برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل المتدرب

البرنامج التدريبي كيميائي مياه

استخدام التحاليل المعملية للتحكم في تشغيل محطات مياه الشرب

– الدرجة الثانية

تم اعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
قطاع تنمية الموارد البشرية - الادارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي V1 1-7-2015

الفـهرس

تقديم ١
أهداف الوحدة ٢
مقدمة الوحدة: ٢
ثانياً: المواد (الأملاح) الذائبة الكلية بالماء: ٥
ثالثاً: المواد (الشوائب) العالقة الكلية:- ٦
ويمكن تحديد نوعية وطبيعة المعالجة الملائمة لمصادر المياه المختلفة على النحو التالي:- ... ٧
جـــودة ميـــاه الشـــرب ٩
لماذا تحتاج المياه إلي معالجة ؟ ٩
ما هي أسباب ضرورة معالجة وتنقية المياه ؟ ٩
دور مسئولي التشغيل في محطات مياه الشرب ١٠
مقترح دور وواجبات المعامل الكيميائية بالمحطات والمعمل المركزي ١
خصائص المياه في مصادرها (Water Characteristics) ١
أولا: خواص فيزيائية (طبيعية) (Physical) ١
ثانيا: خواص كيميائية Chemical: ٣
أ)الخواص الغير عضوية Inorganic تشمل: ٣
ثالثا: البيولوجية (الحيوية) Biological: ٨
رابعا: الخواص الإشعاعية Radiological: ٨
لوائح وقوانين الحكومة المصرية الخاصة بجودة المياه: ٨
خصائص ومواصفات مياه نهر النيل وتفرعاته: ٩
التحاليل الكيماوية لمياه النيل والطرد السنوي لعام ٢٠١١ ..... ١٠
الأهداف المقترحة فى عمليات التشغيل: ١١
الأهداف ومستوى التصرف والتقارير: ١٣
نظرة عامة على عملية معالجة مياه الشرب ١٧
المراحل الأربعة الأساسية في معالجة وتنقية المياه: ٢٠
وتسبب الطحالب مشكلتين رئيسيتين للتشغيل هما: ٢٤
كما يمكن أن تسبب مشكلات إضافية تشمل: ٢٤
ثانيا: المعالجة الأساسية Main Plant Process ٢٧
١- التجليط / الترويب Coagulation ٢٧
المروبات Coagulants ٣٠
مساعدات المروبات Coagulans Aids ٣١
التنديف Flocculation ٣٢
أحواض التنديف: ٣٢

الترويق أو الترسيب Clarification / Sedimentation ٣٣
تعليمات التشغيل في عملية الترويق ٣٣
وفيما يلي شرح لهذه الأحواض: ٣٦
العوامل المؤثرة في عملية الترسيب: ٣٩
أنواع أحواض الترسيب (المروقات): ٤٠
أنواع المرشحات: ٤٨
العوامل المؤثرة علي عملية الترشيح: ٥١
مواصفات الوسط الترشيحي: ٥١
أنظمة التحكم في تصريف المرشحات ٥٨
تعليمات التشغيل في عملية الترشيح ٦٠
مشكلات التشغيل الشائعة: ٦٣
مشكلات التشغيل الأخرى: ٦٧
التطهير Disinfiction ٧٢
خواص الكلور (Chlorine Characteristics) ٧٧

تقديم

في عالمنا المعاصر وفي عصر التقدم التكنولوجي والتطوير الكبير في الصناعات وما يتخلف عنها من مواد يجب التخلص منها ، نجد أن كل هذه التغيرات قد تحالفت علي إفساد أهم عنصر في حياه البشر ألا وهي " المياه " . وأصبحت مصادر مياه الشرب غير صالحة للاستخدام المباشر لتلوثها سواء من الملوثات الطبيعية أو مخلفات المصانع أو المواد الكيميائية الضارة.

وعلي هذا الأساس أصبحت مهمة تنقية المياه لتكون صالحة للشرب من أهم العمليات والتي يجب أن تؤخذ بكل العناية ولجعل هذه المياه آمنة وصالحة للاستخدام البشري وليس بها ما يسبب الأمراض أو التسمم ، وكذلك يجب أن تكون مقبولة من ناحية الطعم واللون والرائحة.

وبالتالي أصبحت مهمة العاملين في مجال معالجة وتنقية المياه من الصعوبة بمكانه للقدر الكبير من المعلومات والدراسات والمبادئ العملية العديدة والمتشبعة والمهارات والخبرات للتقنية العالية التي يجب أن تتوفر لديهم للسيطرة علي عمليات المعالجة والتنقية.

وتهدف هذه الدورة إلي تطوير مهارات مديري ومسئولي تشغيل المحطات والكيميائيين في عملية معالجة المياه في محطات التنقية للوصول إلي الحد الأمثل في إنتاج كميات المياه ذات الجودة العالية والتكاليف المناسبة ، وذلك من خلال المعرفة الدقيقة لطبيعة مصادر المياه "نهر النيل وتفرعاته" وما تحتويه من المواد المؤثرة على صلاحية المياه وطرق التخلص منها والتحكم فى النسب المسموح بتواجدها طبقا للوائح والنسب المحددة بواسطة وزارة الصحة . وكيفية إدارة عملية التنقية بالإشراف العملي الدقيق لاستخدام الكيماويات بغرض التنقية والتطهير دون إسراف أو إهدار لهذه المواد . وكذلك توضيح الأدوار والعلاقات بين ملجموعات العمل في محطات التنقية ودور الأجهزة الاشرافية بالنسبة لها.

الوحدة الأولي

جـودة ميــاه الشـرب Water Quality

أهداف الوحدة

بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة يكون المشارك قادر علي أن:

- ينفذ اللوائح والمعايير الخاصة بمياه الشرب طبقا للوائح الصادرة من وزارة الصحة العمومية بدقة
- يحدد خواص مياه النيل وتفرعاته (المكونات الموجدة به).
- يحدد الأهداف المطلوبة لعمليات تنقية مياه الشرب في محطات التنقية.

مقدمة

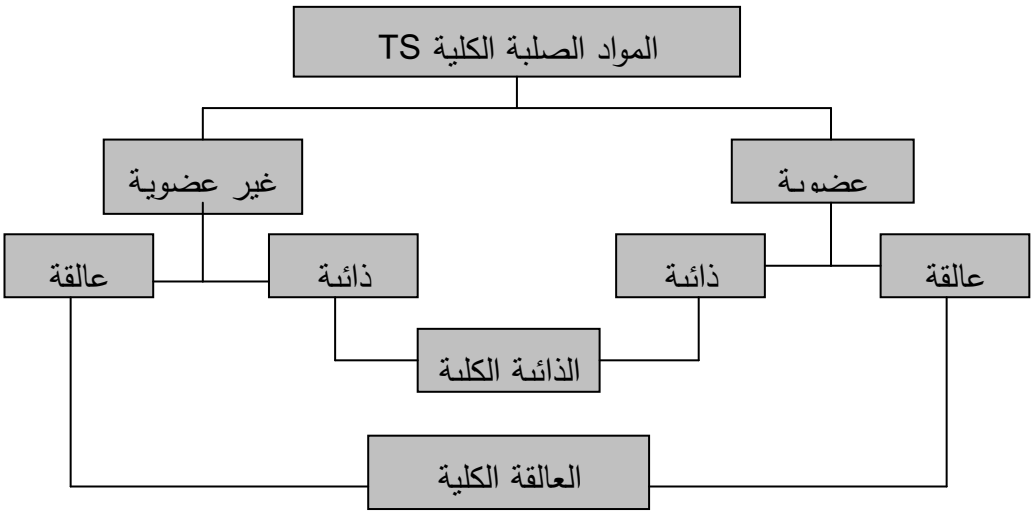
الماء = الحياة

الماء هو ثاني أهم مركب للحياة بعد الهواء مباشرة ... وتوجد مصادر متعددة للماء مثل مياه الأمطار والأنهار والترع والبحيرات والمياه الجوفية (الآبار – العيون – الينابيع) وكذلك مياه البحار والمحيطات.

وكما نعلم فالماء النقي (H_2O) غير متوفر في الطبيعة ولكن لابد من اختلاط مواد غريبة قد تكون معلقة أو ذائبة بنسب وكميات مختلفة ، على حسب التربة والبيئة التي مرّ عليها الماء.

مكونات الماء من المواد الصلبة (TS):

يمكن تبسيط مكونات المواد الصلبة (TS) في الماء من خلال الشكل الآتي:



شكل (١/١) أهم مكونات الماء من المواد الصلبة

ويتضح من الشكل (١) أن:

أ – المواد الصلبة الكلية بالماء ويعرف بـ (Total Solids) ويختصر (TS)

يمكن أن يكون من أصل:

١ -**عضوي:** مثل بقايا النباتات والحيوانات ومخلفاتها، أي كل ما كان مصدره كائن حي مباشرة.

٢ -**غير عضوي:** مثل الأملاح الموجودة بالتربة ، كلوريد الصوديوم ، بيكربونات الكالسيوم ، كبريتات الماغنسيوم.

- **نشاط (١):**

- المواد العضوية يمكن أن تكون في صورة ذائبة أو معلقة في الماء.

١ -خذ ½ (نصف) ملعقة صغيرة من الدقيق أو النشا (لماذا هذه المواد عضوية ؟) ثم ضعها في كوب ٢٥٠ مل، ثم حركها جيداً بالملعقة لمدة دقيقتين ثم اتركها ودوّن مشاهدتك.

٢ -خذ ½ (نصف) ملعقة صغيرة من السكر القصب أو سكر البنجر وكرر العمل السابق في (١) ... ودوّن مشاهدتك.

المشاهدة:

في الحالة (١) يظل النشا أو الدقيق معلق (مسبباً عكارة) ولا يختفي بين جزئيات الماء. والسبب في ذلك هو أن حجم جزيئات هذه المواد أكبر من المسافات البينية لجزيئات الماء فلا يستطيع أن يختفى بينها.

في حالة (٢) يختفي السكر تماماً ويصبح المحلول رائقاً (لا توجد عكارة) . والسبب في ذلك هو أن جزيئات السكر أصغر من المسافات البينية لجزيئات الماء وبالتالي حدث تداخل واختفي السكر.

- **نشاط (٢):**

- المواد الغير عضوية إمّا أن توجد في الماء في صورة ذائبة أو معلقة.

كرر النشاط (١) مستبدلاً النشا أو الدقيق بالتراب الناعم ، وكذلك ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) بدلاً من سكر القصب أو سكر البنجر ... ودوّن مشاهدتك وأهم الاستنتاجات في النشاطين.

الاستنتاج:

- المواد الصلبة العضوية وغير العضوية هي شوائب موجودة بالماء قد تكون في صورة عالقة او ذائبة.

- **نشاط (٣) (ذهني):**

حاول الإجابة على السؤال التالي:

س: هل جميع الشوائب الموجودة بالماء ضارة مثّل لما تقول ؟

ثانياً: المواد (الأملاح) الذائبة الكلية بالماء:

وتختصر " TDS " وهى الأملاح الذائبة سواء من مصدر عضوي أو غير عضوي ومن الأملاح الذائبة الشائعة في المياه هي: أملاح الكالسيوم والماغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والكلوريدات والكبريتات والبيكربونات والنترات ، وقد توجد أحياناً عناصر بنسب صغيرة جداً تسمى بالعناصر الثقيلة.

- ومن هذه الأملاح ما هو مفيد مثل أملاح الصوديوم والبوتاسيوم لما لها من دور رئيسي في تنظيم ضربات القلب ومن هذه الأملاح مثل كبريتات الماغنسيوم في حالة زيادتها عن نسب معينة تسبب الاسهال.
- وجدير بالذكر أن منظمة الصحة العالمية قد وضعت في خطوطها الإرشادية أنه يجب عدم زيادة الأملاح الذائبة الكلية في المياه الصالحة للشرب عن ١٢٠٠ ملجم/ لتر ، بينما في القرار رقم ٤٥٨ لسنة ٢٠٠٧ لوزارة الصحة المصرية فقد حددت هذه الأملاح بعدم زيادتها عن ١٠٠٠ ملجم/ لتر.

س: هل يمكنك الآن الإجابة على السؤال في النشاط (٣) ؟

ج: نعم هناك شوائب ضارة وخاصة إذا زادت عن نسب معينة وهناك شوائب مفيدة تساعد على تأدية وظائف حيوية للجسم ولذلك يجب أن يكون هناك تحليل كامل للعناصر ذات العلاقة بصلاحية وجودة المياه ومقارنتها بالمواصفات القياسية لمعرفة مدى صلاحية المياه للشرب من عدمه.

وعموماً فالمياه الصحية الصالحة للشرب يجب أن: تروى وترطب وتغذى الجسم ولا تسبب له أمراض.

- **نشاط (٤):**

هل يمكن فصل (إزالة) المواد الذائبة بالماء بعملية الترشيح ؟

باستخدام دورق مخروطي وقمع ترشيح وورقة ترشيح ذات مسام ضيقة في ترشيح المحلول بالخطوة (٢) من النشاط (١) والنشاط (٢) ... ماذا تشاهد؟

المشاهدة والاستنتاج:

عدم إمكانية فصل المواد الصلبة الذائبة سواء كانت عضوية أو غير عضوية بعملية الترشيح.

ثالثاً: المواد العالقة الكلية:

وتختصر (TSS) وهى العوالق الموجودة بالماء سواء من أصل عضوي أو غير عضوي. ومن العوالق الشائعة في المياه هي الطحالب بأنواعها المختلفة، الأتربة، الطمي، النباتات المائية الدقيقة وكذلك الرمال الدقيقة الناعمة.

- والمياه السطحية من الأنهار والترع والبحار والمحيطات تحتوى على نسبة عالية من هذه العوالق وهذه العوالق تسبب العكارة بالمياه التي تقاس بوحدة (NTU).
- وجميع هذه العوالق يجب إزالتها من الماء الصالح للشرب إلا أنه يصعب الإزالة الكاملة والنهائية لهذه العوالق، ولذلك فقد حددت منظمة الصحة العالمية في خطوطها الإرشادية أنه يجب عدم زيادة العكارة في مياه الشرب عن (١,٠٠ NTU) وقد تم الالتزام بتلك المواصفة من قبل القرار ٤٥٨ لسنة ٢٠٠٧ الصادر من وزارة الصحة المصرية وتم التطبيق اعتباراً من شهر نوفمبر سنة ٢٠٠٩ وقبل ذلك كان يسمح بأن تكون العكارة ٥,٠٠ NTU.

وأهمية عدم زيادة مقياس العكارة للمياه الصالحة للشرب عن ١,٠٠ NTU يرجع لسببين:

أولا:

عدم إعطاء الميكروبات فرصة الدخول لهذه الجسيمات وبالتالي تكون عرضة لتأثير المطهر فقوة وكفاءة وجوده التطهير تتناسب عكسياً مع مقياس عكارة الماء.

ثانيا:

دليل على جودة عمليات المعالجة ومؤثر على التخلص من كائنات أولية خطيرة بالمياه مثل الجارديا والكريبتوسبوريديوم.

- **نشاط (٥):**

هل يمكن فصل و إزالة المواد العالقة بالماء بعملية الترشيح؟

باستخدام دورق مخروطي وقمع ترشيح وورقة ترشيح عادية قم بترشيح المحلول في الخطوة (١).

النشاط (٢) ماذا تلاحظ وتستنتج؟

يمكن إزالة المواد العالقة الكبيرة والتي حجمها أكبر من مسام ورقة الترشيح ، أما الجسيمات الصغير ذات الحجم الدقيق ويطلق عليها اسم " غرويات " فإنها تمر من خلال ورقة الترشيح ولا يمكن حجزها.

ويمكن تحديد نوعية وطبيعة المعالجة الملائمة لمصادر المياه المختلفة على النحو التالي:

١. المياه السطحية من أنهار وترع المشكلة الرئيسية تكمن في وجود عوالق كلية وجراثيم وميكروبات ضارة ، أما الأملاح الذائبة فهي تتراوح ما بين ٢٥٠:٥٠٠ ملجم / لتر وهى نسبة ممتازة ولا تحتاج أي تدخل بالزيادة أو النقصان ومن ثم تستخدم الطرق التقليدية لمعالجة هذه النوعية من المياه (ترويق – ترشيح – تطهير) فعملية الترويق تتم بإضافة

كميات مسحوبة من مادة مثل الشب تعرف " بالمروب " وظيفتها تجميع العوالق الصغيرة وخاصة الغرويات في جسيمات أكبر فأكبر ليسهل ترسيبها وترشيحها في عمليتي الترويق والترشيح أمّا عملية التطهير فتتم بإضافة جرعات محسوبة من الكلور في مراحل المعالجة للقضاء على الجراثيم والميكروبات.

٢. المياه الجوفية مثل الآبار العميقة والارتوازية والعيون والينابيع غالباً تحتوى على نسبة أملاح ذائبة أعلى من ١٠٠٠ ملجم/لتر وأيضاً نسب عالية من المسموح بها من الحديد والمنجنيز أما المواد المسببة للعكارة فهي غالباً منخفضة. إذاً المشكلة الرئيسية هي زيادة نسبة الأملاح والحديد والمنجنيز وتشترك مياه البحار والمحيطات في نفس المشكلة حيث قد تصل نسبة الأملاح الذائبة إلى أكثر من ٢٥٠٠٠ ملجم/لتر وكما هو معلوم مما سبق لا تصلح طرق المعالجة التقليدية في إزالة هذه الأملاح الذائبة والزائدة عن الحد المسموح به.

والطرق الأكثر استخداماً لمعالجة هذه المياه هي:

التناضح العكسي (RO) – الديلزة الكهربية – التبخير والتكثيف .

- أكثر هذه الطرق شيوعاً هي التناضح العكسي .

جـودة ميـاه الشـرب

لماذا تحتاج المياه إلي معالجة ؟

المياه لها تركيب كيميائي واحد في كل بقاع الأرض ولكن اختلاف نوعية التربة من بقعة إلي أخري يجعل المياه تختلط بمحتويات مختلفة بمقادير ونوعية مختلفة .وسواء كانت هذه المحتويات عضوية أو غير عضوية ذائبة أو صلبة ضارة بصحة الإنسان أو غير ضارة .

وتقدم الإنسان وأضاف إلي مصادرها من الموارد الكثير و الكثير بجهله وجهالته وإهماله وعلمه ودعوى تقدمه وتكنولوجياته وتطوره حتى أصبحت تمثل الخطر الأكبر علي حياه الإنسان.

وبما أن البشر محتاجون إلي مياه شرب سائغة ومأمونة وكثير من مصادر المياه لا تكون مناسبة بصورة مباشرة لأغراض الشرب . ويصمم المهندسون مرافق المياه للتجميع ومعالجة وتنقية وتوزيع المياه علي الناس وعلي الصناعات. وما أن يتم تشييد المرافق حتي يتولى القائمون علي تشغيل محطات وشبكات المياه مهام تشغيل وصيانة و إدارة هذه المرافق ، ويكونون مسئولين عن ضمان إعداد مياه شرب أمنة ومأمونة وسائغة إلي كل منزل وكل حنفية ومن مسئوليتهم أيضا التأكد من توافر كميات كافية من المياه ، بالضغوط اللازمة في جميع الأوقات وخاصة في أوقات الطوارئ مثل نشوب الحرائق.

ما هي أسباب ضرورة معالجة وتنقية المياه ؟

الوظيفة الأساسية لمعالجة وتنقية المياه هي توفير إمداد متواصل بمياه الشرب الآمنة والمأمونة والمستساغة

– مأمونة: من حيث خلوها من الملوثات التي قد تسبب الأمراض أو التسمم للناس.
– مستساغة من حيث خلوها من الخواص الغير مرغوبة مثل العكارة واللون والطعم والرائحة.

وقليل من مصادر المياه الخام يمكنها توفير مثل هذه الجودة بدون إجراء بعض عمليات المعالجة عليها ، فمياه الآبار الجوفية تتطلب بصفة عامة إجراء عملية تطهير لها لوقاية الصحة العامة وبعض منها تتطلب إجراء معالجة إضافية لتقليل أو إزالة الحديد والمنجنيز أو لتقليل عسر الماء أو بعض الشوائب الأخرى التي قد تكون سببا في اكتساب المياه لونا أو رائحة أو طعما غير مقبول

كذلك يجب ألا تستعمل المياه السطحية (النيل أو الترع الفرعية) للشرب بدون إتمام معالجتها وتنقيتها نظرا لاحتوائها علي عكارة وكائنات مائية كالطحالب علاوة علي كائنات حية دقيقة مسببة للأمراض بجانب احتوائها علي نسب من مخلفات الصرف الصحي والصناعي.

