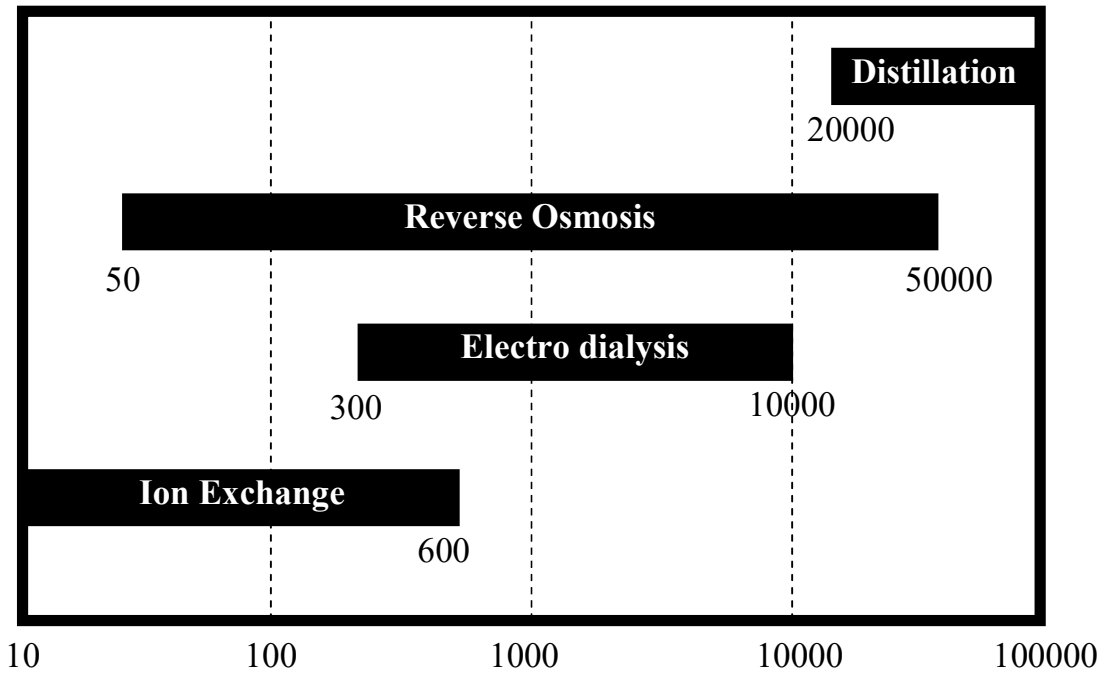
١ - تكنولوجيا التحلية Desalination Technology

تعددت طرق تحلية المياه المعتمدة مثل التناضح العكسي (Reverse Osmosis)، التبادل الأيوني (Ion Exchange)، التقطير (Distillation)، الضغط البخاري (Vapor Compression)، الديلزة الكهربية (Electro dialysis)، وطرق أخري ذات أهميه محدودة لاستخدامها في التطبيقات العملية مثل التحلية بالتجميد (Refrigerant Freezing)، (Vacuum Freezing).

وتأتي التحلية بطريقة التناضح العكسي في المرتبة الأولي اقتصاديا حيث تعتبر الطريقة المثلي لتحلية مياه البحر وكذلك المياه المنخفضة الملوحة– فإذا ما قورنت بعمليات التحلية الحرارية فإنها تتفوق عليها نظراً لقلة الاستثمارات المطلوبة لها وكذلك قلة الطاقة المستخدمة.

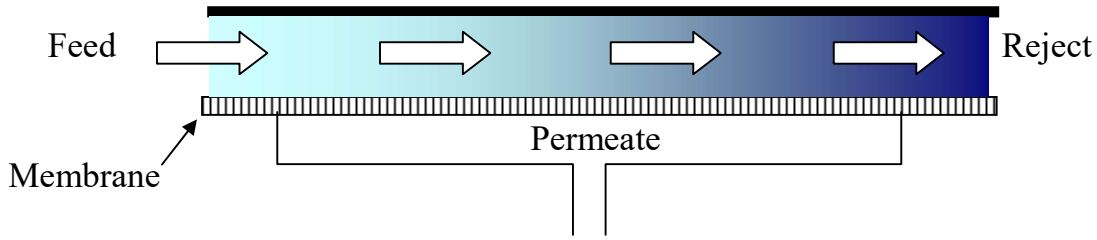
الشكل التالي يبين كيفية اختيار الطريقة المثلي لتحلية مياه تحت اعتبار كمية الأملاح الذائبة (TDS).



٢ـ عمليات الفلترة Filtration Processes

يمكن تقسيم تقنيات عمليات الفلترة على أساس حجم الجزيئات التي يتم استبعادها من مياه التغذية التي يتم تمريرها مبدئياً بواسطة مضخة التغذية على فلتر أو أكثر يحتوي على عدة وسائط (Media) يمر بها الماء عمودياً من أعلي لأسفل، لتمر بعد ذلك على الفلاتر الميكرونية (Cartridge Filter) التي تقوم بتنقية الشوائب حتى قطر ١ ميكرون.

ولازال يتم استخدام الفصل عن طريق الأغشية للمواد الأقل حجماً عن ١ ميكرون بتمرير السائل محورياً بعد دفعه بواسطة مضخة الضغط العالي (High Pressure Pump) داخل الغشاء ليمر موازياً لسطح الغشاء الداخلي، فيعبر جزء منه الغشاء تاركاً الجزء المتبقي ليزداد تركيزه ويخرج في صورة مياه مرفوضة يمكن الاستفادة منها بتمريرها على توربين لتخفيض الاستهلاك الكهربي للمحطة.



أما بالنسبة لعملية تنقية المياه فتنقسم إلى أربعة أقسام هي:

٢ـ١ ميكرو فلتر *Micro filtration*

هي طريقة الفلترة التي تهتم بإزالة الجزيئات التي يتراوح حجمها من ٠.١ إلى ١ ميكرون – وهي غالباً ما تكون مواد عالقة أو شبه غروية وهي جزيئات كبيرة في الحجم، حيث تستخدم في عمليات إزالة البكتريا وإزالة المواد المتبلدة في السوائل وكذلك إزالة العوالق – ويستخدم فيها ضغط حوالي ٠.٧ بار.

٢ـ٢ ألترا فلتر *Ultra-filtration*

تستخدم هذه الطريقة لإزالة الجزيئات التي يتراوح حجمها من ٢٠ إلى ١٠٠٠ أنجستروم، حيث تستبعد هذه العملية المواد شبه الغروية والمواد البروتينية والكائنات الحية الدقيقة والمواد العضوية التي لها جزيئات كبيرة في الحجم – ويستخدم فيها ضغط حوالي من ١ الى ٧ بار.

٢-٣ نانو فلتر Nano-filtration

تستخدم هذه الطريقة لإزالة الجزيئات التي يتراوح حجمها حول ١ نانومتر وتستخدم هذه الطريقة بين الألترافلتر والتناضح العكسي، حيث تمنع الجزيئات التي وزنها يزيد الجزيئي عن ٢٠٠-٤٠٠ وكذلك الأملاح الذائبة بنسبة تتراوح من ٢٠-٩٨% والأملاح أحادية التكافؤ مثل كلوريد الصوديوم والكالسيوم يتم استبعادها بنسبه تتراوح من ٢٠-٨٠% والأملاح ثنائية التكافؤ مثل كبريتات الماغنسيوم بنسبة استبعاد من ٩٠-٩٨% وتستخدم في إزالة الألوان والكربون العضوي وعسر المياه وإزالة الراديوم من مياه الآبار وتقيل ما تحتويه المياه من مواد صلبة – ويستخدم فيها ضغط حوالي من ٣.٥ إلى ١٦ بار.

٢-٤ التناضح العكسي Reverse Osmosis

تعتبر عملية التناضح العكسي من أدق طرق تنقية المياه المتواجدة، حيث أن الأغشية المستخدمة في عملية التناضح تقوم بحجز الأملاح الذائبة والمواد العضوية والغير عضوية، حيث تمنع الجزيئات التي يزيد وزنها الجزيئي عن ١٠٠، وتتم عملية استبعاد الأملاح الذائبة بنسبة تصل إلى ٩٩%.

وتستخدم عملية التناضح العكسي لتشمل تطبيقات عديدة منها تحلية مياه البحر وتحويلها لمياه صالحة للشرب وتنقية مياه الصرف الصحي وصناعة الأغذية والمشروبات وصناعة الأدوية وتنقية المياه المستخدمة في العمليات الصناعية– وكذلك يمكن استخدامها في إنتاج المياه عالية النقاوة التي تستخدم صناعة أشباه الموصلات والمياه المستخدمة في محطات توليد القوى الكهربائية وكذلك المياه المستخدمة للأغراض الطبية والمعملية.

ويتراوح الضغط المستخدم فيما بين ١٠ : ٢٥ بار بالنسبة للمياه قليلة الملوحة (Brackish Water) و ٦٩ بار بالنسبة لمياه البحر (Sea Water).

ملحوظة:

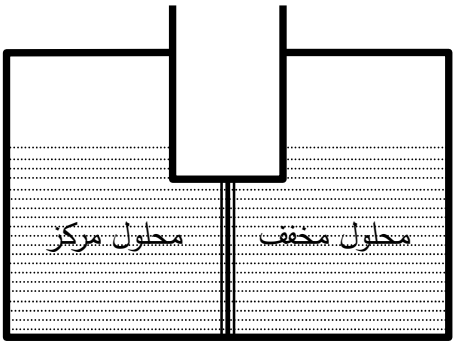
١متر = ١٠٠سم = ١٠٠٠مم = $١٠^{٤}$ ميكرون = $١٠^{١٠}$ أنجستروم

٣ـ أساسيات عملية التناضح العكسي Principle of Reverse Osmosis

التناضح هو عبارة عن ظاهرة تحدث في حالة سريان الماء النقي من محلول أقل تركيز إلى محلول أخر أعلى تركيز من خلال غشاء شبه منفذ موضوع بينهما ويلاحظ أن الغشاء شبه منفذ يسمح بمرور بعض المواد ولا يسمح بمرور البعض الأخر – حيث يسمح بمرور جزيئات الماء ولا يسمح بمرور جزيئات الملح – وبفرض وجود محلولين من الماء أحدهم أعلى تركيز من الأخر أو أحدهم ماء والثاني محلول ملحي وقمنا بوضع غشاء شبه منفذ بينهما:

الشكل رقم (١):

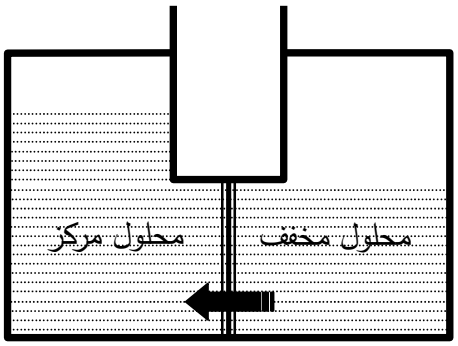
منسوب المحلولين آن وضعهما في تساو.



شكل (١)

الشكل رقم (٢):

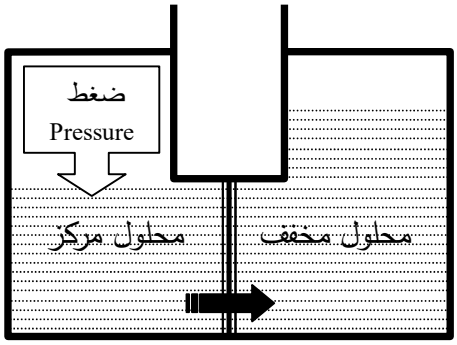
نلاحظ أن الغشاء شبه المنفذ قد سمح للمحلول الأقل تركيز بالمرور إلى المحلول الأعلى تركيز ويستمر هذا السريان من الأقل تركيز للأعلى تركيز حتى يحدث حالة اتزان بين المحلولين على جانبي الغشاء.



شكل (٢)

حيث يلاحظ ارتفاع منسوب المحلول المركز ويستمر هذا المنسوب في الارتفاع حتى تحدث حالة الاتزان – ويحدث الاتزان عندما تكون القوة الناتجة عن ضغط ارتفاع عمود المحلول المركز قادرة على إيقاف انتقال سريان الماء إليه من المحلول الأقل تركيز – وهذا الضغط يسمي بالضغط الإسموزي (Osmotic Pressure).

الشكل رقم (٣):



شكل (٣)

إذا قمنا بالضغط على عمود المياه بالجزء الأعلى تركيز – فسيقوم الغشاء شبه المنفذ نتيجة لقوة الضغط التي قمنا بها بعكس تجاه السريان من المحلول المركز للمحلول المخفف – وبالتالي إنتاج كمية من المياه النقية داخل المحلول المخفف.

ونحن بذلك نحاول عكس عمل ظاهرة التناضح (Osmosis Phenomenon) لننشئ ظاهرة أخري جديدة وهي ظاهرة التناضح العكسي (Reverse Osmosis) وهي التي يقوم عليها نظام التناضح العكسي.

٤ـ استخدام التناضح العكسي Reverse Osmosis in Practice

يتم دفع مياه التغذية (Feed Water) تحت ضغط عالي بواسطة مضخة الضغط العالي (High Pressure Pump) إلى الأغشية (membrane) الموضوعة داخل أوعية الضغط (Pressure Vessel) حيث يتم إنتاج مياه قليلة الملوحة (permeate) ومياه ذات ملوحة عالية (Reject / Concentrate) ويتم وضع محابس (Valves) عند مدخل المياه المغذية للأغشية وكذلك عند مخرج المياه عالية الملوحة.

في حالة استخدام غشاء من النوع الحلزوني (Spiral Wound) فإن مياه التغذية تسير بين طبقات الغشاء التي تكون ملفوفة حلزونياً حول نفسها، وداخل وعاء الضغط الواحد يمكن تركيب عدد من الأغشية يصل إلى ٨ أغشية داخل الوعاء بحيث تكون المياه الخارجة من الغشاء الأول مغذية للغشاء الثاني وهكذا حتى الغشاء الأخير وتخرج في صورة مياه عالية التركيز (Concentrated Water) – أما بالنسبة للمياه التي تمت تحليتها (Permeate Water) فتتجمع داخل أنبوب مركزي تمهيدا لنقلها داخل خزان المياه المنتجة (Product Water Tank) – وأثناء ذلك نلاحظ وجود عدة عناصر يمكن قياسها معملياً أو بالأجهزة المركبة على وحدة الإنتاج منها:

كمية مياه التغذية	**Feed Water**
كمية المياه المحلاة	**Permeate Water**
تركيز الأملاح بمياه التغذية	**Feed Salt Concentration**
تركيز الأملاح بمياه المنتج	**Permeate Salt Concentration**

وأنه من هذه المعلومات البسيطة يمكننا حساب نسبة الإستعواض (Recovery)، نسبة مرور الأملاح (Salt Passage)، نسبة ممانعة الأملاح (Salt rejection).

$$\text{Recovery } (\%) = \frac{\text{Permeate Flow}}{\text{Feed Flow}} * 100$$

$$\text{Salt Passage } (\%) = \frac{\text{Permeate Salt Concentration}}{\text{Feed Salt Concentration}} * 100$$

$$\text{Salt Rejection } (\%) = 100 - \text{Salt Passage}$$

٥- الشكل التصميمي للأغشية Reverse Osmosis Module Designs

توجد أربعة أنواع رئيسية من الأغشية تم استخدامها وهي:

النوع الأنبوبي.....Tubular

النوع الإطاري.....Plate and Frame

النوع الحلزوني الملفوف.....Spiral Wound

النوع الشعيرات المجوفة.....Hollow Fine Fiber

النوعين الأولين كانا يستخدمان في بداية عهد التناضح العكسي ويعيبهم ارتفاع التكلفة وقلة كثافة حشو الغشاء ولكنهما يتميزا بالقدرة على العمل مع مياه لها ميل لإحداث اتساخ للغشاء (Fouling) ولذلك يكثر استخدامهم في صناعات الأغذية مثل عملية تركيز الألبان والعصائر ونزع المواد المركزة من مياه الصرف الصحي – ونادراً ما يتم استخدامهم في أعمال تحلية وتنقية المياه.

تصميم الغشاء الحلزوني الملفوف (Spiral Wound) هو عبارة عن طبقتين تم لصقهم ظهر بظهر وبينهم مسافة تمثل قناة لمرور المياه المنتجة، تم طي هذا الغشاء حول أنبوبة مثقبة، وتم وضع شبكة داخل الغشاء تقوم بدور الناقل (Carrier) وظيفتها حمل الماء المنتج وتوصيله للأنبوبة، وبين كل طبقة غشاء والأخرى توجد شبكة أخري (Spacer) وتعمل على إيجاد قناة مرورية لمياه التغذية كما أنها تساعد على إحداث خلط جيد لمياه التغذية حتى لا يتم تجميع المياه المركزة في مكان واحد.

يتميز تصميم الغشاء من النوع الشعيرات المجوفة (Hollow Fiber) بأنه ذو مساحة مقطعية كبيرة في حيز صغير ولكن يتطلب ذلك إجراء عملية معالجة مبدئية غاية في الدقة وذلك لتقليل ميل مياه التغذية لإحداث اتساخ (Fouling) – وكذلك الاحتكاك المتواجد بين الشعيرات بعضها البعض يؤدى ذلك لخفض القدرة الإنتاجية للغشاء بمرور الوقت.

البيان التالي يوضح بعض المقارنات بين نوعيات للأغشية:

١ـ من حيث التكلفة الكلية لنظام التحلية

Tubular, Plate & Frame >> Hollow Fiber, Spiral Wound

٢ـ من حيث المرونة في التصميم

Spiral Wound >> Hollow Fiber > Plate & Frame > Tubular

٣ـ من حيث إمكانية الغسيل الكيمائي

Plate & Frame > Tubular > Spiral Wound > Hollow Fiber

٤ـ من حيث المساحة الكلية للمحطة

Tubular >> Plate & Frame >> Spiral Wound >> Hollow Fiber

٥ـ من حيث قابليته للاتساخ

Hollow Fiber >> Spiral Wound > Plate & Frame > Tubular

٦ـ من حيث تكلفة الطاقة

Tubular > Plate & Frame > Hollow Fiber >> Spiral Wound

٦- العوامل المؤثرة في أداء عملية التناضح العكسي
Factor Influencing Reverse Osmosis Performance

هناك عنصران هامان جداً من عناصر أداء عملية التناضح العكسي وهما:

نسبه الأملاح المستبعدة (Salt Rejection) – معدل المياه النافذة لوحدة المساحة من سطح الغشاء (Permeate Flux) – وهذان العنصران يتأثران بعدة عوامل وهى:

٦-١ الضغط (Pressure)

بزيادة الضغط المغذى للأغشية سوف تنخفض تركيز الأملاح الموجودة في المياه المنتجة من الغشاء وسوف تزداد كمية المياه التي تنفذ من وحدة المساحة من الغشاء.

٦-٢ درجة الحرارة (Temperature)

إذا ارتفعت درجة الحرارة مع ثبات العناصر الأخرى فإن معدل النفاذ بالنسبة لوحدة المساحة سوف يزداد في الوقت نفسه فإن سماحية الغشاء لمرور الملح سوف تزداد.

٦-٣ نسبه الإستعواض (Recovery)

هي النسبه بين كمية المياه المنتجة (Product Water Flow) وكمية مياه التغذية (Feed water Flow) وعند زيادة نسبه الإستعواض سوف يقل معدل النفاذ ويزدادا تركيز الأملاح داخل وعاء الضغط – وكذلك فإن نسبة الأملاح المستبعدة سوف تقل مع زيادة نسبه الإستعواض.

٦-٤ تركيز الأملاح في مياه التغذية (Feed Salt Concentration)

يلاحظ أنه بزيادة تركيز المياه المغذية تنخفض كمية المياه المنتجة وترتفع نسبة تركيز الأملاح بالمياه المنتجة كما هو مبين بالجدول التالي:

الزيادة فى	كميه المياه المحلاة	مرور الاملاح
الضغط المؤثر	ترتفع	تنخفض
درجة الحرارة	ترتفع	ترتفع
نسبه الإستعواض	تنخفض	ترتفع
تركيز مياه التغذية	تنخفض	ترتفع

مقدمة Introduction

تتكون محطة التحلية عامة من عدة مكونات:

١- مصادر مياه التغذية

٢- مضخات التغذية

٣- الفلاتر متعددة الطبقات

٤- الفلاتر الميكرونية

٥- مضخة الضغط العالي

٦- وحدة التحلية (الأغشية وملحقاتها)

٧- نظام التخلص المياه المركزة

٨- تخزين المياه المحلاة

٩- نظام تنظيف الأغشية وحفظها.

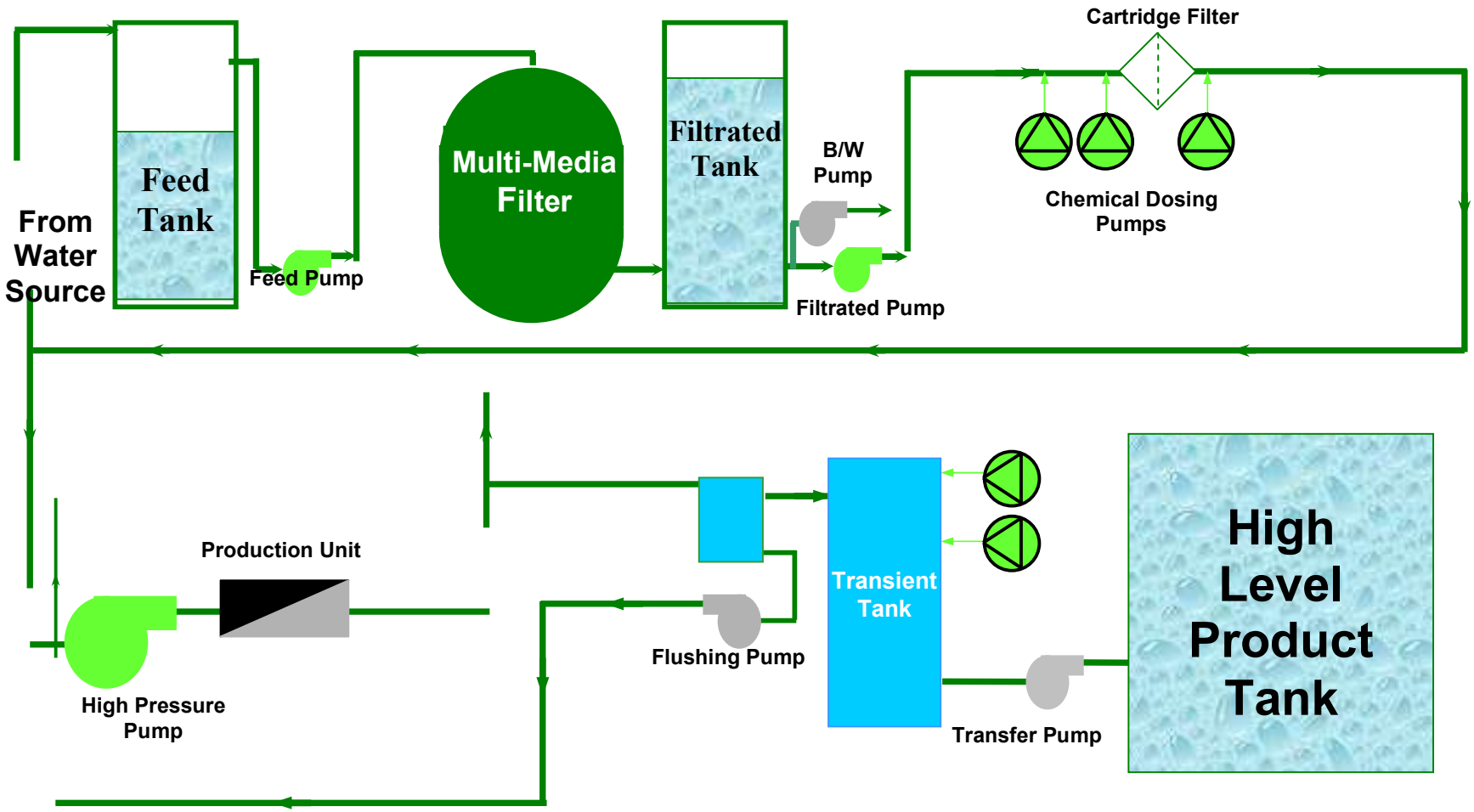
الشكل التالي يبين مخطط لمحطة تحلية بطاقة (١٠٠متر مكعب/يوم) تعمل بنظام التناضح العكسي وتتكون من:

عدد (١) خزان التغذية الرئيسي.
عدد (١) مضخة تغذية رئيسية.
عدد (١) فلتر متعددة الطبقات.
عدد (١) خزان مياه مفلترة.
عدد (١) فلتر ميكروني.
عدد (١) وحدة تحلية بطاقة ٤.٢ متر مكعب/ساعة تتكون من أنبوبين ضغط، يوجد بكل أنبوب عدد (٤) أغشية تحلية.

نظام حقن الكيماويات ويتكون من مضخة حقن ووصلاتها وصمامات عدم الرجوع.

نظام الغسيل الكيمائي ويتكون من خزان ومضخة الغسيل ومحابس العزل.

وسيتم بعد ذلك تدوين بعض الملاحظات على مكونات محطة التحلية.


From Water Source
Feed Tank
Feed Pump
Multi-Media Filter
Filtrated Tank
B/W Pump
Filtrated Pump
Cartridge Filter
Chemical Dosing Pumps
Production Unit
High Pressure Pump
Flushing Pump
Transient Tank
Transfer Pump
High Level Product Tank

١ـ مصادر مياه التغذية Water Sources

يتم تغذية محطات التحلية بنظام التناضح العكسي من خلال طريقتين وهما:

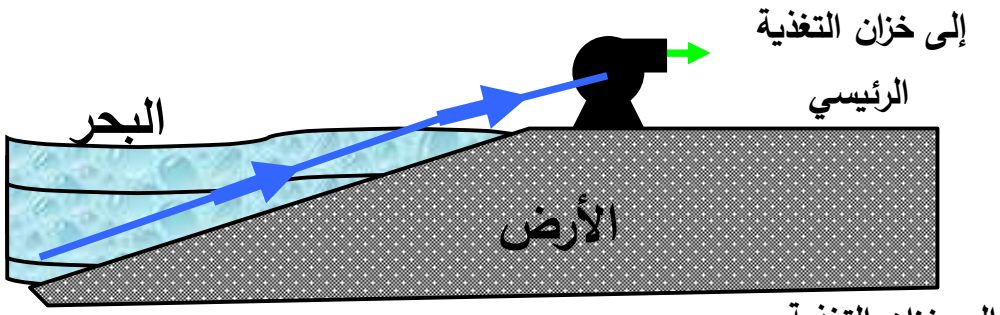
المأخذ المفتوح (Open Intake) الآبار الشاطئية (Beach Wells)

١ـ١ المأخذ المفتوح *Open Intake*

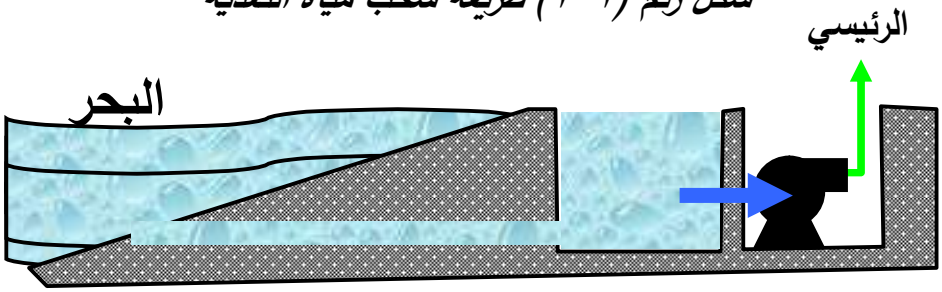
يتم استخدام مياه البحر كمياه مغذية لمحطة التحلية حيث يتم سحب المياه من داخل البحر من منطقة عميقة سواء بمضخات شكل رقم (١-١) أو تأتى المياه بمفردها بالجاذبية لتدخل في خزان أرضى يتم إنشاؤه خصيصاً لهذا الغرض شكل رقم (١-٢) – ويتم ضخ هذه المياه لخزان التغذية الرئيسي – ومن مميزات هذه الطريقة:

١- ضمان تواجد المياه بصفة مستمرة.

٢- ثبات التركيب الكيمائي.



شكل رقم (١-١) طريقة سحب مياه التغذية



شكل رقم (١-٢) طريقة سحب مياه التغذية

ولكن يعيبها إجراء عمليات معالجة مبدئية باستخدام كميات كبيرة من المواد الكيماوية لقتل الأحياء والبكتريا والطحالب المتواجدة داخل مياه التغذية.

١-٢ الآبار الشاطئية Beach Wells

يتم استخدام الآبار الشاطئية في كمصدر للحصول على مياه التغذية، حيث يتم استخراج وسحب طبقات المياه الباطنية من الخزانات الجوفية عن طريق سحب آبار تسمي أبار السحب.

ويراعي في تشغيل وصيانة هذه الآبار العناية والدقة الكافية حتى لا يتسبب ضخ المياه من آبار لسحب بمعدلات كبيرة وعدم مراقبتها إلى استنزاف المياه الجوفية ونضوب الآبار أو تدهور نوعية المياه المسحوبة – ومن مميزات هذه الطريقة:

١- ندرة تواجد الأحياء والبكتريا.

٢- عدم ارتفاع تكلفة المعالجة الكيمائية المبدئية لمياه التغذية.

ولكن يعيبها عدم ضمان تواجد المياه بصفة مستمرة في حال الإهدار في استخدام البئر، وعدم ثبات التركيب الكيمائي حيث أنه قد يتغير مع طول فترة التشغيل.

ويتكون البئر من عدة أجزاء رئيسية مثل:

مواسير البئر – الغلاف الزلطى – القاعدة الأسمنتية

شكل (١-٣) صورة لبئر سحب

١-٢-١ مواسير البئر

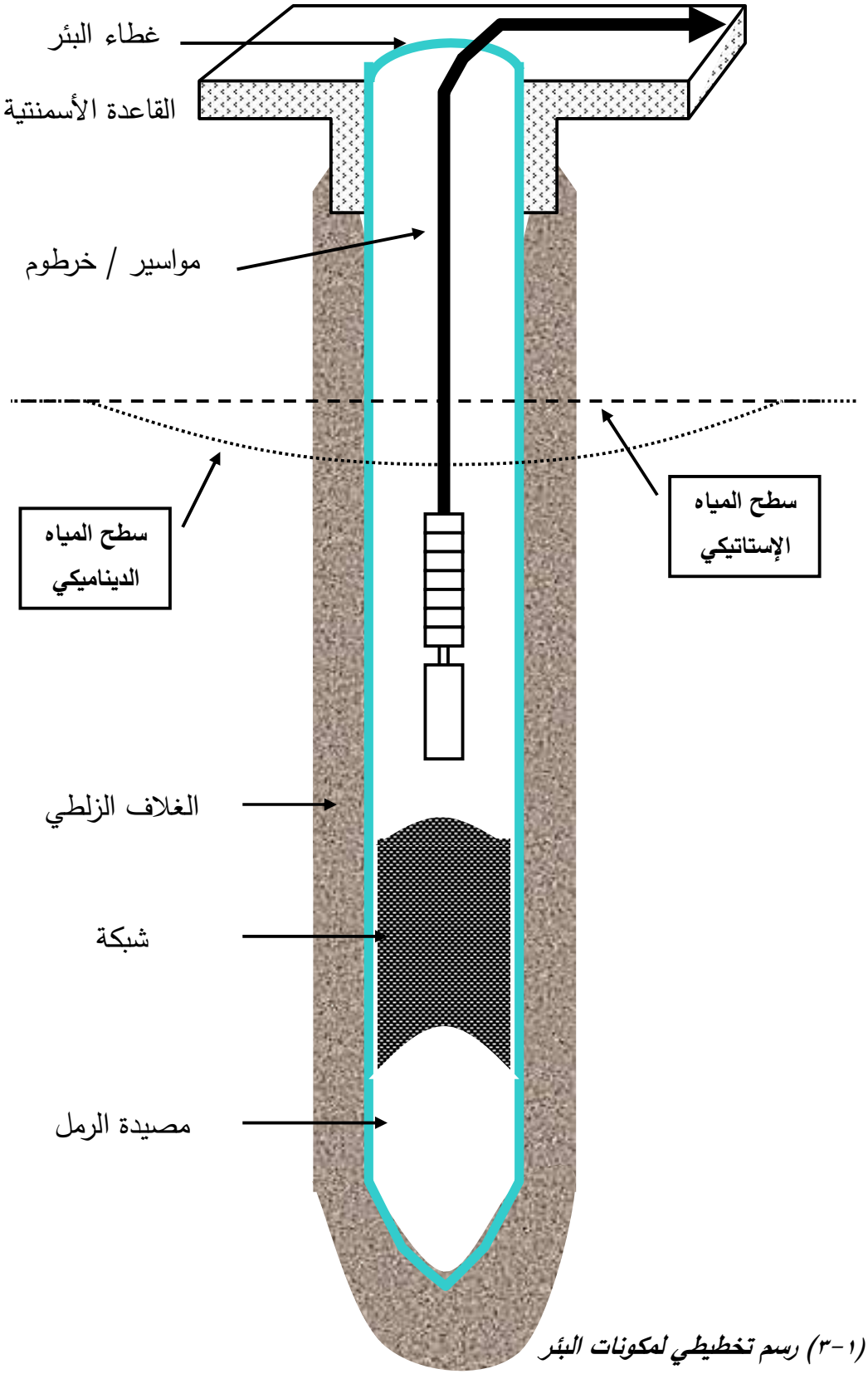
تتكون مواسير البئر من مواسير مصمتة (سادة، قيسونات الإنتاج) وأخري مثقبة (مصافي) بأقطار تتراوح من ٦ إلى ١٢ بوصة، بحيث تكون مواسير الإنتاج بالجزء الأعلى من البئر والمصافي بالجزء الأسفل راجع الشكل رقم (١-٣)، وغالباً ما يتم تغليف المواسير المثقبة بطبقة شبكية من النحاس المخرم في حالة وجود رمال داخل البئر، كما أنه يتم تزويد خط مواسير البئر في نهايته السفلية بوصلة مواسير سادة بطول حوالي ٥ متر لتعمل كمصيدة للرمال ويتم استخدام عدة أنواع من المواسير في هذا الغرض منها:

مواسير الحديد الذي لا يصدأ Stainless Steel

مواسير الحديد المجلفن Galvanized Steel

مواسير البلاستيك PVC

شكل (١-٤) صورة لبئر سحب



رقم (١-٣) رسم تخطيطي لمكونات البئر

١-٢-٢ الغلاف الزلطى

يغلف البئر بيم جدران الحفر ومواسير البئر بغلاف من الزلط الصغير (الفينو) لخفض سرعة المياه الداخلة للبئر وكذلك تنقية المياه من الحبيبات الرفيعة التي قد تعمل على سد مصافي البئر – ويتم اختيار أقطار الزلط حسب نوعية رمال التربة المحيطة.

