منتـدى خبراء تكنولوجـيا المـياه

Water Technology Experts forum (WTEF)

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسى

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

جمع وتقديم

كيميائى/ وليد السيد محمود

تنبيه هام :

هذا الملف هو جزء من دورة الكترونية بعنوان :

"مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي"

الجزء الثانى .

تعريف بمنتدى خبراء تكنولوجيا المياه

إن الواقع المائي العربي يفرض تحديات كبيرة أمام الحكومات والشعوب العربية،حيث أن معظم الدول العربية باتت مصنفة تحت خط الفقر المائي، مما يعني ان نصيب الفرد العربي من موارد المياه المتجددة أقل من ألف متر مكعب في العام، وهو من أقل المعدلات في العالم, بالإضافة إلى ان (65%) من تلك الموارد منبعها من خارج اراضي الوطن العربي، وتشير الدراسات إلى ان حصة الفرد العربي من المياه في تدني متزايد مع الزمن، مما ينذر بنقص حاد في القدرة على تلبية المتطلبات التنموية الأساسية.

وحيث أن الأمن المائي هو الرافد الرئيسي للأمن الغذائي والتنمية الصناعية والاقتصادية والرفاهية الاجتماعية, فعلى جميع الحكومات والشعوب العربية ان تدرك خطورة تفاقم الفجوة المائية الناتجة عن الشح المتزايد في المياه في الوقت الذي يتنامى فيه الطلب عليها، وأن الأزمة المائية العربية باتت وشيكة, وأن الطموحات والخطط التنموية العربية أصبحت في مهب الريح, الأمر الذي يتطلب مشاركة قوية من المتخصصين لايجاد حلول مبتكرة من اجل العمل على وضع حلول لتلك الازمة .

رؤية المنتدى

أن يكون منتدى خبراء تكنولوجيا المياه أكبر صرح علمي عربي في مجال المياه يلتقي من خلاله خبراء المياه العرب لتبادل الخبرات وبناء القدرات.

رسالة المنتدى

المساهمة في الارتقاء بقطاع المياه في الوطن العربي, والعمل على تحقيق الاستدامة المائية العربية من خلال رفع مستوى الوعي لدى الحكومات والشعوب العربية بمشكلات وقضايا المياه, ومد جسور التواصل بين الخبراء والمختصين والعاملين في مجال المياه, في جميع أنحاء الوطن العربي، بهدف تبادل الخبرات، وبناء القدرات، وتكامل الجهود، ومناقشة الأفكار, وتبادل الرؤى حول كافة الموضوعات التي تخص مجال المياه.

الاهداف

1. ايجاد الحلول الملائمة اقتصاديا وفنياً لتوفير كميات المياه التي تكفي لتلبية المتطلبات البلدية والزراعية والصناعية في القطر العربي.
2. تطوير نظم معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي للحفاظ على الصحة العامة والبيئة واعادة استخدامها كمورد غير تقليدي ومتجدد للمياه.
3. التعاون بين أعضاء المنتدى لإيجاد المعلومات والحلول للمشكلات التي تواجههم وتوفيرالبرامج والدورات التدريبية والوظائف الملائمة لهم.
4. التعاون الفني مع الجهات المعنية بالشأن المائي في مختلف دول العالم بهدف نقل وتوطين الخبرات والتقنيات في المنطقة العربية.
5. توفير المعلومات والخبرات والوثائق اللازمة لتحسين المستوى الفني والإداري لأعضاء المنتدى ولا يسمح بنشر أو طلب أو تداول أي وثائق أو معلومات أو كتب لها حقوق نشر محفوظة لافراد أو جهات عربية أو أجنبية.

سلسلة دورات المفاهيم الأساسية لمعالجة المياه

هى سلسلة علمية متخصصة في مجال علوم المياه والتى يقدمها محاضرون خبراء متطوعون في منتدى خبراء تكنولوجيا المياه من اجل نشر العلم والمعرفة .

فالعلم مثل اللغة له أساسيات ومفاتيح ...

إن أدركها الشخص استطاع ممارسة هذه اللغة ...

وكلما زادت الحصيلة اللغوية تحدث الشخص بمهارة أكبر واستطاع الاندماج مع متحدثى هذه اللغة...

كذلك علوم المياه – مثل أى علم – له مفاتيح ومفاهيم أساسية ينبغى لمن أراد ممارسة هذا المجال فهم هذه المفاتيح والمفاهيم واستيعابها...

وهذه السلسلة العلمية سيتم فيها سرد المفاهيم الأساسية التى تساعد المبتدئ في خوض هذا المجال الشيق فى صورة مبسطة...

إنها سلسلة لا غنى عنه لكل كيميائى يعمل فى هذا المجال أو يريد الإلتحاق به...

إن الغرض من هذه السلسلة هو إعداد جيل كبير من الخبراء لسد هذا الثغر فى وطننا العربى.

نسأل الله أن ينفع بها ...

صدر من سلسلة دورات المفاهيم الاساسية لمعالجة المياه

- كتاب المفاهيم الأساسية فى علوم المياه والتحاليل الخاصة بها .
- كتاب المفاهيم الاساسية لميكروبيولوجيا المياه.
- كتاب مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي – الجزء الأول.
- كتاب مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي – الجزء الثانى.
- كتاب تقنيات المعالجة المبدئية لتحلية مياه البحر بالأغشية – كتاب مترجم .

يمكنك تحميل كل هذه الكتب مجاناً من خلال منتدى خبراء تكنولوجيا المياه عبر الرابط التالى :

http://watertechexperts.com/vb/forum.php

إهداء..

أهدى هذا الجزء الثاني من الدورة التدريبية بعنوان لله مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي لله لكل أعضاء جروب منتدى خبراء تكنولوجيا المياه على صفحة التواصل الإجتماعي الفيس بوك وعلى رأسهم المهندس محمد خليفة أومن الجروب ...

أهديها لأساتذتي في قسم علوم البحار كلية العلوم جامعة الأسكندرية والتي أتشرف بالإنتساب إليه ...

أهديها لكل أساتذتي الكرام الذين أفاضوا علينا بعلمهم وأكرمونا بخبراتهم ...

أهديها لكل من سار على درب النهضة والرفعة لهذه الأمة ...

كيميائي/ وليد السيد محمود

المقدمة . .

هذا هو الجزء الثانى من كورس "مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي"، وهو المتمم للجزء الأول والذى تحدثنا فيه عن المعالجة الأولية لمياه التغذية .

وقد تألق المهندسون والخبراء فى هذا الجزء بإضافة ما لديهم من خبرات وتجارب وخواطر علمية ،وتم تجميع الجزء الثانى من الكورس فى عدة ملفات ألكترونية على هيئة PDF.

ولا ننسى أن ننسب الفضل - بعد الله - لأسرة أعضاء جروب خبراء تكنولوجيا المياه وعلى رأسهم المهندس محمد خليفة أدمن الجروب وصاحب أكبرمكتبة ألكترونية متخصصة فى العالم العربى فى مجال تكنولوجيا المياه كما نتوجه بالشكر والتقدير إلى المهندسين الذين ساهموا بصورة مباشرة فى إخراج هذه السلسلة بمشاركاتهم الثمينة ونصائحهم الغالية .

وإليكم باقة عطرة من أسماء الخبراء الذين ساهموا فى إثراء هذه المادة العلمية فى لوحات شرف تسطر تاريخاً جديداً فى عودة روح النهضة العلمية التى طالما افتقدناها كثيراً فى العقود السابقة.

أسماء المهندسين المشاركين بخبراتهم في الدورة التدريبية

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي-الجزء الثانى

أحمد كاظم الربيعي	إبراهيم سعد الله الشامي
أحمد جمال المطلق	أحمد حسن أحمد حسن
أحمد خليل	أحمد محمد ربيع
أحمد محمود	أحمد همام
أحمد الربيعي الربيعي	أحمد عويس أحمد
أحمد عادل عبد الرحمن	أحمد سلام
أحمد محمد أحمد مشهور	أحمد خيري العزاوي
أيمن عوني	إسلام غريب أبو بكر
إسلام يسري عبد الحميد	إبراهيم شعراوي
آية عبد العزيز	إبراهيم بدوي
إبراهيم عيسى	السعيد رضا علي
أيمن موسيليني عارف	السيد إبراهيم سعيد
بلال أحمد عبد العزيز علي	بلال رمضان صيدح
تامر بدر	ثائر الإبراهيم السعيد
جاسم محمد	جابر عطران
الدكتور حسن كمال عبد الرحيم	حمدي السيد
حاتم أحمد حسين	حسام شوقي
حامد عبد الحميد الدسوقي	حسام خالد حسين
حمدي فتحي	حسن محمد على الشيب
الدكتور خالد فهمي	خالد خطيب
خليل قاسم خليل	خالد مصطفى محمد
داليا أبو زياد	رياض عبد الفتاح عوض

أسماء المهندسين المشاركين بخبراتهم في الدورة التدريبية

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي-الجزء الثانى

سُمية طه هلال	سعيد عادل
سلمان محمد حامد	سيف محمود هادي
سامح سالم عامر	شعيب محمد محمود شعبان
صلاح محمد عبد الواحد	صالح أحمد الطويل
ضياء الدين حامد حامد الشوربجي	طه جاويش
طنطاوي عاشور	فتحي محمد أحمد
فادي القس غبريال	قربابي الجيلاني عامر
كريم دربالة	كريم محمد فتحي
عمرو عبده البورعي	عز الدين محمد أبو قصة
عادل عبد الحليم السلايمة	عبد الله العامري
عبد العزيز عبد الغني السبئي	عاصم بويحي
عاطف سليمان	عادل بدوي علي
عاصم على أباظة	عصام إسماعيل
عماد حمدي الملاح	عامر محمد عدنان دركزنلي
عبد الله شعبان فهمي	عبد الحميد بن علي
عبد الرحمن السعدني	علاء فاروق حسن
عمرو معوض مؤمن	عصام طنطاوي
عماد الدين أحمد محمد	غنيم أحمد غنيم
غسان محمد الحبال	محسن كامل
محمود جمعة حسين	محمود عبد الله سنوسي الشاذلي
محمود عمر خير الدين	محمود مؤمن الشافعي
محمود سعد نوفل	محمود ربيع قناوي

أسماء المهندسين المشاركين بخبراتهم في الدورة التدريبية

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي-الجزء الثانى

محمد نواف الخالد	محمد محمود
محمد الخطيب	محمد طه عبد الستار
محمد سالم فهد	محمد سامي السيد
محمد حسن أحمد نبيه	محمد أنور حسن
محمد علي محمد الوافي	محمد مصطفى عبد التواب
محمد فؤاد	محمد خليفة
محمد حسن شلتوت	محمد على عبد المُنعم
محمد حمدي عويضة	محمد زكريا
محمد عبد العال	محمد موسى
محمد محمود عبد القادر محمود	مجدي السمان
محمد شعبان عبد الجيد	محمد تاج السر فتح الرحمن
محمد سعدوني بيومي بسيوني	محمد حسن أحمد نبيه
مصطفى أحمد علي	منتصر عليوة
ممدوح محمد زيدان	مؤمن أمين عبد الحميد
معتز عادل هندي	مدحت زكي
ناصر خطاب	نادر محمد النجار
Nadjib Tachaout	هاشم عبد العزيز هاشم
هشام ماهر	وليد أبو السعود حامد أبو سمرة
وليد صالحين عبد الباسط	يحيى علي شبل
يحيى محمد رضا	

الفهرس

1- مقدمة التناضح العكسي..... 1
2- المياه بعد الخروج من المعالجة الإبتدائية!!..... 11
3- وظيفة أغشية التناضح 41
4- طلمبة الضغط العالى 40
5- وظيفة أغشية التناضح 61
6- وظيفة أغشية التناضح 79
7- التركيب الكيميائى للأغشية 99
8- نواتج التناضح العكسي والمعادلات الخاصة بها..... 138
9- مراحل التناضح العكسى وسريان المياه فيها..... 157
10- كيف نحدد عدد وترتيب ونوع الأغشية وأوعية الضغط..... 179
11- مقدمة عن مشاكل الأغشية 188
12- الفاولينج البيولوجى(BBIOLOGICAL FOULING) 195
13- الفاولينج العضوى (ORGANIC FOULING)..... 214
14- الفاولينج الفيزيائى(PHYSICAL FOULING) 220
15- الفاولينج الكيميائى (القشور)(SCALES) 232
16- الضغوط على الأغشية..... 260
17- الغسيل الكيميائى للأغشية 281
18- نوع الفاولينج والغسيل الكيميائى المناسب..... 302
19- مراحل عمل الغسيل الكيماوي ومناقشات مهمة 312
20- اختبارالبروبينج PROBING TEST 330
ما هى الأسباب العملية التي تسبب كسر فى الإنرتكونيكتور أو الadaptor؟..... 335
21- الأغشية ... مشاكل وحلول..... 339
22- تخزين وحفظ الأغشية 366
23- مصير مياه الريجيكت 376
24- مشكلة مزعجة فى منطقة الريجيكت 408
25- البورون المزعج..... 415
26- ملخص المعالجة النهائية – جزء 1..... 431
27- ملخص المعالجة النهائية – جزء 2..... 441
28- ملخص المعالجة النهائية – جزء 3..... 447

29- المياه من وحدة التناضح العكسي إلى الإستخدامات الطبية 464
30- وفاحت الرائحة الكريهة 496
على الفلاتر والأغشية وفى المياه المنتجة 496
31- ظهور السودومیناس فى مياه البيرميت 506
32- ظهور اللون الأخضر فى قوارير المياه المعدنية 515
33- مشكلة الأجسام البيضاء فى المياه المنتجة من محطة الRO 523
أهم المراجع العلمية 527

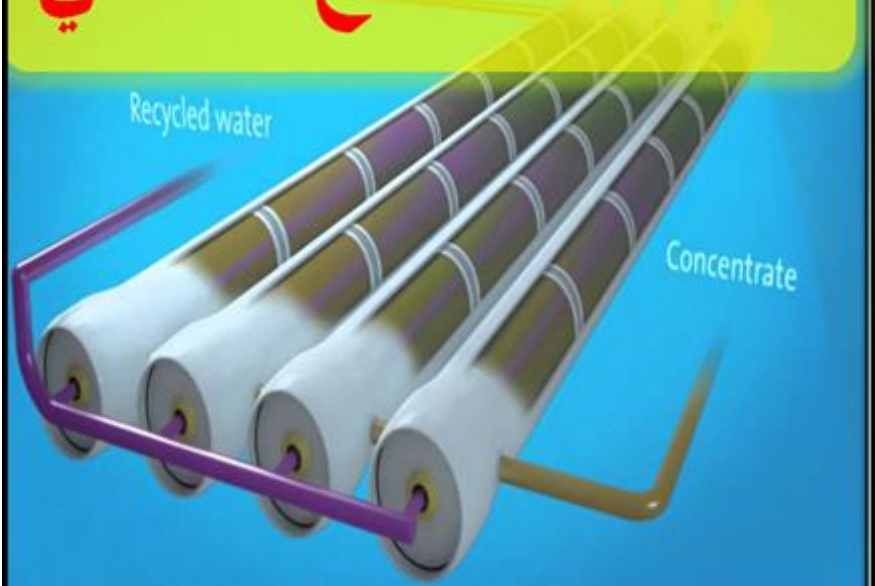
الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

WTEF

مقدمة التناضح العكسي



1

النقاش الأول

النقاش الأول

1- مقدمة التناضح العكسي

انتهينا - بفضل الله – هذا العام من الجزء الأول من السلسلة الطويلة الخاصة بكيمياء التناضح العكسي والتى تم عرضها على صفحة جروب خبراء معالجة المياه ... واستعرضنا عدة أمور كانت تدور فى فلك المعالجة الإبتدائية لمياه التغذية قبل دخولها على أغشية الأسموز العكسي ... تحدثنا عن الفكرة العلمية للتناضح العكسي وبعض المفاهيم والتجارب الأساسية مثل الSDI والORP وحساب الLSI والDSI ومدلولات قيم كل منها ...

تحدثنا عن طبيعية مياه التغذية وما تحويه من مكونات أساسية وأحجام كل منها ...

تحدثنا عن إضافة المروقات وتجربة الJar test ...

تحدثنا عن التعقيم المبدئى بالكلور وأخذنا نبذة عن الأوزون والأشعة فوق البنفسجية UV

تحدثنا بالتفصيل عن الفلاتر بأنواعها مثل الفلاتر الرملية والمالتى ميديا وفلاترالجرين ساند والبيرم والغسيل العكسي ... وكيفية تصميم الفلاتر ...

تحدثنا عن الفلترالكربونى وفلاترالكارتريدج ...

تحدثنا عن سبل تيسير المياه كإضافة الحمض والأنتى سكيل وكيفية عمل الميسر (السوفتنر) ...

تحدثنا عن إضافة نازع الكلور وتحدثنا عن تحضير الكيماويات وحساب الجرعات المطلوبة ...

كانت رحلة طويلة شارك فيها خبراؤنا على الجروب ... وتم تجميع المادة العلمية فى ملف PDF ... ومن أراد الرجوع والإطلاع عليه ... فليراجع منتدى خبراء تكنولوجيا المياه في قسم تحلية المياه المالحة والتناضح العكسي على الرابط التالى:

http://watertechexperts.com/vb/forum.php

والآن وبهمة عالية متجددة نستكمل تلك الرحلة العلمية فى جزءها الثانى والأخير والذى يبدأ بطلمبة الضغط العالى مروراً بقلب الوحدة وهى أوعية الضغط التى تحوى الأغشية (الممبرينات) وحتى خروج المياه المنتجة التى يتم معالجتها معالجة نهائية قبل الإستخدام.

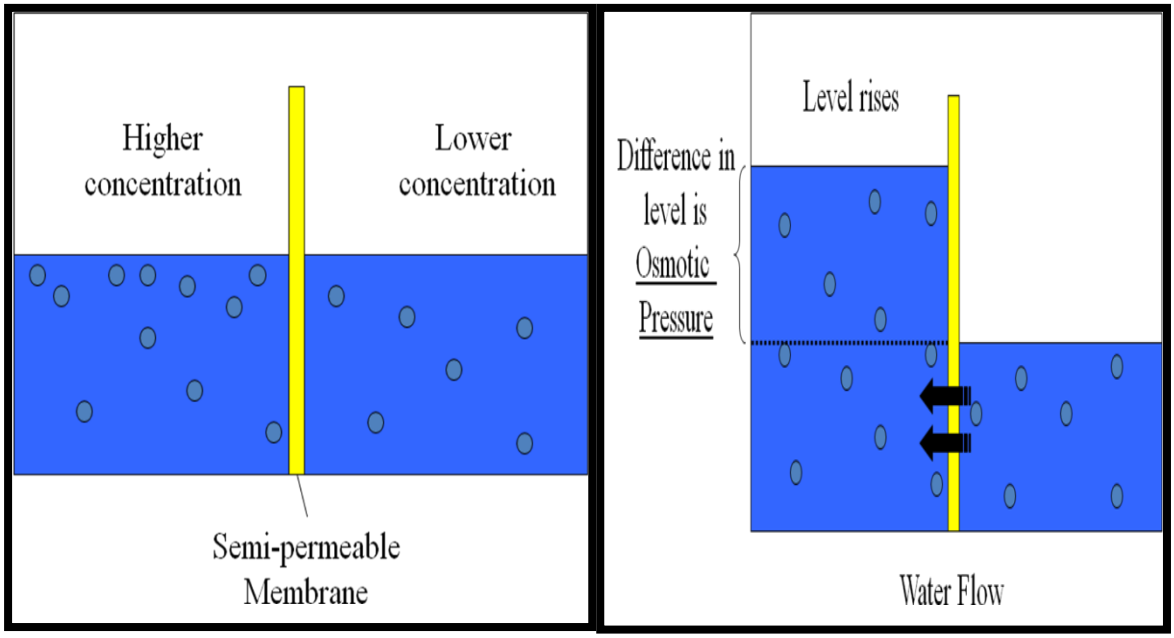
ذكرنا من قبل فى الجزء الأول فائدة الأغشية الشبه منفذة semi-permeable membrane فى تحلية المياه فهى تسمح بضغط الماء عليها وامرارالماء خلالها مع حجز جزء كبير من الأملاح والملوثات الكيميائية (90 إلى 99% من الأملاح) حسب نوعها وكفاءتها ، كما أنها تعمل على حجز الواد العضوية ومن بينها الجراثيم والفيروسات... لذا فهى تعتبر قلب الوحدة ...

الفيديو التالى فيديو مبسط جداً وواضح يشرح فى دقيقتين مراحل التناضح العكسى لمياه البحر بداية من المأخذ وحتى الإنتهاء بالمعالجة النهائية ...

http://bit.ly/2nQoChl

والنقاش اليوم والسطور التالية تخص المبتدئين ... نتحدث فيها عن الخطوط العريضة لوحدة التناضح العكسي كى نرى الصورة كاملة قبل الدخول فى التفاصيل ...

ذكرنا فى الجزء الأول أن فكرة التناضح العكسي هى أنه بدلاً من انتقال المياه بطريقة طبيعية من منطقة ذات أملاح منخفضة إلى منطقة ذات أملاح مرتفعة عبر الغشاء الشبه منفذ للوصول إلى حالة اتزان بين التركيزين وهى الخاصية الأسموزية فإننا نعمل على إجبار المياه للانتقال فى الاتجاه العكسي من منطقة الأملاح العالية إلى منطقة الأملاح المنخفضة وذلك عن طريق استخدام قوة خارجية وهى طلمبة الضغط العالى high pressure pump ... فتكون النتيجة الحصول على كمية أكبر من المياه المُحلاة Fresh water ... وحجز الأملاح وزيادة تركيزها قبل الغشاء لنحصل على مياه أكثر ملوحة Brine water ... انظر الصورة التوضيحية التالية والتى توضح الخاصية الأسموزية العادية وانتقال المياه من منطقة الأملاح المنخفضة على اليمين إلى منطقة الأملاح العالية على اليسار عبر الغشاء فيرتفع سطح الماء فى اليسار وينخفض فى اليمين :

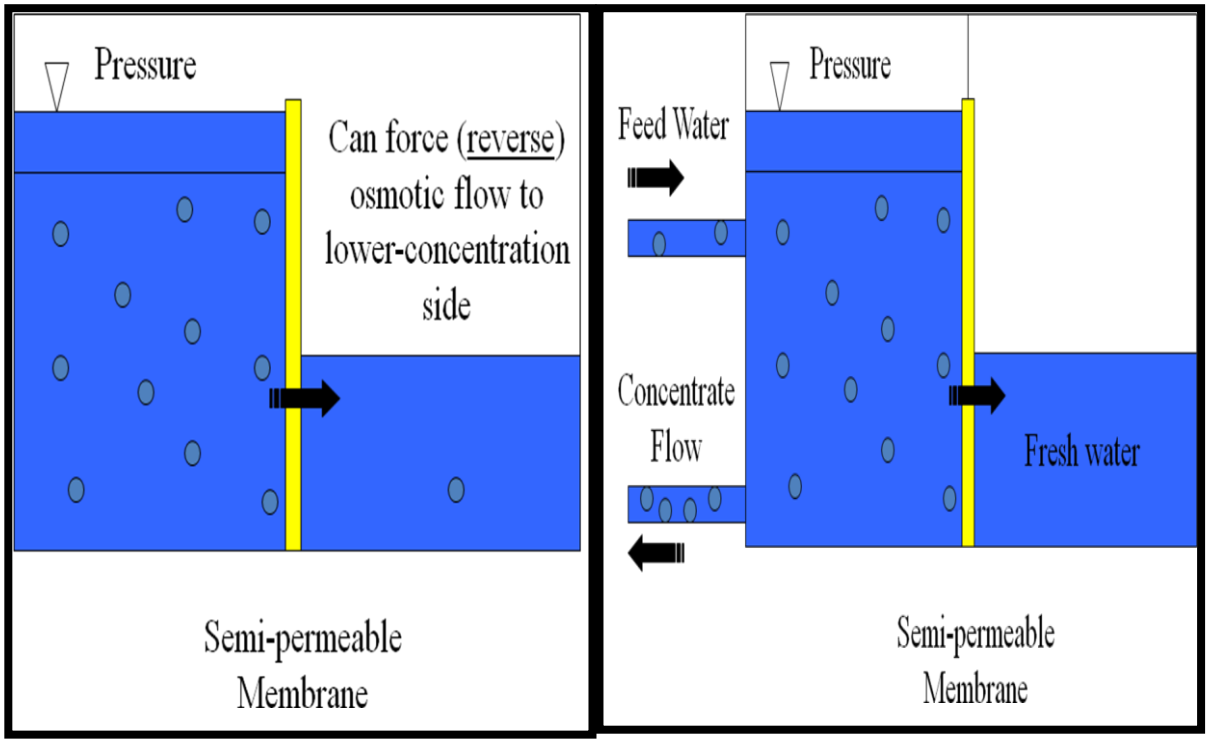


[الخاصية الأسموزية]

والضغط الأسموزى يتم الإشارة إليه بالرمز باى (Pi) أو π.

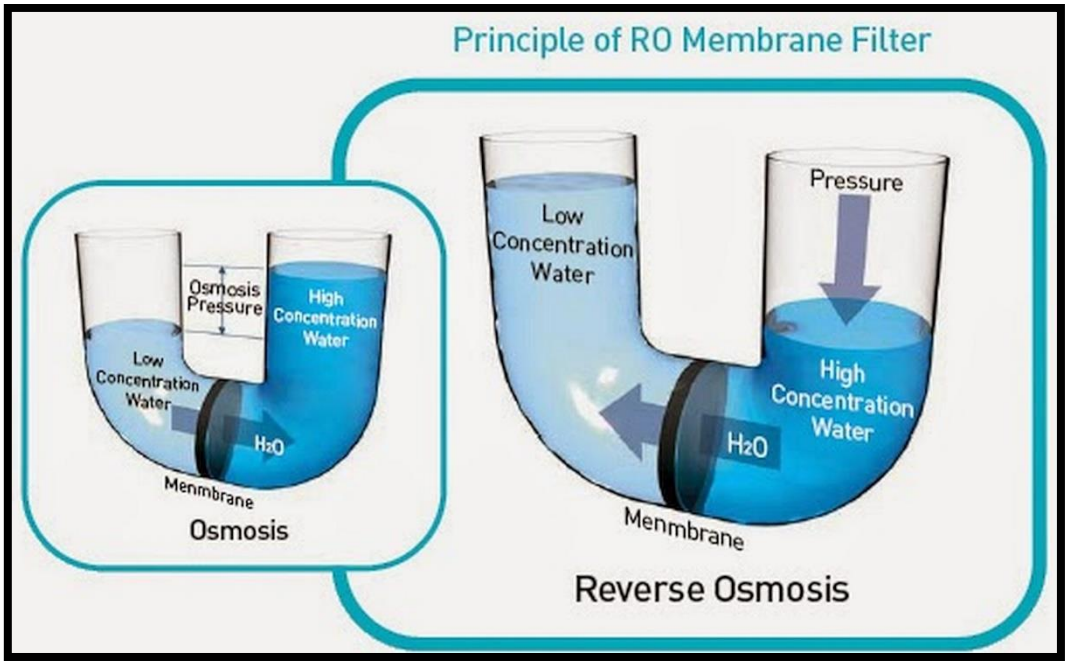
والصورة التالية توضح التناضح العكسي ... حيث يتم إضافة قوة خارجية فى الجهة اليسرى (تتمثل فى طلمبة الضغط العالى) فتمر المياه عبر الغشاء إلى المنطقة اليمنى ذات الأملاح الأقل (عكس الظاهرة الأسموزية) ...

المنطقة اليمنى هى المياه المُحلاة (البيرميت) ... والمنطقة اليسرى هى التى تتركز فيها الأملاح أكثر وأكثر ويتم طردها خارج النظام وتُعرف بمياه الريجيكت ...

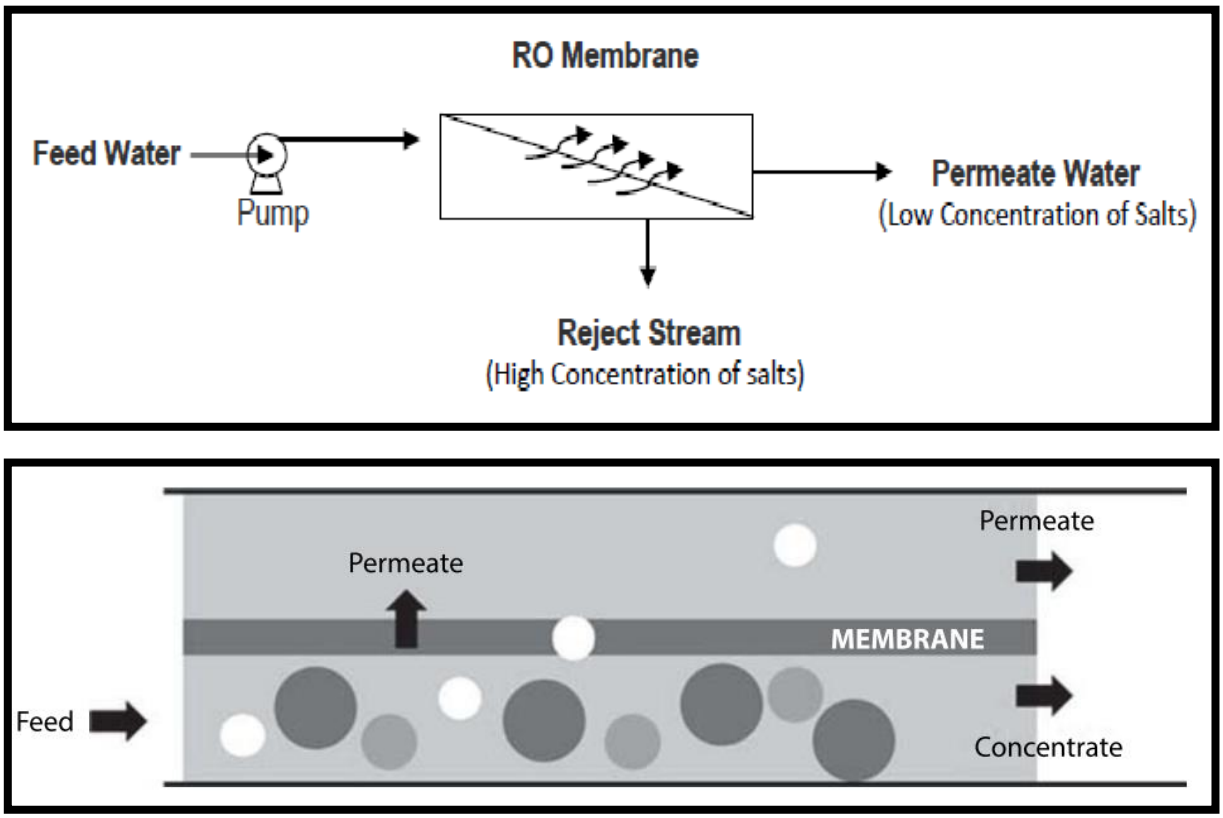


[التناضح العكسي (الأسموز العكسي)]

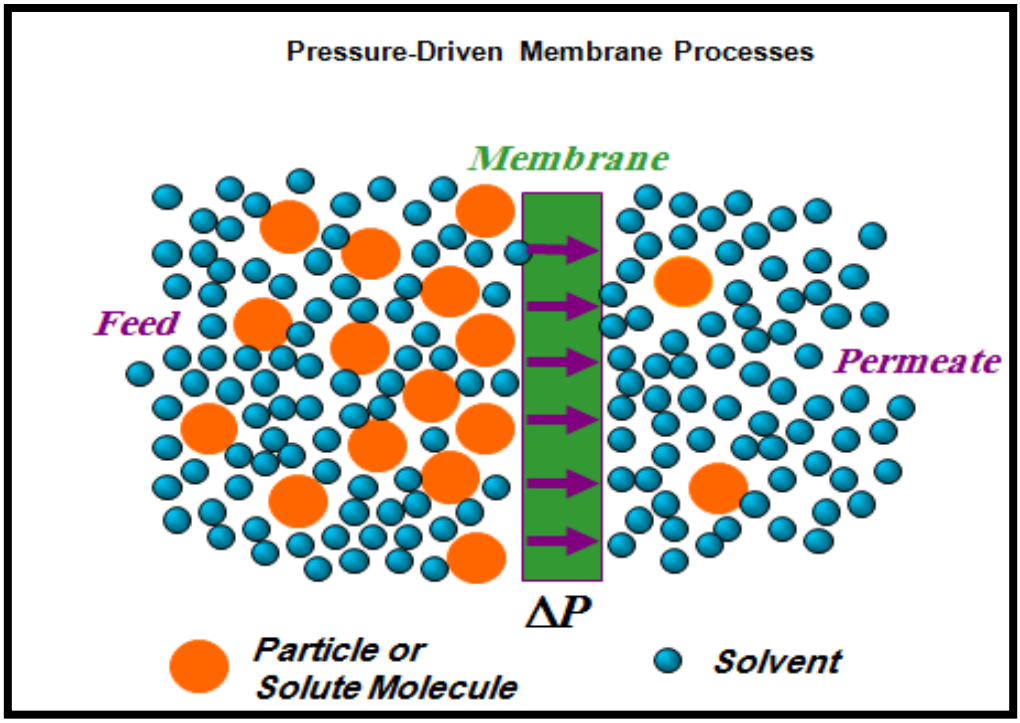
وهذه صورة أخرى للفرق بين الخاصية الأسموزية والأسموز العكسي:



وإليك الآن صورة مبسطة عن مسار المياه حيث تدخل مياه التغذية Feed water القادمة من المعالجة الإبتدائية بواسطة طلمبة الضغط العالى فتنقسم إلى مياه محلاة (البيرميت) وهى التى نفذت من الغشاء وتحتوى على تركيز قليل من الأملاح ... ومياه الريجيكت (أو البراين) (أو المُركزة) قبل الغشاء والتى حجزت معها الأملاح (تصل تركيز الأملاح الكلية الذائبة TDS فيها 4 – 6 أضعاف مياه التغذية):



والرسم التوضيحى التالى يوضح حجز الأملاح (المُشارإليها بالكُريات البرتقالية) المتواجدة فى مياه البحر بواسطة الغشاء ... والمياه التى تنفذ من الغشاء هى المياه المُحلاة (المنتجة) أو الFresh water أو البيرميت (الكريات الزرقاء) ... وهناك فرق ضغط (دلتا بى) على بداية الغشاء من جهة مياه التغذية ونهايته من جهة المياه المُحلاة (البريميت) وسوف نتعرض لها بعد ذلك بالتفصيل.



وبالنسبة للمياه المنتجة من وحدة التناضح العكسى فلها عدة استخدامات:

1- **مياه الشرب: وقد أوصت منظمة الصحة العالمية (WHO) ووكالة الحماية البيئية الأمريكية (US EPA) بعدم زيادة الأملاح الكلية عن 500 ملليجرام/لتر .. وبعض البلدان مثل مصر زادت المواصفة إلى 1000 جزء فى المليون حد أقصى.**
2- **الغلايات (المراجل) البخارية وتوليد البخار فى محطات القوى Steam power station:**

وهى عادة تستخدم مياه يسرة لها عسر كلى لا يتعدى 2 جزء فى المليون أو مياه منزوعة الأملاح Demi-water عديمة الأملاح حيث يتم امراراها على وحدة تبادل أيونى تنزع كل الشقوق الحامضية والقاعدية.

3- **الإستخدامات الغذائية (كالمياه الغازية والعصائر).**
4- **الإستخدامات الطبية (كصناعة الدواء ومياه غسيل الكلى).**
5- **معالجة مياه الصرف الصحي لاستخدامها فى الزراعة أو لمحطات الكهرباء ... إلخ.**

إلى غير ذلك من الاستخدامات.

كانت هذه بداية للتعرف على الخطوط المبدأية العريضة فى عالم التناضح العكسي أو الReverse osmosis ...

المشاركات على النقاش الأول: مقدمة التناضح العكسي

المهندس رياض عبد الفتاح عوض:

من أنواع الممبرينات (الشركات المصنعة) :

1 - فليمتك . 2 -هايدرونوتكس .

3 - ترايس . 4 -توراي.

"أيضاً هناك أنواع أخرى كالنوع الألمانى الذي أثبت كفاءة عالية وهوال Lanxessوالنوع الروسي المسمى ب RM nanotechوغيرها من الأنواع".

المهندس عمرعبده البُورعى:

الأسموزية هي انتقال الماء من التركيز الأقل للملح إلى التركيزالأعلى حتى يحدث الاتزان فعندما نستخدم ضغط أعلى من الضغط الأسموزي يحدث العكس ينتقل الماء من التركيز الأعلى للملح إلى التركيز الاقل.

المهندس شعيب محمد محمود شعبان:

استفسار أحد الزملاء:

ما هو الفرق بين الTDS والConductivity ؟ وأى منهم هو الأهم؟ وهل نكتفى بقياس التوصيلية لنتعرف على الأملاح أم يجب حساب الأملاح فى كل مرة؟

مشاركة المحاضر:

•الأملاح الذائبة الكلية (Total dissolved solid-TDS):

من خلال التوصيلية الكهربية يتم قياس الأملا ح الذائبة فى الماء عن طريق المعادلة التالية:

TDS= Conductivity x Factor (for each type of water)

طيب كيف نحسب هذا الfactor؟؟؟

لحساب الfactor يتم اتباع الطريقة التالية (وهى طريقة تقليدية ولكن أثبتت أنها أكثر كفاءة) وهى باختصار معرفة وزن الأملاح فى حجم معلوم من الماء ثم عمل الفاكتورللتحويل بين ال TDS والConductivity:

لحساب ال factor لكل نوع من المياه يتم قياس التوصيلية أولاً للعينة ونسمى هذه العينة بحرف ال Z مثلاً ثم أخذ حجم معين من الماء فى بيكر أو وعاء ويرشح فى Filter paper حتى لا تحدث المواد العالقة تأثيراً فى الحسابات ، ثم يتم تسخين المحلول فى حمام مائى عند ١٠٠ درجة مئوية أو فى فرن كهربى عند ١٠٠ درجة مئوية مع تفادى أن يخرج جزء من الملح الذى سيتكون خارج الوعاء حتى لا يعطى خطأ فى الحسابات، وفرق الوزنة قبل (وزنة البيكر وهو فارغ)(wt2) وبعد (وزنة البيكر مع الملح بعد الجفاف)(wt1) تعطى الأملاح الذائبة فى الماء فى اللترويفضل تكرار هذه الطريقة ثلاث مرات وأخذ المتوسط.

كل ده عشان نعرف كام ميللجرام من الملح فى اللتر (يعنى كام ppm).

$Wt_1 - wt_2$ = wt of TDS in the taken volume.

So, TDS of "Z" = ….Mg/liter (ppm)

يبقى نقول بعدها العينة الى لها توصيلية كذا أعطت TDS كذا...

Conductivity of this sample (Z) gives ➔ TDS = …

Conductivity of unknown sample ➔ TDS =??????

يعنى إذاً الفاكتور هو:

Factor = TDS of "S" sample /Conductivity of "S" sample.

(بعض الأجهزة تضع قيم نظرية للفاكتور الخاص بالTDS ليتم حساب الTDS مباشرةً من الجهاز ... ولكن الصحيح كما قلنا حساب الفاكتور بالطريقة السابقة).

مهندس رياض عبد الفتاح عوض:

هذا صحيح في محطات توليد الطاقة الكهربائية بالبخار Steam يتم حساب الإيصالية للمياه الخارجة من وحدة التبادل الأيوني demineralization unit وخصوصاً من المبادل الأيوني ال Mixed bed بحيث يجب أن تكون الإيصالية الخارجة منه للمياه أقل من 0.2 ميكروسيمينز ... وفي بعض محطات معالجة المياه خصوصاً الحساسة منها لتوليد الطاقة الكهربائية في حال إرتفاع إيصالية المياه الخارجة من وحدة التبادل الأيوني لأعلى من 0.1 مايكروسيمينز تدخل بعد 20 دقيقه لمرحلة تنشيط للمبادل بشكل تلقائي أوتوماتيكي حيث هذه المياه القليلة الإيصالية جداً والتي تسمى deionized waterيعني مياه منزوعة الأيونات تدخل لوحدة تبادل حراري لتحويلها لبخار تسمى Heat recovery steam generator ((HRSG

لإستخدام البخار لتحريك التوربينات لتوليد الطاقة الكهربائية ... أما المياه الخارجة من محطات التحلية الROتسمى مياه محلاه وليست منزوعة الأيونات .Desalination water

استفسار أحد الزملاء:

وهل التوصيلية تقيس كل الأملاح أم أملاح معينة؟

مشاركة المحاضر:

تقيس كل الأملاح TDS وهى اختصار للTotal dissolved salts ...

استفسار أحد الزملاء:

نحن في المختبر الجهاز يعطينا TDS هي دائماً 10/1 من قيمة conductivity لكل عينة فهل هذا الامر عادي؟

مشاركة المحاضر:

هذا ليس صحيحاً ... وإنما العملى والصحيح حساب الفاكتور كما ذكرنا.

مشاركة المهندس وليد صالحين عبد الباسط:

ترجع إلى مواصفات الجهاز نفسه لأنه لا يوجد جهاز يقيس الأملاح TDS فقط ... لكن الألكترود يقيس الإشارات الكهربية ويحولها إلى قيم TDS حسب مدى ومواصفات الجهاز.

مشاركة المهندس عادل عبد الحليم السلايمة:

الإيصالية الكهربائية والTDS تعطينا فكرة عن الأملاح الكلية الذائبة في الماء ... ويوجد أجهزة تقيس الاثنتين مثل جهاز CO 150 conductivity meter من شركة هاك الامريكية بالإضافة إلى ال salinity كما يوجد أجهزة تقيس فقط الايصالية الكهربائية ومن ثم توفر جداول لحساب TDS ... يمكن حساب ال TDS من الإيصالية الكهربائية بضرب الأخيرة ب 0.7 أي TDS = EC X 0.7.

مشاركة الدكتور محمد شلتوت:

الفاكتورالذى يتم ضربه فى قيمة التوصيل الكهربى للحصول على الأملاح يختلف حسب نوعية المياه و هو من 0.55 - 0.9 ... وكل ملح له توصيلية مختلفة عن الآخر يختلف حسب نوع المياه.

وحول التساؤل هل الإيصالية تعبر من الأملاح الذائبة الكلية فى كل مرة ... شارك الزملاء كالتالى:

مشاركة المهندس أيمن موسيليني عارف:

ليس في كل الحالات تكون التوصيلية مؤشر للأملاح الذائبة ... علي سبيل المثال بعد المبادل الكاتيوني يكون الوسط حامضي نتيجه تبادل الأملاح الموجبة مع أيون الهيدروجين ومن ثم تكون قيمه الpH حوالي 3.0 ... فلا يصح قياس التوصيلية لتعطي مؤشر للأملاح لوجود أحماض قد تعطي أرقام للتوصيلية مرتفعة جداً ... ولهذا السبب في وحده التبادل الأيوني يتم قياس التوصيلية بعد الأنيون وليس بعد الكتيون وقيمة التوصيلية بعد الأنيون هي تعبير لكفاءة الكتيون وليس الأنيون.

أقصد ان المياه الخارجة من الكتيون بعد التبادل مع الشق الموجب وفقد الهيدروجين ستكون المياه حامضية ومن ثم لو تم قياس التوصيلية ستكون مرتفعة جداً ومن ثم ستكون التوصيلية غير معبرة عن الأملاح الذائبة بعد الكتيون لوجود حمض...

رد المهندس رياض عبد الفتاح عوض:

لا يتم قياس كفاءة المبادل الكاتيوني بالإيصالية وإنما بفحص الصوديوم لأن فحص الإيصالية لايكون دقيق بعد المبادل الكاتيوني والسبب أن المبادل الكاتيوني يزيل الأيونات الموجبة وبالتالي تبقى الأيونات السالبة التي يزيد مجال تحركها ويؤدي إلى عدم إعطاء دقة في فحص الإيصالية ولذلك يتم قياس الصوديوم بعد المبادل الكاتيوني لتقدير كفاءة المبادل الكاتيوني لأنه أسهل تفلتاً من الأيونات الموجبة الأخرى ويتم فحص الإيصالية بعد المبادل المزدوج أو الأنيوني.

وحول موضوع مواصفة مياه الشرب بالنسبة للTDS كانت المشاركات كالتالى:

مشاركة الدكتور فتحي محمد أحمد:

بخصوص قرار وزير الصحة رقم 458 لسنه 2007 مشتق من WHO2004 والتى تم تحديثها عام بعد عام لكن المواصفة المصرية لا زالت كما هى TDS=1000 ppm لأن هناك أملاح متنوعة فى مياه الشرب ... يكفى أن الصوديوم والكلوريد 150 و 250 مجم/لترعلى التوالى ... أى مجموعهما 400 مجم/لتر أى 80% من الأملاح المسموح بها ولذلك كانت أقصى ملوحة للمياه المُحلاة 500 مجم/لتر....

كما أن قرار وزير الصحة لم يضع نهايات صغرى مسموح بها ... فقط أعطى حدود قصوى ولذلك لا يراعى فى المياه المنتجة ذلك.

رد الدكتور محمد شلتوت:

المواصفة الجديدة ستكون القيمة الصغرى 100 ملجرام / لتر أملاح كلية ذائبة.

مشاركة المهندس وليد صالحين عبد الباسط:

وضعت قيمة الأملاح الكلية الذائبة أيضاً ١٠٠٠ لأن فى مصر مصادر مختلفه للمياه ... سطحية وجوفية وتحلية ... ومع ذلك هى غالباً لا تتعدى ال٥٠٠ فى جميع الأحوال.

مشاركة المهندس عادل عبد الحليم السلايمة:

المواصفة الفلسطينية وضعت الحد الأدنى لأملاح الكالسيوم 100 ملغم/لتر ولأملاح الصوديوم 50 ملغم/لتر

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

WTEF

المياه بعد الخروج من المعالجة الإبتدائية!!

2

النقاش الثانى

النقاش الأول

2- المياه بعد الخروج من المعالجة الإبتدائية!!

تأشيرة الدخول وجواز المرور إلى أغشية التناضح يتطلب عدة شروط ومواصفات ... فليس أى نوع من المياه لـه الحق فى الدخول إلى هذه المنطقة الخاصة ... وقد جمعنا لكم فى إيجاز هذه الشروط التى تهتم بمواصفات المياه بجانب خصائص الغشاء نفسه ...

فى هذا النقاش سوف نتعرض لتقسيم المياه الطبيعية تبعاً لتركيز الأملاح الكلية الذائبة ... ثم أمثلة لتركيز الأملاح من مصادر مختلفة ... ثم ننتهى بشروط الدخول على الأغشية ... وقتاً مثمراً إن شاء الله ...

مبدأياً نتذكر تقسيم المياه الطبيعية تبعاً للأملاح الكلية الذائبة TDS ... نعرضها لكم فى الجدول التالى مع بعض الملاحظات الهامة:

نوع المياه	تركيز الأملاح الكلية الذائبة TDS بالppm
مياه عذبة Fresh water (مثل مياه الأنهار والبحيرات العذبة)	< 500 جزء فى المليون
مياه قليلة الملوحة Brackish water (مثل مياه مصبات الأنهار Estuaries)	500 – 30000 جزء فى المليون
المياه المالحة Saline water (مثل مياه البحار والمحيطات والخلجان) وتُسمى فى العموم Sea water	30000 - 50000 جزء فى المليون
المياه شديدة الملوحة Brine water	> 50000 جزء فى المليون

ونلاحظ دائماً أن هذا التصنيف يختلف بعض الشيء من مدرسة علمية إلى أخرى ... فمثلاً تجد فى بعض المراجع أن الحد الأقصى للأملاح فى المياه العذبة 1000 جزء فى المليون وليس 500 جزء فى المليون كما أنك قد تجد مياه البحار لها حد أدنى من الأملاح 10000 جزء فى المليون وليس 30000 وقد تجد تقسيم المياه قليلة الملوحة إلى عدة أقسام (متوسطة من 500 – 1000 وعالية من1000 إلى 30000) وهكذا ...

أمثلة للأملاح الكلية الذائبة TDS فى مصادر مختلفة للمياه فى العالم:

المصدر	الأملاح الكلية الذائبة TDS (ملليجرام/ لتر)
المحيط الهادى (الباسيفيكى)	36000 – 33000
المحيط الأطلنطى	37000
البحر الكاريبى	36000
البحر المتوسط	38000
خليج عمان	40000
المحيط الهندى	34000 – 33000
البحر الأحمر	44000 – 41000
الخليج العربى	45000 – 42000
البحر الأسود	18000 – 13000
بحر البلطيق	8000 – 7000
البحر الأدرياتيكى	25000
نهر النيل	250 -180 (وتصل إلى أكثر من 500 أحياناً بسبب التلوث)
بحيرة ناصر	175 – 130
بحيرة قارون	35000
نهر الفرات (بتركيا)	260 – 250
نهر الفرات (المنطقة الوسطى)	350 – 300
نهر الفرات (العراق)	700 – 450 (وقد تصل إلى 6000 مع التلوث وتزيد كلما اتجهنا جنوباً)
نهر دجلة	200 – 700(وتصل إلى 1500)
مياه الآبار (تختلف إختلافاً شديداً)	3000 - 5000 - 8000 - 17000 - إلخ

وننوه دائماً وكما يعلم دارسى علوم المياه والبحار أن هذه القيم ليست ثابتة على الدوام بل تتغير بتغير عدة عوامل مثل درجة الحرارة وعمق المياه ومعدل التبخير وهطول الأمطار وتغير الفصول ومصادر التلوث ... إلخ.

بالنسبة للأملاح فى مياه الآبار تتفاوت تفاوتاً كبيراً من بئر لآخر... قد تكون ثابتة فى البئر نفسه أو متغيرة ... قد تزيد مع استمرار الأخذ منها وقد تقل ... وقد تتأثر بمياه الصرف إلخ.

➢ وجاءت بعض التعليقات عن ملوحة الآبار كالتالى:

المهندس محمد على عبد المنعم:

و ربما تكون الآبار ملوحتها أعلى من ملوحة البحر في بعض الآبار الشاطئية.

رد المحاضر:

صحيح خاصة ولو كانت معرضة لتلوث صرف فتزيد الطينة بلة.

المهندس محمد على عبد المنعم:

واختلاف ملوحة الآبار راجع لعمق البئر وطبيعة (العرق) الذي يُسحب منه في المياه الجوفية وأحياناً مدى قربه وبعده عن الشاطئ ... لذلك يُنصح دائما بحفر آبار الصرف reject wells على عمق مختلف ومسافة بعيدة عن آبار التغذية feed wells.

المهندس أحمد عادل عبد الرحمن:

آبار مدينة نجران تتراوح من ١٧٠ الى ١٤٠٠ جزء فى المليون ومعظمها ٣٤٠ جزء فى المليون.

المهندسة سُمية طه هلال:

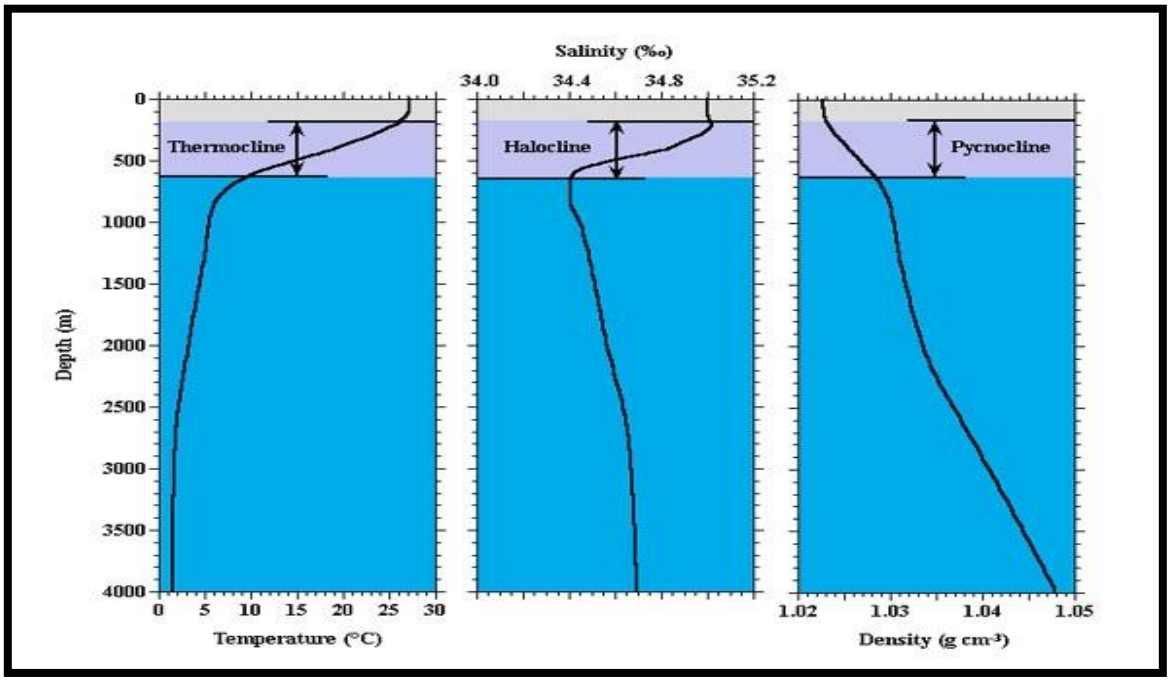
بالضبط يجب سحب المياه من طبقة وعمل آبار الصرف في الطبقه الأعلي ... أي نسحب من طبقة من طبقات الأرض ونصرف في الطبقة الأعلي من الأرض عكس اتجاه مصدر البئرحتي لا تخلط مياه الصرف مع كياه البئر مما تسبب تلوث للبئر.

استفسار أحد الزملاء:

هل في علاقة أو معادلة بين أملاح مياه سطح البحار و العمق والوضع بالنسبه لمياه الانهار ؟؟

مشاركة المحاضر:

فى الأصل يتم قياس الملوحة فى طبقات مختلفة تحت سطح البحر ويتم رسم ما يُسمى بال Vertical distribution of salinity خلال عمود الماء كما هو موضح بالرسم التالى ... وكل بحر وكل بحيرة وكل نهر له الرسم الخاص به ولا أعلم هل توجد علاقة رياضية تحكم كل منطقة أم لا...



استفسار أحد الزملاء:

ما هذا البرنامج و كيفيه قرائه هذا الرسم البياني؟؟؟

مشاركة المحاضر:

هذامن المُمكن يكون برنامج وممكن حضرتك ترسمه على ورقة رسم بيانى عادى ... المحور الصادى يمثل عمق المياه بالمتر والمحور السينى يمثل البارامتر الذى نقيسه على أعماق مختلفة مثل الحرارة والملوحة والpH وتركيز كل عنصر ... كما يمكن أن نضيف بارامتر آخرمع البارامتر الأصلى مثل الحرارة والكثافة ... إلخ كما هو واضح بالرسم... ومن الممكن رسم لقياسات تركيزات عنصر معين مع العمق.

ما أهمية معرفة تركيز الأملاح الكلية الذائبة TDS فى مياه التغذية؟

1- **أساسي فى اختيار نوع الغشاء المستخدم ... فهناك أغشية تصلح لمياه البحر وهناك أغشية مخصصة للBrackish water وهكذا.**
2- **أساسى فى تحديد قيمة ضغط طلمبة الضغط العالى ... وسنذكر ذلك بالتفصيل فى النقاش الخاص بطلمبة الضغط العالى.**
3- **هام فى أخذ فكرة مسبقة عن جودة المياه المنتجة من وحدة التناضح العكسي ... فمياه منتجة لها TDS = 150 جزء فى المليون ... ليست مثل مياه لها TDS = 10 جزء فى المليون**

المهندس محمد على عبد المنعم:

وكذلك حساب إنتاجية المحطة لأن برامج التصميم مثل Rosa وغيرها تطلب ملوحة مياه التغذية كعنصر أساسي في التصميم لبيان كمية المياه المنتجة المتوقعة.

وإليكم الآن ... أمثلة لتركيزات لبعض شقوق الأملاح (العناصر) من مصادر مختلفة بوحدة الppm:

تركيزات بعض شقوق الأملاح فى البحار والمحيطات					
	مياه البحر النموذجية	المحيط الهادى	شرق البحر المتوسط	الخليج العربى (الكويت)	البحر الأحمر
الكالسيوم	400	403	423	500	225
المغنيسيوم	1262	1298	1403	1765	742
الصوديوم	10556	10693	11800	15850	14255
البوتاسيوم	380	387	463	460	210
البورون	4 - 5	4.6	-	to 7.0	-
البورات	26	-	72	-	-
البرومايد	65	74	155	80	72
البيكربونات	140	142	-	142	146
الكبريتات	2649	2710	2950	3200	3078
الكلورايد	18980	19287	21200	23000	22219
الفلورايد	1.0	1.4	2.0	-	-
النيترات	-	0.0	-	-	-
الأيوديد	< 1.0	-	-	-	-
السيليكات	1.0	-	-	1.5	-
الاسترانشيوم	13	-	-	-	-
TDS	34480	35000	38600	45000	41000

ولعل البعض يلحظ عدم تساوى تركيز أيون الصوديوم مع الكلورايد مع أن البديهى هو تساويهم فى التركيز لارتباط ذرة الصوديوم مع واحدة من ذرة الكلورايد فى ملح كلوريد الصوديوم NaCl ... ولكننا نرى الصوديوم أقل بكثير من

الكلورايد ... والجواب ببساطة أن الكلورايد لا يرتبط فقط بأيونات الصوديوم إنما يرتبط بأيونات أخرى مثل الكالسيوم ($CaCl_2$) والمغنيسيوم ($MgCl_2$) وغيرها من الأيونات مما يفسر هذا الإختلاف بجانب التفسير الهام الذى يذكره

المهندس يحيى على شبل:

تركيز أيونات الصوديوم والكلوريد متقاربة جداً من بعضها عند قياسها بالmEq ... ولكن عند تحويلها إلى جرام/اللتر تجد هذا الفرق الشاسع لأن الوزن الجزيئي للكلورايد حوالى 35 في حين أن الوزن الجزيئي للصوديوم حوالى 23.

فمثلاً:عند إذابة 116 جرام من ملح الصوديوم كلورايد ... فيكون تركيز الصوديوم في المحلول الناتج يساوي حوالي 46 جرام في اللتر فى حين أن تركيز الكلوريدات في المحلول الناتج يساوي حوالي 70 جرام / اللتر ... ولكن كلا الأيونين لهما نفس القيمة من mol equivalents وتساوي 2.

أيضاً إذا نظرنا إلى عنصر الحديد فنجده يختلف من مكان لآخر اختلافاً كبيراً فمثلاً فى مياه البحر يتراوح من 1- 3 جزء فى البليون (مثل المحيط الهادى) ... وفى مياه الأنهار يتراوح ما بين 0.5 – 1 جزء فى المليون ... أما فى المياه الجوفية فقد يصل إلى 100 جزء فى المليون فى بعض الأحيان !" ويتواجد المنجنيز أيضاً مع الحديد خاصة فى المياه الجوفية بنسب تصل إلى 2 - 3 جزء فى المليون فى المتوسط ... وذلك بسبب ندرة الأوكسجين والذى من فوائده القيام بأكسدة هذين العنصرين من التكافؤ الثنائى إلى التكافؤ الثلاثى المترسب... وفى المعتاد يقل تركيز المنجنيز عن الحديد بصورة كبيرة.

وهذه تركيزات بعض شقوق الأملاح فى مياه نهر النيل كمثال للمياه العذبة ...

الأملاح	نهر النيل
الكالسيوم	30
المغنيسيوم	12
الصوديوم	17
البوتاسيوم	5
البيكربونات	120 – 130
الكبريتات	15 – 30
الكلورايد	18 – 30
الفلورايد	0.3 – 0.4
السيليكات	21
TDS	230 – 280

ملحوظة: فى العموم تزيد الأملاح الكلية الذائبة TDS فى نهر النيل كلما اتجهنا إلى الشمال تبدأ بحوالى 100 – 110 جزء فى المليون عند خزان أسوان ثم تزداد تدريجياً لتصل إلى 200 فى صعيد مصر (الوجه القبلى) ثم تصل إلى 250 أو أكثر فى الوجه البحرى وتنتهى ب 350 جزء فى المليون مع المصب فى البحر المتوسط ... وبالطبع الزيادة فى الأملاح أهم أسبابها التلوث ... وأما قياس الTDS معملياً فقد تم شرحه من قبل باستفاضة من الزملاء ... وتستطيع أن ترجع لكورس المفاهيم الأساسية الذى تم عرضه على المنتدى من قبل ...

مشاركة المهندس خالد مصطفى:

تأكيداً لكلام سيادتك يتم فعلاً صرف مخلفات بعض المصانع مثل مصانع السكر بعد المعالجة الثنائية فقط ويتم صرف الصرف الصناعي على النيل مباشرة ... والأدهى من ذلك محطات الصرف الصحي بعد معالجة مياه الصرف الصحي معالجة ثنائية فقط ... أي تذهب مصارف المياه على النيل أيضاً مما يزيد قيمة TDS للمياه كلما اتجهنا شمالاً.

وحول زيادة الأملاح الكلية الذائبة فى النيل كلما اتجهنا شمالاً وتركيز الكالسيوم والمغنيسيوم كانت المشاركات كالتالى:

مشاركة الدكتور فتحى محمد أحمد:

بالاضافه الى الذوبان الجزئى للصخور التى تمر عليها المياه.

وحول السؤال عن سبب زيادة نسبة الكالسيوم فى مياه الأنهار عنها فى مياه البحار على عكس المغنيسيوم (كما يظهر فى الجداول السابقة) أجاب المهندس يحيى على شبل:

الكالسيوم أعلي في مياه النيل من المغنيسيوم وكذلك في معظم المياه الجوفية وذلك لتوافر الكالسيوم في الطبقات العليا في صورة الصخورالكلسية عن تواجد المغنيسيوم فهو يوجد بصورة أقل ... وعلى العكس في مياه البحر وبعض الآبارالشاطئية التي تسحب مباشرة من مياه البحر فإن تركيز المغنيسيوم بها أعلي من الكالسيوم وذلك لأن الحاصل الأيوني لأملاح الكالسيوم وبالتالي ذوبانيتها أقل من أملاح المغنيسيوم وبالتالي فإن أملاح الكالسيوم تترسب بشكل أكبر من أملاح المغنيسيوم وأيضاً الكائنات البحرية تحتاج الكالسيوم بشكل أكبر...
وهذه ملاحظة ثمينة فقد مررنا بتلك الملاحظات في مطروح حيث تعاملنا مع جميع أنواع المياه سواء مياه النيل أو البحر أوالآبارالجوفية المختلفة وكذلك الآبار الشاطئية.

وأجاب المهندس حمدى السيد كالتالى:

التفسير الأصح لزيادة تركيز الكالسيوم فى الشمال أن النحر الذى يحدث نتيجة مرورالمياه فى الصخورالسطحية والتى تتكون من كربونات الكالسيوم ويحدث لها ذوبان فتزيد من قيمة تركيزه ولكن فى جنوب مصر الصخور مكونة من السيليكات... ويعم ذلك دارسى علم الجيولوجيا من ناحية التركيب السطحى للصخور...أما بالنسبة لمياه الآبار فتركيز الكالسيوم يزداد نتيجة الإذابة ونزوله من الطبقات السطحية إلا الخزان الجوفي الذى يتكون فى الأساس من sand وكما

نعلم جميعاً تركيبها من السليكات ... أما بالنسبة لمياه البحار فبحسب ترتيب ترسيب الأملاح مع درجات الحرارة فان ترسيب كربونات الكالسيوم يكون فى بداية المجموعة يليه كربونات الماغنسيوم ...

ومن الممكن أن يترسب المغنيسيوم على هيئة كربونات ماغنيسيوم وهذا معروف باسم معدن الدولوميت الذى نستخدمه كعازل حرارى فى تبطين الغلايات من الداخل.

مواصفات المياه االمسموح لها بالدخول على الأغشية:

مواصفات المياه الداخلة على الأغشية		
البارامتر	القيمة المطلوبة	ملاحظات
اللون	< 3 APHA	-
درجة الحرارة:	45 درجة مئوية	اقرأ الملاحظات أسفل الجدول
الأس الهيدروجينى:pH	تبعاً لنوع مادة الغشاء	اقرأ الملاحظات أسفل الجدول
الأملاح الكلية الذائبة:TDS	تبعاً لنوع مادة الغشاء	اقرأ الملاحظات أسفل الجدول
العكارة	أقل من 1 NTU	-
مؤشر كثافة الطمىSDI	(أقل من 5 للspiral wound أو 3 للHollow fiber)	تبعاً لنوع الغشاء وتوصيات الشركة المصنعة
معامل لانجيريه(LSI)	صفر – (0.2)	-
الكربون الكلى العضوى: TOC	0.45 جزء فى المليون	-
الحديد الثنائى +Fe2و المنجنيز الثنائى +Mn2 والمعادن الأخرى كالألومنيوم	0.05 جزء فى المليون (4 حد أقصى فى غياب الأوكسجين)	-
كبريتيد الهيدروجينH2S	0.1 جزء فى المليون حد أقصى	-
الكلور الحُر:Free chlorine	تبعاً لنوع مادة الغشاء	-
الهواء	منعدم	-
البكتيريا	< 1.000 CFU/ml	يتم التحليل فى خط الريجيكت داخل الفيزل (وهى بطريقة DIP (Slides
البارامتر	< 3 APHA	-
اللون	45 درجة مئوية	اقرأ الملاحظات أسفل الجدول

والآن سنذكرملاحظات على الجدول السابق ونذكر بعض الظواهر أو الأمور العملية التى تقابل العاملين بالوحدة:

1- **ننبه أن هذه القيم فى الجدول هى عامة ولا تطبق على كل الأغشية وينبغى الرجوع للمانيوال الخاص بكل غشاء بالنسبة للعكارة قال المهندس رياض عبد الفتاح عوض:**

2- **نعتمد في نظامنا أن تكون أقل من 0.1 NTU بعد الكارتدرج فلتر.**

3- **قيم الSDI الغير حقيقية:**

يتحير بعض العاملون فى الوحدة عند قياسهم للSDI بعد المعالجة الإبتدائية والمرور على الفلاتر المختلفة (المالتى ميديا والميكرونية) ... فيجدون قيمتها أعلى من أو يساوى (4) بالرغم من أن القيمة يجب أن تكون أقل من ذلك ... وتزيد الحيرة عندما تكون العكارة قليلة جداً ولا يوجد نسب تذكر من المواد العالقة Suspended matter مما يؤكد أن المعالجة الإبتدائية على مايُرام ... فما هو سبب ارتفاع الSDI؟

والجواب أن هذه الظاهرة تحدث مع مياه البحر وخاصة عندما يتم أخذ المياه من المنطقة الضوئية (Euophotic zone) كما دلت الأبحاث وتحديداً المنطقة الغنية بالمواد الغذائية (Eutrophic zones)... حيث تتميز هذه المنطقة بوفرة فى الهواء الذائب (الأوكسجين الذائب) نتيجة لعملية البناء الضوئى التى تقوم بها النباتات البحرية بجانب ذوبان الهواء الجوى فى مياه السطح كما ذكرنا من قبل ... وتصل النسبة إلى أكبر من 8 جزء فى المليون ... وبسبب تعرض المياه للضغوط فى الفلاتر يحدث وأن تتكون فقاعات هوائية ميكرونية micro air bubbles تلتصق بالثقوب الداخلية للأغشية (أو ورقة الفلتر الخاصة بالSDI) مما يؤدى إلى ارتفاع القيمة ...

المهندس محمد على عبد المنعم:

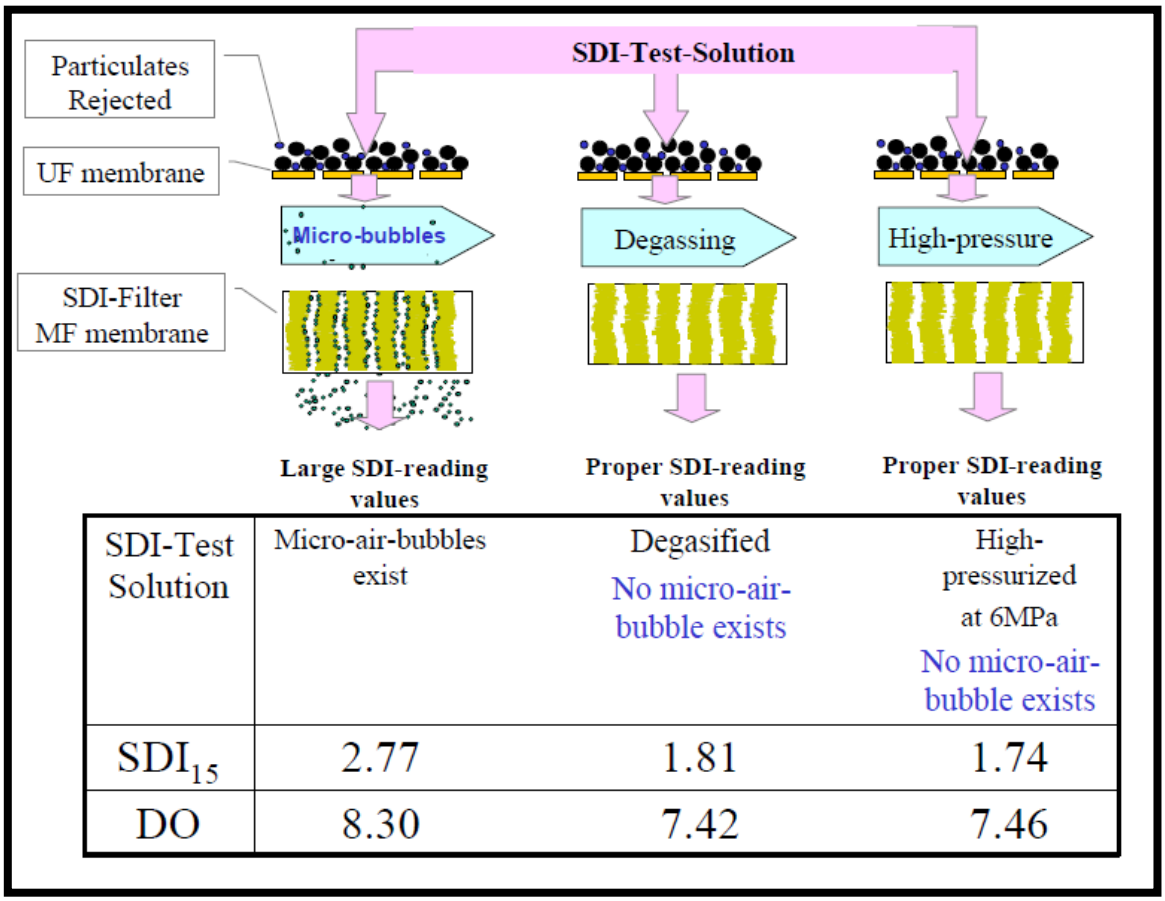
هذه ملحوظة مهمة جداً.

والحل كما ذكرت المراجع العلمية هو واحد من إثنين (وتعتمد الفكرة على إزالة هذه الفقاقيع من الثقوب):

1- **عمل نزع للغازات Degasification قبل الدخول على الأغشية (أوقبل قياس الSDI).**

2- **استخدام ضغط عالى High pressure (حوالى 60 بار أو 6 ميجاباسكال) مدة ثوانى قليلة كى نزيل هذه الفقاقيع المزعجة من بين ثنايا الغشاء.**

الصورة التالية من أحد المراجع الأجنبية توضح على اليسار تكون الفقاقيع الهوائية بين الثقوب وبالتالى تزيد قيم الSDI ثم ننتقل إلى الجزء الأوسط من الصورة حيث تنعدم الفقاقيع بعد عملية نزع الغازات أو استخدام الضغط العالى (الجزء الأيمن) لتقل قيمة الSDI إلى القيمة الحقيقية.



SDI-Test Solution	Micro-air-bubbles exist	Degasified No micro-air-bubble exists	High-pressurized at 6MPa No micro-air-bubble exists
SDI_{15}	2.77	1.81	1.74
DO	8.30	7.42	7.46

وحول زيادة الضغط إلى 60 بار اعترض المهندسون على تحقيق ذلك عملياً ... فلماذا؟ وما هى تعليقاتهم على علاج هذه المشكلة

المهندس محمد زكريا:

استخدام ضغط عالي حوالي ٦٠بار عالي جداً جداً بالطبع سيكسر جهاز SDI وهذا عملياً مستحيل تنفيذه ... وفعلاً وجود فقاعات هواء تؤثر علي قيمة SDI لأن الفقاقيع ضغط الهواء بداخلها أقوي من ضغط سريان السائل وبالتالي تمنع وتعوق حركة سريان السائل علي كل طبقات ورقة MF فتقلل من مساحة سطحها لأن الفقاقيع أخذت حيزاً من مساحة الورقة وبالتالي التركيز ازداد في منطقة معينة علي حساب منطقة أخري فيجعل القيم غير حقيقية.

لكن لو الpipelines وكل منطقة بها air vent موجود سيتم ضبطه جداً ويتم عمل الاختبار بنجاح. فلا بد من وجود air vent علي MMF(Multi media filter) وكذلك علي الC.F (Cartridge filter) ... وهذا ليس من أجل قياس ال SDI فقط بل من أجل الحفاظ علي المحطة وعلي المضخات وعلي الأغشية أيضاً ... فالهواء كافي لتدمير المضخات ... كافي لتدمير الخطوط ... كافي لتدمير الأغشية ... كافي لتكسير الوصلات الداخلية بين الأغشية ... ومواصفات الوصلات أقصاها حوالي ١٦ بار وهذه تختلف من جهاز لجهاز ... كما لا يُمكن الحصول على هذا الضغط لمدة ثوانى لأنه سيتم رفعه فى زمن أكبر من ذلك

المهندس محمد على عبد المنعم:

قيمة 60 بار محتاجة مراجعة ... كلام م/محمد زكريا صحيح جداً وطبيعي ... كل فلتر له air vent و النظام بالكامل له air vent أكيد حفاظاً على الطلمبات في الأساس.

المهندسة سُمية طه هلال:

حقيقة فعلاً موضوع 60 بار محتاج مراجعة لعدة أسباب لو ال 60 بارعلي المعالجة الأولية وكانت الفزيلات بولي جلاس أوفايبر جلاس فسيحدث لها تدمير في نفس اللحظة والوصلات الpvc ستتدمرو لو المقصود بوحده ال RO نفترض أن مضخة الضغط العالي أعلي طاقة لها أقل من 60 بار هل سيتم شراء مضخة 60 بار لاجراء هذه العملية !! هذه تكلفه مادية عالية جداً.

المهندس رياض عبد الفتاح عوض:

أتوقع في أجهزة فحص الSDI الأوتوماتيكية التي تكون متصلة مباشرة بخط الماء يتم عمل نظام كسح Purging قبل عمل الفحص كعمل غسيل أولي للجهاز قبل وضع الغشاء الفلتر وتعبئة خطوط الجهاز بالماء ثم تدخل مرحلة الفحص أتوقع كافي لتعبئة الخطوط الخاصة بالجهاز بالماء وتقليل نسبة الهواء.

وبمناسبة الهواء ... يحدث وأن يختلط هواء مع مياه التغذية (كبعض الحالات فى مياه الآبار) ويدخل على الأغشية فيتلفها بسبب حدوث المطرقة المائية water hummer أو يسبب كسر فى الغلاف الخارجى للغشاء outer wrap ... والحل هو عمل خزان لمياه التغذية ليتم فيه التخلص من الهواء (ولا نحتاج إلى تنك كبير ... قد يفى بالغرض 2 – 4 متر ارتفاع).

المهندس محمد زكريا:

أوair vent ممكن يفي بالغرض.

فما هو نظام الAir vent ؟؟

استفسار أحد الزملاء:

ما هى منظومة الAir vent؟؟؟ وكيف أعرف أن كل الهواء فى المحطة قد تم طرده؟

المهندس إسلام يسري عبد الحميد:

هذه صورة الAir vent:

المهندس محمد زكريا:

الAir vent عبارة عن قطعة صغيرة مثل المحبس تُخرج الهواء وعند وصول الماء تغلق تلقائياً.

المهندس محمد على عبد المنعم:

ال air vent لا يعمل بالكهرباء ... هو فقط عبارة عن مجرى صغير بشكل مدور داخله كورة تسمح بخروج الهواء فقط من فتحة المجرى حتى يتبقى الماء ... وكثافة المياه تدفع الكورة بقوة لتسد الفتحة ولذلك يتم التخلص من الهواء كله ويخرج من النظام و تبقى المياه فقط.

وحتى نتأكد من التخلص من كل الهواء بالوحدة أجاب الزميلان المهندس أحمد محمود والمهندس محمد على كالتالى:

المهندس أحمد محمود:

نهاية الair vent تصب فى بيارة يتم مراقبتها لحين خروج كل الهواء وتدفق المياه من تلك النهاية بدون هواء.

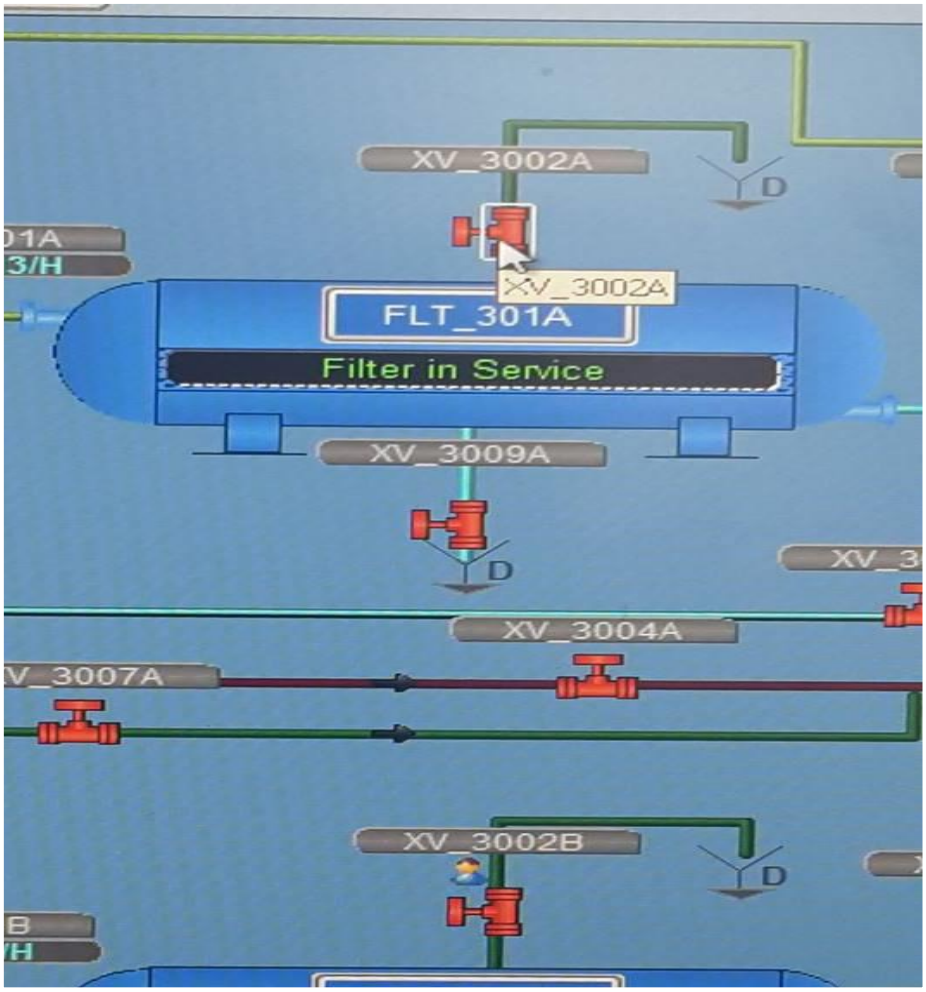
المهندس محمد على:

أوملاحظة الصوت ... لأن خروج الهواء من air vent يسبب صوتاً واضحاً وعند وصول المياه وغلق ال air vent ينتهي الصوت.

ويُكمل الزملاء حديثهم عن ال Air vent:

المهندس أحمد محمود:

نحن دائماً فى بدء عملية التشغيل يتم طرد كل الهواء من الخطوط بدء من الفلاتر الرملية حتى الRO skid:



المهندس إسلام يسري عبد الحميد:

نتيجه خطأ فى التصميم وعدم وجود بلف عدم رجوع على الطلمبة سبب مشاكل كثيرة فى الوحدات عند التوقف وأكتر من 5 فلاتر كارتريدج حدث بهم كراك ... لذا كان الحل فى عمل vent فى أعلى نقطه بعد pump بالإضافه لوجود vent على cartridge نفسه.

المهندس أيمن موسيليني:

ولتجنب وجود فقاقيع هواء أثناء تجربه SDI يُفضل أن تكون نقطة سحب العينة من أسفل الماسورة لأن الهواء مع الضغط سيكون في أعلي الماسورة.

المهندس محمد على:

التصميم دائماً يراعي ذلك فعلاً.

مشاركة المهندس رياض عبد الفتاح:

هذا صحيح ... يتم تركيب ال air vent على الفلاتر الرملية والكربونية ويكون بنظام كورة عن طريق دفع المياه لها وبالتالي خروج الهواء ... وكذلك يُركب أيضاً على بعض الخطوط لترصيف الهواء من الخطوط وهوعدة أنواع ليس فقط نظام الكورة.

ووجود الهواء يسبب مشاكل للممبرينات ... والمشاكل نوعان:

1- **تلف ميكانيكي mechnical damage: ويظهر بوضوح على الجدار الخارجي للغشاء في هيئة شروخ أو كسور ... وتكون الأغشية ناحية الصرف أكثر تأثراً من ناحية التغذية والسبب لأن الهواء يحدث له إزاحة ناحية الصرف فتكون كميته أكبر وعندما تأخذ مضخة الضغط العالي سرعتها تحدث مشكلة تحطم جدار الممبرين ... وترجع ميكانيكية الهواء وقدرته لإحداث تلك المشكلة لكونه قابل للإنضغاط ... بمعنى ... يعمل على عدم توازن في الضغط على جدارالممبرين فيحدث التحطم وتُلاحظ هذه المشكلة بالعين المجردة.**
2- **عمل مطرقة مائية على الممبرين water hummering وهذه كافية على إفقاد الممبرين جزء من إنتاجيته تصل حتى 24% ... ويُمكن معرفتها بتشريح الممبرين وفحص السطح الملامس لمياه التغذية نلاحظ وجود أثر للطبقة الثانية وكأنها دمج في طبقة البولي أميد.**

وإليك حل مشكلة ال water hummring:

1- **تعديل المحطة وذلك بتركيب محابس هواء في أماكن مختلفة على الفلاتر الرملية والكارتدرج فلتر وعلى هيدرالتغذية وعلى هيدرالصرف وتكون كافية لخروج الهواء بسرعة.**
2- **إطالة زمن قيام مضخة الضغط العالي فكلما زاد زمن القيام وهو الزمن اللازم حتى تكمل مضخة الضغط العالي الدوران وتصل لأقصى سرعة ويكون دور المشغل بأن يكون على دراية بخطورة ذلك الخطأ ولا يستعجل بالتشغيل ويتأكد تماماً من خروج الهواء.**

مشاركة المهندس محمد عبد العال و الفرق بين ال SDI والMFI:

ما هو الفرق بين قياس العكارة اومعامل الاتساخ بطريقة SDI وطريقة MFI ؟

SDI: The Silt Density Index (SDI) can serve as a useful indication of the quantity of particulate matter in water and correlates with the fouling tendency of RO/NF systems. The SDI is calculated from the rate of plugging of a 0.45 µm membrane filter when water is passed through at a constant applied gauge pressure. The method is described below. For more details refer to ASTM D4189 /22/.
SDI is sometimes referred to as the Fouling Index (FI)

مؤشر كثافة الطمى (SDI) :هومؤشر يعبر عن كمية الجسيمات في الماء ويرتبط بfouling في أنظمة RO / NF .ويتم احتساب SDI من معدل توصيل من فلترغشاء 0.45 ميكرون , يشار SDI أحيانا باسم مؤشر الاتساخ Fouling Index (FI)

MFI: The Modified Fouling Index (MFI) is proportional to the concentration of suspended matter and is a more accurate index than the SDI for predicting the tendency of water to foul RO/NF membranes. The method is the same as for the SDI except that the volume is recorded every 30 seconds over a 15 minute filtration period. The MFI is obtained graphically as the slope of the straight part of the curve when t/V is plotted against V (t is the time in seconds to collect a volume of V in liters). For more details refer to Schippers et al. /23/.
A MFI value of <1 corresponds to a SDI value of about <3 and can be considered as sufficiently low to control colloidal and particulate fouling.
More recently, UF membranes have been used for MFI measurements. This index is called MFI-UF in contrast to the MFI0.45 where a 0.45 µm membrane filter is used /24/.

مؤشر الاتساخ المعدل (MFI) يتناسب مع تركيز المواد العالقة وهو مؤشر أكثر دقة من SDI . الطريقة هي نفسها بالنسبة SDI إلا أن يتم تسجيل الحجم كل 30 ثانية خلال فترة الترشيح 15 دقيقة. هذة القيم التى تم اخذها يتم توقيعها بيانيا على منحنى(V/T) Tهي الوقت بالثواني , Vحجم في ليتر).
قيمة MFI <1 يناظر قيمة SDI حوالي <3، ويمكن اعتباره ضعيفا بالقدر الكافي للسيطرةعلى الملوثات الغروية وقاذورات

3- الأغشية والرقم الهيدروجينى pH:

تتحمل الأغشية مدى معين من الرقم الهيدروجينى تبعاً لنوعها فنجد:

أ- الأغشية التى تصنع من الأسيتات سليلوز تتحمل رقم هيدروجينى بين 3.5 - 6.5.

ب- البولى أميد تتحمل رقم هيدروجينى فى مدى أوسع بين 3- 11.5

ت- أغشية ال Thin film compositeمن 2 -11.

المهندس محمد على عبد المنعم:

أعتقد أنه أفضل للأغشية وأداءها أن تكون المياه حمضية قدر الإمكان ... وأحيانا لتحسين آداء الأغشية في بعض المحطات يتم إضافة حمض لمياه التغذية قبل الدخول للأغشية.

مشاركة المهندس رياض عبد الفتاح عوض:

بالنسبة للرقم الهيدروجيني في الغالب يكون حامضي أو قريب من المتعادل مابين 5.4 - 6.9 وللتنويه قد نصل لهذا الرقم الهيدروجيني عن طريق إضافة حامض أو نكتفي بمانع الترسيب لأنه يكون له خواص حامضية تنزل من قيمة ال pH

ماهي وظيفة إضافة حامض مثل حمض الكبريتيك للمياه الداخلة على RO؟ ... وهل إضافة الحامض يقلل من العسرة الكلية؟

إضافة الحامض لاتقلل من العسرة ولا تتغير كثيراً بعد إضافة الحامض وال $CaCO_3$ إذا وصل إلى الغشاء سوف يترسب على الغشاء ويسبب إنسداد ... لذلك نضيف حمض مثل H_2SO_4 الذي يحول ال $CaCO_3$ إلى $CaSO_4$ بمعنى يحول مركب سريع الترسيب ومركب تحت تراكيز قليلة إلى مركب أقل في سرعة الترسيب حيث ذائبية ال $CaSO_4$ أعلى من ذائبية $CaCO_3$.

والدليل: عند حساب ال LSI للمياه المرفوضة سوف تجدها مرتفعة جداً فوق الإشباع أما عند إضافة الحامض سوف تجد الLsi يتغير ويصبح قريب من الصفر تقريباً.

إذاً إضافة الحامض:

1- **يقلل ال pH ولكنه لايزيل العسرة بل يمنع تكون رواسب من أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم.**
2- **الحمض لايزيل العسرة فقط بل يحول الكربونات إلى كبريتات ليسهل عمل مانع الترسيب.**
3- **إضافة الحامض للماء يجعل أملاح العسرة أكثر ذوبانية في الماء ويمنع مخاطر ترسبها على الأغشية.**

إذا إضافة الحامض لايقلل العسر كل مايفعله الحامض منع ترسبات وتحويلها لصورة ذائبة ... وقياس العسرة معملياً قبل وبعد إضافة الحمض تقريباً متساو حيث أن إضافة الحامض يقلل من الpH وبالتالي تقل الLSI ولن يحدث ترسيب.

ولا يجب إضافة الحامض حتى نتأكد من قابلية المياه الداخلة لتكون القشور ويتم ذلك بحساب قيمة ال LSI فعندما تكون قيمة LSI عالية نخفضها بخفض ال pH بإضافة حمض ولكن عندما تكون قيمة LSI حتى القيمة 2.5 يعمل الantiscalant بفاعلية ويستغنى عن إضافة الحمض.

تعليق المحاضر:

يُرجى الرجوع إلى الجزء الأول من كورس التناضح العكسي لمعرفة سلبيات إضافة حمض الكبريتيك والمقارنة بينه وبين حمض الهيدروكلوريك.

المهندس محمد زكريا:

هذه معلومة عن استخدام ال Sulfuric acid:

Sulfuric acid (H_2SO_4) is commonly used for pH control because of its relatively low cost, and because it is less aggressive than hydrochloric acid (HCl) toward metal parts in the system. Its dissociation is close to complete, contributing two hydrogen ions for every molecule of acid. Also, the acid's anion component, sulfate ($SO_4^{=}$), which is divalent, is relatively well rejected by the RO membrane; therefore, sulfuric acid injection does not significantly reduce the quality of the RO permeate water.

وهذه معلومة أخرى عن الضرر الذى يُمكن أن يتكون من حقن حمض الكبريتيك وهذا نادر الحدوث:

With some water sources, the additional sulfate contribution from sulfuric acid injection can increase the potential for sulfate precipitation. Calcium, barium, and strontium sulfate all have limited solubilities, which are usually better at low pH; therefore, acid injection is beneficial at reducing the potential for scale formation, but not necessarily if sulfuric acid is used.

المهندس أيمن موسيلينى:

توضيح: تفاعل حقن الأسيد (الحمض) يكون مع القلوية المسببة لعسر الكالسيوم والماغنسيوم وعند حقن حمض قبل RO حتي pH 5.5 يتم تحويل صورة القلوية من صورة بيكربونات في حاله تعادل الرقم الهيدروجيني إلي كربونيك أسيد وثاني اكسيد الكربون بعد حقن الحمض ويمكن التخلص من الغازات عن طريق برج نازع الغازات ... وإضافة الحامض يجعله يتفاعل مع ال-M alklinityالمسببة لعسر الكربونات ... وإذا كانت قيمه الM-alklinity = zero ففي هذه الحالة لا يوجد عسر مؤقت ويكون الكالسيوم في صورة عسر دائم (عسر الكبريتات).

لو تم التخلص من القلوية بخفض pH إلي 5.0 قبل RO بتحويلها إلي كربونيك أسيد وغاز ثاني أكسيد الكربون كده مش هيبقي فيه عسر مؤقت والكالسيوم سيكون في صورة عسر دائم أكثر ذوبانية بمعني لو تم قياس M-alklinity قبل إضافه الحمض ستكون مثلا 150 ppm وبعد pH 5.0 ستكون M-alklinity في حدود10ppm بكده تم التخلص من القلوية.

4- الأغشية وتحمل درجة الحرارة العالية:

يعتمد تحمل الأغشية فى تحملها لدرجة الحرارة العالية على نوعها ... فمثلاً نجد أن تحمل أغشية البولى أميد أكبر من أغشية الأسيتات سليلوز... (لذا يجب مطالعة الMSDS أو الشيت الخاص بكل نوع من الأغشية) ... وفى المتوسط نقول أن الحرارة المثالية يجب أن تتراوح ما بين 25 – 42 درجة مئوية ولا تزيد عن 31 لأسيتات السليلوز و45 درجة للبولى أميد.

ودرجة الحرارة عند 25 درجة مئوية هى الدرجة المثلى لكل الوحدات.

وإذا كانت مياه التغذية مرتفعة فى درجة حرارتها (عن 45 درجة) كما يحدث مع بعض مياه الآبار العميقة ... فيجب عمل تبريد لها قبل دخول وحدة التناضح العكسي (كالاستعانة بأبراج التبريد Cooling towers أوالمبادلات الحرارية Heat exchangers).

وتوجد بعض الأغشية تتحمل درجة حرارة تصل إلى 60 درجة مئوية وهناك أغشية حديثة تتحمل 90 – 100 درجة مئوية (مثل HSRO-FF) ... والفيزل يكون مصنوع من الاستانلس ستيل ... وذلك لأغراض التعقيم بالمياه الساخنة للتخلص من النمو البكتيرى فيما يعرف بعملية التعقيم الحرارى Thermal sterilization (thermal sanitization) ... ودائماً ما تستخدم المياه الناتجة للأغراض الطبية والصناعات الدوائية وانتاج مياه الشرب والمياه الغازية (وهذه النوع من الأغشية أنتجتها بعض الشركات اشهرها شركة DOW وشركة ماركورMAR COR الأمريكية).

ولكن انتبه! فليس لأن هذا النوع من الأغشية يتحمل درجات حرارة عالية فإننا يُمكن أن نسمح بدخول مياه التغذية بهذه الحرارة على الدوام إنما يقتصر فقط على عملية الغسيل والتعقيم بالماء الساخن فى وقت قصير وتحت ظروف معينة أما أن نستمر فى ادخال المياه الساخنة على الأغشية فهذا قطعاً سيؤثر عليه.

كيف تؤثر درجة الحرارة على الأغشية؟

1- **كلما زادت درجة الحرارة 1 درجة مئوية زادت معدل السريان flow rate حوالى 1.5 % ... هذا فى العموم وذلك لأن لزوجة المياه viscosity تقل وتصبح أكثر سيولة.**
   (المهندس محمد موسى:كل زيادة فى درجة حرارة تزيد حوالى 3% من الانتاج (فمثلاً لو كانت المحطة تنتج 300 متر مكعب عند 25 درجة فإنها تنتج 309 متر مكعب عند 26 درجة مئوية) ... أو بمعنى أكثر دقة كل 4 درجات يزيدوا الانتاج 10%).
2- **زيادة درجة الحرارة ترفع من قيمة الضغط الأسموزى المعاكس للانتاج.**
3- **دلت الأبحاث أيضاً أن الحرارة العالية للمياه تسبب تمدد حرارى thermal expansion للمادة البوليمر وتؤثر على خصائصها الكيميائية والفيزيائية لأنه يحدث ثقوب pores تتسع شيئاً فشيئاً بين سلسلة البوليمر polymer chain فتسمح بدخول الأملاح أيضاً مع المياه ... ويظهر ذلك بالفعل عندما نقيس تركيز الأملاح الكلية التى تمر عبر الأغشية salt passage أو ال rejected أو membrane average flux.**
   (كلما زادت درجة الحرارة درجة زادت الأملاح بنسبة 6% ومع اعتبار الزيادة فى كمية المياه فتكون المحصلة 3% من الأملاح).
4- **كلما زادت درجة الحرارة زادت فرصة تكون الرواسب أو القشور scales خاصة مع الأملاح التى تسبب العسر المؤقت وتترسب برفع درجة الحرارة وبالتالى سنضطر إلى زيادة درجة الحامضية يعنى (pH أقل) أو إضافة موانع الترسيب بكمية أكبر.**

5- إذا قلت درجة الحرارة لمياه التغذية عن 20 درجة مئوية فيجب رفعها إلى هذه الدرجة على الأقل وذلك لأن انخفاض الحرارة يؤثر بالسلب على انتاجية المحطة ... نعم هو لا يضر الغشاء نفسه كما يحدث مع ارتفاع درجة الحرارة ... ويكفى أن نقول أن درجة الحرارة عندما تصل إلى 5 درجة مئوية فإن كفاءة الوحدة تقل للنصف أو أكثر من ذلك ... وانخفاض درجة الحرارة لمياه التغذية يأتى طبيعياً تبعاً للقرب من القطبين أو نتيجة للتبريد القاسى لمياه تغذية أكثرمن المطلوب.

المهندس أيمن موسيليني:

تأثير ارتفاع الحرارة هيأثر علي جوده المياه المنتجه من حيث الSalt passage ... وستقل قيمة الNDP وفي الحرارة المنخفضة سيؤثر علي الانتاجية وارتفاع تكلفة الطاقة.

استفسار أحد الزملاء:

هل يشترط أن تكون درجة الحرارة أقل من ٤٥ درجة مئوية لأن هذه هى أحد مشاكل محطات RO الهجينة مع المحطات الحرارية؟

المهندس محمد زكريا:

فعلاً يُشترط يا هندسة يجب أن تكون أقل من ٤٥ درجة مئوية.

المهندس رياض عبد الفتاح:

عندنا في محطات التحلية عندما تصل درجة حرارة الماء الداخل لل RO ل 35 درجة مئوية نقوم بعمل حالة طوارئ لإنزال درجة الحرارة ... لذلك درجة 45 عالية جداً على الRO ...

وما في الجدول هو أعلى أو أقصى حرارة ممكن إدخالها على الممبرين.

1- كلما زادت درجة الحرارة زادت ذائبية الأملاح ما عدا أملاح العسرة تترسب عند درجة حرارة > 35 درجة مئوية مما يسبب إنسداد الممبرين.
2- الحرارة العالية تعمل تمدد حراري للغشاء وتوسيع مساماته.
3- يبدأ الترسيب من درجة حرارة (40 – 45 درجة مئوية) ... وكل أملاح العسرة تترسب من درجة حرارة (80 - 85 درجة مئوية).
4- زيادة الحرارة تزيد من معدل خروج الماء العذب من الأغشية نتيجة خفض لزوجة الماء وهذه الزيادة تؤدي لزيادة تركيز المحلول وبالتالي زيادة الترسيب.
5- الكلورين:

أغشية الأسيتات سليلوز مقاومة للكلورين الحُرإلى حد كبير بينما أغشية البولى أميد فتتأكسد بسهولة ... وسيتم شرح ذلك بالمعادلات عندما نتحدث عن التركيب الكيميائى للأغشية.

مشاركة الدكتور فتحى محمد أحمد:

بعض الأغشية تشترط حد أقصى كلور حر 0.1 ppm.

6- كبريتيد الهيدروجين:

لا يزيد عن 0.1 جزء فى المليون لأنه مع الأكسدة يكون عنصر الكبريت النشط ويسبب ترسب على الأغشية.

7- الكربون الكلى العضوى TOC:

يجب أن لا يزيد عن 0.45 جزء فى المليون ... وفى بعض المراجع تجد النسبة 3 جزء فى المليون حد أقصى وإن كنا لا ننصح بها عملياً.

المهندس محمد زكريا:

فعلاً أنا شغلي علي معالجة رباعياً بالأغشية بعد معالجة مياة الصرف ثلاثياً ... تتأثر جداً جداً وفي وقت سريع جداً تنخفض الإنتاجية وترتفع الضغوط بسب ال TOC ... ممكن أن تصل إلي ارتفاع الضغط ١بار يوميا ... وهذه من الأوضاع السيئة جداً اللتى تعمل عليها الأغشية.

المهندس يحيى على شبل:

ال TOCهو من الأسباب الرئيسية لتكون Biofouling على الأغشية أكثر من زيادة العد البكتيري في مياه الفييد.

المهندس أيمن موسيليني:

يوجد عدة طرق لإزالة ال TOC قبل RO مثل الكربون ومشكلته أنه يحدث له تشبع مع الوقت وفي آراء مختلفة في كيفية إعادة تنشيطه إما بالحرارة عند درجة 600 أو بالنقع بصوديوم هيدروكسيد تركيز 10% والبعض يفضل تغييره بعد التشبع ... والطريقة الأخري عن طريق مبادل أيوني Week anion Resin وطريقة ثالثة عن طريق co-aggulant مع ارتفاع الpH عن طريق الجير (كالسيوم هيدروكسيد) وهذه طريقه تقلل الTOC بصورة كبيرة في المعالجه الأولية داخل المروق.

تعليق المحاضر: تم ذكر بعض طرق المعالجة فى الجزء الأول من الكورس كالتالى:

الطرق المُقترحة:

1- انشاء وحدة لفصل الزيوت قبل المرور على المرشحات الرملية (أوفلاترالميديا) تتكون من نظام نزع الزيوت De-oiler system يستخدم طريقة الطرد المركزى Centrifuge لفصل الزيوت عن الماء.
2- استخدام كوأجيولانت أو فلوكيولانت قوى مثل ال Poly aluminum chloride PAC أو ال PAM - وقد تحدثنا عنهما فى موضوع المروقات – نستخدمه فى وحدة الDAF أو فى تنك ترسيب منفصل بعد نزع الزيوت فى المرحلة السابقة أو استخدام هذه المروقات وترسيب المواد العضوية على فلاتر رملية... ويتم استخدام هذه المروقات مع ضبط الpH تبعاً لتوصيات الشركة الموردة للمروق وبالتالى تنخفض الBOD & COD المرتبطة بتركيز المواد العضوية ... وبعد الترسيب نكون قد تخلصنا من أكثر المواد العضوية.
3- حقن الكلورلتكسير المواد العضوية ... ولتترسب على الفلاتر الرملية.
4- استخدام الفلاتر الرملية بعد إضافة الكوأجيولانت والكلورين لترسيب المواد العضوية عليها.

5- استخدام فلتر كربونى (أو Nut (walnut) shell filter):
الفلتر الكربونى النشط يقلل المواد العضوية إلى النسبة المطلوبة ... فحبيبات الكربون فعالة جداً فى امتزاز ونزع المواد العضوية من الماء ولكن العيب الخطير أننا بذلك سنستهلك الفلتر الكربونى بسرعة ويقل عمره لفترة وجيزة مما يضطرنا إلى تنشيطه بغسله بالصودا مثلاً فى وجود البخارأوأحياناً لا يستجيب للتنشيط ... والأفضل من ذلك هو الفلتر الذى يحتوى على ميديا قشرالبندق أوالجوز أو(عين الجمل) ويسمىNut-filter.
وفلتر الNut هو نوع من الفلاتر يحتوى على أغلفة ثمار الجوز وما شابهها وهى مخصصة أيضاً لإزالة المواد العضوية فضلاً عن المواد العالقة حتى 5 ميكرون ... وتستخدم عادةً مع المعالجة الثلاثية للصرف بعد المرور على ال De-oiler أو ال Gas floatation unit ... وهى تمتز المواد العضوية على الميديا مثل الفلترالكربونى ويتم عمل غسيل عكسي لها بعد تراكم المواد عليها ...
6- استخدام فلترة ميكرونية فى النهاية Micro filtration أو Ultra filtration ...

8- الحديد:

كما هو مدون بالجدول أن أقصى حد هو 0.05 جزء فى المليون ... وإن كانت بعض الشركات رفعت القيمة إلى 4 جزء فى المليون بشرط الغياب التام للأوكسجين الذائب حتى لا يؤكسد الferrous ثنائى التكافؤ إلى ferric ثلاثى التكافؤ ويترسب.

المهندس أحمد همام:

من أهم العوامل المؤثرة فى إزالة الحديد بأنواع الميديا المختلفة:

1- مواصفات الميديا المستخدمة مثل نوع الميديا رمل - بيرم- جرين ساند ... مساحة السطح والتى تعتمد على حجم الحبيبات ومساميتها والكثافة وشحنة السطح وطبيعة الcoating.
2- طبيعة المادة الممتزة (الحديد أو المنجنيز) مثل ذوبانيتها - شحنتها - الوزن الكتلي - الحجم الجزيئي للمادة الممتزة.
3- نوعية وجودة المياه مثل الأس الهيدروجيني: مثل:هل تتواجد مواد ممتزة اخرى مثل - H_2S Ammonia Heavy metal ... التركيزات لهذه الممتزات - القلوية - المواد العضوية - درجة الحرارة .
4- عوامل أخرى مثل معدل التحميل السطحي للترشيح - فترات ال Regeneration والغسيل العكسي.

وحول موضوع الحديد مع الأغشية دارت مناقشات هامة وقيمة جداً بين الخبراء اختصرناها لكم كالآتى (وبالطبع يدخل فيها اختبار تحديد تركيز الأوكسجين الذائب فى الماء):

مشاركة المهندس يحيى على شبل:

الحديد الثلاثي بحد أقصى 0.05 جزء فى المليون ... أما الحديد الثنائي إذا تم المحافظة عليه في الصورة الثنائية فتتحمل الأغشية حتى 4 مللي جرام/اللتر ... ويحدث له rejection كباقي العناصر ولا يترسب على الأغشية.

المهندس محمد زكريا:

استخدام SMBS في حالة غلق system بالكامل سيحافظ علي الحديد في صورة ذائبة بدون أي تأثير علي الأغشية حتى ولو زاد تركيزه ... لأنك نزعت الأكسجين الذى يحول الحديد الثنائي ferrous إلي ferric ثلاثى مترسب.

المهندس أحمد همام:

شرط وصول نسبة الحديد ثنائي التكافؤ إلى ٤ جزء في المليون شرطان: الغياب التام للأكسجين الذائب بمياه التغذية وألا يزيد الأس الهيدروجيني لها عن ٦ (ليس أحدهما فقط).

من مرجع DOW:

> One approach to avoid membrane fouling is to prevent oxidation and precipitation of iron and manganese by keeping the water in the reduced state. The exposure of the water to air or to any oxidizing agent (e.g., chlorine) through the whole RO process must be prevented. A low pH is favorable to retarding Fe^{2+} oxidation. At pH <6 and oxygen <0.5 mg/L, the maximum permissible Fe^{2+} concentration is 4 mg/L.

بالمناسبة أنا كنت في جنوب الضبعة من فترة ورأيت ٤ محطات تحلية مصدر التغذية بئر ... والبئر فيه حديد وكانوا يعملون بنمط أنه يمنع أي تواجد للأكسجين بمياه التغذية دون أي تخفيض للأس الهيدروجيني وللأسف المحطة لا تعمل بشكل جيد ... الأخوة الأفاضل نصيحة لا داعى لموضوع غياب الاكسجين وحده أو حتى مع تقليل الأس الهيدروجيني لأنك من المستحيل أن تمنع أي تسريب للأكسجين للوحدة ولو استطعت سيتبقي عندك احتمالية تكون iron reducing bacteria وستضطر أن تحقن كلور حتى تمنع البيوفيلم ... والكلور الذى ستحقنه سيؤكسد الحديد إلى صورة ثلاثية ... القول الفصل لابد من معالجة مبدئية للحديد.

وبالمناسبة محطات جنوب الضبعة للأسف الأملاح وصلت ٣٠٠٠ جزء في المليون من أصل أملاح تغذية ١٧٠٠٠ جزء في المليون - فرق الضغط ٩ بار والانتاجية ٨٠ $م^3$ يوم من أصل ٥٠٠ $م^3$ يوم وهذا بسبب Iron Fouling.

بالنسبة للأس الهيدروجيني ممكن مراجعة منحنى ذوبانية الحديد ثنائي التكافؤ معه فى أكثر من مانيوال تشغيل للشركات المنتجه للمبرين Toray & DOW.

حتى أنه في مانيوال DOW: أنه في حال استخدام الطريقة Anoxic process يفضل التأكد من عدم وجود أي تسريبات للأكسجين ... وبواقع الحياة العملية لا يوجد أي محطات لا يوجد بها leakage ... ثانياً: مخاطر تفاعل الحديد مع السليكا وهذا أصعب من ترسيب الحديد نفسه على الممبرين لأنه يكون أكاسيد غير ذائبة من الحديد والسليكا ... ثالثاً أكسدة الحديد بواسطة Iron reducing bacteria تسبب نمو للبكتريا بشكل خطير ... رابعاً: فى حال وجود H2S فإن الحديد الثنائى التكافؤ يكون له ميول للتفاعل مع الكبريت مكون راسب أسود الكبريت FeS.

وأنا لا أنكر إنها أحد طرق المعالجة أنك تجعل المياه في الحالة الإختزالية reduced state ولكنها مشروطة بتحقيق بعض الظروف ... ومن الصعب المتابعة الحقلية لها لفني تشغيل الوحدات.

وحول صعوبة عزل المنظومة عن الهواء الجوى قال المهندس رياض عبد الفتاح:

وكيف سوف نعالج موضوع أن بعض أنظمة الفلاتر الرملية إحدى خطواتها إمداد الفلتر بالهواء خلال عمليات ال back wash؟؟ ... الموضوع ليس فقط عزل البايبات من التهريب ... وكذلك في حالة دخول الماء إلى خزانات التجميع

قبل الفلاتر ... إرتفاع الماء في الخزان وإنخفاضه نتيجة السحب منه يعوض الجزء العلوي من الخزان بالهواء وإذا لم يحدث ذلك سوف ينضغط الخزان.

المهندس رياض عبد الفتاح:

أريد التنويه أيضاً لموضوع بكتيريا الحديد أنها تكون موجودة عندما يكون تركيز الحديد والمنجنيز عالي في الماء ... وتسمى بكتيريا ترسيب الحديد حيث يتميز هذا النوع من المياه التي تحتوى على هذا النوع من البكتيريا بلونها المحمر نتيجة تواجد هيدروكسيد الحديد ... حيث تقوم البكتيريا بتجميع وترسيب مركبات الحديدوز الذائبة في الماء (أكسيد الحديدوز إلى هيدروكسيد الحديد) وأهم أنواعها Crino therics ... وتميل إلى الحامضية والتي تحتوي على حديد ذائب وتتميز الأسطح الملامسة للمياه التي تحتوي على هذه البكتيريا بوجود nodules من هيدروكسيد الحديد المترسب.

وكان المهندس محمد زكريا له رأى مغاير بالنسبة لشرط صعوبة تحقيق الغياب التام للأوكسجين وشرط الpH بناءً أيضاً على خبرة عملية فقال:

المهندس محمد زكريا:

أنا معترض علي هذا الكلام واشتغلت حتى pH=7.6 ولم يكن فيه أي مشاكل ... أهم أمر تحديد الجرعة المناسبة - التأكد من خلو فلاتر الMMF من أي هواء - طريقة اختيار نقطة الحقن وتجريبها وقبل تطبيق هذا الكلام بعض الاشتراطات الفنية يجب عملها ... مثلاً تنظيف وتجديد الميديا الخاصة بالفلاتر الرملية او إزاله طبقة الحديد المتكونة علي الميديا.

وبالنسبة لتأثير pH علي ذوبانية الحديد كلام مضبوط ... ولكن هناك عامل ثاني مختلف وهو نزع أي أوكسجين موجود عندي في المياه بحيث أني أمنع تحويل الحديد الذائب أصلاً في المياه إلي صورة ferric ... وقد عملت علي ferrous حتي ٣ ملي جرام لكل لتر وأقل من ٤. وقصة pH أقل من ٦ ليست شرطاً لأني جربتها بيدي في أكثر من موقع.

وبالنسبة للمرجع السابق الذى ذكر الpH ... فإن المصطلحات المعلم عليها باللون الأصفر يدل على أن ال pH غير ملزم بها ولكن يُفضل انخفاضها فقط ولكن الكلورين مُلزم بمنعه ... وهناك فرق كبير فى المعنى:

> One approach to avoid membrane fouling is to prevent oxidation and precipitation of iron and manganese by keeping the water in the reduced state. The exposure of the water to air or to any oxidizing agent (e.g., chlorine) through the whole RO process must be prevented. A low pH is favorable to retarding Fe^{2+} oxidation. At pH <6 and oxygen <0.5 mg/L, the maximum permissible Fe^{2+} concentration is 4 mg/L.

وموضوع المتابعة فى الحقل سهلة جداً ... محتاج من مشرف المنطقة مثلاً أوالشخص المختص يحدد أفضل كمية حقن ويتابع الضغوط من أول الفلاتر الرملية والفلاتر القطنية وسيعرف مبدائياً من تغيرات الضغوط وفرق الضغوط على الأغشية والإنتاجية وهذا بالفعل تم تنفيذه فى محطات كثيرة جدا وتم ظبط ظروف التشغيل وتم المتابعة من قبل التشغيل

والأقسام الفنية لأن الآبار نسبة الحديد فيها تعتبر ثابتة لاتتغير . الطريقة دى بتحافظ على حالة الاغشية تقلل عدد مرات الغسيل الكيميائى تحافظ على عمر الاغشية تقلل من استخدام الفلاتر الشمعية لأن فرق الضغوط فيها هتكون منخفضة . وهذه للمشاركة:

Iron and manganese are found in water either in a *reduced* state, which tends to be soluble, or in an *oxidized* state, which tends to be insoluble. Iron is usually the most prevalent of the two metals in naturally occurring water sources. Its divalent ferrous state (Fe^{+2}) is soluble. If it is oxidized to its ferric state (Fe^{+3}), it is insoluble and can foul an RO system.

The iron concentration can be substantial in a well water, particularly if its pump is starting to rust. Pretreatment equipment can be a source of iron if black iron or carbon steel has been used for piping, tanks, or tank internals. This problem will be compounded if acid is injected upstream of the equipment.

If the iron or manganese concentration is greater than 0.05 mg/L in an RO feedwater, a means for its removal should be considered. If the iron or manganese is in the reduced (soluble) state, it may not cause any fouling problem with the RO system. If any air gets into the system or if any oxidizing agent is introduced, however, the iron or manganese will oxidize into an insoluble state. It will then tend to foul the membrane elements. It can also catalyze the oxidative effects of residual *oxidizing agents*, possibly enabling the agent to attack and degrade the RO membrane. (See

(الطريقة الثانية أقل من ناحية التكاليف ولكن بها Risk عالى)

ويدخل المهندس رياض فى المناقشة فيقول:

بالنسبة لطريقة معالجة الحديد بطريقة نظام معزول من الهواء لايمكن تعميمه خصوصاً أن الشركات والمصانع النظام عندهم بشكل عام ليس من السهل عزله من الهواء ... وكمثال هناك شركات تقوم بعمل back wash للفلتر الرملي مثلاً وتكون إحدى خطواته عمل Drain ثم air scrub بمعني خلط الفلتر بالهواء وكذلك بعض التهريبات التي لايمكن ملاحظتها في بعض الخطوط المغلقة المرتبطة بالفلاتر وكذلك خزانات تجميع المياه قبل الفلاتر تكون المياه متصلة مع الهواء في الجزء العلوي من الخزانات وبالتالي لايمكن تعميم هذه الطريقة.

ويُكمل المهندس رياض عبد الفتاح:

أريد التنويه عن أضرار الحديد:

1- **كمياه للشرب يجب أن لايزيد عن ppm0.3...لأنه إذا زاد عن ذلك يسبب مشاكل في الطعم.**
2- **مشاكل في خطوط المواسير وخصوصاً في التنكات المعدنية.**
3- **مشاكل في أبراج التبريد.**

4- **مشاكل في المواسيرالبلاستيك يحفز ترسبات أملاح الحديد خصوصاً في الأكواع والإنحناءات.**

5- **إنسداد في المواسير لو الوسط يساعد على ترسيب الحديد.**

9- البكتيريا:

بالجدول ذكرنا أن البكتيريا يجب أن لا تزيد على 1.000 CFU/ml ويتم التحليل فى خط الريجيكت داخل الفيزل (وهى بطريقة DIP Slides).

استفسار أحد الزملاء:

بالنسبة لفحص البكتيريا في خط الreject بطريقة Dip-slides ماهي فكرتها وطريقة عملها؟؟

أجاب المهندس عادل عبد الحليم السلايمة وتم ترجمة مقاله للعربية:

Dip slide هو اختبار للمحتوى الميكروبى للسوائل ... تتكون من حاملة بلاستيكية تحمل وسط (ميديا) معقمة تُغمس فى عينة المياه ويتم عمل حضانة لها فى Incubator للسماح بنمو البكتيريا الموجودة فى المياه لتكون مستعمرات ... درجة الحرارة تكون عند 30 درجة مئوية لمدة 48 ساعة للحصول على نتيجة حقيقية ... ويتم تحديد عدد البكتيريا من خلال رسم بيانى مرجعى (Reference chart) ... وهى طريقة أكثر شيوعاً لقياس ورصد المحتوى الميكروبى (بالأخص البكتيريا الهوائية) فى العديد من النظم ونظم التبريد وأنظمة المياه الصناعية

وهذه صورة تبين شكل Dip slide:

وهذه صورة للحاضنة التي توضع بها الdip slide ... وال DTK هواسم الشركه المصنعه لdip slide:

المياه السطحية أم مياه الآبار؟!!

(تفريغ لجزء من محاضرة المهندس محمد موسى بجانب بعض الملاحظات)

لو كان عندى مصدر للمياه من بئر جوفى وآخر مياه سطحية (مثل مياه البحر) ... أيهما أفضل لتقنية التناضح العكسي؟؟؟ ... قبل الإجابة على هذا السؤال يجب عقد مقارنة بين المصدرين من حيث المزايا والعيوب فنقول ... أهم فائدة للمياه السطحية هى وفرتها ... أما الآبار فهى ليست متاحة مثل الأولى ... وتتطلب تقنية لاستخراج المياه من باطن الأرض مما يزيد التكلفة.

وإذا نظرنا إلى عيوب المياه السطحية نجد أن هناك 3 أمور:

1- التغير الحرارى: فدرجة حرارة المياه السطحية ليست ثابتة بل تتميز بالتغير الحرارى من 12 درجة مئوية إلى 32 درجة مئوية أو أكثر ... والجدير بالذكر أن درجة الحرارة عند 12 درجة مئوية تسبب التكلفة العالية فى تشغيل وحدة التناضح وقد تؤدى إلى عدم نجاح المشروع ... درجة حرارة 25 هى الدرجة المثالية والتى يتم تصميم الوحدات عليها ... وكلما زادت درجة الحرارة (35 درجة مئوية مثلاً) زادت معدل الترسيب للأملاح.

يسبب ارتفاع درجة الحرارة أيضاً إلى ما يسمى بظاهرة هيستيريا الأغشية Hysterical membrane ... وكى نوضح الأمر نقول أنه لو كان عندى محطة انتاجيتها 500 متر مكعب عند 27 درجة مئوية ... وارتفعت درجة حرارة مياه التغذية إلى 32 درجة مئوية فإنه يحدث تشوه Deformation للأغشية ... فإذا رجعت درجة الحرارة إلى 27 درجة مئوية مرة أخرى وجدنا الانتاجية ستقل (مثلاً 480 متر مكعب) ... وهذه الظاهرة تكون مصاحبة لنوع الأغشية المصنوع من البولى أميد.

وعند درجة حرارة فوق ال 45 درجة ... لا يُمكن تصميم محطات التناضح العكسي.

وبالنسبة لمياه الآبار فتمتاز بالثبات الحرارى طوال العام قد تزيد أو تقل فى حدود درجتين فقط.

2- معامل العكارة (مؤشر كثافة الطمى) (SDI):

لو زاد عن 5 فإنه يحدث خسارة فى الإنتاجية تصل إلى 13% ... فلو كانت الإنتاجية 500 متر مكعب فإنها تقل مع الوقت أو نضطر إلى رفع ضغط الطلمبة للحفاظ على هذا المعدل (من900 psi مثلاً إلى 950 psi).

3- الكربون الكلى العضوى(TOC): أقصى رقم لدخول المياه على الأغشية هو 0.45 جزء فى المليون (بالتقريب 0.5 جزء فى المليون) ... والمياه السطحية قد تصل الTOC فيها إلى 6-7 جزء فى المليون نتيجة تواجد الكائنات الحية ... إلخ ... أما المياه الجوفية فالTOC منخفضة لعدم وجود طحالب أو بكتيريا بالمقارنة بالمياه السطحية.

لذا كانت المياه الجوفية أفضل فى أغلب الأحيان من مياه البحر فى تقنية التناضح العكسى (حتى ولو كانت بها بعض العيوب كنسب الحديد العالية).

فلو اضطررنا لاستخدام المياه السطحية فيجب أن نلجأ إلى أساليب معينة فى المعالجة الأولية بداية من المأخذ البحرى ... فنحاول أن نمد مواسير المياه بعيدة عن منطقة الشاطئية وعكارتها وبعيدة عن المنطقة الضوئية (Photic zone)

الغنية بالطحالب والبكتيريا ... وقد حددوها بحوالى 10-20 متر تحت سطح البحر وإن كان ذلك مكلف اقتصادياً ومكلف فى الصيانة ... واتفق معظم مصممى الوحدة على امداد المواسير تحت سطح البحر بحوالى 1 – 2 متر وبعيداً كما قلنا عن المياه الشاطئية بقدر الإمكان.

كما يجب أن نوفر امكانية لعمل تنظيف ذاتى للمواسير باستخدام بلاور هوائى مثلاً (بضغط 3 – 6 بار) لينظف المواسير من أى كائنات علقت بها كالطحالب وغيرها.

المهندس يحيى على شبل:

طبعاً بالنسبة للمحطات ذات السعات الصغيرة تقريباً أقل من 20 ألف متر مكعب/ يوم فإن الآبار كمصدر للمياه سيكون أوفر وأفضل ويعتمد على سعة الخزان الجوفي وكذلك المساحة المتاحة لعمل الآبار بها ولكن السعات الأكبر من ذلك أو لعدم توافر المساحة للحفاظ على المسافة المطلوبة بين الآبار وبعضها وكذلك ضعف التعويض بالخزان الجوفي فإن مياه البحر هي السبيل الوحيد وكذلك بعض الأماكن تكون المياه الجوفية أو حتى الآبار الشاطئية أملاحها أعلي بكثير من مياه البحر.

المهندس محمد على عبد المنعم:

الجزئية الأخيرة الخاصة بتنظيف المأخذ البحري في جهاز اسمه (مانع الحشف) أعتقد أن دوره منع اقتراب الكائنات الحية من المأخذ عن طريق إصدار موجة كهربية بسيطة أظن 5 فولت على مواسير المأخذ.

المهندس أيمن موسيليني:

ومن أحد عيوب المياه السطحية التغير في قيم العكارة والتي تتطلب تغيير معدلات حقن الشبة والبولي في المروق وهذا يتطلب يقظة من العاملين بالوحدة للتعامل مع أي متغير في قيم العكارة وتركيز الكلور وحرارة المياه والحمل العضوي هذه الاشياء قد تتغير خلال 24 ساعة.

ومن عيوب المياه السطحيه عدم ثبات الحمل الحراري ومن ثم تأثيره علي عدم استقرارالضغوط وجوده المياه من حيث salt passage وتأثيره علي البناء الهيكلي للأغشية.

وبالنسبه لمشكلة التغيير الحراري للمياه السطحية ومدي تأثيرها علي الاغشية أنا اقترح في حالة ارتفاع الحرارة أن تمر المياه علي برج نازع غازات ومع زيادة مساحة السطح للمياه ووجود تيار هواء معاكس لتيار المياه ستفقد المياه جزء كبير من الحرارة ومن ثم سيكون هناك شبه ثبات حراري طوال فصل الصيف.

المهندس سُمية طه ذكرت ملاحظة هامة:

بالنسبه لتكون ال TOC:عن طريق خطأ تشغيلي وكيفيه التغلب علي هذه المشكله نفعل الاتي؟ في بعض الاحيان مثل ما ذكر م وليد أن بعض الآبار بها كائنات حية بدون قصد يقوم المصمم بوضع مضخة الكلور على تانك بعد البئر مباشرة ويتفاعل الكلور مع الكائنات الحية فينتج لنا TOC وهو سام ومنظمة الصحة العالمية ترفض وجود أي نسبة

في التانك المبدئي لذلك من الأفضل في وجود نسبة كائنات حية بالبئر ونقوم بعمل التانك أولا ثم حقن الكلورعلي نقطة بعيدة عن البئر.

استفسار أحد الزملاء:

كما ذكرت سيادتك كثير من العوامل المؤثرة على الممبرين تختلف حسب نوعية الأغشية سواء أغشية الأسيتات أوأغشية البولي أميد لكن هل من طريقة لي كمستخدم معرفة نوع الأغشية والتفريق بينهما إذا لم يتوفر لي داتا شيت للممبرين؟

المهندسة سُمية طه:

ممكن تخرج الممبرين من الفيزيل الخاص به ويكون مكتوب عليه كود أو موديل الممبرين عن طريقه إسأل الشركات الموردة وستقوم بإرسال الداتا شيت الخاصة به و كل التفاصيل.

رد المحاضر:

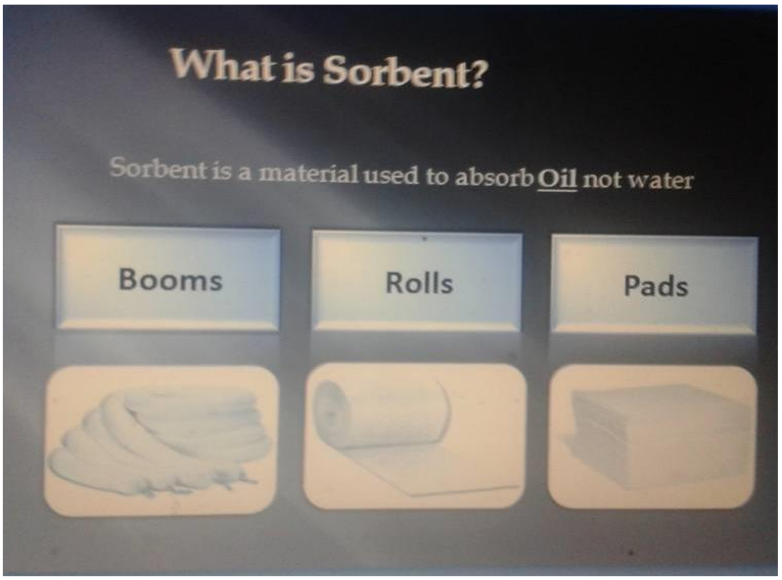
من أكبر الأخطاء الإدارية وليس الفنية هو عدم تسجيل الhistory الخاص بالأغشية فى الوحدة من حيث النوع ومكانها فى الفيزل وتاريخ استخدامها وكم مرة تعرضت للغسيل الكيماوى ... فضلاً عن عدم الاحتفاظ بالمانيوال الخاص بها ... إلخ

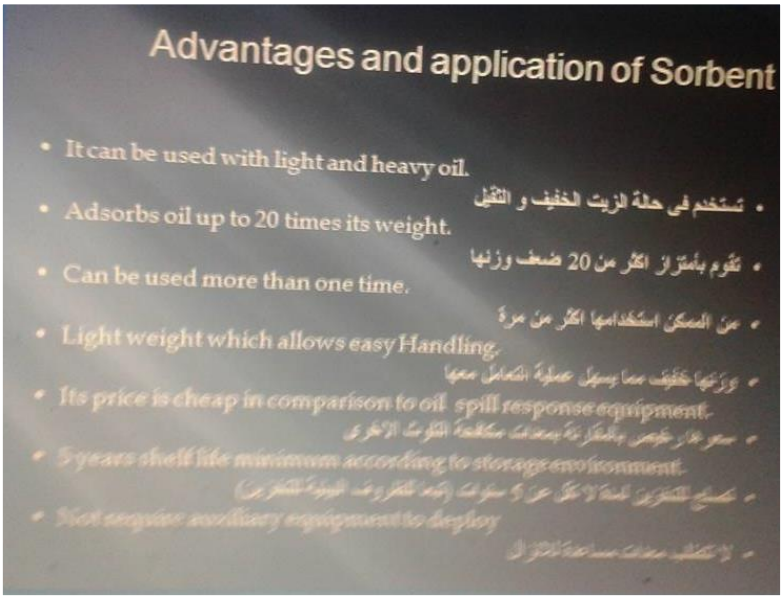
المهندس محمد على عبد المنعم:

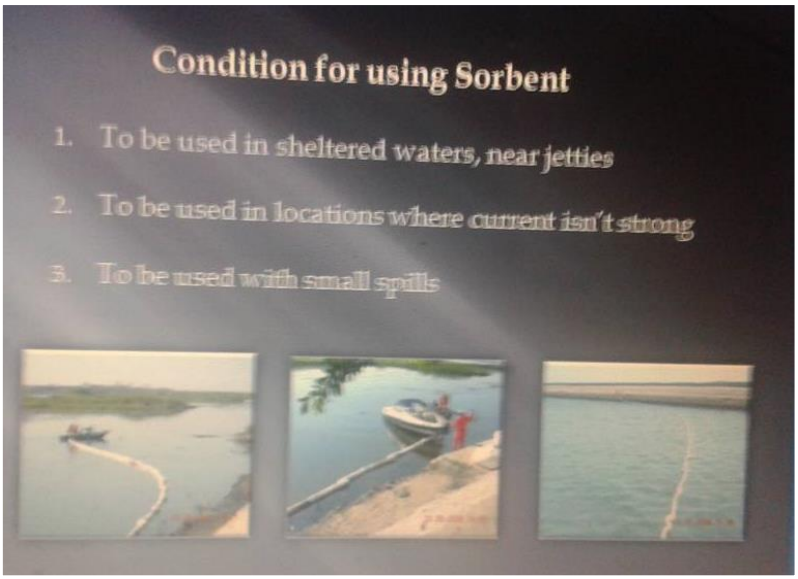
خطأ إداري يتبعه كوارث فنية ... وهناك برامج تقارن أنواع الأغشية وتعطيك توقع لآداءها حسب معطياتك للبرنامج.

مشاركة الدكتور فتحى محمد أحمد:

بعد تكرار تسريب بقع السولار فى المآخذ البحرية اتجهت شركات المياه إلى استخدام ماصات الزيوت oil booms لامتصاص الزيوت دون المياه ويعاد استخدامها مرة اخرى بعد عصر الزيوت منها.


What is Sorbent?
Sorbent is a material used to absorb Oil not water
Booms
Rolls
Pads


Advantages and application of Sorbent
It can be used with light and heavy oil.
تستخدم في حالة الزيت الخفيف و الثقيل
Adsorbs oil up to 20 times its weight.
تقوم بامتزاز اكثر من 20 ضعف وزنها
Can be used more than one time.
Light weight which allows easy Handling.
Its price is cheap in comparison to oil spill response equipment.


Condition for using Sorbent
1. To be used in sheltered waters, near jetties
2. To be used in locations where current isn't strong
3. To be used with small spills

تعليق المحاضر:

السولار يدمر طبقة البولى سلفون وسنتكلم عن هذا فى النقاش الخاص بالفاولينج العضوى ...

استفسار أحد الزملاء:

مامعنى الداتا شيت للممبرن؟

المهندس خليل قاسم خليل:

الداتا شيت فيه كل مواصفات الممبرين والحدود القصوي لكل العوامل المؤثرة علي الممبرين أثناء التشغيل وأثناء التخزين أيضاً ... والمصطلح بالضبط اسمه material safty data sheet واختصاره msds تقدر تعتبرها توصيات من الشركة المصنعة

المهندس خالد مصطفى:

الداتا شيت مثل المانيوال.

وبخصوص شروط دخول الأغشية إليك مشاركات الزملاء:

المهندس عماد حمدى:

بعض الشروط الواجب توافرها في المياه:

1- **نسبة أملاح تناسب الأغشية.**
2- **درجة حرارة مناسبة.**
3- **الابتعاد عن وجود بعض المركبات العضوية.**
4- **الابتعاد قدر الامكان عن الطفلة.**
5- **إستقرار في نسبة الأملاح.**
6- **نقطة سحب المياه تكون منطقة إيجابية.**

المهندس عبد العزيز عبد الغنى السبئى:

من شروط الدخول:

1- **أن تمر مياة التغذية في فلاتر رملية للتخلص من العوالق والشوائب.**
2- **أخذ مواصفات مياة التغذية وقياس نسبة القلوية وكمية الأملاح الذائبة وهل هي مناسبة للأغشية المستخدمة في محطة التحلية .**
3- **عند اختلاف الضغوط وارتفعها يتم عملية انعكاس للأغشية أوالممبرين وبالتالي تعمل المياه المنتجة للتخلص من نسبة الأملاح المترسبة بفعل ضغط المضخات.**
4- **في حال إذا لم يتم التخلص من الأملاح المترسبة أو تخفيض نسبة ال pH في مياة التغذية ممكن نستخدم حمض الكبريتك H_2SO_4 للتخلص من نسبة الكلس الموجود في الأغشية بشرط التحكم في نسبة تركيز الحمض و مراعاة نوع الغشاء**

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

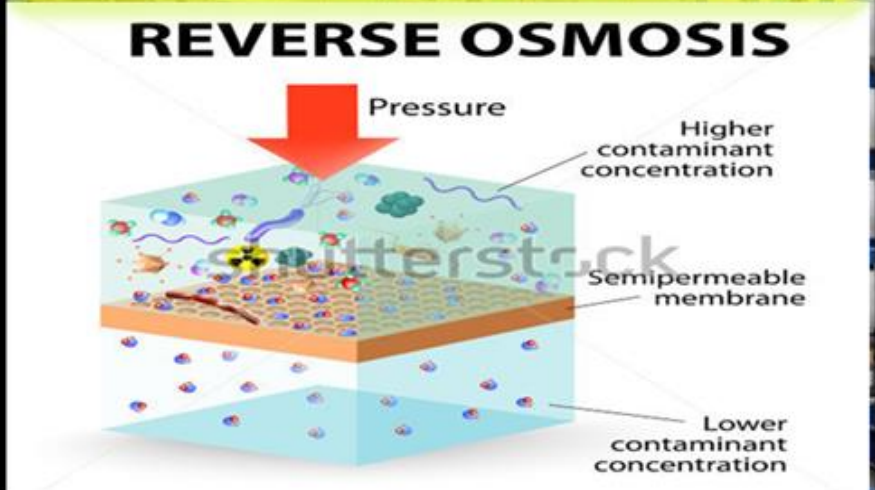
Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

WTEF

وظيفة أغشية التناضح!

3

النقاش الثالث



النقاش الثالث:-

3- وظيفة أغشية التناضح

مياه التغذية تحتوى على مكونات constituents وملوثات contaminants متعددة وقد ذكرناها بالتفصيل فى الجزء الأول من الكورس ... والمفترض نظرياً أننا تخلصنا فى مرحلة المعالجة الأولية من هذه المحتويات التى لها حجم أكبر من 1- 5 ميكرون مثل:

المواد العالقة Suspended matter – المواد الغروية colloids – المستحلبات الزيتية oily emulsions – والمواد البروتينية Proteins – الخلايا البكتيريا والفيروسية والمواد الذائبة ذات الحجم الكبير.

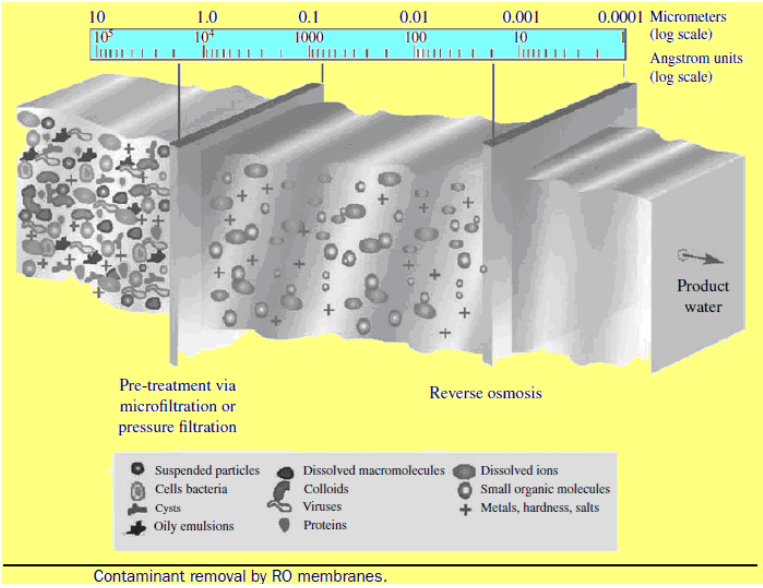
والمفترض نظرياً أيضاً - كما بالصورة التالية - أن مكونات المياه الداخلة على أغشية التناضح لها حجم أقل من 1 ميكرون حيث تستطيع الأغشية حجز هذه الأحجام الصغيرة حتى 0.001 ميكرون (يعنى 10 أنجستروم) وأهم هذه المكونات الأملاح الذائبة والأيونات وأملاح العسر المتبقية من المعالجة الأولية بجانب بعض الجزيئات العضوية الصغيرة ...

وأغشية التناضح تزيل 95 – 99% من الأملاح الكلية الذائبة TDS.

وكى تتخيل وظيفة الأغشية نعطى لك مثال عن مياه البحر الأحمر التى تحتوى على TDS = 45000 جزء فى المليون تستطيع بعض أغشية التناضح العكسي الوصول بها إلى 250 جزء فى المليون وبمرحلة واحدة كما سنشرح بعد ذلك... يعنى إزالة أملاح بنسبة 99.4 % تقريباً.

وما أقل من 10 أنجستروم مثل الغازات الذائبة تستطيع اختراق الأغشية وتخرج مع المياه المنتجة ... نذكر منها الأوكسجين الذائب وثانى أوكسيد الكربون الذائب وكبريتيد الهيدروجين ذو الرائحة الكريهة وكذلك الأمونيا ... بمعنى آخر أن ريجيكت الغازات = صفر فى التناضح العكسي وكلها تخترق الأغشية مع مياه البيرميت.

تابع التعليقات ... وادخل فى النقاش لوجود مواضيع شائكة فى فصل الأملاح وحجزها تحتاج لتوضيح ...!!



Contaminant removal by RO membranes.

نذكر أيضاً أن كائنات البروتوزوا التى يتراوح حجمها ما بين 1 – 60 ميكرون (مثل الجيارديا Giardia والأنتاميبا هستولوتيكا وغيرها مما ذكرناه فى باب الكلورة فى الجزء الأول) قد تستطيع الهروب من جحيم المعالجة الأولية نظراً لمقاومتها للكلورين (زمن التلامس قد يصل إلى 1400 دقيقة حتى نستطيع قتل هذه الكائنات) يتم حجزها بالطبع فى أغشية التناضح بجانب 99.99% من الميكروبات Pathogens ... وقد تم شرح ذلك باستفاضة فى الجزء الأول من الكورس.

تنبيه:

ما فوق الواحد ميكرون من مكونات المياه المختلفة تستطيع أغشية التناضح حجزها بالطبع ... ولكن لا يُمكننا الإعتماد على هذا لأن ذلك يُسبب تراكم هذه المكونات وحدوث الاتساخ (الفاولينج) Fouling على سطح الأغشية ويسبب مشاكل كبيرة سنذكرها لاحقاً ... لذا كانت المعالجة الأولية من الأهمية بمكان للتخلص من هذه المكونات قبل دخولها على الأغشية.

المهندس رياض عبد الفتاح عوض:

وهذه صورة بالدوائر تحدد مدى دقة مسامية غشاء التناضح العكسي ... حيث أنها شاملة تحدد حجم مسامية الغشاء إلى حجم البكتيريا إلى حجم الفيروسات إلى حجم أملاح البحر إلى حجم الكالسيوم كاربونيت $CaCO_3$ إلى حجم مسامية طبقة النانو فلتريشين Nano-filteration إلى حجم مسامية طبقة الألترا فلتريشين:

تعقيب المهندس أيمن موسيليني:

لكن في الواقع العملي هناك بكتيريا تخترق مسامات الممبرين تتحول علي شكل خيوط ومن ثم تخترق الأغشية.

ومن أحد المراجع الأمريكية الشهيرة بعنوان Desalination engineering planning and design للمؤلف Nikolay Voutchkov تم ترجمة هذا الجدول الخاص بالنسب المئوية للمكونات المُزالة بواسطة أغشية التناضح العكسى ... إلى حضراتكم البيان:

المحتويات فى مياه التغذية	النسبة المئوية المُزالة بالتناضح العكسي (% Removed)
المواد العضوية Organics والمواد العضوية المتطايرة VOCs والمبيدات الحشرية Pesticides	% 50 – 5
الكربون العضوى الكلى TOC	%98 – 95
الجراثيم الميكروبية Pathogens	% 99.99 <
الأملاح الذائبة الكلية TDS	% 99.5 – 90
الكالسيوم Ca	%97 – 95
المغنيسيومMg	%97 – 95
البيكربونات (HCO_3^-)	%97 – 95
البوتاسيومK	%95 – 92
النيترات $NO3^-$	% 95 – 94
المواد المُشعة Radiological	% 95 – 94

المهندس محمد زكريا:

هذه النسب تختلف طبقاً لنوع ومكونات طبقة البولي أميد "بالأخص نوع مونيمرات البوليمر وسُمك الطبقة".

ونلاحظ الآتى:

المواد العضوية الصغيرة الحجم لا تُزال بفاعلية لذا وجب الإهتمام بإزالتها فى المعالجة الأولية جيداً كما شرحنا من قبل فى الجزء الأول.

المهندس محمد زكريا:

بعض المذيبات العضوية ذات وزن جزيئي M.wt منخفض لايتم نزعها بالكامل ... والتركيب الكيميائي للمركب العضوي هو من يؤثر في نسبة طرده من مياة التغذية.

بالنسبة لنزع المواد العضوية ده بيعتمد على الحجم الفزيائى والشكل الفراغى للمركب والتركيب الكيميائى له:

How well an organic molecule permeates an RO membrane will depend on its physical size and shape and on its chemical characteristics. Generally, the

وكذلك ال polarity للمركب العضوي عامل هام جداً جداً ... وكثير من الدرسات وجدت أنه إذا كان الوزن الجزيئى أقل من 200 فيكون له نفاذية أعلى وبالتأكيد الشكل الفراغى وباقى الخواص الفزيائية وتركيب سطح الغشاء عامل هام جداً:

Smaller organic molecules with polar characteristics will tend to diffuse better than larger, neutral ones. A very general rule of thumb is that organic molecules with a molecular weight less than 200 are more likely to permeate the membrane than ones with molecular weight greater than 200.

وهذه أمثلة لمركبات عضوية قليلة فى الوزن الجزيئى:

Table 1-3
Rejection of Organic Molecules by Polyamide Thin-Film Membrane

Organic	*Concentration*	*Rejection (%)*
Acetone	0.1 Molar	70
Ethanol	0.1 Molar	40
Phenol	0.1 Molar	40
Methylethyl ketone (MEK)	0.1 Molar	75
Isopropyl alcohol (IPA)	Independent	90
Sucrose	Independent	Almost 100
Dextrose	Independent	Almost 100

(Courtesy of Osmonics, Inc.)

وإليكم جدول آخر يستعرض الفرق بين قدرة الأغشية من النوعان (أسيتات السليلوز CTA والـ Thin Film composite) على التخلص من المكونات المختلفة المتواجدة فى المياه:

Inorganics	CTA Rejection	TFC Rejection	inorganics	CTA Rejection	TFC Rejection
Sodium	85-90%	90-95%	Fluoride	85-90%	90-95
Calcium	90-95%	93-98%	Phosphate	90-95%	93-98%
Magnesium	90-95%	93-98%	Chromate	85-90%	90-95%
Potassium	85-90%	90-95%	Cyanide	85-90%	90-95%
Iron	90-95%	93-98%	Sulfate	90-95	93-98%
Manganese	90-95%	93-98%	Boron	30-40%	55-60%
Aluminum	90-95%	93-98%	Arsenic+3	60-70%	70-80%
Copper	90-95%	93-98%	Arsenic+5	85-90%	93-98%
Nickel	90-95%	93-98%	Selenium	90-95%	93-98%
Zinc	90-95%	93-98%	Radioactivity	90-95%	93-98%
Strontium	90-95%	93-98%	Biological&Particles		
Cadmium	90-95%	93-98%	Bacteria	>99%	>99%
Silver	90-95%	93-98%	Protozoa	>99%	>99%
Mercury	90-95%	93-98%	Amoebic Cysts	>99%	>99%
Barium	90-95%	93-98%	Giardia	>99%	>99%
Chromium	90-95%	93-98%	Asbestos	>99%	>99%
Lead	90-95%	93-98%	Sediment/Turbidity	>99%	>99%
Chloride	85-95%	90-95%	Organics		
Bicarbonate	85-90%	90-95%	Organics MW>300	>90%	>99%
Nitrate	40-50%	85-90%	Organics MW<300	0-90%	0-99%

[CTA=Cellulosic Membrane -TFC=Thin Film Composite]

All rejections nominal for 60 psi net pressure and at 25 ºC

ونلاحظ فى الجدول أن كفاءة الأغشية فى إزالة البورون ضعيفة ... (أغشية السليلوز تزيل حوالى 30 – 40% والبولى أميد تزيل حوالى 55 – 60% فقط) ... ولذا فالتعامل مع البورون له قصة سوف نفرد لها نقاش إن شاء الله بعد ذلك.

والجدول التالى نذكر فيه مثالين لتركيزات الأيونات قبل وبعد خروجها من أغشية التناضح العكسي (مياه التغذية ومياه البيريمت المُنتجة) ... أول مثال لمياه المحيط الهادى الذى يدخل على أغشية التناضح العكسي الخاصة بمياه البحر SWRO ... والمثال الآخر عينة لبئر جوفى حيث نوع المياه متوسطة الملوحة (Brackish water):

المحتوى	مياه التغذية المحيط الهادى	مياه البيرميت المنتجة	مياه تغذية لبئر جوفى	مياه البيرميت المنتجة
الكالسيوم	403	0.6	270	4
المغنسيوم	1298	1.3	195	1.9
الصوديوم	10693	88	1090	37
البوتاسيوم	387	4.3	60	2.3
البورون	4.6	0.8	-	-
البرومايد	74	0.7	-	-
البيكربونات	142	2.2	250	12.1
الكبريتات	2710	7.1	940	60
الكلورايد	19287	145	2311	60
الفلورايد	1.4	0	-	-
النيترات	0.0	0	1.04	0.17
السيليكا	-	-	11.4	0.6
TDS	35000	250	4650	120

الأملاح التى تمر والتى لا تمر!

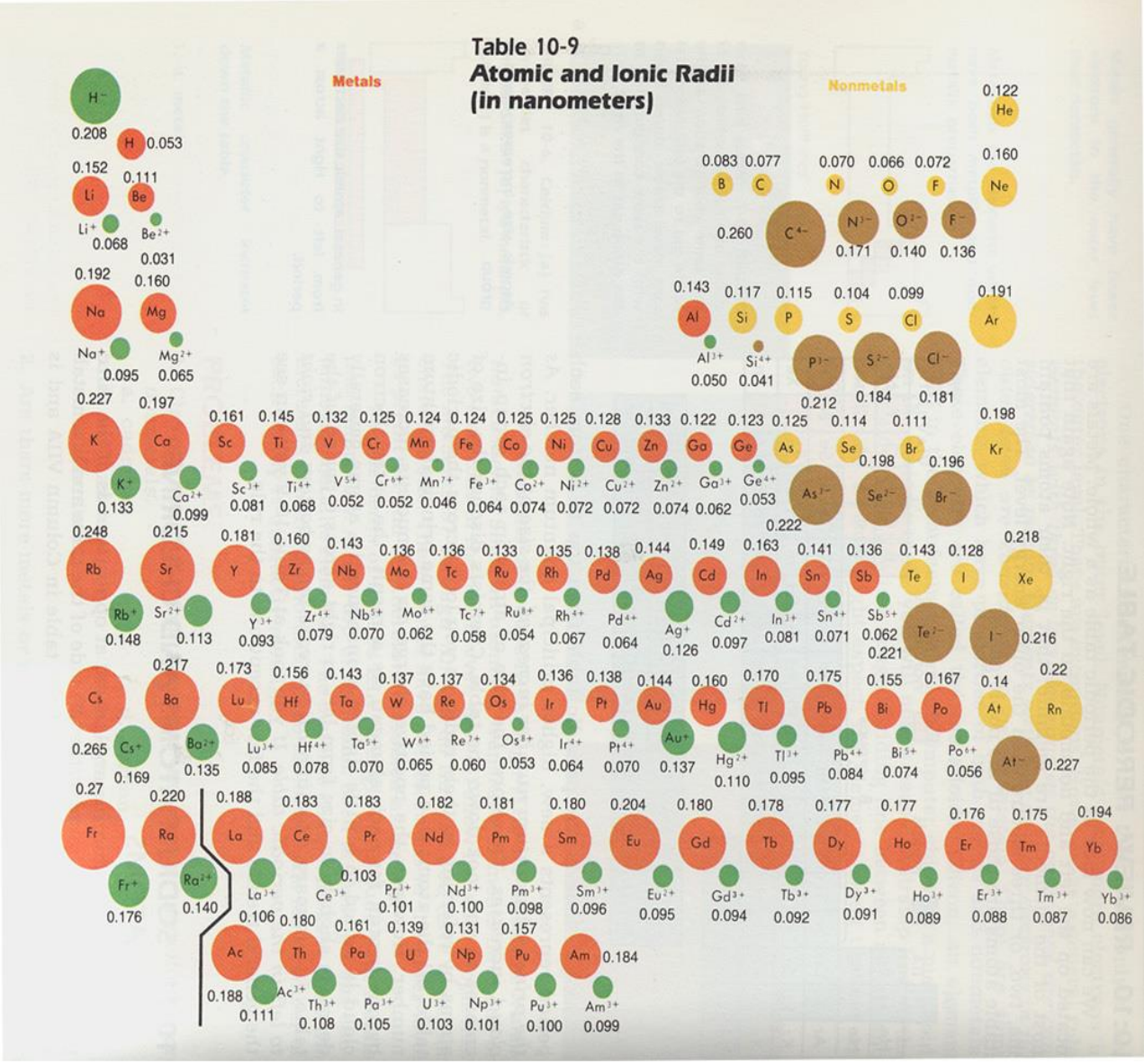
ذكرنا فى الجزء الأول من الكورس أننا يجب أن لا نخلط الأمور بين العمليات الفيزيائية والعمليات الكيميائية ... فلا تذهب أذهاننا إلى دخول الكيمياء فى عملية الفصل ... فأغشية التناضح العكسي فى تعريفها من البداية هى عملية فصل فيزيائى بحت ...

وبما أننا نقول أن الفصل فيزيائي فيجب أن تتجه تفسيراتنا إلى حجم المواد المفلترة ...

فإذا نظرنا إلى الأملاح التى تمر عبر الأغشية فنلاحظ أنه كلما صغرت الذرات أو الجزيئات كان من السهل مرورها والعكس صحيح ...

نذكر الشباب ... أنه فى بداية دراستنا للكيمياء وتعريف الذرة والأيونات وأحجامهما ... علمنا أن الذرة تحتوى على بروتونات موجبة فى النواة والكترونات سالبة تطوف حولها فى مدارات ... وعند دراسة حجم الذرة atomic radius نجد أنه بملاحظاتنا للجدول الدوري أن حجم الذرة يقل كلما اتجهنا يميناً وهذا بسبب زيادة عدد البروتونات الموجبة فى الذرة والتى تجذب الألكترونات إليها أكثر فينكمش حجم الذرة ... وبالطبع فإن حجم ذرة الصوديوم الأحادية التكافؤ (آخر مدار فيه الكترون واحد) يكون أكبر من حجم ذرة الماغنيسيوم الثنائى التكافؤ ... والألمونيوم ثلاثى التكافؤ يكون حجم

ذرته أصغرمن حجم ذرة المغنيسيوم ثنائى التكافؤ وهكذا .... وكذلك ترى فى الرسم التوضيحى القادم والذى اعتبره توضيحاً شافياً لأحجام الذرات فى الجدول الذرى ... انظر مثلاً إلى الكالسيوم بالرغم من أن له مدار زائد عن الصوديوم إلا أن حجم ذرته يزيد قليلاً عن حجم ذرة الصوديوم ... وبالتالى عندما يفقد ألكترونين فى مداره الخارجى يتقلص حجمه ليكون فى مستوى الصوديوم أو أقل منه ... والمعلوم ان تحديد حجم الذرة بالبيكو (10 أس سالب 12) يكون صعب جداً وتراه يختلف من مرجع لآخر ... ولكننا نتحدث عن النسبة والتناسب بين حجم الذرات ...



وهكذا كلما قل حجم الذرة زادت نفاذيتها خلال غشاء التناضح العكسي ... كما أن الشحنة التى على الذرة عامل مؤثر ... وما تحدثنا عنه لا يتم تعميمه فى كل عناصر الجدول الذرى للأمانة العلمية ... كما لا يُمكن تعميمه على الإطلاق فى حديثنا عن التناضح العكسي ... بل يُمكن تعميم العكس! وذلك لدخول ظاهرة إلى الساحة تُعرف بالhydration التى تجعل الأيونات الأكثر عدداً فى الشحنات ترتبط بجزيئات ماء أكثر فتكبر فى الحجم ... فمثلاً أيون الصوديوم عليه شحنة

موجبة واحدة ... وجزىء الماء يحتوى على ذرة أوكسجين عليها شحنة سالبة جزئية نظراً لقرب الألكترونات منها عن ذرتى الهيدروجين.

وأما ذرة الماغنيسيوم مثلاً أو الكالسيوم فعليها شحنتين موجبتين وبالتالى ترتبط بجزئين للمياه ويكون حجمها أكبر من ذرة الصوديوم فيكون مرورها أكثر بصعوبة ... فإذا رأينا ذرة الألمونيوم وجدنا عليها ثلاث شحنات وبالتالى ترتبط بثلاث جزئيات مياه فيكون حجمها أكبر وأكبر ويكون اختراقها للغشاء أصعب وفرصة تكوينها للفاولينج على الأغشية أكبر ... أيضاً نحن لا نقول أن الأيونات التى عليها شحنات أعلى لا تمر ... فمثلاً عند استخدام الشبة فى المعالجة الإبتدائية بما تحتويه من ألومنيوم ثلاثى يظهر فى مياه البيرميت بوضوح ... خاصة لو كان الغشاء بدأ فى مرحلة الشيخوخة ونفاذيته أصبحت أكثر من الماضى.

انظرأيضاً إلى حجم ذرة الكربون التى عليها أربع شحنات سالبة فى الجدول السابق (حرف الC) لتعرف كيف تتراكم المواد العضوية على الأغشية والتى تتركب أساساً من عنصر الكربون ...

ويبقى الصراع بين حجم الذرات وظاهرة الhydration فى اختيارية المرور للأملاح قائماً بين الباحثين ... فمازال الموضوع يشوبه الغموض ... كما يدخل عاملان آخران إلى حلبة الصراع وهما الوزن الجزيئى Molecular weight وتفرع الجزيئات Branching وهما عاملان آخران يؤثران فى نفاذ الأملاح ... ونرجو من الأخوة الباحثين امدادنا بأبحاث علمية اهتمت بهذا الجانب.

أمر أخير أن الأغشية لا تقسم الملح إلى نصفين! فمثلاً ملح الطعام NaCl ينفذ بشقيه من خلال الأغشية ... فتكون نسبة الكلورايد إلى الصوديوم فى مياه التغذية هى نفس النسبة بينهما فى مياه البيرميت ... وهذا هو الأصل ... وإن كان التوازن بين نسب الأملاح المختلفة لبعضها البعض هو الذى يختل فى مياه البيرميت ... فمثلاً نسبة كلوريد الصوديوم إلى كلوريد الكالسيوم تختلف فى مياه التغذية عن مياه البيرميت ... لذا بعض الشركات تقوم بإعادة ضبط الأملاح مرة أخرى فى المعالجة النهائية كما سنتحدث فى نهاية رحلتنا.

المهندس أيمن موسيلينى:

أنا قمت فعلاً بقياس الألمونيوم في مياه البيرميت ووجدت رقم للألمونيوم وهذا كان محل نقاش وجدال لدي في العمل ومع الشركة المصممة للمحطة وبعد البحث والاستفسار تم التأكيد علي امكانية نفاذية الألمونيوم من الممبرين.

المهندس رياض عبد الفتاح عوض:

من وظائف أغشية التناضح العكسي هو فعاليتها في إزالة البكتيريا والفيروسات ... وقد تصل النسبة ل 100 % بشكل عام حيث نفاذية الممبرين = (0.1 نانوميتر) حوالي 10 أنجستروم ... والأقل لايمكن أن تعبر من خلاله البكتيريا فهو أقل بكثير من قطر أصغر بكتيريا وفيروس ... حيث نفاذية الممبرين بال micron 0.0001 وحجم الفيروسات 001.0 micron ... ولكن كيف تنفذ البكتيريا والفيروسات من خلال الغشاء؟؟

والسبب:

1- **هو نتيجة لحجز البكتيريا وبإعتبار الغشاء وسط ملائم لنموها فإنها تشكل مستعمرات تسبب تهتك للأغشية مع الوقت وبالتالي تمرعبر الغشاء وهذا التهتك سببه هو تغذي المستعمرات البكتيرية على الغشاء فيتهتك جزء منه يُمكن أن يسمح بمرور البكتيريا.**

2- **وجود مشاكل ميكانيكة يسبب قطع بالغشاء.**

3- **أخطاء في التركيب.**

4- **إختلاف كبير بالضغوط.**

لذلك يجب تعقيم المياه قبل دخولها للممبرين حفاظاً على الممبرين من التلف بسبب البكتيريا كما أنه هناك نوع من البكتيريا المرنة التي يمكنها أن تنفذ خلال الغشاء.

إذا الممبرينات تزيل البكتيريا والفيروسات بشرط سلامة الحالة العامة للممبرين وعدم تعرضه للتلف.

ويُكمل المهندس رياض عبد الفتاح:

وهناك وظيفة مهمة جداً للغشاء وهي التخلص من العناصر المشعة ومن أهم العناصر المشعة الراديوم بنوعيه نظيران 226 - 228 (حيث أن الحد المسموح به 5 بيكو كيوري \ لتر).

(واحد بيكو هو 1 مقسوم على 12-10 من المتر) والكيوري هي وحدة قياس المواد المشعة.

وهناك غاز الرادون وهناك اليورانيوم.

المهندس محمد طه عبد الستار:

أغشية ال RO تزيل المواد المشعة بنسبة تصل الى ٦٠ ٪.

المهندسة سُمية طه:

ليست كل الأغشية ... لابد من مراجعة الداتا شيت الخاصة بالغشاء ... حيث أن لها أغشية معينة و شركات معينة ... ولها رقم موديل معين.

المهندس محمد زكريا:

هذه معلومة مهمة عن salt rejection ل divalent&mono:

The ability of an RO membrane to diffuse certain salts while rejecting others is not absolute. For any particular membrane, the percent passage of smaller ions, or lesser charged ions, will be relatively greater than that of larger ions, or ions with greater charge characteristics. Generally, cations or anions with greater *valence* numbers (greater charge) will be better rejected than ions with lower valence. A *divalent* cation, such as calcium with a valence of +2, will typically be rejected somewhere around three times better than the monovalent ion sodium (valence of +1). Approximate salt passage percentages for an RO membrane are given in Table 1-2.

الترجمة: قدرة أغشية التناضح العكسي على انفاذ أو رفض الأملاح ليست مطلقة ... فنسبة المرور للأيونات الأصغر أو الأيونات التى لها شحنة أقل تكون نسبياً أكبر من الأيونات التى لها حجم أكبر أو عليها شحنات أكبر ... وفى العموم ... الأيونات التى لها تكافؤ (أو شحنات أكثر) يتم نبذها فى الريجيكت بنسبة أكبر من الأيونات الأقل فى الشحنات ... فالكالسيوم الذى عليه شحنتين يتم نبذه فى الريجيكت بنسبة أعلى 3 أضعاف من الصوديوم أحادى التكافؤ ... والجدول التالى يوضح النسب المئوية التقريبية لمرور الأملاح خلال أغشية التناضح العكسي:

Table 1-2
Approximate Salt Passages for an RO Membrane

Dissolved Salt	*Chemical Formula*	*Passage (%)*
Calcium sulfate	$CaSO_4$	0.3
Calcium bicarbonate	$Ca(HCO_3)_2$	0.6
Sodium chloride	$NaCl$	1
Sodium bicarbonate	$NaHCO_3$	1
Sodium sulfate	Na_2SO_4	0.3
Calcium chloride	$CaCl$	0.6
Magnesium bicarbonate	$Mg(HCO_3)_2$	0.6
Magnesium chloride	$MgCl_2$	0.6
Potassium chloride	KCl	1
Magnesium sulfate	$MgSO_4$	0.3
Potassium bicarbonate	$KHCO_3$	1
Potassium sulfate	K_2SO_4	0.3
Calcium nitrate	$Ca(NO_3)_2$	5
Sodium nitrate	$NaNO_3$	5
Magnesium nitrate	$Mg(NO_3)_2$	5
Potassium nitrate	KNO_3	5
Calcium fluoride	CaF_2	1
Sodium fluoride	NaF	2
Magnesium fluoride	MgF_2	1
Potassium fluoride	KF	2

*These values are provided in order to view the relative percent passage of different dissolved salts. Actual passage rates will depend on the particular membrane, net driving pressure, temperature, pH, and other factors.

استفسار أحد الزملاء:

سؤال من المهندسين للكيميائيين ... هل لوجود أي من العناصر السابقة في مياه التغذية ضرر على الإستانلس ستيل الموجود في الخطوط أو ريش الطلمبة أو استانلس فلاتر الكارتريدج؟؟

المهندس محمد زكريا:

الكلوريد خطير جداً بيعمل pitting corrosion ... والهالوجينات بصفة عامة.

المهندسة سُمية طه:

الإستانلس ستيل له أرقام كل رقم يتحمل درجة ملوحة بمعني St.st 304 للأملاح الأقل من خمس آلاف جزء في المليون ... L316 للأملاح الأعلي من خمس آلاف جزء في المليون وهناك أنواع تتعامل مع الأملاح العالية ذات المواصفات السيئة.

المهندس محمد سالم فهد:

من الأشياء الضرورية توصيل إرث (Earth) لجميع المعدات الموجودة في المحطة حتى جسم الكارتريدج فلتر.

المهندس أيمن موسيليني:

نعم ارتفاع الكلوريد له تأثير سلبي علي الإستنلس بإحداث تآكل للسبيكة ... ويؤخذ في الاعتبار تركيز الكلوريد من قبل المُصمم وبناءً عليه يتم تحديد درجة الإستنلس إما 304 أو 316 أو دوبلكس ... كما يُؤخذ في الحسبان درجة الحرارة في التصميم... ويجب أن يكون هناك (ارث) كما ذكر م. محمد سالم.

وقد يرتفع الكلورايد عن الحد المسموح به بعد التصميم نتيجة تغيير في مواصفات مياه التغذية ... وارتفاع الكلوريد يُحدث pitting ... وربما شروخ في وجود حرارة ...

لذا يلزم البحث ومعرفة سبب الإرتفاع هل هو ارتفاع مستمر أوارتفاع نتج عن وجود تلوث في مصدر التغذية ... وعليه يتم أخذ خطوات وقائية ...

لو كان يتم حقن حمض هيدروكلوريك لخفض ال pH فيجب خفض الحقن لأدني مستوي أو يتم استبداله بحقن حمض الكبريتيك (بعد مراجعه تركيز السلفات SO_4) ... ويتم أيضاً خفض جرعة الكلور لا سيما إن كان كلور غاز لأن ناتج التفاعل سيكون HCl ... مع مراعاة عدم تأثر عملية التطهير ... وإن أمكن استبداله بحقن صوديوم هيبو كلوريت ... وذلك لتقليل الكلورايد قدر المستطاع ... ونذكر دائماً أن معالجة وتحلية المياه ليس لها ثوابت ... ومن المتوقع حدوث متغير في أي وقت ... لذا يجب أن يكون العاملون بهذا المجال علي يقظة دائماً مع إيجاد الحلول عند أي متغير.

المهندس سعيد عادل:

اختيار نوع الإستانلس بناءً على تركيز الكلورايد وتركيز الكلور ودرجة الحرارة:

St.St 316 L can be used in water with "Cl" less than 200 ppm & temperature less than 30ºC … and inline chlorination max 2 ppm.

In case of CIP max chlorine is 50 ppm.

ولو مياه بحر يُفضل الduplex أو SMO 254

المهندس وليد أبو السعود حامد أبو سمرة:

المياه التي ملوحتها أعلي من 10000 تحتاج طلمبات تيتانيوم وموجوده في جراندفوس تحت مسمي CRT ... إنما ال CRN التي أجزائها SS316 ليست مناسبة ... وستتآكل في وقت قليل.

مشاركة الدكتور أحمد كاظم الربيعي:

بعضا مكونات المياه التى تُحجز عبر أنواع الفلاتر المتعددة:

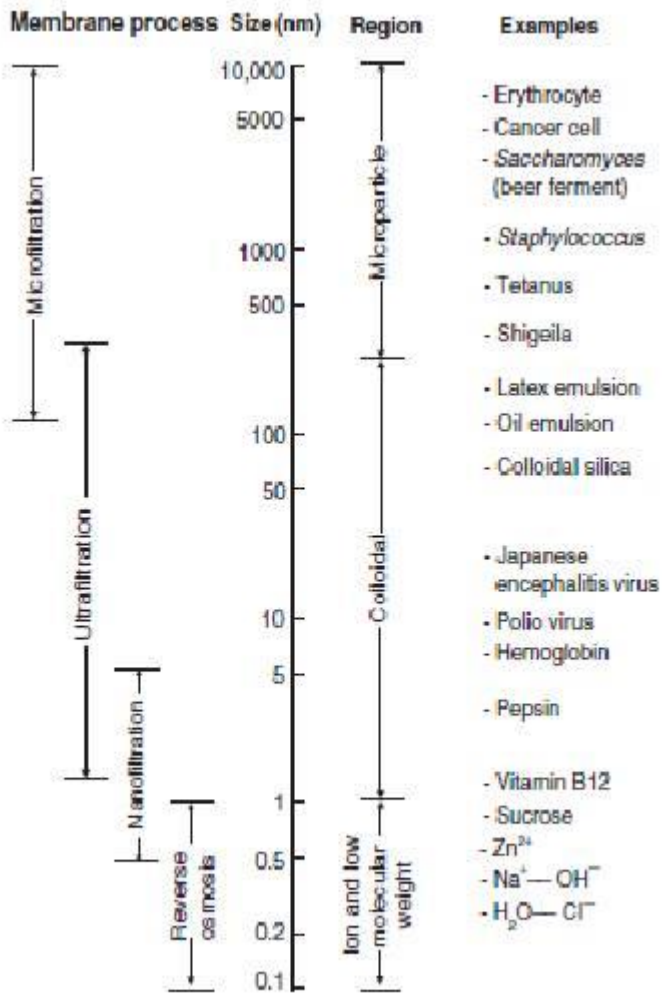


Figure 1.1 Membrane process designation by solute size.

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

WTEF

طلمبة الضغط العالى

4

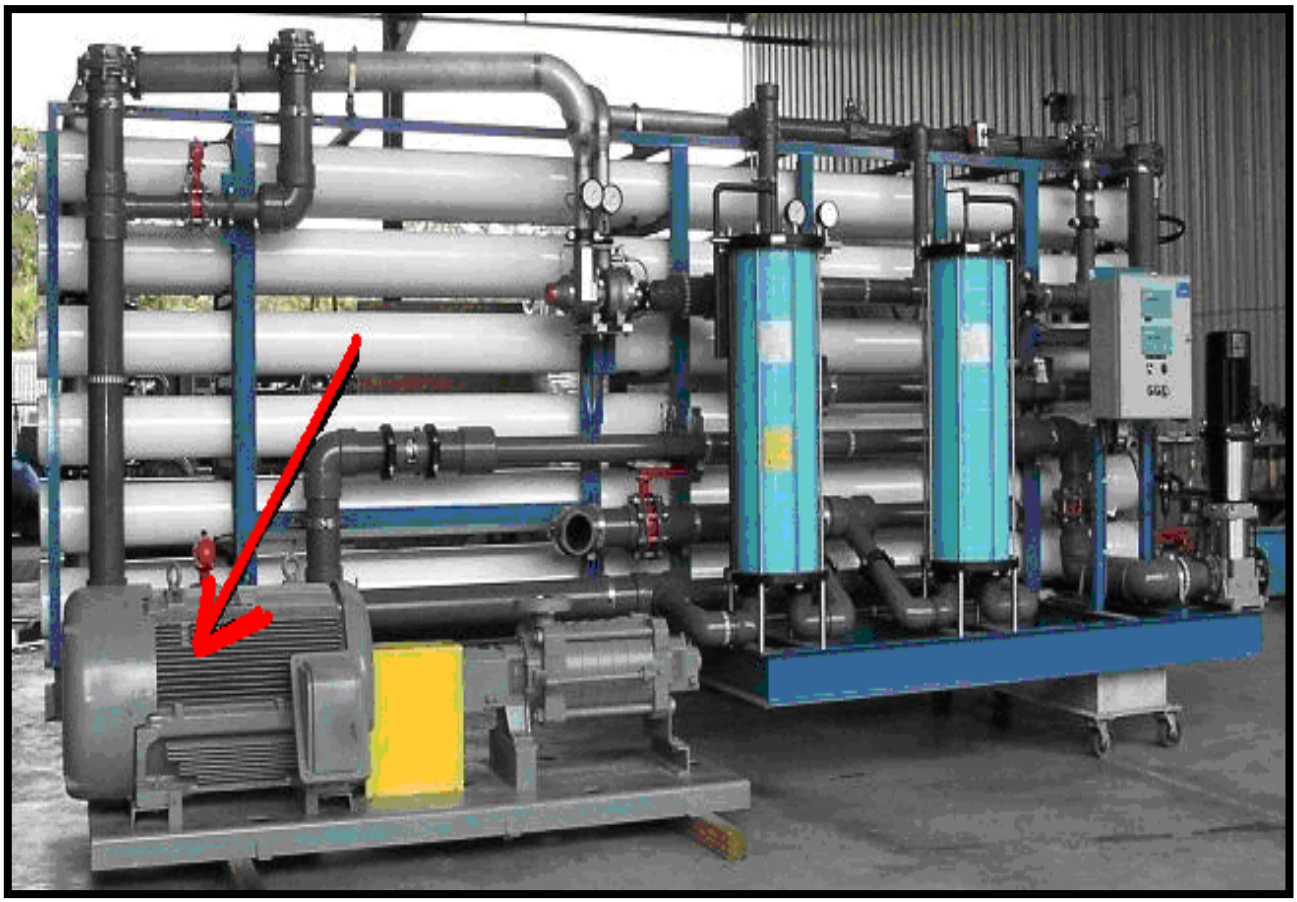
النقاش الرابع

النقاش الرابع:-

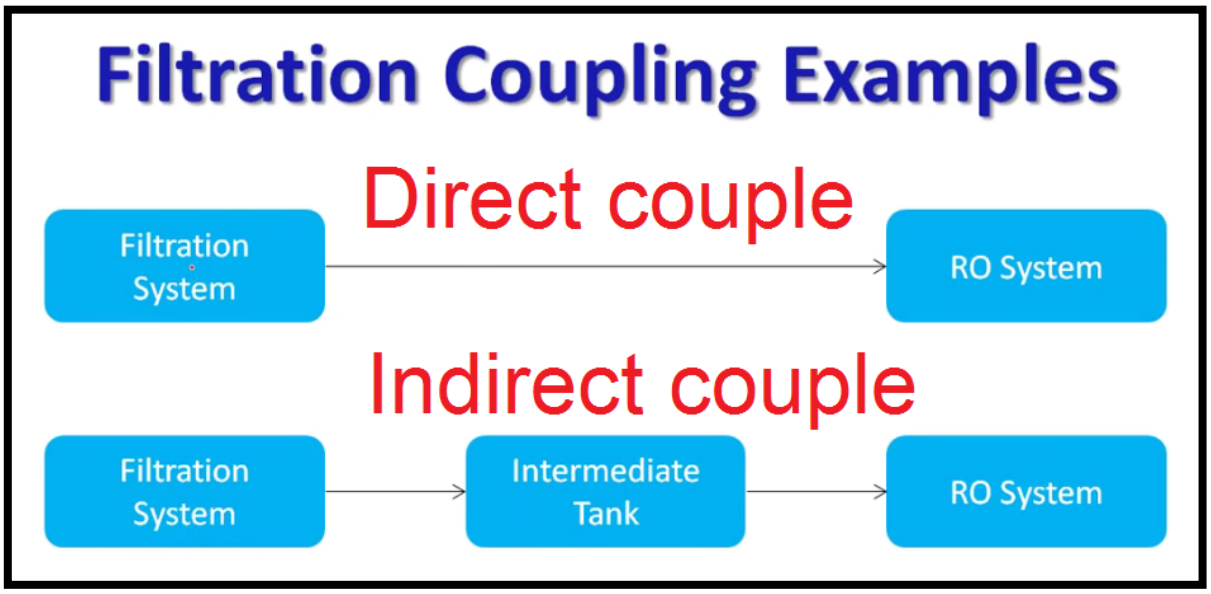
4- طلمبة الضغط العالى

هى باختصارمضخة الحقن إلى الأغشية ... تذكروا حضراتكم فى بداية السلسلة عندما شرحنا الخاصية الأسموزية وقلنا أنه يجب إيجاد قوة ضاغطة كى تسرى المياه عبرالغشاء شبه المنفذ فى الإتجاه المعاكس للخاصية الأسموزية فبدلاً من الانتقال من وسط ذو أملاح أقل إلى وسط له تركيز أعلى فى الأملاح ... تنتقل المياه فى عكس الاتجاه من الوسط الأكثر ملوحة إلى الوسط الأقل ملوحة ... هذه القوة الضاغطة تم ترجمتها عملياً إلى طلمبة الضغط العالى والتى نحن بصددها... ومهمتها الأساسية توليد ضغط معاكس كى تنتصرعلى فرق الضغط الأسموزى فيتم مرور المياه عبرالأغشية وحجز الأملاح قبلها ... وكلما زادت الأملاح فى مياه التغذية يجب زيادة قوة ضغط الطلمبة لمقاومة الضغط الأسموزى ... لذا وصفت هذه التقنية من نوع "الضغط المدفوع" Pressure driven.

هذه صورة لطلمبة ضغط عالى خاصة بوحدة التناضح العكسى (الموتور مُشار إليه بالسهم الأحمر والمضخة على يمينه):



وقبل الدخول فى الحسابات رأينا أنه يجب ذكر المنطقة التى تربط ما بين الفلاتر فى المعالجة الإبتدائية وطلمبة الضغط العالى ... ونحن نقف أمام نظامين ... فعندما تخرج المياه بسلام من فلاترالمعالجة ... إما أن تنتقل مباشرةً إلى طلمبة الضغط العالى ومنها إلى الأغشية وهذا النظام يُسمى الارتباط المباشر Direct couple ... والنظام الثانى يُسمى الارتباط الغير مباشر Indirect couple ... وفيه يتم استخدام خزان (أو تنك المناولة) intermediate tank حيث تخرج المياه من فلاتر المعالجة الأولية ويتم تجميعها فى هذا التنك ... يظهر ذلك فى الرسم التوضيحى التالى:



وسريان المياه فى هذين النظامين لا شك أنه سيختلف ... وستتغير قوة السحب لدى طلمبة الضغط العالى بناءً على ذلك ... وهذا يجب وضعه فى الحسبان.

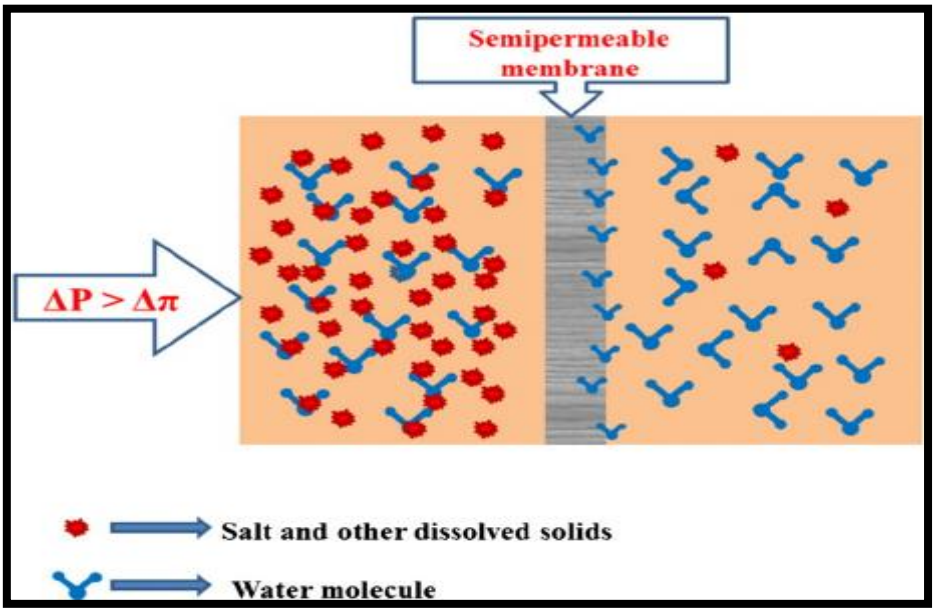
المهندس محمد زكريا:

هذا شئ أكيد وحسب نوع ومواصفات مضخة الضغط العالي يتم اختيار feed booster pump سواء في نظام direct لو كان suction pressure كافي فلن يحتاج وهذا يحدده مواصفات ال HPP و لوخزان يبقي لازم اختيار مضخة booster تحقق flow وضغط يكون كافي ومتوافق مع مضخة الضغط العالي.

المهندس عصام إسماعيل:

أيضاً يصبح ضغط تغذية الأغشية هو ضغط ال hpp بالإضافة لضغط الbooster pump.

والآن سنتحدث عن كيفية حساب الضغط الأُسموزى للمياه من معرفتنا لتركيز الأملاح الكُلية الناتجة ... وكيفية حساب أقل ضغط مطلوب لطلمبة الضغط العالى ... وترجمة ذلك فى الواقع العملى ... فلابد أن يزيد الضغط العالى على الضغط الأسموزى الذى نشير إليه بالرمز باى (π) انظر الصورة التالية:



كيفية حساب الضغط الأسموزى بالبار Bar أو بالرطل/بوصة مربعة (psi) من معرفة تركيز الأملاح:

من محاضرة المهندس محمد موسى الخاصة بحساب الضغط الأسموزى وبناءً على رغبة البعض فى تدوين الطريقة فقد نقلنا إليكم الطريقة مكتوبة وأضفنا بعض الملاحظات والتعليقات ونرجو المشاركة من خلال التجربة العملية فى كيفية تحديد ضغط الطلمبة المطلوب ...

الأملاح فى مياه التغذية مثل جزيئات الغاز تتحرك حركة عشوائية داخل الإناء الحاوى لها ... وكل أيون يسلك سلوك منفصل عن باقى الأيونات من حيث هذه الحركة الجزيئية ... نستطيع أن نستخدم القانون العام للغازات الذى ينص على:

PV = nRT

P ترمز للضغط الأسموزى الذى نريد حسابه.

V ترمز للحجم.

R هو الثابت العام للغازات ويساوى 0.082

T ترمز لدرجة حرارة المياه بتدريج الكلفن (وهو يساوى درجة الحرارة المئوية + 273).

n هى عدد المولات.

وبفرض أننا نتحدث عن 1 لتر من الماء ... يعنى ال V =1 (لأن الجزء فى المليون عبارة عن ميللجرام لكل لتر) ...

والآن نعطى مثال:

مياه تغذية لها أملاح = 32000 جزء فى المليون (مثل مياه البحر) ... كيف نحسب ضغطها الأسموزى؟؟

32000 جزء فى المليون معناها 32 جرام/ لتر ... وسنفترض أن الملح المتواجد هو كلوريد الصوديوم NaCl (حيث أنه يمثل أكثر من 85% من أملاح البحر) ...

عندنا درجة حرارة المياه (25 درجة مئوية مثلاً + 273) ... وعندنا الثابت العام للغازات ... وما تبقى هو قيمة الn ... الفكرة أننا سنحسب وزن الصوديوم وحده بالجرام فى اللتر ووزن الكلور وحده ... وذلك عن طريق حساب ال molar fraction لكل شق (الشق الموجب والشق السالب) ... ثم ننسبه إلى التركيز الكلى وهو 32 جرام/لتر ...

العدد الكتلى للصوديوم 23 ، وللكلور 35.5 ومجموع الإثنين 58.5

Mole fraction of sodium = 23/58.5 = 0.39

Wt of sodium = 0.39 x 32 = 12.48 gm/l

Mole fraction of chloride = 35.5/58.5 = 0.61

Wt of chloride = 0.61 x 32 = 19.52 gm/l

وللتأكد من الحسابات نجمع 12.48 + 19.52 = 32

ويتم حساب عدد المولاتn للصوديوم والكلور (الوزن على الوزن الجزيئى لكل عنصر):

n= (12.48/23) + (19.52/35.5) = 1.09

ما تبقى الآن هو حساب الضغط الأسموزى:

P = 1.09 x 0.082 x 298 = 26.64 bar = 386 psi

وبالتالى أملاح 32000 جزء فى المليون تعطى ضغط أسموزى حوالى 26.6 بار

(ولذلك كل 1000 جزء فى المليون تعطينا 12.4 psi يعنى 0.86 بار).

وإليك معادلة بصورة أخرى تُعطى نفس النتيجة وهى كالتالى:

$$P = 1.19 \times (T + 273) \times M_i$$

P = osmotic pressure (psi) , T = water temperature,

Mi = n = molar fraction of individual ions.

وإذا أخذنا المثال السابق عند درجة حرارة 25 مئوى نجد الآتى:

$$P = 1.19 \times (T + 273) \times M_i = 1.19 \times (25 + 273) \times 1.09 = 386 \text{ psi}$$

والجدول التالى يوضح لك مجموعة من الأملاح وتركيزها والضغط الأسموزى المقابل لها:

Typical Osmotic Pressures (25ºC)			
Compound	**Conc. (mg/L)**	**Conc. (mol/L)**	**Osmotic Pressure (psi)**
NaCl	**35,000**	**0.6**	**398**
NaCl	**1,000**	**0.0171**	**11.4**
$NaHCO_3$	**1,000**	**0.0119**	**12.8**
Na_2SO_4	**1,000**	**0.00705**	**6**
$MgSO_4$	**1,000**	**0.00831**	**3.6**
$MgCl_2$	**1,000**	**0.0105**	**9.7**
$CaCl_2$	**1,000**	**0.009**	**8.3**
Sucrose	**1,000**	**0.00292**	**1.05**
Dextrose	**1,000**	**0.00555**	**2.0**

إذا علمت أخى الكريم أن مياه البحر النموذجية لها أملاح ذائبة TDS=35000 جزء فى المليون ... وأن ضغطها الأسموزى يساوى حوالى 25 بار ... فهل تتوقع أن نستخدم طلمبة ضغط عالى = 25 بار مثلاً؟؟ ... وإذا علمت أن مياه بئر ملوحته 5000 جزء فى المليون أملاح ذائبة ... وأن ضغطه الأسموزى = 3.4 بار ... فهل تتوقع أن نستخدم طلمبة 3.5 بار مثلاً كى تتغلب على الضغط الأسموزى؟؟

الحقيقة أن هذا الكلام منافٍ للواقع ... وذلك لأن طلمبة الضغط العالى لا تكافح فقط الضغط الأسموزى بل تظهر قوى وضغوط أخرى تشترك مع الضغط الأسموزى فى المعركة ... هذا إلى جانب الفقد فى ضغط الطلمبة نفسه ...

ونلخص ذلك فى عدة نقاط:

1- **الفقد فى الضغط اللازم لسريان ماء التغذية خلال مجمع الأغشية والأنابيب والصمامات وغيرها من خلال الإحتكاك Friction.**
2- **الزيادة فى ملوحة الماء أثناء المرور بالأغشية فى المراحل المتقدمة نتيجة استخلاص الماء العذب منه (زيادة فى تركيز الأملاح فى مياه الريجيكت كلما اتجهنا لنهايات الأغشية).**
3- **رفع المياه لخزانات المياه المنتجة (البيرميت) أو خزانات مياه الريجيكت يسبب ضغوط استاتيكية تُضاف أيضاً على الضغط الأسموزى للأملاح.**

4- مقاومة الأغشية التى لديها ثقوب دقيقة ... وتزيد خاصةً مع الانسداد الجزئى لها مع الزمن نتيجة ترسب العوالق والأملاح وغيرها كما سنتحدث بعد ذلك يؤدى إلى توليد ضغوط إضافية يجب أن تتحملها طلمبة الضغط العالى.

ولذلك نقول فى النهاية أن الضغط الحقيقى الذى نحتاجه لطلمبة الضغط العالى أكبر بكثير من الأرقام السابقة ... وقد يصل إلى ثلاث أضعاف الضغط الأسموزى فى بعض الأحيان.

والجدير بالذكر أن الضغط الأسموزى للأملاح يعتمد على درجة الحرارة وتركيز الأملاح ونوعية الأملاح نفسها ... وبالطبع تغير قيمة الضغط الأسموزى من مياه تغذية لمياه تغذية أخرى يؤثر على عمليات التصميم والتشغيل لأنظمة الRO ... ونطلب من الخبراء إضافة خبراتهم فى ذلك مع وضع الأمثلة.

كيف نختار قوة المضخة؟؟

تبعاً لتركيز الأملاح ... كل 1000 جزء فى المليون تعطينا 12.4 psi يعنى 0.86 بار ...

أونقول كل 100 جزء فى المليون من الTDS يسبب حوالى 1.16 psi أو 0.08 بار من الضغط الأسموزى ... (تذكر بعض المراجع أن 100 جزء فى المليون تسبب ضغط من 1.1 psi – 0.6) ... وبما أن تقنية التناضح العكسي تستخدم قوة خارجية تتمثل فى طلمبة الضغط العالى فإنه من البديهى أننا سنحتاج لزيادة قوتها كلما زاد تركيز الأملاح كى تنتصر على الضغط الأسموزى المتولد بكفاءة وتلاشى تأثيره وتحول مسار المياه من المنطقة ذات التركيز الأعلى فى الأملاح إلى المنطقة ذات التركيز المنخفض للأملاح ...

مثال توضيحى: مياه تغذية لها أملاح 800 جزء فى المليون يعنى تحتاج إلى حوالى 10 PSI – 9.3 ...ولكن يجب الانتباه لعدة أمور ... قد نستخدم 8 PSI فقط ... وعلوم المياه تتداخل جزئياتها مع بعضها البعض ... فنقول أنه كلما قل الضغط كان ذلك أفضل للمضخات والخطوط وعلى عمر الأغشية ويكون استهلاك المواد الكيماوية واستهلاك طاقة أقل مادام ذلك يكون متماشياً مع المحطة ومعدل السريان المطلوب وفرق الضغط بين الدخول والخروج يكون أقل ما يمكن علاوة على ذلك توع الغشاء نفسه والتوصيات الخاصة به ... بجانب عوامل الحرارة والصيف والشتاء ونسبة الريكافرى والريجيكت ... كل ذلك يوضع فى الحسبان من خبرات العاملين فى الوحدات بجانب برامج الروزا وغيرها والتى يسرت كل هذا العناء إلى حد كبير.

ضغط المضخة ينقسم إلى:

1- طلمبة بضغط (7 – 28) بار لمياه الآبار مثلاً (100– 400)psi ويعمل مع أغشية الضغط المنخفض.

2- طلمبة بضغط (50 – 85) بار لمياه البحر (800 – 1200 رطل/ بوصة2)psi .

وهناك قاعدة تقول: ضغط المضخة يؤثر فى الTDS الخارج من المحطة ... فإذا زاد الضغط قلت الأملاح الخارجة ... بالتفاصيل سنتحدث عن ذلك فى القريب العاجل.

والرسم البيانى التالى يوضح العلاقة بين الضغط المطلوب من المضخة وتركيز الأملاح المتواجدة فى المياه عند درجات حرارة مختلفة:

order to reduce membrane fouling and deterioration.

Pumping system Before entering the SWRO membrane, clarified seawater has to be pressurized by a high-pressure pump, typically between 55 and 85 bar, depending on the temperature and the salinity of the water (Figure 4.9).

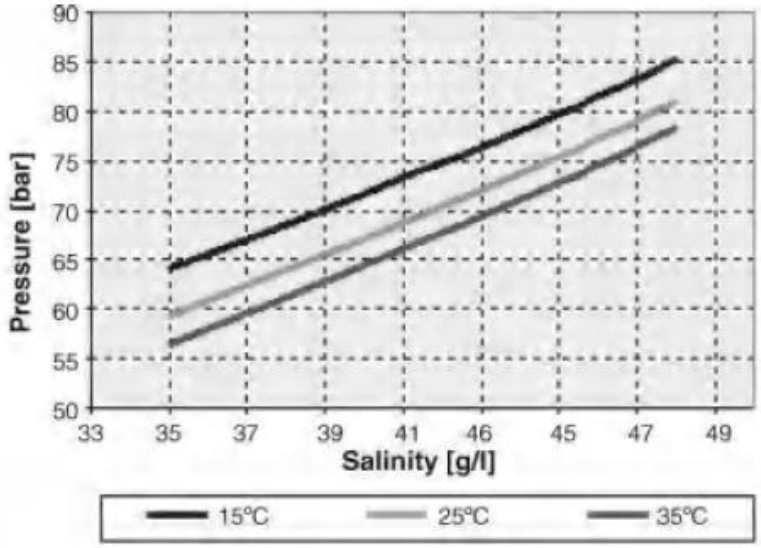


Figure 4.9 Pressure variations versus salinity at different water temperatures.

فنجد مثلاً أنه عند ملوحة 41 جرام /لتر يكون الضغط المطلوب فى حدود 68 – 69 بار عند درجة حرارة 25 درجة مئوية ... وهكذا.

مشاركات أخرى على النقاش الرابع: طلمبة الضغط العكسى

المهندس خالد خطيب:

بالإضافة لمعطيات التدفق والبرودكت هناك عامل درجة حرارة مياه التغذية وخصوصاً في المناطق الباردة التي تشهد فروقاً بدرجات الحرارة بين الصيف والشتاء.

المهندس سلمان محمد حامد:

أضاف بعض الروابط عن ال Energy recovery ومن بينها فيديوهات المهندس محمد موسي:

http://bit.ly/2vIyA78

http://bit.ly/2wfaGm9

http://bit.ly/2uPeRSe

http://bit.ly/2x4roBL

المهندس عبد العزيز عبد الغنى السبئى:

كفاءةالمضخة:هي النسبة بين القدرة الناتجة من المضخة إلى القدرة الواصلة إليها عبرعمود الإدارة ... وتسمى القدرة الخارجة من المضخة بالقدرة المائية وتكافيء القدرة ... ولكن بدون مصطلح الكفاءة ...

ولحساب كفاءة المضخة HPP efficiency:

$$\text{كفاءة المضخة} = \frac{\text{(Q)X 0.42 معدل التدفق بالجالون/ دقيقة } x \text{ دلتا بي بين الطرد و السحب}}{\text{cos Q X 1.732 X الفولتية للمضخة } x \text{ الأمبير للمضخة}} \ 100\ x$$

مشاركة المهندس عصام على:

حتى نتكلم عن ضغط التشغيل للمحطة يجب أن نتعرض لجزء التصميم ... يعنى معادلة التصميم تقول أن كمية الإنتاج المطلوب بالجالون =القوة الفعالة*عدد الأغشية *مساحة سطح الغشاء*معامل تصحيح درجة الحرارة*معامل النفاذية*معامل الاتساخ أوfouling factor ... وهذا يحدد على حسب جودة المياه وحالة الممبران وأنت بتصمم يكون عندك كل المعطيات ما عدا القوة الفعالة أوnet driving pressuer ... فما هى القوة الفعالة؟

الغشاء فى حالة التشغيل يكون تحت قوتين عكس بعض أولاً القوة المنتجة التي هى ضغط التشغيل (ضغط دخول الأغشية-2/25)- ضغط الإنتاج الذى ستصمم عنده ... ولا ننسي معامل الاستقطاب للأغشية لها معادلة أيضاً نضربها فى المعادلة السابقة وبهذا يصبح عندنا مجهول واحد اللى وهو ضغط التشغيل ... ثانياً فيه قوة مقاومة وهى الضغط الأسموزى وهنا القوة دى تساوى الضغط الأسموزى لدخول الغشاء الذى هو أملاح الفيد ولازم نحصل على الضغط الأسموزى للريجيكت عن طريق الريكفرى المصمم عليه المحطة ونقسهم على اتنين عشان نجيب متوسط الضغط

الاسموزى ولا ننسي أيضاً الضغط الأسموزى لمياه الإنتاج لكن يجب أن نتعرض لها حتى نحصل على ضغط التشغيل مظبوط يعنى:

القوة المقاومة =الضغط الأسموزى لدخول الاغشية - الضغط الاسموزى لخروج الأغشية /2 -الضغط الاسموزى للانتاج ونحسب الضغط الأسموزى زى ما المهندس وليد ذكر كده بس فيه معادلات للحساب أيضاً:

القوة الفعالة =القوة المنتجة -القوة المقاومة ...ومن المعادلة الاولى عرفنا القوة الفعالة ويبقى عندنا مجهول واحد وهو ضغط التشغيل وبعد حسابه نختار طلمبة بالفلو الذى صممنا عليه المحطة على ضغط التشغيل الذى حسبناه ... يعنى ضغط التشغيل لا يعتمد على الضغط الأسموزى فقط ولكن فيه عوامل كتيرة مثلما ما ذكرت والله اعلم.

تعقيب المهندس أيمن موسيلينى:

ولا ننسي الدلتا بي علي المراحل ... وتأثيرها علي قيمه NDP.

رد المهندس عصام على:

أنا دائماً فى التصميم افترض أن الدلتا بى من 20 الى 25 لذلك تجدنى اكتب ضغط التشغيل -2/25

مشاركة المهندس أيمن موسيلينى على النقاش:

طلمبة الضغط العالي هي العمود الفقري لوحده RO ... فيجب الاعتناء بها ... ويوجد لها trip system علي ضغط سحب الطلمبة وعلي ضغط الطرد وعلي الأمبير ولها متابعة دورية لقياس حرارتها وقياس الاهتزاز وقياس الفولت والأمبير والتأكد من أنها في الحدود الطبيعية للتشغيل قياس درجة حراره البلي للطلمبة والموتور بعد التشغيل ومتابعه زيت الBering ومتابعة الحشو ومتابعه كفائة الأداء من حيث تحقيق الضغط والflow ... لذا كانت تستحق كل هذه العناية.

وتوجد ملحوظة هامة ... عن التبديل علي الطلمبة بطلمبة أخري:

يجب عمل flushing جيداً للطلمبة بعد توقفها مباشرة وذلك لعدم ترسيب بعض الأملاح داخل الخلوص بين المراوح والcesing ... وقد يكون فيه هروب بعض الميديا من الفلاتر ... وإذا تُركت الطلمبة فترة طويلة دون شطف جيد عند تشغيلها قد تتفاجئ أن الطلمبة stack ... ويجب إداره العمود يدوياً كل فترة لتجنب هذه المشكلة ... وخاصة في طلمبات البوستر التي تأخذ ريجيكت مرحلة لتغذية مرحلة أخري فتكون عُرضه للترسيب نظراً لارتفاع الأملاح.

في حالة وجود بلوف أتوماتيك علي سحب وطرد الطلمبة وبلف الريجيكت يجب التأكد أن جميع البلوف علي وضع flier open وتجربة المنظومة قبل تشغيل المحطة والتأكد من flier البلوف هذه من النقاط المهمة جداً ...

ولمعرفة ما إذا كانت الطلمبة تعمل بصورة جيدة من حيث تحقيق معدل السريان والضغط والأمبيرتوجد عده أمور تحدد وضع تشغيل الطلمبة وهذه علاقة يلحظها الفني الذي يقوم بأخذ القراءات الدورية وتكون هناك لغة واستنتاج بين القراءة وحالة التشغيل ...

على سبيل المثال ... لو يوجد طلمبة تحقق flow 130 متر/ساعة عند ضغط 26 بار وعند 80 أمبير:

1- عند انخفاض الضغط وارتفاع الأمبير وزيادة معدل السريان يكون معدل السريان مرتفعاً يتم اعادة ضبط معدل السريان.
2- عند ارتفاع الضغط وانخفاض الأمبير وانخفاض معدل السريان هذا يكون وجود خنق علي بلف الطرد للطلمبة.
3- عند انخفاض الضغط وانخفاض الأمبير وانخفاض flow يكون فيه إعاقة في سحب الطلمبة.
4- وعند تشغيل الطلمبة يجب أن يكون بلف الطرد مغلق ويتم فتحه تدريجياً حتي تحقيق الضغط ومعدل السريان والأمبير للطلمبة.
5- قبل توقف الطلمبة يجب غلق بلف الطرد أولاً ثم يتم ايقاف الطلمبة لتجنبBack flow في وجود تهريب من بلف عدم الرجوع علي الطلمبة.

وفي حالة البلوف أتوماتيك بيؤخذ في الاعتبار ترتيب فتح وغلق البلوف في التشغيل والتوقف...

المهندس نادر محمد النجار:

يجب أن يكون هناك pressure switch قبل المضخة بحيث تفصل إذا انخفض ضغط الدخول عن حد معين وذلك حماية للمضخة ... كذلك بعد المضخة إذا ارتفع الضغط وذلك حماية للممبرينات.

المهندس خالد مصطفى:

يجب أن يتناسب منسوب تصرف طلمبة الضغط العالي Q إذا كانت التغذية تتم مباشرة بعد عملية الفلترة والترشيح دون اللجوء لخزان تغذية لطلمبة الضغط العالي في هذه الحالة يكون منسوب تصرف الطلمبة مناسب مع كمية المياه Q الخاصة لطلمبة التغذية للوحدة تجنباً لظاهرة التكهف أوتكوين فقاقيع الهواء والذي يؤثر بدوره على ريش الطلمبة ويقلل من العمرالإفتراضي لها.

ومن هنا حتى نهاية هذا النقاش سيتم الحديث عن طلمبة الضغط العالي وتشغيلها وعن الVFD:

المهندس ممدوح محمد زيدان:

منقول من كتيب نظام العمل بمحطات التحلية للمهندس محمد على عبد المنعم:

طلمبة الضغط العالي : High Pressure pump (HPP)

- تعتبر جزء مهم و أساسي في منظومة التحلية ولها عدة أنواع و أحجام مختلفة حسب طريقة دورانها و تشغيلها و الحاجة إليها ، فمنها طلمبات ديناميكية و هي الأكثر شيوعا و الأرخص غالبا و بها أنواع متعددة أشهرها طلمبات الطرد المركزي Centrifugal pumps و على الجانب الأخر يوجد طلمبات إيجابية Positive displacement pumps و التي تنقسم في الغالب لمضخات ترددية أو بستمية Reciprocating pumps و مضخات دوراة Rotary pumps و منها أيضا طلمبات أفقية و أخرى رأسية .

- في كل الأحوال يتم تدوير الطلمبة بواسطة محرك قوي Motor يتم ربطه مع الطلمبة سواء عن طريق رابط ميكانيكي Coupling أو حزام من السيور .

- تحتوى طلمبة الطرد المركزي الأشهر في محطات التحلية على مجموعة من المراحل مجتمعة حول عمود الطلمبة ، كل مرحلة تحتوى على حداقة أو دفاعة Impeller تقوم بدفع المياه عن طريق الريش Blades.

- للحفاظ على الطلمبة يجب ألا يقل ضغط المياه الداخلة للطلمبة عن حد معين ، فتوضع الحماية المناسبة لفصل الطلمبة في حالة هبوط الضغط Low Pressure Switch و كذلك يجب ألا يزيد الضغط الخارج من الطلمبة عن حد معين فتضع حماية أخرى High Pressure Switch .

- احذر أن تعمل الطلمبة بدون مياه أو بضغط منخفض لأن هذا يسبب حدوث تجويف للطلمبة Cavitation و هو ما يؤدي إلى حدوث نقر في غلاف الطلمبة Casing أو ريش الطلمبة Impeller ينتج عنه ضعف أداء الطلمبة و قصر عمرها و ارتفاع صوتها و اهتزازها بشدة .

