

## محاضرات وحدة عمليات النظري / المرحلة الرابعة / فرع الكيمياء التطبيقية

### الفصل الأول

بسم الله الرحمن الرحيم { وجعلنا من الماء كل شيء حي } صدق الله العظيم

الماء من العناصر الجوهرية والأساسية لبناء الكائنات الحية على مختلف أنواعها وأشكالها فهو  
العنصر الأساسي للحياة.

مصادر الموارد المائية:

يوجد الماء في الطبيعة على الأشكال التالية:

أ - مياه سطحية : وهي المياه التي تجري على سطح الأرض كالأنهار والجداول  
والبحيرات والبرك.

ب - مياه جوفية : وهي المياه الموجودة في باطن الأرض .

ج - مياه الأمطار والثلوج .

د - مياه المعالجة .

تحتوي المياه الطبيعية بصفه عامة على بعض الشوائب اما عالقة واما ذائبة .وحيثما يوجد  
الماء فانه يجب معالجته لملائمة الغرض من أستخدامه ، ويمكن التخلص من معظم المواد  
العالقة في الماء بالترسيب أو الترشيح ، أما المواد الذائبة فأنها يتم التخلص منها بعمليات  
التبادل الأيوني أو التناضح العكسي أو بالطرق المختلفة لتحلية المياه المالحة.

## كيمياء المياه:

يتكون الماء كيميائياً من ذرة أوكسجين وذرتي هيدروجين  $H-O-H$  عن طريق رابطتين تساهميتين تشكلان زاوية  $105^\circ$ ، يبين الشكل ذرتين من الهيدروجين في جزئ للماء ترتباً على جانبي ذرة من الأوكسجين . والرابطة ما بين ذرتي الهيدروجين وذرة الأوكسجين جعلت جزيء الماء جزيء ذو قطبين أحدهما سالب والآخر موجب ويمكن أيضاً للأوكسجين أن يرتبط بروابط هيدروجينية ضعيفة مع ذرات الهيدروجين وجذبها اليه وبالتالي يتشكل التركيب البنائي لاتحاد التراكيب الكيميائية لجزيء الماء.

ومن خواص الماء انه عديم اللون في حالة وجوده في طبقات رقيقة غير انه يأخذ لونا ازرق يميل للأخضرار عند وجوده في طبقات سميكة نظرا لأنعكاس لون السماء على سطح الماء وعلى العكس من جميع المواد الأخرى فإن المياه تنفرد بأن كثافتها تزداد باستمرار التبريد ، وأعلى كثافة للماء عند درجة  $4^\circ C$  ، غير أن الكثافة تقل مرة أخرى عند زيادة التبريد الى درجة الصفر المئوي .

قد تحتوي المياه الأولية على مواد عالقة كبيرة الحجم غروية الخواص ومواد تامة الذوبان،فإن الشوائب الموجودة في المياه تسبب عند تبخير الماء في المبخرات وأيضاً عند ارتفاع درجة حرارتها(في المبادلات الحرارية) تكوين الرواسب القشرية الأولية والثانوية وتكوين الرواسب الملحية في التوربينات البخارية.

ويمكن تقسيم المواد والشوائب الموجودة في المياه الأولية اللازم معالجتها الى ثلاثة أقسام :

١- مواد عالقة كبيرة الحجم.

٢- مواد عالقة دقيقة (غروية).

٣- مواد تامة الذوبان في الماء(أملاح وغازات).

ولذا فإن الغرض من المعالجة للمياه يتلخص فيما يلي:

١- التخلص من المواد الطافية والأعشاب والأجسام الغريبة،وهذا يتم بواسطة الشبكات المقامة للتخلص من هذه المواد.

٢- التخلص من المواد الغروية الدقيقة الحجم وحببيبات الطين او الطمي للحصول على مياه ذات شفافية عالية ،وهذا يتم في المرسبات ثم المروقات ثم المرشحات .

٣- حقن الكلور في خط سحب المياه الأولية لأكسدة المواد العضوية والقضاء على الصدفيات والأعشاب المائية والطحالب....الخ.

وحدة معالجة المياه :

تستخدم هذه الوحدة لإنتاج ماء خالي من الأملاح وبمواصفات معينه ويتم ذلك بسحب ماء

النهر بواسطة مضخات خاصة ومن ثم الى :

**أحواض الترسيب ( Settling Tanks ):**

تسمى العمليات التي يتم فيها إزالة المواد العالقة التي تسبب عكارة المياه بعمليات الترسيب ، وفيها ترسب المواد العالقة تحت تأثير وزنها او تأثير الجاذبية الى أسفل الخزان .

وتتم عمليات الترسيب في المرسبات الرأسية ، حيث يمكن التخلص من الجزيئات الثقيلة نسبيا .وتحدد كفاءة المرسبات بسرعة المياه الداخلة ومساحة سطح الترسيب وفترة الانتظار . فإذا

أزدادت سرعة المياه الداخلة الى المرسب قلت جودة المياه الناتجة .ويمكن التقليل من سرعة المياه في المرسب بزيادة قطره وبالتالي تزداد فترة الانتظار التي يسمح خلالها للماء بالتواجد

لعدة ساعات داخل المرسب في حالة قريبة من السكون مما يسمح بترسيب المواد العالقة

(suspended solid) وبالتالي يؤدي ذلك الى جودة المياه الناتجة ،على انه يجب أن يفهم أنه

من الصعب ازالة المواد العالقة تماما في مثل هذه المرسبات.

## التخثير والترقيق (Coagulation & Flocculation):

أن انتاج الماء الصالح للشرب من مصادره يحتاج الى سلسلة من الوحدات والعمليات للمعالجة. ومن هذه العمليات المهمة هي عملية التخثير والترقيق ، والتي سنناقشها في هذا الفصل .

أن عملية التخثير والترقيق هما عمليتان رئيسيتان في خطوات معالجة المياه ، علما أن عملية التخثير هو عملية جمع العوالق الغروية والشوائب والتي تظهر خواص ترسيبية ضعيفة وعموما فأن الجزيئات التي تكون لحد ٥٠ مايكرون يمكن فصلها بالترسيب اعتمادا على كثافتها.

ولأجل زيادة معدل ترسيب الحبيبات الغروية فإنه أمر حتمي أن تتجمع هذه الحبيبات بواسطة بعض العوامل المساعدة . وبما أن العوالق الغروية ثابتة وتحمل شحنات تشابهة،فأنها تكون غير قادرة على التجمع التلقائي لتكون حبيبات اكبر والتي عندها يمكن أن تترسب من الماء . ان المواد المخثرة (المليدة) تساعد المواد العالقة والغروية للوصول الى خواص الترسيب.

### ميكانيكية عملية التخثير :

أن الترسيب الطبيعي يكون غير عملي ولذلك فمن الضروري استخدام طرق لتجميع الحبيبات الصغيرة الى حبيبات أكبر والتي عندنا سيكون لها سرعات ترسيب مطلوبة وعملية تكون الحبيبات الكبيرة من الحبيبات الصغيرة هي أيضا مهمة وذلك لأزالتها بالترشيح .تاريخيا ان كلمات التخثير والترقيق قد استخدمت لوصف عملية إزالة العكورة من الماء ولكن مع هذا فهناك فرق واضح بين المعنيين.

**التخثير:** ان هذه العملية تضيف تأثير أضافة مادة كيميائية الى مادة غروية منتشرة مؤديا بذلك الى عدم أستقرارية الحبيبة وذلك بتقليل القوى التي تجعل الحبيبات متشتتة عمليا ان عملية التخثير يتم الوصول اليها بأضافة مادة كيميائية مناسبة والتي تؤدي بالحبيبات أن تتجمع مع بعضها البعض أن عملية الخلط السريع مهمة في هذه المرحلة وذلك للحصول على تشتيت متجانس للمادة الكيميائية وذلك لزيادة فرصة التصاق الحبيبة بالحبيبة الأخرى أن هذه العملية ككل تحدث في وقت قصير جدا وبزمن أقل من الثانية مؤدية في البداية الى حبيبات حجمها اصغر.

أن المرحلة الثانية من تكوين الحبيبات الراسبة من الحبيبات الغروية ثابتة يدعى بالتروبي ق (Floculation ) ان هذا المصطلح ياتي من اللغة اللاتينية والتي تعني تكوين (floc) الكتل والذي يشبه عنقود الصوف او تركيب مسامي ليفي .

