

برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل المتدرب

البرنامج التدريبي كيميائي مياه

تكنولوجيا تنقية المياه - الدرجة الثالثة



الفهرس

٣	مقدمة
٦	نبذة مختصرة عن الماء و مصادره المختلفه
٦	الدورة الطبيعية للمياه
٧	احتياجات الإنسان من الماء
٧	مصادر المياه الخام
١٠	طرق تحلية مياه البحر
١٠	تحلية المياه بطرق التقطير
١٢	التحلية باستخدام طرق الاغشية
٢٠	تحلية المياه بطريقة البلورة أو التجميد
٢١	المياه الجوفية و نشأة الآبار
٢٣	خواص المياه الجوفية
٢٤	العوامل المؤثرة على نشأة الآبار
٢٤	إنشاء الآبار
٢٦	تطهير البئر
٢٧	تلوث مياه الآبار
٢٧	حرم البئر
٢٨	الاشتراطات الصحية للحصول علي المياه الجوفية
٢٩	تنقية المياه
٢٩	عوامل التنقية الذاتية
٣٣	تنقية المياه السطحية
٣٣	تنقية المياه السطحية بالطريقة التقليدية
٣٥	تنقية المياه السطحية بالتعويم (Flotation)
٣٥	تنقية المياه السطحية باستخدام المواد الممتزة (Adsorption)
٣٥	تنقية المياه السطحية باستخدام الاغشية (Microfiltration/Ultrafiltration)
٣٥	تكنولوجيا تنقية المياه الجوفية
٣٦	معالجة الحديد والمنجنيز بالمياه الجوفية: Iron & Manganese Removal
٤٣	الطرق والمواد التي تستخدم في تطهير المياه
٤٦	التطهير بالكلور
٤٧	غاز الكلور
٤٨	الكلور السائل
٤٨	الكلور الصلب
٤٨	مركبات الكلور
٥٠	كيف يعمل الكلور في تطهير المياه ؟؟
٥١	Glossary
٥١	نبذة عن القوانين المصرية في مجال الحفاظ علي مياه الشرب
٥١	القانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢ في شأن حماية نهر النيل وفروعه من التلوث
٥٢	القانون ٢٧ لسنة 1994 في شأن موارد مياه الشرب

أهداف البرنامج التدريبي

في نهاية البرنامج التدريبي يكون المتدرب قادر على :-

- ١ - التعرف على مصادر المياه المختلفة ومصادر تلوثها
- ٢ - التعرف على تكنولوجيا تنقية المياه من مصادرها المختلفة
- ٣ - التعرف على طرق ازاله الحديد والمنجنيز من المياه الجوفيه
- ٤ - التعرف على مطهرات المياه بأنواعها المختلفه
- ٥ - التعرف على القوانين المصريه فى مجال المحافظه على 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 سنوياً كآلاتي:

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

٥.٠ بليون متر مكعب مياه جوفية

٠.٥ بليون متر مكعب مياه المصارف التي تستغل في الري 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 سنوياً 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 دورياً وبصفة منتظمة • وهي على سبيل المثال:

درجة التركيز الأيوني للهيدروجين - الأملاح الذائبة - الحديد - العسر الكلي - الأوكسجين الذائب - النترات - بكتريا المجموعة القولونية وبكتريا القولون النموذجي، والبكتريا القولونية

السبحية. ووجود هذه البكتريا في المياه الطبيعية يدل على احتمال وجود مسببات الأمراض البكتيرية والفيروسية والطفيلية في هذه المياه •

نبذة مختصرة عن الماء و مصادره 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 لتر من الماء يوميا وتختلف هذه الكمية طبقا لاختلاف درجات الحرارة وعوامل أخرى • ويحصل الإنسان على ١,٥ لتر من الماء يوميا عن طريق الشرب والباقي فيما يتناوله من الأطعمة • 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 •

وفي الأحوال العادية يجب على الإنسان سد احتياجاته من الماء حتى يمكن للجسم القيام بوظائفه الفسيولوجية مثل إذابة المواد الغذائية حتى يسهل هضمها وامتصاصها • 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 • 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

أولا: الأمطار

الأمطار ليست مصدرا رئيسيا للمياه في مصر لقلة الكميات التي تسقط شتاء ولا تتجاوز ١٠ ملليمترات على الساحل الشمالي ثم تقل إلى ٤.١ 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 و تتحدر نحو الوادي وتصب في نهر النيل. إلا أن تعديلات الأهالي عليها واستغلالها في صرف المخلفات الآدمية والصناعية قد أدى إلى عدم الاستفادة منها كمخزرات لتصريف مياه السيول و حدوث كوارث في موسم الأمطار و السيول 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 و الصحراء الغربية و الواحات 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 و الوادي 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 فرعى 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 ٥٥,٥ 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.

ثالثا: 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 تتحصر 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 إزالة الأملاح 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 إلى درجات مختلفة فعلى سبيل المثال في مياه الخليج العربي تصل إلى حوالي ٥٦٠٠٠ جزء من المليون كما أنها تتراوح ما بين ٣٨٠٠٠ إلى 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 او النقصان اما العوامل الطبيعية المؤثرة فتشمل المد والجزر وعمق البحر عند المأخذ وتلوث البيئة في مكان المأخذ.

ثالثا: 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

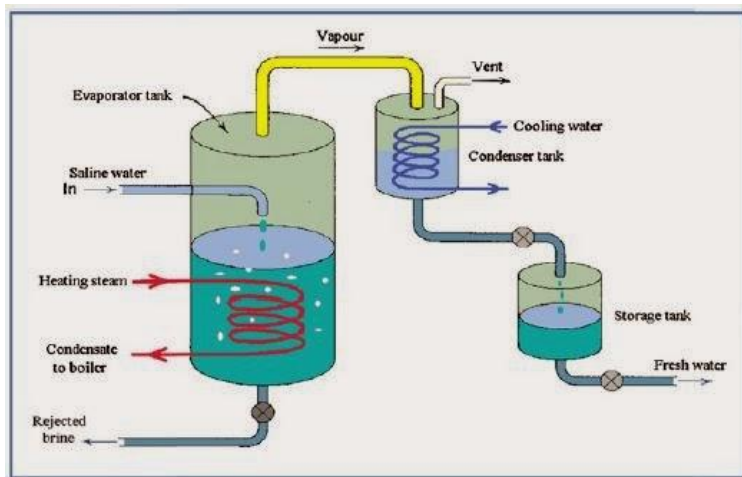


تحلية المياه بطرق التقطير

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

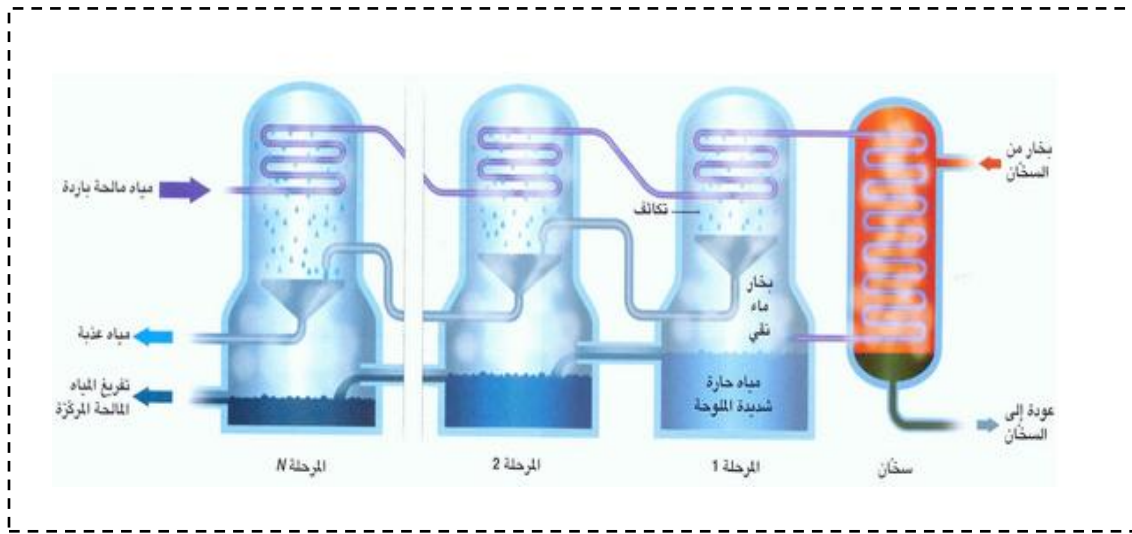


مسار موصل الى المكثف الذى يقوم بتكثيف بخار الماء الذى يتحول الى قطرات ماء و يتم تجميعها في خزان الماء المقطر. وتستخدم هذه الطريقة في محطات

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 فتحول 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).



ثالثا: التقطير المتعدد المراحل (المتعدد التأثير)

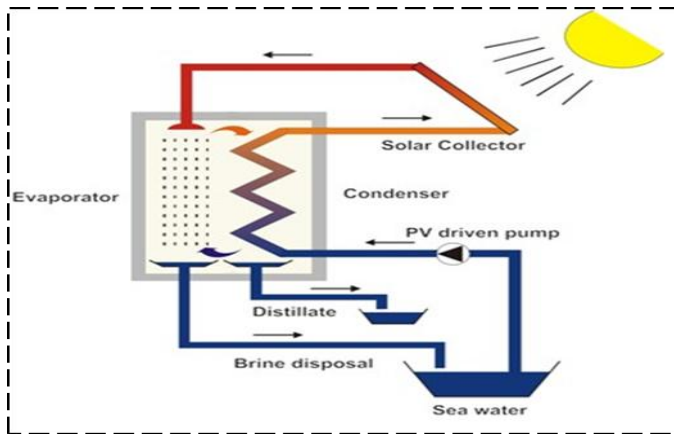
تقوم المقطرات المتعددة التأثيرات بالاستفادة من الأبخرة المتصاعدة من المبخر الأول للتكثيف في المبخر الثاني. وعليه، تستخدم حرارة التكثيف في غلي ماء البحر في المبخر الثاني، وبالتالي فإن المبخر الثاني يعمل كمكثف للأبخرة القادمة من المبخر الأول، وتصبح هذه الأبخرة في المبخر الثاني

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

رابعاً: التقطير باستخدام الطاقة الشمسية:

تعتمد هذه الطريقة علي الاستفادة من الطاقة الشمسية في تسخين مياه البحر حتي درجة التبخر ثم تكثيفها علي اسطح باردة وتجمع في مواسير. وجهاز التقطير عبارة عن حوض محكم مصنوع من الفولاذ المجلفن.

