



# لعامليين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي بنجاح الميسر الوظيفي

## دليل المتدرب

### برنامج طرق ومبادئ التحلية



مهندس تحلية - ثالثة

تم اعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي  
قطاع تنمية الموارد البشرية - الادارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي  
V1 1-2-2020



## فهرس المحتوى

3.....	مقدمة عن موارد المياه.....
6.....	أسباب اللجوء لمحطات التحلية.....
8.....	نظريّة التحلية بالتكثيف الحراري.....
8.....	تحلية المياه بنظرية التقطير.....
11.....	تحلية المياه بالتجميد:.....
12.....	نظريّة التحلية باستخدام الفرز الغشائي الكهربائي :.....
14.....	نظريّة التحلية التناضح العكسي.....
18.....	التعريفات الخاصة بالتحلية.....
29.....	وحدات قياس أداء مكونات المحطة.....
31.....	مرحلة المعالجة الابتدائية.....
32.....	الكيمياويات المستخدمة لضبط الماء قبل دخولها للأغشية.....
32.....	التعرف على المعالجة الابتدائية بواسطة الفلاتر.....
33.....	التعرف على الأسموزية.....
34.....	التعرف على نظرية التناضح العكسي(الأسموزية العكسية (RO).....
35.....	المعادلات الخاصة بالتناضح العكسي(الأسموزية العكسية (RO).....
37.....	الكيمياويات المستخدمة في مرحلة المعالجة النهائية للماء المنتجة.....
46.....	عرض لأهم الأجزاء داخل محطة التحلية ( RO ).....
46.....	المصافي الميكانيكية.....
48.....	الفلاتر.....
56.....	طلبات الضغط العالي.....
57.....	درجات الاستانلس والأكواب الخاصة بها.....
59.....	أوعية الضغط ومكوناتها.....
63.....	التعرف على أجهزة القياس المختلفة.....
63.....	أجهزة القياس الكيميائية والفيزيائية.....
64.....	أنواع بادئات حركة.....
66.....	الغسيل الكيميائي.....
73.....	ما هي أنواع الكيمياويات التي تستخدم في الغسيل الكيميائي للأغشية؟.....
80.....	مراحل الغسيل الكيميائي لمحطات تحلية مياه البحر.....
81.....	تحضير محلول المنظف .....
84.....	ما هو دور الكارتردج فلتر في عملية الغسيل الكيميائي للأغشية؟.....
86.....	هل الغسيل الكيميائي مناسب لإزالة الفاولينج فعلاً؟.....
87.....	نوع الفاولينج والغسيل الكيميائي المناسب.....
94.....	الغسيل الكيميائي المناسب للفاولينج الكيميائي:(Scales).....
	ظاهرة تكون طبقة Concentration Polarization على سطح RO Membrane

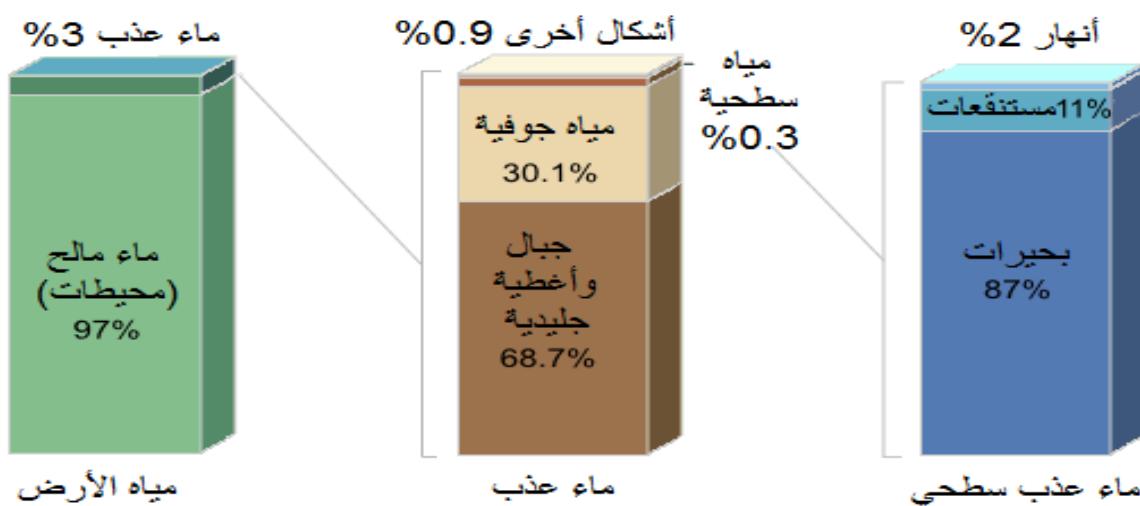
## مقدمة عن موارد المياه

المياه هي قلب التنمية المستدامة ، وهي ضرورية للتنمية الاقتصادية والاجتماعية ، وبقاء الإنسان حيث تضطلع دور الرابط بين المجتمع والبيئة ، ففي حين يزداد تعداد السكان ، تزداد الحاجة إلى زيادة المياه العذبة المتاحة بما يتيح للمجتمعات الحصول على كفايتها من المياه .

يتزايد استهلاك المياه في مصر بسبب ارتفاع أعداد السكان وتحسين مستوى المعيشة ، فضلاً عن سياسة الحكومة المتمثلة في تشجيع التصنيع وتوسيع قطاع الزراعة .

تشتمل موارد المياه غير التقليدية على مياه البحر الملح أو المياه الجوفية قليلة الملوحة الملحاء .

## توزيع الماء على سطح الأرض



عن الوضع المائي في مصر

تعتبر مصر من أكثر الدول جفافاً في إفريقيا وعلى مستوى العالم .

تعتبر مصادر المياه في مصر محدودة جداً في مصر ، ويأتي معظمها من خارج الحدود .

تقدر نسبة الاعتماد على الموارد المائية الخارجية بنسبة 97% .

تسعي مصر إلى تعظيم الاستفادة من كل قطرة مياه نظراً لمحدودية الموارد المائية .

يقدر إجمالي موارد مصر المائية نحو 56.8 مليار متر مكعب سنوياً .

تعتمد مصر على نسبة 97% من مواردها المائية على حصتها من مياه النيل التي تقدر 55.5 مليار متر مكعب .

تمثل كمية مياة الأمطار المحدودة 1.3 مليار متر مكعب .

من المتوقع أن تقل كمية المياه المتاحة للزراعة في المستقبل نتيجة زيادة السكان مع ثبات الموارد مما سيؤثر سلباً على الفجوة الغذائية والعائد من الزراعة في الناتج القومي .

بلغ الاستهلاك السنوي للمياه العذبة في مصر لفرد الواحد 650 متر مكعب ، وهو أقل بكثير من خط الفقر المائي 1000 . ويعتبر هذا أحد التحديات الرئيسية لسياسات المياه وصناعة القرار .

نظراً لطول سواحل مصر سواءً على البحر المتوسط أو البحر الأحمر ، والتحرك الحكومي الفعال خلال العقدين الماضي وال الحالي في الاهتمام بالتنمية السياحية والصناعية للمناطق الساحلية ، فإن توفر موارد مائية لهذه التنمية يعتبر ضماناً لتواجدها واستدامتها . ومن أهم مصادر المياه الممكنة في المناطق الساحلية ، التحلية ( Desalination ) سواءً كانت لمياه البحر ( Sea Water ) أو للمياه منخفضة الملوحة ( Brackish Water ) ويشير مصطلح التحلية ( الذي يعرف أيضاً بعملية التخلص من الملوحة ) إلى إزالة الأملاح من المياه وهو مفهوم ليس بالجديد ، ولكن التحدي كلن وما زال في استخدامات مكونات جديدة لمحطات التحلية إلى خفض استهلاك الطاقة الكهربائية لإنتاج المياه . وقد أدت الخبرة الواسعة المكتسبة على مدار الأربعين عاماً الماضية والتحسينات في تكنولوجيا التحلية إلى جعل إزالة الملوحة مقبولة تكنولوجياً على نطاق واسع وتتوفر مياه عالية الجودة لمناطق قاحلة كانت من قبل محرومة من مصدر للمياه يوفر لها التنمية الاقتصادية والاجتماعية المستدامة .

ويمكن الاستفادة من مياه البحر بعد تحليتها وتحويلها إلى مياه عذبة كأحد المصادر الممكنة لزيادة الموارد المائية في مصر ، حيث يمكن استغلالها كعامل مساعد للتنمية في المجتمعات الصحراوية والسائلية ، كما تبني الدولة استخدام الطاقة الشمسية في التحلية بدلاً من نقل الكهرباء إلى هذه المواقع ، وذلك لرفع اقتصاديات تحلية المياه ،

يوجد في مصر موارد طبيعية ضخمة ، ومع ذلك ، لم يتم استغلال معظم هذه الموارد على نحو ملحوظ قدرت الكمية الإجمالية من المياه الجوفية العميقه بنحو 400,000 متر مكعب . وتمثل العقبات الرئيسية في استخدام هذه الموارد ، في العمق الكبير ( والذي يصل إلى 1500 متر في بعض المناطق ) لتدني نوعية ومواصفات المياه كلما ازداد العمق .

كما أن تحلية المتر المكعب من هذه المياه تتراوح ما بين 10-15 جنيه مصرى مما يجعل استخدام هذه المياه لأغراض الزراعة غير مجديه اقتصادياً في الوقت الراهن ، وتنجح الدراسات الحديثة إلى دراسة إمكانية تحلية المياه شبة المالحة الموجودة بمخزون المياه الجوفية بالقرب من سواحل البحر الأبيض المتوسط الشمالية وشمال سيناء ، حيث تقل ملوحتها نسبياً عن ملوحة البحر مما يقلل تكاليف عملية التحلية

تعتبر عملية إزالة ملوحة مياه البحر بالرغم من ملوحتها العالية والتي قد تصل إلى حدود 35000 جزء في المليون بالبحر المتوسط و 44000 جزء في المليون بالبحر الأحمر وسيلة ممتازة للحصول على المياه النقية في الأماكن التي يتذرع فيها وجود أي مورد مائي آخر أو أن تكلفة مياه النيل لتلك المناطق مرتفعة

وكما هو معروف فإن تكلفة التحلية تتوقف على نوع الطاقة ودرجة ملوحة المياه والتقنية المستخدمة وحجم المشروع ، ولكن حتى مع أرخص تكلفة متاحة حالياً تظل تحلية مياه البحر عملية مكلفة نسبياً .

غير أن تزايد ندرة المياه وإرتفاع تكلفة الحصول عليها من مصادرها التقليدية من ناحية ، وتقديم العلم في إكتشاف مصادر غير تقليدية للطاقة وأساليب تكنولوجية حديثة من ناحية أخرى ، قد يجعلنا نشهد حالياً توسيعاً في تحلية مياه البحر لاستعمالها في أغراض عديدة .

استعمال الطاقة الشمسية في تحلية المياه تبدو مبشرة وقد تتنافس في تكلفتها الإبتدائية ومزاياها عملية تحلية المياه الجوفية العميقه بإستخدام الطاقة الكهربائية المباشرة .

### تواجد الماء على الأرض

يغطي الماء الموجود على الأرض بنسبة 70% من مساحتها ، ويقدر بحوالي 1357.5 مليون كيلو متر مكعب ، أي  $1.375 \times 10^{12}$  مليون متر مكعب ، والماء الموجود على الأرض - كما سبق ذكره إما عذب فرات أو سائغ شرابه وإما ملح أجاج والماء المالح (في البحار والمحيطات وغيرها) يمثل حوالي 97% والباقي ( 3% ) ماء عذب ، والذي يقدر بحوالي 37.5 مليون متر مكعب ، أي 37.5

$\times (10^{12})$  مليون متر مكعب ، ومن هذه النسب الصغيرة من الماء العذب ( 3% ) فإن 1% منها فقط (أي 0.03% من الماء الكلي على الأرض) متاح للاستخدام المباشر للإنسان ( كالانهار

والبحيرات العذبة ) بينما الباقي من الماء العذب مخزون للانسان إما صورة مياه جوفية ( حوالي 30.1 % ) أو كتل جليدية بأقطاب الأرض ( 68.7 % ) .

### أسباب اللجوء لمحطات التحلية

فرض شح مصادر المياه العذبة المتتجدة وزيادة الطلب عليها أدى لحتمية اللجوء نحو صناعة تحلية مياه البحر أو المياه الجوفية عالية الملوحة ومنخفضة الملوحة، لloffاء بتلبية الاحتياجات المتزايدة لمصادر المياه اللازمة لقطاعات التنمية المختلفة وعلى رأسها القطاع المنزلي والصناعي والسياحي غير أن هناك عدداً من التحديات تواجه صناعة التحلية في الوقت الراهن. أولها التكاليف المرتفعة حيث تتراوح تكلفة المتر المكعب من مياه التحلية ما بين نصف إلى 2 دولار. وتأثر على تكلفة التحلية عوامل كثيرة أهمها سعر الطاقة والأراضي وتكلفة العمالة والمواد المستخدمة في إنشاء هذه المحطات والتي تسورد من الخارج وأيضاً نوعية المياه البحر وطريقة التحلية نفسها. يضاف إلى ذلك تكلفة نقل وتوزيع المياه المحلية إذا كانت المناطق المستهدفة تغذيتها بالمياه بعيدة عن مصدر المياه المالحة التي يتم تحليتها. وتساهم تكلفة الطاقة وحدها بما يتراوح بين 40% إلى 50% من إجمالي تكلفة التحلية

مصر تعانى عجزاً مائياً، هكذا اتفق خبراء الموارد المائية للبدء فى اقتراح حل وصفه الكثيرون بـ«الحتمى»، وهو تحلية المياه فى محاولة لاستغلال المياه المالحة، سواء الجوفية أو المياه التى تطل عليها مصر سواء البحر الأحمر أو المتوسط أو خليج العقبة والسويس، وغيرها من المنافذ المائية التى يمكن لمصر استغلالها لتحلية المياه.

إن ضرورة اللجوء إلى تحلية المياه ، لما يمثله من حل مثالى للزيادة السكانية التى تواجهها مصر سنوياً فى ظل ثبات مصادر المياه، ففى عام 2050 يتوقع أن يصل عدد السكان إلى 150 مليون نسمة تحتاج مرة ونصف الاحتياجات المائية الحالية.

أن المياه المحلية يجب أن تُستخدم بشكل رئيسي فى مياه الشرب والاستخدامات المنزلية، التى تصل احتياجاتها سنوياً إلى 10 مليارات متر مكعب، على أن تترك مياه النيل لاستخدامات الزراعية والصناعية.

كما بدأت الدولة فى المشروع القومى لتحلية المياه يتطلب إنشاء محطات عملاقة للتخلية، لاستغلال وجود مصر على ألف كيلومتر بالبحر المتوسط، و1200 كيلومتر فى البحر الأحمر، و350 كيلومتر فى خليج العقبة، و350 كيلومتر فى خليج السويس، لتنفيذ ذلك .

لذلك تعد تحلية المياه، تعتبر الحل الرئيسي لمواجهة أزمة المياه حيث يجب تكثيف الأبحاث العلمية في مجال اقتصاديات تحلية المياه الجوفية كبداية قبل اللجوء لمياه البحر، على أن تكون هذه الأبحاث على مستوى الجامعات، والمدارس والمعاهد البحثية، وأن توافر الفرص لانتاج كميات طاقة كبيرة من الشمس يعد عاملاً إضافياً لاستخدام الطاقات المتجددة في عمليات التحلية، بدلاً من استخدام الطاقات التقليدية، مما يسهم أيضاً في تقليل تكلفة التحلية، التي تعد من التحديات الرئيسية

لذا تحلية المياه لا بديل لها، ولا بد من استخدام الكثير من الوسائل لتنفيذ مشروعات التحلية، أبرزها الأغشية، أو الطاقة المتجددة، لإنتاج أكبر كميات ممكنة من المياه المحلاة بأحسن جودة ممكنة ويعتمد إستهلاك الطاقة في محطات التحلية على نوع وطريقة التحلية المستخدمة ونوعية المياه المراد تحليتها من حيث الموصفات الكيميائية والفيزيائية وهناك نوعين هما الأشهر إستخداماً في الدول العربية وعالمياً هما الطرق الحرارية بالتبخير أو طرق الأغشية وأهمها التناضح العكسي. وتعتبر طريقة التحلية بالأغشية بالتناضح العكسي أقل إستهلاكاً للطاقة حيث يتراوح إنتاج المتر المكعب بهذه الطريقة من 4 إلى 6 كيلووات/الساعة لكل متر مكعب من المياه المنتجة الصالحة للشرب من الأغشية تعرف بالتناضح الأمامي بينما يصل إستهلاك المتر المكعب في الأنواع الأخرى من 8 إلى 15 كيلووات/الساعة لكل متر مكعب.

تقدر إحتياجات الإنسان من الماء العذب حسب تقديرات الأمم المتحدة أن الحد الأدنى لمتوسط إحتياج الإنسان من الماء العذب حوالي 1000 متر مكعب في السنة ونسبة بسيطة من الماء يستخدم للشرب وإستخدام المباشر للإنسان ، والباقي هي إحتياجات الزراعة والثروة الحيوانية ، والصناعة

شحة المصادر الطبيعية للماء العذب وتصل إلى حالات الفقر أو أشد من الفقر المائي ، كما إنخفض نصيب الفرد على مستوى العالم بمعدلات مرتفعة وصلت إلى 53% خلال الربع قرن الماضية مما سيجعل صراع القرن سيكون حول الماء بعد كل ما سبق إستعراضه بالنسبة لأهمية الماء للحياة و الحضارة الإنسانية

وضع الماء و توزيعه في العالم يتضح لنا لماذا تظل مشكلة الماء إهتمام العالم أجمع بل هي أحد وأهم مشكلات القرن وعليه يتوقع المحللون أن يكون الماء عنصر الصراع القادم بل أكثر من عناصر الثروات التي تتصارع عليها الدول

ومع الزيادة السكانية لمعظم الدول وتنامي احتياجاتها من المياه العذبة للاستخدام الشخصي والزراعي والصناعي ونواحي الحياة المختلفة مع ثبات الموارد المياه الطبيعية لتك الدول بل انخفاضها تظرا للتغير المناخي وتأثيره السلبي على سقوط الأمطار والتى تعد المصدر الرئيسي للمياه العذبة .

لم يكن هناك حل سوى تحلية المياه (مياه ابار - مياه بحار ) و يعد التحدى الأكبر هو استخدام الطاقات الجديدة والمتتجدة لتحلية المياه مع استخدام التكنولوجيا الحديثة التي خفضت استهلاك المتر المكعب من الطاقة لإنتاج المياه العذبة إلى أقل من 50% من الاستهلاك في العقد الماضي

وذلك يستلزم تشجيع مراكز البحث العلمي لاستنباط وسائل جديدة لتحلية المياه مع تطوير الطرق الحالية لإنتاج كميات متزايدة من الماء العذب مع خفض استهلاك الطاقة المستخدمة لإنتاج مياه عذبة نقية .

وتشجيع الحكومة للقطاع العام والخاص لتوطين وتصنيع مستلزمات مهمات توليد الطاقة الجديدة والمتتجدة ووحدات ومهامات ومعدات التحلية في مصر مما يقلل تكلفة انتاج المتر من المياه الملحاء والذي بدأ فعلاً ينخفض مقارنة مع عمليات التنتقية والترشيح لمياه النيل مع إرتفاع تكلفة نقل مياه النيل للمناطق البعيدة عن المجرى المائي للنهر وقواته التي تغذى محطات التنتقية والترشيح

### نظرية التحلية بالتكثيف الحراري

#### تحلية المياه بنظرية التقطر

الفكرة الأساسية لعمليات التقطر تكمن في رفع درجة حرارة المياه المالحة إلى درجة الغليان وتكوين بخار الماء الذي يتم تكثيفه بعد ذلك إلى ماء ومن ثم معالجته ليكون ماء صالحاً للشرب .

#### طرق التقطر : -

##### 1- التقطر العادي :

يتم غلي الماء المالح في خزان ماء بدون ضغط . ويصعد بخار الماء إلى أعلى الخزان ويخرج عبر مسار موصى إلى المكثف الذي يقوم بتكثيف بخار الماء الذي تتحول إلى قطرات ماء يتم تجميعها في خزان الماء المقطر . وتستخدم هذه الطريقة في محطات التحلية ذات الطاقة الإنتاجية الصغيرة.

##### 2- التقطر الومضي متعدد المراحل :

اعتماداً على الحقيقة التي تقرر أن درجة غليان السوائل تتناسب طردياً مع الضغط الواقع عليها فكلما قل الضغط الواقع على السائل انخفضت درجة غليانه . وفي هذه الطريقة تمر مياه البحر بعد تسخينها إلى غرف متتالية ذات ضغط منخفض فتحول المياه إلى بخار ماء يتم تكثيفه على سطح باردة ويجمع ويعالج بكميات صالحة للشرب . وتستخدم هذه الطريقة في محطات التحلية ذات الطاقة الإنتاجية الكبيرة .

### 3- التقطر بمتعدد المراحل ( متعدد التأثير ) :

تقوم المقطرات المتعددة التأثيرات بالاستفادة من الأبخرة المتتصاعدة من المبخر الأول للتكتف في المبخر الثاني . وعليه ، تستخدم حرارة التكتف في غلي ماء البحر في المبخر الثاني ، وبالتالي فإن المبخر الثاني يعمل كمكثف للأبخرة القادمة من المبخر الأول ، وتصبح هذه الأبخرة في المبخر الثاني مثل مهمة بخار التسخين في المبخر الأول . وبالمثل ، فإن المبخر الثالث يعمل كمكثف للمبخر الثاني وهكذا ويسمى كل مبخر في تلك السلسة بالتأثير .

### 4- التقطر باستخدام الطاقة الشمسية :

تعتمد هذه الطريقة على الاستفادة من الطاقة الشمسية في تسخين مياه البحر حتى درجة التبخر ثم يتم تكتيفها على أسطح باردة وتجمع في مواسير .

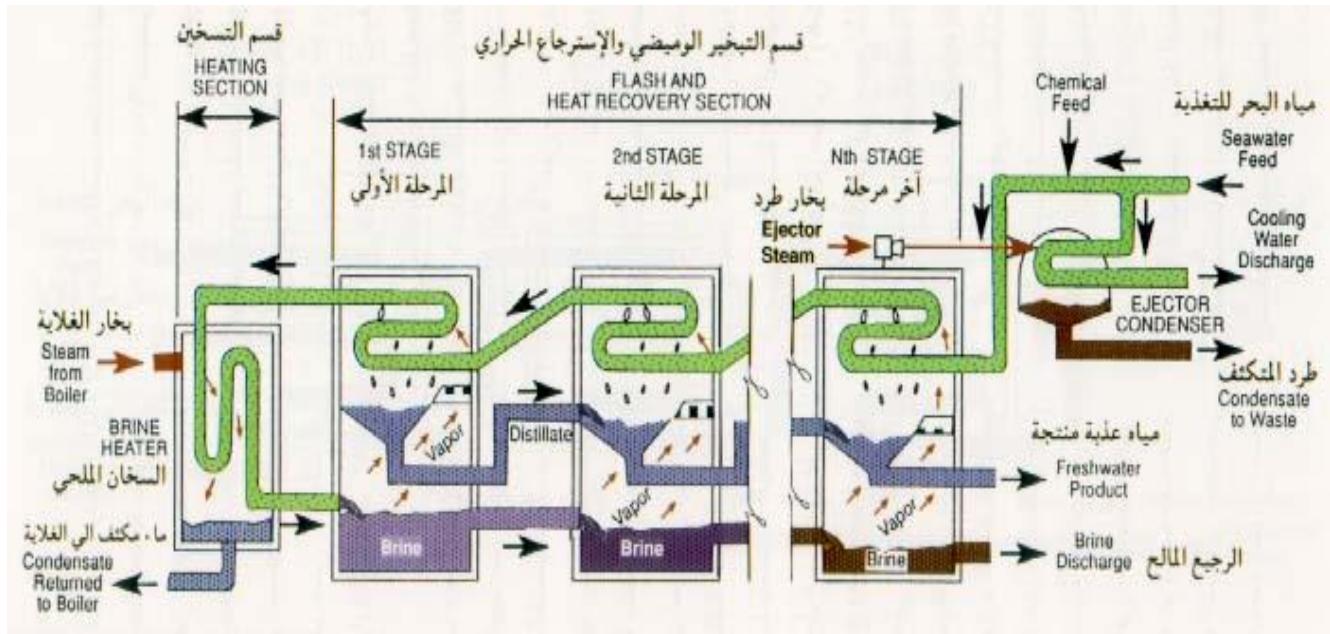
### 5- التقطر بطريقة البخار المضغوط :

بينما تستخدم وحدات التقطر متعدد التأثير والتباير الفجائي مصدر بخار خارجي للتسخين كمصدر أساسي للحرارة ، فإن التقطر بانضغاط البخار - والذي يختصر عادة إلى التقطر بانضغاط - يستخدم بخاره الخاص كمصدر حراري بعدهما يضغط هذا البخار . وفي هذه الطريقة ، يمكن الحصول على اقتصادية عالية للطاقة . ولكن ، من الضروري الحصول على الطاقة الميكانيكية باستخدام ضاغط ( أو أي شكل للطاقة المستفادة بأجهزة أخرى مثل ضاغط الطراد البخاري steam-ejector ) . (compressor

يسخن ماء البحر مبدئيا في مبادر حراري أنبوبي مستخدما كل من الماء الملح والماء المطرود والماء العذب الخارجي من الوحدة ثم يغلى ماء البحر داخل أنابيب المقطر . وتضغط الأبخرة ، ثم ترجع إلى المقطر حيث تكتف خارج الأنابيب مما يوفر الحرارة اللازمة لعملية الغليان . وتسحب الغازات غير القابلة للتكتيف من حيز البخار والتكتيف بوساطة مضخة سحب أو طارد بخاري .