على عكس التخثير حيث القوى الأولية تكون الكتروستاتيكية او تأيونية داخلية فأن عملية الترويب تظهر بتجسير كيميائي أو ميكانيكية فيزيائية . أن عملية الترويب تتم بخلط بطيء والذي بدوره يحول الحبيبات المخثرة الصغيره جدا الى حبيبات معلقة ظاهرة كلما كان هنالك تدريب أكثر على عمليات الفصل الفيزيائية بواسطة التخثير والترويب والترسيب والترشيح حيث ان الجهود في الوقت الحاضر تتكاثف على هذه العمليات لأجل تقليل زمن الترويب ولتقصير أو حذف أحواض الترسيب بالرغم من الأعتداد على المرشحات كجزء من عملية الترويب.

من خصائص المواد العالقة الغروية الموجودة بالمياه الأولية أن حبيباتها دقيقة Minute colloidal solids الحجم ومتناهية في الصغر، لا ترى بالعين المجردة مما يجعلها معلقة دائماً بالمياه مسببة تعكرها . وهي ذات شحنة سالبة كهربياً في العادة مما يؤدي الى تنافر جزئياً بعيداً بعضها عن البعض الآخر ، ووزن هذه الجزيئات صغير جداً ، ولهذا فان المياه تحملها خلال سريانها ولا يمكن ترسيبها في المرسبات نظراً لوزنها الصغير . لذا فانه يلزم لترسيبها أولاً تجميعها لزيادة وزنها وحجمها حتى يمكن ترسيبها تحت ثقل وزنها فيما بعد. ولتجميع المواد الغروية وبالتالي زيادة وزنها وحجمها يجب معادلة شحنتها التي تجع لها متنافرة ومتناثرة. ويتم ذلك صناعياً باضافة مواد كيمياوية تتأين في الماء الى أيونات ذات شحنة كهربائية موجبة فتتجذب اليها جزيئات المواد الغروية السالبة الشحنة وتتجمع في جزيئات أكبر حجماً وأثقل وزناً (Floc) وعندما يزداد الوزن النوعي للمواد العالقة عن كثافة الماء فانها ترسب الى القاع وتسمى هذه العملية بترويق المياه ويسمى التانك الذي يتم فيه الترويق بالمروق.

المحاليل الكيميائية اللازمة لترويق المياه:

تستخدم عدة مواد لترويق المياه لها القدرة على التأين في المياه الى أيونات ذات شحنة موجبة تساعد على تجميع المواد الغروية العالقة. ان من أكثر المركبات المستخدمة لهذا الغرض شيوعاً وانتشاراً هي مركبات الألمنيوم والحديد .

**تأثير الاس الهيدروجيني (PH):**

المخثرات اللاعضوية بسبب تحللها تغير من خواص الماء الفيزيائية والكيميائية والمعنى بهذا التغير هو الـ PH والايصالية كما هو مبين في المعادلة التالية:

وبذلك يلعب الأس الهيدروجيني دوراً مهماً في إزالة الغرويات والأس الهيدروجيني المثالي ينحصر ما بين الـ PH الضروري للمخثر ( بالاعتماد على نوع الغروي ) والـ PH اللازم للتكتل flocculation والذي يتعلق ببناء كتل هيدروكسيدات الحديد والالمنيوم.

كايون	الـ PH المثالي للتخثر والترويب
	7,4-6
	اكثر من ٥

ويمكن التحكم بالاس الهيدروجيني بإضافة الحوامض او القواعد للتحكم بالوسط ويعتبر بوليمر السليكا افضل مكنل Flocculant اما البوليمرات الطبيعية فهي النشا.

#### المحاليل Reagent:

المخثرات اللاعضوية كثيرة واهمها كما اشرنا سابقاً مركبات الالمنيوم والحديد والكايونات والبولي الكتروليت. وسنشرح بعضها.

#### أ- مركبات الالمنيوم

##### ١ - أملاح الالمنيوم:

يجري التفاعل عند اضافة ايونات الالومينا الى المياه المراد معالجتها لتكون راسب من هيدروكسيدات الالومينا مع تحرير جزء من الحموضة كما في المعادلة التالية:

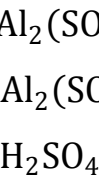


والحموضة المتحررة تتفاعل مع بعض المواد في المحلول (الوسط البيئي للمياه) خصوصاً  
أيونات البايكربونات.

وأضافة الى ذلك فان الحموضة لها دور اخر باتحادها مع بعض المخثرات المرتبطة بقاعدة  
(هيدروكسيد صوديوم، هيدروكسيد الكالسيوم، صوديوم كاربونات كما في المعادلة التالية:

٢- الشب ( كبريتات الألمنيوم): (Alum)

تتأين الشب حسب المعادلات التالية في الماء لتعطي كاتيونات الألمنيوم ومجموعة الكبريتات  
السالبة كما هو موضح بالمعادلة رقم (١). وتبين المعادلة رقم (٢) أن الشبة تتحد مع الماء  
أيضاً الى جانب تأينها لتعطي أيدروكسيد الألمنيوم المتردد وحامض الكبريتيك الذي يتفاعل  
عادة مع قلوية الماء والمتمثلة أساساً في بيكربونات الكالسيوم مكوناً كبريتات الكالسيوم حسب  
المعادلة رقم (٣).



أما اذا كانت قلوية المياه غير كافية لمعادلة الحامض الناتج عن التفاعل رقم (٢) فإنه يجب  
اضافة أي مادة قلوية لمعادلة هذا التأثير الحامضي وغالباً ما يضاف محلول الصودا الكاوية  
ويكون التفاعل الحادث متمثلاً في المعادلة رقم (٤).

وتضاف الشبة للماء على هيئة محلول مخفف تركيزه من ٥ الى ١٠ % حسب الحاجة. وتضبط معدلات طلبات حقن محلول الشبة بطرق المحاولة والخطأ (Trial and error) بحيث تثبت بعد ذلك على معدل الحقن الذي يعطي في النهاية مياهها شفافة رائقة.

### ٣- سلفات الالومينا (الالمنيوم):

المعادلة التالية توضح عمل سلفات الالومينا في المياه المراد معالجتها.

$AL_2(SO_4)_3$

والجرعة المثالية لتنقية المياه السطحية تتراوح ما بين ١٠-١٥ غم/م<sup>٣</sup>.

أما مياه العضلات Waste Water فتستعمل الجرعة ما بين (٥٠-٣٠٠ غم/م<sup>٣</sup>).

### ٤- كلوريد الالمنيوم (السائل):

هذا الملح دورة في عملية تنقية المياه كما تشير اليه المعادلة التالية:

$2AlCl_3$

علماً أن هذا الملح فعال ويعطي نتائج جيدة.

### ٥- سلفات الالومينا مع هيدروكسيد الكالسيوم:

$AL_2(SO_4)_3$

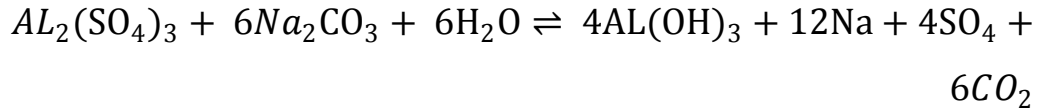
أما الجرع فتستعمل حوالي ال  $\frac{1}{3}$  من سلفات الالمنيوم حيث تضاف كمادة صلبة تجارية . علماً

أن فعالية العملية تعتمد على تحميص الوسط.

٦- سلفات الألمنيوم + كربونات الصوديوم:

هنالك نوعان من التفاعل يمكن ان يأخذ مكانه بالأعتماد على معادلة ايونات الكربونيت أو بالأحرى البايكاربونيت أو  $CO_2$  الحر.

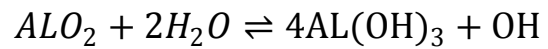
$AL_2(S$



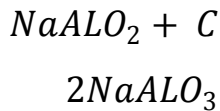
كمية الكابونات (كربونات الصوديوم تعادل ما بين ٥٠ الى ١٠٠% من كمية سلفات الألمنيوم كمادة صلبة صلبة تجارية.

٧- الومينات الصوديوم:

لأيضاح العملية في هذه الحالة فالألومينا هي بالشكل الاساسي:



ويمكن الاستعاضة بأيونات الكربونيت وثاني اوكسيد الكربون الذائب

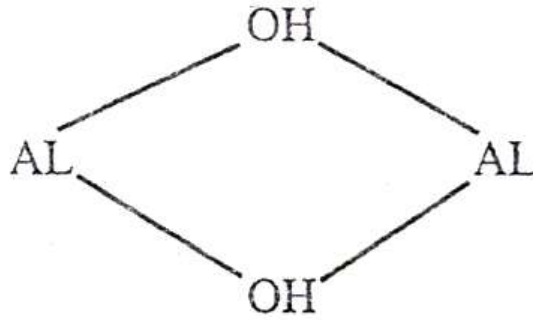


أما الجرعات المستخدمة لأجل التقنية للمياه السطحية هي (٥٠-٥٠ غم/م<sup>٣</sup>) من المحاليل

التجارية مع ٥٠%  $AL_2O_3$ .