١-٢-٣ القاعدة الأسمنتية

يتم صب قاعدة من الخرسانة العادية حول مواسير رأس البئر بحيث تتوسطها قيسونات الإنتاج والتي يتم تجهيزها من أعلى بطبقة مقلوظة (غطاء البئر) ولحين تجهيز البئر للتشغيل بإنزال طلمبة السحب ومواسير أو خراطيم رفع المياه.

١-٢-٤ الاعتبارات التي يجب مراعاتها عند تحديد موقع بئر السحب

١- اختيار مواقع الآبار بالقرب من مناطق التغذية ما أمكن.

٢- وضع الآبار في صفوف متعامدة مع خطوط سير حركة المياه الجوفية.

٣- وضع الآبار يكون متباعدة عن بعضها حتى لا يتأثر أدائها نتيجة التداخل.

٤- أن تكون الآبار بعيدة عن أي مناطق بها تلوث.

١-٢-٥ الاعتبارات التي يجب مراعاتها في بئر السحب

من تحليل نتائج اختبار الضخ متعدد المراحل، فإنه يتم تحديد التصرف الآمن للبئر وتحديد المواصفات الهيدروليكية لمضخة البئر وهي:

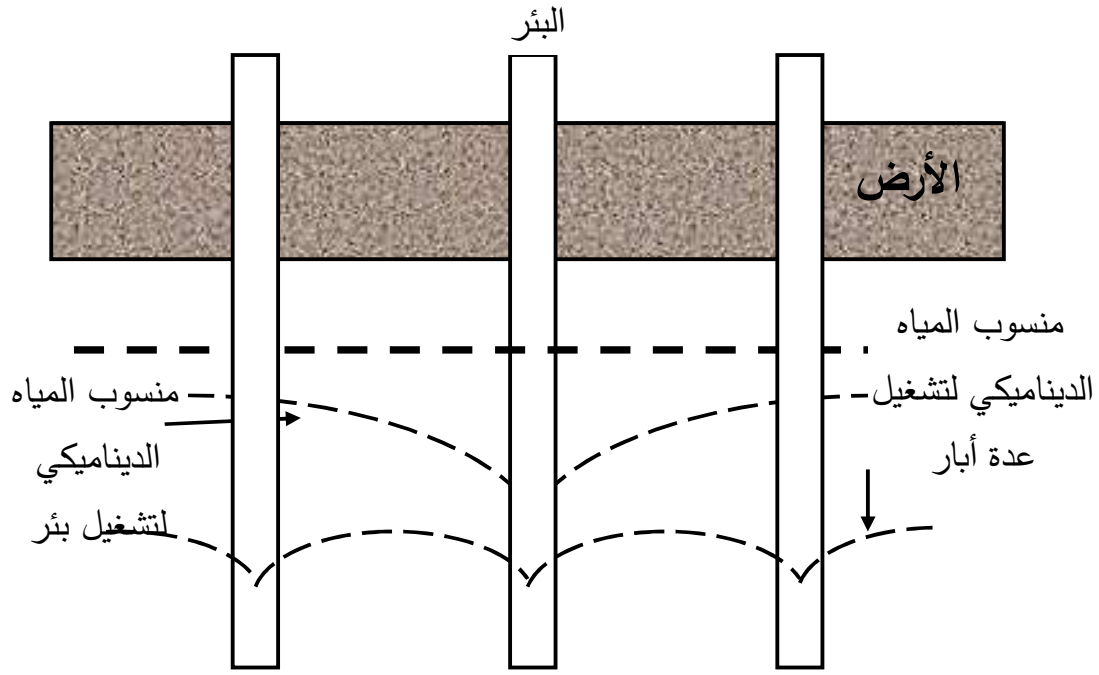
مقدار التصرف (Flow)

مقدار الرفع الديناميكي (Dynamic Pressure)

عمق إرساء المضخة داخل البئر (Pump Level inside Well)

حيث يجب أن يتم تزويد خط طرد البئر (مواسير أو خرطوم) بكوع الطرد وعداد ضغط وجهاز قياس للسريان ومحبس عدم رجوع ومحبس عزل البئر.

ويفضل إنزال مضخة غاطسة كهربائية كاملة من الحديد غير قابل للصدأ (Stainless Steel) وكذلك الكابل الكهربي لتشغيل الموتور وكابل الاليكترود (Sensor) الواقي من التشغيل الجاف (Dry Running) للمضخة.



شكل رقم (١-٤) مناسيب تشغيل بئر واحد وعدة آبار

١-٢-٦ الاعتبارات المطلوبة في تشغيل بئر السحب

لإمكانية استغلال هذه الآبار بأمان وعلى المدى الزمني البعيد فإنه يجب مراقبة أداء الآبار والمضخة ونوعية المياه – وعمل ملف لكل بئر ويتم مداومة تسجيل البيانات التالية:

١- محتوى الرمال مع المياه.

٢- نوعية المياه من حيث درجة الملوحة.

٣- نوعية المياه نتيجة التلوث من أي مصدر.

لاحظ إمكانية انخفاض وتدهور معدل الضخ من البئر أو تدهور نوعية المياه نتيجة سوء اختيار موقع البئر شكل رقم (١-٤)، سوء التشغيل، عدم صيانة هذه الآبار.

١-٢-٧ العوامل التي تؤدى لانخفاض معدل الضخ من بئر السحب

١- سوء التصميم أو اختيار موقع البئر

٢- سوء التشغيل.

٣- التأثير السلبية نتيجة تداخل الآبار.

٤- سوء الصيانة.

٢- خزان التغذية الرئيسي Feed Water Tank

وهو خزان يقوم بتلقي مياه التغذية الواردة من الآبار وتخزينها لحين ضخها بمضخة التغذية.

شكل (٢-١) صورة لخزان تغذية رئيسي

ويتواجد مقياس للمنسوب (Level Meter) يقوم بالتحكم أتوماتيكياً في تشغيل مضخة البئر وإيقاف مضخة التغذية الرئيسية عند انخفاض المنسوب داخل الخزان وإيقاف مضخة البئر عند ارتفاع المنسوب داخل الخزان.

٣- مضخات التغذية Feed Water Pump

وهى المضخات المنوط بها ضخ مياه التغذية الى الفلاتر متعددة الطبقات.

شكل (٣-١) صورة لمضخة تغذية رئيسية

وسوف يتم مناقشتها بشكل منفصل.

٤ـ الفلاتر الرملية Multi-Media Filters

تستخدم الفلاتر الرملية أو الفلاتر متعددة الطبقات في إزالة المواد العالقة أو المواد الرغوية (الصمغية) بواسطة إلتقاطها على سطح وسائط الترشيح (رمال / رمال + أنثراثيت / .....) وتعتمد جودة الفلتر على حجمه وهندسة السطح (الشكل الداخلي للفلتر) ونوعية مادة الفلترة المستخدمة وتحليل مياه التغذية وعوامل التشغيل.

ويتم إستخدام رمال ذات شكل خاص وجودة عالية حيث تتراوح أقطارها من (٠.٣٥-٠.٥ مم) ومادة الأنثراسيت (Anthracite) بأقطار تتراوح من (٠.٧-٠.٨ مم) التي يتسبب وجودها في رفع كفاءة الفلترة.

شكل (٤-١) صورة لفلتر متعدد الطبقات

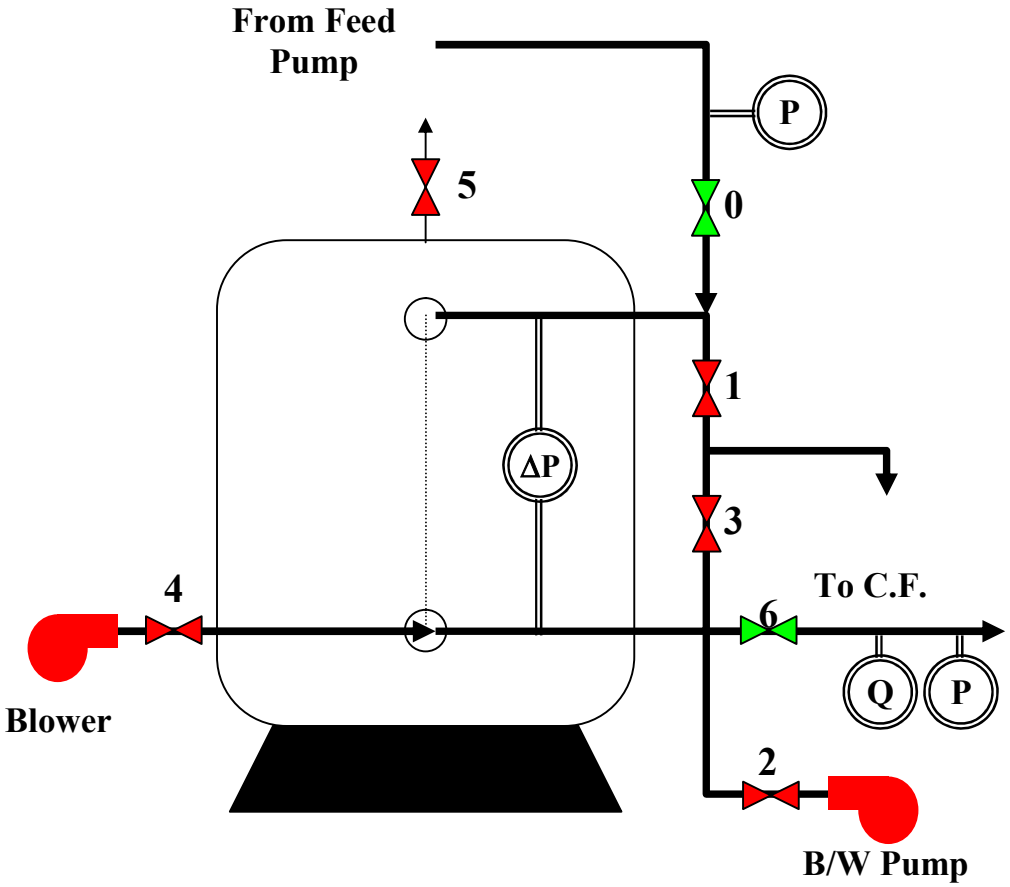
ويتم في الغالب تصميم عمق الرمال في الفلاتر الرملية حوالي ٨٠ سم كحد أدنى – أما في الفلاتر متعددة الطبقات فيكون ارتفاع الرمل حوالي ٥٠ سم وارتفاع الإنثراثيت حوالي ٣٠ سم – وتتواجد الفلاتر الرملية في شكلين هما:

٤-١ فلاتر الضغط Pressure Filtration

يكون فيها ضغط التشغيل يتراوح من ٢ إلى ٤ بار، ويحتاج هذا النوع إلى طبعة عالية من الرمال بحيث تكون حبيباتها ناعمة حيث تعطى معدل ترشيح عالي، ويصمم الفلتر على معدل سريان حوالي من ١٠-١٢ متر/ساعة والغسيل العكسي بمعدل ٣٠-٣٦ متر/ساعة – حيث يقل معدل السريان بارتفاع الاتساخ داخل الفلتر.

٤-٢ فلاتر الجاذبية Gravity Filtration

يكون فيها ضغط التشغيل منخفض نسبياً عن فلاتر الضغط أي حوالي ٥ متر ماء (٠.٥ بار) ويتم إدخال الفلتر لعملية الغسيل العكسي عند حدوث فرق ضغط على جانبي الفلتر ١.٤ متر ماء (٠.١ بار).



شكل (٤-٢) رسم تخطيطي للفلتر متعدد الطبقات

٤-٣ التشغيل العادي للمرشح Normal Operation

أثناء التشغيل العادى تدخل المياه من أعلي الفلتر (الصمام ١) وتخرج من الأسفل (الصمام ٦).

يتواجد بالفلتر عدة أجهزة للقياس منها:

جهاز قياس السريان (يتواجد على خط طرد الفلتر).

جهاز قياس ضغط الدخول (يتواجد على خط سحب الفلتر).

جهاز قياس ضغط الخروج (يتواجد على خط طرد الفلتر).

جهاز قياس فرق الضغط (يأخذ إشارته من جهازي قياس ضغط الدخول والخروج).

٤-٤ الغسيل العكسي للمرشح Back-Wash

يتم إجراء الغسيل العكسي للفلتر في حالة ارتفاع فرق الضغط بين جهازي قياس ضغط الدخول والخروج الى ٠.٣-٠.٦ بار.

٤-٤-١ وضع التشغيل العادي

كما سبق وذكر أثناء التشغيل العادى تدخل المياه من أعلي الفلتر (الصمام ١) وتخرج من الأسفل (الصمام ٦).

٤-٤-٢ وضع نزح مياه الفلتر Drain

١- يتم غلق جميع الصمامات.

٢- يتم فتح الصمام رقم (٣) والصمام رقم (٥).

٣- يترك هذا الوضع لمدة كافية حتى تتأكد من أن الفلتر أصبح خالياً من المياه.

٤-٤-٣ وضع التنظيف بالهواء المضغوط Air Scouring

١- يتم غلق جميع الصمامات.

٢- يتم فتح الصمام رقم (١) والصمام رقم (٤) والصمام رقم (٥).

شكل (٤-٣) صورة لضاغط الهواء

٣- يتم تشغيل مروحة الهواء (Blower) لمدة ٥ دقائق.

٤-٤-٤ وضع الغسيل العكسي Back-Wash

١- يتم غلق جميع الصمامات.

٢- يتم فتح الصمام رقم (١) والصمام رقم (٢).

شكل (٤-٤) صورة لمضخة الغسيل العكسي

٣- يتم تشغيل مضخة الغسيل العكسي لمدة لا تقل عن ١٠ دقائق.

٤-٤-٥ وضع الشطف Rinse

١- يتم غلق جميع الصمامات.

٢- يتم فتح الصمام رقم (٠) والصمام رقم (٣).

٣- يتم تشغيل مضخة الغسيل العكسي لمدة لا تقل عن ١٠ دقائق.

وبعد ذلك يتم غلق جميع المحابس لحظياً ثم العودة لوضع التشغيل العادي بفتح الصمام رقم (٠) والصمام رقم (٦).

٤-٥ خطوات نزح رمال التنقية من المرشح Sand Drain

عند نزح رمال التنقية من المرشح رغبة في تغييرها اتبع الخطوات التالية:

١- انزح المياه من المرشح.

٢- أزل طبة نزح الرمل.

٣- يتم إدخال شخص واحد داخل الفلتر لنزح الرمل بمساعدة آخرين من الخارج.

٤- بعد نزح الفلتر تأكد من أن كل الوصلات بالداخل سليمة وتعمل بحالة جيدة.

٥- خزان المياه المرشحة Filtration Tank

وهو خزان يقوم بتلقي المياه المرشحة الواردة من المرشحات متعدد الطبقات حيث يتم ضخها بمضخة الفلترة (Filtrate Pump).

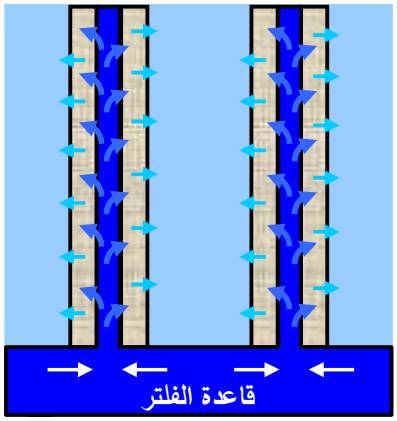
شكل (٥-١) خزان المياه المفلترة

ويتواجد علية مقياس للمنسوب (Level Meter) يقوم بالتحكم أتوماتيكياً في تشغيل مضخة التغذية عند انخفاض المنسوب داخل الخزان.

٦- المرشحات الميكرونية Cartridge Filters

يتطلب نظام التحلية بطريقة التناضح العكسي وجود مرشحات ميكرونية سعه مسامها أقل من ١٠ ميكرون وتسمي أحياناً بالمرشح الحامي (Filter Guard) حيث أنها تحمي الأغشية ومضخات الضغط العالي من الذرات والجزيئات العالقة ويتواجد المرشح الميكروني في نهاية مرحلة المعالجة المبدئية.

وتتحرك جزيئات الماء في قاعدة الفلتر الميكروني ثم ترتفع بفعل ضغط مضخة التغذية الى داخل شمعات الفلتر ثم تمر بداخلها وتعبرها لتخرج الى الجانب الأخر بعد إتمام فلترتها – الشكل رقم (٤-١) يبين قطاع فى شمعتين داخل فلتر ميكروني وحركة مسار المياه بداخل الفلتر.



شكل (٦-١) شكل تخطيطي لفلتر ميكروني من الداخل

ويوصى باستخدام فلاتر ميكرونية ذات مسام بقطر ٥ ميكرون أو أقل، خاصة عند تواجد السيلكا الغروية بنسبه كبيرة ينصح باستخدام فلاتر ميكرونية ذات قطر ١ ميكرون.

يجب أن تعطي مسام الفلتر معدل السريان المطلوب، ويتم تغييرها في حالة ارتفاع فرق الضغط على جانبي الفلتر ٠.٨ بار.

شكل (٦-٢) صورة لفلتر ميكروني ٥ ميكرون

لا ينصح بعمل أي نوع من الغسيل للفلاتر الميكرونية لأن ذلك يقلل من كفاءتها ويعمل على السماح في مرور الجزيئات الغير مرغوبة لتندفع بقوة ضغط مضخة الضغط العالي وتلتصق بالأغشية.

يتم صناعة مادة شمعة الفلاتر الميكرونية من مواد غير قابلة للتحلل مثل النايلون أو البروبلين، ويتم تجهيزها بمقياس لقياس فرق الضغط لاستبيان مقدار الانسداد بها.

يختلف التصميم للعديد من الفلاتر الميكرونية حسب ضغط التشغيل وكمية السريان المطلوبة فمنها ما يتكون من شمعة واحدة كبيرة (قطر ٤ بوصة و طول ٢٠ بوصة) ومنها ما يتكون عدد من الفلاتر متراصة بجانب بعضهم البعض (قطر ٢ بوصة وطول ٢٠ بوصة أو ٤٠ بوصة) – ويجمع هذه الشمعات وعاء ضغط غالياً ما يتكون من الإستانلس أو الفايبر المقوي ليتحمل الضغط المستخدم في عملية الترشيح الميكروني.

٧ـ مضخة الضغط العالي High Pressure Pump

وهى المضخة المسئولة عن رفع ضغط مياه التغذية من ضغط منخفض من حوالي ٢:١.٥ بار الى ضغط عالي من ١٠ إلى ٧٠ بار – حسب الاستخدام.

شكل (٧-١) صورة لمضخة ضغط عالي ماركة أبلكس (APLEX)

وسوف يتم مناقشتها بشكل منفصل.

٨- وحدة التحلية Production Unit

تتكون وحدة التحلية من عدة أجزاء أهمها هو الغشاء (العنصر الأساسي داخل المحطة) ووعاء الضغط ووصلات دخول مياه التغذية وخروج مياه الراجع وكذلك وصلات خروج المياه المحلاة.

شكل (٨-١) صورة عامة لوحدة تحلية

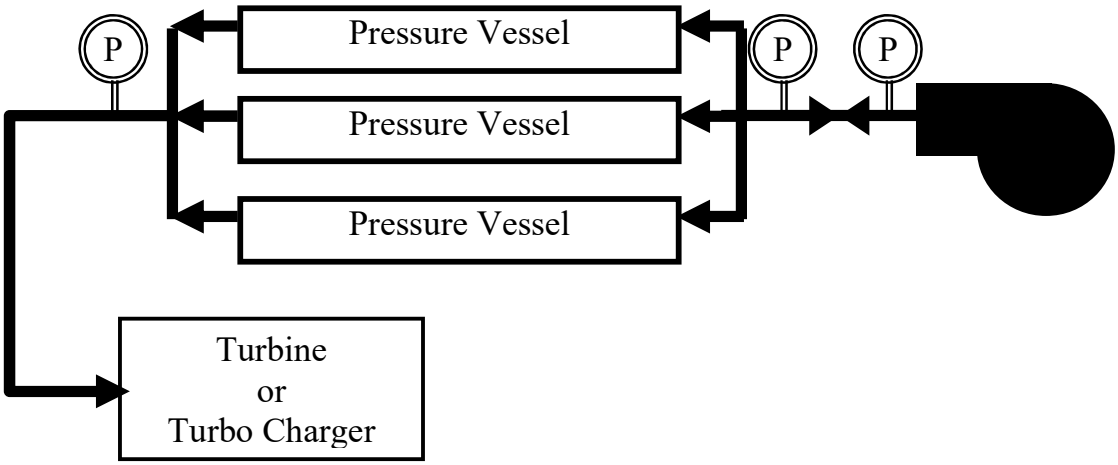
٨-١ وصلات دخول وخروج مياه التغذية

يتم استخدام مواسير من مادة الإستانلس إستيل عالي الجودة (SS 316) أو (Duplex) في تصنيع مواسير ووصلات دخول مياه التغذية وخروج مياه الراجع.

شكل (٨-٢) صورة عامة لوحدة تحلية جانب المنتج

حيث تدخل مياه التغذية من الفتحة الأمامية لوعاء الضغط تحت ضغط عالي من مضخة الضغط العالي مروراً بصمام الطرد لتمر بجميع الأغشية وتخرج من الفتحة الخلفية

لتمر على توربين (Turbine) أو مولد توربيني (Turbo Charger) للاستفادة من ضغطها في توفير الطاقة الكهربية المستخدمة لإنتاج المياه المحلاة – شكل رقم (٦-١).



شكل (٨-٣) رسم تخطيطي لخطوط دخول مياه التغذية وخروج مياه الراجع

٨-٢ وصلات خروج المياه المحلاة

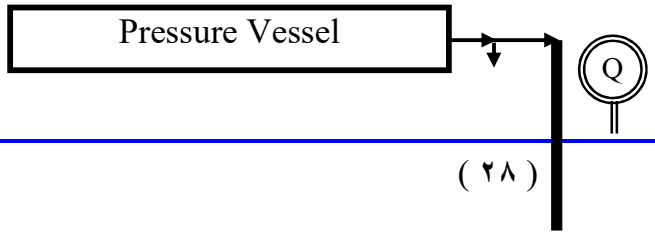
يتم تجميع المياه المحلاة في مواسير من مصنوعة من مادة البي في سي (PVC) ويأخذ خرج كل وعاء على حدة ويتم تركيب محبس ٤/١ بوصة لأخذ العينة (Sample Valve) من كل وعاء على حده، ثم يتم تجميع كل الخطوط بخط رئيسي أكبر ويتم توصيل هذا الخط بخزان المنتج – شكل (٨-٢).

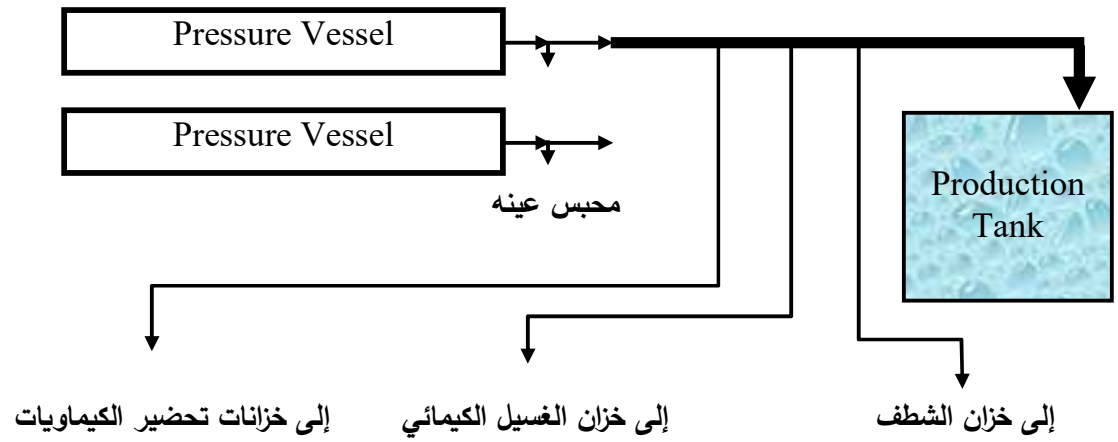
لاحظ خروج عدة وصلات من هذا الخط بيانها كالتالي:

١- وصلة لخزان غسيل الأغشية Flushing Tank.

٢- وصلة لخزان الغسيل الكيمائي Cleaning Tank.

٣- وصلة لخزانات تحضير المواد الكيمائية Chemical Dosing Tanks.





شكل (٨-٤) رسم تخطيطي لخطوط خروج مياه المنتج

٨-٣ وعاء الضغط Pressure Vessel

يصنع وعاء الضغط من مادة الفايبر المقوي لتتحمل ضغط يصل إلى حوالي ٨٠.٦ بار (١٢٠٠ رطل لكل بوصة مربعة).

شكل (٨-٥) صورة لوعاء الضغط (Pressure Vessle)

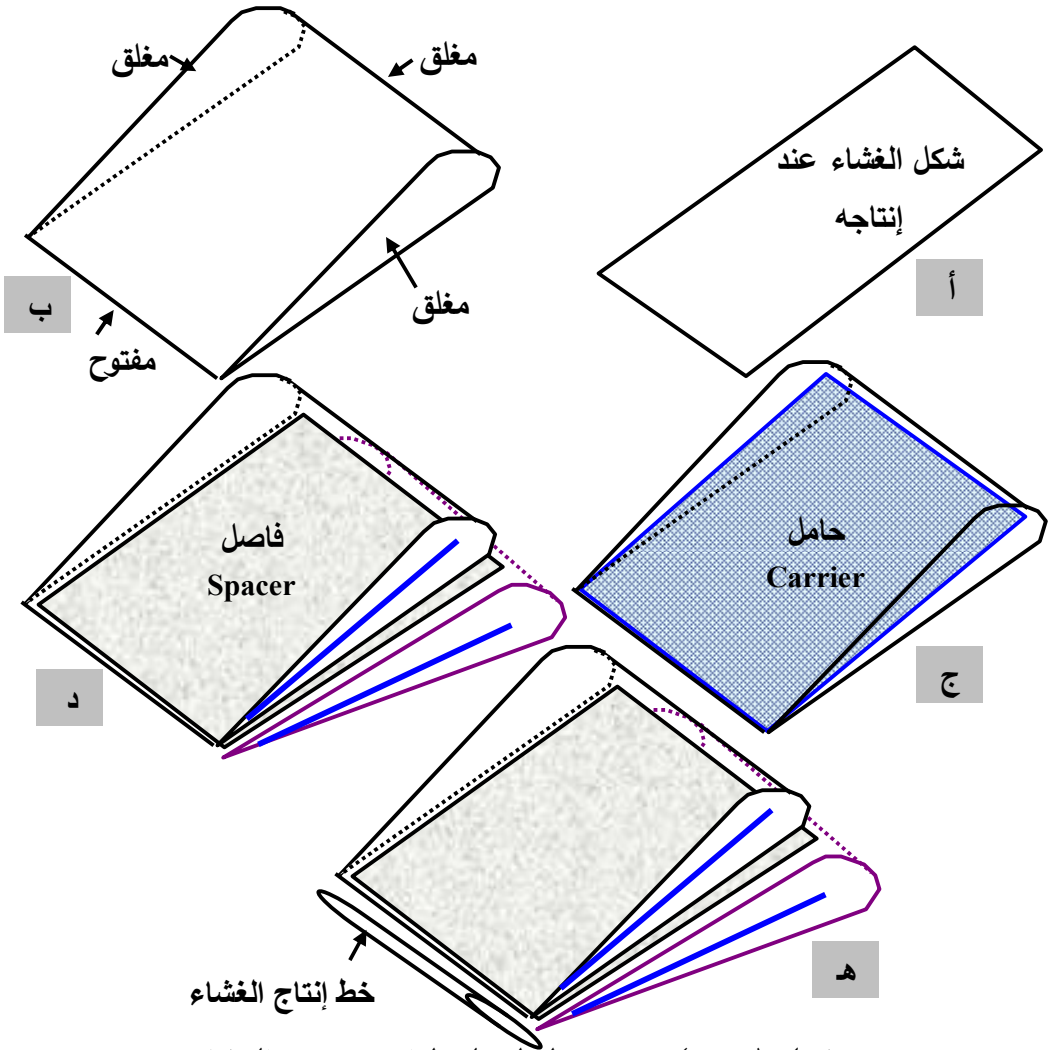
ويشحن كل وعاء بعدد من الأغشية يتراوح من ٤ – ٧ أغشية.

يتم التدقيق باستمرار بوعاء الضغط وفي حال وجود اشتباه لأي شروخ أو كسور يتم تبليغ المهندس المختص فوراً الذي سيقوم بدوره بتبليغ الشركة المصنعة بعد استبعاد هذا الوعاء من الخدمة فوراً.

٨-٤ الغشاء Membrane

الغشاء هو العنصر الرئيسي في عملية التحلية باستخدام نظام التناضح العكسى، يوجد العديد من الشركات المصنعة لأغشية التحلية منها (FilmTech, Fluid System, Tory, Koyo,.....) وتختلف توصيات الشركات المصنعة في طبيعية المياه المستخدمة لتغذية وطرق معالجتها المعالجة المبدئية.

ويتكون الغشاء من نسيج نباتي وحيواني ينتج مبدئياً في صورة ألواح طويلة كالقماش شكل رقم (٨-٦أ) ثم يقطع ويلف ويتم لحامه من جهتين شكل رقم (٨-٦ب) – وبذلك يكون مغلق من ثلاثة اتجاهات.



شكل (٨-٦) رسم تخطيطي لخطوات تصنيع الغشاء

ثم توضع طبقة من شبكة رقيقة تسمى بالحامل (Carrier) بين طبقتي الغشاء وظيفتها حمل جزيئات المياه المنتجة وفصل طبقتين الغشاء عن بعضهم – شكل رقم (٨-٦ج).

تعتبر المجموعة السابقة هي مجموعة إنتاج كاملة – ويوضع بين كل مجموعة وأخري شبكة من نوع أخر تسمي بالفاصل (Spacer) وظيفتها عمل طريق لدخول مياه التغذية بين كل مجموعة وأخري – شكل رقم (٨-٦د).

وبإحضار ماسورة بقطر ٠.٥ بوصة وعمل ثقوب طولية على جانبها، وتثبيت كل مجموعة غشاء على جانبي هذه الثقوب – سيتحرك الماء المنتج من داخل الغشاء بواسطة الحامل (Carrier) إلى الدخول في هذه الثقوب، وبذلك يتجمع جميع الإنتاج من كل المجموعات داخل الماسورة الواحدة الخاصة بكل غشاء – شكل (٨-٦هـ).

يتم دوران كل هذه المجموعات ليكون الشكل الكلي في صورة دائرية ويتم تغليفها خارجيا بمادة الفايبر جلاس ليبدو الغشاء في الصورة التي نعرفها.

٨-٤-١ ما يتم مراعاته عند تركيب الأغشية

اتجاه مانع هروب مياه التغذية (Brine Seal) في اتجاه السريان.

تركيب الوصلات البينية يتم بعناية عالية جدا (Inter connector).

التأكد من سلامة الحلقات المطاطية (O-Rings) بالوصلات أمر ضروري.

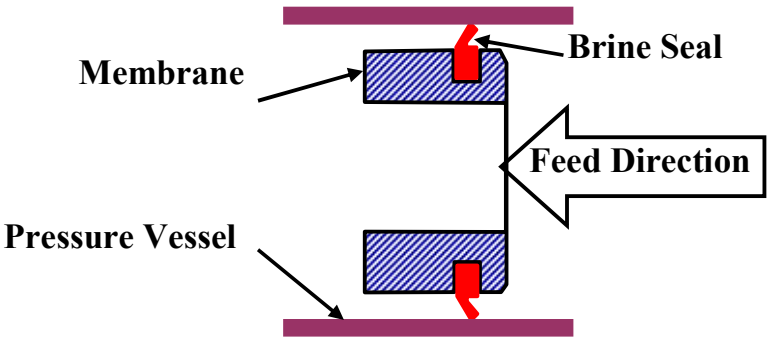
التأكد من تركيب أغطية البداية والنهاية (End Caps) بصورة جيدة.

التأكد من تركيب تجميعات الخطوط الإستانلس (Victual Coupling) بصورة جيدة.

تدورين بيانات كل غشاء (Serial No.) وكذلك ترتيبه بوعاء الضغط.

استخدام الجلسرين أمر ضروري عند تركيب الأغشية.

