد العالقة المترسبة . تدخل المياه الى الحوض من خلال انبوب رئيسي وتتجه الى اسفل القسم العلوي إذ تخرج من خلال فتحات موجودة في نهاية الانبوب ومزودة بلوحات خاصة لعكس تيار المياهمما يساعد المياه على تغيير اتجاهها تدريجيا ، وترتفع الى الاعلى بحركة بطيئة لتصل الى حوض علوي فتتجمع فيه لتصرف الى خارج الحوض.

في اثناء حركة المياه الى الاعلى بسرعة(v) فان جميع المواد العالقة تحاول التحرك معها الى الاعلى بالسرعة نفسها الا ان قوى الجاذبية الارضية تؤثر فيها ايضاً وتحركها باتجاه الاسفل بالسرعة (u) والتي تتعلق بحجم الجزئيات وشكلها وكثافتها ولزوجة السائل. اذ تحوي المياه على مواد عالقة بابعادمختلفة وسرع ترسيب (u) مختلفة ولذلك في اثناء تحركها في حوض الترسيب

مع تيار المياه ذي السرعة الثابتة (v) فأن جزيئات هذه المواد تتخذ لنفسها حالات مختلفة. فمنها مايرسب بسرعة الى قاع الحوض لان(u >v) ومنها مايبقى معلقاً بالمياه لان(u=v) والقسم الباقي الذي تكون فيه (u<v) يتحرك باتجاه الاعلى مع التيار، وفي اثناء ذلك تصطدم بطبقة المياه الغنية بالمواد العالقة التي بدأت بترسبها فتلتصق بها مشكلة جزيئات جديدة بأبعاد اكبر فتترسب . تقدر كمية المواد المترسبة باتجاه(0.8لتر\شخص\يوم)، وتتجمع في القسم السفليمن الحوض الذي يكون بشكل هرم مقلوب .

يتم تنظيف الحوض من الرواسب هيدروليكياًإذ تخرج الرواسب من خلال انبوب صرف قطره لايقل عن (200) ملم ويراعى أن يكون مخرج الرواسب أخفض من منسوب المياه في الحوض باتجاه (1.5- 2)م. وتقدر رطوبة الرواسب الخارجة من الأحواض العمودية باتجاه(95%) . تصمم الأحواض العمودية من أجل سرعة جريان للمياه(0,7) ملم\ثا وفترة مكوث تتراوح بين (0.5 -1.5) ساعة وذلك بحسب درجة المعالجة المطلوبة.

أن المساحة الفعالة للحوض تساوي مساحة سطح الماء في الحوض مطروحاً منها مساحة الانابيب الرئيسية إذ يحدد العمق الفعال للحوض بالمسافة من قاع الانبوب الرئيسي وحتى سطح الماء في الحوض. تحدد مساحة الانبوب الرئيسي (A) حسب التصريف الاكبر (م^3\ثانية)والسرعة في الانبوب (v_1)م\ثا بالعلاقة الآتية:

$$A = \frac{Q}{v_1} \quad \text{(8-1)}$$

وتأخذ السرعة v_1 عادة (0.03)م\ثا ويجب أن لاتزيد على (0.1)م\ثا عند توافر لوحات الانعكاس.

يحدد ارتفاع الجزء الفعال من الحوض (القسم العلوي) أو طول الانبوب الرئيسي بالعلاقة الاتية:

$$H = v_1 \times t \quad (8-2)$$

على ان لايقل عن (2.7)م.ويحدد حجم القسم العلوي من الحوض(w) بالعلاقة الاتية:

$$w = \frac{Q \times k \times t}{24} \quad \text{(8 -3)}$$

على أن:-

Q= التصريف اليومي م^3\ثا

k= عامل عدم الانتظام اليومي

t= فترة المكوث(ساعة)

أما المساحة الفعالة للحوض فتعطى بالعلاقة الاتية :

$$F = \frac{w}{h} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (8-4)$$

والمساحة الكلية:

$$F=F+A \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (8-5)$$

يجب أن لايزيد قطر الحوض عن ثلاثة امثال العمق (h) ولايزيد عن (9) م. اما العمق الكلي(H) فيتضمن عمق القسم العلوي (h) والقسم السفلي وارتفاع جدار الحوض فوق منسوب المياه والذي يقدر باتجاه(0.3-0.4م). أما ارتفاع القسم السفلي فيحدد بحسب حجم الرواسب المتجمعة في كل مرة وهذا يتعلق بعدد مرات غسيل الحوض خلال اليوم . وتؤخذ منطقة تجميع الرواسب بشكل هرم مقلوب ابعاد القاعدة السفلية فيه (0.4×0.4)م وميل الجدران مع الافق بزاوية(50°) ويبين الجدول(8-2) ابعاد حوض الترسيب العمودي.

جدول (8-2) المعايير التصميمية لأحواض الترسيب العمودية

قطر الحوض (م)	التصريف الداخل الى الحوض لتر\ثا	العمق		
		الكلي	القسم العلوي	القسم السفلي
4	8.6	5.9	4.1	1.8
6	19.3	6.9	4.1	2.8
9	43.5	9.3	4.2	5.1

من مزايا هذه الأحواض أنها لا تشغل مساحات كبيرة وتطبيقها سهل وبسيط ، الا انها ذات اعماق كبيرة مما يؤدي الى أن تكون التكاليف الانشائية عالية وبخاصة عندما يكون منسوب المياه الجوفية مرتفعاً.

هناك نموذج احدث لأحواض الترسيب العمودية إذ حركة المياه من الاعلى الى الاسفل. يتألف الحوض من خزان دائري المسقط مع هدار يحيط بكامل الحوض لجمع المياه بعد عملية الترسيب . أما دخول المياه فيتم عبر انبوب في اعلى الحوض الى غرفة تهدئة ومنها الى قناة فيها فتحات تحيط بالحوض وتخرج المياه من خلال الفتحات وتتوزع بانتظام على كامل سطح الحوض . تجهز الفتحات بصفائح عاكسة تغير اتجاه حركة المياه العمودية الى افقية.واثناء حركة المياه من المحيط باتجاه

المركز تتجه الى الاسفل باتجاه قاع الحوض وتكون سرعتها بطيئة إذ تفقد قدرتها على الحمل فترسب المواد العالقة فيها الى القاع.

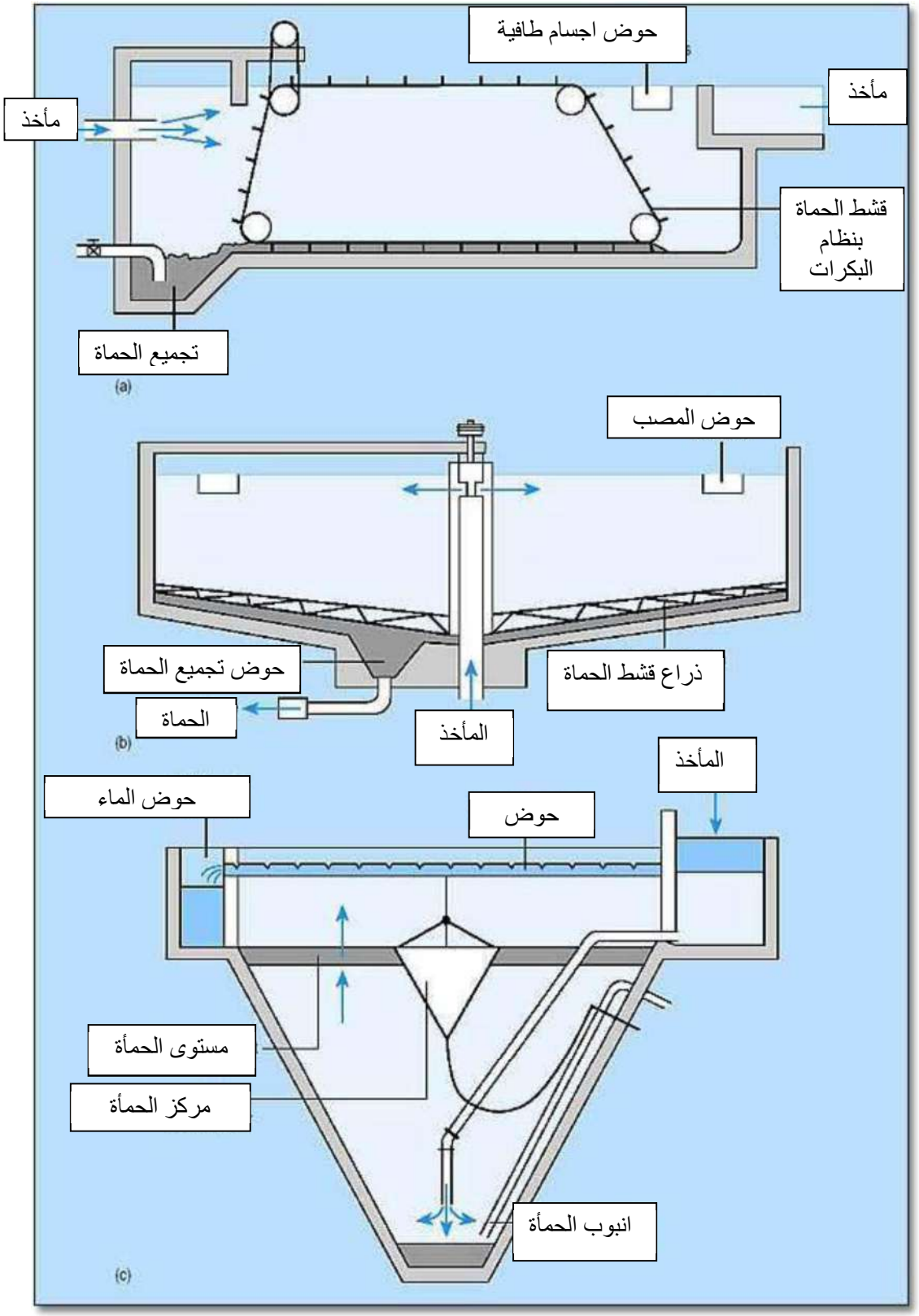
تمتاز هذه الأحواض بكفاءة عالية اذ تصل نسبة ازالة المواد العالقة فيها (60-70%) ومن اجل كفاءة الأحواض العمودية العادية نفسها فأن التصريف الواصل الى هذه الأحواض يزيد باتجاه مرة ونصف مرة.

3-2-8 :أحواض الترسيب الدائرية :

هي أحواض دائرية المسقط ، تدخل المياه الى مركز الحوض من الاسفل وتتجه في ضمن انبوب عمودي باتجاه الاعلى ثم تخرج من الأنبوب وتتجه بحركة قطرية (شعاعية) باتجاه المحيط إذ تجمع عبر هدار المخرج على محيط الحوض . تنظف هذه الأحواض بوساطة زحافات تزحف على القاع ومتصلة بمحرك كهربائي مثبت على جسر يرتكز على الجدار الدائري للحوض. عند دوران المحرك تكسح الزحافات ما امامها من رواسب الى هرم مقلوب في مركز الحوض ومنه تخرج الرواسب عبر انبوب يتم تشغيله بصمام خاص ، شكل(2.8).

أما المواد التي تطفو على سطح المياه في الحوض فيتم تجميعها بوساطة مشط مغمور غمراً جزئياً. فاذا دار المشط ازاح امامه من مواد الى غرفة الحمأة في جانب الحوض ومنها الى خارج الحوض إذ يتم التخلص النهائي منها.

أن اهم مايجب مراعاته عند تصميم الأحواض الدائرية هو عدم السماح بزيادة الحمل من المياه على هدار المخرج عن (15) لتر\ثانية لكل متر طول من الهدار . ويؤخذ القطر (18- 54)م وقد يصل الى (60)م. كذلك نسبة القطر الى العمق عند المحيط باتجاه (6-12). تبلغ كفاءة هذه الأحواض باتجاه (60%). ويبين الجدول (3-8) اهم ابعاد الأحواض الدائرية.



شكل(8-2):أحواض الترسيب الدائرية.

الجدول (8-3) : المعايير التصميمية لأحواض الترسيب الدائرية

القطر (م)	عمق منطقة الترسيب (م)	حجم منطقة الترسيب ($م^3$)	التصريف التصميمي من اجل زمن مكون (1.5) ساعة ($م^3$\ساعة)
18	3.1	788	550
24	3.1	1400	390
30	3.1	2190	14600
40	3.65	4580	3054
50	4.7	9220	6150
54	5.7	10500	7000

تصمم الأحواض الدائرية بفترة مكوث (1.5-6) ساعة. وتصمم غرفة تجميع الرواسب بطريقة تجعلها تستوعب الرواسب المتجمعة في خلال (4) ساعات ويميل جدارها مع الافق بزاوية (60˚) مما يسهل عملية التنظيف . تبلغ رطوبة الرواسب الناتجة من هذه الأحواض (95)% في حالة كون تصريفها طبيعياً (من غير ضخ) و (93.5%) اذا كان التصريف بوساطة الضخ . ويحدد قطر انبوب تصريف الرواسب حسابياً ويجب الا يقل عن (200) ملم.

أن من مزايا الأحواض الدائرية أنها قليلة العمق وبالتالي فالتكاليف الاستثنائية تكون قليلة اذ ما قورنت بغيرها من الأحواض. كما يساعد الشكل الدائري على التقليل من سمك الجدران وهذا ايضاً يؤدي الى تخفيض التكاليف .هناك نموذج اخر لأحواض الترسيب الدائرية إذ ان دخول المياه لا يكون مركزياً بل على كامل محيط الحوض وذلك عبر منشأ محيط بالحوض وفيه ثقوب دائرية المقطع تخرج منها المياه وتتوزع على كامل سطح الحوض. يصمم هذا المنشأ المحيطي على ان يكون له العرض نفسه على كامل محيط الحوض مع تغير عمقه تدريجياً بطريقة تجعله يتناقص مع البداية وحتى النهاية. كذلك يتم توزيع الثقوب على ان يتغير قطرها والمسافة فيما بينها حسب تغير العمق لكي تتحقق سرعة جريان ثابتة في ضمن المنشأ المدور.

تتحرك المياه في هذه الأحواض حركة شاقولية دائرية وتتجه باتجاه اسفل الحوض إذ تتناقص سرعتها وتصل الى القيمة الدنيا وتصطدم بالصفائح العاكسة التي تعكس اتجاهها وتوجيهها الى المنطقة

المركزية في الحوض ومنها الى المنشأ الدائري لجمع المياه الدائرية. في اثناء ذلك تترسب المواد العالقة في المياه في قاع الحوض إذ يتم صرفها الى الخارج .

أن اهم ما يميز هذا النوع من الأحواض الدائرية كفاءتها العالية مع فترة مكوث اقل مما هو عليه في الأحواض الدائرية المركزية، ويبين الجدول (8-4) اهم الابعاد لمثل هذه الأحواض:

الجدول (8-4): المعايير التصميمية لأحواض الترسيب الدائرية اللامركزية.

أولا: الأحواض

الابعاد	قطر الحوض (م)		
	18	24	30
العمق الكلي(م)	3.4	3.4	3.4
عمق المنطقة الترسيب (م)	3.1	3.1	3.1
نسبة القطر الى عمق منطقة الترسيب	3.8	7.7	9.7
الحجم الفعال ($م^3$)	790	1400	2190

ثانيا: قناة توزيع المياه

العمق في البداية (م)	0.6	0.8	0.9
العمق في النهاية (م)	0.2	0.45	0.45
العرض (م)	0.5	0.6	0.8
عمق المياه في بداية القناة م	0.47	0.6	0.7
عمق المياه في نهاية القناة م	0.2	0.2	0.2
سرعة الجريان (م\ثا)	0.43	0.5	0.55
قطر انبوب دخول المياه (ملم)	100	100	100
المسافة بين الانابيب (م)	1.5-2.1	1.5-2.3	1.5-2.5

ثالثا: هدار جمع المياه

المحيط(م)	74.6	107.6	124
التصريف على المتر الطولي (لتر\ثا)	2.2	2.4	3.3
قطر انبوب خروج المياه (ملم)	500	700	900
قطر غرفة بجميع الرواسب (م)	5	6	7
قطر انبوب سحب الرواسب(ملم)	200	200	250

اسئلة الفصل الثامن

س1)- عرف عملية الترسيب الطبيعي ولماذا تستخدم هذه الطريقة؟

س2)- عدد انواع أحواض الترسيب الاولية واشرحها بالتفصيل.

س3)- ماهي المعايير التصميمية لأحواض الترسيب الافقية والعمودية والدائرية؟

س4)- كيف يتم تنظيف أحواض الترسيب هيدروليكيا؟

س5)- تكلم عن أحواض الترسيب الدائرية معززا اجابتك بالرسم.

الفصل التاسع

الترشيح

9-1:مقدمة :

الترشيح هو عملية امرار المياه من خلال طبقة مسامية مثل الرمل . و هي اساس تنقية المياه وبوساطتها يمكن اتمام العمليات الآتية :

أ. التخلص من معظم البكتريا

ب. التخلص من المواد العالقة الباقية بعد الترسيب

ج. التخلص من معظم المواد العضوية الذائبة الضارة وذلك بفعل الاوكسجين الذائب والبكتريا غير الضارة الموجودة في وسط المرشح .

أن الغرض من عملية الترسيب الابتدائية ، هو التخلص من المواد الممكن ترسبها والتي تسبب انسداد مسام الترشيح بسرعة . ويتكون المرشح من وسط مسامي متمثل بطبقة الرمل . ويكسوها طبقة هلامية رقيقة تحجز المواد العالقة والبكتريا بطريقة الالتصاق. والطبقة الهلامية مكونة من (الطمى العالق في الماء، الطحالب، البكتريا والمواد الكيميائية المستعملة).

9 -2 مكونات المرشح:

يتألف المرشح من الأجزاء الاتية:

1- بيت المرشح

2-مواد المرشح

3- شبكة المبازل السفلية

4- نظام غسيل المرشح

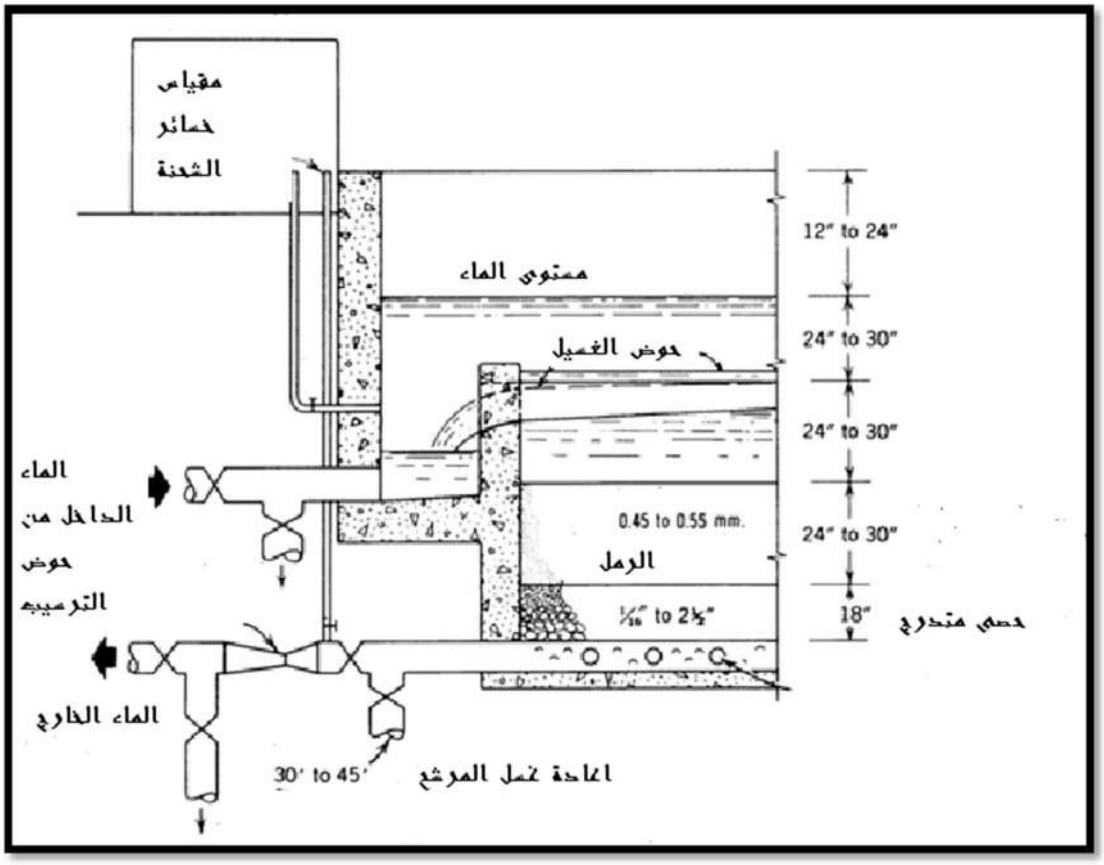
والشكل (9-1) يوضح هذه الأجزاء .

3-9: طرائق الترشيح:

هناك عدة طرائق للترشيح ومنها المرشح البطيء والمرشح السريع.

1-3-9:المرشح الرملي البطيء:

المرشح الرملي البطيء يؤخذ بأرضيته قنوات تعلوها طبقة حصى ثم طبقة رمل وتتراوح سرعة الترشيح بين (2-4) متر مكعب ماء لكل مترمربع من سطح رمل المرشح في اليوم الواحد.



شكل(1.9):أجزاء المرشح الرملي البطيء

أن هذا النوع من المرشحات أصبح عمليا إذ يتم تنظيفها دورياً كل شهرين بإزالة الطبقة السطحية بسمك (3-5) سم.

2-3-9: المرشح الرملي السريع:

يمتاز هذا النوع من المرشحات مقارنة بالمرشحات الرملية البطيئة بزيادة سرعة ترشحيها الى (200) متر مكعب للمتر المسطح من الرمل يومياً، وكذلك طريقة غسلها ميكانيكياً وهناك نوعان من هذه المرشحات هي

- المرشحات التي تعمل بالجاذبية

- المرشحات التي تعمل بالضغط

1.2.3.9 المرشحات الرملية السريعة التي تعمل بالجاذبية:

وصفتها أما دائرية (إذ يكون جدارها الخارجي من الحديد الصلب) وأما مستطيلة وتكون مبنية بالخرسانة . وتدخل المياه الى المرشح من خلال انبوب المدخل في أعلاه وتوزع في دائرة الحوض او بطولها فوق هدار لتنظيم التصريف وتوزيعه على سطح المرشح . ويبلغ ارتفاع المياه فوق رمل المرشح بين (30-100سم) . وتمر هذه المياه في طبقة من الرمل يتراوح سمكها بين (- 3090) سم . ثم طبقة الحصى المدرج التي يتراوح سمكها بين (35-50) سم والتي تكون مدرجة من الاسفل الى الاعلى كما في المرشحات البطيئة لكي يتم السيطرة على خسائر شحنة الضغط في المرشح.)

يتم غسل المرشحات السريعة على فترات قصيرة جداً (مرة او مرتين) يومياً بحسب كمية الرواسب الموجودة في المياه المراد ترشيحها- وتكون عملية الغسل بالاتجاه المعاكس لحركة جريان المياه.

ذكرنا سابقاً موضوع ازالة الطبقة الهلامية على فترات من سطح المرشح البطيء ، وهذه الطريقة غير متبعة في المرشحات السريعة التي يتوافر فيها سهولة غسيل الرمل من غير جهد كبير إذ يتم غسله لا ازالته من المرشح. كما يمكن استخدام الهواء المضغوط لتسهيل غسيل رمل المرشح من غير استهلاك كمية كبيرة من المياه ، اذ يقوم بتحريك الرمل لتفكيك الاوساخ وتسهيل فصلها عنه عند مرور مياه الغسيل من خلاله

9-3-2-2 : المرشحات الرملية السريعة العاملة بالضغط:

وهي عبارة عن اسطوانة من الحديد الصلب اما عمودية او افقية المحور. والنوع العمودي يتراوح قطره من (نصف الى ثلاثة امتار) وارتفاعها من (مترين الى اربعة امتار) ويستعمل في التصاريف المياه الصغيرة، اما في النوع الافقي فيتراوح قطرها بين (3.5-2.5 م) ويصل طولها الى سبعة امتار ويستعمل في تصاريف المياه الكبيرة.

أن المرشحات العاملة بالضغط لا تختلف عن المرشحات التي تعمل بالجاذبية من جانب المواصفات داخلها، إذ توجد فيها شبكة لصرف المياه المرشحة تعلوها طبقة من الحصى ثم طبقة من الرمل بنفس مواصفات الرمل والحصى المستعمل في المرشحات التي تعمل بالجاذبية .

أما طريقة تشغيلها فتتلخص في أن تضغط المياه بعد الترسيب فتمر المياه في وسط الرمل والحصى الى شبكة الصرف ومنها الى شبكة التوزيع مباشرة من غير ان تمر على خزان المياه النقية . ويستمر عملها حتى يبلغ منها فقدان عمود الضغط في المرشح اقصاه. بعد ذلك يتم غسلها بالطريقة التي سبق وان تم شرحها، فتفكك حبيبات الرمل على بعضها ومن ثم باحتكاكها مع بعضها للتخلص مما علق بها من المواد الهلامية التي تخرج مع المياه من المرشح. ان معدل ترشيح المياه في هذه المرشحات يكون من 100-150 مترا مكعبا.

أما بالنسبة لاستعمالات المرشح بطريقة الضغط فأنه لا يستعمل في عمليات تصفية المياه في المدن الكبيرة بل يقتصر استعماله على الحالات الاتية:

* الاغراض الصناعية
* ترشيح مياه لمصنع بعيد عن مصدر المياه النقية
* إمداد المجمعات السكنية الصغيرة بالمياه النقية
* إمداد المجمعات السكنية المؤقتة (كالمعسكرات الصيفية والثقافية الترفيهية) او الوحدات السكنية المتنقلة(كوحدات الجنود المحاربة) وفي هذه الحالة يثبت المرشح على سيارة نقل لسهولة انتقالها من مكان لأخر بحسب الحاجة.

اسئلة الفصل التاسع

س1)-عرف عملية الترشيح ولماذا يتم استخدام هذه العملية؟

س2)-عدد مكونات المرشح موضحا ذلك بالرسم.

س3)-ماهي طرائق الترشيح ؟ اشرحها بالتفصيل.

س4)-ماهي الحالات التي يقتصر فيها استعمالات المرشح بطريقة الضغط؟

الفصل العاشر

الخزن

10-1:مقدمة

ان خزانات المياه تُعد الجزء المهم في مشاريع تصفية المياه وفي شبكة توزيع المياه لمعالجة فترات الطلب العالي وكذلك تزويد الشبكة بالضغط المناسب.

ان حجم هذه الخزانات ومواقعها يُعد من العوامل المهمة في التصميم لمعادلة الخزين الكلي واستخدام المياه في الحالات الطارئة من إذ التشغيل المتوقع . وفي السنوات الاخيرة تم الاهتمام بنوعية المياه المخزونة إذ ان وقت الخزن له اهمية كبيرة في الحفاظ على نوعية جيدة للمياه.

10-2: أحواض الخزن:

تقسم أحواض خزن المياه بعد تنقيتها على الخزانات الارضية والخزانات العالية:

10-2-1 : الخزانات الارضية (خزانات المياه الرائقة):

ان الغرض من خزانات المياه الرائقة هو خزن كمية احتياطية من المياه المرشحة والمعقمة لسد حاجة الاستهلاك التي تزيد في اثناء ساعات النهار عن متوسط صرف المرشحات سواء كان هذا الاستهلاك منزلياً أم لإطفاء الحرائق أو لأغراض اخرى. ومن المتبع في المدن السكنية ان تكون سعة التخزين بين تصريف (3-4)ساعات لعمليات المياه الكبيرة، بشرط ان تكون المرشحات دائمة التشغيل ليلا ونهارا .

أما في العمليات الصغيرة كما في الارياف مثلا فان الخزانات تصمم على أن تسع تصريف مياه حوالي (24ساعة) منها (10) ساعات تعد احتياطياً لإطفاء الحرائق.

تنشأ هذه الخزانات عادة تحت سطح الارض بالقرب من مبنى المرشحات على ان تكون سعتها كافية لتستوعب تصريف المدينة خلال فترة تتراوح بين (6-8) ساعة . والغرض من ذلك هو ضمان امداد المدينة بالمياه في حالة تعطل محطة التنقية أو محطة الرفع الواطئ لفترة ما. كما ان الغرض منه هو الموازنة بين تصريف محطة التنقية الذي يكاد يكون ثابتاً طوال اليوم وتصريف المدينة والذي يتغير من يوم الى آخر في الاسبوع على مدار السنة.

كما انه في بعض الحالات تنشأ هذه الخزانات تحت المرشحات مباشرة الا ان هذا غير مفضل بالنظر للصعوبات الانشائية التي تعترض التنفيذ وفي كلتا الحالتين يجب أن ينشأ الحوض بطريقة تجعل المياه

تسير فيها بانتظام في كامل قطاعها ويتم ذلك ببناء جدران مائلة توجه المياه من المدخل الى المخرج مع منع تواجد مناطق غير مستغلة. ويجب تغطية الحوض لمنع تلويث المياه من الاتربة ولعدم تعريضها لأشعة الشمس التي تساعد على تولد الطحالب به. ويركب بسقف الحوض فتحات التهوية التي تكون مغطاة بحاجز يسمح بمرور الهواء دون الاتربة عند امتلاء الخزان وتفريغه .

ومن المستحسن ان تكون هذه الخزانات مبنية تحت سطح الارض واحياناً ينشأ حوض تخزين تحت المرشحات للانتفاع بالحيز الواقع تحتها لغرض التخزين بدلا من تركه خالياً لمرور الانابيب فقط . وغالباً فأن هذا الحيز لا تكفي سعته لكمية التخزين المطلوبة ويحتاج الامر الى انشاء حوض تخزين منفصل ويستخدم الكمية التي تحت المرشح لغسيلها فقط.

ان الحوض ينشأ من الخرسانة المسلحة ويجب ان تكون ارضية الخزان مقاومة للضغط الناتج من التربة عندما يكون الخزان خالياً . ويبطن الخزان من الداخل والخارج بمونة السمنت المخلوط بمادة عازلة او تكسيتها بالبتيومين من الخارج لمنع تسرب المياه . كما يفضل ان تمر المياه عند دخولها الى الحوض على هدار لكي يمكن ان يفرغ الحوض الى مستوى الهدار فقط اذا اريد ان يتم اصلاح انبوب الدخول أو صمامه .

كما يمكن أن تنشأ الخزانات الارضية التي تستخدم لتوزيع المياه بطريقة الضخ المضغوط فوق سطح الارض مباشرة . وتنشأ هذه الخزانات أما من الخرسانة المسلحة أو من الفولاذ، والشكل (1.10) يوضح أحد هذه الانواع

شكل(1.10): خزان فوق سطح الارض

10-2-2 : الخزانات العالية:

تنشأ الخزانات العالية من الخرسانة او الفولاذ مرفوعة على اعمدة من الخرسانة او الفولاذ أيضا ، على ان تكون المياه ذات منسوب يحفظ ضغطا كافياً في شبكة الانابيب في اقصى مكان في المدينة، على أن لا يقل عن الضغط الذي يسمح برفع المياه الى الطابق الخامس في المنازل . كما يجب ان تكون سعة هذا الخزان كافية لاستقبال المياه الفائضة عن معدل استهلاك المياه في المدينة ليعود هذا الفائض الى المدينة عندما يقل معدل استهلاك المياه في المدينة ،والشكل (2.10) يوضح أحد أنواع الخزانات العالية

شكل(2.10): خزان عالي

يتصل الخزان العالي بشبكة التوزيع بوساطة انبوب عمودي لتغذية الحوض بالماء وكذلك تغذية شبكة التوزيع بالماء من الحوض مركب عليها الصمامات او الافعال الآتية:

أ- صمام حجز في اسفل الانبوب يقفل عندما يراد حجز المياه عن الحوض للتنظيف او الاصلاح.

ب- صمام عوامة في اعلى الانبوب إذ تدخل المياه الى الحوض عندما يزيد معدل ضخ الطلبات عن معدل استهلاك المياه في المدينة والغرض من صمام العوامة هو تنظيم دخول الماء على أن يقفل الصمام تماماً اذا ما وصل الماء في الحوض الى منسوب معين.

ج- صمام مرتد مركب على فرع ما بين الانبوب العمودي وقاع الخزان، هذا الصمام يسمح بخروج الماء من الحوض الى الانبوب الرأسي (وليس العكس) عندما يزيد معدل استهلاك الماء في المدينة عن معدل الضخ.

د- صمام حجز مركب على نفس الفرع ويقفل عندما يراد ايقاف صرف المياه من الحوض الى شبكة التوزيع عن طريق الانبوب العمودي كما هو الحال عند غسيل الحوض بعد اصلاحه.

تنشأ الخزانات من الخرسانة المسلحة او من الفولاذ، اذ لا يفضل لأنه يجب وقايته من اشعة الشمس ، وبالنظر لتعرض الخزان الى اشعة الشمس يؤدي الى اختلاف كبير في درجة الحرارة مما يؤدي الى حدوث تشققات في الجدران . واذا كانت الخزانات من الخرسانة فيستحسن ان تطلى السطوح الداخلية بمونة الإسمنت المخلوط بمادة مانعة للرشح وباستخدام اليتيومين .

يستحسن اختيار موقع الخزان في اعلى نقطة بالمدينة لتقليل مصاريف انشاء اعمدة الخزان . تصمم الخزانات العالية على سعة تكفي لضخ المياه لفترة تتراوح بين (2-4) ساعة في المدن الكبيرة التي يتراوح سكانها بين (100-500) الف نسمة. اما في المدن الصغيرة التي يقل سكانها عن مائة الف نسمة والتي لا يستمر التشغيل في اوقات الضغط العالي فيها ليلاً فيجب ان تكون سعة الخزان كافية لفترة تتراوح بين (4-24) ساعة

اسئلة الفصل العاشر

س1: - تكلم عن خزن المياه بعد ترشيحها وماهي العوامل المهمة في التصميم؟

س2: - ما هو الغرض من الخزانات الارضية وماهي المعايير التصميمية المستخدمة في ذلك؟

س3:- كيف تنشأ الخزانات الارضية ؟

الفصل الحادي عشر

التعقيم

11-1: مقدمة:

لإمكانية التخلص من البكتريا والفيروسات الضارة الموجودة في المياه يلزم ترشيح المياه بعناية للتخلص من معظم البكتريا . الا أنه لا يمكن ازالة كل البكتريا وبقية الملوثات فيها ، الامر الذي يتطلب امرار المياه المرشحة بمرحلة التعقيم لضمان خلوها تماماً من البكتريا . والطريقة الشائعة لذلك هي استعمال الكلور فضلا عن طرائق اخرى ومنها (الاوزون والاشعة فوق البنفسجية).

11-2: نظرية التعقيم:

يزاد الكلور الى الماء لقابليته المؤكسدة في القضاء على الملوثات العضوية. تتراوح نسبة الكلور المزيد حسب كمية المواد العضوية والبكتريا الموجودة في الماء بين (0.5-1) جزء من المليون . ويحتاج التطهير في حالة الكلور كما هو الحال في المطهرات الاخرى الى وقت كافٍ لإتمام العملية . وتتراوح فترة تعقيم المياه بشكل عام بين (10-45) دقيقة.

أن جرعة الكلور المزيادة تمثل كمية الكلور المستهلك للتعقيم مزيدا عليها كمية الكلور المتبقي. وتتوقف هذه الكمية على نوع المياه ودرجة التلوث . فمثلاً في المياه المعدنية، يبلغ الكلور المستهلك (0.5) جزء في المليون بينما في المياه السطحية وخصوصاً التي بها نسبة عالية من النشادر تستهلك نسبة عالية من الكلور .

ان عملية تعقيم المياه تُعد تامة اذا حوت المياه الخارجة من محطات التصفية على كلور متبقى بنسبة تتراوح بين (0.1-0.2) جزء من المليون.

11-3: طرائق زيادةالكلور

11-3-1 محلول الكلور

وهو هيبوكلوريد الصوديوم ويحضر غالباً بالتحليل الكهربائي لمحلول ملح الطعام في أحواض من الخرسانة وهي طريقة رخيصة.

2-3-11 : غاز الكلور

الكلور غاز سام تبلغ درجة غليان سائله ($10\ ^0C$) ويبلغ ضغطه(25) كغم\سم^2 عند درجة حرارة ($20\ ^0C$). يعبأ الكلور في اسطوانات من الحديد الصلب تتراوح سعتها بين(25 الى 250) كغم ويجب اختيار هذه الاسطوانات على ضغط 125 كغم\سم^2 عند درجة حرارة ($30\ ^0C$).

وبعد تحويل غاز الكلور من حالته الغازية الى الحالة السائلة بوساطة الضغط العالي سيوضع في اسطوانات من الحديد الصلب وتدهن من الخارج عادة بأحد الالوان لتمييزها من غيرها . وتوصل الاسطوانة بالجهاز ثم يفتح الصمام بينهما وعندئذ يتحول الكلور السائل الى الحالة الغازية ويمر بالسرعة المطلوبة . ويمر الغاز في كمية صغيرة من الماء الذي يصبح حينئذ محتوياً على نسبة عالية من الكلور ويزاد الى الماء المطلوب تعقيمه بوساطة الخلط الجيد.

