

برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل المتدرب

البرنامج التدريبي كيميائي مياه الصرف - ستة أشهر

التعرف على مصادر المياه والصرف وطرق المعالجة



المحتويات

٢	مقدمة
٣	نبذة مختصرة عن الماء ومصادره المختلفة
٣	الدورة الطبيعية للمياه
٤	احتياجات الإنسان من الماء
٤	مصادر المياه الخام
٧	طرق تحلية مياه البحر
٨	تحلية المياه بطرق التقطير
١٠	التحلية باستخدام طرق الأغشية
١٨	تحلية المياه بطريقة البلورة أو التجميد
١٩	المياه الجوفية ونشأة الآبار
٢١	خواص المياه الجوفية
٢٢	العوامل المؤثرة على نشأة الآبار
٢٣	إنشاء الآبار
٢٥	تطهير البئر
٢٦	تلوث مياه الآبار
٢٦	حرم البئر
٢٧	الاشتراطات الصحية للحصول علي المياه الجوفية
٢٨	تنقية المياه
٢٨	عوامل التنقية الذاتية
٣٢	تنقية المياه السطحية
٣٢	تنقية المياه السطحية بالطريقة التقليدية
٤٦	تنقية المياه السطحية بالتعويم (Flotation)
٤٩	تنقية المياه السطحية باستخدام المواد الممتزة (Adsorption)
٤٩	تنقية المياه السطحية باستخدام الأغشية (Microfiltration/Ultra filtration)
٤٩	تكنولوجيا تنقية المياه الجوفية
٤٩	معالجة الحديد والمنجنيز بالمياه الجوفية: Iron & Manganese Removal
٥٧	مصادر وخصائص مياه الصرف الصحي
٥٨	الغرض من إنشاء شبكات تجميع وصرف مياه الصرف الصحي
٥٨	أعمال تجميع المخلفات السائلة
٥٩	مصادر المياه الملوثة
٥٩	مياه الصرف الصحي المنزلي
٦١	مصادر المياه الملوثة
١٠٦	نبذة عن القوانين المصرية في مجال الحفاظ علي مياه الشرب
١٠٦	القانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢ في شأن حماية نهر النيل وفروعه من التلوث
١٠٧	القانون ٢٧ لسنة 1994 في شأن موارد مياه الشرب

مقدمة

قال الله تعالى: بسم الله الرحمن الرحيم "وجعلنا من الماء كل شيء حي" صدق الله العظيم

تعتمد مصر في مواردها المائية بصفة أساسية على نهر النيل الذي يعتبر العصب الأساسي في التنمية الشاملة، وتبلغ جملة كميات المياه المتاحة لمصر ٦١ بليون متر مكعب سنويا كالاتي:

٥. ٥٥ بليون متر مكعب نصيب مصر من مياه نهر النيل

٥. ٥ بليون متر مكعب مياه جوفية

٥. ٠ بليون متر مكعب مياه المصارف التي تستغل في رى الزراعات

ولا تكفي هذه الكمية احتياجات مصر في الوقت الحالي أي أن مصر تعاني من عجز في كميات المياه المتاحة، خاصة أن حوالي ٢ بليون متر مكعب تفقد سنويا بسبب البخر. لذا لابد أن تتخذ مصر الإجراءات اللازمة لتدبير هذا العجز ولعل من أهم الإجراءات هو التحكم في الكميات المتاحة وإعادة استخدامها والحفاظ على خصائصها الطبيعية والكيميائية والبكتريولوجية لتكون صالحة للاستخدامات في الأغراض المختلفة •

و تستخدم الموارد المائية في أغراض عدة أهمها:

مياه الشرب	الري وتنمية الثروة الحيوانية
الصناعة	تنمية الثروة السمكية والحفاظ على الحياة المائية
النقل النهري	توليد الطاقة

الأنشطة الترويحية كالسباحة والسياحة، وصيد الأسماك ٠٠٠٠ الخ

وقد قامت الأجهزة الوطنية المنوط بها حماية الموارد المائية في العديد من الدول بوضع معايير واشتراطات ومواصفات لكل نوع من استخدامات الموارد المائية وتعتبر الحد الأدنى لصلاحية المياه لكل نوع من استخدامات المياه •

وتشمل هذه المواصفات معايير طبيعية وكيميائية وبكتريولوجية للمياه يتم قياسها وتقييمها دوريا وبصفة منتظمة • وهي على سبيل المثال:

درجة التركيز الأيوني للهيدروجين - الأملاح الذائبة - الحديد - العسر الكلى - الأوكسجين الذائب - النترات - بكتريا المجموعة القولونية وبكتريا القولون النموذجي، والبكتريا القولونية السحبية. ووجود هذه البكتريا في المياه الطبيعية يدل على احتمال وجود مسببات الأمراض البكتيرية والفيروسية والطفيلية في هذه المياه •

نبذة مختصرة عن الماء ومصادره المختلفة

الدورة الطبيعية للمياه

تتكون ثلثا مساحة الكرة الأرضية من الماء في المحيطات والبحار والبحيرات وهذه المياه غير العذبة - لزيادة الملوحة بها - لا تصلح للأغراض الآدمية واستخدامات المياه الأخرى مثل الشرب وغيرها. إلا أن الله سبحانه وتعالى أوجد الوسيلة لتوفير المياه العذبة الصالحة لاستخدامات الإنسان الذي هو أفضل مخلوقات الله .

فهذا السطح الهائل من المياه يتعرض لحرارة الشمس والهواء فيتبخر الماء ويتصاعد على هيئة بخار إلى طبقات الجو العليا ويتجمع على شكل سحب تسيرها الرياح . وعندما تتعرض هذه السحب إلى أجواء منخفضة الحرارة يتكاثف بخار الماء ويسقط على هيئة أمطار على سطح الأرض مكونا الأنهار والبحيرات العذبة ويتسرب جزء منها إلى باطن الأرض مكونا المياه الجوفية والينابيع والعيون . أما الأنهار فتشق طريقها إلى أن تصب في نهاياتها إلى المحيطات والبحار والبحيرات. أما الجزء الذي يستهلكه الإنسان والحيوان والنبات فإنه يخرج إلى البيئة المحيطة بها (الماء والهواء) على صورة إفرازات ونتج . وتستمر الدورة الطبيعية للماء أي البخر والمطر . وبذلك لا يوجد فاقد في كمية الماء في الكون بل تظل ثابتة .



احتياجات الإنسان من الماء

يحتاج جسم الإنسان إلى حوالي ٢.٥ لترا من الماء يوميا وتختلف هذه الكمية طبقا لاختلاف درجات الحرارة وعوامل أخرى ٠ ويحصل الإنسان على ١.٥ لتر من الماء يوميا عن طريق الشرب والباقي فيما يتناوله من الأطعمة ٠ والماء الناتج عن التفاعلات الكيميائية داخل خلايا أعضاء الجسم.

ويحتوى جسم الإنسان البالغ الذي يبلغ وزنه ٧٠ كيلو جرام على ٥٠ لترا من الماء أي أن الماء يكون حوالي ٧٥ % من جسم الإنسان بالوزن ٠

وفي الأحوال العادية يجب على الإنسان سد احتياجاته من الماء حتى يمكن للجسم القيام بوظائفه الفسيولوجية مثل إذابة المواد الغذائية حتى يسهل هضمها وامتصاصها ٠ كما أن الماء يساعد على مرونة الأغشية المخاطية والجلد وتنظيم درجة حرارة وإفراز العصارات والعرق وفي بعض الأحوال غير العادية قد يصاب الإنسان بالنزلات المعوية والإسهال أو يعمل تحت ظروف مناخية شديدة الحرارة أو يبذل مجهودا عضليا مضاعفا كالجري أو ممارسة أنواع من الرياضة ٠ ففي هذه الأحوال يفقد الجسم كميات أكثر من الماء والأملاح وعلى الإنسان أن يشرب الماء المذاب فيه أملاح لتعويض الفاقد ووقاية الجسم من الإصابة بالجفاف ويتم التوازن بين الفاقد من الماء واحتياجات الجسم.

مصادر المياه الخام

أولاً: الأمطار

الأمطار ليست مصدرا رئيسيا للمياه في مصر لقلة الكميات التي تسقط شتاء ولا تتجاوز ١٠ ملليمترات على الساحل الشمالي ثم تقل إلى ١.٤ ملليمترات في شهر مايو ومن أهم المناطق التي تسقط عليها الأمطار الساحل الشمالي – الدلتا – شمال الصعيد – أسوان – قنا وجبال البحر الأحمر وسيناء وينتج عنها السيول وقد تم إنشاء سد وادي العريش لتخزين مياه الأمطار والاستفادة منها. كما أنشأت الدولة مخزرات للسيول وتتحدر نحو الوادي وتصب في نهر النيل. إلا أن تعديات الأهالي عليها واستغلالها في صرف المخلفات الآدمية والصناعية قد أدى إلى عدم الاستفادة منها كمخزرات لتصريف مياه السيول وحدوث كوارث في موسم الأمطار والسيول مثل غرق القرى والأرض والمزروعات وتدمير الطرق والحوادث. ويستفاد بمياه الأمطار في زراعة بعض المحاصيل مثل الشعير والزيتون، والفواكه مثل التين وأشجار النخيل في الساحل الشمالي

والصحراء الغربية والواحات وشبه جزيرة سيناء وتستغل مياه الأمطار في الساحل الشمالي " الآبار الرومانية "كمصدر لمياه الشرب عند الضرورة.

ثانيا: نهر النيل.

مصر هبة النيل فبفضل مياه الأمطار التي تسقط على الحبشة ومنابع النيل محملة بالطمي الذي ترسب على مدى السنين تكونت دلتا النيل والوادي وقامت عليها أقدم حضارة عرفها التاريخ. ويبلغ طول النيل من المنبع إلى المصب ٦٧٠٠ كيلو مترا ويخترق عددا من الدول تعرف بدول حوض النيل. أما الجزء المار في مصر فيبلغ طوله ١٥٤٠ كيلو متر من حدود مصر الجنوبية مكونا بحيرة ناصر أعظم بحيرة صناعية في العالم أمام (جنوب) السد العالي وحتى مصبها في البحر الأبيض المتوسط شمالا. ويتفرع النيل عند القناطر الخيرية شمال العاصمة إلى فرعي رشيد ودمياط اللذين يحتضنان دلتا النيل. ونظرا لأن دول حوض النيل تشارك بعضها البعض في استغلال والاستفادة بمياه النيل العظيم فقد عقدت اتفاقية لتخصيص كميات محدودة من مياه النيل لكل دولة وكان نصيب مصر منها ٥.٥٠ بليون مترا مكعبا في السنة. وتبلغ جملة الكميات المتاحة لمصر سنويا ٦١ بليون مترا مكعبا في السنة. وهذه الكمية تكفي مصر في الوقت الحالي ولكن زيادة السكان بمعدلات مرتفعة وزيادة الاستثمارات لدفع عجلة التنمية والزيادة في معدلات الاستهلاك للمياه في الأغراض المختلفة تجعل هذه الكميات المتاحة غير كافية لسد الاحتياجات منذ عام ٢٠٠٠.



ثالثاً: المياه الجوفية

المصدر الرئيسي: لها هو مياه الأمطار والتي تتسرب من خلال مسام التربة إلى الطبقة المشبعة بالمياه والمنسوب الأعلى لهذه الطبقة المشبعة يسمى المنسوب الثابت، وينحدر في اتجاه سريان المياه (في مصر من الجنوب إلى الشمال).

المياه الحرة: هي المياه الجوفية التي لا تمنع سريانها أية حواجز أو عقبات جيولوجية.

المياه المقيدة: هي المياه الجوفية التي تنحصر بين طبقتين غير مساميتين تمنع سريانها وينشأ عنها الآبار الارتوازية التي تتدفق إلى سطح الأرض تحت تأثير الضغط الواقع عليه. ولذا يجب تسمية الآبار الجوفية بالوادي والدلتا بالآبار العميقة وليس الآبار الارتوازية وقد أوصت منظمة الصحة العالمية "W. H. O" بتقسيم موارد المياه الخام الطبيعي كمصدر لمياه الشرب إلى أربعة مستويات طبقاً للمحتوى البكتيري (المجموعة القولونية) وتحديد نوع المعالجة المقترحة لكل مستوى لضمان سلامة مياه الشرب والحد من انتشار الأمراض التي تنتقل عن طريق المياه على الوجه التالي:

المستوى	العدد الاحتمالي للمجموعة القولونية (لكل ١٠٠ سم ^٣)	نوع المعالجة المطلوبة
الأول	صفر ~ ٥٠	إضافة الكلور
الثاني	٥٠ ~ ٥٠٠٠	المعالجة التقليدية (الترسيب والترويب والترشيح والتعقيم)
الثالث	٥٠٠٠ ~ ٥٠.٠٠٠	تلوث شديد للمورد المائي (المأخذ) يحتاج إلى أكثر من المعالجة التقليدية.
الرابع	أكثر من ٥٠.٠٠٠	تلوث شديد جداً. لا يصلح كمصدر لمياه الشرب.

رابعاً: تحلية مياه البحر

هي عبارة عن ازالة الاملاح من المياه وذلك لجعلها مستساغة وصالحة للشرب.

هناك طرق كثيرة لتحلية مياه البحر

عوامل اختيار الطريقة المناسبة للتحلية:

أولاً: نوعية مياه البحر (تركيز الأملاح الكلية):

تصل كمية الأملاح الكلية المذابة الى درجات مختلفة فعلى سبيل المثال في مياه الخليج العربي تصل الى حوالي ٥٦٠٠٠ جزء من المليون كما انها تتراوح ما بين ٣٨٠٠٠ الى ٤٨٠٠٠ جزء من المليون في مياه البحر الأحمر.

ثانياً: درجة حرارة مياه البحر والعوامل الطبيعية المؤثرة فيه:

ويجب مراعاة ذلك عند تصميم المحطات حيث أن المحطة تعطى الإنتاج المطلوب عند درجة الحرارة المختارة للتصميم بحيث لو زادت أو انخفضت درجة الحرارة عن هذا المعدل فإن ذلك يؤثر على كمية المنتج بالزيادة أو النقصان اما العوامل الطبيعية المؤثرة فتشمل المد والجزر وعمق البحر عند المأخذ وتلوث البيئة في مكان المأخذ.

ثالثاً: تكلفة وحدة المنتج من ماء كهرباء:

وذلك بمتابعة أحدث التطورات العالمية في مجال التحلية وتوليد الطاقة للوصول الى افضل الطرق من الناحية الاقتصادية من حيث التكلفة الرأسمالية وتكاليف التشغيل والصيانة.

طرق تحلية مياه البحر

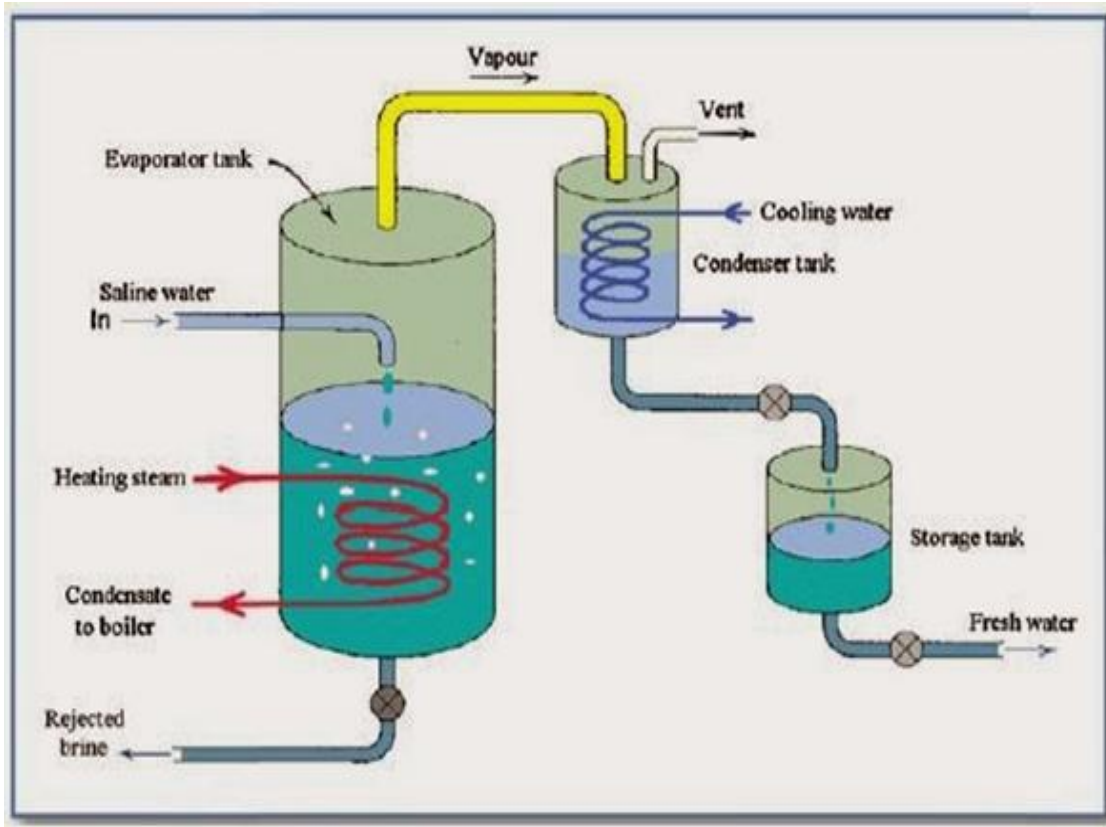


تحلية المياه بطرق التقطير

توجد عدة طرق تستخدم فيها تقنية التقطير ومن اهم هذه الطرق:

اولا: التقطير العادي

يسخن الماء المالح في خزان ماء بدون ضغط. ويصعد بخار الماء الى أعلى الخزان ويخرج عبر مسار موصل الى المكثف الذي يقوم بتكثيف بخار الماء الذي يتحول الى قطرات ماء ويتم تجميعها في خزان الماء المقطر. وتستخدم هذه الطريقة في محطات التحلية ذات الطاقة الإنتاجية الصغيرة.



ثانيا: التقطير الومضي متعدد المراحل

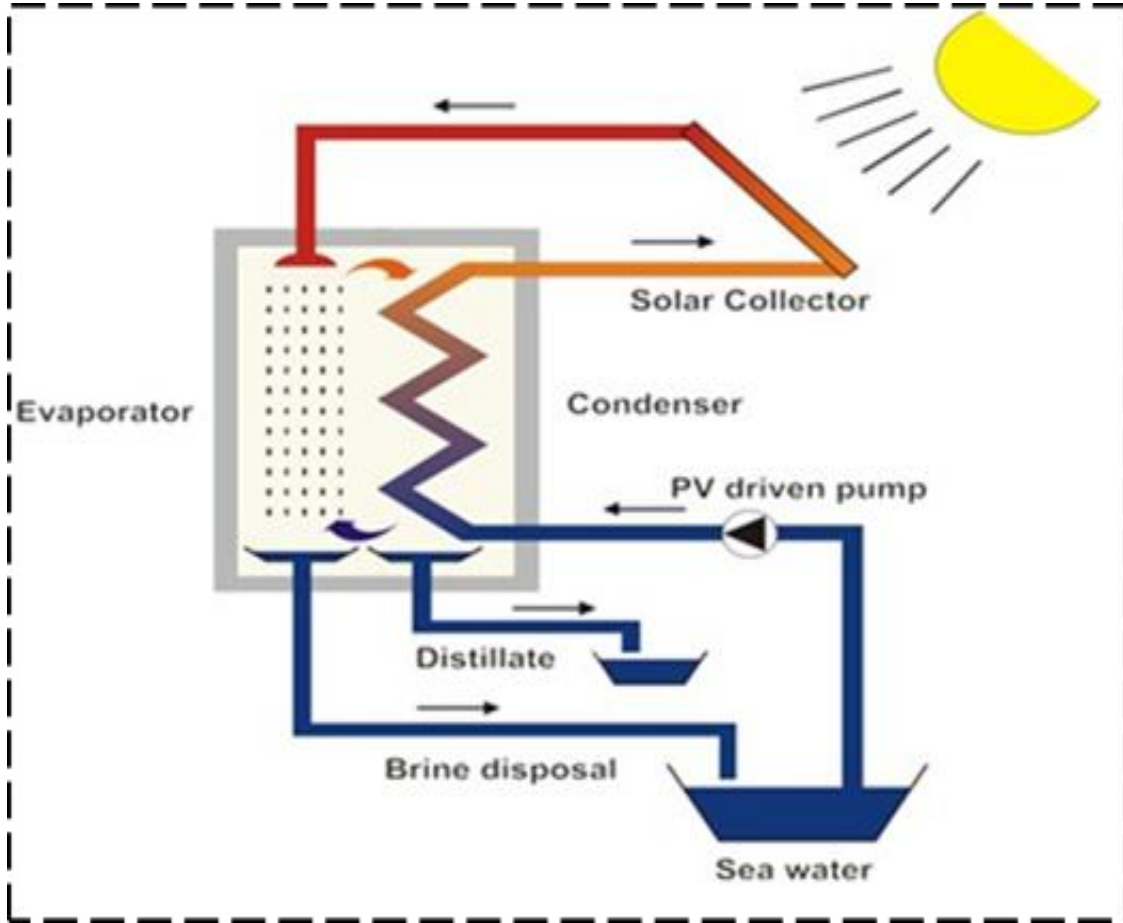
اعتمادا على الحقيقة التي تقرر ان درجة غليان السوائل تتناسب طرديا مع الضغط الواقع عليها فكلما قل الضغط الواقع على السائل انخفضت درجة غليانه. وفي هذه الطريقة تمر مياه البحر بعد تسخينها الى غرف متتالية ذات ضغط منخفض فتتحول المياه الى بخار ماء يتم تكثيفه على اسطح بارده ويجمع ويعالج بكميات صالحة للشرب. وتستخدم هذه الطريقة في محطات التحلية ذات الطاقة الانتاجية الكبيرة (٣٠٠٠٠ متر مكعب أي حوالي ٨ ملايين جالون مياه يوميا).



وبالمثل فإن المبخر الثالث يعمل كمكثف للمبخر الثاني وهكذا ويسمي كل مبخر في تلك السلسلة بالتأثير.

رابعاً: التقطير باستخدام الطاقة الشمسية:

معظم طرق التقطير التقليدية تستهلك الطاقة المستمدة من الوقود والكهرباء. غير ان الطاقة الشمسية يمكن ان تستخدم في أجهزة التقطير مع أنها تعتبر طاقة من درجة أقل. ومن مميزات نظام التقطير باستخدام الطاقة الشمسية انه نظام مبسط والمواد المستخدمة في وحدات التقطير الشمسي يمكن ان تكون محلية ومعظم عمليات التشغيل والصيانة يمكن ان تتم بواسطة العمال بدون تدريب عالي.



مميزات وعيوب استخدام الطاقة الشمسية

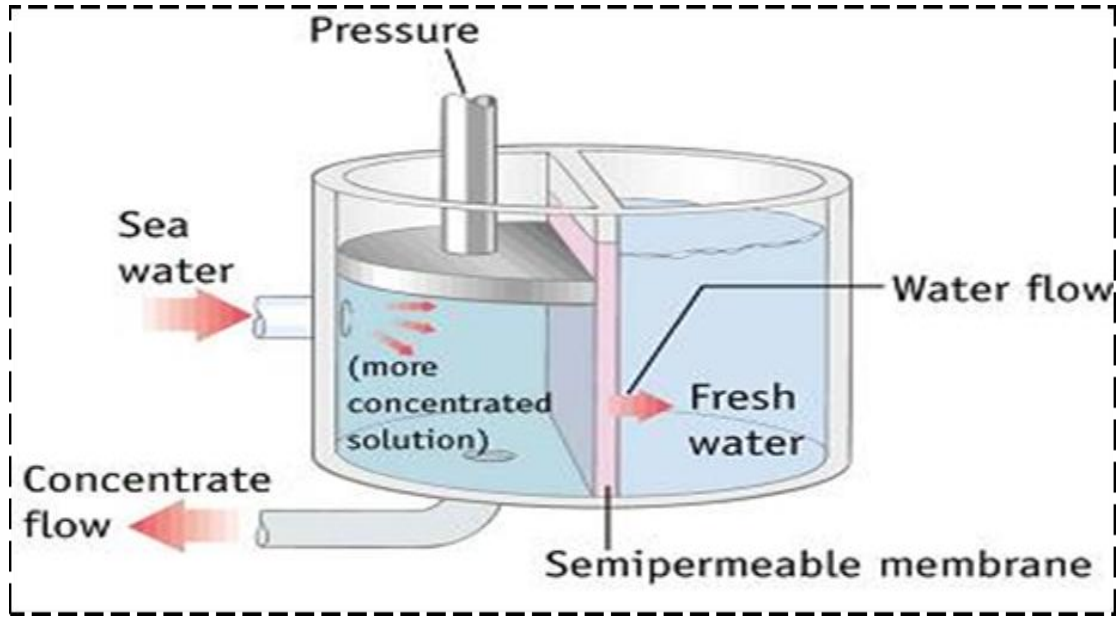
ورغم ان الطاقة الشمسية مستمرة ومتجددة غير ان تكلفة انشاء الوحدة باهظة مما يعوق استخدام هذه الطريقة بالإضافة إلي عدم الحصول علي الطاقة الشمسية علي مدار اليوم واعتماد هذه الطاقة علي عوامل الطقس والمناخ السائد زيادة علي ذلك أثر تغير الموسم عليها.

التحلية باستخدام طرق الاغشية

اولا: التناضح العكسي

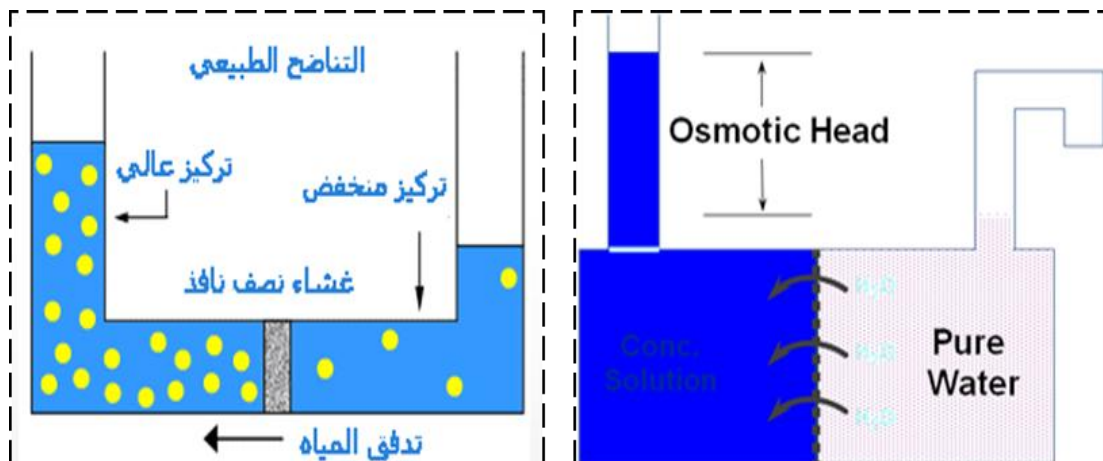
التناضح أو الإسموزية Osmosis هو الاسم الذي يطلق على عملية انتقال المذيب عبر غشاء شبه مسامي إلى المذاب ،وهو في المعنى كلمة مشتقة من الكلمة الإغريقية Osmosis والتي تعني النبض. وتستخدم تقنية التناضح العكسي في تحلية مياه البحر والمياه قليلة الملوحة وكذلك في تحلية مياه الصرف الصحي المعالج ثنائيا او ثلاثيا، حيث يمكن تقليل ملوحة هذه المياه

وتخليصها من معظم انواع البكتيريا والفيروسات والمواد الضارة الأخرى، كما تستخدم هذه التقنية في الصناعات الغذائية ومنتجات الألبان وتركيز عصير الفواكه وغيره.

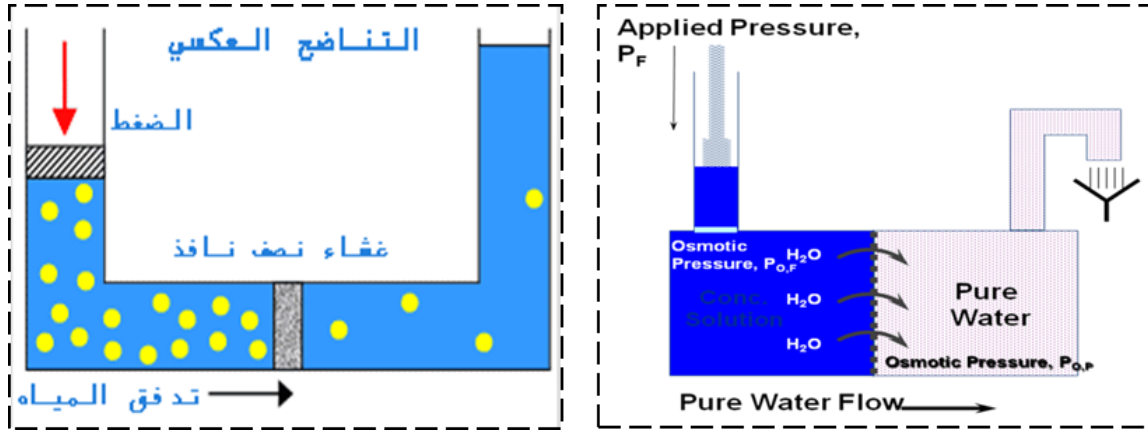


مفهوم التناضح العكسي

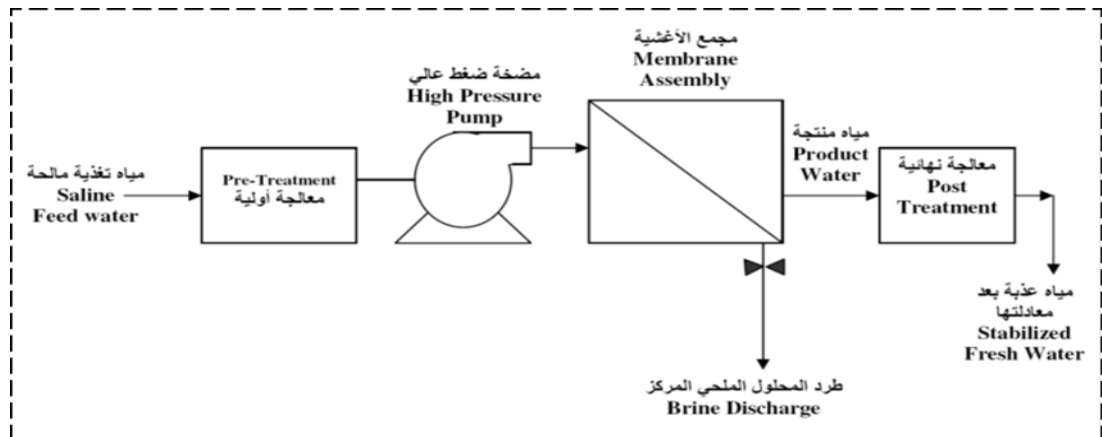
تعتمد طريقة التناضح العكسي على الخاصية الاسموزية، حيث تستخدم الضغوط المسلطة على اسطح الاغشية للتغلب على الضغط الاسموزي الطبيعي للماء، فإذا وضع غشاء شبه نفاذ بين محلولين متساويين في التركيز تحت درجة حرارة وضغط متساويين لا يحدث أي مرور للمياه عبر الغشاء نتيجة تساوي الجهد الكيميائي على جانبيه، وإذا ما اضيف ملح قابل للذوبان لأحد المحلولين ينخفض الضغط ويحدث تدفق اسموزي للماء من الجانب الأقل ملوحة إلى الجانب الأكثر ملوحة حتى يعود الجهد الكيميائي إلى حالة التوازن السابقة. ويحدث هذا التوازن عندما يصبح فرق الضغط في حجم السائل الأكثر ملوحة مساويا للضغط الاسموزي، وهي خاصية من خواص السوائل ليس لها علاقة بالغشاء.



وعند توجيه ضغط مساوى للضغط الاسموزي على سطح المحلول الملحي يتم التوصل ايضا إلى حالة التوازن ويتوقف سريان المياه من خلال الغشاء وإذا رفع الضغط الى أكثر من ذلك فإن الجهد الكيميائي للسائل سيرتفع ويسبب تدفقا عكسيا للماء من المحلول الملحي باتجاه المحلول الأقل ملوحة وهو ما يعرف بالتناضح العكسي وفاعلية طريقة التناضح العكسي في التخلص من الأملاح ممتازة تصل الى أكثر من 99% وكذلك فإن أغشية التناضح العكسي لها قدرة على التخلص من البكتيريا والجراثيم والعناصر الضارة الموجودة في المياه.



وتعتمد طرق تحلية المياه بالأغشية بتقنية التناضح العكسي على استخدام الخواص الطبيعية لأنواع مختلفة من الأغشية المصنعة بعضها من بوليمرات شبه منفذة تسمح بمرور الماء فقط دون أيونات الأملاح الذائبة تحت تأثير ضغط هيدروليكي. ومن الناحية التطبيقية يتم ضخ مياه التغذية في وعاء مغلق حيث يضغط على الغشاء، وعندما يمر جزء من الماء عبر الغشاء تزداد محتويات الماء المتبقي من الملح. وفي نفس الوقت فإن جزءا من مياه التغذية يتم التخلص منه دون أن يمر عبر الغشاء. وبدون هذا التخلص فإن الازدياد المطرد لملوحة مياه التغذية يتسبب في مشاكل كثيرة، مثل زيادة الملوحة والترسبات وزيادة الضغط الاسموزي عبر الأغشية. وتتراوح كمية المياه المتخلص منها بهذه الطريقة ما بين ٢٠ إلى ٧٠% من التغذية اعتمادا على كمية الأملاح الموجودة فيها.



وتنقسم تقنية التناضح العكسي إلى أربعة مراحل أساسية من المعالجات وهي:

١- مرحلة المعالجة الأولية.

2- مرحلة الضغط (مضخة ذات ضغط عال)

3- مرحلة الفصل بواسطة الأغشية (مجمع أغشية)

4- معالجة نهائية (مرحلة التثبيت)

أولاً: مرحلة المعالجة الأولية:

يتم خلال هذه المرحلة (العملية) تنظيم مياه التغذية لتكون أكثر انسجاماً مع الشروط الأساسية لعمل الأغشية، حيث يتم تنقية مياه التغذية من العوالق الصلبة من خلال الفلاتر الرملية ووحدات الخراطيش الميكرونية (القطنية)، ويتم خلالها أيضاً ضبط الرقم الهيدروجيني، وإضافة مواد كيميائية خاصة مثل (كبريتات الكالسيوم) التي تمنع حدوث تكلسات في العمليات اللاحقة.

والمعالجة الأولية مهمة لأن مياه التغذية يجب أن تمر عبر ممرات ضيقة أثناء العملية، كذلك يجب إزالة العوالق ومنع ترسب الكائنات الحية ونموها على الأغشية. وتشمل المعالجة الكيميائية التصفية وإضافة حامض أو مواد كيميائية أخرى لمنع الترسب.

ثانياً: مرحلة الضغط:

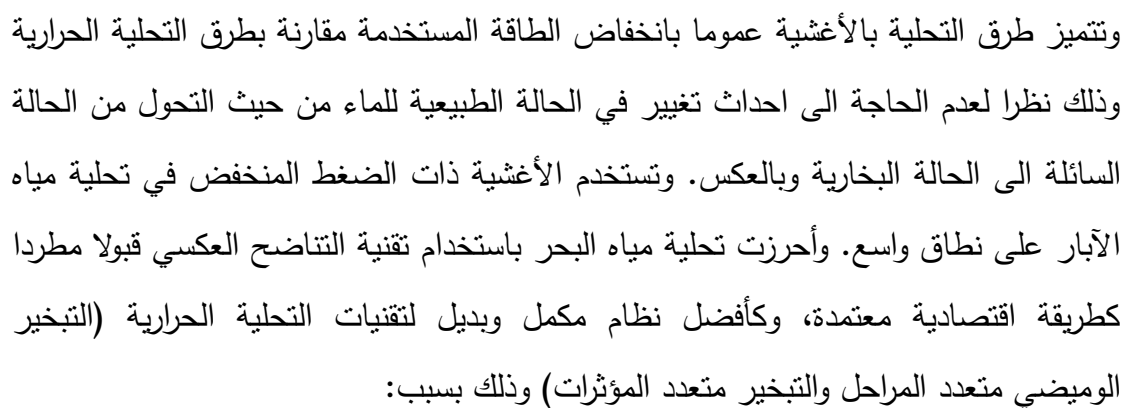
يتم خلال هذه المرحلة رفع الضغط على المياه المعالجة أولاً إلى المستوى المناسب لنوع الأغشية ونسبة الأملاح المنحلة في المياه المطلوب معالجتها. والمضخة ذات الضغط العالي تعمل على رفع الضغط الهيدروليكي لمياه التغذية إلى الحد الكافي للتغلب على الضغط الأسموزي الطبيعي وزيادة تكفي لإنتاج الكمية المطلوبة من المياه العذبة، وبالتالي توفر هذه المضخة الضغط اللازم لعبور الماء من خلال الأغشية وحجز الأملاح، وتتناسب الضغوط المطلوبة تناسباً طردياً مع درجة ملوحة مياه التغذية. حيث تتراوح ما بين 17 إلى 27 باراً في حالة المياه قليلة الملوحة التي تتراوح ملوحتها بين 10000-2000 جزء في المليون، بينما تتراوح الضغوط المطلوبة بين 45 إلى 80 باراً لمياه البحار المالحة مثل مياه الخليج العربي والتي تصل فيها الملوحة إلى 45000 جزء في المليون.

ثالثا: مرحلة الفصل بواسطة الأغشية:

تقوم الأغشية في هذه المرحلة بالسماح للمياه العذبة أو النقية بالمرور خلال الثقوب الميكرونية للغشاء، بينما تمنع الأملاح الذائبة من المرور، حيث يتم تحويلها إلى خط الصرف ذو التركيز الملحي العالي، بينما تتمكن نسبة قليلة من الأملاح من عبور الأغشية والسبب في ذلك يعود إلى عدم كمال الأغشية النسيجية. ويتكون مجمع الأغشية من وعاء ضغط وغشاء يسمح بضغط الماء عليه كما يتحمل الغشاء فارق الضغط فيه. والأغشية نصف المنفذة قابلة للتكسر وتختلف في قدرتها على مرور الماء العذب وحجز الأملاح. وليس هناك غشاء محكم إحكاما كاملا في طرد الأملاح، ولذلك توجد بعض الأملاح في المياه المنتجة. تعمل هذه الأغشية على إزالة أكثر من 75 % من الأملاح إضافة إلى معظم أنواع العضويات، الدقائق virus، والكثير من الملوثات الكيميائية، وتتراوح قياسات المسامات في الأنواع المختلفة من الأغشية بين 10 انجستروم إلى 100 ميكرون. وتصنع أغشية التناضح العكسي من أنماط مختلفة، وهناك أربعة أنواع من نظم الأغشية المعروفة وهي الأغشية المسطحة والأغشية الأنبوبية والأغشية الشعرية المجوفة والأغشية الحلزونية، ولكل من هذه الأغشية مقدرة معينة على إنتاج المياه العذبة وإمرار الأملاح واحتجازها.

رابعا: مرحلة التثبيت (ما بعد المعالجة):

يتم في هذه المرحلة ضبط حموضة المياه العذبة الناتجة من خلال عملية ضبط الكيميائية للرقم الهيدروجيني للمياه pH Adjustment برفعها من حوالي الرقم 5 إلى 7.5 ويتم خلال هذه المرحلة أيضا إضافة الكلور للحفاظ على المياه معقمة من الكائنات الحية الدقيقة والبكتيريا التي قد تصلها خلال فترات التخزين والضخ عبر الشبكة. وتهدف المرحلة النهائية هذه المحافظة على خصائص الماء واعداده للتوزيع، وربما شملت هذه المعالجة إزالة الغازات مثل غاز كبريتيد الهيدروجين وتعديل درجة القلوية. ويوضح الشكل التالي محطة لإزالة الأملاح بطريقة التناضح العكسي.



۱۵

عليه في حالة التقطير الوميضي متعدد المراحل، فضلاً عن ذلك فإن التناضح العكسي يحتاج الى ثلث ما يحتاجه التقطير الوميضي من مياه التغذية لإنتاج نفس الكمية من الماء العذب. وبالطبع ينعكس ذلك على الطاقة اللازمة لتشغيل المضخات وحجمها وتصميم مأخذ المياه.

2- قلة المساحة التي يشغلها بالمقارنة بنظم التحلية الأخرى.