وعلية يجب إزالة العكارة عن طريق عمليات المعالجة والتنقية الملائمة .

دور مسئولي التشغيل في محطات مياه الشرب

نظراً للثقة التي يوليها الجمهور لمياه الشرب والتي يجب أن تظل موضع اعتزاز القائمين بتشغيل محطات معالجة وتنقية المياه وبسبب هذه الثقة فإن دور القائمين بالتشغيل يلقي عليهم مسئولية هامة وأساسية وعليه يجب أن يكون دائمي اليقظة للتأكد من سلامة عملية التشغيل لضمان توفير مياه آمنة ومأمونة للمستهلكين وذلك في جميع أنواع وأحجام المحطات.

ومن مهام القائمين بتشغيل محطات المياه أن يكونوا قادرين علي تأدية جميع هذه الأعمال:

١. تشغيل جميع المعدات الميكانيكية كالطلمبات وأجهزة إضافة الكيماويات والمروقات والمرشحات.

٢. تشغيل جميع المعدات الكهربائية والالكترونية مثل المحركات وأجهزة التحكم والمراقبة الأوتوماتيكية وأجهزة التسجيل ومعدات توليد الطاقة الكهربائية الاحتياطية للطوارئ.

٣. تحديد مقادير الجرعات الكيميائية المناسبة كالشبه والكلور والتحكم في استخداماتها لمختلف عمليات المعالجة.

٤. مراجعة مخزون الكيماويات من الشبه والكلور.

٥. تجميع عينات المياه لاختبارها.

ولكي يتمكن القائمون بالتشغيل من تأدية هذه المهام بنجاح يجب أن يتصفوا بحسن تقديرهم للأمور كما يجب أن يكونوا علي دراية تامة بمبادئ الحساب والهيدروليكا والكهرباء وعلوم البكتريا والأحياء والكيمياء ، كما يحتاج إلي تدريب وخبرة مستمرة في تشغيل وصيانة وإصلاح واستبدال جميع معدات معالجة وتنقية المياه.

مقترح دور وواجبات المعامل الكيميائية بالمحطات والمعمل المركزي ورئيس قطاع المعامل والبحوث

جدول رقم (١/١) يوضح مقترح دور وواجبات المعامل الكيميائية بالمحطات والمعمل المركزي

دور وواجبات المعامل بالمحطات	دور وواجبات المعمل المركزي	دور وواجبات رئيس قطاع المعامل والبحوث
• **مراقبة عملية معالجة المياه من حيث:** – الكلور المتبقي. – العكارة. – العد الطحلبي. • **تحديد الجرعات الكيميائية:** – إجراء اختبار " جار " للحصول علي الجرعة المثالية للشبة. – اختبار احتياج الكلور. • **مراقبة التحكم في عملية المعالجة:** التأكد من تطبيق الجرعات الكيميائية الصحيحة: – مراقبة المروقات. – تركيز الروبة. – إزالة الروبة.	• **يقوم بالتحليلات الآتية:** • **المواد الغير عضوية:** – المعادن. – المعادن الثقيلة. – المواد المشعة. – المواد العضوية. – مبيدات الحشائش ومبيدات الحشرات. – الفوسفات العضوية. – تحاليل الكربومات. – الكربون العضوي المتطاير. – الكشف عن السموم. – الآثار الجانبية للتطهير. – الكائنات الحية الدقيقة. – الكوليفورم الكلي.	• **يدير ويشرف علي معلومات وبيانات جودة المياه داخل محطات التنقية .** – إدارة عملية التقارير. – المساهمة في إضافة المعلومات . – تنسيق الاتصالات بين معامل المحطات والمعمل المركزي. – يدير معلومات وبيانات جودة المياه . – التعامل والاتصال مع وزارة الصحة. – الاستجابة لشكاوى العملاء – الرد على الاستفسارات بنسبة لأية بيانات. – إقامة العلاقات مع الوكالات الخارجية.

• **مراقبة تشغيل المرشحات:** – سمك طبقة الرمل وحجمه. – غسيل المرشحات. – المحتوي الطيني للمرشح. • **التحليلات** البكترولوجية: – الكوليفورم الكلي. – المحتوي المعياري للمزرعة. – التقييم الميكروسكوبي. • **التحاليل الكيميائية:** – – يومية – أسبوعية • **مراقبة جودة شبكة توزيع المياه:** – العينات الدورية . – شكاوى العملاء. – التوصيلات الجديدة.	– الكوليفورم (البكتريا اللولبية البرازية). – البكتريا العقدية (البرازية) – المحتوي المعياري علي الشريحة. – العد الطحلبي. – تحديد الموجودات غير المألوفة. – أخذ العينات وتحليلها من الملوثات الدقيقة من محطات المياه وشبكات التوزيع . – التحكم في ملوثات المياه. – أخذ عينات من نهر النيل وتحليلها.	• **إدارة كل من:** – الأفراد – الميزانيات – الأجهزة ومعدات المعامل بالمحطات. – الاجتماعات مع مديري المعامل. – الاجتماعات مع مديري المحطات. – تنسيق التدريب. – حضور المؤتمرات العلمية. – المشاركة في المحافل الدولية الخاصة بجودة المياه.
• **آبار المياه الجوفية:** – عينات دورية. • **التقارير:** – يومية	• **التقارير عن:** – التحاليل الدورية. – التقارير الإدارية. – ضبط وتأكيد الجودة:	

– أسبوعية. – شهرية.	• **بكل من:** – المعمل المركزي . – معامل المحطات . • **التدريب للعاملين:** – بالمعمل المركزي. – بمعامل المحطات. حل مشاكل معامل المحطات. – أبحاث معالجة المياه. – التحديث والتطوير. – حضور المؤتمرات العلمية. – تقديم خدمات خارج " نطاق الشركة " كإجراء التحليلات	

خصائص المياه في مصادرها (Water Characteristics) .

تنقسم خصائص نوعية المياه Water Quality Characteristics إلي أربعة فئات رئيسية:

أولا: خواص فيزيائية (طبيعية) (Physical Characteristics) .

وتشمل درجة الحرارة والعكارة واللون والطعم والرائحة.

أ. درجة الحرارة:

تعتبر درجة الحرارة أحد العوامل الهامة في عمليات المعالجة فإن الكيماويات المستعملة في معالجة المياه تذوب في الماء الدافئ بسهولة أكثر عنها في الماء البارد ، الجسيمات تترسب بسرعة أكثر في الماء الدافئ.

كما لو أن درجات الحرارة الدافئة تساعد علي نمو الأشياء المختلفة للحياة النباتية في الماء إلا أن المستهلك يفضل الماء البارد لأنه يكون أفضل طعما.

ب. العكارة (Turbidity):

تغييم الماء يسمي عكارة وعند مرور شعاع من الضوء خلال ماء هو مقياس لعكارة الماء معبرا عنه بوحدات العكارة (Turbidity Units (TU والوحدات المستعملة دوليا هي وحدات عكارة جاكسون (J.T.U.) .Jackson T.U ووحدات العكارة النفالومترية (NTU) .Nephelometric T.U والجسيمات التي تسبب العكارة هي مواد دقيقة غير قابلة للذوبان إما تكون مواد غير عضوية مثل الطين أو الطمي أو الرمل أو تكون مواد عضوية مثل الطحالب وجسيمات أوراق الأشجار وتسهم المخلفات الصناعية والمنزلية في تواجد المواد العضوية وغير عضوية ونتيجة للترشيح الطبيعي الذي تتعرض له المياه الجوفية خلال أنواع التربة المختلفة فإن عكارة المياه الجوفية تكون قريبة من الصفر. وتتفاوت عكارة المياه السطحية تفاوتا واسعا تبدأ من أقل من واحد .T.U إلي أكثر من ٢٠٠ .T.U .

ج. اللون Colour:

خاصية اللون تحدث أساسا في المياه السطحية وهى تدل عادة على وجود مواد عضوية متحللة أو وجود مواد غير عضوية مثل الحديد والمنجنيز وتأتى المواد العضوية إما من مصادر طبيعية مثل أوراق الأشجار والجذور وبقايا النباتات أو من مصادر من صنع الإنسان مثل مياه الصرف الصحي المنزلي أو الصناعي . ويقاس اللون عن طريق مقارنة لون عينة منه بلون محلول كيميائي قياس متدرج التركيز وعادة يستعمل محلول الكوبالت البلاتيني PLATINUM– COBLAT في عملية المقارنة .

ووحدات قياس اللون COLOUR UNIT يعبر عنها بنسبة تركيز البلاتين في المحلول وعادة فإن اللون الأقل من ١٥ C. U لا يكاد يلاحظ في حين أن اللون الذي قياسه ١٠٠ C.U له مظهر الشاي الخفيف (الفاتح).

والمياه العالية التلون غير مرغوبة لمعظم الاستعمالات الصناعية ولا تصلح لمياه الشرب. كذلك فإن اللون في المياه قد يدل على تلوث المياه بواسطة مواد عضوية وغير عضوية طبيعية أو من صنع الإنسان وربما تجعل الماء غير مأمون للشرب .

د. **الطعم والرائحة Taste and Odor:**

يمكن أن يسبب الطعم والرائحة في المياه ملجموعة واسعة من المواد مثل الطحالب أو الكائنات الحية الدقيقة والمواد العضوية المتعفنة ومياه الصرف الصحي والصناعي بما يحويه من مخلفات صناعية ومواد معدنية ، والغازات المذابة مثل كبريتريد الأيدروجين أو الكلور. والمياه عالية التركيز بالمعادن لها طعم الأدوية ومن الناحية الأخرى فإن الماء المقطر طعمه (غير مستساغ) لأنة يفتقد المواد المعدنية والغازات التي تعطى له (عند وجودها بمقادير صغيرة) طعما سائغا .

ورغم أن الإحساس بالطعم والإحساس بالرائحة مترابطان ترابطا وثيقا فإن الإحساس بالرائحة يكون أكثر تميزا ووضوحا من الإحساس بالطعم. وعند معالجة المياه تقاس عادة الرائحة فقط والتي تتم بواسطة أشخاص يقومون بشم ملجموعة متتالية من عينات المياه المخففة ويبدأ الاختبار بشم عينة لا رائحة لها (ماء مقطر) ثم عينات تحتوى على ماء مقطر أقل فأقل وعينات أكثر فأكثر حتى يتم الكشف عن وجود رائحة والتخفيف الذي يكتشف عنده أولا

يسمى بدء ظهور رائحة Thershold Odor والتخفيف المعين لتلك العينة يسمى رقم بدء الرائحة TON Thershold Odor Number

ثانيا: الخواص الكيميائية (Chemical Characteristics):

و تشمل:

أ – الخواص غير العضوية .

ب – الخواص العضوية.

أ)الخواص الغير عضوية Inorganic Characteristics

و تشمل:

- **الرقم الهيدروجيني (pH):**

وهو اصطلاح للتعبير عن الحالة الحمضية أو القلوية لمحلول ما ، وهو يمتد من صفر (للحامض) إلى ١٤ (للقلوي) وعلية فإن الرقم ٧ هو المتعادل. والمدى العادي للرقم الأيدروجيني للمياه السطحية يتراوح ما بين ٦,٥ إلى ٨,٥ والمياه الجوفية من ٦ إلى ٨,٥ .

وللرقم الهيدروجيني للماء تأثير ملحوظ على معدات وعمليات محطة معالجة المياه فعند قيمة أقل من ٧ يميل الماء إلى إحداث تأكل بالمعدات والمواد الأخرى التي تلامسها وعند قيمة أعلى من ٧ يميل الماء إلى ترسب القشور وهذا ملاحظ بصفة خاصة في خطوط المواسير وفى أجهزة تسخين المياه المنزلية .

- **عسر الماء Hardness:**

الماء العسر هو الذي يحتوى على مقادير ملحوظة من الكالسيوم Ca و الماغنسيوم Mg.

وقد يتسبب الماء العسر في مشكلة تكوين قشور داخل المواسير والعدادات مما يقلل من سعة المواسير كما يتسبب في سوء أداء العدادات وإذا كان سخانا فإن القشور تتكون أسرع كما في الغلايات وسخانات المياه المنزلية. والماء العسر له طعم غير مقبول ويتطلب صابون أكثر عند استعماله في الغسيل .

ويستعمل في المعامل اختبار قياسي لتعيين عسر الماء ويعبر عن الناتج بالـ ملليجرام / لتر (ملجم / ل) ككربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) درجات عسر الماء كما يلي:

من صفر إلى ٦٠ ⟸ (ملجم / ل) ماء يسر

من ٦١ إلى ١٢٠ ⟸ (ملجم / ل) متوسط العسر

من ١٢١ إلى ١٨٠ ⟸ (ملجم / ل) ماء عسر

أكثر من ١٨٠ ⟸ (ملجم / ل) ماء عسر جدا

- **الأكسجين الذائب (Do) Dissolved Oxygen:**

الأكسجين من أكثر الغازات تذاوباً في الماء ورغم أنة بالغ الأهمية لإعاشة السمك والحياة المائية الأخرى إلا أنه يسبب حدوث تأكل الأجسام المعدنية بصفة خاصة وقد يذوب الأكسجين في الماء بثلاث طرق:

١. مباشرة من الهواء (تهوية طبيعية).

٢. بواسطة الطحالب (تخليق ضوئي).

٣. بواسطة معدات ميكانيكية (تهوية ميكانيكية).

وتحتوى المياه السطحية الطبيعية على نسبة تتراوح بين ٥ ملجم / ل في المياه الدافئة إلى ٧ ملجم / ل في المياه الباردة. وإذا كانت الطحالب موجودة في الماء فإن نسبة الأكسجين الذائبة تتفاوت تفاوتا عظيما في خلال اليوم الواحد فيرتفع المنسوب خلال ساعات ضوء الشمس حيث تنتج الطحالب أكسجين وفى الليل تستنفذ الطحالب الأكسجين مما يسبب هبوط منسوبه .

يمكن قياس الأكسجين الذائب إما كيميائياً أو كهربائياً ويعطى التركيز المقاس من الأكسجين الذائب بالملليجرامات في اللتر.

- **المواد الصلبة العالقة:**

هي جسيمات ينقلها معه الفعل الطبيعي للمياه الجارية وهي أكبر من (٠,٠٠١ مم) والجسيمات التي لا تتجاوز (٠,٠١ مم) حجماً لا تترسب بسرعة وهي تسمي في عمليات معالجة المياه " مواد غير قابلة للترسيب " أما الأكبر حجماً (أكبر من ٠,٠١ مم) فتوصف بأنها قابلة للترسيب، حيث أنها تترسب تلقائياً إلي القاع أو حوض الترسيب في غضون أربع ساعات.

- **المواد الصلبة الغروية:**

هي جسيمات الطمي الدقيقة والبكتريا والجسيمات المسببة للون والفيروسات وهذه الغرويات لا تترسب تلقائياً في مدة زمنية معقولة كما هو موضح في الجدول السابق وبالرغم من أنه لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة إلا أن تأثيرها قد يشاهد عند مرورها خلال عمليات المعالجة إذا لم تروب وتندف كما يجب.

- **المواد الصلبة الذائبة (DS) Dissolved Solid:**

للمياه خاصية إذابة المواد المعدنية المتواجدة في التربة التي تلامسها وقد يحتوى على أملاح معادن ذائبة سامة كأملاح كالزرنيخ والباريوم والكادميوم والكروم والرصاص والزئبق والسيلينيوم والفضة نتيجة عدة عوامل أخرى كصرف صناعي وخلافة. ومحتوى المواد الصلبة الذائبة في الماء دليل عام وهام لمدى صلاحيتها للشرب والاستعمالات الزراعية والصناعية فالنسبة العالية منها في الماء تخلق مشاكل مثل الطعم والرائحة والعسر والتآكل وتكون القشور وقد يعانى المستهلكون منها من ظواهر الإصابة بالإسهال. وبالتالي فإن التوصية بأن الحد الأقصى من المواد الصلبة الذائبة في مياه الشرب لا تتعدى ١٢٠٠ ملجم / لتر . وتقاس المواد الصلبة الذائبة عن طريق ترشيح حجم معلوم من العينة ثم يبخر الماء المرشح إلى درجة الجفاف ويوزن المتبقي ثم تسجل النتائج بالملليجرام في اللتر وتسمى عادة المواد الصلبة الكلية (Total Dissolved Solids TDS) .

Diameter (m)	Types of particles	Settling time over 30 cm
1.10^{-2}	gravel	0.3 sec
1.10^{-3}	coarse sand	3 sec
1.10^{-4}	fine sand	38 sec
1.10^{-5}	silt	33 min
1.10^{-6}	bacteria	35 hours
1.10^{-7}	clay	230 days
1.10^{-8}	colloids	63 years

جدول (١/٢) يوضح سرعة ترسيب مختلف المواد لأقطار مختلفة

ومن الأسباب الرئيسية التي تجعل الجسيمات غير قابلة للترسيب هو صغر حجمها والذي يمكن توضيحه بالمثال التالي:

مثال:

من المتوقع أن يترسب جسم من رمل خشن على شكل مكعب طول ضلعه ١مم بحيث يهبط نحو ٣. متر كل ثانية كما هو مبين بالجدول السابق. والآن لنفترض أن حبيبة ٠,٠٠٠٠١ مم (هذا الطحن يمثل قوي التعرية الطبيعية) فإن الوزن الإجمالي لكل الجسيمات المطحونة يساوي وزن الحبيبة الأصلية للرمل الخشن.

وبمقارنة المساحة السطحية في الحالتين نجد أنها قد زادت من ١مم٢ (وهي مساحة رأس دبوس كبير) إلى ٦ مم^{٢} ، وهذه الزيادة في المساحة السطحية تسبب زيادة هائلة في قوي المقاومة والتي تقاوم الترسيب الطبيعي التلقائي وطبقاً للجدول السابق نجد أنه بدلاً من أن ترسيب تلك الجسيمات الدقيقة إلي عمق (٠,٣ متر) في ٣ ثواني فإنها تستغرق الآن نحو ٢٠ سنة لترسيب إلى نفس العمق لذلك فمن اللازم لتعجيل الترسيب أن يتم تجميع الجسيمات الدقيقة معاً لتكون جسيمات أكبر يمكن ترسيبها بسهولة وسرعة.

وبمقارنة المساحة السطحية في الحالتين نجد أنها قد زادت من ١ مم^{٢} (وهي مساحة رأس دبوس كبير) إلي ٦ مم^{٢} ، وهذه الزيادة في المساحة السطحية تسبب زيادة هائلة في قوي المقاومة والتي تقاوم الترسيب الطبيعي التلقائي وطبقاً للجدول السابق بدلاً من أن ترسب الجسيمات الدقيقة غلي عمق (٠,٣ متر) في ٣ ثواني فإنها تستغرق الآن نحو ٢٠ سنة لترسب

إلي نفس العمق لذلك فمن اللازم لتعجيل الترسيب أن يتم تجميع الجسيمات الدقيقة معاً لتكون جسيمات أكبر يمكن ترسيبها بسهولة وسرعة.

- **قابلية التوصيل للكهرباء (EC) Electrical Conductivity:**

هي طريقة شائعة لتحديد المحتوي العام للمواد الصلبة أو المعادن الذائبة في الماء حيث أن المواد التي تذاب في الماء يقال أنها تتأين أي أنها تكون جسيمات مشحونة كهربياً وهذه الجسيمات المتأينة تسمح للماء بتوصيل الكهرباء .

وحدة قياس EC هي الميكرومهو/ سم MicroMho/ Cm والقاعدة العامة هي أن كل عشر وحدات EC تمثل ٦ أو ٧ ملليجرام / لتر من المواد الصلبة الذائبة وعلي ذلك فإن ١٠٠٠ وحدة EC تمثل نحو ٦٠٠ – ٧٠٠ ميللجرام / لتر من المواد الصلبة الذائبة .

ب – الخواص العضوية Organic Characteristics:

هي الشق الثاني من الخواص الكيميائية والكيماويات العضوية تأتي من أربعة مصادر:

١. تحلل النباتات والحيوانات حيث تنتج مواد عضوية تسمي تانينات Tannines ولجينينات Lignins ومواد سمراء دبالية Materials Fulvic & Hunic .

