الشركة القابضة
لمياه الشرب والصرف الصحى

برنامج المسار الوظيفي
للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل
المتدرب

# برنامج
# تكنولوجيا التحلية والأغشية
# وكيماويات المعالجة

حقوق الطبع محفوظة ©
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى
الإدارة العامة للمسار الوظيفى - إدارة المناهج

## مهندس تحلية مياه

تم اعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
قطاع تنمية الموارد البشرية - الادارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي2020-2-1 V1

## ج-1-1 : التعرف على مصادر وخصائص المياه الخام

قبل البدأ فى انشاء محطة التحليه فإنه يتم تحديد نوعيه المياه الخام المغذية لمحطة التحلية ( مياه آبار أو مياه سطحيه ) حيث يتم التعرف بصورة مبدئية على قيمة الاملاح الذائبة الكلية( TDS) الموجودة بالمياه ثم يتبع ذلك اجراء تحاليل معملية لنسب العناصر الموجود بالمياه للحصول على معلومات أكثر تحديدا من خلال التحاليل المعملية المختلفة للمياه الخام ( الكيميائية- والفيزيائية والبكتريولوجية – البيولوجية )

- ويوضح الجدول التالى نسب العناصر المكونة للمياه الخام المغذية لمحطات التحلية السائدة داخل مصر لمياه ( البحر الاحمر – البحر المتوسط – الابار منخفضة الملوحة - الابار عالية الملوحة ) كدليل استرشادى فقط .

| العنصر | الرمز الكيميائي | وحدة القياس | البحر الاحمر | البحر المتوسط | ابار عالية الملوحة | ابار منخفضة الملوحة |
|---|---|---|---|---|---|---|
| الكالسيوم | Ca | Mg/l | 515 | 410 | 246 | 59 |
| الماغنسيوم | Mg | Mg/l | 1650 | 1310 | 786 | 187 |
| الصوديوم | Na | Mg/l | 12800 | 10900 | 6540 | 1557 |
| البوتاسيوم | K | Mg/l | 490 | 390 | 234 | 56 |
| الحديد | Fe | Mg/l | 0.1 | 0.02 | 0.85 | 0.5 |
| المنجنيز | Mn | Mg/l | 0.01 | 0.01 | 1 | 0.8 |
| السيليكات | Sio2 | Mg/l | 0.05 | 0.04 | 1.5 | 1 |
| الكلوريدات | Cl | Mg/l | 23850 | 20700 | 11820 | 2814 |
| الكبريتات | So4 | Mg/l | 3450 | 2740 | 1644 | 391 |
| الفلوريدات | F | Mg/l | 1.8 | 1.4 | 0.84 | 0.5 |
| نترات | No3 | Mg/l | 0.5 | 0.5 | 0.3 | 0.05 |
| البيكربونات | Hco3 | Mg/l | 190 | 150 | 90 | 21 |
| البورون | B | Mg/l | 5.5 | 4.5 | 2.7 | 2 |
| باريوم | Ba | Mg/l | 0.06 | 0.05 | 0.03 | 0.01 |
| استرانشيوم | Sr | Mg/l | 15 | 13 | 7.8 | 5 |
| الأملاح الذائبة الكلية | T.D.S | Mg/l | 42000 | 37500 | 21000 | 5000 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| الأس الهيدروجيني | PH | PH | 8.2 | 8.1 | 87. | 7.5 |

-

- وبالنظر لتحليل العناصر الموجودة بمياه البحر يتضح لنا ان هناك سبع أيونات مختلفة موجودة بها تمثل نسبة 99.5% من المواد الذائبة الكلية فى هذه المياه وهذه الأيونات هى:
الصوديوم (Na+) البوتاسيوم(K+) المغنسيوم (Mg++) الكالسيوم (Ca++)
الكلوريدات (Cl-) الكبريتات (So4) الكربونات (Co3--) .

- بالاضافة الى بعض العناصر والمكونات الاخرى طبقا لتحليل المياه بموقع محطة التحلية .

- **ويستخدم التحليل الكيميائى الخاص بالمياه المالحة المغذية لمحطة التحلية فى الاتى :**

1- التعرف على ايونات الاملاح الموجودة بالماء(المكونات الايونية )، ودراسة أتزانها (تعادل المكافئ الكاتيونى والمكافئ الانيونى) لتحديد الضغط الاسموزى المكافئ للمحلول الملحى والذى على اساسه يتم تحديد الضغط المطلوب لبدأ عملية الاسموزية العكسية على سطح الاغشية .

2- تحديد عدد الاغشية اللازمة لانتاج كميات المياه المطلوبة بالمواصفات المحددة طبقاً للطاقة الانتاجية للمحطة واستخدامات المياه بعد المعالجة ونوع الغشاء المستخدم والحدود التصميمة للمحطة ودرجة حرارة مياه البحر السائدة فى المنطقة .

3- تحديد الترسيبات الكلسية المتوقعة على الاغشية من أملاح الكربونات أو السلفات والتعرف على قيم المتغيرات المستخدمة فى حساب الاس الهيدروجينى عن التشبع PHS واستنتاج Langelier Saturation Index (LSI) لقيم TDS الاقل من 10000 مجم/ لتر او استنتاج معامل the Stiff & Davis Stability Index (S&DSI) ، لقيم TDS الاكبر من 10000 مجم/ لتر عن طريق تحديد كميات ونسب المكونات الكيميائية للاملاح الذائبة ومنها يتم تحديد جرعات الكيماويات المطلوبة للمحطة لمنع الترسبات الملحية وتكون القشور على سطح الاغشية

- وبالاضافة الى التحليل الكيميائية السابقة لابد من اجراء بعض التحاليل الاضافية لاستكمال البيانات المطلوبة للدخول على برامج الاغشية لتصميم محطة التحلية المطلوبة

## التحاليل الاضافية المطلوبة للمياه الخام قبل تنفيذ محطة التحلية :

- نسب عكارة المياه الخام Turbidity على مدار العام بوحدة العكارة (NTU )
- معامل كثافة الطمى Silt density index على مدار العام بوحدة ( SDI )
- نسب الكربون العضوى الكلى ( TOC ) بوحدة ( mg/l )
- العد الكلى البكتيرى مقاس بوحدة العكارة (count/mL)
- درجات الحرارة السائدة على مدار العام ( اعلى واقل درجة حرارة )

ومن خلال التحاليل المعملية لمياه الخام المغذية لمحطات التحلية من مصادرها المختلفة ( البحر الاحمر – البحر المتوسط – الابار الجوفية ) بناءاً على التجارب السابقة يتضح الاتى :

## مياه البحر الاحمر

- **تتميز مياه البحر الاحمر ببعض الخصائص عن غيرها يمكن تلخيصها فى الاتى :**

- ارتفاع نسب الملوحة حيث يتراوح قيم (TDS) ( 42000 – 45000 ) مجم/لتر ولكنها مستقرة وثابتة
- انخفاض قيم العكارة (NTU) وقيم (SDI) نظراً للهدوء النسبى لحركة التيارات البحرية والتكونات الجيولوجيا الصخرية لقاع البحر .
- ارتفاع قيم الاحمال العضوية والبيولوجية نتيجة نمو الشعاب المرجانية والنباتات البحرية
- الارتفاع النسبى لدرجة الحرارة حيث تتراوح درجة الحرارة ( 17 – 35 ).
- ارتفاع قيم نسب الكربون العضوى الكلى ( TOC ) والزيوت نتيجة وجود مناطق انتاج بترول بالمناطق الشمالية من البحر الاحمر .
- الانخفاض الشديد لنسب العناصر الشاذة والعناصر الثقيلة مثل الحديد والمنجنيز .

## مياه البحر المتوسط

- **تتميز مياه البحر المتوسط ببعض الخصائص عن غيرها يمكن تلخيصها فى الاتى :**

- انخفاض نسب الملوحة حيث يتراوح قيم (TDS) ( 36000 – 38000 ) مجم/لتر ومستقرة وثابتة
- ارتفاع قيم العكارة (NTU) وقيم (SDI) نظراً لشدة حركة التيارات البحرية والتكونات الجيولوجيا الرملية لقاع البحر .

- انخفاض قيم الاحمال العضوية والبيولوجية لندرة نمو الشعاب المرجانية والنباتات البحرية
- الانخفاض النسبى لدرجة الحرارة حيث تتراوح درجة الحرارة ( 15 – 28 ) .
- انخفاض قيم نسب الكربون العضوى الكلى ( TOC ) والزيوت .
- الانخفاض الشديد لنسب العناصر الشاذة والعناصر الثقيلة مثل الحديد والمنجنيز .

## مياه الابار الجوفية

- **تتميز مياه الابار ببعض الخصائص عن غيرها يمكن تلخيصها فى الاتى :**
- نسب الملوحة متغيرة باستمرار وغيرثابتة وذلك طبقاً للطبيعة الجيولوجيا لطبقات التربة وملوحة المياه بالطبقات الحاملة للمياه ومصدر تغذية الطبقات الجيولوجيا
- انخفاض قيم العكارة (NTU ) وقيم ( SDI ) نظراً لترشيح المياه عبر طبقات التربة
- انعدام وجود تلوثات عضوية اوبيولوجية
- الانخفاض النسبى لدرجة الحرارة مقارنة بالمياه السطحية الا فيما ندر .
- انعدام وجود الكربون العضوى الكلى ( TOC ) بالمياه .
- ارتفاع نسب والعناصر الثقيلة مثل الحديد والمنجنيز واملاح العسر والكربونات والسلفات .

### - استخدام طرق إزالة الحديد والمنجنيز

- قد تحتوى المياه الجوفية على نسب لعنصرى الحديد والمنجنيز اعلى من الحدود المسموح بها للدخول على الاغشية (0.1مجم/لتر )

- ويتواجد لتواجد الحديد والمنجنيز بالمياه الجوفية فى ظروف ينعدم بها الالكسجين الذائب وتنشط البكتريا الالهوائية التى تقوم بتحليل المركبات إلى عناصرها الاولية والتى تجعل هذه العناصر فى حالة ذائبة فى الماء ينتج عنصر الحديد الثنائى($Fe^{+2}$ ) اوالمنجنيز الثنائى ($Mn^{+2}$) .

### طرق إزالة الحديد والمنجنيز

#### 1-إزالة الحديد والمنجنيز بالتهوية :

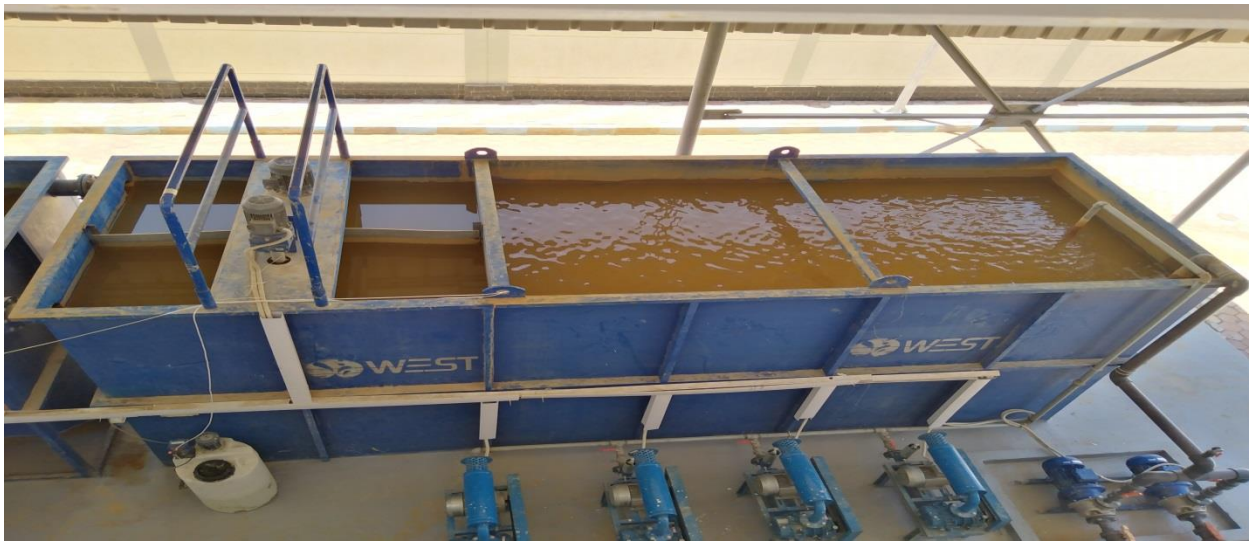
- حيث يتم امرار تيار هواء داخل المياه المغذية للمحطة والمحتوية على اكاسيد حديد والمنجنيز ذائبة مما يوفر الألكسجين الذائب فى الماء اللازم لعملية الاكسدة المطلوبة لاكسدة الاكاسيد الذائبة وتحويلها الى اكاسيد مترسبة فى الصور الاتية $Fe(OH)_3$ - $2MnO_2$ ويمكن توضيح ذلك من المعادلات الاتية

**الحديد** $4Fe^{+2} + 2\,H_2O + 8HCO_3^- + O_2 \rightarrow 4\,Fe(OH)_3 + 8\,CO_2$

- يلزم لاكسدة 1 مللجم من الحديد الثنائى (Fe+2 )مقدار0.14مللجم من الاكسجين الذائب فى الماء لتحويله الى اكسيد الحديد الثلاثى المترسب Fe(OH)3 خلال مدة زمنية لا تقل عن 15 دقيقة .