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.

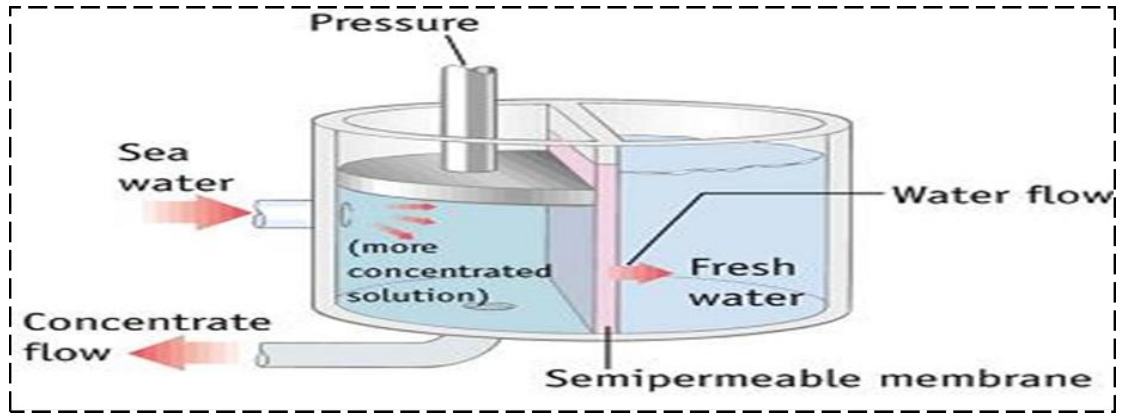
مميزات و عيوب استخدام الطاقة الشمسية

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

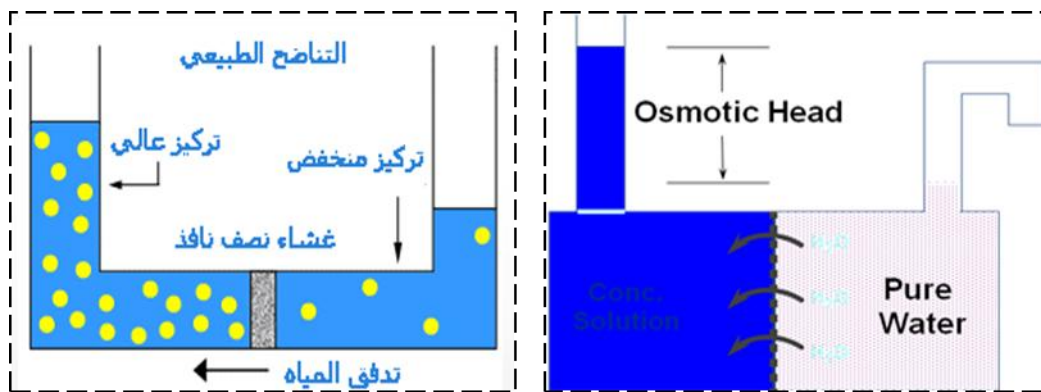
اولاً: التناضح العكسي

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. و تستخدم تقنية التناضح العكسي في تحلية مياه البحر والمياه قليلة الملوحة وكذلك في تحلية مياه الصرف الصحي المعالج ثنائياً او ثلاثياً، 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.



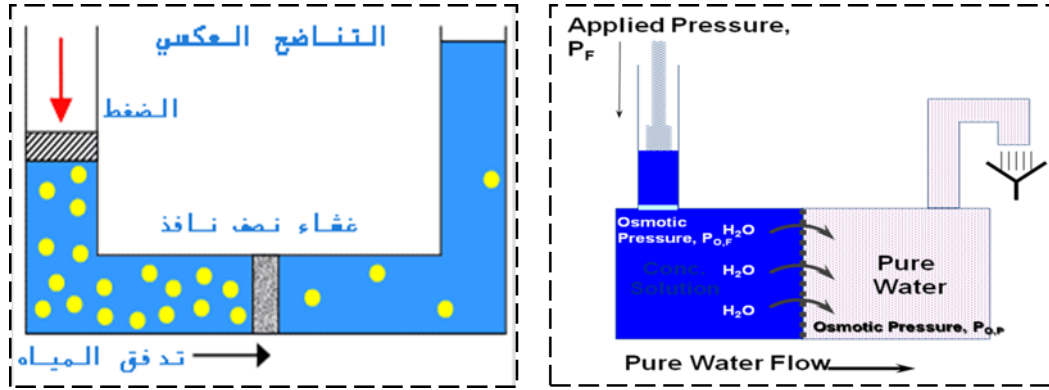
مفهوم التناضح العكسي

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 الى 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.

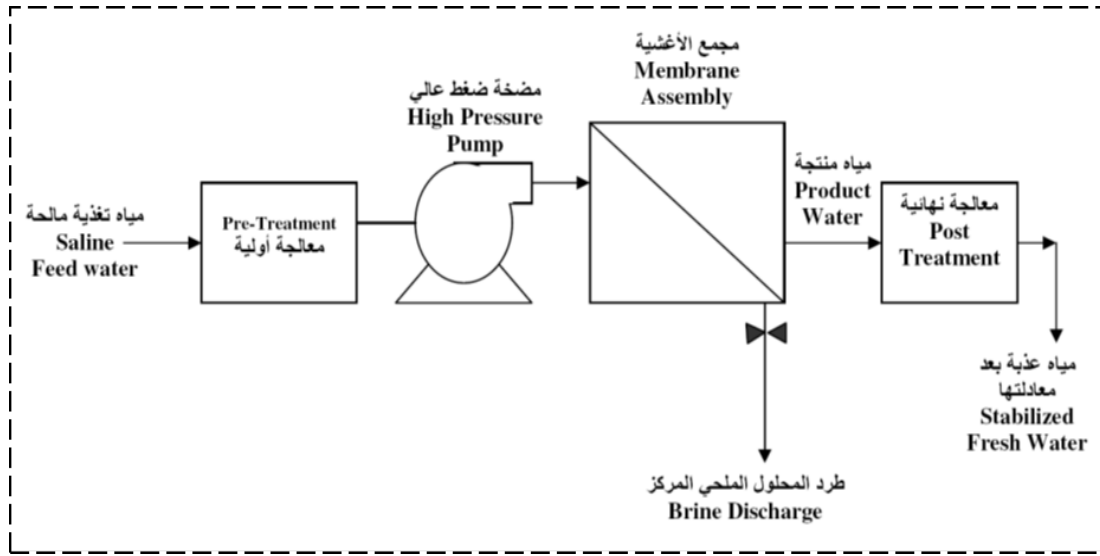


وعند توجيه ضغط مساوي للضغط الاسموزي على سطح المحلول الملحي يتم التوصل أيضا إلى حالة التوازن ويتوقف سريان المياه من خلال الغشاء وإذا رفع الضغط الى أكثر من ذلك فإن الجهد الكيميائي للسائل سيرتفع ويسبب تدفقا عكسيا للماء من المحلول الملحي باتجاه المحلول

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 الأسموزي 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 تكدسات 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

وبزيادة 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.

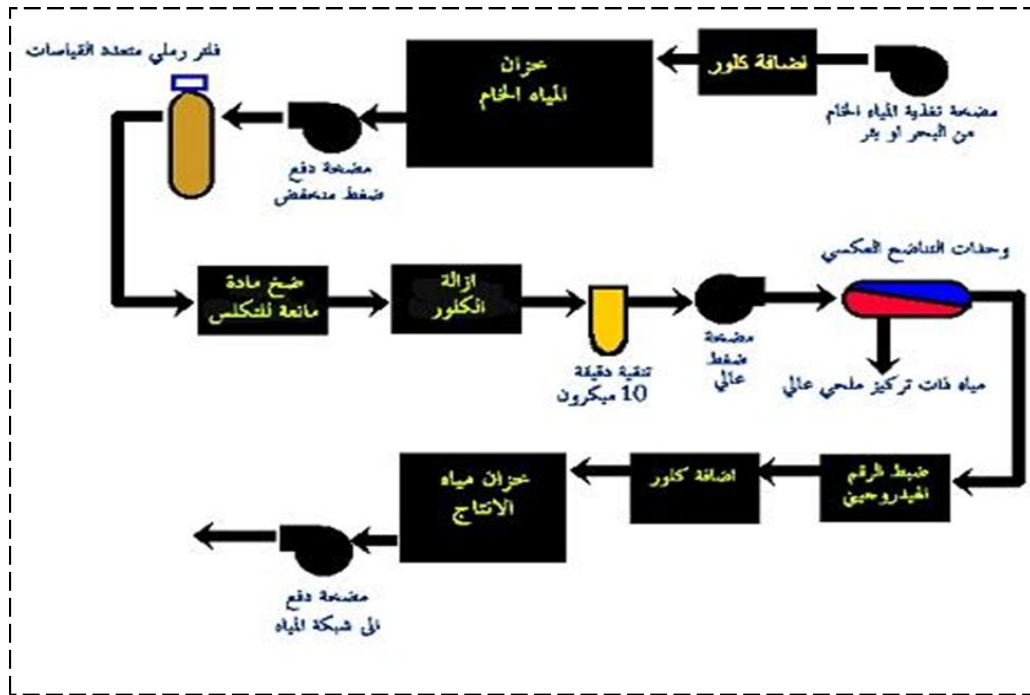
ثالثاً: مرحلة الفصل بواسطة الأغشية:

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 إحكاماً كاملاً 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 أنجستروم 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.

رابعاً: 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 أيضاً 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.