ويعتبر الضاغط هو قلب وحدة التقطر . فإذا لم تضغط الأبخرة فإنه لا يمكنها التكتف على الأنابيب الحاملة لماء البحر المغلي لأن درجة حرارة تكتيف البخار النقي عند ضغط معين تقل عن درجة حرارة غليان الماء الملح عند هذا الضغط . فمثلا ، إذا كان ضغط البخار 1 ضغط جوي ، فإن بخار الماء يتكتف عند درجة 100 م ، ولكن ماء البحر بتركيز مضاعف يغلي عند حوالي 101 م وحتى

يتسمى للأبخرة التكثف عند درجة حرارة 101°C ، فإنه يلزم على الأقل لهذه الأبخرة أن تضغط إلى ضغط 1.03 ضغط جوي.



الاختلاف في درجة حرارة التشغيل ، في كلتا العمليتين ، يؤثر على تصميم الأجهزة والمعدات الخاصة بكل عملية، إذ يراعي في تصميم عملية التقطير تقليل كمية الحرارة المفقودة من وحدة التقطير إلى الجو المحيط ، بينما يراعي في تصميم عملية إزالة الملوحة بالتجميد التقليل من كمية الحرارة المكتسبة بوحدة التجميد من الجو المحيط . وأهم عيوب إزالة ملوحة المياه بالتجميد هي المشاكل الناجمة عن نقل وتقطير الثلج ، وأهم مميزاتها التقليل من التربس والتآكل إذ يتم التشغيل عند درجات حرارة منخفضة نسبيا .

وتعتمد عملية إزالة ملوحة المياه بالتجميد - وتصميم معداتها - على القواعد الأساسية المعروفة والأجهزة الخاصة بتقطير التبريد ، ولكن بعد تعديها لتناسب إزالة ملوحة المياه بالتجميد .

#### تحلية المياه بالتجميد:

الفكرة الأساسية لعملية التجميد المباشر والذي يعرف بعملية زارشين Zarchin process (أيضاً يعرف بعملية التفريغ والتقطير الفجائي Vacuum-flash process). وفي هذه العملية ، يدخل ماء البحر بعد تبريده في المبادر الحراري إلى برج التجميد (المبلور crystallizer) حيث يكون الضغط داخل البرج ما بين 3 و 4 مم زئبق ( حوالي 0.005 ضغط جوي ) مما يسبب التقطير الفجائي لجزء من ماء البحر . وتسحب الحرارة اللازمة للتقطير من الجزء المتبقى من ماء البحر ، مما يسبب هذا الجزء ( درجة التجميد حوالي -1.9°C ) درجة مئوية لماء البحر النقي و حوالي 3.8°C درجة مئوية لماء البحر

ذى التركيز ضعف التركيز العادى). وتعطى المجمدات الحديثة معدلات بلورة في حدود من 1 إلى 1,5 طن من الثلج لكل ساعة وكل متر مكعب من حجم المبلور .

**نظريّة التحلية بإستخدام الفرز الغشائي الكهربائي :**  
عُرفت الديلزة الكهربائية تجاريًّا منذ السبعينات ، أي عشر سنوات قبل التناضح العكسي . أسلوب تكلفة فعال لتحلية مياه الآبار المالحة وفسح المجال للاهتمام في هذا الشأن .

وتعتمد تقنية الديلزة الكهربائية على الأسس العامة التالية .

أغلب الأملاح الذائبة في الماء متأينة إيجابيا (CATHODIC) أو سلبيا (IONIC) .

هذه الأيونات تتجذب نحو القطب الكهربائي (ELECTRODE) حسبما تحمله من شحنة كهربائية ( CHARGE ELETRIC ) .

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

إن محتويات الأيونات الذائبة في المحلول الملحي مثل الصوديوم (+) الكلور أيد (-) الكالسيوم (++) والكربونات (--) تظل منتشرة في الماء لتنتولى معادلة شحنتها الخاصة . وعند توصيل الأقطاب الكهربائية إلى مصدر تيار خارجي ، مثل البطارية المتصلة بالماء ، فإن الأيونات تتجه نحو الشحنات المعاكسة لشحنتها وال الموجودة في المحلول ، وذلك من خلال التيار الكهربائي الساري في المحلول سعياً وراء التحديد ( NEUTRALIZATION ) . ولنتم 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 لانقاء الأيونات ذات الشحنة الموجبة السالبة ، مع ضع لوح فاصل بين كل غشاءين يسمح بانسياب 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 وتناسب مياه التغذية المالحة عبر اللوح الفاصل بزاوية مستقيمة على القطب ، فإن الأيونات تتجذب 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 يقفل خطها وتبقى للأيونات السالبة في الماء المالح ( الرجيع ) . وبالمثل فإن الأيونات الموجبة تحت تأثير القطب السالبي تتحرك في الاتجاه المعاكس من خلال الغشاء المنتهي للأيونات الموجبة إلى القناة ذات الماء المركز في الجانب الآخر ، وهنا يتم

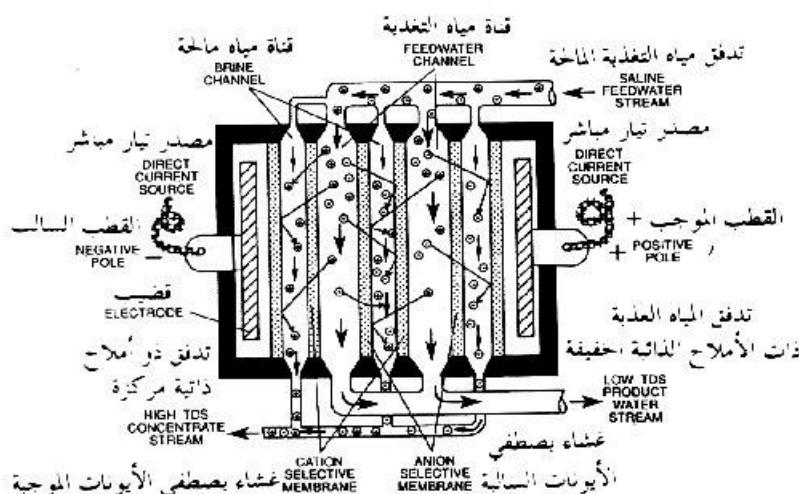
اصطياد الأيونات الموجبة حيث أن الغشاء التالي ينتقي الأيونات السالبة ويمنع أي تحرك نحو القطب . وبهذا الأسلوب يتم إيجاد محلولين أحدهما مركز والآخر قليل التركيز بين الغشاءين المتعاقبين المتجاورين . وهذان الفراغان المحتويان من قبل الغشاءين ( واحد للأيونات السالبة والآخر للموجبة ) يسميان خلية . ويكون زوج الخلية من خلتين حيث يهاجر من إداتها الأيونات ( الخلية المخفة للمياه المنتجة ) وفي الأخرى تتركز الأيونات ( الخلية المركزة لمياه الرجع ) .

وتكون وحدة الديلز الكهربائية من عدة مئات من أزواج الخلايا مربوطة مع بعضها البعض بأقطاب كهربائية تسمى مجمع الأغشية . وتمر مياه التغذية متحاذية 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 الكيمائية في المجمع لتخفيض الجهد الكهربائي ومنع تكوين القشور .

وتكون وحدة الديلز الكهربائية من العناصر الأساسية التالية .

- مرفق المعالجة الأولية .
- مجمع الأغشية .
- مضخة تدوير ذات ضغط منخفض .
- إمداد طاقة للتيار المباشر ( RECTIFIER - ) .
- معالجة نهائية .



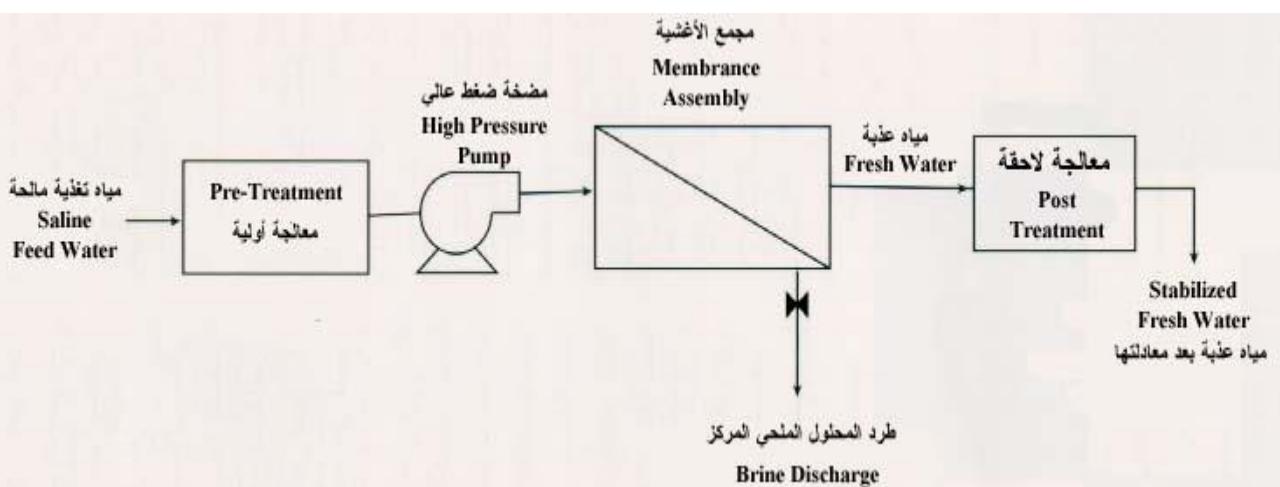
## نظريه التحلية التناضح العكسي

### التناضح العكسي :

تعتبر عملية التناضح العكسي حديثة بالمقارنة مع عمليتي التقطير والديلازة حيث تم تقديمها تجاريا خلال السبعينات . وتعرف عملية التناضح العكسي على أنها فصل الماء عن محلول ملحي مضغوط من خلال غشاء . ولا يحتاج الأمر إلى تسخين أو تغيير في الشكل .

ومن الناحية التطبيقية يتم ضخ مياه التغذية في وعاء مغلق حيث يضغط على الغشاء ، وعندما يمر جزء من الماء عبر الغشاء تزداد محتويات الماء المتبقى 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 20 إلى 70% من التغذية اعتمادا على كمية الأملاح الموجودة فيها .

ويكون نظام التناضح العكسي من الآتي :



والمعالجة الأولية مهمة لأن مياه التغذية يجب أن تمر عبر مرات 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 الترسيب .

والمضخة ذات الضغط العالي توفر الضغط اللازم لعبور الماء من خلال الأغشية وحجز الأملاح . وهذا الضغط يتراوح ما بين 15 إلى 25 بار لمياه الآبار منخفضة الملوحة و 45 إلى 80 بار لمياه البحر .

ويكون مجمع الأغشية من وعاء ضغط وغشاء يسمح بضغط الماء عليه كما يتحمل الغشاء فارق الضغط فيه . والأغشية نصف المنفذة قابلة للتكسر وتختلف في مقدرتها على مرور الماء العذب وحجز الأملاح . وليس هناك غشاء محكم إحكاماً كاملاً في طرد الأملاح ، ولذلك توجد بعض الأملاح في المياه المنتجة .

وتصنع أغشية التناضح العكسي من أنماط مختلفة . وهناك اثنان ناجحان تجارياً وهما اللوح الحلزوني والألياف / الشعيرات الدقيقة المجوفة . ويستخدم هذين النوعين لتحلية كل من مياه الآبار ومياه البحر أما المعالجة النهائية فهي للمحافظة على خصائص الماء واعداده للتوزيع . وربما شملت هذه المعالجة إزالة الغازات وتعديل درجة القلوية .

وهناك تطوران ساعدا على تخفيض تكلفة تشغيل محطات التناضح العكسي أثناء العقد الماضي هما : تطوير الغشاء الذي يمكن تشغيله بكفاءة عند ضغوط منخفضة ، وعملية استخدام وسائل استرجاع الطاقة . وتستخدم الأغشية ذات الضغط المنخفض في تحلية مياه الآبار على نطاق واسع .

وتتصل وسائل استرجاع الطاقة بالتدفق المركزى لدى خروجه من وعاء الضغط . ويفقد الماء أثناء تدفقه المركز من 1 إلى 4 بارات من الضغط الخارج من مضخة الضغط العالي ، ووسائل استرجاع الطاقة هذه ميكانيكية وتكون عموماً من توربينات أو مضخات أو مسترجع الطاقة .

يجب معالجة مياه التغذية منذ البداية لمنع المواد التي تعرق الأغشية أو تسد القنوات الضيقة في الخلايا من الدخول إلى مجمع الأغشية . ويتم تدوير مياه التغذية من خلال المجمع بواسطة مضخة

ذات ضغط ضئيل للتغلب على مقاومة المياه أثناء عبورها للممرات الضيقة . وغالباً ما يركب مقوم لتحويل التيار المتذبذب إلى تيار مباشر يتم تزويده للأقطاب من خارج مجموعات الأغشية .

وتشمل المعالجة النهائية ( الأخيرة ) إزالة الغازات و تعديل درجة القلوية .

على فترات متعددة من الساعة الواحدة تتعكس قطبية الأقطاب كما ينعكس الانسياب آنئاً بحيث تصبح القناة المنتجة هي قناة المياه المركزية وقناة المياه المركزية هي قناة المياه المنتجة ، والمنتجة هي المعاكس عبر مجمع الأغشية وبمجرد انعكاس القطبية والانسياب فإن كمية وافية من المياه المنتجة تتصرف حتى يتم غسيل خطوط مجمع الأغشية ويتم الحصول على نوعية المياه المرغوبة . وتنتغرق عملية الغسيل هذه ما بين 1-2 دقيقة ثم تستأنف عملية إنتاج المياه . ويفيد انعكاس العملية في تحريك وغسيل القشور والمخلفات الأخرى في الخلايا قبل تراكمها وتسبيها لمشكلات ( الانسداد مثلاً ) . والغسيل يسمح للوحدة بالتشغيل بقليل من المعالجة الأولية ويقلل اتساخ الأغشية .

## التعريفات الخاصة بالتحلية

### عسر الماء

وهو ما يسمى مجازاً مقياس إمكانية ترسيب الصابون (تكسير رغوة الصابون).

وما يحدث كيميائياً أن أملاح الكالسيوم والماغنيسيوم تتفاعل مع الصوديوم الموجود في الصابون مكونة صابوناً معدنياً لا يذوب في الماء وهذا هو سبب عدم تكون رغوة الصابون مع المياه العسرة.

### أسباب العسر

يرجع العسر لتوارد أيونات الكالسيوم والماغنيسيوم في الغالب وقد يرجع لوجود عناصر أخرى بتركيزات أكبر من المعتاد بسبب التلوث مثلً ومن الممكن ادخالها في حساب العسر الكلي للماء بعد تعبيين نسبة كل عنصر مثل ( polyvalent Cations Al,Fe,Ba,Sr, Mn ) وهي عناصر أخرى.

ويبقى الكالسيوم والماغنيسيوم الأكبران في إحداث العسر للتأثير الضعيف الذي تلعبه بقية العناصر السابقة ، لذا تم الاتفاق على أن العسر الكلي هو مجموع تركيزات الكالسيوم والماغنيسيوم

والمياه السطحية والجوفية يتراوح الكالسيوم من العشرات إلى مئات الجزر في المليون بينما الماغنيسيوم من 1 إلى العشرات جزر في المليون.

### • العكاره Turbidity

#### أ- تعريفها

هـ وجود مواد عالقة بالماء مما يمنع صفاءها ، ويعيق مرور الضوء أو انكساره . وهذه المواد قد تكون طمي أو رمل أو بكتيريا أو غيرها .

#### ب- قياسها

وتقاس العكاره بكمية تشتت الضوء الساقط عمودي على كمية الماء . وتقاس بوحدات ( NTU ) . وهي نسبة التشتت للضوء بالنسبة لعينة قياسية . Naphalmmetric Turbidity

#### ج- تأثيرها

والعكاره بما تحتويه من مواد عالقة تسبب ترسبات وإنسدادات على الانابيب المار بها الماء وكذلك تأكل المكونات بها . وعلاج العكاره أو ( الماء العالقة ) هي الترسيب والترسح الرملي أو الميكروني .

تعد العكاره تعبيراً جيداً عن مدى ودرجة صفاء المياه العذبة ، فالعكاره هي مقياس لممرور الضوء خلال الماء ويستخدم كاختيار لقياس مدى جودة المياه بالنسبة للمواد الرغوية العالقة . وعموماً فإنه لا توجد علاقة بين درجة العكاره وتركيز المواد العالقة ونوعها ولونها ودقة حبيباتها .

وغالباً تفاصي العكاره لمياه الشرب كاختبار سريع لجودة المياه المعالجة ومدى احتوائها على مواد غروريه او مواد عالقة وتحدد العكاره مدى صلاحية المياه للشرب وللاستعمالات المنزليه حيث ان المياه الخالية من المواد الغروية العالقة تكون اكثر قبولاً للمستهلك .

بالإضافة إلى أنه في حالة وجود عكاره عالية بالمياه يكون احتمال وجود كائنات ممرضة حيث يمكن ان تخبيء وتحتمي هذه الممرضات خلال الفراغات الدقيقة جداً في المواد الغروية والعالقة مما يقلل من فاعلية الكلور في القضاء على الكائنات الممرضة و يؤدي إلى استهلاك كميات كبيرة من الكلور لتطهير وتعقيم المياه .

وقد اوصت الهيئات المحلية والعالمية بعدم تخطي عكاره الماء خمس وحدات NYU ، حيث ان الماء الذي له عكاره اكثر من خمس وحدات يكون غير صالح للشرب ويجب معالجتها للتخلص من العكاره .

العوامل التي تعتمد عليها العكاره :

حجم الحبيبات .

تركيز الحبيبات .

طبيعة سطح الحبيبات .

د - علاجها

## طرق ومبادئ التحلية

هناك عدة طرق للتخلص من العكارة والشوائب وذلك على حسب نوع الماء وكميته واستعمالاته ففي الصناعة غالباً ما تستخدم الفلاتر الرملية المتعددة الطبقات ، وعندما يراد الحصول على ماء أنقى عندها نستعمل الفلاتر الخرطوشية والفلاتر الكربونية .

عندما تكون درجة العكارة عالية ويوجد استهلاك كبير للماء عندها نلجأ إلى المعالجة الأولية باستعمال أحواض الترسيب والمرسبات مع المواد الكيماوية التي تساعد على الترويب والترسيب .

لقياس العكارة نستخدم عدة وحدات تختلف عن بعضها باختلاف طريقة القياس ( كاختلاف طول موجة الضوء المستخدم ) .

## التوصيلية (Conductivity): مهارة

هو التعبير العددي على قابلية المحلول للتوصيل التيار الكهربائي ويعتمد هذا العدد على المجموع الكلي لتركيز وتكافؤ المواد المتأينة في الماء ودرجة الحرارة خلال اجراء القياسات اذ ان اكثر الحوامض اللاعضوية والقواعد والاملاح لها قابلية جيدة للتوصيل الكهربائي بينما المواد العضوية تكون رديئة التوصيل عادة و ان الماء المقطر تراوح قابلية على التوصيل الكهربائي من 0.5-2 ميكروموز بالسنتيمتر واحد ( $\mu$  millisiemens.m<sup>-1</sup>) أو بوحدة ميليسمنس بالمتر (mhos.cm<sup>-1</sup>) تزداد قابلية

التوصيل الكهربائي مع الحرارة بنسبة 2 % لكل درجة حرارية . ويستخدم في قياسة جهاز يدعى بجهاز قياس التوصيلية الكهربائية Electrical conductivity meter يحوي على الكترود بلاتيني او غير بلاتيني يعابر مع محاليل كلوريد البوتاسيوم .



## تعتمد التوصيلية الكهربائية للماء على:

- أ- مجموع المواد الصلبة الذائبة.
- ب- درجة حرارة المياه.
- ج- تركيز الأيونات.
- د- تكافؤ الأيونات.

## الأس الهيدروجيني PH: مهارة

الأس الهيدروجيني هو القيمة الرياضية التي يتم احتسابها من خلال معادلة لوغاريتمية وهي المقياس والمؤشر على حموضية المادة او قلويتها، كما في المعادلة:

$$PH = - \log[H_3O^+]$$

والقيمة في المربيع تعني تركيز ايون الهيدروجينوم ووحدة قياسها مول/لتر.



والسلسل الهيدروجيني او الرقم الهيدروجيني يبدأ من الرقم صفر وينتهي بالرقم 14 والقيمة التي تقل عن الرقم 7 وحتى تصل الى الصفر هي مدلول القيمة الحمضية للمادة فكلما قلت قيمة الرقم صغيرة كانت نسبة الحموضة اكبر ووصفت المادة عندها بأنها مادة حمضية ، وكلما زادت عن الرقم 7 وباتجاه الرقم 14 كانت المادة قلوية.

ولغرض قياس الرقم الهيدروجيني فهناك عدة طرق من اهمها الفياس بجهاز ال PH- Meter

### الأملاح الذائبة الكلية ( Total Dissolved Salts )

يرمز لها عادة TDS و تعبّر عن كمية المواد العضوية واللاعضوية التي يحتويها سائل سواء كانت مواد عالقة في صورة جزيئية أو أيونية وغالباً ما يستخدم هذا المصطلح عند التعامل مع المياه لوصف مدى صلاحيتها للشرب.

ويحتوي الماء على كربونات، بيكربونات، كلوريدات، كبريتات، فوسفات، نترات، كالسيوم، مغنيزيم، صوديوم، بوتاسيوم، حديد، منجنيز، وبعض المعادن، الغازات، مواد مترسبة أخرى.

وتصنف مياه الشرب من ناحية الطعم إلى ممتازة وهي التي أقل من 300 جزء من المليون وجيدة من بين 300 إلى 600 جزء من المليون ومقبولة من 900 إلى 1200 جزء من المليون أما من 1200 جزء في المليون فيعد غير مقبول .

كما ان مياه الشرب التي تكون المواد الصلبة الذائبة بها منخفضة جداً قد تكون غير مقبولة بسبب عدم وجود طعم ، ولجاجة جسم الانسان الى تعويض الاملاح المعدنية التي يفقدها نتيجة التعرق خاصة في الاجواء الحارة .

### • الأملاح العالقة الكلية ( Total Suspended salts ) TSS

هي المواد المتبقية على سطح فلتر ذو فتحات بقطر 0.45 ميكرومتر بعد ان نمرر من خلاله لتر واحد من العينة المائية يتم تركيب الفلتر (المعروف وزنه) على جهاز فلترة ثم يتم شفط العينة من خلاله بعد ذلك يتم تجفيفه لمدة ساعة على حرارة 103-105 مئوية ثم يبرد ويوزن من خلال فرق وزن الفلتر قبل وبعد مرور العينة 1 لتر من خلاله وتقدر بالمليغرامات لكل لتر . وهو يعطينا TSS يتم تحديد الفكره عن نوعية العينة وكمية المواد الصلبة الممكن ازالتها بالمعالجة من خلال الفلترة او الترسيب او التطهيف .



• معامل كثافة الطمي ( معامل الإطماء ) (Silt Density index) SDI

أ- تعريف

وهو اختبار لتحديد كثافة الإطماء بالماء الخام المغذية لمحطة التحلية قبل الفلتر الرملي وتحديد أسلوب المعالجة الابتدائية المطلوبة من حيث :

- المعالجة الفيزيائية : الفلتر من خلال الفلتر الرملي و القطني .
- المعالجة الكيميائية : إضافة المواد المروبة .

• (Langelier Saturation index) ( LSI )

التعريف :

وهو قياس احتمالية تكون القشور من كربونات الكالسيوم.