3- انخفاض معدل حدوث الترسبات والتآكل فيه بالمقارنة بنظم التحلية الأخرى.

4- مدة انجاز مشاريع التناضح العكسي اقل مما هي الحال عليه بالنسبة لوحدات التقطير.

5- قلة تكلفة معظم مكونات النظام لكونها بلاستيكية الصنع.

6- سهولة تجميع وتشغيل وصيانة النظام وذلك لكونه من وحدات قائمة بذاتها.

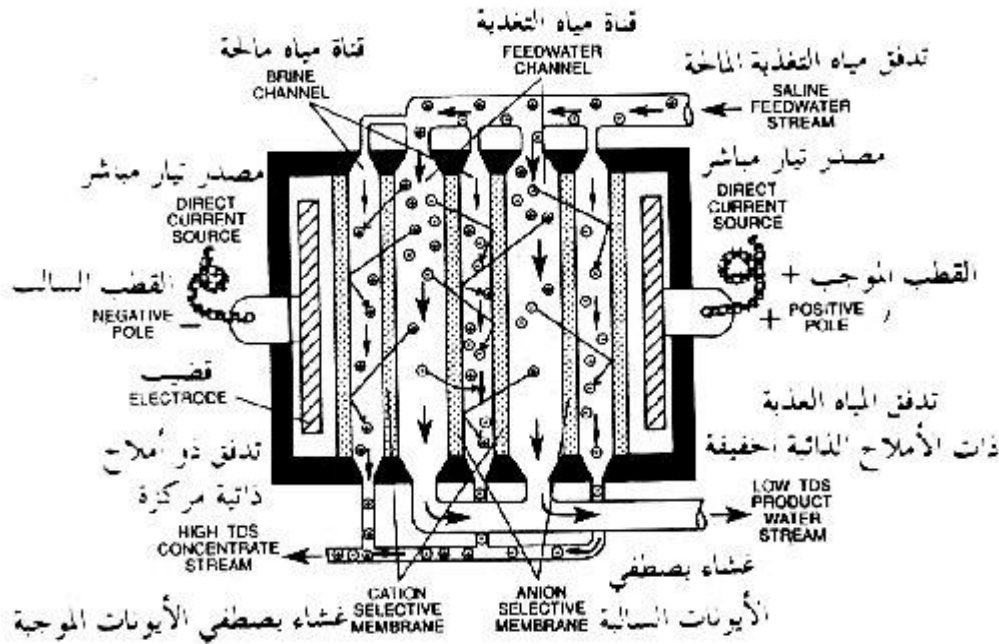
ثانياً: الديليزة الكهربائية:

عُرفت الديليزة الكهربائية تجارياً منذ الستينيات، أي عشر سنوات قبل التناضح العكسي وتعتمد تقنية الديليزة الكهربائية على الأسس العامة التالية. أغلب الأملاح الذائبة في الماء متأينة إيجابياً (CATHODIC) أو سلبياً (IONIC). هذه الأيونات تتجذب نحو القطب الكهربائي (ELECTROD) حسبما تحمله من شحنة كهربائية (ELETRIC CHARGE).

يمكن إنشاء أغشية تسمح انتقائياً بمرور الأيونات حسب شحنتها الكهربائية (سالبة أو موجبة).

فعلى سبيل المثال فإن محتويات الأيونات الذائبة في المحلول الملحي مثل الصوديوم (+) الكلوريد (-) الكالسيوم (++) والكربونات (--) تظل منتشرة في الماء لتتولى معادلة شحناتها الخاصة. وعند توصيل الأقطاب الكهربائية إلى مصدر تيار خارجي، مثل البطارية المتصلة بالماء، فإن الأيونات تتجه نحو الشحنات المعاكسة لشحناتها والموجودة في المحلول، وذلك من خلال التيار الكهربائي الساري في المحلول سعياً وراء التعادل (NEUTRALIZATION). ولتتم تحلية المياه المالحة من خلال هذه الظواهر فإن الأغشية التي تسمح بمرور أيونات من نوع واحد فقط (وليس النوعين) توضع بين قطبين كهربائيين، على أن يتم وضع هذه الأغشية بطريقة متعاقبة، أي غشاء واحد لانتقاء الأيونات ذات الشحنة الموجبة السالبة، مع وضع لوح فاصل بين كل غشائين يسمح بإنسياب الماء بينهما وبشكل أحد اللوحين الفاصلين قناة تحمل مياه التغذية والمياه المنتجة، بينهما يشكل اللوح الفاصل الآخر قناة تحمل مياه الرجيع. وحيث أن الأقطاب الكهربائية مشحونة وتناسب مياه التغذية المالحة عبر اللوح الفاصل بزوايا مستقيمة على القطب،

فإن الأيونات تنجذب وتتجه القطب الإيجابي. وهذا يؤدي تركيز أملاح قناة الماء المنتج. وتمر الأيونات ذات الشحنة السالبة خلال الغشاء الانتقائي لها ولكنها لا تستطيع أن تمر خلال الغشاء الخاص بالأيونات الموجبة والذي يقلل خطتها وتبقى للأيونات السالبة في الماء المالح (الرجيع). وبالمثل فإن الأيونات الموجبة تحت تأثير القطب السلبى تتحرك في الاتجاه المعاكس من خلال الغشاء المنتقى للأيونات الموجبة إلى القناة ذات الماء المركز في الجانب الآخر، وهنا يتم



تحرك الأيونات في عملية الديليزة الكهربائية

اصطياد الأيونات الموجبة حيث أن الغشاء التالي ينتقى الأيونات السالبة ويمنع أي تحرك نحو القطب. وبهذا الأسلوب يتم إيجاد محلولين أحدهما مركز والآخر قليل التركيز بين الغشائين المتعاقبين المتجاورين. وهذان الفراغان المحتويان من قبل الغشائين (واحد للأيونات السالبة والآخر للموجبة) يسميان خلية. ويتكون زوج الخلية من خليتين حيث يهاجر من إحدهما الأيونات (الخلية المخففة للمياه المنتجة) وفي الأخرى تتركز الأيونات (الخلية المركزة لمياه الرجيع). وتتكون وحدة الديليزة الكهربائية من عدة مئات من أزواج الخلايا مربوطة مع بعضها البعض بأقطاب كهربائية تسمى مجمع الأغشية. وتمر مياه التغذية متحاذاة في آن واحد عبر ممرات من خلال الخلايا لتوفير انسياب المياه المنتجة المحلاة كما يمر الماء المركز من المجمع. واستناداً على تصميم النظام فإنه يمكن إضافة المواد الكيميائية في المجمع لتخفيف الجهد الكهربائي ومنع تكوين القشور.

ثالثاً: تقنية الديليزة الكهربائية المعكوسة:

منذ مطلع السبعينات قدمت إحدى الشركات الأمريكية علمية الديليزة الكهربائية المعكوسة على أساس تجاري. وتقوم وحدة الديليزة الكهربائية المعكوسة عموماً على الأسس ذاتها التي تقوم عليها وحدة الديليزة الكهربائية، غير أن كلاً من قناتي الماء المنتج والماء المركز متطابقتان في التركيب الإنشائي، وعلى فترات متعددة من الساعة الواحدة تنعكس قطبية الأقطاب كما ينعكس الانسياب آنياً بحيث تصبح القناة المنتجة هي قناة المياه المركزة وقناة المياه المركزة هي قناة المياه المنتجة، والمنتجة هي المعاكس عبر مجمع الأغشية وبمجرد انعكاس القطبية والانسياب فإن كمية وافية من المياه المنتجة تنصرف حتى يتم غسيل خطوط مجمع الأغشية ويتم الحصول على نوعية المياه المرغوبة. وتستغرق عملية الغسيل هذه ما بين ١-٢ دقيقة ثم تستأنف عملية إنتاج المياه. وبفقد انعكاس العملية في تحريك وغسيل القشور والمخلفات الأخرى في الخلايا قبل تراكمها وتسببها لبعض العضلات (الانسداد مثلاً). والغسيل يسمح للوحدة بالتشغيل بقليل من المعالجة الأولية ويقلل اتساخ الأغشية.

تحلية المياه بطريقة البلورة أو التجميد**الفكرة الأساسية:**

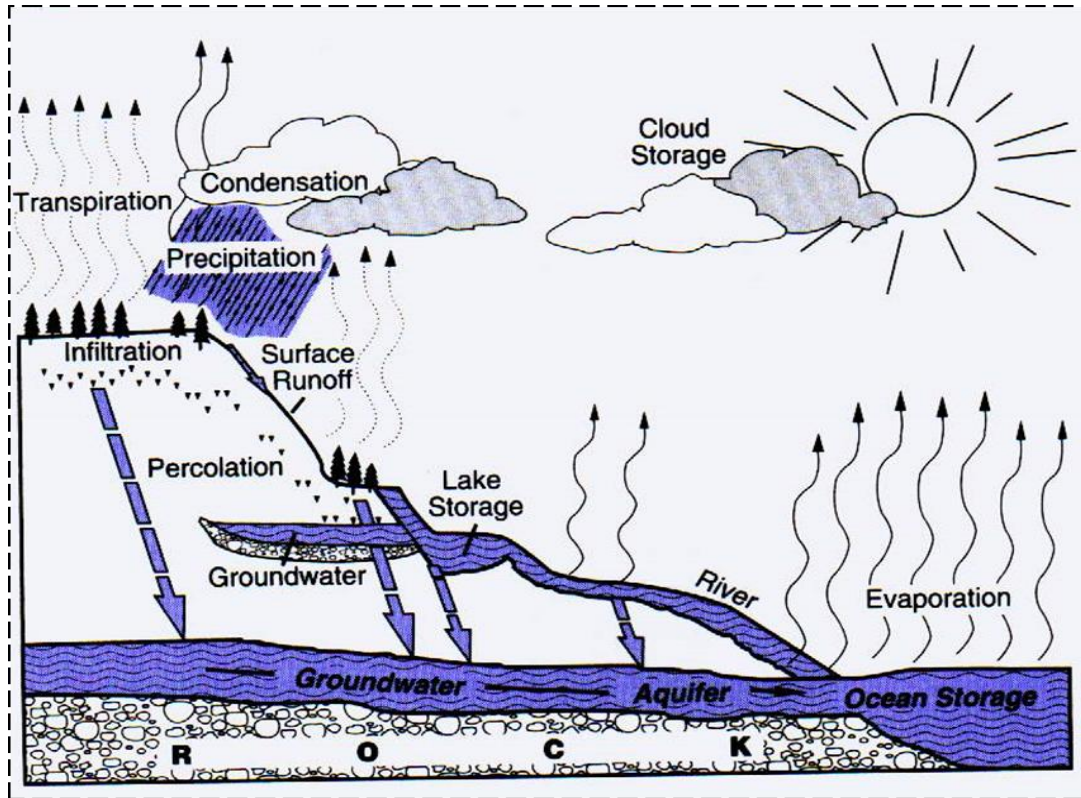
تعتمد عملية إزالة ملوحة المياه بالتجميد على الحقيقة الثابتة أن بلورات الثلج المتكونة بتبريد ماء مالح تكون خالية من الملح، مما يجعل هناك تشابهاً بين هذه العملية وعملية التقطير التي تنتج بخاراً خالياً من الأملاح من محلول من الماء المالح. هذا التشابه يظهر فقط من ناحية خلو الناتج في كلتا العمليتين من الأملاح ولكنهما بالطبع يختلفان من الناحية العملية حيث تتم عملية التقطير عند درجة حرارة أعلى من الدرجة المحيطة بينما تتم عملية التجميد عند درجة حرارة أقل من الدرجة المحيطة. وهذا الاختلاف في درجة حرارة التشغيل، في كلتا العمليتين، يؤثر على تصميم الأجهزة والمعدات الخاصة بكل عملية، إذ يراعى في تصميم عملية التقطير تقليل كمية الحرارة المفقودة من وحدة التقطير إلى الجو المحيط، بينما يراعى في تصميم عملية إزالة الملوحة بالتجميد تقليل من كمية الحرارة المكتسبة بوحدة التجميد من الجو المحيط. وأهم عيوب إزالة ملوحة المياه بالتجميد هي المشاكل الناجمة عن نقل وتنقية الثلج، وأهم مميزاتها التقليل من الترسب والتآكل إذ يتم التشغيل عند درجات حرارة منخفضة نسبياً.

المياه الجوفية ونشأة الآبار

المياه الجوفية هي المياه التي تسربت خلال طبقات الأرض من الأمطار والأنهار والبحيرات العذبة. وهذه المياه تتواجد في باطن الأرض على أعماق وصور مختلفة، وكمية المياه الموجودة بالكرة الأرضية ثابتة منذ القدم ولا تتغير، وهذا يرجع إلى الدورة الهيدرولوجية.

تتلخص الدورة الهيدرولوجية في الآتي:

- تتبخر المياه من المسطحات المائية وكذا من نتح النباتات المائية ومن الإنسان والحيوان.
- يتصاعد بخار الماء ويتجمع مكوناً السحب.
- يتكثف بخار الماء ويسقط كأمطار.
- تتجمع مياه الأمطار في البحيرات العذبة والأنهار وفروعها.
- يتسرب جزء من هذه المياه إلى باطن الأرض مكوناً المياه الجوفية والتي يتم استخراجها إلى السطح إما طبيعياً أو صناعياً.

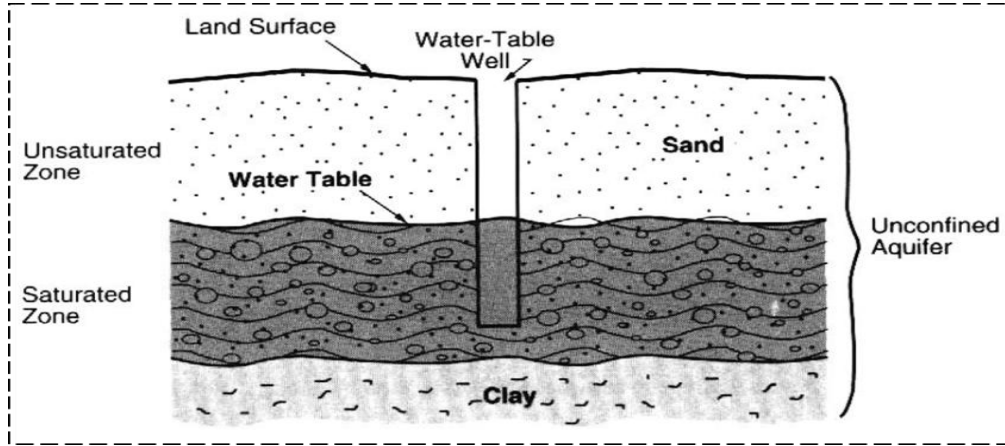


والمياه الجوفية رغم أنها تكون في الغالب خالية من أي تلوث بكتريولوجي، إلا انها تحتاج لدراسات وتحليلات كاملة قبل السماح باستخدامها، كما أنها تتواجد على أبعاد مختلفة عن سطح الأرض تتغير من موقع لآخر وذلك حسب التكوين الجيولوجي للتربة.

تنقسم خزانات المياه الجوفية إلى:

١. الخزان الجوفي الحر

وهو عبارة عن مياه تشبعت بها حبيبات التربة، نتيجة تسرب مياه الأمطار والأنهار والبحيرات والمجاري المائية، وتسمى بخزانات المياه الحرة وتتوقف خصائص الطبقة الحاملة للمياه في تلك المنطقة على الخواص الطبيعية للتربة، وأهمها مسامية التربة وقطر الحبيبات وقوى الجذب والتوتر السطحي ما بين حبيبات التربة وقطرات الماء.

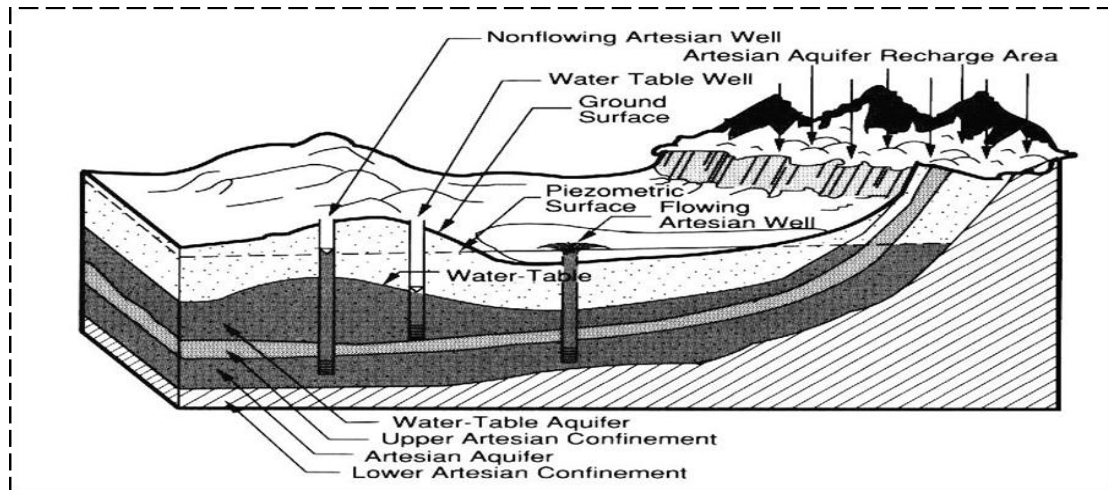


٢. الخزان الجوفي المحصور

هو عبارة عن مياه نفذت إلى طبقات الأرض العميقة نتيجة لتسرب مياه الأمطار أو البحيرات أو الأنهار حتى استقرت بين طبقتين. فإذا كانت الطبقة العلوية غير منفذة (صماء) والسفلى منفذة سميت خزانات المياه الجوفية "شبه المحصورة".

أما إذا كانت الطبقتين صمائتين سميت خزانات المياه الجوفية "المحصورة".

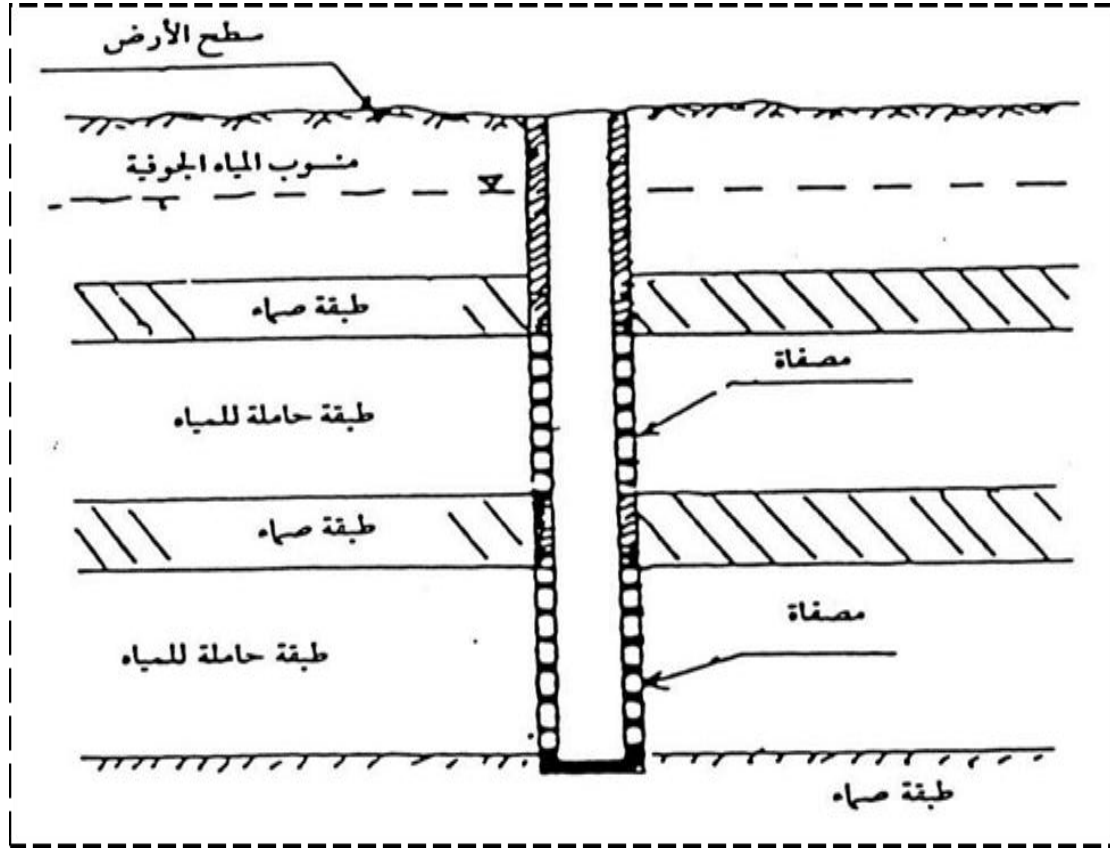
والمياه تكون حرة الحركة في الاتجاه الأفقي فقط.



خواص المياه الجوفية

تتغير خواص المياه الجوفية من موقع لآخر، وكذلك تتغير من عمق لآخر في نفس الموقع، بل وأحياناً تتغير لنفس العمق مع تغير معدلات الرفع إذا كانت كبيرة واستمرت لسنوات طويلة.

وتعتمد مكونات وخواص المياه الجوفية على جميع العوامل التي صاحبت هذه المياه بداية من سقوطها كأمطار، ثم سريانها خلال طبقات التربة المختلفة التكوين رأسياً ثم أفقياً، وحتى رفعها للاستعمال.



وتنقسم الآبار إلى:

- آبار سطحية
- آبار عميقة
- آبار متعددة الطبقات

١. الآبار السطحية:

يستمد منها الماء من طبقه حاملة للمياه (Water table well) أعلى أول طبقة غير منفذة (صماء)، ويكون منسوب سطح المياه في حالة عدم تشغيل البئر مساوياً لمنسوب سطح المياه الجوفية، ومساوياً للضغط الجوي.

٢. الآبار العميقة:

تستمد منها المياه من طبقة حاملة للمياه على أعماق بعيدة، وعادة ما تكون غنية بالمياه. وتتميز الآبار العميقة بعدم تلوث مياهها من الناحية البكتريولوجية (الأمر الذي يحدث في الآبار السطحية)، وكذلك باندفاع الماء ذاتياً في بعضها دون الحاجة لاستخدام الطلمبات (الآبار الأرتوازية).

٣. آبار متعددة الطبقات:

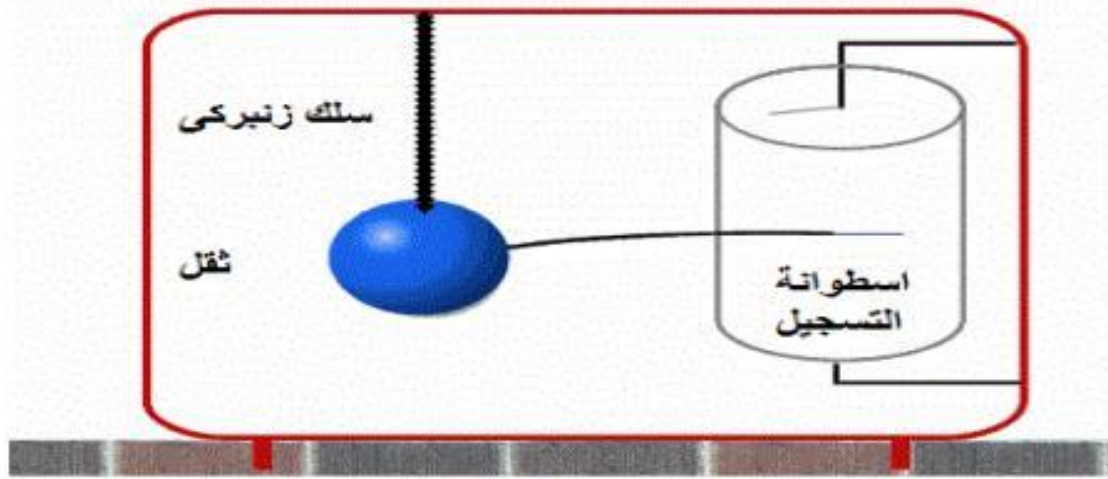
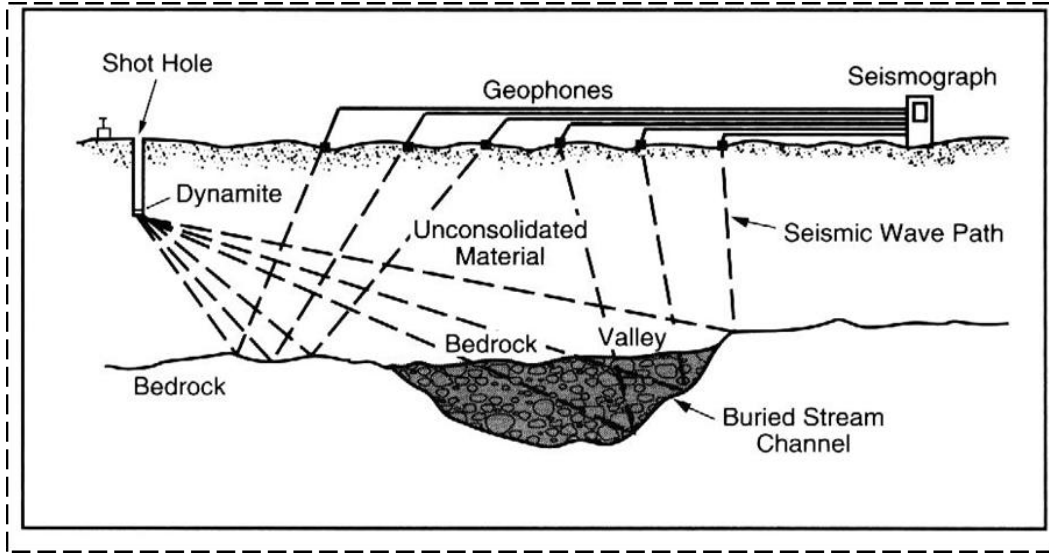
وهي الآبار التي تخترق عدة طبقات حاملة للمياه، مما يؤدي إلى زيادة تصرف البئر، وتحسين خواص المياه بسبب اختلاف نوعية المياه في الطبقات الحاملة المختلفة.

العوامل المؤثرة على نشأة الآبار

- ❖ بعد المياه الجوفية عن سطح الأرض.
- ❖ مكونات وخواص التربة من سطح الأرض وحتى أسفل الطبقات الحاملة.
- ❖ معدلات سحب المياه المطلوبة.
- ❖ مصادر التلوث المحتملة في المنطقة.
- ❖ موقع البئر المقترح بالنسبة للآبار المجاورة له.

إنشاء الآبار

السيزموجراف هو اختبار يحدد مكان ومنسوب الخزان الجوفي ،علاوة على معرفة طبقات الأرض التي نحن بصدد إنشاء البئر بها.



شكل مبسط لجهاز السيزموجراف

يتم تنفيذ الآبار بإحدى الطرق الآتية:

- بالحفر.
- استعمال ثقل لدق البئر.
- استعمال البريمة لتقّب الأرض.
- استخدام قيسون يدوي أو ميكانيكي لتغويس البئر.

١. البئر المحفور (Dug well)

ينشأ هذا النوع من الآبار بعمل حفرة في الأرض [يدوياً أو آلياً]، ويبنى جدار بداخلها يصل إلى منسوب المياه الجوفية. وهذه الآبار معرضة للتلوث خاصة إذا كانت غير مغطاة، وأحياناً يستعمل الدلو لرفع المياه، وهذا النوع يجب أن يعامل معاملة المياه السطحية (تعقيم - ترشيح).

٢. استعمال النخل لدق البئر (Driven well)

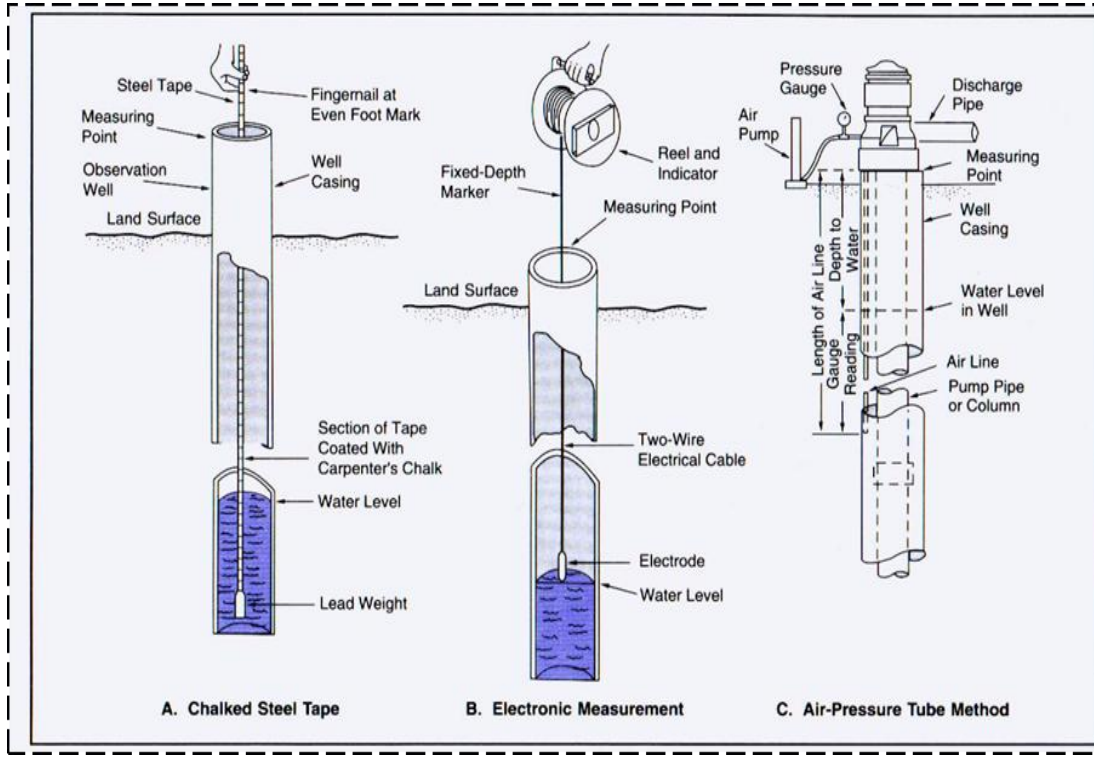
في هذه الطريقة يتم استخدام نخل يرتفع ثم يسقط على رأس الماسورة. ويبدأ العمل بوضع ماسورة المصافي رأسياً وطرفها المدبب إلى أسفل، ثم يتم الدق عليها بواسطة النخل حتى تهبط داخل الأرض. وعند اقتراب نهاية الماسورة من سطح الأرض، يتم ربط الماسورة التالية بها بواسطة الجلب المقلوطة. وهكذا يتم استئناف الدق وربط المواسير ببعضها حتى الوصول إلى العمق المطلوب الذي تتواجد فيه المياه الجوفية.

٣. استعمال البريمة لثقب الأرض (Barded well)

في هذه الطريقة تستعمل بريمة بقطر أكبر قليلاً من قطر ماسورة البئر. ويبدأ العمل بأن تثبت البريمة رأسياً، ثم تدار لتتنزل في الأرض لنهايتها، ثم ترفع رأسياً دون أن تدار لكي تخرج حبيبات التربة في ثنايا البريمة.

٤. استخدام قيسون يدوي أو ميكانيكي

وتعرف بطريقة التحميل والحفر، وفي هذه الطريقة يتم تحديد موقع البئر، وإحضار المعدات اليدوية اللازمة لأعمال الدق والتغويص.



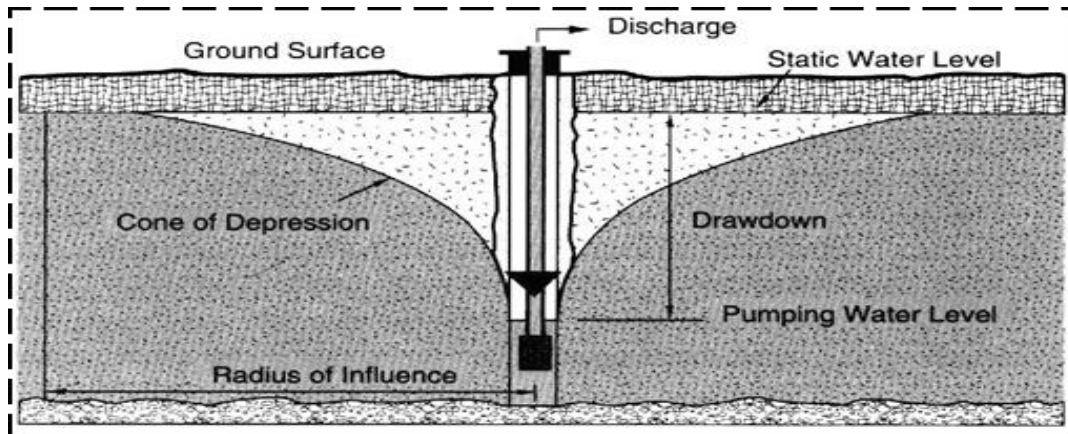
تطهير البئر

يتعرض البئر أثناء تنفيذه للتلوث من المصادر الخارجية كالأتربة والمياه السطحية والأدوات المستخدمة في التنفيذ، لذا يجب تطهير البئر والمنطقة المحيطة به من هذا التلوث.

تعقيم البئر: بعد عمليه التطهير تأتي عملية تعقيم البئر، ويتم ذلك باستخدام محلول الكلور.

يتم حساب معدل التصرف للبئر بالطريقة التقريبية التالية:

يتم إحضار طلمبه رفع مياه بمحرك متغير السرعات ويركب على خط الطرد عداد لقياس معدل التصرف. يتم تركيب الطلمبة على البئر وتشغيلها على سرعات متغيرة، مع ملاحظة مستوى الماء في البئر عند التشغيل على كل سرعة وتحدد السرعة التي يكون عندها منسوب الماء ثابتاً، عندئذ يكون هو التصرف المنتظر من البئر مساوياً لتصرف الطلمبة عند هذه السرعة.

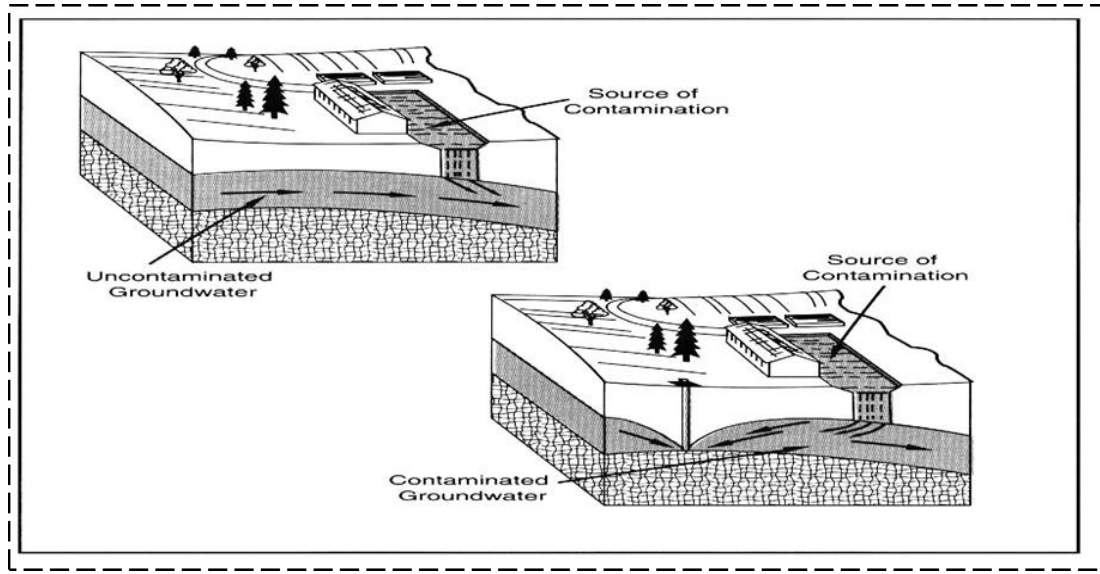


تلوث مياه الآبار

يتوقف تلوث المياه الجوفية من حيث نوعه وشدته على نوع مصدر التلوث، ونوع طبقات الأرض، وحالة البئر، وعمقه، وتصميمه، ومدى انخفاض مخروط السحب، وتأثيره على المنسوب المائي.

فكلما زاد اتساع مخروط السحب (يزيد بزيادة قوة تشغيل الطلمبة) حول المآخذ كلما زاد احتمال وصول المياه الملوثة إلي البئر.

السريان العكسي لمياه الخزان الجوفي نتيجة تأثير معدل سحب المياه بالبئر



حرم البئر

تطلق عبارة حرم البئر على المساحة المطلوب تأمينها من التلوث حول محيط موقع البئر، وهي دائرة نصف قطرها يتحدد بناءً على نوع مصدر التلوث المحتمل تواجده.

وتقسم لثلاث فئات كالتالي:

١- الفئة الأولى: تشمل المراحيض ذات الحفرة السطحية (١م)، وخزانات التحليل الصماء، ومواسير المجاري. والحد الأدنى لحرم البئر في هذه الحالة يكون ١٥ م.

٢- الفئة الثانية: تشمل المراحيض ذات الحفرة العميقة (٤-٦ م)، وحظائر المواشي. والحد الأدنى لحرم البئر في هذه الحالة يكون ٣٠ م.

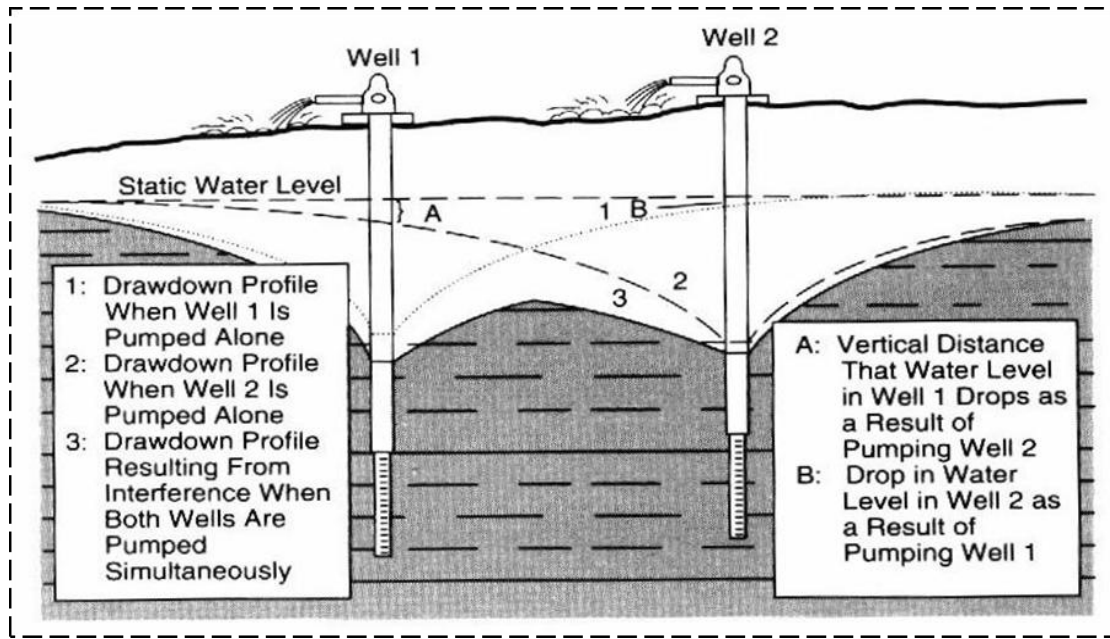
٣- الفئة الثالثة: تشمل الخزان الراشح أو الببارة. والحد الأدنى لحرم البئر في هذه الحالة يكون

٤٥ م.

الاشتراطات الصحية للحصول على المياه الجوفية

تعتبر الآبار المغطاة، والمركب عليها طلمبة سحب، أحسن وسيلة للحصول على المياه الجوفية ، إذا ما توافرت لها الشروط التالية:

١. أن يكون موقع البئر فوق التيار بالنسبة للمدينة أو القرية.
٢. أن تكون الآبار [في حالة وجود أكثر من بئر] ممتدة على خط متجهاً من الشرق إلى الغرب، وليس من الجنوب إلى الشمال حتى لا يؤثر منسوب سحب الآبار على بعضها [حيث أن تيار المياه الجوفية بمصر يتجه شمالاً].



تداخل مخروط السحب بين بئرين

٣. أن لا يقل عمق البئر عن ٢٠ م.
٤. أن تبعد الآبار عن مصادر التلوث [يراعى تعليمات حرم البئر].
٥. أن تكون الأرض خالية من الشقوق.
٦. أن ترفع فوهة البئر فوق سطح الأرض، وعمل دكة من الإسمنت بقطر مترين حول ماسورة البئر، وممتدة بانحدار للخارج لمنع تسرب المياه إليها.
٧. أن تكون إنتاجية البئر كافية للأغراض المنشأ لأجلها.
٨. أن تكون نوعية المياه مطابقة للواصفات والمعايير الصحية.