**المنجنيز** **$2MnSO4 + O2 + 4NaOH \rightarrow 2MnO2 + 2Na2SO2 + 2H2 O$**

- يلزم لاكسدة 1 مللجم من الحديد الثنائى (**Mn+2**)مقدار0.29مللجم من الاكسجين الذائب فى الماء لتحويله الى اكسيد المنجنيز المترسب **MnO2** خلال مدة زمنية لا تقل عن 15 دقيقة .




**2- إزالة الحديد والمنجنيز بالكلورة :**

- يعتبر الكلور من العوامل المؤكسدة القوية التى عندما يتفاعل مع اكاسيد حديد والمنجنيز ذائبة تتحول الى اكاسيد مترسبة فى الصور الاتية Fe(OH)3 - 2MnO2 ويمكن توضيح ذلك من المعادلات الاتية .

**الحديد** **$2Fe(HCO3)2 + Cl2 + Ca(HCO3)2 \rightarrow 2Fe(OH)3 + CaCl2 + 6CO2$**

- يلزم لاكسدة 1 مللجم من الحديد الثنائى (Fe+2 )مقدار0.64 مللجم من الكلور لتحويله الى اكسيد الحديد الثلاثى المترسب Fe(OH)3 فى مدى PH (4-10 )ويكون اكثر كفاءة عند 7 PH

**المنجنيز** **$MnSO4 + Cl2 + 4NaOH \rightarrow MnO2 + 2NaCl + Na2SO4 + 2H2O$**

- يلزم لاكسدة 1 مللجم كبريتات المنجنيز الذائبة (**MnSO4**) مقدار1.3 مللجم من الكلور لتحويله الى لتحويله الى اكسيد المنجنيز المترسب **MnO2** فى مدى PH =(4-10 )ويكون اكثر كفاءة عند ( PH = 10 ) خلال مدة زمنية حوالى 15 دقيقة .

- ويستخدم هيدروكسيد الصوديوم للوصول الى قيمة PH = 10 ولكن قد يحدث التفاعل خلال مدة زمنية (2-3) ساعة عندما يكون قيمة ( PH = 8 ) – وقد يحتاج التفاعل لزمن 12 ساعة عندما يكون قيمة ( PH = 6 )

**3- إزالة الحديد والمنجنيز باستخدام برمنجانات البوتاسيوم :**

- تعتبر برمنجانات البوتاسيوم ( KMnO4 ) عامل مؤكسد قوى ويمكن إستخدام البرمنجانات لازالة الحديد والمنجنيز ولكن هذه العملية تفضل أكثر لازالة المنجنيز عنه فى الحديد ويتم ذلك بالمعادلة الآتية :

**الحديد**

$$Fe(HCO_3)_2 + KMnO_4 + H_2O + 2H^+ \rightarrow MnO_2 + Fe(OH)_3 + KHCO_3 + H_2CO_3$$

- يلزم لاكسدة 1 مللجم من الحديد الثنائى (Fe+2 )مقدار0.6 مللجم من برمنجانات البوتاسيوم لتحويله الى اكسيد الحديد الثلاثى المترسب Fe(OH)3

**المنجنيز**

$$3MnSO_4 + 2\,KMnO_4 + 2\,H_2O \rightarrow 5MnO_2 + KSO_4 + 2\,H_2SO_4$$

- يلزم لاكسدة 1 مللجم كبريتات المنجنيز الذائبة (**MnSO4**) مقدار2.5 مللجم من برمنجانات البوتاسيوم لتحويله الى اكسيد المنجنيز المترسب **MnO2**

## 2 – معالجة المياه الخام باستخدام وحدات التبريد :

- تعد المياه الجوفية ورأسها الآبار العميقة احد مصادر تغذية محطات التحلية بالمناطق البعيدة عن مصادر مياه النيل ولكن فى بعض الحالات تكون تلك

المياه تتميز بارتفاع درجات حرارتها لقيم قد تتراوح من (70 C – 50 C) ولذلك لا يمكن استخدامها لتغذية محطات التحلية نظراً لتاثير درجة الحرارة على اداء الاغشية والتى تشترط ان لا تزيد درجة حرارة التشغيل عن ( 35C) ولذلك يتم تنفيذ منظومة تبريد لمياه التغذية لمحطات التحلية التى مصدرها مياه جوفية عميقة .

**تعريف ابراج التبريد**

- تعرف ابراج التبريد بالمبادل الحراري هو جهاز يُستخدم لتغيير درجة حرارة الماء عن طريق تمريرها في أنابيب تحتوى على وسط آخرمنخفض الحرارة ه ليحدث عملية انتقال للحرارة من الوسط البارد ( داخل الانابيب ) إلى الوسط الاخر ( المياه الساخنة) وتسمى هذه العملية بالتبادل حراري والجهاز الذي تتم فيه العملية يسمى مبادل حراري.

**انظمة ابراج التبريد :**

**أ-** يوجد نوع من ابراج التبريد التى تعتمد على عملية نزع الحرارة من المياه باستخدام مراوح نزع للهواء من خلال امرار المياه عبر مجموعة من طبقات وفواصل معدنية مع تشغيل مراوح نزع وشفط هواء مما يودى الى خفض الحرارة للمياه وهذا النوع يعتبر متوسط التكلفة .

**ب-** يوجد ابراج تبريد تعمل من خلال مرور المياه الساخنة على دوائر تبريد مما يودى الى حدوث تبادل حرارى وانخفاض لدرجة حرارة الماء المغذى للمحطة ولكن هذا النوع عالى التكلفة .

**برج تبريد مغذى لمحطة تحلية ابار**

## التعرف على الظروف المثالية التي يعمل بها الغشاء-2-1ج

- ان عملية تشغيل محطة التحلية يتوقف على توفر الظروف المثالية المطلوبة والتى توثر على اداء عمل الغشاء والتى تختلف من نوع الى اخر طبقاً لتركيب الكيميائى لمادة الصنع لطبقة الغشاء ولقد تم تحديد العوامل التى توثر بشكل فعال على عمر الغشاءوالتى يمكن تلخيصها فى الاتى :

**المواصفات القياسية لمياه التغذية لمحطة تحلية قبل الدخول على الاغشية :**

- ان تكون خالية تماماً من اية كائنات حية دقيقة ( طحالب – بكتريا – فطريات )
- ان تكون خالية من( الرواسب - الغرويات - العوالق - البروتينيات - المواد العضوية )
- ان تكون قيمة ( S.D.I ) تتراوح (3- 5 )
- تكون خالية تماماً من الكلور
- الأس الهيدروجينى (PH) للمياه المالحة تتراوح (6- 8 )
- قيمة عنصر الحديد لا يزيد عن 0.1 مجم/لتر او يساوى صفر

**العوامل المؤثرة على اداء التشغيل للاغشية داخل محطة التحلية**

| م | العوامل المؤثرات | RO - System Performance - اداء محطة التحلية | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Permeate flow المياه المنتجة | Salt passage TDS للمياه المنتجة | تكاليف التشغيل والصيانة |
| -1 | زيادة ملوحة مياه التغذية | انخفاض ↓ | ارتفاع ↑ | ارتفاع ↑ |
| -2 | ارتفاع درجة الحرارة | ارتفاع ↑ | ارتفاع ↑ | انخفاض ↓ |
| -3 | ارتفاع Feed **Pressure** | ارتفاع ↑ | انخفاض ↓ | ارتفاع ↑ |
| -4 | ارتفاع فرق الضغط | انخفاض ↓ | انخفاض ↓ | ارتفاع ↑ |
| -5 | ارتفاع الSDI | انخفاض ↓ | انخفاض ↓ | ارتفاع ↑ |
| -6 | ارتفاع الPH | انخفاض ↓ | ارتفاع ↑ | ارتفاع ↑ |
| -7 | ارتفاع الكلور المتبقى | ارتفاع ↑ | ارتفاع ↑ | ارتفاع ↑ |

## 1- ملوحة مياه التغذية - FEED TDS :

- تعرف مياه التغذية بانها المياه المطلوب تحليتها ويتم قياسها قبل الدخول على منظومة الاغشية والتى على اساسها يتم وضع الحدود التصميمية للمحطة مثل الاتى :

أ- تحديد الضغط الاسموزى المطلوب لبدأ عملية الاسموزية العكسية على سطح الاغشية .

ب- تحديد عدد الاغشية اللازمة ونوع الغشاء المستخدم لانتاج كميات المياه المطلوبة من المحطة .

ت- الترسيبات الكلسية المتوقعة على الاغشية طبقاً لنسب المكونات الكيميائية للاملاح الذائبة

**ث-** تحديد جرعات الكيماويات المطلوبة للمحطة لمنع تكون القشور على سطح الاغشية

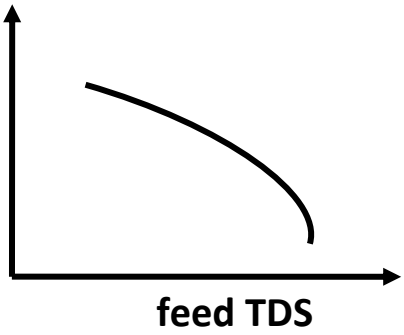
### اسباب التغيير فى قيم ملوحة مياه التغذية : FEED TDS

هناك كثير من العوامل التى تودى الى تغير ملوحة مياه التغذية يمكن اختصارها فى الاتى

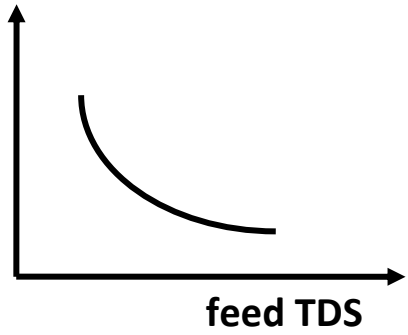
- فى حالة مصدر مياه التغذية من ابار جوفية يكون معدل التغيير فى مياه التغذية متوقع ولكن على المصمم عمل الدراسات الهيدروجولوجية المطلوبة لتحديد حدود التغيير فى قيم feed TDS .
- فى حالة مصدر مياه التغذية من البحر ولكن يتم استخدام منظومة توفير طاقة من نوع PX ونظراً لعملية الخلط بين مياه التغذية ومياه الرجكت داخل وحدات PX لذلك على المصمم ان يتم وضع الحدود التصميمة لقيم feed TDS عند اقصى معدل خلط لوحدات PX .
- من خلال المنحنيات الاتية يتضح تاثير feed TDS على الانتاجية ونسبة طرد الاملاح .
- منحنى ( أ ) يظهر التاثير العكسى بين الملوحة والانتاجية حيث تقل انتاجية المحطة مع ارتفاع قيمة ملوحة feed TDS
- المنحنى ( ب ) يظهر التاثير العكسى بين الملوحة ونسبة طرد الاملاح حيث تقل قدرة الغشاء على طرد الاملاح وبالتالى زيادة ملوحة المياه المنتجة مع ارتفاع قيمة feed TDS

**نسبة طرد الأملاح**

**الإنتاجية**




منحنى ( ب )




منحنى ( أ )

## 2- تاثير درجة الحرارة :

لدرجة الحرارة تاثير كبير على اداء عمل محطة التحلية وكفاءة عمل المواد الكيميائية والتى يمكن تلخيصها فى الاتى :

### 2- أ ( الكلور)

تعتبر العلاقة بين كفاءة عمل الكلور ودرجة الحرارة علاقة طردية حيث تزداد كفاءة عمل مادة الكلور بارتفاع درجة الحرارة بينما يقل ثبات الكلور بارتفاع درجة الحرارة

### 2- ب ( المواد المروبة المرسبة للعوالق -Co agulant )

تعتبر العلاقة بين كفاءة عملية الترويب والترسيب ودرجة الحرارة علاقة طردية حيث تزداد كفاءة عمل الترويب وتزاد سرعة الترسيب بارتفاع درجة الحرارة .

### 2- ج ( مانع الترسيب - Antiscalant)

تعتبر العلاقة بين كفاءة عمل مانع الترسيب ودرجة الحرارة علاقة طردية حيث تزداد كفاءة عمل مانع الترسيب بارتفاع درجة الحرارة نظراً لانخفاض تكون Scaling مع ارتفاع درجة الحرارة.