القياس :

هي طريقة تستخدم كمؤشر لاحتمالية حدوث ترسبات Scaling potential واحتمالية تكون القشور لذا فهي هامة جداً لتحديد إمكانية تكوين قشور على الأغشية أو تآكل في مكونات المحطة و الشبكات المعدنية ويستخدم مع المياه التي لها TDS أقل من العشرة الاف 10000 مجم / لتر.

حساب ( LSI ) :

من المعادلة التالية وبعد تحليلات معملية للمياه يتم حساب LSI

$$LSI = (PH_{measured} - PH_{sat})$$

PH<sub>measured</sub> هو الرقم الهيدروجيني المعروف لمياه التغذية حيث يتم قياسه بال PH

PH<sub>saturation</sub> حسابه بطرق مختلفة من معدلات معينة بمعلومية نتائج قياسات المعاملات التالية :

تركيز الكالسيوم ( Calcium hardness – CaCO<sub>3</sub> ) .

القلوية الكلية (أو أحياناً تركيز البيكرbonات) .

الأملأح الكلية الذائبة TDS بال ppm .

درجة الحرارة بالفهرنهائيت أو المئوية.

و سنذكرها أبسط المعادلات وهي

$$PH_{sat} = [9.3 + A + B] - [C + D]$$

وإليكم المعادلات كاملة والتي تحسب : A,B,C,D

$$A = (\log_{10} [TDS] - 1) / 10$$

$$B = [-13.12 \times \log_{10} (C^{\circ} + 273)] + 34.55$$

$$C = \log_{10} [\text{Ca}^{+2} \text{ as CaCO}_3] - 0.4$$

$$D = \log_{10} [\text{alkalinity as CaCO}_3]$$

يتم حساب عن طريق الرابط التالي :

<https://www.lenntech.com/calculators/calculators.htm>

ثوابت يمكن الحصول عليها من خلال الجدول التالي A,B,C,D

DATA FOR RAPID CALCULATION OF THE LANGELIER AND RYZNAR INDICES

A		C		D		
Total Solid (ppm)	A	Calcium Hardness (ppm CaCO <sub>3</sub> )	C	M.O. Alkalinity (ppm CaCO <sub>3</sub> )	D	
50 - 300	0.1	10-11	0.6	10-11	1.0	
400 - 1000	0.2	12-13	0.7	12-13	1.1	
		14-17	0.8	14-17	1.2	
B		18-22	0.9	18-22	1.3	
		23-27	1.0	23-27	1.4	
Temperature °F      °C		28-34	1.1	28-35	1.5	
		35-43	1.2	36-44	1.6	
		44-55	1.3	45-55	1.7	
32-35	0-2	2.6	56-69	1.4	56-69	1.8
36-42	2-5	2.5	70-87	1.5	70-88	1.9
43-49	6-9	2.4	88-110	1.6	89-110	2.0
50-56	10-13	2.3	111-138	1.7	111-139	2.1
57-63	14-17	2.2	139-174	1.8	140-176	2.2
64-71	18-22	2.1	175-220	1.9	177-220	2.3
72-80	23-27	2.0	221-270	2.0	221-270	2.4
81-89	28-32	1.9	271-340	2.1	271-350	2.5
90-99	33-37	1.8	341-430	2.2	351-440	2.6
100-111	38-43	1.7	431-550	2.3	441-550	2.7
112-121	44-49	1.6	551-690	2.4	551-690	2.8
121-132	50-55	1.5	691-870	2.5	691-880	2.9
133-145	56-63	1.4	871-1000	2.6	881-1000	3.0
146-161	64-72	1.3				
162-178	73-81	1.2				

- Obtain the value of A , B , C and D from above table
- $pH_s = (9.3 + A + B) - (C + D)$
- Langelier ( Saturation ) Index =  $pH - pH_s$  ( LI )
- Ryznar ( Stability ) Index =  $2 pH_s - pH$  ( RI )
- If RI is less than 6.0 Alkaline scale will precipitate
- If RI more than 7.0 corrosion will proceed unhindered by scale formation
- A RI between 6.0- 7.0 indicates that a mixture of scale and corrosion will be found in the plant.

ودلالات كل قيمة كما هي في الجدول التالي ونأتي الان الى تقييم النتائج

النتائج وتقييمها:

LSI	وصف الحالة وتقييم مياه التغذية
<0.0	المياه لم تصل إلى مرحلة التشبّع بكربونات الكالسيوم وتكون ذائبة في الماء ولا حاجة لاضافة مضاد الترسّيب Antiscales
-0.2 TO -0.5	التسبّب في تآكل خطير serious corrosion
-0.5 TO 0.0	تآكل ضعيف مع عدم امكانية تكون قشور
0.0	المياه في حالة انتزان ( بداية التشبّع ) ولا يوجد امكانية لتكوين القشور
>0.0	المياه في حالة فوق التشبّع super saturation بالنسبة لكربونات الكالسيوم وبداية لإمكانية تكون قشور من كربونات كالسيوم ( أو calcite ) وكلما زادت القيمة عن الصفر زادت امكانية تكون القشور وتم التوصية بإضافة Antiscales بتركيزات أكبر
0.0 to < 0.5	تكون قشور ولكن بنسبة ضعيفة كما يحدث تآكل بنسبة ضعيفة أيضاً
0.5 to 2.0	امكانية تكون قشور بقوة مع عدم حدوث تآكل

مثال عملي لحساب ال LSI :-

Water Analysis:

pH = 7.5

TDS = 320 mg/L

Calcium = 150 mg/L (or ppm) as CaCO<sub>3</sub>

Alkalinity = 34 mg/L (or ppm) as CaCO<sub>3</sub>

LSI Formula:

LSI = pH – pHs

pHs = (9.3 + A + B) – (C + D) where:

$$A = (\text{Log10}[TDS] - 1)/10 = 0.15$$

$$B = -13.12 \times \text{Log10}(0C + 273) + 34.55 = 2.09 \text{ at } 25^{\circ}\text{C} \text{ and } 1.09 \text{ at } 82^{\circ}\text{C}$$

$$C = \text{Log10}[\text{Ca}^{2+} \text{ as CaCO}_3] - 0.4 = 1.78$$

$$D = \text{Log10}[\text{alkalinity as CaCO}_3] = 1.53$$

Calculation at 25°C:

$$pHs = (9.3 + 0.15 + 2.09) - (1.78 + 1.53) = 8.2$$

$$LSI = 7.5 - 8.2 = -0.7$$

Hence No Tendency to Scale

يتم حساب ال S&DSI من معادلة مشابهة لمعادلة ال LSI وهي:

$$S&DSI = pH \text{ (measured)} - pH_{sat}$$

$$pH_{sat} = pCa + pAlk + "K"$$

$$pCa = -\log_{10}[Ca^{2+} \text{ as CaCO}_3], [Ca^{2+}] \text{ in mg/l as CaCO}_3$$

$$pAlk = -\log_{10}[Alk \text{ as CaCO}_3], [Alk] \text{ in mg/l as CaCO}_3$$

ونلاحظ أن ال "K" تعتمد على :

درجة الحرارة

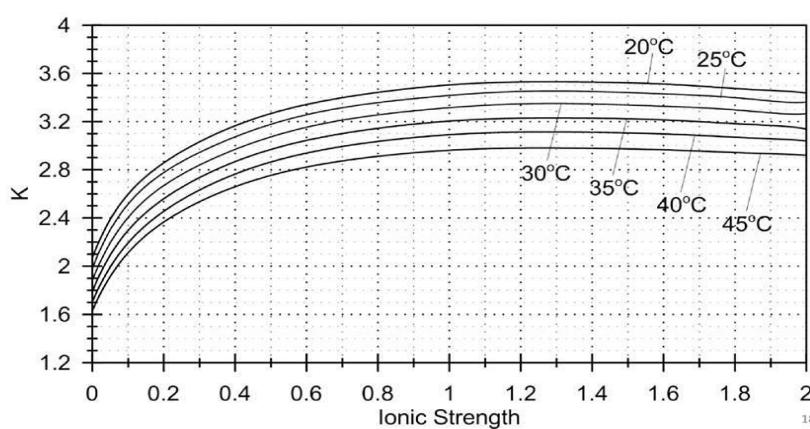
القوة الأيونية للماء Ionic Strength

وبمعلومية الإثنين يتم معرفة قيمة ال "K" من خلال الرسم البيانية التالية:

الجدول الآتي يوضح مؤشرات نوعية المياه التي يوصي بقياسها وتحليلها لتحديد مفترقات مناسبة في

K value

المعاجة



**“Ryzner stability index” (RSI)**

وهو بديل وتطویر لمعادلة ال LSI ويفضل مع النظم المفتوح opened systems وأنابيب نقل المياه عبر المدن...

عكس ال LSI يستخدم في المعتمد مع الأنظمة المغلقة وتحت الضغط مثل أغشية ال RO أما قيم معامل ريزنر فتتراوح بين 10 - 4 وأفضل قيمة هي ما بين 6.7 - 6 حيث يكون التآكل فيها أقل ما يمكن والترسبات أقل ما يمكن ... يحدثان بتوازن وبأقل معدل ... انظر الجدول:

RSI	وصف الحالة وتقييم مياه التغذية
< 5.5	ترسبات قوية للأملاح على الخطوط
5.5 – 6.2	ترسبات للأملاح على الخطوط
6.2 – 6.8	استقرار مطلوب
6.8 – 8.5	حدوث تآكل بالخطوط
> 8.5	حدوث تآكل شديد بالخطوط

$$RSI = 2PH_{sat} - PH$$

## وحدات قياس أداء مكونات المحطة

(اشتراطات التشغيل الآمن والمستقر للمحطة)

الجدول الآتي يوضح مؤشرات نوعية المياه التي يوصي بقياسها وتحليلها:

نوع القياس	الحدود الآمنه لمياه البحر
العكاره	NTU اقل من 1
Mg/L	اقل من 0.5 mg /l التساح غير متوقع
SDI15	اقل من 3 للأغشية المجوفة اقل من 5 للأغشية الحازونية
الكلور الحر	لا يزيد عن 0.1mg/l
ORP	لا تزيد عن 300 مللي فولت
الحرارة	لا تزيد عن 45 درجة مئوية
PH	من 2 الي 11

الجدول الآتي يوضح مؤشرات نسب العناصر القياسية الموجودة في المياه :-

Ion	Concentration (mg/L)
Calcium	410
Magnesium	1,310
Sodium	10,900
Potassium	390
Barium	0.05
Strontium	13
Iron	<0.02
Manganese	<0.01
Silica	0.04 - 8
Chloride	19,700
Sulfate	2,740
Fluoride	1.4
Bromide	65
Nitrate	<0.7
Bicarbonate	152
Boron	4 - 5

العوامل (Parameter)	الفلاتر الرملية	الفلاتر الميكرونية	الأغشية
(الأملال الذائية الكلية) TDS	-	-	- مياه بحر حتى 48000 جزء في المليون - مياه الابار حتى 10000 جزء في المليون
(فرق الضغط) $\Delta P$	لا تزيد عن 1 بار	لا تزيد عن 1 بار	لا تزيد عن 7 PSI لغشاء
(جهد الاكسدة والاخترال) ORP	-	لا تزيد عن 300 مللي فولت	-
(درجة الحرارة) $T (C^\circ)$	لا تزيد عن 45 درجة مئوية		
(العكاره) NTU	اقل من 1	0	0
(معامل كثافة الطمي) SDI	اقل من 5	اقل من 3	اقل من 1

## مرحلة المعالجة الإبتدائية

أولاً : طريقة التطهير باستخدام الكلور وأنواعه

صور الكلور : (غاز / سائل / أقراص / حبيبات)

الكلور أو مركباته مثل هيبيو كلورايت الكالسيوم (بودرة) وهيبو كلوريت الصوديوم (سائل) هم من أكثر المطهرات شيوعاً في عمليات تنقية المياه بينما يستعمل الأوزون والأشعة فوق البنفسجية أحياناً في بعض العمليات المحدودة وتطهير حمامات السباحة. ويتميز التطهير بالكلور بسهولة الحكم على مدى فاعليته بقياس الكلور المتبقى بعد فترة من الإضافة. وتنتمي عملية التطهير بالكلور بالإضافة إلى جرعة المناسبة من الكلور إلى المياه قبل الإستعمال على أن تتحقق هذه الجرعة المضافة قدرأً من الكلور المتبقى يتراوح ما بين 1 إلى 2 جزء في المليون وذلك لحفظ على نوعية المياه في شبكة التوزيع ولمنع إنتشار الأمراض المعدية التي تنتقل عن طريق المياه.

العوامل المؤثرة على فاعلية الكلور

جرعة الكلور: تزيد فاعلية الكلور في قتل البكتيريا كلما زادت جرعة الكلور و زمن التماس.

طريقة إضافة الكلور: وجد إن إضافة الكلور كغاز أكثر فاعلية من إضافته ك محلول وهذه أكثر فاعلية من إضافته على شكل مسحوق لأحد مركباته.

ثانياً : التعرف على المواد المروبة داخل محطات التحلية :

أملح الحديد مثل :

كلوريد الحديديك ( $\text{FeCl}_3$ )

كبريتات الحديديك  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

كبريات الحديدوز مع الجير المطفي  $\text{FeSO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2$

البولميرات العضوية Organic polymer



## الكيماويات المستخدمة لضبط المياة قبل دخولها الأغشية

أهم الكيماويات التي تضاف في وحدة RO أهمها:

الكلور

- Coagulant , Flocculant
- مانع الترسيب AntiScale
- نازع الكلور ( Sodium Metabisulphite ) SMBS

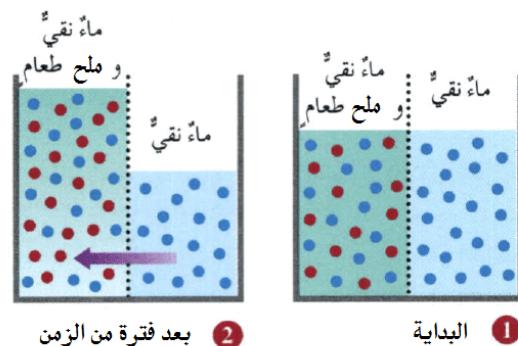
## التعرف على المعالجة الابتدائية بواسطة الفلاتر

أنواع الفلاتر :-

- المصافي الميكانيكية : لإزالة الأجسام الطافية و منع دخول الأحياء البحرية للمحطة.
- الفلاتر (Multi media Filter) : لإزالة الشوائب والمواد العالقة حتى 20 ميكرون
- الفلاتر الميكرونية : لإزالة الشوائب والمواد العالقة حتى 5 ميكرون

## التعرف على الأسموزية

الخاصية الأسموزية أو كما يطلق عليها أيضاً مصطلح التناضح وتمثل في حركة انتقال جزيئات السائل من المنطقة الأقل تركيزاً بالمواد المذابة إلى المنطقة الأعلى تركيزاً، عبر غشاء شبه منفذ، بحيث تنتقل هذه الجزيئات بدون استهلاك لأي طاقة.

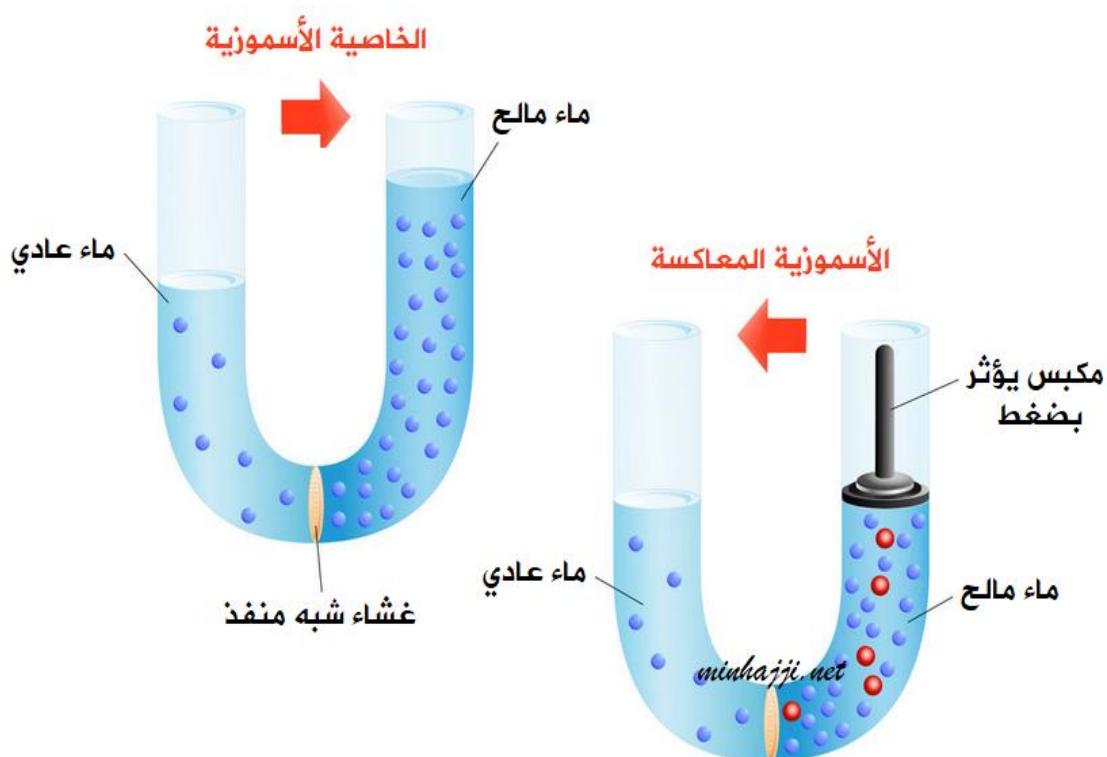


تعتمد النظرية الأسموزية على وجود محلولين غير متساوين في تركيزات الاملاح مفصولين بغشاء شبه منفذ فيتحرك الماء من

المحلول الأقل في تركيز الاملاح إلى المحلول الأعلى تركيز بشكل تلقائي إلى أن يحدث تساوي في تركيزات الاملاح على جانبي الغشاء

### التعرف على نظرية التناضح العكسي (الأسموزية العكسية RO)

الخاصية الأسموزية العكسية أو كما يطلق عليها أيضاً مصطلح التناضح العكسي وتمثل في حركة انتقال جزيئات السائل من المنطقة الأعلى تركيزاً بالمواد المذابة إلى المنطقة الأقل تركيزاً، عبر غشاء شبه منفذ، تحت تأثير ضغط خارجي أعلى من الضغط الأسموزي الأعلى تركيز وتناسب طردياً مع زيادة الضغط.



## المعادلات الخاصة بالتناضح العكسي (الأسموزية العكسية RO)

• حساب الـ : Salt rejection

Conductivity of Feed Water – Conductivity of Permeate Water

$$\text{Salt Rejection \%} = \frac{\text{Conductivity of Feed} - \text{Conductivity of Permeate Water}}{\text{Conductivity of Feed}} \times 100$$

• حساب الـ : Salt passage

Salt Passage \% = (1 – Salt Rejection %)

• حساب الـ : Recovery

Permeate Flow Rate (gpm)

$$\% \text{ Recovery} = \frac{\text{Permeate Flow Rate (gpm)}}{\text{Feed Flow Rate (gpm)}} \times 100$$

• حساب الـ : Concentration factor

1

$$\text{Concentration Factor} = \frac{1}{1 - \text{Recovery \%}}$$

• حساب الـ : Flux

gpm of permeate  $\times$  1,440 min/day

$$\text{GFD} = \frac{\text{# of RO elements in system} \times \text{square footage of each RO element}}{\text{gpm of permeate} \times 1,440 \text{ min/day}}$$

Feed Water Source	GFD
Sewage Effluent	5 – 10
Sea Water	8 – 12
Brackish Surface Water	10 – 14
Brackish Well Water	14 – 18
RO Permeate Water	20 – 30

مثال علي ذلك:

Permeate flow = 528344 g/d ,

Area of membrane = 390 ft

Pressure vessel contains 6 elements

Flux of sea water between 8 – 12 GFD

$$no\ of\ element = \frac{528344}{10 * 390} = 136\ membrane$$

$$no.\ of\ pressure\ vessels = \frac{136}{6} = 22.66 \cong 23\ pressure\ vessel$$

• حساب ال Mix Ratio :

$$Mix\ % = \frac{TDS\ HP\ out - TDS\ LP\ in}{TDS\ HP\ in - TDS\ LP\ out} * 100$$

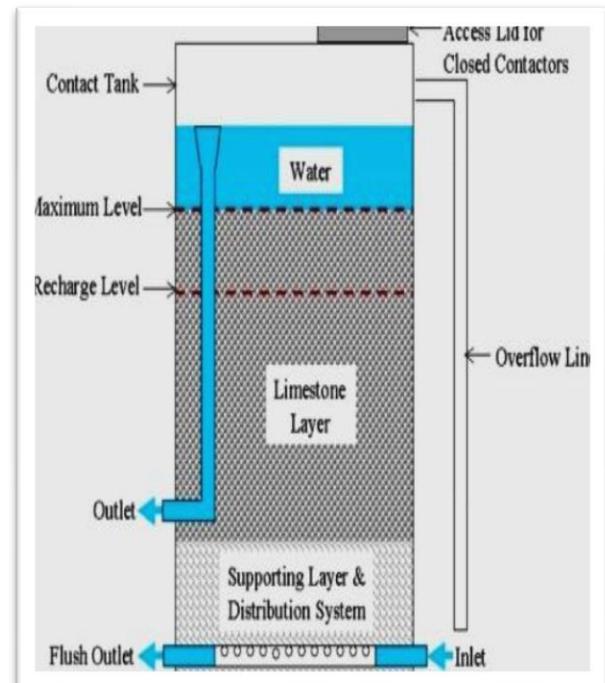
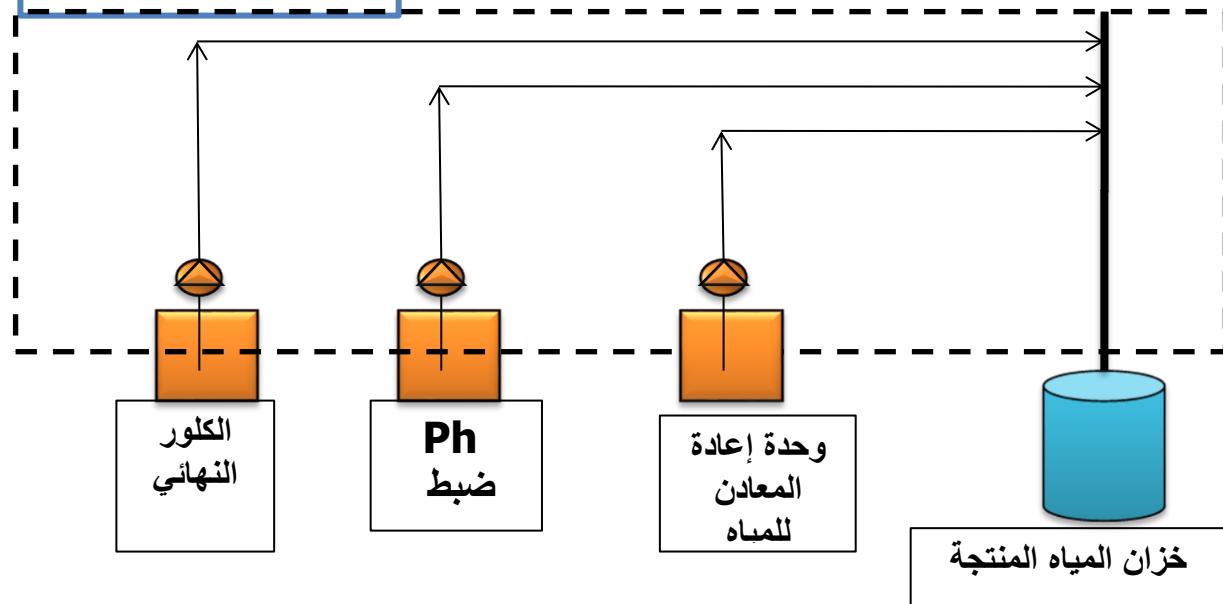
$$SI\ % = \frac{TDS\ HP\ out - TDS\ LP\ in}{TDS\ HP\ in - TDS\ LP\ in} * 100$$

## الكيماويات المستخدمة في مرحلة المعالجة النهائية للمياه المنتجة

وهي عملية إضافة مواد إلى المياه المنتجة بهدف تحسين جودة المياه ومطابقتها لمواصفات مياه الشرب تبعاً لاشتراطات منظمة الصحة العالمية (WHO) وزارة الصحة المصرية رقم (458) لسنة 2007 وهي تتضمن الآتي :

- ❖ إضافة مادة ضبط قيمة الاس الهيدروجيني PH
  - ❖ إضافة مادة الكلور النهائي إلى المياه المنتجة بهدف تعقيم المياه داخل خطوط النقل والخزانات حتى الوصول إلى المستهلك
  - ❖ منظومة وحدة إعادة المعادن للمياه
- نظراً لأن المياه المحلاة المنتجة من محطات التحلية بنظام الضغط الإسموزي العكسي تتصف بأنها مياه منخفضة الملوحة وشديدة اليسر وغير متزنة أيونياً مما يجعلها شديدة الشرارة لـإذابة الأملاح والتفاعل مع المعادن وهذا يؤثر على تآكل الخزانات وخطوط المياه وشبكات التوزيع المعدنية مما يؤدي إلى ظاهرة المياه الصفراء عند فتح صنبور المياه لذلك التي تعيد للمياه المعادن التي تؤدي إلى توازنها الأيوني والمعدني باستخدام فلتر الكالسيت التي تقوم بتحويل أملاح كربونات الكالسيوم إلى أملاح البيكربونات الكالسيوم باستخدام غاز ثاني أوكسيد الكربون .