- يراعى تشحيم الطلمبة و المحرك بانتظام كل ٣ شهور أو حسب الحاجة كما يراعى الحفاظ على تثبيت القاعدة أسفل الطلمبة و الموتور و ربطهما معا بإحكام و دقة شديدة Alignment كذلك يجب الحفاظ على مستوى الزيت بالطلمبة و التأكد من عمل وصلات التبريد و عدم وجود تسريبات من أى مكان بالطلمبة كما يفضل في حالة سماع صوت غير معتاد تغيير رولمان البلي و جلد الكوبلنج إن أمكن و الكشف على مكونات الطلمبة .

- هناك عدة عوامل تتحكم في اختيار الطلمبة أبرزها منحنى الأداء الخاص بها الذي يوضح علاقة تصرف الطلمبة Q بالضغط المانومتري H ، و على كل حال فإنه كلما زاد الضغط قل تصرف المياه و العكس .

- التحكم في تصرف الطلمبة و الضغط الخارج منها يكون بطريقتين : إما عن طريق غلق / فتح محبس الطرد جزئيا أو عن طريق تغيير سرعة المحرك .

- يتم تغيير سرعة المحركات باستخدام مغير التردد Variable Frequency Driver VFD عن طريق التحكم في قيمة التردد المراد التشغيل عليه و يتم ذلك بدوائر الكترونية داخلية تتحكم في تيار و عزم و جهد المحرك .

- يقوم VFD ببدء و وقف حركة المحرك بالتدريج Soft Starting حفاظا على الأغشية وكذلك حفاظا على الطلمبة .

- يراعى ملاحظة الجهد الكهربي Voltage باستمرار و كذلك تيار و سرعة المحرك و التأكد من عمل مروحة التبريد و ملاحظة درجة حرارة المحرك .

Mohammed Aly

مشاركة المهندس محمد فؤاد:

Energy recovery devices الغرض منها هي استغلال الطاقة الخارجة مع المياه المركزة وهي طاقة بصورة ضغط مرتفع واعادة استخدمها في ضغط جزء من مياه التغذية وبهذه الطريقة تم توفير جزء من الطاقة المستخدمة في مضخة الضغط العالي.

ومن أهم energy recovery devices هو مبدل الضغط (pressure exchanger) والميزة الأكبر في هذا الجهاز أنه يوفر حوالي ٦٠ % من الطاقة المستخدمة في مضخة الضغط العالي ... وأنه يدور عن طريق زاوية ميل دخول مياه المركزة وسرعتها أي بدون استخدام طاقة كهربية.

والسؤال حول جهاز منظم السرعات أو ال(VFD (Variable frequency drive الخاص بتنظيم ضغط تدفق المياه

أجاب المهندس ثائر السعيد من قبل في المنتدى كالتالى:

يتم استخدامه في محطات الRO للتحكم في مضخة الضغط العالي ... يستخدم بأسلوبين مختلفين ... الأسلوب الأول ك soft starter ومهمته اقلاع مضخة الضغط العالي من الصفر إلى السرعة المطلوبة والتي تعطي التدفق المطلوب منها وهذه مهمته الأساسية .. اقلاع سلس للمضخة من أجل تفادي تدفق عالي وضغط عالي مباشرعلى الفيزلات (أو ما يسمونه أهل المياه بالمطرقة المائية water hammer التى تخرب الأغشية) ...

الأسلوب الثاني ك variable speed drive يتحكم فيه بالمضخة عن طريق معطيات التدفق للبرودكت والريجيكت والمجموع الكلي للتدفق و الذي يقرأ بشكل analog وبالتالي المعطيات تنقل إلى الVFD ليقوم بتغيير الHz بناء على الInput وبالتالي اعطاء السرعة مقابل الHz الجديد ... و في حالة ما إذا كان الmain flow ثابت لكن حصل تغيير بين التدفق لل reject و product فإنه ممكن يكون هنالك motorized valve as reject flow controller الإشارة الأنالوج من الفلوميتر الى الplc الى الvalve...

رأى المهندس محمد زكريا:

هذه المعلومة تحتاج إلي تصحيح ... في اختلاف بين soft starter وبين VFD... بالنسبة ل soft starter هذا يقوم بنقل حركة الموتور ويعطي موتور المضخة كامل الحركة وبعد ذلك يتحكم في الضغط ومعدل التدفق عن طريق محبس علي رأس المضخة ولو المحبس غيرموجود بالتأكيد سيدمر الدنيا بالأغشية ... ولكن VFD منه أتحكم في معدل التدفق والضغط عن طريق رفع الهرتز وهذا أفضل شيء للتحكم في ظروف التشغيل وموفر للطاقة ومهم جداً في المحطات التي بها وحدات energy recovery حتى نقدر أن نتحكم في معدلات التدفق.

وأضاف المهندس محمد زكريا هذا المصدر:

Soft Starterssoft starter.JPG A soft starter is a solid-state device that protects AC electric motors from damage caused by sudden influxes of power by limiting the large initial inrush of current associated with motor startup. They provide a gentle ramp up to full speed and are used only at startup (and stop, if equipped). Ramping up the initial voltage to the motor produces this gradual start. Soft starters are also known as reduced voltage soft starters (RVSS). Soft starters are used in applications that require speed and torque control are required only during startup (and stop if equipped with soft stop) or where there is a need to reduce large startup inrush currents associated with a large motor is required. They are also used when the mechanical system (the load) requires a gentle start to relieve torque spikes and tension associated with normal

startup (for example, conveyors, belt-driven systems, gears, and so on). And they are used for pumps to eliminate pressure surges caused in piping systems when fluid changes direction rapidly. ss3.JPG Electrical soft starters temporarily reduce voltage or current input by reducing torque. Some soft starters may use solid-state devices to help control the flow of the current. They can control one to three phases, with three-phase control usually producing better results. Most soft starters use a series of thyristors or silicon controlled rectifiers (SCRs) to reduce the voltage. In the normal OFF state, the SCRs restrict current, but in the normal ON state, the SCRs allow current. The SCRs are engaged during ramp up, and bypass contactors are pulled in after maximum speed is achieved. This helps to significantly reduce motor heating. Soft starters are often the more economical choice for applications that require speed and torque control only during motor startup. Additionally, they are often the ideal solution for applications where space is a concern, as they usually take up less space than variable frequency drives. Variable Frequency Drives. A variable frequency drive (VFD) is a motor control device that protects and controls the speed of an AC induction motor. A VFD can control the speed of the motor during the start and stop cycle, as well as throughout the run cycle. VFDs are also referred to as adjustable frequency drives (AFDs). VFDs are used in applications where omplete speed control is required, energy savings is a goal and custom control is needed.vfd.JPG . VFDs convert input power to adjustable frequency and voltage source for controlling speed of AC induction motors. The frequency of the power applied to an AC motor determines the motor speed. The VFD's input power comes from the facility power network (typically 480V, 60 Hz AC). It has a rectifier that converts network AC power to DC power. A filter and DC bus work together to smooth the rectified DC power and to provide clean, low ripple DC power to the inverter, which uses DC power from the DC bus and filter to invert an output that resembles sine wave AC power using a pulse width modulation (PWM) technique.

vfd 2.jpgVFD's can save a lot of energy. And they are good at reducing peak energy demand or reducing power when not required. They offer fully adjustable speed

(pumps, conveyors, and fans) and can control starting, stopping, and acceleration. they have dynamic torque control and they provide smooth motion for applications such as elevators and escalators. They can maintain speed of equipment, making them ideal for manufacturing equipment and industrial equipment such as mixers, grinders, and crushers. They have self-diagnostics and communications, advanced overload protection, PLC-like functionality and software programming, digital inputs/outputs (DI/DO), analog inputs/outputs (AI/AO) and relay outputs.

المهندس عصام على:

وأيضاً وجود محبس فى السوفت ستار يقلل من معدل التسارع للموتور ويقلل سحب الأمبير للموتور لأن السوفت ستار عند العمل يسحب أمبير مثل الأمبير المثالى 4 أضعاف لأنه بياخذ سرعة الموتورمرة واحدة فيؤثرعلى مصدر الكهرباء أن كان مولد أو تيار عادى علاوة على تأثيره على الأغشية ... إنما VFD يصبح أسهل لأن من خلاله تستطيع أن تتحكم فى السرعة للموتور فتحافظ عليه وأيضاً تعطى سريان رقائقى غير مضطرب فى الضغط والسرعة للأغشية.

وحول الVFD أو ال Variable frequency drive أبدع المهندسون فى وصفه والإستفادة منه ...

وإليك البيان:

أولاً ما هو الVFD؟

هو اختصار ل Varaible frequency drive... وهو أحدث أجهزة التحكم فى شدة التيار الكهربي ... يُركب داخل لوحة التحكم ... ووظيفته أنه يعطى كل ماكينة أو مروحة أو موتور كهربائي ما يحتاجه من مقدار معين من التيار الكهربى (أو جهد) ... وفى التناضح العكسي فتحكمه فى شدة التيار يعنى تحكمه فى سرعة الموتور الذى يُشغل المضخة وبالتالي يتحكم فى سرعتها وضخها للمياه (تدفقها).

المهندس محمد على:

هومُشغل يعتمد على تغيير قيمة التردد الداخل للمحرك من خلال علاقة (v/f) أو الجهد على التردد ...ويتم توصيل كابلات الباور من المصدر إليه مباشرةً ... ثم يتم ضبط قيمة التردد المطلوب حسب سرعة rpm المطلوبة لضغط الطلمبة و تصرفها ... ثم تخرج هذه القيمة الكهربية المحددة عبر كابلات باور أخرى للمحرك (الموتور).

المهندس محمد عبد العال:

هذه صور للVFD:

وعلى اللوحة الكهربائية من الخارج يوجد عداد Metering يُسهل قراءة التيار من الخارج.

وهذا الجهاز لا يعمل بمفرده ... بل توجد نقاط مساعدة (قواطع حرارية – قواطع مغناطيسية – ريليه - كونتر ... إلخ).

ثانياً ما فائدة الVFD؟ لنقرأ ونستمتع بمشاركات وحوارات المهندسين على المنتدى

المهندس أحمد خليل:

يقوم ال VFD بوظيفتين هامين لأي موتور كهربائي:

1- التحكم في سرعة دوران المحرك (rpm).

2- يقوم بعمل وظيفة soft starter وبالتالي تقليل كمية التيار الكهربائي في بداية تشغيل المحرك.

المهندس حامد الدسوقى:

أيضاً فى وحدات ال RO وفى حالة احتياج كمية مياه أقل من قدرة المحطة... يُستخدم لخفض السرعة وبالتالى يقل البيرميت المنتج ... وبالتالى يوفر الطاقة.

المهندس محمد على:

في حالة تغير أملاح الفيد أودرجات الحرارة تتغيرالضغوط بالتبعية وكمية المياه الداخلة والمنتجة من المحطة ... لذلك يُفضل استخدام VFD مع محرك طلمبة الضغط العالي للتحكم في سرعة المحرك / الطلمبة وتصرفها حسب تغير الظروف بالإضافة إلى إمكانية تغييرالضغط من خلال محبس الريجيكت throttling valve أيضاً.

المهندس كريم دربالة:

يقوم بتقليل تيار البدء ليكون نفس قيمة التيار أثناء التشغيل ... التحكم في السرعة للمحرك وبالتالي التحكم في التدفق ... ربط مغير السرعة بالplc وأخذ قراءات مباشرة دون الحاجة إلي أجهزة مثل السرعة والتيار والفولت والتردد ... التحكم في زمن تشغيل المحرك وإيقافه وطريقة الإيقاف وكثير من المميزات.

المهندس ثائر السعيد:

حسب الطريقة المطلوب العمل عليها ... ممكن سوفت ستارتر واقلاع متدرج لتخفيف الصدمة على الممبرينات في حالة المضخات الكبيرة وأيضاً لاقلاع سلس وآمن للمضخة ... وأيضاً كمغير لسرعة المضخة وبالتالي كمية الضخ ... ويعمل مع صمام الريجيكت الذي يكون التحكم به أنالوغ analogue أيضاً من أجل التحكم بالتدفقات للمحافظة على التدفق المطلوب ضمن مجال الإشارات من 0 الى 20 mA . والplc تعطي أوامر زيادة السرعة ونقصانها وزيادة أو نقصان فتحة صمام تحكم الريجيكت حسب إشارات أجهزة التدفق الأنالوغ بحيث يكون مجموع التدفقين ثابت وألا يزيد أحدهما عن القيمة كذا وألا يقل عن كذا وذلك للمحافظة على ريكفري ثابت وقيم عمل ثابتة ....

المهندس عاصم البويحى:

But the analog signal is '-20 mA or 0-10V

the variable frequency drive let us to control the rpm of the motor so the control of the flow and the attack pressure of the membrane, we use it to control the flow of the product and the reject. From the experience we make the control of the flow of the pump and its pressure attack from the vfd, and after flowing the projection of the membrane from zero year to 5 year, the control with the plc of the valve reject can make a bad influence to the membrane because the various pressure and flows to the membrane so i advice to make a handly valve reject.

المهندس بلال أحمد عبد العزيز على:

يتحكم بشكل أساسي في سرعة دوران الموتور وبالتالي في معدل الضخ وتستفيد منه في بدايات التشغيل وإيقاف الوحدة خصوصاً لو لها إنتاجية عالية ...غالباً بداية التشغيل لا يتم رفع السرعات بشكل مفاجىء للسرعة القصوى وكذلك العكس أثناء الإيقاف بل يلزم بشكل تدريجي وهنا تأتي وظيفة ال VFD للموتور.

المهندس حامد الدسوقى:

VFD us used as soft starter ... Save energy … Safety operation as overload … Variabel flow at constant pressure

أقصد عند تغيير السرعة يحدث تغيير فى التصرف والضغط ...علاقة طردية.

المهندس ناصر خطاب:

كل سرعة (هرتز) يكون لها منحنى مختلف للتصرف والرفع (H-Q) والعلاقة عكسية ... ممكن تضبط عليه احتياجاتك.

المهندس محمد خليفة:

سؤال مهم جداً ... يعني حالاً عندما تقل سرعة المضخة يقل الفلو Q أكيد وبالنسبة للهيد H يقل أم ثابت أم يزيد؟؟

رد المهندس كريم دربالة:

يتغير بنفس قيم المنحني الخاص بالمضخة Q&H

المهندس محمد خليفة:

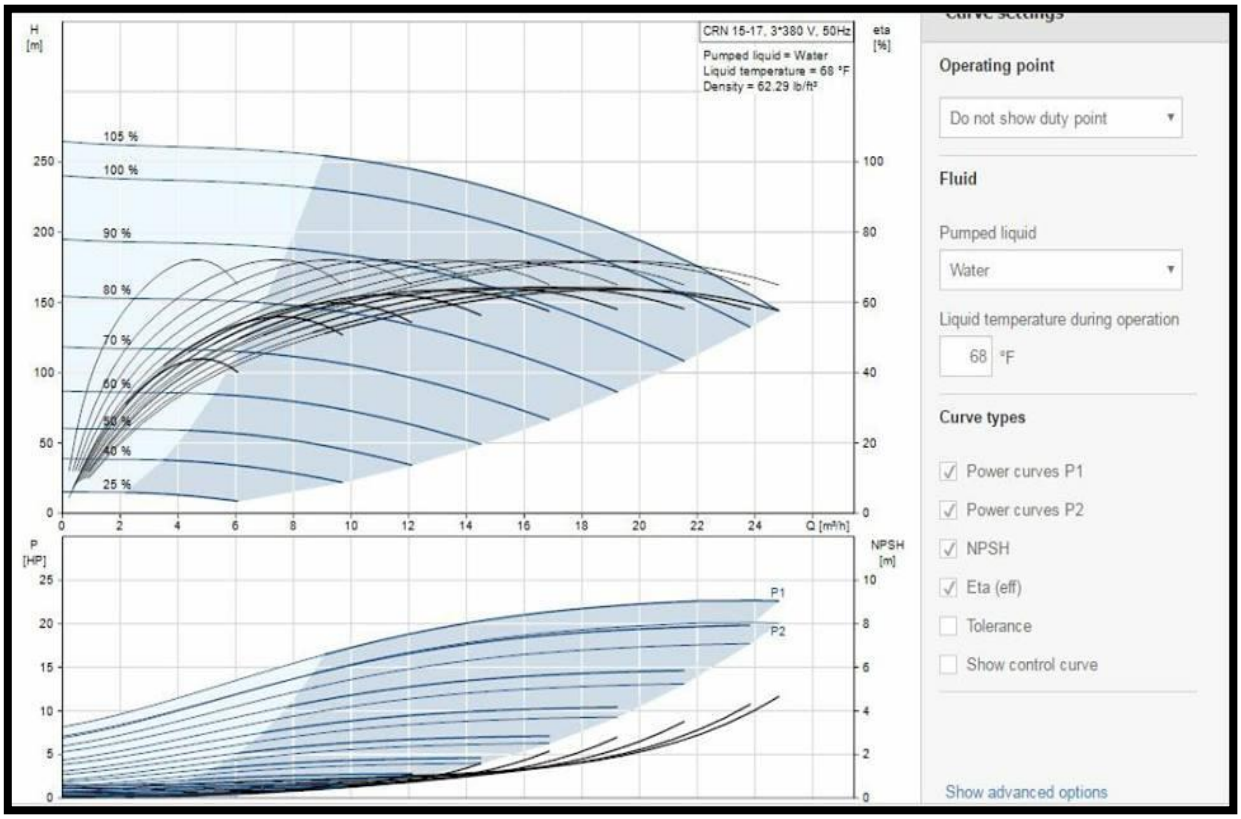
أظن العلاقة بين الفلو والهيد عكسية ولكن عند ثبات السرعة.

رد المهندس ناصر خطاب:

صحيح ... وعند تغيير السرعة أيضاً تظل العلاقة عكسية عند كل سرعة.

المهندس كريم دربالة:

كل سرعة لها منحني خاص بها عند كل سرعة ... ممكن إيضاح ذلك عند اختيار مضخة أونلاين من موقع grundfos واختيار وضع advanced selection حيث أنه يجب أن يكون محرك المضخة قابل لتغيير سرعته:



المهندس ناصر خطاب:

أولاً: نقطة تشغيل المضخة تكون عند تقاطع منحنى التصرف-الرفع (H-Q) مع منحنى النظام (SYSTEM CURVE) ... منحنى النظام ثابت للموقع الواحد ... وبالتالى عند عدم وجود مغير سرعة فإن المتوفر منحنى تشغيل واحد ... وعندما يزيد التصرف يقل الضغط والعكس وبالتالى علاقة عكسية لكل منحنى.

المهندس محمد خليفة:

لكن عند تغير السرعة يكون هناك كيرف (Curve) جديد (تغير السرعة يغير الكيرف) وبكون هناك نقطة جديدة على نفس الCurve مع ثبات السرعة ... معني ذلك أن السرعة لو قلت يقل الفلو وأيضاً يقل الهيد.

تعقيب المهندس محمد موسى:

فعلاً كلام حضرتك مضبوط ... يتغير الكيرف (Curve) كاملاً طبقاً لمنحنى الطاقة نتيجة للتغير فى السرعة.

المهندس ناصر خطاب:

أى طلمبة يأتى معها مجموعتان من منحنيات التصرف مع الرفع ... المجموعتان يكونان قريبين لبعضهما فى الشكل ... المجموعة الأولى خاصة بقطر الريشة من أصغر قطر لأكبر قطر ويكون كل منحنى عليه قطرالريشة ... والمجموعة الثانية خاصة بسرعات التشغيل فى حالة تركيب مغير سرعة ويكون كل منحنى عليه سرعة التشغيل .

تعقيب المهندس محمد خليفة:

تمام بالضبط.

المهندس ناصر خطاب:

ولكى نحدد الطلمبة المطلوبة نرسم منحنى النظام على مجموعة المنحنيات ... ونختار أقرب منحنى أو ممكن شركة الطلمبات تخرط (Trimming) الريشة القطر المطلوب.

https://www.grundfos.com/.../download-the-pump-handbook.html

Download the Pump Handbook | Grundfos

replace text

GRUNDFOS.COM

وطرح المهندس محمد موسى استفساراً ممتازاً:

فى إحدى الحالات تم تركيب موتور 3000 لفة على طلمبة لها نفس الباور لكن عند 1400 لفة وتم الاستعانة بالدرايف . وتم ضبط السرعة عند 1400 بواسطة الدرايف ...

ماذا كانت النتيجة ؟؟؟؟

رد المهندس ناصر خطاب:

You can applicate affinity laws to determine required results.

1. **-Pump Affinity Laws - Engineering ToolBox**

   https://www.engineeringtoolbox.com › af...

   Engineering ToolBox

   Dynamic, absolute and kinematic viscosities - convert between CentiStokes (cSt), centipoises…

   ENGINEERINGTOOLBOX.COM

2. **-https://www.ksb.com/ksb-en/download-center/**

   Download-Center | KSB

   KSB AG uses cookies to be able to optimally design and continually improve its web site. By continuing to…

   KSB.COM

3- **Flygt Slurry Pump Handbook - Xylem**

   PDFhttps://www.xylem.com › flygt-resources

المهندس محمد موسى:

E power = hydraulic power/pump eff. (V×I cos fi)/root sq of 3= QV/pump eff.

طبعاً مع مراعاة ثوابت التحويل حسب الوحدات المستخدمة للطاقة.

المهندس أيمن موسيليني:

من المعروف أن العلاقة عكسية بين الأمبير والضغط والعلاقة طردية بين الأمبير والflow ... هناك حالة تكون العلاقة فيها طردية بين الأمبير والضغط ... ما هي؟؟

رد المهندس ناصر خطاب:

كلامك صحيح لأى منحنى من التصرف بقيمة صفر حتى نقطة أعلى كفاءة (نفس نقطة أعلى قدرة يعنى أعلى امبير) وبعد هذه النقطة يبدأ منحنى القدرة فى النزول إلى نقطة أعلى تصرف على المنحنى وأقل ضغط.

المهندس محمد عبد العال:

باختصار شديد ... لكل طلمبة منحني ثابت ... ويتغير هذا المنحني إلي منحني آخر جديد بتغيير (قطر المروحة أو سرعة الطلمبة) ... وظيفة ال VFD أولاً أنه يتحكم في سرعة المضخة وبالتالي مع زيادة سرعة المضخة يزيد الضغط وكمية التصرف لأننا انتقلنا لمنحني آخر ... وفكرة عمله أنه يحول التيار المتردد AC إلى DC ثم يتم عمل DC CHOPPER ثم يتم إعادته الي AC وبالتالي فإن القانون الثابت له: V/F = CONSTSNT

بمعني لو عندنا موتور ٥٠ هرتز وشغلناه علي ٦٠ هرتز مباشر فهذا معناه أن السرعة ستزيد لماذا؟

N = 180 F / 2P

لكن المشكلة أنه بزيادة الهرتز تزيد المفاقيد النحاسية للموتور مع مربع الهرتز مما يؤدي لاحتراق الموتور ... لكن مع رفع الهرتز من خلال VFD إلي ٦٠ هرتز سوف يعمل الموتور بشكل سليم جداً ... لأن قيمة V/F ثابتة فبالتالي زيادة المفاقيد بسبب زيادة الهرتز تقل بسبب زيادة الجهد . طبعاً هناك مميزات عديدة له مثل تقليل تيار البدء . جميع الحمايات للموتور (ارتفاع جهد - زيادة حمل - تسريب أرضي .....) . وفي بعض محطات التحلية نضع محبس علي طلمبة الضغط العالي ونقوم بإغلاقه للتحكم في ضغط الأغشية وهذا المحبس يؤدي إلي فرق ضغط علي المحبس يمثل فقد في الطاقة الكهربية وزيادة استهلاك الكهرباء. ولكن مع VFD فنحن لسنا بحاجة إلي محبس طرد طلمبة الضغط العالي وبالتالي التوفير في الكهرباء.

المهندس محمد خليفة:

الله ينور يا هندسة.

وحول الPX أو ال Pressure exchanger والتربو Turbo تحدث الخبراء

(تابع المناقشة الثالثة والعشرين بعنوان مصير مياه الريجيكت).

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

هيا نأخذكم إلى منطقة الأغشية!!

5

النقاش الخامس

النقاش الخامس:-

5- هيا نأخذكم إلى منطقة الأغشية!

بواسطة طلمبة الضغط العالى يتم نقل المياه إلى أغشية التناضح العكسي بالإكراه ... الآن سنأخذكم فى زيارة إلى قلب وحدة التناضح العكسي ... نأخذ معنا طلبة الجامعات والمعاهد والمبتدئين ... ومعذرة على الإطالة فى هذا البوست ... وسنضع له ستة أيام قبل الدخول فى المناقشة السادسة نظراً لطوله وحتى نوفر الوقت للجميع للتجول فى المنطقة بتمهل وتأمل ... وقتاً سعيداً إن شاء الله ...

سنتوجه إلى الأغشية ونضع وصفاً عاماً للأجزاء الرئيسية لمجمع الأغشية أوما نطلق عليه ال (Membrane assembly) بما تحتويه من أوعية الضغط والأغشية التى بداخله وسريان المياه وخروجه من المجمع ... انظر إلى الصور وأنت تقرأ الشرح ... وأول شىء تقع أعيننا عليه هو أوعية الضغط أو الفيزلات (Pressure-vessels) أو اختصاراً الPV أوال(Membrane modules) وهى مجموعة أنابيب طويلة (أوأوعية أُسطوانية) يتم تثبيت الأغشية بداخلها ، ولهذا ... وظيفتها كما يُسميها الأجانب Housing for membranes أو توفير مكان سكن للأغشية!

مشاركة المهندس حمدى السيد:

فى البداية وقبل الدخول إلى الأغشية وأوعية الضغط يجب التحدث عن الR.O Skid or Train:

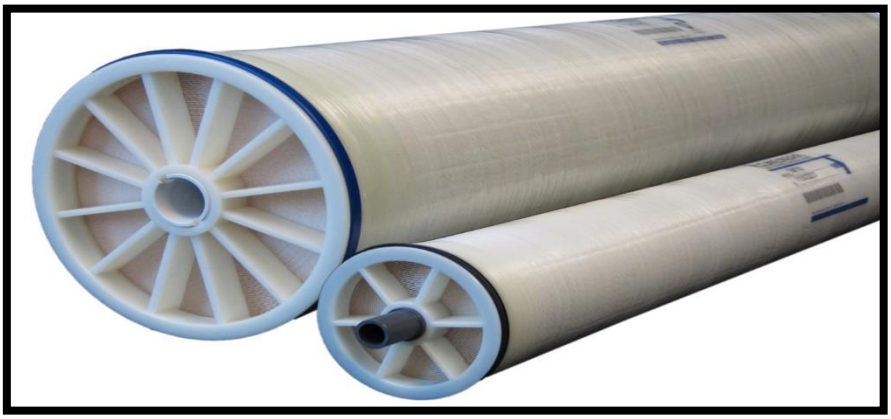
RO Skids and Trains As indicated in the previous section, RO membrane elements are installed in pressure vessels that usually house six to eight elements per vessel. Multiple pressure vessels are arranged on support structures (referred to as skids or racks). The

skids are typically made of powder-coated structural steel, plastic-coated steel, or plastic.

يُصنع وعاء الضغط من استانلس ستيل أو fiberglass reinforced plastic.

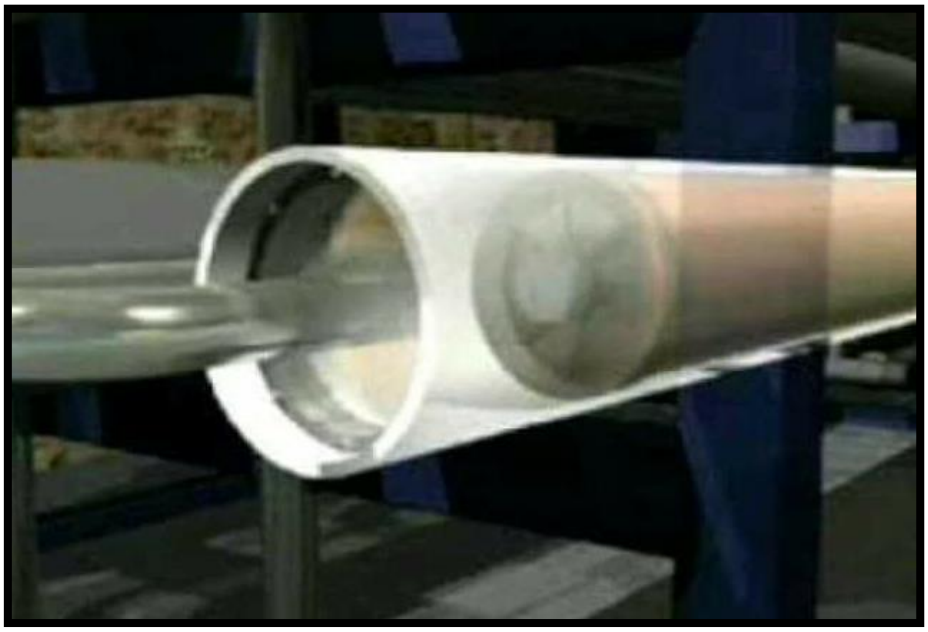
ووعاء الضغط يحتوى على غشاء أو عدة أغشية تصل إلى 7 أغشية حد أقصى ... وأقصى ضغط يتحمله هو 1200 psi (أو 85 بار) كما يتم مع مياه البحار نظرياً (وعملياً يكون أقل من ذلك) ... وهذه صور لأوعية الضغط:

وهذه صورة للأغشية والتى يتم إدخالها فى أوعية الضغط ... وتظهر الouter wrap البيضاء التى تلتف وتغلف الغشاء:



مداخلة المهندس شعيب محمد محمود شعبان:

هذه صورة للغشاء داخل وعاء الضغط:



وإليك الآن صورة الغشاء يخرج جزء منه من وعاء الضغط:

انظر إلى هذا الرجل كيف يُدخل الغشاء داخل وعاء الضغط (الفيزل):

مداخلة المهندس محمد زكريا:

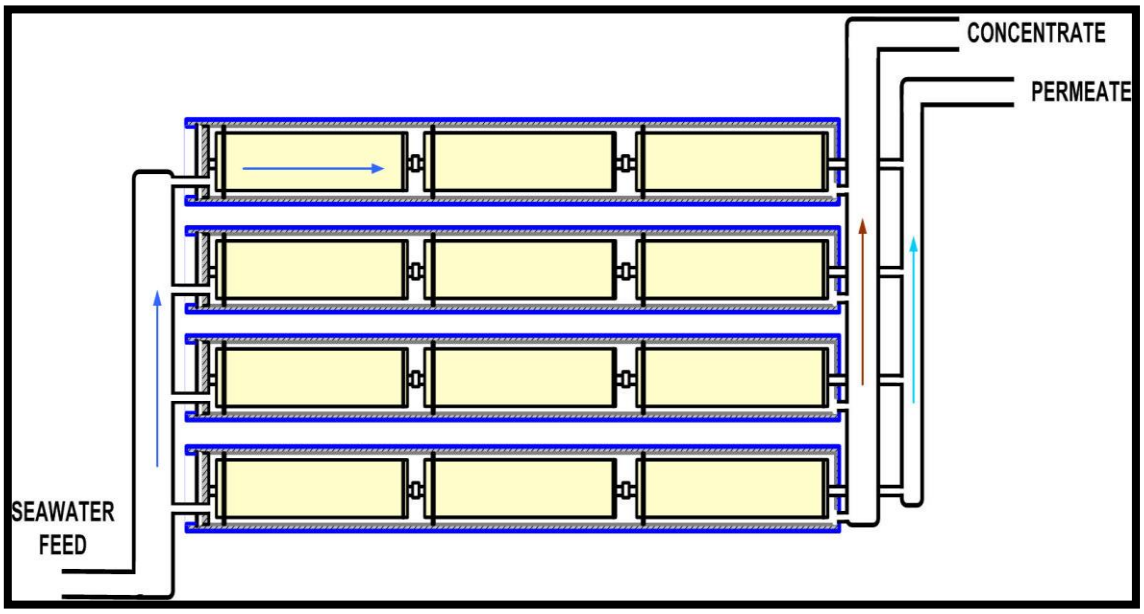
في هذه الصورة من الصعب جداً أنه يدخل الغشاء من المؤكد أنه يُخرج الغشاء لأن عدم seal الذى يمنع تهريب الأغشية للمياه غير موجود لأن الغشاء يدخل من الإتجاه المعاكس لل seal.

مداخلة المهندس محمد على:

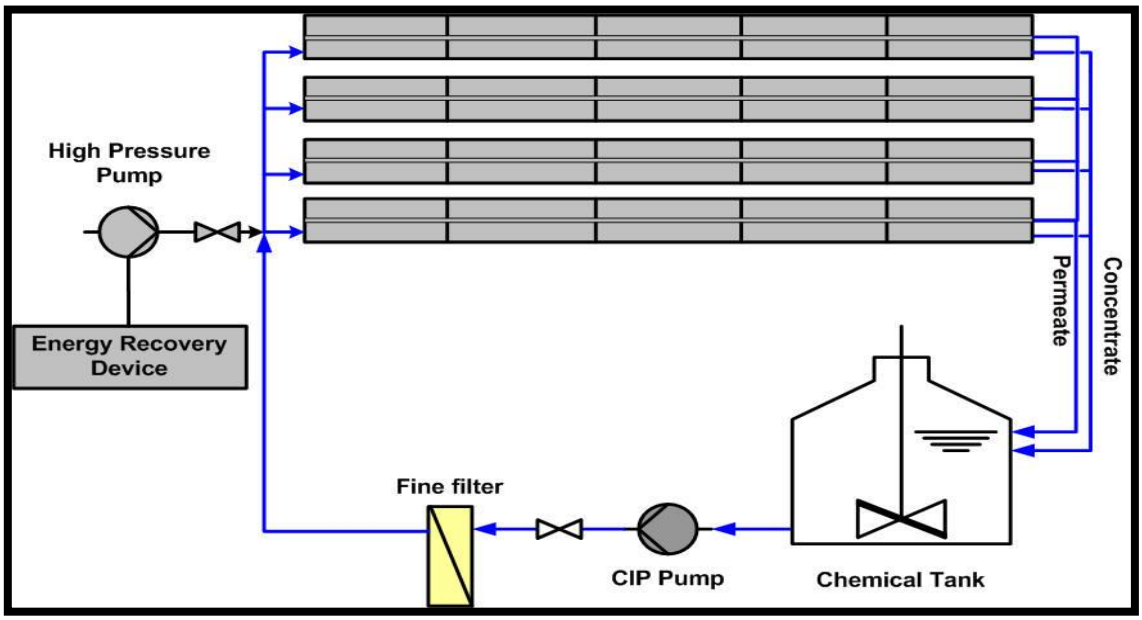
لكل وعاء فتحتين جانبيتين لدخول مياه الfeed و خروج مياه ال reject تسمى side ports.

وقد يتم تصميم أوعية الضغط بحيث تحتوى على عدة أغشية كما قلنا ... ونطلق عليها أيضاً membrane assembly ... وفى هذه الحالة يحمل كل وعاء ضغط عدداً من الأغشية ... ثلاثة ... خمسة ... تبعاً لحجم المحطة ...

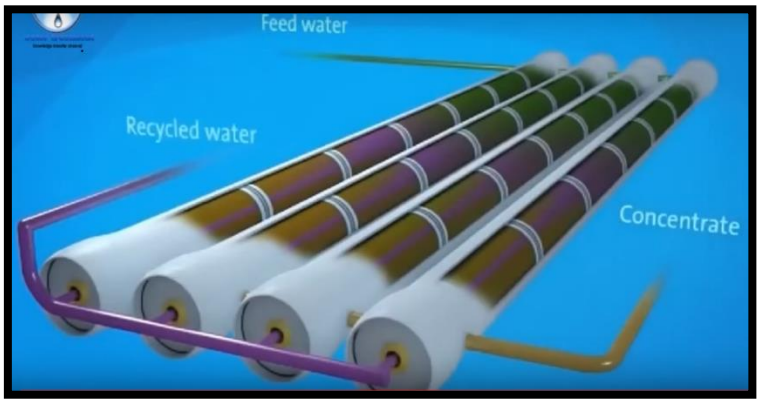
فمثلاً نجد فى الصورة التالية 4 أوعية ضغط تحتوى كل منها على 3 أغشية:



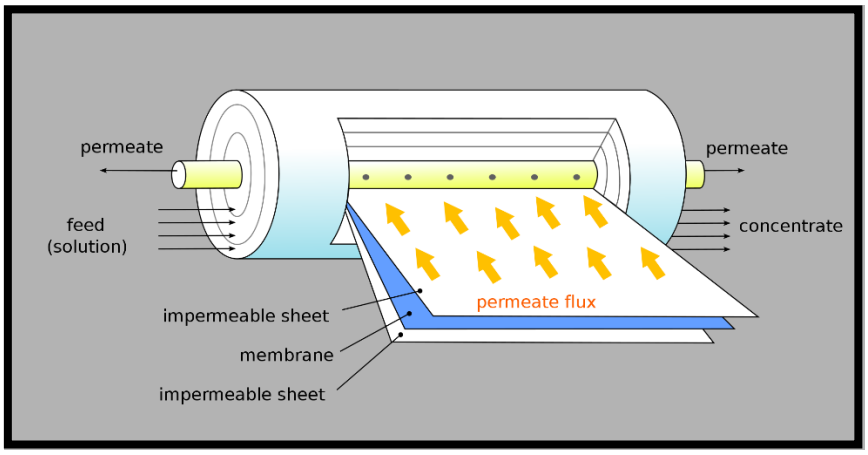
والصورة التالية توضح وجود 4 أوعية ضغط بكل منها 5 أغشية:



والصورة التالية توضح أربعة أوعية ضغط بداخلها عدة أغشية .... حيث تدخل مياه التغذية (Feed water) إلى الأوعية (الأنابيب الخضراء) ... وتخرج مياه البيرميت المُحلاة (Recycled water) من المنطقة الوسطى لكل وعاء فى أنابيب (اللون البنفسجى) ... وتخرج المياه البراين أو الريجيكت (Concentrate) من جوانب الوعاء (الأنابيب البنية)



والصورة التالية توضح ببساطة وعاء الضغط والغشاء الذى يحتويه وحركة واتجاه سريان المياه بداخله:



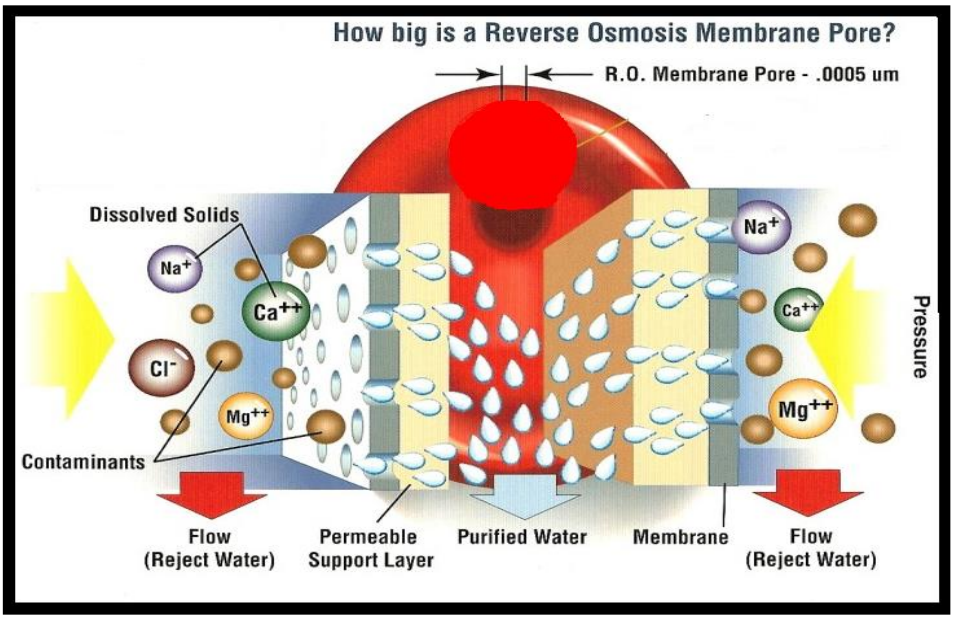
وإليك توضيح بعض الأمور:

1- وعاء الضغط له إطارأسطوانى بداخله أغشية ملفوفة بطريقة معينة على ما يشبه الأنبوب الداخلى (اللون الأصفر بالصورة) وهى تسمى الpermeate tube أو الcore tube.

2- تدخل مياه التغذية (feed water) بعدما تعرضت للمعالجة الأولية إلى داخل الوعاء بفعل ضغط الطلمبة كما نرى فى الجزء الأيسر من الصورة ... ويُمكننا أن نسمى هذه المياه بالمياه المحتوية على أملاح أوال Salty water حيث أننا لم ننزع منها الأملاح بعد إلا نسبة بسيطة فى المعالجة الأولية ... حينئذٍ تلامس هذه المياه الغشاء الملفوف على الجزء الأوسط من الأسطوانة فيمرجزء منها عبر فراغات أو مسام هذا الغشاء عن طريق الإنتشار (Diffusion) بواسطة طلمبة الضغط العالى إلى الجزء الداخلى الأصفر بعد تنقيتها لتكون المياه النقية أوالمنتجة أو ما نسميه مياه البيرميت permeate وتخرج من اليمين أو اليسار (كما بالصورة) أو حسب الديزاين وسُميت بذلك لأنها اخترقت الغشاء ... أما المياه التى لم تخترق الغشاء ... وهى فى الأصل مياه التغذية

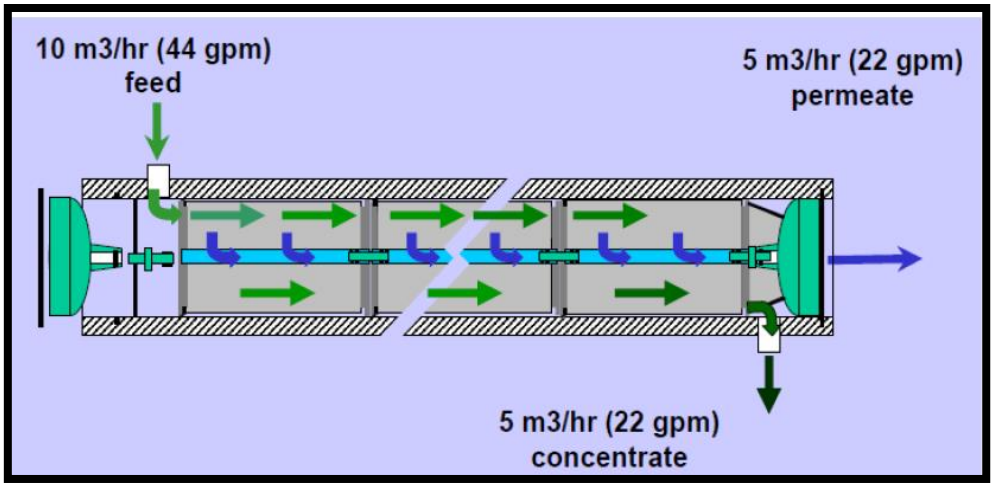
بين المنطقة الوسطى وجداروعاء الضغط ... فإن الأملاح تتركز فيها خلف الغشاء ونطلق عليها حينئذٍ المياه ذات الأملاح العالية أو الconcentrate أو الbrine أو الريجيكت Reject وتخرج من الناحية الأخرى (من الجهة اليمنى فى الصورة).

والصورة التالية توضح الفكرة أكثر ... وهو تصوير ما يحدث من زاوية أخرى:



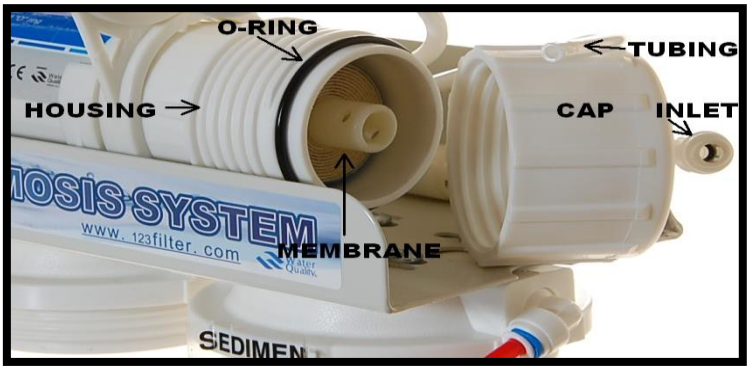
كما نرى بالصورة السابقة ... مياه التغذية تدخل على الغشاء من اليمين واليسار (السهمين الأصفرين) من خلال الأغشية الملفوفة فيتم حجز أيونات الأملاح الذائبة مثل أملاح الكالسيوم والماغنيسوم والصوديوم والكلورايد ...إلخ وتخترق المياه الأغشية لتدخل إلى الجزء الأوسط (Central core) وهى عبارة عن أنبوبة بها صفين من الثقوب غالباً ... وتخرج منها مياه نقية (Purified water) أو البيريمت ... والمياه التى تركزت فيها الأملاح خلف الأغشية تخرج وتسمى مياه الريجيكت (Rejected) أو ال(Retained) أو البراين (Brine) (وفى الصورة السابقة يُشار إليهما بالسهمين الأحمرين) ...

وإليك صورة أخرى توضح مسار المياه فى الأغشية:



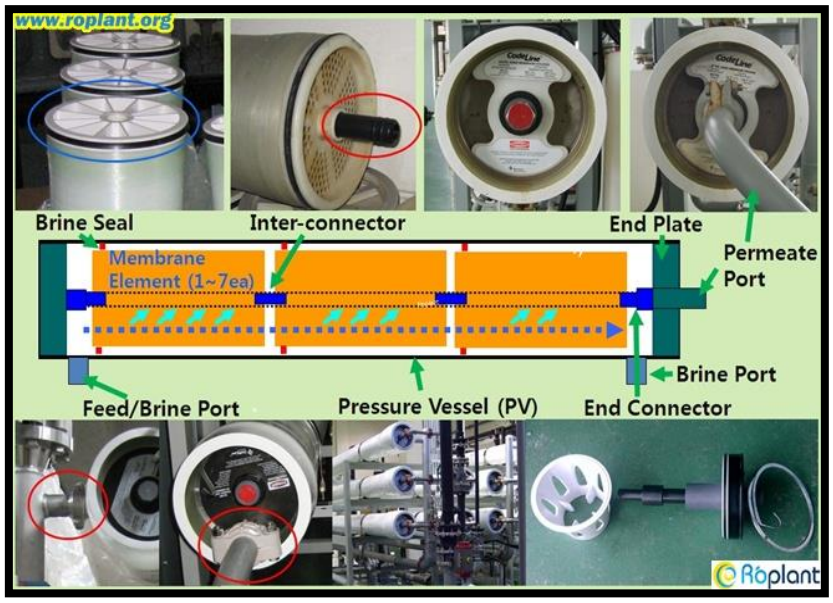
عرضنا لكم أوعية الضغط ودخول وخروج المياه بعدة صور ومن عدة جوانب ... ونحن – كما ترى – نقترب شيئاً فشيئاً إلى التركيب الداخلى لأوعية الضغط والأغشية بداخله ...

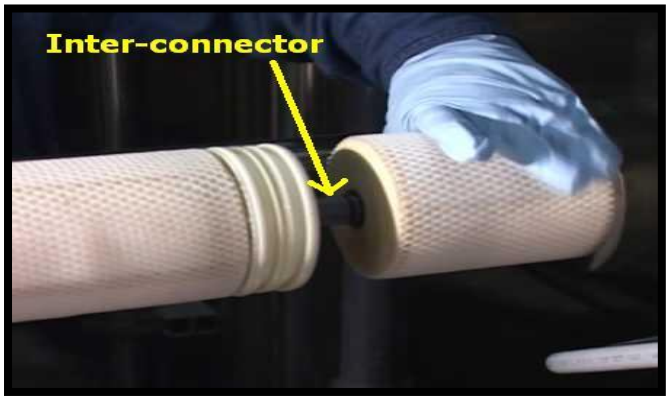
والصورة التالية هى لفلتر منزلى الذى يحتوى على نظام التناضح العكسى توضح دخول مياه التغذية (فتحة الInlet) من خلال الCap لوعاء الضغط مع وجود أورينج (O-ring) لمنع تسرب المياه لخارج الوعاء ... وهذا الوعاء هو الحاوى للأغشية (الممبرين) (Housing) ... وتستطيع أن ترى الغشاء الملفوف بداخله ونرى الجزء الأوسط الذى يجمع المياه المنتجة لتصل بسلام إلى المستهلك:



هيا نقترب أكثر إلى دنيا الأغشية فى محطات التناضح العكسى ... انظر إلى الصورة الهامة التالية لتوضيح الأمرحيث نلحظ وجود 3 أغشية داخل وعاء الضغط (اللون البرتقالى)...

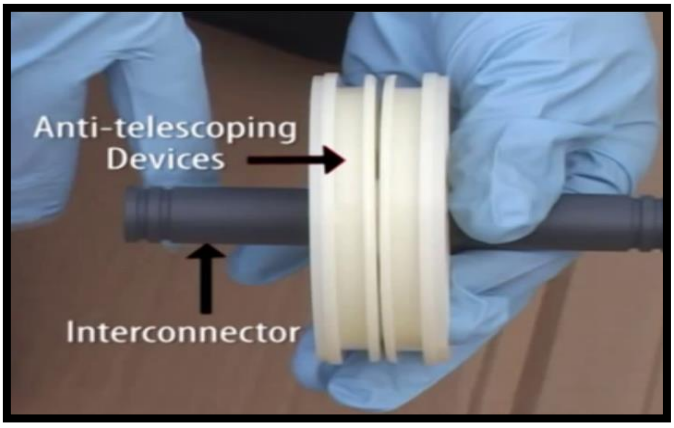
تدخل مياه التغذية داخل وعاء الضغط (الأسهم باللون الأخضر الفاتح) من اليسار إلى اليمين ... وفى طريقها داخل الوعاء وبضغط من طلمبة الضغط العالى تخترق جزء من المياه هذه الأغشية الثلاثة لتصل إلى الجزء الأوسط لتصبح المياه المحلاة (أو مياه البيرميت) لتخرج من خلال فتحة (على يمين الصورة) فى جزء ال Permeate port ... والماء الذى لم يخترق الأغشية يظل سائراً فى طريقه حتى يصل إلى فتحة البراين Brine port ليخرج محملاً بالأملاح نلحظ أيضاً وجود End connector فى نهاية الأغشية وقد تم تكبيره فى الصورة كما نلحظ وجود غطاء (أو قرص) معدنى end plate يحفظ تثبيت الغشاء داخل وعاء الضغط.



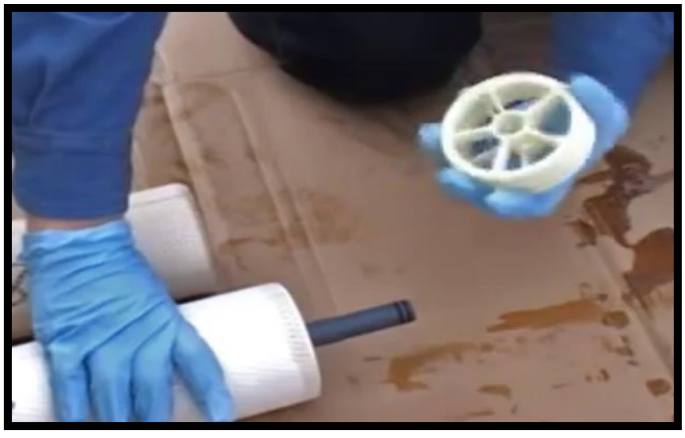


اتجاه منافذ الدخول والخروج إما تكون طرفية أو جانبية ... ويتم توصيل الأغشية ببعضها بواسطة وصلات داخلية بينية تُسمى Inter-connector يتم ادخالها فى الجزء الأوسط من الأغشية حيث تنتقل فيها المياه الحلوة من غشاء لآخر (الوصلة السوداء اللون وتحتوى على 2 أورينج فى طرفيها قطرها حوالى بوصة وطولها حوالى 12 – 15 سم) ... ويتم تشحيمها بجلسرين:

وها هى حلقة بيضاء وأخرى مثلها يتم تركيبهما فى الوصلة الداخلية بين الغشاء وأخيه ... وتسمى فى الحقيقة Anti-telescoping device ... سُميت بذلك لأنها تفصل بين الغشائين وتمنع تداخلهما أو انزلاقهما عن بعضهما.

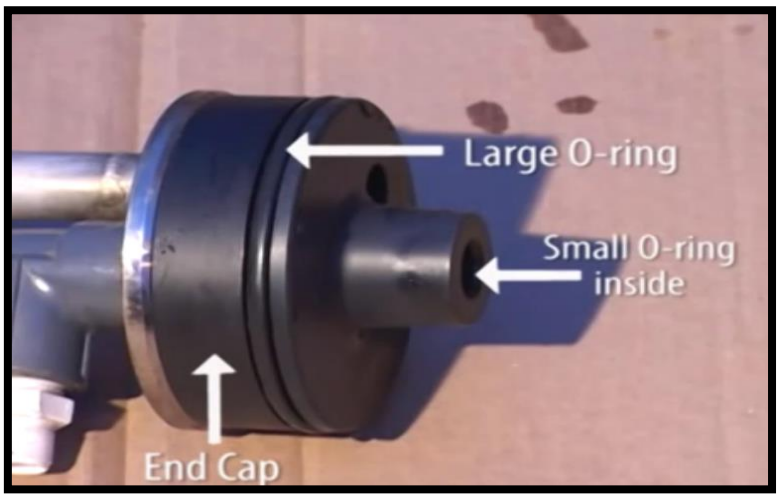


وهكذا يتم تركيب الanti-telescoping (أو نسميه الشمسية) فى الInter-connector:

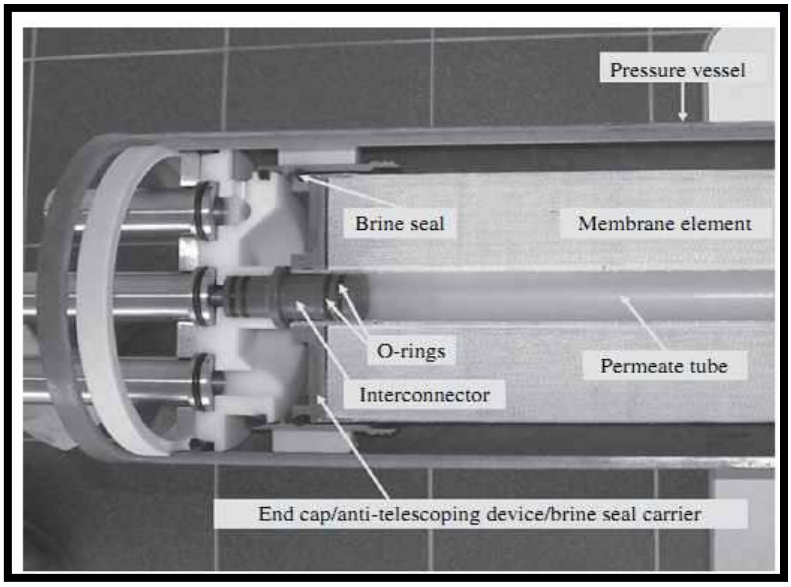


وهكذا بعد تركيب الanti-telescoping فى الInterconnector يتم تركيب الأغشية مع بعضها:

وبالنسبة للوصلة النهائية (فى الطرف) وهى ال End connector أو الend cap assembly التى أشرنا إليه منذ قليل وإلى وظيفته .... يتم تركيب ما يسمى بالAdapter وهو عبارة عن وصلة بين الأنبوبة البيريمت المركزية والend cap وبالتالى يوجد 2 أدبتور فى الفيزل لوكان هناك مخرجان للبيريميت من الجهتين ويوجد أورينج كبير ... وهو ضروري حتى للفلاتر المنزلية ... وعدم تركيبه بطريقة صحيحة يسبب تسرب المياه من الفلتر ... كما يوجد أورينج صغير O-ring يفصل مياه البيرميت عن (مياه التغذية) أوالبراين فى الأغشية المتقدمة بمعنى أنه يمنع تسرب المياه المالحة إلى البيرميت ... وسيتم شرح المشاكل المترتبة على عدم تثبيتها بطريقة صحيحة أو حدوث تلف لها بعد ذلك ...

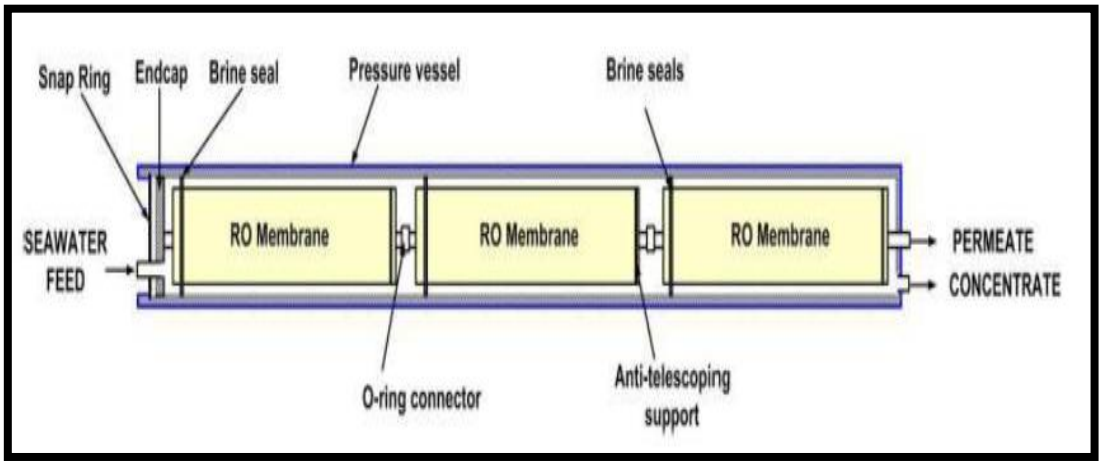


ونلاحظ فى الصورة العامة السابقة جزء يسمى الBrine seal وهو مانع هروب أو تسريب مياه التغذية يتواجد فى بداية الغشاء ونهايته ... وفائدته توجيه مياه التغذية فى مساراها المحدد ... وهو يظهر بوضوح فى الصورة التالية التى بين أيدينا:

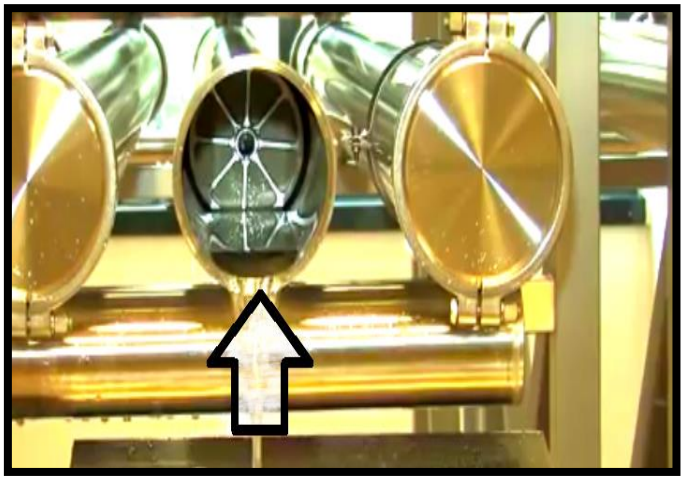


ولمعرفة كيف نثبت الغشاء فى أى اتجاه ...عادةً ما يتم رسم سهم على الغشاء لتوضيح مسار المياه:

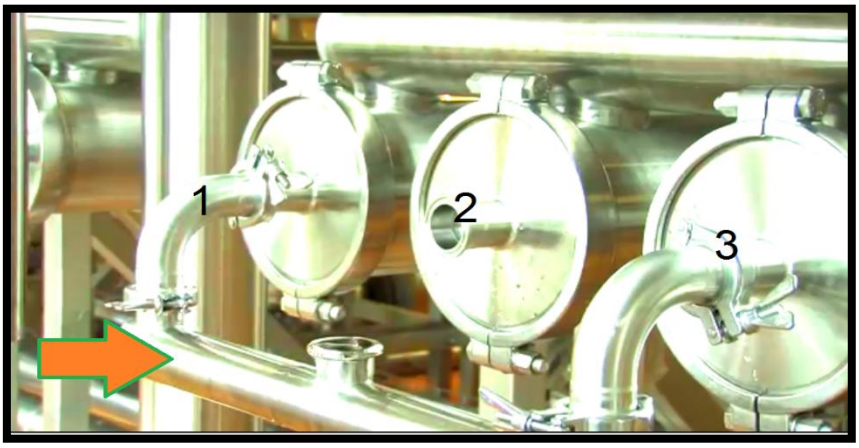
وإليك صورة أخرى مبسطة لما قلناه:



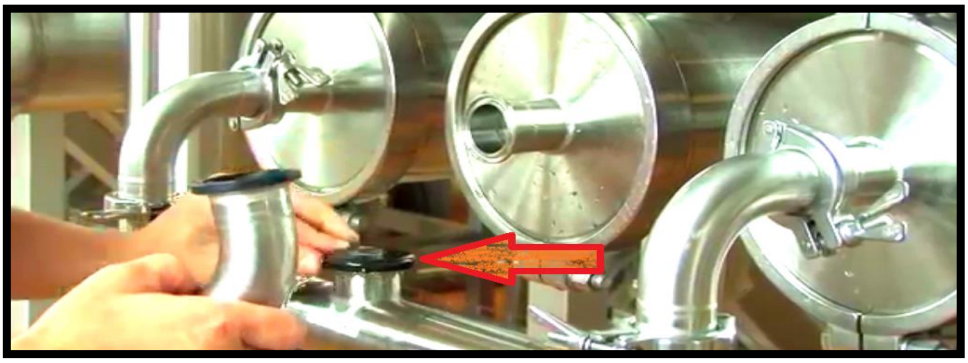
وعندما نريد تغيير الغشاء من الفيزل يجب فك الCap أولاً واخراج الغشاء ... ونجد فى الصورة التالية الفيزل مفتوح وقد اخرجنا أول غشاء وتبقى غشاء آخر داخل الفيزل والسهم يشير إلى هذه المنطقة:



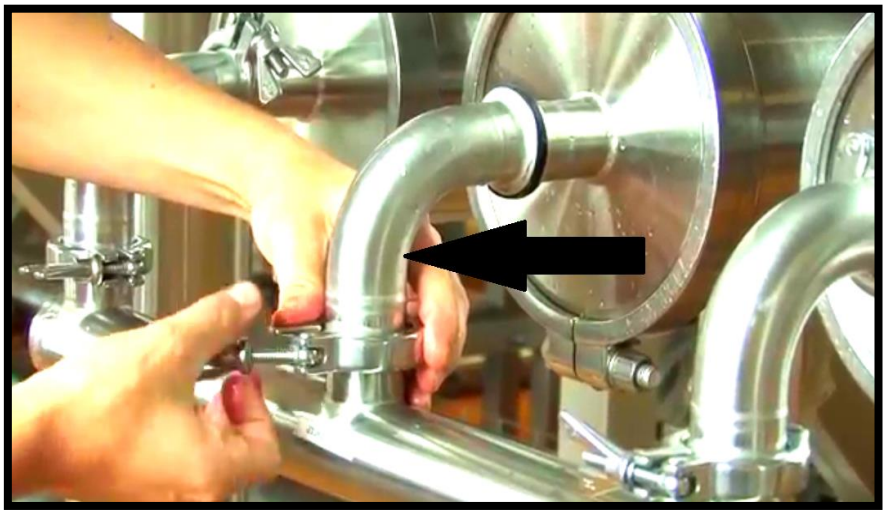
ونلحظ فى الصورة التالية 3 فيزلات تخرج منها فتحات التى تسرى فيها مياه البيرميت 1 , 2 , 3 وتتجمع فى ماسورة يشير إليها السهم البرتقالى عن طريق "كوع" يربط بينهما ... نلحظ أيضاً أن الكوع فى رقم 2 غير متواجد ...



وقبل تثبيت الكوع يتم وضع أورينج كما هو واضح فى الصورة التالية:



والآن يتم تثبيت الكوع ويشار إليه بالسهم الأسود:



بالطبع يختلف تركيب المواسير والبابيات من ديزاين لآخر ومن وحدة لأخرى لكن الفكرة واحدة.

نلخص ما قلناه فيما يتعلق بالمياه الخارجة من وحدة التناضح العكسى:

1- **المياه المنتجة النقية (البيرميت) وهى التى تحتوى على نسبة قليلة من الأملاح وهى التى سوف نقوم بإخضاعها للمعالجة النهائية قبل الإستعمال ... هذه المياه المنزوعة الأملاح نطلق عليها عدة مسميات مثل:**

Permeate (filtrate) (water product) (pure water) (purified water) (desalinated water) (Fresh water).

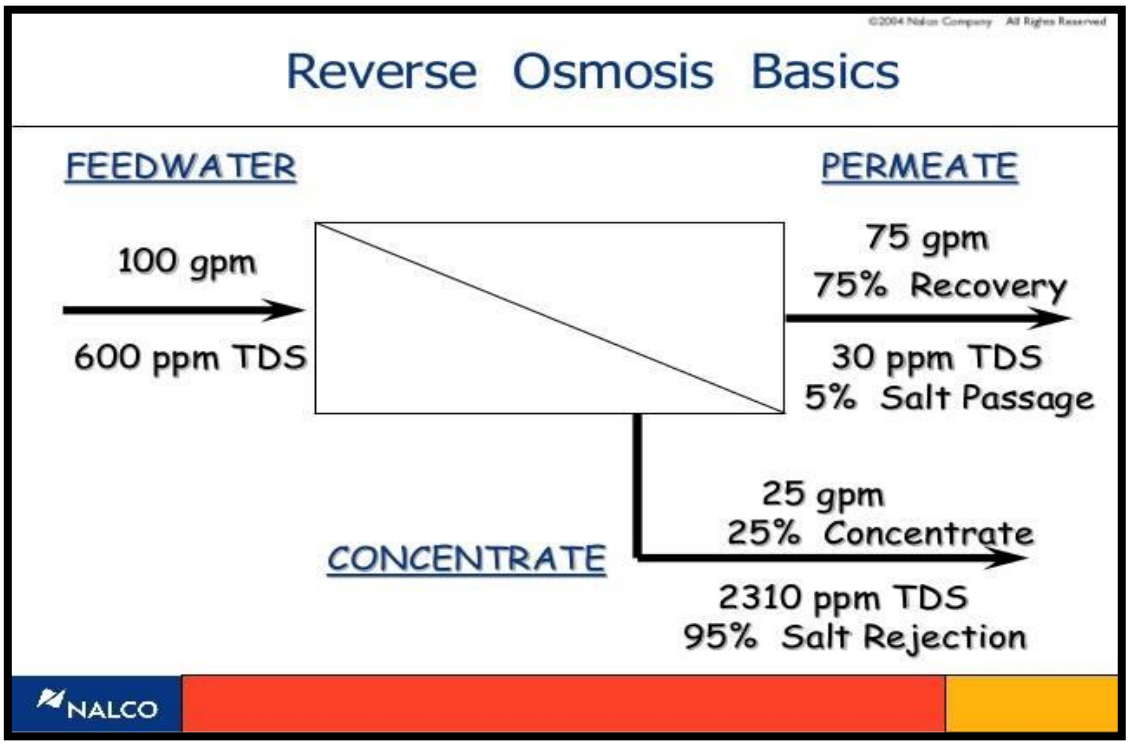
وفى هذه المياه تتواجد أملاح بكميات قليلة وتسمى بالSalt passage سُميت بذلك لأنها مرت خلال الأغشية مع المياه المنتجة ولم تُحجز.

2- **المياه المتبقية خلف الغشاء والتى حدث تركيز الأملاح والملوثات المختلفة فيها ولم تمر من خلاله ، وبالطبع فإن الTDS تكون فيها عالية جداً ... هذه المياه نطلق عليها عدة مسميات مثل: مياه الريجيكت - مياه البراين – المياه المالحة.**

Reject water (concentrate) (waste water) (brine discharge) (salty concentrate).

والأملاح التى تتركز فى هذه المياه يُطلق عليها Salt rejected أى الأملاح المنبوذة أو المطروحة والمياه نفسها تسمى water rejected أو المحلول المطرود !! ويتم التخلص منها بعدة طرق كما سنشرح فى مصير الريجيكت بعد ذلك ....

الصورة المشهورة التالية من شركة نالكو ... توضح .... كيف تنقسم مياه التغذية Feed water إلى مياه البيرميت والريجكت (أو الConcentrate) ... تدخل مياه التغذية بمعدل سريان 100 جالون لكل دقيقة وبأملاح كلية ذائبة 600 جزء فى المليون ... والمياه التى تخترق الأغشية وتخرج منها هى مياه البيرميت بمعدل 75 جالون لكل دقيقة (يعنى ريكافرى 75%) بأملاح حوالى 30 جزء فى المليون (أى أن حوالى 5% من أملاح التغذية هى التى اخترقت الأغشية) ... أما مياه الريجيكت فتخرج بمعدل 25 جالون لكل دقيقة وقد تركزت فيها الأملاح فوصلت إلى 2310 جزء فى المليون.



مداخلة المهندس محمد زكريا:

بالنسبة لأغشية ال brakish water تكون نسبة ال salt passage فيها أعلي من أغشية ال Sea water.

وسيتم شرح معنى الريكافرى وغيرها من المصطلحات فى نقاش خاص بالمعادلات بعد ذلك إن شاء الله ... كما أن تركيب الغشاء نفسه والمواد التى يُصنع منها سوف يتم إفراده بمناقشات منفصلة ...

المشاركات على النقاش الخامس: هيا نأخذكم إلى منطقة الأغشية:

مشاركة المهندس محمد على:

معظم مشاكل التسريبات leakage في المحطات تكون من ال vessel side ports أو end cap ولذلك مهم جداً نهتم بوضعية الأورنجات في التركيب والصيانة.

مشاركة المهندس عادل بدوى على:

أحببت أن أشير الي نقطة هامة في موضوع الأغشية وهي كيفية استخراج الأغشية القديمة من الفيزلات ... من المعروف أن الأغشية عندما تنزل داخل الفيزلات تنزل في مجاري أو فتحات وتضغط عن طريق الرنج البلاستيكي حتي لا يحدث فراغ ويحصل تسريب للمياه زي ما ذكر منذ قليل في عملية الإدخال نستعمل مواد لزجة مثل الصابون السائل أو الكريم الطبي لتسهيل عملية دخول الأغشية في مكانها الصحيح ومن غير حدوث ضرر علي الفيزل.
الأصعب من عملية إدخال الأغشية هو خروجها ... وهنا نستخدم أدوات سحب خاصة بكل نوع ممبرين في شكل مقابض ولها وزن تقيل في المؤخرة حتي يساعد في عملية السحب والشد والطرق أحياناً ... وهناك نوع من الممبرينات تأتى جاهزة عن طريق الربط والفك في نهاية كل فيزل ... تقبلوا مروري وتحياتي.

مشاركة المهندس إبراهيم شعراوى:

عند اختيار الفيزل يُفضل من ناحية التركيب والصيانة أن يكون side port ولا يكون end port لسهولة فك وتركيب ال end cab.
وفي بعض الحالات ونتيجة تراكم الأملاح يصعب فك end cab لذا نلجأ لاستخدام ضغط طلمبة التغذية لحل تلك المشكلة ولكن يجب الانتباه جيداً لسلامة الأفراد ولسلامة الأغشية.

مشاركة المهندس سلمان محمد حامد برابط فيديوعن التحلية بالتناضح العكسى:

http://bit.ly/2EZZ9ts

مشاركة المهندس أيمن موسيلينى:

يُلاحظ أن سُمك وعاء الضغط من الأطراف كبير عن باقي طول الوعاء ... وهذا الجزء الأمامي والخلفي له سمك أكبر لأنه هوالجزء الذي يتعرض للضغط أما باقي الوعاء فهو حاوي للأغشية ولا يقع عليه أي ضغط.

مشاركة المهندس حمدى السيد:

Pressure vessel mounting components. بما يعرف بالSkidيتم تثبيت أوعية الضغط فى ال
معدات تستخدم فى تثبيت أوعية الضغط (الفيزلات) والتأكيد على سلامة التثبيت فى منظومة معالجة المياه.

Click-Lock Clamps, Straps, Unistrut Clamps, Support Saddles and other hardware are used to install pressure vessels and ensure secure pressure vessel installation and support in a water treatment system.

وتفضل المهندس حمدى بإضافة روابط فيدوهات كالتالى:

http://bit.ly/2BoqvcW

http://bit.ly/2nUBQK4

http://bit.ly/2nScLzx

مشاركة المهندس عبد العزيز عبد الغنى السبئى:

بالنسبة للوحدات الصناعية فتتكون الوحدة عادة من عمود واحد أوعدد من الأعمدة يحتوي كل واحد منها على غشاء واحد حيث يتم ربط بعض هذه الأعمدة مع بعضها على التوازي لتجميع الماء العذب...بينما يتم استغلال عدد آخر من الأعمدة لإعادة تكرير الماء المالح ... ويُمكن أن تكون الوحدة عبارة عن عدد من الأعمدة الأُسطوانية بحيث يمكن وضع ستة أغشية فيعمود واحد وترتبط الأغشية مع بعضها البعض من خلال أنبوبة وصلconnection O-ring.

وفي داخل العمود الواحد تتم عمليات المعالجة على التوازي بالنسبة للماء المعالج بمعنى أن الماء العذب الخارج من الغشاء الأول لا يتم معالجته في الغشاء الثاني وإنما يواصل سيره عبر الأنبوب المركزي إلى قناة التجميع الرئيسية للعمود ككل ...أما الماء المالح المُركز الناتج في الغشاء الأول فيتم إدخاله إلى الغشاء الثاني وهكذا حتى يتم تجميع ماء شديد الملوحة ناتجاً عن الغشاء الأخير ليتم تجميعه في قناة خاصة بالماء المالح.

إذن في كل وحدة لدينا تيار مغذي" Feed " وتيار الماء العذب " Permeate " وتيار " Concentrate " الماء المالح ... هذا ويُمكن إستغلال الماء المالح المُركز وإدخاله على مرحلة معالجة أخرى لتقليل الفاقد من الماء ... حيث يتم في العادة تركيب وحدة " Multi – Stage " وفي هذه الحالة تعتبر العملية متعددة المراحل تحتوي على ثلاثة أعمدة للمرحلة الأولى وعمودان مثلاً للمرحلة الثانية ... وهذا يزيد من كفاءة وانتاجية الوحدة والتي تبين مواصفات مياه البحر قبل وبعد ... كما يُقلل فاقد الماء ... ويُمكن النظرإلى الجداول لأنواع من اجهزة ال RO معالجتها ونتائج التحليل المخبري والطاقة الإنتاجية.

بقي أن نشير إلى أن الماء المالح المركز النهائي يتم التخلص منه بإرساله إلى وحدة الصرف الصناعي في المحطة ولا يجوز تصريفه في شبكات الصرف الصحي قبل تخفيفه أو معالجته لما في ذلك مصلحة البئية .

تعليق المحاضر:

كلام جميل واختصار رائع للوحدة وسوف يتم شرح كل جزئية فى المناقشات القادمة على حدة.

مشاركة المهندس خالد مصطفى:

يكون الوعاء مصمم بحيث يتحمل الضغط الواقع عليه من مضخة الضغط العالي"high pressure pump" الخاصة بضغط المياه خلال الأغشية وكلما زاد الضغط المطلوب وزادت قدرة المضخة زاد سمك وعاء الضغط حسب العلاقة العلمية بين الضغط داخل وعاء والسمك المطلوب لتحمل هذه الضغط.

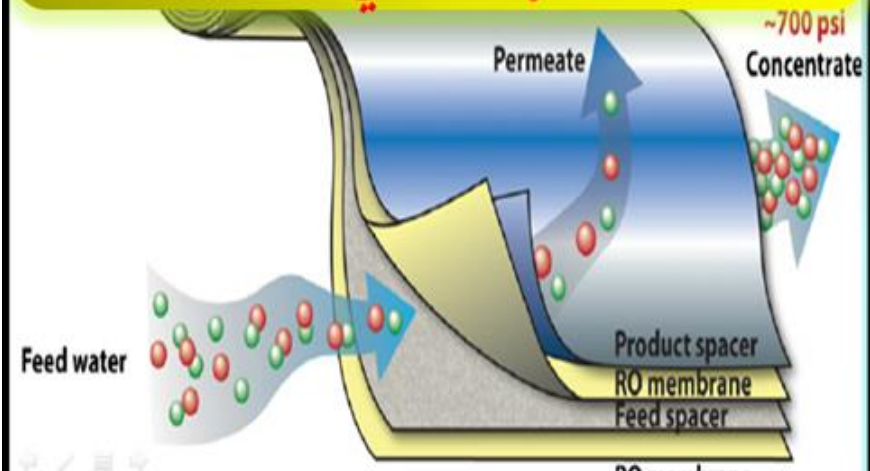
عدد الأغشية وعدد أوعية الضغط في المحطة طبعاً يتوقف علي عدة عوامل أهمها وأبرزها هو كمية المياه المطلوب انتاجها في الساعة أو في اليوم ... وقدرة المضخة"high pressure pump" من حيث معدل سريانها والضغط الحاصل منها.

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

وصف الأغشية وتشكيلها الهندسي!!



6

النقاش السادس

النقاش السادس:-

6- وصف الأغشية وتشكيلها الهندسي

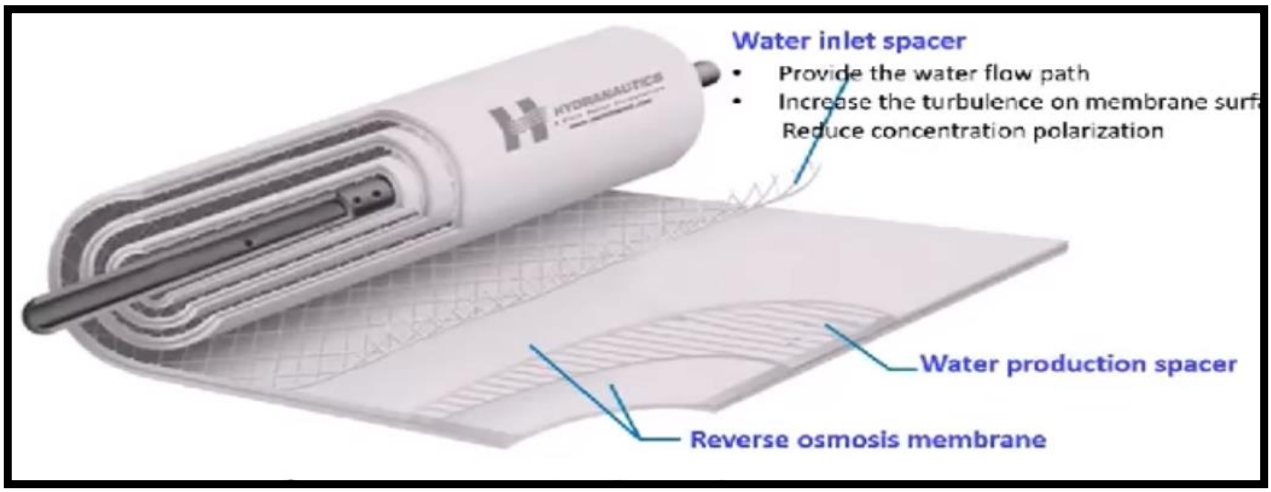
وصف الأغشية وتشكيلها الهندسي

فى هذا النقاش سنتحدث عن وصف عام للأغشية دون التطرق للتركيب الكيميائى الذى سنؤخره للنقاش القادم ... سنتحدث عن الأربعة أنواع من الأغشية تبعاً لتشكيلها الهندسي ... ورجاء كل من لـه سابق خبرة مع هذه الأنواع فلا يبخل على زملائه فى المنتدى من ابداء خبرته وملاحظاته ... وفى نهاية النقاش سنتحدث عن الأبعاد الخاصة بالأغشية

أولاً: وصف الأغشية ...

الأغشية التى تراها فى وحدة التناضح العكسي داخل أوعية الضغط ليست طبقة واحدة ولكنها عبارة عن عدة طبقات ... طبقة خارجية تعمل كدعامة للغشاء ... تماماً مثل وظيفة الظرف (Envelope) أو Outer wrap والذى يحفظ الرسالة أو الخطاب بداخله ... يلى هذه الطبقة شبكة واسعة من مسامات تسمح لمياه التغذية الدخول إلى الأغشية ... ونسمي هذه الطبقة كما ترى فى الصورة Feed channel spacer أو Water inlet spacer أو فاصل مدخل المياه بالعربية ... ونحن نذكر هنا كلمة "المسام" وليس الثقوب pores والتى تمتاز بها الفلاتر الأخرى مثل الفلاتر الميكرونية ... فنفاذ الماء خلال الغشاء يكون من خلال هذه الفراغات أو الspacers.

يلى ذلك طبقة الغشاء Membrane نفسها (وسوف نفرد فى المناقشة القادمة التركيب الكيميائى للأغشية) ... ثم يليها شبكة أخرى ضيقة تسمى permeate spacer أوWater production spacer أو فاصل المياه المنتجة تسمح بتجميع المياه المُحلاة إلى الجزء الأوسط حيث يتم تجميع مياه البيرميت فى أنبوبة البيرميت Permeate collection tube ... وهذا الفاصل معزول من 3 جهات وبالتالى يمكنه توجيه المياه المُحلاة إلى أنبوب التجميع المركزية.

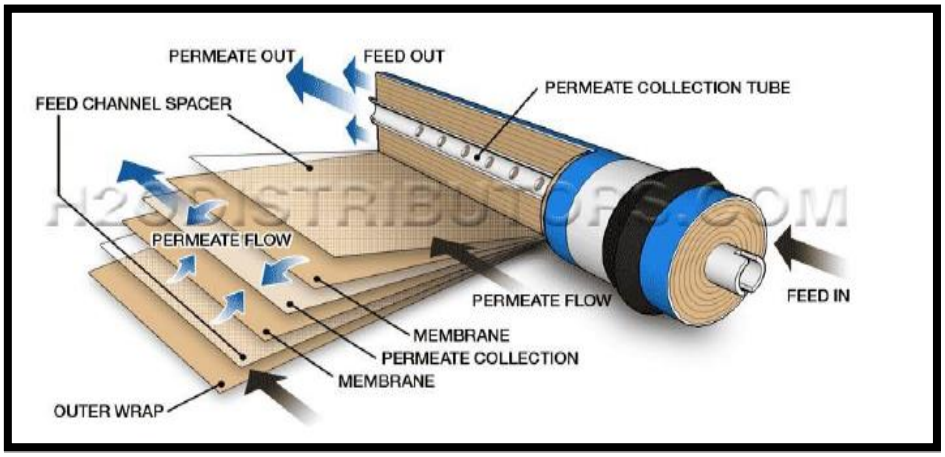


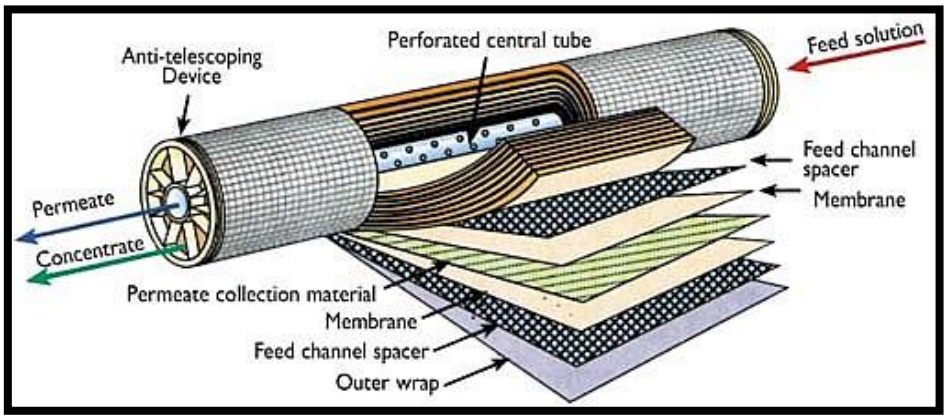
وظيفة فاصل مدخل المياه (Feed spacer) وظيفتان أساسيتان ... الوظيفة الأولى توفير مسار تدفق المياه (توجيهها إلى المسار الصحيح) ... الوظيفة الثانية هى العمل على زيادة الاضطراب turbulence فى المياه على سطح الغشاء

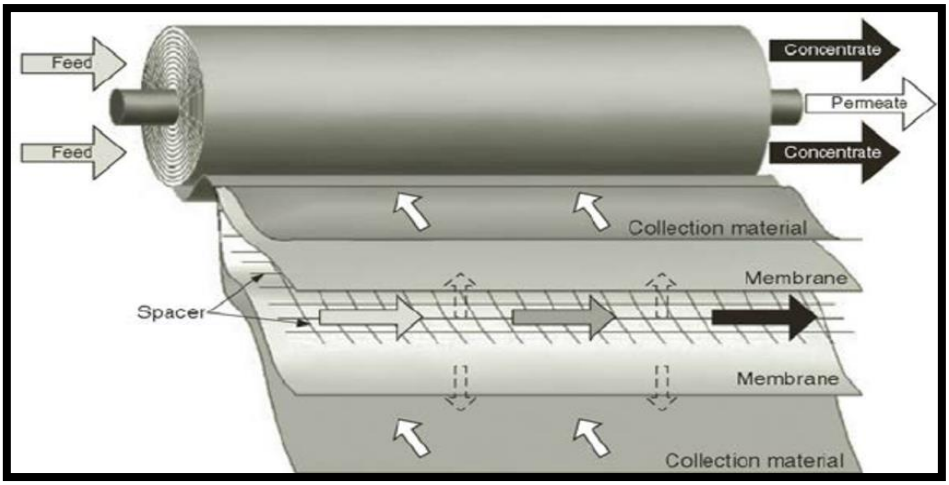
فيقلل من استقطاب التركيز concentration polarization فيقلل من إمكانية حدوث ترسبات الأملاح على الأغشية كما سنشرح بعد ذلك.

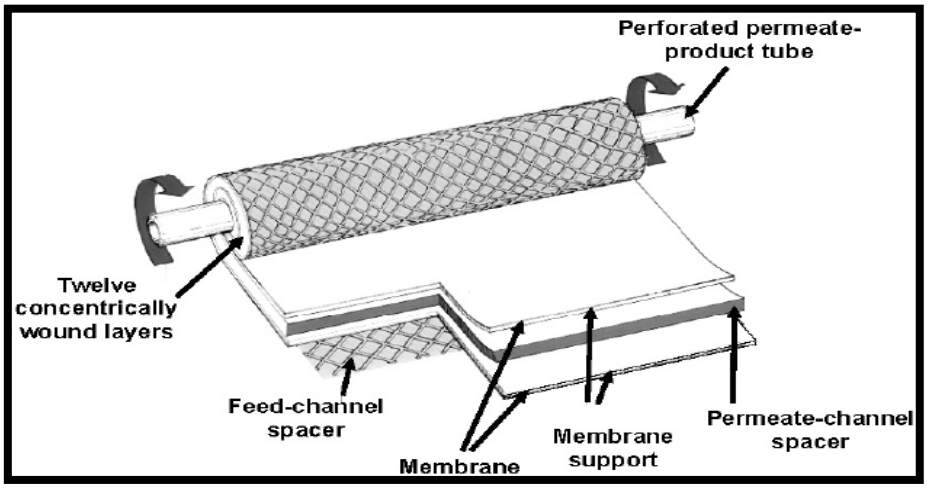
ومن خلال الشباك الخاصة بمياه التغذية Feed spacer تستكمل المياه المحجوزة خلف الأغشية مشوارها لتخرج من هذه المنظومة وقد تركزت فيها الأملاح (Feed out) لتدخل على الغشاء التالى وهكذا.

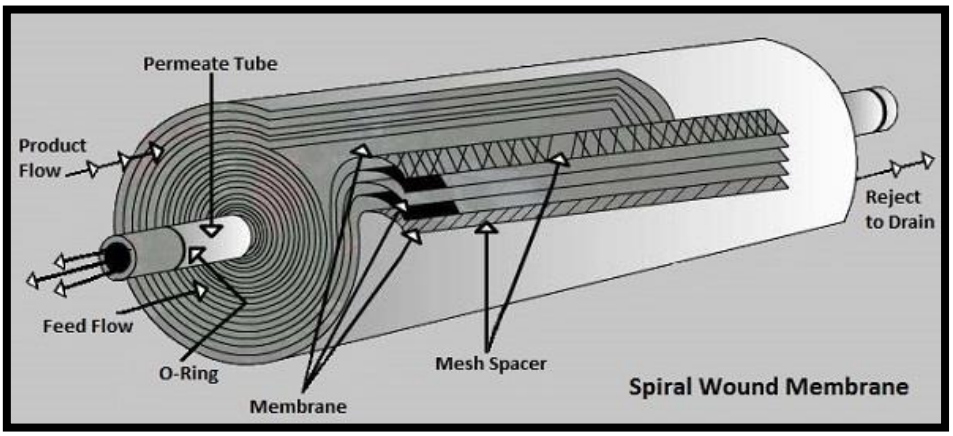
والصور التالية أيضاً توضح تركيب الأغشية وطبقة الFeed spacer وكيفية سريان المياه داخلها ...











ثانياً: تقسيم الأغشية تبعاً لتشكيلها الهندسي (Geometry):

عندما يتم تشكيل الغشاء نسميه بالmodule ... ويتم تقسيمه لأربعة أنواع تبعاً للتشكيل الهندسي أو ال Configuration:

1- اللوح الحلزوني Spiral wound module:

وهذا هوالنوع التقليدى والأكثر شهرة ... حيث يتم تشكيل هذه الأغشية على هيئة ألواح حلزونية واسعة فى طبقات متتالية مع وجود مواد مدعمة مثل "الظرف" envelope ... وهذه الألواح تكون ملفوفة على أنبوبة من الصلب وهذه الأنبوبة الصلبة مثقبة Perforated steel tube ... ويتم تثبيتها فى الجزء الأوسط من وعاء الضغط وتسرى فيها مياه البيرميت كما ذكرنا وتُسمى أيضاً Permeate collection tube.

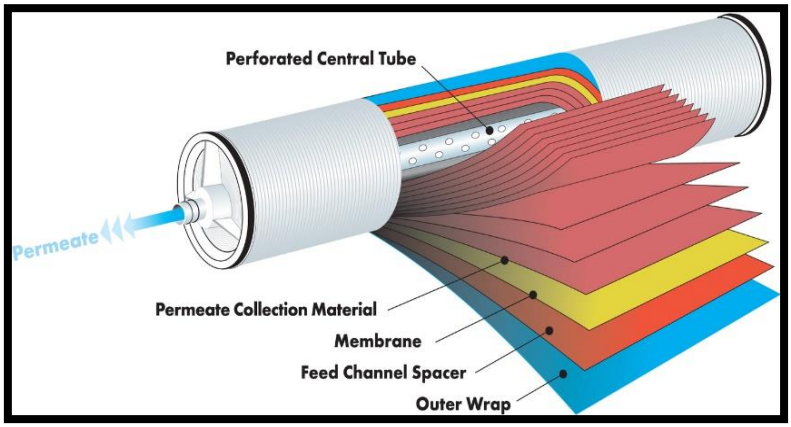
وهذا التصميم يساعد على زيادة مساحة السطح فى أقل حيز ... وتكلفته منخفضة ولكن يعيبه حساسيته للتلوث وصعوبة صيانته بسبب طريقة صنعه.

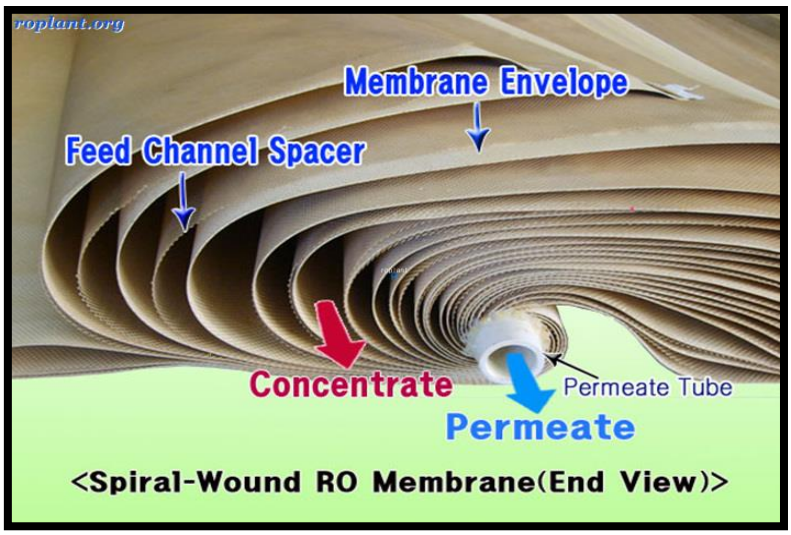
وما يحدث هو أن مياه التغذية تدخل إلى فراغات تسمى feed spacer ثم تخترق الغشاء لتدخل عبر قنوات أخرى تُسمى permeate channel spacer بين طبقات الأغشية حيث تسرى فيها المياه المفلترة أو البيرميت فى مسارات حلزونية ومنها إلى الأنبوبة الداخلية التى تتجمع فيها مياه البيرميت.

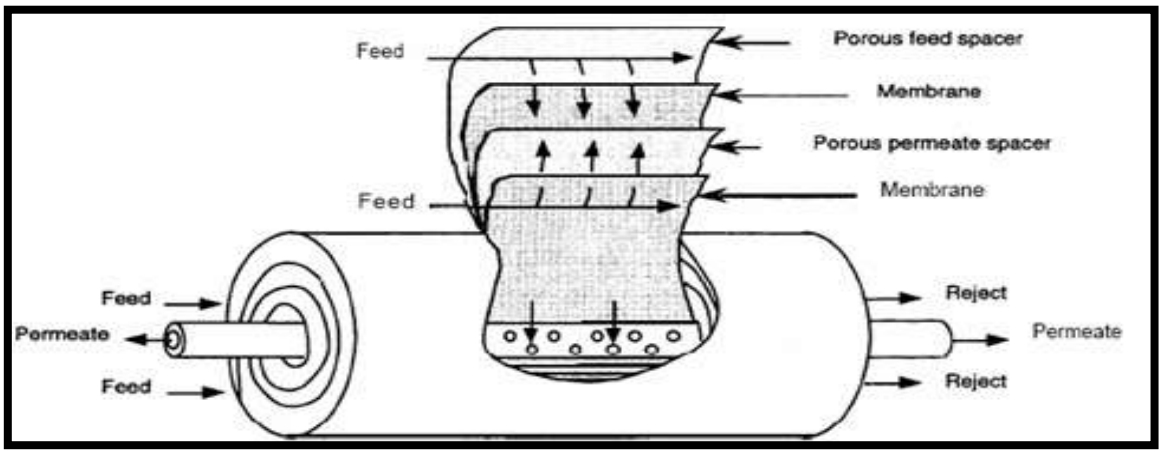
إسم آخر يطلق على القنوات permeate channel spacer هو الpermeate water carrier ...نظراً لأنه يحمل مياه البيرمييت إلى الأنبوبة الداخلية.

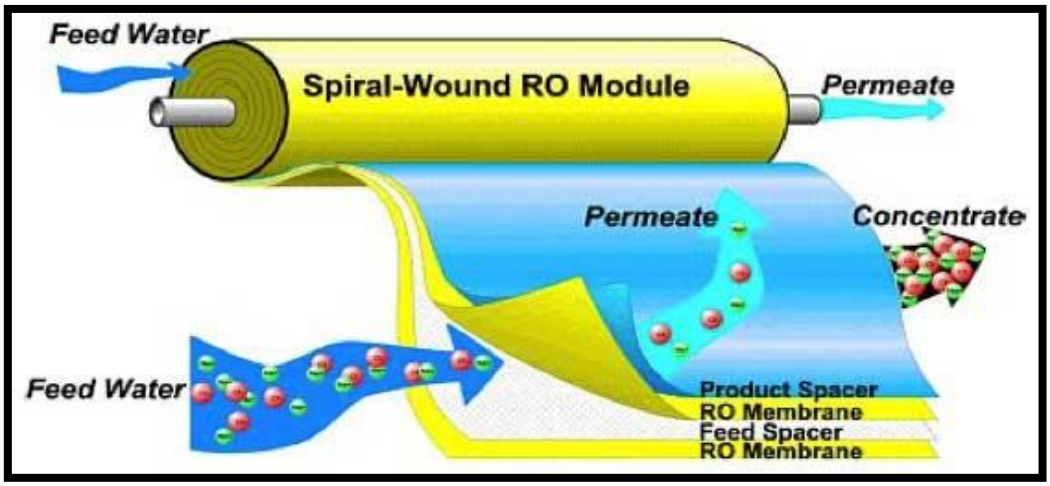
ونلاحظ وجود طبقات داعمة (دعامات) تلف بشكل حلزونى مع الأغشية لتثبيتها وحمايتها من التغير فى الضغوط أو زيادة كثافة التحميل عليها.

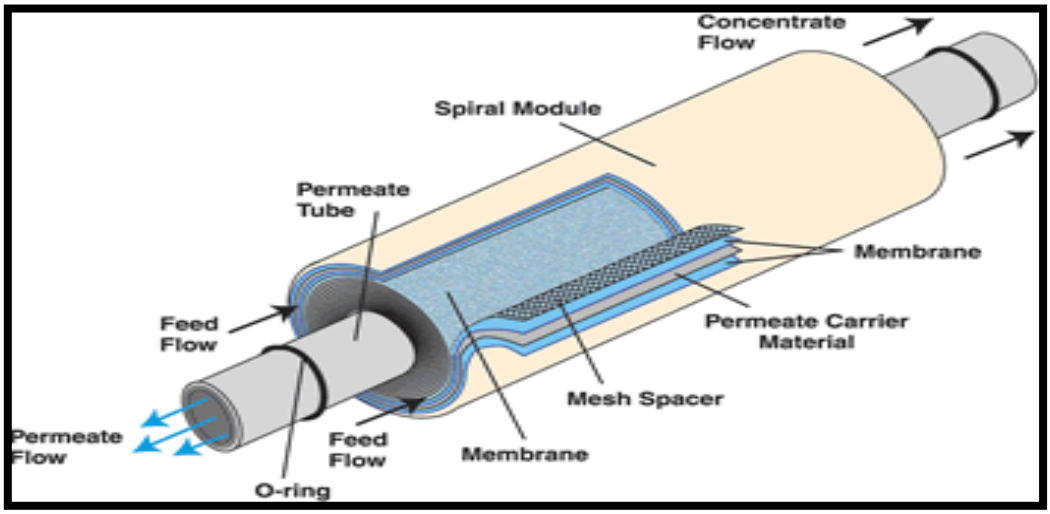
وأحببنا أن نمد حضراتكم بعدة صور من هذا النوع كى يتضح ما قلناه ... تأملوا كل جزء فى هذه الصور ... من حيث الطبقات وترتيبها وسريان المياه داخل الأغشية ...



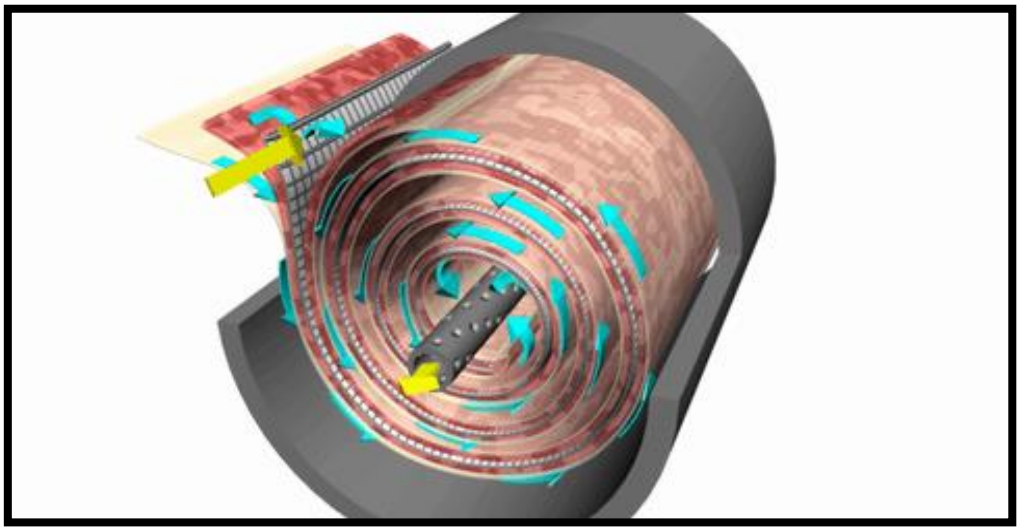


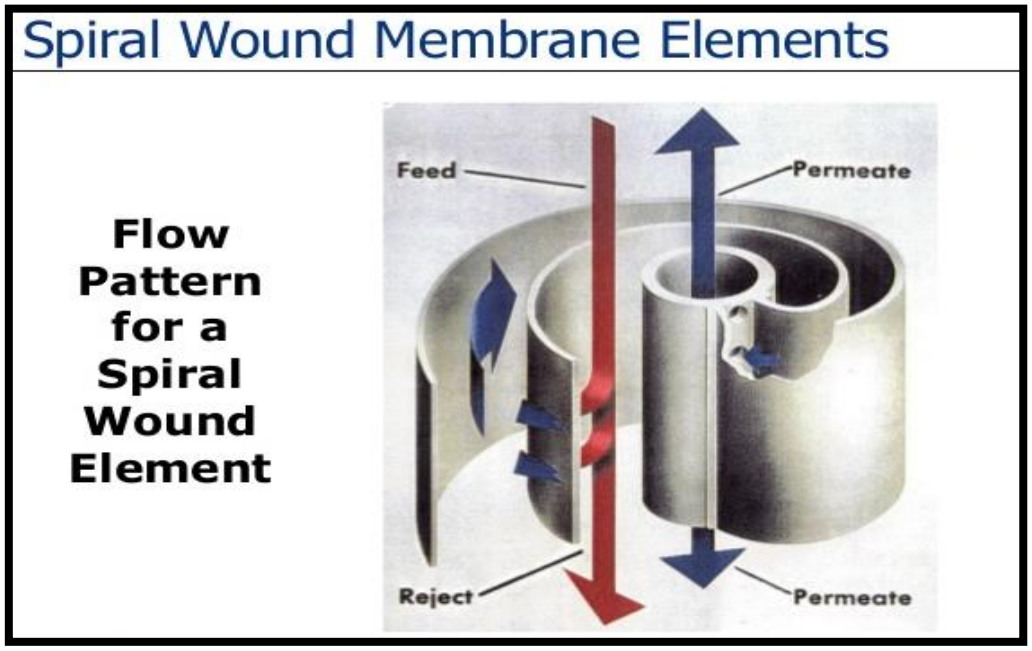



Feed Water
Spiral-Wound RO Module
Permeate
Permeate
Concentrate
Feed Water
Product Spacer
RO Membrane
Feed Spacer
RO Membrane


Concentrate Flow
Spiral Module
Permeate Tube
Membrane
Feed Flow
Permeate Carrier Material
Mesh Spacer
Permeate Flow
Feed Flow
Membrane
O-ring

ونجد فى الصورة التالية أن المياه المنتجة (البيريمت) تخرج من الجزء الأوسط (السهم الأصفر):

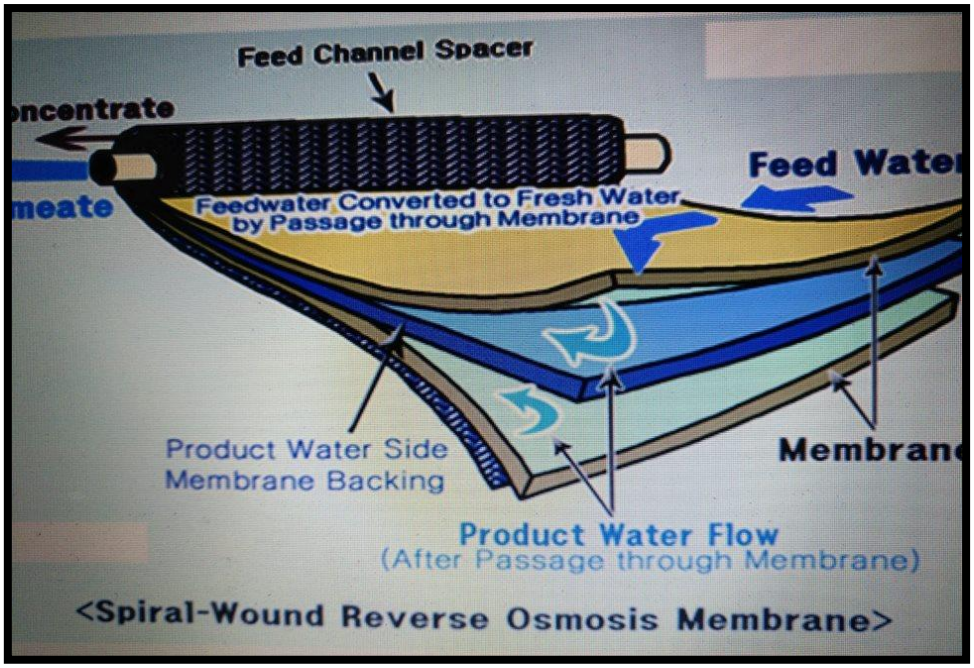




\المهندس رياض عبد الفتاح عوض:

هناك أغشية اللوح الحلزوني spiral wound على شكل ألواح حلزونية ملفوفة وهي عدد من الطبقات ملفوفة في شكل حلزوني حول ماسورة تجميع وكل غشاء يحتوي على عدد من الطبقات والطبقات الملفوفة كالتالي

1- **طبقة الشبكة الحاملة للمياه المالحة تسمى feed channel spacer (Support) ... وهي طبقة فاصلة لتوفير مسار تدفق للمياه وزيادة الإضطراب في المياه على سطح الغشاء.**
2- **طبقة الغشاء الشبه منفذة (membrane) ... والمصنوعة من البولي أمايد والتي تسمح بمرور الماء العذب وتفصل الملح إلى الخارج.**
3- **طبقة الشبكة الحاملة للماء العذب (permeate collection material) ... وهي طبقة مجمعة فاصلة للمياه المنتجة يتم من خلالها تجميع المياه المنتجة المُحلاة بإنتظام من غشاء التناضح وتوجيهها إلى أنبوب تجميع مركزي) ماسورة تجميع الماء العذب الموجودة منتصف الغشاء:**

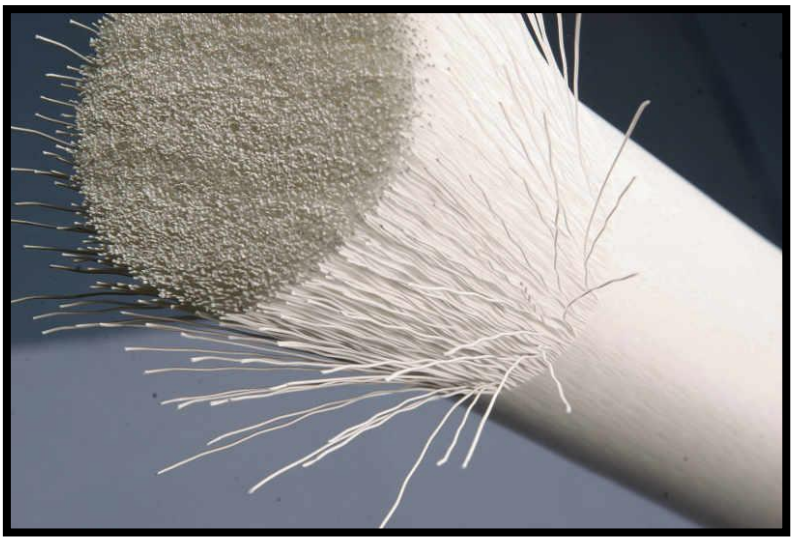


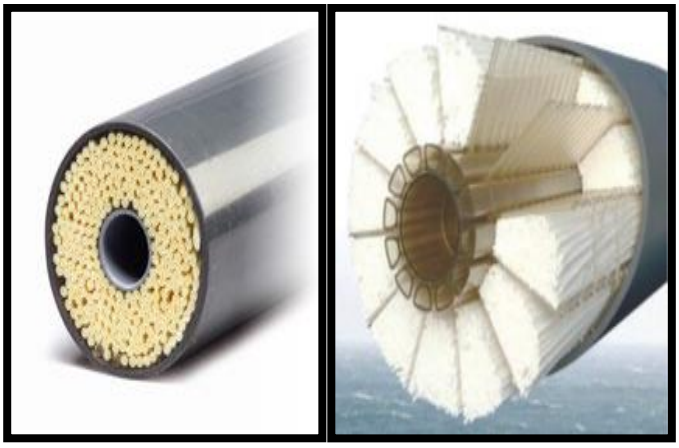
2- الألياف (الشعيرات أو خيوط دقيقة مجوفة)

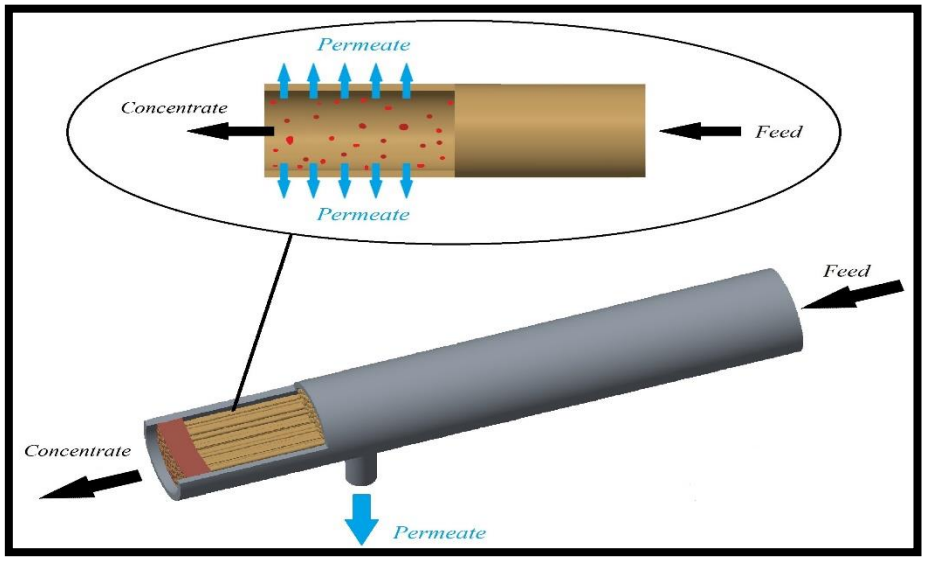
Hollow fine fibers module (HFRO)

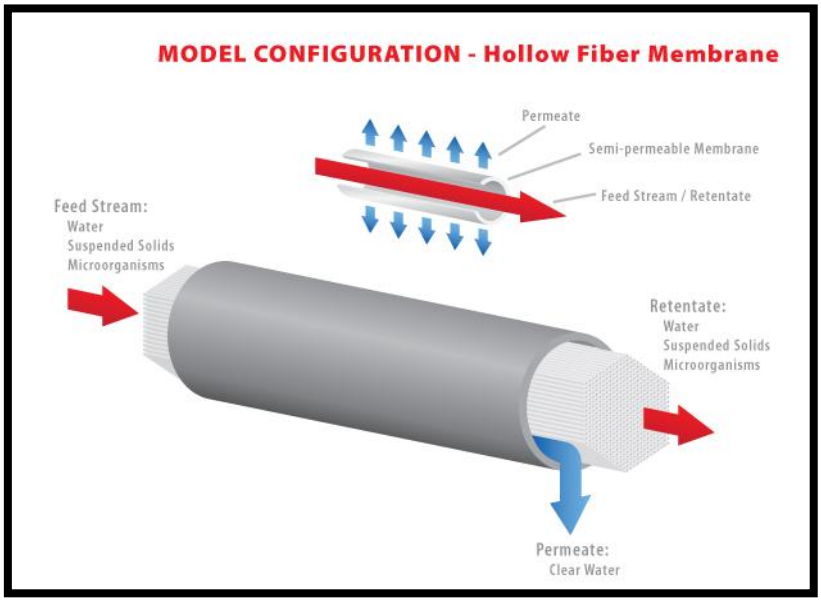
وهى تُشبه خيوط شعر الرأس المجوفة ... وهى عبارة عن غلاف أو Shell يحمل بداخله عدد كبير من الأنابيب tubes أو شعيرات مجوفة hollow fibers ومجمعة فى حزم Bundles ولها قطر من 0.1 إلى 2 ملليمتر ... وعندما يدخل مياه التغذية خلال فتحات الألياف (open cores) فإن المياه تخترق جدار الألياف وتخرج البيرميت فى المنطقة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

ولأن هذه الشعيرات المجوفة لا تسمح بحدوث تدفق مضطرب turbulent flow فإنها تكون عُرضة أكثر للفاولينج أو تكون القشورScale ومن الصعب تنظيفها كيميائياً ... ولذلك فى الغالب ما تستخدم مع مياه البحر حيث أن احتمال تكون الفاولينج يكون ضعيف ... واستخدامه مع المياه الbrackish يكون محدود ... وإليكم الآن عدة صور لهذا النوع:



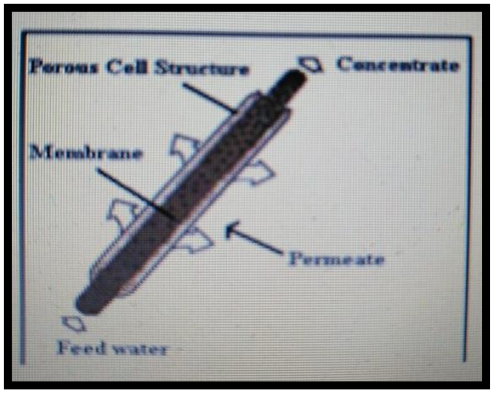






المهندس رياض عبد الفتاح:

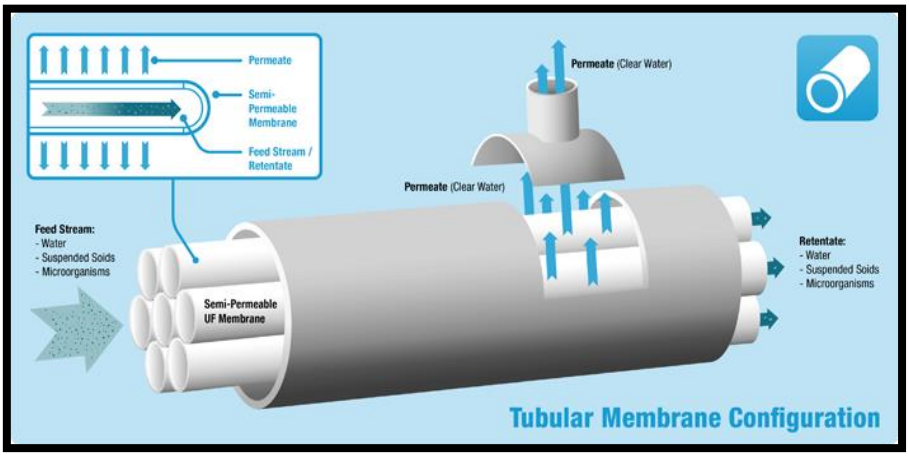
الشعيرات الدقيقة المجوفة Hollow fine fiber:على شكل شعيرات خيوط ملفوفة مجوفة حيث يمر الماء من قلب الشعيرة تاركاً الماء الأكثر تركيزاً من القلب والماء الأقل تركيزاً يمر إلى الخارج من سطحها الخارجي.

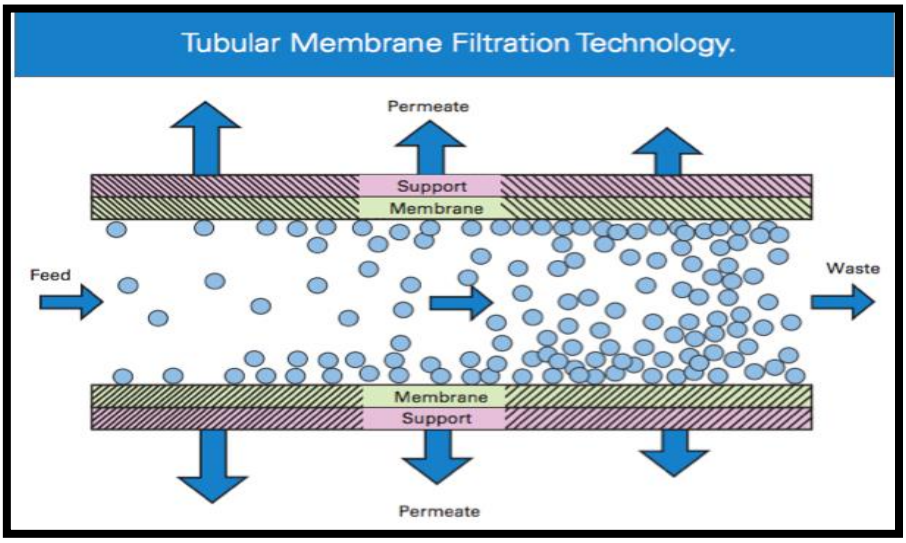


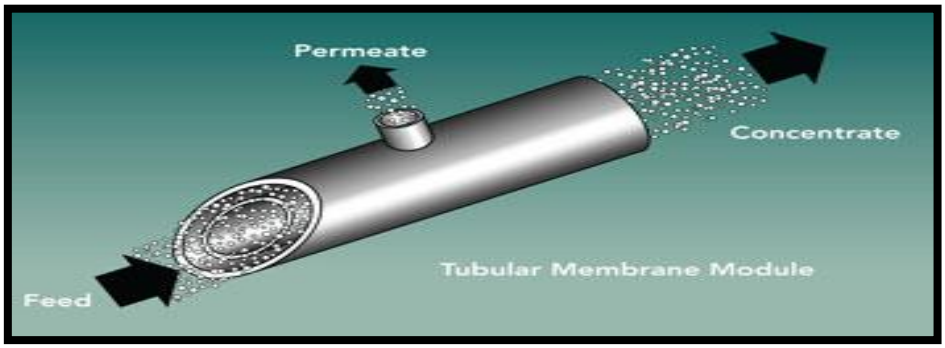
3- الأغشية الأنبوبية Tubular membrane:

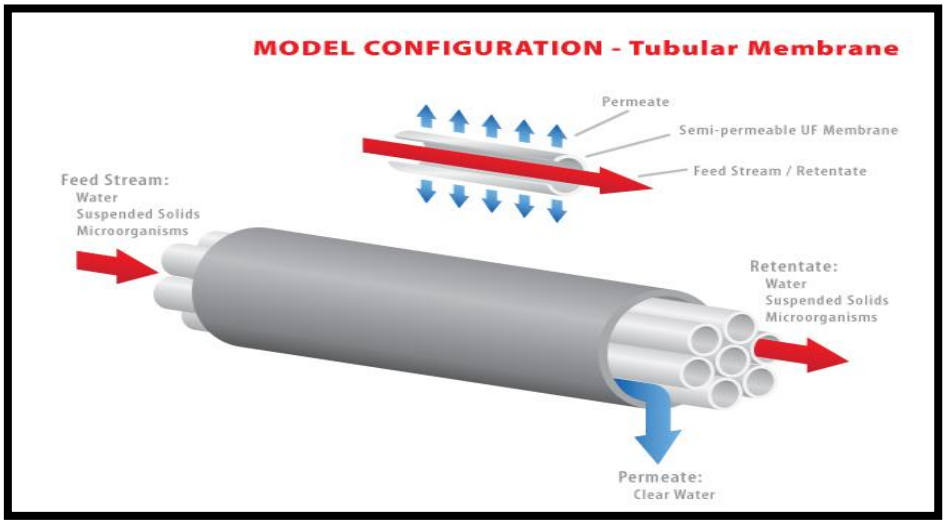
هذا النوع أيضاً يتم استخدامه مع المياه ذات الجودة السيئة أواللزجة Viscous ... وهى لا تحتاج لمعالجة ابتدائية لمياه التغذية ... وتعمل لضغوط عالية جداً قد تصل إلى 100 بار ... ومن الاسم نستنتج أن كل غشاء يوضع فى أنبوبة مثقوبة ... وهذه الأنابيب يتم تجميعها مع بعضها كالحزمة فيما يُسمى بالModule...

وقطر الأنبوبة يتراوح ما بين 4 – 25 مم. تدخل مياه التغذية إلى الأنابيب والبيرميت الذى نفذ عبر الأغشية يخرج من الثقوب الجانبية ليتم تجميعه ... ومياه الريجيكت تخرج من الطرف الآخر من الأنابيب.

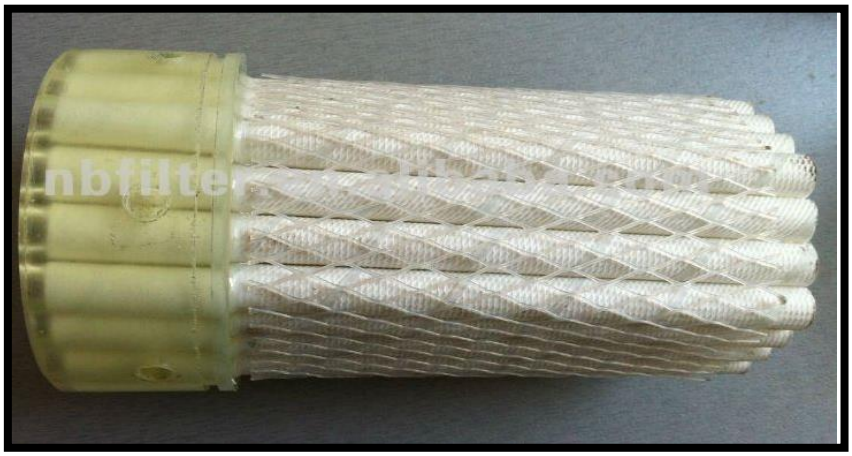








A cutaway of a tubular membrane module



HELIX

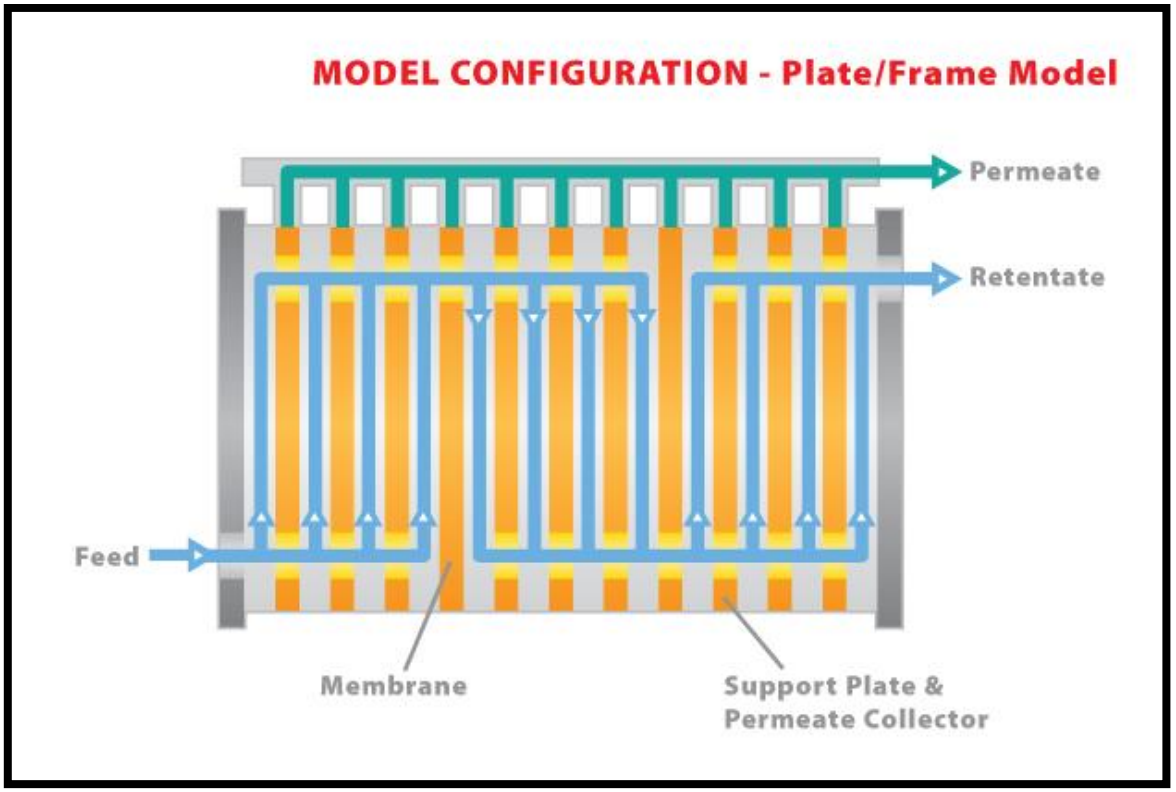
4- أغشية صفائحية أو أغشية مسطحة:

Plate and frame module

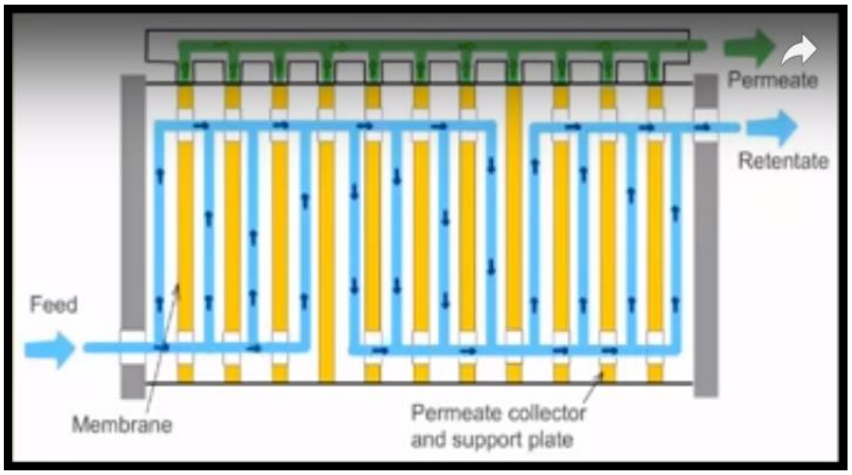
دائماً يستخدم هذا التصميم مع مياه ذات جودة سيئة ... وقد تم تطويرها فى ألمانيا عام 1994 وقد أعطى هذا التطوير الفرصة لاستخدام التناضح العكسي لمياه الصرف الصناعية المعدنية ... وتتحمل أملاح تصل إلى 25% وضغوط تصل إلى 310 بار ...وهى مناسبة جداً للتطبيقات التى تتطلب نوعية عالية من المنتج مثل الصناعات الدوائية وصناعات الأغذية ...

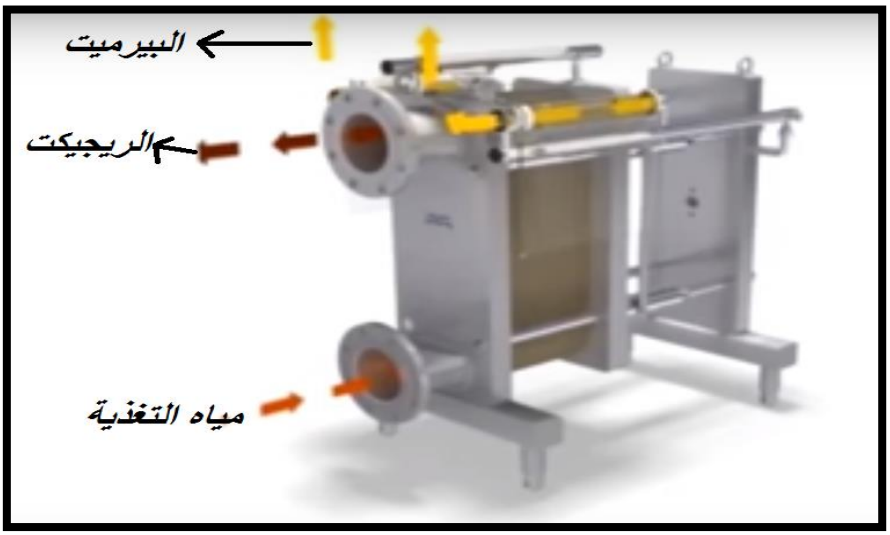
وتتكون الأغشية الصفائحية من كومة من الأغشية على هيئة صفائح مستوية توضع مع بعضها كهيئة الساندوتشات ويتم وضعها بين فراغات spacers وصفائح دعامية Support plates ... وجانبي الغشاء يدعم بصفيحتين ... صفيحة لكل جانب ... والمياه تجرى فى هذه الدعائم أيضاً ... تتكون الصفائح من بلاستيك أو فيبر جلاس مثقوب ...

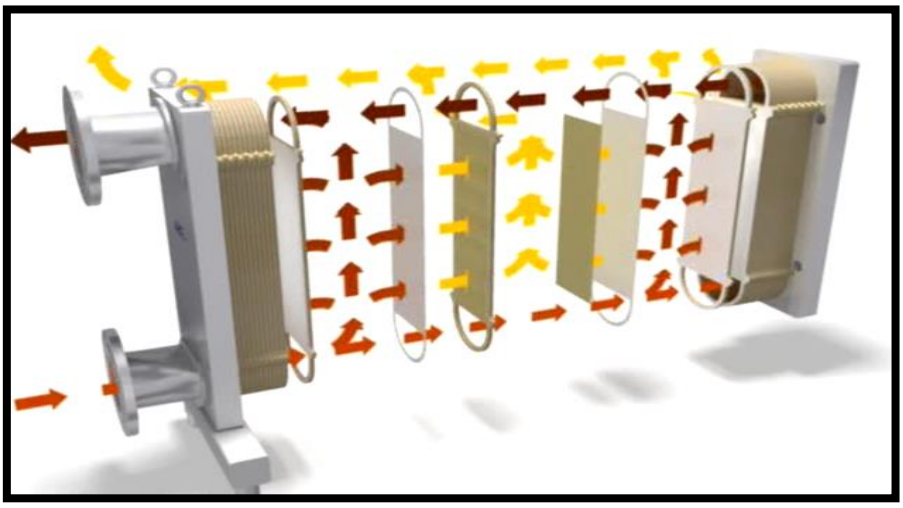
والصورالتالية توضح مسار المياه فى الأغشية الصفائحية ... تدخل مياه الفيد (باللون الأزرق) لتمرموازية عبر الاغشية الصفائحية (الأغشية باللون البرتقالى) وما يمر عبرها هو البيرميت (باللون الأخضر) ... والريجيكت الخارج من المجوعة الأولى يدخل على المجموعة الثانية وهكذا حتى يخرج فى النهاية ريجيكت أو (Retentate).



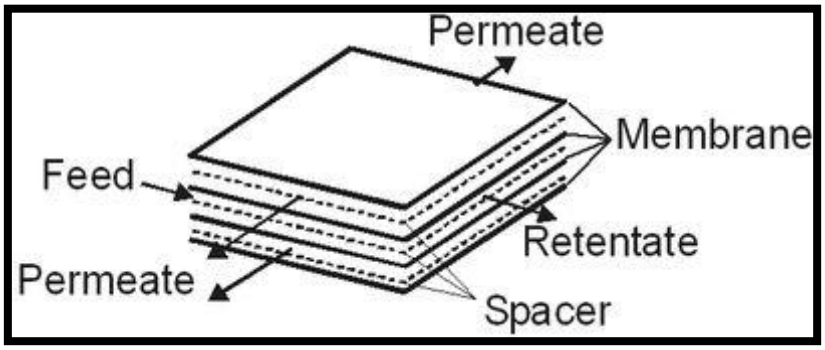
وهذه صور أخرى للأغشية الصفائحية ...



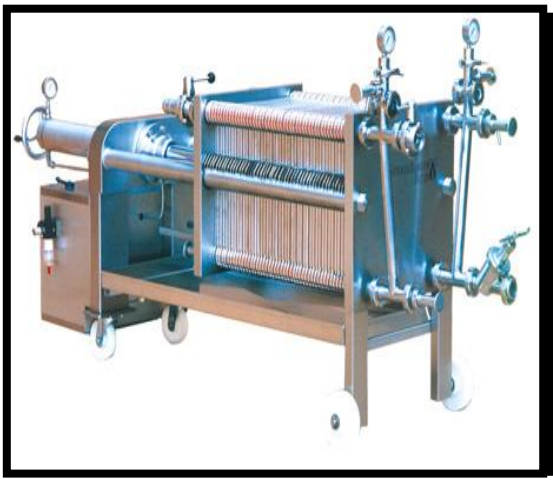


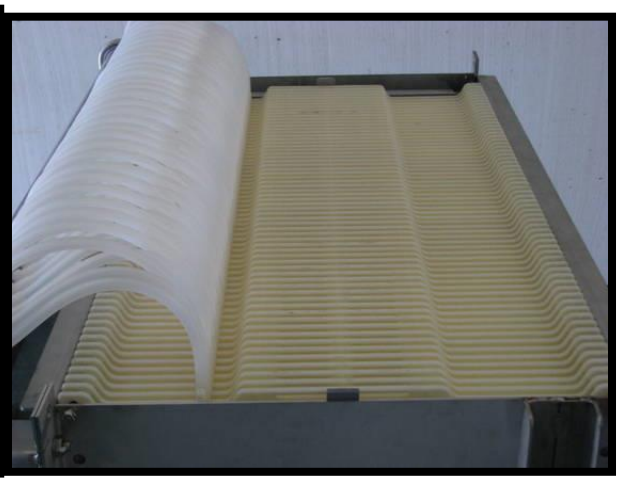


وهذه صورة توضيحية للأغشية من أعلى:

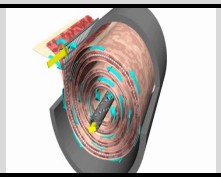


وهذه أشكال الأغشية الصفائحية على الطبيعة:





والآن نعقد مقارنة نوعية بين الأربعة أنواع من أشكال الأغشية ... انظر الجدول:

النوع	Tubular	Plate and frame	Spiral-wound	Hollow fiber
				
كثافة الحشو	**قليلة**	٢٢٢	**عالية جداً**	
Packing density	**قليلة**	٢٢٢	**عالية جداً**	
الميل لتكون الفاولينج	**جيد**	٢٢٢	**ضعيف**	
Fouling tendency	**عالية**	٢٢٢	**منخفضة**	
سهولة التنظيف	**عالية**	٢٢٢	**منخفضة**	

108 | 4 Integrated Membrane Systems for Desalination

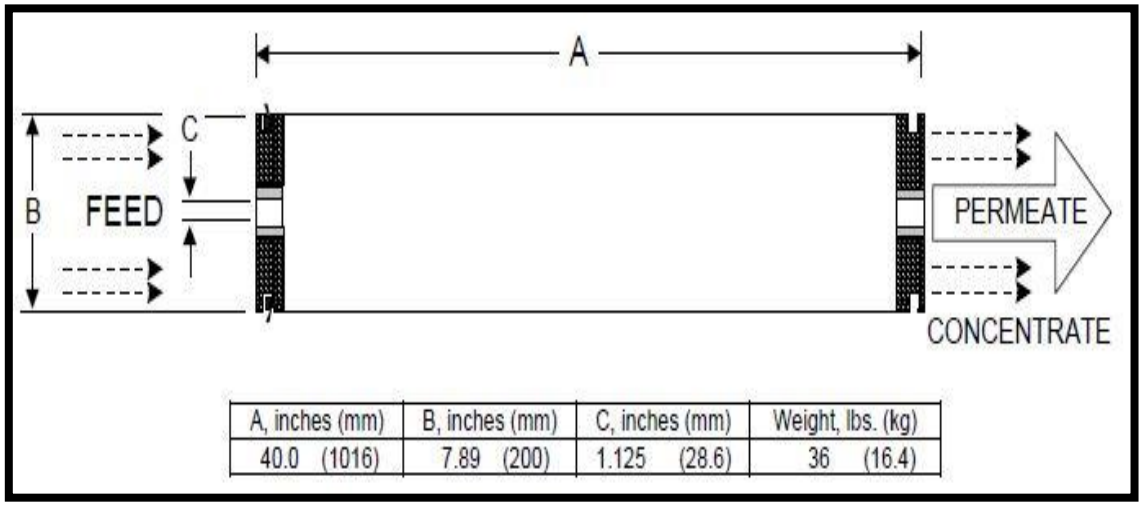
Table 4.6 Qualitative comparison of membrane configurations [20].

Characteristics	Module type			
	Tubular	*Plate-and-frame*	*Spiral-wound*	*Hollow fiber*
Packing density	low	----------	▶	very high
Investment	high	----------	▶	low
Fouling tendency	low	----------	▶	very high
Ease of cleaning	good	----------	▶	poor
Operating cost	high	----------	▶	low

والجدول السابق لا يُمكن تعميمه على الإطلاق ... يرجع ذلك إلى تعدد أنواع مياه التغذية وتعدد أنواع الأغشية وتنوع طرق المعالجة الإبتدائية وتكاليف الصناعة من بلد لآخر ... إلخ.

أما الغشاء نفسه فله أبعاد ... له قطر (Diameter) وله طول ... وأيضاً له وزن ومساحة كلية ... يُسجل ذلك فى الشيت أو المانيوال الخاص به ... كما يكتب معه أقصى معدل السريان مسموح به للماء (بالمتر المكعب/يوم أو جالون/يوم GPD أو Gallon per day) ... وأقصى ضغط يتحمله وأقصى تركيز للأملاح.

انظر الصورة التالية حيث يشير الحرف A إلى الطول Length ... والرمز B إلى القطر Diameter:



A, inches (mm)	B, inches (mm)	C, inches (mm)	Weight, lbs. (kg)
40.0 (1016)	7.89 (200)	1.125 (28.6)	36 (16.4)

والجدول التالى يوضح عدة أنواع من الأغشية بناءً على الأبعاد ... فالغشاء الملفوف على هيئة أسطوانة له قطر ... والغشاء نفسه له طول ... انظر الجدول التالى:

القطر	الطول	وصف الغشاء
8 بوصة 8 '' element (20 سم تقريباً)	40 بوصة 40 '' element (متر تقريباً)	8" x 40"
8 بوصة 8 '' element (20 سم تقريباً)	80 بوصة 80 '' element (2 متر تقريباً)	8" x 80"
16 بوصة 8element '' (40سم تقريباً)	40 بوصة 40 '' element (متر تقريباً)	16" x 40"

وهناك أطوال أكبر من 80 بوصة ... وأقطار 4 بوصة وأكبر من 16 بوصة.

مشاركة المهندس عبد العزيز عبد الغنى السبئى:

تتركب أغشية التناضح العكسي من طبقتين العلوية منها كثيفة ورقيقة وهي الطبقة المسؤولة عن التحلية والسفلية وهي سميكة وتمثل حوالي 99.9 % من مادة الغشاء وهي طبقة إسفنجية تسمح بمرورجزيئات الماء والملح على السواء ... وتبلغ السماكة الكلية للغشاء 125 مايكرون تقريباً ... ويتم تصنيع الأغشية على نوعين أساسين :-

" Spiral Wound " الأغشية اللولبية الملتفة .

" Hollow Fiber " الأغشية ذات الخيوط المفرغة .

حيث يكون الغشاء على "Tubuler" وهناك النوع التقليدي القديم وهو الأغشية الأسطوانية (شكل أنبوب يدخل في أسطوانة مسامية تقوم بمثابة دعامة للغشاء ... حيث ينفذ الماء من الغلاف وينساب من خلل فتحات في الأسطوانة حيث يتم تجميعه بينما يبقى الماء المالح خارج الأنبوب والغشاء ... وتمتاز الوحدات الأسطوانية بسهولة تنظيفها إلا أن أهم عيوبها هو ارتفاع نسبة الحجم إلى مساحة السطح ... بينما يلزم خفض الحجم لزيادة الضغط اللازم توليده على هذه الأغشية لذا لم يعد استخدام هذه الأغشية شائعاً ... فهي عبارة عن عدد هائل من الألياف "Hollow Fiber" أما الأغشية ذات الخيوط المفرغة حول أنبوب مسامي مركزي حيث " U " المجوفة – أرفع من شعر الإنسان – مرتبة على شكل حرف يدخل من خلاله الماء المالح تحت الضغط ويوزع بالتساوي فوق سطح الأنبوب ... يعمل الضغط على إجبار الماء العبور من خلل جدران الألياف إلى الفراغ الداخلي لها ومن هناك يتم سريان الماء إلى طرفي الخيط المفرغ المفتوحين إلى صفيحة تجميع للمياه المعالجة في الجهة المعاكسة لدخول المياه المالحة ... أما الماء المركز بالملح فيجري من خلال قناة دائرية على المحيط الخارجي لهيكل الخيوط ثم تخرج من نفس جهة دخول الماء الخام إلى التصريف. والتي هي تطوير للأغشية الأسطوانية حيث " Spiral Wound" ... وهناك الأغشية اللولبية يوضع غلاف مسامي غير قابل للإنضغاط بين صفيحتين من الأغشية ملتصقتين بحوافهما حول الغلاف المسامي بمادة لاصقة ويلف الشريط الناتج لولبياً حول أنبوب مثقب .

يوضع المحلول الملحي تحت ضغط في وحدة التناضح حيث يمر محورياً على امتداد طولإلى الشريط اللولبي ماراً خلال الغشاء إلى الغلاف المسامي "Spacer " الغشاء من خلل دعامة نفاذه الذي يعمل على تجميع الماء من طبقات الأغشية وينقلها الى أنبوب التجميع المركزي من خلل ثقوب صغيرة على امتداد الأنبوب ... بالنسبة للألياف المفرغة Hollow Fiber فلها قطر داخلي قدره حوالي (40 -50 ميكرون) وقطر خارجى حوالي (85 – 100 ميكرون). ويمتاز هذا النوع بفائدة رئيسية وهي زيادة نسبة المساحة التي يمر بها الماء إلى حجم اللياف حيث تصل إلى 5000 قدم مربع لكل قدم مكعب من الخيوط بينما هذه النسبة في النوع اللولبي تكون حول 300 قدم مربع لكل قدم مكعب.

مشاركة المهندس أيمن موسيليني:

ثلاث أغشية لهم قطر 8.0 بوصة ... كل غشاء له مساحة سطح مختلفة ...

الأول: 380 قدم مربع.

الثاني:400 قدم مربع.

الثالث:420 قدم مربع.

كيف يكون القطر واحد ومساحة السطح مختلفة؟؟ وفي أي الحالات نستخدم الأغشيه ذات مساحات السطح المختلفة؟ وماهي عيوب ومميزات مساحات السطح المختلفة لكل غشاء؟Top of Form

رد المهندس ضياء الدين حامد حامد الشوربجي:

المساحة تعتمد على عدد السندوتشات داخل الممبرين ... وتختلف رغم أن القطر واحد لأن سُمك السبيسر"spacer" يختلف ... وبالتالي سرعة الماء تختلف وبالتالي بيتا "B" وقابلية الممبرين للفاولينج تختلف ... يعني الموضوع كله في سُمك الفواصل وعدد السندوتشات...

رد المهندس حمدي السيد:

هناك علاقة بين مساحة السطح للغشاء والإنتاجية فكلما زادت مساحة السطح زادت الإنتاجية للغشاء الواحد...ولكن السؤال هل يتم استخدام أغشية مختلفة مساحات السطح فى نفس وعاء الضغط أو فى مرحلتين متتابعين لنفس المسار...نعم يتم ذلك ومثال لذلك ما يسمى بال Hybrid system وفيه يتم استخدام أغشية ذات إنتاجية قليلة فى المقدمة يليها أغشية ذات انتاجية كبيرة فى موخرة غشاء الضغط.مثال على ذالك فى SWRO يتم استخدام أغشية ذات إنتاجية قليلة فى first stage يليها أغشية ذات إنتاجية اكبر فى Second Stage

مشاركة المهندس أيمن موسيليني:

ولو كانت مياه التغذية مياه نيل تحتوي علي حِمل عضوي عالي ... أيهما تُفضل من الأغشية من حيث مساحة السطح؟

رد المهندس حمدي السيد:

الأفضل فى المقدمة يكون الغشاء ذو مساحة السطح الأكبر lead element ثم يليها الأقل فى مساحة السطح لأن الذى فى المقدمة هو من سيتحمل معظم الحمل بالمقارنة بباقى الأغشية التى فى المؤخرة ... وبذلك يحدث اتزان فى كمية المياه الخارجة من جميع الأغشية ... بمعنى أن معدل الإنسداد سوف يزيد على الأغشية التى فى المقدمة.

مشاركة المهندس أيمن موسيليني:

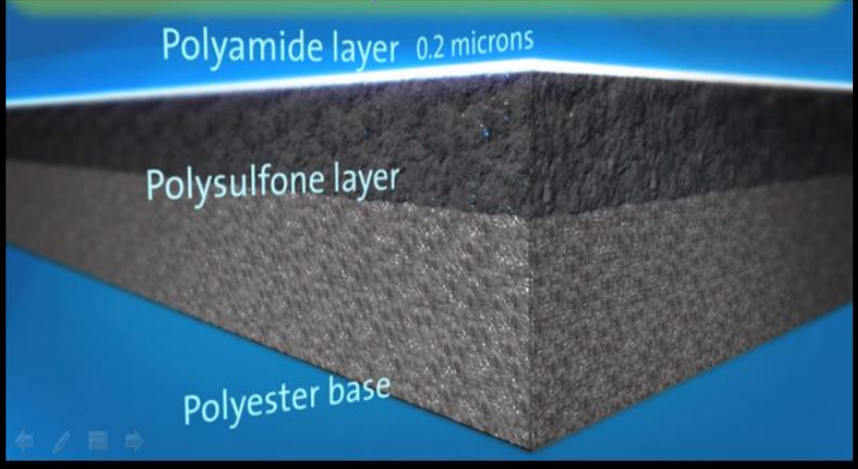
ولكن الممبرين الذى له مساحة سطح أكبر تكون فيه طبقة الفيد سبيسر لها سُمك أقل من الممبرين الذي له مساحة سطح أقل في الغشاء 8.0 بوصة ... ومن ثم يكون عُرضة لتكون طبقة ال concentration polarization ... إذن يُفضل استخدام ممبرين له مساحة سطح أقل لتجنب هذه الظاهرة ...

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

التركيب الكيميائى للأغشية!!



WTEF

7

النقاش السابع

النقاش السابع:-

7- التركيب الكيميائى للأغشية

لعل الفضول يملأك لمعرفة طبقات الأغشية والمادة العجيبة التى تُصنع منها والقادرة على حجز الفيروسات والأملاح المختلفة ... وفى السطور القادمة سنتعرف على أهم المواد التى تدخل فى صناعة الأغشية ... ونتمنى أن تبادر المؤسسات العلمية العربية فى تصنيع هذه الأغشية بدون الإعتماد على الخارج ... وقد تمت بالفعل عمل براءات اختراع للأغشية فى بعض المعاهد العملية المصرية وغيرها وأعطت نتائج فوق التصور...على سبيل المثال بالمعهد القومى للبحوث بمدينة الأسكندرية بمصرتم صناعة غشاء من أسيتات السليلوز نزل بالأملاح من 1000 جزء فى المليون حتى 5 جزء فى المليون ولو هناك أحد من الزملاء يعمل بالمعهد يتفضل مشكوراً ويعطينا إفادة وتفصيل أكبرعن ذلك ... كما أن المهندس محمد زكريا معنا فى الجروب أفاد بأن هناك وحدة بمدينة الفيوم تعمل فى تصنيع الأغشية وسيعطى لكم إفادة بذلك ...

وقتاً مثمراً مع الأغشية ومكوناتها ...

تُصنع أغشية التناضح العكسي من مادة طبيعية أو صناعية شبه نفاذة Semi- permeableتسمح بمرور المياه دون الأملاح ... وأهم شىء أنها تتحمل الضغط العالى ...

وقبل أن ندخل فى التركيب الكيميائى نقول أن أغشية الRO تتكون من مواد رقيقة بسُمك حوالى 0.04 إلى 0.1 ميكرون فى المعتاد ... كما أنها تُثبت بمواد مسامية ليكبر سُمكها ويصل إلى حوالى 0.01 ميلليمتر ... وقطر المسام فى الغشاء يتراوح ما بين 1 إلى 15 أنجستروم وهو أقل بكثير من المرشحات والفلاتر الدقيقة.

وتُصنع الأغشية من هذه الأنواع المشهورة:

1. **البولى أسيتات السليلوز**
2. **مركبات البولي أميد**
3. **أغشية الكومبوزيت**

وإليك نبذات عن كل نوع:

1- البولى أسيتات السليلوز Cellulose acetate ومركباتها (مثل الCellulose diacetate والCellulose triacetate) وتتكون فى المعتاد من طبقتين من هذه المواد ... ويعيب هذه المواد أن لها ثباتية كيميائية ضعيفة ومن السهل حدوث تحلل hydrolysis لها مع الوقت تبعاً لظروف درجة الحرارة والpH وتتحول إلى سليلوز... كما أنها مُعرضة للتحلل البيولوجى Biological degradation.

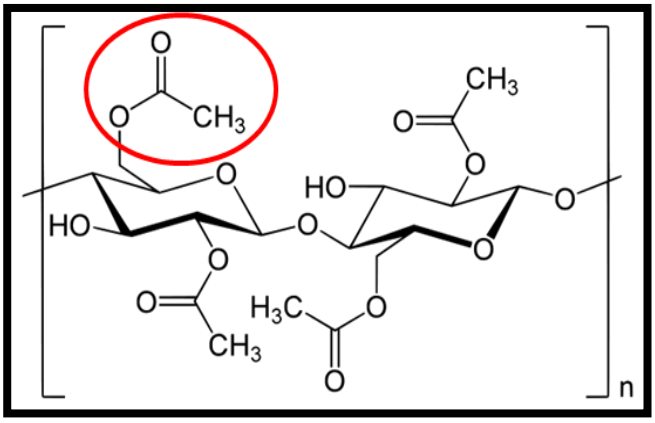
يعمل هذا النوع فى أس هيدروجينى من 6- 8 (وهناك أنواع تعمل فى pH أقل من ذلك حتى تصل إلى 3) وهناك نوع يسمى Cellulosetri acetate يعمل من pH (4 - 8) ... وبالطبع كما نذكر ... يجب الرجوع إلى المانيوال الخاص بالغشاء.

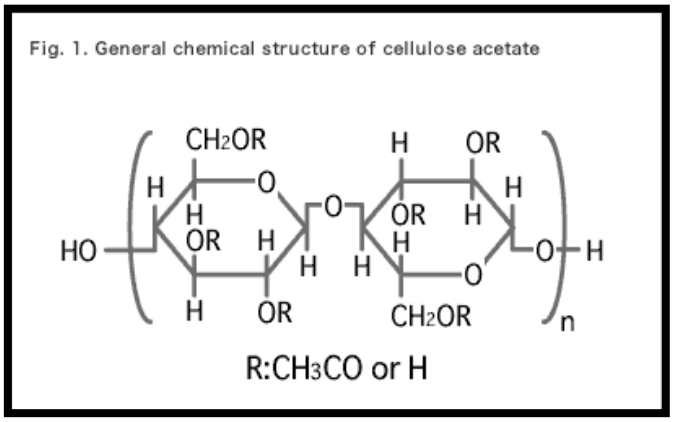
وهذا النوع حساس مع ارتفاع درجة الحرارة وعدم انضباط الأس الهيدروجينى (فينهار ويتلف بسرعة) ...أما تحمله للكلورين فهو يقاوم وجود الكلورين الزائد حتى أقل من 1 جزء فى المليون ... ولكنه غير مقاوم للبكتيريا (حساس لهجوم البكتيريا).

يتكون هذا البوليمر من اتحاد السليلوز ومجموعة الأسيتات ... وهو يعتبر مركب غير متماثل فى تركيبه الجزيئى Asymmetrical.

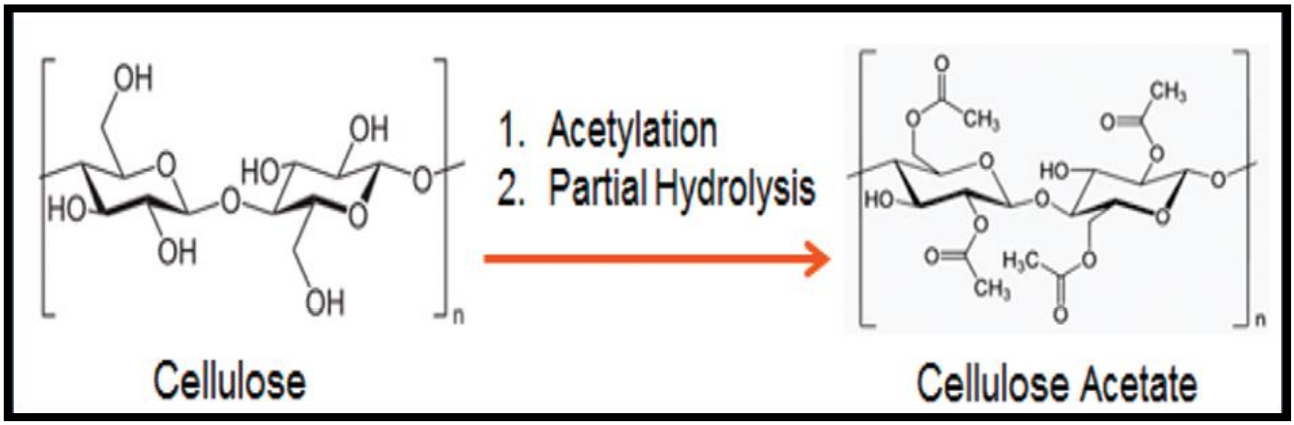
والأسيتات هى المجموعة المشتقة من حمض الأسيتيك ورمزها الكيميائي CH_3COO^-

والتركيب الكيميائى لأسيتات السليلوز يظهر فى الصورتين التاليتين:





وتكوين أسيتات السليلوز يأتى من التفاعل التالى:



يتفاعل السليلوز مع حمض الأسيتيك أنهيدرايد فتفقد ذرات الأوكسجين ذرات الهيدروجين فى جزيئات الهيدروكسيل الأربعة (OH) لتحل محلها مجموعة الأستيل CH_3CO

وتحتاج الأغشية التى تُصنع من أسيتات السليلوز إلى القليل من الكلورين لمنع الفاولينج البيولوجى ... فهى تتحمل كلور يصل إلى 1 جزء فى المليون بعكس الأغشية الأخرى ...

يمتاز هذا النوع من الأغشية بقلة تكون الفاولينج عليه لسببين رئيسيين ... أولهما أن سطح الغشاء متعادل والمجموعة الوظيفية Functional group غير قطبية non-polar بعكس البولى أميد ... لذا جذب الفاولينج إلى السطح لا يحدث بسهولة ... والسبب الثانى من عدم تكون الفاولينج بكثرة هو نعومة سطح الغشاء الأملس.

2- المركبات البوليميرية الأخرى مثل البولى أميد الأليفاتية والعضوية Aliphatic or Aromatic polyamide:

وهى مركبات أكثر ثباتاً وتندرج تحت هذه المجموعة هذه المواد التالية:

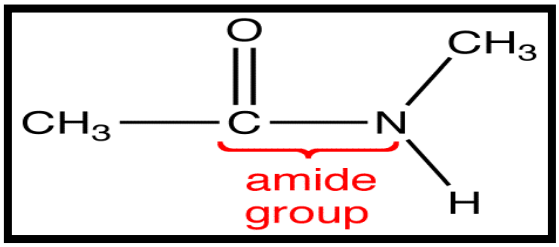
Polybenzimidazole – polybenzimidazolones – polymidehydrazide – polyimides – polyfuran.

مركبات البولى أميد العضوية Aromatic polyamide:

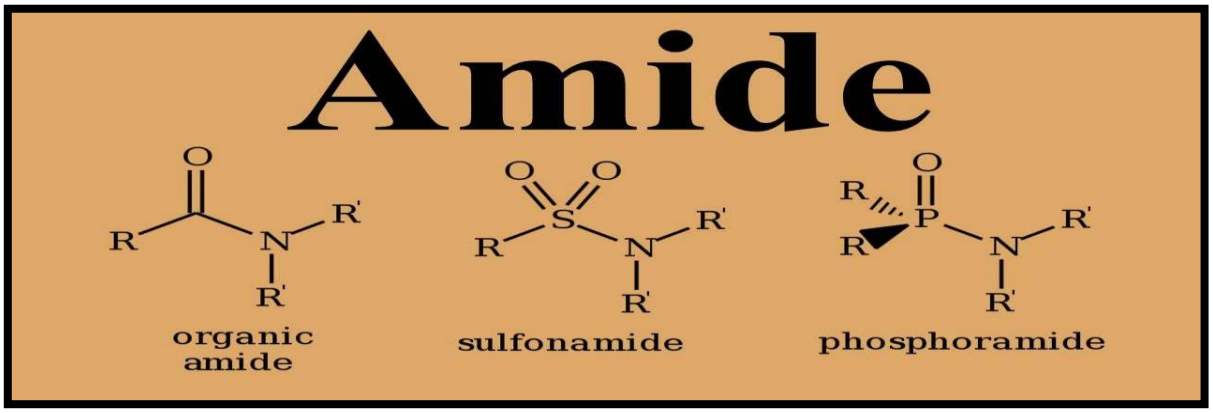
هو نوع من البوليمرات العضوية الغير متماثلة assymetrical مثل أسيتات السليلوز وهو أكثر استخداماً نظراً لأنه لا يتطلب ضغط عالى ... بجانب المرونة فى ظروف التشغيل ...وهو ثابت كيميائياً لا يؤثر عليه الغسيل الكيماوى ولكن يعيبه أنه يتأكسد سريعاً بالمواد المؤكسدة (مثل الكلورين والكلورامين والأوزون) ... كما أنه يحمل على سطحه شحنات أنيونية تجعله عُرضة لجذب الشحنات الكاتيونية الموجودة على سطح المواد التى تسبب الفاولينج.

وهو حساس تجاه الكلور ويعمل فى(3-11) pH.

الأميد كى نطلع على تركيبه ... ننظر إلى الصورة التالية:

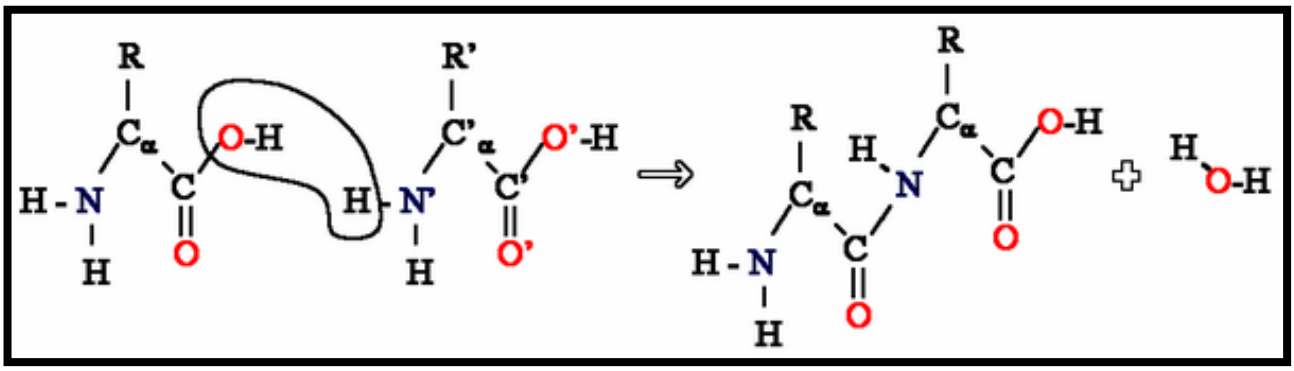


وهذه أنواع من الأميدات:



والبولى أميد من اسمه نعرف أنه عدة جزيئات من الأميد ترتبط ببعضها لتكون سلسلة بوليميرية طويلة تستخدم فى صناعة الطبقة المسئولة عن التناضح العكسي فى الأغشية ... انظر التفاعل التالى فى الصورة والذى يوضح كيف

يتشابك جزىء الأميد بآخر ليكون البوليمر حيث يحدث نزع لجزىء مياه (الهيدروكسيل من جزىء والهيدروجين من الآخر):



3- غشاء "كومبوزيت" :Thin film composite (TFC) polymer:

وهو النوع الأكثر شهرة والأكثر استخداماً قى السنوات الأخيرة ... ... ويتم استخدامه فى صناعة النوع الحلزونى الشكل الذى ذكرناه من قبل spiral wound membrane ... وهو يتألف من عدة طبقات كما ترى فى الصورة التالية:

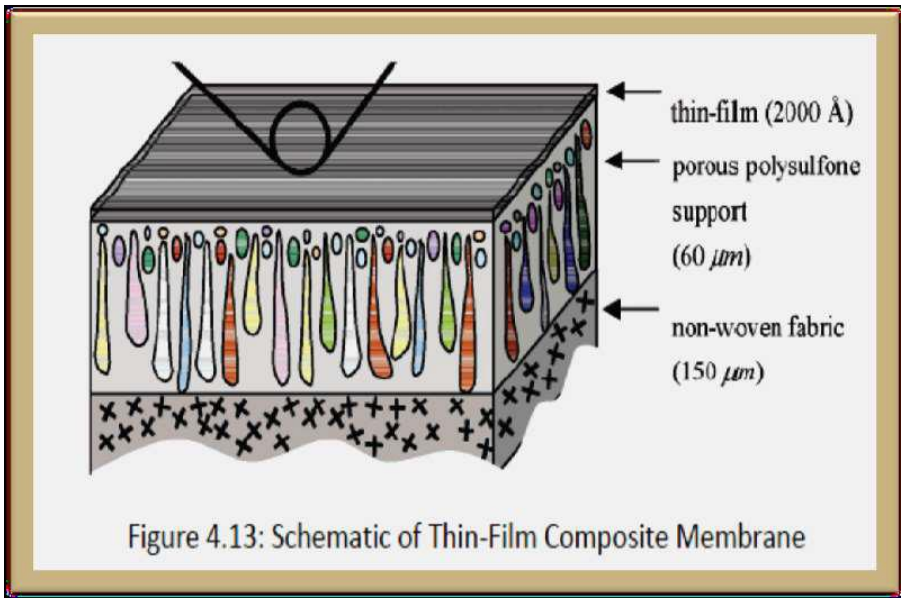
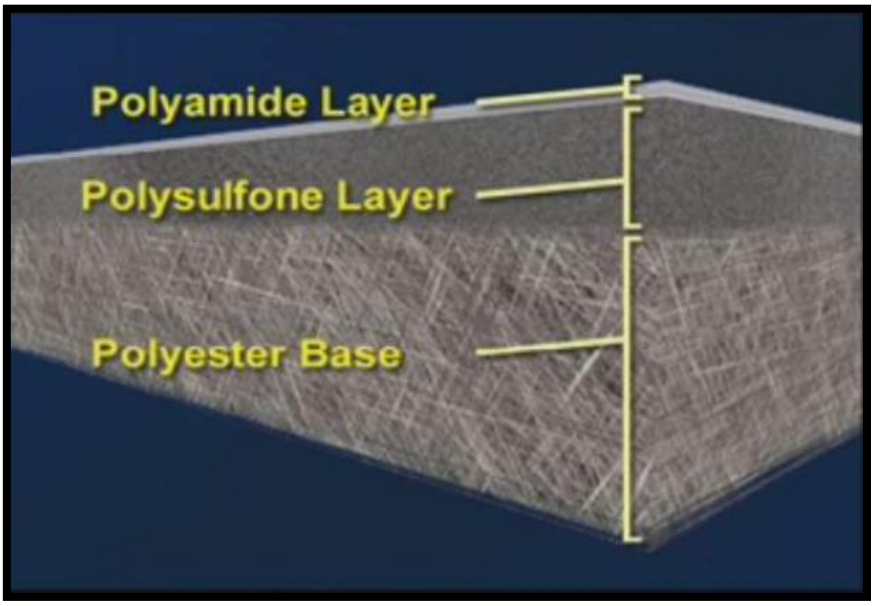
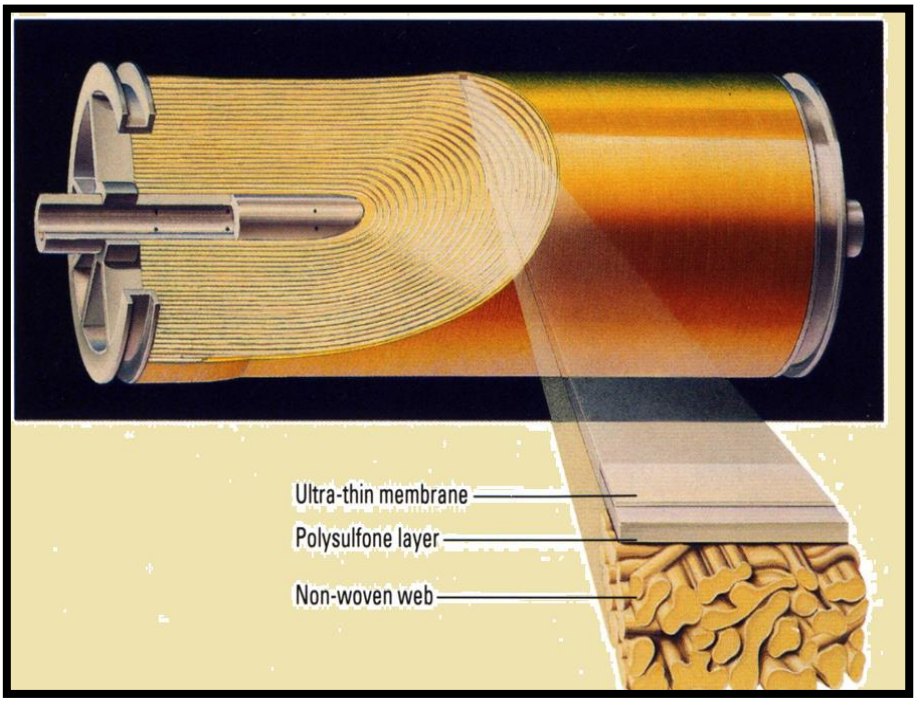
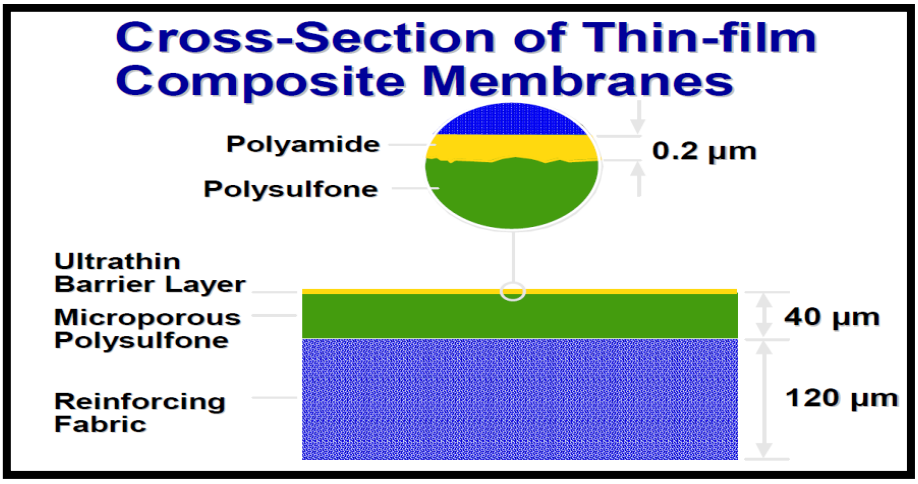


Figure 4.13: Schematic of Thin-Film Composite Membrane


Polyamide Layer
Polysulfone Layer
Polyester Base


Ultra-thin membrane
Polysulfone layer
Non-woven web

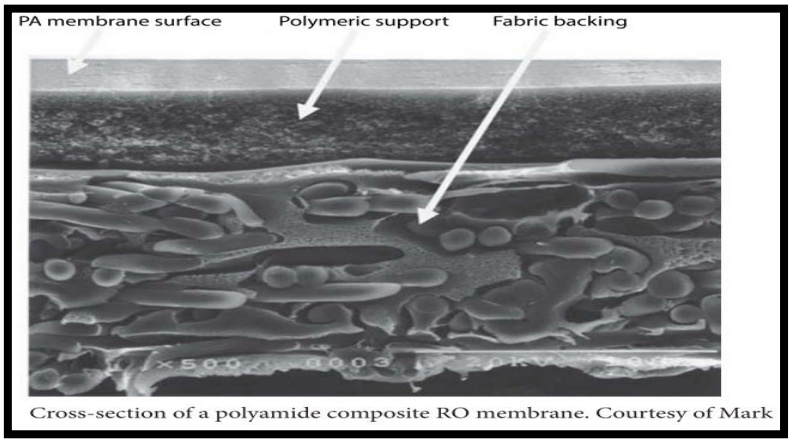

Cross-Section of Thin-film Composite Membranes
Polyamide
Polysulfone
0.2 µm
Ultrathin Barrier Layer
Microporous Polysulfone
Reinforcing Fabric
40 µm
120 µm

الطبقة العليا: فى القمة وتتكون من طبقة رقيقة جداً من البولى أميد Polyamide ultra thin layer ... ووظيفتها هى وظيفة التناضح العكسي وهى فصل المياه عن الأملاح ... وسمكها حوالى من 0.05 إلى 1.0 ميكرومتر فقط.

الطبقة الوسطى Polysulfone Support Layer (فى المنتصف): تتكون من طبقة بولي سلفون المسامية Polysulfone porous intermediate ووظيفتها تدعيم وتثبيت مكونات الغشاء ويسمونها Substrate... وسمكها حوالى من 30 إلى 50 ميكرون.

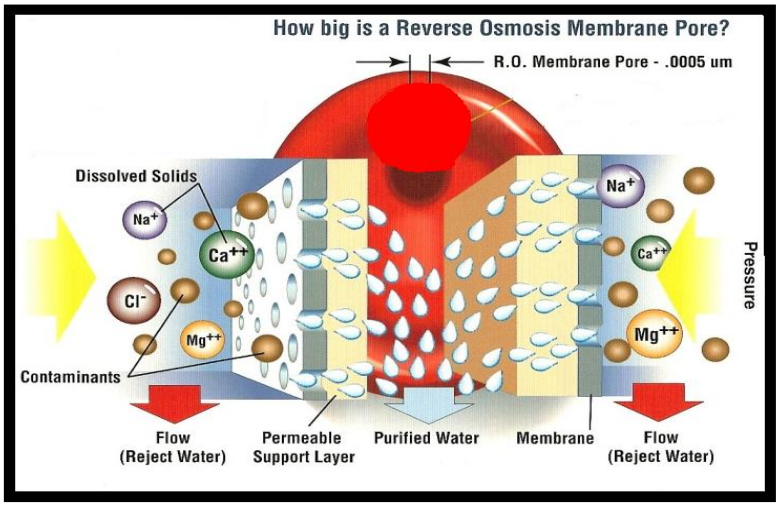
الطبقة السفلى: وهى الجزء الأسفل ... وتتكون من قماش من البولي استر المقوى غير المنسوج Polyester reinforced non-woven cloth ... وسمكها حوالى (من 100 إلى 150 ميكرون) يعنى 120 ميكرومتر فى المتوسط وهو طبقة تسمح بمرور البيرميت ووظيفتها حمل الطبقتين السابقتين (قماش حامل).

انظر لقطاع عرضى فى الTFC:



Cross-section of a polyamide composite RO membrane. Courtesy of Mark

الثلاث طبقات السابقة يكونوا الغشاء المطلوب على هيئة sheet له سمك حوالى 160 ميكرون ... وعند التصنيع يتم تثبيت 2 شيت مع بعضهما على هيئة ظرف envelope بوضعه back to back يعنى طبقة البولى أميد لكل شيت إلى الخارج وطبقة البولى استر لكل شيت مع بعضهما إلى الداخل ... ونذكركم بالصورة التى عرضناها من قبل:



وحتى لا يحدث وأن يلتصق الغشائين مع بعضهما نتيجة الضغط العالى فقد تم وضع حاجز بينهما يسمى product carrier وهو نسيج من شبكة خفيفة ... ثم يتم لصق 3 اتجهات كالظرف كما قلنا ويترك الاتجاه الرابع تجاه الأنبوب الداخلى الى تنتقل إليه مياه البيرميت.

يمكن أيضاً تثبيت عدة أظرف envelopes مع بعضهم.

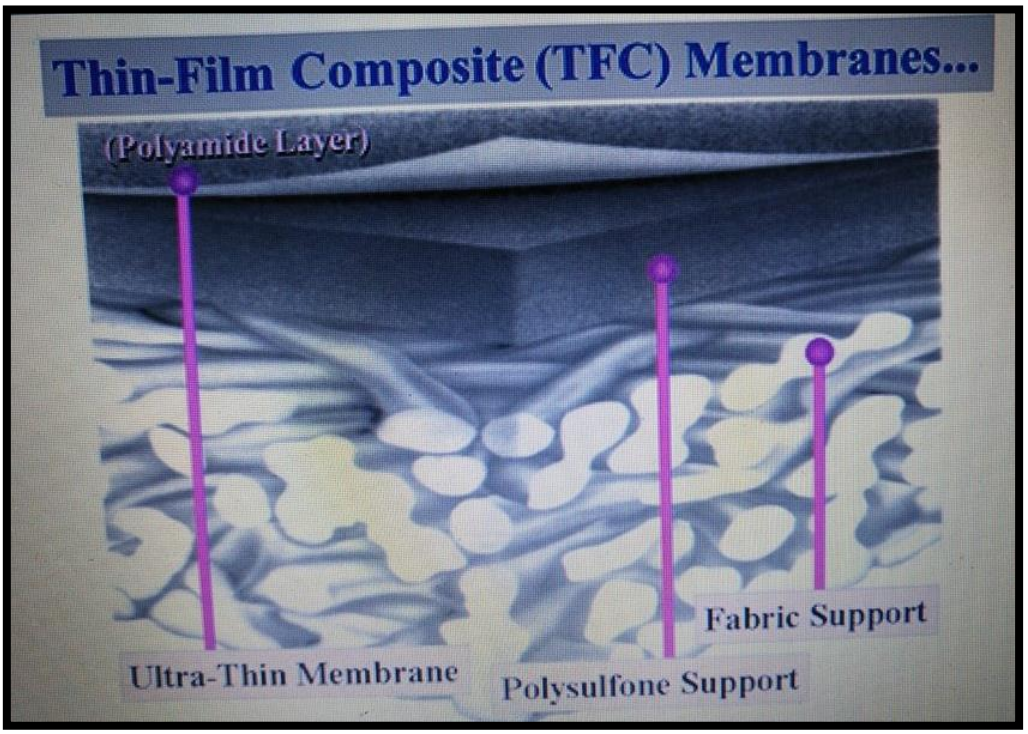
المهندس رياض عبد الفتاح عوض:

والغشاء يحتوي على طبقات أيضاً:

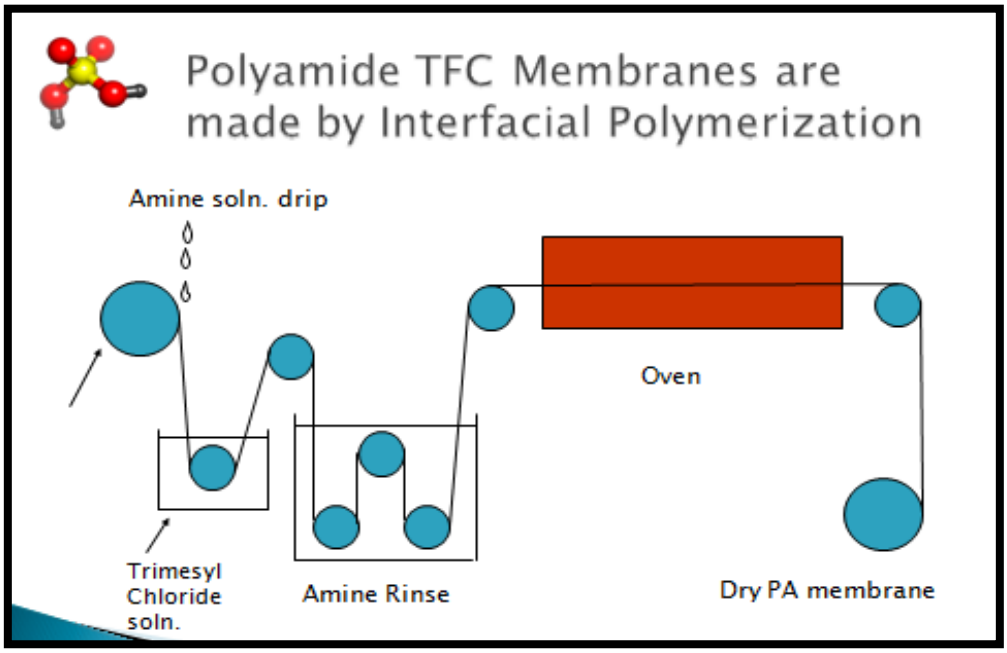
1- polyester base قاعدة بولي إيستر الجزء السفلي ...قماش البوليستر القوي المنسوج وسماكته thickness =120 ميللي ميكرون.

2- polysulfon layer طبقة بولي سلفون مسامية للتثبيت وسماكته thickness =40 ميللي ميكرون.

3- polyamide layer طبقة بولي أمايد رقيقة جداً وسماكتها من (1 - 0.25) ميللي ميكرون لفصل الأملاح Ultra-thin separation.

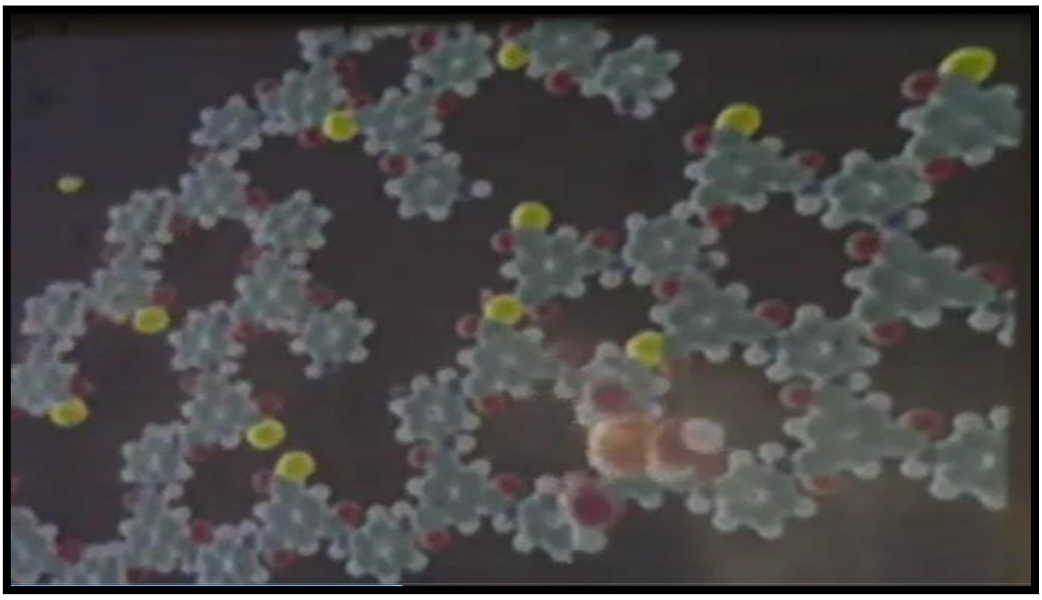


وهذه صورة مختصرة فى صناعة ال Thin film composite:

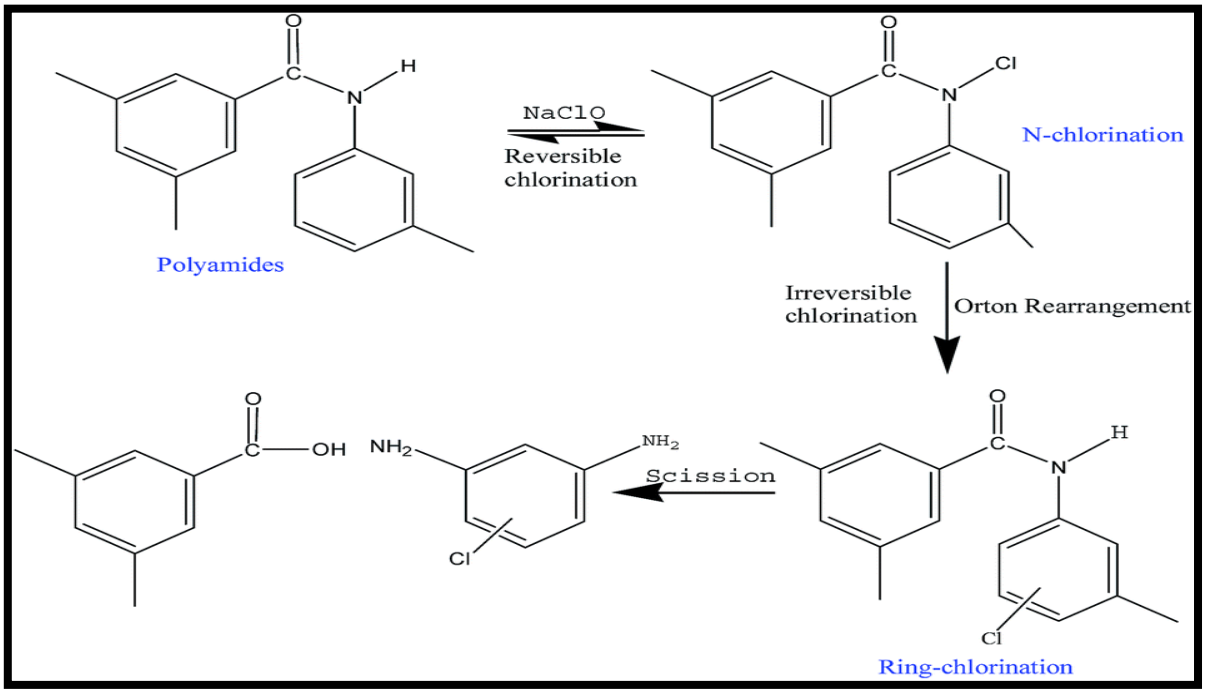


نوع الأغشية موجود بالمانيوال Manual الخاص به كما أنه يُكتب على الممبرين نفسه (تستطيع فتح ال pressure vessel وقراءته).

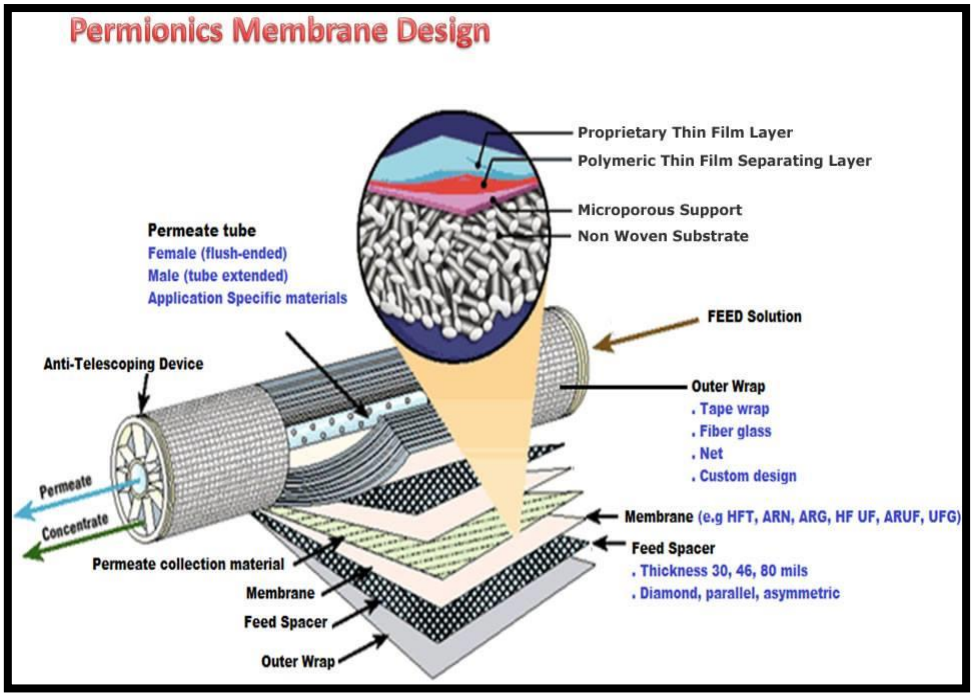
الصورة الميكروسكوبية التالية تظهر تركيب البولى أميد حيث تظهر الفراغات بين سلاسل البوليمر والتى تمر من خلالها المياه ... والكرات الصفراء هى مركبات ربط بين البوليمرات وتميز الأغشية عن بعضها حيث يزيد عددها فى أغشية مياه البحر وتقل فى أغشية الbrackish water:



وحتى تعلم أخى الكيميائى تأثير الكلورين المخرب على البولى أميد يكفيك أن تعلم أن جزىء البوليمر يُهاجَم من قبل الكلور كما ترى فى التفاعل التالى حيث يمرح الكلور على البوليمر هنا وهناك وفى النهاية يقسمه نصفين مثل المقص الذى يقص الورقة إلى نصفين ... تكون النتيجة هى فتح البوابات المغلقة للأملاح فى مياه التغذية كى تعبر بحرية خلال طبقة البولى أميد:



وهذه صورة متكاملة عن شكل الغشاء من النوع الحلزوني الملفوف وتركيبه الكيميائي:



والآن فى الجدول التالى نعقد مقارنة بين النوعين الرئيسيين من الأغشية ... أسيتات السليلوز والبولى أميد:

الصفة والخاصية	أسيتات السليلوز	البولى أميد
أنواع الأغشية من ناحية التشكيل الهندسي	كل الأنواع	كل الأنواع
معدل التدفق Flux (مرور المياه عبر الأغشية)	مرتفع (لذلك لا يتطلب مساحة كبيرة من الغشاء)	أقل
العُمر	عمر أقصر من البولى أميد (ثلاث سنوات حد أقصى)	عمر أطول (خمس سنوات)
المقاومة للكلورين	تقاوم الكلورين الحُر الزائد حتى 1 جزء فى المليون	حساس لوجود أى نسبة من الكلورين (0,1 جزء فى المليون) (يتأكسد بسرعة)
البكتيريا	حساس لهجوم البكتيريا	يقاوم البكتيريا
درجة الحرارة التى يتحملها	31 درجة مئوية فى المتوسط	35 – 45 درجة مئوية
الأُس الهيدروجينى pH	7.5 – 3.5	3 – 11
ثباته	ينهار مع ارتفاع درجة الحرارة وعدم ثبات الpH	يقاوم هذه التغيرات
السعر	أرخص نسبياً	أعلى نسبياً
شحنة السطح	متعادلة (Neutral)	سالبة (Negative)
نسبة النترات في الريجيكت	0 – 65 %	40 – 90%

يعنى حضرتك عندما تستبدل الغشاء السليلوزى عندك ببولى أميد ستلاحظ فى العموم حدوث الآتى: معدل التدفق Flux انخفض لذا يتم تعديل منظومة الضغوط والتدفقات ... ومعدل تكون البايوفاولينج انخفض ... كما أنه يمكننا استخدام الغسيل القاعدى ... ولكن سنكون أكثر حرصاً من مرور الكلور على الغشاء من ذى قبل ... وسنلاحظ أيضاً أن عمر الغشاء قد طال عن السليلوز.

	Cellulosic	Thin Film Composite
Effect of Bacteria	Some bacteria will attack	Very bacteria resistant
pH Range	4.0 – 8.5	2.0 – 11.0
Chlorine Tolerance	Excellent Resistance	Poor Resistance 200 - 1000 ppm hrs.
% Rejection Nominal TDS dependence	92% Decreases as TDS Increases	95% Constant
Nitrate Rejection	0% - 65%	40% - 90%
Temperature Limit	87°F (31°C)	112°F (45°C)

وإليك الآن مقارنة بين البولى أميد والسليلوز بنوعيه:

Types of Reverse Osmosis Membranes

A variety of reverse osmosis membranes are on the market today. All the major types have limitations.

Limitations	Cellulose acetate membranes	Cellulose triacetate membranes	Thin film composite membranes
pH	pH 2 - 8	pH 4 - 9	pH 2 - 11
Temperature	5°C - 30°C	5°C - 35°C	5°C - 50°C
Resistance to bacterial attack	poor	fair/good	excellent
Resistance to damage by chlorine	fair 0 - 1 ppm	good 0 - 3 ppm	poor 0 - 0.1 ppm
Typical rejection of salts at 60 psi	85% - 92%	92% - 96%	94% - 98%
Typical rejection of nitrate at 60 psi	30% - 50%	40% - 60%	70% - 90%
Typical treated water production at 60 psi	1 gal/ft^2 of membrane/day	1 gal/ft^2 of membrane/day	2 gal/ft^2 of membrane/day
Turbidity allowed in feed water	none	none	none
Iron allowed in feed water	1ppm	1ppm	0.1ppm
Hydrogen sulfide allowed in feed water	none	none	none
Relative water production	1	1	2
Relative cost	low	medium	high

Note: Several manufacturers produce reverse osmosis membranes, and technology is continually improving. Specifications may differ for individual units. 1 ppm = 1 mg/L

بقى أن نذكر أن سطح الأغشية يحتوى على مجموعات هيدروفيليك Hydrophilic (أو مركبات لها خاصية جذب المياه كى تسمح لها بالانجذاب تجاهها والمرور من خلالها) ... وهذه المجموعات تميز سطح البوليمر ويكون لها صفات قطبية Polar (يعنى لها شحنة موجبة جزئية على مكان وشحنة سالبة جزئية على مكان) ... وجزىء الماء قطبى أيضاً ... وما يحدث هو أن الشحنة السالبة الجزئية للأوكسجين فى الماء تنجذب إلى الموجبة للمجموعة القطبية على سطح البوليمر... وتنجذب الشحنة الموجبة الجزئية على الهيدروجين فى الماء بالسالبة ...

وبالطبع نستنتج أنه كلما زادت كثافة المجموعات القطبية على سطح البوليمر فى الغشاء زادت انتاجية المياه (البيرميت) لأنها "استوعبت" جزيئات أكثر ... وبالتالى تنخفض نسبة الأملاح بها وتصبح أكثر جودة.

المشاركات على النقاش السابع: التركيب الكيميائى للأغشية:

مشاركات المهندس عبد العزيز عبد الغنى السبئى:

المادة التى تصنع منها الأغشية :

طُورت العديد من الأغشية التي تستخدم صناعياً في عمليات الفصل الغشائي إلا أن معظم هذه الأغشية تصنع أساساً من مادة البولي أمايد Polyamide ... أو من مادة أسيتات السيليلوز "Cellullose Acetate".

وقد كانت هناك بعض الأغشية تصنع من مادة البولي فينيل الكحول Polyvinyl Alcohol أو من بعض المبلمرات البلستيكية مثل النايلون أوالكلوديون إلا أن مادتي السيليلوز والبولي أمايد أصبحتا البدائل السليمة تقنياً و اقتصر استخدام الأنواع الأخرى على استخدامات خاصة ... ولقد تم تطوير أغشية من مادة ثنائي وثلاثي أسيتات السيليلوز لتلبي الحاجات الصناعية العديدة

من أهم مشاكل أغشية السيليلوز تأثرها الشديد بالتلوث البيولوجي كالطحالب والبكتيريا مما يسبب انسدادها وحاجتها للغسيل الكيماوي أو المعالجة المسبقة بالتعقيم.

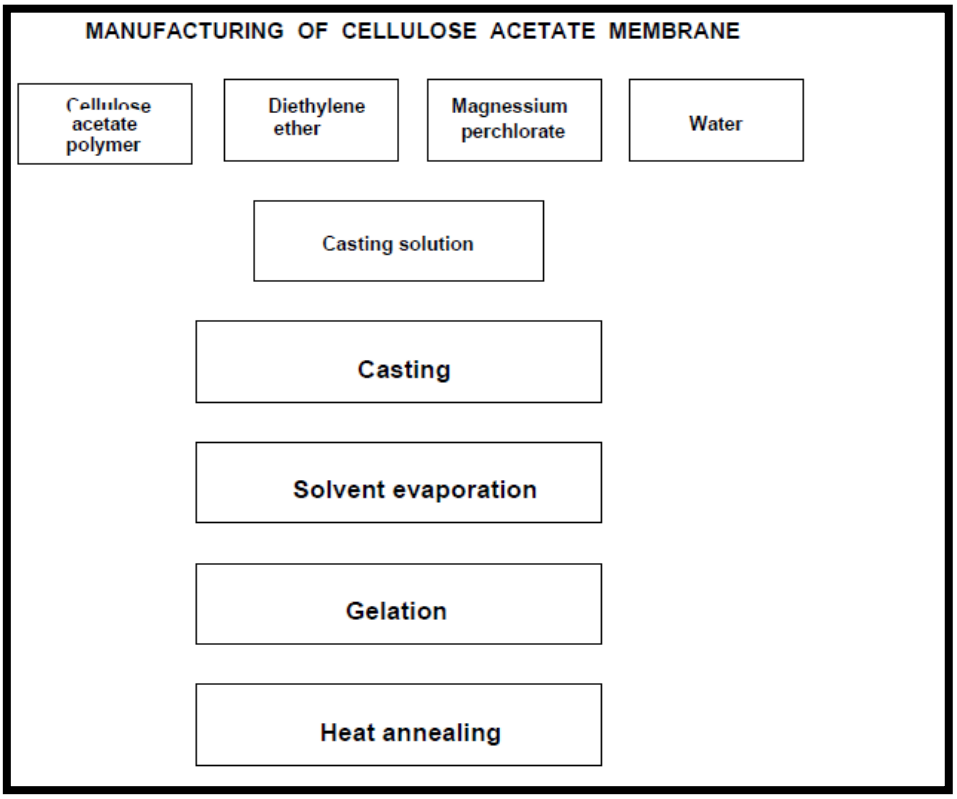
تتأثر أغشية السيليوز أيضا بدرجة الحموضة كثيرا بسبب تعرضها للتميه Hydration عند درجات حموضة منخفضة أو قاعدية.

لكن تمتاز أغشية السيليلوز بعدم تأثرها الكبير للعوامل المؤكسدة مثل الكلورين ومركباته المختلفة ... ولذلك - وفي المقابل تمتاز أغشية البولي أمايد بقدرتها على تحمل درجات حموضة واسعة (من4-11) تتحمل التباين في درجات الحموضة خلل عمليات التشغيل والغسيل الكيماوي إلا أن المشكلة الرئيسية في هذه الأغشية حساسيتها وتأثرها بالعوامل المؤكسدة القوية مثل الكلورين الذي يعمل على إتلاف الغشاء حتى على تركيز 0.1 جزء فى المليون. وبسبب المواصفات التي تتفوق بها مادة البولي أمايد على مادة السيليلوز فإن كثيراً من الوحدات الصناعية تستخدم أغشية البولي أمايد أكثر من مادة السيليلوز .

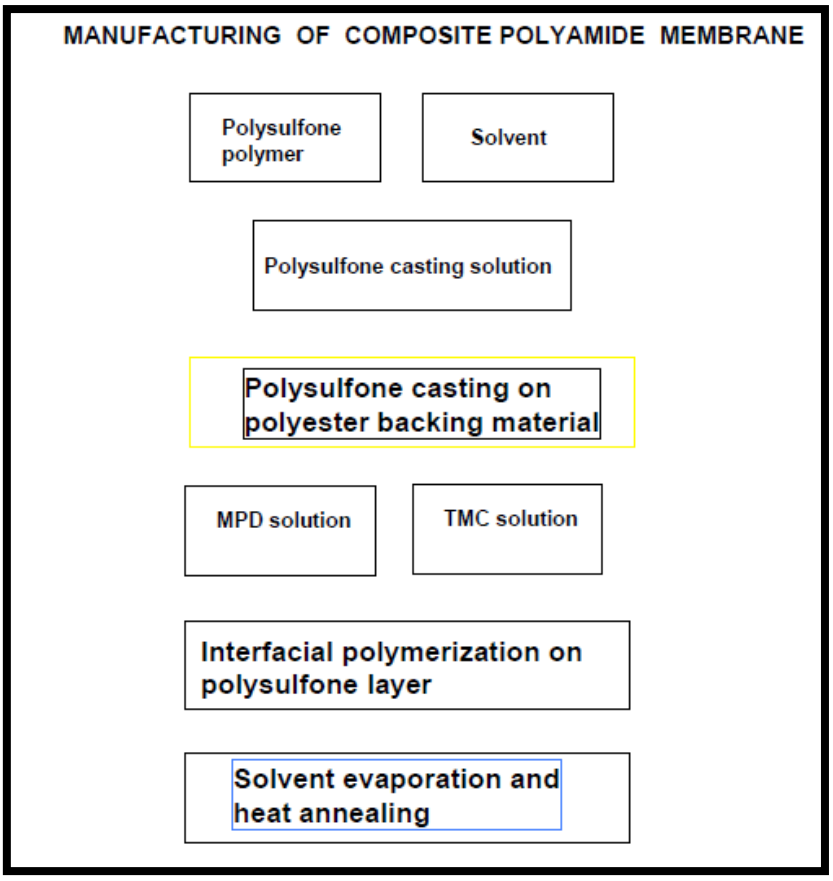
الأغشية المُصممة لتحلية مياه البحر تكون لها القدرة على احتجاز المياه المالحة أكبر من الأغشية المستخدمة لتحلية المياه الجوفية شبه المالحة وقادرة على تحمل ضغوط عالية.

مشاركات المهندس محمد زكريا:

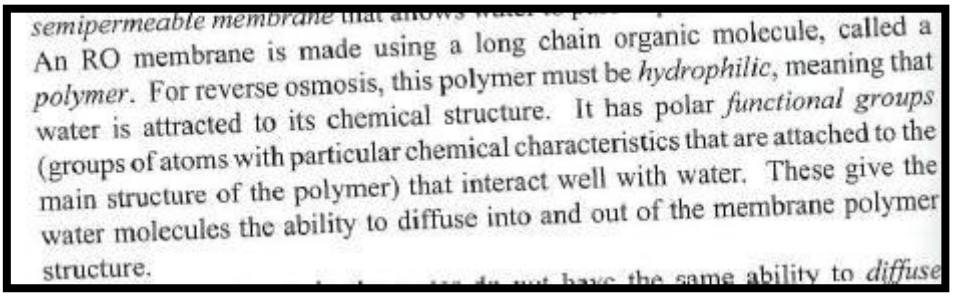
الرسم التالى عن تصنيع السليلوز أسيتات:



والرسم التالى عن تصنيع البولى أميد:



وهذا جزء عن المادة المصنعة للأغشية (ومعنى الهيدروفيليك) (وقد تم الإشارة لها من قبل):


semipermeable membrane that allows
An RO membrane is made using a long chain organic molecule, called a *polymer*. For reverse osmosis, this polymer must be *hydrophilic*, meaning that water is attracted to its chemical structure. It has polar *functional groups* (groups of atoms with particular chemical characteristics that are attached to the main structure of the polymer) that interact well with water. These give the water molecules the ability to diffuse into and out of the membrane polymer structure.
have the same ability to *diffuse*

الأهداف التى يعمل العلماء عليها فى تطوير الأغشية:

المبادئ التى يعمل بها العلماء فى تطوير الأغشية فى الوقت الحالي:

Concept of New Membrane:-

1-Increasing Hydrophilicty of Membrane Surface.