٢. مخلفات الصرف الصحي والصناعي الكيميائي حيث تنتج عضويات تخليقية Synthetic .

٣. مخلفات الصرف الزراعي وما تحتويه من مبيدات حشرية ومبيدات أعشاب حيث تنتج عضويات تخليقية مختلفة .

٤. عمليات معالجة المياه بالكلور التي تحتوي علي مركبات عضوية طبيعية حيث تنتج عضويات معقدة مثل التراي هالوميثان (Trihalomethanes) .

وهناك خطران يشكلهما وجود العضويات في مياه الشرب أولهما أن بعض منها يسبب مرض السرطان أو يشتبه في أنها تسبب السرطان وأن لها أثار ضارة أخري علي الصحة . والخطر الثاني أن بعض منها عديم الضرر بحالته الطبيعية ولكنة ضار عند تكونه لمركبات معقدة كالتراي هالوميثان بجانب تغييره لطعم ورائحة ولون الماء

ثالثا: الخواص البيولوجية (الحيوية) Biological Characteristics:

تشير الخواص البيولوجية للماء إلي الحياة المائية والبكتريا والفيروسات التي توجد في الماء والتي يكون لها تأثير ملحوظ علي نوعية الماء . والطحالب مثلا تسبب تغير الطعم واللون وبعض أنواع منها تسد رمل المرشحات كما تنتج أنواع أخري منها أنواع من النموات الطبيعية اللزجة علي المعدات والصهاريج وجدران الخزانات. وتسبب أنواع عديدة من البكتريا تعرف بأسم بكتريا الحديد والكبريت تأكل في المواد الحديدية مثل مصافي الآبار وخطوط المواسير، وقد تسد نموات بكتيرية معينة، مصافي الطلمبات وتسبب أنواع أخري مشكلات تتعلق بالطعم والرائحة. والحياة الميكروبيولوجية في المياه مثل البكتريا والفيروسات والبروتوزوا قد تسبب الإصابة بالأمراض .تستعمل طائفة معينة من البكتريا تعرف باسم ملجموعة الكوليفورم ككاشف عن وجود الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض في الماء.

رابعا: الخواص الإشعاعية Radiological Characteristics:

تتواجد المواد المشعة Radioactive materials والنووية Radionuclides من مصادر طبيعية أومن صنع الإنسان فالمواد النووية تحتوى علي راديوم ٢٢٦ وراديوم ٢٢٨ والراديوم لا يتواجد عادة بكميات ملحوظة في المياه السطحية ولكن قد يتواجد في المياه الجوفية اعتمادا علي نوعية التربة والمواد الصخرية المحيطة بها أما احتمالات تلوث المياه السطحية فقد تكون بفعل الإنسان من صرف المخلفات من محطات التبريد النووية أو صرف مخلفات بعض أنواع المواد الدوائية والعلمية والصناعية .

لوائح وقوانين الحكومة المصرية الخاصة بجودة المياه:

مما سبق يتضح مدي خطورة تواجد مواد ملوثة للمياه علي حياه البشر والحيوانات والمعدات وبالتالي فقد وضعت الدول معايير ومواصفات لضمان ماء أمن للاستخدام وقد أقرت اللجنة العليا للمياه في مصر بتاريخ ٢٦ / ٢ / ١٩٩٥ المعايير والمواصفات الواجب توافرها في المياه الصالحة للشرب وللاستخدام المنزلي .

خصائص ومواصفات مياه نهر النيل وتفرعاته:

- **الخصائص:**

تعتبر مياه النيل ذات جودة نسبيا يمكن الاعتماد عليها كمصدر مناسب وحيد لمياه الشرب بعد معالجة بسيطة في داخل محطات التنقية. أما بالنسبة للمياه الجوفية فلها بعض المشاكل تنحصر في زيادة نسبة المواد الذائبة كذلك ارتفاع نسبة الحديد والمنجنيز .

تقاس نوعية وجودة المياه الخام المسحوبة من نهر النيل وفروعه يوميا بواسطة معامل المحطات للخواص الطبيعية وبعض الخواص الكيميائية والخواص البيولوجية علاوة على خواص كيميائية متفرعة أخرى تقاس مرة أسبوعيا .

هذا ويقوم المعمل المركزي بإرجاع سلسلة من التحاليل الكيميائية الدقيقة للمواقع التي قد تلوث مصادر مياه المحطات نتيجة إلقاء المخلفات غير الصحية (الناتجة عن المخلفات البشرية) والزراعية والصناعية في المجاري المائية .

- **المواصفات:**

التحاليل الكيماوية لمياه النيل والطرد السنوي لعام ٢٠١١

(المعمل المركزي لشركة مياه الشرب بالقاهرة)

جدول (١/٣) يوضح التحاليل الكيماوية لمياه النيل والطرد السنوي لعام ٢٠١١

نـوع التحـليل	مياه النيل والطرد ٢٠١١					
	الحـد الأدنى		الحـد الأعلى		المتوسط	
	نيل	طرد	نيل	طرد	نيل	طرد
القلوية الكلية $CaCO_3$	١٢٤	١١٠	١٥٦	١٣٨	١٤٢,٠٩	١٢٥,٢٩
قلوية الكربونات $CaCO_3$	٠	٠	١٦	٠	٨,٥٥	٠
قلويت البيكربونات $CaCO_3$	١١٦	١١٠	١٤٦	١٣٨	١٣٣,١١	١٢٥,٢٩
الكبريتات Sulfates	١٧,١٦	٢٣,٣	٣٨,٤٥	٥٦,٢٥	٢٧,٠٦	٣٨,٠٦
درجة الحرارة Temperature	١٧,٥	١٨,٣	٢٨	٢٨,٥	٢٣,٢٥	٢٣,٥١
العكارة NTU	٣,٢٢	٠,١٣	٤٠,٩	٥,٨	١٣,٦٦	٠,٦٧
الأس الهيدروجيني pH	٨,٠١	٧,١٥	٨,٩٤	٨,١٢	٨,٣٣	٧,٤٨
التوصيل الكهربي Conductivity	٢٩٨	٣٠٨	٥١٤	٥٨١	٣٦٣,٥٧	٣٩٢,٩٥
الأملاح الذائبة الكلية TDS	١٩٦,٦٨	٢٠٣,٢٨	٣٣٩,٢	٣٨٣,٤٦	٢٤٨,٤٤	٢٥٩,٣٤

الأمونيا Ammonia NH_3	٠,١١	٠	٠,٦	٠,١٢	٠,٢٣	٠,٠٤
النيتريت NO_2	٠	٠	٠,٢٢	٠	٠,٠٤	٠
النترات NO_3	٠,٥٤	٠,١٧	٢,٥٩	١,٦	١,٤٤	٠,٩٢
الفلوريدات Florides	٠,١١	٠,١١	٠,٥٧	٠,٥٢	٠,٣٤	٠,٣٢

– ملحوظة جميع النتائج مقدرة كجزء فى المليون . (mg/l)

الأهداف المقترحة فى عمليات التشغيل:

وضعت المواصفات القياسية لجودة مياه الشرب الصادرة من وزارة الصحة العامة بدلالة مواصفات الصحة العالمية التي نصت علي حدود قصوى لمستويات الملوثات **Max Contaminant Levels (MCLs)**

في المياه المعالجة للشرب والواجب إتباعها بكل دقة. علما بأن هذه المواصفات لم تتعرض لأية أسس للتشغيل الأمثل لعمليات المعالجة فعلى سبيل المثال لم تحدد أي معايير لعمليات الكلورة أو إضافة الكيماويات(الشبة) كما لم تتعرض لتحديد كفاءة التشغيل كنسبة إزالة العكارة أو إزالة الطحالب .

وعلى ذلك يجب أن يكون هناك أهداف للمعالجة تحدد عمليات الكلورة سواء كانت مبدئية أو نهائية وكذلك نوعية المروبات (الشبة مثلا) وكيفية إضافتها ثم تحدد كفاءة التشغيل في المروقات والمرشحات (هذه النقاط تحدد فقط عند تصميم محطات جديدة وتراجع عند استلامها من المقاولين ولكنها لا تراعى عند التشغيل بعد ذلك).

وبناء على ذلك فإذا ما رغبت الشركة في وضع أهداف لتحسين التشغيل والأداء الأمثل لمحطاتها بالنسبة لنوعية المياه المنتجة وتخفيض تكلفتها فعليا أن تضع في الاعتبار الحد الأقصى لمستوى الملوثات MCLs وتعميمه مع وجوب وضع أساس لعوامل التشغيل المختلفة كالكلور والعكارة والعد الطحلبي .

حيث أن ممن مزايا أهداف المعالجة الواضحة عدم الخلط فيما يتم إنجازه من أعمال بين المحطات ، كما سيتحقق تصحيح لإجراءات تشغيل كثير منها حيث سيلتزم جميع القائمين بالمعمل في المحطات بما فيهم العاملين بالمعامل بهذه الأهداف ويعلموا معا لتحقيقها .

وفيما يلي ملجموعة من أهداف التشغيل المقترحة يقترح أن تراجعها الشركة وتعمل علي تنفيذها لتكون أهداف مشتركة لجميع محطات الشركة وتراجع بعدها مع كميات الكيماويات المستخدمة كمؤشرات أداء وتكون العكارة والكلور المتبقي والعد الطحلبي مقاييس مباشرة لكفاءة عمليات المعالجة بعد تحديد جرعات الكلور والشبة .

- **وفيما يلي الأهداف المقترحة فى عمليات التشغيل:**

جدول (١/٤) يوضح الأهداف المقترحة فى عمليات التشغيل لعملية التنقية لمياه الشرب.

الأهداف المقترحة فى عمليات التشغيل لعملية التنقية لمياه الشرب							
العنصر	**الماء المروق**			**الماء المعالج**			
	أدنى	أقصى	متوسط	أدنى	أقصى	متوسط
العكارة	-	٥.>	٢،٠٥>	-	١. >	٠،٥ >
الكلور المتبقي	٠،٥		٠،٥<	١	٢،٥	٢،٥–١،٥
العد الطحلبي	-	٥٠٠>	٥٠٠>		١٢٠	١٢٠ >

إذا كان الهدف من عمليات التنقية لمياه الشرب هو الوصول إلي الحد الأدنى للثلاثة عناصر المذكورة سواء في الماء المروق وبالتالي في المياه النقية (المعالجة) ، وعلي هذا الأساس فإنه يجب أن يكون التعامل مع الحدود الموجودة من هذه العناصر علي عدة مستويات لاتخاذ الإجراءات المناسبة وذلك لسرعة التعديل واتخاذ القرار كما فيما يخصه .

الأهداف ومستوى التصرف والتقارير:

إن تطوير المستويات التنفيذية للتشغيل والتقارير سوف تسهل تنفيذ أهداف التشغيل والمعالجة المقترحة

(شكلي ١/١ ، ١/٢).

أساس تقسيم المستويات هي كل قيمة في محدد من المحددات وبناء علي ذلك فهناك ثلاث مستويات للتشغيل:

١. مستوى عادى .

٢. مستوى تحذيري .

٣. مستوى طوارئ .

بالنسبة للمستوي الأول فطالما أن القراءات في حيز المقبول فتستمر الإجراءات العادية والعمل العادي للمعالجة والتنقية .

- **بالنسبة للمستوى الثاني " تحذيري" فإنه يتطلب:**

– استجابة سريعة من الكيميائيين والمسئول عن التشغيل لتصحيح الموقف.

– رفع تقرير لمدير المعامل ومدير معمل المحطة وليس هناك ضرورة لعمل فورمه معينة للتقرير أو الإلحاق لهذا التقرير .

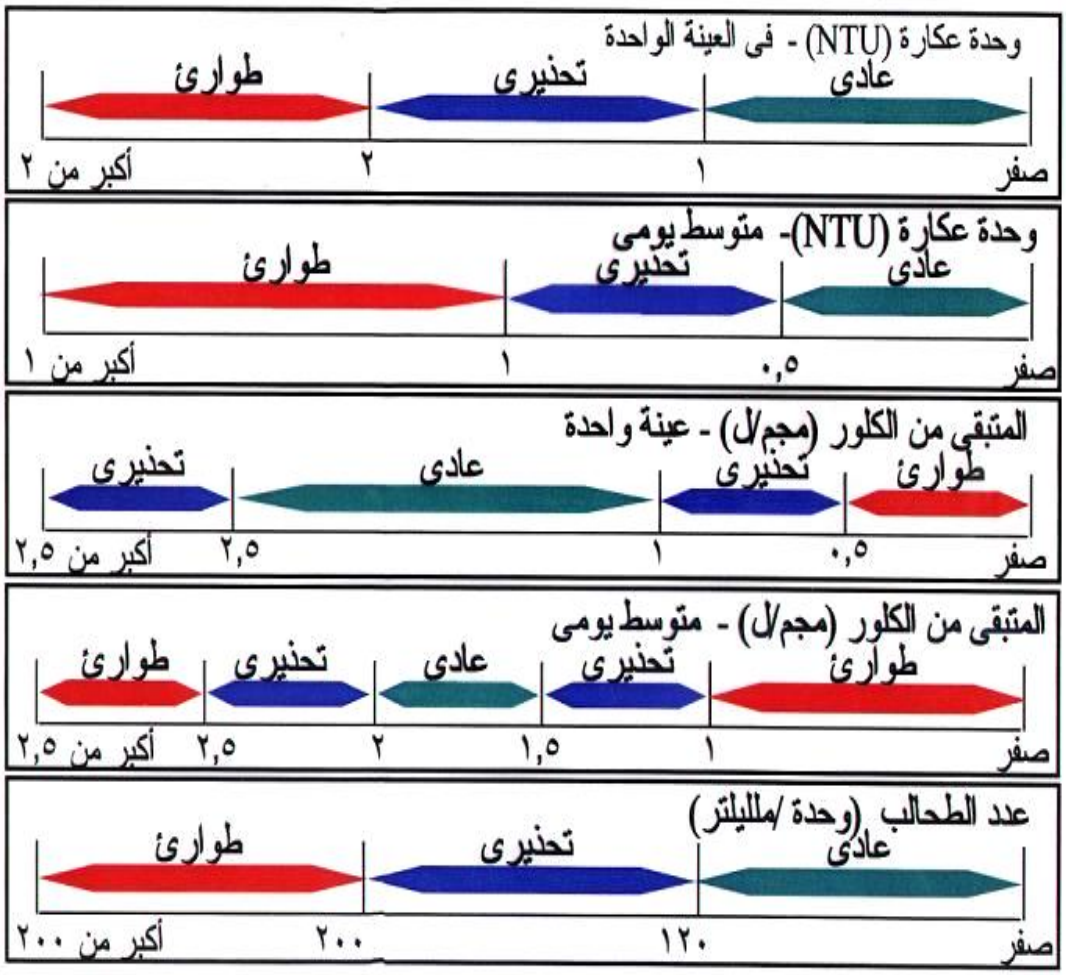
- **بالنسبة للمستوى الثالث "طوارئ" فإنه يتطلب:**

– استجابة سريعة من الكيميائيين ومسئولي التشغيل لتصحيح الموقف .

– رفع تقارير إلى مدير المعمل – مدير المحطة – المعمل المركزي – رئيس قطاع المعامل والبحوث.

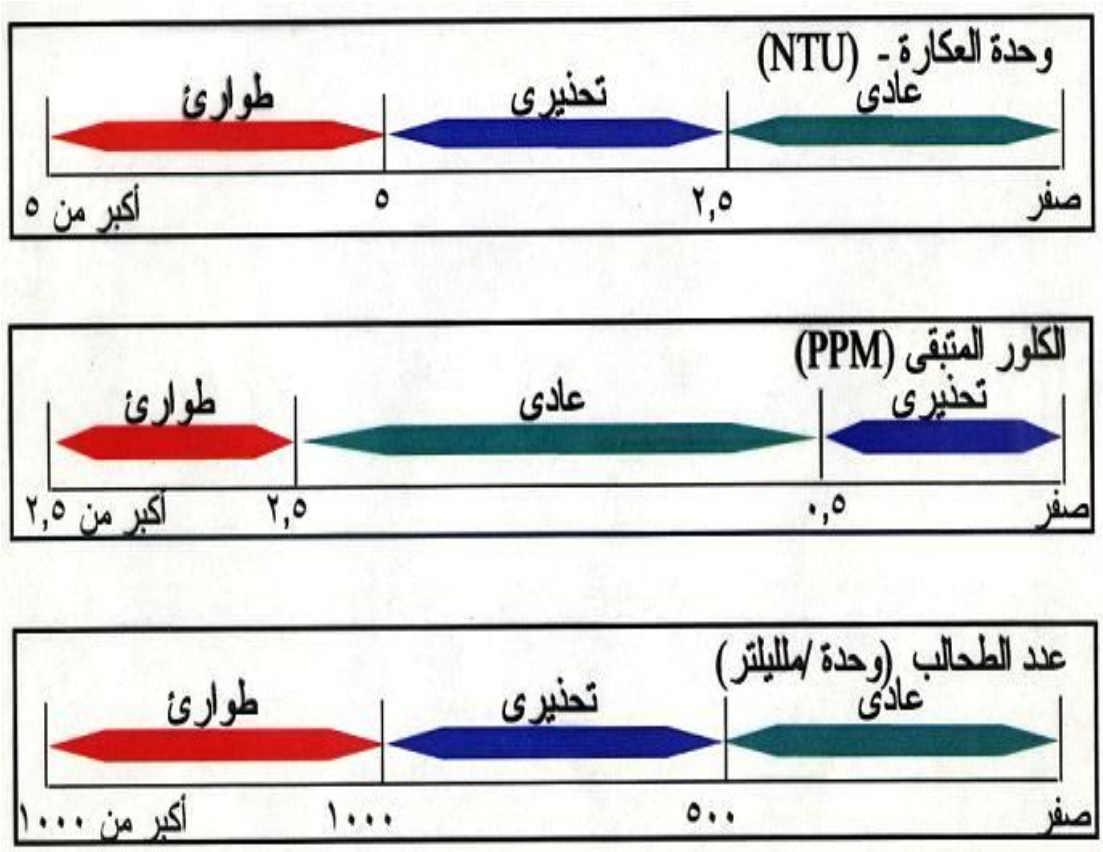
– وضع نموذج "الحالة الطارئة" ويكون مستوى التوزيع علي المذكورين سابقا.

أهداف عمليات معالجة مياه الشرب ومستويات التصرف بالنسبة للمياه المعالجة



شكل رقم (١/٢) يوضح مستويات التصرف بالنسبة للمياه المعالجة

أهداف عمليات معالجة مياه الشرب ومستويات التصرف بالنسبة للمياه المروقة



شكل رقم (١/٣) يوضح مستويات التصرف بالنسبة للمياه المروقة

الوحدة الثانية

نظرة عامة على عمليات معالجة المياه

Overview of water treatment processes

أهداف الوحدة

بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة يكون المشارك قادرا على أن:

- يشرح بصفة عامة عملية معالجة المياه المستخدمة في محطات التنقية.
- يعرف ويشرح الخطوات المختلفة للمعالجة.
  - المعالجة الأولية .
  - التجلط .
  - الترويب – التنديف .
  - الترويق أو الترسيب .
  - الترشيح .
- يشرح التصميمات المختلفة لمحطات المعالجة المستخدمة فى تنقية المياه .

نظرة عامة على عملية معالجة مياه الشرب

ما زالت الباثوجينات (الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض) الموجودة في المياه هي ضمن الأخطار الأكثر أهمية في مياه الشرب في كل البلدان المتقدمة والنامية وهى تمثل فكرة نظام الأربعة مراحل لإزالة التلوثات الميكروبية

وتحتوى الأربعة مراحل على:

١. المعالجة المبدئية .

٢. الترويب ، التنديف والترويق .

٣. الترشيح .

٤. التطهير .

وأهمية إزالة العكارة والتطهير المناسب بهذا المفهوم هو تأكيد لتعليمات منظمة الصحة العالمية .

- الغرض الرئيسي لمعالجة المياه هو لحماية المستهلك من الباثوجينات والشوائب في المياه التي قد تكون مزعجة وضارة لصحة الإنسان .
- التطهير هو الأداة الوقائية النهائية وهو أيضا يحمى مياه الشرب أثناء عملية التوزيع ضد التلوث الخارجي وإعادة النموات . كل خطوات المعالجة يمكن اعتبارها تجهيز المياه لكفاءة عملية التطهير والاعتماد عليها .
- تعتمد كفاءة أي عملية تطهير على درجة نقاوة المياه الجاري معالجتها فالكائنات الحية الدقيقة التي تتكتل أو تلتصق على المواد الدقيقة يتم حمايتها جزئيا من التطهير فبالتالي من الضروري لعمليات المعالجة السابقة للتطهير أن تجرى لإنتاج مياه بمتوسط عكارة يتراوح من ١ إلى ٥ وحدة نفلومترية فقط .