#### ٨- البوليمرات الالومينية A Luminum Flymers:

البوليمرات الالومينية تستعمل لأجل التعادل neutralization وتجسير المواد الغروية حيث تأخذ عملية التخثير (التليد) أكثر كفاءة. وأكثر من ذلك فإن استعمال البوليمرات تزيد من عملية التشكيل البلوري الهيدروكسيدات الالومينا هي نفس تركيبة البلورات وأن الوحدة القياسية هي  $Al_6(OH)_2$  والبلمرة تبدأ بتكوين الجسور.



وهناك السلاسل المستمرة للبوليمر والتي يزداد حجمها مع درجة الهدركسلة (المعدل الجزئي  $R=OH/Al$ ) وبذلك فالبلمرة تعطي أكثر تكتلا (floc) و الذي يقترب من التركيب البلوري و أكثر انضغاطا و أكثر كثافة .

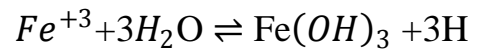
اما المنتجات التجارية لهذه المنتجات هي  $Al_n (OH)_p (CL)_q (SO_4)_r$

والتي تتصف بالمعدل الجزئي (OH/AL) بين ٠,٤ و ٠,٦ و درجة حموضة اقل من الملح كما ان استقرارية مضمونة بوجود ايونات السلفات . علما ان استعماله يعطي نتائج اقل درجة من سلفات الالمنيوم .

## ب- مركبات الحديد

املاح الحديد:

ان الاساس في عملية التفاعل لأملاح الحديد هي مشابهة لما شرحناه في حالة املاح الالمنيوم.



ولكن ايون الحديد يعطي لون للمياه العاملة.

١- كلوريد الحديدك : (ferric chloride  $FeCl_3$ )

يتأين كلوريد الحديدك للماء مكونا أيونات الكلور السالبة الشحنة وأيونات الحديد الموجبة الشحنة والتي تساعد على تجميع المواد الغروية العالقة، وهو يضاف للماء على صورة محلول مخفف تركيزه يتراوح ما بين ٥ الى ١٠ %.

غير أن كلوريد الحديدك يتفاعل أيضا مع الماء مكونا أكسيد الحديدك ( $Fe_2O_3$ ) وحامض الهيدروكلوريك الذي يعتبر من أقوى الاحماض المعدنية وأكثرها شراة في معاملت لسبائك الحديد. لذا فانه يجب تبطين المواسير والجدران المعدنية التي تتعرض للمياه المعالجة بكلوريد الحديدك بطبقة واقية ضد الاحماض.

ويجب ايضاً ان يكون التانك الذي يحضر فيه محلول كلوريد الحديدك للحقن مصنوعة من مادة مقاومة للتآكل . كذلك جميع مواسير الحقن يجب ان تكون مصنوعة من البولي فينيل

كلوريد (pvc) ويجب ايضا معادلة المياه الناتجة بعد المعالجة بكلوريد الحديدك باستخدام محلول ماء الجير.

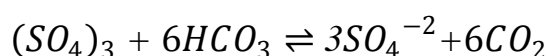
اما الجرعة المستخدمة للمياه السطحية فهي ما بين ٥-١٥٠ م<sup>٣</sup>/غم من  $FeCl_3 \cdot H_2O$ .

٢- كلوريد الحديد و هيدروكسيد الكالسيوم

$2FeCl_3 -$

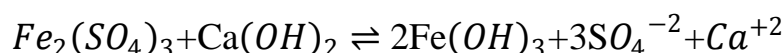
اما الجرعة المستخدمة فهي ما بين ٥٠-٥٠٠ م<sup>٣</sup>/غم من  $Ca(OH)_2$  و ٥٠-٣٠٠ م<sup>٣</sup>/غم من كلوريد الحديد التجاري.

٣- سلفات الحديد  $Fe_2 (SO_4)_3$



اما الجرعة المستخدمة للمياه السطحية هي ١٠-٢٥٠ غم من المحاليل التجارية  $Fe_2 (SO_4)_3 \cdot 9H_2O$ .

٤- سلفات الحديد+هيدروكسيد الكالسيوم:



اما الجرعة لأجل تنقية المياه السطحية .فكمية  $Ca(OH)_2$  تعادل ٥٠% من كمية لسلفات الحديد  $Fe^{2+} (SO_4)_3 \cdot 9H_2O$ .

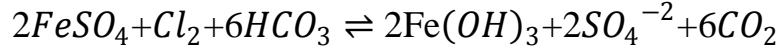
٥- سلفات الحديدوز(صلب):



اما الجرعة المستخدمة فهي ما بين ٥-١٥٠غم م من  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$

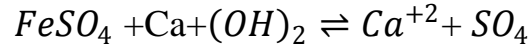
اما لأجل معاملة مياه الفضلات فالكمية تكون ما بين ١٠٠-٤٠٠غم/م من  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ .

٦- سلفات الحديدوز+الكلورين:



الجرع :الكلور يكون بما يعادل ١٢% من كمية سلفات الحديدوز  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$

٧- سلفات الحديدوز:



الجرع المستخدمة للمياه السطحية حيث تكون كمية  $Ca(OH)_2$  تعادل ٣٠% من كمية سلفات

الحديدوز  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ .

اما مياه الفضلات فيس نخدم ١٠٠-١٥٠ غم/م<sup>٣</sup> من  $Ca(OH)_2$  و المعادلة له ٢٥٠-

٣٥٠غم/م<sup>٣</sup> من سلفات الحديدوز.

ويتضح مما سبق أن الغرض من عمليات ترويق المياه هو ايجاد حالات مناسبة لازالة

الجزئئات الغروية من الماء والعالقة فيه بتجميعها بعضها مع البعض وتكبي حجمها نتيجة

لتعادل شحناتها ، وكذلك ازالة المواد العالقة بالترسيب البطيء . وينتج عن ترويق المياه

التخلص من العكارة وزيادة شفافيتها وخفض نسبة المواد العضوية فيها . ويلاحظ أنه بعد فترة

قصيرة تزال المواد المروقة المضافة لماء بواسطة الترسيب. ويتم استعمال المواد المروقه كل

منها حسب حالة المياه المراد ترويقها فمثلاً لا يعمل الشب في المياه ذات القلوية العالية حيث

يكون تركيز ايون الهيدروجين (PH-value) اكبر من ٨ أو يساوي ٨ ولكن تستعمل مركبات

الحديدوز والحديدك. ويمكن استعمال الشبه اذا كان تركيز ايون الايدروجين للماء اكبر من ٨

يساوي ٥-٧ وتحقق الشب بنسبة تتراوح ما بين 0.2 الى 1 مجم مكافئ لتر ماء، أما كلوريد الحديدك فيحقق بنسبة تتراوح ما بين ٠.١-٠.٥ مجم مكافئ /لتر ماء.

وتقدر نسبة استهلاك المادة المروقة (عندما تكون نسبتها في الحالة الصلبة ١٠٠% طبقاً للمعادلة التالية:-

$$س = \frac{ح * ك * ف}{1000} \text{ كجم/ساعة}$$

حيث س = استهلاك لمادا المروقة كجم/ ساعة

ك = نسبة المادة المروقة بالمجم مكافئ / لتر ماء ( كجم ماء)

ح = كمية المياه الأولية الداخلية للمروق كجم/ ساعة

ف = الوزن المكافئ للمادة المروقة

ويعتبر المروق وهو تانك الترويق من اهم الأجهزة التي تستخدم في طرق الترسيب والترويق.

ففي هذا الجهاز تتفاعل المواد الذائبة في الماء والغروية والمواد العضوية مع المحاليل

الكيميائية للمواد المروقة المضافة فيتم تجميع العوالق بعضها مع البعض حتى يكبر حجمها

وبالتالي يزداد وزنها فتترسب الى قاع المروق . ويتم أيضا في هذا المروق تيسير مبدئي للماء

نتيجة معالجتة بالجير حسب المعادلة التالية:

ويتضح من هذه المعادلة أن معالجة بيكربونات الكالسيوم بماء الجير (أيدروكسيد الكالسيوم)

ينتج عنها ترسيب كربونات الكالسيوم وبالتالي التخلص من جزء من أملاح العسر وهو

مايسمى بالتيسير المبدئي للماء. ويبين الشكل تانك الترويقى ابسط صورة وهو يتركب من:

١ جسم أسطواني من الخرسانة .