4.11: المواد المستخدمة في التعقيم

يُعد الكلور أهم المواد المستخدمة في مشاريع تصفية المياه، إذ يستخدم للتعقيم والسيطرة على اللون والطعم والرائحة. ان الكلور رخيص، فعال، متوفر بكميات كبيرة وغير سام عند تراكيز منخفضة. ان الميزة السيئة للكلور توليده للـ(HCl)، وزيادته للأملاح الذائبة الكلية وتكوينه المركبات العضوية الهالوجينية.

ان اهم مركبات الكلور المستخدم في مشاريع تصفية المياه هي : غاز الكلوراين (Cl_2)، هيبوكلوريد الكالسيوم ($Ca(OCl)_2$)، و هيبوكلوريد الصوديوم (NaOCl)، وثاني اوكسيد الكلور(ClO_2).

5.11: العوامل المؤثرة في كفاءة التعقيم

العوامل المؤثرة في كفاءة التعقيم هي:

- وقت التفاعل
- جرعة الكلور
- الحرارة
- PH
- طبيعة المائع والمواد العالقة
- نوع الكائنات الحية وعددها .

ان الكلور المتبقي في عملية التعقيم تصل قيمته الى (0.5ملغرام\لتر)، بعد فترة تماس تصل الى (20-30 دقيقة) . ان المواد العضوية سوف تتفاعل مع الكلور وبالتالي سوف تقلل من كفاءة التعقيم وكذلك العكاره Turbidity تقلل من الكفاءة.

اما بالنسبة لنوع الكائنات الحية وعددها، فأنها تؤثر في كمية الكلور المطلوبة ، كذلك وقت التفاعل المطلوب للتخلص منها .

11-6: خزن مواد التعقيم

ان الكلور بصورة غازية او سائلة يجهز بوساطة اسطوانات سعة (45-68)كغم او حاويات وزنها (907)كغم او سيارات على شكل خزانات . اذ يعتمد استخدام طرائق تجهيز الكلور على كلف النقل، وتوفر الفضاء المناسب للخزن ، والكمية المستخدمة. ان استخدام حاويات بوزن 907 كغم هو المرغوب فيه.

ان انظمة خزن الكلور يجب ان تصمم بأعلى درجات الامان ، إذ يُعد غاز الكلور من المواد السامة جداً ويجب الأخذ في الاعتبار النقاط الاتية عند خزن الكلور:

- يجب ان تكون غرفة التعقيم قريبة من نقطة زيادته .
- يجب فصل غرفة خزن الكلور وبناية اجهزة الكلورة عن بعضها
- يجب ان تحوي غرفة الكلور على اجهزة السيطرة على درجات الحرارة إذ ان اقل درجة حرارة هي 21°C .
- يجب ان لا تكون اشعة الشمس مسلطة مباشرة على اسطوانات الكلور.
- يجب توافر المياه لتبريد الاسطوانات في حالة الحرائق.

11-7: تشغيل اجهزة التعقيم

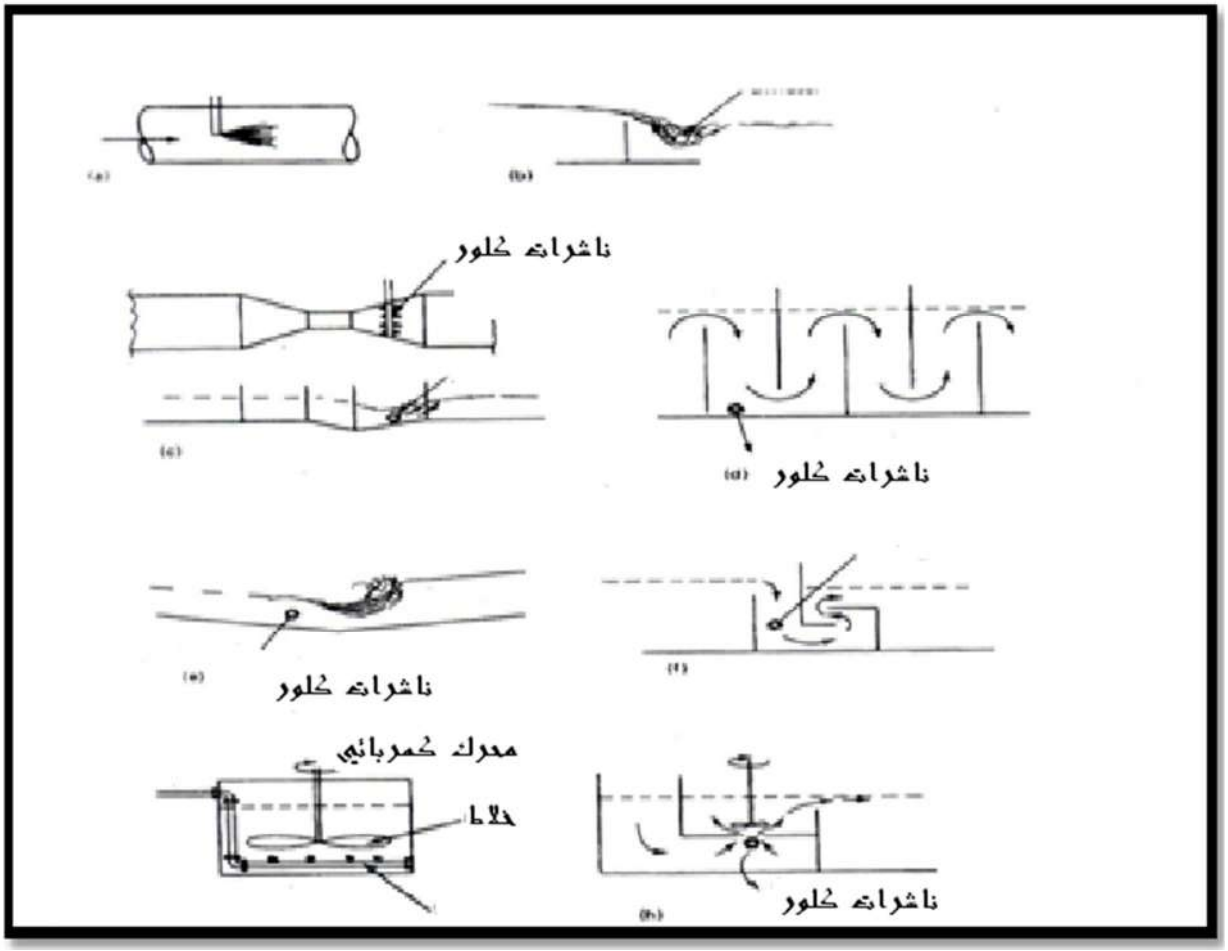
ان أنظمة التعقيم تتضمن أربعة أجزاء منفصلة هي:

- تجهيز الكلور
- مغذيات الكلور
- خلط الكلور
- انظمة السيطرة

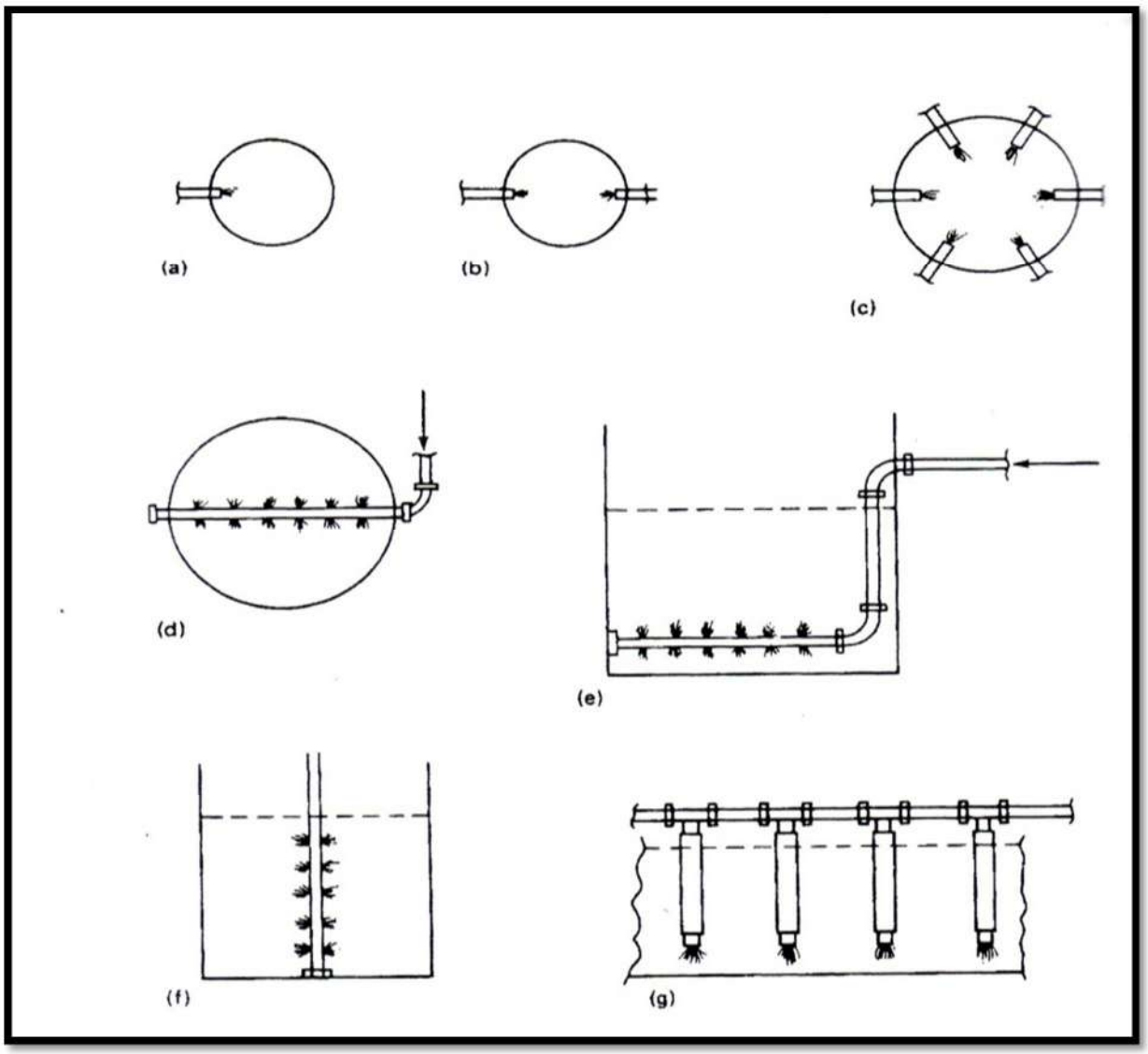
ان تغذية الكلور ضرورية إذ يتم تجهيز الجرعة المطلوبة في موقع الزيادة. وتقسم انظمة تغذية الكلور اعلى نوعين هما تجهيز غاز الكلور بالضغط ، أو بوساطة التغذية عن طريق ضغط التفريغ (الضغط

السالب) ، فعن طريق التبخر يتحرك غاز الكلور من مصدر التجهيز الى أجهزة ضخ الكلور . ويخلط مع الماء ثم يتحرك المزيج الى موقع الزيادة (اجهزة نشر الكلور). ان كمية الماء المزيدة يجب ان تكون كافية للمحافظة على تركيز الكلور في المحلول اقل من (3500ملغم \ لتر).

وفي انظمة التعقيم يستخدم الخلط السريع لمحلول الكلور (بطرائق ميكانيكية او باستخدام القفزة الهيدروليكية)، ومن ثم يرسل الى أحواض لإبقاء المحلول لفترة مكوث تتراوح بين (15-30 دقيقة) للقضاء على البكتريا والفيروسات وتقليل أعدادها الى مستويات مقبولة. ويوضح الشكل .(1.11) والشكل (2.11) انواع ناشرات الكلور وكذلك طرائق الخلط.



شكل (1.11): طرائق خلط الكلور



شكل(2.11) انواع ناشرات الكلور.

في نهاية عملية التعقيم يجب أن توجد انظمة سيطرة للمحافظة على جرعة الكلور المتبقي وبالتراكيز المسموح بها في نهاية وقت بقاء الكلور في المحلول. تستخدم مضخات واطئة التصريف في عملية التغذية لمحلول الكلور وعن طريق السيطرة على وقت الضخ وتصريفه يتم السيطرة على الكلور المتبقي.

اسئلة الفصل الحادي عشر

س1)- لماذا تتم عملية التعقيم للمياه بعد ترشيحها في محطات التصفية؟

س2)- ماهي نظرية التعقيم؟

س3)-عدد طرائق زيادة الكلور واشرحها بالتفصيل.

س4)- ماهي المواد المستخدمة في التعقيم؟

س5)- ماهي العوامل المؤثرة في كفاءة التعقيم؟

س6)- ماهي الامور المهمة التي يجب اخذها بعين الاعتبار عند خزن الكلور

س7)-عدد انظمة التعقيم.

س8)-عدد انواع ناشرات الكلور وطرائق الخلط معززا اجابتك بالرسم؟

الباب الثالث

محطات معالجة مياه
الصرف الصحي

مدخل الى مياه الصرف الصحي

الأهداف

الهدف العام

يهدف هذا الباب إلى التعريف بمياه الصرف الصحي وطرائق السيطرة عليها.

الأهداف الخاصة

نتوقع أن يكون الطالب قادراً على أن:

1. **يتعرف على طرائق معالجة مياه الصرف .**
2. **يصف مواصفات وشكل مياه الصرف الصحي.**
3. **يتعرف على العوامل المختلفة الداخلة في كميات مياه الصرف وخصائصها النوعية.**
4. **يتعرف على الآلية المتبعة أثناء المعالجة الإبتدائية لمياه الصرف الصحي**

.

الفصل الثاني عشر

مقدمة تعريفية

الموضوعات

- ماهية مياه الصرف الصحي
- المظهر العام لمياه الصرف.
- مواصفات مياه الصرف الصحي .
- مكونات مياه الصرف الصحي.
- قياس درجة الثلوث في مياه الصرف الصحي .
- العوامل المؤثرة في كميات مياه الصرف الصحي .
- طرائق التخلص من مياه الصرف الصحي .
- اهداف معالجة مياه الصرف الصحي .
- الخصائص النوعية لمياه الصرف الصحي .

الفصل الثاني عشر

مقدمة تعريفية

12-1: ماهية مياه الصرف الصحي

يطلق على المياه الناتجة من استخدامات الاشخاص والمصانع وما تخلفه مياه الامطار عند جريانها على سطح الارض قبل وصولها الى الشبكات الناقلة ، بمصطلح مياه الصرف (Sewage) . أن التلوث الحاصل في المياه نتيجة الاستعمالات المتعددة له يُعد نتيجة طبيعية، اذ يكتسب الشوائب والاحياء المجهرية التي تقلل من فائدته .

أن كميات مياه الصرف الناتجة من استعمالات المياه الواسعة ، ترتبط بعوامل عديده منها زيادة الكثافة السكانية ، والتقدم العلمي في المجال الصناعي والزراعي ، وارتفاع المستوى الصحي والبيئي للإنسان . لذلك كان الاتجاه في العقود الاخيرة ، ليس فقط الى كيفية التخلص من مياه الصرف ، وانما في كيفية الإفادة من هذه المياه عن طريق معالجتها على مراحل متعددة، واستخدام جزء منها لسد بعض الاحتياجات المائية وطرح الباقي الى الانهار.

12-1:المظهر العام لمياه الصرف

يُعد المظهر العام لمياه الصرف الصحي هو المؤشر على الاغلب على نوعية هذه المياه . فمياه الصرف الحديثة يكون لونها على الاغلب بنيا ، وهذا اللون ينتج من تحلل المواد العضوية الموجودة فيها . أما مياه الصرف القديمة فيكون لونها بني قاتم نتيجة التحلل اللاهوائي لهذه المواد. أما اللمعان الكثيف في المياه فربما يؤشر إلى زيوت طافية من عمليات التخلص من النفايات أو من الطرائق ومناطق وقوف السيارات. واللمعان الخفيف ربما ينتج من التحلل الطبيعي للنمو الخضري.

كذلك قد تنتج في مياه الصرف الرغوة، فاذا كانت رقيقة إلى حد ما بارتفاع أقل من (15)سم فوق سطح الماء، ورمادية فربما تكون ناتجة من زيوت طبيعية، وحبيبات تربة و حبوب اللقاح. أما الرغوة السميكة (أكبر من 15 سم فوق سطح الماء) ربما تكون ناتجة من مواد تنظيف أو جريان فضلات حيوانية.

12-3: خواص مياه الصرف

أولا : الخواص الفيزياوية : تشمل الخواص الفيزياوية لمياه الصرف ما يأتي:

1- درجة الحرارة: تُعد درجة الحرارة عاملا مهما في التفاعلات الكيمياوية والبايولوجية للمياه .

2- الرائحة : تكون الرائحة المنبعثة من مياه الصرف الحديثة شبيهة برائحة الصابون والدهون، لكن القديمة منها تكون رائحتها كريهة وذلك لأنها متمثلة برائحة الغازات المنبعثة منها كالميثان والامونيا وكبريتيد الهيدروجين.

3- اللون : يكون لون مياه الصرف الحديثة فاتحا ، ولون مياه الصرف القديمة يكون قاتما.

4 - العكارة: تمثل العكارة مقدار ما تحويه مياه الصرف من مواد عالقة كالرمال والاطيان والمواد الغرينية .

5- التوصيل الكهربائي : أن هذه الخاصية مرتبطة بتركيز الاملاح الموجودة في المياه ونوعيتها .

ثانيا: الخواص الكيمياوية: وتشمل :

1-تركيز الأيون الهيدروجيني (PH): أن هذا الرقم هو مؤشر للحامضية والقاعدية في المياه . فمياه الصرف الحديثة تكون قاعديه وتميل الى الحامضية بعد طرحها لكنها تعود الى قاعديتها بعد المعالجة .

2- الاوكسجين المذاب(DO): يدخل هذا العنصر في عمليات الاكسدة الهوائية للمواد العضوية المتواجدة في المياه.

3- الاوكسجين الحيوي المطلوب(BOD): هو كمية الاوكسجين المستهلك من قبل البكتريا الهوائية في أكسدة المواد العضوية .

4- النتروجين : يُعد النتروجين أحد العناصر المهمة في العمليات البايولوجية ، ويوجد في مياه الصرف بتراكيب مختلفة هي: النتروجين العضوي، أمونيا النتروجين، نتريت النتروجين ونترات النتروجين .

ثالثا: الخواص البايولوجية :

يساعد وجود الكائنات الدقيقة في مياه الصرف على معالجة هذه المياه خلال قيام الكائنات المتمثلة بالبكتريا بأكسدة المواد العضوية الموجودة فيها وتحويلها الى مواد مستقرة بسيطة لا يمكن تحللها الى مواد أخرى . أن المواد العضوية الموجودة في مياه الصرف تُعد غذاء البكتريا لغرض نموها وتكاثرها . اذ توجد البكتريا على ثلاثة أنواع هي البكتريا الهوائية واللاهوائية والاختيارية. إذ يعيش النوع الاول بوجود الاوكسجين ويموت بغيابه، أما النوع الثاني فيعيش بغياب الاوكسجين ، بينما يعيش ويتكاثر النوع الثالث في كلتا الحالتين .

4-12 : مصادر مياه الصرف

تقسم مصادر مياه الصرف اعتمادا على الغرض الذي تستخدم من أجله المياه على:

1- مياه الصرف المنزلية : وهي الناتجة من استخدام المياه للاغراض المنزلية، كالحمامات والمطابخ والمرافق الصحية وغيرها.

2- مياه الصرف الصناعية : أن هذا النوع ينتج من مخلفات الصناعات المختلفة ، كصناعة الورق والادوية وتعليب المواد الغذائية والسكر ودباغة الجلود وغيرها.

3- المياه الجوفية (مياه الرشح) : يُعد هذا النوع مصدرا من مصادر مياه الصرف عندما تتخلل هذه المياه الى طبقات التربة لتخترق منظومة مياه الصرف

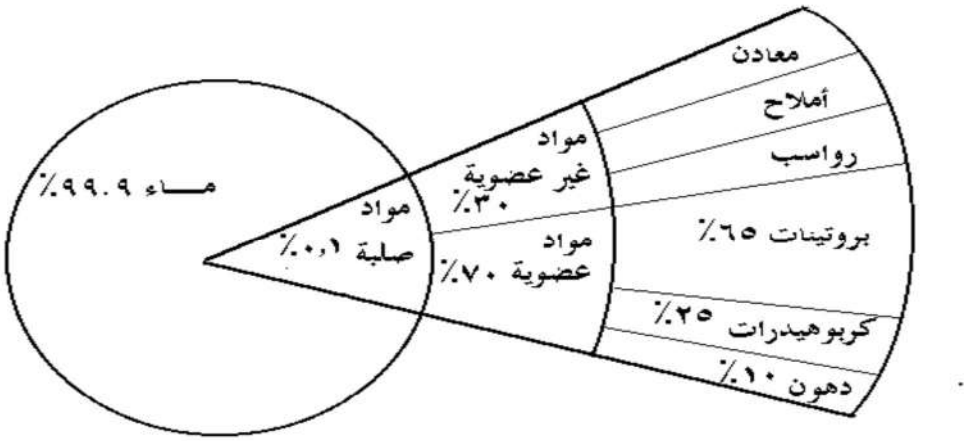
4– مياه الامطار : تزداد مياه الامطار الى مياه الصرف عندما تكون شبكات الصرف مشتركة . وتُعد مخلفات غسيل الشوارع وسقي الحدائق واطفاء الحرائق كميات مزيدة على مخلفات مياه الامطار .

5-12 مكونات مياه الصرف:

تحوي مياه الفضلات على (99.9%) ماء والباقي مواد عضوية وغير عضوية والشكل (1.12) يبين مكونات مياه الفضلات ونسب تركيزها ومصادرها التي تكون بشرية ، حيوانية، أو نباتية. وتشكل المواد العضوية ما نسبته (70 %) من اجمالي المواد المتواجدة في مياه الفضلات ، في حين تشكل المواد غير العضوية الباقي.

تتكون المواد العضوية من مجموعة مركبات تحوي غالباً على الكاربون والهيدروجين والاوكسجين والنيتروجين فضلا عن الكبريت والفسفور والحديد أحيانا. ومن أهم هذه المركبات ، البروتينات وتشكل (65 %) من اجمالي المركبات العضوية، الكربوهيدرات وتشكل (25 %) ، والدهون وتشكل المتبقي منها.

أما المواد غير العضوية فهي عبارة عن مركبات من الكبريتات والكلوريدات والفسفور والمعادن الثقيلة كما مبين في الشكل (1.12).



الشكل(1.12) : مكونات مياه الفضلات

6-12: قياس درجة التلوث في مياه الصرف

تقاس درجة التلوث وكفاءة المعالجة بوساطة اجراء فحص الاوكسجين الحيوي المطلوب لمياه الصرف . ويجرى هذا الفحص لمعرفة الكمية القصوى للأوكسجين المذاب في الماء التي تتطلبها البكتريا الهوائية لأكسدة المواد العضوية القابلة للتحلل الهوائي ، ومن ثم تحويلها الى نواتج غير عضوية.

أن كمية الاوكسجين الحيوي المطلوب تقاس في ظروف قياسية ، تحت درجة حرارة مقدارها(20) درجة سيليزية وخلال فترة (5) أيام. ويرمز لها (BOD_5). ويمكن تمثيل عمل البكتريا من خلال التفاعلات الاتية:

كاربون عضوي+ أوكسجين ------← ثاني أوكسيد الكاربون+ نواتج غيرعضوية
نتروجين عضوي + أوكسجين -------← نترات+ نواتج غير عضوية
فسفورعضوي + أوكسجين -------← فوسفات+ نواتج غير عضوية

اذ يستغرق اجراء هذا الفحص مدة طويلة تتعدى العشرين يوما ، لأن هنالك عوامل كدرجة الحرارة وطبيعة المياه تؤثر في النتائج ، لذلك اتفق العاملون في هذا المجال على اعتماد النتائج بعد انقضاء خمسة ايام .

تقاس كمية الاوكسجين الحيوي المطلوب بوحدات (ملغرام\لتر) أو بوحدات (غرام للشخص الواحد).

7.12:العوامل المؤثرة على كميات مياه الصرف

1- الترشيح : أن كمية مياه الرشح التي قد تدخل في شبكات مياه الصرف لتكون ضمن مياه الفضلات تتحدد اعتمادا على منسوب المياه الجوفية نسبة الى منسوب شبكة مياه الصرف . فتدخل المياه الجوفية الى شبكة الصرف عندما تكون الشبكة تحت منسوبها وتزداد كمية الرشح كلما انخفضت الشبكة الى منسوب أدنى . كما أن كمية الرشح تعتمد على عوامل أخرى منها أقطار الانابيب وأطوالها فضلا عن نوعية المادة المصنوعة منها ونوعية المفاصل المستخدمة .

2- كمية المياه المجهزة: تُعد المياه المجهزة عاملا آخر من العوامل المؤثرة في كمية مياه الصرف . اذ يمكن من خلالها تحديد كمية مياه الصرف المنزلية بصورة تقريبية وتقدر نسبتها ما بين (60 – 80%) من كمية المياه المجهزة للفرد في خلال اليوم الواحد.

3- عدد السكان: تُعد معرفة عدد السكان خلال العقدين أو العقود الثلاثة من الزمن أمراً ضرورياً لتحديد كمية المخلفات السائلة . اذ أن هذه الكمية مرتبط بعدد السكان .أن محطات مياه الصرف وشبكاتها تصمم على وفق عمر تصميمي ويتطلب معرفة عدد السكان خلال هذا العمر لتحديد كمية مياه الصرف التي يتم بموجبها انجاز أعمال التصميم .

4 – نوع المنطقة المخدومة: يعتمد تحديد كمية مياه الصرف على نوع المنطقة المخدومة ، أن كانت سكنية أو صناعية أو تجارية . اذ تتميز المناطق الصناعية والتجارية بتطورها السريع والمتداخل ،مما يتطلب دراسة تفصيلية لمراحل التطور و التصنيع لتقدير الكميات الفعلية لمياه الصرف . أما المناطق السكنية ، فهي تعتمد في تحديد كميات مياه الصرف فيها على ما يستهلك من المياه المجهزة من قبل السكان .

8.12:أهداف معالجة مياه الصرف:

أن المخلفات الناتجة من استخدامات الاشخاص لم تستدعي في الماضي انشاء محطات لمعالجتها ، وذلك بسبب قلة كمياتها وعدم استخدام المياه كوسيلة للحمل والنقل لها. اذ أن المخلفات كانت تطمر

في حفر في الارض . وظل هذا الاسلوب مستخدمه الى يومنا هذا ، ولكن في بعض المناطق الريفية والنائية .

وبعد التطور الحضاري في العالم والثورة الصناعية دعت الحاجة الى استخدام الطرائق المتطورة في تجميع هذه المخلفات من خلال استخدام شبكات الصرف الصحي ، ومن ثم معالجة هذه المخلفات في وحدات خاصة لضمان ما يأتي:

1- المحافظة على مصادر المياه من التلوث .

2- منع انتشار الامراض والاوبئة .

3- المحافظة على الثروة السمكية .

4- تفادي الترسبات في القنوات الملاحية .

9.12:طرائق معالجة مياه الصرف:

أن معالجة مياه الصرف هي تطبيق للعوامل الطبيعية التي تتعرض لها هذه المياه عند القائها في المصادر المائية المتمثلة بالأنهار والقنوات المائية والبحيرات وغيرها والتي تسمى بعوامل التنقية الذاتية ، ولكن تحت ظروف مسيطر عليها . اذ تنجز هذه المعالجة بسلسلة من الفعاليات الفيزياوية والكيمياوية والبايولوجية باستخدام وحدات مختلفة وكما مبين في الجدول(1.12)

الجدول (1.12): وحدات معالجة مياه الصرف

ت	الوحدة	الفعاليات التي تجرى فيها
1	المصافي	ازالة المواد الطافية والمواد العالقة الكبيرة الحجم
2	أحواض قشط الدهون	ازالة الدهون والشحوم
3	أحواض حجز الرمال	ازالة المواد العالقة الرملية
4	أحواض الترسيب الاولية	ازالة المواد العالقة
5	أحواض الترسيب الثانوية	ازالة المواد العالقة الناتجة من الفعاليات البايولوجية
6	المرشحات البايولوجية	تحليل المواد العضوية
7	أحواض تنشيط الحمأة	تحليل المواد العضوية
8	بحيرات الاكسدة	تحليل المواد العضوية
9	أحواض هضم الحمأة	معالجة الحمأة
10	أحواض تجفيف الحمأة	تجفيف الحمأة الناتجة من فعاليات الهضم
11	أحواض التعقيم	ازالة البكتريا المرضية وبقية الكائنات العضوية

اسئلة الفصل الثاني عشر

1- أذكر الخواص الفيزياوية لمياه الصرف .

2- ماهي الخواص الكيمياوية لمياه الصرف .

3- أذكر مصادر مياه الصرف .

4- أذكر مكونات مياه الصرف .

5- ماهي العوامل التي تؤثر في كمية مياه الصرف.

6- لماذا نعالج مياه الصرف ؟ وماهي الطرائق التي يمكن استخدامها في المعالجة .

الفصل الثالث عشر

متطلبات معالجة مياه الصرف الصحي

1-13 مدخل الى معالجة مياه الصرف الصحي

يختلف الهدف من المعالجة باختلاف موقع المياه الخارجة من المحطة وأوجه استعمالها . فمثلا تتطلب مياه الفضلات معالجة عالية الكفاءة لكلمن المواد الصلبة والجراثيم المرضية في حالة طرح الدفق الخارج في نهر جار يُستخدم لأغراض الشرب أو الاستجمام . في حين لا تتطلب مثل هذه الدرجة من المعالجة في حالة استخدام المياه لأغراض الزراعة أوطرحها في البحر.

يصاحب عملية إزالة المواد الصلبة وتحلل المواد العضوية تكوّن مواد صلبة ومياه تنتج من عملية المعالجة تسمى بالحمأة وهي أيضا بحاجة إلى أسلوب نهائي للتخلص من غير الإضرار أوالمس بالأهداف المتوخاة من عملية المعالجة. وبالنظر لأن محطات معالجة مياه الفضلات ماهي إلا عملية محاكاة لما يجري في الطبيعة والأنهار من قدرة ذاتية على المعالجة فإن الفحوصات التي تجري على الأنهار لمعرفة مدى قدرتها يتم إجراؤها في محطات المعالجة للتأكد من كفاءتها ، وتشمل هذه الفحوصات الأنواع المختلفة من الفحوصات الفيزيائية والكيميائية والبايولوجية .

2-13: كفاءة المعالجة:

يستخدم قياس الاوكسجين الحيوي المطلوب (BOD) وكمية المواد الصلبة العالقة لمعرفة تركيز مياه الصرف ، وأن نسبة التخفيف الكلي خلال خمسة أيام وتحت درجة حرارة قدرها (20 درجة سيليزية) للمواد العضوية والمواد الصلبة العالقة تنجز بشكل مشترك بعمليات معالجة مختلفة . والجدول (13-1) يوضح أنماط مختلفة لمراحل المعالجة .

الجدول (1.13): أنماط مختلفة لمراحل معالجة مياه الصرف الصحي

مراحل المعالجة لمياه صرف قادمة من مدينة صغيره	مراحل المعالجة لمياه صرف قادمة من مدينة متوسطة	مراحل المعالجة لمياه صرف قادمة من مدينة كبيرة
مرحلة المصافي	مرحلة الترسيب الابتدائي وتتخللها زيادة المواد الكيمياوية	مرحلة المصافي
مرحلة حجز الرمال		مرحلة حجز الرمال
مرحلة الترسيب ومعالجة الحمأة المشتركة	مرحلة المعالجة البايولوجية	مرحلة الترسيب الابتدائي
مرحلة المعالجة البايولوجية	مرحلة الترسيب النهائي	مرحلة المعالجة البايولوجية
مرحلة الترسيب النهائي	مرحلة هضم الحمأة	مرحلة الترسيب النهائي
مرحلة تجفيف الحمأة	مرحلة تجفيف الحمأة	مرحلة هضم الحمأة
----------	----------	مرحلة تجفيف الحمأة

تنخفض كفاءة المعالجة عندما يكون الحمل القادم للمحطة أكثر من قابليتها أو عندما يمر جزء من مياه الصرف من خلال المحطة من غير معالجه . وتتحدد كفاءة المعالجة بنسبة الازالة للمواد العضوية والمواد الصلبة العالقة من العمليات المتعاقبة التي تتعرض لها من خلال مرورها في وحدات محطة المعالجة . ومن خلال معرفة كفاءة المعالجة في وحدات المحطة تتحدد كفاءة الازالة لكامل محطة المعالجة . اذ يتم حساب كفاءة الوحدة كما يأتي:

كفاءة الوحدة = [(التركيز الداخل – التركيز الخارج)\ التركيز الداخل 100x]

3-13: أنواع المعالجة:

تتعرض مياه الفضلات في محطات المعالجة إلى أربع مراحل من المعالجة على الأكثر،هي:

1- **المعالجة التحضيرية (PreliminaryTreatment)** : تستخدم المعالجة لعزل الملوثات الكبيرة الحجم الداخلة الى المحطة وكذلك الخارجة من وحدات المصافي ، حجرات التقطيع ، وغرف إزالة الأتربة.

2- المعالجةالأوليــة (Primary Treatment) : تعمــل المعالجــة الأوليــة علــى إزالــة المــواد الطافيــة والمــواد القابلــة للترســب بفتــرة زمنيــة مناســبة ، ومــن وحــداتها ، أحــواض الترســيب الأوليــة التــي يــتم خلالهــا الــتخلص مــن(50%)مــن الطلــب الكيميائي الحيوي من الأوكسجين ، إضافة إلى (60 %) من المواد العالقة الكلية.

3- المعالجةالثانوية (Secondary Treatment) :يتم في خلالها التخلص من معظم المواد العضوية بوساطة أكسدتها من قبل البكتريا أو بوساطة عمليات كيماوية. ويُعد هذا النوع من المعالجة من أهم مراحل معالجة مياه الفضلات إذ يتم خلالها التخلص من 85% من الطلب الكيميائي الحيوي من الأوكسجين 95 % ومن المواد الصلبة العالقة في المياه الداخلة اليها.

4- المعالجةالثلاثيــة(TertiaryTreatment): تســتخدم المعالجــة الثلاثيــة للــتخلص مــن الملوثــات المتبقيــة مــن المعالجــة الثانويــة.وتشــمل بــذلك عمليــات الــتخلص مــن النيتــروجين والفسفور و المواد العالقة وغيرها وتحوي على وحدات معالجة فيزيائية وبايولوجية.

4-13: دواعي التصميم:

أولا:تصريف مياه الفضلات: تؤخذ الأمور الاتية:

1-التصريف اليومي : مقدار التصريف الاقصى ومدته- مقدار التصريف المتوسط مقدار التصريف الأدنى-التغيرات اليومية والموسمية والسنوية في التصريف – مقدار الرشح من شبكة مياه الصرف وأليها.

2 - السكان: مقدار النمو أو التباطؤ في الزيادة السكانية – مقدار التطور أو التراجع في النشاط التجاري أو الصناعي.

3- نوع الشبكة : منفصلة أو مشتركة (مياه فضلات + مياه أمطار)

ثانيا: خصائص مياه الفضلات : تؤخذ الأمور الاتية:

1- التغيرات في الخصائص الكيميائية والبيولوجية في الفصول الرطبة والجافة.

2- المعايير المؤثرة في اختيار نظام المعالجة وتشمل ما يأتي:

-المحتوى البايولوجي

- الطلب الكيميائي الحيوي من الأوكسجين

- الكاربون البايولوجي الكلي

- الأيون الهيدروجيني (pH)

- درجة الحرارة

- المحتوى من المواد الصلبة غير القابلة للتحلل

3- مقدار سمية مياه الفضلات للنظام البايولوجي

4- مقدار مقاومة مياه الفضلات للتحلل البايولوجي

5- مقدار احتواء مياه الفضلات على المعادن الثقيلة

6- الرائحه

7- مقدار احتواء مياه الفضلات على السيانيد

ثالثا : درجة التنقية المطلوبة حسب القوانين المرعية : تؤخذ في ضمن دواعي متطلبات التنقية والمواصفات القياسية.

رابعا: متطلبات التشغيل والصيانة: تؤخذ الأمور الاتية:

1- المعدات وتشمل ما يأتي:

-صعوبة تشغيلها

-مدى الاعتماد عليها وديمومتها

-توافر قطع الغيار و الخدمة لها

2-عمالة التشغيل والصيانة وتشمل ما يأتي:

-توافرها

-المهارات التي تتمتع بها

3- كلفة الطاقة .