### 2- د ( الاغشية - membrane)

تعتبر درجة الحرارة من العوامل التى لها تاثر كبير على اداء عمل الاغشية نظراً لان مادة تصنيع الغشاء من مادة البولى اميد والتى يحدث لها تمدد بارتفاع درجة الحرارة مما يوثر على كفاءة عمل الغشاء حيث يحدث ارتفاع فى **Permeate** flux وبالتالى زيادة كميات المياه المحلاه ولكن يحدث انخفاض فى قيمة **Salt rejection** وبالتالى ارتفاع فى املاح المياه المحلاه ويمكن توضيح ذلك من المنحنيات منحنى ( أ ) مع ارتفاع درجة الحـرارة يحدث انخفاض **Salt rejection** مما يودى الى ارتفاع ملوحة المياه المنتجة ومنحنى ( ب ) يحدث ارتفاع فى **Permeate** flux و تزيد الإنتاجية

منحنى ( أ )

( ب )

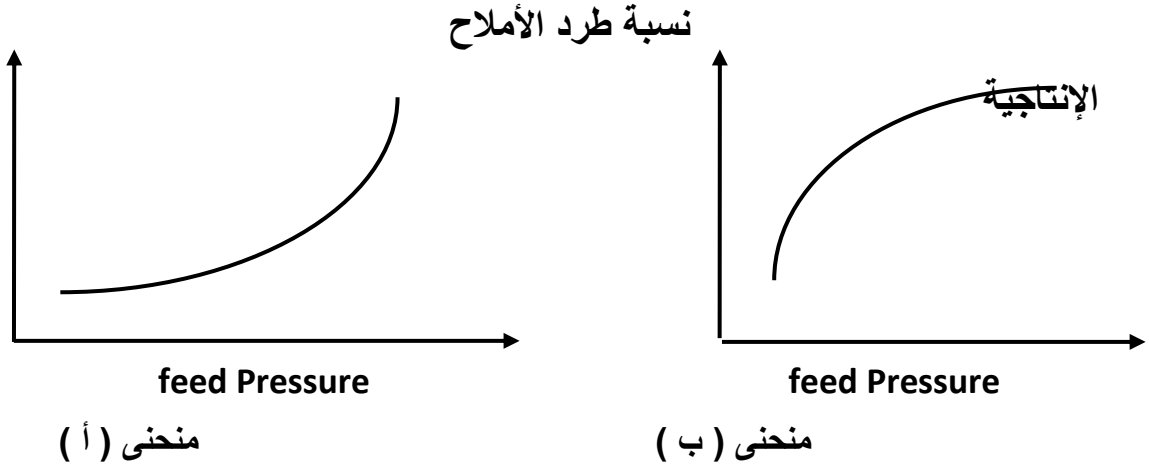
منحنى

## 3- تاثير ضغط الدخول Feed Pressure:

- يعتبر ضغط التشغيل Feed **Pressure** احد اهم العوامل المرثرة فى اداء عمل الاغشية والذى يتم تحديده بناء على مجموعة من العوامل الاخرى منها (Feed **TDS** ) – درجة الحرارة – ونوع الغشاء المستخدم .
- يرتبط قيمة Feed **Pressure** **ضعف قيمة** الضغط الأسموزى Osmotic , Pressure
- يتم تحديد قيمة الضغط الأسموزىOsmotic Pressure ( OP) بناءاً على قيمة Feed **TDS**
- يتم عادة تحديد الضغط الأسموزى من المعادلات الاتية

  OP bar = Feed **TDS** × **0.000815**
- مثال الضغط الاسموزى لملوحة مياه **TDS** = 40000 = 32.5 بار
- عادة يتم حساب ضغط Feed **Pressure** = ضعف OP الضغط الاسموزي لمياه وهو ما يتم تحديده عادة من خلال برامج الmembrane projection softwares للشركات المنتجة للاغشية وطبقاً لمخرجات البرنامج يتم اختيار high pressure pumpالخاصة بمحطه الR.O

- على المصمم لمحطة التحلية ان يوخذ فى الحدود التصميمة لاختيار طلمبة الضغط العالى قيم ضغط التشغيل طبقاً لمخرجات برامج تصميم الاغشية
- من خلال المنحنيات الاتية يتضح تاثير(FP)**Pressure** feed على الانتاجية وطرد الاملاح .
- منحنى ( أ ) يظهر التاثير الطردى بين FP والانتاجية حيث تزداد انتاجية المحطة مع ارتفاع قيمة **Pressure** feed
- – المنحنى ( ب ) يظهر التاثير الطردى بين FP ونسبة طرد الاملاح حيث تزداد قدرة الغشاء على طرد الاملاح وبالتالى انخفاض ملوحة المياه المنتجة مع ارتفاع قيمة **Pressure** feed




منحنى ( أ ) منحنى ( ب )

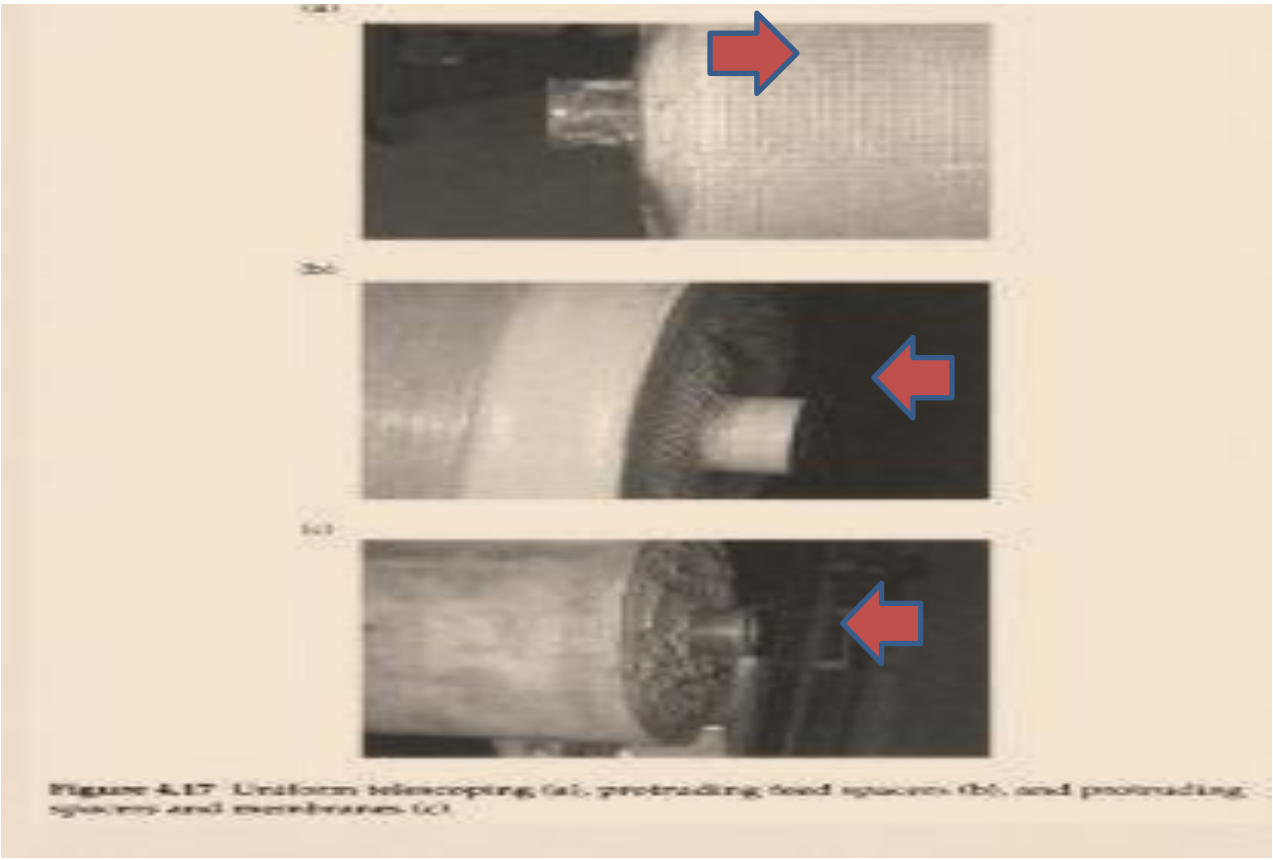
**4- تاثير فرق الضغط :**

لقد تم تحديد فرق الضغط الواقع على الغشاء من النوع الحلزونى لا يزد فرق الضغط على الغشاء الواحد عن 1 بار ويرمز لها ب ($\Delta$ P) ويتم حساب فرق الضغط من خلال المعادلة الاتية

$$\text{فرق الضغط} = \frac{\text{ضغط دخول الاغشية} - \text{ضغط خروج الاغشية}}{\text{عدد الاغشية بوعاء الضغط الواحد}}$$

- ولتاثير فرق الضغط على الغشاء اثر كبير على حالة الغشاء حيث يعتبر من مؤشرات الاداء التى يمكن من خلالها التنبأ بحدوث انسداد داخل الغشاء ومدى الحاجة لعمل غسيل كيميائى من عدمه .

- ويودى زيادة فرق الضغط على الغشاء الى انخفاض الطاقة الانتاجية للمحطة نتيجة حدوث انسداد على سطح الاغشية وبالتالى انخفاض كفاءة الغشاء والتى يعبر عنها ب(permeate flux ).
- يودى ارتفاع فرق الضغط على الاغشية فى معظم الاحوال الى حدوث ظاهرة التلسكوبنك (الtelescoping) والتى توصف بخروج طبقات الغشاء فى صورة مخروطية مما يتسبب فى الضغط على طبقات الغشاء التى تليها وقد يحدث كسر فى وصلات الربط (connectors) ويوضح الشكل التالى اشكال الtelescoping .



اشكال الtelescoping التى تحدث للاغشية نتيجة ارتفاع فرق الضغط

## 5- تأثير الكلور المتبقي

- يستخدم الكلور كأحد الكيماويات التى يتم حقنها لمعالجة مياه التغذية ، ويتم إستخدامه للتخلص من Bio foulingالتى تسببها الكائنات العضوية الدقيقة ، والتى منها البكتيريا والطحالب وغيرها .

- وحمض الهيبوكلورس HOCl يعتبر عامل مؤكسد قوى ، حيث يقوم بعمل أكسدة عكسية لإنزيمات الخلايا للكائنات البحرية الدقيقة ( بكتريا ، طحالب ) فيؤدى إلى وفاتها .
وعندما يضاف الكلور الى الماء يستهلك جزء منه في التفاعل مع الكائنات الحية التي تتواجد في الماء – وهذا الجزء يسمى بالكلور المستهلك – ( chlorine demand)
ويبقى جزء اخر في الماء وهو ما يسمى بالكلور المتبقي(**chlorine remand**)طبقا للمعادلة الآتية

**جرعة الكلور المستخدمة( المضافة) = الكلور المستهلك + الكلور المتبقى**

- ولكن نظراً لتأثير الكلور على مادة صنع الغشاء حيث يعتبر الكلور عامل مؤكسد قوى للمادة التي يصنع منها الغشاء والذى يؤدى إلى تلفها عند تركيزللكلور ( 0.1 مجم/لتر ) خلال مدة زمنية ( 0.5-2 ) ساعة مما يستوجب أن يتم التخلص من هذا الكلور من مياه التغذية قبل دخولها على الأغشية ،

**6- تأثير الاس الهيدروجيني PH :**

ترتبط نوعية قلوية الماء بقيمة PH للماء بمعنى عندما تكون قيمة PH > 6.3 تعنى ان الماء يحتوى على تركيزات عالية من Co2 الذى قد يتأكسد جزء منه إلى حمض الكربونيك الذى يصل بقيمة PH حتى أقل من 4.2 .

- يجب الحذر الشديد ألا تصل قيمة PH لمياه التغذية إلى PH = 8.5 خوفا من حدوث ترسبات من أملاح الكربونات مما يعنى انه يلزمنا حقن حامض الى المياه لخفض قيم PH الى الحدود التى تمنع او تحد من تكون ترسبات Scaling على سطح الاغشية .
- ولابد ان تكون عملية حقن الحمض مدروسة ومحددة حيث أن نقص حقنه يؤدى إلى مشكلة تكون Scaling وزيادة حقنه يؤدى إلى مشاكل تآكل Corrosion ) (للأجزاء المعدنية بالمحطة
- كما أن من مشاكل زيادة جرعة حقن الحامض هو زيادة تركيز الشق الخاص به فى الماء ، يعنى زيادة جرعة حقن حامض الكبريتيك يزيد من تركيز أيون الكبريتات فى الماء ، وزيادة جرعة حقن حامض الهيدروكلوريك يزيد من تركيز أيونات الكلوريدات بالماء ، وكلاهما ( الكبريتات والكلوريدات قد تكون هى نفسها سببا" فى حدوث . Scaling .
- **كما يوثر** قيمة PH للماء **على كفاءة عمل الكلور حيث تزيد قيمة وفاعلية الكلور عند قيم** PH **اقل كما هو موضح بالاتى**
- كفاءة عمل الكلور تصل الى 50% عند قيمة PH = 7.5 بينما تصل الى 90% عند قيمة PH = 6.5
- كما يوثر قيمة PH للماء على كفاءة عمل مادة Co agulant حيث تزيد فاعلية الترسيب للمواد العالقة بانخفاض قيم PH

## 7- تأثير SDI :

- **يعرف** SDI بمعامل كثافة الطمى وهو اختصار ل Silte Density Index ويمكن من خلاله قياس كفاءة عمل مادة Co agulant لترسيب العوالق وحجز الشوائب على سطح الفلتر الرملى
- يعتبر مؤشر SDI مقياس لكفاءة المعالجة الابتدائية داخل محطة التحلية .
- تم تحديد قيمة $SDI_{15}$ لا تزيد عن 5 هى القيمة المقبولة لمياه التغذية قبل الدخول على الاغشية
- يودى زيادة قيمة $SDI_{15}$ اعلى من 5 الى انخفاض الطاقة الانتاجية للمحطة نتيجة حدوث انسداد على سطح الاغشية وبالتالى انخفاض كفاءة الغشاء نتيجة انخفاض قيمة ب(permeate flux ) وبالتالى زيادة معدلات الغسيل الكيميائى للاغشية .