٢ قاع مخروطي الشكل .



٣ ماسورة مركزية .

٤ قمع مخروطي الشكل .

٥ خلّاط للكيمياويات .

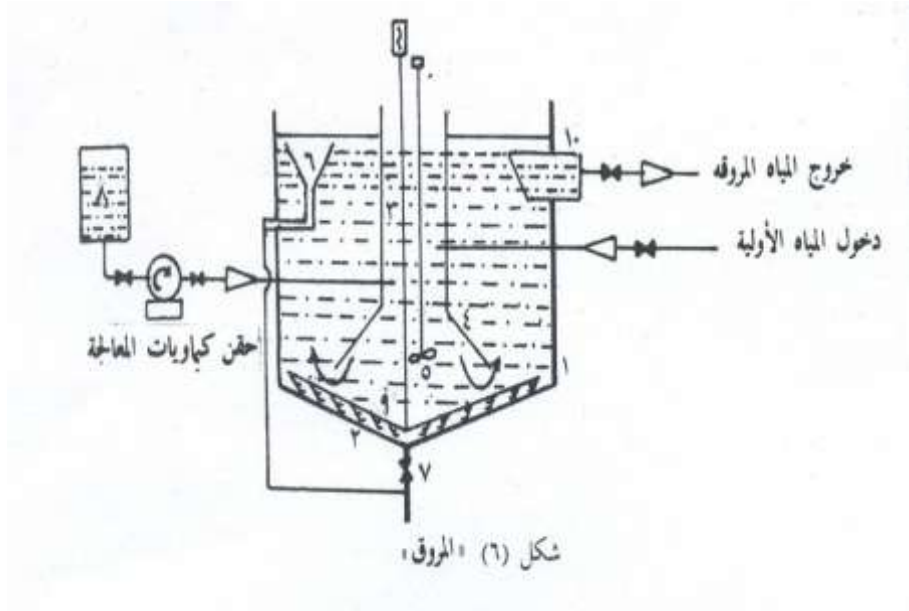
٦ قمع تفوير الشوائب من على السطح .

٧ ماسورة تفوير الرواسب .

٨ تانك حقن المواد المروقة .

٩ كاسح الطمي .

١٠ - مجمع المياه المروقة .



ويغذى المروق بالمياه الاولية خلال الماسورة (٣) الى قاع التانك ماراً بالقمع (٤) حيث يغير اتجاهه ويبدأ في الصعود الى اعلى ببطء ليصل الى المصب العلوي لمجمع المياه المروقة . ويعمل القمع المخروطي (٤) على ازالة فقاعات الهواء وتقليل سرعة المياه والمساعدة على ثباتها. وتسحب الرواسب المتجمعة في قاع المروق على فترات معينة الى مجرى التفريغ خلال

الماسورة رقم (٧) ويمكن تركيب جهاز للتفوير الاتوماتيكي بحيث يتحكم في زمن وكمية التفوير ويمكن بالضبط السليم والتحكم في تشغيل عمليات حقن الكيماويات في المروقات ترويق العكارة العالقة الى حد لا يزيد عن ١٠٠ مجم/ لتر. كما أنه يجب ان يلاحظ ان التشغيل السليم والمرضى وكل نتائج جميع عمليات المعالجة تتوقف على التخلص السليم من المواد العالقة في المرسبات والمروقات وذلك بأضافة الكماويات اللازمة بنسب صحيحة وضبط معدلات الحقن والتفوير ومعدلات سريان المياه الداخلة والخارجة من المروق.

## التهوية (Aeration):

عملية التهوية في معالجة مياه الفضلات أصبحت عاملا أساسيا وضروريا حيث تعمل التهوية على أكسدة الحديد والمنغنيز وذلك بزيادة الأوكسجين الى المياه كما أن التهوية تعمل على ازالة كبريتيد الهيدروجين وبذلك يمنع من تكون الرائحة والطعم في المياه مع تقليل التآكل للفلزات، اضافة الى ذلك تعمل التهوية على ازالة غاز الميثان وغاز ثنائي أوكسيد الكربون لتقليل الحرائق بالنسبة للحالة الأولى وتقليل درة التآكل بالنسبة للثانية علما أنه بهذه الحالة يلعب دورا في موازنة الـ pH ، كما وتلعب التهوية دورا في ازالة الزيوت الطيارة المسببة للطعم والرائحة وكذلك غاز الأمونيا.

وعملية التهوية يمكن تعريفها وذلك بلامسة الهواء سطح الماء ولزيادة نقل الهواء عبر الماء على أن تكون عملية التهوية مستمرة لتجديد الهواء علما أن:

### أنواع التهوية

١- أجهزة التهوية الفقاعية

٢- التهوية بالمساقط المائية الصناعية

٣- التهوية الميكانيكية

فالأجهزة الفقاعية والتي تعتمد على مرور الهواء بشكل معاكس لسكب المياه بحيث يحدث التلامس ما بين الفقاعات وبسطح جزيئات الماء وبذلك يزداد مرور الهواء عبر الماء وبالتالي تعمل فعلها العملي والمقصود.

أما التهوية بالمساقط المائية الصناعية فهناك المسقط الصناعي المنحدر أو المسقط الصناعي المتعدد الدرجات وهناك من أصناف مضخات لتسهيل عملية هذه المساقط لتكون أكثر كفاءة. علما بأن طريقة المساقط هي أقل كلفة من الطرق الأخرى.

كما ويمكن أنجاز عملية التهوية ميكانيكيا والذي ينتشر فيها الهواء بشكل فقاعات فوق السطح. أن عملية التهوية تعتمد على عدة عوامل وأهمها مايلي:

١- طبيعة الغاز.

٢- درجة تركيز الغاز.

٣- قابلية ذوبان الغاز.

## الترشيح (Filtration)

تعتبر عملية الترشيح من أهم الأعمدة الأساسية في تنقية المياه. ورغم التطور الكبير في عالم تنقية المرشحات ولكن يضل الاعتماد الأساسي على الطرق الأساسية التي عرفت منذ القدم فعملية الترشيح بالرمل رغم قدمها ولكنها الطريقة المثلى والأقل تكلفة في عالم ترشيح المياه. ويمكن تعريف الترشيح بأنه عملية فصل الجزيئات الصلبة عن السائلة عبر فاصل أو حاجز مسامي تمنع مرور الجسيمات الصلبة وتسمح بمرور الراشح وقد تطور هذا الفاصل أو الحاجز الى حدود مسامية صغيرة جدا ٠.٠٢ ملي مايكرون والذي يمنع مرور البكتيريا. ولكن في محطات ترشيح المياه يستخدم المرشح الذي يزيل المواد الصلبة والغروية والعالقة وقد تنوعت أجهزة الترشيح تبعا لنوع وغاية الترشيح.

### فوائد الترشيح :

- ١- إزالة المواد الصلبة والجسيمات الغروية .
- ٢- تقليل الأعداد من الأحياء المجهرية .
- ٣- تغيير خواص المواد الموجودة من الناحية الكيميائية .
- ٤- إزالة اللون والطعم والرائحة .
- ٥- إزالة الحديد والمنغنيز .

### مميزات مادة الترشيح :

يجب أن تتوفر في مادة الترشيح (حاجز الترشيح) الخواص التالية :

- أ- قلة التكاليف .
- ب- توفرها بكميات مناسبة .
- ج- يجب أن تكون من الماد الخاملة .
- د- سهولة الاستعمال والتنظيف .

٥- تحملها للضغط .

#### المواد المرشحة :

١- الرمل .

٢- اللدائن .

٣- الخرسانة المسامية .

٤- الحجارة المكسرة .

٥- التربة الخ..

#### آلية الترشيح :

من التجارب أثبت الرمل أمتيازاته عن الأنواع الأخرى المستخدمة عموماً ، فعملية الترشيح هي عامل مساعد للتنقية اضافة للعمليات التي تحدثنا عنها مسبقاً مثل الترسيب ، التخثير ، التهوية ، لذا فآلية الترشيح تعتمد على التصفية الميكانيكية وه ي ظاهرة سطحية تعمل على فصل المواد الصلبة والعالقة ذات الأقطار الكبيرة من الفتحات الموجودة بين حبيبات الرمل في الجزء العلوي من الطبقة الرملية ومن ثم تزداد التصفية مع مرور الزمن أما العوامل التي تؤثر على التصفية (الترشيح) هي :

أ- سرعة الترشيح .