4- الاحتياجات الكيميائية وتشمل ما يأتي:

-كلفة المواد الكيماوية

-مدى توفرها

5- معدل إنتاج الحمأة وكيفية التخلص منها

خامسا: الحاجة إلى توسيع أو تحديث المرافق المتوفرة: تؤخذ الأمور الاتية:

1- إضافة مرشحات بيولوجية أو وحدات حمأة منشطة

2- زيادة وحدات تنقية ثالثية

3-توسيع المرافق الحالية

سادسا: إمكانية توافر رأس المال للتأسيس والتوسع: تؤخذ الأمور الاتية:

1-أموال الخزينة (الدولة)

2- قروض محلية

3- استثمارات خاصة

4– مصادر أخرى

سابعا : كيفية التعامل مع الحمأة : تؤخذ الأمور الاتية:

1-التثبيت والمعادلة -سهولة التكثيف -التخلص النهائي

2-مشاكل التلوث الناتجة عنها

3- متطلبات الطقس.

4- احتمالية الانجماد (الصقيع) في الأيام الباردة

5- مقدار التباطؤ في معدل التفاعلات

ثامنا: المؤثرات البيئية العامة: تؤخذ الأمور الاتية:

1-الروائح

2-الضجيج

3-موقع المحطة والمرافق الأخرى

أسئلة الفصل الثالث عشر

1- أذكر انماط معالجة مياه الصرف

2- ماهي الوسيلة المستخدمة لقياس كفاءة وحدات معالجة مياه الصرف ؟

3- ماهي انواع المعالجات التي يمكن أن تستخدم في محطات معالجة مياه الصرف ؟

4- أذكر دواعي التصميم التي تؤخذ لتصريف مياه الفضلات

5- أذكر دواعي التصميم التي تؤخذ لمتطلبات التشغيل والصيانة

6- أذكر دواعي التصميم التي تؤخذ ضمن المؤثرات البيئية لمحطات معالجة مياه الصرف

الباب الرابع

المعالجات التمهيدية لمياه الصرف الصحي

الأهداف

الهدف العام:

يهدف هذا الباب إلى التعرف على دور الكائنات الحية المجهرية في معالجة مياه الصرف الصحي

الأهداف الخاصة:

نتوقع أن يكون الطالب قادراً على أن:

- يتعرف على متطلبات المعالجة ف في مياه الصرف الصحي .
- يتعرف على مبادئ المعالجات الأولية لمياه الصرف الصحي .
- التعرف على وحدة الحمأة المنشطة.
- يصنف أنواع أحواض الترسيب .
- يصنف انواع المصافي وطرائق تنظيفها وصيانتها.

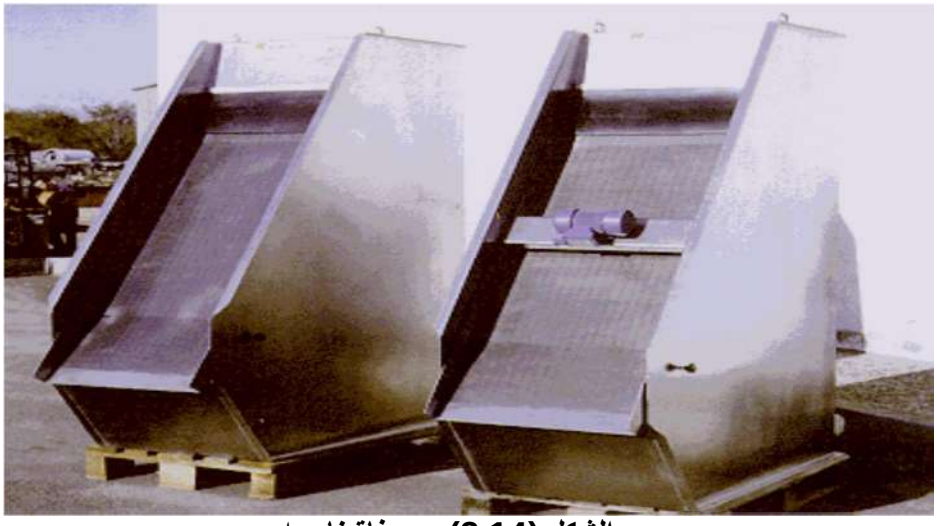
الفصل الرابع عشر

المعالجات الاولية

14-1:الغرابيل(Screens) وأنواعها:

تتكون المصافي من قضبان أو أسلاك متوازية رأسية أو مائلة عن الأفق بزاوية ، أومن مشبك أو شبكة سلكية أو صفيحة مثقبة .وتكون الفراغات فيما بينها أو فتحاتها على أشكال عديدة، أغلبها الدائري والمستطيل . والشكلين (1.14),(2.14) يوضحان نوعين من المصافي.

الشكل (1.14):صورة لأحد أنواع الغرابيل



الشكل (2.14): مصفاة ناعمه

يكون عرض الفراغات بين قضبان الأمشاط في العادة (25)ملم فأكثر ، بينما تكون أبعاد فتحات الغرابيل (6)ملم فأقل. وكما سبق ذكره تكمن أهمية الأمشاط أو الغرابيل في حماية المضخات والصمامات والأنابيب وغيرها من التلف أو الانسداد بسبب احتواء مياه الفضلات على مواد صلبة كبيرة . وتُوضع قضبان الأمشاط بشكل متوازي وتكون في الغالب مائلة عن الافق بزاوية قدرها (30) درجه .

تتلخص مهمة الغرابيل في إزالة المواد الصلبة الكبيرة أو الشوائب من مياه الفضلات في حال دخولها إلى محطة المعالجة.

تصنف الغرابيل بالقياس الى حجم الفتحات بين القضبان الى مايأتي:

1- **الغرابيل ذات الفتحات الواسعة :** تتراوح المسافة بين القضبان بين (40-80) ملم وتستخدم لحجز المواد الطافية الكبيرة الحجم .
2- **المصافي ذات الفتحات المتوسطة :** تتراوح المسافة بين القضبان بين (5-40) ملم وتستخدم لحجز المواد الطافية المتوسطة الحجم.
3- **المصافي ذات الفتحات الصغيرة :** تتراوح المسافة بين القضبان بين (1.5-5) ملم وتستخدم لحجز المواد الطافية الصغيرة الحجم أن هذا النوع يحتاج الى تنظيف مستمر لتعرض فتحاته للانسداد بشكل كبير.

كما تصنف الغرابيل بالنسبة الى شكلها الى الشبكية ، القرصية ، الشعاعية ، الشريطية ، والاسطوانية . وتصنف بالنسبة الى حالة الحركة الى الثابتة والمتحركة ، أما بالنسبة الى طريقة تنظيفها فتُصنف الغرابيل إلى يدوية أو آلية التنظيف.

2-14: طرائق تنظيف الغرابيل وصيانتها:

لغرض ضمان عمل الغرابيل بشكل جيد يجب تنظيفها والتخلص من الفضلات التي تحجزها . بطريقتين هما ، اليدوية والميكانيكية ، فالغرابيل ذات القضبان الحديدية التي تنظف يدويا تكون قضبانها مثبتة على أرضية من الخرسانة مجهزة بنظام بزل يقوم بجمع مياه الصرف واعادتها الى المجرى المائي بإستخدام مجرفة تتحرك بين القضبان تقوم بعزل المواد المحجوزة أمامها.

أما الغرابيل التي تنظف آليا ، يكون تنظيفها بشكل مستمر أو متقطع حسب الحاجة . وتعمل آلة التنظيف بنظام التروس أو نظام التعويم الذي يكون عمله آلياً حسب كمية المواد المعزولة أمامها ، وفي هذه الحالة يكون تنظيف المصافي متقطعا . أما التنظيف المستمر فيكون أكفأ من جهة العمل إذ تكون الغرابيل دائما نظيفة ويتم من خلالها السيطرة على التغيرات الحاصلة في التصاريف .

أما الفضلات التي تحجزها الغرابيل فيتم التخلص منها بأحد ى الطرائق الآتية:

1- دفنها في الارض من خلال عمل خنادق تلقى فيها ثم تغطى مباشرة بالتراب للتخلص من الروائح ومنع تولد الذباب عليها .
2- تجفيفها بالضغط لإزالة أكبر كمية من مائها ثم حرقها .
3- سحنها بوساطة الساحنات واعادتها الى مجرى مياه الصرف لمعالجتها .

3-14 : الساحنات:

تُسحن المواد الصلبة الموجودة في مياه الفضلات إلى حبيبات صغيرة منتظمة التوزيع وذلك لرفع كفاءة عمليات المعالجة التي تلي السحن ، كما يتم خلالها القضاء على المشاكل المتأتية من اختلاف أحجام المواد الصلبة في التصريف الداخل . وتتولى عملية السحن معدات خاصة تسمى الساحنات ، ويتم السحن عادة للمواد الصلبة المحجوزة أمام المصافي ،إذ تُسحن وتُعاد ثانية إلى مياه الصرف ليتم معالجتها في وحدات المعالجة التي تلي عملية السحن .

هنالك أنواع وأشكال عديدة للساحنات ، وهي في الأساس عبارة عن مصفاة أسطوانية رأسية دوارة تعمل على تقطيع المواد الصلبة وتمزيقها الكبيرة بعد دخولها المشط الثابت الملتف حولها . وتتم عملية التقطيع بوساطة الأسنان والقضبان القاطعة المثبتة على سطح الاسطوانة المتحرك .وبعد التقطيع تدخل المواد الصلبة من خلال شقوق طولية على سطح الاسطوانة ومن ثم تخرج من خلال فتحة سفلية فيها فتمتزج مع مياه الفضلات في القناة أنظر الشكل(3.14) .

شكل(3.14): مقطع في أحدى الساحنات

4-14:طرائق ازالة الدهون:

تمثل الشحوم والاحماض الدهنية وصابون الكالسيوم والمغنيسيوم والدهون المعدنية المصدر الاساسي للدهون في مياه الصرف . وتُعد موضوع ازالة هذه الدهون أمرا مهما لاستكمال مراحل معالجتها إذ أن بقاءها في مياه الصرف يسبب عدد ا من المشاكل منها:

1- تكوين طبقه أو غشاء من الدهون على سطح المياه تمنع تزود المياه بالأوكسجين الكافي لإتمام عملية الاكسدة الهوائية .

2- انتقال الدهون من خلال مراحل المعالجة يؤدي الى انسداد المرشحات البايولوجية المنقطة .

3- عرقلة في عمل أحواض الهضم .

4- تؤثر في الفعاليات الحيوية للكائنات العضوية.

للأسباب الواردة في أعلاه يصبح من الضروري التخلص من الدهون في مرحلة المعالجة التمهيدية لمياه الصرف ، اذ يتم التخلص منها بطرائق مختلفة منها التعويم ، القشط ، والترسيب . وتستخدم لهذا الغرض أحواض خاصة تسمى أحواض ازالة الدهون .

ان أحواض ازالة الدهون تكون على شكل متوازي مستطيلات وتنشأ عادة من الخرسانة المسلحة. تحوي في الاقل على جدارين كابحين في الاتجاه الطولي لها. اذ تقسم بواسطتها هذه الأحواض على ثلاثة أقسام طولية تتصل مع بعضها عن طريق شقوق موجودة في سطحها وقاعها.

5-14 :أحواض حجز الرمال:

تستعمل أحواض حجز الرمال لإزالة المواد الرملية الراسبة والمواد غير العضوية الثقيلة مع قسم قليل من المواد العضوية. وتكمن أهمية إزالة الرمال من مياه الفضلات في حماية أجزاء المعدات المتحركة من عمليات الحثو النخر، والحد من التصاق المخلفات الثقيلة بجدران الانابيب والقنوات المفتوحة الناقلة وتراكمها فيها .وتُعد إزالة الرمال ضرورية قبل المضخات النابذة والمبادلات الحرارية والمضخات الحجابية ذات الضغط العالي .ويفضل من الجوانب الاقتصادية وضع أحواض إزالة الرمال في مقدمة محطات المعالجة بعد مرحلة المصافي والغرابيل والساحنات مباشرة.

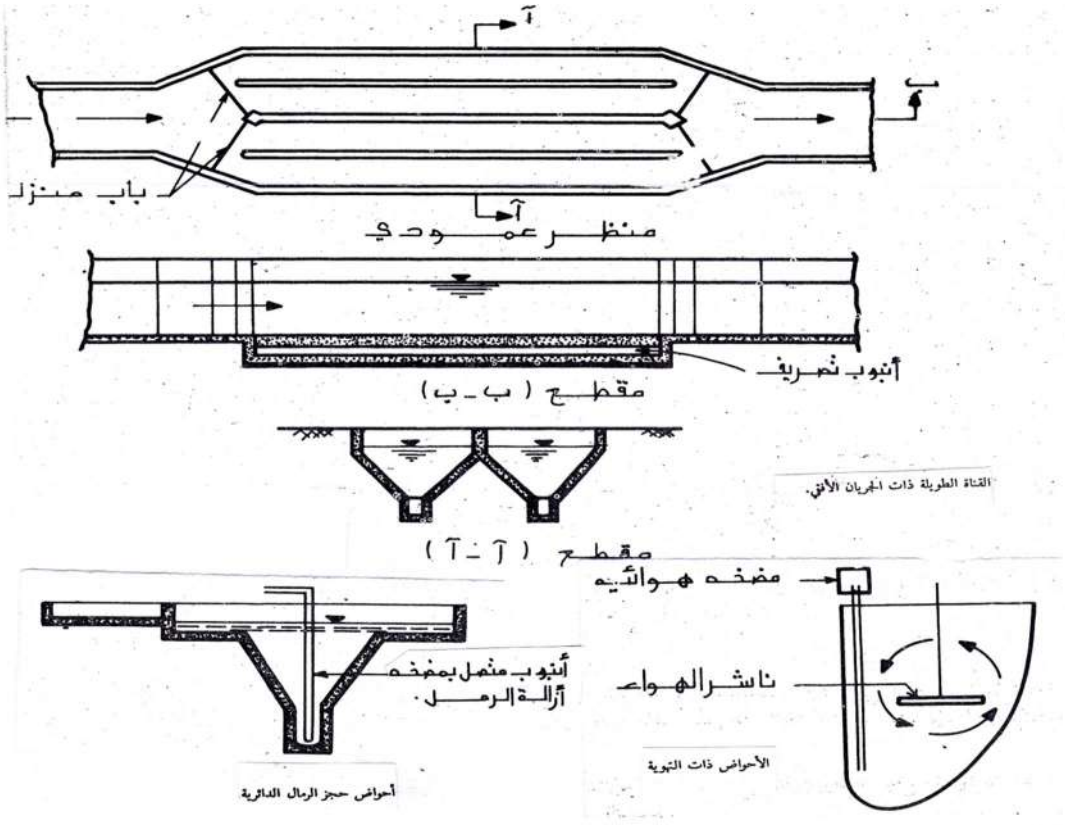
هنالكثلاثة انواع من أحواض حجز الرمال ،هي :

1- الأحواض الطويلة

2- الأحواض الدائرية

3- الأحواض ذات التهوية

والشكل (4.14) يوضح هذه الانواع .



الشكل(4.14): أنواع أحواض حجز الرمال

يتم تنظيف أحواض حجز الرمال بثلاثة طرائق هي ،اليدوية ، الآلية ، والهيدروليكية.

1- الطريقة اليدوية : يتم في هذه الطريقة التخلص من المواد الرملية المتجمعة بوساطة تفريغ محتوياته من خلال أنبوب التفريغ الموجود في الاسفل . ثم ترفع المواد الرملية المتجمعة من الحوض باستخدام الايدي العاملة ، ثم تنقل بوساطة العربات الى الاماكن المخصصة للتخلص منها.

2- الطريقة الالية: يتم في هذه الطريقة استخدام القاشطات المتحركة على قاع الحوض لإزاحة المواد الرملية المتجمعة الى حوض التجميع .

أسئلة الفصل الرابع عشر

1- ماهي الساحنات اذكر وظيفتها بالتحديد؟

2- أذكر أنواع الغرابيل مبينا طرائق تنظيف كل نوع منها ؟

3- ماهي الطرائق المستخدمة لأزالة الدهون ؟

4- عدد أنواع أحواض حجز الرمال ؟

5-أذكر الطرائق المتبعة للتخلص من الفضلات التي تحجزها الغرابيل

الفصل الخامس عشر

الوحدات الأولية

15-1:أحواض الترسيب الأولية:

يقوم مبدأ عمل أحواض الترسيب على تهدئة جريان المياه الداخلة إليها إلى الدرجة التي تُتيح للمواد الصلبة العالقة ذات الوزن النوعي الأكبر من الماء للترسب .ويُستعمل هذا المبدأ في محطات معالجة مياه الفضلات لإزالة المواد الصلبة العالقة سواءً قبل المعالجة البايولوجية ويطلق عليه ترسيبا (أوليًا أو ابتدائيا) والتي بعدها يطلق عليه (ترسيبًا ثانويًا)،الشكل(1.15) .

الشكل(1.15) : صورة لأحد أنوع أحواض الترسيب

أن وظيفة أحواض الترسيب الأولية في محطات المعالجة يمكن تحديدها بالاتي:

1- إزالة المواد القابلة للترسب والتي قد يشكل عدم إزالتها حمأة عضوية تلتصق على جوانب الأنهار و القنوات الملقاة فيها.

2- إزالة المواد الصلبة الطافية كالزيوت والشحوم ونحوها .

تستطيع أحواض الترسيب الابتدائية من ازالة المواد الصلبة العالقة بنسبة تتراوح ما بين(25%) إلى (40%) من المواد العضوية زيادة على (60%) من المواد العالقة.

يُراعى عند تصميم أحواض الترسيب الابتدائية أن تكون فترات المكوث (Detention Periods)أعلى من تلك المستخدمة عند نظيراتها الثانوية وذلك للقيام بالمعالجة الرئيسية فقط . ويُستثنى من هذه القاعدة الأحواض الأولية التي تستقبل الحمأة المنشطة .

أن أحواض الترسيب الابتدائية لا تختلف عن نظيراتها الثانوية في طبيعة عملها، اذ تقوم الاولى بترسيب المواد الصلبة العالقة في المياه قبل بدء المعالجة البايولوجية ، بينما تقوم الثانية بترسيب المواد الصلبة العضوية وتثبيتها ،والناتجة من المعالجة البايولوجية وأهمها الجراثيم.

15-2أنواع أحواض الترسيب:

تستعمل أغلبية محطات معالجة مياه الفضلات أحواض ترسيب آلية التنظيف .وتكون عادة بأشكال معيارية، إما دائرية أو مستطيلة .ويتم المفاضلة بين الشكلين بناءً على حجم المحطة وعلى وفقا لقوانين الموضوعة منقبل الهيئات المحلية ومتطلبات الموقع وخبرة مهندس التصميم وحكمته والكلفة التقديرية للمحطة . ويُراعى عمل حوضين للترسيب على الأقل في كل محطة ،أحدهما رئيسي والآخر احتياطي (حفاظًا على استمرارية العمل) :

1-أحواض الترسيب المستطيلة الشكل:

تتألف أحواض الترسيب المستطيلة الشكل من أجهزة إزالة الحمأة ، أجهزة إزالة الدهون والمواد الطافية ، وقنوات المدخل . وتتكون أجهزة إزالة الحمأة من ألواح خشبية ممتدة على عرض قاع الحوض . أن أحواض الترسيب المستخدمة في محطات معالجة مياه الصرف لاتختلف عن نظيراتها المستخدمة في محطات تصفية مياه الشرب. فلها الاجزاء نفسها تماما. ويمكن الرجوع الى الشكل(8-2) المذكور في الفصل الثامن يبين أنواع أحواض الترسيب المستخدمة في كلا النوعين من المحطات.

2-أحواض الترسيب الدائرية الشكل:

يمتاز هذا النوع من الأحواض بأن يكون جريان الماء فيه قطريا أو شعاعيا ، إذ يكون مدخل المياه في مركز الحوض والمخرج على محيطه . والشكل (2.8) ضمن الفصل الثامن يوضح ذلك.

15-3 كفاءة الترسيب:

أن المياه التي تدخل الى أحواض الترسيب تبقى فيها فترة زمنية محسوبة تسمى بفترة المكوث . اذ تتراوح هذه الفترة بين(1-3) ساعة والتي يتم خلالها تحقيق نسبة الازالة المطلوبة .

أن تحديد هذه الفترة من خلال تجارب عديدة وحسابات تم خلالها التوصل الى جملة ملاحظات منها :

1- عند بداية عملية الترسيب يكون معدل ازالة المواد العالقة الصلبة والمواد العضوية كبير، ومع مرور الزمن ، ينخفض مقدار الزيادة في نسبة الازالة .وقد لوحظ أن أعلى نسبة للإزالة تحدث في خلال الساعات الثلاثة الاولى.

2- أن نسبة الازالة في المواد العضوية تكون أقل من نظيرتها للمواد العالقة لفترة المكوث نفسها. ويعود السبب في ذلك الى أن قابلية ترسيب المواد العضوية تكون أقل من المواد العالقة الصلبة .

3-لفترة المكوث نفسها تزداد نسبة الازالة للمواد العالقة مع زيادة تركيزها في المياه .

4-15 : تنظيف أحواضالترسيب:

تنظف أحواض الترسيب بثلاثة طرائق هي :

1- الطريقة اليدوية : تزال الرواسب في هذه الطريقة من الأحواض بصورة متقطعة . اذ تلخص عملها بتفريغ الحوض من المياه ثم ازالة الحمأة المترسبة يدويا من خلال توجيه خراطيم المياه عليها لتقوم بدفعها باتجاه مخرج الحوض .

2- الطريقة الآلية : تزال الرواسب من قاع الحوض في هذه الطريقة بوساطة زحافات تتحرك آليا على قاع الحوض وتدفع أمامها الرواسب المتجمعة باتجاه المخرج . أن هذه الزحافات تتحرك بصورة مستمرة أو متقطعة حسب تركيز المواد الصلبة العالقة في المياه.

3- الطريقة الهيدروليكية : أن هذه الطريقة غير مفضلة الاستخدام في محطات معالجة مياه الصرف وذلك بسبب خروج كميات كبيرة من المياه مع الحمأة المترسبة الامر الذي يؤدي الى حدوث بعض المشاكل في مراحل معالجة الحمأة .

أن عمل هذه الطريقة يتلخص بدفع الحمأة المترسبة الى مخرج الحوض بالاعتماد على ضغط المياه الموجودة فيه .

5-15 كمية الحمأة المترسبة:

تعتمد كمية الحمأة المترسبة في أحواض الترسيب الابتدائية على العوامل الآتية:

1- خواص مياه الصرف الداخلة الى محطة المعالجة ومقدار شدة مركباتها .

2- فترة المكوث ودرجة التنقية المطلوبة .

3- خواص المواد الصلبة المترسبة .

4- فترات تفريغ الحمأة المترسبة من الحوض .

6-15 : صيانة أحواض الترسيب:

هناك نوعان من أعمال الصيانة ، أولهما اعمال الصيانة الدورية والتي تسمى أيضا بالصيانة الوقائية . وتتضمن أعمال تنظيف الاجزاء الميكانيكية المتحركة وتزييتها فيها فضلا عن صيانة الاجزاء الكهربائية

أن هذا النوع من الاعمال يجرى بشكل دوري اسبوعي أو شهري حسب نوع العمل ويدخل ضمن هذا النوع الأعمال الصيانة لمنشأ الحوض عندما يفرغ بشكل كامل من المياه ثم التنظيف من الرواسب . فيتم اجراء أعمال الصيانة لكل الأجزاء التي كانت مغمورة في الماء أما النوع الثاني من أعمال الصيانة والذي يسمى بالصيانة العلاجية اذ تتضمن هذه الاعمال تبديل الاجزاء المعطوبة من جراء العمل من الاجزاء الميكانيكية والكهربائية فيه.

أسئلة الفصل الخامس عشر

1- ماهي وظيفة أحواض الترسيب الاولية في محطات معالجة مياه الصرف؟.

2- أذكر أنواع أحواض الترسيب الاولية .؟

3- كيف يتم تحديد كفاءة عمل أحواض الترسيب .؟

4- أذكر طرائق تنظيف أحواض الترسيب .؟

5-أذكر العوامل التي يتم بموجبها تحديد كمية الحمأة المترسبة.

الباب الخامس

وحدات المعالجة التقليدية لمياه الفضلات

الأهداف

الهدف العام:

يهدف هذا الباب إلى التعرف على دور الكائنات الحية المجهرية في معالجة مياه الفضلات

الأهداف الخاصة:

من المتوقع في نهاية الفصل ان يكون الطالب قادرا على أن:

- **يتعرف على الأحياء المجهرية في مياه الفضلات .**
- **يتعرف على مبادئ المعالجة الحيوية.**
- **التعرف على وحدة الحمأة المنشطة.**
- **يصنف أنواع المرشحات البيولوجية.**
- **يصنف وحدات التهوية.**
- **يصنف بحيرات وقنوات الأكسدة.**
- **يتعرف على معايير انشاء بحيرات وقنوات الأكسدة**

الفصل السادس عشر

الأحياء المجهرية

الموضوعات

الأحياء المجهرية

- دور الكائنات الحية المجهرية في المعالجة
- عمليات المعالجة البيولوجية
- أساسيات في بيولوجيا الأحياء المجهرية
- أهم الجراثيم المرضية الموجودة في مياه الفضلات

1-16: دورالكائناتالحيةالدقيقةفيالمعالجة

تؤدي الكائنات الحية الدقيقة دورًا أساسيًا في تخثير المواد الصلبة الذائبة والغروية غير القادرة على الترسب وتثبيت المادة العضوية بايولوجياً. وهذا يؤدي بالتالي إلى تحويل هذه المواد إلى غازات وأنسجة خلوية جديدة للكائنات الحية الدقيقة . وبما أن هذه الأنسجة أكثر كثافة من الماء قليلا، فإنها تترسب بسهولة بفعل الجاذبية الأرضية ،مخلفة وراءها الماء الخالي منها تقريبا.

2-16 عمليات المعالجة البايولوجية

تنقسم عمليات المعالجة البايولوجية إلى أربع مجموعات رئيسية ،هي :العمليات الهوائية ، عمليات النترتة ، العمليات اللاهوائية ، والعمليات الهوائية والنترتة اللاأوكسجينية (Anoxic Nitrification) الهوائية واللاهوائية . وتندرج تحت كل من هذه المجموعات تقسيمات أخرى بحسب طبيعة النظام البايولوجي ،مثل بيئة بايولوجية عالقة أو بيئة بايولوجية ملتصقة أوكليهما معًا.

ويتلخص عمل عمليات المعالجة هذه في :

1-إزالة المحتوى البايولوجي الكربوني للفضلات .

2-تحويل الأمونيا أوالنتروجين العضوي إلى النترات

3-تحويل النترات إلى نتروجين يتطاير إلى الجو (نزع النيتروجين)

4-تحويل المادة العضوية في الحمأة الناتجة من عمليات المعالجة الفيزيائية والبايولوجية إلى غازات وأنسجة خلوية التثبيت

أساسيات بسيطة في بايولوجيا الأحياء الدقيقة(المايكربايولوجي)

ينبغي على مصممي محطات المعالجة البايولوجية ومشغليها الإلمام ولو بشكل متواضع بأنواع الكائنات الحية الدقيقة وتراكيبها وطريقة عملها حتى يتمكنوا من استغلالها بشكل فعّال في إزالة الملوثات.

تقع الكائنات الحية الدقيقة في ثلاثة ممالك رئيسية ،هي : مملكة الأوليات ، مملكة النبات ،ومملكة الحيوان . (Protest) ويوضح الجدول(1.16) ممالك الكائنات الحية الدقيقة والكائنات التي تنتمي إليها وصفاتها العامة.

وعلى الرغم من الاختلاف بين كائنات الممالك الثلاث إلا انها تتشابه في أن الخلية هي وحدة البناء الأساسية لها

.وتتألف الخلية من ثلاثة أجزاء رئيسية هي:

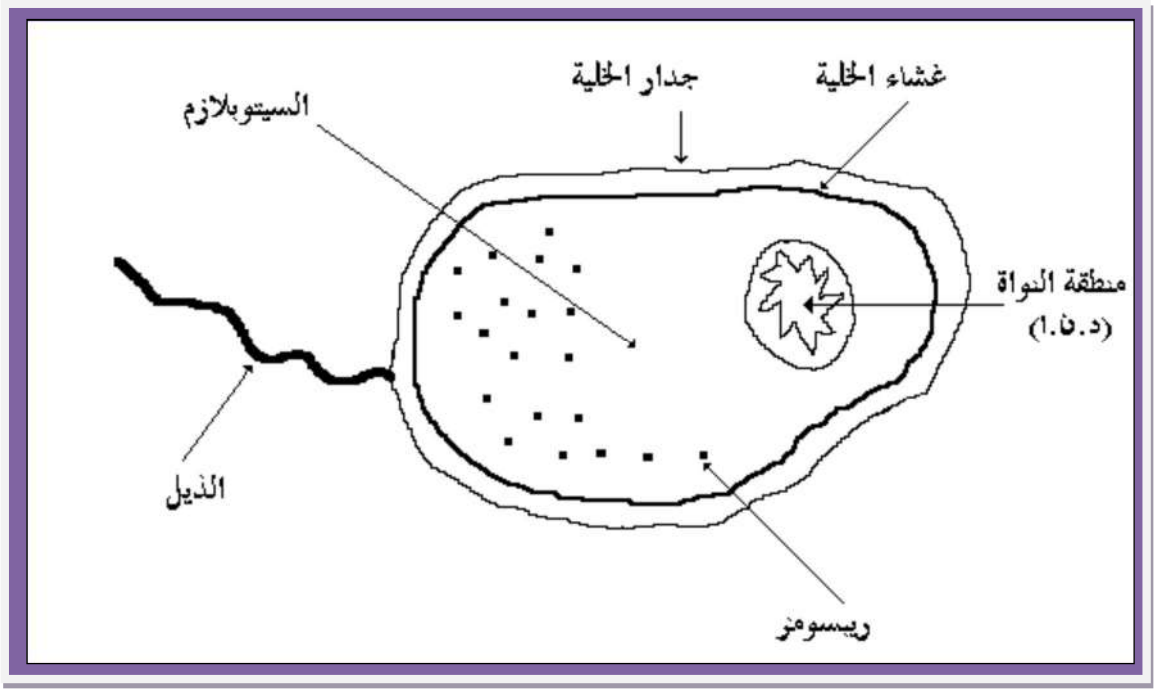
1-جدار الخلية :-وهو غشاء يحيط بها و يكون إما مرنًا أو صلبا.

2-السايتوبلازم :- وهو خليط من مستعلقات غروية مختلفة ، كالبروتينات والكربوهيدرات ومركبات معقدة أخرى

3-السوط أو الذيل :- وهو وسيلة الحركة والسباحة لها في البيئة المحيطة بها إن كانت من الكائنات المتحركة أنظر الشكل(1.16)

جدول (1.16) ممالك الكائنات الحية الدقيقةالمجهرية

المملكة	بعض الامثلة عليها	وصفها الخلوي
الحيوان	العجليات (الكائنات الدوارة) القشريات	متعددة الخلايا، متمايزة الانسجة
النبات	الحزازيات السرخسيات	
الأوليات	ذوات البذور	
الدنيا	الطحالب الأوالي الفطريات العفن البكتريا	وحيدة الخلية او متعددة الخلايا وغير متمايزة الانسجة



الشكل (1.16) أجزاء الخلية

وتحوي الخلية أيضا على الأحماض الأمينية أو النووية مثل (DNA) التي تتولى نقل الموروثات الجينية أثناء عملية التكاثر وتقوم بتصنيع البروتينات لها .ويحيط بـِ (DNA) في بعض الخلايا غشاء واضح ومميز مشكلا النواة ، وفي بعضها الآخر تكون النواة غير محاطة بغشاء ، مثل الخلية البكتيرية وخلايا الطحالب الزرقاء- الخضراء.

تحتاج الكائنات الحية الدقيقة في تكاثرها في أثناء مزاولة وظائفها المعتادة إلى مصدر للطاقة ومصدر للكربون ومصدر للمغذيات غير العضوية كالنيتروجين والفسفور ومصدر آخر للعناصر النزرة مثل الكبريت والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم.

تُعد ثاني أوكسيد الكربون والمادة العضوية من أكثر مصادر الكربون شيوعا للكائنات الحية الدقيقة . وتُسمى الكائنات التي يشكل ثاني أوكسيد الكربون مصدر الكربون لها بالكائنات ذاتية التغذية .أما تلك التي تشكل المادة العضوية مصدر الكربون لها فتسمى بالكائنات متنوعة التغذية . وتستمد الكائنات ذاتية التغذية طاقتها إما من الشمس ويطلق عليها حينئذ بالكائنات ذاتية التغذية والمخلقة ضوئيا ،و إما من تفاعل أكسدة المواد غير عضوية واختزالها ويُطلق عليها حينئذ بالكائنات ذاتية التغذية والمخلقة كيميائيًا . بينما تستمد الكائنات متنوعة التغذية طاقتها من تفاعل أكسدة أو من تخمر مادة عضوية .وهنالك مسميات أخرى للكائنات الحية الدقيقة بحسب قدرتها على استعمال الأوكسجين . فالكائنات التي تستعمل الأوكسجين يُطلق عليها بالكائنات الهوائية ،وأما تلك التي لا

تستعمله فيُطلق عليها بالكائنات اللاهوائية ، بينما تلك التي تستطيع العيش به من دونه فيطلق عليها بالكائنات الاختيارية.

3-16: أهم الكائنات الحية الدقيقة \ المجهرية

تعد الجراثيم من الكائنات الحية الدقيقة وحيدة الخلية .وتتواجد عادة في الأماكن التي يتوفر فيها الطعام والرطوبة . ويتكاثر أغلب أنواعها بوساطة الانشطار الثنائي .ويتكاثر بعض أنواعها جنسيا أو بُرعميًا . وعلى الرغم من الأنواع العديدة للجراثيم ،إلا أنها تقع في أصناف رئيسية ثلاثة هي : الكروية ، والاسطوانية واللولبية .وتتفاوت أحجام الجراثيم بشكل كبير، فمثلا تتراوح أقطار الكروية منها ما بين (1-5) مايكرون ،أما الأسطوانية فتتراوح أطوالها ما بين (3-5.1) مايكرون ، في حين يتراوح عرض اللولبية منها ما بين (0.5-5) مايكرون وأطوالها ما بين (6-15) مايكرون.

تحوي الجراثيم على (80%) ماء و (20%) مواد جافة .وتشكل نسبة المواد العضوية فيها (90%) وغير العضوية (10%) . وتتأثر الجراثيم بالحرارة والأس الهيدروجيني بشكل كبير، إذ لوحظ ازدياد نشاطها مع ارتفاع درجة الحرارة إلى حد معين ، بعدها ينعكس هذا النشاط . وبالتحديد يتضاعف نشاط الجراثيم في كل زيادة في درجة الحرارة مقدارها (10 °c) .وتُصنف الجراثيم حسب درجة الحرارة المناسبة لمعيشتها كما يأتي :مُحبات الحرارة المنخفضة (Psychrophilic) ، مُحبات الحرارة المتوسطة (Mesophilic) ،ومُحبات الحرارة المرتفعة (thermophilic) .

ويوضح الجدول(2.16) تصنيفات هذه الجراثيم والمدى الملائم في درجة الحرارة لكل منها.

الجدول (2.16) :أصناف البكتيريا ومدى درجة الحرارة الملائمة لكل منها

النوع	درجة الحرارة (سيليزية)	
	مدى العيش	المدى الملائم
محبات الحرارة المنخفضة	2-30	12-18
محبات الحرارة المتوسطة	20-45	25-40
محبات الحرارة العالية	45-75	20-65

يؤدي الأس الهيدروجيني دورًا فاعلا في تكاثر الجراثيم وغيرها من الكائنات الدقيقة .ولا يستطيع معظمها تَحمُل اس هيدروجيني اكثر من (9.5) وأقل من . (4)وتفضل هذه الكائنات (بما فيها البكتريا) الأس الهيدروجيني الذي يتراوح ما بين (6.5-7.5) .

وكما أن الجراثيم تصنف بحسب درجة الحرارة ،تُصنف أيضا بحسب مصدر الغذاء إلى جراثيم ذاتية التغذية وجراثيم متنوعة التغذية .وتعد الجراثيم ذاتية التغذية التي تستمد طاقتها من التفاعلات الكيماوية أكثرها شيوعا. في حين تعد الجراثيم متنوعة التغذية والتي تشكل المادة العضوية مصدر الكربون لها أكثرها أهمية في أنظمة المعالجة البيولوجية .وتوجد للجراثيم أيضًا ،كما لباقي الكائنات الحية الأخرى ، تصنيفات أخرى تعتمد على حاجتها من الأوكسجين ،مثل الجراثيم الهوائية واللاهوائية والاختيارية

4-16 الاوليات(Protozoa):

وهي حيوانات وحيدة الخلية تتألف من أكثر من 50000 نوع معروف. إن جميع الأوليات وحيدات خلايا وتفتقد لجدار الخلية، ولكنها تملك غشاءً بلازمياً يستخدم لأخذ الطعام وطرح الفضلات، وتمكنها التواجد بمفردها مثل **(**vorticella **)** فورتيسيلا أو بشكل مستعمرات مثل (Carchesium) كارشيسيوم . وهذه الكائنات المجهرية معظمها غير ضار ولكنبعضاً منها قد يكون مسبباً للأمراض. لبعض من هذه الكائنات يملك مرحلتين هما، المرحلة الفعالة إذ يكون قادراً على التغذية، والمرحلة الخاملة كوحيدات الخلية .