وتتميز طرق التحلية بالأغشية عموماً بانخفاض الطاقة المستخدمة مقارنة بطرق التحلية الحرارية وذلك نظراً لعدم الحاجة إلى أحداث تغيير في الحالة الطبيعية للماء من حيث التحول من الحالة السائلة إلى الحالة البخارية والعكس. وتستخدم الأغشية ذات الضغط المنخفض في تحلية مياه الآبار على نطاق واسع. وأحرزت تحلية مياه البحر باستخدام تقنية التناضح العكسي قبولاً مطرداً كطريقة اقتصادية معتمدة، وكأفضل نظام مكمل وبديل لتقنيات التحلية الحرارية (التبخير الوميضي متعدد المراحل والتبخير متعدد المؤثرات) وذلك بسبب:

1- تدني استهلاك الطاقة بالمقارنة مع أغلب نظم التقطير، وذلك نظراً لعدم وجود تغيير في الصورة الفيزيائية للماء. (أما متطلبات طريقة التناضح العكسي من الطاقة، فهي تتراوح بين 6 - 8 كيلوات ساعة/ ألف جالون من الماء العذب المنتج من مياه قليلة الملوحة. وتتراوح هذه النسبة في حالة تحلية مياه البحر بين 35 - 40 كيلوات ساعة/ ألف جالون من الماء العذب، ويمكن خفض مقدار الطاقة المستهلكة بتركيب جهاز لإسترجاع الطاقة المهدورة في ماء تدفق المحلول الملحي المركز الناتج عن التحلية، والذي يتراوح ضغطه ما بين 750-950 رطلاً على البوصة المربعة). ويبلغ استهلاك طريقة التحلية بالتناضح العكسي من الطاقة ثلث إلى نصف ما هو عليه في حالة التقطير الوميضي متعدد المراحل، فضلاً عن ذلك فإن التناضح العكسي يحتاج

الى ثلث ما يحتاجه التقطير الومضي 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 لتكونه من وحدات قائمة بذاتها.

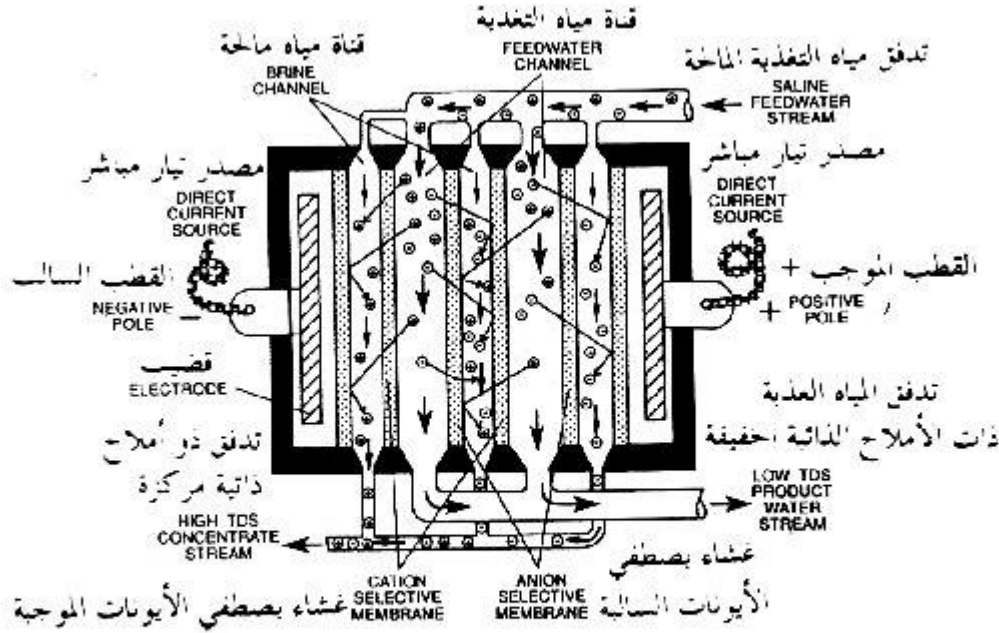
ثانيا: الديليزة الكهربائية:

عُرفت الديليزة الكهربائية تجارياً منذ الستينات، 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 تنجذب 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 ثبيل المثال فإن محتويات الأيونات الذائبة في المحلول الملحي مثل الصوديوم (+) الكلوريد (-) الكالسيوم (++) والكربونات (--) تظل منتشرة في الماء لتتولى معادلة شحنتها الخاصة. وعند توصيل الأقطاب الكهربائية إلى مصدر تيار خارجي، مثل البطارية المتصلة بالماء، فإن الأيونات تتجه نحو الشحنات المعاكسة لشحنتها 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 غشاءين يسمح بإنسياب الماء بينهما ويشكل أحد اللوحين الفاصلين قناة تحمل مياه التغذية والمياه المنتجة، بينهما يشكل اللوح الفاصل الآخر قناة تحمل مياه الرجيع. وحيث أن الأقطاب الكهربائية مشحونة وتتاسب مياه التغذية المالحة عبر اللوح الفاصل بزاوية 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 إحداها 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 (الإنسداد مثلاً). والغسيل يسمح للوحدة بالتشغيل بقليل من المعالجة الأولية ويقلل اتساخ الأغشية.

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

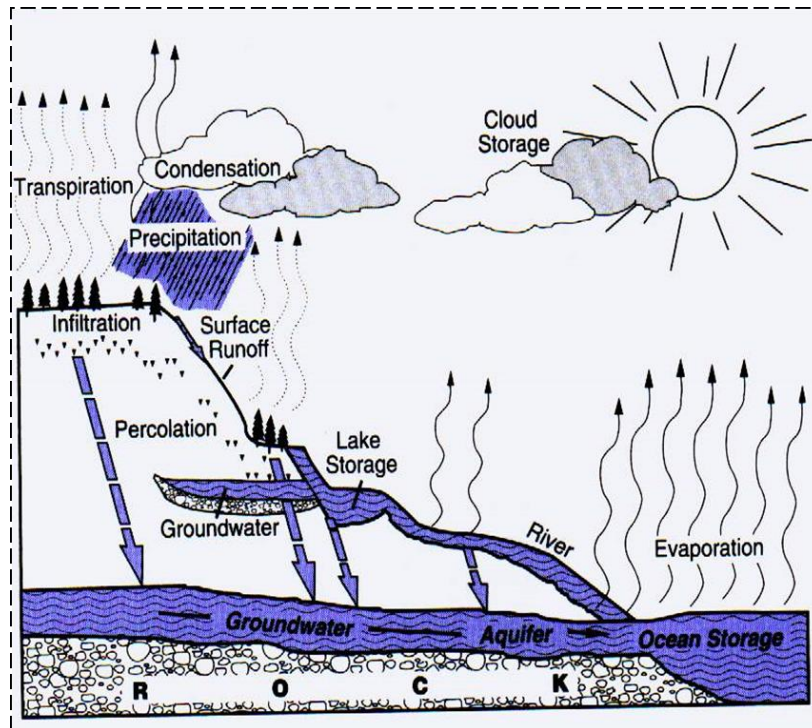
تعتمد عملية إزالة ملوحة المياه بالتجميد على الحقيقة الثابتة أن بلورات الثلج المتكونة بتبريد ماء مالح تكون خالية من الملح، مما يجعل هناك تشابهاً بين هذه العملية وعملية التقطير التي تنتج بخاراً خالياً من الأملاح من محلول من الماء المالح. هذا التشابه يظهر فقط من ناحية خلو الناتج في كلتا العمليتين من الأملاح 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. و هذا 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 و نشأة 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 نتج النباتات المائية ومن الإنسان والحيوان.
- يتصاعد بخار الماء ويتجمع مكوناً السحب.
- يتكثف بخار الماء ويسقط كأمتار.
- 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.

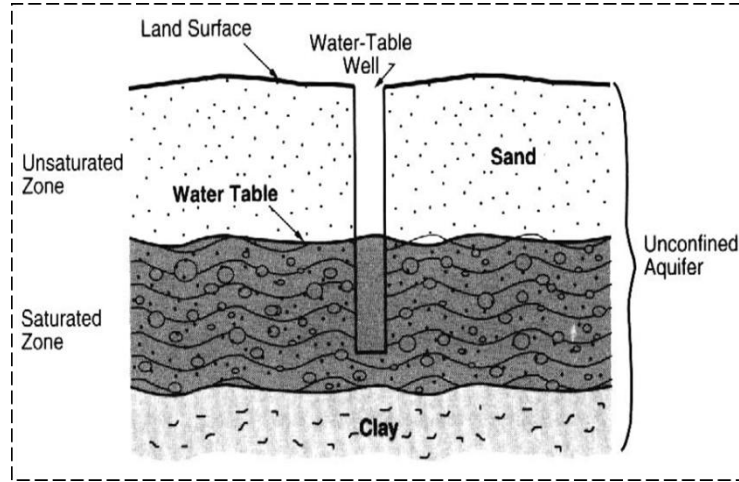


والمياه الجوفية رغم أنها تكون في الغالب خالية من أي تلوث بكتريولوجي، إلا انها تحتاج لدراسات وتحليلات كاملة قبل السماح بإستخدامها، كما أنها تتواجد على أبعاد مختلفة عن سطح الأرض تتغير من موقع لآخر وذلك حسب التكوين الجيولوجي للتربة.

تنقسم خزانات المياه الجوفية إلى:

١. الخزان الجوفي الحر

وهو عبارة عن مياه تشبعت بها حبيبات التربة، نتيجة تسرب مياه الأمطار والأنهار والبحيرات و المجاري 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.

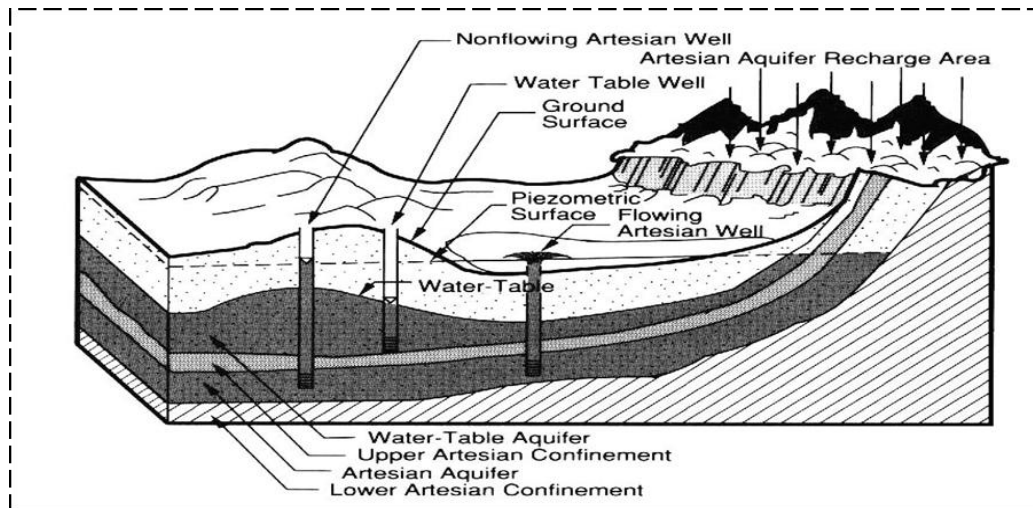


٢. الخزان الجوفي المحصور

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".