تنقية المياه

١ - التنقية الذاتية للمياه الجارية:

- الأنهار بطبيعة تكوينها وحركات مياهها وما تتعرض له من العوامل الطبيعية كثيرا ما تنقي مياهها بمرور الوقت ويعبر عن ذلك بالتنقية الذاتية.
- وهذه العوامل على الرغم من بساطتها الظاهرة إلا أن لها من الأثر ما قد يحول نهرا في وقت ما يستقبل مياه المجاري وفضلات المصانع إلى مصدر مياه يستخدم لأغراض الشرب.

عوامل التنقية الذاتية

أولاً: العوامل الطبيعية وتشمل:

١ - عوامل الترسيب

هو سقوط المواد العالقة الثقيلة أو المواد الخفيفة بعد تجمعها بالقوي الكيماوية إلى القاع بمرور الوقت، ويظهر أثر الترسيب في الأنهار البطيئة حيث تقل سرعة جريان الماء وفي مصر فإن كمية المحتوي الطيني التي يحملها نهر النيل من أسباب حدوث الترسيب. ومن فوائد الطين في تنقية المياه أن حبيبات الطين تلتصق على بعض الغرويات والطحالب والكائنات الأولية الأخرى الموجودة في مياه النيل وتكسبها شحنات كهربيه سالبه، وعند وصولها إلي وزن معين ترسب بالجاذبية وبذلك تتخلص المياه من أكثر عوالقها غير المرغوب فيها.

٢ - عوامل التخفيف

إذا فرض إن مقداراً ما من مياه المجاري قد افرغ في النهر لأي سبب كان، فلا شك أنه سيوزع علي كميته كبيرة جداً من مياه النهر، يساعده في ذلك حركة سريان المياه الدائمة، أو بعبارة أخرى (سيخفف) تخفيفاً كبيراً مما يجعله بتركيز بسيط فيصبح عديم الضرر أو يجعله عرضه لعوامل التنقية الذاتية الأخرى، التي لا يظهر أثرها في المياه ذات التلوث العالي التركيز إلا بعد تخفيفه.

٣ - عوامل الضوء

من المعروف أن الضوء ضروري لحياة النباتات الخضراء ومنها الطحالب وبعض البروتوزوا. ولكنه له تأثير ضار بالبكتيريا والفطريات وكذلك له تأثير في إزاله ما قد يكون بالماء من الألوان كالأصبغ العضوية الخارجة من المصانع ويتوقف تأثير الضوء على شدته وقابليته للنفاذ في الماء.

٤ - عوامل التهوية

وهي اختلاط مياه النهر بالهواء الجوي وكلما زادت التهوية زادت كمية الأكسجين المذاب التي تتسبب في أكسدة كثير من المواد الضارة. وعلى العكس فإن التهوية تزيل الغازات الأخرى الذائبة الغير مرغوب فيها مثل ثاني أكسيد الكربون وكبريتور الأيدروجين وغيرها مما ينتج عن تحلل المواد العضوية.

ثانيا: العوامل الكيماوية وتشمل:

١ - عوامل أكسدة

- يتكون الغذاء الرئيسي للبكتيريا من المواد العضوية وبأكسدة هذه المواد سواء العالقة منها أو الذائبة في الماء تتحول إلى مركبات معدنية أو غازية أو إلى مواد عضوية أخرى ثابتة وكلها عديمة النفع كغذاء وبذلك لا تجد البكتيريا غذاءها، فتهلك جوعا.
- أضف إلى ذلك أن الأكسجين يحول بعض المركبات المعدنية الذائبة وغير المرغوب فيها إلى أخرى غير قابله للذوبان ويمكن التخلص منها بالترسيب.

٢ - عوامل اختزال

- الاختزال عامل بسيط الأثر ولكنه تمهيد لعامل الأكسدة فمثلا تتعرض المواد العضوية لعملية التميؤ (Hydrolysis) والتكسر فتتحول إلى مواد أخرى أكثر قابلية للتأكسد.
- كما أن هناك أملاح معدنية غير قابله للذوبان تتحول بعد اختزالها إلى قابله للذوبان وبذلك يستكمل جسم الإنسان العناصر اللازمة له.

٣- عوامل تجميع

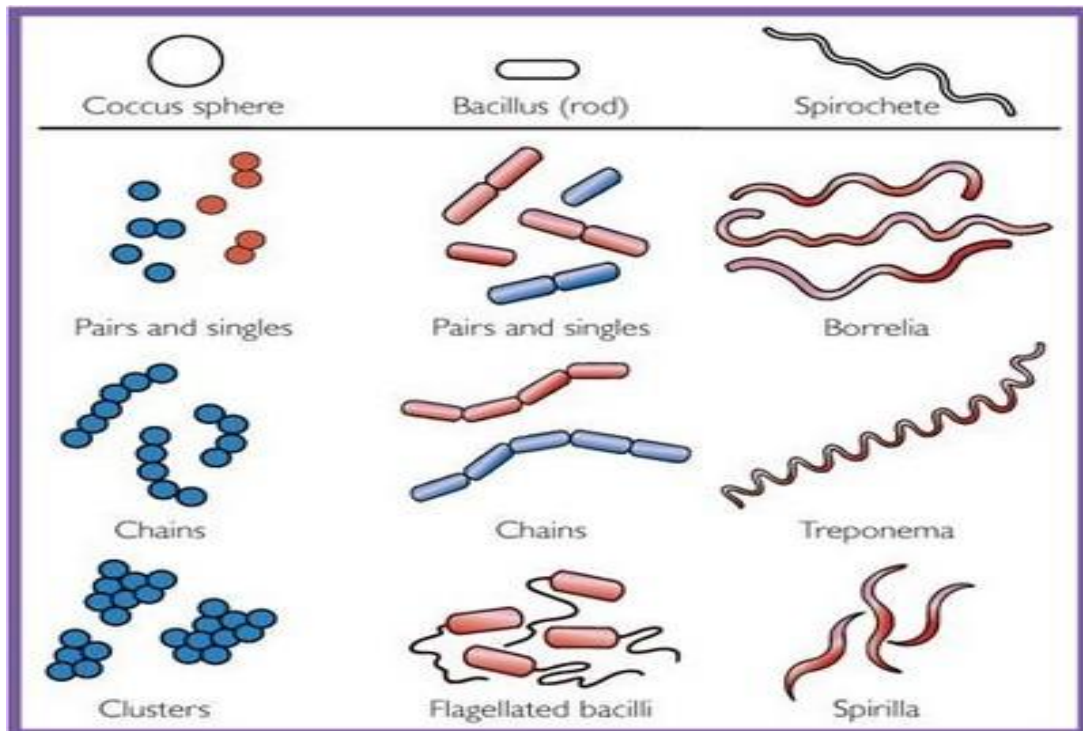
- وهو عبارة عن تكتل المواد العالقة الدقيقة والغروية (Colloidal) وكذلك بعض المواد الذائبة مكونة ندف صغيرة كثافتها أكبر من كثافة الماء فتترسب إلى القاع.

ثالثا: العوامل الحيوية وتشمل:

- ما يقوم به كل نوع من الأحياء من نشاطات في مستلزمات حياته ومن أهم العمليات الحيوية التي تقوم بها الأحياء المائية:
- التغذية وإفراز الفضلات والأخيرة ليس لها تأثير يذكر بالنسبة لكبر حجم الماء في النهر من جهة ولحركته الدائمة من جهة أخرى ولذا كانت التغذية هي أهم العوامل المتصلة بالتنقية لمجري الماء ولكل صنف من الأحياء المائية غذاؤه الخاص بل وطريقته الخاصة للحصول عليه.

١ - البكتيريا:

- البكتيريا تتغذى على المواد العضوية الذائبة والعالقة في الماء كما تستهلك بعض الأملاح المعدنية ثم تهضمها كلها (وتمثلها) و(تتحرقها) أما في وجود الأكسجين الجوي (aerobic) أو عدمه (anaerobic) لتحولها إلى مواد أولية بسيطة التركيب.



2 - الطحالب الخضراء:

- وهي تتغذى على الأملاح غير العضوية والمواد الأولية البسيطة التي تنتجت من البكتيريا، كما تتغذى على بعض المواد العضوية الآزوتية وبامتصاص ثاني أكسيد الكربون من الجو يمكنها تكوين أنسجتها والاستمرار في حياتها بعملية التمثيل الكلوروفيللي.

3 - الحيوانات وحيدة الخلية [البروتوزوا]:

- وهي تتغذى (كأي حيوان) على المواد العضوية المختلفة وبعض أنواعها يتغذى على البكتيريا ذاتها. أما الأنواع (الخضراء) مثل الايوجلينا تتغذى بنفس طريقة الطحالب الخضراء.



4 - الاسفنجيات والقشريات:

- وهي حيوانات أعلى مرتبه من البروتوزا وغذاؤها الطحالب والبروتوزا.

5 - النباتات المائية الكبيرة:

- وهي نباتات خضراء راقية، ولذلك فيلزم لغذائها المواد المعدنية وثاني أكسيد الكربون للقيام بالتمثيل الكلورفيلي، ومن أنواعها ما يرسل جذوره إلي قاع مجرى النهر فتستهلك المواد المعدنية من الرواسب الموجودة عليه.

٦ - الحيوانات المائية الكبيرة:

- ومنها الحشرات التي تعيش يرقاتها في الماء وتتغذى بما تصادفه من المواد العضوية الغذائية. كما أن الأسماك تعيش على هذه اليرقات وعلى ما تصادفه من الهوائ المائية (plankton)، كذلك الديدان الموجودة في الماء.
- إذاً فهناك اتجاه أو ميل إلى نقص أعداد البكتيريا في المياه بسبب افتراسها بمعظم ما يكبرها من الحيوانات (الهزم الغذائي).
- زد على ذلك أن البكتيريا (وخاصة الضارة منها بالإنسان) لا تجد ما يلزمها من عوامل البيئة الملائمة في المياه الجارية مثل ما تجده داخل جسم الإنسان. بداية من تغير في pH إلى ارتفاع وانخفاض في درجة الحرارة، إلي عدم ضمانها الحصول على غذائها في كل وقت بسبب ما ينافسها فيه من الأحياء الأخرى أو ضياع قيمته الغذائية اثر تكسره بعوامل الأكسدة، إلى الإفرازات السامة الناتجة مما يعيش معها من الأحياء الدقيقة، إلي التعرض للأشعة فوق البنفسجية المهلكة وغيره.

تنقية المياه السطحية

نظرة عامة:

تحتوي معظم المياه السطحية علي بعض الشوائب العالقة، بالإضافة إلى بعض أنواع البكتيريا والطحالب أما درجة تركيز الأملاح الذائبة فتكون غالباً مقبولة ومرغوبة في الوقت نفسه. ونهر النيل وفروعه هو مصدر المياه السطحية في جمهورية مصر العربية وتحتوي مياهه علي نسبة مقبولة من الأملاح الذائبة تتراوح بين ١٥٠ و ٢٥٠ ملجم/لتر (جزء في المليون).

تنقية المياه السطحية بالطريقة التقليدية

وتتم أعمال التنقية لتحقيق الآتي:

- إزالة الكائنات الحية الدقيقة والقضاء عليها، وخاصة البكتيريا الممرضة.
- تحسين الصفات الطبيعية للماء، وذلك بإزالة اللون والعكارة والرائحة وجعلها مستساغة الطعم، مقبولة الرائحة.
- إزالة بعض المركبات الكيماوية، والتي قد تتعارض مع بعض الاستخدامات الخاصة.

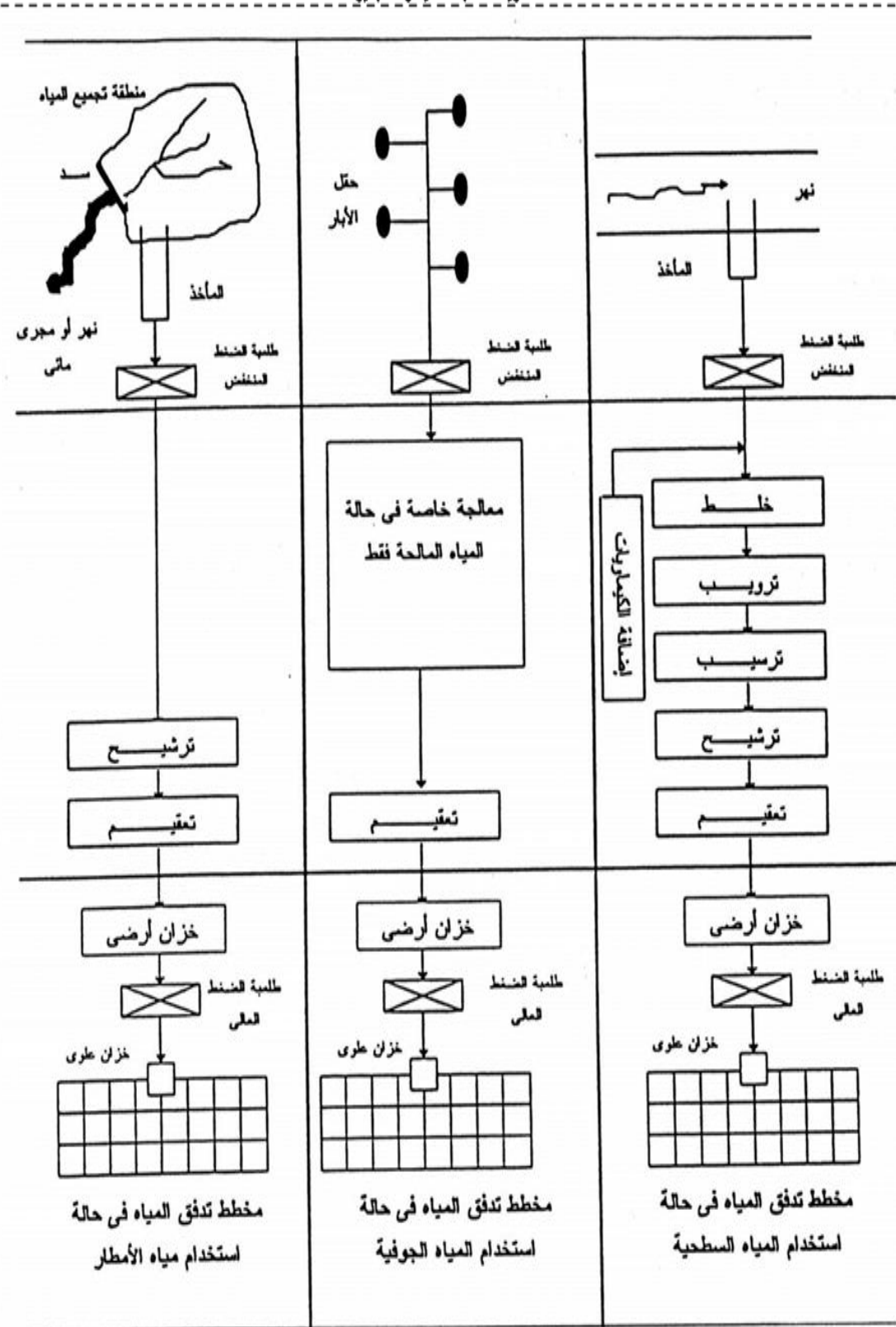
خطوات تنقية المياه السطحية:

- أعمال تجميع المياه من المصدر إلى العملية وتشمل:
المأخذ، وأعمال التصفية (المصافي)، وسحارة المأخذ، وطمبات ضخ المياه الخام (ذات الضغط المنخفض) لتوصيل المياه من المأخذ إلى بداية عملية التنقية.
- أعمال تنقية المياه:
بغرض جعلها صالحة للاستعمال في الأغراض المختلفة، والتي تشمل: إزالة المواد العالقة، وإزالة المواد الدقيقة والكائنات الحية والبكتريا، والقضاء على أي تلوث بالمياه قبل استعمالها. ويتم ذلك بعمليات الكلورة الابتدائية، والمعالجة الكيماوية المبدئية، والترويب والتنديف، ثم الترسيب، والترشيح، والتعقيم.
- أعمال التخزين والتوزيع للاستخدام:
ويتم ذلك بتجميع المياه المنقاه في خزانات تجميع أرضية، ثم يتم ضخها للتوزيع بواسطة طلمبات ضخ المياه المنقاه (ذات الضغط المرتفع) إلى شبكات التوزيع والخزانات العالية.

تنقية مياه الأمطار أو في حالة استخدام المرشح
الرملي البطيء مع العكارات المنخفضة

معالجة مياه الآبار في حالة زيادة الأملاح أو
زيادة نسب الحديد والمنجنيز

تنقية المياه السطحية

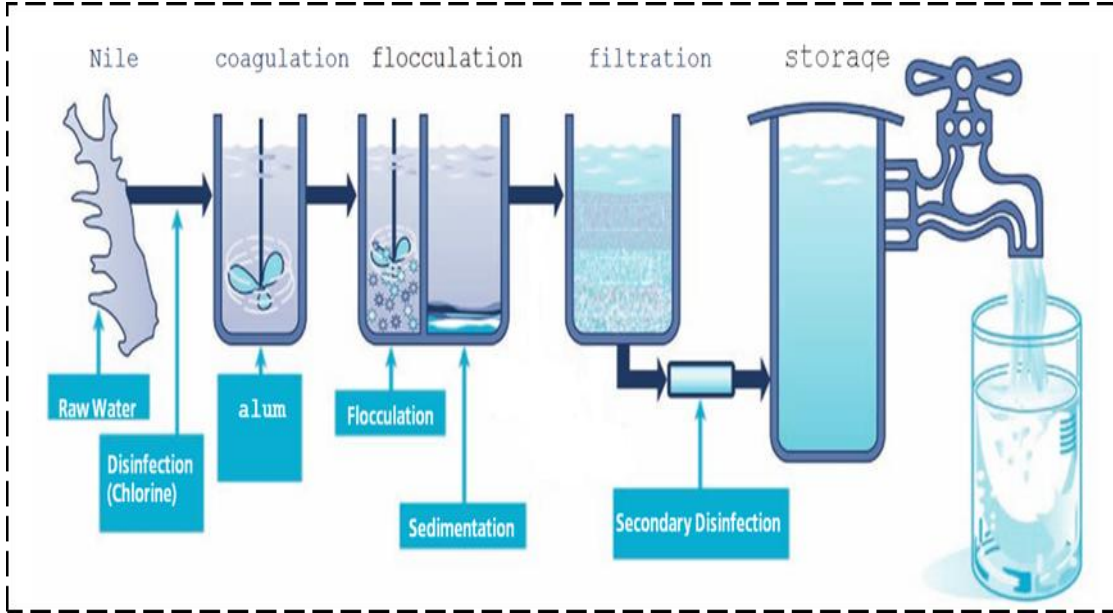


شكل رقم (١-٢)

رسم تخطيطي لخطوات عملية تنقية مياه الشرب

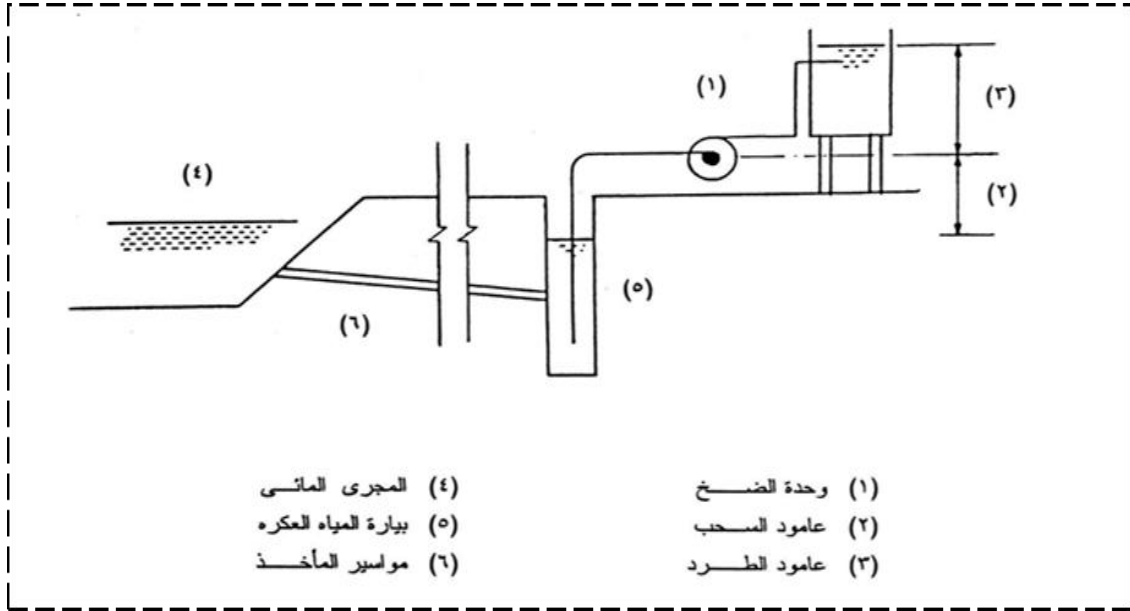
مكونات المحطة

- المأخذ وطمبات المياه العكرة
- المروقات
- المرشحات
- خزان المياه المرشحة ونقطة حقن الكلور النهائي
- عنبر طلمبات المرشحة والغسيل ونوافخ الهواء
- عنبر تحضير الشبة
- عنبر الكلور
- المهمات المساعدة (المولدات – المحولات – معمل التحاليل)



Intake المأخذ

هو الأعمال الإنشائية التي تقام على المصدر المائي ، بغرض سحب المياه العكرة (الخام) سواء كانت الأنهار أو الترعة أو البحيرات ، لسحب الماء بطريقة سليمة وبالكميات المناسبة للاحتياجات ومنه تمر المياه من خلال المصافي إلى سحارة المأخذ حتى بيارة محطة طلمبات الرفع لضخها إلى عملية التنقية من خلال طلمبات الضغط المنخفض. ويشتمل المأخذ على الأعمال الإنشائية المناسبة لطبيعة المصدر المائي ، واللازمة لحماية قاع وجوانب المجري المائي.



رسم تخطيطي لأحد المآخذ

المصافي

الغرض من المصافي في الأساس هو حجز الأشياء الكبيرة كالأغصان والنباتات والأسماك والأجسام الطافية الأخرى التي يمكن أن تسد أو تتلف أو تعطل معدات المحطة، وهناك أنواع منها قد تستخدم أيضا في حجز العوالق والكائنات الصغيرة. وتعتبر التصفية هي أولى خطوات التنقية. ويجب أن تتم عند نقاط سحب المياه العكرة (الخام).

انواع المصافي:

أ – المصافي ذات القضبان (Bar screens)

ب – المصافي ذات الشبك (Mesh screens)

ج- المصافي الدقيقة (Micro strainers)

التطهير:

يتم تطهير مياه الشرب في معظم دول العالم باستخدام غاز الكلور أو مركبات الكلور لصعوبة التعقيم أخرى ومن مزايا استخدام الكلور ومركبات الكلور الأخرى مثل كلوريد الجير أو هيبوكلوريت هو قلة التكاليف وكفاءة التعقيم واستمرار فاعليته لفترات طويلة وهناك طرق أقل شيوعا مثل استخدام الأوزون والأشعة فوق البنفسجية.

أولاً: غاز الأوزون

يستخدم غاز الأوزون في تعقيم المياه في الدول الأوروبية لفاعليته في قتل مسببات الأمراض وإزالة أسباب الطعم والرائحة من المياه. ويستعمل الأوزن في عمليات المياه الكبرى والصغيرة وحمامات السباحة ويستخدم في مصر لتعقيم المياه المعبأة.

هو غاز قابل للذوبان في الماء بسهولة ويضاف بجرعات حتى ٤ جزء في المليون وفترة تماس من ١٠ - ١٥ دقيقة. يراعى عند تعقيم المياه بالأوزون زيادة الكمية المضافة قليلاً للتخلص من أي مواد تسبب تغييراً في الطعم والرائحة. ومن عيوب هذه الطريقة أن الأوزون المتبقي لا يبقى في الماء أكثر من ٣٠ دقيقة حيث يتحول الأوزون إلى أكسجين. وبالتالي فإن المياه بالشبكة لا تحتوى على إوزون متبقى لحماية المياه من التلوث.

وإنتاج الأوزون من الهواء الجوي يحتاج إلى أجهزة كهربائية خاصة لتوليد الإوزون غالية الثمن بالإضافة إلى أعمال الصيانة والتشغيل التي يجب أن تتم على أرقى مستوى فنى. وكذلك فإن نواتج التفاعل الثانوية الناتجة عن استخدام الأوزون ضارة بالصحة العامة (ozone disinfection by products).

ثانياً: الأشعة فوق البنفسجية

وهي طريقة غير شائعة تستخدم نادراً في عمليات المياه الصغرى وحمامات السباحة والمياه المعبأة. ويجب ألا تزيد نسبة العكارة أو اللون بالماء عن ١٥ جزء في المليون (أحدهما أو كلاهما معاً) وتبلغ طول الموجة الفعالة من ٩٠٠ ~ ٣٨٠٠ أرمسترونج وطول الموجة الأكثر تأثيراً هي ٢٨٠٠ أرمسترونج.

ثالثاً: غاز الكلور

الهدف من إضافة الكلور إلى الماء:

- ١ - قتل مسببات الأمراض.
- ٢ - أكسدة الحديد والمنجنيز وكبريتيد الإيدروجين.
- ٣ - التخلص من بعض المواد التي تسبب لون أو طعم للمياه.

٤ - التحكم في إعداد الطحالب الداخلة وإعادة نومها في عملية المياه.

٥ - يساعد على تحسين عملية الترويب.

وسواء تم استخدام غاز الكلور أو مركبات الكلور الأخرى فإن الجزء الفعال هو الكلور الذي يقوم بتعقيم المياه. وتعتمد كفاءة التعقيم على:

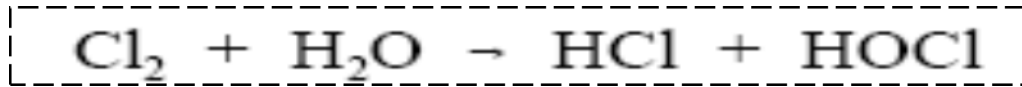
١- انتشار الكلور وتخلله لجميع أجزاء المياه المراد تعقيمها.

٢- إضافة الكلور بطريقة منتظمة ومستقرة دون انقطاع.

٣- تحديد كمية الكلور اللازمة بكل دقة.

٤- التحكم في عملية التعقيم بحيث تكون المياه خالية من مسببات الأمراض وفي الوقت نفسه لها قبول لدى جمهور المستهلكين.

٥- قيمة الأس الايدروجيني بالمياه (كلما قلت قيمة pH كلما زادت كفاءة الكلور)



والمياه الطبيعية تحتوى على مركبات ومواد منها ما يؤثر على عملية التعقيم كالاتي:

١. المواد العالقة بقي مسببات الأمراض من تأثير الكلور.

٢. المواد العضوية تستهلك الكلور الذي يؤكسد هذه المواد وبالتالي فإن ما يتبقى يكون تأثيره وفاعليته في تعقيم المياه ضئيلة.

٣. الأمونيا في المياه تتحد مع الكلور الحر مكونه مركب الكلورأمين أو كلور متحد متبقي وهما أقل فاعلية في تعقيم المياه من الكلور الحر.

٤. تزيد فاعلية الكلور في تعقيم المياه التي يقل فيها درجة تركيز الأس الايدروجيني عن ٧.٢ وتقل فاعليته إذا كانت الـ pH " أكثر من ٧.٦.

٥. كما أن النيتريت يتفاعل مع الكلور ويتخلص منه ومع ذلك فإن اختيار الأرتوتوليدين يعطى قراءة " بوجود كلور متبقي " وهي قراءة غير حقيقية وخاطئة. كما أن المنجنيز يعطى أيضا قراءة خاطئة عند استخدام الأرتوتوليدين.

٦. ويتفاعل الحديدوز مع الكلور ليتحول إلى حديدك وبالتالي يستهلك كميات من الكلور المضاف لتعقيم المياه وبالتالي تقل فاعلية الكلور في تعقيم المياه. إذا كانت نسبة الحديد حوالى ١ جزء في المليون أو أكثر فأن المياه تعطى قراءة خاطئة في اختيار الأرتوتوليدين. ولذلك ولتصويب القراءات الخاطئة السابق ذكرها يستعمل اختيار DPD لتقدير الكلور الحر المتبقي بدقة بدلا من الارثوتوليدين.
٧. درجة الحرارة (يكون الكلور أكثر فاعلية في تعقيم المياه كلما زادت درجة حرارة المياه. إلا أنه في درجات الحرارة الأقل يكون أكثر ثباتا ويبقى فترات أطول وبالتالي يعوض فقدته لجزء من فاعليته).
٨. فترة التماس (بين الكلور والمياه المطلوب تعقيمها): لا تقل عن ٢٠ دقيقة إلى ٣٠ دقيقة
٩. الكلور الحر المتبقي في المياه:
- يجب الا تقل نسبة الكلور الحر المتبقي في المياه عن ٠.٥ جزء في المليون في نهايات الشبكات ولكي تكون المياه مطابقة للمعايير والاشتراطات الصحية لابد من استخدام كيماويات المعالجة وهم (الكلور والشبة).

الترويب والتنديف

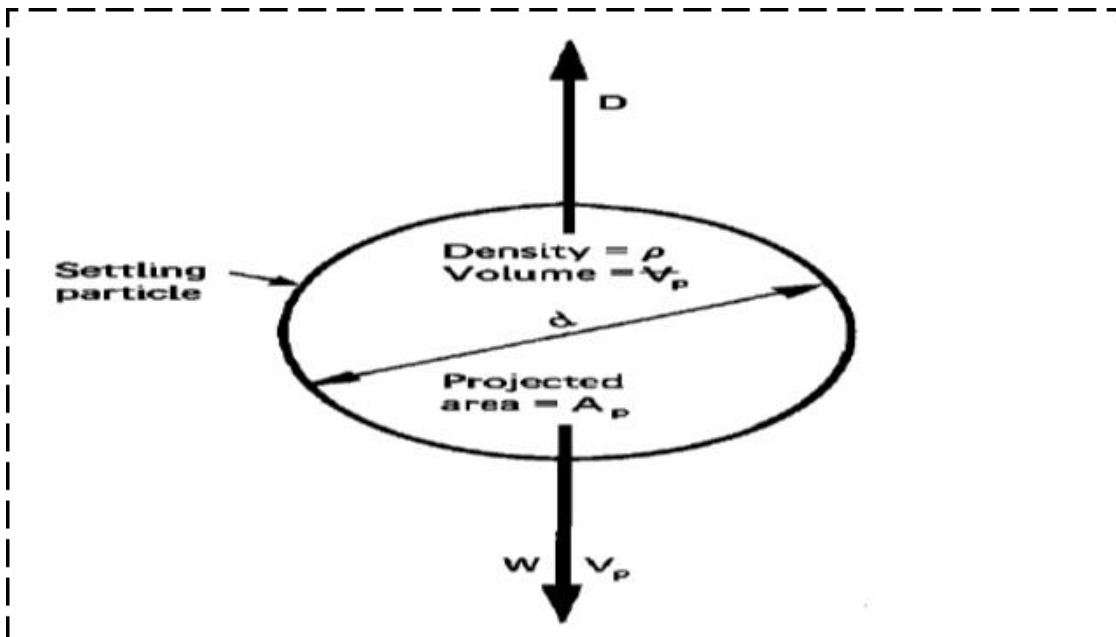
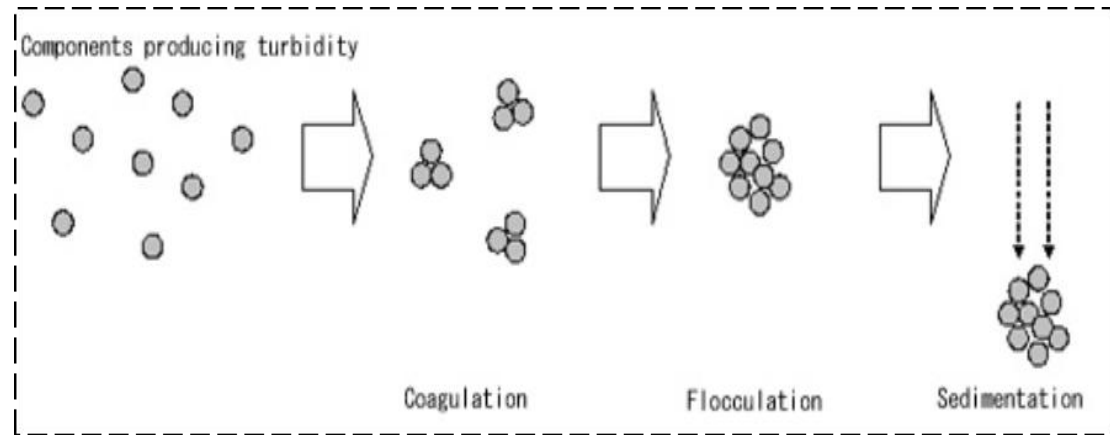
تتكون الشوائب الموجودة في المياه نتيجة التآكل الأرضي الناتج عن احتكاك المياه مع قطاع المجري المائي، وتتكون الشوائب من دقائق صغيرة من الأملاح وبقايا النباتات المتحللة كما توجد شوائب أخرى إضافية ناتجة من التلوث الهوائي ومخلفات المصانع وفضلات الحيوانات، ولذلك فالمياه السطحية تتلوث بتأثير الطبيعة والإنسان وتحتوي المياه على مواد عالقة ومواد ذائبة عضوية (من أصل نباتي أو حيواني) وكذلك على المواد غير العضوية وكافة الأشكال البيولوجية كالبكتريا والنباتات المائية والهائمات (plankton) وتسمى هذه المواد "المواد العالقة الصلبة" وتكون قدراً كبيراً من مكونات الشوائب أما الأجزاء الكبيرة الحجم مثل الرمل والطين الثقيل (Heavy Silt) فيمكن إزالتها من المياه بتركها لترسب بواسطة الجاذبية الأرضية وتسمى هذه المواد "المواد الصلبة القابلة للترسيب".

ويحدث ترسيب للمواد الصلبة طبيعياً عند تخزين المياه فترة كافية من الزمن في خزان أو في الأنهار والبحيرات ذات السرعة البطيئة. لكن الأجزاء الصغيرة جداً مثل المواد الغروية والطيني

الدقيق والبكتيريا التي لا تترسب بسهولة وتحتاج إلى معالجة لتجعلها جزيئات أكثر قابلية للترسيب وتسمى هذه المواد غير القابلة للترسيب أو المواد الغروية.

الحاجة إلى الترويب والتنديف

الغرض من هاتين العمليتين هو إزالة المواد الشائبة وخاصة غير القابلة للترسيب الطبيعي وإزالة العكارة من المياه المراد معالجتها. وتعمل المواد الكيماوية (المُرَوِّبَات) على إزالة المواد غير القابلة للترسيب بعملية الترويب (Coagulation) وذلك بأن تجعل هذه الجزيئات تتجمع مع بعضها البعض (Clump together) لتكوين الندف (Flocs). وتتجمع الندف الصغيرة مع بعضها لتكوين ندف كبيرة وثقيلة قادرة على الترسيب. وتخلط المواد الكيماوية بالماء العكر الذي يحتوي على جسيمات دقيقة لا تترسب بسهولة في الماء ولتجعل الجسيمات الدقيقة الشديدة الصغر تتجمع وتتكتل معا في صورة أجسام أكبر (ندف) للمساعدة في إتمام عملية الترسيب بنجاح كما هو موضح بالشكل.



الترسيب

يحدث الترسيب الطبيعي نتيجة هبوط الحبيبة المنفردة تحت تأثير وزنها إلى أسفل ومقاومة الماء إلى أعلى كما هو مبين بالشكل التالي.

حيث:

W هي قوة جذب الجسم لأسفل

D هي قوة دفع المياه للجسم لأعلى

وتختلف سرعة الترسيب للجسيمات حسب القطر (حجم الجسيم) والجدول التالي يوضح هذا.

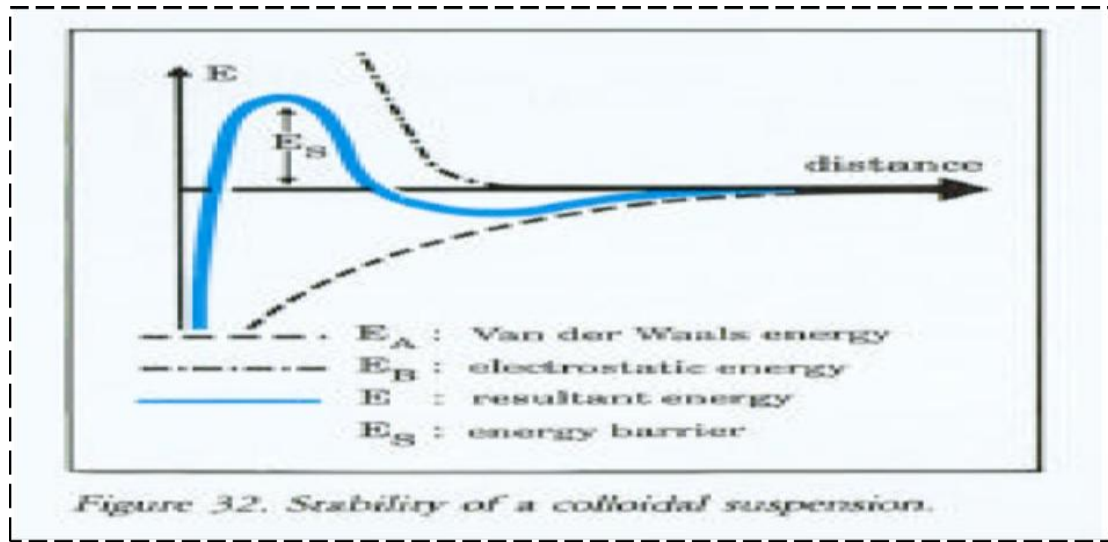
Diameter of Particle	Type of Particle	Settling time through 1 m. of water
10mm	Gravel	1 seconds
1mm	Sand	10 seconds
0.1mm	Fine Sand	2 minutes
10 micron	Protozoa, Algae, Clay	2 hours
1 micron	Bacteria, Algae	8 days
0.1 micron	Viruses, Colloids	2 years
10 nm	Viruses, Colloids	20 years
1 nm	Viruses, Colloids	200 years

Settling Time for Particles of Various Diameters;

ولكن ليست كل الجسيمات قابلة للترسيب الطبيعي (بالسرعة الكافية) وذلك بسبب صغر حجمها (أقل من ١ ميكرون) colloidal practical وهذه الجسيمات تكون تحت تأثير قوتان وهما:

- ١ - قوي فان درفال للتجاذب EA (ناتجة عن شكل وتركيب الجزيء الغروي ونوع الوسط).
 - ٢ - قوي التنافر الطبيعية بين الجزيئات نتيجة حملها شحنات سالبة متشابهة.
- EB .

وعدم ترسيب الجزيئات الغروية يرجع الي التوازن بين القوتان EA و EB ومجموع هاتان القوتان هو $E=EA+EB$ والشكل الاتي يوضح هذه العلاقة.



ولكي نجعل الجزيئي الغروي يترسب لابد من التغلب (ES) Energy barrier ويتم ذلك عن طريق استخدام مواد مروييه (coagulant) وهذه الايونات المضافة الموجبة وضعت لها اكثر من نظرية لتفسير عملها:

١ - Hemoltz thoary

في هذه الحالة تغطي الايونات الموجبة سطح الجزيئات السالبة الغروية ملتصقة بالجزيئي مكونة (bound layer)

٢ - The Gouy–Chapman theory

حيث تكون بقية الايونات الموجبة مبتعدة عن (bound layer) في الوسط علي مسافة ابعد من الجزيئي الغروي مكونة (diffuse layer)

٣ - The Stern theory

وهي عبارة عن نظرية مجمعة لكلا من النظرتين السابقتين أي أن

Bound layer & diffuse layer موجودتان معا في نفس الوقت مكونة ما يسمى

The double layer theory

ونتيجة لوجود هذه الايونات يتكون جهد كهربي بأنواع مختلفة وهم:-

E: الجهد الكهربائي السطحي للجزيئي الغروي (thermo dynamic potential).

Z: الجهد الكهربائي الناتج عن وجود شحنات مختلفة علي سطح الجزيئي الغروي (electro-

kinetic potential) أو (جهد الزيتا).