٨ـ٥ مانع هروب مياه التغذية Brine Seal

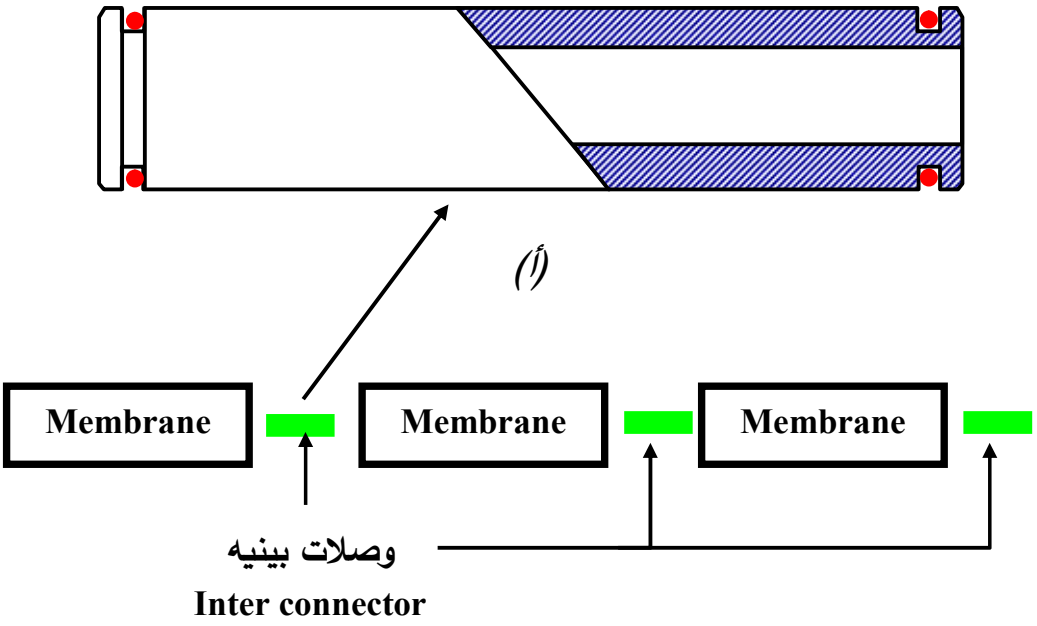


شكل (٨-٨) رسم تخطيطي لاتجاه تركيب مانع هروب مياه التغذية

يتواجد في بداية الغشاء ونهايته تجويف يمكن يركب فيه مانع تسريب مياه التغذية (Brine Seal) بحيث يكون تركيبه في اتجاه دخول مياه التغذية.

٨ـ٦ الوصلات البينية Inter Connector

كما سبق وأشرنا أن وعاء الضغط الواحد يمكن تركيب عدد من الأغشية بداخله يصل إلى ٧ أغشية بكل وعاء – ويتم هذا التوصيل بين مواسير المنتج (المتواجد بداخل الغشاء) عن طريق واصل صغير يسمى بالوصلات البينية (Inter Connector).



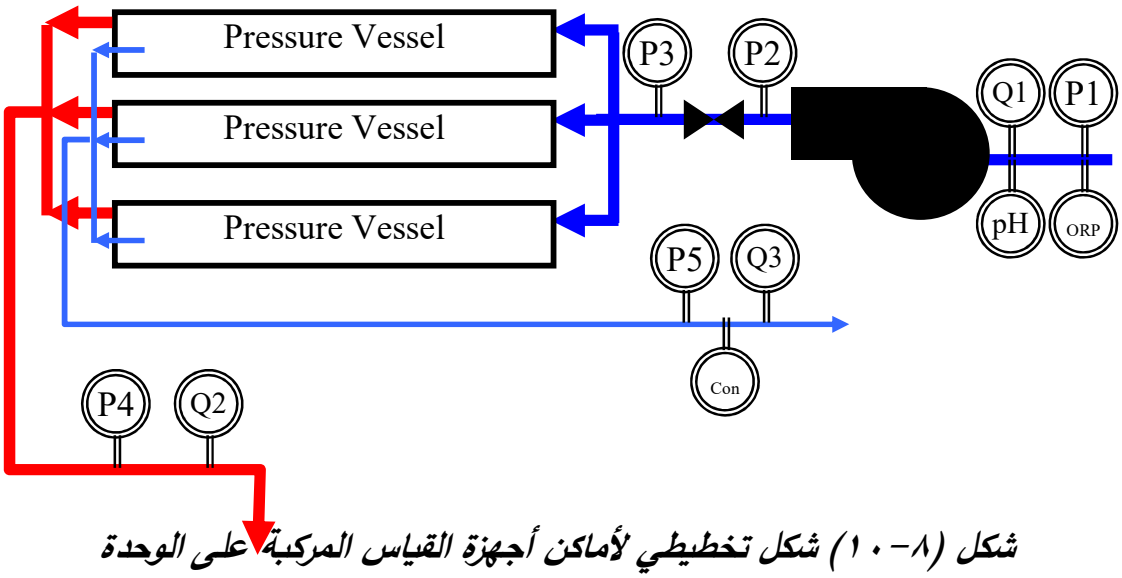
(ب)

شكل (٨-٩) شكل تخطيطي لمكان تركيب الوصلات البينية وقطاع بها

ويتواجد على طرفي هذا الواصل البيني مجري يتم تركيب مانع تسريب فيه (O-Ring) ليمنع وصول مياه التغذية أو الراجع إلى المياه المحلاة – والشكل رقم (٨-٩أ) يبين قطاع في هذا الواصل البيني والشكل رقم (٨-٩ب) يبين تواجد الواصل البيني بين الأغشية.

٨-٧ أجهزة القياس بالوحدة Measurement Devices

لحماية الأغشية والمحافظة على ظروف التشغيل يجب تركيب العديد من أجهزة القياس التي يختص بعضها بالمشاهدة فقط ويختص البعض الأخر بأخذ قرار لإيقاف المحطة حسب التكليف الموكل له شكل (٨-١٠)، وعلى سبيل المثال لأجهزة القياس.



شكل (٨-١٠) شكل تخطيطي لأماكن أجهزة القياس المركبة على الوحدة

٨-٧-١ قياس كمية المواد المؤكسدة في مياه التغذية ORP Meter

عبارة عن عداد لقياس كمية المواد المؤكسدة في مياه التغذية، ويعزي إلية إيقاف المحطة في حالة وجود مواد مؤكسدة بالماء يمكن أن تضر بسلامة وتأمين الأغشية (الجهاز ORP).

٨-٧-٢ قياس نسبة الحموضة pH Meter

عبارة عن عداد لقياس نسبه الحموضة في مياه التغذية، ويعزي إلية إيقاف المحطة في حالة ارتفاع نسبه الحموضة عن النسبة المنصوص عليها من شركة تصنيع الغشاء (الجهاز pH).

٨-٧-٣ قياس ضغط سحب مضخة الضغط العالي H.P.P. Suction Pressure Meter

شكل (٨-١١) صورة لعداد قياس ضغط طرد مضخة الضغط العالي

عبارة عن عداد لقياس ضغط سحب مضخة الضغط العالي ويمكن أن يكون هو نفسه عداد قياس ضغط طرد الفلاتر الميكرونية (الجهاز P1).

٨-٧-٤ قياس كمية المياه المغذية للوحدة Feed Flow

شكل (٨-١٢) صورة لعداد قياس كمية السريان

عبارة عن عداد لقياس كمية المياه المسحوبة للوحدة حيث يمكن حساب نسبة الإستعواض (Recovery) من خلالها (الجهاز Q1).

٨-٧-٥ قياس ضغط طرد مضخة الضغط العالي H.P.P. Delivery Pressure Meter

عبارة عن عداد لقياس ضغط طرد مضخة الضغط العالي (الجهاز P2).

٨-٧-٦ قياس ضغط دخول الأغشية Membrane Inlet Pressure

عبارة عن عداد لقياس ضغط الدخول للأغشية، حيث أنه يمكن خفض ضغط طرد مضخة الضغط العالي بواسطة محبس ليصبح مقياس لضغط الدخول (الجهاز P3).

٨-٧-٧ قياس ضغط خروج المياه المرفوضة Reject Pressure

عبارة عن عداد لقياس ضغط الخروج لمياه الراجع المرفوضة (عالية الملوحة) التي يمكن استخدامها في المساعدة في خفض الطاقة الكهربية المستخدمة للمحطة (الجهاز P4).

٨-٧-٨ قياس كمية مياه الراجع المرفوضة Reject Flow

عبارة عن عداد لقياس كمية المياه المرفوضة (عالية الملوحة) (الجهاز Q2).

٨-٧-٩ قياس ضغط خروج المياه المحلاة Permeate Pressure

عبارة عن عداد لقياس ضغط الخروج لمياه المنتج (الجهاز P5).

٨-٧-١٠ قياس كمية المياه المحلاة Permeate Flow

عبارة عن عداد لقياس كمية المياه المحلاة (الجهاز Q3).

٨-٧-١١ قياس مقدار الملوحة للمياه المحلاة Permeate Conductivity

عبارة عن عداد لقياس كمية الملوحة لمياه المنتج، ويضبط هذا الجهاز بحيث يقوم بفتح أحد محابس التصريف في حالة ارتفاع الملوحة لمياه المنتج عن المقدار المطلوب (الجهاز Con.).

٨-٨ محابس العينة Sample Valve

يتم تجهيز خطوط إنتاج المياه المحلاة بمحابس ١/٤ بوصة لأخذ عينة من المياه المنتجة لكل وعاء ضغط على حدة

ملحوظة:

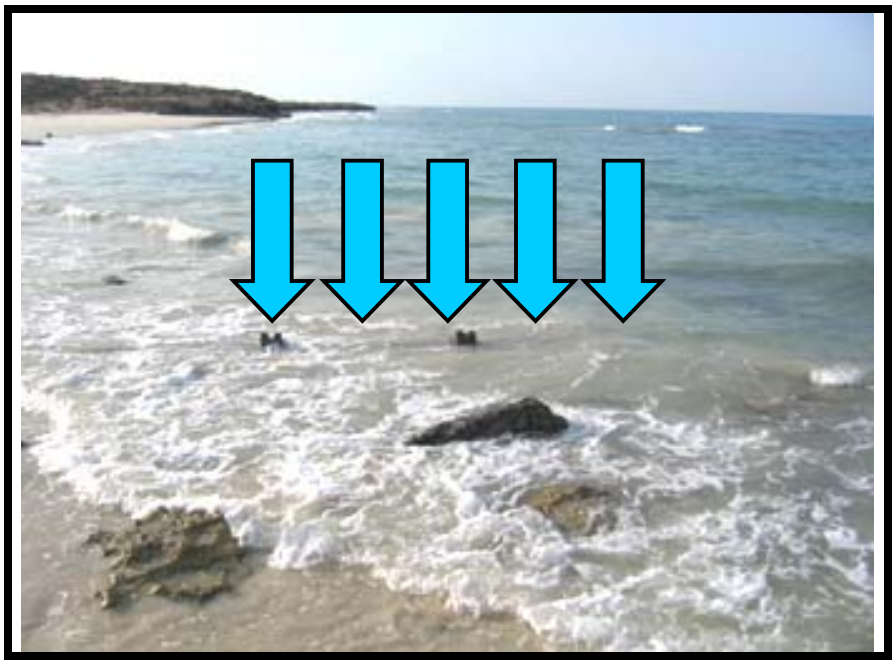
عند الارتفاع الفجائي لقيمة الأملاح للوحدة اتجه مباشرة لمحابس العينة وقم بأخذ عينة من إنتاج كل وعاء ضغط (Pressure Vessel) وفي الغالب سيكون إحدى موانع التسريب (O-Ring) به قطع أو التواء، ويتم تحديد مكانة في الغشاء عن طريق عمل جسه للوعاء (Probing) وبعدها يمكن فك الوعاء وتغيير المانع المعطوب.

٩ـ نظام التخلص من المياه المركزة

يتم التخلص من المياه المركزة بعدة طرق ولكن يجمعها ضرورة التخلص من أي مواد كيماوية متواجدة بالمياه يمكن أن تضر بالحياة.

٩ـ١ عن طريق البحر

يتم ذلك بإنشاء خط مواسير لحقن مياه الراجع داخل البحر.



شكل (٩-١) صورة لخط مياه الراجع

٩-١-١ الاعتبارات التي يجب مراعاتها عند تنفيذ مواسير البحر

١- دراسة التيارات البحرية دراسة جيدة لإنشاء الخط باتجاه مجري مائي.

٢- اختيار نوعية مرنة من المواسير لتلائم التحركات المائية.

٣- تنفيذ تثبيت جيد للخط بقاع البحر مع وضع العلامات المائية (الشمندورات).

٤- عمل مصافي بنهاية الخط بشكل منتظم وذات قطاع أملس.

٥- إجراء الدراسات البيئية كل فترة للتأكد من مدى تأثر الكائنات البحرية.

٩-١-٢ تجربة الحقن متعدد المراحل

يتم إجراء تجربة الحقن متعدد المراحل للتأكد من كفاءة الخط البحري وقابليته لحقن الراجع، وتتم هذه التجربة خلال فترة المد البحري – وتتم على النحو التالي:

١- يتم إنشاء خزان سفلي لاحتواء مياه الراجع.

٢- يتم تجهيز غرفة فرعية بجانب الخزان للمحابس ومضخة الطرد.

٣- يتم تشغيل المضخة لمدة ثلاثة ساعات على الأقل بتصرف أكبر من التصرف الطبيعي للمحطة (يتم المساعدة بملء خزان الراجع من مصدر أخر).

٩-١-٣ العوامل التي تؤدي لحدوث أعطال بخطوط الراجع

١- سوء التشغيل

- **صرف المياه داخل الخط بمعدلات مرتفعة أو زيادة فترة التشغيل اليومية.**
- **تشغيل المضخة باستمرار بدون تأمينها (عدم تواجد مجسات المنسوب لخزان الراجع – أو حدوث عطل بها).**

٢- سوء أعمال الصيانة

- **توقف مضخة الطرد.**
- **تسرب مياه الراجع لغرفة المحابس والمضخة.**

٩-٢ عن طريق آبار الراجع

وهي الآبار التي تستخدم في حقن أو استرجاع أو صرف المياه إلى الخزانات الجوفية، ويتم تنفيذ هذه الآبار بنفس طريقة آبار السحب من حيث تواجد مواسير/خراطيم للبئر وغلاف زلطي وقاعدة أسمنتية حول رأس البئر.

٩-٢-١ الاعتبارات التي يجب مراعاتها عند تنفيذ آبار الراجع

اختيار موقع آبار الراجع بعيداً مناطق تغذية خزان آبار سحب.

اختيار موقع آبار الراجع بعيداً عن آبار السحب.

تصميم عمق الآبار بحيث يتلاشى تأثيرها على آبار السحب أو البيئة المحيطة.

٩-٢-٢ تجربة الحقن متعدد المراحل

يتم إجراء تجربة الحقن متعدد المراحل للتأكد من كفاءة اختيار البئر وتتم على النحو التالي:

١- يتم غلق البئر بجلبة مجهزة بفتحتين.

٢- يتم إجراء تجربة الحقن على ثلاثة مراحل كل مرحلة لمدة ساعتين.

٣- يتم رفع تصرف مضخة الحقن خلال كل مرحلة دون إيقافها.

٤- يتم تسجيل عمق مستوى المياه الإستاتيكي قبل بدء التجربة، وكذلك المستوى الديناميكي عند كل مرحلة.

٥- من البيانات السابقة يتم تحديد معدل الصرف (الحقن) الآمن بالنسبة للبئر.

٩-٢-٣ العوامل التي تؤدي لحدوث طفح لآبار الراجع

يمكن اعتبار الأخطاء التشغيلية هي من أكثر الأسباب لحدوث طفح الآبار ومنها:

١- سوء التشغيل

- **صرف المياه داخل هذه الآبار بمعدلات مرتفعة أو زيادة فترة التشغيل اليومية.**
- **تشغيل بئرين متقاربين أو أكثر من آبار الراجع في نفس الوقت.**

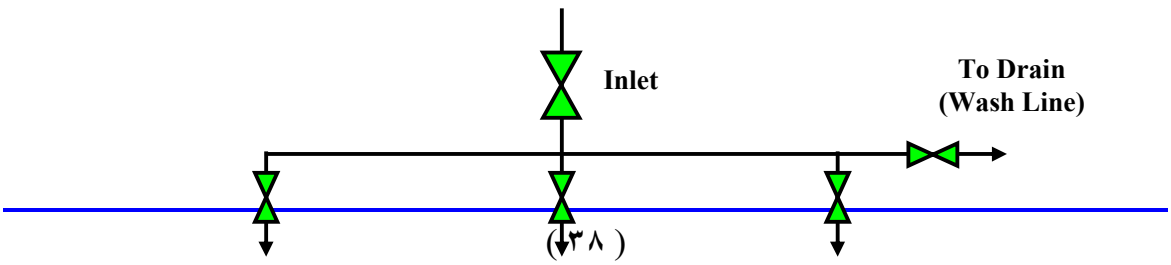
٢- سوء أعمال الصيانة

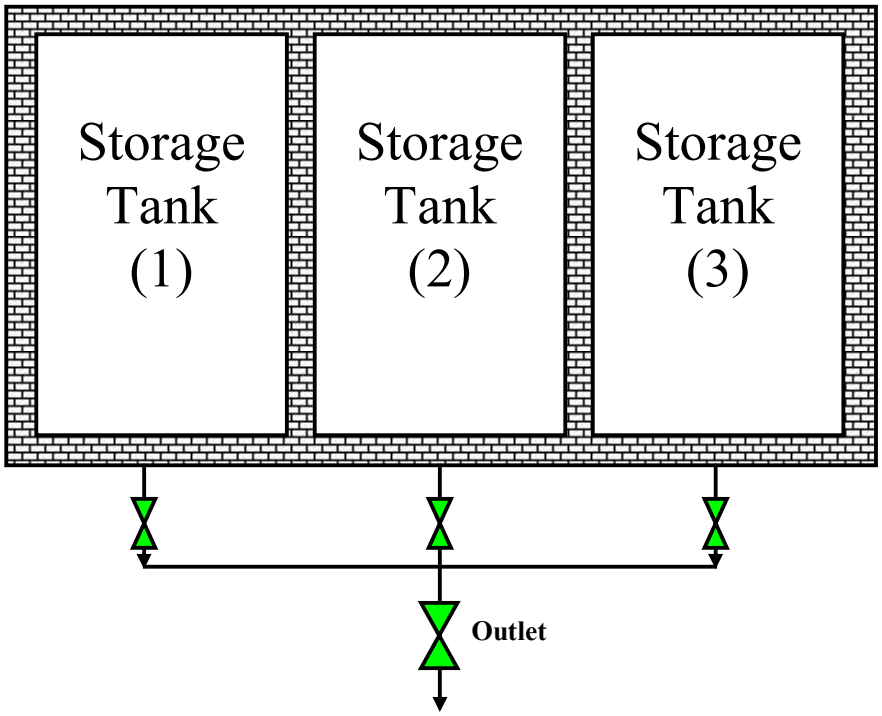
- **تراكم ترسيبات الرمال على بعض أجزاء المصافي نتيجة عدم تطهير البئر.**
- **انسداد الغلاف الزلطي أو انغلاق جزء من أطوال مصافي البئر نتيجة ترسبات الأملاح على فتحات المصافي.**

١٠- تخزين المياه المحلاة Production Storage

يتم تخزين المياه المحلاة بخزانات الإنتاج التي يجب أن يتوافر فيها الشروط التالية:

شكل (١٠-١) صورة لخزان مياه المنتج





يراعي في التصميم الإنشائي أن يكون الخزان مقسماً لعدة قطاعات.

يراعي جودة النظافة الداخلية (تشطيب الجدران والأرضيات).

عدم تواجد أي مكونات حديدية داخل الخزان (سلالم – مواسير – مسامير).

وجود أغطية من مادة غير قابلة للتفاعل.

وجود فتحات تهوية بسقف الخزان.

سعة الخزانات تكفي لتخزين إنتاج يوم على الأقل وثلاثة أيام على الأكثر.

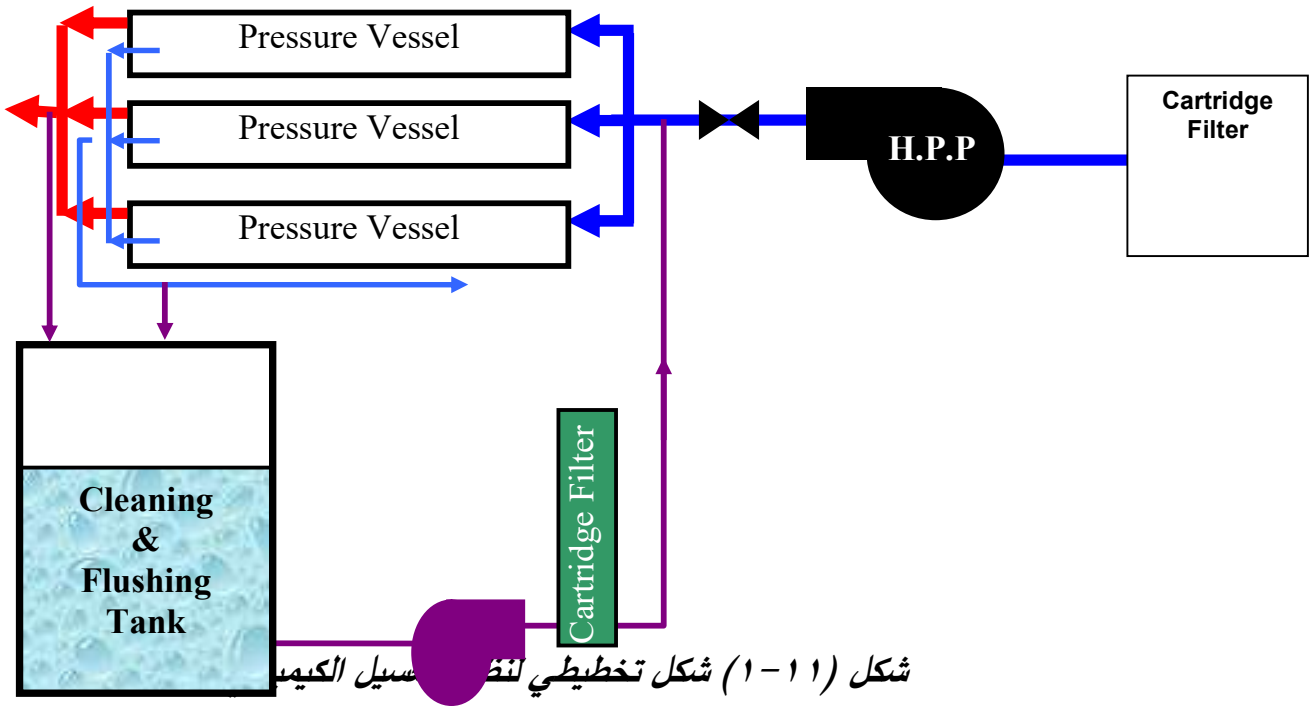
تزويد الخزان بأجهزة قياس المنسوب.

وضع خطة لنظافة الخزانات مرة على الأقل كل ستة أشهر.

١١ـ نظام تنظيف الأغشية وحفظها Flushing & Cleaning

١١-١ نظام تنظيف الأغشية Flushing System

وهي طريقة تستخدم لتنظيف الأغشية ومنع تراكم الأملاح عليها في حالة إيقاف وحدة التحلية لمدة لا تتراوح الثلاثة أيام، حيث يتم التنظيف باستخدام مياه من إنتاج الوحدة قبل إضافة أية مواد كيماوية عليها وضخها بمضخة تحت ضغط في حدود ٥ بار لمدة ١٠ دقائق مرة كل من ٨-١٢ ساعة.



شكل (١١-١) شكل تخطيطي لنظ[illegible]سيل الكيمي

١١-٢ نظام الغسيل الكيمائي Cleaning System

طريقة تستخدم لإجراء غسيل للأغشية في حالة ملاحظة حدوث انخفاض في الإنتاجية أو ارتفاع في قيمة الأملاح المنتجة وتستخدم كذلك لحفظ الأغشية في حالة إيقاف

وحدة التحلية لمدة طويلة تجاوز الأسبوع، حيث يتم استخدام مياه من إنتاج الوحدة قبل إضافة أية مواد كيماوية عليها وإضافة المواد الكيمائية المناسبة وخلطها جيداً وضخها للمرور من خلال أغشية التحلية.

شكل (١١-٢) صورة لخزان ومضخة الغسيل الكيمائي

١ـ التحكم في تكوُن القشور Scale Control

١ـ١ مقدمة

تكون القشور في عملية التناضح العكسي يمكن أن يحدث عندما يكون تركيز الأملاح قليلة الذوبانية إلى حد أعلي من حد الذوبانية وذلك قبل أن تغادر مياه التغذية الغشاء على صورة مياه عالية التركيز، فعلي سبيل المثال إذا كانت وحدة التناضح العكسي تعمل عند نسبه إستعواض ٥٠% فإن تركيز الأملاح في المياه المركزة التي يتم استبعادها سوف يتضاعف وهكذا فإنه كلما زادت نسبه الإستعواض فسوف يزداد احتمال تكوين القشور – ولذلك فإنه يجب الاحتياط وعدم زيادة تركيز الأملاح في المياه إلى حد الذوبانية وخاصة بالنسبة للأملاح التي لها ذوبانية محدودة.

والأملاح التي لها حد خطورة عالي وتكون ذات مسئولية كبيرة عن تكوين القشور منها كبريتات الكالسيوم ($CaSo_4$) وكربونات الكاسيوم ($CaCo_3$) والسيلكا (SiO_2) وتوجد عدة أملاح أخري ذات ميل ضئيل لتكون قشور ومنها كبريتات الباريوم ($BaSo_3$) وفلوريد الكالسيوم (CaF_2).

١ـ٢ إضافة الحامض (Acid Addition)

معظم المياه الطبيعية عند استخراجها تكون في حالة تشبع من كربونات الكالسيوم (CaCo3) لذا فإننا نحاول أن نبتعد به عن حد الذوبانية ويعتمد ذلك على قيمة الأس الهيدروجيني (pH) وكما هو موضح بالمعادلة التالية فإن إضافة الهيدروجين الموجب الشحنة (+H) وذلك من خلال إضافة الحامض تتحلل كربونات الكالسيوم.

$$Ca^{++} + HCO_3 \leftrightarrow H^+ + CaCO_3$$

يجب استخدام حامض مصرح به للاستخدام في الصناعات الغذائية ومثالاً لذلك حامض الكبريتيك المركز ٩٨% أو حامض الهيدروكلوريك حيث يتم استخدام حامض الكبريتيك بكثرة بسبب توفره ورخص ثمنه ولكن يعيبه إضافة الكبريتات لمياه التغذية مما يتسبب في تكون قشور الكبريتات.

ولمنع تكون قشور من كربونات الكالسيوم فإننا يجب أن نجلعها دائماً تميل إلى التحلل والذوبانية داخل المياه المركزة المستبعدة و يمكن التعبير عن نسبه الميل بطريقتين:

١- المياه قليلة الملوحة (Brackish Water)

معامل لانجلير للتشبع (Langelier Saturation Index) LSI

٢- مياه البحر عالية الملوحة (Sea Water)

معامل إستيف وديفينز (Stiff & Davis Stability Index) S&DSI

$$LSI = pH - pH_s \ (TDS \langle 10000\ mg/l)$$

$$S\&DSI = pH - pH_s \ (TDS \rangle 10000\ mg/l)$$

حيث أن الأس الهيدروجيني في حالة التشبع أو الاتزان يرمز له بالرمز (pH_s) وهى الحالة التي تكون عندها كمية الأملاح التي تترسب تتساوي مع كمية الأملاح التي تذوب.

لكي يمكنك التحكم بمنع تكون قشور كربونات الكالسيوم بواسطة إضافة الحمض فقط يجب أن تكون قيمة معامل لانجلير أو ستيف ديفينز له قيمة سالبة، وفي حالة استخدام مانع ترسيب فعال فمن الممكن أن يصل إلى قيمة ليست كبر من ١.٥، وبذلك سوف يقل استهلاك الحامض أو يمكن الاستغناء عن الحامض نهائياً، وهناك بعض موانع الترسيب تسمح بالارتفاع بقيمة المعاملات إلى ١.٨ – بعد الرجوع للشركات منتجة مانع الترسيب.

١-٣ مانع الترسيب Scale Inhibitor

يستخدم مانع الترسيب (Anti-Scalant) لمنع تكون قشور الكربونات والكبريتات وكلوريد الكالسيوم، ومانع الترسيب له تأثير حدي حيث يتم إمتزاز كمية قليلة منه على أسطح الجزيئات الدقيقة لتمنعها من تكون بلورات كبيرة وكذلك تمنع ترسيبها، ومن أكثر الأنواع شيوعاً هو الصوديوم هكسا ميتا فوسفات "SHMP" (Sodiumhexametaphosphate) ويتم استخدام النوع الغذائي منه ولكن يجب الاحتياط لعدم حدوث تحلل مائي له بخزان الحقن حتى لا يحدث فقد في كفاءة عملة بجانب احتمال تكون قشور من فوسفات الكالسيوم، حيث يتم حقنه بحيث يصل تركيزه في المياه المركزة إلى ٢٠ مللي جرام لكل لتر.

فعلي سبيل المثال إذا كانت نسبة الإستعواض ٧٥% فيكون الحقن بمعدل ٥ مللى جرام لكل لتر.

تكون موانع الترسيب العضوية أكثر فاعلية من (SHMP) ولكن يمكن حدوث ترسيب من الأيونات الموجبة الشحنة (كاتيونات) مثل الألمونيوم والحديد لتكون مادة صمغية على الغشاء يصعب إزالتها.

يجب تجنب معدلات الحقن العالية من مانع الترسيب – علماً بأنه لا يسبب مشكلة كبيرة في محطات تحلية مياه البحر عالية الملوحة (٣٥٠٠٠ جزئ في المليون) نظراً لارتفاع الضغط الإسموزى وانخفاض نسبه الإستعواض (٣٠ – ٤٥ %)، ولكن المشكلة دائماً تكون في محطات المياه منخفضة الملوحة (Brackish Water).

٤-١ إزالة القلوية باستخدام حامض راتينجي ضعيف

تستخدم هذه العملية غالباً في محطات التحلية قليلة الملوحة (Brackish Water) التي تكون سعتها كبيرة وذلك لإزالة العسر جزئياً بغرض تقليل استهلاك المواد الكيميائية المستخدمة في التنشيط.

فى هذه العملية يتم استبدال كاتيونات الباريوم (Ba^{++}) والكالسيوم (Ca^{++}) المرتبط بالبيكربونات (العسر الوقتى) يتم إزالتها بكاتيونات الهيدروجين (H^{+}) ونتيجة لذلك ينخفض فيها قيمة الأس الهيدروجيني حتى تصل إلى قيمة من ٤:٥ .

وعندها تكون المجموعة الكربوكسيلية قد توقفت عن التحلل وتعتبر هذه العملية إزالة عسر جزئي – حيث يتم فقط إزالة الكاتيونات المسببة للقشور وهى التي تكون متصلة بالبيكربونات – ولذا فإن هذه العملية تكون مناسبة تماماً للمياه التي تحتوى على بيكربونات بنسب مرتفعة ويتم تحويل البيكربونات إلى ثاني أكسيد كربون طبقاً للمعادلة:

$$HCO_3^- + H^+ \leftrightarrow H_2O + CO_2$$

في أغلب الأحيان يكون ثاني أكسيد الكربون (CO_2) غير مرغوب فيه في المياه المنتجة ولذلك يمكن استخدام نازع غازات (Degassing) للعمل على إزالته.

حيث أنه بالتجارب لوحظ أن عملية ممانعة الأملاح عند أس هيدروجيني أكبر من ٦ أفضل منها عند أس هيدروجيني أقل من ٥.

في حالة استخدام نازع الغازات في المياه المغذية يمكن بذلك الاستفادة بالحصول على تكلفة تشغيل منخفضة وانخفاض نسبه الأملاح في المياه المنتجة نتيجة انخفاض نسبه الأملاح في المياه المغذية وكذلك الحصول على تأثير بيئي منعدم.

١-٥ إزالة العسر باستخدام الجير Lime Softening

تستخدم هذه العملية لإزالة العسر الناتج عن الكربونات بإضافة جير مطفئ بالماء.

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow 2CaCO_3 + 2H_2O$$
$$Mg(HCO_3)_2 + 2\,Ca(OH)_2 \rightarrow Mg(OH)_2 + 2CaCO_3 + 2H_2O$$

العسر الناتج عن أملاح الكالسيوم التي لا تكون الكربونات شق فيها يمكن تقليلة بإضافة كربونات الصوديوم

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow 2NaCl + CaCO_3$$

حيث يمكن استخدام الجير لتخفيض نسبه السيلكا فعند إضافة ألومينات الصوديوم (Sodium Aluminate) أو كلوريد الحديديك (Ferric Chloride) – وبذلك نحصل على رواسب تحتوى على كربونلت الكالسيوم وحامض السيلكيك وأكسيد الألمونيوم وحديد.

وباستخدام الجير الساخن عتد درجة حرارة تتراوح من ٦٠:٧٠ درجة مئوية يمكن إزالة حامض السيلكيك.

يمكن عن طريق إضافة الجير ومخلوط من أكسيد الماغنسيوم الحصول على مياه تصل فيها نسبه السيلكا إلى ١ مللي جرام لكل لتر.

٢- الوقايــة مــن الاتســاخ الغــروي Colloidal Fouling Prevention

٢-١ مقدمة

يتسبب الاتساخ الغروي في ضعف كفاءة التشغيل لوحدات التناضح العكسي ويتمثل هذا الضعف في انخفاض معدل الإنتاجية ويدل عليه ارتفاع فرق الضغط عبر الأغشية.

وتتمثل مصادر الاتساخ الغروي في الأغشية في أن تتضمن المياه المغذية (Feed Water) مجموعة من البكتريا (Bacteria) السيلكا (Colloid Silica) الطين (Silt) ومنتجات تأكل الحديد (Iron Corrosion Products).

عند البدء في تصميم محطة تعمل بنظام التناضح العكسي من الهام جدا البدء بقياس كثافة الغرين "SDI" (Silt Density Index) ويسمى في بعض الأحيان معامل الترسيب "FI" (Fouling Index).

حيث يستخدم معامل كثافة الغرين في تحديد مدى المعالجة المبدئية لنظام التحلية بالتناضح العكسي – ويستخدم في ذلك جهاز قياس كثافة الغرين (SDI Equipment) ويتكون من:

صمام لعزل الخط الرئيسي.