- **تعتمد فكرة هذا الإختبار على الاتى :**

1- قيـاس زمـن جمـع حجـم معلـوم مـن المـاء ( 500 مم ) فى أول الإختبار وإعتباره( T1 )

2- ثم يـتم السماح للمـاء بـالمرور بالجهـاز خـلال ورقـة ترشيح دقتها ( 0.45 µ ) عند نفس الضغط لمدة زمنية محددة وقدرها 15 دقيقة

3- ثم يتم السماح بقياس زمن جمع نفس الحجم ونعتبر هذا الزمن هو T2

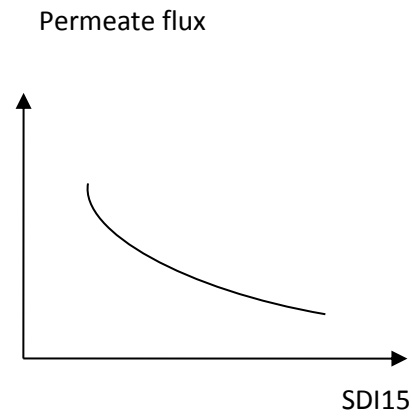
4- ثم يتم حساب SDI15 من خلال المعادلة الاتية

$$SDI_{15} = \left(1 - \frac{T1}{T2}\right) \times \frac{100}{15}$$

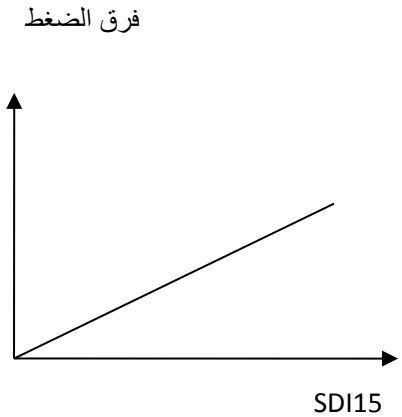
ويوضح ذلك من المنحنيات الاتية :

منحنى ( أ ) يوضح انخفاض permeate flux مع ارتفاع SDI15

منحنى ( ب ) يحدث يوضح ارتفاع (Δ P)فرق الضغط مع ارتفاع SDI15 .




**منحنى (أ )**




**منحنى ( ب )**

## ج-2-1: التعرف على كيفية صيانة الاغشية

**1- الصيانة الظاهرية – واصلاح تسريب – اصلاح خلط**
**2- أنواع التكلسات و الترسبات**
**3- الغسيل الكيميائي**

### اولاً : الصيانة الظاهرية – واصلاح تسريب – اصلاح خلط

- يتم قياس اداء الاغشية بناءاً على قياس العوامل الرئيسية System Performance منسوبة لاداء الاغشية عند بداية التشغيل فيما يعرف Normalization وهى كالاتى :

1- كميات المياه المنتجة ( Permeate flow)
2- فرق الضغط الواقع على الاغشية Differential pressur (Δ P)
3- متوسط املاح المياه المنتجة ( Salt passage (TDS

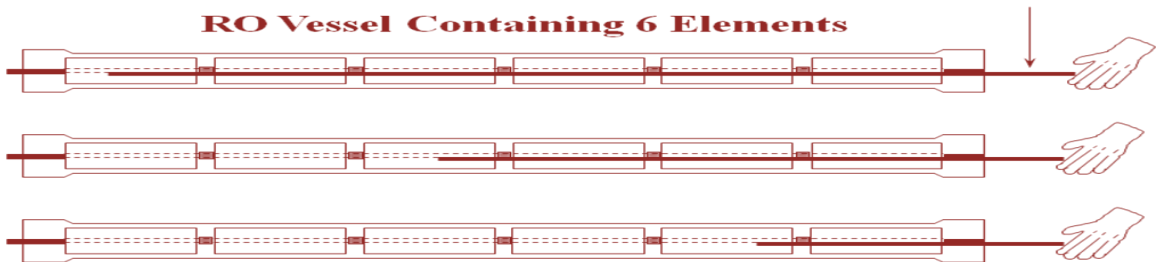
ويمكن تلخيص اهم المشاكل التى تواجه نظام الاغشية من خلال الحالات الاتية

**أولا: فى حاله انخفاض الانتاج و ارتفاع الاملاح وزيادة فرق الضغط**
فهذا يعنى إنسداد ملحى للأغشية Scaling fouling نتيجة تكون رواسب ملحية

**ثانيا: فى حاله انخفاض الانتاج و انخفاض الاملاح وزيادة فرق الضغط**
فهذا يعنى إنسداد بيولوجى للأغشية وتكون BIO Fouling

**ثالثا: فى حاله ارتفاع الانتاج وارتفاع الاملاح وثبات فرق الضغط**
فهذا يعنى أكسدة للأغشية فإنه يجب مراجعة نسبة الكلور أو أى عامل مؤكسد بمياه التغذية والعمل على معالجة المشكلة قبل تفاقمها ومراجعة أنظمة الحماية بالمحطة لأن الأكسدة تعنى تآكل مسام الأغشية ومرور الأملاح منه

**رابعا: عند ثبات الانتاج وارتفاع الأملاح وثبات فرق الضغط**
فهذا يعنى مشكلة O-ring نتيجة وجود قطع باحد السيلات الخاصة بوصلات الربط inter conctorمما يودى لوجود تسريب من المياه المالحة الى مسار المياه المحلاه مما يودى الى ارتفاع املاح المياه المنتجة ولحل هذه المشكلة فإنه يتم قياس أملاح كل فيزل منفردا لتحديد موقع المشكلة بعدها يتم عمل probing test لمعرفة موقع المشكلة داخل الفيزل وحينها يتم تغيير o-ring or inter-




شكل probing test وطريقة تنفيذه

- ومن خلال الجدول التالى يمكن الوقوف على المشاكل التى تواجه نظام الاغشية والحلول المقترحة

| 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 |

**ثانياً : أنواع التكلسات و الترسبات .**

**يمكن تقسيم انواع الترسبات التى تتكون على سطح الاغشية الى اربعة انواع رئيسية**

**1- انسداد القشور الملحية Scaling fouling**

وهو الانسداد الناتج من تكون القشور Scaling على سطح الاغشية نتيجة

- عدم حقن مادة مانع الترسيب Antiscalant بالجرعات المطلوبة او عدم اضافته بالكلية
- ارتفاع قيم PH لحدود تسمح بزيادة معدلات تكون الرواسب مع عدم حقن مادة الحامض لخفض قيم PH للحدود التى تحد من تكون Scaling
- او تشغيل المحطة عند حدود recovery اعلى من الحدود التصميمية
- يتكون فى معظم الاحوال على سطح الاغشية الاخيرة من باوعية الضغط .
- تتكون معظم Scaling من الاملاح الاتية :

**كربونات الكالسيوم calcium carbonate CaCO**
**كبريتات الكالسيوم calcium sulphate CaSO**
**باريوم سلفيت barium sulphate BaSO**

Scaling fouling Membrane

**2-الانسداد الغروى Colloidal fouling**

وهو الانسداد الناتج من هروب العكارة والمواد العالقة والمواد الغروية الى سطح الاغشية وهو ناتج من

- قصور فى المعالجة الابتدائية
- خلل فى حقن مادة Co agulant
- وجود مشاكل فى الفلتر الرملى اوالقطنى
- يتكون عادة على سطح الاغشية الاماميـــة مـــن باوعية الضغط .

Colloidal fouling Membrane
نتيجة هروب الرمال الى الاغشية

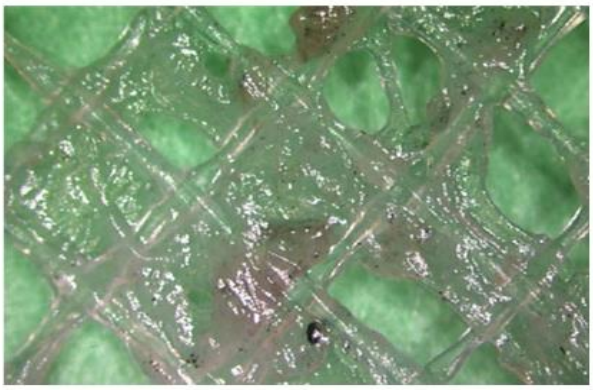
Membrane Organic fouling

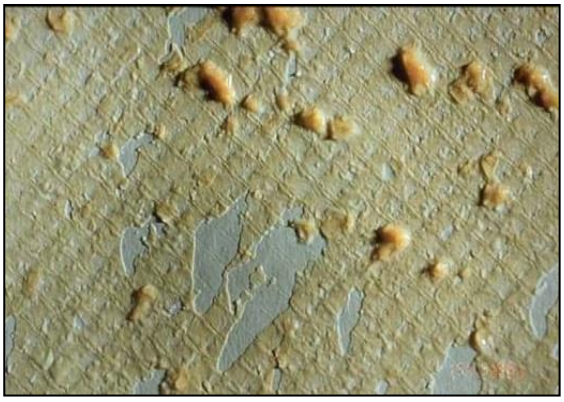
## 3-الانسداد العضوى Organic fouling

الانسداد العضوى الناتج من هروب الزيوت او المركبات العضوية الموجودة بالمياه الى سطح الاغشية وهو ناتج من قصور فى المعالجة الابتدائية ووجود مشاكل فى الفلتر الرملى والقطنى ويتكون فى معظم الاحوال على سطح الاغشية الامامية من باوعية الضغط .

## 4-الانسداد الحيوى Bio fouling

- الانسداد الحيوى الناتج من نمو البكتريات او تكون الاغشية الحيوية على سطح الاغشية وهو ناتج من قصور فى المعالجة الابتدائية لنظام حقن الكلور ويتكون فى معظم الاحوال على سطح جميع الاغشية من باوعية الضغط .





**biofouling Membrane**

## انسداد الحديد والمنجنيز
## Iron & Manganese fouling

- وهو الانسداد الناتج من هروب اكاسيد الحديد والمنجنيز المترسبة من الفلتر الرملى والقطنى
- ويتكون فى معظم الاحوال على سطح الاغشية الامامية من باوعية الضغط .

## ثالثاً : الغسيل الكيميائى Chemical Cleaning

- الغسيل او التنظيف الكيميائي هو عملية إزالة الملوثات من على أسطح الغشاء بالإذابة أو الفصل من خلال التفاعل الفيزيائي اوالكيميائي باستخدام مواد التنظيف الكيميائية.

**تحتاج محطة التحلية إلى الغسيل الكيميائي في الحالات الثلاثة الآتية : -**

1- انخفاض إنتاجية المحطة بنسبة 10%-15 % عن الوضع عند بداية تشغيل المحطة لأول مرة
2- ارتفاع فرق الضغط على الأغشية بنسبة 15%- 20 % عن الوضع عند بداية تشغيل المحطة
3- ارتفاع ملوحة المياه المنتجة بنسبة 15%- 20% عن الوضع عند بداية تشغيل المحطة

**ولتحديد نوع الغسيل الكيميائى المطلوب للاغشية يمكن اتباع طريقتين**

1- طريق قياس System Performance للمحطة باستخدام اجهزة القياس الـ instrumentation وتوقع الانسداد الموجود على سطح الاغشية من خلال الخبرة العملية .

2- طريقة الفحص لطبقات الأغشية (Visual Inspection) واخذ عينة من الرواسب المتكونة على سطح الاغشية وتحليلها لتحديد نوع الانسداد وكمية المواد المترسبة على سطح الغشاء

**أنواع الغسيل الكيميائي للأغشية :**

### 1- الغسيل القلوى – alkaline cleaners

- يتم عمل غسيل قلوى للاغشية بغرض ازالة الفولنج العضوى والحيوى ويتم استخدام مادة هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) بتركيز 0.1 % عند الظروف الاتية (PH = 12 ) 35°C max

- يمكن اضافة مادة detergents مثل مادة التراى صوديوم فوسفات **Na3PO4** لزيادة كفاءة الغسيل.

## 2 – الغسيل القلوى – alkaline cleaners

- يمكن تنفيذ غسيل للاغشية باستخدام مادتى Hydrogen Peroxide and Peracetic Acid بتركيز 0.2% لازالة التلوثات البيولوجية .