ب- زمن الترشيح .

ج- كثافة المواد العالقة .

د- طبيعة وخواص فاصل الترشيح .

## المرشحات (FILTERS):

يرشح الماء بأمراة خلال مواد مسامية تجهز المواد العالقة التي قد تحملها المياه المروقة والتي يتم التخلص منها كلية في عمليات الترويق . ويعتبر الترشيح عملية فيزيائية وكيميائية لفصل المواد العالقة والشوائب الغروية خلال طبقة مسامية وهي عادة مادة حبيبية الشكل مثل الرمل. ويتم الترشيح بأن تملأ المياه المسام بين حبيبات وسط الترشيح ثم تمر خلالها بينما تحتجز الشوائب خلال هذه المسام وفوقها . ويعتبر الترشيح من اهم الطرق الطبيعية لمعالجة المياه، ويظهر ذلك واضحا في المياه الجوفية حيث يتم ترشيح مياه الامطار والأ نهار خلال مسام التربة مما يؤدي الى شفافية المياه الجوفية.

وتتم عملية الترشيح بأ مصاص المواد العالقة على سطح وسط الترشيح وتعتمد عملية الادمصاص على الخواص الطبيعية للمواد العالقة والمرشح نفسه وحجم جزيئات وسط المرشح وحجم العوالق.

وتقدر سرعة الترشيح بالمتر المكعب / ساعة وعليها تعتمد كفاءة عمل المرشح . وتبلغ سرعة الترشيح لمرشحات الترويق ما بين ٧ الى ١٥ متر مكعب/ ساعة. ويجب ان يكون ضغط الماء اكبر من مقاومة مواد المرشح او وسط الترشيح اثناء مرور الماء خلاله . وتسمى نسبة هذه المقاومة بالفاقد الرأسي وهو يعتبر المقياس الرئيسي لعملية الترشيح.

ويتوقف الفاقد الرأسي على سرعة الترشيح وارتفاع طبقة مواد المرشح وحجم حبيباتها ونسبة تلوثها بالشوائب. وتسبب زيادة القيمة العددية لهذه العوامل او انخفاضه ا زيادة او انخفاض قيمة الفاقد الرأسي. ومن هذا التغيير ينمو الفاقد الرأسي من الحد الأدنى الذي يساوي ٠.٤- ٠.٦ م عمود ماء الى الحد الأقصى المسموح به والذي يساوي ٨-١٠ م عمود ماء (للمرشحات المقفلة) او ٢-٣ م عمود ماء (للمرشحات المفتوحة). وعندما يصل الفاقد الرأسي للحد الأقصى للتلوث بالمواد العالقة المسموح به يوقف المرشح ويغسل من المواد العالقة اللاصقة بمواد الترشيح وخلال طبقاتها. ويغسل المرشح بطريقة الغسيل العكسي (من أسفل الى أعلى). ويمكن التخلص من الشوائب المزاحة في الغسيل العكسي عن طريق مجارى التقوير. ويدخل في عمليات غسيل المرشحات تفكيك وتقليب مواد الترشيح بالهواء المضغوط. ويعرف زمن الترشيح بالوقت اللازم لتشغيل المرشح بين غسله مرتين متتاليتين وقد يسمى أيضاً بدورة الترشيح. ويتوقف زمن او دورة الترشيح على عدة عوامل منها تركيز المواد المعلقة في المياه ونسبة الشوائب المحبوزة بالمرشح خلال دورة واحدة.

ويستعمل من ضمن مواد الترشيح مسحوق الانثراس ايت والذي يتراوح قطر حبيباته ما بين ١ الى ٢ ملم، ورمل الكوارتز الذي قطر حبيباته ما بين ٥ الى ١ ملم ويجب الا تقل نسبة السيليكون عن ٩٦% من مواد الترشيح.

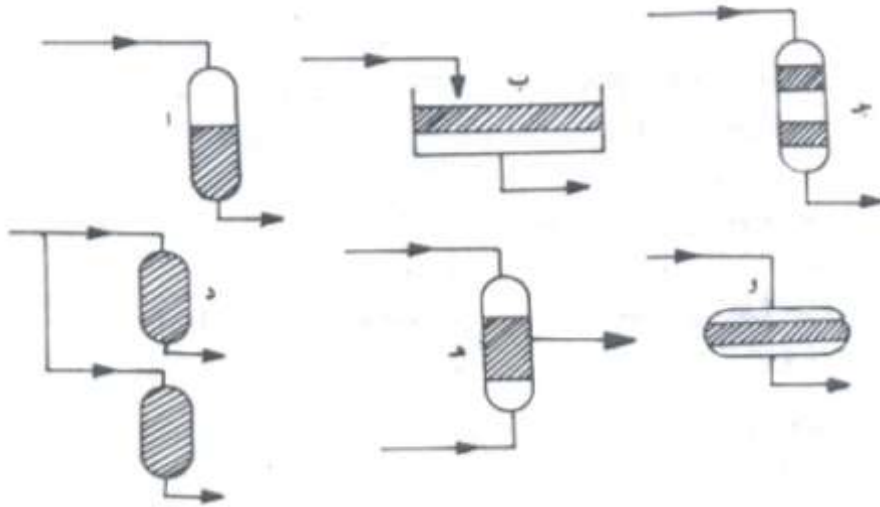
ويمكن توصيف المرشحات بعدة طرق مختلفة. فمثلا يمكن ان تقسم هيدروليكية الى نوعين بطيء وسريع حسب معدل تدفق الماء لكل وحدة من مساحة سطح المرشح. وتعمل المرشحات البطيئة بمعدل يتراوح من ١ الى ١٠ ملايين جالون في اليوم/فدان بينما يكون معدل تدفق المياه للمرشحات السريعة من ١ الى ٨ جالون/دقيقة/قدم مربع.



وتقسم المرشحات ايضاً حسب نوع وسط الترشيح المستخدم مثل المرشحات الرملية، والمرشحات الفحمية، (انثراسرايت) ومرشحات الفحم - والرمل (Mixed-bed) ويمكن ايضاً ان تصنف المرشحات حسب اتجاه تدفق الماء خلال طبقاته. فمثلاً المرشح ذو الاتجاه الصاعد والمرشح ذو الاتجاهين والترشيح في الاتجاه من الحبيبات الدقيقة الى الحبيبات الاكبر او العكس اذا كان اتجاه تدفق المياه من جهة الحبيبات الكبيرة الى الحبيبات الدقيقة .

ويمكن ايضاً تصنيف المرشحات حسب الضغط الى مرشحات مكشوفة (بدون ضغط) وتعمل تأثير الجاذبية ومرشحات مغلقة او ذات ضغط معين وهذه الاخيرة تنقسم بدورها الى

مرشحات افقية مغلقة، مرشحات عمودية مغلقة، مرشحات عمودية مكشوفة.



ويبين شكل (٧) بعض انواع المرشحات وهي:

(أ) مفردة الممر - ذو طبقة واحدة - ذو ضغط.

(ب)مفتوح.

(ج)مزدوج الطبقة .

(د)مزدوج الطبقة وموصل على التوازي .

(هـ)مزدوج الاتجاه او الممر.

(و)افقي.

وفي المرشحات المكشوفة او المفتوحة تتم عملية الترشيح تحت تأثير الجاذبية او قوة وزن المياه داخل المرشح نفسه . وميزة هذه الطريقة ان المياه الناتجة تكون شفافية عالية ويمكن بناء هذه المرشحات من الخرسانة العادية او الخرسانة المسلحة ،ومن عيوبها نقص الضغط مما يقلل من كفاءة التشغيل.

اما المرشحات المزدوجة الطبقات فانها افضل من مرشحات الطبقة الواحدة وذلك نظراً لجودة المياه الناتجة منها ولانها تعمل لمدد اطول دون ان تحتاج تنظيف او غسيل ولكنها تعطي كمية مياه اقل وصيانتها معقدة.

ومرشحات الطبقتين الموصلتين بالتوازي تعتبر مرشحين عادي من طبقتين مختلفتين وهي اكفاً من مرشحات الطبقة الواحدة حتى لو كانت مساحة سطح الترشيح متساوية ،وفي مرشحات الممر المزدوج او ذات الاتجاهين تدخل المياه الى المرشح من الجوانب وهو يعادل مرشحين من المرشحات مفردة الممر . ومن عيوب هذه المرشحات صعوبة تنظيفها من الروا سب. والمرشحات الافقية ذات كفاءة كبيرة وتختلف اساساً عن باقي المرشحات.