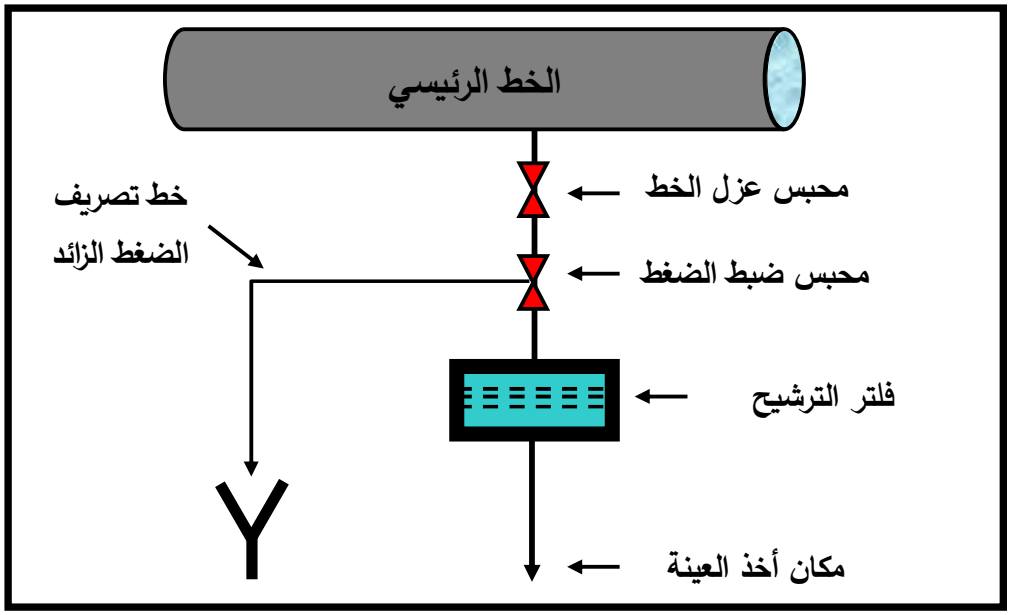
صمام لضبط الضغط.

خط تصريف للضغط الزائد.

حامل المرشح بقطر (٤٧ مم).

مرشح الغشاء بقطر (٤٧ مم) على أن يكون قطر مسامه (٠.٤٥ ميكرومتر).

الضغط المطلوب من (٥:١ بار) أو (٧٠:١٠ رطل لكل بوصة مربعة).



إجراء التجربة

يتم وضع مرشح الغشاء في مكانه رأسياً – مع إحكام ربط مانع التسريب.

يتم ضبط الضغط على ٢.١ بار والقيام بترشيح كمية من المياه مقدارها ٥٠٠ مللي وقياس الزمن اللازم لذلك واعتباره (T_o).

يترك الجهاز في حالة التشغيل بدون توقف لمدة ١٥ دقيقة.

بعد مرور هذه المدة نقوم بأخذ عينة أخرى من المياه مقدارها ٥٠٠ مللي وقياس الزمن واعتباره (T_1).

إجراء الحسابات

نقوم بالتعويض في المعادلة الآتية:

$$SDI = \left(1 - \frac{T_o}{T_1}\right) * \frac{100}{15}$$

لاحظ أنه:

عندما تكون قيمة (T_1) أربعة أمثال قيمة (T_o) تكون قيمة معامل الغرين تساوى ٥.

يتم حدوث انسداد كلى لغشاء القياس عندما تكون قيمة معامل الغرين تساوي ٦.٧.

يجب أن تقل قيمة كثافة معامل الغرين عن ٥ وذلك خلال عملية الفترة المبدئية داخل الفلاتر الميكرونية.

٢-٢ الفلاتر الرملية Media Filtration

تستخدم الفلاتر الرملية أو الفلاتر متعددة الطبقات في إزالة المواد العالقة أو المواد الرغوية (الصمغية) بواسطة إلتقاطها على سطح مادة التنقية (رمال / رمال + أنثراثيت / .....) وتعتمد جودة الفلتر على حجمه وهندسة السطح (الشكل الداخلي للفلتر) ونوعية مادة الفلترة المستخدمة وتحليل مياه التغذية وعوامل التشغيل.

ويتم إستخدام رمال ذات شكل خاص وجودة عالية حيث تتراوح أقطارها من (٠.٣٥-٠.٥ مم) ومادة الأنثراثيت (Anthracite) بأقطار تتراوح من (٠.٧-٠.٨ مم) التي يتسبب وجودها في رفع كفاءة الفلترة.

ويتم في الغالب تصميم عمق الرمال في الفلاتر الرملية حوالي ٨٠ سم كحد أدنى – أما في الفلاتر متعددة الطبقات فيكون ارتفاع الرمل حوالي ٥٠ سم وارتفاع الأنثراثيت حوالي ٣٠ سم – وتتواجد الفلاتر الرملية في شكلين هما:

٢-٢-١ فلاتر الضغط Pressure Filtration

يكون فيها ضغط التشغيل يتراوح من ٢ إلى ٤ بار، ويحتاج هذا النوع إلى طبعة عالية من الرمال بحيث تكون حبيباتها ناعمة حيث تعطى معدل ترشيح عالي، ويصمم الفلتر على معدل سريان حوالي من ١٠-٢٠ متر/ساعة والغسيل العكسي بمعدل ٤٠-٥٠ متر/ساعة – حيث يقل معدل السريان بارتفاع الاتساخ داخل الفلتر.

٢-٢-٢ فلاتر الجاذبية Gravity Filtration

يكون فيها ضغط التشغيل منخفض نسبياً عن فلاتر الضغط أي حوالي ٥ متر ماء (٠.٥ بار) ويتم إدخال الفلتر لعملية الغسيل العكسي عند حدوث فرق ضغط على جانبي الفلتر ١.٤ متر ماء (٠.١ بار).

٣-٢ الفلاتر المؤكسدة Oxidation - Filtration

بعض المياه المستخرجة من الآبار والمياه قليلة الملوحة توجد في حالة مختزلة خاصة في حالة غياب الأوكسجين ووجود بعض مركبات الحديد (Iron) والمنجنيز (Manganese) وأحيانا كبريتيد الهيدروجين (Hydrogen Sulfide) والأمونيوم (Ammonium) – حيث تتم عملية إضافة الأكسجين لمياه التغذية حسب المعادلات التالية:

$$4Fe(HCO_3)_2 + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4Fe(OH)_3 + 8CO_2$$

$$4Mn(HCO_3)_2 + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4Mn(OH)_3 + 8CO_2$$

يكون ترسيب الحديد أكثر من المنجنيز حيث تتم الأكسدة تحت قيم أس هيدروجيني منخفض حيث أنه يلاحظ أنه في المياه منخفضة القاعدية في الغالب يكون فيها تركيز الحديد عالي.

يمكن أيضاً عن طريق دفع بعض المركبات مثل الهواء (Air) غاز الكلور (Cl_2) برمنجنات البوتاسيوم ($KMnO_4$)، الهيدروكسيدات المتكونة يمكن أن تزال بالمرور من خلال الفلاتر الرملية.

٢-٤ الفلترة الخطية In – Line - Filtration

كفاءة الفلاتر الرملية تعتمد على خفض نسبة كثافة الغرين (SDI)

يمكن تطبيق نظام الفلترة الخطية في حالة ارتفاع نسبة كثافة الغرين عن ٥.

حيث يتم حقن المجلط (Coagulant) خلال خط سريان المياه المغذية (Raw Water Stream) ويتم خلطه ويتم بعد ذلك إزالة المواد المتجلطة باستخدام الفلاتر الرملية.

تتراوح الجرعة المحقونة عادة من ٣٠:١٠ مللي جرام لكل لتر – ولكن يجب أن يتحدد مقدار الجرعة المحقونة لكل محطة على حدة.

حيث يمكن استخدام المجلط (Coagulant) والملبد (Floccus) مع نظام التناضح العكسي على الأغشية بشكل مباشر أو غير مباشر – حيث أنه في بعض الأحيان يمكن للمركبات الطافية (Floes) أن يعبر خلال الفلاتر الرملية ويترسب على الغشاء

٢-٥ المجلطات والملبدات Coagulation - Flocculation

تحتوى المياه المغذية على تركيز عالي من المواد العالقة مما ينتج عنه ارتفاع قيمة معامل كثافة الغرين (SDI)، ويجب أن يتم الاهتمام بهذه العملية.

حيث تتكون مجموعة من الأوحال الهيدروكسيدية المتبلد يتم استقرارها على سطح الفلاتر الرملية.

٦-٢ السريان العرضي {Micro filtration - Ultra filtration} Cross Flow

استخدام هذه الطريقة للعمل على إزالة كل أو جميع المواد العالقة في المياه المغذية، كما أنه في بعض الحالات يمكن إزالة المركبات العضوية الذائبة حسب وزنها الجزئي حيث تصل قيمة معامل كثافة الغرين لأقل من الواحد (SDI<1) وبالتالي نحصل على تصميم جيد – وبذلك تكون مشكلة الاتساخ انتقلت من منطقة الأغشية إلى منطقة الفلاتر – ونحصل على نسبه إستعواض عالية.

يتطلب استخدام هذه النوعية من الفلاتر الحصول على جودة معينة من المياه المغذية للأغشية حيث أنه اقتصاديا لا يتم استخدامها كثيراً – وكذلك تتطلب الغسيل الدائم كما أن بعضاً منها مقاوم لتأثير الكلور فيتم الغسيل باستخدام الكلور لمنع تكون التلوث البيولوجي.

٧-٢ الفلترة الميكرونية Cartridge Micro filtration

في نظام التناضح العكسي تتطلب المعالجة المبدئية فلاتر ميكرونية حجم مسامها أقل من ١٠ ميكرون كحد أدنى، وتعتبر هذه الفلاتر وسيلة حماية للأغشية ومضخات الضغط العالي من الذرات العالقة ويتم إدراجها بأخر مراحل المعالجة المبدئية.

يوصى باستخدام فلاتر ميكرونية ذات قطر مسامي ٥ ميكرون، مما يؤدى لانخفاض عملية الغسيل الكيمائي للأغشية، مع ملاحظة أنه عند وجود مركبات السيلكا في حالة قابلة للذوبان فإنه يوصي باستخدام فلاتر ميكرونية ذات قطر مسامي ١ ميكرون.

يجب عند التصميم الوضع في الاعتبار معدل سريان المواد المغذية طبقاً لإنتاجية المحطة – ويجب أن يتم استبدالها في حالة انخفاض الإنتاجية أو مرور ثلاثة شهور أيهما أقرب – ويجب عدم إجراء غسيل للفلاتر الميكرونية لأن ذلك يقلل من كفاءتها مما يعمل على سرعة اتساخ الأغشية.

كما يجب أن يجهز نظام الفلاتر الميكرونية بمجموعة من عدادات قياس الضغط لمعرفة فرق الضغط على جانبي الفلاتر لتحديد توقيت تغييرها.

عند حدوث زيادة في فرق الضغط على جانبي الفلاتر الميكرونية فإن ذلك دليل على عطب ما في نظام المعالجة المبدئية.

٣- الوقايــة مــن الاتســاخ البيولـوجي Biological Fouling Prevention

٣-١ مقدمة

تحتوى كل نوعيات المياه الخام على كائنات حية دقيقة (Micro-Organisms) مثل البكتريا (Bacteria) الطحالب (Algae) الفطريات (Fungi) الفيروسات (Viruses) إلى جانب العديد من الكائنات الأخرى الأدق، حيث يتراوح حجم هذه البكتريا من ٣:١ ميكروميتر.

وتستطيع هذه الكائنات الحية الدقيقة أن تقوم بعمل اتساخ صمغي يمكن أن يزال عن طريق الفلاتر الرملية كما تستطيع هذه الكائنات الدقيقة أن تجدد نفسها وتشكل صور حية تحت أي ظروف مناسبة لذلك.

في نظام التحلية بالتناضح العكسي تدخل الكائنات الحية الدقيقة إلى الأغشية مستغلة المساحة السطحية الواسعة وبمساعدة المواد العضوية المذابة تستطيع أن تشكل صوراً حية في هذه البيئة المثالية لها.

وبذلك يبدأ الاتساخ البيولوجي في التأثير على الأغشية ويعمل على زيادة فرق الضغط (High Differential Pressure) وكذلك يقوم بإحداث ضرر ميكانيكي (Telescoping) على الأغشية وخفض معدل تدفق الإنتاج (Membrane Flux Decline)، وببعض الأحيان يظهر الاتساخ البيولوجي في جانب المياه المنتجة المحلاة مما يسبب في فساد خصائص المياه المنتجة.

تعتبر عملية إزالة التلوث البيولوجي هدف رئيسي في عملية المعالجة المبدئية، حيث أن يبدو واضحاً في مياه البحر عنه في مياه الآبار.

هناك طرق عديدة يمكن بها تقييم مدي الاتساخ البيولوجي.

٣-٢ تقييم الاتساخ البيولوجي Assessment of the Biological Fouling

٣-٢-١ التقنيات العلمية Culture Techniques

الاتساخ البيولوجي يتعلق بشكل مباشر بتركيز الجراثيم في المياه، ونظام حساب كمية الجراثيم الكلية "TBC" (Total Bacteria Count) حيث يحدد بكم من العدد الكلى من الكائنات الحية الدقيقة في عينة المياه.

وقد صمم طبقاً إلي "ASTM F60 " (American System Technology M) بترشيح كمية معينة من المياه خلال غشاء ويتم عمل تعداد لكمية الكائنات الحية التي حجزت على سطح الغشاء (هذه الطريقة مناسبة جدا ولكنها تحتاج لجهاز غالى الثمن) كما أن هذه النتيجة لا نظهر إلا يعد سبعة أيام حيث يمثل العدد الذي يتم الحصول علية من ١ إلى ١٠ % من العدد الحقيقي من الكائنات الحية الدقيقة.

وبالرغم من أن هذه التقنيات مازالت ثمينة إلا أنها دليل قوى ومباشر على وجود الاتساخ البيولوجي وبالتالي يتم مراجعة نظام المعالجة المبدئية للمياه المنتجة.

٣-٢-٢ الحساب المباشر للجراثيم Direct Bacteria Count

توجد مجموعة من التقنيات تستخدم مباشرة ترشيح عينة من المياه ويتم حساب المحجوز على فلتر الترشيح من الكائنات الحية الدقيقة بشكل مباشر وذلك باستخدام مجهر دقيق (Microscope) ولتتمكن من رؤية هذه الكائنات بصورة أوضح يتم ذلك بوضع كاشف برتقالي (Acridine Orange) فتبدو الكائنات الحية الدقيقة في صورة مشعة ومضيئة (Epi-Illuminated Fluorescent Microscope).

ولكن في بهذه الطريقة لا يمكن معرفة الكائنات الحية من الكائنات الميتة فنقوم باستخدام اختبار (INT) حيث أن قيمه تعتبر ضعيفة بالنسبة للكائنات الميتة.

INT = 2 (P-Iodophenyl), 3 (P-Nitrophenyle), 5 (Phenyl Tetrazolium Chloride)

٣-٢-٣ مراقبة الصور الحيوية Biofilm Monitoring

من الهام جدا معرفة تركيز الكائنات الحية الدقيقة في المياه الخام (Raw Water) وكذلك في مياه الراجع (Concentrate Water) حتى يمكن تقييم الاتساخ البيولوجي حيث أن عوامل وظروف التشغيل يمكن أن تعمل على نمو هذه الكائنات الحية.

العناصر الأخرى مثل تركيز هذه المواد الحية (Concentration) ونوعية المواد المغذية (Kind of Nutrients) تعتبر من الأشياء الهامة لمراقبة الصور الحيوية وكذلك يمكن إجراء تجارب اختبار لسطح المياه المركزة باستمرار ومن هذه الاختبارات إجراء اختبار باستخدام جهاز (Robbin Sampler) .

ومن أمثلة مراقبة الصور الحيوية هي المراقبة والتفتيش الدوري المستمر على الفلاتر الميكرونية (Cartridge Filters) وبالمياه المغذية (Feed Water) وداخل أوعية الضغط (Pressure Vessel) حيث أن ظهور أية أوحال أو روائح سيئة تعتبر كمؤشر على وجود الاتساخ البيولوجي.

٣-٢-٤ طرق أخري Other Methods

يمكن تقييم شدة النمو البكتيري (Bacterial Growth Potential) باستخدام طريقة ويرنر (Werner Method)، فبتجهيز عينة مياه مفلترة نقية (Filter Sterilized) وإضافة محلول ملحي غير عضوي والقيام بقياس الوزن النوعي للبكتريا المعلقة (Specific Volume of a Suspension of Bacteria).

كذلك يمكن التأكد من تواجد النمو البكتيري بازدياد نسبه العكارة (Turbidity) في المياه المغذية.

وهناك أنظمة أخري تقوم على قياس نسبه الكربون العضوي (Organic Carbon) في المياه.

٣-٣ إضافة الكلور Chlorination

يستخدم الكلور (Cl_2) منذ سنوات عديدة لتطهير وتعقيم المياه المستخدمة في أغراض الشرب وكذلك المياه المستخدمة في الأغراض الصناعية حيث يعمل على تعطيل وإفساد نمو الكائنات الحية الدقيقة.

ويتوقف تأثير عمل مادة الكلور في الماء على عدة عوامل منها:

١- تركيز الكلور المستخدم.

٢- وقت التلامس مع جزيئات الماء.

٣- الأس الهيدروجيني للماء (pH).

حيث يجب بقاء الكلور المضاف في الماء فترة كافية لحدوث التفاعل المطلوب وتتراوح تلك الفترة من ٢٠ إلى ٣٠ دقيقة.

في عمليات التحلية بالتناضح العكسي يتم تعقيم مياه البحر المأخوذة من مأخذ مفتوح (Open Intake) أو المياه المأخوذة من آبار شاطئية (Beach Wells) باستخدام مركبات الكلور الصناعية – حيث يتم حقن الكلور في مياه البحر حسب المعادلة التالية:

(كمية مياه البحر (م٣ / ساعة) × الجرعة المصرح بها (مليجرام / لتر)) × ٠.٠٠١

والجرعة المصرح بها في مياه البحر المغذية (Sea Water) تتراوح من ٢ إلى ٥ مليجرام / لتر ويجوز الزيادة إلي جرعة أعلي لفترة قصيرة مع أخذ الإحتياطات اللازمة عند وجود نشاط بيكتيرى عالي في مياه تغذية الوحدة – علماً بأن الجرعة المصرح بها في مياه الشرب تتراوح بين ٠.٥ – ١ ملليجرام / لتر.

٣-٣-١ كيمياء الكلور Chlorination Chemistry

تتواجد مركبات الكلور الصناعي في صورة الكلور الغازي (Cl_2) وهيبوكلوريت الصوديوم ($NaOCl_2$) وهيبوكلوريت الكالسيوم ($Ca(OCl_2)$) حيث تتحلل كل هذه المركبات في الماء إلى حامض الهيبوكلوروز (HOCl)

$$Cl_2 + H_2O \rightarrow HOCl + HCl$$

$$NaOCl + H_2O \rightarrow HOCl + NaOH$$

$$Ca(OCl_2) + 2H_2O \rightarrow 2HOCl + Ca(OH)_2$$

حيث يتفكك حامض الهيبوكلوروز (HOCl) فى المياه إلى أيونات هيدروجين (H^+) وأيونات هيبوكلوريت (OCl^-).

$$HOCl \leftrightarrow H^+ + OCl^-$$

مجموع قيم الكلور الغازي (Cl_2) وهيبوكلوريت الصوديوم ($NaOCl_2$) وهيبوكلوريت الكالسيوم ($Ca(OCl_2)$) وحامض الهيبوكلوروز (HOCl) وأيونات هيبوكلوريت (OCl^-) تعبر عن نسبة الكلور الحر المتاح "FAC" (Free Available Chlorine) أو نسبة الكلور الحر المتبقى "FRC" (Free Residual Chlorine) وتقاس بالمللى جرام لكل لتر كلور ($mg/l\ Cl_2$)

كذلك يتكون مركب الكلورامين (Chloramines) نتيجة تفاعل الكلور مع رابطة الأمونيا المتواجدة بالمياه – ويتم التعبير عن هذا المركب بنسبة الكلور المتحد "CRC" (Combined Available Chlorine).

مجموع نسبة الكلور الحر ونسبة الكلور المتحد يكون هو نسبة الكلور الكلية المتبقية في الماء.

$$TRC = FAC + CRC$$

لاحظ أن:

تعتمد كفاءة الكلور في إبادة الجراثيم على نسبة تركيز حمض الهيبوكلوروز (HOCl) في الماء.

قوة حمض الهيبوكلوروز في إبادة الجراثيم تعادل ١٠٠ ضعف من قوة تعقيم أيونات الهيبوكلوريت (OCl^-).

قوة حمض الهيبوكلوروز تزداد بانخفاض قيمة الأس الهيدروجيني (pH).

عند أس هيدروجيني ٧.٥ ودرجة حرارة ٢٥ درجة مئوية – ونسبة الأملاح المذابة الكلية "TDS" ٤٠ ملى جرام لكل لتر (يتواجد ٥٠% من نسبة الكلور الحر فى صورة حمض الهيبوكلوروز).

عند أس هيدروجيني ٦.٥ – ودرجة حرارة ٢٥ درجة مئوية – ونسبة الأملاح المذابة الكلية "TDS" ٤٠ ملى جرام لكل لتر (يتواجد ٩٠% من نسبة الكلور الحر فى صورة حمض الهيبوكلوروز).

قوة حمض الهيبوكلوروز تزداد بانخفاض درجة الحرارة (pH).

عند درجة حرارة ٥ درجات مئوية – وأس هيدروجيني ٧.٥ – ونسبة الأملاح المذابة الكلية "TDS" ٤٠ ملى جرام لكل لتر (يتواجد ٦٢% من نسبة الكلور الحر فى صورة حمض الهيبوكلوروز).

قوة حمض الهيبوكلوروز تنخفض بازدياد درجة الملوحة.

عند درجة حرارة ٢٥ درجة مئوية – وأس هيدروجيني ٧.٥ – ونسبة الأملاح المذابة الكلية "TDS" ٤٠٠٠٠ ملى جرام لكل لتر (يتواجد ٣٠% من نسبة الكلور الحر فى صورة حمض الهيبوكلوروز).

٣-٣-٢ مدي الحاجة الى الكلور Chlorination Demand

جزء من جرعة الكلور المحقونة تقوم بالتفاعل مع نتروجين الأمونيا كالتالي:

$$HOCl + NH_3 \leftrightarrow NH_2Cl\ (Monochloramine) + H_2O$$

$$HOCl + NH_2Cl \leftrightarrow NHCl_2\ (Dichloramine) + H_2O$$

$$HOCl + NHCl_2 \leftrightarrow NCl_3\ (Trichloramine) + H_2O$$

يحدد هذا التفاعل حسب قيم الأس الهيدروجيني والنسب الوزنية بين الكلور والنيتروجين، الكلورامين أيضاً له تأثير إبادة (Germicidal Effect) لكنه أقل من الكلور.

مدى الحاجة للكلور تتوقف على مدى التفاعل مع العناصر المختزلة مثل النترات (Nitrite) الكبريتيد (Sulfide) السيانيد (Cyanide) الحديدوز (Ferrous iron) المنجنيز (Manganese) – كما أن هناك جزء أخر يتم استهلاكه بواسطة أكسدة الروابط العضوية الموجودة في الماء.

٣-٤ إزالة الكلور Dechlorination

يجب عند استخدام الأغشية في عمليات التحلية عدم وجود أية أثر للكلور في المياه المغذية حتى لا يحدث تحلل للأغشية (يتم حدوث تحلل للأغشية في غضون من ٢٠٠ إلى ١٠٠٠ ساعة تشغيل في وجود كلور بنسبة ١ مللي جرام بمياه التغذية) ويلاحظ أنه عند وجود أس هيدروجيني قاعدي (Ph>7) يكون هجوم الكلور على الأغشية أسرع منه عن وجود أس هيدروجيني حامضي (Ph<7).

وعلى أي حال يجب أن يعمل على عدم وجود كلور حر في مياه التغذية أو بتحويله إلى كلوريدات غير مؤذية باستخدام كربون منشط وعوامل اختزال كيميائية.

$$C + 2Cl_2 + 2H_2O \rightarrow 4HCl + Co_2$$

كما يستخدم بصورة شائعة الصوديوم باى سلفيت (Sodium bisulfite) (SBS) وبعد ذوبانه في الماء يتحول إلى صوديوم ميتا باى سلفيت (Sodium metabisulfite) (SMBS).

$$Na_2S_2O_5 + H_2O \rightarrow 2NaHSO_3$$

ويتفاعل الصوديوم باي سلفيت مع حامض الهيبوكلوروز (HOCL) طبقاً للمعادلة:

$$NaHSO_3 + HOCl \rightarrow HCl + NaHSO_4$$

نظرياً فإن ١.٣٤ مللي جرام من الصوديوم ميتا باى سلفيت يمكن أن تعمل على إزالة ١ مللي جرام من الكلور الحر، ولكن عملياً فإن ٣ مللي جرام من الصوديوم ميتا باى سلفيت يمكن أن تعمل على إزالة ١ مللي جرام من الكلور الحر.

٣-٥ طرق أخري Other Methods

٣-٥-١ الميكروفلتريشن (Micro filtration) والآلترافلتريشن (Ultra filtration)

طريقتين تتميزان بقدرتهما على إزالة الكائنات الحية الدقيقة وخاصة الطحالب التي يصعب أن تزال بالتقنيات القياسية كما تتميز هاتين الطريقتين بمقاومتها للكلور.

٣-٥-٢ كبريتات النحاس (CuSO4)

يتم استخدامها للسيطرة على النمو الحيوي للكائنات الحية وذلك عن طريق حقنها في المياه المغذية بنسبه تتراوح من ٠.٥:٠.١ مللي جرام لكل لتر ولكن لا يوصي باستخدامها للأسباب الآتية:

احتمالية احتواء كبريتات النحاس ($CuSO_4$) على بعض الملوثات.

كربونات النحاس ($CuCO_3$) تميل إلى الترسيب مما يسبب اتساخ للأغشية.

أيونات النحاس يمكن أن تسبب تأثيرات سلبية على البيئة.

أجهزة حماية البيئة لكل دولة تحدد كمية معينة من النحاس في مياه الصرف ويصعب تغييرها حتى لو تطلبت المحطة ذلك.

٣-٥-٣ الأوزون (Ozone)

يعتبر عامل مؤكسد قوى أكبر من الكلور حيث يقوم بقتل كل الكائنات الحية الدقيقة، ولكنة يتحلل بسرعة، كما يجب أن تتم عملية المعالجة بالكلور بشكل حذر حتى نحمى الأغشية.

٣-٥-٤ الأشعة الفوق بنفسجية (Ultraviolet Irradiation)

لها تأثير كبير في إبادة الجراثيم ويتم تطبيقها في المحطات الصغيرة حيث يجب الاهتمام الدوري بالجهاز وإجراء التنظيف اللازم له حيث أن المواد الرغوية تعمل على عزل الأشعة.

٣-٥-٥ حبيبات الكربون النشط "GAC" (Granular Activated Carbon)

لها تأثير كبير في فلترة الجراثيم في حالة استخدام سريان منخفض (٢-١٠ متر كل ساعة) مع وجود ارتفاع مناسب للحبيبات داخل الفلتر (٢-٣ متر) حيث يتم عزل الجراثيم في الطبقة العلوية من الفلتر.

٤ـ الوقايــة مــن الاتســاخ العضــوي Organic Fouling Prevention

يتسبب تكثف المواد العضوية (Adsorption of Organic Substances) على سطح الأغشية بانخفاض معدل الإنتاجية.

عادة خلال عملية التكثيف تنفصل المركبات ذات الكتل الجزئية العالية (Hydrophobic) أو المركبات ذات الشحنات الموجبة – مع ملاحظة أن ارتفاع قيمة الأس الهيدروجيني لأن الأغشية والمواد العضوية تكون في الغالب شحنتها سالبة عند قيمة أس هيدروجيني أكبر من ٩.

عند وجود المواد العضوية في مياه التغذية فإنها تعمل كمستحلب يشكل غطاء على الأغشية، ويحدث مادة دبالية عند تركيز ٠.٥ – ٢٠ مللي جرام لكل لتر من الكربون العضوي الكلي "TOC" (Total Organic Carbon) لذا يجب أن تزيد هذه النسبة عن ٣ مللي جرام لكل لتر أثناء عملية المعالجة الأولية.

والمادة الدبالية يمكن أن تزال باستخدام البوليمر (Coagulant) أو الفلوكس (Flocs) أو الكربون المنشط (Activated Carbon) أو الألترافلتريشن (Altra Filtration)

البوليمر والكربون النشط يمكن تطبيق استخدامه عندما تحتوى المياه الخام على زيوت (Hydrocarbons or Silicone-Based) أو شحوم بنسبه أعلى من ٠.١ مللي جرام لكل لتر.

٥ـ تلخيص أنظمة المعالجة المبدئية

Pretreatment	$CaCO_3$	$CaSO_4$	$BaSO_4$	$SrSO_4$	CaF_2	SiO_2	SDI	Fe	Al	Bacteria	Oxid. Agents	Org. Matter
Acid Addition	•							o				
Scale Inhibitor	o	•	•	•	•	o						
Softening w IX	•	•	•	•	•							
Dealkalization W IX	o	o	o	o	o							
Lime Softening	o	o	o	o	o	o	o	o				o
Preventive Cleaning	o					o	o	o	o	o		o
Adjustment Operation Parameter		o	o	o	o	•						
Media Filtration						o	o	o	o			
Oxidation Filtration							o	•				
In-Line-Coagulant							o	o	o			o
Coagulation-Flocculation						o	•	o	o			•
Micro/Ultra filtration						•	•	o	o	o		•
Cartridge Filter						o	o	o	o	o		
Chlorination										•		
Dechlorination											•	
Shock Treatment										o		
Preventive Disinfection										o		
GAC Filtration										o	•	•

o : **Possible** , • : **Very Effective**

لاحظ ما يلي:

١- راجع الخصائص الكيمائية للمادة الكيميائية قبل بدء التحضير.

٢- عند تحضير حامض الكبريتيك المركز لا تقم بتخفيفه بالمياه أبداً تحت أي ظرف.

٣- إرتدي القفازات والقناع الواقي عند التعامل مع الأحماض والكيماويات.

٤- عند وقوع الحامض المركز على الأرض ابتعد عنه فوراً – ثم أضف كمية من الصودا الكاوية تكفي لمعادلته ثم اغسل السطح بكميه كبيرة من المياه.

٥- يجب التأكد من وجود حوض غسيل للوجه ودش أوتوماتيكي لحالة الطوارئ.

٦- تأكد أن صمامات دخول المياه لهذه المعدات تعمل باستمرار وفي حالة جيدة.

١ـ مقدمة Introduction

يخضع سطح الغشاء للتعامل مع بعض المواد التي تسبب إتساخات للأغشية حتى تتواجد هذه المواد داخل مياه التغذية الرئيسية (Feed Water) مثل المواد العضوية (Organic) الأنسجة الحية (Biological Matter).

يتم تصميم المعالجة المبدئية لمياه التغذية الرئيسية لتقوم بمنع وصول أية ملوثات إلى الأغشية، حيث يتم ذلك على أكمل وجه عندما يتم تركيب الأجهزة الملائمة واختيار أفضل ظروف التشغيل من حيث كمية المياه المنتجة (Permeate Flow) والضغط (Pressure) ونسبة الإستعواض المناسبة (Permeate Water Recovery Ratio).

عند عدم الاهتمام بإجراء الغسيل لفترات طويلة فإن ذلك يعمل على صعوبة إزالة الإتساخات بصورة كاملة، بينما يعطى الغسيل أحسن نتائجه عندما يتم تحديد وتوصيف نوعية الاتساخ داخل الغشاء، حيث أنه أحياناً يتم اختيار نوعيات من مواد الغسيل لا تناسب طبيعة الاتساخ مما يكون له الأثر السيئ ولا يعطي الغسيل النتائج المرجوة منه.

١ـ١ أسباب حدوث الانسداد (Fouling)

عطب بنظام المعالجة المبدئية.

نظام المعالجة المبدئية مضطرب (Pretreatment Upset Condition).

اختيار مواد معدات التشغيل غير سليم (مضخات – مواسير – .....).

عدم إجراء غسيل بمياه محلاه (Flushing) بعد الإيقاف.

أنظمة التشغيل والتحكم (Control System) غير مضبوطة.

التغير في تركيب مياه التغذية (Feed Water Composition).

حدوث ترسبات بطيئة ومتتالية لبعض المركبات مثل السيلكا والباريوم.

نوعية كيماويات الغسيل المبدئي غير مضبوطة.

وجود تلوث بيولوجى بمياه التغذية الرئيسية.

١ـ٢ دلائل الانسداد في الأغشية

انخفاض كمية المياه المنتجة.

ارتفاع نسبه الملوحة بالمياه المنتجة.

ارتفاع فرق الضغط بين خطى دخول المياه المغذية وخروج مياه الراجع.

١-٣ تحديد الانسداد في الأغشية

مراجعة قيم أداء المحطة.

مراجعة تركيب مياه لتغذية.

مراجعة التراكمات داخل الفلاتر الميكرونية.

مراجعة قيم نتائج حالات الغسيل السابقة.

مراجعة قيم ستيف أند ديفز (SDI).

مراجعة مدخل ومخرج ماسورة المنتج بالغشاء من حيث الشكل واللون ففي حالة تغير لونها إلى اللون البني المحمر (Reddish-Brown) فهذا دليل على وجود اتساخ بواسطة مركبات الحديد وفى حالة وجود مواد غروية (Slimy) أو مواد هلامية لزجة (Gelatinous) فهذا دليل على وجود اتساخ بيولوجي أو عضوي.

٢- أسباب الغسيل الكيمائي Cleaning Requirement

يتم إجراء الغسيل الكيمائي في حالة:

١- انخفاض الإنتاجية الكلية للوحدة عن ١٠% عن الإنتاجية الطبيعية.

٢- ارتفاع الملوحة الكلية للوحدة بنسبة ١٠% عن الملوحة الطبيعية.