التعريف بالعمليات الأساسية في معالجة وتنقية المياه والغرض منها

جدول رقم (٢/١) يوضح التعريف بالعمليات الأساسية في معالجة وتنقية المياه والغرض منها

العملية	الغرض منها
أ-المعالجة الأولية	
- التصفية (Screening)	- حجز الأجسام والكتل الكبيرة التي يمكن أن تسد وتتلف معدات المحطة .
- منع الأعشاب الدقيقة(Weed Screening)	- منع الأعشاب الدقيقة والنباتات المائية والبقايا الصغيرة التي يمكن أن تتلف عملية المعالجة والتنقية .
- المعالجة المبدئية(Pre-treatment)	- تهيئة المياه لإزالة الطحالب الدقيقة والمكونات المائية الغير مرغوبة التي تغير الطعم والرائحة واللون .
- قياس التصرف (Flow Measurement)	- قياس مقدار الماء الجاري معالجته وأماكن ضبط معدلات أداء الوحدات وتحديد كميات المواد الكيماوية المضافة.
ب – المعالجة الرئيسية	
- **التجلط / الترويب (Coagulatio)**	- تحويل الجسيمات الغروية المعلقة وفي حالة ثبات (Stable Suspension) بمعادلة شحنها السالبة إلى جسيمات في حالة عدم استقرار (Destabilization) يمكن تجميعها وترسيبها ويتم ذلك بإضافة المواد المروية (Coagulants)
- **التنديف (Flocculation)**	- تضخيم (massing) الجسيمات الغروية تلامسها مع بعضها مع عملية التقليب البطيء حيث تتكون الندف Flocs التي يمكن ترسيبها في عملية معالجة تالية .

- **الترسيب (Sedimentation)**	– إزالة الجسيمات القابلة للترسيب التي تكونت في العملية السابقة .
- **الترشيح (Filtration)**	– إزالة الجسيمات الدقيقة والشوائب المعلقة وغالبية الكائنات الحية الدقيقة .
- **التطهير (Disinfection)**	– قتل الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض الباثوجينات

المراحل الأربعة الأساسية في معالجة وتنقية المياه:

أولاً:

تبدأ إعادة عملية معالجة المياه بشكل ما بالمعالجة الأولية كالتصفية وحجز الأعشاب الدقيقة ويقصد بها إزالة المواد التي يمكن أن تتلف أو تسد معدات المحطة أو تلوث وتعوق عمليات المعالجة الرئيسية كما و أن المعالجة الكيميائية المبدئية التي تعتمد على إضافة الكلور لإمكان السيطرة على نمو الطحالب .

– وبقياس التصرف بالقرب من نقطة دخول المياه إلى المحطة وغالبا يؤخذ هذا القياس قبل عمليات المعالجة الرئيسية مباشرة بما يوفر للقائم بالتشغيل بيانات قيمة بالنسبة لكميات المياه المراد معالجتها .

ثانياً:

التجليط والترويب ، التنديف عبارة عن عملية كيميائية تصمم لتحويل الجسيمات الصغيرة جدا الوزن والمعلقة إلى جسيمات أكبر حجما وأثقل وزنا يمكن لها أن تترسب ويحب إجراء هذه العملية قبل عملية الترسيب من أجل تحسين أداء تلك العملية . وفي بعض الأحيان يضاف مساعدات للمروبات Flocculent Aid بغرض تنشيط وتحسين هذا الأداء .

– الغرض من الترسيب هو ترويق المياه من غالبية الجسيمات المعلقة فيها وبالتالي يقلل الحمل علي المرشحات وفي عملية الترسيب تنخفض سرعة المياه مع مرورها خلال خزان يسمى حوض الترسيب أو المروق حيث يسمح للجسيمات الكبيرة نسبيا والسابق تكوينها في عملية التنديف بالترسيب بواسطة الجاذبية وقد تظل بعض الجسيمات الدقيقة جدا والتي تشمل الكائنات الحية الدقيقة الضارة معلقة في الماء بعد عملية الترسيب ولهذا يجب أن تكون عملية الترشيح تالية دائما لعملية الترسيب من أجل (تحسين) المياه عن طريق إزالة الجسيمات

ثالثاً:

بالرغم من أن الترشيح فعال في إزالة غالبية الجسيمات الصغيرة إلا أنة لا يمكن أن يزيل بعض مواد عضوية معينة يمكن في حالة وجودها أن تؤثر على الصحة وتسبب أيضا مشكلات متعلقة بالطعم والرائحة حيث لا يمكن إزالة هذه المواد العضوية (أو الكيماوية التي تنتج عن تكوينها) عند مصدر المياه فيمكن إزالتها بواسطة الكربون المنشط (Activated Carbon) عن طريق عملية " الامتزاز" Adsorption .

رابعا:

التطهير هو عملية المعالجة النهائية التي تستعمل لقتل الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض ويتم عادة بإضافة الكلور إلي الماء ، وبالرغم أن الترسيب والترشيح تزيل البكتريا والفيروسات إلا أنها لا تزيل كافة الكائنات الحية ولهذا السبب كان من الضروري جدا تطهير المياه قبل ضخها من المحطة للتوزيع علي المستهلكين .

أولا: المعالجة الأولية (Pre treatment)

غالبا ما تحتوي مصادر المياه سواء كانت مياه سطحية أو مياه جوفية على شوائب أو خصائص غير مرغوبة وتستعمل عمليات المعالجة الرئيسية مثل الترويب والتنديف والترسيب والترشيح والتطهير لمعالجة هذه المياه في المحطة ويمكن تخفيف الحمل على هذه العمليات بإزالة بعض الشوائب من المياه أو تغيير بعض الخصائص غير المرغوبة للمياه قبل وصولها إلى محطة المعالجة . وهذا هو الغرض من المعالجة المبدئية وتشمل المعالجة المبدئية هذه العمليات.

أ – التصفية Coarse Screening

تعتبر أول عمليات المعالجة المبدئية التي تجرى على المياه وتشيد تجهيزات التصفية دائما عند النقاط التي تسحب عندها المياه من المصدر .والمصافي التي تستخدم لهذا الغرض

توضع على منشآت المأخذ لتمنع الانسداد وتحمي باقي محطة المياه عن طريق إزالة الأغصان وجذوع الأشجار وزجاجات البلاستيك والأعشاب الكبيرة وتتكون أبسط أنواع المصافي من قضبان مستقيمة من الصلب ملحومة من أطرافها مع عارضين أفقيتين من الصلب مثبتة علي هيكل المأخذ ويتراوح غالبا التباعد بين القضبان من ١٢ مم إلى ٢٥ مم في نوعية المأخذ "الشاطئ" أو الخليجي Shore type ويتراوح بين ٣٠ مم إلى ١٠٠ مم في نوعية المأخذ المغمورة Submerged type .

و تقام المصافي ذات القضبان في مسار المياه علي زاوية من ٦٠ إلى ٨٠ درجة تقريبا من الأفقي وهذه الزاوية هامة جدا للتنظيف لأنها تيسر جرف الكتل المحجوزة إلى أعلى المصفاة ثم التخلص منها كما أن الانحدار يساعد على منع انسداد المصفاة فيما بين عمليات

التنظيف لأنه مع تكتل المحجوز أمام المصفاة فإن المياه ترفعها وتدفعها إلى أعلى تاركة الجزء المغمور فيها مفتوحا سالكا .

ب – مانعات الأعشاب Weed Screening

وهذه المانعات عبارة عن مصافي شبكية لمنع أوراق الأشجار والأعشاب الدقيقة والأسماك الصغيرة التي يمكن أن تمر من مصافي القضبان الحديدية وتصنع هذه المصافي من نسيج من أسلاك الصلب الذي لا يصدأ أو من أي مادة أخرى مقاومة للصدأ قد تكون من الألياف الصناعية وتتراوح فتحتها بين ٣ × ٣ مم^{٢} إلى ١٠ × ١٠ مم^{٢} ولما كان من الممكن أن تتراكم الأعشاب بسرعة على الشبكة السلكية لذلك فإن المصافي السلكية يتم تنظيفها أوتوماتيكياً وباستمرار. وهى تركب رأسيا في الماء وتتحرك عند انسدادها أوتوماتيكياً وتستعمل لها فوهات رشاشة مركبة في الطرف العلوي لغسل وطرد مخلفات التصفية وتتساقط مخلفات التصفية ومياه الغسيل بعيدا عن المصفاة خلف الطرف العلوي ثم إلى منطقة إزالة المخلفات.

ج – المعالجة المبدئية والسيطرة على النباتات المائية:

رغم أن النباتات المائية قد تسبب مشكلات للقائم بتشغيل محطة معالجة المياه فمن الضروري ألا ننسى أن هذه النباتات إنما هي قاطنات عادية للبيئة المائية وأن لها دورا محددا في الحفاظ على التوازن البيئي في المجاري المائية وعلى سبيل المثال فالطحالب تساعد على إضافة الأكسجين للماء أثناء عملية التمثيل الضوئي كما أن مع النباتات المائية ذات الجذور عند وجودها بمقادير معقولة ضرورية في السلسلة الغذائية للأسماك والطيور المائية وتختزن الأعشاب المائية مقادير من المغذيات التي تتيح الفرص لازدهار الطحالب . لذلك فإن السيطرة المبالغ فيها على النباتات المائية قد ينتج عنها مشكلات طويلة الأجل وأشد خطرا من الأعشاب ذاتها ، وقد تسبب مشكلات طعم ورائحة في المياه الجاهزة للشرب وأنواع أخرى قد تكون مصدرا لمشكلات تشغيلية في محطة المعالجة.

الطحالب:

تحتوى جميع أنواع المياه السطحية على طحالب وكائنات حية دقيقة أخرى يمكنها أن تلوث المياه وخطوط مواسيرها وتسبب مشكلات طعم ورائحته علاوة على أنها تسد المرشحات وتخلق نموات خطرة على منشآت محطة المعالجة.

يوجد عدة ألاف من أنواع الطحالب تتراوح في حجمها من كائنات حية ميكروسكوبية وحيدة الخلية إلى أعشاب بحرية يمكن أن يبلغ طولها ثلاث أمتار أو أكثر . والملجموعات الأربعة التي تهمنا في شركة المياه هي الطحالب الزرقاء Blue ، الخضراء Green ، والدياتومات Diatoms ، والفلاجيلات السوطية Pigmented Flagellates.

وتسبب الطحالب مشكلتين رئيسيتين للتشغيل هما:

١. الطعم والرائحة.

٢. انسداد المرشحات.

كما يمكن أن تسبب مشكلات إضافية تشمل:

١. مواد رغوية لزجة (Slime).

٢. لون .

٣. تأكل .

٤. التداخل مع عمليات معالجة أخرى.

٥. سمية (Toxicity).

بعض هذه المشكلات قد تجعل المياه المعالجة النهائية غير مستساغة وغير مأمونة و غير صالحة للشرب.

– و بالرغم من عدم فهم كيفية تسبب الطحالب للطعم والرائحة إلا أن المشكلات قد تنتج من تكون بعض مركبات كيميائية عضوية معقدة هي المنتجات الجانبية لدورة حياة الطحالب.

– ومن أنواع تغييرات الطعم التي تسببها الطحالب فهناك حلوة ، مرة ، ومرة لاذعة وبالنسبة لإحساس اللسان فهناك زيتية أو معدنية Metallic أو جافة وقابضة.

– أما الإحساس البشري بالرائحة قد يكون أقوي من الإحساس بالطعم ويقاس أساساً بواسطة النوع المميز للطحالب المسببة مقترناً بنوع الطعم والرائحة وإحساسات اللسان.

– ويمكن أن تقلل الطحالب من مدد تشغيل المرشحات عن طريق تكوين طبقة (حصيرة) علي سطح المرشحات تؤدي إلي أحكام سدة تماماً وبالتالي إلي تكرار غسيل المرشحات لاستعادة مقدرتها الترشيحية وكلما زادت مرات وفترات غسيل المرشحات كلما قلت كمية المياه المنتجة النهائية وقلت كفاءة المحطة. وملجموعة الدياتومات هي المسببة لهذه الظاهرة.

– تأتي الغرويات اللزجة من الطبقة التي تحيط بخلية الطحالب. والطحالب الزرقاء الخضراء كملجموعة مفرزات للغرويات يمكنها أن تفرز طبقة غروية زلقة علي الخرسانة أو الأسطح الأخرى وهذه المادة قبيحة المنظر ولها رائحة كريهة وخطرة لأي شخص يمشي علي مثل هذه الأسطح. غالبية الطحالب تتطلب ضوء الشمس لنموها وتكاثرها وعلي ذلك فإن تراكم الغرويات في المواضع المظلمة بشبكات التوزيع إنما يرجع عادة إلي البكتريا وليس الطحالب.

– قد يظهر اللون نتيجة إفرازات جانبية للطحالب وهي تدل عادة علي أن مشكلات الطعم والرائحة ستحدث أيضاً وأي نوع من الطحالب يمكن أن يكون سبب للون في المياه.والألوان قد تتراوح من الأصفر، الأخضر أو الأزرق أو الأزرق المخضر أو الأحمر أو البني قد تسبب الطحالب جميعاً في تكوين هذه الألوان أو قد تتسبب مواد أخري فيها كالحديد والمنجنيز والمواد العضوية أو المخلفات الصناعية ومن المهم تحديد السبب في ظهور اللون قبل محاولة حل المشكلة.

– قد يصبح التآكل الذي تسببه الطحالب في الخرسانة أو المنشآت المعدنية مشكلة خطرة وقد تسهم الطحالب في حدوث التآكل إما بصورة مباشرة علي الأسطح التي تنمو عليها أو بصورة غير مباشرة عن طريق تعديلها لخواص المياه بواسطة التغيرات الفيزيائية والكيميائية. وهناك بعض أنواع الطحالب قد تنموا علي الخرسانة المغمورة في المياه وتسبب في تنقيرها وتفتتها. ولا

تكون الطحالب هي السبب المباشر عادة في تآكل المواسير الصلب لأن غالبية الطحالب لا تكون قادرة علي النمو والتكاثر في غيبة الضوء.

– إن وجود الطحالب في المياه قد يخلق مشاكل نتيجة للتغيير في خواص المياه ومع نمو الطحالب ثم موتها فإنها تسبب تغيير في الرقم الأيدروجيني pH والقلوية والعسر والأكسجين المذاب والمواد العضوية وهذه التغييرات قد تتداخل مع عمليات معالجة المياه . كما أنها تضيف مواد عضوية تتطلب مزيدا من الكلور وهذا يستلزم إجراء معاملة إضافية مثل الامتزاز بالكربون . كما أن التغيير في درجة الـ pH قد تؤثر على مقادير الجرعات المطلوبة للترويب.

هناك بعض أنواع معينة من طحالب المياه العذبة لها تأثير سام ويعتقد أن بعض المشكلات الجلدية مثل التهاب الجلد تسببها الطحالب الزرقاء الخضراء المسماة (أنابينا Anabaena) كما اقترنت حساسيات حمى القش بوجود طحالب زرقاء خضراء مسماة (Anabaena) كما ظهر أن تفشى أمراض المعدة والأمعاء بين آلاف الأشخاص الذين يعيشون في مناطق بها ازهارات طحلبية واسعة النطاق . كما أنه من الممكن أن يكون وجود أعداد كبيرة من الطحالب الزرقاء الخضراء على المرشحات هو الذي أدى إلى إطلاق إفرازات سامة في شبكات التوزيع مما ينتج عنه اضطرابات في المعدة والأمعاء .

ثانيا: المعالجة الأساسية Main Plant Process

الغرض من عمليات المعالجة الأساسية هو إزالة العكارة والمواد الغير قابلة للترسيب والقضاء على المواد الضارة والكائنات الحية الدقيقة وخاصة المسببة للأمراض (الباثوجينات) . وفيما يلي تفصيل بمبادئ هذه العمليات

١- التجليط / الترويب Coagulation

لكي نتفهم الكيفية التي تعمل بها هذه العملية من المهم أن نتعرف علي العكارة وما تحويه من جسيمات غير قابلة للترسيب وتقاومه لسببين أساسيين هما:

أ- حجم الجسيمات:

تحتوي المياه السطحية (الطبيعية) الخام على ثلاثة أنواع من جسيمات المواد الصلبة الغير قابلة للترسيب وهى مدرجة من الأكبر للأصغر كالآتي:

معلقة غروية مذابة

- فالمواد الصلبة المعلقة Suspended Solids هي جسيمات ينقلها معه الفعل الطبيعي للمياه الجارية والأصغر (أقل من ٠,٠١ مم) لا تترسب سرعة وتسمي في عمليات معالجة المياه أنها غير قابلة للترسيب أما الأكبر حجما أي (أكبر من ٠,٠١مم) فهي قابلة للترسيب ويمكن أن تترسب إلى القاع في غضون ساعات قليلة .
- ومن أمثلة المواد الصلبة الغروية (Colloidal Solids) الطمي الدقيق والبكتريا والجسيمات المسببة للون والفيروسات وهذه الغرويات لا تترسب تلقائيا في مدة زمنية معقولة . وبالرغم من أنه لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة إلا أن تأثيرها مع بعضها يشاهد غالبا على هيئة لون أو عكارة في المياه وهى صغيرة جدا بما يكفي ويسمح بمرورها خلال عمليات المعالجة الرئيسية إذا لم يتم تجميعها وتكوين ندف لها قابلة للترسيب .
- أما المواد الصلبة المذابة Soluble فهي مواد عضوية أو غير عضوية مثل الأملاح والكيماويات التي من أصل نباتي أو حيواني أو غازات يمكن أن تذوب في المياه والمادة

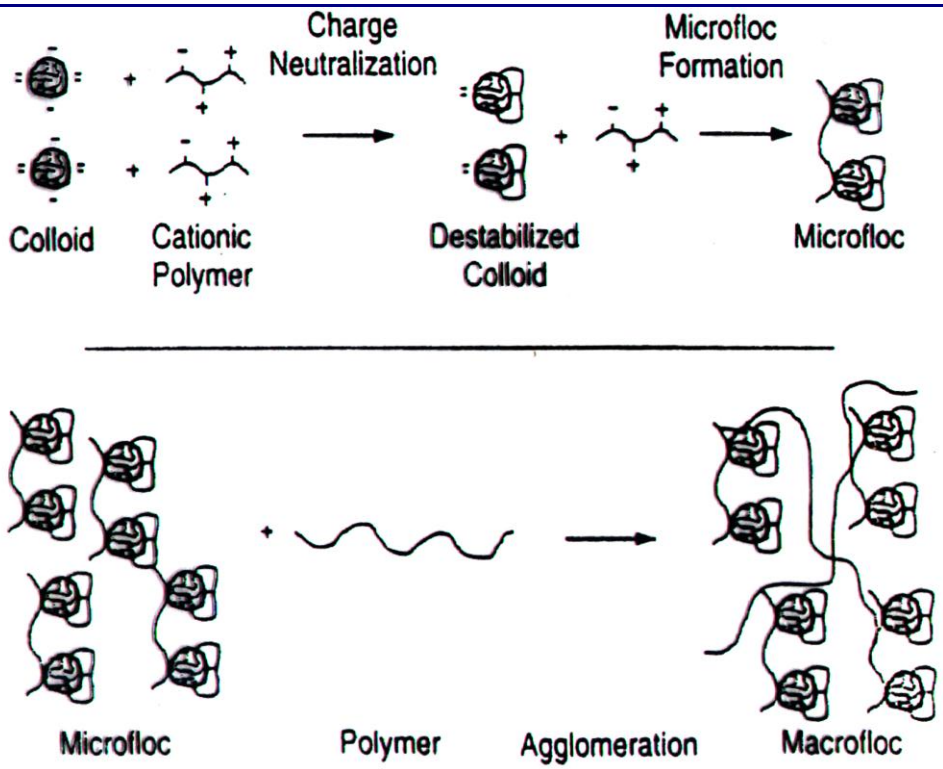
الصلبة المذابة في حجم الجزيئ ولا يمكن رؤيتها طبعا بالعين المجردة . وغالبية أملاح المعادن يمكن إذابتها في المياه وهى غير قابلة للترسيب وتسبب مشكلات متعددة للصحة العامة ومشكلات أخرى كالطعم والرائحة واللون ويلزم معالجتها وتحولها إلى مواد مترسبة بوسيلة كيميائية أو فيزيائية يسهل بعدها إزالتها من المياه.