2-Neutralization of Membrane Surface Charge

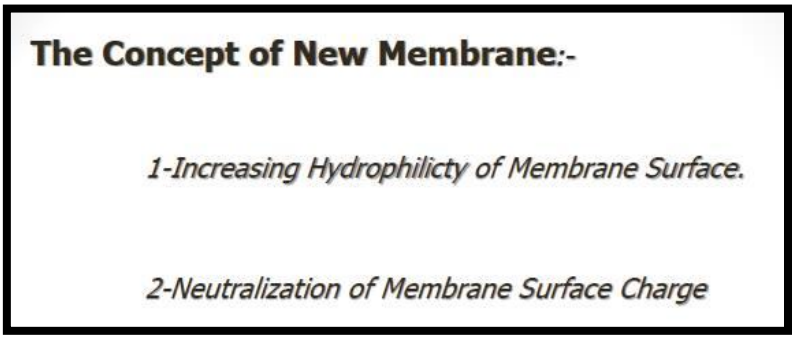
1-Increasing Hydrophilicty of Membrane Surface:

هذا أول مبدأ وهذا بمعنى كيف أجعل سطح الأغشية مُحب للماء وليس كاره للماء ... وطبعاً كل ذلك الغرض منه إنتاج مياه بطاقة أقل وجودة أعلى عن طريق إنتاج نفس الكمية بضغوط أقل وكمية أعلى وجودة أفضل.

2-Neutralization of Membrane Surface Charge:

هذا ثاني مبدأ ... وهو كيفية جعل سطح الأغشية لا يحتوى على شحنات بحيث أستطيع أن أمنع ال Foulant من الإلتصاق بسطح الأغشية أو أُقلل من معدل الفاولينج Rate of fouling.

بالنسبة للمبدأ الأول والثانى ... استطاع العلماء إلى حد كبير جداً تطوير الأغشية عن طريق زيادة hydrophilicty بعد إضافة بعض المركبات النانوية وأيضاً تقليل معدل الفاولينج بعد إضافة أيضاً مواد نانونية وحالياً يوجد أغشية Fouling resistance.

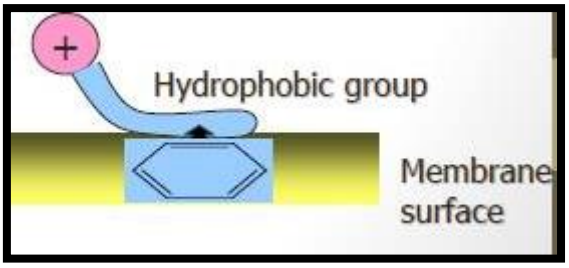


قبل أن نتكلم عن تطوير سطح الأغشية نحتاج توضيح بعض المعلومات المهمة والشيقة جداً عن أسباب حدوث Fouling على سطح الأغشية وهى خواص فيزوكيميائية ... وهى خمس خواص لابد من معرفتها وهذه ستدخلنا لبعض الأسرار عن سطح الأغشية.

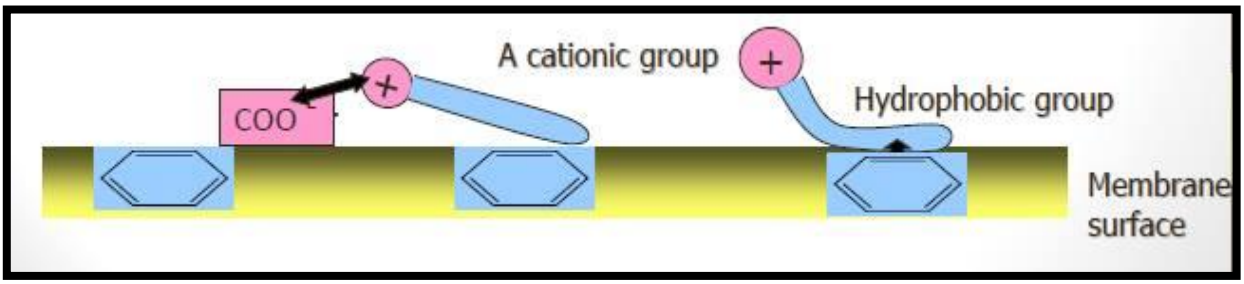
Physicochemical properties that have relation with fouling property:-

1. *Hydrophobic Interaction.(Hydrophilicty)*
2. *Electrostatic Interaction.*
3. *Roughness.*
4. *Contact angle.*
5. *Steric repulsion effect.*

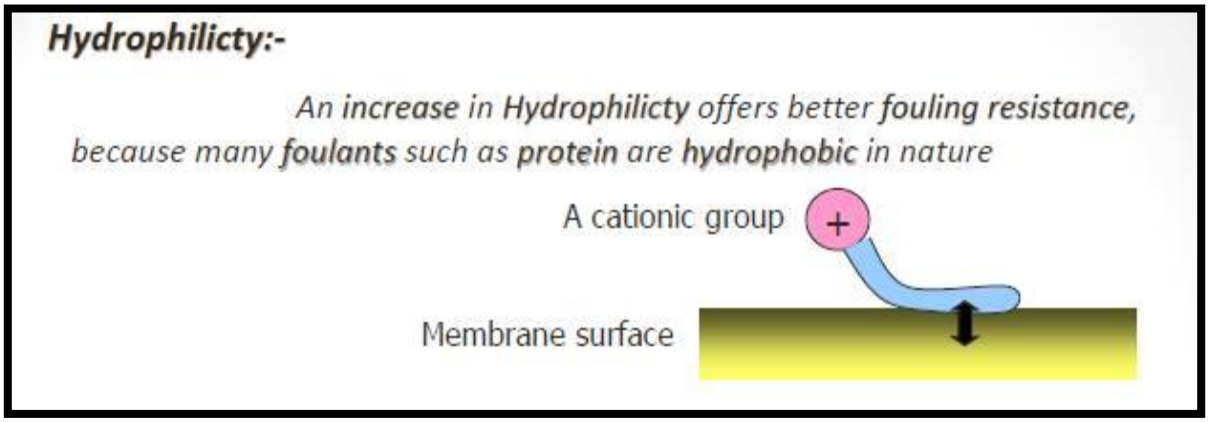
أول أمر هو ال Hydrophobic Interaction (Hydrophilicty) ... وهذا يتم على سطح الأغشية نتيجة ارتباط مركب كاره للماء بسطح الأغشية كما هو موضح بالصورة التالية:



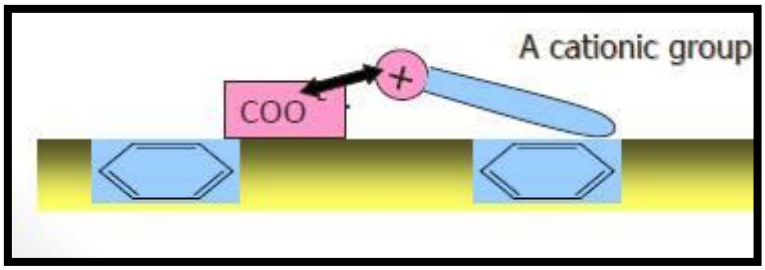
ثانى أمر هو Electrostatic Interaction وهو من الخواص ... وهذا يتكون نتيجة تجاذب شحنات على سطح الأغشية ... شحنات موجبة ... وسالبة الشحنة.



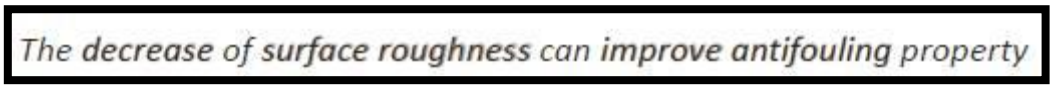
ولذلك فإن فكرة تحسين خواص الأغشية مثل الHydrophilicty ستُحسن خواص كثيرة لسطح الأغشية.



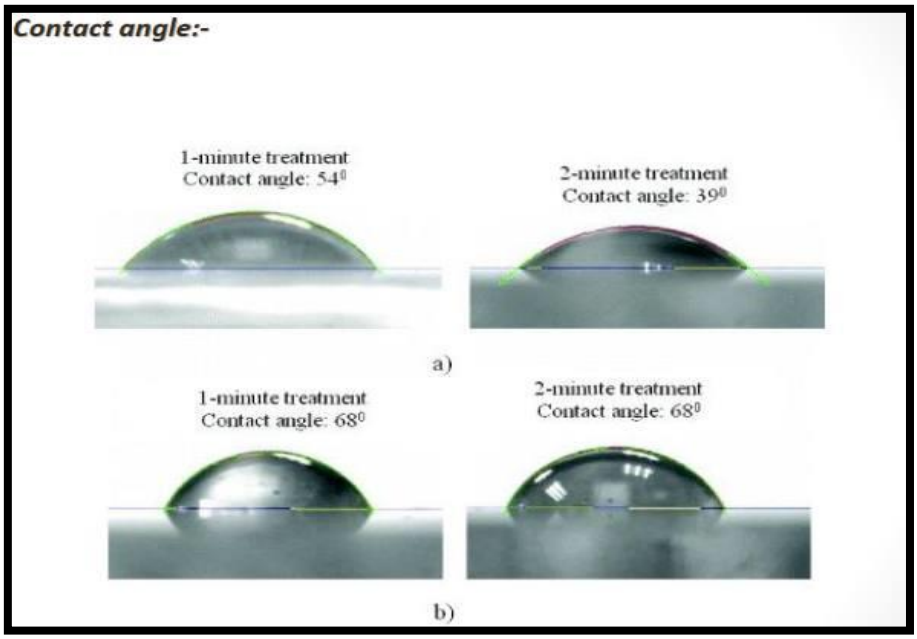
ولو استطعنا أن نقلل ال Hydrophilicty بالتالى سنقدر أن نقلل ال Electrostatic Interaction ... وهذا أيضاً بعد معادلة سطح الأغشية وتقليل الشحنات على سطحها.



العامل الثالث هوال Roughness لسطح الاغشية ... بمعنى نعومة السطح فبالطبع كلما كان السطح أملس كلما قل الأحتكاك بين سطح الغشاء وال Foulant وده من أهم العوامل التى أقدر أقيم بها سطح الأغشية بعد مرور فترة من التشغيل يتم قياس ملمس السطح عن طريق شئ يُسمى نقطة وزاوية التلامس بين سطح الغشاء وبين الفاولنت.



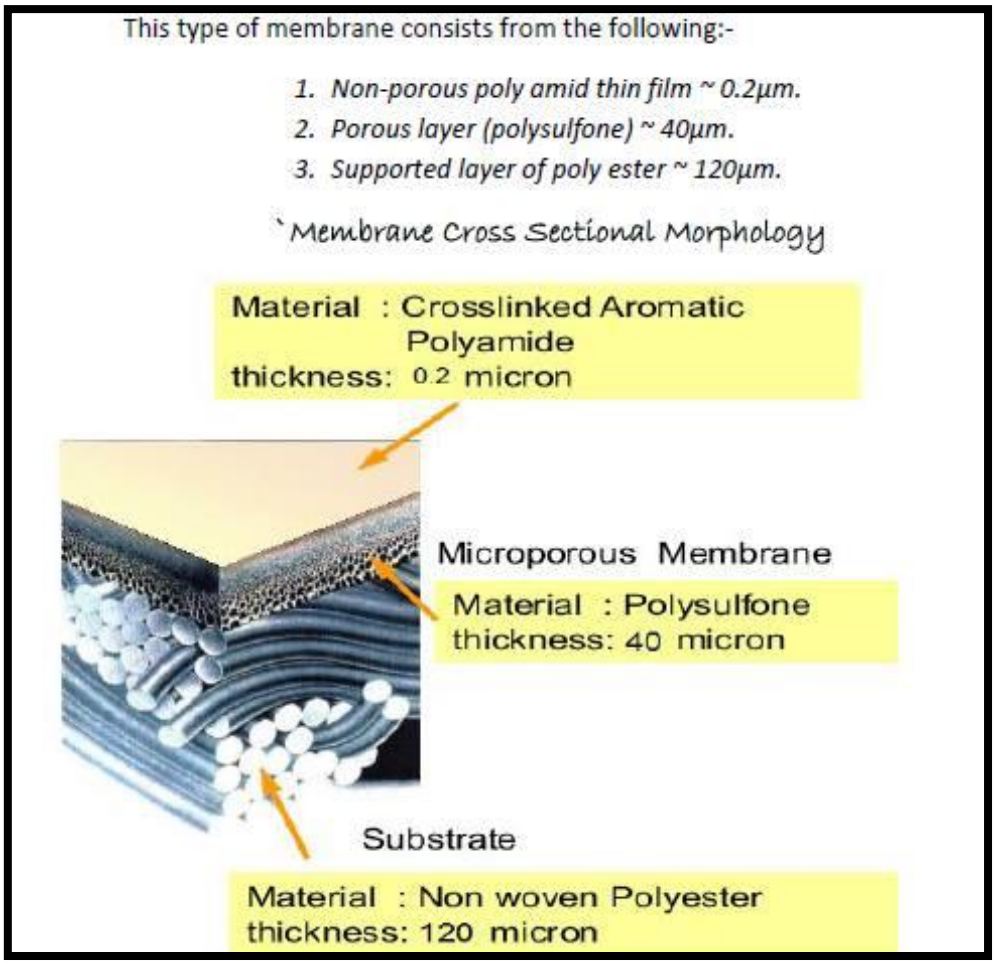
العامل الرابع وهو ال Contact angle بين السائل وسطح الغشاء وهذا عامل مهم جداً جداً فكلما قلت زاوية التلامس كلما قل معدل الFouling rate.



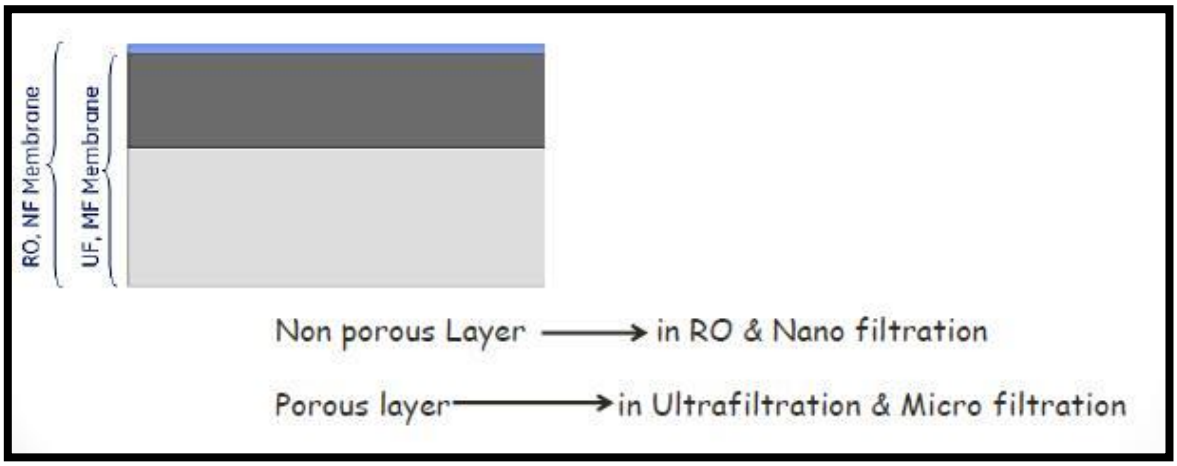
العامل الخامس وهو ال Steric repulsion effect أو التزاحم الفراغى على سطح الأغشية.

كل العوامل السابقة بعد دراستها تم تطوير سطح الأغشية وذلك بعد التغلب عليها وتحسين تلك الخواص بعد إضافة مركبات نانونية إلى سطح الغشاء "أى طبقة ال poly-amide" وكانت هناك مفاجآت رائعة ... ومازلت الأبحاث قائمة على تلك النقطة .. ومنها معمل متخصص فى تلك الأبحاث فى كلية العلوم جامعة الفيوم وتقوم بدراسات متطورة جداً وللأسف مصر غير مستغلة ذلك.

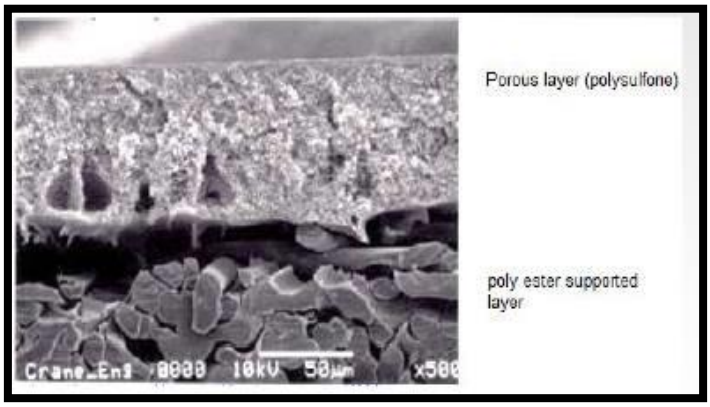
سنبحر أكثر فى التركيب الكيميائى لسطح الغشاء بعد ما تعرفنا على مبادئ التطوير مثلما أوضح م/وليد عن طبقات الأغشية:



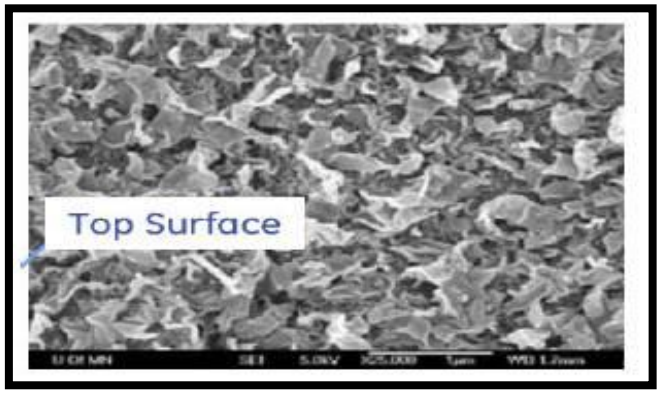
سنوضح أمر مهم أيضاً بصفة عامة عن الأغشية فى حالة وجود طبقة polyamide أوعدم وجوده ... لأن وجوده يكون موجوداً فى حالتين فقط ... ال Nano filtration & RO وهذه متخصصة فى نزع الأملاح وعدم وجود هذه الطبقة من ال polyamide سيجعل الغشاء يعمل Micro filtration & Ultrafiltration أى نزع الشوائب والفاولينج فقط بدون نزع أملاح ... وهذا الذى يحدث فى حالة تدمير الكلور لطبقة البولى أميد على سطح الأغشية.



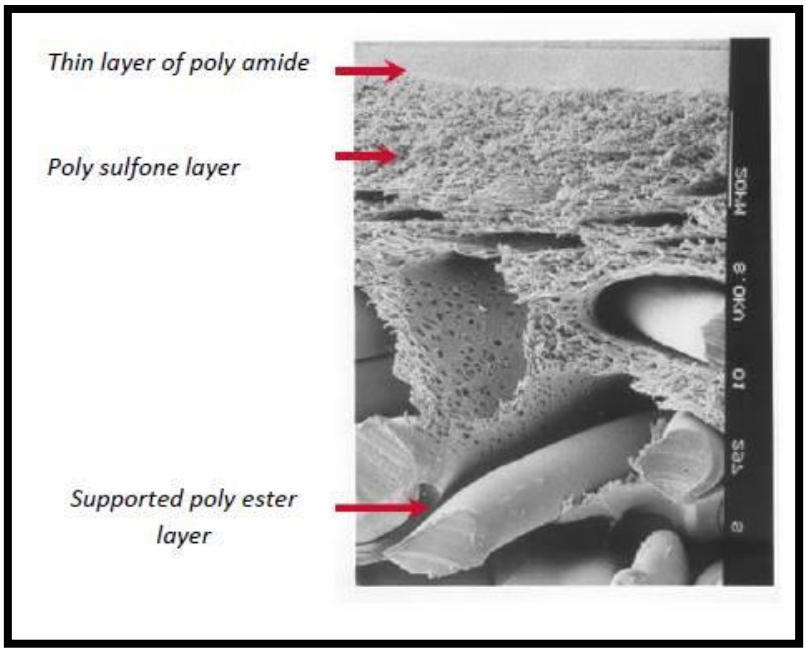
وهذه صورة من الميكروسكوب الألكترونى لطبقة البولى سيلفون المنفذة للماء وطبقة البولى أستر طبقة الدعامة للغشاء:



وهذه صورة أخرى لطبقة البولى أميد من الميكروسكوب الألكترونى:

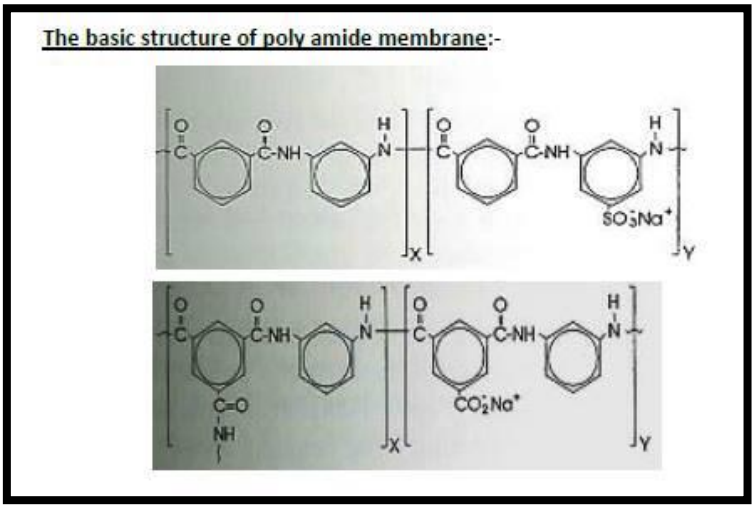


وهذه صورة أوصف و أدق لقطاع جانبى للغشاء من الميكروسكوب الألكترونى:

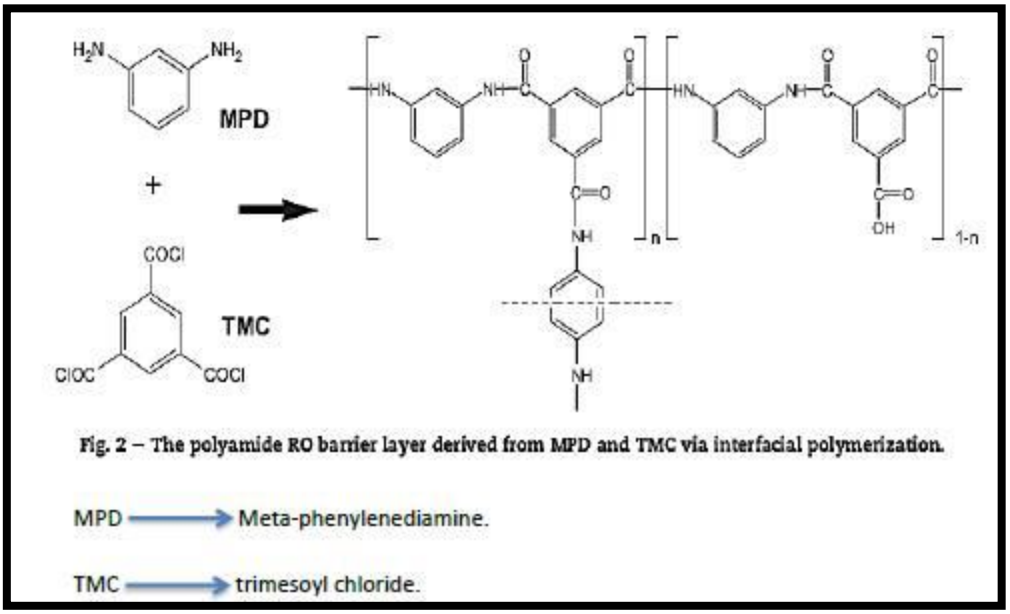


ندخل أكثر على الوصف الكيميائى لطبقة البولى أميد وسندخل أيضاً لاحقاً فى طريقة تصنيع شيت من الأغشية.

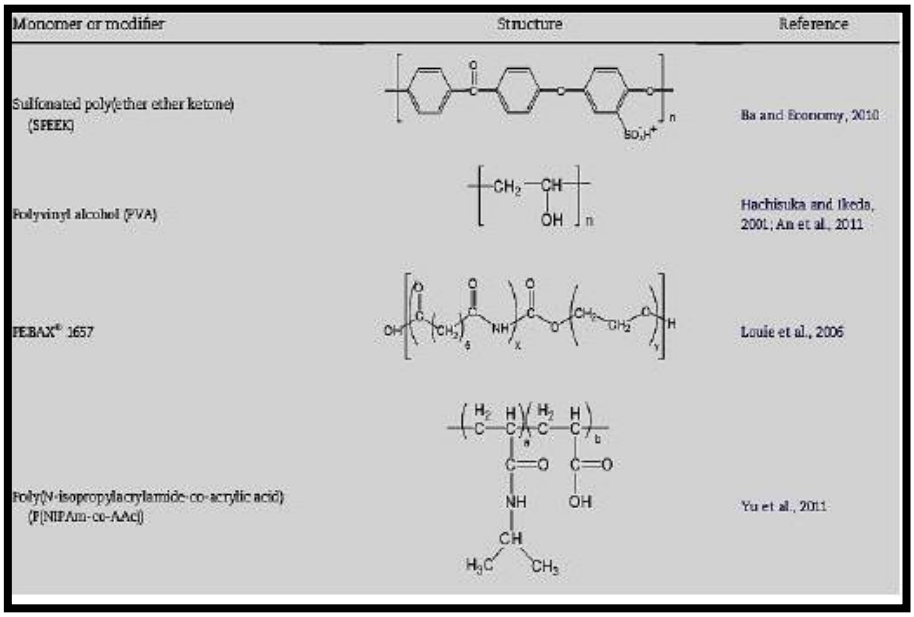
فى هذه الصورة التركيب الأساسي لطبقة البولى أميد:



وهذا التفاعل بسيط وسهل جداً:

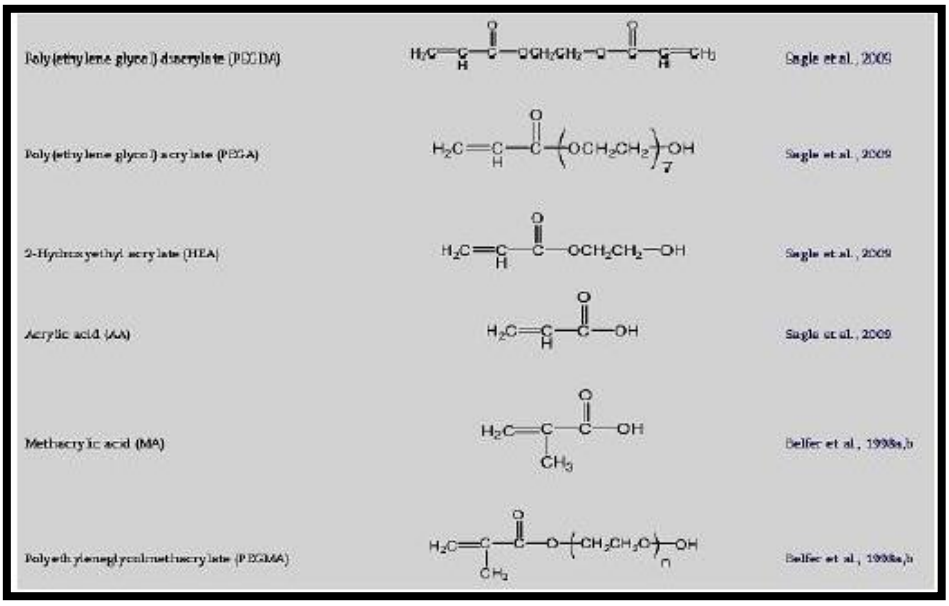


وهذا يختلف من غشاء لآخر ... يعنى نوع المونيمرالذى سأصنع منه طبقة البولى أميد يحدد خواص الغشاء واستخداماته الصناعية ... بمعنى نوع من المونيمر أقدر أصنع منه طبقة بولى أميد لها نفاذية عالية جداً للماء وتستطيع أن تفصل solvent معين عن الماء ... وهناك مونمرات أخرى تقلل الضغوط وترفع الأملاح لدرجة معينة ... وهناك مونيمرات خاصة ببعض مشاكل المياه مثل البورن والمواد المشعة ونسبة طردها فى ال reject water ... وهناك مونيمرات كثيرة جداً لاستخدامات مختلفة والعلم مازال يطور فيها.

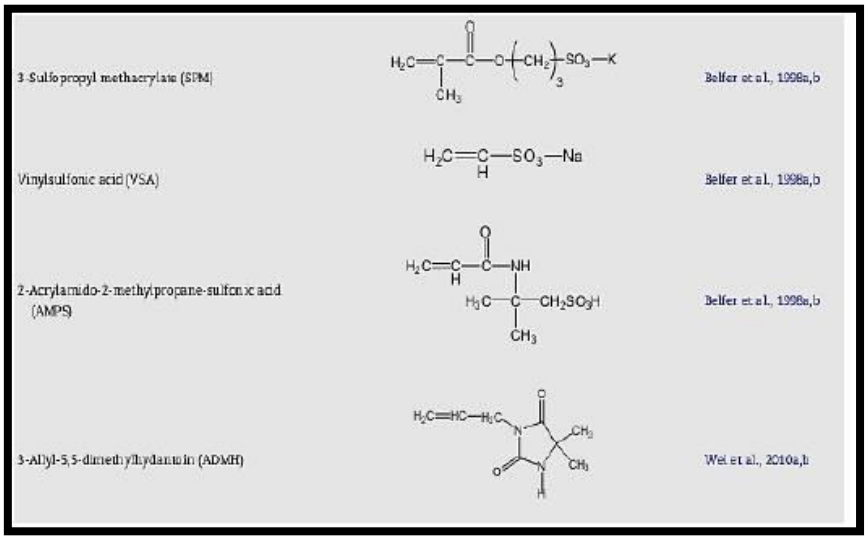


Monomer or modifier	Structure	Reference
Sulfonated poly(ether ether ketone) (SPEEK)		Ba and Economy, 2010
Polyvinyl alcohol (PVA)		Hachisuka and Ikeda, 2001; An et al., 2011
PEBAX® 1657		Loulé et al., 2006
Poly(N-isopropylacrylamide-co-acrylic acid) (P[NIPAm-co-AAc])		Yu et al., 2011

وهذه أمثلة لمونيمرات أخرى:



Poly(ethylene glycol) diacrylate (PEGDA)		Sagle et al., 2009
Poly(ethylene glycol) acrylate (PEGA)		Sagle et al., 2009
2-Hydroxyethyl acrylate (HEA)		Sagle et al., 2009
Acrylic acid (AA)		Sagle et al., 2009
Methacrylic acid (MA)		Belfer et al., 1998a,b
Polyethyleneglycolmethacrylate (PEGMA)		Belfer et al., 1998a,b

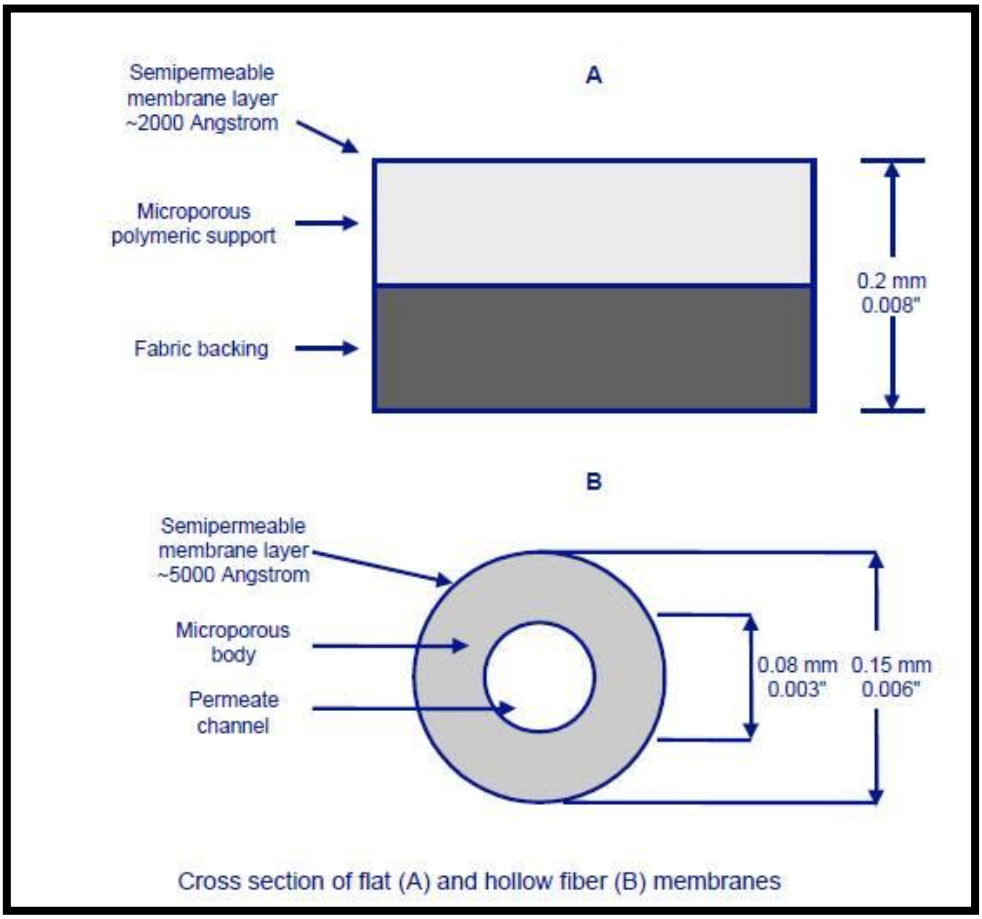


3-Sulfopropyl methacrylate (SPM)		Belfer et al., 1998a,b
Vinylsulfonic acid (VSA)		Belfer et al., 1998a,b
2-Acrylamido-2-methylpropane-sulfonic acid (AMPS)		Belfer et al., 1998a,b
3-Allyl-5,5-dimethylhydantoin (ADMH)		Wei et al., 2010a,b

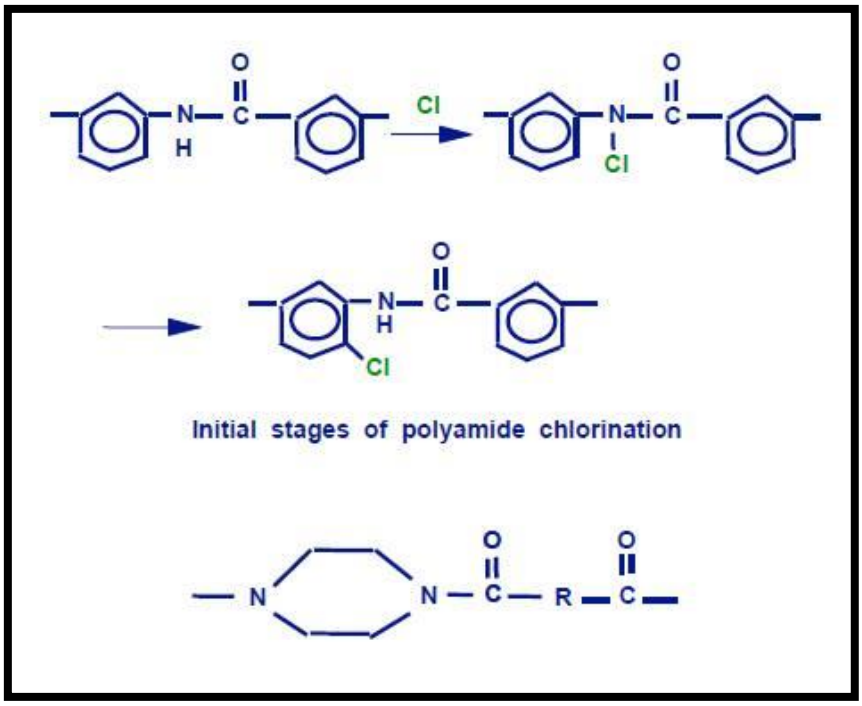
التركيب الكيميائى لطبقة البولى أميد يختلف حسب نوع المونيمر وكل نوع بيأثر فى الخواص الخمسة الآتية:

1. *Salt rejection.*
2. *Flux.*
3. *Tolerance to temperature, pH variation and chemical constituents.*
4. *Fouling tendency and scale* control.
5. *Durability.*

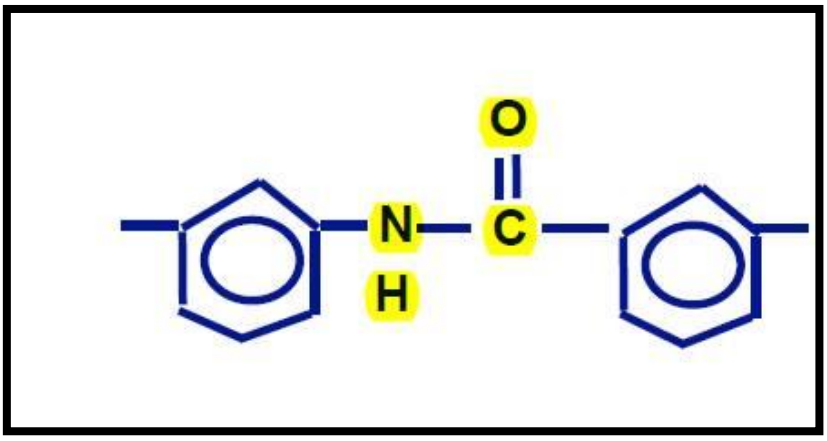
Cross section of flat (A) and hollow fiber (B) membranes



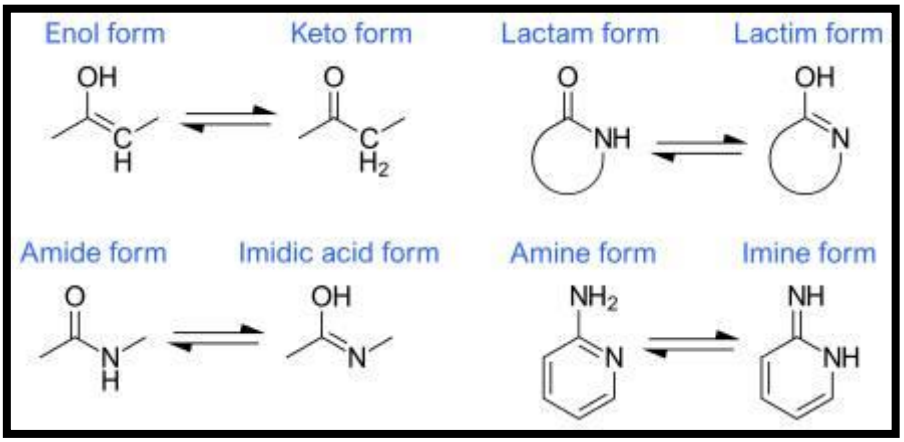
وهذا تأثير الكلور على سطح الأغشية وهذه نفس النقطة التى وضحها أكثر م/وليد:



وهناك معلومة مهمة جداً عن طبقة البولى أميد وخصوصاً المجموعتين الوظيفيتين المُظلل عليهم باللون الأصفر ... مجموعة ال CO ومجموعة ال NH ... هذه المجوعات موجودة فى صورة tautomerization ... حيث يحدث تنقلات للرابطة الثنائية والأوكسجين والهيدروجين بين الذرات فى صورة مستمرة وهذا جيد جداً ويحافظ على الأملاح بالقدر المستطاع ... ولكن عند الغسيل القاعدى للأغشية فإن ال tautomerization يتوقف وتتحرك الرابطة الثنائية من بين الكربون والأوكسجين إلى ما بين الكربون والنيتروجين وتتكون شحنات سالبة على الأوكسجين التى تحتاج الى protonation بعمل غسيل حامضى لكى يعود سطح الغشاء الى طبيعته ... وفى حالة غسيل المحطة بغسيل قاعدى فقط سوف نلاحظ إرتفاع فى الأملاح.



Tautomerization



وينبهنا المهندس محمد زكريا لأمرهام:

ولذلك نبدأ بالغسيل القاعدي ثم الحامضي ... وهذه معلومة أو سر من أسرار الأغشية.

ويُكمل المهندس محمد زكريا:

تكملة لما سبق نبدأ بأمرين مهمين جداً...

الأول:- عن نقط ضعف كل طبقة من الطبقات المكونة لكل غشاء والنقط الحرجة لكل طبقة.

1- **طبقة البولى اميد تتأثر بالعوامل المؤكسدة مثل الكلور والأوزون والهيدروجين بيروكسيد ومن المُمكن أن يتأثر بمركب ال peracetic acid حيث ظهرت شركات كثيرة تُسوق له لمنع وتقليل ال Biofilm وهذا النوع لو تم استخدامه فى درجات حرارة عالية ستتأثر طبقة البولى أميد وترتفع أملاح وحدة الانتاج.**

2- **طبقة البولى سيلفون:- تتأثر هذه الطبقة بالمذيبات العضوية التى لها القدرة على أحداث ذوبان جزئى لها وبالتالي يتأثرالغشاء ويحدث له خلل.**

3- **طبقة البولى استر وهذه أهم الطبقات لأنها تتأثر بارتفاع وانخفاض ال pH ... بما أن هذه الطبقة تعتبر الدعامة الأساسية للغشاء ... فتأثير ال pH سواء كانت فى الصورة القاعدية القوية أوالحامضية القوية فإنها تسبب ذوبان جزئى لأضعف نقطة من طبقة البولى إستر ... لذلك كانت التوصيات لغسيل الأغشية يُفضل عند pH معينة ودرجة حرارة معينة لأنه لو حدث خلل فى طبقة البولى أستر يحدث شئ يؤثر على الأملاح المنتجة مما يؤدى إلى ارتفاعها والسبب أن بعد الذوبان الجزئى لأضعف نقطة من البولى إستر يحدث اختلاف فى الضغط المطبق على الشيت sheet فينتج عن ذلك ارتفاع فى الأملاح**

Critical points of poly amide membrane

1. Poly amide layer ⟶ oxidants
2. Poly sulfone ⟶ Organic solvent
3. Poly ester substrate ⟶ low/high pH
4. High flux/Low feed ⟶ Concentration polarization

الأمر الثانى هو:

Classification of membranes according to its structure

1. Membrane with Symmetric structure.
2. Membrane with Asymmetric structure.
3. Thin film composite membrane.

1- Membrane with symmetric structure

وهذا أول نوع ويعتبر أول ما فكر العلماء فى تصنيع أغشية وهو يتكون من طبقة واحدة فقط.

ويوجد طريقتين لتحضير هذا الغشاء :-

الطريقة الأولى: وهى طريقة "التحفير"على سطح الغشاء باستخدام الإشعاع وسوف يتم شرحها.

الطريقة الثانية: وهى ترسيب البولمير عن طريق عمل بلمرة وإذابة البوليمر فى مذيب ثم تبخير المذيب وسوف يتم شرحها.

There are two methods for preparation this type of membrane:-

1. *Track etching method.*
2. *Precipitation from the vapor phase method*

الطريقة الاولى : وهى تمرير الغشاء على مصدر إشعاع قوى فيحدث فجوات داخلية داخل الغشاء ثم يتم تمرير الغشاء فى محلول قلوي قوى أو هيدروجين بيروكسيد لتحدث عملية التحفير أوالتنقير؟

A. Track etching method.

This method obtained in two steps:-

1-A sheet of polymeric film moves underneath a radiation source then irradiated by high-energy particles.

Where; the spots that are subjected to bombardment of the particles are degraded or chemically altered during this process.

2- The film undergoes an etching process in an alkaline or hydrogen peroxide bath (depending on the material), where the polymer is etched along the path of high-energy particles.

أى يحدث:

Radiation source+sheet then etching process in an alkaline or hydrogen peroxide bath In (High energy particles)

بالنسبة للطريقة الثانية وهى ال Precipitation from the vapor phase method فى هذه الطريقة فى cast polymer يعنى بولمير تم اذابته فى solvent معين يتبخر بسهولة أى درجة تبخيره منخفضة ثم يتم وضعها مع مذيب أخر غير متبخر درجة تبخيره مرتفعة لايذوب فيه البوليمير المكون للغشاء فيحدث تبخير للمذيب الذى يذوب فيه البولمير فيحدث ترسيب له ويتكون film من البوليمر يتخلل هذا الفيلم المذيب الآخر الغير متبخر فيكون الغشاء ويتم فصلهم بسهولة وأخذ الغشاء.

This method obtained as the following step:-

A cast polymer solution that consists of (polymer+solvent) is ***brought into a non-solvent vapor environment saturated with solvent vapor.????***

Where;

The saturated solvent vapor suppresses the evaporation of solvent from the film; the non-solvent molecules diffuse into the film causing polymer coagulation.

Solvent evaporation *form the film surface then* ***non-solvent molecules diffuse into the film*** *causing* ***polymer coagulation****.*

طبعاً كمية البوليمر وسرعة التفاعل وسرعة تبخر المذيب هى من تتحكم فى الطبقة المتكونة فى صورة film من حيث السُمك والخواص.

ندخل على النوع التانى وهو:

Membrane with Asymmetric structure

يتكون هذا النوع من طبقتين الأولى thin dense layer تُسمى ب the top skin layer والطبقة الثانية تسمى ب porous sub layer وتعتبر دعامة للطبقة العليا.

This type of membrane consists of two layers:-

1. *The top one is a very thin dense layer also called (the top skin layer).*
2. *The bottom one is a porous sub layer.*

ويوجد 3 ملاحظات عن ال Membrane with Asymmetric structure:

الأولى :-هى أن الطبقة العليا هى من تتحكم فى بعض الخواص مثل ال flux:

1. *The dense skin layer (top layer) control in permeation properties as flux.*

الثانية :- وهى أن الطبقة السفلى هى تعتبر كدعامة ميكانيكية للطبقة العليا:

Porous sub layer serves only as a mechanical support.

الثالثة: وهى أن flux فى الأنواع asymmetric يكون أعلى من الأنواع ال symmetric:

Water fluxes of asymmetric membranes is much higher than symmetric membranes where; the membrane resistance to water transport is proportional to the dense skin thickness. (Lonsdale, 1987;baker,1990;strathman,1990)

وهذا تقسيم للنوع Asymmetric الذى يتكون من طبقتين ... نوع يتكون من طبقتين من نفس النوع من المواد الخام "من نفس البوليمر والاختلاف يكون فى الشكل الهندسى" ... والنوع الثانى يكون الطبقتين مختلفتين متكونة من أنوع أخري من البوليمر

2-Membrane with Asymmetric structure:-

Asymmetric membrane

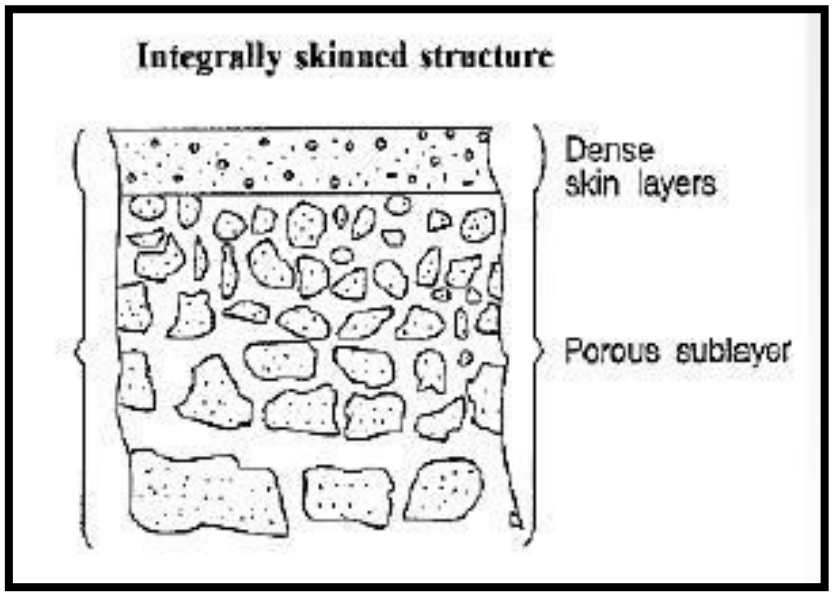
Integrally skinned asymmetric membrane — *composite membrane*

A- Integrally skinned asymmetric membrane:-

In this type the material of the top layer and porous of sub layer are the same.

B-Composite membrane:-

In this type the material of top skin layer is different from the polymer of porous of sub layer.



وهذه تعتبر الميزة الخاصة بالنوع ال Composite و التى منها استطاع العلماء الوصول إلى ال Thin film composite membrance.

***Advantage of** composite membrane over the integrally skinned asymmetric membrane is that the material for the top skin layer and porous sub layer can be chosen separately to optimize the overall performance.*

ويتم تحضيرها كما سبق ذكر ذلك بالطريقة الآتية:

Asymmetric membranes are most commonly formed by a phase inversion method (This method called polymer precipitation method).

سرعة ترسيب البوليمر تؤثر فى الآتى كما هو موضح بالصورة المرفقة:

The rate of precipitation is a factor in determining pore characteristics where:-

1-Rapid precipitation :-

tends to produce pores that are small and asymmetric.

2-Slow precipitation:-

This type produce more symmetrical pores that are relatively large.

The polymer precipitation can be achieved in several ways:-

1. *Thermal gelation.*
2. *Solvent evaporation.*
3. *Non solvent immersion*

Is the most important asymmetric membrane preparation technique.

Phase inversion technique for preparation of integrally skinned asymmetric membranes:-

1. *Dry-wet phase inversion method (Loeb-sourirajan method).*
2. *Thermally induced phase separation method.*

تعقيب المُحاضر فى موضوع صُنع أغشية مقاومة للفاولينج:

فى دراسة تم تسجيلها فى الجريدة العلمية:

Journal of membrane science 349 (2010)

تم تقييم معدل نمو البايوفاولينج على أغشية البولي أميد من نوع BW30 من شركة داوDOW والتى أشرفت على هذه الدراسة ... تم عمل دراسة على سطح البولي أميد عندما يزود بمجموعات عطرية زائدة Extra Aromatic groups أو يزود بمجموعات أليفاتية Extra Aliphatic groups فوجد أن البايوفاولينج يزيد مع إضافة

المجموعات الأليفاتية بالرغم من أن المجموعات الأروماتية تشجع على نمو وتراكم طبقة الEPS ولكن إذا نظرنا إلى عدد الخلايا الميتة نجدها أكبر فى الأروماتيك.

المهندس يحيى محمد رضا:

هذه ماكينة الرولينج " اللف" للممبرينات ٨ بوصة:

وهذه آلة اللصق للأغشية:

Auto glue potting machine for RO membrane production

وهذا هو الشيت الخاص بالغشاء وقطع الSpacer وآلة اللف:

RO sheet and spacer cutting and folding machine

وحول التصنيع المحلى فى مصر فقد بدأت المعاهد والمؤسسات العلمية فى محاولة لتصنيع الأغشية ... ودائماً يُقال أن "طريق الألف ميل يبدأ بخطوة" ... وإليكم مشاركات الزملاء والخبراء:

مشاركات المهندس السعيد رضا على:

جهد مشكور ... فعلاً تم تصنيع البوليمر الخاص بالغشاء معروف فى مصر وفى المركز القومى للبحوث بالدقى ... تم تصنيع أسيتات السليلوز من سليلوز قش الأرز وتم عمل الشيت الخاص باستخدام البوليمرات الداعمة وتم لفه وتجريبه بنجاح ... هو فى نقطة فنية مهمة حتى نستطيع تصنيع أسيتات السيليلوز بطريقة انتاجية هو أنك تحتاج تفاعل السيليلوز مع الأسيتك أنهيدريد وليس الأستيك أسيد ... سعر لتر الأستيك أنهيدريد تركيز 99.9% يصل إلى 150 دولار ... والمجموعة التى كانت تعمل في هذا الموضوع حالياً اهتمامها مُنصب على تحضير الأسيتيك أنهيدريد بصورة اقتصادية وطبعاً فى الفترة القادمة ستعانى دول عربية كثيرة من شُح المياه إن لم تكن تعانيه أصلاً.

المحاضر:

فى مركز البحوث فى الدقى تكونت مجموعة من الباحثين باسم مجموعة "تحلية مياه البحر" ...وبعد براءات اختراع وأبحاث وقراءة وعزيمة ... تم تصنيع المادة البوليمرية وهو السر الذى تخفيه الشركات العالمية واستخدام قش الرز

والمعروف برخص ثمنه فى تصنيع الغشاء ... كما تم تصنيع الماكينة التى تصب الممبرين بالسمك thickness المطلوب وهو ابتكار مصرى100% ومسجل ... (80 سم فى مترين) ولكن يعيبها أنها تخرج قطع باتشات patch والباحثين فى الطريق إلى تصنيع غشاء بطريقة مستمرة continuous كتصنيع الثوب.

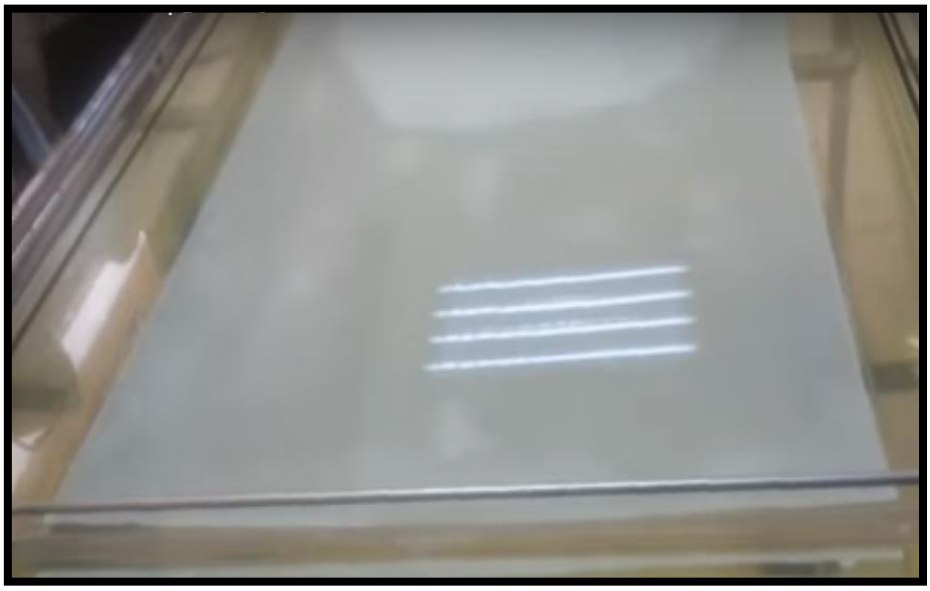
تم تصنيع الماكينة بخامات مصرية من المهندسين بوحدة الكنترول فى قسم البحوث الهندسية ... حيث اشتروا بأنفسهم الأسلاك المطلوبة وقطع الغيار والخلاط وجهاز السحب وجهاز الRolling والطرمبات وضغط الهواء ... إلخ

كما تم إضافة خلطة من مواد نانومترية ذات شحنات تمنع انسداد الأغشية ...

وهناك محاولات لتحلية الصرف الزراعى لإعادة استخدامه (وللعلم هو أيسر من تحلية مياه البحر).

فإذا أردت الذهاب للصحراء وعمل استصلاح ورى الأراضى يمكنك استخدام وحدة تحلية بدون مد خطوط كهرباء ...لأنه يعمل بالطاقة الشمسية وطاقة الرياح ... والمحاولات على قدم وساق للحصول على تكاليف أقل من المستورد بنفس الجودة ...

وإلى مزيد من النجاح ... انظر الصورة التالية عن الغشاء بعد شده:



وهذا الجهاز الذى يتم فيه تصنيع الغشاء:

يتم بعد ذلك تجفيفه ولفه وادخاله فى الهاوسينج (الموديول) الذى هو صناعة مصرية 100%

الدكتورة داليا أبو زايد:

مجرد اللف في مصر يوفر 60%من ثمن الممبرين ... ثانياً نحن في المركز وصلنا فعلياً إلى الخلطة وانتجنا الممبرين 2.5 بوصة وهو الفلتر المنزلي من الألف إلى الياء ...وهنا الإبداع في أننا بدأنا في تصنيع الماكينات بصورة مصرية خالصة واللف أول ماكينة وتم تجربتها ونجحت ... لذلك كانت الفرحة أننا امتلكنا الماكينة والممبرين ملفوف والخطوات مستمرة والعمل علي قدم وساق.

المهندس حسام شوقي:

شيت البولي أميد تم تصنيعه محلياً بواسطة الفريق البحثي لمركز تميز تحلية المياه بمركز بحوث الصحراء وتم لف ممبرين منزلي ١,٨ بوصة مصري ١٠٠٪ وسينزل السوق قريباً جداً. المرحلة القادمة في خلال سنتين سيكون لدينا ماكينة coating & casting وممبرين ٤ و ٨ بوصة مصري ١٠٠٪ ... وهذه صورة للغشاء المصنع:

وهذا خط انتاج كامل موجود بمركز "تميز تحلية المياه" وتم بواسطته الوصول لتصنيع الممبرين مصري ١٠٠٪:

الملاحظات والإعتراضات على الأغشية المصنعة فى مصر:

لأننا فى مقام دورة تدريبية وليس فى مقام إعلان عن منتج فلابد من أخذ آراء الذين يعارضون بعض الأمور فى صناعة الأغشية فى مصر ... ونحن لا نبتغي بذلك إلا تحسيناً للجودة المصرية والعربية ... ويكفى المنتج فخراً أن تعدد عيوبه ... والخطوة الأولى نحو القمة يتبعها خطوات ... والدول المتقدمة بدأت بنفس الخطوات وانتهت على ما نراه الآن ...

وإليك بعض الملاحظات التى ذكرها البعض:

1- **لف الأغشية ليس هو نهاية المطاف بل هو من أيسر الخطوات فى تصنيع الأغشية.**
2- **الإعلان عن جودة الأغشية فى كثير من الأحيان مازال مُبهماً ... مثلاً يتعامل الغشاء مع كم من الأملاح ... ونسبة كفائته ... والريكافرى ... ومواصفات المياه الداخلة عليه ... إلخ.**
3- **لم نصل بعد إلى تصنيع الغشاء بشكل مستمر ولكن يخرج على هيئة باتشات.**
4- **تحلية مياه البحر فى الأصل مُكلفة فكيف إذا استخدمناها فى الزراعة؟! لا شك أنها ستحتاج إلى تكلفة ضخمة جداً.**
5- **مازال اكتشاف المواد التي يصنع منها الممبرين يكتنفها بعض الغموض التى لم نتوصل إليه.**

المهندس يحيى على شبل:

المجموعة البحثية بالمركز المصري المتميز لأبحاث التحلية ... بدأت منذ ما يزيد عن 15 عاماً كمجموعة بحثية متخصصة في أبحاث المياه وكيفية توفير مياه صالحة للشرب والري خاصة في الأماكن الصحراوية ... وهذا مشتق من طبيعة عملهم بمركز بحوث الصحراء (أقدم مركز بحثي بمصر) ولندرة المياه بالأماكن الصحراوية فكان لابد من الاعتماد علي مصادر مياه بديلة كمياه الآبار ومياه البحر ولذلك عندهم خبرة واسعة بأنواع المياه الجوفية في مختلف أنحاء المناطق الصحراوية وخاصة الساحلية منها ... ولما كانت معظم تلك المياه ذات ملوحة بدرجات ملوحة مختلفة فكان لزاما عليهم الإتجاه الي تحلية المياه وأبحاثها ... وتم تأسيس المركز المصري المتميز لأبحاث التحلية داخل مركز بحوث الصحراء ... واتجهت تلك المجموعة إلي بذل محاولات جاهدة لتصنيع (Flat sheet) واستطاعوا توفير الأجهزة اللازمة لعمل (Characterization) مثل (FTIR-SEM-AFM-Contact angle-Dynamic Mechanical Analysis DMA-Particle Sizer) ومعمل مركزي لتحاليل المياه به معظم الأجهزة اللازمة لتحاليل المياه (الكيميائية-البيولوجية-البكتيريولوجية) وأجهزة تحاليل دقيقة للمياه مثل (ICP - IC - Atomic - Spectro) ثم انتقلوا من الإطار المعملي والبحثي إلي إطار تصنيع الغشاء حيثم تم استيراد ماكينة الرولينج للف الأغشية الخاصة بوحدات RO المنزلية وتم انتاج منتج مصري من تلك الأغشية يحتوي علي flat sheet مصري ... وتم تأسيس التحالف المصري لإنتاج أغشية مصرية بالكامل وهذا التحالف يشمل (المركز المصري المتميز لأبحاث التحلية ـ كلية الهندسة جامعة أسيوط ـ الجامعة البريطانية بالقاهرة ـ معهد الدراسات العليا بجامعة الأسكندرية ـ مركز أبحاث التحلية بكلية هندسة جامعة الاسكندرية) وتم عمل Reverse engineering لوحدات الرولينج لانتاج أغشية 4 ، 8 بوصة وجاري استكمال باقي الوحدات اللازمة لتصنيع ماكينات ال casting و ال coating ... وعلي المستوي البحثي استمرت المجموعة في انتاجها البحثي وقد شاركت معهم منذ حوالي 3 سنوات فقط وتعلمت الكثير علي أيديهم من تحضير أغشية البولي أميد وتطويرها ودراسة العوامل المؤثرة علي انتاجها.

واللينك التالي يوضح أحد الأبحاث التي شاركت فيها مع تلك المجموعة:

http://bit.ly/2sr6Kyl

والأبحاث التالية أمثلة للانتاج العلمي لتلك المجموعة:

http://bit.ly/2G6KH1W

http://bit.ly/2G828iR

http://bit.ly/2EZOwqy

http://bit.ly/2BUGPD0

http://bit.ly/2smuTGw

http://bit.ly/2G9j5cB

http://bit.ly/2smuTGw

http://bit.ly/2Br9LBV

ولمتابعة المشاريع القائمة لتلك المجموعة :

http://bit.ly/2EkUHrS

مشاركة المهندس حمدي السيد:

إليك بعض الفيديوهات التى تعرض طرق تصنيع الممبرينات صناعياً على اليوتيوب:

http://bit.ly/2BUjp0B

http://bit.ly/2BoiF30

http://bit.ly/2Cg1sFu

http://bit.ly/2Cfc47T

http://bit.ly/2BTdV6l

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

WTEF

نواتج التناضح العكسي والمعادلات الخاصة بها!!

8

النقاش الثامن

النقاش الثامن:-

8- نواتج التناضح العكسى والمعادلات الخاصة بها

مشروب منبه من القهوة أوالشاى أظن أنه ضرورى جداً عند قراءة السطور القادمة لنكون أكثر تركيزاً ... وأتمنى أن لا نخرج من هذا النقاش إلا وقد استوعبناه جيداً حيث أنه يحتوى على أهم خصائص ومظاهر التناضح العكسي ... ولا يمكن "هضم" وحدة الRO إلا من خلال فهمنا لهذه المناقشة والمناقشة القادمة ... هى فى الحقيقة من أساسيات التصميم ومصطلحات التناضح ...

عند حضرتك مياه تغذية تم معالجتها قبل الدخول على أغشية التناضح العكسى ... هذه المياه فيها أملاح كذا جزء فى المليون ... تدخل هذه المياه فى أوعية الضغط الحاوية للأغشية تنقسم إلى قسمين:

1. **القسم الأول: وهو جزء سيتم إرغامه على المرور والنفاذ عبرالأغشية ليخرج مياه محلاة (بيرميت) permeate ومعه جزء من الأملاح القليلة.**
2. **القسم الثانى: وهو جزء لن يمرعبر الأغشية ونسميه مياه الريجيكت (Reject or concentrate) ومعه النسبة الأكبر من الأملاح.**

وبالتالى فإن مياه التغذية = مياه البيرميت + مياه الريجيكت.

Feed water = permeate water + reject water

هذه هى بداية المناقشة ...

ماهو الFlux؟

علمنا أن كمية من المياه يمر خلال الأغشية فى زمن معين.

الفلاكس هو كمية (أو حجم) المياه التى تمر خلال وحدة مساحة من سطح الغشاء

(والذى هو عبارة عن غلاف مسطح flat sheet) خلال زمن معين.

هذه الكمية من المياه المخترقة للأغشية يُعبر عنها باللتر أو المتر مكعب أو الجالون.

ومساحة الغشاء يُعبر عنها بالقدم المربع أو المتر المربع (وكل غشاء يحتوى على عدة شيتات ... والشركة المصنعة تقول لك كم هى المساحة الكلية للغشاء).

والزمن الذى اخترقت فيه كمية المياه هذه المساحة من الغشاء يعبر عنه باليوم أو الساعة.

ولذلك فإن المعادلة الخاصة لحساب الflux هى معدل سريان المياه (حجم فى الزمن) flow مقسوم على مساحة سطح الأغشية الكلية (مساحة سطح الغشاء مضروب فى عدد الأغشية):

$$\text{Flux} = \frac{Permeate\ flow}{(number\ of\ membranes\ x\ membrane\ surface\ area)}$$

مثال لوحدات الفلاكس: جالون لكل قدم مربع فى اليوم GFD ... أو لتر لكل متر مكعب فى الساعة ($L/m^2.Hour$) ... وهكذا ...

الفلاكس حقيقةً يُعبر عن الإنتاجية للمياه المُحلاة.

الدكتور حسن كمال عبد الرحيم:

"$L/m^2.Hour$" أحيانا تُختصر إلى "lmh".

وإليك الآن مثال لحساب ال flux:

ماء منتج (بيرميت) بسريان 75 جالون لكل دقيقة ... يعنى 108000 جالون فى اليوم ... ولدينا 3 أوعية ضغط تحمل كل منها 6 أغشية ... ومساحة سطح الغشاء الواحد element يساوى 365 قدم مربع (مكتوبة فى الشيت الخاص بالغشاء):

$$Flux = \frac{108000}{(3\ x\ 6\ x\ 365)} = 16\ gfd$$

معنى ذلك أن الflux يساوى كمية 16 جالون تمر خلال مساحة قدم مربع من سطح الغشاء فى اليوم ... نسمى ال flux الناتج بالمتوسط average flux لأنه يختلف من غشاء لآخر فى وعاء الضغط فنأخذ القيمة المتوسطة.

الرقم خرج لنا 16 جالون لكل بوصة مربعة فى اليوم ... هل هذا الرقم جيد أم لا؟؟؟ الإجابة على ذلك تعتمد على طبيعة مياه التغذية وما تحمله من إمكانية تكون فاولينج بجانب طبيعة الغشاء المستخدم ... وفى العموم تم وضع جدول من قبل شركات التحلية يوصى بـflux معين لكل نوع من المياه كالتالى وهى فى الحقيقة قيم استرشادية عامة يمكن استثناء بعضاً منها فى بعض الحالات وإليك القيم:

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

نلاحظ هنا أنه كلما زادت امكانية تكون الفاولينج أو الاتساخ على الأغشية كلما تطلب ذلك flux أقل حتى لا يتراكم الفاولينج بصورة كبيرة وفى وقت أسرع ... فالعلاقة هنا طردية ... يزيد الفلاكس فيزيد تراكم الفاولينج ... لذا فإن الflux المستخدم لتحلية مياه الصرف لا يمكن أن نساويه بمياه بئر قليل الملوحة أو مياه بيرميت آتية من غشاء سابق من الRO ... ونجد فى الجدول السابق أيضاً مدى فى القيم لكل نوع مياه فمثلاً مياه البحر لها Flux من 8 إلى 12 ... وكلما زادت قيمة الSDI اضطررنا إلى استخدام فلاكس أقل ... فمثلاً فى مياه البحر السطحية الكثيرة العكارة نستخدم 8 أو 9 ... وكل ذلك حسب تجربة الخبير العامل فى الوحدة ... ونلاحظ أن آخر قيمة فى الجدول هى لمياه البيرميت الناتج

من وحدة تناضح أخرى تكون مغذية لهذه الوحدة وبالطبع فإنها تكون أكثر نقاءً واحتمال تكون فاولينج منها ضعيف ... لذلك نستخدم قيمة كبيرة للفلاكس ... انظر الجدول التالى يوضح الفلاكس الموصى به تبعاً لمصدر ونوع المياه:

Table 3.4 Design guidelines for 8-inch FILMTEC elements in water treatment applications

Feed source		RO Permeate	Well Water	Surface Supply		Wastewater (Filtered Municipal Effluent)		Seawater	
						MF[1]	Conventional	Well or MF[1]	Open intake
Feed silt density index		SDI < 1	SDI < 3	SDI < 3	SDI < 5	SDI < 3	SDI < 5	SDI < 3	SDI < 5
Average system flux	gfd	21-25	16-20	13-17	12-16	10-14	8-12	8-12	7-10
	l/m²h	36-43	27-34	22-29	20-27	17-24	14-20	13-20	11-17
Maximum element recovery %		30	19	17	15	14	12	15	13

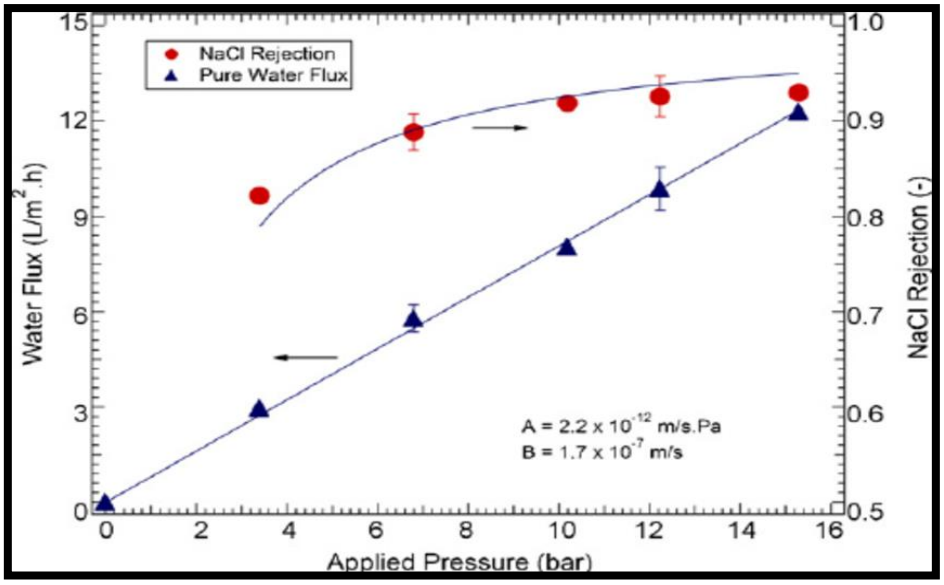
المهندس محمد زكريا:

فعلاً وما أدراك من مياه الصرف المعالجة ثلاثياً حتى نعالجها رباعياً؟

العوامل المؤثرة على ال Flux وما يترتب عليها:

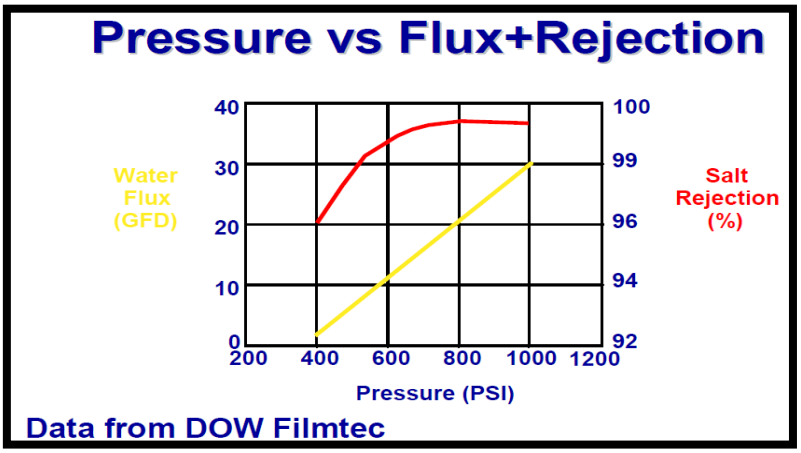
الفلاكس يتناسب طردياً مع الضغط والحرارة ... يزيد ضغط طلمبة الضغط العالى فيزيد بالطبع معدل مرور المياه عبر الأغشية ... ولكن تغير الأملاح فى المياه المنتجة لها طبيعة خاصة فى الحالتين كما سنرى ...

زيادة ضغط التشغيل لطلمبة الضغط العالى يزيد من تدفق المياه water flux المارة خلال الأغشية يعنى زيادة فى الإنتاجية ... وبما أن حجز الأملاح ثابت خلال جدارالأغشية فإنه يحدث زيادة من تركيز الأملاح فى المياه المنبوذة Reject التى لم تمر عبر الغشاء ... وبالتالى كفاءة زيادة فى تحلية المياه ... انظر الرسم البيانى التالى:

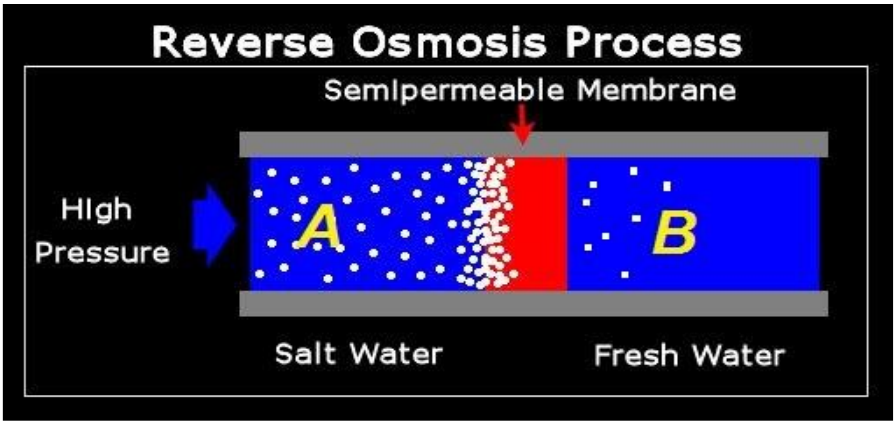


نلاحظ فى الرسم أنه مع زيادة الضغط على الأغشية بواسطة طلمبة الهاى بريشر يزيد ال flux ويزيد تركيز ملح كلوريد الصوديوم (كمثال لباقى الأملاح) فى مياه الريجيكت خلف الغشاء ...

وهذا رسم بيانى آخر مشابه للسابق ... ويرسم علاقة بين الضغط وال flux والأملاح فى الريجيكت:



ولكى تتضح الصورة أكثر نجد فى الصورة التالية أن المنطقة A هى مياه التغذية والتى ستتركز فيها الأملاح لتصبح ريجيكت بعد ذلك ... والمنطقة B هى المياه التى اخترقت الغشاء ... لو زاد الضغط على الغشاء معناها فلاكس أعلى معناها كمية المياه فى المنطقة B تزيد ... معناها تخفيف أكبر للأملاح المخترقة ... معناها جودة أفضل للبيرميت ... معناها زيادة فى الأملاح المحجوزة فى المنطقة A وبالتالى الريجيكت ...



وما قلناه صحيح ... ولكن لحدود معينة ولفترة معينة ... حيث أن زيادة ضغط ماء التغذية يسبب ضغط على الأغشية ويؤثر عليها "ميكانيكياً" ويسبب لها انضغاط compaction بين جزيئات البوليمر فتقل فتحات المسام فتقاوم مرور المياه العذبة وتقاوم زيادة الإنتاج وتقل أملاح المنتج بنفس نسبة نقصان المنتج ... كما أن زيادة الأملاح فى الريجيكت تسبب زيادة فى الضغط الأسموزى فتقاوم مرور المياه العذبة ولا يزيد الإنتاج ... ولذا تجد الفلاكس فى الرسم البيانى السابق يزيد يزيد ثم يتوقف عند حد معين بل قد يقل مع زيادة الضغط مرة أخرى (وعملياً يقول الخبراء يجب أن لا يزيد الضغط فوق 75 بار لمياه البحر) ... مع إن النظرى حتى 80 – 85 بار.

تعليق المهندس أيمن موسيليني:

الضغط يتناسب طردياً مع الflux ... ولكن عند حد معين للضغط يتناسب عكسياً حيث أنه يُحدث انضغاط للأغشية ومن ثم خفض ال flux ... ويؤخذ في الحسبان أيضاً فرق الضغط علي المراحل وتأثيره علي ظاهرة الانضغاط وعلي ال flux بالزيادة والنقصان علي بعض الأغشية.

وحتي نتجنب ظاهرة ال compaction للأغشية ... يجب ألا تزيد الدلتا بي علي المحطة عن 3.3 بار بحد أقصي لتأثير ذلك علي ال flux والتأثير السلبي علي الأغشية ميكانيكياً.

المهندس عبد العزيز عبد الغني السبئي:

كما وضح الأخ أيمن في التعليق أعلاه العلاقة بين الضغط والFlux.

والفلاكس: هو كمية المياة المتدفقة أوالمارة في الغشاء الواحد وتقاس بالجالون أو اللتر أو المتر المكعب حيث أن المتر المكعب يساوي 1000لتر والواحد جالون يساوي 3.785 لتر حيث يعتمد الفلاكس على عدد الفيزلات وعدد الممبرينات ومساحة الممبرين الواحد.

المعالجة المسبقة قبل الدخول للأغشية:

إن الغاية الأساسية من عمليات المعالجة المسبقة هي حماية وحدة التناضح من الملوثات التي تعيق عملها بكفاءة وقد تسبب تعطلها وخروجها عن العمل ... ولعل أهم جزء نحتاج لحمايته في وحدة التناضح هوالغشاء والذي يبدي حساسية بالغة للملوثات الكيماوية والبيولوجية ويعتبر ذا كُلفة عالية قياساً لأجزاء الوحدة الاخرى .

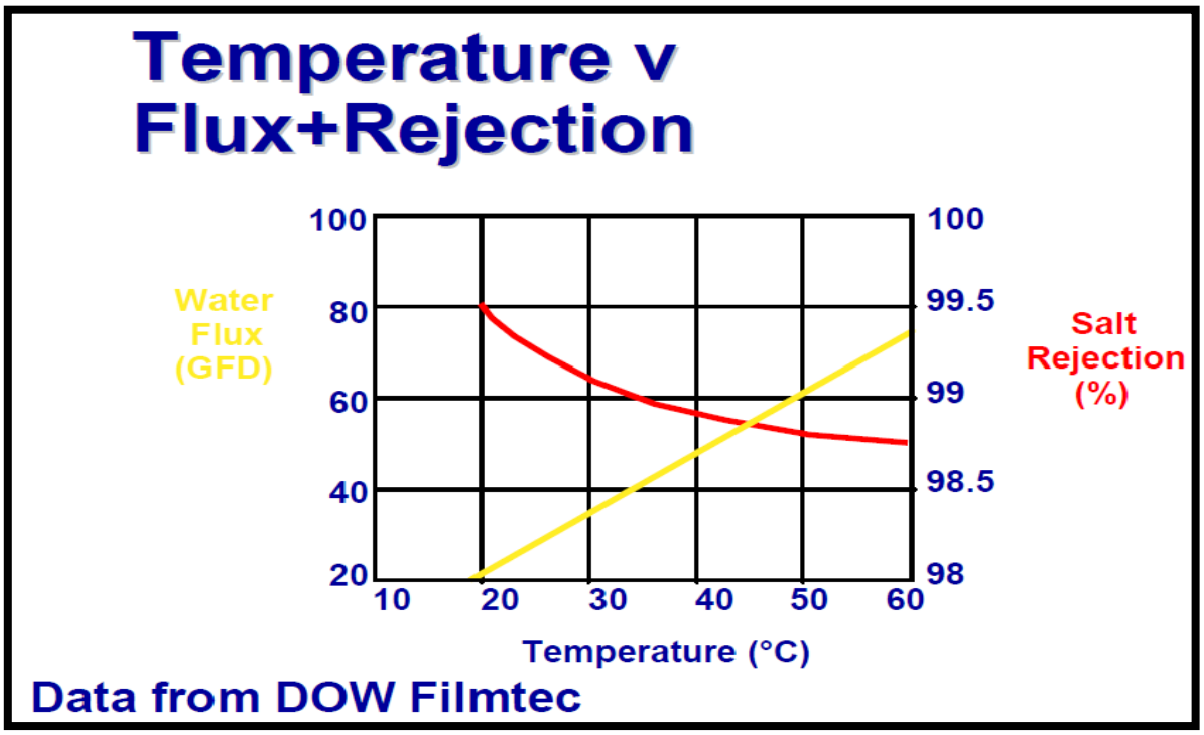
ويمكن حصر أهم الملوثات التي تهاجم الغشاء في المواد التالية:

1- **الكلورين والذي يسبب حدوث دمار كامل وتلف للأغشية وبخاصة أغشية البولي أمايد ... حتى عند تركيز 1.0 ملجم / لتر .**
2- **الرمل والتربة والشوائب التي تؤدي لحدوث ترسبات غروية تعمل على إنسداد مسامات الغشاء.**
3- **عسرة الماء التي تسببها أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم وتشترك عسرة الماء مع وجود مركبات السيليكا في إنسداد مسامات الغشاء من خلل تكوين طبقة من القشور تسمىScales.**
4- **التلوث البكتيري والعضوي من خلال تراكم خلايا البكتيريا والطحالب على سطح الغشاء وفي الغلف السطواني المحيط بالغشاء لتسبب إنسداد المسامات وتسمى هذه التراكمات العضوية "Bio-fouling " ... والتي تسبب أيضاً التآكل وافراز مواد كيماوية سامة.**

لذلك وجب معالجة مسبقة من خلال:

1- **الحقن بمانع الترسيب "أنتى اسكيلنت".**
2- **وجود فلاتر رملية للتخلص من الشوائب والعوالق.**
3- **فلاتر كربون للتخلص من الروائح وغازات الكربون.**
4- **وجود حاقن بهيبوكلوريد الصوديوم لمنع تكون طبقة البكتريا والطحالب .**

وبالنسبة لتأثير الحرارة على الفلاكس flux يتضح من خلال الرسم البيانى التالى:



يظهر فى الرسم البيانى السابق أنه كلما زادت درجة الحرارة (كلما اتجهنا يميناً) ... زادت انسيابية المياه وقلة لزوجتها وبالتالى زيادة ال flux ... ولكن هذه المرة تزيد نسبة الأملاح المخترقة نتيجة لزيادة ذوبانيتها وتزيد مع المياه المُنتجة ... كما تزيد الأملاح فى الريجيكت فى المقابل ويزيد معها الضغط الأسموزى ... وتاثير انخفاض درجة الحرارة فى الشتاء على إنتاجية يُمكن استنتاجه فى ضوء ما قلناه.

المهندس سلمان محمد حامد:

كل درجة حرارة تزيد الإنتاج 3% و تزيد الأملاح في المياه المنتجة 6%.

فى الFilntech manual: كل 4 درجات متجمعة تزيد الإنتاج بمقدار 10%.

أعلي من 35 درجة مئوية ... تبدأ ظهور مشاكل ترسيب السلفايت والتغيير في شكل ال porosity.

"Max Temperature 45 ºC"

الدكتور حسن كمال عبد الرحيم:

كلما زادت درجة الحرارة تقل لزوجة المياه (لا تزداد).

المهندس محمد زكريا:

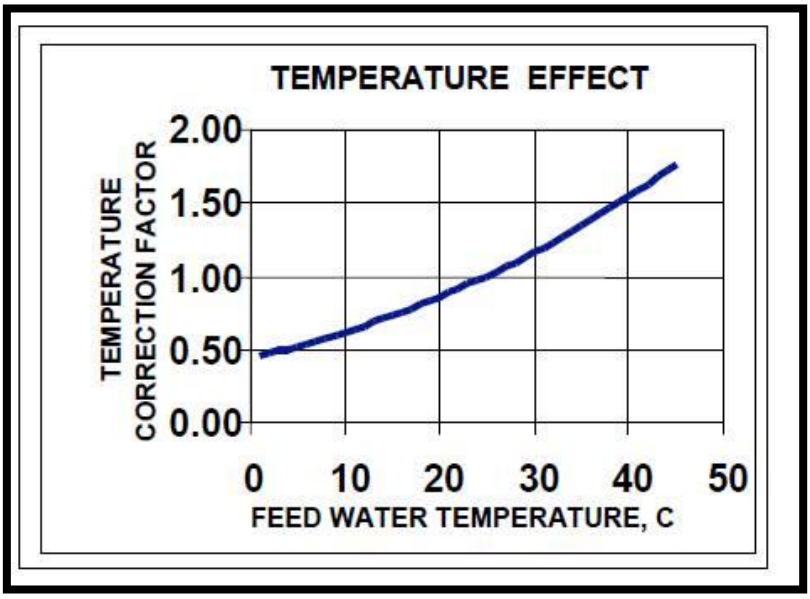
هنا في هذه الحالة يزداد تركيز أملاح الريجيكت مع زيادة الحرارة لأن الريكفرى سيزيد.

وأضاف المهندس محمد زكريا عن الفاكتور الخاص بتعديل الحرارة:

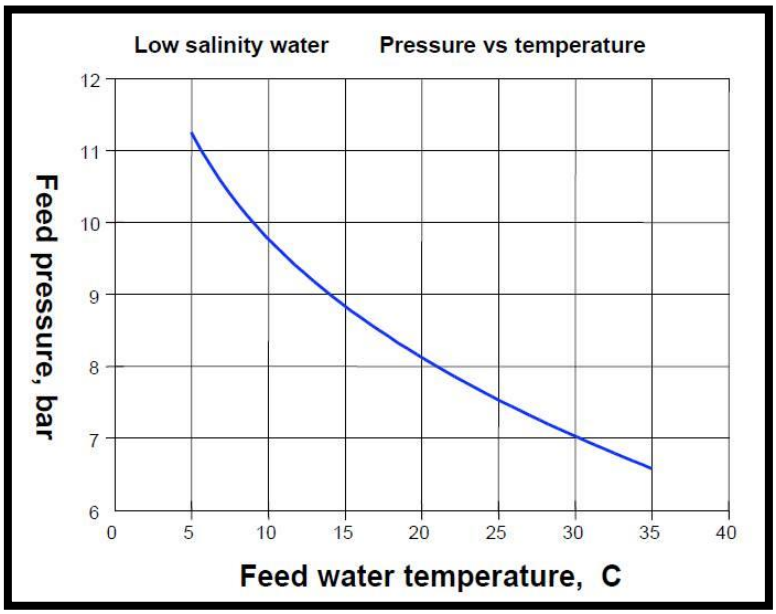
هذه هى العلاقة بين Temp correction factor (TCF) ودرجة الحرارة:

RO TERMS

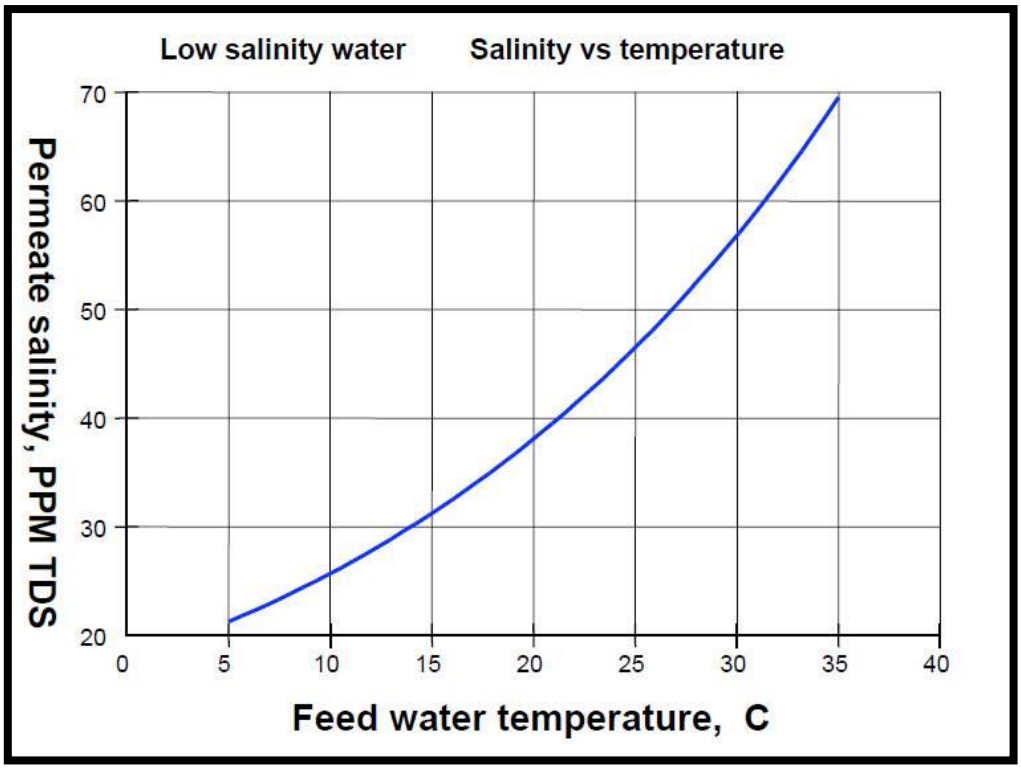
TCF - temperature correction factor
Temperature affects water and salt transport across the membrane, approximately at the same magnitude. The transport rate changes at about 3% per degree C.
TCF = 1/exp(2700*(1/(273+t)-1/298))
t – temperature C



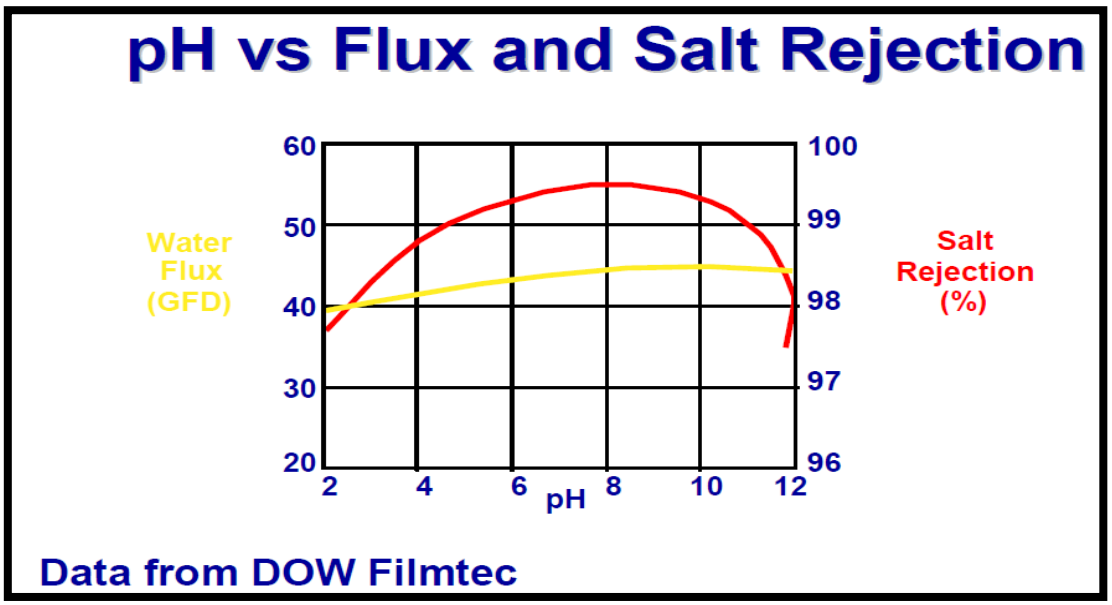
وأضاف العلاقة بين الحرارة والضغط:



وهذه هى العلاقة بين الحرارة وأملاح المنتج:

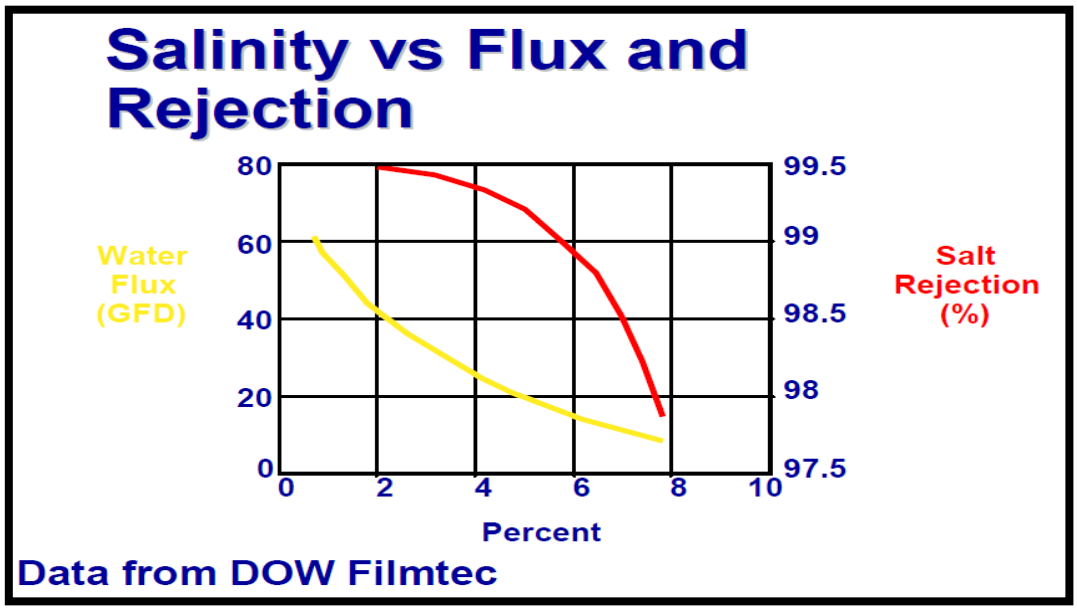


والآن مع تأثير الpH:



نلاحظ أهم شيء فى الرسم أن التخلص من الأملاح يكون أكبر ما يمكن فى pH من 6 – 8 تقريباً ... والفلاكس يزيد زيادة غير قوية مع اتجاه الpH ناحية القاعدية ... وهذا لا يهمنا كثيراً من الناحية العملية نظراً لأن قيم الpH تكون ما بين 6 – 8 فى مياه التغذية ... يعنى الشغل سيكون فى المنطقة الوسطى ...

آخر مؤثرعلى الflux هو التغير فى الأملاح نفسها فى مياه التغذية ... من خلال الرسم البيانى التالى سنستنتج أمور:



إذا زادت الأملاح فى التغذية قل ال flux لأن الضغط الأسموزى الذى يُضاد عمل طلمبة الضغط العكسي يزيد ... وبالتالى كمية المياه المخترقة للأغشية تقل فتزيد نسبة الأملاح فى البيرميت وتقل نسبتها فى الريجيكت ... وهوأمر يتعرض له العاملون فى وحدات التناضح ...ويستفسرون ... الأملاح فى مياه التغذية زادت عندى ... ما الآثار المترتبة على ذلك؟ والإجابة كما رأينا.

تعليق المهندس أيمن موسيلينى:

ويجب معرفه قيمة ال flux كحد أقصي وحد أدنى علي حسب مصادر المياه المختلفة وحالة المعالجة الإبتدائية ... وقيمه SDI ... ومعرفة مساحة سطح الأغشية ... لحساب flux والعمل في الحدود المسموح بها ... وأيضاً يجب معرفة الحد الأدني للريجيكت وهو لا يقل عن 3.0 متر مكعب حتي نتجنب الترسيب في المراحل المتأخرة وذلك لكل وعاء ضغط يحتوي علي عدد6 أغشيه 8.0 بوصة.

انتهينا جزئياً من موضوع الflux ... ندخل على الريكافرىRecovery:

فما هو الريكافرى (الاسترداد) Recovery؟؟

هو النسبة المئوية لمياه التغذية التى تتحول إلى مياه البيرميت المنتجة (يعنى التى اخترقت الأغشية وأصبحت مياه مُحلاة) ... وتُطلق على كل المياه المنتجة من الوحدة.

Increasing	Permeate Flow	Salt Passage
Effective pressure	↑	↓
Temperature	↑	↑
Recovery	↓	↑
Feed salt correction	↓	↑

والريكافرى عندما يزيد تزيد معه الأملاح المتراكمة فى الريجيكت مع ازدياد خطر تكون القشور نتيجة الوصول إلى حالة التشبع Saturation وتقل كمية مياه الريجيكت نفسها بالتأكيد وهو ما قلناه من قبل ... كما يزيد معه الأملاح فى البيرميت ... كما أن زيادة الريكافرى من ناحية أخرى يؤدى إلى زيادة فى الضغط الأسموزى للمياه المركزة فيزيد المقاومة ضد عمل طلمبة الضغط العالى.

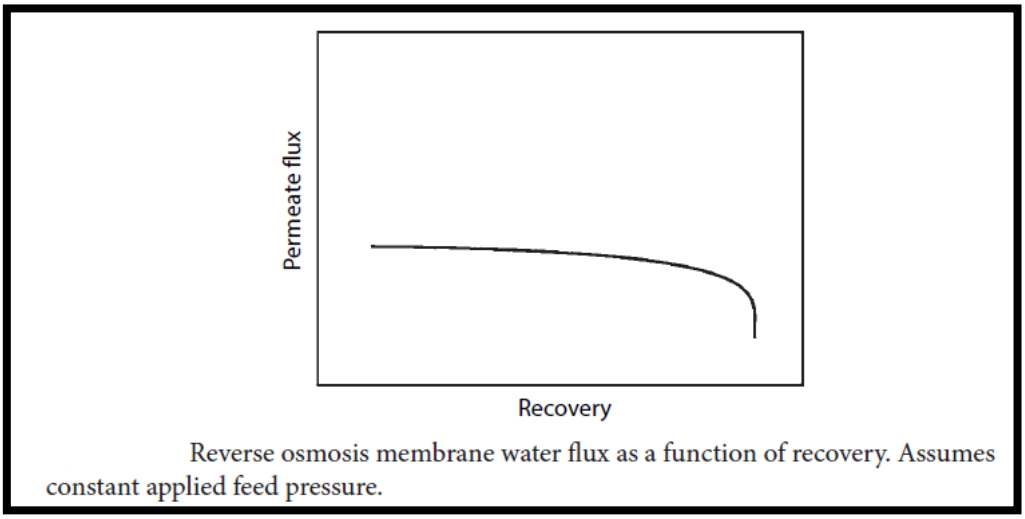
نقطة مهمة جداً وخطيرة جداً: يعتقد البعض أن زيادة نسبة الريكافرى معناه زيادة فى معدل السريان للمياه المخترقة (البيرميت) ... والعكس هو الصحيح ... فسريان البيرميت يقل نتيجة زيادة الضغط الأسموزى بسبب تركيز المياه فى الريجيكت ... كما أن الريكافرى لا يهمه جودة المياه المنتجة بل يهمه الكمية أو النسبة المأخوذة من مياه التغذية لا كمية المياه المنتجة ... ولذلك عندما نزيد الريكافرى فإن سريان البيرميت يقل وتزيد نسبة الأملاح فى المياه المنتجة لأننا قللنا الكمية الداخلة عليه ... ويزيد أيضاً تركيز الأملاح فى الريجيكت فيزيد الضغط الأسموزى وتزيد امكانية تكون الطبقة المتعلقة بالConcentration polarization والتى ستتحدث عنها فيما بعد.

تعليق المهندس ثائر السعيد:

أوافقك الرأي تماماً أن ال flux permeate يقل مع زيادة الريكفري ... لكن يجب أن نذكر أن ذلك يتم في حال ثبات ضغط الفيد حيث أننا جميعنا نتجه بعد قراءة ماذكرته سابقاً إلى حالة من عدم الاستقرار العلمي حيث أننا نعرف أنه بزيادة الريكفري يزداد تدفق البيرميت بغض النظر عن جودته لكن بما أن عمل الممبرين تحكمه عوامل كثيرة ونقيس اختلاف الأداء له بتثبيت عوامل وتغيير أخرى لنحدد مدى التأثير بمعزل عن تلك العوامل لذلك أشد على يدك وأؤكد ماذكرته سابقاً بشرط ثبات ضغط الدخول ...

وإليكم العلاقات البيانية التى تلخص ما قلناه:

مع زيادة الريكافرى يقل سريان البيرميت (الفلاكس):



Reverse osmosis membrane water flux as a function of recovery. Assumes constant applied feed pressure.

مع زيادة الريكافرى يقل الsalt rejection شيئاً فشيئاً (طبعاً لأنك أخذت جزء أكبرمن المياه لتمر عبر الأغشية وتركت الأملاح خلفها تزيد تركيزها وتراكمها)... حتى تصل لنقطة تتراكم فيها الأملاح على الغشاء بصورة أكبر ولا تخرج بسهولة مع الريجيكت:

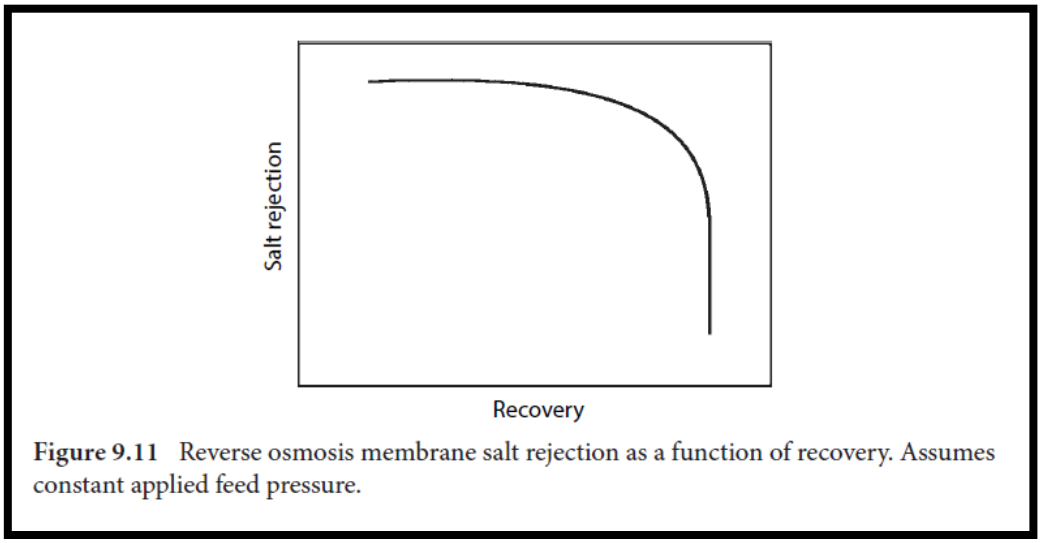


Figure 9.11 Reverse osmosis membrane salt rejection as a function of recovery. Assumes constant applied feed pressure.

وبالطبع لا يمكننا عملياً زيادة الريكافرى لنسب عالية حتى لا نزيد من تراكم الفاولينج والأملاح ... وقد ذكرنا من قبل أن الريكافرى يكون بين 50 – 85% تبعاً لحالة الوحدة وتصميمها ومياه التغذية ونوع الغشاء ... وأحياناً نلجأ لريكافرى أقل مع الحالات التى تتطلب ذلك كعمر الأغشية وخلافه.

في المياه ذات ملوحة تصل إلي 12000 يمكن رفع recovery إلي 75 % أما في ملوحة مياه البحر وهي 35000 جزء في المليون لا يُمكن أن يزيد ال recovery عن 50 -60 % وفي الملوحة من 12000 الي 35000 جزء في المليون تكون قيم ال recovery بين هذا وذاك ... وخبرات العاملين بالوحدة وآرء الخبراء وبرامج الsoftware هى مرجعيتنا كل مرة.

وما هى كيفية حساب نسبة الإسترداد Recovery ratio (R.R)؟

مجرد أنك تأخذ معدل سريان البيرميت وتقسمه على معدل سريان مياه التغذية ثم تضرب فى 100 كى تحصل على النسبة المئوية:

$$R.R\,\% = \frac{Qp/Qf}{100}$$

$$Where\ Qp = permeate\ flow\ rate\ (gpm),$$

$$Qf \rightarrow feed\ flow\ rate(gpm)$$

يعنى لو قلنا ريكافرى 40% معناها أننا أخذنا 40% من مياه التغذية وحولناها إلى مياه مُحلاة أومنزوعة الأملاح) والباقى ذهب فى الريجيكت.

وإليك مثال مبسط الآن فى حساب الrecovery ... لو افترضنا سريان مياه التغذية 100 جالون لكل دقيقة ... وسريان البيرميت 75 جالون لكل دقيقة فإن الريكافرى يساوى:

$$\text{Recovery} = \frac{75/100}{100} = 75\%$$

ولحساب الأملاح فى الريجيكت المتوقعة يتم استخدام عامل التركيز أو الconcentration factor والذى نحسبه من العلاقة التالية:

$$Concentration\ factor = \frac{1}{1 - recovery} = \frac{1}{1 - 0.75} = 4$$

معنى ذلك أن مياه التغذية لو كانت تحتوى على 500 جزء فى المليون أملاح فإنه سيحدث تركيز 4 أضعاف خلف الغشاء ... يعنى 4 مضروب فى 500 = 2000 جزء فى المليون.

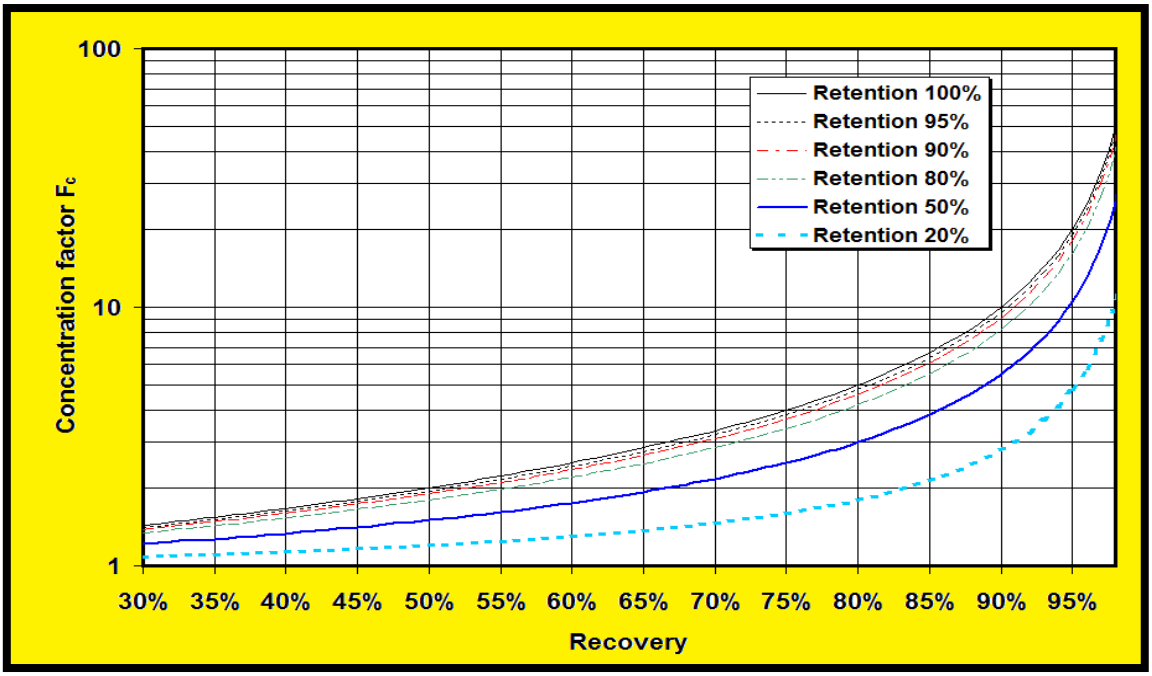
وهذا جدول يلخص العلاقة بين قيم الريكافرى وعامل التركيز:

Table Concentration factor as a function of recovery.

Recovery (%)	Concentration Factor
50	2
66	~ 3
75	4
80	5
83	6
87.5	8

وبالطبع فهذا كلام نظرى مبدأى يتم تحت الظروف المثالية تماماً ...

انظر كيف يزيد عامل التركيز مع زيادة الريكافرى وكلما زادت نسبة حجز الأملاح (Retention) زاد عامل التركيز:

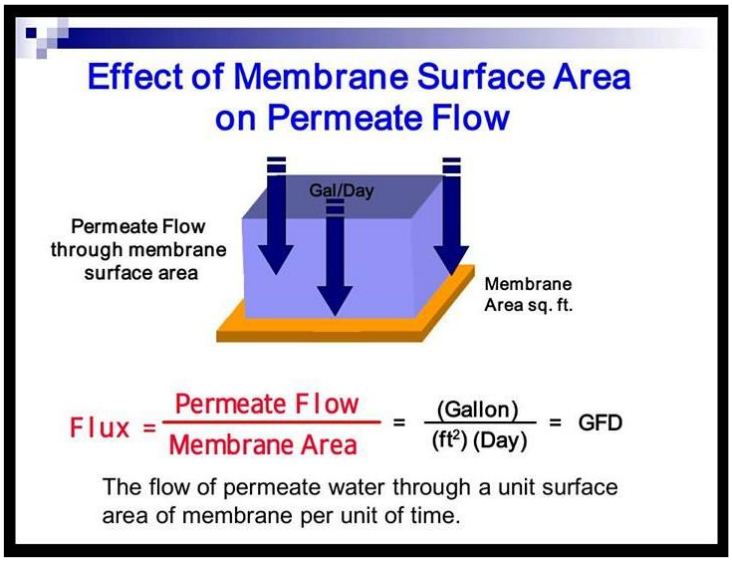


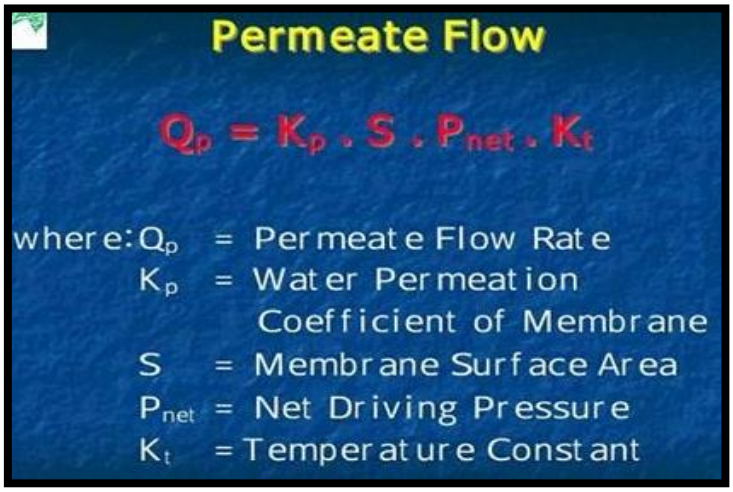
الجدير بالذكر أن الريجيكت للغازات الذائبة تساوى صفر ... يعنى كل الغازات الذائبة تقريباً سوف تمر من خلال الأغشية إلى المياه المنتجة.

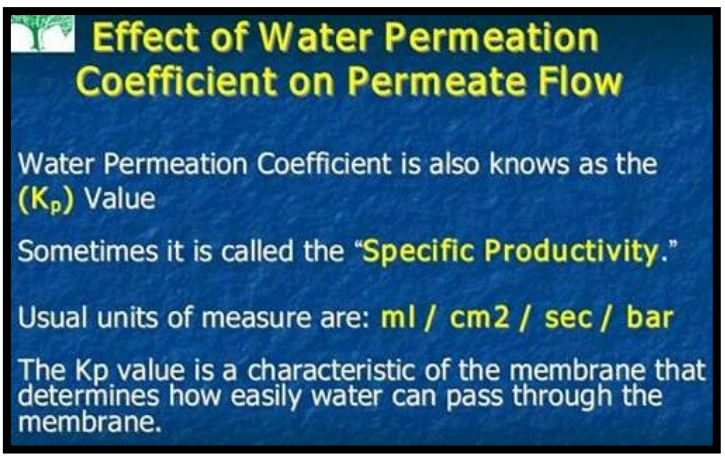
تعليق المهندس محمد زكريا:

وفعلاً أنا عندي أملاح المياه المنتجة في الخزان المُجمع تقل حوالي ١٥ ملي جرام لكل لتر بعد تصاعد أبخرة من المياه نسبة بالغازات.

تفضل المهندس أحمد محمود برفع هذه الصور:







فما هو الSalt rejection وما هو الSalt passage؟

نسبة الرفض للأملاح Salt rejection: هو كمية الأملاح الذى يتم إزالتها من الماء فى عملية التناضح العكسى والماء الخارج معه يسمى "Retentate or concentrate or brine".

مرور الأملاح Salt passage: هو كمية الأملاح التي تمر خلال أغشية التناضح العكسى مع الماء المنتج أو الماء المنقى أوما نطلق عليه "permeate" أو "Filtrate" وتسمى هذه الأملاح أيضاً Salt flux.

ولحساب الsalt rejection وال salt passage نقول:

Salt rejection = [TDS (feed) – TDS (product)/ TDS (feed)] x 100

مثال: نسبة الأملاح الداخلة فى ماء التغذية 3000 جزء فى المليون والخارجة 40 جزء فى المليون:

Salt rejection = [(3000 – 40) / 3000] x 100 = 98.67%

ويجب أن تكون نسبة الرفض Rejection ما بين 92- 99% وأحياناً تسمى كفاءة التحلية أو كفاءة الأغشية ويرمز لها بالرمز بيتا β أو ال (Desalination efficiency).

نلاحظ من المعادلة السابقة أيضاً أنه كلما زادت الأملاح فى مياه التغذية زادت فى المياه المنتجة لأن الflux قل ... وقلت قيمة الsalt rejection وهو ما شرحناه منذ قليل على الرسم البيانى.

ولحساب النسبة المئوية للأملاح النافذة عبر الغشاء:

Salt passage =[TDS (product)/TDS (feed)] x 100 = (40/3000) x 100 = 1.33%

So, salt rejection + salt passage = 100

Or salt rejection = (1 – salt passage) x 100

Salt passage% = 1 – salt rejection%

وإليك عدة ملاحظات:

🎧 أهمية قياس ال salt rejection:

1- **قياس كفاءة أغشية التناضح العكسي (وتعتبر كفاءة الأغشية جيدة عندما يكون ال salt rejection فوق 95% فإذا قل عن هذه النسبة فيمكن القول بأن الأغشية تحتاج إلى تنظيف أو تغيير بأخرى جديدة) وهذه النسبة نقول أنها على وجه العموم ... فهناك بعض الأغشية يجب أن لا تقل النسبة للأملاح المنبوذة عن 98% وإلا دل ذلك على انسداد بسبب الترسبات الداخلية (بيولوجية أو كيماوية).**

2- **تحديد هل نظام التناضح العكسي يعطى المنتج المطلوب من الماء أم لا.**

🎧 **البعض يستخدم ال conductivity فى المعادلات السابقة بدلاً من الTDS باعتبار أنها نسبة وتناسب ... والأصح استخدام الTDS لأن الفاكتور الذى يحول التوصيلية إلى TDS يختلف من القيم العالية عنه فى القيم المنخفضة ومن نوع مياه لآخر ... يعرف ذلك جيداً أهل التخصص.**

يعتمد ال salt passage على عدة عوامل أهمها:

1- درجة الحرارة: فى العام كلما زادت حرارة ماء التغذية زادت كمية الملح فى الماء الخارج المنتج كما قلنا ... (أى يقل ال salt rejection).

2- سرعة التدفق والضغط: كلما زاد الضغط زاد معدل التدفق flux وقل الملح فى الماء الخارج (permeate water) أى يزيد الsalt rejection وهذا ما شرحناه أيضاً.

والآن لدينا مثال تطبيقى لمحطة تناضح عكسى بها المعطيات التالية:

(من محاضرة المهندس/ محمد لطفى على الإنترنت)

Permeate flow = 100 m^3/day

Recovery = 32%

Feed concentration = 45.000 mg/l

Permeate concentration = 250 mg/l

ونريد حساب كلاً من:

Feed flow Q_f , salt rejection , rejection concentration

والإجابة من خلال المعادلات المذكورة آنفاً:

R.R % = (Q_p/Q_f) x 100

0.32 = 100/feed ∀ Q_f = 312.5 m^3/day

Salt rejection = [$TDS_{(feed)}$ – $TDS_{(product)}$/ $TDS_{(feed)}$] x 100

= (45000 – 250)/ 45000 = 99.44%

وأما تركيز الأملاح فى الريجيكت فيتم حسابها كالتالى:

Rejection concentration =

(feed conc. x feed flow) - (permeate conc. x permeate flow)/reject flow

Reject flow = feed – permeate flow = 312.5 – 100 = 212.5 m^3/day

Rejection concentration = 45000 x 312.5 – (250 x 100) / 212.5

= 66058.82 mg/l

كيف يُمكننا عملياً التحكم فى نسبة الريكافرى؟

عملياً يتم التعديل فى خط البراين (الريجيكت) ... فيتم التحكم فى البلف أو المحبس على خط البراين ويُسمى محبس التركيز العالى ... حيث يتم فتحه أو غلقه تدريجياً كى نوجه المياه لتسير فى مسار البيرميت حتى نحصل على الريكافرى المطلوب ... وقد يكون هذا البلف أوتوماتيكياً ... وطبعاً سكة البيرميت مفتوحة 100%.

يُمكن أيضاً خفض الريكافرى بزيادة تدفق مياه التغذية أو بتقليل ضغط طلمبة الضغط العالى.

وكلما أردنا تحقيق recovery أعلي نزيد من سعة الوعاء للأغشية المتتالية والتي يمكن أن تصل الي 7 أغشية لكل وعاء ... والمتوفر من الأوعية غالباً ما يكون من 1 الي 6 أغشية كقدرة استيعابية للوعاء من الأغشية.

عندما تقلل الريكافرىRecovery بفتح محبس الريجيكت قليلاً ... ماذا يحدث؟

1- **تدفق مياه التغذية Feed flow سيزيد.**
2- **ضغط الدخول وضغط الفيد على طلمبة الضغط العاليHPP تقل (1 بار مثلاً).**
3- **تدفق البيرميت Permeate flux يزيد (زيادة المياه التى تعبر الممبرين) .**
4- **يزيد تدفق الريجيكت وتقل نسبة حجز الأملاح والملح المنبوذ Salt rejection ويقل ال Concentration factor وتقل فرص ترسب الأملاح.**
5- **قد يزيد فرق الضغط على طرفي الغشاء الواحد (عملياً مع مياه البراكيش1 بار مثلاً مع نقص 10% من الريكافري) و 3بار على طرفي الفيزل التي تحمل 3 أغشية.**

وبالتالى عندما يزيد الريكافرى ماذا تتوقع؟؟؟

وفى النهاية ...

تقليل أو رفع الريكافرى يحتاج إلى بروجيكشن Projection جديد من خلال برامج الSoftware أو توصيات الخبراء مع الوضع فى الإعتبار بارامترات عديدة مثل الpH والعسر والكيماويات المُضافة وصفات الغشاء من خلال الداتا شيت الخاصة به.

المهندس محمد الخالد:

العلاقة بين معدل تدفق المياه المعالجة permeate water flux وكل من الضغط والحرارة والاسترداد وتركيز الاملاح في مياه التغذية (المرجع من شركة فيلمتك):

Pressure

With increasing effective feed pressure, the permeate TDS will decrease while the permeate flux will increase as shown in Figure 1.6.

Temperature

If the temperature increases and all other parameters are kept constant, the permeate flux and the salt passage will increase (see Figure 1.7).

Recovery

Recovery is the ratio of permeate flow to feed flow. In the case of increasing recovery, the permeate flux will decrease and stop if the salt concentration reaches a value where the osmotic pressure of the concentrate is as high as the applied feed pressure. The salt rejection will drop with increasing recovery (see Figure 1.8).

Feedwater Salt Concentration

Figure 1.9 shows the impact of the feedwater salt concentration on the permeate flux and the salt rejection.

Figure 1.6 Performance vs. pressure

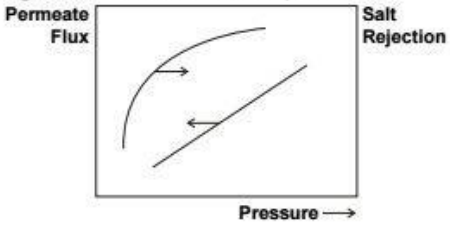


Figure 1.7 Performance vs. temperature

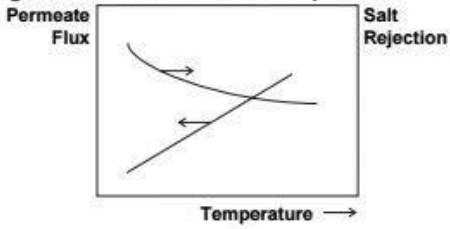


Figure 1.8 Performance vs. recovery

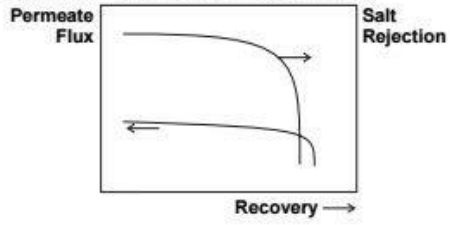


Figure 1.9 Performance vs. feedwater salt concentration

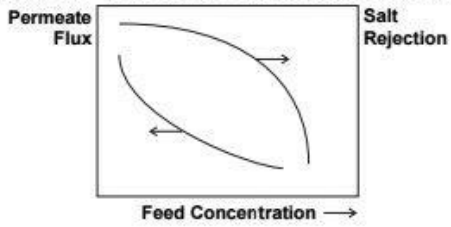


Table 1.1 shows a summary of the impacts influencing reverse osmosis plant performance.

Table 1.1 Factors influencing reverse osmosis performance

Increasing	Permeate Flow	Salt Passage
Effective pressure	↑	↓
Temperature	↑	↑
Recovery	↓	↑
Feed salt correction	↓	↑

Increasing ↑ Decreasing ↓

Page 14 of 179 * Trademark of The Dow Chemical Company Form No. 609-00071-104

المهندس رياض عبد الفتاح عوض:

ويعتمد نقاء المياه المنتجة على أمرين:

1- نسبة النبذ في الغشاء Reject Ratio = (92 - 99.5) %.

2- نسبة الأملاح في مياه التغذية.

مثال:

نسبة النبذ reject ratio = 95 % ... يعني أن تسرب الأملاح (100% - 95%) = 5% مع المياه المنتجة ... فلو كانت التغذية للمياه أملاحها 200 ppm فإن:

أملاح المياه المنتجة = 200 × 5% = 10 ppm.

ولو كانت نسبة النبذ 99% بمعنى أن تسرب الأملاح للمنتج = 100 - 99= 1% ... يعني لو كانت نسبة الأملاح الداخلة ppm200 فإن نسبة الأملاح المترسبة = 200×1%=ppm2

يعني ذلك أنه لو معروف لدينا نسبة الأملاح الداخلة ومعروف نسبة الأملاح المنتجة نستطيع تحديد نسبة الأملاح المترسبة ونسبة النبذ.

مثال:

الأملاح الداخلة ppm700 والخارجة ppm65

كم نسبة الأملاح المترسبة من المعادلة السابقة

نسبة الأملاح المترسبة= 65/ 700 = 9%

نسبة النبذ:

Reject raito =100 - 9%=91%

المهندس أيمن موسيليني:

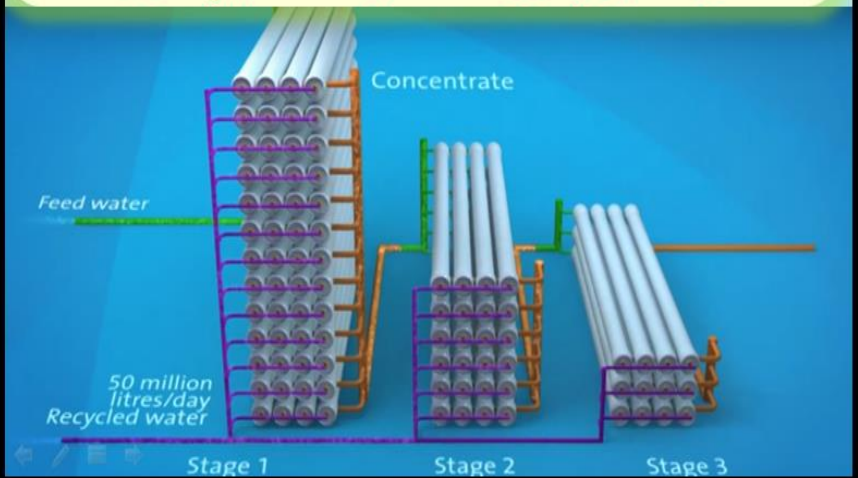
ويختلف ال salt passage وال salt Rejection لكل غشاء ولكل مرحلة ... والحساب يكون علي إجمالي نسبة طرد الملح في البيرميت واجمالي طرد الملح في الريجيكت ... وأيضاً يختلف ال flux لكل غشاء وكل مرحلة ... ويتم الحساب علي المساحة الكلية لسطح الأغشية واجمالي مياه البيرميت في اليوم.

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

مراحل التناضح العكسي وسريان المياه فيها!!



9

النقاش التاسع

النقاش التاسع:-

9- مراحل التناضح العكسى وسريان المياه فيها

مياه التغذية تدخل على أوعية الضغط الحاوية للأغشية ...

أوعية الضغط لها عدد وترتيب ونظام يختلف من وحدة لأخرى ...

أوعية الضغط تحتوى على غشاء أوعدة أغشية كما ذكرنا ...

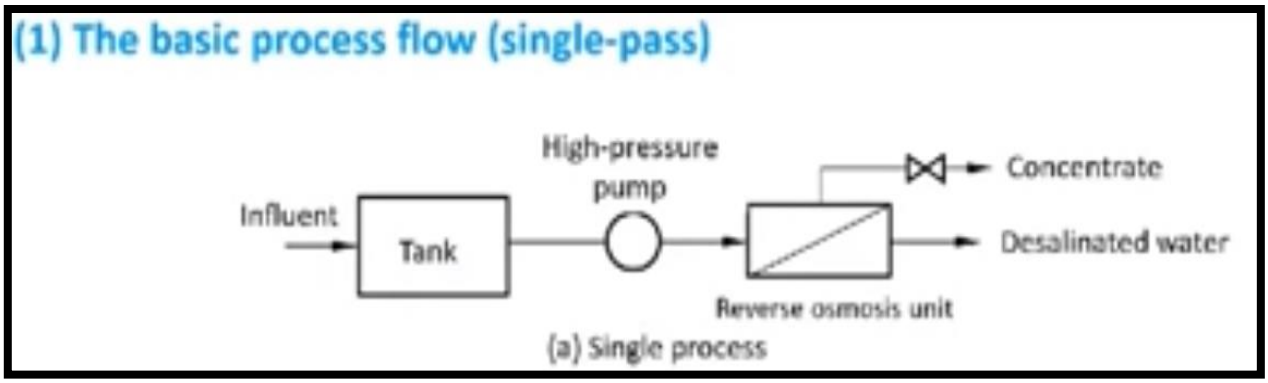
وهذا الترتيب وهذا العدد ليس قانوناً لكل وحدة! ... بمعنى أن وحدة قد يمكن أن نُصمم لها أكثر من نموذج ونحصل على نتائج متقاربة ... ولكن يحكم ذلك أساسيات وأصول لهذه اللعبة.

والمياه المنتجة (البيرميت) والمنبوذة (الريجيكت) لها مسارات بعد الخروج من الأغشية ...

فى هذه المناقشة أخى الكريم سيتم تدريب حضرتك على قراءة تصميم المحطة والتفريق بين المسار والمرحلة ... نراجع أولاً ما قلناه عن الريكافرى ... فنقول:

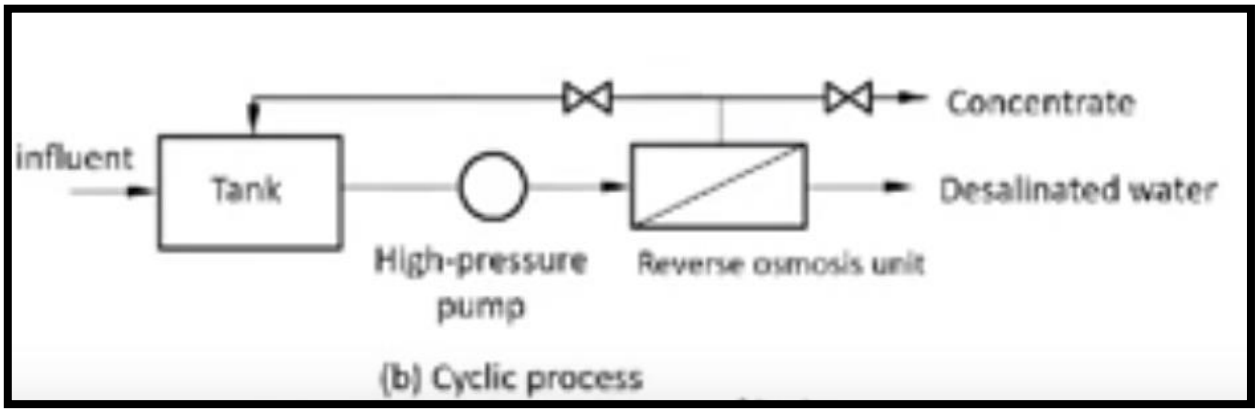
الريكافرى Recovery هو النسبة التى تم أخذها من مياه التغذية وحولناها إلى مياه البيرميت المنتجة (يعنى التى اخترقت الأغشية وأصبحت مياه مُحلاة) ... وزيادة الريكافرى معناها زيادة كمية المياه المنتجة بالنسبة لمياه التغذية ... نكمل فى التعليقات ونرحب بخبراتكم ...

بالنسبة للمسارات ... المسار المفرد Single pass هو أبسط المسارات حيث تمر فيه المياه الخام على الغشاء مرة واحدة وتنقسم إلى بيرميت منتج ومياه الريجيكت (أو المُركزة Concentrate) ... وتسمى هذه العملية بالعملية المفردة Single process كما بالرسم التالى:



وهذا الوضع لا يستغل مياه التغذية الإستغلال الأمثل ويكون الريكافرى منخفضاً ويتم القاء الريجيكت فى الصرف Drain ... وهذه الطريقة هى الأقل استخداماً فى الصناعة.

فإذا تم إعادة استخدام جزء من مياه الريجيكت إلى مياه التغذية لتدخل مرة أخرى على الأغشية فتسمى Cyclic process أو تدوير ... ولا شك أننا بذلك نزيد الريكفارى والمياه المنتجة فى المحطة ... وإن كانت جودة المياه المنتجة ستقل نوعاً ما نتيجة لزيادة الأملاح ويجب أن لا تزيد نسبتها عن 10% من مياه التغذية فى المتوسط ... انظر الصورة التالية:

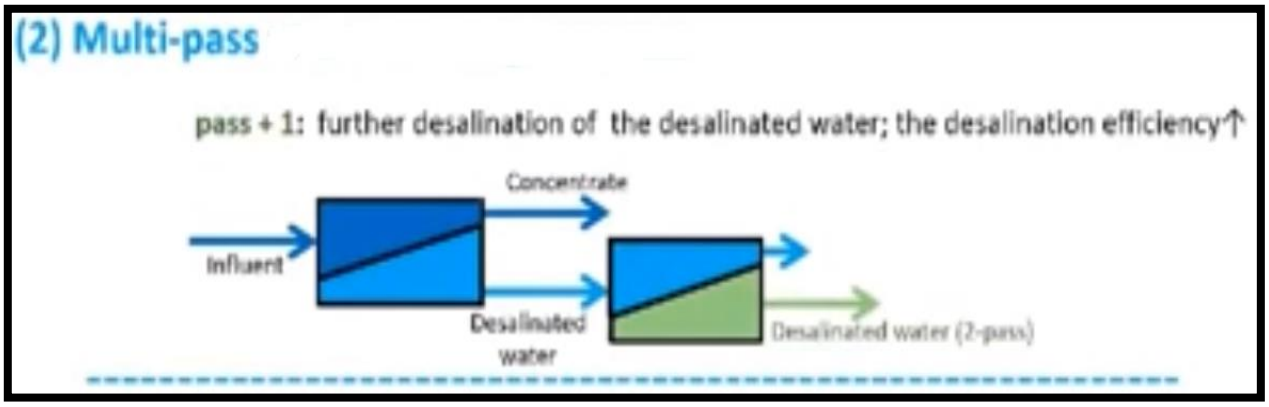


ونلاحظ من خلال الشرح أن زيادة الريكافرى وكمية المياه المنتجة المُحلاة يؤثر على جودة المياه بالسلب ... لذا عندما نلعب فى الريكافرى ونزيد قيمته يجب أن نصل لنقطة حد أقصى لا يجب أن نزيد عليها كما قلنا سابقاً.

وبشكل عام ... فإن المسار المفرد Single pass بنوعيه لا يُمكن أن يُلبي وحده متطلبات الجودة واستخدامات المياه المنتجة ... كما أن صرف كمية كبيرة من المياه المركزة يؤدى إلى معدل استرداد منخفض (low recovery).

ولتحسين نوعية المياه المنتجة وتقليل كمية الفاقد من المياه المركزة ننتقل إلى النظام متعدد المسارات Multi pass ثم النظام متعدد المراحل Multi-stage ...

إضافة مسار one pass جديد معناه أننا نواصل تحلية المياه المنتجة من المسار الأول ... وبالتالى زيادة كفاءة التحلية ونزع أكبر للأملاح TDS ... فالبيرميت الخارج من المسار الأول والذى فقد المسكين بعضاً من أملاحه سيدخل على المسار الثانى ... ويعنى ذلك فقد كمية إضافية من أملاحه ... معناه الحصول على جودة أعلى ... أملاح بنسبة قليلة جداً لا نحلم بها وقد لا نحتاجها إلا فى استخدامات خاصة ... انظر الصورة التالية:



وهذا النظام يفيد عندما نجد أن الأغشية الأولى لا تقلل الTDS كما ينبغى (1500 جزء فى المليون مثلاً) ... فبدلاً من تغييرها ... ندخل المياه المنتجة منها على أغشية تالية تقلل الأملاح إلى الحد الذى نريده (150 جزء فى المليون مثلاً أو أقل) ... وهذا النظام عادة ما نحتاج إليه لاستخدام المياه المنتجة فى الأغراض الطبية ... وبعض المراجع تسميه permeate stage system.

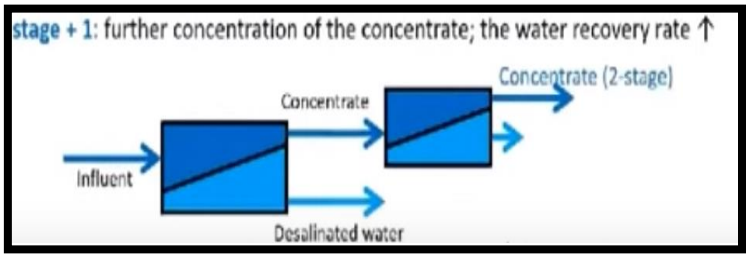
المهندس محمد على:

والأغراض الصناعية أيضاً التي تحتاج مياه demi منزوعة الأملاح تقريباً مثل محطات الكهرباء.

تعقيب المحاضر:

ومثل بعض الغلايات ذات الضغط العالى المنزوعة المياه والتى تؤثر السيليكا فيها على الCatalyst.

فإذا أخذنا المياه (الريجيكت) المركزة من المسار الأول وأدخلناها على غشاء جديد ... وبالتالى نحصل على بيرميت جديد (وبالتالى ريكافرى أعلى للمحطة) ... فإننا نسمى هذه مرحلة ثانية ... كما سنحصل على مياه ريجيكت أكثر تركيزاً فى الأملاح ... انظر الصورة:

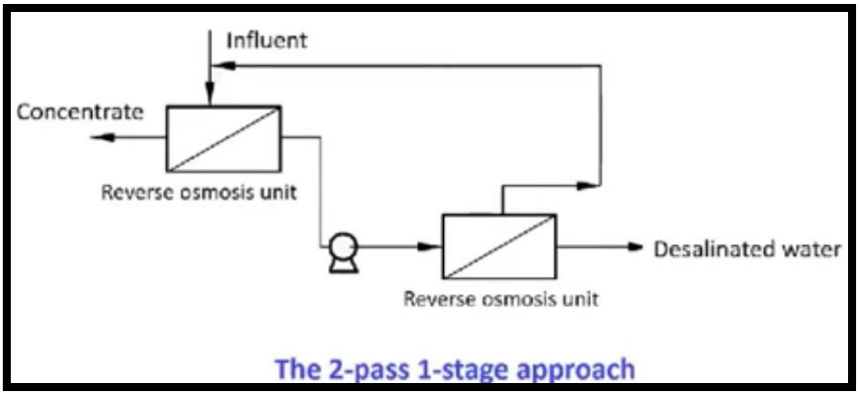


الآن أخي الكريم أصبح بمقدورك أن تفرق بين المسار والمرحلة ...

وحتى يدخل هذا الموضوع فى أذهاننا نقول ... لو عندنا وعائين للضغط ... إذا كان البيريمت الذى يخرج من الوعاء الأول يدخل على الثانى لمزيد من التحلية وتقليل الأملاح لتركيز أقل فهذا نسميه مسار ... يزود الكفاءة وجودة المنتج ويقلل الأملاح أكثر لكن لا يزيد الريكافرى ... ولو كان عندنا وعائين للضغط ... الريجيكت الخارج من الأول – والذى يحتوي على أملاح عالية – يدخل على الثانى فهذا نسميه مرحلة ثانية والفائدة استغلال المياه وزيادة الريكافرى بغض النظر عن الجودة الناتجة.

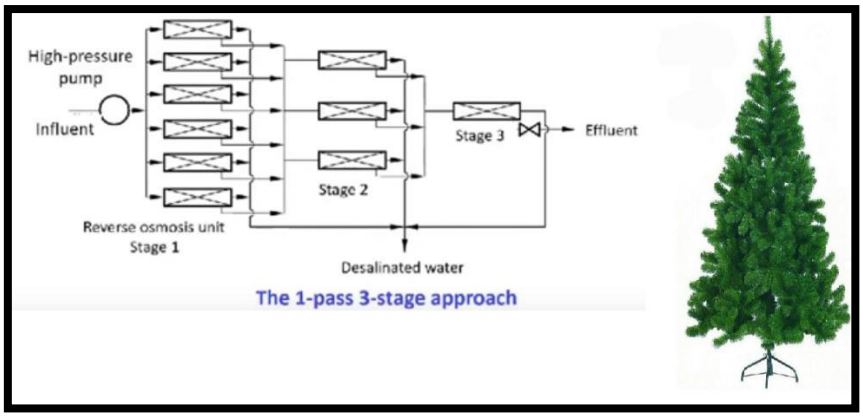
فى ضوء ذلك نستطيع الآن أن نقرأ الرسومات الخاصة بوحدات التناضح العكسي ونعرف كم مرحلة وكم مسار ... فهيا ننطلق:

الصورة التالية عن ماذا تعبر؟؟



هى عملية بمسارين ومرحلة واحدة (مسارين لأن البيرميت الخارج من الغشاء الأول على اليسار سيكون تغذية للغشاء الثانى ولن نقترب من الريجيكت فى الغشائين بل سيتم صرفه).

الصورة التالية عن ماذا تعبر؟؟؟

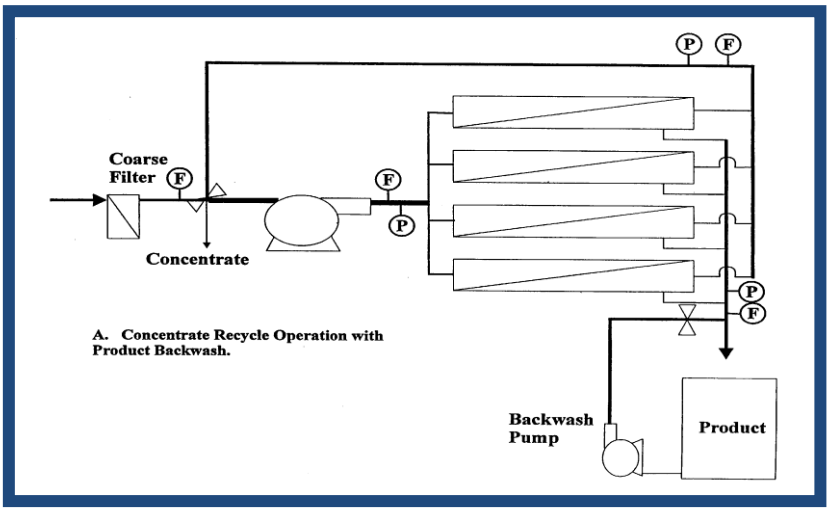


تعبر هذه الصورة عن مسار واحد وثلاث مراحل (مسار واحد لأن البيرميت الناتج من أى غشاء لا يعاد ادخاله كتغذية لغشاء آخر ... والثلاث مراحل لأن الريجيكت الناتج من كل مرحلة يتم أخذه كتغذية للمرحلة التالية وهى ثلاث مراحل) ... وبالطبع الريجيكت الناتج من آخر مرحلة يكون له أقصى تركيز فى الأملاح ويكون عُرضه لتكون القشور عليه أكثر من المراحل الأولى ... (راجع الLSI فى الجزء الأول من الكورس).

النظام السابق من ترتيب أوعية الضغط يطلقون عليه الترتيب الشجرى (أو ترتيب مثل هيئة شجرة الكريسماس Christmas tree system).

وكى نصف عدد أوعية الضغط (الفيزلات) فى مراحل التناضح العكسي نشير إلى ما يُسمى بال R.O. Array ... يعنى نظام وحدة التناضح فمثلاً "2:1 array" أو Two-by one array معناه مرحلتين ... الأولى تحتوى على وعائي ضغط والمرحلة الثانية تحتوى على وعاء ضغط واحد ... أيضاً نظام ال "10:5 array" معناها مرحلتين الأولى تحتوى على 10 أوعية والمرحلة الثانية تحتوى على 5 أوعية ... وهكذا ... ونظام ال 4:2:1 بالطبع يشير إلى ثلاث مراحل الأول يحتوى على أربعة والثانى على فيزلين والثالث على فيزل واحد وهكذا ... وهى تتبع النظام الشجرى كما قلنا.

عن ماذا يُعبر النظام التالى؟



يُعبر عن مرحلة واحدة One stage ومسار واحد one pass لأن الريجيكت والبيرميت لا يتم ادخالهما فى أغشية تالية ... فقط نقول مرحلة واحدة ولكن تنقسم مياه التغذية إلى أربع فروع

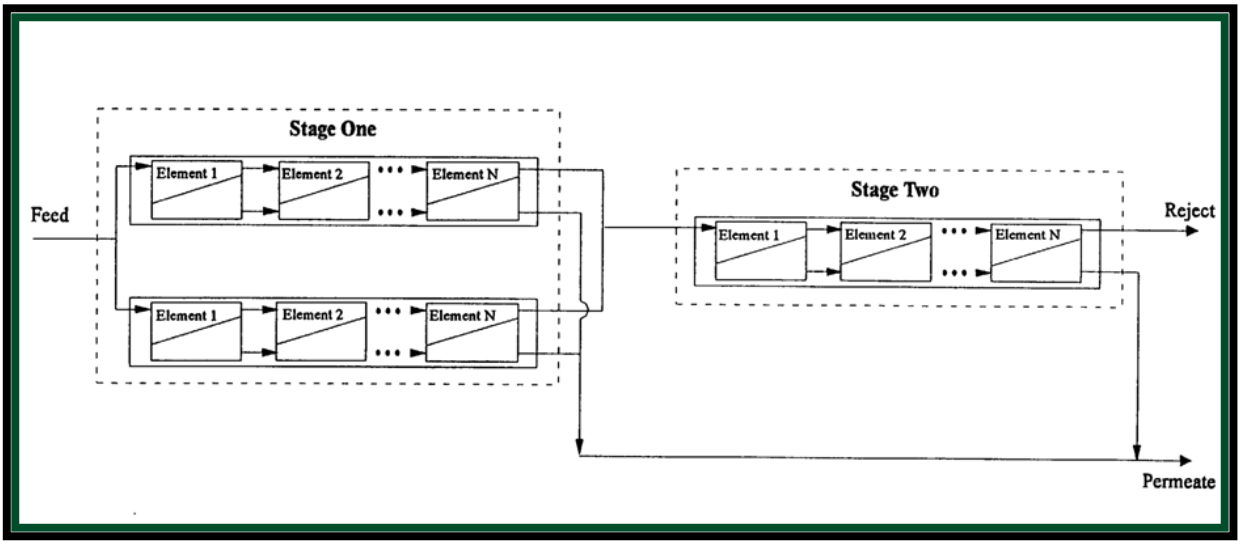
... كل فرع يدخل على وعاء ... والأوعية تعمل على التوازى ... يخرج البيرميت من كل وعاء على حده ... ويتم تجميع كل البيرميت إلى تنك المياه المُحلاة ... ونفس الشىء يخرج الريجيكت من كل وعاء ويتم تجميع كل ريجيكت فى تنك خاص ويُعاد لإضافة جزء منه لمياه التغذية فى عملية التدوير التى شرحناها ...

لماذا نقول أن الأوعية على التوازى؟؟ لأنه لو كان على التوالى لتغيرت الرسمة السابقة ورأيت مياه التغذية تدخل على وعاء ثم تخرج منه ثم تدخل على الثانى وهكذا (يعنى عدة مسارات) ...

عن ماذا يُعبر النظام التالى؟

نرى فى الصورة التالية أن مياه التغذية تدخل على المرحلة الأولى Stage one وتنقسم إلى قسمين حيث يوجد وعائين للضغط ... وكل وعاء به 3 elements ... يعنى ثلاث أوعية ضغط ... كل ده طبيعى ... الجديد هنا أن الريجيكت الخارج من المرحلة الأولى (من الوعائين) يدخل على مرحلة ثانية Stage-2 ... حيث يوجد وعاء ضغط ثالث يستقبل ريجيكت المرحلة الأولى ... ويحتوى على 3 أغشية أيضاً ...

أوصف حضرتك ال Array لو تسمح ...



المهندس محمد على عبد المنعم:

Array 2:1

ولا شك أن زيادة المراحل تعنى الحصول على نسبة أكبر من المياه المُحلاة البيرميت (أى زيادة الريكافرى) فى المحطة ... المهم أن لا تزيد عن ما نسميه الريكافرى الخاص بكل غشاء أو ال

The single element recovery limits

- Systems with more than one stage are used for higher system recoveries without exceeding the single element recovery limits.

وهنا يجب الحذر الشديد من تركز الأملاح فى المرحلة الثانية أوالثالثة على التوالى بصورة كبيرة تؤدى إلى تكون الترسبات وتكون القشورعلى نهايات الأغشية ...

الريكافرى العالى فى المرحلة الأولى يتسبب فى خفض كمية وتدفق الريجيكت الداخل على المرحلة الثانية وبالتالى يؤدى إلى ترسبات ملحية وانسداد الأغشية وارتفاع الضغط فيها.

لذلك بعض القائمين على الوحدات يتعرضون لهذه المشكلة فيغيرون تصميم المحطة فيجعلون مثلاً فى هذا المثال الوعاء الثالث يعمل بالتوازى فى مرحلة واحدة مع الوعائين الأولين ... بمعنى أنه يكون هناك مرحلة واحدة تحمل 3 أوعية على التوازى ويضحوا بالريكافرى من أجل مصلحة الأغشية ...

(عادةً المرحلتين و6 أغشية لكل فيزل تكفى للوصول إلى ريكافرى 75% للمحطة ... والمرحلة الثالثة للحصول على ريكافرى أعلى):

- Usually two stages (with 6 elements per vessel) will suffice for recovery up to 75%, and three must be used for higher recovery.
- The higher the system recovery, the higher the number of membrane elements that have to be connected in series.

المهندس محمد على عبد المنعم:

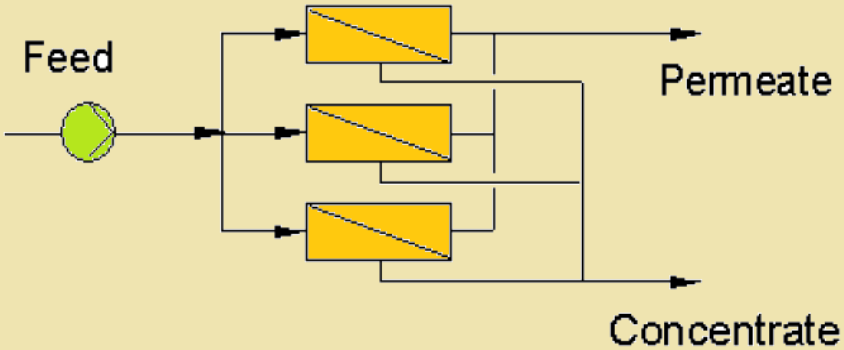
الأكثر شيوعاً فعلاً مرحلتين و 6 element لكل vessel.

وفى النهاية يجب عند التصميم عمل "موازنات" بين المصالح والمفاسد ...

وعملياً نقول أن النظام متعدد المراحل Multi-stage لا يستخدم عادةً مع مياه البحر ... وذلك لأن الريجيكت الناتج من المرحلة الأولى يحتوى على أملاح بكميات هائلة تصل إلى 70 ألف جزء فى المليون ... وبالتالى لو أدخلناه على أغشية فى مراحل تالية فإننا نحتاج لنوع خاص من الأغشية تستطيع التعامل مع هذه التركيزات الملحية العالية ... وبالتالى سنتعرض لتكلفة إقتصادية أكبر ... كما أن كمية البيرميت الناتجة من هذه المرحلة ستكون قليلة جداً والعائد الإقتصادى منها غير مُجدى ... انظر الصورة التالية التى تبين تحلية نظام البحر بالطريقة النموذجية (مرحلة واحدة وريكافرى أقل من 50% وأوعية ضغط على التوازى):

- **Single-stage systems are typically used where the system recovery is less than 50%, e.g., in seawater desalination.**

Parallel connection

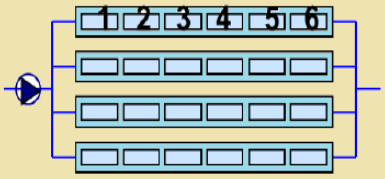


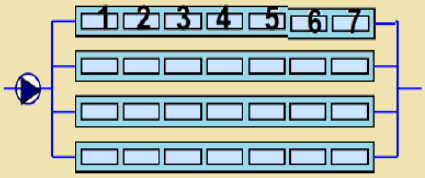
وقد نضطر أحياناً لعمل مرحلتين مع مياه البحر ولا نزيد عليها ...

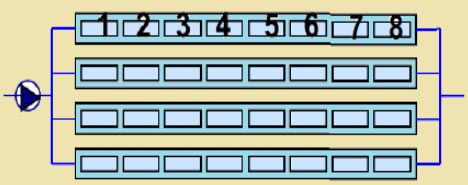
انظر إلى الصورة التالية لتوضح أنظمة تحلية مياه البحر:

Stages and recovery for seawater

System recovery (%)	Number of serial element positions	Number of stages (6-element vessels)	Number of stages (7-element vessels)	Number of stages (8-element vessels)
35 - 40	6	1	1	—
45	7 - 12	2	1	1
50	8 - 12	2	2	1
55 - 60	12 - 14	2	2	—

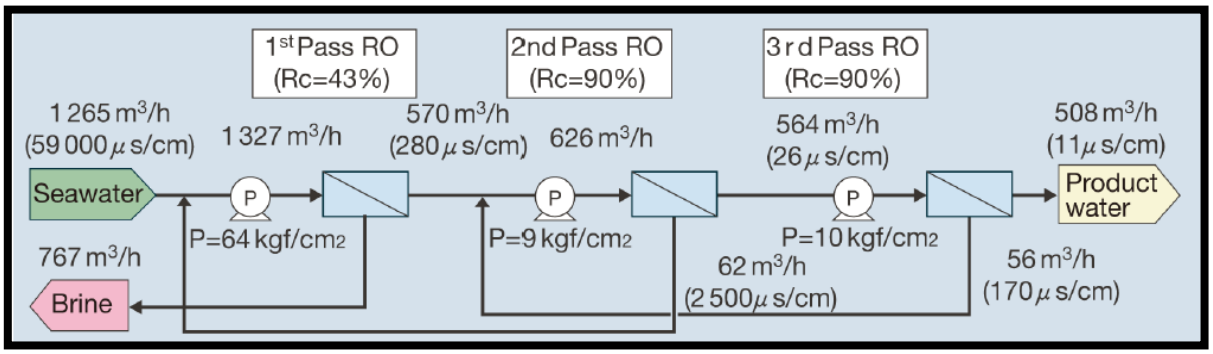




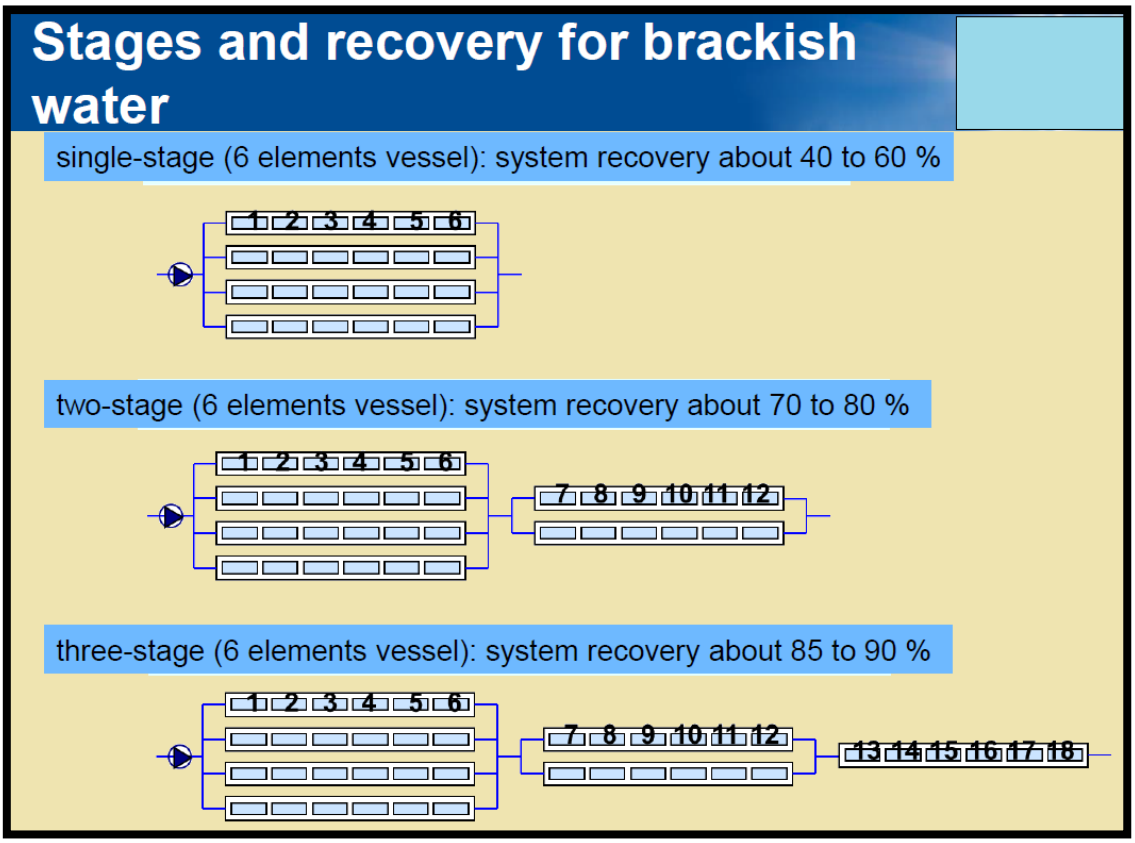


مثلاً لو أردنا ريكافرى لمياه البحر من 35 – 40% (أول حالة) فإننا نحتاج إلى مرحلة واحدة بـ6 – 7 أغشية فى الفيزل ... ولو أردنا ريكافرى 45% فإننا نحتاج إلى لمرحلة واحدة بأغشية 7 – 8 فى الفيزل أو مرحلتين كل مرحلة بها ستة أغشية للفيزل ... ونلاحظ أيضاً أنه للحصول على 60% ريكافرى من مياه البحر فإننا نضطر إلى مرحلتين لا مفر من ذلك.

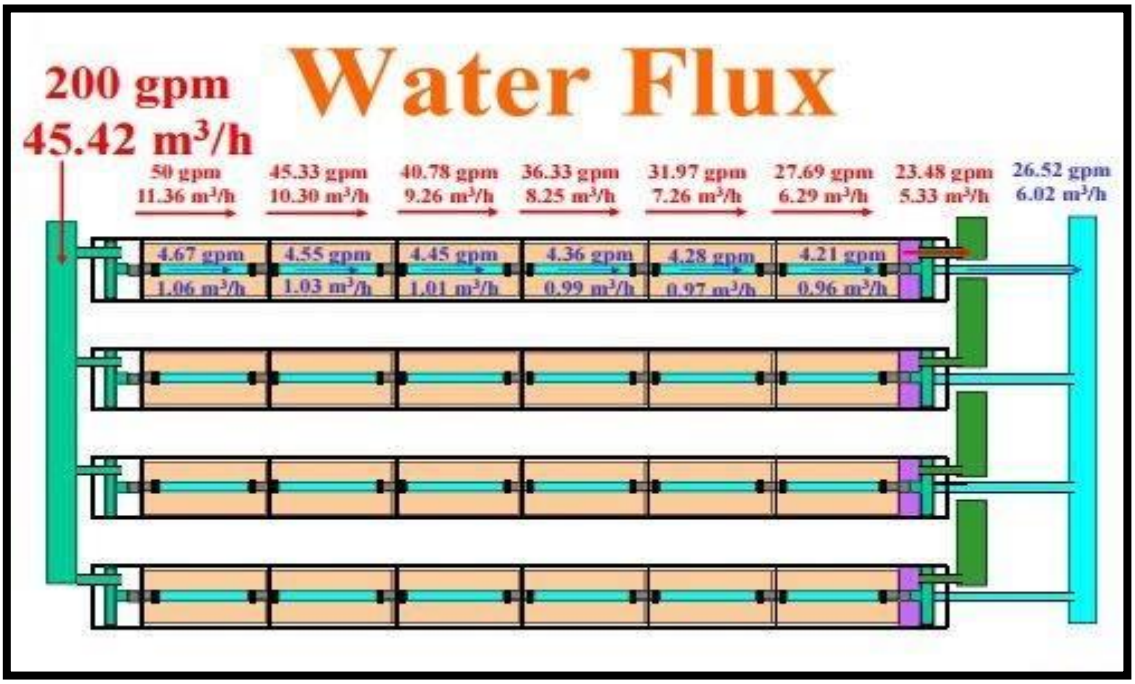
والصورة التالية لوحدة تحلية لمياه البحر الأحمر تستخدم ثلاث مسارات ... بيريمت الأول يدخل على المسار الثانى ليقلل الأملاح الكلية الذائبة وهكذا ... ونود من الزملاء فى الخليج العربى أو العاملين فى تحلية المياه البحر الأحمر بالمملكة الحديث عن هذه الأنظمة ...



وهكذا يستخدم النظام المتعدد المراحل دائماً مع المياه المتوسطة الملوحة brackish water (مرحلة واحدة نحصل بها على ريكافرى 50% أو أكثر ... ومرحلتين نصل بها إلى ريكافرى 70 - 75% ... وثلاث مراحل نصل بها إلى 80 - 85%) ... انظر المراحل مع المياه المتوسطة الملوحة والريكافرى الذى نحصل عليه:



أمر آخر من خلال المثال السابق نود الإشارة إليه ... أن وعاء الضغط قد يحتوى على عدة أغشية تعمل على التوالى وتسمى Element وسيتم الآن استدعاء الرسم التوضيحى المذكور فى الجزء الأول من الكورس وهو كالتالى:



لدينا 4 أوعية ضغط يعملون على التوازى يحتوى كل وعاء على 6 أغشية بداخلها تعمل على التوالى ... مياه الريجكت التى تخرج من أول غشاء تدخل على الثانى كمياه تغذية ... لكن يجب أن ننتبه لأمر هنا ... يجب أن نعتبر أن وعاء الضغط عبارة عن غشاء واحد فلا نطلق كلمة ستة مراحل على هذا النظام بل هو مرحلة واحدة ... فإذا تم أخذ الريجيكت المجمع من كل هذه الأوعية لندخلها على مجموعة أخرى ... فى حينها نقول أننا أضفنا مرحلة ثانية ...

انتهينا من شرح المسارات والمراحل ... ونرجع الآن إلى الرسمة السابقة لنكمل شرح سريان المياه داخل الأغشية فنقول:

عندنا 4 أوعية ضغط يعملون على التوازى ... وكل وعاء ضغط يحتوى على 6 أغشية تعمل على التوالى وتسمى (6 elements) :

وخلاصة القول أن مياه التغذية فى هذا المثال تدخل بسرعة 45.42 متر مكعب/الساعة وتنقسم بالتساوى إلى أربعة أقسام فيكون الداخل على كل وعاء 11.36 متر مكعب/الساعة ... يخرج من أول غشاء بيرميت بمعدل 1.06 متر مكعب/ساعة فيتبقى من ريجيكت الغشاء الأول 10.3 مترمكعب/ساعة يدخل كتغذية feed إلى الغشاء الثانى فيخرج منه بيرميت بمعدل 1.03 مترمكعب/ساعة ليتبقى من الريجيكت 9.26 مترمكعب/ساعة يدخل كتغذية feed على الغشاء الثالث وهكذا ... وعندما يتم تجميع كل البيرميت من أسطوانة الضغط الواحدة نجد أن التدفق = مجموع كل بيرميت يخرج من الستة أغشية ... ولذلك البيرميت الكلى الخارج من وعاء الضغط الواحد = 1.06 + 1.03 +1.01+ 0.99 + 0.97 + 0.96 = 6.02 متر مكعب/ساعة.

وبما أنه يوجد 4 فيزلات فإن المياه المنتجة الكلية تساوى (4 x 6.02) = 24.08 متر مكعب/ساعة.

وما نراه هى عمليات حسابية بسيطة من جمع وطرح ... ولكن ورائها ما ورائها ...

أخى الكريم ... إذا نظرنا إلى نوعية تدفقات المياه خلال أوعية الضغط ونظرنا بعين الإعتبار إلى معدلات السريان وعقدنا مقارنة بين معدل السريان فى الأغشية الأولى والأغشية النهائية (ممبرينات الذيل) أمكننا تفسير كثير من الظواهر التى تحدث فى الأغشية وبالأخص ظاهرة الاتساخ (الفاولينج) Fouling والتى تحدث دائماً فى الأغشية المتقدمة وظاهرة ترسب قشور الأملاح Scales على ممبرينات الذيل ....

<u>ما معنى هذا الكلام؟؟</u>

كى نوضح الأمر ... <u>يجب علينا الحديث الآن عن نوعين من تدفقات المياه وهما:</u>

1- تدفق المياه water flux. 2- التدفق المستعرض Cross flow.

1- تدفق المياه (Water flux):

وقد تحدثنا عنه من قبل وقلنا أنه كمية المياه المنتجة (البيرميت) الخارجة من كل غشاء (أو الفيزل أو الوحدة بأكملها) باللتر لكل ساعة على مساحة سطح الممبرين ... بمعنى آخر هى كمية المياه التى تمر خلال متر مربع من الغشاء (والذى هو عبارة عن flat sheet) خلال اليوم ... وهو مؤشر لحدوث الانسداد plugging بالفاولينج (الاتساخ) ... وكلما زاد معنى ذلك زيادة كمية المياه التى اخترقت سطح الغشاء وزادت كمية المواد التى تسبب الاتساخ على سطحها...

وفى الشكل السابق نلاحظ أن الأغشية المتقدمة (فى بدايات الفيزل) هى التى تعانى من الانسداد أكثر لأن ال water flux أكبر ما يمكن بالمقارنة بما يحدث فى نهايات الأغشية أوالذيل ... (0.96 مترمكعب لكل ساعة تغذية الغشاء الأول مقابل 1.06 مترمكعب لكل ساعة)

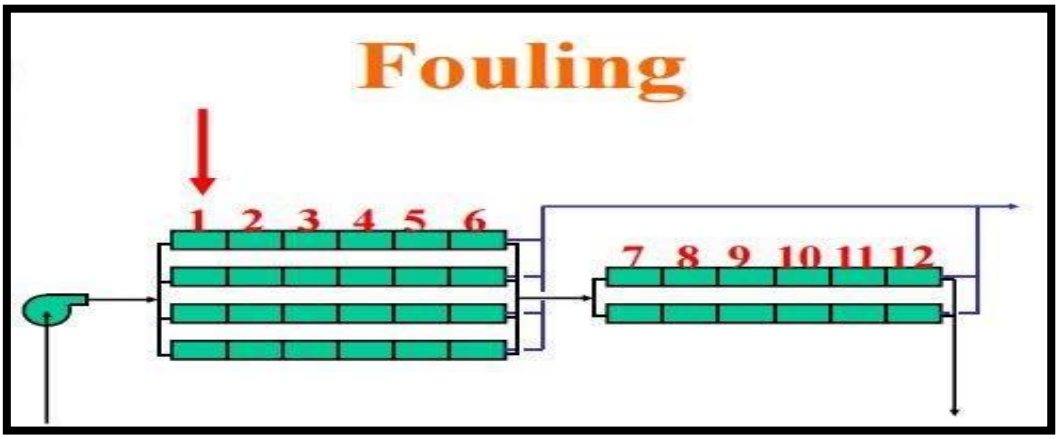
بافتراض أن مساحة سطح الممبرين 37 متر مربع:

Water flux (1) =1.06 m^3/h = 1060 lL/h / 37 = 28.7

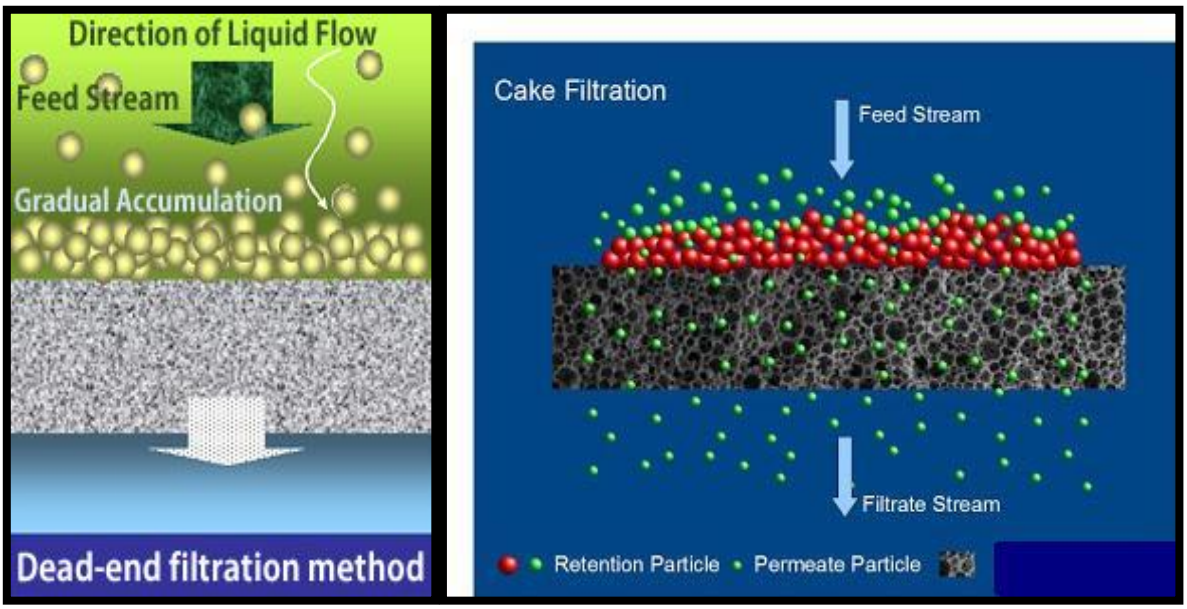
Water flux (2) = 0.96 m^3/h = 960 lL/h / 37 = 25.9

(إذاً القاعدة ... كلما زاد الwater flux زادت كمية الماء العابرللأغشية وزادت كمية المواد التى تسبب الإتساخ على الأغشية وزاد معدل الانسداد).

لذا فالمناطق الأمامية من الأغشية (أو المراحل الأولى) تكون عُرضة للإتساخ fouling أكثر من أغشية الذيل (وعملياً وجد أن أول غشاء ينتج حوالى 24% من انتاج الفيزل كله قبل أن يُصاب بالانسداد بالفاولينج والغشاء الأخير ينتج حوالى 7 – 8% ومع تراكم الفاولينج يحدث وأن تقل انتاجية الغشاء الأول ويزيد الحمل على الغشاء التالى فيتراكم عليه الفاولينج هو الآخر ... ونبقى كذلك حتى يحدث تراكم الفاولينج على جميع الأغشية فى الفيزل وتكون انتاجيتهم متقاربة).

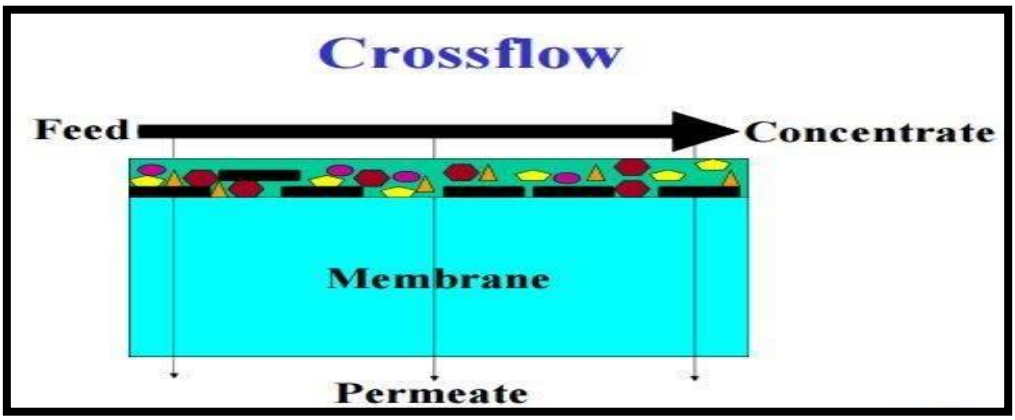


فإذا قابلك أخى الكريم مصطلح الDead end filtration أو السريان المعتاد Conventional filtration فنقصد به نوع من السريان المائى يحدث فيه أن الكمية الداخلة من المياه تساوى الكمية الخارجة ... يعنى: $Q_1 = Q_2$ ... ومثال لذلك الفلاتر بأنواعها مثل الفلتر الكربونى وفلاتر الكارتريدج أو وحدة الميسر(السوفتنر) ... وفى الأغشية هو ما يمرعبرالغشاء ويخرج من الجهة المقابلة وهو ما يسمى بالبيرميت Permeate يعنى اتجاه السريان يكون عمودياً على الغشاء ... ويتم حجز وتراكم المواد العالقة وغيرها على الغشاء فيما يسمى بكيك الفلتر (Filter cake) ... انظر الصور:

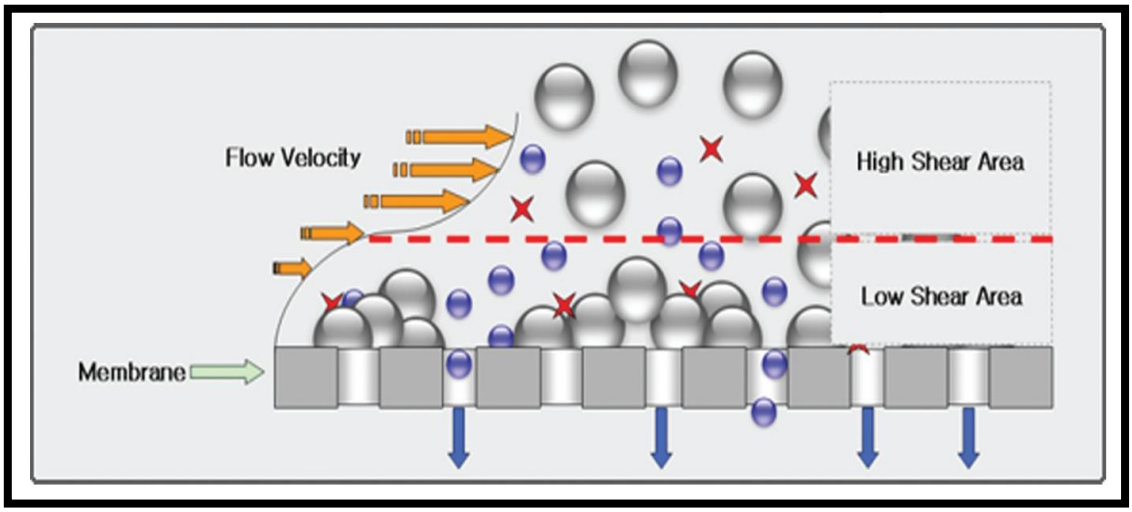


2- التدفق المستعرض (العرضى) Cross flow:

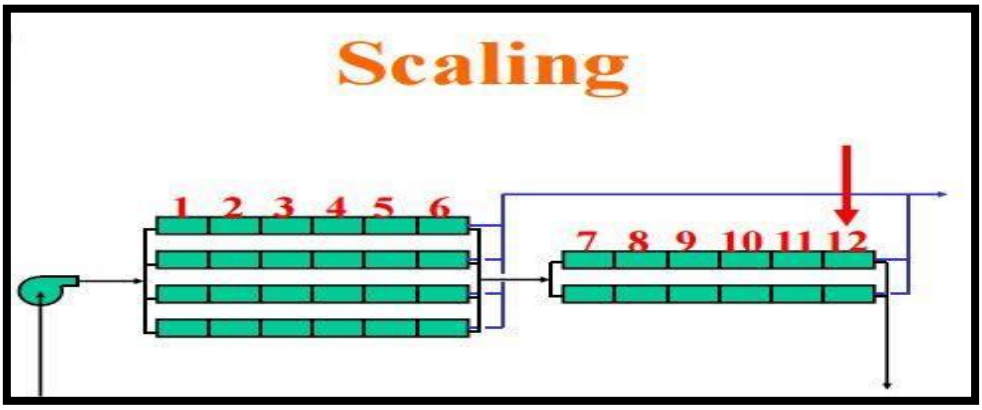
هو تدفق مياه التغذية فى اتجاه موازٍ للغشاء (بدون اختراقه) كما هو واضح فى الصورة التالية وهو تدفق يقوم بعمل shear force للطبقة المجاورة وهى سطح الغشاء فتعمل عملية كسح أو "كنس" أو sweeping لكل الجزيئات الموجودة على السطح (وأهمها الأملاح التى تسبب القشورمثل أملاح كربونات وبيكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم) ... وكلما زادت زاد معدل التدفق زاد من كسح جزيئات الأملاح ... وكلما قلت ضعفت عملية كسح الجزيئات وأصبح هناك فرصة لحدوث ترسبات لهذه الأملاح على الأغشية.



ونلاحظ هنا أن عملية الكنس أو الكسح تكون ضعيفة فى الطبقة الملامسة لسطح الغشاء:



نرجع إلى الشكل الأول فنجد أنه فى بدايات الفيزل يكون الcross flow عالى ومعدل كسح الأملاح قوى (11.36 متر مكعب/ساعة) فيصعب استقرار وترسب الأملاح وتكون القشور فى هذا المنطقة بالمقارنة مع مناطق الذيل (6.29 مترمكعب/ساعة) حيث يقل الshear force وتجد الأملاح بيئة ممهدة للترسب وتكون القشور.

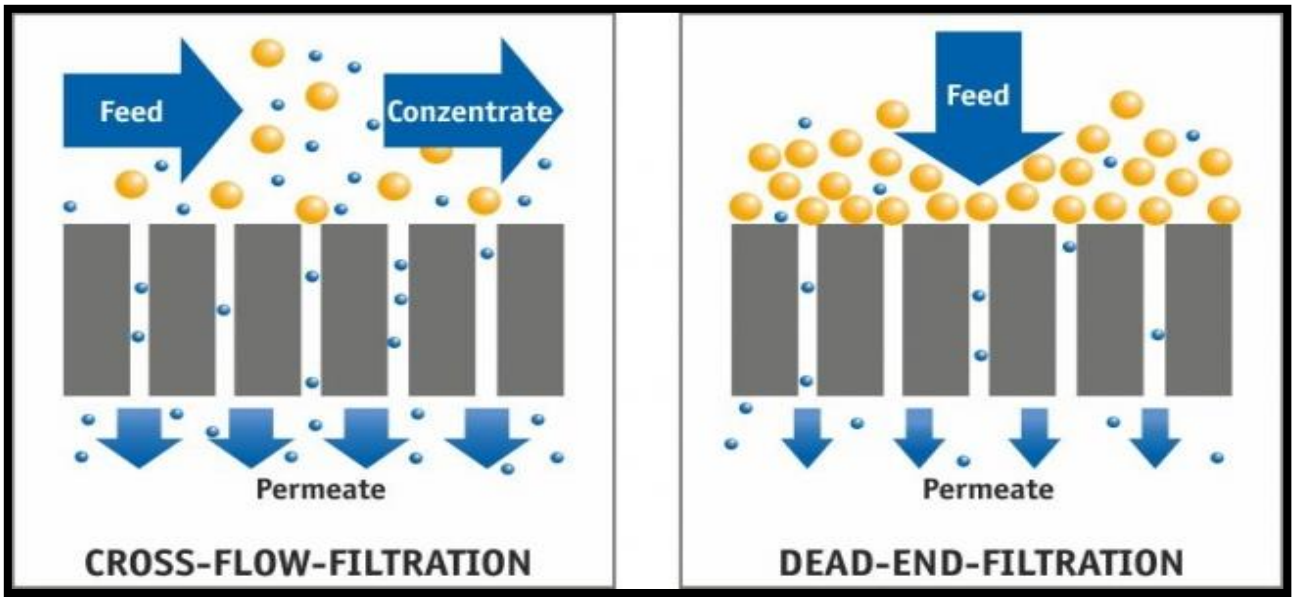


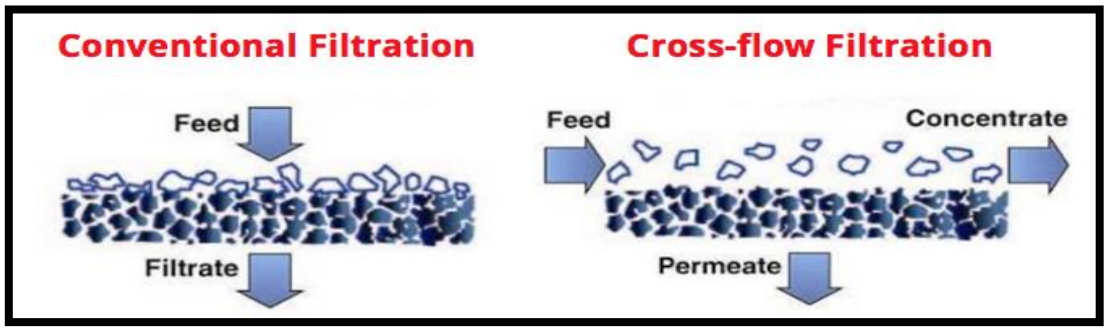
والجدير بالذكر هو أن ما يُزيد من احتمالية تكون القشور scales فى ممبرينات الذيل هو تركز الأملاح بنسبة أكبر من الممبرينات الأولى ... نطلق على هذه الظاهرة concentration polarization ... وقد أشرنا إليها من قبل وسنشرحها فى التفصيل بعد ذلك ... حيث تتركز فيه الأملاح (الBrine أوالConcentrate) وتزيد قيمة الLSI بالمقارنة بمياه التغذية فى المراحل الأولى.

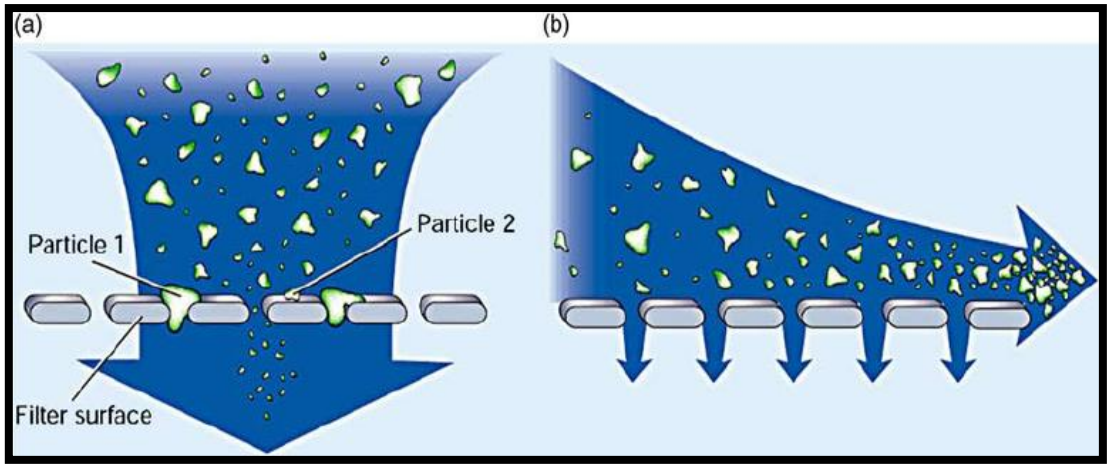
ومن خلال مصطلح ال Cross flow filtration وهو سريان مياه التغذية بموازاة الغشاء نستطيع أن نقول أن المياه تنقسم إلى 2 streams ... الأول وهو البيرميت الذى يخترق الغشاء والثانى وهو الماء الذى يسير بموازاة الغشاء وتتركز فيه الأملاح مع الوقت:

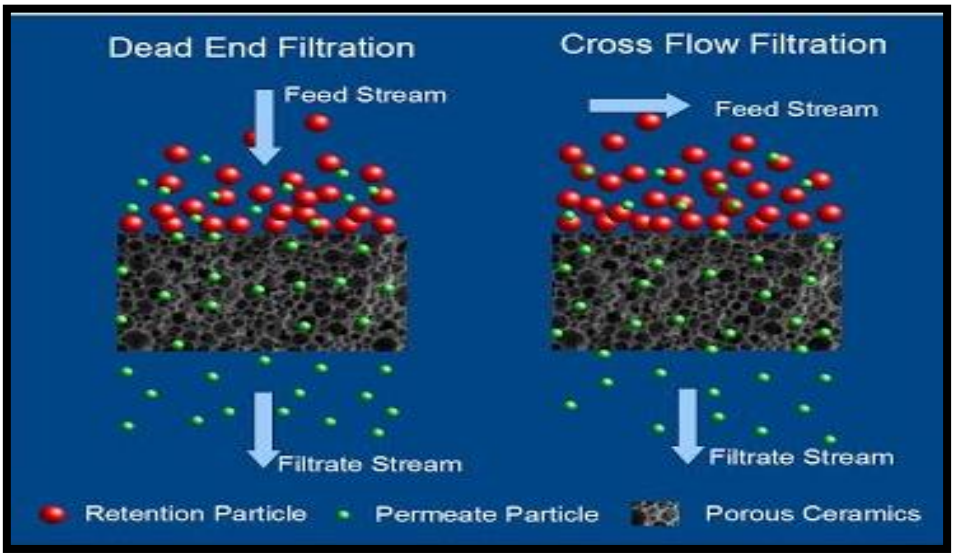
$$Q_1 = Q_{permeate} + Q_{brine}$$

انظر الصور التالية التى تلخص ما قلناه عن الDead-end filtration والCross- flow-filtration.



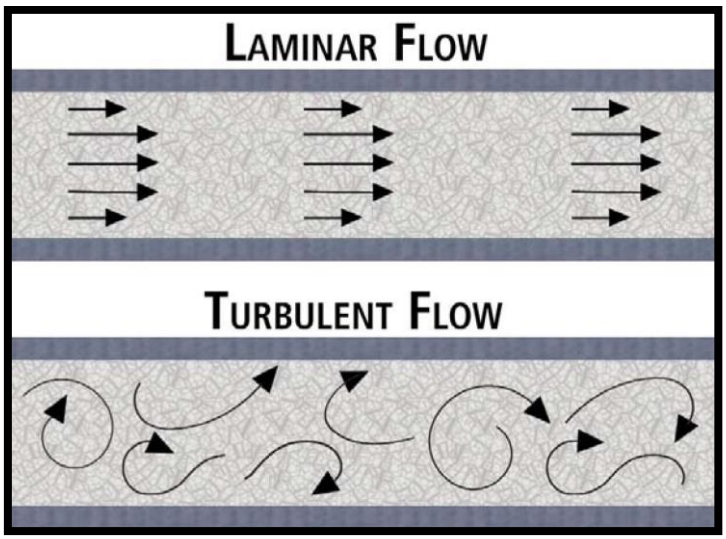




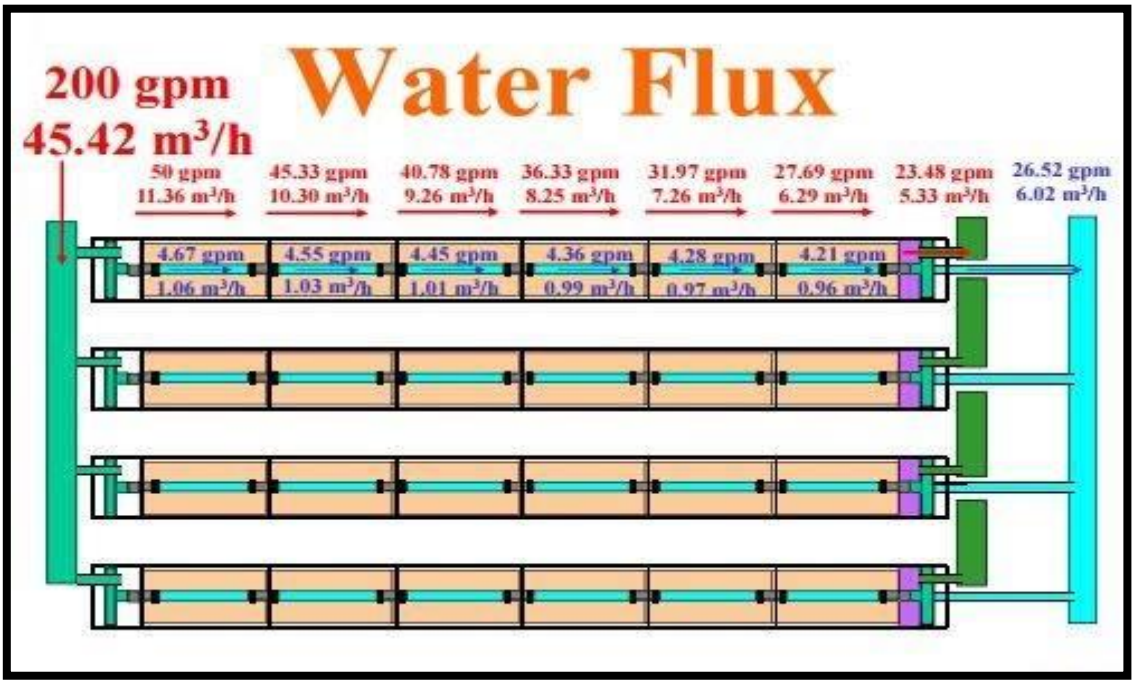


طبعاً البيرميت هو ما نفذ من الغشاء وخرج منه ...

وفى الأغشية الحلزونية الملفوفة spiral wound membrane يتكون تيار سريع هائج turbulent flow بسبب الcross flow يتكون على أثره قوة الshear force التى تعمل كنس (أو كسح) للجسيمات particles فى الماء (مثل مجرى النهر الذى يكسح الجسيمات والعوالق من المجرى فلا يساعدها على الترسيب) وهو عكس التيار الهادىء أوالlaminar flow الذى يسبب استقرار هذه الجسيمات على القاع ... وبالتالى كلما قل الcross flow قل الturbulence وقلت الshear force وأصبح هناك مجال أيسر فى ترسب الجسيمات على القاع ...



ونعيد عليكم ما ذكرناه فى الجزء الأول من خلال الصورة التالية وملاحظات المهندس أحمد همام لنجيب على السؤال المطروح <u>وهو قيمة الCross flow المثالية:</u>



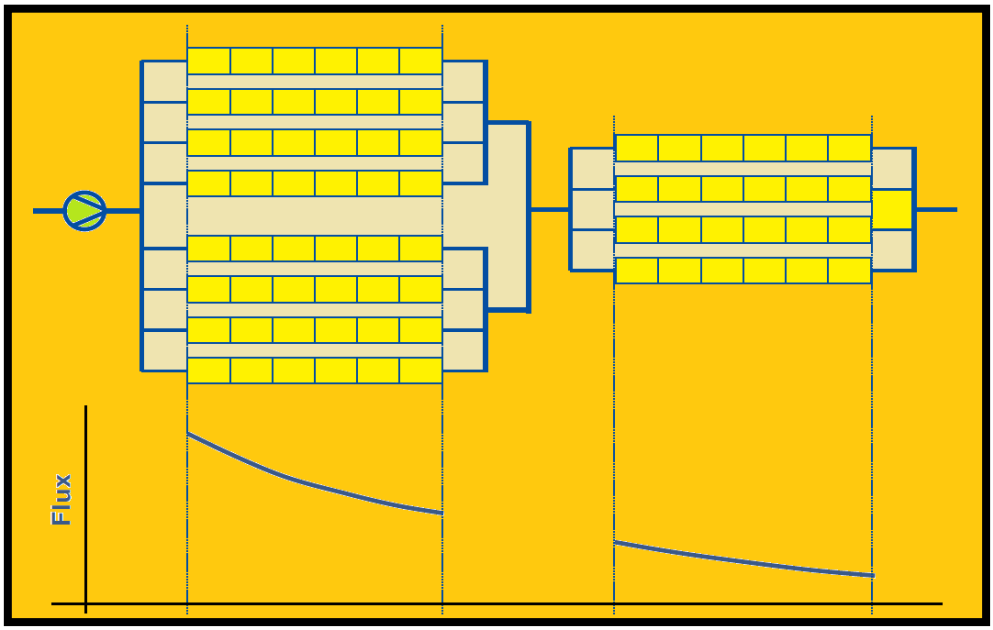
1- فى أول غشاء نجد أن البيريمت = 1.06 متر مكعب/ساعة ، وأن الfeed = 11.36 متر مكعب/ساعة ... لذا فإن نسبة البيرميت إلى الfeed = 10:1

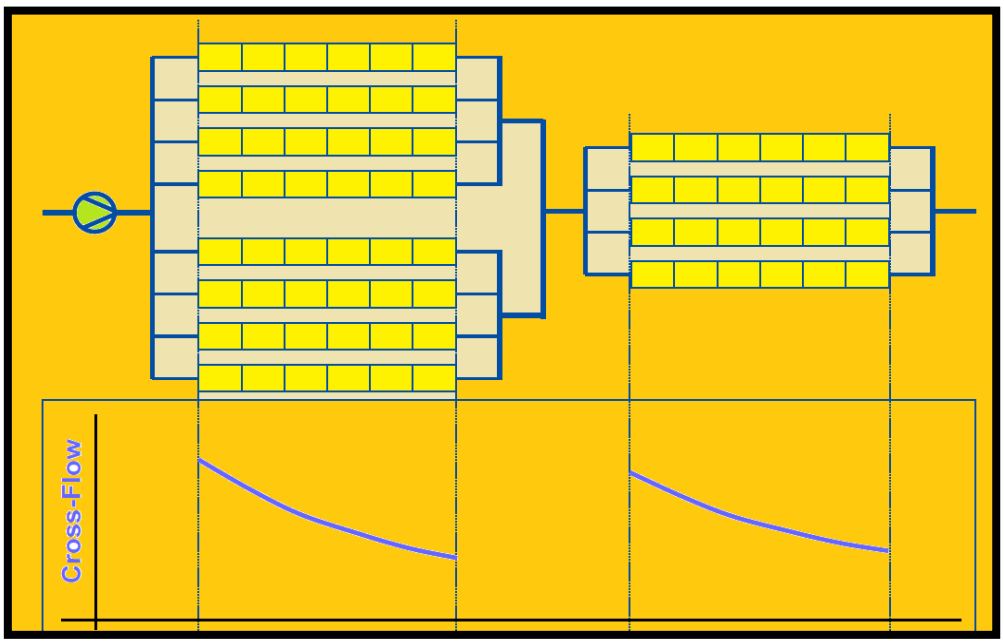
2- يقل الfeed (الذى يعتبر ال concentrate عند دخوله على الغشاء التالى ويعبر عن الcross flow) فيصبح 10.30 مترمكعب/ساعة ... ويكون البيريمت الخارج من هذا الغشاء الثانى = 1.03 مترمكعب/ساعة.

3- وفى نهاية الفيزل نجد أن البيرميت = 0.96 مترمكعب/ساعة ، وأن الconcentrate =5.33 يعنى بنسبة 5.5:1 تقريباً ... ومن هنا نقول أننا لا نستطيع أن نحدد قيمة الcross flow ... نظراً لأنه يعتمد على نوع الغشاء وطوله ... فهناك Sea water membrane وهناك brackish water membrane ... وهناك 4 inch و8 inch ... إلخ

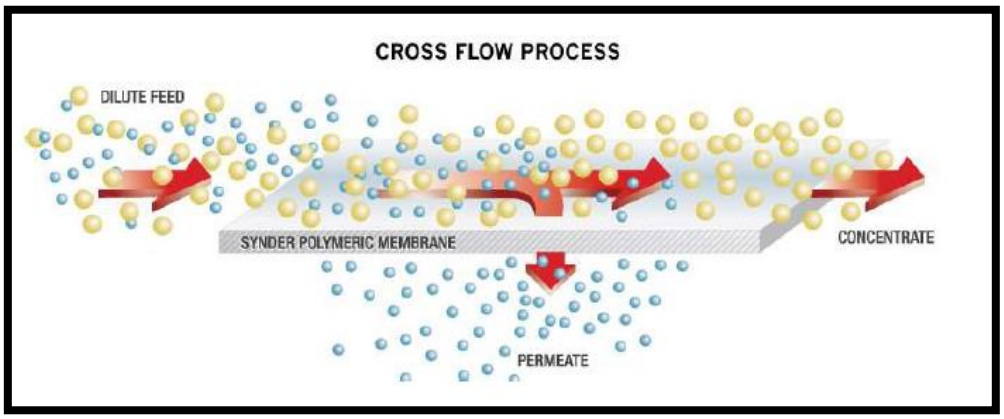
لكن ما نستطيع قوله أننا نحدد نسبتها إلى البيرميت ... وفى المعتاد لا يجب أن تقل نسبة الconcentrate إلى البيرمييت permeate عن 1:5 ... وكل شركة مصنعة للأغشية تعطيك هذه النسبة أو تقول لك أن أقل concentrate لا يقل عن كذا متر مكعب / ساعة ...

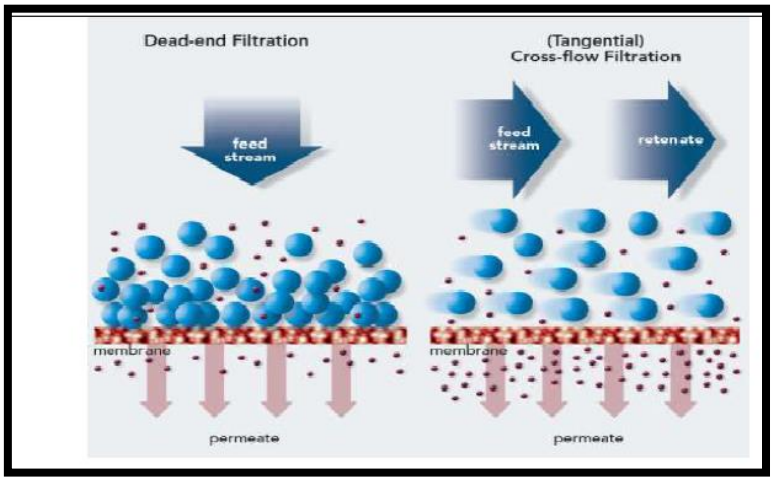
انظر إلى الصورتين التاليتين توضحان كيف يقل الفلاكس Flux والCross flow مع الإنتقال من غشاء لآخر ومن مرحلة لأخرى:



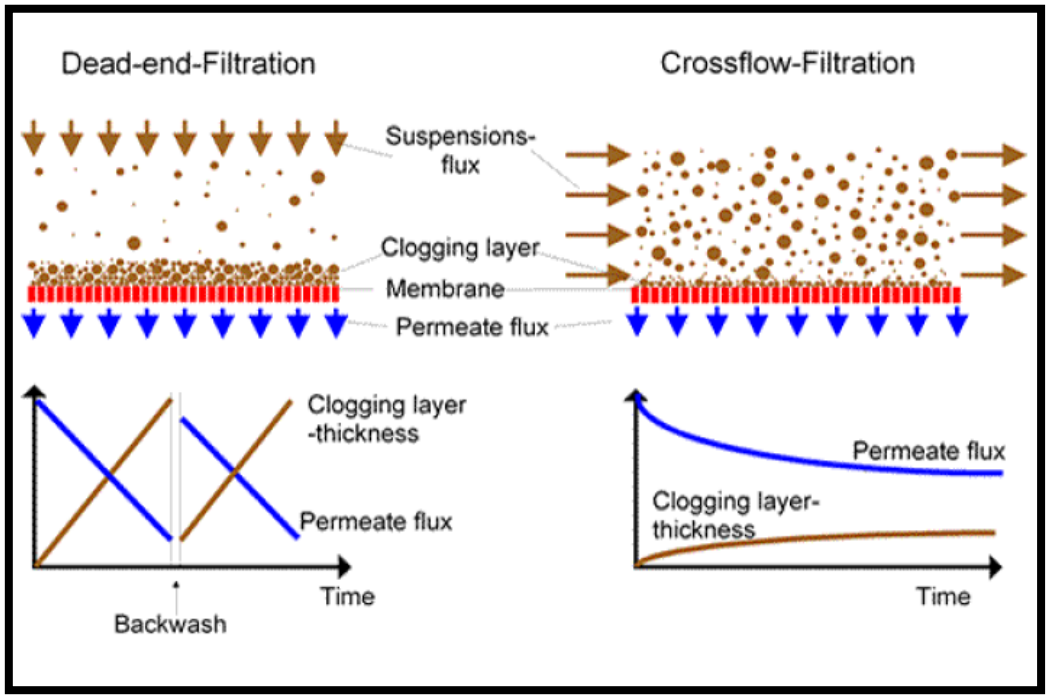


وإلي حضراتكم صور أخرى عن أنواع السريان فى منطقة الأغشية:





ونذكر بأن ال Dead end filtration لا يحدث مع أغشية التناضح ولكن مع الفلاتر الأخرى:



نتطلع إلى تعليقاتكم والمشاركة بخبراتكم ...

المناقشات المقترحة:

1- **ما هى طبيعة الأغشية فى المرحلة الثانية والثالثة ... وهل تختلف عن الأغشية فى المرحلة الأولى؟**

2- **ما هى الضغوط المطلوبة على الأغشية بالنسبة للمسارات وبالنسبة للمراحل ... وكيف يُمكن تحقيقها؟**

3- **تم رصد حالات يحدث فيها ترسبات ملحية فى المرحلة الثانية ولا يحدث فى المرحلة الثالثة على الرغم من زيادة الأملاح فى الثالثة عن الثانية ... ما هى الأسباب العامة لذلك؟**

مشاركات على النقاش التاسع والمناقشات المقترحة:

مشاركات المهندس أيمن موسيليني:

بالنسبه للضغوط المطلوبة للمراحل أو للمسارات قد تختلف للمياه السطحية نظراً لعدم ثبات الحمل الحراري والحمل العضوي ... ومن ثم سيكون هناك تغير في الضغوط علي مدار فصل الشتاء وفصل الصيف ... وتبرز ظاهرة انضغاط الأغشية مع تغير الحرارة مما يؤثر علي الإنتاجية ... لذا يلزم التعامل مع هذا المتغير لتحقيق الإنتاجية والجودة المطلوبة ... وهذا من أبرز عيوب المياه السطحية ... لذا تحتاج إلي متابعة جيدة وفهم ما يحدث من تغيرات خلال ظروف الجو المختلفة وذلك للوقوف علي أسباب أي متغير ولتقييم الحالة بصورة صحيحة والتعامل معها ... أما المياه الجوفية فلها حمل حراري شبه ثابت وأيضاً حمل عضوي شبه ثابت ... لذا يكون هناك حالة من استقرار التشغيل وثبات الضغوط والإنتاجية وجوده المياه المنتجة.