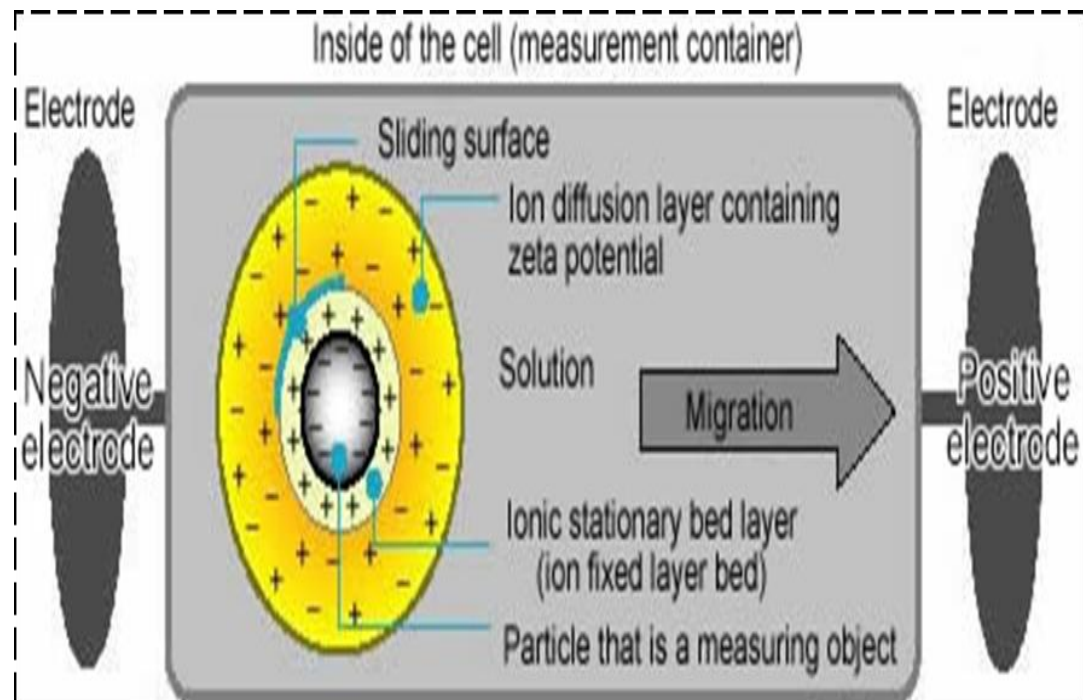
جهد الزيتا:

هو العامل الذي يتوقف عليه مدي التجاذب والتنافر بين الجسيمات ، وحينما تكون قيمة جهد الزيتا كبيرة فأنها تمنع الجزيئات من تكوين الندف والتجمع بينما إذا كانت قيمة جهد الزيتا صغيره فإنها تسمح للجزيئات بالتجمع مكونة الندف، واسرع وقت للتنديف يكون عند قيمة جهد زيتا = صفر.

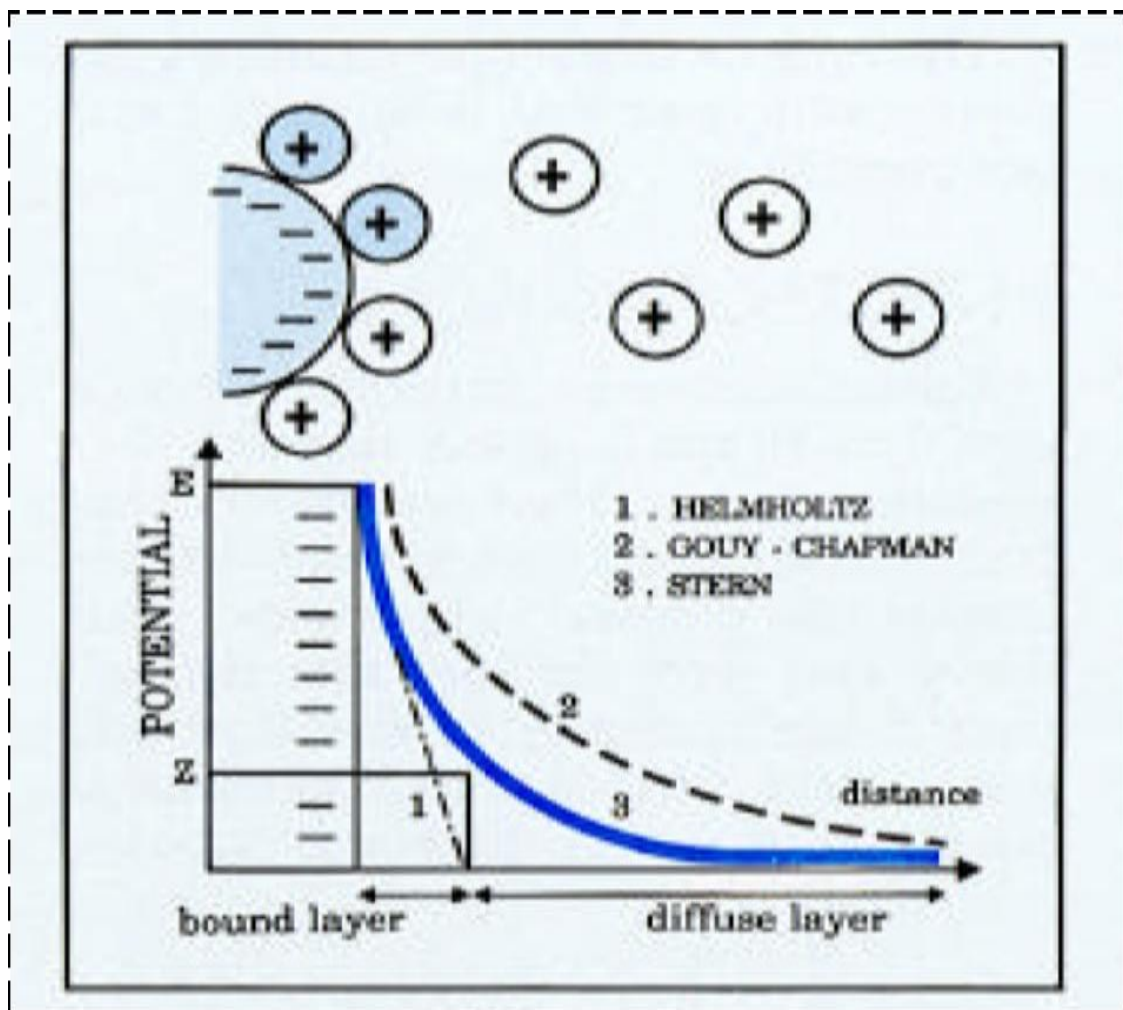
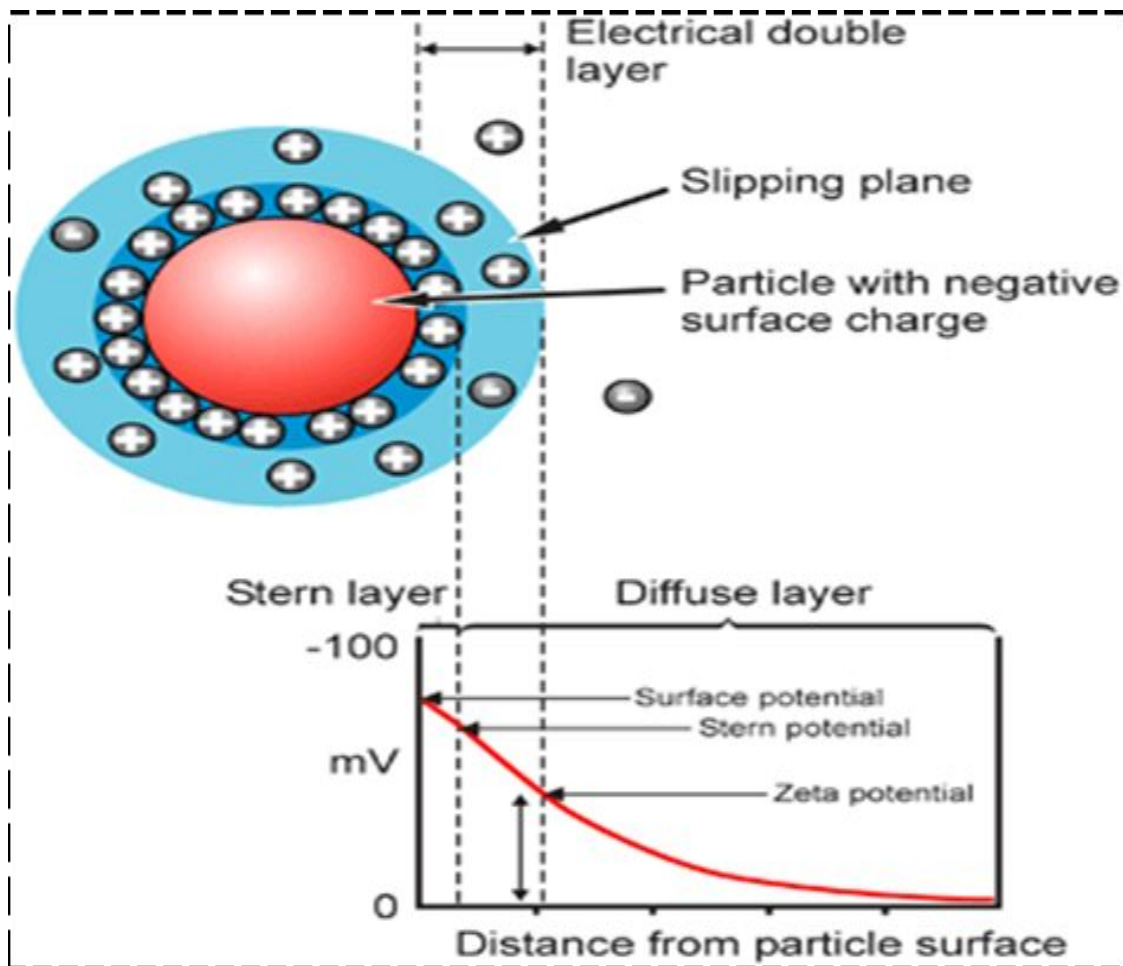
ويمكن تعريفه انه عندما تخضع الجسيمات الغروية الي حقل كهربائي ، فأن هذه الجسيمات تبدأ بالتحرك وينشأ توازن بين قوة الجذب والاحتكاك الناتج عن لزوجة الوسط ويمكن منها حساب (جهد الزيتا) الخاص بسطح الجزيئي الغروي) من هذه العلاقة.

$$\zeta = \frac{4\pi\eta}{\varepsilon} \times U \times 300 \times 300 \times 1000$$

ζ = Zeta Potential (mV)
 η = Viscosity of Solution
 ε = Dielectric Constant
 $U = \frac{v}{V/L}$: Electrophoretic Mobility
 v = Speed of Particle (cm / sec)
 V = Voltage (V)
 L = The distance of Electorode



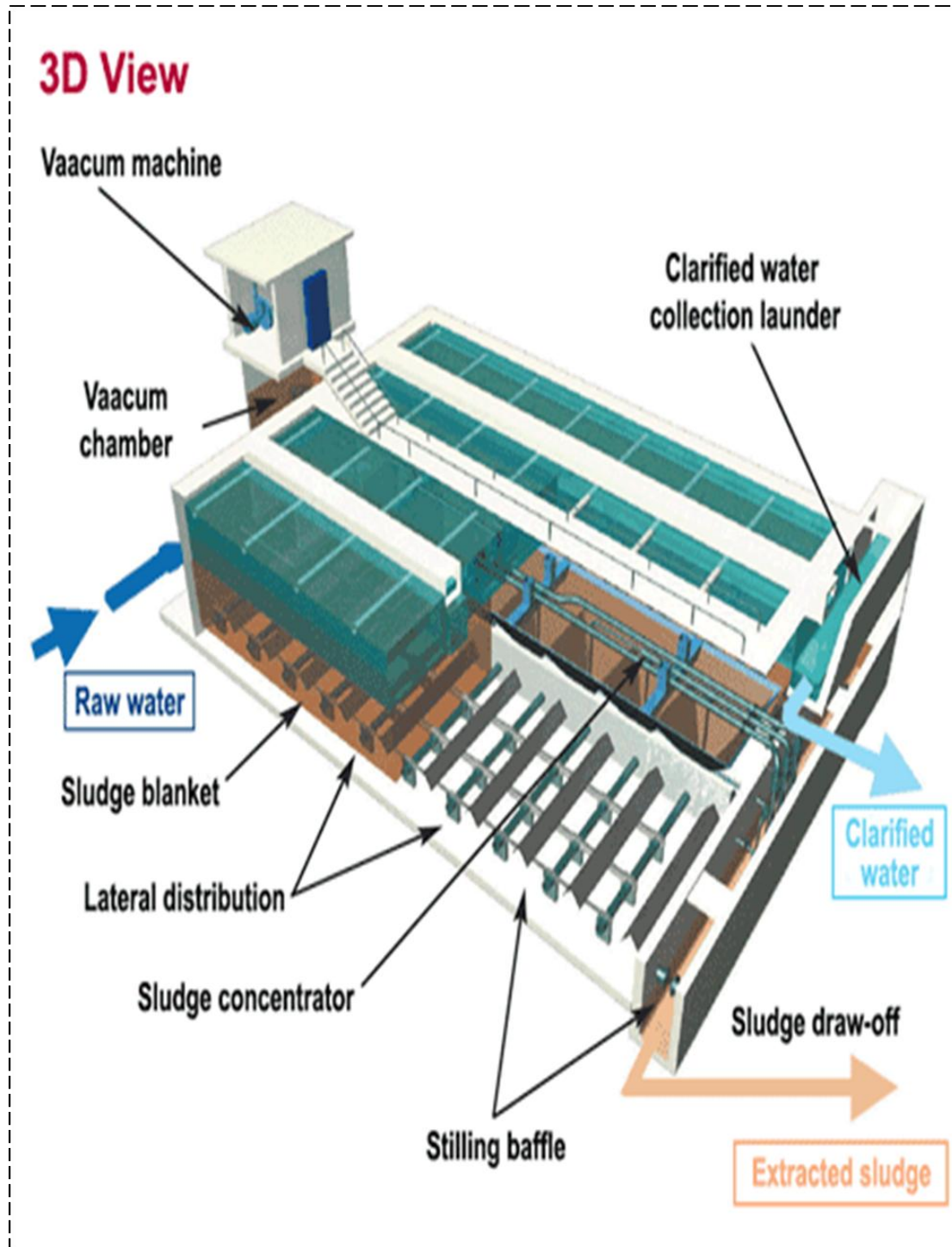
الشكل يوضح طريقة قياس جهد الزيتا



في معالجة المياه من اهم المتغيرات التي يجب متابعتها دائما لجعلها قيمة صغيرة وذلك لأقصى استفادة من الكيماويات المضافة هي جهد زيتا.

فحينما تكون قيمة جهد الزيتا كبيرة فأنها تمنع الجزيئات من تكوين الندف والتجمع بينما إذا كانت قيمة جهد الزيتا صغيره فأنها تسمح للجزيئات بالتجمع مكونة الندف.

ويرسم قيمة جهد الزيتا مع كمية المروب المضافة يمكن منها حساب critical coagulant concentration (ccc) وهي القيمة التي بعدها تبدأ الجسيمات في التجمع والترسيب واقل من هذه القيمة تكون الجسيمات بعيدة عن بعضها وتأخذ وقت كبير للترسيب.



تنقية المياه السطحية بالتعويم (Flotation)

التعويم هو العملية التي تستخدم فقاعات غاز (الهواء) صغيرة جدا لإزالة الجسيمات العالقة صعبة الترسيب. ويتم حقن الغاز في المياه إلى حيث يعمل علي جعل جزيئاته الزيتية تصعد مع الغاز إلي السطح ونتيجة لذلك، يتكون رغوة علي السطح، والتي يتم إزالتها عادة عن طريق قشط. الغاز المذاب يمكن أن يكون الهواء والنيتروجين، أو أي نوع آخر من غاز خامل.

الترشيح

من المعروف أن الدور الرئيسي الذي تقوم به المرشحات هو حجز المواد العالقة الندف الهاربة من عملية الترويق والتي لم يكن امامها متسع من الوقت لكي ترسب في أحواض الترويق وفي نهاية فترة تشغيل المرشح تتكون طبقة من المواد التي تم حجزها فوق سطحه وجزيئات هذه الطبقة قد تكون ملتصقة بعضها ببعض بقوة لدرجة ان مياه الغسيل قد تكون غير قادرة علي التخلص من هذه الطبقة بأكملها بل تبقى أجزاء من هذه الطبقة في رمل المرشح علي هيئة كرات صغيرة من الطمي.

وبتكرار عملية تشغيل المرشح تزداد كمية الكرات الصغيرة وتكبر في الحجم وتلتصق بها بعض حبيبات الرمل التي تزيد من كثافتها النسبية وبذلك تجد طريقها الي داخل رمل المرشحات.

ومشكلة زيادة المحتوي الطيني لرمل المرشحات هي بداية لسلسلة من المشاكل أكثر خطورة والتي تؤدي في النهاية إلي شلل الوسط الترشيحي وحينئذ فلا مفر من تغييرات رمل المرشحات أو رفع الرمل ومعالجته في أحواض خاصة ليعاد استعماله مرة أخرى.

الأمر الذي يتطلب تكلفة وجهودا كبيرا علاوة علي تعطيل الوحدات لفترات يحتاج إليها إنتاج مياه الشرب وهناك بعض المشاكل المترتبة علي زيادة المحتوي الطيني لرمل المرشحات كالتالية:

١- انسداد المرشحات الرملية نتيجة تلاصق حبيبات الرمل يعقبه انكماش مكونا شقوقا وخاصة بجانب جدران المرشح.

٢- خروج الطحالب والمواد العالقة بكميات كبيرة بعد نفاذها من خلال الشقوق إلي شبكة التوزيع وفي هذا الضرر كله من حيث التأثير علي معدن المواسير وسعتها في توصيل المياه علاوة علي ما يحدث من تغيير في صفات المياه البيولوجية والبكتريولوجية نتيجة لوجود الطحالب.

٣- زيادة حجم حبيبات الرمل، وهذا يحدث نتيجة لالتصاق حبيبات الرمل ببعض المواد التي تترسب عليها ومن ثم يتغير الحجم الفعال ومعامل التناقص للرمل.

٤- فقد الرمل مع مياه الغسيل، وذلك يتم بترسيب مواد علي حبيبات الرمل تؤدي الي نقص الكثافة النسبية لحبة الرمل وبذلك يسهل حملها بمياه الغسيل لتجد طريقها خارج المرشح.

مقدمة عن المرشحات

غرض الترشيح هو ازالة الجزيئات العالقة من المياه عن طريق مرورها من وسط ترشيحي مثل الرمل وذلك لان بمرور المياه خلال المرشح تلتصق جزيئات العكارة والندف الهاربة علي الرمال والمياه المرشحة تمر من خلال الرمال الي خزان المياه المرشحة ويتم تطهيرها بالكلور ليتم ضخها الي المستهلكين الترشيح هو الخطوة الاخيرة في ازالة الجزيئات العالقة بدأ من الترويب والتنديف ثم الترسيب.

المواصفات

الترشيح مطلوب في معظم انظمة المعالجة والمرشح لابد وأن يقوم بتقليل العكارة لأقل من ٥ .٠ NTU في ٩٥% من القياسات علي مدار شهر كامل والمياه المنتجة لابد الا ان تزيد فيها العكارة عن ١ NTU في أي من العينات.

من الخلفية العلمية العكارة ليس لها أي تأثير علي الصحة العامة ولكن لماذا كل هذه المتطلبات بالنسبة للعكارة ، وذلك لان المياه ذات العكارة العالية صعبة التطهير وذلك لأسباب كثيرة:-

١- ان الكائنات الدقيقة يمكنها ان تحتمي بجزيئات العكارة.

٢- الكلور يمكنه التفاعل مع بعض الجزيئات العالقة وبالتالي تؤثر علي فعل الكلور.

٣- تؤثر علي نسبة الكلور الحر في الشبكات نتيجة استهلاكها في المرشحات.

٤- جزيئات العكارة ايضا تقوم بالترسيب في الشبكات مسببة مشكلة طعم ورائحة ونمو بكتيري

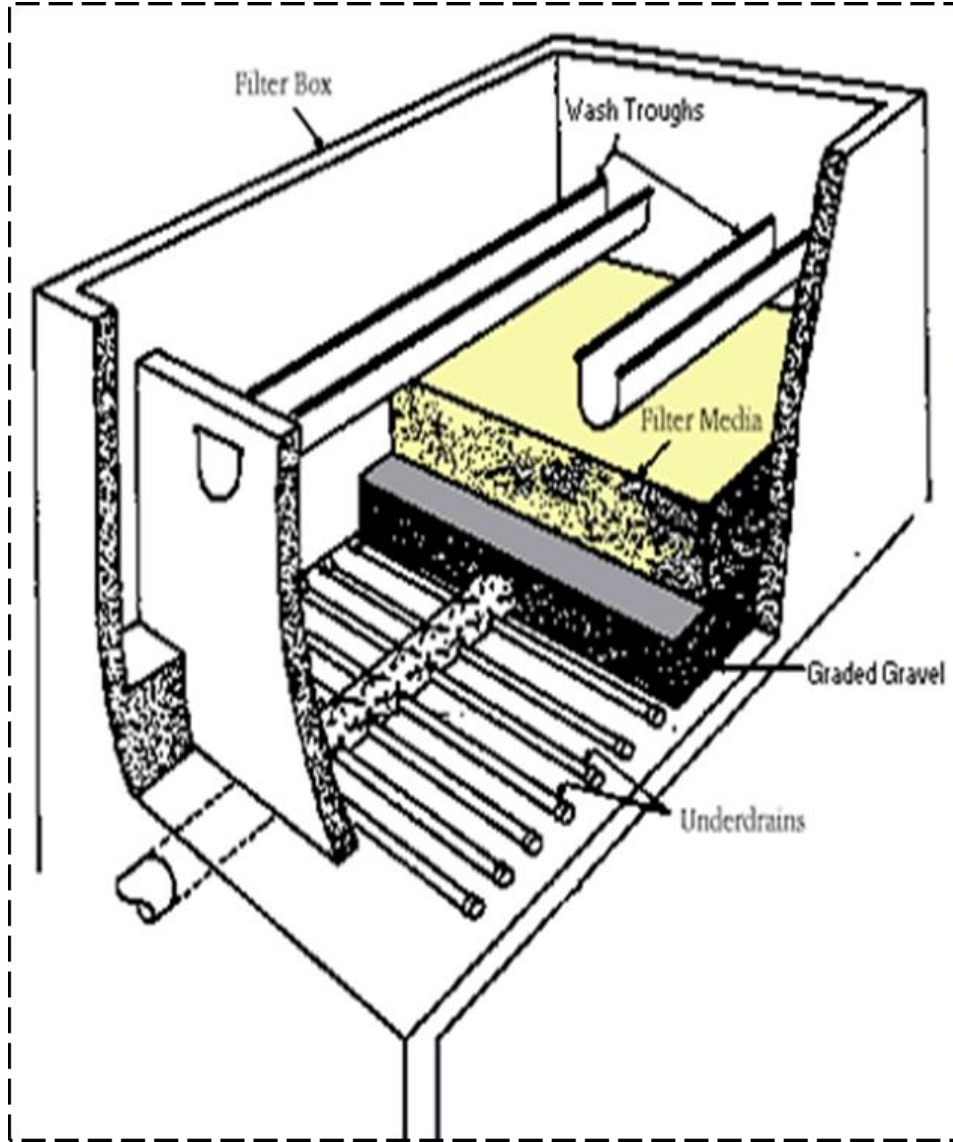
٥- ان العكارة يمكن استخدامها كمؤشر علي وجود الكائنات الدقيقة لان من الصعب اختبار وجود مثل هذه الكائنات وبالتالي وضع تشديدات علي نسب العكارة الناتجة من المحطات لضمان عدم مرور أي من هذه الكائنات الي الشبكات.

انواع المرشحات

هناك نوعان رئيسيين من المرشحات:

١- المرشح الرملي البطيء

٢- المرشح الرملي السريع (بالجاذبية ، بالضغط)



تنقية المياه السطحية باستخدام المواد الممتزة (Adsorption)

يمكن تحقيق ذلك باستخدام مجموعة متنوعة من المواد، بما في ذلك Zeolites، organoclays، والكربون المنشط. ولا تحتاج هذه الطريقة لأي كيماويات معالجة أخرى. ويمكن استخدام المواد الكيميائية لعمل إعادة تنشيط لبعض هذه المواد المازة. ويستخدم الغسيل العكسي لإزالة الجسيمات العالقة أثناء استخدام هذه المواد.

تنقية المياه السطحية باستخدام الأغشية (Microfiltration/Ultra filtration)

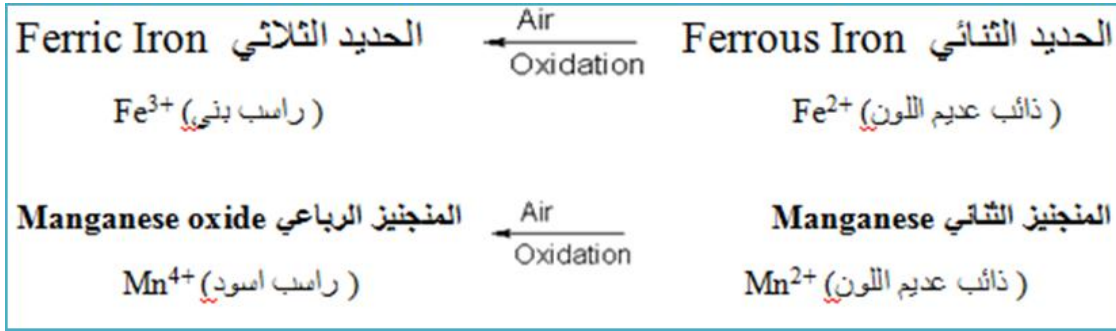
تكنولوجيا تنقية المياه الجوفية

المياه الجوفية هي المياه التي تسربت خلال طبقات الأرض من الأمطار والأنهار والبحيرات العذبة. وهذه المياه تتواجد في باطن الأرض على أعماق وصور مختلفة، وكمية المياه الموجودة بالكرة الأرضية ثابتة منذ القدم ولا تتغير، وهذا يرجع إلى الدورة الهيدرولوجية. ويلاحظ في المياه الجوفية الموجودة في مصر ارتفاع نسب الحديد والمنجنيز ولذلك سنقوم بدراسة كيفية إزالة الحديد والمنجنيز من المياه الجوفية.

معالجة الحديد والمنجنيز بالمياه الجوفية: Iron & Manganese Removal

مقدمة:

- غالباً ما تحتوي المياه الجوفية علي عدد من المواد الذائبة نتيجة لمرورها من خلال التربة والرمال والحصى والصخور.
- لإنتاج مياه شرب نقية هناك بعض الشوائب التي يمكن التخلص منها في عملية المعالجة ويعتبر الحديد والمنجنيز من المعادن التي يمكن إزالتها والتي تسبب بعض المشاكل للمستهلكين وهناك أكثر من ٢٠٠ نظام معالجة لإزالة الحديد والمنجنيز.
- توجد أملاح الحديد والمنجنيز بالمياه في صورة ذائبة أو مختزلة، وغالباً ما تكون مرتبطة بالبيكربونات والكبريتات والهيدروكسيدات أو تكون مرتبطة بمواد عضوية معينة. وعندما تتعرض هذه الأملاح للهواء أو مواد كيماوية مؤكسدة تتحول من الصورة الذائبة إلي الصورة الغير ذائبة (راسب بلون الصدأ) وتكسب المياه لون وعكارة غير مقبولة للمستهلك.



الحديد والمنجنيز ليس لهما تأثير علي الصحة العامة لكن تواجدهما بتركيزات عالية يسبب بقع في الملابس ولون واضح بالمياه وطعم غير مقبول ورواسب في شبكات التوزيع وزيادة نمو بكتريا الحديد وتداخلات في عمليات المعالجة (مثل التعقيم وإزالة عسر المياه).

• عمليات المعالجة:

- تعتمد عملية معالجة الحديد والمنجنيز علي كل من:
- إضافة عوامل مؤكسدة قوية مثل الهواء أو مواد كيماوية ثم الترشيح.
- تركيز الحديد والمنجنيز.
- المواد المرتبطة بهم في المياه الخام.
- الاس الهيدروجيني حيث أن المنجنيز يتأكسد ببطيء ويحتاج الي pH مرتفعة.

• أولا المعالجة الابتدائية وتتم كما يلي:

• ١ - التهوية:

تؤثر التهوية علي أكسدة الحديد وتحوله من الحديد الثنائي إلي الحديد الثلاثي. التهوية عادة تكون ذات تأثير بطيء جدا لاستخدامها في نجاح عملية أكسدة المنجنيز إلا إذا كان الأس الهيدروجيني للمياه مرتفع جدا.

وتتم عملية التهوية قبل أي معالجة كيماوية لأنها غير مكلفة نسبيا من الناحية التشغيلية وأنها ممكن أن تقلل من كمية الكيماويات المضافة. وهناك نوعان من التهوية إما أن تكون باستخدام ضواغط الهواء أو الهويات الأولية الإجبارية (تساقط المياه من أعلي الي أسفل معرضة للهواء)

• ٢ - الكلور:

يعتبر الكلور من العوامل المؤكسدة القوية وخاصة بالنسبة للحديد ولم يثبت فاعليته في ازالة أو تحويل المنجنيز ويضاف الكلور علي هيئة محلول هيبوكلوريت سواء كان كالسيوم (٦٥ % كلور) أو هيبوكلوريت الصوديوم (١٢ % كلور) أو غاز كلور.

يستخدم الكلور ايضاً لعملية التطهير وعند استخدامه في المعالجة لابد من استخدام جرعة صحيحة لتجنب تأثيره علي المرشحات.

• ٣ - برمنجانات البوتاسيوم:

مادة كيميائية ارجوانية (المحلول المخفف منها لونه أحمر وردي) ويتم استخدامها عند وجود فلاتر تحتوي على Green sand وعند تفاعلها مع الحديد أو المنجنيز يتغير لونها إلي الأصفر أو البرتقالي إذا لم يكن هناك زيادة من البرمنجانات. في حالة التشغيل الطبيعي يتم إضافة محلول البرمنجانات من أعلى طبقة Green sand ووجود اللون الوردي دليل علي إضافة جرعة مناسبة ويتم أضافتها بعد الأكسدة بالهواء أو الكلور ومن الضروري السماح بزمان تلامس وتفاعل مناسب لإتمام عملية الأكسدة وهذا الزمن يعتمد علي الأس الهيدروجيني وكلما زاد الأس الهيدروجيني قل وقت التلامس المطلوب.

وتتم الأكسدة بالعوامل المؤكسدة السابق ذكرها كما هو واضح بالجدولين الآتيين:

Reaction	Oxidant mg/mg Fe ²⁺	Alkalinity used, mg/mg Fe ²⁺	Sludge,* lb/lb (kg/kg) Fe ²⁺
A. Oxygen 4Fe(HCO ₃) ₂ + O ₂ + 2H ₂ O 4Fe(OH) ₃ + 8CO ₂	0.14	1.80	1.9
B. Chlorine 2Fe(HCO ₃) ₂ + Ca(HCO ₃) ₂ + Cl ₂ 2Fe(OH) ₃ + CaCl ₂ + 6CO ₂	0.64	2.70	1.9
C. Chlorine dioxide Fe(HCO ₃) ₂ + 2NaHCO ₃ + ClO ₂ Fe(OH) ₃ + NaClO ₂ + 3CO ₂	1.21	2.70	1.9
D. Potassium permanganate 3Fe(HCO ₃) ₂ + KMnO ₄ + 2H ₂ O 3Fe(OH) ₃ + MnO ₂ + KHCO ₃ + 5CO ₂	0.94	1.50	2.43

*Sludge weight based on Fe(OH)₃ as the precipitate. It is highly probable that portions of the sludge will consist of FeCO₃.

Reaction	Oxidant, mg/mg Mn ²⁺	Alkalinity used, mg/mg Mn ²⁺	Sludge,* lb/lb (kg/kg) Mn ²⁺
A. Oxygen 2MnSO ₄ + 2Ca(HCO ₃) ₂ + O ₂ 2MnO ₂ + 2CaSO ₄ + 2H ₂ O + 4CO ₂	0.29	1.80	1.58
B. Chlorine Mn(HCO ₃) ₂ + Ca(HCO ₃) ₂ + Cl ₂ MnO ₂ + CaCl ₂ + 2H ₂ O + 4CO ₂	1.29	3.64	1.58
C. Chlorine dioxide Mn(HCO ₃) ₂ + 2NaHCO ₃ + 2ClO ₂ MnO ₂ + 2NaClO ₂ + 2H ₂ O + 2CO ₂	2.46	3.60	1.58
D. Potassium permanganate 3Mn(HCO ₃) ₂ + 2KMnO ₄ 5MnO ₂ + 2KHCO ₃ + 2H ₂ O + 4CO ₂	1.92	1.21	2.64

*Sludge weight based on MnO₂ as the precipitate. It is highly probable that portions of the sludge will consist of MnOOH and MnCO₃.

• كيفية احتساب جرعة البرمنجانات المطلوبة:

مثال:

إذا كانت مياه أحد الآبار تحتوي علي تركيزات (٠.١ ملجم/ لتر منجنيز، ٥.٠ ملجم / لتر حديد)، وكان البئر يعمل بتصرف ٤٠ لتر / ث، وكان تركيز محلول البرمنجانات ٥ جم / لتر وكان أقصى تصرف لطلبة الحقن ١٠٠ لتر / س فما هي النسبة المئوية لتصرف الطلبة؟

الحل:

البرمنجانات اللازمة لأكسدة المنجنيز = $٠.١ \times ٩٢.١ = ٩.٢١$ ملجم / لتر.

البرمنجانات اللازمة لأكسدة الحديد = $٥.٠ \times ٩٤.٠ = ٤٧٠.٠$ ملجم / لتر.

جرعة البرمنجانات المطلوبة لأكسدة الحديد والمنجنيز = $٩٢.١ + ٤٧٠.٠ = ٥٦٢.١$ ملجم / لتر.

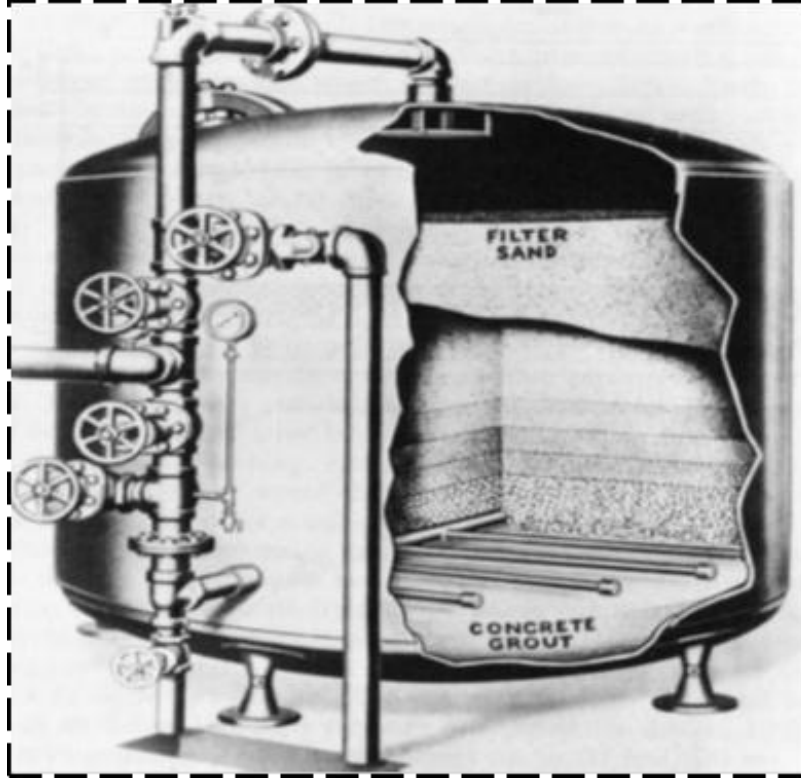
كمية البرمنجانات المطلوب اضافتها كل ساعة = $٤٠ \times ٦.٣ \times ٣٩.٢ = ٩٨٠٠.٠$ جم / س.

تصرف محلول البرمنجانات المطلوب أضافته كل ساعة = ٧٠٤.٥ لتر / س.

4 %

• ثانيا الترشيح:

هي الخطوة النهائية لإزالة الحديد والمنجنيز من المياه وهناك نوعان من الفلاتر (مرشحات باستخدام الجاذبية وأخري بالضغط) وكلاهما يتضمن مرور المياه علي وسط ترشيحي ثم نظام تجميع يخدم كنظام توزيع للغسيل العكسي لتنظيف المرشح. ويتكون الوسط الترشيحي من (الانتراسيت – الرمل – الجرين ساند – الحصى) فعندما نحتاج للتخلص من المنجنيز يجب ان نستخدم الجرين ساند وإذا لم نحتاج ذلك فيمكن ان يتكون الوسط الترشيحي من الانتراسيت والرمل معاً أو كل منهما بمفرده، أما اذا كان هناك حديد فلا بد من وجود طبقة من الانتراسيت أعلي الجرين ساند لحمايته من ترسيب الحديد علي سطحه. والرسم التالي يوضح مكونات الفلتر.



ملحوظة هامة:

عند استخدام الجرين ساند يجب أولاً تنشيطه عن طريق غمره في محلول برمنجانات البوتاسيوم ($1.5 \text{ kg KMnO}_4 / \text{L m}^3 \text{ greensand}$) قبل بداية تشغيل الفلتر ، وبالتشغيل المستمر للفلتر يكون التنشيط نوعان:

١ - تنشيط مستمر Continuous Regeneration CR:

ويتم ذلك بإضافة جرعة مستمرة من محلول برمنجانات البوتاسيوم إلى المياه الخام قبل دخولها الفلتر وهذه الجرعة تكون محسوبة طبقاً لتركيز الحديد والمنجنيز بالمياه الخام.

٢ - تنشيط متقطع Intermittent Regeneration IR:

ويتم ذلك بإيقاف الفلتر على فترات وغمره في محلول برمنجانات البوتاسيوم لفترة زمنية ثم يشطف الفلتر للتخلص من برمنجانات البوتاسيوم الزائدة ثم يتم إدخاله الخدمة.

يوجد قاعدتين أساسيتين للتشغيل تتضمن:

١ - خطوة الترشيح:

مرور المياه من وإلى الفلتر بمعدل يتناسب مع مساحه سطحه ويتم التعبير عن المعدل (م^٣ / م^٢ / س) يعتمد هذا المعدل علي (نوعية المياه الخام – المعالجة الابتدائية – الوسط الترشيحي المستخدم) ويكون المعدل المناسب ٦ م / س وهناك مرشحات مصممة لمعدلات أعلى وعادة تؤدي المعدلات الأقل إلي كفاءة أعلى وأقل معالجة وأقل مشاكل للمرشحات.

٢ - الغسيل العكسي:

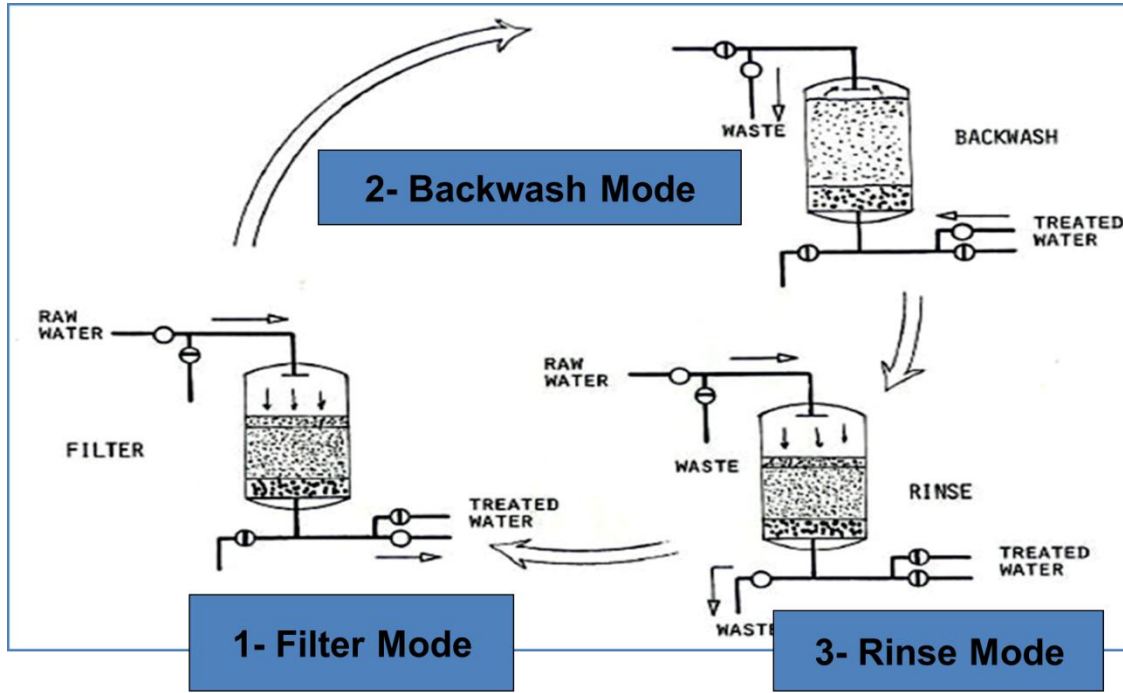
يتم ذلك بضخ المياه المعالجة الخارجة من الخزان من أسفل إلي أعلى المرشح وأثناء ذلك يحدث تخلخل واحتكاك لطبقات الفلتر وتصبح الرواسب والشوائب حرة وتمر إلي الكسح لذلك يجب أن يكون معدل المياه المستخدم في الغسيل العكسي كبير ويمكن أن يتراوح بين ٦٠ - ٧٠ م / س. وتستمر هذه العملية حتى تصبح مياه الكسح نقية عندها نتوقف عن الغسيل العكسي ثم يتم شطف المرشح إلي الكسح قبل دخوله الخدمة. في حالة الجرين ساند، نظام الغسيل بالهواء يكون مفيداً ليعضن الوسط أن يصبح نظيفاً.