## 3- غسيل املاح الكبريتات - cleaners Sulfate Scale

- فى حالة ازالة الفولنج الناتج من ترسبات املاح الكبريتات Sulfate scale يتم استخدام مادة هيدروكسيد الصوديوم مادتى الاديتا (EDTA)- ethylene diamine tetraacetic acid بتركيز (بتركيز 1 %) + مادة هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) بتركيز 0.1 % عند الظروف الاتية (PH = 12 )- وظروف درجة حرارة حوالى 30°C max

## 4- الغسيل الحامضى - ACID cleaners :

- يتم عمل غسيل حامضى للاغشية بغرض ازالة ترسبات املاح كربونات الكالسيوم CaCO ويتم استخدام مادة حامض الهيدروكلوريك (HCL) بتركيز 0.2 % عند (PH = 2 ) 35°C max
- فى حالة وجود انسداد من نوع اكاسيد الحديد والمنجنيز يمكن استخدام مادة الستريك اسيد بتركيز 0.2 % عند الظروف الاتية (PH = 2-3 ) - 35°C max

## مكونات وحدة الغسيل الكيميائى لأغشية التحلية

1- خزان المواد الكيميائية ويتم صنعه من مواد مقاومة للتفاعل مع الكيماويات والتى تكون عادة ( مادة PVC فى حالة المحطات الصغرى او من مادة الفيبرجلاس المقوى فى حالة المحطات الكبرى ويت تزويده ببعض الملحقات الاخرى لاتمام عملية الغسيل الكيميائى على الوجه الامثل مثل الملاحقات الاتية .

أ- قلاب بقدرة مناسبة طبقاً لسعة الخزان وذلك لاذبة المواد المواد الكيميائية للغسيل

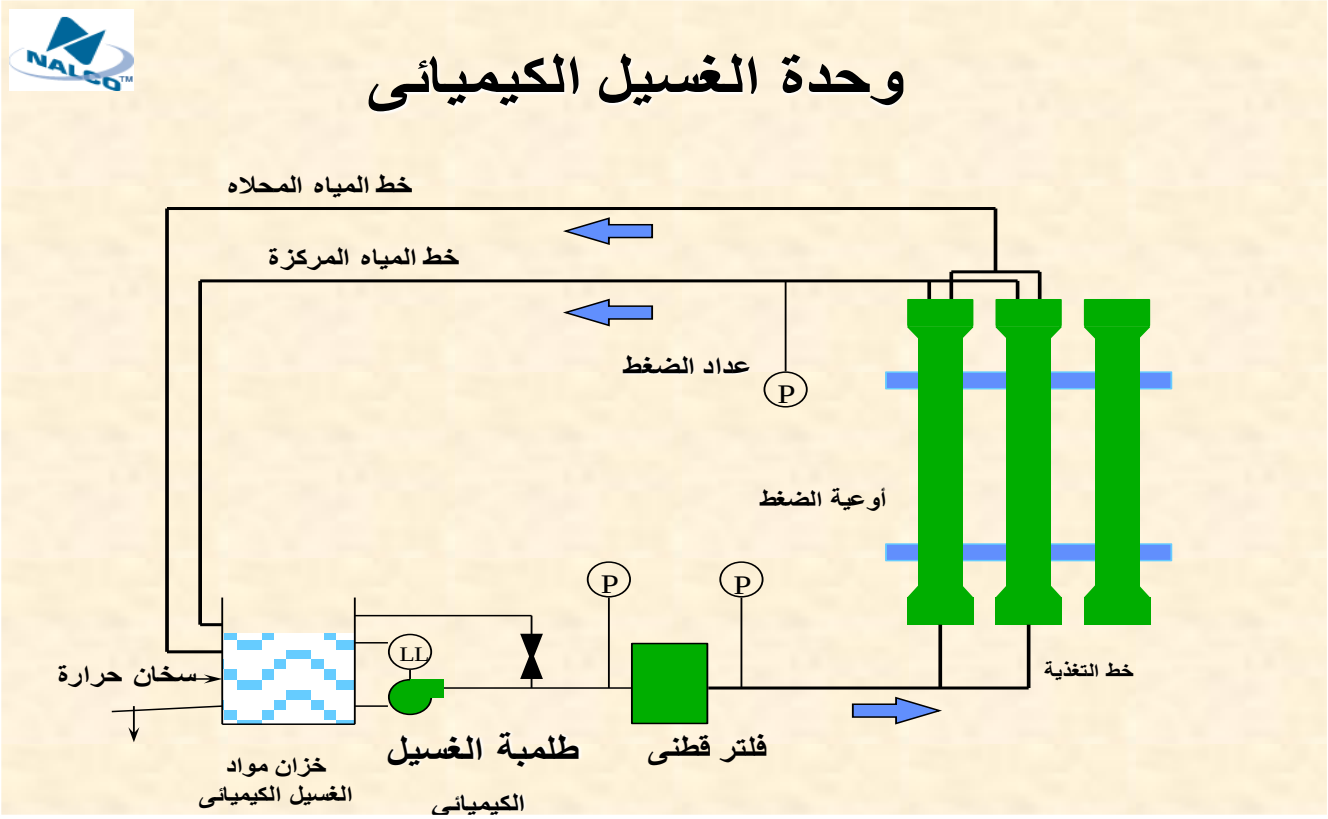
ب- **حساس قياس مستوى المحلول الكيميائي للخزان** ( ليقوم بإيقاف النظام في حالة انخفاض مستوى المحلول عن الحد المسموح به )

ت- **حساس الحرارة** يقوم بقياس درجة الحرارة محلول الغسيل الكيميائي وفى حالة وصول درجة الحرارة إلى اعلى او اقل من الحدود المسموح بها يقوم بإيقاف نظام الغسيل

ث- **حساس قياس الـ pH** يقوم بقياس قيمة الـ pH لمحلول الغسيل الكيميائي وفى حالة وصوله إلى اعلى او اقل من الحدود المسموح بها يقوم بإيقاف نظام الغسيل

2-طلمبة الغسيل الكيميائي بقدرة تصرف مناسب وضغط لا يقل عن 4 بار ملحق بها جهاز قياس تصرف + اجهزة قياس الضغط + محبس التحكم في مسار المحلول الكيميائي

**3-** فلتر قطني 5 ميكرون لتنقية الشوائب في محلول الغسيل قبل دخوله إلى خزان وحدة الغسيل أثناء عملية تدوير المحلول داخل الأغشية .




## الأحتياطات الواجب مراعاتها قبل واثناء عملية الغسيل:

- عمل شطف للاغشية بمياه محلاه خاليه من الكلور قبل تنفيذ الغسيل الكيميائى لازالة المياه الخام المالحة من الاغشية للوصول بالغسيل الكيميائى للنتائج المطلوبة .

- التأكد من أن المياه المستخدمة في عملية الغسيل مياه محلاه خالية تماما من الكلور الحر .
- التاكد من ان كافة التوصيلات والمحابس فى وضع الغسيل
- لا يزيد ضغط المياه على خط الغسيل عن 4 بار ويتم ضبطه من خلال محبس مضخة الغسيل
- الحد الأقصى لقيمة pΔ خلال الغسيل 20 ( 1.4 bar ) psi للغشاء الواحد .
- الحد الأقصى لقيمة pΔ خلال الغسيل 60 ( 4.1 bar ) psi للأنابيب المتعددة الأغشية .
- الا تزيد درجة حرارة محلول الغسيل عن ( 45C)
- ضبط قيمة الـ pH للمحلول المجهز داخل الخزان لا يقل عن( pH =2 )فى حالة الغسيل الحامضى ولا يزيد عن( pH =12 ) فى حالة الغسيل القاعدى .

- ملئ خزان الغسيل بالكمية المطلوبة من المياة المحلاه طبقا للحسابات المطلوبة الاتية ( كل غشاء 8 بوصة يحتاج إلى 25 – 35 لتر( عدد الاغشية X 30 لتر ) + 20% يتم التخلص عند بدء العملية وقبل ما بنعمل تدوير بالاضافة الى حجم الملى لخطوط المواسيروالوصلات ) .

- مراعاة شروط الأمان و السلامة المهنية للعمال و الفنين العاملين اثناء اجراء الغسيل الكيميائى طبقاً لمعدلات الخطورة وتعليمات data sheet للمواد المستخدمة.

## خطوط تنفيذ تنفيذ الغسيل الكيميائى ( Cleaning Proceudre ) :

**1-التحضير والخلط للكيماويات :**

- حيث يتم اذابة الكيماويات المناسبة لنوع الانسداد (fouling) الذى تم تحديده سابقاً مع ضبط قيمة PH و درجة الحرارة لحدود المناسبة .
- يتم أخذ عينة من المحلول النظيف قبل الغسيل والاحتفاظ بها لمقارنتها بمحلول بعد الغسيل

**2-التشغيل والضخ لمحلول الغسيل**

- يتم ضخ محلول الغسيل الى وحدة RO بمعدل تصرف بطىء ( Low Flow Rate ) من خلال محابس وحدة الغسيل لكى يكون إتجاه المحلول من خزان الغسيل إلى وحدة الاغشية (RO SKID) عبر Cartridge Filter الخاص بوحدة الغسيل لازالة اية شوائب أو كيماويات لم تذب بالماء بشكل كامل من محلول الغسيل
- يتم إعادة تدوير محلول الغسيل ( Chemical Soluttion Recycle ) من الخزان الى الوحدة ، ومن الوحدة الى الخزان مع متابعة مستمرة لدرجة حرارة و PH والحفاظ عليهما خلال عملية الغسيل فمثلاً اثناء الغسيل الحامضى يتم إستهلاك الحامض فى التخلص من الترسبات الغير عضوية ، وبالتالى تزيد قيمة PH فلو لوحظ أن PH زاد بمعدل 0.5 فعلينا اضافة كمية حامض للوصول الى القيمة المناسبة والتى ستكون أكثر فاعلية فى انجاح عملية الغسيل .

**3- النقع ( Soak ) :**

- حيث يتم توقف طلمبة الغسيل مع قفل محابس دخول وخروج وحدة RO ، والسماح للأغشية أن تبقى منقوعة بمحلول الغسيل لمدة حوالى ( 30-45 دقيقة ) قد تحتاج لمدة تزيد عن ساعة لنقعها طبقاً لحالة الغشاء .
- بعد إتمام عملية النقع نقوم بفتح محابس ودخول الوحدة ، ثم ضخ محلول الغسيل بمعدل عالى( ضعف المعدل البطىء السابق ذكره ) لازالة الترسبات fouling الذى حدث له تحلل نتيجة النقع Soaking .
- يتم اعادة عملية النقع واعادة التدوير حتى الوصول الى ثبات لون محلول الغسيل وقراءات قيم (PH) وقراءات قيم TDS .
- يتم أخذ عينة من محلول الغسيل المتبقى بعد الغسيل ومقارنتها من عينة من المحلول النظيف تكون قد احتفظت بها قبل الغسيل ، وبإجراء التحليل الكيميائى لكليهما تستطيع تحديد أنواع وكميات الترسبات والتوسخ التى تم التخلص منها من سطح الغشاء .

**4- صرف محلول الغسيل ( Drain ) والشطف :**

- بعد الانتهاء من عملية الغسيل نقوم بصرف محلول الغسيل المستعمل الى Drain المحطة .

- ثم يتم شطف وحدة ( RO Flush Out ) باستخدام ماء محلاه خالية من الكلور للتخلص من بقايا محلول الغسيل .
- يتم تشغيل وحدة التحلية والتخلص من الماء المنتج الى خط الصرف حتى الحصول على الجودة المطلوبة للمياه المحلاه .

**ج-3-1 التعرف على أنواع الكيماويات**

**1-** أنواع الكلور
**2-** أنواع المواد المروبة
**3-** أنواع مانع الترسيب
**4-** أنواع نازع الكلور
**5-** كيماويات معادلة الاس الهيدروجيني
**6-** كيماويات معادلة جودة المياه

## الكيماويات المستخدمة داخل محطات التحلية :

- لزيادة قيمة PH ---------- ( كربونات صوديوم - هيدروكسيد صوديوم )
- لخفض قيمة PH ---------- ( حامض كبريتيك - حامض هيدروكلوريك )
- لمنع ترسيب الاملاح------- ( الانتى سكالينت ( Anti scalant )
- لازالة العكارة ---------- ( كلوريد الحديديك – كبريتات الالمنيوم – البوليمرات )
- لتعقيم المياه---------- ( الكلور بجميع انواعه ( غازى – صلب – سائل )
- لازالة الكلور---------- ( الصوديوم ميتا بيسلفيت ( SMBS) – الفحم النشط )
- لازالة الحديد ---------- ( الاكسدة باستخدام الهواء او الاكسدة بالكلور )
- اضافة العسر ----------(كربونات الكالسيوم (الكالسيت)
- لاذابة الكالسيت ----------( ثانى اوكسيد الكربون ( CO2) – الاحماض )

## 1- انواع الكلور :

1- يستخدم الكلور كأحد الكيماويات التى يتم حقنها لمعالجة مياه التغذية ، ويتم إستخدامه للتخلص من Bio fouling التى تسببها الكائنات العضوية الدقيقة ، والتى منها البكتيريا والطحالب وغيرها .