طرق ومبادئ التحلية



الحدود القصوي والمواصفات الواجب توافرها في المياه المنتجة من محطات التحلية  
لتكون صالحة للشرب والاستخدام المنزلي

طبقاً لقرار من وزير الصحة والسكان رقم 458 لسنة 2007

أولاً : الخواص الطبيعية : -

الخاصية	م
اللون	1
الطعم	2
الرائحة	3
العكاره	4
الرقم الهيدروجيني	5

ثانياً : مواد غير عضوية لها تأثير على الاستساغة والاستخدامات المنزليه : -

المادة	م
الأملاح الذائبة عند 120 ° م	1
عسر كلي CaCO <sub>3</sub> as	2
عسر كالسيوم CaCO <sub>3</sub> as	3
عسر ماغنيسيوم CaCO <sub>3</sub> as	4
كبريتات SO <sub>4</sub>	5
كلوريدات Cl	6
حديد Fe	7
منجنيز Mn	8
نحاس Cu	9
الزنك Zn	10
الصوديوم Na	11
الالومينيوم Al	12
البورون	13

0.5 - وتم تغيير قيمته إلى 2.4

باقي المواد الكيميائية تكون مطابقة للقرار الوزارى رقم (458) لسنة 2007

## ثالثاً : المعايير الميكروبولوجية : -

م	نوع الفحص	طريقة القياس المتبعة	الحدود القصوى المسموح بها والصادرة بقرار من وزير الصحة والسكان برقم 458 لسنة 2007
أ	العدد الكلى للبكتيريا	صب الاطباق Pour plate method	<ul style="list-style-type: none"> <li>- لا يزيد عن 50 خلية / 1 سم<sup>3</sup> عند درجة حرارة 37 °م لمنا 24 ساعة</li> <li>- لا يزيد عن 50 خلية / 1 سم<sup>3</sup> عند درجة حرارة 22 °م لمنا 48 ساعة</li> </ul>
ب	أدلة التلوث بكتيريا القولون الكلية Total coliform	"MPN" أو "MF"	<ul style="list-style-type: none"> <li>- يجب أن تكون 95 % من العينات التي يتم فحصها خلال العام خالية تماماً من بكتيريا القولون حتى 100 سم<sup>3</sup> من العينات</li> <li>- كما يجب أن لا تحتوي أي عينة من العينات على أكثر من 2 خلية / 1 سم<sup>3</sup> على ألا يتكرر ذلك في عينتان متتاليتان من نفس المصدر</li> </ul>
	بكتيريا القولون البرازية "باسيل" القولون النموذجي "		<ul style="list-style-type: none"> <li>- يجب أن تكون جميع العينات خالية من باسيل القولون النموذجي</li> </ul>
	البكتيريا السلبية البرازية		<ul style="list-style-type: none"> <li>- يجب أن تكون جميع العينات خالية من الميكروب السبكي البرازي</li> </ul>
ج	الفحص البيولوجي		<ul style="list-style-type: none"> <li>- يجب أن لا يزيد نسبة الميكروسيتين عن 1 ميكروجرام / لتر ويتم اجراء هذا التحليل في حالة ظهور نمو مفاجئ للطحالب الخضراء المزرقة Blue green algae أو وجود أعداد عالية منها</li> <li>- يجب أن تكون خالية تماماً من البروتوزوا الحية وجميع أطوار الديدان المسيبة للأمراض</li> </ul>
	- عند فحص عينات المياه للطحالب		
	- عند فحص عينات المياه ميكروسكوبياً		

## رابعاً : المواد المشعة : -

م	نوع الفحص	الحدود القصوى المسموح بها والصادرة بقرار من وزير الصحة والسكان برقم 458 لسنة 2007
أ	مشتقات من فصيلة $\alpha$	(0.1) بيوكويوري / لتر )
ب	مشتقات من فصيلة $\beta$	(1.0) بيوكويوري / لتر )

## ماخذ محطات التحلية الوظيفة الرئيسية والعوامل المؤثرة في اختيار نوع المأخذ.

### ماخذ محطات التحلية

#### وظيفة المأخذ

الغرض من المأخذ هو إمداد محطة التحلية بكمية المياه المالحة الكافية لتشغيل المحطة وبنوعية مياه ثابتة من حيث (TDS- والعناصر الكيميائية) طوال عمر المحطة باقل تكلفة اقتصادية وبما لا يخل بالدراسات البيئية.

❖ يعتبر اختيار المأخذ مرتبط ارتباط وثيق باختيار موقع الأرض التي سيقام عليها المحطة حيث يتم تحديد نوع المأخذ وطريقة تفيذه تبعاً لموقع المحطة وكذلك نوع ومرار حل المعالجة الأولية المستخدمة داخل المحطة.

#### ❖ انواع مأخذ محطات التحلية

❖ **ماخذ بحرية مفتوحة ( Sea water open Intake )**

❖ **ماخذ الآبار الارتوازية ( Wells intake( ground water ) )**

#### ماخذ البحري المفتوح

هي المأخذ التي يتم الاعتماد فيها على المياه السطحية (مياه البحر المفتوح) ل供给 محطات التحلية

#### المميزات

❖ ضمان الحصول على كميات المياه المطلوبة مهما كانت الطاقة الانتاجية للمحطة بصورة ثابتة

❖ الثبات النسبي للمواصفات الفنية ونسب الاملاح للمياه الخام المغذية للمحطة

#### العيوب

❖ إرتفاع عكارة مياه البحر نتيجة النشاطات البحرية ونمو الطحالب والهائمات البحرية والتي تتسرب في انسداد مصافي المأخذ وارتفاع تكلفة المعالجة الاولية.

❖ مشاكل تلوث المياه بمخلفاتزيوت البترولية أو الشوائب الناتجة عن الانشطة البشرية والصيد والمخلفات الصناعية داخل البيئة البحرية.

❖ المشاكل البيئية المتعلقة بوجود محميات طبيعية او شعاب مرجانية بموقع المأخذ

يجب قبل تنفيذ المأخذ البحري المفتوح عمل الدراسات البيئية والبحرية الآتية :

- وصف للخصائص الطبوغرافية لموقع المشروع ومسار خطوط المأخذ
- دراسات التربة والدراسات الجيوتقنية بمسار الحفر لخطوط المأخذ
- دراسة اتزان خط الشاطئ ومناطق النهر والترسيب
- حركة المد والجزر بمنطقة المأخذ وحدودها والتوقعات الزمنية لها
- اعداد الخرائط الكونتورية للقطاعات الطبوغرافية وتضاريس قاع البحر بمنطقة الدراسة .
- وصف متكامل للتنوع الحيوى والبيولوجي والحياة البحرية بمنطقة الدراسة
- دراسة حركة التيارات البحرية السطحية وتحت سطحية واتجاهتها وسرعتها
- دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية لمياه البحر بموقع الدراسة (درجة الحرارة - الملوحة - الاحمال العضوية- TOC

## ❖ اشتراطات التنفيذ للمأخذ البحري المفتوح

- ❖ يفضل أن يكون المأخذ البحري المفتوح تحت قاعدة الأمواج (wave base) حتى لا يكون عرضة للتحرك أو الإزاحة
- ❖ يفضل أيضاً أن يكون عمق المأخذ البحري يتراوح ( من 4 متر الى 7 متر ) أقل من أدنى منسوب جزر حيث يقل نشاط النباتات والطحالب التي تعتمد على التمثيل الضوئي عند هذا العمق - كما يعتبر هذا العمق مناسب لتجنب دخول الزيوت المعدنية المتسلبة من المراكب والأنشطة التعدينية في البيئة البحرية وكذلك المواد العالقة والهائمات البحرية الموجودة على سطح الماء والتي تسبب في انسداد فوانيس المأخذ او وصولها الى الطلبات والتاثير على كفالتها
- ❖ يجب ان تكون جميع خطوط المواسير ومحلقاتها ( الفلانشات - ومسامير الربط والتثبيت ) مصنوعة من مواد لا تتفاعل مع مياه البحر (البولي اثيلين على الكثافة stainless steel - - - reinforced concrete - fiber glass -pvc ) كم يجب ان تتراوح سرعة المياه داخل مواسير المأخذ في حدود ( 0.6 - 0.95 ) م/ث وبما يتواافق مع الدراسة الهيدروليكية للمأخذ

❖ يجب التثبيت الجيد لخطوط المواسير ومصافي المأخذ داخل البحر حتى لا تتأثر بالعواصف والتيارات البحرية .

❖ يجب أن تكون فتحة ماسورة السحب ليست ملائمة لقاع البحر مباشرة وعلى ارتفاع مناسب لا يقل عن 1.5 متر من القاع حتى لا يتم السحب من الرواسب والملوثات الموجودة بقاع البحر .

❖ يجب وضع علامات إرشادية وإضاءة ليلية على مسار خطوط السحب والطرد داخل البحر للتبيه عن وجودها لتحذير المراكب التي تمر بمسار خطوط السحب والطرد .

## ❖ انواع المأخذ البحرية المفتوحة المستخدمة لتغذية محطات التحلية

Shore Intake	1. مأخذ الشاطئ
pipe Intake	2. مأخذ الماسورة
Submerged Intake	3. المأخذ المغمور
Horizontal Directional Drilling	4. مأخذ الحفر الأفقي الموجة
Open channel Intake	5. مأخذ القناة المفتوحة
Floating intake	6. المأخذ العام
Temporary Intake	7. المأخذ المؤقت

## مأخذ الابار او مأخذ المياه الجوفية ( Wells intake( ground water intake)

هي المأخذ التي يتم الاعتماد فيها على المياه تحت سطحية (المياه الجوفية) لتغذية محطات التحلية

أسباب اللجوء الى الاعتماد على الابار لتغذية محطة التحلية

➢ الموقع الجغرافي للمحطة وبعدها عن مصادر المياه السطحية (البحار - والبحيرات المالحة)

➢ وجود معوقات تمنع مد خطوط مياه لتغذية محطة التحلية من البحر الى محطة مثل المنشاءات والمباني السكنية .

➢ سوء الموصفات الفنية لمياه البحر مثل ارتفاع قيم (العکارة - الاحمال العضوية - الملوثات الصناعية - الزيوت والشحوم ) .

► الرغبة في الحصول على مواصفات فنية أفضل من حيث قيم (TDS - العكاره )

► وجود معوقات تتعلق بالقوانين البيئية تمنع تنفيذ اية اعمال انسانية داخل البيئة البحرية مثل ( المحميات الطبيعية - وجود حيز شعاب مرجانية ) .

## مميزات وعيوب مأخذ الابار المستخدمة لتغذية محطات التحلية

### المميزات

► الحصول على نوعية مياه اقل عكاره حيث تعتمد هذه الانواع من المأخذ على استخدام التربة كمرحلة ترشيح تؤدى الى تحسين نوعية المياه المغذية للمحطة .

► تجنب مخاطر الشوائب والزيوت والمخلفات الموجودة في الانواع الأخرى من المأخذ البحرية.

► تجنب الآثار البيئية السلبية نتيجة عدم وجود اية اعمال إنشاءات تضر بالبيئة البحرية .

### العيوب

► محدودية كميات المياه المسحوبة حيث تعتمد بدرجة كبيرة على التكوين الجيولوجي للتربة

► لا تصلح للمحطات الكبيرة نتيجة ارتفاع تكلفة اعمال الانشاء والصيانة مقارنة بالماخذ البحرية

► عدم الثبات النوعي لمواصفات المياه الخام من حيث التغيير المستمر في نسب (TDS - العناصر الكيميائية المكونة للمياه - المواصفات الفيزيوكيميائية للمياه ) .

► وجود نسب من العناصر مثل ( الحديد او المنجنيز او الباريوم ) بمعظم الابار والتي تحتاج معالجة اضافية للمياه الخام قبل دخولها على الاغشية .



## ► اهم البيانات التي يجب ان تتضمنها الدراسات الهيدروجولوجية للابار المستخدمة لتغذية محطات التحلية

▪ قياس ملوحة مياه البئر (TDS) حيث يحدث في بعض الأحيان عند حفر الابار تكون نسبة ملوحة مياه البئر عالية جداً مما يزيد من تكلفة إنشاء وتشغيل المحطة .

▪ تحديد نسب ونوعية الأملاح الموجودة في مياه البئر حيث يحدث في بعض الأحيان عند حفر الابار يلاحظ وجود بعض الأملاح بالمياه غير مرغوب فيها مثل ارتفاع أملاح العسر او الحديد او الباريوم او الاسترنشيوم والتي تسبب مشاكل بالأغشية .

▪ قياس درجة تدفق مياه البئر وحدود السحب الامن و مدى صلاحية البئر لتغذية المحطة على المدى الطويل و هل كميات المياه المغذية للبئر متتجدد أم قابلة للنضوب بعد فترة .

- عند الحاجة لحفر أكثر من بئر في نفس الموقع يجب تحديد المسافات الآمنة بين كل بئر والأخر حتى لا يتم السحب لأحد الآبار من مجال السحب للبئر المجاور مما يقلل من تصرف الآبار مع التأكيد على عمل تجارب التشغيل الآمن لجميع الآبار في نفس التوقيت لتحديد الآبار المتفقة في معدلات السحب الآمن .

## ▪ أنواع آبار المياه الجوفية

### ▪ أنواع آبار المياه الجوفية من حيث الغرض والاستخدام

- آبار الاختبار
- آبار الملاحظة
- آبار الإنتاجية
- الآبار الشاطئية
- آبار النقطة
- أنفاق الترشيح
- الآبار الافقية
- آبار الحقن

### ▪ أنواع آبار المياه الجوفية من حيث العمق

- آبار ضحلة العمق أقل من 20 متر
- آبار متوسطة العمق من (20 – 80) متر
- آبار عميقة العمق اكبر من 100 متر

## عرض لأهم الأجزاء داخل محطة التحلية (RO)

## المصفى الميكانيكية

التعرف على نظرية عمل المصفى الميكانيكية :



تعمل المصفى الميكانيكية على حجز الشوائب قبل دخولها لمرحلة المعالجة الإبتدائية

وتقوم بذلك عن طريق تمرير المياه الخام في إتجاه إيجارى نحو المصفى والتي تقوم بدورها بفصل العوالق عن المياه الخام وتجهيزها للدخول إلى المرحلة التالية ( المعالجة الإبتدائية )

► يجب ان يتم مراعاة الشروط الاتية عند تركيب المصفى :

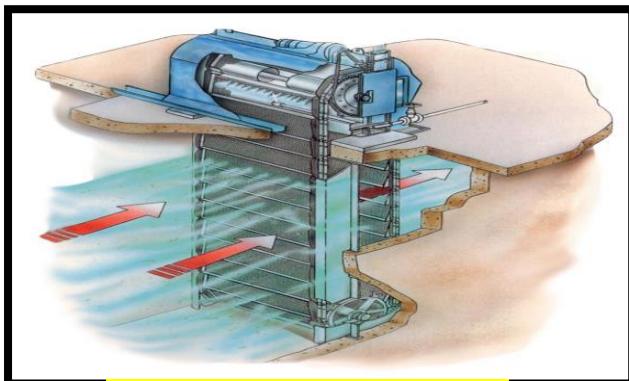
- ❖ تصنع المصفى من مواد مقاومة للصدأ مثل (St 316L) او مواد مضادة للتآكل
  - ❖ يجب الا تزيد سرعة المياه عن 0.15 م/ث عند فتحات المصفى الموجودة داخل البحر ( فانوس البحر ) لمنع دخول الاجسام الطافية.
  - ❖ يجب تنظيف المصفى بصورة دوريه لتجنب تراكم الاجسام الطافية على المصفى
  - ❖ فى حالة المصفى الموجودة داخل البحر يتم التنظيف ( يدوياً - الغسيل العكسي بالهواء (air backwash) )
  - ❖ اما فى حالة المصفى الخارجية عند ( مدخل ببارة طلمبات الماخذ ) يفضل ان تكون المصفى ميكانيكية قابلة للتحريك مما يسمح بسهولة التنظيف المستمر
- فى حالة ارتفاع معدل الشوائب واختلاف احجامها يفضل تركيب المصفى الميكانيكية متعددة المراحل ذات الفتحات المتردجة الحجم .

طريقة العمل :

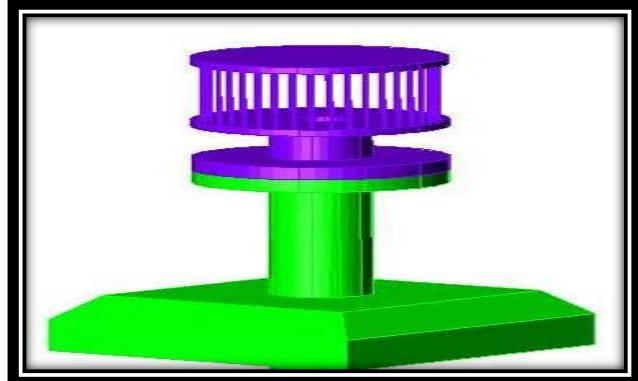
التشغيل اليدوى : يتم التشغيل اليدوى حسب جدول زمنى معه من مهندس التشغيل .

التشغيل الآلي : ويعتمد على جهاز قياس فرق المنسوب قبل وبعد المصفى الميكانيكية .

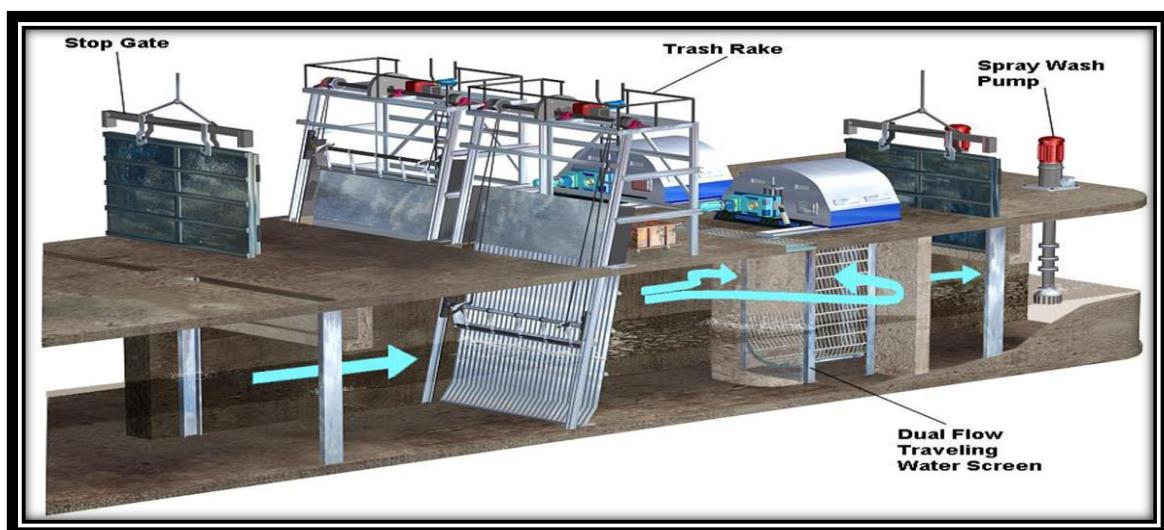
حيث أنه في حالة ارتفاع المنسوب قبل المنسوب عن القيم المحددة مسبقاً تقوم بالعمل بطريقة أوتوماتيكية وفي نفس الوقت تقوم الرشاشات بدفع المياه على المنسافى لإزالة الشوائب العالقة عليها و持續 بالعمل لحين نزول المنسوب إلى الحدود المسموح بها .



مصفاة بحريّة ميكانيكيّة



مصفاة بحريّة (فانوس البحر)



منظومة مصفاف ميكانيكيه متعددة المراحل

## الفلاتر

المعالجه الاولى هي عباره عن خطوات تتم علي مياه التغذيه بهدف تحسين خواصها وتخالف المعالجه الاولية من مصدر لأخر اي لا شرط ان يتم استخدام كل خطوات المعالجه الاولى علي المياه

كلما زادت المواد العالقة (TSS) أو العكاره Turbidity أو قيمة ال SDI في مياه التغذيه كلما اضطررنا الي إضافة المزيد من وحدات وطرق المعالجه ... تبدأ بالفلاتر الميكرونية أو الفلاتر الدقيقة فعذرا زادت العكاره نلجا الي الفلاتر الرملية فإذا العكاره قد نزيد من عدد الفلاتر السابقة أو نلجا إلي إضافة المروقات قبل الفلاتر حتى تترسب المواد العالقة علي الفلاتر فتحتجزها فإذا زادت الكاره نلجا الي احواض الترسيب قبل الفلاتر حيث ينكمش ترسيب المواد العالقة ومعها المواد الغروية بمساعدة المروقات ليصبح حجمها اكبر وكتلتها اكبر فتسقى في القاع او تجتمع في حبيبات اكبر لتحجز بالفلاتر الرملية

و عندما تكون العكاره اقل من  $1 \text{ NTU}$  ( $\text{SDI} \leq 3$ ) لا نحتاج الي فلاتر رملية لأن إمكانية حدوث فولينج علي الاغشية تكون منعدمة ونحتاج في هذه الحالة فلاتر ميكرونية

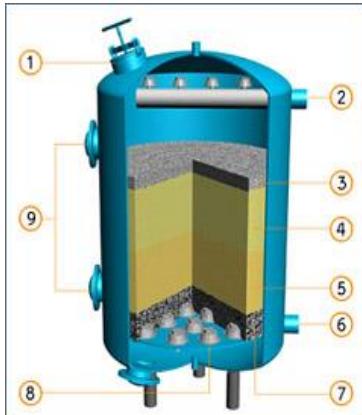
و عندما تزداد العكاره عن  $1 \text{ NTU}$  و ( $\text{SDI} \geq 3$ ) نحتاج الي فلاتر رملية لأن إمكانية حدوث فولينج علي الاغشية تكون عالية ونحتاج في هذه الحالة فلاتر ميكرونية

و عندما يكون ( $\text{SDI} \geq 5$ ) نحتاج قبل الفلاتر رملية الي استخدام مواد مروبة .

## أنواع الفلترات:

## تركيب الفلتر الرملي

الرقم	الاسم
١	فتحة خدمة علوية
٢	فتحة دخول المياه للفلتر
٣	طبقة فحم انثرائيت
٤	طبقة رمل ناعم
٥	طبقة رمل خشن
٦	فتحة خروج المياه من الفلتر
٧	طبقة داعمة من الحصى
٨	فواني الفلتر
٩	فتحة خدمة سفلية



## الفلتر الرملي : Sand Filter

١ فتحة الخدمة العلوية ( ويتم استخدام هذه الفتحة في الكشف عن حالة طبقة الرملة السطحية للفلتر أو إضافة طبقات الترشيح الجديدة عند تغيير مبديا المرشح).

٢ فتحة دخول المياه للفلتر ( وهي الفتحة التي يتم من خلالها دخول مياه التغذية من طلبية التغذية إلى الفلتر).

٣ طبقة فحم الانثرائيت ( وهي عبارة عن طبقة من حبيبات الفحم الحجري ذات الوزن الجزئي الصغير والتي تساوى تقريباً وزن الرملة الناعمة ويقوم بزيادة معدل الترشيح وتقليل الفترة الزمنية لعملية الغسيل العكسي ويتراوح حجم الحبيبات بها ( ٠.١ - ٠.٢ مم ) .

٤ طبقة الرمل الناعمة وهي طبقة من الرمل الناعم بحجم الحبيبات ( ٠.٦ - ١ مم ) - وتعتبر هذه الطبقة هي الطبقة الرئيسية التي يتم على سطحها عملية فصل العوالق الموجودة بالمياه.

٥ طبقة الرمل الخشنة وهي طبقة من الرمل الحاملة للرملة الناعمة بحجم الحبيبات ( ١.٥ - ٣ مم )

٦ طبقة الحصى الداعمة وهي طبقة من الحصى الخشن بحجم الحبيبات ( ٤ - ١٠ مم ) تستخدم لثبيت الفواني وتزيد من معدل الترشيح وتسهيل عملية الغسيل العكسي للفلتر الرملي.