وعن ظاهرة تكون ال scales في المرحلة الثانية وليس في المرحله الثالثه هذا يرجع علي احتمالية زياده ال flux ونقص flow الريجكت عن الحد الأدني المسموح به ... ومن المُمكن أن يكون نتيجه ارتفاع الدلتا بي علي المرحلة الاولي ومن ثم انخفاض الflow علي المرحلة الثانية فيؤثر علي الflux فتقل كمية الريجيكت ومن ثم حدوث ترسيب ... وفي حالة المحطات المكونة من ثلاث مراحل يُمكن التحكم في ال flux لكل مرحلة عن طريق وضع flow meter علي خروج كل بيرميت مرحلة وهذا لم أراه في تصميم أي محطة نظراً للتكلفة ... ومن المُمكن أن يتم التحكم في تساوي ضغط البيرميت للمراحل عن طريق التحكم في البلوف اليدوية للبيرميت..

مشاركات المهندس نادر محمد النجار:

في بعض المحطات ذات الثلاث مراحل يتم تركيب نوعين مختلفين من الممبرينات ... بحيث يكون في المرحلة الأولى نوع ممبرين يتحمل الملوحة الاقل مثل ال Brackish ... وفي المرحلة الثالثة يتم تركيب نوع اخر من الممبرين للملوحة الأعلى seawater ممبرين ... وهذا كى يقلل المشاكل والإسكيل في المرحلة الثالثة.

مشاركات المهندس سلمان محمد حامد:

الأنظمة متعددة المسارات Multi pass أهتمت بالجودة علي حساب كمية المياه الخارجة لأن كمية المياه المنتجة من المسار الأول تكون فيد للمسار الثاني و سوف تقل الكمية بالتأكيد لخروج جزء منها Reject مثل وحدات ال RO بشركات الأدوية أو محطات ال sea water عندما تكون أملاح الفيد مرتفعة واحتاج لنسبة أملاح منخفضة أما الأنظمة متعدد المراحل Multi-stage فقد أهتمت بالكمية علي حساب الجودة لأن المرحلة الثانية يكون مياه الفيد أعلي من ناحية الأملاح و يكون الناتج منها أعلي في الأملاح من المرحلة الأولي مثل محطات Brackish water المستخدمة للشرب عندما تكون أملاح الفيد منخفضة نسبياًوفي العموم ما يحكمني في التصميم هو مواصفة مياه التغذية والمواصفة المطلوبة للمياه المنتجة.

مشاركات المهندس عبد الله العامري:

بمناسبة هذا الموضوع ... لو كانت معنا مياه تغذية أملاحها 250 وتم ادخالها على وحدة المعالجة R.O فإن نسبة الأملاح تصل الى 25 PPM ولكي يتم معادلتها إلى النسبة المطلوبة في الإنتاج وهي 110 PPM فإننا نقوم بعملية الخلط لجزء من الماء بعد فلتر الكارترج وهناك نسبة من الماء الريجيكت تخرج إلى خارج المحطة تكون أملاحها تقريباً 650 PPM وتذهب هذه النسبة هدراً ... ماذا لو تم اعادة تدويرها واستخدامها مع مياه التغذية ؟؟ مع العلم ان ماء الريجيكت يحتوي على مادة مانع الترسيب التي تضاف قبل الأغشية وماء الخلط المستخدم لتعديل الأملاح لا يحتوي هذه المادة ... وإذا استخدم الماء الريجيكت كتغذية سيكون جزء منه محتوياً على مانع الترسيب ويمر الى الخلط ؟؟

رد المحاضر:

سيتم افراد مناقشة بذلك فى المناقشة الخاصة بمياه الريجيكت.

مشاركة المهندس محمد محمود المترجمة وموضوع الإعتماد فقط على برنامج الروزا فى التصميم:

أحياناً يكون الاعتماد على بروجيكشن السوفت وير فقط يسبب المشاكل ... يجب عمل حسابات يدوية Hand calculationsوتقييم المشروع مع الأخذ فى الإعتبار الخبرة العملية ... مثلاً إذا كانت المياه الخام تعاني من بيوفاولينج أو فاولينج عضوى فإن الإعتماد الكامل على بروجيكشن السوفت وير لن يعطى تقييم جيد لقيم الريكافرى recovery أو الفلاكس Flux.

المهندس محمد على:

لكن في كل الأحوال غالباً ما تكون ال multi-stage فعلاً في ال brackish استغلالاً للطاقة الموجودة في مياه ال reject لأنها تكون خارجة بنفس ضغط الدخول تقريباً مطروح منه قيمة ال delta P على الأغشية يعني لا تزيد عن 2 بار.

عندي محطة two stages أملاح المنتج عالية فيها ... قررنا أن نفصل المياه المنتجة من المرحلة الثانية فقط (ذات الملوحة العالية طبعاً) و تحويلها إلى خزان ال feed بدلاً من نقلها إلى خزان ال product لأن العميل لا يهمه كمية المياه المنتجة لكن المهم الأملاح تكون قليلة. وبهذا استفدنا من المياه المنتجة من المرحلة الثانية بأننا خفضنا أملاح الفيد (ولو بقدر يسير) و كذلك خفضنا أملاح المنتج.

الطاقة الموجودة في مياه reject يجب أن نستغلها سواءً في مرحلة ثانية second stage أو أجهزة energy recovery تقلل حجم طلمبة HPP و تساعدها و تزود إنتاجية المحطة وتقلل من تكلفة استهلاك الطاقة الكهربية مثل أجهزة التربو:

HPb (Hydraulic pressure booster)

أوأجهزة ال PX pressure Exchanger.

ولأن الضغط في المرحلة الثانية يكون أقل نسبياً وأملاح التغذية التى هى reject المرحلة الأولى تكون أعلى.

ويجب أن أضع في اعتباري أن اختيار نوع أغشية المرحلة الثانية يختلف عن الأولى بحيث يتحمل ملوحة أعلى على ضغط اقل ... ومن الممكن استخدام في المرحلة التانية SW membranes مع استخدام BW membranes في الأولى.

المهندس حمدي السيد:

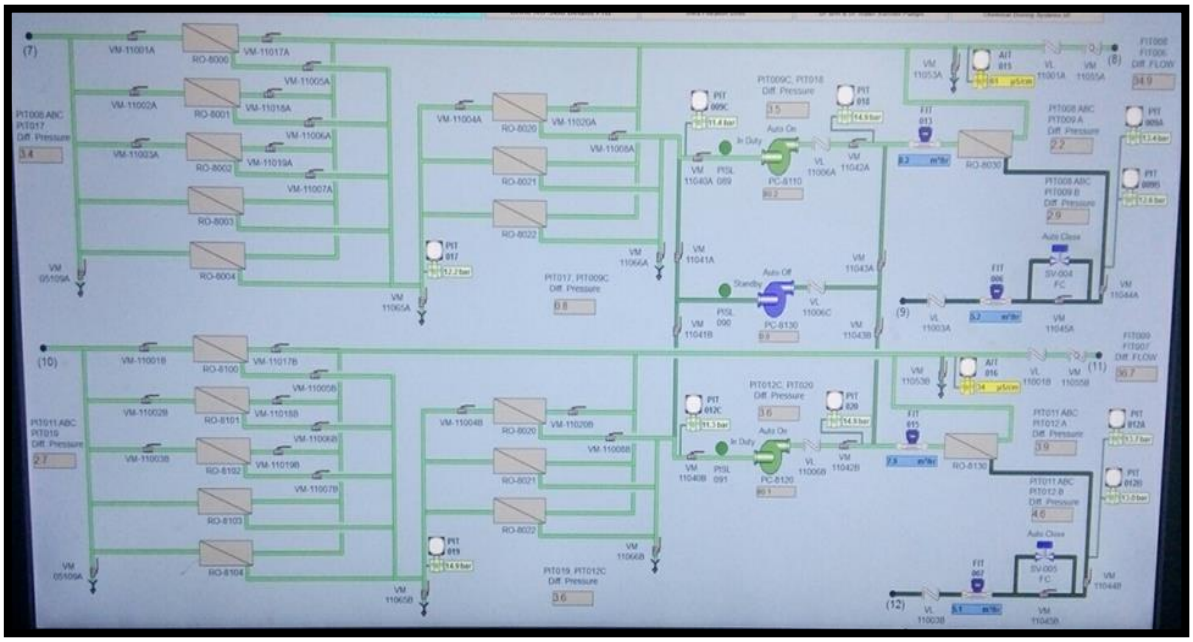
ما شاء الله...مادة دسمة وشيقة ... بالنسبة للإجابة على الأسئلة المطروحة السؤال الأول ... من المُمكن استخدام نوعين مختلفين من الأغشية فى المحطات التى يتم تصميمها بمرحلتين أو أكثر وذلك باستخدام BW فى المرحلة الأولى وSW فى المرحلة الثانية أو يتم استخدام BWHR فى المرحلة الثانية أوالثالثة... وهذه النوع من التصاميم يُطلق عليه Hybrid Membrane.

بالنسبة للضغوط للمرحلة الثانية أوالثالثة فكما نعلم جميعاً أن الضغط سوف يقل عن الفيد بمقدار فرق الضغط الذى من المفترض لا يزيد عن المرحلة عن ٣ بار ولذلك فى بعض التصاميم يتم إضافة Booster pump لرفع ضغط الرجيكت الخارج من المرحلة الأولى أو الثانية للتغلب على الزيادة فى أملاح الريجيكت التى تعتبر فيد للمرحلة الثانية أوالثالثة..

المهندس أيمن موسيلينى:

فعلاً أنا عندي محطة مكونة من ثلاث مراحل وتوجد Booster pump تأخذ ريجيكت المرحلة الثانية فيد للمرحلة الثالثة وتقوم بزيادة الضغط 3.0 بار ويوجد flow transmeter علي بيرميت المرحله الثالثة و flow transmeter علي ريجكت المرحله الثالثة ويتم التعامل مع هذه المرحلة كوحدة منفصلة لها ضغط وflow وبيرميت ورجيكت ودلتا بي ... ولكن لو قل ريجيكت المرحلة الثانية نتيجة ارتفاع لفرق الضغط علي المرحلة الأولي والثانية يقل الفيد للمرحلة الثالثة ومن ثم يكون عُرضة للترسيب لانخفاض الريجيكت عن 3.0 متر مكعب ... ولتجنب ذلك نكون حريصين ألا يقل فلو الريجيكت عن 3.0 متر مكعب ساعة ... وفي حالة الانخفاص أكثر من ذلك ترتفع الدلتا بي بسرعة لذا يتم الغسيل عند دلتا بي 3.0 بار بحد أقصي للمرحلة الأولى والثانية.

وهذه صوره توضح مراحل الوحدة: المرحلة الأولى والمرحلة الثانية وطلمبة ال Booster لتغذية المرحلة الثالثة ... الصوره لمحطتين علي التوازي وكل محطة ثلاث مراحل علي التوالي:



المهندس عبد العزيز عبد الغنى السبئى:

أنا أعتقد أنك كفيت ووفيت وأى مناقشة أخرى تندرج تحت التعليقات أعلاه ... وأود القول أننا نعمل حاليا في محطة تعمل بمرحلتين:

1- **المرحلة الأولى مكونة من أربع وحدات كل وحدة فيها 7 فيزلات ... المياه تغذية مياة بحر ... نسبة الأملاح فيها 25-30 ألف جزء في المليون ... ونسبة الأملاح فى البيرميت 250-300 جزء في المليون ... الفلو الخاص بالوحدة المرحلة الأولى 25 متر مكعب /ساعة ... حالياً الإنتاجية الفعلية 500-575 متر مكعب ... طبعاً الريجيكت درين (Drain reject) لأن نسبة الأملاح فيه عالية جداً ... فهذه المياه تستخدم لتغذية محطة تبادل أيوني موجودة في نفس الشركة لغرض انتاج ماء مقطر لمحطة الكهرباء وكذلك لتغذية مياة أبراج التبريد للمحطة الكهربائية.**

2- **المرحلة الثانية براكيش Brackish المياه تغذية من الوحدة الأولى ... بالتالي تكون مياه البيرميت نسبة الأملاح قليلة وتصل إلى 4-10 جزء في المليون ... هذه المياه تستخدم لصناعة السكر... وتتكون المرحلة الثانية من ثلاث وحدات بمسار واحد كل وحدة مكونة من ثلاثة فيزلات والفلو 12 مترمكعب ساعة.**

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

كيف نحدد عدد وترتيب ونوع الأغشية وأوعية الضغط؟؟

10

النقاش العاشر

النقاش العاشر:-

10- كيف نحدد عدد وترتيب ونوع الأغشية وأوعية الضغط

من البديهى أن يتم طرح هذه الأسئلة عند تصميم محطات التناضح العكسي ... ما هو نوع الأغشية المناسبة؟ وكم عدد الأغشية المطلوبة داخل وعاء الضغط؟ وما هى عدد أوعية الضغط (الفيزلات) المطلوبة؟ وهل نضع أوعية الضغط على التوالى أم التوازى؟ وهل نضعهم فى مرحلة واحدة؟ أم مرحلتين؟ أم أكثر؟؟ ... سيتم فى هذه المناقشة فقط وضع الأساسيات التى تساعدنا فى عمل ديزاين لمحطات الRO ... تابعوا التعليقات.

إختيار نوع الأغشية:

يتم اختيار الأغشية تبعاً لطبيعة ونوع المياه والأملاح ومكوناتها ونوع مادة الغشاء نفسه.

فمثلاً المياه التى بها أملاح أكبر من 15000 ppm مثل مياه البحر وبعض الآبار يتم استخدام Sea water membrane.

المياه المتوسطة الملوحة brackish water والتى لها أملاح من 10000 إلى 15000 جزء فى المليون يتم استخدام Brackish water membrane.

مياه الصرف يتم تخصيص لها أغشية معينة أيضاً ... وكل ذلك تبعاً لتوصيات الشركات المنتجة.

كما أنه بناءً على الأملاح التى نطلبها فى المياه المنتجة نختار نوع الغشاء ... فمثلاً لو كنا نريد أملاحاً بنسبة قليلة نختار غشاء له salt rejection عالى أو salt passage منخفض.

ولوتطرقنا إلى أبعاد الأغشية ففى العموم يتم اختيار أغشية بقطر 4 بوصة فقط لو كان معدل الإنتاج المطلوب أقل من 3 متر مكعب فى الساعة ... ولو كان أكثر من ذلك نختار قطر 8 بوصة و 40 بوصة طول وهو المعتاد والمألوف فى عالم التناضح ... وفى المحطات ذات الانتاجية الفائقة نختار أغشية بقطر 16 بوصة.

اختيار عدد الأغشية:

نذكر حضراتكم عندما كنا نتحدث عن ال Flux وهو كمية المياه التى تمر خلال وحدة المساحة السطحية من الأغشية فى زمن معين وذكرنا القيم المناسبة لكل نوع من المياه ... ونعيد عليك هذا الجدول:

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

لو استخدمنا مياه بئر ملوحته متوسطة ... نجد أن الفلاكس من 14 – 18 جالون لكل قدم مربع لكل يوم .... يعنى نقول فى المتوسط 16... ومن خلال المعادلة التى نحسب بها الفلاكس من خلال تقديرنا لقيمة الفلاكس وسريان البيرميت ومساحة سطح الغشاء الواحد نستطيع إيجاد عدد الأغشية:

$$Flux = \frac{permeate\ flow}{number\ of\ membranes\ x\ membrane\ surface\ area}$$

لو قلنا أن الفلاكس 16... وسريان البيرميت مثلاً 75 جالون/دقيقة (يُكتب بالشيت الخاص بالغشاء) يعنى 108000 جالون فى اليوم ... معنى ذلك أن المساحة الكلية المطلوبة للأغشية:

$$Total\ surface\ area\ of\ membrane\ = \frac{108000}{108000} = 6750$$

فإذا كان مساحة سطح الغشاء الواحد عندى هو 365 قدم مربع (بالشيت) ... لذا فنحن نريد عدد من الأغشية تساوى:

$$Number\ of\ elements\ = \frac{6750}{365} = 18\ elements$$

وبما أن الفيزل يتحمل سبعة إلى ثمانية أغشية كحد أقصى ... نستطيع أن نقول أننا نريد 3 فيزلات تحمل كل واحدة 6 أغشية وهو أفضل من السبعة أو الثمانية من الناحية العملية ...

الآن علمنا نوع وأبعاد الأغشية ... وكم عددها ... وكم عدد الفيزلات ... والمسألة كما ترون غير مُعقدة ولا تحتاج لصفحات وعمليات حسابية عسيرة!

<u>مثال آخر مشابه للسابق:</u>

مياه بحر نريد تحليتها بالتناضح العكسي ومتوافر لدينا المعلومات التالية:

Permeate flow = 528344 g/d , Area of membrane = 390 ft

Pressure vessel contains 6 elements

والمطلوب معرفة الآتى:عدد الأغشية وعدد الفيزلات والفلاكس الحقيقى.

<u>الإجابة:</u>

بنفس الطريقة السابقة نقدر من الجدول قيمة الفلاكس لمياه البحر فى المتوسط 10جالون/قدم مربع فى اليوم ...

$$Number\ of\ elements\ = \frac{permeate\ flow}{flux\ x\ surface\ area}$$

$$= \frac{10}{10x390} = 135.5 = 136$$

Number of vessels = 136 / 6 = 22.7 ≈ 23

وبالتالى فنحن نحتاج لحوالى 23 فيزل ...

ولكى نقيس الفلاكس الحقيقى نحسب بطريقة عكسية (23 فيزل يحمل كل منهم 6 أغشية ... يعنى 138 غشاء) ...ونسميها عملية ال Rounding وهى كالتالى:

$$\text{Actual flux} = \frac{permeate\ flow}{\text{number of elements x area of membrane}}$$

$$= \frac{528344}{138 \text{ x } 390} = 9.82 \text{ gfd}$$

وبالتالى لو كنا نريد زيادة الفلاكس عن هذه القيمة لزيادة الإنتاجية ما علينا إلا التقليل من عدد الفيزلات واحد أو إثنين وهكذا ...

(يُراعى فى الحسابات السابقة الوحدات ... فنحن تعاملنا بالجالون والقدم واليوم ... وأحياناً تكون المعطيات بالمتر مكعب أو اللتر والساعة فلننتبه).

<u>عدد الفيزلات المطلوبة: (من محاضرات المهندس محمد موسى بجانب بعض التعليقات):</u>

أهم ما يحكم تحديد عدد الفيزلات هو أفضل سريان لمياه التغذية الداخلة عليه Feed flow ... فكيف ذلك؟

لنأخذ الحجم المألوف للفيزل والذى له قطر8 بوصة ... نقول أنه يحتاج إلى 8 - 12 مترمكعب/ساعة مياه تغذية للفيزل الواحد ... لمياه البحر والبراكيش على حد سواء ... ولو زاد عن هذا الحد يسبب مشاكل كبيرة كتلف ميكانيكى للأغشية وتكون الطامة حينما يزيد عن 17 مترمكعب/ساعة ... وإذا قلت عن هذه القيمة أثر على الإنتاج والحالة الإقتصادية ... وفى المعتاد <u>نأخذ القيمة المتوسطة وهى10 مترمكعب/ساعة</u> ...

لنفرض أن مياه التغذية 60 مترمكعب/ساعة ... نقسمهم على <u>10 يعطينا 6 فيزلات ...</u>

وبالطبع فى المثال السابق يتم وضعهم على التوازى ... فإذا أردنا زيادة الريكافرى نضع مرحلة ثانية بفيزلات أقل وتدخل عليها الريجيكت الخارج من المرحلة الأولى.

فلو كان الخارج من الريجيكت فى المرحلة الأولى 30 مترمكعب/ساعة ... يمكننا استخدام 3 فيزلات كل واحد ندخل عليه 10 ... أو نستخدم أربع فيزلات ندخل على كل واحد منها 8 تقريباً.

وبالنسبة للمراحل فالترتيب الشجرى هو الترتيب الأنسب والأغلب فى كثير من الأحيان ونعنى به أن المرحلة الأولى تحتوى على العدد الأكبر ثم المرحلة الثانية تحتوى على عدد أقل ثم الثالثة على أقل من السابقة وهكذا كما شرحناه من قبل وشبهناها بشجرة الكريسماس ... ويكون الريكافرى فى المرحلة الأولى 45 – 55% وفى الثانية من 70 – 80% ... وفى الثالثة من 80- 90% ... كل ذلك فى العموم ... وذلك يخضع لمعايير أخرى.

<u>سريان الريجيكت:</u>

القاعدة تقول أن أقل معدل سريان للريجيكت يجب أن لا يقل عن 2.95 مترمكعب/ساعة لكل غشاء (8 بوصة) ... وإلا تعرضت الأغشية لتكون القشور وترسيب الأملاح ... (فى مياه البحر تصل إلى 5 متر مكعب/ساعة وفى المياه متوسطة الملوحة تصل إلى 4 مترمكعب/ ساعة) وأهم شىء أن لا تقل عن 3 مترمكعب/ساعة.

وبالطبع كما نقول أن تحديد 3 مترمكعب/ساعة حد أدنى ... قد يتغير تبعاً لتوصيات مصنع الأغشية وبناءً على طبيعة مياه التغذية من أملاح وخلافه.

وهكذا يتم تطبيق الأمثلة الأخرى بنفس القاعدة ... وتستطيع أن تكبر المنظومة وتزيد من عدد الأغشية والفيزلات تبعاً للإنتاج الذى تريده ...

وبعيداً عن هذا العناء السابق – والذى كان لابد من فهم أساسياته – فهناك برامج software الآن بمنتهى السهولة تستطيع الحصول عليها مجانى أو بأسعار رمزية ... وتنتجها شركات تصنيع الأغشية والفيزلات وتوزعها على شركات المعالجة بهدف التسويق وتشجيع الشراء وبالتالى الربح بجانب تقديم الدعم الفنى والمشورة العلمية وسرعة اتخاذ القرار فى تصميم المحطة ... بمجرد أنك تضع فيها البيانات المطلوبة يتم عمل تصميم متكامل لوحدة التناضح العكسي ومن ثم امدادك بعدد الأغشية والفيزلات والضغط المناسب ... إلخ

وهناك مقياس آخر لاختيار الrecovery وهو عدد الأغشية المتتالية في وعاء الضغط فكلما زاد عدد الأغشية أمكن زيادة الrecovery وفي الكتيب الفني لأغشية فلمتك نجد جدول اختيار recovery لأغشية المياه قليلة الملوحة وأغشية مياه البحر التي تبدأ من 35000 جزء في المليون كالتالى:

Table 3.8 Number of stages of a seawater system

System recovery (%)	Number of serial element positions	Number of stages (6-element vessels)	Number of stages (7-element vessels)	Number of stages (8-element vessels)
35 - 40	6	1	1	—
45	7 - 12	2	1	1
50	8 - 12	2	2	1
55 - 60	12 - 14	2	2	—

لو أردنا نظام 35- 40% ريكافرى فنحتاج إلى 6 أغشية فى فيزل واحد ومرحلة واحدة أو7 أغشية فى مرحلة واحدة أيضاً.

لو أردنا نظام 50% ريكافرى فنحتاج إلى 8-12 غشاء ... لو الفيزل به 6 أغشية فسنحتاج إلى مرحلتين (6+6 = 12) ... أو مرحلتين كل مرحلة فيها 7 أغشية أو مرحلة واحدة بها 8 أغشية.

Table 3.7 Number of stages of a brackish water system

System recovery (%)	Number of serial element positions	Number of stages (6-element vessels)
40 - 60	6	1
70 - 80	12	2
85 - 90	18	3

وفكرة إلغاء المرحلتين تماماً من مياه البحر غير واردة لأنها عمليا مطبقة وإن كانت غير مستحسنة.

المهندسة سُمية طه:

لكن عند تطبيقها سنحتاج إلي طاقة عالية جداً لارتفاع الأملاح لفيد المرحلة الثانية وليست استهلاك طاقة فقط ... فريجيكت المرحلة الأولي (يصل إلى 70 ألف) وهذه النسبة خرجت عن المواصفات المتفق عليها ولا يوجد ممبرين

يعمل علي هذه النسبة المرتفعة من الأملاح ... لذلك مياه البحر يتم تصميمها علي مرحلة واحدة ... ومؤكد بعد هذه المعلومات الدقيقة التي طُرحت والنقاشات العلمية استحاله نجاحها ... لكن لدي رأي اجتهادي ... في بعض الدول العربية الطاقة الكهربائية رخيصة جداً فليست مشكلة بالنسبة لهم ... ولو أنا شركة عملاقة سننفذ محطة بها عدد مهول من الممبرين ممكن الشركة المصنعة تصنع لي ممبرين بمواصفات خاصة تتحمل هذه الظروف ... وهذا من واقع عملي أن هناك شركات كبيرة تصنع منتج بمواصفات خاصه لمشروع عملاق وهذه فائدة لها حيث أنها ستكون المورد الوحيد مدي الحياه

و بهذا ممكن نتقبل فكرة عمل مياه البحر علي مرحلتين.

وفى المجمل نقول أن عدد المراحل فى المياه التى تحتوى على أملاح ذائبة حتى 12000 جزء فى المليون تتراوح من مرحلة إلي مرحلتين ويمكن اختبار التصميم في الحالتين ... أما في المياه المالحة حتي 50000 جزء في المليون فلن يزيد عد المراحل عن مرحلة واحدة ... قد تزيد عدد المسارات لتحسين جودة المياه المنتجة ولكن ليست المراحل والفرق بينهم تم توضيحه من قبل.

المهندس رياض عبد الفتاح عوض:

سوف أذكر مثال على مواصفات ممبرين:

التدفق الناتج من الممبرين Permate flow = 41 m^3/D (11gpd)

Performance salt rejection = 99.7

يسمى بأداء الممبرين ويعبر عنه بنسبة رفض الملح.

Type: Configration spiral wound

نوع الممبرين شكله كنوع حلزوني.

Membrane polymer composite polyamide

غشاء البوليمر: من نوع البولي أمايد.

Membrane active area 400 ft^2 (37.1 m^2)

المنطقة النشطة أو الفعالة من الممبرين.

Application data

بيانات الطلب

Maximum applied pressure = 600 psi

الحد الأقصى للضغط المطبق

Maximum chlorine concentration < 0.1 ppm

الحد الأقصى من تركيز الكلورين.

pH range: 2-10.8

pH for continuous cleaning: 1-12.5

Maxim feed water turbidity = 1NTU **نسبة العكارةالداخلة**

Maxim SDI_{15} < 5

Max feed flow = 75 gpm or(17 m^3/hr) **أعلى قيمة تدفق**

Max pressure drop = 15 psi

المهندس نادر محمد النجار:

كما ذكرت بأن زيادة الflow تزيد من فرصة التأثير ميكانيكياً على الأغشية ... كذلك نقص الفلو يسبب مشاكل خاصة في المرحلة الثانية وذلك بسبب انخفاض قوة الكنس وزيادة تركيز الأملاح للريجيكت مما يؤدي إلى تراكم الأملاح وحدوث scale وعليه يتم تركيب صمام لخط الانتاج للمرحلة الأولى وعمل back pressure وذلك لتوزيع الflux قدر الإمكان على المرحلتين وزيادة الفلو الداخل للمرحلة الثانية وبالتالي سوف يقل فرصة الترسيب مع زيادة قوة الكنس.

وهذه صورة لداتا شيت لأحد الأغشية ... دون ملاحظاتك ...

Membrane Data sheet

	Membrane Element	ESPA1
Performance:	Permeate Flow:	12,000 gpd (45.4 m^3/d)
	Salt Rejection:	99.3 % (99.0 % minimum)
Type	Configuration:	Spiral Wound
	Membrane Polymer:	Composite Polyamide
	Membrane Active Area:	400 ft^2 (37.1m^2)
Application Data*	Maximum Applied Pressure:	600 psig (4.16 MPa)
	Maximum Chlorine Concentration:	< 0.1 PPM
	Maximum Operating Temperature:	113 °F (45 °C)
	pH Range, Continuous (Cleaning):	2-10 (1-12)*
	Maximum Feedwater Turbidity:	1.0 NTU
	Maximum Feedwater SDI (15 mins):	5.0
	Maximum Feed Flow:	75 GPM (17.0 m^3/h)
	Minimum Ratio of Concentrate to Permeate Flow for any Element:	5:1
	Maximum Pressure Drop for Each Element:	10 psi

المهندس قربابى الجيلانى عامر:

أنا لدي اثنين فيزل ... كل فيزل 2 ممبرن على التتابع ... 8 بوصة ... النوع فيلمتك ... نوعية الهاوسينغ codeline.

المهندسة سُمية طه:

إضافة بسيطة ... تم ذكر 8" ... لكن هناك ممبرين أيضاً 4" ... وأنا أفضل دائماً في المحطات الصغيرة ... (مثلاً محطة 10 متر مكعب/ساعة) ... استخدام 2 ممبرين 4 بوصة في 2 فزيل كل فزيل 1 element بدلاً من استخدام 1 ممبرين 8 بوصة ... بالتأكيد في تساؤل لماذا؟

الإجابة كالآتي: أنا لو قمت بالتحميل علي ممبرين واحد وحدث أي مشكلة بهذا الممبرين إذاً هنا وحده الRo بها مشكلة كلها ... أما عند توزيع الحمل علي 2 ممبرين فبهذا نتفادي حدوث خلل في الوحدة بأكملها ...

تساؤل آخر: هل ال 2 ممبرين على مرحلة واحدة أم مرحلتين؟

الجواب على مرحلة واحدة ... يعني مصدر المياه سنقسم علي ال 2 فزيل كل فزيل ينتج 5 متر مكعب/ساعة 2 فى 5 =10 متر مكعب/ساعة و يتم تجميعهم في تانك.

المهندس أحمد محمد ربيع:

الأفضل في حالة ال2 فيزل أن يكونا مرحلتين ... يعني ريجيكت المرحلة الأولي هو تغذية الثاني وهذا يحمي الممبرين في حاله حدوث أي فاولنيج للممبرين الأول.

ما هى خطوات استلام محطة تناضح عكسي Reverse osmosis من الشركة المُصممة (المنفذة)

تم عرض هذا السؤال على المنتدى وتفضل عدد من المهندسين الأفاضل بالرد عليه وتم اختصاره فى الآتى:

المرحلة الأولى:

عمل طلبية أو (Request) يتم ارساله إلى الشركات المُصممة أو المُنفذة ... ويُفضل أن يكون لها خبرة طويلة أو سابقة أعمال ... يتم ذكر الإنتاج المطلوب من الناحية الكيفية والكمية (يعني كم متر مكعب/يوم مطلوب ... والجودة المطلوبة للمياه المنتجة أوالمواصفات المطلوبة من أملاح وخلافه).

إن أرسلت الشركة المُصممة الديزاين بدون أن تطلب التحاليل المعملية الخاصة بمياه التغذية يتم رفضها من البداية لأن ذلك يدل على عدم خبرتها وبالتالى لا ينبغي أن نقدم على الاستمرار فى العمل معها.

المرحلة الثانية:

بعد إطلاع الشركة المُصممة على تحاليل مياه التغذية تتقدم بعرض فني بجانب العرض المالي ... العرض الفني يشمل التصميم (الديزاين) أو البروجيكشن أو كراسة الشروط أو عقد التوريد يُكتب فيه أدق التفاصيل عن الوحدة ... كما يتم

فى العقد الإتفاق على استلام المحطة وفق التقرير المقدم الذى تعده الشركة المنفذة وخلال مدة زمنية لعمل المحطة تصل إلى شهرين بعد التشغيل.

كما يجب الإشتراط على الشركة المنفذة أن تكتب الظروف التي يتم بها تحقيق المطلوب فمثلاً الظروف الباردة غير الظروف الحارة (اختلاف الفصول وتغير الحمل الحراري) ... وتغير الحمل العضوي ... وتغير الأملاح الذائبة ... وتصميم الوحدة على أسوأ الظروف خاصةً عند التعامل مع المياه السطحية ... ولا يجوز عمل تصميم عند الظروف المثاليه لعينه المياه...

كما يجب الإتفاق على عقد صيانة (دورية أو سنوية) إن طلب المستلم ذلك.

كما يتم معرفة الموردين للمواد الكيماوية وخلافه.

المرحلة الثالثة:

هي مرحلة تسليم الوحدة ... ويُشترط فيها أن يكون المستلم (العميل) واعٍ ومدرك أن أى خطأ فى الديزاين أو الاستلام سوف يُكلف الشركة أو المصنع أو صاحب المشروع كثيراً بعد ذلك ... ويُفضل أن يكون فريق من عدة تخصصات تتضمن مهندس الكهرباء ومهندس الميكانيكا والكيميائي لينظر كل فرد إلى الوحدة من منظوره وتخصصه.

والتسليم يكون على عدة مراحل أيضاً:

1- قبل تشغيل الوحدة ... يتم فيها مقارنة تفاصيل العرض الفني بالواقع من حيث القطع المستلمة وفحصها: فلاتر – أغشية – البايبات – نقط الحقن للكيماويات – فلو ميترات (للتغذية والبيرميت والريجيكت) – تقييم القطع الكهربائية من خلال مهندس مختص – الفحص المبدأى لكفاءة الريزن فى حال وجوده ... إلخ

ويتم تسليم المانيولات أو الData sheet الخاصة بكل جزء فى الوحدة.

2- التشغيل لمدة 48 ساعة على الأقل وبكامل طاقتها والتسجيل اليومي فى ورقة تسجيل (Log sheet) لعدة قياسات وحسابات من ضغوط وفرق الضغوط ومعدلات سريان وكمية المياه المنتجة والريكافرى ونظام الريجيكت بجانب اختبارات الكفاءة ونسب ضخ الكيماويات طبقاً للبروجيكشن المُقدم ... والكشف على لوحة الكهرباء وقياس الأمبير لجميع الطلمبات.

ويتم عمل تحليل معملى كيميائي وبكتيريولوجي للمنتج ومطابقته للمواصفات.

وناحية إدارية مطلوبة هو أن يسأل المدير أو المشرف على الوحدة العاملين فيها ويأخذ ملاحظاتهم ويهتم بها.

المرحلة الرابعة:

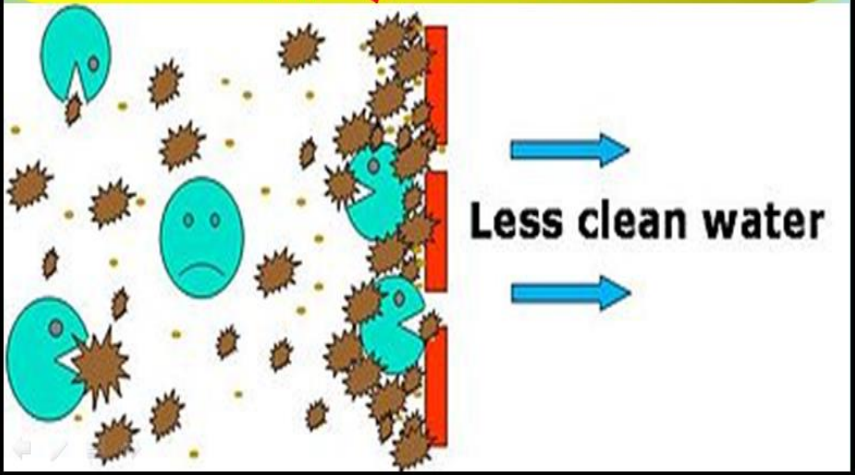
كتابة التقريرالنهائي بالقراءات المسجلة والتي سيتم الرجوع إليها كReference فيما بعد عن وضع المحطة وتحرير محضر باستلام الوصول والمطابقة الفنية.

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

مقدمة عن مشاكل الأغشية!!



11

النقاش الحادى عشر

النقاش الحادي عشر:-

11- مقدمة عن مشاكل الأغشية

الطالب أو الدارس لعلوم المياه يعلم أن كثيراً من المشكلات والظواهر ترتبط وتتشابك مع بعضها البعض فمثلاً نستطيع أن نقول أن نقص الأوكسجين فى الماء مشكلة أدت إلى مشكلة أخرى وهى موت الأسماك والكائنات الحية ... ونقص الأوكسجين فى حد ذاته يكون بسبب عدة أمور منها كثرة الكائنات الحية فى مكان محدود! كما أن نقص الأوكسجين ينتج عنه بيئة نسميها بيئة لا هوائية anaerobic وهكذا ... هى بالفعل سلسلة أو شبكة متصلة تتشابك عناصرها وكل عنصر يؤدى إلى آخر فى الغالب ...

ونفس الأمر عندما ندرس مشاكل الRO فنجدها قد ترتبط ببعضها البعض ... فنجد المشكلة وأسباب حدوثها ... وتكون هذه المشكلة هى نفسها أسباب أو يترتب عليها مشاكل أخرى...

وحتى تسير المناقشات فى الإتجاه الصحيح يجب شرح بعض الأساسيات العلمية والعملية قبل أن ندخل فى صلب المشاكل العملية ... يجب أولا معرفة ما معنى فاولينج ؟ وما هى أنواعه؟ وما هى القشور Scales؟ وما هى أنواع الضغوط التى تتعرض لها الأغشية؟

وبعد ذلك ننتقل إلى مغامرات العاملين مع الأغشية فى المحطات ومشاكل الأملاح!!!

أهم شىء نهدف إليه فى محطة التناضح العكسي هو الوصول إلى أعلى انتاجية بقدر المستطاع بجانب الوصول إلى أفضل جودة مطلوبة للمياه المنتجة ... كل ذلك مع الحفاظ على سلامة أجزاء الوحدة وفى القلب منها الأغشية ... وكفاءة الأغشية تُعبر عنها بأمرين ... الإنتاجية Productivity ... وكمية الأملاح المارة Salt passage ... وعندما نقول أن كفاءة الأغشية قلت 10% معناها أن انتاجية البيرميت قلت 10% أو بمعنى آخر قد نقصده وهو أن الأملاح التى تمر خلال الأغشية زادت بنسبة 10 %

ومن المراجع العلمية وتوصيات الشركات العملاقة فى معالجة المياه ومحاضرات المهندس العزيز محمد موسي والخبرة العملية من هنا وهناك وآراء بعض الخبراء على المنتدى جمعنا لكم هذه المادة العلمية الخاصة بالمشاكل التى يتعرض لها العاملون فى وحدة التناضح العكسي مع تقديم الحلول المناسبة ...

التعريف العلمى لمشكلة الفاولينج بأنواعه سيأتى فى المقدمة ثم نتحدث بعدها عن أنواع الضغوط ... والغسيل الكيميائى ... واختبار البروبينج Probing test ... ثم ننطلق بكم فى دهاليز المشاكل التى تحيط بالأغشية ... نتمنى لكم أياماً مثمرة وحوارات بناءه فى ظل التعاون بين أسرة المنتدى ...

ونبدأ هنا بمقدمة عن الفاولينج ... ونهيب بالزملاء بالمشاركة فى النقاشات القادمة وذكر خبراتهم المتراكمة مع المشاكل التى تحدث فى الأغشية ...

الفاولينج fouling معناها اتساخ ... واتساخ الأغشية معناه التصاق مواد بسطح هذه الأغشية ... وهذا يؤدى بالطبع إلى انسداد المسام وانخفاض فى انتاج المياه المُحلاة (البيرميت) الناتجة من اختراق الأغشية مع انخفاض جودتها وهو

ما نسميه الPermeate flux بجانب ارتفاع مصاريف التشغيل لأننا نحتاج لطاقة إضافية وزيادة فى مرات الغسيل أو تغيير الممبرين ... إنها المشكلة الرئيسية التى تلحق بأغشية التناضح العكسي ...

والاتساخ (الفاولينج) على أغشية التناضح العكسي لا يكون فى صورة واحدة بل قد يتكون من نوع أوعدة أنواع على هيئة طبقات Layers ... نذكرها الآن بإيجاز ثم بالتفصيل بعد ذلك فى مناقشات منفصلة ...

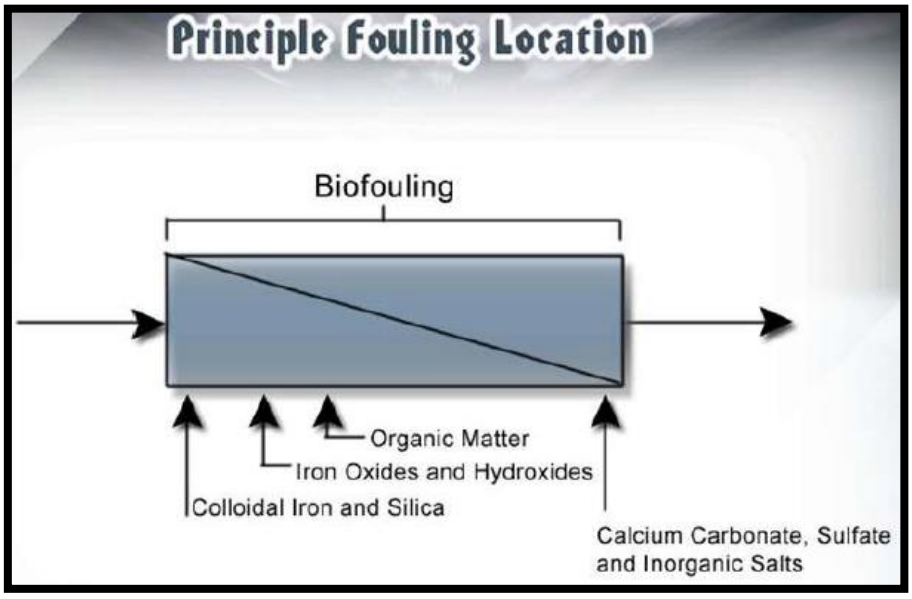
<u>هذه الأنواع نصنفها كالتالى:</u>

1. **اتساخ بيولوجى Bio-fouling (أوBiological fouling): وكلمة "بيو" نستنتج من خلالها نمو كائنات حية دقيقة (طبقات حية) تتمثل فى نمو البكتيريا أو الطحالب أوالفطريات ... يصاحبها تكوين طبقة البيوفيلم Biofilm اللزجة حيث تتراكم افرازات البكتيريا والكائنات الدقيقة بجانب بقايا البكتيريا الميتة ... سيتم شرح ذلك بالتفصيل فى النقاش القادم ...**
2. **اتساخ عضوىOrganig fouling: نتيجة للمواد العضوية الذائبة فى الماء نذكر منها الزيوت oil والبولى ألكتروليت Polyelectrolytes والhumics وسيتم شرح ذلك أيضاً فى مناقشة قادمة.**
3. **اتساخ فيزيائى Physical fouling بسبب عكارة مياه التغذية الذى تسببها المواد المُعلقة (Suspended) (كجسيمات الطين أو الرمل) ... والمواد الغروية (Colloids) مثل أكاسيد الحديد والمنجنيز والسيليكا ... حيث تتراكم على أسطح الأغشية وبالأخص على بدايات الأغشية فى الغالب مثل البيوفاولينج.**
4. **اتساخ كيميائى Chemical fouling بسبب الأملاح الغيرعضوية شحيحة الذوبان فى الماء ... وهى تسبب القشور وأشهرها أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم ... وهى تتراكم وتترسب عادةً فى نهايات الأغشية (ذيل الممبرينات) ... وقد وضعها بعض المتخصصين تحت بند الاتساخ الكيميائى والبعض وضعه فى تقسيم خارج نطاق موضوع الفاولينج لأنه يُعتبر ترسب أملاح ولا يدخل فى معنى الإتساخ ...**

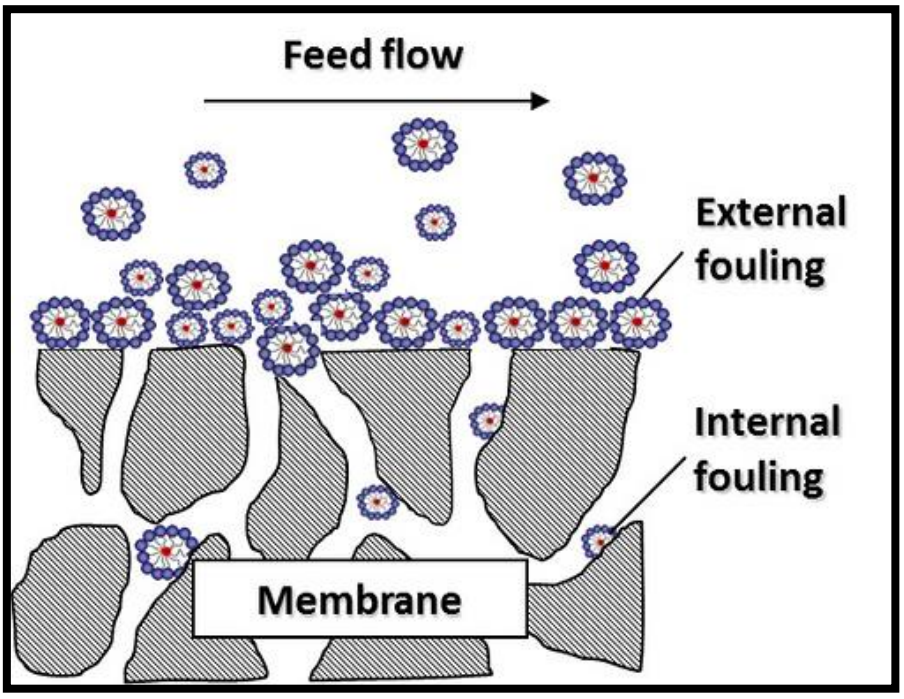
ونلاحظ أيضاً أن التقسيم السابق قد أدرج الحديد والمنجنيز الغروى والسيليكا الغروية مع الإتساخ الفيزيائى وليس الكيميائى ... ولا يهمنا هنا التقسيم العلمى كثيراً ... إنما الأصل أن نتعرف ونتعامل مع نوع الفاولينج ...

ومسببات الفاولينج المزعجة لا يتم حجزها بالكلية فى المعالجة الإبتدائية حتى ولو تم تطبيق معالجة بكفاءة عالية واستخدام فلتر كارتريدج 5 ميكرون ... ولكن نرجع ونذكر القاعدة التى تقول أنه كلما زادت كفاءة المعالجة الإبتدائية قلت فرص تكون الفاولينج على الأغشية ...

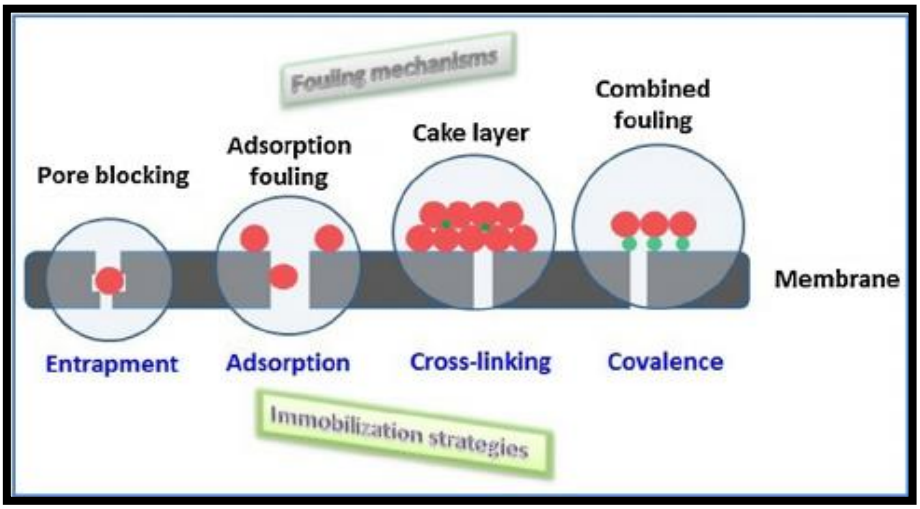
نرى فى الصورة التالية "تجميع" لأنواع الفاولينج على الأغشية ... نرى أن الفاولينج البيولوجى والعضوى والفيزيائى يترسب فى الأغشية الأولى ... ويسمونها الأغشية القائدة (Leader membrane) ... التى تستقبل مياه التغذية الآتية من مرحلة المعالجة الأولية ... بينما تظهر ترسبات الأملاح على نهايات الأغشية (أغشية الذيل) ...

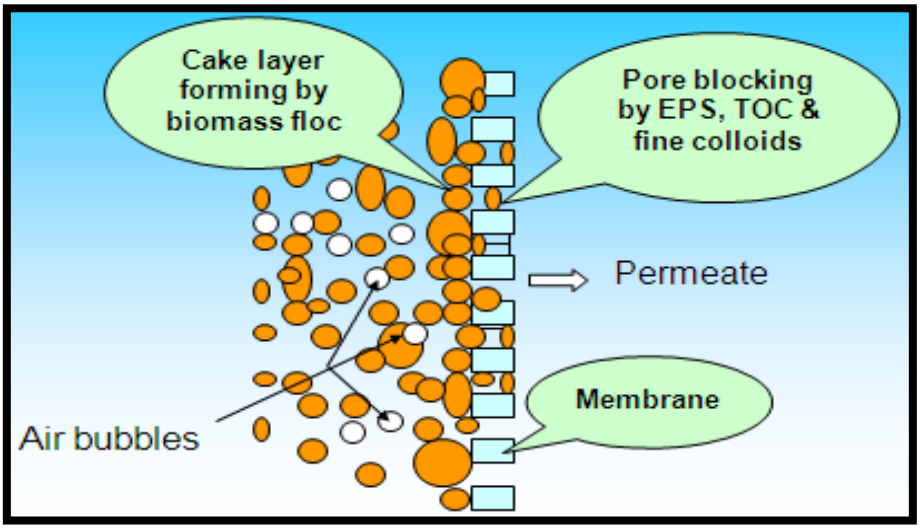


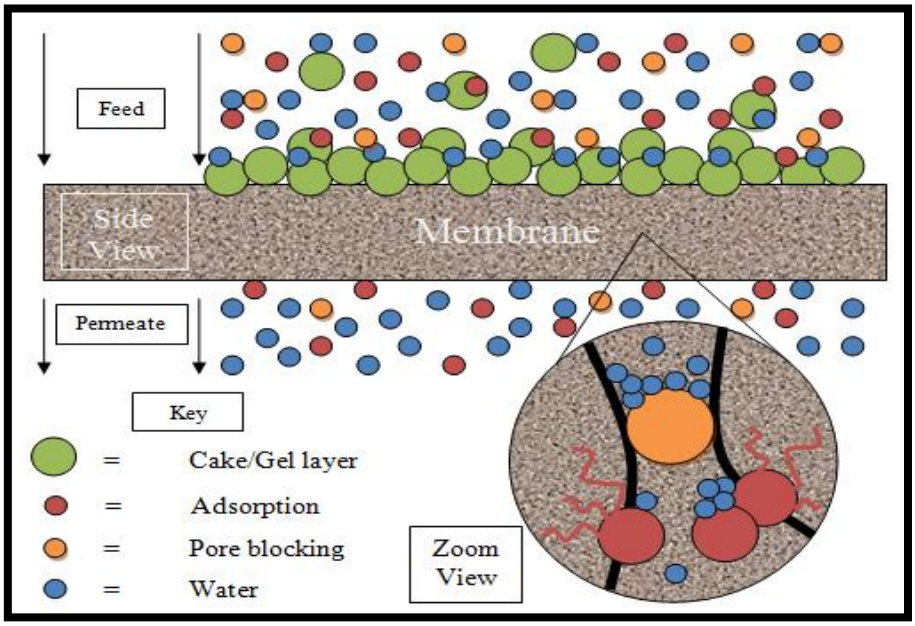
والفاولينج إما أن يكون على سطح الغشاء فيسمى External fouling أو يتراكم داخل المسافات البينية داخل الغشاء فيسمى Internal fouling ... والصورة التالية توضح ذلك:



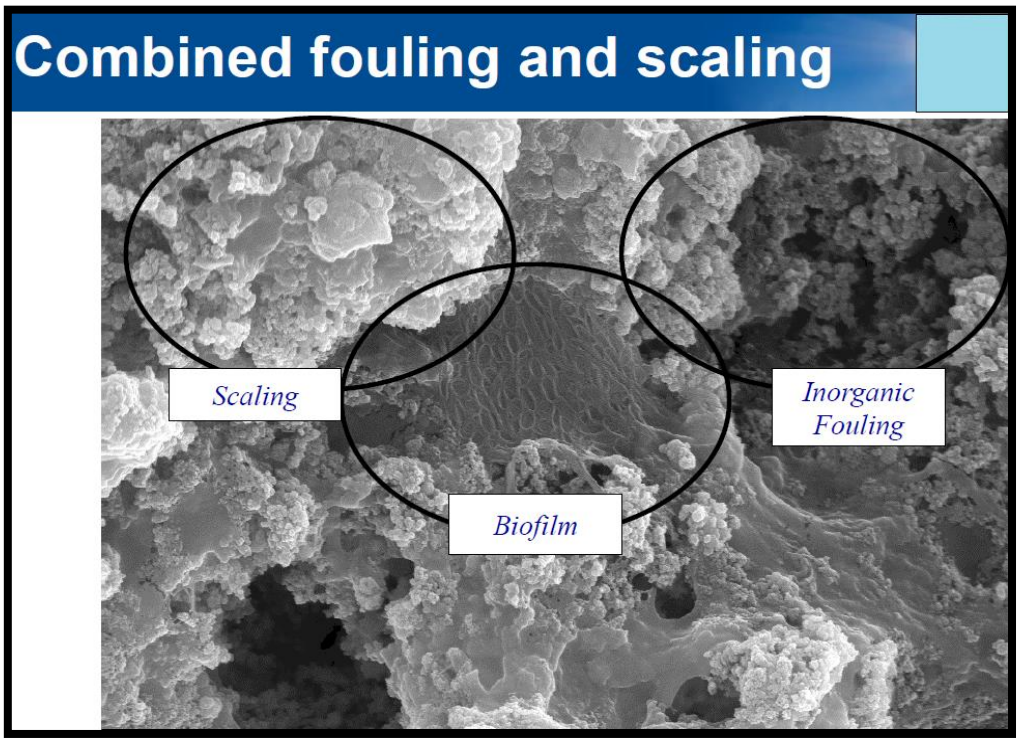
والفاولينج يتشكل فى أربعة صور رئيسية ... إما أن يسبب سدد فى الثقوب Pore blocking أو تمتز جزيئات الفاولينج على السطح (وعلى جدار الثقوب) فيُسمى adsorption fouling أو تتكون طبقات على سطح الغشاء فتسد الثقوب من المدخل ويسمونها طبقة الكعك (أوالكيك) Cake layer أو تتكون من عدة أنواع من الإتساخات فتسمى Combined fouling ... انظرالصورة التالية لمزيد من الإيضاح:







وهذه صورة ميكروسكوبية توضح تجمع لعدة أنواع من الفاولينج على الغشاء والتى سيتم شرحها بالتفصيل فى المناقشات القادمة:



وانسداد الأغشية قد يكون أيضاً نتيجة تفاعل مادة البوليمر الكاتيونى الموجب الشحنة (المستخدم فى الترويق) مع مادة الأنتي سكيلنت كما ذكرنا فى الجزء الأول من الكورس ... ويكون مادة رغوية أو هلامية شبيهة ب"اللبان" أو"العلكة" تسد الأغشية ... ولذلك كما ذكرنا فيجب الرجوع للشركة الموردة للأنتى سكيل وسؤالهم هل هو متوافق compatible مع البوليمر أم لا.

كما أن هناك أنواع من الأنتيسكيلنت إذا زادت عن الجرعة الموصى بها (Overdosing) تسبب هى نفسها فاولينج على الأغشية وتسد مسامها وتغير فى الضغوط ... لذا يجب قراءة الداتا شيت الخاص بهذه الكيماويات والجرعة المناسبة التى يجب أن لا نتعادها.

فى النقاشات القادمة سنتعرض لكل نوع من الفاولينج ونشرحه بالتفصيل ... ثم نتحدث عن الغسيل الكيميائى ثم نتحدث عن اختبارالبوربينج Probing وبعدها نفك شفرات التغير فى الأملاح والضغوط وسريان المياه ... وكلما تتطورنا فى المناقشات نلاحظ أننا ستركز على الجانب العملى أكثر ونبتعد عن الجانب النظرى.

المهندس أيمن موسيلينى:

من الأسباب والمشاكل المؤثرة على كفاءة أداء الأغشية:

1- **قصور وخلل في المعالجة الأولية|.**
2- **وجود مشاكل في معدلات الحقن سواء بالزيادة والنقصان.**
3- **عدم اختيارالكيماويات المناسبة والتي تتعارض مع بعضها البعض ... ومن ثم تكون هي ذاتها سبباً رئيسياً في المشكلة ... كما تم التوضيح بالنسبة لمراعاة اختيار البوليمر ليتناسب مع مانع الترسيب.**

4- التغيير في مواصفات المياه ... وهذا يتطلب متابعته باستمرار ويتطلب يقظة من العاملين بالمحطة ليتم التعامل مع المتغيرات من حيث تغير الأملاح والرقم الهيدروجيني والتغيير الحراري للمياه والتغيير العضوي ومدي تأثيرهم علي كفاءة المحطة ...

5- سوء منظومة التشغيل أيضاً قد تؤدي إلي مشاكل في الأغشية ... ويجب أن يكون المشغل علي دراية كافية بخطوات التشغيل ...

6- وأيضا العمل عند دلتا بي مرتفعة علي الأغشية له آثار سلبية ... ويجب ألا يتعدي الحد الأقصي لفرق الضغوط علي المراحل ... وفي العموم لا تتعدي الدلتا بي علي إجمالي المحطة 3.3 بار حتي لا تصعب عملية الغسيل الكميائي ...

ومن ضمن الأخطاء في المعالجة الأولية أنه يتم إضافه كبريتات الألومونيوم بكميات كبيرة جداً ظناً بأن زيادة الشبة تقوم بترويق المياه أكثر ... وأيضاً حقن البولي إلكترولايت ... علماً بأن الألومونيوم له حد أقصي ppm0.02 ... وكلما زاد الرقم عن هذا في مياه تغذية الROيكون من أحد أخطر أنواع الفولينج علي الممبرين ... لذا يجب مراعاه حقن الشبة بحيث لا يتعدي الألمونيوم الحر القيم المسموح بها ... ولهذا فإن نجاح المعالجة الأولية هي مفتاح النجاح لاستقرار محطات الRO.

المهندسة سُمية طه:

يجب علي القائمين علي محطات المياه المتابعة الدقيقة لكل أجزاء المحطة من حقن الكيماويات والضغوط ...إلخ وهذا جميعاً متفقين عليه ... لكن هناك اختبار مهم جداً يتعلق بهذا النقاش هو اختبار ال SDI هذا الاختبار نتائجه له مدلول مهم جداً علي كفاءة الممبرين من عدمها.

أيضاً عند فحص ورقه الSDI نعرف جيداً أي نوع من الرواسب وأين تكمن المشكلة ... هي تلوث بيولوجي ... تلوث بكتيري ... رواسب كيميائية ... أواتساخ كيميائي ... إلخ ... والوقت بين كل اختبار والآخر الذي يحدده هو نتيجه آخر اختبار و كفاءة المحطة ... لو آخر اختبار به فاولينج و قشور وتم عمل معالجة مناسبة للمشكلة لابد من عمل اختبار مباشرةً بعدها وبعد عدة ساعات تشغيل واليوم التالي وهكذا ... أما لو الاختبار كان نتيجته ممتازة فمن الممكن أن أعمل الاختبار كل عدة أيام للإطمئنان.

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

البايوفاولينج!!

12

النقاش الثانى عشر

النقاش الثاني عشر :

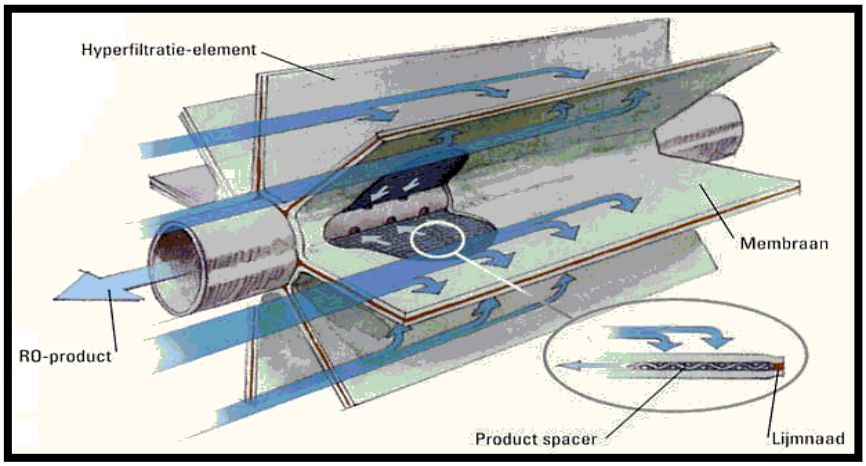
12- الفاولينج البيولوجى(BBiological fouling)

ذكرنا من قبل فى إيجازأربعة أنواع رئيسية من الفاولينج أوالإتساخ الذى يتراكم على أغشية التناضح العكسي ... وفى هذه المناقشة نذكر النوع الأول وهو الفاولينج البيولوجي أو الحيوي أو البيوفاولينج (Biofouling) بشىء من التفصيل ...

عندما نذكركلمة "بيولوجى" نعنى بها هنا الكائنات الحية الدقيقة من بكتيريا وفيروسات وطحالب وفطريات ... وتكاثرها يكون أعلى من الخيال ... مئات ثم ألوف ثم ملايين ... وتزيد فرص نموها مع ارتفاع درجات الحرارة لمياه التغذية ... ويبدو ذلك واضحاً فى الأماكن الحارة حيث تصل مياه التغذية لأعلى من 30 أو 40 درجة مئوية ... تابع التعليقات وشارك فى المناقشات المطروحة ...

فى مجال أغشية الRO ... يتركزهذا النوع من الفاولينج فى المناطق الأمامية من الأغشية والسبب هو أن ال water flux أكبر ما يُمكن بالمقارنة بما يحدث فى نهايات الأغشية أوالذيل وقد ذكرنا ذلك بالتفصيل من قبل.

يبدأ الفاولينج البيولوجى بالتصاق الكائنات الميكروسكوبية (كالبكتيريا والطحالب) بسطح الغشاء وبالأخص فى المنطقة الميتة (Dead zone) مثل الfeed spacer (راجع تركيب الأغشية فى النقاشات السابقة) ...



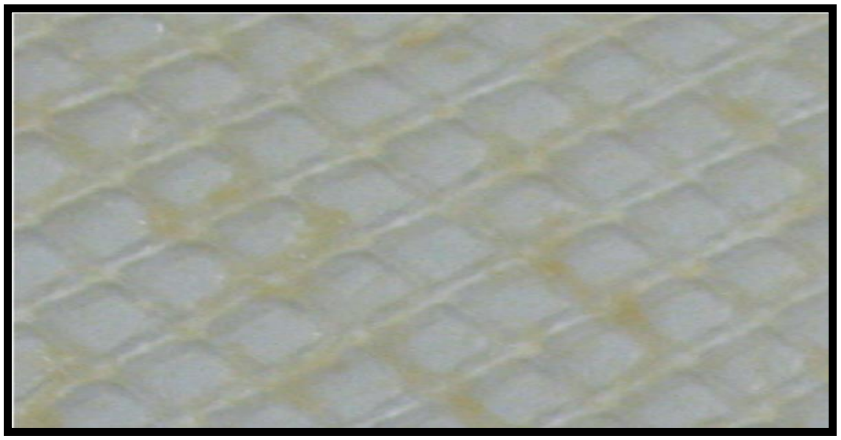
الطحالب الخضراء مصيرها الهلاك داخل أوعية الضغط ... هذا إن لم تكن هلكت بالفعل فى المعالجة الإبتدائية ... وذلك لانعدام وجود ضوء النهار (أو الأشعة فوق البنفسجية) داخل الأوعية ... وبالتالى تموت لأنها ذاتية التغذية تعتمد فى غذائها على نفسها من خلال عملية البناء الضوئى ... فأرجوك انسى نمو الطحالب فى هذه المنطقة ... سنركز على البكتيريا والفطريات ... ولكن لو استطاعت الطحالب المرور عبر الأغشية أو لمياه الريجكت حية فستنتعش وتتكاثر من جديد وتسبب مشاكل كما سنتحدث فى نقاش خاص عن ذلك نهاية الكورس.

طبعاً مياه جارية بدرجة حرارة من 20 إلى 40 درجة مئوية فى الغالب ... ومحملة بالمواد الغذائية nutrients (كالفوسفور) والأوكسجين الذائب ... تمر على هذه البكتيريا فى هذه البيئة الرائعة ... ثم تأتى كائنات إضافية تلتصق

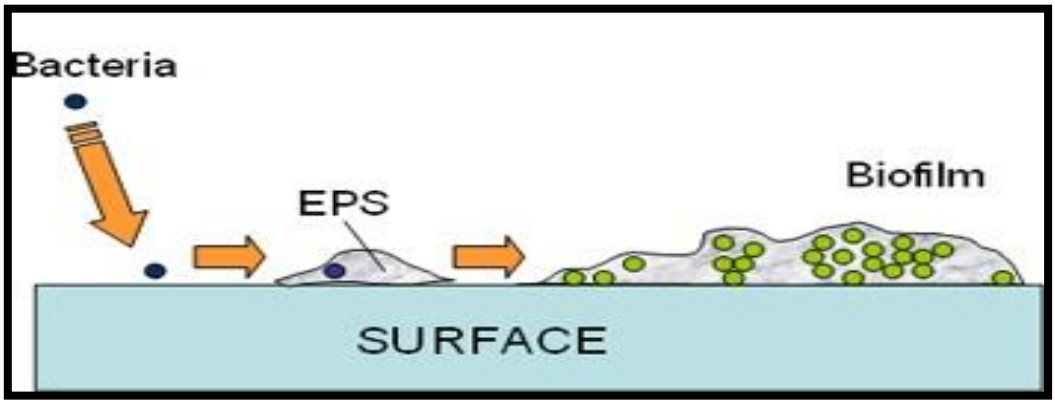
بالسطح كما فعلت مثيلاتها ... تتكاثر ... تكون مستعمرات ... إضافة إلى ذلك النعيم هو قلة الأملاح داخل الأغشية والذى يعتبرعامل إضافى قوى فى نمو البكتيريا.

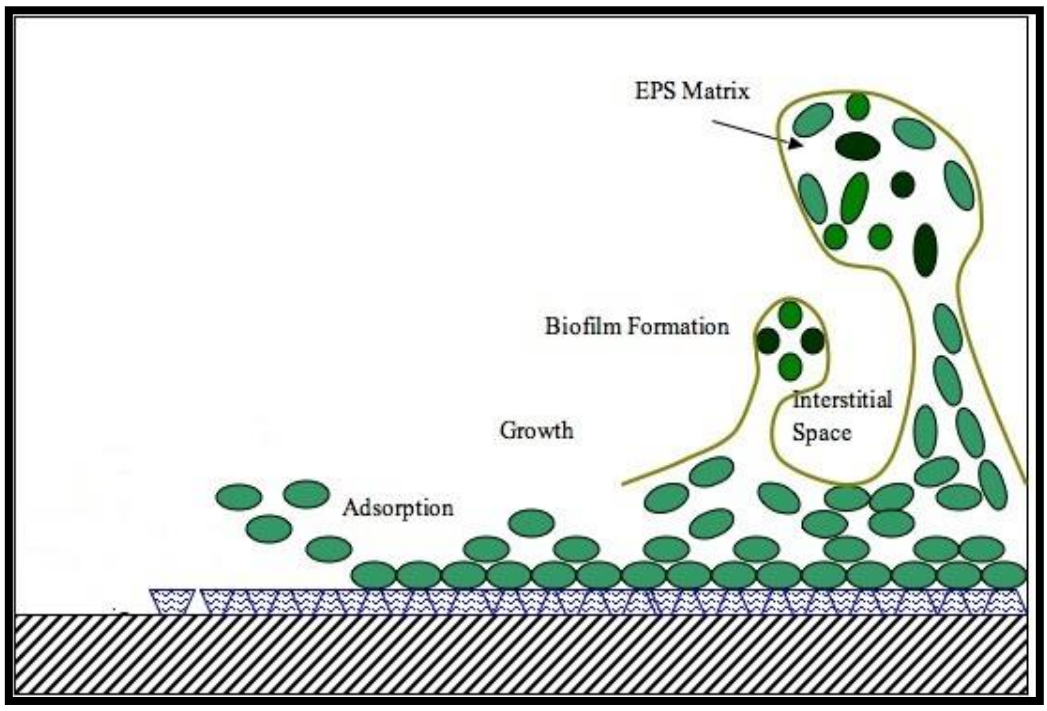
المأساة أن هذه الكائنات فى المرحلة المتطورة تفرز طبقة من مادة جيلاتنية من بوليمرات الكربوهيدرات وهى البولى سكاريد (EPS) وهى اختصار للExtracellular Poly Saccharides تسد مسام الأغشية ... هذه الطبقة يطلق عليها البايو فيلم Biofilm ... هى طبقة جيلاتينية تتكون رُبما فى أول عشر دقائق على المرشح من بداية تشغيله وتسمى أيضاً بالطبقة القذرة Dirty skin ... انظر الصورة:

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

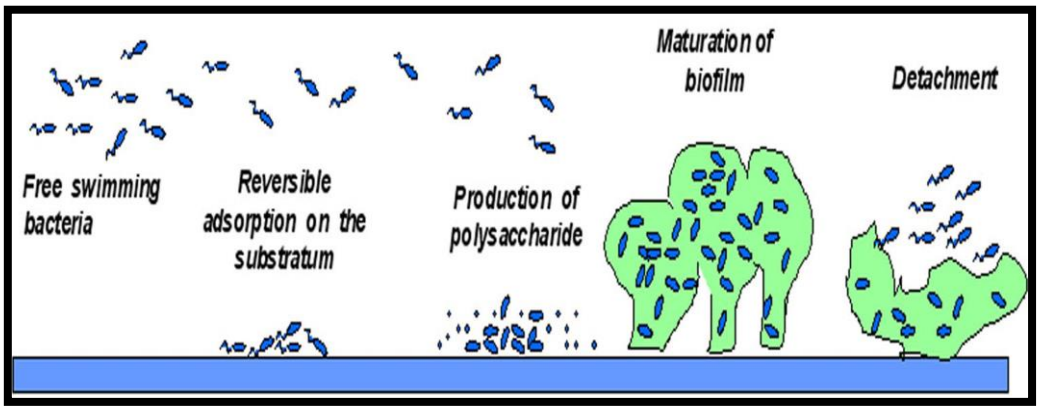


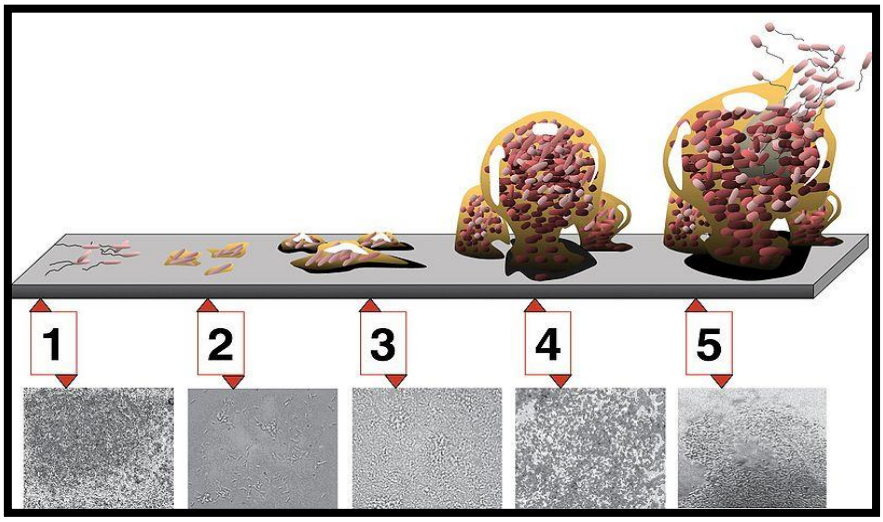
وعندما تستمر المستعمرات البكتيرية فى النمو تكون مايشبه عيش الغراب أو "الماشروم" "Mashroom" أقدامه أو جذوره فى الأغشية والجزء العلوى فى المياه ... حيث يصبح هذا التركيب بدوره مصيدة لأفراد جديدة من البكتيريا ... انظر الصور التى توضح مراحل نمو طبقة البيوفيلم وبالتالى تكون البايوفاولينج:

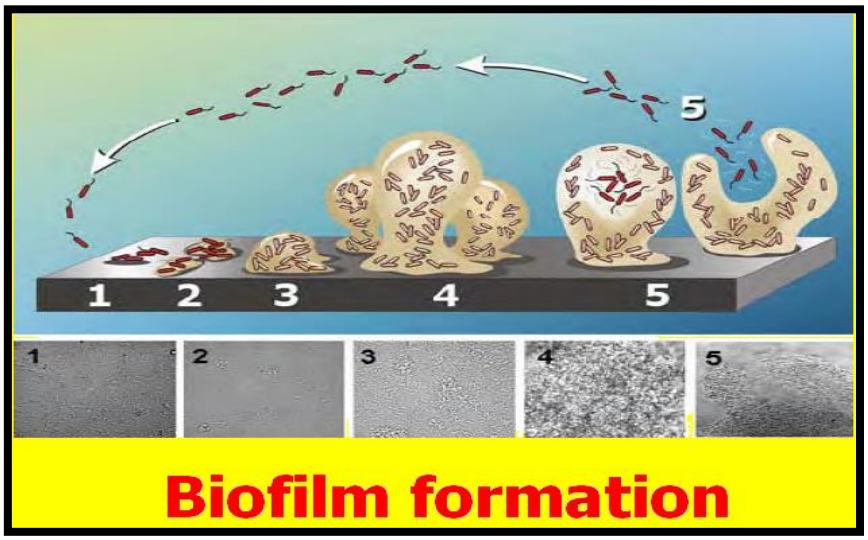




وعند نضج تركيب البايوفيلم يحدث فيه ما يسمى بالانفجار حيث تخرج البكتيريا من هذا التركيب لتنتشر إلى أماكن مجاورة ... يشبه ذلك قذائف المدفعية التى ترمى بالقذائف إلى الأماكن المحيطة ... يستطيع أحدكم رؤية هذه الإنفجارات بأخذ عينة من المستعمرات البكتيرية أوالطحالب من أحواض السمك أو أى جدار نمت عليه المستعمرات الطحلبية ويضعها تحت الميكروسكوب ويستمتع بعجائب خلق الله ...





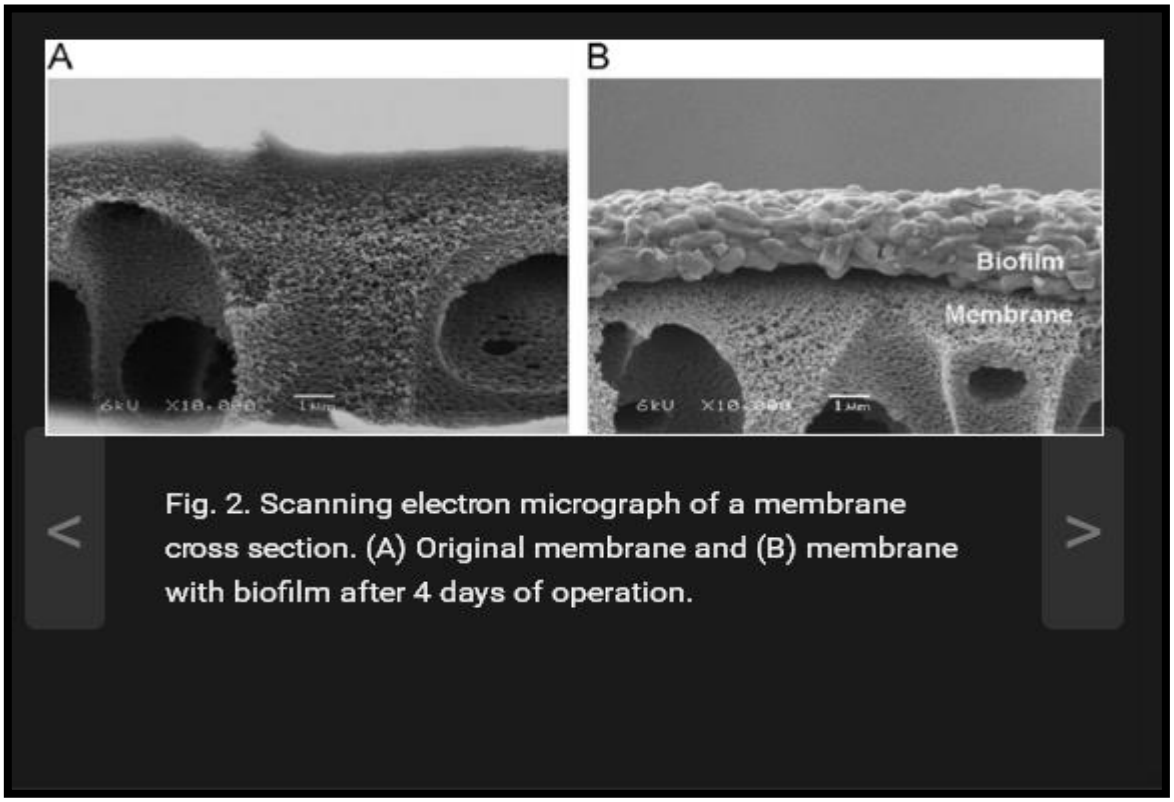


وبناءً على ما تقدم فإن طبقة البيوفيلم تحتوى على البكتيريا المفرزة للمادة الجيلاتينية (مثل بكتيريا Thoibacilli) ... كما تحتوى على طبقة غير حية من المواد المفرزة من البولى سكاريد والإنزيمات وبقايا البكتيريا الميتة ... وإليك توضيح الأمر فى الجدول التالى:

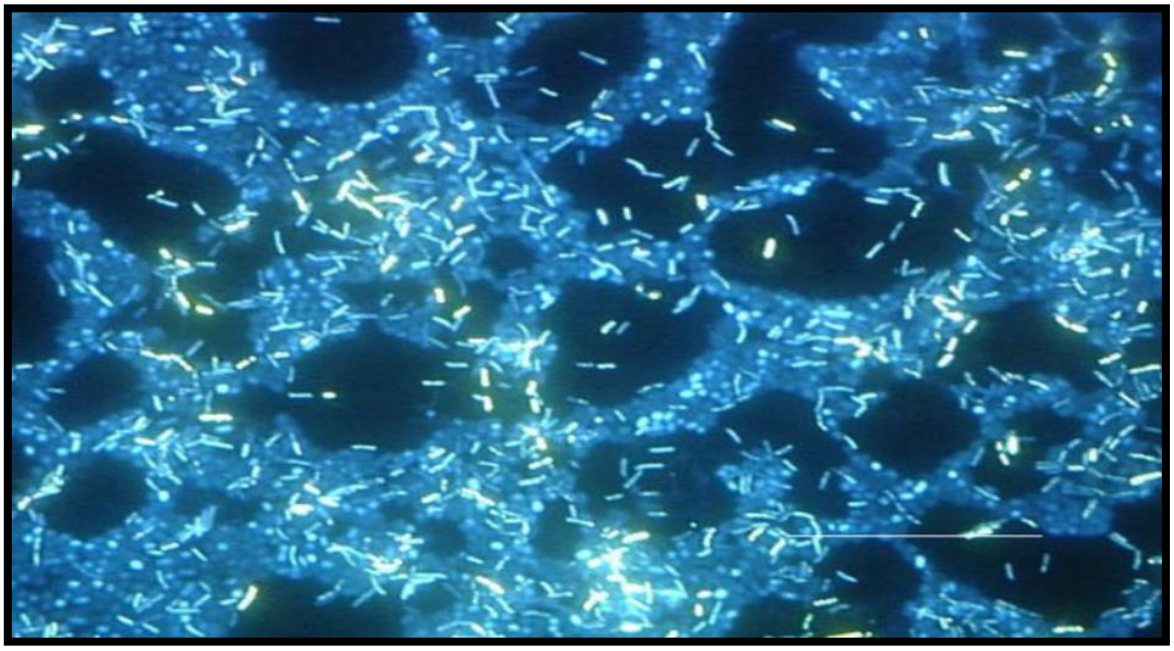
Biofilm Composition

Component	% Total	Description	Origin
Water	Up to 95%	Characteristics determined by dissolved solutes	
Microbial cells	2-5 %		
Polysaccharides	1-2 %	Neutral and polyanionic ; homo and heteropolysaccharides	Extracellular
Proteins	<1-2%	Enzymes	Extracellular and cell lysis
DNA and RNA	<1-2%		Cell lysis
Ions	?	Bound or free	

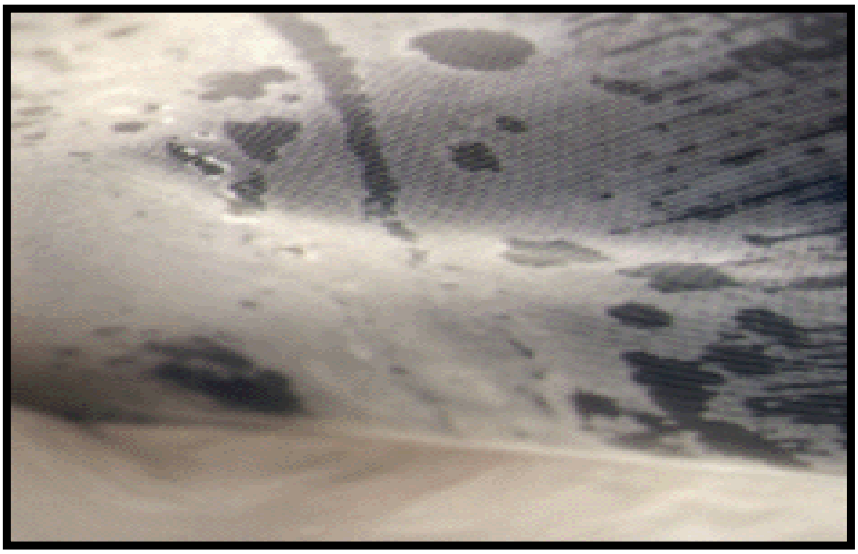
وهذه صورة ميكروسكوبية توضح الغشاء وهو فى حالة جيدة على اليسار (رقم A) قبل أن ينتكس ويتراكم عليه البايوفيلم (الصورة اليمنى) (رقم B) بعد 4 أيام فقط من استخدام الغشاء:

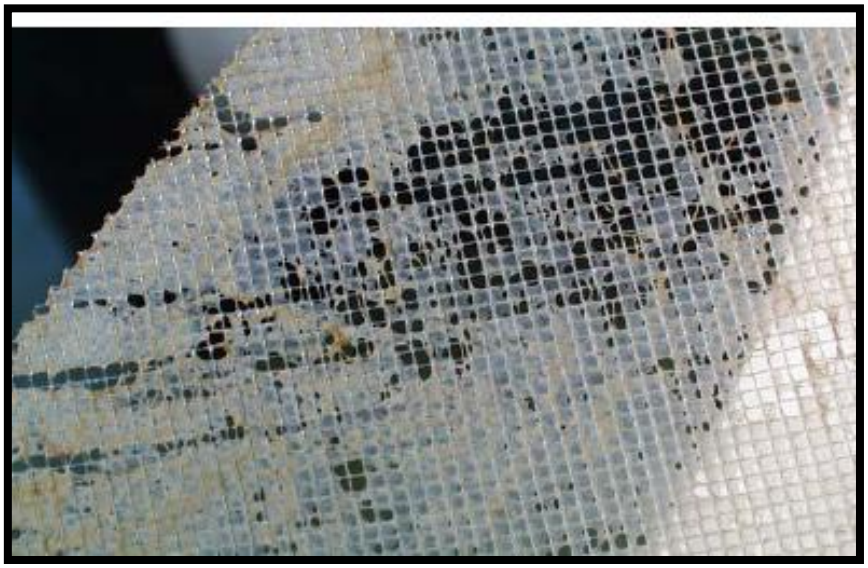


وهذه صورة أخرى للغشاء المُصاب تحت الميكروسكوب توضح البيوفاولينج والبكتيريا والطبقة التى تفرزها:



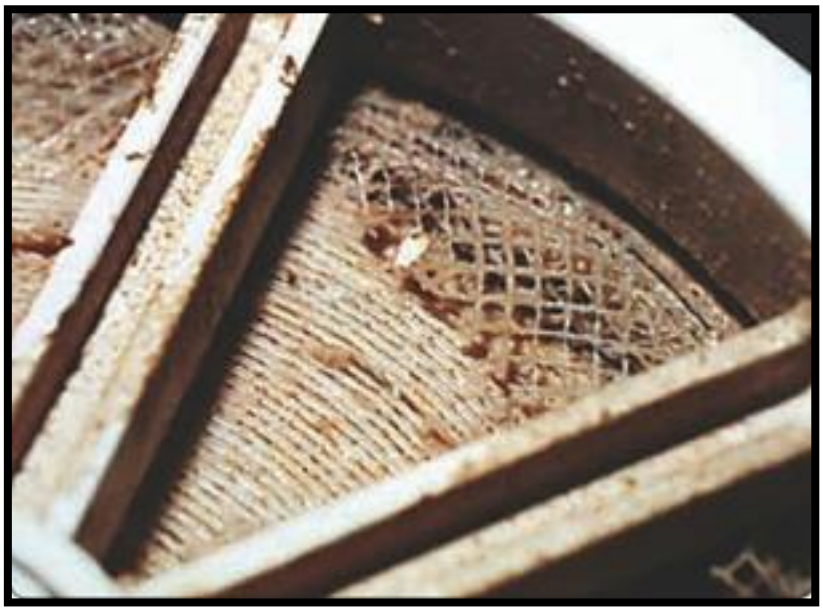
وهذه صور لأغشية مُصابة بالبايوفاولينج (اللون الداكن البنى أو الأسود البنى):



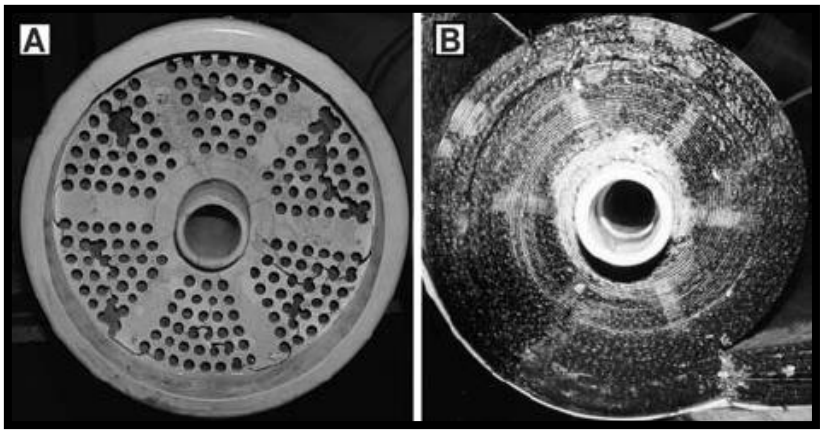


ومع تقدم نمو المستعمرات نرى الحصاد الأليم لترك البايوفاولينج يمرح على سطح الغشاء ... تظهر الصورة كالتالى:

وهذه صورة للأغشية من النوع الحلزونى الملفوف Spiral wound أصيب بالبيوفاولينج:



وهذه صورة توضح حدوث تدمير لل end cap للغشاء الحلزونى نتيجة للبايو فاولينج وارتفاع فى ضغط الماء الداخل على الأغشية:



وعند انسداد مسام الأغشية يظهر ارتفاع فى ضغط الماء الداخل على الأغشية ... وسنتحدث عن الضغوط بعد الانتهاء من موضوع الفاولينج مباشرةً.

من أسباب تكون الفاولينج البيولوجي على الأغشية بُعد المسافة بين الفلترالكربونى والأغشية ... وطول هذه المسافة يُحفز البكتيريا على النمو مرة أخرى خاصةً بعد إزالة الكلور فى الفلتر الكربونى (ويظهر ذلك جلياً مع المياه السطحية أو مياه البلدية City water) ... لذا تكون التوصية بجعل الفلترا لكربونى أقرب ما يمكن من الأغشية.

المهندس أحمد الربيعى الربيعى:

تأثير دقائق المواد الحيوية: الإنتباه الى محتوى المواد البيولوجية في مياه التغذية الداخلة الاغشية التناضحية وتأثيرها على الماء المنتج وبالتالي تلوث المياه وحدوث انسداد بايلوجي ... دورياً يجب قياس محتوى (TOC) أو (BOM) في المياه الداخلة حيث تنمو مستعمرات من البكتريا في بعض الأحيان في الأنابيب أوالفلاتر المايكرونية أوالفلاتر الكربونية أوالرملية لتكون في أدنى مستوياتها عند تعذرالتخلص منها كما وضح (Escobar et al. 2000) وذلك لانخفاض تركيزالمواد المعقمة مثل الكلورين أوعدم إعطائها الوقت اللازم للتعقيم وغيرها.

إحدى هذه البكتريا هي Novosphingobium capsulatum والمكتشفة من قبل الباحث (MacAree et al. 2005) ... في قابليتها على العيش في الأغشية في أنابيب الربط الداخلية و(O-RING) وسطوح الاغشية الداخلية من خلال زيادة حجمها بأفراز مادة مخاطية تمنع مرورها من خلال الفتحات المسامية وتعد من أهم مسببات الانسداد البيولوجي للأغشية مصدرها المياه الداخلة للأغشية.

والسؤال هنا ...

كما استطعنا أن نتنبأ بانسداد الأغشية بالمواد العالقة عن طريق اختبار الSDI وانسدادها بواسطة الترسبات الملحية بواسطة معامل لانجيريه LSI ... هل هناك طريقة للتنبؤ بالفاولينج البيولوجى؟؟؟ وعلى أساسه أبدأ تصميم أو تعديل مراحل المعالجة الإبتدائية؟

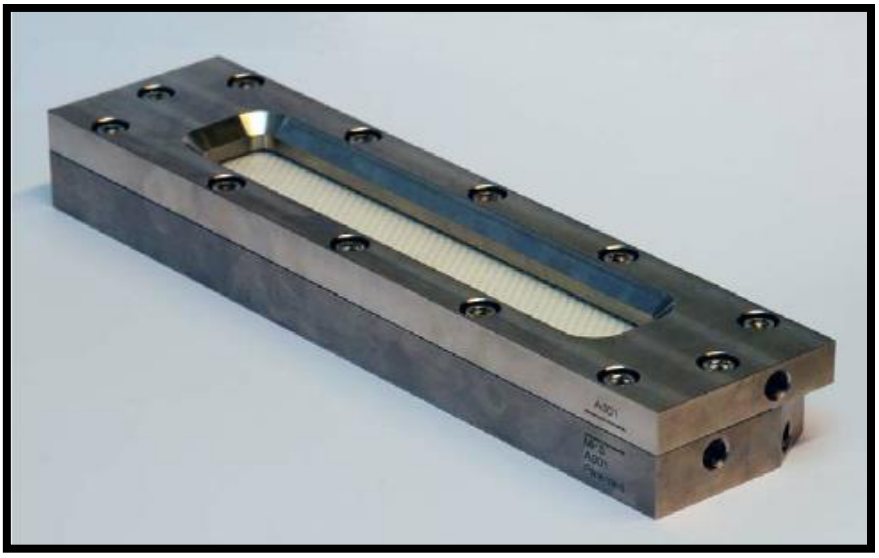
والجواب:

من الصعب التنبؤ المبكر بالفاولينج البيولوجى فى بدايات تشغيل الوحدة ... ولكن فيه ابتكار اسمه MFS أو Membrane Fouling Simulation ابتكره عالم أجنبى اسمه Dr.Hans Vrouwenvelder من جامعة دلفت الهولندية بالتعاون مع علماء من جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية ... وتم الإعلان عن هذه التقنية عام 2006 ...

الغرض من هذه الطريقة هو تحديد ميل مياه التغذية لتكوين الفاولينج البيولوجى أو بغرض تقييم أو تعديل مراحل المعالجة الأولية مثل التعقيم أو تغيير الفلاتر ... أيضاً تستخدم هذه الطريقة فى أنظمة التبريد وتقييم إضافات الBiocides وأداؤها ووحدات معالجة مياه الشرب.

وتلخيص القصة أنه يتم عمل محاكاة للوحدة بنفس ظروفها ويتم استخدام جرعات مختلفة من المواد المُعقمة ... وأيضاً يتم عمل المحاكاة مع تغيرفصول السنة ... إلخ

وهذه صورة لل Membrane fouling simulator وداخله الغشاء:



يتم تعريض الغشاء لظروف مشابهة للوحدة وفحص الغشاء تحت الميكروسكوب كل فترة للكشف عن مراحل تكون البايوفاولينج ...

وفى العموم ... إمكانية تكون البيوفاولينج يزيد مع استخدام المياه السطحية ذات الملوحة المتوسطة (البراكيش) ثم تقل مع مياه البحر وتقل أكثر مع مياه البلدية (City water) وتكون أقل ما يُمكن مع مياه الآبار:

Biofouling is more prevalent:
surface brackish water>sea water>tap water>well water.

أيضاً التفتيش الدورى على فلاتر الكارتريدج فى المعالجة الإبتدائية والكشف على الفيزلات ... وظهور رائحة سيئة يعتبر مؤشر على وجود البايوفاولينج فى أغلب الأحيان.

والبعض يعتمد على القياس الدورى للكربون الكلى العضوى TOC أو المواد المغذية Nutrients كمؤشر لوجود الغذاء المشجع على نمو البكتيريا.

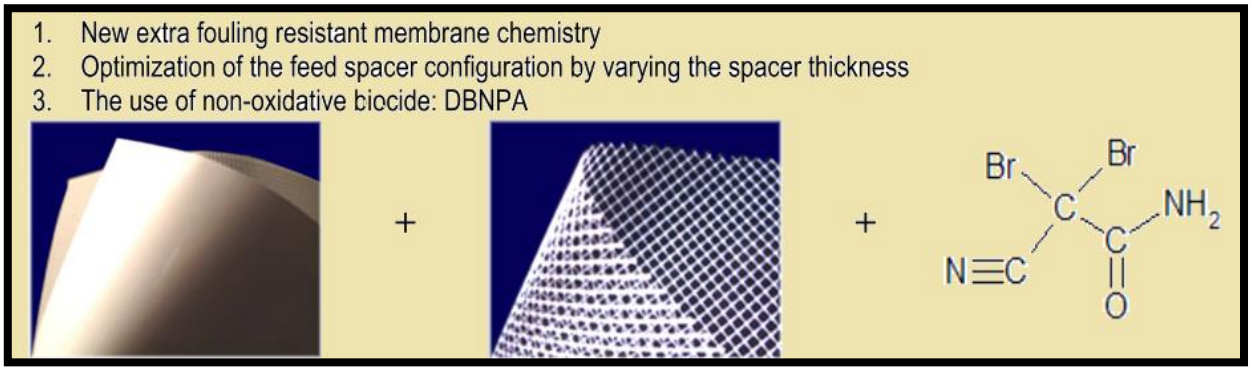
يمكن أيضاً استخدام الميكروسكوب للكشف عن البكتيريا من خلال ترشيح حجم معين من الماء وفحص ورقة الترشيح ... والمتخصصين فى الميكروبيولوجى يستخدمون صبغات معينة تظهر البكتيريا بصورة مضيئة فيسهل عدها والتعرف عليها (مثل صبغة الAcridine البرتقالية أو ال "INT") ... ونترك هذا الأمر لأهل الميكرو.

ويبقى التعقيم المبدأى بالكلور أو مشتقاته أوالUV فى المعالجة الإبتدائية أهم الأمور التى تحكم تكون الفاولينج البيولوجى على أغشية التناضح بل إن التساهل فى هذه الأمور يعتبر هو نفسه مؤشر شبه مؤكد لتكون البايوفاولينج بسرعة على الأغشية.

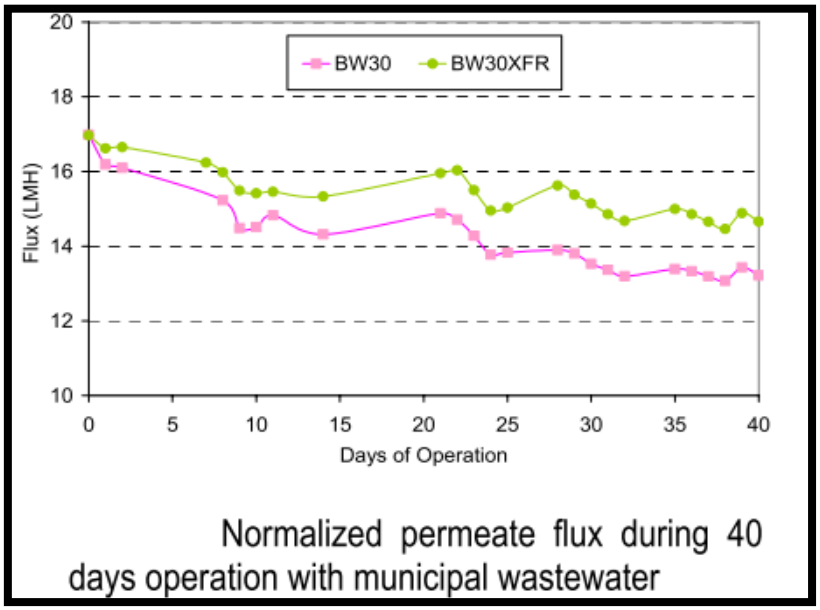
محاربة البيوفاولينج تحدثنا عنها من قبل وسنذكرهنا ثلاث طرق أخرى لمقاومة البايوفاولينج بجانب الغسيل الكيماوي الذى سنتحدث عنه بعد ذلك ...

<u>الثلاث طرق فى مكافحة البايوفاولينج كالتالى:</u>

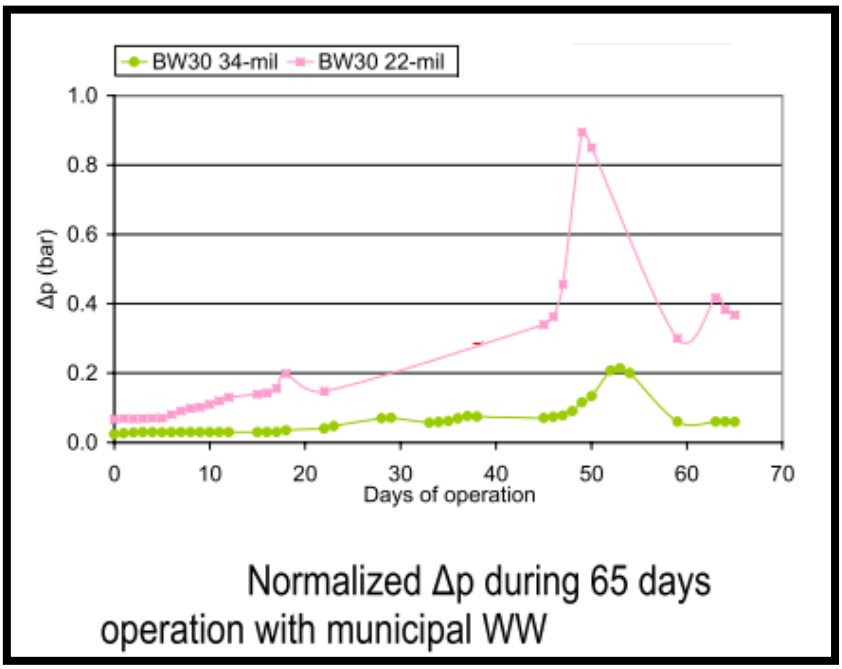
1. **استخدام أغشية لها مقاومة كبيرة للبايوفاولينجExtra fouling resistant membrane .**
2. **تغيير سمك الFeed spacer.**
3. **استخدام جرعات دورية من الDBNPA وهو نوع من البايوسايد غير ضار لجميع أنواع الأغشية ولا يؤكسدها ويقتل البكتريا والفطريات ... ولكن يعيبه ثمنه المرتفع بالمقارنة بالكلور.**



من الرسم البياني التالي فى اختبار تشغيل 40 يوم ... نجد نوعين من الأغشية ... النوع العادى مثل BW30 (فيلمتك) من نوع TEC (اللون الوردي) ... ونوع مقاوم للبايوفاولينج BW30XFR من نوع TFC أيضاً (اللون الأخضر) حيث يشير الXFR إلى Extra fouling resistant:

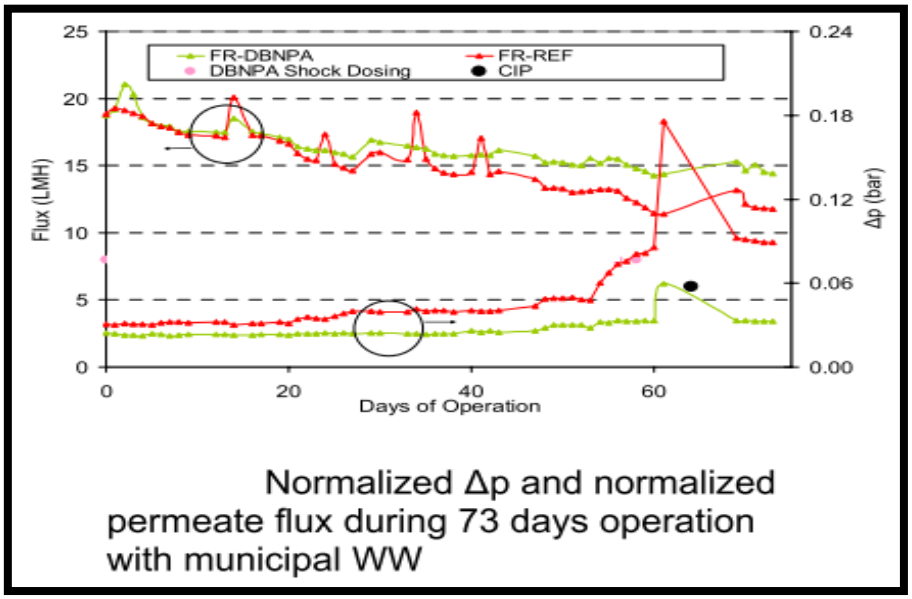


والرسم البياني التالي نجد نوع من الأغشية له feed spacer أكثر سُمكاً ويقاوم الفاولينج وهو BW30 34-mil (اللون الأخضر) بالمقارنة بالنوع BW30 22-mil الأقل سُمكاً فى الفيد سبيسر (الون الوردى) ... يظهر ذلك فى الدلتا بي التى تزيد مع النوع الثاني عن الأول:



كما أن الغسيل الكيميائى يعطى نتائج أفضل فى الأغشية المقاومة للفاولينج.

الرسم البياني التالي يوضح تأثير البايوسايد DBNPA الذي يتم حقنه دورياً أو بجرعات Shock dosing ... حيث نجد أن الدلتا بى لا ترتفع بالمقانرة مع عدم استخدامه كما أن الفلاكس لا ينخفض بالمقارنة مع عدم إضافته ... كما أن الغسيل الكيماوي يكون له نتائج أفضل مع استخدام هذا البايوسايد:



Normalized Δp and normalized permeate flux during 73 days operation with municipal WW

المشاركات على النقاش الخاص بالبايوفاولينج:

المهندس أيمن موسليني:

من أهم العوامل التي تؤثر على نمو البكتريا والفطريات:

1- درجة الحرارة. 3 الأكسجين الذائب في المياه.

2- الرقم الهيدروجيني. 4- تركيز العناصر التي تتغذى عليها تلك الكائنات.

والبكتريا كائنات حية وحيدة الخلية ولها أشكال مختلفة ... كروية ... أو مستقيمة ... أو سبحية وتتكاثر بالإنقسام الشطري للخلية ... حيث أن كل خلية تنشطر إلي خليتين جديدتين تتكاثر كل واحدة منهما وتنشطر أيضاً الي خليتين في فترة تتراوح ما بين 15 إلي 30 دقيقة ... حيث تتراوح قطر خلية البكتريا ما بين (10000/1) إلى (1000/1) مم ... أما حجم الفيروسات فيتراوح ما بين (100000/1) إلى (100000/30) مم.

ويضيف المهندس أيمن موسليني:

هذا كارتريدج عند تغييره وُجد هذا اللون مع وجود رائحة كريهة جداً ... وكان ذلك بسبب عدم انتظام جرعة الكلور ... ومع استمرار حقن الSBS وبعد ضبط جرعة الكلور وضبط حقن الSBS اختفت المشكلة ولم تتكرر...

سؤال المُحاضر عن الواقعة السابقة:

هل كان هناك تأثير على الأغشية أم كان الكارتريدج هو من امتص الصدمة؟ وما نوع مياه التغذية؟

رد المهندس أيمن موسليني:

كان له تأثير علي الأغشية ... والملحوظة أنه حدثت زيادة في الضغوط تدريجياً بالتساوي علي الثلاث مراحل ... بمعني أن ضغط تشغيل الدخول كان 11.0 بار ... وضغط الخروج للمرحلة الأولي 9.5 بار ... وخروج المرحلة الثانية 8.5 بار ... وخروج الريجيكت 8.0 بار واجمالي الدلتا بي علي المحطة 3.0 بار ... حدثت زيادة في ضغط الدخول حتي وصل إلى 16 بار والدلتا بي ثابتة علي المراحل بالتساوي ... وهذه المشكلة استمرت وقت طويل ... ارتفاع الضغوط مع ثبات

الدلتا بي بالرغم من ضبط جرعة الكلور واختفاء اللون في شموع الكارتريدج وكان يلاحظ أثناء الغسيل الكيميائي رائحة كريهة ... وكان يحدث ارتفاع سريع جداً في الضغوط بعد التشغيل وعليه تم عمل غسيل بصودا وحامض ومع التشغيل تم اضافه Biocide علي فترات متقاربة ... ومع الوقت اختفت المشكلة والحمد لله....

مياه التغذية هى مياه نيل نهاية فرع دمياط ... ومشكلتها الوحيدة عدم ثبات الحمل العضوي والذى يزيد في الصيف ... ويظهر ذلك في تأثيره علي ارتفاع الضغوط رغم رفع تركيز الكلور إلي 3.0 ppm!!

وكان هذا الحوار ردأعلى التساؤلات التالية:

التساؤل الأول:

هل تم تسجيل وجود بيوفاولينج على الأغشية مع تواجد الكلورين المتبقى (Residual chlorine) بتركيز أعلى من 0.5 جزء فى المليون بعد الفلتر الرملى باستمرار قبل أن يتم إزالته بالفلتر الكربونى أو بالSBS؟

التساؤل الثانى:

هل اكتشف أحد العاملين علاقة بين اختلاف الفصول الأربعة ونمو البايوفاولينج على الأغشية وبالأخص مع من يتعاملون مع المياه السطحية متوسطة الملوحة (Brackish) أو مياه البحر ... وبالتالى يتم اللجوء إلى تخفيض أو رفع نسبة الكلور المضافة؟

ونطلب من الزملاء صور حية من واقع وحداتهم وتصوير الأغشية التى تعرضت لمشاكل وصورالفاولينج لإثراء المناقشة.

المهندس أيمن موسلينى أضاف حالة نادرة كان يُعتقد أنها بسبب بايوفاولينج أو فاولينج من الكربون العضوى ... انظر إلى صورة الكارتريدج التالية والتى ظهرت بنفس الشكل مع الأغشية:

هذا فلتر كارتريدج Ultra filtration بعد تعرضه للشمس لمدة يوم ... وقبل دخولRO:

بعد البحث عن سبب المشكلة ومع عدم وجود فلتر كربوني ... تبين أنها من تنك تجميع المياه قبل هذا الكارتريدج والأغشية ... حيث أن هذا التنك G.L.S تم تجميعه وتم لحام الفواصل من مادة السيكا والزيادة منها تكون طبقة رقيقة وفى وجود الكلور وحركة المياه فى التنك تسببت فى خروجها إلى المراحل التالية وقد أثرت هذه المادة على الممبرين بدرجة كبيرة لدرجة أن الغسيل الكيميائي لم يأتي بنتيجة مُرضية حتي الآن.

تعقيب المُحاضر:

مادة السيكا عبارة عن مسحوق ناعم راتنجي (ريزن) مُخلق Synthetic rubber يُضاف للماء ليصبح معجون ويستخدم فى ترميم

وزيادة كفاءة الخرسانة وغيرها بالإضافة إلى زيادة عزلها ومقاومتها للماء ... وله عدة ألون قياسية يتم تجهيزها حسب الطلب: "أبيض –أحمر طوبي – بني – أصفر – أخضر – أسود").

أحد الزملاء أرفق صورة لغشاء فى مقدمة الفيزل عليه طحالب ومصدر المياه هو مياه سطحية ونتيجة لعدم إضافة الكلور:

هذا وقد كانت كل الآراء متفقة تقريباً على أن الطحالب لايُمكنها النمو داخل الفيزل لانعدام ضوء الشمس (الأشعة فوق البنفسجية) ... وأن هذه الطحالب وصلت للغشاء نتيجة سوء المعالجة الأولية كتواجد الطحالب فى تنك التغذية أو أحواض المعالجة الأولية.

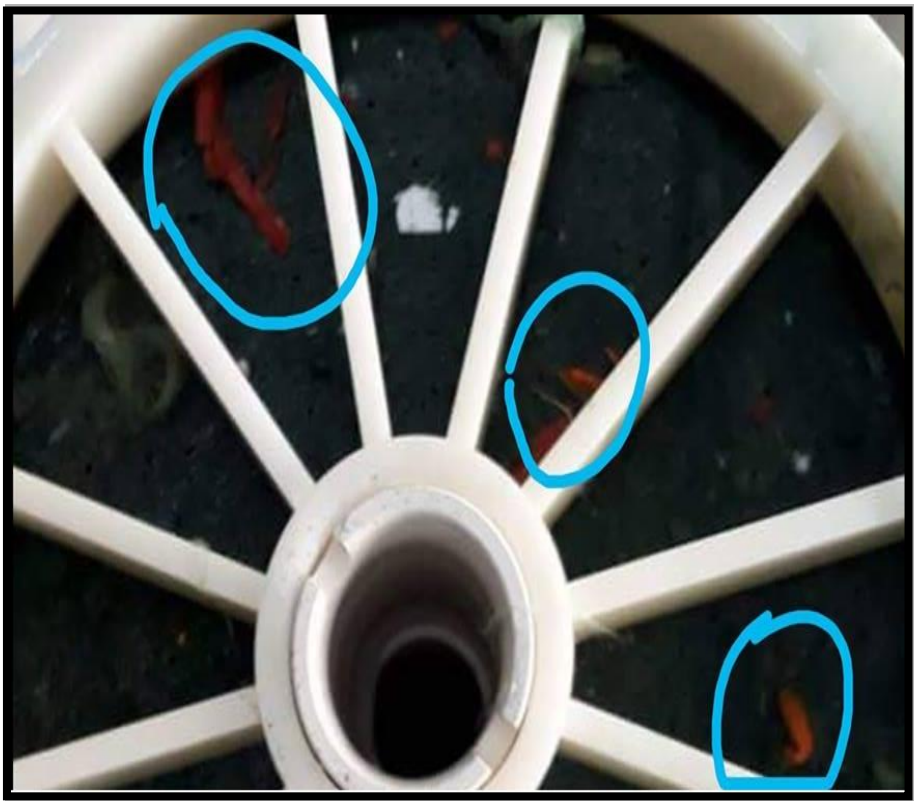
المهندس معتز عادل أضاف تعليقاً هاماً للتفرقة بين مصدر الفاولينج لو كان من مياه التغذية أو بيوفاولينج نما داخل الغشاء ليعضد هذا الرأى:

بالنظر إلى الATD أو الAnti-telescopic device ... لو كان نظيف إذاً فالتلوث ليس من مياه التغذية ... فمثلاً الغشاء التالي أصيب بفاولينج عضوى (NOM) وبكتيريا لاهوائية من مياه التغذية لذلك جسم الفيزل من الداخل والATD عليها فاولينج:

المهندس رياض عبد الفتاح أضاف تعليقاً على الصورة السابقة كالتالى:

يستطيع التشييك على الكارتدرج فلتر وفي الغالب هذه الطحالب تكونت قبل دخولها إلى الRO

وأنا أرى في الصورة أجزاء من أقمشة وفيه قطع لونها أحمر ... ولا أعتقد أن هذه طحالب بل أوساخ وبقايا وتجمعات عضوية.



تعقيب المحاضر:

الواضح أنها مياه التغذية مياه سطحة لم تمر حتى على Screen bar يزيل هذه البقايا!

سؤال طُرح على المنتدى:

أعمل في محطة تحلية ومياة التغذية فيها مياه صرف عالي والأغشية كما بالصورة التالية ... هذا مع انخفاض الإنتاج وحدوث دلتا بي على الأغشية (أعراض البايوفاولينج) فما الحل؟؟

بالطبع ناتج المياه ليس لأغراض الشرب ولكن لأغراض الرى الزراعى والصناعات (الغير غذائية) ... وقد كادت الإجابات تتفق على الكلورة ثم فلتر رملى (أو مالتى ميديا مع فحم الأنثراثيت) مرحلتين ثم مرحلتين فلتر قطنى (أو Ultra- fiteration):

المهندس محمد مصطفى عبد التواب:

عندى نفس المحطة وتم عمل مرحلتين فلتر رملي ومرحلتين فلتر قطني وغسيل كيميائي دوري (متقارب).

المهندس نادر محمد النجار:

كلورة مع فلتر رملي مع UF قبل الأغشية.

المهندس معتز عادل هندى:

فلتر مالتي ميديا MMF مع فحم الأنثراثيت.

المهندس ضياء الدين حامد الشوربجى:

فلاتر رملية ثم UF ثم الأغشية.

المهندس فادى القس غبريال:

فلتر رملي ثم UF.

المهندس أحمد همام:

UF ثم أغشية من نوع RO Foulant resistant.

المهندس جاسم محمد أضاف طريقة تفصيلية ممتازة:

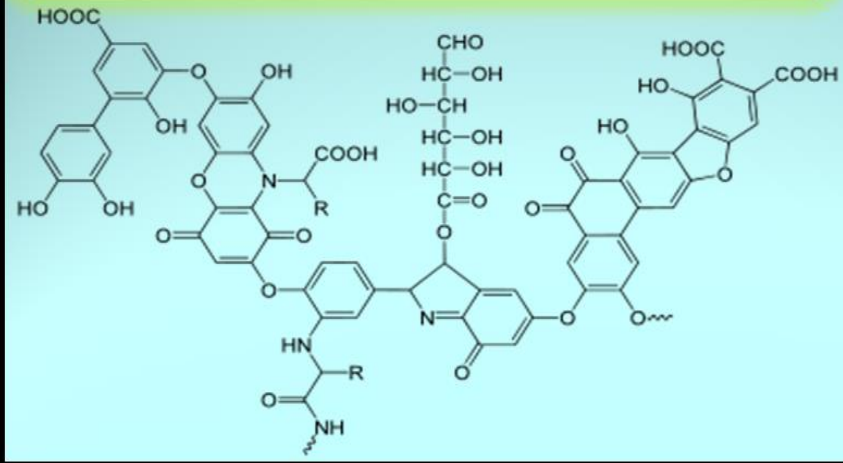
نصيحتي أن يعمل الآتي: سحب مياه الخام إلى أحواض ترسيب كبيرة ويجب مراعاة الفترة الزمنية لعمل كبريتات الألمنيوم (الشبة) وإضافة مادة بولي أكرايل أمايد مع الشبة ... ومن ثم يمرر المياه على فلتر رملي ... ثم من الفلتر الرملي إلى أحواض ترسيب ثانوية ثم إلى فلاتر رملية ... ومن ثم إلى حوض تجميع ... ثم يدخل إلى منظومة R.O أولية ... نستخدم فيها أغشيه مستعملة ومن ثم إلى خزان ثم إلى محطة R.O النهائية وأن يُراعي غسل الفلاتر والمحطة بشكل نظامي ليصبح الماء بهذا الشكل وهو مياه معالج من مياه الصرف:

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

الفاولينج العضوى!!



13

النقاش الثالث عشر

النقاش الثالث عشر:-

13- الفاولينج العضوى (Organic fouling)

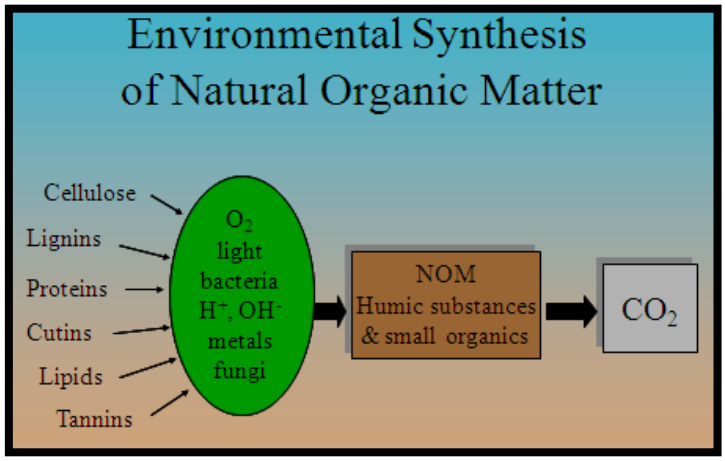
نذكر الجميع أننا بصدد المشاكل التى تتعرض لها أغشية التناضح العكسي وقد ذكرنا فى البوست السابق أول نوع من الفاولينج وهو الفاولينج البيولوجى الناتج عن نمو الكائنات الحية وتراكمها على الغشاء وفى هذه المناقشة سيتم الحديث عن النوع الثانى من الفاولينج وهو الفاولينج العضوى ... وكلمة عضوى معناها كربون مرتبط بذرات أو جزيئات أخرى ... وأى مادة عضوية تحتوي أساساً على ذرة كربون أو أكثر ... صحيح أن هناك بعض المركبات الغير عضوية تحتوى على الكربون مثل السيانيد وثانى أوكسيد الكربون والكربونات والبيكربونات ولكن هذه استثناءات ...

وأما الهيدروكربونات (Hydrocarbons) أو المركبات الهيدروكربونية فهى مواد عضوية تحتوى على ذرة كربون أو أكثر بجانب ذرة هيدروجين أو أكثر ... مثال لذلك غاز الميثان الذى يحتوى على ذرة كربون وأربع ذرات هيدروجين (CH_4) ... وكلما زادت ذرات الكربون وزادت طول السلسلة وبالتالى الوزن الجزيئى كلما كانت فرصة تراكم المواد العضوية على الأغشية أكبر وأكثر همجية ... وقتاً مثمراً مع النقاش ...

المواد العضوية الذائبة فى الماء تميل إلى الالتصاق بأنواع مختلفة من الأسطح ... وتستطيع أن تغطى الغشاء على هيئة طبقة جيلاتينية تؤثر على كفائته ...

من أهم مصادر الفاولينج العضوى هو المواد العضوية الطبيعية التى تتواجد فى الطبيعة ويطلق عليها (NOM) وهى اختصار لـNatural organic matter ... وتكثر فى المياه السطحية عن المياه الجوفية بمراحل ... (مع بعض الاستثناءات) وأهم مصادرها تحلل الكائنات الحية والنباتات ... تنقسم الـNOM إلى مواد Humic وهى مواد عضوية لها وزن جزيئى كبير تستطيع أن ترى تركيبه على غلاف المناقشة لتعلم أنه لا يمكن مروره من خلال الغشاء كما أن ثقل وزنه يؤدى إلى تراكمه على الأغشية ... وهناك مواد عضوية non-humic لها وزن جزيئى صغير Small organics.

انظر الصورة التالية حيث تجد تحلل الكائنات الحية الميتة والمتكونة من سليلوز ولجنين وبروتين وكيوتين وليبيد وتانين بواسطة البكتيريا وتحويلها إلى مواد عضوية هيوميك ومواد عضوية صغيرة الوزن الجزيئى:



من مصادر الفاولينج العضوى هو المواد العضوية الناتجة من الأنشطة الصناعية كالهيدروكربونات الناتجة من الصناعات البترولية وغيرها ...وتسمى Man- made organic material ... ومن أشهر أمثلتها أيضاً الأنتى سكيل العضوى أوالبولى إلكترولايت الكاتيوني المستخدم فى الترويق.

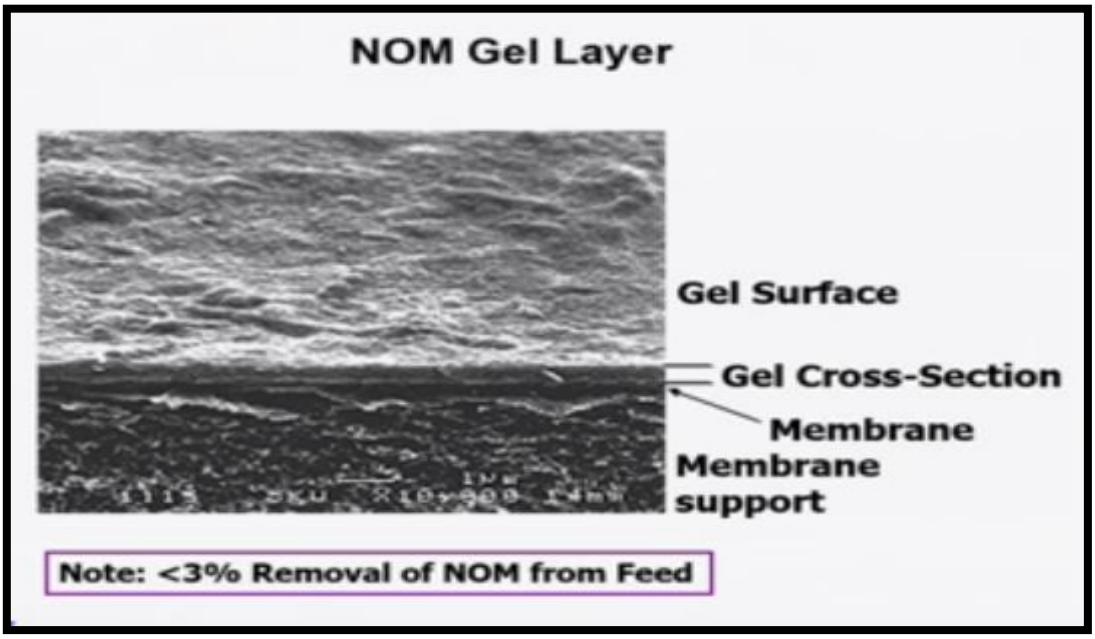
احتمالية تكون الفاولينج العضوى يظهر إذا كانت المياه المغذية للأغشية تحتوى على كربون عضوى كلى (Total organic carbon) أعلى من 0.45 جزء فى المليون ... واختصاراً نسميه ال"TOC" ... وقد تم شرحه من قبل فى كورس المفاهيم الأساسية لمن أراد الرجوع إليها ... ويُنصح بمعالجة أولية تصل بالTOC إلى تركيزات بالجزء فى البليونppb.

وقد يكون أحد أسباب التلوث العضوى هو تسرب حبيبات الكربون من الفلترالكربونى بما تحمله من مواد عضوية ممتزة ذات الرائحة الكريهة ... ويرجع ذلك إلى عدم الصيانة المناسبة للفلتر أو القيام بالغسيل العكسي للفلتر بطريقة خاطئة ... ويتسبب ذلك فى ظهور رواسب سوداء فى الscroll end وانخفاض فى انتاج البيرمييت.

وهذا النوع يسبب تغير فى لون الscroll end كما قلنا... ويُسبب تقليل نسبة البيرميت وزيادة فى ال Salt rejection.

وحبيبات الكربون فى حد ذاتها يُمكن تصنيفها كفاولينج فيزيائى كما ستنحدث فى النقاش القادم ... وأما ما تحمله من مواد عضوية ممتزة قد تتراكم على الغشاء فهذا يتم تصنيفه كفاولينج عضوى لا شك.

انظر الصورة التالية لغشاء تعرض لتلوث من مواد عضوية طبيعية فى مياه التغذية أو ما نسميه "NOM" يعنى Normal organic matter ...حيث لم يتم معالجتها وإزالتها فى المعالجة الأولية (لم تتعدى إزالة 3% منها) ... فتكون سطح جيلاتينى gel على الغشاء ليُعلن قرب انسداده وهلاكه ...


NOM Gel Layer
Gel Surface
Gel Cross-Section
Membrane
Membrane support
Note: <3% Removal of NOM from Feed

وهذه صور لغشاء أصيب بالفاولينج العضوي:

والفاولينج العضوى يشجع الكائنات الحية فى المعتاد على النمو ليتكون فى النهاية فاولينج عضوى وفاولينج بيولوجى تحدثنا عنه النقاش السابق .

المهندس أيمن موسيلينى:

وجود الفاولينج العضوي يكون بيئة خصبة لتكون البايوفاولينج ويكون خليط علي شكل مادة لزجة slime.

سؤال تم طرحه على المنتدى:

السادة الكيميائيين ما مدي تأثير وخطورة السولار علي أغشية التناضح العكسي؟؟

وكانت الإجابة كالتالى:

برجاء توضيح كيفية دخول السولار إلى أغشية التناضح وكميته ... ونبذة عن المعالجة الأولية ... وهل دخل ذلك بالخطأ البشرى ... أم أنه يتواجد على الدوام فى مياه التغذية؟ ... ومبدأياً نقول ... مياه التغذية التى تدخل على الأغشية يجب أن لاتزيد الكربون الكلى العضوى بها عن 0.45 جزء فى المليون ... وإلا تكون عُرضة للاتساخ العضوى Organic fouling فتسد أغشية التناضح وتقل الإنتاجية ... إلى غير ذلك من العواقب الخطيرة المترتبة على ذلك ...

وبالنسبة للسولار أو الGas oil فهو منتج بترولى يحتوى عل هيدروكربونات تبدأ درجة غليانها ب280 حد أدنى حتى حوالى 400 درجة مئوية (من C_{16} – C_{25}) ... ويحتوى على سلاسل طويلة من الجزيئات ويتم حجزها بسهولة على الأغشية فتتراكم عليها كما ذكرنا ... وهذه المواد البترولية يكثر انتشارها فى أماكن البحار والأنهارالتى تتعرض لحركة المراكب والناقلات وأهمها الموانىء حيث يكون البحر عُرضة لتسرب هذه المواد.

علاوة على ذلك فإن أغشية الTFC إذا تعرضت لبعض المركبات العضوية التى سنذكرها الآن سينتج عنها تضخم (أو تورم) أو ذوبان طبقة مادة البولي سلفون:

الكيتونات – الألدهيد – الاستر – الإثيرات القوية – البنزين – الطولوين – الزيلين – الفنيول – السولار – الديزل ...

بجانب بعض المذيبات مثل:

Dimethyl formamide – n-methyl pyrrolidone – dimethyl sulfoxide – dimethyl acdimide.

أما المذيبات ذات الوزن الجزيئى الصغير مثل الكحولات (الأيزوبروبانول والأقل منه) فهو مقبول وليس له خطورة مثل المركبات السابقة.

المصدر من مرجع:

"Revrese osmosis …Design ,process,and application for Engineers"

By Jane Kucera

7.12 Exposure to Other Chemicals

Exposure of a thin-film composite membrane to a variety of organic compounds can result in swelling or dissolution of the polysulfone microporous support layer.[21] Suspect chemicals include:

- Solvents: dimethyl formamide, dimethyl acdimide, n-methyl pyrrolidone, dimethyl sulfoxide, etc.
- Aromatic compounds: benzene, toluene, xylene, phenol, diesel fuel, gasoline
- Others: ketones, aldehydes, esters, strong ethers

Note that only low-molecular solvents such as alcohols (isopropanol and smaller) are acceptable.

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

الفاولينج الفيزيائي!!

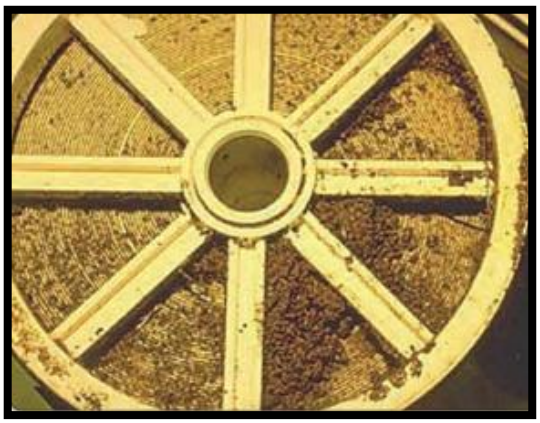
14

النقاش الرابع عشر

النقاش الرابع عشر :-

14- الفاولينج الفيزيائى(Physical fouling)

بعد أن تحدثنا عن الفاولينج البيولوجى والفاولينج العضوى فى النقاشين السابقين ... سنتحدث عن النوع الثالث وهو الفاولينج الفيزيائي ... حيث يحدث السدد فى الأغشية بسبب المواد العالقة والغروية (Suspended and colloidal matter) نتيجة عدم التخلص منها بصورة جيدة فى المعالجة الأولية ...



انظر الصورة التالية وقد تراكمت المواد العالقة على الأغشية الأمامية (الأغشية القائدة):

"الكعكعة الصلبة" أو ال"Solid cake" هو مصطلح مرح يعبر عن تركيب الفاولينج الفيزيائى والذى يتكون بسبب تراكم الجسيمات الرملية أو الطينية العالقة ونسميه Suspended solids fouling أو ال Silt fouling ... وقد ينشأ من تراكم مواد غروية مثل التى تنشأ من أكسدة ذرات الحديد والمنجنيز الثنائية بالأوكسجين فتتحول إلى حديد ومنجنيز ثلاثى غير ذائبة ... وهذا النوع مثل الفاولينج البيولوجى يظهر فى المراحل الأولى من الأغشية فى الغالب (وإن كان المنجنيز أحياناً يظهر فى المراحل التالية) ...

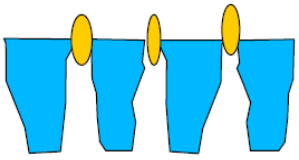
وحتى نتعرف على أنواع الانسداد فى ثقوب الأغشية بسبب الفاولينج الفيزيائى (الجسيمات والغرويات) ننظر إلى الصور التالية:

Particulate and Colloidal Fouling: Pore Blocking

الجسيمات العالقة تسبب سدد كامل للثقوب ويحدث اختزال لمساحة الغشاء النشطة ... ولا يوجد تطابق فى الجسيمات:

Complete Blocking

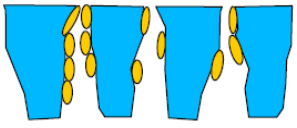
– Each particle in water completely blocks one pore and reduces ative membrane area, with no superposition of particles



وهذا سدد تقليدى ... يحدث فيه أن الجسيمات تترسب على الجدار الداخلى للغشاء فتقلل حجم الثقوب

Standard Blocking

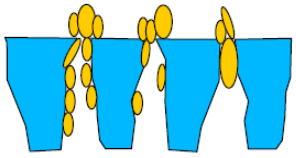
– Each particle is deposited on the internal pore walls, decreasing the pore volume



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

Intermediate Blocking

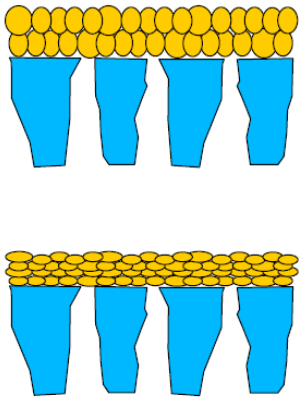
– Particles settle on other particles previously deposited and already blocking the pores or particles can directly block membrane area.



الكعكة الصلبة التى يحدث فيها وأن تترسب الجسيمات على أخرى ترسبت قبلها لتظهر كما بالشكل التالى ... إما أن تتراكم بصورة طبيعية أوبانضغاط ... ويحدث سدد فى الثقوب:

Cake Filtration

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



يتم التنبؤ بهذا النوع من خلال تجربة الSDI أو الSilt density index التى تشير إلى ميل المياه فى التسبب فى انسداد الأغشية لوجود المواد العالقة ... فبعض الأغشية لا تتحمل SDI أعلى من القيمة 3 ... وبعضها لا يتحمل أعلى من القيمة 5 ... ولمن أراد تفاصيل التجربة فليرجع إلى الجزء الأول من الكورس ...

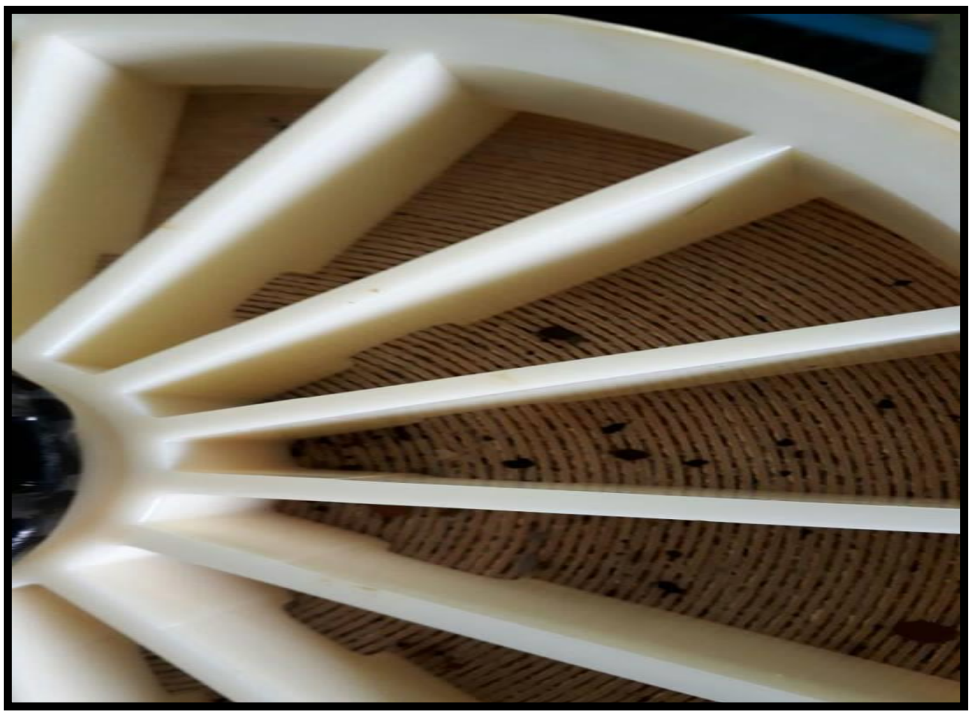
- **<u>وهناك أربع حالات لل SDI 15 يُمكن من خلالها التنبؤ بتكون الفاولينج الفيزيائى على الأغشية:</u>**

يستمر الغشاء لمدة عدة سنوات بدون تلوث بالColloidal fouling	SDI < 1
يتم تنظيف الغشاء كل عدة أشهر	SDI < 3
يتطلب تنظيف الغشاء باستمرار لوجود مشكلة الfouling	SDI 3 – 5
مرفوض ويتطلب الأمر معالجة إبتدائية	SDI > 5

والقيم الغير حقيقية للSDI قد تحدثنا عنها فى النقاش الثاني بسبب فقاقيع الغازات التى تسبب ارتفاع كاذب فى القيمة والتى قد تصل إلى 6 ...وقد تم عرض الحلول من قبل الزملاء والخبراء.

اتساخ الأغشية أيضاً بالميديا المتواجدة فى الفلاتر الرملية وارد أيضاً إذا حدث تسرب منها إلى الأغشية وقد تحدثنا عن أسباب ذلك بالتفصيل فى الجزء الأول ... نذكر أهم أسبابها هنا وهو حدوث كسر فى النوزل الموجودة فى قاع الفلتر لضعفها وسوء نوعها أو بعد مواجهة ضغط أعلى من اللازم فى الفلتر ... وتتسرب الميديا إلى الفلاتر التالية حيث يتم حجزها فى الفلاتر الميكرونية أو الخرطوشية ولكن مع كثرتها تسبب تلف فيها فتنتقل إلى الأغشية أو أن يكون تثبيت هذه الفلاتر أيضاً بطريقة خاطئة فتصل إلى أغشية التناضح.

انظر إلى صورة الغشاء وقد ظهرت فيه حبيبات الكربون التى تعرضت للتحلل مع الوقت والضغط ... قد يكون كربون الأنثراثيت من الفلتر الرملى المتعدد الميديا ومعه بالطبع الحصى والرمال ... أو يكون من الفلتر الكربونى ... ويظهر أيضاً فى فلاتر الكارتريدج قبل الأغشية ... وعندما يدخل على الأغشية يظهر فى بدايات الأغشية ... وعملياً وبالتجربة إذا استفحل الأمر فإنه يدخل على الأغشية التالية ... ويسبب تهتك فى الأغشية واتساع فى ثقوبها وارتفاع فى زيادة الأملاح المارة عبر الأغشية وبالتالى فى البيرميت ... مع انخفاض فى الضغوط:



وهذه قطع من الفحم مستخرجة من على الغشاء:

وطُرح سؤال طرح تعليقاً على ذلك:

كيف يمر الفحم من الفلتر القطني (الكاتريدج)؟

رد المحاضر:

المفروض أن يحجز فيه لكن فى هذه الحالة السابقة قد حدث تهتك فى الفلتر القطنى أيضاً.

المهندس محمد على عبد المُنعم:

بسبب مشكلة فى الفلتر نفسه وتربيط الشمعات جيداً.

أيضاً نسب الحديد والمنجنيز فى مياه التغذية إذا كانت أعلى من 0.1 جزء فى المليون مع وجود الأكسجين الذائب ... تشير إلى احتمالية تكون الفاولينج من الحديد والمنجنيز لتصبح الأغشية كما يظهر فى الصور التالية (وقد يظهر المنجنيز وحده على هيئة لون أسود كما سنبين بعد ذلك):

وعدم معالجة أملاح الحديد أو المنجنيز بطريقة جيدة إن وجدا بتركيزات عالية فإنه يسبب الترسب على هيئة أكاسيد (المعالجة الإبتدائية التى تتضمن الكلورة الغير كافية أوعدم استخدام فلتر رملى أخضر أو ... أو ...).

المعالجة الإبتدائية للحديد والمنجنيز تم شرحها بالتفصيل فى باب منفصل فى الجزء الأول من التناضح العكسي من باب الوقاية خير من ألف علاج ... والنقاشات القادمة سيتم إلقاء الضوء على علاجه بالغسيل الكيماوى إذا وقع ما حذرنا منه وترسب على الأغشية ...

المهندس محمد على عبد المنعم:

هذا ممبرين محطة تعاني من وجود حديد في مياه التغذية قبل حل المشكلة ... ويظهر فى الأغشية الأمامية أكثر ... (الجزء الأعلى هو المغطى بالحديد بصورة واضحة).

ن

المهندس تامر بدر:

هذه صورة من تسريب الكربون على فلاتر الكارتريدج (الهاوسينج يحتوي على 5 فلاتر):

وكان السبب كسر فى النوزل داخل فلتر الكاربون:

وهذه صورة لظهور حبيبات من الكربون على الممبرين:

استفسار المُحاضر:

برأيك حدث كسر فى النوزل بسبب النوع الردىء للنوزل أم ارتفاع فى الضغط على الفلتر؟

رد المهندس تامر بدر:

عندى حالتين:

الحالةالأولى: الهاوسينج للفلتر الكاربوني حديد وأعتقد أن سبب التسريب مرور الوقت حيث أنه لم يتم تغير الكاربون منذ أكثر من خمس سنوات ... ومع ارتفاع الضغط حصل التسريب فى كسر فى قطعة واحدة من النوزل أدى لظهورالكربون.

الحالة الثانية: مع تركيب فلتر كاربوني جديد فايبر جلاس صينى ... وبعد التشغيل بحوالى أسبوع حصل تسريب فى الكربون وهذا دليل على النوزل من النوع الردئ.

أيضا عند تغير الميديا داخل الفلتر الكاربوني وُجدت كمية كبيرة جداً من الصدأ (كما هو واضح بالشكل التالي) ومن الممكن أنها تتسبب فى زيادة نسبة الحديد فى الفيد.

المهندس عماد حمدي:

من الممكن أيضاً أن النوزل ينكسر في حالة خطأ في نظام فتح وغلق المحابس أثناء عملية الغسيل العكسي (الصدمة).

ويُكمل المهندس تامر بدر:

وتم دهان الفلتر من الداخل بمادة الإيبوكسي صالحة لإستخدامات المياه قبل تعبئة الميديا.

المهندس نادر محمد النجار:

الصورة لممبرين شيت تم فتحه للتعرف على الفاولنج الموجود والمسبب بانخفاض الانتاجية

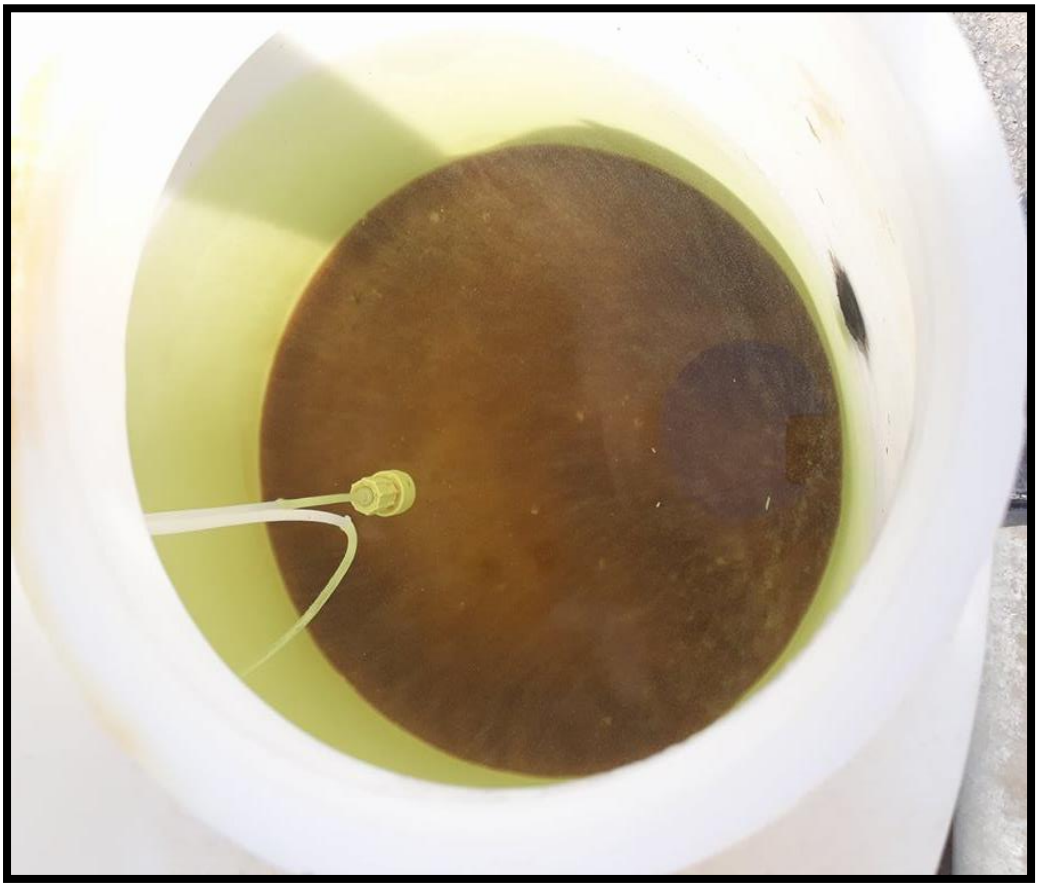
وجد مادة غروية كالطين.

المهندس نادر محمد النجار:

وهذه حالة فيها النوزل مكسور بشكل ثقب حيث تم تبديله حيث تسبب في وجود الميديا على الكارتريدج فلتر.

سؤال طرح فى المناقشة:

هل لوجود الأوساخ والأتربة في خزانات الحقن تأثير في حصول الفاولينج الفيزيائي حيث قد تنتقل الى الممبرينات؟



جواب المحاضر:

لو كانت المعالجة الأولية صحيحة من الفلاتر وخلافه (وبالأخص فلاتر الكارتريدج النهائية قبل الأغشية مباشرةً) أمكن تجنب الفاولينج الفيزيائى.

Reverse Osmosis:

لو كانت هنالك معالجة أولية جيدة ما حدثت مشكلة الفاولينج الفيزيائي ... حيث يُلاحظ مشغل المحطة ارتفاع فرق الضغط في المعالجة الأولية وهذا بمثابة تنبيه لعمل غسيل عكسي ... ولا يستجيب لعمل غسيل عكسي ويرتفع الضغط وبعد أيام يلُاحظ أن الإنتاجية قلت بسبب الأطيان وغيرها وبالتالي سوف يؤدي إلى انسداد الممبرين ... وهناك مشكلة أخرى ألا وهي عدم تبديل شمعات الفلاتر بشكل دوري ... كل هذه المشاكل تؤدي إلى انسداد الممبرين ... لذا نستطيع أن نقول كل معدة قبل مضخة الضغط العالي تعتبر هي بمثابة جهاز حماية للممبرين ... لذا يجب مراقبة عمل كل مُعِدة حفاظاً على الممبرين.

سؤال طرح فى المناقشة:

ما هو حل هذه المشكلة (سواد الأغشية)؟ علماً بأن نسبة المنجنيز 0.8 مل/جم ... وهذه التسريبات ناحية دخول مياه التغذية وتظهر أكثرعلى أول خلية وثقل بالتدريج وليس لها رائحة.

جواب المحاضر:

اللون الأسود إما أن يكون فاولينج عضوى أو بايوفولينج أو من مادة السيكا التى تستخدم فى ترميم وزيادة كفاءة التنكات وغيرها والتى ذكرناها فى المناقشة السابقة ... راجع بناء تنك التغذية لو كان هناك زيادات من هذه المادة على السطح ... هذا احتمال وأظن أنه بعيد لكن وارد ... والإحتمال الأكبرأنه تراكم منجنيز إذا كان بنسبة أكبر من 0.1 وفى حالتنا نقول إنه 0.8 جزء فى المليون وهى بالفعل نسبة عالية.

وكى تتأكد من أنه منجنيز تستطيع أن تأخذ عينة منه فى بيكر وعندما تروق المياه يطفو المنجنيز على السطح كبقعة لامعة كأنك أضفت نقاط من السولار أوالزيت والتي تطفوعلى السطح ... يُعضد ذلك أيضاً عدم وجود رائحة لهذه الترسبات.

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

الفاولينج الكيميائي (القشور)!!

15

النقاش الخامس عشر

النقاش الخامس عشر :

15- الفاولينج الكيميائى (القشور)(Scales)

قبل أن ندخل فى حملات وعمليات النظافة بالغسيل الكيماوي نذكر فى هذه المناقشة آخر نوع من الترسبات الرئيسية التى تظهر على أسطح الأغشية هى ترسبات الأملاح المختلفة شحيحة الذوبان فى الماء ... نتمنى لكم وقتاً كيميائياً مثمراً ...

وصف الظاهرة:

تحدثنا من قبل عن طبيعة مياه التغذية فى بدايات الجزء الأول من كورس التناضح العكسي ... وذكرنا موضوع القشور أو الscales وترسب الأملاح على الأغشية وقلنا أن أهم الأملاح التى تسبب تكون القشور هى أملاح العسر(كأملاح الكالسيوم والمغنسيوم) ... ونضيف هنا أن هذه القشورعادةً ما تترسب فى المراحل الأخيرة من الأغشية وهو ما نسميه أغشية الذيل (Tail membranes) لأنها نهاية محطة الأغشية والسبب فى ذلك هو القابلية للترسيب فى تلك المرحلة نظراً لزيادة التشبع وزيادة تركز الأملاح بالمقارنة بالأغشية الأولى ... ففى المراحل الأولى من الأغشية تمر مياه قد تم معالجتها من الأملاح المسببة للقشور وبالأخص أملاح الكالسيوم والمغنسيوم ... حيث تم التخلص من النسبة الأكبر منها أو إضافة كيماويات مثل الأحماض أم مضادات القشور (الأنتى سكيل) تمنع ترسبها على الأغشية ... تم ذلك فى المعالجة الإبتدائية ... وتم خفض ال LSI إلى الصفر أو الأقل من الصفر ... مما يساعدنا فى انتاج حجم أكبر من المياه (الريكافرى) بدون الخوف من ترسب الأملاح.

نعم ... أصبح امكانية ترسب الأملاح منعدمة فى البداية ... شىء جميل جداً ... ولكن مع التقدم فى مراحل التحلية بالأغشية ... والمياه الريجيكت التى خرجت من الأغشية الأولى فى وعاء الضغط الأول تحمل أملاحاً بتركيز أعلى من مياه التغذية التى دخلت على الأغشية فى البداية ... ستصبح هى نفسها مياه التغذية للأغشية التالية وأوعية الضغط التالية وهكذا يزيد تركيز الأملاح من غشاء لغشاء ويصل ذروته فى نهايات الأغشية (أغشية الذيل) ونصل إلى درجة التشبع Saturation (ويزيد الLSI) مرة أخرى ... كما أن الcross flow الذى يسبب كسح "أو كنس" Sweeping للأملاح فى هذه الأغشية يكون أقل ما يمكن بالمقارنة بالأغشية القائدة كما ذكرنا من قبل ... لذا فإن الأملاح تجد البيئة الهادئة للاستقرار والاسترخاء على سطح الغشاء.

تبدأ أول مراحل الترسبات حيث تتشكل بلورات (كريستالات) الأملاح تشكيلاً مبدأياً فى مرحلة نسميها pre-clustring أو مرحلة ما قبل تكون عناقيد البلورات ... وهذه البلورات تكون مصيدة لجزيئات أخرى من الأملاح فوق مرحلة التشبع ... تتراكم بعضها فوق بعض لتكون بلورات ضخمة تترسب على سطح الأغشية وتسبب المأساة ...

وفى الحقيقة ... فإن ديناميكية عملية الترسب مازالت غامضة وغير مفهومة بالكلية ... ويؤثر فيها عدة عوامل مثل الحرارة والpH والتركيب الكيميائى للأملاح نفسها والزمن اللازم لتكون بلورات هذه الأملاح المختلفة والتى نسميها فى العام الinduction time.

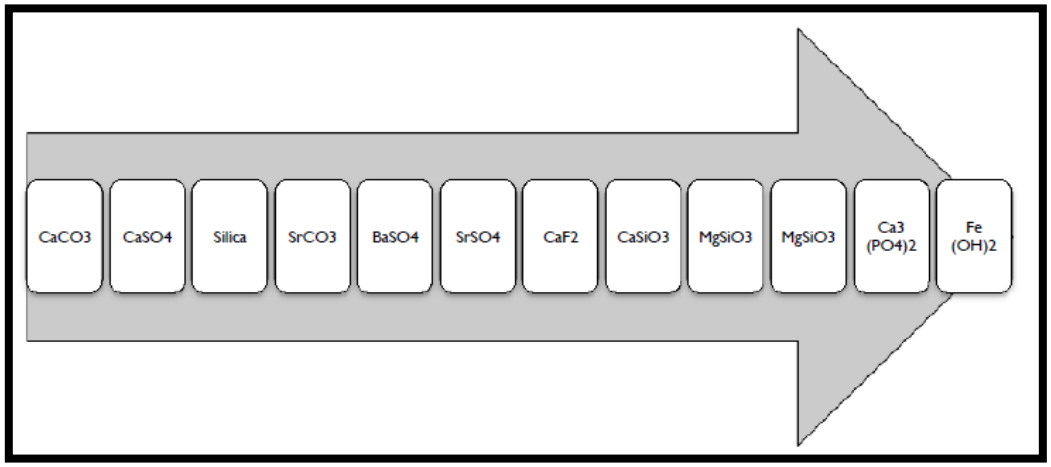
من صور الترسبات الكيميائية التى تظهر فى الأغشية: السيليكا ...

والكاتيونات الموجبة: الكالسيوم والمغنيسيوم والباريوم والاسترانشيوم ...

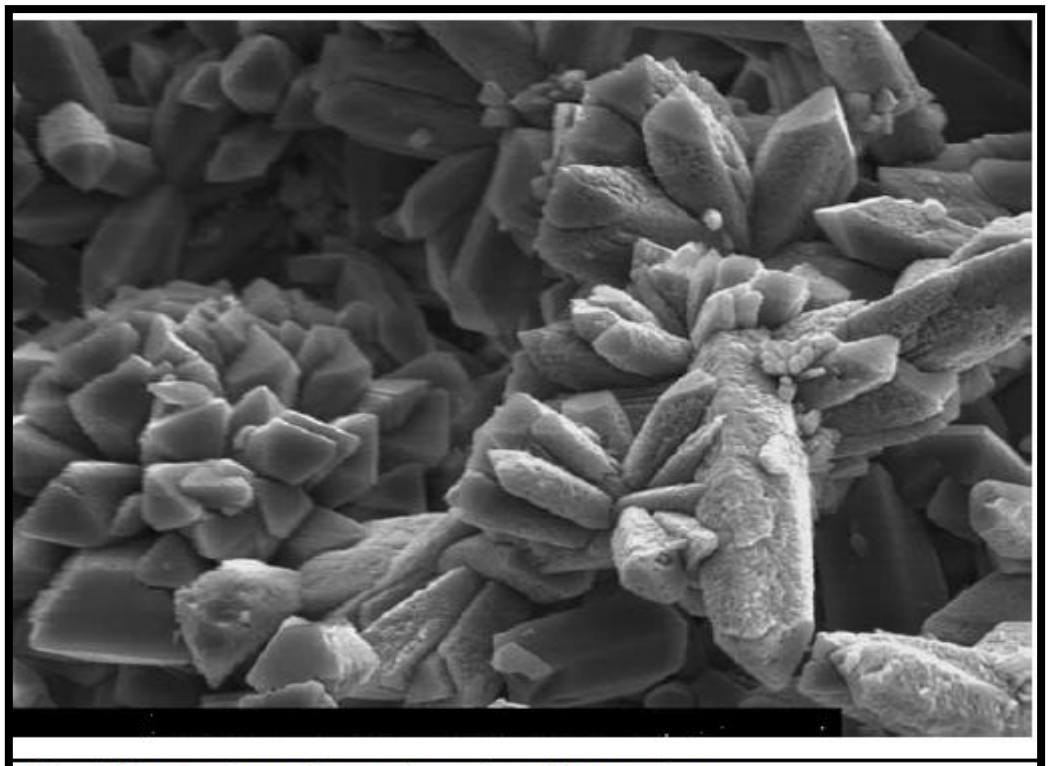
والكاتيونات السالبة: الكربونات والكبريتات والفوسفات ...

وتسبب تكون القشورScales أعراض مهمة أهمها ثقل وزن الغشاء وانخفاض فى تدفق البريميت نظراً لحدوث ترسبات تسد ثقوب الأغشية ...

وهذه صورة تم عرضها من قبل تبين أكثر الأملاح تكويناً للقشور وأكثرها خطورة (من اليسار إلى اليمين):

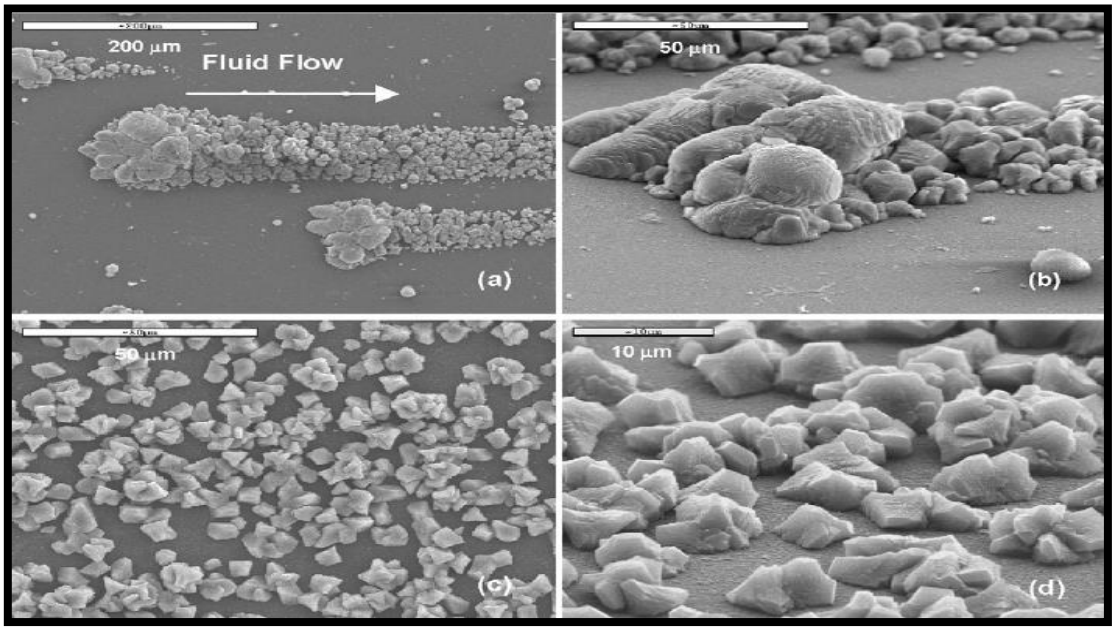


وإليك صورة مكبرة من البلورات الخاصة بقشور الكالسيوم والمغنيسيوم المترسبة على أغشية التناضح العكسي وهى تتشكل على هيئة طبقة رفيعة تسد مسام الأغشية وتقلل من كفائتها.



Crystalline scale on the surface of an RO membrane.

وهذه صورة مكبرة من ترسبات كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ على الأغشية تبدو كقطع صخرية تتناثر على أرض الصحراء:

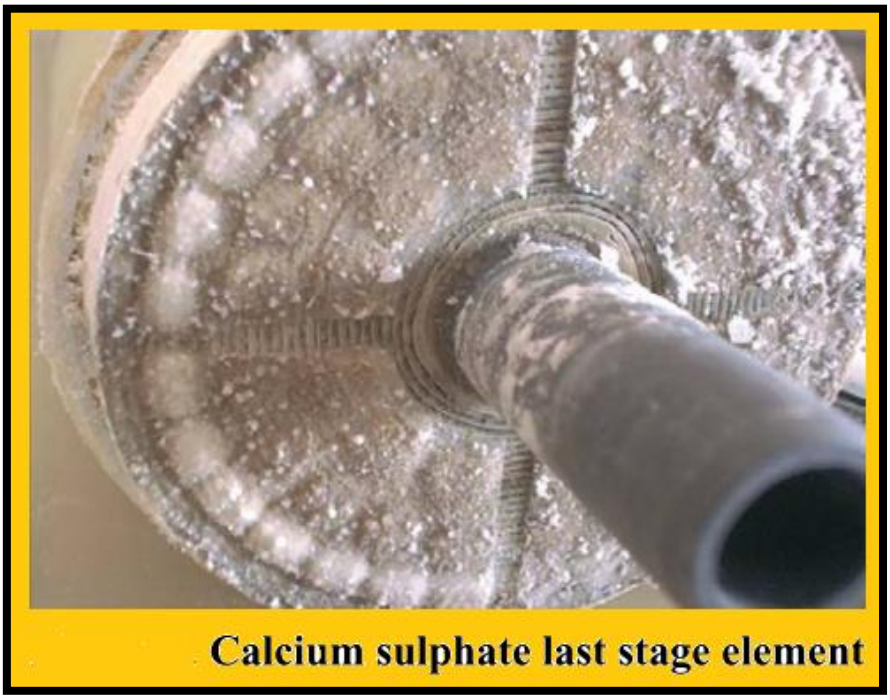


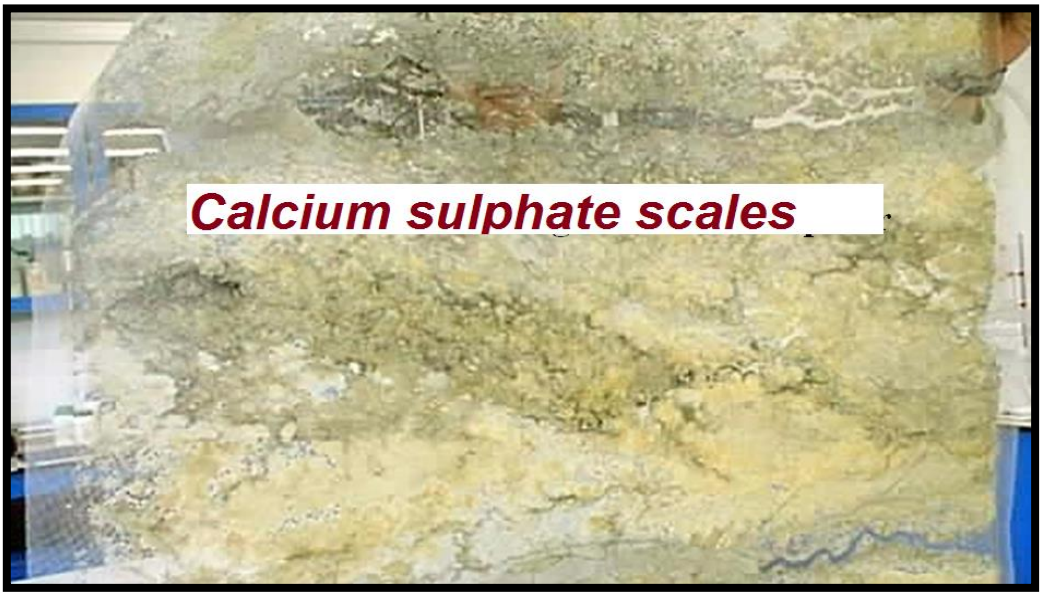
وهذه صورة للأغشية وقد ترسبت عليها القشور الكلسية البيضاء:

وإذا حضرتك أضفت نقاط من حمض الهيدروكلوريك عليها فما يحدث هو فوران effervescence نتيجة تصاعد غاز ثانى أوكسيد الكربون ... وهذا ما يُميز أملاح الكربونات عن الأملاح الأخرى (كأملاح الكبريتات Sulphate):

$$CaCO_3 + 2\ HCl \longrightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2\square$$

وهذه صورة لغشاء قد أصيب بقشور كبريتات الكالسيوم يظهر بصورة كريستالية لامعة وخشنة (وليس powder ناعمة ولون أبيض مطفأ off-white ككربونات الكالسيوم):





(من محاضرة المهندس محمد موسي: مشكلة تكون قشور كبريتات الكالسيوم مشكلة كبيرة حيث أن إزالتها بالغسيل الكيميائى لا يُعطى النتيجة التى نبغيها ... وإذا وصلنا للنتيجة المرجوة فإنه يحدث تهتك فى الأغشية لأن بلورات هذه الأملاح تكون على هيئة إبرية قوية ولها حواف حادة تسبب جروح فى الغشاء ... ويظهر ذلك بعد الغسيل الكيميائى فيجد العاملون أن الأملاح أصبحت عالية فى البيرميت بعد حدوث تلف فى الأغشية ... عند الضغط عليها بيديك قد تصيبك بجرح ... وهذا هو الفرق بين كبريتات الكالسيوم وكربونات الكالسيوم حيث أن الأخيرة لها ملمس جيرى ...) ... وهذا إلى جانب اختبار حمض الهيدروكلوريك.

انظر الفرق بين بلورات كبريتات الكالسيوم الإبرية (على اليمين) وكربونات الكالسيوم الحبيبية اليسار:

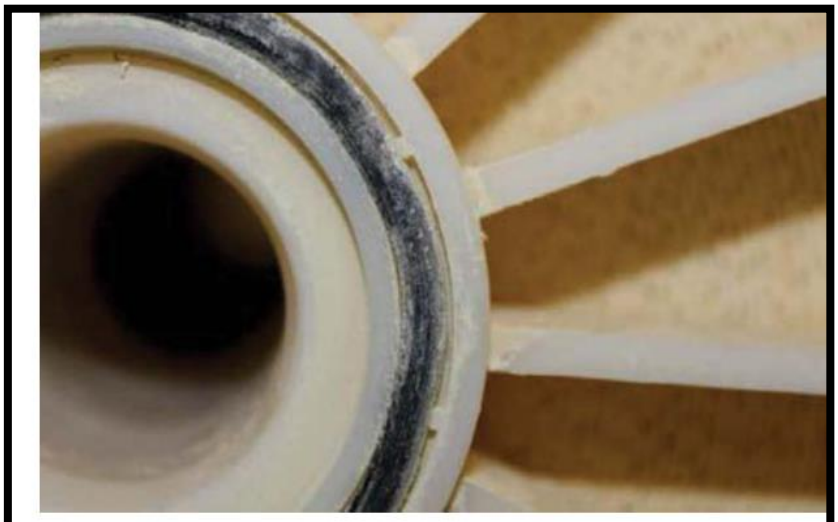
والحل التقليدي لكبريتات الكالسيوم هو إضافة أنتي سكيل مناسب له.

الكبريت العنصرى الأصفر هو أيضاً قد يترسب على الأغشية وربما على الBrine seal كما فى الصورة التالية نتيجة لأكسدة السلفايد بالأوكسجين أو الكلور أو أحد المعادن (ولذلك يجب أن لا يتعدى كبريتيد الهيدروجين فى مياه التغذية عن 0.1 جزء فى المليون حد أقصى).

$$2HS^- + O_2 \forall 2S^o + 2OH^-$$

Elemental sulfur deposit on brine seal.

وهذه صورة للأورينج الخاصة بالإنتيركونيكتور وقد ترسب عليها وحولها عنصر الكبريت الأصفر:



Elemental sulfur on *iLEC* interconnector O-ring seal.

وهذه صورة للأغشية وقد تراكمت عليها ترسبات رمادية بنية مشوبة باللون الأصفر من الكبريت العنصرى ... والذى يسبب انخفاض فى الFlux وارتفاع فى الأملاح salt passage فى البيرميت:

Gray deposit of elemental sulfur on the surface of the membrane.

وأما قشور السيليكا فلنا فيها قصص وحوارات:

عنصر السيليكون Si يتواجد فى مياه أرضنا على هيئة ذائبة أو غير ذائبة ...

إذا كان فى الصورة الذائبة فإنه يكون على هيئة سيليكا (SiO_2) ... سيلكون مرتبط بذرتين أوكسجين ... وتتراوح نسبتها فى مياه التغذية ما بين 1 – 100 جزء فى المليون (وفى مياه البحر تكون ما بين 0.4 – 8 جزء فى المليون).

الشكل الكيميائى للسيليكا يتحدد تبعاً لpH.

الشكل السائد للسيليكا عند pH 7 أو أقل هو حمض الميتا سيليسيك Meta Silicic acid ورمزه الكيميائى $(H_2SiO_3)_n$ وهو حمض ضعيف يكون على هيئة من هذه الهيئات:

$SiO_2 – H_2SiO_3 – H_4SiO_4 (=Si(OH)_4)$

نلاحظ أن الn تشير إلى عدد الجزيئات.

فإذا حدث التشبع لهذا الحمض فى الماء وتعداه يعنى حدث Supersaturation يعني فوق التشبع فإنه يكون بوليمر وتزيد قيمة الn لتتكون سلسلة طويلة من السيليكا الغروية الغير ذائبة Insoluble Colloidal silica أو تتكون سيليكا جل غير متبلورة أو غير منتظمةAmorphous silica gel ... وهذه المركبات تسبب القشورعلى الأغشية.

فإذا حدث وأن زادت الpH عن نقطة التعادل وهى 7 فإن تركيز أيونات الهيدروجين يقل ويتفكك حمض الSilicic إلى أنيون السيليكات Anion silicate ورمزه $(HSiO_3^-)_n$ وهذا الأستاذ أيضاً لن يتركنا فى حالنا فهو يتحد مع الكاتيونات الموجبة مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والحديد والمنجنيز والألمونيوم ليكون أملاح السيليكات الغير ذائبة Insoluble silicate مما يسبب أيضاً تكوين القشور.

ويظهر فاولينج السيليكا فى الاغشية الأمامية فى المعتاد ... وللأسف بلورات السيليكا تسبب تشوه للأغشية ولا يُفلح معها الغسيل الكيميائى فى المعتاد.

Silicate scaling

- Dissolved silica (SiO_2) is naturally present in most feed waters in the range of 1–100 mg/L (in seawater in average 0.4 - 8 mg/L)
- The prevailing forms of silica are meta silicic acids as $(H_2SiO_3)_n$ with low n numbers
- Since silicic acid is a weak acid, it is mostly in the undissociated form as SiO_2, H_2SiO_3 and H_4SiO_4 ($=Si(OH)_4$) at or below a neutral pH
- Supersaturated silicic acid can further polymerize (higher n numbers) to form insoluble colloidal silica or amorphous silica gel which can cause membrane scaling
- As the pH exceeds neutral, silicic acid dissociates into the silicate anion $(HSiO_3^-)_n$. This can react with calcium, magnesium, iron, manganese or aluminum to form insoluble silicates
- Aluminum and iron are the most powerful precipitants of silicic acid
- It has been reported that, when Al^{3+} and Fe^{3+} coexist in the pretreated feed water, silica is precipitated even below its saturation limit

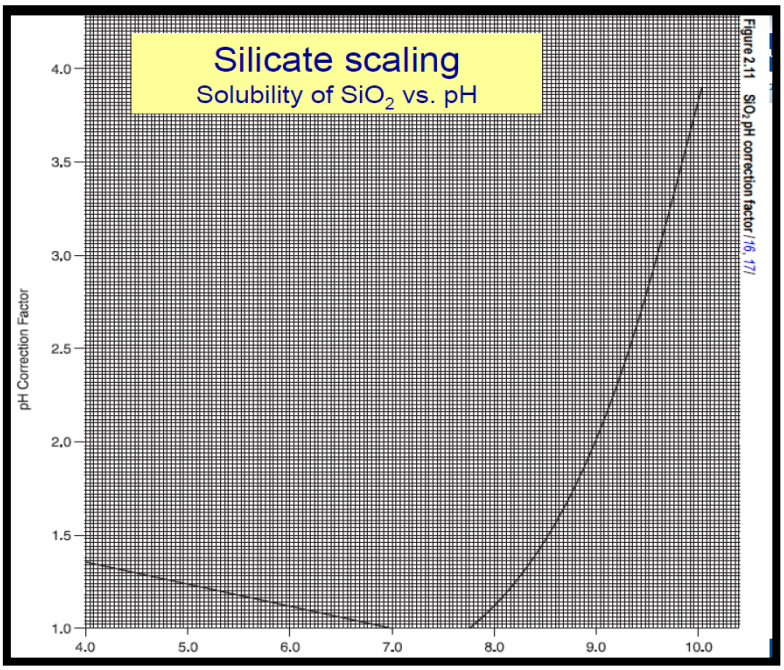
وأكدت الأبحاث على أن الألومنيوم والحديد المتواجدان فى مياه التغذية يترسب مع السيليكا حتى ولو كانت تحت التشبع Under saturation ... ولذلك يجب أن يكون الحديد والألومنيوم أقل من 0.05 جزء فى المليون فى مياه التغذية حتى ولو كانت السيليكا أقل من درجة التشبع ... وكما نرى عامل الpH أيضاً هام ... كل ذلك يُراعى عند التحليل الكيميائى للمياه الخام ... وبالأخص عند استخدام المروقات أو الكوأجيولانت التى تتكون من حديد أو ألمونيوم.

من تتبع الpH فى وحدة التناضح نجدها تقل من 7.5 مثلاً إلى 7 أو 6.5 أو أقل وهنا تكمن الخطورة بناءً على ما قلناه من تكون السيليكا الغروية أو الغير متبلرة مع زيادة التركيز وتتكون الترسبات.

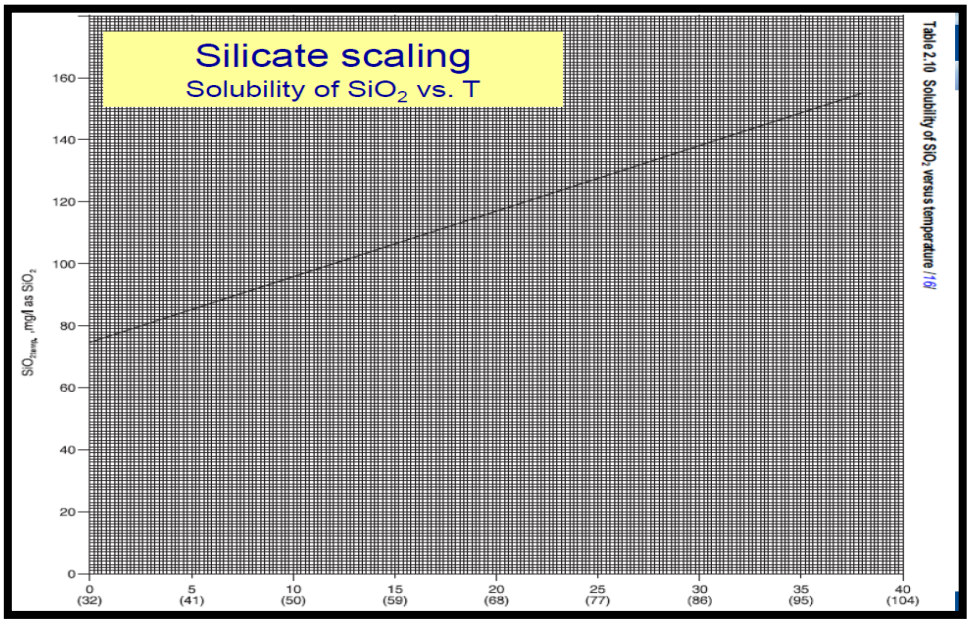
Silicate scaling

- Both Al^{3+} and Fe^{3+}, therefore, must be less than 0.05 mg/L in the feed water, even if the silica level is below saturation.
- Since Al^{3+} and Fe^{3+} salts are used for coagulation in municipal and other industrial water processing, frequent and accurate measurements of these ions are needed even though the feed water itself does not contain high levels of aluminum and iron ions.
- The scaling potential of soluble silica (silicic acid) in the absence of trivalent metal cations can be calculated
- The scaling potential for the concentrate stream will be quite different from that of the feed solution because of the increase in the concentration of SiO_2 and the change in pH.
- Solubility of SiO_2 is highest at high pH and lowest between pH 7 and 8.2 (at 25° C)
- Solubility of SiO_2 strongly depends on temperature

ونجد فى الرسم البيانى التالى أن السيليكا تكون أكثر ذوبانية عند pH مرتفعة بعد الثمانية (ولكنها نشطة فى التفاعل مع الكاتيونات الموجبة كما قلنا وتقل ذوبانيتها حتى تنعدم ما بين 8.2 – 7 ثم ترتفع قليلاً عند pH أقل:



أيضاً ذوبانية السيليكا تعتمد على درجة الحرارة (تناسب طردى) ... انظر الرسم البيانى:



كى تتحاشى وتتفادى تكون قشور السيليكا فهو أمرهام سنترك لكم المجال لابداء الحلول المقترحة ... خاصة عندما يكون تركيز السيليكا عالى فى مياه التغذية ... هل الأفضل وضع مبادل أنيونى Anionic exchange resin قبل الدخول على الأغشية للتخلص من السيليكا ... أم نستخدم أنتى سكيل قوى يمنع ترسبها ... أم نستخدم أغشية خاصة بالسيليكا قبل الدخول على الأغشية العادية التى تزيل الأملاح ... أم نضطر إلى الغسيل الكيميائى كلما تكونت السيليكا على الأغشية علماً بأن إزالتها صعبة جداً ... أم نقلل تركيز الحديد والألمونيوم كما قلنا؟

بالنسبة لقشور الفوسفات فلن نخوض فيه كثيراً لأنه أقل خطورة وهو يظهر فى المعتاد مع مياه الصرف المنزلى نتيجة احتواء مساحيق الغسيل عليه خاصة البولى فوسفات.

وقشور الفوسفات مع الكالسيوم هى أشهرها وتذوب فى الوسط الحامضى ... ومن المناسب جعل الpH فى المدى الحامضى عند دخول الأغشية بجانب إضافة الأنتي سكيل.

وهذه صورة مكبرة "لكوكتيل" من قشور مكونة من عدة عناصر(كبريت وسيلكون وكالسيوم وألمونيوم وكربون) تكون منظومة ملونة رائعة تشابه الشعاب المرجانية فى البحار:

الأنتى سكيل وترسبه على الممبرين:

له عدة أنواع منه ما يترسب على الممبرين لو زادت جرعته خاصة النوع الذى يتكون من فوسفات فيترسب على هيئة Ca_3PO4_2 ومنه ما يخرج كله مع الريجيكت ولا يترسب على الغشاء خاصة النوع المتكون من Organo phosphonate وهذا هو الأصل (ويستطيع المهندس قياسه فى الريجيكت للتأكد من هذا الكلام) ... وقد ذكرنا من قبل أن الأنتى سكيل العضوى إذا تم استخدام جرعة منه أكبرمن المسموح به كون هو نفسه فاولينج على الغشاء وحدث ارتفاع فى الضغوط ... وفى العموم لا يُمكن أن يمر الأنتى سكيل مع البيرميت لأن وزنه الجزيئى عالى.

استفسار:هل من الممكن أن تؤدى زيادة تركيز مانع الترسيب (صوديوم هكسا ميتا باى فوسفات) فوق الحدود التصميمية لمعدل ضخ المادة التى ترسبها بداخل الأغشية وبالتالي انسداد مسامات الأغشية وانخفاض الإنتاجية؟

رد المهندس السيد سعيد:

بالتأكيد لو زاد يرسب أملاح الفوسفات لذلك يفضل استخدام organo phosphate وهذا بوليمر لايترسب مع الأملاح ولو حدث ترسيب يكون عضوي ... وفي كل الحالتين يحذر عدم الزيادة

رد المهندس صلاح محمد عبد الواحد:

زيادتها بتعمل نمو للبكتريا لأنها تتغذى عليها.

رد المهندس أحمد محمود:

الجرعة الزائدة تسبب البايوفاولينج.

رد المحاضر:

أكيد وأحياناً تقليل الجرعة عن المطلوب يكون أفضل من زيادتها !! والضغوط تنضبط معك ..

تعليق المهندس سيف محمود:

كلام علمي وسليم جداً.

وعن مانع الترسيب (الأنتى سكيل) يتحدث المهندس أيمن عونى:

بدايةً المادة الأساسية في مانع الترسيب هي الفوسفونات العضوية وهناك بعض التراكيب الرخيصة تحتوي علي البولي أكريليك وكل نوع من أنواع الفوسفونات العضوية يكون لها تأثيرات متفاوتة علي الترسيبات وعلي الحديد ... ولمعرفة كفاءة مانع الترسيب يجب أن نلاحظ الآتي:

١- ارتفاع ضغط المياه علي الممبرين.

٢- ارتفاع نسبة الأملاح في مياه الإنتاج.

٣- انخفاض معدل الإنتاج.

في هذه الحالات الثلاثة إما تكون بسبب قلة جودة مانع الترسيب أو ارتفاع ال SDI ... وبالنسبة لقياس مادة مانع الترسيب يتم قياسها في مياه الصرف (الريجيكت) تبعاً لكل ... ونسبته تكون حسب نسبة الريكافري ... يعني لو كما نضيف ٢ جرام لكل متر مكعب والإنتاج ٥٠٪ سيكون تركيزه 4 ppm في الريجيكت من مادة الأورجانوفوسفونات.

وذلك لأننا نأخذ ٩٧٪ من الأملاح ونرميها ... يعني المياه تكون مركزة مرتين لو كانت 600 ppm عتد الدخول على الأغشية ستخرج في الصرف حوالي 600 ppm تقريباً

والنوع الذي نصنعه هو النوع القلوي ويصلح لجميع أنواع المياه وما يختلف هو نسبة إضافته فقط ... وطبعاً لايحتاج الي إضافة أحماض فالفوسفونات العضوي يعمل كعامل فصل قوى strong sequestering agent ... لذلك له تأثير قوي حيث يمنع ترسيب العناصر الثقيلة والأملاح المعدنية القابلة للترسب علي سطح الممبرين وذلك مثل أملاح الكالسيوم والماغنيسيوم والاسترانشيوم والحديد وغيرها من المعادن وذلك حسب نوع الفوسفونات المستخدمة في التركيب ... فبالرغم من معرفة أنواع الفوسفونات العضوية المختلفة والتي تصل إلي 7 أو 8 أنواع إلا أن نسب تركيزاتها تعد من ال know how والتي تختلف بإختلاف الخبرة والتجربة العملية وكذلك التحاليل العلمية والمعملية.

أسباب تكون القشور Scaling على الأغشية:

وننوه أن الأمورالتالية ليس شرطاً أن ننفذها كلها ولكنها تعتمد على الوحدة وطبيعة مياه التغذية:

1- **عدم إضافة حمض قبل دخول الماء على أغشية الRO ... أو عدم إضافته بالجرعة المطلوبة (وكما قلنا أنه يخفض الرقم الهيدروجينى إلى 5.5 - 6.5 ويحول أملاح العسر من أملاح مترسبة إلى ذائبة يتم التخلص منها مع الConcentrate).**
2- **عدم إضافة مانع الترسيب الأنتيسكيل antiscale من الأساس أو عدم إضافته بالجرعة المناسبة والتى أوصت به الشركة الموردة أ وعدم استخدام antiscale مناسب ... أو عدم مراعاة الرقم الهيدروجينى الذى يعمل فيه الأنتيسكيل ... أحد أسباب تكون القشور.**
3- **حدوث تسريب للأملاح فى منطقة المعالجة الأولية كتسريب من الميسرات Softener أو من الفلاتر الرملية أو الكربونية بأى وسيلة.**
4- **التغير فى قيم الأملاح وتحديداً أملاح العسر فى مياه التغذية خاصة مياه الآبارالتى تمتاز أحياناً بتغير الأملاح فيها من وقت لآخر لذا يجب متابعة مياه التغذية وعمل التحاليل الدورية التى ذكرناها حتى لو حدث تغير فى التركيب يجب أن يتبعه تغير فى جرعات الحمض والأنتي سكيل.**
5- **الخطأ الشائع هو تشغيل المحطة بحيث يزيد الريكافارىrecovery أو الماء المنتج عن الحد المسموح به بغرض الحصول على انتاجية أعلى ... والموصى به أن يكون ال recovery ما بين ال50- 80% من حجم مياه التغذية ... وهذه النسبة تعتمد على الأملاح فى مياه التغذية ... فكلما زادت يجب تقليل الrecovery وهذا**

يتم بتوصية الشركة المنتجة للأغشية بجانب خبرة العاملين بالوحدة ... كما أن تحديد الريكافرى يعتمد على عمر الأغشية ... وقد تحدثنا عن موضوع الريكافري بالتفصيل قبل ذلك.

6- قلنا بأننا نلجأ أحياناً فى المعالجة الإبتدائية لإضافة حمض لتقليل الpH ... فبعض مصادر المياه يكون لها pH فوق ال 8.5 كمياه النيل فى بعض الفصول ... مما يسبب تكون كربونات الكالسيوم شحيحة الذوبان فى الماء والتى تترسب بسهولة على الأغشية ... أما بإضافة الحمض وتقليل الpH وبالتالى تقليل قيمة ال LSI فيترتب عليه كيميائياً أن أملاح الكالسيوم (مثل كربونات الكالسيوم) تتحول إلى بيكربونات ذائبة مع انخفاض الpH ولا تترسب على الأغشية.

المهندس أيمن موسيليني:

بمناسبة ارتفاع الpH في المياه التي ستكون مصدراً لتغذية الRO يجب التنويه والتأكيد علي إضافة كلورغاز نظراً لتكون HCl وهذا يساعد علي خفض الpH ... ولا يصح إضافة هيبو كلورايت نظراً لتكون صوديوم هيدروكسيد ... ومن ثم يساعد علي ارتفاع ال pH ... فعند اضافته يساعد علي عملية الترسيب لكربونات الكالسيوم ... وأيضاً الهيبو له pH=12.0 ... لذا يراعي حقن الكلور الغاز في عملية التطهير للمياه خاصة إذا كانت المياه مصدر لتغذية ال RO بالإضافة أن نزول ال pH يجعل الوسط حامضي ... ومن ثم الابتعاد عن اتجاه الترسيب ... وأيضاً حقن الأسيد ونزول الpH سيحول جزءاً كبيراً من قلوية البيكربونات إلي CO_2 وكربونيك أسيد وسيخرج في اتجاه البيرميت ويتم التخلص من الCO_2عن طريق برج نزع الغازات (Degaser).

وحول موضوع تكون القشور ورواسب الأملاح يتحدث المهندس رياض عبد الفتاح عوض:

بخصوص تكون الرواسب بفعل تأكسد المعادن: محطة تحلية مكونة من (1) Stage ومن (2) Stage ... بحيث أن reject المرحلة الأولى يدخل إلى المرحلة الثانية ... هل هناك أهمية لإضافة SMB وبالأخص قبل المرحلة الثانية للRO؟ نقول أنه يجب إضافة SMB لأنه مادة Antioxidant تزيل أي نواتج أكسدة حيث تمنع حدوث الأكسدة للمعادن على الممبرين للمرحلة الثانية وبالتالي يمنع ترسب المعادن وال fouling.

مؤشرات حدوث ال scales قبل تكونه على الأغشية:

السكيل scales تتكون نتيجة وجود عناصر قابلة للترسيب عند وصولها لتركيزات معينة ودور حضرتك أن لا تصل لدرجة التركيز التي يبدأ عندها بالترسب عن طريق:

1- تحديد نسبة ال recovery الصحيحة.
2- ضبط مانع الترسيب.
3- المتابعة المستمرة والدورية في بداية التشغيل ومتابعة الأغشية الأخيرة من ناحية الصرف عن طريق وزنها.
4- النظر إلى بداية تكون البلورات وذلك بالملمس الخشن الخاص بالغشاء فإذا كان الملمس خشن أقرب لورق الصنفرة يعطي مؤشر لبداية تكون رواسب ...

والرواسب نوعان:

1- رواسب تذوب في الأحماض مثل الكربونات ... وهى ترسبات أقرب للجيرية الغير إبرية.

2- رواسب تذوب في القواعد مثل السالفيت وهى بلورات إبرية شديدة اللمعان.

والسؤال هنا ... هل هناك تأثير من الحامض على مادة الغشاء؟؟

والإجابة المعتادة هو أنه يجب الرجوع إلى الشركة المصنعة وتوصياتها ... وفى العموم أنه لا يوجد تأثير من الحامض على مادة الغشاء مادام فى مدى التركيزات الموصى بها ... يتم ضبط معدل الحقن من خلال مضخة الحقن إما بحقن كميات قليلة من الحمض المركز أو تخفيف الحمض أولاً وزيادة معدل الحقن وذلك تبعاً لتصميم المحطة.

والحمض المعتاد الذى يتم إضافته هو حمض الهيدروكلوريك ولا يُفضل حقن الأحماض العضوية (مثل حمض الستريك Citric acid) لأنها أحماض ضعيفة كما أنه تسبب تكون الفاولينج العضوى ... إضافة إلى ذلك أن سعره مرتفع مقارنة بالأحماض الغيرعضوية ...

أما أثناء عملية غسيل الغشاء فالأمر يختلف ... فقد ننزل بالpH إلى 2- 2.5 فى زمن قصير... كما أننا من الممكن أن نستخدم حمض الستريك ... كم سيأتى بالتفصيل فى غسيل الأغشية.

وإليك تقييم لمياه التغذية بناءً على قيم ال LSI والذى يتنبأ تحديداً بترسب أملاح كربونات الكالسيوم:

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

ملاحظات لحضراتكم:

1- قلنا أن الLSI عندما تساوى صفر فإنه لا مجال لتكون القشور وللأمانة العلمية ... الكلام النظري شيء والعملي شيء آخر ... قد تتكون القشور مع الزمن أو نتيجة لقياس خاطيء لمفردات الLSI أو لتغير طبيعة المياه الخام ... ونلاحظ أن تكون القشور يكون عادةً فى نهايات الأغشية أو ما نسميها أغشية الذيل Tail membranes كما أوضحنا.

2- عندما نجد قيمة الLSI مرتفعة فإنه يتم خفضها بخفض قيمة الرقم الهيدروجينىpH بإضافة حمض (الهيدروكلوريك أوالكبريتيك) والقيمة المستهدفة التى تناسب التناضح العكسي هى -0.2 والتى تشير إلى نقطة ما تحت التشبع كما ذكرنا ... ولو كانت القيمة أعلى من نقطة الخطر يتم إضافة أنتى سكيل.

3- بعض الشركات أحياناً تخبرنا بأن ال antiscale يعمل بفاعلية عند قيمة موجبة للLSI حتى القيمة 5.2 ... لذا يمكن الإستغناء عن إضافة الحمض والإبقاء على الرقم الهيدروجينى كما هو عند LSI = +1.8 ... راجع كل هذا الكلام فى الجزء الأول من الكورس.

4- الرسم البيانى التالي يوضح كيف تزيد قيمة الLSI زيادة خطية مع تتابع الأغشية والمراحل ... وفى أغشية الذيل تصل لقيمة فوق ال2 ... يعنى امكانية ترسب القشور 100% ... ولذلك يتم إضافة الأنتيسكيل فى بعض الحالات لمنع ترسب الأملاح حتى مع قيم عالية للLSI ... كما يجب عدم عمل ريكافرى عالى فى أغشية الذيل وهو عامل مهم جداً بجانب الأنتى سكيل الذى ربما لا يستطيع منع ترسب القشور بالكلية حتي ولو كان أنتي سكيل قوى.

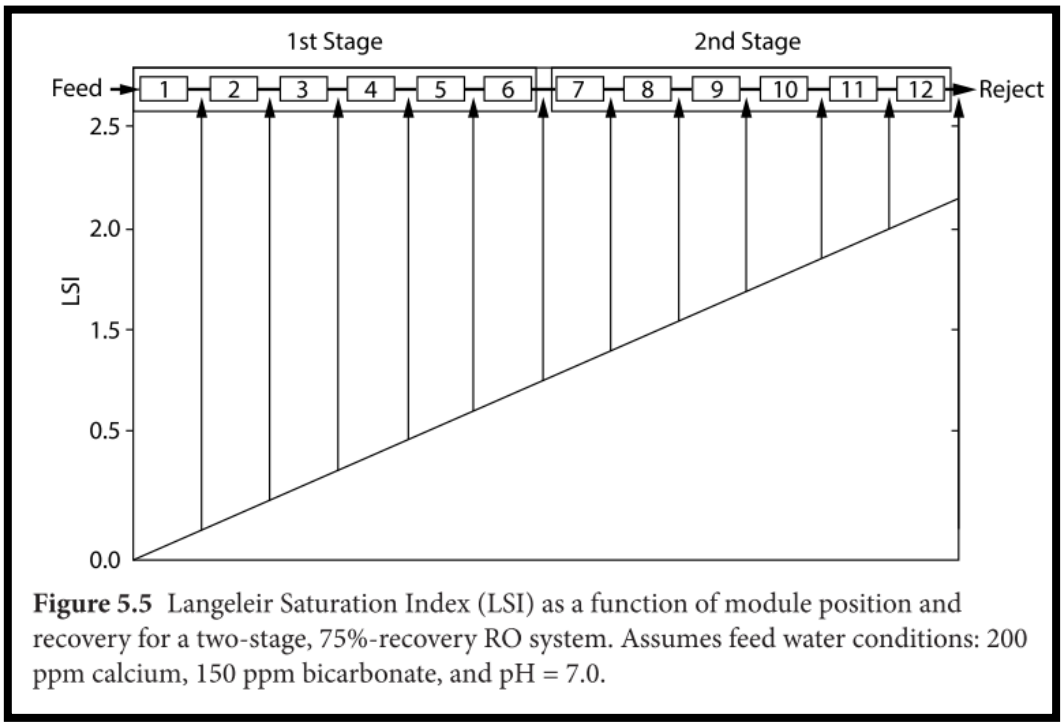


Figure 5.5 Langeleir Saturation Index (LSI) as a function of module position and recovery for a two-stage, 75%-recovery RO system. Assumes feed water conditions: 200 ppm calcium, 150 ppm bicarbonate, and pH = 7.0.

من مرجع "هيدروناتكس" تشير الجمل التى تحتها خطوط حمراء إلى قيم الLSI المطلوبة فى منظومة الRO:

LSI (Langlier Saturation Index): LSI is a method of reporting the scaling or corrosive potential of low TDS brackish water based on the level of saturation of calcium carbonate. LSI is important to boiler water and municipal plant chemists in determining whether a water is corrosive (has a negative LSI) or will tend to scale calcium carbonate (has a positive LSI). LSI is important to RO chemists as a measurement of the scaling potential for calcium carbonate. The LSI value is calculated by subtracting the calculated pH of saturation of calcium carbonate from the actual feed pH. Calcium carbonate solubility decreases with increasing temperature (as evidenced by the liming of a teakettle), higher pH, higher calcium concentration, and higher alkalinity levels. The LSI value can be lowered by reducing pH by the injection of an acid (typically sulfuric or hydrochloric) into the RO feed water. A recommended target LSI in the RO concentrate is negative 0.2 (which indicates that the concentrate is 0.2 pH units below the point of calcium carbonate saturation). A negative 0.2 LSI allows for pH excursions in actual plant operation. A polymer-based antiscalant can also be used to inhibit the precipitation of calcium carbonate. Some antiscalant suppliers have claimed the efficacy of their product up to a positive LSI value of 2.5 in the RO concentrate (though a more conservative design LSI level is +1.8). Sodium hexametaphosphate, an inorganic antiscalant, was used in the early days of RO but the maximum concentrate LSI was + 0.5 and it had to be made in short-lived batches as the air easily oxidized it.

سؤال أحد الزملاء: هل يتم قياس الLSI فى مياه الفيد أم فى الريجيكت؟

رد المهندس رياض عبد الفتاح عوض:

نحن نريد حماية الأغشية من الترسبات فيتم قياس ال LSI لمياه الفيد الداخلة على ال RO لنستطيع تحديد مدى قدرة هذه المياه على تكوين الترسبات ... وبالتالي نستطيع تحديد طريقة المعالجة المناسبة من إضافة حامض أو مانع ترسيب أو الإثنين معاً .

رد المهندس السيد سعيد:

بطبيعة الحال مياه الفيد لاتكون قشور في حالتها الطبيعية لأنها لو كان لها ميل لتكوين قشور من البداية لكانت ظهرت بدون دخولها الأغشية ... الأمر الآخر أنه من الممكن أن تكون مياه الفيد تكون جيدة ولا تكون قشور ولكن بعد تركيزها داخل الأغشية يحدث تشبع للأملاح وتبدأ في تكوين القشور والأملاح داخلها بدلاً من خروجها مع الريجيكت ... فالمفروض قياس الLSI يكون للريجيكت لأنه هو الذي يعبر عن تركيز المياه داخل الأغشية.

المهندس أحمد محمود:

فى الأساس بتم قياس الLSI على مياه الريجكيت ... ولكن من خلال خبرتى العملية قمت بتطبيقه على المياه المنتجة النهائية والتى تضخ فى شبكات مياه وذلك لمعرفة ميول المياه قبل خروجها للمستهلك من تكون قشور فى الخطوط أو عمل تآكل فى المواسير المعدنية والتى قد تكون فى الحمامات والمطابخ.

رد المهندس محمد الخطيب:

يتم قياس الLSI لمياه الريجيكت ... وذلك لأننا نقيس أسوأ حالة في الغشاء ... فكما تم ذكر أن الترسيب يحدث في نهاية الأغشية ... أي قبل خروج الريجيكت من الغشاء وبالتالي فإن أسوأ حالة تمثل تكون القشورهي مياه الريجيكت

وبالتالي أعالج الأمر وأكون قد أنهيت المشكلة في أسوأ نقطة وبالتالي ضمنت حلها بشكل كامل ... أما قياس الLSI في المياه المنتجة يكون لمعرفة قابلية هذه المياه لتآكل المواسير.

المهندس سعيد عادل:

المفترض طبعاً لمياه الريجيكت.

تعقيب المُحاضر:

يتم قياس الLSI لأى نوع من المياه فى الدنيا الغير عالية الأملاح (التى لها TDS أقل من 10000 جزء فى المليون) وإلا استبدلناها بال(S&DSI) والتي تم شرحها فى الجزء الأول من الكورس بالتفصيل نقيسها لمياه التغذية ... ولو وصلت قيمة الTDS فى مياه الريجيكت لأعلى من ذلك فيتم معاملتها كمياه البحر أو الخليج العالى الملوحة ويتم قياس ال(S&DSI) ...

مياه التغذية يتم قياس الLSI فيها مبدأياً لمعرفة الميل لتكون القشور (والهدف أن نصل إلى القيمة 0.2- قبل دخول الأغشية كما وصت الشركات المتخصصة) ... ويتم قياسها لمياه الريجيكت الخارجة من المرحلة الأولى إلى الثانية لأنها تغذية لها وهكذا حتى آخر مرحلة لأن ما يحدث فى واقع الأمر أن قيمتها تزيد جداً مع التقدم فى المراحل والحل يكون دائماً فى استخدام الأتني سكيل والحمض أو تقليل الريكافرى إلى غير ذلك ... كما يتم قياس الLSI لمياه البريمت المنتجة والتى كثيراً ما تكون حامضية لمعرفة قابليتها لتآكل المواسير ومعالجة ذلك برفع الأس الهديروجيني كما سنتحدث فى المعالجة النهائية.

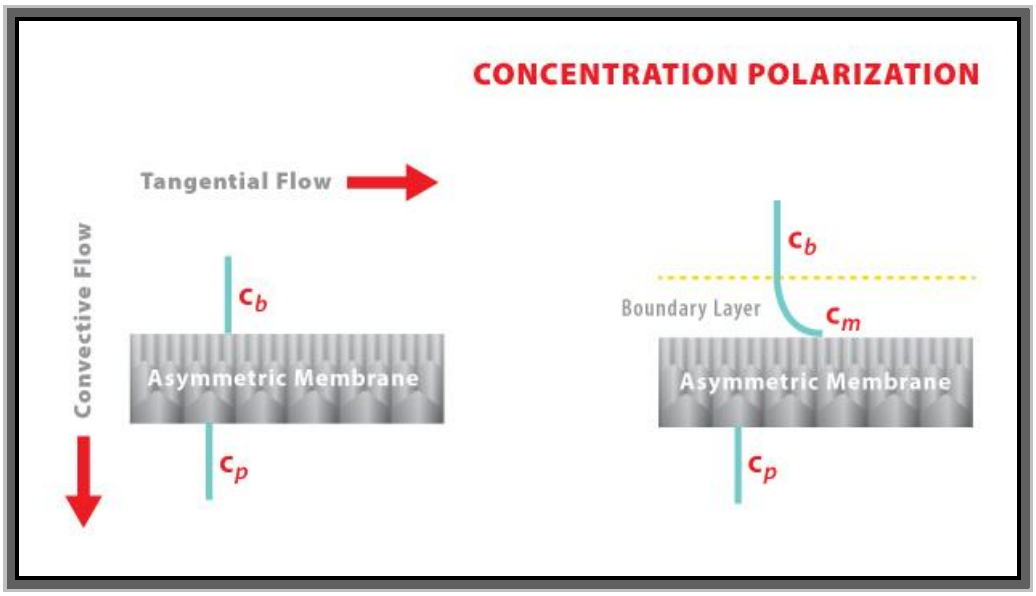
ما هى قصة الConcentration polarization؟

هى ببساطة ظاهرة تراكم الأملاح فى المياه التى تم حجزها قبل الأغشية ... أملاح تمر وأنواع أخرى لا تمر بسهولة من خلال الأغشية ... تتراكم هذه النوعية من الأملاح على سطح الأغشية وتكون طبقة Boundry layer أكثر تركيزاً من الأملاح فى المياه السارية فوقها ... بمعنى آخر يحدث لها استقطاب على فى هذه الطبقة ... وتتشكل هذه الطبقة بقوة أكبر وسُمك أكبر كلما قل ال cross flow أوقلت الدوامات أو الturbulance ... ويزيد بذلك الضغط الأسموزى ويقل الnet driving pressure المسئول عن نقل المياه عبرالغشاء كما سنتحدث عنه بعد ذلك ... وبالتالى يقل الflux وكمية البيرميت ... كما أنه يؤثر على اختيارية الأغشية للأملاح النافذة selectivity فبالطبع الوضع يكون غير طبيعى ... كما أنها بداية مهمة فى ترسب القشور ... ومع الوقت يحدث تسرب فى الأملاح عبر الغشاء وانتهاء عمره ومدة خدمته ... وللتغلب على هذه الظاهرة يجب تقليل الflux المار عبر الأغشية أو نزيد من كمية مياه التغذية فتزيد اضطراب المياه ... بجانب عمل شبكة ال feed spacer التى تحدثنا عنها من قبل والتى تسبب اضطراب أيضاً فى المياه ونتجنب بذلك الconcentration polarization وتكون القشور.