ويتم ادخال المياه المروقة الى المرشحات (ويمكن توزيع مياه مروق واحد على اكثر من مرشح واحد) وتنسحب بعد ذلك المياه الناتجة من عمليات الترشيح لتخزينها يتانك المياه المرشحة لاستعمالها في عمليات التيسير المياه سواء بطرق الترسيب او بطرق التبادل الايوني

او تقطيرها بطرق الكيمياء للماء . كما تستعمل هذه المياه تبريد معدات وماكينات المحطة البخارية في بعض الاحيان .

واذا كان عسر المياه الاولى مناسباً وفي حدود مواصفات مياه الشرب المسموح بها حسب مواصفات هيئة الصحة العالمية فأن المياه الناتجة بعد عمليات الترشيح تستخدم للشرب والاستخدامات المنزلية بعد تعقيمها بأحدى طرق تعقيم المياه المتعارف عليها اما اذا كان عسر المياه الاولى عالياً عن مواصفات مياه الشرب فانه يلزم ازالة جزء من هذا العسر باحدى طرق التخلص من عسر المياه التالية فيما بعد.

### الفلتر الرملى SAND FILTER:

عملية الترشيح هي عملية من اقدم العمليات والاسع اسعمالا في عالم المياه والترشيح عبارة عن مرور الماء عبر حاجز مسامي وبكميات كبيرة من الماء والرمل عموماً يستعمل كوسط بيئي للترشيح (حاجز) وهو رخيص الثمن بالاضافة الى انه مؤثر حيث استعمل الرمل في ترشيح المياه قبل ان يكون مشاعاً علماً بأنه مهم في عمليات التعقيم والتطهير واول من سجل الرمل كمرشح للمياه الجاهزة للشرب كان في بيسلي في سكتلندا عام ١٨٠٤ من خلال ١٨٧٠ فلتر ضغط سريع يتبعه فلتر جاذبية سريع وتصميمه لا يفتقر لف كثر عن المتوفر حالياً في السنين الاخيرة ظهرت بعض التطورات في تشكيل وتصميم وتشغيل الفلاتر والتي اصبحت اكثر كفاءة واقل كلفة وابسط صيانة واجود ترشيحاً لان عملية الترشيح اصبحت مهمة في عالم معالجة المياه.

حيث يمر الماء عبر فراش رملى او اي حاجز جيبى وبمعدل جري ان صحيح مع ملائمة للمعاملة والازالة ليس فقط للدقائق العالقة والخسنة بل ازالة الدقائق الغروية والمنتشرة

وتتداخل عملية الترشيح مع عمليات التخثير والترويب والترسيب وحركة البراونية وقوى فان دير ولس Van der waals وتأثيرات حركته الكتروستاتيكية عدة واليات كيمياوية وفيزياوية تتدخل في ازالة الدقائق بواسطة الفلاتر الرملية بعضها تزال وهي على سطح الفلتر وذلك لعدم امكانياتها من التسرب داخل الرمل بسبب كبير حجمها . اما الدقائق الصغيرة فتنتقل الى سطح الجينات نتيجة الاحتكاك.

### الفلاتر الرملية البطيئة:

تصميم هذه المرشحات على قاعدة (١) معدل الجريان لوحدة المساحة بطيء او سريع (ب) نوع الفلتر (بيئة الفلتر) متضمنة رمل، فحم او انتر سايت اوداياتوماسس Diatomaceous (ج) اتجاه الجريان من خلال فراش الرمل الى اعلى او الى اسفل (د) بالضغط او بالجاذبية فان كفاءة وكلفة الترشيح هو دالة (١) لتركيز وصفات المواد الصلبة المنتشرة والعالقة (حجم الدقائق وتوزيعها، خواصها السطحية، عضوية، غير عضوية) (٢) خواص مسامية البيئة (المرشح) حجم الدقائق، توزيعها خواص السطح . (٣) خواص المواد الصلبة في الماء (٤) خواص المرشح وطريقة تشغيل المرشح فالمرشحات الحبيبية هي مستعملة بكثرة في Potable Water Treatment لاجل (١) ازالة رواسب الحديد والمنغنيز من الماء (٢) ازالة لرواسب الحمولة على اللايم او Soda Ash و لاجل ازالة العسرة من الماء (٣) ازالة لتكتلات عبر عملية التخثير والترويب. (٤) ازالة الاحياء المجهرية.

### تصاميم فلاتر الرمل :

المرشح الرملي يكون على شكل وعاء مكعب من البولي ايثيلين وله مقطع عرضي من مساحة ٤٠ سم \* ٤٠ سم وارتفاع (٤٥ سم) اما ارتفاع فراش الرمل فيكون ٣٥ سم تتكون من ستة طبقات

من الرمل او الحجر فالطبقة العليا هي الرمل الناعم اما الطبقة السفلى فهي من الصخور الحجرية فلذلك يدخل الماء من الاعلى الى الاسفل متخللاً الطبقات.

### مرشح الكربوني carbon filter :

المرشح الكربوني هو المرشح ذو الحبيبات السوداء والذي يستعمل لازالة اللون والرائحة والمذاق من الماء بالاعتماد على تركيبة الحبيبة الكربونية وكثافتها فالتركيب الداخلي للحبيبة الكربونية نراه متوازن ما بين الاقطار الصغيرة والكبيرة وتسمى هذه الموازنة بالبورس pores وهذه لها دور كبير في قابلية امتصاص المذاق واللون والرائحة ولكن من المشاكل التي تصادفنا والشائعة في المياه هي تواجد الكلورفينول والذي يعطي الطعم الغير مقبول للمياه حتى اقل النسب 0.1ppmm وهذا ينتج من كلورة الماء المحتوي على فينولات والتي هي اعتيادية في المياه الصناعية فالكربون الفعالية القابلية على امتصاص اورثوكلورفينول وعلى هذا الاساس يجب عمل دورة غسيل منتظمة الفراش الكربون الفعال.

### فوائد المرشح الكربوني:

- ١- المساحة الكبيرة pores تعمل على ازالة المواد الصناعية.
- ٢- الكثافة العالية والتركيب الصلب للكربون الفعال يمكن ان يزيل المذاق واللون والرائحة من المياه.
- ٣- هذه المرشح يستعمل للمياه ذات معدل ph واسع.
- ٤- الكربون الفعال له رماد قليل .

توصيات عند استعمال مرشح الكربون :

- ١ - أن المياه التي تمرر من خلال المرشح لكربوني يجب أن تكون غير ملوثة بالزيوت.
- ٢ - المياه التي تمرر من خلال المرشح الكربوني يجب أن تكون مرشحة أولا وخالية من الحديد.

٣ - مرشح الكربون الفعال 0.1% يمنع نمو الاحياء المجهرية.

٤ - مرشح الكربون الفعال له القابلية لازالة المبيدات ، الاسمدة ،شطايا المعادن كالالمنيوم ،الزرنخ، الكادمنيوم،الرصاص.

### مرشح برم Birn Filter

مرشح البرم هو مرشح ذو حبيبات سوداء وهذه الحبيبات لها القابلية لازالة الحديد والمنغنيز من المياه في الضغط او بنظام الجاذبية حيث هذا المرشح على مواد مساعدة غير ذائبة لترسيب الحديد والمنغنيز حيث يتم ترسيب الحديد على شكل هيدروكسيدات لذا يجب عمل غسيل لهذا المرشح للتخلص من الترسبات.

فوائد مرشح برم:

١ - لا يحتاج الى مواد كيمياوية للاستدامة.

٢ - يزيل الحديد بكفاءة.

٣ - تكاليفه رخيصة.

٤ - له عمر طويل .

٥ - له معدل واسع من درجة الحرارة.

ظروف عمل مرشح برم:

أ - لإزالة الحديد:

- ١ يجب ان تكون المياه خالية من هايدروجين سلفايد.
- ٢ المواد العضوية يجب ان لا تزيد عن ٤-٥ جزء بالمليون.
- ٣ يجب ان تكون المياه خالية من الزيوت.
- ٤ محتوى الاوكسجين الذائب على الاقل ١٥% وعلى سبيل المثال الحديد (١٠) جزء بالمليون فيكون الاوكسجين الذائب ١,٥ جزء بالمليون.

ب لإزالة المنغنيز:

- ١ ان ازالة المنغنيز من المياه بواسطة مرشح برم يفضل ان يكون عند PH عالي ما بين (٨-٩).
- ٢ محتوى الاوكسجين الذائب يجب ان يكون ١٥% او اكثر من المنغنيز الكلي ومحسوب ب ppm.
- ٣ الظروف الاخرى كما جاءت في الحديد.