تتنوع الأوليات بأشكالها. وتختلف الأوليات عن البكتريا بطبيعتها، وبحجمها الكبير كما تختلف الأوليات عن الطحالب. فهي تأخذ الطاقة من المواد العضوية وليس من التركيب الضوئي. تعد الأوليات كائنات كاملة لأنها تحوي على كل الوسائل اللازمة لإنجاز العمليات في داخل جسمها . تختلف الأوليات عن الفطريات لأنها نادرا ما تسبب مشاكل لمعالجة المياه ، بل إنها تُعد مفيدة لأنها تقوم بأعمال تنظيف لهذه المياه من البكتريا . وتعد الأوليات والبكتريا مرتبطتين جداً في عمليات المعالجة بالحمأة المنشطة لمياه الفضلات ، إذ أن كل ما يؤثر في نشاط الأوليات يؤثر في نشاط البكتريا.

تعتمد الأوليات على الشروط البيئية من جانب التكاثر وتوفر الطعام اللازم لوجودها تماماً مثل البكتريا، ويتراوح حجمها بين (4-500) مايكرون. ويمكنها استهلاك البكتريا واستهلاك البقايا العضوية.

فضلا عن أن الأوليات ذات دور مهم في معالجة مياه الفضلات فإن وجود بعض الأنواع منها يمكن استخدامه مؤشراً على تغير ظروف مياه الفضلات، ودليلاً على فعالية عملية المعالجة. إذ أنه يمكن تحديد المشاكل قبل تطورها إلى مشاكل كبيرة . وعادة ترافق هذه الأوليات مياه الفضلات وتستخدم مؤشراً يتضمن السوطيات والكائنات السابحة والهدبيات.

16-4-1تصنيف الاوليات :

تصنف الأوليات (protozaa) في ضمن أربعة أصناف وذلك بحسب طريقة الحركة . فالماستيغونورا أو السوطيات (Mastigophora) تتحرك بوساطة سوط واحد أو أكثر. أما الهدبيات والسيليوفورا (Ciliophora) فتتحرك بوساطة سوط قصير يدعى الهدب. والأميبيات أو الساركوديا (Sarcodin) فتتحرك بوساطة الحركة الأميبية المتحولة والسبوروزوا (Sporozoa)غير قادرة على الحركة. ويبين الجدول (3.16) وصفاً لهذه المجموعات.

الجدول(3.16) :أصناف الاوليات وطرائق حركتها وتكاثرها

المجموعة	الاسم الشائع	طريقة الحركة	طريقة التكاثر
Mastigophora	السوطيات	السوط	لا جنس
Ciliophora	الهدبيات	الهدب	لا جنس بواسطة الانصهار، وجنسي
Scarcodira	أميبيات	التحول	لا جنسي وجنسي
Sporozoa	أوليات	غير متحركة	لا جنسي وجنسي

1-السوطيات Flagellates – Mastigophora

ويصنف معظمها من وحيدات الخلية ، وليس لها شكل محدد، إذ أن غشاءها البلازمي الرقيق يسمح بحركة السيتوبلاسما . وتمتاز السوطيات بامتلاكها سياطاً تمنحها القدرة على الحركة وعلى إيجاد طعامها وطرحه. ومؤشراً في عمليات المعالجة البيولوجية لمياه الفضلات ، فإن السوطيات تترافق عادةً مع المعالجة السيئة ومع عمر حمأة قصير . فعندما تكون السوطيات هي الغالبة من ضمن

مجموعة الأوليات ، فإن هذا يدل على أن التدفق الناتج من المعالجة يحتوي على كمية كبيرة من الأجسام المعلقة وعلى قيمة كبيرة للـ (BOD)

تتواجد السوطيات بكثرة في المياه العذبة وفي مياه البحار، وتتفرع السوطيات على أنواع تحوي على الكوروفيل وبذلك فإنها تشبه النبات ، وإلى (إيغلينا) والتي تترافق دوماً مع ازدياد نسبة النتروجين والفوسفات في عملية معالجة مياه الفضلات.

2- الهدبيات:Ciliophora (Ciliates)

الهدبيات هي الشكل الأكثر تطوراً من إذ البنية في مجموعة الأوليات. وتتم حركة الهدبيات وتغذيتها بوساطة الأهداب التي تتواجد في الأقل في إحدى مراحل حياتها. تقسم الهدبيات على ثلاث مجموعات هي:

1 - السابحات الحرة (Free swimmers)

2- الزاحفات(Crawlers)

3- السويقيات (Stalked)

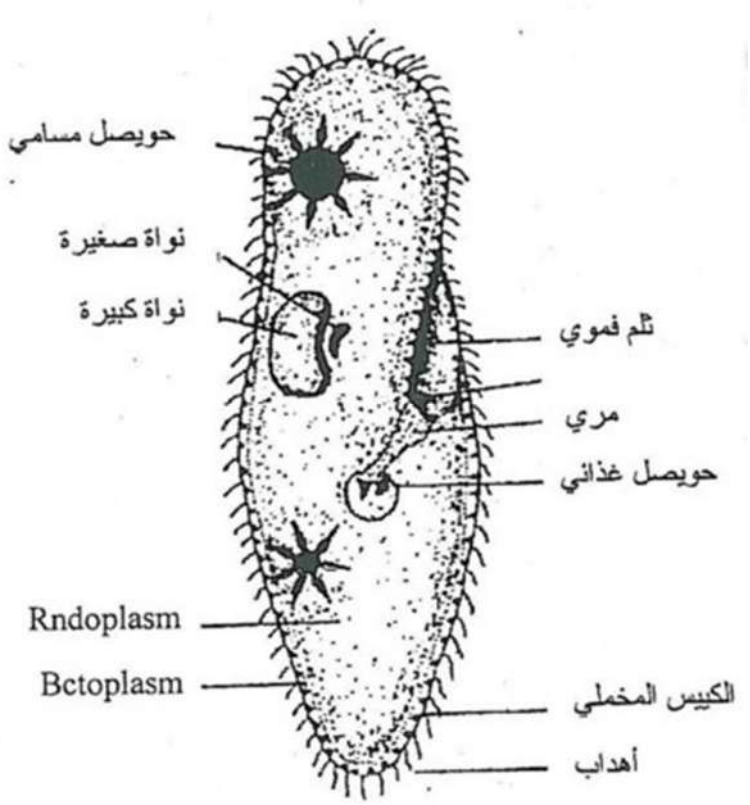
تتواجد الهدبيات عادةً بشكل منفرد، ولكن أحياناً تتواجد في ضمن مستعمرات، وتُعد الهدبيات فريدة من نوعها من بين جميع الأوليات باحتوائها نوعين من النويات الصغيرة والكبيرة . فمهمة النواة الصغيرة هي التكاثر الجنسي، أما النواة الكبيرة فهي المسؤولة عن التغذية وعن إنتاج RNAلنمو الخلية.

تغطى الهدبيات عادةً بقشرة رقيقة والتي تعمل بوصفها درعاً يكون إما ثخيناً وإما رقيقاً ، أما الأهداب فتكون قصيرة مرتبة في ضمن صفوف، شكلها شبيه بالسياط لكنها أقصر وقد تغطي الأهداب جسم الحيوان كله ، أو قد توضع في منطقة من الجسم فقط .

تُعد السابحات الحرة من الهدبيات الخاصة لاحتوائها أعضاء مسؤولة عن القيام بعمليات حيوية محددة، والنوع المعروف منها هو الباراميسيوم (Paramecium) الذي ينضم إلى مجموعة السابحات الحرة ويتميز بطول ثابت لأهدابه. ومن بين المجموعات الثلاث التي تمثل الهدبيات فإن البارامسيوم تُعد الأقل فاعلية بالنسبة لعملية التغذية.

يبين الشكل (2.16) أن للباراميسيوم أعضاء متعددة متخصصة ، فالحويصلة

مسؤولة عن الطرح وتنظيم التبادل مع الوسط ، فعندما تفرز الأعضاء محلولاً سائلاً من الماء ويفرز الاليكتروليت من السيتوبلازما يتم طرح ذلك بوساطة الحويصل المسامي ، أما مهمة الغشاء فهي أن يحفظ الحويصل مغلقاً في أثناء فترة التمدد. كما يبين الشكل عضواً مهماً أخر هو الكيس المخملي ،فعندما تطلق هذه الكييسبات ، فإنها تشكل خيوطاً طويلة تمر عبر الغشاء وتصبح قاسية ، وتكون رؤوس هذه الخيوط لزجة مما يجعلها قادرة على الاتصال، وعلى التقاط الفريسة ، وشل حركتها قبل هضمها.

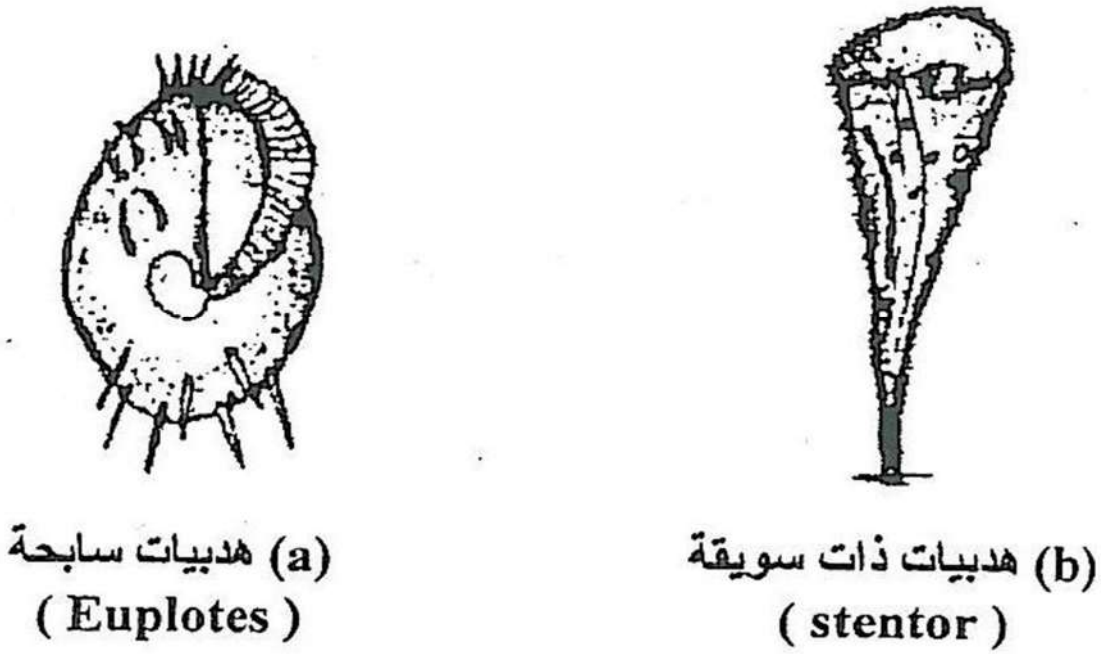


الشكل (2.16) بنية الباراميسيوم

أما الزاحفات والمعروفة بالهدبيات الزاحفة ، فتزحف فوق الجزئيات وعبرها وتمتاز بقدرتها على التغذية بشكل فعال أكثر من السابحات الحرة، كما تمتاز بقدرتها على العيش بوجود عدد أقل من البكتريا. وتمتاز السويقيات بفم يشبه القرص على الجزء الأمامي من جسمها، وتحوي عادة على السويق (خيوط قابلة للتقلص) والذي يشبه الأسفنج.

عندما تكون نسبة الأوكسجين منخفضة في المياه، أو عندما تزداد عكارة المياه، فإن السويقيات تدور وتسبح بحرية ، وهذا ما يسمح لها أن تتغذى بفعالية كبيرة. في معالجة مياه

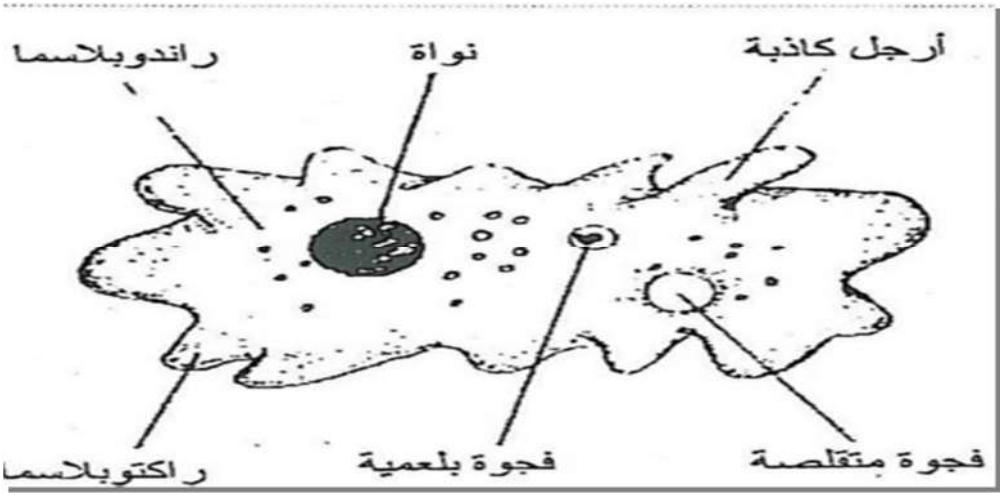
الفضلات . هناك نوعان من الهدبيات يعدان مهمين هما ، السابحات الحرة ، وذوات السويقة كما موضح في الشكل (3.16) . فالسابحات الحرة تستخدم أهدابها للتنقل ولجذب الطعام، وتترافق عادةً مع الحمأة متوسطة العمر ومع نوعية التدفق المائي المعتدل ، وعندما تشكل السابحات كتلة المتعضيات الأساسية فإن ذلك يؤدي إلى تعكر المياه وهذا دليل على احتواء المياه على كمية كبيرة من الأجسام الصلبة المعلقة . أما الهدبيات ذات السويقة ، فإنها تعلق نفسها على الأجسام الصلبة المحمولة مع مياه الفضلات وتستخدم أهدابها لجذب الطعام ، وتترافق عادة الهدبيات ذات السويقة مع المياه الصافية ، والحاوية على كمية من الأجسام الصلبة المعلقة وعلى نسبة منخفضة من ال (BOD).



الشكل(3.16): أنواع الهدبيات

3-الأميبيات (Sarcodina):

إن هذه المجموعة غير معقدة في تركيبها وتمتاز ببنية أبسط من بنية الهدبيات والسوطيات فهي تتحرك بأرجل كاذبة، ويشار إلى تشكل هذه الأرجل بحركة الأميبا، كما موضح في الشكل (4.16).



الشكل (4.16) :الاميبيات

وزيادة على استخدام الأرجل الكاذبة في الحركة فإنها تستخدم أيضاً في التغذية فهذه الأرجل تحيط بالطعام وتبتلعه ،وتتغذى معظم الأميبيات على الطحالب والبكتريات والأوليات والدولابيات.

اسئلة الفصل السادس عشر

1. **ما هي أجزاء الخلية ؟**
2. **ما هو دور الأيون الهيدروجيني في تكاثر الأحياء المجهرية ؟**
3. **هناك مصادر تساعد الأحياء المجهرية في أداء عمليات المعالجة، أذكرها**
4. **عرف بإيجاز:-**

   الهدبيات - DNA - السوطيات - الأميبا - محبات الحرارة المنخفضة
5. **عدد ممالك الأحياء المجهرية واذكر أمثلة عليها .**
6. **ما الغاية من عمليات المعالج ؟**

الفصل السابع عشر

المرشحات البايولوجية

الموضوعات

- مبادئ المعالجة الحيوية
- أنواع المرشحات البايولوجية
- أجزاء المرشح الحيوي
- مميزات تراجع الحمأة
- تنظيف المرشحات
- التشغيل والصيانة

المرشحات البيولوجية

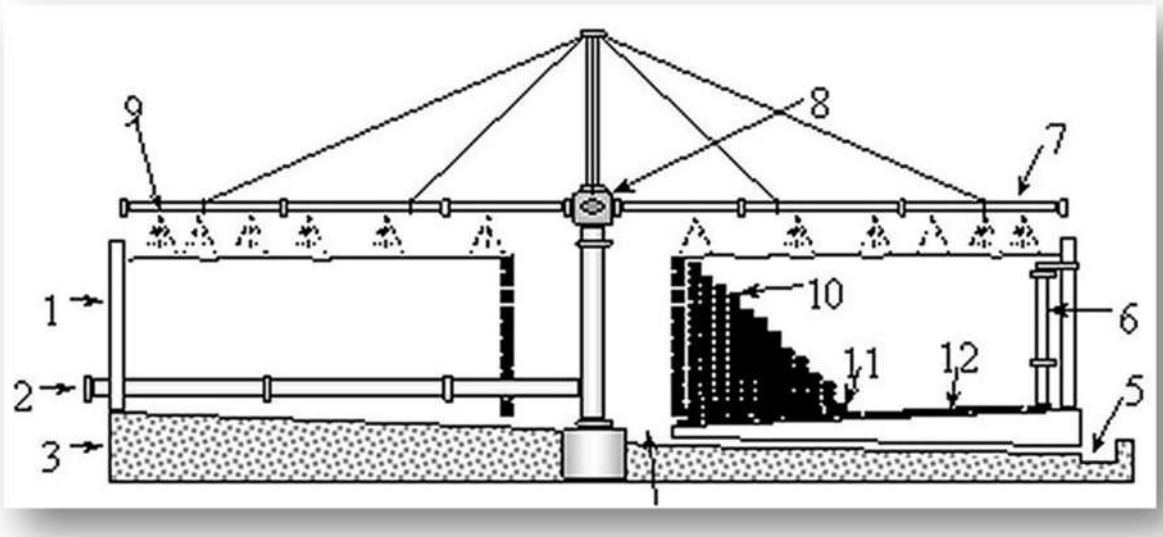
1-17 المقدمة :

المرشحات الحيوية [شكل17].1 هي احدى أنواع المعالجة البايولوجية ذات الطبقة الثابتة. إذ يتم فيها التصاق الأحياء المجهرية المستخدمة في المعالجة بوسط الترشيح عند تماسها مع مياه الفضلات. يتم توزيع مياه الفضلات فوق وسط الترشيح لتنساب ببطء من خلاله، وتلتصق به الأحياء المجهرية. وهذا عكس ما يحصل في المعالجة البايولوجية ذات النمو العالق إذ تطفو تلك الأحياء بحرية في مياه الفضلات.

من الضروري إمرار تصريف المرشح البايولوجي من خلال المصافي أو الغرابيل الميكانيكية وحوض الترويق للسماح بحجز المواد الصلبة المتولدة جراء معالجة مياه الفضلات. والواقع فان هذه الوحدات التي يطلق عليها المرشحات البايولوجية لا يحصل فيها الترشيح بالمعنى الفيزياوي وانما يتم إزالة الملوثات بوساطة العمليات البايولوجية. تحصل عملية المعالجة بالمرشح الحيوي خلال التحلل البايولوجي للمواد العضوية بوساطة البكتريا والاحياء المجهرية الموجودة في وسط المرشح . هذه الاحياء المجهرية تعمل على خفض متطلبات الأوكسجين الحيوي في مياه الفضلات. وقد تستخدم أيضا لخفض تركيز نتروجين الأمونيا في خلال العملية.

تاريخياً يعود تاريخ انتشار هذه المرشحات بوصفها أحدى أنواع المعالجة الحيوية لمياه الفضلات الى النصف الأول من القرن العشرين فقد كانت تستخدم على مجال واسع في منظومات المعالجة في مدينة وسكنسون عام 1912 . وعند منتصف القرن الماضي بدأ استخدام طريقة الحمأة المنشطة التي لاقت كثيراً من الاستحسان والقبول مقارنة بالمرشحات البايولوجية بالنظر لتحقيق نوعيات أفضل مما ينتج من المرشحات البايولوجية

وبعد ادخال مواد أوساط صناعية طرأ تحسن ملموس على أداء المرشحات إذ لا زالت هذه المرشحات بمثابة بديل تطبيقي مهم بالنظر للعديد من الأبواب التي سيتم التطرق لها لاحقا. فضلا عن قدرة هذه المرشحات على التعامل مع الأحمال العضوية والمواد السامة . فقدأدى استخدام المواد اللدائنية المتعددة الاشكال التي تتميز بخفة الوزن الى استخدام الأحواض الحديدية . وبذلك فقد أمكن استخدام مرشحات على شكل ابراج مرتفعة واصبح بالإمكان تنفيذ مرشحات قليلة الكلفة الهدف منها ازالة المواد العضوية قبل ادخال مياه الفضلات الى المحطة لإجراء المعالجة الأساسية.



1. جدار ساند 2. انبوب مغذي 3. الأساس4. موقع مركزي لجمع التصريف
5. قناة التصريف 6. انبوب تهوية 7. ذراع التوزيع 8. سداد دوار
9. نفاث 10. مادة الوسط 11. طبقة الوسط الخشن 12. ارضية قناة التصريف

شكل (1.17) : المرشح البايولوجي

تتباين حجوم المرشحات البايولوجية وأبعادها وأشكالها، وقد يبلغ قطر بعضها (50) مترا وبارتفاع لا يتجاوز (3) متر وذلك بسبب الكلف العالية للأحواض الخرسانية العالية وصعوبة ملء وتفريغ محتوياتها بين حين وآخر.

تعتمد طريقة التشغيل على توزيع المياه بوساطة أنابيب مثقبة تدور بسرعة محددة ، في أثناء دورانها تندفع المياه من الثقوب وتسقط على سطح المرشح وتتخلل فجوات الحصى أو الحجارة فتتكون على أسطح هذه المواد طبقة هلامية، وتحوي هذه الطبقات البايولوجية المتكونه بالمرشح على البكتريا والأوليات والفطريات والكائنات الأخرى .ويتركز النشاط الحيوى على هذه الطبقة التى تتكون على سطح الحصى او الحجر المكسر.

يمكن تقسيم مرشحات اللدائن على نوعين بناءاً على شكل المرشح أو درجة التحميل العضوي به. ويتكون المرشح الحيوي من طبقة ذات مسامية عالية ترتبط بها الكائنات الحية الدقيقة وتلتصق. وتنساب عبرها الفضلات السائلة المراد معالجتها. ومن الأفضل توخي اختيار المواد المكونة لوسط المرشح ، على أن تكون ذات مواصفات محددة تلائم أهداف استعمالها. ومن هذه المواصفات أن تكون المواد المنتقاة، مواد خاملة، لها مساحة سطح واسعة مقارنة بقياسها، وأن

تكون نظيفة، وزهيدة التكاليف. ومن أمثلة هذه المواد الحجارة الحقلية والحصى والحجارة المكسرة والخبث وفحم الانثراسايت واللدائن المصنعة.....الخ.

يتم إنشاء المرشح وتشييده مع وضع نظام تصريف تحتي مناسب. اذ يقوم نظام التصريف هذا بجمع المياه المعالجة والمواد العضوية الصلبة التي تلتصق بوسط المرشح. كما ويعمل نظام الترشيح بوصفه منطقة تجميع ويسمح بمرور الهواء من خلاله نسبة لكبر المسامية، وأيضا يعمل دعامةً لوسط المرشح الكائن فوقه (الشكل2.17).

شكل (2.17) المرشح الحيوي في أثناء العمل

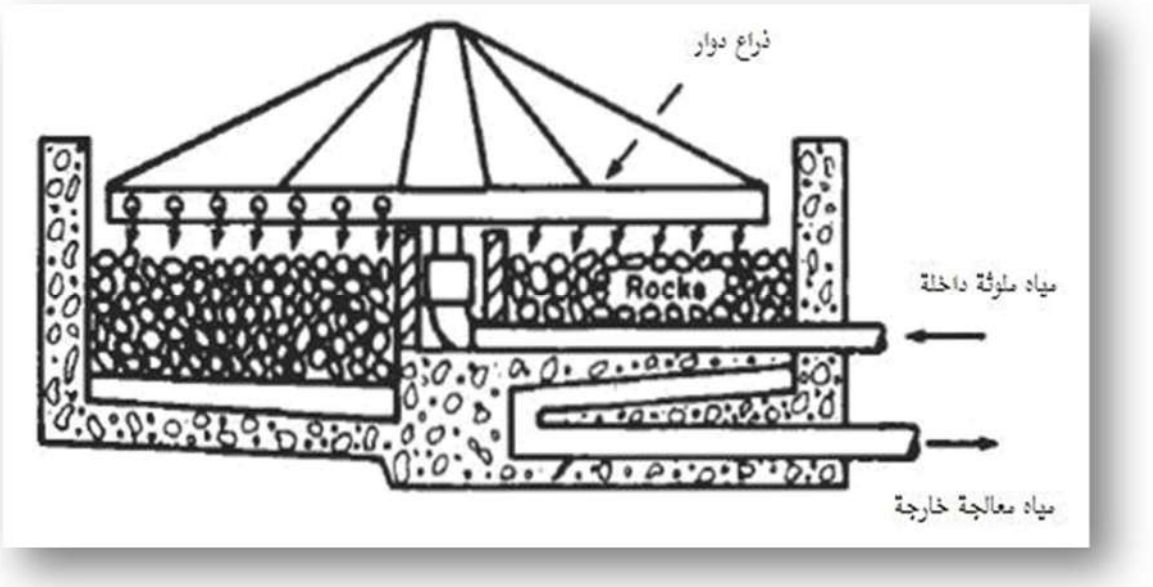
2-17:مبادىء عمل المرشحات البايولوجية:

أن المبدأ الذي تعتمده هذه الطريقة هو إمرار الفضلات على رقيقة أو طبقة من الاحياء المجهرية مستقرة على سطح مناسب كالحجارة أو الحصى أو المواد اللدائنية أو غيرها . إذ تتغذى الاحياء المجهرية على الطبقة الرقيقة من الفضلات المناسبة فوقها. والمرشح البايولوجي أو الإحيائي هو عبارة عن حوض مصنوع من مادة مناسبة كالكونكريت المسلح أو الفولاذ أو غيره . ومملوءة بوسط (Medium) من الحجارة أو الحصى أو مواد اصطناعية كاللدائن. ويستند الوسط إلى نظام تصريف للفضلات مناسب في قعر الحوض . إذ تغادر هذه الفضلات عن طريق مجرى رئيس إلى الوحدة التالية.

أما إدخال مياه الفضلات إلى الحوض (المرشح) فيتم من أسفله إذ يصل أنبوب الفضلات من أسفل الحوض إلى أعلاه وهنالك يتم نشر الفضلات على سطح الوسط لتنساب على سطوح مادة الوسط التي تغلفها الاحياء المجهرية إلى أنتصل إلى منظومة جمع هذه الفضلات في أسفل الحوض . ومن الأولى بالذكر أن رش الفضلات أو نشرها في أعلى الحوض يتم بأذرع مثقبة شبيهة برشاش حديقة المنزل ويعمل بنفس المبدأ.

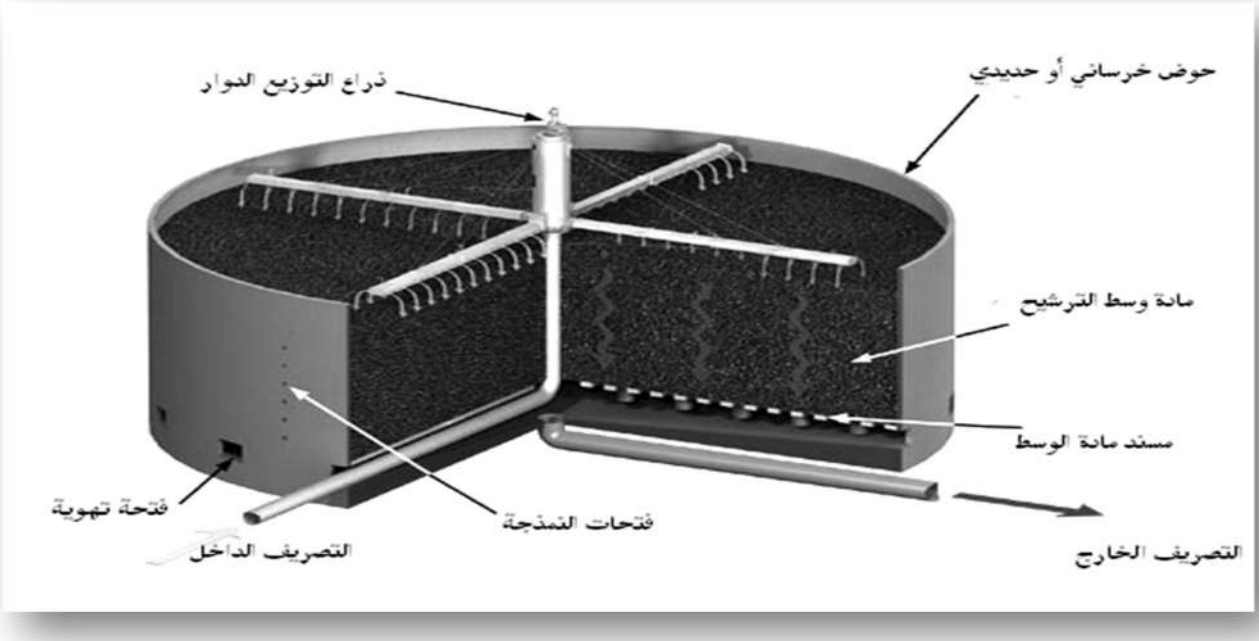
وكما هو الحال في منظومات الحمأة المنشطة فان محطة المعاملة التي تتم فيها الأكسدة البايولوجية للمواد العضوية الموجودة في الفضلات بطريقة المرشحات البيولوجية فإنها تسمى باسم هذه المرشحات.

أن مياه الفضلات القادمة من مرحلة الترسيب الابتدائي تمر على المرشح البايولوجي ، إذ تنساب الفضلات من أسفله إلى حوض ترسيب نهائي(Clarifier Final) لكي تترسب كل البكتيريا المنقشعة من فوق الحجارة. في حين يطرح السائل الرائق إلى النهر بعد زيادة الكلور علية وضمان قتل البكتيريا المرضية فيه. ويضخ في الغالب قسم من الفضلات الخارجة من المرشح البيولوجي إلى بداية الحوض وذلك لضمان تحقيق جريان أفضل لتحريك اذرع نشر الفضلات، ولتحسين كفاءة المرشح في نفس الوقت. الاشكال(5.17)و(4.17)و(3.17)



الشكل(3.17) مقطع في مرشح بايولوجي

الشكل(4.17) منظر لمرشح بايولوجي



الشكل (5.17) : مقطع يبين تفاصيل المرشح البايولوجي

وتعد عملية إعادة مياه الفضلات أو جزء منها إلى المرشح ضرورياً ، وذلك لانخفاض مستوى التصريف خلال ساعات الليل لدرجة أن أذرع الرش (النشر) تتوقف عن الدوران مما يجعل بعض أجزاء المرشح محروماً من وصول الفضلات إليه . وبذلك تجف وتموت الأحياء المجهرية المغلفة للحجارة في بعض أجزاء المرشح. ولا تعود مثل هذه الأحياء إلى سابق فعاليتها بسهولة ، ولذلك تقل كفاءة المرشح عندما لا تصل مياه الفضلات إلى جميع أجزاء الوسط بصورة مستمرة.

أما كمية التصاريف المعادة أو الراجعة (Q_r) فتبلغ جزءاً قليلاً من أصل التصريف (Q) . كأن يكون ربعها أو نصفها . كما أنها قد تبلغ أضعاف التصريف الأصلي. وكلما زادت كمية الفضلات الراجعة تحسنت الكفاءة ، ولكن مستوى التحسن يكون بطيئاً عندما تبلغ نسبة الفضلات الراجعة إلى الأصلية (r) عدة أضعاف فيكون:

$$r = \frac{Q_r}{Q} \qquad \text{---------- (17.1)}$$

أن مرور الفضلات على مرشح واحد تسمى بالمرحلة الواحدة (Single stage). وفي المرحلة المزدوجة تمر الفضلات الخارجة من المرشح إلى مرشح بايولوجي ثاني وتسمى المنظومة في هذه الحالة بالمرحلة المزدوجة (intermediate Clarifier).

تعد المرشحات البايولوجية من أقدم الطرائق المستخدمة في معالجة مياه الفضلات وقد شاع استخدامها منذ نهاية القرن الماضي وبداية هذا القرن . وقد قلل من استخدامها انتشار طريقة الحمأة المنشطة ، ولكن استخدامها بأشكالها التقليدية وتطويراتها قد لاقى رواجاً بصورة مجددة في السنوات الأخيرة. إن سهولة تشغيل محطات المعالجة التي تعتمد طريقة المرشحات البايولوجية ، تجعلها محبذة الاستخدام في الدول النامية رغم كلفة إنشائها العالية ، وذلك بسبب محدودية الإمكانيات التقنية وتوفير الأيدي الفنية اللازمة لتشغيل المحطات الأكثر تعقيداً خاصة في المدن الصغيرة والقصبات. وتتباين حجوم المرشحات البايولوجية وأبعادها وأشكالها وقد يصل قطر بعضها إلى (50) متراً ولكن لا يتجاوز ارتفاع المرشح ثلاثة أمتار وذلك بسبب الكلف العالية للأحواض الخرسانية المرتفعة وصعوبة ملء وتفريغ محتوياتها بين الحين والآخر.

أدى استخدام المواد اللدائنية متعددة الأشكال التي تتميز بخفة وزنها إلى استخدام الأحواض الفولاذية بدلا من الخرسانية وقد مكن ذلك من استخدام مرشحات على شكل أبراج مرتفعة

يزيد ارتفاع بعضها على عشرة أمتار. وأصبح بالإمكان تنفيذ مرشحات قليلة الكلفة لإجراء المعالجة الأساسية خاصة إذا كانت الفضلات ذات تركيز عالي من الـ (BOD) كما هو الحال في بعض المدن التي تحوي على عدد كبير من الصناعات الغذائية.

وتعمل مثل هذه المرشحات بتحميل عال نسبياً أي أن التصريف الذي يدخل وحدة المساحة من المرشح أعلى مما هو مألوف في المرشحات الحجرية التقليدية. لذلك تدعى المرشحات التي تستخدم الوسط البلاستيكي بالمرشحات عالية التحميل . إذ تساعد الفراغات الكبيرة (90% من حجم الوسط البلاستيكي) على استخدام مرشحات أصغر وذلك بتحميل هذه المرشحات تصريفاً عالياً لوحدة المساحة. ولا تتحقق كفاءة إزالة في مثل هذه الحالة أكثر من 60% ولكن ذلك يكفي لتحقيق الهدف المنشود من إنشائها كما سبق أن ذكرنا لغرض تقليل كمية أل (BOD) قبل إمرار الفضلات في الوحدات البايولوجية الرئيسة (قد تكون وحدات حمأة منشطة أيضاً).

وتبلغ كفاءة المرشحات البيولوجية ذات الوسط الحجري بحدود (80%) في حالة استخدام مرحلة واحدة من الترشيح أما إذا استخدم أكثر من مرحلة كما هي الحال في مرشحات المراحل المزدوجة فان المرشح الأول الذي يستقبل فضلات خام (مرسبة) تكون كفاءته أعلى من المرشح الثاني الذي تمر عليه الفضلات بعد أن تكون قد تعرضت إلى عملية تأكسد بايولوجي من خلال مرورها على المرشح الأول . وبذلك تحللت منها المواد السهلة التحلل وبقيت المواد العضوية الأكثر صعوبة ففي الوقت الذي تبلغ فيه كفاءة المرشح الأول(75%) مثلاً فان كفاءة المرشح الثاني ستكون بحدود (55%)على سبيل المثال .

وتكون الكفاءة الإجمالية للمرشحين كالآتي

$$E_T = E_1 + (1-E_1)\, xE_2 \quad \text{.....(17.2)}$$

فتكون :

E_T هي الكفاءة الكلية للمحطة

E_1 كفاءة المرشح الأول

E_2 كفاءة المرشح الثاني

مثال:

جد الكفاءة الكلية لمحطة تحوي مرشحين بايولوجيين مربوطين بالتتابع ، تمر من خلال الأول فضلات مرسبة مقدار (BOD) لها (300) ملغم \لتر وأن كفاءة ترشيحه 75% . أما كفاءة ترشيح المرشح الثاني فكانت60%. جد كذلك أل (BOD) النهائي للفضلات المعالجة.

$$E_T = E_1 + (1-E_1) \times E_2$$

$$E_T = 0.75 + (1- 0.75\ ) \times 0.60$$

$$= 0.75 + 0.15 = 0.90$$

$$(BOD)_{out} = (1- 0.90)\ \times 300 = 30\ mg\backslash L$$

تحدث معظم الإزالة للمواد العضوية في الطبقة العليا للمرشح في حين يكون مستوى الأكسدة البايولوجية في الطبقات السفلى من وسط المرشح محدوداً نسبياً بسبب محدودية كمية المادة العضوية المتبقية في الفضلات . وفي الواقع إن فترة تماس الأحياء المجهرية الملتصقة على مادة وسط المرشح(الحجر مثلا) قصيرة جدا ، ولكنها كافية لامتزاز المادة العضوية من مياه الفضلات. أما الأوكسجين فهو يتخلل الوسط بصورة مستمرة إذ يكون اتجاه انسياب الأوكسجين إلى أعلى عندما تكون درجة حرارة الوسط (والتي تحددها درجة حرارة الفضلات) ، أعلى من المحيط الخارجي . وعلى العكس يكون اتجاه الهواء إلى الأسفل في حالة كون درجة الوسط أقل من الجو الخارجي. وفي بعض الأحيان يجري دفع الهواء إلى داخل المرشح باستخدام مراوح كهربائية دافعة أو ساحبات لهذا الغرض ، وخاصة في المواسم التي لا يحدث فيها تيار هوائي طبيعي خلال المرشح.