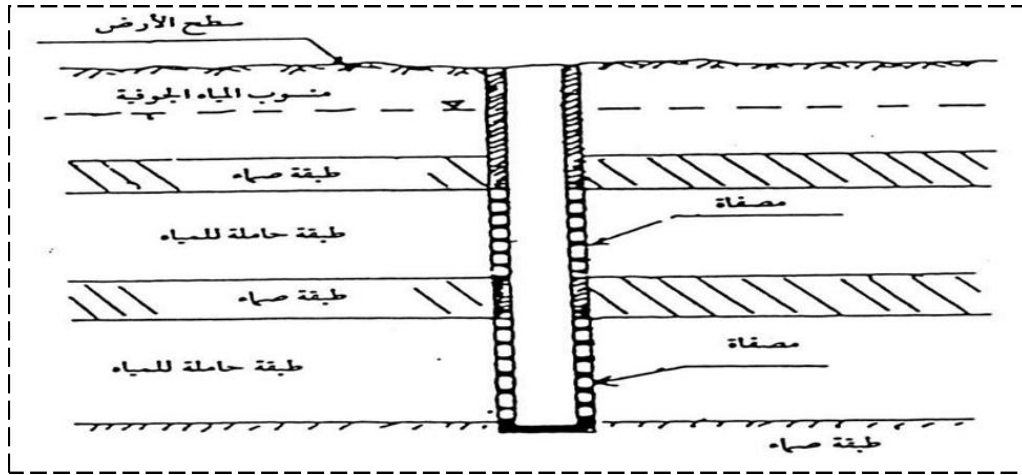
و المياه تكون حرة الحركة في الاتجاه الأفقي فقط.



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.



و تنقسم 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:

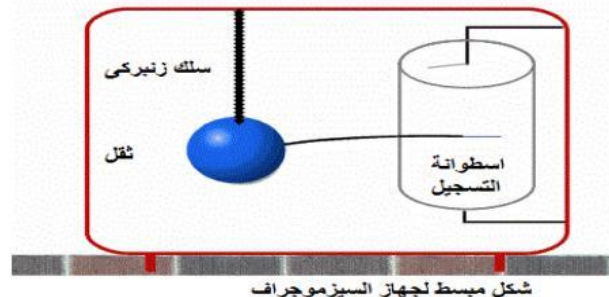
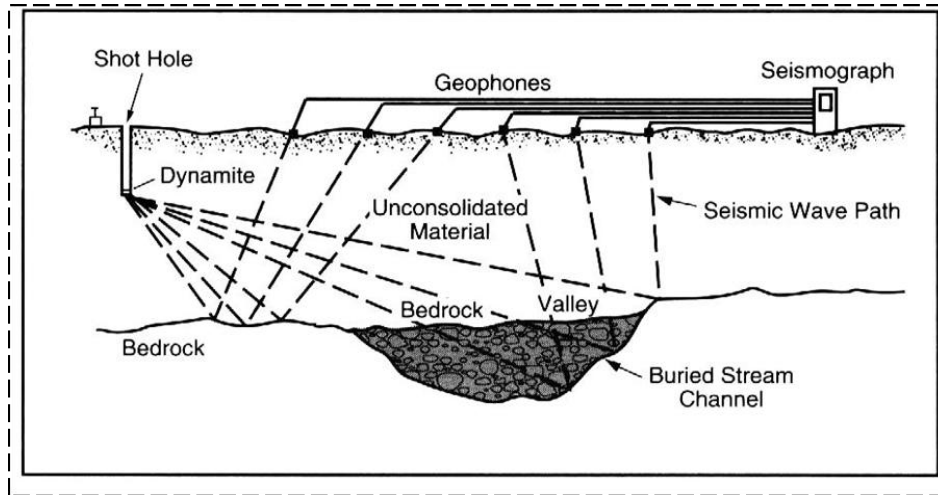
وهي الآبار التي تخترق عدة طبقات حاملة للمياه، مما يؤدي إلى زيادة تصريف البئر، وتحسين خواص المياه بسبب اختلاف نوعية المياه في الطبقات الحاملة المختلفة.

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 طبيعة 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 لثقب الأرض.
- استخدام قيسون يدوي أو ميكانيكي لتغوص 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 الثقل لدق البئر (Driven well)

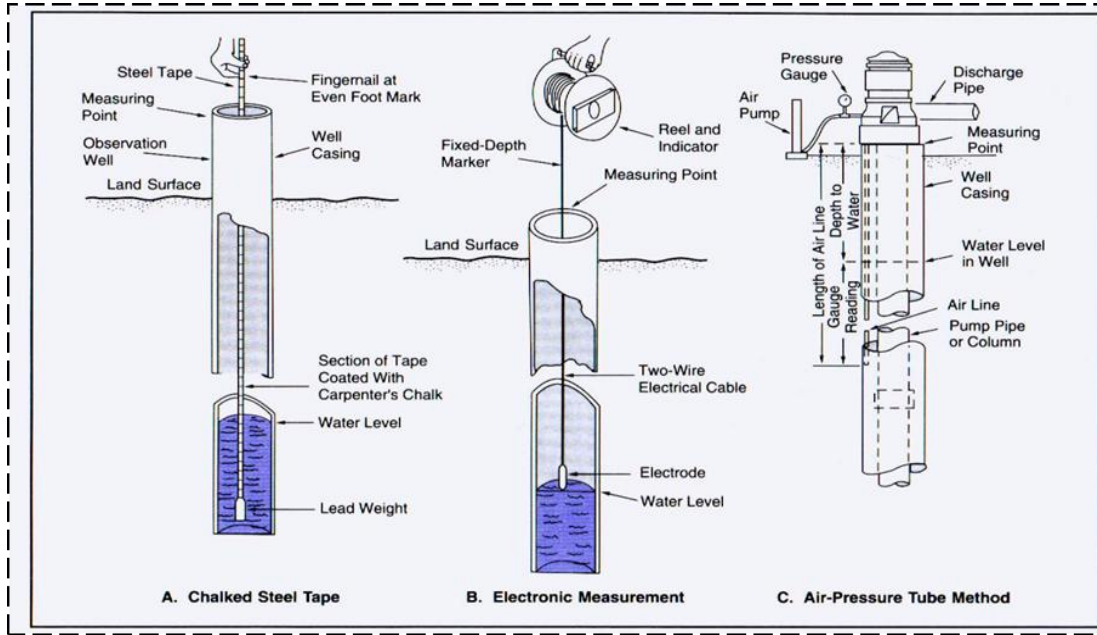
في هذه الطريقة يتم استخدام ثقل يرتفع ثم يسقط على رأس الماسورة. ويبدأ العمل بوضع ماسورة المصافي رأسياً وطرفها المدبب إلى أسفل، ثم يتم الدق عليها بواسطة الثقل حتى تهبط داخل الأرض. وعند اقتراب نهاية الماسورة من سطح الأرض، يتم ربط الماسورة التالية بها بواسطة الجلب المقلوبة. وهكذا يتم استئناف الدق وربط المواسير 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 والتغوص.



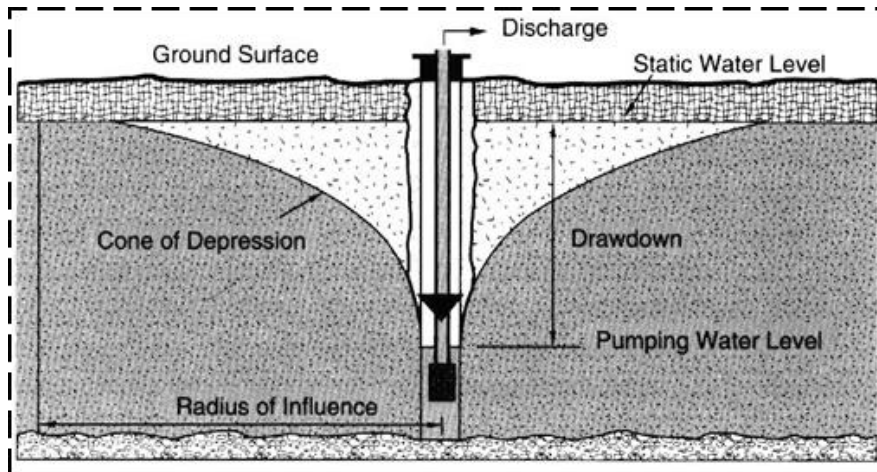
تطهير البئر

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.

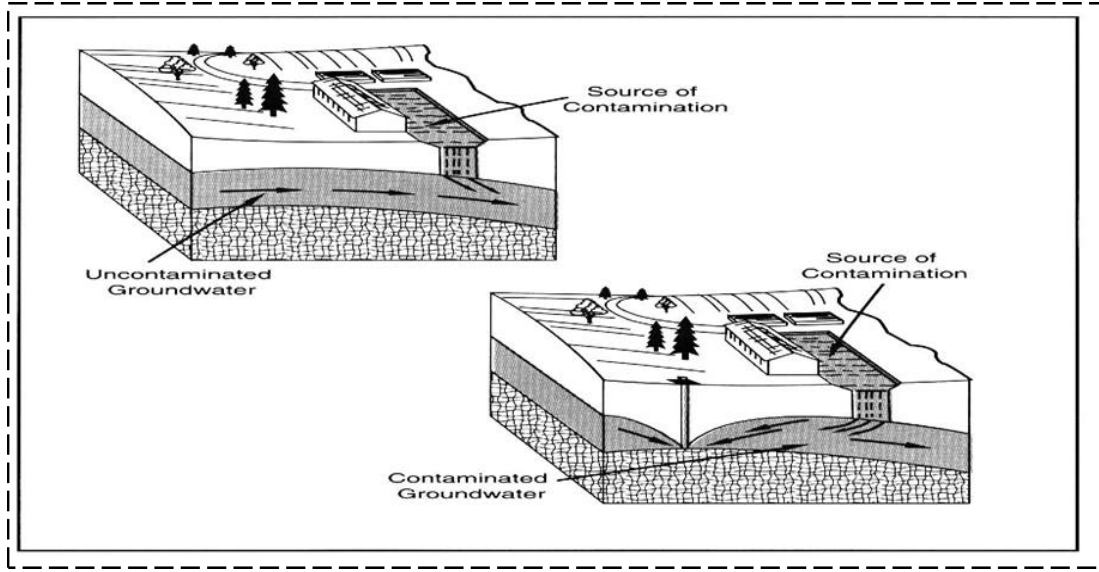


تلوث مياه الآبار

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.