ملحوظة هامة:

من المهم استخدام المياه المعالجة في الغسيل العكسي للتنظيف الجيد للوسط الترشيحي وخصوصاً في حالة الجرين ساند.

دورة الترشيح:

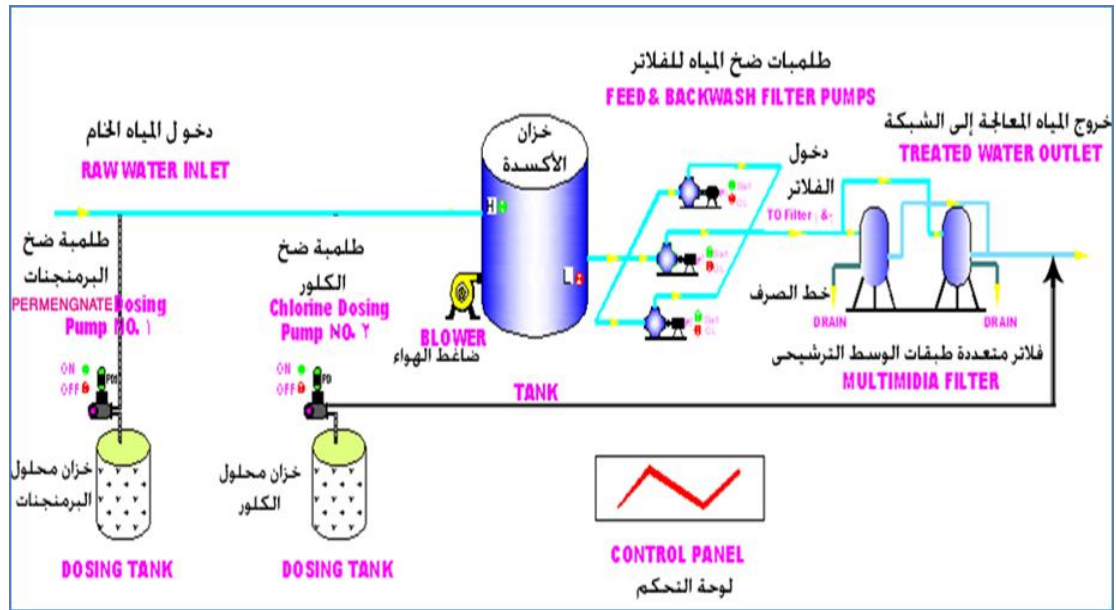
الرسم التوضيحي يبين الاوضاع الثلاثة لدورة الترشيح كما يلي:



١ - وضع الترشيح (Filter Mode) في الجانب الايسر بالرسم والسهم يبين دخول المياه الخام من أعلي المرشح مروراً بالوسط الترشيحي ليخرج إلي خزان المياه المعالجة.

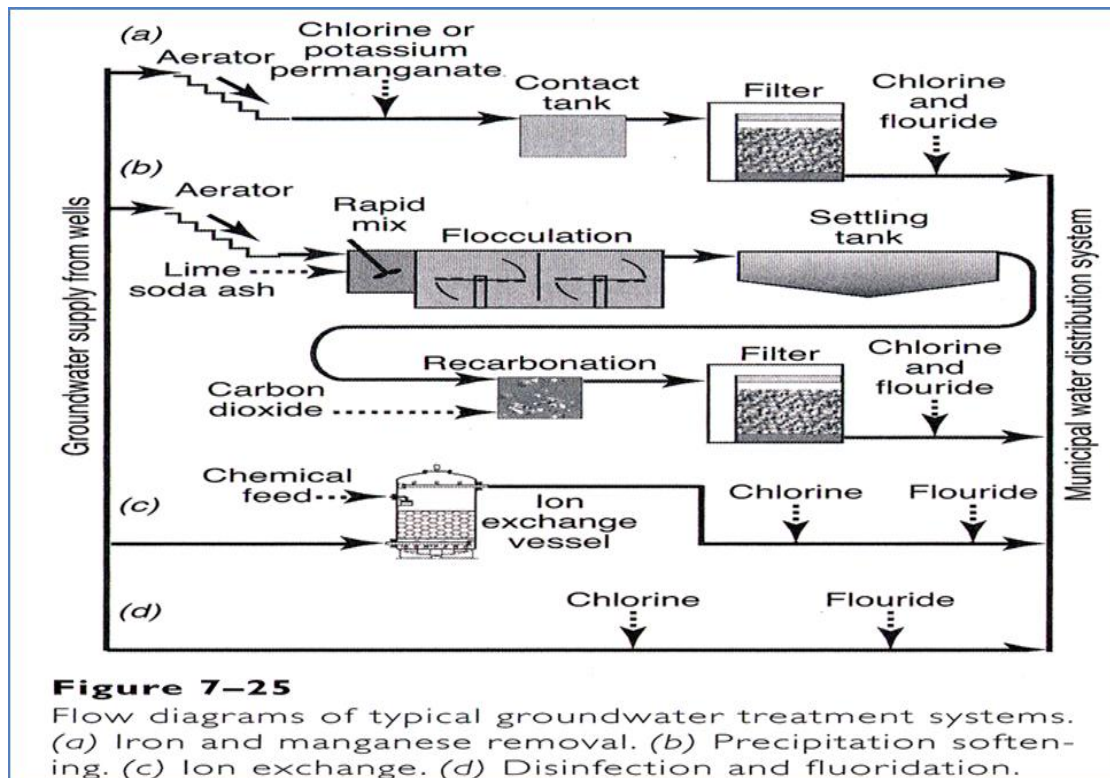
٢ - وضع الغسيل العكسي (Backwash Mode) علي الجانب الايمن العلوي بالرسم والسهم يبين دخول المياه المعالجة عكسياً من أسفل إلي أعلي المرشح مروراً بالوسط الترشيحي ليخلصه من الرواسب حاملاً إياها الي الكسح. يمكن استخدام الهواء في الغسيل العكسي ليساعد في تنظيف الوسط الترشيحي.

رسم توضيحي لمراحل معالجة الحديد والمنجنيز:



مراحل المعالجة:

- ١- أكسدة الحديد والمنجنيز عن طريق (الهواء المضغوط - إضافة محلول برمنجنات البوتاسيوم)
- ٢- الترشيح من خلال وسط ترشيحي مكون من (حصى ورمل وجرين ساند وانثراثيت).
- ٣- التطهير عن طريق إضافة محلول هيبوكلوريت الكالسيوم (عامل مؤكسد أيضاً).



مصادر وخصائص مياه الصرف الصحي

من علامات التقدم الحضاري في منطقة ما وجود شبكات لتجميع المياه الملوثة بها يحقق صرف المخلفات السائلة لسكانها ومنشأتها صرفاً صحياً. وقد زاد الاهتمام في السنوات الأخيرة بأعمال الصرف الصحي نتيجة للزيادة المستمرة في معدلات استهلاك المياه، والتي ترتبط بعوامل كثيرة منها زيادة تعداد السكان والتقدم في الصناعة وكثرة الاحتياجات من المياه، وكل هذه العوامل جعلت من المخلفات السائلة مشكلة كبيرة تتفاقم آثارها. ويعتبر الصرف الصحي للمخلفات السائلة من أهم العمليات اللازمة لضمان توفر البيئة الصحية الصالحة للأفراد في المجتمعات السكنية، والتي تساعد على تجنب المشاكل التالية:

١. تلوث المجاري المائية السطحية أو المياه الجوفية مما ينتج عنه انتشار الأمراض مثل التيفود والكوليرا وأمراض أخرى تنقلها المياه الملوثة.
 ٢. نمو وتكاثر الذباب والبعوض وما يؤدي إليه ذلك من انتشار الأمراض علاوة على ما تسببه من مضايقات.
 ٣. معاناة الأهالي من مشاكل الصرف في المنازل وأعمال الكسح اللازم إجراؤها كل فترة لبيارات الصرف وخزانات التحليل المستخدمة، في حالة عدم وجود شبكة لتجميع المخلفات السائلة.
 ٤. نزح رواسب خزانات التحليل أو بيارات الصرف والتخلص منها إما على المجاري المائية مما يؤدي إلى تلوثها، أو بتجميعها في بعض المناطق القريبة من المدن مما يؤدي إلى تراكمها وانبعاث روائح كريهة غير مرغوب فيها.
- لذلك يعتبر صرف المخلفات السائلة المنزلية والمحتوية على الفضلات الآدمية من أهم العمليات اللازمة لضمان توفير البيئة الصالحة للأفراد، سواء في المجتمعات الحضرية أو الريفية، ويجب أن يتم الصرف بطرق هندسية واقتصادية وفقاً للأسس الفنية والشروط الأساسية لمقومات الصحة العامة ومقتضيات الراحة والأمان للمواطنين وسلامة ونظافة البيئة، وفي حدود الإمكانيات المتيسرة.

الغرض من إنشاء شبكات تجميع وصرف مياه الصرف الصحي

قواعد إنشاء شبكات تجميع وصرف مياه الصرف الصحي كثيرة ومتعددة،

أهمها ما يلي:

١. حماية أساسات المباني والمنشآت.
٢. حماية المجاري المائية ومصادر المياه الجوفية من التلوث.
٣. ضمان إجراء عمليات الصرف للمياه الملوثة على أسس صحية وسليمة، مما يوفر وسائل الراحة والرفاهية بالمتجمعات السكانية.
٤. الاستفادة من مياه الصرف الصحي بعد معالجتها وإعادة استخدامها.
٥. الاستفادة من الرواسب الناتجة من وحدات معالجة مياه الصرف الصحي، وذلك بعد معالجتها.
٦. حماية البيئة المحيطة من التلوث (مياه – تربة – هواء – نبات – حيوان).

أعمال تجميع المخلفات السائلة

يتم تجميع مياه الصرف الصحي والمخلفات السائلة بواسطة شبكة من المواسير تسير فيها المياه الملوثة بما تحتويه من مواد عالقة أو ذائبة بالانحدار الطبيعي تبعاً للقوانين الهيدروليكية. وتسير المخلفات السائلة في هذه الشبكة بحيث تصب المواسير الصغرى في مواسير أكبر منها وهكذا إلى أن تصب في النهاية في مجمع رئيسي يصب في بئارة محطة الرفع التي ترفع المخلفات السائلة وتدفعها في مواسير تحت ضغط تعرف بالمواسير الصاعدة أو خطوط الطرد إلى موقع وحدات معالجة المخلفات السائلة. ويمكن تقسيم أعمال تجميع المخلفات السائلة (مكونات تجميع مياه الصرف الصحي) إلى الأعمال التالية:

أولاً: شبكة المواسير بالانحدار الطبيعي وملحقاتها من المطابق وغرف التفتيش الأخرى.

ثانياً: محطات الرفع وملحقاتها (البئارة ووحدات الضخ من الطلمبات والمحركات ومواسير السحب والطرد وأجهزة قياس التصريف).

ثالثاً: المواسير الصاعدة (خطوط الطرد) وملحقاتها من غرف المحابس وأجهزة الحماية من المطرقة المائية.

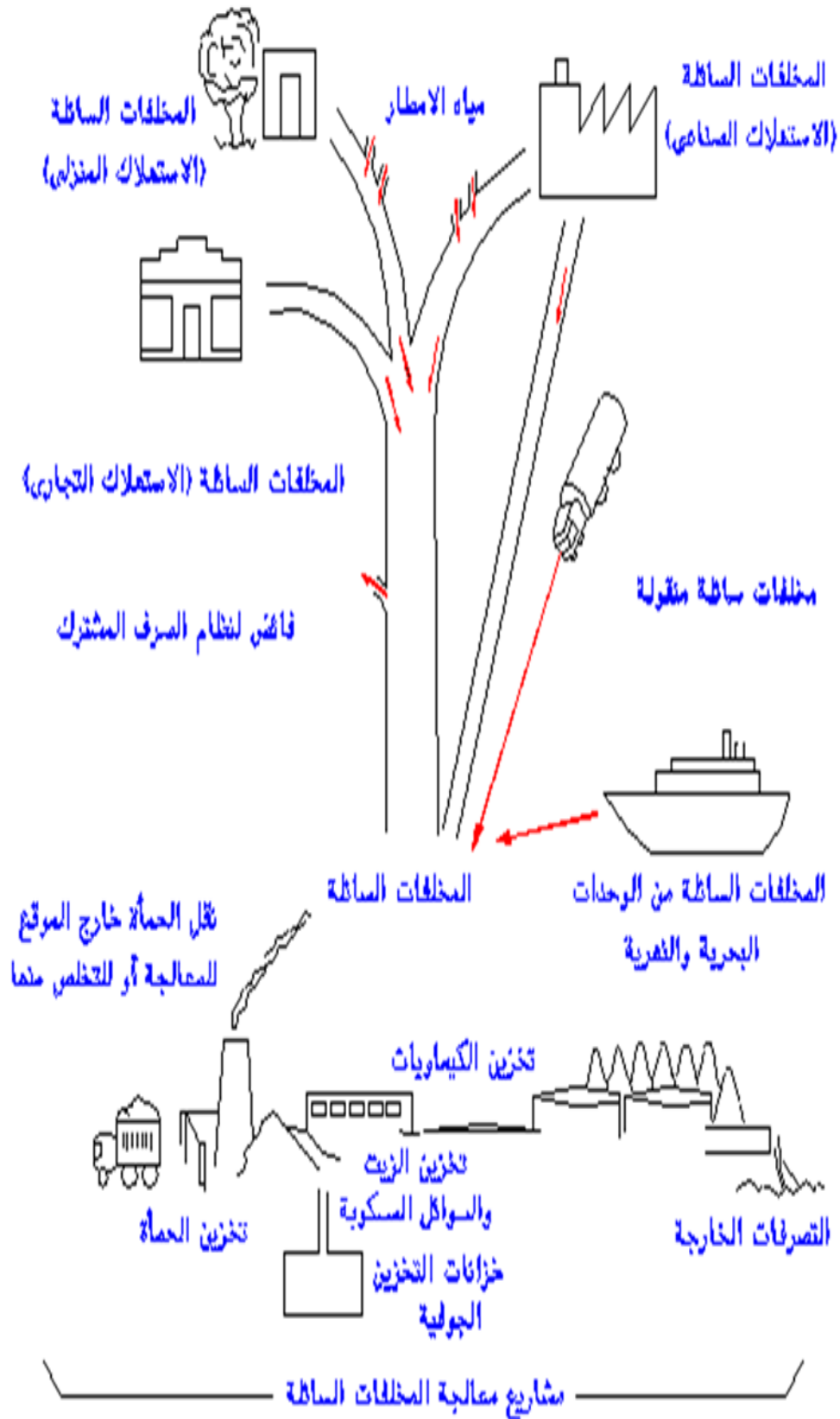
مصادر المياه الملوثة

تتكون مياه الصرف الصحي أساساً من المخلفات السائلة المنزلية الناتجة من المباني السكنية ومن المخلفات السائلة الناتجة من بعض الصناعات الخفيفة بالمدينة كالصناعات الغذائية بالإضافة إلى مياه الرش ومياه الأمطار التي تصل إلى الشبكة كما هو موضح بالشكل رقم (١-١).

وتتكون مياه الصرف الصحي أصلاً من مياه الشرب المستعملة بما تحتويه من العناصر الكيميائية الموجودة فيها قبل الاستعمال مضافاً إليها الشوائب التي تصاحب استعمالها. وتعتمد هذه الشوائب في نوعيتها وكمياتها على مجالات استعمال المياه، فتختلف بالنسبة للمخلفات الصناعية عنها في الاستعمالات المنزلية أو مياه الأمطار أو مياه الرش. وكل نوع من هذه الأنواع تتداخل عوامل كثيرة في التأثير على مكوناته، وتتفاوت هذه العوامل من منطقة إلى أخرى.

مياه الصرف الصحي المنزلي

تشمل المياه المستعملة في التجهيزات الصحية المنزلية والمراحيض وأحواض المطابخ والأجهزة الأخرى، ويتضح من ذلك أن نوعية الشوائب في هذه المياه هي مخلفات الطعام والفضلات الآدمية بالإضافة إلى المواد الناتجة عن الاستحمام ونظافة الملابس والأواني والأرضيات وأعمال النظافة الأخرى.

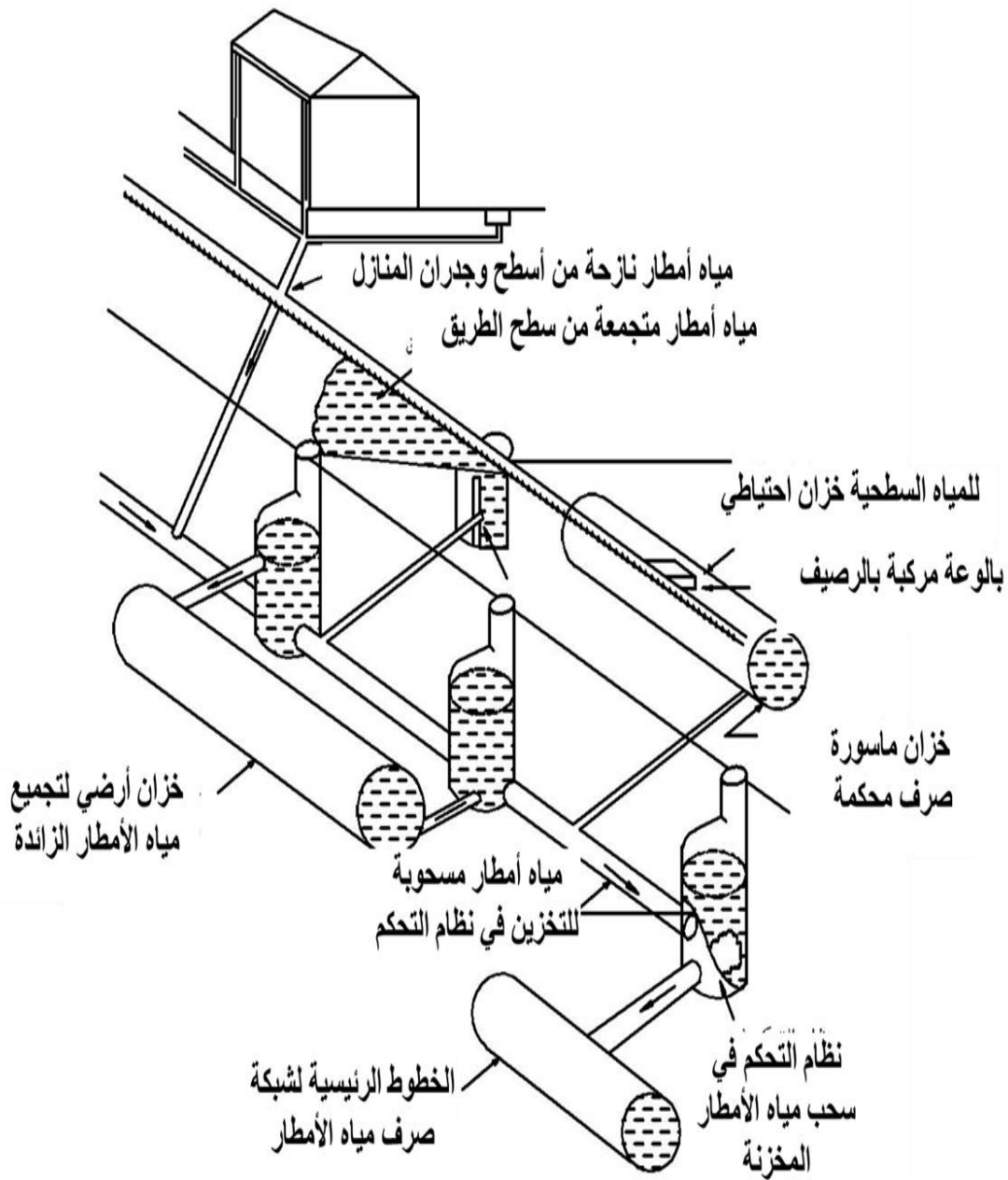


شكل رقم (١-١)

مصادر المياه الملوثة

مياه الأمطار

تحتوى مياه الأمطار بعد تجميعها على المواد التي تحملها الأمطار أثناء سقوطها أو جريانها فوق أسطح المباني والأرض، وتختلف ما تحمله مياه الأمطار من أتربة ورمال ومواد عضوية طبقاً لعدة عوامل كثيرة منها طبيعة الأسطح التي تسقط عليها الأمطار ونوعية رصفها ومدى تكرار سقوط الأمطار ومدتها. وقد تحتوى مياه الأمطار في بعض الأحيان على تركيز عالٍ من المواد العالقة التي تجرفها المياه من الأسطح التي تسقط عليها بالإضافة إلى بعض الغازات الذائبة في الأمطار أثناء هطولها.



الشبكات المنفصلة لتجميع مياه الأمطار

مياه الصرف الصحي المنزلي

تختلف نوعية مياه الصرف الصحي المنزلي طبقاً للعوامل التالية:

- أ. مستوى المعيشة.
- ب. معدلات استهلاك المياه.
- ج. خصائص مياه الشرب.

المخلفات الصناعية السائلة

تختلف مكونات المخلفات الصناعية السائلة وخصائصها حسب نوع الصناعة والعمليات الصناعية المستخدمة فيها، وكمية المياه المستعملة والمواد التي تدخل في التصنيع، والنسبة التي تصل منها إلى مياه الصرف الصحي. وتكون بعض المخلفات الصناعية أشد تركيزاً من مياه الصرف المنزلي بالنسبة للمواد العضوية والمواد العالقة والمواد الذائبة، وقد تكون بعضها أقل تركيزاً، فنجد مثلاً أن المياه المستعملة في صناعة الورق تحتوى على تركيز عال من المواد العضوية العالقة والذائبة، بينما نجد أن المياه المستعملة في صناعة التبريد تكون خالية من الشوائب. وتحتوى بعض المخلفات الصناعية على مواد سامة أو ضارة بالنسبة للكائنات الحية الدقيقة والتي لها دور كبير في عمليات المعالجة. ولذلك لا يُسمح بصرف المخلفات الصناعية على شبكات الصرف الصحي إلا إذا توافرت فيها معايير وخصائص معينة حددها القانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ والقرار رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠ في شأن صرف المخلفات الصناعية السائلة على شبكات الصرف الصحي.

مياه الرشح

وهي المياه التي تدخل مواسير الصرف الصحي من المياه السطحية أو من المياه الجوفية في باطن الأرض إذا كان منسوبها أعلى من منسوب المواسير. لذا يجب أن تقدر قيمتها لتؤخذ في الاعتبار عند التصميم. وتدخل المياه الجوفية عن طريق الوصلات والمسام والمطابق المعيبة وأغطية المطابق التي يقل منسوبها عن منسوب سطح الأرض. وتعتمد كمية مياه الرشح على ارتفاع منسوب المياه الجوفية فوق منسوب المواسير وعلى جودة الوصلات ونوعية مواسير الصرف المستخدمة وقطرها وطولها ونوع أغطية المطابق المستخدمة (بفتحات أم بدون فتحات - خاصة في المناطق الممطرة). وتشمل أسس التصميم والمراجع المختلفة تحديد كميات مياه الرشح، وقد يحدث في بعض الأحيان ظاهرة الترشيح (عكس حركة مياه الرشح) في حالة وجود المياه الجوفية على منسوب أقل من منسوب المواسير حيث تتسرب المياه من المواسير إلى طبقات التربة المحيطة (Exfiltration)، مما يتسبب في تلوث التربة والمياه الجوفية بالإضافة إلى خلخلة التربة أسفل أساس المواسير والمطابق وتأثير ذلك على سلامة هذه المنشآت والمواسير. ويتأثر منسوب مياه الرشح بالدرجة الأولى بموقع تركيب المواسير، حيث يرتفع عندما يكون الموقع مجاوراً للأنهار أو الترعة أو المجاري المائية، بينما يقل عندما يزيد بعد الموقع عن المجاري المائية. ولذلك نجد أن منسوب مياه الرشح في الموقع المجاور للنهر وعلى مسافة في حدود خمسون متراً من جسر النهر يتأثر بارتفاع أو انخفاض منسوب النهر.

مياه غسيل الشوارع

وهذه المياه الملوثة تصرف في البالوعات ومنها إلى شبكة الصرف حاملة معها بعض الرمال والورق والزيت والشحومات.

الملوثات في مياه الصرف الصحي

وتتشعب آثار صرف مياه الصرف الصحي غير المعالجة في البيئة حسب نوع الملوثات وتركيزها، ويوضح الجدول رقم (١) الملوثات الهامة الموجودة في مياه الصرف الصحي.

فالأجسام الصلبة المعلقة مثلاً، تؤدي إلى ترسب الحمأة وتوليد ظروف لاهوائية، بينما تؤدي المواد العضوية غير القابلة للتحلل الحيوي إلى استنفاد موارد الأكسجين الطبيعية ونشوء ظروف ضارة بالأنواع المائية.

الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصحي وخطورتها

الملوثات	سبب الخطورة
المواد الصلبة العالقة	قد تؤدي إلى ترسب الحمأة وتوليد ظروف لاهوائية إذا تم صرف مياه الصرف الصحي غير المعالجة في البيئة المائية. والمواد العالقة بكثرة تعيق أنظمة الري في حالة استخدام المياه المعالجة في الري والزراعة، وفي بعض حالات وجود تركيزات عالية من المواد العالقة تقلل من كفاءة تطهير وتعقيم المياه المعالجة وذلك لحجبها كثير من المواد الممرضة.
المواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجي	وتشمل المركبات العضوية التي يمكن أن تتحلل عن طريق العمليات البيولوجية المختلفة مثل التي تتم بتأثير الكائنات الدقيقة ومن أمثلة تلك المركبات البروتينات والدهون والكربوهيدرات. ولو تركت هذه المركبات أو تسربت للبيئة المائية تؤدي إلى استهلاك واستنزاف الأكسجين الذائب وربما إلى التحلل الذاتي للأنهار والمسطحات المائية الصغيرة، وعند نقص ونضوب الأكسجين تبدأ التفاعلات اللاهوائية داخل المياه مسببة روائح كريهة وتزداد الجراثيم ومسببات الأمراض الأخرى.
الكائنات الحية المسببة للأمراض	وهي الكائنات الدقيقة وغير الدقيقة والتي يؤدي تراكمها أو وجودها نفسه في مياه الصرف الصحي إلى الإصابة بالأمراض سواء للإنسان أو للحيوان أو للنبات داخل البيئة، وتشمل البكتيريا والفطريات والطحالب والفيروسات والديدان وبعض الطفيليات.
المواد العضوية الشديدة المقاومة للتحلل	تقاوم طرق المعالجة التقليدية لمياه الصرف الصحي، وتضم العوامل ذات الفعالية السطحية والفينولات والمبيدات الزراعية الثانوية وهذه المواد غير قابلة للتحلل بيولوجيا وتحتاج إلى معالجة كيميائية وفيزيائية لإزالتها، حيث أنها تقاوم طرق المعالجة التقليدية، وتراكم هذه المواد يسبب ضررا شديدا بالبيئة. وقد تشمل تلك المواد أيضاً بعض أنواع المنظفات الصناعية والتي هي مواد خافضة للتوتر السطحي وهي عبارة عن جزيئات عضوية كبيرة ولها قابلية ضعيفة للذوبان وهي تسبب الرغوة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي وفي المياه

الملوثات	سبب الخطورة
	السطحية التي يتم صرف المياه إليها.
المعادن الثقيلة	تنتج من الأنشطة التجارية والصناعية، وهي تسبب سمية شديدة وتلوثاً كبيراً وذلك في حالة إعادة استخدام المياه المحتوية علي تركيزات معينة منها، ولذلك ينصح بعدم استخدام المياه المحتوية علي العناصر الثقيلة في الري والزراعة ويجب إزالتها من مياه الصرف الصحي قبل إعادة استخدامها.
المكونات الذائبة غير العضوية	تضم الكالسيوم والصوديوم والكبريتات، ويجب إزالة هذه المكونات لإمكانية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي.
المغذيات Nutrients	وهي عناصر لازمة لنمو النبات والحيوان وكثير من الكائنات الحية الدقيقة ولو بنسب ضئيلة. ومن أهمها النيتروجين والفسفور والتي عند وصولها للبيئة المائية كالأنهار والبحيرات تؤدي إلي نمو الطحالب غير المرغوب فيها، وأيضاً وجودها بتركيزات عالية يسبب استنفاد الأكسجين الذائب في المياه وموت بعض الكائنات المائية كالأسماك نتيجة للاختناق، ولو تسربت للأرض تسبب تلوثاً للمياه الجوفية.

ونظراً لاختلاف طبيعة كل ملوث من الملوثات السابقة بعضها عن بعض، حيث أن كل ملوث له ما يميزه من الصفات والخصائص الطبيعية والكيميائية عن الآخر، لذلك فإن طرق إزالته أو التخلص منه تختلف من ملوث لآخر. وعموماً فإن طرق التخلص من الملوثات هي نفسها أنظمة المعالجة إذ أن المعالجة تهدف إلي التخلص من الملوثات، لهذا نجد أن طرق التخلص من الملوثات إما أن تكون طرق فيزيائية أو كيميائية أو بيولوجية.

الغازات المنبعثة من مياه الصرف الصحي

تحتوى المخلفات السائلة عند بدء جريانها في شبكة الصرف على بعض الأكسجين الذائب الذى سرعان ما يُستهلك نتيجة لنشاط البكتريا الهوائية التي تموت إذا لم يتجدد الأكسجين (أي إذا لم يكن هناك اتصال دائم بين المخلفات السائلة والهواء). وعندئذ تنشط البكتريا اللاهوائية ويحدث تحلل لاهوائي للمواد العضوية فتكتسب المخلفات لوناً داكناً ورائحة عفنة نتيجة لهذا التحلل اللاهوائي، وعلى النقيض من ذلك إذا تواجدت المخلفات السائلة على اتصال دائم بالهواء فعندئذ تنشط البكتريا الهوائية مما ينتج عنه تحلل هوائي للمواد العضوية لا ينتج عنه روائح عفنة أو تركيز عالي في اللون.

من هذا يتضح أن المواد العضوية تتعرض إلى نوعين من التحلل:

أولاً: التحلل اللاهوائي (Putrefaction):

وهو الذى يحدث نتيجة لنشاط البكتريا اللاهوائية في غياب الأكسجين وينتج عنه غازات النشادر (Ammonia) والميثان (Methane) وكبريتيد الهيدروجين (Hydrogen Sulphide)، ومعظم هذه الغازات ذات رائحة نفاذة كريهة.

ثانياً: التحلل الهوائي (Oxidation):

وهو الذى يحدث نتيجة نشاط البكتريا الهوائية عند تواجد الأكسجين وينتج عنه أملاح الأزوتات (Nitrates) والكبريتات (Sulphates) وثنائي أكسيد الكربون (Carbon Dioxide) ومواد أخرى غير ضارة.

ويتأثر التحلل الهوائي بعدة عوامل مثل:

• درجة حرارة المخلفات (Temperature of sewage)

ويظهر تأثير درجة الحرارة في زيادة نشاط البكتيريا سواء الهوائية أو اللاهوائية مع ارتفاع درجة الحرارة إلى درجة معينة يأخذ بعدها نشاط البكتيريا في الهبوط.

• العوامل الميكانيكية (Mechanical factors) مثل مرور المخلفات السائلة على هدارات أو في منحدرات أو في وحدات الطلمبات، إذ أن مثل هذه العوامل تساعد على تفتت المواد العالقة الكبيرة الحجم نسبياً إلى مواد أصغر حجماً وتزيد نسبة الأكسجين الذائب.

• كمية المياه المستخدمة (مياه الشرب) في المدينة وكذلك محتويات هذه المياه وكمية مياه الرش وكمية مياه المطر، وهذه تؤثر على درجة تركيز المواد الصلبة (عالقة كانت أو ذائبة)، كما أن مياه الرش بما قد تحتويه من أملاح ذائبة تؤثر على درجة تركيز المواد الذائبة.

• المواد الصلبة الموجودة في المخلفات السائلة تتواجد إما عالقة أو ذائبة، فإذا أخذنا عينة من المخلفات السائلة ووضعناها في فرن تجفيف لتبخير ما فيها من ماء أمكننا تحديد كمية المواد الصلبة في العينة سواء كانت ذائبة أو عالقة، أما إذا رشنا العينة قبل التجفيف ثم جففنا السائل الذي مر في ورقة الترشيح فإنه يمكننا تحديد كمية المواد الصلبة الذائبة. وتنقسم المواد الصلبة العالقة إلى:

- مواد سهلة الترسيب، أي ترسب في وقت قصير وتقدر بحوالي ٥٠% من المواد العالقة.

- مواد صعبة الترسيب، أي تحتاج إلى وقت طويل لترسيبها وتقدر بحوالي ٥٠% من المواد العالقة.

وتتراوح نسبة المواد الصلبة الذائبة من ٦٥% إلى ٧٥% من مجموع المواد الصلبة، بينما تتراوح نسبة المواد الصلبة العالقة من ٢٥% إلى ٣٥% من مجموع المواد الصلبة. وفي عمليات معالجة المخلفات السائلة تُحجز نسبة كبيرة من المواد العالقة بينما تمر نسبة كبيرة من المواد الذائبة في كامل عملية المعالجة دون تغيير يذكر إذ يتغير قليل منها بالأكسدة، كما هو موضح بالجدول التالي.

مكونات مياه الصرف الصحي (من المدن السكنية)

مياه الصرف الصحي					
١٠٠٠ جزء في المليون مواد صلبة ٩٩٩ x ١٠٠٠ جزء في المليون ماء	١٠٠٠ جزء في المليون مواد صلبة				
	٧٠٠ مواد ذائبة		٣٠٠ مواد عالقة		
			١٥٠ قابل للترسب		١٥٠ غير قابل للترسب
	٤٠٠ غير عضوي	٣٠٠ عضوي	٥٠ غير عضوي	١٠٠ عضوي	٥٠ غير عضوي

كما يمكن تقسيم المواد الصلبة في المخلفات السائلة إلى مواد عضوية ومواد غير عضوية:

- المواد العضوية (Organic substances)

وتسمى أحياناً مواد طيارة أو غير ثابتة (Volatile-unstable) نظراً لتطايرها عند التسخين لدرجة حرارة عالية.

- مواد غير عضوية (Inorganic substances)

وتسمى أحياناً مواد معدنية أو ثابتة (Mineral-stable) لثباتها وعدم تطايرها عند التسخين لدرجة حرارة عالية. وتقدر نسبة كل من المواد العضوية والمواد غير العضوية الموجودة في المخلفات السائلة بحوالي خمسين في المائة (٥٠%) من مجموع المواد الصلبة.

١. خصائص مياه الصرف الصحي

تُحدّد نوعية مياه الصرف الصحي حسب خصائصها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية، فالخصائص الفيزيائية (الطبيعية) تشمل اللون والرائحة ودرجة الحرارة ودرجة العكارة، والمحتويات غير المذابة، ومنها المواد الصلبة العالقة والزيوت والشحوم.

وتصنف المواد الصلبة إلى مواد صلبة عالقة ومواد صلبة ذائبة ومواد صلبة عضوية متطايرة وغير عضوية ثابتة. وترتبط الخصائص الكيميائية بالمحتويات العضوية لمياه الصرف الصحي، حيث تشمل الطلب البيولوجي الكيميائي على الأكسجين (BOD) والطلب الكيميائي على الأكسجين (COD) ومجموع الكربون العضوي والطلب الكلي على الأكسجين، أما الخصائص الكيميائية غير العضوية فتشمل الملوحة والعُسر والرقم الهيدروجيني والحموضة والقلوية بالإضافة

إلى المعادن المؤيئة، ومنها الحديد والمنجنيز، المواد الأنيونية، ومنها الكلوريدات والكبريت والنترات والكبريتيد والفوسفات. وتضمّ الخصائص البكتيريولوجية بكتيريا الكوليفورم وبكتيريا الكوليفورم الغائطية والعوامل الممرضة والفيروسات، وتتغير مكونات مياه الصرف الصحي ومستويات التركيز مع الوقت وحسب الظروف المحلية، فالمجموع النموذجي للأجسام الصلبة للمياه المنزلية غير المعالجة مثلاً يتراوح بين ٣٥٠ و ١٢٠٠ ملليجرام/ لتر، ويوضح الشكل مخطط يبين كافة الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لمياه الصرف الصحي.

خصائص مياه الصرف الصحي



مخطط لخصائص مياه الصرف الصحي

وسوف نتناول بالتفصيل هذه الخصائص خلال الفقرات التالية نظراً لأهميتها في فهم عمليات المعالجة.

أولاً: الخصائص الطبيعية

١. اللون

يكون لون مياه الصرف الصحي في بدء سريانها في شبكة الصرف الصحي رمادي حيث تحتوي على مواد برازية وتتحول تدريجياً إلى اللون الداكن عند حدوث التعفن والتحلل اللاهوائي، أما إذا كان لونها خلاف ذلك فهذا يعني اختلاط مياه صرف صناعي بمياه الصرف الصحي.

٢. العكارة

العكارة هي مقياس لمرور الضوء خلال الماء، ويستخدم كاختبار لقياس مدى جودة مياه الصرف الصحي المعالجة بالنسبة للمواد الرغوية العالقة. وعموماً فإنه لا توجد علاقة بين درجة العكارة وتركيز المواد العالقة في المياه الغير معالجة ولكن تتوقف درجة العكارة على كمية المواد العالقة ونوعها ولونها ودقة حبيباتها. وغالباً تقاس العكارة للمياه المعالجة الناتجة (مياه السيب النهائي) كاختبار سريع لجودة المياه المعالجة ومدى احتوائها على مواد عالقة.

٣. الرائحة

مياه الصرف الصحي الخام لها رائحة مثل رائحة التربة وهي ليست رائحة نفاذة وخاصة عند توفر الأكسجين الذائب في المياه أثناء سريانها في الشبكة، وتتأثر رائحة مياه الصرف الصحي بقيمة تركيز الأكسجين الذائب في المياه، ففي حالة نقص الأكسجين الذائب في مياه الصرف الصحي تبدأ البكتيريا اللاهوائية في النمو والنشاط وتأخذ في استهلاك وتحليل المواد العضوية وتحولها إلى أمونيا وغازات أخرى، ويصبح الماء حينئذ ذو رائحة كريهة جداً ويسمى ماء متعفناً (متحللاً)، ويعد غاز كبريتيد الهيدروجين من أكثر الغازات المسببة للرائحة الكريهة في مياه الصرف الصحي.

وتلجأ بعض محطات معالجة مياه الصرف الصحي لتقليل هذه الروائح الكريهة الناتجة باستخدام وحدات تتكون من الكربون النشط لامتزاز الروائح من المياه قبل صرفها إلى المياه المستقبلية إلا أن ذلك يعد مكلفا من الناحية الاقتصادية (مثل محطة معالجة الصرف الصحي بالبركة بالقاهرة)، كما تلجأ محطات أخرى إلى استخدام الكلور لمعالجة الروائح الشديدة المصاحبة لمياه الصرف الصحي الخام عند دخولها لمداخل المحطات.