٧ فتحة خروج المياه من الفلتر ( وهي الفتحة التي يتم من خلالها نقل المياه من شبكات التوزيع والفواني السفلية للفلتر الرملي ونقلها إلى الفلتر القطني )

٨ فواني الفلترة ( وهي عبارة عن فواني وفتحات يتراوح حجمها من ٠.٥ - ٠.٢ مم ) تقوم بجمع المياه ونقلها إلى شبكة تجميع سفلية).

9 فتحة الخدمة السفلية (وهي فتحة توجد أسفل الفلتر الرملي والغرض منها هي عملية إخراج المدیا من الفلتر أو عمل صيانة وتغيير لفواني الفلتر).

Media	Size	Bed depth
Fine Sand	0.3 : 0.5 mm	50 cm
Medium Sand	0.7 : 1.2 mm	20 cm
Gravel	3 : 6.5 mm	10 cm
Gravel	6.5 : 13 mm	10 cm
Anthracite	0.5 : 0.8 mm	30 cm

الحسابات التصميمية لقياس معدلات الترشيح للفلاتر الرملية المضغوطة :

❖ يتم حساب تصرف الفلتر الرملي بوحدة ( تصرف / زمن ) = م/س

❖ بينما يقاس معدل الترشيج ( تصرف / مساحة سطح / زمن )  
ساعة ) .

❖ عملية تحديد معدل الترشيج تكون طبقاً للكود المصرى والحسابات التصميمية للمحطة طبقاً  
لمواصفات المياه الخام

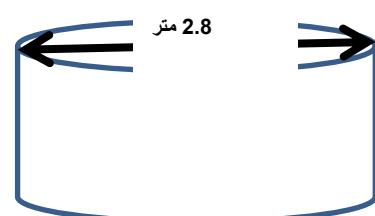
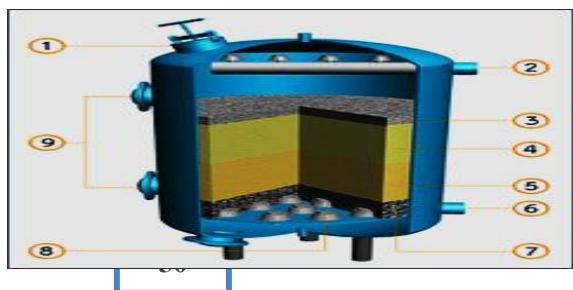
❖ مثال : لو ان لدينا فلتر رملي مضغوط راسى اسطواني الشكل بقطر = 2.8 متر

➤ مساحة سطح الفلتر = ط \* نق<sup>2</sup> = ( 1.4 \* 1.4 ) \* 3.14 = 6.15 م<sup>2</sup>

➤ معدل الترشيج للفلتر = 10 م/3 م<sup>2</sup>/ساعة

➤ تصرف الفلتر = معدل الترشيج \* مساحة السطح / الزمن

❖ متوسط تصرف الفلتر = 6.15 \* 10 = 61.5 م/3 م<sup>2</sup>/ساعة .



## 10 الفلتر الكربوني النشط :

الغرض منه ازالة الكلور الموجود في مياه التغذية أو الذي تم اضافته و ازالة الرائحة الغير مرغوب فيها وإزالة المزاد العضوية عن طريق الامتصاص (الامتصاص على سطح المادة).

في بعض الوقت لا يستطيع الفلتر الكربوني التخلص كلية من الكلور وذلك يتم حقن صوديوم ميتا باي سلفايت SMBS



تصميم الفلتر الكربوني :- يتم تصميم الفلتر الكربوني وفقاً لحجم الحبيبات و زمن التلامس لحساب عمق طبقة الكربون المستخدم :- عن طريق قطر الحبيبه

$$D = 1500 \times S$$

$$D = \text{عمق طبقة الكربون بـ ملم} \quad , \quad S = \text{قطر الحبيبه المستخدم بـ ملم}$$

يوجد علاقه طردية بين حجم الحبيبه و حجم طبقة الكربون المستخدمين حيث ان كلما زاد حجم الحبيبه كلما زاد حجم طبقة الكربون و كلما قلت قل حجم طبقة الكربون واصبح أكثر كفاءه.

### عيوب الفلتر الكربوني:

ان الكربون النشط لا يستطيع التخلص من الكلور و المواد العالقه التي علقت به عن طريق ( Back wash ) وذلك يتم التخلص من الكلور و المواد عن طريق حرق الكربون عند درجات حراره عاليه جدا تصل الي 1000 درجه مئويه .

كلما زادت حجم طبقة الكربون النشط ادي الي نمو البكتيريا في أسفل القاع الفلتر الذي يعتبر الكربون ماده غذائيه جيده لها .



## 11 الفلتر الرملي الأخضر :

ىعد من الفلتر المؤكسد التي تعمل على أكسدة بعض العناصر الموجودة في مياه التغذية مثل الحديد و المنجنيز وتحولها إلى رواسب .

ى تكون هذا الفلتر من حبيبات مادة الزوليت (Zoalite) المشتقة من معدن الجلوكونايت (Glauconite) التي تمتاز باللون الأخضر وهذه الحبيبات مغطاة بطبقة من أكسيد المنجنيز التي تكونت بفعل أكسدة المنجنيز بواسطة محلول برمجانات البوتاسيوم  $KMnO_4$  .

ىسمى هذا الفلتر بالفلتر المؤكسد حيث يؤكسد الحديد و المنجنيز الذائب إلى الحديد و المنجنيز المترسب التي يتم التخلص منها عن طريق الغسق العكسي للفلتر .

متى يتم استخدام هذا النوع ؟



ىتم استخدام هذا الفلتر عند تركيزات الحديد و المنجنيز ما بين 3 - 10 جزء في المليون وإذا قلت التركيزات عن هذا الحد يكتفي بالفلتر الرملي أو الأكسدة بالكلور .. وإذا زادت التركيزات عن 10 جزء في المليون يتم اللجوء إلى الأكسدة الأولية بالكلور قبل مراحل الفلتر .

هذا الفلتر يحتاج إلى إعادة تنشيط كل فترة **Regeneration** ببرمجانات البوتاسيوم .

## 12 فلتر البيرم :

البيرم هو اختصار لأسم الطريقة وهي **Burgess Iron Removal Method** وهو فلتر يشبه الفلتر الرملي .

فلتر البيرم يزيل الحديد من الماء حتى 10 جزء في المليون بجانب أىضا المنجنيز ولا ينصح بإستخدامها مع التركيزات الكبيرة للمنجنيز .

البيرم عامل حفاز غير ذائب في تنشيط تفاعل الحديد مع الأوكسجين الذائب تحوله إلى حديد ثلاثي يترسب على حبيبات البيرم و يمكن إزالتها بالغسق العكسي .

مع زى اده نسبة تركيز الحديد في مياه التغذى يجب ان نقل من سرعة الفلتره وتسمي بالسرعة الخطى . Linear Velocity

هذا الفلتر لا يحتاج الي إعادة تنشيط Regeneration لأنه يعتمد علي الاكسجين الذائب الموجود في مياه التغذى انما يحتاج فقط عمل غسل عكسي له كل فتره لإزالة الرواسب.

#### • عيوب فلتر البيرم :

نسبة الاكسجين الذائب في الماء يجب ان يساوي 15% من كمية الحديد و المanganiz اذا قلت هذه النسبة يتم حقن هواء .

بالنسبة الي الرقم الهدروجيني PH يجب ان تكون 8.6 او اكثرب لأكسيد الحديد اذا قلت هذه النسبة يتم اضافة مواد ترفع من القيمة مثل Soda Ash , ويجب ان لا تتعدي قيمه PH عن 5.8 وذلك يؤدي الي تكوين الحديد الغروي Colloidal Iron الذي يصعب فلترته .

وفي حالة المanganiz يجب ان تكون PH مابين 9 : 8 حتى يتم الأكسيد و قال الأفضل في حالة وجود الحديد و المanganiz معا يتم استخدام الفلتر الرملي الأخضر أفضل خاصة لو وجد نسب كبيره من المanganiz

أثناء استخدام فلتر البيرم يجب تجنب تلك المواد لأنها تؤثر علي كفاءة من أمثلة هذه المواد :-  
البولي فوسفات Poly Phosphate , كبريتيد الهدروجين الذي رائحته تشبه البهض الفاسد, المواد العضويه لا تزيد عن 5 - 4 ppm, الكلورين لا يزيد عن 0.5 ppm.

#### • الفلتر الميكرونية (الكارتریدج) :

وهي مرحله تسبق مباشره الدخول علي أغشىه المحطة

\* فلتر الكارترى دج يعتبر أمان وحمى للأغشىه و طلبة الضغط العالي من الجزيئات المعلقة الكبيرة نسبياً والتي ربما مررت من الفلتر الرملي والكربوني بجانب المواد المعلقة الصغيرة التي لا تستطع الفلتر الرملي حجزها فهي تعتبر بمثابة تأكيد علي نقاء المياه قبل الدخول علي الأغشىه.



ي تكون هذا النوع من خيوط من البولي بروبيلين أو من ألياف قطنية على هيئة خيوط ملفوفة أو مضغوطة تحت درجة حرارة تحجز العوالق ولها قطر معين تبعاً للاحتجاج

يوجد مقاسات مختلفة الخاصة بفلاتر الكارتردج مثل 1 ، 3 ، 5 ، 10 ، 25 ميكرون .



شممات الفلتر المستخدم في المعالجة الأولى ي تكون غالباً 5 ميكرون و ي تكون طول شمعة الفلتر 40" أو 50" و النوعان المشهوران هما الشمع الملفوف حلزونياً و الشمع المصمت .

متى يتم تغيير شمعات الفلتر القطني ؟

- عندما ي تكون فرق الضغط بين الدخول و الخروج 1 بار .
- انتهاء العمر الافتراضي لها .
- تبعاً لجودة مياه التغذى و اختبار SDI .

#### • حساب تصرف الفلتر القطني

- ) ➤ يتم حساب تصرف الفلتر القطني من خلال حاصل ضرب تصرف الترشيح للشمعة \* عدد الشمعات داخل الفلتر .
- معدل الترشيح للشمعة =  $(0.6 - 0.8) \text{ م} / 3 \text{ الشمعة}$  10 بوصة قطر 2 بوصة او  $(0.6 - 0.8) \text{ م} / 3 \text{ م}^2 / \text{س}$

❖ مثال توضيحي :

❖ لون ان لدينا فلتر قطني يحتوى على عدد (60) شمعة قطنية -  
الشمعة 40 بوصة تعمل بمعدل ترشيح  $(0.6) \text{ م} / 3 \text{ الشمعة}$  10 بوصة

❖ احسب متوسط تصرف الفلتر القطني المذكور

➤ تصرف الشمعة = معدل الترشيح \* طول الشمعة =  $0.6 * 4 = 2.4 \text{ م} / 3 \text{ س}$

$$\Rightarrow \text{معدل تصرف الفلتر} = \text{تصرف الشمعة الواحدة} * \text{عدد الشمعات} = 144 = 60 * 2.4 = 3 \text{م}^3/\text{س}$$

### طلبات الضغط العالي

طارة مركبة	طلبات بستيمية	وجه المقارنة
لا تحتاج	تحتاج	CHECK VALVE
متغيرة	ثابتة وبالتالي الإنتاجية ثابتة	كمية المياه
لا تحتاج	يجب التركيب	حساس ضغط عالي
فردي وزوجي	فردي فقط	البساطة
لا تحتاج	تحتاج	خراطيم السحب والطرد
لا تحتاج	يلزم استخدامه في السحب والطرد	ممتص صدمات (Dumper)
عالية	منخفضة	سرعة الدوران
صغريرة وبالتالي أقل ثمنا	كبيرة	الحجم
صيانة كثيرة بتكلفة عالية	صيانة قليلة بتكلفة منخفضة	الصيانة
عالي	منخفض	استهلاك الكهرباء

## درجات الاستانلس والأكواد الخاصة بها

## Stainless Steel

## • الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستيني

## Austenitic Stainless Steels

يحتوي الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستيني الأكثر شيوعاً على 18% كروم و 8% نيكل. لديهم مقاومة ممتازة للتأكل ، قابلية اللحام.

الخواص	الموديل
درجة حرارة عالية المقاومة	253MA (S30815)
قوة عالية للمكونات الهيكيلية المشكّلة	301LN ، 301L ، 301
درجة تقسيمة منخفضة لدرجة التصلد للأجزاء السحابة الباردة	302HQ
درجات شريط بالقطع الحرّة	303Se ، 303
تحسين مقاومة التأكل تأليباً في بيئات كلوريد	316H ، 316L ، 316
درجات ثابتة للحام القسم التقيل وتطبيقات درجات الحرارة العالية	347 ، 321H ، 321
مقاومة عالية للتأكل العام والتآثير والتآكل للتصدع	904L
درجات عالية مقاومة درجات الحرارة	310H ، 310S ، 310
قياسي 8/18 درجات	304H ، 304L ، 304

## • دوبلكس الفولاذ المقاوم للصدأ

## Duplex Stainless Steels

زيادة تركيز الموليبدينوم وجعلها أقوى من حيث مقاومة التأكل من الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستيني

## Cr-Ni-Mo

يحتوي على الكروم عالية نسبياً (بين 18 و 28 %) و كميات معتدلة من النيكل (بين 4.5 و 8 %) ، الموليبدينوم والنيتروجين لإعطاء بالقرب من مزيج متساو من الأوستينيت والفريت. محتوى النيكل

غير كاف لتوليد بنية الأوستينيti بالكامل والمجموعة الناتجة من الهياكل الحديدية والأوستينيti يسمى دوبلكس.

يحتوي معظم الفولاذ المزدوج على الموليبدينوم في نطاق يتراوح بين 2.5 و 4 %. هذه لديهم مقاومة عالية للتآكل الإجهاد ، تكسير وأيونات كلوريد تشقق. لديهم أعلى الشد وإعطاء قوة من الأوستينيti من الفولاذ من الحديد وكذلك جيدة قابلية اللحام والقابلية للتشكيل. وهي تستخدم عادة في التطبيقات البحرية

، محطات تحلية ، مبادرات حرارية ، مصانع البتروكيماويات . موصى به الموسعة استخدام حدود درجة الحرارة من -50 إلى +300 درجة مئوية بسبب التقصف

316 Lean duplex – 2101 بديل اقتصادي لـ 304 و 316

2304 دوبلكس بديل للصنف 316

ستاندرد الفولاذ المقاوم للصدأ القياسية – مقاومة عالية للتآكل وتأثير الإجهاد	2205
سوبر دوبلكس مع مقاومة عالية جدا للتآكل وتأثير الإجهاد	2507
سوبر دوبلكس مع مقاومة عالية جدا للتآكل وتأثير الإجهاد	2507Cu

لتحميل جداول الخصائص والصفات لأنواع Stainless Steel

الملف بصيغه pdf

<http://www.atlassteels.com.au/site/pages/stainless-steel-tube-pipe-and-fittings.php>

## أوعية الضغط ومكوناتها

يتم تصنيفها من حيث القطر باقطار (2.5&6&16&8) بوصة

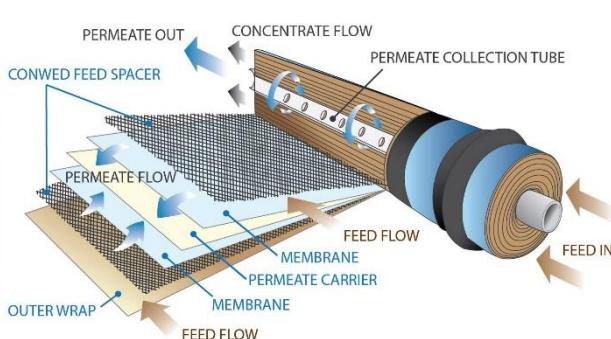
من حيث الضغط (600 & 1000 & 1200 psi)



من حيث عدد الأغشية من (7 إلى 11)

## أنواع الأغشية المستخدمة في التحلية (RO)

### • اللوح الحزواني: Spiral wound module



وهذا هو النوع التقليدي والأكثر شهراً ... حيث يتم تشكيل هذه الأغشية على هيئة ألواح حزوانية واسعة في طبقات متتالية مع وجود مواد مدمعة مثل "الظرف envelope" وهذه الألواح تكون ملفوفة على أنبوبة من الصلب وهذه الأنبوبة الصلبة مقبة Perforated steel tube ويتم

ثبيتها في الجزء الأوسط من وعاء الضغط وترى فيها مياه البيرميت كما ذكرنا وتسمى أيضاً

Permeate collection tube.

وهذا التصميم يساعد على زيادة مساحة السطح في أقل حيز وتكلفته منخفضة ولكن يعييه حساسيته

للتلوث وصعوبة صيانته بسبب طريقة صنعه.

وما يحدث هو أن مياه التغذية تدخل إلى فراغات تسمى feed spacer ثم تخترق الغشاء لتدخل عبر قنوات أخرى تسمى spacer permeate channel بين طبقات الأغشية حيث تسرى فيها المياه المفلترة أو البيرميت في مسارات حلزونية ومنها إلى الأنبوة الداخلية التي تجتمع فيها مياه البيرميت. إسما آخر يطلق على القنوات permeate water carrier هو ال permeate channel نظراً لأنه يحمل مياه البيرميت إلى الأنبوة الداخلية.

ونلاحظ وجود طبقات داعمة (دعامات) تلف بشكل حلزوني مع الأغشية لثبيتها وحمايتها من التغير في الضغوط أو زيادة كثافة التحميل عليها.

وأحبينا أن نمد حضراتكم بعدة صور من هذا النوع كي يتضح ما قلناه ... تأملوا كل جزء في هذه الصور من حيث الطبقات وترتيبها وسريان المياه داخل الأغشية...

### Hollow fine fibers module (HFRO) •



وهي تُشبه خيوط شعر الرأس المجوفة ... وهي عبارة عن غلاف أو Shell يحمل بداخله عدد كبير من الأنابيب hollow tubes أو شعيرات مجوفة fibers مجمعة في حزم Bundles ولها قطر من 0.1 إلى 2 ملليمتر ... وعندما يدخل مياه التغذية خلال فتحات الألياف (open cores) فإن المياه تخترق جدار الألياف وتخرج البيرميت في المنطقة المحيطة بها (وليس من المنتصف كما في اللوح الحلزوني).

ولأن هذه الشعيرات المجوفة لا تسمح بحدوث تدفق مضطرب turbulent flow فإنها تكون عرضة أكثر للفاولينج أو تكون القشور Scale ومن الصعب تنظيفها كيميائياً ... ولذلك في الغالب ما تستخدم مع مياه البحر حيث أن احتمال تكون الفاولينج يكون ضعيف ... واستخدامه مع المياه ال brackish يكون محدود

## • الأغشية الأنبوية: Tubular membrane

هذا النوع أيضاً يتم استخدامه مع المياه ذات الجودة السيئة أو اللزجة Viscous و هي لا تحتاج لمعالجة ابتدائية لمياه التغذية و تعمل لضغط عالي جداً قد تصل إلى 100 بار



و من الاسم نستنتج أن كل غشاء يوضع في أنبوبة متقوية وهذه الأنابيب يتم تجميعها مع بعضها كالحزمة فيما يُسمى بالModule. قطر الأنبوبة يتراوح ما بين 4 - 25 مم .

تدخل مياه التغذية إلى الأنابيب والبيرميت الذي نفذ عبر الأغشية يخرج من التقوب الجانبية ليتم تجميعه و مياه الريجيكت تخرج من الطرف الآخر من الأنابيب.

## • plate and frame membrane module

يعتبر النوع ده مثالى للتطبيقات التي تحتوي على نسبة عالية من ال suspended solids أو ال membranes high TSS ، و جاءت تسميه هذا النوع من الشكل اللي تم تصنيعه به ، لأن توزيع ال



فيه بالفعل على شكل ألواح أو flat sheets بيتم وضعها على شكل plates وربط كل اثنين منها

permeate مع أنبوب ال back to back الرئيسي ، ال support plate اللي في النص ده لتفادي إن الممبرينات تنزق في بعض ، و أخيراً بيتم جمع الهيكل ده كله داخل إطار أو ( frame ) كما هو مبين في الصورة.

## جدول يوضح مقارنة بين أنواع الأغشية

Hollow fiber	Spiral wound	Plate and frame	Tubular	نوع الغشاء من حيث
عالية جدا	عالية	قليلة	قليلة جدا	كثافة الحشو (packing density)
عالية جدا	عالية	قليلة	قليلة جدا	الميل لن تكون الفاولينج (Fouling)
ضعيف	جيد	جيد جدا	ممتاز	سهولة التنظيف (Cleaning)
منخفضة	منخفضة جدا	عالية	عالية جدا	تكليف التشغيل (Operating cost)

## جدول يوضح تطور الأغشية

ثين فيلم كومبوزيت THIN FILM COMPOSITE	سيلايلوز تري أسيتات CELLULOSE TRI-ACETATE	سيلايلوز أسيتات CELLULOSEACETATE
حساس تجاه مادة الكلور مما يلزم إزالتها قبل وصول المياه إلى الأغشية. مقاومة للبكتيريا. نسبة حموضة PH تتراوح بين 3 و 11. من أكثر أنواع الأغشية إنتاجاً للمياه. salt rejection سنوات خدمة طويلة في حال توفرت مواصفات التشغيل الصحيحة.	تحمل لمادة الكلور. يتحمل أنواع متعددة من البكتيريا. نسبة حموضة PH تتراوح بين 4 و 8. معدل إنتاج مياه ممتاز. استعمال مياه تحتوي على كلور يطيل عمره.	يتحمل لمادة الكلور غير مقاوم للبكتيريا نسبة حموضة PH تتراوح بين 6 و 8. معدل إنتاج مياه جيد. يستخدم مع مياه تحتوي على نسبة معينة من الكلور.

## التعرف على أجهزة القياس المختلفة

### أجهزة القياس الكيميائية والفيزيائية

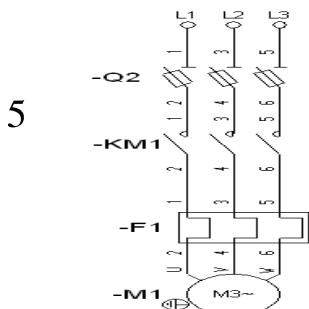
- جهاز قياس الكلور المتبقى ( Oxidation Redaction Potential : ORP )
- جهاز قياس الاس الهيدروجيني ( PH )
- جهاز قياس التوصيلية الكهربائية ( Conduactivity )
- جهاز قياس العكاره ( Turbidity )
- جهاز قياس مؤشر كثافة الطمى ( SDI )
- جهاز قياس درجة الحرارة

### أجهزة القياس الميكانيكية والكهربائية

- جهاز قياس الضغط
- جهاز قياس فرق الضغط
- جهاز قياس التدفق
- جهاز قياس المنسوب
- جهاز قياس الجهد الكهربى
- جهاز قياس التيار الكهربى
- جهاز قياس الإهتزازات
- جهاز قياس معامل القدرة

## أنواع بادئات حركة

### • طريقة التحميل المباشر direct on line start



هو ابسط الانواع و فيه نوصل المصدر مباشرة الى المحرك

يجب استخدامه فقط في المحركات منخفضة القدرة ( عادة اقل من 5 حصان )

### • Star-Delta Motor Starting method

هذه الطريقة مناسبه لمحركات ذات الست أطراف والتي نوصل ملفاتها على شكل دلتا (  $\Delta$  ) أثناء التشغيل العادي حيث نوصل ملفات العضو الثابت عند البدء على شكل ستار (  $\wedge$  ) ونتيجه لذلك يقل جهد الوجه إلى  $(1/3\sqrt{3})$  من جهد المصدر وينخفض تيار الخط إلى  $(1/3)$  قيمة التيار المار في حالة التوصيل على شكل دلتا وبالتالي فإن العزم ينخفض إلى  $(1/3)$  قيمة المقاومة ويتم توصيل الأطراف على شكل ستار حتى تصل سرعة العضو الدوار إلى 75% أو 80% من السرعة المفتوحة حينئذ يتم تلقائياً تغيير التوصيل إلى دلتا ...