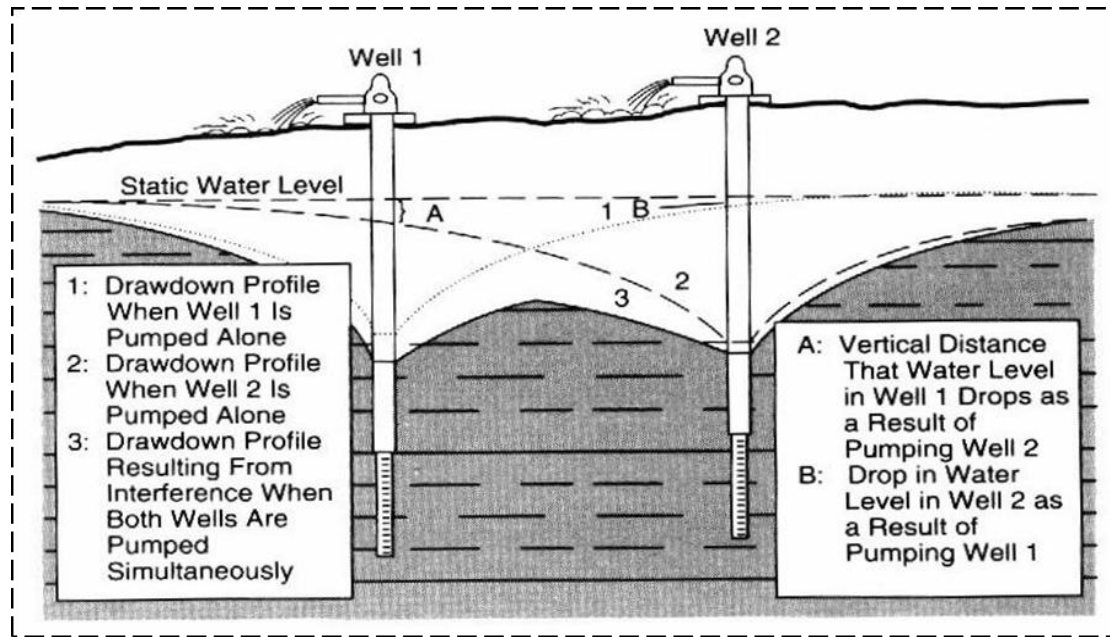
وتقسم لثلاث فئات كالتالي:

- ١- الفئة الأولى: تشمل المراحيز ذات الحفرة السطحية (١م)، وخزانات التحليل الصماء، ومواسير المجاري. والحد الأدنى لحرم البئر في هذه الحالة يكون ١٥ م.
- ٢- الفئة الثانية: تشمل المراحيز 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 ٢٠م.
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 الأسمنت بقطر مترين حول ماسورة البئر، وممتدة بإنحدار 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 تنقى 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 للنفوذ 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 للأكسدة.
- كما أن هناك أملاح معدنية غير قابله للذوبان تتحول بعد اختزالها إلى قابله للذوبان و بذلك يستكمل جسم الإنسان العناصر اللازمة له.

٣ - عوامل تجميع

- وهو عبارة عن تكتل المواد العالقة الدقيقة والغروية (Colloidal) وكذلك بعض المواد الذائبة مكونة ندف صغيره 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(تحرقها) 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 نتجت من البكتيريا، كما تتغذى على بعض المواد العضوية الأزوتية وبإمتصاص ثاني أكسيد الكربون من الجو يمكنها تكوين أنسجتها والاستمرار في حياتها بعملية التمثيل الكلوروفيللي.

٣ - الحيوانات وحيدة الخلية [البروتوزوا]:

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

٤ - الاسفنجيات والقشريات:

- وهى حيوانات أعلى مرتبه من البروتوزا وغذاؤها الطحالب والبروتوزا.

٥ - النباتات المائية الكبيرة:

- وهى نباتات خضراء راقية، ولذلك فيلزم لغذائها المواد المعدنية وثاني أكسيد الكربون للقيام بالتمثيل الكلورفيلي، ومن أنواعها ما يرسل جذوره إلى 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 (الهرم 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 البكتريا 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 البكتريا 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 تجمع المياه من المصدر إلي العملية وتشمل:
- المأخذ، وأعمال التصفية (المصافي)، وسحارة المأخذ، وطمبات ضخ المياه الخام (ذات الضغط المنخفض) لتوصيل المياه من المأخذ إلي بداية عملية التنقية.
- أعمال تنقية المياه:

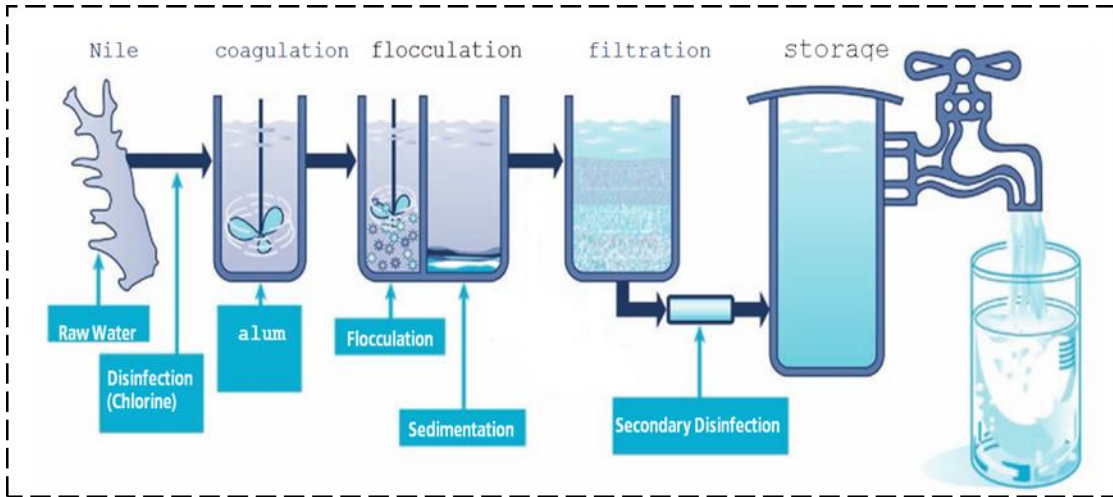
بغرض جعلها صالحة للاستعمال في الأغراض المختلفة، والتي تشمل: إزالة المواد العالقة، وإزالة المواد الدقيقة والكائنات الحية والبكتريا، والقضاء علي أي تلوث بالمياه قبل استعمالها. ويتم ذلك بعمليات الكلورة الابتدائية، والمعالجة الكيماوية المبدئية، والترويب والتنديف، ثم الترسيب، والترشيح، والتعقيم.

- أعمال التخزين والتوزيع للإستخدام:

ويتم ذلك بتجميع المياه المنقاه في خزانات تجميع أرضية، ثم يتم ضخها للتوزيع بواسطة طلمبات ضخ المياه المنقاه (ذات الضغط المرتفع) الي شبكات التوزيع والخزانات العالية.

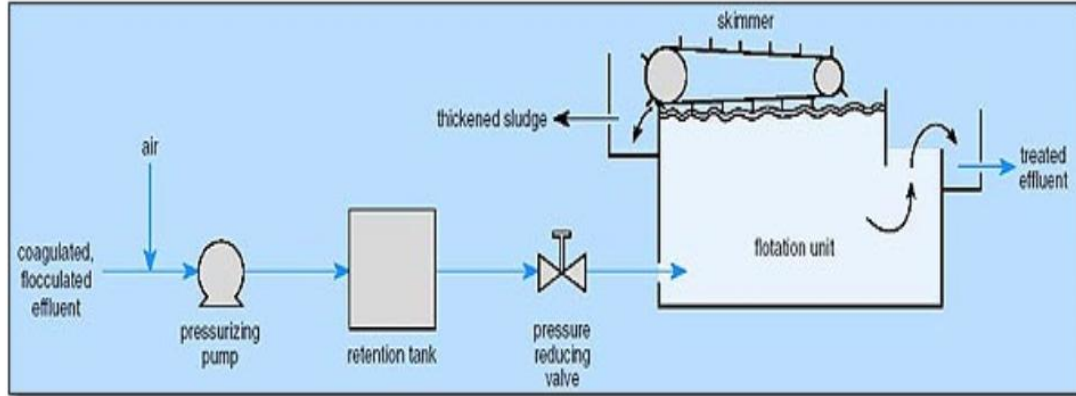
مكونات المحطة

- 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)



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 إلى 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.



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 كيمائيات معالجة أخرى. ويمكن استخدام المواد الكيميائية لعمل إعادة تنشيط لبعض هذه المواد المازة. ويستخدم الغسيل العكسي لإزالة الجسيمات العالقة اثناء استخدام هذه المواد.

تنقية المياه السطحية باستخدام الاغشية (Microfiltration/Ultra filtration)

تكنولوجيا تنقية المياه الجوفية

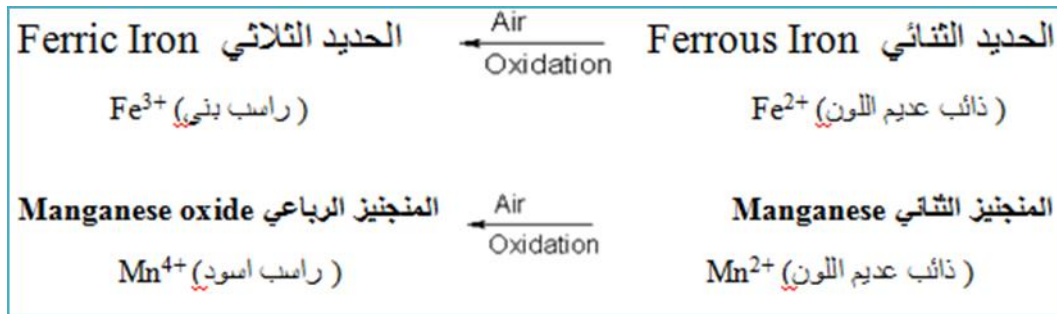
المياه الجوفية هي المياه التي تسربت خلال طبقات الأرض من الأمطار والأنهار والبحيرات العذبة. وهذه المياه تتواجد في باطن الأرض على أعماق وصور مختلفة، وكمية المياه الموجودة بالكرة الأرضية ثابتة منذ القدم ولا تتغير، وهذا يرجع إلى الدورة الهيدرولوجية.