ونظراً لكون تماس المواد العضوية مع الجزء الخارجي رقيقة الأحياء المجهرية (Zoogleal Film) فان الجزء الخارجي من الرقيقة يكون أكثر أجزاء كتلة الأحياء المجهرية فعالية.

3-17: أجزاء حوض الترشيح البايولوجي

يتألف حوض الترشيح البايولوجي من ثلاثة أجزاء هي:

أ – مادة الوسط

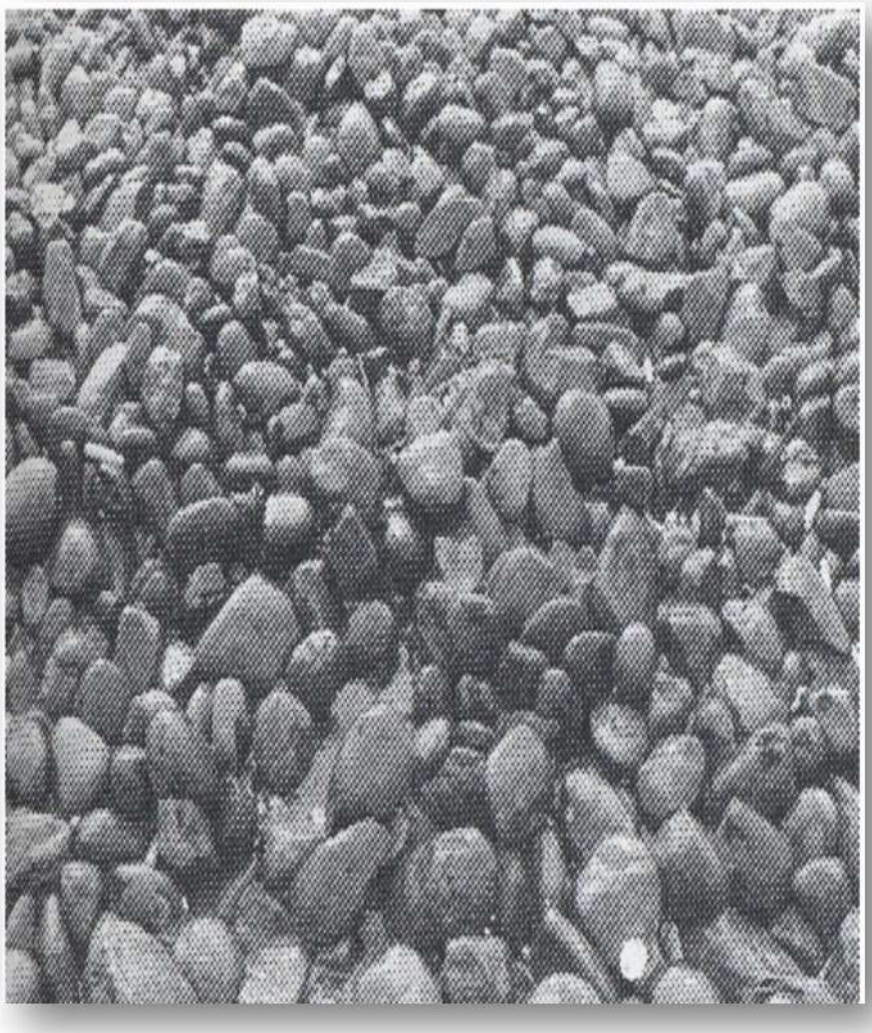
ب -شبكة التصريف التحتية (قناة التجميع الرئيسية)

ج -أجهزة التوزيع (موزعات ورشاشات المياه)

أ -مادة الوسط : تعد مادة الوسط متعددة ومتنوعة وكثيرا ما يستخدم الحصى وكسر الحجارة أو المواد اللدائنية وغيرها الشكلان(17-6)و(17-7)،وتتميز المواد اللدائنية بانها تسمح بدوران الهواء بمعدلات عالية وبأكبر مساحة لتجمع الكائنات الحية. يجب ان تتصف مواد الوسط بامتلاكها مساحة سطحية كبيرة لوحدة الحجم وانها اقتصادية وذات مقاومة ومتانة فضلاً عن أنها بالضرورة لا تتعرض للانسداد بسرعة.

لقد تبين من خلال الخبرة العملية أن أحجام مادة الوسط التي تقل عن (25) ملم لا تسمح بوجود فراغات كافية مما يعرضها للانسداد بسرعة لذلك فان الحجم الأدنى المفضل للاستخدام هو (60-100)ملم.

شكل (6.17) عينات من مواد ترشيح بلاستيكية



شكل (17-7) مادة وسط الترشيح من الحجارة والصخور

ب -شبكة التصريف التحتي: وتؤدي هذه الشبكة وظيفتين :-

1-تصريف المياه الخارجة من المرشح الى حوض الترويق النهائي.

2-تعمل على تهوية المرشح لتامين الحالة الهوائية

تتألف شبكة التصريف التحتي من الطين المزجج ذي فتحات للسماح بمرور مياه الفضلات. توضع هذه الشبكة فوق ارضية المرشح والتي تكون ذات ميل مناسب(1-2%) نحو قناة التجميع. ولما كان من واجبات الشبكة هذه تهوية المرشح وتنفيسه لذلك فمن الضروري ان لا تقل مساحة الفتحات فيها عن 20% من مساحة المرشح (الشكل 17-8).

شكل (17-8) منظر جانبي لمنظومة التجميع للمرشح الحيوي.

ج -نظام التوزيع: يجب أن يتوافر في نظام التوزيع القدرة على توزيع مياه الفضلات بشكل متساوٍ على كامل سطح المرشح. إن الفجوات بين الوسط لا تمتلئ أبدا بالسائل ، لذلك فإن تدفق الهواء يكون حرا في وسط المرشح ، وأكثر الطرائق انتشار في توزيع مياه الفضلات على سطح المرشح هي استخدام الموزعات الدوارة Rotary Distributor .

ويتم توزيع مياه الفضلات عن طريق انبوب تغذية يمتد حتى مركز المرشح لينتهي بوصلة تركز على كرات ليسهل الدوران . وقد يركبَ بها ذراعان أو أربعة أنابيب (أفقية تمتد في اتجاه قطري حتى محيط المرشح وترتفع هذه الأنابيب نحو 20 سم عن سطح المرشح،

ويحوي أحد الجوانب الأفقية من الأنابيب على ثقوب تتدفق منها المياه بقوة مما يؤدي إلى دفع هذه الأنابيب إلى الدوران بفعل قوة الطرد العكسية . تؤدي عملية تدفق المياه إلى رشها وانتشارها على سطح المرشح

4-17 : ميزات اعادة الحمأة

تتم عملية إعادة جزء من التصريف الخارج من المرشح الحيوي . وتستخدم طريقة الإعادة لتحقيق عدد من الاهداف المبينة في أدناه :

- زيادة التراكيز الصلبة الحيوية في النظام.
- ضمان استمرار الزراعة بالكائنات الحية Seeding وذلك بإعادة دوران المواد الصلبة المنسلخة من المرشح.
- المساعدة في المحافظة على حمل هيدروليكي منتظم من خلال المرشح. ويحسب معدل الحمل الهيدروليكي بوحدات (م^3\م^2 \يوم) من العلاقة الاتية:

معدل الحمل الهيدروليكي = حجم الدفق\ المساحة.

- ضمان دوران ذراع التوزيع في فترات التدفق القليل.
- المحافظة على حمل عضوي منتظم . ويحسب الحمل العضوي بوحدات (كغم\ م^3\يوم) من العلاقة الاتية:

الحمل العضوي = وزن المواد العضوية المستهلكة\ حجم المرشح.

- يخفف الدفق الداخل للمرشح وذلك بغية إنتاج نوع جيد من التصريف الخارج.
- يرقق طبقة النمو الحيوي.
- تخفيف تركيز مياه الفضلات
- تمنع الجفاف او التجمد
- تساعد على سرعة الانسلاخ
- تقلل من انتشار الحشرات
- تؤمن توزيع المياه بالتساوي
- تحسين كفاءة إزالة الملوثات من وحدة المرشح الحيوي.

17-5: محاسن المرشح البايولوجي:

1 - يحتاج الى متطلبات طاقة قليلة بالنظر لعدم الحاجة الى مهويات

2 - سهولة نزع الماء من الحمأة والمواد الصلبة اذ أن هذا النوع من الحمأة يميل الى الترسب والى نزع الماء بشكل اكثر سهولة من الحمأة المنشطة في محطات المعالجة التقليدية.

3- يتطلب المرشح البايولوجي قليلاً من الصيانة إذ أن الأجزاء المتحركة فيه قليلة .

4- نوعية جيدة من التصاريف الخارجة خاصة عندما تكون الأحمال قليلة

5-مقاوم للمواد السامة وأحمال الصدمة بالنظر لقدرة المرشح البايولوجي على التعامل مع هذه الأحمال

6- سهولة التشغيل بوصفه لا يتطلب مستويات عالية من التشغيل

17-6 مساوىء المرشح البايولوجي

1- الرائحة والأحياء المجهرية المزعجة: تؤدي الأحمال العضوية العالية وعدم كفاية التهوية الى حصول تحلل لا هوائي في وسط الترشيح والذي بدوره ينتج روائح كريهة.

2 - يمكن لـــذباب المرشـــح وغيرهـــا مـــن الحشـــرات النمـــو والازدهـــار حـــول المرشـــحات البايولوجية عند فشل عملية الادارة وعندما تكون رطوبة وسط الترشيح غير كافية .

3- انسداد وسط الترشيح : يؤدي الانسلاخ المفرط للطبقة العلوية في وسط الترشـــيح الـــى انسداد بعض أجزاء الوسط مؤديا بذلك الى عدم كفاءة إزالة الملوثـــات وانتـــاج نوعيـــة تصريف رديئة.

4 - من الممكن ان يؤدي الطقس البارد الى الانجماد وتعطيل ذراع التدوير أو فتحـــات الـــرذاذ خاصة في خلال أشهر الشتاء من جراء انخفاض الحمل الهيدروليكي .

5- الافتقار الى التعديل والضبط لأجزاء المرشح البايولوجي عند حصول تغييـــر واضـــح فـــي الأحمال المسلطة.

6- كلف الضخ: اذ قد يكون من الضروري ضخ مياه الفضلات المعالجة الى مســـتويات عاليـــة مما يؤدي الى خروج التصريف خلال الموزع (ذراع التوزيع) . زيادة على ذلـــك ضرورة اعادة جزء من مياه الفضلات لتحقيق حالة رطبة كافية لوسط الترشيح

اسئلة الفصل السابع عشر

1- ما المقصود بالمرشح الحيوي وكيف يعمل وما هي أنواعه ؟

2- ماهي الميزات المترتبة على ارجاع الحمأة ؟

3- ماهي ميزات استخدام المواد اللدائنية كمواد وسط للمرشحات الحيوية ؟

4- اشرح مكونات المرشح الحيوي

5- مياه فضلات تركيزها 400 ملغم\لتر وتمر من خلال مرشحين مربوطين علـــى التـــوالي. فاذا كانت كفاءة المرشح الاول 65% وكفاءة المرشح الثاني 55% . جد تركيز مياه الفضـــلات النهائي

6- احسب كفاءة المرشح الحيوي الثاني في السؤال السابق ليكون تركيز الفضلات فـــي الحـــد الاعلى من المواصفات العراقية ،اذا كان تركيز المطروحات 400 ملغم\لتر وكفـــاءة المرشـــح الاول 60% .

الفصل الثامن عشر

الحمأة المنشطة

الموضوعات

- ❖ **الوصف العام للمنظومة .**
- ❖ **تنشيط الحمأة .**
- ❖ **انواع أحواض الحمأة المنشطة .**
- ❖ **تصنيف وحدات التهوية .**
- ❖ **المشاكل التشغيلية .**

1-18 الوصف العام لمنظومة الحمأة المنشطة:

يقصد بالحمأة أو الراسب (sludge) مزيج البكتيريا التي يطلق عليها بالمنشطة ، لتوفر كل الظروف المناسبة لقيامها بالتغذية على الملوثات العضوية الموجودة في الفضلات. وهنا يجب التفريق بين مفهوم الحمأة والحمأة المترسبة في أحواض الترسيب الأولية. إذ أن تلك الحمأة هي مجرد مواد عضوية ميتة تصل مع الفضلات من المطابخ وغيرها من مصادرها . ومصدر مزيج البكتريا والأحياء المجهرية والذي سنطلق عليه الحمأة (sludge) يتولد أصلاً من البكتريا وبقية الأحياء المجهرية الموجودة في الفضلات عند تشغيل محطة المعالجة لأول مرة . إذ يجري تكثير البكتريا لفترة أسبوعين أو أكثر وعدم طرح أي كمية منها وإعادتها إلى حوض التهوية إلى أن يبلغ تركيزها في الحوض ما بين (2500-4000) ملغم\ لتر. وسوف يتمكن مثل هذا التركيز من إزالة المواد العضوية الموجودة في مياه الفضلات بسرعة مناسبة وكفاءة عالية خلال فترة تماس الفضلات مع البكتريا في حوض التهوية والتي تبلغ عدة ساعات. ونتيجة لزيادة عدد البكتريا ، فلابد من التخلص من قسم منها حتى يبقى تركيز الحمأة في حوض التهوية في ضمن الحدود المرغوبة.

وتجري تهوية الفضلات مع الحمأة بأساليب عديدة كما يجري إدخال الفضلات إلى حوض التهوية بأساليب عديدة أيضا. كذلك يجري ضبط كمية الحمأة في حوض التهوية عن طريق إعادة الكمية المرغوب إعادتها مباشرة أو بعد تهوية هذه الحمأة (البكتريا) لتنشيطها وجعلها متلهفة للتغذية وامتصاص المواد العضوية في حال رجوعها إلى حوض التهوية واختلاطها مع الفضلات الداخلة إليه. ويتم بفضل هذه الطريقة التخلص من الفضلات الآتية:

1- المركبات العضوية الذائبة أو الغروية القابلة للتفتيت.
2- المواد الصلبة العالقة وغير المترسبة.
3- بعض المركبات والمكونات الأخرى التي يمكن أن تمتص أو تمتز بهذه الطريقة.
4- كميات قليلة جدا من المواد الغذائية مثل الفسفور ومركبات النتروجين.
5- بعض المواد العضوية المطهرة.

2-18: تنشيط الحمأة Activation of Sludge

تعتمد هذه العملية على تنشيط الكائنات الحية الدقيقة والمسماة (aerobic bacteria) بمياه الفضلات ، والمتجمعة على سطح المواد العالقة التي تترسب فى أحواض الترسيب النهائى . اذ تعاد نسبة من هذه الرواسبالمحملة بالبكتريا إلى أحواض التهوية . وفى هذه الأحواض تجد الكائنات

الحية الدقيقة البيئة الملائمة بما فيها من مواد عضوية وأوكسجين ذائب فى المياه ، مع التقليب المستمر الذي يساعد فى تهوية المياه وتنشيط البكتريا ،وتهوية هذا المخلوط يعطى فرصة للبكتريا الهوائية لتتنشط ويزداد عددها فتقوم بعملها بعد ذلك فى أحواض التهوية الرئيسية وتؤكسد المواد العضوية الذائبة مثل الكربون والنتروجين والفسفور... الخ، إذ تحوي هذه الرواسب على اعداد كبيرة من البكتريا الهوائية تقوم بعملية أكسدة المواد العضوية وتجميعها فى أحواض التهوية بصورة تساعد على ترسيب هذه المواد فى أحواض الترسيب الثانوية. ولهذا السبب سميت رواسب حوض الترسيب النهائى (الثانوى) بالحمأة المنشطة sludge (activated)

تحوي مياه الفضلات الداخلة إلى أحواض التهوية على مواد عضوية (BOD) تُعد غذاء تجهز إلى الحوض لتثبيتها بوساطة البكتيريا الهوائية منتجة بكتريا جديدة. وتقوم البكتريا الهوائية باستهلاك الأوكسجين الذائب منتجة غاز ثاني اوكسيد الكاربون. تتغذى الأوليات(Protozoa) المجودة في الحوض على قسم من البكتريا لتمدها بالطاقة. بينما يهلك ويموت القسم الاخر ليعود مع المياه المعادة لإعادة هضمها أو تثبيتها كمواد عضوية.

ونتيجة لزيادة عدد كبير من الأحياء المجهرية وتهوية مياه الفضلات لبضع ساعات، يتم تثبيت المواد العضوية وتكوين لبادات حيوية أو كتل الأحياء المجهرية . أما السائل الممزوج (Mixed Liquor) وهو مزيج من مياه الفضلات والحماة المنشطة المعادة، فينتقل باستمرار إلى حوض الترسيب النهائي وذلك لإزالة اللبادات الحيوية بعملية الترسيب بينما يطرح التدفق الخارج (Effluents) إلى خارج الحوض. أما اللبادات الراسبة (الحمأة المنشطة) فيعاد قسم منها إلى حوض التهوية لمزجها مع المياه الداخلة إلى الحوض بالنظر لما تحويه هذه الحمأة على الملايين من البكتيريا الهوائية التي تكون مع غيرها من الكائنات الحية الدقيقة العامل الرئيس لنجاح عملية المعالجة. ويوجه القسم الآخر من اللبادات الراسبة إلى أحواض معالجة الحمأة ثم التخلص منها.

3-18 : طرائق التهوية:

تُعد حوض التهوية المرحلة الرئيسة في عملية الحمأة المنشطة، إذ يتم فيه تجهيز مياه الفضلات بالأوكسجين المطلوب لتبقى الحماة المعادة عند ظروف هوائية لإتمام الفعالية الحيوية. كما يتم في هذا الحوض مزج الحمأة المعادة مع مياه الفضلات بصورة جيدة وتتم عملية التهوية والتقليب بالطرائق الآتية:

1- التهوية باستخدام الهواء المضغوط.

2- التهوية بالتقليب الآلي.

3- التهوية المشتركة

1- التهوية باستخدام الهواء المضغوط: تستخدم هذه الطريقة في المشاريع الكبيرة، وتتم عملية التهوية باستخدام شبكة من الأنابيب في قاع الحوض ، متصلة فيها موزعات تقوم بتوزيع الهواء على جميع جوانب الحوض. تتراوح كمية الهواء المجهزة في حوض التهوية بين (7-10) لتر من الهواء الحر لكل لتر من مياه الفضلات المعالجة. أما أبعاد الأحواض المستخدمة في هذه الطريقة فتتراوح بين (3×5×30) م إلى (5×10×20) م. ويُعد عمق الحوض عاملاً مهماً في هذه الطريقة (الشكل 1.18).

2- التهوية بالتقليب الآلي: تستخدم هذه الطريقة في المشاريع الصغيرة التي لاتزيد سعتها عن (4500) م^3\ يوم. وتستخدم فيها أحواض دائرية أو مستطيلة أو مربعة يتراوح عمقها بين (3-5) م. أما القطر بالنسبة للأحواض الدائرية فيتراوح بين(5-10)م .

تتم عملية التهوية في هذه الطريقة باستخدام مراوح دوارة تقوم بتقليب مياه الفضلات في داخل الأحواض ، ونتيجة لذلك تتزود المياه بالأوكسجين المذاب من الجو. كما تقوم المراوح ونتيجة التقليب بمزج الحمأة المعادة مع مياه الصرف.

3- التهوية المشتركة: تستخدم في هذه الطريقة التهوية بالهواء المضغوط والتهوية الميكانيكية معاً. إذ يتم استخدام هذه الطريقة عندما يكون تركيز المواد العضوية عاليا وتتطلب تهوية عالية.

تعتمد طريقة تصميم أحواض التهوية على نوع منظومة التهوية ودرجة المعالجة المطلوبة. وبصورة عامة فان فترة التهوية (Aeration Period) تتراوح بين (3-12) ساعة ، واعتيادياً (6) ساعات.

أن حساب سعة حوض التهوية المطلوب يعتمد على نسبة الإزالة المطلوبة للمواد العضوية. فعلى سبيل المثال لإزالة (BOD_5) عند درجة حرارة (20)درجة سيليزية بمقدار(200) ملغرام\لتر في حوض التهوية، يتطلب فترة تهوية مقدارها (5) ساعات و(40) دقيقة وكمية الحمأة المعادة بحدود (27%).

4-18 شروط عملية التهوية

1- توفير الأوكسجين في جوانب الحوض لغرض تحقيق الأكسدة الجيدة.

2- تقليب مستمر بالسرعة التي تمنع تفتت جزيئات الحمأة

3- تقليب سريع يمنع ترسيب المواد العالقة في حوض التهوية.

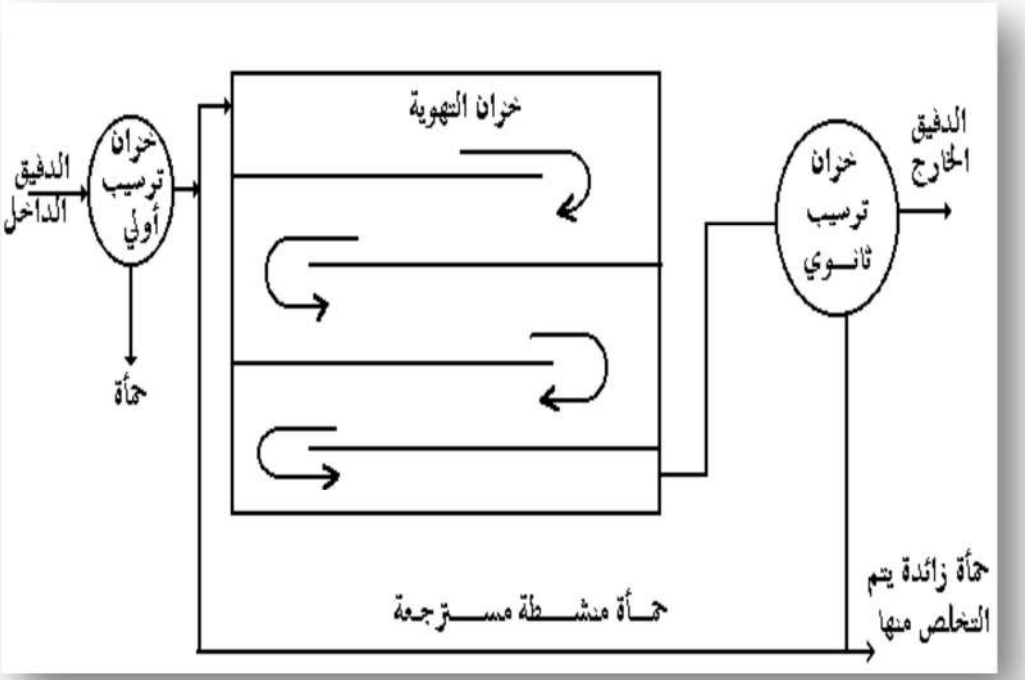
شكل (1.18) نظام الحمأة المنشطة يبين استخدام التهوية بالهواء المضغوط

5-18:انواع انظمة التهوية

1- نظام التهوية التقليدي:

يتألف نظام الحمأة المنشطة التقليدي من خزان التهوية وخزان الترسيب الثانوي وخط تدوير. أنظر الشكل(2.18)

أن المياه المنسابة من المدخل إلى المخرج تتدافع بشكل شرائح الواحدة تلو الأخرى من غير أن تختلط مع بعضها. تضخ مياه الفضلات والحمأة المسترجعة إلى مقدمة الخزان وتمكث فيه مدة (6) ساعات تقريبًا في أثناء ذلك تختلط مع المياه الداخلة بفعل أنابيب نفث الهواء أو المهويات الميكانيكية بطريقة تضمن توزيع الهواء بصورة متساوية على طول الخزان . ومن خلال جريان المياه في الخزان يجري تحطيم الندف وتكوينها وأكسدة المادة العضوية .بعدذلك يتم نقل السائل المختلط الى أحواض الترسيب النهائية مع اعادة جزء من الحمأة بنسبة تتراوح بين(25-50%) من معدل الدفق الداخل إلى مقدمة خزان التهوية.



شكل(2.18) : نظام الحمأة المنشطة التقليدي

2-نظام التهوية المتناقصة(tapered aeration):

يهدف هذا النظام إلى إعطاء كمية الهواء التي تتناسب مع حاجة الكائنات الدقيقة لها في أثناء انسياب السائل المختلط على طول الخزان .ولهذا فإن هذا النظام يغير فقط في أماكن توزيع أنابيب نفث الهواء على أن تعطي الكمية المطلوبة للجراثيم على طول الخزان .وبذلك يمكن عدة تحسيناً قليلاً على نظام التهوية التقليدي. فعند مدخل الخزان إذ تلتقي مياه الفضلات الطازجة لأول مرة مع الحمأة المدورة ،يكون استهلاك الأوكسجين عاليًا ،لذلك توضع ناشرات الهواء قريبة من بعضها من بعض لتفي بحاجة الكائنات الدقيقة من الاوكسجين . ومع جريان السائل المختلط في الخزان تزداد أعداد الكائنات الدقيقة ويقل الغذاء وبذلك تقل نسبة الغذاء إلى الكائنات الدقيقة فيقل استهلاك الأوكسجين ، لذلك توضع ناشرات الهواء على مسافات متباعدة للتقليل من كمية الأوكسجين المضاف .

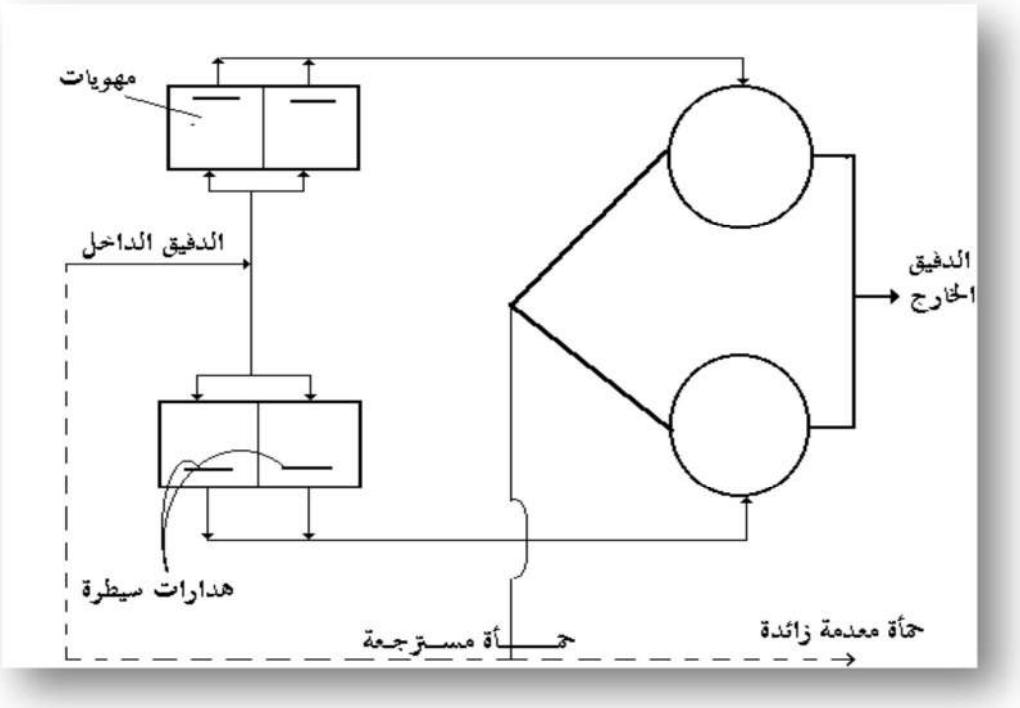
أن هذه الطريقة تحقق فائدتين هما:

1-.تقليل كمية الأوكسجين المضاف، وبذلك توفر مضخات نفث الهواء وتقلل الوقت نفسه التكاليف المبدئية والتشغيلية.

2-تجنب الزيادة في التهوية ، وهذا يؤدي إلى منع نمو جراثيم النترجة والتي تستهلك كمية زائدة من الأوكسجين.

3 - نظام تدفق دائم الخلط:

غالبًا ما تتدفق مياه الفضلات والحمأة المنشطة المدورة في هذا النظام من عدة نقاط على طول خزان التهوية ،أنظر الشكل(3.18) اذ أن هذه الطريقة تضمن تحقيق توازن بين المياه المضافة وكمية الاوكسجين المجهزة التي تكون متساوية على طول الحوض . بعد الانتهاء من التهوية تنقل المياه إلى خزان ترسيب الحمأة المنشطة.



شكل(3.18) نظام تدفق دائم الخلط

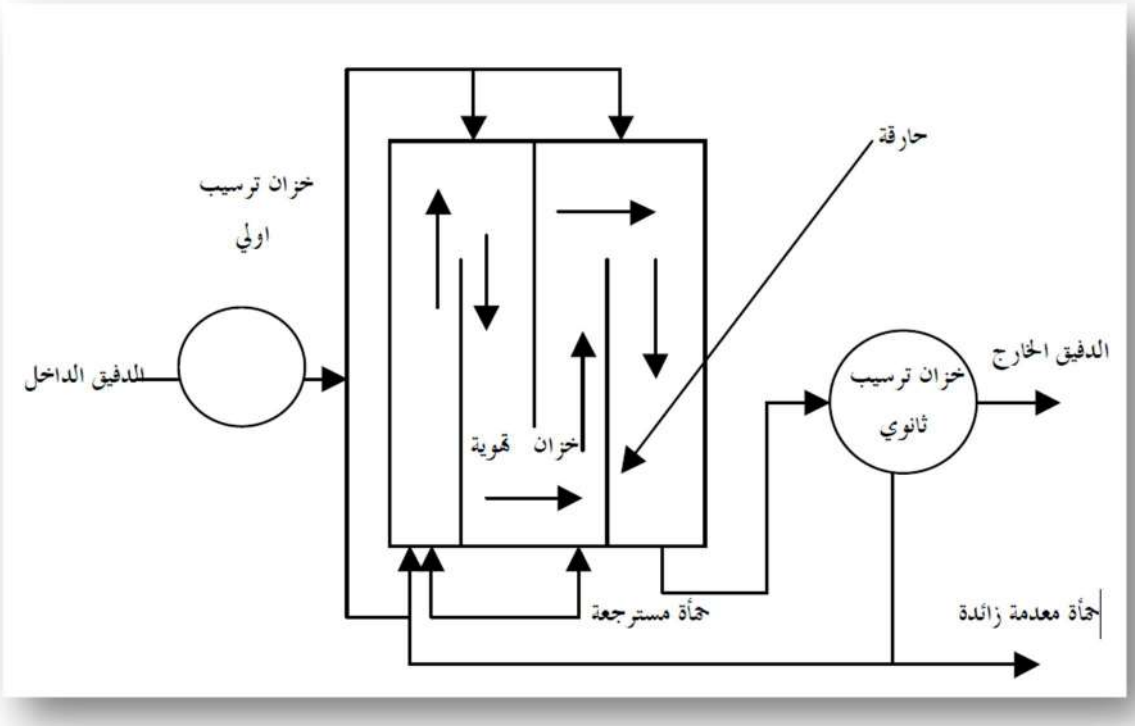
4- نظام التهوية الموزعة(Step aeration)

تُعد هذا النظام نوعاً ًمحسناً ًمن أنظمة الحمأة المنشطة . فبدلا من دخول المياه إلى خزان التهوية من نقطة واحدة على المدخل كما في نظام الحمأة المنشطة التقليدي ، تدخل المياه إليه بعد تجزئتها من عدة أماكن على طوله .وتهدف هذه التجزئة إلى مساواة كمية الغذاء مع حاجة الكائنات الحية الدقيقة إليها ، وبذلك يقل الطلب الأقصى من الأوكسجين في خزان التهوية.ويقوم هذا النظام على تجزئة

خزان التهوية على أربعة قنوات عرضية بوساطة الحارفات ، تعمل كل واحدة منها كخطوة منفصلة عن الأخرى أنظر الشكل(4.18).

تقسم المياه الداخلة إلى خزان التهوية على أربعة أجزاء ،يوضع كل منها في مقدمة كل من القنوات الأربعة باتجاه جريان المياه في الخزان ، والذي يمكن وصفه بأنه جريان متتابع ، أيأن المياه تجري من القناة الأولى ، فالثانية ، وهكذا. وتسترجع الحمأة المنشطة في هذا النظام إلى القناة الأولى فقط . ويمكن حسب الرغبة إعادة تهويتها فيها.

أن من المزايا المهمة لهذا النظام هي مرونة التشغيل. ويشابه هذا النظام في عمله نظام الحمأة المنشطة . ويكمن الفرق بينهما في أن هذا النظام يسمح بتوزيع أكثر انتظامًا للطلب على الأوكسجين مما يساعد على الاستغلال الأفضل للأوكسجين المضاف . فضلا عن ذلك يساعد في تجزئة المياه وإدخالها إلى خزان التهوية عند أكثر من مكان مع المحافظة على الخصائص الامتصاصية الممتازة للمادة العضوية، مما يسهل إزالتها بوقت تلامس قصير نسبياً.



شكل (4.18) نظام التهوية الموزعة

5– نظام التهوية المحسنة(Modified Aeration)

أن هذا النظام يشبه نظامي التهوية التقليدي والتهوية المتناقصة. ويكمن الفرق بينهما في أن التهوية المحسنة تستخدم وقتًا أقصر، في العادة (3-1.5) ساعة ، ونسبة الغذاء إلى الكائنات الحية تكون أعلى، وتركيز المواد الصلبة في السائل المختلط يكون منخفض نسبيًا، بينما يكون الحمل العضوي عالياً .

وبما أن الطلب الكيميائي الحيوي من الأوكسجين يقارب 60 إلى 75 %، لذا فإن هذا النظام غير ملائم للحالات التي تتطلب تدفقا عالي الجودة. يعاني هذا النظام من مشاكل نتيجة ضعف الخصائص الترسيبية للحمأة ونتيجة لارتفاع تركيز المواد الصلبة العالقة في التدفق الخارج.

6– نظام التهوية المطولة(Extended Aeration)

يستخدم هذا النظام بشكل واسع في محطات المعالجة الصغيرة Prefabricated (Package Plants) والتي تكون سعتها أقل من 3800 م^3\ايوم.

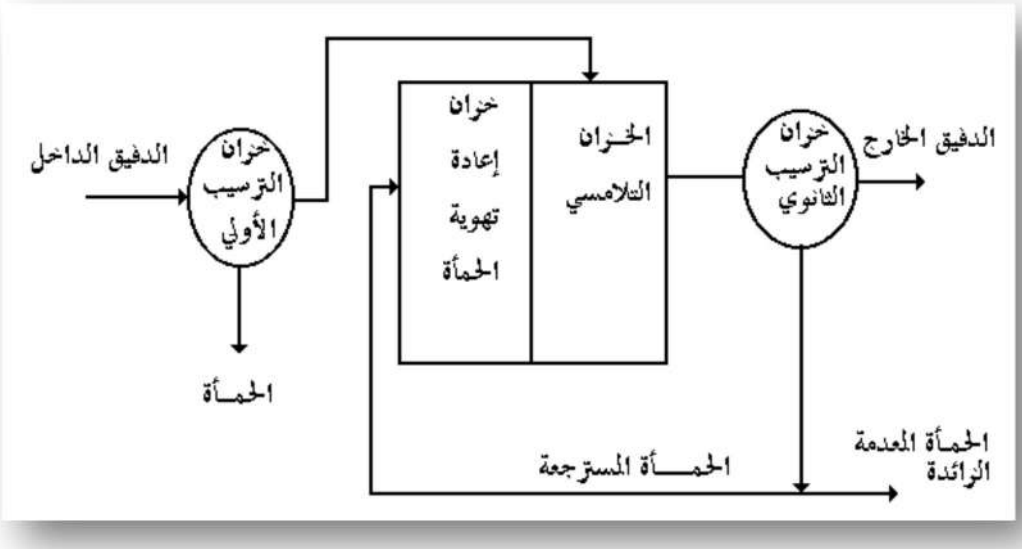
اذ تستخدم للمحطات مسبقة التصنيع المستخدمة لمعالجة مياه الفضلات في التجمعات السكنية الصغيرة والمؤسسات المنعزلة والمدارس ونحوها . وعلى الرغم من أن بعضها لا يتطلب مرافق خاصة لمعالجة الحمأة الناتجة وذلك لضئآلة كميتها ،إلا أن هذه المرافق تزداد عليها أحيانًا عندما يكون طرح الحمأة قبل معالجتها مرفوضًا سلفًا . تتكون مرافق معالجة الحمأة منها ضم هوائي للحمأة يتبعه مزيل للماء مكون من مرشات مفتوحة للهواء . وتستبعد عادة في هذا النظام أحواض الترسيب الأولية وذلك لتسهيل مهمة معالجة الحمأة و التخلص منها.