2- والكلور بصوره الثلاثة (غازية ، سائلة ، صلبه ) ينتج عند ذوبانه فى الماء حمض الهيبوكلورس(**HOCl**)

( **$Cl_2 + H_2O \rightarrow HOCl + HCl$ الكلور الغازى (الكلورين -**

( **$NaOCl + H_2O \rightarrow HOCl + NaOH$ الكلور السائل - (الصوديوم هيبو كلوريد**

( **$Ca(OCl)_2 + 2\ H_2O \rightarrow 2\ HOCl + Ca(OH)_2$ الكلور الصلب -(الكالسيوم هيبو كلوريد**

3- من خلال التركيب الكيميائى لانواع الكلور المختلفة والية تفاعله مع الماء لانتاج حامض الهيبوكلورس **HOCl** نلاحظ الاتى :

4-الكلور الغازى ينتج فى التفاعل حامض HCl اى انه يقلل من قيمة PH

5-الكلور السائل ينتج فى التفاعل هيدروكسيد الصوديوم **NaOH** اى انه يزيد من قيمة PH

6-الكلور الصلب ينتج فى التفاعل هيدروكسيد كالسيوم **$Ca(OH)_2$** اى انه يزيد من قيمة PH

## الية عمل الكلور فى قتل البكتريا :

**7-** وحمض الهيبوكلورس **HOCl** يعتبر عامل مؤكسد قوى ، حيث يقوم بعمل أكسدة عكسية لإنزيمات الخلايا للكائنات البحرية الدقيقة ( بكتريا ، طحالب ) فيؤدى إلى وفاتها . **وعندما يضاف الكلور الى الماء يستهلك جزء منه في التفاعل مع الكائنات الحية التي تتواجد في الماء – وهذا الجزء يسمى بالكلور المستهلك ( chlorine demand) – ويبقى جزء اخر في الماء وهو ما يسمى بالكلور المتبقي(chlorine remand)** طبقا للمعادلة الآتية

**جرعة الكلور المستخدمة( المضافة) = الكلور المستهلك + الكلور المتبقى**

## 2- أنواع المواد المروبة :

- تعرف المواد المروبة بانها مواد كيميائية تحمل شحنات كهربية مخالفة للشحنات الموجودة على سطح المواد العالقة فى الماء بحيث يحدث تجاذب كهربى استاتيكى وتتجمع العوالق على سطح المادة المروبة فى صورة اكبر حجماً واعلى كثافة يمكن ترسيبها او حجزها على سطح الوسط الترشيحى الرملى .

### انواع المواد المروبة

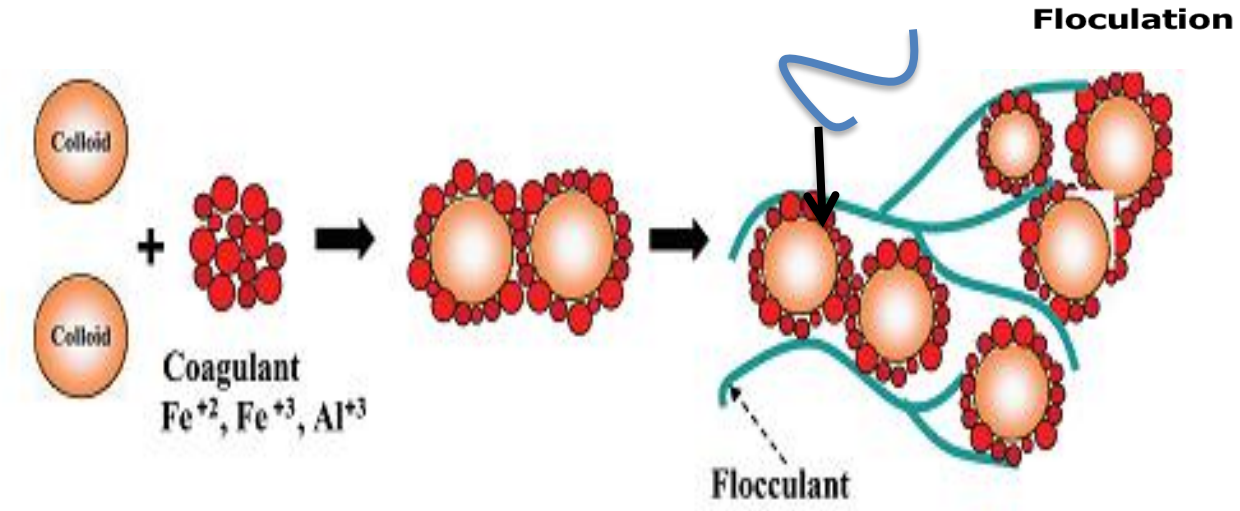
1- كبريتات الالمونيوم ( الشبه) AL2(SO4)3
2- بولى كلوريد الالمونيوم AL (OH) (CL)
3- كلوريد الحديدك Fe CL3
4- كبريتات الحديدك Fe (SO4)3
5- البليمرات المخلقة polymer cation flocculant

- ويتم تحديد الجرعة المطلوبة من المادة المروبة عن طريق المعمل الكيميائى باستخدام تجربة الكاسات او ما يعرف JAR TEST وذلك فى حالة وجود خزان ترسيب .

- اما فى حالة الحقن المباشر على خط التغذية قبل الفلاتر الرملية يتم حساب جرعة الحقن طبقاً لمبدأ الصواب والخطاء لحين الوصول الى افضل قيم لمقياس SDI

- فى حالة استخدام مادة البليمر المخلق (polymer cation flocculant) لابد من اخذ الحيطة عند اضافته نظراً لان اية زيادة فى جرعات الاضافة قد يودى الى هروب اجزاء من البليمر الى سطح الاغشية وتكون انسداد عضوى **Organic fouling**

- ويوضح الشكل التالى عملية الترويب وكيفية تكون الندف المترسبة




2. Flocculant bridging.

## 4- أنواع مانع الترسيب

### تعريف مانع الترسيب ( Antiscalant )

- هو مادة تستخدم لمانع لترسيب الأملاح الموجودة في مياه ال feed على سطح الاغشية ويتم حقنه في مرحلة الpretreatment، قبل دخول المياه علي الأغشية ال R.O .
- وظيفته هو تأخير التفاعل بين ال calcium magnesiumو ال bicarbonate بالتالي يمنع ظهور و تكون ال scaling علي سطح الأغشية.

### أنواع مانع الترسيب

- تختلف انواع مانع الترسيب طبقاً للتركيب الكيميائى والية العمل وطريقة التفاعل بين مانع الترسيب والقشور scaling المتكونة على سطح الغشاء ويذكر منها الانواع الاتية :

polyacrylic acids
carboxylic acids
polymaleic acids-
phosphonates
organo-phosphates
polyphosphates
anionic polymers

- ويتم تحديد معامل ترسيب الاملاح على سطح الاغشية طبقاً للترسيبات الكلسية المتوقعة على الاغشية من أملاح الكربونات أو السلفات والتعرف على قيم المتغيرات المستخدمة فى حساب الاس الهيدروجينى للتشبع PHS واستنتاج Langelier Saturation Index (LSI) لقيم TDS الاقل من 10000 مجم/ لتر او

$$LSI_c = pH_c - pH_s$$

- استنتاج معامل the Stiff & Davis Stability Index (S&DSI) لقيم TDS الاكبر من 10000 مجم/ لتر عن طريق تحديد كميات ونسب المكونات الكيميائية للاملاح الذائبة ومنها يتم تحديد جرعات الكيماويات المطلوبة للمحطة لمنع الترسبات الملحية وتكون القشور على سطح الاغشية .

$$S\&DSI_c = pH_c - pH_s$$

**$(pH_c)$= pH of the concentrate stream**

$$pH_s = pCa + pAlk + "K"$$

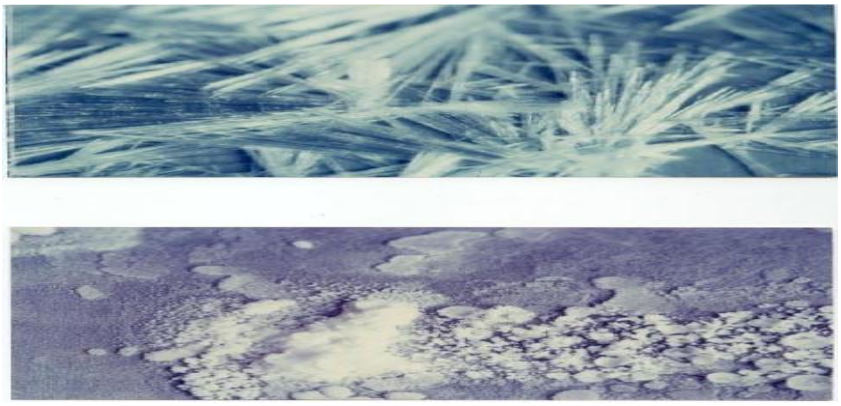
**$(pCa)$ = function of $Ca_c$**

**$(pAlk)$= function of $Alk_c$,**

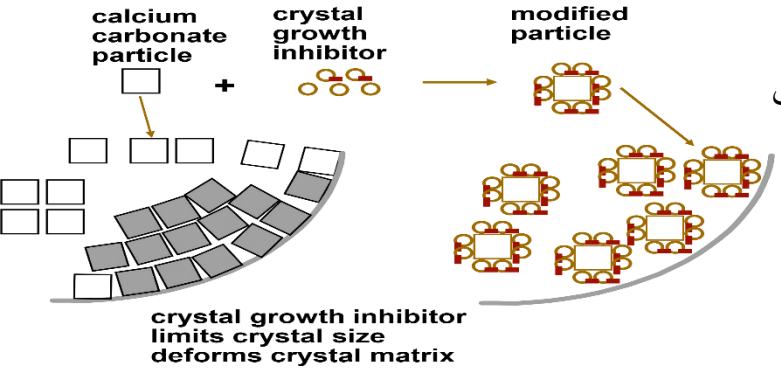
**K= versus ionic strength and temperature**

## ميكانيكية عمل مواد مانع الترسيب

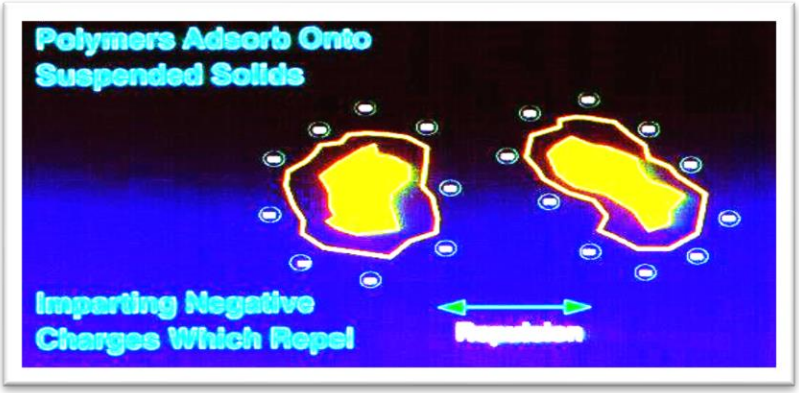
**معظم مواد مانع الترسيب المستخدمة داخل محطات التحلية تعمل باربعة طرق رئيسية**



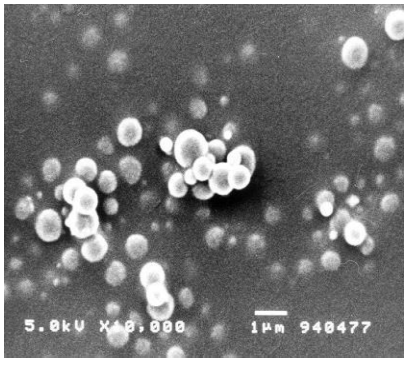
**التشـــــويه DISTORTION**
حيث يعمل مانع الترسيب على تشـوية كريســتالات القشــور ومنع تكونها على سطح الغشاء

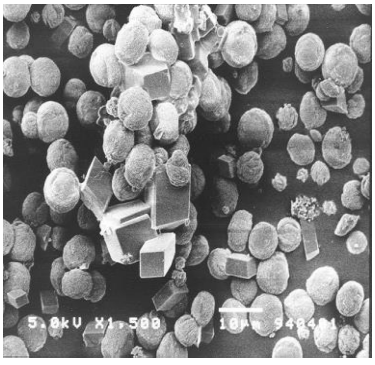



**وقف النمو والتكوين THRESHOLD MECHANISM** حيث يعمل مانع الترسيب على وقف التفاعل للمواد المكونة للكريستالات المكونة للقشور




**التشـــتيت DISPERSION** حيث يعمل مـانع الترسيب كطبقة عازلـــة بـــين الغشـــاء والســـطح الخـــارجى للكريســـتالات المكونـــة للقشـــور وبالتـــالى منـــع ترســـيبها على سطح الغشاء .




**المركبات المخلبية CHELATION** حيث يكون مانع الترسيب يحمل فى تركيبه مواد كيميائية تسمى بالمركبات المخلبية والتى تحمل ايونات لها القدرة جذب ذرات العناصر المكونة للكريستالات المكونة للقشور وبالتالى منع ترسيبها على سطح الغشاء .