ب- القوى الطبيعية بين الجسيمات Natural Forces Between Particles تحمل عادة الجسيمات الموجودة في المياه شحنة كهربائية سالبة وتماما كما يتنافر قطبا المغناطيس المتماثلان فهناك قوة تنافر بين أي جسيمين متماثلين في الشحنة وفي معالجة المياه فان قوة التنافر الكهربائية هذه تسمى (جهد زيتا- Zeta Potential) وهى قادرة على إبقاء الجسيمات الغروية الصغيرة جدا متباعدة بعضها عن بعض ومعلقة في المياه.

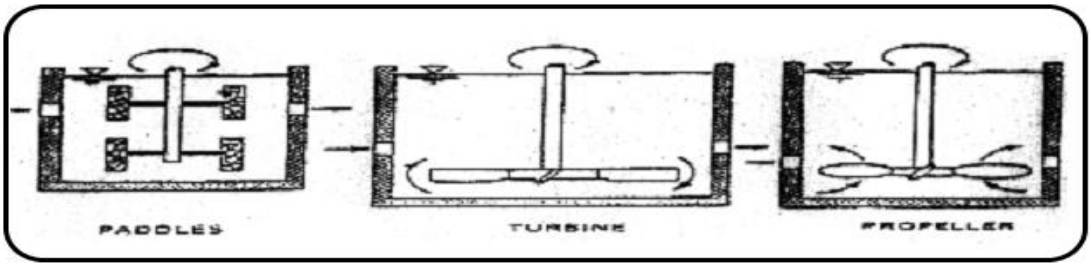
وتوجد (قوة فان درفال Van Der Waals Foce) وهي تعمل على جذب أي جسيمين معا وقوة الجذب هذه تعمل في اتجاه مضاد لجهد زيتا . وطالما كان جهد زيتا أقوى من قوة فان درفال فان الجسيمات الدقيقة تظل معلقة ومستقرة Stabilized.

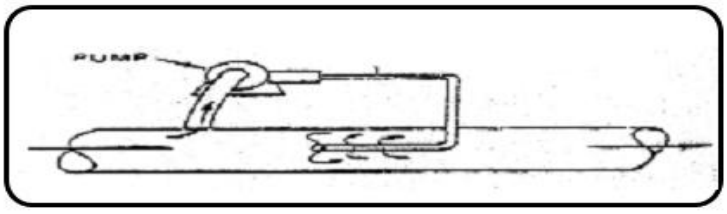
- إذن فعملية التجليط (الترويب) هي إضافة الكيماويات (المجلطات Coagulant) بغرض تعادل أو تقليل جهد زيتا للمواد الصلبة الغير قابلة للترسيب و بالتالي تصبح غير مستقرة Destabilized ويمكن لقوة فان درفال أن تبدأ في جذب الجسيمات معاً وعندئذ تتمكن الجسيمات الغير قابلة للترسيب من التجمع في ملجموعات صغيرة من الندف الدقيقة (شكل رقم ٢/١) .

يصحب عملية إضافة الكيماويات تقليب سريع Flash Mixing و الغرض منه سرعة خلط وتساوى توزيع المروب Coagulant للمياه (شكل رقم ٢/٢)



شكل رقم (٢/١) يوضح تكون الندف





شكل رقم (٢/٢) يوضح التقليب السريع Flash Mixing

المروبات Coagulants

حيث أن معظم الجسيمات الغير مرغوبة في المياه الخام والمطلوب إزالتها سالبة الشحنة فبالتالي يجب أن تكون عادة المروبات المستعملة في معالجة المياه ذات أيونات موجبة الشحنة.

والمروبات التي يشيع استعمالها في مصر هي كبريتات الألمونيوم (الشبه) Aluminum Sulphate ورمزها الكيمائي $Al_2(SO_4)_3.14H_2O$ وكذالك كلوريد الحديد Ferric Chloride ورمزه الكيمائي $FeCl_3.6H_2O$ أما المروبات الشائعة الاستعمال الأخرى في الخارج فهي كبريتات الحديدوز Ferrous Sulphate ($FeSO_4.\ 7H_2O$) وكبريتات الحديديك ($Fe_2(SO_4)_3.9H_2O$).

وحيث أن (الشبة) هي الأكثر استعمالا في مصر الآن فمن المهم تفهم الكيفية التي تنجح بها في عملية الترسيب وهى كالآتي:

أ. الشبة المضافة تتفاعل مع القلوية الموجودة طبيعيا لتكوين جسيمات ندفيه هلامية القوام تتكون من أيدروكسيد الألومنيوم $Al(OH)_3$ ويلزم تواجد مستوى معين من القلوية لحدوث التفاعل .

ب. أيون الألومنيوم الثلاثي التكافؤ والموجب الشحنة يعادل الجسيمات السالبة الشحنة للعكارة أو اللون ويحدث ذلك في خلال ثانية أو ثانيتين بعد إضافة المروب للمياه وهذا هو السب في أهمية الخلط السريع والتام للحصول على ترويب جيد .

ج. في هذا الوقت تبدأ الجسيمات في التجمع لتكوين جسيمات أكبر حجما .

د. تتكون الندف التي تجمعت أولا من جسيمات صغيرة (ندف دقيقة) وهى لا تزال ذات شحنه موجبه نتيجة المروب المضاف . وتستمر في معادلة الجسيمات السالبة الشحنة حتى تصبح جسيمات متعادلة.

هناك عدة عوامل فيزيائية وكيميائية تؤثر على نجاح أي مروب بما في ذلك ظروف الخلط ودرجة التأين الأيدروجيني والقلوية والعكارة ودرجة حرارة المياه وعلى سبيل المثال فالشبة تعطى أفضل نتائج في مدي لدرجة تأين أيدروجيني يتراوح بين ٤,٥ إلى ١,٥ فإذا أستعمل في درجة خارج هذا المدى إما أن لا تتكون ندف أو تتكون ثم تذاوب.

كما تتأثر كل من الشبه أو كبريتات الحديديك بقلوية المياه الخام فإذا كانت القلوية ليست عالية بدرجة كافية فلن تتكون ندف فعاله . كما أن زيادة العكارة ودرجة الحرارة وقوة الخلط يمكن أيضا تحسن من عملية الترويب .

وهناك العديد من العوامل الحاكمة الأخرى الغير معروفة أو غير مفهومة تماما تؤثر على عملية الترويب وعلى ذلك فإن اختيار المروب الكيميائي وجرعة المروب يجب أن تبني على اختبار الجار Jar Test حيث أنه يقيم الأداء الفعلي للمروبات عند تركيزات مختلفة في مياه معينة.

والاختبار ضروري وحتمي حيث أن المياه من المصادر المختلفة أو العينات من نفس المصدر في أوقات مختلفة من السنة نادرا ما تستجيب لنفس جرعات المروب مهما بدت تركيباتها الكيميائية متقاربة – وباختيار الجار فإن القائم بالتشغيل يكون مسئولا عن اختبار المروب الأفضل و الجرعة المثالية الأكثر فعالية .

مساعدات المروبات Coagulant Aids

مساعد المروب هو مادة كيميائية تضاف أثناء عملية الترويب بغرض تحسينها ولتكوين ندف أقوى وأكثر قابليه للترسيب وللتغلب على هبوط درجه الحرارة (خارج مصر) الذي يبطيء عمليه الترويب وللتقليل من كميات المروب المستعملة . وهناك ثلاث أنواع من مساعدات المروبات وهى:

أ. السيليكا المنشطة Activated Silica.

ب. عوامل تثقيل ومتميزات Weighting Agents and Adsorbents.

ج. بولي الكتروليتات Polyelectrolyte.

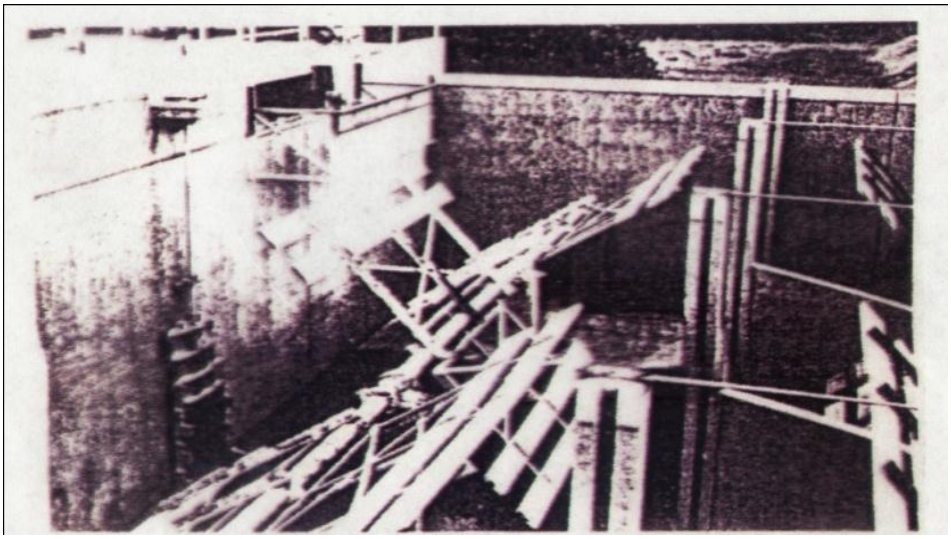
التنديف Flocculation

هي عملية التقلب البطيء للمياه – تالية لعملية التجليط / الترويب التي تؤدي إلي تصادم ندف الجزئيات المجلطة Coagulated Particles والتصاقها مع بعضها لتكوين جزيئات أكبر قابلة للترسيب.

أحواض التنديف:

حيث أن عملية التنديف أبطا بكثير من عملية الترويب فإن حوض التنديف يجب أن يكون أكبر نسبيا ونظرا لأن الندف هشة فيجب أن يجري التقليب ببطيء كما يجب أن تكون سرعة تصرف المياه خلال هذا الحوض بطيئة مما يكفل عدم تفتيت جسيمات الندف أو تكسيرها وكما يجب أن يكون كبيرا بالدرجة التي تكفي لتهيئة مدة مكث ملائمة تتراوح بين ٢٠ إلي ٤٠ دقيقة.

ويمكن إجراء التقليب عن طريق تحديد مسارات داخل الحوض تنشأ بحوائل داخلية أما رأسية أو عرضية (كما في محطة جزيرة الذهب) أو باستعمال قلابات ذات العجلات البدالة الأفقية أو الرأسية Horizontal or Vertical Paddle Wheels (كما في محطة روض الفرج / شمال) أو مروحية Propeller أو توربينية Turbine (كما في محطة روض الفرج / شمال) (شكل رقم ٢/٣).



شكل رقم (٢/٣) مروب أفقي ذو بدالات

الترويق أو الترسيب Clarification / Sedimentation

الغرض من عملية الترويق هو السماح للندف القابلة للترسيب بأن تترسب وبالتالي يقل تركيز المواد الصلبة المعلقة بالمياه وعليه يقل التحميل على عملية الترشيح وبالتالي يطيل من مدة عمل المرشحات ويقلل من صيانتها كما يستعمل الترسيب أيضا لإزالة مقادير كبيرة من الرواسب الكيمائية التي تتكون في حالة المعالجة لإزالة عسر المياه عند إضافة الجير (كربونات الصودا) .ومن العوامل التي تؤثر على عملية الترويق / الترسيب نوع وشكل وتصميم وحجم حوض الترسيب (التصرف الأفقي ، الرأسي التفاعلي Reactor تفاعل طبقة الروبة ، زمن المكث ، المساحة مع العمق ، التحميل السطحي ، سرعة التدفق ونوعية دخول المياه وخروجها من الحوض) .

تعليمات التشغيل في عملية الترويق

إن المهمة الأساسية لعملية الترسيب (الترويق) هي إنتاج مياه مروقه بأقل عكارة ممكنة وللحصول علي عملية ترشيح فعالة يجب عدم تجاوز عكارة المياه المرسبة عن NTU 10 وحدة عكارة نفلومترية ويمكن أن تزيل أيضا عملية الترسيب الفعالة كميات ملحوظة من المركبات العضوية التي تسبب اللون وتكوين التراي هالوميثان . وحيث أن الترسيب الفعال يقترن اقترانا وثيقا بعمليتي الترويب والتنديف الملائمتين لذلك يجب على القائم بالتشغيل من أن يتأكد من تكون أفضل ندف ممكنه .

هناك عامل مهم في عملية الترسيب يجب على القائم بالتشغيل مراعاته وهو معدلات التحميل السطحي والهداري للمروق وعدم تجاوزهم عن حدود زيادة الحمل عن الحمل التصميمي لهم لعدم انحدار كفاءة العملية.

وهو يتراوح بين ٠,٨ إلى ١,٢٥ م^{٣}/ م^{٢}/ساعة (٢٠- ٣٠ م^{٣}/ م^{٢}/ يوم) وذلك للمروقات التقليدية.

وتصل من ٢,٠ إلى ٢,٥ م^{٣}/م^{٢}/ ساعة (٥٠ – ٦٠ م^{٣}/م^{٢}/ يوم) وذلك لمروقات تلامس المواد الصلبة.

وهو يتراوح بين ٥ إلى ١٠ م^{٣}/ م / ساعة (١٢٠ – ٢٥ م^{٣}/ م / يوم)

ويتوقف المعدل الأمثل للتحميل السطحي على سرعة ترسيب الجسيمات الندفية الدقيقة فإذا كانت الندف ثقيلة فإن معدل التحميل السطحي يكون أعلى عما إذا كانت الندف أخف . أما بالنسبة لمعدل التحميل ، الهداري فإنه يوصى بالا يتجاوز النسب المذكورة لعدم التأثير على منطقة الترسيب ويتم تقليل هذه المعدلات بزيادة أطوال الهدارات إلى أكبر قدر ممكن (لاحظ مروقات محطة روض الفرج الجنوبية معدل التحميل السطحي = ٢,٢٧ م^{٣} /م^{٢}/ ساعة ومعدل التحميل الهداري ٣,٦ م^{٣}/ م/ ساعة فقط (طول الهدارات حوالي ٤٨٠ = ٦٧٨ علي حرف V).

١. التخلص من الروبة:

تنمو طبقة من الروبة مع ترسب المواد الصلبة في قاع المرموقات يجب إزالتها لأن المواد الصلبة المترسبة قد تصبح معلقة مرة أخرى أو من تؤدى إلى خلق طعم ورائحة في المياه ويمكن إزالة هذه الروبة يدويا بالصرف الدوري للأحواض وكسحها إلى قادوس وماسورة سحب ويوصى بذلك في المنشآت الصغيرة أو حيث لا يتكون كثير من الروبة ، أما في غالبية الحالات فتجهز معدات للإزالة المستمرة كما في المورقات المستديرة حيث يجهز المروق بكوبري متحرك يمتد من المركز وحتى الحافة ويزود بعجلات تتحرك على قضبان مثبته على الحافة أو بعجلات من الكاوتش المضغوط تتحرك على أرضية الحافة

وبحركة هذا الكوبري والهيكل المعدني المثبت أسفله يزيح نصل الكاسحة الروبة المترسبة في القاع إلي قادوس في منتصف المروق ومنه يتم نزح الروبة خلال ماسورة موصلة من هذا القادوس إلى منظومة الصرف في المرموقات النابضة Pulsator يتم تجميع الروبة من السمك

الزائد من الطبقة العائمة Blanket في قواديس ذات الارتفاع.

بصرف النظر عن نوع المروق المستعمل فربما كان التخلص من الروبة هو مشكلة التشغيل الأكثر إزعاجا وتتوقف الطريقة المستعملة على طبيعة وحجم الروبة المتكونة وهذا يتوقف بدوره على نوعية المياه الخام ونوع المروبات المستعملة.

الروبة المتكونة من استعمال الشبة تسمى روبه الشبة وهى مادة جيلاتينية لزجة وتحتوى على ٠,١ إلى ٢% من المواد الصلبة بالوزن ومع ذلك من الصعب تداولها ونزع المياه منها لأن مقدارا كبيرا من المياه يكون مترابطا ترابطا كيميائيا مع ندف هيدروكسيد الألومنيوم .

لا تزال غالبية محطات معالجة المياه السطحية في مصر تضخ روبة الشبه إلى مصادر سحب المياه الخام مرة ثانية في منطقة أسفل التيار بعيدة عن نقطة الحاجز بالمخالفة لقانون حماية البيئة والحفاظ على مجرى النهر وفروعه . ومن الطرق الشائعة في الخارج لتداول الروبة هو ضخها في برك مصممة خصيصا لهذا الغرض وعند امتلاء إحداها تحول الروبة إلى الثانية ، وتترك روبة البركة الأولى لتجف ثم يتم إزالتها والتخلص منها نهائياً ويمكن إعادة المياه الرائقة فوقها (أعلى البركة) إلى محطة المعالجة – هناك عدة صعوبات تلاقى هذه الوسيلة منها الاحتياج إلى مساحات كبيرة من الأراضي علاوة على صعوبة التجفيف المطلوب خاصة إذا كان هناك أمطار .

ويمكن إجراء نزع محسن للمياه من الروبة باشتراطات أقل بكثير للأراضي ونلك عن طريق استعمال معدات ميكانيكية فمرشحات التفريغ وأجهزة الطرد المركزي ومكابس الترشيح يمكن أن تنتزع

بنجاح مياه روبة الشبة وبصرف النظر من المعدات الميكانيكية المستعملة يجب أن تجري علي الروبة معالجة مبدئية لجعل عملية نزع المياه التالية أكثر فعالية ويتطلب ذلك عادة مغلظاً للروبة Thickener وهو عبارة عن حوض دائري يشبه المروق إلى حد كبير مزود بآلية تقليب وهذا المغلظ يفصل الجسيمات الندفية ، الموجودة في الروبة عن بعضها مما يسمح بهروب المياه وترسيب المواد الصلبة ويضاف عادة بوليمر إلى الروبة لتحسين عملية الترسيب .

وفيما يلي شرح لهذه الأحواض:

١. أشكال أحواض الترسيب (المروقات):

أ. مستطيلة حيث يكون اتجاه سريان المياه واحد أساسا ومواز لطول الحوض ويسمى تصريف ذو خطوط مستقيمة Rectilinear (مروقات محطة جزيرة الدهب القديمة).

ب. مربعة حيث يكو ن اتجاه سريان المياه قطريا Radial (مروقات روض الفرج الأمريكية).