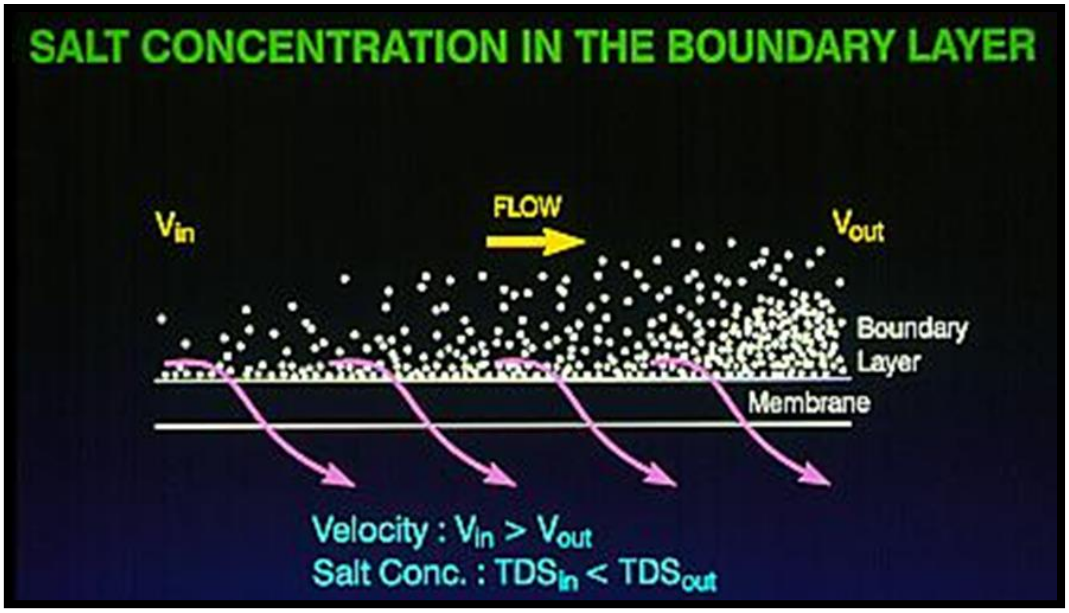
انظر كيف تتكون ظاهرة الConcentration polarization فى الصورة التالية ... حيث ترى أن تركيز الأملاح فى ال boundry layer فى البداية يكون مساوٍ للطبقة السارية فوقها ويُشار إليها بالCb ... ومع التقدم فى الأغشية

يزيد تركيز الأملاح فى ال boundry layer والتى يُشار إليها بال Cm وتكون أعلى فى تركيز الأملاح من الطبقة السارية الموازية للغشاء فوقها ...

Cm > Cb



وهذه صورة أخرى لطبقة الBoundary الملاصقة للغشاء وتركز الأملاح فيها:



مشاركة المهندس محمد عبد العال:

1) ما هو معامل القطبية Polarization Factor ؟

هو معامل مهم جدا لا بد اخذة في الاعتبار عند عمل تصميم لمحطات التحلية. حيث يؤثر هذا المعامل في net driving pressure (القوة المنتجة الفعالة) ويعمل على زيادة مقاومة الغشاء بزيادة الضغط الاسموزي, ويمكن تعريفه ببساطة شديدة (تخيل ان المياة الخام اداخلة والتى تمر على سطح الغشاء عبارة عن طبقتين فوق بعض , طبقه ملاصقه لسطح الغشاء وأخرى فوقها غي ملاصقة تسمى طبقة الوسط Bulk .

ولو فرضنا مثلا ان املاح مياه الدخول 40 الف جزء بالمليون واملاح مياه الخروج حوالي 60 الف جزء بالمليون . فاوعي تتخيل ان الاملاح تزيد تدريجي من 40 الي 60 الف وبشكل منتظم ..... ليه ؟ لان الطبقة الملاصقة للغشاء سوف يخرج منها مياه محلاه تاركه خلفها بلورات ملح حقيقية تزيد املاحها بكثير عن 60 الف جزء بالمليون تصل الي اضعاف هذه القيمة ولكن توجد فوقها طبقة غير ملاصقة لسطح الغشاء وتسمي طبقة الوسط املاحها اقل بكثير من الطبقة الملاصقة فتؤدي الي جهد واجهاد كميائي علي سطح الغشاء وتحدث شيء اشبه بالنبضات علي سطح الغشاء نتيجة وجود تركيزين مختلفين وهذا يسمي القطبية ولكن لا نجد بلورات الملح الملاصقة للغشاء تترسب وذلك لان سرعة المياه بعدها والطبقة التي فوقها تؤدي لسرعة ذوبانها.

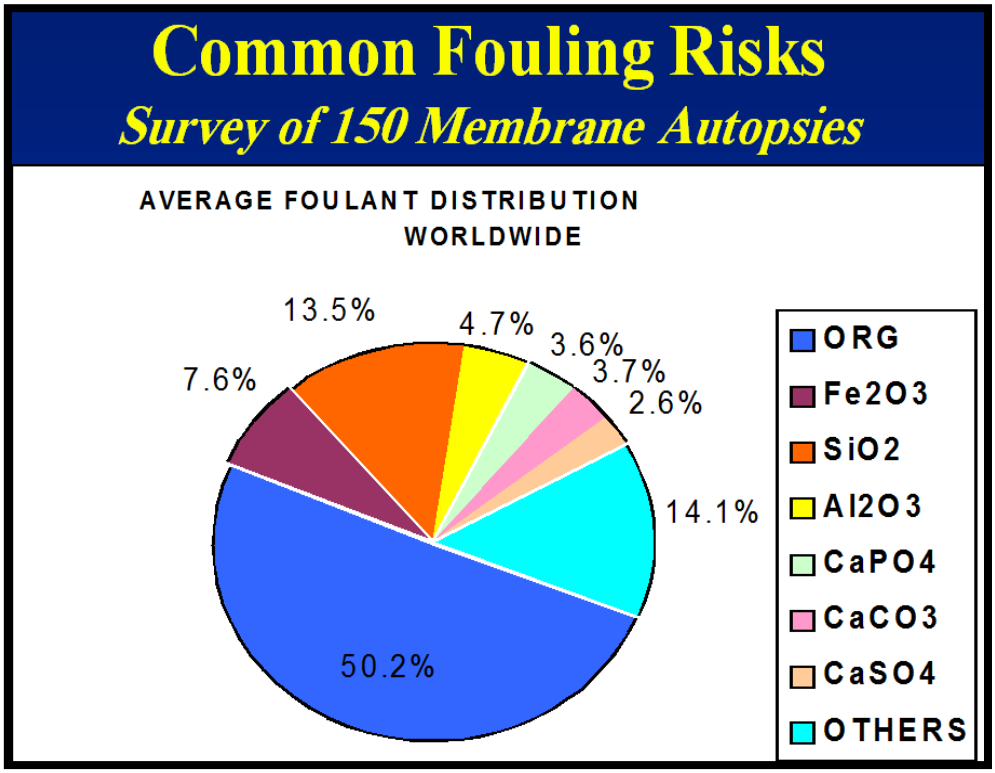
والمعادلة الرياضية لهذا المعامل هي

$$PF = EXE\ (0.7 \times Average\ Recovery)$$

$$Average\ Recovery = 1-(1-recovery)^{(1/n)}$$

n (No. of elements in vessel)

والرسم البيانى التالى هو نتيجة دراسة 150غشاء بطريقة الأوتوبساى autopsy التى سنتحدث عنها بعد ذلك ... وجدنا أن الفاولينج العضوى يمثل النسبة الأكبر والأخطر من أنواع الفاولينج يليه ثانى أوكسيد السيليكون (السيليكا) ثم أكسيد الحديديك ثم أوكسيد الألمونيوم وأملاح الكالسيوم المختلفة.



فما هو الفاكتور بيتا Beta (β)؟؟؟

معامل بيتا أو معامل الاستقطاب هو الConcentration polarization factor وهو النسبة بين تركيز الأملاح على سطح الغشاء إلى تركيزها فى المياه السارية ... ولذلك قيم البيتا العالية معناها نسب للملح عند السطح أعلى من المحلول المائى ... وهو مؤشر لحدوث تراكم الفاولينج أوتكون القشور.

والقيم المقبولة لبيتا هى من 1 – 1.2 حد أقصى لتجنب تكون الفاولينج والقشور.

المشاركات على موضوع "الفاكتور بيتا" وكيف يتم قياس معامل بيتا ؟ كيف يتم قياس تركيز الاملاح على سطح الغشاء؟؟ وهل ذلك يكون نظرياً فقط أم يتم حسابها عملياً؟

المهندس محمود نوفل:

أظنها قيمة تقريبية فقط ...لأن غالباً كل ممبرين محمل بتركيزات مختلفة من القشور ... وربما يكون إخراج الممبرين ووزنه بعد إصابته بالترسبات الملحية مؤشر جيد لمعرفة معامل الاستقطاب.

المهندس أحمد همام:

هى قيمة نظرية ... وتتراوح من 13 - 20 % من قيمة الأملاح الكلية الذائبة لتدفق المياه المركزة الكلية.

المهندس محمود عبد العال:

ما هو معامل القطبية Polarization Factor ؟

هو معامل مهم جدا لا بد اخذة في الاعتبار عند عمل تصميم لمحطات التحلية. حيث يؤثر هذا المعامل في net driving pressure (القوة المنتجة الفعالة) ويعمل على زيادة مقاومة الغشاء بزيادة الضغط الاسموزي. ويمكن تعريفه ببساطة شديدة (تخيل ان المياة الخام اداخلة والتى تمر على سطح الغشاء عبارة عن طبقتين فوق بعض . طبقه ملاصقه لسطح الغشاء وأخرى فوقها غي ملاصقة تسمى طبقة الوسط Bulk .

ولو فرضنا مثلا ان املاح مياه الدخول 40 الف جزء بالمليون واملاح مياه الخروج حوالي 60 الف جزء بالمليون . فاوعي تتخيل ان الاملاح تزيد تدريجي من 40 الي 60 الف وبشكل منتظم ..... ليه ؟ لان الطبقة الملاصقة للغشاء سوف يخرج منها مياه محلاه تاركه خلفها بلورات ملح حقيقية تزيد املاحها بكثير عن 60 الف جزء بالمليون تصل الي اضعاف هذه القيمة ولكن توجد فوقها طبقة غير ملاصقة لسطح الغشاء وتسمي طبقة الوسط املاحها اقل بكثير من الطبقة الملاصقة فتؤدي الي جهد واجهاد كمياني علي سطح الغشاء وتحدث شيء اشبه بالنبضات علي سطح الغشاء نتيجة وجود تركيزين مختلفين وهذا يسمي القطبية ولكن لا نجد بلورات الملح الملاصقة للغشاء تترسب وذلك لان سرعة المياه بعدها والطبقة التي فوقها تؤدي لسرعة ذوبانها.

والمعادلة الرياضية لهذا المعامل هي

$$PF = EXE\ (0.7\ X\ Average\ Recovery)$$

$$Average\ Recovery = 1-(1-recovery)^{(1/n)}$$

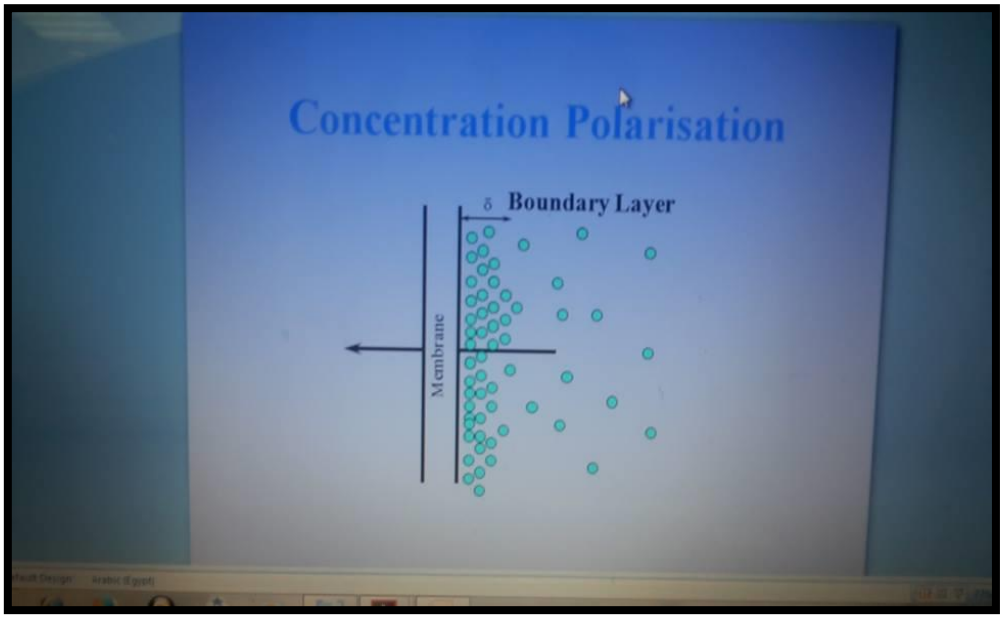
n (No. of elements in vessel)

المهندس سعيد عادل:

معامل بيتا خاص بالمرحلة الأولى حيث يكون فيها أعلى Flux للأغشية خصوصاً

الlead-element وهذه تظهر أكتر لو الديزين كان على درجة حرارة عالية لمياة الفيد(35 مثلاً) ... فقيمة بيتا يجب ألا تزيد عن 1.2 وإلا تعرضت المرحلة الأولي للفاولينج لأن أعلى فلكس عليها ومن المؤكد أن ذلك سيؤثر على الريجيكت الذي يعتبر فيد للمراحل التالية وبالتالي تكوين سكيلز ... والتعديل يتم بضبط الريكفري أو من خلال thruting valva على هيدر بيرميت المرحلة الأولي لتقليل البيرميت وزيادة ضغط وفلو الريجيكت كفيد للمرحلة التانية ومنها تحسين الsalt passage كبرميت المرحلة التانية.

المهندس أحمد محمود:



As the product water continuously passes through the membrane, dissolved and suspended solids concentrate at the separating surface creating a boundary layer, an effect known as "Concentration Polarization" …Within this boundary layer salts may precipitate and suspended solids can start to deposit on the membrane surface and spacers of spiral wound system.

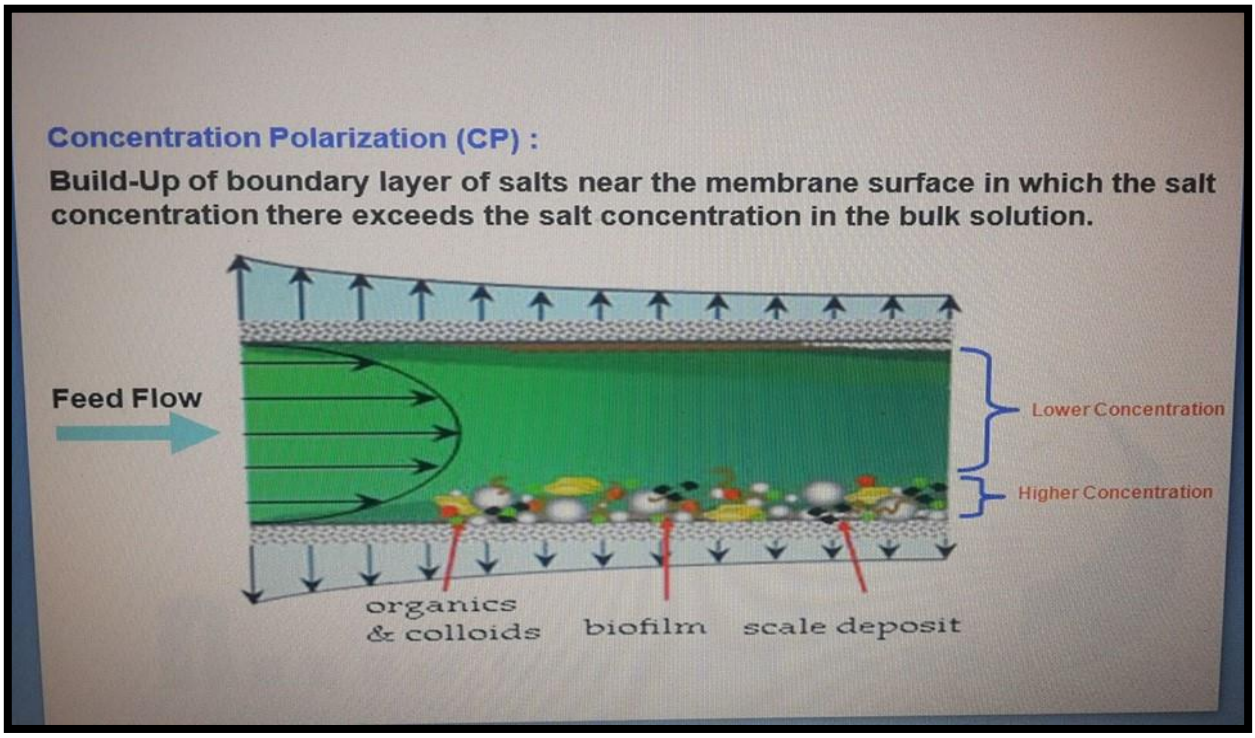
Concentration polarization factor for FILEMETIC 8" elements pfi =EXP{0.7Yi}

… where Yi recovery fraction of the element

Yi = permeat Q/feed Q

وحول قياس الأملاح فى الطبقة الملاصقة للغشاء ومياه الفيد التى تعلوها هى عملياً صعبة.

والصورة التالية توضح أكتر نقطة الاستقطاب:



المهندس يحيى على شبل:

هناك علاقة مباشرة بين permeate flux وقيمة β وهذه العلاقة يمكن صياغتها في القانون التالي:

$J = A * \{Fp – (\beta * Qp + Pp + 0.5 * Pd)\}$ >>>> where:{(

J: membrane permeate water flux.

A: membrane water permeability coefficient (unique property)

وهو خاص بنوع الغشاء.

Fp: applied feed pressure.

Qp: osmotic pressure of concentrate water.

Pp: permeate back pressure.

Pd: pressure drop.

المهندس محسن كامل:

من المؤكد أن فاكتور بيتا يتأثر بعوامل أخرى غير الريكافرى(recovery) مثل أملاح المياه الخام (الفيد).

المهندس إسلام غريب أبو بكر:

ما أعلمه هو ان البيتا ليست من العوامل المؤثرة فى التشغيل ... ولكنها عامل ناتج عن التصميم بمعنى أن قيمتها ناتجة من قيمة الflux والsalt rejection وليس لها علاقه بالممبرين ... فبعد أن يختار المصمم قيمه الflux و salt rejection والضغوط يتم التعويض فى معادلة البيتا وينظرإذا كانت النتيجة فى الحدود المسموح بها ... وأيضاً مصدر

المياه يؤثر فى ذلك وبصفة عامة عند الالتزام بمعدلات flux وrecovery وعدم تغير الضغوط فإنه وفى الأغلب تكون البيتا أقل ما يكون وأيضاً يُلاحظ أنه فى بعض برامج التصميم لايتم ادخال قيمة البيتا.

المهندس حاتم حسين:

معامل بيتا هو عبارة عن تأثير ما يسمى بال Mass Transfer و ما يسمى بال Concentration Gredient و هو ظاهرة طبيعية تحدث في أي عملية Mass Transfer حيث أن انتقال الماء من قلب المحلول حتى يصل إلى سطح الغشاء يحتاج إلى وقت نتيجة مقاومة هذا السريان الأسموزي ... ولنتغلب على هذا يلزم حدوث خلط جيد جداً عن طريق ضمان سرعة عالية داخل الFeed Spacer وهو قيمة نظرية تعتمد على ما ذكرناه Concentration Gredient حيث يقل تركيز الأملاح كلما ابتعدنا عن سطح الغشاء نتيجة انفصال الماء عن الملح وتركه للملح على سطح الغشاء ... وهي على حد علمي قيمة نظرية فقط وحيث يصعب جداً قياسها عملياً في السُمك البسيط لل Feed Spacer والذي يساوي في أكبر أحواله 34 mil حيث أن وحدة البوصة inch تساوى 1000 mil.

المهندس ضياء الدين صالح:

قيمة β القصوى تختلف مع اختلاف المياه المغذية وتكون مذكورة في المانيوال الخاص بالممبرين.

المهندس أيمن موسيليني حول الدلتا بى:

يؤخذ في الحُسبان عند التصميم معرفه ميول المياه من حيث الترسيب والفاولينج ... وفي حالة المياه السطحية غالباً لا يوجد استقرار في الحمل العضوي علي مدار فصول السنة ... لذا تكون دائماً عُرضة للفولينج ... ومن المعروف أن الأغشية قد تتساوي في القُطر ولكن تختلف في مساحة السطح (قدم مربع) علي سبيل المثال غشاء قطره 0.8 بوصة يوجد منه ثلاث مساحات مختلفة:

380 قدم مربع - 400 قدم مربع - 430 قدم مربع.

ويتم اختيار الغشاء المناسب علي حسب معرفة ميول المياه من حيث الفولينج...

في حالة وجود فاولينج في مياه التغذية ... يُفضل استخدام أغشية لها مساحة سطح قليلة ولتكن 380 قدم مربع.

والفرق بين مساحات السطح المختلفة للغشاء 8.0 بوصة هو وجود طبقة الفيد سبيسر بين طبقات البولي أميد حيث تختلف من غشاء لآخر من حيث القطر ... ومن ثم تختلف مساحة السطح للأغشية ... حيث أن هذه الطبقة مسار لمياه الفيد وعلي حسب سُمكها تقل مساحة السطح أو تزيد ... وحيث تساعد هذه الطبقة في عدم تكون طبقة ال concentraion polarization ... وتحدث حالة اضراب لمياه التغذية! مما يمنع أويقلل إمكانية حدوث فاولينج علي سطح الأغشية ...

وتستخدم عادةً الأغشية ذات مساحة السطح العالية في المياه التي ليس لها ميول للفولينج

وتكون قيمة ال SDI لها أقل من 1.0 لتعطي كميه flux أعلي.

استفسار:فى ضوء ما ذكرناه عن السيليكا ... ماهو تركيز السيليكا المقبول فى مياه التغذية ؟؟؟ ولو كان عالياً فهل الأفضل وضع مبادل أنيونى Anionic exchange resin قبل الدخول على الأغشية للتخلص من السيليكا ... أم نستخدم أنتى سكيل قوى يمنع ترسبها؟؟ أم نستخدم أغشية خاصة بالسيليكا قبل الدخول على الأغشية العادية التى تزيل الأملاح ؟؟؟ أم نضطر إلى الغسيل الكيميائى كلما تكونت السيليكا على الأغشية علماً بأن إزالتها صعبة جداً؟؟أم نقلل تركيز الحديد والألمونيوم كما قلنا؟

رد المهندس مصطفى أحمد على:

مياه التغذية لأحد المحطات تحتوى على نسبة سيليكا 75 ppm ... فى البداية تم التشغيل بأنتى سكيل عادى ولكن ظهرت مشاكل وترسيبات ... وتم تغيير الأنتى سكيل بآخرخاص بالسيليكا من حوالى 6 شهور وإلى الآن لم تظهر مشاكل والأنتى سكالنت يعمل بكفاءة واسمه berkoo وأملاح البئر حوالى 2000 ppm ... وجرعة الأنتى سكالنت تصل إلى 3 ppm

والمحطه صغيره تنتج 300 متر فى اليوم ... حوالى 13 متر مكعب /ساعة ... والريجيكت حوالي 7 مترمكعب/ساعة ... والريكافرى 65%.

رد المهندس رياض عبد الفتاح عوض:

إذا كانت نسبة السيليكا عالية فعملية إستخدام مبادل آنيوني غير مجدي لأنه سوف تزداد عمليات إحتياج المبادل للتنشيط بإستمرار وبالتالي إستهلاك مواد كيماوية ومياه ووقت.

سؤال طُرح فى المنتدى:

فى الصورة التالية ظهرت الأغشية فى المرحلة الثانية من الوحدة بهذا الوضع ما التفسير والأسباب والعلاج؟؟؟

وحتى لا يختلط الأمر على المشاهد ... الظاهرة هى تراكم الأملاح البيضاء على الغشاء كما هو مشُار إليها بالأسهم أما اللون الأخضر فلأنه من نوع Hydranautics والمعروف بهذا اللون وليس هو المشكلة.

وصف الوحدة:

مياه التغذية بئر والأملاح الكلية الذائبة TDS = 8000 جزء فى المليون ... وال pH = 7 ... والمعالجة الإبتدائية تتضمن فلاتر الميديا MMF ثم فلتر كارتريدج ويتم إضافة أنتي سكيل من نوع PC191tNalco ... والأغشية

الأمامية القائدة فى وضع جيد أما فى المرحلة الثانية بهذا الوضع الذى بالصورة والغشاء وزنه ثقيل جداً أربع أضعاف وزنه وهو جديد.

الإحتملات والتفسيرات فى رأى الخبراء:

1- **ترسبات قشور كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$ من داخل الغشاء وخارجه فحدث سد للمسام تماماً وأصبح تالفاً لا يُجدي معه الغسيل الكيميائي.**
2- **ترسبات سيليكا (تكون بها لمعة أوضح من الأملاح الأخرى) والفيصل فى ذلك التحليل الكيميائي وهى تنتشر كثيراً فى مياه الآبار أيضاً.**
3- **ضعف فى سريان مياه التغذية.**
4- **الريكافرى أعلى من المسموح به.**
5- **الأنتي سكيل أما أن يكون غير مناسب أو انتهت فترة صلاحيته أو يتم حقنه بكميات غير صحيحة أو حدث توقف لطلمبة الحقن.**
6- **تغير طبيعة مياه التغذية وتغير نسبة الأملاح فأصبحت ظروف الوحدة وظروف تشغيل الأغشية تحتاج لتغيير لأنها لم تعد مناسبة.**

الحل:

1- **تغيير الغشاء.**
2- **ضبط المعالجة الإبتدائية لمياه التغذية وطرق المعالجة بما فيها الأنتيسكيل المناسب والجرعة المناسبة قبل الدخول على الأغشية حتى لا تتكرر المأساة ... وهذا يتطلب تحليل معملى كامل.**
3- **تحقيق الحد الأدنى من سريان مياه التغذية.**
4- **الغسيل الكيميائي للأغشية بصفة دورية ومتقاربة حتى لا تتفاقم المشكلة وتصل إلى مرحلة اللاعودة.**

المهندس نادر محمد النجار أرسل صورة لقشور السيليكا على الأغشية وقال:

هذا ممبرين في المرحلة الأولى حدث له silica scale بسبب نقص جرعة الأنتيسكيلنت ... وللأسف لم تنجح عملية الغسيل وتم تبديله:

تعقيب المحاضر:

من موقع لينتك ... قشور السيليكا خشنة جداً مثل البورسيلين صعبة الطحن أو السحق جداً ولا تذوب فى حمض الهيدروكلوريك وقشورها لها ألوان فاتحة بعكس رواسب الحديد والمنجنيز.

A sulphate deposit is much harder and more dense than a carbonate deposit because the crystals are smaller and cement together tighter. A Sulphate deposit is brittle, does not pulverize easily, and does not effervesce when dropped into acid.
A high silica deposit is very hard, resembling porcelain. The crystal of silica are extremely small, forming a very dense and impervious scale. This scale is extremely brittle and very difficult to pulverize. It is not soluble in hydrochloric acid and is usually very light coloured.
Iron deposits, due either to corrosion or iron contamination in the water, are very dark coloured. Iron deposits in boilers are most often magnetic. They are soluble in hot acid giving a dark brown coloured solution.

تعقيب المهندس محمود نوفل:

كذلك غالباً تكون amorphous أو غير بللورية ويُمكن معرفة ذلك بالفحص اليدوي أو بعدسة مكبرة لعينة من الملح.

تعقيب المهندس أيمن موسيليني:

هناك ملحوظة ... تزداد السيليكا عند التكاثر الموسمي للدياتوم (Diatom) وهو طحلب من خلية واحدة جدرانه مشبعة بالسيليكا وكذلك هياكله... وتلحظ زيادة في السيليكا في مياه النيل في أوقات معينة ويعود الوضع طبيعياً بعد ذلك... وأنا عندي ترتفع السيليكا في فرع دمياط في شهري 9 - 10 وتزيد الي ppm10.0 وباقي شهور السنة حوالي ال ppm 2.0.

تعقيب المحاضر:

قاع البحر أحيانا يكون عبارة عن سيليكا من هياكل هذه الدياتومات وتسمى بالأرض الدياتومية Diatomaceous earth.

المهندس عامر محمد عدنان دركزنلي يتحدث عن ظهور السيليكا أيضاً على الأغشية الأولى:

الحالة التي صادفتها كانت في مراحل متقدمة من ترسب السيليكا ووصلت لمرحلة انخفاض ملحوظ في الغزارات الناتجة وكان ال RO عبارة عن مرحلتين فكان ضغط الدخول على المرحلة الأولى 10 بار ودخول المرحلة الثانية 5 بار وعند فحص الأغشية تم ملاحظة تشكل رواسب السيليكا على الممبرين الأول في الفيزل.

وقد تم ملاحظتها بالنظر لأنها وصلت لمراحل متقدمة من تشكل الرواسب وبالنسبة لموضوع النسب فالمهم ليس النسبة بحد ذاتها بل بالمعالجة المتبعة لمنع ترسيبها حيث أنه نقلاً عن شركة داو يوجد أنتي سكيل يمنع ترسب السيليكا لحدود 240 ملغ/لتر.

وحول موضوع إزالة الكبريتات من المياه أفاد المهندس جاسم محمد من العراق بالتالي:

قبل الدخول على وحدة الRO ... يتم إضافة مادة البولي ألمونيوم كلورايد (PAC) 20- 40 جرام لكل 1000 لتر مع الشبة (كبريتات الألمنيوم) مع الحفاظ على زمن الترسيب (2 ساعة) على الأقل ثم تدخل المياه على فلتر رملي وفلاتر قطنية وهذه الطريقة مجربة ويوجد عندي فحص للمياه قبل وبعد الإضافة:

Examination	River water	After deposition	
SO_4	1390	360	

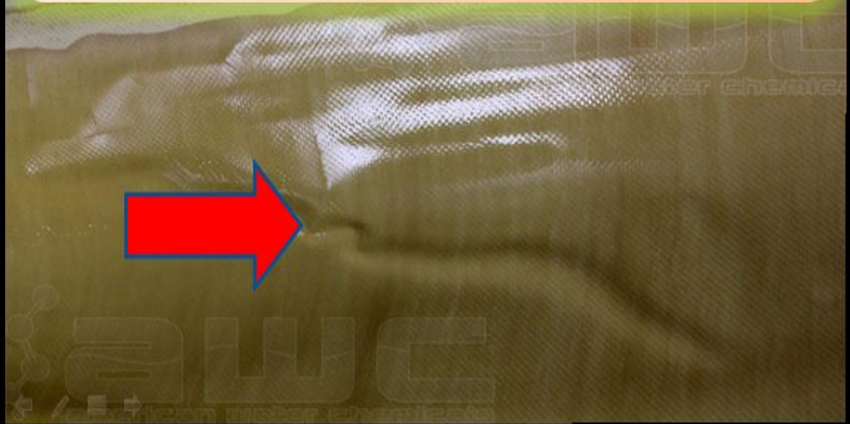
هذا إلى جانب لإزالة الكبريتات بواسطة التبادل الأيوني أو بالتناضح العكسي نفسه بشرط استخدام مانع ترسيب كما قلنا.

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

الضغوط على الأغشية!!



16

النقاش السادس عشر

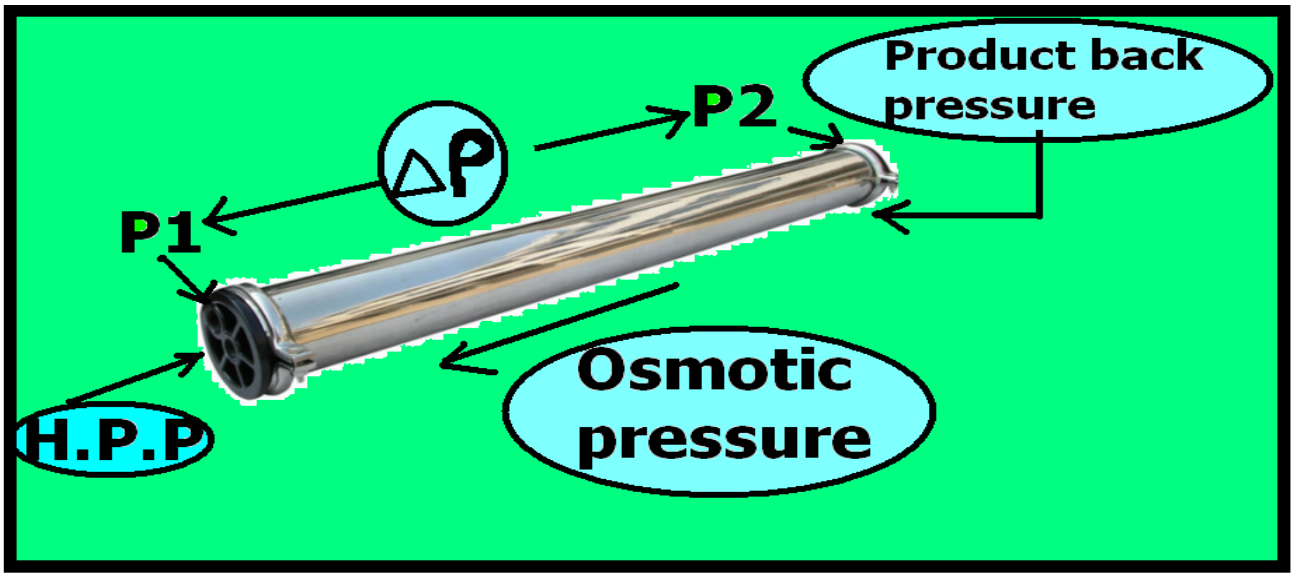
النقاش السادس عشر :

16- الضغوط على الأغشية

أخى الكريم أوعية الضغط (الفيزلات) وبداخلها الأغشية تتعرض لعدة أنواع من الضغوط ...

ننظر إلى الرسم التوضيحى ثم نتحدث عن كل نوع من الضغوط:

(معظم معلومات هذه المناقشة تم تدوينها من محاضرة المهندس المحترم محمد موسى ... فله جزيل الشكر بجانب بعض الملاحظات من المراجع الأجنبية وآراء الخبراء).



1- **ضغط طلمبة الضغط العالى Pump pressure: وهو ضغط طلمبة الضغط العالى HPP وهى تعمل فى اتجاه خط الانتاج (اتجاه سريان المياه) ...**
(تذكر أن الضغط عبارة عن قوة والقوة لها اتجاه).

2- **الضغط الأسموزى Osmotic pressure: ومن تعريف عملية التناضح العكسي رأينا من قبل أن الضغط الأسموزى يعمل عكس اتجاه مضخة الضغط العالى (يعنى يعمل إعاقة لعملية التناضح العكسي) وذكرنا أن (كل 1000 جزء فى المليون من الأملاح الكلية الذائبة TDS تكافئها حوالي 11.2 psi).**

3- **دلتا بى Delta P: وهو الفرق بين الضغط عند نقطتين P1,P2 ... النقطة الأولى هى ضغط الدخول عند أول نقطة للغشاء ... النقطة الثانية هى ضغط الخروج عند آخر نقطة للغشاء ... وهو أخطر أنواع الضغوط ... وعندما يزيدP1 معناها حدوث سدد فى الغشاء نتيجة فاولينج أو ترسبات ملحية أدت إلى إعاقة سريان المياه فيقل الضغط عند P2 ... وبالتالى يزيد فرق الضغط (أو الدلتا بى) ويحدث عملية "عصر" للغشاء وبالتالى لتكسره أو تحدث ظاهرة الTelescoping وهى أن طبقات الأغشية تتفكك عن بعضها ويحدث لها إزاحة ناحية الريجيكت Sheet sliding... ومن المستحيل إعادتها كما كانت حتى ولو استخدمنا الغسيل الكيميائى مائة مرة!**

إذا أردنا أن نتحدث عن الدلتا بى فنقول أنها تأخذ قيم قليلة عندما يكون الغشاء جديد ومع مرور الوقت والاستهلاك تتراكم الفاولينج والمواد المترسبة عليه حيث يحدث إعاقة لمرورالمياه وتزيد الدلتا بى وينقص الإنتاج ... واتجاه هذا النوع يكون بالسالب أيضاً عكس اتجاه مرور المياه وطلمبة الضغط العالى.

فى حالة لو كان هناك أكثر من ممبرين ... يتم أخذ متوسطات الدلتا بى لكل غشاء.

والمتفق عليه أن لا تزيد قيم الدلتا بى عن 10 psi لكل فيزل ... وبحد أقصى 50 psi للمحطة بأكملها ... فلو افترضنا وجود 6 فيزل ... كل فيزل لها دلتا بى 10 ... معنى ذلك أن المجموع الكلى سيكون 60 psi فلا يصلح (لأنه أعلى من 50 psi).

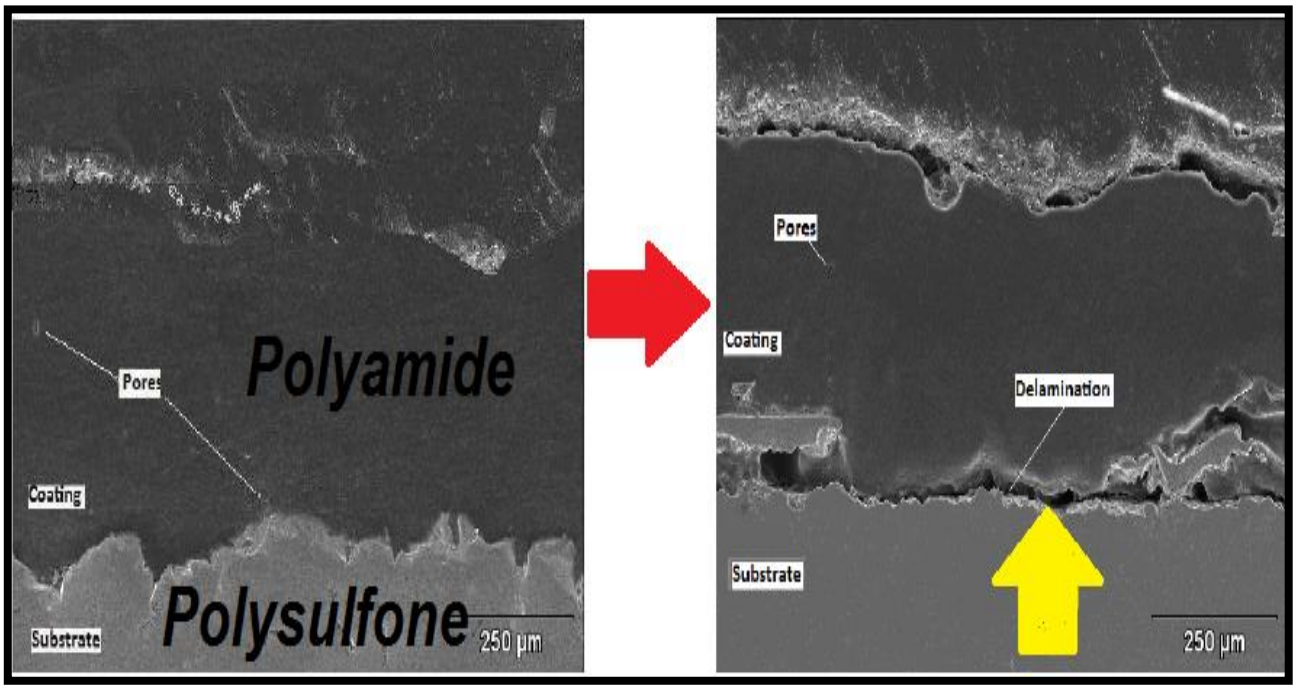
ولو عندى 3 فيزلات كل منهم له 10 psi من الدلتا بى فيكون المجموع 30 psi والحد الآمن حتى 50 psi.

والواقع العملى عند تشغيل المحطة الجديدة يقول أن الدلتا بى للمحطة ككل من 20 psi – 15.

4- الضغط العكسي للمنتج (P.B.P) Product back pressure: نعنى به أن المياه المنتجة أو البيريمت تؤثر على الأغشية بضغط عكسي لعدة أسباب (وفى المعتاد ... ضغط البريميت لا يتعدى 6 psi – 5 فى حين أن الضغط على الأغشية يصل إلى 1200 psi) ... فإذا زاد ضغط البيرميت يؤدى ذلك لآثار خطيرة ...

إذا كانت المحطة تعمل فإن ذلك يؤدى إلى خفض الإنتاج ... وقد يؤدى استمرارية ذلك إلى تسهيل ترسب الأملاح على الأغشية ... وهذا النوع من الضغوط ليس له قيم ثابتة.

وإذا كانت المحطة لا تعمل ... أى لا تتعرض لضغط طلمبة الضغط العالي فهذه هى الكارثة بعينها لأن الضغط العكسي لن يجد من يقاومه ويؤدى ذلك إلى تدمير الغشاء بالكامل ... حيث أن طبقة مثل طبقة البولى أميد التى لا تتعدى 0.2 ميكرون يحدث لها انفصال عن طبقة الدعامة وتدمير لطبقة الغراء التى نلصق بها الممبرين ... وهو ما يسمى بظاهرة الDelamination كما ترى فى الصورة التالية ويُشار إليها باللون الأصفر:



المهندس محمد عبد العال:

2) قام المصمم بعمل ضغط عكسي 0.5 بار على الاغشيه من ناحيه المنتج permeate back pressure مرة عن طريق محبس orifice ومرة اخرى عن طريق رفع خط المنتج 5 متر أيهما صحيح؟

المصمم الذي اعتمد على ضغط عكسي عن طريق رفع خط الانتاج الى اعلى لمسافة 5 متر ارتكب خطأ كبير جدا اذا من هنا لابد ان نراعى ان يكون المسافه بين vessel السفلى واعلى نقطة في خط المنتج لا تزيد عن 5 متر ليه هذة القاعدة مهمة جدا ,يحذر اثناء توقف المحطة ان يكون ضغط المياة المنتجة اكبر من ضغط الدخول ب 0.3 بار يعنى لو المحطة توقفت فأن عمود المياة داخل المحطة يتعدى 0.3 بار وضغط الدخول صفر مما سيؤدي الى دمار الاغشيه .

كيف سوف تتدمر الاغشيه؟

هن طريق الضغط العكسي ولكى نفهمها بطريقه مبسطة (فأن خط اللزق glue line بين الطبقات يكون في اتجاة مياة الدخول في حالة وجود ضغط بسيط في اتجاة المنتج يؤدى الى فك خط اللزق وحدوث نقط ضعف فية لا يمكن علاجها.

المهندس أيمن موسيليني:

بالرغم علي قدرة الأغشية لتحمل ضغوط حتي 80 بار في التشغيل ودلتا بي مرتفعة إلا انها لا تتحمل ضغط معاكس ودلتا بي أكثر من 0.3 بار ... وإذا تعدت هذا الرقم قد يكون من أسباب تدمير الأغشية.

المهندس عاصم بويحى:

نعم صحيح.

أسباب الضغط العكسى للمياه المنتجة عديدة أهمها:

1- **خزان المنتج قد يكون بعيداً عن المحطة (كل 100 متر يسبب ضغط عكسي 1 بار).**
2- **خزان المنتج عالى عن مستوى المحطة.**
3- **مصمم الوحدة لم يراعى قطر الأنابيب pipes المناسبة للمحطة.**

ولذلك تتم التوصية بأن لا يتعدى الضغط العكسى عن 5 psi عن مياه التغذية أو أن تنك المياه المنتجة (أو حتى الذى يستخدم فى الشطف rinse) لا يتعدى ارتفاعه عن 3 متر ... كما تتم التوصية بتركيب بلف لخط المنتج لا يسمح بارتداد المياه المنتجة ... ويُسمى "Non-return valve " ... ويجب عمل صيانة دورية له للتأكد من سلامته.

تعقيب المهندس أيمن موسيليني:

ارتفاع الضغط في خط البيرميت أثناء التشغيل ... له أسباب منها:

1- **طول المسافة مع ارتفاع الخط.**
2- **عيب في التصميم بحيث يكون قطر الماسورة غير مناسب مع كمية المياه المنتجة.**
3- **سلبيات ذلك هو التأثير علي قيمة الNDP ومن ثم التأثير علي جودة المياه المنتجة من حيث salt passage**

أما حدوث الBack pressure أثناء توقف الوحدة ... فله أسباب ومخاطر..

الأسباب أنه ربما يكون هناك خطأ في التصميم حيث يكون ارتفاع خط البيرميت أكثر من 3.0 متر أي 0.3 بار ... ومن الممكن أن يصل إلي 8.0 متر ... وهذا يعني أن عمود الضغط سيكون 0.8 بار وضغط طرد الطلمبة وهي متوقفه سيكون zero pressure ... ومن ثم سيكون هناك ضغط عكسي علي الأغشيه بقيمه 8.0 بار وهذه الدلتابي العكسية كافية لاحداث damage للأغشية حيث أن الحد الأقصي للدلتا بي العكسية لا يتعدي 0.3 بار أي ارتفاع 3.0 متر ... ولذلك في كثير من المحطات يوجد بلف عدم رجوع علي خط البيرميت علي ارتفاع أقل من 3.0 متر نظراً لخطورة الامر..

ولكن عملياً قد يكون هناك تهريب من بلف عدم الرجوع ولذالك يُنصح عند توقف المحطة غلق البلف اليدوي على خط البيرميت ... ويراعي عند توقف المحطة عمل ضغط في اتجاه الدخول وحبس الضغط بحيث نتجنب هذا الكارثة لا قدر الله.

وحول تجنب الضغط العكسي لمياه البيرميت تناقش الزملاء:

المهندس محمد على:

بعض المحطات التي تعاني من بُعد خزان البيريمت الرئيسي أوارتفاع منسوبه يُنصح بوضع خزان pvc يكون 5 أو10 طن مثلاً بجوارالمحطة مع طلمبة مخصوصة لضخ المياه المنتجة للخزان الرئيسي ورايناها كثيراً في المحطات منعاً لارتفاع الضغط العكسي على الأغشية.

المهندس عاصم بويحى:

مع إضافة valve.

المهندس محمد زكريا:

في أمر أجمل يا هندسة ... أن تجعل الضغط zero ... وهو أنك تأتي بتنك متر مكعب ويتم وضعه بنفس ارتفاع ومنسوب أعلي فيزل في المحطة ويتم عمل وصلة لدخول التانك من أسفل وصلة دخول ووصلة خروج بجوارها مباشرة وستجد المياه حُرة وFree تماماً والضغط صفر. وهذا موجود عندي وهو تصميم الإنجليز من سنة 1983.

رد المهندس محمد على:

هذا أمرعملي وأوفر في حالة أنه يكون ارتفاع بسيط و من المُمكن أن يعمل خزان غمر للأغشية في حالة توقف المحطة ... لكن في حالات أعلى وأبعد للخزان الرئيسي نحتاج فيها الحل التاني.

المهندس محمد زكريا:

الإرتفاع عندي حوالي ٥ متر وبعد الخزان الرئيسي حوالي ٦٥ متر.

ويستكمل المحاضر:

هذا من جهة ... ومن جهة أخرى أن هذه المياه المنتجة قد تحتوى على كلور أو أوزون بعد عملية التعقيم فإذا ارتدت للغشاء مرة أخرى حدثت كارثة الأكسدة.

انظر إلى آثار الضغط العكسي لمياه البيرميت على غشاء الذيل الذى تعرض لضغط عكسي أكبر من ضغط مياه التغذية وقد أصيب بظاهرة تكون الجيوب Pouching بعد حدوث الخلل فى نظام الطبقات بين البولى أميد وطبقة البولى سلفون:

ولوحظ أيضاً أن هذه الجيوب توفر مكاناً جيداً لتراكم المواد العضوية (الفاولينج العضوي) كما تراها باللون البنى المصفر بالشكل التالى:

المهندس محمد على إلى الضغوط على الفيزلات:

مهم جداً أيضاً من الناحية الهندسية أن نشير إلى PV limits about pressure لأن جسم الوعاء وكذلك end cap له حدود في تحمل الضغوط ... لذلك يُراعى الإختيار الجيد له و العمل في ال safe side من حدود الضغط القصوى على الفيزل وال end cap.

المهندس أيمن موسيليني حول الدلتا بي:

الدلتا بي يجب ألا تتعدي 50 psi بحد أقصي علي إجمالي المراحل وهو ما يساوي 3.3 بار وإن ... تعدت ذلك تكون قد صعبت المهمة للغسيل الكميائي ... وارتفاع الدلتا بي له آثار سلبية خطيرة كما ذُكر باستفاضة ...

وفى نهاية هذا النقاش نحسب صافى الضغط المسبب لانتقال المياه المنتجة عبر الغشاء ونعبر عنها بالNDP أو Net driving pressure (وفى بعض المراجع تسمى Trans- membrane pressure) يعنى الضغط الفعلي المار عبر الغشاء ...

العلاقة الرياضية تم وضعها كالتالى ... والإشارة السالبة للضغوط تعنى أنها فى الاتجاه العكسي لمرور المياه:

NDP =Applied pressure (HP) - Osmotic pressure - (1/2) Delta P- (P.B.P)

مرجع المعادلة هو "هيدرونتكس" ومن مراجع أخرى وقد تم شرحها باستفاضة فى محاضرات المهندس محمد موسى على اليوتيوب:

Net Driving Pressure (NDP) and temperature influence the permeability of the membrane to water. NDP is a function of the applied pressure, pressure drop, osmotic pressure, and permeate pressure of the system. As NDP increases, the

Equation 2 gives the formula for Net Driving Pressure. All units are pressure units such as psi, kPa, bar.

$$NDP = P_f - \tfrac{1}{2}\Delta P_{fb} - P_{osm} - P_p \qquad (2)$$

Where:

P_f = Feed Pressure

ΔP_{fb} = Pressure drop between the feed and brine streams

P_{osm} = Osmotic pressure

P_p = Permeate pressure

علماً بأن ضغط البيرميت هو ضغط المياه المنتجة العكسي هو Pp أو PBP.

تعقيب المهندس محمد الخطيب على القسمة على 2 للدلتا بي:

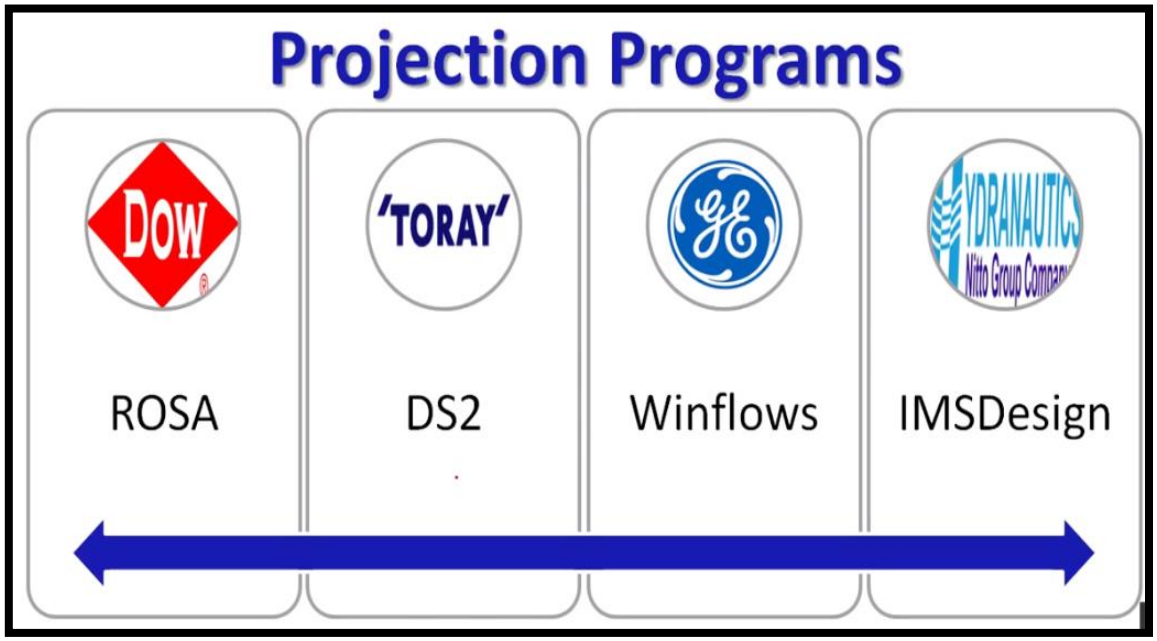
القسمة على رقم 2 لأن المعادلة تتعامل مع المحطة كنقطة واحدة فقط ... وبالحقيقة كل نقطة بالمحطة لها أملاح داخلة وأملاح خارجة وضغط داخل وضغط خارج ... وعليه فإننا نأخذ المتوسط بكل شي ... وفي هذه الحالة نقسم على 2.

ما هو البروجيكشن Projection فى عالم التناضح العكسى؟؟

ظروف الوحدة تضم قائمة من المُعطيات أو من الأفضل أن نسميها مُدخلات ... هذه المدخلات يتم إدخالها فى برنامج حسابى هندسي تقدمه الشركات المصنعة للأغشية يتوقع ما سيجرى فى الوحدة بعدما تدخل له عدة معلومات كنوع الغشاء وعدد الفيزلات وترتيبها وعدد المراحل (إن وجدت) ... ونوع المياه وبعض التحاليل الخاصة بها كالأملاح ودرجة الحرارة والأس الهيدروجيني والريكافرى وتوقع الإنتاجية المطلوبة.

وهذا ما يُسمى بالبروجيكشن projection ... تدخل بعض المعلومات لنحصل على مخرجات من خلالها نتوقع أداء هذه الوحدة ... بل يتم توضيح هل هذه الظروف تناسب تصميم الوحدة أم لا ... كما يُظهر أحياناً ما سيحدث عند تغير ال Flux أو تكون الفاولينج أو القشور أو ... أو ... ويُوصي بالتعديل المقترح ... كما يقوم بحساب الجرعات الخاصة بالكيماويات المحقونة (كمانع الترسيب) بال ppm.

والصورة التالية توضح بعض البرامج الحسابية التى تقدمها الشركات المُصنعة لعمل البروجيكشن ... وأشهرها برنامج الروزا الذى تنتجه شركة Dow ... وبرنامج DS2 الذى تنتجه شركة توراى Toray وغيرها ... وكل هذه البرامج تصب فى نفس الفكرة ... معطيات ومدخلات نحصل منها بواسطة معادلات حسابية على مخرجات نتوقع بها كيف تكون الوحدة وكيف يتم حساب الكثير من العمليات ...



وإليك مثال لجزء من بروجيكشن تراه فى الصورة التالية والتي تم عرضها من قبل:

Reverse Osmosis Projection

Feed Flow to Stage 1	661.03 m³/d	Pass 1 Permeate Flow	499.95 m³/d	Osmotic Pressure:	
Raw Water Flow to System	641.03 m³/d	Pass 1 Recovery	77.99 %	Feed	2.16 bar
Feed Pressure	15.74 bar	Feed Temperature	24.0 C	Concentrate	9.31 bar
Flow Factor	0.85	Feed TDS	3025.09 mg/l	Average	5.74 bar
Chem. Dose	None	Number of Elements	24	Average NDP	9.17 bar
Total Active Area	891.84 M²	Average Pass 1 Flux	23.36 lmh	Power	15.06 kW
Water Classification: Well Water SDI < 3				Specific Energy	0.72 kWh/m³

Stage	Element	#PV	#Ele	Feed Flow (m³/d)	Feed Press (bar)	Recirc Flow (m³/d)	Conc Flow (m³/d)	Conc Press (bar)	Perm Flow (m³/d)	Avg Flux (lmh)	Perm Press (bar)	Boost Press (bar)	Perm TDS (mg/l)
1	BW30-400	3	6	661.03	15.39	20.00	230.34	14.36	430.68	26.83	0.00	0.00	40.83
2	BW30-400	1	6	230.34	14.01	0.00	161.07	12.46	69.27	12.95	0.00	0.00	150.14

ونلاحظ أن:

المحطة مصممة على انتاج حوالى 500 متر مكعب فى اليوم ... والريكافرى 78% ودرجة الحرارة 24 درجة مئوية ... وأملاح الفيد 3025 جزء فى المليون (يعنى Brackish water) ... ويتم اختيار نوع المياه (مياه آبار لها SDI أقل من 3) ... والوحدة تتألف من مرحلتين ... المرحلة الأولى تتكون من 3 فيزلات ... كل فيزل يحتوى على 6 أغشية ... والمرحلة الثانية تتألف من فيزل واحد يحتوى على 6 أغشية ...كما يظهر سريان المياه فى الأغشية وقيمة الفلاكس flux ... وأملاح البيريمت الخارجة من المرحلة الأولى = 40.83 جزء فى المليون ... كما يظهر فى البروجيكشن الضغط الأسموزى لمياه التغذية وهو 2.16 بار ... والضغط الأسموزى لمياه الريجيكت 9.31 بار فيكون المتوسط 5.74 ... والضغط الفعلى applied pressure ... الذى تكلمنا عنه من قبل وهو الNDP تقريباً 9.17 بار ... وبالطبع هو أكبر بكثير من الضغط الأسموزى لأسباب ذكرناها من قبل ومنها مقاومة الأغشية وللضغط العكسي لمياه البيرميت ... إلخ.

وما نخرج منه من هذا البروجيكشن هو أن المطلوب لكى نحصل على أملاح بيرميت كما هو مكتوب أن نستخدم طلمبة ضغط عالى Feed pressure تساوى 15.74 بار.

وفى المتوسط (وحسب رغبة العميل) يتم عمل بروجيكشن كل 3 سنوات ... نحسب الضغط المطلوب ... فإذا حدث وأن تغيرت ظروف الوحدة ... كتغير فى أملاح الفيد أو فى درجة الحرارة ... أو تكون فاولينج أو قشور ... فيجب عمل بروجيكشن من جديد لنعرف ظروف التشغيل الجديدة المناسبة.

فإذا غيرت وحدة التناضح مياه التغذية وتغيرت الأملاح فلا بد من عمل بروجيكشن من جديد يناسب الوضع المتغير.

المهندس أيمن موسيليني يضيف نقطة هامة جداً:

إن كان البروجكشن هو من يضعنا علي الطريق الصحيح من الناحية الحسابية والنظرية ... فيجب أن لا نغفل الجانب العملي الذي يسير مع البروجكشن في خط مستقيم ... لتوافق الحسابات النظرية مع الواقع العملي والناحية العملية هي الأوقع وهي من تأخذ القرار لاعادة ضبط البروجكشن من عدمه ... لذا أقول أن الخبرة العملية وقدرة العامل البشري علي الملاحظات وفهم المحطة فهماً جيداً هو من يجعل ويوفر الاستقرار لتشغيل المحطة

المهندس محمد الخطيب:

أضيف لك ... أن هناك طرق حسابية أثناء التشغيل تساعد جنباً الى جنب مع الخبرة اسمها NORMALIZATION ... وهى عبارة عن ملف اكسل من الشركات ومعادلات لمراقبة التغيرات في المحطة ومعرفة هل التغير طبيعي أم لمسبب خارجي ومعرفة الوقت المناسب للغسيل الكيماوي.

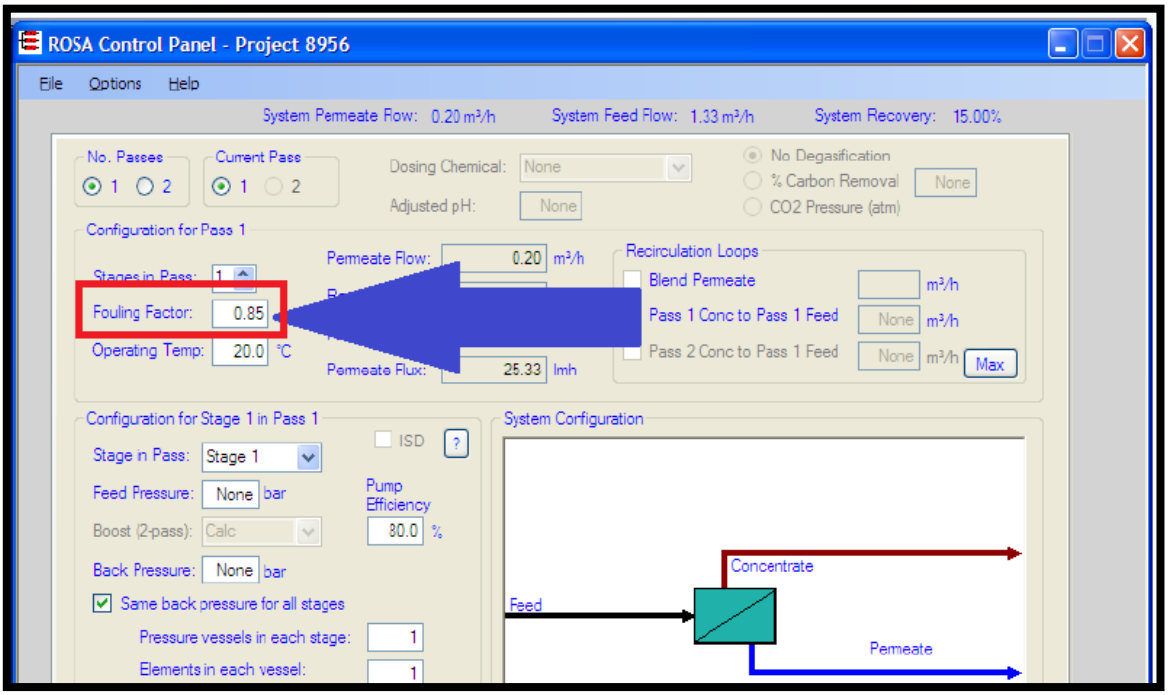
وحول فاكتور الفاولينج Fouling factor وفاكتور السريان Flow factor تم طرح هذا السؤال في المنتدى ... وإليك البيان:

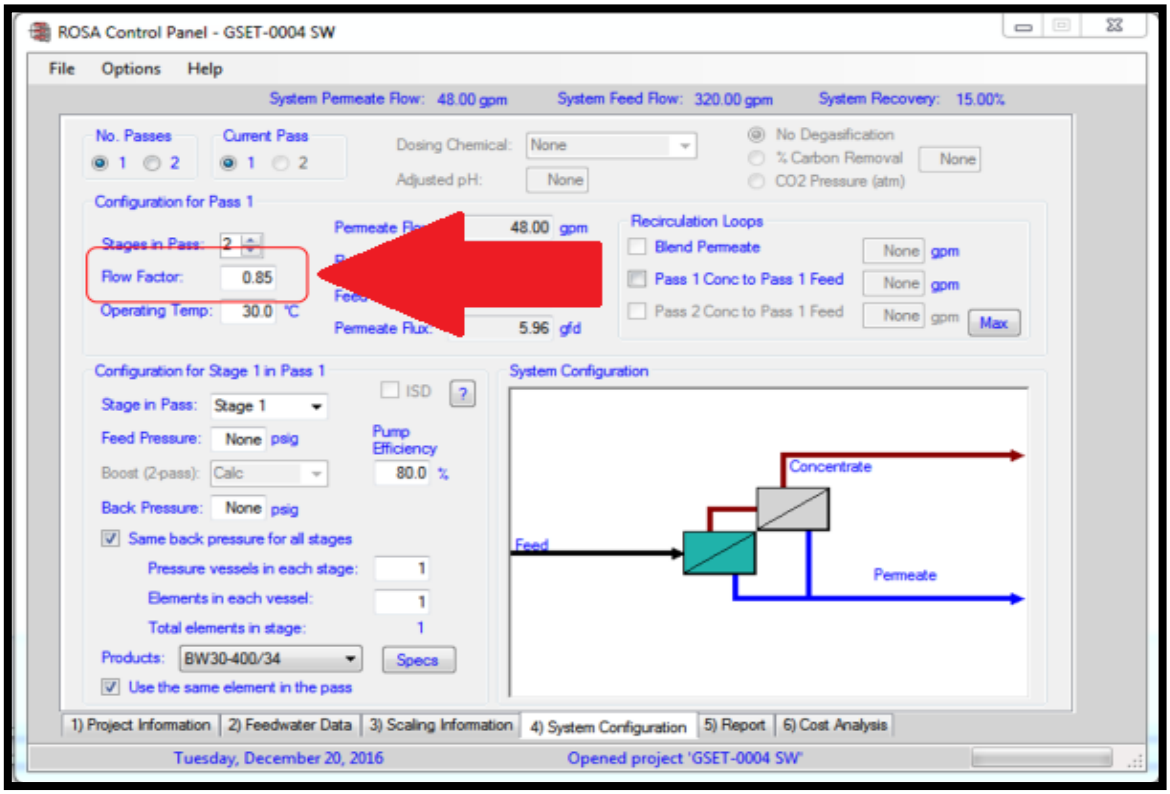
السؤال: يُذكر فى برنامج الروزا لعمل البروجيكشن مصطلح الFouling factor أوما نسميه ال Dirt factor أو الmembrane age factor ... وأحياناً يُذكر مصطلح الFlow factor ... فما الفرق بين الإثنين؟ وما هى معايير وضع القيم التقديرية لها؟

اشترك فى الإجابة على هذا السؤال مجموعة من الخبراء والمهندسون (محمد الخطيب – آية عبد العزيز – السيد سعيد – محمد سامي السيد – يحيى علي شبل – إسلام غريب أبوبكر – نادر محمد النجار – محمد عبد العال – أحمد حسن أحمد حسن – أيمن موسيليني) هذا بالإضافة للإستشهاد هنا بأجزاء من المراجع العلمية.

الإجابة :

كى يتم اختيار مواصفة طلمبة الضغط العالي من حيث الكهرباء والميكانيكا وغيرها فى مرحلة تصميم الوحدة يجب معرفة كم نحتاج من ضغط التغذية Feed pressure ... ولكى نعرف قيمة ضغط التغذية نحدد عدة عوامل منها الFouling factor أوالFlow factor واختصاراً نقول FF ... وهى قيم تقديرية نضعها فى برامج البروجيكشن وأهمها الروزا كما بالصور التالية:





فما هو معامل الFF؟

معامل الFF هو قيمة غاية فى الأهمية فى عملية البروجيكشن ... إما أن يُطلق على معامل الفاولينج Fouling factor والذى يُستخدم فى الإصدارات القديمة من برنامج الروزاROSA وبعض البرامج الأخرى ... وإما أن يُطلق على ال Flow factor الذى تستخدمه الإصدارات الحديثة ...وسبب تغيير الإسم هو أن هذا المعامل لا يهتم فقط بالفاولينج أو الترسبات الملحية ... بل يهتم بسريان المياه داخل الغشاء وحالة الغشاء وما يحدث له من تغيرات

كالانضغاط Compaction ... إلخ .. فيكون مصطلح ال Flow factor مناسباً وأكثر شمولاً ... انظر مقطع من اصدار شركة داوDOW:

DOW FILMTEC™ Membranes
Flow Factor for RO System Design

The Flow Factor

The Flow Factor (FF) in ROSA is a value used to calculate the system feed pressure under certain conditions or age. The FF is defined as the fraction of the water permeability of the membrane relative to a membrane with nominal flow specification. It allows calculation of the remaining flow performance of a membrane system considering the effects of reversible and irreversible fouling, aging effects due to temperature, pressure and operation time, and a safety margin. Previously, FF was called 'Fouling Factor'. However, since it has a more general meaning of a flow performance related to a reference flow performance rather than a description of just fouling, the term 'Flow Factor' is more appropriate.

وهذا الفاكتور يُشير دائماً إلى تاريخ وعمر الغشاء وحالته والفاولينج المتراكم عليه.

وفى حالة ما إذا كان الغشاء جديداً فهو يحتاج إلى ضغط وليكن P1 بواسطة طلمبة الضغط العالي (أو الأصح أن نقول الNDP) ... ومع التشغيل وتقدم عمر الغشاء يبدأ الغشاء تسوء حالته ويتكون عليه الفاولينج والقشور أو يحدث له انضغاط Compaction أو الHysteresis (يعني باختصار تقل نفاذيته بالمقارنة بالوضع المبدأي للتشغيل) ... وفى هذه الحالة نحتاج إلى ضغط P2 أكبر من P1 حتى نحصل على نفس الإنتاجية ... وبالتالي فإننا سنضطر إلى رفع ضغط الطلمبة HPP (نزيد الNDP) بعد تشغيل الوحدة بشهور أو سنوات تبعاً لحالة الغشاء وطبيعة مياه التغذية والمعالجة الإبتدائية.

ما يتم فى برنامج الروزا هو أن معامل الفاولينج أو معامل الفلو يدخل فى معادلة سريان البيرميت QP (بالمتر المكعب/ساعة) بجانب عدة معاملات أخرى فى المعادلة لن نتعرض لها الآن ... انظر المعادلة:

Permeate flow through the RO membrane can be expressed more completely by rearranging Eq. 1 taking into account the effect of the permeate osmotic pressure, average pressure drop in the RO vessel, permeate pressure, and fouling factor: Eq. 1 can be rewritten as follows:

$$Q_p = (A)(S)(TCF)(FF)(P_f - \frac{P_{cd}}{2} - P_p - \pi_{ave} + \pi_p) \qquad (10)$$

The fouling factor is applied to membrane to simulation aging and lose of permeability due to compaction and scale fouling. Typically a fouling factor of 1 is applied to new membrane, and a fouling factor between 0.65 to 0.85 for three year old membranes and onwards. Also, because the performance of the RO membranes is typically tested at 25 °C, a Temperature Correction Factor (TCF) is considered were suitable in the equations above to adjust the temperature differences. TCF is determined using the following equations:

وعندما تضع قيمة الFF فإنها تؤثر بالطبع على الPermeate flow وبالتالي يعطى البرنامج لك التصميم المناسب لطلمبة الضغط العالي بناءً على هذه المعطيات.

انظر معادلة أخرى من مرجع آخر لحساب الPermeate flow وفيها معامل الفاولينج K_f:

FOULING RATE CALCULATION

To track the fouling rate during operations, membrane performance was compared to the clean membrane performance at the beginning of the tests. Typically, the performance of a membrane system stabilizes during the first 2 days on stream. After that, any loss in performance with time is attributed to fouling.

For this work, membrane performance was related to a fouling factor, k_f. For a given stage or part of a membrane system, at any time, t, the permeate flow, Q (gpd), can be expressed as:

$$Q = k_f\ k_T\ K\ A\ \Delta P_{avg}$$

where:
k_f = Fouling factor
k_T = Membrane temperature correction factor
K = Clean permeate flow coefficient at standard temperature (105° F.), gpd-psi-sq ft
A = Membrane area, sq ft
ΔP_{avg} = Average transmembrane pressure drop, psi

The fouling factor, k_f, can be calculated because k_T is known for each membrane, and the other parameters are obtained during the tests.

The membrane system's response to foulant type and thickness and brine velocity (particulate fouling is greater at lower velocities) is reflected in the fouling factor, k_f. By definition, k_f is 1.0 at time zero with a clean membrane and decreases as fouling occurs.

كيف نضع قيم الFF أو الFlow factor؟؟

تعددت الآراء فى وضع قيم لهذا العامل ويرجع ذلك إلى أن الموضوع تقديري ويعتمد على التنبؤ وبناءً على خبرة المُصمم أو مشغل الوحدة ... ولكن نرجع ونقول هناك أساسيا فى تقدير رقم لهذا العامل:

بالنسبة للأغشية الجديدة يتم وضع الواحد الصحيح كقيمة لها ... وذلك لأنه يشير إلى عدم وجود فاولينج ... ويشير إلى أعلى درجة حرارة وأعلى TDS لمياه التغذية وأعلى ريكافرى ...ويشير إلى أفضل حالات الغشاء ... ويتم ذلك عند بداية تشغيل الوحدة الجديدة لأول مرة Initial start up بعد حدوث استقرار القراءات فى غضون يومين (Stabilizing during the first 2 days).

مع التقدم فى تشغيل الوحدة فإن سريان البيرميت يقل تدريجياً ... ومعدل هذا الإنخفاض يعتمد على قدرة مياه التغذية على تكوين الفاولينج وعدد وكفاءة عمليات الغسيل الكيماوي وتصميم الوحدة ككل ... إلخ.

والإنخفاض فى الPermeate flux لا يكون فى علاقة خطية مع الزمنNon –linear ... يعنى لا نستطيع أن نقول أن كل شهر أو كل عام ينقص بمقدار كذا ... ولكنه فى المعتاد يبدأ فى الإنخفاض فى غضون ستة أشهر إلى عام.

ويتراوح المعدل السنوي لانخفاض الFlux من 5 – 10% من القيمة الإبتدائية فى بداية التشغيل ... يعنى حوالى 7% متوسط ونسميه One year flux decline (قد تزيد أو تقل على ذلك بكثير تبعاً لظروف الوحدة).

أول سنة متوقع أن يكون الFF يساوى 0.95 وأحياناً يكون الحقيقي أقل من 0.9

DOW FILMTEC™ Membranes
Flow Factor for RO System Design

With a FF of 1.0 the feed pressure is calculated for a system with membrane elements performing according to the published nominal flow specification. This feed pressure is expected for large systems at initial start-up after stabilization and without fouling.

After start-up and during operation of the RO system, the normalized flow performance may decrease. The feed pressure required after some time of operation is projected by using a FF < 1. The rate of FF decrease with time depends on the feed water fouling potential and the frequency and efficiency of cleanings, and the system design. Typically the FF decrease is not linear with time; most of the flux loss will occur initially during the first year.

وفى حالة تم اعتمادها عملياً وهى غريبة لكن متوقعة ... وهو أن قيم ال FF=1 ثم تقل إلى 0.8 فى السنة الأولى ثم ترجع بعد ذلك إلى الواحد الصحيح بعد أكثر من سنتين وذلك لأن مسام الأغشية قد تفتحت أكثر من طبيعتها وأصبحت تنافس تأثير الفاولينج ... ومن علامات ذلك زيادة مرور الأملاح عبر الأغشية.

قُلنا أن أعلى قيمة للFF هى الواحد الصحيح ... اما أقل قيمة فهى ما بين 0.55 – 0.65 تبعاً لنوع مياه التغذية ... وهى تشير إلى أسوأ حالات الغشاء وأقل درجة حرارة وأقل TDS ... وقد وضعت شركة داو قيم لعدة أنواع من المياه وقد أوصت بوضع تصميم لطلمبة الضغط العالي بحيث يتم عمل 2 بروجيكشن ... الأول عند FF=1 ... والثانى عند أقل قيمة متوقعة بعد 3 سنوات ... فهو الزمن الإفتراضى لعمرالأغشية ويكون عندها أعلى ضغط لطلمبة الهاى بريشر (يعني تنفيذ التصميم مرتين بظروف مختلفة) ... وذلك حتى لا يستطيع العاملون بعد الثلاث سنوات رفع كفاءة الطلمبة عن ذى قبل بدون مشاكل ...

وأقل قيمة للFF تستطيع أن تطلع عليها كالتالي:

For the design of an RO system we recommend using at least the two boundary conditions a) and b):

a) FF 1.0 at maximum temperature / maximum feed TDS and
b) Lowest FF at minimum temperature / maximum feed TDS with hysteresis function (for seawater).

The lowest FF depends on the feed water quality:

0.65 for seawater with open intake and conventional pretreatment SDI<5
0.70 for seawater with beach well intake or MF/UF pretreatment SDI<3
0.65 for brackish surface water with conventional pretreatment SDI<5
0.70 for brackish surface water with MF/UF pretreatment SDI<3
0.75 for brackish well water SDI<3
0.80 for RO permeate as feed
0.55 for waste water reuse with conventional pretreatment SDI<5
0.60 for waste water reuse with MF pretreatment SDI<3
0.65 for waste water reuse with UF pretreatment SDI<3

The design is acceptable if the printout shows no warnings under those conditions. The pressure calculated with FF 1.0 is the expected feed pressure at start-up with clean membranes. The pressure calculated with the lowest FF is the expected maximum pressure after three years of operation. This is the recommended maximum pump pressure which is sufficient to provide the design capacity under all conditions including the typical degree of fouling.

ما هى قيم الFF بعد بداية التدهور فى السنة الأولى؟

يتم وضع القيمة 0.8 للأغشية إذا لم يكن هناك فاولينج والأغشية نظيفة ... كما ترى فى الجدول التالي ... فإذا كان هناك فاولينج قلت القيمة من 0.75- 0.65 تبعاً لجودة المياه.

ROSA – Flow Factors

Flow Factor Concept:

- FF = 1.00 Nominal element flow performance according to specification
- FF = 0.80 80% of nominal element flow performance

	Flow Factor		
Membrane	Start up (expected)	+ 3 years (fouling excluded, clean membrane)	+ 3 years (expected, fouling included)
BW	1.0	0.80	0.75 – 0.65
SW	1.0	0.80	0.70 – 0.65

Long term FF (+ 3 years) depends strongly on:

- Temperature, raw water source, pre-treatment, feed pressure, etc.

for each membrane are available by clicking on the Specs button. ROSA also allows the use of difference elements in the same pass so that each stage can have difference elements (see Chapter 17.2.20).

Other features on the configuration screen include the following:

1. Recirculation Loops: Allows the designer to either blend permeate or recycle concentrate to the feed of that specific pass, or recycle concentrate from a second pass to the feed to the first pass.

2. Fouling Factor: The designer can input the rate of fouling of the membrane based on the feed water quality. A fouling factor of 1.00 is used for new membranes. For brackish water membranes, a fouling factor of 0.85 is a good approximation for loss of pressure due to compaction and irreversible fouling at year 3 of membrane life, (the fouling factor 0.85 corresponds to a 15% loss in flux due to compaction and irreversible fouling). Note that if the feed water source is low quality (i.e., high in suspended solids) than a fouling factor greater than 0.85 (actual fouling factor number is less than 0.85) should be used. For example, treating municipal effluent the designer may want to select a fouling factor of 0.75. Appropriate estimation of the fouling factor is important to properly size the high-pressure feed pump and motor for the RO system.

ملاحظات:

1- **يلتزم مصممى الوحدة فى الواقع العملي ب 0.80 أو 0.85 كقيم وسطية مناسبة للFF لصعوبة تحديد الرقم بدقة.**

2- **القيمة 0.85 تقابل حوالي 15% فقد فى الFlux نتيجة الفاولينج والCompaction.**

3- **لا يجب رفع الضغط للطلمبة إذا قلت الff بسبب الفاولينج مثلاً إلى بعد أن يتم علاج ذلك بالغسيل الكيماوي فترجع الأغشيى لكفائتها بسنبة 70 – 80% ... فرفع ضغط الطلمب يكون آخر الحلول حبن لا يمّكن ارجاع الأغشية لكفائتها الأصلية ... مثل حالة الفاولينج الغير قابل رجوع بالغسيل irreversible fouling ... أو حالة الCompaction.**

4- **هنالك معادلة لحساب الFF وهى:**

$$FF = (1-X)^n$$

حيث أن الX عو النقصان المتوقع الFlux سنوياً وليكن 7%

n تشير إلى عدد السنوات.

فمثلاً لو كان للسنة الثالثة فنقول: $Ff = (1-0.7)\ 3 = 0.8$

وبالطبع ليس هذا معناه أن كفاءة الأغشية تقل 80% بعد 3 سنوات لأن هناك عدة بارمترات أخرى تؤثر فى نفاذية الأغشية والFlux ... وهذه المعادلة فقط لحساب قيم تقريبية للFF.

5- **اختيار FF الغير المناسب ... مثلاً 0.65 دون الحاجة لذلك سيستهلك طاقة أكبر... وتكلفة المتر المكعب ستزيد دون مبرر ... والعكس صحيح ... لو اخترن 0.85 مع وجود فاولينج فإن ذلك يقلل الإنتاجية المطلوبة بعد فترة من التشغيل ... لأن الضغط على الأغشية كان يجب أن يزيد ولم يحدث.**

والصفحات القادمة فى هذا النقاش هى من إبداعات المهندس محمد عبد العال:

5) مطلوب تصميم محطة تحلية 500 متر مكعب يوم بالمعادلات ؟

طبعا في عشرات التصميمات الخاصة بهذه المحطة ولكن سنبداء في تصميم محطة تقليدية بابسط الطرق مع الاخذ في الاعتبار اعلي معامل للامان

اولا : علينا افتراض قيمة نسبة الاستخلاص وهذه تأتي بالممارسة والخبرة العملية ثم يتم عمل حسابات ترسيب الاملاح لمعرفة هل نسبة الاستخلاص تصلح ام يجب تعديلها ؟؟؟
بمعني يصبح لدينا طريقين للحسابات (حساب معدات المحطة - وحساب ترسيب الاملاح)

الفلتر الرملي= يتم تصميمه بمعدل فلترة 5 جالون /دgpm لكل مساحة 1 قدم مربع من الفلتر ,يعنى 12.2 م3/س محتاجة 1 م2 من الفلتر

يعني **لو نسبة الاستخلاص Y= 30 % وكمية المياه المنتجة 20.83 م3/س** لمحطة 500 متر مكعب يوم تصبح كمية مياه الدخول
كمية مياه الدخول = كمية المنتج / نسبة الاستخلاص = 69.4 م3/س
احنا قنا ان كل 12.2 م3/س محتاجة 1 م2 من الفلتر
يعني احنا محتاجين فلتر مساحته = 69.4 / 12.2 = 5.68 م2
المساحة = ط نق2 يعني قطر الفلتر = 2.69 م نختار قطر فلتر 2.6 متر

الفلتر القطني يتم تصميمه حسب اختيار طول الشمعة ولكن في جميع الاحوال **3.6 جالون / د gpm لكل 10 بوصة** من الشمعة. يعنى **0.817 م3/ساعه لكل 10 بوصه.**
في حالة الشمعة 40 بوصة يكون معدل الفلترة لها 3.2 م3/س
عدد الشمعات 69.4 / 3.2 = 21.68 يعني الفلتر يكون 22 شمعة
ويفضل ان يتم تقليل عدد الشمع بنسبة من 5:8 % عن القيمة التصميمة ليكون هناك فرق ضغط علي الفلتر القطني وهو جديد ليه ؟
عشان لو مفيش فرق ضغط (0) والشمع لسه جديد وحدث كسر باحدي الشمعات داخليا او رحلت من مكانها مش هنعرف لأن فرق الضغط هيكون برضه (0)
لكن لو فرق الضغط والشمع لسه جديد مثلا 0.2 بار وبعد كده حدث كسر هتلاقي فرق الضغط يقل ويصل ل (0) 0

طلمبة التغذية يتم تصميمها علي 100 % من كمية الدخول الخام

طلمبة التغذية يتم اختيارها تصرف 69.4 م3/س ويكون ضغطها

ضغط = ضغط سحب لطلمبة الضغط العالي 2بار + فرق ضغط الفلتر الرملي بار 1 + فرق ضغط الفلتر القطني بار 1 +0.5 بار فرق ضغط الخطوط = 4.5 بار

ونختار طلمبة تغذية احتياطية معها

اما طلمبة الغسيل العكسي فنجد ان اغلب المصممين يهملون دقة الحسابات بها ومنهم من يتعامل مع قيم تصميمة وهمية . ظنا منهم ان ضغط الطلمبة لابد ان يكون كافي لعمل الغسيل العكسي بل انتقل هذا المفهوم الخاطيء لدي المشغلين وتجد الفني يقوم بالتخنيق علي محبس خروج الغسيل العكسي رفع الضغط ظنا ان الضغط هيعمل غسيل افضل.

بل علي العكس تماما فان الغسيل العكسي يعتمد بالاساس علي كمية المياه عن ضغط معتدل بمعني ان قلة كمية مياه الغسيل العكسي مع وجود ضغط كبير سيؤدي لأنشاء مجاري بداخل الميديا يهرب منها ضغط المياه مباشرة دون عمل غسيل كامل للميديا

القيمة التصميمة الصحيحة للغسيل العكسي هي 15 جالون / د لكل قدم مربع من الفلتر

ولكن طبعا ده كبير جدا واي مصمم لن يضعه فيتم الحساب علي 10 جالون / د لكل قدم مربع

بمعني 24.4 م3/س لكل متر مربع من الفلتر

طيب الفلتر اللي اخترناه كان قطره 2.6 م ومساحته 5.3 م2 يعني كمية المياه المطلوبة لعمل غسيل عكسي = 129.4 م3/س وطبعا المصمم هيلاقي الرقم كبير فيبدء في التخفيض

ولكن انا شخصيا افضل عمل الغسيل العكسي بطلمبة التغذية ومعها الطلمبة الاحتياطية

يعني مطلوب طلمبة غسيل عكسي تصرف 129 م3/س عند ضغط 3-4 بار

نبداء الان باختيار الاغشية . وهنا لازم نعرف ان اختيار نوع الغشاء مهم جدا جدا . ولكن في التصميم هنلتزم بمالعادلات بغض النظر عن نوع الغشاء ولكن اختيار الغشاء له اساسيات ومقارنات لابد من معرفتها

جميع المصممين الممتازين يقوموا بتصميم المحطة بحيث ان الغشاء يعطي 9 جالون/يوم لكل قدم مربع ولكن مع تحسن معامل النفاذية للاغشية يمكن ان نصمم المحطة حتي **9.2 جالون /يوم لكل قدم مربع**

ملحوظه هذة القيمة تقريبا للمياة العادية والتى نسبه العكارة فيها لن تتعدى 5 ميكرون.

يعني 0.034822 م3 /يوم لكل قدم مربع من الغشاء

يعني احنا محتاجين كام قدم مربع لأنتاج 500 م3/يوم ؟ يبقي محتاجين = 500 / 0.034822 = 14358.738 قدم مربع

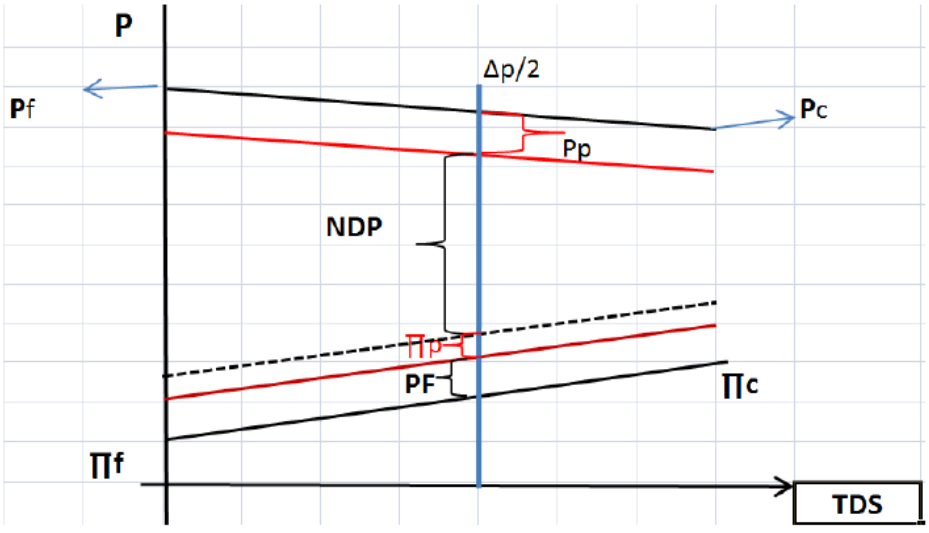
لو احنا هنركب الغشاء ذو **المساحة 400 قدم مربع** يبقي احنا محتاجين كام غشاء ؟

= 14358.738 / 400 = 35.8 غشاء

يعني احنا محتاجين 36 غشاء كل غشاء مساحته 400 قدم مربع

طيب لو احنا اخترنا الاوعية 6 غشاء . ده معناه اننا محتاجين 6 فيزل فقط

لكي نفهم المعادلات التي يخضع لها الغشاء سنبداء بتقيم اداء الغشاء الواحد فقط



الغشاء يتعرض لقوتين متضادتين (ضغطين متضادين) القوة الاولي وتسمي القوة المنتجة والقوة الثانية تسمي القوة المقاومة للانتاج والفرق بين القوتين هو محصلة القوة الفعالة المنتجة ويسمي net driving pressure (force)

اولا: القوة المنتجة (الضغط الذي ينتج مياه) : وهي الضغط التشغيلي Pf ويقل الضغط التشغيلي علي طول الغشاء نتيجة فرق الضغط ليصل الي ضغط خروج الاغشية مثلا اول الغشاء يتعرض لضغط 800 وفرق الضغط 20 واخر الغشاء الضغط 780 . PSI لو فرضنا اننا نأخذ منتصف الغشاء فان الضغط في منتصف الغشاء = الضغط في اول الغشاء - (فرق الضغط /2)

يعني في المثال السابق هيكون 800 - (2/20) = psi790
كما ان الضغط التشغيلي ايضا يقل بقيمة الضغط العكسي من ناحية المنتج يعني حضرتك لما تخنق علي المنتج وتعمل ضغط عكسي مثلا 1 بار . ده معناه ان ضغط الاغشية يزيد 1 بار وهذا الزيادة هي زيادة غير فعالة بمعني انها للتغلب علي الضغط العكسي ناحية المنتج وليس لزيادة الانتاجية
اذا الضغط المنتج في منتصف الغشاء = الضغط في اول الغشاء Pf- (فرق الضغط/2)ΔP/2 - الضغط ناحية المياه المنتجPp

ثانيا : القوه المقاومة للانتاج : وهي تنتج من الضغط الاسموزي للمياه المالحة حيث ان هذا الضغط لا يسمح بأي انتاج و لهذا نلجاء الي رفع الضغط علي الاغشية .وحيث ان الضغط الاسموزي للمياه او لأي محلول تحسب بالمعادلة الاتية
الضغط الاسموزي لأي محلول ∏= 1.12 x (درجة الحرارة بالسليزيوس °C+273)x (مجموع التركيز المولاري لايونات المحلول M_i)يعني ايه ؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟

بص حضرتك تمسك التحليل بتاع المياه الخام هتلاقي تركيز العناصر يالمليجرام /لتر . امسك كل عنصر واحسب تركيزه المولاري = تركيز العنصر في التحليل / (1000 x الوزن الجزيئي للعنصر) . وبعد كده نجمع التركيزات المولاريه ونجيب منها الضغط الاسموزي

طيب الطريقة ديه صعبه ؟؟؟؟؟
نفرض ان درجة الحرارة 25 درجة مئوية اذا

الضغط الاسموزي للمحلول ∏= املاح المحلول C_i xppm 0.0104

يعني لو المحطة بتاعتنا املاح الدخول 40 الف جزء بالمليون ونسبة الاستخلاص 30%

يبقي الضغط الاسموزي للمياه الداخلة $\prod_f$ = 40000 x 0.0104 = PSI416

طيب احنا عندنا نسبة الاستخلاص 30 % . نقدر نحسب املاح المياه المطرودة من الاغشية C_r= املاح الدخول / (1- نسبة الاستخلاص) = 57142 جزء بالمليون

يعني الضغط الاسموزي لاملاح الخروج $\prod_r$ = 0.0104 x املاح الخروج = psi594.2

وبما اننا بناخد منتصف الغشاء يعني الضغط الاسموزي هيكون المتوسط = psi505

وصلنا في البوستات السابقة الي ان القوة المؤثرة علي الغشاء هي قوة منتجة وقوة مقاومة

وعرفنا ان القوة المنتجة = **الضغط في اول الغشاء Pf- (فرق الضغط/2)2/PΔ - الضغط ناحية المياه المنتجةPp**

وعرفنا ان القوة المقاومة = **(الضغط الاسموزي لمياه الدخول∏f + الضغط الاسموزي لمياه الخروج ∏r) / 2**

وعرفنا ازاي نحسب الضغط الاسموزي لمياه الدخول ومياه الخروج

لكن في الحقيقة ان القوة المقاومة هتزيد عن اللي حسبناها ..... ليه ؟ بما ان الضغط الاسموزي بيزيد بزيادة تركيز املاح المياه . وطبعا احنا عرفنا ان معامل القطبية (ارجع للبوستات السابقة) بيؤدي لاجهاد كميائي وان الغشاء يتعرض لاملاح اكثر من الحقيقية فبالتالي الضغط الاسموزي سوف يزيد بقيمة معامل القطبية

يعني المعادلة تصبح

القوة المقاومة = **(معامل القطبيةPF) X (الضغط الاسموزي لمياه الدخول∏f + الضغط الاسموزي لمياه الخروج ∏r) / 2**

في المحطة اللي بنصممها 500 م3/يوم تعالوا نحسب معامل القطبية ؟؟؟؟

نسبة الاستخلاص المتوسطة للغشاء Y´ = 1- (1- نسبة الاستخلاص Y) أس (1/عدد الاغشية في الفيزلn)

$0.0577 = 1- 0.9422 = 1- (1 - 0.3)^{(1/6)}$

معامل القطبية PF= 2.7 أس (0.7 X نسبة الاستخلاص المتوسطة Y´) = 1.0409

القوة المقاومة = 505 X 1.0409 =526 Psi

لكن اوعي تنسي ان الغشاء صحيح تعرض لأجهاد كميائي وجهد كبير من ناحية واحدة وهي الطبقة الملاصقة لمياه الدخول لكن الطبقة الملاصقة للمياه المنتجة تعمل relaxation للغشاء وبالتالي فان مقاومة الغشاء (الضغط الاسموزي) هيقل بقيمة الضغط الاسموزي للمياه المنتجة

اذا المقامة الكلية = (معامل القطبية) X الضغط الاسموزي لمياه الدخول + الضغط الاسموزي لمياه الخروج) / 2 - (الضغط الاسموزي للمياه المنتجة)

طبعا حضرتك عارف ان **الضغط الاسموزي للمياه المنتجة هيكون قيمة ضئيلة جدا يمكن اهمالها** لكن طبعا الكلام ده مينفعش مع المتخصصين وفي معادلات لها هنتعرض لها لاحقا

مما سبق

القوة المحصلة الفعالة التي تنتج **NDP**= الضغط في اول الغشاء **Pf**- (فرق الضغط/2)**2/P**Δ - الضغط ناحية المياه المنتجه **Pp**- معامل القطبية **X PF**(الضغط الاسموزي لمياه الدخول **∏f** + الضغط الاسموزي لمياه الخروج **∏r**) / **2**)+ الضغط الاسموزي للمياه المنتجة **∏p**.

$$NDP = Pf - \Delta P/2 - Pp - PF\ (\prod f + \prod r)/2 + \prod p$$

تعالي **نفرض انك مش هتعمل اي ضغط عكسي علي الخط المنتج يعني قيمته Pp = 0**

القوة المحصلةNDP = ضغط التشغيلPf - (2/PΔ) - 526

فرق الضغط ΔP= 0.01 x عدد الاغشية بالفيزل x متوسط كمية المياه التي تمر داخل كل فيزل أس 1.7

وعشان تريح نفسك افرض دائما انها **ΔP= PSI 25**

القوة المحصلةNDP = Pf - 12.5 - 526 = PF - 538.5

اذا كمية المياه المنتجة لها علاقة بمحصلة القوة الفعالة

Qp(GPD)= NDP X S X N X A X Tcf X Ff X Cf

كمية المياه المنتجة المطلوبة (بالجالون /يوم) 🤔 **=(القوة الفعالة X مساحة الغشاء X عدد الاغشية X معامل النفاذية X معامل تصحيح درجة الحرارة X معامل التقادم X معامل الانضغاط**

احنا عاوزين 500 م3 /يوم يعني 132100.39 جالون /يوم

معامل النفاذيةA له معادلة بسيطة جدا ولكن افرضه دايما بـ **0.03** (هنشرحها بالتفصيل بعد كده)

معامل تصحيح الحرارة Tcf = 1 عند حرارة 25 درجة مئوية

معامل التقادم Ff = 1 لان الغشاء جديد

معامل الانضغاط Cf = 1 لان الغشاء جديد

يبقي نعوض في المعادلة

132100.39 = القوة الفعالة X مساحة الغشاء 400 X عدد الاغشية 36 X النفاذية 0.03

القوة الفعالة = PSI 306

واحنا وصلنا في البوست اللي فات ان القوة الفعالة = ضغط التشغيل - 538.5

من هنا يكون ضغط التشغيل = 306 + 538.5 = PSI844.5

اذا هنختار طلمبة ضغط عالي تحقق النقطة عند تصرف 69.4 م3/س وضغط PSI844.5

كده يبقي احنا خلصنا

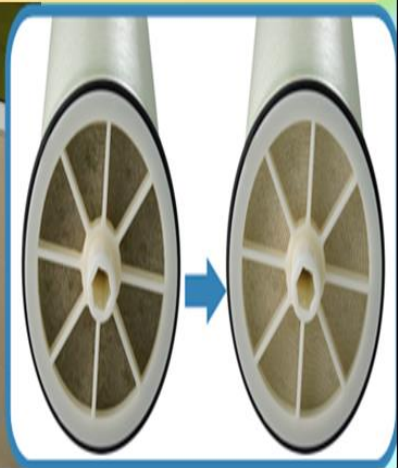
ولكن هيتبقي بعد كده تصميم التربو او PX

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

الغسيل الكيميائى للأغشية!!



17

النقاش السابع عشر

النقاش السابع عشر :

17- الغسيل الكيميائى للأغشية

غسل الملابس له فن وأصول ... الملابس التي تعرضت لبقع الحبر لا يُمكن أن تزيلها بالماء وإلا ثَبُتت فى النسيج ... بل يجب معاملتها بالإيثانول (السبرتو) أوالإيثيل أسيتات Ethyl acetate ... والملابس التى تعرضت للصدأ لا يصلح معها إلا بعض الأحماض ... والملابس التى تعرضت لشحوم أو دهون لا يصلح معها إلا المذيبات العضوية كالجازولينات أو مذيب الهكسان ... والملابس التى تعرضت للأتربة والطين لا يصلح معها الإيثانول بل يصلح معها المنظفات القلوية من مساحيق الغسيل المختلفة ... وهكذا ... فلماذا لا نُعامل الأغشية مثلما نعامل ملابسنا؟! ولم هذه التفرقة فى المعاملة؟!

مبدأياً نقول ... الوقاية خير من العلاج ... والجميع متفق على ذلك ... والوقاية هنا تتمثل فى المعالجة الأولية لمياه التغذية ...

فوقاية الأغشية من الفاولينج البيولوجي والعضوي له آلية... ووقاية الأغشية من الإتساخ الفيزيائي المتمثل فى المواد العالقة والغروية له آلية ... ووقاية الأغشية من تكون القشورله آلية ... وللوقاية من ترسب الحديد والمنجنيز على الأغشية له آلية ... وقد تم شرح ذلك بالتفصيل فى المعالجة الإبتدائية ... والآن نتابع المناقشات الخاصة بالغسيل الكيميائي ...

الحقيقة أننا لا يُمكننا منع تكون الفاولينج بالكلية حتى مع الظروف المثالية للمعالجة الإبتدائية!

وظيفة المعالجة الإبتدائية هو تقليص الكوارث المنتظرة فى الأغشية لأقل حد ممكن ...وقد تم تسجيل حالات لأغشية جديدة ظلت أكثر من سنتين لا نستخدم لها الغسيل الكيماوي لكفاءة المعالجة الإبتدائية.

فإذا ظهرت المشاكل فعلينا أن نلجأ إلى العلاج! ...

حل مشكلة الفاولينج يتمثل أساساً فى تنظيف الأغشية ... ما نسميه الCIP أو التنظيف فى نفس المكان Cleaning-in-place.

يتم وضع جدول دورى لتنظيف الأغشية ... حيث تتم عملية التنظيف باستخدام مواد كيميائية ...

وفى المعتاد ...

<u>يتم اتخاذ قرار التنظيف الكيميائى عندما يحدث انسداد فى الأغشية وتظهر علاماته كالتالى:</u>

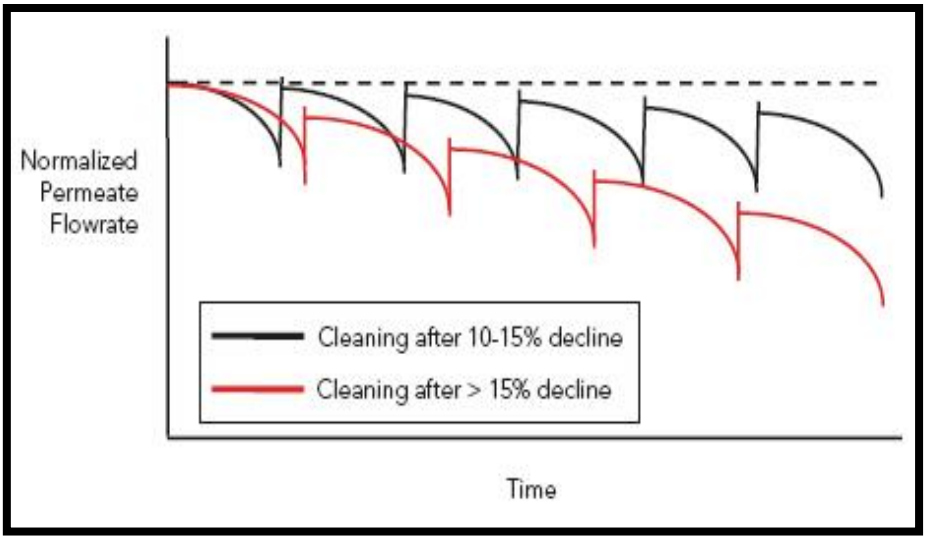
1. **ينخفض الflux بنسبة 10 - 15% من قيمته فى الظروف الأولية.**
2. **ارتفاع ضغط التغذية feed pressure بنسبة 10 - 15% من قيمته فى الظروف الأولية.**
3. **انخفاض الSalt rejection بنسبة 5- 15% من قيمته فى الظروف الأولية (أو ارتفاع نسبة الأملاح فى المياه المنتجة بنسبة 5- 15% من قيمته فى الظروف الأولية.**

(ملحوظة: الظروف الأولية Initial conditions هى الظروف التى كانت عليها الوحدة أثناء أول 48 ساعة بعد ثبوت القراءات ... يعنى عند الstart up ... لذا يجب تسجيل هذه القراءات الأولية وتدوينها لأنها ستكون المرجع الذى سيتم مقارنة القراءات الجديدة به).

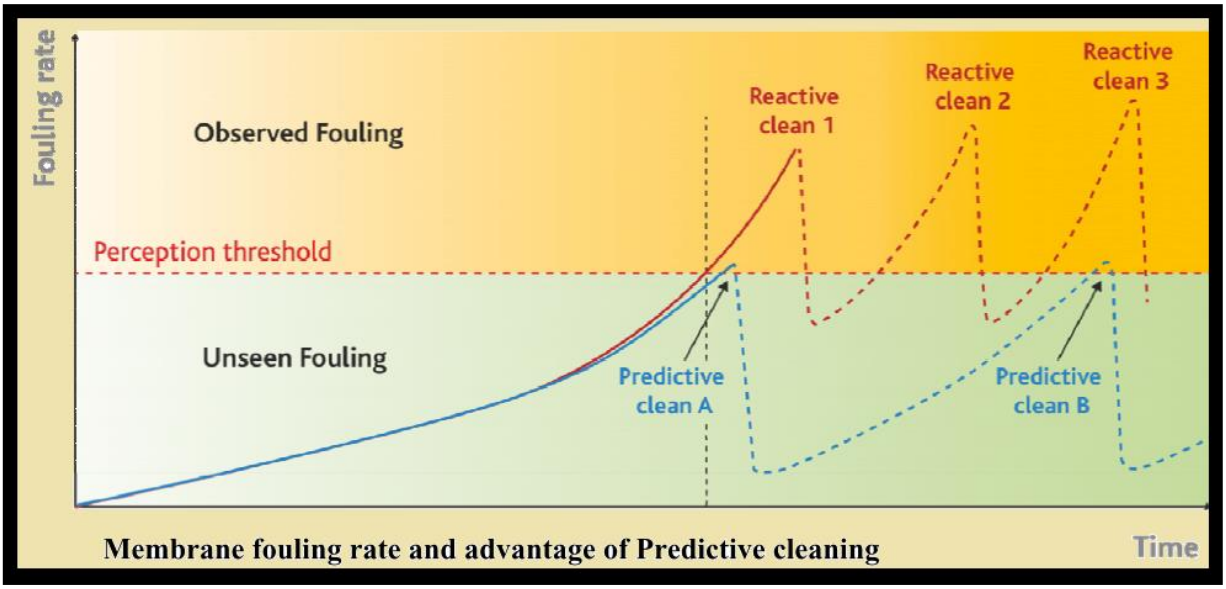
وننبه بكلام واضح وصريح ... قد يكون التغير فى النسب السابقة ليس معناه حدوث فاولينج على الأغشية ... ضغط التغذية مثلاً يزيد أحياناً بسبب التغير فى نسب الأملاح أو درجة حرارة المياه ولكن نسبة التغير فى المعتاد لا تصل إلى 10 و 15% ... الوصول إلى هذه النسب يؤكد حتمية الغسيل الكيماوي فى الحال!

والأفضل عملياً أن لا ينتظر العاملون حتى نصل إلى هذه النسب السابقة وقبل أن تتفاقم المشكلة ويكون حلها أصعب ... وانظر إلى الغشاء فى الصورة التالية وقد أصيب بتلف دائم لعدم القيام بالغسيل فى وقته المحدد:

ولكى نبرهن على ذلك ... تم عمل علاقة بين الزمن ومعدل انتاجية البيرميت ... ونرى فى الرسم البياني أننا كى نحصل على نتائج ممتازة بعد الغسيل (اللون الأسود) ... ينبغى أن لا ننتظر حتى تقل الإنتاجية عن أكثر من 15% ... وإلا سنجد نتائج غير مُرضية حتى بعد الغسيل الكيميائى (اللون الأحمر) ولم يرجع الFlux كما كان.



والحقيقة أننا منذ الدقائق الأولى لتشغيل الوحدة والفاولينج يبدأ فى التكون على الأغشية ... ومن الرسم البيانى التالى نجد أن هناك وقت بعد التغشيل يكون فيه الفاولينج غير محسوس أو غير مرئي (Unseen fouling) ويبدأ يزيد حتى يدخل فى المنطقة المحسوسة Observed ... ونجد هنا خط فاصل يسمى ال Perception threshold يعنى بداية الإحساس بالفاولينج ... حيث يظهر فى انخفاض الفلو أو ارتفاع الدلتا بي ... إلخ ... ولذا عند عمل غسيل كيميائى يُفضل أن لا نتعدى الunseen fouling حتى تكون النتائج جيدة (الخط الأزرق) أما عند تعدى خط ال Pereception threshold فتكون نتائج الغسيل ليست بنفس الكفاءة كما أن الفاولينج يرجع بصورة أسرع (الخطوط الحمراء):



ويعتبر الغسيل الكيميائي للأغشية هو مرحلة نضطر إليها لتنظيف أغشية التناضح العكسي بسبب ظهور الفاولينج والقشور على أسطحها ... وهى عملية تهدف إلى تخليص الأغشية المسكينة من هذه الترسبات وتحويلها إلى مواد ذائبة يتم التخلص منها بعيداً عن أوعية الضغط ... باختصار هى عملية الهدف منها رفع كفاءة وجودة الأغشية مرة أخرى عن طريق التخلص من الرواسب المتراكمة ... الجدير بالذكر أننا لا نقوم بالغسيل العكسي للأغشية بعكس الفلاتر الرملية مثلاً إنما يكون اتجاه سريان مواد الغسيل هو نفسه اتجاه المياه المعالجة.

النقاط التى سيتم التركيز عليها:

متى نقرر عمل الغسيل الكيماوى؟ كيف نتعرف على نوع الفاولينج؟ ما هى أنواع الكيماويات التى تستخدم فى الغسيل الكيماوي للأغشية؟ ما هى كيفية عمل الغسيل الكيماوى؟هل يُمكن الغسيل بالأنتيسكيل؟

هل إضافة الكيماويات فى المعالجة الأولية تسبب قشور أو فاولينج على الأغشية؟

متى نقرر عمل الغسيل الكيماوى؟

يعتمد ذلك أولاً وأخيراً على كفاءة المحطة (ونسميها Normalization of unit) ...

عندما يحدث انخفاض فى الكفاءة (من 10 – 15%) كما ذكرنا من قبل ... أو ارتفاع ضغط التغذية feed pressure أو فرق الضغط بنسبة 10- 15% من قيمته فى الظروف الأولية أو ارتفاع نسبة الأملاح فى المياه المنتجة (أو انخفاض الSalt rejection) بنسبة 15% من قيمته فى الظروف الأولية... فلابد أن نقرر وقتها أن نقوم بالغسيل ... والمدة المثالية فى الظروف الطبيعية من مرتين لثلاث مرات فى العام فى المتوسط ... وهناك بعض المحطات تحتاج لغسيل مرة واحدة فقط فى العام ...وبعض المحطات تغسل كل شهر ... يرجع ذلك لطبيعة مياه التغذية أو انخفاض كفاءة الأغشية ... وانخفاض كفاءة الأغشية يرجع لتدهور حالة وظروف المعالجة الإبتدائية كنقص كفاءة الفلاتر ... أو وصول الأغشية لسن الشيخوخة مع استخدام نفس نسبة الريكافرىRecovery وعدم احترام سنها والتعامل معها كأنها مازالت فى ريعان الشباب ... وبالتالى تتراكم الأملاح عليها بمعدل أسرع فنحتاج لعدد أكبر من الغسيل ... لذا يُنصح بتقليل الريكافرى مع الأغشية المُسنة أو نلجأ لزيادة عدد مرات الغسيل.

وهناك قاعدة يجب أن نتذكرها دائماً وهى:

"كلما زاد عدد مرات الغسيل قل العمر الإفتراضى للغشاء وأصيب بالشيخوخة المبكرة!".

الغسيل بالحامض مثلاً يؤثر على فتحات الأغشية pores ويعمل على توسيعها مع الوقت فتفقد وظيفتها شيئاً فشيئاً وتزيد الأملاح فى المياه المنتجة ... وربما لاحظ بعض العاملون زيادة فى انتاجية الأغشية وقلة جودتها نوعاً ما عقب الغسيل مباشرة ... ثم لا تلبث أن ترجع إلى طبيعتها مع التشغيل وتراكم جزيئات الفاولينج والأملاح على هذه الثقوب من جديد.

المهندس أحمد محمد مشهور:

بالفعل يُلاحظ انخفاض في كفاءة الأغشية وزيادة في الأملاح المنتجة بعد كل عملية غسيل ...

ومع الغسيل بمادة قلوية ثم حامض ثم مادة معقمة نلحظ ارتفاع الأملاح بمقدار 10-20 مايكروسيمنز بعد كل عملية غسيل ولا تعود كالسابق... أما الغسيل بالحامض وحده فقط فلا يحدث أي مشكلة في كفاءة الأغشية أو زيادة في الأملاح المنتجة.

ما هى أنواع الكيماويات التى تستخدم فى الغسيل الكيماوي للأغشية؟

مبدأياً نقول أن اختيار المادة المستخدمة فى الغسيل نرجع فيها إلى توصيات الشركة المنتجة للأغشية وليس للشركة التى تورد هذه المواد الكيماوية ... وصاحب الإختراع أدرى بصنعته ... أما الآخرون قد يهمهم فقط المكسب التجارى.

الغسيل الكيماوى ينقسم إلى 3 أقسام ...

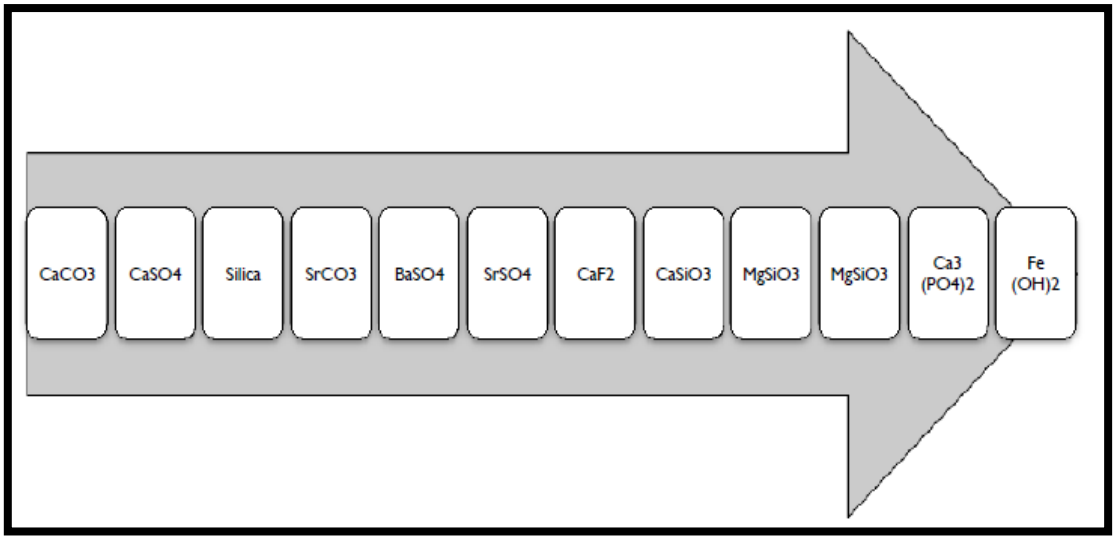
1- الغسيل الحامضى. 2- الغسيل القاعدى. 3- الغسيل بمواد كيميائية أخرى.

وقبل أن نتكلم عن الغسيل الكيميائى يجب أن نعرف ماذا سنغسل؟؟؟ ليس أى أملاح أو فاولينج نغسله بأى مادة كيميائية ... لذا كان لزاماً علينا تحديد نوع الأملاح أوالفاولينج وتحديد المادة الكيميائية المناسبة له ... يعنى الكلام لازم يكون علمى وبالمعادلات الكيميائية ... ولذلك كان عنوان الكورس هو كيميائية التناضح ...

وما سنفعله هو أننا سنستعرض الآن أنواع الترسبات المختلفة ثم نذكر أنواع المواد التى تستخدم فى الغسيل وكفائتها فى تنظيف الأغشية والتفاعلات الكيميائية ثم بعملية عكسية نجمع أنواع الترسبات فى جداول ونقترح الغسيل المناسب له ...

أنواع الترسبات المختلفة:

1- **بايوفاولينج: نتيجة تراكم ونمو الكائنات الميكروسكوبية.**
2- **الفاولينج العضوى: نتيجة تراكم مواد عضوية طبيعية أو مُصنعة.**
3- **الفاولينج الفيزيائى: نتيجة تراكم المواد العالقة على الأغشية.**
4- **ترسبات الحديد والمنجنيز.**
5- **ترسبات قشوربعض الأملاح ككربونات الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم والسيليكا وغيرها كما تظهر فى الصورة التالية والتي نكررها كثيراً:**



كيف نتعرف على نوع الفاولينج؟

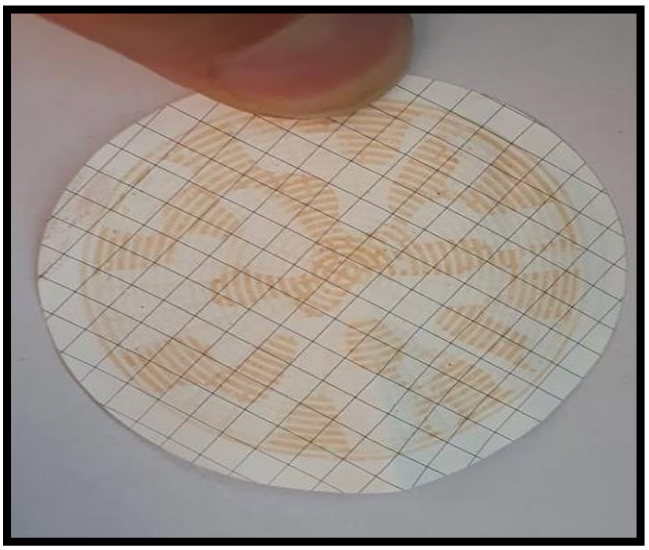
وهذا الجزء تم تلخيصه من محاضرات المهندس محمد موسي بجانب الخبرة العملية ونصائح الخبراء من هنا وهناك ... حيث نتحدث من أين نبدأ حتى نقرر ...

1- **الاطلاع على التحاليل الخاصة بمياه التغذية والمعالجة الإبتدائية.**
2- **فحص فلتر الكارتريدج قبل الأغشية ... عند الشعور بملمس لزج أو جيلاتينى فإنه يدل على وجود بايوفاولينج أو فاولينج عضوى ... كما أنه يمتاز باللون الأسود أوالقاتم ... وإذا رأينا طفلة على الفلتر والمعروفة بلونها البيج (الطحينى الفاتح) وهى تتكون على الفلتر بصورة أكبر من الأغشية فنقول أن هناك مؤشر لفاولينج فيزيائى.**

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

Colour of filter paper used for the test can give useful information:

- Slightly yellow: possible presence of iron and/or organics in feed water. Check the water source as well as for possible corrosion in the lines.
- Reddish brown: positive indication of presence of iron in feed water. Take corrective steps for removal of iron.
- Gray: indicates presence of carbon fines. Check the carbon filter, remove carbon fines.
- Dark Black: if the colour dissolves in acid, it indicates the presence of manganese in feed water.
- Particles present on the filter paper
  - Check the cartridge filter and the filter elements.



انظر إلى الصورة التالية ويظهر فيها الحديد المترسب على ورقة الترشيح الخاصة بتجربة الSDI بعد فلاتر الكارتردج رفعها أحد الزملاء على المنتدى من قبل ... وظهور الحديد فى هذه المنطقة يدل على أن هناك خلل فى المعالجة الإبتدائية والتي تؤدي إلى وصول الخطر للأغشية ... قد يكون من أسبابها عدم عمل غسيل عكسي للفلاتر الرملية أو فلاتر المالتي ميديا جيداً ... أو ظهور قنوات أو عروق داخل الفلتر الرملي تسبب خروج الحديد إلى المراحل التالية ... استخدام بوليمر أو مروق غير مناسب (ويتم النظر إلى قيمة الSDI):

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

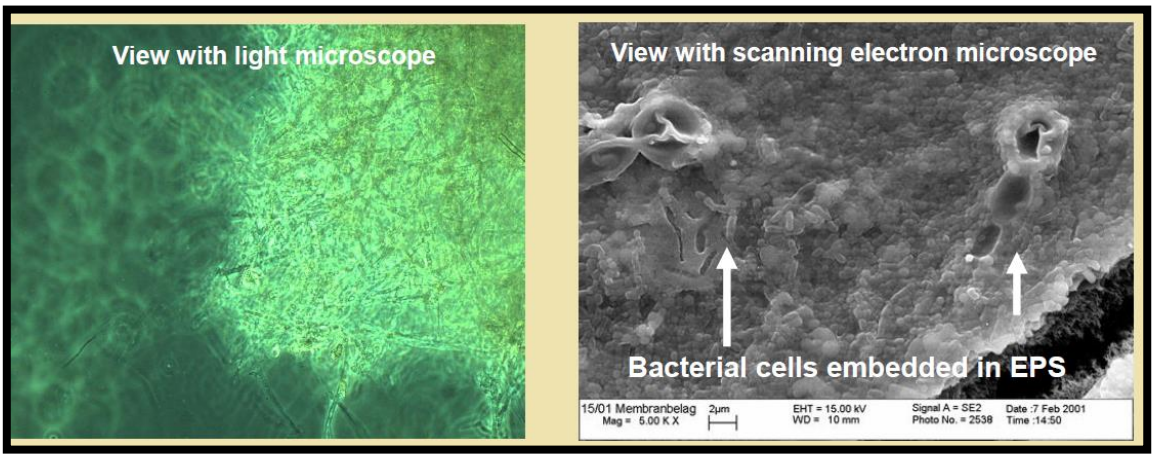
5- المواسير فى المحطة سواء أكانت PVC أو استانلس ستيل يتم كشط عينة من المواد المترسبة عليها كى تعطى مؤشر لنوع الفاولينج الذى قد يترسب على الأغشية ... قد تظهر طفلة ... قد تظهر ترسبات الحديد الذى لا يكتفى بالأغشية بل يترسب على كل أجزاء الوحدة من مضخات وخطوط ولونه بنى محمر.

6- فتح أوعية الضغط الأمامية ... قد نرى المياه الساقطة بها طفلة فنعرف أن المحطة تحتوى عليها بنسب كبيرة ... ونبدأ بال Anti-telescoping device والأجزاء البلاستيكية الخاصة بالأغشية وننظر إلى ملمسها ... لو كانت طبقة لزجة فيكون هناك بيوفاولينج أو فاولينج عضوى ... ولوظهر لون بنى محمر مثلاً فيكون هناك ترسبات للحديد ... ونفتح كذلك الend cap فى المراحل الأخيرة من الأغشية ... فإذا وجدنا ملمس خشن (مثل ورقة الصنفرة) فهى بوادر لتكون قشور الأملاح ...

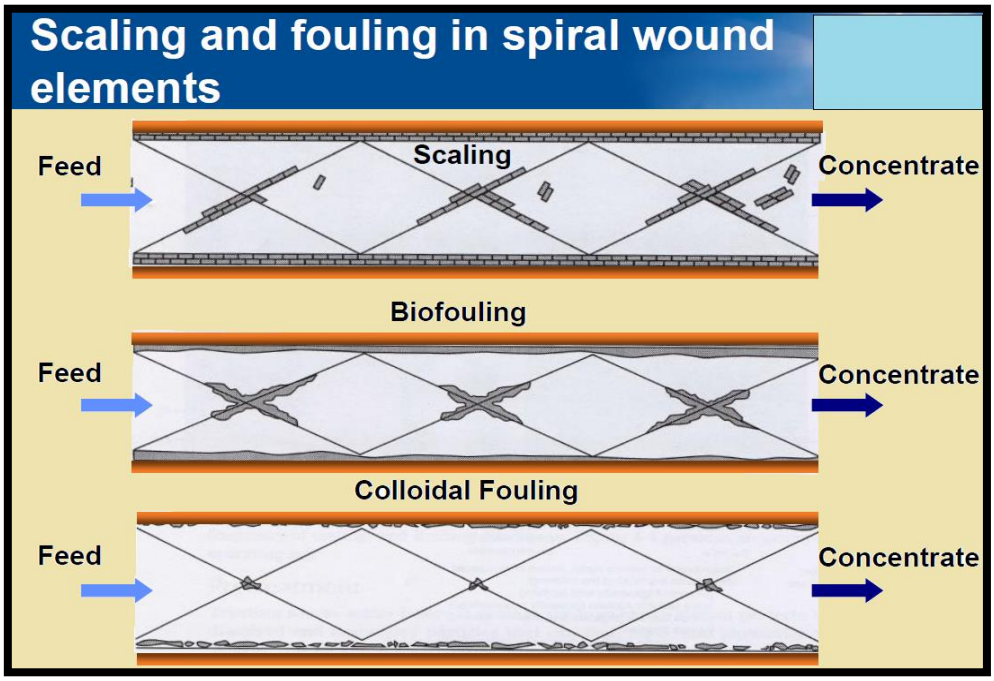
المنجنيز يترسب مع الحديد فى مقدمات الأغشية وأحياناً كثيرة يترسب فى النهايات ناحية الريجيكت وغالباً ما يكسو الغشاء باللون الأسود أو الأسمر ولكن بدون رائحة (عكس البيوفاولينج المعروف برائحته الذكية!) ... ومن الممكن أخذ عينة منه فى بيكر وعندما تروق المياه يطفو المنجنيز على السطح كبقعة لامعة كأنك أضفت نقاط من السولار أو الزيت فطفت على السطح ... انظر إلى فاولينج المنجنيز على الأغشية.

7- طريقة الأوتوبسى Autopsy هى طريقة يتم التعرف من خلالها عن نوع الفاولينج ويتم فيها أخذ عينات من سطح الغشاء وتحليله فى المختبر ... حتى يتم تحليل نوع البكتيريا السائدة ميكروسكوبياً – إن وجدت – بجانب تحليل كامل للرواسب والقشور المتراكمة على الغشاء وتقييم حجم الدمار الذى حل بالغشاء ... وفحص أى ضرر فيزيائى physical damage مثل حدوث التجاعيد على السطح wrinkles أو انفصال خطوط اللزق glue line separation ... إلخ وعادةً ما تقوم بها الشركات المصنعة وعملياً يكون هذا آخر حل نلجأ له ... طريقة الأتوبسي تبدأ بالفحص الخارجي حيث يتم الكشف عن الأورينج والBrine seal وال outer fiber glass wrapping والذى يتم نزعه حتى نتمكن من الفحص الداخلى ثم يتم أخذ عينات كما قلنا ... ويتم عمل عدة اختبارات منها الLOI أو الLoss on ignition حيث يتم حرق قطعة معلومة من الغشاء فتحترق المواد العضوية دون المواد غير العضوية ويتم المقارنة من خلالها بين الفاولينج العضوى والفيزيائى.

وهذه صورة توضح كيف يتم الفحص للأغشية بطريقة الأوتوبسي ... على اليسار صورة البكتيريا بالميكروسكوب الضوئي وعلى اليمين صورة البكتريا بصورة أوضح على الميكروسكوب الألكتروني حيث ترى البكتيريا مطمورة فى طبقة الEPS:



وهذه صورة توضح الفرق بين أنواع الفاولينج وطريقة تراكمها على الغشاء الحلزوني الملفوف:



والآن ننتقل إلى المواد الكيميائية التى تستخدم فى الغسيل ونبدأ بالجانب الكيميائى النظرى ثم ننتقل بعدها إلى الجانب العملى:

1- الغسيل الحامضى Acidic cleaning:

يتم تطبيقه فى pH تتراوح ما بين 2 – 3 (وهذا بناءً على التوصيات الخاصة بالغشاء من قبل الشركة الموردة وتحمل الأغشية لهذا الوسط).

نقصد بالحمض القوى هو الحمض الذى يتحلل بالكامل فى الماء فنستفيد بكل ذرات الهيدروجين التى تستخرج منه ... والحمض الضعيف هو الذى لا يتحلل بالكامل فى الماء فلا تتحرر كل ذرات الهيدروجين منه ... ولذا عندما نستخدم الحمض الضعيف فيجب أن نزيد تركيزه عن الحمض القوى فى عملية الغسيل أو نزيد الكمية التى نغسل بها أو الإثنان معاً.

ومجموعة الأحماض لها القدرة على الاتحاد بالكاتيونات الموجبة الثنائية مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والحديد الثنائى ... وأى حمض يتحد مع شق الكربونات يعطى ثانى أوكسيد الكربون وماء بجانب الملح المشتق من الملح المترسب ... ويجب أن يكون ذائباً فى الماء ولا يترسب هو أيضاً وإلا ذهبت مجهوداتنا أدراج الرياح ...

يتم استخدام حمض الهيدروكلوريك أو حمض الفوسفوريك أو حمض الستريك أو حمض السلفاميك أو حمض الأوكساليك ...

فحمض الهيدروكلوريك حمض قوى يعمل على إذابة الاملاح بكفاءة ... وعند اتحاد حمض الهيدروكلوريك المخفف مع كربونات الكالسيوم (أو الماغنيسيوم) ينتج كلوريد الكالسيوم الذائب ومعه الصديقان ثانى أوكسيد الكربون والماء:

$$CaCO_{3(s)} + 2HCl_{(dil)} \forall CaCl_2 + H_2O + CO_2\#$$

وحمض الفوسفوريك أيضاً يستخدم ويُعطى هو الآخر نتائج رائعة ... حيث يعطى ثنائى فوسفات الكالسيوم الذائب ومعه الصديقان المعتادان:

$$3CaCO_{3(s)} + 2H_3PO_{4\ (aq)} \forall Ca_3(PO_4)_{2\ (aq)} + 3H_2O + 3CO_{2(g)}$$

وحمض السلفاميك يكوِّن الكالسيوم سالفاميت الذائب Calcium sulphamate إذا اتحد بكربونات الكالسيوم:

$$CaCO_{3(s)} + 2H_3NSO_3 \forall Ca(SO_3NH_2)_{2\ (aq)} + H_2O + 2CO_{2(g)}$$

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

$$3CaCO_{3(s)} + 2C_6H_8O_7 \forall Ca_3(C_6H_5O_7)_{2\ (aq)} + 2H_2O + 3CO_{2(g)}$$

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

وحمض الكبريتيك لا يُفضل استخدامه فى الغسيل حتى لا تترسب أملاح كبريتات الكالسيوم المزعجة.

أما فوق أوكسيد الهيدروجين Hydrogen peroxide أو ما يطلق عليه ماء الأوكسجين ورمزه الكيميائى H_2O_2 فهو يستخدم كمعقم قوى يقتل الميكروبات ويسمى تجارياً فى بعض الأحيان "البفرى".

فإذا اجتمعا البطلان ماء الأوكسجين مع حمض الأسيتيك (CH_3COOH) كونا فى الخليط الجديد ما يُعرف بحمض البيرأسيتيك أسيد Peracetic acid (PAA) أو البيرأوكسي أسيتيك أسيد Peroxyacetic acid والذى يستخدم فى التعقيم ورمزه الكيميائى CH_3COOOH بإضافة ذرة أوكسجين ثالثة على حمض الأسيتيك والأس الهيدروجينى pH يكون عند 2.8 يعنى حامضية عالية.

والأوكسونيا Oxonia هى اسم تجارى لهذه التركيبة المتوازنة من ماء الأوكسجين H_2O_2 وحمض الأسيتيك.

$$H_2O_2 + CH_3COOH \square CH3COOOH + H_2O$$

البيرأسيتيك أسيد معقم قوى يدمر الغشاء الخارجى للخلية الميكروبية عن طريق الأكسدة.

<u>ولأن ماء الأوكسجين والبيرأسيتيك أسيد من المؤكسدات القوية وتسبب تأكسد طبقة البولى أميد فى الغشاء فيجب استخدامها تحت شروط قاسية حتى لا يتلف الغشاء:</u>

1- **أن لا يزيد التركيز عن الحد الأدنى المسموح به طبقاً لطبيعة كل غشاء (ويُفضل استخدامها فقط مع أغشية السليلوز) وفى المعتاد يكون التركيز 25 فى الألف جزء فى المليون.**
2- **لاتزيد درجة الحرارة عن 25 درجة مئوية لأنها تحفز تفاعل الأكسدة لطبقة البولي أميد.**
3- **ضمان خلو الممبرين من أي عناصر إنتقالية مثل الحديد والمنجنيز لأن هذه العناصر من طبيعتها أنها تستخدم كعوامل حفازة ... وبالتالى فهى تحفز هذه الكيماويات على مهاجمة وتدمير الأغشية ... ومن الواقع العملي لا يُنصح بإستخدامها إلا تحت إشراف شركة الغسيل ومسؤليتها وتعهدها بسلامة الأغشية ...**

يتم إضافة هذه المواد مع المياه بالتركيزات المحددة ويتم الغسيل نصف ساعة عند حوالى 3 بار وتقل الpH إلى 3.5 ثم نقوم بعمل غسيل rinse بمياه جديدة فى دائرة مغلقة ثم بمياه جديدة حتى تصل الpH إلى 6 أو 7 كما كانت.

ويفضل ال SMBS فى التعقيم حيث يمكن حقنها مع مياه التغذية ... وهى تمنع ترسب الحديد والغشاء على الأغشية ... كما أنها تنمع وجود الهواء ونمو البكتيريا الهوائية بجانب الحفاظ على الغشاء.

2- الغسيل القاعدى Alkaline cleaning:

حيث يتم تطبيقه فى pH تصل إلى 10 – 12 ... (ولا تزيد عن 12) ... وفى المعتاد يستخدم فى التطهير وقتل الخلايا الميكروبية ... وفى أحيان يستخدم فى إزالة الأملاح المترسبة.

الغسيل القاعدى غير مناسب للأغشية النتى تصنع من السليلوز حيث أقصى تحمل لها عند pH لا تزيد عن 5.6.

أمثلة للمواد القاعدية التى تستخدم فى غسيل الأغشية:

1- Sodium hydroxide (NaOH) الصودا الكاوية

2- Ethyelen diamine tetra-acetic acid (EDTA).

الإثيلين داى أمين تترا أسيتك أسيد.

3 -Sodium salts of EDTA: أملاح الإيدتا

- **Na_2EDTA is the Disodium salt of ethylene diamine tetraacetic acid**
- **Na_4EDTA is the tetrasodium salt of ethylene diamine tetraacetic acid**

4- Detergents (surfactants) المنظفات :

- **Quaternary ammonium compounds.**
- **(Na-DDS) or (SDS) or sodium salt of dodecylsulfate.**
- **Sodium laurel sulfate.**
- **Sodium tripolyphosphate (STP).**
- **Tri sodium phosphate (TSP).**

بالنسبة للصودا الكاوية أو هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) فهى تستخدم فى التعقيم وقتل الكائنات الميكروبية حيث أنها تقوم بعمل hydrolysis لجدار الخلية الحية ... علاوة على أنها تستخدم فى إزالة بعض قشور الأملاح العنيدة مثل أملاح الكبريتات:

$$CaSO_4 \text{ (Gypsum)} + 2NaOH \longrightarrow Ca(OH)_2 + Na_2SO_4$$

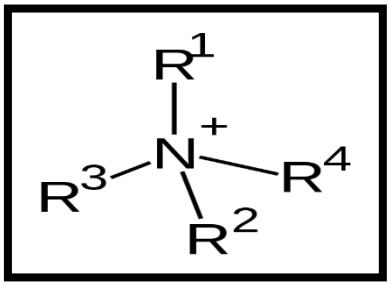
وبالطبع هيدروكسيد الكالسيوم المتكونة هى مادة ذائبة فى الماء.

بالنسبة للإيدتا EDTA فتستخدم كمادة مساعدة فى إزالة المواد الغروية والعضوية والبيولوجية وقشور أملاح الكبريتات Sulphate ... والإيدتا بودرة بيضاء اللون يتم خلطها فى الماء قبل البدء فى عملية الغسيل الكيميائى ولها تركيب مخلبى chelating يخطف الكالسيوم والمغنيسيوم.

بالنسبة للمنظفات ومساحيق الغسيل (Detergents & surfactants):

***Quaternary ammonium compounds:**

هى نوع من المنظفات الكاتيونية يُطلق عليها اختصاراً ال (Quats) وهى مركبات تحمل فى منتصفها ذرة النيتروجين التى تحمل شحنة موجبة ... وبدلاً من أن ترتبط بأربع ذرات هيدروجين فى أيون الأمونيوم المعتاد (NH_4^+) يتم استبدال ذرات الهيدروجين بمجموعات عضوية (ألكيل Alkyl أو أرايل Aryl) كما بالشكل التالى:



وهذه المركبات لها خاصية التعقيم Disinfection خاصةً كلما زادت طول سلسلة مجموعة الألكيل ... وهى تدمر غشاء الخلية الحية من البكتيريا والفطريات والأميبا والفيروسات التى تحيط نفسها بغشاء دهنى من ال Lipid envelope (أى النوع الذى يُطلق عليه المحب للدهون Fat-loving أو فيروسات الليبوفيليك Lipophilic) ... كما أنها تؤثر على التفاعلات الحيوية داخل الخلية وتلقى بالمواد الأساسية خارج الخلية وتسبب الوفاة!

من مميزات هذه المجموعة من المنظفات أنها متاحة وسعرها رخيص نسبياً.

تستخدم هذه المركبات أيضاً فى غسيل الفاولينج العضوى بكفاءة.

وإليك باقة من الأمثلة على هذه المركبات:

(benzalkonium chloride, benzethonium chloride, methylbenzethonium chloride, cetalkonium chloride, cetylpyridinium chloride,cetrimonium, cetrimide, dofanium chloride, tetraethylammonium bromide, didecyldimethylammonium chloride and domiphen bromide)

***Sodium laurel sulfate: صوديوم لوريل سلفات**

هو نوع آخر من أساسى فى صناعة الكثير من المنظفات.

***Na-DDS is sodium salt of dodecylsulfate (SDS)**

وأحياناً يتم الجمع بين الصودا الكاوية مع رباعى صوديوم الإيثلين داى أمين تترا أسيتيك أسيد Na_4EDTA ذو المخالب والذى ينقض على الكالسيوم والمغنيسيوم كما قلنا ويكون متراكب معهما ولا يسمح بترسبهما ... قوة الإيدتا تزيد مع زيادة الأس الهيدروجينى لذا كانت إضافة الصودا الكاوية ورفع الpH إلى 11 لها تأثير كبير.

وعملياً نجد أن الصودا الكاوية وحدها تعطى قوة أكبر فى التنظيف أو إذا اقترنت مع الNa-DDS أكثر من اقترانها مع الإيدتا.

3- الغسيل بأملاح ومواد كيميائية أخرى:

$Na_2S_2O_4$ = Sodium hydrosulfite

عند استخدام الصوديوم هيدروسلفايد يجب أن تكون الغرفة أو المحطة بها تهوية جيدة لأن له رائحة نتنة وفاسدة.

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

كما أن مركب الجلوتارالدهيد Glutaraldehyde يستخدم كمطهر قوى (بيوسايد).

وإليكم الآن جداول بأسماء المركبات الكيميائية التى تستخدم فى غسيل أوتطهير الأغشية ...

ورمزها الكيميائى وملاحظات على كل منها ... تم التقسيم إلى ثلاث مجموعات: الأحماض – القلويات – الأملاح والمواد الكيميائية الأخرى ...

الأحماض Acids		
اسم المادة الكيميائية	الرمز الكيميائى	ملاحظات
حمض الهيدروكلوريك (Hydrochloric acid)	HCl	حمض قوى
حمض الفوسفوريك (Phosphoric acid or orthophosphoric acid)	H_3PO_4	حمض ضعيف
حمض السلفاميك Sulfamic acid	NH_2SO_3H	حمض قوى متوسط القوة
حمض الستريك (الليمونيك) Citric acid	$C_6H_8O_7$	حمض عضوى ضعيف
حمض الأوكساليك Oxalic acid	$C_2H_2O_4$	حمض عضوى ضعيف
ماء الأوكسجين (فوق أوكسيد الهيدروجين) Hydrogen peroxide	(H_2O_2)	معقم قوى يقتل البكتيريا والميكروبات
Peracetic acid (PAA)	CH_3CO_3H	معقم قوى يقتل البكتيريا والميكروبات

القلوياتBases		
اسم المادة الكيميائية	الرمز الكيميائى	ملاحظات
الصودا الكاوية (Sodium hydroxide)	**NaOH**	**قاعدة قوية**
إيثيلن داى أمين تترا أسيتيك أسيد EDTA (Ethylene diamine tetraacetic acid)	$C_{10}H_{16}N_2O_8$	
Quaternary ammonium compounds	$N^+R_1R_2R_3R_4$	
the Disodium salt of ethylene diamine tetraacetic acid	Na_2EDTA	
tetrasodium salt of ethylene diamine tetraacetic acid		
sodium salt of dodecylsulfate (SDS) or sodium lauryl sulfate (SLS) Na-DDS =		منظفات أنيونية

أملاح ومواد كيميائية أخرى:		
اسم المادة الكيميائية	الرمز الكيميائى	ملاحظات
صوديوم هيدرو سلفايت **Sodium hydrosulfite**	$Na_2S_2O_4$	له رائحة البيض الفاسد ويحتاج للتهوية الجيدة فى مكان الاستخدام
Formaldehyde	CH_2O	معقم يقتل البكتيريا والفطريات
Glutaraldehyde	$C_5H_8O_2$	معقم يقتل البكتيريا والفطريات

وهناك لا شك بعض التحفظات على استخدام بعض هذه الكيماويات فى بعض الحالات إذا كانت المياه المنتجة تستخدم فى غسيل الكلى فمثلاً يُنصح بعدم استخدام الفورمالدهيد لأنه مادة مسرطنة ... كما أن هذه المادة ضارة لمن يتعاملون معها وتسبب حساسية ... كما أن التخلص من رائحتها الكريهة يأخذ عدة ايام نضطر فيه غالباً لتوقف الوحدة.

ويستخدم فى حفظ الأغشية الفورمالدهيد ... ويتم استبداله بالSBS وهو الأفضل لأن الأول يسبب المشاكل كما قلنا ... وحفظ الأغشية سوف نفرد لها نقاش منفصل بعد ذلك إن شاء الله.

وفى بعض الوحدات يتم شراء مواد كيماوية بأسماء تجارية من خلال التعامل مع شركات متخصصة (مثلاً كيماويات فيوليا ...إلخ).

والآن وبعد ان استعرضنا أنواع الكيماويات التى تستخدم فى غسيل الأغشية ... سنأخذ كل نوع من الفاولينج على حده وكيفية التعامل معه كى تكون مرجعاً شاملاً بعد ذلك للعاملين بمحطات التناضح العكسي ... وقبل أن نبدأ ... يجب أن نذكر بأمر هام ... وهو أن اختيار نوع المادة الكيماوية للغسيل يعتمد على 3 أمور: نوع الغشاء نفسه ... وطبيعة المياه ... ونوع الفاولينج.

فمادة الأغشية نفسها .... قد لا تتحمل pH معينة أو مادة منظفة معينة ... وكل هذه الأمور يتم فيها الرجوع غالباً للشركة المُصنعة من خلال الداتا شيت الخاصة بالغشاء ...

كما نذكر بأن الغسيل الكيماوي عادة ما يوصى برفع درجة الحرارة عن المعتاد (لا يزيد عن 35 درجة مئوية فى المعتاد) ... ولا شك أن ذلك يُنجز من عمل الغسيل ويقلل وقته ... ولكن يكون ذلك حتى حد أقصى تبعاً للتوصيات ...

وسنتحدث فى النقاش التالى عن تحديد نوع الفاولينج والغسيل الكيميائي المناسب.

المهندس أيمن موسيليني:

كما ذكرت الوقاية خير من العلاج ... لابد من عمل معالجة أولية جيدة لتقليل فترات الغسيل ... ومهم جداً تحديد ومعرفة نوع المشكلة الموجودة لصرف العلاج اللازم ... وإن تم التشخيص بصورة صحيحة قطعاً سيتم العلاج بصورة صحيحة ... وتوجد طرق مختلفة لتحديد نوعية المشكلة قد تكون من شكل ورقة SDI أو من شكل الترسيبات علي الأغشية ... أو من ملمس الأغشية ... أو من شكل شموع الكارتريدج أومن رائحة محلول الغسيل بعد

التدوير ... أو من عمل تحاليل من محلول الغسيل بعد انتهاء دورة الغسيل ... وتوجد أيضاً علاقة عند ارتفاع الضغوط وانخفاض الإنتاجية وانخفاض أملاح البيرميت يكون التفسير أنه فاولينج ... وعند ارتفاع الضغوط وانخفاض الإنتاجية وارتفاع أملاح البيرميت تكون المشكلة بسبب وجود ترسيب ... عند ثبات الضغوط وارتفاع الأملاح فجأة ربما يكون أدبتور ... عند ثبات الضغوط وارتفاع تدريجي للأملاح حتي أصبحت الأملاح الداخلة هى الخارج في هذه الحالة يجب استخراج حالة وفاة للممبرين ... ولابد من استبداله وقبل استبداله لابد من معرفة السبب لتجنبها ... إذن توجد طرق متعددة تبين وتشخص الحالة الموجودة ... ونستطيع أن نقول أنه لا توجد ثوابت معينة نستطيع أن نقيم الوضع عندها ... وهذا هو ما يميز العاملين بمجال معالجة وتحلية المياه عن غيرهم في باقي المجالات ... لأنهم يتعاملون مع متغيرات قد تكون يومية وهذا يتطلب مهارة عالية للوقوف علي سبب المتغير والتعامل معه... ودائما في انتظار متغير جديد قد يطرأعليه ... لذا نستطيع أن نقول أن مجال معالجة وتحلية المياه كل يوم فيه جديد.....

المهندس نادر محمد النجار:

يعتبرالIsothiazoline مركب فعال وجيد لتعقيم الممبرين وهو مادة غير مؤكسدة antibacterial - non oxdizing agent.

رد المُحاضر:

قرأت أنه يستخدم بتركيز يصل من 50 - 100 جزء فى المليون .... أم هذا فقط مع أبراج التبريد؟

رد المهندس نادر محمد النجار:

نعم صحيح يُستخدم في أبراج التبريد ويمكن استخدامه للممبرين بجرعة قليلة 30 ppm.

المهندس أحمد خيري العزاوي:

شكراً لكل الزملاء ... اسمحوا لي أن أقدم تجربتي العملية في الغسيل الكيميائي بالكميات والحسابات:

Total of pressure vessels in WTP = 33

Total of element (membrane) = 198

Number of pressure vessels for first stages = 7

Number of elements = 42

Number of pressure vessels for second stages = 4

Number of elements = 24

Dimension of membrane: 8"*40" long

على أساس أن عندي ثلاث وحدات RO كل وحدة بها 66 ممبرين و 11 فيزل ... يعنى الإجمالي 198 غشاء و 33 فيزل.

أولا محلول الغسيل الحامضى:

أولا : تحضير المحلول:

Water (free chlorine): 500 liter.

Citric Acid: 10.0 kg.

يتم ضبط وقياس الـ pH بحيث تكون 2 .

ظروف التشغيل:

pH = 2

Pressure = 3.5 : 4 Bar

H_2O = 0.0 Free chlorine

ثانياً : إجراءات الغسيل الحامضي:

*** يتم تدوير المحلول في كل اثنين pressure vessel على حده عند ضغط لا يتعدى 3.5 – 4 بار ... ويُلاحظ انخفاض قيمة الـ pH ودرجة الحرارة في البداية**

*** يتم الاستمرار في عملية التدوير لمدة نصف ساعة ويتم قياس وضبط الـ pH بحيث تكون 2.**

*** تكرر العملية السابقة كل نصف ساعة لمدة ثلاث ساعات..**

*** يتم طرد المحلول من الـ vessels وعمل غسيل بالمياه النقية .**

يتم قياس أداء الأغشية من حيث التصرف ونسبة طرد الأملاح ودرجة الحرارة والرقم الهيدروكسيلي.

ثانياً : محلول الغسيل العضوي:

أولاً : تحضير المحلول:

Water (free chlorine): 600 liter

TSP (Tri Sodium Phosphate): 0.6 kg

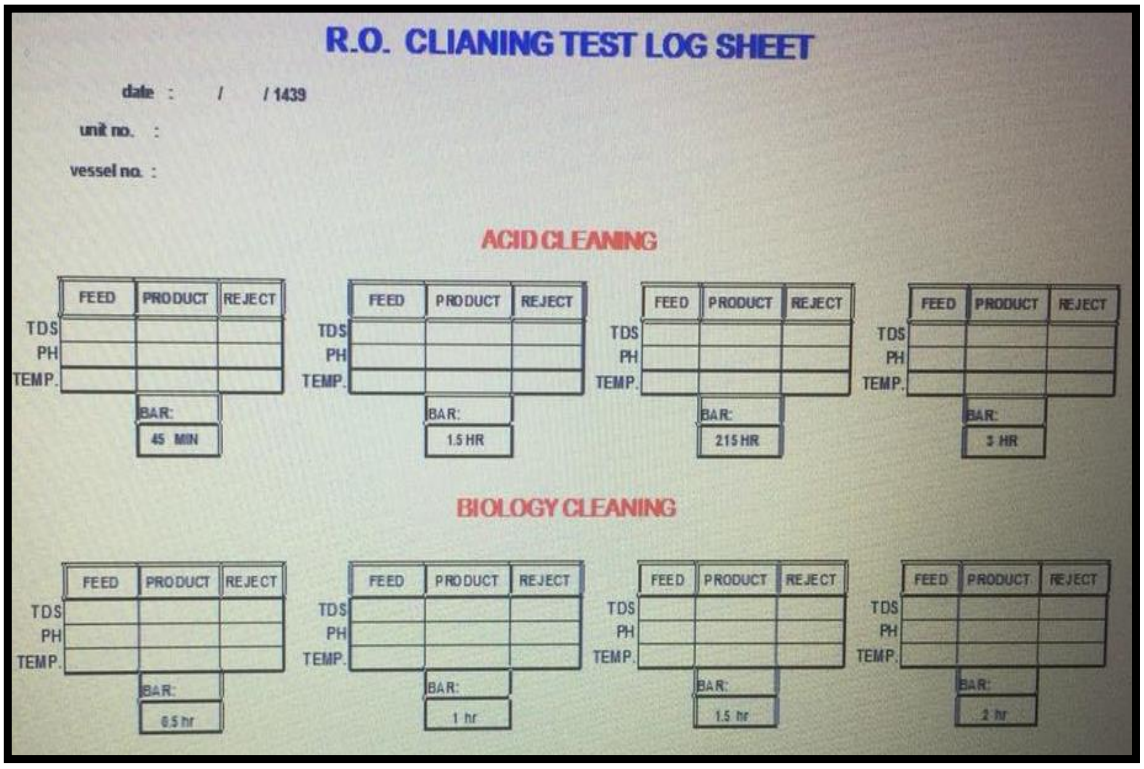
STPP (Sodium Tri Poly Phosphate): 0.6 kg

EDTA(Ethylene Diamine Tetra Acetate): 12 kg

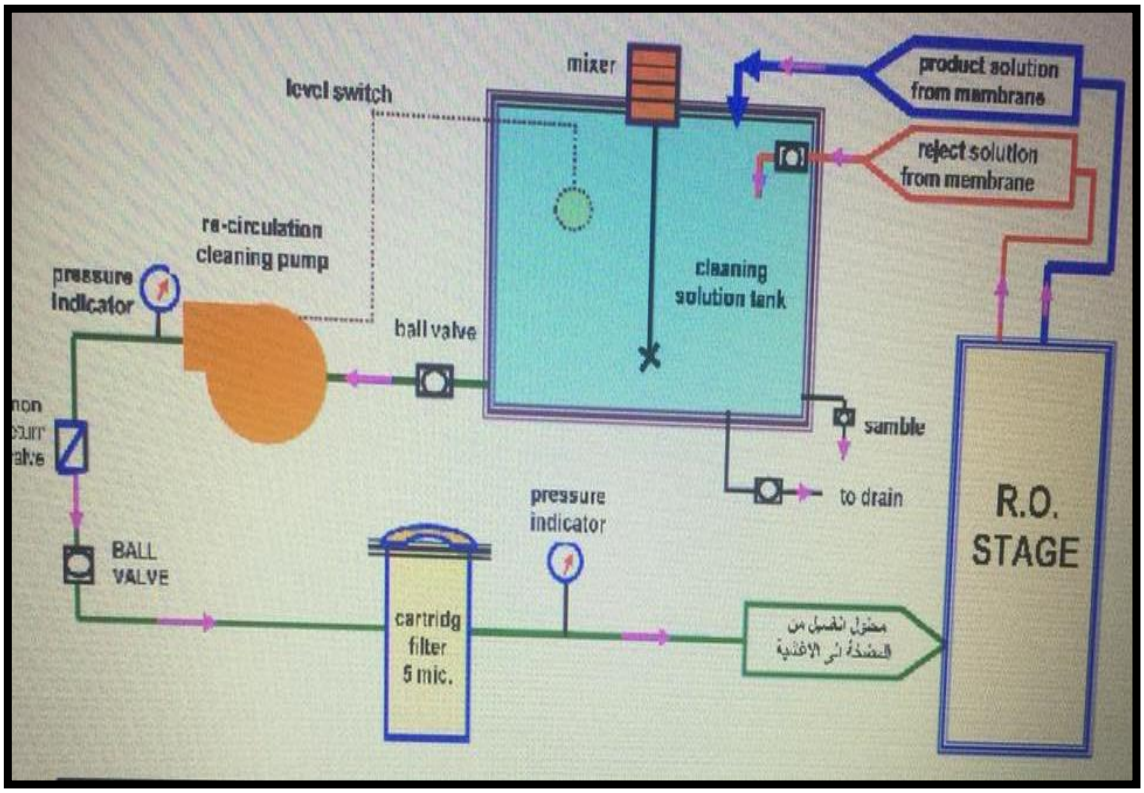
ثانياً : إجراءات الغسيل القاعدي:

1. **يتم تدوير المحلول في كل اثنين pressure vessel على حده عند ضغط لا يتعدى 3.5- 4 بار.**
2. **يتم الاستمرار في عملية التدوير لمدة ساعتين يتخللها بعض التوقفات المتقطعة لمدة عشر دقائق.**
3. **درجة حرارة المحلول يجب ألا تتعدى 40 درجة مئوية.**
4. **يتم ضبط الـ pH للمحلول بحيث تكون 11.5 باستخدام sodium hydroxide و ammonium hydroxide.**
5. **يتم طرد المحلول من الـ vessels وعمل غسيل بالمياه النقية.**
6. **يتم قياس أداء الأغشية من حيث التصرف ونسبة طرد الأملاح ودرجة الحرارة والرقم الهيدروكسيلي.**

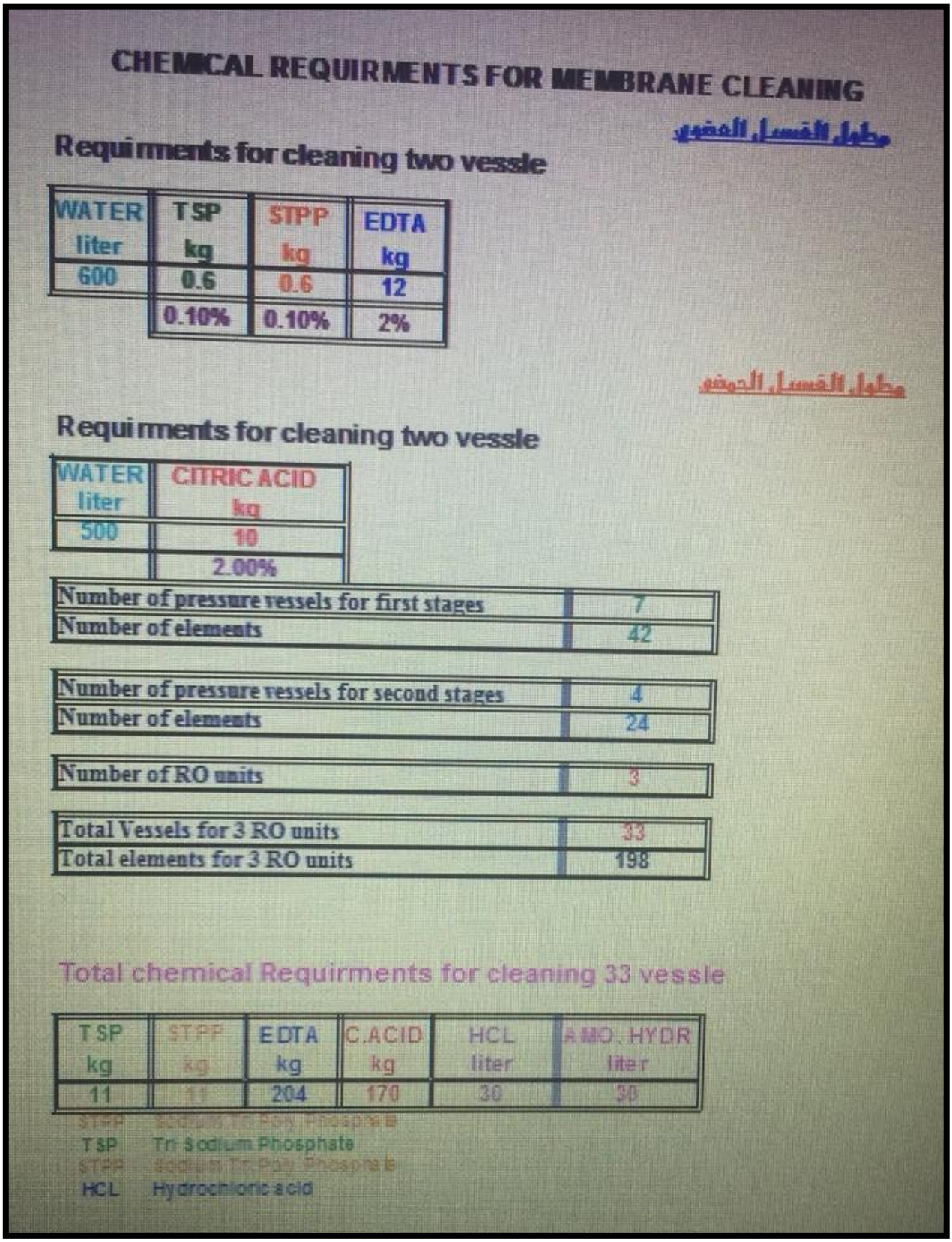
وهذا هو جدول الغسيل:



وهذا جهاز الغسيل الكيميائي كاملاً:



وهذه كميات الكيماويات طبقاً لعدد الأغشية:



CHEMICAL REQUIRMENTS FOR MEMBRANE CLEANING

مطول الغسيل الحمضي

Requirments for cleaning two vessle

WATER liter	TSP kg	STPP kg	EDTA kg
600	0.6	0.6	12
	0.10%	0.10%	2%

مطول الغسيل الحمضي

Requirments for cleaning two vessle

WATER liter	CITRIC ACID kg
500	10
	2.00%

Number of pressure vessels for first stages	7
Number of elements	42

Number of pressure vessels for second stages	4
Number of elements	24

Number of RO units	3

Total Vessels for 3 RO units	33
Total elements for 3 RO units	198

Total chemical Requirments for cleaning 33 vessle

TSP kg	STPP kg	EDTA kg	C.ACID kg	HCL liter	AMO. HYDR liter
11	11	204	170	30	30

TSP Tri Sodium Phosphate

HCL Hydrochloric acid

لو الغسيل القاعدي على أساس 750 لتر مياه معالجة وخالية من الكلور:

لكى نحصل على تركيز من TSP = 0.1

0.1 of TSP I 0.1 Kg in 100 liter

?? Kg in 750 liter

TSP (0.1%) = (0.1 x 750)/100 = 0.75 kg ≈ 1 kg

يعنى يجب إضافة حوالى 1 كيلوجرام (أو بالتحديد 0.75 كجم) من الSTP إلى 750 لتر للحصول على 0.1 تركيز ... وهكذا مع باقى المواد:

STSP (0.1%) = (0.1 x 750)/100 = 0.75 kg ≈ 1 kg

EDTA (2.0%) = (2 x 750)/100 = 15 kg

الغسيل الحامضي:

Citric acid (2.0%) = (2.0 x 750)/100 = 15 kg

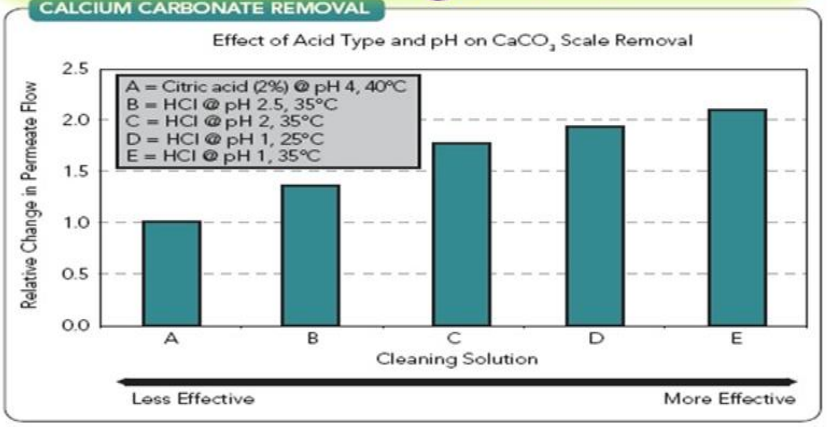
(هذا وقد أفاد المهندس بأنه سوف يتم تغييراستراتيجية الغسيل بالبدء بالغسيل القلوي ثم الحامضي بناءً على توصيات الخبراء).

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

نوع الفاولينج والغسيل الكيميائى المناسب!



Temperature and pH impact the performance of acid cleaners.

18

النقاش الثامن عشر

النقاش الثامن عشر:-

18- نوع الفاولينج والغسيل الكيميائى المناسب

تحدثنا فى النقاش السابق عن أهم الكيماويات المستخدمة فى عملية الغسيل الكيماوى للأغشية والآن ننظر إلى الكيماويات المناسبة لكل نوع من أنواع الفاولينج ... وننوه دائماً أن موضوع الغسيل الكيماوي يخضع لعدة شروط أولية ولكنه مرن جداً فى طرق المعالجة وقد تتبع شركة طريقة فى غسيل الأغشية وأخرى تتبع طريقة أخرى وتحصل على نفس النتائج المرجوة ... والمهم تتبع ما يكون فى المانيوال الخاص بالأغشية وخبرة العاملين أو الشركة التى تقوم بالغسيل الكيماوى ...

الغسيل الكيماوى المناسب للبايوفاولينج (Bio-fouling)

عندما نتخلص من الفاولينج البيولوجى معناه أننا نستخدم مواد كيميائية مطهرة Disinfectants فالحل الأمثل مع البيوفاولينج الذى تسببه هذه الكائنات الميكروسكوبية المؤذية هو التطهير Disinfection عن طريق الغسيل القلوى بالصودا الكاوية ومعها ال sodium salt of dodecylsulfate عند pH = 12 ... ودرجة حرارة 35 درجة مئوية وفى بعض التوصيات تصل إلى 40 درجة مئوية.

وهناك حلول بديلة وهى استخدام الصودا الكاوية مع التترا صوديوم إيثيلين داى أمين تترا أسيتيك أسيد أو استخدام الSDS أو ماء الأوكسجين مع البيرأسيتيك أسيد (الأكسونيا التى تحدثنا عنها فى النقاش السابق) أو الفورمالدهيد وغيرها من الكيماويات ...

وتوفر الشركات أنواع من البيوسايد الغير مؤكسدة (non-oxidizing biocides) لقتل البكتيريا وهى تحمل أسماء تجارية نذكر منها بعض الأمثلة:

Ferrocid8580 – Oxy-anious5 - Rocidesc

وبالطبع نقول أنه غير مؤكسدة حتى لا تؤثر على الأغشية.

الصوديوم ميتا باى سلفايت SMBS أيضاً تعمل على إزالة الأوكسجين الذى يسمح للبكتيريا بالبقاء والنمو وهى تستخدم أيضاً فى حفظ الأغشية عند توقف الوحدة كما يستخدم الفورمالدهيد لنفس الغرض كما سنتحدث بعد ذلك.

(المهندس محمد موسي: يجب الحذر من أن تكون الSMBS منشطة بالكوبالت أو أن يتواجد النحاس أو أحد العناصر الثقيلة فى مياه التغذية حيث يحدث تحفيز للSMBS فتتحول من المادة المختزلة إلى مؤكسدة ... وبدلاً من أن تحفظ الغشاء تؤكسده وتدمره).

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

قد تصاب الأغشية بنمو بكتيرى ... وقد تتوقف الوحدة عن العمل عدة أسابيع فنحتاج لتعقيم الأغشية قبل إعادة التشغيل والأفضل عمل غسيل كيميائى قبل التعقيم.

وقد لخصنا لكم كيفية مكافحة البايو فاولينج فى الجدول التالى:

الغسيل الكيماوى لأغشية التناضح العكسي عند الإصابة بالبيوفاولينج Bio-fouling	
NaOH (0.1% wt) + Na-DSS (0.025% wt) @ pH = 12 , 35° C (max)	الحل الأمثل
1- NaOH (0.1%)wt + Na_4EDTA @ pH = 12 , 35° C (max)	الحلول البديلة
2- STP (1.0%) wt + NaEDTA (1.0%) wt.	
3- TSP (1.0%) wt + NaEDTA (1.0%) wt.	
4- Alkaline surfactant (as SDS) (0.025% wt)	
5- Oxidizing agents (H_2O_2 + Peracetic acid) (for aetate cellulose membrane)	
6- Non-oxidizing biocides.	
7- Non-oxidizing agent:Formaldehyde + Glutaradehyde	
8- Quaternary ammonium compounds (for polyamide)	
9- Sodium meta bisulphite (SMBS)	
10- Salt shock.	

وإليكم رسم بيانى يوضح أن الوصول إلى pH 12 أو 11.5 يعطى أفضل النتائج لغسيل البيوفاولينج حيث كان معدل سريان البيرميت أفضل ما يمكن ولذلك كانت الpH عامل أساسى فى التنظيف (ولكن يجب الاطلاع على نوع مادة الغشاء وتحملها لهذه الدرجة) وعملياً يُفضل أن لا يزيد عن 10.5 إلى 11 كحد أقصى:

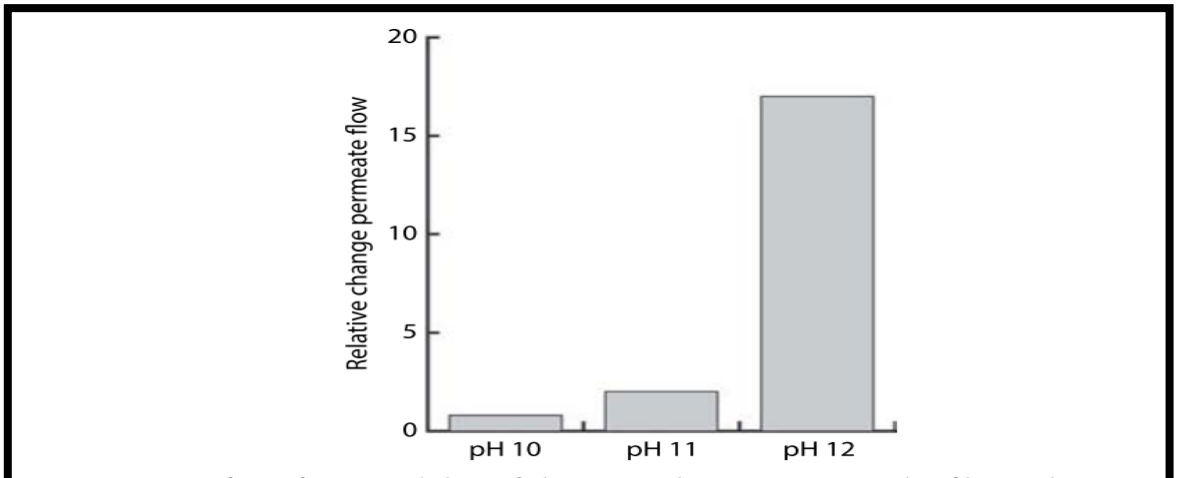
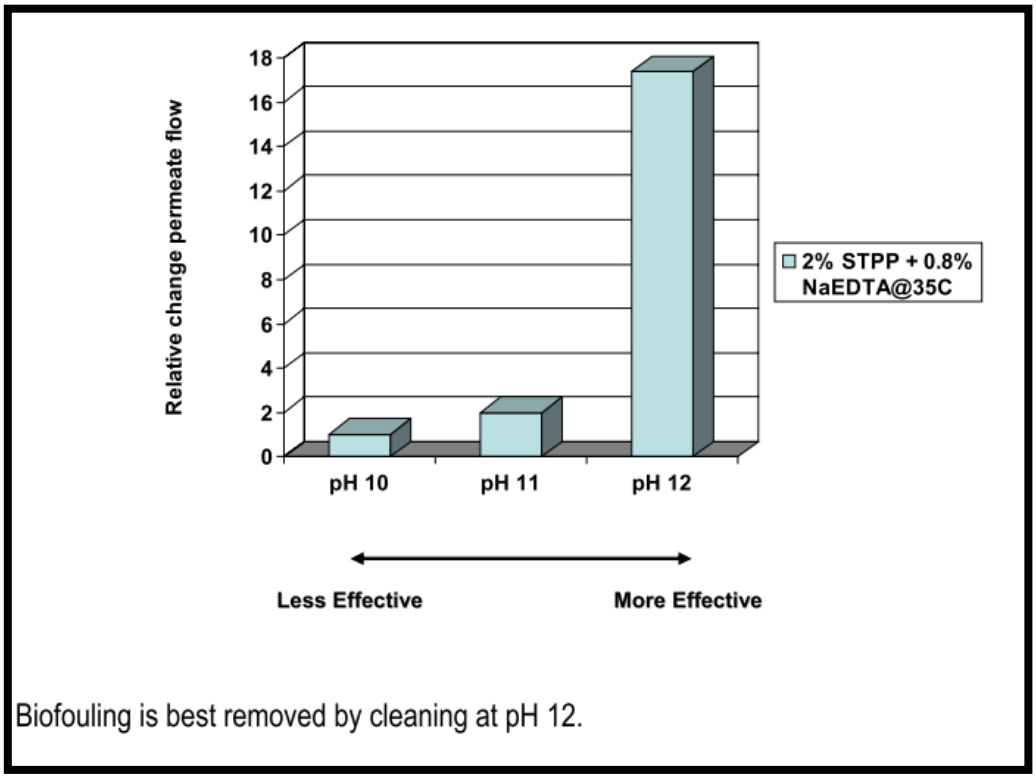


Figure 13.4 Effect of pH on ability of cleaning solution to remove biofilm and restore membrane performance. *Courtesy of Dow Water and Process Solutions.*



الغسيل الكيماوى المناسب للفاولينج العضوى (Organic-fouling):

الحل الأمثل لـه هو نفس الحل الأمثل للبيوفـاولينج ... يعنـى عند الغسيل بالصودا الكاويـة ومعها الNa-DSS فإننـا نتخلص من النوعين ... البيو والعضوى.

والحل البديل هو استخدام الصودا الكاوية مع التترا صوديوم إيثيلين داى أمين تترا أسيتيك أسيد ويتبعه حمض الهيدروكلوريك ... أنظر الجدول التالى:

الغسيل الكيماوى لأغشية التناضح العكسي عند الإصابة بالبيوفاولينج العضوى Organic-fouling	
NaOH (0.1% wt) + Na-DSS (0.025% wt) @ pH = 12 , 35° C (max)	الحل الأمثل
1- NaOH (0.1%)wt + Na_4EDTA @ pH = 12 , 35° C (max) follwed by HCl (0.2%) , pH =2 , 45 ° C (max)	الحلول البديلة

الغسيل الكيماوى المناسب للفاولينج الفيزيائى (Physical-fouling):

إذا كان الفاولينج الفيزيائى عبارة عن طين أو silt دخل إلى الغشاء عبر الfeed spacer ... فالحل الأمثل هو نفس الحل الأمثل الذى استخدمناه مع النوعين السابقين وهو الغسيل بالصودا الكاوية ومعها الNa-DS ... أو بعض المنظفات Detergents.

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

وعملياً نقول أن الأغشية التى أُصيبت برمل فإنها تكون قد فقدت أكثر من 60 % من كفائتها للأسف ... وأفضل شىء أن ننظف الغشاء قبل أن تستفحل المشكلة وينتقل الرمل عبر اللزق glue الذى يلصق الأغشية ببعضها للغشاء التالى ... وهناك من يعتمد على ادخال خط هواء بضغط 7 – 8 بار وإن كان ذلك أحياناً يتلف الغشاء برمته ... وهناك من يتعامل مع الرمل بأن يدفع بماء عكس اتجاه الغشاء مع الربت والطرق الخفيف فى الأرض لانزال الرمل.

وإذا كانت أكاسيد الحديد هى المتواجدة فيتم استخدام NaS_2O_4 كحل أمثل ... أو تستخدم محاليل بديلة مثل حمض الفوسفوريك أو السلفاميك أو السيتريك أو الأمونيوم سيترات Ammonium citrate فى عدة دورات تصل كل دورة 40 دقيقة وثلث ساعة نقع عند pH من 2.5- 3.

الغسيل الكيماوى لأغشية التناضح العكسي عند الإصابة بالبيوفاولينج الفيزيائى Physical-fouling	
Silt fouling (suspended solids fouling)	
NaOH (0.1% wt) + Na-DSS (0.025% wt) @ pH = 12 , 35° C (max)	الحل الأمثل
(For silica): NaOH (0.1% wt) + Na_4EDTA (2.0% wt) @ pH = 11.5 , 35° C (max)	الحلول البديلة
Metal oxides (for example:iron deposits)	
$Na_2S_2O_4$ (1.0% wt) @ pH = 5 , 25-30° C (max)	الحل الأمثل
1- H_3PO_4 (0.5%wt) @ pH = 1-2 , 25° C (max)	الحلول البديلة
2- HCl (0.2% wt)	
3- NH_2SO_3H (1.0% wt) @ pH = 3 - 4 , 25° C	
4- Citric acid (2.0% wt)	

الغسيل الكيماوى المناسب للفاولينج الكيميائى (Scales):

إذا كانت أملاح الكربونات هى المتواجدة سواء أكانت كربونات الكالسيوم أوكربونات المغنيسيوم فيتم التعامل معها بالغسيل الحامضى باستخدام حمض الهيدروكلوريك (مع نوع الأستيل سليلوز) أو حمض الأسيتيك (مع نوع البولى أميد الذى لا يتحمل pH منخفضة أقل من 2) وهو يكون متراكبات complexes مع هذه الأملاح ويعطى نتائج جيدة ...

وهناك حلول بديلة لأملاح الكربونات وهو استخدام الصوديوم هيدروسلفايت.

أواستخدام حمض الفوسفوريك أواستخدام الغسيل القاعدى ببعض المنظفات Detergant

ومنها الQuaternary ammonium compounds.

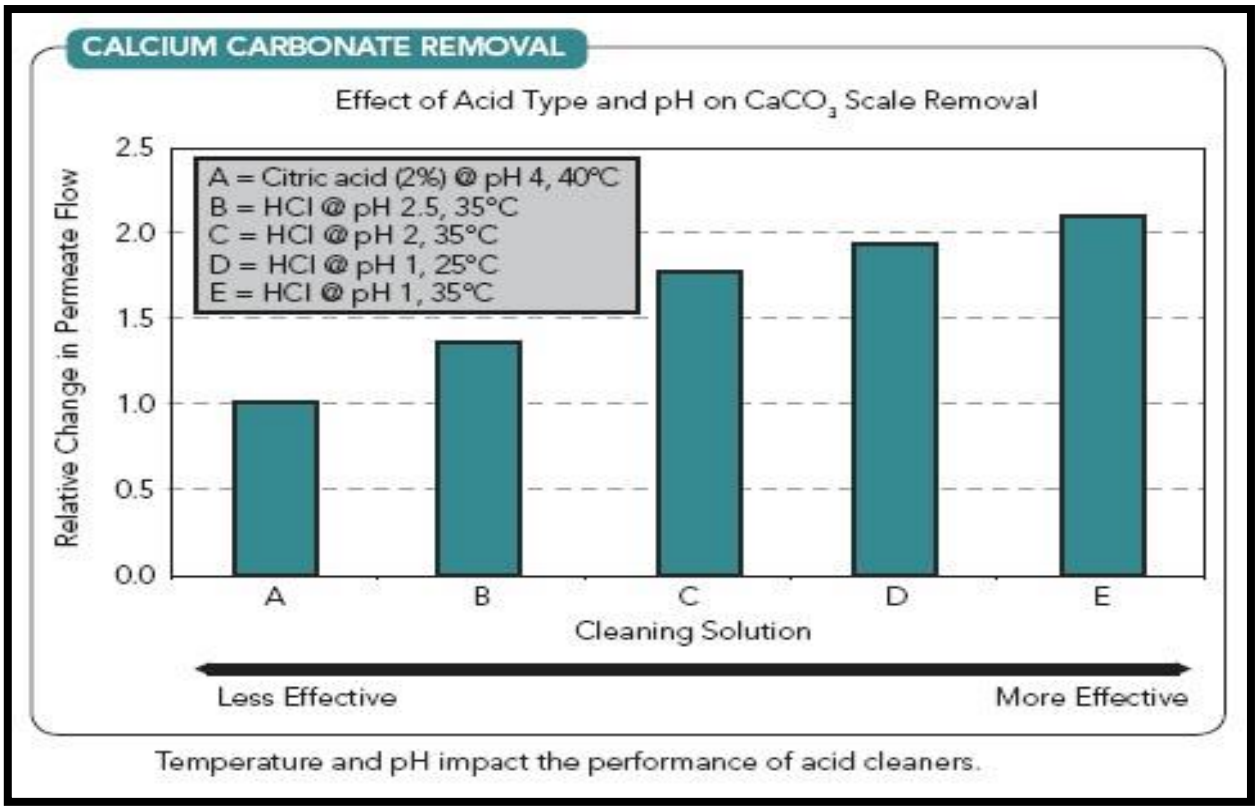
فإذا كانت قشور السلفات Sulphate هى المتواجدة فيتم التعامل معها باستخدام صودا كاوية مع التترا صوديوم إيثيلين داى أمين تترا أسيتيك أسيد Na_4EDTA ... مع النقع soaking والrecirculation طوال اليوم لبطء التفاعل ...

الغسيل الكيماوى لأغشية التناضح العكسي عند الإصابة بترسبات قشور الأملاح Scales	
Carbonate salts scales ($CaCO_3$ &$MgCO_3$)	
1- HCl (0.2% wt) @ pH = 1- 2 , 25° C (For acetate cellulose membrane) 2- Acetic acid (for polyamide membrane)	الحل الأمثل
1- Sodium hydrosulfite (1.0% wt) @ pH = 5 , 25° C. 2- Phosphoric acid (0.5 wt) @ pH = 1-2 , 25° C 3- Sulfamic acid (0.2% wt). 4-Citric acid (1-3% wt). 5- Oxalic acid (0.5-1 wt%). 6- Quaternary ammonium compounds.	الحلول البديلة
Sulphate scales (as $CaSO_4$, $MgSO_4$ and $BaSO_4$)	
NaOH (0.1% wt) + Na_4EDTA (2.0% wt) @ pH = 12 , 35° C (max)	الحل الأمثل
-	الحلول البديلة

وكما أوضحنا من قبل أن علاج أملاح الكبريتات يكمن فى الريكافرى ... لو زاد عن الحد المسموح به فلن نستطيع أن نمنع ترسبه حتى بالأنتى سكيلنت ...

(المهندس محمد موسي: لتحفيز تفاعل إزالة قشور كبريتات الكالسيوم نضيف 1% من ملح الطعام حتى يحدث تبادل أيونى ... وذوبانية كبريتات الكالسيوم تزيد مع زيادة الأملاح ... لذا نجد أن المحطات التى أملاحها عالية يكون ترسب هذه الأملاح نادرة الحدوث).

والرسم البيانى التالى يوضح مدى تأثير الأحماض على قشور كربونات الكالسيوم ... ويتضح أن حمض الهيدروكلوريك له تأثير أقوى من السيتريك ... كما أن تأثير حمض الهيدروكلوريك يزيد كلما زاد تركيزه (يعنى قلت الpH) ويزيد أيضاً مع ارتفاع درجة الحرارة (35 أقوى من 25 درجة مئوية):



Temperature and pH impact the performance of acid cleaners.

مداخلة المهندس السيد سعيد:

في النقطة الخاصة باستخدام حمض الهيدروكلوريك وحمض الستريك في الغسيل بعض الكتب تفضل استبعاد الهيدروكلوريك وكل الأحماض المعدنية من الغسيل حيث أنها تقلل من عمر الممبرين وتفضل الستريك لأنه أكثر أماناً ... وكذلك الكوستك صودا في الغسيل القلوي يُفضل استبعاده لتأثيره الشديد حيث أن هذه الأحماض والقلويات قوية جداً ... نرجو من السادة الذين مروا بالتجارب التوضيح والإفادة.

رد المهندس محمد محمود:

حمض الهيدروكلوريك حمض قوي يُمكن استخدامه فى التنظيف الكيميائى لأغشية الTFC ... ويستخدم لإذابة الأملاح العضوية ما عدا أملاح الSulphate ... ولا يوجد أى ضرر من استخدامه هو والأملاح المعدنية بالتركيزات الموصى

بها والمحدودة ... أما حمض السيتريك فهو حمض ضعيف يتفكك جزئياً فى الماء (وليس كلياً مثل الأحماض القوية) ويكون فاعليته فى إزالة الأملاح بالطبع أقل من الأحماض القوية.

المهندس غسان محمد الحبال:

الغسيل القلوي ضمن حدود الpH المسموحة له تأثير جيد.

وإليك أخى الكريم جدول هام يوضح أنواع الفاولينج المختلفة والغسيل الكيميائى المقترح:

Table 6.3 Simple cleaning solutions

Foulant \ Cleaner	0.1 wt % NaOH	0.1 wt % NaOH with 1.0 wt % Na_4EDTA	0.1 wt % NaOH with 0.025 wt % Na-DDS	0.2 wt % HCl	2% citric acid	1.0 wt % $Na_2S_2O_4$	0.5 wt % H_3PO_4	1.0 wt % NH_2SO_3H
Carbonate scales (e.g., $CaCO_3$)		—	—	Preferred	Alternative	Optimal	Alternative	—
Sulfate scales ($CaSO_4$, $BaSO_4$)		OK	—	—		—	—	—
Metal/oxides hydroxides (e.g., iron)		—	—	—	Alternative	Preferred	Alternative	Alternative
Fluoride scales		OK						
Phosphate scales				Preferred				
Inorganic colloids (silt)		—	Preferred	—		—	—	—
Silica	Alternative	Alternative	Preferred	—		—	—	—
Biofilms	Preferred	Alternative	Preferred	—		—	—	—
Organic	Preferred	Alternative	Preferred	—		—	—	—

ومن مؤسسة الIPA أو The International desalination Association نجد التوصية بالكيماويات التالية:

V. CLEANING CHEMISTRY

Basic cleaning chemistries are described in the table below and are referenced by membrane manufacturers in their cleaning guides.

Type	Action	Typical Chemical
Acid	Solubilisation	Hydrochloric, nitric, sulphamic, citric
Non Oxidising Biocide	Biocidal	DBNPA, Isothiazolin
Caustic	Hydrolysis, Solubilisation	NaOH,
Chelant	Chelation	EDTA
Detergent	Emulsifying, dispersion, surface conditioning	STPP
Oxidant	Oxidation, disinfectant	Hypochlorite, ozone, hydrogen peroxide
Surfactant	Emulsifying, dispersion, surface conditioning	SDS

وهناك بحث من جامعة Twente بعنوان:

Prevention and control of membrane fouling: practical implications and examining recent innovations

By assignment from: DSTI
Performed by: dr.ir. A.C.M. Franken
Membraan Applicatie Centrum Twente b.v.
Date: June 2009

حيث وضع أنواع الفاولينج ومظاهرة وعلاجه كما بالجدول التالي:

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

Foulants	Description	Effects on RO performance	Method of control / cleaning
Scale	Precipitate of sparingly soluble salts (minerals) caused by the concentration of salts in the feed/brine solution during passage across the membrane surface. E.g.: $CaCO_3$, $CaSO_4$, $BaSO_4$, $Sr.SO_4$, SiO_2.	- Major loss of salt rejection - Moderate increase in differential pressure - Slight loss of production - Effects generally occur in the final stage of the membrane system	- Lower recovery. - Adjust pH. - Use scale inhibitor. - Clean with citric acid or EDTA-based solution. - Clean silicate-based foulants with ammonium bifluoride-based solutions.
Colloidal Clay / Silt	Agglomeration of suspended matter on the membrane surface. E.g.: SiO_2, $Fe(OH)_3$, $Al(OH)_3$, $FeSiO_4$.	- Rapid increase in differential pressure. - Moderate loss of production. - Moderate loss of rejection. - Effects usually occur in the first stage	- (Ultra)filtration as first step. - Charge stabilisation. - Higher Feed-Brine flows. - Clean with EDTA or sodiumtripoly phospate at high pH. - Clean silicate-based foulants with ammonium bifluoride-based solutions. - Lower recovery
Biological	Formation of bio-growth upon membrane surface. E.g.: iron reducing bacteria, sulphur reducing bacteria, mycobacterium, *Pseudo-monas.*	- Major loss of production. - Moderate loss of salt rejection. - Possible moderate increase in differential pressure. - Effects occur slowly, steadily.	- Sodium bisulphite addition. - Chlorination with or without activated carbon filtration. - Clean with EDTA-based solutions at high pH. - Shock disinfection program with formaldehyde, hydrogen peroxide, peracetic acid. - Ultrafiltration before RO.
Organic	Attachment of organic species to the membrane surface. E.g.:humic acid, oil, polyelectrolytes, grease.	- Rapid and major loss of production. - Stable or moderate increase in salt rejection. - Stable or moderate increase in differential pressure.	- Filtration with active carbon. - Cleaning is rarely successful but isopropanol or proprietary solutions have been effective.

ولكى تعلم أخى الكريم أنه يجب الرجوع فى الأصل إلى توصيات الشركة المصنعة للأغشية والغسيل الموصى به ونوع الممبرين الذى يصلح لهذا الغسيل نقدم لك هذا الجدول لتقارن بين غسيل أغشية "داو" و"هيدرانوتيكس":

Table Preferred cleaning solutions for specific foulants and scale.

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

* CPA membranes only

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

WTEF

19

النقاش التاسع عشر

مراحل عمل الغسيل الكيماوى ومناقشات مهمة !!

النقاش التاسع عشر :-

19- مراحل عمل الغسيل الكيماوي ومناقشات مهمة

ستة مراحل من الغسيل الكيماوى سنذكرها فى هذا النقاش مع مجموعة من التساؤلات كى ننتهى من موضوع غسيل الأغشية ... ومن لديه استفسار أو غموض فى هذا الموضوع فلا يتردد فى السؤال ... تابعوا التعليقات ... وننوه أن مراحل الغسيل الكيماوي ليس دستوراً يجب أن يُنفذ كما هو إنما يجب الرجوع لتوصيات الشركة المصنعة للأغشية والشركة التى تقوم بالغسيل الكيماوي.

المرحلة الأولى

مرحلة الشطف (Pre-flushing) المبدأي للتخلص من الأملاح فى منطقة الأغشية ...

وعمل الشطف Flushing للأغشية فى البداية مهمة جداً ... ونستخدم فيها مياه البيرميت الغير محتوى على كلور ... ويتم متابعة الTDS وقيمة الأس الهيدروجينى pH حتى تستقر وتشابه مياه البيرميت ...

والشطف بماء البيرميت يكون عن طريق الFlushing pump ... عند حوالى 4 بار ... لا نزيد عن ذلك ويكون فى الاتجاه الطبيعى (يعنى ليس عكسي) فتمر المياه من خلال الfeed spacer مثل الاتجاه المعتاد تماماً ... والمياه الناتجة والمحتوية على الأملاح يتم التخلص منها على الصرف Drain.

ولو اضطررنا أن نقوم بعملية الشطف بمياه التغذية (ولتكن مياه البلدية city water) ... يعنى بها نسبة من الكلورين ... نستطيع إضافة كمية من الSMBS عليها قبل استخدامها ... وإن كنا لا ننصح بذلك نظراً لوجود عكارة بمياه التغذية.

عملية الفلاشينج الأولية هذه تسمى الDOC وهى اختصار لDirect Osmosis cleaning وأهم مميزاتها أنها تقلل استهلاك الكيماويات المستخدمة فى الغسيل وبالتالى توفر الطاقة والتكاليف.

المهندس أيمن موسيليني يتحدث عن موضوع آثار الفلاشينج للمحطة:

توجد ملحوظة مهمة ... عند توقف المحطة وعمل فلاشنج لها بمياه البيرميت وليس بالغسيل الكيميائى تنخفض الضغوط علي المحطة ... فأنا عندي مثلاً بعد عملية الفلاشينج يقل ضغط الدخول 1 بار مع ثبات الدلتابي علي المراحل.

أحد الأسباب: بعض أنواع البكتيريا علي الممبرين تتواجد وتتكيف علي وسط معين للأملاح ... وعند عمل فلاشينج بمياه منزوعة الأملاح تكون بمثابة صدمة لها لتغيير البيئة التي تعيش فيها ... ومن ثم عدم التحمل والتكيف في الظروف الجديدة ومن ثم القضاء عليها (يحدث لها انفجار نظرا لتغير البيئه التي تعيش فيها).

تابع الحديث عن أهمية الفلاشينج عند شرح المرحلة الخامسة من الغسيل العكسي بعد قليل.

تعقيب المهندس حمدي السيد:

تغيرالضغوط نتيجة الفلاشينج بالمياه المُحلاة إلى قيم أقل من وضع التشغيل الطبيعي من الأمورالطبيعية فى التشغيل بعد توقف المحطة وإعادة تشغيلها ... وذلك يرجع لعدة ظروف منها كما ذكر أخى الكريم أيمن بالإضافة أنه قام بازالة لطبقة الPolarization concentration والتى تعتبر أحد مسببات زيادة الضغط أوالمعوقات التى تتكون أثناء التشغيل والتى يتم ازالتها بالمياه المحلاة ... ولكن يجب ملاحظة أن الضغوط بعد ساعات من التشغيل ترجع إلى نفس الظروف قبل التوقف.

تعقيب المهندس أيمن موسيليني:

هذه حقيقة ... بعد فترة تعود الضغوط كما كانت ...عندي مثلاً تعود في خلال12ساعة تقريبا..

المُحاضر:

نعم وأحيانا يتم عمل Salt shock وهى تغيير المحتوى الملحى للمياه وتأثيره على الكائنات الدقيقة بوجه عام ... يعنى عملية عكسية للفلاشينج بمياه البريميت.

المرحلة الثانية

تحضير المحلول المنظف (والكمية تكون عادة بالتجربة وخبرة المشغل وتوصية الشركات الموردة) يتم تحضيره فى خزان الغسيل الكيميائى.

(المهندس محمد موسي: يحتاج كل غشاء element له قطر 8 بوصة وطول 40 بوصة حوالى 40 – 55 لتر من المحلول ... فلو كان عندنا 36 غشاء يعنى نحتاج إلى 36 فى 50 لتر تقريباً محلول)

ويجب التأكد من خلط مادة الغسيل وتقليبها جيداً ويتم قياس الpH قبل الاستخدام.

ادخال المحلول المنظف تدريجياً إلى النظام بضغط لا يزيد عن 4 بارعن طريق استخدام طلمبة ضغط منخفض تسحب المحلول من خزان الغسيل إلى الأغشية ويتم تصريف 20% من المحلول ثم نقوم بعمل تدويرrecycle أو circulation أو circling لمدة ساعة أو ساعتين (تبعاً لقسوة الفاولينج).

المرحلة الثالثة

الغسيل بالحمض من نصف ساعة فى المعتاد إلى ساعتين فى الظروف القاسية ولا نزيد على ذلك ... والغسيل القلوى لا يزيد عن 8 ساعات فى المتوسط.

لوأردنا الغسيل بالقلوي والحامضي نبدأ بالقلوى وننتهى بالحامضي.

لوأردنا الغسيل بالقلوي فيجب أن نتبعه أيضاً بالغسيل الحامضي!

لو كان عندنا حديد أو منجنيز وكربونات الكالسيوم فقط نستخدم الغسيل الحامضي فقط إلا إذا كان هناك بايوفاولينج ... وهناك من يُفضل فى هذه الحالة الغسيل القاعدي بالصودا والإديتا قبل الحامضي لأنها تحدث ما نسمية بالRarefaction أو تقليل الكثافة بالخلخلة لتسهيل الأمر على الحامض كي يكنس هذه الترسبات بسهولة.

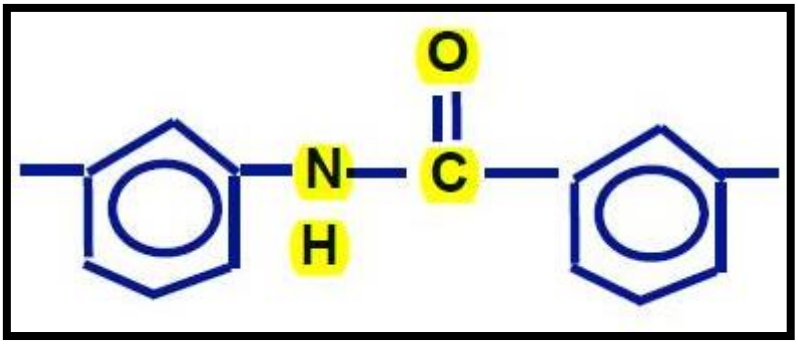
(المهندس محمد موسى: لماذا نبدأ بالغسيل القاعدي ثم الحامضي؟؟ لأن الغسيل القاعدي ينظف الأغشية من البايوفاولينج والفاولينج العضوي والسيليكا ... أما الأحماض فهى تتفاعل مع هذه المركبات وتكون متراكبات complexes تترسب ويصعب إزالتها ... كما أننا نقول بوجوب الغسل الحامضي بعد القلوي لأن الغسيل القلوي يغير فى تركيبة الغشاء من حيث الشحنة ... فيلزم القيام بعملية "الProtonation" بإضافة بروتونات الهيدروجين المتواجدة فى الحمض لإعادة الغشاء كما كان ... وهذا ما دلت عليه الأبحاث والتجربة العملية ... فلو غسلنا بقلوي فقط بقيت الأملاح بعد الغسيل عالية لفقد الغشاء وظيفته).

مداخلة المهندس محمد حسن أحمد نبيه:

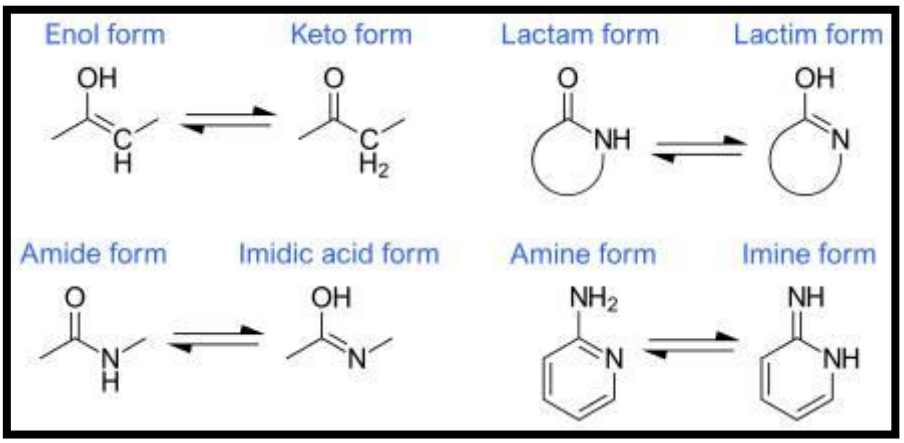
توجد نقطة هامة إذا أردنا الغسيل الحامضي بعد القلوي فلابد من عملية شطف شديدة قبل الغسيل الحامضي منعاً لحدوث تفاعلات بينه وبين بقايا وآثار الغسيل القلوي مما يؤثر ذلك على الأغشية بالضرر الشديد.

وينبهنا المهندس محمد زكريا لأمرهام:

وهناك معلومة مهمة جداً عن طبقة البولى أميد وخصوصاً المجموعتين الوظيفيتين المُظلل عليهم باللون الأصفر ... مجموعة ال CO ومجموعة ال NH ... هذه المجوعات موجودة فى صورة tautomerization ... حيث يحدث تنقلات للرابطة الثنائية والأوكسجين والهيدروجين بين الذرات فى صورة مستمرة وهذا جيد جداً ويحافظ على الأملاح بالقدر المستطاع ... ولكن عند الغسيل القاعدى للأغشية فإن ال tautomerization يتوقف وتتحرك الرابطة الثنائية من بين الكربون والأوكسجين إلى ما بين الكربون والنيتروجين وتتكون شحنات سالبة على الأوكسجين التى تحتاج الى protonation بعمل غسيل حامضى لكى يعود سطح الغشاء الى طبيعته ... وفى حالة غسيل المحطة بغسيل قاعدى فقط سوف نلاحظ إرتفاع فى الأملاح.



Tautomerization



ولذلك نبدأ بالغسيل القاعدي ثم الحامضي ... وهذه معلومة أو سر من أسرار الأغشية.

مداخلة المهندس محمد أنور حسن:

غسيل الصودا أقوم به عند انخفاض الإنتاج و ثبات الأملاح ويبقي:

1. **ضبط ال pH عند ١٢.**
2. **تقليب لمدة ٤٥ دقيقة.**
3. **ايقاف لمدة ٣٠ دقيقة.**
4. **تقليب مره أخري وإيقاف وتقليب وإيقاف (بنفس الأزمان) ... والتشغيل الأخير مع نهاية الزمن يتم عملية الصرف مع مراعاة أنني أغسل فيسيل واحد في كل مرة ... مع ملاحظة أنه لا تشغل المحطة بعد الغسيل الكيميائي القاعدي ولكن يجب بعد غسيل حامضي ويكون نفس الخطوات ولكن من المُمكن مرتين فقط ... يعني غسيل ايقاف غسيل صرف ...**

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

كما أنه أثناء الغسيل نلحظ تغير لون المحلول (لون مائل للصفرة) أو ظهور رائحة نتنة (بسبب المركبات العضوية) وقد تظهر رغوة عندما نستخدم مواد قلوية (مساحيق الغسيل التى تحدثنا عنها) ... وفى الغسيل الحامضى يبدأ اللون من التغير من الشفاف إلى الأصفر وينتهى باللون المائل للخضرة فيجب هنا تغييره ... وإذا توقف هذا التغير دل على أننا استهلكنا المحلول تماماً ... فنضيف كمية جديدة ولكن بعد الغسيل والشطف flushing الجيد وتساوى الpH للخارج والداخل ... تغيير المحلول عدة مرات جائز الحدوث مادام يتغير اللون أو تظهر الرائحة.

(نأخذ عينة بلانك فى البداية ونقارن التغير فى اللون كل ربع أو نصف ساعة).

الصورالتالية نزلت على المنتدى من قبل وهى لون لمحلول الغسيل للغشاء ويظر لون بنى مائل للحُمرة بسبب الحديد:

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

المرحلة الرابعة

هى مرحلة النقع Soaking لمدة 2 – 4 ساعات وقد نحتاج إلى 8 – 10 ساعات (أو حسب توصيات الشركة) ثم التصريف (ويعتمد الوقت كما قلنا على الفاولينج) ... وعملية النقع تتطلب غلق جميع الصمامات ووقف عمل المضخة ... وهى خطوة مفيدة حيث يحدث ملىء بجميع المسامات الضيقة بالمحلول للتخلص من الجزيئات المترسبة والفاولينج.

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

درجة الحرارة فى هذه المرحلة يجب أن لا تقل عن التى نعمل عندها الغسيل الكيماوى ... لأن انخفاض الحرارة يوقف التفاعل بين الكيماويات وأنواع الفاولينج كما أن غالبية المواد العضوية تترسب مرة أخرى فى درجات الحرارة المنخفضة ... يعنى تحدث نتيجة عكسية ... كما أن بعض المنظفات القلوية مثل الصوديوم لورايل سلفات يترسب هو نفسه عند درجات الحرارة المنخفضة ... ويتم الحفاظ على درجة الحرارة بتسخين المواد الكيماوية فى التنك وادخال 10% من الflow على الأغشية لتعويض الفقد فى درجة الحرارة ... ودائما نلجأ لذلك فى الشتاء حيث تصل الحرارة إلى أقل من 20 درجة مئوية.

المرحلة الخامسة

عمل الشطف Flushing النهائى للأغشية لإزالة أى آثار مترتبة على الغسيل الكيميائى ... وقد يتم الشطف أولاً بمادة قلوية مثل الصودا الكاوية لو تم الغسيل بالحامض أو العكس حتى نصل إلى الpH المتعادلة ... ثم ننتهى بالشطف بمياه البيرميت الغير محتوى على كلور ... ويتم متابعة الTDS وقيمة الأس الهيدروجينى pH ورجوعهما للقيم الأولية بعيداً عن تأثير القلويات والأحماض التى استخدمت فى الغسيل (وصول الpH إلى حدود 7) ...