7– التثبيت التلامسي:

لقد تم تطوير عملية التثبيت التلامسي بهدف الإستفادة من الخصائص الامتصاصية للحمأة .والشكل (5.18) يوضح هذا النوع من المعالجة.

وقد بينت الدراسات أن عملية إزالة الطلب الكيميائي الحيوي من الأوكسجين في عملية الحمأة المنشطة تتم على مرحلتين :الأولى هي مرحلة الامتصاص والتي تحتاج بين (20-40) دقيقة ،في أثنائها يتم امتصاص معظم الغرويات والعوالق الدقيقة والمواد العضوية الذائبة . أما المرحلة الثانية فهي مرحلة الأكسدة إذ تتمثل المواد العضوية. وأن هاتين المرحلتين تتمان في خزان واحد. بينما في عملية التثبيت التلامسي تنفصل هاتان المرحلتان لتتم في خزانات مختلفة. اذ يتم خلط مياه الفضلات مع الحمأة المسترجعة ثم تهويتها في خزان التلامس لمدة (30 -90) دقيقة . في أثناء هذا الوقت تُمتص المواد العضوية من قبل نِدَف الحمأة ،ومن ثم تُفصل الحمأة من التدفق المعالج عن طريق

الترسيب . وتُهوّى الحمأة المسترجعة ما بين (3-6) ساعات في خزان الحمأة . في أثناء ذلك تُستعمل المواد العضوية المُمتصة لإنتاج الطاقة في الخلايا الجديدة . ويُلقى جزءً من الحمأة المسترجعة قبل الاسترجاع للمحافظة على تركيز ثابت من عوالق السائل المختلط النشطة في الخزانات.



شكل (5.18): نظام التثبيت التلامسي

تحتاج عملية التهوية إلى زيادة في ضخ الهواء قد تصل إلى حوالي 50 % من عمليات الحمأة التقليدية أو التهوية المتدرجة . وهذا يعني ان من الممكن مضاعفة قدرة المحطات التقليدية بإعادة تصميمها للتناسب مع التثبيت التلامسي . ولا يتطلب إعادة التصميم إلا إجراء بعض التغييرات الصغيرة في نظام الأنابيب في المحطة فقط.

لقد وُجد أن نظاما لتثبيت التلامسي يعمل أفضل ما يمكن على مياه الفضلات المنزلية .أما من جانب استخدامه للمياه الصناعية أو المختلطة بمياه صناعية فيجب إجراء الفحوصات المخبرية قبل البدء بذلك . وتنحصر فعاليته في معالجة المياه الصناعية على تلك التي لا تكون فيها المادة العضوية الذائبة سائدة

6-18 طرائق التهوية عند المعالجة بوساطة الحمأة المنشطة:

توجد طريقتان أساسيتان لإتمام إضافة الهواء أو الأوكسجين لأحواض التهوية:

أ) **التهوية الفقاعية أو التهوية بالانتشار: Bubble & Diffused Aeration :** ويتم في هذه الطريقة ضخ الهواء (الأوكسجين) عن طريق آلة هواء ضاغطة، ويتم إدخال الهواء تحت ضغط عالي إلى قعر الحوض عن طريق أنبوب رئيس ثم الى أنابيب جانبية لها فتحات دقيقة . وبذلك ينتشر الهواء تحت الضغط العالي على شكل فقاعات هوائية صغيرة. اذ تقوم

الكائنات الحية الدقيقة بامتصاص الأوكسجين من هذه الفقاعات التي تعمل على خلط مكونات حوض التهوية ، فتمنع ترسيب المواد العالقة في قعر الحوض.

ب) التهوية السطحية : في أحواض التهوية السطحية والميكانيكية ، تعرض المخلفات السائلة للهواء وحينئذ يتم امتصاص الأوكسجين من الجو ، ويتم تقليب المياه لكي يتم السماح لها بامتصاص الكميات الكافية من الاوكسجين عن طريق فرش دوارة أو آلات خلط.

7-18 العوامل المؤثرة على طريقة الحمأة المنشطة:

أن من أهم العوامل المؤثرة في طريقة الحمأة المنشطة هي:

1 - **كمية الفضلات السائلة ونوعيتها:** يمكن التحكم الجزئي في مواصفات وعدم ثبات نوعية وكمية الحمأة والفضلات السائلة عن طريق تصميم محطات التجميع وتشغيلها ، كما ويمكن استخدام وحدات موازنة منفصلة لبعض الفضلات السائلة.

2- **فترة مكوث الفضلات السائلة:** من الأحسن أن تكون فترة المكوث الهيدروليكي طويلة لتزيد من فعالية النظام من الحمولة. ويفضل أن تكون فترة المكوث بين (4-8) ساعات.

3- **حجم الحمأة :** وهذه تعتمد على نسبة الغذاء مقارنة بكمية الكائنات الحية الدقيقة الموجودة أو ما يسمى بمعدل حمل الحمأة .

أن تشغيل حوض التهوية على درجات عالية من نسبة الغذاء إلى الكائنات ينتج منها تحلل غير كامل للمواد العضوية وبالتالي ، إزالة ضعيفة وترسيب ضعيف للملبدات الحيوية. غير أن التشغيل لدرجات قليلة من نسبة الغذاء إلى الكائنات ينتج منها كفاءة عالية لإزالة المواد العضوية وترسيب جيد للحمأة المنشطة.

4- **المواد العالقة بالسائل المختلط:** وتتكون هذه المواد من أعداد من الكائنات الدقيقة النشطة وغير النشطة والمواد العضوية غير القابلة للتفتيت والمواد غير العضوية . وتتطلب درجات التركيز العالية لهذه المواد تراكيز عالية من الأوكسجين في داخل نظام المعالجة ، كما وتحتاج أيضا إلى أحواض ترسيب ثانوية كبيرة . غير أن المواد العالقة بالسائل المختلط تكون بتراكيز صغيرة في الغالب وتتراوح قيمها بين (2000-4000) ملغم\لتر.

5- كمية الأوكسجين المذاب : وتتراوح كمية الأوكسجين اللازمة لإكمال المعالجة في داخل أحواض التهوية بين (1-2) ملغم\ لتر.

6- عمر الحمأة : ويعتمد على حجم حوض التهوية ، وتدفق الفضلات السائلة الداخلة إليه وتلك الخارجة منه ، وكمية المواد العالقة بداخله ، كمية المواد المعادة له ، وكمية المواد الصلبة في التصريف الخارجي.

7- المزج والتدفق المضطرب : يعد المزج والتدفق المضطرب في داخل حوض التهوية بوساطة حركة فقاعات الهواء الناتجة من جراء الهواء المضغوط على طبقات متعددة. أو بتشغيل أجهزة ميكانيكية مختلفة. ومما يجب ذكره أن التدفق المضطرب العالي في حوض التهوية يؤثر عكسياً على درجات التلبد للحمأة النشطة.

8- تأثير درجة حرارة الفضلات السائلة : أن تأثير درجة الحرارة معقد بعض الشيء اذ أن الزيادة في درجة الحرارة يعادلها انخفاض في درجة اللزوجة والتوتر السطحي . وهذا يقود إلى تحسن في الخلط والانتشار الجزئي للمواد ومعدلات التفاعلات الكيميائية الحية.

9- تأثير درجة تركيز الفضلات السائلة : في حالة تخفيف الفضلات السائلة فان درجة تركيز المواد العضوية العالي في مياه الفضلات المعالجة ربما تخفض من كفاءة هذه الطريقة المتبعة للمعالجة.

10-تأثير معامل حجم الحمأة (معامل موهلمان Mohlman) index : يقيس معامل حجم الحمأة درجة ترسيب الحمأة النشطة كما ويقوم برصد عمل حوض التهوية .

يعرف معامل حجم الحمأة بأنه عبارة عن الحجم (مللتر) الذي يشغله غرام واحد من تركيز المواد الصلبة للسائل المختلط في الحمأة النشطة بعد ترسيبه لمدة 30 دقيقة في اسطوانة مدرجة حجمها لتر واحد.

8-18 : مشاكل عملية الحمأة المنشطة ومعالجتها

1- انتفاخ الحمأة بسبب قلة التهوية لحفظ تركيز الأوكسجين المذاب في السائل الممزوج بحدود(1-2) جزء بالمليون . وتتم معالجتها بزيادة كمية الهواء أو تقليل الحمأة المعادة.

2- عدم كفاية وقت التهوية ، وهذا ينتج بسبب صغر حجم الحوض أو اختصار المياه لمسارها في الحوض . ويمكن تفادي ذلك إما بإنشاء حوض جديد لتقليل كمية مياه الفضلات الداخلة ، أو بإنشاء جدران داخل الحوض تمنع حالة اختصار المسار.

3- زيادة غاز ثاني اوكسيد الكاربون في السائل الممزوج نتيجة التحلل اللاهوائي للمواد العضوية في مياه الفضلات في خلال جريانها في الأنابيب ، إذ تؤدي هذه الزيادة إلى قلة نشاط البكتريا، ويمكن معالجة ذلك بزيادة الكلور في عدة نقاط في المنظومات الناقلة لمياه الفضلات أو تهوية مياه الفضلات تهوية ابتدائية في حوض خاص يوضع قبل حوض الترسيب الابتدائي.

4- تزايد الشحوم في حوض التهوية، وهذه الشحوم تفصل بين الأوكسجين والمواد العضوية والبكتريا الموجودة في الحمأة المنشطة مسببة توقف عملية الأكسدة .وتتم معالجة ذلك بفصل الشحوم في أحواض خاصة قبل دخول مياه الفضلات إلى أحواض الترسيب الابتدائية.

5- تسمم البكتريا في السائل الممزوج أو زيادة الأيون الهيدروجيني (PH) عن الحدود المسموح بها، وعادة يحفظ الرقم الهيدروجيني بين (6-8) ، وقد يكون سبب التسمم دخول بعض المواد السامة مع مياه الفضلات، فلا بد من منع دخولها إلى محطة المعالجة.

6- تكون مواد طافية أو رغوة على سطح حوض التهوية نتيجة زيادة استعمال المنظفات الصناعية إذ تسبب في تقليل فاعلية التهوية ، ولعلاج ذلك تضاف المواد الكيمياوية المضادة لمنع تكون هذه المواد أو تكسير الطبقة الطافية برش سطح الحوض بمياه الصرف.

اسئلة الفصل الثامن عشر

1-ما هي الفضلات التي يمكن التخلص منها بوساطة طريقة الحمأة المنشطة ؟

2-كيف تجري عملية تهوية أحواض الحمأة ؟

3-عدد الفوائد المتوخاة من تهوية الحمأة المنشطة ؟

4-اذكر طرائق تهوية الحمأة

5- اشرح العوامل المؤثرة في كفاءة المعالجة بالحمأة المنشطة

6- ماهي المشاكل التي تحدث في عملية الحمأة المنشطة وماهي طرائق معالجتها ؟

الفصل التاسع عشر

بحيرات الأكسدة

الموضوعات

- المبادئ النظرية.
- وصفبحيرات الأكسدةوقنواتها .
- انشاء بحيرات الأكسدة وقنوات
- التشغيل والصيانة.

بحيرات الأكسدة

1-19: مبدأ عمل البحيرات

تعتمد بحيرات الأكسدة في نشاطها ومعالجتها لمياه الفضلات على نشاط البكتريا الطحالب. ففي قاع هذه البحيرات تقوم البكتريا والطحالب بعمل مشترك من خلال تبادل المنفعة بينهما . اذ تحول البكتريا المواد العضوية المتحللة الى مواد أكثر ثباتا واستقرارا مع تحرير بعض العناصر الغذائية في اثناء ذلك. وفي الوقت نفسة تعمل الطحالب على الاستفادة من العناصر الغذائية المتحررة لتنجز عملية التركيب الضوئي ، مما يولد اوكسجين فائض يساعد في تهيئة الظروف الهوائية لزيادة نشاط البكتريا.

تعد اشعة الشمس من العوامل الضرورية لإنجاز عملية الأكسدة اذ أن نمو الطحالب لا يحصل الا بوجود هذه الاشعة.

وتنجز عملية الاكسدة على ثلاث مراحل هي:

1- تتميز مياه الفضلات الجديدة الداخلة الى البحيرات باحتوائها كمية جيدة من الاوكسجين من الذائب ، زيادة على ما تحصل عليه مياه البحيرات من أوكسجين جراء كبر المساحة السطحية الملامسة للهواء. تفيد البكتريا من الاوكسجين في اكسدة المواد العضوية المتحللة الموجودة في مياه الفضلات ، وخلال استهلاكها للاوكسجين تقوم البكتريا بطرح غاز ثاني اوكسيد الكربون والنترات.

2- تفيد الطحالب من غاز ثاني اوكسيد الكربون لمنبعث وبوجود اشعة الشمس تعمل الطحالب عن طريق عملية التركيب الضوئي على تحرير الاوكسجين. تعمل البكتريا على الأستفادة من الاوكسجين المتحرر في اكسدة المزيد من المواد العضوية المتحللة .اما الاوكسجين المتبقي فيستخدم في تهيئة البيئة الملائمة لاستمرار نشاط البكتريا.

تُعد بحيرات الأكسدة أبسر الطرائق لمعالجة مياه الفضلات والمخلفات الصناعية ويزيد استخدامها بصفة مستمرة فى جميع دول العالم خاصة فى آسيا وأفريقيا والولايات المتحدة وأوروبا والشرق الأوسط ، وتمثل بحيرات الأكسدة ثلث محطات معالجة مياه الفضلات فى الولايات المتحدة .

تنشأ بحيرات الاكسدة بطرائق هندسية يسرة لا تتعدى فى بعض الأحيان أعمال الحفر والتمهيد والتسوية . ويكون عمقها صغير ومساحتها كبيرة .وتتم المعالجة فى هذه البحيرات بطريقة طبيعية تعتمد على نشاط مشترك متكامل تقوم به الطحالب والبكتريا بالاستعانة بأشعة الشمس وبعض العناصر الموجودة أصلاً فى مياه الفضلات .

2-19: انواع بحيرات الاكسدة Types of Stabilization Ponds

1-البحيرات اللاهوائية (Anaerobic Ponds):

أن هذا النوع لا يعتمد على الطحالب ، وتنشأ أحيانا قبل البحيرات الهوائية للاهوائية لخفض تركيز الأوكسجين الحيوي المستهلك بنسبة تتراوح بين (30-60%) وتنشأ على بعد لا يقل عن كيلو متر من المناطق السكنية ، وتعمل هذه البحيرات بوصفه أحواض تحليل مكشوفة بعمق (2.5 -6) م .

2- البحيرات الهوائية اللاهوائية (Facultative Ponds):

وهى اكثر انواع بحيرات الأكسدة انتشارا فى العالم . تنشأ بعمق يتراوح بين متر ومترين وبمساحة كبيرة تسمح ببقاء المياه فيها لعدة أيام . يتم خلالها عملية أكسدة للمواد العضوية التي تقوم بها الكائنات الحية الدقيقة . وتساعد فيها الخلايا الطحلبية بالأستعانة بأشعة الشمس فيما تسمى بالتمثيل الكلوروفيلى. وسميت بحيرات هوائية لا هوائية ، لأن الطبقات السفلى تقع تحت تأثير النشاط اللاهوائى فى حين أن البكتريا الهوائية توجد فى الطبقات العلوية . أما الطبقة الوسطى فيكون فيها خليط من البكتريا فى حاله تجعلها تتحول مع الطبقة العليا الى الصورة الهوائية او تتحول الى الصورة اللاهوائية مع الطبقة السفلى . ولذلك تسمى البكتريا بالبكتريا المتحولة(Facultative Bacteria) . وتم تسمية هذا النوع من البحيرات باسمها (Facultative Pond). وتستخدم هذه البحيرات لمعالجة أنواع مختلفة من مياه الفضلات هي:

- مياه الفضلات الخام.
- مياه الفضلات المعالجة ابتدائياً.
- مياه الفضلات بعد أحواض التحليل.
- مياه الفضلات بعد البحيرات اللاهوائية.

3- بحيرات لتحسين خواص مياه الفضلاتالمعالجة (Maturation Ponds):

وتستخدم لتحسين خواص المياه من الناحية البكتريولوجية والكيميائية. وعلى الأخص البكتريا الضارة والفيروسات فى مياه الفضلات وكذلك الطفيليات التي ترسب بويضاتها في القاع .إلا أن هذه البحيرات تزيل الBOD بدرجة صغيرة جداً . وهذه البحيرات هوائية حتى ولو زاد عمقها إلى 3 متر ، إلا أن عمقها يكون دائماً نفس عمق البحيرات التي تسبقها (1-1.5) م . إذ أن معدل القضاء على البكتريا الضارة يكون أكبر فى العمق الأصغر ، بالنظر لزيادة فاعلية أشعة الشمس ووجود الاشعة فوق البنفسجية كمطهر قوى للمياه . ويصل هذا المعدل فى هذه البحيرات التي لا يزيد عمقها عن (1.5) م إلى (99.99%) .

يمكن استخدام هذه الطريقة فى الحالات الآتية :-

- المناطق التي يوجد فيها مساحات شاسعة من الاراضي بسعر رخيص.
- عدم توافر الاعتمادات اللازمة لطرائق المعالجة التقليدية المكلفة.
- عدم توافر الخبرة والعمالة المدربة لتشغيل الطرائق الأخرى.
- إعادة استعمال مياه الفضلات بعد المعالجة فى أغراض حيوية مثل المزارع السمكية.

3-19: العوامل التي تؤثر في كفاءة عمل بحيرات الاكسدة:

1-درجة الحرارة:يتضاعف التفاعل الكيميائي الناتج من نشاط البكتريا عندما ترتفع درجة الحرارة عشر درجات سيليزية ولكن في ضمن حدود معينة يمكن أن تعيش وتنشط فيها هذه الكائنات الحية الدقيقة.

2- الرياح:تساعد الرياح فى عملية خلط محتويات البحيرة ، وبالتالي زيادة كفاءتها ولذلك يجب عند تصميم البحيرات ان تعرض جميع مسطحاتها للرياح السائدة على مدار العام ، فإذا زادت حركة سطح المياه بفعل الرياح وزاد خلط طبقة السطح مع الطبقات السفلى ، سيساعد ذلك في سرعة امتصاص الأوكسجين من الهواء الجوي.

3- الأس الهيدروجيني : أن أفضل مجال PH لمعظم البكتريا ينحصر بين (6.5-8) .

4- العناصر المطلوبة لكى تقوم البكتريا بنشاطها: وتشمل الكاربون ، النتروجين ، الفوسفور وبعض المواد الأخرى مثل الكالسيوم والمغنسيوم . وفى المخلفات الصناعية يجب الحفاظ على نسبة النتروجين والفوسفور بالنسبة لقيمة ال(BOD) . إذ يفضل أن تكون نسبة (الكاربون : النتروجين :الفسفور) بمقدار(100:5:1) .

5-الأوكسجين الذائب (DO) : تحوي مياه بحيرات الأكسدة عادة على أوكسجين ذائب فى حدود (10-25%) من درجة التشبع ، ويعتمد تركيز الأوكسجين الذائب على عمق البحيرة ، ودرجة العكارة ، وعدد الساعات اليومية التى يصل فيها الضوء إلى البحيرة بالكثافة المناسبة.

6- الخلايا الطحلبية: الطحالب نباتات مجهرية تعيش بالتخليق الضوئي وليس لها جذور أو ساق أو أوراق . وتتواجد فى المياه من خلية واحدة تكسب المياه لوناً أخضر . وتتواجد ايضاً فى أشكال مرئية متشبعة متصلة بلون يميل إلى الخضرة.

7- عمق البحيرة : وهو من العوامل المؤثرة اذ لا تصل اشعة الشمس الى الاعماق الكبيرة لذا فان أفضل عمق يتراوح بين (90-150) سم

4-19: ميزات بحيرات الأكسدة وأهميتها :

بدأ الإهتمام بمعالجة المخلفات السائلة بهذه الطريقة من أجل المناطق الصحراوية الجافة والحارة خصوصاً ، إذ تساعد درجات الحرارة وكذلك أشعة الشمس على نمو الطحالب التي تمد البحيرات بالأوكسجين الذائب. ولهذه الطريقة مزايا لا يمكن توفيرها في طرائق المعالجة الأخرى وتتلخص هذه المزايا بالآتي :

1- يمكن تشغيلها بطرائق كثيرة ، كما أنه يمكن تغيير طريقة التشغيل في حالة زيادة الأحمال الهيدروليكية والعضوية من غير الحاجة إلى زيادة وحدات جديدة . ويتم ذلك بإستخدام نظام أو أكثر من النظم المستخدمة في محطات المعالجة وهي :

-بحيرات أكسدة لاهوائية (تعمل كمعالجة تمهيدية لمياه الفضلات)

- بحيرات أكسدة اختيارية.

-بحيرات أكسدة هوائية.

- بحيرات أكسدة بالهواء المضغوط .

-بحيرات الإنضاج .

ويمكن ربط أكثر من طريقة من هذه الطرائق في عملية معالجة واحدة بحسب درجة المعالجة المطلوبة والتي ترتبط باستعمال المياه الجوفية.

2- يمكن إستخدام هذه الطريقة في الحالات الاتية:

آ – المناطق التي توجد فيها مساحات شاسعة من الأراضي بسعر رخيص

ب – عدم توافر الإعتمادات اللازمة لطرائق المعالجة التقليدية المكلفة

ج - عدم توافر الخبرة والعمالة المدربة لتشغيل الطرائق الأخرى

3 - إمكانية إستخدام هذه الطريقة لمعالجة

-مياه الفضلات معالجة إبتدائية

- مياه الفضلات معالجة ثانوية.

-معالجة الحمأة الزائدة.

4 - الإنشاء والتشغيل والصيانة في هذه الطريقة تتم بأقل التكاليف.

5- فعالية بحيرات الأكسدة في القضاء على البكتريا الضارة والفيروسات وبيوض الديدان الممرضة وذلك بسبب ما يأتي :

- زمن التخزين الطويل الذي يسبب الترسيب المستمر للمواد العالقة فيها.
- تضارب الظروف البيئية للأنواع المختلفة من الكائنات الحية الدقيقة .
- تأثير أشعة الشمس
- إرتفاع الـ (PH) للمياه في البرك بسبب إستهلاك ثاني أوكسيد الكربون بوساطة الطحالب، المواد السامة التي تفرزها الطحالب والتي تقاوم الكائنات الحية الضارة، واستنفاذ المواد المغذية للبكتريا .

6- استيعاب التغيرات الفجائية في الأحمال الهيدروليكية والعضوية .

7- تناسب معالجة أنواع كثيرة من المخلفات الصناعية ، إذ يمكن إزالة الشوائب السامة ، بسبب فترة المكوث الطويلة وإرتفاع PH .وقد أثبتت التجارب أن وجود المعادن الثقيلة (الكروم ، الكاديوم ، النحاس ، الزنك ، والنيكل) بتركيز (6 ملغم\لتر) لكل منها مثلاً لايؤثر على تشغيل البحيرات .

8- يقل تركيز المواد الذائبة الكلية نتيجة المعالجة في بحيرات الإنضاج .

5-19: الآثـارالجانبيـة لبحيـرات الأكسدة:

1 -**انتشارالحشرات مثل الذباب والناموس:**ويتم التغلب على هذه الظاهرة بالعناية والمتابعة في أعمال التشغيل حتى لا تتوفر البيئة المناسبة لتوالد هذه الحشرات .

2- **تلوث المياه الجوفية** :اذ أظهرت الدراسات ما يأتي:

أ-يختفي التلوث البكتريولوجي بعد أمتار قليلة من نقطة التسرب لحجز البكتريا خلال طبقات التربة

ب- يتم حجز المواد العالقة ، أما المواد العضوية الذائبة فتمر لفترة طويلة

ج- تبقى تراكيز النترات بالمياه الجوفية ، أما الفوسفات فتختفي .

3- نمو النباتات المائية :مثل النباتات ذات الأوراق العريضة مما يمنع أشعة الشمس من الوصول لمياه البحيرة مما يقلل من كفاءتها .

4-زيادة تركيز المواد العالقة في المياه المعالجة الخارجة:اذ يصعب الوصول في هذه البحيرات إلى حدود تراكيز المواد الصلبة المعلقة المطلوبة بسبب وجود الخلايا الطحلبية .

6-19: الطرائق المستخدمة في التشغيل:

تستخدم طرائق كثيرة في التشغيل ، سواء من جانب درجة التهوية ، أو في نظام التشغيل نفسه بتخطيط البحيرات على التوالي والتوازي . وكل هذه العوامل ترتبط بنوعيات المخلفات السائلة وخواصها ، ثم بدرجة المعالجة المطلوبة ، وما يتبع ذلك من إعادة إستعمال المخلفات السائلة المعالجة للإفادة منها .

نذكر في أدناه بعض هذه الطرائق التي توصل إليها الباحثون ، والتي تم إستخدامها في مناطق كثيرة من العالم ، كما يمكن إستخدامها بنجاح في الدول العربية :

1- الطريقة الأولى : تبدأ في المرحلة الأولى بتهوية المخلفات السائلة ، ثم يتبع ذلك مراحل متتالية من بحيرات الأكسدة الهوائية اللاهوائية .

2-الطريقة الثانية : يمكن تشغيلها على أساس وحدة يتم فيها اجراء تهوية كافية للتقليب الكامل ،يتبعها ثلاث وحدات (بحيرات) متتالية ذات تقليب أقل ، شرط ان تبقى بعض المواد عالقة يرسب الباقي . كما يمكن إضافة بحيرة أخرى لتحسين خواص المياه بفترة مكوث تصل لخمسة ايام. وبالنسبة للبحيرة الأولى التي تحتاج لتقليب كامل ، فالطاقة المطلوبة لمعدات التقليب لاتقل عن (60 واط/م^3) والطاقة المطلوبة في وحداتالثلاثة المتتالية لاتقل عن (1 واط/م^3). وفي هذه الطريقة يكون مجموع فترات مكوث المياه في البحيرات الأربعة مقارب لفترة مكوث المياه في البحيرات المهواة ذات المرحلة الواحدة .

وكما سبق في طرائق تشغيل بحيرات الأكسدة فإنه في البحيرات المهواة يمكن تقسيم البحيرة على أجزاء ، أو تشغيلها على التوازي .

إلا أن التشغيل على التوالي له المزايا الآتية:

1 -يمكن تشغيل البحيرة الأولى بمعدل تهوية كافية لعملية التهوية والتقليب.

2 -يتم تشغيل البحيرات التي تليها بمعدل تهوية أقل على ان تعمل بطريقة هوائية لاهوائية ، وبذلك يكون إستهلاك الطاقة أقل ما يمكن.

7-19: التشغيل المتقطع للبحيرات كالآتي:

أ - إيقاف معدات التهوية بعد مدة تهوية كافية ، ولفترة تسمح بالترسيب ،وتصل هذه الفترة لنحو ساعة ، لا يسمح في خلالها بدخول مياه الفضلات للبحيرة . ويتم تحويل هذه المياه لبحيرة أخرى تعمل بالتوازي مع البحيرة الأولى

ب – بعد فترة الترسيب يصرف جزء من الطبقة العليا لمياه البحيرة ، في الموقع المخصص لإستقبال مياه الفضلات المرسبة أو في بحيرة أخرى تعمل بالتوالي مع البحيرة الأولى .

باستعراض ماسبق نجد أن الإختلاف في تشغيل البحيرات يتركز أساساً في طريقة التخلص من المواد العالقة والأستفادة منها حتى لاتؤثر في كفاءة المعالجة ، وفي الوقت نفسه يتم التخلص من الرواسب بطريقة عملية غير معقدة وغير مكلفة إذ يسمح عمق البحيرات بتراكم الرواسب لسنوات من غير التأثير على تشغيلها . وهذه الطريقة هي عموما اسهل طرائق المعالجة التي تستخدم فيها معدات في التشغيل . وتوضح الاشكال الآتية بعض انواع بحيرات الأكسدة المنفذة في مختلف دول العالم

شكل(1.19): بحيرة أكسدة

شكل(2.19): بحيرات أكسدة متتالية

شكل(3.19): مراحل تنفيذ بحيرة أكسدة

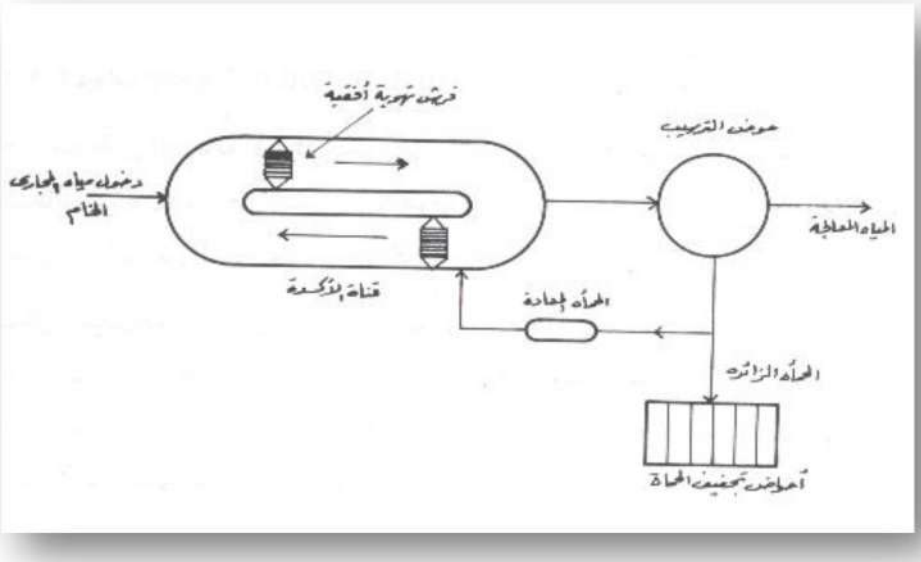
8-19: قنوات الأكسدة

وهى طريقة من طرائق التهوية المطولة ، تصمم بنفس الأسس ، ولكنها تعتمد على السهولة فى الإنشاء والتشغيل . وتتكون من وحدة أو أكثر من القنوات التي يتم فيها تهوية مياه الصرف

الصحيوتقليبها بوساطة دوار ميكانيكي (فرش ميكانيكية) ويتم تشغيله بمحرك كهربائي او ديزل او بطاحونة الهواء (windmills).

أن عمق القناه صغير اذ يتراوح بين (1-2) متر ، ولذلك يمكن إنشائها من البلوك عند الحدود الدنيا للعمق . ومن الخرسانة المسلحة فى حالة زيادة العمق فضلا عن زيادة العرض ومعدلات التهوية . ويمكن إنشاؤها فى التربة الطبيعية إذا كانت قوية ومتماسكة.

أن من الميزات الأساسية لقنوات الاكسدة ، هي أن كمية الرواسب الزائدة التي تصرف من أحواض الترسيب النهائية تكون صغيرة نسبياً ومؤكسدة يمكن تجفيفها على أحواض التجفيف واستخدامها كسماد والشكل (4.19) يوضح طريقة الربط مع بقية وحدات المعالجة.



شكل(4.19) مخطط انسيابي لقناة الأكسدة

تقوم الدوارات الميكانيكية أو الفرش الدوارة بوظيفتين هما ، توليد الهواء لغرض الأكسدة وتقليب الحمأة المنشطة أو ما يعرف بالخليط السائل .

تتكون الفرش الدوارة من عمود أفقي مثبت عليه عدد كبير من الريش. وعند دوران هذا العمود بسرعة عالية تقوم الريش بتقليب الخليط السائل بالحوض إذ يتم مزج الخليط بالهواء المتولد من دوران العمود .

أن هذه العملية تؤدي الى تكاثر البكتريا الهوائية التي تقوم بوظيفتها بتحليل المواد العضوية وهضمها وتحويلها إلي مواد غير عضوية قابلة للترسيب في المرحلة التالية وهي أحواض الترسيب النهائي . والاشكال الاتية تبين بعض أنواع هذه القنوات .

شكل(5.19) : منظر لقناة أكسدة

شكل (6.19) الدوار الميكانيكي

9.19: التحكم في تشغيل الفرش الدوارة :

يتم تشغيل الفرش الدوارة لفترات محددة ومحسوبة ، وتستخدم لذلك أجهزة سيطرة وتحكم كهربائية.

يتم تحديد زمن التشغيل بعدد الفرش التي تمكننا من الحصول على تركيز أوكسجين لا يقل عن (2 ملغم \ لتر) . وهذه العملية هي أساس المعالجة. ويجب مراجعتها بدقة بصفة دورية .

أسئلة الفصل التاسع عشر

س1: ماهي المراحل التي يتم بموجبها انجاز عملية الاكسدة في بحيرات الاكسدة.

س2: أذكر أنواع بحيرات الاكسدة .

س3: ماهي الحالات التي تستخدم فيها البحيرات اللاهوائية .

س4: أذكر العوامل التي تؤثر في كفاءة عمل بحيرات الاكسدة .

س5: أذكر أهم الميزات التي تمتاز بها بحيرات الاكسدة .

س6: ماهي الآثار الجانبية الناجمة من استخدام بحيرات الاكسدة .

س7: أذكر مع الوصف الدقيق طرائق تشغيل بحيرات الاكسدة .

س8: وضح قنوات الاكسدة مبينا طريقة ربطها مع وحدات المعالجة .

س9: كيف يتم تشغيل قنوات الاكسدة .

الباب السادس

محطات معالجة مياه الصرف الصحي
المعالجات المتقدمة

الأهداف

الهدف العام:

يهدف هذا الباب إلى التعرف على مبادئ المعالجات المتقدمة لمياه الصرف الصحي .

الأهداف الخاصة:

نتوقع أن يكون الطالب قادراً على أن:

5. **يتعرف على آلية معالجة الحمأة.**
6. **يتعرف على طرائق المعالجة.**
7. **يتعرف على أنواع أحواض الهضم**
8. **يتعرف على الحمأة الناتجة وطرائق التخلص منها .**
9. **يتعرف على المرشحات الضاغطة وأحواض التجفيف .**

الفصل العشرون

المعالجات المتقدمة

1-20 معالجة الحمأة

إن الغاية الرئيسية من معالجة مياه الفضلات سواء كانت أولية أم ثانوية، هي إزالة المواد العضوية وتركيزها في أحجام صغيرة يمكن معها نقلها والتخلص منها. فالمواد العضوية العالقة المترسبة في أحواض الترسيب المختلفة تسمى بالحمأة السائلة. وتكون ممزوجة بكميات كبيرة من المياه تختلف نسبها باختلاف نوع مياه الفضلات ومحتوياتها. وكذلك نوع المعالجة التي مرت بها. فعلى سبيل المثال تكون نسبة المياه في الحمأة المنشطة نحو (98.5%) بينما تكون نسبتها في الحمأة العادية الراسبة في أحواض الترسيب الابتدائية نحو (95%).

تقدر كلفة عمليات المعالجة المطلوبة لتثبيت المياه وسحبها والتخلص من المواد المركزة في الحمأة نحو ثلث الكلفة الكلية لإنشاء مشروع المعالجة. وبحدود نصف كلفة التشغيل للمشروع. كما تحتل مشاكل الحمأة بحدود (90%) من مشاكل تشغيل المشروع.

إن حمأة مياه الفضلات تحوي أيضاً بكتريا ضارة ، فايروسات ، وحيدات الخلية وشوائب أخرى يمكن أن ترفع مستوى الخطر على صحة الإنسان والحيوان و النبات ، إذا لم يتم التخلص منها بالطرائق السليمة، سواءاً قبل تجفيفها أي بما تحويه من مياه أم بعد تجفيفها. ويفضل أن تعالج الحماة قبل التخلص منها بغية تحسين حالتها بزيادة قابليتها للتجفيف في أحواض خاصة تنشأ لهذا الغرض. أو للترشيح أي قابلية انفصال المواد الصلبة عن السائلة بالترشيح بإحدى الطرائق التي سيأتي ذكرها. يمكن تقليل أعداد العوامل الممرضة الموجودة في الحمأة قبل تطبيقها على الأرض وذلك بمعالجة مناسبة للحمأة ، ويقل احتمال الخطر الصحي بتأثير الطقس، وأحياء التربة والزمن بعد زيادة الحمأة إلى الأرض.

2-20: أنواع الحمأة وخصائصها:

1-الحمأة الأولية (Primary Sludge): هي الحمأة الناتجة من أحواض الترسيب الابتدائية في مشروع المعالجة. تحوي هذه الحمأة على الرمل ومواد نباتية وفضلات البراز. وتلتصق على قاع الحوض تصعب إزالتها. وتشكل نسبة المواد العالقة القابلة

للترسيب في مياه الفضلات بحدود (60%) وبمعالجتها بالطرائق اللاهوائية فان (67%) منها يتطاير والقسم الباقي يترسب على شكل مواد صلبة ثابتة .