ج. دائرية حيث تكون تغذية المياه من:

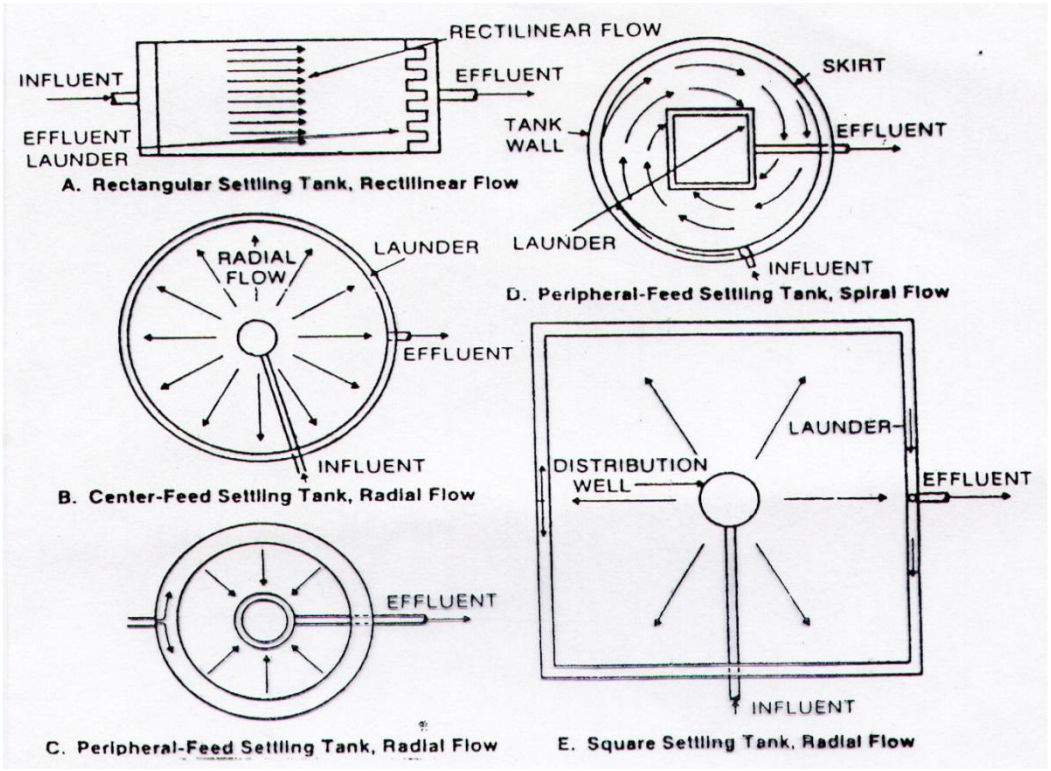
–المركز والسريان قطري (مروقات الأميرية)

Center Feed Setting Tank, Radial Flow

–أو تكون التغذية من المحيط والسريان قطري إلي المركز

Peripheral Feed Settling Tank, Radial Flow

–أو تكون التغذية من المحيط والسريان حلزوني (مروق محطة روض الفرج رقم ٨)



شكل رقم (٢/٤) يوضح نماذج من أشكال المروقات

مناطق أحواض الترسيب:

بصرف النظر عن أشكال أحواض الترسيب توجد دائما أربعة مناطق في كل حوض (مروق) لكل منها وظيفتها الخاصة وهذه المناطق هي:

- **منطقة الدخول:**

تقلل منطقة الدخول من سرعة المياه الداخلة وتوزيع التصرف توزيعا منتظما خلال الحوض.

منطقة الدخول وهي حيث يتم توزيع المياه أسفل المروق

- **منطقة الترسيب:**

تهيئ منطقة الترسيب المكان الهادئ (الساكن) اللازم لترسيب المواد العالقة.

منطقة الترسيب

- **منطقة الخروج:**

تهيئ منطقة الخروج انتقالا سلسا من منطقة الترسيب إلى موضع تصريف المياه الخارجة حيث أنه من المهم عدم تواجد تيارات أو دوامات يمكنها أن تقلب أي مواد صلبه مترسبة وينقلها مع المياه الخارجة .

منطقة الخروج وهي هدار الخروج ويكون معدل التحميل علي الهدار في حدود ٣٠٠ م^{٣} /م/يوم

- **منطقة الروبة:**

تستقبل منطقة الروبة المواد الصلبة المترسبة وتستبقيها منفصلة عن الجسيمات الأخرى الموجودة في منطقة الترسيب .

وهي تقع عادة في قاع الحوض ، وتعتبر مكاناً للتجميع المؤقت للأجسام المترسبة ، ويراعي في تصميم مدخل الماء ألا يسبب في تيارات دوامية قرب منطقة تجميع الروبة ، تتسبب في تهيج الجسيمات المترسبة فتصعد للماء الرائق مرة ثانية في التشغيل الفعلي تتأثر منطقة الترسيب تأثرا

مباشرا بالمناطق الثلاثة الأخرى مما قد يسبب ترسيبا أقل كفاءة ، فكلما زاد التأثير على منطقة الترسيب سواء كان بسبب رداءة التصميم أو سوء التشغيل فتزداد نوعية المياه الخارجة سوءا.

العوامل المؤثرة في عملية الترسيب:

تتأثر عملية الترسيب بعدة عوامل أهمها:

١. **حجم الحبيبات:** وطريقة توزيعها ، فكلما زاد حجمها ووزنها ، ازدادت كفاءة الترسيب.
٢. **شكل الحبيبات:** فكلما اقترب شكلها من الشكل كلم كان ترسيبها أسرع وأكفأ.
٣. **كثافة الحبيبات:** فكلما زادت كتلتها بالنسبة لحجمها وزادت سرعة رسوبها وبالتالي زادت كفاءة الترسيب.
٤. **درجة حرارة الماء:** فكلما ارتفعت درجة حرارته قلت كثافته ولزوجته وبالتالي زادت سرعة رسوب الحبيبات وزادت كفاءة الترسيب.
٥. **الشحنة الكهربائية للجسيمات:** والتي تكون دائماً سالبة الشحنة ، وعند معالجة المياه بالشبه موجبة الشحنة ، يحدث تجاذب بين الجسيمات السالبة والموجبة مما يساعد علي ترسيبها وزيادة كفاءة الترسيب.

سرعة سريان الماء في الحوض: فكلما قلت سرعة الماء ، زادت كفاءة الترسيب ، ويفضل ألا تتجاوز السرعة.

أنواع أحواض الترسيب (المروقات):

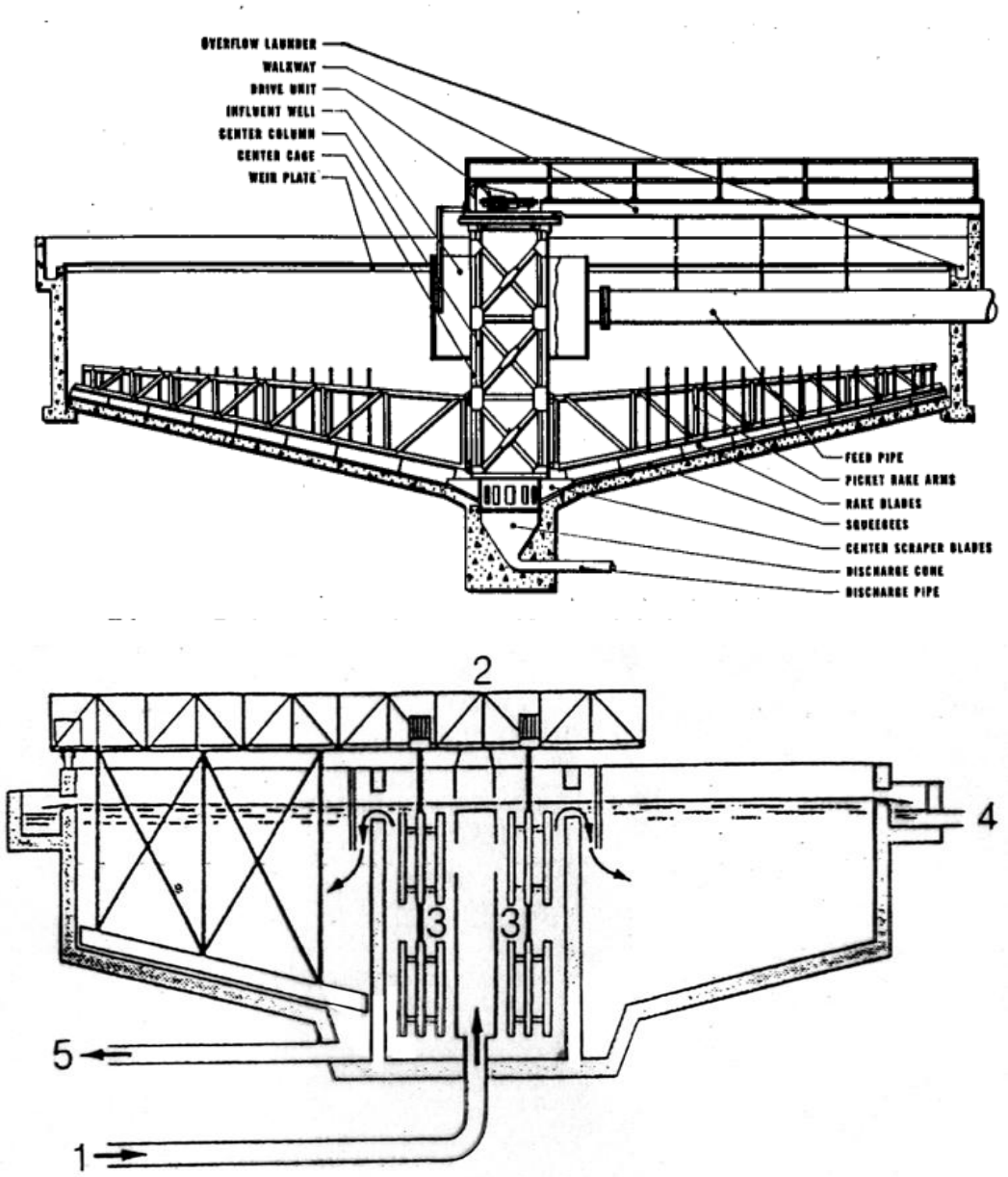
أ. مروقات تقليدية:

حيث توزع المياه الداخلة توزيعا متساويا عبر أو حول الحوض بحيث تتصرف المياه بانتظام من حوض التنديف (سواء كان مستقلا أو بداخل المروق) وذلك من أسفل الحاجز الفاصل بين الحوضين (منطقة الدخول) إلى أعلى المروق (منطقة الخروج) في خلال فتره زمنيه محددة تسمح بترسيب الندف الكبيرة السابق تكوينها وفصلها عن المياه المروقة.

يقوم مجرى المياه الخارجة بتجميع المياه المروقة عند مغادرتها للحوض ونقلها إلى خط مواسير المياه الخارجة إلى عملية المعالجة التالية . وتزود هذه المجارى بهدار عبارة عن لوح من الصلب أو من الألياف الزجاجية (أحيانا يكون من الخرسانة) وهو مصمم لتوزيع المياه الخارجة توزيعا متساويا إلى جميع نقاط المجرى المكشوف ويكون على شكل حرف V .

تنمو طبقة من الروبة مع ترسب المواد الصلبة في قاع الحوض يجب إزالتها بصفة دورية منتظمة حيث أنها قد تصبح معلقة مرة أخري أو قد تؤدى إلى خلق طعم ورائحة في المياه ويمكن إزالة هذه الروبة يدويا بالصرف الدوري للأحواض (فتح بلوف الروبة) كما في المروقات المستطيلة بمحطة جزيرة الدهب القديمة حيث يكون درجة ميل القاع تتراوح بين (٤٥ – ٦٠) أو كسحها ميكانيكيا بواسطة كوبري متحرك له هيكل معدني مثبت بأسفله ملجموعة من النصال المعدنية تعمل على كسح الروبة وتجميعها في قادوس وذلك مع تحرك الكوبري على عجل أعلى حرف المروق (كما في محطات الأميرية / الروضة / الجيزة) أو عمل أسفل أرضية المروق

(كما في محطة روض الفرج الحديثة) (شكل رقم ٥/ ٢).



شكل رقم (٢/٥) يوضح مروق ذو مروب وكوبري للكاسحة

١ -دخول المياه العكرة

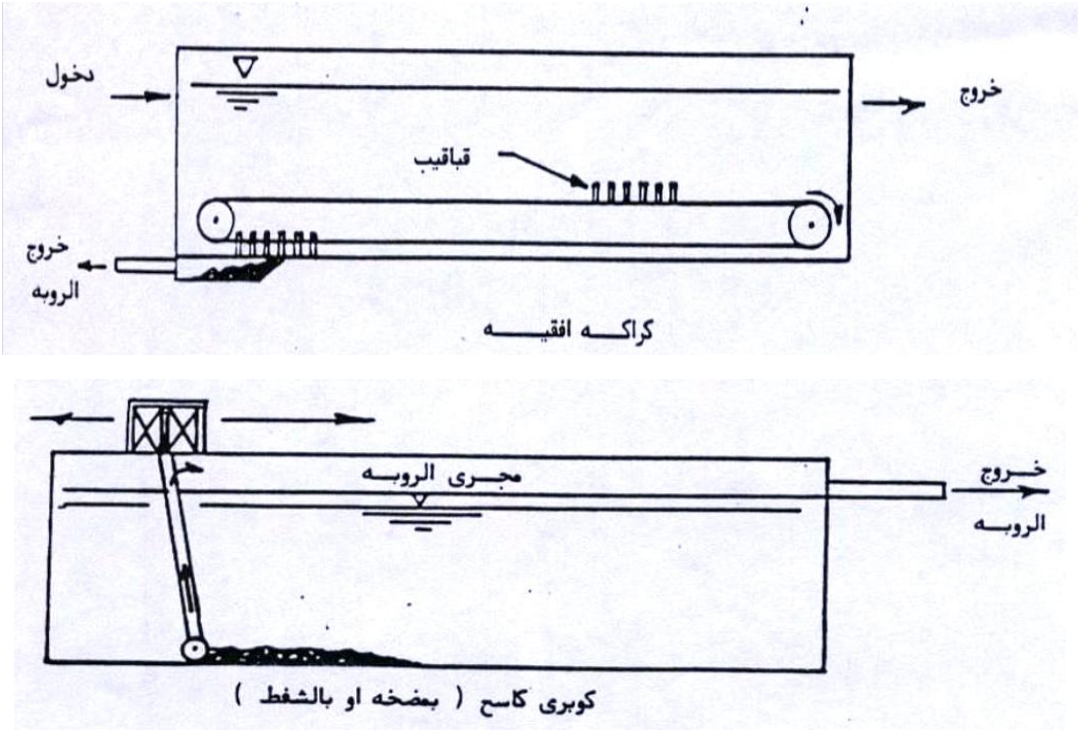
٢ -كوبري الكاسحة

٣ -منطقة التنديف

٤ -خروج المياه المروقة

٥ -خروج الروبة

وهناك كساحة أفقية لجمع الروبة أو كباري علوية كما بالشكل التالي:



شكل رقم (٢/٦) يوضح كساحة أفقية لجمع الروبة أو كباري علوية

١. تهيئ هذه المروقات مدة مكث تتراوح بين ٣ – ٥ ساعات.

٢. معدلات التحميل التصميمية لهذه النوعية من المروقات هي كالآتي:

= ٢٠ – ٢٥ م^{٣} / م^{٢} / اليوم

= ١٥٠ – ٢٠٠ م^{٣} / م / اليوم

ويصل إلي ٣٠٠ م^{٣} / م / اليوم في حالة إستعمال هدار ذو فتحات علي شكل حرف V.

ب. أحواض تلامس الروبة (المواد الصلبة) Sludge (Solid) Contact Clerifiers

وتسمى أحيانا المروقات ذات التصرف الصاعد Up flow Clarifier ويتاح منها تصميمات عديدة منها:

٦ -اكسيلاتور Acclator:

ويوجد منها ثلاثة مروقات بمحطة روض الفرج (أرقام ٧ ، ٩ ، ١٠ الجزء الشمالي) وهى تتكون من منطقة تفاعل مركزية محاطة بمنطقة الترسيب بينهما حاجز مخروطي والمياه متصلة فيما بينهما من أعلى ومن أسفل (كما في الرسم). ويوجد بمنطقة التفاعل قلاب توربيني بطئ يحرك المياه في اتجاه منطقة الترسيب . جزء من الروبة المترسبة في منطقة الترسيب تعود (بالتدوير) إلى المنطقة المركزية فيزداد تركيز المواد الصلبة في منطقة التفاعل مما يساعد في سرعة تكوين ندف وتكثيف عملية الترسيب .

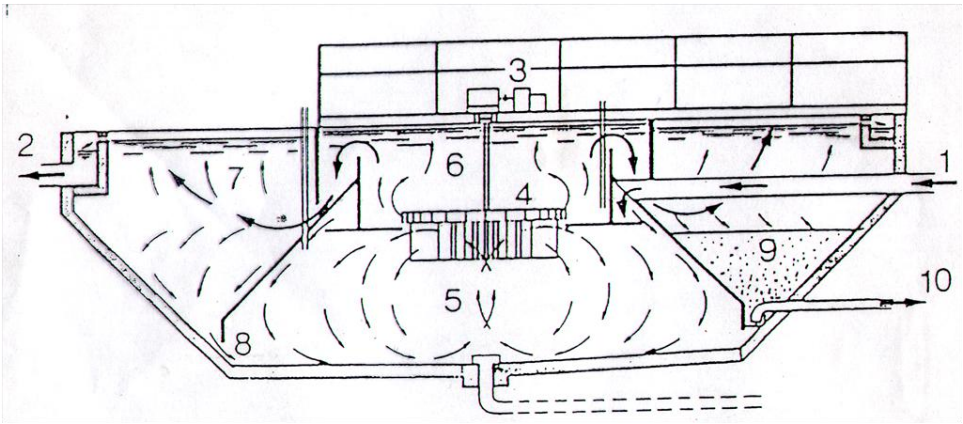
من مزايا هذه العملية تكثيف الروبة في قاع الحوض. ويوجد أكثر من مخرج للروبة الزائدة . تزود أحيانا منطقة الترسيب بألواح مائلة Inclined Baffles تعمل على تحسين عملية الترويق حيث تصل سرعة المياه بينها إلى نقطة لا يمكن فيها أن تساند الجسيمات الندفية فتترسب على

قاع الجدران المائلة وترسب بدورها إلى القاع في حين تصعد المياه المروقة إلى أعلى خالية من العكارة تقريبا (شكل رقم (٦ / ٢) .

٧ -بريترياتور Pretreator:

ويوجد منها عشرة مروقات بمحطة روض الفرج (الجزء الجنوبي الجديد) ولما نفس خاصية مروق الأكسيلاتور وهى مروقات مربعة الشكل ومنطقة التفاعل عبارة عن حوض دائري معلق والروبة المترسبة تتجمع في عامود Shaft في مركز المروق حيث يتم سحب وتدوير جزء منه بواسطة طلمبة تدوير Circulating Pump تعمل على زيادة تركيز المواد الصلبة للمياه العكرة الداخلة للمروق وبالتالي تتحسن كفاءة عملية التنديف وكفاءة الترسيب تبعا لها.

في حالة أحواض تلامس المواد الصلبة تبلغ مدة المكث ما بين ساعة إلى ثلاثة ساعات فقط في حين تصل معدلات التحميل علي السطح من ٣٥- ٦٠ م^{٣} / م^{٢} / يوم ومعدلات التحميل علي الهدار لا تزيد عن المعدلات التقليدية حيث عادة يتم زيادة أطوال الهدارات بالأحواض.



شكل رقم (٢/٧) يوضح مروق اكسيلاتور

١- دخول المياه العكرة.	**٦- منطقة التقليب الثانوي والتفاعل.**
٢- خروج المياه المروقة.	**٧- المياه المروقة.**
٣- محرك التوربينة.	**٨- إعادة الروبة.**
٤- التوربينة.	**٩- تركيز الروبة.**
٥- منطقة التقليب الأولي والتفاعل.	**١٠- التخلص من الروبة.**

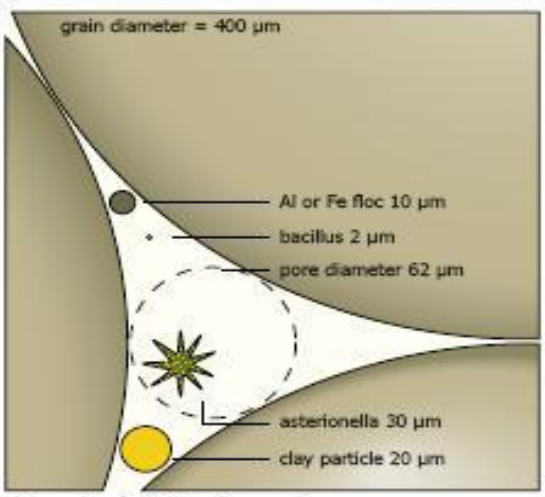
(جـ) أحواض طبقة الروبة العائمة Sludge Blanket:

وهى ضمن المروقات ذات التصرف الصاعد ، ومن أشهرها المروبات النابضة Pulsator ويوجد منها بمحطات مسطرد وإمبابة والفسطاط وهى عبارة عن حوض مربع السطح ذات قاع مستوى مثبت فوقه ملجموعة من المواسير المثقبة تعمل على توزيع المياه العكرة بانتظام على قاع المروق . كذلك ملجموعة من القنوات مثبته بأعلى المروق تجميع المياه المروقه بالتساوى وتمنع أي عدم انتظام في سرعة المياه في أجزاء المروق المختلفة .