٤. درجة الحرارة

تكون درجة حرارة مياه الصرف الصحي أعلى قليلا من درجة حرارة الجو المحيط بسبب وجود المخلفات الآدمية ويسبب صرف مخلفات صناعية على الشبكة. ودرجة الحرارة تؤثر واضح علي نشاط البكتيريا سواء الهوائية أو اللاهوائية، فزيادة الحرارة تزيد من النشاط البكتيري وذلك إلي درجة حرارة معينة يأخذ بعدها النشاط البكتيري في التناقص والهبوط.

وبالتالي فإن ارتفاع درجة الحرارة يسهم في الإسراع بتحلل وتكسير المواد الصلبة العضوية، كما تزداد في هذه الظروف كمية الأجسام الدقيقة الصغيرة المتحللة والتي تكون معلقة داخل المياه، مسببة تزايد عكارة المياه.

٥. المواد الصلبة الكلية

من الناحية العلمية يتم تعريف المواد الصلبة الكلية في مياه الصرف الصحي علي أنها كل المواد التي تتبقي بعد التبخر عند درجة حرارة ١٠٥ مئوية، ويمكن تقسيم المواد الصلبة الكلية في مياه الصرف الصحي إلي المواد الصلبة العالقة والمواد الصلبة الذائبة (لا يمكن فصلها بالترشيح). والمواد الصلبة العالقة نفسها تنقسم إلي قسمين هما مواد قابلة للترسيب ومواد غير قابلة للترسيب (غروية)، وتعرف المواد الصلبة القابلة للترسيب علي أنها المواد التي تترسب في قاع إناء علي شكل مخروطي (يسمي قمع أو مخروط إمهوف) في زمن قدره ٦٠ دقيقة وتقاس بالمليتر لكل لتر، او التي تتبقي بعد التبخر وتقاس بالمليجرام/لتر وهي تقريبا مقياس لكمية الحمأة التي سوف تنفصل في مرحلة الترسيب الابتدائي والتي سيطلق عليها الحمأة الابتدائية.

٦. الغازات الذائبة

تحتوي مياه الصرف الصحي على بعض الغازات الذائبة والتي تتوقف على حالة المياه إن كانت قديمة أو طازجة وكذلك على مقدار التلوث الموجود بها، ومن أمثلة هذه الغازات:

- غاز الأكسجين بنسب مختلفة خلال مراحل المعالجة المختلفة ويتوقف ذلك على قدم مياه الصرف الصحي.
- غاز ثاني أكسيد الكربون وهو أحد نواتج تحلل المواد العضوية بواسطة البكتيريا.
- غاز كبريتيد الهيدروجين ويتواجد بوفرة عند التفاعلات اللاهوائية وهو ناتج عمليات اختزال المواد العضوية الكبريتية.
- غاز الأمونيا الحر الناتج عن تحلل وهضم المواد العضوية النيتروجينية كالبروتينات واليوريا بتأثير البكتيريا.
- غاز النيتريت NO_2 والناتج عن أكسدة الأمونيا خلال عملية النترية وعن عمليات اختزال النترات NO_3 .
- غاز النيتروجين والناتج من عمليات اختزال النترات خلال عمليات (عكس النترية).

٧. المواد المتطايرة

تتواجد في مياه الصرف الصحي بعض المواد المتطايرة والتي هي في الغالب مواد عضوية ناتجة عن التحلل الهوائي واللاهوائي لمياه الصرف الصحي خلال سريانها في شبكة مياه الصرف الصحي أو خلال مرورها في وحدات المعالجة المختلفة بالمحطة، ومن أمثلة تلك المواد المتطايرة الأحماض العضوية مثل حمض الخليك، والغازات العضوية مثل غاز الميثان وغاز الأمونيا وغاز كبريتيد الهيدروجين.

ثانياً: الخصائص الكيميائية

تعد المواد الموجودة في مياه الصرف الصحي ذات طبيعة كيميائية إذ تحتوي هذه المياه علي كثير من المركبات والمواد الكيميائية المختلفة وعموما تنقسم المواد الموجودة في مياه الصرف الصحي من حيث طبيعتها الكيميائية إلى مواد عضوية ومواد غير عضوية.

١. المواد العضوية

تتكون المواد العضوية من خليط من الكربون والهيدروجين والأكسجين وفي بعض الأحيان النيتروجين، هذا بالإضافة إلى بعض العناصر الأخرى المهمة مثل الكبريت والفسفور والحديد. ومن أمثلة المواد العضوية المتواجدة بكثرة في مياه الصرف الصحي المواد البروتينية والكربوهيدراتية والدهون والزيوت بالإضافة إلى كثير من الكائنات الحية الدقيقة والتي هي في طبيعتها مواد عضوية.

ويمكن تقسيم المواد العضوية من حيث قابليتها للتحلل إلى:

- مواد عضوية قابلة للتحلل بيولوجيا وهي المواد التي يمكن تكسيرها وتحللها بفعل الكائنات الحية الدقيقة.
- مواد عضوية غير قابلة للتحلل بيولوجيا وهي التي لا تتحلل بفعل الكائنات الحية الدقيقة وإنما قد تتحلل بفعل بعض الكيماويات المؤكسدة القوية.
- مواد عضوية غير قابلة للتحلل مطلقاً.

هذا، وقد تحتوي مياه الصرف الصحي علي كميات من جزيئات عضوية مُخَلَّقة واردة إليها من صرف مياه المخلفات الصناعية علي شبكة الصرف الصحي، ويتباين التركيب الكيميائي لهذه الجزيئات تبايناً كبيراً مثل المنظفات الصناعية والمبيدات الزراعية، ويُؤدّي وجود هذه المركبات إلى تعقيدات عديدة لعمليات المعالجة لأن معظم هذه المركبات العضوية المُخَلَّقة لا تتحلل بيولوجيا أو تكون قابلة للتحلل ولكن ببطء شديد.

وتمثل المواد العضوية من ٤٥ إلى ٧٥% من المواد الصلبة الموجودة في مياه الصرف الصحي، في حين تمثل المواد الغير عضوية النسبة الباقية.

٢. المواد الغير عضوية

وتمثل المواد الغير عضوية من ٢٥ إلى ٥٥% من المواد الصلبة الموجودة في مياه الصرف الصحي. وتشمل المواد الغير عضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي حبيبات الرمل، وتشمل أيضاً الأملاح المعدنية مثل أملاح الكلوريدات والصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم، كما تشمل كثير من العناصر الثقيلة مثل الرصاص والزنك والكاديوم والحديد والمنجنيز والنحاس. وهناك بعض المواد الغير عضوية الذائبة في مياه الصرف الصحي مثل أملاح السيانيد وأملاح الثيوسلفات.

٣. القلوية

تنتج القلوية بمياه الصرف من وجود عناصر الهيدروكسيدات والكربونات والبيكربونات مثل أملاح الكالسيوم والماغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والأمونيا، وأملاح الكالسيوم والماغنسيوم هما الأكثر انتشاراً. ويمكن اعتبار السيليكات والفوسفات بالإضافة إلى مركبات مشابهة مكونة لجزء من القاعدية. ويساعد وجود القاعدية في مياه الصرف الصحي على مواجه التغيرات في الأس الهيدروجيني الناتجة عن تكون الأحماض داخل الهاضمات اللاهوائية. ويشكل تركيز القاعدية في مياه الصرف الصحي أهمية من حيث التأثير على كل من المعالجة الكيميائية والمعالجة البيولوجية للتخلص من المغذيات (الملوثات) كذلك إزالة الأمونيا باستخدام الأكسدة الهوائية.

٤. الرقم الهيدروجيني

الرقم الهيدروجيني هو أحد العوامل الهامة المؤثرة على حياة الكائنات الدقيقة في المخلفات السائلة. وضبط قيمة الرقم الهيدروجيني هو أحد المهام الرئيسية التي يجب التقيد بها لتوفير البيئة الملائمة للكائنات، وأفضل قيمة للرقم الهيدروجيني هو ٧ أي يكون الوسط متعادلاً، أما الارتفاع أو الانخفاض الكبير فإنه يؤدي إلى اضطراب في عملية المعالجة، وفي مياه الصرف الصحي تميل القيمة قليلاً نحو القلوية أي $pH = ٧.٢$ تقريباً.

كما يعتبر قياس الأس الهيدروجيني أحد أهم الأدلة للتعرف على صرف مخلفات صناعية على شبكة الصرف الصحي.

٥. الكلوريدات Chlorides

تركيز الكلوريدات في المخلفات السائلة يكون عادة أكبر من تركيزها في مياه الشرب نتيجة لاستخدام كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) في النشاط الآدمي باستمرار، وربما أضيفت عن طريق الرش من المياه الجوفية على شبكة الصرف الصحي، أو صرف مخلفات صناعية، ولا تتأثر أملاح الكلوريدات بالمعالجة الطبيعية أو البيولوجية. كما أن زيادة الكلوريدات في المخلفات تضر الإنشاءات والتركيبات المعدنية.

٦. النتروجين والفسفور Nitrogen – Phosphorous

يتعين وجود النتروجين والفسفور والكربون في مياه الصرف الصحي بنسب متوازية وهي ١٠٠ (كربون): ١ (فسفور). حتى تستمر الكائنات الدقيقة في حالة نشاط ونمو طبيعي.

٧. الكبريت Sulfur

يوجد الكبريت في المخلفات السائلة على هيئة كبريتيد الهيدروجين (H_2S) أو كبريتات (SO_4) وفي تكوين المواد العضوية تتأكسد الكبريتيدات بيولوجية في وجود الهواء الجوي مكونة حمض الكبريتيك الذي يهاجم المنشآت الإسمنتية والشبكات.

كما يتم اختزال الكبريتات أيضاً في غياب الأكسجين الذائب على كبريتيد الهيدروجين (H_2S) وهو غاز خافق وقابل للانفجار إذا زاد تركيزه في الهواء. كما أنه يسبب الرائحة الكريهة المميزة لمياه الصرف الصحي، وإلى جانب ذلك هو يستهلك جزءاً من الأكسجين اللازم للعمليات الحيوية في محطات المعالجة البيولوجية.

٨. المعادن الثقيلة Heavy Metals

مثل النيكل والكاديوم والزنك والنحاس والحديد والزنك. وهي تتواجد طبيعياً بنسب ضئيلة في المياه، وهي مطلوبة في تكوين الخلايا الجديدة والنمو الحيوي إلا أن التركيز العالي منها له تأثير سام على الكائنات الحية.

٩. المواد السامة Toxic Compounds

إضافة إلى المعادن الثقيلة توجد مواد أخرى ذات تأثير سام على صور الحياة في المخلفات السائلة مثل مركبات السيانيد وأملاح الفضة والزرنيخ.

ثالثاً: الخصائص البيولوجية

يقصد بالخصائص البيولوجية ما تحتويه مياه الصرف الصحي من الكائنات الحية الدقيقة؛ فبالإضافة إلى المحتويات السابق ذكرها؛ تحتوي مياه الصرف الصحي على كثير من الكائنات الميكروسكوبية الدقيقة، والتي يوجد منها أعداد بالآلاف وربما بالملايين في كل مليلتر من مياه الصرف الصحي. إلا أن غالبية أنواع هذه الكائنات غير ضار بل على العكس إن بعضها ضروري وله دور هام في عمليات المعالجة المختلفة وذلك فيما يتعلق بتنشيط المواد الصلبة العضوية وأكسدتها وتحويلها إلى مواد صلبة ثابتة غير عضوية.

ومن الطبيعي أن نجد بعضاً من هذه الكائنات الحية الدقيقة يسبب أمراضاً أو أضراراً للبيئة المحيطة، بل وقد يخل بالتوازن البيئي إذا تراكم بدرجة معينة. وتنقسم الكائنات الحية الدقيقة الموجودة بمياه الصرف الصحي إلى كثير من الأنواع نتعرض باختصار لأهمها كما يلي:

١. البكتيريا

تعد البكتيريا من أهم الكائنات الدقيقة علي الإطلاق من حيث دورها في عملية المعالجة البيولوجية فعليها يقع العبء الأكبر في تكسير وأكسدة المواد العضوية ولهذا فإن دراستها بالتفصيل تعد من أساسيات فهم عملية المعالجة البيولوجية.

والبكتيريا كائنات دقيقة وحيدة الخلية، تتواجد بآلاف الأنواع في الطبيعة سواء في الماء أو الهواء أو التربة، وتتكاثر معظم أنواع البكتيريا بالانقسام الثنائي، ويوجد منها أنواع أخرى تتكاثر بالتكاثر الجنسي أو بالتفرع، وتندرج معظم البكتيريا تحت ثلاثة أنواع رئيسية تبعاً لشكلها وهي الكروية والأسطوانية (العصوية) والحلزونية (اللولبية)، وحجم البكتيريا عموماً يتراوح من ٠.١ إلى ١٠ ميكرون. وتختلف البكتيريا في الحجم من نوع لآخر، فمثلاً البكتيريا الكروية الشكل يتراوح قطرها من ٠.٥ ميكرون إلى ١ ميكرون، أما البكتيريا الأسطوانية فيتراوح طولها من ٠.١ إلى ٥ ميكرون إلى ٣ ميكرون وعرضها من ٠.٠٥ ميكرون إلى ٠.٥ ميكرون، بينما يبلغ طول البكتيريا الحلزونية

من ٠.٦ إلى ١٥ ميكرون (الميكرون = ٠.٠٠١ مم) وتنقسم البكتيريا إلى بكتيريا هوائية وهي التي تعيش في وجود الأكسجين، ولاهوائية وهي تلك التي تنشط في غياب الأكسجين الذائب، واختيارية وهي التي تعيش في ظل وجود أو انعدام الأكسجين.

وتعد البكتيريا من أكثر الكائنات الممرضة في مياه الصرف الصحي وذلك لأن أعدادها في السنتيمتر المكعب الواحد تعد بالملايين وأنواعها بالآلاف، والبكتيريا (سواء كانت هوائية أو لاهوائية أو اختيارية) لها دور هام وأساسي في جميع عمليات المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي والصناعي.

٢. البروتوزوا والروتيفرا

البروتوزوا هي كائنات أولية ميكروسكوبية لها القدرة علي الحركة، ومعظم البروتوزوا غير ذاتية التغذية وهوائية أي تنشط وتنمو في وجود الأكسجين، علي الرغم من وجود أنواع قليلة منها لاهوائية. والبروتوزوا كائنات أكبر في الحجم من البكتيريا إذ يتراوح حجمها بين ١٠ إلى ١٠٠ ميكرون، وهي تستهلك البكتيريا كمصدر من مصادر الطاقة والغذاء لها. ومن الناحية العملية فأن البروتوزوا تقوم بدور فعال في ترويق المياه الخارجة من محطات المعالجة (السيب النهائي) حيث تستهلك وتلتهم البكتيريا السابحة وجزيئات المواد العضوية الدقيقة. ومعظم البروتوزوا يتكاثر بالانقسام الثنائي البسيط وهي تعتمد علي البكتيريا في إمدادها بمعظم العناصر اللازمة لنموها. وتوجد الأوليات عموماً في عمليات الحمأة المنشطة، والمرشحات البيولوجية، وبحيرات الأكسدة. وبصفة عامة توجد أربعة أنواع رئيسية من البروتوزوا وهي كالآتي:

Stalked Ciliates – Free swimming Ciliates – Mastigophora Sarcodina

Sarcodina: هي نوع من الطفيليات عبارة عن تركيب أميني خلوي يتحرك بالأقدام الكاذبة.

Ciliates: وهي كائنات متحركة عن طريق الأسواط كما تحتوي علي أهداب وهي شعيرات صغيرة حساسة تجمع بها الغذاء وهذه الأهداب تجعلها تتحرك بحركة حرة بطريقة بسيطة.

أما الـ **الروتيفرا** فهي كائنات حية دقيقة تنتمي إلى المملكة الحيوانية وهي كائنات غير ذاتية التغذية هوائية ومتعددة الخلايا ويوجد مجموعتين من الأهداب في رأسها ولهذا تُسمى أيضاً بالهدبيات، وهذه الأهداب حرة الحركة وتدور حول نفسها مما يعطيها القدرة علي التحرك واصطياد الغذاء.

والروتيفرز مستهلك جيد للبكتريا المنتشرة في السائل المخلوط بأحواض التهوية، كما أنها أيضا مستهلك جيد للبكتريا التي كونت الندف كما أنها تقوم أيضا بالتغذي على جزيئات المواد العضوية الدقيقة. ويعتبر وجود الروتيفرز في المياه المعالجة دليلاً قوياً على أن عملية المعالجة البيولوجية بالمحطة تسير بطريقة ممتازة وكفاءة عالية وخاصة المعالجة الهوائية.

وعموماً البروتوزوا والروتيفرا تزيل وتخلص المياه الخارجة من البكتريا الحرة السابحة والبكتريا التي لا تترسب بسهولة مما يؤكد دورها في عملية المعالجة وتخفيض عدد البكتريا الممرضة.

والجدول التالي يوضح أهمية وجود البروتوزوا والروتيفرا في عملية المعالجة البيولوجية وتأثيرها على خصائص وجودة المياه المعالجة.

ومن مقارنة النتائج الواردة بالجدول نلاحظ أن وجود الهدييات قد زاد من كفاءة المعالجة البيولوجية وبالتالي أصبحت المياه أكثر نقاء.

وبصفة عامة فإن وجود الهدييات يعمل على تخفيض الأكسجين الكيميائي المستهلك في المياه الخارجة بنسبة ٤٤%، وعلى تخفيض النيتروجين العضوي بنسبة ٥٠%، وعلى تخفيض المواد العالقة بنسبة ٧٠%، وعلى تخفيض البكتريا بنسبة ٧١%.

تأثير البرتوزوا والروتيفرا على جودة السيب النهائي

جودة المياه الخارجة	غياب الهدييات	وجود الهدييات
الأكسجين الكيماوي المستهلك COD mg/L	254-198	142-124
النيتروجين العضوي Organic Nitrogen mg/L	20-14	10-7
المواد العالقة Suspended Solids mg/L	118-86	34-26
البكتريا Bacteria × 10 ⁶	42-29	12-9

٣. الطحالب

الطحالب كائنات إما وحيدة الخلية أو متعددة الخلايا ذاتية التغذية تعتمد في غذائها على ضوء الشمس من خلال عملية البناء الضوئي. وللطحالب تأثيران في المعالجة البيولوجية أحدهما إيجابي والآخر سلبي نوجزها فيما يلي:

أولاً: التأثير الإيجابي يتضح في عملية معالجة مياه الصرف الصحي باستخدام بحيرات الأكسدة تقوم الطحالب باستهلاك ثاني أكسيد الكربون وإنتاج الأكسجين في وجود ضوء الشمس وذلك أثناء النهار، وعملية إنتاج الأكسجين هامة جداً للبيئة المائية الموجودة فيها الطحالب من حيث إحداث توازن وثبات بيئي مفيد لكثير من الكائنات داخل تلك البيئة المائية، وتقوم البكتريا الهوائية باستهلاك الأكسجين الذي أنتجته الطحالب داخل كلاً من بحيرات الأكسدة الهوائية وبحيرات الأكسدة الاختيارية.

ومن هنا توجد علاقة تعاون تبادلية بين البكتريا الهوائية والطحالب حيث يمكن للطحالب الاستفادة من ثاني أكسيد الكربون الموجود داخل البحيرات والمنتج من الكائنات الأخرى.

ثانياً: التأثير السلبي للطحالب ونجده في عمليات المعالجة البيولوجية بالحماة المنشطة مثلاً حيث أنه إذا حدث تراكم للطحالب داخل المياه المعالجة والتي قد تجد طريقها إلى المسطحات المائية كالأنهار والبحيرات فتسبب بعض المشاكل البيئية، فنمو الطحالب غير المرغوب فيها، وأيضاً وجودها بتركيزات عالية يسبب استنزاف الأكسجين الذائب في المياه المستقبلية وموت بعض الكائنات الحية المائية كالأسماك بالاختناق، كما أنه لو تسربت الطحالب إلى الأرض تسببت تلوثاً للمياه الجوفية.

إن وجود تركيزات عالية من المغذيات مثل الفسفور والنيتروجين يعتبر من أهم أسباب تراكم الطحالب ونموها بكثرة في المياه، ولهذا يُنصح دائماً بإزالة النيتروجين من المياه المعالجة أو إزالة الفسفور أو كليهما.

٤. الديدان

تتميز الديدان بأنها كائنات أكبر في الحجم وأكثر تعقيدا في تركيبها الخلوي من الكائنات الحية الدقيقة التي ذكرناها. ويمكن رؤية العديد من هذه الكائنات بالعين المجردة، ومن أمثلتها الديدان ويرقات الحشرات وبعض القشريات، وتتميز بقدرتها علي تمثيل الغذاء وتحويل المواد العضوية البسيطة إلي مركبات معقدة متراكبة لا تستطيع بقية الكائنات تحليلها أو تكسيرها، كما أن دورة حياتها معقدة.

وتعيش الديدان بنشاط في ظروف وفرة الأكسجين الذائب وتوافر الغذاء البكتيري، كما أنها تتواجد بأعداد كبيرة في وحدات المعالجة الثانوية والمرشحات البيولوجية والأقراص البيولوجية الدوارة. إن حركة الديدان داخل مياه الصرف الصحي مفيدة جداً حيث تسمح بتغلغل وانتشار الأكسجين داخل الندف المتكونة، كما أنها تقوم بتجميع واستهلاك أعداد كبيرة من البكتيريا كغذاء لها.

٥. الفيروسات

الفيروسات أبسط وأصغر الكائنات الدقيقة، حيث يتراوح حجمها ما بين ٠.٠ ١ إلي ٠.٠ ٣ ميكرون، وتتكون الفيروسات أساسا من حامض نووي يحيط به بروتين، وتعتبر كل الفيروسات متطفلة أي لا يمكنها الحياة خارج الكائن الحي أو خارج الخلية الحية، وتعتبر الفيروسات من الكائنات عالية التخصص سواء فيما يتعلق بالكائن الذي تتطفل عليه (العائل) أو من حيث نوعية الأمراض التي تنقلها الفيروسات والتي من أشهرها أمراض الجدري، الالتهاب الكبدي الوبائي، شلل الأطفال والإيدز هذا بالإضافة إلي مجموعة متنوعة من أمراض الجهاز الهضمي والتنفسي.

ونظراً إلي عدم قدرة الفيروسات علي الحياة خارج الخلية الحية بالإضافة إلي قدرتها علي التبر، فإنه تم وضع وتصنيف الفيروسات علي الخط الفاصل بين الكائنات الحية والمواد الكيميائية غير الحية.

ولرؤية الفيروسات والتعرف عليها يلزم استخدام أجهزه دقيقة جدا من أهمها الميكروسكوب الالكتروني، كما أن عمليات إحصائها تستلزم تقنيات خاصة.

وتحتوي مياه الصرف الصحي علي أعداد وأنواع هائلة من الفيروسات، كما أنها توجد أيضاً في معظم المسطحات المائية الملوثة والمعرضة للتلوث خاصة التلوث بمياه الصرف الصحي

والصرف الزراعي. ونظراً لأن حجم الفيروسات دقيق جداً فإن ذلك يحول دون إزالة كميات كبيرة منها خلال مراحل معالجة المياه بالطرق التقليدية، إلا أنه يمكننا القول بأنه كلما انخفضت كمية الكائنات الممرضة الأكبر حجماً من الفيروسات (مثل البكتيريا) كلما انخفضت بالتالي كمية الفيروسات خلال مراحل المعالجة المتتابعة. ومن المهم معرفة أن الفيروسات ليس لها أي دور في عمليات المعالجة البيولوجية بجميع أنواعها.

إن مرحلة التطهير التي تتم لمياه الصرف الصحي المعالجة تقوم بالقضاء بفاعلية على كثير من الفيروسات وتجعلها غير فعالة كمسببات للأمراض.

العوامل التي تؤثر على خصائص محتويات المخلفات السائلة كثيرة ومن أهمها ما يلي:

- عمر المخلفات السائلة.
- وقت جمع العينة.
- تعرض المخلفات السائلة للهواء.

أ - عمر المخلفات السائلة

أي الوقت الذي مضي منذ صبها في شبكة الصرف الي وقت أخذ العينة، فالمخلفات السائلة في بدء جريانها في شبكة الصرف تكون ذات لون مائل الي الرمادي مع وجود مواد برازية وزيوت وشحوم وأوراق ومخلفات الخضروات طافية علي السطح. وبمضي الوقت ونتيجة لجريان هذه المخلفات السائلة في شبكة الصرف تتفتت المواد العالقة والطافية وتندمج مع سائل متجانس ذو عكارة عالية ولون أشد تركيزاً، بينما تتصاعد منها روائح كريهة نتيجة لتحلل بعض المواد العضوية تحلاً لا هوائياً.

ب - وقت جمع العينة

لما كانت المياه المستعملة وكذلك الغرض من استعمالها يتغيران من وقت لآخر، فمن البديهي أن تختلف محتويات العينة ودرجة تركيز هذه المحتويات من وقت لآخر، فنجد أن أكثر العينات تركيزاً هي التي تؤخذ في الساعات الأولى من الصباح، بينما يقل تركيز العينات التي تؤخذ في الساعات المتأخرة من الليل. كما تتغير مكونات المخلفات السائلة ودرجة تركيز ما تحتويه من مواد عالقة أو ذائبة تبعاً لتغير للأنشطة الصناعية من موسم لآخر علي مدار السنة.

ج - تعرض المخلفات السائلة للهواء

تحتوي المخلفات السائلة عند بدء جريانها في شبكة الصرف علي بعض الأكسجين الذائب الذي سرعان ما يستهلك نتيجة لنشاط البكتريا الهوائية التي تموت إذا لم يتجدد الأكسجين. وعندئذ تنشط البكتيريا اللاهوائية ويحدث تحلل لاهوائي للمواد العضوية فتكتسب المخلفات لوناً داكناً ورائحة عفنة نتيجة لهذا التحلل اللاهوائي، وعلي النقيض من ذلك إذا تواجدت المخلفات السائلة علي اتصال علي اتصال دائم بالهواء عندئذ تنشط البكتريا الهوائية مما ينتج عنه تحلل هوائي للمواد العضوية.

ما السبل الاوفر بيئياً وصحياً للتخلص من مياه الصرف الصحي؟

نظراً للتقدم العلمي في كثير من المجالات والاهتمام المتزايد بحماية البيئة من التلوث فقد زادت القيود على التخلص من مياه الصرف الصحية وخاصة الناتجة عن المناطق الصناعية حيث لا يسمح التخلص منها بصرفها الى البحر او دفنها في الأراضي الفضاء واصبح لزاماً على كثير من الصناعات وخاصة التي تنتج مخلفات شديدة التلوث ان تعالج هذه المخلفات داخل المصانع بصورة كافية عن طريق محطات تنقية خاصة قبل تصريفها الى شبكات الصرف الصحي او التخلص منها بأي طريقة اخرى.

ما هي المراحل التي يتم المعالجة بها؟

المرحلة الاولى: المعالجة الفيزيائية والتي تشمل التخلص من المخلفات والشوائب العالقة بمختلف انواعها، بالإضافة الى التخلص من الرمال العالقة.

المرحلة الثانية: وتشمل المعالجة البيولوجية لمياه الصرف وفيها يتم اذابة الاكسجين الجوي في مياه المجاري وذلك لانعاش البكتيريا الهوائية والتي تقوم بدور فعال في تحويل مياه الصرف الصحي الى مياه قابلة للفصل (سماد- ماء) وتشمل احواض الترسيب التي يتم خلالها فصل الماء الصافي عن الحمأة

المرحلة الثالثة: وهي المعالجة المعمقة (الثلاثية) لمياه الصرف الصحي وهي أكثر كفاءة من المعالجة البيولوجية التقليدية للوصول إلى القيم المسموحة لتراكيز الملوثات الخارجة مع المياه المعالجة.

حالات استخدام المعالجة المعمقة

تأتي مرحلة المعالجة المعمقة (الثلاثية) لمياه الصرف الصحي بعد مرحلة المعالجة البيولوجية (الثانوية) وتهدف إلى رفع كفاءة المعالجة لتصل حتى ٩٩% بالنسبة لتخفيض قيمة مؤشر التلوث بالمواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجي BOD_5 بالإضافة إلى تخفيض تراكيز الآزوت والفوسفور إلى القيم التي تسمح لها المواصفات. ويمكن اللجوء إلى استخدام المعالجة المعمقة لمياه الصرف الصحي في الحالات التالية:

١. انخفاض قدرة التنقية الذاتية للمصادر المائية التي ستلقى فيها المياه.
٢. ضرورة تخفيض تراكيز الآزوت والفوسفور في مياه الصرف المعالجة.
٣. عند فقر المنطقة بالمياه وضرورة استخدام مياه الصرف المعالجة في النشاطات البشرية ثانية، وهذه الحالة مشابهة للحالة لدينا حيث من الضروري استخدام المياه المعالجة في الري وفي نشاطات أخرى.

أساليب المعالجة

أما الأساليب المستخدمة في المعالجة المعمقة أو الثلاثية فهي عديدة ويمكن استخدام عدد منها لمعالجة مياه الصرف، ومن هذه الأساليب:

١ - التخلص من الفوسفور الزائد: ومصدره بعض مواد التنظيف المستخدمة في حياتنا اليومية ويمكن التخلص من الفوسفور الزائد بإضافة بعض المواد الكيميائية إلى مياه الصرف أثناء المعالجة وتحويل مركبات الفوسفور المنحلة إلى مركبات الفوسفور القابلة للتسيب. ومن هذه المواد نذكر: مركبات الألمنيوم المائية - كبريتات الحديد.

ويمكن أن تتم عملية إضافة المواد الكيميائية قبل المعالجة البيولوجية أو أثنائها أو بعد المعالجة كما يمكن التخلص من الفوسفور الزائد بيولوجياً أيضاً من خلال اختيار نظام تشغيل لحوض التهوية تتم فيه عملية التهوية بشكل متقطع

٢ - التخلص من المركبات الآزوتية الزائدة: ومصدرها في مياه الصرف الصحي هو مخلفات الإنسان والحيوان ويمكن التخلص من المركبات الآزوتية الزائدة بيولوجياً من خلال نظام تشغيل يضمن معالجة بيولوجية هوائية لفترة من الزمن يتبعها معالجة بيولوجية بغياب الأوكسجين لفترة ثانية من الزمن ويمكن تطبيق نظام التشغيل المذكور بأساليب عديدة في محطات المعالجة.

٣ - ترشيح المياه: نالت عملية الترشيح في مجال معالجة مياه الصرف الصحي اهتماماً كبيراً في السنوات الأخيرة وذلك بسبب ارتفاع درجة المعالجة وتستطيع هذه الأحواض تخفيض درجة BOD_5 بحدود 50-70%

إن أسلوب عمل أحواض ترشيح المياه معروف حيث تشكل طبقة الترشيح على الأغلب من الرمل السيلستي ذي حبات خشنة متجانسة نسبياً ، كما يتم استخدام فحم الانتراسيت والأحجار المسامية الخفيفة. ويمكن إزالة الملوثات في حمض الترشيح من خلال عدة آليات هي:

أ - التصفية في الطبقة العلوية

ب- الترسيب في المسامات

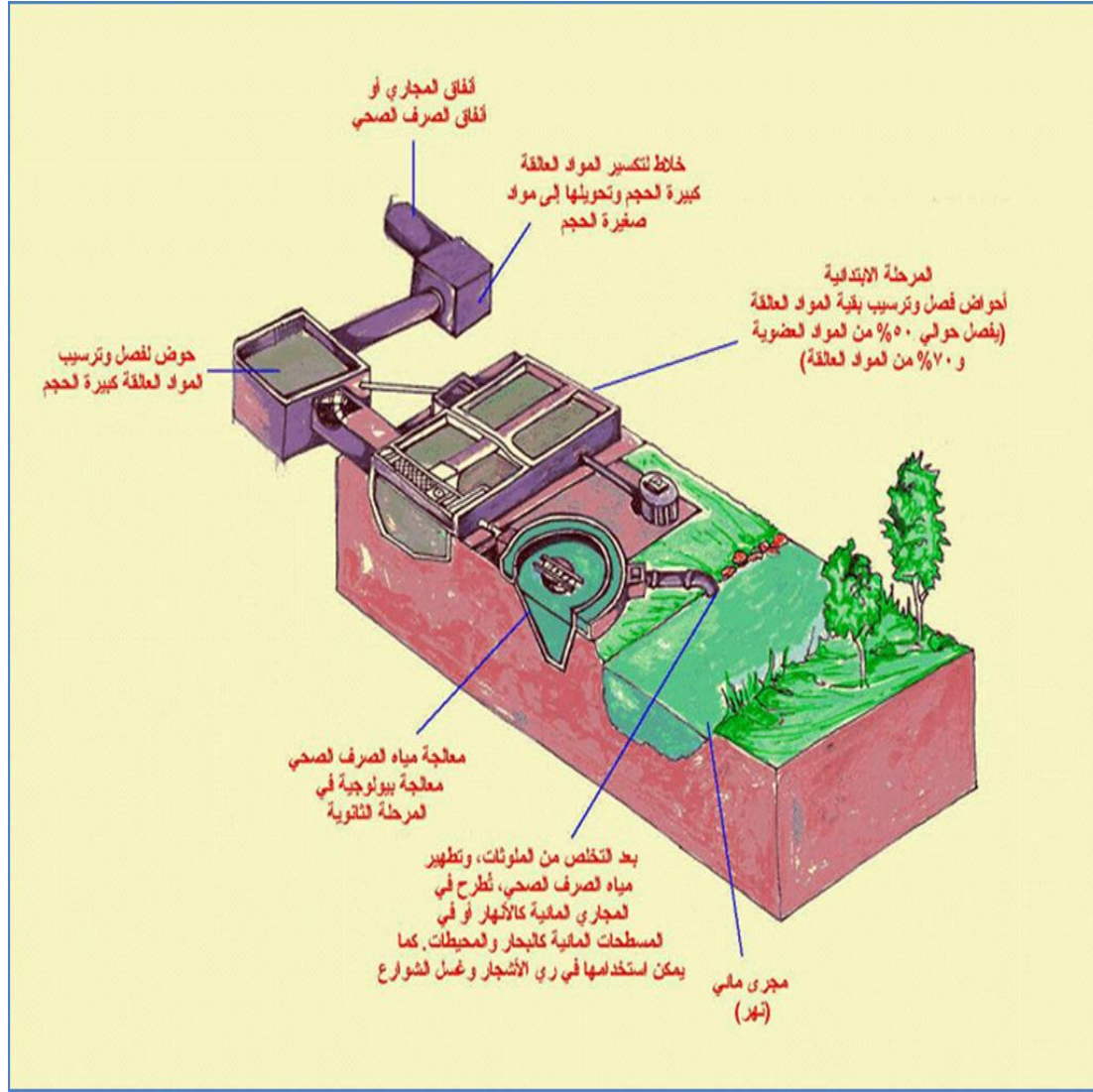
ج- الادمصاص على سطح حبات مادة الترشيح (اي جذب الشوارد الكيميائية)

د- الفاعلية البيولوجية للأجسام المجهرية.

٤ - الفصل الغشائي:

تستخدم طرق الفصل لزيادة كفاءة المعالجة بترشيح المياه المعالجة سابقاً بيولوجياً) عبر أغشية لها القدرة على تمرير الماء وحجز بعض الجزيئات والمواد غير المرغوب فيها وتختلف طرق الترشيح وكفاءتها تبعاً للضغط المطبق على الماء أثناء الترشيح وتصنف هذه الطرق تبعاً لذلك كما يلي:

- ١ - الترشيح الميكروفي ويبلغ الضغط المطبق ٠,٥-٣ باراً (قيمة الضغط الجوي)
- ٢ - ما فوق الترشيح ويبلغ الضغط المطبق ١-١٠ بارات ويستخدم في معالجة مياه الصرف ويمكن حجز المواد الكبيرة
- ٣ - التناضح العكسي: ويبلغ الضغط المطبق ٢٠-١٠٠ بار وتستخدم هذه الطريقة لإزالة الأملاح من المياه ، وكذلك المواد ذات الجزيئات الصغيرة ، ، وتتعلق كفاءة الترشيح الغشائي بنوعية الغشاء وشكله ، فمنه يصنع على هيئة صفائح ومنه على شكل أنابيب وتصنع الأغشية من مواد مختلفة ومن مساوئ هذه الطريقة ارتفاع كلفة التشغيل نسبياً وحساسية الأغشية أمام الملوثات.
- ونشير أخيراً إلى أنه إذا كان تركيز الفوسفور في مياه الصرف المدنية حوالي ١٠-٢٠ غ/م^٣ فليس له تأثير سام على الإنسان ولكنه يسبب نمو الأشنيات والطحالب في الماء وبالتالي فقر المياه بالأوكسجين وخاصة في الأماكن العميقة مما يؤدي إلى تخمر (تفسخ) المواد العضوية في الماء وانتشار الرائحة والطعم غير المحبب. وإن المعالجة التقليدية لمياه الصرف الصحي تخفض تركيز الفوسفور من حوالي ١٥-٢٠ في المياه الخامية إلى ١٠-١٥ في المياه الخارجة من المعالجة الميكانيكية. لذلك لابد من معالجة معمقة لهذه المياه لإزالة الفوسفور الزائد.

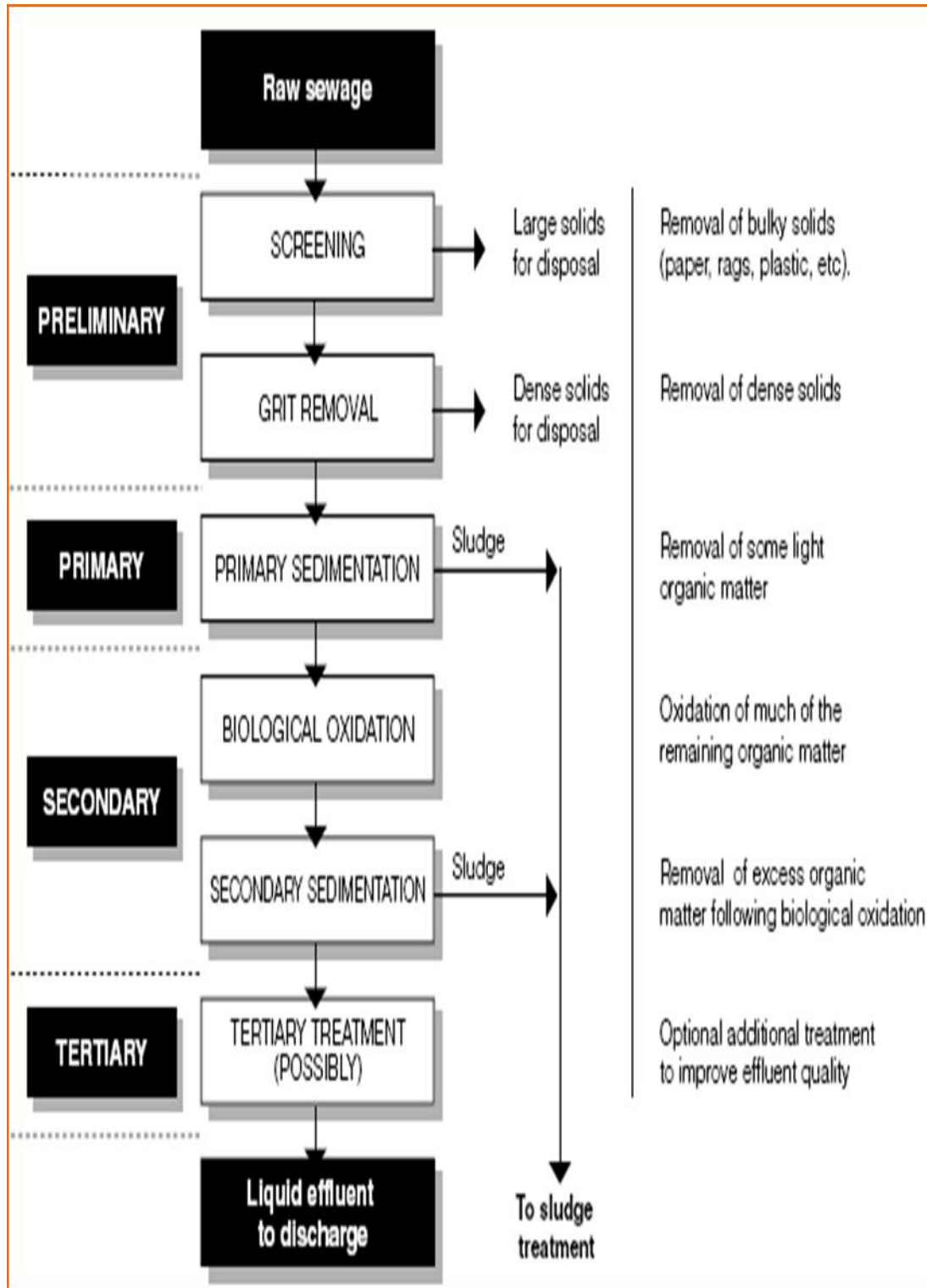


يرجع استخدام تقنية المعالجة في كثير من الاحوال إلى النقص الشديد الذي تعانيه كثيرا من دول العالم في المياه الصالحة للشرب او نتيجة لتلوث مصادر المياه كما هو الحال في اكثر الدول الصناعية. وقد أدت هذه العوامل إلى البحث عن مصادر جديدة غير المصادر التقليدية والتي تحتاج بطبيعة الحال إلى تقنيات معالجة متقدمة بالإضافة إلى المعالجة متقدمة بالإضافة إلى المعالجة التقليدية.