تتصف هذه الحمأة بما يأتي:

1. لونها أسود (فاتح) أي رمادي تقريبا.
2. لها رائحة كريهة.
3. محتوى الماء فيها يختلف بشكل كبير .
4. المواد الصلبة العضوية فيها تحوي على: (دهون وشحوم و فضلات طعام وبراز و وورق)
5. محتوى الماء يعتمد على عوامل عدة تتضمن:

- حجم حوض الترسيب الابتدائي وشكله
- فترة المكوث في الحوض
- تكرار إزالة الحمأة وطريقتها

2-الحمأة الناتجة من زيادة المواد الكيمياوية:وتتصف بخصائص النوع الأول نفسها عدا أن هذا النوع أقل رائحة وأثقل وزناً . وتحوي بحدود(70%-90%) من المواد الصلبة. أما لونها فتحدده المادة الكيميائية المستخدمة في التلبيد.

3-الحمأة الناتجة من مرحلة المرشحات الحيوية: تحوي هذه الحمأة على المواد العضوية غير الذائبة وقسم من المواد الصلبة الراسبة التي ترسبت بفعل عمليات الامتزاز (Adsorption) والتلبيد الحيوي على الطبقة الهلامية في المرشحات الحيوية. إذ تبدأ هذه الطبقة بالتحلل عند إزالتها. وتكون هذه الحمأة ذات رائحة كريهة وتحوي على (50%-60%) من المواد الصلبة غير الراسبة الواصلة إلى المرشحات

تعالج هذه الحمأة بطريقة الهضم (Digestion) إذ تمزج مع الحمأة الأولية قبل المعالجة. ويكون تركيز الماء فيها أقل من بقية الأنواع.

تتصف هذه الأنواع بما يأتي:

1- لونها مائل للبني عندما تكون جديدة.

2. لها رائحة التراب.

3. تشكل المواد العضوية فيها (65 – 75%) .

4- الحمأة الناتجة من مرحلة الحمأة المنشطة: تكون هذه الحمأة غنية بالمواد العضوية ويكون لونها ذهبياً أسمراً أو ترابياً وتحوي على (98%-99%) من الماء.

3-20: العوامل المؤثرة في طريقة المعالجة:

تتأثر الطريقة المتبعة في معالجة الحمأة بالعوامل الآتية::

*حجم الحمأة المراد معالجتها

* الآثار الجوية

* القيود التي تفرضها مساحة الأرض

* مواصفات التربة

*التطور التكنولوجي المتوافر.

* مياه الفضلات الصناعية قد تفرض قيوداً أيضاً على استخدام بعض عمليات

* معالجة الحمأة

اذ أن من الطرائق المتبعة في معالجة الحمأة هي :

●التكثيف ●الهضم ●التكييف ● إزالة الماء و التجفيف ●الترميد

أن عمليات الهضم و الترميد تستعملان أساساً من أجل إزالة المادة العضوية الموجودة في الحمأة ، بينما تستخدم عمليات التركيز والتكييف و إزالة الماء ، من أجل إزالة الماء عن الحمأة.

4-20 : خواص الحمأة(Sludge characteristic) :

إن عمليات التقييم في أنظمة الحمأة كافة يجب أن تتضمن تفاصيل عن الموازنة الكتلية للمواد الصلبة الموجودة في هذه الأنظمة. إن الموازنة الكتلية تتضمن معرفة:

- كميات الحمأة
- محتوى الحمأة من المادة الطيارة
- محتوى الحمأة من المادة الصلبة الجافة
- كمية المادة الصلبة أو السائلة المعادة إلى عمليات معالجة السوائل .

وبذلك تحدد الأسس التي يبنى عليها تقييم الأنظمة المختلفة للحمأة.

آ – كمية الحمأة :

تتغاير كمية المادة الصلبة الجافة التي تنتج يومياُ من مياه الفضلات ، وهذا الاختلاف في كمية الحمأة الابتدائية يعزى لنوع أنظمة الجمع ، فشبكات الفضلات الموحدة تنتج كمية أكبر من الرمال و المواد المعلقة الأخرى ، وهي تتطلب معالجة للمادة العضوية

.

أما بالنسبة للحمأة الثانوية فإن أنظمة الحمأة المنشطة كافة تنتج قيماً أعلى من المادة العضوية عدا حالة التهوية المطولة فهي تنتج قيماً منخفضة.

في بعض محطات المعالجة و خاصة تلك التي تعمل بالمرشحات البايولوجية تعاد الحمأة من حوض الترسيب النهائي إلى أحواض الترسيب الابتدائية من أجل السحب النهائي للحمأة . لذلك فإن كميات الحمأة الابتدائية – الثانوية المشتركة المبينة في الجدول (1.20) ملائمة و يجب أن تستخدم لأهداف التصميم . عند استخدام عمليات الترسيب الكيميائي بهدف إزالة الفوسفور أو لأي هدف آخر تزداد الكميات المبينة في الجدول (1.20) إلى مستوى يعتمد على نوع المادة وكميتها الكيميائية المضافة ومواصفات مياه الفضلات الخام .

إن كمية الحمأة الكيميائية يجب أن تقدر بعد كل مرحلة و في معظم الأحيان هناك حاجة الى إجراء تجارب مختبرية عن الحمأة الناتجة قبل عملية التصميم لوحدات المعالجة .

جدول (1.20) كميات نموذجية للحمـــأة الخام

نوع الحمأة	المادة الصلبة الجافة الناتجة (غم/شخص.يوم)
حمأة ابتدائية	90-54.5
حمأة ثانوية	90-22.7
حمأة مشتركة(ابتدائية وثانوية)	180-77

ب- محتوى الحمأة منالمادة الطيارة :

إن محتوى الحمأة الابتدائية أو الثانوية من المادة الطيارة هي (80%-60) . إن حمولة المادة الصلبة الطيارة هي قيمة مهمة خاصة من أجل حساب سعة أحواض الهضم.

ج- الوزن النوعي:

إن الوزن النوعي للمواد الصلبة الطيارة هو يقرب من(1) و للمادة الصلبة الجافة غير الطيارة هو يقرب من (2.5). أما الوزن النوعي لمزيج معين من الحمأة فهو يعتمد على نسبة المادة الصلبة الطيارة فيه. فمعظم أنواع الحمأة الخام لها وزن نوعي يتراوح بين (1.03-1.01)

د- محتوى الحمأة من المادة الصلبةالجافة:

إن النسبة المئوية من المادة الصلبة في الحمأة الطازجة متغيرة كما هو مبين في الجدول (2.20) .يمكن ضخ الحمأة بفعالية كافية عندما يكون محتوى المادة الصلبة الجافة فيها أقل من (6-5%) معظم أنواع الحمأة ذات محتوى للمادة الصلبة الجافة الذي يزيد عن (10%) تنقل على أنها مواد شبه صلبة وباستخدام معدات خاصة مثل الاحزمة الناقلة.

جدول (20 .2) نسب نموذجية لمحتوى الحمـــأة الخام من المادة الصلبة

نوع الحمأة	محتوى الحمأة من المادة الصلبة(%)
حمأة ابتدائية	5-2.5
مرشح حيوي	8-5
حمأة مشتركة (مرشح حيوي وحمأة ابتدائية)	6-3
حمأة منشطة	1.5-0.5
حمأة مختلطة (منشطة وابتدائية)	5-3

تُعد عمليات طحن الحمأة وإزالة الرمال والخلط والتخزين ، من العمليات الضرورية من أجل تجهيز الحمأة لإدخالها على معدات معالجة الحمأة بشكل منتظم ومتجانس نسبيا . ويمكن إتمام عمليتي الخلط والتخزين فى وحدة واحدة مصممة للقيام بعمليتين ، أو إتمام كل عملية على حدة فى وحدات المحطة المختلفة وفي أدناه وصف لهذه العمليات:

أ- طحن الحمأة

هى عملية يتم فيها تقطيع القطع الكبيرة والأجزاء الخيطية والإلياف الموجودة بالحمأة إلى قطـــع صغيرة لمنع انسداد المعدات أو التفاف قطع الحمأة حولها.

ب- إزالة الحصى من الحمأة

فى بعض المحطات التى لا تستخدم معدات منفصلة لإزالة الحصى قبل أحواض الترسيب الابتدائي ، أو التى تحوي على معدات لإزالة الرمال ولكنها غير ملائمة لتحمل مستويات التدفق العالية أو احمال الحصى المرتفعة. فإنه قد يكون من الضرورى إزالة الرمال قبل القيام بأي عمليات أخرى للحمأة. وتأتى عملية إزالة الرمال والحصى كحلاً عملياً حين يتطلب الأمر مزيداً من التثخين للحمأة الأولية أن افضل الطرائق لإزالة الحصى والرمال من الحمأة يتم عن طريق استخدام الطرد المركزي فى نظام تدفق من أجل فصل جزيئات الحصى والرمال من الحمأة العضوية .

ج- خلط الحمأة:

يتم خلط الحمأة من أجل تكوين خليط متجانس وهذا مهم فى الوحدات ذات فترات المكوث القصيرة ، مثل عملية نزع المياه من الحمأة والمعالجة الحرارية والحرق . ويجب إدخال حمأة ذات قوام متجانس وجيد الخلط إلى وحدات المعالجة لزيادة كفاءة التشغيل للمحطة . ويمكن خلط الحمأة من المراحل الأولية والثانوية والمتقدمة بطرائق عديدة منها:

1- فى أحواض الترسيب الابتدائي

2- فى الأنابيب

3-فى معدات معالجة الحمأة ذات فترات المكوث الطويلة

4-فى حوض منفصل للخلط

وعادة ما يتم تزويد أحواض الخلط بالقلابات الميكانيكية والحواجز للحصول على الخلط الجيد .

د- تخزين الحمأة

يجب تخزين الحماة من اجل تقليل الإضرابات فى معدل إنتاج الحمأة، ولإتاحة الفرصة لتراكم الحمأة في أثناء توقف تشغيل وحدات معالجة الحمأة. وتأتى أهمية تخزين الحمأة فى تثبيت معدل إدخال الحمأة بالنسبة للعمليات الآتية :

1- التثبيت بالجير.

2- المعالجة الحرارية .

3- نزع المياه الميكانيكي .

4- التجفيف .

5-الاختزال الحراري .

فى الوحدات الصغيرة الحجم يتم تخزين الحمأة عادة فى أحواض الترسيب والتخمير. أما فى الوحدات الكبيرة التى لا تستعمل المخمرات الهوائية أو اللاهوائية فيتم تخزين الحمأة غالبا فى أحواض خلط وتخزين منفصلة. ويمكن تغيير حجم الحوض ليتم استبقاء الحمأة لعدة ساعات بل وعدة أيام ، وإذا تم تخزين الحمأة لأكثر من يومين أو ثلاثة فإنها تفسد ويصعب تجفيفها.

5-20: هضم الحمأة:

يقصد بعملية هضم الحمأة تحويل المواد العضوية الثابتة الموجودة فيها إلى مركبات ثابتة بوساطة البكتيريا اللاهوائية. إذ تتحول إلى سائل وغاز ويقل حجم الحمأة بنسبة تصل إلى (60%-75%) حسب مكوناتها وكفاية وحدات حجز الرمال والترسيب . ويتم في هذه العملية تقليل الجراثيم المرضية وتحسين القيمة السمادية (Fertilizing Value) ، وينتج غاز الميثان الممكن استخدامه في توفير الطاقة وتقليل الكلفة.

تتم عملية هضم الحمأة تحت ظروف لاهوائية ، ويؤدي فاعليتها نوعان من البكتريا، النوع الأول يسمى بالكائنات الاعفينية (Saprophytic Organisms) التي تتواجد بكثرة في مياه الصرف المنزلية وفي كثير من مياه الصرف الصناعية ذات الطبيعة العضوية. تتفاعل هذه الكائنات

مع المواد العضوية المعقدة في الحماة مثل الدهون والكاربوهيدرات والبروتينات وتحولها إلى حوامض عضوية وكحول وهي مواد عضوية ابسط . أما النوع الثاني من البكتريا فيعمل عند ظروف لاهوائية لتنتج غاز الميثان وغاز ثاني اوكسيد الكاربون ، وتستهلك الحوامض والنواتج الأخرى من فعاليات النوع الأول التي تتعادل مع القاعدة الموجودة في مياه الصرف. ويكون هذا النوع (النوع الثاني) حساساً لدرجة تركيز الايون الهيدروجيني (PH) الذي ينبغي أن يكون بحدود (6.5-8).

ولضمان استمرار عملية الهضم يجب توفير الظروف الملائمة لأنواع البكتريا ، وتوازن هذه الظروف مع عدد البكتريا ، وتجهيز الغذاء ودرجة تركيز الايون الهيدروجيني وإمكانية الوصول إلى الغذاء.

تنتج من عملية الهضم اللاهوائي ثلاثة أنواع من المواد هي:

1- الحمأة المثبتة:

تترسب هذه الحمأة في أسفل الحوض إذ تكون سهلة التجفيف لتحويلها إلى سماد في أحواض تجفيف خاصة ، وتمتاز بعدم وجود روائح كريهة تنبعث منها.

2- الغاز:

نتيجة للتحلل اللاهوائي ينتج غاز الميثان الذي يتجمع في أعلى الحوض إذ يتم جمعه في اسطوانات خاصة لاستعماله وقوداً.

3- مادة الحمأة السائلة أو المادة العائمة (Supernatant Liquor):

هي عبارة عن الماء الذي يعلو الطبقة الراسبة بعد عملية الهضم وتحوي على مواد رغوية غير ثابتة تحتاج إلى معالجة قبل ضخها إلى مياه الصرف الخام أو تصريفها إلى المصادر المائية.

6-20 مراحل الهضم:

تتم عملية الهضم بثلاث مراحل متداخلة مع بعضها هي:

1-مرحلة تكوين الأحماض: في هذه المرحلة تتفاعل البكتريا مع المواد العضوية منتجة أحماضاً دهنية وتقل فيها درجة تركيز الايون الهيدروجيني إلى حد (6.2).

2- مرحلة استهلاك الأحماض: في هذه المرحلة تقوم البكتريا المنتجة لغاز الميثان باستهلاك الحوامض والمنتجات الأخرى من المرحلة الأولى إذ تتم تحت ظروف لاهوائية منتجة غازات الميثان وثاني اوكسيد الكاربون وتزداد فيها درجة تركيز الايون الهيدروجيني لتصل إلى (6.8).

3- مرحلة الإختمار القلوي: وفي هذه المرحلة تتم عملية الهضم للمواد التي قاومت فعل البكتريا في المرحلتين السابقتين مثل الأحماض الامينية والبروتيات إذ تتحول إلى أمونيا وأحماض عضوية وغازات. وتزداد فيها درجة تركيز الايون الهيدروجيني لتصل إلى (7.4). إن الوقت اللازم لإتمام عملية هضم الحماة تحت الظروف الاعتيادية هو بحدود ثلاثة أشهر

7-20: العوامل المؤثرة في عملية الهضم:

تتأثر عملية الهضم بعدد من العوامل أهمها:

1- معدل بذر (تغذية) الحوض بالحمأة:

إن عملية زيادة الحمأة المهضومة جزئياً(Partly Digested) أو كاملة الهضم إلى الحمأة الخام تدعى ببذرة الحمأة (Seeding Sludge) ويجب أن تتوفر لطريقة التغذية ظروف قاعدية في حوض الهضم . وتساعد عملية البذر هضم الحمأة بجانبين ، الأول تطعيم أو تغذية المواد الصلبة للحمأة بالكائنات الحية والإنزيمات المطلوبة لتحليل المواد المتأقلمة مع المواد المهضومة . أما الجانب الثاني للزيادة ، فهو تحقيق ظروف متوازنة من توفير الغذاء للكائنات الحية المسؤولة عن مراحل الهضم التي تم توضيحها في الفقرة السابقة . وبالنظر لسرعة نمو الكائنات الحية وطبيعة حياتها. تتم عملية الهضم لفترة زمنية قصيرة وتدعى هذه الفترة المطلوبة لتحقيق حالة الموازنة بفترة إنضاج الحوض (Ripening Period) وعند حصول حالة الإنضاج يمكن بعدها زيادة الحمأة باستمرار إلى الحوض مع المحافظة على قيمة (PH) مساوية الى (7.1).

2- درجة الحرارة:

يحتاج تخمير أو هضم الحمأة الذي يتم بأحواض لا يمكن التحكم في درجة حرارتها إلى فترة طويلة قد تصل إلى ستة أشهر. ولغرض تقليل هذه الفترة تجب السيطرة على درجة الحرارة إذ أن درجات الحرارة العالية تزيد من سرعة التحلل اللاهوائي. يوجد مجالان لدرجات الحرارة هما:

أ- مجال نشاط بكتريا الحرارة أو الهضم بوساطة الحرارة

(Thermophilic Digestion Zone)

ب -مجال نشاط بكتريا الميزوفيلي

.(Mezophilic Digestion Zone)

تتم عملية الهضم للمجال الأول (الثرموفيلي) بوساطة بكتريا الحرارة إذ تبقى هذه البكتريا نشطة عند درجة حرارة تتراوح بين (35-60)° C وان درجة الحرارة المفضلة لها هي(45) C° إذ يكون نشاطها في قمته. وتستغرق عملية الهضم في هذا المجال فترة (7-10) أيام.

أما عملية الهضم في المجال الثاني فيتم بمساعدة البكتريا التي تفضل الجو البارد وتدعى الميزوفيلي إذ تبقى نشطة عند درجة حرارة تتراوح بين (0-54) ° س ويكون نشاطها في أوجه عند درجة حرارة (35) °س . وتحتاج عملية الهضم في هذا المجال إلى (23) يوما. كما أن ارتفاع درجات الحرارة يزيد كثيراً من كمية الغاز الناتج. وبسبب صعوبة المحافظة على درجات الحرارة العالية بما يؤمن نشاط البكتريا الحرارية غالباً ما تنشط بكتريا الميزوفيلي في التطبيقات العملية.

3- خلط مكونات الحوض:

لأجل تحقيق هضم الحمأة بصورة مقبولة يتطلب أن يكون خلط وتقليب مكونات الحوض كافياً. يتم الخلط بالطرائق الآلية إذ تخلط الحمأة المهضومة مع الحمأة على أن يحصل ذلك بسرع قليلة لضمان توزيع الحمأة الداخلة إلى الحوض بانتظام والحفاظ على درجة حرارة منتظمة في داخل الحوض. وتقليل إمكانية تكوين غطاء الزبد أو الحمأة الطافية (Scum) على سطح الحوض والذي يتعارض مع صعود الغازات إلى مكان تجمعها والمساعدة في ترسيب الحمأة في قاع الحوض وزيادة إنتاج الغاز.

4- درجة تركيز الايون الهيدروجيني (PH):

تُعد عملية السيطرة على قيمة(PH) في أحواض هضم الحمأة من العوامل المهمة . إن عملية الهضم تتم بأفضل وجه تحت الظروف القاعدية ، وان القيم المثالية ل (PH) تتراوح بين (7.2-6.8) . إن زيادة حمأة جديدة من الحوض يؤثر في قيمة (PH) إذ تتحول بالاتجاه الحامضي الذي يؤثر في كفاءة الهضم.

5- نوع الحمأة المراد هضمها أو تخميرها:

يؤثر نوع الحمأة في الفترة اللازمة لعملية الهضم فقد أثبتت التجارب العملية والخبرة في محطات المعالجة ، أن هناك اختلافاً واضحاً في الزمن اللازم لعملية الهضم بين الحمأة الناتجة

من أحواض الترسيب الابتدائية ، والحمأة الناتجة من المرشحات الحيوية والأخرى الناتجة من عملية تنشيط الحمأة.

6- الزمن:

يعتمد الزمن اللازم للهضم على درجة الحرارة إذ يتراوح بين (6) أشهر في الأحواض التي لا يتم السيطرة على درجة حرارتها. و(30-60) يوما في الهضم الميزوفيلي . وينخفض الى (10) أيام في الهضم الثرموفيلي.

20-8أحواض هضم الحماة

هي عبارة عن أحواض مقفلة تناسب نشاط البكتريا اللاهوائية. تنشأ من الخرسانة المسلحة وهي في الغالب مستديرة الشكل ذات قاع هرمي وجدران مانعة لتسرب الحرارة الى الخارج . أما سقوفها فهي إما ثابتة أو متحركة. والأحواض الكبيرة تكون في الغالب ذات سقوف متحركة. يتراوح عمق الأحواض بين (8-12) متراً وقطرها بين (6-40) متراً. وتنشأ القاعدة بميل باتجاه المركز مقدار انحداره يتراوح بين (1:1) إلى (3:1) وتقل هذه النسبة عند استعمال المزج الآلي .ويوضح الشكل (20-1) هذه الأحواض.

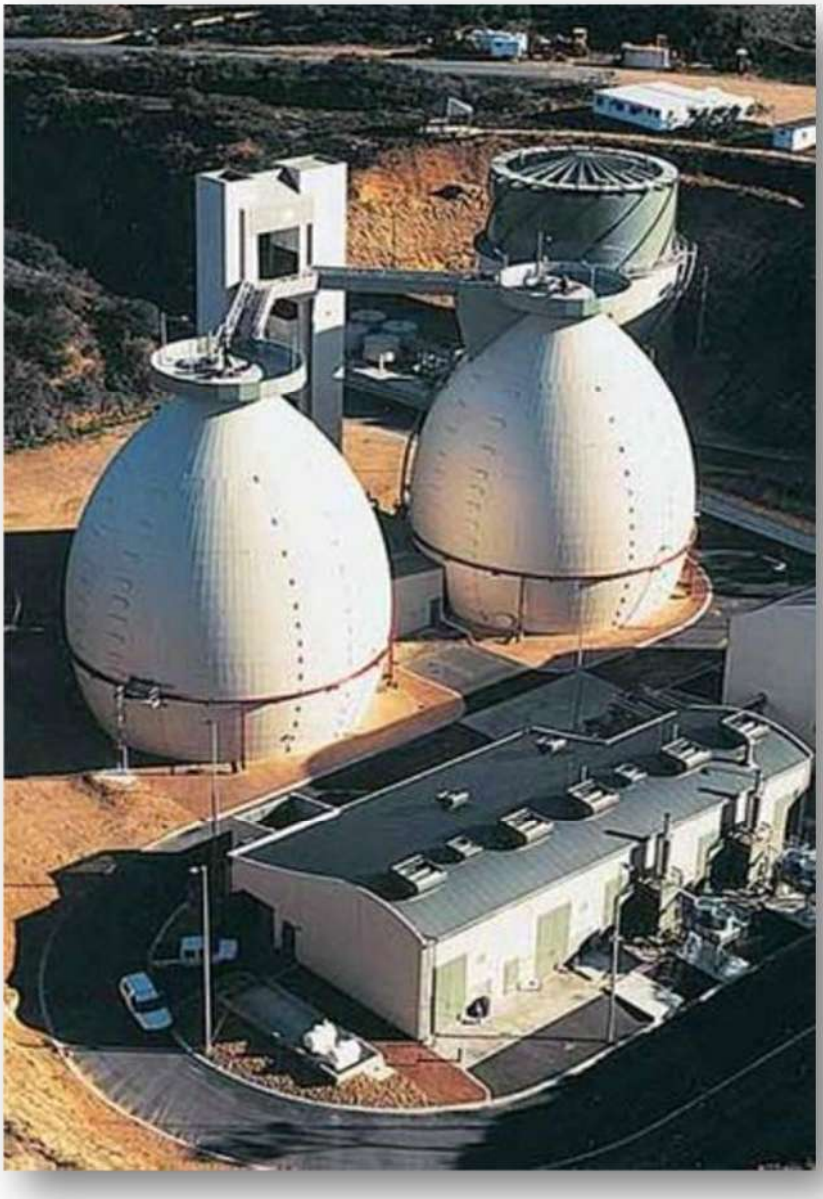
نتيجة لعملية الهضم التي تنجز في هذه الأحواض تترسب الحمأة المهضومة وهي عبارة عن طبقة متمسكة في القاع وتعلو هذه الطبقة طبقة من الحمأة المهضومة ثم طبقة من المواد السائلة فوقها. وتشمل المياه المفصولة من الحمأة. وفي الأعلى طبقة من الحمأة الطافية (الزبد). يتحقق عند الجزء العلوي من الحوض تقليب لمحتوياته وذلك باستمرار سحب الحمأة منه وإمرارها خلال جهاز التسخين ، ثم إعادتها إليه بوساطة مضخة ماصة كابسة. أما بالنسبة للحمأة المترسبة ، فتفرغ من الحوض بشكل أجزاء وبمعدل مرة واحدة كل أسبوع . كما أن المياه المفصولة تسحب من القسم العلوي للحوض بوساطة مجموعة من الأنابيب وذلك على فترات وبكميات قليلة لا تزيد في العمق على نحو (30) سم لكل مرة.

يستخدم السقف المتحرك في اغلب أحواض الهضم ويمتاز هذا النوع بخاصية العمق المتغير، إذ يطفو السقف على طبقة المياه المفصولة للفصل بينها وبين طبقات الغازات . إذ يتحرك السقف تبعاً لكمية الغازات المتولدة وكمية المياه المسحوبة من الحوض. وبذلك يضمن

استمرار بقاء الغازات تحت ضغط ثابت نسبياً وكافياً لتزويد شبكة التسخين أو مراكز توليد الطاقة الأخرى في المنطقة . (إذ تستخدم الغازات المنطلقة أحيانا في خدمات التنوير والتدفئة لسكان المناطق المجاورة) . يمثل حجم الحيز الحاصل بسبب تغيير مستوى سقف الحوض كمية التخزين للحمأة المهضومة ، (إذ تمثل ثلث حجم الحوض الكلي). إذ يرتفع مستوى السقف عند تجهيز الحوض بالحمأة ليؤمن مجال خزنها فيه.

تنقل المياه المسحوبة من أحواض الهضم إلى بداية مشروع المعالجة أو تخلط مع الحمأة الداخلة إلى الحوض. أما الغازات فتنقل إلى إذ تستهلك في توليد الطاقة وتنقل الحمأة الراسبة (التي تقل نسبة الرطوبة فيها إلى 90%) ، إما إلى أحواض التجفيف الخاصة أو تجفف بطرائق ميكانيكية.

قد تتم عملية الهضم على خطوات إذ تهضم الحمأة باستعمال حوضين على التوالي. إذ تبقى في الحوض الأول فترة تتراوح بين (6-8) يوم. وفي الحوض الثاني تتراوح فترة بقائها بين (22-24) يوماً. وفي هذه الحال تتصاعد معظم غازات الهضم من الحوض الأول . وبهذا يمكن اقتصار عملية التسخين على الحوض الأول فقط . كما يتم الاكتفاء بتغطية الحوض الثاني . ان هذه الطريقة قد تكون ذات فائدة في بعض المشاريع ، بينما تبقى الطريقة التقليدية هي المفضلة في مشاريع أخرى . ويعتمد اختيار الطريقة المفضلة على حجم المشروع ، المرونة في عملية رفع الحمأة ، وطريقة التخلص من المواد الصلبة، والحجم المطلوب لخزنها ، والظروف المناخية ذات العلاقة بالمعالجة . فبالنسبة لمشاريع المعالجة الكبيرة تتم عملية الهضم بخطوات ، أي استخدام مجموعة من أحواض الهضم على التوالي، وهي أفضل من الطريقة التقليدية. بينما تعطي الطريقة التقليدية نتائج أفضل في المشاريع الصغيرة.



شكل(1.20): أحواض هضم الحمأة

أ -التثبيت بالهضم اللاهوائي:

بالرغم من أن الهضم اللاهوائي يصعب التحكم به أحياناً فإنه يشكل مرحلة تثبيت مفضلة وأكيدة . وذلك لأنها توفر الطاقة عندما ينتج النظام غازاً قابلاً للاحتراق يستخدم لتسخين الحمأة و لأغراض أخرى ، يعمل النظام بشكل جيد في كل حالات الطقس و يجعل الحمأة مثبتة.

يفضل استخدام الهضم اللاهوائي إلا في حالة توقع التغير الكبير في الحمولة أو عندما تفرض العوامل المحلية استخدام طرائق بديلة . شكل(2.20) .

إن العامل الأكثر أهمية في تحديد حجم حوض الهضم هو حمولة المواد الصلبة الطيارة.

الشكل (20-2) أنواع من أحواض الهضم

ب -الهضم الهوائي:

إن الهضم الهوائي هو عملية تثبيت تطبق في تجهيزات هضم يركب فيها نافخ هواء أو يطلب تركيبه من أجل معالجة السوائل ، أن هذا النظام يتطلب دائما الى الحاجة إلى كمية كبيرة من الطاقة . وهو ذو فعالية ضعيفة في الأماكن ذات الطقس البارد. الا أنه قد يكون مقبولا في المحطات المدمجة الصغيرة ، أو إذ يوجد تغير كبير في الحمولة يسبب صعوبات في تشغيل عملية الهضم اللاهوائي .

أسئلة الفصل العشرون

س1: أذكر أنواع الحمأة مبينا خصائص كل نوع منها.

س2: هناك عوامل تؤثر في اختيار طريقة معالجة الحمأة ، وضح ذلك؟

س3: ماهي الخصائص التي ينبغي دراستها على الحمأة لكي يتم بموجبها تحديد نظام معالجتها .

س4: ماهي العمليات التي يجب أن تجرى على الحمأة قبل معالجتها.؟

س5: ما المقصود بهضم الحمأة ، وضح ذلك.

س6: أذكر المراحل التي تمر بها عملية هضم الحمأة .

س7: ماهي العوامل التي تؤثر في عملية هضم الحمأة.

س8: أعطي وصفا لأحواض هضم الحمأة مبينا أنواع عمليات الهضم .

الفصل الحادي والعشرون

طرح الحماة

21-1: طرح الحمأة:

نتيجة لعمليات معالجة المخلفات السائلة تنفصل نسبة كبيرة من المواد الصلبة عن المخلفات السائلة ، ومن ثم يلزم التخلص من كل من المواد الصلبة والسوائل كل على حدة.

تشتمل المكونات التى يتم فصلها فى محطات المعالجة على خبث المصافي والرمال والحصى ونواتج الكشط والحمأة . وتحوي الحمأة على نسبة عالية من المياه ، وتصل نسبة المواد الصلبة فيها إلى (12%-25%) بالوزن . وتختلف النسبة طبقاً للعمليات المستخدمة. وتُعد الحمأة أكبر المخلفات من إذ الحجم . كما تُعد عمليات المعالجة والتخلص من الحمأة من أعقد المشاكل التي تواجه المهندس المتخصص فى مجال معالجة مياه الصرف.

أن المشاكل التي تتعلق بالحمأة معقدة ، لأن الجزء الأكبر منها يحتوى على المواد التي تتسبب فى وجود الخواص الكريهة لمياه الصرف غير المعالجة. وبالنسبة للحمأة الناتجة من عمليات المعالجة البايولوجية ، فإن الجزء الذى يجب التخلص منه يتكون من المواد العضوية الموجودة في مياه الصرف . ولكن فى شكل آخر يمكن أن يتحلل ويصبح كريهاً أيضاً. ويبقى جزء قليل فقط من الحمأة على هيئة مواد صلبة.

تستخدم عمليات التثخين (التركيز) والتجهيز ونزع المياه والتجفيف أساساً فى تخلص الحمأة من نسبة المياه الموجودة بها. وتستخدم عمليات الهضم والطمر والحرق وأكسدة الهواء الرطب والمفاعلات والأنابيب الرأسية أساساً فى تجهيز وتثبيت المادة العضوية فى الحمأة.

21-2: طرائق تصريف الحمأة التخلص منها:

يمكن التخلص من الحمأة بإحدى الطرائق الاتية:

1- الدفن.

2- توزيع الحمأة من خلال أنابيب.

3- طرح الحمأة في البحار.

4- الحرق

5- طرح الحمأة في مياه المستنقعات والبرك.

6- التجفيف بالحرارة.

1- دفن الحمأة:

ويتم ذلك بحفر خنادق مستطيلة متوازية بعمق (60سم) وعرض(90سم) وبمسافة (1.5م) بين خندق وآخر. تلقى الحماة في هذه الخنادق ثم تغطى بطبقة من التراب بارتفاع (30سم) في الأقل. لمنع تصاعد الروائح منها ولمنع تولد الذباب. ويمكن استغلال المساحة المستعملة للدفن لأغراض الزراعة على أن لا يعاد حفر الخنادق في المنطقة نفسها إلا بعد مرور سنتين على الأقل. ومن عيوب هذه الطريقة أنها تحتاج إلى مساحات كبيرة (لا تتوفر هذه المساحات في المدن) . إذ أن كمية الحمأة الناتجة من مشروع المعالجة كبيرة اذ تقدر المساحة بحدود (1م^2) لكل شخص. ويمكن استعمال هذه الطريقة في الأماكن النائية والصغيرة.

2- توزيع الحمأةمن خلال أنابيب:

ويتم في هذه الطريقة نقل الحمأة من خلال أنابيب إلى المناطق الزراعية القريبة ، لاستعمالها سماداً بعد مزجها بمياه السقي. وهذه الطريقة نادرة الاستعمال ويتوقف نجاحها على عاملين هما : توافر المساحات المطلوبة لهذا الغرض ، وقيام أصحاب المزارع المجاورة في صرف الحمأة الى مزارعهم.

3- طرح الحمأة في البحار:

ويشترط في هذه الطريقة وجود المدينة بالقرب من شاطئ البحر، على أن يكون البحر بالاتساع الكافي إذ تستوعب مياهه هذه الحمأة من غير أن يهبط الأوكسجين المذاب فيه عن الحدود المقررة والكافية لنمو الكائنات الحية البحرية ونشاطها التي تبيض أصلا فيه . كما يشترط أن يكون موقع التخلص من الحمأة في داخل البحر وعلى أعماق كافية لضمان عدم دفع الرياح والتيارات المائية للرواسب إلى الشاطئ.

يتم طرح الحماة إلى البحر باستخدام مضخات تضخها إلى موقع التخلص . أو تحميلها بوساطة سفن خاصة تسير بها إلى عرض البحر لتتخلص منها. وتشترط بعض المواصفات ، أن لا تقل النسبة بين حجم مياه البحر وحجم الحماة التي تلقى فيه يومياً عن (1500-2000) مع وجود سرعة للمياه تمنع ترسيب هذه المواد.

4- الحرق:

بعد أن تجفف الحماة بطريقة أو بأخرى تحرق في أفران خاصة ، إذ تتعرض إلى درجات حرارة عالية تكون كافية لتجفيفها ثم حرقها. والحرارة الناتجة من حرق جزء من الحماة تساعد في تجفيف وحرق الجزء التالية وهكذا. مع استعمال الوقود الزائد في بعض الحالات. وتقدر درجة الحرارة المطلوبة للحرق بمقدار(C°975) وكمية الرماد الناتج من العملية (15%) من وزن الحمأة المحروقة.

5- طرح الحمأة في المستنقعات والبرك:

تطرح الحمأة في المستنقعات الطبيعية أو الصناعية التي تتراوح أعماقها بين (1.2-1.5م) . إذ يتم تثبيت الحمأة وتجفيفها من خلال تبخر المياه أو نفاذها من خلال التربة . أما فترة بقاء الحمأة في هذه المستنقعات فتتراوح بين (2-6) أشهر. ويمكن التخلص من الرائحة الناتجة نتيجة تفسخ الحمأة بتغطيتها بطبقة من التراب الناعم . تفرغ المستنقعات من الحماة عندما يقل حجمها إلى النصف وتستخدم هذه الحمأة سماداً للأغراض الزراعية. من محاذير استخدام هذه الطريقة أنها تؤثر في الصحة العامة ، لذلك يجب اختيار مواقع التخلص بعيداً عن المناطق المأهولة بالسكان.

6- التجفيف بالحرارة:

تستعمل هذه الطريقة لتحويل الحمأة الناتجة من عملية تنشيط الحمأة إلى سماد ، لأن هذا النوع يمتاز باحتوائه على عناصر ذات قيمة تسميد عالية. إذ يتم في هذه الطريقة تسخين الحماة وتجفيفها لكي تتحول إلى سماد. من عيوب هذه الطريقة أن كلفتها عالية.

3-21 تركيز الحمأة :

1- الغرض من تركيز الحمأة :

تحوي الحمأة المنصرفة من الأحواض على أكثر من (97%) ماء ، وإذا لم يتم التخلص من جزء كبير من هذا الماء فسوف ترتفع تكاليف ضخ الحمأة ، لذلك يجب العمل علي تقليل حجم الحمأة بوساطة التخلص من الماء الزائد كلما أمكن ذلك ، فعملية تركيز الحمأة تعني زيادة تركيز المواد الصلبة فيها إلى نحو (4-6%) أو أكثر ، وذلك بالتخلص من الماء الزائد . وأكثر الطرائق شيوعاً وأقلها كلفة هي استعمال طريقة الترسيب والترويق في وحدات تشبه المروقات ولكن تختلف عنها في الحجم والتصميم . وتسمى بوحدات التركيز، والماء الرائق يخرج منها ويعاد إلى المرحلة الابتدائية أو الثانوية لمعالجته من المواد العضوية الذائبة .