### • السوفت ستارتر Soft Starter

جهاز يقوم بالتقويم الناعم للموافير ذات القدرة الكبيرة والمتوسطة لتقليل تيار البدء والذي يكون عالياً عند التشغيل المباشر للموتور من خلال كونتاكتور مثلاً ولرفع سرعة الحمل تدريجياً من الصفر حتى السرعة القصوى وهو البديل الأفضل لدوائر ستار دلتا خاصةً في القدرة الكبيرة والجهاز إليه مرتبطة بقدرة المотор. وعند الانتهاء من تقويم المотор يقوم بتشغيل كونتاكتور داخلي ويتحول إلى كونتاكتور عادي. يمكن أيضاً استخدامه لإيقاف الحمل تدريجياً Soft Stop حمايةً له يؤدي الجهاز مهمته في التقويم والإيقاف الناعمين عن طريق تطبيق جهد التغذية بشكل تدريجي من قيمة معينة حتى قيمة الجهد في خلال فترة Start Time وذلك باستخدام ثايرستور لكل فازة Starting Voltage والتحكم في درجة إشعاله Firing يعني هو يقوم باجزاء الجهد المطبق ويرفع من نسبة هذا الاجزاء تدريجياً حتى يصل إلى 100% وفي كل الحالات يكون للموجة نفس تردد الموجة المغذية

جهاز يستخدم للتحكم في سرعة مواتير AC من لحظة تشغيلها إلى لحظة إيقافها مروراً بفترة تشغيلها العادية وال الحاجة إليه مرتبطة بمدى الرغبة في تغيير سرعة الحمل وليس بقدرة وحجم المотор. يتحكم الجهاز في سرعة المотор عن طريق تغيير جهد وتردد الموجة المطبقة على ملفات المотор ويتم ذلك من خلال تحويل الجهد AC المغذي للجهاز إلى جهد DC بواسطة موحد Rectifier IC و مكثفات الكترولوبية ثم تحويله إلى موجة ترددية AC عن طريق مجموعة من الترانزستورات - عادة من نوع Insulated Gate Bipolar Transistor IGBT هذه المجموعة تكون ما يسمى Inverter IC- وهذا الموجة يمكن التحكم في قيمة الجهد الفعال لها وفي ترددتها عن طريق التحكم في معدل وطريقة اشعال Firing هذه الترانزستورات حتى نحصل على السرعة المطلوبة. أحياناً تكون كل منها منفصلة وأحياناً يتم دمجها في IC واحدة تعرف بـ Rectifier IC و IGBT Module.

نتيجة لتغيير الجهد والتردد معاً للموجة المطبقة على المotor فإن العزم يكون تقريباً ثابت والأمير الذي يسحبه المotor لا يتعدى تقريباً الأمير المقنن للمotor Rated Current حتى عند بدء الدوران Starting

يتحكم الانفرتر في تقويم المotor بنفس طريقة تحكمه العادي في حالة التشغيل العادي حيث يقوم برفع الجهد والتردد تدريجياً من الصفر حتى يصل إلى السرعة الأولية المبرمجة أو السرعة المطلوبة في خلال نسبة من زمن يسمى زمن التسارع Acceleration Time تم تحديده Reference Speed وبرمجه مسبقاً

وكذلك عملية إيقاف المotor يقوم بخفض الجهد والتردد تدريجياً من القيمة التي هو عليها لحظة طلب الإيقاف حتى يصل إلى الصفر في خلال نسبة من زمن يسمى زمن التسارع Deceleration Time تم تحديده وبرمجه مسبقاً

هذه النسبة تكون 100 % إذا كانت السرعة الأولية للتشغيل هي السرعة القصوى أو السرعة الحالية لحظة طلب الإيقاف هي السرعة القصوى

يتم برمجة الجهاز على القيم المقننة للجهد والتردد والأمير للمotor. يمكن برمجة الجهاز لرفع سرعة المotor عن السرعة المقننة - عندنا في مصر 50 هرتز - ولكن سيكون ذلك على حساب العزم حيث لا يمكن زيادة الجهد عن القيمة المقننة

أيضاً الانفتر لن يستطيع إخراج قيمة جهد أعلى من التغذية وعليه فلا يمكن تشغيل موتور 380 على انفتر 220 وإذا تم فسيكون العزم أضعف

### الغسيل الكيميائي

الغسيل الكيميائي للأغشية هو مرحلة نضطر إليها لتنظيف أغشية التناضح العكسي بسبب ظهور الفاولينج والقشور على أسطحها وهي عملية تهدف إلى تخلص الأغشية المسكونة من التربات وتحويلها إلى مواد ذاتية يتم التخلص منها بعيداً عن أوعية الضغط هي عملية الهدف منها رفع كفاءة وجودة الأغشية مرة أخرى عن طريق التخلص من الرواسب المتراكمة ... الجدير بالذكر أننا نقوم بالغسيل العكسي للأغشية حيث اتجاه سريان مواد الغسيل هو نفسه اتجاه المياه المغذية للمحطة

أولاً : مؤشرات اللجوء إلى الغسيل الكيميائي

وكيف نعرف أن هناك Fouling وما هو علاجه و ما هي اسبابه وطرق علاجه اي نوع من التربات scaling التي تترسب او تظهر على سطح الغشاء بما فيه Fouling ويظهر على اداء الاغشية تحدث الآتي

- 1- ينخفض ال flux بنسبة 10 - 15% من قيمته في الظروف الأولية.
  - 2- ارتفاع ضغط التغذية feed pressure بنسبة 10 - 15% من قيمته في الظروف الأولية.
  - 3- انخفاض ال Salt rejection بنسبة 5 - 15% من قيمته في الظروف الأولية (أو ارتفاع نسبة الأملاح في المياه المنتجة بنسبة 5 - 15% من قيمته في الظروف الأولية).
- ملحوظة: الظروف الأولية Initial conditions هي الظروف التي كانت عليها الوحدة أثناء أول 48 ساعة بعد ثبوت القراءات يعني عند ال start up لذا يجب تسجيل هذه القراءات الأولية وتدوينها أو إستخراجها من برنامج (Normalization) لأنها ستكون المرجع الذي سيتم مقارنة القراءات الجديدة به .

- 4- زيادة Salt passage في المياه المنتجة
- 5- نقص في permeate flow للمياه المنتجة
- 6- زيادة في فرق الضغط بين feed وconcentrate



## تخلص اسباب حدوث Fouling كالاتى :

- 1- نظام المعالجة الاولية غير كافي
  - 2- اختلال في نظام المعالجة الاولية
  - 3- اختيار غير مناسب للمعدات (الخطوط، المضخات)
  - 4- فشل في نظام حقن الكيماويات او انه لا يعمل
  - 5 . عدم ملائمة ظروف التشغيل
  - 6- تراكم الرواسب على فترات طويلة
  - 7- تغير في تركيب مياه التغذية feed
  - 8- التلوث البيولوجي لمياه التغذية feed
- يتم علاج Fouling بالغسيل الكيميائى للاغشية لذا فإن الاختيار الخاطئ للكيماويات في الغسيل يؤدي إلى تدهور الغشاء او تلفه
- مكونات منظومة الغسيل الكيمائى CIP Unit وشروط بدء الإستخدام هي عبارة عن خزان متصل بأنابيب مع محطة التحلية بحيث يتم تدوير المياه في دائرة مغلقة تضم الخزان مع كل pressure vessel داخل محطة R.O. عبر مضخة حيث تتحرك المياه من الخزان عبر المضخة إلى المحطة و الرجوع مرة ثانية إلى الخزان مع التأكيد بأن خط انتاج المحطة و خط المياه المرفوعة تصب في هذا الخزان.

• الأحتياطات الواجب مراعاتها قبيل و اثناء عملية الغسيل:

- 1- مراعاة شروط السلامة لعمال و فنين المكان و الخاصة بالتعامل مع الكيماويات ووجود نشرة الأمان و السلامة لكل المواد المستخدمة
- 2- التأكيد من أن المياه المستخدمة في عملية الغسيل خالية تماما من الكلور الحر
- 3- اثناء عملية تدوير المياه التأكيد من أن خطى الانتاج و الراجع تتدفق منه المياه داخل الخزان

4- ضغط المياه على الخط لا يتجاوز 4 بار بضبط محبس مضخة التدوير

5- التأكد من أن كل محابس التغذية و المياه الراجعة مفتوحة تماماً.

6- التأكد من أن معدل تدفق المياه لا يتجاوز  $9 \text{ m}^3/\text{ساعة}$ .

7- قيمة  $\text{pH}$  للمحلول المجهز داخل الخزان لكل أنواع الكيماويات المستخدمة يجب أن يكون مابين 2 - 12 وكذلك على جميع نقاط التدفق.

8- إزالة أي float switch على الخزان لتقادي اي Membrane على back pressure

9- ملئ خزان الغسيل بالكمية المطلوبة من المياه طبقاً للحسابات المتفق عليها في عمليات الغسيل اذا كانت المحطة تتكون من مراحلتين أو 3 مراحل، يفضل فصل كل مرحلة و غسلها على حدة حساب كمية المياه المطلوبة للغسلة الواحدة:

كل غشاء 8 بوصة يحتاج إلى 32 - 35 لتر، لذلك نحسب عدد  $\text{membranes}$  الموجودة في المحطة و نضربها  $35 \times$  لتر بالإضافة إلى حجم الخزان ونضيف عليهم 20% يتم التخلص منها كـ *recirculation* once Through عند بدء العملية وقبل ما بنعمل.

طريقة الغسيل الكيميائي لمحطة:- Reverse osmosis

نحدد بالضبط نوعيه المشكله عن طريق تحليل  $\text{scale}$  و معرفة نوعه وكميته و اذا وجد *fouling* وبالتالي هنقدر نرشح المواد المطلوبة للغسيل.

- الحالات العامة والمحتملة للمشاكل:

1- فإذا كانت المشكله *fouling* تقوم بالغسل بـ *alkaline cleaners* مثل صودا اش أو صودا كاوية مضافاً إليهم *detergents* . في حالة وجود *fouling* يحذر استخدام أي *acid* في بداية الغسيل لأن الحمض يجعل كل الحبيبات الدقيقة تلتتصق على سطح الاغشية يصعب جداً ازالتها لذلك يجب التأكد اذا كان فيه *normal fouling* أو *bio fouling* .

2- في حالات وجود ترببات ملحيه ناتجه عن تراكم أملاح الكربونات، يجب استخدام الأحماض مثل *hydrochloric acid* و *sulfamic acid* أو *citric acid* دائمآ

3- في حالات وجود أملاح metal oxides و sulphate salts يتم استخدام chelating agents

4- وفي حالة تواجد أملاح للباريوم و الإسترانشيوم و الفلورايد و السليكا وهي الأصعب على الإطلاق في إزالتها لذلك يفضل أن يتم عمل pre-treatment للمياه بشكل فعال قبل دخولها على المحطة لتفادي تراكم المشاكل لذلك من المهم جداً تحليل المياه في بداية تشغيل المحطة و رسم تصور لأنواع التكلسات المحتملة وكيفية التغلب عليها في التصميم.

مياه التغذية عادة ما تحتوى على (مواد عضويه, بكتيريا, طفله, اكاسيد معادن, رواسب الكالسيوم.....الخ) والتي تؤثر على اداء Membrane, والتي تترسب على سطح الغشاء.

وحتى يقوم الغشاء بعمله بشكل جيد يجب حمايته من الحالات الآتية:

1- الاكسدة. Oxidation

2- الاتساخ Fouling

3- التلوث البكتيري Bio fouling

4- الترسيب Scaling

لذا تم وضع نظام المعاجة الاولية Pretreatment system للحد من الملوثات ومعالجة الحالات السابقة، والحفاظ على سطح الغشاء وجعل النظام يعمل بكفاءة .

كيف ت تكون الترسيبات:

تبدأ أول مراحل الترسيبات حيث تتشكل بلورات (كريستالات) الأملاح تشكيلًا مبدئيًّا في مرحلة نسميتها pre-clustering أو مرحلة ما قبل تكون عناقيد البلورات ... وهذه البلورات تكون مصيدة لجزيئات أخرى من الأملاح فوق مرحلة التسبّع ... تراكم بعضها فوق بعض لتكون بلورات ضخمة تترسب على سطح الأغشية .

إن ديناميكية عملية الترسيب يؤثر فيها عدة عوامل مثل الحرارة والـ  $\text{pH}$  والتركيب الكيميائي للأملاح نفسها والزمن اللازم لتكون بلورات هذه الأملاح المختلفة ويطلق عليه الـ induction time من صور الترسيبات الكيميائية التي تظهر في الأغشية: السيليكا والكاتيونات الموجبة: الكالسيوم والمغنيسيوم والباريوم والسترانشيوم

والكاتيونات السالبة: الكربونات والكبريتات والفوسفات

وتسبب تكون القشور **Scales** أعراض مهمة أهمها تقل وزن الغشاء وانخفاض في تدفق المنتج نظراً لحدوث ترببات تسد تقوب الأغشية

قبل البدء في عملية الغسيل تحديد نوع **Foulants** كى نحدد نوع الغسيل اللازم و يتم ذلك بإتباع الآتى

:

1-الاطلاع على التحاليل الخاصة بمياه التغذية والمعالجة الإبتدائية.

2- فحص فلتر الكارترidding قبل الأغشية عند الشعور بملمس لزج أو جيلاتيني فإنه يدل على وجود بايوفاولينج أو فاولينج عضوي كما أنه يمتاز باللون الأسود أو القاتم وإذا وجدت طفلة على الفلتر والمعروفة بلونها البيج (الطحيني الفاتح) وهي تتكون على الفلتر بصورة أكبر من الأغشية فنقول أن هناك مؤشر لفاولينج فيزيائى.

3- ورقة الترشيح الخاصة بالSDI تعطى مؤشر بنوع الاتساخ من خلال اللون فمثلاً اللون الأصفر يعبر عن احتمالية وجود الحديد أو المواد العضوية واللون الأحمر أو البنى المحمراً يعبر عن وجود حديد بصورة أوضح واللون الأسود يعبر عن احتمالية وجود منجنيز ويدل هذا اللون الأسود عند معاملة ورقة الترشيح بحامض. فإذا كان اللون رماديًا غامقاً فإنه قد يدل على وجود رقائق الفحم ويجب عمل فحص للفلتر الكربوني أو فحم الأنثراثيت في المالتيميديا.

4-الاطلاع على تاريخ الغسيل للمحطة كى نحدد ونركز وجهتنا.

5- المواسير في المحطة سواء أكانت PVC أو استانلس ستيل يتم كشط عينة من المواد المترسبة عليها كى تعطى مؤشر لنوع الفاولينج الذي قد يترسب على الأغشية قد تظهر طفلة قد تظهر ترببات الحديد الذي لا يكتفى بالأغشية بل يترسب على كل أجزاء الوحدة من مضخات وخطوط ولونه بنى محرم.

6- فتح أو عية الضغط الأمامية قد نرى المياه الساقطة بها طفلة فنعرف أن المحطة تحتوى عليها بنسك كبيرة ونبداً بالAnti-telescoping device والأجزاء البلاستيكية الخاصة بالأغشية وننظر إلى ملمسها لو كانت طبقة لزجة فيكون هناك بيو فاولينج أو فاولينج عضوي ولو ظهر لون بنى محرم مثلاً فيكون هناك ترببات الحديد وفتح كذلك الـ **end cap** في المراحل الأخيرة من الأغشية فإذا وجدنا ملمس خشن (مثل ورقة الصنفرة) فهى بوادر لتكون قشور الأملام .

المنجنيز يترسب مع الحديد في مقدمات الأغشية وأحياناً كثيرة يترسب في النهايات ناحية الريجيكت

و غالباً ما يكسو الغشاء باللون الأسود أو الأسود ولكن بدون رائحة (عكس البيوفاولينج المعروف برائحته الكريهة !)

7- تحليل أداء المحطة من خلال log sheet

8- تحليل مياه التغذية

9- مراجعة مرات الغسيل السابقة

10- ملاحظة اذا كان هناك ترسيب foulants على السطح الداخلي لخطوط مياه التغذية الكيموبيات المستخدمة في عملية الغسيل.

ما هي أنواع الكيماويات التي تستخدم في الغسيل الكيماوي للأغشية؟

اختيار المادة المستخدمة في الغسيل نرجع فيها إلى توصيات الشركة المنتجة للأغشية وليس للشركة

التي تورد هذه المواد الكيماوية

الغسيل الكيمايئي ينقسم إلى 3 أقسام

1- الغسيل الحامضي.

2- الغسيل القاعدي.

3- الغسيل الحيوي

4- بمواد كيميائية أخرى.

وقبل أن نتكلم عن الغسيل الكيمايئي يجب أن نعرف ونحدد نوعية الضرر الذي حدث للأغشية

سنستعرض الآن أنواع الترببات المختلفة ثم نذكر أنواع المواد التي تستخدم في الغسيل وكفائتها في

تنظيف الأغشية والتفاعلات الكيميائية ثم بعملية عكسية نجمع أنواع الترببات في جداول ونفترح

الغسيل المناسب له

**أنواع الانسداد (Fouling) المختلفة:**

1- الانسداد الحيوي (Biofouling) نتيجة تراكم ونمو الكائنات الميكروسكوبية

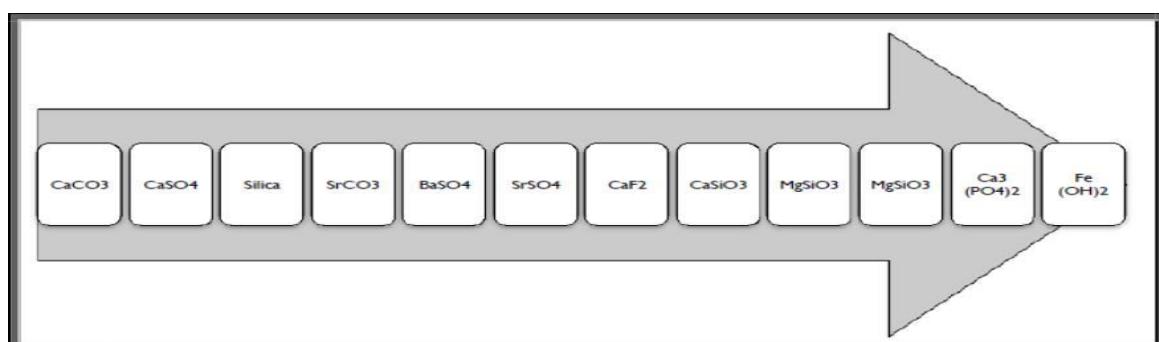
2- الانسداد العضوي (Organic fouling) نتيجة تراكم مواد عضوية طبيعية أو مُصنعة

3- الانسداد الغروي (Colloidal fouling) نتيجة تراكم المواد العالقة على الأغشية

4- انسداد الحديد والمنجنيز (Iron & Manganese fouling) ترببات اكاسيد الحديد والمنجنيز

5- انسداد القشور الملحية (Scaling fouling) ترببات قشور بعض الأملاح كربونات الكالسيوم

وكبريتات الكالسيوم والسيليكا وغيرها كما تظهر في الصورة التالية



## المواد الكيميائية التي تستخدم في الغسيل الكيميائي ثم ننتقل

## 1-الغسيل الحامضى Acidic cleaning

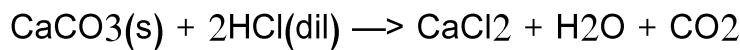
يتم تطبيقه بقيم لـ  $\text{pH}$  تتراوح ما بين 2 - 3 وهذا بناءً على التوصيات الخاصة بالغشاء من قبل الشركة الموردة وتحمل الأغشية لهذا الوسط

(الحمض القوى هو الحمض الذي يتحلل بالكامل في الماء فنستفيد بكل ذرات الهيدروجين التي تستخرج منه والحمض الضعيف هو الذي لا يتحلل بالكامل في الماء فلا تتحرر كل ذرات الهيدروجين منه ولذا عندما نستخدم الحمض الضعيف فيجب أن نزيد تركيزه عن الحمض القوى في عملية الغسيل أو نزيد الكمية التي نغسل بها أو الإيثان معاً.

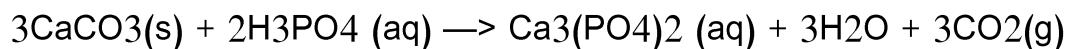
ومجموعة الأحماض لها القدرة على الاتحاد بالكاتيونات الموجبة الثانية مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والحديد الثنائي

الحمض يتحد مع شق الكربونات يعطى ثاني أوكسيد الكربون وماء بجانب الملح المشتق من الملح المترسب ويجب أن يكون ذائباً في الماء ولا يترسب هو أيضاً وإلا ذهبت مجهوداتنا أدراج الرياح يتم استخدام حمض الهيدروكلوريك أو حمض الفوسفوريك أو حمض الستريك أو حمض السلفاميك أو حمض الأوكساليك

فحمض الهيدروكلوريك حمض قوى يعمل على إذابة الاملاح بكفاءة وعند اتحاد حمض الهيدروكلوريك المخفف مع كربونات الكالسيوم (أو المغنيسيوم) ينتج كلوريد الكالسيوم الذائب ومعه ثاني أوكسيد الكربون و الماء:



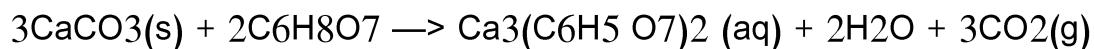
وحمض الفوسفوريك أيضاً يستخدم ويعطى هو الآخر نتائج رائعة حيث يعطى ثانوي فوسفات الكالسيوم الذائب و معه الصديقان المعتادان:



وحمض السلفاميك يكون **الكالسيوم سالفاميت الذائب Calcium sulphamate** إذا اتحد بكربونات **الكالسيوم**:



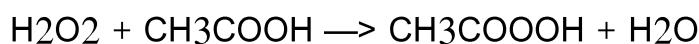
وحمض الستريك (حمض ملح الليمون) ... وإن كان يعتبر حمضاً ضعيفاً لكن يستخدم في إزالة كربونات **الكالسيوم** ويكون **الكالسيوم سترات Calcium citrate**:



كما أن حمض الستريك يعمل على إزالة الحديد المترافق على الأغشية وخاصة الأغشية الأولى (القائدة) وحمض الستريك يميزه بأنه متواافق سهل المنال.

وحمض الكبريتيك لا يُفضل استخدامه في الغسيل حتى لا تترسب أملاح كبريتات **الكالسيوم**. أما فوق أوكسيد الهيدروجين **Hydrogen peroxide** أو ما يطلق عليه ماء الأوكسجين ورمزه الكيميائي **H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>** فهو يستخدم كمعقم قوى يقتل الميكروبات ويسمى تجارياً في بعض الأحيان **البفرى**.

فإذا اجتمعا ماء الأوكسجين مع حمض الأسيتيك **CH<sub>3</sub>COOH** كونا في الخليط الجديد ما يُعرف بحمض **البيرأسيتيك أسيد Peroxyacetic acid (PAA)** أو **البيرأوكسي أسيتيك أسيد** **Oxonia** هو الذي يستخدم في التعقيم ورمزه الكيميائي **CH<sub>3</sub>COOOH** بالإضافة ذرة أوكسجين ثالثة على حمض الأسيتيك والأس الهيدروجيني **pH** يكون عند 2.8 يعني حامضية عالية. والأوكسونيا **Oxonia** هي اسم تجاري لهذه التركيبة المتوازنة من ماء الأوكسجين **H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>** وحمض الأسيتيك.



البيرأسيتيك أسيد معقم قوى يدمر الغشاء الخارجي للخلية الميكروبية عن طريق الأكسدة. ولأن ماء الأوكسجين والبيرأسيتيك أسيد من المؤكسدات القوية وتسبب تأكسد طبقة البولى أميد في الغشاء فيجب استخدامها تحت شروط قاسية حتى لا يتلف الغشاء:

- 1- أن لا يزيد التركيز عن الحد الأدنى المسموح به طبقاً لطبيعة كل غشاء (ويُفضل استخدامها فقط مع أغشية السليلوز) وفي المعتاد يكون التركيز 25 في الألف جزء في المليون.

- لاتزيد درجة الحرارة عن 25 درجة مئوية لأنها تحفز تفاعل الأكسدة لطبقة البولي أميد.
- ضمان خلو الأغشية من أي عناصر إنتقالية مثل الحديد والمنجنيز لأن هذه العناصر من طبيعتها أنها تستخدم كعوامل حفازة وبالتالي فهي تحفز هذه الكيماويات على مهاجمة وتدمیر الأغشية ... ومن الواقع العملي لا يُنصح بإستخدامها إلا تحت إشراف شركة الغسيل ومسؤوليتها وتعهدها بسلامة الأغشية

يتم إضافة هذه المواد مع المياه بالتركيزات المحددة ويتم الغسيل نصف ساعة عند حوالي 3 بار ونقل ال pH إلى 3.5 ثم نقوم بعمل غسيل rinse بمياه جديدة في دائرة مغلقة ثم بمياه جديدة حتى تصل ال pH إلى 6 أو 7 كما كانت.

ويفضل إلـ SMBS في التعقيم حيث يمكن حقنها مع مياه التغذية وهي تمنع ترسب الحديد والغشاء على الأغشية ... كما أنها تمنع وجود الهواء ونمو البكتيريا الهوائية بجانب الحفاظ على الغشاء.