ويلاحظ في المياه الجوفية الموجودة في مصر ارتفاع نسب الحديد والمنجنيز ولذلك سنقوم بدراسة كيفية ازالة 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 ببطء ويحتاج الي pH مرتفعة.

• أولاً 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 لإستخدامها في نجاح عملية أكسدة المنجنيز إلا إذا كان الأس الهيدروجيني للمياه مرتفع جدا.

وتتم عملية التهوية قبل أي معالجة كيميائية لأنها غير مكلفة نسبيا من الناحية التشغيلية وأنها ممكن أن تقلل من كمية الكيماويات المضافة. وهناك نوعان من التهوية إما أن تكون بإستخدام 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 أعلي طبقة Green sand ووجود اللون الوردي دليل علي إضافة جرعة مناسبة ويتم أضافتها بعد الاكسدة 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 الاكسدة بالعوامل المؤكسدة السابق ذكرها كما هو واضح بالجدولين الاتيين:

Reaction	Oxidant mg/mg Fe ²⁺	Alkalinity used, mg/mg Fe ²⁺	Sludge,* lb/lb (kg/kg) Fe ²⁺
A. Oxygen $4\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ $4\text{Fe}(\text{OH})_3 + 8\text{CO}_2$	0.14	1.80	1.9
B. Chlorine $2\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Cl}_2$ $2\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{CaCl}_2 + 6\text{CO}_2$	0.64	2.70	1.9
C. Chlorine dioxide $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2 + 2\text{NaHCO}_3 + \text{ClO}_2$ $\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{NaClO}_2 + 3\text{CO}_2$	1.21	2.70	1.9
D. Potassium permanganate $3\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2 + \text{KMnO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ $3\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{MnO}_2 + \text{KHCO}_3$ $+ 5\text{CO}_2$	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 $2\text{MnSO}_4 + 2\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{O}_2$ $2\text{MnO}_2 + 2\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{CO}_2$	0.29	1.80	1.58
B. Chlorine $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Cl}_2$ $\text{MnO}_2 + \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{CO}_2$	1.29	3.64	1.58
C. Chlorine dioxide $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2 + 2\text{NaHCO}_3 + 2\text{ClO}_2$ $\text{MnO}_2 + 2\text{NaClO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ $+ 2\text{CO}_2$	2.46	3.60	1.58
D. Potassium permanganate $3\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2 + 2\text{KMnO}_4$ $5\text{MnO}_2 + 2\text{KHCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ $+ 4\text{CO}_2$	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 الابار تحتوي علي تركيزات (١,٠ ملجم/ لتر منجنيز، ٠,٥ ملجم / لتر حديد)، وكان البئر يعمل بتصريف ٤٠ لتر / ث، وكان تركيز محلول البرمنجانات ٥ جم / لتر وكان أقصى تصريف لطلمبة الحقن ١٠٠ لتر / س فما هي النسبة المئوية لتصريف الطلمبة ؟

الحل:

البرمنجانات اللازمة لأكسدة المنجنيز = $1,92 \times 1,0 = 1,92$ ملجم / لتر.

البرمنجانات اللازمة لأكسدة الحديد = $0,94 \times 0,5 = 0,47$ ملجم / لتر.

جرعة البرمنجانات المطلوبة لأكسدة الحديد والمنجنيز = $0,47 + 1,92 = 2,39$ ملجم / لتر.

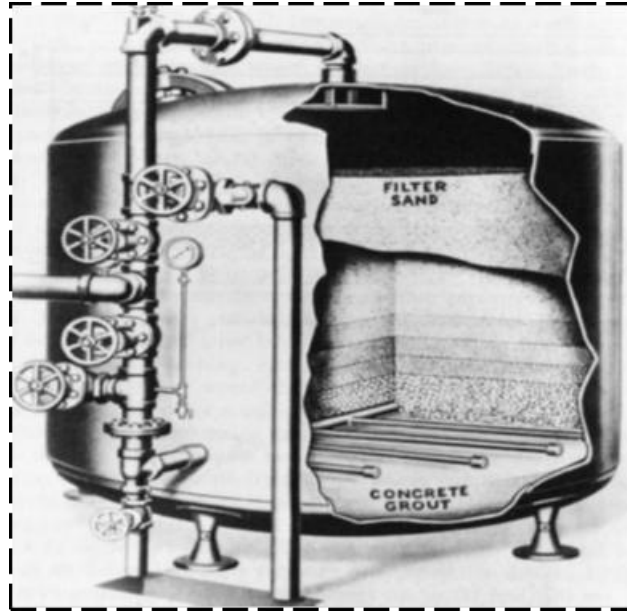
كمية البرمنجانات المطلوب اضافتها كل ساعة = $2,39 \times 3,6 \times 40 = 228,5$ جم / س.

تصرف محلول البرمنجنات المطلوب أضافته كل ساعة = ٤٥,٧ لتر / س.

$$\frac{45,7}{100} \times 100 = 45,7 \% \text{ لتصرف الطلمبة}$$

• 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 (الانثراسيت - الرمل - الجرين ساند - الحصى) فعندما نحتاج للتخلص من المنجنيز يجب ان نستخدم الجرين ساند وإذا لم نحتاج ذلك فيمكن ان يتكون الوسط الترشيحي من الانثراسيت والرمل معاً أو كل منهما بمفرده، أما اذا كان هناك حديد فلابد من وجود طبقة من الانثراسيت 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 ($1.5 \text{ kg kmnO}_4 / 1 \text{ m}^3 \text{ greensand}$) 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 ($\text{م}^3 / \text{م}^2 \text{ س}$) يعتمد هذا المعدل علي (نوعية المياه الخام - المعالجة الابتدائية - الوسط الترشيحي المستخدم) ويكون المعدل المناسب $6 \text{ م}^3 / \text{س}$ 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 وإحتكاك لطبقات الفلتر وتصبح الرواسب والشوائب حرة وتمر إلي الكسح لذلك يجب أن يكون معدل المياه المستخدم في الغسيل العكسي كبير ويمكن أن يتراوح بين $60 - 70 \text{ م}^3 / \text{س}$. وتستمر هذه العملية حتى تصبح مياه الكسح نقية عندها نتوقف عن الغسيل العكسي ثم يتم

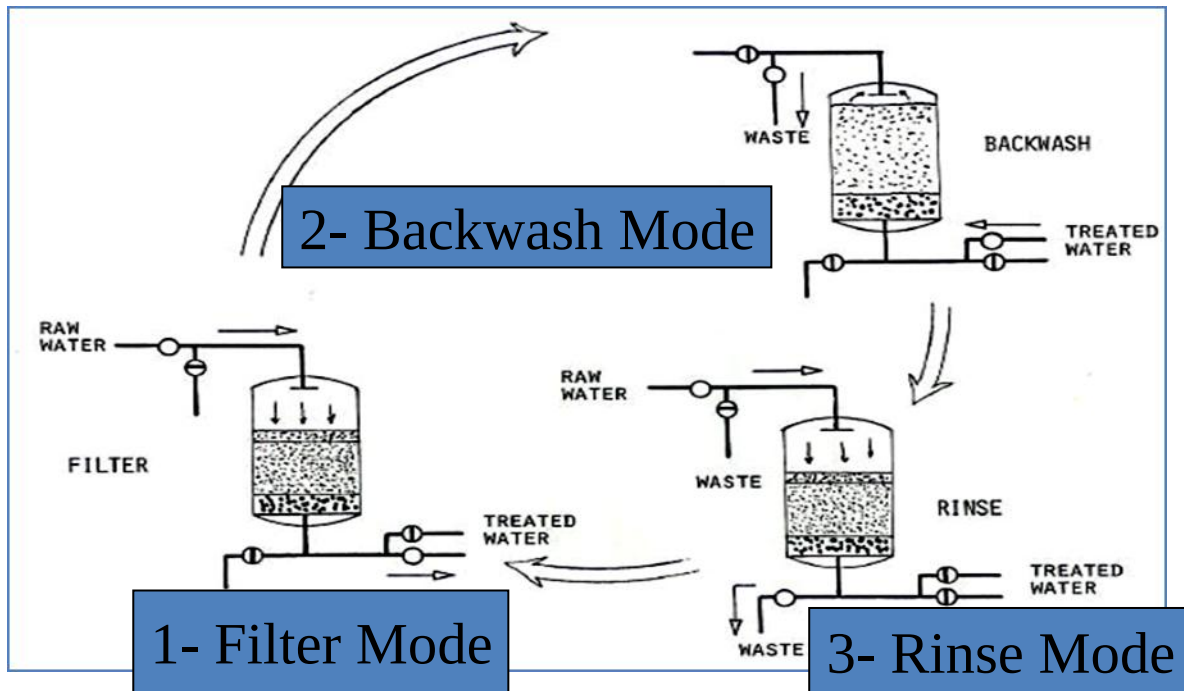
شطف المرشح إلى الكسح قبل دخوله الخدمة. في حالة الجرين ساند، نظام الغسيل بالهواء يكون مفيداً ليضمن الوسط أن يصبح نظيفاً.