## 5- أنواع نازع الكلور

- نظراً لتأثير الكلور على مادة صنع الغشاء حيث يعتبر الكلور عامل مؤكسد قوى للمادة التي يصنع منها الغشاء والذى يؤدى إلى تلفها عند تركيزللكلور ( 0.1 مجم/لتر ) خلال مدة زمنية ( 0.5-2 ) ساعة مما يستوجب أن يتم التخلص من هذا الكلور من مياه التغذية قبل دخولها على الأغشية ،

### طرق التخلص من الكلور المتبقى في المياه الخام بمحطات التحلية

1- **الكربون النشط ( Activated Carbon) .**

- فى بعض محطات التحلية يتم خلال إدراج ما يطلق عليها الفلاتر الكربونية Carbon Filters، وتعبأ بما يطلق عليه الكربون النشط **C** الذى يقوم بعمل إمتزاز Adsorptionللكلور **2HOCl** فيخلص الماء منه طبقا للمعادلة الآتية:

$$C + 2HOCl \rightarrow HCl + CO2$$

2- **الصوديوم باى سلفات : ( Sodium Bi Sulphite ( SBS)**

- حيث يتم اضافة مادة الصوديوم باى سلفات (**SBS** ذات الرمز الكيميائى ( 2NaHSO3 ) الذى يقوم بإختزال حمض الهيبوكلورس(2HOCl) قبل وصول ماء التغذية إلى الأغشية طبقا للمعادلة الآتية:

$$2NaHSO3 + 2HOCl \rightarrow H2SO4 + 2HCl + Na2SO4$$

- ويتم اضافة SBS الى مياه التغذية المحتوية على كلور بمعدل 3جم/م3

SBSلكل1جم/م3 كلورمتبقى **( وليس كلور مضاف )**

- كما يمكن إستخدام ( SBS )فيما يطلق عليه Shock Treatment ، وتتم عندما يتوقع نمو بيولوجى ، وتتم بحقن جرعة قيمتها ( 500 – 1000 ppm )خلال نصف ساعة خلال التشغيل العادى .
- ويتم قياس نسبة الكلور المتبقى الموجودة بالمياه قبل الدخول على الاغشية بجهاز Oxidation Reduction Potential ORP و يتم ضبط جهازORP وربطه بوحدة تحكم فى تشغيل وتوقف وحدة التحلية حيث يتم ضبط قيم التشغيل الامن لمحطة التحلية عند قيم ORP فى حدود (150- 300) ميللى فولت وفى حالة ارتفاع تلك القيمة اعلى من 300 ميللى فولت يدل ذلك على ان مياه التغذية تحتوى على نسب من الكلور المتبقى مما يستلزم توقف المحطة فوراً لمنع مرور الكلور الى الاغشية وتلفها .

## 5- كيماويات معادلة الاس الهيدروجينى PH

**الكيماويات المستخدمة لمعادلة الاس الهيدروجيني PH داخل محطات التحلية :**

- لزيادة قيمة PH ---------- ( كربونات صوديوم - هيدروكسيد صوديوم )
- لخفض قيمة PH ---------- ( حامض كبريتيك - حامض هيدروكلوريك )

ترتبط نوعية قلوية الماء بقيمة PH للماء بمعنى عندما تكون قيمة PH > 6.3 تعنى ان الماء يحتوى على تركيزات عالية من Co2 الذى قد يتأكسد جزء منه إلى حمض الكربونيك الذى يصل بقيمة PH حتى أقل من 4.2 .

- وعندما يتساوى تركيزى قلوية الماء وثانى أكسيد الكربون تكون قيمة PH = 6.3
- مما يعنى أن الماء يكون تام التعادل عند قيمة PH = 6.3 ، ولكن يفضل شربها عندما تزيد قلويتها قليلاً يعنى حول PH = 7
- ولكن مع الحذر الشديد ألا تصل قيمة PH لمياه التغذية إلى PH = 8.5 خوفا من حدوث ترسبات من أملاح الكربونات مما يعنى انه يلزمنا حقن

حامض الى المياه لخفض قيم PH الى الحدود التى تمنع او تحد من تكون ترسبات Scaling على سطح الاغشية .

- ولابد ان تكون عملية حقن الحمض مدروسة ومحددة حيث أن نقص حقنه يؤدى إلى مشكلة تكون Scaling وزيادة حقنه يؤدى إلى مشاكل تآكل ( Corrosionللأجزاء المعدنية بالمحطة

- ولزيادة جرعة حقن الحامض بعض المشاكل نتيجة زيادة تركيز الشق الخاص به فى الماء ، يعنى زيادة جرعة حقن حامض الكبريتيك يزيد من تركيز أيون الكبريتات فى الماء ، وزيادة جرعة حقن حامض الهيدروكلوريك يزيد من تركيز أيونات الكلوريدات بالماء ، وكلاهما ( الكبريتات والكلوريدات ) قد تكون هى نفسها سببا" فى حدوث . Scaling .

## 5- كيماويات معادلة جودة المياه :

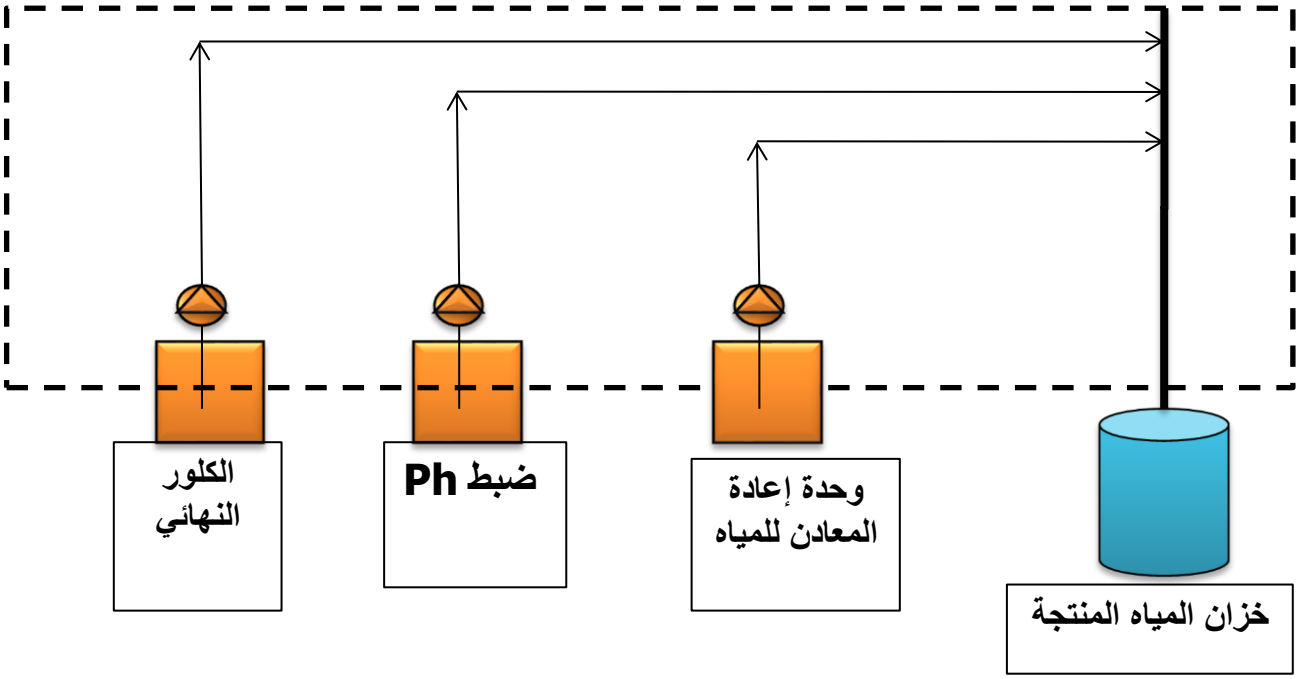
## كيماويات معادلة جودة المياه المنتجة

- لزيادة قيمة PH ---------- ( كربونات صوديوم - هيدروكسيد صوديوم )
- لخفض قيمة PH ---------- ( حامض كبريتيك - حامض هيدروكلوريك )
- اضافة العسر ----------(كربونات الكالسيوم (الكالسيت)

- لاذابة الكالسيت ----------( ثانى اوكسيد الكربون ( CO2) – الاحماض )

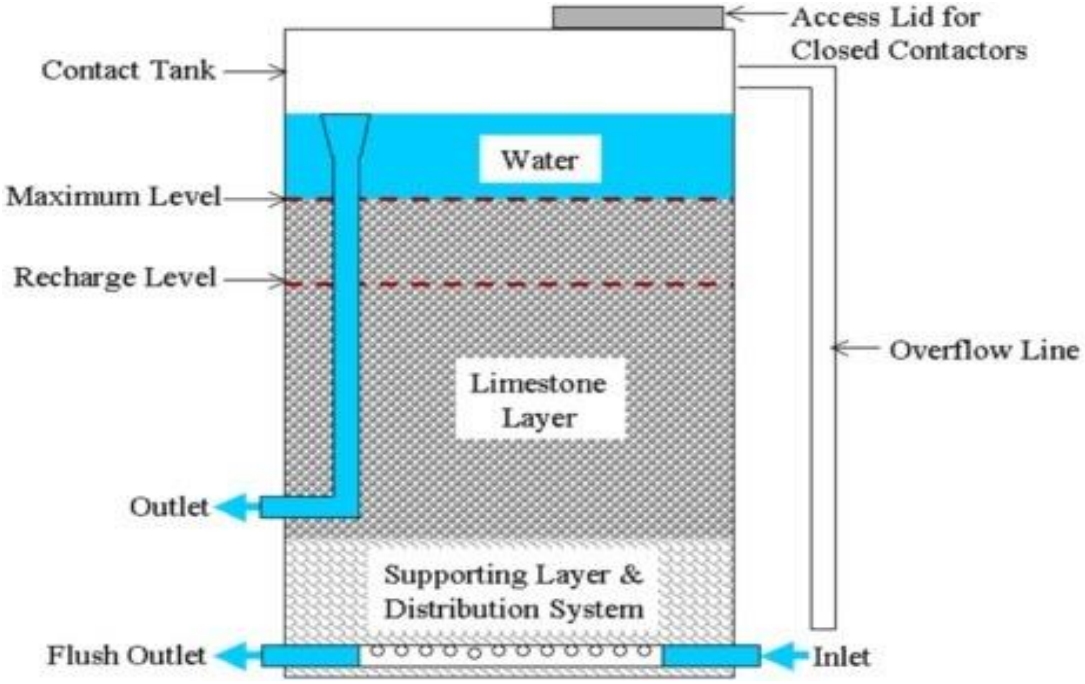
- نظراً لأن المياه المحلاة المنتجة من محطات التحلية بنظام الضغط الإسموزى العكسي تتصف بأنها مياه منخفضة الملوحة ( وشديدة اليسر ) مما يجعلها شديدة الشراهة لإذابة الأملاح والتفاعل مع المعادن وهذا يؤثر علي تآكل الخزانات وخطوط

المياه وشبكات التوزيع المعدنية مما يودى إلى ظاهرة المياه الصفراء عند فتح صنبور المياه لذلك يتم إضافة بعض الكيماويات إلى المياه المنتجة بهدف تحسين جودة المياه ومطابقتها لمواصفات مياه الشرب تبعاً لاشتراطات وزارة الصحة لمواصفات مياه الشرب وهى تتضمن الأتي :




## منظومة وحدة إعادة المعادن للمياه (Remineralization) او فلتر الكالسيت

- تسمى هذه العملية بالتلامس بين المياه المحلاه وحبيبات الكالسيوم كربونات فى وجود حقن لمادة $CO_2$ بهدف تقليل شراهة المياه واضافة عنصر بيكربونات الكالسيوم الى الماء لزيادة عسر الماء ورفع قلوية الكلية وتحسين الطعم للمياه ويبين الشكل التالى تصميم فلتر الكالسيت .




- ونظراً لان تفاعل الماء مع الكالسيت فى وجود CO2 ينتج عنه انخفاض لقيمة PH مما يلزم ضبط قيمة PH للحدود المطلوبة .

2- عملية حقن مادة كربونات الصوديوم الغذائية او هيدروكسيد الصوديوم إلى المياه المنتجة بهدف رفع قيمة الى حدود (6.5 -8.5).

3- عملية التعقيم للمياه المنتجة وهى عملية إضافة الكلور إلى المياه المنتجة بهدف تعقيم المياه داخل خطوط النقل والخزانات حتى تصل المياه إلى المستهلك خالية من الكائنات الميكروبية الدقيقة ( البكتيريا والفيروسات ).

## ج-3-2 التعرف على الطرق المثلي لتداول الكيماويات :

- سنتعرف خلال هذا الجزء على طريقة اضافة الكيماويات المستخدمه فى محطات المياه وكذلك معدلات التخفيف للمحاليل وطرق حسابات الكمية المطلوبة من الكيماويات المضافة وضبط مضخات الحقن للكيماويات Chemical dosing pump.
- وعملية ضبط حقن كمية الكيماويات المضافة لمنظومة التحلية تتوقف على العوامل الاتية .

- **جرعة الاضافة** ويقاس بوحدة ( مجم /لتر ) = ( جم / م3 ) = ( ppm)
- **تصرف المياه** و يقاس ب ( م3/ساعة )( م3/ يوم) او ( جالون / اليوم ) او (جالون / الدقيقة) الجالون البريطانى = ( 4.54 لتر ) – الجالون الامريكى = ( 3.78 لتر)
- **تركيز المادة المضافة**
- **تصرف طلمبات الحقن للكيماويات المضافة**
- **معدل التركيز** للمادة الكيميائية المضافة داخل خزانات التجفيف والتحضير

**- حساب كمية المادة المطلوبة اضافتها من خلال المعادلة الاتية :**

الكمية المادة المضافة = جرعة الاضافة × التصرف

**- حساب تركيز المادة داخل خزان تحضير الكيماويات من خلال المعادلة الاتية**

تركيز المادة الكيميائية = كمية المادة الخام بالجرام / سعة خزان التحضير

**- حساب كيفية ضبط تصرف طلمبة حقن الكيماويات من خلال المعادلة الاتية**

معدل تصرف طلمبة الحقن = ( الجرعة × التصرف ) / تركيزالمحلول المخفف

## مثال :

- لو انا لدينا محطة تحلية تصرف مياه التغذية بها = 100 م3/س ويتم حقن مادة مانع الترسيب تركيزه 100% بجرعة (2ppm) وتم اضافة 20 كجم من مادة مانع الترسيب داخل خزان تحضير سعة 100 لتر احسب معدل تصرف طلمبة الحقن بوحدة لتر / ساعة .