٣- ارتفاع فرق الضغط الكلى للوحدة بنسبه ١٥ % عن فرق الضغط التشغيل الطبيعي.

٣- الوقاية والأمان Safety Precautions

في حالة التعامل مع المواد الكيمائية فلا بد من ارتداء ملابس الوقاية للحفاظ على الملابس الشخصية (Personal Clothes) أو ملابس العمل (overall)، وكذلك قم باستخدام واقي العين(Eye Protection) {كأقل نوع من الوقاية}- لابد عند التعامل مع حمض الكبريتيك لبس كل الملابس الواقية وغطاء للرأس وواقي العين وقفاز أحماض مناسب.

٤- معدات الغسيل Cleaning Equipment

يجب وجود خزان مصنوع من مادة البولي بروبلين (Polypropylene) أو الفايبر جلاس المقوي (Fiberglass Reinforced Plastic)، لابد أن يحتوى الخزان على غطاء ومقياس لدرجة الحرارة.

يكون الغسيل الكيمائي غير ذي جدوى عندما يتم في درجة حرارة أقل من ١٥ درجة مئوية لأن سريان بعض المواد الكيمائية يكون بطيئاً عند درجات الحرارة المنخفضة والبعض الأخر مثل (Laurysulfate) يحدث له عند درجات الحرارة المنخفضة مما يستلزم رفع درجة الحرارة.

مما سبق يتضح أن درجة الحرارة لمحلول الغسيل يكون لها أثر كبير في نجاح عملية الغسيل لذا يستلزم إضافة سخان (heater) ومبرد (cooler) مع نظام الغسيل.

٥- كمية محلول الغسيل Cleaning Solution Quantity

لابد من تحديد كمية محلول الغسيل وذلك لضبط نسب المواد المستخدمة في الغسيل داخل المحلول – ولإتمام ذلك نقوم بعمل المثال التالي:

نعتبر وجود محطة تعمل بنظام التناضح العكسي تتكون من :

أنبوبين ضغط (Two Pressure Vessel).

قطر الأنبوب الواحد ٨ بوصه (Eight inch Diameter)

كل أنبوب ضغط يحتوى على أربعة أغشية (Four Membrane Element)

٥-١ حساب حجم أنبوب الضغط Pressure Vessel Volume

من جداول التحويل (١ بوصة = ٢.٥٤ سنتيمتر)

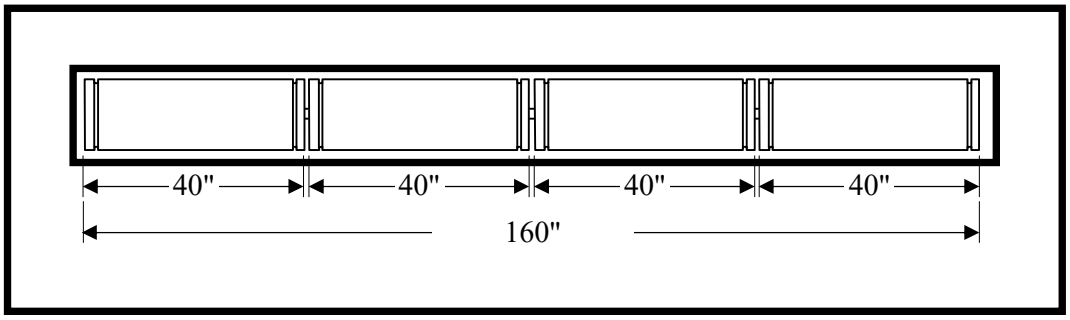
(ق) قطر أنبوب الضغط الواحد (٨ بوصة) = ٨ × ٢.٥٤ = ٢٠.٣٢ سم

(نق) نصف قطر أنبوب الضغط = ٢٠.٣٢ ÷ ٢ = ١٠.١٦ سم

طول الغشاء الواحد = ٤٠ بوصة = ٤٠ × ٢.٥٤ = ١٠١.٦ سم

ولأن الأنبوب الواحد به ٤ أغشية

(ع) فيكون طول الأنبوب الواحد = ٤×١٠١.٦ = ٤٠٦.٤ سم



وبما أن وعاء الضغط يعتبر كاسطوانة حجمها = ط نق^{٢} ع

$$V_1 = \pi \ r^2 \ L$$

$$= 3.14 \times (10.16)^2 \times (406.4)$$

$$= 3.14 \times (103.2256) \times (406.4) = 131725.775 \ Cm^3$$

من جداول التحويل (١ لتر = ١٠٠٠ سنتيمتر مكعب)

$$V_1 = (131725.775) \ Cm^3$$

$$= \left(\frac{131725.775}{1000}\right) = 131.7 l \approx 132 l$$

حجم المحلول داخل أنبوب ضغط واحد يكون = ١٣٢ لتر

$$V_{One\,Vessel} = 132 \left[\frac{l}{Vessel}\right]$$

حجم المحلول داخل أنبوبين ضغط يكون = ١٣٢ × ٢ = ٢٦٤ لتر

$$V_{Two\,Vessel} = 132 \left[\frac{l}{Vessel}\right] \times 2 = 264 \ \ l$$

٢-٥ حساب حجم المواسير Pipes Volume

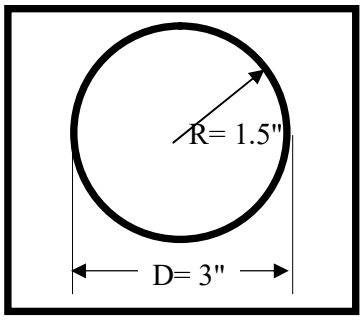
باعتبار خط مواسير بطول ٣٠ متر

(ع) فيكون طول الخط = ٣٠ × ١٠٠ = ٣٠٠٠ سم

باعتبار قطر خط المواسير ٣ بوصة

(ق) قطر خط المواسير (٣ بوصة) = ٣ × ٢.٥٤ = ٧.٦٢ سم

(نق) نصف قطر أنبوب الضغط = ٧.٦٢ ÷ ٢ = ٣.٨١ سم



$$V_p = \pi \ r^2 \ L$$

$$= 3.14 \times (3.81)^2 \times (3000)$$

$$= 3.14 \times (14.5161) \times (3000) = 136741.662 \ Cm^3$$

من جداول التحويل (١ لتر = ١٠٠٠ سنتيمتر مكعب)

$$V_p = (136741.662) \ Cm^3$$

$$= \left(\frac{136741.662}{1000}\right) = 136.7 l \approx 137 l$$

كمية محلول الغسيل المطلوبة هي حجم المحلول داخل أوعية الضغط (Pressure Vessel) مضافاً إليه حجم المحلول داخل المواسير (Pipes).

$$V_{Tot} = V_{Vessel} + V_{Pipe}$$

$$= 264 + 137$$

$$= 401 \ l$$

من جداول التحويل (١جالون = ٣.٧٨٥ لتر)

لذا فإننا نحتاج لخزان سعته لا تقل عن = ١٠٥ جالون

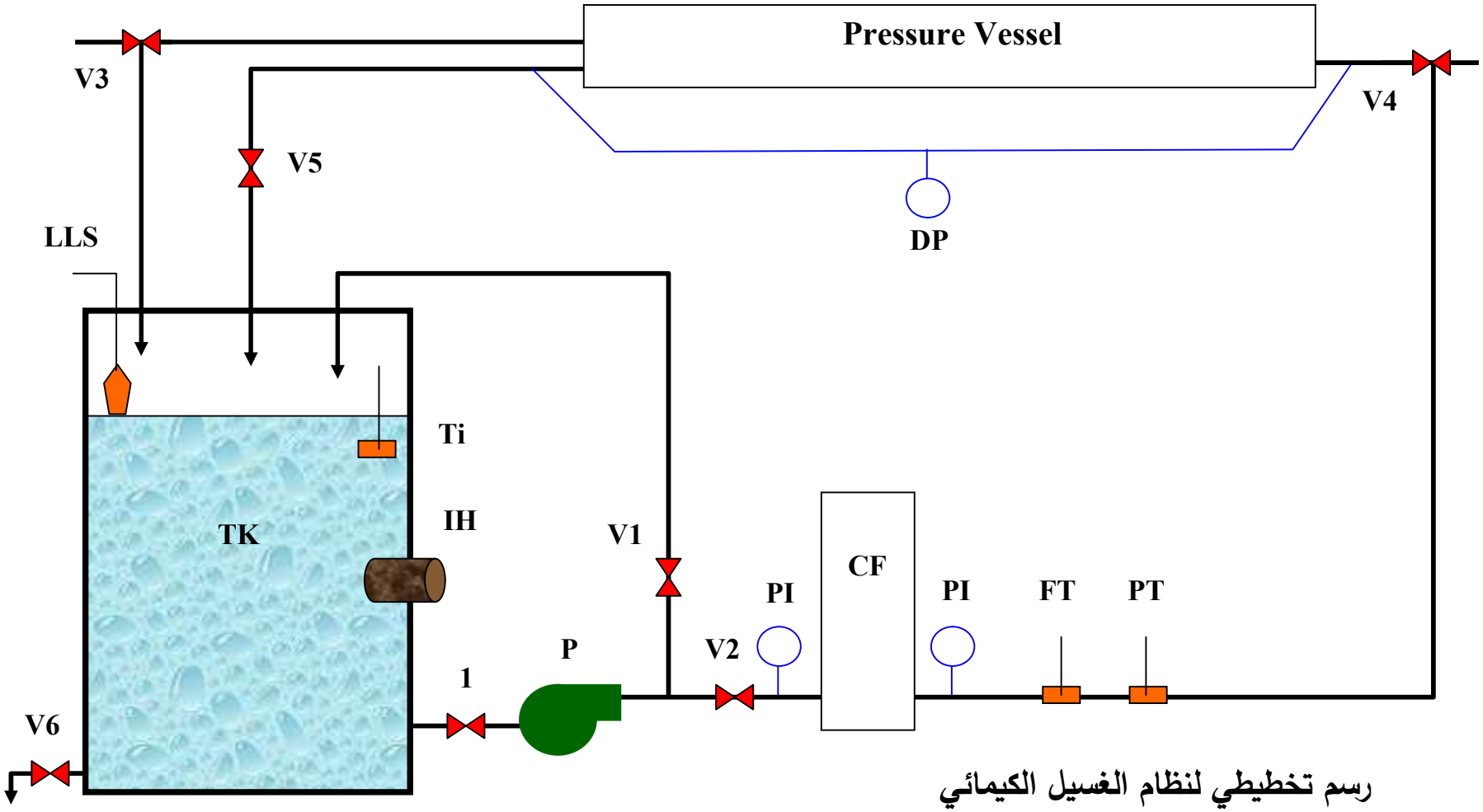
٦- معدات الغسيل Cleaning Equipment

بعد إجراء حسابات كمية المحلول المطلوبة لإتمام عملية الغسيل الكيمائي عن طريق حساب حجم أوعية الضغط وكذلك المواسير وكذلك حساب سعه الخزان المطلوب فيلزم بعد ذلك معرفة نوعية وكفاءة أداء المضخة المطلوبة لعملية الغسيل الكيمائي.

عند اختيار المضخة يجب وضع سماحية لانخفاض الضغط نتيجة مفاقيد الخط ونتيجة الفلتر الميكروني، ولابد أن تكون مادة تصنيع المضخة من الصلب المقاوم للصدأ (316SS) أو من مادة غير معدنية.

Tk	:	خزان الغسيل	(Tank)
Hi	:	سخان كهربي / مبرد	(Heater/Cooler)
TI	:	مبين حراري	(Temperature Indicator)
LLS	:	مبين انخفاض منسوب	(Low Level Switch)
SS	:	شبكة أمان	(Security Screen)
P	:	مضخة الغسيل	(Pump)
CF	:	فلتر ميكروني	(Cartridge Filter)
DP	:	عداد فرق ضغط	(Differential Press.)
FI	:	مبين سريان	(Flow Indicator)
FT	:	موصل سريان	(Flow Transmitter)
PI	:	مبين ضغط	(Pressure Indicator)
V1	:	محبس التدوير	(Recirculation Valve)
V2	:	محبس تحكم سريان	(Flow Control Valve)
V3	:	محبس الراجع	(Concentrate Valve)
V4	:	محبس المياه المحلاة	(Permeate Valve)
V5	:	محبس دخول المياه المحلاة	(Permeate Inlet V.)
V6	:	محبس تصريف الخزان	(Drain Valve)
V7	:	محبس التنظيف	(Purge Valve)

يجب أن يتضمن الخط مجموعة من المحابس وعدادت قياس السريان (Flow Meters) وعدادات لقياس الضغوط (Pressure Gauge)، مع تجنب وجود أكواع قاسية الزوايا(Hard Elbow) أو خراطيم توصيل (Portable Hose)، كما يجب أن يتضمن فلتر ميكروني لإجراء فلترة كافية لمحلول الغسيل.



رسم تخطيطي لنظام الغسيل الكيمائي

٧- خطوات الغسيل Cleaning Procedure

هناك ثمانية خطوات لابد من إتمامها لإجراء عملية الغسيل الكيمائي وهى:

٧-١ التحضير والخلط Prepare and Mix

جهز المحلول المناسب لعملية لغسيل وقم بإجراء تقليب المحلول جيداً بفتح محبس عزل الخزان وغلق محبس الطرد للوحدة (V2) وفتح محبس التقليب (V1) ثم تشغيل المضخة (P) – ثم تشغيل السخان للحصول على درجة الحرارة المطلوبة وبعد فترة مناسبة لذوبان المحلول قم بقياس قيمة الأس الهيدروجيني (pH) ودرجة الحرارة للمحلول.

٧-٢ السريان الضئيل Low Flow Pumping

قطر الغشاء	السريان المطلوب	
(بوصة)	(جالون/دقيقة)	(متر مكعب/ساعة)
٢.٥	٣ – ٥	٠.٧ – ١.١
٤	٨ – ١٠	١.٨ – ٢.٣
٨	٣٠ – ٤٠	٧ – ٩

راجع كمية السريان بالجدول السابق وقم بضبط السريان على نصف القيمة المبينة أمام الغشاء الذي تملكه، وذلك حتى تقوم بإحلال المحلول محل مياه التغذية المتواجدة داخل الغشاء ويتم ذلك بفتح محبس الطرد (V2) قليلاً وغلق محبس التقليب (V1) قليلاً.

٧-٣ الإحلال Recycle

بعد إيقاف عملية إنتاج المياه المحلاة والبدء في تدوير المحلول نلاحظ أن محلول الغسيل يحل محل المياه المركزة ويتحرك المحلول إلى خزان الغسيل الكيمائي حيث يتم السماح لدرجة الحرارة بالاستقرار، مع ملاحظة تعكر (Turbid) أو تغير لون (Change Color) محلول الغسيل يجب تغيير المحلول بمحلول أخر جديد، وراجع قيم الأس الهيدروجيني (pH) في الغسيل الحامضي، حيث يتم استهلاك الحامض عندما يتم ذوبانه فجائياً في مواد غير عضوية ولذلك في حالة وجود ارتفاع في قيمة الأس الهيدروجيني بمقدار أكثر من ٠.٥ وحدة – قم بإضافة مزيد من الحامض.

٧-٤ الغمر Soaking

قم بإيقاف المضخة (P) وغلق كل المحابس للسماح للأغشية بأن تكون مغمورة في المحلول {غالباً ما يكون الغمر لمدة ١ ساعة}.

مع الاهتمام بمراجعة قيم درجات الحرارة باستمرار.

لتلافى حدوث أي ارتفاع بدرجة الحرارة أثناء الغمر قم بتشغيل مضخة التدوير بنسبه ١٠% من قيم السريان المثبتة بالجدول رقم (١).

٧-٥ السريان العالي High Flow Pumping

قم بضخ محلول السريان بالأغشية لمدة تتراوح من ٣٠:٦٠ دقيقة حسب توصيات مصنع المحاليل، حيث يعمل السريان العالي على محو الملوثات أو الوحل (Fouling)، في حالة الاعتقاد بأن الملوثات على جدار الغشاء شديدة جدا فينصح بزيادة كمية السريان بنسبه ٥٠% عن النسب المقررة بالجدول رقم (١).

في السريان العالي مقدار الانخفاض في قيم الضغط يتسبب في بعض المشاكل، حيث أن القيم المقررة لهذا الانخفاض تتراوح من ١.٤ بار (٢٠ رطل لكل بوصة مربعة) لكل غشاء أو ٤.١ بار على الوحدة كلها.

في حالة الأغشية ذات القطر ٨ بوصة يجب أن يكون اتجاه سريان محلول الغسيل في نفس اتجاه سير مياه التغذية في حالة التشغيل الطبيعي وذلك لتجنب حدوث تليسكوب (Telescoping) في الغشاء.

٧-٦ صرف المياه Drain

يتم صرف مياه الغسيل المستهلكة (Spent Cleaning Solution).

ينصح بتدوين قيم التركيب الكيمائي لمحلول الغسيل قبل وبعد الغسيل وبذلك يمك الحصول على المكونات والمركبات التي تمت إزالتها من الأغشية.

٧-٧ الغسيل Flush Out

يتم باستخدام المياه المحلاة أو مياه تكون العكارة بها أقل من ٣ (SDI<3) وبدون بكتريا (Free Bacteria) أو كلور (Free Chlorine) وملوحتها أقل من ١٠٠٠٠ (Conductivity<10000 µS/Cm)، يتم استخدام هذه المياه في غسيل الأغشية وطرد محلول الغسيل منها.

٧-٨ الشطف Rinse

قم بإعادة تشغيل المحطة بنفس قيم التشغيل السابقة من حيث نفس قيمة السريان والضغط، وقم بتصريف المياه المنتجة لمدة لا تقل عن ١٠ دقائق (أو حتى تنتج قيم المياه المحلاة المطلوبة).

لابد من تسجيل كل خطوات الغسيل حتى تتمكن من الحكم على تأثير وكفاءة عملية الغسيل أو ما إذا كنت في حاجة لمواد غسيل أخري.

في حالة توقف المحطة لفترة تزيد على ٢٤ ساعة بعد إجراء عملية الغسيل فيجب حفظ الأغشية في محلول حفظ.

في حالة وجود مجموعات (Multi-array) من الأغشية فيجب استخدام محلول غسيل لكل مجموعة عل حدة أو إنشاء مضخة غسيل لكل مجموعة على حدة عند تصميم المحطة وذلك حتى لا يكون السريان منخفض جدا في بداية المجموعة ومرتفع جدا في أخرها.

٨- كيماويات الغسيل Cleaning Chemicals

تتعدد طرق الغسيل الكيمائي من حيث نوعية المواد المستخدمة في الغسيل وطريقة إجراءه، حيث أن مواد الغسيل القوية تتسبب في قصر عمر الغشاء (في صورة ارتفاع مرور الأملاح من خلاله) – الجدول التالي رقم (٢) يبين بعض مواد الغسيل، كمواد الغسيل الحامضى والقاعدي.

Foulant / Cleaner	Inorganic Salts (Cac3, CaS4, BaSO4)	Metal Oxides (Iron, ...)	Inorganic Colloids (Silt)	Silica	Biofilms	Organic
0.1 % NaOH & pH 12, 30°C Or 0.1 % Na_4EDTA & pH 12, 30°C				O	B	G
0.1 % NaOH & pH 12, 30°C Or 0.025 % Na-DDS & pH 12, 30°C			G		G	G
0.1 % STP & 1.0 % Na_4EDTA Or 0.1 % TSP & 1.0 % Na_4EDTA					G	
0.2 % HCl	B					
0.5 % H_2PO_4	O	G				
0.2 % Citric Acid	O					
0.2 % NH_2SO_3H	O	O				
0.1 % $Na_2S_2O_2$		G				

O: OK	G: Good	B: Best

NaOH	:	Sodium Hydroxide
Na-EDTA	:	Sodium Salt of Ethylene Diamine Tetraacetric Acid
Na-DDS	:	Sodium Salt of Dodecylsulfate.
$Na_5P_3O_{10}$	:	Sodium Triphosphate (STP).
$Na_3PO_4 \times 12H_2O$	:	Trisodium Phosphate (TSP).
HCl	:	Hydrochloric Acid.
H_3PO_4	:	Phosphoric Acid.
$C_3H_4(OH)(CO_2H_3)$	:	Citric Acid
NH_2SO_3H	:	Sulfamic Acid.
$Na_2S_2O_4$	:	Sodium Hydrosulfite.

حيث يستخدم الغسيل الحامضي لإزالة المواد الغير عضوية التي تشمل بعض المعادن مثل الحديد، بينما يستخدم الغسيل القاعدي الإتساخات الناتجة عن المواد العضوية

لا يستخدم حامض الكبريتيك المركز في عملية الغسيل خوفاً من خطورة تكون ترسيبات من مادة كبريتات الكالسيوم (Calcium Sulfate).

Membrane Name	Max Temp 50 °C pH Range	Max Temp 35 °C pH Range	Max Temp 30 °C pH Range	Continuous Operation
SW30, SW30HR	3 – 10	2 – 11	2 – 12	2 – 11
BW30, TW30	2 – 10	1 – 11	1 – 12	2 – 11
NF4	3 – 10	2 – 11	1 – 11	3 – 9

جدول ٣ مدي الأس الهيدروجيني ودرجات الحرارة خلال عملية الغسيل الكيمائي

SW30	Sea Water Membrane
SW30HR	Sea Water & High Rejection Membrane
BW30	Brackish Water Membrane
TW30	Tap Water
NF45	Nano Filtration Membrane

الجدول رقم (٣) يبين قيم الأس الهيدروجيني وكذلك أقصى درجات الحرارة أثناء عملية الغسيل وذلك لإحدى الأغشية المصنعة بواسطة شركة فيلمتك (Filmtec) ولنوعيات عديدة من الأغشية خلال عملية الغسيل الكيمائي.

٩ـ أنظمة الغسيل Cleaning Programs

تتعدد أنظمة الغسيل للأغشية حسب درجة الإتساخات، حيث تتحرك بداية من الشطف بمياه محلاه حتى استخدام عدد من المواد الكيماوية معقدة التركيب على النحو التالي:

- غسيل بمياه التغذية الخام تحت معدل سريان عالي وضغط منخفض.
- غسيل بمياه مفلترة.
- غسيل باستخدام (Sodium Hydrosulfite Acid or Alkaline) عند قيم محدودة للأس الهيدروجيني.
- تعقيم باستخدام الفورمالدهايد (Formaldehyde).
- غسيل باستخدام أحماض أو قلويات عند قيم محدودة للأس الهيدروجيني.
- تعقيم باستخدام فوق أكسيد الهيدروجين (Hydrogen Peroxide).
- غسيل باستخدام مواد تحتوى على الإيدتا (EDTA).

٩-١ مثال غسيل

حالة الأغشية : اتساخ عضوي –

نوع الغسيل : قلوي ضعيف

قم بإجراء الأتي:

١- غسيل بمياه محلاة لمدة ٥ دقائق.

٢- تجهيز محلول يتكون من (إيدتا بتركيز ٠.٢ %) و (هيدروكسيد الصوديوم بتركيز أقل من ٠.١% عند أس هيدروجيني ١١)

٣- إجراء تدوير لمدة ١ ساعة.

٤- إجراء غمر لمدة من ٢ – ٦ ساعة.

٥- تصريف محلول الغسيل.

٦- إجراء غسيل بمياه محلاة لمدة ٥ دقائق أو حتى الحصول على الكفاءة المطلوبة.

٩-٢ مثال غسيل

حالة الأغشية : اتساخ عضوي –

نوع الغسيل : قلوي ضعيف وتعقيم

قم بإجراء الأتي:

١- غسيل بمياه محلاة لمدة ٥ دقائق.

٢- تجهيز محلول يتكون من (إيدتا بتركيز ٠.٢ %) و (هيدروكسيد الصوديوم بتركيز أقل من ٠.١% عند أس هيدروجيني ١١)

٣- إجراء تدوير لمدة ١ ساعة.

٤- إجراء غمر لمدة من ٢ – ٦ ساعة.

٥- تصريف محلول الغسيل.

٦- إجراء غسيل بمياه محلاة لمدة ٥ دقائق.

٧- تحضير محلول من الفورمالدهايد بتركيز من ٠.٥ – ١ % .

٨- إجراء تدوير لمدة تتراوح من ٤٥ – ٦٠ دقيقة.

٩- تصريف محلول الغسيل.

١٠- إجراء غسيل بمياه محلاة لمدة ١٠ دقائق أو حتى الحصول على الكفاءة المطلوبة.

٩-٣ مثال غسيل

حالة الأغشية : غير معروفة

نوع الغسيل : قلوي ضعيف وتعقيم وحمضي

قم بإجراء الأتي:

١- غسيل بمياه محلاة لمدة ٥ دقائق.

٢- تجهيز محلول يتكون من (إيدتا بتركيز ٠.٢ %) و (هيدروكسيد الصوديوم بتركيز أقل من ٠.١% عند أس هيدروجيني ١١)

٣- إجراء تدوير لمدة ١ ساعة.

٤- إجراء غمر لمدة من ٢ – ٦ ساعة.

٥- تصريف محلول الغسيل.

٦- إجراء غسيل بمياه محلاة لمدة ٥ دقائق.

٧- تحضير محلول من الفورمالدهايد بتركيز من ٠.٥ – ١ % .

٨- إجراء تدوير لمدة تتراوح من ٤٥ – ٦٠ دقيقة.

٩- تصريف محلول الغسيل.

١٠- إجراء غسيل بمياه محلاة لمدة ١٠ دقائق أو حتى الحصول على الكفاءة المطلوبة.

١١- تحضير محلول من حمض الهيدروكلوريك بتركيز ٠.١ وأس هيدروجيني ٢.

١٢- إجراء تدوير لمدة ٦٠ دقيقة.

١٣- تصريف محلول الغسيل.

١٤- إجراء غسيل بمياه محلاة لمدة ١٠ دقائق أو حتى الحصول على الكفاءة المطلوبة.

١- التحكم في تكوُن القشور Scale Control

١-١ مقدمة

تكون القشور في عملية التناضح العكسي يمكن أن يحدث عندما يكون تركيز الأملاح قليلة الذوبانية إلى حد أعلي من حد الذوبانية وذلك قبل أن تغادر مياه التغذية الغشاء على صورة مياه عالية التركيز، فعلي سبيل المثال إذا كانت وحدة التناضح العكسي تعمل عند نسبه إستعواض ٥٠% فإن تركيز الأملاح في المياه المركزة التي يتم استبعادها سوف يتضاعف وهكذا فإنه كلما زادت نسبه الإستعواض فسوف يزداد احتمال تكوين القشور – ولذلك فإنه يجب الاحتياط وعدم زيادة تركيز الأملاح في المياه إلى حد الذوبانية وخاصة بالنسبة للأملاح التي لها ذوبانية محدودة.

والأملاح التي لها حد خطورة عالي وتكون ذات مسئولية كبيرة عن تكوين القشور منها كبريتات الكالسيوم ($CaSo_4$) وكربونات الكاسيوم ($CaCo_3$) والسيلكا (SiO_2) وتوجد عدة أملاح أخري ذات ميل ضئيل لتكون قشور ومنها كبريتات الباريوم ($BaSo_3$) وفلوريد الكالسيوم (CaF_2).

١-٢ إضافة الحامض (Acid Addition)

معظم المياه الطبيعية عند استخراجها تكون في حالة تشبع من كربونات الكالسيوم (CaCo3) لذا فإننا نحاول أن نبتعد به عن حد الذوبانية ويعتمد ذلك على قيمة الأس الهيدروجيني (pH) وكما هو موضح بالمعادلة التالية فإن إضافة الهيدروجين الموجب الشحنة (H+) وذلك من خلال إضافة الحامض تتحلل كربونات الكالسيوم.

$$Ca^{++} + HCO_3 \leftrightarrow H^+ + CaCO_3$$

يجب استخدام حامض مصرح به للاستخدام في الصناعات الغذائية ومثالاً لذلك حامض الكبريتيك المركز ٩٨% أو حامض الهيدروكلوريك حيث يتم استخدام حامض الكبريتيك بكثرة بسبب توفره ورخص ثمنه ولكن يعيبه إضافة الكبريتات لمياه التغذية مما يتسبب في تكون قشور الكبريتات.

ولمنع تكون قشور من كربونات الكالسيوم فإننا يجب أن نجلعها دائماً تميل إلى التحلل والذوبانية داخل المياه المركزة المستبعدة و يمكن التعبير عن نسبه الميل بطريقتين:

١- المياه قليلة الملوحة (Brackish Water)

معامل لانجلير للتشبع (Langelier Saturation Index) LSI

٢- مياه البحر عالية الملوحة (Sea Water)

معامل إستيف وديفينز (Stiff & Davis Stability Index) S&DSI

$$LSI = pH - pH_s \ (TDS \langle 10000\ mg/l)$$

$$S\&DSI = pH - pH_s \ (TDS \rangle 10000\ mg/l)$$

حيث أن الأس الهيدروجيني في حالة التشبع أو الاتزان يرمز له بالرمز (pH_s) وهى الحالة التي تكون عندها كمية الأملاح التي تترسب تتساوي مع كمية الأملاح التي تذوب.

لكي يمكنك التحكم بمنع تكون قشور كربونات الكالسيوم بواسطة إضافة الحمض فقط يجب أن تكون قيمة معامل لانجلير أو ستيف ديفينز له قيمة سالبة، وفي حالة استخدام مانع ترسيب فعال فمن الممكن أن يصل إلى قيمة ليست كبر من ١.٥، وبذلك سوف يقل استهلاك الحامض أو يمكن الاستغناء عن الحامض نهائياً، وهناك بعض موانع الترسيب تسمح بالارتفاع بقيمة المعاملات إلى ١.٨ – بعد الرجوع للشركات منتجة مانع الترسيب.

١-٣ مانع الترسيب Scale Inhibitor

يستخدم مانع الترسيب (Anti-Scalant) لمنع تكون قشور الكربونات والكبريتات وكلوريد الكالسيوم، ومانع الترسيب له تأثير حدي حيث يتم إمتزاز كمية قليلة منه على أسطح الجزيئات الدقيقة لتمنعها من تكون بلورات كبيرة وكذلك تمنع ترسيبها، ومن أكثر الأنواع شيوعاً هو الصوديوم هكسا ميتا فوسفات "SHMP" (Sodiumhexametaphosphate) ويتم استخدام النوع الغذائي منه ولكن يجب الاحتياط لعدم حدوث تحلل مائي له بخزان الحقن حتى لا يحدث فقد في كفاءة عملة بجانب احتمال تكون قشور من فوسفات الكالسيوم، حيث يتم حقنه بحيث يصل تركيزه في المياه المركزة إلى ٢٠ مللي جرام لكل لتر.

فعلي سبيل المثال إذا كانت نسبة الإستعواض ٧٥% فيكون الحقن بمعدل ٥ مللى جرام لكل لتر.

تكون موانع الترسيب العضوية أكثر فاعلية من (SHMP) ولكن يمكن حدوث ترسيب من الأيونات الموجبة الشحنة (كاتيونات) مثل الألمونيوم والحديد لتكون مادة صمغية على الغشاء يصعب إزالتها.

يجب تجنب معدلات الحقن العالية من مانع الترسيب – علماً بأنه لا يسبب مشكلة كبيرة في محطات تحلية مياه البحر عالية الملوحة (٣٥٠٠٠ جزئ في المليون) نظراً لارتفاع الضغط الإسموزى وانخفاض نسبه الإستعواض (٣٠ – ٤٥ %)، ولكن المشكلة دائماً تكون في محطات المياه منخفضة الملوحة (Brackish Water).

٤-١ إزالة القلوية باستخدام حامض راتينجي ضعيف

تستخدم هذه العملية غالباً في محطات التحلية قليلة الملوحة (Brackish Water) التي تكون سعتها كبيرة وذلك لإزالة العسر جزئياً بغرض تقليل استهلاك المواد الكيميائية المستخدمة في التنشيط.

فى هذه العملية يتم استبدال كاتيونات الباريوم (Ba^{++}) والكالسيوم (Ca^{++}) المرتبط بالبيكربونات (العسر الوقتى) يتم إزالتها بكاتيونات الهيدروجين (H^{+}) ونتيجة لذلك ينخفض فيها قيمة الأس الهيدروجيني حتى تصل إلى قيمة من ٥:٤ .

وعندها تكون المجموعة الكربوكسيلية قد توقفت عن التحلل وتعتبر هذه العملية إزالة عسر جزئي – حيث يتم فقط إزالة الكاتيونات المسببة للقشور وهى التي تكون متصلة بالبيكربونات – ولذا فإن هذه العملية تكون مناسبة تماماً للمياه التي تحتوى على بيكربونات بنسب مرتفعة ويتم تحويل البيكربونات إلى ثاني أكسيد كربون طبقاً للمعادلة:

$$HCO_3^- + H^+ \leftrightarrow H_2O + CO_2$$

في أغلب الأحيان يكون ثاني أكسيد الكربون (CO_2) غير مرغوب فيه في المياه المنتجة ولذلك يمكن استخدام نازع غازات (Degassing) للعمل على إزالته.

حيث أنه بالتجارب لوحظ أن عملية ممانعة الأملاح عند أس هيدروجيني أكبر من ٦ أفضل منها عند أس هيدروجيني أقل من ٥.

في حالة استخدام نازع الغازات في المياه المغذية يمكن بذلك الاستفادة بالحصول على تكلفة تشغيل منخفضة وانخفاض نسبه الأملاح في المياه المنتجة نتيجة انخفاض نسبه الأملاح في المياه المغذية وكذلك الحصول على تأثير بيئي منعدم.

١-٥ إزالة العسر باستخدام الجير Lime Softening

تستخدم هذه العملية لإزالة العسر الناتج عن الكربونات بإضافة جير مطفئ بالماء.

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow 2CaCO_3 + 2H_2O$$
$$Mg(HCO_3)_2 + 2\,Ca(OH)_2 \rightarrow Mg(OH)_2 + 2CaCO_3 + 2H_2O$$

العسر الناتج عن أملاح الكالسيوم التي لا تكون الكربونات شق فيها يمكن تقليلة بإضافة كربونات الصوديوم

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow 2NaCl + CaCO_3$$

حيث يمكن استخدام الجير لتخفيض نسبه السيلكا فعند إضافة ألومينات الصوديوم (Sodium Aluminate) أو كلوريد الحديديك (Ferric Chloride) – وبذلك نحصل على رواسب تحتوى على كربونلت الكالسيوم وحامض السيلكيك وأكسيد الألمونيوم وحديد.