## 2-الغسيل القاعدي Alkaline cleaning

حيث يتم تطبيقه في pH تصل إلى 10 - 12 (ولا تزيد عن 12) وفي المعتاد يستخدم في التطهير وقتل الخلايا الميكروبية ... وفي أحيان يستخدم في إزالة الأملاح المترسبة. الغسيل القاعدي غير مناسب للأغشية التي تصنع من السيلولوز حيث أقصى تحمل لها عند pH لا تزيد عن 5.6.5.

أمثلة للمواد القاعدية التي تستخدم في غسيل الأغشية

1- الصودا الكاوية (NaOH)

2- Ethylen diamine tetra-acetic acid (EDTA)

3- أملاح الإيدتا: Sodium salts of EDTA

- Na<sub>2</sub>EDTA is the Disodium salt of ethylene diamine tetra acetic acid
- Na<sub>4</sub>EDTA is the tetrasodium salt of ethylene diamine tetra acetic acid

## 4-المنظفات (surfactants)

- Quaternary ammonium compounds.
- (Na-DDS) or (SDS) or sodium salt of dodecyl sulfate.
- Sodium laurel sulfate.

- Sodium tripolyphosphate (STP).
- Tri sodium phosphate (TSP).

بالنسبة للصودا الكاوية أو هيدروكسيد الصوديوم فهي تستخدم في التعقيم وقتل الكائنات الميكروبية حيث أنها تقوم بعمل تحلل لجدار الخلية الحية علاوة على أنها تستخدم في إزالة بعض قشور الأملاح العنية مثل أملاح الكبريتات



وبالطبع هيدروكسيد الكالسيوم المكونة هي مادة ذائبة في الماء.

أما بالنسبة للأدبيات فتستخدم كمادة مساعدة في إزالة المواد الغروية والعضوية والبيولوجية وقشور أملاح الكبريتات والإيديات بودرة بيضاء اللون يتم خلطها في الماء قبل البدء في عملية الغسيل الكيميائي ولهاتركيب مخلبى يخطف الكالسيوم والمغنيسيوم

## 5- الغسيل بأملاح ومواد كيميائية أخرى



عند استخدام الصوديوم هيدروسلفاید يجب أن تكون الغرفة أو المحمصة بها تهوية جيدة لأن له رائحة سيئة نفاذة وفاسدة.

أيضاً يتم استخدام الفورمالدهايد 3% لو كان هناك فاولينج بيولوجي ... ونريد تطهير الأغشية من الكائنات الحية ويجب الحذر منه واتباع ارشادات السلامة والوقاية أثناء الاستخدام.

كما أن مركب الجلوتارالدهايد يستخدم كمطهر قوى GLUTARALDEHYDE

## Acids الأحماض

ملاحظات	الرمز الكيميائي	اسم المادة الكيميائية
حمض قوى	HCl	حمض الهيدروكلوريك (Hydrochloric acid)
حمض ضعيف	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	حمض الفوسفوريك (Phosphoric acid or orthophosphoric acid)
حمض قوى متوسط القوة	NH <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> H	حمض السلفاميك Sulfamic acid
حمض عضوي ضعيف	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	حمض الستريك (الليمونيك) Citric acid
حمض عضوي ضعيف	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	حمض الأوكساليك Oxalic acid
معقم قوى يقتل البكتيريا والميكروبات	(H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	ماء الأوكسجين (فوق أوكسيد الهيدروجين) Hydrogen peroxide
معقم قوى يقتل البكتيريا والميكروبات	CH <sub>3</sub> CO <sub>3</sub> H	Peracetic acid (PAA)

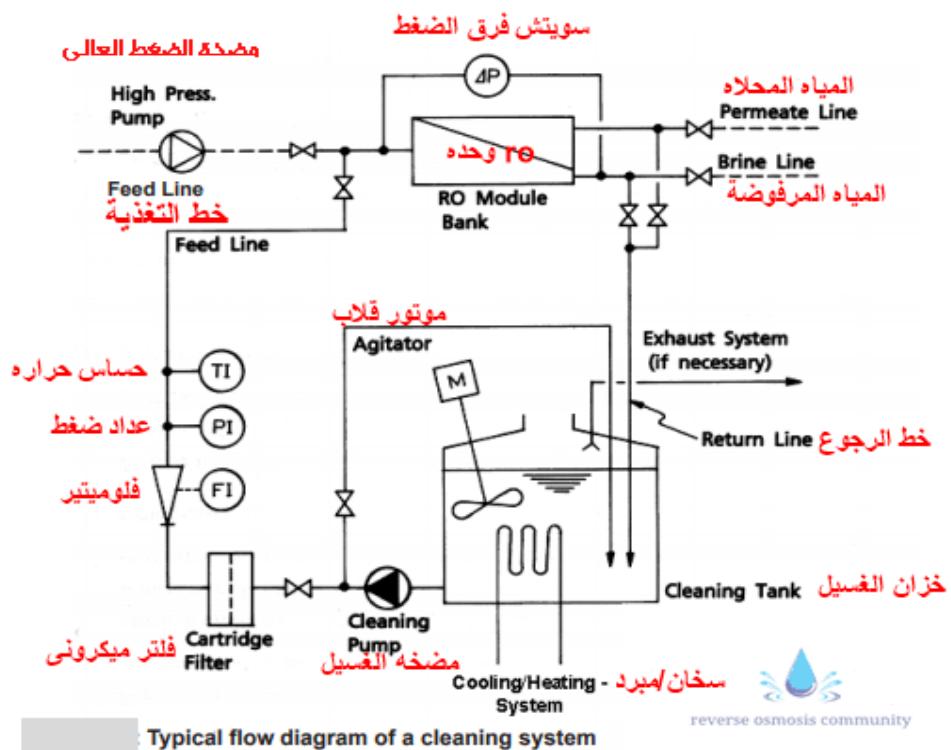
## Bases القلويات

ملاحظات	الرمز الكيميائي	اسم المادة الكيميائية
قاعدة قوية	NaOH	الصودا الكاوية (Sodium hydroxide)
-	N <sup>+</sup> R <sub>1</sub> R <sub>2</sub> R <sub>3</sub> R <sub>4</sub>	Quaternary ammonium compounds
-	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> N <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	ایثيلن داى أمين تتراء أسيتيك أسيد EDTA (Ethylene diamine tetraacetic acid)
-	Na <sub>2</sub> EDTA	the Disodium salt of ethylene diamine tetraacetic acid
-	Na <sub>4</sub> EDTA	tetrasodium salt of ethylene diamine tetraacetic acid
منظفات أنيونية		sodium salt of dodecylsulfate (SDS) or sodium lauryl sulfate (SLS) Na-DDS =

## أملاح ومواد كيميائية أخرى :

له رائحة البيض الفاسد ويحتاج للتهوية الجيدة في مكان الاستخدام	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	صوديوم هيدرو سلفايد Sodium hydrosulfite
معقم يقتل البكتيريا والقطريريات	CH <sub>2</sub> O	Formaldehyde
معقم يقتل البكتيريا والقطريريات	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	Glutaraldehyde

هناك لا شك بعض التحفظات على استخدام بعض هذه الكيماويات في بعض الحالات إذا كانت المياه المنتجة تستخدم فمثلاً استخدام الفورمالدهيد بحذر شديد جداً ويجب التخلص من أي أثار ويستخدم في حفظ الأغشية الفورمالدهيد ... ويتم استبداله بال SBS وهو الأفضل لأن الأول يسبب له عدة محاذير نذكر بأن الغسيل الكيماوي عادة ما يوصى برفع درجة الحرارة عن المعتاد (لا يزيد عن 35 درجة مئوية في المعتاد) ولا شك أن ذلك يُنجز من عمل الغسيل ويقلل وقته.



## مراحل الغسيل الكيميائى لمحطات تحلية مياه البحر

### • مرحلة الشطف (Pre-flushing)

وهي للتخلص من الأملأح في منطقة الأغشية.

و عمل الشطف Flushing للأغشية في البداية مهمة جداً و نستخدم فيها مياه نقية منتجة (البرمييت) الغير محتوى على كلور ويتم متابعة ال TDS و قيمة الأس الهيدروجيني pH حتى تستقر و تتشابه مياه البرمييت والشطف بماء البرمييت يكون عن طريق ال Flushing pump عند حوالي 4 بار لا نزيد عن ذلك ويكون في الاتجاه الطبيعي (يعنى ليس عكسي) فتمر المياه من خلال ال feed spacer الاتجاه المعتمد تماماً والمياه الناتجة والمحتوية على الأملأح يتم التخلص منها على الصرف Drain

عملية الفلاشينغ الأولية هذه تسمى ال DOC وهي اختصار Direct Osmosis cleaning وأهم مميزاتها أنها تقلل استهلاك الكيماويات المستخدمة في الغسيل وبالتالي توفر الطاقة والتكليف.

والكمية تكون عادة بالتجربة وخبرة المشغل وتصحية الشركات الموردة) يتم تحضيره في خزان الغسيل الكيميائي.

يحتاج كل غشاء element قطر 8 بوصة وطول 40 بوصة حوالي 40 – 55 لتر من المحلول ... فلو كان عندنا 36 غشاء يعني نحتاج إلى 36 في 50 لتر تقريباً محلول ويجب التأكد من خلط مادة الغسيل وتقليبها جيداً ويتم قياس ال pH قبل الاستخدام.

ادخال المحلول المنظف تدريجياً إلى النظام بضغط لا يزيد عن 4 بار عن طريق استخدام طلمبة ضغط منخفض تسحب المحلول من خزان الغسيل إلى الأغشية ويتم تصريف 20% من المحلول بداية عملية الغسيل

ثم نقوم بعمل تدوير recycle أو circling لمدة ساعة أو ساعتين (تبعاً لقصة الفاولينج)

الغسيل بالحمض من نصف ساعة في المعتاد إلى ساعتين في الظروف القاسية ولا نزيد على ذلك والغسيل القلوي لا يزيد عن 8 ساعات في المتوسط. لواردنا الغسيل بالقلوي والحامضي نبدأ بالقلوي وننتهي بالحامضي.

لواردنا الغسيل بالقلوي فيجب أن تتبّعه أيضاً بالغسيل الحامضي!

لو وجد حديد أو منجنيز وكربونات الكالسيوم فقط نستخدم الغسيل الحامضي فقط إلا إذا كان هناك باليوفاولينج وهناك من يفضل في هذه الحالة الغسيل القاعدي بالصودا والإديتا قبل الحامضي لأنها تحدث ما نسميه بال Rarefaction أو تقليل الكثافة بالخلخلة لتسهيل الأمر على الحامض كي يزيل هذه التربات بسهولة.

#### • لماذا نبدأ بالغسيل القاعدي ثم الحامضي؟

لأن الغسيل القاعدي ينْظف الأغشية من الباليوفاولينج والفاولينج العضوي والسيليكا.

أما الأحماض فهى تتفاعل مع هذه المركبات وتكون مترابطات complexes تترسب ويصعب إزالتها

كما يجب الغسل الحامضي بعد القلوبي لأن الغسيل القلوبي يغير في تركيبة الغشاء من حيث الشحنة فيلزم القيام بعملية "ال Protonation بإضافة بروتونات الهيدروجين المتواجدة في الحمض لإعادة الغشاء كما كان ... وهذا ما دلت عليه الأبحاث والتجربة العملية ... فلو غسلنا بقلوي فقط بقيت الأملاح بعد الغسيل عالية لفقد الغشاء وظيفته.

#### • عند الغسيل الحامضي بعد القلوبي

فلا بد من عملية شطف شديدة قبل الغسيل الحامضي منعاً لحدوث تفاعلات بينه وبين بقايا وآثار

الغسيل القلوبي مما يؤثر ذلك على الأغشية بالضر الشديد

وبالطبع لو رأينا أثناء الغسيل الكيميائي زيادة في التوصيلية conductivity مع الوقت معنى ذلك أن الغسيل يعطى نتيجة جيدة نظراً لزيادة ذوبان الأملاح المترسبة.

كما أنه أثناء الغسيل نلاحظ تغير لون محلول (لون مائل للصفرة) أو ظهور رائحة كريمه (بسبب المركبات العضوية) وقد تظهر رغوة عندما نستخدم مواد قلوية (مساحيق الغسيل التي تحدثنا عنها

وفي الغسيل الحامضي يبدأ اللون من التغير من الشفاف إلى الأصفر وينتهي باللون المائل للخضرة فيجب هنا تغييره وإذا توقف هذا التغير دل على أننا استهلكنا محلول تماماً فنضيف كمية جديدة ولكن بعد الغسيل والشطف flushing الجيد وتساوي ال pH للخارج والداخل تغيير محلول عدة مرات جائز الحدوث مادام يتغير اللون أو تظهر الرائحة.

#### نأخذ عينة بلانك في البداية ونقارن التغير في اللون كل ربع أو نصف ساعة

ومن الممكن أن تتم في مرحلة التدوير إجراء بعض التحاليل المعملية على مياه غسيل الراجم كالأس الهيدروجيني pH أو متابعة تركيز الأملاح أو نسبة الحديد أو المنجنيز إلخ حتى تثبت للدلالة على الوصول لنظافة الأغشية بصورة تامة

هي مرحلة النقع Soaking لمدة 2 - 4 ساعات وقد تحتاج إلى 8 - 10 ساعات (أو حسب توصيات الشركة) ثم التصريف

(ويعتمد الوقت كما قلنا على الفاولينج) وعملية النقع تتطلب غلق جميع الصمامات ووقف عمل المضخة وهي خطوة مفيدة حيث يحدث على جميع المسامات الضيقة بالمحلول للتخلص من الجزيئات المترسبة والفاولينج.

وبناءً على توصيات الشركات العالمية إذا لوحظ تغير في لون المحلول (إلى الأسود أو البنى أو الأصفر مثلاً) فيجب تغيير المحلول في الحال بكمية جديدة نظيفة.

درجة الحرارة في هذه المرحلة يجب أن لا تقل عن التي نعمل عندها الغسيل الكيماوى ... لأن انخفاض الحرارة يوقف التفاعل بين الكيماويات وأنواع الفاولينج كما أن غالبية المواد العضوية تتربّس مرة أخرى في درجات الحرارة المنخفضة يعني تحدث نتيجة عكسية كما أن بعض المنظفات القلوية مثل الصوديوم لورايل سلفات يتربّس هو نفسه عند درجات الحرارة المنخفضة ويتم الحفاظ على درجة الحرارة بتسخين المواد الكيماوية في التنك وادخال 10% من ال  $\text{flow}$  على الأغشية لتعويض فقد في درجة الحرارة ودائماً نلجم ذلك في الشتاء حيث تصل الحرارة إلى أقل من 20 درجة مئوية.

عمل الشطف Flushing النهائي للأغشية لإزالة أي آثار مترتبة على الغسيل الكيماوى وقد يتم الشطف أولاً بمادة قلوية مثل الصودا الكاوية لو تم الغسيل بالحامض أو العكس حتى نصل إلى ال  $\text{pH}$  المتعادلة ثم ننتهي بالشطف بمياه البرمييت الغير محتوى على كلور ويتم متابعة ال  $\text{TDS}$  وقيمة الأس  $\text{pH}$  ورجوعهما للقيم الأولية بعيداً عن تأثير القلويات والأحماض التي استخدمت في الغسيل (وصول ال  $\text{pH}$  إلى حدود 7)

والشطف بماء البرمييت يكون عن طريق ال  $\text{pump}$  عند حوالي 4 بار لا نزيد عن ذلك ويكون في الاتجاه الطبيعي (يعنى ليس عكسي) فتمر المياه من خلال ال  $\text{feed spacer}$  مثل الاتجاه المعتاد تماماً والمياه الناتجة والمحتوية على الأملالح يتم التخلص منها على الصرف. Drain

وعملية الشطف لها عدة فوائد منها أنها تذيب وتزيل الأملالح المركزة على الأغشية والتي تم اذابتها مع الغسيل الكيماوى وعندما نصل إلى أن الأملالح الداخلة هي نفس الأملالح الخارجة تقريراً فإننا نكون قد تأكيناً من إزاحة كل هذه الأملالح

كما أن عملية الشطف بالمياه النفية ( البرمييت ) لها دور في عملية التعقيم وقتل البكتيريا وبالاخص في الوحدات التي تستخدم في تحلية مياه البحر قد تستغرب من هذه المعلومة ولكن استغرابك يزول عندما تعلم أن ترکز الأملالح داخل جسم البكتيريا يصل في حدود 40 ألف جزء في المليون يعني مشابه للأملالح في مياه البحر فإذا قمت أنت بتعريض هذه البكتيريا لمياه حلوة فعلت ظاهرة الضغط الأسموزي فأعطيتها وانتقلت المياه من منطقة الأملالح المنخفضة إلى منطقة الأملالح المرتفعة داخل الجسم البكتيري بكميات كبيرة لتوازن الأملالح كما قلنا و تكون النتيجة انفجار أجسام هذه البكتيريا ... وهذا ما يسمى بالصدمة الأسموزية ! Osmotic shock

عملية الفلاشينج قد نستخدمها أولاً قبل الغسيل الكيميائي فنسميها Pre-flushing كما قلنا وقد نستخدمها بين العملية الأولى للغسيل الكيميائي والثانية إذا علمنا غسيل حامضي أو قاعدي مثلاً فنكون قد أزلنا المواد قبل الغسلة الثانية وهكذا وهذا أيضاً تخضع لتجارب وخبرات العاملين في الوحدات المختلفة.

كما أن تلك تحضير كيماويات الغسيل تصنع من البولي بروبيلين.

عمل تصفية Draining حيث يتم تشغيل الوحدة كما كانت ويتم طرح المياه المنتجة لمدة ساعة للتأكد من خلوها من مواد الغسيل ثم يتم ضخ الماء إلى خزان الإنتاج واعادة الوحدة كما كانت قبل الغسيل (Restart).

- تحتاج عمل غسيل الأغشية من الوقت حوالي ست إلى سبع ساعات تقريرياً ولا تزيد على العشر ساعات يعتمد ذلك على نوعية المياه المعالجة ونوعية الأغشية المستخدمة في كل محطة أو وحدة.
- تذكر دائماً أننا لا نستخدم طلمبة الضغط العالي أثناء جميع مراحل الغسيل.
- يجب أن لا تزيد الدلتا بي أثناء الغسيل عن 50 psi لكل وعاء ضغط حتى لا تتكسر الأغشية وتدميرها.
- ينبغي عند الغسيل رفع ضغوط مضخة الغسيل تدريجياً نغسل ال feed spacer أو لا بال cross flow التي تحدثنا عنه فنعمل كنس أو كسر إلى منطقة الريجيكت أم لو بدأنا بضغط عالي فسوف يحدث أن يمر جزء من الفاولينج عبر الأغشية أو تلتصق بها والضغط المناسب الأولى هو ضغط منخفض نسبياً ولكن لا يصاحبه خروج مياه بيرميت يعني فقط تسمح بتنظيف السطح أولاً بدون اختراق المادة الكيماوية للغشاء ثم بعد ذلك نرفع الضغط.

#### دور الكارتردج فلتر في عملية الغسيل الكيميائي للأغشية :

استخدام كارتردج فلتر أمام تلك كيماويات الغسيل لتلائم أي شوائب ... وفي بعض الأحيان يتم استخدام نفس الكاتريدج فلتر المستخدم في المعالجة الإبتدائية حيث يتم عمل bypass لخط تلك كيماويات الغسيل إلى هذا الفلتر قبل الدخول على الأغشية ... وهنا قد تحدث كارثة ... حيث أن الكارتردج فلتر لو كان غير نظيف وعليه فاولينج فسيتم غسله كيمائياً وتتدخل مواد الفاولينج على الأغشية ... فيجب الانتباه لنظافة فلتر الكارتردج قبل استخدامه ... ولو أمكن غسله في البداية أو تغيير الشمعات يكون ذلك ضرورة



### هل الغسيل الكيميائي مناسب لإزالة الفاولينج فعلاً؟

نعم مناسب إذا كان الفاولينج لم يصل إلى مرحلة نسمتها مرحلة اللاعودة أو ال irreversibility . تنتج نتيجة إهمال العلاج وقتاً طويلاً (نقل الانتاجية إلى حوالي 25 - 30%) وهذه المرحلة تستدل عليها من توصيات الشركات المصنعة للغشاء فهى تذكر مثلاً أقصى هبوط في الضغط maximum pressure drop يمكن للغشاء أن يصل إليه فإذا تعاشه لم يفلح الغسيل لأن الفاولينج يكون قد تمكن من الغشاء ... كما أن الشركات المصنعة تذكر مصطلحات مرادفة مثل ال NPD وهو اختصار Mass transfer coefficient أو ال MTC وهو اختصار لل Normalized pressure drop . ومرحلة الفاولينج ال reversible يمكن التخلص منها بالغسيل الكيماوى أو ربما بقوه Shear force .

#### • ماذا عن التبعي تكون الفاولينج بوزن الغشاء؟

يجب عدم الانتظار حتى تتفاقم أزمة الفاولينج ونصيحة الخبراء هي وزن الغشاء قبل الاستعمال (أو أخذ الوزن من الداتا شيت الخاصة به) ثم أخذ نفس الأغشية وزنها بعد الاستعمال كل فترة لعمل تقييم لتكون الفاولينج أو اختبار كفاءة عملية الغسيل الكيماوى والذى بالطبع يجعل وزن الغشاء أقل من وزنه قبل الغسيل وعند وزن الغشاء يجب التأكد من تجفيفه تماماً وإلا أعطى وزناً زائداً عن الطبيعي وظن العامل وجود فاولينج على الأغشية . وزن الغشاء الجديد في المتوسط = 14 - 16 كيلوجرام ويزيد حوالي كيلو أو كيلو و 300 جرام في حالة الببل بالمياه) وأكثر من ذلك فهى scaling and fouling .

#### • بعد الغسيل الكيماوى يرتفع ال TDS في مياه البيرميت :

هذا أمر طبيعي في البداية (أو بعد ساعات من التشغيل) حيث تزيد الأملاح بنسبة قد تصل إلى أكثر من 50% نتيجة حدوث هياج للأملاح المترسبة على الأغشية أو لعدم عمل flushing جيد فتساهم المواد الكيميائية المستخدمة في الغسيل في رفع الإيصالية Conductivity كما أن الغسيل الحمضى يفتح المسام في الأغشية فيسمح بمرور أملاح أكبر مما كنت عليه قبل الغسيل ويرجع الوضع المعتاد خلال ساعة وقد يستمر عدة أيام تبعاً لحالة وكفاءة الغشاء وينصح بالشطف عدة مرات في هذه الحالة والرجوع إلى الحالة الطبيعية يساعده تراكم الفاولينج والأملاح من جديد .

## نوع الفاولينج والغسيل الكيميائى المناسب

أن موضوع الغسيل الكيماوي يخضع لعدة شروط أوليةٌ لكل نوع من أنواع الفاولينج ... وننوه دائماً في طرق المعالجة وقد تتبع شركة طريقة في غسيل الأغشية. والمهم ننفع المدانيوال الخداص بالأغشية

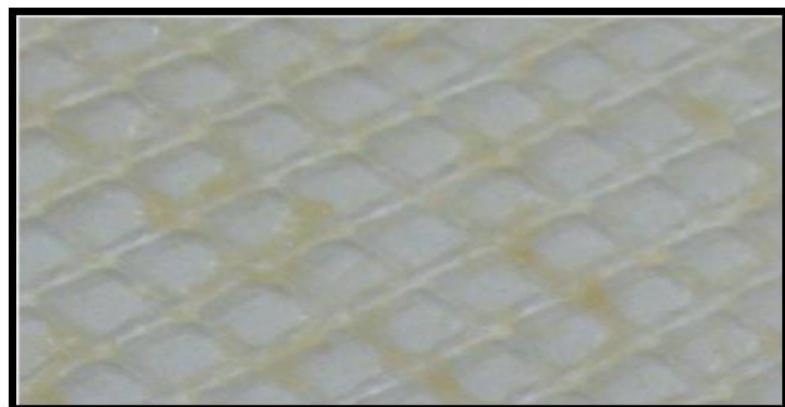
## 1- الغسيل الكيماوى المناسب للبایوفاولينج (Bio-fouling)

عندما نتخلص من الفاولينج البيولوجي معناه أننا نستخدم مواد كيميائية مطهرة Disinfectants Disinfection البيوفاولينج الذي تسببه هذه الكائنات الميكروسكوبية هو التطهير فالحل الأمثل مع

عن طريق الغسيل القلوى بالصودا الكاوية



وهذه صورة أخرى لطبقة للبایوفیلم وقد أصابت ال feed Spacers في بدايات الأغشية (اللون البنى الداكن):



عند  $pH = 12$  درجة حرارة  $35$  درجة مئوية.