وتوجد طرق عديدة لمعالجة مياه الصرف الصحي بغرض إزالة المواد المسببة للتلوث سواء كانت عضوية أو غير عضوية، وذلك حتي يمكن التخلص من مياه الصرف الصحي التي تمت معالجتها بطريقة آمنة عن طريق إلقائها في مجرى أو سطح مائي، أو استخدامها في أعمال ري المزروعات، أو التخلص منها علي سطح الأرض أو باطنها دون أن تسبب أي آثار سلبية على البيئة (الماء-الهواء-التربة).

والخطوات المتبعة حاليا في معظم محطات معالجة مياه الصرف الصحي تتلخص في الوحدات التالية:

- معالجة تمهيدية
- معالجة ابتدائية.
- معالجة ثانوية (بيولوجية) بمختلف أنواعها.
- معالجة متقدمة (إضافية) بمختلف أنواعها.



المعالجة التمهيدية لمياه الصرف الصحي

يمكن تلخيص مكونات وحدات معالجة مياه الصرف الصحي التمهيدية والشائع استخدامها في جمهورية مصر العربية في المصافي ووحدات فصل الرمال والزيوت والشحوم.

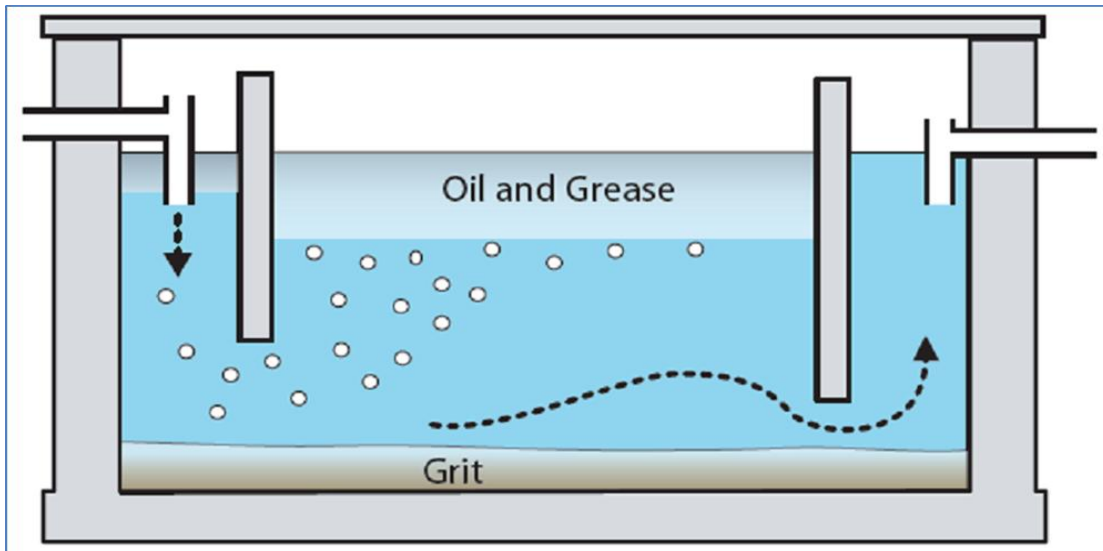
١. المصافي

التي تخلص مياه الصرف الصحي من الجوامد الكبيرة الحجم وذلك بحجزها.



٢. وحدات فصل الرمال وإزالة الزيوت والشحوم

التي تستعمل عادة لإزالة المواد الصلبة ذات الأصل المعدني كالرمل والأتربة وما شابهها من مياه الصرف الصحي.



٢. المعالجة الابتدائية (أحواض الترسيب الابتدائي) لمياه الصرف الصحي:

تتم المعالجة الابتدائية لمياه الصرف الصحي في أحواض تعرف باسم أحواض الترسيب والغرض من أحواض الترسيب هو التخلص من المواد العضوية العالقة بمياه الصرف الصحي بفعل الجاذبية الأرضية فتسقط بتأثير ثقلها إلى قاع الحوض حيث تجمع ويتم التخلص منها، إلا أنه لكثرة تكاليف إنشاء هذه العملية ولارتفاع تكاليف تشغيلها ولضياع الوقت في الملء والتفريغ أصبحت هذه الطريقة غير مستخدمة حالياً.

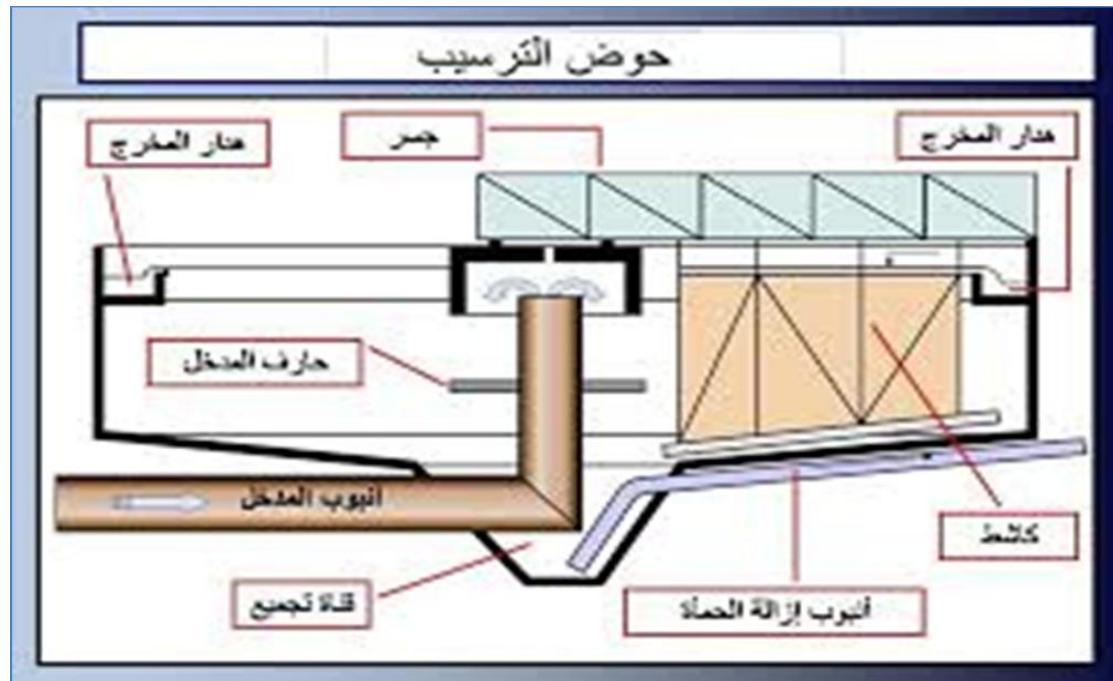
الهدف من عملية المعالجة الابتدائية هو إزالة المواد الصلبة العالقة سواء كانت عضوية أو غير عضوية، وتتم هذه المعالجة في أحواض الترسيب التي تستعمل لحجز المواد الصلبة ذات الوزن النوعي الأكبر من ٠.١ جم أما المواد ذات الوزن النوعي الأقل من ٠.١ جم فتطفو على سطح أحواض الترسيب، وتوجد ثلاثة أشكال رئيسية لأحواض الترسيب، وهي:

أحواض الترسيب أفقية الحركة ذات الشكل المستطيل التي تتم حركة المياه فيها بشكل أفقي من بداية الحوض إلى نهايته.

أحواض الترسيب القطرية التي تتم فيها حركة المياه بشكل أفقي من مركز حوض الترسيب إلى محيطيه وتنفذ هذه الأحواض بشكل دائري أو بشكل مربع في بعض الأحوال.

أحواض الترسيب الرأسية التي تتم حركة المياه فيها من الأسفل إلى الأعلى.

ويمكن للمعالجة الابتدائية [الميكانيكية] هذه أن تزيل تقريباً نسبة ٦٠ - ٧٠ % من المواد العالقة وتسبب انخفاض في الأكسجين الحيوي الممتص من مياه الصرف الصحي بنسبة ٢٠ - ٣٠ %.

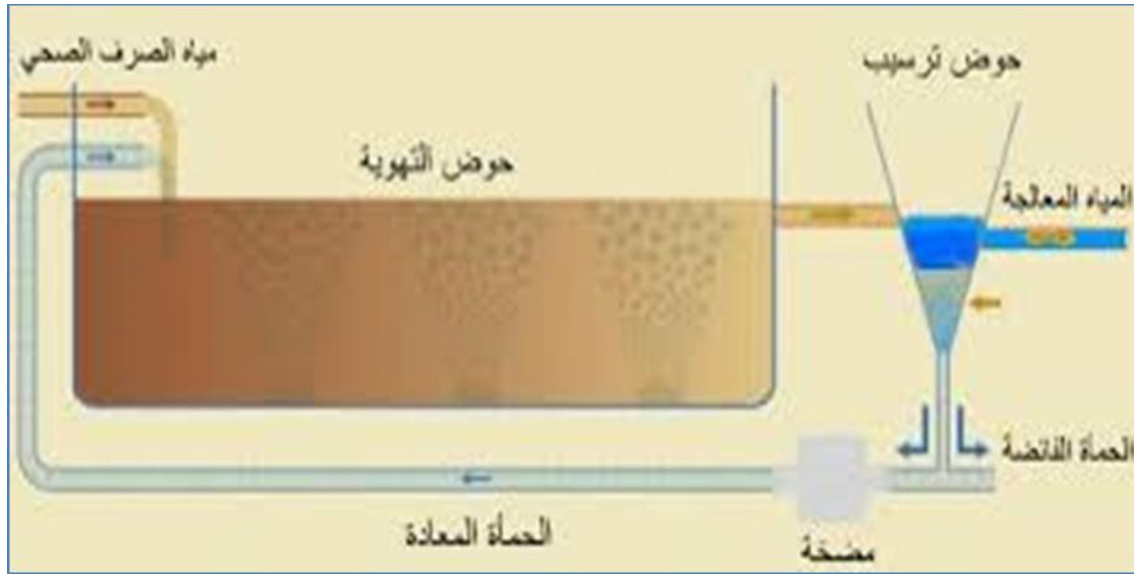


٣. المعالجة الثانوية (البيولوجية):

تحتوى مياه الصرف الصحي على فيروسات تصنف حسب العائل، وتعد المجموعة الأولى أهم مجموعة فيما يتعلق بمياه الصرف الصحي حيث أنها المصدر الرئيسي للكائنات الحية المسببة للأمراض مثل التيفويد والدوسنتاريا والإسهال والكوليرا إضافة إلى ذلك تحتوى أمعاء الإنسان على أعداد هائلة من البكتيريا تعرف باسم بكتيريا القولون، وتعد هذه الكائنات غير ضارة للإنسان بل نافعة في التخلص من المواد العضوية أثناء عمليات المعالجة الحيوية لمياه الصرف الصحي.

ونظراً لأن أعداد الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في مياه الصرف الصحي والمسببة للأمراض قليلة ويصعب عزلها، فإن بكتيريا القولون ولوجودها بأعداد هائلة في مياه الصرف الصحي يمكن استخدامها ككائن حي للدلالة على مدى تلوث المياه بالكائنات المسببة للمرض.

ويمكن قياس المواد العضوية عن طريق قياس متطلبات الأكسجين الكيميائي (COD) والحيوي (BOD)، وكلما زادت كمية الأكسجين الكيميائي والحيوي دل ذلك على تركيز عال للمواد العضوية.



المعالجة بالنمو المعلق

المعالجة البيولوجية (التقليدية) باستخدام الحمأة المنشطة

١- نظام التهوية الممتدة

٢- نظام التثبيت بالتلامس

٣- الخلط الكامل

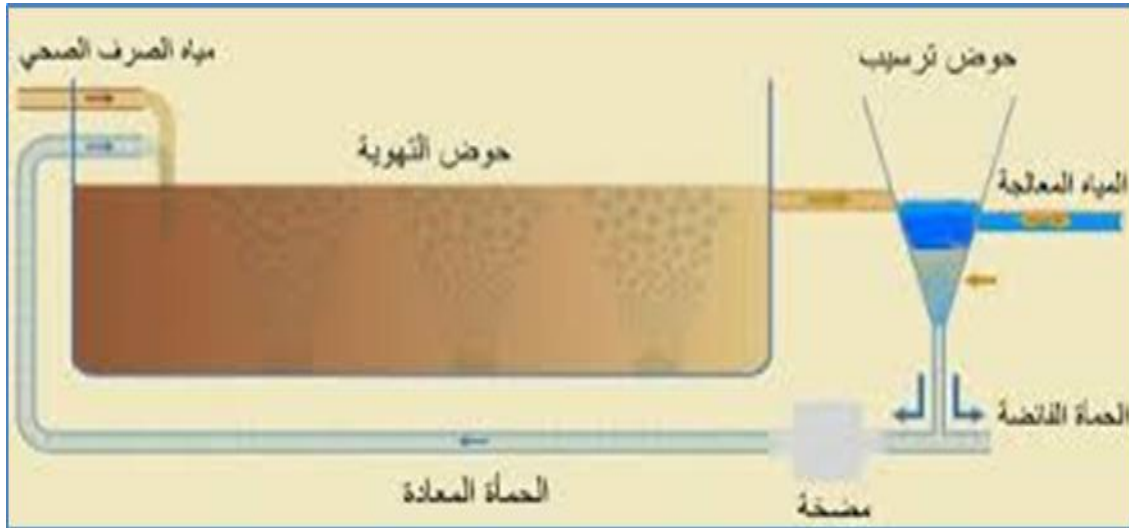
المعالجة بالنمو الملتصق

١- المرشحات الزلطية

٢- المعالجة البيولوجية باستخدام الاقراص البيولوجية الدوارة RBC

٣. المعالجة البيولوجية (الحمأة المنشطة)

عند معالجة مياه الصرف الصحي بطريقة الحمأة المنشطة تتم تهوية وتقليب هذه المخلفات بعد خلطها بنسبة معينة من الحمأة المنشطة - وهي الرواسب التي تجمعت في حوض الترسيب النهائي - في أحواض خاصة تسمى أحواض التهوية، وينتج عن ذلك امتصاص الخليط للأكسجين من الهواء، واستخدام البكتريا الهوائية وكائنات دقيقة أخرى لهذا الأكسجين في تثبيت المواد العضوية المتعلقة والذائبة وتحويلها إلى مواد عالقة، يمكن ترسيبها على هيئة قشور، كما يؤدي التقليب المستمر للخليط إلى ترويب المواد المتعلقة الدقيقة أي تجميع هذه المواد ولصقها في حبيبات أكبر يسهل ترسيبها في حوض الترسيب النهائي، ويوضح الشكل التالي مسار مياه الصرف الصحي في وحدات المعالجة لمياه الصرف الصحي بطريقة الحمأة المنشطة.



طرق التهوية

تتم تهوية المياه الخارجة من أحواض الترسيب الابتدائي مع الحمأة المنشطة المعادة من حوض الترسيب النهائي في أحواض خاصة تسمى أحواض التهوية، وتظل المياه في حوض التهوية فترة تتراوح من أربع إلى ثماني ساعات تنشط فيها البكتريا الهوائية لتؤدي وظيفتها في أكسدة وتثبيت المواد العضوية.

ويمكن تقسيم طرق التهوية والتقليب إلى ثلاثة أقسام رئيسية:

- التهوية بالهواء المضغوط.
- التهوية الميكانيكية.
- التهوية بالطرق المشتركة (الهواء المضغوط مع التقليب الميكانيكي).

٤. تطوير طرق المعالجة بالحمأة المنشطة

نظراً لما تتمتاز به طريقة المعالجة بالحمأة المنشطة من مرونة في التشغيل فلقد أدت الدراسات إلى إدخال بعض التعديلات في أسس التصميم وطريقة التشغيل، وذلك بغرض التطوير ومن هذه الطرق:

طريقة الحمأة المنشطة ذات المعدل العالي

في هذه الطريقة يختصر زمن التهوية إلى ثلاث ساعات أو أقل، كما تقل نسبة الإعادة بحيث لا تزيد عن ١٠% ليكون تركيز المواد العالقة في الخليط من ٥٠٠ إلى ٧٠٠ جزء في المليون، وفي هذه الطريقة لا تزيد كفاءة عملية المعالجة كوحدة متكاملة عن ٦٠-٨٠%، كما أن الحمأة المعادة المترسبة في حوض الترسيب تتحلل بسرعة، ولذلك يجب إضافتها إلى حوض التهوية بسرعة دون تخزينها في حوض الترسيب النهائي، أما كمية الهواء اللازمة فتصل إلى حوالي ٥ متر مكعب/ متر مكعب من الخليط.

مزايا المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي بالحماة المنشطة

يمكن تلخيص مزايا المعالجة بطريقة الحماة المنشطة فيما يلي:

١. خلوها من متاعب الرائحة غير المرغوب فيها، وعدم إنتشار الذباب .
٢. تحتاج إلى مساحة صغيرة بالنسبة للمساحة التي تحتاجها المرشحات .
٣. مصاريف إنشائها صغيرة نسبياً .
٤. يمكن إنشاؤها بالقرب من المساكن دون حدوث ضرر أو مضايقة للسكان .
٥. لا تحتاج إلى أيدي عاملة كثيرة للتشغيل .
٦. لا يتسبب عنها فاقد كبير في منسوب المياه من أول حوض إلى آخر حوض بالمحطة.

عيوب المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي بالحماة المنشطة

يمكن تلخيص عيوب المعالجة بطريقة الحماة المنشطة فيما يلي:

١. تحتوى الحماة الناتجة على نسبة عالية من الماء مما يسبب زيادة كبيرة في حجم الحماة وكذلك صعوبة في تجفيفها.
٢. ارتفاع مصاريف الصيانة والتشغيل.
٣. تحتاج إلى إشراف فنى على مستوى عال.
٤. قد توجد صعوبات في التشغيل إذا احتوت المياه المطلوب معالجتها على مواد سامة.
٥. بدون أسباب معروفة قد تسوء نتائج التشغيل، ويحتاج الأمر وقتاً طويلاً لإعادة نتائج التشغيل إلى الدرجة المعتادة.

النمو الملصق

المرشحات الزلطية

تعمل هذه النظم على اساس التصاق الكائنات الحية بوسط يسمح بتحليل المواد العضوية عند مرور مياه الصرف الصحي عليه، ومن أمثلة هذه النظم عملية المرشح بالتنقيط الذي تم تطويره في بريطانيا عام ١٨٩٣م، والمرشح عبارة عن خزان يحتوى على مواد مثل الصخر تمر المياه من خلالها ثم تقوم الكائنات الحية بالالتصاق بها، ويتراوح قطر الصخر المستخدم ما بين ٢٥ إلى ١٠٠ ملم أما عن المرشح فيتراوح ما بين ٠.٩ إلى ٠.٢ من المتر وقد يصل إلى أكثر من ٥ أمتار في المرشحات البرجية حسب التصميم المطلوب.

تقوم الشرائح الحيوية وهي عبارة عن طبقة الكائنات الحية الملصقة بالوسط بامتصاص المواد العضوية الموجودة في مياه الصرف ويتم تحليل المواد العضوية من قبل الكائنات الحية الهوائية في الأجزاء الخارجية من تلك الشرائح، ومع نمو وتكاثر الكائنات الحية فإن سمك الشرائح يزداد وبالتالي فإن الأكسجين يتم استهلاكه قبل وصوله إلى داخل الطبقة وعندئذ تكون هناك بيئة لا هوائية قريبة من سطح محتويات المرشح، وبزيادة سماكة طبقات المادة اللزجة في الشرائح فإن المواد العضوية التي تم امتصاصها يتم استهلاكها قبل وصول الكائنات الحية القريبة من سطح محتويات المرشح، ونتيجة لذلك فإن تلك الكائنات الحية تكون في مرحلة الموت وتفقد مقدرتها على الالتصاق، ومن ثم إزالتها مع السائل ويبدأ بعدها في تكوين طبقة أخرى وهكذا.

- يتم رش المياه الخارجة من أحواض الترسيب الابتدائي على الوسط الترشيحي في وجود الأكسجين والبكتريا الهوائية

- تقوم البكتريا الهوائية والكائنات الدقيقة الأخرى مثل الـ fungi ، protozoa بعملية الأكسدة للمواد العضوية الموجودة في مياه الصرف في الخطوتين الاليتين:

أ - **تجميع** المواد الصلبة الموجودة في مياه الصرف الصحي مع نمو الكائنات الحية الدقيقة والتي تعتمد في نموها على التغذية من مكونات مياه الصرف الصحي بأكسدة المواد النيتروجينية

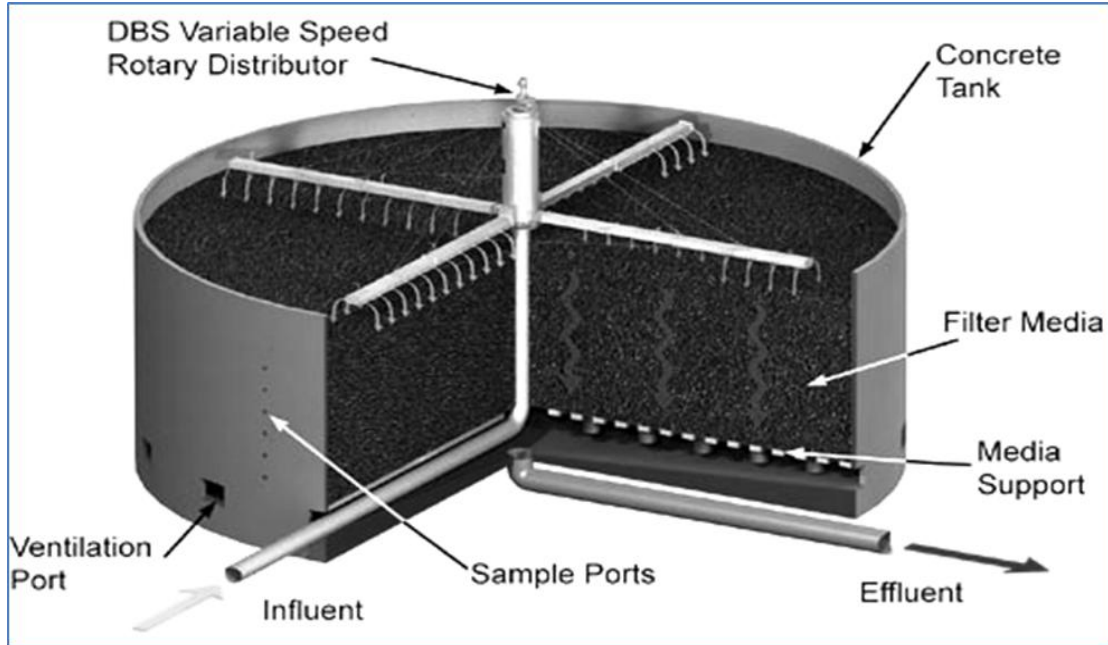
ب - **تنظيف المرشح الزلطي** بواسطة انواع معينة من البكتريا تسمى protozoa تقوم بأنهاء الطبقة الرقيقة التي تغلف الوسط الترشيحي والتي تحتوى على مواد عضوية تتأكسد بفعل البكتريا الى غازات وماء مما يؤدي الى تكسير هذه الطبقة وخروجها مع المياه الخارجة من المرشحات الزلطية.

المكونات الرئيسية للمرشحات الزلطية

١. الوسط الترشيحي ويحيط به حائط دائري

٢. نظام التوزيع (الاذرع الرشاشة)

٣. نظام التجميع السفلي للمياه



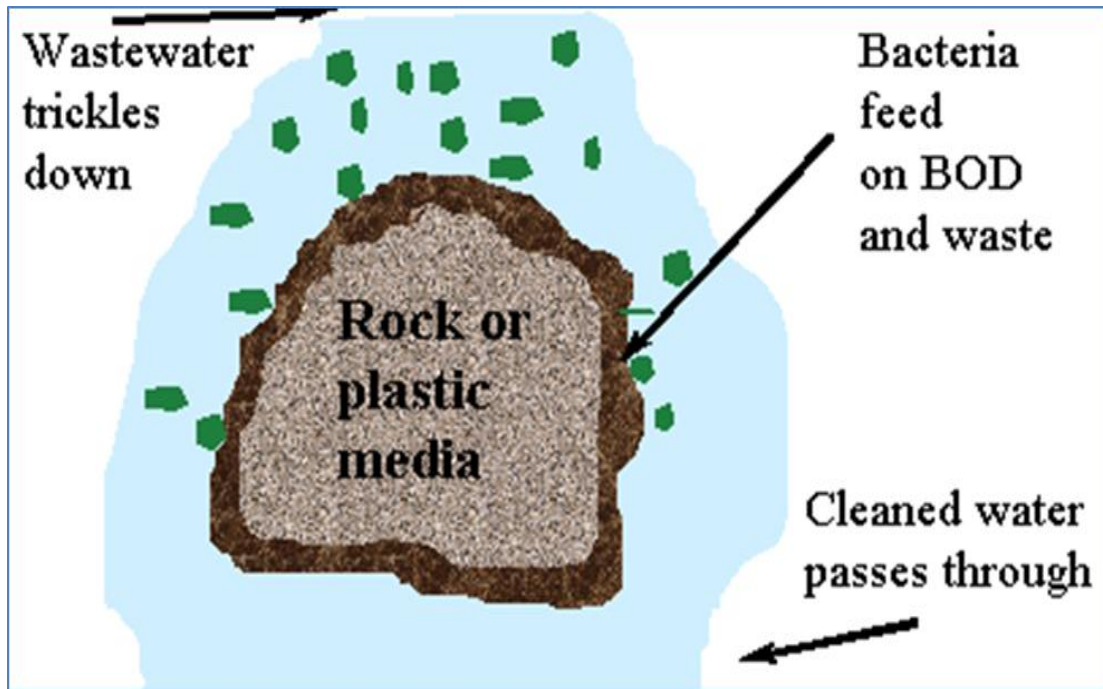
المرشح الزلطي (قطاع رأسي)



المرشح الزلطي

فكرة العمل

١. باستمرار مرور مياه الصرف الصحي على سطح الزلط يزداد سمك الطبقة البيولوجية.
٢. يكون الجزء الداخلي منها بعيدا عن نشاط البكتريا الهوائية.
٣. تكون الطبقة الملاصقة لسطح الزلط عرضة لنشاط البكتريا اللاهوائية (Anaerobic Bacteria)
٤. ينتج عن ذلك غازات مثل ثاني أكسيد الكربون CO_2 تساعد مع المياه المتساقطة على فصل الطبقات البيولوجية من أسطح الزلط



مميزات المرشحات الزلطية

- اثبتت المرشحات الزلطية نجاحها في عملية اكسدة المواد العضوية الموجودة بمياه الصرف الصحي
- لا تحتاج الى عمالة ماهرة مثل طريقة الحمأة المنشطة
- يمكن أن تستوعب الاحمال العالية المفاجئة في وقت قصير
- لا يحتاج نظام المرشحات بطينة المعدل الى طاقة كبيرة محركة للأذرع الدوارة وبالتالي تقل مصاريف التشغيل للمحطة
- تقل مشكلة تكون يرقات الذباب حول المرشحات الزلطية سريعة المعدل

عيوب المرشحات الزلطية

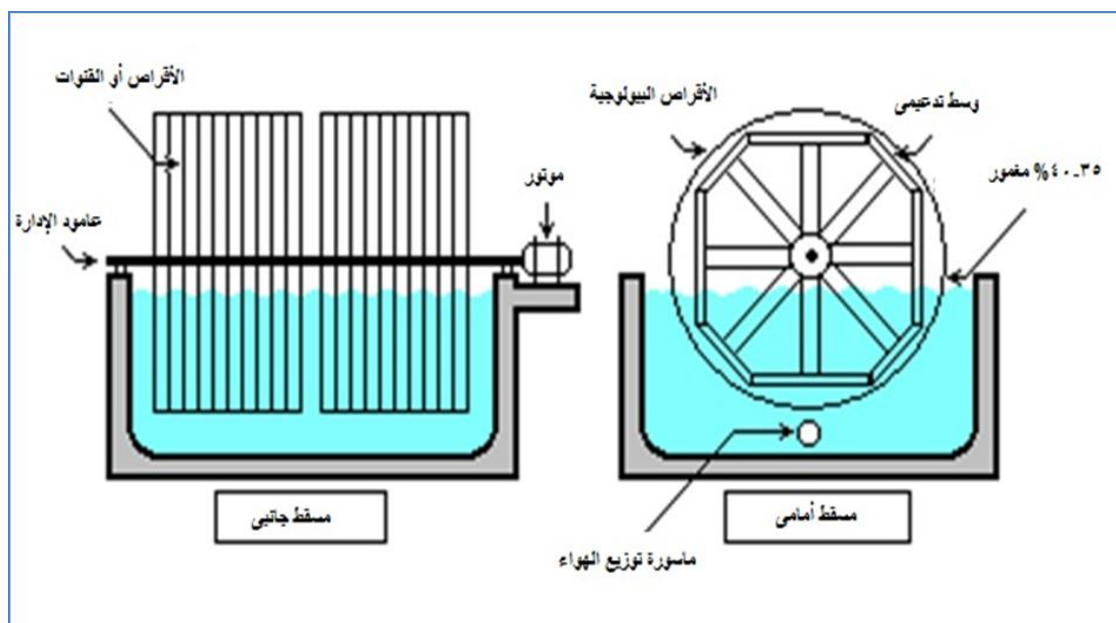
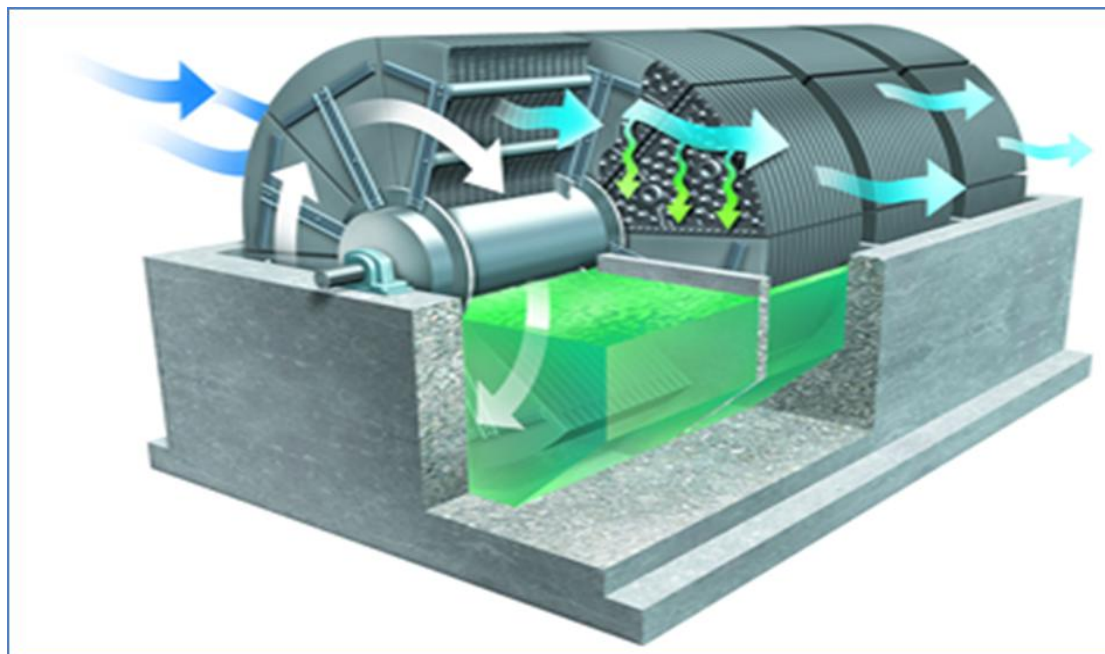
- الفاقد في الضغط كبير في حالة المرشحات الزلطية عنه في حالة الحمأة المنشطة
- تحتاج المرشحات الزلطية الى مساحة كبيرة بالمقارنة بطريقة الحمأة المنشطة
- يتجمع الذباب حول المرشحات الزلطية نتيجة لبطء سريان مياه الصرف فيتكاثر الذباب بأعداد كبيرة مما يسبب مضايقات للسكان وتلوثا للبيئة المحيطة بالمرشحات والمباني القريبة منها.

المعالجة البيولوجية باستخدام الأقراص البيولوجية الدوارة RBC

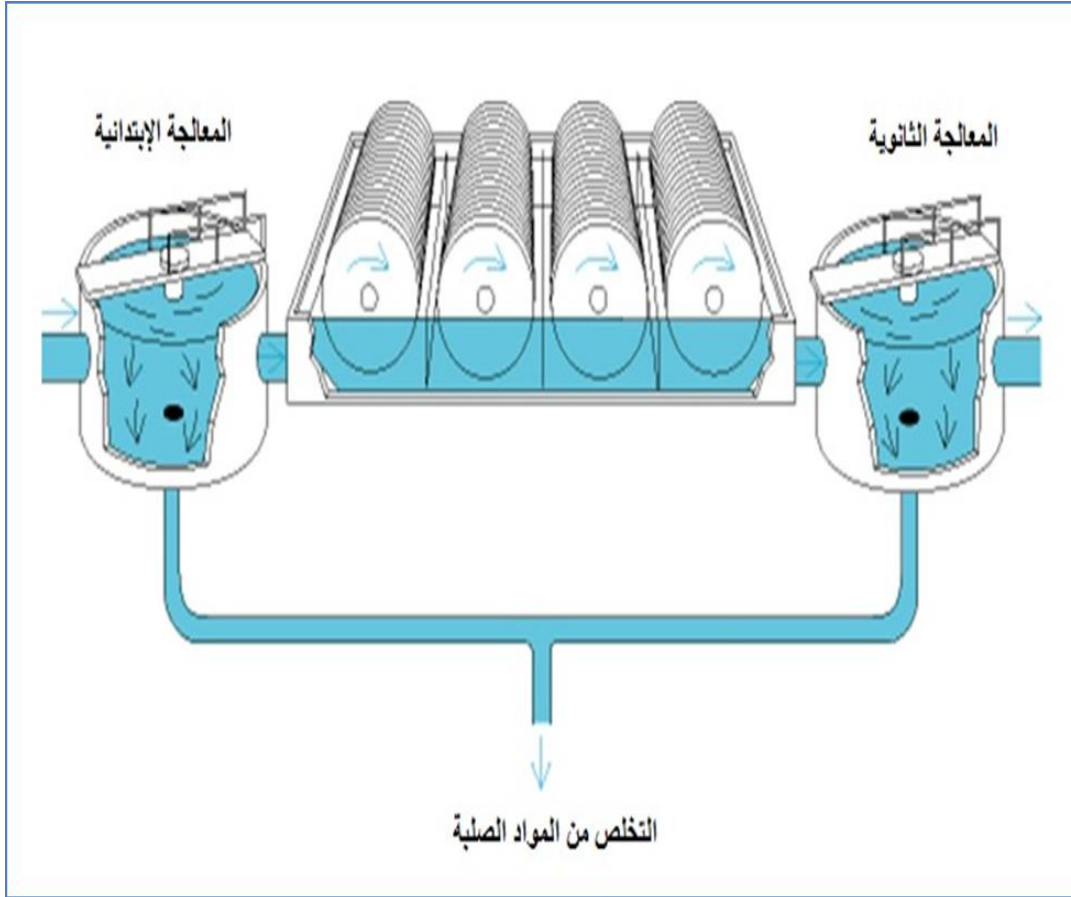
الأقراص البيولوجية الدوارة عبارة أقراص دائرية خفيفة الوزن تتحرك بسرعة بطيئة مغمورة جزئيا في حوض قاعة على شكل اسطواني به مياه الصرف الصحي، وتصنع هذه الأقراص كما سبق ذكره من بعض أنواع البلاستيك وأثناء الحركة الدائرية للأقراص تكون مغمورة إلى أسفل عامود الدوران المثبت في مركز الأقراص بحيث ينغمر ٤٠-٤٥ % من مساحة سطحها في مياه الصرف الصحي أثناء الدوران.

نتيجة لهذا الدوران فإن جميع أسطح الأقراص الدوارة تتكون عليها طبقة لزجة من المواد العضوية والبكتريا وهذه الطبقة البيولوجية يتراوح سمكها من ١-٤ مم وتسقط الطبقة البيولوجية من على سطح القراص الدوارة الملتصقة عليها كلما زاد سمكها بدرجة وتعتمد درجة التساقط هذه على سرعة الدوران.

علما بان الأقراص البيولوجية المصممة جيدا والتي تدار وتشغل بكفاءة عالية تعطى نتائج جيدة للمعالجة وذلك بسبب أن مسطح الطبقة البيولوجية فيها كبير وكذلك يتم تشغيلها في ظروف تكون فيها نسبة الغذاء للكائنات الدقيقة منخفضة.



تفاصيل الأقراص البيولوجية الدوارة لمعالجة مياه الصرف الصحي



وحدات معالجة مياه الصرف الصحي باستخدام الأقراص البيولوجية الدوارة

مميزات الاقراص البيولوجية الدوارة

١. عدم احتوائها على أذرع توزيع قابلة للتعطل
٢. تقليل حدوث مشاكل في الوسط الترشيحي نتيجة عدم امكانية تكون البرك عليها
٣. التقليل من الحشرات الطائرة التي تتولد على سطح المرشح الزلطي
٤. عدم حدوث حالات تواجد البكتريا اللاهوائية التي يمكن ان تحدث في قاع المرشحات الزلطية
٥. عمليات أقل نظرا لعدم وجود حمأة أو مياه معادة
٦. ذات حساسية أقل للصرف الصناعي لان الاكسجين المذاب لن يقل بسبب الصرف الصناعي.

نظام معالجة مياه الصرف الصحي ببحيرات التثبيت (الأكسدة) الطبيعية

إن العملية البيولوجية التي تحدث في بحيرات التثبيت مهمة لأنها دورة طبيعية ومستمرة وظاهرة حية فإن الظروف والحياة دائما متغيرة، ومن الصعب أن تتوقع بالتأكد ماذا سوف يحدث فالتغيرات ممكن أن تكون نتيجة للحرارة والطقس والتغيرات في أنواع الطحالب وبعض الميكروبات الحية وأيضا التغيرات في أنواع المخلفات.