كمية المادة المضافة = ( 2 × 100 ) = 200جم/ م3

تركيز المادة الكيميائية = 20000 / 100 = 200جم/ لتر

معدل تصرف طلمبة الحقن = ( 2 × 100 )/ 200 = 1 لتر/ ساعة

- لذا على المشغل اخذ الاحتياطات اللازمة عند حساب معدلات التجفيف مراجعة الشركات المصنعة فيما يخص معدلات التجفيف الموصى بها للمواد الكيميائية بما لا يوثر على كفاءة عملها .
- يجب مراجعة تصرف طلمبات حقن الكيماويات بما يضمن تشغيل الطلمبة بالكفاءة المطلوبة مع ضمان عدم مكوث المادة داخل خزان التحضير اكثر من ثلاثة ايام .

## ج- 3-3 اشتراطات الأمان عند تخزين الكيماويات :

- تمثل استخدامات المواد الكيميائية داخل محطات التحلية دوراً كبيراً فى عمليات التشغيل داخل المحطة حيث تعتبر من اكثر العمليات التى تستهلك وقت فى تنفيذ اعمال التداول والحفظ والتخزين ثم يتبعها اجراءات النقل والاستخدام والتحضير وضبط جرعات الاضافة وتحديد كميات الاستهلاك حيث يتم استخدامها بجميع مراحل التحلية بداية من المعالجة الابتدائية وحتى المعالجة النهائية وتامين المياه حتى الوصول الى المستهلك النهائى
ولكنها تعتبر سلاح ذو حدين فإذا أحسن استخدامها ادات الى تحسين اداء المحطة واستقرار الاجراءات التشغيلية وتقليل تكاليف التشغيل والصيانة ولكن اذ لم يتم ضبطها طبقاً لاجراءات التشغيل القياسية من حيث جرعات الاضافة ادت الى الانهيار السريع لنظام التشغيل للمحطة والتى قد تصل الى عدم قدرة المحطة على تحقيق المطلوب فيما يتعلق بانتاج مياه صالحة للشرب وبالكميات المطلوبة .

### حالات المواد الكيميائية:

توجد المادة الكيميائية في بيئة العمل فى إحدى الصور التالية

1- **سائلة :** ( الأحماض - القلويات - المذيبات) مثل ( المواد المروبة – الاحماض – مانع الترسيب – الكلور السائل- الصودا الكاوية السائلة ) وتتمثل خطورتها على الانسان فى انها تدخل عن طريق امتصاص الجلد أو البلع
2- **صلبة:** ( عضوية - غير عضوية ) مثل( الكلور الصلب – المواد المروبة الصلبة مثل الشبه – مادة نزع الكلور SBS - الصودا الكاوية الصلبة - الكالسيت ) وتمثل خطورتها فى غبار المواد الكيميائية التى تدخل للانسان عن طريق( الأنف- الفم – العين )
3- **غازية :** (الأبخرة - الغازات) مثل ( الكلور الغازى- الغازات الناتجة عن تبخرالمواد الكيماوية - غاز $CO_2$ ) وتمثل خطورتها فى التى تدخل للانسان عن طريق الأنف او العين .

### أسباب خطورة المواد الكيماوية

**تعتبر المواد الكيميائية من أشد وأخطر ما يواجه الإنسان لأسباب كثيرة نذكر منها ما يلي :-**

- قدرتها على النفاذ إلى جسد الإنسان عن طـريق ( الجهاز التنفسي والهضمي والجلد ) والذى ينتج عنه التاثير السريع خلال مدة زمنية قصيرة .
- بعض هذه المـواد ليس لها طعم ولا لون ولا رائحة وبالتالي يصعب على الإنسان الإحساس بها عند التعرض اليها
- سرعة انتشار هذه المواد من أماكـن تواجدها مما يودى الى اصابة عدد كبير من الاشخاص خلال مدة زمنية قصيرة
- معظم الاصابة الناتجة عن التعرض للمواد الكيميائية تؤدى إلى عدم الاتزان وتؤثر على كفاءة بعض أعضـاء الجسم
- توثر على أجهزة ومعدات العمل بالصدأ أو التآكل أوالانفجار أوالحريق الذاتي

**اشتراطات السلامة والصحة المهنية الواجب توافرها لوقاية العاملين من مخاطر المواد الكيميائية :**

- يجب توعية العاملين بمخاطر المواد الكيميائية الموجودة في بيئة العمل وكيفية حماية أنفسهم منها والالتزام بالتنبيهات والتحذيرات التي تصدر عن الشركات المنتجة للمواد الكيميائية
- توفير مهمات الوقاية الشخصية للعاملين والتي تتناسب مع طبيعة العمل الذي يقوموا به وان تكون مطابقة للمواصفات الفنية لذلك
- توفير أدشاش المياه للطوارئ لإزالة ما يعلق بالجسم من ملوثات كيميائية ضارة مع توفير معدات النظافة مثل ( الصابون والمناشف وغيرها ) بأماكن العمل بحيث يسهل الوصول إليها .
- يجب أجراء الفحص الطبي الابتدائي على العمال عند التحاقهم بالعمل الذى يعرضهم للكيماويات لاكتشاف أي حالة مرضية قد تظهر عند تعرضهم للملوثات الكيميائية مع تكرار الفحص الطبي الدوري على العمال المعرضين للمخاطر الكيميائية لاكتشاف أي مرض مهني مبكراً نتيجة التعرض لها والتأكد من السلامة الطبية العمال .
- توفير اجهزة القياسات الدورية اللازمة للمخاطر الكيميائية فى بيئة العمل وتسجيلها بصفة دورية للتأكد من أنها ضمن الحدود المسموح بها .
- استخدام المعدات التي لا ينتج عن استعمالها أي شوائب أو ملامسة العاملين للكيماويات او اختيار الآلات التي تدار ميكانيكياً بحيث يمكن تشغيلها مع بقاء العامل بمأمن من التعرض لاستنشاق الغازات أو الأبخرة أو الأتربة أو السوائل الضارة .

- تركيب معدات واجهزة التهوية بمكان تصاعد الغازات أو الأبخرة الضارة لتجميعها والتخلص منها باستخدام الشفط أو بعد الترطيب لإزالتها فى أماكن ترسبها حتى تصل إلى محيط العمال .

## إجراءات واحتياطات السلامة في تداول وتخزين المواد الكيميائية :

- استخدام المعدات والالات التي التى تقلل من التعامل والتلامس المباشر بين العاملين والكيماويات المستخدمة سوء بالاستنشاق او الملامسة المباشرة .
- يجب تقسيم المخازن الى مخازن منفصلة طبقاً للمواصفات الفيزيقية والكيميائية وبما لا يوثر على كفاءة عملها نتيجة التخزين اما المخازن ذات المساحات الكبيرة إلى يتم تقسيمهامن الداخل الى وحدات صغيرة بإقامة فواصل من مواد مقاومة للنيران .
- يجب أن يتم وضع المواد المخزنة المتوقع تلفها نتيجة تعرضها للمياه فوق قواعد خشبية ترفعها عن مستوى الأرضيات بمسافة لا تقل عن ثلاث بوصات .
- يجب أن يتم تخزين كل نوع مميز من المواد على حده حتى يسهل التعرف عليه .
- فى حالة وجود تخزين بالعراء لابد من تغطيتها باغطية مناسبة لحمايتها من التأثيرات الجوية .
- توفير أجهزة الإطفاء وحنفيات الحـــريق بمواقع التخزين كماً وكيفاً بما يتناسب مع المساحات ونوعية المواد المخـــــزونة مع التاكيد على توزيعها في المواقع المناسبة وظاهرة يسهل التعرف والوصول إليها.

## اشتراطات الأمان والتخزين ومعدلات الخطورة للكيماويات المستخدمة داخل محطات التحلية

| اسم المادة الكيميائية | | صور المادة | معدل الخطورة | التاثير الجسدى | اشتراطات الامان والتخزين |
|---|---|---|---|---|---|
| **الكلور** | **الكلورين** | **الغازى** | **عالية جداً** | خانق للتنفس | توفير عنابر خاصة متوفر بها ابراج تعادل ووسائل التغلب على تسرب الكلور . |
| | **الكالسيوم هيبوكلوريد** | **الصلبة** | **ضعيفة** | حارق للجلد بالتلامس المباشر | يجب التخزين فى عنابر جافة وخالية من الرطوبة وغير معرضة لاشعة الشمس المباشرة |
| | **الصوديوم هيبوكلوريد** | **السائلة** | **متوسطة** | حارق للجلد بالتلامس المباشر | يجب التخزين فى عبوات صغيرة يسهل تداولها ومحكمة الغلق للحفاظ على تركيزها وغير معرضة لاشعة الشمس المباشرة |
| **المواد** | | **الصلبة** | **متوسطة** | حارق للجلد | يجب التخزين فى عنابر جافة وخالية من |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **المروبة** | **الشبه او كلوريد الحديدك** | | | بالتلامس | الرطوبة وغير معرضة لاشعة الشمس |
| | | **السائلة** | **عالية** | حارق للجلد بالتلامس | يجب التخزين فى خزانات خاصة مع توفير معدات ميكانيكية نظراً لتاثيرهها الحامضى |
| | **بليمرات** | **السائلة** | **متوسطة** | حارق للجلد بالتلامس | يجب التخزين فى عبوات صغيرة يسهل تداولها ومحكمة الغلق للحفاظ على تركيزها وغير معرضة لاشعة الشمس المباشرة |
| **مانع الترسيب** | | **السائلة** | **متوسطة** | حارق للجلد بالتلامس | يجب التخزين فى عبوات صغيرة يسهل تداولها ومحكمة الغلق وغير معرضة للشمس |
| **مادة نزع الكلور** | | **الصلبة** | **متوسطة** | حارق للجلد بالتلامس | يجب التخزين فى عنابر جافة وخالية من الرطوبة وغير معرضة لاشعة الشمس |
| كيماويات معادلة الاس الهيدروجيني **PH** | **زيادة PH** | **السائلة** | **عالية جداً** | حارق للجلد بالتلامس | يجب التخزين فى خزانات خاصة مع توفير معدات ميكانيكية نظراً لتاثيرها شديد القلوي |
| | | **الصلبة** | **عالية** | حارق للجلد بالتلامس | يجب التخزين فى عنابر جافة وخالية من الرطوبة وغير معرضة لاشعة الشمس |
| | **خفض PH** | **السائلة** | **عالية جداً** | ابخرة سامة | يجب التخزين فى خزانات خاصة مع توفير معدات ميكانيكية نظراً لتاثيرها الحامضى |
| كيماويات معادلة جودة المياه | **ضبط PH** | **صلبة او سائلة** | **عالية جداً** | حارق للجلد بالتلامس او ابخرة سامة | يجب التخزين فى خزانات خاصة مع توفير معدات ميكانيكية نظراً لتاثيرها شديد القلوي**او** الحامضى |
| | **الكالسيت** | **الصلبة** | **ضعيفة** | اتربة خانقة للتنفس | يجب التخزين فى عنابر جافة وخالية من الرطوبة وغير معرضة لاشعة الشمس |
| | **CO2** | **غازية** | **عالية جداً** | غاز خانق وسام | توفير عنابر خاصة مع توفير وسائل الامان ووسائل التغلب على التسرب نظراً لتاثيره الحامضى . |

## المراجع

- تم بواسطة الإدارة العامة للمسار الوظيفى
- و إعداد السادة :-

| | |
|---|---|
| ➢ مهندس/ حازم صلاح ترك | شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالبحر الأحمر |
| ➢ مهندس/ أحمد كمال مرعى | شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالبحر الأحمر |
| ➢ مهندس/ شريف فريد أحمد | شركة مياه الشرب والصرف الصحى بسيناء |
| ➢ كيميائى/ جلال الشحات جلال | الشركة القابضة |

- وقام بإبداء الرأى لهذا البرنامج كلاً من :-

| | |
|---|---|
| ➢ كيميائية / ميسة صلاح الدين إسماعيل | شركة مياه الشرب بالإسكندرية |
| ➢ مهندس/ محمد بكر محمد | شركة مياه الشرب بالإسكندرية |
| ➢ كيميائية / أميرة محمد | شركة مياه الشرب والصرف الصحى بمطروح |
| ➢ مهندس / شحات ماهر | شركة مياه الشرب والصرف الصحى بمطروح |

حقوق الطبع محفوظة
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى
الإدارة العامة للمسار الوظيفى - إدارة الصناع

للاقتراحات والشكاوى قم بمسح الصورة (QR)