2- وحدة التركيز بالترسيب (Gravity Thickener):

عندما تترك الحمأة المخففة الخارجة من المروقات في أحواض وتكون في حالة سكون فترة من الزمن نحو (4-6) ساعات ، يمكن للمواد القابلة للترسيب التجمع في القاع والمواد الخفيفة من الطفو علي السطح تاركة كمية من المياه رائقة نسبياً . ولكن هذا الماء الرائق يحتوى علي مواد عضوية تحتاج للمعالجة ولذلك يعاد زيادتها إلى تيار المجاري الداخلة لوحدات التنقية سواء في المرحلة الابتدائية أم الثانوية .

أن وحدات التركيز تشبه في شكلها وتركيبها أحواض الترويق الى حد كبير، ولكنها تختلف عنها في التصميم وجوانب كثيرة أخرى منها :

أ – حجم وحدة التركيز أقل بكثير من حجم المروقات لأنها تستوعب فقط كمية الحمأة المسحوبة وبالنظر لأن مدة المكوث في وحدة التركيز طويلة فلذلك تكون مصحوبة بروائح كريهة بالنظر لغياب الأوكسجين ونشاط الكائنات الحية اللاهوائية .

ب – قاع وحدة التركيز يميل نحو قمع التجميع في وسط القاع بدرجة أكثر من ميل قاع المروق ، فضلا عن أن حجم قمع التجميع في وحدة التركيز يكون عادة أكبر حجماً منه في المروقات .

ج – تختلف وحدات كسح الحمأة في وحدات التركيز منها في المروقات بأنها تدار بمحركات ذات قدرة أقوى ، بالنظر لأن الكاسحة تدفع مواد راسبة أثقل ، كذلك فأن الكاسحة مثبت عليها عوارض رأسية يصل ارتفاعها إلى منتصف عمق وحدة التركيز تقريباً . والوظيفة الأساسية لهذه العوارض هي تحريك محتويات الوحدة ببطء لتسهيل خروج فقاعات الغازات التي تجمعت ، وهذا يسمح أو يساعد المواد الثقيلة بالترسب في القاع . فإذا لم تطرد هذه الفقاعات وتترك ملاصقة للجزئيات الصلبة في الحمأة ، فسوف تعمل كعوامات وتبقى هذه المواد عالقة من غير ترسب .

3- كفاءة عملية التركيز :

تتكون المخلفات المتدفقة إلى وحدات التركيز من مخلوط الحمأة الابتدائية والثانوية والمواد الطافية التي تم كشطها من سطح المروقات ، لذلك تعتمد كفاءة وحدات التركيز علي طبيعة ومكونات هذا المخلوط . فمثلاً الحمأة الابتدائية تحوي على نسبة عالية من المواد الخشنة مثل الرمل والطين وهي قابلة للترسيب بسهولة . أما الحمأة الثانوية فهي تتكون من أجسام الكائنات الحية في الحمأة المنشطة الزائدة وهي خفيفة في الوزن وتحوي علي نسبة رطوبة عالية . أما المواد الطافية

فمعظمها زيوت وشحوم ، وبإزدياد مدة مكوث المخلفات في وحدة التركيز يزداد النشاط البايولوجي اللاهوائي وتتعرض المواد العضوية الخفيفة للتحلل إلى غازات . ويتضح من ذلك أن كفاءة عملية التركيز تعتمد على عوامل كثيرة ومتداخلة منها :

أ – نوع المخلفات ودرجة تركيز المواد الصلبة والطافية التي تحوي عليها .

ب – عمر الحمأة ، ونوع الكائنات الحية التي تحوي عليها .

ج – مدة المكوث في وحدة التركيز.

د – درجة الحرارة .

فالحمأة الابتدائية الطازجة أسهل في تركيزها ، ولكن عندما تبدأ في التعفن بسبب طول مدة مكوثها تخرج فقاعات الغازات نتيجة النشاط البايولوجي وتلتصق بالجزئيات الصلبة وتعمل كعوامات تقلل من كفاءة الترسيب .

أن النشاط البايولوجي يزداد مع إرتفاع درجة الحرارة وتحلل المواد العضوية الخفيفة التي تحوي عليها الحمأة الثانوية وتكثر فقاعات الغازات ، وربما بالتصاق هذه الفقاعات بالأجسام الصلبة التي تم ترسيبها في القاع تبدأ في الطفو والبقاء عالقة بالمياه ، ولذلك يجب العناية في أثناء فترة الصيف بسحب الرواسب من قاع وحدات التركيز أكثر من سحبها في أثناء فترة الشتاء . ولكن من ميزات النشاط البايولوجي أن البكتريا تهاجم جدار خلايا الكائنات الحية في الحمأة المنشطة وبذلك تحرر كمية المياه المحبوسة في داخل الخلايا وهذا يساعد في عملية التركيز .

أن وحدات التركيز تستمر بالعمل بكفاءتها إذا أمكن الاحتفاظ بطبقة من الرواسب ذات حمل مناسب قرب القاع . فيتم السحب منها ببطء مع الاحتفاظ بسطح المياه في الوحدات خالياً من المواد الطافية ، ولكن تبدأ متاعب التشغيل في الظهور عندما تبدأ الروائح الكريهة في الانتشار مع طفو الرواسب ، فمن المستحسن في هذه الحالة أن يتم البدء بسحب الحمأة المركزة أكثر من مرة ، مع العناية بقشط المواد الطافية وتنظيف سطح الوحدة حتى تعود الوحدة إلى كفاءتها مرة أخرى .

يمكن زيادة كفاءة وحدات التركيز باستخدام بعض كيماويات ترويق المياه مثل كلوريد الحديديك والمركبات الرغوية الصناعية (polymers) ولكن المعالجة الكيماوية تزيد من التكاليف ، ولكنها تعطي نتائج طيبة من ناحية تركيز الحمأة وتقليل حجمها .

4- المعالجة الكيماوية(Chemical Treatment):

تستخدم المعالجة الكيماوية بنجاح في فصل المياه عن الأجسام الصلبة ، أي تركيز الحمأة . ومن أهم المواد الكيماوية المستخدمة في هذا المجال هو كلوريد الحديديك . إما منفرداً أو مشتركاً بالزيادة مع جرعة قليلة من المواد الرغوية الصناعية .

أن المعالجة الكيماوية تزيد من التكاليف فبرغم من زيادة ثمن المادة الكيماوية ، تحتاج المحطات إلى تزويدها بأماكن لخزن المواد الكيماوية وتحضيرها وحقنها، أو زيادتها بجرعات محدودة التركيز بوساطة حنفيات عيارية خاصة ، ولكن أهم ميزات المعالجة الكيماوية هو تسهيل عملية فصل المياه عن المواد الصلبة وتقليل حجم الحمأة وتحسين تجفيفها .

أن أهم المواد الكيماوية الأكثر شيوعاً في الاستخدام هي :

أ- كلوريد الحديديك :

يمكن شحنه إلى المحطات بهيأة صلبة أو سائلة ، ويجب أن تكون جميع الأجهزة المستخدمة لتخزينه أو تحضيره وحقنه من المواد غير القابلة للتآكل . ومن أهم ميزات المعالجة بكلوريد الحديديك أنها تعطي نتائج حسنة في الترويق وتقليل حجم الحمأة وتسهيل عملية تجفيفها .

ب- المواد الرغوية :

وهي مجموعة كبيرة من المواد التي يمكن تحضيرها صناعياً ،وتشحن إلى المحطات بهيأة صلبة أو سائلة ، وتعرف المادة منها بما تحمله من شحنة كهربائية وهي :

*** المواد الرغوية ذات الشحنة السالبة (Anionic polymers) :**

وهي مادة تحمل شحنة سالبة علي جزيئاتها ، وعند استعمالها في جرعة قليلة مع كلوريد الحديديك تعمل الشحنة السالبة علي تجميع المواد العالقة التي عليها شحنة موجبة وبذلك يثقل وزنها ويسهل ترسيبها .

*** المواد الرغوية ذات الشحنة الموجبة (Cationic polymers) :**

وهي مادة تحمل شحنة موجبة علي جزيئاتها ويمكن استعمالها بجرعة قليلة بمفردها أو بزيادتها مع كلوريد الحديديك، إذ تعمل الشحنة الموجبة على تجميع المواد العالقة السالبة الشحنة ، الامر الذي يؤدي الى زيادة وزنها وبذلك يسهل ترسيبها .

*** المواد الرغوية ذات الشحنة المتعادلة :**

وهي مواد لا تحمل أية شحنة كهربائية بل تكون متعادلة . وتستعمل كعاملا مساعدا في عملية فصل المياه عن المواد الصلبة عند زيادتها مع كلوريد الحديديك لتحسن من كفاءته .

أن جميع هذه المواد ذات تكاليف عالية ، ولكن لها ميزات كثيرة في تسهيل عملية التركيز والتجفيف والاقتصاد في تكاليف نقل الحمأة .

ج –الجير(Lime) :

ويشحن إلى المحطات بهيأة صلبة (أما الجير الحي الجير المطفأ) ، وبالرغم من أن له بعض الميزات في ترويق المياه إلا أن أكثر عيوبه هو الزيادة الكبيرة في حجم الحمأة التي يسببها .

5- طريقة اختيار الجرعة الكيماوية :

يلزم لاختيار الجرعة الكيماوية المناسبة وتحديد الجرعة المناسبة للمعالجة ، القيام بتجارب فحص الجرة (jar test) ، اذ يتم إحضار عينة من المياه أو الحمأة المجففة ووضعها عادة في ستة كؤوس حجم كل منها لتر، وتوضع تحت محركات الجهاز التي تقوم بتحريكها بقوة متساوية . ويتم زيادة المواد الكيماوية المختلفة بجرعات مختلفة في الكؤوس الستة . وبعد فترة الخلط تترك المياه في الكؤوس في حالة سكون لمدة نصف ساعة . وبعد ذلك تقاس درجة العكارة في المياه الرائقة وكمية الرواسب من ناحية حجمها وتركيزها . وبهذه التجربة يمكن اختيار أحسن المواد الكيماوية وأنسب جرعة تستخدم فيها عند الحصول على أقل درجة عكارة في الماء الرائق وأقل حجم من الرواسب مع أعلى تركيز في المواد الصلبة التي تحوي عليها .

ملاحظة : - عند استخدام المواد الرغوية ، يراعى عدم تخزين كمية أكثر من ثلاثة أشهر ، لأن هذه المواد قابلة للتحلل وبذلك تقل كفاءتها فمن المحتمل أن تتغير طبيعة المخلفات المراد معالجتها وتصبح هذه المادة

6- وحدة التركيز بالتعويم (Dissolved Air Flotation) :

عندما تكون المواد الصلبة في الحمأة خفيفة في الوزن مثل الحمأة الثانوية، وتحوي علي مواد صلبة يسهل تعويمها إلى أعلى ، تستخدم وحدات التركيز بالتعويم بكفاءة أعلى من وحدات التركيز بالترسيب . تتكون وحدات التركيز بالتعويم من حوض رئيسي يستقبل المخلفات المراد تركيزها ، متصل به حوض صغير الحجم يتم فيه ضغط الهواء مع المخلفات، أو زيادة بعض المواد الكيماوية لتحسين كفاءة العملية . ثم يتم إعادة هذه الكمية الحاوية علي الهواء المضغوط والكيمياويات إلى مدخل الحوض الرئيسي، وهناك تنطلق فقاعات الهواء حاملة معها جزيئات المواد الصلبة إلى الأعلى على السطح إذ يتم قشطها. ويراعى أيضاً أن يكون قاع الحوض الرئيسي مزود بكاسحة لجمع ما يحتمل ترسيبه في القاع .

أسئلة الفصل الحادي والعشرين

س1: أذكر الطرائق المعتمدة لطرح الحمأة ، مبينا سبل استخدام كل منها.؟

س2: ما هو الغرض من تركيز الحمأة .؟

س3: أذكر الفروقات بين وحدة التركيز وأحواض الترويق.؟

س4: ماهي العوامل التي تؤثر في كفاءة عملية التركيز .؟

س5: أذكر المواد الكيمياوية المستخدمة في عملية المعالجة الكيمياوية للحمأة ؟

س6: ما المقصود بوحدة التركيز بالتعويم وكيف تستخدم في تركيز الحمأة.؟

الفصل الثاني والعشرون
التجفيف

22-1 تجفيف الحمأة (Sludge Dewatering)

وهى عملية ميكانيكية تستخدم لتقليل نسبة المياه فى الحمأة، وكثيرا ما يتم التجفيف خلال مرحلة المعالجة الكيميائية (التجهيز) لتحسين مواصفات الحمأة. أن الحمأة قبل التجفيف تمر بمرحلة التجهيز ثم بعد ذلك تجفف بعدة طرائق وكما مبين في أدناه:

1-التجهيز الكيميائى:

تُعد عملية تجهيز الحمأة للتجفيف باستخدام الكيماويات عملية اقتصادية ، لما لها من عائد كبير ومرونة فى الاستخدام ، إذ يتيح التجهيز الكيميائى تقليل نسبة الرطوبة فى الحمأة الداخلة من (90-99%) إلى (65-85%) وبحسب طبيعة المواد الصلبة التي يتم معالجتها.

وتتم عملية التجهيز قبل إدخال الحمأة إلى أنظمة التجفيف الميكانيكية، مثل التجفيف بخلخلة الهواء (Vacuum Filtration) ، أوبآلة الطرد المركزية (Centrifugation) ، أوبالمرشحات.

وتشمل الكيماويات المستخدمة ، كلوريد الحديديك ، الجير ، الشب والبوليمرات العضوية . مع العلم بأن زيادة الكيماويات إلى الحمأة يمكن أن يزيد من حجم المواد الصلبة وذلك حسب نوع الكيماويات ، فالبوليمرات مثلا لا تزيد فى حجم المواد الصلبة بنسبة عالية ، بينما يمكن لأملاح الحديد والجير زيادة المواد الصلبة الجافة بنسبة (20-30%). والأسهل أن يتم تحديد كميات الكيماويات المراد زيادتها على شكل سائل . وتستخدم أحواض خاصة لإزالة الكيماويات فى حالة استلامها على شكل مسحوق . وفى معظم المحطات يجب أن تستوعب هذه الأحواض الكيماويات التي تحتاجها المحطة لمدة يوم عمل واحد في الأقل . ويجب أن تحوي المحطة على خزانات بديلة . وتكون مصنعة أو مبطنة بمادة ضد التأكل. ومن المواد المناسبة لتبطين الأحواض والأنابيب التي تستقبل الأحماض البوليفينيلكلورايدوالبولى إثلين والمطاط . ويجب أيضا أن تكون المضخات

مصنوعة من مادة مقاومة للتأكل . وعادة ما تكون هذه المضخات من نوعية الدفع الإيجابي للتحكم فى سرعة ومعدلات التدفق.

وتستخدم البوليمرات عادة فى التجفيف بقوى الطرد المركزية أو بالمرشحات السيرية(Belt-Press). ولكنها تستخدم بمعدل أقل فى الترشيح بالضغط أو الترشيح التفريغي، إذ تستخدم عادة كميات من كلوريد الحديديك والجير من أجل تجهيز الحمأة قبل التجفيف بالترشيح التفريغي.

وينبغي الخلط الجيد للحمأة مع المروب على أن لا يفسد الندف الهلامية بعد تكوينها . وينبغي أيضاً أن تبقى فترة المكوث أقل ما يمكن حتى تصل الحمأة إلى وحدة التجفيف بعد التجهيز مباشرة.

2-التجفيف الميكانيكى:

تستخدم هذه الطريقة عدة وسائل منها ، التجفيف بالقوة الطاردة المركزية ، والمرشحات السيرية ، والمرشحات ذات الألواح المرصوصة (Recessed Plate) ، والتجفيف على أسطح من الرمال، وأحواض التجفيف.

أ- التجفيف بالآلة الطاردة المركزية:

يستخدم هذا الأسلوب بكثرة فى الصناعة من أجل فصل السوائل ذات الكثافات المختلفة ، ولتثخين الحمأة وإزالة المواد الصلبة. والآلات التي تستخدم فى التجفيف بالقوى الطاردة المركزية تكون إما وعاء صلبا أو اسطوانة ذات جدران مسامية :

***آلة الطرد المركزية (الوعاء الصلب Solid Bowl Centrifuge) :**

فى داخل هذه الآلة يتم تغذية الوعاء الدوار بالحمأة بمعدل ثابت إذ تنفصل إلى قالب (cake) كثيف يحتوى على المواد الصلبة وسائل مخفف. هذا السائل يحتوى على المواد الصلبة ذات الكثافة المنخفضة ويتم استرجاعه إلى وحدات معالجة مياه الصرف . أما قالب الحمأة الذى يحتوى على نسبة
(70-80%) من الرطوبة ، فيتم إخراجه من الوعاء من خلال مصفاة (Screen) إلى مخروط استقبال (Hopper) أو إلى أحزمة ناقلة.

وتتناسب آلة الطرد المركزية هذه مع تطبيقات عديدة فى تجفيف الحمأة ، وتتيح الوحدة تجفيف الحمأة بمن غير أي معالجة كيميائية سابقة ، ولكن التجهيز بالبوليمرات يؤدى إلى تحسين جودة الحمأة المجففة والسائل المخفف.

***آلة الطرد المركزية ذات الأسطوانة المثقبة(Imperforated Basket Centrifuge):**

يستخدم هذا النوع من الآلات بالذات فى الوحدات الصغيرة الحجم، ويمكن استخدامها لتركيز الحمأة المنشطة وتجفيفها بمن غير تجهيز كيميائي وبقدرة فصل للمواد الصلبة تصل إلى (90%).

وبمجرد ان تمتلئ الاسطوانة بالمواد الصلبة، تبدأ الوحدة بخفض سرعتها. وفى حالة التجفيف تتم عملية القشط قبل البدء فى التقليب . والقشط عبارة عن إزالة الحمأة الطرية من الجدار الداخليللأسطوانة. وعادة ما يساوى حجم الحمأة المكشوطة (15-50%) من حجم الاسطوانة ، ثم يتم بعد ذلك استرجاع الحمأة المقشوطة وإدخالها فى نظام المعالجة.

ب- التجفيف بالمرشحات السيرية(Belt Press):

تعمل المرشحات السيرية على تجفيف الحمأة بطريقة التغذية المستمرة ، باستخدام المعالجة الكيميائية (التجهيز الكيميائي) والتصريف بالجاذبية والضغط الميكانيكي . وفى معظم المرشحات السيرية يتم إدخال الحمأة المعالجة (المجهزة) إلى منطقة التصريف بالجاذبية ، إذ يتم تثخينها وفى هذه الوحدة، يتم التخلص من معظم الماء الحر بفعل الجاذبية.

وفى بعض الأحيان تزود مثل هذه الوحدات بجهاز تفريغ الضغط (vacuum) ، الذى من شأنه تحسين الصرف وتقليل الروائح الكريهة . ويلى هذه المرحلة إدخال الحمأة فى وحدة ضغط منخفض ، يليها وحدة ضغط عالي إذ تتعرض الحمأة إلى قوة سطحية (Shearing force) عندما تمر الاحزمة خلال سلسلة من الاسطوانات الدوارة. وبذلك يتضح أن القوة السطحية وقوة العصر يساعدان فى التخلص من كميات إضافية من المياه.

يتكون نظام المرشحات السيرية غالبا من عدة أجزاء هي ، مضخات تغذية الحمأة ، معدات تغذية البوليمرات ، حوض تجهيز الحمأة ، مرشح سيرى ، أحزمة لتحريك الحمأة المجففة ، وأجزاء مساعدة (مضخات المياه-هواء مضغوط).

ج- التجفيف بمرشحات الألواح المرصوصة المجوفة (Filter Press):

هذه المرشحات يتم فيها التجفيف من خلال نزع الماء من الحمأة بالقوة وتحت ضغط مرتفع . **ومن ميزات هذه المرشحات:**

1-التركيز العالي للحمأة المجففة

2- نقاء الماء المرشح

3- قوة فصل للمواد الصلبة

وأما عيوبها فتتمثل فى :-

1- تعقيد الأجزاء الميكانيكية

2- ارتفاع كلفة الكيمياويات

3- ارتفاع تكلفة العمالة

4- قصر العمر الافتراضي للنسيج المستخدم فى الترشيح

وهناك أنواع عديدة من هذه المرشحات من أهمها مرشحات الألواح المجوفة بنوعيها الحجم الثابت والحجم المتغير:

***مرشحات الألواح المجوفة ذات الحجم الثابت .**

تتكون هذه المرشحات من سلسة من الألواح المستطيلة مجوفة من الجانبين ، ويتم تثبيتها وجها لوجه فى وضع رأسي على إطار به رأس متحركة وثابتة. ويتم تثبيت أو تعليق مرشح نسيجي على كل لوح من الألواح ، ويتم ربط الألواح ببعض إذ تقوى على تحمل الضغط المرتفع في أثناء عملية الترشيح.

وفي أثناء التشغيل يتم ضخ الحمأة المعالجة كيميائيا فى الفراغ الموجود ما بين الألواح ، ثم يتم نزع الماء عن طريق وضع الحمأة تحت ضغط مرتفع يتراوح ما بين(150-690 ك ن\م^2) لمدة ساعة إلى ثلاث ساعات فيخرج الماء من خلال النسيج المرشح ومجارى الألواح إلى الخارج.

بعدها يتم فصل الألواح وإزالة الحمأة واسترجاع الماء المرشح إلى بداية عمليات المعالجة. ويتراوح سمك قوالب الحمأة المجففة من (25-38ملم) وتتراوح نسبة الرطوبة من(48-70%) ويتراوح زمن الدورة الترشيحية من (2-5) ساعة . ويشمل الوقت المستغرق العمليات الآتية:

ملء المرشح، وضع الحمأة تحت ضغط مرتفع، فتح المرشح، الغسيل وإزالة الحمأة المجففة، و غلق المرشح.

***مرشحات الألواح المجوفة (ذات الحجم المتغير)**

هناك نوع آخر من المرشحات يستخدم فى تجفيف الحمأة وهى مرشحات الألواح المجوفة ذات الحجم المتغير. وهى شبيهة بالمرشحات ذات الحجم الثابت ، إلا انها تضع خلف النسيج الترشيحي حواجز من المطاط. ويتمدد هذا المطاط للحصول على قوة الضغط النهائية، وبذلك يتم تقليص حجم الحمأة الجافة في أثناء عملية الكبس.

د - التجفيف على فرش تجفيف الحمأة

تستخدم هذه الطريقة عادة لتجفيف الحمأة المخمرة ، وبعد التجفيف يتم إزالة الحمأة والتخلص منها فى مدفن صحى أو استخدامها سماد التربة.

وتتمثل الميزات الأساسية لهذه الطريقة فى انخفاض الكلفة ، وعدم الاحتياج إلى رقابة ، وزيادة تركيز المواد الصلبة فى الحمأة المجففة الناتجة. وهناك أربعة أنواع من هذه المرشحات:

1-الأسطح الرملية

2-الأسطح المرصوفة

3-الأسطح الصناعية

4-الانواع الثلاثة في أعلاه مع أجراء تفريغ (Vacuum-Assisted)

وتُعد الأسطح الرملية هي الأكثر استخداما، شكل.(22-1).

الشكل(1.22): منظر لأحد الاسطح الرملية

و- التجفيف على أسطح من الرمال:

عادة ما تستخدم هذه الطريقة للأحجام الصغيرة والمتوسطة ، وفيها يتم فرش الحمأة فى طبقة سمكها يتراوح بين (200-300)ملم وتركها تجف. ويتم التجفيف عن طريق تصريف المياه من خلال طبقات الرمل والحصى . وأيضا عن طريق تبخر جزء بفعل الشمس وحرارة الجو. ومعظم المياه التي تترك الحمأة تترسب في القاع ، لذلك من الضروري وضع شبكة أنابيب صرف مفتوحة الوصلات فى القاع.

تغطى هذه الأنابيب بطبقة من الحصى بارتفاع (23-30) سم . مع الأخذ بعين الاعتبار احتياجات أعمال التنظيف ، الشكل (2.22) يوضح هذا النوع.

تكون نسبة الماء فى الرواسب نحو (60%) وذلك بعد (10-15) يوم تحت ظروف جيدة. ويمكن إزالة الحمأة بعد ذلك بعدة طرائق مثل الجرف اليدوي ثم رميها فى عربات النقل أو عن طريق قاشط . ويجب مراقبة هذه العملية خصوصاً عملية مرور عربات النقل لمنطقة المرشحات.

وتستخدم السرائر المفتوحة عند وجود مساحة كافية لها وتكون معزولة لتجنب الشكاوى نتيجة لإنبعاثات الروائح الكريهة منها . ولذلك يجب إقامتها على بعد نحو (100) متر على الأقل من المناطق العمرانية. أما السرائر المغلقة فتستخدم عند وجود حاجة إلى تجفيف الحمأة باستمرار طوال العام بصرف النظر عن حالة الجو وعند وجود صعوبة لإقامة المرشحات فى منطقة معزولة.

الشكل (2.22) : أسطح الرمل المستخدمة في تجفيف الحمأة

2-22 :أحواض تجفيف الحمأة :

تتكون من طبقات من الرمل والحصى يتم توزيع الحمأة عليها بقنوات التوزيع، وتتم عملية التجفيف بتسريب نسبة من المياه من خلال طبقات الرمل والحصى، ثم تجفف طبقات الحمأة بتأثير درجة الحرارة وأشعة الشمس وتيارات الهواء . والعامل الرئيسي فى هذه العملية هو مدى كفاءة تسريب المياه من الحمأة لأنها تقلل نسبة المياه فى الحمأة فى وقت قصير نسبة لما تحتاجه عملية التجفيف من وقت طويل.

أن المعايير التصميمية لهذه الأحواض تختلف من موقع لآخر اعتمادا على العوامل الآتية :-

- طرائق المعالجة وكفاءتها وتأثيرها على خواص الحمأة .
- نسبة المياه فى الحمأة.
- درجة الحرارة.
- نسبة الرطوبة فى الجو.

وهذه العوامل تحدد الأسس المناسبة للتصميم ، وتحدد أيضاً مدى مقارنة طريقة تجفيف الحمأة على الأحواض بالنسبة للطرائق الأخرى ، ففي البلاد الباردة ربما تكون الطرائق الأخرى أفضل . وتتراوح مساحة أحواض التجفيف بين (100-200) م^2.

أسئلة الفصل الثاني عشرين

س1: لماذا نجفف الحمأة ؟ وماهي الطرائق المتبعة لذلك؟

س2: ماهي الاساليب المتبعة لتجهيز الحمأة لأغراض التجفيف؟

س3: أذكر أنواع آلات الطرد المركزي المستخدمة لأغراض تجفيف الحمأة؟

س4: أذكر أنواع المرشحات السيرية المستخدمة لأغراض تجفيف الحمأة؟

س5: أذكر أنواع الاسطح المستخدمة لتجفيف الحمأة؟

المصادر

1- إرشادات في تصميم وتشغيل وصيانة معالجة المياه العادمة، منظمة الصحة العالمية، المركز الإقليمي لأنشطة صحة البيئة، الأردن، 2004.

2- الليلة محمد انيس" تجميع ومعالجة مياه الفضلات " جامعة الموصل 1984

3- المضخات، المهندس فاروق عبد اللطيف، الجزء الأول، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة، 2005.

4- المكائن الهيدروليكية، د.جعفر مهدي، الطبعة السادسة.

5- - الهاشمي محمد، عمران عصام وجسن علي :" معالجة مياه الصرف " هيئة المعاهد الفنية 1992

6- - ساطع محمود الراوي: محاضرات ملقاة على طلبة الدراسات الأولية والعليا .جامعة الموصل كلية الهندسة للأعوام السابقة

7- - سيف حمدي " هندسة الصرف الصحي " الأجزاء 1-2 بمن غير تاريخ

8- الصرف الصحي ومعالجة المخلفات السائلة، إسلام محمود إبراهيم، مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع، الأردن، الطبعة الأولى 2008.

9- عبد الماجد عصام " الهندسة البيئية: دار المستقبل الاردن 1995

10- كتاب المضخات الزراعية، المملكة العربية السعودية.

11- كتاب شبكات المياه والصرف الصحي، المملكة العربية السعودية.

12- اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا" تكنولوجيا معالجة المياه العادمة 2003

13- محمود طارق احمد" علم وتكنولوجيا البيئة" جامعة الموصل 1988

عشرات المواقع من الانترنت 2010-2012

14- مصادر المياه في دولة الإمارات العربية المتحدة، د. زين العابدين السيد رزق وأ.د عبد الرحمن سلطان الشرهان، إثراء للنشر والتوزيع، الأردن، الطبعة الأولى 2008

15- منظمة الصحة العالمية" محاضرات تدريبية لمشغلي محطات معالجة مياه الفضلات" مصر 2001

16- مركز فقيه للأبحاث والتطوير" معالجة مياه الصرف \محطة العكاشية مكة المكرمة 2007

17- Water pumps and pumping systems, by James B. (Burt) Rishel, P.E., Mcgraw-Hill, 2002.

18- Bureau of water supply and wastewater management, : wastewater processes, modules 9-15, no dates

الفهرس

المحتوى	الصفحة
الباب الاول محطات تصفية مياه الشرب	3
الفصل الاول / مصادر المياه	4
1-1: أهمية المياه	4
2-1:دورة المياه في الطبيعة	4
3-1: مصادر المياه الطبيعية	5
1- 4 : العمليات الجارية على المياه	6
5-1 : استخدامات مياه محطات التصفية	8
6-1 : أهداف مشاريع إسالة المياه	8
الفصل الثاني / مشاريع المياه	10
1-2 : مقدمة	10
2-2 تسلسل الوحدات في مشاريع المياه	10
3-2 مآخذ المياه	11
4-2- انواع منشآت مآخذ المياه:	12
5-2 : العوامل المؤثرة في اختيار موقع المأخذ	14
اسئلة الفصل الثاني	15
الفصل الثالث / الطلب على المياه	16
1-3: مقدمة	16
2.3 : استهلاك المياه	16
3-3 : العوامل المؤثرة في استهلاك المياه	16
4-3 تغاير الطلب على المياه	17
اسئلة الفصل الثالث	18
الفصل الرابع / المضخات	19
1-4 مقدمة	19
2.4:الغرض من المضخات	20
3.4: مصطلحات المضخات	20
4.4 تصنيف المضخات Pumps Classification	25
4-5 أنواع المضخات Pumps types	27
6-4: المضخات المستخدمة في محطات المياه	44
7.4 المضخات المستخدمة في محطات المعالجة	47
8-4 اختيار المضخات Pumps Selection	52
أسئلة الفصل الرابع	55
الباب الثاني وحدات التصفية التمهيدية السائدة لمياه الشرب	57
الفصل الخامس مأخذ المياه ،المصافي والتهوية	58

1-5 مقدمة	58
2-5 منشآت مآخذ المياه	58
3-5 المعايير التصميمة لمأخذ المياه	58
4-5 : المصافي	59
5-5 التهوية (Aeration)	60
اسئلة الفصل الخامس	61
الفصل السادس المزج السريع	63
1-6:المقدمة:	63
2-6:المواد الصلبة العالقة	63
3-6 المزج السريع	64
6- 4 انواع أحواض المزج السريع	65
5-6 العوامل المؤثرة على جرعة التخثير	66
اسئلة الفصل السادس	67
الفصل السابع / المزج البطيء	68
2-7 : شكل وانواع وحدات المزج البطيء	68
7- 3 الابعاد الهندسية وزمن المكوث في أحواض التلبيد	69
اسئلة الفصل السابع	70
الفصل الثامن / الترسيب	71
1-8 : مقدمة	71
2-8 :انواع أحواض الترسيب الاولية	71
اسئلة الفصل الثامن	80
الفصل التاسع / الترشيح	81
1-9:مقدمة	81
2-9 مكونات المرشح	81
3-9: طرائق الترشيح	82
اسئلة الفصل التاسع	84
الفصل العاشر / الخزن	85
1-10:مقدمة	85
2-10 : أحواض الخزن	85
اسئلة الفصل العاشر	88
الفصل الحادي عشر / التعقيم	89
1-11: مقدمة	89
2-11 : نظرية التعقيم	89
3-11 : طرائق زيادة الكلور	89
4.11: المواد المستخدمة في التعقيم	90
5.11: العوامل المؤثرة في كفاءة التعقيم	90
6-11 خزن مواد التعقيم	91

7-11 : تشغيل اجهزة التعقيم	91
اسئلة الفصل الحادي عشر	94
الباب الثالث محطات معالجة مياه الصرف الصحي	95
الفصل الثاني عشر	97
1-12 :ماهية مياه الصرف الصحي	97
1-12 :المظهر العام لمياه الصرف	97
3-12 : خواص مياه الصرف	97
4-12 : مصادر مياه الصرف	99
6-12 : قياس درجة التلوث في مياه الصرف	100
7.12 :العوامل المؤثرة على كميات مياه الصرف	101
8.12:أهداف معالجة مياه الصرف	102
9.12: طرائق معالجة مياه الصرف	102
اسئلة الفصل الثاني عشر	103
الفصل الثالث عشر / متطلبات معالجة مياه الصرف الصحي	104
1-13 مدخل الى معالجة مياه الصرف الصحي	104
2-13: كفاءة المعالجة	104
3-13: أنواع المعالجة	105
4-13: دواعي التصميم	106
أسئلة الفصل الثالث عشر	108
الباب الرابع	109
المعالجات التمهيدية لمياه الصرف الصحي	109
الفصل الرابع عشر/ المعالجات الاولية	110
1-14:الغرابيل(Screens) وأنواعها	110
2-14 : طرائق تنظيف الغرابيل وصيانتها	111
3-14 : الساحنات	112
4-14:طرائق ازالة الدهون	113
5-14 :أحواض حجز الرمال	114
أسئلة الفصل الرابع عشر	115
الفصل الخامس عشر الوحدات الاولية	116
1-15:أحواض الترسيب الأولية	116
2-15 :أنواع أحواض الترسيب	117
3-15 : كفاءة الترسيب	117
4-15 : تنظيف أحواض الترسيب	118
5-15 كمية الحمأة المترسبة	118
6-15 : صيانة أحواض الترسيب	119
أسئلة الفصل الخامس عشر	119

الباب الخامس	120
وحدات المعالجة التقليدية لمياه الفضلات	120
الفصل السادس عشر الاحياء المجهرية	121
1-16: دور الكائنات الحية الدقيقة في المعالجة	122
2-16 عمليات المعالجة البايولوجية	122
3-16: أهم الكائنات الحية الدقيقة \ المجهرية	125
4-16 الاوليات(Protozoa)	126
اسئلة الفصل السادس عشر	131
الفصل السابع عشر / المرشحات البايولوجية	132
1-17 المقدمة	133
2-17:مبادىء عمل المرشحات البايولوجية	135
3-17:أجزاء حوض الترشيح البايولوجي	140
4-17 : ميزات اعادة الحمأة	143
5-17: محاسن المرشح البايولوجي	144
6-17 مساوىء المرشح البايولوجي	144
اسئلة الفصل السابع عشر	145
الفصل الثامن عشر الحمأة المنشطة	146
1-18 الوصف العام لمنظومة الحمأة المنشطة	147
2-18: تنشيط الحمأة Activation of Sludge	147
3-18 : طرائق التهوية	148
4-18 شروط عملية التهوية	149
5-18:انواع انظمة التهوية	150
6-18 طرائق التهوية عند المعالجة بوساطة الحمأة المنشطة	155
7-18 العوامل المؤثرة على طريقة الحمأة المنشطة	156
8-18 : مشاكل عملية الحمأة المنشطة ومعالجتها	158
اسئلة الفصل الثامن عشر	159
الفصل التاسع عشر/ بحيرات الاكسدة	160
1-19: مبدأ عمل البحيرات	161
2-19: انواع بحيرات الاكسدة Types of Stabilization Ponds	162
3-19: العوامل التي تؤثر في كفاءة عمل بحيرات الاكسدة	163
4-19: مميزات بحيرات الأكسدة وأهميتها	164
5-19:الآثـار الجانبيـة لبحيـرات الأكسدة	165
6-19: الطرائق المستخدمة في التشغيل	166
7-19:التشغيل المتقطع للبحيرات كالآتي	167
8-19: قنوات الأكسدة	168

9.19: التحكم في تشغيل الفرش الدوارة	170
أسئلة الفصل التاسع عشر	171
الباب السادس /محطات معالجة مياه الصرف الصحي / المعالجات المتقدمة	172
الفصل العشرون المعالجات المتقدمة	173
1-20 معالجة الحمأة	173
2-20: أنواع الحمأة وخصائصها	173
3-20: العوامل المؤثرة في طريقة المعالجة	175
4-20 : خواص الحمأة(Sludge characteristic)	176
5-20: هضم الحمأة	179
6-20 مراحل الهضم	180
7-20: العوامل المؤثرة في عملية الهضم	181
8-20 أحواض هضم الحماة	183
أسئلة الفصل العشرون	187
الفصل الحادي والعشرون طرح الحمأة	188
1-21: طرح الحمأة	188
2-21: طرائق تصريف الحمأة التخلص منها	188
3-21 تركيز الحمأة	190
أسئلة الفصل الحادي والعشرين	195
الفصل الثاني والعشرون التجفيف	196
1-22 تجفيف الحمأة (Sludge Dewatering)	196
2-22 :أحواض تجفيف الحمأة	202
أسئلة الفصل الثاني عشرين	202

تم بعونه تعالى