والشطف بماء البيرمييت يكون عن طريق الFlushing pump ... عند حوالى 4 بار ... لا نزيد عن ذلك ويكون فى الاتجاه الطبيعى (يعنى ليس عكسي) فتمر المياه من خلال الfeed spacer مثل الاتجاه المعتاد تماماً ... والمياه الناتجة والمحتوية على الأملاح يتم التخلص منها على الصرف Drain.

ونكرر ما قلناه: "لو اضطررنا أن نقوم بعملية الشطف بمياه التغذية (ولتكن مياه البلدية city water) ... يعنى بها نسبة من الكلورين ... نستطيع إضافة كمية من الSMBS عليها قبل استخدامها ... وإن كنا لا ننصح بذلك نظراً لوجود عكارة بمياه التغذية".

يُمكن أيضاً الشطف بالمياه المنتجة من السوفتنر (المُيسر) التى تحتوى على عسر كلى منخفض وله فوائد بالأخص عندما يوضع فى نهايات المعالجة الأولية ... يعنى بعد التخلص من العكارة والكلورين ... أو يتم الغسيل مياه مقطرة Demi-water.

وعملية الشطف لها عدة فوائد منها أنها تذيب وتزيح الأملاح المركزة على الأغشية والتى تم اذابتها مع الغسيل الكيميائى ... وعندما نصل إلى أن الأملاح الداخلة هى نفس الأملاح الخارجة تقريباً فإننا نكون قد تأكدنا من إزاحة كل هذه الأملاح ...

كما أن عملية الشطف بالمياه الحلوة لها دور فى عملية التعقيم وقتل البكتيريا وبالأخص فى الوحدات التى تستخدم فى تحلية مياه البحر! ... قد تستغرب من هذه المعلومة ولكن استغرابك يزول عندما تعلم أن تركز الأملاح داخل جسم البكتيريا يصل فى حدود 40 ألف جزء فى المليون ... يعنى مشابه للأملاح فى مياه البحر ... فإذا قمت أنت بتعريض هذه

البكتيريا لمياه حلوة ... فعلت ظاهرة الضغط الأسموزي أفاعيلها وانتقلت المياه من منطقة الأملاح المنخفضة إلى منطقة الأملاح المرتفعة داخل الجسم البكتيرى بكميات كبيرة لتوازن الأملاح كما قلنا وتكون النتيجة انفجار أجسام هذه البكتيريا ... وهذا ما يسمى بالصدمة الأسموزية Osmotic shock!

عملية الفلاشينج قد نستخدمها أولاً قبل الغسيل الكيميائى فنسميها Pre-flushing كما قلنا ... وقد نستخدمها بين العملية الأولى للغسيل الكيميائى والثانية إذا عملنا غسيل حامضى أو قاعدى مثلاً ... فنكون قد أزلنا المواد قبل الغسلة الثانية وهكذا ... وهذه أيضاً تخضع لتجارب وخبرات العاملين فى الوحدات المختلفة.

وعادة ما تكون طلمبةال Flushing هى نفسها طلمبة الغسيل الكيميائى وتصنع من الاستانلس ستيل لمقاومة المواد الكيماوية ... كما أن تنك تخزين كيماويات الغسيل تصنع من البولى بروبيلين.

تعقيب المهندس حمدي السيد:

طريقة Salt Shocking أوالصدمة بمحلول ملحي عالي التركيز أثناء التشغيل الطبيعى يعمل على خلخلة الفولنج من سطح الغشاء وتنظيفه مع عمل المحطة دون توقف لعملية الغسيل.

المرحلة السادسة

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

ونلاحظ أنه لو أردنا ارجاع معدلات السريان والريكافرى كما كانت الوحدة فى التشغيل الأولى فعلينا بالتحكم فى بلف الريجكت كما أوضحنا من قبل لنحصل على الريكافرى المطلوب.

ملاحظات فى غسيل الأغشية!

- **تحتاج عمل غسيل الأغشية من الوقت حوالي ست إلى سبع ساعات تقريباً ولا تزيد على العشر ساعات ... يعتمد ذلك على نوعية المياه المعالجة ونوعية الأغشية المستخدمة في كل محطة أووحدة.**
- **تذكر دائماً أننا لا نستخدم طلمبة الضغط العالي أثناء جميع مراحل الغسيل.**
- **يجب أن لا تزيد الدلتا بى أثناء الغسيل عن 50 psi لكل وعاء ضغط حتى لا تتكسر الأغشية وتدمرها.**
- **(المهندس محمد موسي): ينبغى عند الغسيل رفع ضغوط مضخة الغسيل تدريجياً نغسل الfeed spacer أولاً بالcross flow التى تحدثنا عنه فنعمل كنس أو كسح إلى منطقة الريجيكت ... أم لو بدأنا بضغط عالى فسوف يحدث أن يمر جزء من الفاولينج عبر الأغشية أو تلتصق بها ... والضغط المناسب الأولى هو ضغط عالى نسبياً ولكن لا يصاحبه خروج مياه بيرميت ... يعنى فقط تسمح بتنظيف السطح أولاً بدون اختراق المادة الكيماوية للغشاء ثم بعد ذلك نرفع الضغط.**

- **ويفضل أثناء الغسيل الكيميائي عمل صيانة للمحطة لأنها في حالة شبه متوقفة يمكن خلالها مثلا صيانة الوصلات ومضخة الضغط العالي وتنظيف الفلاتر الميكرونية وغيرها.**

تعقيب المهندس محمد محمود:

فترة الغسيل الكيماوي من الممكن أن تصل إلى 24 ساعة ولا يوجد وقت محدد للغسيل ... ويعتمد ذلك على درجة الفاولينج.

هل يُمكن الغسيل بالأنتيسكل؟

الأنتى سكيل يمنع ترسيب الأملاح ولكن لا يزيلها إذا ترسبت ... بل أحياناً يسبب هو نفسه القشور Scales ... فلا نستخدمه فى الغسيل ... ونستثنى من ذلك الEDTA .

هل إضافة الكيماويات فى المعالجة الأولية تسبب قشور أو فاولينج على الأغشية؟

نعم! فالأنتى سكيل مثل الOrganophosphate الذى له سلسلة طويلة يسبب الفاولينج على الأغشية ... والمروقات (كالبوليمر) مثل الalkaline polymer.

(ونجد دائماً فى الداتا شيت الخاصة بهذه الكيماويات التحذير الدائم من زيادة الجرعة عن المطلوب overdosing).

ولذا فضبط الجرعات أمر ضرورى قد تحدثنا عنه فى الجزء الأول ... وهو يعتمد على عدة أمور مثل تركيز الأملاح ومعدل السريان ... إلخ ... كما أن تجربة الجار (أو الكؤوس) توصى بأقل نسبة للكوأجيولانت أو البوليمر التى نحتاجها ... والزيادة فيها تسبب فاولينج كيميائى على الأغشية ومن الصعب جداً إزالتها ...

تعقيب المهندس محمد محمود:

جرعة الأنتي سكيل تعتمد فقط على كيميائية المياه ودرجة حرارة المياه والريكافري ... وأما معدل الحقن يعتمد على معدل سريان المياه وهناك فرق بين الجرعة الكيميائية chemical dosing ومعدل التجريع Rate of dosing.

ما هو دور الكارتردج فلتر فى عملية الغسيل الكيميائى للأغشية؟

يُفضل استخدام كارتردج فلتر أمام تنك كيماويات الغسيل لتلافى أى شوائب ... وفى بعض الأحيان يتم استخدام نفس الكاتريدج فلتر المستخدم فى المعالجة الإبتدائية حيث يتم عمل bypass لخط تنك كيماويات الغسيل إلى هذا الفلتر قبل الدخول على الأغشية ... وهنا قد تحدث كارثة ... حيث أن الكارتريدج فلتر لو كان غير نظيف وعليه فاولينج فسيتم غسله كيميائياً وتدخل مواد الفاولينج على الأغشية ... فيجب الانتباه لنظافة فلتر الكارتريدج قبل استخدامه ... ولو أمكن غسله فى البداية أو تغيير الشمعات يكون ذلك ضرورة وليس ترفاً.

هل يتم غسيل المحطة بأكملها أم نغسل كل ممبرين على حدة؟

جواب الخبراء: يتم غسيل الممبرين على حده فقط فى حالة الفاولينج الفيزيائى ... بمعنى عند دخول رمل أو ميديا الفلاتر الرملية على الأغشية يتم وضع كل غشاء على حده وعمل فلاشينج بضغط التشغيل ... وهذا يتطلب وجود خط آخر يجعل الوحدة تستمر فى التشغيل ... أما فى أنواع الفاولينج الأخرى وتكون القشور فمن الصعب غسيل كل ممبرين

على حده خاصة لو كانت المحطة تتكون من مرحلة واحدة One stage ... ويتم غسل الوحدة كلها ... فإذا كانت المحطة تتكون من عدة مراحل فمن الممكن غسل كل مرحلة على حدة ثم يتم غسيل المحطة بأكملها ... وهذا بالطبع يرجع إلى نظرة المشغل وتقييمه للأمر ... والذين يفضلون غسل مرحلة مرحلة عندهم الحق فى ذلك حتى لا ينتقل الفاولينج من المرحلة الأولى ويترسب على الأخرى.

وهناك بعض الوحدات الكبيرة لها قسم خاص بالغسيل الكيميائى ... حيث يُمكن استبدال الأغشية المريضة بأخرى احتياطى حتى يتم تنظيفها ولا يتوقف الانتاج كثيراً إلا فى وقت استبدال الأغشية.

هل الغسيل الكيميائى مناسب لإزالة الفاولينج فعلاً؟

نعم مناسب إذا كان الفاولينج لم يصل إلى مرحلة نسميها مرحلة اللاعودة أو الirreversibility هى تنتج نتيجة إهمال العلاج وقتاً طويلاً (تقل الانتاجية إلى حوالى 25 – 30%) ... وهذه المرحلة نستدل عليها من توصيات الشركات المصنعة للغشاء ... فهى تذكر مثلاً أقصى هبوط فى الضغط maximum pressure drop يُمكن للغشاء أن يصل إليه ... فإذا تعداه لم يفلح الغسيل لأن الفاولينج يكون قد تمكن من الغشاء ... كما أن الشركات المصنعة تذكر مصطلحات مرادفة مثل الNPD وهى اختصار لل Normalized pressure drop أو الMTC وهو اختصار لل Mass transfer coeffient.

ومرحلة الفاولينج الreversible يمكن التخلص منها بالغسيل الكيماوى أو ربما بقوةShear force.

ماذا عن التنبؤ بتكون الفاولينج بوزن الغشاء؟؟؟

يجب عدم الانتظار حتى تتفاقم أزمة الفاولينج ... ونصيحة الخبراء هى وزن الغشاء قبل الاستعمال (أو أخذ الوزن من الداتا شيت الخاصة به) ثم أخذ نفس الأغشية ووزنها بعد الاستعمال كل فترة لعمل تقييم لتكون الفاولينج أو اختبار كفاءة عملية الغسيل الكيماوى والذى بالطبع يجعل وزن الغشاء أقل من وزنه قبل الغسيل ... وعند وزن الغشاء يجب التأكد من تجفيفه تماماً وإلا أعطى وزناً زائداً عن الطبيعى وظن العامل وجود فاولينج على الأغشية.

(وزن الغشاء الجديد فى المتوسط = 14 – 16 كيلوجرام ويزيد حوالى كيلو أو كيلو و300 جرام فى حالة البلل بالمياه) ... والخبراء يفيدونا فى ذلك.

ما هو تفسير حدوث سدد سريع فى الأغشية بعد الغسيل الكيماوى بأيام قليلة ... وبالتالى نقص فى البيرميت المنتج؟؟؟

المعلوم أن الغسيل الكيميائى الصحيح يعطى نتائج جيدة جداً ... والانسداد السريع للغشاء من أهم أسبابه هو تواجد نفس السبب فى الانسداد! وهو تهريب الميديا من الفلاتر... لذا يجب التأكد من قيم العكارة والSDI بعد الفلاتر وفحص الفلاتر الميكرونية (الكارتريدج) واكتشاف وجود الميديا داخله ... وفى بعض الأحيان يحدث تهريب منها أيضاً إلى الأغشية أو لعدم إحكام تثبيتها.

بعد الغسيل الكيماوى يرتفع الTDS فى مياه البيرميت:

هذا أمر طبيعى فى البداية (أو بعد ساعات من التشغيل) حيث تزيد الأملاح بنسبة قد تصل إلى أكثر من 50% نتيجة حدوث هياج للأملاح المترسبة على الأغشية أو لعدم عمل flushing جيد فتساهم المواد الكيميائية المستخدمة فى الغسيل فى رفع الإيصالية Conductivity ... كما أن الغسيل الحمضى يُفتح المسام فى الأغشية فيسمح بمرور أملاح أكبر مما كنت عليه قبل الغسيل ... ويرجع الوضع المعتاد خلال ساعة ... وقد يستمر عدة أيام تبعاً لحالة وكفاءة الغشاء ويُنصح بالشطف عدة مرات فى هذه الحالة ... والرجوع إلى الحالة الطبيعية يساهم فيها تراكم الفاولينج والأملاح من جديد ... ومن المهم أيضاً أن يتم فصل تنكات الغسيل عن حرم الأغشية لأن بعض العاملين يكون همهم إدخال المحطة فى الخدمة بسرعة فيغفلون عن فصل منظومة الغسيل عن هذه الأغشية!

ومع تكرار الغسيل الكيماوى تتفتح هذه الثقوب إلى غير رجعة فنضطر إلى تغييرها ... وهناك بعض الشركات تضيف خلطات تسد هذه الثقوب ... يستطيع من له دراية بها أن يعطينا نبذة عنها.

تغيير اتجاه الغشاء:

إفادة قيمة عرضها المهندسون من قبل بناءً على توصية شركات مرموقة فى مجال التناضح العكسي وهى أنه عند ارتفاع الضغط على الأغشية لتراكم العوالق عليه وبدلاً من عمل غسيل عكسي Backwash الذى نستخدمه فى فلاتر الميديا يُنصح بالآتى:

تغيير اتجاه الغشاء (الوجه الذى يستقبل المياه نعكسه مع الوجه الآخر للغشاء) وذلك باستبدال الwater seal وبالتالى سيصبح الوجه الذى كان يواجه المياه وتراكمت عليه العوالق هو مخرج الريجيكت reject نفسه.

الغسيل العكسي للأغشية:

على الرغم من أن الأصل هو غسيل الأغشية فى اتجاه الفيد لأن الاتجاه المعاكس يؤثر على الporosity للأغشية ... إلا أنه فى بعض الأحيان يتم التوصية بالغسيل العكسي فى عكس اتجاه سريان المياه الطبيعى ويعطى نتائج ممتازة ... لكن يجب الحذر من أمر ... يجب عكس ال brine seal والذى يسمح بمرور المياه فى اتجاه واحد ... فتكون سكة الريجيكت هى الfeed وسكة ال feed هى الريجيكت ... يُنصح بذلك تحديداً عند تراكم الطفلة على الأغشية.

تعقيب المهندس محمد عبد العال:

باختصارشديد جداً ... فلقد سألت هذا السؤال أثناء الدورة التدريبية ٢٠٠٨ بألمانيا لمستر/ بيتر سيهان ... وهو كان أحد القائمين علي تطوير الروزا ... أثناء عمل Autopsy للغشاء ورؤية الملح ستجد أن بلورات الملح اتخذت شكلاً تدريجي الحواف من ناحية الفيد وشكل حاد من ناحية الريجيكت ... لذا فعند دخول محلول الغسيل في اتجاه الفيد يتم ازالة الترسيبات بشكل (لطيف) soft cleaning أما في حالة دخوله عكسي وبخاصة مع ارتفاع درجة الحرارة وزيادة pH عن ١١ أو انخفاضه عن ٣ فإن هذا يسمي ب harsh cleaning قد يؤدي لانتزاع بلورات الملح بشكل قاسي مسبب حدوث تشوه في thin layer تؤدي لاختلاف معامل النفاذية بشكل دائم ... (انتهي شرح بيتر) ... نزيد عليه قد

يكون هذا الأمر مفيد وذلك عندما يكون الغشاء الاول تعرض ل fouling of metal oxides مثل الحديد والمنجنيز أو تراكم علي سطحه suspended solids أو تجمعات للبكتريا ونريد أن نتخلص منها دون تأثيرها علي باقي الأغشية التالية له فنقوم بغسيل عكس الاتجاه ... ولكن الغريب أن كل مصنعي الأغشية رفضوا هذا وبخاصة Toray عند سؤالهم في مؤتمر IDA ونصحوا بأنه إذا كان ولابد فعلينا بغسيل الغشاء الأول وحده (وطبعاً في المواقع نأخذ أول غشاء ونجعله الأخير ونعكس اتجاه مع عكس Brine seal لأنه غير متوفر لنا وحدة غسيل منفصل في أغلب المواقع) ... إذاً السؤال هنا لابد أن يكون (لماذا يرفض كثير من مصنعي الأغشية الغسيل الكميائي في عكس الاتجاه بل ويرفضوا التشغيل العادي في عكس إتجاه السهم الموضح ؟) هذا هو السؤال! لو أن أحدكم قام بزيارة لأي مصنع للأغشية ورأي الغشاء أثناء التصنيع سيعرف الإجابة ... وفي كلامي الأخير (السؤال) قلت كثيراً من مصنعي الاغشية.... ولم أقل كلهم لأني في الحقيقة عند اختبارأغشية ال LG وأثناء مناقشة نتائج تجربة الأداء مع مستر مايتن أكد انه يمكن استخدام الغشاء من الناحيتين ولكن المهم وضع Brine seal في وضعه الصحيح ...

استفسار أحد الزملاء عن هذه الجزئية:

هل تم تجريب هذه الطريقة أم أنها مجرد فكرة؟؟

المهندس منتصر عليوة:

تمام هذا الكلام وقد جربته شخصياً وكان علاجاً ممتازاً فهو يعكس اتجاه سريان الماء ليطرد أي عوالق أو مواد دقيقة علقت بالغشاء مع عمل غسيل كيميائي لها.

وهذا هو الأساس: تغيير ال Brine seal ليكون في مكان الفيد ويصبح دخول الماء من مكان الbrine وذلك لكل أغشية الوعاء.

وهذه التجربة كانت بتوصية مباشرة من ممثل هيدروانتكس وتمت معي بنجاح وطبعاً أنا أقر الكلام بخصوص ضرورة معالجة المعالجة الأولية ... ولكن هذه التجربة كانت حلاً مؤقتاً وليس حلاً مستديماً وإلا فالتكلفة والمجهود كلاهما سيكون من نصيب التشغيل والأفضل هو علاج أسباب التعفن أوال fouling المسبب لارتفاع فرق الضغط ...

وهذا ليس تشغيل مستديم ... هذا حل مؤقت ولكنه ناجح وناجع عن تجربة ... ولا مجال أن يشكك أحد في تلك الطريقة إن تم اجراؤها بطريقة سليمة ... ولكن لابد من علاج اسباب ارتفاع فرق الضغط في المعالجة الأولية.

تعقيب المهندس محمد محمود:

فى كلام مختصر فى العلاج ... الأفضل من استبدال الأغشية القائدة بأغشية الذيل هو عمل مراجعة للمعالجة الإبتدائية ومعالجة الفاولينج والغسيل الكيماوى للغشاء Individual chemical cleaning.

وذلك لأن الأغشية القائدة وأغشية الذيل كل منها له operating flux خاص بها (حتى ولوكان نفس النوع) ولذلك نأخذ متوسط الفلاكس فى الفيزل ككل والذى يحتوى على عدة أغشية).

تعقيب المهندس أيمن موسيلينى:

إذا كان الترسيب علي سطح الأغشية ناتج عن حقن جرعة زائدة من الشبة في مياه التغذية ... يُفضل أن يتم عمل الغسيل الكيمائي عكس الاتجاه حتي تكون أكثر كفاءة ... حيث يتم عمل غسيل قلوي وبعد ذلك غسيل حامضي وتكرار ذلك حتي نستطيع تحديد أي نوع من الغسيل يستطيع إزالة أكبر قدر من الترسيب ...

وعن الغسيل الكيماوى يتحدث المهندس أيمن موسيلينى:

يُفضل عند بدء الغسيل يكون مسار خروج البيرميت مغلق لبضع دقائق ويكون السريان في اتجاه الريجيكت وذلك لعمل كسح والتخلص من أكبر كمية من الفاولينج في البداية ... ولتجنب دخول الفاولينج من سطح الممبرين إلي داخل مسامات الأغشية ... وبعد ذلك يتم فتح مسار البيرميت علي تنك الغسيل....

ويجب التأكد من مياه تحضيرال (CIP) أن تكون مياه منزوعة الأملاح ... أو مياه بيرميت ولكن بشرط أن يكون قد تم التخلص من الCO_2 لا سيما إن كان يتم حقن أسيد في مياه التغذية ... وفي حالة عدم التخلص من الCO_2 ومع ارتفاع قيمة الpH إلي 11.0 سيتحول ال CO_2 إلي كربونات داخل تنك الغسيل ومن ثم علي الأغشية.

يوجد وجهتي نظر لبدء عملية الغسيل الكيمائي ... وجه نظر الشركات المُصنعة للأغشية تقول: يتم البدء في الغسيل عند ارتفاع الضغوط أوأملاح البيرميت أو الدلتا بي بنسبة 10% وهذا حفاظاً علي الأغشية ... ووجه نظر أخري للشركات المُصنعة للكيماويات تنصح ببدء الغسيل عند انخفاض الإنتاجية أوالدلتا بي أوارتفاع الضغط بنسبه 15% وهذا لإظهار مفعول الكيماويات... ولكن الأفضل أن يتم الغسل حسب توصية الشركة المُصنعة للممبرين ... وذلك لإمكانية استرجاع الممبرين لحالته إلى ما قبل ارتفاع الضغوط ... لأنه كلما ارتفعت الضغوط وانخفضت الانتاجية لحدود معينة قد يصعب فيها عمليه الغسيل.

وعن عملية الفلاشينج يتحدث المهندس محمد محمود:

أهم أسباب الفلاشينج هو إزالة أى بقايا أملاح على أسطح الأغشية بعد عملية الغسيل الكيميائي وليس لعمل تعادل لسطح الغشاء ... فإضاعة مياه للوصول إلى pH 7 لا نحتاج إليها حيث أن أغشية الTFC تعمل فى مدى pH بين 2 – 11 ... ولذا عملية الفلاشينج هى فقط للوصول إلى الملوحة المنشودة للبيرميت.

ويُمكن استخدام مياه البلدية City water فى عملية الفلاشينج بشرط أن لا تحتوى على كلورين ... وأم العكارة فلا نُعير لها اهتمام فى هذه المرحلة لأنها تكون مرتفعة فى عملية الغسيل (كما أن الCity water عادةً ما تكون عكارتها أقل من 1NTU).

وأما الفلاشينج بإضافة حمض أو قاعدة إضافي فلا يُنصح به.

هل يُمكن اصلاح الأغشية التالفة Restoration؟؟

الجواب: فى الأصل عندما يحدث تلف للأغشية أو تهتك أو شروخ بسبب الكلور مثلاً فلا يُمكن إعادة ترميمها ويجب

استبدالها ... وهناك بعض الشركات أنتجت مؤخراً كيماويات تعمل على إعادة ترميم الأغشية التالفة ونرجو من لديه دراية بهذا الأمر إفادتنا وخاصة الذين يتعاملون مع شركة نالكو أو شركة دوو.

وعن تكون الرغوة أثناء الغسيل القاعدى يتحدث المهندس نادر محمد النجار:

تكون الرغوة خلال الغسيل القاعدي بالصوديوم هيدروكسيد ... يُنصح بغمر خطوط الغسيل الراجعة إلى خزان الغسيل داخل المحلول لتقليل الرغوة.

والسؤال هل ينصح باضافة antifoam وهل له تأثير على الأغشية؟

رد المهندس أيمن عونى:

الأنتيفوم (مضاد الرغاوى) لا يؤثر علي الأغشية.

وعن الضغوط أثناء الغسيل يتحدث المهندسون والخبراء:

المهندس أيمن موسيليني:

هناك ملحوظة... عند بدء عملية الغسيل في الغالب يتم التحكم في ضغط الطلمبة من بلف الطرد ومؤشرالضغط يكون قبل البلف اليدوي ... حيث يتم ضبط الضغط علي 4.0 بار ... وإرتفاع تنك الغسيل مثلاً 4.0 متر... وطبيعي أثناء الغسيل يكون الراجع علي التنك من مسارالريجيكت والبيرميت مفتوح 100%... والسؤال... في مثل هذه الحالة التي ذكرت سيكون الضغط داخل الأغشيه هو 0.4 بار وليس 4.0 بار لأن التحكم من طرد الطلمبة ... إذن الضغط سيكون 0.4 بارقبل البلف ... بعد البلف سيكون الضغط 0.4 بار... وهناك البعض يقوم بفتح بلف الطرد للطلمبة بنسبة 100% ويتم التحكم من بلف يدوي يكون علي الراجع إلي التنك ... ومن ثم يكون الضغط داخل الممبرين 4.0 بار... أي من الطريقتين أصح؟؟؟

رد المهندس Ahmad Almotlak:

المهم ان لا تتجاوز الMaximum pressure ... والضغط غير مُهم المهم في الغسيل هو التدفق.

ورد المهندس محمد محمود:

ألاحظ حتى الآن حتى فى دول الخليج أن العاملين مازالوا يركزون على الضغط الخارج من مضخة الغسيل Cleaning pump بغض النظر عن ضغط الدخول إلى الأغشية وهذا خطأ تماماً ...

أثناء تصميم تنك الCIP ومضخة الCIP يجب الوضع فى الإعتبار حدوث Pressure drop خلال فلاتر الكارتريدج والخطوط (البايبات) والأغشية.

لاحظت فى وحدة RO تعمل بسعة 25000 متر مكعب فى اليوم أن فريق العمل يعتمد على الضغط الخارج من مضخة الCIP والذي يحقق ضغط نهائي Net pressure على الأغشية 1.8 بار.

اختيار المضخة بالنصائح الموصى للسريان والضغط هو نجاح الغسيل الكيميائي!

أثناء البداية والغسيل يجب أن تحفظ إعادة التدوير والنقع تحت سريان وضغط منخفض وأنصح ب 1.5 – 2 بار مع 50% من سريان الغسيل الطبيعي لتجنب إعادة الترسيب للفاولينج والتي تضر بأسطح الأغشية وتؤثر على أداء الغسيل.

الضغط والسريان والحرارة هى أساسيات نجاح الغسيل الكيماوي!

وللإختصار نقول لنجاح الغسيل الكيماوي يجب مراعاة:

1- **السريان والضغط الصحيحان على الأغشية.**
2- **الوصول بأداء الغسيل الكيماوي إلى القمة من خلال اختيار الكيماويات وتركيزاتها.**
3- **درجة حرارة محلول الغسيل.**
4- **الخطوات الصحيحة للغسيل والتى تعتمد على المكان وتحليل العينة والمظهر الفيزيائى للأغشية.**

استفسار أحد الزملاء:

هل ممكن استخدام البوتاسا الكاوية (KOH) أوهيدروكسيد البوتاسيوم بدلاً من الصودا الكاوية (هيدروكسيد الصوديوم) في الغسيل القاعدي؟؟؟

رد المهندس طنطاوى عاشور:

تم استخدامها في ممبرين نانوفلتر (Nano-filter membrane) وكانت النتائج جيدة.

المهندس أيمن عونى يعرض بروتوكوله فى عملية الغسيل الكيماوى:

اقترح على حضرتك طريقة الغسيل الآتية :-

1 - **التأكد من سلامة الوصلات.**
2 - **حساب كمية المياه المطلوبة لعملية الغسيل حسب حجم الفيزيلات وحجم الممبرين.**
3 - **اختيار مضخة الغسيل التي تناسب حجم المحطة.**
4 - **إضافة لمياه الغسيل منظف بودرة مناسب بنسبة 0.2 % من حجم مياه الغسيل ويتم تدوير المياه لمدة نصف ساعة عند ملاحظة الرغوة يضاف مانع الرغوة المناسب ونكمل النصف ساعة تدوير بالكامل.**
5 - **يُضاف إلي نفس المحلول السابق خليط من الإيديتا ثنائية أورباعية الصوديوم مع هيدروكسيد الصوديوم وتضاف النسبة المناسبة بحيث لاتزيد ال pH عن ١١ في محلول الغسيل ويتم تدوير المحلول لمدة ساعة ... ونغلق التدوير لمدة ربع ساعة ونعاود تشغيل التدوير لمدة ساعة ونتوقف لمدة ربع ساعة ونكرر هذه العملية بين التدوير والتوقف لمدة خمس مرات.**

6 - يتم الشطف بمياه حتي تصبح ال pH في حدود ٧.

7 - يتم إضافة مياه جديدة لحوض الغسيل ويضاف إليه حامض السيتريك حتي pH لاتقل عن ٢ ولاتزيد عن ٤ ويتم التدوير لمدة نصف ساعة فقط وممنوع استخدام حامض معدنى ثم يتم شطف الممبرين حتي تصبح ال pH ٧ ثم يتم تشغيل المحطة لمدة لاتقل عن ساعة مع فتح محبس الضغط علي الآخر ليتم شطف الممبرين جيداً مع تشغيل طلمبة مانع الترسيب مع مضاعفة النسبة المستخدمة في التشغيل الطبيعي لمرة واحدة فقط وبعد مرور الساعة يتم ضبط المحبس علي نسبة الريچيكت المصمم عليها المحطة وبالله التوفيق.

وعند سؤاله عن أهمية "البودرة" أجاب:

مثل ال Dodecyl benzine sulfonate powder ... فلو فيه زيوت بسيطة علي فيلم الممبرين يتم إزالتها كذلك لتهيئة الممبرين لعملية الغسيل لأن الصودا لو دخلت علي الزيوت ستكون حبيبات صابون جامدة لاتُزال بسهولة وهذا نلاحظه عند تشغيل الممبرين يكون فيه رغوة مع مياه الصرف بعد اتمام عملية الغسيل.

رد المحاضر:

لا ننصح إطلاقاً باستخدام مساحيق الغسيل المنزلية فى غسيل الأغشية لأنها تحتوى إما على كلور مركز أو هيبوكلورايت الصوديوم.

استفسار أحد الزملاء:

مُصنعي الأغشية يحددون بعض المركبات الخاصة بهم أو مواد تحمل أسماءً تجارية مثل Genesol 703 ... ما رأيكم باستخدام تلك المادة أوغيرها فى معالجة الفاولينج لأغشية تعمل فى مياه البحر؟؟

رد المحاضر:

صاحب الأغشية أدرى بصنعته ولو حضرتك قرأت عن هذا المنتج بالتحديد فهوعام للفاولينج العضوى بجانب فعاليته فى إزالة الألمومنيوم سليكات ويعمل فى pH 12 وهو مناسب للبولى أميد ... ونصيحة قبل الإستخدام يجب الرجوع للشركة المنفذة للممبرين.

أمثلة على الغسيل الكيماوى (من محاضرات المهندس محمد موسى):

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.

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.

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.

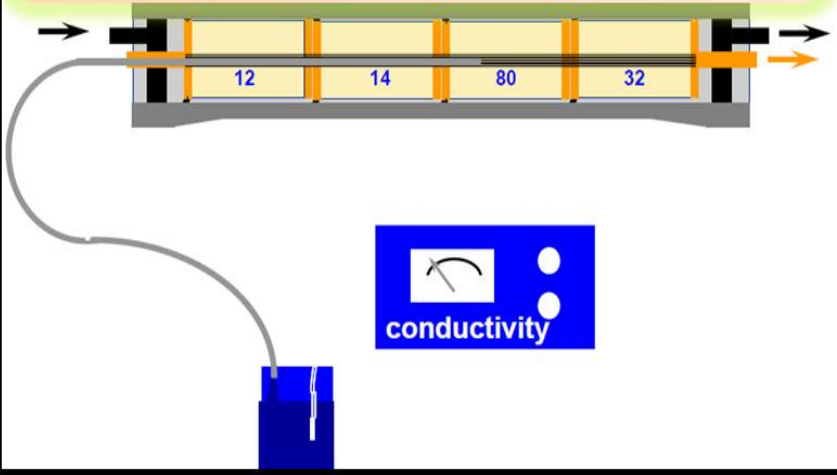
١٤- إجراء غسيل بمياه محلاة لمدة ١٠ دقائق أو حتى الحصول على الكفاءة المطلوبة.

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

اختبار البروبينج!



20

النقاش العشرون

النقاش العشرون :-

20- اختبارالبروبينج Probing Test

اختبار ظريف يتم اللجوء إليه فى حالة ارتفاع ملحوظ فى تركيز الTDS فى المياه المنتجة (البيرميت) فى وحدات التناضح العكسي ... وهو اختبار يهدف إلى تحديد نقطة المشكلة ... فى أى فيزل ... وفى أى غشاء ... وننبه هنا إلى أن الارتفاع الذى نخاف منه هو أثناء التشغيل ... أما فى حالة توقف الوحدة ثم تشغيلها فنجد أن ال TDS فى البداية يكون عالى نسبياً وهذا طبيعى (مثلا لو كان 300 جزء فى المليون يرتفع إلى 340 – 350 جزء فى المليون مع بداية التشغيل ثم تنخفض تدريجيا فى غضون ساعة أو أقل) ... فإذا لم تنخفض فيجب أن نعطى اهتماماً بالأمر ... تابعوا التعليقات ...

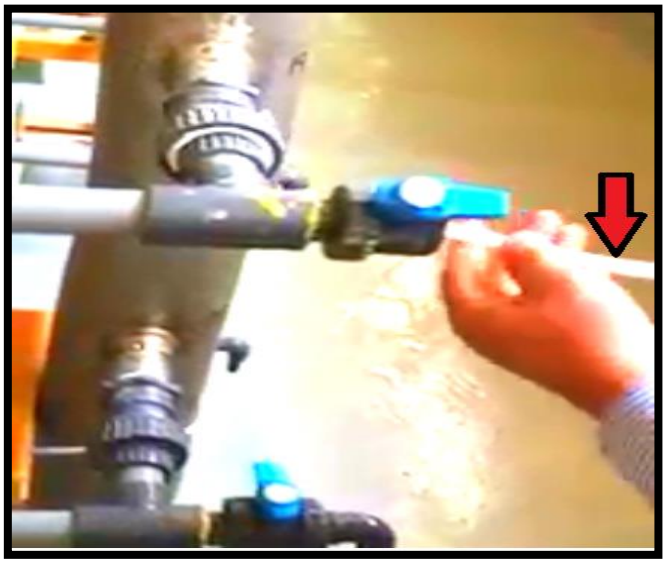
كلمة probing بالإنجليزية تعنى اختبار بدقة ...

تعتمد الفكرة على أننا نريد قياس الTDS فى كل منطقة من هذه المناطق وتحديد أين تزيد الأملاح ... وبالطبع قياس الأملاح فى المياه الناتجة الكلية لا نستطيع به تحديد مكان الخلل ...

الأصل هو أن نحدد الفيزل الذى به العيب من خلال تحليل الTDS فى المياه المنتجة الخارجة منه مباشرةً وعزله عن الفيزلات الأخرى حتى لا يحدث خلط ... انظر الصورة ونجد فيها مخرج المياه المنتجة (البيرميت) من الفيزل والتى تصب مع مخارج الفيزلات الأخرى فى البايب الرأسي الطويل ... ما يُشار إليه فى الصورة بالرقم "واحد" هو مخرج الفيزل محل الدراسة... يتم فتح هذا المخرج من خلال فتح "الطبة" فتتدفق المياه من خلاله إلى الخارج ... حيث أن اختبار البروبينج يتم أثناء تشغيل الوحدة ... إذا وجدنا أن الTDS ارتفع هنا فالمشكلة تم تحديدها فى هذا الفيزل ...

كما أنه من روتينيات العمل المُفضلة هو تسجيل قياسات الأملاح الخارجة من كل فيزل فى كل وردية وتدوينها فى ال Log Sheet الخاص بالقراءات.

ملحوظة: المياه الخارجة من هذه النقطة هى المياه التى تخرج من الفيزل ولا يحدث رجوع من مياه الخط الرئيسى للبيرميت لأن ضغط المياه عند الأول هو الأقوى بالطبع ... ولذلك يكون قياس الأملاح معبر عن خروج المياه من الفيزل فلا يظن أحد حدوث خلط من مياه البيرميت من الفيزلات الأخرى.



عرفنا الآن أى فيزل به الخلل ... سنحاول معرفة هل المشكلة فى أحد الأغشية أم فى الوصلات التى تربط بينها.

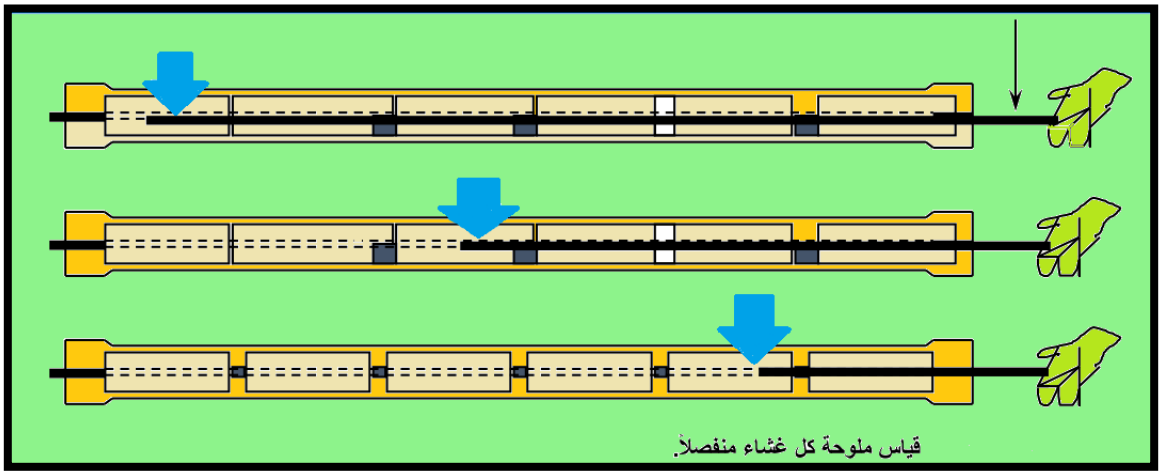
سنبدأ فى قياس الأملاح داخل هذا الفيزل مع نهاية كل غشاء بفرض وجود عدد من الأغشية داخله كما هو معلوم ... سنستخدم خرطوم أطول من الفيزل مصنوع من البلاستيك أوالبولى إيثيلين المرن ... ندخله داخل الفيزل حيث نوقف المحطة مبدأياً ... هذا الخرطوم يتم عمل علامات عليه يدل على رقم الغشاء وذلك بمعرفتنا لطول الغشاء ... ندخل الخرطوم كما بالصورة التالية ... انظر إلى السهم الأحمر:

ادخال الخرطوم هنا معناه ادخاله فى وصلة البيرميت فى المنطقة المركزية للغشاء (Central core) وبما أنه سيمر داخل عدة أغشية فبالتأكيد أنه سيمر على الوصلة التى تفصل الأغشية عن بعضها وهى الInetrconnector التى تحدثنا عنها من قبل ... وللمساعدة فى عملية دخول الخرطوم سنضطر أحياناً إلى ثنيه وبرمه وتحريكه يميناً ويساراً عدة مرات ... أول علامة فى الخرطوم هى التى تصل إلى نهاية الفيزل ... والعلامة التى تليها معناها الغشاء القبل الأخير ... بفرض وجود 4 أغشية فسيكون هناك 4 علامات ... وآخر علامة فى الخرطوم تدخل الفيزل هى التى تدل على أول غشاء ... وبالطبع يجب الدراية بطول الأغشية ليكون الحساب دقيقاً. انظر إلى أحد العلامات على الخرطوم ويتم كتابة رقم الغشاء عليها:

يتم تركيب وصلة مطاطية فى الخرطوم كما بالشكل التالى حتى تمر مياه البيرميت فى الخرطوم بدون أن تخرج خارج الخرطوم على العامل أو جهاز الTDS... نشغل المحطة مدة 10 – 15 دقيقة ...

نبدأ فى سحب الخرطوم وعند أول علامة والتى تدل على المياه الخارجة من الغشاء الأخير أو غشاء الذيل Tail element ... نقيس الTDS عند كل علامة ويستحسن ثلاث قراءات لكل غشاء (اثنان فى طرفى الغشاء وواحد فى المنتصف) ... ولتيسير ذلك يتم تزويد عدد العلامات على الخرطوم فلو كان طول الغشاء 40 بوصة (متر تقريباً) فيتم عمل علامة كل 20 بوصة وهكذا... والمياه التى ترتفع فيها نسبة الTDS فى المنتصف معناها أن هذا الغشاء هو سبب

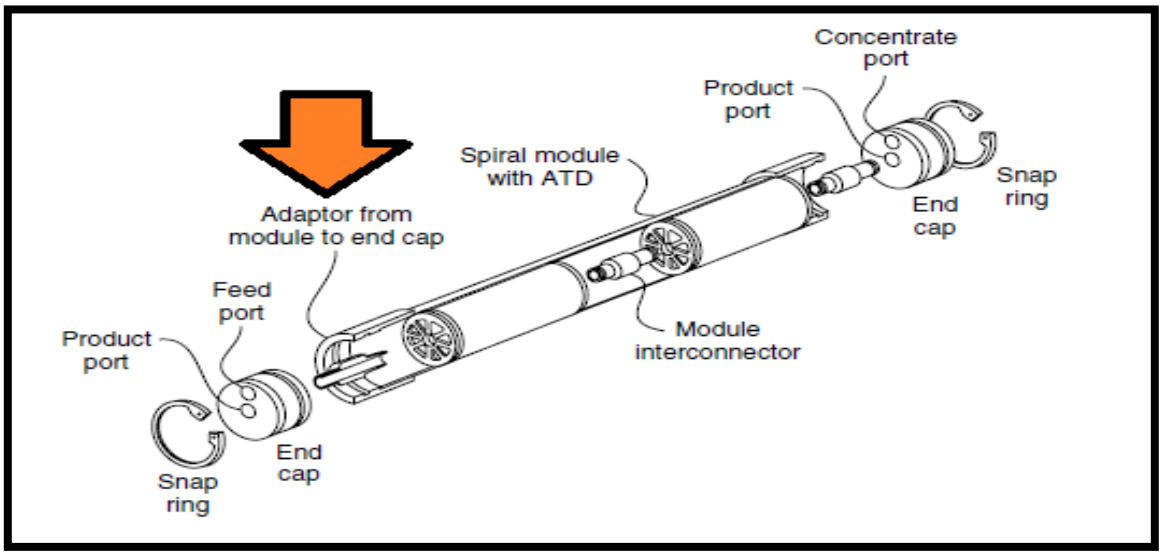
المشكلة ... فيتم تغييره ... والأفضل أن يتم القياس لكل غشاء لاحتمالية وجود مشكلة فى أكثر من غشاء وهذا مجرب ... فإذا كان الإرتفاع عند الطرف فيكون غالباً المشكلة فى الوصلة بين الأغشية.



ملاحظات على الProbing test:

1- بفرض أن وصلة البيرميت ثلاث أرباع البوصة ... نأتى بخرطوم نصف بوصة ليسهل ادخاله.

2- لو كان اندفاع المياه زائد عن الحد فهناك احتمالية فى حدوث كسر فى الإنتركونيكتور Inter-connector ... وإن كان الاندفاع طبيعى فهناك احتمال فى وجود كسر فى الأدبتورend adaptor ... انظر الصورة:



3- يُمكن عمل قياسات عديدة فى عدة نقط لتحديد ارتفاع نسب الأملاح من منتصف الغشاء أو من الوصلات الخاصة بالغشاء لمعرفة الغشاء التالف أو الوصلة التالقة.

4- الغشاء الذى يقل كفائته عن 95% أو كما هو مكتوب فى المانيوال يتم تغييره (والكفاءة يُعبرعنها كما قلنا بالانتاجية أو ال Salt passage) ... فإذا لم يؤثر على إنتاجية المحطة وجودتها ككل ... فالبعض يُفضل أن لا يتم تغييره ترشيداً للنفقات.

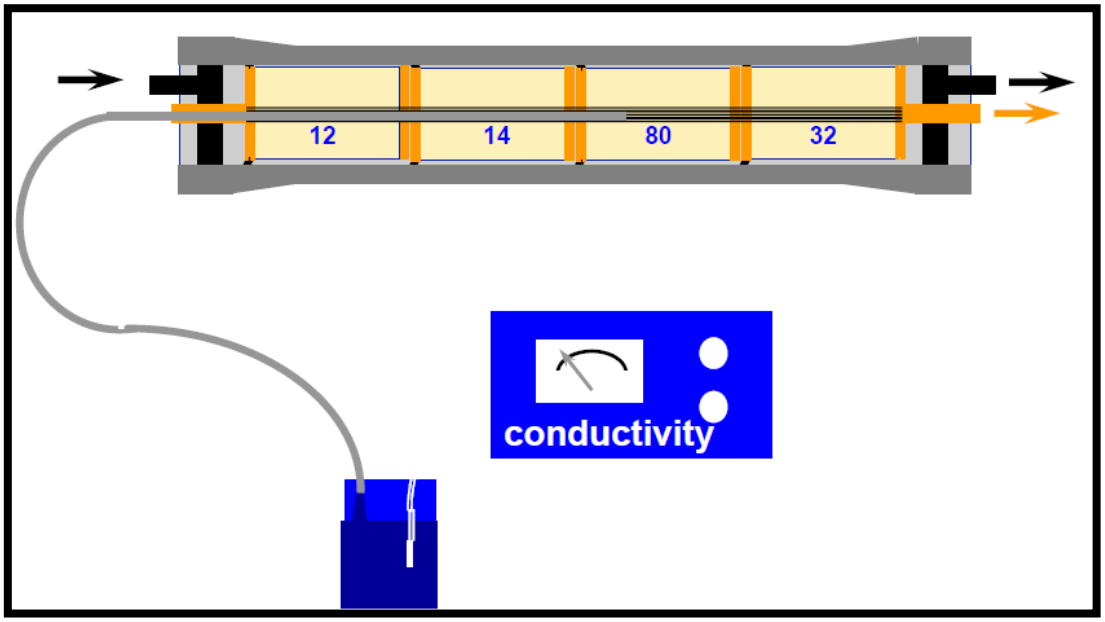
5- لو حدث زيادة فى الTDS فى كل الفيزلات ... معنى ذلك أن المشكلة عامة ... فيتم النظر إلى أملاح مياه التغذية ... أو ضغط الطلمبة انخفض ... ولا داعى لاختبار البروبينج.

6- يُمكن عمل اختبار لتحديد انتاجية كل غشاء أو ما يسمونه element recovery ... هذا الاختبار هو اختبار السريان أو ال flow test ... وفيه يتم قياس انتاج الفيزل كله ثم قياس انتاجية كل غشاء عن طريق عمل وصلة مصمتة خاصة توضع بين الأغشية ... تقيس انتاجية الغشاء الأول بعد سد الطريق للغشاء الثانى ... ثم تقيس الأول والثانى وتطرح القيمة الكلية لتحصل على انتاجية الغشاء الثانى وهكذا.

ويُمكننا أيضاً – والشيء بالشيء يُذكر – عمل ال Flow test للفيزل ككل بافتراض أن الإنتاجية تتغير فى أحد الفيزلات والباقي سليم بغض النظر عن الأملاح هذه المرة ... وما يتم هو أننا نختبر الفيزلات واحداً واحداً باستخدام المحبس الموجود لكل فيزل ... فلو كان الإنتاج لخمس فيزلات مثلاً 500 متر مكعب/ يوم يعني 21 متر مكعب فى الساعة تقريباً يعني حوالى 1.75 متر مكعب كل خمس دقائق من مجموع الفيزلات ... إذا الفيزل الواحد يجب أن يُنتج 0.35 متر مكعب كل خمس دقائق فإذا أعطي قيمة مقاربة ننتقل إلى الفيزل التالي وهكذا.

7- أحياناً لا تسمح الظروف بتوقف المحطة عندما نريد تغيير الغشاء فى أحد الفيزلات لسبب أو لآخر ... فيتم عزل هذا الفيزل عن المنظومة حتى لا يؤثر على جودة المياه ... وبهذا نستخدم بقية الفيزلات مع الوضع فى الاعتبار إعادة الحسابات مرة أخرى لأن الضغط يزيد مع الغاء الفيزل حيث يحدث توزيع لضغط الطلمبة الذى كان على الفيزل المعزولة على الفيزلات الأخرى ... فيتم خفض ضغط الطلمبة حتى تصل للضغط الأصلى للتشغيل ... أو يتم استخدام صمام تخنيق throttling valve أمام الطلمبة لتقليل ضغطها ... وكما ذكرنا من قبل أن الزيادة فى الضغط ثم الرجوع إلى القيمة الأقل يسبب مشاكل للأغشية.

انظر الصورة التالية واستنتج أى غشاء به مشكلة:



نلاحظ أنه من خلال اختبار البروبينج أن المشكلة ظهرت فى الغشاء الثالث حيث زادت الTDS عن التسلسل المنطقى المعتاد والذى يرسم منحنى تصاعدى ... نبحث إذاً هل المشكلة فى الغشاء أم فى الوصلات الخاصة به.
لو كان فى الغشاء فيجب تغييره و"تطعيم" الفيزل بغشاء جديد.

وأخيراً لكم هذا الفيديو الممتاز والشرح باللغة العربية:

http://bit.ly/2Efiolu

المناقشات المقترحة:

ما هى الأسباب العملية التى تسبب كسر فى الإنرتكونيكتور أو الadaptor؟

المهندس محمود عمر خير الدين:

يتضح من خلال المتابعة الجيدة للمحطة بقياس الأملاح كل وردية وتسجيلها فى دفتر القراءات أنه لو كان هناك تلف لغشاء ما فى فيزيل معين فالأملاح تكون فى ازدياد تدريجي يظهر مع المتابعة أما لو كسر فى أحد الوصلات فيكون أملاح الفيزيل عالية جداً وتقترب من أملاح الفيد اما لو ارتفاع مفاجئ وبسيط مثلاً من 300 : 1000 فيحتمل تآكل بسيط فى الأورنجات.

المهندس عماد حمدى:

بعض المشاكل العملية التي تسبب في إرتفاع الأملاح ويتم عمل بروبينج تست لها:

1- **وجود حيز صغير بين الأغشية نتيجة تأكل علي مر الوقت في الإسبيسرSpacer.**
2- **كثرة التوقف المفاجئ.**
3- **التشغيل بدون أخذ الهواء بعيداً عن الوحدة.**
4- **تلف أورينج الأدبتور. هذه بعض المشاكل التي واجهتنا والله أعلم.**

المهندس أيمن موسيليني:

هو في الغالب لا يحدث كسر ... ولكن يحدث إنزلاق للوصلة من مكانها وللجوان من مكانه ... وهذا يكون بسبب ارتفاع الدلتابي علي المراحل ... أو حدوث ضغط مفاجئ أثناء التشغيل ...

المهندس هشام ماهر:

أحب أضيف فقط أن خرطوم البروبينج المستخدم من المُمكن أن يختلف من وحدة لأخري علي حسب: عدد الأغشية الموجوده في كل فيزل و طول الوصلة PVC لخروج المنتج مما يؤثر علي **القراءات بمعني موقع كل قراءة ... نضيف علي ذلك أن القراءات تتأثرعلي حسب من أي ناحية نبدأ البروبينج (ادخال الخرطوم من ناحية الفيد يختلف القراءة عما إذا بدأنا بادخال الخرطوم من ناحية الريجيكت) ... ويجب توضيح ذلك في الشيت المدون به نتائج البروبينج حتي يسهل تحليلها والوصول لنتائج أدق.**

في بعض الحالات الطارئة والتي تستلزم إيقاف المحطة بأعلي سرعة عند ارتفاع أملاح المنتج وبعد تحديد أي الفيزلات كان المسبب لهذا الارتفاع ... نلجأ إلى فتح الفيزل من الناحيتين (من ناحية هيدر المنتج وفك الطبة من الناحية الأخري) ثم نقيس أملاح كل جهة ثم تقوم بايقاف الوحدة ... وبناءً علي قياس كل جهة نستنتج بسرعة مطلوبة مكان المشكلة (إلي أي منتصف من الفيزل) طريقة بدائية لكنها مجربة كثيراً وخصوصاً في حالة الوصلات وليس تلف الاغشية.

وعمليا أهم أسباب كسر وصلات الأغشية سواء الinterconnecters and adapters:

1- الخامة المصنع منها الوصلة و مدي تحملها و خلوها من فقاعات الهواء.

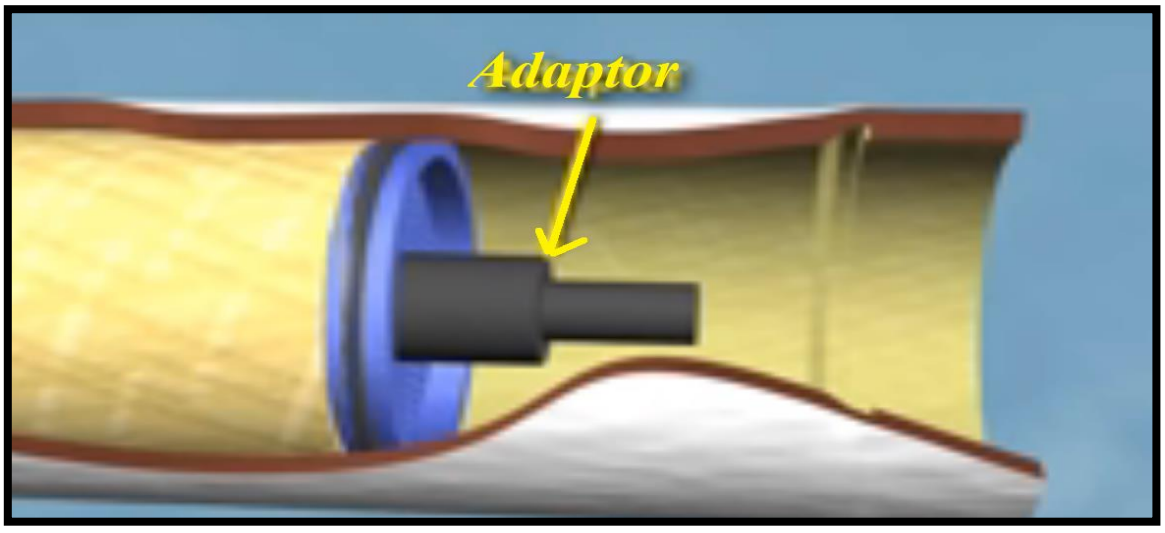
2- Membranes Shimming وهو السبب الرئيسي لحدوث الكسر و التسريب (وذلك عند شحن الأغشية لأول مرة أو في حالة تغييرأي منها لأي سبب كان وهو ضبط باقي المسافة الطولية المتبقية من مجموع أطوال الأغشية ووصلاتها في الفيزل وتعويض ذلك باستخدام Shimming spacers ... وفي حالة وجود خلل في هذه الخطوة يتسبب تشغيل أوايقاف الوحدة في عمل إزاحة للأغشية داخل الفيزل مما يتسبب في استهلاك جوانات الوصلات أو كسر الوصلات نفسها.

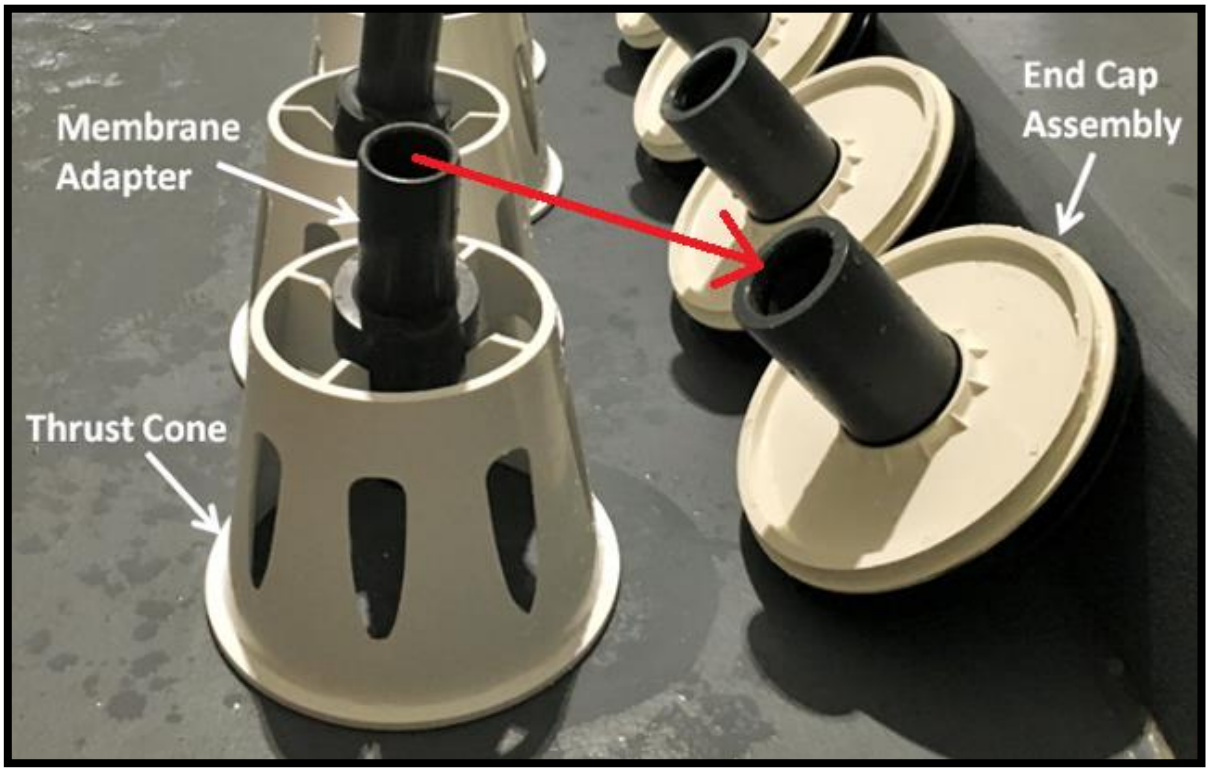
تعليق المُحاضر على هذه الجزئية:

الفيزلات (أوعية الضغط) يتم بناؤها بحيث نعطي لها قدرة تحمل tolerance كي تستوعب المسافة الناشئة من الإختلاف البسيط بين أطوال الأغشية ... ولذلك تنشأ مشكلة عند بداية تشغيل أو إيقاف الوحدة Start up أو shutdown ... فنتيجة لوجود مسافة الtolerance تتعرض الأغشية للانزلاق للأمام وللخلف مما يسبب تلف للوصلات الداخلية Interanl seal.

كما أن الفيزلات عندما تتعرض للضغط يحدث لها نوع من الإستطالة Elongation مما يسبب تحرك الأغشية بعيداً عن الأدابترAdapter الذى يصل ما بين أنبوبة البيريمت المركزية للغشاء بالEndcap لطرفى الفيزل ... وبالتالي يحدث فتح طريق لمياه الفيد كى تدخل على أنبوبة البيريمت ... فتزيد الأملاح فى المياه المنتجة فجأة وبكمية كبيرة ملحوظة.

انظر إلى مكان الأدابتور وكيف يتصل بالEnd cap للفيزل:





وكى يتم تفادى ما سبق يتم شراء ما يُسمى بالShimming spacers وهى عبارة عن حلقات بلاستيكية تسمى Shims وسُمكها حوالي 5 ميلليمتر تقريباً يتم تركيبها فى الأدابتورAdaptor مع هيد الفيزل Pressure vessels head ... حلقة أو إثنين حسب الإحتياج ... ويتم تركيبها عادةً من ناحية الفيد ... وظيفتها جعل الغشاء أو الأغشية ثابتة فى مكانها بدون انزلاق.

وهذا فيديو مفيد عن تغيير الممبرين:

http://bit.ly/2Eikkd2

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

الأغشية ... مشاكل وحلول!

21

النقاش الحادى والعشرون

النقاش الحادي و العشرون :-

21- الأغشية ... مشاكل وحلول

لا يمكن قراءة هذا البوست بالتحديد كما نقرأ جريدة أو مجلة تتحدث عن مباراة من مباريات الدوري أو أخبار أحد النجوم المشهورين ... هذا النقاش في نظرنا من أهم المواضيع التى تُعرض فى هذا الكورس ... والمطلوب منا أن نعمل الآن بتركيز ذهني للقضاء على مشاكل الأغشية تماماً لأنها تسببت فى كثير من التعب والإرهاق للعاملين وللمنتدى!!

والمطلوب من الزملاء الخبراء سرد المشاكل التى تعرضوا لها فى وحدات التناضح العكسي وكيف استطاعوا التغلب عليها ... نريد إثراء البوست بما يليق بهذا المنتدى ... والمسيرة بدأت بالمهندسين الأفاضل منتصر عليوة والمهندس أيمن موسيليني والمهندس رياض عبد الفتاح ...

مبدأياً نقول ... نحن الآن نعمل فى محطة التناضح العكسي وأمامنا أوعية الضغط والتى تحمل الأغشية ... قبل الأوعية نجد طلمبة الضغط العالى التى تضخ المياه القادمة من وحدة المعالجة الأولية إلى الأغشية ... هناك سريان للمياه flow إلى أوعية الضغط وهناك ضغط على بداية هذه الأوعية ... وهناك تدفق للمياه خارجة من الأوعية سواء أكانت مياه بيرميت permeate والتى تحتوى على مياه نظيفة مُحلاة أو مياه ريجيكت reject ذات التركيز العالى من الأملاح ... وكل خط من هذه الخطوط يخرج بضغط ... ومياه التغذية ومياه البيرميت ومياه الريجيكت تحمل تركيزات مختلفة من الأملاح الذائبة.

حضرتك كمشغل عندك دفتر تسجيل أو log book ... وستسجل فيه عدة قياسات يومياً (أوفى كل وردية shift) ... هذه هى القياسات الأساسية:

1- **ضغط المياه قبل الأغشية والضغط الخارج منها وفرق الضغط بينهما (أو ما نسميه ال deferential pressure أو دلتا P).**
2- **تركيز الأملاح الكلية (TDS) قبل الأغشية (وفى مياه التغذية) وبعدها (البيرميت والريجيكت).**
3- **معدل سريان المياه (مياه التغذية ومياه الpermeate).**
4- **قياس الأس الهيدروجينى pH لمياه التغذية وقبل وبعد الأغشية.**
5- **قياس درجة الحرارة لمياه التغذية.**

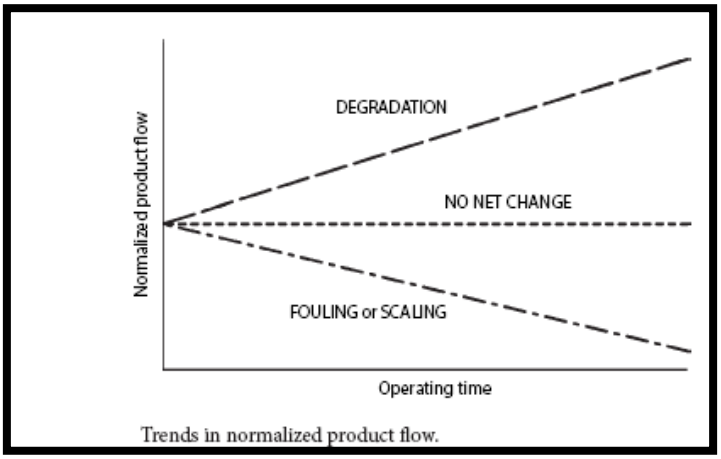
وقبل الدخول فى الموضوع ننبه أن تكون العدادات التى تقيس الضغوط مضبوطة ومعايرة حتى لا ندخل فى حوارات لا منتهى لها ... وقد أرسل زميل من قبل على المنتدى مشكلة تقول أن ضغط الدخول على الأغشية أقل من ضغط الخروج منها وكان التفسير المنطقى له هو أن قراءة العدادات غير سليمة.

ما هو النورماليزيشن Normalization؟

وحدة الRO التى تعمل بها لها ظروف تشغيل معينة مُصممة عليها ... وفى بداية تشغيل الوحدة Start up سواء أكان أول مرة ... أو بعد الغسيل الكيميائى أو بعد تغيير الأغشية بأخرى جديدة يتم تسجيل ظروف التشغيل ... يتضمن ذلك درجة الحرارة ومعدل سريان البيرميت والريجيكت وضغوط التغذية والبيرميت والريجيكت والأملاح فى مياه التغذية والأملاح فى البريميت ... ظروف التشغيل هذه تسمى base line data أو reference data of conditions ... يعنى هذه القراءات ستكون المرجع لدينا حينما تتغير الظروف ... وهذه الظروف الأساسية نستطيع من خلالها التنبؤ بجودة المياه المنتجة وبالطبع نتنبأ بحسن أداء الأغشية ... وهذه الظروف يتم تسجيلها وحفظها فى شيت يُسمى Normalization sheet.

إذا ثبتت هذه الظروف ثبتت معها جودة المياه المنتجة وأداء الأغشية وهذا عملياً لا يحدث ... بل يحدث تغير فى ظروف التشغيل مع الوقت نتيجة لأسباب عدة منها الفاولينج مثلاً.

والتغير فى هذه الظروف معناها تغير فى جودة المياه المنتجة وأداء الأغشية ... معناها قيم وأرقام جديدة لمعدل السريان أو الضغوط أو الأملاح أو درجة الحرارة ... يتم تسجيل هذه الظروف فى كل وردية ... والنورماليزيشن معناها ببساطة عقد مقارنة بين هذه القيم الجديدة والقيم الأساسية ... أو بمعنى آخر هو تحديد مقادير التغير فى الماء والأملاح مع التغير فى الظروف ... ومعرفتنا للتغير فى هذه القيم سواء بالزيادة أو النقصان يُمكن تحديد المشكلة ... يتم ادخال هذه الأرقام فى حسابات وعمل 3 رسومات بيانية لمعدل السريان والضغوط والأملاح ... انظر الرسم التالى على سبيل المثال:



Trends in normalized product flow.

نلاحظ أنه مع مرور الوقت وأخذ القراءات أن سريان البيريمت لو كان ثابتاً مع الزمن معناه أنه لا يوجد مشكلة ... فإذا قل معناها سدد فى الأغشية معناها فاولينج أو قشور الأملاح ... وإذا زاد معناها أن "الطُرُق" فتحت ومُهدت أكثر من خلال الأغشية ... معناها حدوث تلف فيها وهكذا.

والآن ... نعرض لكم طريقة تفكير الخبير الذى يتعرض لمشاكل محطة الRO بناءً على الخبرات العلمية وتوصيات شركات معالجة المياه ...

طريقة تفكيرنا عندما يحدث أية تغييرات فى القراءات السابقة تتجه أنظارنا أولاً هذا الجدول التالي الذى يهتم بما قبل منطقة الأغشية من تطورات طبيعية وتغييرات فى النظام المائي ولا يعنيه المشاكل التى تتعرض لها الأغشية أومشاكل المعالجة الإبتدائية أوالأخطاء البشرية ... بل يعتبرأن هذه المشاكل غير موجودة والأغشية بخير حال ... لذا يجب أن نبدأ بهذا الجدول قبل أن ندخل على الجدول الذي يهتم بمشاكل منطقة الأغشية:

أسباب زيادة البيرميت والإنتاج (Permeate flux)	أسباب نقص البيرميت والإنتاج (Permeate flux)
1- الضغط على الأغشية يزيد ! الأملاح فى البيرميت تقل. 2- درجة الحرارة لمياه التغذية تزيد ! الأملاح فى البيرميت تزيد. (في الصيف مثلاً)	1- الضغط على الأغشية يقل ! الأملاح فى البيرميت تزيد. 2- درجة الحرارة لمياه التغذية تقل ! الأملاح فى البيرميت تقل. (في الشتاء مثلاً)
نتائج زيادة الأملاح فى مياه التغذية	**نتائج نقص الأملاح فى مياه التغذية**
الضغط على الأغشية يقل ! يقل الPermeate flux ! زيادة الأملاح فى البيرميت	الضغط على الأغشية يزيد ! يزيد الPermeate flux ! نقص الأملاح فى البيرميت

إن لم يكن هناك تغيرات فيما سبق ... نلجأ إلى هذا الجدول التالي الذى وضعه خبراء المعالجة بالتناضح العكسي تستطيع الاطلاع عليه فى المراجع العلمية ... وبعد أخذ وتسجيل القراءات السابقة فى الوردية ... إذا لاحظت أى تغيير فيُمكنك الاستعانة بعد الجدول السابق بهذا الجدول حيث يبين الظاهرة ويفسرها ويعطى لها الحل فى إختصار.

نكرر أمراً هاماً جداً وهو أن القيم الأولية عند بداية التشغيل لا نأخذها مرة واحدة والسلام ... بل يتم أخذها 3 مرات يومياً بداية من ال Start up حتى يحدث لها استقرار ... لأنه عملياً تتغير فى البداية فى كثير من الأحيان ثم تستقر فى غضون 48 ساعة ... عند هذا الاستقرار نأخذ القيم التى ستكون reference لنا بعد ذلك ... وبعد ذلك ممكن أن نأخذ القراءات كل أسبوع لادخالها فى عملية ال normalization (وهذا طبعاً غير القراءات اليومية التى نسجلها فى الشيت).

<u>وإليكم الجدول:</u>

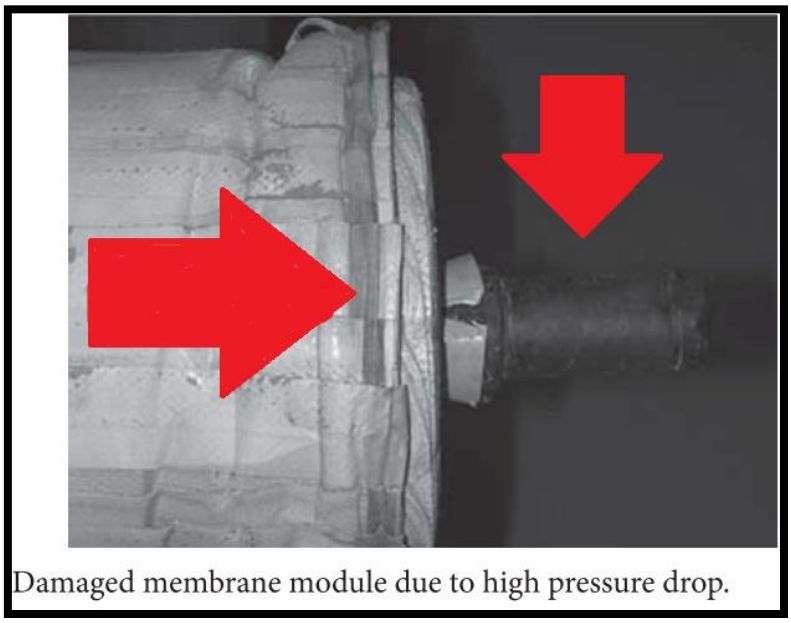
Table 8.1 Symptoms, causes and corrective measures

Permeate flow	Salt passage	Differential pressure	Direct cause	Indirect cause	Corrective measure
↑	⇑	→	Oxidation damage	Free chlorine, ozone, $KMnO_4$	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
↓	→	⇑	Biofouling	Contaminated raw water, insufficient pretreatment	Cleaning, disinfection, improve pretreatment
⇓	→	→	Organic fouling	Oil; cationic polyelectrolytes water hammer	Cleaning, improve pretreatment
⇓	↓	→	Compaction	Water hammer	Replace element or add elements

↑ Increasing ↓ Decreasing → Not changing ⇑ Main symptom

وقبل تفسير الجدول السابق نقول فى الأساس:

لو زاد الفرق فى الضغط (دلتا بى) ΔP معنى ذلك ببساطة شديدة وجود انسداد فى الممبرين لأن ال Flow الداخل إلى الغشاء يجد صعوبة فى اختراقه ... فيرتفع الضغط قبل الغشاء بالمقارنة بالضغط عند خروجه منه وقد يسبب تكسير وتشوه للغشاء والإنتركونيكتوركما نرى فى الصورة التالية:



Damaged membrane module due to high pressure drop.

لو زادت تركيز الأملاح عن الطبيعى فى المياه الناتجة معنى ذلك أن كفاءة الممبرين فى فصل الأملاح قد قلت أو حدث شيء غير طبيعى فى النظام.

والخبراء يقولون أنه لو زاد فرق الضغط أو الأملاح عن 15% عن الطبيعى دل على وجود مشكلة.

التغير فى القيم المعتادة ... يؤكد وجود مشكلة!!!

الحالة الأولى:

لا يوجد اختلاف فى فرق الضغط (لذا فلا يوجد انسداد فى الغشاء) ... وفى نفس الوقت ارتفعت نسبة الأملاح فى المياه الناتجة بصورة واضحة ومعها زيادة فى معدل سريان الpermeate أى أن الطريق أو السكة عبر الغشاء أصبحت أسهل من ذى قبل ... وهذه الحالة أربع احتمالات:

الإحتمال الأول للحالة الأولى:

حدوث أكسدة للأغشية بالكلورين أو الأوزون مثلاً والحل التقليدى هو تغيير الغشاء.

الإحتمال الثانى للحالة الأولى:

وجود تسريب فى الغشاء فى منطقة معينة نتيجة حدوث ضغط عكسي Back pressure من مياه البيرميت وهذا الضغط العكسي ينشأ نتيجة لأسباب عديدة ذكرناها من قبل.

أو حدوث abrasion أو كشط لمادة الغشاء بسبب مثلاً بلورات ملحية مدببة أو دخول ميديا الفلاتر عليها إلى غير ذلك والحل تغيير الغشاء أيضاً وتحسين جودة الفلترة والفلاتر فى المعالجة الإبتدائية وخاصة فلاتر الكارتريدج مع تجنب الضغط العكسي للبيرميت كما ذكرنا من قبل

ونذكركم هنا سريعاً مرة أخرى بالضغط العكسي Back pressure لمياه البيرميت المنتجة (مذكور بالتفصيل فى النقاش السادس عشر) فنقول:

الضغط العكسى للمنتج Product back pressure (P.B.P) نعنى به أن المياه المنتجة أو البيريمت تؤثر على الأغشية بضغط عكسي لعدة أسباب (وفى المعتاد ... ضغط البريميت لا يتعدى 6 psi – 5 فى حين أن الضغط على الأغشية يصل إلى 1200 psi) ... فإذا زاد ضغط البيرميت يؤدى ذلك لآثار خطيرة ...

إذا كانت المحطة تعمل فإن ذلك يؤدى إلى خفض الانتاج ... وقد يؤدى استمرارية ذلك إلى تسهيل ترسب الأملاح على الأغشية ... وهذا النوع من الضغوط ليس له قيم ثابتة.

وإذا كانت المحطة لا تعمل ... أى لا تتعرض لضغط طلمبة الضغط العالى فهذه هى الكارثة بعينها لأن الضغط العكسي لن يجد من يقاومه ويؤدى ذلك إلى تدمير الغشاء بالكامل ... حيث أن طبقة مثل طبقة البولى أميد التى لا تتعدى 0.2 ميكرون يحدث لها انفصال عن طبقة الدعامة ويحدث تدمير لطبقة الغراء التى نلصق بها الممبرين ...وهو ما يسمى بظاهرة الDelamination وقد وضحناها من قبل.

أسباب الضغط العكسي للمياه المنتجة عديدة أهمها:

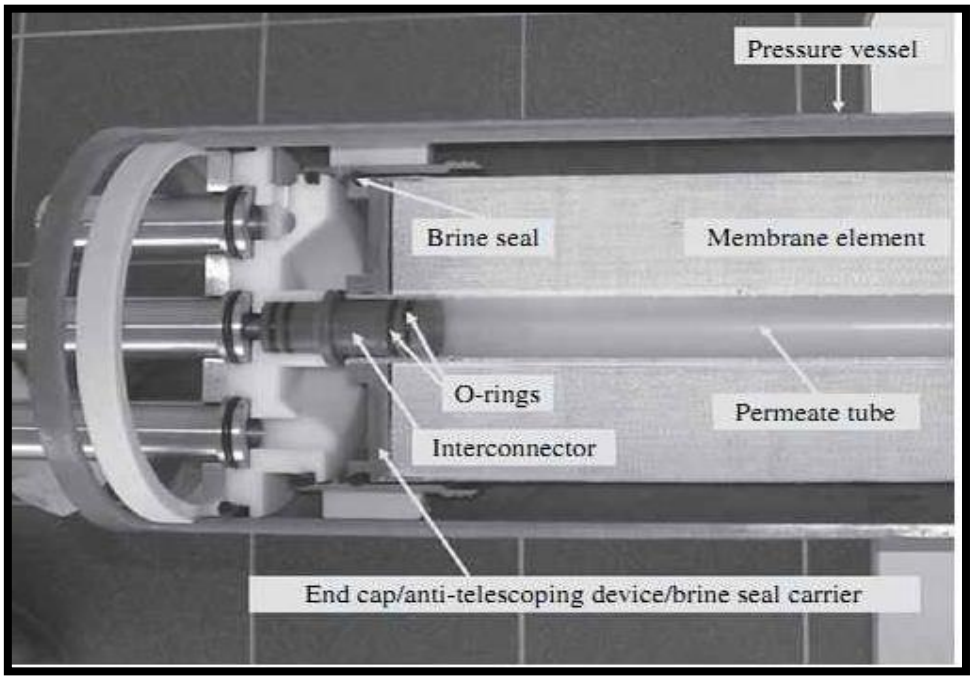
1- **خزان المنتج قد يكون بعيداً عن المحطة (كل 100 متر يسبب ضغط عكسي 1 بار).**
2- **خزان المنتج عالى عن مستوى المحطة.**
3- **مصمم الوحدة لم يراعى قطر الأنابيب pipes المناسبة للمحطة.**

ولذلك تتم التوصية بأن لا يتعدى الضغط العكسى عن 5 psi عن مياه التغذية أو أن تنك المياه المنتجة (أو حتى الذى يستخدم فى الشطف rinse) لا يتعدى ارتفاعه عن 3 متر ... كما تتم التوصية بتركيب بلف لخط المنتج لا يسمح بارتداد المياه المنتجة ... ويُسمى "Non-return valve " ... ويجب عمل صيانة دورية له للتأكد من سلامته.

أيضاً قد تجتمع المصيبتان وهو الضغط العكسي لمياه البيرميت ويكون فيها كلورين تم إضافته فى المعالجة النهائية!

الاحتمال الثالث للحالة الأولى:

كسر فى الإنتركونيكتور أوتسريب من حلقة الأورينج O-ring التى تمنع تسرب المياه المالحة إلى البيريمت ... إما أن تكون مثبتة بطريقة خطأ أو تمزقت نتيجة تغيير المواسير مثلاً أو عمل صيانة لها ... فيجب تغييرها ولمعرفة مكانها فى أى فيزل يتم اللجوء إلى اختبار البروبينج ... وهذا السبب ميكانيكى بحت ... وبالطبع يتم فتح الفيزل من الend cap بعد تحديد مكان المشكلة.



الاحتمال الرابع للحالة الأولى:

تسرب من ماسورة المياه المنتجة product tube بسبب حدوث كسر أو تمزق فيها أثناء تركيب الغشاء داخل الفيزل.

هذه هى الحالة الأولى بالجدول واحتمالاتها.

نلاحظ فى الحالات التالية أننا من خلال القياسات ممكن أن نتنبأ بنوع الفاولينج:

الحالة الثانية:

انخفاض كبير فى سريان البيرميت ونشأة فرق فى الضغط (دلتا بى) وارتفاع غير قوى فى أملاح البيريمت ... طبعاً الفاولينج الغروى وقشور الأملاح تسبب هذه الظواهر حيث تسد فتحات الغشاء فيزيد ضغط المياه قبلها ويقل سريان المياه داخلها فترتفع الأملاح فى المياه المنتجة لقلة كميتها عن المعتاد ... وفى هذه الحالة نلجأ إلى الغسيل الكيماوى كما ننظر بعين الإهتمام إلى المعالجة الإبتدائية لأن الوقاية خير من العلاج.

وقد تظهر الدلتا بى أولاً مع فلاترالكارتريدج قبل أن تظهرعلى الأغشية فيكون هناك احتمال قوى فى بداية فاولينج فيزيائي (ويُعرف من اختبار الSDI) ... ويجب الكشف فى هذه الحالة على فلاتر الكارتريدج وتغييرها إن تتطلب ذلك.

الحالة الثالثة:

البايوفاولينج يُسبب دلتا بى أعلى مما يحدث مع الفاولينج الغروى والقشور ... كما أن الأملاح فى البيرميت تكون ثابتة ... مع انخفاض طفيف فى سريان البيرميت ... والحل يكون بالغسيل الكيميائى المناسب للبايوفاولينج مع تطهير الوحدة والاهتمام بالمعالجة الإبتدائية.

الحالة الرابعة:

نجد فيها الفاولينج العضوى لا يؤثر على الدلتا بى ولا على الأملاح فى البيرميت ولكن يقلل جداً سريان البيرميت ... والحل يكون بالغسيل الكيميائى المناسب للفاولينج العضوى مع تطهير الوحدة والاهتمام بالمعالجة الإبتدائية.

الحالة الخامسة:

نجد فيها أنه لا يوجد تغير فى الدلتا بى ولكن انخفاض كبير فى سريان البيرميت وانخفاض فى تركيز الأملاح فيها ... السبب فى ذلك هو حدوث ظاهرة ال compaction ...

ظاهرة الCompaction أو الاندماج أو انضغاط طبقات الأغشية لتصبح أكثر كثافة وسماكة ينتج عنها انخفاض فى سريان البيرميت والأملاح معه.

وأهم الأمور التى تسبب ظاهرة ال compaction نوجزها فى الآتى:

1- **ارتفاع ضغط الفيد (رفع ضغط طلمبة الضغط العالى عن الحد المسموح به).**
2- **ارتفاع درجة الحرارة.**
3- **المطرقة المائية Water hammer كما ذكر فى الجدول السابق ... ويحدث ذلك عندما تبدأ طلمبة الضغط العالى فى التشغيل مع وجود هواء محبوس فى الفيزل فيحدث انضغاط وانبساط لفقاعات الهواء فتكون النتيجة أنها تسبب طرق متكرر على الأغشية فترفع الضغط عليها أكثر من المسموح به ويؤثر على طبقة الغشاء نفسه ويقلل الأنتاجية بنسبة قد تصل إلى 25% ... وقد يسبب فى شرخ الouter wrap أوالفايبر جلاس.**

(من محاضرات المهندس محمد موسي: موضوع الهواء قد يدمر الغشاء فى شهور قليلة ... وكى نتغلب على ظاهرة الهواء نقوم بتركيب محابس ستانلس على دخول وخروج الغشاء لاخراج الهواء حيث تقوم بعمل air vent ... وتكون واسعة بغرض الإسراع من اخراج الهواء فى زمن قليل ... وعادة ما يحدث تكسير الouter warp من ناحية الريجيكت لأن المياه الداخلة تعمل احلال للهواء الموجود بالفيزل حتى يصل إلى منطقة الريجيكت (ومعدل السريان يكون أقل فى هذه المنطقة)).

ونادراً ما تحدث هذه الظاهرة فى المياه متوسطة الملوحة Brackish water ولكن تحدث مع مياه البحر ومع أغشية السليلوز خاصة إذا زاد الضغط عن 500 psi (أو حوالى 35 بار) ... وتحدث فى أول 200 ساعة من التشغيل.

أمر هام: بعض العاملين أحياناً عندما يلاحظون ارتفاع فى الدلتا بي بين أول الغشاء ونهايته نتيجة للفاولينج ... فبدلاً من وضع علاج جذري ... يفتحون سكة الريجيكت تحايلاً فيقل الضغط على الغشاء وترجع الدلتا بى كما كانت ... ولكن ذلك يكون غير حقيقي ... وهو خطأ كبير لأننا بذلك نجعل الفاولينج يستمر فى ترسبه على الغشاء بدون علاج هذه المشكلة (بالعامية ضحكنا على أنفسنا)! ... والحل هو أن تترك محبس الريجيكت فى حاله ونحل مشكلة الدلتا بى حلاً جذرياً.

ننبه أن الجدول السابق ليس دستوراً أو قانوناً ... إنما يخضع لبعض التغييرات حسب ظروف كل وحدة وتصميمها ... وخاصةً إذا اجتمع أكثر من سبب كتعدد الفاولينج ... أو ارتفعت الحرارة مع حدوث ترسب للأملاح ... لذا كانت القيم الأصلية فى عملية ال Normalization هى الأساس الذى نرجع له.

وهكذا نقرأ سوياً التساؤلات التالية ونضع لها الإجابات:

أسئلة وإجابات!

1- ماهى أسباب ارتفاع ضغط دخول وخروج الأغشية بنفس المعدل:

السبب فى ذلك رفع الريكافرى (لزيادة الانتاج) – أو حدوث خلل فى طلمبة الضغط العالى.

2- لو زادت تركيز الأملاح فى مياه التغذية ... ماذا نفعل فى قيمة الريكافرى؟

الزيادة فى قيمة الأملاح فى مياه التغذية ينتج عنه انخفاض فى كمية المياه المنتجة وبالتالى يرتفع تركيز الأملاح بها كما قلنا ... يعنى نلاحظ زيادة فى الTDS فى البيرميت ... والزيادة فى الأملاح يعنى زيادة فى الضغط الأسموزى يعنى حمل زيادة على طلمبة الضغط العالى ... زيادة فى فرق الضغط على الأغشية ... فإذا زاد عن حد معين فإنه يتسبب فى تلف الأغشية.

فإما أن نخفض قيمة الريكافرى أو نزيد من قوة طلمبة الضغط العالى حتى تعادل الزيادة فى الضغط الأسموزى المتولد ... ونتذكر هنا أن كل 1000 جزء فى المليون تعطينا 12.4 psi يعنى 0.86 بار ... مع الوضع فى الاعتبار عدد الأغشية.

ويجب عمل ما يسمى بالبروجيكشن projection من جديد لنعرف الضغوط الجديدة المطلوبة والبروجيكشن قُلنا أنه عبارة عن برنامج حسابى هندسي تقدمه الشركات المصنعة للأغشية يتوقع ما سيجرى فى الوحدة بعدما تدخل له عدة معلومات كنوع الغشاء وتحاليل المياه والريكافرى وتوقع الإنتاجية المطلوبة.

وليس شرطاً أن يتم تعديل ظروف التشغيل خاصة إذا كانت الزيادة فى الأملاح فى مياه التغذية ليس كبيرة وضغط الطلمبة ليس على المحك ... يعنى يستطيع "استيعاب" هذ الزيادة فى الأملاح والخبير يفهم هذا الجزئية جيداً.

والبعض يتحايل على مشكلة زيادة الأملاح فى مياه التغذية بارجاع تركيزات الأملاح كما هى ... وذلك عن طريق ارجاع جزء من الانتاج على التغذية (يعنى تخفيف الأملاح فى مياه التغذية بخلطها بمياه البيرميت) ... ويتم وضع Sensor على خط مياه التغذية ومتصل بخط الراجع من البيرميت الذى عليه محبس ... فإذا زادت الأملاح فى الفيد سمح لجزء من البيرميت بالرجوع ... أو يغلق خط الراجع لو الأملاح كانت ثابتة لا تزيد.

ونذكر الزملاء أن المشكلة ليست فقط فى أن نزيد قوة المضخة كى تتفوق على الضغط الأسموزى الجديد ... بل يجب الوضع فى الحسبان أمور أخرى وهى جرعات الكيماويات المضافة كزيادة جرعة الحامض والأنتى سكيل مثلاً حتى لا تترسب الأملاح الزائدة.

3- ما هى أسباب ارتفاع نسبة الأملاح الكلية الذائبة TDS فى المياه المنتجة (البيرميت):

وهذه المشكلة فى الحقيقة من أكثر المشاكل التى تواجه العاملين بوحدات التناضح العكسي ونعنى بارتفاع الأملاح فى المياه المنتجة عن الوضع الطبيعى ... أى زيادة فى الSalt passage ... يعنى زيادة فى كمية الأملاح التى تمر عبر الأغشية ... بمعنى أنه حضرتك تقيس الأملاح للمياه المنتجة كل يوم بجهاز التوصيلية الكهربية Conductivity meter تجدها فى حدود 20 جزء فى المليون ... وفى مرة وجدت التوصيلية ارتفعت ارتفاع مفاجىء مرة واحدة ل200

جزء فى المليون مثلاً ... أو أخذت فى الارتفاع يوماً بعد يوم حتى وصلت إلى هذه القيمة أو أكثر منها ... ما معنى هذا الكلام؟؟

من الجدول السابق ومن آراء الخبراء نسرد الأسباب المحتملة والحلول المقترحة ...

السبب الأول: خطأ فى قراءة جهاز التوصيلية نفسه وهذا يحتاج إلى التأكد من معايرته ... وأبسط شىء أن نقيس عينة standard معلومة التوصيلية ...

السبب الثانى: التغير فى تركيز الأملاح فى مياه التغذية نفسها ... وعادة ما يكون التغير مفاجىء فى هذه الحالة ... لذا يجب متابعة قياس الأملاح فى التغذية.

السبب الثالث: زيادة درجة حرارة مياه التغذية ... وهذا يسبب مرور الأملاح عبر الأغشية بدرجة أكبر خاصةً لو زادت عن الحد المسموح به أو زادت عن الحد المعتاد لفترة طويلة مما يسبب توسيع فتحات الأغشية.

السبب الرابع: زيادة فى ضخ الحامض فى المعالجة الأولية عن التركيزالمطلوب يسبب انخفاض الpH ومرور الأملاح عبر الأغشية (كأنك عملت غسيل بالحامض وذابت الأملاح المترسبة على الأغشية) لذا يجب عمل تشييك على سلامة المضخات الخاصة بالحقن.

السبب الخامس: ارتفاع فى الpH نتيجة لوقف ضخ الحامض وبالتالى تزيد ترسبات الأملاح على الأغشية فترتفع الضغوط المعاكسة للمضخة فيقل معدل سريان البيرميت وتزيد الأملاح فى المياه المنتجة وربما سبب ارتفاع الضغط تلف فى الأغشية فيسبب ذلك أيضاً مرور الأملاح بدرجة أكبر مع مياه البيرميت.

السبب السادس: تلف الغشاء وزيادة حجم الثقوب ... بسبب أكسدته (oxidation damage) بواسطة مادة مؤكسدة ... الكلورين الحُر ... الأوزون ... برمنجنات البوتاسيوم ... فلا يستطيع أن يقوم بدوره ... مثلاً يحدث وأن ينسى العامل بالوحدة إضافة SMBS ... ويجب تغيير الغشاء فى هذه الحالة.

وبعض المحطات التى تثبت جهاز الORP بحيث لو زادت القراءة عن حد معين يحدث Shut down للوحدة أوتوماتيكياً بواسطة السيفتى Safety وإلا دخل الكلورين الحُر على الأغشية فيُفسدها ... وقد يحدث عطل فى هذا النظام فى غفلة من العاملين بالوحدة فتحدث الكارثة.

السبب السابع: حدوث تسريب من الأورينج O-ring leak والسبب فى ذلك عدم تثبيتها بالطريقة الصحيحة improper installation ... أو حدث انزلاق للأغشية فى بداية تشغيل الوحدة أو اغلاقها فحدثت مشكلة فى الأدابتور (راجع النقاش السابق الخاص بالبروبينج تسيت) والخلل الميكانيكى عادةً ما يصاحبه ارتفاع مفاجىء فى الأملاح وليس بصورة تدريجية ... لذا تجد الخبير يسأل صاحب المشكلة:"هل الارتفاع فى الأملاح تدريجى أم مفاجىء؟" ... وبالطبع فإن اختبار البروبينج يدلنا على الأورينج أوالغشاء صاحب المشكلة.

السبب الثامن: وجود تسريب فى الغشاء فى منطقة معينة نتيجة حدوث ضغط عكسي Back pressure من مياه البيرميت.

السبب التاسع: تكون الفاولينج أو القشور وهنا يجب عمل الغسيل الكيميائى.

السبب العاشر: حدوث زيادة فى الأملاح مع بداية تشغيل الوحدة بعد إيقافها وذلك لأن عمل طلمبة الضغط العالي والتي تسبب الأسموز العكسي تتوقف ... فتحدث الظاهرة الطبيعية وهي الخاصية الأسموزية فتنتقل جزء من مياه البيرميت مرة أخرى عبر الأغشية إلى المياه الأكثر ملوحة فتزيد تركيز الأملاح فى البيريمت وتظهر مع بداية تشغيل الوحدة لمدة لا تزيد فى الغالب عن خمس دقائق ... لذا يُفضل عمل فلاشينج flushing أو فلاشينج أوتوماتيكي Auto-flushing لمدة قصيرة حتى يتم التخلص من إرتفاع الأملاح مع بداية التشغيل start up.

بعد استعراض هذه الأسباب يجب على المُشغل فى الوحدة التصرف بحكمة وأخذ action مناسب ...

4- ماذا يحدث عندما نقلل الريكافري؟؟؟

عندما تقلل الريكافرىRecovery بفتح محبس الريجيكت قليلاً ... ماذا يحدث؟

1- **تدفق مياه التغذية Feed flow سيزيد.**
2- **ضغط الدخول وضغط الفيد على طلمبة الضغط العاليHPP تقل (1 بار مثلاً).**
3- **تدفق البيرميت Permeate flux يزيد (زيادة المياه التى تعبر الممبرين) .**
4- **يزيد تدفق الريجيكت وتقل نسبة حجز الأملاح والملح المنبوذ Salt rejection ويقل ال Concentration factor وتقل فرص ترسب الأملاح.**
5- **قد يزيد فرق الضغط على طرفي الغشاء الواحد (عملياً مع مياه البراكيش1 بار مثلاً مع نقص 10% من الريكافري) و 3بار على طرفي الفيزل التي تحمل 3 أغشية.**

وبالتالى عندما يزيد الريكافرى ماذا تتوقع؟؟؟

ولذلك ...

تقليل أو رفع الريكافرى يحتاج إلى بروجيكشن Projection جديد من خلال برامج الSoftware أو توصيات الخبراء مع الوضع فى الإعتبار بارامترات عديدة مثل الpH والعسر والكيماويات المُضافة وصفات الغشاء من خلال الداتا شيت الخاصة به.

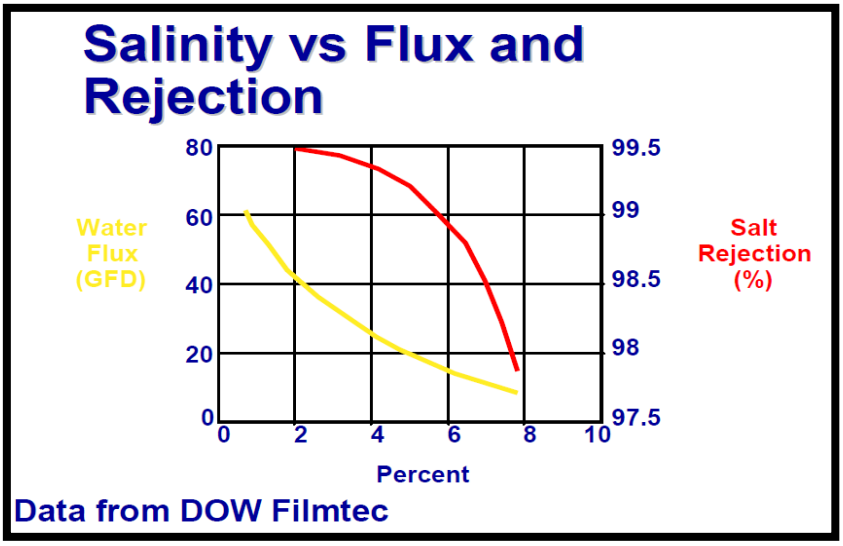
الجدير بالذكر أنه قد يحدث زيادة فى الريكافرى بدون تدخل العاملين ... وقد تم تسجيل هذه الحالة عدة مرات فحدث نقص فى تدفق البيرميت وزيادة فى ضغط الفيد نتيجة أن محبس الريجيكت (Valve reject) كان غير محكم وأخذ يُغلق بشكل تدريجي.

5- أملاح المرحلة الثانية أعلى بكثير من المرحلة الأولى ... ما السبب وكيفية العلاج؟؟؟

أمر هام جداً يقابل العاملين بوحدات التناضح العكسي فيما يتعلق بنظام المرحلة الثانية أو المتعدد المراحل ... نسمع من يشكو ... المرحلة الأولى تخرج مياه بأملاح حوالى 100 جزء فى المليون وهذا جيد ... والمرحلة الثانية تُخرج مياه أعلى بكثير من المرحلة الأولى لتصل إلى 500 أو 600 جزء فى المليون من جميع الأغشية (بعد عمل بروبينج تيست)

... يعنى المشكلة عامة فى المرحلة الثانية ودائمة ... فما التفسير العلمى لذلك؟ وكيف نتصرف كى نجعل انتاج المرحلتين متقاربتين فى الإنتاج؟

والإجابة ببساطة ... هو أن نظام المرحلتين تعنى أن ريجيكت المرحلة الأولى هو تغذية المرحلة الثانية ... يعنى تغذية المرحلة الثانية هى مياه بأملاح أعلى بكثير من الأولى ... يعنى نحن نتكلم فى تأثير زيادة الأملاح على ظروف التشغيل ... وقبل ذلك نذكركم بالرسم البيانى التالى الذى يوضح نقصان الفلاكس مع زيادة الأملاح فى مياه التغذية نتيجة لزيادة الضغط الأسموزى ... وبالتالى فإن انتاجية مياه البيرميت المُحلاة تقل فى المرحلة الثانية فيزيد فيها تركيز الأملاح وتقل فى الريجيكت ... كل ذلك تم شرحه من قبل:



وبالتالى إذا أردنا عمل توازن بين المرحلتين فيمكننا أن "نقلل نسبة الأملاح المتركزة فى ريجيكت المرحلة الأولى" وذلك بتقليل كمية مياه البيرميت المنتجة ... يعنى نقلل الريكافرى "وهذ أمر دقيق جداً" وبالتالى يزيد التدفق flux فى المرحلة الثانية وبأملاح أقل وبالتالى salt passage أقل ... ونزيد معدل سريان المياه فى الريجيكت إلى القيمة التى اتفقنا عليها من قبل وهى 2.95 مترمكعب/ساعة (فى الغشاء 8 بوصة) ... وهذا أقل قيمة تحتها تتعرض الأغشية لتكون قشور الأملاح لأن "الكنس" يكون أضعف ... ويتأتى ذلك عن طريق وضع عقبة أمام انتاج المرحلة الأولى ... فيتم وضع orifice أو صمام valve يحبس التدفق ... وهذه عملية تسمى خنق البيرميت أو الpermeate throttling .

وهذه الطريقة تقلل من عبور كمية كبيرة من المياه عبر أغشية المرحلة الأولى فتقلل نسب تراكم الفاولينج ... كما أن زيادة التدفق فى أغشية المرحلة الثانية وكثرة "الكنس" تحميها من تراكم القشور.

ويُمكن أيضاً فى الحالة السابقة جعل المرحلتين مرحلة واحدة وإن كان ذلك سيقلل الريكافرى.

6- النقص فى معدل انتاج المياه المحلاة ومعدل الريجيكت بنفس النسبة ماهى أهم أسبابه؟؟

1- انخفاض فى كمية التغذية (مع ثبات الريكافرى) بسبب مشكلة فى طلمبات التغذية ... فيجب مراجعتها ومراجعة المحابس على خط التغذية.
2- ارتفاع نسبة أملاح التغذية.
3- دخول هواء على طلمبات التغذية حيث تتجمع على الفلاتر قبل طلمبة الضغط العالى ... وقد يكون ذلك بسبب بعد الطلمبة عند تنك التجميع من المعالجة الأولية إن وجد فى الديزاين.

وإليكم سرد خبراء المنتدي عن بعض المشاكل التى تعرضوا لها فى وحدات التناضح العكسى وكيف تم حلها:

المهندس منتصر عليوة:

كان فرق الضغط يرتفع معي في الأغشية بمعدل غير طبيعي ... وبالتالي كنت مضطر لعمل الغسيل الكيميائي على فترات كل 45 يوم تقريباً ... واتضح فيما بعد أن نقطة حقن الكلور في المعالجة الأولية لم تكن تعطي وقت تلامس كافي لأكسدة الحديد الذي كان يسبب ارتفاع الضغط ويترسب في الأغشية ... تم نقل نقطة حقن الكلور إلي مكان آخر لزيادة وقت التلامس وجاءت النتائج ممتازة والآن صار لي أكثر من سنتين لم أغسل غشاءاً واحداً بفضل الله.

تعقيب المهندس عماد عمدي:

أي مادة كيميائية تحتاج لثلاثة عناصر ليتم الإستفادة من حقنها بشكل جيد:

1. مساحة (قطر الماسورة).
2. المسافة (بين نقطة الحقن والمكان المراد الإستفادة من حقن هذه المادة).
3. الوقت (بتحديد سرعة ضخ المياه).

رد المهندس منتصر عليوة:

أحسنت.

المهندس منتصر عليوة:

مشكلة من المُمكن أن تحدث مع أي شخص وعلاجها صعب ... عند تشغيل وحدة الRO محبس البيرميت أُغلق فجأة وظل مغلقاً لفترة دقيقتين إلى أن انكسر خط المنتج وتم علاج الوضع لكن هذا تسبب في تلف ميكانيكى Mechanical damage في الغشاء الأخير لكل وعاء من أوعية المرحلة الثانية وترتب علي ذلك ارتفاع ملوحة الغشاء الأخير ولم يُفلح أي علاج معه ... لذا فيجب الحذر من ارتفاع ضغط المنتج من الأغشية.

تعقيب المهندس لأيمن موسيليني:

الآن يُؤخذ في الحسبان عند التصميم هذه الظاهرة ... وكوسيلة أمان لأي سبب قد يترتب عليه حدوث Back pressure ... حيث يتم تركيب سيفتي فالف Safety valve علي خروج خط البيرميت ليفتح عند ضغط معين ...

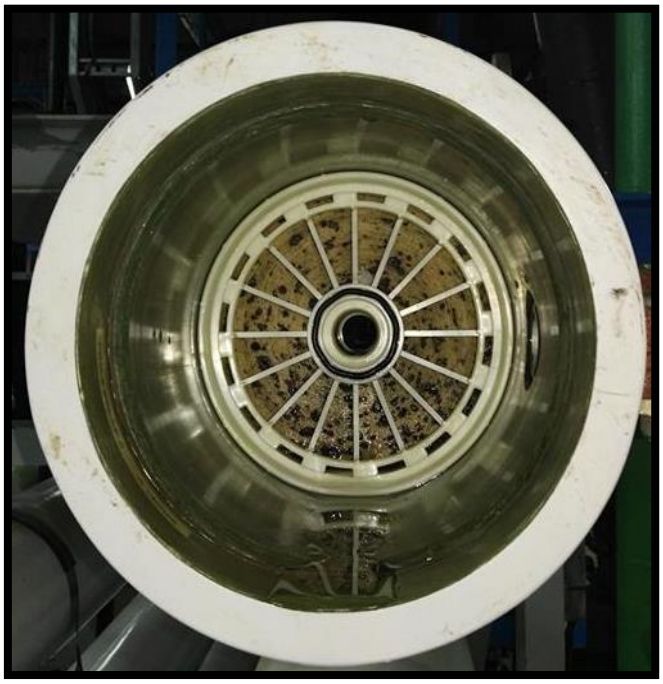
المهندس نادر محمد النجار:

كان لدي مشكلة في انخفاض إنتاجية محطة بشكل مستمر حيث نقوم بغسيلها كل أسبوعين ويرتفع الإنتاج ومن ثم يعاود الإنخفاض التدريجي ... تم فحص المياه الداخلة على المحطة وتحليل جميع البارميترات المطلوبة ... وُجد ارتفاع في المادة العضوية ناتج من تلوث مياه المصدر بصرف صحي حيث تم تركيب وحدة UF وكربون فلتر ... وتم حل المشكلة.

المهندس لأيمن موسيليني:

وحدة Z. L. D (أوZero liquid Discharge) ... في بداية التشغيل للمحطة فوجئنا بإرتفاع الضغوط علي محطة RO تدريجيا رغم وجود وحده Ultra filtration وقيمة الSDI 0.5 بعدها ... ولا تزال الضغوط في زيادة مستمرة ... وعند وصول الدلتابي إلي 3.5 بار يتم عمل غسيل كميائي للمحطة ... وبعد التشغيل نجد الضغوط شبه ثابتة مع مراعاة توافر كل الشروط للغسيل من حيث الحرارة والتركيزات وزمن التدوير وزمن النقع ... إلا أن الضغوط لا تزال مرتفعة وفي ارتفاع مستمر ... وتم عمل غسيل أكثر من مرة ولكن دون جدوي ... فتم أخذ القرار بإخراج الممبرين الأمامي وفوجئنا بوجود طبقة سوداء علي أول غشاء. فتم اخراج باقي الأغشية في المرحلة الأولي ... ووجد في جميع الأغشية نفس المشكلة ... ولوحظ أن الأغشية التي في منتصف وعاء الضغط بها النسبة الأكبر من المادة السوداء ولها ملمس لذج ... لأن الوسط أصبح بيئة خصبة لتكون البيوفيلم ... فوجدنا المشكلة موجودة في جميع المرحلة الأولي ... وتم الكشف علي أغشية المرحلة الثانية ووجد بها نفس المشكلة ولكن بكمية أقل ... تم البدء في تنظيف الأغشية ميكانيكياً بخرطوم المياه وتم التخلص من كمية كبيرة جداً خاصة الأجزاء التي في مقدمة الغشاء ... وظللنا نبحث عن سبب المشكلة ومصدرها ... حيث أن مصدر مياه التغذية هي مياه Blowdown لبرج تبريد تحتوي علي TSS 4.0 ppm ولا تحتوي علي أي مخلفات ... حيث أن المياه تمر علي U. F وجودة المياه بعده ممتازة ... وبعد بحث ومعاناة تبين أن سبب المشكلة هي من تنك G. L. S الخاص ببرميت الU. F ... حيث أن مادة لحام الفواصل للتنك التي تسمي (السيكا) وهي مادة عضوية هي التي تخرج من التنك ثم إلي الكارتريدج ومنه إلى الممبرين ... ولا توجد دلتابي علي الكارتريدج وهذا يرجع إلي عدم إحكام الربط علي صواميل الكارتريدج (هذا تفسير) ... وإلا لو كان مُحكم الربط ما خرجت منه هذه الماده دون أن تؤثر في الدلتابي ... وبعد أن تم التأكد من أن المشكلة من مادة (السيكا) تم تنظيف التنك من الداخل ولكن بعد أن خرجت أكبر كمية من التنك إلي الأغشية ... فتم التخلص من باقي الأجزاء بالتنظيف اليدوي وتم عمل غسيل كميائي بمادة من شركة (...) وكانت نتائج الغسيل مُرضية إلي حد ما ... إلا أن كفاءة الأغشية قد تأثرت من حيث ال Salt passage وال Salt rejection والRecovery.

وهذه صورة للغشاء من اتجاه الفيد بعد عمل غسيل بالمياه للجزء الأمامي من الغشاء:



وهذه صورة لماده السيكا التي تم تجميعها من علي الأغشية:

وهذه صورة الكارتريدج وعليه آثار مادة السيكا:

تعقيب المُحاضر:

هذه الحالة تمت الإشارة إليها أيضاً فى النقاش الحادى عشر الخاص بالبايوفاولينج.

تعقيب المهندس رياض عبد الفتاح عوض:

الكارتدرج بهذا الشكل دليل على عدم عمل تشييك دوري منتظم عليه لأن وصوله لهذه المرحلة كما في الصورة هو عدم التشييك الدوري المنتظم القصير على الكارتريدج.

تعقيب المهندس ضياء الدين حامد الشوربجى:

ذكرني ذلك بمشكلة شبيهة تماماً حدثت معي ... وهي أن الضغط ارتفع بمعدل كبير على المرحلة الأولى في الRO وكنت أظن أنها بسبب البايوفاولينج ... لأن معدل الزيادة كان سريعاً وكبيراً ... وفي المرحلة الأولى وبالكشف على الأغشية وجدت Stainless Steel Slides ...وبالبحث وجدنا أنه من جوان محبس عدم الرجوع السابق لاسكيدات المحطة وكان نوعية رديئة وتالفة وتم تنظيفها وإزالتها يدوياً واستجابت الأغشية ونزل الضغط فوراً.

المهندس ضياء الدين حامد الشوربجى:

مشكلة أيضاً حدثت وهى أن الفلاتر الميكرونية ارتفع الضغط عليها بسرعة "في أسبوع" وهي من المُمكن أن تبقى 3 شهور حيث أن هناك فلاتر سيراميك قبلها وفتح الفلاتر وجدت الفلاتر بها صفة على السطح ورائها مثل السمك والأسطح الداخلية للهاوسينج زلقة ... يعني نمو طحلبي ... تم مراجعة معدل الحقن للميتا باي سلفايت الصوديوم ووجدت عامل التشغيل قد رفعه وتم خفض المعدل وتغيير الفلاتر وتعقيم الهاوسينج و إعادة التشغيل.

المهندس رياض عبد الفتاح عوض:

حدثت مشكلة ولكن ليس مع ال RO ... ولكن مع وحدات الدفاع الأولية قبل الRO ... حدثت المشكلة مع الفلتر الرملي حيث زاد فرق الضغط عليه بسرعة وأصبح يدخل مرحلة ال back wash في مدة أقل من المدة المقدرة له ... وقد قام العاملون بعمل back wash لمدة طويلة دون فائدة وقاموا بنقع الفلتر الرملي بمادة حامضية دون فائدة ... وإكتشفت أن المشكلة من مادة الPAC أو البولي ألمونيوم كلوريد قد كانت متكدسة ومتجمعة في قاع تنك التحضير بسبب عدم عمل الخلاط عليها فتم معالجة المشكلة مؤقتا بوضع أنبوب هواء بداخل التنك لتحريك المادة مؤقتاً حتى يتم تصليح الخلاط ... والحمد لله رجع الفلتر الرملي لوضعه الطبيعي حيث كانت المشكلة أن ال PAC يجب أن يكون عليه خلط بإستمرار كل ربع ساعة لتحريكه ... ومع عدم تحريكه بإستمرار فإنه يتجمع في أسفل التنك ويتركز في أسفل التنك مما يتسبب بضخ تركيز عالي منه إلى الفلتر مما سبب بإنسداد سريع للفلتر الرملي.

المهندس رياض عبد الفتاح عوض:

مشكلة أخرى ... لوحظ إرتفاع سريع في فرق الضغط على الكارتريدج فلتر قبل الRO ... حيث كان يتم تغييره لإرتفاع فرق الضغط عليه كل شهرين أو كل شهر ونصف ولكن أصبح يرتفع عليه فرق الضغط خلال أسبوع ويُغير ... تبين أن المشكلة في الخط قبل الكارتدرج فلتر عند الكشف عليه من الداخل وجود طبقة على السطح الداخلي للخط من تراكمات

لمواد بيضاء وصفراء اللون فتم تنظيف السطح الداخلي للخط ... وكذلك لوحظ مادة مانع الترسيب في داخل تنك التحضير ليست صافية وفيها تجلطات وتكتلات فتم الإتصال بالمورد حيث كانت مادة مانع الترسيب غير صالحة فتم تغييرها بمادة جديدة صالحة ... وتم تفريغ تنك التحضير وتنظيفه وإعادة تحضير مادة مانع ترسيب جديدة ... ورجعت الأمور جيدة كما كانت عليه.

المهندس رياض عبد الفتاح عوض:

مشكله أخرى ... لوحظ فجأة إرتفاع في نسبة الأملاح الخارجة من الRO وتم فحص الأملاح الخارجة من الممبرينات فتبين أن هناك فيزل الأملاح الخارجة منه عالية فتم فك الفيزل وإخراج الممبرينات ولوحظ وجود تلف في ال O-ring بين الممبرينات فتم تغييره وتركيب الممبرينات ورجعت الأمور جيدة.

المهندس أيمن موسيلينى:

حدثت عندي هذه المشكلة ... حيث تم تركيب محطهR.O لتغذية وحدات التبادل الأيوني وذلك بغرض توفير كيماويات حامض وصودا ... حيث كان مصدر تغذية وحدة التبادل الأيوني عبارة عن مياه متكاثف 250مترمكعب ساعة مع100مترمكعب مياه شرب وكان معدل تنشيط ال train كل 30ساعة ... وبعد تركيب محطة الR.O تم تعويض مياه الشرب بمياه بيرميت من الR.O ... وكان من المفترض حسابياً أن يتم تنشيط الtrain كل 15يوم نظراً لانخفاض الأملاح بنسبة كبيرة جداً ولكن فُوجئنا أن الtrain يخرج سليكا بعد تشغيل 40 ساعة بحد أقصي وقد يقل عن ذلك... وتم البحث عن سبب خروج السيليكا من الريزن ... وبعد بحث طويل... تم أخذ عينة من خارج تنشيط المبادل الأنيوني وتم تعيين الM-Alkainity والP-Alkalinity ... وتبين أن 2p أقل من m ... وهذا يعني أن قلوية المياه عبارة عن كربونات وبيكربونات ... ولا يوجد هيدروكسيد ووجود البيكربونات يؤكد وجود CO2 ... وكان يجب أن يكون خارج التنشيط عباره عن كربونات وهيدروكسيد ... فتم الرجوع لمحطة الR.O ومصدر المياه منها... وبعد المراجعة لوحظ الآتي: عند تصميم المحطة لم يتم عمل نقطه حقن للأسيد لأن البروجيكشن أعطي قيمة LSI منخفضة وبناءً عليه تقرر عدم حقن أسيد وتم الاكتفاء بحقن مانع الترسيب ... وعليه لم يتم تركيب برج نازع غازات علي مياه بيرميت الR.O ... وبعد التشغيل فوجئنا بارتفاع الضغوط بصورة سريعة علي هذه المحطة ... ومن ثم قررت الشركة المصممة للمشروع أن يتم حقن أسيد ... وتم خفض الpH إلي 5.0 ... وهذه المياه هي مصدر التغذية لوحدة التبادل الأيوني .... فتبين أن سبب حدوث التشبع للمبادل الأنيوني وإرتفاع السيليكا في وقت قصير كان ناتجاً من وجود ال(CO2) الذي يتحول داخل الريزن إلي كربونات ومن ثم يتم التشبع للريزن ... والآن تم تركيب برج نازع غازات علي مياه البيرميت ... والأمور استقرت والحمد لله.....

المهندس أيمن موسيلينى:

حدثت معي مشكلة ... شركة فيها محطة R.O ... لوحظ ارتفاع تدريجي في أملاح البيرميت ولكنه بصفة مستمرة إلي أن وصل لمرحلة أن أملاح البيرميت اقتربت من أملاح الفيد ... وكانت المحطة جديدة ... وهذه الظاهرة بدأت من بداية التشغيل إلي أن تم اكتشاف السبب ... حيث كان يتم حقن صوديوم هيبوكلوريت قبل الفلاتر الرملية ونقطة الحقن التي

تليها قبل دخول المياه للأغشية هي مادة ال SBS ونقطة الحقن الثالثة هي حمض الهيدروكلوريك حيث يتم خفض الpH من8.2 إلي5.5 ونقطة الحقن الرابعة مادة الهكساميتا فوسفات (مانع ترسيب) ... ولكن توجد ملحوظة أنه توجد مسافة بين حقن الSBS وحقن الHCl ... وتؤخذ عينة المياه لجهازO.R.B بعد حقن الSBS وقبل حقن الHCl وكان دائماً قرائه جهازORB منخفضة واستهلاك SBS منخفض جداً واستمرت المشكلة قائمة إلي أن اضطررنا لتغييرالأغشية ...وبعد مراجعة خطوات التشغيل ونقاط الحقن...علمنا أن سبب المشكلة حدوث أكسدة للأغشية بسبب الكلوروهذا نتيجة أن عينة المياه لجهازالORB قبل حقن الأسيد وكان يجب أن يكون بعد حقن الأسيد لأن الكلور في النقطة بعدالSBS يكون في صورة ملح ولا يقرأه جهاز ال ORB أما بعد حقن الأسيد سيقرأه الجهاز كجهد أكسدة ولهذا السبب تم تبديل أخذ العينة ولاحظنا ارتفاع في قيمة الORB ومن ثم ارتفاع في استهلاك الSBS وتم تغيير الأغشية... والمحطة استقرت.

المهندس عماد حمدى:

بعد تركيب محطة سعة 600 m^3\d ... وعند التشغيل تتوقف الوحدة Low pressure تتم إعادة التشغيل مرة أخري وتتوقف مرة أخرى أيضاً ... وبالبحث عن سبب المشكلة وجد الآتي: يوجد محبس عدم رجوع (Check Valve) بعد الفلاتر الرملية وقبل الفلاتر القطنية ... سبب التوقف كان فى محبس عدم الرجوع لأنه لايسمح بكمية المياه الكافية لتشغيل الوحدة بالمرور... وتم تغير مقاس هذا المحبس.

تعقيب المهندس محمد أنور:

أصلاً لا يُفضل تركيب بلوف عدم الرجوع الرغيف في التحلية ... ويركب بدل منه البلف السوستة.

رد المهندس عماد حمدى:

ما هو أكبرقطر للبلف السوستة؟؟ ... مع العلم البلف السوستة يسمح بتركيبه علي المضخات فقط وذلك لقوة ضخها ... إنما تركيب بلف سوستة علي خط يبعد عن المضخة بمسافة ... ويوجد فلاتر رملية بينهم ذلك سيؤدي إلي تقليل الضغط بسبب (الضغط العاكس لقوة السوستة)

المهندس عماد حمدى:

أوصت الشركة التي قامت بتركيب الوحدة بعمل غسيل عكسي (Back Wash) بمياه الريچيكت وهذا بسبب نقاء هذه المياه... وبالفعل تم توصيل خط لعمل الغسيل العكسي من هذه المياه وتم عمل غسيل عكسي منه والنتائج كانت مرضية ... وبعد مرور الوقت وجد إرتفاع ضغط مياه التغذية وإنخفاض في معدل مياه الإنتاج وإختلاف في نسبة الريكافرى والSalt passage ... وبالكشف عن السبب وُجد الأتي:

1. **عدم كفاية وقت الرينز (إعادة ترتيب الطبقات) لطرد مياه الريچيكت.**

2. وجود تسريب من بعض المحابس الأخرى مما يسبب إختلاط مياه الريچيكت بمياه التغذية وذلك يزيد من نسبة الأملاح في مياه التغذية ...ولهذا تم إلغاء هذه الفكرة وخصوصاً لأن الوحدة تعمل علي مدار 24 ساعة بمعني أن الوحدة لا تتوقف عند عمل الغسيل العكسي.

المهندس عماد حمدى:

عند تغير الفلاتر القطنية تم ملاحظة رائحة مثل رائحة ظفارة عالية جداً ... وبالبحث عن السبب وُجد الآتي:

1- الساده المشغلين كانوا يقومون بمتابعة كمية سحب مضخة الحقن فقط.
2- تخزين جراكن للكلورين غير صالحة.
3- تركيز الكلور الحُر بمياه التغذية خفيف جداً وأقل من 0.3

وتم الآتي:

1. عمل كشك حقن خاص للكلورين.
2. عمل دورة تدريبية للسادة المشغلين عن أهمية الكلورين.
3. عدم متابعة سحب المضخة فقط ولكن يتم قياس نسبة الكلورالحر بمياه التغذية للمحافظة علي النسبة بين (0.35 - 0.70) ppm.

المهندس أيمن موسيليني:

حدثت مشكلة ... محطة كل مراحل تشغلها مانيول ... وعند بداية التشغيل بعد فتح بلف الريجيكت وتجهيز المحطة للتشغيل ... وتم تحضير طلمبة الضغط العالي ... وغلق بلف الطرد ... وبدء تشغيل الطلمبة وبدء فتح بلف الطرد تدريجياً مع فتح جميع الڤنتات (Vents) للمحطة لأخذ الهواء ... وإذ بضغط الطلمبة يقل كلما تم فتح بلف الطرد مع ارتفاع الامبير مع ملاحظة خروج مياه من الفينتات للمحطة ولكن لا يوجد ضغط علي المحطة ... وتم البدء في غلق بلف الريجيكت تدريجياً لتحقيق الريكافري ولكن فوجئنا أن ضغط الطلمبة ثابت وتم فتح بلف الطرد تدريجياً والضغط لا يزال ينخفض مع ارتفاع في الأمبير ... فأدركنا أنه يوجد مشكلة ... ولوحظ أن الطلمبة الإحتياطي تدورعكس الإتجاه بسرعة عالية حيث أن منطقة الكوبلن مغطاه بكڤر Cover ... ولوحظ الدوران من عمود الطلمبة ... ومع فحص الطلمبة تبين أن بلف عدم الرجوع راكب عكس الاتجاه ... فتم عكس البلف وتشغيل المحطة.

تعقيب المهندس عماد حمدى:

الحمدلله إن المضخة لم يحدث لملفاتها شئ

المهندس تامر بدر:

كان يوجد خطأ فى تصميم المحطة حيث أن مضخة ال SMBS مرتبطة مع مضخة الضغط العالي وليس مع مضخة الفيد البوستر وكان يوجد زمن حوالى 30 ثانية عندتشغيل المحطة لكى تبدأ مضخة الضغط العالي فى العمل وفى هذا الوقت

يدخل الكلور على المحطة فى عدم وجود كاربون فلتر مما أدى الى اكسدة الممبرين على الوقت البعيد وتم تصحيح الخطأ بربط مضخة ال SMBS مع مضخة الفيد.

المهندس عماد حمدى:

في بداية عملي ... وقبل أن ندخل في هذا المجال من عشر أعوام تقريباً ... لاحظت أن السادة المشغلين غير مهتمين جيداً بمتابعة نسب الحقن جيداً ... وبمرور الوقت لوحظ عند توقف مضخة الحقن ولا يتم إكتشافها إلا بعد مرور خمس ساعات أو أكثر ... ولأهمية المواد الكيميائية وحقنها ولأن حقن كمية قليلة مثل الكثيرة عن المعدل المطلوب بالنسبة للضرر ولأن إرتفاع الحقن إهدار للمال ... تم التفكير في عمل مدرج صغير ليسهل عملية المتابعة للسادة المشغلين كل ساعتين تقريباً ويتم تسجيل القراءة وبفضل الله ... تجنبنا الكثير من المشاكل بسبب هذه النقطة المهمة ... وهذا هو المدرج بين "الشرطة والشرطة" نصف سم أي لتر ونصف:

حالة طُرحت فى المنتدى:

ازدياد تدريجي فى ضغط التغذية مع ثبات البارمترات الأخرى!

محطة RO جديدة بدأت التشغيل منذ حوالي شهر ونصف ... ضغط التغذية يزداد تدريجياً دون حدوث تغير فى البارمترات الأخرى (الحرارة وأملاح ال TDS ثابتة) ... ضغط الفيد فى بداية تشغيل المحطة 10.5 بار ومعدل الزيادة شبه يومي بمقدار 0.03 – 0.06 بار ووصل حالياً إلى 11.4 بار ... ومع زيادة ضغط الفيد حدث زيادة فى ضغط الريجيكت وضغط المرحلة الثانية لكن فرق الضغط أو الدلتا بي كانت ثابتة ... وتم سؤال مهندس الشركة المنفذة للمشروع فقال أنه مادام فرق الضغط ثابت فلا توجد مشكلة ... سبب الزيادة والحل؟؟؟

تفاصيل الوحدة:

مياه التغذية: بئر جوفي.

معدل سريان الفيد: 85 متر مكعب/ساعة (ثابت لم يتغير).

أملاح الTDS: 3000 جزء فى المليون.

العسر الكلي: 1000 جزء فى المليون.

الكبريتات: 1800 جزء فى المليون.

السيليكا: 24 جزء فى المليون.

الحديد: 0.05 جزء فى المليون.

العكارة: 1 NTU.

SDI: < 2 (وتُقاس يوماً ويوم).

عدد المراحل: مرحلتين.

نوع الأغشية: هيدروناتكس.

فرق الضغط للمرحلة الأولى:1.35 بار.

فرق الضغط للمرحلة الثانية: 1.36 بار.

الريكافرى ثابت

تدفق مياه البيرميت كانت ثابتة فى البداية ثم بدأت فى النقصان (قل الإنتاج بنسبة 2% حتى طرح السؤال).

المعالجة الأولية: حقن كلور قبل الفلتر الرملى فى حدود 0.4 جزء فى المليون.

الأسباب والإقتراحات:

شارك فى الحل وإبداء الأقتراحات والآراء مجموعة من المهندسين مع حفظ الألقاب: (عامر محمد عدنان دركزنلي – محمد سامي السيد – فادي القس غبريال – محمود عبد الله سنوسي الشاذلي – خالد خطيب – أيمن موسيليني – رياض

عبد الفتاح عوض – ضياء الدين حامد الشوربجى – محمد تاج السر فتح الرحمن – وليد أبو السعود حامد أبو سمرة – سامح سالم عامر – محمد أنور حسن – محمد عبد العال – عاطف سليمان - هاشم عبد العزيز هاشم).

1- **أحياناً يكون شيئاً طبيعياً يحدث فى بداية تشغيل الوحدة ... ولكن يجب المتابعة بعناية لأنه قد يكون هناك بداية لبايوفاولينج وأن مياه التغذية تحتاج لزيادة معدلات حقن الكلور ... ويجب قياسه بعد الفلتر الرملي ... لذا يجب أولاً عمل فحص لسطح الأغشية الأولى ... ومن الممكن وزن غشاء من ناحية الفيد ووزن الغشاء الذى من ناحية الصرف للتأكد من وجود البايوفاولينج من عدمه ... والبايوفاولينج من الممكن أن يؤثر فى ضغط الفيد فى الواقع العملي ... كما يجب عمل تحليل بكتيرى بعد الفلتر الكربوني (إن وُجد) ... وقد تكون زيادة الجرعة المُضافة من الSMBS أنهت على الأوكسجين الذائب وتكونت بكتيريا لا هوائية تظهرعلى سطح الغشاء.**

والمهندس عاطف سليمان أوصى بأخذ عينة من مياه التغذية وحساب الTOC فقد تكون النسبة عالية وقد مر عليه بالوحدة أن كانت نسبة الTOC = 8.3 جزء فى المليون وحدث إتساخ عضوي (Organic fouling) ولم يحدث فرق فى الدلتا بي كالمعتاد ولكن زاد الضغط على الأغشية ووصلت إلى الحد الأقصى وهى 1160 psi وبالتالي تم تقليل الهرتز مما أدى لارتفاع الأملاح فى البيرميت وانخفاض الإنتاج.

2- **مشكلة فى سلامة بلف التحكم فى مياه التغذية Flow control valve:**

ويتم الكشف على سريان المياه بعده.

3- **خلل فى التحكم الخاص بالمضخة:**

ففي اللوحة الكهربية الخاصة بالRO هناك عدة طرق وآليات للتحكم بإقلاع الطلمبة منها ما يُسمى بالإنفرتير Inverter والسوفت ستارت Soft start ومنها ما يكون موصول مباشرةً عن طريق كونتاكتور Contactor وريليه Relay حماية فقط ... والإنفرتير يقوم بتعديل تردد التيار الكهربي الخاص بتشغيل المضخة وبالتالي التحكم فى سرعتها.

4- **طلمبة البوستر ممكن تؤدي الي زيادة بسيطة في الضغط اذا كانت تعمل عند نقطة غير المحدد لها في التصميم.**

5- **المشكلة قد تكون فى خط الريجيكت: بداية من الصمامات التحكمية أوانسداد أو تكون رواسب فى خطوط الريجيكت وقد تظهر ترسبات ملحية بعد محبس الريجيكت ... ويجب فى هذه الحالة عمل قطع فى خط الريجيكت ويتم عمل فحص للترسبات الملحية على جدارن الماسورة من الداخل ... والظاهر أن قطر الماسورة الداخلي يقل تدريجياً مع التشغيل لتكون القشور ... فإذا وضح أن هذا هو السبب فيجب مراجعة الأنتيسكيل.**

وقد يحدث وأن تكون المشكلة ميكانيكية بسبب ارتفاع مستوى بحيرة التبخير عن مستوى المحطة بحوالى 1.5 متر أو أكثر ... ومع الوقت تزود الضغط على خط الريجيكت وبالتالي تزود الضغوط على المحطة ككل.

أيضاً يجب تصميم خطوط صرف الريجيكت بحيث تكون انسيابية بدون معوقات أو تعرجات أو"كيعان" كثيرة.

هذه الأمور التي تحدث في خط الريجيكت تسبب عمل ضغط عكسي Back pressure على المحطة ككل بما فيها الفلاتر الرملية.

6- مشكلة فى نوع الأنتيسكيل أو الجرعة المحقونة منه فيكون هناك نقص فى النسبة المحقونة أو أن النوع غير مناسب لطبيعة الأملاح فى مياه التغذية كأملاح الكبريتات والسيليكا ...أو أنه غير متوافق مع الكوأجيولانت الذى قد يُضاف للوحدة ... وغالباً ما تكون الإضافات الكيميائية هى السبب بنسبة 90%.

7- تعليق المهندس أيمن موسيليني: تهريب من ميديا الفلاتر إلى الأغشية:

كانت عندي نفس المشكلة ... يرتفع ضغط الدخول تدريجياً من 9.6 بار حتي 16 بار ... وفرق الضغوط علي الثلاث مراحل ثابت 3.3 بار علي الثلاث مراحل وهذا كان من بداية التشغيل ... والوضع يرجع مرة أخري بعد الغسيل الكميائي ... ضغط الدخول يصل الي9.6 بار ... واستمر هذا الوضع لمدة حوالي ستة أشهر... وبعد هذه المدة بدأت تظهر فرق للضغوط علي المراحل بقيم مختلفة مع ارتفاع ضغط الدخول وفي الغالب دائماً فرق الضغط يزيد علي المرحلة الأولي وكان يصل إلي 3.0 بار وحدها ...

ويجب عمل check علي الكارتريدج من حيث إحكام الربط لأن المحطة جديدة وربما يخرج fine من الفلتر الرملي أو الكربوني ... ومن الممكن أن يمر جزء منها من الكارتريدج ومن ثم ستُحجز علي بداية الأغشية ومن المُمكن أيضاً سوء جودة الكارتريدج حيث يهرب منه بعض الخيوط والشعيرات القطنية وتتجمع علي أول الأغشيه ... هذه الأسباب تتسبب في رفع الضغط تدريجياً.

8- المشكلة قد تكون فى طبيعة قاع البئر ... هل هو رملي أو صخرى؟ وكم نسبة الزلط فيها لأن التربة ومسامها تؤثرعلي معدل تدفق الماء.

مشاركات المهندس غنيم أحمد غنيم:

Cleaning of RO Membrane

RO membranes get fouled with suspended solids contained in the feedwater or with sparingly soluble salts, as minerals are concentrated. Pretreatment is done to reduce the fouling potential of feedwater but inspite of that fouling occurs over a period of time.

Symptom of fouling

1. Decrease in Product flow.
2. Increase in salt passage.
3. Increase in differential pressure
4. Deterioration in permeate quality
5. Increase in the differential pressure across the RO stage.

Indications that the system requires cleaning

1. A 10 to 15 % decline in normalized Product flow.
2. A 10 % increase in salt passage.
3. 15 % increase in differential pressure.

Types of Foulants

1. Inorganic fouling – Like Calcium Scales or Metal Oxides
2. Organic Fouling – Example Humic Acid
3. Particulate Deposition or colloidal fouling –Particulate matter
4. Biofouling

Types of Membrane Cleaning Solutions

The number of formulation for cleaning solutions is varied but we are mentioning only the common type of cleaners used for most common fouling problems.

Foulant	Cleaning Chemicals	Remarks
Inorganic Salts	0.2 % HCl 0.5 % Phosphoric Acid 2.0 % Citric Acid	
Metal Oxides (Iron)	0.5 % Phosphoric Acid 1.0 % Sodium Hydrosulphite	
Inorganic Colloids (silt)	0.1%Sodium Hydroxide,30 °C 0.025 % Sodium Dodecylsulphate 0.1 % NaOH, 30 °C	
Biofilms	0.1 % NaOH, 30 °C 1 % Sodium salt of ETDA and 0.1 % NaOH	
Organics	0.025 % Sodium Dodecylsulphate 0.1 % NaOH 30 °C 0.1% sodium triphosphate 1.0 % Sodium salt of ETDA	

Troubleshooting Guide

CHECK	VERIFY	EFFECT
Pressure drop between feed and reject.	Has not increased by more than 15%.	More than 15% indicates fouling of feed path and membrane surface. Requires cleaning
Pressure drop between feed and permeate	Has not increased by more than 15%.	More indicates fouling of membrane surface. Requires cleaning.
Permeate conductivity	Has not increased by more than 15%.	More indicates fouling of membrane surface. Requires cleaning.
Acid dosing	Is within recommended value.	More can cause membrane damage or sulfate scaling. Less can cause carbonate scaling or metal oxide fouling.
Instruments Reading	Verify by calibration and carry out of lab check of the parameters the instrument is monitoring.	Wrong operation False sense of security that everything is OK.
pH meter calibration & control	The pH controller generally controls acid dosing pumps. The pH controller should be calibrated periodically and tripping of dosing pump to the set point should be checked.	More or less acid dosing than required.Effect of this has already been mentioned earlier.

Foulants & Their Impact

Foulants	Possible Location	Pressure drop	Permeate Flow	Salt Passage
Metal Oxide	1st Stage	Normal to increased	Decreased	Normal to increased
Colloidal Fouling	1st Stage	Normal to increased	Decreased	Normal to increased
Scaling	Last Stage	Increased	Decreased	Increased
Biological Fouling	Any Stage	Normal to increased	Decreased	Normal to increased
Organic Fouling	All Stages	Normal	Decreased	Decreased to increase
Oxidant(Cl^2)	1st Stage (Most Severe)	Normal to increased	Increased	Increased
Abrasion (carbon,Silt)	1st Stage	Decreased	Increased	Increased
O-ring or glue leaks	Random	Normal to decreased	Normal to increased	Increased
Recovery too high	All stages	Decreased	Normal to Decreased	Increased

وأمدنا المهندس أحمد محمود ب Log sheet خاص بوحدة التناضح العكسي:

log sheet - sample.doc

Area	Parameter	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00	00:00	02:00	04:00	06:00
BWP	PRESS.(BAR)												
	Flow (m^3/h)												
	Current (amp)												
BWP	PRESS.(BAR)												
	Flow (m^3/h)												
	Current (amp)												
BWP	PRESS.(BAR)												
	Flow (m^3/h)												
	Current (amp)												
Sand Filter1	I/P PRESS. (BAR)												
	O/P PRESS. (BAR)												
Sand Filter1	I/P PRESS. (BAR)												
	O/P PRESS. (BAR)												
Sand Filter1	I/P PRESS. (BAR)												
	O/P PRESS. (BAR)												
Cart.Filter1	I/P PRESS. (BAR)												
	O/P PRESS. (BAR)												
Cart.Filter2	I/P PRESS. (BAR)												
	O/P PRESS. (BAR)												
Cart.Filter3	I/P PRESS. (BAR)												
	O/P PRESS. (BAR)												
Feed O.R.P	mv												
PH	Feed / Product												

log sheet - sample.doc

Daily log sheet -(? m^3 / day)
R.O Train ( )

Date:-.....

Area	Parameter	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00	00:00	02:00	04:00	06:00
H.P.P	I/P Press.bar												
	O/P Press.bar												
	FCV open%												
	Run hour												
	Oil level												
	Current (amp)												
R.O	Product flow(m^3/h)												
	Reject flow(m^3/h)												
	I/P Press.bar												
	O/P Press.bar												
F.F.P	Conductivity												
	Flow (m^3/h)												
	Current (amp)												
Compressor	Head (bar)												
	Run Hour (hr)												
	Air pres.vessel(bar)												
Power suply	TRANS#1(KWH)												
	TRANS#2(KWH)												
	TRANS#3(KWH)												

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

تخزين وحفظ الأغشية!

22

النقاش الثانى والعشرون

النقاش الثانى و العشرون :-

22- تخزين وحفظ الأغشية

إذا أردنا أن نوقف وحدة التناضح العكسي لسبب أو لآخر فما هى الخطوات التى يجب أن نتبعها وكيف نحفظ الأغشية أثناء التوقف؟ تابع التعليقات وشارك معنا رحلتنا العلمية ...

عندما تتوقف المحطة قد تفرغ الفيزلات من المياه وهذا قد يسبب تشوه فيزيائى للأغشية فإذا مكثت الأغشية فى المياه فقد تتعرض لنمو بكتيرى هائل خاصة لو كانت درجة حرارة الجو العام مرتفعة ونفاجىء بالبايوفاولينج ... وتكون النتيجة كما بالصور التالية ... لون أسود ورائحة كريهة:

مشاركات المهندس تامر بدر بصورة مشابهة:

فى الغالب توصى الشركة المنفذة لتصميم الوحدة ببروتوكول معين يجب اتباعه عند توقف الوحدة ... وهناك حالتان ... عند توقف الوحدة لفترة صغيرة كيوم أويومان مثلاً يتم عمل CIP أو "Clean – in – place" ومعناها تعقيم الأغشية بالمواد المُعقمة كهيدروكسيد الصوديوم أو ماء الأوكسجين أو البيرأسيتيك فى نفس مكانها مع وضع المحاذير كما ذكرنا من قبل ثم عمل غسل flushing ... كما يُنصح بتجنب أشعة الشمس والحرارة ... والتخزين يكون داخل غرفة مبردة لتقليل نمو البكتيريا أثناء التوقف.

يُنصح أيضاً بتغيير المياه داخل الأغشية كل يوم مدة نصف ساعة ليحد من نمو واستقرار المستعمرات البكتيرية فنقوم بعمل فلاشينج بمياه التغذية ... وقد نقتصر على ذلك بدون استخدام مواد معقمة ... والقرار يرجع لخبرة العامل وإدراكه لطبيعة مياه التغذية.

تعقيب المهندسين على طريقة الحفظ لفترة قصيرة:

تعقيب المهندس محمد على عبد المنعم:

أعتقد يوم أو يومين لا يحتاج هذا الكلام ونحن نوقف الوحدة خمسة أو ستة أيام مع عمل flush بمياه permeate كل يومين حتى لا يحدث جفاف أو نعمل soaking لها داخل الفيزلات لكن لا نخرج الأغشية لمجرد توقف يوم أواثنين.

تعقيب المهندس وليد صالحين عبد الباسط:

عند الحفظ فترة قصيرة ... يفضل التشغيل لمدة ساعة يومياً أوعمل فلاشينج بمياه بيرميت ... ولا داعى لعمل محلول SMBS 1%.

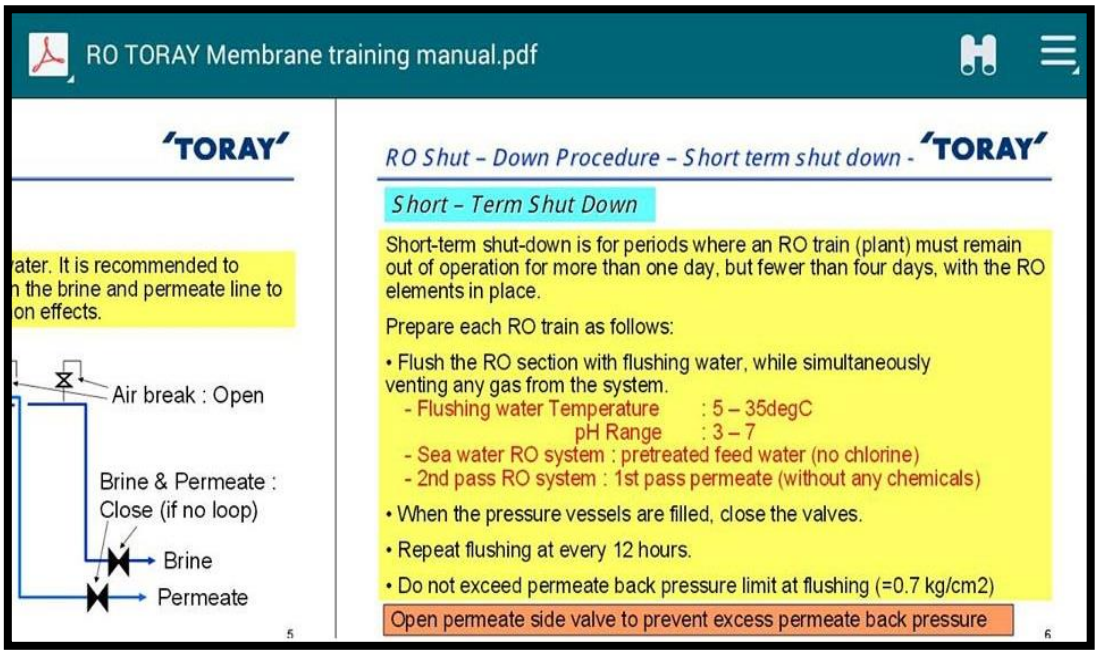
تعقيب المهندس أيمن موسيليني:

من الممكن في حالة الإحتياج لتوقف محطة يوم أواثنين أو حتي أسبوع بدلاً من الحفظ ... فهناك ما يسمي التعقيم الحراري ... يتم عمل الآتي:عمل فلاشينج للمحطة بعد التوقف وملئ تنك ال ClB بمياه بيرميت وعملcirculation عن طريق طلمبة الغسيل والمحطة عند ضغط 4 باروعند درجة حرارة 30 - 35درجة مئوية دون الحاجة لعمل حفظ ... وكنت أعمل بهذه الطريقة دائماً ولا يحدث أي مشكلة ... وهذا أفضل من حفظ المحطة وهي متوقفة حيث أن التوقف لفترة ثم التشغيل يؤثر بالسلب علي مسام ونفاذية الأغشية مع الوقت والزمن ومن ثم سيحدث تغير دائماً في الضغوط والإنتاجية مع تكرار التوقف والتشغيل ...

تعقيب المهندس عماد حمدى:

عندنا في حالة توقف المحطة لمدة يوم أو اثنين يتم الشطف جيداً بمياه إنتاج ... والأس الهيدروجيني متعادل ... ثم يتم إضافة SBS 1% لتنك ال cip ويتم الشطف لمدة 15 دقيقة ... بعد ثماني ساعات يتم الشطف جيداً لمدة 20 دقيقة كل ست ساعات ... وقبل إعادة التشغيل يتم الشطف الجيد بمياه إنتاج والأس الهيدروجيني متعادل لإعادة المسام كما كانت وهذه تعتبر عمليتين في عملية واحدة (حفظ و تنشيط للخلايا) ... والله أعلم.

وأضاف المهندس أحمد محمود توصية هامة لشركة توراى لحفظ الأغشية لفترة قصيرة:



فإذا تم التوقف لمدد طويلة تصل لثلاث أشهر أو أكثر فيتم أيضاً عملية التعقيم ثم حفظ الأغشية بواحدة من المواد الكيماوية التالية:

1- الحفظ فى المادة الشهيرة وهى بودرة الميتاباى سلفايت SMBS والتى تذوب فى المياه لتعطى الصوديوم باى سلفايت ... ونحتاج فى هذه الحالة لتركيز 1 – 2 % ومياه منخفضة الملوحة وpH لا تقل عن 3 (حتى لا يحدث تحلل لمادة الأغشية ويظهر ذلك بعد التشغيل وارتفاع الأملاح فى البيرميت) ... ويجب متابعة الpH باستمرار لأن نزولها عن 3 معناها تحولها إلى حمض الكبريتيك وانتهاء مفعول الSMBS ... وهذه المادة معلوم أنها تسحب الأوكسجين الذائب وتمنع نمو البكتيريا لذا يجب استخدامها بمعزل عن الهواء الجوى وإلا فقدت كفاءتها فى امتصاص الأوكسجين الذائب ... ويتم ضبط الpH عن طريق إضافة الصودا الكاوية NaOH ... كما يتم حفظ ضغط المحطة على 3 – 4 بار (حوالى 50 psi) ... ويجب متابعة الpH والضغط يومياً.

مادة الSMBS صلاحيتها من 4 -6 أشهر تحت التخزين الجاف والمبرد ... وعندما تكون على هيئة محلول فإن الصوديوم باي سلفايت يتأكسد بسرعة عندما يتعرض للهواء ... وهذا الجدول يوضح صلاحية التركيزات المختلفة له:

Solution life of sodium bisulfite (SBS)	
Concentraion (wt%)	**Solution life**
10	**1 week**
20	**1 month**
30	**6 month**

ويُنصح بتجديد التخزين كل 3 - 6 أشهر على أقصى تقدير خاصة مع الميتا باى سلفايت.

ويوصى بمتابعة أى نمو بيولوجى على الأغشية كل 3 أشهر ... وإذا لوحظ أن المحلول لم يصبح رائقاً أو مر 6 أشهر على التخزين فيتم استبداله بآخر.

كما قلنا الSMBS تستخدم فى التعقيم لا فى الغسيل الكيماوى للأغشية.

2- الحفظ فى مادة الفورمالين 3 - 0.3 % ... وهو مفيد فى الفترات الطويلة بعكس الميتا باى سلفايت الذى يؤثر على أداء الأغشية عند الحفظ لفترات طويلة بل يزيد نسبة الSalt passage من واقع بعض الخبرات العملية ... لكن يعيب الفورمالين أنه مادة مسرطنة وتؤذى العين إيذاءً مباشراً فيجب الاحتراس عند استخدامه! ... كما يجب شطفه جيداً لإزالة آثاره ... يتم تغييرالمحلول كل عام فى المتوسط (تغير محلول الفورمالين تماماً واستبداله بآخر).

ومن واقع التجربة العملية نقول: عدم تغيير الفورمالين والبقاء عليه مدة طويلة يسبب أحياناً تقليل الانتاجية عند تشغيل الغشاء وبالأخص عند حفظ الغشاء الذى تراكمت عليه قشور الأملاح Scales.

(اختيار الفورمالين أو الSMBS يعتمد على خبرة وتقدير المشغل وفى العموم نقول أن الSMBS هى الأفضل بكل تأكيد من ناحية الأمن والصحة والسلامة المهنية مع تجديد التخزين كما قلنا).

ويتم تحضير المحلول بحسب حجم الأغشية وعددها ثم يتم ضخ المحلول عن طريق تنك الفلاشينج والتقليب الجيد وطرد جزء منه لنتأكد من وصوله لكل الأغشية ... مع متابعة الpH للمحلول الخارج ... بعده نغلق الدائرة ونتأكد من عدم وجود أى تسريب leakage أو دخول هواء إليه (غلق جميع محابس الهواء).

3- يُمكن استخدام مواد كيماوية أو Biocides بأسماء تجارية تنتجها بعض الشركات وتخصص لحفظ الأغشية (مثل Permaclean وغيرها) وتُرفق معها كل توصيات الحفظ.

يمكن حفظ الأغشية داخل الفيزلات نفسها أو فى الأكياس البلاستيك التى جاءت بها من المصنع ... فتنقع أولاً فى محلول SMBS مدة يوم ثم نخرجها من الفيزلات ونحفظها فى الأكياس فى مكان جاف وبارد.

ونرجع ونقول يجب الرجوع إلى الشركة المصنعة للغشاء فهى توصى بمادة الحفظ وتركيزها والضغط المطلوب والpH وأقصى فترة للتخزين.

<u>المهندس جاسم محمد:</u>

تحفظ بمادة الفورمالين بنسبة 3% ... أي يُملىء خزان الغسيل الكيميائي الخاص بالمحطة بالماء ويضاف علية مادة الفورمالين إلى نسبة 3% ... ويدورعلى الاغشية لمدة ربع ساعة ... والفورمالين هو مادة كيميائية تتكون من 37% محلول الفورمالديهايد المائي وغاز حاد في الرائحة مع تركيبة كيميائية (HCHO) ... وهذه العملية تحفظ لك الأغشية من التلف لمدة شهر بعد الشهر إذا كنت تريد الإستمرار في الحفظ ... ويجب إعادة العملية طبعاً هذه بالنسبة لفصل الشتاء ... أما فصل الصيف فيجب أن تغسل الأغشية كل 15 يوم ... نحن في العراق بالبصرة نقوم بهذه العملية لحفظ الاغشية.

وعن صلاحية الSMBS:

فى النقاش الخاص بحفظ الأغشية فى محلول الSBS دلت البيانات أنه كلما قل تركيز الSBS قلت زمن صلاحيته ... والسؤال بفرض أن تركيز 2% صلاحيته أسبوع فهل مع المدد الكبيرة يتم تغيير المحلول كل أسبوع؟؟؟ أم أن بيانات الصلاحية تنطبق فقط إذا لم يتم عمل Vacuum وعزله عن الأوكسجين ...والسؤال الثانى هل صلاحية الSBS تزيد على الستة أشهر أم تقل مع الواقع العملي؟؟

رد المهندس محمد محمود:

مع الحديث مع (WIM) وهو الTechnical support لشركة DOW أفاد بأن قيم هذا الجدول ليست ثابتة Fixed وإنما تتغير تبعاً للبيئة المحيطة وتواجد الأوكسجين وظروف التنك إذا تم عزله عن الهواء الجوي أم لا ... والأفضل فى حالة الحفظ أن يتم تغيير الSBS أثناء حفظ الأغشية كل 3 شهور حتى ولو لم يتغير تركيزها.

والأفضل عند تحضير التنك (Solution tank) أن يتم عمل تركيز 10% ... ثم يتم التحكم فى معدل الحقن بمضخة حقن الكيماويات بحيث تصل إلى النسبة 2% فى وسط الأغشية المُراد حفظها.

المهندس محمد على عبد المنعم يعرض كيف يحفظ الأغشية القديمة لإمكانية استعمالها مرة أخرى:

لأن الأغشية قادمة من محطة ثانية فقد تم عمل محلول بتركيز 1% SMBS في تانك CIP وإنزال الأغشية بحبال داخل التانك لعمل soaking:

بعد ذلك تم إخراجها وحفظها في أكياس مخصصة مفرغة من الهواء قدر الإمكان وغلقها جيداً:

وحرصنا على تفريغ الهواء من الأكياس منعاً لتكون بكتيريا على الأغشية وكذلك غلقها جيداً بماكينة مخصصة للحيلولة دون دخول هواء للأكياس طوال فترة الحفظ:

بعد ذلك تم تغليفها في الكراتين المخصصة للأغشية وحفظها في مكان مكيف ويمكن لهذه الطريقة أن تحفظ الأغشية لمدة 6 شهور بشكل جيد:

استخدام الأغشية بعد الحفظ:

حضرتك خزنت الغشاء مدة أسبوع ... شهر – سنة – سنتين ... إلخ ... يُمكنك أن تستخدمها مباشرةً وقد ثبت عملياً أن التخزين بطريقة صحيحة يزيد من كفاءة الغشاء ويُعطى انتاجية أعلى وأملاح أقل بضغط أقل ... (باستثناء بعض الحالات التى تستخدم الSMBS لفترات طويلة) ... والمهم عمل غسيل Flushing بالمياه العادية وبدون استخدام طلمبة الضغط العالى أولاً مدة نصف ساعة أو ساعة مع فتح خط الريجيكت حتى تثبت ال pH والأملاح TDS ...

كما يمكن عمل تحليل بكتيرى للمياه الخارجة للتأكد من سلامة التعقيم فترة التوقف.

وبعض الشركات توصى بعمل تنظيف بمحلول قلوى لتطهير الأغشية قبل الإستخدام.

وإذا لم يتم التخزين بطريقة سليمة فستقل كفاءة الأغشية وتزيد نسبة الأملاح فى البيرميت!

(المهندس: محمد موسي): يمكن عمل اختبار معدل التصريف للغشاء بحيث نمرر فيه 10 لتر مياه مثلاً ونلاحظ زمن التصريف ... ومع وزن الأغشية يتم اعادة شحنها داخل أوعية الضغط بحيث يكون هناك تناغم بينها (الأثقل فالأخف فالأخف سواء نبدأ من منطقة الفيد أو الريجيكت) ... ويُمكن عمل هذا الاختبار أيضاً فى تقييم الفاولينج على الأغشية.

وعمل ال Flushing فى بداية التشغيل مهم جداً حتى نتأكد بعدم وجود هواء والذى يسبب المطرقة المائية water hammer التى تحدثنا عنها من قبل.

وبالنسبة للأملاح فى المياه المنتجة تقل حتى تستقر بعد حوالى ساعة أو ساعتين من التشغيل حتى تستقر الضغوط وتعادل ضغط الطلمبة الضغوط الأخرى وأهمها الضغط الأسموزى للأملاح.

استبدال الأغشية القديمة بأخرى جديدة:

عند استبدال الأغشية القديمة الغير صالحة بأخرى جديدة ... وكان هناك بعض الأغشية القديمة تعمل – وبالطبع ليست بكفاءة الجديدة – هل نضع الأغشية القديمة فى الأمام كأغشية قائدة لأن الفلاكس وسريان المياه يكون أقل من الجديدة طبعاً لتواجد الفاولينج أو قشور الأملاح ... وبذلك نحافظ على الأغشية الجديدة من الفاولينج حيث أن مرور المياه والفلاكس يكون أسرع فيها وتتراكم الفاولينج بذلك يكون سريع أيضاً ... فنضعها فى الذيل ...

هل تتفق مع هذا الطرح ... أم تؤيد عكسه؟ وماذا لو كان هناك عدة مراحل ... أين نضع الأغشية الجديدة والقديمة ولماذا؟ وإذا وضعنا ممبرينات جديدة فى المرحلة الأولى وبالتالي سيكون الفلاكس عالي لأن الأغشية مازالت نظيفة وبالتالى سيزيد الضغط على المرحلة التالية وبالتالي هل يجب أن نقلل كفاءة وضغط طلمبة الضغط العالي قليلاً حتى نصل إلى الضغط العادي أم هذا يعتمد أيضاً على نوع الطلمبة؟؟ وهل الأفضل إذا أدخلنا مجموعة جديدة من الأغشية على أخرى قديمة أن نوزعها على الفيزلات كلها بدلاً من أن نضع الأغشية الجديدة فى مرحلة أو فيزل واحد؟؟

هيا نقرأ آراء الخبراء فى ذلك الأمر تبعاً لوجهة أنظارهم:

المهندس عماد حمدى:

أولاً علي ظروف محطتنا نعمل الأتي :- وليكن علي وحدة بها 8 فيزلات P.V (أوعية ضغط) ... ويوجد عندنا 17 خلية والمطلوب رفع الإنتاجية مع المحافظة علي الخلايا الجديدة قدر الامكان:

1- **غسيل كيميائي.**
2- **سيتم وضع عدد 2 خلية لكل P.V والترتيب كالآتي: يتم إخراج أول ثلاث خلايا من ناحية مياه التغذية ثم وضع 2 خلية الجديدة ثم نستخدم الخلية رقم 3 من الخلايا القديمة لتكون هي**

خلية الاستقبال هذا هو الوضع حالياً وعندنا ظروف لا تحتمل إيقاف الوحدة أكثر من 48 ساعة ... التعديل بمشيئة الله .. هو غسيل كيميائي ثم قياس كمية انتاج كل وعاء ضغط (لمعرفة إنتاجية كل P.V علي حدة) ومنها يتم تدعيم ال P.V الأقل إنتاجية بخلية زيادة ليقترب من إنتاجية باقي الأوعية ثم بعد الغسيل الكيميائي ب 48 ساعه تشغيل يتم إخراج الخلايا لكل وعاء ضغط ليتم وزنهم وإعادة ترتيبهم مع مراعاة وضع الخلايا الجديدة بدءا من الخلية رقم 2.

المهندس نادر محمد النجار:

يجب وضع الأغشية الجديدة في منطقة الذيل والقديمة في المقدمة ... حتى لا تتأثر بزيادة الflux عليها وبالتالي تقل كفاءتها ... فلو تم وضع القديمة في منطقة الذيل سوف تقل كفاءتها أكثر مما كانت عليه ... وهذه توصية الشركات المصنعة للمبرين.

ملاحظة: لو تم استبدال جميع الأغشية في المحطة يجب المحافظة على نفس الإنتاجية المصممة عليها المحطة.

المهندس عبد الله شعبان فهمى:

على حسب هل في الخطة استبدال مجموعة الممبرينات القديمة قريباً أم لا ... فلو فى النية استبدال مجموعة الممبرينات القديمة الأخرى في وقت لاحق فنتركها في الذيل كما هى طالما سيتم تغييرها فتحافظ على المجموعة الجديدة تعيش أطول وقت ... ولو فى النية تشيغل المحطة لفترة طويلة بالمجموعة القديمة دون استبدال يبقى نتركهم في المقدمة حتى يمكثوا أطول وقت ممكن ...

المهندس هاشم عبد العزيزهاشم:

الأغشية الجديدة توضع في المنتصف ويتم انتقاء أغشية قديمة جيدة التصريف والوزن لوضعها ناحية الفيد والريجيكت ويتم عمل ترتيب للأغشية بناءًعلي اختيارك إما إنتاج عالي أو نسب أملاح منخفضة.

المهندس سامح سالم عامر:

لابد من وضع الأغشية الجديدة في المنتهي ... والأغشية القديمة في المقدمة لماذا؟؟

الأغشية الجديدة تستطيع تحمل أملاح عالية وتعطي إنتاج أعلي وTDS أقل وتوضع في المؤخرة لارتفاع ملوحة المياه ... والقديمة توضع في المقدمة لإنخفاض ملوحة المياه التغذية وتستقبل أكبرقدرمن المياه وبذلك تحافظ عليها من التلف.

تعقيب المحاضر:

(عندما يتم تغيير الأغشية من موديل إلى موديل فإنه يجب النظر إلى طبيعة الأغشية الجديدة ومقارنتها بالقديمة فمثلاً أنواع من أغشية الهيدروناتكس تعطى تدفق عالي فإذا تم تغييرها بأغشية DOW والتى تعطى تدفق أقل وضغط أعلى فبالتالى الإنتاجية تقل ... لذا فالحل إما زيادة عدد الأغشية وزيادة الضغط Driving pressure أو زيادة الريكافرى وطبعاً بعد عمل البروجيكشن لتحديد هل تستطيع الطلمبة توفيرالضغط الجديد أم لا ... هذا إلى جانب تغيير جرعة الكيماويات ... إلخ).

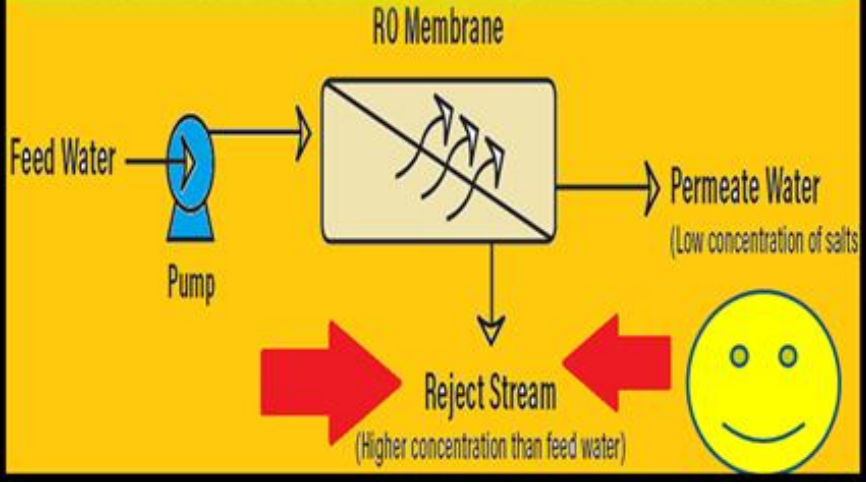
الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

WTEF

مصير مياه الريجيكت!



23

النقاش الثالث والعشرون

النقاش الثالث و العشرون:-

23- مصير مياه الريجيكت

بعدما تم نفاذ المياه المُحلاة خلال الأغشية تاركة وراء الأغشية مياه تركزت فيها الأملاح المختلفة ... يتم طرد هذه المياه بأملاحها فيما يُسمى بالمياه المنبوذة (المطروحة) Reject ... والتى تحتوى على الأملاح المنبوذة Salt reject.

والسؤال هنا ... ما مصير هذه المياه المالحة؟؟

قبل أن نجيب على مصير مياه الريجيكت ... يجب أن نعرف ما هى الطبيعة الكيميائية لمياه الريجيكت؟

مياه الريجيكت أو "البراين" تتركز فيها الأملاح من كل نوع (الحمل الملحى Salt loading بها كبير) ... الTDS فيها عالية ... والعسر الكلى فيها عالى نتيجة لتركزأملاح الكالسيوم والمغنيسيوم ... كما أنها تحتوى على بعض الكيماويات التى تم إضافتها فى المعالجة الإبتدائية ... وهناك احتمالية لوجود ملوثات عضوية ومواد مغذية كالفوسفور فى الفوسفانات الخاصة بالأنتيسكيل ... مما يشجع أنواع من البكتيريا والطحالب على النمو من جديد (يظهر ذلك فى اللون الأخضر المتكون مع تعرض الريجيكت لضوء النهار) ... خاصة وأننا أزلنا الكلور قبل الدخول على الأغشية فتزيد فرص نموها خاصة لو كان هناك بياوفاولينج على الأغشية ... وتزيد أيضاً لوكانت عملية المعالجة الإبتدائية بالكلور ليست جيدة ... وكان يجب الإطمئنان على نسبة الكلور المتبقى حتى منطقة إضافة الSMBS ... أو كان هناك فلتر كربونى غير معقم أو قديم تسبب فى امتصاص الكلور وبدأت البكتيريا ترتع من جديد فى المنطقة السفلى منه حتى تمر بالفلاتر الميكرونية ثم إلى الأغشية ... وكان لابد من قياس البكتيريا فى هذه النقطة ... هذه البكتيريا الآن فى منطقة الريجيكت قد تكون مقاومة لتركز الأملاح والتى تعتبر عائقاً أمام نمو الكثير من البكتيريا الأخرى ...

الميزة التى تمتاز بها مياه الريجيكت أنها مياه رائقة لا تحتوى على مواد عالقة والعكارة فيها منخفضة نظراً لمرورها على الفلاتر التى قامت بالواجب فى المعالجة الإبتدائية!! وهذا باعتبارأننا نحسن الظن بالمعالجة الإبتدائية وأنها تسير على المنوال الصحيح ...

الآن حصلت على مياه الريجيكت الخارج من أوعية الضغط (الفيزلات) وامتلأ عندك الخزان المجمع لمياه الريجيكت (إن وُجد) ... كيف تتصرف فى هذه المياه؟؟

نبدأهذا الموضوع بالتعليقان التاليين:

المهندس محمود مؤمن الشافعي:

لكل محطة حساباتها ومعالجتها الخاصة بها التي قد تقترب أو تبتعد عن علم السنين فوجب التنبيه وجزاكم الله خيراً.

المهندس محمد موسى:

سواء تم إعادة استخدام مياه الريجيكت أو تم التخلص منها فيجب التأكد من عدم خطورتها أو إخضاعها لمعالجة حتى لا تؤدى إلى كوارث نظراً لطبيعتها ...

مصير الريجيكت تعددت الآراء حوله بناءً على خبرات الزملاء ... ونوجزها فى النقاط التالية:

1- **إدخالها مرحلة ثانية وثالثة من مراحل التناضح العكسي.**
2- **استخدامها فى الغسيل العكسي للفلاتر الرملية.**
3- **التخلص بها إلى البيئة المحيطة (الصرف).**
4- **تبخيرها والحصول على أملاح وانتاج الكلور مع إعادة استخدام المياه.**
5- **بيعها لغسل الأرصفة وحمامات السباحة.**
6- **خلطها مع مياه صرف صحي أو صناعي معالج لزراعة الحدائق أو لاستخدامات أخرى.**
7- **استخدامها فى العمليات الصناعية كخلطها مع مياه Blow down لبرج تبريد.**
8- **توليد الكهرباء.**
9- **توفير الطاقة باستخدام الPX.**
10- **خلطها بمياه التغذية (أو تنك مياه التغذية).**

سنتحدث عن كل طريقة ومداخلات الزملاء فيها ... ثم ننهي الموضوع بالجدل الدائم حول آخر طريقة وهى خلط مياه الريجيكت بمياه التغذية.

1- إدخالها مرحلة ثانية وثالثة من مراحل التناضح العكسي:

وهو ما ذكرناه من قبل (راجع مراحل التناضح العكسي) حيث يُمكن استخدام مياه الريجيكت كى تكون تغذية لمراحل تالية من الأغشية (مرحلة ثانية وثالثة ...) باعتبار وجود عدة مراحل على التوالى فى تصميم الوحدة ... والمرحلة الثانية والثالثة تحتاج لطلمبة ضغط عالى جديدة أو بوستر كما سنبين بعد قليل ... (نستخدم فى المعتاد طلمبة واحدة للمرحلة الثانية والثالثة) ... وقد تحدثنا عن المراحل ووصفها من قبل.(من الممكن زيادة عدد المراحل فى النظام فبدلاً من مرحلتين نضيف مرحلة ثالثة ونأخذ الريجيكت من المرحلتين وندخلهما على الثالثة وهو عملياً أثبتت كفاءة).

المهندس محمود عبد الله سنوسى الشاذلى:

عندنا تعليمات بتقليل مياه الريجيكت والإستفادة بأقصي قدرة من مياه التغذية ... فكان الحل أن مياه الريجيكت من محطتان تدخل مجتمعة علي محطة Ro جديدة ولها بروجيكشن وخصائص ونسبة ريكفري مختلفة وهذا فعلاً المتبع في أغلب الحالات مثل قلة وندرة المياه في مناطق كثيرة.

2- استخدامها فى الغسيل العكسى للفلاتر الرملية:

يُمكن استخدام مياه الريجيكت فى الغسيل العكسي للفلاتر الرملية لتقليل التكلفة ... واستخدام مياه الريجيكت مباشرةً فى الغسيل العكسى للفلاتر الرملية له خطورة قصوى فهو يسبب انسداد الفلتر نتيجة تكلس الميديا بسبب الأملاح الكلسية كما يتسبب فى النمو البكتيرى عليها إذا لم تعقم بكلورين يصل نسبته إلى 0.5 جزء فى المليون على الأقل ...

وأنصار الرأى الآخر الذين لا يعارضون استخدام مياه الريجيكت فى الغسيل العكسي للفلاتر الرملية يعضدون تصرفهم بأن الغسيل بمياه التغذية له خطورته ... كما أن الغسيل بمياه البيرميت يعتبر هدراً للمال ... فمياه الريجيكت مياه نقية تماماً تصلح للغسيل ... المهم أنه بعد الغسيل العكسى يتم اللجوء إلى عمل غسيل أو شطف Rinse بالمياه المنتجة سابقاً من الفلتر الرملى أو فلتر الكارتريدج من 5 – 15 دقيقة لنتجنب الترسبات الكلسية ... وعند التشغيل بالطبع نجد أن الملوحة ستكون عالية فى البداية بسبب الغسيل بمياه الريجيكت ثم ترجع إلى المعدلات الطبيعية ... كما أنه من فوائد عملية الشطف (Rinse) بعد عملية الغسيل العكسي أنه يعمل على تثبيت الميديا وترتيبها ...

وتستطيع أن ترجع إلى الجزء الأول من الكورس للنظر فى مزيد من اقتراحات الخبراء فيما يتعلق بنوع المياه المستخدمة فى الغسيل العكسي للفلاتر الرملية ودائماً نقول التجربة والخبرة العملية فى عالم معالجة المياه خير دليل وما يصلُح فى حالة لا يصلح مع حالة أخرى.

3- التخلص بها إلى البيئة المحيطة (الصرف):

المهندس إبراهيم بدوي عند طرح السؤال الخاص بمصير مياه الريجيكت:

لآبار الصرف.

نعم ... يُمكن التخلص منها إلى البيئة المحيطة (كأن تلقى فى البيارات أو البحر أو فى آبار الراجع الجوفية).

والآن نستعير حديث المهندس محمد موسي وشروط إلقاء الريجيكت فى البحر وتقنيته:

الإعتبارات التى يجب مراعاتها عند تنفيذ مواسير البحر:

1- **دراسة التيارات البحرية دراسة جيدة لانشاء الخط باتجاه مجرى مائي إلى البحر وليس العكس حتى لا يختلط بمياه جوفية حلوة.**
2- **اختيار نوعية مرنة من المواسير لتلائم التحركات المائية.**
3- **تنفيذ تثبيت جيد للخط بقاع البحر مع وضع العلامات المائية (الشمندورات).**
4- **عمل مصافى بنهاية الخط بشكل منتظم وذات قطاع أملس.**
5- **إجراء الدراسات البيئية كل فترة للتأكد من مدى تأثر الكائنات البحرية.**

يتم إجراء تجربة الحقن متعدد المراحل للتأكد من كفاءة الخط البحرى وقابليته لحقن الراجع ... وتتم هذه التجربة خلال فترة المد البحرى ...

وتتم على النحو التالى:

1- يتم إنشاء خزان سفلى لاحتواء مياه الراجع.

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

3- يتم تشغيل المضخة لمدة ثلاث ساعات على الأقل بتصرف أكبر من التصرف الطبيعى للمحطة (يتم المساعدة بملء خزان الراجع من مصدر آخر).

العوامل التى تؤدى إلى حدوث أعطال بخطوط الراجع:

1- 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).

2- سوء أعمال الصيانة:

- توقف مضخة الطرد.

- تسرب مياه الراجع لغرفة المحابس والمضخة.

وبالنسبة لالقاء الريجيكت فى آبار الراجع:

آبار الراجع هى الآبار التى تستخدم فى حقن أواسترجاع أو صرف المياه إلى الخزانات الجوفية ...ويتم تنفيذ هذه الآبار بنفس طريقة آبار السحب من حيث تواجد مواسير/خراطيم للبئر وغلاف زلطى وقاعدة أسمنتية حول رأس البئر.

الاعتبارات التى يجب مراعاتها عند تنفيذ آبار الراجع:

اختيار موقع آبار الراجع بعيداً عن مناطق تغذية آبار سحب وبعيداً عن آبار السحب نفسها بجانب تصميم عمق الآبار بحيث يتلاشى تأثيرها على آبار السحب أو البئية المحيطة أو تكون آبار الصرف فى اتجاه البحر إذا كانت بالقرب من البحر.

تجربة الحقن متعدد المراحل:

يتم إجراء التجربة للتأكد من كفاءة اختيار البئر وتتم على النحو التالى:

1- يتم إغلاق البئر بجلبة مجهزة بفتحتين.

2- يتم إجراء تجربة الحقن على ثلاث مراحل كل مرحلة لمدة ساعتين.

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

4- يتم تسجيل عمق مستوى المياه الإستاتيكى قبل بدء التجربة ... وكذلك المستوى الديناميكى عند كل مرحلة.

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

4- تبخيرها والحصول على أملاح وانتاج الكلور مع إعادة استخدام المياه:

يمكن تجفيف مياه الريجيكت والحصول على الأملاح ولكنها طريقة غير اقتصادية وتستخدم فى بلاد قليلة لأسباب بيئية.

المهندس محمد على محمد الوافى:

مصيرها أنها توضع في خزانات تبخير لأنها لاتصلح للزراعة أو يعاد تكرارها مرة اخرى.

المهندس عماد حمدي:

هو مشروع مربح (عمل مصنع ملح) من مياه الريچيكت التي يكون تركيز الأملاح فيها عالي جداً ... ولكنه يحتاج لمساحة ومصنع.

المهندس محمود ربيع قناوى:

بالنسبة لكمية المياه لو توجد مساحة بجانب المحطة ... من الممكن عمل ملاحات شمسية كمصدر إنتاج للملح وخاصة إن نسبة الأملاح عالية فهي تنتج كمية ملح كبيرة مقارنة بنسبة المياه و مشروع مكسبه كبير ... وكمية صغيرة منها تدخلها خلية chlorinator لتنتج كلور 12%.

5- بيعها لغسل الأرصفة وحمامات السباحة:

المهندس مؤمن أمين عبد الحميد:

هناك في بعض المحطات يتم بيع مياه الريجكيت فى غسيل الأرصفة وفى حمامات السباحة.

6- خلطها مع مياه صرف صحى أو صناعى معالج لزراعة الحدائق أو لإستخدامات أخرى:

يُمكن أيضاً خلط مياه الريجيكت بمياه حلوة أو مياه معالجة من الصرف الصحى واستخدامها فى رى الحدائق ... وتخضع لشروط ومواصفات تبعاً لنوع المزروعات واحتياجها لمياه عذبة أو مالحة.

المهندس قربابى الجيلانى عامر:

أنا أقوم بخلطها مع مياه صرف صحي معالجة وأرسلها إلى سقي الحدائق.

أيضاً يمكن خلط مياه الريجيكت بمياه الصرف الصناعى ثم تدخل على مراحل معالجة من ضمنها التناضح العكسي باستخدام أغشية خاصة بالأملاح العالية (على سبيل المثال ما يُطلق عليها الBrine membrane) ... والريجيكت الخارج من هذه الوحدة يتم تبخيره فى بركة evaporation pond ولا يتم التخلص منه إلى البيئة لخطورته على المياه الجوفية وما يحتويه من أملاح وشوائب ومخلفات بكتيرية وعضوية.

7- استخدامها فى العمليات الصناعية كخلطها مع مياه Blow down لبرج تبريد:

يمكن تجفيف مياه الريجيكت والحصول على الأملاح بطريقة الZLD وهى اختصار لZero liquid discharge ويتم فيها ترسيب الأملاح من هذه المياه باستخدام مكون بلورات الأملاح crystallizer وتبخير المياه عند درجة الغليان ثم تكثيفها وإعادتها للنظام (مثل المياه التى تستخدم فى أبراج التبريد أو الغلايات والتى تخرج بأملاح عالية فيتم نزع الأملاح منها وإعادتها للنظام مرة أخرى).

المهندس أيمن موسيلينى:

الأفضل لإعادة استخدام الريجيكت معالجته قبل إعادة استخدامه...

أنا عندي وحده ZLD ... وأستخدم ريجيكت محطة الRO ... يتم معالجته بإدخاله علي مراحل معالجة منها أنه يتم تجميعه في تنك ويكون مصدر لتغذية محطة RO أخرى ... ولكن بعد التخلص من العسر الدائم بنسبة 80% لارتفاع $CaSO_4$ عن طريق حقن كربونات الصوديوم (الصودا آش Soda ash) والصوديوم هيدروكسيد NaOH وذلك عن طريق منظومة حقن وترسيب مُصممة لذلك ... ويتم خلطها مع مياه البلو داون Blow-down لبرج تبريد ليكون فيد لمحطة RO أخرى ... مع وجود فلاتر U.F قبل الRO ... وريجيكت المحطة الأخيرة في حدود 3.0 متر مكعب/ساعة يدخل علي مُبخر حيث يتم تكثيف 2.0 متر/ساعة وإعادة استخدامها ... ومتر واحد يتجمع في حوض ترسيب في صورة ملح.

8- توليد الكهرباء:

المهندس محمد محمود عبد القادر محمود يقدم اقتراحاً بخصوص ذلك:

ممكن أن يتم استخدام مياه الريجيكت ذات الضغط العالي فى توليد الكهرباء وذلك عن طريق استخدام توربينات أونلاين وبذلك يتم الاستفادة من ضغطها وكميتها فى تحويلها لطاقة كهربائية ... وقد تم إعداد المشروع والتواصل مع بعض الشركات لتوريد التوربينات وجارى عرضه على إدارة الشركة للموافقة على التجربة.

9- توفير الطاقة باستخدام الPX

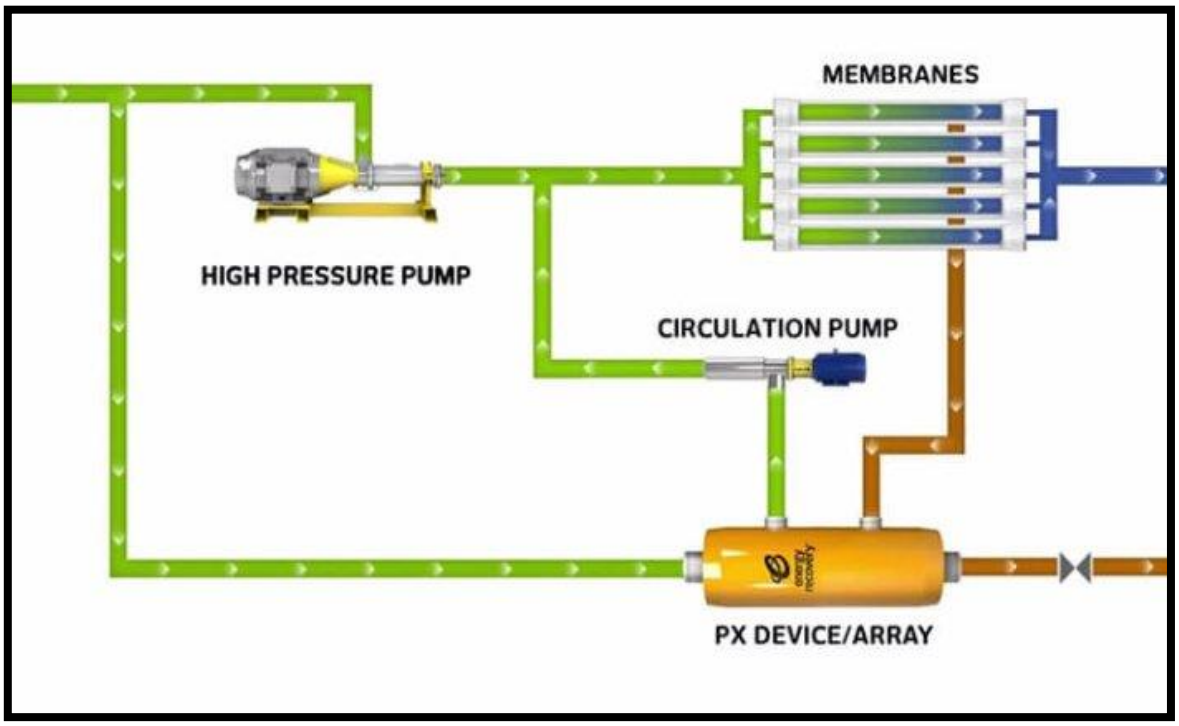
المهندس محمود ربيع قناوى:

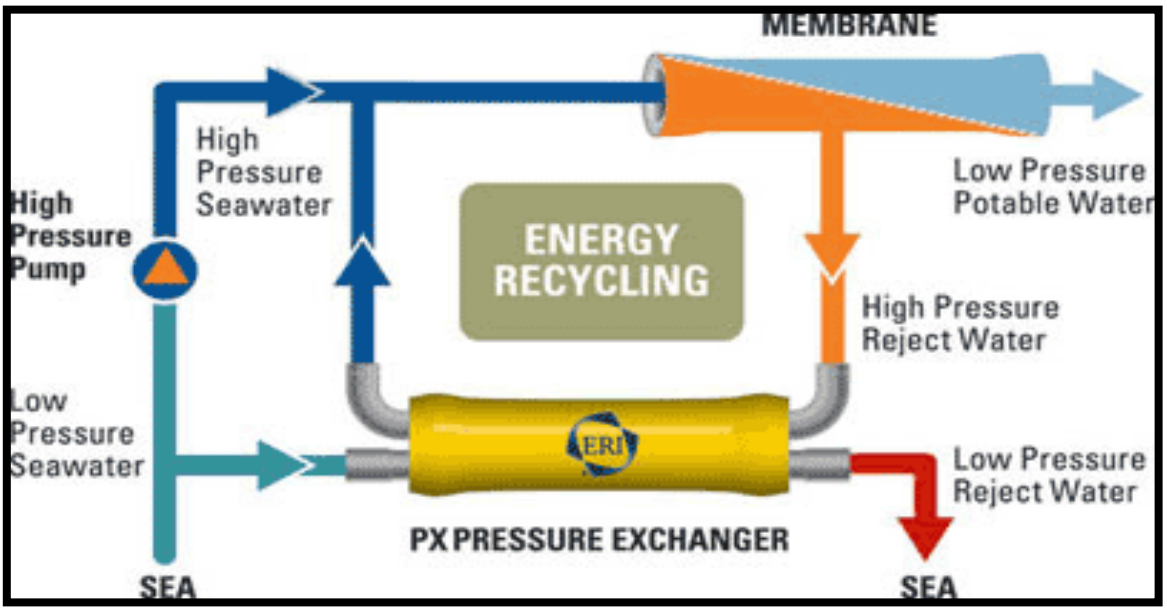
بالنسبة للضغط من المُمكن أن تأخذ الضغط العالي و تستغله عن طريق energy recovery مثل ال PX.

وحول الPX أو ال Pressure exchanger والتربو Turbo يتحدث الخبراء:

المُحاضر:

هذه صور لل Pressure Exchanger:





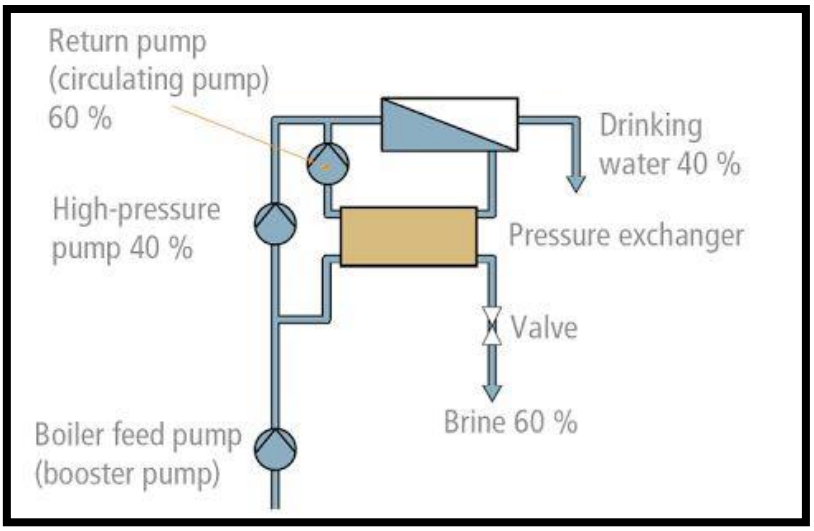
فما هو ال Pressure exchanger؟ يحدثنا الآن المهندس محمد على عبد المنعم عنه وعن التربو أو البوستر ...

المهندس محمد على عبد المنعم:

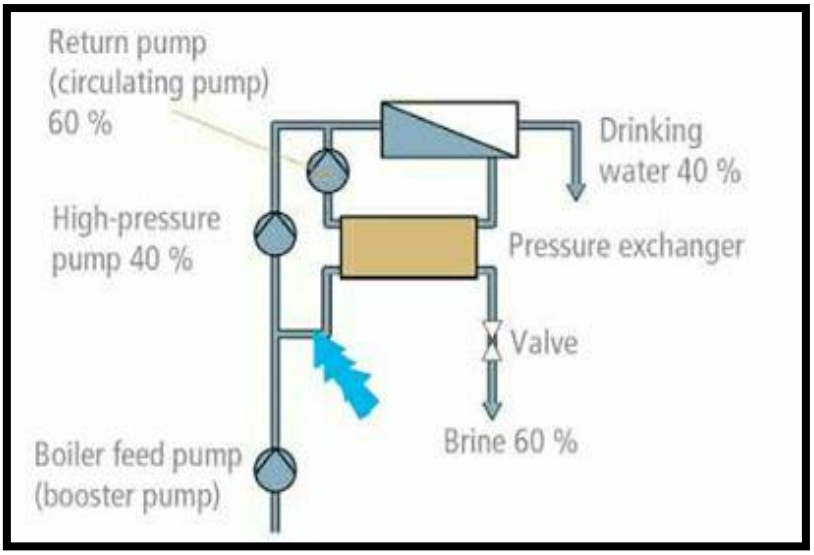
الإستفادة الهندسية من الضغط الخارج مع مياه الريجيكت في إعادة تدوير الطاقة Energy recovery مثل أجهزة التربو وال PX:

مياة الريجيكت تخرج بضغط كبير(تقريباً نفس ضغط الدخول مخصوم منه دلتا بي على الأغشية) ... نستطيع أن نستغل الطاقة الهائلة هذه في مساعدة طلمبة ال HPP أو تخفيف الحِمل عليها عن طريق أجهزة ال Energy recovery مثل مبادل الضغط pressure exchanger ... وهذه صورة لل PX من تصنيع شركة ERI:

يتم تقسيم مياه الفيد بعد الكارتريدج إلى مسارين HPP وPX ... تدخل المياه في البداية إلى الHPP كما في الوضع الطبيعي وتخرج من الأغشية reject بضغط عالي ... وبدلاً من رميها ندخلها على الPX تدور لنا الريش الخاصة به مثل الموتور وتوفرعلينا شراء موتور واستهلاك طاقة كهربية.



سؤال أحد الزملاء: ما دور هذه الوصلة يا هندسة...؟

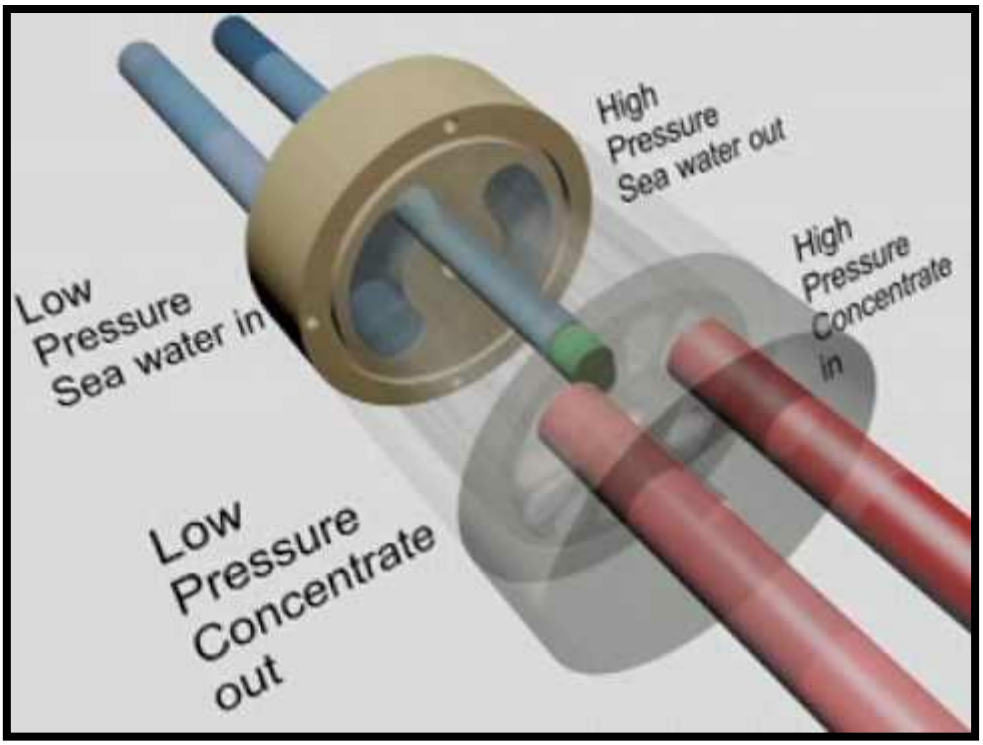


رد المهندس محمد على:

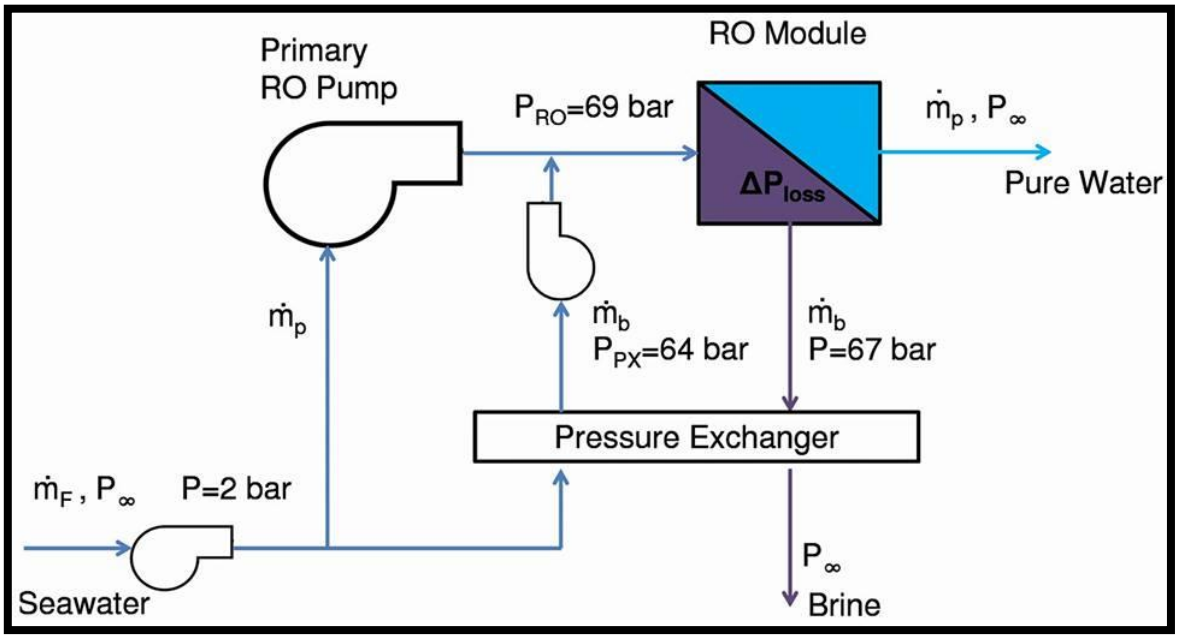
دخول مياه التغذية من بعد الكارتدج لجهاز px.

يستطرد المهندس محمد على:

بعدما أدارت مياه الريجيكت مشكورة الريش بطاقة عالية جداً مثل موتور HPP تبدأ الفكرة الميكانيكية ... فالجزء الذي يدخل من مياه التغذية على ال PX يجد أمامه ريش تدفعه بقوة مثل طلمبة HPP بالظبط ... يمشي بهذه القوة (هذا الضغط العالي) في مسار إلى الأغشية حتى يقابل أخوه الجزء الثاني (المدفوع من طلمبة HPP) و يدخلوا سوياً على الأغشية.

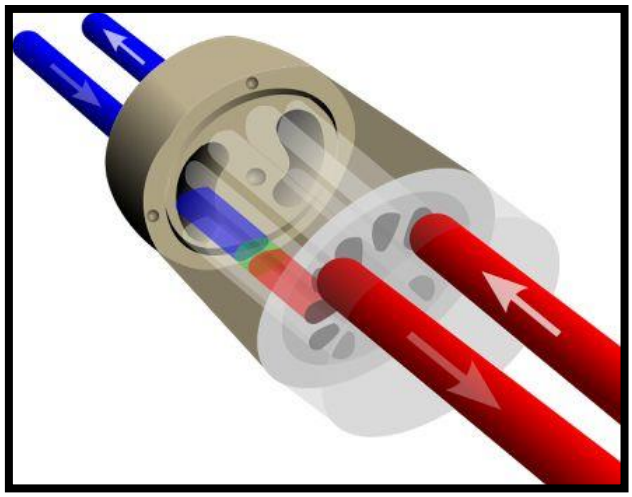


وبهذا فقد وفرت على طلمبة الضغط العالي دفع مياه التغذية كلها دفعة واحدة على الأغشية وتمت الإستفادة بالطاقة الخارجة من الريجيكت في توفير الطاقة ... وقسمت مياة التغذية بنسبة غالباً ما تكون 40% على طلمبة HPP و 60% على جهازال PX.



بعد استهلاك الطاقة من مياه الريجيكت في دفع مياه الفيد ... تخرج من مسار آخر بضغط منخفض تقريباً 1 بار إلى آبار الصرف ... وبهذا فيكون لجهاز PX مدخلين ومخرجين:

1- **مدخل مياه التغذية التي تأتي بعد الكارتدج بضغط منخفض.**
2- **مدخل مياه الريجيكت التي تأتي بضغط عالي والتي تدير الجهاز.**
1- **مخرج مياه التغذية بعد تدويرها بواسطة الجهاز وضغطها إلى الأغشية بضغط عالي.**
2- **مخرج مياة الريجيكت والتي سحب منها الجهاز طاقتها وأداربها تربينته وتركها تخرج بضغط منخفض للصرف.**

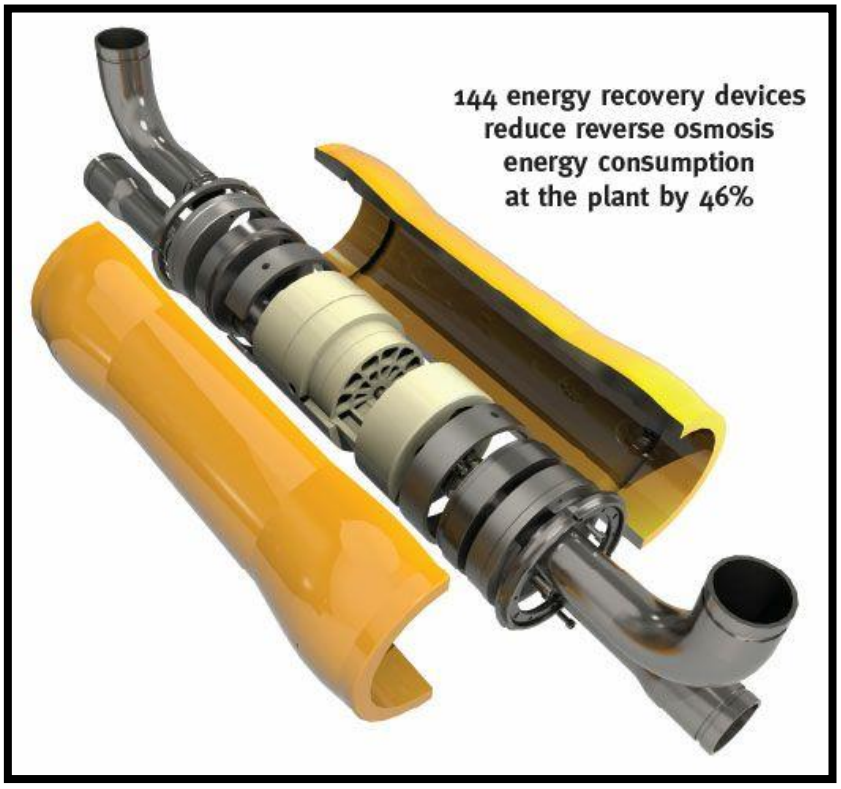


ويُكمل المهندس محمد علي:

بقى أمر بسيط ... هل دخول مياه الريجيكت مع مياة الفيد في جهاز واحد فيه تربينتين لا يسبب خلط وارتفاع ملوحة الفيد ؟

والجواب بالتأكيد يحدث ... لكن في حدود 100 ppm أو 200 ppm فقط ارتفاع ... لأن تصميم الجهاز ووضعية التربينة وفتحاتها لا تسمح بالخلط إلا في حدود ضيقة جداً جداً ... وهذا رأيته عملياً ... ومن الممكن أن يظهر لك على

شاشة قياس الأملاح في المحطة ... وعند حدوث خلط كبير فهذا مؤشر على حدوث مشكلة في خلوص التربينة ويجب فك الجهاز وصيانته.



سؤال ثاني ... مياة الريجيكت ضغطها يكون أقل نتيجة دلتا بي على الأغشية وأيضاً عندما تدخل الجهاز تدير التربينة ... يعني من الممكن أن يقل ضغطها عن ذلك .. فكيف تستطيع أن ترفع الضغط للأغشية مشابه لنفس ضغط خروج HPP ؟

الجواب: هذا صحيح فعلاً ... ولذلك فإن الجهاز يأتي معه booster pump أو طلمبة تعويضية بترفع الضغط قيمة 1.5 بار مثلاً لتعويض الفقد الذي حدث على ضغط مياه الريجيكت.

وللتوضيح نأتي بمثال بالأرقام:

ضغط مياة التغذية الخارج من الكارتريدج 4 بار ... تم تقسيم المياه لمسارين جزء دخل الHPP وتم رفع ضغطه إلى 60 بار للدخول للأغشية ... خرجت المياه من الأغشية reject بضغط 59 بار (على اعتبار فرق الضغط على الأغشية 1 بار) ودخلت مياه الريجيكت هذه على جهاز ال PX بضغط عالي 59 بار فأدارت التربينة الخاصة بها جيداً ... نرجع للجزء الآخر بقى من مياة التغذية الذي دخل جهازال PX بضغط 4 بار سيجد أمامه تربينة تلف بسرعة ترفع ضغطه ل 59 بار و تدفعه في مسار في اتجاه الأغشية وفي نصف هذا المسار سيجد طلمبة تعويض booster ترفع ضغطه من 59 بار ل 60 بار حتى يتجمع و يدخل للأغشية مثل أخوه الذى يأتي من HPP.

مداخلة الدكتور حسن كمال عبد الرحيم:

كلام حضرتك مضبوط وتمام جداً في حالة محطات تحلية مياه البحر لارتفاع ضغط الفيد حتى٦٠ أو ٧٠ بار أحياناً حسب نسبة أملاح التغذية ... وأيضاً على حسب سعة المحطة لأن الPX لها minimum capacity قد لاتتناسب مع

المحطات ذات السعات المنخفضة ولكن في حالة محطات تحلية مياة قليلة الملوحة ... فإن ضغط الفيد وبالتالي ضغط البراين يكون قليل واستخدام energy recovery system قد يكون غير مجدي اقتصادياً.

توضيح بسيط بالنسبه للPX لايوجد به تربينة ولا أجزاء دوارة أصلاً (لايوجد به عمود إدارة) الجهاز الآخر اسمه تربو تشارجر شبيه بالموجود في السيارات داخله تربينة ومضخة موصولين على نفس العمود ... ومياه الفيد تكون معزولة عن مياه الريجيكت ولا يتم الخلط بينهم.

رد المهندس محمد علي:

صحيح وقد أوضحت الفرق بينهم الآن جزاك الله خير ... وهذا مجرد مصطلح لتبسيط الأمور على الزملاء.

ويستكمل المهندس محمد علي حديثه عن التربو أو البوستر:

فكرة أخرى من أفكار استغلال الطاقة الخارجة في مياه الريجيكت وهو جهاز التربو أو Hydraulic pressure (booster) (HPB) ... ويعتمد أيضا على مساعدة طلمبة الضغط العالي و تقليل حجمها و بالتالي سعرها وتقليل قدرة المحرك وبالتالي تقليل استهلاك الكهرباء.

و في التربو لا يتم تقسيم مياة التغذية كما هو الحال في ال PX وإنما تخرج مياة التغذية كلها من طلمبة الضغط العالي لتدخل إلى التربو ليقوم برفع قيمة ضغطها ثم توجيهها للأغشية ... تخرج مياة الريجيكت من الناحية الأخرى و بدلاً من إلقاءها في الصرف يتم توجيهها إلى التربو لتدوير ريش الروتور Rotor الذي يقوم بدوره بنقل هذه الطاقة الكبيرة لمياه التغذية الداخلة إليه من طلمبة الضغط العالي فيزيد من ضغطها أكثر وأكثر ... ثم تخرج مياة الريجيكت مجهدة وقد سحبنا منها طاقتها في تدوير الروتور عبر مسار آخر إلى الصرف بضغط منخفض يقارب 1 بار.

وبهذا فقد وفرت في حجم و قدرة محرك و طلمبة الضغط العالي HPP وتوفير استهلاك الكهرباء وسعة الكابلات وخلافه بمجرد إدخال هذا الجهاز.