وباستخدام الجير الساخن عتد درجة حرارة تتراوح من ٦٠:٧٠ درجة مئوية يمكن إزالة حامض السيلكيك.

يمكن عن طريق إضافة الجير ومخلوط من أكسيد الماغنسيوم الحصول على مياه تصل فيها نسبه السيلكا إلى ١ مللي جرام لكل لتر.

٢- الوقايــة مــن الاتســاخ الغــروي Colloidal Fouling Prevention

٢-١ مقدمة

يتسبب الاتساخ الغروي في ضعف كفاءة التشغيل لوحدات التناضح العكسي ويتمثل هذا الضعف في انخفاض معدل الإنتاجية ويدل عليه ارتفاع فرق الضغط عبر الأغشية.

وتتمثل مصادر الاتساخ الغروي في الأغشية في أن تتضمن المياه المغذية (Feed Water) مجموعة من البكتريا (Bacteria) السيلكا (Colloid Silica) الطين (Silt) ومنتجات تأكل الحديد (Iron Corrosion Products).

عند البدء في تصميم محطة تعمل بنظام التناضح العكسي من الهام جدا البدء بقياس كثافة الغرين "SDI" (Silt Density Index) ويسمى في بعض الأحيان معامل الترسيب "FI" (Fouling Index).

حيث يستخدم معامل كثافة الغرين في تحديد مدى المعالجة المبدئية لنظام التحلية بالتناضح العكسي – ويستخدم في ذلك جهاز قياس كثافة الغرين (SDI Equipment) ويتكون من:

صمام لعزل الخط الرئيسي.

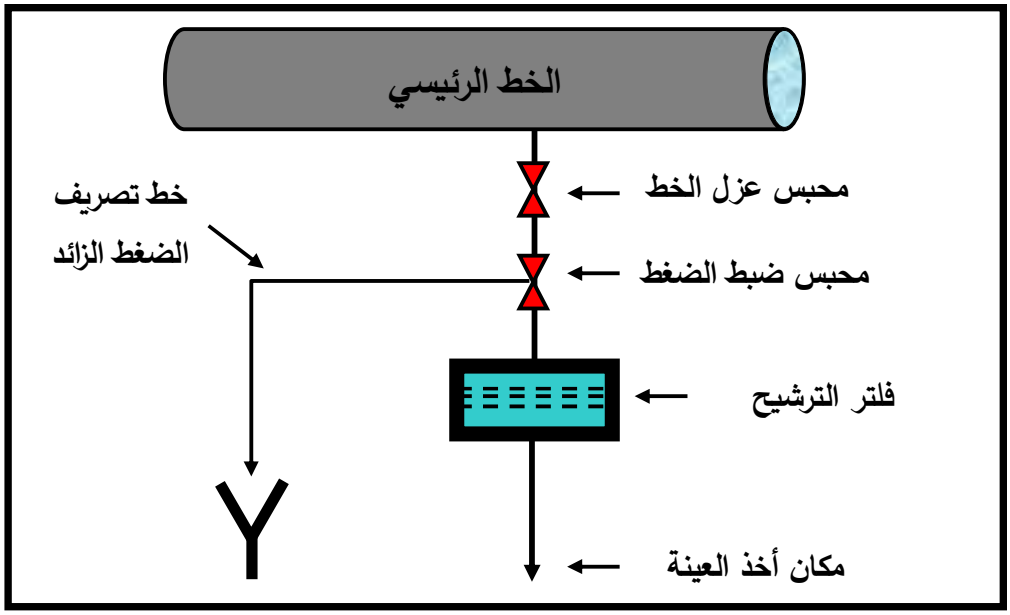
صمام لضبط الضغط.

خط تصريف للضغط الزائد.

حامل المرشح بقطر (٤٧ مم).

مرشح الغشاء بقطر (٤٧ مم) على أن يكون قطر مسامه (٠.٤٥ ميكرومتر).

الضغط المطلوب من (٥:١ بار) أو (٧٠:١٠ رطل لكل بوصة مربعة).



إجراء التجربة

يتم وضع مرشح الغشاء في مكانه رأسياً – مع إحكام ربط مانع التسريب.

يتم ضبط الضغط على ٢.١ بار والقيام بترشيح كمية من المياه مقدارها ٥٠٠ مللي وقياس الزمن اللازم لذلك واعتباره (T_o).

يترك الجهاز في حالة التشغيل بدون توقف لمدة ١٥ دقيقة.

بعد مرور هذه المدة نقوم بأخذ عينة أخرى من المياه مقدارها ٥٠٠ مللي وقياس الزمن واعتباره (T_1).

إجراء الحسابات

نقوم بالتعويض في المعادلة الآتية:

$$SDI = \left(1 - \frac{T_o}{T_1}\right) * \frac{100}{15}$$

لاحظ أنه:

عندما تكون قيمة (T_1) أربعة أمثال قيمة (T_o) تكون قيمة معامل الغرين تساوى ٥.

يتم حدوث انسداد كلى لغشاء القياس عندما تكون قيمة معامل الغرين تساوي ٦.٧.

يجب أن تقل قيمة كثافة معامل الغرين عن ٥ وذلك خلال عملية الفترة المبدئية داخل الفلاتر الميكرونية.

٢-٢ الفلاتر الرملية Media Filtration

تستخدم الفلاتر الرملية أو الفلاتر متعددة الطبقات في إزالة المواد العالقة أو المواد الرغوية (الصمغية) بواسطة إلتقاطها على سطح مادة التنقية (رمال / رمال + أنثراثيت / .....) وتعتمد جودة الفلتر على حجمه وهندسة السطح (الشكل الداخلي للفلتر) ونوعية مادة الفلترة المستخدمة وتحليل مياه التغذية وعوامل التشغيل.

ويتم إستخدام رمال ذات شكل خاص وجودة عالية حيث تتراوح أقطارها من (٠.٣٥-٠.٥ مم) ومادة الأنثراثيت (Anthracite) بأقطار تتراوح من (٠.٧-٠.٨ مم) التي يتسبب وجودها في رفع كفاءة الفلترة.

ويتم في الغالب تصميم عمق الرمال في الفلاتر الرملية حوالي ٨٠ سم كحد أدنى – أما في الفلاتر متعددة الطبقات فيكون ارتفاع الرمل حوالي ٥٠ سم وارتفاع الأنثراثيت حوالي ٣٠ سم – وتتواجد الفلاتر الرملية في شكلين هما:

٢-٢-١ فلاتر الضغط Pressure Filtration

يكون فيها ضغط التشغيل يتراوح من ٢ إلى ٤ بار، ويحتاج هذا النوع إلى طبعة عالية من الرمال بحيث تكون حبيباتها ناعمة حيث تعطى معدل ترشيح عالي، ويصمم الفلتر على معدل سريان حوالي من ١٠-٢٠ متر/ساعة والغسيل العكسي بمعدل ٤٠-٥٠ متر/ساعة – حيث يقل معدل السريان بارتفاع الاتساخ داخل الفلتر.

٢-٢-٢ فلاتر الجاذبية Gravity Filtration

يكون فيها ضغط التشغيل منخفض نسبياً عن فلاتر الضغط أي حوالي ٥ متر ماء (٠.٥ بار) ويتم إدخال الفلتر لعملية الغسيل العكسي عند حدوث فرق ضغط على جانبي الفلتر ١.٤ متر ماء (٠.١ بار).

٢-٣ الفلاتر المؤكسدة Oxidation - Filtration

بعض المياه المستخرجة من الآبار والمياه قليلة الملوحة توجد في حالة مختزلة خاصة في حالة غياب الأوكسجين ووجود بعض مركبات الحديد (Iron) والمنجنيز (Manganese) وأحيانا كبريتيد الهيدروجين (Hydrogen Sulfide) والأمونيوم (Ammonium) – حيث تتم عملية إضافة الأكسجين لمياه التغذية حسب المعادلات التالية:

$$4Fe(HCO_3)_2 + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4Fe(OH)_3 + 8CO_2$$

$$4Mn(HCO_3)_2 + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4Mn(OH)_3 + 8CO_2$$

يكون ترسيب الحديد أكثر من المنجنيز حيث تتم الأكسدة تحت قيم أس هيدروجيني منخفض حيث أنه يلاحظ أنه في المياه منخفضة القاعدية في الغالب يكون فيها تركيز الحديد عالي.

يمكن أيضاً عن طريق دفع بعض المركبات مثل الهواء (Air) غاز الكلور (Cl_2) برمنجنات البوتاسيوم ($KMnO_4$)، الهيدروكسيدات المتكونة يمكن أن تزال بالمرور من خلال الفلاتر الرملية.

٢-٤ الفلترة الخطية In – Line - Filtration

كفاءة الفلاتر الرملية تعتمد على خفض نسبة كثافة الغرين (SDI)

يمكن تطبيق نظام الفلترة الخطية في حالة ارتفاع نسبة كثافة الغرين عن ٥.

حيث يتم حقن المجلط (Coagulant) خلال خط سريان المياه المغذية (Raw Water Stream) ويتم خلطه ويتم بعد ذلك إزالة المواد المتجلطة باستخدام الفلاتر الرملية.

تتراوح الجرعة المحقونة عادة من ١٠:٣٠ مللي جرام لكل لتر – ولكن يجب أن يتحدد مقدار الجرعة المحقونة لكل محطة على حدة.

حيث يمكن استخدام المجلط (Coagulant) والملبد (Floccus) مع نظام التناضح العكسي على الأغشية بشكل مباشر أو غير مباشر – حيث أنه في بعض الأحيان يمكن للمركبات الطافية (Floes) أن يعبر خلال الفلاتر الرملية ويترسب على الغشاء

٢-٥ المجلطات والملبدات Coagulation - Flocculation

تحتوى المياه المغذية على تركيز عالي من المواد العالقة مما ينتج عنه ارتفاع قيمة معامل كثافة الغرين (SDI)، ويجب أن يتم الاهتمام بهذه العملية.

حيث تتكون مجموعة من الأوحال الهيدروكسيدية المتبلد يتم استقرارها على سطح الفلاتر الرملية.

٢-٦ السريان العرضي Cross Flow {Micro filtration - Ultra filtration}

استخدام هذه الطريقة للعمل على إزالة كل أو جميع المواد العالقة في المياه المغذية، كما أنه في بعض الحالات يمكن إزالة المركبات العضوية الذائبة حسب وزنها الجزئي حيث تصل قيمة معامل كثافة الغرين لأقل من الواحد (SDI<1) وبالتالي نحصل على تصميم جيد – وبذلك تكون مشكلة الاتساخ انتقلت من منطقة الأغشية إلى منطقة الفلاتر – ونحصل على نسبه إستعواض عالية.

يتطلب استخدام هذه النوعية من الفلاتر الحصول على جودة معينة من المياه المغذية للأغشية حيث أنه اقتصاديا لا يتم استخدامها كثيراً – وكذلك تتطلب الغسيل الدائم كما أن بعضاً منها مقاوم لتأثير الكلور فيتم الغسيل باستخدام الكلور لمنع تكون التلوث البيولوجي.

٢-٧ الفلترة الميكرونية Cartridge Micro filtration

في نظام التناضح العكسي تتطلب المعالجة المبدئية فلاتر ميكرونية حجم مسامها أقل من ١٠ ميكرون كحد أدنى، وتعتبر هذه الفلاتر وسيلة حماية للأغشية ومضخات الضغط العالي من الذرات العالقة ويتم إدراجها بأخر مراحل المعالجة المبدئية.

يوصى باستخدام فلاتر ميكرونية ذات قطر مسامي ٥ ميكرون، مما يؤدى لانخفاض عملية الغسيل الكيمائي للأغشية، مع ملاحظة أنه عند وجود مركبات السيلكا في حالة قابلة للذوبان فإنه يوصي باستخدام فلاتر ميكرونية ذات قطر مسامي ١ ميكرون.

يجب عند التصميم الوضع في الاعتبار معدل سريان المواد المغذية طبقاً لإنتاجية المحطة – ويجب أن يتم استبدالها في حالة انخفاض الإنتاجية أو مرور ثلاثة شهور أيهما أقرب – ويجب عدم إجراء غسيل للفلاتر الميكرونية لأن ذلك يقلل من كفاءتها مما يعمل على سرعة اتساخ الأغشية.

كما يجب أن يجهز نظام الفلاتر الميكرونية بمجموعة من عدادات قياس الضغط لمعرفة فرق الضغط على جانبي الفلاتر لتحديد توقيت تغييرها.

عند حدوث زيادة في فرق الضغط على جانبي الفلاتر الميكرونية فإن ذلك دليل على عطب ما في نظام المعالجة المبدئية.

٣- الوقايــة مــن الاتســاخ البيولــوجي Biological Fouling Prevention

٣-١ مقدمة

تحتوى كل نوعيات المياه الخام على كائنات حية دقيقة (Micro-Organisms) مثل البكتريا (Bacteria) الطحالب (Algae) الفطريات (Fungi) الفيروسات (Viruses) إلى جانب العديد من الكائنات الأخرى الأدق، حيث يتراوح حجم هذه البكتريا من ٣:١ ميكروميتر.

وتستطيع هذه الكائنات الحية الدقيقة أن تقوم بعمل اتساخ صمغي يمكن أن يزال عن طريق الفلاتر الرملية كما تستطيع هذه الكائنات الدقيقة أن تجدد نفسها وتشكل صور حية تحت أي ظروف مناسبة لذلك.

في نظام التحلية بالتناضح العكسي تدخل الكائنات الحية الدقيقة إلى الأغشية مستغلة المساحة السطحية الواسعة وبمساعدة المواد العضوية المذابة تستطيع أن تشكل صوراً حية في هذه البيئة المثالية لها.

وبذلك يبدأ الاتساخ البيولوجي في التأثير على الأغشية ويعمل على زيادة فرق الضغط (High Differential Pressure) وكذلك يقوم بإحداث ضرر ميكانيكي (Telescoping) على الأغشية وخفض معدل تدفق الإنتاج (Membrane Flux Decline)، وببعض الأحيان يظهر الاتساخ البيولوجي في جانب المياه المنتجة المحلاة مما يسبب في فساد خصائص المياه المنتجة.

تعتبر عملية إزالة التلوث البيولوجي هدف رئيسي في عملية المعالجة المبدئية، حيث أن يبدو واضحاً في مياه البحر عنه في مياه الآبار.

هناك طرق عديدة يمكن بها تقييم مدي الاتساخ البيولوجي.

٣-٢ تقييم الاتساخ البيولوجي *Assessment of the Biological Fouling*

٣-٢-١ التقنيات العلمية Culture Techniques

الاتساخ البيولوجي يتعلق بشكل مباشر بتركيز الجراثيم في المياه، ونظام حساب كمية الجراثيم الكلية "TBC" (Total Bacteria Count) حيث يحدد بكم من العدد الكلى من الكائنات الحية الدقيقة في عينة المياه.

وقد صمم طبقاً إلي "ASTM F60 " (American System Technology M) بترشيح كمية معينة من المياه خلال غشاء ويتم عمل تعداد لكمية الكائنات الحية التي حجزت على سطح الغشاء (هذه الطريقة مناسبة جدا ولكنها تحتاج لجهاز غالى الثمن) كما أن هذه النتيجة لا نظهر إلا يعد سبعة أيام حيث يمثل العدد الذي يتم الحصول علية من ١ إلى ١٠ % من العدد الحقيقي من الكائنات الحية الدقيقة.

وبالرغم من أن هذه التقنيات مازالت ثمينة إلا أنها دليل قوى ومباشر على وجود الاتساخ البيولوجي وبالتالي يتم مراجعة نظام المعالجة المبدئية للمياه المنتجة.

٣-٢-٢ الحساب المباشر للجراثيم Direct Bacteria Count

توجد مجموعة من التقنيات تستخدم مباشرة ترشيح عينة من المياه ويتم حساب المحجوز على فلتر الترشيح من الكائنات الحية الدقيقة بشكل مباشر وذلك باستخدام مجهر دقيق (Microscope) ولتتمكن من رؤية هذه الكائنات بصورة أوضح يتم ذلك بوضع كاشف برتقالي (Acridine Orange) فتبدو الكائنات الحية الدقيقة في صورة مشعة ومضيئة (Epi-Illuminated Fluorescent Microscope).

ولكن في بهذه الطريقة لا يمكن معرفة الكائنات الحية من الكائنات الميتة فنقوم باستخدام اختبار (INT) حيث أن قيمه تعتبر ضعيفة بالنسبة للكائنات الميتة.

INT = 2 (P-Iodophenyl), 3 (P-Nitrophenyle), 5 (Phenyl Tetrazolium Chloride)

٣-٢-٣ مراقبة الصور الحيوية Biofilm Monitoring

من الهام جدا معرفة تركيز الكائنات الحية الدقيقة في المياه الخام (Raw Water) وكذلك في مياه الراجع (Concentrate Water) حتى يمكن تقييم الاتساخ البيولوجي حيث أن عوامل وظروف التشغيل يمكن أن تعمل على نمو هذه الكائنات الحية.

العناصر الأخرى مثل تركيز هذه المواد الحية (Concentration) ونوعية المواد المغذية (Kind of Nutrients) تعتبر من الأشياء الهامة لمراقبة الصور الحيوية وكذلك يمكن إجراء تجارب اختبار لسطح المياه المركزة باستمرار ومن هذه الاختبارات إجراء اختبار باستخدام جهاز (Robbin Sampler) .

ومن أمثلة مراقبة الصور الحيوية هي المراقبة والتفتيش الدوري المستمر على الفلاتر الميكرونية (Cartridge Filters) وبالمياه المغذية (Feed Water) وداخل أوعية الضغط (Pressure Vessel) حيث أن ظهور أية أوحال أو روائح سيئة تعتبر كمؤشر على وجود الاتساخ البيولوجي.

٣-٢-٤ طرق أخري Other Methods

يمكن تقييم شدة النمو البكتيري (Bacterial Growth Potential) باستخدام طريقة ويرنر (Werner Method)، فبتجهيز عينة مياه مفلترة نقية (Filter Sterilized) وإضافة محلول ملحي غير عضوي والقيام بقياس الوزن النوعي للبكتريا المعلقة (Specific Volume of a Suspension of Bacteria).

كذلك يمكن التأكد من تواجد النمو البكتيري بازدياد نسبه العكارة (Turbidity) في المياه المغذية.

وهناك أنظمة أخري تقوم على قياس نسبه الكربون العضوي (Organic Carbon) في المياه.

٣-٣ إضافة الكلور Chlorination

يستخدم الكلور (Cl_2) منذ سنوات عديدة لتطهير وتعقيم المياه المستخدمة في أغراض الشرب وكذلك المياه المستخدمة في الأغراض الصناعية حيث يعمل على تعطيل وإفساد نمو الكائنات الحية الدقيقة.

ويتوقف تأثير عمل مادة الكلور في الماء على عدة عوامل منها:

١- تركيز الكلور المستخدم.

٢- وقت التلامس مع جزيئات الماء.

٣- الأس الهيدروجيني للماء (pH).

حيث يجب بقاء الكلور المضاف في الماء فترة كافية لحدوث التفاعل المطلوب وتتراوح تلك الفترة من ٢٠ إلى ٣٠ دقيقة.

في عمليات التحلية بالتناضح العكسي يتم تعقيم مياه البحر المأخوذة من مأخذ مفتوح (Open Intake) أو المياه المأخوذة من آبار شاطئية (Beach Wells) باستخدام مركبات الكلور الصناعية – حيث يتم حقن الكلور في مياه البحر حسب المعادلة التالية:

(كمية مياه البحر (م٣ / ساعة) × الجرعة المصرح بها (مليجرام / لتر)) × ٠.٠٠١

والجرعة المصرح بها في مياه البحر المغذية (Sea Water) تتراوح من ٢ إلى ٥ مليجرام / لتر ويجوز الزيادة إلي جرعة أعلي لفترة قصيرة مع أخذ الإحتياطات اللازمة عند وجود نشاط بيكتيرى عالي في مياه تغذية الوحدة – علماً بأن الجرعة المصرح بها في مياه الشرب تتراوح بين ٠.٥ – ١ ملليجرام / لتر.

٣-٣-١ كيمياء الكلور Chlorination Chemistry

تتواجد مركبات الكلور الصناعي في صورة الكلور الغازي (Cl_2) وهيبوكلوريت الصوديوم ($NaOCl_2$) وهيبوكلوريت الكالسيوم ($Ca(OCl_2)$) حيث تتحلل كل هذه المركبات في الماء إلى حامض الهيبوكلوروز (HOCl)

$$Cl_2 + H_2O \rightarrow HOCl + HCl$$

$$NaOCl + H_2O \rightarrow HOCl + NaOH$$

$$Ca(OCl_2) + 2H_2O \rightarrow 2HOCl + Ca(OH)_2$$

حيث يتفكك حامض الهيبوكلوروز (HOCl) فى المياه إلى أيونات هيدروجين (H^+) وأيونات هيبوكلوريت (OCl^-).

$$HOCl \leftrightarrow H^+ + OCl^-$$

مجموع قيم الكلور الغازي (Cl_2) وهيبوكلوريت الصوديوم ($NaOCl_2$) وهيبوكلوريت الكالسيوم ($Ca(OCl_2)$) وحامض الهيبوكلوروز (HOCl) وأيونات هيبوكلوريت (OCl^-) تعبر عن نسبة الكلور الحر المتاح "FAC" (Free Available Chlorine) أو نسبة الكلور الحر المتبقى "FRC" (Free Residual Chlorine) وتقاس بالمللى جرام لكل لتر كلور ($mg/l\ Cl_2$)

كذلك يتكون مركب الكلورامين (Chloramines) نتيجة تفاعل الكلور مع رابطة الأمونيا المتواجدة بالمياه – ويتم التعبير عن هذا المركب بنسبة الكلور المتحد "CRC" (Combined Available Chlorine).

مجموع نسبة الكلور الحر ونسبة الكلور المتحد يكون هو نسبة الكلور الكلية المتبقية في الماء.

$$TRC = FAC + CRC$$

لاحظ أن:

تعتمد كفاءة الكلور في إبادة الجراثيم على نسبة تركيز حمض الهيبوكلوروز (HOCl) في الماء.

قوة حمض الهيبوكلوروز في إبادة الجراثيم تعادل ١٠٠ ضعف من قوة تعقيم أيونات الهيبوكلوريت (OCl^-).

قوة حمض الهيبوكلوروز تزداد بانخفاض قيمة الأس الهيدروجيني (pH).

عند أس هيدروجيني ٧.٥ ودرجة حرارة ٢٥ درجة مئوية – ونسبة الأملاح المذابة الكلية "TDS" ٤٠ مللى جرام لكل لتر (يتواجد ٥٠% من نسبة الكلور الحر فى صورة حمض الهيبوكلوروز).

عند أس هيدروجيني ٦.٥ – ودرجة حرارة ٢٥ درجة مئوية – ونسبة الأملاح المذابة الكلية "TDS" ٤٠ مللى جرام لكل لتر (يتواجد ٩٠% من نسبة الكلور الحر فى صورة حمض الهيبوكلوروز).

قوة حمض الهيبوكلوروز تزداد بانخفاض درجة الحرارة (pH).

عند درجة حرارة ٥ درجات مئوية – وأس هيدروجيني ٧.٥ – ونسبة الأملاح المذابة الكلية "TDS" ٤٠ مللى جرام لكل لتر (يتواجد ٦٢% من نسبة الكلور الحر فى صورة حمض الهيبوكلوروز).

قوة حمض الهيبوكلوروز تنخفض بازدياد درجة الملوحة.

عند درجة حرارة ٢٥ درجة مئوية – وأس هيدروجيني ٧.٥ – ونسبة الأملاح المذابة الكلية "TDS" ٤٠٠٠٠ مللى جرام لكل لتر (يتواجد ٣٠% من نسبة الكلور الحر فى صورة حمض الهيبوكلوروز).

٣-٣-٢ مدي الحاجة الى الكلور Chlorination Demand

جزء من جرعة الكلور المحقونة تقوم بالتفاعل مع نتروجين الأمونيا كالتالي:

$$HOCl + NH_3 \leftrightarrow NH_2Cl\ (Monochloramine) + H_2O$$

$$HOCl + NH_2Cl \leftrightarrow NHCl_2\ (Dichloramine) + H_2O$$

$$HOCl + NHCl_2 \leftrightarrow NCl_3\ (Trichloramine) + H_2O$$

يحدد هذا التفاعل حسب قيم الأس الهيدروجيني والنسب الوزنية بين الكلور والنيتروجين، الكلورامين أيضاً له تأثير إبادة (Germicidal Effect) لكنه أقل من الكلور.

مدى الحاجة للكلور تتوقف على مدى التفاعل مع العناصر المختزلة مثل النترات (Nitrite) الكبريتيد (Sulfide) السيانيد (Cyanide) الحديدوز (Ferrous iron) المنجنيز (Manganese) – كما أن هناك جزء أخر يتم استهلاكه بواسطة أكسدة الروابط العضوية الموجودة في الماء.

٣-٤ إزالة الكلور Dechlorination

يجب عند استخدام الأغشية في عمليات التحلية عدم وجود أية أثر للكلور في المياه المغذية حتى لا يحدث تحلل للأغشية (يتم حدوث تحلل للأغشية في غضون من ٢٠٠ إلى ١٠٠٠ ساعة تشغيل في وجود كلور بنسبة ١ مللي جرام بمياه التغذية) ويلاحظ أنه عند وجود أس هيدروجيني قاعدي (Ph>7) يكون هجوم الكلور على الأغشية أسرع منه عن وجود أس هيدروجيني حامضي (Ph<7).

وعلى أي حال يجب أن يعمل على عدم وجود كلور حر في مياه التغذية أو بتحويله إلى كلوريدات غير مؤذية باستخدام كربون منشط وعوامل اختزال كيميائية.

$$C + 2Cl_2 + 2H_2O \rightarrow 4HCl + Co_2$$

كما يستخدم بصورة شائعة الصوديوم باى سلفيت (Sodium bisulfite) (SBS) وبعد ذوبانه في الماء يتحول إلى صوديوم ميتا باى سلفيت (Sodium metabisulfite) (SMBS).

$$Na_2S_2O_5 + H_2O \rightarrow 2NaHSO_3$$

ويتفاعل الصوديوم باي سلفيت مع حامض الهيبوكلوروز (HOCL) طبقاً للمعادلة:

$$NaHSO_3 + HOCl \rightarrow HCl + NaHSO_4$$

نظرياً فإن ١.٣٤ مللي جرام من الصوديوم ميتا باى سلفيت يمكن أن تعمل على إزالة ١ مللي جرام من الكلور الحر، ولكن عملياً فإن ٣ مللي جرام من الصوديوم ميتا باى سلفيت يمكن أن تعمل على إزالة ١ مللي جرام من الكلور الحر.

٣-٥ طرق أخري Other Methods

٣-٥-١ الميكروفلتريشن (Micro filtration) والآلترافلتريشن (Ultra filtration)

طريقتين تتميزان بقدرتهما على إزالة الكائنات الحية الدقيقة وخاصة الطحالب التي يصعب أن تزال بالتقنيات القياسية كما تتميز هاتين الطريقتين بمقاومتها للكلور.

٣-٥-٢ كبريتات النحاس (CuSO4)

يتم استخدامها للسيطرة على النمو الحيوي للكائنات الحية وذلك عن طريق حقنها في المياه المغذية بنسبه تتراوح من ٠.٠١:٠.٥ مللي جرام لكل لتر ولكن لا يوصي باستخدامها للأسباب الآتية:

احتمالية احتواء كبريتات النحاس ($CuSO_4$) على بعض الملوثات.

كربونات النحاس ($CuCO_3$) تميل إلى الترسيب مما يسبب اتساخ للأغشية.

أيونات النحاس يمكن أن تسبب تأثيرات سلبية على البيئة.

أجهزة حماية البيئة لكل دولة تحدد كمية معينة من النحاس في مياه الصرف ويصعب تغييرها حتى لو تطلبت المحطة ذلك.

٣-٥-٣ الأوزون (Ozone)

يعتبر عامل مؤكسد قوى أكبر من الكلور حيث يقوم بقتل كل الكائنات الحية الدقيقة، ولكنة يتحلل بسرعة، كما يجب أن تتم عملية المعالجة بالكلور بشكل حذر لحماية الأغشية.

٣-٥-٤ الأشعة الفوق بنفسجية (Ultraviolet Irradiation)

لها تأثير كبير في إبادة الجراثيم ويتم تطبيقها في المحطات الصغيرة حيث يجب الاهتمام الدوري بالجهاز وإجراء التنظيف اللازم له حيث أن المواد الرغوية تعمل على عزل الأشعة.

٣-٥-٥ حبيبات الكربون النشط "GAC" (Granular Activated Carbon)

لها تأثير كبير في فلترة الجراثيم في حالة استخدام سريان منخفض (٢-١٠ متر كل ساعة) مع وجود ارتفاع مناسب للحبيبات داخل الفلتر (٢-٣ متر) حيث يتم عزل الجراثيم في الطبقة العلوية من الفلتر.

٤- الوقايــة مــن الاتســاخ العضــوي Organic Fouling Prevention

يتسبب تكثف المواد العضوية (Adsorption of Organic Substances) على سطح الأغشية بانخفاض معدل الإنتاجية.

عادة خلال عملية التكثيف تنفصل المركبات ذات الكتل الجزئية العالية (Hydrophobic) أو المركبات ذات الشحنات الموجبة – مع ملاحظة أن ارتفاع قيمة الأس الهيدروجيني لأن الأغشية والمواد العضوية تكون في الغالب شحنتها سالبة عند قيمة أس هيدروجيني أكبر من ٩.

عند وجود المواد العضوية في مياه التغذية فإنها تعمل كمستحلب يشكل غطاء على الأغشية، ويحدث مادة دبالية عند تركيز ٠.٥ – ٢٠ مللي جرام لكل لتر من الكربون العضوي الكلي "TOC" (Total Organic Carbon) لذا يجب أن تزيد هذه النسبة عن ٣ مللي جرام لكل لتر أثناء عملية المعالجة الأولية.

والمادة الدبالية يمكن أن تزال باستخدام البوليمر (Coagulant) أو الفلوكس (Flocs) أو الكربون المنشط (Activated Carbon) أو الألترافلتريشن (Altra Filtration)

البوليمر والكربون النشط يمكن تطبيق استخدامه عندما تحتوى المياه الخام على زيوت (Hydrocarbons or Silicone-Based) أو شحوم بنسبه أعلى من ٠.١ مللي جرام لكل لتر.

٥- تلخيص أنظمة المعالجة المبدئية

Pretreatment	$CaCO_3$	$CaSO_4$	$BaSO_4$	$SrSO_4$	CaF_2	SiO_2	SDI	Fe	Al	Bacteria	Oxid. Agents	Org. Matter
Acid Addition	•							o				
Scale Inhibitor	o	•	•	•	•	o						
Softening w IX	•	•	•	•	•							
Dealkalization W IX	o	o	o	o	o							
Lime Softening	o	o	o	o	o	o	o	o				o
Preventive Cleaning	o					o	o	o	o	o		o
Adjustment Operation Parameter		o	o	o	o	•						
Media Filtration						o	o	o	o			
Oxidation Filtration							o	•				
In-Line-Coagulant							o	o	o			o
Coagulation-Flocculation						o	•	o	o			•
Micro/Ultra filtration						•	•	o	o	o		•
Cartridge Filter						o	o	o	o	o		
Chlorination										•		
Dechlorination											•	
Shock Treatment										o		
Preventive Disinfection										o		
GAC Filtration										o	•	•

o : **Possible** , • : **Very Effective**

لاحظ ما يلي:

١- راجع الخصائص الكيمائية للمادة الكيميائية قبل بدء التحضير.

٢- عند تحضير حامض الكبريتيك المركز لا تقم بتخفيفه بالمياه أبداً تحت أي ظرف.

٣- إرتدي القفازات والقناع الواقي عند التعامل مع الأحماض والكيماويات.

٤- عند وقوع الحامض المركز على الأرض ابتعد عنه فوراً – ثم أضف كمية من الصودا الكاوية تكفي لمعادلته ثم اغسل السطح بكميه كبيرة من المياه.

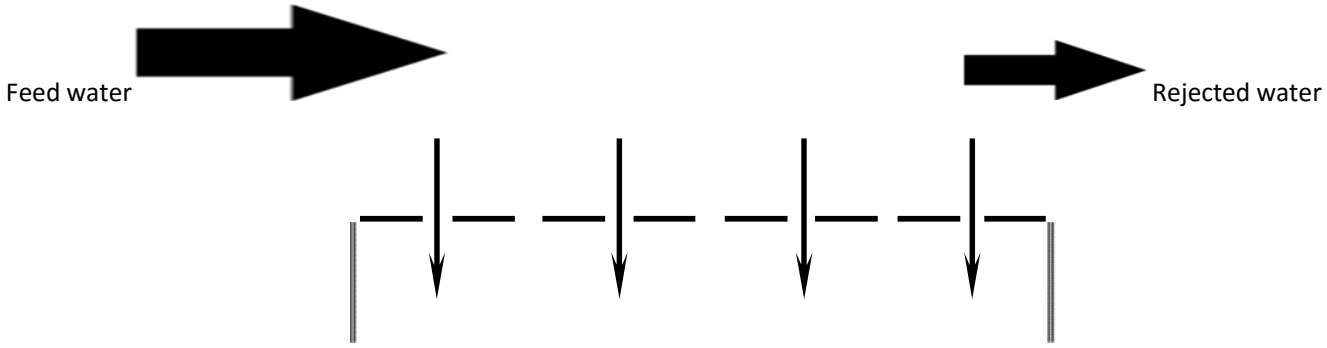
٥- يجب التأكد من وجود حوض غسيل للوجه ودش أوتوماتيكي لحالة الطوارئ.