وهناك حلول بديلة وهي استخدام الصودا الكاوية مع التترا صوديوم إيثيلين داى أمين تترا أسيتيك أسيد

أو استخدام ال SDS أو ماء الأوكسجين مع البيرأسيتيك أسيد.  
وتتوفر الشركات أنواع من البيوسايد الغير مؤكسدة (non-oxidizing biocides) لقتل البكتيريا وهي تحمل أسماء تجارية ذكر منها بعض الأمثلة:

Ferrocid8580 – Oxy-anious5 – Rocidesc

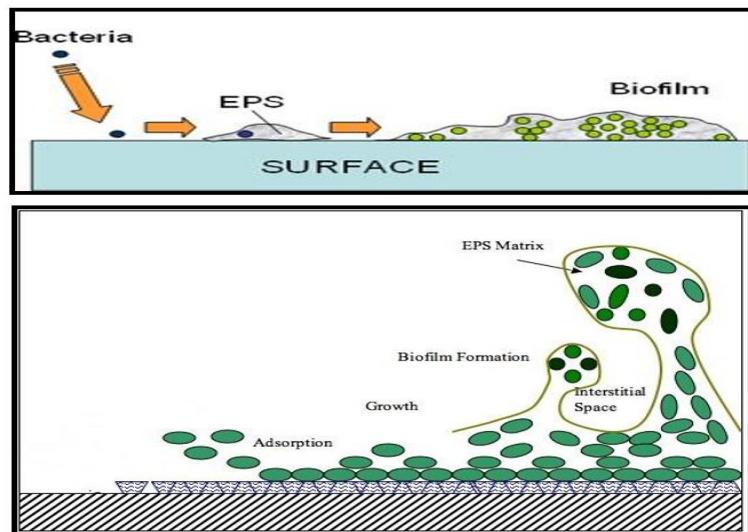
وبالطبع قاتل المكونات غير مؤكسدة حتى لا تؤثر على الأغشية.

الصوديوم ميتا باى سلفايت SMBS أيضاً تعمل على إزالة الأوكسجين الذى يسمح للبكتيريا بالبقاء والنمو وهى تستخدم أيضاً فى حفظ الأغشية عند توقف الوحدة يجب الحذر من أن تكون ال SMBS منشطة بالكوبالت أو أن يتواجد النحاس أو أحد العناصر الثقيلة فى مياه التغذية حيث يحدث تحفيز لل SMBS فتحول من المادة المختزلة إلى مؤكسدة ... وبدلاً من أن تحفظ الغشاء تؤكسده وتدمره

## Salt shock -2

وهو الغسيل بماء شديد الملوحة لا تقوى عليه الكائنات الدقيقة فتموت فى الحال يجب عدم استخدام البيروكسيد أن يكون تركيزه غير كبير حتى لا يؤثر على الأغشية (خاصة البولى أميد) وينصح بحوالى 3-2% لمرة 20-30 دقيقة فقط ثم يتم عمل شطف لمدة ساعة بعدها (وهذا فى العموم ... فنحن نجد بعض الشركات تسمح ببنق الأغشية فى البيروكسيد مدة تصل إلى 24 ساعة للوصول بالتعقيم إلى 99%)

قد تصاب الأغشية بنمو بكتيرى وقد تتوقف الوحدة عن العمل عدة أسابيع فتحتاج لتعقيم الأغشية قبل إعادة التشغيل .

والأفضل عمل غسيل كيميائى قبل التعقيم

ومع تقدم نمو المستعمرات نرى الحصاد الأليم لترك البایوفاولینج يمرح على سطح الغشاء ... تظهر الصورة كالتالي



وقد لخصنا لكم كيفية مكافحة البایوفاولینج في الجدول التالي:

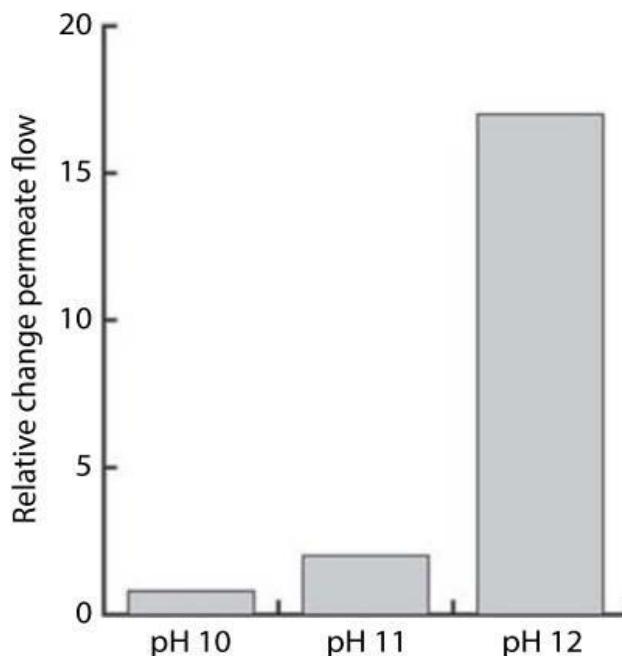
## الغسيل الكيماوى لاغشية التناضح العكسي عند الإصابة باليبيوفاولينج Bio-fouling

NaOH (0.1% wt) + Na-DSS (0.025% wt) @ pH = 12 , 35° C (max)	الحل الأمثل
1- NaOH (0.1%)wt + Na <sub>4</sub> EDTA @ pH = 12 , 35° C (max)	
2- STP (1.0%) wt + NaEDTA (1.0%) wt.	
3- TSP (1.0%) wt + NaEDTA (1.0%) wt.	
4- Alkaline surfactant (as SDS) (0.025% wt)	
5- Oxidizing agents (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + Peracetic acid) (for acetate cellulose membrane)	الحلول البديلة
6- Non-oxidizing biocides.	
7- Non-oxidizing agent: Formaldehyde + Glutaradehyde	
8- Quaternary ammonium compounds (for polyamide)	
9- Sodium meta bisulphite (SMBS)	
1- Salt shake.	

وإليكم رسم بياني يوضح أن الوصول إلى pH 12 - 11.5

يعطى أفضل النتائج لغسيل البيوفاولينج حيث كان معدل سربان البيرميت أفضل ما يمكن ولذلك كانت pH عامل أساسى في التنظيف (ولكن يجب الاطلاع على نوع مادة الغشاء وتحملها لهذه الدرجة)

و عملياً يفضل أن لا يزيد عن 10.5 إلى 11 كحد أقصى:



**Figure 13.4** Effect of pH on ability of cleaning solution to remove biofilm and restore membrane performance. *Courtesy of Dow Water and Process Solutions.*

الغسيل الكيميائي للبيوفاولينج.

استخدام الصودا الكاوية مع التترا صوديوم إيثيلين داي أمين تترا أسيتيك أسيد و يتبعه حمض الهيدروكلوريك أنظر الجدول التالي:

الغسيل الكيماوى لاغشية التناضح العكسي عند الإصابة بالفاولينج العضوى	
NaOH (0.1% wt) + Na-DSS (0.025% wt) @ pH = 12 , 35° C (max)	الحل الأمثل
1- NaOH (0.1%)wt + Na <sub>4</sub> EDTA @ pH = 12 , 35° C (max) followed by HCl (0.2%) , pH = 2 , 45 ° C (max)	الحلول البديلة

(Physical-fouling) الغسيل الكيماوى المناسب للفاولينج الفيزيائى

الفاولينج الفيزيائى عبارة عن طين أو silt دخل إلى الغشاء عبر ال feed spacer فالحل الأمثل هو نفس الحل الأمثل وهو الغسيل بالصودا الكاوية ومعها ال Na-DS أو بعض المنظفات.

## Particulate and Colloidal Fouling: Pore Blocking

الجسيمات العالقة تسبب سد كامل للثقوب ويحدث اختزال لمساحة الغشاء النشطة ... ولا يوجد تطابق في الجسيمات:

### Complete Blocking

- Each particle in water completely blocks one pore and reduces active membrane area, with no superposition of particles



وهذا سد تقليدي ... يحدث فيه أن الجسيمات تترسب على الجدار الداخلي للغشاء فتقلل حجم الثقوب

### Standard Blocking

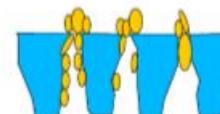
- Each particle is deposited on the internal pore walls, decreasing the pore volume



وهذا سد بيني تترسب فيه جسيمات أخرى على السطح وعلى الجدار الداخلي ... وتسد الثقوب والغشاء تماماً:

### Intermediate Blocking

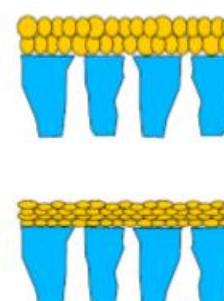
- Particles settle on other particles previously deposited and already blocking the pores or particles can directly block membrane area.



الكعكة الصلبة التي يحدث فيها وأن تترسب الجسيمات على أخرى ترسبت قبلها لظهور كما بالشكل التالي ... إما أن تترافق بصورة طبيعية أو بانضغاط ... ويحدث سد في الثقوب:

### Cake Filtration

- Each particle settles on other particles previously deposited and already blocking the pores,
- No particle directly block pores or active membrane area respectively.
- The cake might be compressible



## طرق ومبادئ التحلية

يتم التبؤ بهذا النوع من خلال تجربة SDI أو Silt density index التي تشير إلى ميل المياه في التسرب في انسداد الأغشية لوجود المواد العالقة ... فبعض الأغشية لا تتحمل SDI أعلى من القيمة 3 ... وبعضها لا يتحمل أعلى من القيمة 5 ... ولمن أراد تفاصيل التجربة فليرجع إلى الجزء الأول من الكورس ...

• **وهناك أربع حالات لـ SDI يمكن من خلالها التبؤ بـ تكون الفاولينج الفيزيائى على الأغشية:**

SDI < 1	يستمر الغشاء لمدة عدة سنوات بدون تلوث بالColloidal fouling
SDI < 3	يتم تنظيف الغشاء كل عدة أشهر
SDI 3 - 5	يُنطَلِّب تنظيف الغشاء باستمرار لوجود مشكلة الـ fouling
SDI > 5	مرفوض ويُنطَلِّب الأمر معالجة إبتدائية

وإذا كانت السيليكا فيتم استخدام نفس الحل ومعها حل بديل هو استخدام الصودا الكاوية مع التترا صوديوم إيثيلين داى أمين تترا أسيتيك أسيد كما فعلنا مع البيوفولينج والفاولينج العضوى وإن كانت جدوى الغسيل الكيماوى للسيلىكا لا تعطى النتائج المرجوة كما ذكرنا من قبل.

و عملياً نقول أن الأغشية التي أصبت برمel فإنها تكون قد فقدت أكثر من 60% من كفافتها للأسف وأفضل شيء أن ننْظُف الغشاء قبل أن تستفحل المشكلة وينتقل الرمل عبر اللزق glue الذى يلتصق بالأغشية ببعضها للغشاء التالى وهناك من يعتمد على ادخال خط هواء بضغط 7 - 8 بار وإن كان ذلك أحياناً يتلف الغشاء برمته وهناك من يتعامل مع الرمل بأن يدفع بهاء عكس اتجاه الغشاء مع الربت والطرق الخفيف فى الأرض لانزال الرمل.

وإذا كانت أكسيد الحديد هي المتواجدة فيتم استخدام NaS2O4 كحل أمثل أو تستخدم محلاليل بديلة مثل حمض الفوسفوريك أو السلفاميك أو السيتريك أو الأمونيوم سيترات Ammonium citrate فى عدة دورات تصل كل دورة 40 دقيقة وثلث ساعة نقع عند pH من 2.5 - 3 انظر الجدول:

الغسيل الكيماوى للأغشية التناضح العكسي عند الإصابة بالفاولينج الفيزيائى Physical-fouling	
<b>Silt fouling (suspended solids fouling)</b>	
NaOH (0.1% wt) + Na-DSS (0.025% wt) @ pH = 12 , 35° C (max)	الحل الأمثل
(For silica): NaOH (0.1% wt) + Na <sub>4</sub> EDTA (2.0% wt) @ pH = 11.5 , 35° C (max)	الحلول البديلة
Metal oxides (for example:iron deposits)	
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (1.0% wt) @ pH = 5 , 25-30° C (max)	الحل الأمثل
1- H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (0.5%wt) @ pH = 1-2 , 25° C (max)	
2- HCl (0.2% wt)	
3- NH <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> H (1.0% wt) @ pH = 3 - 4 , 25° C	
4- Citric acid (2.0% wt)	

### الغسيل الكيماوى المناسب للفاولينج الكيميائى: (Scales)

إذا كانت أملاح الكربونات هى المتواجدة سواء أكانت كربونات الكالسيوم أو كربونات المغنيسيوم فيتم التعامل معها بالغسيل الحامضي باستخدام حمض الهيدروكلوريك (مع نوع الأستيل سليلوز) أو حمض الأسيتيك (مع نوع البولى أميد الذى لا يتحمل pH منخفضة أقل من 2) وهو يكون متراكبات

مع هذه الأملاح ويعطى نتائج جيدة complexes

وهناك حلول بديلة لأملاح الكربونات وهو استخدام الصوديوم هيدروسلفایت.

أو استخدام حمض الفوسفوريك أو استخدام الغسيل القاعدى ببعض المنظفات Detergent

ومنها الـ Quaternary ammonium compounds.

إذا كانت قشور السلفات Sulphate هي المتواجدة فيتم التعامل معها باستخدام صودا كاوية مع التترا

صوديوم إيثيلين داى أمين تترا أسيتيك أسيد Na4EDTA مع النقع ssoaking وال recirculation

والتيك تقييم لمياه التغذية بناءً على قيم ال LSI والذى يتبايناً تحديداً يترسب أملاح كربونات الكالسيوم:

LSI	وصف الحالة وتقييم مياه التغذية
< 0.0	المياه لم تصل إلى مرحلة التشبغ بكربونات الكالسيوم وتكون ذاتية في الماء ولا حاجة لإضافة مضادات الترسيب Antiscales
- 2.0 to - 0.5	التسبب في تآكل خطير serious corrosion
- 0.5 to 0	تآكل ضعيف مع عدم امكانية تكون قشور
> 0.0	المياه في حالة فوق التشبغ super saturation بالتنسبة لكربونات الكالسيوم وبداية لامكانية تكون قشور من كربونات الكالسيوم (أو ال Calcite) وكلما زادت القيمة عن الصفر زادت امكانية تكون القشور وتم التوصية بإضافة Antiscales بتركيزات أكبر
0.0 to < 0.5	تكون قشور ولكن بنسبيه ضعيفة كما يحدث تآكل بنسبيه ضعيفة أيضاً
0.5 to 2.0	امكانية تكون قشور بقوه مع عدم حدوث تآكل

الغسيل الكيماوى لاغشية التناضح العكسي عند  
الإصابة بترسبات قشور الأملاح

**Carbonate salts scales  
( $\text{CaCO}_3$  &  $\text{MgCO}_3$ )**

- 1-  $\text{HCl}$  (0.2% wt) @ pH = 1- 2 , 25° C  
(For acetate cellulose membrane)  
2- Acetic acid (for polyamide membrane)  
1- Sodium hydrosulfite (1.0% wt) @ pH = 5 , 25° C.  
2- Phosphoric acid (0.5 wt) @ pH = 1-2 , 25° C  
3- Sulfamic acid (0.2% wt).  
4- Citric acid (1-3% wt).  
5- Oxalic acid (0.5-1 wt%).  
6- Quaternary ammonium compounds.

الحل الأمثل

الحلول  
البديلة

**Sulphate scales**

**(as  $\text{CaSO}_4$  ,  $\text{MgSO}_4$  and  $\text{BaSO}_4$ )**

- $\text{NaOH}$  (0.1% wt) +  $\text{Na}_4\text{EDTA}$  (2.0% wt)  
@ pH = 12 , 35° C (max)

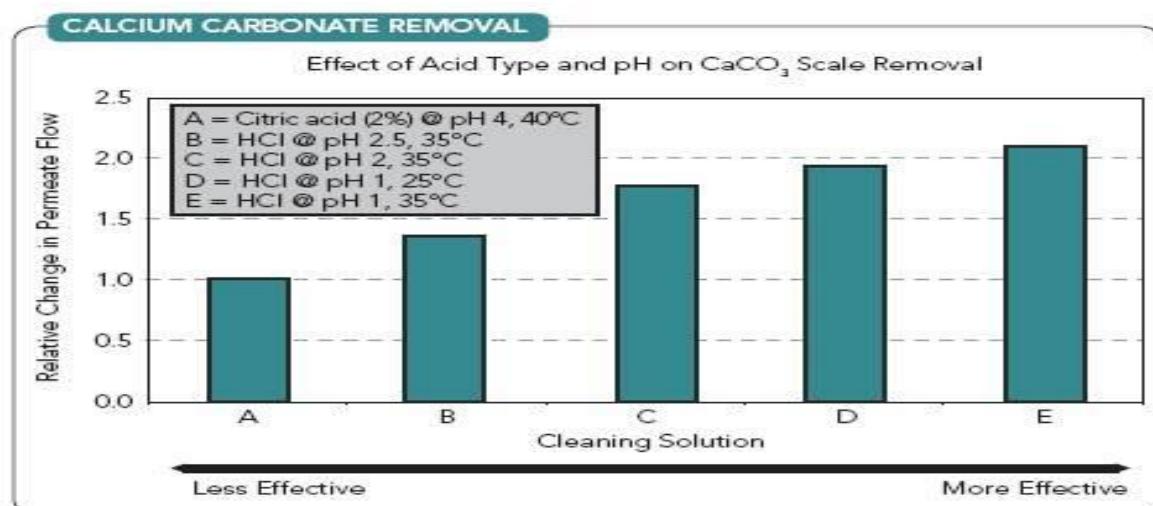
الحل الأمثل

الحلول  
البديلة

وكما أوضحنا من قبل أن علاج أملاح الكبريتات يكمن في الريكافري لو زاد عن الحد المسموح به فلن  
نستطيع أن نمنع ترسبه حتى بالأنثى سكيلنت

لتحفيز تفاعل إزالة قشور كبريتات الكالسيوم نضيف 1% من ملح الطعام حتى يحدث تبادل أيوني  
وذوبانية كبريتات الكالسيوم تزيد مع زيادة الأملاح لذا نجد أن المحطات التي أملاحها عالية يكون  
ترسب هذه الأملاح نادرة الحدوث (والرسم البياني التالي يوضح مدى تأثير الأحماض على قشور  
كربونات الكالسيوم ويوضح أن حمض الهيدروكلوريك له تأثير أقوى من السيتريك كما أن تأثير حمض  
الهيدروكلوريك يزيد كلما زاد تركيزه يعني قلت ال pH ويزيد أيضاً مع ارتفاع درجة الحرارة 35

أقوى من 25 درجة مئوية:



جدول هام يوضح أنواع الفاولينج المختلفة والغسيل الكيميائي المقترن:

Table 6.3 Simple cleaning solutions

Foulant	Cleaner	0.1 wt % NaOH	0.1 wt % NaOH with 1.0 wt % Na <sub>4</sub> EDTA	0.1 wt % NaOH with 0.025 wt % Na-DDS	0.2 wt % HCl	2% citric acid	1.0 wt % Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	0.5 wt % H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1.0 wt % NH <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> H
Carbonate scales (e.g., $\text{CaCO}_3$ )	—	—	—	Preferred	Alternative	Optimal	Alternative	—	—
Sulfate scales ( $\text{CaSO}_4$ , $\text{BaSO}_4$ )	OK	—	—	—	—	—	—	—	—
Metal/oxides hydroxides (e.g., iron)	—	—	—	—	Alternative	Preferred	Alternative	Alternative	—
Fluoride scales	OK	—	—	—	—	—	—	—	—
Phosphate scales	—	—	—	Preferred	—	—	—	—	—
Inorganic colloids (silt)	—	Preferred	—	—	—	—	—	—	—
Silica	Alternative	Alternative	Preferred	—	—	—	—	—	—
Biofilms	Preferred	Alternative	Preferred	—	—	—	—	—	—
Organic	Preferred	Alternative	Preferred	—	—	—	—	—	—

يجب الرجوع في الأصل إلى توصيات الشركة المصنعة للأغشية والغسيل الموصى به ونوع الممبرين الذي يصلح لهذا الغسيل نقدم لك و"هيدرانتيكس":

Table Preferred cleaning solutions for specific foulants and scale.

Species	Dow-FilmTec	Hydranautics*
Sulfate Scale	0.1% caustic, pH 12, 30°C	2.0% sodium tripolyphosphate, pH 10, 45°C
Carbonate Scale	0.2% hydrochloric acid, pH 2, 30°C	0.5% hydrochloric acid, pH 2.5, 45°C
Silica Scaling	0.1% caustic, pH 12, 35°C	0.1% caustic, pH 11.5, 35°C
Iron Fouling	1.0% sodium hydro-sulfate, pH 5, 30°C	1.0% sodium hydrosulfate, pH 11.5, 35°C
Organic Fouling	0.1% caustic pH 12, 30°C followed by 0.2% hydrochloric acid, pH 2, 45°C	0.1% caustic plus 0.03% sodium dodecylsulfate, pH 11.5, 35°C
Biofouling	0.1% caustic, pH 12, 30°C	0.1% caustic plus 0.03% sodium dodecylsulfate, pH 11.5, 35°C

\* CPA membranes only

## وتلخص أنواع الفاولنج وطرق علاجها في الجدول الآتي

Table 1: General rules on the use of cleaning chemicals in relation to the type of fouling

Foulants	Description	Effects on RO performance	Method of control / cleaning
Scale	Precipitate of sparingly soluble salts (minerals) caused by the concentration of salts in the feed/brine solution during passage across the membrane surface. E.g.: $\text{CaCO}_3$ , $\text{CaSO}_4$ , $\text{BaSO}_4$ , $\text{SrSO}_4$ , $\text{SiO}_2$ .	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Major loss of salt rejection</li> <li>- Moderate increase in differential pressure</li> <li>- Slight loss of production</li> <li>- Effects generally occur in the final stage of the membrane system</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lower recovery.</li> <li>- Adjust pH.</li> <li>- Use scale inhibitor.</li> <li>- Clean with citric acid or EDTA-based solution.</li> <li>- Clean silicate-based foulants with ammonium bifluoride-based solutions.</li> </ul>
Colloidal Clay / Silt	Agglomeration of suspended matter on the membrane surface. E.g.: $\text{SiO}_2$ , $\text{Fe(OH)}_3$ , $\text{Al(OH)}_3$ , $\text{FeSiO}_4$ .	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rapid increase in differential pressure.</li> <li>- Moderate loss of production.</li> <li>- Moderate loss of rejection.</li> <li>- Effects usually occur in the first stage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- (Ultra)filtration as first step.</li> <li>- Charge stabilisation.</li> <li>- Higher Feed-Brine flows.</li> <li>- Clean with EDTA or sodium tripoly phosphate at high pH.</li> <li>- Clean silicate-based foulants with ammonium bifluoride-based solutions.</li> <li>- Lower recovery</li> </ul>
Biological	Formation of bio-growth upon membrane surface. E.g.: iron reducing bacteria, sulphur reducing bacteria, mycobacterium, <i>Pseudo-monas</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Major loss of production.</li> <li>- Moderate loss of salt rejection.</li> <li>- Possible moderate increase in differential pressure.</li> <li>- Effects occur slowly, steadily.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sodium bisulphite addition.</li> <li>- Chlorination with or without activated carbon filtration.</li> <li>- Clean with EDTA-based solutions at high pH.</li> <li>- Shock disinfection program with formaldehyde, hydrogen peroxide, peracetic acid.</li> <li>- Ultrafiltration before RO.</li> </ul>
Organic	Attachment of organic species to the membrane surface. E.g.: humic acid, oil, polyelectrolytes, grease.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rapid and major loss of production.</li> <li>- Stable or moderate increase in salt rejection.</li> <li>- Stable or moderate increase in differential pressure.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Filtration with active carbon.</li> <li>- Cleaning is rarely successful but isopropanol or proprietary solutions have been effective.</li> </ul>

## المراجع

- تم بواسطة الإدارة العامة للمسار الوظيفي

- و إعداد السادة :-

شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالبحر الأحمر	▷ مهندس/ حازم صلاح ترك
شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالبحر الأحمر	▷ مهندس/ أحمد كمال مرعي
شركة مياه الشرب والصرف الصحي بسيناء	▷ مهندس/ شريف فريد أحمد
الشركة القابضة	▷ كيميائى/ جلال الشحات جلال

- و قام بإبداء الرأى لهذا البرنامج كلاً من :-

شركة مياه الشرب بالإسكندرية	▷ كيميائية / ميسة صلاح الدين إسماعيل
شركة مياه الشرب بالإسكندرية	▷ مهندس/ محمد بكر محمد
شركة مياه الشرب والصرف الصحي بمطروح	▷ كيميائية / أميرة محمد
شركة مياه الشرب والصرف الصحي بمطروح	▷ مهندس / شحات ماهر



للاقتراءات والشكوى قم بمسح الصورة (QR)