ملحوظة هامة:

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

دورة الترشيح:

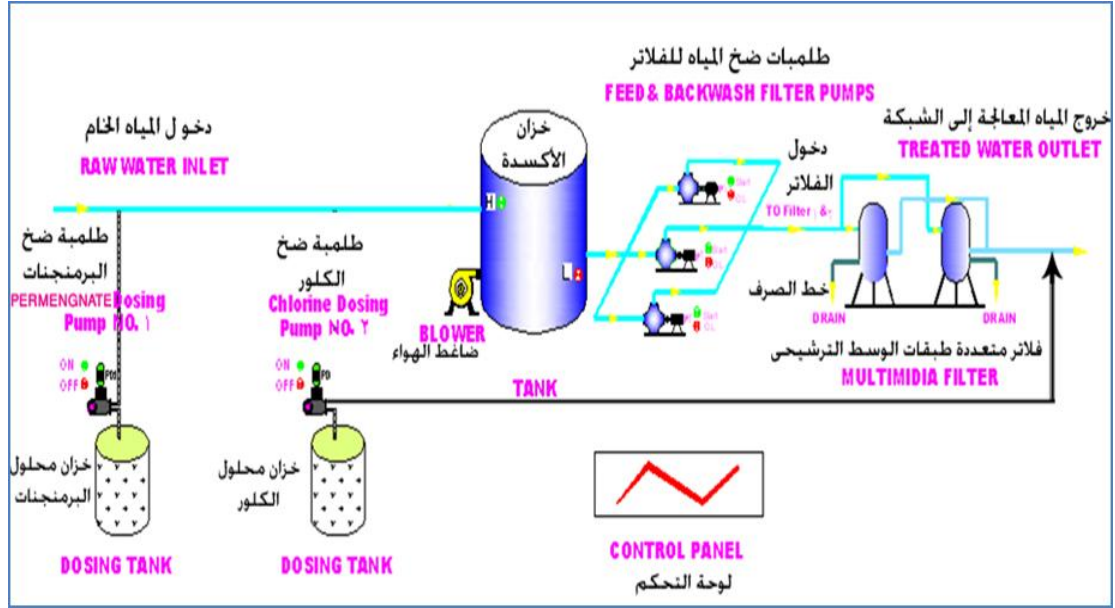
الرسم التوضيحي يبين الاوضاع الثلاثة لدورة الترشيح كما يلي:



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

٢ - وضع الغسيل العكسي (**Backwash Mode**) علي الجانب الايمن العلوي بالرسم والسهم يبين دخول المياه المعالجة عكسياً من أسفل إلى أعلي المرشح مروراً بالوسط الترشيحي ليخلصه من الرواسب حاملاً إليها 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).

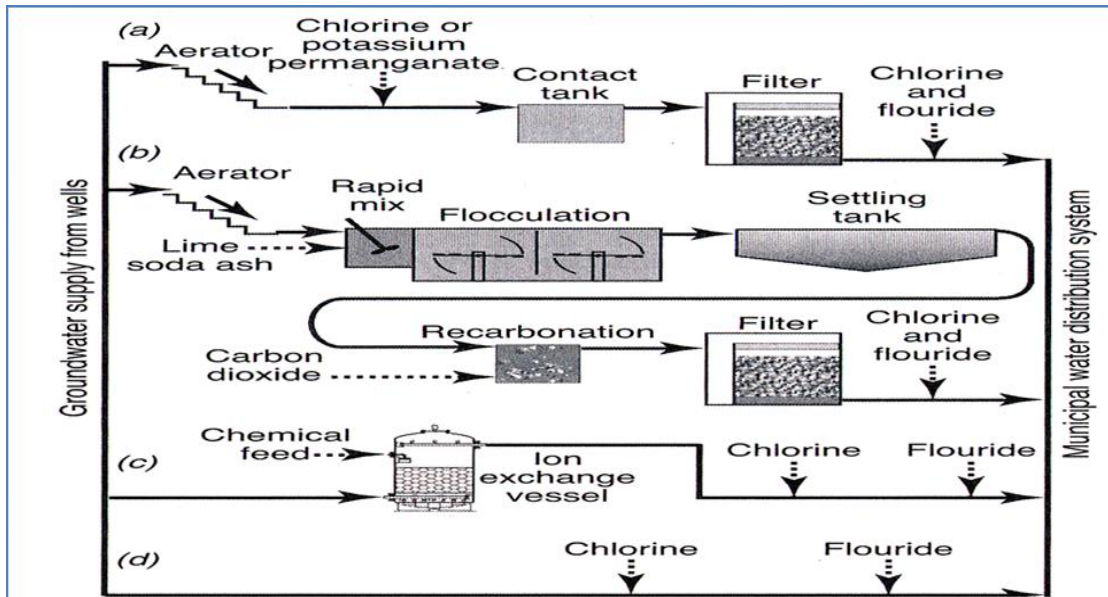


Figure 7-25

Flow diagrams of typical groundwater treatment systems. (a) Iron and manganese removal. (b) Precipitation softening. (c) Ion exchange. (d) Disinfection and fluoridation.

الطرق والمواد التي تستخدم في تطهير المياه

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

أولاً: غاز الأوزون

يستخدم غاز الأوزون في تطهير 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 لتطهير المياه المعبأة.

هو غاز قابل للذوبان في الماء بسهولة ويضاف بجرعات حتى ٤ جزء في المليون وفترة تماس من ١٠ - ١٥ دقيقة. يراعى عند تطهير 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 الجوى 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.

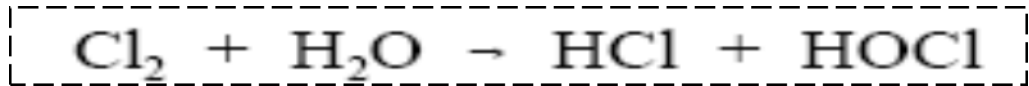
ثالثاً: غاز الكلور

الهدف من إضافة الكلور إلى الماء:

- ١ - قتل مسببات الأمراض.
- ٢ - أكسدة الحديد و المنجنيز وكبريتيد الإيدروجين.
- ٣ - التخلص من بعض المواد التي تسبب لون أو طعم للمياه.
- ٤ - التحكم في أعداد الطحالب الداخلة وإعادة نموها في عملية تنقية المياه.
- ٥ - يساعد على تحسين عملية الترويب.

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

- ١- انتشار الكلور وتخلله لجميع أجزاء المياه المراد تطهيرها.
- ٢- إضافة الكلور بطريقة منتظمة ومستقرة دون انقطاع .
- ٣- تحديد كمية الكلور اللازمة بكل دقة.
- ٤- التحكم في عملية التطهير بحيث تكون المياه خالية من مسببات الأمراض وفي الوقت نفس 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 التطهير كالآتي:

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

٤- تزيد فاعلية الكلور في تطهير المياه التي يقل فيها درجة تركيز الأس الهيدروجيني 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 " وهى قراءة غير حقيقية و خاطئة. كما أن المنجنيز يعطى أيضا قراءة خاطئة عند استخدام الأرتوتوليدين.

٦- ويتفاعل الحديدوز مع الكلور ليتحول إلى حديدك وبالتالي يستهلك كميات من الكلور المضاف لتطهير المياه وبالتالي تقل فاعلية الكلور في تطهير المياه. إذا كانت نسبة الحديد حوالى ١ جزء في المليون أو أكثر فإن المياه تعطى قراءة خاطئة في اختيار الأرتوتوليدين. ولذلك ولتصويب القراءات الخاطئة السابق ذكرها يستعمل اختيار DPD لتقدير الكلور الحر المتبقي بدقة بدلا من الأرتوتوليدين.

٧- درجة الحرارة (يكون الكلور أكثر فاعلية في تطهير المياه كلما زادت درجة حرارة المياه. إلا أنه في درجات الحرارة الأقل يكون أكثر ثباتا ويبقى فترات أطول وبالتالي يعوض فقده لجزء من فاعليته)

٨- فترة التماس (بين الكلور والمياه المطلوب تطهيرها): لا تقل عن ٢٠ دقيقة إلى ٣٠ دقيقة.

٩- الكلور الحر المتبقي في المياه:

يجب ألا 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)

التطهير بالكلور

من أكثر الطرق شيوعاً في عمليات تطهير المياه هي إضافة الكلور وكان لظهور عملية الكلور في أواخر القرن الماضي أثر كبير في القضاء بدرجة كبيرة على الأمراض التي ينقلها الماء وذلك بأقل التكاليف وبأبسط المعدات وأقل عدد من العاملين ولولا عملية الكلورة لانتشرت أوبئة الكوليرا والتيفود مثلما كان الأمر منذ مائة عام.

ويتميز التطهير بواسطة الكلور بسهولة استعماله، وكذلك سهولة الحكم على مدي فاعليته بالتأكد من بقاء قدر من الكلور في الماء بعد فترة من إضافته.

ولا يعرف علي وجه التحديد كيف يعمل الكلور علي قتل البكتريا في الماء والمعتقد أن مركبات الكلور التي تتكون عندما يضاف الكلور إلى الماء يتفاعل مع بعض الانزيمات الموجودة في البكتريا والغلاف الخارجي لها ويقوم بالعديد من التفاعلات مثل تفاعلات (الأكسدة والتميو والاستبدال) وينتج عنها تغيرات فسيولوجية وبدورها تؤثر علي العمليات الحيوية داخل الخلية. ولم يعد أحداً يعتقد مثلما كانوا يعتقدون في الماضي بأن البكتريا تتأكسد نتيجة إضافة الكلور وذلك لأن عملية التأكسد تحتاج إلى كميات هائلة من الكلور، في حين أن التطهير الناجح لا يتطلب إلا كميات ضئيلة منه. ومع هذا فإن الكلور عامل مؤكسد قوي وعندما يستخدم بكميات كافية فإنه يوقف نمو الطحالب في المرشحات.

الكلور عنصر كيميائي ينتج خلال صناعة الصودا الكاوية ويدخل الكلور في كثير من الصناعات الحربية والمدنية، نذكر منها علي سبيل المثال صناعة البترول والمعادن والورق والمنسوجات والصناعات الكيميائية والصناعات الغذائية كما يستعمل الكلور في معالجة المجاري وتطهير مياه الشرب.

صناعة الكلور

يتم تحضير الكلور في الصناعة بواسطة التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم (ملح الطعام). ويتجمع الغاز عند القطب الموجب ويتم سحبه حتى تتم إيسالته ويحفظ في خزانات كبيرة إلى أن يتم عملية تعبئته في الاسطوانات المستخدمة في محطات المياه ومصانع النسيج وخلافه.

خصائص الكلور:

يمكن أن يتواجد الكلور مثله مثل أي مادة في ثلاث صور مختلفة: السائلة، الغازية ، الصلبة ولكل منهم خصائصه.

غاز الكلور



غاز لونه أصفر مائل إلى الخضرة، وهو أثقل من الهواء مرتين ونصف، له رائحة مميزة شديدة النفاذية، ووزنة الذري ٣٥,٥.

الكلور الغازي ضعيف القابلية للذوبان في الماء (٦,٧ جم/لتر ماء عند ٢٠°م، ١٤,٨ جم/لتر ماء عند صفر°م)، ولذلك لا ينبغي رش الماء على

الكلور المتسرب، كما ان حفظ محلول الكلور في درجة حرارة باردة يحافظ على تركيزه لفترة طويلة.