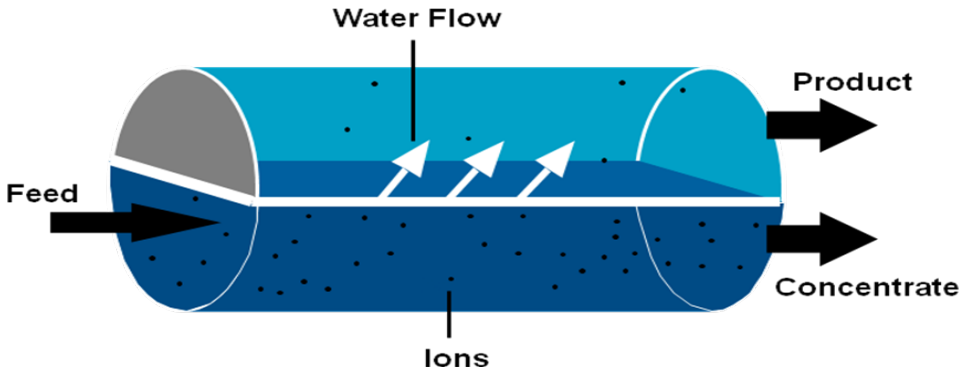
٦- تأكد أن صمامات دخول المياه لهذه المعدات تعمل باستمرار وفي حالة جيدة.

Basics of Reverse Osmosis

اساسيات التحليه بطريقه التناضح العكسى

تعتمد طرق تحليه المياه اللتى تستخدم اغشيه لفصل الاملاح على نظريه السريان الموازى " Cross flow " وفيه يتم ضغط مياه التغذيه بشكل موازى لسطح الاغشيه وبالتالى يستطيع جزء من مياه التغذيه المرور عبر ثقوب الغشاء مكوننا المياه المنتجه ويترك جزء اخر مكوننا المياه المطروده Reject





تؤدى طرق التحليه باستخدام الاغشيه الى ظهور ما يعرف بنسبه الاستخلاص " Recovery % " وهى النسبه المئويه لاستخلاص المياه المنتجه من مياه التغذيه وهذا الاستخلاص يؤدى الى زياده تركيز الاملاح فى مياه Reject وبالتالى يظهر ما يعرف ب Concentration polarization اى تراكم الاملاح ذات التركيزات العاليه ناحيه reject على الغشاء مما يؤدى لاحقا الى تكون القشور Scaling كما ان الثقوب الضيقه للاغشيه تؤدى الى حدوث Fouling ناحيه feed للاغشيه اذا ما كانت المياه المغذيه غير معالجه بشكل جيد من الرمال والمواد العضويه واكاسيد المعادن مثل الحديد والمنجنيز والسيليكا وخلافه او نتيجه خطأ فى تصميم نظام المعالجه الاوليه مثل قرب نقطه حقن مانع الترسيب من نقطه حقن Coagulant او ان مساحه الفلاتر غير مناسبه للكميات المتدفقه من مياه التغذيه .

وعلى حسب اتساع ثقوب الاغشيه والضغوط المطلوبه لحدوث استخلاص للمياه المنتجه يمكن تقسيم عمليات التحليه بواسطه الاغشيه و Cross flow الى :

	RO	Nano filtration	Ultra filtration	Micro filtration
Pore size	< 0.0002 micron	< 0.002 micron	0.02 -0.2 micron	0.02- 4 micron
Rejected particles	High and low molecular weight molecules & mono ,di ,tri,… charged ions	High molecular weight only and di, tri ,.. charged ions but no mono ions	Macro molecules – proteins - Viruses	Particles – clay - bacteria
Operating pressure	800-1000 psi for(SW) 150–600 psi for (brackish water)	50 – 225 psi	30 – 100 psi	2 – 45 psi

***** نظريه الاسموزيه والتناضح العكسى :**

تعتمد النظريه الاسموزيه على وجود محلولين غير متساويين فى تركيزات الاملاح مفصولين بغشاء شبه منفذ فيتحرك الماء من المحلول الاقل فى تركيز الاملاح الى المحلول الاعلى تركيز بشكل تلقائى الى ان يحدث تساوى فى تركيزات الاملاح على جانبى الغشاء

وتعتمد نظريه التناضح العكسى على التأثير بضغط على الجانب الاعلى فى تركيز الاملاح ليحدث حركه للماء من الجانب العالى فى الاملاح الى الجانب الاقل اى عكس اتجاه السريان فى الاسموزيه الطبيعيه وذلك بشرط ان يكون الضغط المؤثر اعلى من الضغط السموزى

- ✓ **الضغط الاسموزى: هو الضغط المطلوب لايقاف سريان المياه بالاسموزيه الطبيعيه ويعتمد على تركيز الاملاح فى المياه حيث ان**

Osmotic Pressure = 1.19 (Temp + 273) * $\sum$ (mi)

mi=molar concentrations of all constituents in solution

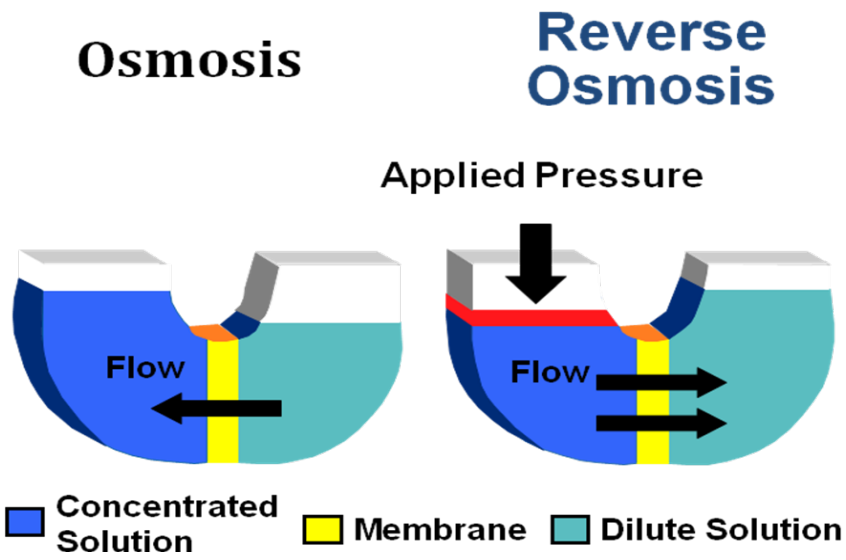
وبتطبيق المعادله السابق على عده محاليل مختلفه فى التركيزات وجد ان

100 ppm TDS ≈ 1 psi osmotic pressure

1,000 ppm TDS ≈ 10 psi osmotic pressure

ie:

35,000 ppm TDS ≈ 350 psi osmotic pressure



Start up work instructions of RO units

تعليمات عامه لتشغيل محطات التناضح العكسى

١- تأكد ان محبس تهريب الضغط للابار مفتوح

٢- قم بتشغيل ابار التغذيه مع قفل محبس تهريب الضغط جزئيا حتى ضغط من ٤٥ ال ٥٥ psi وتركه مده لا تقل عن ٢٠ دقيقه حتى يتم التخلص من اى رمال او عوالق موجوده . وقد تتركه مده اطول اذا كانت كميه الرمال كبيره وذلك حسب تعليمات مشرف التشغيل المسئول

٣- قم بعمل غسيل عكسى ثم شطف للفلاتر الرمليه لتكون جاهزه قبل التشغيل

٤- بعد التأكد من جاهزيه ابار التغذيه والفلتر الرملى ونظافتهم من اى رمال او عوالق قم بفتح محابس طرد الهواء على الفلتر القطنى وخط التغذيه ومحابس طرد الهواء على وحده PX

٥- قم بادخال مياه التغذيه الى المحطه بحرص وانتظر حتى يحدث طرد كامل للهواء من كل اجزاء المحطه

٦- لا تقوم بغلق محابس طرد الهواء الا بعد تشغيل المحطه

٧- اترك المحطه على هذا الوضع Pre flush مده لا تقل عن ١٥ دقيقه على ضغط ٤٥ psi على خروج الفلتر القطنى

٨- قم بانزال الهرتز الى وضع التشغيل حسب تعليمات مشرف التشغيل وقسم الصيانه

٩- تأكد من أن كميه الزيت لطلمبه الضغط العالى مناسبه وكذلك تاريخ اخر تشحيم للموتور وان خزان مانع الترسيب به كميه مناسبه من المحلول وقم بأخذ منسوب خزانات حقن الانتاج قبل التشغيل

١٠-عن طريق محبس تهريب الضغط قم بضبط ضغط دخول طلمبه الضغط العالى بحيث لا يقل او يزيد عن الضغط المخصص للمعده

وتكون ضغوط تشغيل طلمبات الضغط كالتالى :

BME من ١ bar حتى ٥ bar

BMETمن ٢ bar حتى ٥bar

Danfossمن ٠.٩ barحتى ٥ bar

Water link من ٢ bar حتى ٤.٥ bar

١١-قم بتشغيل System وطلمبه الضغط العالى وتحكم فى ثبات ضغط التشغيل بحرص من محبس تهريب الضغط على خط التغذيه

قم برفع الهرتز ببطىء واستمر فى مراقبه الضغط والتحكم به من محبس تهريب الضغط

١٢-فى حاله المحطات اللتى تعمل بنظام PX تأكد ان كميه وضغط المياه الداخله والخارجه مناسبه حسب حجم وحده PX وعموما يجب الا يقل ضغط دخول المياه Low pressure inlet الى وحده PX عن ٢٤ psi ولا يزيد عن ٣٠٠ psi . وضغط خروج المياه الى الصرف Low pressure out لا يقل عن ٩ psi ويفضل ان يكون اعلى من ١٥ psi . لذلك قم بالتحكم فى محابس دخول وخروج PX لضبط الضغوط وflow

١٣-عند دوران booster pump للوحدات اللتى تعمل بنظام PX تأكد ان ضغط دخول الاغشيه غير مرتفع بدرجه مبالغ فيها والا قد يكون هناك مشكله فى PX او booster pump لذلك اوقف التشغيل فورا وابلغ مديرك المباشر كذلك تأكد ان وحده PX تدور بشكل جيد عن طريه القرب منها وسماع صوت الدوران

١٤-بعد الوصول الى هرتز التشغيل المقرر قم بمراجعه كل الضغوط والقراءات وتأكد من املاح المياه المنتجه وقم بمعايره عداد الانتاج للتأكد من كميه الانتاج

١٥-تأكد ان حقن مانع الترسيب والصودا والكلور يعمل وقم بقياس نسبه PH والكلور وضبطهم

١٦-تأكد من نسبه الاستخلاص Recovery والخلط Mixing وزياده الملوحه salinity increase لوحدات PX

١٧-قم بأخذ منسوب خزانات حقن الكيماويات بعد ساعه من التشغيل وقارن الاستهلاك بالنسب المقرره

١٨-قم باخبار مديرك المباشر عن اى شىء غير طبيعى فى القراءات

١٩-ذقم بتسجيل القراءات السابقه فى دفتر المحطه

Shut down work instructions of RO units

تعليمات عامه لايقاف محطات التحليه

١- قم بأخذ قراءه كامله للمحطه قبل الايقاف بما فى ذلك معايره عداد الانتاج

٢- قم بعمل حصر للاعمال المطلوبه بعد التوقف مثل التسريبات وتعديلات الاسلاك والكابلات وخلافه

٣- من محبس تهريب الضغط قم بتهريب بسيط فى ضغط دخول مياه التغذيه

٤- قم بانزال الهرتز ببطىء وراقب ضغوط دخول المحطه جيدا

٥- استمر فى تهريب الضغط وانزال الهرتز ببطىء حتى الوصول الى هرتز الايقاف دون نزول ضغط دخول طلمبه الضغط العالى عن الحد المقرر

٦- قم بايقاف طلمبه الضغط العالى ثم System

٧- للمحطات اللتى تعمل بنظام PX انتظر حتى تتوقف booster pump بعد حوالى ٣ دقائق ونزول الضغط الى قيمه الضغط الاسموزى (حوالى ٤٠٠psi لمياه البحر) بعدها قم بتفريغ الضغط من المحطه depressurization من محبس الهواء على خروج الاغشيه

٨- أترك مياه التغذيه على المحطه بدون حقن مانع ترسيب لمده ١٥ دقيقه على ضغط ٤٥ psi

٩- قم بفتح محبس تهريب ضغط ابار التغذيه ثم غلق محبس دخول المحطه ثم قم بايقاف ابار التغذيه

١٠-قم بعمل شطف للمحطه بمياه منتجه خاليه من الكلور

١١-قم برفع منسوب خزانات حقن الكيماويات واحسب الكميات المستهلكه حسب ساعات التشغيل وقارنها بالنسب المقرره

١٢-قم بحساب الانتاج ومقارنته بانتاج المحطه وابلغ مديرك المباشر

١٣-قم بانجاز الاعمال او الاعطال اللتى تستدعى توقف المحطه او اخبر الاقسام المختصه بهذه الاعمال

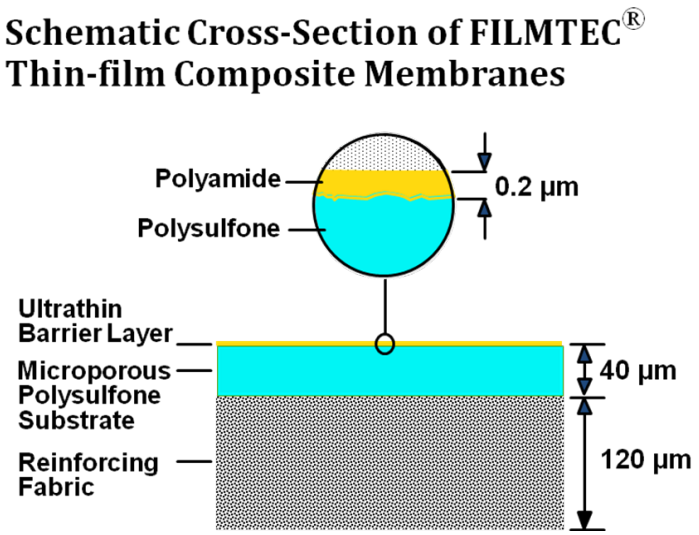
RO MEMBRANE DESCRIPTION

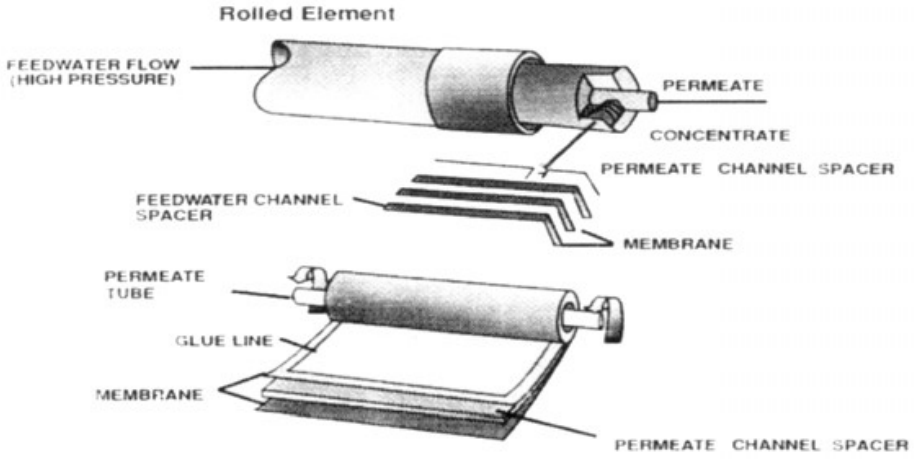
وصف غشاء التحليه بطريقه التناضح العكسى

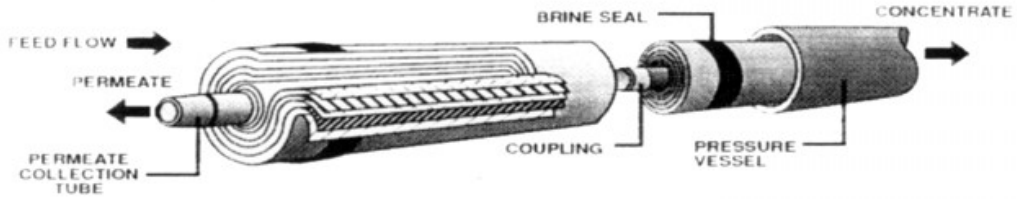
Thin film composite membrane consisting of three layers: a polyester support web (120 micro m thickness), a micro porous polysulfone interlayer (40 micro m thickness), and an ultra thin polyamide barrier layer (0.2 micro m thickness) on the top surface.

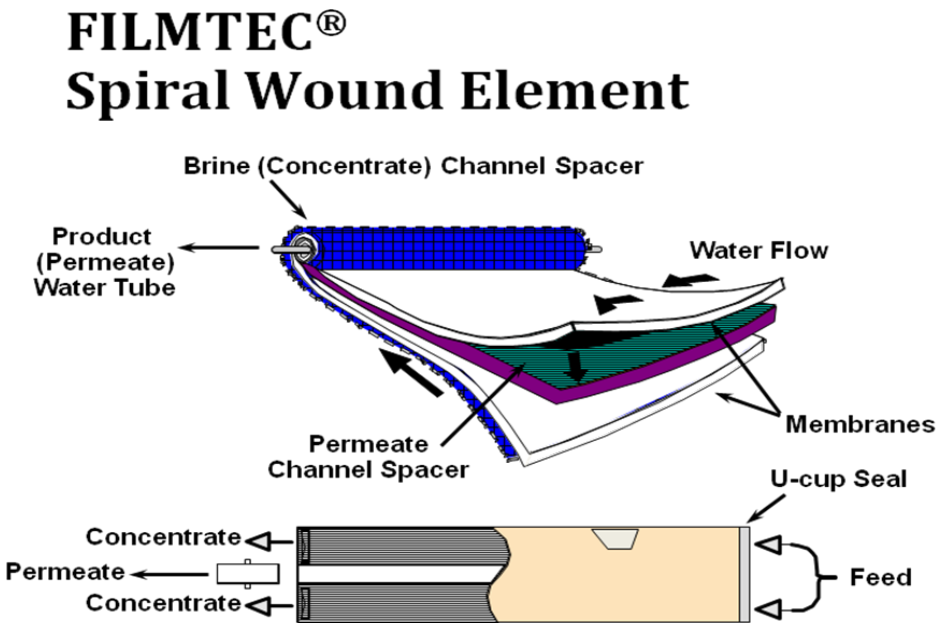
Element contains from one, to more than 30 membrane leafs, depending on the element diameter and element type. each leaf is made of two membrane sheets glued together back-to-back with a permeate spacer in-between them. Glue lines about 1.5 in (4 cm) wide that seal the inner (permeate) side of the leaf against the outer (feed/concentrate) side. There is a side glue line at the feed end and at the concentrate end of the element, and a closing glue line at the outer diameter of the element. The open side of the leaf is connected to and sealed against the perforated central part of the product water tube, which collects the permeate from all leaves. The leaves are rolled up with a sheet of feed spacer between each of them, which provides the channel for the feed and concentrate flow. In operation, the feed water enters the face of the element through the feed spacer channels

and exits on the opposite end as concentrate. A part of the feed water permeates through the membrane into the leaves and exits the permeate water tube.



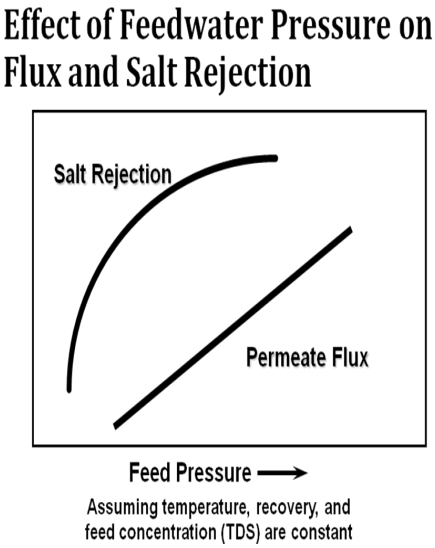


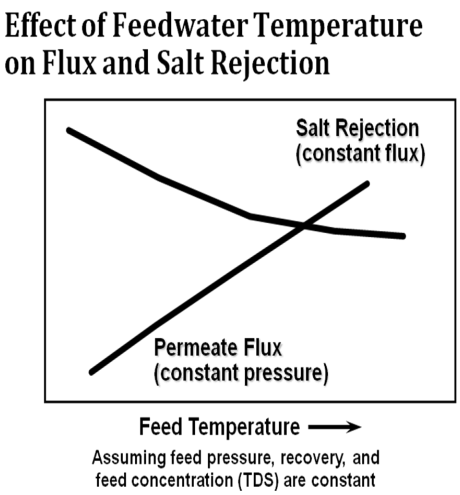


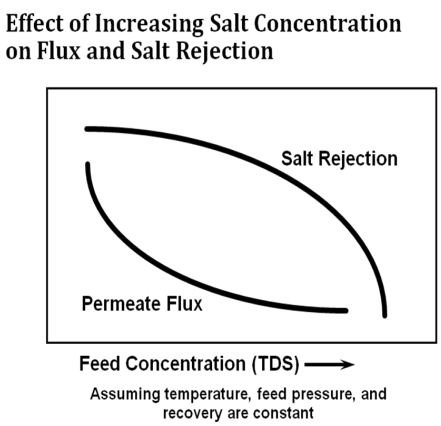


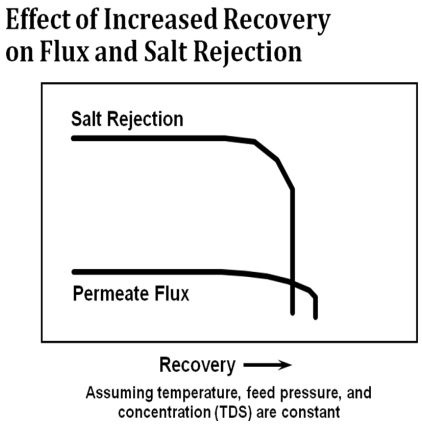
Factors which influence RO unit performance

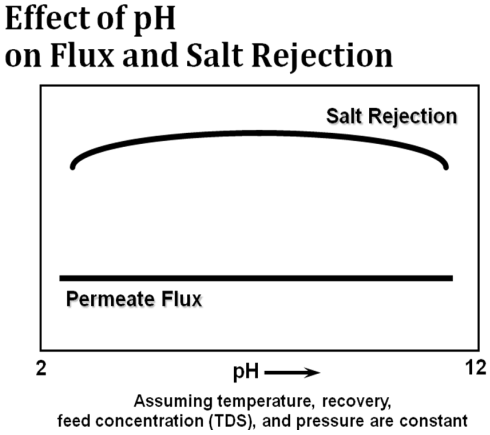
العوامل المؤثره على اداء وحدات التحليه











Important data about PX

PX pressure exchange mechanism

Rotor is fit into a sleeve between two end covers with small clearance, that when filled with high pressure water, creates an almost frictionless hydrodynamic bearing.

Mixing between sea water and reject water is limited by aspect ratio of rotor ducts which are long and narrow, so interface between feed and reject water in ducts never reaches the end of rotor before the duct is sealed.

Contact time between feed and reject is about 0.05 second

If lubrication flow exceeded 2% of H.P.P flow this is indication of leak in high pressure portion of system or internal leak in PX like damaged seal or damaged mating surface between rotor and surrounding ceramic components.

Lubrication flow occurs naturally when RO system is pressurized, H.P.P supply lubrication flow and if it's off (during system flushing) lubrication flow can be supplied by suck-back flow through the membranes

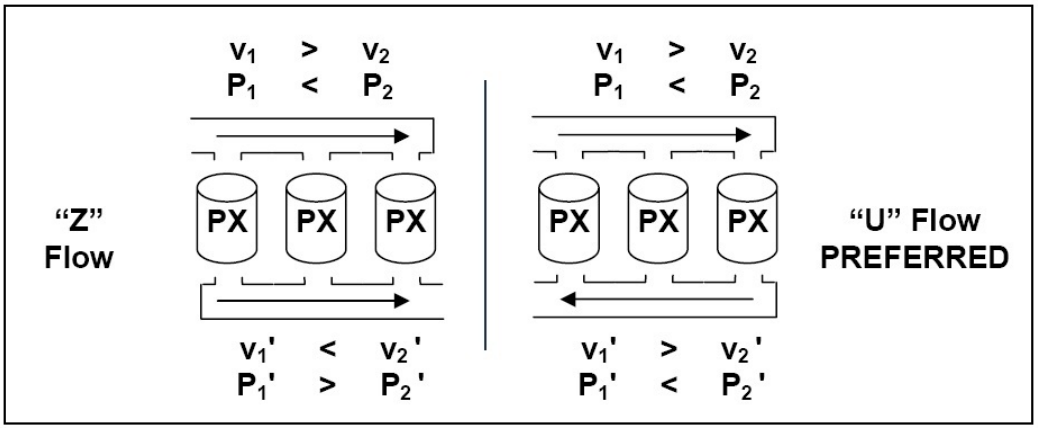
Flushing pump supplies sufficient head to drive lubrication flow (20 psi inlet pressure is required)

PX limits and definitions:

- ✓ Maximum low pressure inlet pressure = 300 psi
- ✓ Minimum low pressure inlet pressure = 24 psi
- ✓ Minimum low pressure outlet pressure = 9 psi
- ✓ Maximum high pressure inlet or outlet pressure = 1200 psi
- ✓ Minimum filtration range (nominal) = 10 micron
- ✓ Temperature rang = 1 – 49 Celsius
- ✓ PH rang = 1 -12
- ✓ Low pressure out pressure should be considered to provide back pressure on PX unit to prevent destructive cavitations
- ✓ Standard PX efficiency is about 95 % and the lost 5 % is as follow
  - 1 % lost in compression of feed sea water
  - 2 % lost in viscous friction through PX
  - 2 % go to lubrication flow
- ✓ For typical RO system, H.P.P provides about 41 % of energy, booster pump provides about 2 % of energy and PX provides 57 % of energy.

- ✓ Lubrication flow is typically 0.5 % of H.P.P or less than 0.5 m3/hr per 1 PX device
- ✓ Lead flow: low pressure flow to PX is greater than high pressure flow from PX, so mixing decrease due to flushing of PX with feed water.
- ✓ Lag flow: low pressure flow is lower than high pressure flow from PX, so mixing increase due to flushing PX with reject water.
- ✓ PX manifold flow

U-shape PX manifold is preferred than Z-shape because ΔP between manifolds at PX unit array position is more constant so provide more distribution among PX units



RO trouble shooting and work instructions

فى حاله وجود مشاكل فى انتاج محطه التحليه او املاح المياه المنتجه سواء بالزياده او النقص يجب عمل التالى:

يتم اخذ قراءات كامله للمحطه (ضغوط و املاح وامبير الابار وطلمبات التغذيه ومراجعه الفولت والهرتز لطلمبه الضغط العالى ودرجه حراره مياه التغذيه للمحطات اللتى تعمل بمياه البحر) ويتم مقارنه هذه القراءات بقراءات المحطه قبل حدوث المشكله ورصد القراءات التى زادت او نقصت وعمل تحليل لهذه القراءات وتتلخص غالبيه الاعطال فيما يلى :

*****طلمبه التغذيه او بئر التغذيه**

المشكله	العلامات	الاجراء المتبع
وجود تسريب فى الوصلات او الجوانات على رأس البئر او خط التغذيه او وجود قطع فى Well Master او تسريب فى well couplings ومراحل الطلمبه	انخفاض ضغوط المحطه ككل خاصه ضغط دخول الفلتر الرملى والقطنى وانخفاض الانتاجيه وزياده املاح المنتج كما ستجد انخفاض فى معدل سريان مياه التغذيه على لوحه PLC وقد تجد عدم تغيراو انخفاض فى امبير طلمبه البئر	راجع مديرك المباشر وقم باصلاح الوصلات والجوانات او اتصل بقسم المشروعات اذا كانت المشكله تستدعى ذلك او اتصل بقسم الابار لفحص اجزاء البئر اذا لم يكن هناك مشكله فى الخطوط والوصلات
تلف مراحل طلمبه البئر او وجود رمل او حصى بداخلها	انخفاض ضغوط المحطه ككل خاصه ضغط دخول الفلتر الرملى والقطنى وانخفاض الانتاجيه وزياده املاح المنتج كما ستجد انخفاض فى معدل سريان مياه التغذيه على لوحه PLC وزياده فى امبير طلمبه البئر عن معدله الطبيعى	راجع مديرك المباشر واتصل بقسم الابار لفحص المشكله
وجود pressure Back على طلمبه البئر	انخفاض ضغوط المحطه ككل خاصه ضغط دخول الفلتر الرملى والقطنى وانخفاض الانتاجيه وزياده املاح المنتج كما ستجد انخفاض فى معدل سريان مياه التغذيه على لوحه PLC وانخفاض فى امبير طلمبه البئر عن معدله الطبيعى	قد يكون نتيجه قفل جزئى للمحبس على رأس البئر او دخول بئر اخر على نفس خط التغذيه ولذلك راجع مديرك المباشر وقم بضبط فتحه محبس البئر او طلمبه التغذيه
	انخفاض امبير البئر قليلا مع زياده فى ضغط دخول الفلتر الرملى او القطنى ونقص ضغوط خروجهما	الفلتر الرملى يحتاج الى غسيل عكسى او تحتاج الى تغيير الفلتر القطنى(افحصΔp)

***** طلمبه الضغط العالى والتربينه**

المشكله	العلامات	الاجراء المتبع
تلف فى مراحل طلمبه الضغط العالى او البليه	ارتفاع ضغط التربينه عن مستواه الطبيعى ونزول ضغط دخول الاغشيه وارتفاع امبير H.P.P وعاده يحدث تغير ملحوظ فى الصوت	احسب كفاءه H.P.P وراقب حراره البليه جيدا - ابلغ مديرك المباشر واوقف المحطه حتى لا يزداد التلف
تلف فى اجزاء التربينه	انخفاض ضغط خروج التربينه وارتفاع ضغط H.P.P عن مستواه الطبيعى ونزول ضغط دخول الاغشيه وقد يحدث انخفاض فى امبير H.P.P نتيجه back pressure من التربينه	احسب كفاءه التربينه وابلغ مديرك المباشر واوقف المحطه حتى لا يزداد التلف
انخفاض ضغط التربينه و H.P.P	عاده يكون نتيجه انخفاض فى كميه وضغط مياه التغذيه او نتيجه زياده PΔ على الفلتر الرملى او القطنى او انخفاض rpm & volt	احسب الكفاءات وافحصpΔ للفلاتر وابلغ مديرك المباشر
ارتفاع ضغط التربينه و H.P.P	عاده يكون نتيجه fouling او scaling على الاغشيه ويكون مصحوب بارتفاع PΔ على الاغشيه ونزول الانتاج وامبير H.P.P	تاكد من rpm & HZ وابلغ مديرك المباشر

****** المشاكل المتعلقه ب PX**

المشكله	العلامات	الاجراء المتبع
ارتفاع صوت PX عن مستواة الطبيعى	زياده كميه مياه التغذيه عن حاجه PX (يكون مصحوب باتخفاض ضغط دخول H.P.P)- انخفاض ضغط LP out - عدم طرد الهواء كاملا من المحطه ووحده PX- تلف فى PX rotor - تبديل اطراف الضغط العالى مكان الضغط المنخفض لوحده PX اثناء تركيبها	تاكد من ضغط LP out وقم بضبطه الى مستواه المعتاد-افتح محابس طرد الهواء وتأكد من عدم وجود هواء داخل المحطه-ابلغ مديرك المباشر
ارتفاع ضغط دخول وخروج الاغشيه	ارتفاع Recovery (عاده يكون مصحوب بزياده فى الانتاج)- زياده	احسب Recovery & Mixing وقارن القيم

	Mixing نتيجه زياده كميه المياه الخارجه من الاغشيه عن الكميه الداخله الى PX(يكون مصحوب بزياده املاح دخول الاغسيه واملاح المنتج ونقص الانتاج - مشكله فى booster pump او rotor PX	بمعدلاتها الطبيعيه وتحكم فى محابس دخول وخروج PX لضبط الضغوط الى معدلاتها الطبيعيه- اذا كان ارتفاع ضغط دخول الاغشيه كبير جدا عن معدله فان هناك عطل فى Rotor او booster pump لذلك اوقف المحطه فورا وابلغ مديرك

**** مشاكل متعلقه بمياه التغذيه

المشكله	العلامات	الاجراء المتبع
ارتفاع املاح مياه التغذيه	زياده فى ضغوط المحطه ككل- انخفاض الانتاج وزياده املاح المنتج- قد يحث زياده فى $P\Delta$ على الاغشيه نتيجه Scaling اذا اهمل الامر	راقب قراءات المحطه بحرص وابلغ مديرك وفريق الدعم الفنى لفحص المياه وضبط نسبه حقن مانع الترسيب- احرص على شطف المحطه بمياه منتجه جيدا
انخفاض درجه حراره مياه التغذيه لمحطات البحر	انخفاض الانتاج واملاح المنتج وزياده بسيطه فى ضغوط المحطه	راقب درجه الحراره كل ساعه واحسب المتوسط فى نهايه اليوم وابلغ مديرك والدعم الفنى بالنتائج لتحليلها
زياده SDI او وجود رمل وعكاره	سرعه انسداد الفلتر الرملى والقطنى- تكرار الغسيل العكسى للفلتر الرملى مما يؤدى الى عدم استقرار الضغوط والانتاج- قد يحدث تلف للاغشيه والمعدات نتيجه وجود كميه رمال كبيره	قم بعمل غسيل عكسى للفلتر الرملى باتقان- قم بالكشف على الفلتر القطنى وتأكد ان حالته جيده وان الشمع مثبت جيدا ونظف الرمل بحرص حتى لا يدخل الى المحطه-ابلغ الدعم الفنى للكشف على الفلاتر والاغشيه وقياس SDI