عسر الماء وطرق التخلص منه

## WATER HARDNESS AND SOFTENING

يسمى الماء الذي يحتوي على كميات من أملاح الكالسيوم أو المغنسيوم أو كليهما معا بالماء العسر. وتتسبب المياه العسرة في حدوث رغوة ضعيفة مع الصابون أو قد لا تعطي رغوة على الإطلاق حسب كمية أملاح العسر الموجودة بها. كما أنها لا يمكن استخدامها في عمليات طهو اللحوم والخضروات. ومن أهم مساوئ المياه العسرة أنها تترك قشرة ملحية بيضاء على

أسطح التبخير أو الغليان . كما أن معامل وبيان أملاح العسر (أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم) يقل بارتفاع درجة حرارة الماء على العكس من معظم الأملاح الأخرى. وينقسم العسر الى قسمين أساسيين:

١ -العسر المؤقت أو عسر الكربونات (Temporary hardness)

٢ -العسر الدائم (permenant hardness)

١-العسر المؤقت : Temporary hardness

ويحدد بمحتويات المياه من كربونات وبيكربونات الكالسيوم أو المغنيسيوم وهذه الأملاح يقل ذوبانها بارتفاع درجة الحرارة حيث تتحلل وتتفصل من الماء عند درجة حرارة اقل من ٨٢ م° على شكل ريم أو فقائيع تترسب دائماً على اسطح التبخير. ويمكن التخلص من هذه الأملاح بمفاعلتها كيميائياً حسب أوزانها المكافئة بأحد الاحماض المعدنية لتحويلها الى نوعيات أخرى من أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم التي تترسب عند درجات حرارة أعلى ، والتحكم في ترسيب هذه الأملاح الجديدة يمكن الى حد ما بالتحكم في تركيزها أثناء التبخير بضبط معدلات التفوير (Blow down) والمحافظة دائماً على تركيز ثابت بضبط معدلات دخول المياه الاولى الى المبخر أو الغلاية . والى جانب خطورة أملاح العسر المؤقت من ناحية تكوين رواسب على أسطح التسخين فانها قد تتحلل فينتج غاز ثاني أكسيد الكربون الذي قد يهاجم أسطح التسخين داخل المبخر أو الغلاية ويتسبب في الهدم الكيميائي لبنائها المعدني (chemical corrosion).



permenant )

٢- العسر الدائم :

(hardness

ويحدد بمحتويات المياه من كبريتات - كلوريدات-سيليكات وجميع المركبات الأخرى للكالسيوم او المغنسيوم. وهذه الأملاح لا تتحلل أثناء عملية التسخين أو الغليان أو التبخير ولكن ذوبانها يقل الى درجة كبيرة بارتفاع درجة الحرارة الى ان تنفصل مكونة رواسب صلبة على اسطح التسخين ، وتقلل من معامل التوصيل الحراري للمبادلات الحرارية . كما تؤدي كنتيجة للترسب الى تجاوز حدود التسخين في مناطق معينة من سطح المعدن وارتفاع درجة حرارة هذا الجزء من المعدن ارتفاعاً شديداً (over-heating) قد يسبب انفجاره . وكثيراً ما يحدث ذلك في الاسطح المعرضة ل درجات الحرارة القصوى وخاصة في المحمص بالغلايات

(Super-heater)

وتتلخص الطرق المختلفة لمعالجة أملاح العسر والتخلص منها بنوعيتها المؤقت والدائم فيما يلي :

١ - معالجة المياه بطرق الترسيب

٢ - معالجة المياه بطرق التبادل الأيوني

٣ -التقطير الكيميائي للماء

٤ -التناضح العكسي

٥ -الفرز الغشائي الكهربائي

أولاً : معالجة المياه بطرق الترسيب

تجري جميع عمليات المعالجة بطرق المرسب أو في المروق . وتتخلص نظرية هذه الطرق في اضافة مواد كيميائية تسمى مفاعلات الترسيب الى المياه المطلوب معالجتها فتتحد بأملاح

العسر وتكون مركبات غير قابلة للذوبان في الماء عند درجات الحرارة العادية حيث ترسب الى قاع المرسب أو المروق ثم تزال خلال عملية التصريف (Blow down) أو قد يظل بعضها عالقا بالمياه ثم يزال خلال عمليات الترشيح . والغرض من معالجة المياه بطرق الترسيب هو التخلص من املاح العسر . وفي البداية وقبل ان تنتشر في عمليات معالجة المياه لغرض توليد الطاقة الكهربائية طرق استخدام المبادلات الايونية (قبل عام ١٩٣٥ تقريباً) كانت المهمة الاساسية الكالسيوم والمغنسيوم الموجودة فيها . وحيث ان هذه الكاتيونات بالذات تكون مركبات قليلة الذوبان في الماء عندما تتحد بالانيونات  $(CO_3^{--})$  .  $(OH^-)$  . مكونة كاربونات كالسيوم  $CaCO_3$  وايدروكسيد مغنسيوم  $Mg(OH)_2$  . فإن زيادة تركيزات المجموعات  $(CO_3^{--})$  .  $(OH^-)$  في المياه العسرة بأي طريقة من الطرق يؤدي الى ترسيب كاتيونات الكالسيوم والمغنسيوم، حيث ان معدلات ذوبان هذه المركبات ثابتة عند درجة حرارة معينة، وتؤدي زيادة تركيز أيوناتها الى انفصالها من المحلول في حالة صلابة . ويمكن رفع تركيز أيونات مجموعة الكربونات ومجموعة ال هيدروكسيدات بحقن المياه المراد معالجتها بمحاليل الجير المطفأ  $Ca(OH)_2$  و كربونات الصوديوم  $Na_2CO_3$  واحيانا يمكن استعمال الصودا الكاوية  $NaOH$  ونتيجة للمعالجة بهذه المواد يختل التوازن الديناميكي للمحلول نتيجة لترسيب المركبات القليلة الذوبان في الماء مثل كربونات الكالسيوم  $CaCO_3$  وهيدروكسيد المغنسيوم  $Mg(OH)_2$  بالاضافة الى وجود زيادة من ايونات  $(OH^-)$  في الماء المعالج مما يؤدي الى تحلل ايونات البيكربونات  $(HCO_3^-)$  الى أيونات هيدروجين  $(H^+)$  وأيونات  $(CO_3^{--})$  فيتحد أيون الهيدروكسيد  $(OH^-)$  بكاتيون الهيدروجين  $(H^+)$  مكونا الماء.

وتستعمل المواد الآتية كمفاعلات للترسيب (Precipitation reagent)

١ - الجير الحي  $(CaO)$  أو الجير المطفأ  $Ca(OH)_2$

## ٢ -الصودا الكاوية $NaOH$

## ٣ -كربونات الصوديوم $Na_2CO_3$

وهذه المواد تستعمل منفصلة او متجمعة والغرض من استعمالها هو ترسيب كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد المغنسيوم. وتتوقف كفاءة عمليات معالجة المياه بطرق الترسيب على وجود المواد العضوية في الماء، فكلما زادت نسبة المواد العضوية الموجودة في الماء كلما قلت كفاءة عمليات تيسير المياه بطرق الترسيب، ولهذا فإنه في حالة زيادة نسبة المواد العضوية في المياه الأولية فإنه يجب القضاء عليها بأكسبتها بإستعمال الكلور او استعمال كلوريد الحديد في عمليات ترويق المياه. وتنقسم طرق تيسير المياه بالترسيب حسب نوعية المواد الكيميائية المستخدمة فيها الى الطرق التالية:

١ -طريقة الجير + كربونات الصوديوم.

٢ -طريقة هيدروكسيد الصوديوم + كربونات الصوديوم.

٣ -طريقة الجير + هيدروكسيد الصوديوم.

٤ -طريقة الجير + كلوريد الكالسيوم.

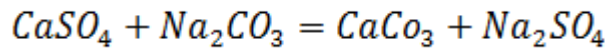
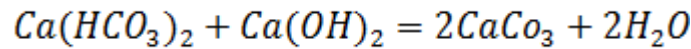
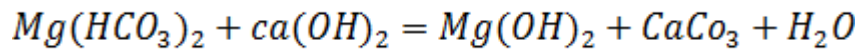
٥ -طريقة هيدروكسيد الصوديوم.

٦ -طريقة المعالجة بمركبات الفوسفات.

٧ -طريقة معادلة القلوية الحرة في الماء.