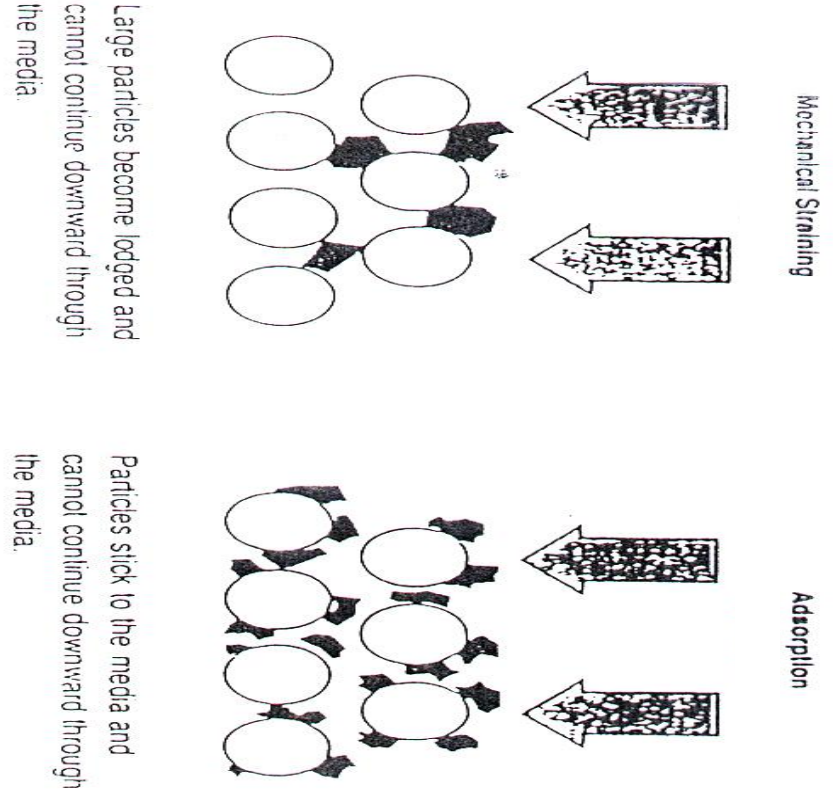
الترشيح Filtration

- عملية الترشيح تعقب عمليات الترويب ، التنديف والترسيب في تسلسل عملية المعالجة والغرض الرئيسي من هذه العملية هو إزالة المواد العالقة والدقيقة التي تقاس كعكارة في المياه وهذه المواد تشمل الندف الدقيقة والكائنات الحية الدقيقة التي لم تترسب في أحواض الترسيب (المروقات) وكذا إزالة رواسب الحديد والمنجنيز السابق أكسدتها من مصادر المياه الجوفية .
- وتزال هذه المواد العالقة عند مرور المياه خلال طبقة من مادة حبيبيه تسمي الوسط الترشيحي (Filter Media) وهي عادة من الرمل ويضاف إلية أحيانا طبقة من فحم الأنثراسيت Anthracite.

هناك تصور شائع للمرشح المستعمل في عملية الترشيح على أنه مجرد مصفاة دقيقة (Strainer) لحجز المواد العالقة بين حبيبات الوسط التشريحي (شكل رقم ٢/١٥).



شكل رقم (٢/٩) يوضح حجز الشوائب والمواد العالقة خلال الوسط الترشيحي أثناء عملية الترشيح



شكل رقم (٢/١٠) يوضح حجز الشوائب والمواد العالقة خلال الوسط الترشيحي

أثناء عملية الترشيح

ومع ذلك فإن التصفية هي العملية الأقل أهمية في الترشيح حيث يمكن أن تمر غالبية الجسيمات المعلقة بسهولة خلال الفراغات الموجودة بين حبيبات وسط الترشيح ، ويعتمد الترشيح أساسا على ملجموعة مؤتلفة من عمليات فيزيائية (طبيعية) وكيميائية معقدة وأهمها عملية الإمتزاز adsorption ففي أثناء مرور المياه خلال طبقة الترشيح تتلامس الجسيمات الدقيقة والمعلقة وتمتز (تلتصق) على سطح حبيبات الترشيح الفردية أو على مادة سبق ترسيبها ٠ والقوى التي تجذب وتمسك الجسيمات مع الحبيبات هي نفس القوى المؤثرة في عمليتي الترويب والتنديف وفى الواقع يحدث بعض الترويب والتنديف في خلال طبقة الترشيح وهذا يبرز أهمية الترويب الكيميائى الجيد قبل الترشيح حيث أن الترويب الضعيف يسبب مشكلات عدة كفاءة الترشيح.

أنواع المرشحات:

يمكن تصنيف المرشحات طبقا لمعدل الترشيح أو نوع الوسط الترشيحى أو نوع التشغيل ، وفيما يلي تصنيف لبعض المرشحات التي تستعمل .

أولا: مرشحات تعمل بالجاذبية الأرضية Gravity Filter

أ – المرشح الرملي البطيء Slow sand filter

ب – المرشح الرملي السريع Rapid send filter

ج – مرشح ذو معدلات عالية High rate sand filter

ثانيا: مرشحات تعمل بالضغط Pressure Filter

أ – بالرمل أو متعددة الأوساط Sand or multi – Media

ب – بالتراب الدياتوماسى Diatomaceous Earth(لا يستعمل في مصر) .

جدول (٢/٢) يوضح مقارنة بين أنواع المرشحات

النوع / الخواص	رملي بطئ	رملي سريع	معدلات عالية	ضغط
معدل الترشيح	١٢٥،م^3/م^2/س	٤–٧م^3/م^2/س	٨–٢٠ م^3/م^2/س	٢٥–٩٠ م^3/م^2/ س
وسط الترشيح	رمل	رمل	رمل أو (رمل+فحم)	رمل + فحم
توزيع الوسط	طبقة واحدة	طبقة / طبقات	طبقة / طبقات	طبقات
فترة التشغيل	٢٠–٦٠ يوميا	١٢–٣٦ ساعة	١٢– ٣٦ ساعة	١٢ – ٣٦ ساعة
الفقد في الضغط	٦– ١٢٠سم	٣٠– ٢٥٠ سم	٣٠ – ٢٥٠ سم	١٠٠ – ٤٠٠ سم
كمية مياه	لا يستعمل	٢ – ٤ %	٦ %	٦ %

الغسيل				

- **المرشح الرملي البطيء:**

هو أقدم أنواع المرشحات التي استعملت في ترشيح المياه وتتكون من طبقة ناعمة من الرمل سمكها متر واحد ترتكز على طبقة من الزلط (الحصى) سمكها ٣٠ سم و تزيل هذه المرشحات العكارة إزالة فعالة ولكن هناك عدد من العيوب الظاهرة أدى استبدالها فهي:

أولا:

تعتمد على الرمل الناعم وعلى طبقة لاصقة علوية من المواد المعلقة تتكون على سطح الرمل لإحداث الفعل الترشيحي ، ويلزم لتكوينها فترة ترشيح طويلة قد تصل أحيانا إلى أسبوع أو أكثر يتم فيها التخلص من المياه المرشحة وعدم استعمالها. هذه الطبقة تسمى (شموتزدكه Schmutzdecke).

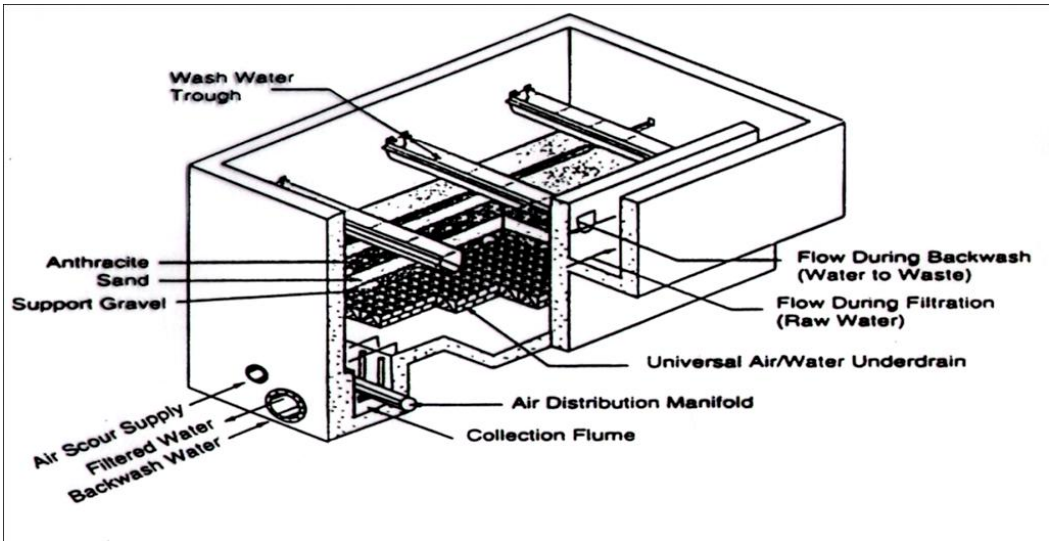
ثانيا:

نظرا لأن الوسط الترشيحي عبارة عن رمل ناعم يحتوى على حيزان فراغية صغيرة سريعة ما تمتلئ وتسد بالندف وعلى ذلك ينصح بعد استعمال هذه النوعية من المرشحات إلا لمياه ذات عكارة منخفضة لا تزيد عن ١٠ N T U، وأخيرا نظرا لأن معدلات تصريفها منخفض جدا للسماح بالتكوين والاحتفاظ بطبقة الشموتزدكه فعلى ذلك يلزم الاحتياج إلى مساحات للمرشحات كبيرة جدا للحصول على كميات مناسبة من المياه المرشحة . كما لا يمكن غسيلها بنظام الغسيل العكسي المعتاد بل تنظيف بقشط طبقة الترشيح العلوية (شموتزدكه) وطبقة رمل معها بسمك ١٥

سم ويعاد تشغيله ويمكن غسيل طبقة الرمل التي تم كشطها في خارج المرشح وإعادة فرشها . وتستمر هذه العملية إلى أن يصل سمك رمل الوسط إلى ٦٠ سم فيستبدل بالكامل – كل هذه العيوب مقرونة العكارة العالية نسبيا للمياه المورقة جعلت من هذه النوعية من المرشحات غير اقتصادية وبالتالي تم التطوير والاتجاه إلى مرشحات الرمل السريعة .

- **مرشح الرمل السريع:**

يمكن لهذه المرشحات أن تستوعب معدلات ترشيح تزيد عن مرشحات الرمل البطيئة من ٤٠ إلى ٥٠ ضعف ، ونظرا لما يتميز به هذا النوع من معدلات ترشيح عالية مع إمكانية غسيله عكسيا فإن عملية الترويب الكيميائي Chem. Coagulation ممكن عملياً وعليه فإنه يعتبر وسيلة فعالة لمعالجة المياه ذات العكارة العالية أو المتغيرة نسبيا (شكل رقم ١٧ / ٢) .



شكل رقم (٢/١١) يوضح مرشح تقليدي سريع

مكونات المرشح الرملي السريع:

- حوض الترشيح Filter tank
- رمل الترشيح Filter sand
- طبقة الزلط الساندة Gravel supporting bed
- شبكة صرف سفلية Under drain System
- مجارى مكشوفة لمياه الغسيل Wash – Water Troughs

- معدات التحكم Control equipment

العوامل المؤثرة علي عملية الترشيح:

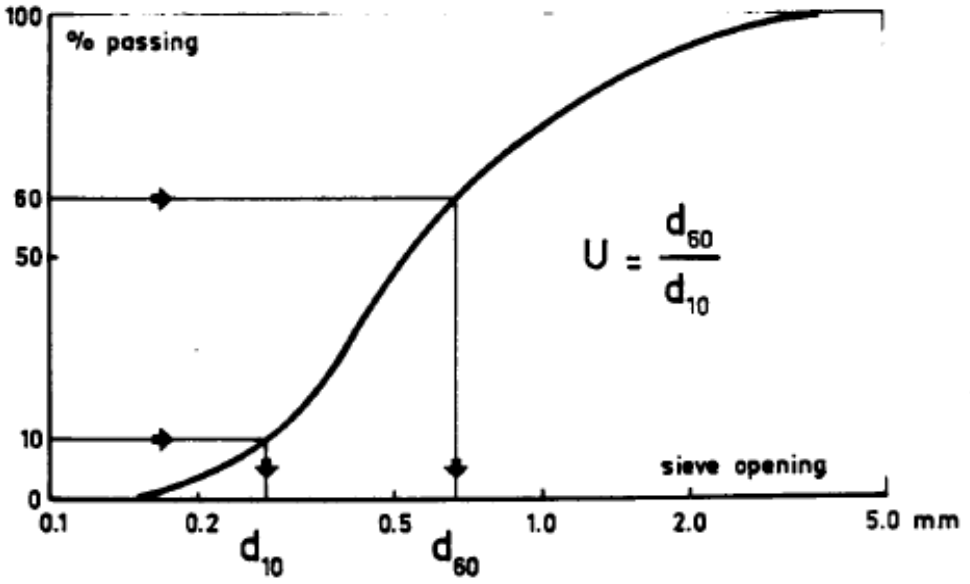
أولاً: الوسط الترشيحى:

تستخدم الرمال عادة كوسط ترشيحي وذلك لتوفرها ورخص ثمنها وقد يستخدم أيضاً مع الرمال مواد مواد أخري كوسط ترشيحي مزدوج مثل الانثراسيت ، وقد يستخدم الزلط أيضاً كوسط ترشيحي يسبق المرشح الرملي في المرشحات الثنائية ، ويستخدم أيضاً كسر الجرانيت كوسط ترشيحي.

مواصفات الوسط الترشيحي:

حجم الحبيبات وتدرجها والمقصود بتدرج الحبيبات أن العينة المأخوذة من الرمل تحتوي على حبيبات ذات أقطار مختلفة وللتعرف علي أهمية التعرف على توزيع أحجام الحبيبات بالوسط الترشيحي يمكن أن نتخيل وسط ترشيحي ذو تدرج كبير بين الحبيبات عند غسيل الوسط الترشيحي ترتفع الحبيبات الصغيرة إلي أعلى وتسقط الحبيبات الكبيرة إلي أسفل وعند بدء الترشيح مرة آخري نجد أن الطبقة العليا من المرشح ذات كفاءة ترشيح أعلى بينما لا تؤثر الطبقات السفلي علي جودة المياه المرشحة مما يعجل بإنسداد المرشح وقصر فترة تشغيل المرشح.

وللتعرف علي تدرج الحبيبات وحجمها يتم استخدام ملجموعة من المناخل توضع فوق بعضها ويتم إمرار وزن معين من الرمال وتحديد وزن الرمال المحجوزة علي كل منخل لتحديد النسبة المئوية للأقطار المختلفة.



شكل رقم (٢/١٢) يوضح Grain size analysis

ويتم رسم المنحني وتحديد الحجم الفعال ومعامل الانتظام حيث أن:

١. **الحجم الفعال:**

هو مقياس فتحة المنخل التي تمر ١٠ % من وزن العينة أو هو مقاس المنخل الذي يحجز ٩٠% من وزن العينة يعتمد علي معرفة الحجم الفعال في الحسابات الخاصة بالترشيح.

٢. **معامل الانتظام:**

ويعرف بأنه هو نسبة مقاس المنخل الذي يمرر ٦٠% من وزن العينة إلى مقاس المنخل الذي يمرر ١٠% من وزن العينة **(U = d60/d10)**

٣. **المسامية:**

وهي نسبة حجم الهواء داخل الوسط الترشيحي إلي الحجم الكلي للعينة و (مسامية الرمل ذات الحجم الفعال ٠,٨ مم = ٤٠% تقريباً وتختلف تبعاً لمعامل الانتظام) وهي أحد الخواص الهامة التي تؤثر على معدل الترشيح وجودة المياه المنتجة وكفاءة المرشح وكذلك على إجراءات التشغيل.

٤. **الكثافة:** وهي وزن حجم ١ م^{٣} من العينة مقاساً بالكيلو جرام.

معدل الترشيح:

وهو = كمية المياه التي تدخل المرشح (م^{٣}/س) / مساحة السطحية م٢

ويختلف معدل الترشيح تبعاً لنوع الوسط الترشيحي ونوع المرشح ففي المرشحات الرملية البطيئة يكون الترشيح ٠,١ م/ ساعة بينما في المرشحات الرملية السريعة يكون معدل الترشيح في حدود ٤:٦ م/ ساعة ويمكن زيادة معدل الترشيح إلى ٨ م/ ساعة في حالة جودة المياه المروقة. وقد تصل سرعة الترشيح في مرشحات الترشيح من أسفل إلي أعلي إلي ١٨ م/ ساعة وقد تزيد علماً بأنها قد تستخدم كمعالجة ابتدائية للمياه.

جودة المياه الخام:

والمقصود هي المياه الداخلة إلي المرشح حيث تؤثر جودة المياه الداخلة علي سرعة انسداد المرشح وجودة المياه المرشحة. بالنسبة للمرشحات الرملية السريعة ذات الوسط الترشيحي ذو الحجم الفعال ٠,٨ مم يجب أن يسبق المرشح عمليتي تنديف وترسيب حتى يتم التخلص من معظم المواد العالقة والشوائب للحصول علي فترة تشغيل اقتصادية للمرشح. بينما في محطات الترشيح المباشرلا توجد عملية الترسيب تسبق الترشيح ولذا يجب ألا تزيد عكارة المياه الداخلة إلي المرشح عن ٥ وحدات عكارة للحصول علي فترة تشغيل اقتصادية للمرشح.

جرعة المادة المروبة المستخدمة:

وهي من أهم العوامل التي تؤثر على عملية الترشيح إذ أن الترويب والتنديف الجيد والجرعة المناسبة هي العصا السحرية لعملية المعالجة وإذ تعمل الشبة علي تكوين ندف ذات حجم مناسب يمكن ترسيبها بسهولة وبالتالي تتحسن جودة المياه المروقة. وفي محطات الترشيح المباشر تكون جرعة الشبة هامة جداً إذ أن جرعة الشبة الكبيرة تقوم بتكوين ندف كبيرة مما يؤدي إلي انسداد المرشح بينما جرعة الشبة المناسبة لمحطات الترشيح المباشر كما ذكرت الكتب المتخصصة والدارسين يفضل أن تكون في حدود ٢٠ جم٨ م^{٣}.

ارتفاع الوسط الترشيحي:

عمق المرشح هو المكان الذي يتم فيه حجز الشوائب وهو أحد العوامل المؤثرة على جودة الترشيح إذ أن مع زيادة عمق المرشح تزداد الفترة التي يتم بها حجز الشوائب وبالتالي تزداد جودة المياه المرشحة.

ومن خلال خبرات العاملين يمكن القول أنه توجد علاقة بين الحجم الفعال للوسط الترشيحي وارتفاع الوسط الترشيحي حيث مع صغر الحجم الفعال يفضل أن يكون المرشح ذو ارتفاع صغير وبالعكس مع وسط ترشيحي ذو حجم فعال كبير يفضل أن يكون ارتفاع الوسط الترشيحي كبير للحصول علي جودة عالية للمياه المرشحة وفي نفس الوقت فترة تشغيل اقتصادية للمرشح. ويمكن القول أن العلاقة بين ارتفاع الوسط الترشيحي والحجم الفعال **(L/d = 1000)**

إجراءات الغسيل العكسي:

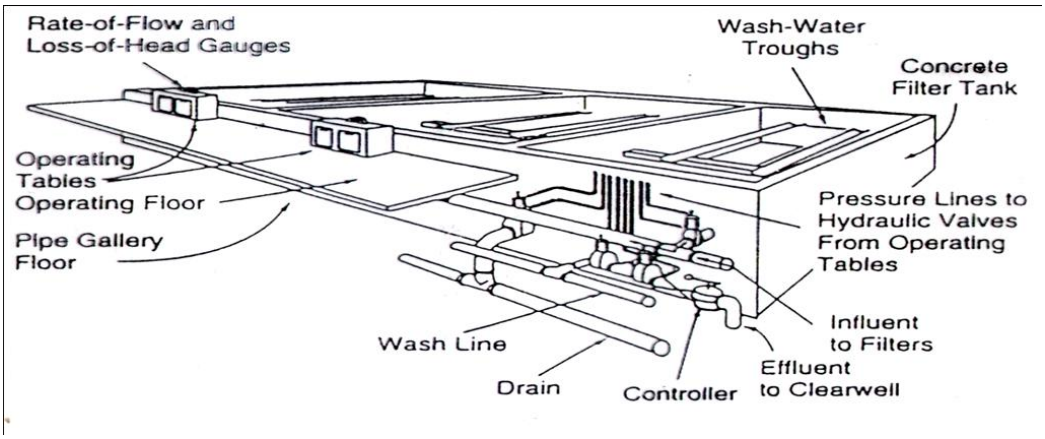
أن الغسيل الجيد هو العامل الأهم في تحديد عمر المرشح وجودة المياه المنتجة إذ أن بدون الغسيل الجيد تتراكم الشوائب داخل الوسط الترشيحي وتقتصر مدة تشغيل المرشح وتتزايد في المرشح البكتريا والطحالب وتسوء نتائج المياه المرشحة نظراً لحدوث تشققات بالوسط الترشيحي يمر من خلالها الماء بدون أن يحدث الترشيح بل قد يلزم تغيير الوسط الترشيحي بأكمله لوجود تكلسات من الطين والطمي يصعب إخراجها حتى بالغسيل الجيد.