****** مشاكل متعلقه بالاغشيه**

المشكله	العلامات	الاجراء المتبع
Bio fouling and/or Natural organic matter(NOM)	انخفاض الانتاج مع ثبات املاح المنتج وزياده فى PΔ على الاغشيه	ابلغ مديرك والدعم الفنى لعمل Chemical cleaning or sanitizing or rewetting for membranes
Colloidal fouling(مثل الرمل وبعض المواد العضويه)	انخفاض الانتاج مع زياده املاح المنتج وزياده فى PΔ على الاغشيه	ابلغ مديرك والدعم الفنى - اوقف المحطه وقم بشطف المحطه جيدا بمياه منتجه خاليه من الكلور
Metal oxide fouling (مثل الحديد والمنجنيز)		
Scaling		
Membrane Compaction	انخفاض الانتاج مع انخفاض املاح المنتج و PΔ على الاغشيه قد تقل اولا تتغير	تأكد من درجه حراره مياه التغذيه اذا كانت المحطه تعمل مباشره على مياه البحر حيث ان الاعراض تشبه انخفاض درجه الحراره- ابلغ مديرك والدعم الفنى لفحص المشكله
Organic fouling	انخفاض الانتاج مع انخفاض املاح المنتج وزياده فى PΔ على الاغشيه	ابلغ مديرك والدعم الفنى - اوقف المحطه وقم بشطف المحطه جيدا بمياه منتجه خاليه من الكلور
Membrane Oxidation or Mechanical damage	زياده الانتاج واملاح المنتج ونزول ضغط دخول وخروج الاغشيه	
O-ring or membrane fitting leak	زياده املاح المنتج مع ثبات الانتاج	قم بقياس املاح اوعيه الضغط وقم بعمل probing test للاوعيه اللتى تعطى قراءات عاليه -ابلغ مديرك واوقف المحطه واستبدل الاجزاء التالفه داخل وعاء الضغط
Membrane Telescoping		ابلغ مديرك والدعم الفنى للكشف على الاغشيه

RO parameters Normalization and curves analysis

***** يجب فى حاله وجود مشاكل متعلقه بالاغشيه من اجراء Normalization للضغوط والقراءات (Parameters) من خلال Excel sheet يكون مخصص لذلك**

ويتم ادخال Parameters فى Normalization sheet يوميا فيقوم بعمل حسابات للانتاج واملاح المنتج وفرق الضغط على الاغشيه ومقارنه هذه القيم بالقيم الطبيعيه للمحطه قبل حدوث المشكله واللتى تم حسابها مسبقا (base line data)

ثم يقوم Normalization sheet برسم منحنيات لنتائج المقارنات اللتى تمت للانتاج والملاح وفرق الضغط على الاغشيه اخذا فى الاعتبار كل المتغيرات على وحده التحليه من ضغوط ودرجه حراره ومعدل سريان واملاح مياه التغذيه

وتكون المنحنيات الثلاثه الناتجه عن Normalization كافيه للتعرف على نوع المشكله اذا كانت متعلقه بالاغشيه وهذه المنحنيات هى

Normalized permeate flow – Normalized salt passage – Normalized differential pressure

ويتم تحليل القيم الناتجه عن Normalization كالتالى:

Permeate flow	Salt passage	Differential pressure	Direct cause	Indirect cause	Corrective measure
↑	↑↑	→	Oxidation damage	Free chlorine, ozone, KMnO4	Replace element
↑	↑↑	→	Membrane leak	Permeate backpressure; abrasion	Replace element, improve cartridge filtration
↑	↑↑	→	O-ring leak	Improper installation	Replace o-ring
↑	↑↑	→	Leaking product tube	Damaged during element loading	Replace element
↓↓	↑	↑	Scaling	Insufficient scale control	Cleaning, scale control
↓↓	↑	↑	Colloidal fouling	Insufficient pretreatment	Cleaning, improve pretreatment

↓	→	↑↑	**Bio fouling**	**Contaminated raw water, insufficient pretreatment**	**Cleaning, disinfection, improve pretreatment**
↓↓	→	→	**Organic fouling**	**Oil; cationic poly electrolytes water hammer**	**Cleaning, improve pretreatment**
↓↓	↓	→	**Compaction**	**Water hammer**	**Replace element or add elements**

RO Calculations

$$\text{Recovery \%} = \frac{\text{Product flow}}{\text{Feed flow}} * 100$$

$$= \frac{\text{Reject TDS} - \text{feed TDS}}{\text{Reject TDS} - \text{Product TDS}} * 100$$

$$\text{Salt Passage \%} = \frac{\text{Product TDS}}{\text{Feed TDS}} * 100$$

Salt rejection % = 100 – Salt passage

$$\text{Flux (gfd)} = \frac{\text{Production (m3/d)} * 1000}{3.785 * \text{number of elements} * \text{membrane surface area}}$$

Net driving pressure (NDP)

$$= \frac{\text{Feed pressure} - \text{reject pressure}}{2} - \text{product pressure} - (\prod \text{of reject} - \prod \text{of product})$$

Note: $\prod$ = Osmotic pressure ≈ TDS * 0.01

$$\text{Turbine efficiency \%} = \frac{\text{Feed flow} * (\text{turbine outlet pressure} - \text{turbine inlet pressure})}{\text{Reject flow} * (\text{membrane out pressure} - 14.5)} * 100$$

$$\text{H.P.P efficiency \%} = \frac{\text{Feed flow (gpm)} * (\text{H.P.P outlet pressure} - \text{H.P.P inlet pressure}) * 0.42}{\text{Volt} * \text{ampere} * 1.73 * \text{Cos}\,\Phi * 1.34} * 100$$

$$\text{Calder Turbine efficiency\%} = \frac{\text{Pump hydraulic power} - \text{Motor input HP}}{\text{Turbine input HP}} * 100$$

$$\text{Calder H.P.P efficiency \%} = \frac{\text{Pump hydraulic power}}{\text{Motor input HP} + \text{Turbine input HP}} * 100$$

Pump Hydraulic power =

$$\frac{\text{Feed flow (m3/hr)} * (\text{membrane inlet pressure} - \text{C.F outlet pressure}) * 2.26 * 4.41}{3960}$$

$$\text{Motor input HP} = \frac{\text{Volt} * \text{amp} * 1.73 * 0.8}{1000 * 1.34}$$

$$\text{Turbine input HP} = \frac{\text{Reject flow (m3/hr)} * (\text{membrane outlet pressure} - 14.5) * 2.26 * 5.44}{3960}$$

$$\text{PX efficiency \%} = \frac{\sum (\text{pressure} * \text{flow}) \text{ out}}{\sum (\text{pressure} * \text{flow}) \text{ in}} * 100$$

$$= \frac{(\text{LP out pressure* LP out flow}) + (\text{HP out pressure* HP out flow})}{(\text{LP in pressure* LP in flow}) + (\text{HP in pressure* HP in flow})} *100$$

$$\text{Salinity increase for PX} = \frac{\text{Membrane in Conductivity} - \text{Feed water conductivity}}{\text{Feed water conductivity}}$$

=Recovery * 6.15

$$\text{Mixing} = \frac{\text{HP out TDS} - \text{LP in TDS}}{\text{HP in TDS} - \text{LP in TDS}}$$

Lubrication flow = H.P.P feed flow – Product flow

= LP outlet flow – LP inlet flow

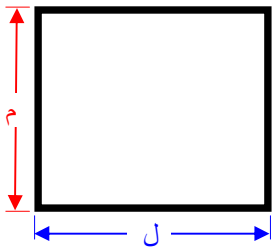
=HP inlet flow (Reject) – HP outlet flow

Engneering units

١ـ وحدة المساحة Area Unit

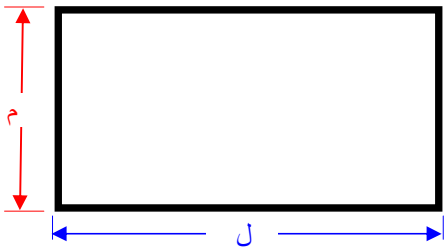
هي وحدة مربعة يكون قياسها إما بالمتر المربع أو البوصة المربعة ..... الخ ويتم استخدامها لتحديد مساحة قطعة أرض أو غرفة أو أي مكون ذو بعدين.

١-١ مساحة المربع Square Area



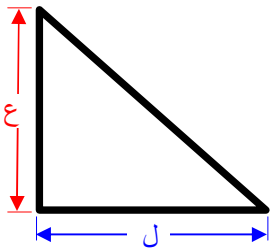
= ل × م

١-٢ مساحة المستطيل Rectangle Area



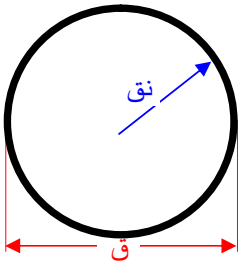
= ل × م

١-٣ مساحة المثلث Triangle Area



= ١/٢ × ل × ع

١-٤ مساحة الدائرة Circle Area

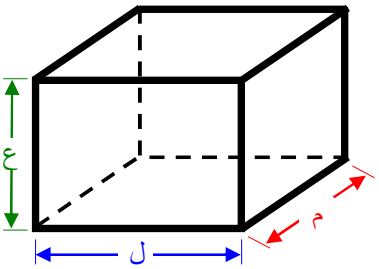


= ط × نق^{٢}

Engneering units

٢- وحدة الحجم Volume Unit

هي وحدة مكعبة يكون قياسها إما بالمتر المكعب أو البوصة المكعبة ..... الخ ويتم استخدامها لتحديد حجم أي مكون ذو ثلاثة أبعاد.

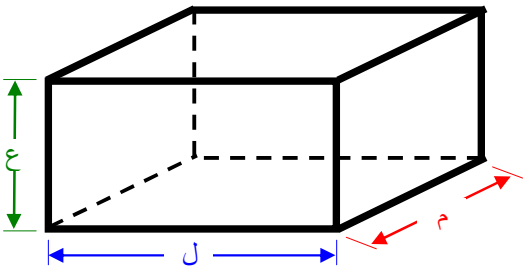


٢-١ حجم المكعب Cubic Volume

هو مربع تم إضافة بعد ثالث له وهو الارتفاع

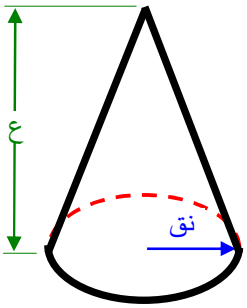
حجمه = ل × م × ع

ولأن جميع أضلاعه متساوية فيكون حجمه = ل^{٣}



٢-٢ حجم متوازي المستطيلات

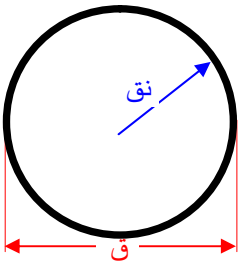
حجمه = ل × م × ع



٢-٣ حجم المخروط Cone Volume

المخروط هو مثلث دار حول ضلع من أضلاعه

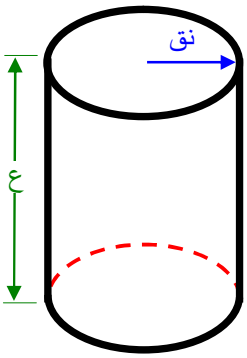
حجمه = ١/٢ × ل × ع



٢-٤ حجم الكرة Ball Volume

الكرة هي دائرة دارت حول قطرها

حجمها = ط × نق^{٣}



٢-٥ حجم الاسطوانة Cylinder Volume

الاسطوانة هي مستطيل دار حول ضلع من أضلاعه

حجمها = ط × نق^{٢} × ع

٣- وحدة الزمن Time Unit

يتركز قياس الزمن على الحركة الدورية المتكررة التي تعيد

نفسها بانتظام – مثل حركة بندول الساعة.

ووحدة قياس الزمن هي الثانية (Second) التي كانت تحسب كجزء من ٣٦٠٠ جزء من الساعة على أساس أن اليوم ٢٤ ساعة، إلا أن هناك الآن طرق أكثر تحديداً لتحديد زمن الثانية يتم استخدامها في المختبرات ومنها:

٣-١ ساعة الوقت اليدوية

تستخدم ساعة الوقف اليدوية لقياس الفترات الزمنية حتى نصف ثانية (0.5 S) ويتم إيقاف هذه الساعة وتشغيلها بواسطة يد المستخدم لذا فهي تعتمد في دقة قياسها على سرعة استجابة الإنسان للحدث.

٣-٢ ساعة الوقت الكهربائية

لا تعتمد ساعة الوقف الكهربية في تشغيلها وإيقافها على العنصر البشرى، وبذلك تتميز بدقة عالية حيث تصل دقتها إلى ١ مللي ثانية (0.001 S) حيث تدار بالتيار الكهربي وتقف عند انقطاعه.

٣-٣ الستروبوسكوب

هو مصدر ضوئي كهربائي قوى يصدر ومضات على فترات زمنية ثابتة يمكن التحكم فيها، ويطلق على عدد الومضات التي يصدرها الستروبوسكوب فى الثانية الواحدة "تردد الستروبوسكوب" حيث يتم توجيه هذا المصدر الضوئي تجاه جسم دوار (عامود إدارة مضخة مثلاً) وضبط تردد الجهاز حتى يظهر الجسم وكأنه ساكن.

وفى الحسابات العادية يتم اعتبار أن:

الساعة = ٦٠ دقيقة

الدقيقة = ٦٠ ثانية

Engneering units

٤- وحدة المسافة Distance Unit

استخدم الإنسان وحدات مختلفة لقياس المسافة، فقديماً استخدم "مسيرة اليوم" و "مرمي السهم" ثم مع التطور استخدم القدم والذراع والقامة لقياس الأطوال ثم تم الاتفاق على استخدام وحدة المتر (m) لقياس الأطوال وتم تحديد أجزاؤه لتكون السنتيمتر (Cm) والملليمتر (mm) والميكرون (μ) وكذلك مضاعفاتها لتكون الكيلو متر (Km).

وبذلك تكون وحدة المسافة (Meter) المتر (m).

وقد اعتمد النظام الدولي (International System of Units) النظام العشري في تسمية الأجزاء والمضاعفات كالتالي:

٤-١جدول الأجزاء

الأجزاء	التسمية	الكسر العشري	التعبير الأسى
العشر	ديسي (Deci)	0.1	10^{-1}
جزء من المئة	سنتي (Centi)	0.01	10^{-2}
جزء من الألف	ميللي (Milli)	0.001	10^{-3}
جزء من المليون	ميكرو (Micro)	0.000001	10^{-6}

٤-٢جدول المضاعفات

المضاعفات	التسمية	الرقم العشري	التعبير الأسى
العشرة	ديكا (Deca)	10	10^{1}
المئة	هكتو (Hecto)	100	10^{2}
الألف	كيلو (Kilo)	1000	10^{3}
المليون	ميجا (Mega)	1000000	10^{6}

علماً بأن التسميات الخاصة بالأجزاء والمضاعفات ليست كلمات مستقلة، ولكنها مقاطع تضاف قبل اسم الوحدة مثل (ميجاهرتز)، (كيلومتر)، (سنتيمتر)، (ملليجرام).

Engneering units

٥- وحدة الكتلة Mass Unit

للكتلة أهمية كبيرة في حياتنا حيث يتم استخدامها في تحديد كميات الأشياء واستخدامها في حياتنا التجارية لإجراء أعمال البيع والشراء خلال حياتنا اليومية.

وتعرف وحدة الكتلة الكيلو جرام بأنها كتلة لتر من الماء المقطر في درجة جرارة ٤ درجات مئوية.

فتكون وحدة الكتلة (Mass) الكيلو جرام (Kg).

٦- وحدة القوة Force Unit

هو عبارة عن القوة المؤثرة على وحدة المساحات فعندما تكون وحدة قياس القوة (Force) هي النيوتن ووحدة قياس المساحة (Area) هي المتر المربع

$$\text{Force Unit} = \frac{\text{Wghit Unit } [\text{Kg}]}{\text{Gravity Unit } [\text{m/S}^2]}$$

فتكون وحدة القوة (Force) النيوتن (N).

٧- وحدة السرعة Velocity Unit

هي المسافة المقطوعة خلال وحدة زمنية معينة فعندما تكون وحدة قياس المسافة (Distance) هي المتر ووحدة قياس الزمن (Time) هي الثانية

$$\text{Velocity Unit} = \frac{\text{Distance Unit } [\text{m}]}{\text{Time Unit } [\text{Sec}]}$$

فتكون تكون وحدة قياس السرعة (Velocity) هي متر لكل ثانية (m/s).

٨- وحدة السريان Flow Unit

هي كمية المائع التي تعبر من مكان ما خلال وحدة زمنية معينة فعندما تكون وحدة قياس السرعة (Velocity) هي متر لكل ثانية ووحدة قياس المساحة (Area) المتر المربع.

$$\text{Flow Unit} = \text{Velocity Unit } \left[\frac{\text{m}}{\text{Sec}}\right] \times \text{Area Unit } [\text{m}^2]$$

فتكون وحدة قياس السريان (Flow) متر مكعب لكل ثانية (m^3/s).

Engneering units

٩- وحدة الكثافة Density Unit

للكثافة أهمية كبيرة في حياتنا العلمية حيث يتم استخدامها في تقدير درجة نقاوة المواد وقد تم باستخدامها منذ عدة سنوات في اكتشاف غاز الأرجون – ويتم تعريف الكثافة على أنها كتلة وحدة الحجوم من المادة.

$$\text{Density Unit} = \frac{\text{Mass [Kg]}}{\text{Volume}\left[\text{m}^3\right]}$$

فتكون وحدة الكثافة (Density) كيلو جرام لكل متر مكعب (Kg/m^3).

وبحساب كثافة الماء حسب تعريف وحدة الكتلة فنجدها تساوى ١٠٠٠ كجم/متر^٣

تكون قيم الكثافة ثابتة للمادة في درجة حرارة معينة وتتغير بتغير درجة الحرارة حيث أن كثافة المادة الصلبة والسائلة تقل بزيادة درجة الحرارة.

أما بالنسبة للغاز فإن كثافته تحدد بقيمة ضغطة ودرجة حرارته عند وقت القياس.

الجدول التالي يبين كثافة بعض المواد الشائعة الاستعمال عند درجة حرارة ٢٠ درجة مئوية.

المادة	الكثافه	
	Kg / m^3	g / Cm^3
البلاتين	2.14×10^4	21.4
الذهب	1.93×10^4	19.3
الزئبق	1.36×10^4	13.6
الرصاص	1.30×10^4	11.3
الألمونيوم	2.70×10^3	2.7
الصلب	7.90×10^3	7.9
الماء	1.00×10^3	1
الخشب	6.50×10^2	0.65
الفلين	2.40×10^2	0.24
البوليستيرين	16	1.6×10^{-2}

Engneering units

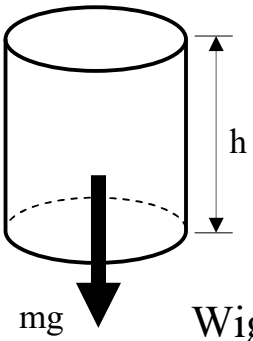
١٠ـ وحدة الضغط Pressure Unit

هو عبارة عن القوة المؤثرة على وحدة المساحات فعندما تكون وحدة قياس القوة (Force) هي النيوتن ووحدة قياس المساحة (Area) هي المتر المربع

$$\text{Pressure Unit} = \frac{\text{Force Unit } [\text{N}]}{\text{Area Unit } [\text{m}^2]}$$

فتكون وحدة الضغط (Pressure) نيوتن لكل متر مربع (N/m^2) وتسمي (باسكال).

١٠-١ ضغط المائع عند نقطة داخله



وباعتبار عامود من سائل له كتلة (m) وارتفاعه (h)

الوزن (W) = الكتلة (m) × عجلة الجاذبية الأرضية (g)

الكتلة (m) = الحجم (V) × الكثافة (ρ)

الحجم (V) = مساحة القاعدة (A) × الارتفاع (h)

$$\text{Wight}(W) = m(\text{Mass}) \times g\ (\text{Gravity})$$

$$\text{Wight}(W) = V(\text{Volume}) \times \rho(\text{Density}) \times g\ (\text{Gravity})$$

$$\text{Wight}(W) = A(\text{Area}) \times h(\text{Height}) \times \rho(\text{Density}) \times g\ (\text{Gravity})$$

$$\text{Pressure}\ (P) = \frac{W}{A} == \frac{A\,h\,\rho\,g}{A}$$

$$P = \rho g h$$

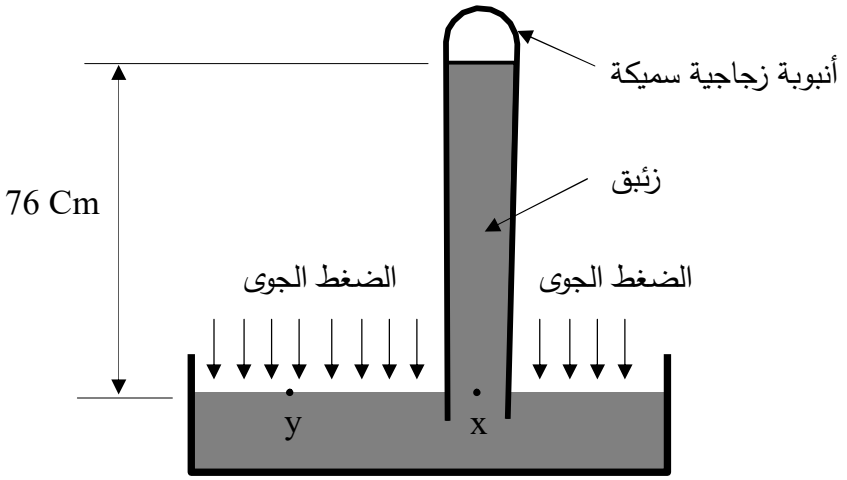
١٠-٢ حساب الضغط الجوى Atmospheric Pressure

يحيط الغلاف الجوى بالأرض من جميع جوانبها، ولأن للهواء وزن فإنه مثل أي مائع يقوم بإحداث ضغطاً على الأجسام المغمورة فيه، ويعرف ضغط الهواء باسم (الضغط الجوى).

الضغط الجوى عند نقطة: هو وزن عامود الهواء الذي يرتفع فوق هذه النقطة على مساحة ١ متر مربع.

ولذا فإن قيمة الضغط الجوى ليست ثابتة فهي تزداد بانخفاض درجة حرارة الجو أو بارتفاع نسبه الرطوبة وبذلك فهي تعتبر مؤشر جيد للظواهر الجوية المتوقعة.

ويتم استخدام البارومتر الزئبقي لقياس الضغط الجوى.



يتكون البارومتر الزئبقي من أنبوبة زجاجية سميكة مفتوحة من أحد طرفيها طولها حوالي ٩٠ سم تملأ بالزئبق ويتم تنكيسها في حوض مملوء بالزئبق، فيهبط الزئبق قليلاً تاركاً وراءه فراغ يسمي بفراغ تورشيللي (Torricelli Vacuum)

لاحظ أن الضغط الجوى المؤثر على سطح الزئبق في الحوض عند نقطة مثل (Y) متساوي مع ضغط عامود الزئبق عند نفس المنسوب عند نقطة مثل (X).

ارتفاع الزئبق (h) = ٧٦ سم.

كثافة الزئبق (ρ) = ١٣٦٠٠ كجم/متر^{٢}

عجلة الجاذبية الأرضية (g) = ٩.٨ متر/ث^{٢}

$$P = \rho g h$$
$$= (0.76) \times (13600) \times (9.8) = 101292.8\,Pa$$
$$= 1.013 \times 10^{5}\ Pa$$

كما يتم استخدام وحدة البار (Bar) لقياس الضغط الجوى حيث تساوى (10^{5} Pa) – ولذا نستنتج أن الضغط الجوى المعتاد يساوى ١ بار.

$$\text{Atmospheric Pressure} = 10^{5}\ Pa = 1\,bar$$

Engneering units

١١ـ وحدة قياس الملوحة Salinity Unit

هي عبارة عن كمية الأملاح المذابة TDS (Total Dissolved Sold) وتقاس بالملي جرام لكل لتر – مما يعنى كم مللي جرام من الأملاح مذاب في واحد لتر مياه محلاه.

وحيث أنه من المعلوم أن الأملاح موصل جيد للكهرباء فيمكننا التعبير عن كمية ملوحة المياه بواسطة التوصيلية الكهربية لها بواسطة وحدة المواصلة النوعية (Conductance Specific) وتقاس بالميكرو أوم لكل سنتيمتر

الجدول التالي يبين قيم التوصيلية النوعية لكلوريد الصوديوم وما يقابلها من كمية الأملاح المذابة

التوصيلية النوعية لكلوريد الصوديوم

µmhos /cm	ppm	µmhos /cm	ppm	µmhos /cm	ppm	µmhos /cm	ppm
10	5	220	105	430	211	640	317
20	9	230	110	440	216	650	323
30	14	240	115	450	221	660	328
40	19	250	120	460	226	670	333
50	28	260	125	470	231	680	338
60	28	270	130	480	236	690	343
70	33	280	135	490	241	700	348
80	38	290	140	500	247	710	353
90	42	300	145	510	252	720	358
100	47	310	150	520	257	730	363
110	52	320	155	530	262	740	368
120	57	330	160	540	267	750	373
130	61	340	165	550	272	760	378
140	66	350	171	560	277	770	383
150	71	360	176	570	282	780	388
160	75	370	181	580	287	790	393
170	80	380	186	590	292	800	399
180	85	390	191	600	297	810	404
190	90	400	196	610	302	820	409
200	95	410	201	620	307	830	414
210	100	420	206	630	312	840	419

Engneering units

850	424	1500	754	2700	1371	5600	2973
860	429	1525	766	2750	1398	5700	3029
870	434	1550	770	2800	1426	5800	3085
880	439	1575	792	2850	1453	5900	3141
890	444	1600	805	2900	1480	6000	3197
900	449	1625	817	2950	1508	6100	3253
910	454	1650	830	3000	1535	6200	3309
920	459	1675	843	3100	1589	6300	3365
930	464	1700	856	3200	1617	6400	3421
940	469	1725	868	3250	1644	6500	3477
950	474	1750	881	3300	1671	6600	3533
960	480	1775	894	3350	1699	6700	3589
970	485	1800	907	3400	1726	6800	3645
980	490	1825	920	3450	1753	6900	3701
990	495	1850	932	3500	1781	7000	3758
1000	500	1875	945	3550	1808	7100	3814
1020	510	1900	958	3600	1835	7200	3870
1040	520	1925	971	3650	1863	7300	3926
1060	530	1950	983	3700	1899	7400	3982
1080	540	1975	996	3750	1917	7500	4038
1100	550	2000	1000	3800	1945	7600	4094
1120	561	2025	1022	3850	1972	7700	4150
1140	571	2050	1034	3900	1999	7800	4206
1160	581	2075	1047	3950	2027	7900	4262
1180	591	2100	1060	4000	2054	8000	4318
1200	601	2125	1073	4050	2081	8100	4374
1220	611	2150	1085	4150	2136	8200	4430
1240	621	2200	1111	4250	2191	8300	4486
1260	632	2250	1137	4350	2245	8400	4542
1280	642	2275	1140	4450	2300	8500	4598
1300	652	2300	1162	4600	2412	8600	4654
1320	662	2325	1175	4700	2468	8700	4710
1340	672	2350	1188	4800	2524	8800	4767
1360	682	2375	1200	4900	2580	8900	4823
1380	692	2400	1213	5000	2636	9000	4879
1400	702	2450	1239	5100	2692	9100	4935
1420	713	2500	1264	5200	2748	9200	4991
1440	723	2550	1290	5300	2805	9300	5047
1460	733	2600	1316	5400	2861	9400	5103
1480	743	2650	1344	5500	2917	9500	5159

Engneering units

9600	5215	17750	10092	30500	17932	61000	37883
9700	5271	18000	10247	31000	18239	62000	38561
9800	5327	18250	10400	31500	18547	63000	39239
9900	5383	18500	10554	32000	18854	64000	39917
10000	5439	18750	10708	32500	19161	65000	40595
10200	5551	19000	10852	33000	19469	66000	41273
10400	5664	19250	11015	33500	19776	67000	41961
10600	5776	19500	11169	34000	20084	68000	42629
10800	5888	19750	11323	34500	20391	69000	43307
11000	6000	20000	11476	35000	20698	70000	43985
11200	6122	20250	11630	35500	21006	71000	44663
11400	6243	20500	11784	36000	21313	72000	45341
11600	6364	20750	11937	36500	21621	73000	46091
11800	6485	21000	12091	37000	21928	74000	46697
12000	6607	21250	12245	37500	22235	75000	47375
12200	6728	21500	12399	38000	22543	76000	48053
12400	6843	21750	12552	38500	22850	77000	48731
12600	6970	22000	12705	39000	23158	78000	49409
12800	7091	22250	12860	39500	23465	79000	50087
13000	7213	22500	13013	40000	23773	80000	50765
13200	7334	22750	13167	41000	24387	81000	51443
13400	7455	23000	13321	42000	25002	82000	52121
13600	7576	23250	13474	43000	25679	83000	52799
13800	7898	23500	13625	44000	26357	84000	53477
14000	7819	23750	13782	45000	27035	85000	54155
14200	7940	24000	13936	46000	27713	86000	54833
14400	8061	24250	14089	47000	28391	87000	55511
14600	8182	24500	14243	48000	29069	88000	56130
14800	8304	24750	14397	49000	29747	89000	56867
15000	8425	25000	14550	50000	30425	90000	57545
15250	8576	25500	14858	51000	31103	91000	58223
15500	8728	26000	15165	52000	31781	92000	58901
15750	8879	26500	15473	53000	32459	93000	59579
16000	9031	27000	15780	54000	33137	94000	60257
16250	9182	27500	16087	55000	33815	95000	60935
16500	9334	28000	16395	56000	34493	96000	61613
16750	9486	28500	16702	57000	35171	97000	62291
17000	9637	29000	17010	58000	35849	98000	62969
17250	9789	29500	17317	59000	36527	99000	63647
17500	9940	30000	17624	60000	37205	100000	64325

Engneering units

١٢- جداول التحويل بين الوحدات

١٢-١ التحويل بين وحدات المسافة Length Unit

	سم	متر	كم	بوصة	قدم	ياردة	ميل
سم	١	٠.٠١	٠.٠٠٠٠١	٠.٣٩٣٧	٠.٠٣٢٨	٠.٠١٠٩	٠.٠٠٠٠٠٦٢١
متر	١٠٠	١	٠.٠٠١	٣٩.٣٧	٣.٢٨١	١.٠٩٤	٠.٠٠٠٦٢
كم	١٠٠٠٠٠	١٠٠٠	١	٣٩٣٧٠	٣٢٨١	١٠٩٤	٠.٦٢١٥
بوصة	٢.٥٤	٠.٠٢٦٤	٠.٠٠٠٠٢٥٤	١	٠.٣٣٣	٠.٠٢٧٨	٠.٠٠٠٠١٥٧
قدم	٣٠.٤٨	٠.٣٠٤٨	٠.٠٠٠٣٠٥	١٢	١	٠.٣٣٣	٠.٠٠٠١٦٩
ياردة	٩١.٤٤	٠.١٩٤٤	٠.٠٠٠٩١٤	٣٦	١.٧٦٠	١	٠.٠٠٠٥٦٩
ميل	١٦٠.٩٣٠	١.٦٠٩	١.٦٠٩	٦٣.٣٦٠	٢.٠٢٧	١.١٥١٦	١

١٢-٢ التحويل بين وحدات الحجم Volume Unit

	سنتيمتر مكعب	ديسيمتر مكعب	متر مكعب	بوصة مكعبة	قدم مكعب	ياردة مكعبة
سنتيمتر مكعب	١	٠.٠٠١	٠.٠٠٠٠٠١	٠.٠٦١	٠.٠٠٠٠٣٥٣	٠.٠٠٠٠٠١٣١
ديسيمتر مكعب	١٠٠٠	١	٠.٠٠١	٦١.٠٢	٠.٠٣٥	٠.٠٠١٣١
متر مكعب	١٠٠٠٠٠٠	١٠٠٠	١	٦١.٠٢٠	٣٥.٣١	١.٣١٠٨
بوصة مكعبة	١٩.٣٩	٠.٠١٦٤	٠.٠٠٠٠١٦٤	١	٠.٠٠٠٥٧٩	٠.٠٠٠٠٢١٤
قدم مكعب	٢٨.٣١٧	٢٨.٣١٧	٠.٠٢٨٣	١.٧٢٨	١	٠.٠٣٧٠
ياردة مكعبة	٧٦٥٠٠٠	٧٦٤.٥	٠.٧٦٤٥	٤٦.٧٠٠	٢٧	١

Engneering units

١٢-٣ التحويل بين وحدات الضغط Pressure Unit

	ضغط جوى	كيلوجرام سنتيمتر	رطل لكل بوصة مربعة	تور	بار
ضغط جوى	١	١.٠٣٣٢	١٤.٧	٧٦٠	١.٠١٣٢
كيلوجرام سنتيمتر	٠.٩٦٧٨	١	١٤.٢	٧٣٥.٥٦	٠.٩٨٠٧
رطل لكل بوصة مربعة	٠.٠٦٨	٠.٠٧	١	٥١.٧١٥	٠.٠٦٨٩
تور	٠.٠٠٠١٣٢	٠.٠٠١٣٥	٠.٠١٩٣	١	٠.٠٠١٣٣
بار	٠.٩٨٦٩	١٤.٥٠٤	١٤.٥٠٤	٧٥٠.٠٥	١

١٢-٤ التحويل بين وحدات الإنجليزية والدولية Conversion of U.S. Units into Metric Units

1 Inch (in.)	=	0.0254	M
1 Foot (ft.)	=	0.3048	M
1 Square Foot (Sq. ft.)	=	0.0929	m^2
1 Gallons (US)	=	3.785	L
1 Pound per Sq. in. (PSI)	=	0.069	Bar
1 Gallon per Min. (GPM)	=	0.227	m^3/hr
	=	0.063	l/s
1 Gallon Per day (GPD)	=	0.003785	m^3/d
	=	0.158	l/hr
1 Million Gallons per day (MGD)	=	157.73	m^3/hr
	=	3785	m^3/d
1 Gallon Per Sq. ft. and Day (GPD)	=	1.70	l/ m^2 hr

Engneering units

١٣ـ التحويل بين درجات الحرارة