وبرغم أن الكلور ليس مادة ملتهبة قابلة للاشتعال أو الانفجار، إلا انه يمكن أن يساعد على الاشتعال تحت ظروف معينة.

كذلك فإن الكلور الجاف ليس مادة مسببة للتآكل، إلا انه يتحول إلى ذلك بشكل مؤثر إذا ما تعرض للرطوبة.

غاز الكلور سام ومهيج للأغشية المخاطية المبطنة للأنف والعين والجلد والرئتين ويسبب سعال وصعوبة في التنفس.

يسال بالتبريد (عند -٣٤,١°م، ضغط جوى ١ بار) أو يسال تحت ضغط عالي (حوالي ٧ كجم/سم^٢، في درجات الحرارة العادية) ولذلك يحفظ وينقل علي هيئة غاز مسال بالضغط في اسطوانات من الصلب تختلف سعتها من خمسين إلي ألف كيلوجرام وتتوقف العبوة المستعملة علي الكمية المستهلكة في محطة المياه.

في حالة وجود تسرب لغاز الكلور في الجو فإن ٣ جزء في المليون هي اقل نسبة يمكن حسها بالشم، وعند ١٥ جزء في المليون يصبح تأثيرها مهيج للعين والرئة، ويصبح خطرا إذا ما استنشق لفترة من ٣٠ - ٦٠ ق عند تركيز من ٤٠ - ٦٠ جزء في المليون، وإذا زاد التركيز في الجو ليصل إلى ١٠٠٠ جزء في المليون فيصبح مميت، حيث يصاب الفرد الذى يتعرض لهذه

الجرعة بالاختناق والوفاة مباشرة. أما الكمية المسموح بها لغاز الكلور في الجو وتكون آمنة لفترة الوردية الواحدة (ثمانى ساعات) لا تتجاوز تركيز ١,٠ جزء في المليون.

الكلور السائل

هو عبارة عن محلول نقي كهرماني اللون وهو أثقل من الماء مرة ونصف تقريبا. وللكلور السائل معامل تمدد عالي، إذ يزداد حجمه بسرعة كبيرة بازدياد درجة الحرارة، حيث يزداد تمدد السائل ليملى الأسطوانة بالكامل عندما ترتفع درجة الحرارة إلى ٦٧,٥°م، ولذلك يلتزم دائما بعدم ملء اسطوانات الكلور بأكثر من ٨٥٪ من حجمها. وحيث أن الكلور السائل يتبخر بسرعة شديدة إذا ما تعرض للهواء الجوى، لذلك فهو نادرا ما يرى في صورته السائلة.

وعند تبخر الكلور السائل فإن وحدة الحجم الواحدة من الكلور السائل تنتج حوالي ٤٥٦ وحدة حجم من الغاز النقي عند درجة حرارة ١٥°م، وضغط ٧٦٠ مم زئبق.

وبالتالي فإنه عند وجود تسرب في اسطوانة الكلور، يتحتم تعديل وضع الأسطوانة بحيث تكون منطقة التسرب في أعلاها لكي يتسرب غاز الكلور وليس السائل.

الكلور الصلب

نظرا لأن الكلور السائل يتجمد عند درجة حرارة منخفضة جدا (-١٠٢°م) فهو نادرا ما يوجد في صورته الصلبة، غير انه يتواجد متحدا مع بعض العناصر الأخرى في صورة مركبات على هيئة بودرة أو حبيبات.

مركبات الكلور

بخلاف الكلور النقي يتواجد الكلور على هيئة مركبات سائلة أو صلبة:

١- محلول الكلور:

ويسمى كيماويا (هيبو كلوريت الصوديوم) وتركيبه الكيماوي هو NaOCl وهو محلول يحتوي علي حوالي ١٥٪ من الكلور الحر ويباع في المحلات العامة كمنظف تحت أسماء مختلفة، ويمكن استعماله كمطهر للمياه بشرط ان لا يضاف إليه أي أنواع من المنظفات ويضاف مباشرة

على الماء سواء بالصب المباشر من وعاء أو باستعمال مضخة مناسبة. لا يستعمل بكثرة بالإضافة إلى أن محلوله يسبب تآكلا في المواسير.

٢- مسحوق أو أقراص الكلور

ويسمى كيميائياً (هيبوكلوريت الكالسيوم) وتركيبته الكيميائية هو $\text{Ca(OCl)}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ وهذه المادة تحتوي علي حوالي ٦٠-٧٠٪ من الكلور الحر.

ويمتاز عن المسحوق المبيض بارتفاع نسبة الكلور الفعال وبأن نسبة الكلور الفعال لا تتأثر بالتخزين لفترات ليست بالطويلة. وعند الاستعمال يحضر محلول مركز منه ثم يضاف إلى الماء بالجرعات اللازمة بواسطة أجهزة خاصة.

٣- المسحوق المبيض

ويسمى أحيانا (كلوريد الجير أو الجير المكثور) وتركيبته الكيميائية هو مزيج من (كلوريد كالسيوم قاعدي $\text{CaCl}_2 \cdot \text{Ca(OH)}_2$ ، هيبوكلوريت كالسيوم قاعدي $\text{Ca(OCl)}_2 \cdot \text{Ca(OH)}_2$)، وهو مسحوق ابيض مائل للاصفرار، له رائحة قوية نفاذة، الجديد منه يحتوي علي ٣٢٪ من وزنة كلور فعال. إلا أن هذه النسبة تأخذ في النقصان بمضي الوقت خصوصا إذا تعرض للجو أو للضوء، ولذلك يجب حفضة في عبوات خاصة محكمة القفل، كما يجب اختباره لمعرفة نسبة الكلور الفعال قبل كل استعمال حتى يمكن تقدير الكمية التي تعطي جرعة الكلور المطلوبة، وبعد تقدير تركيز المسحوق المبيض تعمل عجينه سميكة تخفف تدريجيا حتى تصير مستحلب بنسبة ١ : ١٠٠ وهذا المستحلب يمزج جيدا ثم يترك لمدة ساعة ثم يصفى لإزالة ما به من رواسب ثم يضاف إلى الماء بالمعدل المطلوب بواسطة أجهزة خاصة.

وعموما استعمال مركبات الكلور اصبح غير شائع في عمليات التطهير الكبرى للمياه نظرا لمتاعب التشغيل إلا انه يستعمل في الحالات الآتية:

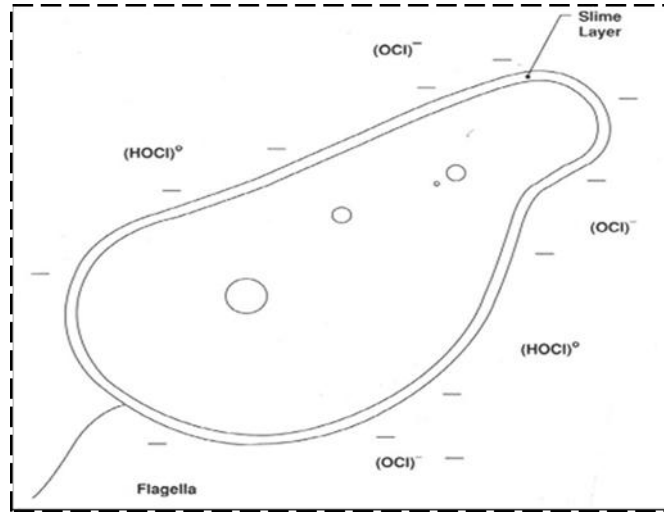
١ تطهير شبكات مواسير توزيع المياه بعد إنشائها أو إصلاحها.

٢ تطهير مرشحات وخزانات المياه.

٣ في حالات الطوارئ مثل حالات الفيضانات.

كيف يعمل الكلور في تطهير المياه ؟

حينما يضاف الكلور للمياه يتكون كلا من حمض الهيبوكلوروز وأيون الهيبوكلوريت والفرق بينهما هو أن حمض الهيبوكلوروز لا يحمل أي شحنة (متعادل) ولكن أيون الهيبوكلوريت يحمل شحنة سالبة ولأن الجراثيم الموجودة في المياه تحمل معظمها شحنة سالبة علي سطحها ولذلك فإن أيون الهيبوكلوريت يلاقي تنافرا مع سطح الجراثيم بينما يستطيع حمض الهيبوكلوروز الاختراق بسهولة قاتلا هذه الكائنات الميكروسكوبية كما يوضحه الشكل الاتي:



لفهم تفاعلات الكلور في المياه الطبيعية، نفرض مبدئياً أن التفاعل سيحدث في مياه مقطرة فإن كمية الكلور الحر المتبقية تتعلق مباشرة بكمية الكلور المضافة (الجرعة).

وعلى سبيل المثال: إذا أضيف جرعة كلور بمقدار ٢ ملجم/لتر لتلك المياه ستعطى نفس القيمة (٢ ملجم/لتر) ككلور متبقى حر بعد انتهاء فترة المكث.

Glossary

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 و الموارد المائية المسؤولة عن تنفيذ أحكامه، وأهم ما ينص عليه القانون ولائحته التنفيذية ما يلي:-

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

ب - صرح بصرف المخلفات الصناعية المعالجة إلى مجارى 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 و اشترط 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 و بكتريولوجية 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 المجارى 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 اعتبارا من مارس ١٩٩٥ فيما عدا المعايير الخاصة بالمبيدات فيبدأ تنفيذها بعد عامين ومركبات المثلث الكلورة بعد عام اعتبارا 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 مترا فوق التيار و ٢٠٠ مترا تحت التيار بالنسبة للمأخذ .

وبالنسبة للآبار الجوفية فقد حدد حرم البئر بدائرة نصف قطرها ٤٥ مترا 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 المجارى المائية نظرا لما تحتويه من مواد عضوية ومسببات الأمراض التي حجزتها المرشحات خلال عمليات التنقية وبقياء المروبات الكيميائية المستخدمة.

وقد تم تحديث هذا القانون أخيرا بقانون ٤٥٨ لسنة ٢٠٠٧

المراجع

• تم الإعداد بمشاركة المشروع الألماني GIZ

• و مشاركة السادة :-

- د/ سناء أحمد الإله شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالفيوم
- د/ شعبان محمد على شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالفيوم
- د/ حمدى عطيه مشالى شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالغربية
- د/ سعيد أحمد عباس شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالغربية
- د/ عبدالحفيظ السحيمي شركة مياه الشرب بالقاهرة الكبرى
- د/ مى صادق شركة مياه الشرب بالقاهرة الكبرى