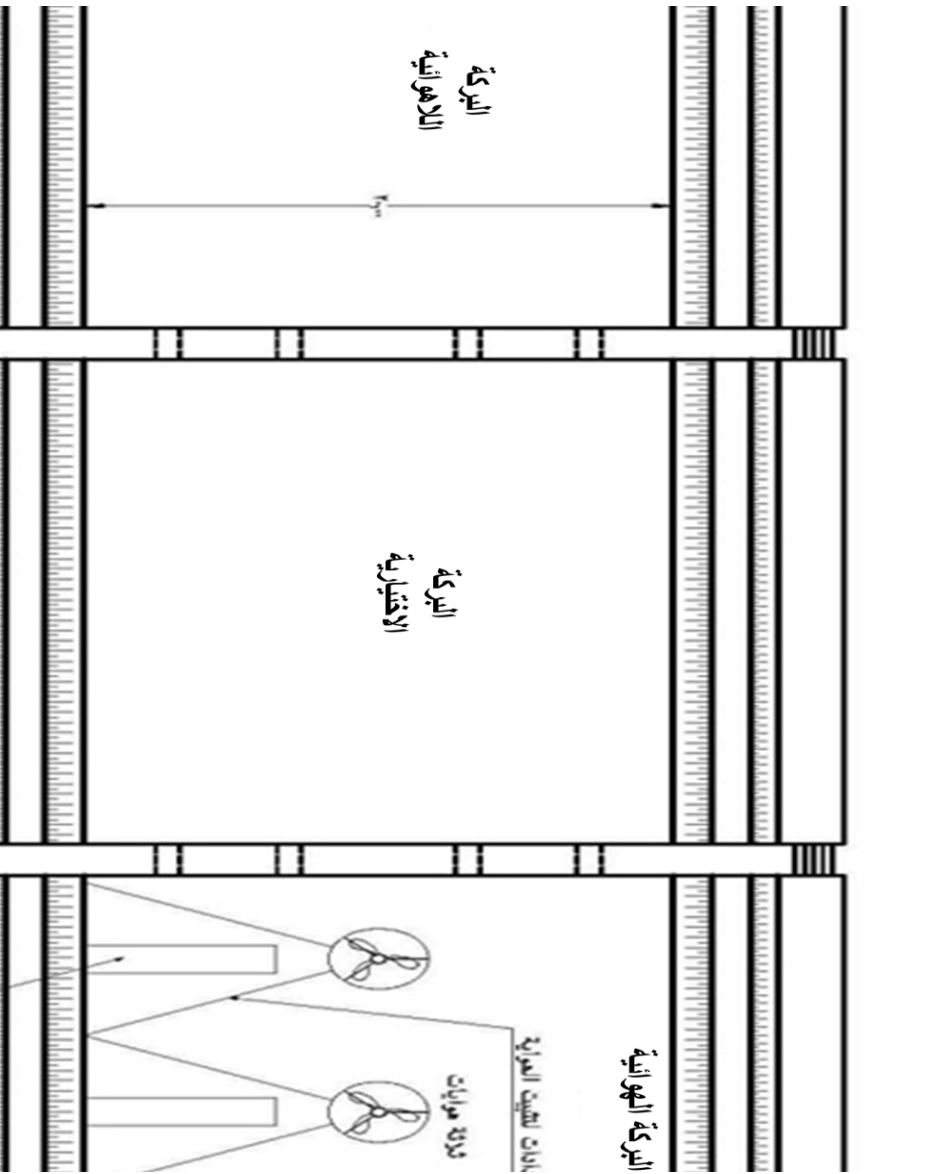
إن الحياة البيولوجية في البحيرة تتكون من بلايين الكائنات الميكروسكوبية الحية النباتية أو الحيوانية والموجودة في وقت واحد والتي تعتمد على بعضها البعض. حقيقة فهذه العلاقة هي التي تجعل البحيرة تعمل. فالأشكال النباتية هي الأشكال المختلفة العديدة من البكتريا والطحالب التي تستخدم المركبات الذائبة مثل الغذاء بامتصاصها خلال جلدتها أو غشائها ، أما الأشكال الحيوانية فهي الأنواع الأعلى من المخلوقات السابحة الحرة التي تستخدم المواد الصلبة والبكتريا والطحالب كغذاء لها.

البحيرات اللاهوائية:

تأتي البحيرات اللاهوائية في الجزء الاول من محطة المعالجة وهي بحيرات مصممة لتعالج المخلفات ذات الاحتياج العالي من الأكسجين والحمل العضوي عال في هذه البحيرات حيث تنتشر خلالها الظروف اللاهوائية. وتشبه هذه البحيرات الخزانات ذات الهضم اللاهوائي أو بيارة تخزين المياه الملوثة (الصرف الصحي)، ويتراوح عمق هذه البحيرات اللاهوائية بين ٢ و ٥ متر.

البحيرات الاختيارية (المتردة):

تأتي البحيرات الاختيارية في الجزء الأوسط من محطة المعالجة وهي تلي البحيرات اللاهوائية، وهي أكثر الأنواع المعروفة من البحيرات، وتستخدم في برك التثبيت والأكسدة، وتحتوى على طبقتين (منطقتين) للمعالجة وهي الطبقة السطحية الهوائية وطبقة القاع اللاهوائية، فالبحيرات الاختيارية تعمل على عمق من الماء بين ١م إلى ٢.٤ م وعادة ما تتحمل من ٠.٩ – ٧.١ جم للمتر المربع من الأكسجين الحيوي الممتص. ويتم إمداد الطبقة السطحية بالأكسجين من الطحالب وتأثير الرياح. بينما تتحلل المواد العضوية المترسبة في طبقة القاع لاهوائياً.



ومن الممكن رفع كفاءتها إما بزيادة وقت المكث أو بخفض الحمل العضوي على السطح أو بكل منهما. والطريقة الأخرى هي زيادة عمق البحيرة ووضع مصدر ميكانيكي للتهوية، ويستخدم الهواء المضغوط عندما يكون المناخ بارداً ويمكن بناء بحيرات أخرى لتساعد في أغراض خاصة.

البحيرات الهوائية:

تستقبل البحيرات المخلفات المعالجة من البحيرات الاختيارية ويتراوح عمق هذه البحيرات الهوائية بين ٥٠ سم و ٧٥ سم وتعمل في مجموعات تسمى بحيرات الأكسدة ويمكن أن تعمل كمعالجة ثانوية (بيولوجية) تتبع محطة معالجة أولية (مصافي- حوض فصل الرمل- وحوض ترسيب ابتدائي).

بحيرات الأكسدة (التثبيت) الإنضاج (الثلاثية):

وهي التي تستخدم في رفع كفاءة مياه الصرف الصحي المعالجة والخارجة من عمليات المعالجة الثانوية العادية وغالبا أيضا ما تستخدم كأخر بحيرة للتثبيت أو الأكسدة وذلك لإزالة الطحالب قبل تفريغ المياه الخارجة.

المعالجة اللاهوائية لمياه الصرف الصحي

وفي أواخر القرن العشرين، بدأت حتى الدول الغنية في أوربا وغيرها في تشغيل طرق معالجة بيولوجية لاهوائية، وتم تشغيل عدد كبير من عمليات المعالجة سواء لمياه الصرف الصحي المنزلية، أو للمخلفات الصناعية السائلة ذات التركيز العالي من المواد العضوية وغيرها. وتكون الحمأة الناتجة من طرق المعالجة اللاهوائية أقل حجما وأكثر تحللا.

ولضمان استمرارية تواجد كمية مناسبة من الكائنات الحية اللاهوائية الدقيقة في الأحواض وزيادة تركيزها يمكن فصل العوالق من المياه المعالجة واعادتها لمدخل الأحواض (وفي حالات كثيرة توضع حواجز أو مواد وسيطة ذات مساحة سطحية كبيرة تتكون عليها البكتريا وتبقى ضمن الكائنات اللاهوائية النشطة داخل الأحواض)، وفي الأحواض التي تسير فيها المياه رأسيا لأعلى تعتمد العملية على طبقة من العوالق داخل الحوض يصل سمكها لحوالي ٢ متر تتم فيها التفاعلات البيولوجية اللاهوائية وتساعد على حجز المواد العالقة من المياه التي تمر من خلال هذه الطبقة.

تتواجد وتتكاثر نوعيات الكائنات الحية الدقيقة في مراحل وحدات المعالجة اللاهوائية على أساس العوامل التي تساعد في تهيئة البيئة الملائمة لحياة هذه الكائنات. ومن هذه العوامل خصائص المخلفات السائلة، وتركيز المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا، بالإضافة الى عوامل أخرى مثل الأس الأيدروجيني pH، ودرجة الحرارة.

تكنولوجيا المعالجة الثلاثية لمياه الصرف الصحي

يتوقف اختيار نوع المعالجة الثلاثية (الإضافية) لمياه الصرف الصحي والوحدات المكونة لها على درجة العلاج المطلوبة واشتراطات ومعايير صرف فائض المياه المعالجة على المسطحات المائية وكذلك إمكانية إعادة الاستخدام وطرق المعالجة الثلاثية هي كما يلي:

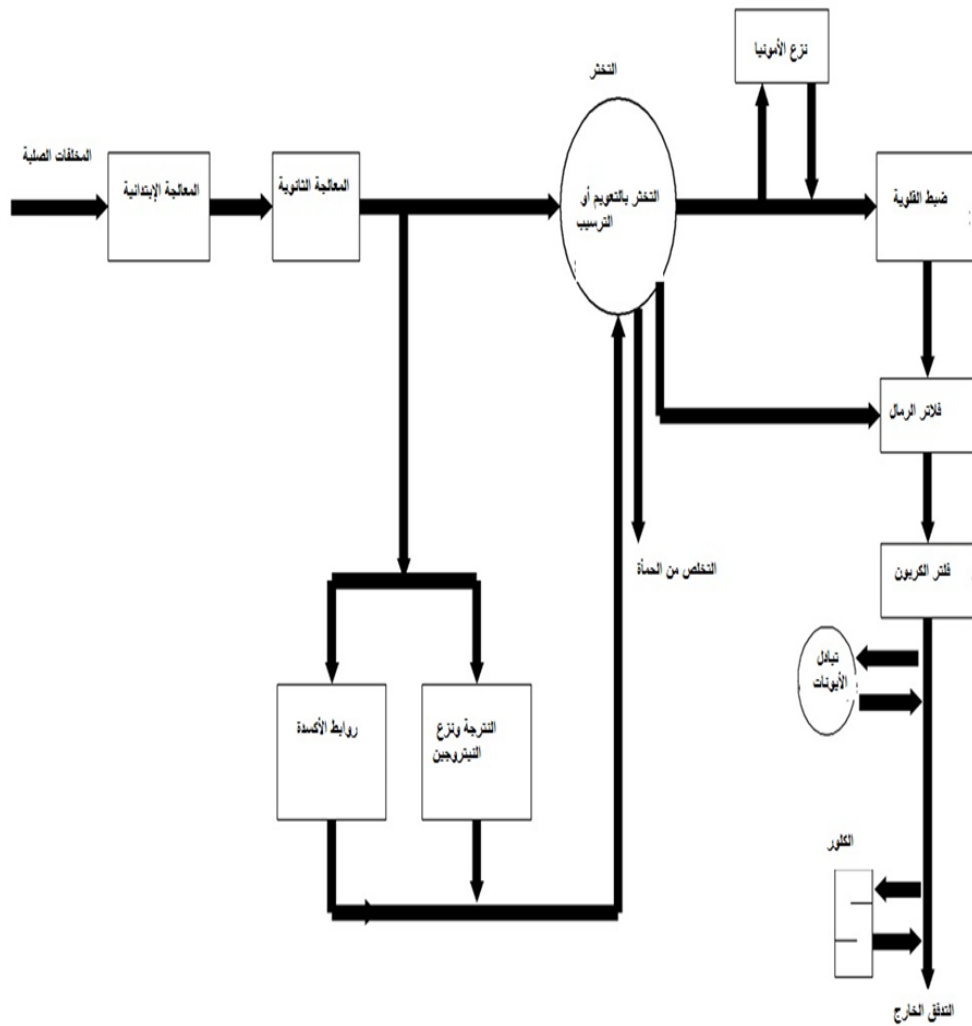
- الترسيب في أحواض المروقات ذات اتجاه السريان لأعلى.
- الترسيب باستخدام المواد الكيميائية المجلطة (الترويب والتجلط ثم الترسيب).
- الترشيح بالمرشحات المختلفة.
- وحدات المعالجة البيولوجية بأحواض التهوية بغرض التأزت (النترته أو النتريه)
- وحدات إزالة الأملاح (التبادل الأيوني – النتج الإسموزي – التحليل الكهربائي).
- وحدات التعقيم (المعالجة بالكلور – أو الأوزون).

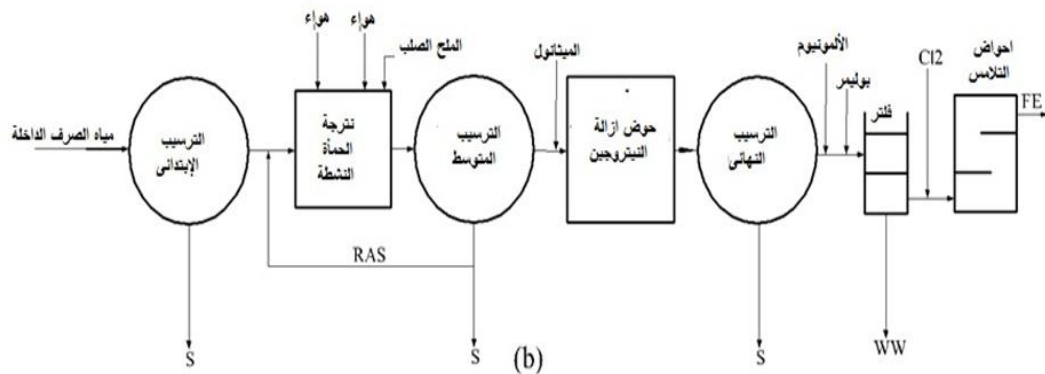
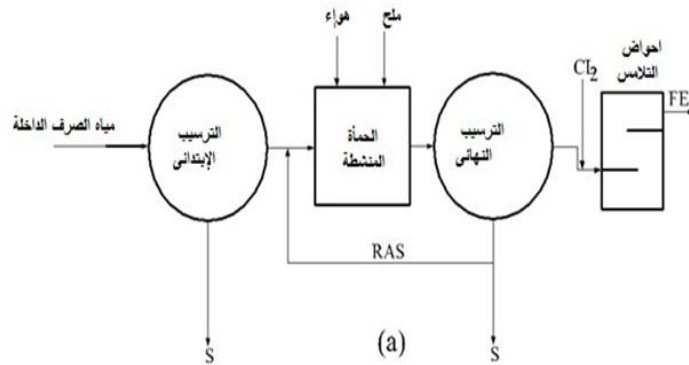
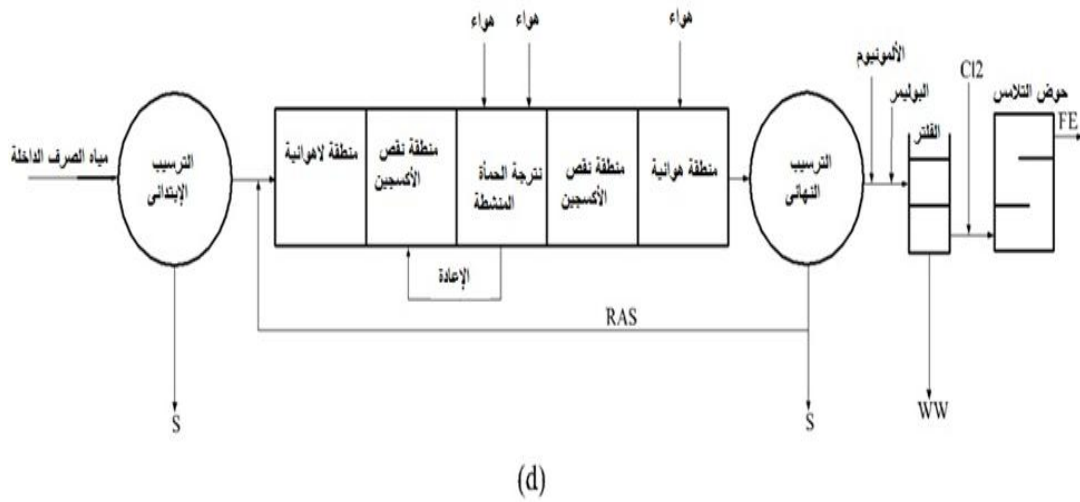
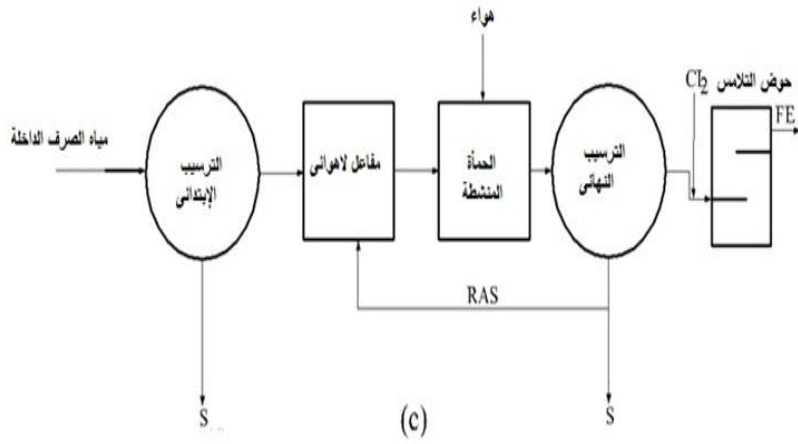
تكنولوجيا إزالة المواد العالقة في المعالجة الثلاثية

المواد العالقة بفائض محطات المعالجة البيولوجية قد تكون عضوية أو غير عضوية وتتسبب في العكارة واللون والرائحة وتتمو عليها البكتريا والكائنات الحية الدقيقة. وتوجد طرق كثيرة يمكن إتباع إحداها في إزالة المواد العالقة بأعمال المعالجة الثلاثية لمياه الصرف الصحي المعالجة، ومن أهمها ما يلي:

- الترسيب بمساعدة المواد الكيميائية المجلطة.
- التعويم بمساعدة المواد الكيميائية المجلطة.
- المصافي الدقيقة (الميكروسترينر).
- المرشحات بأنواعها.
- بحيرات الأكسدة (الإنضاج).
- الترسيب في الأحواض ذات القاع الحصوي.

خطوات المعالجة الثلاثية لمياه الصرف الصحي





مسار مياه الصرف الصحي في وحدات المعالجة الابتدائية والبيولوجية والثلاثية والتطهير .

نبذة عن القوانين المصرية في مجال الحفاظ علي مياه الشرب

القانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢ في شأن حماية نهر النيل وفروعه من التلوث

صدر هذا القانون خصيصا لحماية نهر النيل وفروعه والمسطحات المائية والبحيرات من التلوث بجميع أنواعه وأشكاله . وتعتبر وزارة الري والموارد المائية المسؤولة عن تنفيذ أحكامه، وأهم ما ينص عليه القانون ولائحته التنفيذية ما يلي:

أ. حظر القانون صرف مياه الصرف الصحي إلى مجاري المياه العذبة، وصرح بصرف مخلفات المراكب السياحية أثناء تحركها إلى مجاري المياه العذبة بعد معالجتها ومطابقتها للمعايير المقررة.

ب. صرح بصرف المخلفات الصناعية المعالجة إلى مجاري المياه العذبة والمصارف والبحيرات بشرط أن تكون مطابقة للمعايير المقررة.

ج. صرح بصرف مياه الصرف الصحي المعالجة إلى المصارف والبحيرات بشرط مطابقة السيب النهائي للمعايير المقررة

د. تم وضع معايير بكتريولوجية لصيد الأسماك من البحيرات واشترط ألا يزيد العدد الاحتمالي لبكتريا المجموعة القولونية عن ٧٠ لكل ١٠٠ سم ٣ كما اشترط ألا تزيد عن ١٠٠/٢٣٠ سم ٣ في ١٠ % من جملة العينات التي تم فحصها خلال موسم الصيد .

هـ. وضع القانون ولائحته التنفيذية مواصفات ومعايير لمياه المسطحات المائية التي تستقبل صرف المخلفات الصناعية والآدمية لا يسمح بتجاوزها . فهناك معايير طبيعية وكيميائية وبكتريولوجية لمجاري المياه العذبة وأخرى لمياه المصارف والبحيرات، وكذا لمياه المصارف كشرط قبل رفعها إلى المجاري المائية العذبة

وقد حظر القانون صرف أي مواد أو مخلفات تؤدي إلى تجاوز المعايير المحددة لمياه المجاري المائية السابق ذكرها.

القانون ٢٧ لسنة 1994 في شأن موارد مياه الشرب

منح هذا القانون وزير الصحة السلطة من خلال اللجنة العليا للمياه لوزارة الصحة التي يرأسها، لإصدار المعايير الخاصة بمياه الشرب والاشتراطات الصحية لمصادر مياه الشرب وطرق تنقيتها وقد أصدر وزير الصحة قراره رقم ١٠٨ لعام ١٩٩٥ بتحديث معايير مياه الشرب، والتي تضمنت المعايير الطبيعية والكيميائية (الغير عضوية – العضوية – والسامة) والمعادن الثقيلة والمبيدات بمختلف أنواعها والمعايير البكتريولوجية والمواد المشعة • وتم تنفيذ تطبيق هذه المعايير اعتباراً من مارس ١٩٩٥ فيما عدا المعايير الخاصة بالمبيدات فيبدأ تنفيذها بعد عامين ومركبات المثلث المكلورة بعد عام اعتباراً من مارس ١٩٩٥ وقد حدد قرار وزير الصحة رقم ٣٠١ لسنة ٩٥ الاشتراطات الخاصة بحرم مأخذ محطات تنقية المياه للبعد عن مصادر التلوث بحيث لا تقل عن ٥٠٠ متراً فوق التيار و ٢٠٠ متراً تحت التيار بالنسبة للمأخذ •

وبالنسبة للآبار الجوفية فقد حدد حرم البئر بدائرة نصف قطرها ٤٥ متراً من ماسورة السحب • وقد ساهم القانون ٤٨ لسنة ١٩٨٢ في حماية مصادر مياه الشرب حيث نص على أن تبعد مواسير صرف المخلفات الصناعية بمسافة لا تقل عن ٣ كيلو مترات فوق التيار ومسافة كيلو متر واحد تحت التيار بالنسبة لمأخذ محطات مياه الشرب كما نص على ضرورة معالجة مياه غسيل مرشحات محطات تنقية المياه قبل صرفها إلى المجاري المائية نظراً لما تحتويه من مواد عضوية ومسببات الأمراض التي حجزتها المرشحات خلال عمليات التنقية وبقياء المروبات الكيميائية المستخدمة.

وقد تم تحديث هذا القانون أخيراً بقانون ٤٥٨ لسنة ٢٠٠٧

٢. التشريعات المصرية الخاصة بتحديد مواصفات مياه الصرف الصحي المعالج قبل صرفها على المجاري المائية

• خصائص المياه المعالجة التي تصرف على نهر النيل وفروعه وعلى الخزانات الجوفية

صدر في مصر القانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢ بشأن حماية نهر النيل والمجاري المائية من التلوث وعدم الترخيص بصرف أية مخلفات سائلة إلى نهر النيل أو فروعه أو الترع والمصارف والجنايبات وخزانات المياه الجوفية ، قبل مطابقتها للمعايير الواردة باللائحة التنفيذية للقانون والتي صدرت بقرار وزارة الموارد المائية والري رقم ٩٢ لسنة ٢٠١٣، والتي تتضمن في الباب السادس منها الضوابط والمعايير والموصفات الخاصة بصرف المخلفات السائلة المعالجة الي مجاري المياه علي النحو التالي:

أولاً: الصرف علي مسطحات المياه العذبة:

مادة رقم ٤٩ :

" يجب أن تبقى مجاري المياه العذبة التي يرخص بصرف المخلفات الصناعية السائلة المعالجة إليها في حدود المعايير والمواصفات المبينة في الجدول التالي:

الاختبار	المواصفات مللجرام/لتر (ما لم يذكر غير ذلك)
مجموع المواد الصلبة	٥٠٠
الأكسجين الذائب (D. O)	لا يقل عن ٦
الأس الهيدروجيني (pH)	٥.٦ – ٥.٨
الأكسجين الحيوي الممتص (BOD)	لا يزيد عن ٦
الأكسجين الكيماوي المستهلك (COB)	لا يزيد عن ١٠
نيتروجين عضوي	لا يزيد عن ١
نشادر كنتروجين	لا يزيد عن ٥.٠
نترات كنتروجين	لا يزيد عن ٢

الاختبار	المواصفات مللجرام/لتر (ما لم يذكر غير ذلك)
النتروجين الكلي كنتروجين	لا يزيد عن ٥.٣
الفوسفور الكلي كفوسفور	لا يزيد عن ٢
شحوم وزيوت	لا تزيد عن ١.٠٠
كبريتات	لا تزيد عن ٢٠٠
مركبات الزئبق	لا تزيد على ٠.٠١
حديد	لا يزيد عن ٥.٠
منجنيز	لا يزيد عن ٢.٠
نحاس	لا يزيد عن ٠.١
زنك (خارصين)	لا يزيد عن ٠.١
منظفات صناعية	لا تزيد عن ٥.٠
نترات	لا تزيد عن ٤٥
فلوريدات	لا تزيد عن ٥.٠
فينول	لا يزيد عن ٠.٠٢
زرنخ	لا يزيد عن ٠.١
كادميوم	لا يزيد عن ٠.٠١
كروم	لا يزيد عن ٠.٥
سيانيد	لا يزيد عن ٠.٠٥
رصاص	لا يزيد عن ٠.١

الاختبار	المواصفات مللجرام/لتر (ما لم يذكر غير ذلك)
سلينيوم	لا يزيد عن ٠.١
البورون	لا يزيد عن ٥.٠
الموليبيديوم	لا يزيد عن ٠.٧
النيكل	لا يزيد عن ٠.٢
الدرين والداي الدرین	لا يزيد عن ٠.٠٠٠٣
الأكلور	لا يزيد عن ٠.٢
الديكارب	لا يزيد عن ٠.١
أترازين	لا يزيد عن ٠.٠٢
البنزازون	لا يزيد عن ٠.٣
الكربوفوران	لا يزيد عن ٠.٠٧
الكلوردان	لا يزيد عن ٠.٠٠٢
٢. ٤ ثنائي كلوروبروب	لا يزيد عن ٠.٠٣
الفينوبروب	لا يزيد عن ٠.٠٩
الميكوبروب	لا يزيد عن ٠.١
٢. ٤. ٥ ت	لا يزيد عن ٠.٠٩

المادة رقم ٥٠ :

"معايير الترخيص بصرف المخلفات الصناعية السائلة المعالجة إلى مسطحات المياه العذبة الي نهر النيل وفرعيه.

الاختبار		الحد الأقصى لمعايير المخلفات الصناعية السائلة المعالجة التي يتم صرفها على
		فرعي دمياط ورشيد لا يزيد
		نهر النيل الي الدلتا لا يزيد
درجة الحرارة	لا تزيد عن ٣ درجات مئوية عن المجري المائي المستقبل	لا تزيد عن ٣ درجات مئوية عن المجري المائي المستقبل
الأس الهيدروجيني (pH)	٩-٦	٩-٦
الأكسجين الحيوي الممتص (BOD)	٢٠	٣٠
الأكسجين المستهلك كيميائيا (COD) (دايكرومات)	٣٠	٤٠
مجموع المواد الصلبة الذائبة	٨٠٠	١٢٠٠
المواد العالقة الكلية	٣٠	٣٠
الكبريتيدات كبريتيد الهيدروجين	١	١
الزيوت والشحوم والراتنجات	٥	٥
الفوسفور الكلي كفسفور	١	١
النشادر كنتروجين	١	١
النتروجين الكلي كنتروجين	٥	٥
الفينول	٠.٠١	٠.٠٢
الفلوريدات	٥ .٠	٥ .٠

الاختبار		الحد الأقصى لمعايير المخلفات الصناعية السائلة المعالجة التي يتم صرفها على
		فرعي دمياط ورشيد لا يزيد
		نهر النيل الي الدلتا لا يزيد
الكلور المتبقى	١	١
مجموع المعادن الثقيلة:	لا يزيد عن ١	لا يزيد عن ١
الزئبق	٠.٠١	٠.٠١
الرصاص	١.٠	١.٠
الكاديوم	٠.٣	٠.٣
الزرنيخ	١.٠	١.٠
الكروم	٥.٠	٥.٠
النحاس	١	١
النيكل	٢.٠	٢.٠
الحديد	١	١
المنجنيز	٥.٠	٥.٠
الزنك	١	١
الفضة	٠.٥	٠.٥
العد الاحتمالي للمجموعة القولونية في ١٠٠ سم ^٣	١٠٠٠	١٠٠٠
المبيدات بجميع انواعها	خالية	خالية

المادة رقم ٥١:

"يجب أن تتوافر في مياه المصارف قبل رفعها إلى مسطحات المياه العذبة المخصصة لأغراض الزراعة فقط المعايير الآتية:

الاختبار	المعايير (مللجرام/لتر ما لم يذكر غير ذلك)
مجموع المواد الصلبة	لا يزيد عن ١٠٠٠
درجة الحرارة	لا تزيد عن ٣ درجات مئوية عن المجري المائي المستقبل
الأكسجين الذائب (D. O)	لا يقل عن ٥
الأس الهيدروجيني (pH)	لا يقل عن ٥.٦ ولا يزيد عن ٥.٨
الأكسجين الحيوي الممتص (BOD)	لا يزيد عن ٣٠
الأكسجين الكيميائي المستهلك (COD) دايكرومات	لا يزيد عن ٥٠
النيتروجين الكلي كنيتروجين	١٥
الفوسفور الكلي كفوسفور	٣
الزيوت وشحوم	لا يزيد عن ٣
الزئبق	لا يزيد عن ٠.٠١
حديد	لا يزيد عن ٣
منجنيز	لا يزيد عن ٢
نحاس	لا يزيد عن ١
زنك	لا يزيد عن ٢

الاختبار	المعايير (مللجرام/لتر ما لم يذكر غير ذلك)
الرصاص	لا يزيد عن ١.٠٠
نترات	لا تزيد عن ٤٥
فلوريدات	لا تزيد عن ٥.٠٠
فينول	لا يزيد عن ٠.٥.٠٠
زرنخ	لا يزيد عن ٠.١.٠٠
كادميوم	لا يزيد عن ٠.٣.٠٠
كروم سداسي التكافؤ	لا يزيد عن ٠.٥.٠٠
سيانيد	لا يزيد عن ٠.١.٠٠
النيكل	١.٠٠
السيلينيوم	٠.١.٠٠
العد الاحتمالي للمجموعة القولونية/١٠٠ سم ^٣	٥٠٠٠
الدرين والداي الدرین	لا يزيد عن ٠.٠٣.٠٠
الأكلور	لا يزيد عن ٢.٠٠
الديكارب	لا يزيد عن ١.٠٠
أترازين	لا يزيد عن ٠.٢.٠٠
البنتازون	لا يزيد عن ٣.٠٠
الكربوفوران	لا يزيد عن ٠.٧.٠٠
الكلوردان	لا يزيد عن ٠.٢.٠٠

الاختبار	المعايير (مللجرام/لتر ما لم يذكر غير ذلك)
٢.٤ ثنائي كلوروبروب	لا يزيد عن ٣.٠
الفينوبروب	لا يزيد عن ٠.٩
الميكوبروب	لا يزيد عن ١.٠
٢.٤.٥ ت	لا يزيد عن ٠.٩

المادة رقم ٥٢:

يجب أن تتوفر في مياه الصرف الصحي المعالج والمخلفات الصناعية السائلة المعالجة التي يرخص بصرفها الي مسطحات غير عذبة المعايير والمواصفات التالية:

البيان		الحد الأقصى للمعايير والمواصفات (ملليجرام / لتر – ما لم يذكر غير ذلك)
		مياه الصرف الصحي المعالج
		المخلفات الصناعية السائلة المعالجة
درجة الحرارة	لا تزيد عن ٣ درجات	لا تزيد عن ٣ درجات
	مئوية عن المجري	مئوية عن المجري
	المائي المستقبل	المائي المستقبل
	٩-٦	٩-٦
	٦٠	٦٠
	٨٠	٨٠
	لا يقل عن ٤	لا يقل عن ٤
	١٠	١٠
	لا يزيد عن ٢٠٠٠	لا يزيد عن ٢٠٠٠
	ولا تزيد عن ٥٠٠٠ في المناطق الساحلية	
الأس الأيدروجيني	٥٠	٥٠
	١	١
	١.٠	١.٠
	*	*
الأكسجين الحيوي الممتص		
الأكسجين الكيماوي المستهلك الداى كرومات		
الأكسجين الذائب		
الزيوت والشحوم		
المواد الصلبة الذائبة الكلية		
المواد العالقة		
الكبريتيدات		
السيانيد		
الفوسفور الكلي كفسفور		

النشادر كنتروجين	*	*
النتروجين الكلي كنتروجين	*	*
الفينول	٠.٥ .٠	٠.٥ .٠
الزئبق	٠.١ .٠	٠.١ .٠
الرصاص	١ .٠	١ .٠
الكادميوم	٠.٠٣ .٠	٠.٠٣ .٠
الزرنيخ	٠.٥ .٠	٠.٥ .٠
سيلينوم	١ .٠	١ .٠
الكروم	١ .٠	١ .٠
النحاس	٥ .٠	٥ .٠
النيكل	٥ .٠	٥ .٠
الحديد	١	٥.٣
الزنك	٢	٢
العد الاحتمالي للمجموعة القولونية في ١٠٠ سم ^٣	٥٠٠٠	١٠٠٠
بويضات الديدان الاسكارس	*	*
الدرين والداي الدين	لا يزيد عن ٠.١٥ .٠	لا يزيد عن ٠.١٥ .٠
الأكلور	لا يزيد عن ١ .٠	لا يزيد عن ١ .٠
الديكارب	لا يزيد عن ٥ .٠	لا يزيد عن ٥ .٠
أترازين	لا يزيد عن ١ .٠	لا يزيد عن ١ .٠
البننتازون	لا يزيد عن ١٥ .٠	لا يزيد عن ١٥ .٠

الكربوفوران	لا يزيد عن ٣٥ .٠٠	لا يزيد عن ٣٥ .٠٠
الكلوردان	لا يزيد عن ٠١ .٠٠	لا يزيد عن ٠١ .٠٠
٢ . ٤ ثنائي كلوروبروب	لا يزيد عن ٥ .٠٠	لا يزيد عن ٥ .٠٠
الفينوبروب	لا يزيد عن ٥ .٠٠	لا يزيد عن ٥ .٠٠
الميكوبروب	لا يزيد عن ٤٥ .٠٠	لا يزيد عن ٤٥ .٠٠
٢ . ٤ . ٥ ت	لا يزيد عن ٤٥ .٠٠	لا يزيد عن ٤٥ .٠٠

(*) معايير يتم دراستها بواسطة مجموعة عمل يتم تشكيلها بقرار وزير الموارد المائية والري علي أن تكون من وزارة الصحة وزارة الدولة لشئون البيئة وزارة مرافق مياه الشرب والصرف الصحي وزارة الموارد المائية والري.

مادة رقم ٥٣:

في حالة صرف مياه الصرف الصحي المعالج أو مخلفات صناعية سائلة معالجة مختلطة بمياه الصرف الصحي المعالج إلى مسطحات المياه غير العذبة، يجب بناء على طلب الجهة الصحية المختصة معالجة المياه المنصرفة بالكلور لتطهيرها قبل صرفها بحيث لا يقل الكلور المتبقي بها بعد عشرين دقيقة من إضافته عن ١ ملليجرام / لتر، ولا يقل عن ٥ .٠٠ ملليجرام / لتر بحيث تكون أجهزة ومواد التطهير متوفرة وجاهزة للعمل بصفة مستمرة لإنجاز هذه المعالجة عند طلب إجراءاتها.

مادة رقم ٥٤:

يتم في خلال سنتين من تاريخ العمل بهذه اللائحة إعادة النظر في المعايير الواردة بهذه اللائحة فيما يخص كلا من الفوسفور الكلي (as P) والنشادر (as N) والنترجين الكلي (as N) وبويضات الديدان (الاسكارس) لمياه الصرف الصحي المعالج والمياه الصناعية السائلة المعالجة الواردة بالمادة ٥٢ من هذه اللائحة.

خصائص المياه الملوثة التي تصرف على شبكة الصرف الصحي

القانون ٩٣ لسنة ١٩٦٢ والذي ينظم صرف المخلفات السائلة ليجب ضرورة معالجة المخلفات السائلة التي يتم صرفها من مختلف المنشآت الصناعية على شبكة الصرف الصحي بالمدن وبناء عليه صدر قرار وزارة الاسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠ بتعديل اللائحة التنفيذية للقانون لتصبح المعايير والمواصفات الواجب توافرها في المخلفات الصناعية التي يسمح بصرفها على شبكة الصرف الصحي كما هو مبين في الجدول التالي.

مادة رقم ١٤

(أ) يشترط للترخيص بصرف المخلفات السائلة من المنشآت الصناعية أو المنشآت التجارية الي شبكات الصرف الصحي العمومية الا تتجاوز التركيزات الاتية:

الاختبار	المعايير (مللجرام/لتر ما لم يذكر غير ذلك)
درجة الحرارة	لا تزيد عن ٤٣ ° م
الأس الهيدروجيني (pH)	٥.٩-٦
المواد العالقة	لا تزيد عن ٨٠٠
الأكسجين الحيوي الممتص (BOD)	لا يزيد عن ٦٠٠
الأكسجين الكيميائي المستهلك (COD) دايكرومات	لا يزيد عن ١١٠٠

الاختبار	المعايير (مللجرام/لتر ما لم يذكر غير ذلك)
الكبريتيدات ذائبة	لا يزيد عن ١٠
السيانيد	لا يزيد عن ٢.٠٠
فوسفور كلي	لا تزيد عن ٢٥
نتروجين كلي	لا تزيد عن ١٠٠
المواد الراسبة في اللتر بعد ١٠ دقائق	٨ سم ^٣
المواد الراسبة في اللتر بعد ٣٠ دقيقة	١٥ سم ^٣
فينول	لا يزيد عن ٠.٥
الكروم السادسي	لا يزيد عن ٥.٠
الكاديوم	٢.٠
الرصاص	١
الزئبق	٢.٠
الفضة	٥.٠
النحاس	٥.١
النيكل	١
القصدير	٢
الزرنيخ	٢
البورون	١
مجموع المعادن الثقيلة	٥

مادة ١٤:

(ب) كما يجب ان تخلو المخلفات السائلة من النفط الاثيري وكربيد الكالسيوم والمذيبات العضوية أو أي مادة اخري تري الجهة المختصة أن وجودها يؤدي الي خطورة علي العمال القائمين بصيانة خطوط الشبكات العمومية أو الاضرار بمنشآت الصرف الصحي او عمليات التنقية أو يؤدي الي تلوث بيئي نتيجة صرف فائض عمليات معالجة الصرف الصحي كما يجب أن تخلو المخلفات الصناعية السائلة من أي مبيدات حشرية أو مواد مشعة.

خصائص المياه الملوثة التي تصرف على البيئة البحرية

القانون ٤ لسنة ١٩٩٤ في شأن البيئة والمعدل بالقانون ٩ لسنة ٢٠٠٩ صدر بناء عليه قرار دولة رئيس مجلس الوزراء رقم ١٠٩٥ لسنة ٢٠١١ في شأن اللائحة التنفيذية للقانون سالف الاشارة وتضمن الاتي:

لا يسمح بالصرف في البيئة البحرية الا علي مسافة لا تقل عن ٥٠٠ متر من خط الشاطئ كما لا يسمح بالصرف في مناطق صيد الاسماك او مناطق مصايف او المحميات الطبيعية لتعظيم القيمة الاقتصادية او الجمالية للمنطقة:

الاختبار	الحد الأقصى للمعايير والمواصفات (مللجرام/لتر ما لم يذكر غير ذلك)
درجة الحرارة	لا تزيد عن ٥ °م فوق المعدل السائد بحد اقصي ٣٨ درجة مئوية
الأس الهيدروجيني (pH)	٦-٩
اللون	خالية من المواد الملونة
الأكسجين الحيوي الممتص (BOD)	٦٠
الأكسجين الكيميائي المستهلك (COD) دايكرومات	١٠٠
مجموع المواد الصلبة الذائبة	±٥% من قيمة الاملاح الذائبة في الوسط البحري الذي يتم الصرف عليه
المواد العالقة	٦٠
كبريتيد الهيدروجين	١
الزيوت والشحوم	١٥

الاختبار	الحد الأقصى للمعايير والمواصفات (مللجرام/لتر ما لم يذكر غير ذلك)
الفوسفور الكلي	٢
النيتروجين الكلي	١٠
الفينولات	٠.١٥
الأمونيا – نيتروجين	٣
الفانديوم	٠.٠٢
السيليونيوم	٠.٠١
الزئبق	٠.٠١
الرصاص	٠.١
الكاديوم	٠.١
الزرنخ	٠.١
الكروم	٠.١
النحاس	١
النيكل	١
الحديد	٥
المنجنيز	١
الزنك	١
الفضة	٠.٥
البورون	٤
المبيدات بأنواعها	٢
السيانيد	٤
العد الاحتمالي للمجموعة القولونية في ١٠٠ سم ^٣	١٠٠٠

المراجع

- تم الإعداد بمشاركة المشروع الألماني GIZ
- و مشاركة السادة :-

الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي	➤ د/ البير ميلاد السيد
شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالبحيرة	➤ د/ عبد الرحمن الخولي
شركة صرف صحي الإسكندرية	➤ د/ حسام الشربيني
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي	➤ د/ خالد محمد فهمي
شركة صرف صحي القاهرة	➤ د/ رمضان محمد
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي	➤ د/ شريف سرور
شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية	➤ د/ محمد ابراهيم
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي	➤ د/ محمد اسماعيل
شركة صرف صحي القاهرة	➤ د/ محمد صبري
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي	➤ د/ محمود عبد الرحمن
شركة مياه الشرب والصرف الصحي ببني سويف	➤ د/ مرزوقة شعبان
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي	➤ د/ مصطفى فراج
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي	➤ د/ ممدوح محمد زريق
GIZ	➤ د/ مها خلاف
شركة مياه القاهرة	➤ د/ مي السيد حسين
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي	➤ د/ نسرین عبد الرحمن
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي	➤ د/ يحيى شريف