## ١ - طريقة الجير وكربونات الصوديوم Soda-Lime treatment

تستخدم طريقة معالجة المياه بالجير وكربونات الصوديوم عادة في مياه الأنهار أو الآبار للتخلص من أملاح العسر . وتتم المعالجة بهذه الطريقة في حوض الترسيب أو في المروقات ويفضل ترشيح المياه بعد عملية الترسيب خلال مرشحات رملية. وتحتوي المياه المعالجة بهذه الطريقة على عسر يصل ما بين 0,25 الى 0,35 مجم مكافئ/كجم. وتصل القلوية الكلية من 1 الى 1,5 مجم مكافئ/كجم وتنخفض السيليكا بنسبة 50% تقريباً. وتوضح المعادلات التالية تفاعلات الجير وكربونات الصوديوم مع أملاح العسر



ويقدر معدل استهلاك الجير (100%CaO) بالجرامات اللازمة لمعالجة متر مكعب واحد من الماء طبقاً للمعادلة التالية:

$$CaO \text{ gm/m}^3 = 28(carbonate \text{ hardness meg/Kg} + Mg^{++} \text{ meg/Kg} + CO_2 \text{ meg/Kg} + Q \text{ meg/Kg} + 0.35)$$

حيث (Q) هي كمية المادة المروقة المضافة للماء ( الشب أو كلوريد الحديدك ) ويقدر معدل استهلاك كربونات الصوديوم من المعادلة التالية :

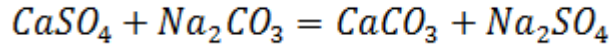
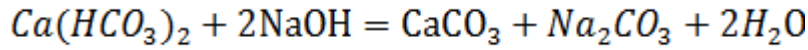
$$Na_2CO_3 \text{ gm/m}^3 = 53(Permanent \text{ hardness in raw water meg/Kg} + Q \text{ Free } Na_2CO_3 \text{ in water meg/Kg}).$$

ولقد فقدت هذه الطريقة أهميتها كطريقة قائمة بذاتها للتخلص من أملاح العسر بعد تحقيق نجاح كبير في تيسير المياه باستخدام طرق التبادل الأيوني . ولكن بالرغم من ذلك توجد عدة فوائد أخرى لطريقة الترسيب بالجير وكربونات الصوديوم مثل التخلص من أملاح السيليكون

الذائبة والغروية حيث يصبح من اللازم استخلاص هذه الاملاح عند استخدام هذه المياه في غلايات الضغط المنخفض.

## ٢- طريقة كربونات الصوديوم وهيدروكسيد الصوديوم

تتم المعالجة بهذه الطريقة بنفس ظروف التشغيل عند استعمال طريقة الجير وكربونات الصوديوم. وفي هذه الطريقة يتفاعل هيدروكسيد الصوديوم التي تستهلك الى جانب الكمية المضافة من كربونات الصوديوم في التفاعل بينها وبين املاح العسر الدائم فتحولها الى كربونات كالسيوم او مغنسيوم ولا تستخدم هذه الطريقة للمياه القلوية:



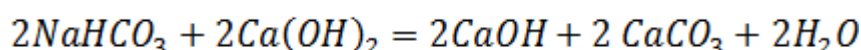
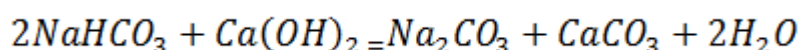
## ٣- طريقة الجير + هيدروكسيد الصوديوم

يتم هذه الطريقة التخلص من عسر الكربونات وجزء بسيط من العسر الدائم . لذا فإن هذه الطريقة تستخدم لتخفيض كمية أملاح العسر الذائبة في الماء ولكن ليس التخلص منها تماماً . اما إذا استخدمت هذه الطريقة لمعالجة مياه التعويض (Makeup water) لغلايات الضغط المنخفض (١٥ كجم/سم<sup>٢</sup>) فإنه يجب إمرار المياه بعد المعالجة بهذه الطريقة على مبادل صوديومي.

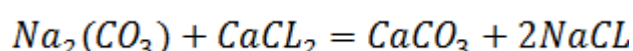
## ٤- طريقة الجير + كلوريد الكالسيوم

تستخدم هذه الطريقة لتيسير المياه التي تحتوي على قلوية أكبر من العسر الكلي بمقدار ١,٥ إلى ٢مجم مكافئ / كجم حيث يساعد استعمال الجير على خفض عسر الكربونات بالمياه

الاولية من ٠,٧ إلى امجم مكافئ / كجم كما يتفاعل الجير المطفأ مع بيكربونات الصوديوم الموجودة في الماء ويحولها إلى كربونات صوديوم أو هيدروكسيد الصوديوم حسب نسبة الجير المضاف كما يتضح من المعدلات التالية :-



ونتيجة لهذه التفاعلات ترتفع قلوية الماء المعالج ويمكن معادلتها بإضافة كلوريد الكالسيوم  $CaCl_2$  أو كبريتات الكالسيوم  $CaSO_4$  فتتكون كربونات الكالسيوم غير القابلة للذوبان في الماء والتي ترسب ثم يتم إزالتها بالترسيب ثم الترشيح.



#### ٥ - طريقة هيدروكسيد الصوديوم

يشترط لاستخدام هذه الطريقة في معالجة المياه العسرة أن يتساوى طرفا المعادلة التالية بالنسبة للمياه الاولى المراد معالجتها:

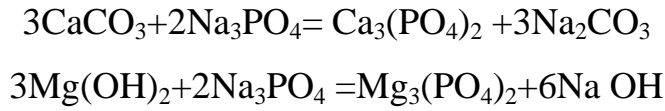
$$Ca^{++} + Q + \text{total alkalinity of product water} \\ = \text{Carbonate hardness} + CO_2$$

حيث (Q) هي كمية المادة المروقة . ويلاحظ أن جميع التحاليل السابقة محسوبة بالمجم مكافئ/كجم.

#### ٦ - تيسير المياه باستخدام ثالث فوسفات الصوديوم

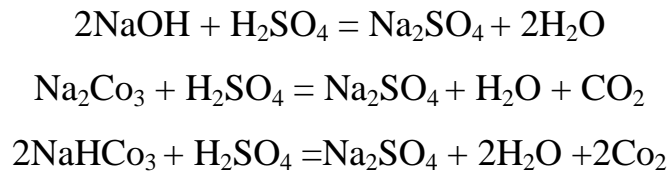
تستعمل هذه الطريقة لمعالجة العسر المتبقى من إحدى الطرق السابقة أو الهارب منها . أي انها لاتستعمل بمفردها ولكن بعد الإضافات الكيميائية المستخدمة في الطرق السابقة كالجير

وكربونات الصوديوم والمحاليل الأخرى . وتستخدم هذه الطريقة في الغلايات ذات الضغوط المنخفضة ( ١٥ كجم/سم<sup>٢</sup> ) ويتم التفاعل بين العسر الزائد وثالث فوسفات الصوديوم حسب المعادلات التالية:



## ٧\_ معادلة القلوية الحرة في المياه

بجانب الطرق السابقة لمعالجة المياه بالترسيب تستخدم طريقة التعادل الجزئي (التحميض) Acidification للقلوية الحرة للمياه الميسرة باستخدام حانض الكبريتيك أو حامض الهيدروكلوريك وذلك لمنع التأثيرات الناتجة عن زيادة قلوية المياه في الغلايات ، وتوضح المعادلات التالية كيفية معادلة القلوية الحرة في المياه الى جانب معادلة قلوية الكربونات.



وتعتبر عمليات معالجة المياه بطرق الترسيب عمليات معالجة ابتدائية، ويمكن استخدام المياه الناتجة بعدها للشرب بعد تعقيمها او في تغذية غلايات الضغط المنخفض فقط ولكن في غلايات الضغط العالي .

## المعالجة الميكروبية للمياه :

ابتكرت في السنين الأخيرة طريقة جديدة لتقنية المياه بواسطة سلوكية بعض الأحياء المجهرية المنتجة وغير المرضية والتي لها القابلية على ألتهام والتحليل والأكسدة لبعض المواد في المياه والتخلص منها ومن هذه الحياء اما تكون هوائية أو لاهوائية

والمياه النتجة بهذه الطريقة تكون نقية وطبيعية وجاهزة للاستعمال علما أن هذه الحياء تنتخب بعد معرفة بعض المعلومات عن المياه المراد تنقيتها فمثلا يجب معرفة:

١- B.O.D

٢- COD

٣- TSS

٤- PH

٥- النايتروجين الكلي

٦- الفوسفور الكلي

٧- الكلورايد

٨- الكبريتات

٩- الكربونات

ومن هذه المؤشرات تجري خلطه مايكروبية لكي تعمل على تنقية المياه وقد سميت هذه الطريقة تجاريا Microbe Left .