وللتوضيح فهذا مثال بالأرقام:

الضغط الخارج من طلمبة الضغط العالي و ليكن مثلاً:

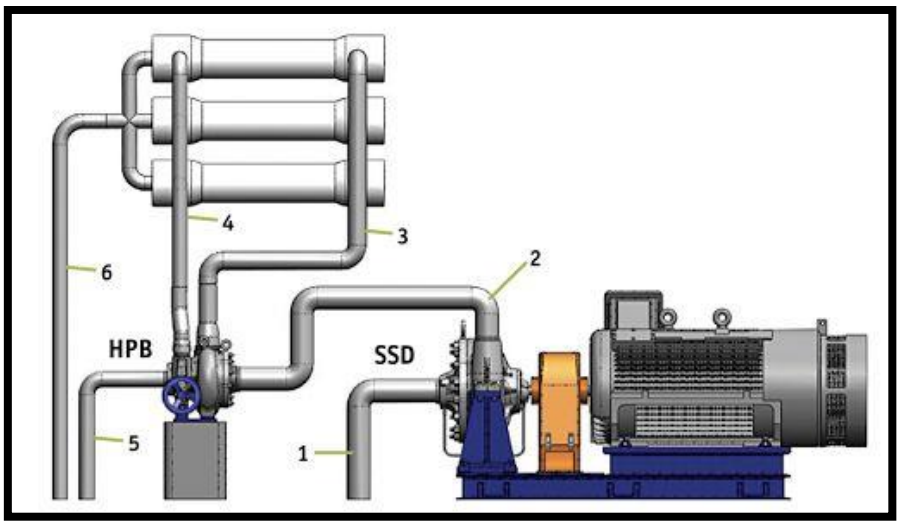
HPP discharge pressure = 500 psi

يدخل مباشرة بهذا الضغط العالي إلى التربو فيجد الروتور يدور بسرعة عالية فيدفع المياة ويزيد ضغطها مرة أخرى إلى 700 psi ويوجهها للأغشية.

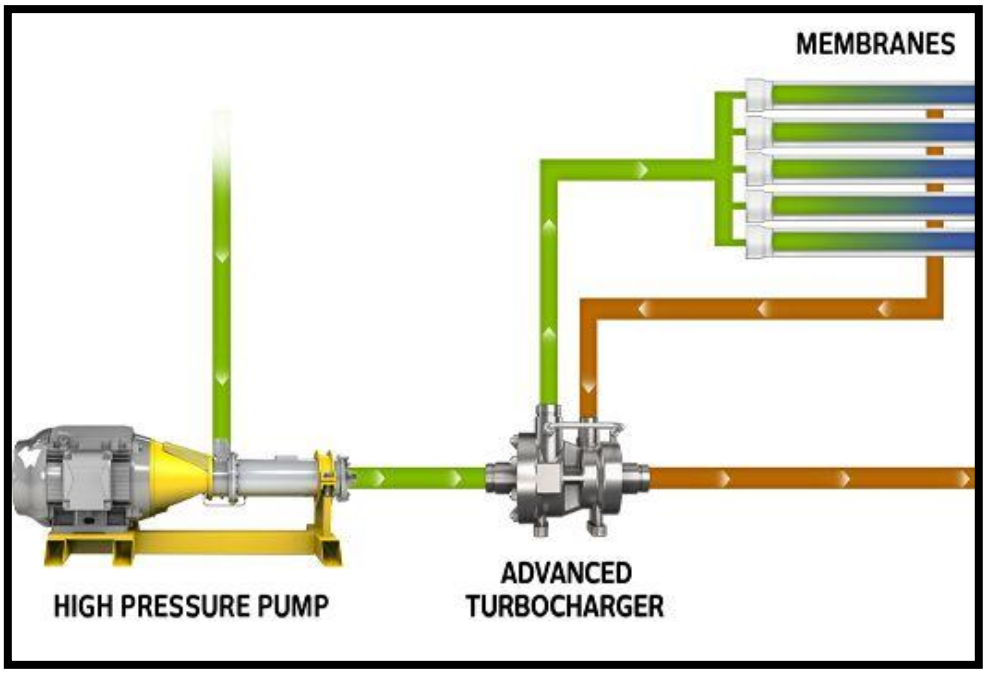
فيصبح ضغط المياه الداخل للأغشية:

membrane feed pressure = 700 psi

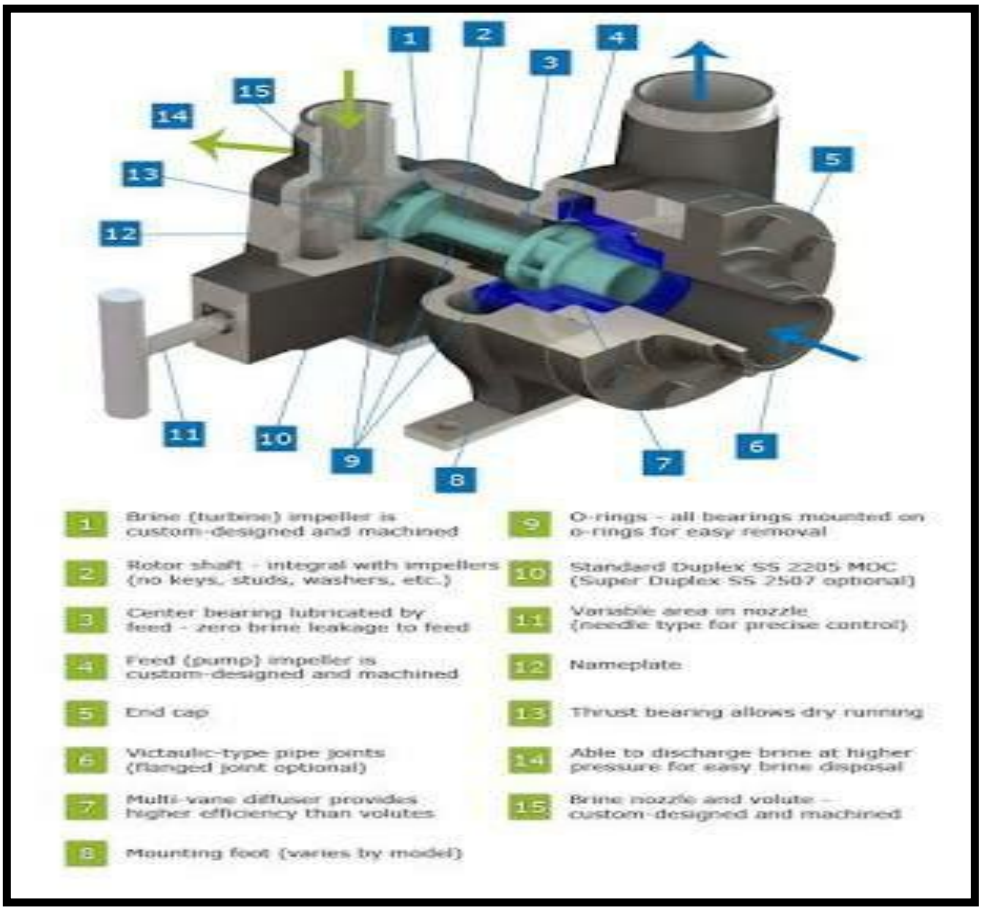
و ليس فقط 500 psi الخارج من الطلمبة و بالتالي بدلا من أشتري طلمبة تعطيني ضغط 700 و بالتالي موتور كبير ،، يكفي أن أشتري طلمبة تعطي ضغط 500 بمحرك أصغر لتعمل مع جهاز التربو ثم تخرج مياة الريجيكت بضغط وليكن مثلاً 680 psi (على اعتبار فرق الضغط على الأغشية 20 psi) ... لتدخل مياه الريجيكت هذه الى التربو لتقوم بتدوير الروتور ونسحب منها طاقتها وبعد ذلك تخرج بضغط بسيط وليكن مثلاً 10 psi إلى الصرف.



وهذه صورة أخرى موضحة بالأسهم لاتجاهات وحركة مياه التغذية والريجيكت ... والتربوأيضاً له مدخلين و مخرجين ... مدخل لمياه التغذية القادمة من طلمبة الضغط العالي و مخرج لها إلى الأغشية بعد رفع ضغطها بواسطة الروتور ... ومدخل لمياه الريجيكت القادمة من الأغشية ومخرج لها إلى الصرف بعد الاستفادة منها في تدوير الروتور.



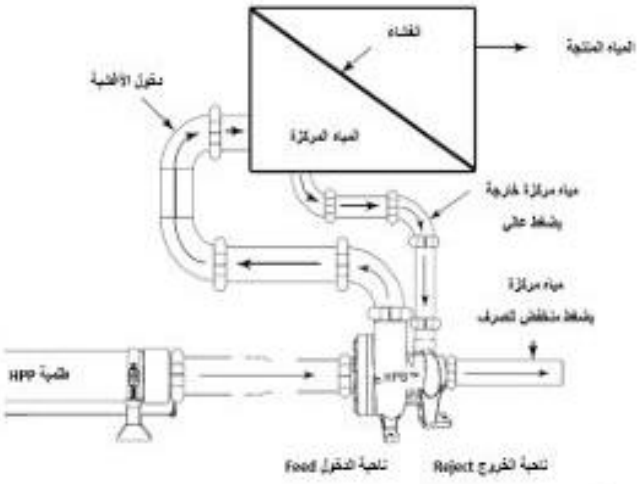
وهذه و صورة أخيرة لتركيب التربو من الداخل من إنتاج شركة fedco الأمريكية:



المهندس ممدوح محمد زيدان:

منقول من كتيب نظام العمل بمحطات التحلية للمهندس محمد على عبد المنعم:

فكرة عمل التربو : Hydraulic Pressure Booster (HPB Turbo)



- في محاولة للإستفادة من المياه المركزة الخارجة من الأغشية بضغط عالي ، تم التفكير في وجود جهاز ينتفع من هذا الضغط العالي بدلا من تصريف المياه المركزة على الصرف بلا فائدة .

- يقوم التربو بمساعدة طلمبة الضغط العالي في رفع ضغط مياه التغذية مرة أخرى عن طريق الاستفادة من ضغط مياه الخروج المركزة لذلك يتم وضعه بين طلمبة الضغط العالي HPP و بين الأغشية .

- تقوم طلمبة الضغط العالي في البداية بضخ مياه التغذية للأغشية فتنقسم إلى مياه منتجة خارجة بضغط منخفض و مياه مركزة خارجة بضغط عالي .

- نقوم بإدخال هذه المياه المركزة الخارجة بضغط عالي إلى التربو فتقوم بتدوير الريش الداخلية بسرعة كبيرة فتدور أجزاء الدوران الداخلية الروتور **Rotor** .

- عند دخول مياه التغذية من طلمبة الضغط العالي إلى التربو تجد الريش الداخلية تتحرك بسرعة كبيرة فتدفعها إلى الأغشية بضغط إضافي من التربو مرة أخرى ليزيد ضغطها أكثر .

- تدخل إلى الأغشية بضغط عالي مرتين ... مرة من الطلمبة و مرة أخرى من دفع ريش التربو فتقوم الأغشية بعملية التحلية و طرد المياه المركزة بضغط عالي إلى التربو مرة أخرى و هكذا تستمر العملية .

- المياه المركزة الخارجة بعد ما نستفيد منها بتدوير ريش التربو و استغلال الضغط العالي منها ، فبالتالي تفقد طاقتها و تخرج من فتحة أخرى داخل التربو إلى الصرف بضغط منخفض .

- التربو هو جهاز مثالي لإعادة تدوير الطاقة **Energy Recovery** لأنه يستغل الطاقة الموجودة في المياه المركزة في مساعدة طلمبة الضغط العالي بدلا من شراء طلمبة كبيرة و بالتالي محرك أكبر و طاقة كهربية أكبر .

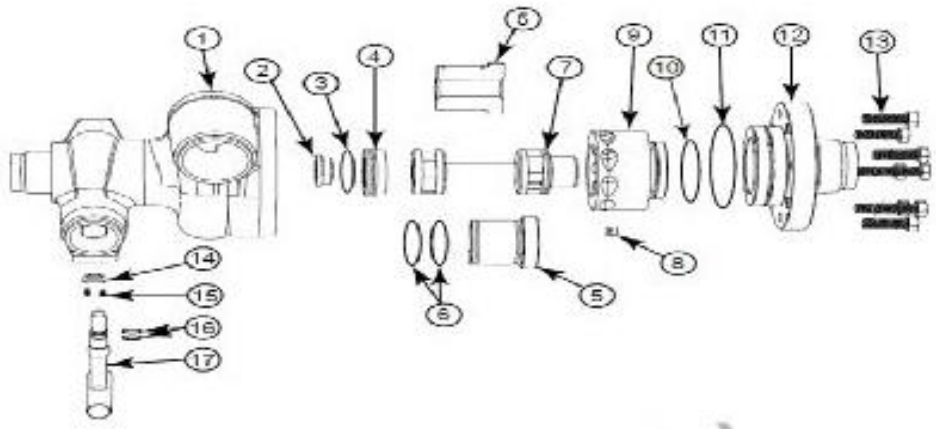
- يوجد مقاسات مختلفة من التربو حسب حجم المحطة وكمية المياه المطلوب تصرفها كذلك يوجد أنواع مختلفة حسب التصنيع و في كل الأحوال يحتوي على جهتين لدخول وخروج مياه التغذية ، و جهتين لدخول وخروج المياه المركزة .

- يتم وضع عدادات لقياس الضغط على دخول و خروج المياه في كل ناحية (التغذية و المركزة) لمتابعة كفاءة التربو و أداءه و يتم أيضا مراقبة أي تغير في الصوت الصادر عنه أو تسرب المياه من أي جزء .

- في حالة اختلاف الصوت أو وجود اهتزاز ، تأكد من ضغط طلمبة HPP و كمية مياه التغذية الداخلة و كذلك تأكد من عدم وجود هواء داخل النظام كله و تأكد من خروج المياه المركزة على الصرف بشكل طبيعي .

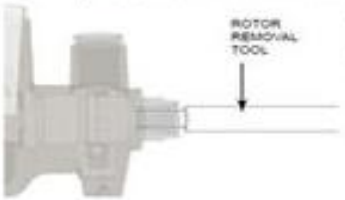
- في حالة عدم رفع الضغط تأكد أولا من عمل طلمبة HPP بشكل طبيعي و تأكد من وضعية محابس الدخول و الخروج بالكامل و عدم وجود تسريبات ، و إلا قم بفك التربو لاكتشاف العطل الداخلي .

Mohammed Aly



1	Casing	الوعاء الخارجي	١
2	Thrust bearing wear ring	غطاء الحلقة الدائرية للمحمل	٢
3	Thrust bearing O-ring	الحلقة الدائرية للمحمل (الأورنج)	٣
4	Thrust bearing	المحمل (رولمان البلي كما في الطلمبات)	٤
5	Center bearing (Split)	المحمل الأوسط (مقسوم نصفين)	٥
6	Center bearing O-rings	الحلقات الدائرية للمحمل الأوسط	٦
7	Rotor	الجزء الدوار (الروتور)	٧
8	Rotor filter	فلتر الجزء الدوار	٨
9	Diffuser ring	حلقة الموزع	٩
10	Diffuser O-ring	الحلقات الدائرية للموزع	١٠
11	End-cap O-ring	حلقات الغطاء النهائي	١١
12	End-cap	الغطاء النهائي	١٢
13	End-cap bolts	مسامير الغطاء النهائي	١٣
14	Auxiliary valve retaining plate	شريحة الحفظ للصمام الإضافي	١٤
15	Retaining plate screws	أماكن فك شريحة الحفظ	١٥
16	Auxiliary valve O-rings	الحلقات الدائرية للصمام الإضافي	١٦
17	Auxiliary valve	الصمام الإضافي (محبس التربو)	١٧

- فى حالة فك التربو للصيانة يراعى الدقة الشديدة و الانتباه لأماكن الفك و التركيب المحفورة فى جسم التربو و أجزاءه الداخلية و كذلك استخدام الأداة المخصصة لإخراج الجزء الدوار **Rotor Removal Tool** و توخي الحذر فى التعامل مع كل الأجزاء .



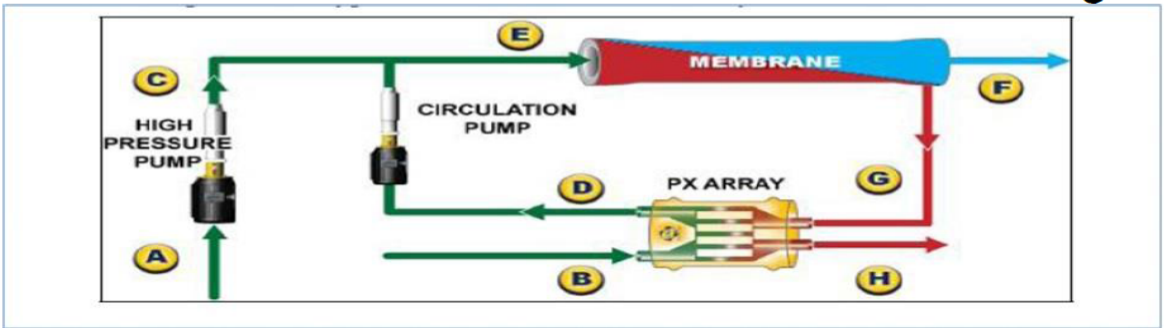
- يوجد أجهزة أخرى تستخدم لإعادة استخدام الطاقة Energy Recovery مثل جهاز مبادل الضغط **Pressure Exchanger (PX)** لكنه يحتاج إلى طلمبة تعويض إضافية Booster pump لكن ميزة التربو أنه لا يحتاج إلى طلمبات تعويض .

شكل (أ) : الشاحن التربيني. شكل (أ) : التربينة. شكل (ج) : مبادل الضغط.

شكل رقم 13-19 : أشكال أجهزة توفير الطاقة.

المهندس محمد عبد العال:

3) عند تقييم احد مهندسي التشغيل لوحدة تحلية تعمل بنظام موفر الطاق PX لم يتوفر لدية غير عداد لكمية المياة المنتجة فقط ,كيف يستطيع ضبط المحطة وأجراء الحسابات عن طريق جهاز قياس الاملاح؟



طبعا بفرض انه لا يوجد اي مشاكل في PX ,نبدء في ضبط نسبة الخلط داخل PX بحيث تكون املاح HP OUTاكبر من LP IN بحوالي (طبقا لمنحني الخلط)

من 300 : 800 جزء بالمليون في حالة PX مقاس 220 و 260

من 700 : 1100 جزء بالمليون في حالة PX مقاس 300

بمعلومية كمية المياه المنتجة نفرض انها مثلا 62 م3/س . نقيس املاح الدخول للاغشية واملاح خروج من الاغشية مباشرة ونحسب نسبة الاستخلاص (نفرض ان املاح الدخولfeed 40 الف جزء بالمليون والخروج reject 68 الف جزء بالمليون)

نسبة الاستخلاص RECOVERY = 1- (املاح الدخول / املاح الخروج)

=1- (68000/40000)*100=41.17%

نحسب كمية مياه دخول الاغشية feed= كمية المياه المنتجه product/ نسبة الاستخلاص

= 62/0.4117 = 150.59 م3/س

اذا كمية مياه الخروج rejected = 62 - 150.59 = 88.59 م3/س

اذا كان PX 220 أو PX 260 نفرض ان كل وحدة PX تحتاج الي تبريد حوالي 0.7 م3/س
واذا كانPX 300 نفرض ان التبريد 0.9 م3/س (طبقا لمنحني الاداء)

في المثال السابق نفرض انه لدينا 3 وحدة PX220 اذا كمية التبريد = 3*0.7 =2.1م3/س

$Q_{HPP}(C) = Q_{producte} + cooling\ for\ all\ PX$

كمية المياه المطرودة من مضخة الضغط العالي = كمية المياه المنتجة + كمية التبريد =64.1 م3/س

$Q_{cirulation\ pump}\ HP\ OUT\ (D) = Q_{feed} - Q_{HPP}$

كمية المياه المطرودة من طلمبة البوستر HP OUT= كمية مياه دخول الاغشية - كمية المياه الطرودة من طلمبة الضغط العالي = 150.59 - 64.1 = 86.49 م3/س

$Q\ HP\ IN\ (G) = Q_{rejected}$

كميه مياة الدخول HP IN= كميه مياة الخروجrejected=88.59 م3/س

$Q\ LP\ IN\ (B) = Q\ HP\ IN\ (G) + cooling\ for\ all\ PX$

بعد ضبط نسبة الخلط كما قلنا سابقا سيكون كمية مياه الدخول LP IN= كمية HP IN +كمية التبريد = 88.59 + 2.1 = 90.69 م3/س

$Q\ LP\ OUT\ (H) = Q\ HP\ IN\ (G) + Q\ LP\ IN\ (B) - Q_{cirulation\ pump}\ HP\ OUT\ (D)$

كمية مياه LP OUT =كمية HP IN +كمية مياه LP IN -كمية مياه HP OUT
= 88.59+ 90.69 -86.49 =92.79 م3/س

أحد الإستفسارات عن التربو والتى نزلت على منتدي خبراء تكنولوجيا المياه وآراء الزملاء فيها:

عندنا مشكلة ونريد أي حل ضروري ... وحدة RO ...الضغط بعد الpump high pressure 40 بار ثم يمرعلي التربو شارجر كما بالصورة ... والمفترض أن يكون الضغط بعده 60 بار ومنه إلى الأغشية ... وما يحدث الآن هو أن الضغط بعد التربو شارجريقل بدلاً من أن يزيد. ملحوظة: الضغط الذي يدخل على الأغشية مثل الخارج منها وهو الضغط الذي بعد التربو شارجر ... فأين المشكلة؟ في التربو أم الأغشية ... لأن التربو أيضاً يأخذ جزء من الreject ويرفع به الضغط ... هل من الممكن أن تكون الأغشيه مسدودة أم شيء آخر يؤثر على الضغط؟

وقد جمعنا لكم بعض آراء الخبراء كالتالي:

- هذا النوع من التربو هو من فيديكو الأمريكية.

- هذه الظاهرة إما أن تكون من الأغشية وتحتاج إلى غسيل كيميائي ...إلخ وإما أن تكون من التربو نفسه.

- لو كانت المشكلة فى الأغشية فالمعتاد أن يزيد الضغط الداخل على الأغشية وهذه ليست فى حالتنا.

- المشكلة هنا فى التربو ومن علامة أن به العُطل هو أن ضغط طلمبة الضغط العالي يرتفع عن معدله الطبيعي بحيث يكون الضغط فى الحالة الجيدة 40 بار ... ويرتفع إلى 45 بار أوأكثر ويجب الكشف عليه ... وفكه سهل ولكن يجب الحذر عند إخراج القطع حتى لا تتعرض للكسر.

بعض الإحتمالات:

1. **مشكلة فى عمود الإستانلس Rotor shaft.**
2. **مشكلة فى الإمبيليرFeed (pump) impeller: فقد يحدث له تآكل وقد نلجأ لمسح المنطقة التي حدثت فيه التآكل على المخرطة ... وقد يكون هناك سدد فى فوهات الدخول (النوزل) Nozzles التى تقابل مدخل الريجيكت أو حدث كسر فيها.**
3. **مشكلة فى السنتر بيرينج Center bearing graphite (carbon) وقد يحتاج لتغيير (والأفضل قطع الغيارالأصلية).**
4. **مشكلة فى الثراثت بيرينج thurust bearing وقد يتطلب تغيير (وكثرة الصيانة لهذه المنطقة تسبب تآكل فى الفحمة (الكربونة) داخلها وبالتالي فإن العمود والأمبيلير Shaft & impeller لا يعطيان ضغط) ... كما يجب عمل مراجعة للRotor الذى قد يحتاج لتغيير.**
5. **مشكلة فى الDiffuser.**
6. **قد يكون سبب المشاكل هو تسرب الرمال من الفلاتر فى المعالجة الإبتدائية.**

و هذا النوع اخطر مشاكله بسبب الرمال ان حدث تسريب رمال من فلتر القطن وفك التربو ده سهل جدا مع مرعاه الحذر ف إخراج القطع المذكور بداخله لعدم الكسر ان كانت سليمه وبذلك تعرف السبب من انه قطعة بداخله السبب .

7- فتحات الBalance مسدودة نتيجة احتكاكها فى الجلب الكربونية ... فيعوق ذلك حركة الريشة والعمود (بيركن) من ناحية التربينة ... والبعض يضطر أحيانا لعمل إذابة للكربون عن طريق وضعه فى حمض الكبريتيك المركز عدة ساعات وقد تعطى جيدة نتائج أحياناً.

ما يحدث فى الغالب أن يكون هناك unbalance flow علي التربينه وهنا يجب متابعة قيمة الضغط علي خروج الريجيكت (low pressure) ... ويجب ألا يقل عن ١ بار ... من الموصى به تقليل الريكفيري على ألا يتعدى المسموح به ٤٠- ٤٥٪ حتى لا يؤثر على كمية المياه التى ترجع لتديرالتربينة.

المهندس رياض عبد الفتاح عوض أرسل رابط لفيديو عن التربو ومكوناته:

http://bit.ly/2BhGJ7D

(ويُفضل فتح اختيار الCC باليوتيوب لكى يظهر الشرح مكتوباً)

تم إلقاء هذا السؤال فى المنتدى:

وكانت إجابات الخبراء كالتالى:

الدكتور محمد شعبان:

الأمر له شقان :

الأول:أن المحطة إن وُضِع بالحسبان عند تصميمها من البداية تعدد المراحل فيؤخذ في الحسبان اختيار طلمبة الضغط العالي الأساسية أن تغطي الضغط الاسموزي لآخر مرحلة مع احتمال الإحتياج لطلمبة مساعدة (البوستر) ولا نحتاج لطلمبة ضغط عالي أخري من باب الcost reduction.

الثاني: لو كان الأمر تعديل علي محطة قائمة بالفعل فنرجع existed unit projection ونحسب الضغط الأسموزي للمرحلة المراد إضافتها وهذا حسب ملوحة مياه الريجيكت للوحدة الموجودة بالفعل وحسب فرق الضغط المطلوب رفعه يتم تحديد بوستر أو طلمبة ضغط عالي.

المهندس أيمن موسيليني:

من المفترض أنه يؤخذ في الحسبان عند تصميم المحطة قدرة طلمبة الضغط العالي HPP من حيث الضغط والFlow وغالباً في محطات المرحلتين تكون طلمبة الفيد كافية ولا تحتاج لطلمبة إضافية ... وفي حالة محطات الثلاث مراحل علي التوالي ... قد نحتاج فقط إلي طلمبة بوستر للمرحله الثالثة فقط ... وفي هذه الحالة تكون المرحلة الثالثة بمثابة محطة منفصلة من حيث الضغوط والإنتاجية والريجيكت والدلتا بي ...

ملحوظه: قد تكون أملاح بيرميت المرحله الثالثة أقل من أملاح المرحله الثانية الثانيه نتيجة وجود بوستر للمرحله الثالثة ... وهذه الظاهرة موجودة عندي بالفعل ... لذلك يجب معاملة المرحلة الثالثة كأنها محطة منفصلة ... ولا يجب الجمع بينها وبين المراحل الأخري من حيث الدلتا بي والإنتاجية والضغوط ...

المهندس محمد محمود عبد القادر محمود:

أنا عندى طلمبة ضغط عالى فى المرحلة الثانية لأن البوستر لا يولد الضغط الكافي لنفاذ المياه من الأغشية هلى الرغم من أن عندى الإثنين.

المهندسة سُمية طه هلال:

حسب الطاقة الإنتاجية للمحطة ونسبة الأملاح ومسار مراحل المحطة ... فمن المُمكن محطة لها أكثر من مرحلة بنفس الهاي بريشر ... لو ريجيكت الأولى للثانية وريجيكت الثانية للثالثة ... ونفس المحطة بنفس الطاقة الإنتاجية ونفس نسبة الأملاح استخدم لها بوستر بمبBooster pump أو مضخة HPP صغيرة لو إنتاج المرحلة الأولى يتم تجميعه في تانك واسحب من هذا التانك للمرحلة الثانية فلابد وحتماً استخدام مضخة لأن الضغط لمضخة الضغط العالي الأولى لا تستطيع تحقيق عملية التناضح العكسي بكفاءة لأن هذا التانك الإضافي استنفذ عدد بارات عالية.

المهندس محمد على عبد المُنعم:

غالباً في محطات BW ذات الأملاح المنخفضة والمتوسطة لا نحتاج طلمبات وسيطة ... فيخرج الريجيكت مباشرةً للمرحلة الثانية التي غالباً نضع لها أغشية SW تعمل على ضغوط قليلة وأملاح عالية.

المهندس عماد حمدى:

علي حسب درجة الأملاح TDS والتي منها تتحكم في إرتفاع الضغط الإسموزي .. وهنا نحتاج إلي مضخة تعطي ضغط أكبر من الضغط الإسموزي.

المهندس سعيد عادل:

على حسب الفيد بريشر المطلوب في البروجيكشن من البداية.

المهندس وليد صالحين عبد الباسط:

على حسب كمية الأملاح الناتجة من المرحلة الأولى والضغط المستخدم.

المهندس حسن محمد على الشيب:

أكيد لازم مضخة HBB البوستر لن توصل الضغط اللازم للأغشية ... ونحن نفصل الأملاح عن طريق الضغط ... ووظيفة الHPP رفع ضغط المياه من ضغط منخفض إلى ضغط عالي ... وفى محطات Sea water نستخدم BX مبادل للضغوط وهو يكون بعد الHPP لأنه يحتاج ضغط عالي لأن الأملاح بالتأكيد تكون عالية.

المهندس أحمد خيري العزاوي:

يعتمد على تصميم المحطة والبروجيكشن في البداية ... وبعد التشغيل لو كان الضغط الناتج من المراحل الثانية والثالثه أكبر من الضغط الأسموزي لا نحتاج وبالتالي ستتم عملية فصل الأملاح عن طريق الضغط التصميمي من HPP.

10- خلطها بمياه التغذية (أو تنك مياه التغذية):

بالنسبة لإعادة مياه الريجيكت وخلطها مع مياه التغذية فى دورة جديدة وهو ما ذكرناه بعملية الدوران (التدوير) أوالCyclic process والغرض منها: توفير مياه الفيد المستخدمة والاستفادة بأقصى حد منها وزيادة الريكافرى بجانب تقليل التكلفة الخاصة بمعالجة مياه الريجيكت ... كما أنها تفيد عندما يكون الفيد منخفض الملوحة وإنتاجية المحطة عالية فيتم استغلال المحطة فى تحلية كمية إضافية من المياه تستطيع إستيعابها إلى غير ذلك من الفوائد.

وقد انقسم الخبراء انقساماً كبيراً إلى فريقين ... الفريق الأول يعارض تماماً إعادة مياه الريجيكت وخلطها مع مياه التغذية إلا بشروط قاسية ... والفريق الثاني يؤيد هذا الأمر ولكن أيضاً بشروط ... وقد أحببنا هنا طرح الرؤيتين ومداخلات الخبراء ونترك الباقي لوجهة نظر وذكاء وخبرة القارىء ... وكما قلنا من قبل أمر هام جداً وهو أن معالجة المياه حمالة أوجه فما يصلح فى وحدة قد لا يصلح لأخرى.

وقبل سرد مناقشات الزملاء سنذكر مثلاً حتى نستوعب السطور القادمة: عندما يعطي الطبيب نفس الدواء لمريضين ... الأول شُفى تماماً بدون مشاكل ... الثاني لم تظهر عليه أى حالات الشفاء بل ازدادت حالته سوءاً ... فهل يحق أن يقول المريض الثاني للطبيب دواؤك خاطىء ولا ينبغي أن توصفه للمرضى؟؟

فإذا أردنا أن نعرف الاحتمالات والتفسيرات لذلك ... فنقول الدواء صحيح لكن كان ينبغى أن تزيد الجرعة منه أو يؤخذ بصورة مختلفة مع المريض الثاني أو أن تشخيص المرض للمريض الثاني كان خاطئاً وكان ينبغي أن يأخذ دواءً آخر ... لكن لا يُمكن بأى حال من الأحوال رفض الدواء تماماً وذلك لأنه أثبت بالفعل نجاحه مع المريض الأول ... وأما المريض الثاني فينبغي دراسة حالته ... لم لم يستجب للعلاج؟ ولا يُمكن أيضاً أن نوبخه بأنه لم يستجب للعلاج! ومن هنا نقول ... فكرة التدوير لمياه الريجيكت هى بالفعل قد نجحت فى وحدات عدة ... والمراجع العلمية ومصممى الوحدات وبرامج السوفت وبير لم تنفيها بل بالعكس تعاملت معها كحقيقة واقعة ... ونستطيع أن نرى هذا الإختيار فى برامج السوفت وبير فى خانة التدويرRecycle ... وأما الوحدات التي لم ينجح فيها موضوع التدوير لمياه الريجيكت ينبغى أن ندرس أسباب ذلك.

والآن نستعرض معاً آراء ومناقشات الخبراء:

الفريق الأول المُعارض لخلط مياه الريجيكت بمياه الفيد:

من وجهة نظر هذا الفريق هو أنها تؤثر بالسلب على الأغشية وقد تحتوى على أملاح مركزة خطيرة مثل السيليكا والكبريتات ... إلى غير ذلك من الأمور التى سوف نقرأها الآن:

المهندس حاتم أحمد حسين:

خلط الريجيكت دائماً يوزع المخاطر على المحطة مرة أخرى كما أن الخلط يؤدي إلى عودة الأنتيسكيلنت للمحطة وتركيزه الزائد قد يضر ... كما أن الريجيكت وما قد يحتويه من أنوية للأملاح Nuclei قد يمثل بادئة لتكون كريستالات أملاح مما يصعب مهمة الأنتيسكيلنت ... والأفضل هو حصر المخاطر في ال reject ro ليكون تحت أنظارنا في التشغيل وأخذ احتياطات يمكننا بها رفع الإستخلاص وحتى لو التضحية بأغشية في وحدة الريجيكت ... أفضل من تهديد المحطة الرئيسية... ووجود ال UF قد يفيد جداً في حجز أنوية الأملاح لتقليل إحتمال تكون ال crystals.

المهندس محمد على عبد المُنعم:

أميل لهذا الرأي.

المهندس عادل بدوى على:

هذه مخاطرة كبيرة من حيث التحكم في البكتريا وزيادة أملاح الريجيكت ... لكن إذا كانت هناك إمكانية في استخدام هذه المياه في إعاده تدويرها والتحكم فيها فذلك الأفضل ... وشخصياً أفضل معالجتها بغرض استخدامها في العمليات الصناعية وليس مياه الشرب.

المهندس أيمن موسيليني:

تدوير جزء من ريجيكت محطة إلى فيد نفس المحطة هذا موجود عندي علي وحدة من وحدات الZLD ... ولكن بالتجربة يحدث ارتفاع في أملاح الفيد وارتفاع في الضغوط مع الوقت ومع الاستمرار يزداد الضغط حتي يصل الRBM لطلمبة الضغط العالي لتحقيق flow إلى 100% ... وبعد فترة يصل الضغط للحد الأقصي ومن ثم تتوقف المحطة لتحقيق trip للضغط.

المهندس وليد أبو السعود حامد أبو سمرة:

أعتقد أن الحديث في هذا الموضوع ستكون حجم الأضرار الناتجة منه أكبر من الإستفادة لأن أي فهم خاطئ لأي معلومة سيتم تطبيقها ستؤدي إلى كوارث ليس لها مثيل وحدثت مسبقاً كوارث لخبراء ولم ينجوا منها شئ من المحطات حتي مواسير الدوبلكس ستيل تجمدت بها الأملاح ... وفي حياتي العملية ممرت على أكثر من 52 موقع بين مصر والخليج و شمال أفريقيا علي أنواع مختلفة و تصميمات معقدة بما فيه الكفاية وعن واقع تجربة عملية في تدوير مياه الإنتاج أوالطرد علي تغذية نفس المحطة فهذا موضوع فاشل إلا تحت ظروف معينة لصنع مركز اتزان لأملاح التغذية أثناء التدوير ... إنما موضوع البروجيكشن فهذا استرشادي في حالة التدوير لنفس خط التغذية حتى تأخذ ضغط طلمبة الهاي بريشر وظروف تشغيل قياسية وعمر الممبرين ... وحقيقي وثابت للتدويرعلي خط تغذية آخر بمعني أني يكون عندنا

محطتين نفس التغذية لكننا نأخذ جزء من ريجيكت الأولى علي خط تغذية الثانية وتكون قيمة أملاح الريجيكت ثابتة وليست متغيرة.

{وجهة نظر المهندس وليد أبو السعود أنه سيكون هناك زيادة مطردة (تراكمية) فى الأملاح فمثلاً لو ريجيكت المياه في البداية أملاحها مثلاً 1000 جزء فى المليون ومياه تغذية 200 جزء فى المليون سنأخذ 10 % علي سبيل المثال ونخلطهم فترتفع ملوحة التغذية إلى 250 ويصبح الريجيكت يبقي 1200 وبدوره نأخذ منه فى التدوير للمرة الثانية 10 % فيزيد الريجيكت 1500 مثلاً والتغذية تصل إلى 300 ... ومع كل هذا فإن الريكفري سيتغير و مع كل تدوير سنحتاج إلى تعديل في الحقن وهكذا وهكذا حتى تقف المحطة ومعها ترسيب أملاح مؤكد علي الممبرينات وخسائر بالجملة للمبرينات والفيزلات ... وحتى تخلط الريجيكت بالتغذية يجب إيجاد نقطة اتزان للضغط وظروف تشغيل بكنترول معقد وشروط صارمة في خطة التشغيل حتى نصل لما نريد}.

المهندس أحمد عويس أحمد:

بحساب بسيط ... تختلط مياه الريجيكت مع الفيد ... ترتفع الأملاح في الفيد فتقل الإنتاجية ... فنرفع الضغط حتى نحافظ على كمية الإنتاج ... فنستهلك طاقة عالية!! فماذا فعلنا؟!

الفريق الثانى المُؤيد لخلط مياه الريجيكت:

هذا الفريق يؤيد الأمر وقالوا بأنه يُمكن أن يتم أخذ جزء من الريجيكت لخلطه بمياه التغذية وذلك بعد حساب الأملاح المتوقعة ... وهل هى متوافقة مع الغشاء أم لا ... وعمل بروجيكشن من جديد حيث أن أمور جديدة تغيرت مثل كمية مياه التغذية التى زادت ... وهل ضغط طلمبة الضغط العالى يتناسب مع الوضع الجديد أم لا ... كل هذه الأمور يجب أن توضع فى الحسبان مع معالجة مياه الريجيكت كما سنبين بعد قليل إذا كانت الأملاح عالية ... وإلا كان المنع منه أولى حتى لا تحدث الكوراث ... أنظر الآن إلى آراء الخبراء:

الدكتور حسن كمال عبد الرحيم:

من الناحية النظرية ... من البداية أثناء تصميم المحطة في مرحلة البروجيكشن يؤخذ في الإعتبار مسألة خلط البراين مع الفيد ... ويسمح لي المهندس وليد أني اختلف معه في شرحه للعملية في البداية عندما أشار لمسألة ارتفاع الملوحة باستمرار.

هناك فرق بين المحطة ذات التدفق المستمر Continous feed flow والمحطة التي تعمل بطريقة الباتش فيد Batch feed ... طبعاً المحطات الكبيرة كلها تعمل بطريقة التدفق المستمر ... بمعنى أن هناك كمية جديدة من الفيد تدخل للمحطة باستمرار وهي ذات ملوحة ثابتة تقريباً ... يتم خلط جزء من مياه الريجيكت بنسبة معينة فتصبح ملوحة مياه التغذية بقيمة محددة بعد الخلط ... وهذه هي المياة الداخلة للأغشية وبالتالي يخرج الريجيكت كل مرة بنفس الملوحة تقريباً ... مما يعني أن الملوحة لاتتغير بصورة كبيرة مع استمرار تشغيل المحطة ... ولن تزداد باضطراد كما يعتقد بعض الزملاء.

تعقيب المهندس محمد محمود عبد القادر محمود:

الكلام صحيح تماماً عملياً وعن تجربة ... أنا عندي محطة بوش ألمانى نستخدم ٢/٣ من الريجيكت ويتم خلطه مع مياه التغذية ويبقى ثابتاً ولا تتغير الملوحة مادام مياه التغذية لم تتغير مواصفاتها.

لو نسبة الأملاح من الريجيكت داخل الحدود المسموح بها وهذا يكون فى محطات المعالجة الصغيرة وبالتالى نستطيع خلط مياه الريجيكت بتنك مياه التغذية الرئيسي ويتم الإستفادة منها بحيث يكون نسبة المياه العمومى مع نسبة الريجيكت فى الحدود المسموح بها وأعتقد هذا أضمن وأنسب حل لمياه الريجيكت داخل الحدود المسموح بها من أملاح وعسر وكلور وهذا يعتبر أرخص الحلول.

رد المهندس محمد على عبد المُنعم:

صحيح لكن ذلك لا يتناسب مع المحطات الكبيرة والأملاح العالية أصلاً في مياه التغذية سواء SW أو BW عالي الأملاح.

رد المهندس محمد محمود عبد القادر محمود:

يتم عمل التحاليل الريجيكت ولو النسبة فى الحد المسموح يتم إعادتها مباشرة لتنك التغذية الرئيسي ... وأنا أتكلم عن محطات معالجة المياه لمصانع الأدوية أوالمصانع التي تستخدم مياه الشرب العادية التي أملاحها لاتزيد عن ٨٠٠ - ١٠٠٠مجم/لتر فى أسوء حالتها.

ويضيف المهندس محمد محمود عبد القادر محمود أمراً عنده بالوحدة:

نسبة الأملاح تزيد بعد الخلط طبعاً عن التغذية يعني بدلاً من تدخل أملاح ٦٠٠ مثلاً على الأغشية تدخل ٩٠٠ بعد الخلط ... وتكون ال ٩٠٠ ثابتة طول فترة التشغيل تقل وتزيد بنسبة بسيطة ... وفترة التشغيل تكون ساعة أو ساعتين متواصلة على أقصى حد وتتوقف برهة وتستمر مرة أخرى وهكذا ومع الوقت يبدأ الضغط يتأثر قليلاً فعلاً لكن نسبة الأملاح لا تتغير كما أوضحت.

رد المهندس وليد أبو السعود حامد أبو سمرة (صاحب وجهة النظر المعارضة):

لا نحن نتكلم عن تشغيل متواصل ومياه عالية الملوحة وما عندك بالتأكيد مضبوط علي محطة صغيرة وأملاح قليلة و تشغيل محدود.

المهندس مجدى السمان فى حالة أملاح منخفضة لمياه التغذية (مياه بلدية) (200 جزء فى المليون):

استخدام مياة الرجيع وربطها بمياه التغذية ودخولها على الأغشية عملية بسيطة ولا توجد منها أى نوع من المشاكل مع مياه نسبة الأملاح 200 جزء فى المليون ... بمعنى ... مياة الرجيع أملاحها حوالى 800 جزء فى المليون وبعد الخلط ستكون حوالى 300 - 400 ... ولكن يجب معالجة مياه الرجيع حيث ستكون كل مشاكل معالجة المياه فى مياه الرجيع وخاصة من ناحية البكتريا ... فلو تم معالجة مياة الرجيع لاتوجد أية مشكلة من خلطها بمياه التغذية وخاصة أن نسبة أملاح التغذية 200 جزء فى المليون ... ولكن يلزم لعمل هذه التجربة أن يكون عندك عدد 2 خزان لمياه الريجيكت ...

على أن تقوم بملئ الخزان الأول بمياه الريجيكت ثم تقوم بخلط مياة الريجيكت مع مياه الفيد وإدخالها على مضخة الضغط العالى ... والريجيكت الناتج يتم تجميعه فى الخزان الثانى ويتم التخلص منه لأن نسبة الأملاح عالية ولا تستخدم مرة ثانية.

وبالنسبة لزيادة الFlow فبالطبع نسبة مياة التغذية تزيد وتعتمد نسبة الزيادة على كم متر مكعب وأيضاً مضخة الضغط العالب هل تستطيع أن تمد الأغشية بكل هذا المياه وتكون بنفس الضغط؟ بمعني أنه لو مضخة الضغط العالى لن تتأثر وأيضاً الضغط فلا يوجد مشكلة ... ومن الممكن إضافة أغشية تناسب الزيادة فى المياه يعنى هى عملية حسابية.

المهندس حسن محمد على الشيب:

نعم يصلح ... أنا عندي عدة محطات ونأخد نسبة من مياه الريجيكت وندخلها علي مياه الفيد قبل الهاي برشر بامب HPP ... بعملية خلط وفي نفس الوقت نحافظ علي أكبر قدر ممكن من المياه فلا يضيع وبريكافرى 80% بعد الخلط.

المهندس محمد طه عبد الستار:

يجب أن تعرف عندما تخلط الريجيكت بالفيد ... ستكون الأملاح كام وتنظر إليها هل هى متوافقة مع الممبرين أم لا ... لكي لا يحدث فاولينج أو سكيل ... يُفضل عمل new projection للوحدة بعد معرفة الأملاح بعد الخلط.

المهندس ثائر السعيد له مداخلات مهمة ... ونبدأها بتأثير مياه التغذية السيء على منظومة الRO عندنا تحتوى على TDS منخفضة وبالتالي يكون الحل إضافة جزء من مياه الريجيكت لرفع الأملاح فى الفيد:

بطريقة بسيطة ... الflux rate هو نسبة التدفق المار لماء البرودكت عبر وحدة المساحة لسطح الممبرين خلال وحدة الزمن ... ولكل ممبرين ميزة ورقم خاص به ... وإذا زادت تؤدي إلى حدوث تدفق عالي وتوجه غالبية الماء إلى البيرميت و يكون الممبرين overloaded ومن المُمكن أن يحدث اتساخ بسبب ذلك لانخفاض الريجيكت وتوجه الماء إلى البيرميت وسبب ذلك هو انخفاض الاستقطاب عن رقم معين وهذا الاستقطاب أوالpolarization factor منخفض (والبيتا فاكتور عالي) وهو الذى يحدد الdriving pressure والذي يكون منخفضاً في ماء منخفض الملوحة لأن الflux rate عالي ... يعني الأمور مرتبطة مع بعض لذلك ارفع الpolarization لحد معين تقلل ال flux rate (وتقلل البيتا فاكتور) ويكون ذلك ب TDS مرتفع ضمن المقبول ..

وفي حال الخام منخفض الملوحة عليك بتدوير جزء من الريجيكت المُفلتر أساساً بأغشية الممبرين وبهذا ترتاح وتريح الممبرينات والمحطة.

وأنا نفسي عملت فى محطات كثيرة كان فيها الفيد ملوحته منخفضة وكانت تؤثر على شيء اسمه ال polarization factor وكان يعطي flux rate عالي واضطررت لعمل recycling لجزء من الريجيكت لتهيئة الخام ليكون متوافق مع الريكفري المطلوب والتدفق المطلوب وملوحة البرودكت المطلوبة لأن ليس لكل ماء خام منخفض الملوحة هو

اللقمة الهنية للممبرينات ... ويتبقى بعد ال recycling الخام الجديد ملوحته ثابتة والريجيكت ثابتة طالما الخام الأساسي ثابت المواصفات .

المهندس ثائر السعيد يتحدث عن موضوع الrecycling على الskid وبين التدوير إلى خزان الخام:

لنفرق بين موضوع الrecycling على الskid و بين التدوير إلى خزان الخام وما يحكم كل طريقة من تأثيرات خارجية ...

طبعا الخلط بطريقة الrecycling الداخلي على نفس الskid للمحطة يضمن خلط بنسبة محدد كون مضخات الفيد تتحكم بتدفق الخام وصمام الخنق الذي على تفريعة الريجيكت قبل صمام تحكم الريجيكت أيضاً يحقق دقة في تدفق الريجيكت الذاهب إلى نقطة الخلط قبل مضخة الضغط العالي هذه الأمور تعطي دقة تامة في إنتاج خام ماقبل الممبرينات الذي يكون بمواصفات جديدة ثابتة دائمة ومستمرة ومستقرة وتلك المواصفة هي ما يضعها برنامج البروجيكشن بالإعتبار عند بيان أداء الممبرينات ...

أما الخلط في خزان الفيد فهنا نحن نقع تحت رحمة مضخة نقل الماء الخام إلى خزان الفيد والتى من المُمكن أن يتغير تدفق الخام إليها أو تتوقف بسبب امتلاء الماء في خزان الخام لكن محطتنا تبقى عاملة ... وهنا نقع في مأزق تغير مواصفات الخام الرئيسي أساساً إلا إذا جعلنا المحطة تتوقف عند امتلاء الخزان الخام أيضاً وفلسفة التحكم هذه غير مجدية أو زيادة في التعقيد ... لكن أنا من أنصار جملة: "يُمكن عمل خلط بطريقة الخلط على السكيد" ولا تتغير المواصفة الجديدة للخام وتبقى ثابتة لكنها تختلف عن مواصفة الخام الرئيسي لكنها " ثابتة ومستقرة "

"ولا يضطر بعض الزملاء الذين يمتلكون رؤية صحيحة ويدافعون عنها أن يفعلوا كما فعل جاليليو حين اضطر إلى نفي وجود أقمار لكوكب المشترى لكنه قال مقولته المدوية: " لا توجد اقمار لكنها تدور"! ... إن تحري صوابية أي طرح يكون بالإقناع بالأرقام وبالتجربة وبالتالي نكون قد وثقنا أي طرح بطريقتي التحري الإستقرائية والإستنتاجية ..

تجد هنا صورة لمحطة أنا صممتها بنفسي ونفذتها وتعمل منذ 3 سنين ولم يتم تبديل أى ممبرين وفيها ترى مقياس تدفق البرودكت والريجيكت والتدوير والخلط أيضاً موجوداً على ال panel الخاص بالمحطة وكل بند عدا البرودكت قبله صمام تحكم للتحكم بالتدفق المطلوب ...

Product flow meter.

Reject flow meter.

Recycling flow meter

Blending flow meter

الدخول للمحطة هو مزج قسم من ماء الفيد الثابت الملوحة ... مع جزء من ماء الريجيكت والذى نوعاً ما ثابت الملوحة ولن تزداد باطراد لأنه التدفق هو كمية حجمية في زمن معين (مثلاً دقيقة) فخلال أي دقيقة كاملة في أي وقت من اليوم التشغيلي يمر خلالها حجم معين من الفيد ممزوجاً بحجم معين ومتحكم به من الريجيكت فبالتالي خلال أي دقيقة أنت تحددها نفس مواصفات الماء الممزوج ستجدها موجودة ...

وفرضاً تدفق الريجيكت الذي نأخذه إلى المحطة 5 gpm والفيد الداخل 10 gpm وأملاح الريجيكت 1000 وأملاح الفيد 200 ... ففي أي لحظة الماء الداخل للممبرينات هو:

(5 x 1000 + 10 x 200) /15= 466 ppm

المهندس ثائر السعيد يتحدث عن التدوير أيضاً:

التدوير عملية بسيطة يمكن اجراءها ... ويجب أن نعلم في البداية ما الغاية من التدوير؟ هل هو لتوفير الماء أم مطلب تصميمي؟

أتوقع أن مجموعة لا بأس بها توافقني الرأي أنه هي وبنسبة عالية مطلب تصميمي ... الغاية منه أنه في حال كانت مياه التغذية منخفضة الأملاح فإن ال polarization على سطح الممبرين يكون قليل (والبيتا فاكتور عالي) وسنجد أن ضغط الفيد منخفض نوعاً ما وستجد الflux rate عالي وستجد أن الpermeability للممبرينات عالية قد تؤدي إلى اتساخ لممبرينات المرحلة الأولى أو ترسيب على ممبرينات المرحلة الثانية وكذلك تدفق الماء المالح قليل والذي يجب علينا أن نحصره بقيمة معينة تحقق عملية كنس جيدة للأملاح على طرف الممبرينات المالح كل ما ذكر تجده مختصراً بعامل ندعوه بال beta factor ...

كيف نحل المشكلة؟

يتم ذلك بالتدوير لرفع نسبة الأملاح المنحلة في الماء الداخل إلى المحطة و كذلك بصورة تلقائية نجد أنفسنا رفعنا الريكفري العام للمحطة ...

أما طريقة العمل لل retrofitting فهي بسيطة ... تأخذ خط من الريجيكت قبل صمام الخنق وتمرره إلى صمام معايرة خانق نوع needle valve أوglobe valve سيقوم بخنق التدفق إلى التدفق الذي تريده ومعه سيتم خفض الضغط وبعد صمام الخنق يتم ادخال التيار إلى عداد التدفق وبعدها إلى خط الدخول إلى مضخة الضغط العالي وهو خط يكون ضغطه بحدود 4 بار ولكن لا تخف فإن عمل مضخة الضغط العالي سيعالج هذا الأمر ... قد يلزمك عملية اختيار لمضخة جديدة هذا إن لم تتوافق المضخة الموجودة مع التدفق والضغط الجديدين ...وستجد أن الضغط على الفلاتر سيزداد قليلاً نتيجة ال restriction كون مضخات الفيد كانت مصممة على تدفق معين جزء منه سوف لن يتم استخدامه ... كون هذا الجزء سيعوض من التدوير ....

وأى اختبار تصميمي جديد يلزمك به عمل projection جديد باستخدام برنامج خاص بالشركة الصانعة للممبرينات المركبة لديك وكمية ماء التدوير إلى حده الأقصى يفرضه البروجيكشن وبناء عليه ترى هل مضخة الضغط العالي لديك توافق المتطلبات الجديدة من تدفق وضغط أم لا.

طبعا نسبة التدوير وكميته لا تحدد بكمية معينة ... ولكن البروجكشن يفرض نفسه وبقوة.

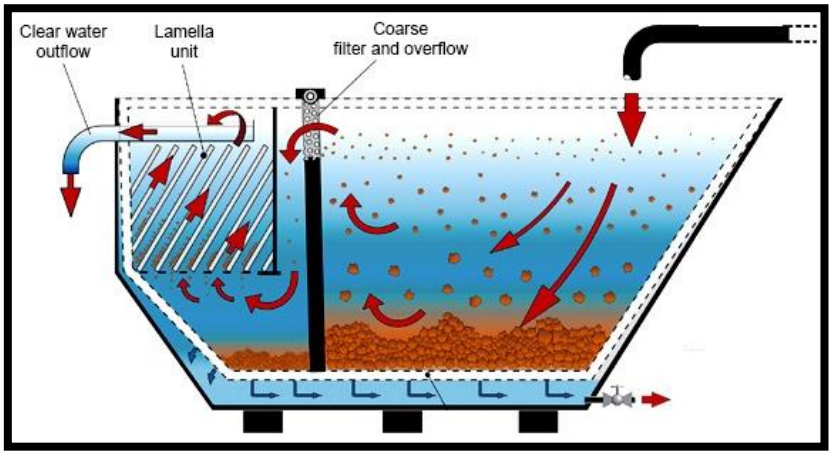
تستطيع أن تفتح أي بروجكشن وليكن فرضاً imsdesign الخاص بشركة hydronautics أو أي شركة أخرى ستجد option علي يمين الصفحة فيه "تدوير وخلط وباك برشير وستريم ثاني".

اقتراحات معالجة مياه الريجيكت:

معالجة مياه الريجيكت تدور حول أمرين ... تخفيف الأملاح والعسر ... والتعقيم بالكلور أو بالبايوساید Biocides ... وتحت هذين البندين نستطيع أن نتحدث كما نشاء ...

أحياناً مياه الريجيكت تكون كميتها كبيرة (مثل التى تخرج من المرحلة الثانية والثالثة ... إلخ)

فيلجأ العاملون إعادة مياه الريجيكت إلى الأغشية للاستفادة بأكبر قدر من المياه (يعنى انتاج أكبر قدر من المياه المُحلاة) ... وقبل استخدامها مرة أخرى فإنها تمر على عملية معالجة (وهى صورة مصغرة من المعالجة الإبتدائية) للتخلص من الأملاح الزائدة خاصة أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم ... إحدى صور هذه المعالجة هى عملية ترسيب لأملاح الكالسيوم والمغنيسيوم بإضافة رماد الصودا Soda ash مع صودا كاوية لزيادة الpH ومع إضافة مروق وهو الباك Poly aluminium chloride (PAC) مع التقليب .. يتم ذلك فى تنك ترسيب ثم يتم الدخول على ما يسمى

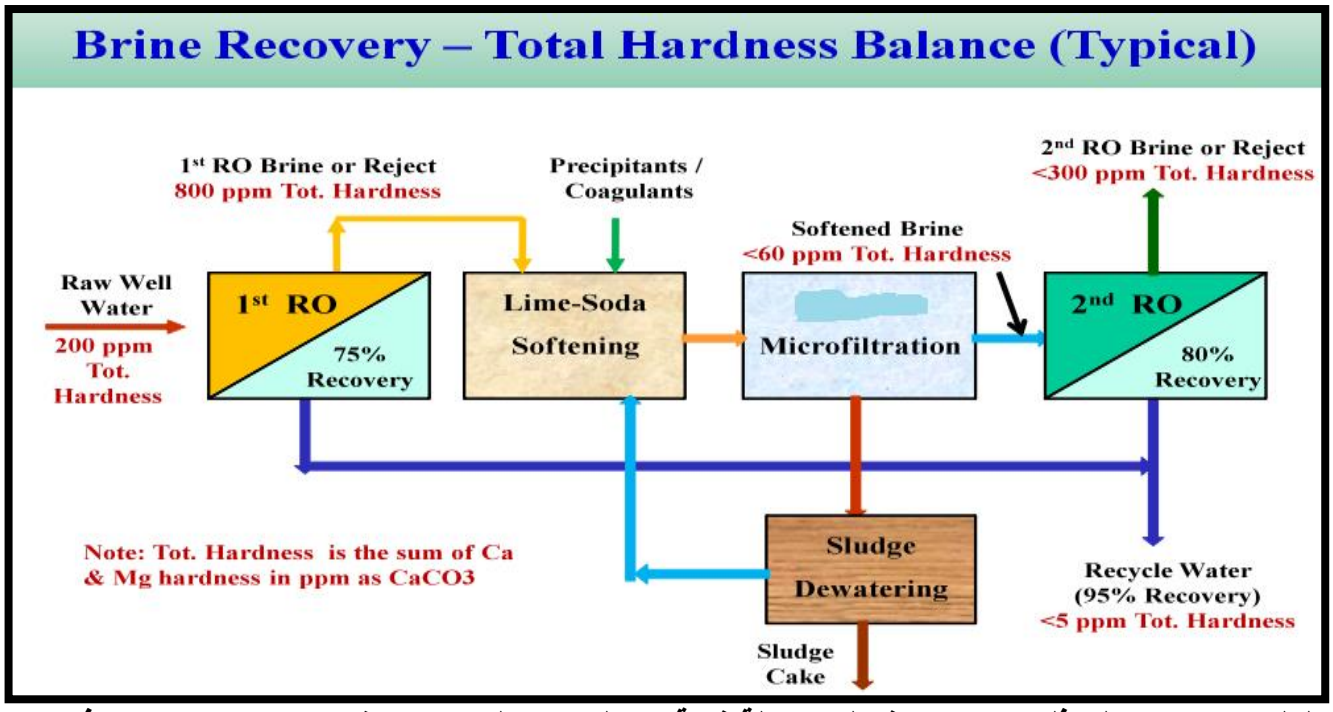


باللاميلا لتجميع المياه (وبها ألواح مائلة لتزويد زمن الترسيب) ثم يتم تجميع المياه فى تنك صغير ومنه يضخ الماء إلى الفلتر الرملى أو فلتر المالتى ميديا بواسطة طلمبة عند ضغط 3 بار ثم إلى فلتر الكارتريدج ثم حقن أنتى سكيل ثم إلى أغشية التناضح ...

رأى المهندس محمد على عبد المنعم على هذه الطريقة:

لكن بهذا فقد أضعت قيمة الضغط التي خرجت به أصلاً وسنضطر إلى عمل وحدة جديدة وطلمبة HPP جديدة.

والصورة التالية التى بين أيدينا توضح أن الريجيكت الناتج من التناضح العكسى (مرحلة أولى عادية) على اليسار وله عسر كلى 800 جزء فى المليون ... يتم عمل تيسير له بهيدروكسيد الكالسيوم (الجير) فى عملية كلارك التى تم شرحها بالجزء الأول من الكورس مع إضافة كوأجيولانت لترسيب الملح ... فتخرج مياه يسرة لها عسر كلى أقل من 60 جزء



فى المليون ... تمر على فلتر ميكرونى ثم إلى مرحلة ثانية من التناضح العكسى نستفيد منها ب 80% ريكافرى ومياه الريجيكت الخارجة منها تحتوى على عسر كلى أقل من 300 جزء فى المليون.

ومن الممكن استخدام مُيسر Softener لهذه المياه (بشرط أن يكون العسر أقل من 500 جزء فى المليون ...فإذا زاد على ذلك يتم جمعها مع وسيلة أخرى من وسائل خفض العسر المشروحة سابقاً).

ويُعلق المهندس محمد زكريا على الطرق السابقة:

معظم الحلول المقترحة والمشروحة مكلفة جداً.

ويقترح فكرة ممتازة كالتالى:

معالجة مياة الريجيكت ونزع أملاح الdivalent وعمل تحليل كهربي للمياه ونزع غاز الكلور ومحلول الصودا الكاوية منها وقد قمت بعمل simulation عملي لهذه التجربة وكانت نتائج هائلة ... والفكرة بسيطة جداً وتتكون من (power supply 24 V ... وأقطاب يُفضل أن تكون من معدن التيتانيوم لأن أقطاب الكربون غير جيدة ... والمحلول الملحي

أهم شيء يكون فيه نسبة كلوريد الصوديوم NaCl عالية ... وهذا متوفر في مياة الريجيكت لمعظم المحطات ... وبعد ذلك نوصل التيار ... ويُفضل أن تضع غشاء قديم تم نقعه مُسبقاً في كلورحتي تذوب طبقة البولي أميد ... وستجد تكون عندك غاز الكلورعند قطب من الأقطاب ... وقطب آخرغاز الهيدروجين وستجد ال pH ترتفع معك تدريجياً حتي ١٢ عند أحد الأقطاب .

والفكرة بسيطة وسهلة ولتنفيذها في الواقع يحتاج دراسة بسيطة وفكر وتنفيذ عالي لاستخلاص الغازات وطريقة سحب محلول الصودا ثم زيادة تركيزة وعمل NF لمياة brine ونزع منها divalent ions حتى يبقي عندي ال NaCl فقط. التنفيذ محتاج فكر هندسي واختيار نوع الألكترود وشكله وزيادة مساحة سطحة حتى نُزيد من سرعة التفاعل.

تعقيب المهندس أحمد محمود على هذه الطريقة:

أنا معك ... لكن فيه نواتج أخرى في مياه الريجيكت مثل نواتج تفاعل الكلور مع ال SMBS ... وأيضاً موانع التسريب وهذا من المؤكد سيكون فى مكونات تلك المياه وسيزود تكلفة الاستخلاص لأى مواد أخرى.

رد المهندس محمد زكريا:

هذه غير مؤثرة تماماً ... لأن تركيزاتها بسيطة مقارنة بتركيز المنتج الذي سيخرج من التحليل الكهربي لمياه الريجيكت.

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

مشكلة مزعجة فى منطقة الريجيكت!

24

النقاش الرابع والعشرون

النقاش الرابع و العشرون:-

24- مشكلة مزعجة فى منطقة الريجيكت

مياه الريجيكت هى المياه التى خرجت من منطقة الأغشية ولم تمر خلال الأغشية بل خرجت ومعها الأملاح والملوثات التى تم حجزها قبل الأغشية.

وإذا أردنا أن نستعرض منطقة الريجيكت ... فسنجد أن مياه الريجيكت تنتقل عبر خطوط أو مواسير (بايبات Pipes) إلى خزان أو تنك تجميع الريجيكت ... وبواسطة خطوط السحب يتم إخراج مياه الريجيكت من التنك ...

هل تحدث مشاكل فى هذه المنطقة؟ الجواب بالطبع تحدث ... وقد التقطنا لكم من المنتدى بعض المشاكل التى قابلت العاملين فى هذه المنطقة ... وسنتناقش فيها ... وكل الخبراء سيدلون بدلوهم ويتحفونا بخبراتهم وآرائهم السديدة إن شاء الله ... تابعوا التعليقات وتأملوا فى مشاكل الريجيكت ...

أولاً نعيد عليكم الفقرة التي سردناها فى النقاش السابق فى طبيعة مياه الريجيكت:

(مياه الريجيكت أو "البراين" تتركز فيها الأملاح من كل نوع (الحمل الملحى Salt loading بها كبير) ... الTDS فيها عالية ... والعسر الكلى فيها عالى نتيجة لتركزأملاح الكالسيوم والمغنيسيوم ... كما أنها تحتوى على بعض الكيماويات التى تم إضافتها فى المعالجة الإبتدائية ... وهناك احتمالية لوجود ملوثات عضوية ومواد مغذية كالفوسفور فى الفوسفانات الخاصة بالأنتيسكيل ... مما يشجع أنواع من البكتيريا والطحالب على النمو من جديد (يظهر ذلك فى اللون الأخضر المتكون مع تعرض الريجيكت لضوء النهار) ... خاصة وأننا أزلنا الكلور قبل الدخول على الأغشية فتزيد فرص نموها خاصة لو كان هناك بياوفاولينج على الأغشية ... وتزيد أيضاً لوكانت عملية المعالجة الإبتدائية بالكلور ليست جيدة ... وكان يجب الإطمئنان على نسبة الكلور المتبقى حتى منطقة إضافة الSMBS ... أو كان هناك فلتر كربونى غير معقم أو قديم تسبب فى امتصاص الكلور وبدأت البكتيريا ترتع من جديد فى المنطقة السفلى منه حتى تمر بالفلاتر الميكرونية ثم إلى الأغشية ... وكان لابد من قياس البكتيريا فى هذه النقطة ... هذه البكتيريا الآن فى منطقة الريجيكت قد تكون مقاومة لتركز الأملاح والتى تعتبر عائقاً أمام نمو الكثير من البكتيريا الأخرى ...).

المشكلة الأولى: ترسب الأملاح فى خطوط الريجيكت:

نود أن نطرح عليكم بعض النصائح العامة الى أوصى بها الخبراء لتجنب ترسب الأملاح:

1. **التصميم الصحيح فى بداية إنشاء الوحدة لمنطقة الريجيكت المتمثلة فى الخطوط وطريقة التخزين هو بمثابة الوقاية والتى هى خير من ألف علاج.**

لذا يجب الاستعانة بشركات عريقة فى هذا المجال وعمل دراسات هيدروليكية لعمل التصميم المناسب ... وهذا الموضوع وإن كان مُكلفاً فى البداية لكنه سيريح العاملين فيما بعد من تكلفة إزالة الأملاح.

ويُراعى فى التصميم أمرين هامين ... عدم وجود عراقيل ومقاومات تقلل من تدفق المياه ... وعدم إعطاء الفرصة للمياه بأن تمكث وتركد فى الخطوط خاصةً خلال فترات التوقف للوحدة ...

فمثلاً نقوم بعمل ميل مناسب للخطوط كى تصب المياه فى المصرف ... أو نتحاشى الزوايا والخطوط المتعرجة فى الأنابيب والصعود والهبوط حتى لا يحدث مقاومة لسريان المياه فيسهل ترسب الأملاح ... وتصبح هذه النقط الغير مرغوب فيها "تنكات ترسيب مصغرة للأملاح!"

مواسير الPVC أقوى من البولى إيثيلين حيث أن الأخير به من المرونة ما يجعله يلتوى فى بعض الأحيان مما يُسبب مقاومة لسريان المياه.

أيضاً يُراعى فى التصميم تقصير المسافة بين نقطة الخروج من الوحدة ونقطة التخلص منها بقدر الإمكان.

2. زيادة سرعة وتدفق مياه الصرف بأقصى ما يُمكن ... وقد تم رصد حالات يحدث فيها الترسيب عندما يكون هناك أكثر من مصرف للريجيكت فيقل التدفق ... فيحدث الترسيب فى الخطين أو الخط الذى به سريان أقل من الثانى.
3. الغسيل الكيميائى للأملاح تبعاً لنوعها ... ومن الممكن زيادة التركيزلهذه الكيماويات نظراً لأننا هنا نتعامل مع أنابيب وليس أغشية ... وإن كان استخدام الغسيل الكيميائى مُكلفاً ... والبعض يفضل الغسيل بمياه حلوة Flushing بعد كل توقف لمضخة السحب وهى أرخص من استخدام الكيماويات.
4. خلط جزء من المياه الخام مع الريجيكت باستمرار.
5. التنظيف الدورى للخطوط وإزالة الرواسب ووضع فتحات صيانة وتفتيش على طول الخط.
6. خفض الpH بإضافة حمض الهيدروكلوريك مثلاً مع الريجيكت لمنع ترسب الأملاح ... وإن كانت بعض الأملاح تترسب أيضاً فى الوسط الحامضى مثل أملاح السلفات Sulfate.

نتطلع أيضاً لحلول أخرى من خبراتكم.

المهندس عبد الله شعبان فهمى:

المصنع عندنا عندي حصل فيها مشكلة تسريب أملاح سالفيت في خط الرجيع علماً بأن الخط الواصل بين خزان الرجيع والمصب طوله 1200 م ... الخط دائماً كان يحدث فيه انسداد تام بسبب ترسيب أملاح السالفيت (تركيزها يصل ل 3500 جزء في المليون) .

الإجراءات التى قمنا بها بعد تنظيف الخط لمنع تكرار المشكلة كانت:

1- تقليل معدل سريان المياه لتجنب توقيف وتشغيل مضخة الرجيع حتى لا تركد المياه في الخط.
2- بعد البحث وجدت أن أملاح السالفيت تزداد قابليتها للترسيب عند درجات الحرارة فوق ال 40 ... الحرارة عندنا كانت دائماً فوق ال 40 ... وبالتالي تم عمل صيانة شاملة لأبراج التبريد لزيادة كفاءة التبريد وأصبحت حرارة مياه الرجيع دائماً تحت ال40.

وعن الخطوط فللمهندس عبد الله شعبان فهمى إضافة قيمة:

بالنسبة لنوع الخط فهو من مادة البولي إيثيلين ... للأسف نعاني من مشكلة وجود هبوط في بعض المناطق لتمدده بالحرارة وفعلاًهذه المشكلة كان يمكن تجنبها إذا تم عمل الخط من البي في سي ... إلا أن فيه ميزة تتميز بها خطوط

البولي إيثيلين ليست موجودة في البي في سي ... وهى أنه يسهل تنظيفه فى حال وجود انسدادات بسبب تسريبات الأملاح ... بينما خطوط البي في سي إذا حدث فيه انسداد في الغالب هتضطر تغيره كلياً.

وعن إزالة هذه الترسبات تحدث الخبراء:

1- إضافة أنتي سكيل فى الأصل فى مياه التغذية:

المهندس عبد الحميد بن علي: استخدام Avista Vitec 5000.

2- إضافة مواد كيميائية تزيل الترسبات:

المهندس وليد أبو السعود حامد أبو سمرة: الصوديوم هيدروسلفيت.

المهندس محمدعلى محمدالوافي: الصوديوم هيدروسلفيت.

3- المهندس سيف محمودهادي:استخدام أنابيب ال pvc ولن تحتاج إلى إزالة تلك الترسبات.

ويعتمد اختيار المواد الكيمياوية على نوع الترسبات الملحية ... ولنفترض مثلاً أن الترسبات هي فوسفات الكالسيوم أو فوسفات المغنيسيوم وهي أملاح مشتقة من قاعدة قوية وحامض قوي أي أنها متعادلة التأثير بمعنى أن ال pH = 7 ... وبالتالي هي أملاح كثيرة الذوبان في الماء.

4- تغيير المواسير واختصار الطريق!:

المهندس أحمد عويس أحمد:

لا تفكر فى هذا الموضوع ... لا يوجد مادة كيميائية تُزيل الأملاح المترسبة على خطوط الريجيكت لأنها عبارة عن أملاح سيليكات وسلفيت شديدة الصلابة وهى تُنتج نتيجة نقص أو توقف مانع الترسيب ... الحل الوحيد تغيير خطوط الريجيكت بالكامل لأن القطر الداخلي بالتأكيد نقص كتيراً ... وهذا بدوره سيؤدي إلى ضغط عكسي على التربو ... وبالتالي سيقلل من كفاءة الممبرين ... ثانياً الإهتمام بنوعية وكمية مانع الترسيب ... ثالثاً عند توقف المحطة لفترة طويلة يجب تخفيف مياه الريجيكت بمياه الفيد لمنع ترسبها.

ويؤيد المهندس منتصر عليوة هذا الحل:

هى غالبا تكون أكتر من الخرسانة ...غير الخطوط وأرح عقلك!

المشكلة الثانية: تكون ترسبات أو رواسب فى خزان الريجيكت وخطوط السحب كما بالصور التالية :

(علماً بأنه يتم إضافة أنتى سكيل (مانع ترسيب) فى المعالجة الأولية ويمر فى أوعية الضغط ويخرج من الريجيكت) ...

الجواب:

من شرحنا للفاولينج بأنواعه نستطيع أن نقول أن من خلال اللون والشكل نؤكد أنه من النوع البيولوجى (البيوفاولينج) الذى يصيب الأغشية أيضاً (راجع نقاش البيوفاولينج) ... ونستبعد تماماً أنه ترسب للأملاح فقط وإلا كانت الترسبات لونها أبيض أو مائلة للبياض ... والواضح أنها مستعمرات بكتيرية (قد يصاحبها ترسب بعض الأملاح معها) ... والأنتى سكيل لا يمنع نمو البكتيريا ... والسبب فى تكاثر البكتيريا هو وجود الوسط المناسب لها ... يعنى وجود أملاح مغذية Nutrients وتجددها باستمرار مع تدفق الريجيكت ... وقد تكون الإصابة ناتجة من البيئة المحيطة خاصة مع التنك المفتوح .. أو أن التعقيم فى مراحل المحطة المختلفة غير سليم ... وحدث تكون للبيوفاولينج على أسطح الأغشية وانتقلت البكتيريا إلى منطقة الريجيكت.

ويجدر الإشارة بأن نمو الطحالب فى هذه المنطقة مع التعرض لأشعة الشمس أو ضوء النهار وارد ويظهر اللون الأخضر ... لذا يُنصح بأن تكون المواسير التى تسري فيها مياه الريجيكت (كالPVC) من النوع الغامق الذى يحجب ضوء النهار عنها.

المهندس نادر محمد النجار:

كما ذكرتم ... إن مياه الريجيكت محملة بالبكتيريا وعليه يجب حقن الكلور مرة أخرى عند إعادة استخدامها كمصدر تغذية لمحطة RO أخرى ... وقد سبق وأن واجهنا مشكلة بيوفاولنج نتيجة استخدامها بدون كلور.

عندي مشكلة دائمة في طفح آبار الصرف تضطرنا إلى وقف المحطة مؤقتاً ويتم تطهيرآبار الصرف يدوياً بإلقاء "جيركن" حمض في البئر لتطهيره مؤقتاً ...هل من اقتراحات بحل دائم؟

رد المهندس محمد زكريا:

يستخدم حمض الهيدروكلوريك ... ويجب استخدام compressor هواء لعملية التطهير ويتناسب ضغطه مع ضغط البئر لتهليل الطبقات.

المهندس أحمد عويس أحمد:

تطهير آبار الصرف لا يتم إلا بالهواء باستخدام كمبريسور ضغط عالي أما أي كيماويات لافائدة منها نظراً لارتفاع أملاح الريجيكت ... الشئ الثاني ألا يقل منسوب المياه في البئرعن سطح الأرض عن 10 متر لضمان ضغط على الأقل واحد بار على سطح المياه وسرعه الصرف.

المهندس محمد موسى:

العوامل التى تؤدى لحدوث طفح لآبار الراجع:

يُمكن اعتبار الأخطاء التشغيلية هى من أكثر الأسباب لحدوث طفح الآبار ومنها:

1- سوء التشغيل:

- صرف المياه داخل هذه الآبار بمعدلات مرتفعة أو زيادة فترة التشغيل اليومية.

- تشغيل بئرين متقاربين أو أكثر من آبار الراجع فى نفس الوقت.

2- سوء أعمال الصيانة:

- تراكم ترسيبات الرمال على بعض أجزاء المصافى نتيجة عدم تطهير البئر.

- انسداد الغلاف الزلطى أو انغلاق جزء من أطوال مصافى البئر نتيجة ترسبات الأملاح على فتحات المصافى.

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

WTEF

البورون المزعج!

٢٥

النقاش الخامس والعشرون

النقاش الخامس و العشرون:-

25- البورون المزعج

يحتوى على 4 – 5 جزء فى المليون فى المتوسط ويزداد إلى 8 أو 9 فى بعض الأحيان (فى مياه الخليج العربي يزيد إلى 7 جزء فى المليون) ... وقد يصل إلى 15 جزء فى المليون خاصة فى مناطق نمو الأعشاب البحرية Seaweeds ... أما ماء النهر فيصل تركيزه إلى 10 جزء فى "البليون" فقط ... ويتواجد البورون فى المياه على هيئة بورات Borate أو حمض البوريك Boric acid تبعاً للpH ... والمشكلة أن أغشية التناضح العكسي المعتادة سواء السليلوز أو البولى أميد لاتتعدى نسبة التخلص منه 60% على أعلى تقدير ... ومنظمة الصحة العالمية قد أوصت بأن تكون مياه الشرب لا تتعدى 0.5 جزء فى المليون من البورون (وتم التعديل إلى 1جزء فى المليون وأخيراً 2.4 جزء فى المليون بعد تعديل 2011) (والمواصفة الأوروبية أوصت بحد أقصى 1 جزء فى المليون) ... ولأغراض الزراعة تمت التوصية بأن لا تتعدى 1 جزء فى المليون (حيث أنه حيوى لنمو المحاصيل ويُضاف للمخصبات Fertilizers بشرط أن لا يتعدى هذه النسبة وإلا سيصبح مدمر للمحاصيل الزراعية ... وقد وُجد أن أوراق شجر الليمون تهلك تماماً إذا زادت نسبة البورون فى مياه الرى عن 0.3 جزء فى المليون!) ...

كما نرى فى الجدول التالى الذى عرضناه من قبل أن كفاءة الأغشية فى إزالة البورون ضعيفة ... (أغشية السليلوز تزيل حوالى 30 – 40 % والبولى أميد تزيل حوالى 55 – 60% فقط):

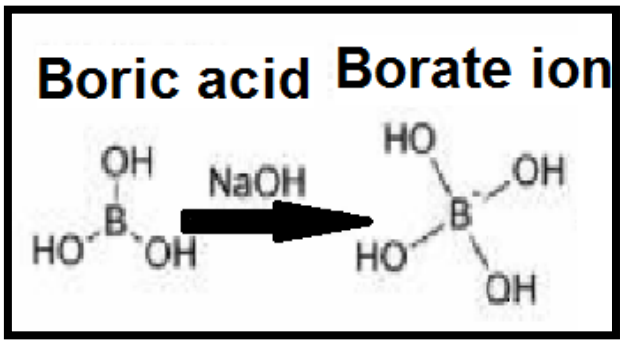
Inorganics	CTA Rejection	TFC Rejection	inorganics	CTA Rejection	TFC Rejection
Sodium	85-90%	90-95%	Fluoride	85-90%	90-95
Calcium	90-95%	93-98%	Phosphate	90-95%	93-98%
Magnesium	90-95%	93-98%	Chromate	85-90%	90-95%
Potassium	85-90%	90-95%	Cyanide	85-90%	90-95%
Iron	90-95%	93-98%	Sulfate	90-95	93-98%
Manganese	90-95%		Boron	30-40%	55-60%
Aluminum	90-95%	93-98%	Arsenic+3	60-70%	70-80%
Copper	90-95%	93-98%	Arsenic+5	85-90%	93-98%
Nickel	90-95%	93-98%	Selenium	90-95%	93-98%
Zinc	90-95%	93-98%	Radioactivity	90-95%	93-98%
Strontium	90-95%	93-98%	Biological&Particles		
Cadmium	90-95%	93-98%	Bacteria	>99%	>99%
Silver	90-95%	93-98%	Protozoa	>99%	>99%
Mercury	90-95%	93-98%	Amoebic Cysts	>99%	>99%
Barium	90-95%	93-98%	Giardia	>99%	>99%
Chromium	90-95%	93-98%	Asbestos	>99%	>99%
Lead	90-95%	93-98%	Sediment/Turbidity	>99%	>99%
Chloride	85-95%	90-95%	Organics		
Bicarbonate	85-90%	90-95%	Organics MW>300	>90%	>99%
Nitrate	40-50%	85-90%	Organics MW<300	0-90%	0-99%

والبورون يتواجد فى مياه البحر على هيئة حمض البوريك Boric acid $B(OH)_3$ (يُكتب أحياناً كذلك أو H_3BO_3 ... وهو حمض ضعيف ولا يتأين إلا بصورة ضعيفة جداً مثله مثل بقية الأحماض الضعيفة ويكون حجمه صغير نسبياً ... فإذا ارتفعت الpH فإنه يتحول إلى صورة أخرى هى صورة البورات Borate $B(OH)_4^-$ (أو Tetra hydrox borate) ... ذات الحجم الأكبر والشحنة السالبة بعد إضافة مجموعة هيدروكسيل إلى المركب ...

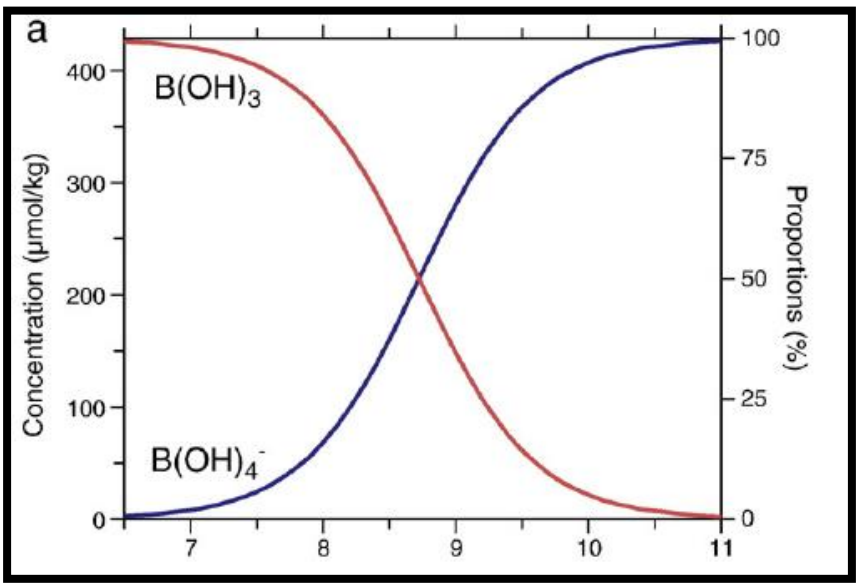
عند الpH المتعادلة ما بين 7- 8 وهى التى يتم فيها معظم عمليات التحلية فإن حمض البوريك يكون هو السائد ... عند pH =7 تكون نسبة البورون على هيئة البوريك أسيد 99.3% والبورات 0.7% ... وعند pH = 8 تكون نسبة البورون على هيئة البوريك أسيد 93.2% وتزيد البورات إلى 6.8% ... وهذا بالطبع غير مناسب لإزالة البورون.

- At the natural pH of 7 to 8 of most waters used in desalination the predominant species is boric acid in molecular form.
- At these pH values, the percentage of the non-dissociated boron species $B(OH)_3$ is between 99.3 (pH 7) and 93.2% (pH 8) of total boron and the percentage of the charged $B(OH)_4^-$ is 0.7 to 6.8 % respectively.

انظر تفاعل تحول البوريك أسيد إلى أيون البورات:



انظر إلى الرسم البيانى التالى الذى يوضح ما قلناه ... كلما أضفنا ايونات الهيدروكسيل زادت الpH وتحول البوريك إلى بورات:

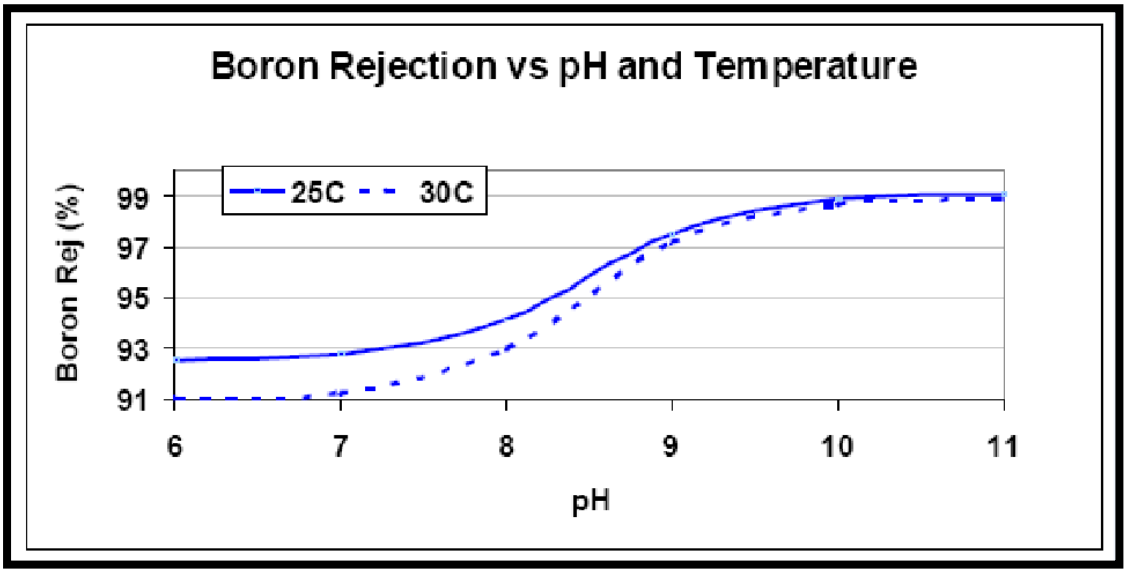


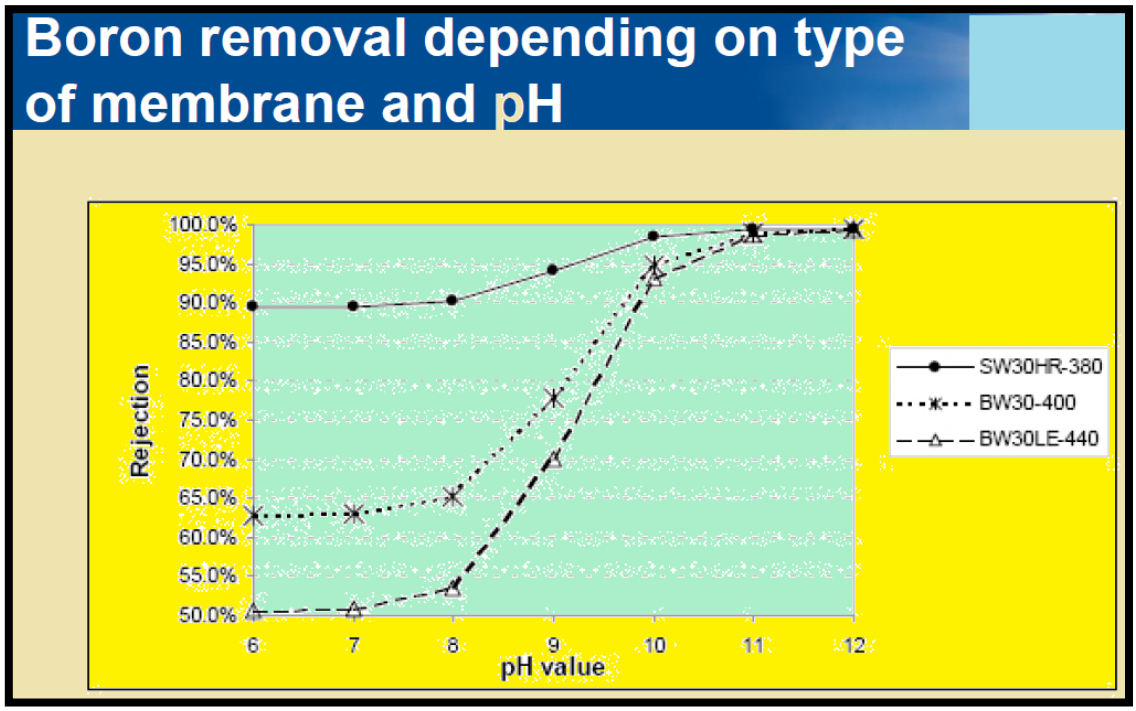
ولإزالة البورون فقد أوصى الخبراء بالتالى:

1- استخدام تقنية التبادل الأيونى Ion exchange resin خاصة بعنصر البورون مثل الPurolite resin.

2- حقن مادة قلوية مثل الصودا الكاوية لرفع الpH لأكثر من 9 فى منطقة المعالجة الإبتدائية قبل الدخول على الأغشية لأن البورون يتحول من صورة البوريك أسيد إلى بورات $B(OH)_4^-$ حيث تتكون عليه شحنة سالبة فيسهل نبذها فى الريجيكت بسبب تنافرها مع الشحنة السالبة على سطح طبقة البولى أميد كما أوضحنا من قبل.

انظر كيف تزيد نسبة البورون فى الريجيكت (المحور الصادى) مع زيادة الpH (المحورالسيني) خاصة بعد القيمة 9:

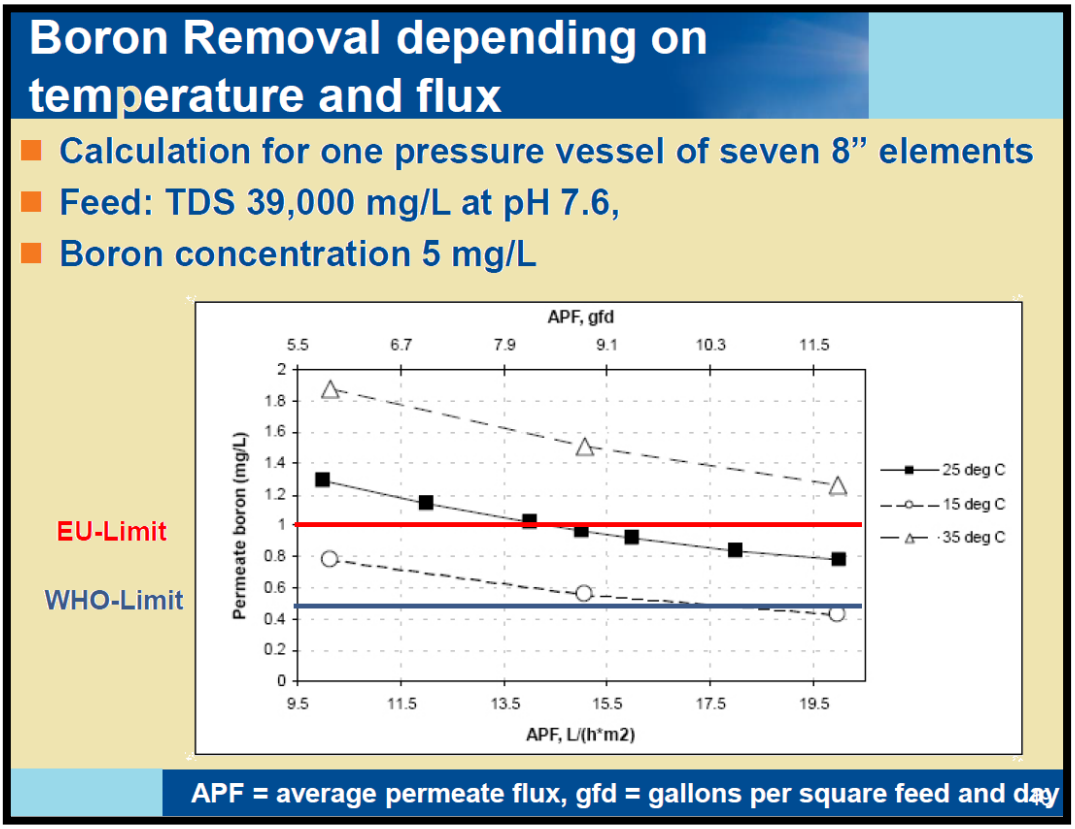




والصورة التالية توضح تأثير الحرارة والفلاكس على إزالة البورون:

تمت الدراسة على فيزل يحتوى على 8 أغشية وتم تثبيت الpH عند 7.6 وكانت الأملاح الذائبة الكلية 39 ألف جزء فى المليون ... وكان تركيز البورون 5 جزء فى المليون ... ونلاحظ أنه كلما زادت الحرارة زادت نسبة البورون فى البيرميت ... وعند درجة حرارة 15 درجة مئوية من الممكن أن نحصل على أقل من 1 جزء فى المليون فى مياه البيريمت للتتماشى مع المواصفة الأوروبية التى الحد الأقصى لها 1 جزء فى المليون (الخط الأحمر فى الرسم البيانى) ... وإن كان عملياً الوصول إلى درجة 15 غير مرغوب فيه.

فإذا نظرنا إلى زيادة الفلاكس (كلما اتجهنا يميناً) نجد أن نسبة البورون تقل فى البيرميت كحال الأملاح الأخرى.



فى الصورة السابقة ... متى نصل إلى بورون أقل من 1 جزء فى المليون عند درجة حرارة 25 درجة مئوية؟؟؟ وهل نستطيع أن نصل إلى 0.5 جزء فى المليون عند نفس الدرجة دون تغيير الpH؟

الإجابة لك أخي القارىء ...

وفى دراسة تمت على تحلية مياه البحر المتوسط جنوب تركيا استخدم الباحثون نوعين من الأغشية (High rejection SWRO) من نوع توراى وفيلمتك ... وكانت نسبة البورون 6.6 جزء فى المليون ... ووجد تأثير الpH كالتالى:

1- عند pH = 8.2 وهى المميزة لمياه البحر ... تم التخلص من 85 – 90% من البورون فى الريجيكت.
2- عند pH = 10.5 تم التخلص من أكثر من 98% من البورون فى الريجيكت (وبالفعل كانت نسبة البورون فى البيرميت لا تتعدى 0.1 جزء فى المليون (مع كلا الغشائين).

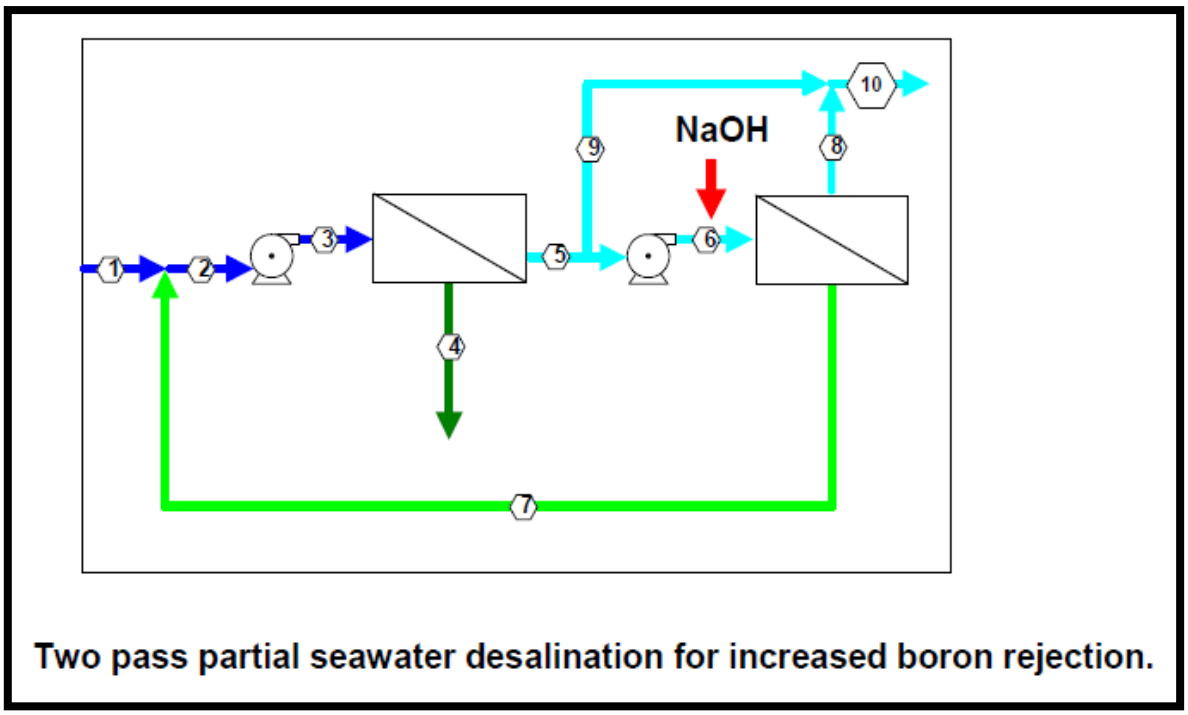
وبالطبع فإن قيم الpH العالية هذه لا تتناسب مع الأملاح الأخرى مثل أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم ... حيث تترسب بسهولة وبفعل الConcentration polarization التى تحدثنا عنها.

المهندس محمد زكريا:

كلامك مظبوط يا هندسة أفضل شيء للتخلص من البورون عند pH مرتفعة.

ولذلك يطور البعض وحدة التناضح – كما بالشكل التالى – بعمل مسارين للRO المسارالأول يتم خفض الpH كالمعتاد فى المعالجة الإبتدائية للحد من تكون قشورالأملاح ... ويتم التخلص منها فى الريجيكت ... ونأخذ البيريمت إلى المسار الثاني حيث يتم رفع الpH بإضافة هيدروكسيد الصوديوم للتخلص من البورون بسهولة وباستخدام غشاء من نوع High boron rejection brackish membrane ... بمعنى أن المسار الأول يخصص للتخلص من الأملاح المعتادة والثانى للتخلص من البورون.

وهذه صورة للديزاين الجديد الذى يناسب البورون حيث يوجد مسارين كما قلنا:



Two pass partial seawater desalination for increased boron rejection.

المهندس عامر محمد عدنان دركزنلي:

بهذا التصميم ال recycling لصرف المسار التاني يرجعوه لدخول المسار الأول وبالتالي يزيد البورون في الوحدة ؟!

تعقيب المهندس محمد محمود:

فى مياه الخليج العربي ... يصل البورون إلى 7 – 8 جزء فى المليون ... وجرعة الحمض التي تُضاف إلى مياه التغذية حتى تصل بالpH إلى 7 (حمض الكبريتيك كى يقلل من قدرة كربونات الكالسيوم على تكوين القشور) وبالتالي يصعب التخلص من البورون الذي يكون على هيئة حمض البوريك Boric acid ... ويصل فى مياه البيرميت إلى 2 – 2.4 جزء فى المليون ... وفي حالة حدوث أى مشاكل فى الوحدة Trouble-shooting كانخفاض الأملاح فى منظومة

الريجيكت أو حدوث فاولينج على الأغشية فإن البورون يتعدى هذه النسبة ويصل موضوع الخلط Blending إلى مرحلة حرجة ومعظم دول الخليج تتبع مواصفات الPME Standard method ... والذى فيه الحد الأقصى للبورون 0.5 جزء فى المليون (كما فى مصر قبل التعديلات) ... ولذلك المسار الثاني 2nd pass هو الطريقة المُثلى لمعالجة البورون فى مياه البحر.

وحديثاً يتم معالجة 60000 مترمكعب/ يومياً من مياه البحر فى الإمارات بشركة Acciona و100000 متر مكعب/يومياً بالسعودية بهذا النظام لاتباعهم التشريعات الخاصة بالPME والتى فيها هذا التركيز الحرج من البورون.

تعقيب الدكتور حسن كمال عبد الرحيم:

الشكل المرفق يبين نسب تواجد Boric acid and Borate ions عند قيم مختلفه للpH وكذلك يبين مدى كفاءة الممبرين في أزالة البورون، والشكل من نفس المصدر السابق:

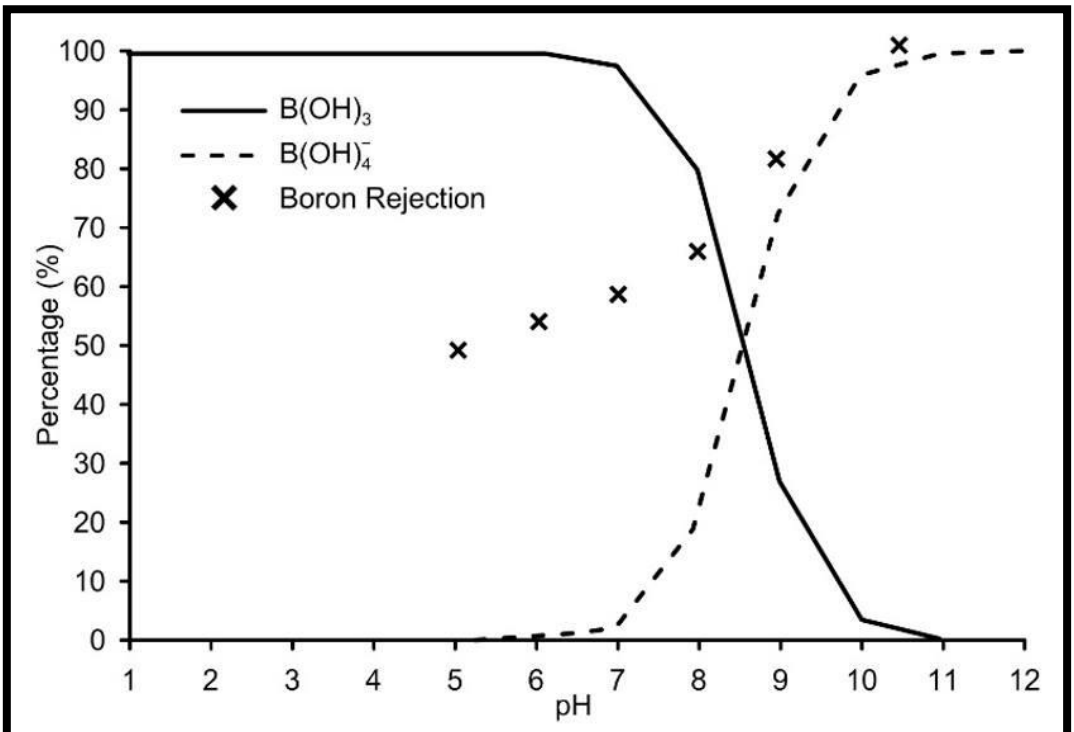
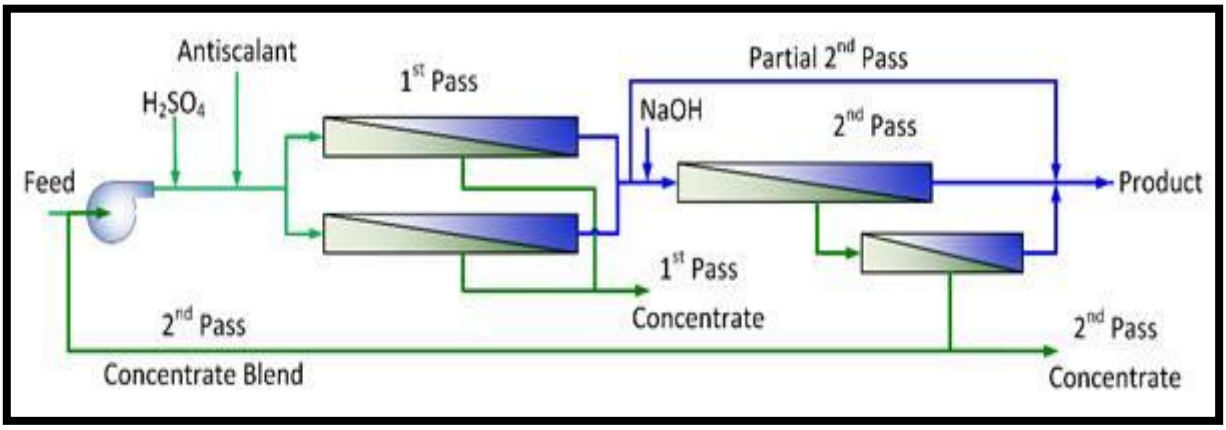


Figure 1 Ratio of Boric acid to Borate ions as a function of pH, [4]

الأس الهيدروجيني للمسار الأول يتم خفضه بحمض الكبريتيك لُيقلل من تكون القشور بينما فى المسار الثانى فيزيد الأس الهيدروجيني للبيرميت قبل تغذية هذا المسار للتخلص من البورون.



في الحاله الموضحة يتم تمرير جزء من البيرميت من المرحلة الأولى للمرحلة الثانية بهدف إزالة البورون ... ونسبة البيرميت الذى يمر للمرحلة الثانية يتم التحكم بها للحصول على نسبة بورون معينة في البرميت النهائي.

This figure represents the partial flow to second pass scenario with brine circulation to the first pass feed. Partial second pass reduces both capital and operational cost of the second pass, while the amount of the permeate by-pass is used to control the Boron concentration of the final product. Mixing the brine from second pass with the raw feed water can reduce the feed salinity before the first pass and hence reduce the operating cost.

النتائج السابقة هي مأخوذة من بحث لي نشر في مؤتمرفي هولندا في فبراير الماضي:

Hassan K. Abdulrahim and Mohamed A. Darwish, "Economic Evaluation of Different SWRO Configurations for Efficient Boron Removal", Membranes in Drinking and Industrial Water Production Conference, February 6–8, 2017 Leeuwarden, The Netherlands.

وقد صُنعت بالفعل أنواع من الأغشية فى التناضح خصيصاً للتخلص من البورون بنسب تصل إلى 96% (من شركات توراى وفيلمتك ... إلخ) ... وتسمى هذه الأنواع من الأغشية بـHigh boron- rejection SWRO membrane ... وبالطبع الSW يُشير إلى ماء البحر.

وحول إزالة البورون من الماء تحدث الخبراء تعليقاً على ما سبق:

المهندس وليد صالحين عبد الباسط:

يتم التخلص من أكثر من ٩٠٪ عند pH 7:8 ونوع الغشاء LG.

المهندس محمد زكريا:

فعلاً ال LG لديها غشاء يعطي rejection عالي للبورون.

المهندس خالد محمود فراج:

ملحوظة صغيرة بالنسبة لل boron rejection يوجد ممبرين هو "lanxess S400 HR" في الداتا شيت الخاصة به ذُكر أن النسبة = 93% ... وهذه المعلومة تأكدت منها من مدير المبيعات عندنا... وهذا جزء من الداتا شيت:

Lewabrane® RO S400 HR elements are spiral-wound, composite polyamide membrane elements designed for the desalination of seawater. The S400 HR membrane is characterized by an extremely durable, highly cross-linked polymeric separating layer suitable for high salinity, high pressure applications. The Lewabrane® RO S400 HR membrane element is recommended for single pass applications where stable salt rejection performance during the expected operating lifetime is an important consideration.

General Information

	Metric units	US units
Feed spacer thickness	0.8 mm	31 mil
Membrane area	37.2 m^2	400 ft^2
Salt rejection, av.	99.8 %	99.8 %
Salt rejection, min	99.5 %	99.5 %
Boron rejection, typical	93.0 %	93.0 %
Permeate flow rate, av.	24.6 m^3/d	6500 gpd
Permeate flow rate, min.	19.7 m^3/d	5200 gpd

Element is tested under the following conditions: applied pressure 55.2 bar (800 psi), NaCl concentration 32,000 mg/l (or when tested on a mixed solution of 32,000 mg/l NaCl and 5 mg/l Boron), operating temperature 25 °C (77 °F), pH 8 and recovery rate 8 %.

تعقيب الدكتور حسن كمال عبد الرحيم:

وقامت بعض الشركات الكبرى المنتجه للأغشية بانتاج أغشية ذات كفاءة عالية لإزالة البورون مثل شركة توراي وداو وهيدرونتكس:

1. **Toray Industries Inc. developed membranes known as TM820A-400 and TM820C of 93% boron rejection, and TM820E-400 of 91% boron rejection ;**
2. **DOW Chemical Co. developed membranes known as SW30XHR-400i of 92.8% boron rejection, SW30HRLE-400 of 91% boron rejection,**

SW30XLE-400i of 88% boron rejection, and SW30ULE-400i of 87% boron rejection, and

3. **Hydranautics developed membranes known as SWC4+ of 90% boron rejection, SWC4+B of 95% boron rejection, SWC5 of 92% boron rejection, and SWC6 of 91% boron rejection.**

المصدر:

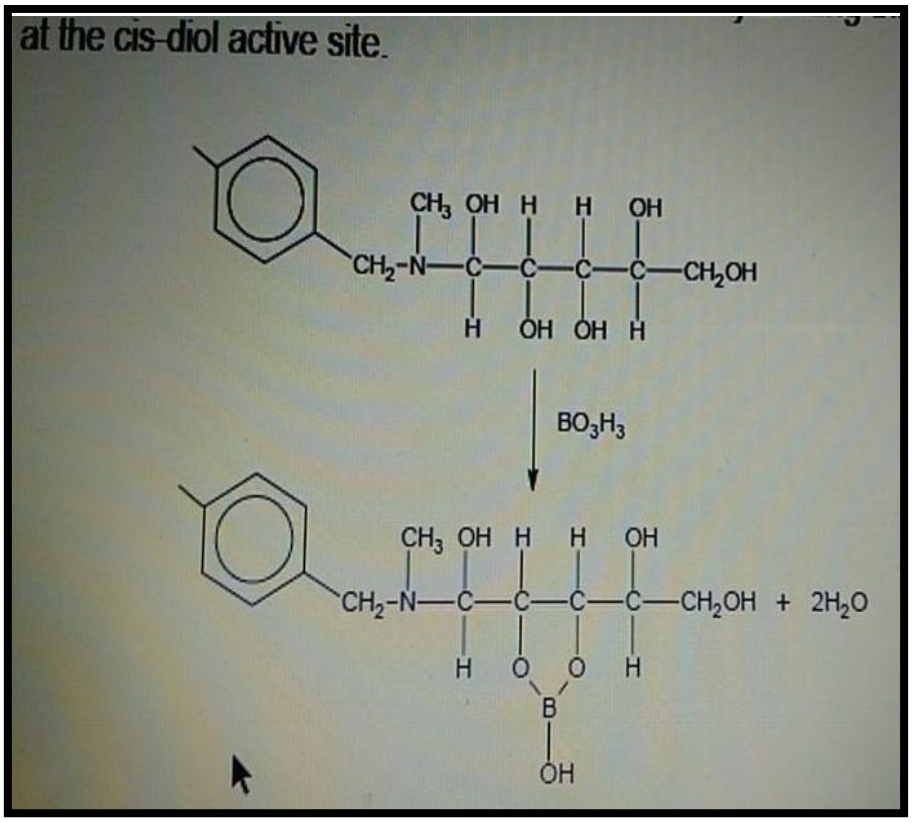
M. Faigon, D. Hefer, Boron Rejection in SWRO at High pH Conditions versus Cascade Design, Desalination. 223 (2008) 10–16. doi:10.1016/j.desal.2007.02.070.

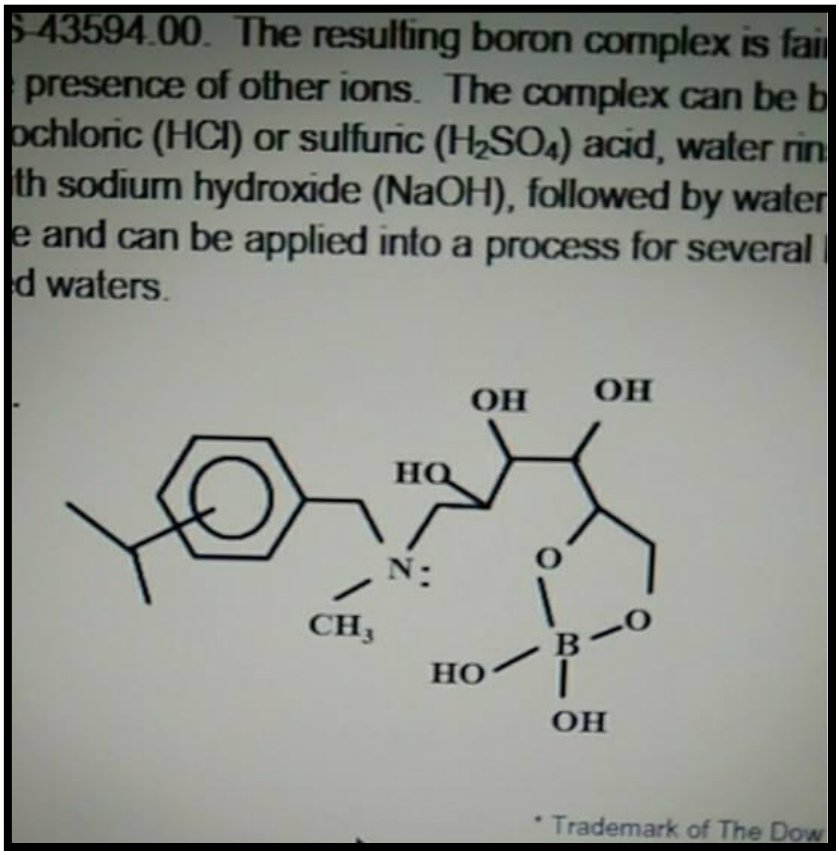
المهندس محمد زكريا:

وجهة نظري أنه يستخدم RO عادي وبعدها يستخدم "food grade ion Exchange" ... وفي أنواع منه purolite ... وفي نوعين آخرين جيدين جداً وهما:

& Dowex xus-43594. Amberlite PWA10

والفكرة أنه يكوِن complex مع الريزن ويوصله إلى حالة من stability علي سطح الريزن





وهذه الأنواع من ال resin يتم عمل regeneration لها عن طريق استخدام حامض الهيدركلوريك أو حامض الكبريتيك لعمل استبدال للبوريت وبعدها يتم معادلة سطح الريزن بمحلول قاعدي وهناك أنواع أخري من ال resin ممتازة جداً في إزالة التيتانيوم والزرنيخ والرصاص ... مثل ADSORBISA As600 من DOW.

وهناك أنواع خاصة بالنترات والسلفيت مثل DOWEX-psR-2.

ويستطرد المهندس محمد زكريا:

هذه مقارنة بين أنواع مختلفة من الأغشية ودرجات مختلفة من pH:

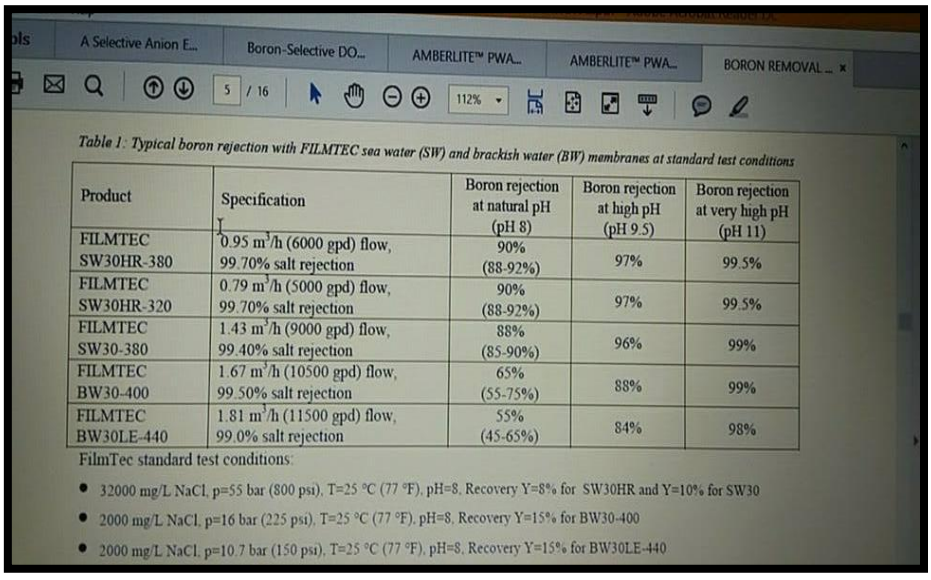


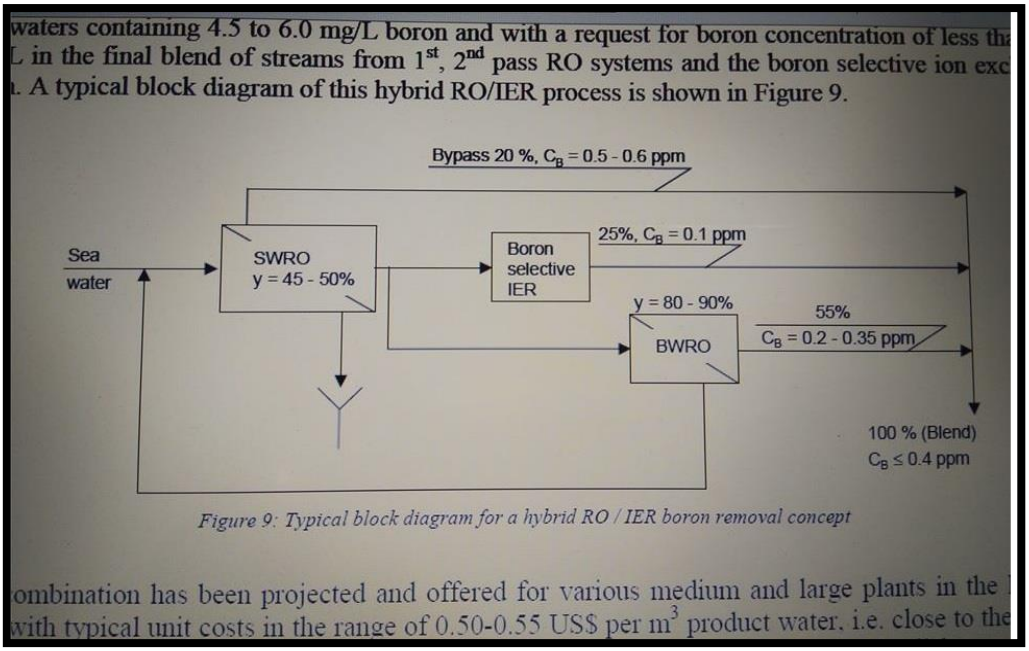
Table 1: Typical boron rejection with FILMTEC sea water (SW) and brackish water (BW) membranes at standard test conditions

Product	Specification	Boron rejection at natural pH (pH 8)	Boron rejection at high pH (pH 9.5)	Boron rejection at very high pH (pH 11)
FILMTEC SW30HR-380	0.95 m^3/h (6000 gpd) flow, 99.70% salt rejection	90% (88-92%)	97%	99.5%
FILMTEC SW30HR-320	0.79 m^3/h (5000 gpd) flow, 99.70% salt rejection	90% (88-92%)	97%	99.5%
FILMTEC SW30-380	1.43 m^3/h (9000 gpd) flow, 99.40% salt rejection	88% (85-90%)	96%	99%
FILMTEC BW30-400	1.67 m^3/h (10500 gpd) flow, 99.50% salt rejection	65% (55-75%)	88%	99%
FILMTEC BW30LE-440	1.81 m^3/h (11500 gpd) flow, 99.0% salt rejection	55% (45-65%)	84%	98%

FilmTec standard test conditions:

- 32000 mg/L NaCl, p=55 bar (800 psi), T=25 °C (77 °F), pH=8, Recovery Y=8% for SW30HR and Y=10% for SW30
- 2000 mg/L NaCl, p=16 bar (225 psi), T=25 °C (77 °F), pH=8, Recovery Y=15% for BW30-400
- 2000 mg/L NaCl, p=10.7 bar (150 psi), T=25 °C (77 °F), pH=8, Recovery Y=15% for BW30LE-440

ومن وجهة نظري هذه أفضل طريقة للتعامل مع البورون:



وحول المواصفة لجديدة للبورون تحدث الخبراء:

الدكتور خالد فهمي (وهو عضو فعال في اللجنة العليا المصرية للمياه):

آخر تعديل في اللجنة العليا للمياه باعتماد المسودة النهائية للجنة حيث استطاعت رفعها من 1 إلى 2.4 جزء في المليون طبقاً للخطوط الإرشادية لمنظمة الصحة العالمية وسأنشر القرار هنا بإعتماد وزير الصحة.

بالنسبة للبورون تم الاعتماد وبالنسبة لباقي المواصفة التي حاربت فيها بشدة ... باقي فقط الأمونيا فأنا أُصر أن ترفع قيمتها أعلى من 0.5 جزء في المليون.

ونحاول أن نقنع المسئولين عن المواصفة أن التشدد بدون داعي يعني خارج توصيات الWHO ضد مصلحة المواطن ... وكل ما يفعله أنه يرفع عدد العينات الغير مطابقة على غير الواقع ... ويهز ثقة المواطنين في مياه الشرب بدون مبرر.

المهندس عادل عبد الحليم السلايمة:

كما أنه يرفع من تكلفة المعالجة.

تعقيب المهندس محمد محمود:

هذا صحيح فقد رفعت منظمة الصحة العالمية WHO الحد الأقصى للبورون في مياه الشرب إلى 2.4 جزء في المليون ... ولكن يجب أن نتبع تشريعات مياه الشرب الخاصة بالدولة.

وأعتقد أن كل دولة لها مواصفات خاصة بها ... وأحياناً لا تتفق مع المواصفات العالمية والأمر يرجع الي طبيعة وجود بعض العناصر في مكونات الغذاء ... أو المصادر الطبيعية ... والمواصفات الكندية تختلف عن EPA & WHO.

تعقيب الدكتور حسن كمال عبد الرحيم:

ومع ذلك ... فقد قبلت بلدان كثيرة نسب وحدود مختلفة لتركيز البورون في المياه وذلك استناداً إلى ما يمكن تحقيقه بصوره عملية واقتصادية ... ولأنه لا توجد بيانات كافية عن مدى سُمية البورون على صحة الأنسان.

ومن أمثلة ذلك: في الولايات المتحدة الأمريكية 1 ملجم/لتر في ولاية كاليفورنيا ... 0.6 ملجم/لتر في ولاية مينيسوتا ... 0.63 ملجم/لتر في ولاية نيو هامبشاير ... 0.6 ملجم/لتر في ولاية ماين ... 0.9 ملجم/لتر في ولاية ويسكونسن ... 1 ملجم/لتر في الإتحاد الأوروبي ... 1.4 ملجم/لتر في كوريا الجنوبية واليابان ... في نيوزيلندا 4 ملجم/لتر ... 4 في أستراليا ... و 5 ملجم/لتر في كندا.

المصدر:

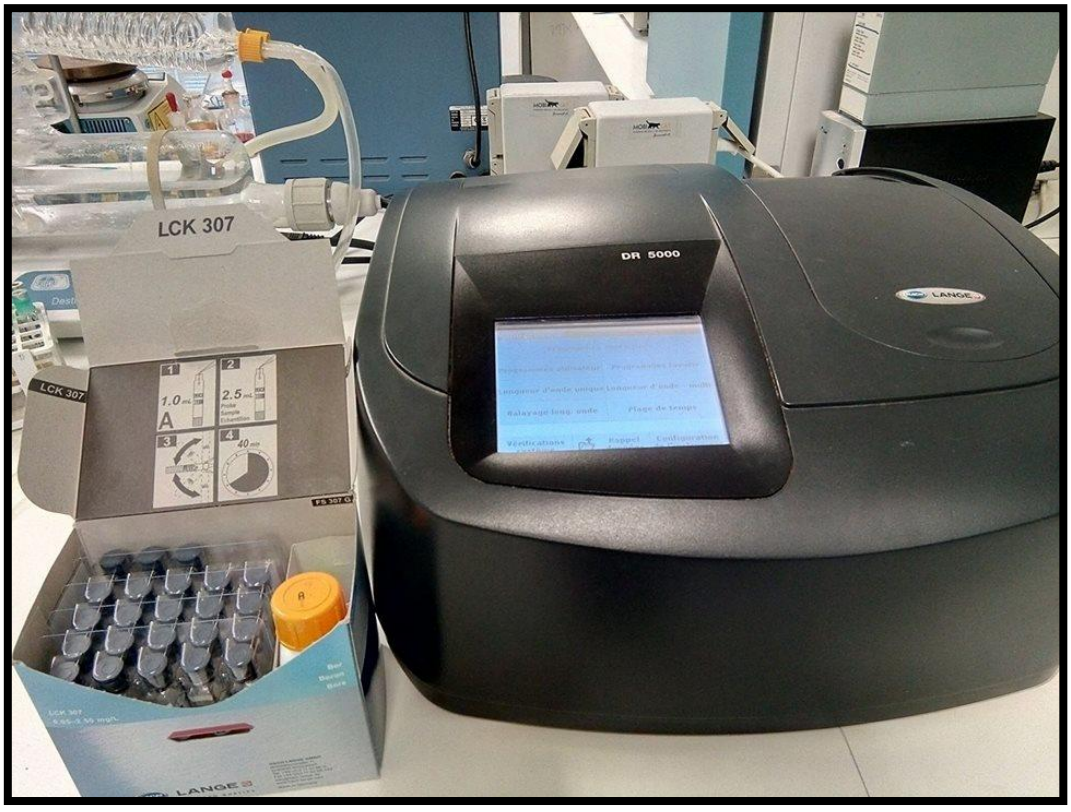
K. Rahmawati, N. Ghaffour, C. Aubry, G.L. Amy, Boron Removal Efficiency from Red Sea Water Using Different SWRO/BWRO Membranes, Journal of Membrane Science. 423–424 (2012) 522–529. doi:10.1016/j.memsci.2012.09.004.

استفسار أحد الزملاء:

بمناسبة الحديث عن البورون ... ما هى أبسط الطريق لقياسه معملياً ؟؟؟

المهندس Nadjib Tachaout:

LCK 307:



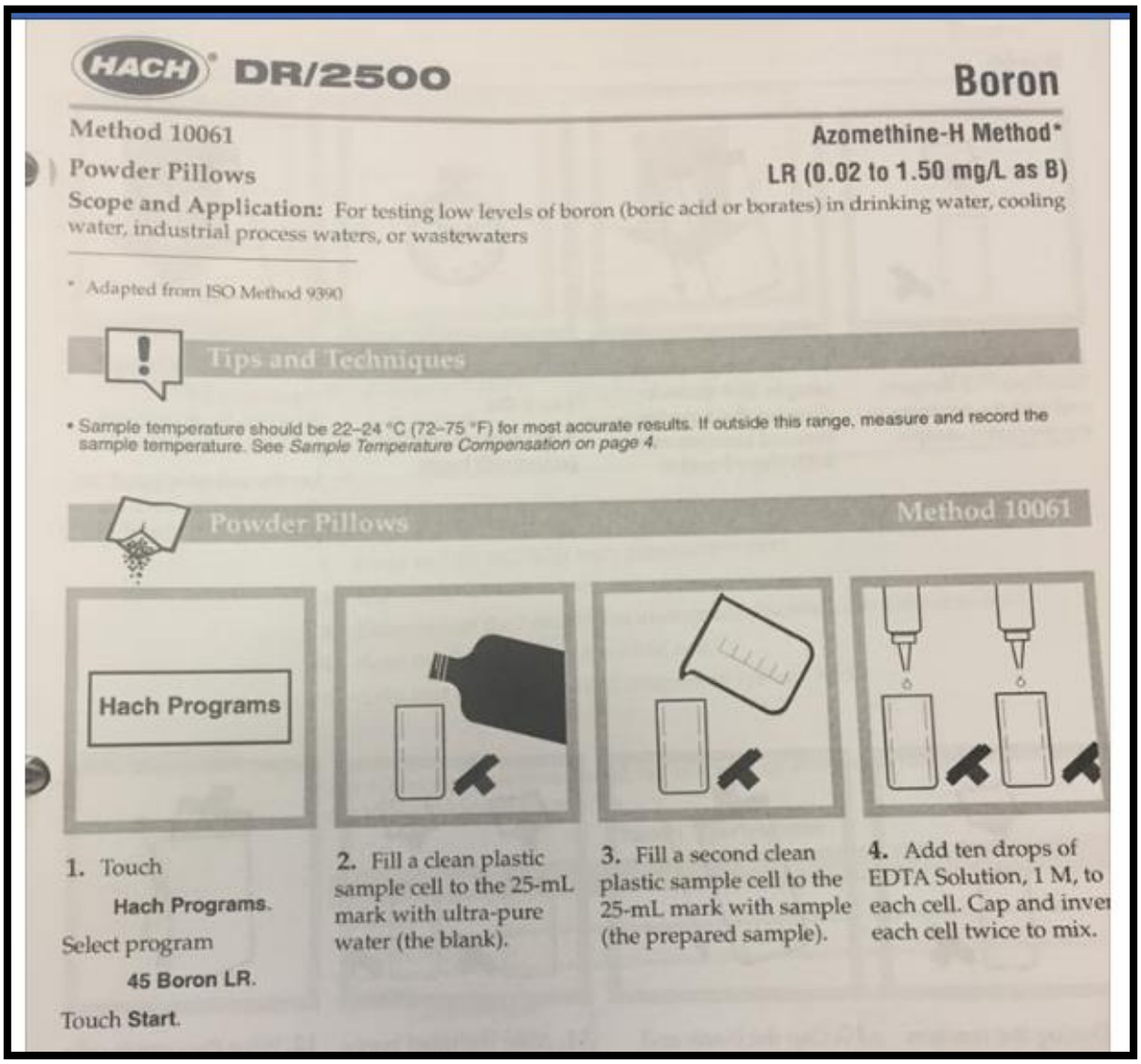
ونقوم بعمل تخفيف 2/1 ... والنتائج السنوية تتراوح بين 4.2- 4.8 ... أما بالنسبة للبرمييت فهي تتراوح بين 0.7- 1.15 على حسب درجة الحرارة.

تعقيب المُحاضر:

المدى الذى يقيس فيه هذا الجهاز للبورات من 0.05 – 2.5 جزء فى المليون ولذلك يتم تخفيف العينة ... كما يجب أن تكون درجة الحرارة عند 20 - 24 درجة مئوية تبعاً لإرشادات المانيوال ... وما يحدث هو أن أيونات البورات Borate ions تتفاعل مع مركب الazomethine-H لتكون صبغة صفراء تُقاس على جهاز الفوتوميتر DR-5000من شركة هاك عند 410 نانوميتر.

المهندس أحمد خيري العزاوي:

يتم قياس البورون بواسطة جهاز DR/2500 انتاج شركة HACH.



HACH DR/2500 Boron

Method 10061 Azomethine-H Method*

Powder Pillows LR (0.02 to 1.50 mg/L as B)

Scope and Application: For testing low levels of boron (boric acid or borates) in drinking water, cooling water, industrial process waters, or wastewaters

* Adapted from ISO Method 9390

Tips and Techniques

• Sample temperature should be 22–24 °C (72–75 °F) for most accurate results. If outside this range, measure and record the sample temperature. See *Sample Temperature Compensation on page 4.*

Powder Pillows Method 10061

1. Touch **Hach Programs.** Select program **45 Boron LR.** Touch **Start.**

2. Fill a clean plastic sample cell to the 25-mL mark with ultra-pure water (the blank).

3. Fill a second clean plastic sample cell to the 25-mL mark with sample (the prepared sample).

4. Add ten drops of EDTA Solution, 1 M, to each cell. Cap and inver each cell twice to mix.

المهندس عمرو معوض مؤمن يذكر عدة طرق لقياس البورون:

1- by using spectrophotometer (HACH) there is two method

1- carmine method for range (0.2 to 14) ppm as B.

2- Azomethine-H method for low range (0.02-1.5) ppm as B.

2- by using Atomoic absorption spectroscopy (graphite furnace)

3- by using ICP OES.

Atomic absorption spectroscopy and ICP OES you should have the bulk standard and prepare a calibration curve and make analysis is acid solution 5% HNO3.

Boron analysis by Hach spectrophotometer: you must have any hach spcro-photometer & the reagents.

تعقيب المُحاضر:

هذه الصور جزء من المانيوال لشركة هاك الخاصة بطريقة ال Carmine method للتركيزات العالية من البورون:

HACH **DR/4000 PROCEDURE** **BORON**

Method 8015 **Carmine Method***

Powder Pillows **(0 to 14.0 mg/L)**

Scope and Application: *For water and wastewater. The estimated detection limit for program number 1250 is 0.4 mg/L B.*

* Adapted from *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.*

Summary of Method

Boron is determined by its reaction with carminic acid in the presence of sulfuric acid to produce a reddish to bluish color. The amount of color is directly proportional to the boron concentration.

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

ملخص المعالجة النهائية جزء- ١

٢٦

النقاش السادس والعشرون

النقاش السادس و العشرون:-

26- ملخص المعالجة النهائية – جزء 1

Post treatment section (Final treatment)

المناقشات السابقة والتى ستتوج بماء الذهب على صفحات من نور يستفيد بها القاصي والداني ...

وأما المعالجة النهائية أو ما يطلق عليه أهل معالجة المياه "مرحلة التثبيت" هى آخر مرحلة بعد الخروج من الأغشية ولها أهميتها ...

نقول: "يحتاج الماء المنتج من وحدة الRO إلى معالجة نهائية لضبط خواصه بما يناسب الإستخدام المطلوب ... الغرض من هذه المرحلة الحصول على مياه عذبة صالحة للاستخدام وتسمى مياه عذبة تم معادلتها stabilized fresh water فتستخدم كماء للشرب أوفى مياه الغلايات البخارية أو للاستخدام الصناعي أوالغذائي أوالطبي ... إلخ" ... وكل غرض له مواصفاته ومتطلباته وبالتالي نوعية المعالجة.

وقد تتضمن المعالجة النهائية عدة أمور تعتمد فى ذلك على طبيعة المياه المنتجة والغرض منها كما قلنا ... نذكر هذه الأمور فى عجالة:

1- **إزالة الغازات.**
2- **تعديل القلوية والأس الهيدروجينى pH.**
3- **ضبط العُسر وتركيز الأملاح.**
4- **نزع الأملاح بالكلية.**
5- **التعقيم النهائي بالكلورة والأشعة فوق البنفسجية والأوزون.**
6- **الفلترة القصوى Ultrafiltration.**

وللأمانة - وأسمحوا لنا - فنحن لن نسهب فى شرح المعالجة النهائية كثيراً نظراً لأن الكورس يركز على التناضح العكسي وأغشيته وسنكتفي ببعض النقاط والملاحظات التى قد تهم البعض فى هذا النقاش وعدة مناقشات قادمة ... ولعلنا فى المستقبل نفرد لها دورة تدريبية جديدة ...

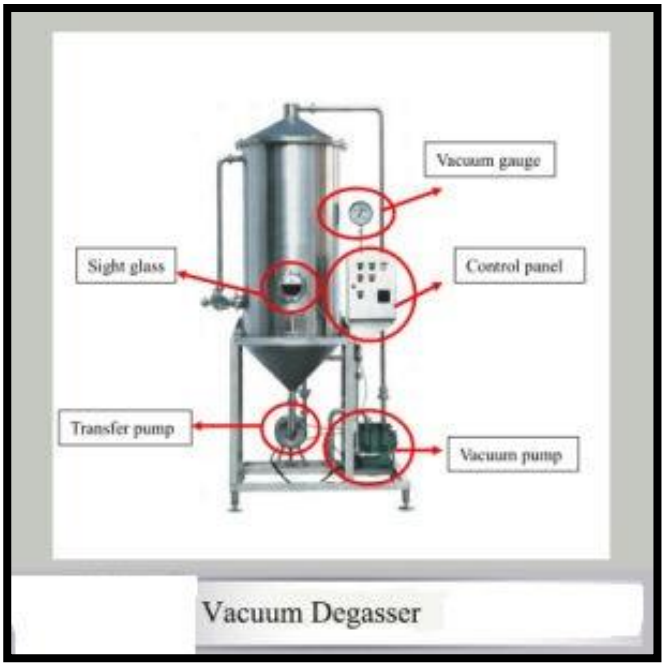
ونبدأ الآن بإزالة الغازات:

1- إزالة الغازات Degasification :

ذكرنا من قبل أن التحلية بالتناضح العكسيRO يزيل جميع الملوثات تقريباً ماعدا الغازات وأهمها غاز ثانى أوكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين ويطلق عليها الغازات الحمضية أو ال"Acid gasese"... وذكرنا السبب فى ذلك وهو صغر الوزن الجزيئى وعدم تواجد شحنات كبيرة على جزيئات الغاز مما يجعل الأغشية غير قادرة على حجزها وتمر مع

المياه المنتجة permeate ... لذا نقوم بعملية نزع الغازات فى مرحلة مابعد الRO فى المعالجة النهائية وتُسمى بمرحلة إزالة الغازات أو عملية إزالة الكربون Decarbonation حيث نتخلص من الكربون المتمثل فى ثانى أوكسيد الكربون الذائب (أو حمض الكربونيك) ... وبالتالى تزيد الpH (وقد تزيد درجة كاملة فمثلاً تزيد من 6.5 إلى 7.5 وتستطيع متابعة ذلك باستخدام ال pH meter بالوحدة قبل وبعد) ... والتغير فى الأس الهيدروجينى يعتمد على سرعة سريان المياه وكمية فقد الغاز المفقود ... وهذه المرحلة تتلخص فى أننا نستخدم جهاز نازع للغازات (Degasifier) أو(Degasser) ...

وهذه صور للSt.St vaccum degasser أو نازع الغازات المصنع من الستانلس ستيل:



تعقيب المهندس سعيد عادل:

برج التهوية موضوع متعارف عليه في أبراج التبريد ... ولكن إذا تكلمنا على مصانع الأغذية فإنه يستخدم ال st.st degassifer ويتم تعقيمه بhot water ... أو من المُمكن لو مصنع عنده مُيسر مادياً فيتم استخدام liquicel وهى عبارة عن ممبرينات بولي بروبيلين عادي ويتم تعقيمها حتى 85 درجة مؤية وباستخدام air stripping و vaccum pump يتم التخلص من الأكسجين الذائب وثاني اكسيد الكربون والهيدروجين سالفيد.

وهذه صورة للLiquicel:

تعقيب المهندس أيمن موسيليني:

توجد ملحوظة في برج نازع الغازات... في حالة وجوده داخل مكان مغلق حيث يتم سحب الهواء من المكان المغلق وخروج الغازات من القينت vent في نفس المكان المغلق ... وحيث أن كثافة غاز ثاني أوكسيد الكربون CO_2 أكبر من كثافة الهواء فيهبط الي أسفل ويدخل مرة أخري مع سحب البلاور وهكذا ويحدث circulation لل CO_2 مع البلاور ... ولذلك يجب أن يكون القينت منه إلى الجو أو يكون سحب البلاورمن خارج المكان المغلق حتى لا يختلط CO_2 مره أخري مع الهواء الداخل لعملية ال strapping.

تعقيب المهندس أحمد خيري العزاوي:

يوجد مرحلة من مراحل المعالجة الابتدائية وقبل R. O. تسمى مرحلة التخلص من الغازات عن طريق Degasser tower أوDegasser fans وذلك للتخلص من الغازات المسببة لأملاح الكربونات والكبريتات chemical fouling ... وبنفس الطريقة المشروحة للتخلص من الغازات وهى مرحله مهمة جداً في المعالجة الابتدائية وطبقا لنوعية المياه الخام.

المهندس أحمد خيري العزاوي:

يتم نزع الغازات في المراحل الإبتدائية لعدم تكون أملاح الكبريتات والكربونات chemical fouling في إحدى المحطات التي أنا مسئول عنه حيث يوجد Degasser fan Degasser tower قبل الفلاتر الرملية والبيرم.

المهندس نادر محمد النجار:

أبراج تهوية في إحدى المحطات للتخلص من ثاني اكسيد الكربون الناتج من التحلية حيث لا يتم رفع الpH بدون إضافة الصودا.

2- تعديل القلوية:

من الطبيعى أن ينخفض الأس الهيدروجينى (pH) للمياه بعد الخروج من أغشية التناضح العكسى وإزالة الأملاح ... فيقل درجة أو درجتين فيصبح مثلاً 5.0 – 6.5 ... (هذا إذا كنا لم نصل إلى هذه الدرجة فى الأصل عند إضافة الحمض فى المعالجة الإبتدائية) ... وهذا لا شك يسبب ضرر تآكلى على المواسير المعدنية خاصة المصنعة من النحاس أوالرصاص والمعادن الآخرى ... وإذا كنا نتحدث عن الpH وانخفاضه فإننا نتجه دائماً صوب مسببات القلوية والحامضية ... والمركبات الثلاثة المعتادة والمسئولة عن ذلك هى بالطبع الكربونات والبيكربونات وثانى أوكسيد الكربون الذائب فى الماء ...

وإليك تفسيرات بعض الخبراء:

1- **إضافة الحمض قبل الأغشية مهم فى كثير من الحالات لأن بعض الأغشية بطبيعتها تعيش فى جو حامضى فتكون المياه المنتجة (Permeate) فى حدود 5.5 مثلاً.**
2- **عند إضافة الحامض قبل الأغشية فى مرحلة المعالجة الأولية تتحول معظم أملاح الكربونات إلى بيكربونات وثانى أوكسيد الكربون ... ويتم التخلص من البيكربونات والكربونات المتبقية والمسببة للقلوية (خاصة**

كربونـات الكالسـيوم) مـع الrejectمما يسـبب خفـض الpH فـى الميـاه المنتجـة وارتفـاع فـى الpH لميـاه الريجيكت عن مياه التغذية.

3- ثانى أوكسيد الكربون الذائب فى الماء هو أيضاً بالطبع يمر كما قلنا من خلال أغشية التناضح التى لا تستطيع حجزه هو وبقية الغازات الذائبة ليتواجد فى المياه المنتجة (Permeate) ... ويكون حمض الكربونيك الذى يسبب خفض الرقم الهيدروجينى ... وكلما زادت نسبة ثانى أوكسيد الكربون الذائبة قلت الpH.

4- بعض مضادات القشور Antiscalant لها طبيعة حامضية أيضاً تساهم فى خفض الpH وبالتالى تزيد من تركيز ثانى أوكسيد الكربون.

فما هو الحل؟؟

الحل يكون بإضافة مادة ترفع الرقم الهيدروجينى إلى نقطة التعادل ...

وأكثر هذه المواد استعمالاً هى التى تسبب القلوية ورفع الpH مثل:

1- الصودا الكاوية (وهى لا تغير من طعم المياه مادامت الpH فى منطقة التعادل) وهى فى الحقيقة الأكثر استخداماً.

2- هيدروكسيد البوتاسيوم KOH وتستخدمه بعض الشركات بنجاح.

3- إضافة كربونات الصوديوم (الصودا آش) (Soda ash).

4- إضافة بيكربونات الصوديوم Sodium bicarbonate.

5- وضع فلترالكالسيت calcite filter cartridge.

الجدير بالذكر أن بعض الوحدات لا تلجأ إلى رفع قيمة الpH لأنه يعتبر ميزة كمياه تغذية لأبراج التبريد التى ترتفع فيها الpH فى الأصل ويتم حقنها بحمض كبريتيك بنسب معينة لارجاعها الى مدى الوسط المتعادل وبالتالى يتم التوفيرفى استهلاك حمض الكبريتيك ... والعاملون فى أبراج التبريد يعلمون ذلك جيداً.

وسنتحدث هنا عن 3 أمور وهى:

1- كيفية ضبط جرعة هيدروكسيد الصوديوم NaOH.

2- إضافة هيدروكسيد الصوديوم فى منطقة الأغشية!

3- فلتر الكالسيت.

4-

1- كيفية ضبط جرعة هيدروكسيد الصوديوم NaOH:

يأتى الأستاذ هيدروكسيد الصوديوم من الشركة الموردة على هيئة سائل فى حدود 48 - 50 % مثلاً أو يأتى أكثر تخفيفاً أوعلى هيئة قشور بيضاء صلبة ...

ما سنفعله هو أننا سنحضر تركيز معين من الصودا وليكن 30% أو 15% ... والمطلوب إضافتها لمياه المنتج بحيث يكون تركيز الصودا 5 جزء فى المليون ... ومع الإضافة نتابع زيادة الpH إلى الدرجة التى نريدها ...

المطلوب الآن معرفة تحضير التركيز بالنسبة المئوية.

والمطلوب معرفة الكمية المطلوب إضافتها للوصول إلى 5 جزء فى المليون فى مياه المنتج.

سنسرد القاعدة ثم حضرتك تطبقها فى وحدتك.

<u>أولاً:</u> تحضير التركيز بالنسبة المئوية:

لو أردنا الحصول على تركيز 30% مثلاً من قشور الصودا (بافتراض أن المادة نقية 100%) نضيف 30 كيلو جرام من الملح إلى 100 لتر من المياه خالية من الكلور مع التقليب ... ولو كنا نريد تحضير 50 لتر فقط ... إذاً نضيف 15 كيلوجرام وهكذا.

لو أردنا الحصول على تركيز 12.5% مثلاً من قشور الصودا نضيف 12.5 كيلو جرام من الملح إلى 100 لتر من المياه ... لو كنا نريد تحضير 50 لتر فقط ... إذاً نضيف 6.25 كيلوجرام وهكذا.

ثانياً: المطلوب معرفة الكمية المطلوب إضافتها للوصول إلى 5 جزء فى المليون فى مياه المنتج:

يتم الرجوع للمعادلة التالية (وقد تم شرح ذلك بالتفصيل فى الجزء الأول من الكورس):

$$\text{حساب نسبة الحقن (الجرعة) (تركيز المادة الكيماوية فى المياه المعالجة بالppm)} = \frac{\text{الحجم المضاف باللترفى اليوم} \times \text{التركيز\%} \times \text{الكثافة النوعية للمادة الكيماوية} \times 1000}{\text{كمية المياه (مياه التغذية المحقون فيها الكيماويات) متر مكعب/يوم}}$$

المجهول فى المعادلة هو الحجم المُضاف باللتر فى اليوم:

انظر المثال التالى ... كى نصل لتركيز 5 جزء فى المليون نضيف 20 لتر فى اليوم ...

<u>For preparation 12.5% of Sodium hydroxide solution as follow</u>

12.5% NaOH = (12.5 Kg $_{NaOH}$ / 100 liters $_{H2O}$)

<u>Dose percent calculation (PPM)</u>

$$\text{PPM} = \frac{\text{(Chemical dilution * specific gravity * liters consumed per day * 1000)}}{\text{Permeate flow (m}^3\text{/d)}}$$

<u>Example</u>

Reverse osmosis plant production 500 m3/d and inject 20 L/d of sodium hydroxide solution of 12.5% calculate the injected dose percent of this solution?

$$\text{PPM} = \frac{\text{(Chemical dilution * specific gravity * liters consumed per day * 1000)}}{\text{Permeate flow (m}^3\text{/d)}}$$

$$\text{PPM} = \frac{(12.5/100) * 20 * 1 * 1000}{500}$$

PPM = 5 PPM

والتفاعل الذى يتم بين الصودا الصلبة والماء عند إذابتها هو تفاعل Exothermic ... يعنى طارد للحرارة ... لذا فتنك التحضير يجب أن تتركه حتى يبرد ولا تستخدم طلمبة الحقن مباشرةً للحفاظ عليها.

وبعد الحقن ... وبالتجربة يتم متابعة الpH حتى نصل إلى القيمة المطلوبة ... ومن الممكن عمل محاكاة simulation فى المعمل بأخذ عينة من المياه المنتجة وإضافة الصودا إليها ومعرفة الكمية المطلوبة منها إلى المياه المنتجة ككل.

2- إضافة هيدروكسيد الصوديوم فى منطقة الأغشية!

سؤال هام هل يتم إضافة قاعدة قوية مثل الصودا الكاوية فى مرحلة المعالجة الأولية قبل الأغشية؟؟؟؟

الجواب: نعم أحياناً يتم إضافة مادة قلوية Caustics فى البداية فى بعض الظروف!

فى المعالجة الأولية ... مرة نقول نضيف حمض ومرة نقول نضيف قاعدة ... ما التفسير؟؟

أخى الكريم ... إضافة الNaOH مع نظام الRO 2-Pass واردة ... حيث أن المياه الخارجة من الRO first pass (أو الpermeate) والتى تعتبر تغذية الRO second pass والتى فيها ننزل بالتوصيلية لـ4megaohm-cm هى التى نضيف بها الصودا الكاوية <u>وذلك لأربع أسباب مجتمعة أو متفرقة وهى:</u>

1- **الرقم الهيدروجينى عندما نرفعه إلى 8.2 فإن كل ثانى أوكسيد الكربون يتحول إلى بيكربونات والتى يتم التخلص منها فى ريجيكت الRO فى المرحلة الثانية وذلك لأن ثانى أوكسيد الكربون غير مرغوب فيه كما أن معالجته بطريقة نازع الغازات Degasifier أو عمل lime softening بالتبادل الأيونى يعتبر مكلفاً (فإذا كان هاتين الطريقتين موجودتان بالفعل ففائدة ذلك عدم عمل تحميل loading عليهما بتقليل نسب ثانى أوكسيد الكربون لأقصى ما يمكن قبل الدخول عليها).**
2- **بعض مكونات الTOC يتم التخلص منها بطريقة أفضل عند الpH العالية.**
3- **ذوبانية السيليكا أفضل فى الpH العالية خاصة فوق الpH=9.**
4- **التخلص من البورون أفضل فى الpH العالية خاصة فوق الpH=9 (راجع النقاش السابق) وتحديداً هذه النقطة هامة مع مياه البحر.**

<u>المهندس محمود سعد نوفل:</u>

في الحقيقة ومن خلال التجربة ... لا يُنصح بحقن صودا في داخل الأغشية للتخلص من الغازات الذائبة والبديل هي وحدة نزع الغازات ... لأن حقن الصودا فوق pH 8 سيحول كل الCO2 إلى CO_3 والذى مع وجود الكالسيوم في مياه الفيد وعدم ضبط جرعة الأنتيسكيلنت بدقة شديدة - أو يفضل وضع سوفتنر- يؤدي ذلك لتكون قشور داخل الممبرين في غضون أسبوعين!! وهذا حدث معنا مرتين برغم اتباع أقصي درجات الحذر بخصوص الأنتيسكسلنت ... إلا أن الpH مابين 8.5 و 9 لمياه الفيد أتت بنتيجة عكسية.

3- فلتر الكالسيت:

فلتر الكالسيت Calcite filter cartridge هو نوع من أنواع فلاتر الكارتردج ... يُسمى أيضاً فلترالتعادل Neutralizing filter ويتم وضعه بعد وحدة التناضح العكسى RO فى المنازل والوحدات الكبيرة لرفع قيمة الpH للمياه المنتجة (البيرمييت) لمنع عمليات التآكل فى المواسير كما قلنا.

يتكون الفلتر من وسط من كربونات الكالسيوم التى تذوب بتدرج فى المياه لتعادل الpH ... ويتم عمل غسيل عكسي للفلتر بجانب إعادة الملء بالكالسيت حينما يتم استهلاكه تماماً ... وفى المعتاد يتم تغييره كل عام تبعاً للإستهلاك وطبيعة المياه الناتجة من الأغشية ... إلخ

وكمثال عملى نقول أن الأس الهيدروجينى pH يرتفع من 6.5 إلى 7.6 بعد فلتر الكالسيت ...

وبعد معادلة الpH نتوقع أن يزيد العسر بسبب أيونات الكالسيوم ... لذا يجب وضع ميسر Softener بعد الفلتر إذا لزم الأمر... وهذه من عيوب فلترالكالسيت ...

أنظر إلى فلترالكالسيت وهو مثبت فيه أتوماتيك الغسيل العكسي:

المهندس محمد على عبد المنعم:

كان عندنا محطة بها يسر في المياه فأحضروا فلتر الكالسيت لكن بشكل مختلف عن الذى في الصورة وأقرب الى فلتر الميديا ... لكن بعد فترة من تشغيله اكتشفنا أنه رفع ال pH إلى 10 فاضطررنا أن نحقن حامض قبل الأغشية لتخفيض الpH ... حتى نصل في النهاية بعد إلى 7.5.

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

ملخص المعالجة النهائية جزء- ٢

٢٧

النقاش السابع والعشرون

النقاش السابع و العشرون:-

27- ملخص المعالجة النهائية – جزء 2

Post treatment section (Final treatment)

تحدثنا فى النقاش السابق عن المعالجة النهائية لمياه البيرميت المُحلاة ... تحدثنا عن إزالة الغازات وعن ضبط القلوية والpH ... ونستكمل الآن المشوار بموضوع الأملاح والعسر ...

3- ضبط العُسر وتركيز الأملاح:

المياه الناتجة من وحدة التناضح العكسى فى المعتاد تكون فقيرة فى الأملاح (TDS تحت 100 جزء فى المليون فى كثير من الحالات) ... وهى تعطى طعماً غير مستساغاً فى الطعم والنكهة لو استخدمناه فى الشرب حيث أن نسب الأملاح لا تكون بالنسب الطبيعية ... ولاستخدام هذه المياه للشرب أو لبعض الأغراض الأخرى يتم رفع نسبة الأملاح مرة أخرى لتصل إلى 150 أو 200 جزء فى المليون مثلاً ، ويتم ذلك عن طريق:

1- إضافة أملاح معينة بنسب معينة تحاكى مياه الشرب الطبيعية أو تركيزات لأغراض معينة ... مثل كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ ... كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ ... بيكربونات الصوديوم Na_2CO_3 ... كربونات الصوديوم Na_2CO_3 ... بيكربونات البوتاسيوم K_2HCO_3 ... كبريتات الماغنيسيوم $MgSO_4$ ... إلخ

يُمكن أيضاً إضافة أملاح الفلورايد بحيث لا تتعدى النسبة 1.5 جزء فى المليون تبعاً لتوصيات منظمة الصحة العالمية ... ويكون بإضافة ملح البوتاسيوم فلورايد KF أو الصوديوم فلورايد NaF أو الفلورو سليكك أسيد Fluorosilicic acid H_2SiF_6 أو صوديوم فلوروسيلكات Sodium Fluorosilicate Na_2SiF_6.

2- خلط المياه الناتجة من الRO (البيرميت) بمياه أكثر ملوحة كالمياه الخام النظيفة أو التى مرت على فلاتر فى المعالجة الإبتدائية أو المياه قبل الأغشية (بعد فلاتر الكارتريدج) ... أو أى مياه ذات ملوحة عالية وذلك يتم فى تنكات الخلط Blending tanks ... وعادة لا تتم هذه الطريقة لأغراض مياه الشرب للخوف من التلوث.

استفسار أحد الزملاء:

هل لابد من وجود تانك؟....أم ممكن الخلط في خط الانتاج مباشرة؟

المهندس بلال رمضان صيدح:

من الممكن عمل خط للخلط من قبل الأغشية وربطه بالpermeate الناتج من المحطة. والتحكم فى كمية المياه المالحة عن طريق محبس في خط الخلط. وهذه الطريقة مطبقة فعلياً فى المصنع الذى أعمل به.

المهندس تامر بدر:

هذا يُسمى blending ومعظم الشركات تنفذه ... وليس فيه مشاكل لو مياه التغذية مواصفاتها جيدة ... لكني لا أفضل ذلك لأنه يقلل من جودة المياه بالإضافة إلى إمكانية تواجد نسبة بروميد تتفاعل مع الأوزون وتكون برومات.

المهندس عبد الرحمن السعدني:

موضوع الBlending أمرمتعارف عليه جداً بشرط ألا يكون هناك Radiation في مياه الfeed ... ونسبة الخلط تتم حسب مواصفات المياه المنتجة عندك ... وقد أشرت لنقطة البرومات ... يجب أن تكون نسبة الخلط مفترض أن تتضمن المحافظة علي تركيز معين من البرومات بحيث لا تتعدى نسبة البرومات النسبة المسموح بها في المياه المنتجة ... طالما تتعامل مع مياه معبئة والنسبة المسموح بها يحددها المواصفة التي تعمل بها.

موضوع خلط المياه المنتجة من الRO بالمياه المالحة:

بفرض أن المياه الناتجة من وحدة التناضح العكسي (أو ما نسميه الPermeate) كانت لها TDS أقل من 50 جزء فى المليون ، ونحن نريد الحصول على مياه الشرب والتى قد تصل الأملاح الذائبة فيها إلى 200 جزء فى المليون أو أكثر ... فماذا نفعل؟؟

نستخدم مياه ذات ملوحة عالية (مثلاً 1500 جزء فى المليون) ومنقاة من العوالق والعكارة (وقد يكون مصدرها مياه البئر نفسه لو كان هو مياه التغذية) ونسميها (Used water) ... ونقوم بخلط جزء من مياه الpermeate مع هذه المياه العالية الملوحة فى خزان خلط mixing tank ونحسب الملوحة الناتجة من هذه العلاقة الرياضية:

$$\text{Mixed water} = \frac{(\text{TDS permeate x its volume}) + (\text{TDS of used water x its volume})}{\text{Total volumes (permeate + used water)}}$$

وبهذه المعادلة نستطيع إيجاد أى مجهول بمعرفة الباقى.

3- يتم إمرار المياه المُنتجة على فلاتر خاصة تُسمى فلاتر إعادة المعادن Remineralization filters حيث يتم إضافة المعادن والأملاح مرة أخرى بنسب مدروسة ... وهذه الفلاتر تستخدم أحياناً على نطاق صغير فى الفلاتر المنزلية إذا تم معالجة المياه بتقنية الRO ... فتوضع هذه الفلاتر مرة بعدها لإعادة رفع الأملاح وضبطها ... وفى وحدات التناضح العكسي يتم أحياناً هذا النوع من الفلاتر بأحجام كبيرة وتتكون الميديا فيها من صخور بأحجام معينة (مثل صخور الدولوميت الذى يمد المياه بالكالسيوم والمغنيسيوم وتُسمى بفلاتر الدولوميت).

وهناك شركات متخصصة فى صناعة هذه الفلاتر ...

ويتم قياس نسب العناصر للأملاح المختلفة معملياً.

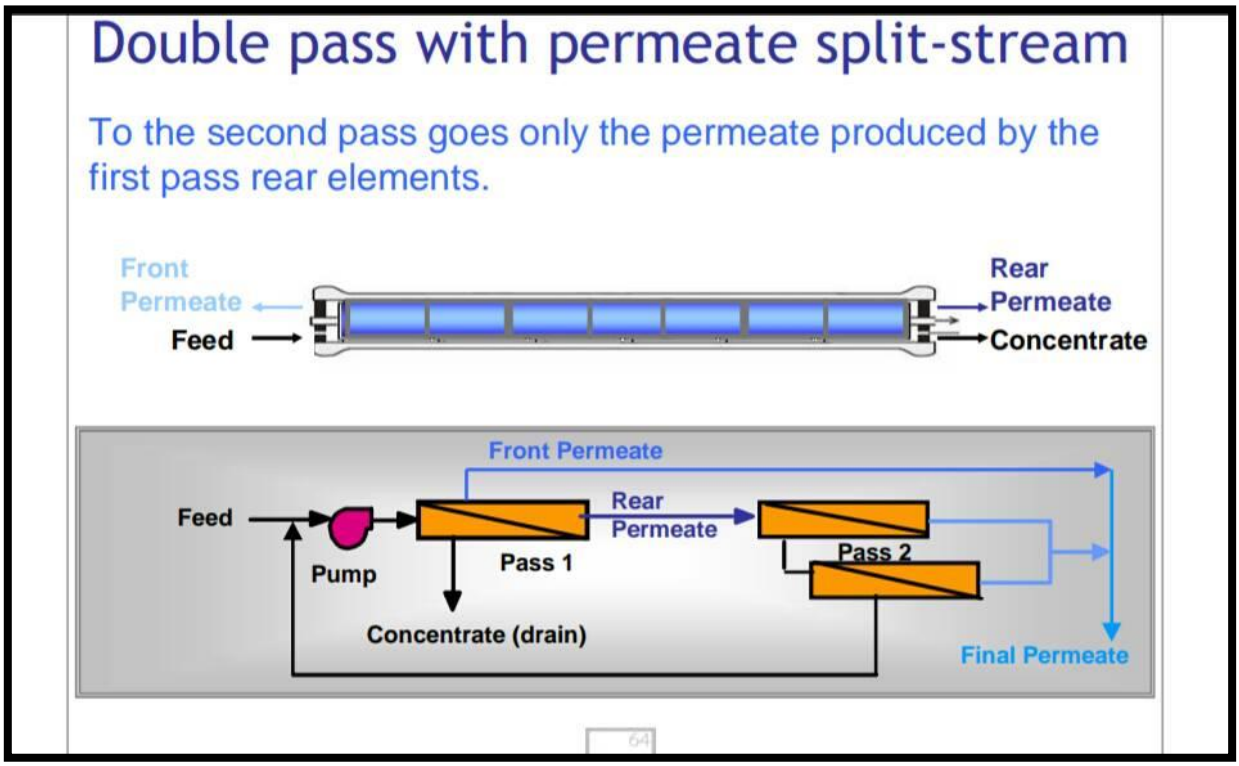
والجدير بالذكر أن الرياضيين يحتاجون لأملاح بنسب معينة لأنهم يفقدون أملاح ممن أجسادهم أثناء اللعب وإلا يكونوا معرضين للتشنجات العضلية (بسبب نقص البوتاسيوم على سبيل المثال).

تعقيب للمهندس قربابى الجيلانى عامر:

هناك من يضعون بعد فلتر الدولوميت فلتر لفحم فعال (نشط) للتغلب على المذاق الذي يعطيه الدولوميت.

خلط الأملاح يعتمد على الاستخدام وهناك أحاديث تدور حول تركيز الصوديوم والبوتاسيوم والنسب الآمنة التى يجب أن لا تتعداها ... كما أن هناك كلام حول العناصر المشعة فى مياه التغذية وخلطها مع المنتج مما يسبب المشاكل ...

وهناك تصميم عرضه المهندس أحمد محمود على المنتدى وقد صممته أحد شركات المعالجة العالمية ... وهو كما يظهر بالصورة التالية وأهم مميزاته أنه ينتج مياه مطابقة للشرب من ناحية الأملاح وفى نفس الوقت يتحاشى خلط مياه البيرميت بمياه التغذية الأولى ... كما أنه يتحاشى إضافة أملاح خارجية:



المنظومة تتكون من مرحلتين (ومياه التغذية لها أملاح 42000 جزء فى المليون):

المرحلة الأولى تتضمن مسارين ... المسار الأول Pass 1 نجد أن البيرميت يحدث له انقسام Splitting ... القسم الأول هو ال Front permeate بأملاح لا بأس بها أقل من 500 جزء فى المليون وهذا نأخذه مباشرةً إلى تنك الإنتاج ... والريجيكت يذهب إلى الصرف Drain.

القسم الثانى فى المسار الأول وهو ال Rear permeate بأملاح عالية الملوحة (ولكن أقل من 1000 جزء فى المليون) يدخل على المسار الثاني Pass 2 يخرج من بيرميت بأملاح أقل بكثير من البيرميت فى المسار الأول بالطبع ... ويتم نقله إلى تنك الإنتاج ... ريجكت هذا المسار يدخل إلى المرحلة الثانية بأملاح 720 جزء فى المليون ويخرج منه

بيرميت بأملاح 55 جزء فى المليون يُضاف إلى تنك الإنتاج ... والريجيكت من هذه المرحلة نعيد إرجاعها إلى مياه الفيد.

وهكذا لو كانت الأملاح من المسار الأول فى المرحلة الأولى مثلاً 500 جزء فى المليون وتم خلطها بمياه بيرميت أقل فى الأملاح فى المسار الثانى أو بيرميت المرحلة الثانية فإن الأملاح الناتجة ستكون طبقاً للمواصفات العالمية.

والمياه الناتجة من هذه الوحدة يتم إمرارها على فلتر كالسيت لضبط العسر وصودا لضبط الpH.

مشكلة "الزحلقة Slippery" فى المياه المنتجة (البيرميت)!!:

بعض الشكاوى تأتى إلينا وهى أن المياه المنتجة (البريميت) من محطة التناضح العكسي يكون فيها "زحلقة" أو "زفلطة" كأن بها محلول صابونى وتشبه ملمس الصودا الكاوية المُركزة ... وإذا تم غسيل اليد منها عدة مرات أوغسيل الأطباق وأدوات المطبخ فإن هذا الملمس اللزج لا يذهب بسهولة بل يتواجد متبقى منه على هذه الأدوات ... والسبب فى ذلك هو أن العسرHardness والذى يتمثل فى أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم قد تم التخلص منها بطريقة كبيرة وهما من يمنعان تكون الرغوة ... فإذا تم إزالة هذا العسر وحل محلها عنصر الصوديوم بسبب وجود سوفتنر مثلاً فى المعالجة الأولية أو بسبب إضافة صودا كاوية فى المرحلة اللاحقة أو بسبب كفاءة الأغشية فى إزالة الكالسيوم والمغنيسيوم بالمقارنة بالصوديوم الذى يمر عبر الأغشية أيسر من الكالسيوم والمغنيسيوم ... فإن العسر الكلى قد يقل عن 20 – 10 جزء فى المليون (as $CaCO_3$) وتظهرهذه الظاهرة المزعجة ... والحل يكون بإضافة مسببات العسر مرة أخرى (إضافة كالسيوم أو استخدام فلتر كالسيت).

وقد تكون هذه ال"زحلقة" ترجع لسبب بيولوجي وهو وجود الطحالب بالأخص فى تنك تخزين المياه المنتجة (البيرميت) بسبب عدم حقن كلور أو أى مادة مؤكسدة فى المعالجة الأولية أو النهائية أو حقنه بتركيز غير كافي.

4 – إزالة الأملاح بالكلية Deionization:

المياه الناتجة من التناضح العكسي ممكن نسميها fresh awter أو softwater وبها نسب قليلة من الأملاح ... أما إزالة الأملاح بالكلية فتحتاج إلى تقنية التبادل الأيونى Ion exchange resin باستخدام الراتنجات ... وقد شرحنا بالتفصيل السوفتنر من قبل وهو ما ينزع أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم المسببة للعسر باستخدام راتنجات (ريزن معين) ... أما هنا فلكى نحصل على مياه منزوعة الأملاح Demi-water نستخدم راتنجات تزيل الشق الموجب الكاتيونى وراتنجات تزيل الشق السالب الأنيونى ... يعنى تمر المياه على مرحلتين ... أو نستخدم ريزن من نوع آخر هوخليط من الراتنجات السابقة حيث تمر المياه عليه فى مرحلة واحدة وتخرج منها بأملاح صفر أو أقل من 1 جزء فى المليون ... وهذا النوع الأخير يُسمى ميكسد بيد Mixed bed لأنه خليط من النوعين ... وطريقة عمله سيتم شرحها فى دورات قادمة إن شاء الله ...

المياه الناتجة هى مياه Demi منزوعة الأملاح أو Deionizezd water ... ويُطلق عليها أيضاً PW وهى اختصار للمياه النقية Purified water أو المياه المقطرة ... وتستخدم فى الغلايات ... خاصةً غلايات الضغط العالى ومحطات

الكهرباء ومصانع الأدوية نظراً لنقائها الشديد ... وأحياناً يطلق على المياه التى لها تركيز أقل من 25 جزء فى المليون المياه المقطرة Distilled water ... فلننتبه ونقارن بين أنواع المياه ومعنا جهاز قياس التوصيلية.

تعقيب المهندس أيمن موسيلينى:

لإزالة جميع الأيونات يتم استخدام ريزن Strong-cation (هيدروجين فورم) واستخدام ريزن Strong-anion (هيدروكسيد فورم) إما في فلترين منفصلين والترتيب يكون المبادل الكاتيوني أولاً ثم المبادل الأنيوني ويكونا في فلتر واحدMixed-bed وله طريقة معينة في كيفية تنشيطه وفصل الريزن لعملية التنشيط ومعدلات الحقن للصودا والحامض...

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

ملخص المعالجة النهائية جزء- ٣

٢٨

النقاش الثامن والعشرون

النقاش الثامن و العشرون:-

28- ملخص المعالجة النهائية – جزء 3

Post treatment section (Final treatment)

أحبتنا قد أطلنا فى رحلتنا ... ولكننا مازلنا نستمتع بالمناقشات معكم ... وسنستمتع كثيراً فى هذا النقاش الهام حيث نركز فى بعض النقاط فى التعقيم بالأوزون والأشعة فوق البنفسجية ... تابع التعليقات والمناقشات ... وقبل كل ذلك يُمكننا الرجوع إلى النقاش الخاص بالتعقيم فى الجزء الأول من الكورس حتى لا نكرر الأحاديث (راجع المناقشة رقم 14 الخاصة بالتعقيم بالكلور ورقم 15 الخاصة بالتعقيم بالأوزون والأشعة فوق البنفسجية والمناقشة رقم 26 الخاصة بالتعقيم بوجه عام وتعقيم الفلاتر).

ما هى عملية التعقيم؟ ولماذا نقوم بها بعد الخروج من الأغشية؟

عملية التعقيم أو ما نسميه التحكم الميكروبيولوجى Microbiological control يتم من أجل ضمان عدم تواجد الميكروبات فى المياه المنتجة حيث يتم استخدام مواد معقمة كالكلور ومشتقاته ... أو يتم استخدام الأوزون أو الأشعة فوق البنفسجية أو يتم استخدام الUV مع الأوزون كما سنتحدث فى السطور القادمة ...

وهناك سؤال قد تم طرحه فى الجزء الأول من الدورة التدريبية وهو سبب القيام بعملية التعقيم بعد الRO ... بالرغم من أن الأغشية قامت بالواجب وحجزت كل مكونات المياه تقريباً بما فيها البكتيريا والفيروسات ... يعنى أن هذه المياه الناتجة المفترض أنها مُعقمة ... والإجابة على ذلك سنعيدها على حضراتكم مرة أخرى وهى تتلخص فى الأمور التالية:

1- **الأغشية قد يحدث داخلها تراكمات عضوية وبكتيرية مع الزمن وقد تتعرض لحدوث بعض الثقوب مما يسمح بمرور هذه الكائنات مع المياه المنتجة.**
2- **الخط الخارج من الRO والداخل على تنك التخزين النهائى قد يحدث فيه تلوث بكتيري مع الزمن.**
3- **معظم مصانع المياه – وهذا أمر هام – تقوم بخلط المياه المنتجة من الRO مع مياه المدينة أو البلدية (City water) أو حتى مع مياه تغذية الRO بغرض تعديل نسبة الأملاح وهو ما ذكرناه من قبل ... وبالتالى قد يحدث تلوث بكتيرى بفعل هذا الخلط.**
4- **من المؤكد وجود بعض الخلل أحياناً فى تعقيم الوحدة قبل الأغشية وفى الأغشية فيجب أن يتم الإنهاء عليه فى المعالجة النهائية.**

1- التعقيم بالكلور أو إعادة الكلورة (Re-chlorination):

يتم حقن الكلور فى المياه المنتجة بعد وحدة الRO بحيث نصل إلى تركيز للكلور المتبقى فى مدى يتراوح ما بين: 0.5 1 ppm –حتى نضمن عدم نمو بكتيريا وإفشال أية محاولة لها فى معاودة النمو!

فقرة من حديث البروفيسور طه جاويش على المنتدى عن الكلورة:

"هيبو كلوريت الصوديوم أقل ثباتاً في الظروف العادية من هيبو كلوريت الكالسيوم أي انه سريع التكسير وتحريرغاز الكلور في الظروف العادية ولهذا يستخدم في الحالات التي تحتاج إلي كمية عالية من غاز الكلوركتبيض الأقمشة والتطهير أما هيبوكلورييت الكالسيوم فهو أكثر ثباتاً أي أن غاز الكلور يتحرر ببطئ ولهذا يتم استخدامه في الحالات التي تحتاج الي كميات قليلة من الكلور لفترات طويلة كحمامات السباحة ومياه الشرب ومثله ايزوكلوروسيانيريك اسيد ... وكما أوضحت أن هيبو كلوريت الصوديوم 12 %... ويقوم بالتعقيم بتركيز2 % حيث يتحلل الي chlorine ... وهو العامل الفعال في التعقيم ... ويعطي Sodium hydroxid الذي يمكن ازالته بسهولة ... وهيبوكلوريت الكالسيوم 65 % ... ويقوم بالتعقيم بتركيز 9 – 10% - أما فوق أوكسيد الهيدروجين بتركيز 40 % يعقم بتركيز 10 – 12 %... ومن المُمكن زيادة فاعلية مواد التعقيم باضافة مواد ناشرة (detergent) بنسبة 0.5% مثل: tween 20 or trigetol or teepol ... وغير ذلك حيث تُضاف إلي محلول التعقيم ...

إن إضافة المادة الناشرة يزيل التوتر السطحي أيضاً للنباتات مما يؤدي إلي جعل هذه الأجزاء ذات قابلية عالية للبلل والتي تغلغل المادة المعقمة وقتل كافة الأحياء المجهرية".

ونذكرهنا بقناة Water life للمهندس رياض عبد الفتاح عوض وفيها فيديوهات قيمة تحكي قصة الكلورة والتعقيم ... وإليكم الرابط:

http://bit.ly/2G45OBT

2- التعقيم بالأوزون:

قلنا من قبل أن التعقيم بالأوزون أسرع وأكثر كفاءة من الكلور... ولا ينتج عنه مواد ضارة (إلا فى موضوع تكون البرومات) ... ولكن يعيبه سعره المرتفع ... كما أنه لا يوجد له متبقى فى الشبكة خاصة مع وجود تلوث بها (راجع المعالجة الإبتدائية).

والأوزون عبارة عن ثلاث ذرات أوكسجين ويتم توليده عن طريق جهاز يسبب شرارة Spark للأوكسجين المسحوب من خط سحب الجهاز عن طريق سحب الهواء ... ويحدث كسرللرابطة بين ذرتي الأوكسجين ثم يتم تجميع 3 ذرات مع بعضهم بشحنة سالبة ليكونوا التوأم الثلاثى أو ال O_3.

والأوزون يعمل كشق حر قادرعلى كسر وتحطيم الخلية البكتيرية عكس الكلور الذي ينتشر عبر جدار الخلية الى البروتوبلازم ليوقف النشاط الأنزيمي للخلية وعملية التمثيل الغذائي المسئول عن التكاثر والنمو ... والأوزون أيضاً يُثبط عمل الأنزيمات ... وجدار الخلايا البكتريا السالبة الجرام تتكون من أحماض دهنية والليبوبروتين ... وأيضاً فى

البكتريا مثل "المايكوباكتريوم تيوبركيلوسيس" يتكون ثلث أونصف جدار الخلية يتكون من من الليبدات المركبة والجليكوليبيد وهي حساسة جداً للأوزون وفي حال الفيروسات مثل فيروسات شلل الأطفال وفيروس الكبد الوبائي A و B يستطيع أن يخترق الغلاف البروتيني للخلايا الفيروسية بالانتشار ثم إلى قلب الأحماض النووية وبالتالي يحطم RNA ... كما يستطيع أكسدة الكبسولة (الغلاف البروتيني الخارجي) التي تحمي الفيروسات ويحطمها عند الجرعات العالية نسبياً من الأوزون ... والجرعات المنخفضة من الأوزون قادرة على قتل البكتريا والفيروسات بكفاءة حيث أن 0.4 ملجم/لتر من الأوزون قادرعلى قتل البكتريا والفيروسات والفطريات خلال أربع دقائق فقط ... وكل 4.2 كجم كافي لتعقيم مليون جالون وترك 1 ملجم/لتر من الأوزون حر في المياه ... وتكفي جرعة قدرها 0.2 ملجم/لتر للقضاء على الإيشريشيا خلال 30 ثانية بينما تحتاج الإستربتوكوكاي 1.5 - 2 ملجم/لتر ... أما الفيروسات بصفة عامة حساسة لأقل تركيز من الأوزون ... ويستطيع الأوزون أيضاً القضاء على معظم الطفيليات ..

مشكلة الأوزون أنه يتكسر بسرعة إلى أوكسجين بعد نصف ساعة فى المتوسط.

ومشغل الوحدة كى يضبط جرعة الأوزون ويتأكد من سلامة نسبة الضخ يأخذ عينة من المياه بعد منطقة الحقن (ضخ الأوزون) بمتر أو مترين تقريباً ثم يقيس مباشرة نسبة الأوزون بأقراص الDPD وقياس اللون الناتج الوردى Pink على الفوتوميتر أو مُقارن الألوان ... يجب الإسراع فى القياس حتى لا يتفكك الأوزون وتكون النتيجة غير دقيقة.

وإذا لم يتحول المحلول إلى اللون الوردى بعد إضافة أقراص الDPD فإن ذلك يدل على عدم وجود أوزون فى العينة أو كان متواجداً ثم حدث له تفكك.

تعقيب المهندس سعيد عادل:

نحتاج إلى air-compressor ثم فلاتر ثم air drier ثم يدخل على المولد ... وعن طريق ال high voltage chrona يتم تكوين الأوزون ويجب أن يكون هناك مصدر تبريد للكرونا فالغالب يكون فيه وصلة مياه باردة من Cooling tower ... تبردها وترجع مرة أخرى للبرج ... وهكذا وذلك لأن تفاعل تحول الأوكسجين إلي الأوزون reversible فمن المُمكن لو لم يكن هناك تبريد جيد فلن يكون هناك انتاج أوزون جيد ومن الممكن كما قُلت أسطوانة أوكسجين أو أسطوانتين صغيريتين لكن ذلك مشاكله كثيرة بالمقارنة بمصدر الهواء الثابت.

تعقيب المُحاضر:

الكورونا (chrona discharge) يُطلق عليها أيضاً الشرارة الساخنة (Hot spark).

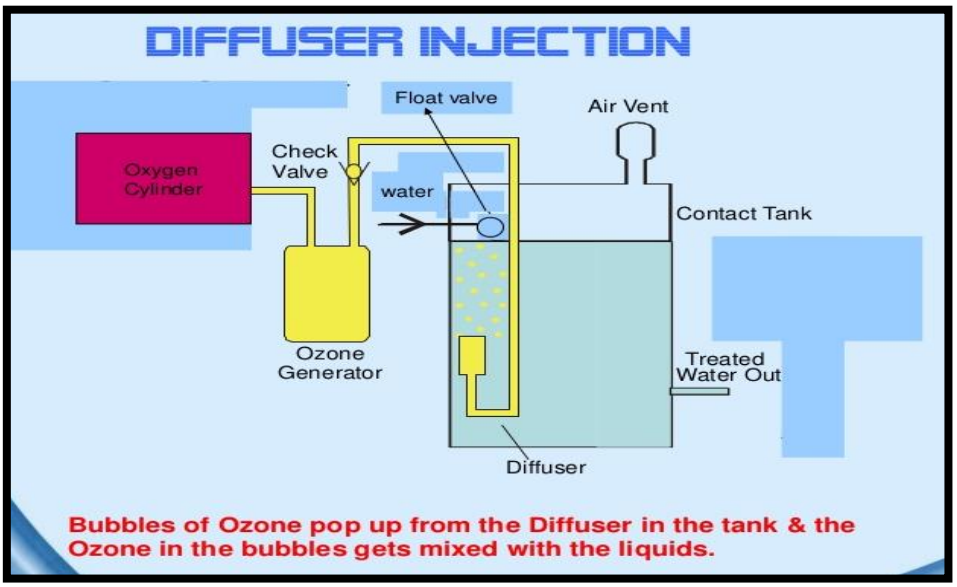
المهندس محمد على محمد الوافى:

الآلية لعملية قتل الميكروبات بواسطة الأوزون هي انشطار ذرات الأوزون لتعطي طاقة تعمل على تدمير الجدار الخلوي للميكروب وتدمير الأحماض النووية إلى مركبات عضوية وغير عضوية ... يتم إزالة المركبات بتركيب فلتر خيط بعد تانك الأوزون.

مشكلة متكررة فى المعالجة بالأوزون ألا وهى: "عدم خروج الأوزون إلى المياه المعالجة والذى يمتاز برائحته فى المياه التى يعرفها العاملون"

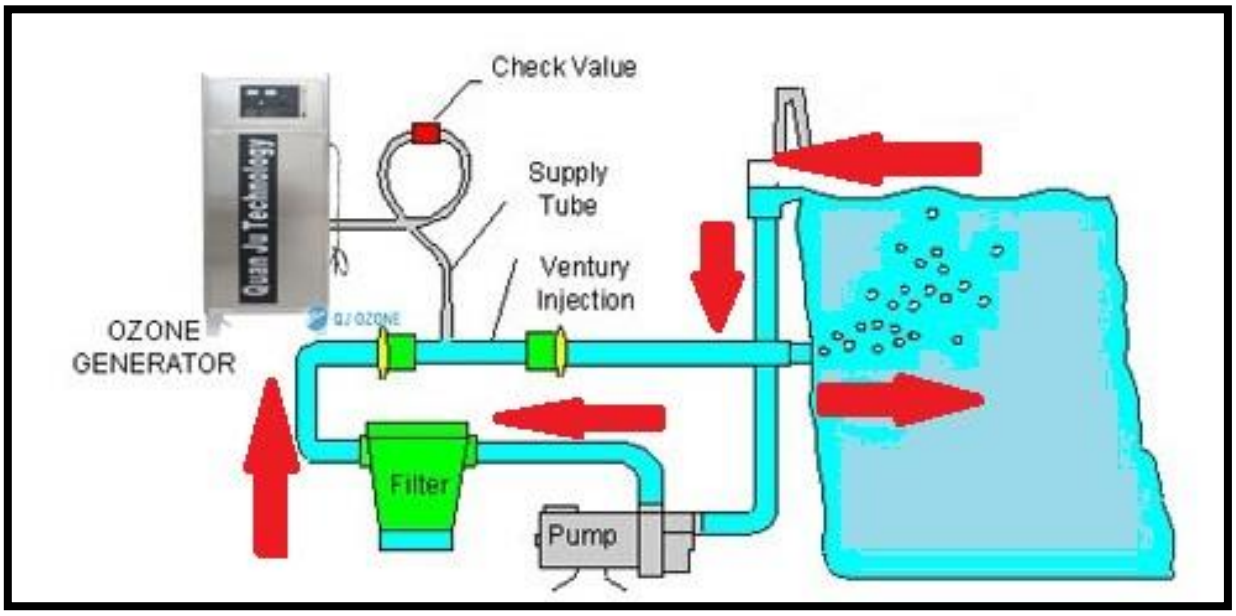
والجواب يكون بحصر المشكلة فى مولد الأوزون نفسه أو مخرج الأوزون إلى نقطة حقنه فى المياه.

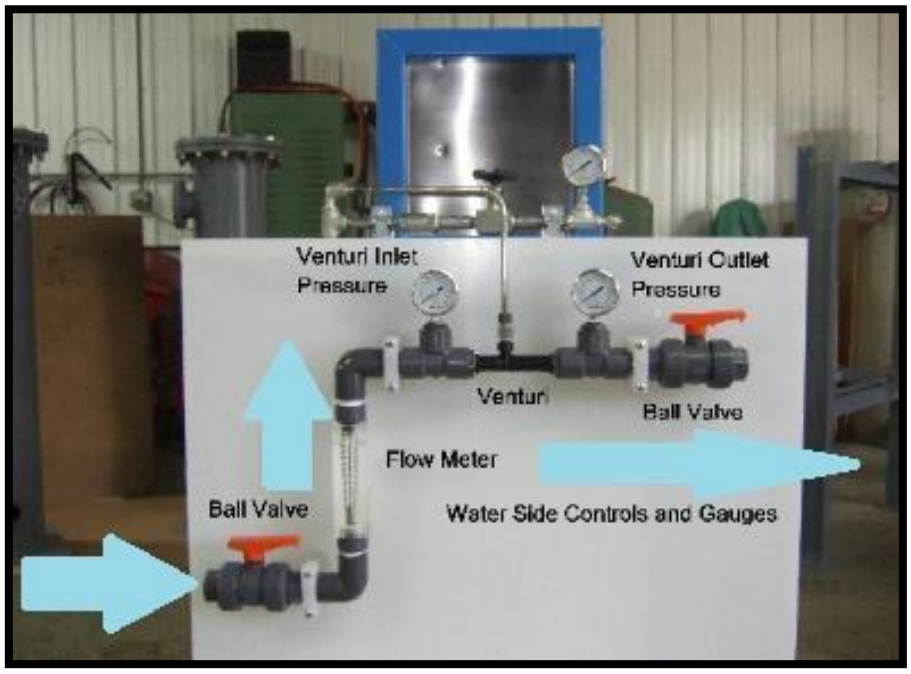
جهازالأوزون يا حضرات ببساطة فيه مولد الأوزون (الأوزونيتور) Ozanator الذى يأخذ الهواء الجوى وفيه الأوكسجين (بنسبة 21% تقريباً) أو نوفر له مصدر نقى من الأوكسجين (أسطوانة أوكسجين) ... يستخدم الشرارة كما قلنا فتتولد ذرات الأوكسجين الثلاثية O_3 أو الأوزون ... يتم دفع الأوزون عبر الوصلات والخراطيم إلى المياه عن طريق ضاغط Compressor داخل جهاز التوليد نفسه (ضاغط هواء داخلى) أو عن طريق نظام التفريغ vaccum باستخدام مضخة تفريغ ... يمر الأوزون عبر فلتر لتنظيف الأوزون من أى ملوثات كانت بالهواء الجوى إلى الخط أو الخرطوم الذى ينتقل فيه الأوزون إلى المياه المحلاة (أو تنك تخزين المياه المنتجة) يدخل عن طريق ديفيوزر Diffuser فى منتصف أو أسفل التنك ... انظر إلى الصورة التالية وهى تلخص نظام المعالجة بالأوزون كما ذكرنا فى أبسط حالاته:



وهذا بعض أشكال ال Diffuser الذى ينطلق من خلاله غاز الأوزون فى الماء:

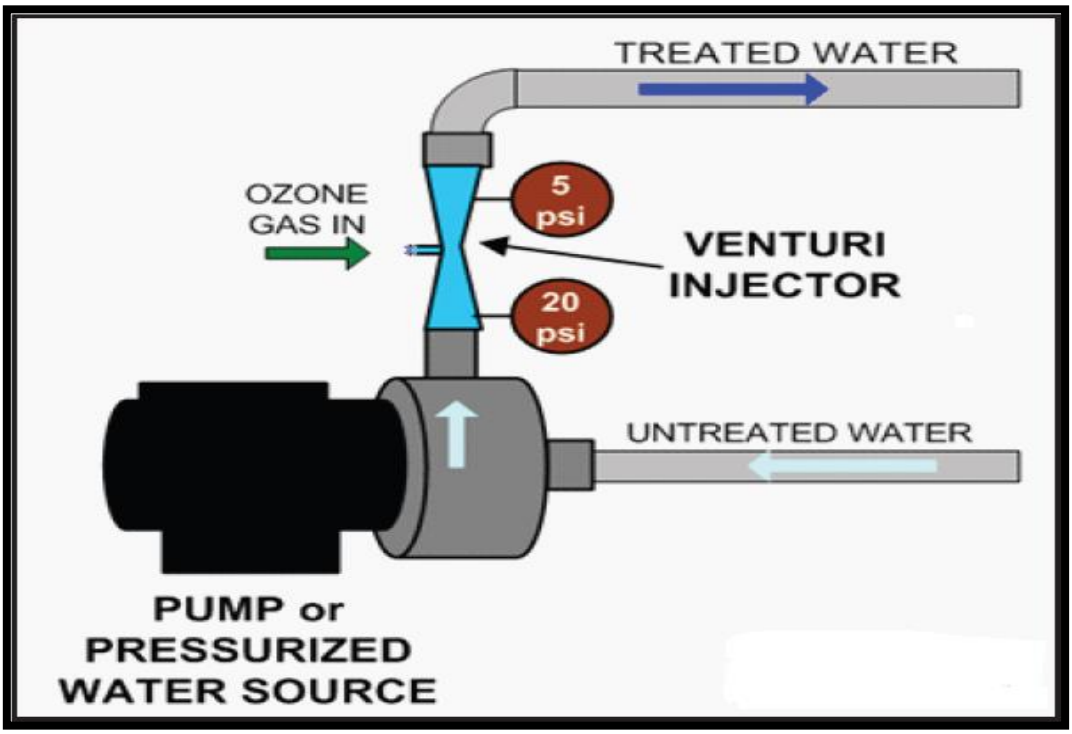
ومن الممكن عمل نظام التدوير Circulation بأن نسحب المياه المُنتجة من تنك التخزين بواسطة مضخة تدوير Circulation pump لتسير فى خط وتمرعلى فلتر ثم تدخل على ما يُسمى بحاقن الفينتورى Venturi injector والذى يتم فيه حقن الأوزون فى المياه الداخلة عليه ثم تخرج المياه منه لتعود إلى تنك التخزين ... ولمزيد من الإيضاح انظر الصور التالية:





تدخل المياه القادمة من تنك التخزين بواسطة مضخة تدوير إلى المنطقة اليسرى كما هو مشار إليها بالسهم ... تمر على بلف Ball valve ثم مقياس السريان Flow meter ثم على الفينتورى Venturi وقبله وبعده مقياس للضغط ويتم حقن الأوزون فى الفينتورى ثم تخرج المياه مرة أخرى إلى تنك التخزين.

وحاقن الفينتورى عبارة عن تركيب مخروطى الشكل Conical shape مثلما يظهر فى الصورة التالية حيث يتم الدفع بالمياه داخله ... وهذا الشكل يسبب فرق فى الضغط (دلتا P) بين الدخول والخروج ... مما يسبب تفريغ Vaccum داخل جسم الInjector وهذا الVaccum يسمح للأوزون ويشجعه على الدخول والاختلاط بالمياه نتيجة لهذا الضغط السلبى:



عندما لا يكون هناك أى رائحة للأوزون أو آثار منه (بالتحليل المعملى) فى المياه المنتجة ... نبدأ بفحص الأماكن السابقة ...

نبدأ بتشغيل جهاز التوليد ونفحص الخرطوم الداخل فى المياه ... لو وجدت رائحة تخرج منه أو كشفت عنه بالDPD وتغير اللون ... معنى ذلك أن الجهاز سليم والوصلات والخرطوم سليمة وأن المشكلة إما فى الديفيوزر أو المياه المنتجة نفسها ... قد يحدث سدد فى الديفيوزر ... أو أن الأوزون استهلك تماماً فى المياه لحدوث تلوث أو أن تنك المياه غير محكم الغلق ومعرض للهواء الجوى فترجع ذرات الأوزون إلى الوضع الثنائى لتكون الأوكسجين ... فتنك المياه هو نموذج مكبر من زجاجات المياه المُعبأة يجب أن يكون محكم الإغلاق.

لو لم نجد فى الغاز الخارج من الخرطوم رائحة ... فإما أن يكون الخرطوم مسدوداً أو هناك مشكلة فى مولد الأوزون ... لو الخرطوم مسدود ... يعنى يعوق مرور الغاز بسبب العوالق والتى تطبع عليه لوناً بنياً داكناً ... فى هذه الحالة يتم غسل الخرطوم بماء يحتوى على كلور ... كما يفضل استخدام خرطوم استانلس وليس بلاستيك.

قد تكون المضخة أوالضاغط Compressor فى مولد الأوزون ضعيف لا يقدر أن يدفع الأوزون إلى المياه ... ونعرف ذلك من المقياس Gage الذى يقيس سريان الغاز فيه ...

وهناك عدة حلول:

1- **استخدام ضغط خارجى (أسطوانة هواء حوالى نصف بار) ... يتم توصيلها فى الOzonator مع معايرة ضغطها عن طريق المنظم Regulator الذى يثبت على رأس الأسطوانة ليكون مشابهاً لضغط الكومبريسور الداخلى.**

2- **تغيير ال Compressor الداخلى إن أمكن وده يفيدنا فيه المتخصصون فى توريد وصيانة جهاز توليد الأوزون.**

3- **قد يكون الفلتر الذى يمر عبره الأوزون مسدوداً فيجب تغييره.**

4- **قد تكون الوصلات والمحابس بها تسريب Leaks فيجب عمل check عليها.**

أحد الإحتمالات الهامة التى يحدث فيها "إعاقة" لضخ الأوزون فى مياه التنك ... أن التنك نفسه يولد ضغط معاكس على خط الأوزون ... تشبه هذه الحالة الضغط العكسي لتنك المياه المنتجة على الأغشية ولكن بصورة أخرى ... تستطيع معرفتها إذا أدخلت الخرطوم فى تنك المياه وبدلاً من أن يخرج الأوزون منه إلى المياه يدخل الماء إلى الخرطوم!

وما يحدث أن التنك قد يكون مصمماً على عمل تدوير للمياه المنتجة داخل الخزان ... وفيها يتم استخدام مضخة تدوير كما قلنا تسحب المياه من التنك لتسير عبر الفينتورى ثم ترجع المياه مرة أخرى للتنك ... فإذا حدث سدد فى هذه الأنبوبة بسبب صدأ مثلاً أو ... أو ... فإنها تسبب إعاقة لمرور المياه فيتولد ضغط معاكس عالى فى منطقة دخول الأوزون فلا يدخل المياه ... نستطيع ملاحظة ذلك من تغير قراءة العداد للضغط الخارج من مضخة التدوير أنه قد قل عن المعتاد لذا يجب فحص ال Venturi tube جيداً.

استفسار أحد الزملاء:

هل الأفضل حقن الأوزون في ماسورة خط الإنتاج قبل تنك المياه المنتجة أم الحقن في التنك مباشرة وأين يكون الحقن أفضل في الأعلى أم المنتصف أم الأسفل؟

رد المهندس محمد على محمد الوافى:

من خبرتي نظام التدوير أفضل فعالية.

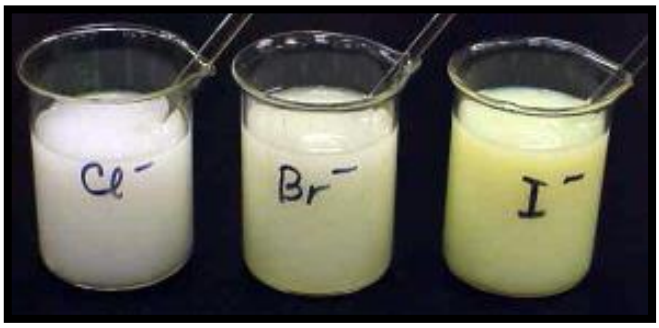
وهذه صور لمولد الأوزون:

تعقيب المهندس حسام خالد حسين بصور أخرى لجهاز مولد الأوزون:

ذ

ذرة البروم Br يا أخوة تتواجد فى الطبيعة على هيئة أيون البرومايد السالب (Br^-) ... وهو من مجموعة الهالوجينات التى تضم أيضاً الكلور واليود والفلور ... يتواجد بوفرة فى مياه البحر بنسبة 65 جزء فى المليون (يسميه علماء البحار ابن البحر The son of the sea!) ... يتواجد أيضاً فى بعض مصادر المياه الأخرى (مثل المياه الجوفية) بنسب تتغير

كثيراً من بئر لآخر وترتبط بتركيز أيون الكلورايد (الذي يعبر عن الملوحة) فمثلاً الآبار قليلة الملوحة يتواجد البروم فى حدود 0.4 جزء فى المليون.



تستطيع التأكد من وجود البروم فى المياه بتجربة بسيطة وهو أنك تضيف حمض نيتريك مخفف ثم محلول نترات الفضة فيتكون راسب كريمى Creamy من بروميد الفضةSilver bromide ... انظر الألوان التى تتكون مع الكلور والبروم واليود ... فقط الراسب الأبيض هو الذى يتكون مع الكلور أما اليود فيتكون راسب أصفر واضح:

وصفها أحد الأجانب الظرفاء فى أبيات شعر بعنوان "أحلم براسب أبيض"! تقول:

I'M DREAMING OF A WHITE PRECIPITATE!

I'm dreaming of a white precipitate,
Insoluble solids, white as snow.
Formed by silver and chloride, not bromide and iodide,
Those are tan and yellow, don't you know?
(We don't like yellow snow... so...)

I'm dreaming of a white precipitate.
Ksp values really low.
Most silver halides are solids; that's right,
But only silver chloride is white.

ما المشكلة إذن؟؟ المشكلة هو تكون مركب البرومات السام (والمسبب للسرطان) والذى ينتج من اتحاد البروم مع ثلاث ذرات أوكسجين ... لذا فإن البروم لن يجد أفضل من جزىء الأوزون المتكون من ثلاث ذرات من الأوكسجين كى يتحد معه ... وهكذا عندما نستخدم الأوزون فى تعقيم المياه ينتج مركب البرومات Bromate وهو مركب يسبب السرطان حتى عند التركيزات القليلة جداً ويدمر الكلى والكبد ... وبالتالى يُنصح فى هذه الحالة بعدم التعقيم بالأوزون إذا كان هناك بديل ... وأيون البرومات BrO_3^- لا يتواجد فى الطبيعة ولكنه عندما يتكون يكون فى المعتاد على هيئة ملح مع الصوديوم أو البوتاسيوم $NaBrO_3$ or $KBrO_3$.

منظمة الصحة العالمية أوصت أن لا يزيد البرومات عن 0.01 جزء فى المليون فى مياه الشرب (أو10 جزء فى البليون) ...

الجدير بالذكر أن التناضح العكسي يزيل البرومات بنسبة حوالى 96% فى المتوسط من أيون البرومات والباقى يمكن إزالته بفلتر كربون نشط مع الفلترة القصوى Ultra-filteration.

فإذا اضطررنا إلى استخدام الأوزون فيجب إضافته بالحد الذى يسمح بالتعقيم فقط بدون أن يتحد مع البروم يعنى التحكم

فى نسبة ضخه ... ثم يتم بعدها أخذ المياه لتحليلها فى المختبر حتى لا تتعدى الحدود الآمنة ... وفى نفس الوقت يكون التحليل الميكروبيولوجى سالباً ... وتركيز الأوزون المتبقي بعد الحقن كمباشرةً يعتمد على العد البكتيري ... ويكون فى المتوسط ما بين (0.2 – 0.5 جزء فى المليون) وهذه النسبة قادرة على تحطيم الشريط الوراثى DNA الخاص بالبكتيريا وانتاج بروومات تحت المواصفة المطلوبة ... وبالطبع قد نزيد قليلاً من تركيز الأوزون إذا كنا نحتاج لتعقيم أكبر ... والأفضل من ذلك كي نتحاشى إضافة جرعات أكبر من الأوزون هو أننا نقلل العد البكتيري فى الأصل سواء فى المعالجة الإبتدائية (من تعقيم أولي بالكلور واستخدام الفلاتر والفلاتر الميكرونية وتغييرها دورياً والحفاظ على نظافة الأغشية ... إلخ) أونلجأ لتعقيم أكبر فى أماكن الإنتاج وأماكن التعبئة والقوارير واستخدام UV قبل الأوزون وإزالة بقايا الميكروبات التالفة بفلتر قطني كما سنتحدث بعد قليل.

المهندس جابر عطران قال فى كلمات قليلة المختصر المفيد:

يتم تحديد نسبة الأوزون على عدة عوامل وأهمها أن يكون الحد الأدنى من نسبة الأوزون كافية للقضاء على البكتيريا والفطريات وأن تكون نسبة البرومات في المياه "المؤزنة" تحت المدى من صفر إلى ١٠ ميكروجرام للتر ... والحد الأعلى للأوزون مسموح إلى أن تصل نسبة البرومات إلى ١٠ ميكروجرام للتر ... وهذا أنت تقرره بعد نتائج المختبر لديك (تحليل الميكرو والبرومات) وكل مصنع له مدى معين.

المهندس سعيد عادل:

من 0.1 الي 0.4 هو reference لكن من المُمكن تحقن أقل من 0.1 وهذا على حسب تركيز البروميد والكونتاكت تايم (C.T) الذي عندك.

المهندس أحمد سلام:

ولو مياه آبار جوفية بعيدة عن الحيز العمراني يكفيك 0.1 والتجربة تؤكد لك.

ومن المُمكن تقليل أيون البروماید من البداية بعدة خطوات:

1. **استخدام غاز الكلورين فى التعقيم الأولي بدلاً من الهيبوكلورايت الذي يحتوي على جزء من البروم ... أو استخدام هيبوكلورايت نقي خالي من البروم.**
2. **استخدام حبيبات الكربون النشطة المطعمة بالأمونيا Ammonia impregenated granular activated carbon (GAC).**
3. **التبادل الأنيونىAnionic exchange.**

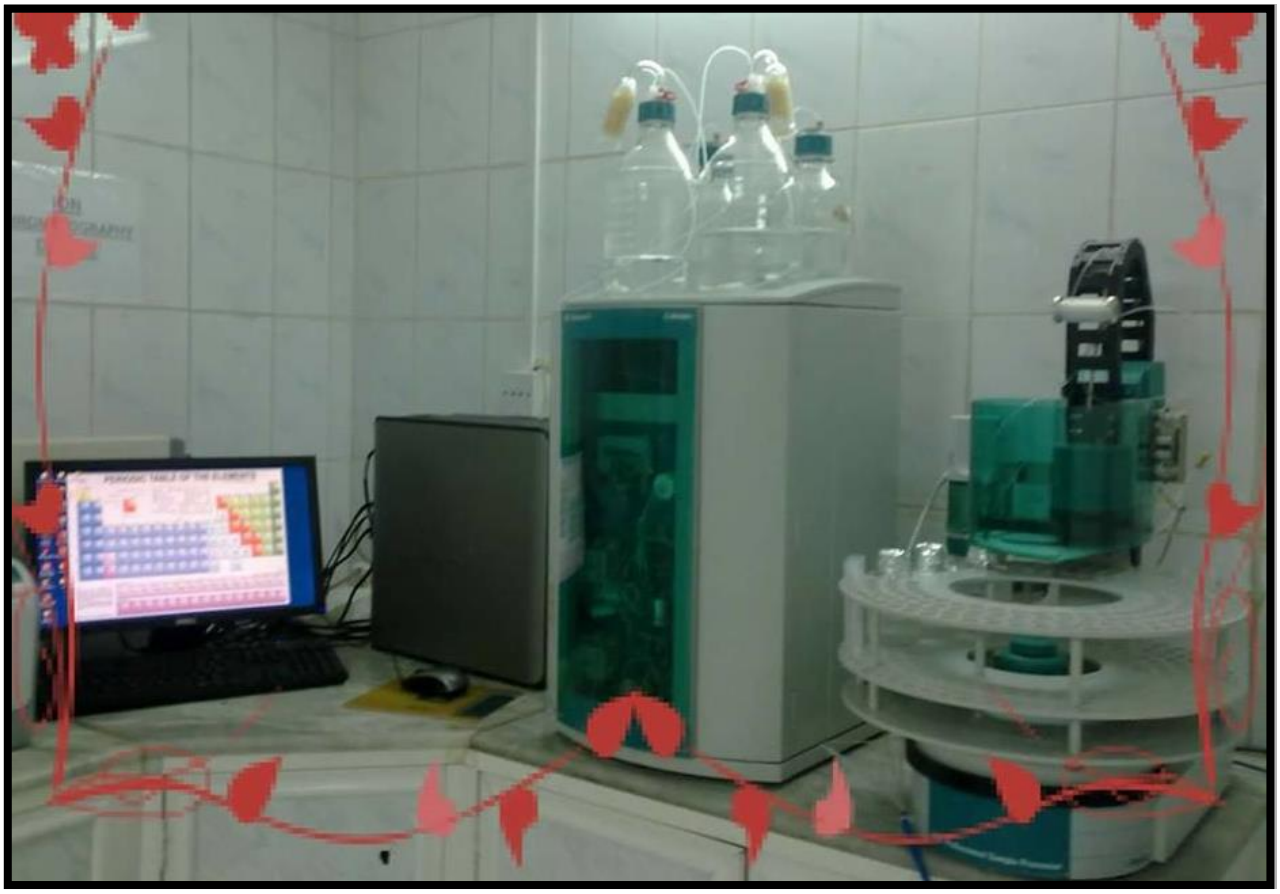
قياس البرومات معملياً:

ملحوظة: يتم قياس البرومات معملياً بطريقتين رئيسيتين:

1. **طريقة Ion chromatography وهى الطريقة الحديثة.**
2. **الطريقة اللونية المُعتادة Colorimetric method.**

مداخلة المهندس محمد على محمد الوافى:

هذا جهاز ال Ion chromatography (IC) لقياس البرومات والأيونات الأخرى:



والمحاليل الداخلة في التفاعل هي بيكربونات الصوديوم - حمض الكبريتيك - وحمض النيتريك - ماء مقطر وهي المتواجده أعلى الجهاز.

وهذا هو التقرير الذي يخرج من الجهاز:

نتيجة التحليل الكيميائي لعينات المياه بواسطة جهاز الايون كروماتوغراف
Result of Chemical Analysis Of Water Samples By IC

العينة :			
الانتاج:	٢٠١٥/٠٣/١٠	10 / 03 / 2015	Date production
فحص العينة:	٢٠١٥/٠٣/١١	11 / 03 /2015	Analysis Date

Chemical Tests	Unit	GSO 1025/2009	Results (ppm) Lacom Water
pH	pH	6.5-8.0	7.00
TDS	ppm	100-600	122
Calcium as Ca^{++}	ppm	-	14
Magnesium as Mg^{++}	ppm	150	4
Sodium Na^{+}	ppm	-	17
Potassium K^{+}	ppm	-	0.592
Chloride Cl^{-}	ppm	-	18
Sulphate SO_4^{--}	ppm	250	27
Ammonia NH_4^{+}	ppm	1.5	0.052
Nitrite as NO_2^{-}	ppm	0.2	0.03
Nitrate as NO_3^{-}	ppm	50	3
Bromate BrO_3^{-}	µg/L	10	7
Bromide Br^{-}	µg/L	-	9
Fluoride F^{-}	ppm	0.8-1.5	1.136
Phosphate PO_4^{-}	ppm	-	0.101
Iron Fe	ppm	0.3	< 0.02
Lithium Li^{+}	ppm	-	< 0.04
HPC	CFU/1ml	-	NIL
Total Coliform	MPN/100ml	NIL	NIL
Fecal Coliform	MPN/100ml	NIL	NIL

NIL = لايوجد

05-08-17 11:45 PM

Acting Manager Of Laboratories & Quality.

نقطة أخرى قبل أن ننتهي من موضوع الأوزون هو أن الpH كلما زادت زاد تأثير الأوزون فى التعقيم (يعنى زمن التلامس المطلوب يقل).

4- التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية (Ultra violet) (UV):

هى طريقة للتعقيم الفيزيائى (الغير كيميائى) ... منخفضة التكاليف وفعالة جداً ... تقتل الميكروبات والبكتيريا والفيروسات والبروتوزوا بنسبة 99.99% (أى 4 log) (راجع النقاش ... الخاص بعملية التعقيم ...فى الجزء الأول من الكورس) .

أمثلة على هذه الكائنات التى تقتلها الأشعة فوق البنفسجية:

Giardia – Ecoli – cryptosporidium – Vibrio cholerae – Legionella – Salmonela – Shigello – Streptococcus.

<u>وهناك بعض الأمورالسريعة نود الإشارة إليها:</u>

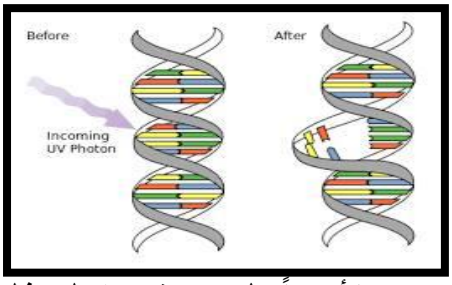
1. **فى الشييت الخاص بلمبة الUV يتم الإشارة إلى سعة اللمبة Capacity حيث يذكر أعلى معدل سريان للمياه (كم لتر/ دقيقة) أو كم متر مكعب/ ساعة من المياه تمر خلالها للحصول على أعلى درجات التعقيم ... تستطيع الإطلاع على أى داتا شيت خاصة بلمبة الUV تجد فيها بيانات من ضمنها الMaximum flow.**
2. **كى تسير عملية التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية يجب أن تكون العكارة أقل من NTU 1 وذلك يتطلب فلتر ميكرونى (5 ميكرون أو أقل) قبل اللمبة (لذلك فى المعتاد لا يصلح استخدام الأشعة فوق البنفسجية فى تعقيم مياه التغذية التى عادةً ما تحتوى على نسبة عكارة أكبر من هذه القيمة) ...**

كما يجب أن لا يزيد العسر الكلى Total hardness عن حوالي 171 جزء فى المليون $CaCO_3$ as والأملاح الكلية عن 500 جزء فى المليون حتى لا تمتص أو تعكس هذه الأشعة ... ويجب أن لا يزيد الحديد عن 0.3 جزء فى المليون ... والمنجنيز لا يزيد عن 0.05 جزء فى المليون وبالنسبة للحديد والمنجنيز فإنهما يتجمعان حول الSleeveالخاصة باللمبة ويترسبان عليها ويمنعان نفاذ الأشعة ... تستطيع أن تقرأ التوصيات الخاصة فى الشيت أو المانيوال الخاص بجهاز ال UV الخاص بالتعقيم.

3. **الأشعة فوق البنفسجية تقتل البكتريا باستخدام أسلوب آخر ... فهى تستطيع تغيير المحتوي الجيني لها - يعنى تحدث طفرة Mutation في الخلية البكتيرية – وهذا يتم عندما تمتص الجزيئات الوراثية من الDNA والRNA فى الميكروبات هذه الأشعة فتلقي نفسها فى التهلكة مما يسبب في القضاء عليها كإحداث خلل في جدارها الخلوي فتفقد محتوياتها على سبيل المثال ... كما أن نشاطها فى التكاثر يحدث له الشلل فيجعلها عقيمة وسهلة الإزالة بواسطة الفلاتر الميكرونية القطنية بعد ذلك بسمك 0.01 – 0.2 ميكرون حيث تسمى هذه الفلاتر بمصيدة الجراثيم (أوالمصيدة الجرثومية Germ-trap).**

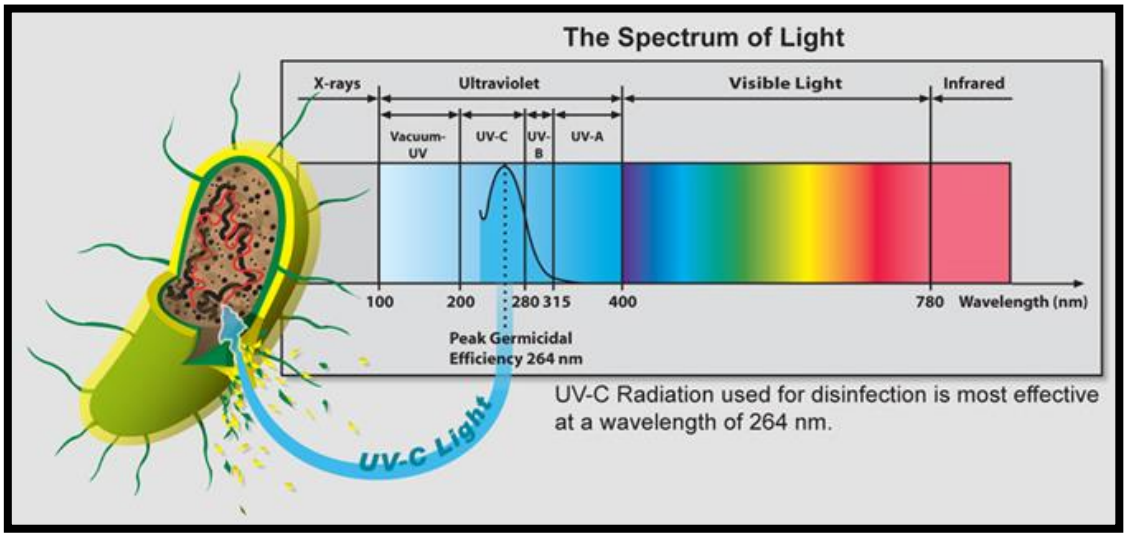
فإذا أراد رجل المعمل أو المختبر كفاءة الUV فعليه الكشف عن الميكروبات بعد هذه المصيدة وليس قبلها حتى لا يحدث له خلط بين الميكروبات الحية والتى حدث لها التخريب.

انظر كيف تفعل الأشعة فوق البنفسجية فى شريط الDNA:

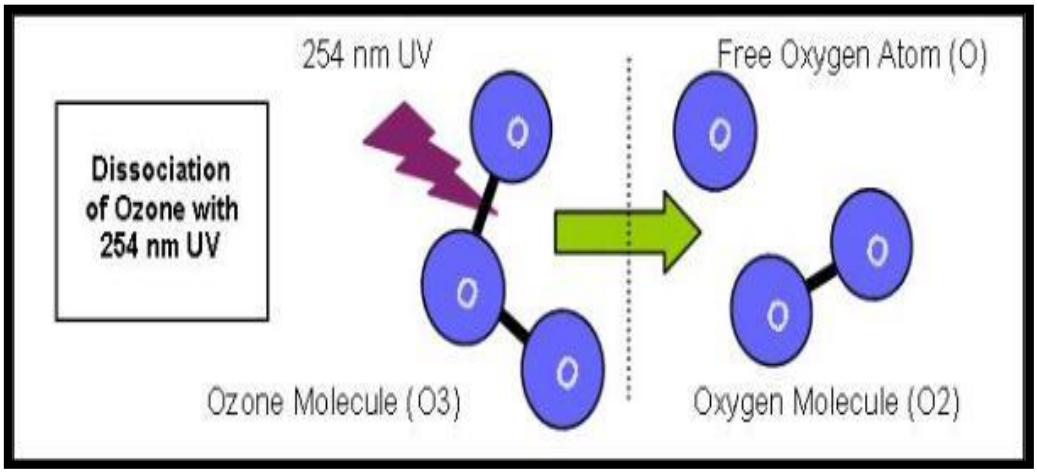


4. **زمن التلامس المطلوب علمياً نسميه هنا "زمن الإشعاع" يكون 3 ثوانى على الأقل ليتم التأكد من تخريب الشفرة الوراثية المعروف بالدناDNA لجميع الخلايا الجرثومية ... وقد نحتاج بسبب هذا الأمر لمضخة تدوير ... وهذه من أحد عيوب الUV.**
5. **عمر لمبة الUV فى المتوسط من 7000 – 9000 ساعة ... ويعتمد عمرها أيضاً على عدة عوامل مثل استقرار وثبات التيار الكهربى وغيره ... وفى نهاية عمرها نجد عدم توهج ضوئها (ويوجد عداد رقمى يبين عدد ساعات التشغيل التى تمر عبرها المياه ... هذا بالإضافة إلى ثلث ساعة إلى نصف ساعة مع بداية تشغيل اللمبة وقبل استخدامها فى التعقيم ... نضيف هذا الوقت إلى ساعات التشغيل فى كل مرة ... والعاملون على أجهزة الإسبكتروسكوبي يعلمون تماماً أنه يجب عند تشغيل الجهاز تركه برهة من الوقت حتى تستقر الأشعة عند الطول الموجى المطلوب قبل استخدامها).**
6. **الأشعة فوق البنفسجية لها مدى من 100 إلى 400 نانوميتر ... ولكن المنطقة التى تسبب التعقيم وقتل الميكروبات هى مابين 100 إلى 280 نانوميتر وتسمى بمنطقة ال Germicidial وتكون أقصى فعالية لها عند 264 نانوميتر**

(وفى بعض المراجع نجده عند 254 نانوميتر) ... انظر إلي الصورة



ملحوظة هامة: لا يجب وضع لمبة الUV بعد الأوزون حيث تعمل على كسر أحد الروابط بين ذرتي أوكسجين فى جزىء الأوزون فيبقى جزىء أوكسجين ... وذرة الأوكسجين الوحيدة المتبقية ترتبط بأخرى انفصلت هى الأخيرة عن ذرة أوزون ثانية وهكذا.



مداخلة المهندس سامح سالم عامر عن الحالة التى يتم فيها وضع الU.V بعد الأوزون:

نعم الأوزون خطر ... ولكن لانسمح نحن كمصانع مياه شرب طبيعية ببيع المنتجات قبل ٢٤ ساعة من تعبئة المنتج حتي يكون الأوزون انتهي وتأكسد مع المياه ونضع قبل تعبئة العبوة شمعات U.V ليتأكسدالازون مع اللمبة وبهذا فقد أعطينا للعميل مياه شرب بدون أضرار.

المهندسة سُمية طه:

أجهزة اليوفي عبارة عن جسم خارجي من الإستانلس بداخله لمبة يوفي واللمبه بداخل جراب زجاج من زجاج معين وهو الكوارتز لكي يسمح بمرور الأشعة من خلاله وتعقيم المياه في ترانس ... ولكي تعمل هذه الوحدة الترانس به عداد ... أقوم بعمل start قبل التشغيل سيبدأ في العد التنازلي من 365 يوم حتي صفر ... أقوم بتغير اللمبة ... وهناك أجهزه بها لمبة واحدو وهناك جهاز به أكثر من ذلك حسب الflow rate المراد تعقيمه ... ودائما يوضع جهاز اليو في بعد خزان المنتج لأن أي رواسب أو أي عكارة تؤثر علي كفاءة التعقيم.
وأفضل دائماً وضع شمعة ميكرونية قبل جهاز اليو في ... ولابد من عمل صيانة دورية ... ويجب عدم لمس لمبة اليو في باليد فهذا يؤثر علي كفائتها ... ويجب متابعة جوده المياه دورياً بعد التعقيم للتأكد من كفاءة الوحدة ... وعند شراء أى جهاز يجب أن نتأكد من توفر قطع الغيار الخاصة به لأنه من الممكن أن تتوقف الوحدة بسبب O-Ring لأنه غير متوفر.

المهندس غسان محمد الحبال:

يجب تنظيف الأنبوب الزجاجي الداخلي (غمد اللمبة) الذي يحتوي على لمبة الأشعة ... وذلك بهدف زيادة كفاءة التعقيم ... والأفضل أن يتم التنظيف من جهة التماس مع الماء وأنا شخصياً أستعمل الكحول النقي (السبرتو).

المهندس علاء فاروق حسن:

هي UV لمبه الأشعة فوق البنفسجية ... علي طول موجة 256 تقتل البكتريا لحظياً لأنها تدمر غشاء خلية البكتريا ... وكأي لمبة لها عمر افتراضي وتركيبها سهل عادةُ كلمبة النيون (الفلوروسنت) ... الأوزون غاز ويصب في الماء وعند تعبئة الماء جيداً يمنع تكون أي بكتريا ... ويستخدم الUV في الوحدات المنزلية بعد الخزان لقتل أي بكتيريا تكونت

وبعده فلتر كربوني لامتصاص روائح قد تتكون ... وعند التوزيع علي ماكينات الكلي ... طبعاً تأثيره لحظي غير ممتد مثل الكلور الذي يتناقص بسرعة أقل من الأوزون ويمكث أكثر ... وكلاً له المجال الذي يُطبق فيه.

المهندس كريم محمد فتحي:

لمبات ال U.V. تكون فى أسطوانة ستانلس محكمة الغلق والمياه تمر في هذه الأسطوانة وبالتالى يحدث لها تعقيم والخارج من الأسطوانة يدخل على وحدة الأوزون.

المهندس محمد على محمد الوافي أمدنا بصورة عن الUV المُركبة بالوحدة:

5- الفلترة الدقيقةultra-filtration :

وهذه تدخل فى المعالجة النهائية بعد الخروج من الأغشية ... ويتم ذلك عن طريق استخدام فلاتر خرطوشية – كما تحدثنا عنها من قبل – بمسامية تصل إلى 1 ميكرون أو أقل.

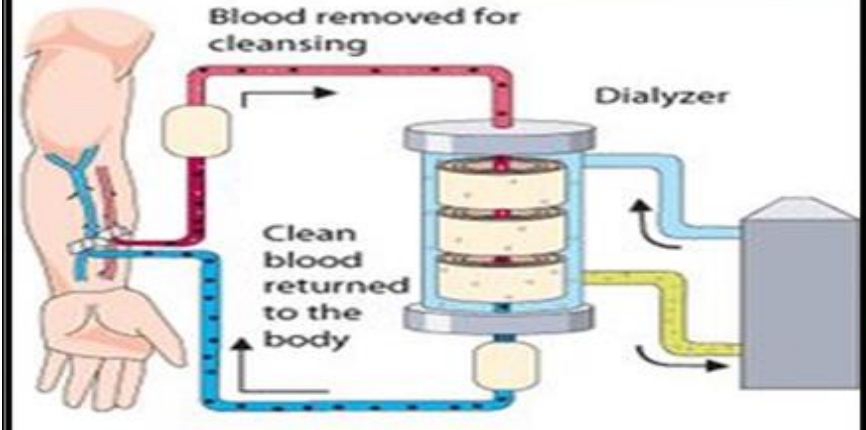
(ومن الممكن استخدام فلاتر كربونية وقطنية أيضاً معها لضمان النقاء التام للمياه الناتجة).

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

المياه من وحدة التناضح العكسي إلى الإستخدامات الطبية!



٢٩

النقاش التاسع والعشرون

النقاش التاسع و العشرون:-

29- المياه من وحدة التناضح العكسى إلى الإستخدامات الطبية

صناعة الأدوية والمياه التي تدخل فى عمليات الغسيل الكلوي تحتم علينا أن نقف أمامها وقفة ... وقفة بجانب المرضي ... وهى وقفة إنسانية لا شك قبل أن تكون وقفة علمية ... ونسأل الله أن يشفى جميع المرضى ويمنحنا جميعاً العافية ... وهذا النقاش نتركه بالكامل لأهل هذا التخصص هم من سيكتبون سطوره من واقع خبراتهم ... نحن فقط من سنضع التساؤلات لإدارة الحوار وتحت كل تعليق سيتم فتح باب المناقشة الخاصة به ...

ونسأل الله أن يجزي كل من سيساهم فى هذا الموضوع خير الجزاء ... وستكون بنية انقاذ نفس بشرية ... وكشف كربة من الكروب ... وسيتم تدوينها كعلم ينتفع به على مدار السنين.

وأتوجه بالشكر الجزيل إلى الدكتور محمد شعبان إلى مشاركاته الثمينة فى هذا النقاش ... فلقد أرسلت إليه الأسئلة حول هذا الموضوع على الخاص لإدراكنا بخبرته فى هذا المجال وتفضل هو بالإجابة كما سترون فى السطور القادمة ... كما ننتظر منكم مزيداً من إثراء هذه المادة العلمية بخبراتكم الثمينة ... وقتاً ثميناً إن شاء الله مع التعليقات.

☹ كيف نحصل على مواصفات المياه التي تستخدم فى صناعة الأدوية؟ وما هى المواصفات والتشريعات المصرية والعربية ودستور الأدوية الأمريكي والكندي والإنجليزي؟ وأى من هذه المواصفات تتبعها شركات الأدوية؟

جواب الدكتور محمد شعبان:

أنه من المحقق أنه لا يخفي علي أهل المياه الكرام أن طرق الحصول علي مياه فائقة الجودة مثل المياه المستخدمة بالمجال الطبي والدوائي يعتمد اعتماداً رئيسياً علي مصدر المياه ... ولكن مما لا شك فيه أن من أهم تقنيات التحلية المستخدمة هي تقنية التناضح العكسي (RO) وقد يضطر العديد من مُصممي محطات تحلية المياه لتلك الشركات والمجمعات الطبية للجمع بين أكثر من تقنية مثل الجمع بين التناضح العكسي والمبادلات الأيونية (DI - Mixed bed) والمبادل الأيوني الكهربي المستمر(CEDI - EDI) ... وقبل الإعتماد علي إحداهم يكون الفاصل في الموضوع هو أي نوع من أنواع المياه سوف تنتج تلك المحطة فيوجد لدينا (Purified water - Ultra Purified water - WFI - Demeneralized water) كأنواع مياه مطلوبة للصناعات الدوائية والإستخدام الطبي تختلف فيما بينها في معايير الجودة.

أما بالنسبة للمواصفات والتشريعات فأهمها دستور الدواء الأمريكي (USP) لما يحتويه لمواصفات أكثر صرامة ودقة للمياه المطلوبة ويتبعه دستور الدواء الإنجليزي (BP) وكذلك الأوروبي والياباني ... ولكن تضع كل دولة معايير للجودة ومواصفات خاصة بها ولابد أن يلتزم المصنعون بتلك الدولة بهذه المعايير أو ما يوازيها أو أكثر جودة منها التزاماً بأحد الدساتير العالمية ... وفيم يلي مثال لذلك :

Figure 5.A-4 Requirements of purified water in bulk

Requirements of purified water in bulk

Testing parameter	Specification Ph. Eur.	Specification USP
Properties	Clear, colorless	-
Microbial count	Not more than 100 CFU (colony-forming units) per ml*	-***
Specified micro-organisms**	Pseudomonas aeruginosa and Escherichia coli not detectable in 100 ml	-***
TOC	Maximum 0.5 mg/ml	Meets the requirements in General chapter <643>
Conductivity	Not more than 4.3 µS/cm at 20 °C	Meets the requirements in General chapter <645>
Nitrates	Not more than 0.2 ppm	-
Heavy metals	Maximum 0.1 ppm	-
Aluminum	Maximum 10 ppb	-
(if intended for use in the manufacture of dialysis solutions)		
Bacterial endotoxins (if intended for use in the manufacture of dialysis solutions without a further appropriate procedure for removal of bacterial endotoxins)	Less than 0.25 IU/ml	-

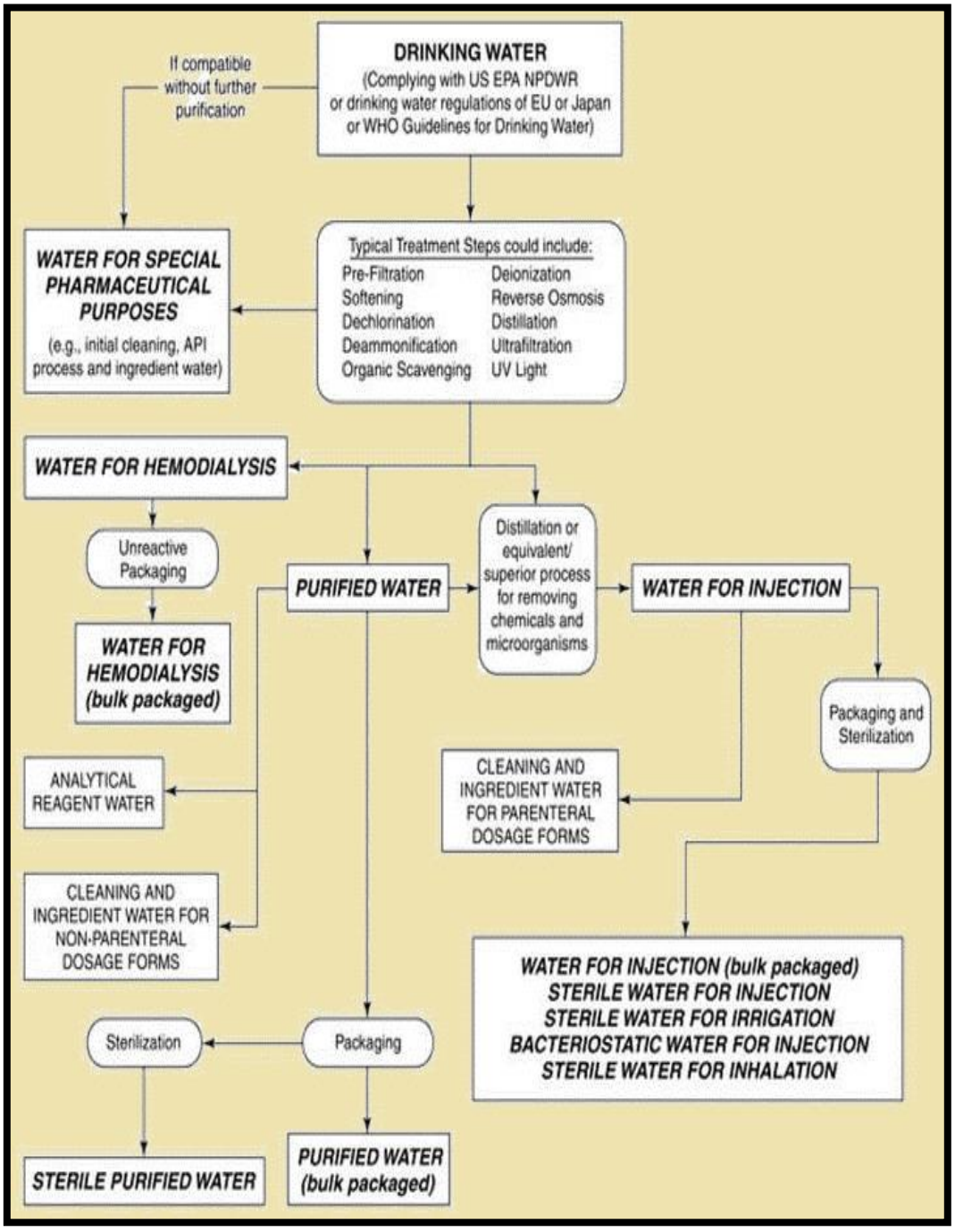
* The microbiological quality is verified by monitoring. The value is a recommended action limit.

** No pharmacopoeia requirement, verification only as part of monitoring

*** The monograph refers the user to General Chapter <1231> Water for Pharmaceutical Purposes for microbiological guidance.

المهندس صالح الطويل:

أنواع عديدة من المياه للإستخدامات الطبية:



تعقيب المُحاضر:

تستخدم أيضاً مياه الشرب (Drinking or potable water) أو مياه البلدية City water فى بعض الإستخدامات الطبية وأهما عمليات الشطف والتنظيف كما سيأتى ... وبالطبع فإن مياه الشرب تخضع لواحدة من التشريعات العالمية أو المحلية الخاصة بكل بلد ... مثل الوكالة الأمريكية للحماية البيئية EPA (Environmental Prtotection Agency) أو منظمة الصحة العالمية (WHO) أو التشريع الأوروبي أو الياباني.

☹ **ما هى الفروق بين:**

Sterile purified water - highly purified water - purified water - WFI (Water for injection)?

جواب الدكتور محمد شعبان بهذا الجدول:

WFI	Purified Water	Specification*
<1.3 µ S/cm at 25°c	<1.3 µ S/cm at 25°c	Conductivity
< 500 ppm	< 500 ppm	Total Organic Carbon (TOC)
10cfu/100ml	100cfu/ml	Microbial (Recommended action limit)
< 0.25 EU/ml	NA	Endotoxin
5 - 7	5 - 7	pH
Distillation is the preferred technique	Not Specified	Production Method
*As per USP Standards		

تعقيب المُحاضر:

المياه المُنقاة Purified-water هى مياه منزوعة الأملاح تم إزالة الشقوق القاعدية والحامضية منها Demi-water (deionized water) وأصبحت التوصيلية لها أقل من 1.3 ميكروسيمنز/سم عند درجة حرارة 25 درجة مئوية كما نرى فى الجدول السابق والتالى تبعاً لدستور الدواء الأمريكيUSP ويتم استخدامها أيضاً فى المراحل الأخيرة من الغسل والشطف وصناعة الWFI وزميلتها الwater Highly purified كما سيأتي ... بجانب استخدامها فى تبريد جهاز الأوتوكلاف Autoclave المستخدم فى تعقيم الأدوات.

المهندس صالح الطويل:

وحدود المياه Water limit:

Table 1: Different standards of water

Parameter	Purified Water		Highly Purified Water		Water for Injection	
	USP	Ph Eur (bulk)	USP	Ph Eur (bulk)	USP	Ph Eur (bulk)
TOC (ppb C)	500	500	NA	500	500	500
Conductivity @ 20°C	NA	≤4.3 µS/cm	NA	≤1.1 µS/cm	NA	≤1.1 µS/cm
Conductivity @ 25°C	≤1.3 µS/cm	NA	NA	NA	≤1.3 µS/cm	NA
Nitrate (NO2)	NA	≤0.2 ppm	NA	≤0.2 ppm	NA	≤0.2 ppm
Heavy Metals (ppm as Pb)	NA	≤0.1 ppm	NA	NA	NA	NA
Aerobic Bacteria	≤100 CFU/ml	≤100 CFU/ml	NA	≤10 CFU/100ml	≤10 CFU/100ml	≤10 CFU/100ml
Bacterial Endotoxins (EU/ml or IU/ml)	NA	NA	NA	≤0.25	≤0.25	≤0.25

N/A – Not an applicable requirement

تعقيب المُحاضر:

نرى بعض الإختلافات القليلة فى الجدول السابق بين الHighly purified water والWFI والإثنان أكثر نقاءً من ال Purified من حيث التوصيلية الكهربية وعدد البكتيريا الهوائية ... والمياهHPW تتطلب توصيلية أقل من 0.15 ميكروسيمنز/ سم ... ولا يجب تعريضها للهواء الجوي حتى لا تمتص ثاني أوكسيد الكربون.

وهذه مواصفات ال الHighly purified water الأوروبية:

Figure 5.A-6 Requirements of highly purified water

Requirements of highly purified water	
Testing parameter	**Specification Ph. Eur.**
Properties	Clear, colorless
Microbial count*	Not more than 10 microrganisms/100 ml
Specified micro-organisms**	Pseudomonas aeruginosa not detectable in 100 ml
Total organic carbon	Maximum 0.5 mg/l
Conductivity	Meets the requirements at Stage 1, 2 or 3
Nitrate	Maximum 0.2 ppm
Aluminum (only when used for production of dialysis solutions)	Maximum 10 ppb
Heavy metals	Maximum 0.1 ppm
Bacterial endotoxins	Less than 0.25 IU/ml

☹ وهل تختلف هذه المواصفات تبعاً للاستخدام أيضاً فمثلاً المنتجات الدوائية السائلة التى تعطى من خلال الفم غير التى يتم استخدامها فى الحقن فى الجسم غير قطرات العين والأنف غير التى يتم فيها إذابة المضادات الحيوية البودر والتى تُباع فى الصيدليات غير التى تستخدم فى الكريمات والمراهم غير التي تستخدم فى اللقاحات (التطعيمات) أو الأمبولات؟

جواب الدكتور محمد شعبان:

بالطبع تختلف المواصفات المطلوبة تبعاً للاستخدام فالمياه المطلوبة للمستحضرات السائلة التي تعطي بالفم كذلك المياه المعبئة بغرض إذابة المضادات الحيوية البودر وكذلك الكريمات والمراهم نكتفي بأن تكون (Purified water) ... أما التي تحقن للدم والتطعيمات والأمبولات لإذابة المضادات الحيوية التي تحقن في الدم لابد أن تكون من النوع (WFI) وهنا يختلف النوعان بالحدود المسموح بها كيميائياً وميكروبيولوجياً ... أما بالنسبة لقطرات العين والأنف يُفضل أن تكون (Highly Purified water).

جواب المهندس محمد حسن:

PW purified water يتم انتاجها بعد الممبرينات مرحلتين أو بعد ممبرينات مرحلة واحدة ووحدة فصل أيونات وهي مياه بدون أملاح أو أيونات موجبة أو سالبة وتستخدم في الغلايات ومحطات الكهرباء ومصانع الأدوية وذلك لنقائها الشديد أما WFI water for injection أي مياه تستخدم فقط للحقن الوريدي تحت جلد الانسان وذلك لنقائها الشديد ويتم انتاجها بتمرير مياه PW علي جهاز التقطير متعدد المراحل multieffect distiller يتم فيه تسخينها بشكل تصاعدي وتدريجي علي كذا مرحلة حتي تصل لحرارة 134 درجة مئوية وضغط 2.7بار وبعدها يمر البخار النقي علي كوندينسر condenser لتبريد البخار واصطياد قطرات البخار المتكثف وإنتاج مياه WFI وتكون مياه شديدة النقاوة خالية من الجراثيم والبكتريا تكاد تصل النسبة إلى 100% وخلوها أيضاً من الأملاح والأيونات.

المهندس صالح الطويل:

جودة المياه للمنتجات الطبية المُعقمة:

Table 2: Quality of water for sterile medicinal products

Sterile medicinal products	Minimum acceptable quality of water
parenteral	WFI
ophthalmic	Highly Purified water
Hemofiltration solutions	WFI
Haemodiafiltration solution	WFI
Peritoneal dialysis solution	WFI
Irrigation solution	WFI
Nasal/ear preparations	Highly Purified water
Cutaneous preparations	Highly Purified water

جودة المياه للمنتجات الطبية الغير المُعقمة:

Table 3: Quality of water for Non-sterile medicinal products

Non-sterile medicinal products	Minimum acceptable quality of water
Oral preparations	Purified
Nebuliser solutions	Purified*
Cutaneous preparations	Purified**
Nasal/ear preparations	Purified
Rectal/Vaginal preparation	Purified

*In certain disease states eg. Cystic fibrosis, medicinal products administered by nebulisation are required to be sterile and non-pyrogenic. In such cases WFI or sterilised highly purified water should be used.

**For some products such as veterinary teat dips it may be acceptable to use potable water where justified and authorised taking account of the variability in chemical composition and microbiological quality.

جودة المياه المطلوبة أثناء صناعة المنتجات الطبية:

Table 5: Quality of Water used during manufacture of medicinal products

Manufacture	Minimum acceptable quality of water
Granulation	Purified*
Tablet coating	Purified
Used in formulation prior to non-sterile lyophilisation	Purified
Used in formulation prior to sterile lyophilisation	WFI

المهندس صالح الطويل:

جودة المياه المطلوبة للتنظيف والشطف:

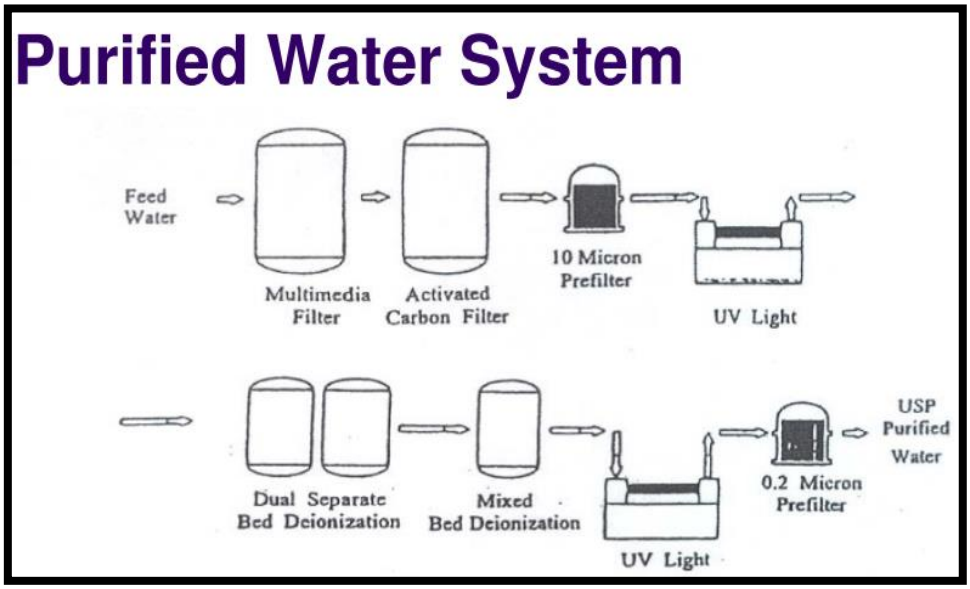
Table 6: Quality of Water used for cleaning/rinsing.

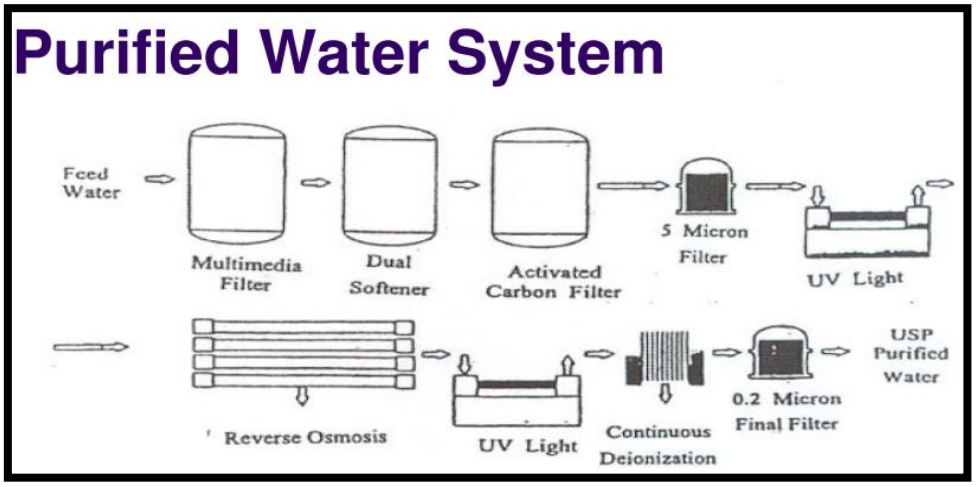
Cleaning/rinsing of equipment, containers, closures	Product type	Minimum acceptable quality of water
Initial rinse	Intermediates and API	Potable water
Final rinse	API	Use same quality of water as used in the API manufacture
Initial rinse including clean in place (CIP) of equipment, containers and closures, if applicable	Pharmaceutical products-non sterile	Potable water
Final rinse including CIP of equipment, containers and closures, if applicable	Pharmaceutical products-non sterile	Purified water or use same quality of water as used in manufacture of medicinal product, if higher quality than purified water
Initial rinse* including CIP of equipment, containers and closures, if applicable	Sterile products	Purified water
Final rinse** including CIP of equipment, containers and closures, if applicable	Sterile non-parenteral products	Purified water or use same quality of water as used In manufacture of medicinal product, if higher quality than purified water
Final rinse** including CIP of equipment, containers and closures, if applicable	Sterile parenteral products	WFI***

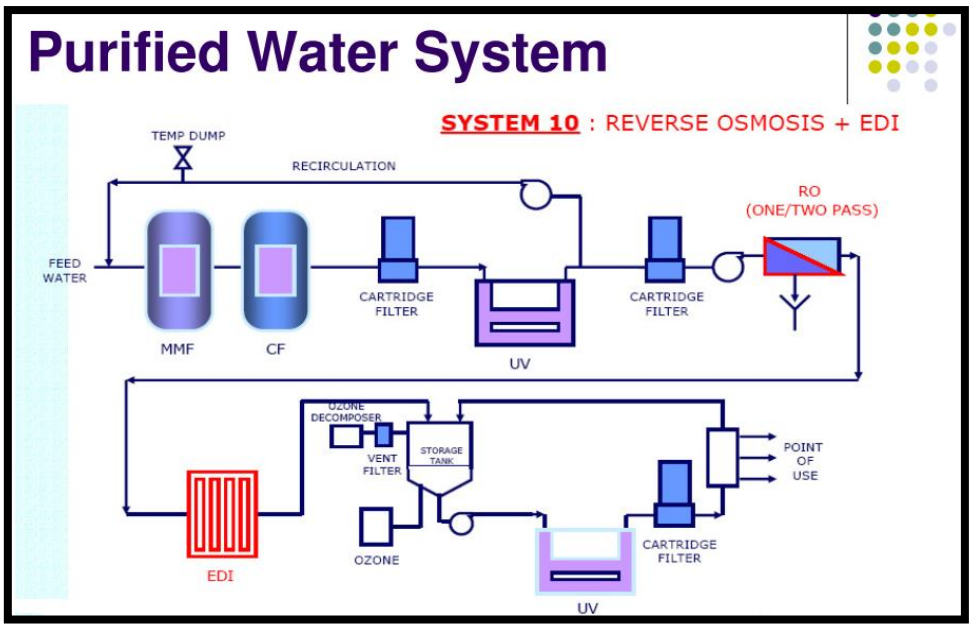
*some containers, eg. Plastic containers for eye drops may not need an initial rinse, indeed this may be counter-productive since particulate counts could be increased as a result. In some cases e.g. blow-fill-seal processes rinsing cannot be applied; **If equipment is dried after rinsing with 70% alcohol, the alcohol should be diluted in water of the same quality as the water used for the final rinse; ***Where a subsequent depyrogenisation step is employed the use of highly purified water may be acceptable subject to suitable justification and validation data.

تعقيب المُحاضر:

هذه طرق انتاج الPurified water:







المهندس حامد الدسوقى:

بالنسبة لوحدات الأدوية ... تُصمم حسب مواصفات الدستور الأمريكى للأدوية USP-23 ... ومياه الأدوية أنواع: purified water تستخدم فى صناعة الأشربة والكابسولات والأقراص ونوع آخر WFI ويستخدم فى صناعة الأمبولات والحقن.

بالنسبة لمياه الWFI يجب أن تكون free pyrogen أى Free bactetia - Free TOC

ويتم إضافة EDI لوحدة الRO للحصول على الWFI

ومن المُمكن إضافة وحدة تعقيم بالأوزون قبل الUV لضمان تعقيم المياه المنتجة.

تعقيب المهندس محمد بسيونى:

وجـــــود ال EDI بعـــــد ال وحـــــدة ال RO لا يعطـــــى ميـــــاه صـــــالحة للحقـــــن WFI إنما يعطى مياه hightly purified water.

والمياه ال WFI لها مواصفات خاصة بها تختلف عن المياه ال purified.

المياه ال WFI تنتج من مياه Purified تدخل على وحدة distellier multi effect.

رد المهندس حامد الدسوقى:

نعم يجب تركيب distellier multi effect للحصول على WFI.

ويُكمل المهندس حامد الدسوقى:

وهذه صورة لمحطة أدوية purified water صغيرة:

وهذه محطة 4 متر مكعب/ساعة purified water:

وهذه محطة أخري:

☹ ماذا عن ال pH؟ وماذاعن التوصيلية الكهربية والأملاح؟ هل يشترط أن تكون التوصيلية صفر(أى Demi-water) (0.1 ميكروسيمنز للأمبولات مثلاً) أم تحت العشرة ميكروسيمنز؟ أم أيضاً حسب الإستخدام؟ وكيف نصل بالتوصيلية إلى هذه القيم؟ هل باستخدام الRO على عدة مراحل أم بامرار مياه البيرميت على مبادل كاتيونى وأنيونى ion exchange أو ميكسد بيد (Mixed bed)؟

<u>جواب الدكتور محمد شعبان:</u>

في كل الأنواع السابقة تتفق في حدود ال pH المسموح بها وهي (7 - 5) ... أما عن التوصيلية الكهربية فلابد أن نقرر أنه ليس هناك من الأنواع التي تعطي توصيلية صفر والذي يعني النزع الكامل للأملاح لكن قد يكون أقل من قيمة حساسية قياس جهاز التوصيلية أما القيمة المسموح بها فتختلف من دستور لآخر فمثلاً دستور الدواء البريطاني

مسموح لل (Purified water) حتي 4.3 µS/cm أما ال (WFI) حتي 1.3 µS/cm أما الدستور الأمريكي فكلا النوعين سواء حتي 1.3 µS/cm عند درجة حرارة 25°C ونقول أن ما يحكمنا في الاختيار هو استخدام المياه

أما كيفية الوصول لهذه القيم المنخفضة من التوصيلية بالطبع يمكننا الوصول لها باستخدام أحد الطرق التالية :

- **RO-RO بمعني التصميم (مسارين) Two passes RO**
- **RO - DI**
- **RO- Mixed-bed**
- **RO- EDI**

☹ ماذا عن المحاليل التى تستخدم فى المختبر (المعمل) المستخدمة فى المعايرة أو أجهزة الكروماتوجراف السائل Liquid chromatography؟

جواب الدكتور محمد شعبان:

هناك شقين ... بعض الأجهزة المعملية التي تحتاج اتصال مباشر مع المياه فيُوصى مصنع ومورد الجهاز بالنوع المناسب من المياه وأكثرهم يوصون بمياه DI وأما الإستخدام الكيميائي داخل المعمل للإذابة مثلاً لبعض أنواع البودر فتستخدم Distilled water.

تعقيب المهندس سعيد عادل:

للHPLC نستخدم ultrapure water والتوصيلية 0.05.

المهندس Saleh A. El-Taweel:

بالنسبة للمختبر:المياه المستخدمة في تحضير المحاليل للمعايرة أو السبيكتروسكوبي أو تحضير الأوساط الغذائية (التوصيل الكهربائي أقل من 5 ميكروسيمينز) ... أما المياه المستخدمة في المختبر لأجهزة LIQUID CHROMATOGRAPHY (يكون التوصيل الكهربائي أقل من 0.5 ميكروسيمينز).

☹ ماذا عن تعقيم المياه؟ بافتراض حتمية أن تكون منطقة الإنتاج على أعلى مستوي من النظافة والصحة High hygiene zone ... هل يتم التعقيم بإضافة المعقمات المعتادة كالكلور أو الأوزون؟ أم نكتفى بالUV ثم وضع فلتر ميكرونى 0.2 ميكرون؟ أم نستخدم جهاز الأوتوكلاف فى التعقيم ثم الحفظ فى ثلاجة لفترة معلومة؟ أم نستغنى عن كل هذا ونكتفى بغسيل اللوب Loop أو البايب Pipe الخارج من الRO كل ست ساعات مثلاً وكيف يكون الغسيل ومواصفات اللوب أو البايب نفسه؟ هل يُشترط أن يكون من الإستانلس ستيل غير قابل للتآكل؟ ولماذا؟

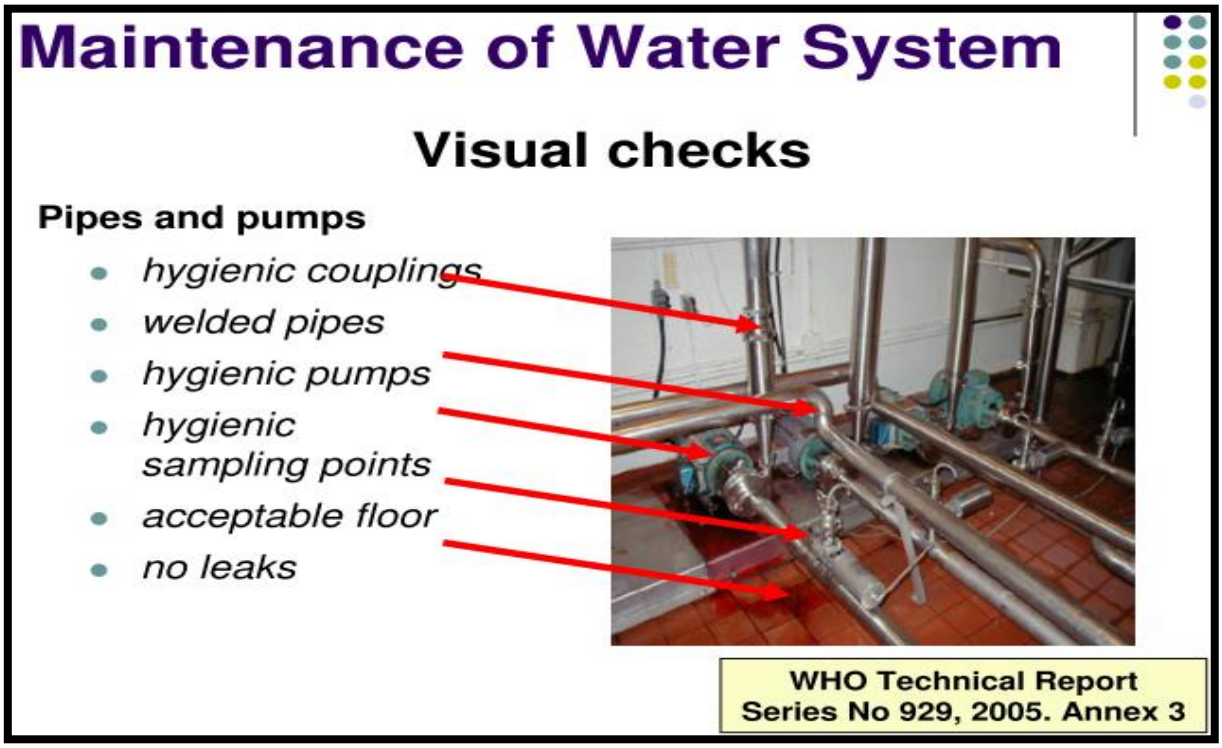
جواب الدكتور محمد شعبان:

التعقيم يتم بإحدي الطرق المعتادة الفيزيائية كالتعقيم بالحرارة (Hot water sanitization) كالأوتوكلاف أو ال (UV)أو الكيميائية كالتعقيم بالكلور والأوزون وفوق أوكسيد الهيدروجين وقد يكون مضاف إليه فوق حمض الخليك (الأسيتيك) وقد يتم الجمع بين نوعين من التعقيم كوجود UV مع الأوزون ولابد من وجودها لتكسيره وكذلك وجودها مع التعقيم بالكلور فهي توضع كنوع من أنواع التأكيد علي التعقيم ولا يعتمد عليها بشكل كامل بمفردها أما أمرغسيل خط التوزيع وتعقيمه فهو شئ مفروغ منه.

- التعقيم قد يكون كل شهر أو اكثر للخطوط وتعتمد المدة علي دراسات الصلاحية (validation studies) دائماً خطوط توزيع المياه النهائية داخل منطقة الإنتاج مصنعة من الإستانلس استيل 316L وذلك لحمايتها من تآكل المياه لأنها في Acidic range وكذلك لضمان جودتها دوناً عن أي سبيكة أخرى.

تعقيب المُحاضر:

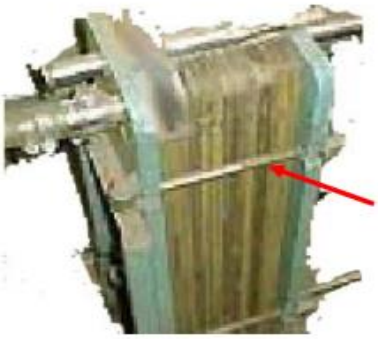
هذه صور استرشادية عند الكشف على أجزاء الوحدة لضمان أعلى درجات النظافة:



Maintenance of Water System

Visual checks (2)

Check condition of equipment



Staining on water storage tanks

Corrosion on plates of heat exchangers indicates possible contamination

WHO Technical Report Series No 929, 2005. Annex 3

Maintenance of Water System

Visual checks (3)

Maintenance records, maintenance of pump seals and O rings

WHO Technical Report Series No 929, 2005. Annex 3

Maintenance of Water System

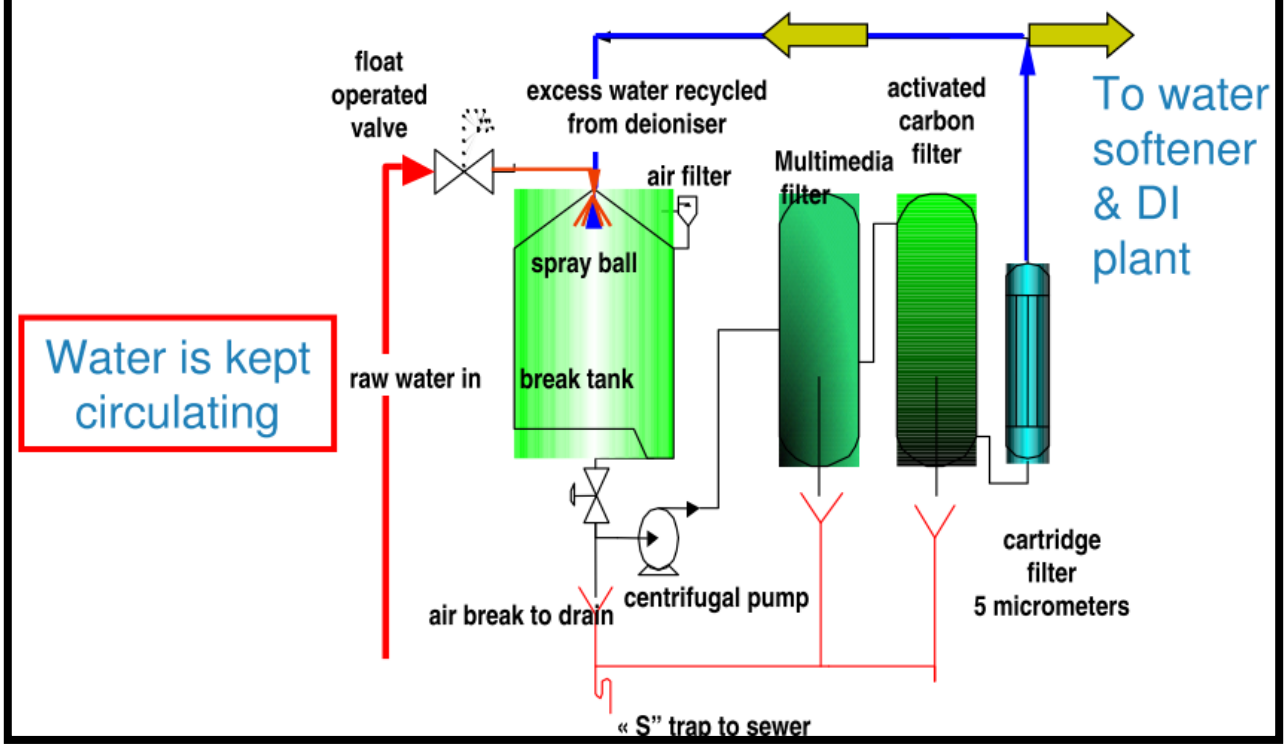
Visual checks (4)

- Air filters
- Integrity testing, sterilization and replacement frequency
- Check burst discs

WHO Technical Report
Series No 929, 2005. Annex 3

وهذا مخطط يبين المعالجة الأولية وعملية التدوير وفلتر الهواء على التنك:

Pretreatment – schematic drawing



☹ **تنك التخزين يتم ادخال المياه إليه ؟ هل بطريقة الاسبراىSpray باستخدام Spray ball توضع فى أعلى التنك والذى يعمل على توزيع المياه على جوانب التنك مثل "الدُش" Shower؟ ةما هى فائدته؟ وهل بالفعل يتم التفتيش من قبل وزارات الصحة على السبراى بوول؟**

جواب الدكتور محمد شعبان:

رد الدكتور محمد شعبان: من المكونات الأساسية التي يتم السؤال عليها في التفتيش من قبل وزارة الصحة هي ال spray ball وذلك لضمان وجود مياه غير راكدة في شكل بلل علي جدران التنك في حالة ملئ التنك وتفريغه عدة مرات.

فما نخشاه البلل وليس الجفاف ووظيفة الكرة الرشاشة أن تجعل المياه تسير علي جسم التنك من الداخل بالكامل وكأنه دائماً ممتلئ حتي لا تتواجد به مناطق مبللة لأن البلل يعني مياه راكدة وهذا محفز للنمو البكتيري.

المهندس محمد بسيوني:

لابد أن تدخل المياه بعد التدوير إلى التنك عن طريق spray ball.

تعقيب المهندس أحمد محمود:

وأعتقد أنه قد تكون مثل فكرة عمل نازع الغازات لطرد أى غازات قد تكون مذابة فى المياه.

تعقيب المهندس محمد زكريا:

وفعلاً طريقة لإزالة أي غازات ذائبة في المياه مثل ال CO_2 فكرة صحية و جيدة جداً

☹ **بما أن الهواء هو مصدر من مصادر التلوث الميكروبى ... كيف يتم منع دخول الهواء عن التنك؟ وكيف يتم تصريف الهواء الذى يملأ التنك قبل التعبئة بالمياه؟ وماذا عن الAir vent filter؟**

جواب الدكتور محمد شعبان:

الإتصال بالهواء الخارجي مسموح فقط من خلال فلتر بكتيري للهواء يسمي بال vent filter وهو يضمن خروج ودخول الهواء للتنك دون ميكروبات وأتربة.

☹ **هل يتم تدوير المياه فى تنك التخزين على الدوام؟**

جواب الدكتور محمد شعبان:

لابد من التدوير المستمر 24 ساعة في اليوم لا تتوقف نهائياً لعدم حدوث ال stagnancy state ... فحالة السكون للمياه من أكثر العوامل المساعدة للنمو البكتيري.

ويُضاف لذلك أنه مطلب من مطالب التفتيش الدوائي أي أن لو لم يوجد تدوير للمياه المنتجة المخزنة تأخذ علي المصنع نقطة عدم تطابق.

المهندس حسام خالد:

فى محطات الأدوية يتم عمل تدوير لمياه الإنتاج حتى لا تتوقف وتمر على مراحل التعقيم والتقطير ويتم قياس الlevel أو مستوى المياه فى الخزانات بالأشعة لعدم صلاحية أسياخ الإستانلس.

وعن التساؤل عن جدوى التدوير مادام هناك U.V وفلتر بكتيرى 0.2 ميكرون أجاب الدكتور محمد شعبان:

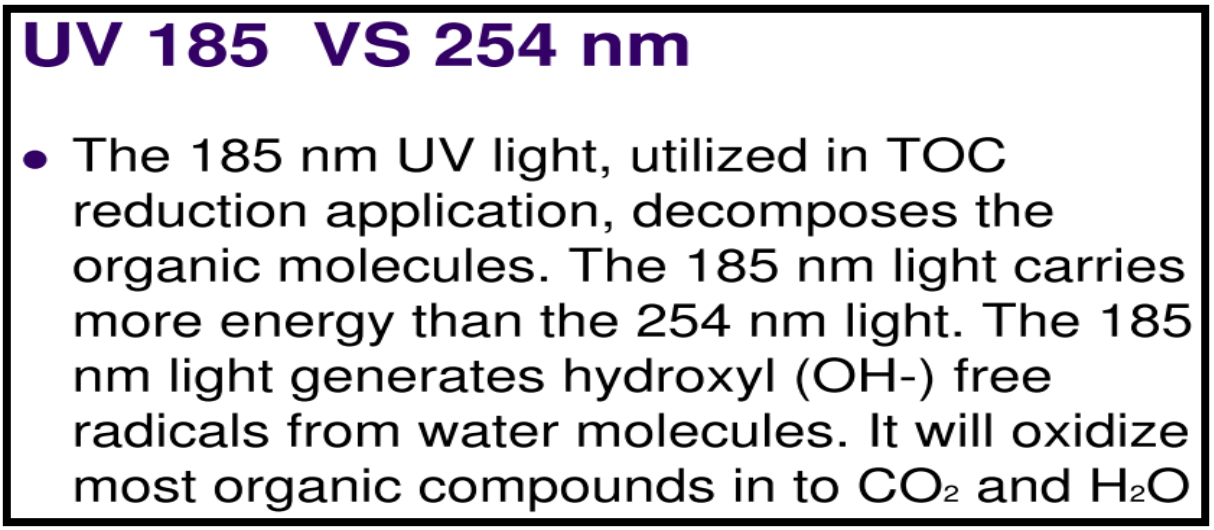
الإجابة ببساطة مدي كفاءة تأثير الU.V علي النشاط البكتيري لا يمكن أن تصل إلى 100% ... بالتالي يتبقى جزء ولو بسيط من النمو البكتيري حي يرزق! ... وبعدم التدوير وهي مرحلة ركود المياه stagnation وهي أكثر الظروف الملائمة للنمو البكتيري بشكل غير متوقع قد يحدث بسببه ما نسميه انفجار بكتيري وطبقات البكتريا المتراكمة bacterial blooming and Biofilm

المهندس محمد عز:

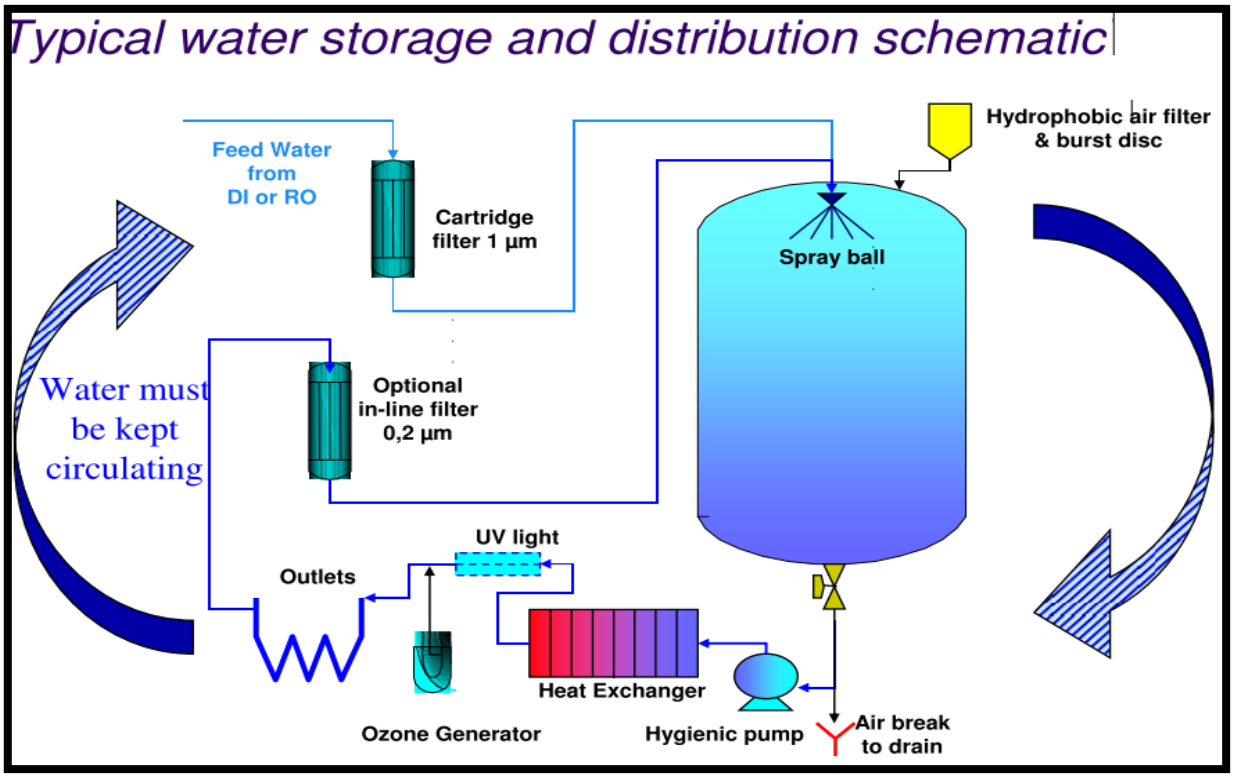
إضافة لإجابة د. محمد شعبان فإن الUV تعتبر bacteriostatic وليست bactericidal بمعني أنك لو لم تقوم بعمل تدوير لو موجود بكتيريا واحدة سوف يحدث تكاثر للبكتريا.

تعقيب المُحاضر:

قلنا فى النقاش السابق أن 254 نانوميتر من الأشعة فوق البنفسجية تقتل الميكروبات وتدمر الأوزون - إن وُجد - ويتم فى بعض الحالات هنا استخدام تردد موجي إضافي عند 185 نانوميتر لهذه الأشعة ... وهذا التردد له طاقة أعلى ويستطيع أن يولد أيون الهيدروكسيل (OH-) من المياه ويؤكسد معظم المواد العضوية إلى ثاني أوكسيد الكربون وماء ... وهو مطلب مهم فى إنتاج أنواع المياه المستخدمة فى الأغراض الطبية.



وهذا مخطط لتخزين المياه مع استخدام نظام الأوزون والUV:



المهندس حامد الدسوقي:

من الممكن إضافة وحدة تعقيم بالأوزون قبل ال UV لضمان تعقيم المياه المنتجة.

تعقيب المهندس محمد بسيوني:

غالباً لا يتم استخدام التعقيم بالأوزون فى المحطات الموجودة فى شركات الأدوية إنما يتم الإكتفاء بوحدات ال UV مع الفلاتر البكتيرية 0.2 ... مع استخدام نظام مناسب لحفظ درجات حرارة المياه ال purified وال WFI ... ويتم حفظ درجات الحرارة على النحو التالي:

يُفضل وجود مبادل حراري على خط المواسير الذى يقوم بنقل المياه من تنك التخزين إلى نقاط سحب المياه داخل الإنتاج أو المعمل وذلك للحفاظ على درجات حرارة المياه المُخزنة سواء تم التخزين عند درجة حرارة أقل من 25 درجة أو يتم عند درجة حرارة أعلى من 75 درجة مئوية ... وفى الكثير من شركات الأدوية يكون هناك تنك التخزين نفسه مبادل حرارى كبيرعلى أساس أنه يتكون من طبقتين ويكون فيه "سلبنتينه" مابين هاتين الطبقتين تستطيع أن تدخل فيها بخار من الغلاية لرفع درجة حرارة المياه داخل التنك ... وأيضاً من المُمكن أن تُدخل فى هذه السلبنتينة مياه باردة من التشيلر لخفض درجة الحرارة.

المهندس حامد الدسوقي:

Double jacket tank for purified water storage.

ونحتاج لرفع درجة الحرارة فوق 80 درجة أو أقل من 18 درجة لمنع تكون البكتيريا.

☹ **ما هى أهم الإختبارات الميكروبيولوجية فى شركات الأدوية؟ وهل يتم تعقيم الوحدة دورياً (كل شهر مثلاً) أو أقل بناءً على هذه التحاليل؟**

جواب الدكتور محمد شعبان:

دراسة الصلاحية (validation study) الخاصة بتحديد مدة التعقيم الملائمة تتم بتحليل المياه الميكروبيولوجية ويتم التحليل بشكل روتيني بحيث يغطي كل نقاط الإستخدام والإنتاج داخل المحطة خلال أسبوع واحد بشكل روتيني.

☹ **هل الاختبارات الميكروبية نفسها الي على مياة الشرب؟**

جواب الدكتور محمد شعبان:

بالضبط.

☹ **لماذا لا يُحبذ البعض استخدام الأشعة فوق البنفسجيةUV فى التعقيم فى الاستخدامات الطبية؟ هل بسبب تكون الإندوتوكسينات؟**

فقرة من الجزء الأول من الكورس:

مناقشة بالنسبة لمعالجة مياه الكلى واستخدام الUV:

المهندس مدحت زكى: فى أنظمه شركة فرزنيوس لمعالجة مياه الكلى لا يوجد أشعة فوق بنفسجية ولا أوزون لعدم وضع permeate water فى ال product tank ... ويتم عمل rinse لل RO loop على الأقل كل ستة ساعات ... ووجود ال UV يعمل على رفع Endo toxin وهى غير ملائمة للاستخدمات الطبية.

المهندس محمد بسيونى: في معظم شركات الأدوية يتم وضع UV لتعقيم المياه المنتجة والتي سوف تدخل علي الانتاج ...وللتغلب علي مشكلة ال endo toxin يتم وضع فلتر ميكرونى 0.2 بعدها.

جواب الدكتور محمد شعبان:

هذه نقطة بها نقاش بين أهل التخصص لكن وجود فلتر (شمعة بكتيريا) بمسامية 0.2 ميكرون بعد الU.V قد يكفي للأمان وطالما يتم قياس ال TOC بشكل دوري فلا داعي للقلق وأظن السيطرة عليها أسهل من ترك كائنات دقيقة تنمو دون تحكم ... ونحن نقيس ال TOC كدلالة لل Endotoxin.

فالإندوتوكسين هو عبارة عن نواتج تكسير خلايا البكتيريا وهذه مكونات عضوية من حيث التكوين فلو زادت تلك النواتج يزيد معها بالتبعية قيمة قراءة ال TOC الذي هو الكربون العضوي الكلي.

"الU.V تقوم بعمل تثبيط للنمو البكتيري ... أي تفقدها حيويتها فلا تتكاثر بسبب تكسير الDNA الخاص بها ... ويقوم الفلتر البكتيري بفلترة جزئية - وضع تحت جزئية خطوط كثيرة- للأجسام البكتيرية الغير نشطة وبواقي تكسير الخلايا البكتيرية التي تسمي بال endotoxin".

المهندس أحمد خيري العزاوي:

هناك سؤال لماذا يتم تركيب فلتر بكتيري 0.2 ميكرون مع وجود جهاز أشعة فوق بنفسجية؟؟ من المعروف أن جهاز الأشعة لا ينزع البكتيريا ولكن يكسرها "يقطعها!" ... وبعد ذلك يتم تكوين ما يسمى بالبيرجين pyrogen أو يُسمى Bacterail endotoxins وهذا البيرجين يعرفه الأطباء لأنه يرفع ضغط المرضى وبالتالي الفلتر البكتيري يمنع مرور البيرجين.

وعن الفلتر البكيتري تحدث المهندس أحمد خيري العزاوي:

1- **يوجد فلتر بكتيري هوائي يستخدم للتعقيم في شركات الأدوية والمعامل.**
2- **يوجد فلتر بكتيري هوائي يستخدم في التحاليل والمعامل المركزية.**
3- **يوجد فلتر بكتيري (ورقة ترشيح) قياس نسبة معامل الطمي SDI وتم شرحه من قبل سابقاً.**
4- **الفلتر البكتيري مختلف فى ال pore size منه 0.1 ميكرون ومنه 0.45 ميكرون ومنه 0.2 ميكرون وهكذا.**
5- **الفلتر البكتيري المائيBacterial filter وهو ما قصدته في هذه المحطة ... وإليك بعض صور الفلتر البكتيري ويختلف نهايته طبقاً للهاوسينج:**

تعقيب المهندس محمد بسيوني:

الفلاتر البكتيرية 0.2 لها دور مهم جداً فى حجز البكتريا الحية والميتة من المياه ... ويُفضل وضع الفلاتر البكتيرية 0.2 بعد وحدات ال UV مباشرةً لكى يتم حجز البكتريا وغالباً يكون مكان الفلتر البكتيري ال 0.2 فى آخر مرحلة قبل دخول المياه إلى تنك التخزين ... وهناك بعض الشركات تضع وحدات UV وبعدها فلتر 0.2 على المواسير loop التى توصل المياه إلى الإنتاج بعد تنك التخزين حتى تضمن

وصول مياه خالية من البكتريا إلى قسم الإنتاج ... ويتم تغيير الفلاتر البكتيرية كل ثلاث شهور أوعند ارتفاع فرق الضغط قبل وبعد الفلتر عن 0.8 بار ولابد من تسجيل هذا التغيير فى السجلات الخاصة بذلك "ال Logbook" حتى يتم الإطلاع عليها عند وجود زيارة من وزارة الصحة أو زياره خارجية.

☹ هل يتم عمل اختبارات فى معامل الميكروعلى الهواء بمنطقة الإنتاج للتأكد من عدم حدوث أى تلوث ميكروبي؟

جواب الدكتور محمد شعبان:

بالتأكيد يتم عمل ذلك.

المهندس أحمد خيري العزاوي:

بالنسبة لتعقيم الجو أو المكان بالكامل فجميع شركات الأدوية وخاصة أقسام الأمبول يتم تركيب hepa filter ويتم تغيره دورياً طبقا لكمية الهواء الداخل أو طبقاً لقياس نسبة البكتيريا الهوائية في المكان.

☹ ما هى اشتراطات تخزين الWFI؟ وهل يجب أن لا تقل عن 85 درجة مئوية؟

جواب الدكتور محمد شعبان:

يُفضل فقط التخزين الساخن ولكن ليس شرطاً ... قد يتم التخزين علي البارد بعد خروج الماء من المبخر ... وفي التخزين الساخن نراعي أن تكون درجة الحرارة أعلي من 70 درجة مئوية والمفضل من 81 إلي 85.

☹ بأى مياه يتم تنظيف وغسل المعدات؟

Cleaning and rinsing of equipments or containers

جواب الدكتور محمد شعبان:

نوع المياه المستخدمة في التنظيف تعتمد علي شقين نوع الأدوات والمعدات من حيث استخدامها ثم تعتمد علي مرحلة الغسيل فمثلاً كل الأنواع تغسل أول غسلة بماء بلدية ساخن أو بارد باستخدام منظف أو بدونه وتلك الغسلة هي الأكثر استهلاكاً للمياه يأتي بعدها الشطف بمياه من نوعية مطابقة للمستخدمة في المستحضرات المستخدم فيها الأدوات والمعدات فمثلاً أدوات ومعدات الأشربة تُشطف نهائياً بمياه purified-water أما أدوات ومعدات إنتاج المستحضرات العقيمة يكون شطفها بمياه WFI وأخيراً تتفق جميعاً في آخر خطوة وهي أخذ عينة من مياه الشطف وارسالها للمعمل للحكم بنظافة المُعِدَّة أم لا.

مداخلة المهندس مجدي عبد الرحيم بموضوع هام:

لا ننسى حين تذكر المياه المستخدمة في الأدوية أن نذكر مواصفات الشبكة من حيث سرعة المياه وميول الشبكة ونوعية محابس الإستخدام zero dead leg و orbital welding.

تعقيب الدكتور مصطفى جريد وترجمة المادة العلمية:

Dead Leg and its Limit in Water Systems

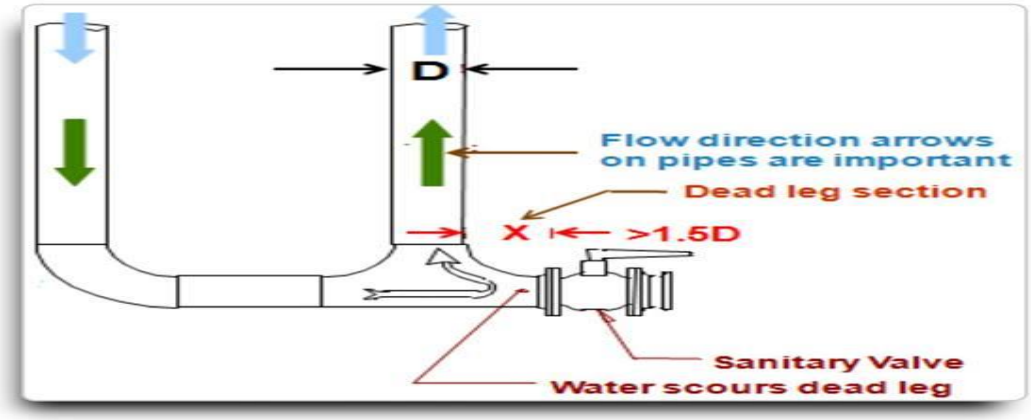
Dead leg calculation in water system piping and their limits according to world health organization (WHO).

الترجمة: "حسابات الDead leg فى بايبات النظام المائى وحدودها يجب أن تتبع ارشادات منظمة الصحة العالمية".

Water system in pharmaceuticals may the source of contamination for the manufactured products. It is necessary to prevent the water system from the microbial contamination.

الترجمة:"النظام المائى فى الاستخدام الدوائي قد يكون مصدراً للتلوث للمنتجات المُصنعة ... ومن الضرورى منع التلوث الميكروبي عن الماء".

Water is distributed through the pipelines throughout the manufacturing plant. Purified water and water for injection (WFI) is continuously circulated in circulating loop. It helps the water system to prevent the formation of biofilms.



But there is some space between the circulation loop and the valve at the user points. This section of stagnant water is known as **Dead Leg**.

الترجمة: " المياه تنتشر خلال خطوط الأنابيب فى المصنع ... وبالنسبة للPurefied water والWFI يحدث لهما تدوير دائم خلال الloop وذلك كى يمنع النظام المائي من تكوين البايوفيلم ... ولكن يوجد حيز أو فراغ بين ال Loop ولبلف فى منطقة الاستخدام ... وهذا الجزء يُسمى بالdead leg ويحدث فيه ركود للمياه".

Long dead legs will have more stagnant water having more microbial growth because water in the dead leg does not circulate with circulating water. Therefore dead legs should be short.

الترجمة: " والdead legs الطويلة بها مياه راكدة بكمية أكبر وفرصة النمو البكتيري بها أكبر لعدم جريان أو دوران المياه ... ولذلك يجب أن تكون قصيرة".

According to WHO: TRS 929 (Page 54), dead-leg should not be more than 1.5 times of internal diameter (ID) of the pipe. Nowadays no dead leg pipelines are installed to solve the water staging problems in water systems.

الترجمة: "وتبعاً لمنظمة الصحة العالمية فإنها يجب أن لا تزيد عن 1.5 من القطر الداخلي للماسورة ... والآن لا يتم عمل dead ends من الأصل لحل موضوع ركود المياه".

الدكتورمصطفى جريد:

بالنسبة لل distribution of purified water& storage:

The purified water is prepared by purified water generation system (Reverse Osmosis System) and collected in purified water storage tank of required capacity and distributed by a centrifugal pump for loop recirculation.

الترجمة: "المياه الPurified يتم تحضيرها من خلال التناضح العكسي وتخزن فى تنك وتم عمل تدوير لها من خلال مضخة Centrifugal".

At different points of use, the separate heat exchanger is provided (if required) to bring down the temperature of hot circulating water as and when required. There is a back pressure valve in the return line. Instruments and on/off valve are for controlling and monitoring the system operation and water quality.

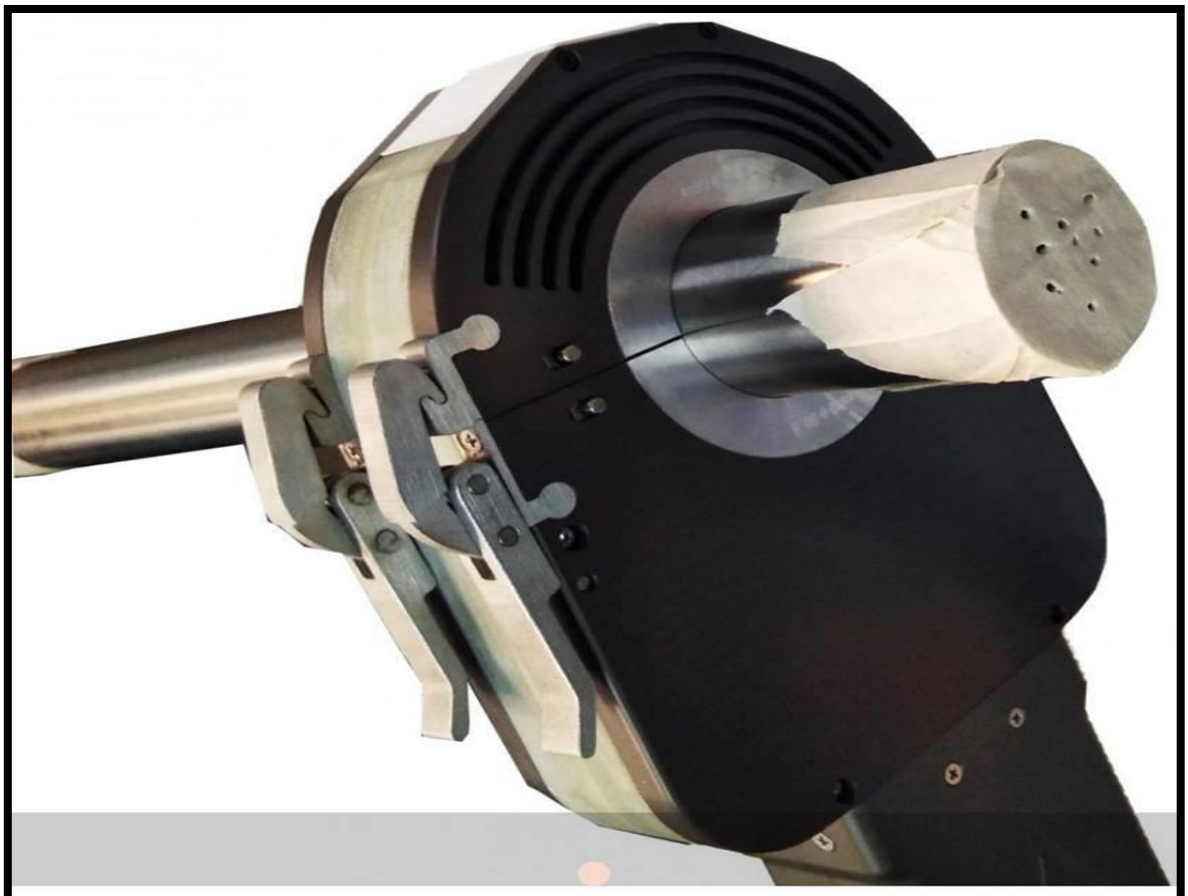
These are controlled from a centralized control panel consisting of a PLC board. The distribution piping consists of sanitary tubes, fittings, valves with orbital welding and triclover clamp in the manufacturing area and for instrument connections. The water through this piping is supplied to various user points and circulated back to the purified water storage tank passing through the ultraviolet light having minimum radiation dose of 30,000 μW-sec/ cm^2.

The material of construction for a storage tank and distribution line should be SS 316L. Vent filter in the storage tank should be of 0.22μ size and water should be filled in the tank through spray ball spraying water on the whole inner surface of the tank.

ويُراعى مراعاة الميول الداخلية للpipes of loop:

The dead leg can cause stagnating of water causing microbial growth, thus dead leg should not be more than 1.5 times of the pipe diameter. The slope in the entire loop should not be less than 10 mm/meter. There should not be any leakage and pressure drop during hold time. Passivation of distribution loop should be done with 3.5% v/v nitric acid solution for a period of not less than 120 minutes.

أما عن الorbital welding:



Orbital Welding Equipment for Stainless Steel Tube

Orbital Welding Machine Enclosed Weld Head for urified Water Treatment

Orbital Welding Equipment for Stainless Steel Tube

GFO orbital welding equipment is designed for sanitary stainless steel tubing like water treatment,beverage, food, pharmaceutical

Orbital welding is a specialized area of welding whereby the arc is rotated mechanically through 360° (180 degrees in double up welding) around a static workpiece, an object such as a pipe, in a continuous process. The process was developed to addresses the issue of operator error in gas tungsten arc welding processes (GTAW). In orbital welding, computer-controlled process runs with little intervention from the operator.[1] The process is used specifically for high quality repeatable welding.

☹ ما هى مواصفات المياه المطلوبة للغسيل الكلوي Hemodialysis؟

رد الدكتور محمد شعبان بهذين الجدولين:

TABLE 1

Chemical limits allowable in municipal drinking water and dialysis water (5,11,23)

Parameter	Municipal drinking water	Health effect	Dialysis water	Health effect
Toxic chemicals (mg/l)				
Aluminum[1]	0.05–0.2	Anemia, osteomalacia	0.01	"Dialysis dementia"
Chloramine[2]	4.0	Eyes, nose; GI discomfort, anemia	0.1[3]	Acute hemolytic anemia
Chlorine[2]	4.0	Eyes, nose; GI discomfort, anemia	0.5[3]	
Total chlorine	–		0.1	
Copper[4]	1.3	GI distress, liver/kidney damage	0.1	
Fluoride	4.0	Bone disease	0.2	Toxicity, bone disease
Lead[4]	0.015	Neurological damage, fatal hemolysis	0.005	GI pain, muscle weakness
Nitrate (as N)	10	Blue-baby syndrome, shortness breath	2.0	Methemoglobinemia
Sulfate	–		100	Nausea, metabolic acidosis
Zinc	–	Nausea, vomiting, fever, anemia	0.1	
Trace elements (mg/l)				
Antimony	0.006		0.006	
Arsenic	0.010		0.005	
Barium	2		0.1	
Beryllium	0.004		0.0004	
Cadmium	0.005		0.001	
Chromium	0.10		0.014	
Mercury	0.002		0.0002	
Selenium	0.05		0.09	
Silver[1]	0.10		0.005	
Thallium	0.002		0.002	

TABLE 2

Microbial standards for municipal drinking water, dialysis water, and dialysate (standard and ultrapure) (2,5–8,11,23). The heterotrophic bacteria (HPC) and Total Viable Count are comparable when using Reasoners 2A (R2A) for 7 days at 17–23°C

Parameter	Municipal drinking water	Conventional dialysis water	Conventional dialysate/ Dialysis fluid	Ultrapure dialysate
Heterotrophic bacteria (HPC)	≤500 CFU/ml	–	–	–
Total Viable Count				
CMS max allowable limit[1]	–	<200 CFU/ml	<200 CFU/ml	<0.1 CFU/ml
CMS action level[1,2]		50 CFU/ml	50 CFU/ml	–
ANS max allowable limit[3]	–	<100 CFU/ml	<100 CFU/ml	<0.1 CFU/ml
ANS action level[2,3]		50 CFU/ml	50 CFU/ml	–
Endotoxin				
CMS max allowable limit[1]	–	<2 EU/ml	<2 EU/ml	<0.03 EU/ml
CMS action level[1,2]		1 EU/ml	1 EU/ml	–
ANS max allowable limit[3]	–	<0.25 EU/ml	<0.5 EU/ml	<0.03 EU/ml
ANS action level[2,3]		0.125 EU/ml	0.25 EU/ml	–

[1]The Centers for Medicare and Medicaid Services (CMS), Department of Health and Human Services set the regulations for maximum allowable limits and action levels for dialysis facilities to be certified under the Medicare program (5); these are currently based upon the 2004 recommendations from the Association for the Advancement of Medical Instrumentation (AAMI) (6).
[2]The action level is the concentration at which corrective measures are to be immediately conducted to reduce the bacteria and/or endotoxin levels, which are typically 50% of the maximum allowable level.
[3]The American National Standard (ANS) published through American National Standards Institute (ANSI)/AAMI/International Organization for Standardization (ISO) are voluntary, recommended practices for dialysis water (8,11) and dialysis fluid (7,8).

المهندس حامد الدسوقى:

من مواصفات مياه الغسيل الكلوى:

TDS: < 100 ppm

Ca: < 20 ppm

Aluminium < 0.1 ppm

Nitrite less 0.02

الغرض من محطة مياه الغسيل الكلوي أساساً هو استخلاص بعض العناصر مثل الألومونيوم حيث وجوده فى المياه يؤدى إلى تبادل أيونى بينه وبين الكالسيوم فى العظام وبالتالى يؤدى إلى ضعف المريض ... أيضاً يتم استخلاص الكالسيوم والنيترات والنترات والبكتيريا والفيروسات.

وهذه هى المواصفات القياسية المصرية:

القرار رقم ٦٣ لسنة ١٩٩٦ وتعديلاته الصادر من وزير الصحة المصري

يجب أن تكون المياه المستخدمة فى وحدات الغسيل الكلوى سواء فى حدود المعايير و

الخاصية		الحد الأقصى المسموح
- الكالسيوم	Ca	- ٥ ملليجرام / لتر
- الماغنسيوم	Mg	- ٤ ملليجرام / لتر
- الصوديوم	Na	- ٧٠ ملليجرام / لتر
- البوتاسيوم	K	- ٥ ملليجرام / لتر
- الحديد	Fe	- ٠,١ ملليجرام / لتر
- المنجنيز	Mn	- ٠,١ ملليجرام / لتر
- الفلوريدات	F	- ٠,٢ ملليجرام / لتر
- الكلور المتبقى	$Res.cl_2$	- ٠,٢ ملليجرام / لتر
- الكلور امين		- ٠,١ ملليجرام / لتر
- النترات	NH_3	- معدوم ملليجرام / لتر
- الكبريتات	SO_4	- ١٠٠ ملليجرام / لتر
- النحاس	Cu	- ٠,١ ملليجرام / لتر
- الباريوم	Ba	- ٠,١ ملليجرام / لتر
- الزنك	Zn	- ٠,١ ملليجرام / لتر
- الزرنيخ	Sn	- ٠,٠٠٥ ملليجرام / لتر
- الرصاص	Pb	- ٠,٠٠٥ ملليجرام / لتر
- العسر الكلى	$Ca\,Co_3$	- ١٠ ملليجرام / لتر
- الفضة	Ag	- ٠,٠٠٥ ملليجرام / لتر
- الكروميوم	Cr	- ٠,٠١٤ ملليجرام / لتر
- السلنيوم	Se	- ٠,٠٩ ملليجرام / لتر
- الألومنيوم	Al	- ٠,٠١ ملليجرام / لتر
- الزئبق	Hg	- ٠,٠٠٠٢ ملليجرام / لتر
- الكادميوم	Cd	- 0.001 ملليجرام / لتر
- درجة تركيز أيون الأيدروجين	PH	- ٦,٨ – ٧,٤
- درجة التوصيل الكهربى		- ٣٠٠ ملليجرام / لتر
- الأملاح الذائبة الكلية عند ١٢٠م		- ٢٠٠ ملليجرام / لتر

تم خفض نسبة الأملاح فى التعديلات كما سيأتى بعد قليل.

المهندس حمدي فتحي:

كل دولة ولها مواصفاتها ... مثلاً السعودية tds max 50 ppm وليس كل العناصر nil.

المهندس عمار إسماعيل:

أولاً محطة المعالجة الخاصة بغسيل الكلى تتكون من فلتر رملي وكربوني وحديد ومنجنيز (بيرم) وسوفتنر وجهاز RO

المهندس أحمد خيري العزاوي:

مكونات محطات مياه الغسيل الكلوي:تانك إبتدائي بولي إيثيلين - مضخات إبتدائية إستانلس إستيل - فلتر رملي - فلاتر كارتريدج متدرجة - فلتر كربوني - سوفتنر - جهاز RO - ميكسيد بيد (Mixed bed) - خزان نهائي استانلس استيل - جهاز تعقيم UV - فلتر بكتيري 0.2 ميكرون – شبكة مواسير من الPVC - لوحة تحكم كهرباء كي تعمل المحطة أوتوماتيكياً بدون تدخل بشري.

"والميكسد بيد من اسمه يتكون من strong acid cation exchange و strong base anion exchange resin ... وباختصار أنيون ريزن وكتايون ريزن لنزع الأملاح بالتبادل الأيوني".

ونبدأ أولاً بكيفية تصميم محطة مياه الغسيل الكلوي وعلى أي أساس نختار المكونات وكيفية حساب كمية المياه اللازمة والكافية للغسيل:

من المعروف أن ماكينة الغسيل الكلوي تستهلك 35 لتر/ساعة ... ونفترض أن مركز الغسيل الكلوي به 40 ماكينة ويتم تشغيل الماكينات يومياً ثلاث ورديات وبالتالي نحتاج لكمية مياه

35 × 40 × 3 + 20 % = 5040 لتر/يوم مياه صالحة للغسيل الكلوي.

إذاً نحتاج إلى محطة تنتج تقريباً 5 مترمكعب يومياً ... ومن هنا نُصمم حجم مضخات التغذية والتوزيع وحجم الفلاتر والهيد الخاص بها وحجم جهاز الضغط الأسموزي وعدد الأغشية وحجم التانك النهائي وحجم جهاز التعقيم بالأشعة (UV) حتى يكون زمن التعرض للأشعة كافي لقتل كل البكتيريا.

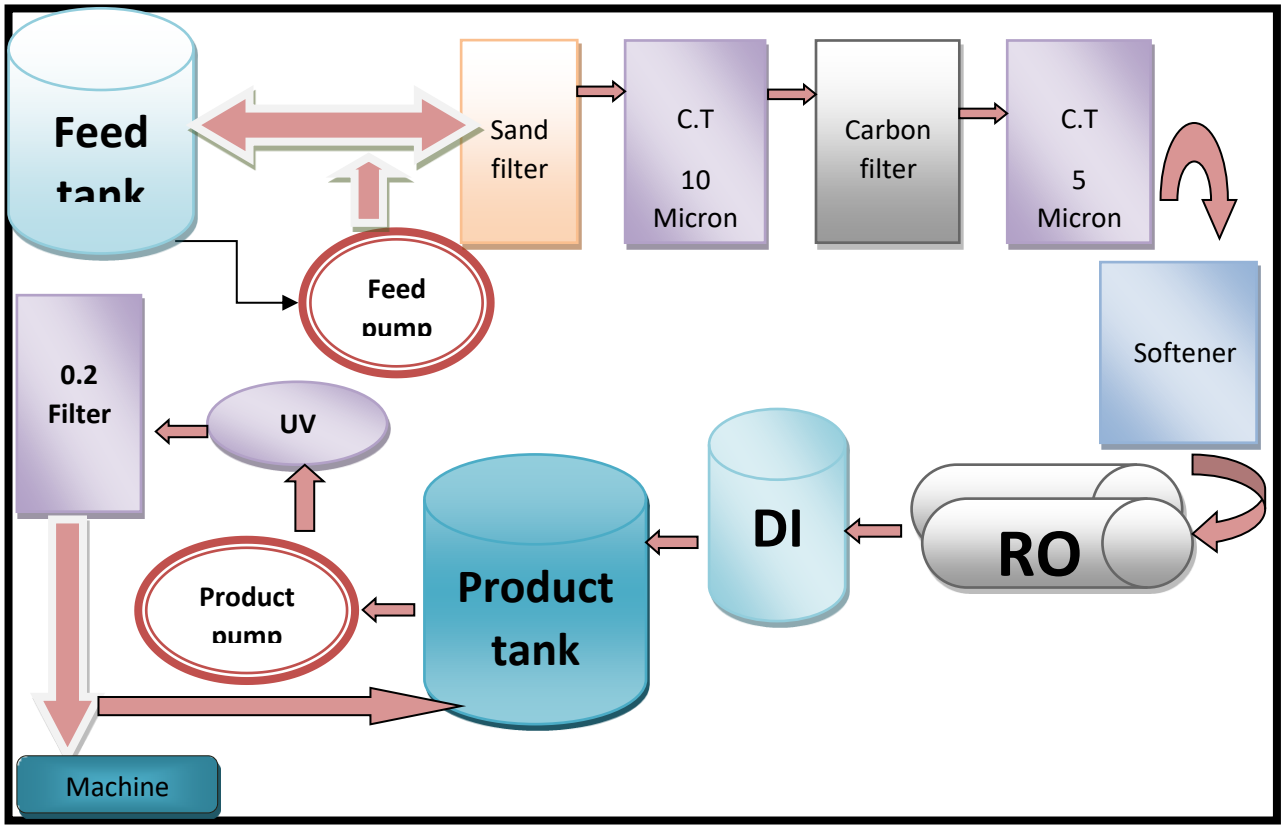
وبالنسبة لضبط الحرارة ففي أوروبا أو الدول التى بها برودة عالية مثل ألمانيا يتم وضع heater في جهاز ال RO لضبط درجة حرارة الماء بما يتناسب مع الممبرين وطبعاً تأثير درجة الحراره على الاغشية تم الحديث عنه سابقاً.

ننتقل إلى مواصفات غرفة المحطة طبقاً لمواصفات وزارة الصحة ... يجب أن تكون بعيدة تماماً عن دورات المياه لتجنب حدوث تلوث ووجود البكتريا القولونية ... ويجب أن تكون كلها سيراميك وقريبة من ماكينات الغسيل ... ويجب أن تكون جميع المعدات في وضع تثبيت جيد.

وطبعا يراعي عند تصميم المحطة والتركيب ان تكون الشبكة كلها مع الماكينات بالكامل Closed system لسهولة تعقيم وغسيل الشبكة عند وجود أى نوع بكتريا.

المهندس أحمد خيري العزاوي:

وهذا رسم كروكى للمحطة:



تعقيب المهندس حامد الدسوقى:

حالياً يوجد فى وحدات الغسيل الكلوى direct flow بدون خزان حيث تخرج المياه من الRO إلى ماكينات الغسيل الكلوى مباشرةً لتجنب نمو البكتيريا.

ويوجد UV والمحطة لاتحتاج إلى مساحة كبيرة (راجع موقع شركة فيريزنيس لمعلومات أكثر عن محطات مياه flow direrect.

تعقيب المهندس أحمد خيري العزاوي عن هذا التصميم:

من المعروف أن ماكينة غسيل الكلى تحتاج إلى ضغط لا يقل عن 2 بار ليفتح السولونويد فهل ضغط الماء الخارج من ال RO مباشرة يكافئ 2 بار مع كمية المياه المناسبة لعدد 40 ماكينة لأنه من المعروف أن ضغط المياه الخارجة من الRO لا يتعدى 8 psi.

رد المهندس حامد الدسوقى:

يوجد inline permeate pump لتصريف المياه إلى الماكينات.

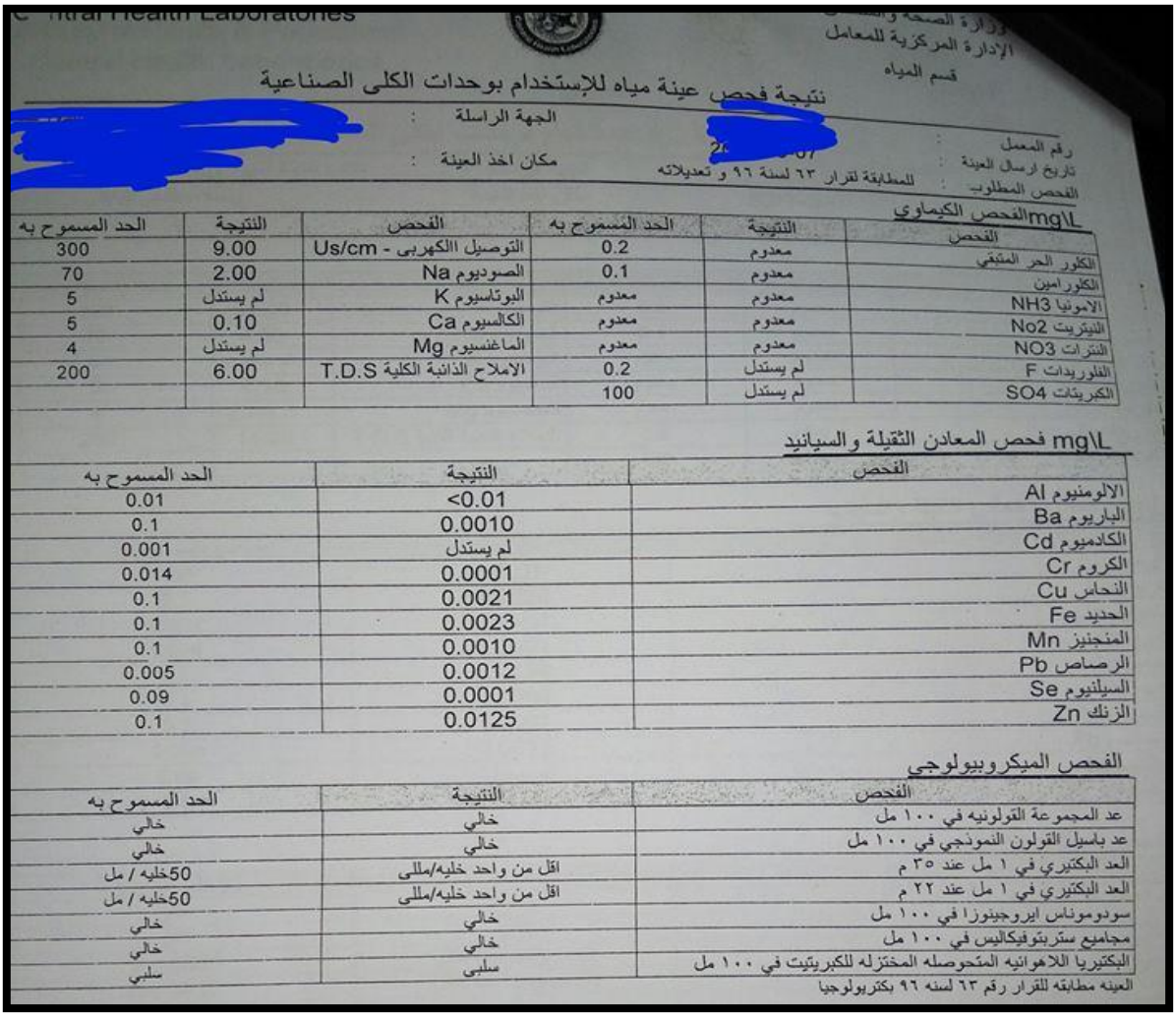
رد المهندس أحمد خيري العزاوي:

أعتقد أن هذا التصميم به risk لأنه في هذه الحالة لا يوجد مياه مُخزنة للطوارئ وللأعطال وكذلك لو تعطلت المضخة ... وكذلك لو حدث مرور أملاح أو بكتيريا ستمر مباشرة إلى المريض وهذا risk آخر.

المهندس أحمد خيري العزاوي:

ننتقل الى مواصفات المياه طبقاً لقرار وزارة الصحة لسنة 96 وهناك قرار تم تعديله لسنة 2010 وتم فيه خفض نسب الأملاح تماماً (عن 10 جزء فى المليون):

وهذه نتيجة فحص عينة مياه للإستخدام بوحدات الكلى الصناعية (قبل التعديل):



وزارة الصحة والسكان
الإدارة المركزية للمعامل
قسم المياه

نتيجة فحص عينة مياه للإستخدام بوحدات الكلى الصناعية

الجهة الراسلة : [redacted]
مكان اخذ العينة :
رقم المعمل :
تاريخ ارسال العينة :
الفحص المطلوب : للمطابقة لقرار ٦٣ لسنة ٩٦ و تعديلاته

الفحص الكيماوي mg\L

الفحص	النتيجة	الحد المسموح به	الفحص	النتيجة	الحد المسموح به
الكلور الحر المتبقي	معدوم	0.2	التوصيل الكهربى - Us/cm	9.00	300
الكلورامين	معدوم	0.1	الصوديوم Na	2.00	70
الأمونيا NH3	معدوم	معدوم	البوتاسيوم K	لم يستدل	5
النيتريت No2	معدوم	معدوم	الكالسيوم Ca	0.10	5
النترات NO3	معدوم	معدوم	الماغنسيوم Mg	لم يستدل	4
الفلوريدات F	لم يستدل	0.2	الاملاح الذائبة الكلية T.D.S	6.00	200
الكبريتات SO4	لم يستدل	100			

فحص المعادن الثقيلة و السيانيد mg\L

الفحص	النتيجة	الحد المسموح به
الالومنيوم Al	<0.01	0.01
الباريوم Ba	0.0010	0.1
الكادميوم Cd	لم يستدل	0.001
الكروم Cr	0.0001	0.014
النحاس Cu	0.0021	0.1
الحديد Fe	0.0023	0.1
المنجنيز Mn	0.0010	0.1
الرصاص Pb	0.0012	0.005
السيلنيوم Se	0.0001	0.09
الزنك Zn	0.0125	0.1

الفحص الميكروبيولوجي

الفحص	النتيجة	الحد المسموح به
عد المجموعة القولونيه في ١٠٠ مل	خالي	خالي
عد باسيل القولون النموذجي في ١٠٠ مل	خالي	خالي
العد البكتيري في ١ مل عند ٣٥ م	اقل من واحد خليه/مللى	50خليه / مل
العد البكتيري في ١ مل عند ٢٢ م	اقل من واحد خليه/مللى	50خليه / مل
سودوموناس ايروجينوزا في ١٠٠ مل	خالي	خالي
مجاميع ستربتوفيكاليس في ١٠٠ مل	خالي	خالي
البكتيريا اللاهوائيه المتحوصله المختزله للكبريتيت في ١٠٠ مل	سلبى	سلبي

العينه مطابقه للقرار رقم ٦٣ لسنه ٩٦ بكتريولوجيا

ولتقدير تلك العناصر أو التحليل يتم في معامل وزارة الصحة أو المعامل المركزية.

والآن لو زادت نسبة الأملاح الكلية عن 10 جزء فى المليون يتم رسوب العينة ولو هناك أي نسبة لوجود البكتريا خاصة القولونية يتم رسوب العينة أيضاً.

☹ يتم استخدام مياه شرب City water كمياه فيد لوحدة تناضح للإستخدام فى الغسيل الكلوي مع وجود سوفتنر فى البداية ويتم تنشيطه بكلوريد الصوديوم ... قيمة الأس الهيدروجيني قبل الأغشية 7.2

وبعد الخروج 5.8 ... والمطلوب أن تكون بين 6 – 9 ومع عدم التحذير من إضافة أى مواد كيماوية نسأل كيف يتم رفع الpH؟ علماً بأن المياه المنتجة تدخل مباشرةً على دم مريض الكلى وبدون تنك تخزين ... وهل كلوريد الصوديوم المستخدم فى السوفتنر يؤثر على الpH؟

رد الخبراء:

أولاً: ملح الطعام لا يؤثر على الpH لأنه متعادل ...

ثانياً: جهاز غسيل الكلى نفسه يستخدم محلول ملحى خاص يسحبه داخله ويضبط درجة الحموضة pH كما يضبط تركيز الصوديوم لأن الزيادة منه تسبب أحياناً حالات قىء للمريض.

ونظراً لعدم إضافة كلور للمياه المنتجة ... يتم عمل فحص دورى للمياه بعد الأغشية وإجراء تجارب بكتيريولوجية Bacteriology tests واختبار السُمية Endotoxins test.

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

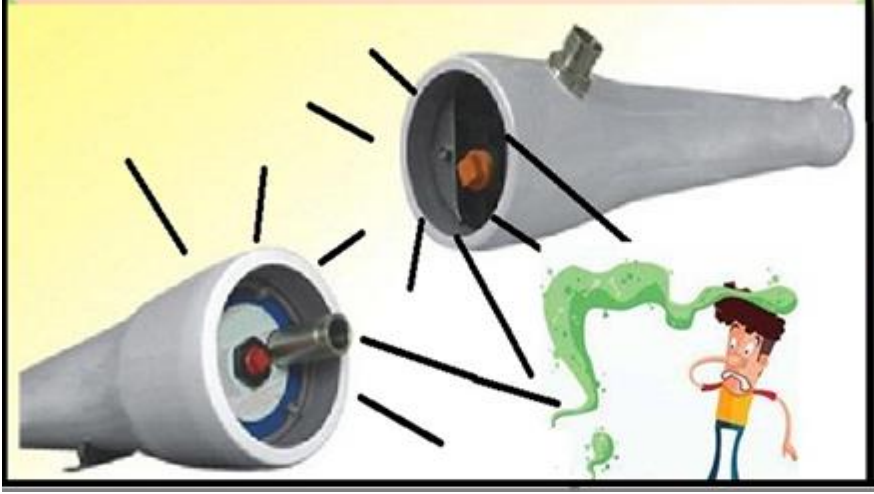
Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

WTEF

٣٠

النقاش الثلاثون

وفاحت الرائحة الكريهة على الفلاتر والأغشية وفى المياه المنتجة!!



النقاش الثلاثون :-

30- وفاحت الرائحة الكريهة على الفلاتر والأغشية وفى المياه المنتجة

الظاهرة ... الأسباب ... التفسير ... التوصيات ...

السؤال المتكرر... سبب ظهور روائح كريهة فى مياه التغذية أو تنك التخزين الخاص بها بعد الفلاتر فى المعالجة الإبتدائية أو عندما يتم فتح أوعية الضغط (الفيزلات) وبداخلها الأغشية أو فى المياه المنتجة (البيرميت) ... أو تظهر بمجرد الخروج من الوحدة أو بعد أيام من التخزين ... أو فى زجاجات المياه المعبأة ... قد تظهر فى تنك الأوزون إن وُجد ... قد تظهر فى المواسير (البيبات الناقلة) ...

والإجابة هى محور مناقشتنا اليوم ... نركز إن شاء الله فى التعليقات ...

أولاً سبب الرائحة الكريهة يرجع فى الغالب إلى سببين (مجتمعين أو متفرقين) وهما:

1- **سبب بيولوجي: كتواجد البكتيريا والكائنات الميكروبية (وبالأخص تراكم البايوفاولينج).**
2- **سبب كيميائي: وهو وجود مادة كيماوية تسبب الرائحة مثل المركبات العضوية كالفينولات ، وأيضاً الأمونيا ومركبات الكبريت كالسلفايد (S^-) وأهمها كبريتيد الهيدروجين (H_2S) والذى يشبه رائحة البيض الفاسد أو ثانى أوكسيد الكبريت (SO_2) أو الباى سلفايد (HS^-) أو الكبريتات (SO_4^{--}) التى تتحول إلى الصور السابقة وكل مركبات الكبريت (ما عدا الكبريتات) رائحتها منفرة لا تسر مثل رائحة البيض الفاسد! ... كما أن زيادة الكلور يسبب أيضاً رائحة تستطيع أن تشمها فى مياه الشرب إذا كانت الجرعة زائدة على الحد.**

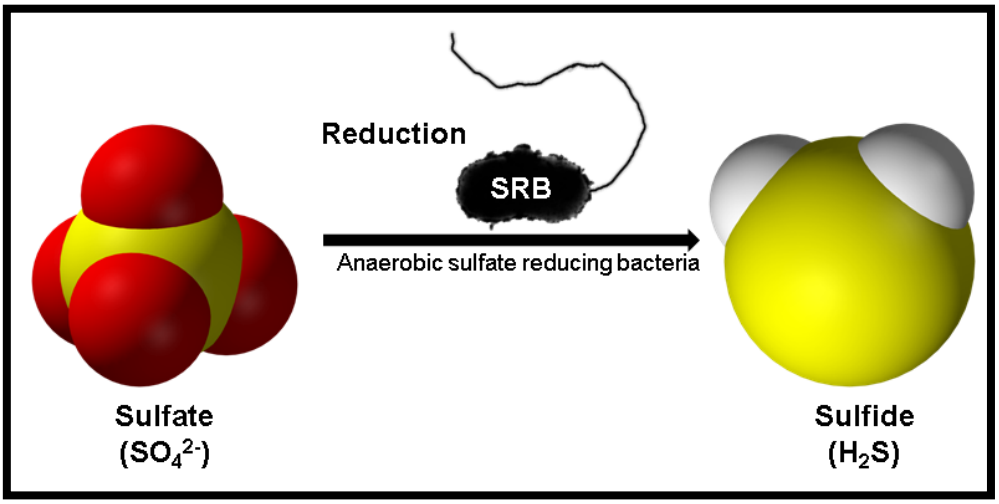
وهناك سبب ثالث نادر الحدوث ولكنه وارد ... وهو أن مادة الصنع لتنك تخزين المياه قد تكون غير صالحة للمياه ويتم الرجوع للداتا شيت أو سؤال الشركة المصنعة للتنك ...

ثانياً:التفسيرات المحتملة:

مياه التغذية هى أول ما تشير صوابع الإتهام إليها ... فلماذا؟

أهم عوامل تواجد كبريتيد الهيدروجين (H_2S) بالماء هو تخزين المياه فى وسط لاهوائى (خالٍ من الأوكسجين) وأوضح صورة لذلك هى مياه الآبار المغلقة حيث يكون مصدرى الأوكسجين منعدمان ... المصدر الأول هو الذوبان من الهواء الجوى تبعاً لقاعدة الإنتشار Diffusion ... والمصدر الثانى هو انعدام عملية البناء الضوئي لعدم وجود ضوء النهار فى البئر المغلق ... وبالتالى تنشط البكتيريا اللاهوائية وخاصةً ال(Sulphate Reducing Bacteria (SRB والتى تقوم "بتنفس" الكبريتات sulphate الموجودة فى المياه للحصول على الأوكسجين منها كبديل عن الأوكسجين

المفقود أو الغير متواجد ... وتكسرالمواد العضوية المحتوية على الكربون للحصول على طاقة وتترك الكبريت على هيئة سلفايد ليكون كبريتيد الهيدروجين كناتج ثانوى... (ويتميز برائحة البيض الفاسد) وهى عملية تسمى anaerobic digestion ... انظر الصورة التالية:

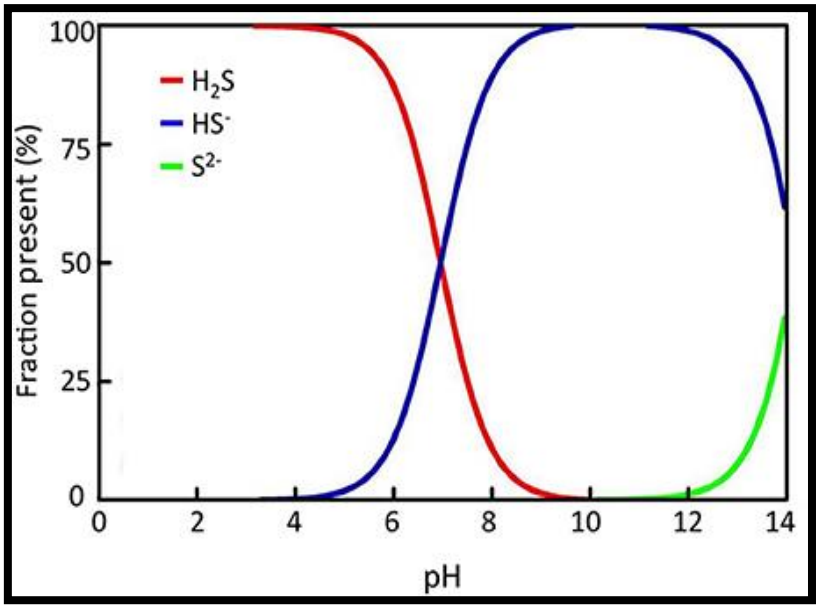


وهذا نفس التفاعل فى الصورة السابقة بصيغة أخرى:

$$SO_4^{-2} + 2C_{(organic)} + 2H_2O + \text{microbial activity} \longrightarrow H_2S + 2HCO^-$$

ملحوظة: الكبريتات ليس لها رائحة إلا إذا تحولت إلى السلفايد أو بعض مركبات الكبريت الأخرى.

أيضاً الهبوط فى قيمة الpH للمياه يؤدى إلى توليد وزيادة فى تركيزغاز كبريتيد الهيدروجين H_2S عن مركبات الكبريت الأخرى ... يظهر ذلك جلياً من خلال الرسم البيانى التالى حيث تزيد نسبته مع انخفاض ال pH وزيادة تركيز أيون الهيدروجين (اللون الأحمر):



كما أن مياه التغذية إذا تم تخزينها فى تنك التغذية بدون معالجة تظهر هذه الرائحة لنفس السبب ....

أيضاً عدم التعقيم الجيد فى المعالجة الإبتدائية أو مع المياه المنتجة بعدم إضافة الكلور أو عدم إضافته بالقدر الكافى حتى يكون فيه كلورين متبقى residual chlorine ... أو أن التعقيم بالUV أو الأوزون غير كافٍ إن كان الإعتماد عليها ... كل ذلك من التفسيرات المحتملة وصاحب الوحدة هو أدرى بوحدته.

بالنسبة لمياه البيرميت المنتجة فظهور الروائح الكريهة فيها يرجع إلى واحد أو أكثر من هذه الأسباب ... ظهور كبريتيد الهيدروجين فى مراحل المعالجة الإبتدائية ... وبما أنه غاز فكما قلنا أن أغشية التناضح تحجز جميع الملوثات عدا الغازات لصغر وزنها الجزيئى ومن ضمن هذه الغازات كبريتيد الهيدروجين (الهيدروجين سلفايد) ... يخترق هذا الغاز المقزز الأغشية ويظهر فى المياه المنتجة.

أيضاً من أهم الأسباب هو إضافة جرعات زائدة من الSodium meta bi sulphite (SMBS) فى المعالجة الإبتدائية ... وكما ذكرنا من قبل أن هذه المادة بجانب تفاعلها مع الكلور تتفاعل أيضاً مع الأوكسجين الذائب حتى يصل التركيز إلى صفر ... فتنشأ بيئة لا هوائية تنتعش فيها البكتيريا اللاهوائية Anaerobic bacteria ... وهى المسئولة عن تكون طبقة لزجة ثقيلة heavy slim على الأغشية ... كما أن قلة الأملاح داخل الأغشية يساعد على نمو البكتيريا من جديد فهى تعتبر بيئة جيدة غير مقاومة للنمو البكتيرى.

وتواجد الكبريتات فى مياه التغذية تعتبر بداية لتولد هذه الروائح عن طريق تحويلها لسلفايد بالبكتيريا اللاهوائية فى مياه البيرميت المنتجة ... وإن كان يتم حجزها فى الأغشية لكن عمليات الخلط التى يلجأ إليها العاملون بين المياه المنتجة ومياه التغذية لرفع نسبة الأملاح تؤدى إلى تواجدها مرة أخرى فى النهاية ... ونعمم فنقول المركبات الكبريتية الأخرى تتواجد من جديد لو كانت فى مياه التغذية.

لذا نكرر ونقول ... قد تكون المعالجة الإبتدائية لمياه التغذية تسير على ما يرام ... ولكن من أجل أننا نريد رفع تركيز الأملاح فى مياه المنتج نقوم بخلطها بمياه التغذية التى قد تحتوى على كبريتيد الهيدروجين أو الكبريتات بنسب كبيرة ... وبالتالى تظهر هذه الرائحة فى المياه النهائية ...

<u>ولذلك أول سؤال نسأله ما هو المكان الذى تظهر فيه الرائحة؟</u>

فى الوقت الذى تكون فيه المعالجة الأولية على مايرام ... تظهر بكتيريا اختزال الكبريتات Sulphate reducing bacteria بعد فترة يوم أو يومين ومعها الرائحة العطرة! وذلك لتواجد الكبريتات وانعدام الأوكسجين.

أيضاً عدم التخزين الجيد للمياه (فى تنك المياه المنتجة) أو فى زجاجات التعبئة ... كتعرضها لفترة لأشعة الشمس المباشرة يؤدى إلى نمو البكتيريا من جديد.

قد يكون الخلل فى عملية التعقيم بالأوزون (مع المياه المعبأة) ومع تواجد البرومين يتحول إلى البرومات الضارة وهذه قصة أخرى تحدثنا عنها من قبل.

ما هو سبب ظهور كبريتيد الهيدروجين بعد الفلتر الرملى على الرغم من اختفاؤه قبل الفلتر؟

ظهور كبريتيد الهيدروجين مرة أخرى بعد الفلترالرملى معناه أن الكلور الذى تم حقنه قبل الفلتر غير كافٍ لانهاؤه وهو يمر عبر أغشية التناضح العكسي التى لا تحجز الغازات ويظهر فى المياه المنتجة ... وأحياناً تكون الميديا المتواجدة فى

الفلتر الرملى بها مواد تستهلك الكلور فينعدم أثره على كبريتيد الهيدروجين أو يزيله بمقدار ثم يظهر مرة أخرى بسبب نمو البكتيريا من جديد ...

أو أن يكون السبب هو خلل فى مرحلة التهوية (إن وجدت) كأن يكون معدل التدفق للمياه عالى لا يسمح بأكسدة كل كبرتيد الهيدروجين.

كيف نتصرف فى هذه الحالة؟؟؟

إليك بعض الخطوات التى وصى بها الخبراء:

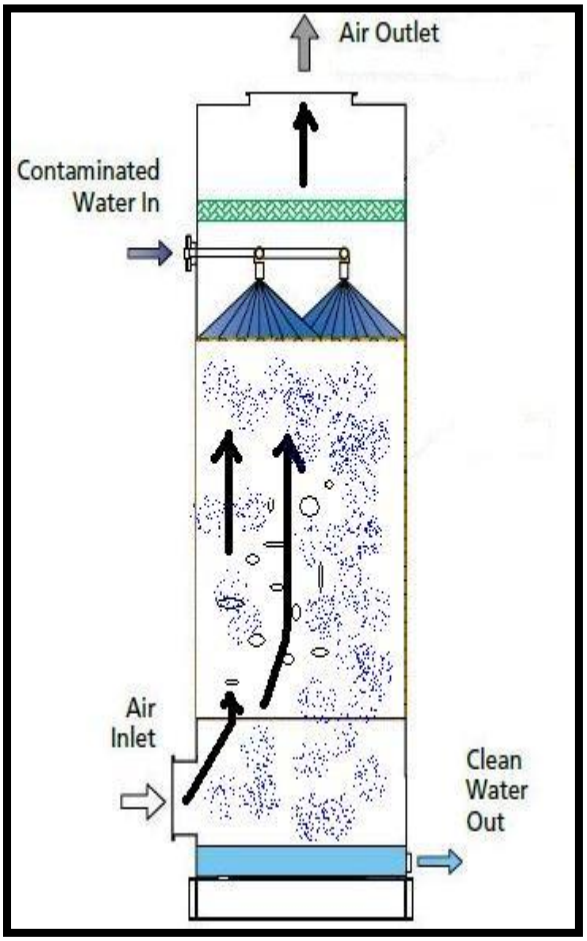
1- دور المعمل (المختبر):

عمل اختبار كامل لمياه التغذية لمعرفة طبيعة المياه والتأكد من خلوها من مسببات الرائحة من أساسه ... كما يتم عمل تحليل معملى للمياه التى ظهرت فيها هذه الرائحة ... بعد ذلك نفسر الأمر ثم نتخذ القرار الصحيح.

أخذ عينات من كل مكان فى خطوط المعالجة والاحتفاظ بها عدة أيام ثم عمل اختبار للرائحة والبكتيريا وكبريتيد الهيدروجين وهذه هي من وظائف المختبر أو المعمل أو قطاع الجودة.

2- تصميمات فى المعالجة الإبتدائية ومتابعتها تتضمن البنود التالية:

أ- معالجة فيزيائية:



عمل أكسدة أو تهوية أولية Aeration كبرج نزع الغازات Degasifier (برج تهوية طارد للغازات أو البلاور) أو (Aeration tower) فى المراحل الأولى من المعالجة الأولية لمياه التغذية وبالتحديد مع أول الخروج من المصدر الذى هو فى المعتاد يكون البئر ... وأبسط تصميم له كما بالشكل التالى ... ادخال هواء إلى البرج عن طريق بلاور air blower من الجزء السفلى للبرج ودفع تيار من الهواء الصاعد من أسفل لأعلى وادخال المياه من أعلى على هيئة رذاذ أو نقاط صغيرة ... يلتقى الهواء مع رذاذ المياه الساقط من أعلى لأسفل فيتخللها فتحدث الأكسدة ... عملية ميكانيكية بحتة لكن يعقبها تغير كيميائى فى محتوى المياه ... ومن فوائدها أنها توفر الكيماويات فى المعالجة الكيميائية التى تستخدم فى رفع الpH كما سنذكر بعد قليل ...

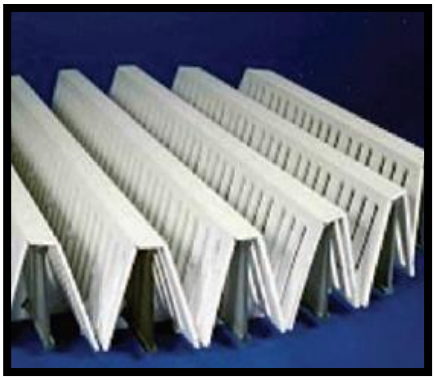
وبالطبع فإن عملية الأكسدة تؤدى إلى انبعاث رائحة الكبريت من عملية المعالجة يلاحظها العاملون ... حيث يتصاعد غاز كبريتيد

الهيدروجين بالعملية الفيزيائية لأعلى ... ويتأكسد بالعملية الكيميائية إلى عنصر الكبريت كما سنحكى بعد قليل ...

الجدير بالذكر أننا نستخدم ميديا (Packing) داخل برج التهوية على هيئة قطع بلاستيكية صغيرة ذات نتوءات أو ألواح زجزاجية لتكسير المياه والتقليل من سرعة انتشارها وزيادة مساحة التصادم بينها وبين الهواء الصاعد ...

وسوف نشير إن شاء الله إلى مرحلة التهوية بتفاصيل أكبر فى نقاش قادم خاص بظهور رائحة الكبريت بوحدة ال RO

انظر إلى بعض التراكيب من القطع البلاستيكية أو الألواح التى تستخدم كميديا فى برج نازع الغازات وتوضع بطريقة عشوائية فى البرج وتصنع من بولى بروبيلين أو PVC أو البلاستيك المدعم بفايبرجلاس وغيرها من المواد:



المهندسة سُمية طه:

هذه صور للMBBR:

Moving bed biofilm reactor aeration system

ويتم تشغيل مراوح الشفط التى تأخذ كبريتيد الهيدروجين المتصاعد إلى الخارج ... نساعد بذلك بخفض الpH إلى أقل من 6 ... نفعل ذلك (قبل الكلورة) وليس بعدها ... كما قد نضطر إلى عمل التهوية أيضاً بعد الخروج من الأغشية فى مرحلة المعالجة النهائية إذا ظهر كبريتيد الهيدروجين من جديد ...

والجدول التالى يبين زمن التلامس المطلوب بين الهواء وكبريتيد الهيدروجين للتخلص منه ... وهو يعتمد على التركيز:

Hydrogen Sulfide H2S (ppm)	Contact Time Required (min.)
0	0
1	130
2	180
3	220
4	250
5	270
6	300
7	320

ومع زيادة زمن التلامس نراعى عدم عمل تدفق قوى للمياه للسماح بتفاعل كل كبريتيد الهيدروجين مع الهواء وعدم هروبه للمراحل التالية.

وتفاعل الأكسدة بين الهواء وكبريتيد الهيدروجين يكون كالتالى:

$$2H_2S + O_2 \longrightarrow 2H_2O + 2S^0$$

وعنصر الكبريت الناتج عبارة عن جسيمات غروية غير ذائبة وتسبب عكارة فى المياه وتُزال بالفلاتر الرملية أو المالتى ميديا ويُراعى الغسيل العكسي لهذه الفلاتر باستمرار ... راجع المعالجة الأولية.

الأكسدة الغيركاملة للكبريت ينتج عنها اللون المصفر ... أما إذا كانت الأكسدة كاملة فإننا نحصل على عكارة لونها أبيض من هذه الجسيمات الغروية.

ونقصد بالأكسدة الغير كاملة هو تحول كبريتيد الهيدروجين إلى الكبريت ... والأكسدة الكاملة هى تحوله إلى كبريتات (الأكسدة هى فقد هيدروجين أو اكتساب أوكسجين فى أحد تعريفاتها).

بالطبع هذه العملية يتحكم فيها قيمة الرقم الهيدروجينى وزمن التلامس مع الأوكسجين كما أوضحنا ...

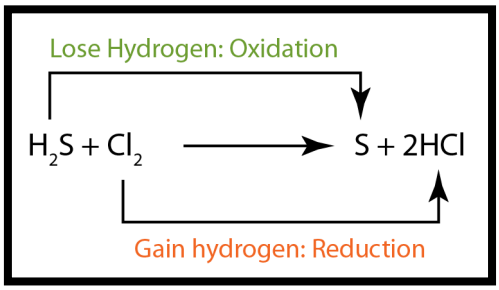
ويتم صناعة برج التهوية من الحديد المطلى بالإيبوكسى على هيئة شكل مربع أو أسطوانى.

والمعالجة بالتهوية هو ضرب عدة عصافير بطلقة واحدة ... فهى بجانب أنها تزيل كبريتيد الهيدروجين فهى تساعد فى أكسدة جزء من الحديد والمنجنيز المتواجدين فى المياه - خاصة مياه الآبار- كما أنها تساعد فى تبريد المياه الجوفية المتواجدة فى الآبار العميقة والتى تكون درجة حرارتها عالية مما يستدعى تبريدها حفاظاً على كفاءة عمليات المعالجة الأخرى.

ب- المعالجة الكيماوية:

إن لم تفلح المعالجة الفيزيائية بالتهوية يتم اللجوء إلى إضافة مواد كيميائية تزيل كبريتيد الهيدروجين والمركبات الكبريتية ... وأهم هذه المركبات الكلور ... ويجب الاهتمام بمعرفة التركيزات المناسبة والمطلوبة من الكلور وذلك عن طريق إجراء اختبار نقطة الإنكسار (Break point) لمعرفة الجرعة المثلى للكلور ... كما يجب النظربعين الإعتبار إلى القياسات المستمرة للResidual chlorine والإطمئنان على تواجده المستمر...

وعملية الأكسدة بالكلور هى أيضاً ضرب عدة عصافير بطلقة واحدة ... فالكلور يزيل كبريتيد الهيدروجين كما فى المعادلة التالية بجانب أكسدته للحديد والمنجنيز وعمل التعقيم من الميكروبات:



التفاعل الكيميائى بين الكلور الحر وكبريتيد الهيدروجين ينتج عنه أيضاً عنصر الكبريت كما حدث فى عملية التهوية ... والتفاعل يسير كالتالى:

$$H_2S + Cl_2 \longrightarrow S^0 + 2Cl^- + 2H^+$$

وهذا التفاعل يتم بين pH من6.5 إلى 8.5 .

والكمية اللازمة من الكلور نظرياً للتفاعل مع 1 جزء فى المليون من كبريتيد الهيدروجين هو 2 جزء فى المليون من الكلور ... ولكن كى تكون الأكسدة أكثر كفاءة فمن المعتاد إضافة 15% زيادة من الكلورين لشد أزر التفاعل السابق.

التفاعل السابق يعبر عن أكسدة غير متكاملة للكبريت ... وفى حالة الأكسدة الكاملة يتم تحويله إلى كبريتات SO_4^{--} ذائبة فى الماء كما فى التفاعل التالى:

$$4Cl_2 + S_2 + 4H_2O \longrightarrow 8HCl + SO_4^{-2}$$

أما زمن التلامس فقد ذكرت المراجع العلمية أن تركيز أقل من 1 جزء فى المليون من كبريتيد الهيدروجين يحتاج لزمن تلامس بينه وبين الكلور حوالى 20 دقيقة حتى تحدث الأكسدة الكاملة إلى كبريتات ... يتحكم فى هذه العملية الأس الهيدروجينى pH وتركيز المتفاعلات نفسها reactants ... ودرجة الأس الهيدروجينى المناسبة جداً هى فى مدى أضيق مما ذكرناه ... هذا المدى الضيق يكون ما بين 6.5 إلى 7.3 لتحقيق أكسدة كاملة.

والتركيز المطلوب للكلورين لضمان أكسدة كاملة لكبريتيد الهيدروجين إلى كبريتات تجدها فى المراجع العلمية بقيمة 8.32 جزء فى المليون للكلورين لكل واحد جزء فى المليون من كبريتيد الهيدروجين (والقاعدة تقول كلما زاد تركيز المؤكسدات زادت سرعة التفاعل).

وعملياً يُنصح بزيادة الكلور ليصل المتبقى منه حتى 0.5 جزء فى المليون بعد الفلتر الرملى.

نقطة مهمة جداً وهى أن الكبريت العنصرى المتكون من تفاعل الكلور أوالهواء مع كبريتيد الهيدروجين وسواء أكانت الأكسدة كلية أو جزئية ... إن لم يتم إزالته جيداً بالفلترة ... وكان هناك وسط لاهوائى وكان هناك بكتيريا اختزال الحديد Sulfur reducing bacteria لم يتم التخلص منها بالكامل فى عملية التعقيم ... فإن هذه البكتيريا تختزل الكبريت ليرجع مرة أخرى إلى كبريتيد الهيدروجين ... (والاختزال هنا هو ارتباط ذرتى هيدروجين بعنصر الكبريت) ... ولذلك يشكو بعض العاملون فى المعالجة الإبتدائية أن رائحة كبريتيد الهيدروجين ترجع من جديد فى المراحل المتقدمة بالرغم من اختفاؤها فى البداية فى منطقة الأكسدة.

أيضاً الكبريت الغروى المتكون يكون له خواص تآكلية corrosive ويساهم أحياناً فى تكون كبريتيد النحاس Copper sulphide عند تفاعله فى الوصلات والمواسيرالنحاسية ... وكبريتيد النحاس هذا يسمونه بالماء الأسود (Black water) ... لذلك يُنصح بإضافة مانع للتآكل Corrosion inhibitor فى بعض الأحيان.

فى طريقة معالجة أخرى يتم إضافة هيدروكسيد الصوديوم NaOH ليتفاعل مع الـH_2S ويكون كبريتيد الصوديوم مع ماء ويترسب على الفلتر الرملى وبالتالى يتم القضاء على الرائحة وهذه هى إحدى الطرق المستخدمة فى ازالة الرائحة Deodorization!

$$Na_2S + 2H_2O \longrightarrow H_2S + 2NaOH$$

من الممكن أيضاً استخدام الأوزون أو برمنجنات البوتاسيوم فى نزع كبريتيد الهيدروجين ...

ج – استخدام الفلتر الكربوني:

أيضاً يجب التوجه بالتفكير إلى الفلتر الكربوني فى وحدة المعالجة الإبتدائية – إن وجد - والذى من وظائفه إزالة ما تبقى من الرائحة الخاصة بكبريتيد الهيدروجين وغيره بجانب إزالة الكلورين أيضاً! ...

ويتم عمل تحليل ميكروبيولوجى للمياه بعده ... فقد تكون صلاحيته قد انتهت ... فيتم تغيير الفلتر بآخر جديد مع متابعة التحليل الميكروبيولوجي بعد ذلك فإذا كان لا يتعدى الlimit فبها ونعمة ... ولو تعداها فيجب عمل تعقيم sanitization على المحطة بالكامل (راجع الفلتر الكربونى فى المعالجة الإبتدائية).

د- تعقيم المحطة بالكامل:

قد نحتاج لتكرار ذلك كل يومين فى الحالات الحرجة (وكل مكان بالمحطة له تعقيم خاص به) فمثلاً: يتم غسل التنك (الخزان) الإبتدائى إن وُجد ... لو كان هناك سوفتنر قبل المحطة فيتم الرجوع إلى مصنع الريزن والإطلاع على أفضل طريقه لتعقيمه.

يتم تعقيم الأغشية كما ذكرنا من قبل بماء الأوكسجين أو البيرأسيتيك ويتم لها عمل غسيل عكسي backwashing باستخدام المياه المُحلاة الناتجة مع استخدام فورمالين لمدة 15 دقيقة وتصريف تام لهذه المياه بعد ذلك على الصرف (مع فتح محبس الصرف على آخره).

وأنصار التعقيم بالفورمالين ينصحون بتركيز 1 – 5 % (1 لتر فورمالين على 100 لتر ماء) وعند توقف المحطة أكثر من أسبوع يتم ضخ 5 – 7% من الفورمالين داخل الأغشية خنى فترة التشغيل كما ذكرنا فى مناقشة حفظ الأغشية.

هـ متابعة المواد الكيميائية المُضافة (كالأنتيسكيل والصوديوم ميتا باي سلفايت):

يجب أيضاً عمل متابعة check على مانع الترسيب antiscale لأنه قد يكون غير مناسب من حيث النوع حيث أحياناً يحتوى على مركبات فينولية ... أوأنه يتم إضافته بجرعات عالية قد تسبب ظهورالفينولات.

أيضاً يجب ضبط جرعات الSMBS بقدر الإمكان وعمل متابعة لتركيز الكلور باستخدام جهاز الORP ... وإن كنا نعترف بصعوبة السيطرة على الأمر تماماً لأنه بعد إضافة الكلور أو هيبوكلورايت الصوديوم فإن تركيزه يتغير مع الزمن كما يتغير تركيز الSMBS مع الزمن نتيجة لتفاعله مع الأوكسجين كما قلنا ... ولكن بقدر الإمكان نحاول مقاومة هذه الظاهرة ... وجهاز الORP يساعدنا بالطبع فى ذلك (راجع الجزء الأول من الكورس وكيفية تشغيل هذا الجهاز).

المهندس محمد عبد العال:

ظهور الروائح نتيجة عدم التعقيم الجيد فى المرحلة الأولية وتخزين المياه بدون تعقيم أو قصور فى حقن الكلور وخاصةً إذا كان تنك التغذية غير معرض للتهوية ... وبالتالى يكون الفلتر الكربوني غير قادر على إزالة الروائح فتظهر بعد ذلك فى جميع المراحل ولا يتم التخلص منها إلا بالتطهير وغسيل المحطة وتغير الفلتر الخرطوشى.

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

ظهور السودومیناس فی مياه البيرميت!!

٣١

النقاش الواحد والثلاثون

النقاش الحادي و الثلاثون :-

31- ظهور السودوموناس فى مياه البيرميت

من حين لآخر تُعرض هذه الشكوى على المنتدى ... وهى ظهور بكتيريا من نوع ال*Pseudomonas aeruginosa* فى تحليل مياه البيرميت المُنتَجة ... أو فى أحد مراحل الوحدة ومنها المعالجة الإبتدائية ... ويزيد حجم المشكلة إذا كانت المياه المنتجة تستخدم للمواد الطبية والغذائية ... كما ظهرت هذه الشكوى من قبل مع أن تغذية الوحدة من مياه البلدية (City water) ... ويتم إضافة كلور ليصل الكلور الحُر بعدها لحوالى 0.3 – 0.4 جزء فى المليون ... يمر على فلتر كربونى ثم إلى وحدة الأغشية والمياه الناتجة المعبأة يتم تعقيمها بالأوزون ... يتم تحليل الTotal Coliform لمياه التغذية باستمرار والنتيجة سالبة ... وبعد فترة تم اكتشاف هذه البكتيريا بعد الفلترالكربونى بالرغم من أن النتيجة كانت سالبة فى مياه التغذية ... فما هى بكتيريا السودوموناس إيورجينوسا؟ وما هى دلالة وجودها فى الماء؟ وما هو تفسير هذه الحالة؟ وكيف التصرف؟! ... تابع التعليقات ونرحب بآرائكم ...

أولاً: ماهى بكتيريا السودوموناس إيورجينوسا؟

هى نوع من البكتيريا تتبع المجموعة السالبة Gram-negative (وحرف الP لا يُنطق فى هذه التسمية الإغريقية) ... تتواجد هذه البكتيريا فى التربة والمياه والهواء ومع النباتات والجلد ومعظم البيئات الطبيعية أوالتى من صنع الإنسان وفى جميع أنحاء العالم ... وهى سامة جداً وتسبب الأمراض للحيوانات والإنسان على حد سواء خاصة من كان عنده نقص فى المناعة مثل حالة حدوث الحروق الشديدة فهى ميكروبات انتهازية بامتياز ... تدمر أنسجة الكائن الحى ... وقد تؤدى إلى الوفاة ... وتُسمى هذه البكتيريا ببكتيريا "المستشفيات" وتواجدها بالمستشفيات أكثر لأنها تقاوم مواد التعقيم المستخدمة بالمستشفيات (كالديتول) مما يجعلها تتكاثر لعدم وجود أنواع أخرى تنافسها فى المعيشة ... كما تتكاثر فى الأماكن الرطبة وأطراف المغاسل وأنابيب الهواء المزود بها المرضى ... وهى تعشق الالتصاق بجدران مواسير المياه وتكون عليها المستعمرات!

المهندس أحمد خيري العزاوي:

من أهم وأخطر المواضيع التي تخص من يعمل في مجال محطات الغسيل الكلوي.

ثانياً: ما دلالة تواجد بكتيريا البسودوميناس؟

معناه واحدة من ثلاثة أمور:

1- تلوث بمياه صرف صحى بأى طريقة.

2- تلوث من الهواء.

3- ركود المياه مع وجود طحالب.

ثالثاً: التفسيرات العلمية المحتملة:

نعرض لكم آراء المهندسين كما جاء على المنتدي من قبل وأحببنا تسجيلها فى هذه الدورة:

(م/ محمود جمعة):

ظهور بكتيريا السودوميناس بعد الفلتر الكربوني مع عدم ظهور total Coliform فى مياه التغذية يدل على عدم حدوث تلوث بمياه الصرف الصحى.

تعقيب (م/ سعيد عادل):

حتى لو فيه total coliform هذا ليس معناه أن المياه ملوثة بالصرف الصحي.

تعقيب المحاضر:

الكلام صحيح ... وهذا جزء من كورس الدكتور الحسن الصادق الخاص بالمفاهيم الأساسية فى ميكروبيولوجيا المياه.

اولا : مجموعة بكتيريا القولون الكلية Total Coliform

بكتريا القولون الكلية هى تتبع المجموعة السالبة لصبغة جرام G -ve وشكلها يكون عصوى.

وهى مجموعة من البكتريا تعيش فى معدة الانسان والحيوان ووجودها يدل على احتمالية تواجد الكائنات الممرضة فى المياه نتيجة التلوث بمياه الصرف الصحى.

الا انه اكتشف العلماء ان بعض انواع هذه المجموعة قد يوجد فى التربة بشكل طبيعى، وبسبب هذا ربما تظهر بكتيريا القولون الكلية فى عينة المياه ولكن ليس من مصدر برازى بسبب وجودها فى التربة.

لذلك اصبح الكشف عن هذه المجموعة لا يجزم بتلوث مياه الشرب بالصرف الصحى، ولكن على سبيل الاحتياط نستدل بوجود بكتيريا القولون على احتمالية تواجد كائنات ممرضة فى المياه، لأننا لا نستطيع التفرقة بين مصدر البكتيريا هل هو التربة ام المياه الملوثة من خلال الطرق التقليدية فى المعامل.

(م/ابراهيم عيسى):

عدم ظهور السودوميناس فى تحليل مياه التغذية بسبب قدرة هذا الميكروب على مقاومة الكلور حيث يقوم بصنع غلاف أو كبسولة من ال Lipopolysaccharide حول الجدار الخلوى يعطيه مناعة ضد الكلورين (كحال البكتيريا السالبة) ... ولذا لا تظهر فى تحليل مياه المصدر ... لذا كان يجب إزالة الكلور قبل تحليل العينة ... وهذه البكتيريا مقاومة جزئياً للكلور ويصيبها stress فقط لكن ما زالت حية إلى حد ما وتنشط بعد ذلك فى الفلتر الكربونى لاسيما فى الجزء الأسفل منه حيث لا يوجد كلور وحيث يوجد كربون حر تحتاجه البكتيريا كمصدر أولى للغذاء فتبدأ تنشط من جديد وتكون Biofilm أسفل ميديا الكربون ... ولا مانع من وصولها إلى ما بعد الRO اذا حدث تسريب فى الO-Rings أو ما شابه ... فهى وباء شديد ولها قدرة على العيش فى الماء النقى جداً وتقاوم الكلور جزئياً ...

(م/ محمد سامى السيد):

الكربون النشط (A.C) يعتبر وسط نشط لنمو البكتريا لأن البكتيريا تتغذى عليه.

مداخلة المهندس ابراهيم عيسى (راجع الجزء الأول من الكورس):

"البعض يقول أن الفلتر الكربوني يقلل النمو البكتيري ... وهذا غير صحيح ... وكما هو معلوم للقاصي والداني أن الفلتر الكربوني يشجع النمو الميكروبي خاصةً فى الثلث السفلي البعيد عن الكلور المدمص ... والكربون هو أهم مادة غذائية لجميع أنواع البكتيريا لأنه يعتبر غذاء عظيم macronutrient لها ... لذلك يوصى بتعقيم الفلتر دورياً ... وإذا ترك الفلتر الكربوني بدون تعقيم وكان مستوى الكلور لا يصل إلى أسفل نقطة فيه ... فبالتالي ستنمو إعداد مهولة من البكتيريا ..."

تعليق المُحاضر:

ظهور السودوميناس بعد الأغشية هو دلالة على عدم كفاءة الغشاء نفسه لأنه من المفترض أن يحجز هذه الكائنات ... فمرورها فى مياه البيرميت يدل على اتساع فى ثقوب الأغشية أو تسرب من الريجيكت إلى البيرميت ... ربما يكون مشكلة فى الأورينج كما أوضحنا من قبل أو كسر فى الInterconnector.

رابعاً: ماهو التصرف السليم الذى يجب اتخاذه؟

1- **يجب توافرامكانية الكشف المعملى عن هذا النوع من البكتيريا ... وتوافر الميديا التى يتم بها عمل تحضين للبكتيريا مثل الستريمايد أجار ... إما باستخدام طبق بترى أو زجاجة معقمة ... وأهل الميكرو يفيدونا أكثر فى ذلك.**
2- **معرفة مصدر التلوث: إذا كان المصدر ناتج من تلوث بمياه صرف صحي فيجب النظر إلى مياه التغذية وهى الأساس ... التلوث بالصرف الصحي يأتى بسبب تسرب مياه الصرف إلى المصدر نفسه مثل حدوث تسريب إلى البئر إذا كان هو المصدر ... ولذلك يجب عمل مسح شامل للمنطقة المحيطة بمصدرالمياه ... وتحليل مياه البئر نفسها ... والتلوث بمياه الصرف يأتى نتيجة كسر فى شبكة مواسير الصرف كما يأتى التلوث بمياه الصرف**

ربما فى وسيلة النقل نفسها من البئر إلى محطة التحلية ... بالخطوط أو بعربات النقل ... يجب أخذ عينات تحليل عبر هذه المسارات ... وكى نعلم هل التلوث بمياه الصرف حديث ومستمر أم قديم وانتهى ... فهناك حيلة ذكية أشار إليها الخبراء وهى أنه يتم الكشف عن البكتيريا الكلية (Total Coliform) والغائطية (Fecal Coliform) وبالأخص (الإيشيرشيا كولاى) E.Coli التى تؤكد وجود تلوث بالصرف الصحى حيث أن بعض الأنواع من البكتيريا الغائطية تظهر أيضاً فى التربة فلا تؤكد وجود تلوث بالصرف ... وجود الإيشيرشيا كولاى يدل على أن تلوث غائطى مستمر وذلك لأنها تموت سريعاً مع الكلورة بعكس السودومينـاس التى تقدر على التعايش لفترة طويلة مع الكلورة وعمليات التعقيم ... فإذا لم تكن هناك إيشيرشيا كولاى دل ذلك أن التلوث بالصرف كان قديماً واستطاعت السودومينـاس البقاء كل هذه الفترة ...

الدكتور إبراهيم سعد الله الشامي:

بكتيريا السيدوموناس ايرجونوسا تتميز أن لها القدرة على البقاء حية لفترة طويلة في مواسير الشبكات فاذا حدث كسر في الشبكة وتم اختلاط مياه الشبكة بملوثات من التربة او اختلاط مياه الشبكة بمياه صرف صحي بطريقة مباشرة أو غير مباشر (عن طريق التربة مثلاً) أثناء الكسر تبقى هذه البكتيريا لفترة طويلة في الشبكة وتنتقل مع المياه وحيث أنها مقاومة للكلور كما سبق أن ذكر الزملاء الأفاضل فيمكنها الإنتقال إلى مراحل محطة التحلية قيد المناقشة والبقاء في مختلف المراحل لفترة غير قليلة من الزمن ... لكن هنا يجب أن نقول أن وجود السيدوموناس لا يدل على تلوث حديث بمياه الصرف بل يمكن أن يعود إلى تلوث قديم بسبب كسر الشبكة وانتهى وبالتالي خصوصاً إذا كانت نتائج الكشف عن الإيشريشيا كولاي سالبة ... أما إذا كانت نتائج الكشف عن الايشريشيا كولاي إيجابية فهذا معناه أن التلوث حديث ومصدر السيدوموناس حديث أيضاً وبالتالي يجب البحث عن مكان الكسر بشبكة البلدية واصلاحها فورا ... كما يجب زيادة جرعة الكلور الحر 0.5 ملجم/لتر مع زمن تلامس 2-3 ساعات أو تعريض المياه المنتجة للتطهير بالأشعة فوق البنفسجية بمعدل 240 mWs/cm أو كلاهما معاً إن أمكن مع جعل حقن الكلور بعد الأشعة فوق البنفسجية ... هذا بالإضافة لتطهير الفلاتر الكربونية والخزانات بكلور 2-3 ملجم/ لتر لمدة 24 ساعة قبل عمليات التطهير السابقة.

ويطلعنا المهندس محمود جمعة حسين على الأبحاث الحديثة فى هذا الموضوع:

لا علاقة بين ال total coliform وال E.coli من ناحية وبين *ال pseudomonas aeruginosa* من ناحية أخرى في طريقة الكشف عنها لأن هذه oxidase negative وتلك oxidase positive.

Pseudomonas is opportunistic pathogen.(ميكروبات انتهازية)

وأفضل طريقة للكشف عن ال *pseudomonas* هى بإنزيم سبسترات وهي pseudolert من إنتاج شركة idexx ... يليها طريقة الترشيح الغشائى MF عن طريق ميديا ال MPAC والتأكيد بميديا ال Milk agar.

يُمكن أيضاً أن يكون المصدر مياه البلدية العادية (City water) حيث ننبه دائماً أنه عندما نذكر كلمة مياه البلدية أو ال City water يعتقد البعض أنها مياه وكأنها نزلت من أنهار الجنة من السماء لا تلوث فيها ولا مشاكل !! الحقيقة أن مياه البلدية قد تخضع أحياناً للخطأ (أو قل للإهمال البشرى) نتيجة لقصور فى عملية التعقيم أو الكلورة ... خطأ ربما

فى نسب الكلور المطلوبة أو زمن تلامس غير مناسب لطبيعة مياه التغذية أو تغير فى طبيعة مياه التغذية نفسها .... وعادة ما يكون العاملون فى وحدة التناضح بعيدون عن هذه الأنشطة لأنها فى المعتاد تكون تحت إدراة شركات البلدية وقد لا يتم الإفصاح عن هذه المشاكل.

3- تطهير وتعقيم الوحدة وهو الحل التقليدى والسريع لتدارك الأمر:

بدايةً من غسل وتعقيم خزان المياه الخام وزيادة جرعة الكلور بحيث لا يقل الكلور الحر (المتبقى) عن 0.5 جزء فى المليون وبتحليل متكرر خاصة مع الأيام الأولى بعد التعقيم ...

كما يجب التأكد من زمن التلامس CT لفترة فوق الثلاث ساعات إلى 24 ساعة وهى الفترة التى تناسب حالتنا كى نتأكد من التعقيم الكامل وقتل 99.99% من السودوميناس ...

يتم تعقيم المراحل التالية من الفلاتر والخطوط بالكلورحتى المنطقة قبل الأغشية وإزالة الكلور قبل الأغشية... تعقيم الفلاتر يكون فى نفس مكانها بدون نقلها فيما يعرف بالCIP وهى اختصار لCleaning in place filter.

فى بعض الأحيان يكون مصدر التلوث بالبكتيريا ليس من مياه التغذية ولكن من تنكات الكيماويات كالأنتيسكيل ... ويُمكن عمل تجارب للكشف عن البكتيريا فيه.

كما يتم تعقيم الأغشية بالبايوسايد Biocides حيث يتم نقع الأغشية فيها لفترة من الزمن ثم إعادة تشغيل الوحدة وعمل Flushing ... كما يمكن تعقيم الأغشية بالفورمالين مع الاحتياطات التى ذكرناها فى النقاشات السابقة.

ويتم التعقيم بعد الخروج من الأغشية بالكلورأو مطهر أقوى مثل الهيدروجين بيروكسيد أوالبير أسيتيك أسيد (خليط من حمض الأسيتيك مع الهيدروجين بيروكسيد كما ذكرنا من قبل) للخطوط وخزان المياه المنتجة والماكينات التى تستخدم فى تعبئة المياه مع استخدام الUV والأوزون فى النهاية ...

يجب التأكد من فاعلية جميع مضخات وأجهزة الحقن سواء للكلور أو الاوزون والUV.

يجب التأكد من تطهير قورارير المياه تطهيراً صحيحاً ...

وإن كانت هناك امكانية فليتم استخدام تعقيم بواسطة بخار Steam ويكون ذلك أفضل.

بالنسبة للفلتر الكربونى فأمامنا عدة اختيارات:

1- تعقيم الفلتر الكربونى:

يتم تعقيم الفلتر الكربونى عن طريق استخدام الغسيل العكسي به كلور 5 – 10 جزء فى المليون فى دائرة مغلقة (يعنى عمل صدمة بالكلورين لقتل الميكروبات تماماً) وذلك لمدة ساعتين ... وبالطبع الغسيل العكسي يكون سريان المحلول به من أسفل لأعلى ثم يتم عمل شطف rinse ... ثم نرفع ال pH بإضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم 1.5 – 2 % لمدة ساعتين أيضاً للتنشيط الفيزيائى والتطهير ثم عمل شطف مرة أخرى (الصودا الكاوية تعمل على تنشيط سطح الكربون وتزيد من مساحة الإمتزاز).

من الممكن أن يتم نقع الفلتر فى المياه التى تحتوى على كلور عالى ثم النقع فى هيدروكسيد الصوديوم ثم نقوم بعمل الغسيل العكسي ثلاث ساعات أو شطف نصف ساعة.

(راجع تعقيم الفلتر الكربونى فى الجزء الأول من الكورس).

مداخلة المهندس ابراهيم عيسى (راجع الجزء الأول من الكورس):

"التعقيم يكون على حسب نوع ال housing فإن كان من مادة مقاومة للحرارة مثل الاستانلس ستيل كان التعقيم بالبخار أو المياه الساخنة وإن كان من ماده الفايبرجلاس كان التعقيم بجرعة عالية من الكلور ... وفى بعض الأماكن يستخدموا الهيدروجين بيروكسيد خصوصاً فى مصانع الأدوية والأغذية وطبعاً محطات إنتاج مياه الغسيل الكلوي ومياه الشرب كذلك".

2- **تغيير الميديا فى الفلتر الكربونى: إذا تمت عملية التعقيم بلا نجاح لجأ العاملون لتغيير الميديا فى الفلتر الكربونى خاصةً إذا مضى عليها الزمن مع الإهتمام بالمعالجة الأولية من ناحية التعقيم وزيادة نسبة الكلور المحقون.**

3- **(م/عصام طنطاوى): مراجعة شكل ووضع وتصميم الموزعات السفلية للفلتر خاصةً أكثر نقطة انخفاضاً بحيث لا تسبب ركود لجزء من المياه المنتجة داخل الفلتر الكربونى و قد تسبب تكون و تنامى البكتريا.**

4- **الاستغناء التام عن الفلتر الكربونى والاعتماد على ال SMBS التى تزيل الكلور ... وإن كان ذلك عملياً يحدث مشاكل بالأخص عند توقف مضخة الSMBS عن العمل ومرور المياه التى تحتوى على كلور خلسة وفى غفلة من العاملين إلى الأغشية فيفسدها ... إلى جانب أن الفلتر الكربونى له فوائد أخرى فى إزالة الملوثات العضوية وغيرها.**

5- **مراجعة سلامة الأغشية والأورينج والإنتركونيكتور ... بجانب قياس الأملاح قبل وبعد ... إلخ.**

6- **إضافة لمبة UV من نوع جيد فى المعالجة النهائية ثم فلتر كارتريدج 0.1 ميكرون ثم التعقيم النهائى بالأوزون.**

المهندس تامر بدر فى علاج السودوميناس:

بعد تغيير ميديا الكربون ظهر مرة أخرى ولكن تم التغلب عليها بتعقيم الكربون أكثر من مرة وعمل باك ووش مرتين فى اليوم وكذلك زيادة نسبة الكلور فى الفيد إلى 2 ppm.

وهذه مداخلات الخبراء فى موضوع بكتيريا السودوميناس إيورجينوسا:

المهندس محمد على محمد الوافى أمدنا بصورة فى الكشف عن السودوميناس:

الدكتورعز الدين محمد أبو قصة:

عملت عليها في العبوات سعة 18/لتر والتي يُعاد تعبئتها أكثر من مرة فكانت المؤشرات إيجابية بالبكتيريا سيدومونس ايرجنيوزا مقارنةً بالعبوات الصغيرة فكان المؤشر صفر ... أى أن العبوات PVC المعادة الاستخدام سعة / 18 كانت مرتفع فيها نسبة الميكروب بعد الاختبار التأكيدي وتبين أن هذا النوع من العبوات ضار بالصحة لقدم العبوات لأكثر من سنة أو سنتين فقد تم استبدالها بعبوات 15/لتر تُعبأ مرة واحدة وكانت النتائج مع هذه العبوات نتائج مرضية ... عموماً هذه البكتيريا عملت عليها بطريقة الترشيح الغشائي وعملت على العدد الكلي ... أما التلوث بالمجموعة القولونية والغائطية فظهور هذا التلوث غير مرتبط به ... وفي المواصفات العالمية وضعت سيدموناس ارجينوزا في خانة والتلوث بالمجموعة القولونية في خانة ....

التأكد من هذه البكتيريا هو باختبار الأوكسيداز Oxidase test وهو من الإختبارات الكيميائية الحيوية المستخدمة في التعرف على هذا الجنس من البكتيريا ... وهو اختبار لقدرة البكتيريا لإنتاج هذا الإنزيم والذى يسمح باستخدام الأكسجين مباشرة كمستقبل نهائي للهيدروجين ..

عموما بعد ظهور المستعمرات على طبق الترشيح يتم أخذ مستعمرة صغيرة بواسطة لوب معقم وزرعها على وسط غدائي Stantdard Plate Coun Agar والتحصين على درجة حرارة 37 درجة مئوية لمدة 24 ساعة وبعد ذلك وضعت قطرة من محلول الأوكسيديز Oxidase Reagent TMDD [Tetra Methylene Diamine Dihydrochlroide1%] على ورقة ترشيح ثم وضع فوقها المستعمرة بواسطة إبرة الزرع المعقمة العينات الموجبة (+) لهذا الاختبار أعطت لون بنفسجي واضح على ورقة الترشيح وهذا يدل على أن هذا الميكروب هو Pseudomonas aeruginosa ... هذا الاختبار في المواصفات العالمية ISO رقم الاختبار 16266,2006 ...

وكذلك المرجع العلمي الهام جداً:

Standard Methods for the Examination of water and waste water

ومرفق لكم بحثي منشور في مجلة علمية تصدر في كلية الزراعة - ليبيا وهى رسالتي في الماجستير ...

المجلة الليبية للعلوم الزراعية
المجلد (17)، العددان (2،1) 2012

ورقة أصيلة

مؤشرات التلوث الميكروبي في عبوات المياه المعبأة سعة 18 لتر المتداولة في مدينة طرابلس وضواحيها

عزالدين محمد أبوقصة[1] و نوري الساحلي مادي[2]
1 - المختبر المركزي لتحليل المياه بطرابلس 2 - قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة طرابلس

المستخلص

استهدفت هذه الدراسة الكشف عن وجود مؤشرات التلوث الميكروبي في عبوات المياه المعبأة المعدة الاستخدام (سعة 18 لتر) والمنتجة محليا بالمصانع الواقعة في نطاق مدينة طرابلس والمناطق المجاورة لها. جمعت 175 عينة تمثل 20 صنفاً (اسم تجاري) من المحلات التجارية مباشرة بشكل عشوائي وذلك خلال الفترة من 7/ 1/ 2009 إلى 20/ 8/ 2009 وأجريت عليها التحاليل الميكروبيولوجية. أظهرت نتائج التحاليل أن 89 % من إجمالي العينات تجاوزت الحد الأقصى (50 و.ت.م/ مل) المسموح به حسب المواصفة القياسية الليبية رقم 10 لسنة 2008 الخاصة بمياه الشرب المعبأة بالنسبة لأعداد الأحياء الدقيقة غير ذاتية التغذية (Heterotrophic Plate Count (HPC حيث تراوحت الأعداد مابين 1.0 × 10^2 إلى 3.4 × 10^4 و.ت.م/ مل. كما أن 65 % و7 % من العينات كانت غير مطابقة لهذه المواصفة القياسية فيما يتعلق بمجموعة بكتيريا القولون وبكتيريا القولون المتحملة للحرارة (الغائطية)، حيث تراوحت أعدادها مابين 1.0 إلى 5.0 ×10^2 ومابين 1.0 إلى 11.0 و.ت.م/ 100 مل على التوالي، في الوقت الذي تنص فيه بنود المواصفة على خلوها تماماً من هذه البكتيريا. إضافة إلى ذلك فقد كانت 30 % من العينات غير مطابقة لنفس المواصفة القياسية فيما يخص بكتيريا *Pseudomonas aeruginosa*، حيث تراوحت أعدادها مابين 1.0 إلى 17.0 و.ت.م/ 100 مل، علماً بأن المواصفة تشترط خلو المياه المعبأة من هذه البكتيريا. ارتفاع مستوى التلوث بمؤشرات التلوث الميكروبي في عبوات المياه المعبأة سعة 18 لتر المعروضة للبيع في السوق المحلي حالياً يشير إلى احتمال وجود أحياء دقيقة وطفيليات ممرضة في هذه المياه، الأمر الذي قد يشكل تهديدا على الصحة العامة. ونظراً لأن العبوات التي استعملت في هذه الدراسة كانت من النوع الذي يعاد استخدامه، فقد تكون عدم كفاءة عملية تنظيف وتطهير هذه العبوات قبل إعادة تعبئتها واستخدام مياه من مصادر غير آمنة وعدم كفاءة عملية تطهير المياه من العوامل التي ربما تكون قد ساهمت في ارتفاع المحتوى الميكروبي للمياه في أغلب العبوات الممثلة للأصناف التي شملتها الدراسة.

الكلمات الدالة:

الجدول 1. الأصناف المختلفة لعبوات المياه المعبأة (سعة 18 لتر) التي شملتها الدراسة.

ر. م	رمز الصنف *	عنوان المصنع المدون على العبوة
1	م1	جنزور الشرقية
2	م2	غوط الشعال
3	م3	طريق المطار
4	م4	سوق الجمعة
5	م5	سوق الجمعة
6	م6	الزهراء
7	م7	عين زاره
8	م8	زناتة
9	م9	جنزور
10	م10	زناتة
11	م11	الحرشة/ الزاوية
12	م12	عين زاره
13	م13	طريق المطار
14	م14	العجيلات
15	م15	سوق الجمعة
16	م16	عين زاره
17	م17	سوق الجمعة
18	م18	عين زاره
19	م19	عين زاره
20	م20	عين زاره

* لم تتضمن بطاقات البيانات لجميع الأصناف تاريخ الانتاج وانتهاء الصلاحية

المهندس محمد على محمد الوافى:

الصبغة تعطيك دلالة أولية وكل ماذكرته فحوصات تأكيدية ... والآن توجد تقنيات حديثة تغنيك عن كل الفحوصات التأكيدية مثل تقنية الأحماض النووية والتي تظهر النوع البكتيري في 30 دقيقة ... وأحدث تقنية تتبع شركة "هاك" ... وهذه التقنية مفيدة جداً من حيث السرعة وتقليل الخسائر.

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

ظهور اللون الأخضر فى قوارير المياه المعدنية!!

٣٢

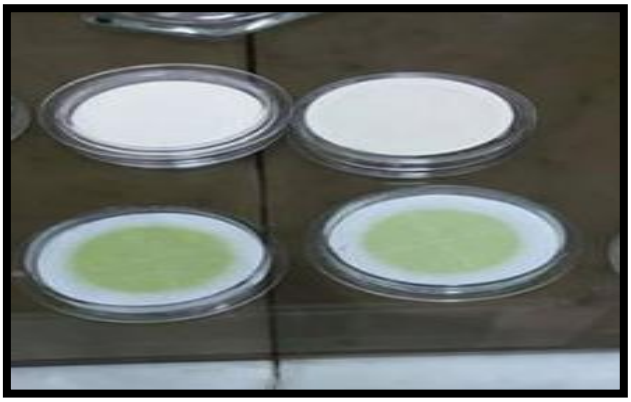
النقاش الثاني والثلاثون

النقاش الثانى و الثلاثون:-

32- ظهور اللون الأخضر فى قوارير المياه المعدنية

يشكو بعض العاملين من ظهور لون أخضر فى قوارير المياه المعبأة كما نرى فى الصور التالية فى التعليقات ... علماً بأنه يتم استخدام الUV والأوزون فى المعالجة النهائية ... فما هى الأسباب؟ وكيف نتصرف؟

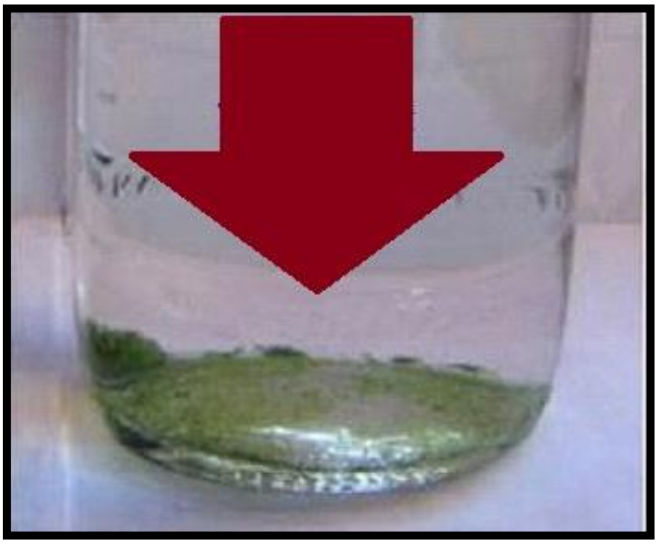
وعند ترشيح المنتج نرى ورق الفلتر بهذا اللون الأخضر:



الحديث عن الأسباب العلمية المحتملة فى ظهور اللون الأخضر فى قوارير المياه المعبأة يكاد يكون مُعاد ومتكرر ... والمتابع للسطور المكتوبة فى الكورس سواء الجزء الأول أوالثانى يعلم بأن التعقيم السليم ليس شرطاً أن يُنهى هذه المشكلة! فقد يكون هناك تعقيم سليم لكن تظهر هذه الصور التى نراها ... واللون الأخضر هذا واضح طبعاً أنه طحالب خضراء يتم حجزها على ورقة الترشيح ... ونستبعد تماماً أى شىء آخر خاصة أنه ينمو ويتكاثر فى القارورة ... نتحدث فى هدوء ونحاول أن نخرج من هذه الأزمة المتكررة.

قبل الكلام والتفسير العلمى هناك أمر هام جداً أحب كل العاملين فى مجال تنقية المياه أنهم يعرفوه ... الأمر ده عبارة عن قصة ممكن حضرتك تجربها بسهولة وستكتشف بعدها حقيقة تفسر الكثير من الظواهر ... أستسمحك أن تأتى بعينة من مياه بلدية أوCity water فيها كلور متبقى Residual chlorine من 0.3 – 0.5 جزء فى المليون مثلاً ... تملأ زجاجة نظيفة وشفافة من هذه العينة ... المفترض أن وجود الكلورين المتبقى يؤكد لنا التخلص التام من أى كائنات

ميكروسكوبية أو طحالب ... اترك الزجاجة فى ضوء النهار عدة أشهر ... ستلاحظ تكون لون أخضر على قاع الزجاجة وجدرانها ... طحالب بالطبع قد نمت وترعرعت من جديد ... أظن أن اقتربنا من الاستنتاج!!



تعريض الزجاجات إلى ضوء الشمس فى أماكن التخزين أو أماكن البيع تحفز الطحالب والميكروبات على النمو ...

من أين جاءت هذه الطحالب؟؟؟ لا تقل لى من الهواء ... جاءت من الحقيقة التى تقول أن الكلور قد يقتل 99.99% من الكائنات الميكروبية ... لكن قد يتبقى 0.01 % خلايا لم تمت حتى ولو كانت عشر خلايا ... مع الوقت ستنمو وتتكاثر بالانقسام حتى تصبح مستعمرات ...

بالطبع تزيد هذه الظاهرة كلما قل تركيز الكلور (أو الأوزون) المتبقى ... أو كلما كان هناك خلل فى عملية التعقيم فى المعالجة من الأصل ناهيك عن مياه التغذية نفسها.

فى ضوء ذلك نفترض أمرين ... الأول: أن التعقيم سليم ... الثانى: أن التعقيم غير سليم.

<u>والآن فى عدة نقاط نتكلم علمى وبلغة المتخصصين وبلغة المراجع العلمية فنقول:</u>

1- **يقول المتخصصون أن 0.4 ملجم/ لتر من الأوزون فى المياه كافى لقتل البكتيريا والفيروسات والفطريات فى أقل من 5 دقائق (حيث أن زمن التلامس أقل بكثير من الكلور ... وهذا من مزايا التعقيم بالأوزون).**
2- **التعقيم بالUV يقضى على 99.9 % من الفيروسات والجراثيم والديدان الميكروسكوبية ... وهى لا تحتاج لفترة تلامس مثل الكلور أو الأوزون فهى تقتل هذه الكائنات فى الحال (3 ثوانى فى المتوسط) ... وهذا بشرط أن تكون المياه رائقة ... لأن المواد العالقة تسبب حيود وضعف فى قوة الأشعة ... وبالطبع هذا لا يحدث فى حالتنا حيث يفترض أن المياه المنتجة رائقة تماماً بعد المرورعلى فلاترالمعالجة الإبتدائية وأغشية الRO.**
1- **التعقيم بالUV يعيبه أن تأثيره لحظى ... والماء الذى يُترك بعدها يُعرض للإصابة والتلوث بنمو البكتيريا وغيرها من جديد ... بعكس الكلور والأوزون الذى يتبقى منه نسبة فى المياه (Residual) لا تسمح بالنمو الميكروبى.**

2- الخطوات الصحيحة الخاصة بالتعقيم ... هو استخدام الكلورة فى المرحلة الإبتدائية ونزعه قبل الأغشية ثم امرار المياه المنتجة على الUV ثم التعقيم النهائى بالأوزون ... وهذا الترتيب خاص بتعبئة المياه المعدنية ... وهذا بالفعل يتم فى الوحدات.

3- (وضع الUV بعد الأوزون يعمل على تكسير الأوزون فى الحال وبالتالى يتم ملىء الزجاجات بماء ليس فيه متبقى من الأوزون) ... ده سبب قد يكون وارد وإن كان نادر لخبرة العاملين بذلك ووضع الUV قبل وليس بعد ... وفى بعض الحالات يتم وضع الUV بعد الأوزون بشرط أن إتاحة فرصة لزمن التلامس بين المياه والأوزون للتأكد من التعقيم التام ثم إمراره على الUV) ... ودائماً نقول أن معالجة المياه فيها مرونة بشرط الإعتماد على التفكير العلمي والعملي.

4- بالنسبة للأوزون مشكلته أنه يتفكك سريعاً وتلقائياً إلى أكسجين خلال 15 – 30 دقيقة ويختفى فى زجاجات المياه ... ولكن يبقى تأثيره حتى بعد تفككه إلى حوالى شهر مادام الزجاجة محكمة الغلق ومعقمة وتم عزلها عن أى مؤثر خارجى ... فإذا تم فتح الزجاجة فلا تسأل عن التعقيم بعد 24 ساعة!

5- الحالة الأولى: أن تكون جرعة الأوزون صحيحة وكافية حتى يتم تعبئة المياه فى الزجاجات ... ونتأكد من ذلك بعمل اختبار بعد خط الحقن بالأوزون للكشف عن الأوزون المتبقى residual ozone بالDPD دورياً ... ووجوده معناه تعقيم تام للمياه.

6- وفى هذه الحالة نقول أن التلوث الناتج فى المياه المعبأة يأتى بعد مرحلة الحقن بالأوزون وليس قبله ... فيتم النظر إلى تعقيم الخطوط وطرق التعبئة وتعقيم الزجاجات نفسها...

7- (وفى الحقيقة أنا لا أعترف بأن صلاحية المياه 12 شهر كما يكتب على زجاجات المياه المعدنية وخاصة لو تم تعريضها لأشعة الشمس)!

6- الحالة الثانية: إذا لم تكن جرعة الأوزون صحيحة ولكن غير كافية ويدل ذلك على أن التلوث أقوى من قدرة الأوزون على التعقيم ... فيتم النظر إلى تقييم التعقيم فى الوحدة ككل ... بدايةً من عملية الكلورة فى المعالجة الأولية ومروراً بحالة الأغشية وانتهاءً بتنك تخزين المياه المنتجة (البيرميت) قبل عملية التعقيم.

تقييم عملية التعقيم بالكلورة تتم مثل الأوزون بقياس الكلورين المتبقى بالDPD فى المرحلة التى تسبق نزع الكلور مباشرة ... كل ده حتى نطمئن أن ما قبل هذه المرحلة ماشى تمام بدون دخول فى التفاصيل ... ولو فيه Residual chlorine من 0.5- 1 جزء فى المليون يبقى الحمد لله ... لو ما فيش يبقى فيه مشكلة إما جرعة الكلور غير كافية أو ضبط طلمبة الحقن مش مضبوطة ... أو نحتاج إلى جرعة زائدة لأن الجرعة الحالية لا تكفى (ويتم حساب الكمية المطلوبة بتجربة نقطة الإنكسار Break point) أو أننا لا نسمح باعطاء فرصة للتفاعل أن يحدث بين الكلور والكائنات الميكروبية (راجع الCT أو الContact time) ...

قد يحدث تلوث ميكروبى بصورة أو بأخرى وإعادة نمو بكتيري بعد الفلتر الكربوني نظراً لأنه أزال الكلورين بالكلية ...

بالنسبة للأغشية فإن الأغشية المتقدمة لو كانت بها فاولينج عضوى أو بيولوجى فإن ذلك يدل على عدم التعقيم الجيد فى المرحلة الإبتدائية ... ولذا يتم تعقيم الأغشية بما يوصى بها المانيوال أو الشركة المصنعة وبالطبع نلحظ زادة فى الضغط الداخل على الأغشية فى هذه الحالة ...

وأغشية التناضح فى الأصل لا تمرر الكائنات الميكروبية حتى الفيروسات ولكن بعد فترة من التشغيل وبسبب الضغط الواقع عليها باستمرار تتعرض لاتساع ثقوبها الصغيرة تسمح بمرور بعض الكائنات الميكروبية فتتسرب مع مياه البيرميت ثم تتكاثر بالملايين بعد ذلك ...

حدوث تلوث فى الخطوط بعد الخروج من الRO أو فى تنكات التخزين بصورة أو بأخرى وارد جداً سواء تلوث خارجى أو من المياه الخارجة من الأغشية كما ذكرنا.

بالنسبة لتعقيم تنك التخزين فأحيلك لكورس التناضح الجزء الأول واسهاب المهندس رياض فى ذلك بصفحة 143.

قد يكون غسيل التنك الدورى يتم كل عدة أشهر وربما سنة وهذا بالطبع غير كافى ... أخى الكريم ... خزان المياه الخاص بالمنازل يتم تنظيفه كل 3 شهور على الأقل بالرغم من تواجد الكلورين المتبقى فيه بصفة مستمرة ... وقد يظهر فيه النمو الطحلبى لو تعرض لأشعة الشمس فتأمل! ... كلام متكرر أحببنا التذكير به.

تعليقاتكم محل تقدير.

وهذه مداخلات الخبراء فى موضوع ظهور الطحالب فى قوارير المياه المعدنية :

المهندسة سُمية طه هلال:

ذكرت أن الUV يتأثر بأقل نسبة عكارة ... لذلك نقوم بوضع شمعة polypropylene مقاس 10" أو 20" ... وهناك من يستخدم شمعة بكتيرية 1 ميكرون لإزالة أقل عكارة والسماح للUV بالتعقيم بكفاءة عالية.

وذكرت أيضاً أنه يتم نمو تلوث ميكروبي بصورة أو بأخري بعد الفلتر الكربوني ... ماذا لو قسمنا المسافة بعد الفلتر الكربوني و الRO أولاً: لحقن smbs وهذا له عده مزايا ... أنه يزيل الكلور ويمنع التكون الميكروبي لأننا أساساً نستخدمه لحفظ الأغشية ... ثانياً: حقن مانع الترسيب ... ثالثاً الفلاتر الميكرونية ... رابعاً وهذا حسب مواصفات المياه الخام حقن حامض لضبط الأس الهيدروجيني ... هل نعتقد بعد حقن العديد من المحاليل مختلفة التركيبات و فلترة أخيرة سيتبقي نمو بكتيري؟؟ ... ممكن يحدث إذا تمت هذه المراحل بطريقة خاطئة أو حدوث خلل كعدم تنظيف تنكات الكيماويات باستمرار... عدم استخدام التانك أكثر من 3 أيام مثل مانع الترسيب ... ضبط جرعات الكيماويات ... تغيرالشمعات الميكرونية بطريقة دائمة واستخدام أنواع جيدة.

عند التعقيم بالUV ... ويتبعه أوزون ... طبعاً الأوزون يتم حقنه بداخل تنك والتانك به قلاب حتي يحدث ذوبان وامتزاج الأوزون بالمياه ليتم التعقيم و بعدها التعبئة ... يجب أن لا نجعل المياه راكدة بتانك المنتج بل يتم عمل خط لتدوير المياه داخل التانك ... وأيضا تركيب سنسور خاص بجهاز الأوزون بعد التانك إذا انخفض أو انعدم فأتوماتيكياً تدخل المياه تعقيم للأوزون مره أخري ... للتغلب أيضاً علي اللون الأخضر تعقيم الزجاجات والقوارير ومن الممكن أن تكون المعالجة كلها ممتازة لكن يظهر هذا اللون و هذا بسبب عدم تعقيم الزجاجات والقوارير.

الدكتورإبراهيم سعد الله الشامي:

التطهير بالأشعة فوق البنفسجية والأوزون لا يخلف جُرعة حُرة كما في الكلور وحيث أن العبوات شفافة تكون منفذة للضوء فإن ذلك يسهل نمو الطحالب الخضراء ... ويوصى باستعمال عبوات قاتمة اللون مع جرعة كلور نهائي ... لاحظ أيضاً في الأشعة فوق البنفسجية أن أنواع من البكتيريا والفيروسات تستعيد نشاطها بإعادة تركيب الRNA والDNA.

تعقيب المُحاضر:

إضافة جرعة كلور مع العبوات الزجاجية والقوارير مسألة فيها نظر ... نستعير كلام المهندس رياض عبد الفتاح من الجزء الأول من الكورس:

المهندس رياض عبد الفتاح:في معالجة مياه الشرب ... المياه المعبأه لا يُفضل إضافة الكلور في الناتج النهائي ... فقط يتم إضافة الأوزون للمنتج النهائي ... لما يسببه الكلور من مشاكل صحيه نتيجة تخزين قوارير المياه المعبأه التي تصنع من البولي كاربونيت وغيرها من المواد البلاستيكية التي تتفاعل مع الكلور ... وتسبب أضرار صحية خصوصاً عند تعرض هذه القواريرالمعبأه بما فيها من كلورلأشعة الشمس أو الحرارة أوالرطوبة ... فهناك دول تمنع إضافة الكلور في المنتج النهائي وتعطى مخالفة على من يضيف الكلورفي المنتج النهائي!

كما أن جعل العبوات قاتمة اللون من الناحية العلمية صحيح لمنع الطحالب ولكن من الناحية التسويقية أمر سيؤدى لكارثة هى شك المشتري في هذه العبوات!

المهندس عماد الدين أحمد محمد:

هناك معادلة تقول:

فسفور+ نيتروجين + ضوء= طحالب ولو بتركيزات غاية فى الصغر.

المهندس سامح سالم عامر:

مشكلتها اثنتين ... الأولى: نسبة حقن الأوزون ضعيفة ... والثانية: تعرض العبوة لأشعة الشمس فتنشط الطحالب وغالباً ماتظهر في قوارير١٩ الرى تيرن (return).

المهندس حامد عبد الحميد الدسوقى:

الأفضل أن يتم حقن الأوزون قبل التعبئة أو "التشغيلة" ب3 ساعات وعند البدء فى التشغيلة نشغل ال UV لتكسير الأوزون والتعقيم المزدوج.

المهندس محمد عبد العال:

اللون الأخضر غالباً بسبب قصور بدورة التعقيم أو تعقيم الزجاجة وتعرض الزجاجة للضوء المباشر مما يعطي فرصة لإتمام عملية التمثيل الضوئى ... أما التعقيم ب U.V فهو قادر على تعقيم البيرميت وعدم تكوين الطحالب إذا ما تم حفظ البرميت فى تنكات لا يصل لها ضوء الشمس.

المهندس رياض عبد الفتاح عوض:

أعجبني ماذكره أحد الزملاء وهو نيتروجين + فوسفور + ضوء يكون طحالب.

إذاً موضوع الطحالب بالذات لايعتمد على التعقيم ولكن يعتمد على نسب النيتروجين والفوسفوروتعرضه للضوء ... ولكن الطحالب هي ليست نيتروجين وفوسفور وضوء ولكن هذه عوامل تساعد الطحالب على النمو والتكاثر حيث أن الطحالب مجموعة من الخلايا الحية لها نواة وغلاف ... إذاً وجود الطحالب في المُنتج النهائي دلالة على نقص في عملية التعقيم وليس فقط التعقيم ... لأنه يمكن أن تعقم الماء ولكن وجود مركبات تنفذ مع المياه كمكونات غير عضويه مثل النيتروجين والفوسفور لسوء عملية المعالجة تتسبب بظهور الطحالب فيما بعد.

إذاً عملية التصفية الجيدة للمياه خلال مراحل المعالجة من فلاتر رملية ... كربونية ... قطنية وحدة تناضح ... متابعه المراحل بغسيل جيد للفلاتر ومحاولة التقليل من النيترات والنيتريت والفوسفور مع التعقيم الجيد والتخزين الجيد كفيل بعدم ظهور الطحالب.

بالنسبة لي ولله الحمد المنشآت التي عملت بها من مصانع مياه لم نكن نعاني من هذه المشكلة على الإطلاق ... والسبب المتابعة الجيدة لوحدات المعالجة ومدى نظافتها ومتابعة ال back wash الجيد للفلاتر ... وتغيير الفلاتر بإستمرار ... والمحافظه على أداء وعمل محطات التحلية ... ومتابعة عمليات التعقيم من كلور في المرحلة الإبتدائية وأوزون وUV ... وهناك شيء مهم جداً وهو مصدر المياه بمعنى أن تحاول إنتقاء وإختيار مصدر مياه لا يحتوي على نترات ونيتريت ومواد عضوية بشكل عالي وإذا وجد فيجب عمل محاولة لمعالجتها قبل دخولها على وحدات المعالجة.

المهندس محمود جمعة حسين:

هل اللون الأخضر موجود في القوارير الكبيرة والصغيرة أم فى الكبيرة فقط؟

من خلال بحث قمت به على جميع الماركات المصرية فى السوق المصري سنة 2009 لاحظت هذه الظاهرة فى القوارير الكبيرة فقط نظراً لأنه يُعاد استخدامها كما أن المادة المستخدمة في صناعة القوارير هى ال PET والتى تعتبر شبه منفذة للأكسجين مع توافر الضوء وزيادة السطح المعرض ينتج زيادة في العد الكلى البكتيري والفطريات.

أما عن الطحالب فوجودها من عدمه يعتمد بشكل أساسي على مصدر المياه لأن مياه الآبار لا تحتوى غالباً على طحالب خضراء ثم يليها خزانات أولية أو نهائية معرضة للضوء ... وذلك بخلاف مياه البحر فإنها تحتوى فى الأساس على طحالب خضراء منها ما هو وحيد الخلية والذى بدوره من الممكن أن يمر من خلال الأغشية إذا تعرضت لضغوط عالية باستمرار كما ذكرتم.

ثانياً كما تعلم أن ال UV مادة مطهرة وليست معقمة لأنها تتخلص من ال vegetative cells ولا تستطيع القضاء على ال spoor formers.

الجزء الثانى من كورس

مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي

Scientific discussion about the chemistry of Reverse Osmosis

WTEF

مشكلة الأجسام البيضاء فى المياه المنتجة!!

٣٣

النقاش الثالث والثلاثون

النقاش الثالث و الثلاثون:-

33- مشكلة الأجسام البيضاء فى المياه المنتجة من محطة الRO

تمضى الأيام سريعة ... وقد وصلنا اليوم لنهاية رحلتنا فى الجزء الثانى من المناقشات العلمية الخاصة بكيمياء التناضح العكسي ... وتبقى لدينا مشكلة تتكررركثيراً ... وهى ظاهرة تحديداً تحدث فى المعالجة النهائية أو تظهرفى قوارير المياه المنتجة ...

تظهر فى المياه المنتجة قطع بيضاء أو خيوط بيضاء هلامية أو أجسام دهنية بيضاء ... وفى ظاهرة أخرى لا تظهرهذه الأجسام البيضاء إلا بعد مدة (15 يوم مثلاً) أو بعد تجميد المياه المنتجة وإعادة ذوبانها!

هذه صورة للقطع البيضاء:

لا شك أن الاتجاه إلى فحص منظومة المعالجة الإبتدائية ومنظومة المعالجة النهائية هى جزء أساسى فى ايجاد التفسيرات والحلول المناسبة ... وإليكم بعض النقاط الهامة:

1- **يجب مراجعة المعالجة الإبتدائية جيداً.**
2- **فلاتر الكارتريدج (الخرطوشية) أو القطنية إذا تم التأخر فى تغييرها فإن مادة الحشو فيها تتلف وتتهتك مع الوقت ومع التغير فى الضغوط ... وتخرج على هيئة أجسام بيضاء إلى المنتج ... وأحياناً تظهر هذه الظاهرة بقوة عند استخدام هذه الفلاتر فى المعالجة النهائية (Ultrafilteration) بعد حقن الأوزون والذى يسبب أكسدتها وتلفها فتدخل فى ماكينة التعبئة وتخرج منها شيئاً فشيئاً إلى قوارير المياه.**

لذا فيجب الانتباه لحالة الفلتر وتغييره دورياً أو أسبوعياً تبعاً لحالته وحالة مياه التغذية ... كما أن هذه الحالة تظهر كثيراً مع فلاتر الSpiral wound والأفضل استبدالها بفلاتر البولى بروبيلن polypropylene filter ... كما يجب الإنتباه لجرعة الأوزون يجب أن لا تتعدى حد معين.

وأحياناً يُفضل العاملون بالوحدة استبدال الفلاتر الخرطوشية بفلتر كربونى (وبه حبيبات كربون نشطة) وهو بديل عن القطنى وأفضل وأكثر أماناً ... وهناك من يضع الفلتر الكربونى ثم القطنى لأن الفلتر الكربونى يتلف مع الوقت وتنتقل حبيباته إلى القطنى ليحجزها ولا تنزل مع المياه المنتجة ... بدائل كثيرة وكل مرة نقول "صاحب الوحدة الخبير هو أدرى بالتعامل مع وحدته".

3- **أحياناً يتم تركيب فلاتر موزعة للأوزون على تنك التخزين ويحدث لها انحلال وتآكل تسبب تكون هذه الأجسام البيضاء.**
4- **إذا كانت الأوعية أوالخراطيم أو المواسير المسئولة عن نقل المياه المنتجة مصنعة من بلاستيك شفاف ... فقد يكون ذلك عاملاً فى نمو البايوفاولينج وطبقات البايوفيلم Biofilm وتكون خطوط بيضاء شفافة تُرى من الداخل ... والحل يكمن فى تطهير وتعقيم هذه الخطوط كل فترة بانتظام حتى لا تسمح بتكون أى كائنات دقيقة.**
5- **قد تكون المشكلة فى زجاجات التعبئة والحل استبدالها بمورد أفضل.**
6- **قد تكون بسبب زيادة فى البوليمرات الذائبة والمضافة (يعنى Overdose) فتتجمع فى المياه بعد انتاجها وتظهر بهذا الشكل ... والحل يكمن فى مراجعة الكمية المضافة من الكيماويات.**
7- **قد تكون بسبب معادن أوأملاح (مثل أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم) كانت فى حالة ذوبان فى درجة حرارة الغرفة وعندما تجمدت تحولت للصورة الصلبة أو الهلامية وانفصلت عن الماء ولا تنحل إلا فى درجة حرارة أعلى من الغرفة ... لذا يجب تحليل مياه المصدر والمياه المنتجة لمعرفة طبيعة هذه الأجسام ... وبالأخص يجب معرفة العسر الذى قد يكون زائداً ويحتاج إلى إزالة فى المعالجة الإبتدائية ... كما يجب أن يتم فحص الأملاح التي قد تُضاف فى المعالجة النهائية لرفع الTDS للمنتج.**
8- **لو كانت هذه الأجسام دهنية فمعنى ذلك أن مصدر المياه يحتوى على زيوت أو شحوم أو دهون دواجن ذائبة فى الحرارة العالية أو دهون حيوانات كبيرة من المسالخ ... وهذه تظهر دائماً فى مياه الإنتاج الحيوانى كالمسالخ**

والصناعات الغذائية مع الخلل فى إحدى مراحل المعالجة سواءً فى مرحلة مصيدة الزيت أو التعويم الهوائى الإبتدائى أو مرحلة التهوية البيولوجية أيضاَ وصاحب الوحدة أدرى بوحدته.

9- قد تكون بسبب نمو فطريات وهو يتكون بعد التخزين ب 15- 20 يوم ... ويجب عمل فحص ميكروسكوبى.

ومن باب الأمانة يجب ابلاغ الشركة الموردة أوشركة التعبئة حتى لا تتكرر هذه الظاهرة.

نأمل فى مشاركاتكم ...

المهندس عمرو عبده البُورعى:

حدثت معي هذه المشكلة والحمد لله تم معالجتها كانت في بداية تشغيل المحطة هي ظهور أجسام بيضاوية الشكل وهلامية لزجة وكانت تظهر بعد 15 -30 يوم من تاريخ إنتاجها وكان سبب المشكلة هو هواء الدفع للغطاء كان مخلوطاً بالزيت في capping system.

(والعبوات 750 مللي).

تعقيب المهندس سعيد عادل للتوضيح:

حتى يصل الغطاء للعلبة يمر في closure-conveyor وبواسطة الهواء الذي يأتي من كومبروسير 7 بار يتم دفع هذا الغطاء ف الconveyor حتى يصل إلى الهيد الخاصة بالcapping system ... والمشكلة هنا فى الهواء أنه كان مختلطاً بزيت.

المهندس سامح سالم عامر:

لابدمن وضع فلاترسيراميك قبل التعبئة النهائية 0.2 ميكرون ... فلها فوائدعديدة ... وبذلك قد قضيت علي تأكسدالفلاترالخرطوشية وخروج أجزاءعلي هيئة قطع بيضاء.

المهندس محمد علي محمد الوافي:

مرة من المرات كان عندنا في المحطة فلتر كارتريدج خيطي قبل ماكينة التعبئة ... تماماً أُهمل من قبل الزميل المسئول عن التغيير لفترات طويلة تجاوزت الشهرين تفتت الفلتر إلى قطع صغيرة جداً ودخل على العبوات وبعد اكتشاف المشكلة تم إعدام 330 طبلية في 84 كرتون في أربعين حبة ... فخذوا حذركم.

المهندس رياض عبد الفتاح عوض حول أسباب ظهور الفطريات فى مياه الشرب المُعبأة فى محطات التحلية:

1- عدم نظافة الخزان الرئيسي.
2- عدم عمل back wash جيد للفلاتر الرملية والكربونية.
3- طول فترة توقف المحطة وعدم عملها بشكل مستمر.
4- عدم الإهتمام بتغيير الفلاتر القطنية والحل بمعالجة الأمور السابقة التي ذكرناها ثم تعقيم الخطوط والفلاتر بالكلور وتستطيع تعقيمها بهيدروجين بيروكسايد.

المهندس عامر محمد عدنان دركزنلى:

أهم سبب من الأسباب هو توقف المحطة لفترات طويلة والسبب بعده هو عدم نظافة الخزان.

المهندس عادل أبومحمد:

كل ماذكرته صحيح ... أضف إلى لذلك عدم استخدام جرعة للكلورين في المعالجة الأولية ... في بعض المحطات يحدث هذا الشي للإعتقاد بأن مصدر المياه نظيف وغير معرض للتلوث.

المهندس محمد حمدى عويضة:

مع اتفاقى فى كل ما سبق أرى من واقع تجربة عملية أن أنظمة التحكم فى وحدة المعالجة الأولية وأداء الغسيل والتعقيم لابد أن تكون يدوية و ليست أوتوماتيكية عن طريق برنامج plc وذلك للتحكم الكامل فى العملية بالعامل البشرى بعيداً عن تعقيدات ومشاكل التحكم الأوتوماتيكي لأنه قد يكون جزءاً من المشكلة أوحتى سبباً رئيسيا فيها ... أما ال RO فالأفضل فيها التحكم الأوتوماتيكي.

وعن الكلورة لقوارير المياه المعدنية يتحدث المهندس رياض عبد الفتاح عوض:

الكلور غيرمناسب ... وبعض الدول تمنعه في أن يكون في المنتج النهائي للمياه المعبأة لأسباب ... مشكلة الكلور في المياه المعبأة أنه يتفاعل مع مادة البلاستيك ويسبب تكون مواد مسرطنة كما أنه مادة مؤكسدة دخوله للجسم قد يسبب أثر تدميري للخلايا لأنه لايميز بين البكتيريا والخلايا الحية ... لذلك التعقيم يكون بالأوزون وال UV ... ومادام المعالج للمياه إلتزم بالصورة الصحيحة والنظيفة والدقيقة في مراحل المعالجة سوف يصل في النهاية لمياه نظيفة يكفي تعقيمها بالأوزون ... فالموضوع يرجع كأداء ومتابعة دقيقة ومتقنة من قبل المعالج

أهم المراجع العلمية

1- دورة تدريبية بنقابة المهندسين الأردنيين بعنوان:

Training course on planning of desalination plant using R.O system (by Eng.Mohammed Ziad Al-Kahteeb).

2- تشغيل وصيانة محطات تنقية المياه – مركز إنماء المملكة للتدريب والتطور – وزارة المياه والكهرباء – المملكة العربية السعودية.

3- النشرات الخاصة بشركات داوDow وموقعها الإلكترونى الرسمي.

4- النشرات الخاصة بشركة هيدرونوتيكس Hydranautics وموقعها الإلكترونى الرسمي.

5- التناضح العكسي وتقنياته (خطة لنيل درجة البكالوريوس للطالب: وضاح عبد الغفور حمجو بإشراف الأستاذ المهندس: إلياس خضري) – جامعة حلب – كلية الهندسة التقنية.

6- محاضرات المهندس محمد موسى المكتوبة والمرئية على موقع "اليوتيوب".

7- الجزء الأول من كورس: "مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي" – منتدى خبراء تكنولوجيا المياه.

8- مناقشات وآراء الخبراء على صفحة منتدى خبراء تكنولوجيا المياه على موقع التواصل الإجتماعي (الفيس بوك).

9- **Chemical cleaning RO membranes fouled by waste water effluent. Journal of membrane science 382 (2011) 100 – 106.**

10- **Composition and variability of biofouling organisms in sea water reverse osmosis desalination unit. Applied and environmental microbiology. July 2011. P 4290 – 4398. Vol. 77. No.13.**

11- **Assessing biofouling on polyamide reverse osmosis (RO) membrane surfaces in a laboratory system. Journal of membrane science 349 (2010) 429 – 437.**

12- **Prevention and control of membrane fouling: practical implications and examination recent innovations. Dr.ir.A.C.M. Franken, membrane application. Centrum Twente b.v. (date: June 2009).**

13- **Introduction to membrane by Sandia National Laboratories.**

14- Reverse osmosis water treatment systems (operating and maintenance manual) by Water group Regina.

15- Membrane technologies by Peters Cartwright, PE.

16- Membrane technology by Klaus-Viktor Peinemonn and Suzna Pereire Nunes

17- Fundamentals of fouling by Robert Field

18- Membrane fouling by marine algae in sea water desalination. Water Research Foundation and arsenic technology partnership – 2010

19- Basics of reversed osmosis by Puretech

20- Best practices reverse osmosis plant operation by Permacare.

21- Biofilm … growth, structure and function (Oest 740).

22- Cleaning- disinfection protocol RO complete (by BKG-water solutions).

23- Disinfection engineering, planning and design (by Nikolay Voutch Kov).

24- R.O pretreatment design & performance under challenging conditions in the Arabian Gulf. (ACWA series UK).

25- Reverse osmosis (Design, processes, and applications for engineers by Jans.Kucera. - Water treatment plant (pretreatment + ROIWEOS) – PROJECT: OVO7 -093-13 – Technical manual –Italy.

26- Mechanism and control of membrane fouling in water purification. Center for environmental Nano & bio Engineering Hokkaido University, Japan

وهكذا انتهت ولله الحمد رحلتنا العلمية واكتمل الجزء الثاني والأخير من كورس "مناقشات علمية حول كيمياء التناضح العكسي" ...

وأرجو أن نكون قد وُفقنا في عرض السلسلة والشكر موصول لأساتذتنا الكرام وكل من ساهموا فيها بالمشاركات والإقتراحات ...

ونسأل الله أن ينفع بها وأن تكون هذه المادة إضافة جديدة في عالم معالجة المياه ...

ونسأل الله التوفيق وإلى لقاءات قادمة ومناقشات مثمرة ومواضيع جديدة ...

نسألكم الدعاء لكل من ساهم في هذا العمل ..

شكراً لكم على حسن المتابعة ... والسلام عليكم ورحمة الله ..

http://WaterTechExperts.com

تم بحمد الله وتوفيقه.

سلسلة المفاهيم الأساسية لعلوم المياه

سلسلة علمية يقدمها منتدى خبراء تكنولوجيا المياه
من اجل اثراء المكتبة العربية بالطرق العلمية
والتطبيقات الحديثة لمعالجة المياه.

منتدى خبراء تكنولوجيا المياه
Water Technology Experts forum (WTEF)

www.watertechexperts.com
www.facebook.com/water.experts