تكون أحواض الترشيح (المرشحات) عادة مستطيلة مصنوعة من الخرسانة غيما عدا في المحطات المدمجة } Compact Unit فتصنع غالبا من الصلب. وتبنى الأحواض عادة متراصة على جانبي مجرى مركزي للمواسير وذلك لتقليل الحيز الذي تشغله هذه المواسير إلى الحد الأدنى ويبين (الشكل رقم ١٢ / ٢) ترتيبا لصف واحد فقط من المرشحات .

- **شبكة الصرف السفلية**

و لشبكة الصرف السفلية وظيفتان أهمها أنها توزع مياه الغسيل توزيعا متساويا حتى لا تختل طبقات الرمل والزلط والثانية أنها تجمع المياه المرشحة بانتظام ثم تصرفها في شبكة

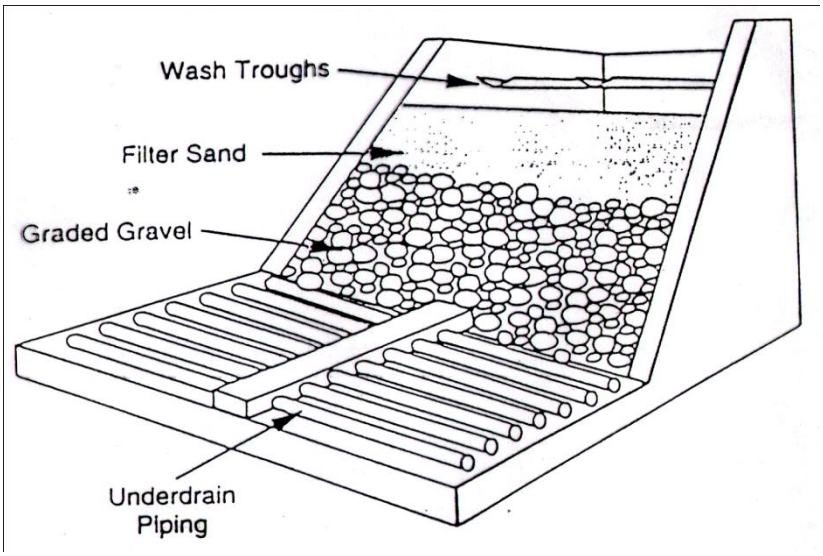
المواسير لمرحلة المعالجة التالية ومنها إلى خزان المياه المرشحة . وأنواع شبكات الصرف السفلية الشائعة الاستعمال:



شكل رقم (٢/١٣): صف من المرشحات

- **شبكة المواسير المستعرضة :Pipe Lateral System**

(كما في بعض المرشحات القديمة بمحطة روض الفرج ومحطة الجيزة) ويستعمل في هذه الشبكة ماسورة رئيسية ملجمعة وعلى جانبها عدة مواسير مخرمة مصنوعة من الحديد الزهر أو الأستبستوس الإسمنتي أو البلاستيك المقوي وتوزع الخروم على الجانب السفلى للمواسير منعا من انسدادها بالرمل وكذلك فإن قوة مياه الغسيل توجه ضد أرضية المرشح مما يساعد على عدم تأثير نافورات المياه عالية السرعة على طبقات الرمل والزلط (شكل رقم ٢١ / ٢) .



شكل رقم (٢/١٤) مرشح ذو شبكة مواسير مستعرضة

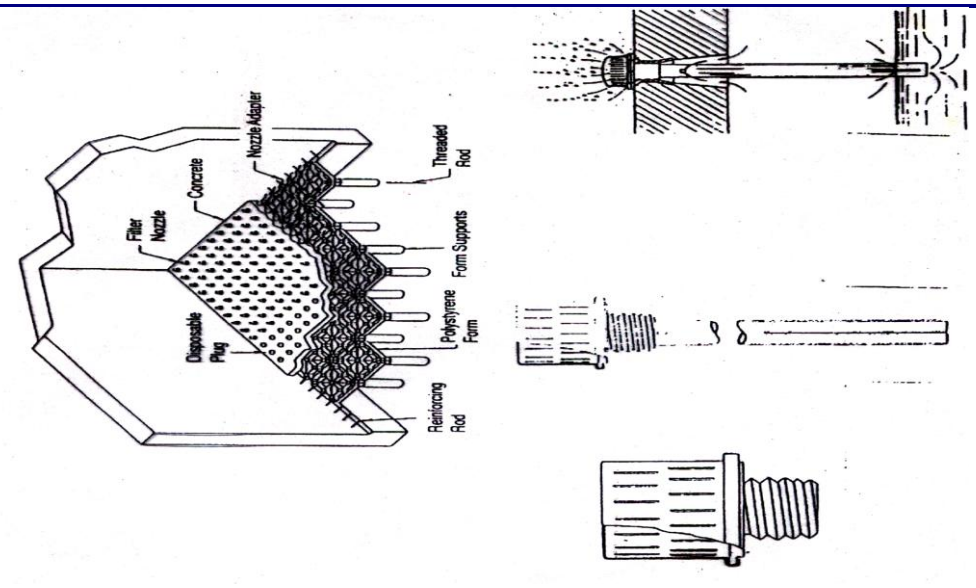
- **شبكة البلوكات الخرسانية:M – Block**

(كما في بعض مرشحات محطة شمال حلوان) وتتكون من ملجموعة بلوكات خرسا نية ذات تجويف داخلي وبعض ثقوب جانبية ولها نقاط بارزة على أحد الجانبين Nipple يتم رصها في صفوف ملاصقة لبعضها البعض لا يفصلها إلا النقاط الخرسانية المذكورة التي تسمح بمرور المياه المرشحة أو الغسيل فيما بينها – تفرد مواسير مضادة للصدأ أسفل كل ثاني صف من البلوكات ذات ثقوب معايرة تعمل على توزيع هواء غسيل المرشحات على إجمالي مساحة المرشح والذي يمر بدورة خلال الفتحات الجانبية للبلوكات ومنها إلى طبقة الترشيح وتمر المياه المرشحة فيما بين البلوكات إلى أسفل ومنها إلى مجرى سفلية بقاع المرشح مغطاة ببلاطات خرسا نية بها فتحات غير قابلة للسداد .

وعليه فإن الفقد في مسار المياه المرشحة أو مياه الغسيل خلال البلوكات أقل ما يمكن .

- **شبكة الألواح الإسمنتية ذات المصافي :Strainer Nozzles**

(كما في غالبية مرشحات محطات الشركة الحديثة) وهى عبارة عن ألواح أو بلاطات خرسا نية مركب عليها ملجموعة من المصافي البلاستيكية لها فتحات مشقبيه طويلة تسمح بمرور المياه دون الرمل إلى الحيز أسفل هذه البلاطات ومنه إلى ملجموعة مواسير ومحابس التحكم للمصافي (شكل رقم ٢٢ / ٢) .



شكل رقم (٢/١٥) مرشح ذو شبكة الألواح الأسمنتية والمصافي

تقوم المجاري المكشوفة لمياه الغسيل والموجودة فوق الوسط الترشيحي بتجميع ونقل مياه الغسيل إلي شبكة الصرف – والوضع الصحيح لهذه المجاري مهم جداً للتأكد من أن وسط الترشيح لا ينحرف فيها وأن المياه تتصرف بها بانتظام مما يحافظ علي ضغط متساو علي جميع أجزاء شبكة صرف المرشح .

وتشييد المجاري المفتوحة عادة من الخرسانة أو البلاستيك أو من مواد مقاومة الصدأ (محطة مياه روض الفرج الجديدة).

- لكل مرشح جهاز للتحكم في معدل التصرف يحافظ علي تصرف ثابت إلي حد ما خلال المرشح حتي لا تحدث تراكمات ثم اندفاعات فجائية تدفع الجسيمات الدقيقة المعلقة خلال المرشح – ويتكون جهاز التحكم عادة من وسيلة لقياس التصرف (وصلة فنشوري) علي خط الخروج ووسيلة لضبط الصمام الخانق . ومع مواصلة الترشيح يلزم ضغط أكثر وأكثر للتغلب علي الفقد في الضغط باستمرار للمساعدة علي تحديد الوقت الذي يجب فيه غسيل المرشح وعادة يقاس بالفرق في ارتفاع الماء.

أنظمة التحكم في تصريف المرشحات

أثناء تشغيل المرشحات الرملية السريعة التي تعمل بالجاذبية تتجمع الشوائب وتترسب داخل مسام الوسط الترشيحي مسببة زيادة في مقاومة الوسط الترشيحي لحركة المياه من أعلى إلى أسفل ومع ثبوت باقي العوامل فغنه سوف يحدث انخفاض في معدل الترشيح، وقد يحدث انخفاض مماثل في معدل الترشيح عندما ينخفض منسوب المياه الخام أعلى الوسط الترشيحي.

وبالعكس عندما يرتفع منسوب المياه الخام أعلى الوسط الترشيحي أو ينخفض منسوب المياه المرشحة الخارجة من الوسط الترشيحي يزداد معدل الترشيح.

ونظراً لأهمية جودة المياه المرشحة فيجب الحفاظ علي معدل الترشيح ثابتاً قدر الإمكان ويجب تفادي حدوث تغيرات فجائية في معدل الترشيح ، حيث قد تسبب الزيادة الفجائية في معدل الترشيح خروج الشوائب الموجودة بالمياه الخام مع المياه المرشحة مؤثرة علي جودة المياه المنتجة ، وأيضاً مع حدوث انخفاض فجائي في معدل الترشيح قد يسبب تكون فقاعات هوائية داخل الوسط الترشيحي والتي تحدث فجوات بالوسط الترشيحي تمر من خلالها الشوائب فتؤثر أيضاً في جودة المياه الخارجة.

ومن هنا ظهرت الحاجة لوجود نظام تحكم في معدل الترشيح وطبقاً للنظرية الرياضية للترشيح فإن المقاومة الهيدروليكية للوسط الترشيحي تتناسب عكسياً مع معدل الترشيح.

وفي حالة خروج أحد المرشحات للغسيل يتم توزيع كمية المياه الداخلة لذلك المرشح على باقي المرشحات بدون الحاجة إلى أجهزة تحكم إضافية.

لا يمكن تحقيق معدل ترشيح متساوي لكل المرشحات سواء باستخدام أجهزة تحكم في التصرف أو بتقسيم كمية التصرف بين المرشحات.

ومن أجل التحكم الكامل في المرشح يجب أن يصاحب التحكم في التصرف أيضاً في منسوب المياه سواء كان منسوب المياه الخام فوق الوسط الترشيحي أو منسوب المياه المرشحة أسفل الوسط الترشيحي.

إن التحكم في المرشح يساعد على جعل تشغيل المرشح مستقل عن التغيرات في كميات المياه الخام الواردة أو كميات المياه المرشحة المستهلكة. ومن ناحية أخرى فإن التحكم في المرشح يجعل زيادة مقاومة الوسط الترشيحي – المصاحب لانسداد المرشح أثناء فترة تشغيل المرشح – أكثر استقراراً.

ويتم التحكم في المنسوب بواسطة إدراج فقد إضافي في الضغط بخط الدخول أو الخروج ليعمل علي ضبط هذا الفقد في الضغط محافظاً على فرق المنسوب بين دخول المياه وخروجها.

تعليمات التشغيل في عملية الترشيح

تشغيل المرشحات يشتمل على ثلاث خطوات رئيسية هي الترشيح ، الغسيل ، والصرف .

١. الترشيح:

في أثناء الترشيح تغذى المياه في المرشح للحفاظ على عمق ثابت يتراوح بين ١ م إلى ١,٥ م فوق وسط الترشيح. ويكون وسط الترشيح في البداية نظيفا والفقد في الضغط منخفض جدا ، ويتم الحفاظ على معدل الترشيح عند المستوى المطلوب باستعمال وسيلة تحكم ، وهى أيضا لمنع الاندفاعات الفجائية الضارة التي يمكن أن تؤدى إلى اختلال وسط الترشيح وإلى دفع الندف خلال المرشح .

٢. الغسيل:

الغسيل خطوة بالغة الأهمية في عملية الترشيح ويسبب الغسيل الردئ غالبية مشكلات التشغيل المرتبطة بالترشيح . ولكي يعمل المرشح بكفاءة يجب أن يتم تنظيفه تنظيفا تاما قبل بدء مدة التشغيل التالية بالإضافة إلى أن المرشحات المغسولة جيدا تتطلب صيانة أقل بكثير ، وتستعمل المياه المعالجة للغسيل حتى لا يتلوث الوسط الترشيحى . وتأتى مياه الغسيل المعالجة من خزان عالي مصمم لهذا الغرض أو من خلال طلمبة غسيل ذات تصريف معاير .

في أثناء الترشيح تمتلئ الفراغات الموجودة بين حبيبات الوسط الترشيحى بالمواد المرشحة (الندف) وتصبح مكسوة بها ولصيقة بها جدا ويصبح من الصعب تنظيف المرشح . ولتنظيف فرشة الترشح يجب تقليب حبيبات الوسط تقليبا عنيفا ودعكها بعضها ببعض لتفكيك تلك الكسوة الملتصقة . يستعمل الهواء المضغوط في عملية التفكيك المطلوبة حيث يضغط بمعدلات محسوبة أسفل طبقة الترشيح بطريقة تسمح بتمام توزعه على كامل المساحة ولمدة تتراوح بين ٤ إلى ٦ دقائق وبمراعاة أن يكون منسوب المياه في المرشح أسفل هدار أو مجري تجميع نواتج الغسيل بالمرشح منعا من فقد كمية من طبقة الوسط الترشيحي

يلي ذلك ضخ مياه الغسيل أثناء (الغسيل بالهواء) ولفترة تتراوح بين ٢– ٤ دقيقة بعدها ضغط الهواء والاستمرار بمياه الغسيل لفترة تصل إلى ١٠ دقائق.

هناك وسيلة أخرى لتفكيك الوسط الترشيحي بإستخدام نظام الغسيل السطحي Surface Wash System وتتكون من مجموعة من " الغرانى " مثبته بماسورة ثابتة أو بماسورة دواره يمر بها مياه بضغط عالي تعمل على تقليب ودعك طبقة الترشيح جيداً يليها تشغيل مياه الغسيل العادية بنفس المعدلات السابقة . كما هو موضح مسبقاً بشكل (رقم ٢٣/ ٢).

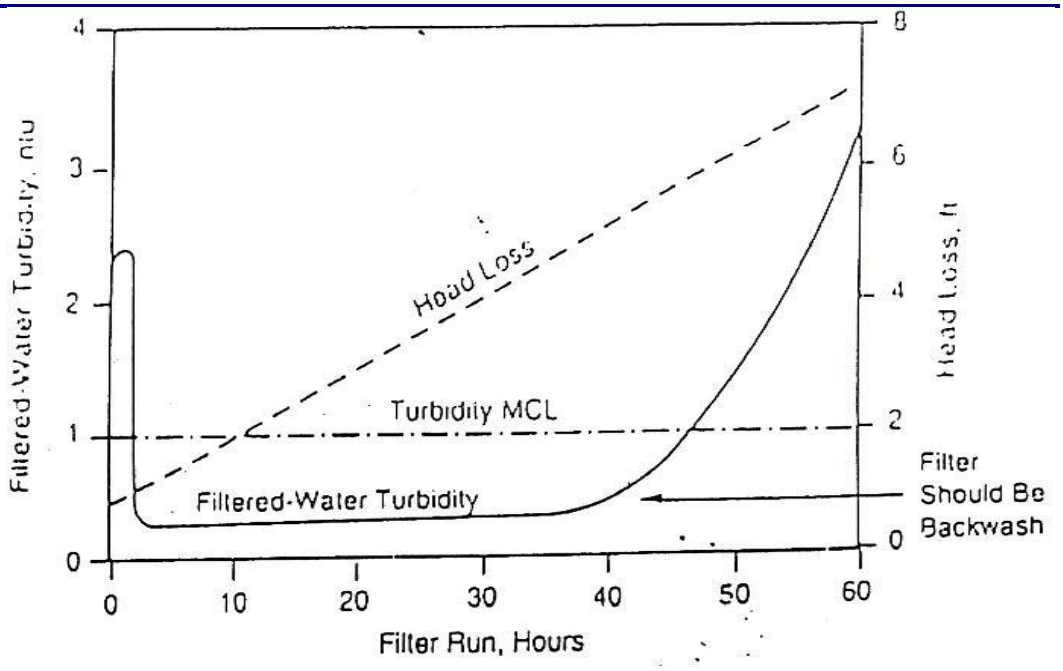
هناك نظام لغسيل سطحي آخر الغرض منه الإسراع في عملية إزالة المواد المعلقة في مياه الغسيل وبالتالي تقليل نسبة الفقد في كمية المياه المرشحة المستخدمة في الغسيل كما في مرشحات محطة مياه الفسطاط. وهى استغلال المياه المروقه في دفع السطح العلوي لمياه الغسيل إلى هدار أو مجرى تجميع مياه الغسيل.

يجب أن يؤخذ في الاعتبار الفقد في الضغط و عكارة المياه الخارجة من المرشح وطول مدة تشغيل المرشح Filter Run عند اتخاذ قرار حاجة المرشح للغسيل ، وعموماً يجب إجراء غسيل المرشحات **عندما:**

أ. يزيد الفقد في الضغط عن المعدل المطلوب .

ب. تزيد عكارة المياه الخارجة عن المرشح نتيجة تغلغل الندف خلال فرشة الترشيح.

ج. تصل مدة تشغيل المرشح ٣٦ ساعة (أحيانا ٢٤ ساعة) .



شكل رقم (٢/١٦) يوضح ساعات تشغيل المرشح

ويبين الشكل أعلاه العلاقة بين هذه العوامل الثلاثة عند تشغيل مرشح ويجب ألا يبنى قرار الغسيل علي واحد فقط من هذه العوامل الثلاثة فقد يؤدى ذلك إلى حدوث مشكلات تشغيل ، فعلى سبيل المثال إذا لم يتم غسيل أحد المرشحات حتى يتم الوصول إلى منتهى حد الفقد في الضغط فقد تحدث زيادة خطيرة في عكارة المياه المرشحة قبل غسيل المرشح بوقت طول وبالمثل فإن الاعتماد على عكارة المياه الخارجة وحدها قد يتسبب في وصول الفقد في الضغط إلى الفروق الحدية قبل حدوث التغلغل بوقت طويل وقد يؤدى ذلك إلى هبوط الضغط في فرشة الترشيح إلى أقل من الضغط الجوي مما يسبب مشكلات في التشغيل.

يجب غسيل المرشح عندما تبدأ عكارة المياه الخارجة في الازدياد كما هو مبين في الشكل السابق ويجب ألا يسمح خط العكارة بأن تزداد عن واحد UTN قبل إجراء الغسيل . وفى الواقع أوضحت بعض اختبارات الترشيح أن الكائنات الحية الدقيقة تبدأ في المرور خلال المرشح بسرعة بمجرد حدوث التغلغل رغم أن العكارة قد تكون أقل من واحد NTU بكثير .

وإذا كانت المياه المروقه الداخلة إلى المرشح ذات نوعية جيدة جداً فقد تكون مدد تشغيل المرشح المبنية على عامل الفقد في الضغط أو عكارة المياه الخارجة طويلة جداً ، وفى هذه الحالة يمكن غسيل المرشح مرة واحدة في الأسبوع مع العلم بأن طول مدة تشغيل المرشح قد تسبب تراكما

تدريجيا للمواد العضوية والتجمعات البكتيرية في داخل فرشة الترشيح وهذا بدوره يؤدى إلى تغيير في الطعم والرائحة للمياه المرشحة علاوة على تكوين نموات غروية داخل جدران المرشح يصعب إزالتها وبالعكس أيضا فإن مدد التشغيل القصيرة للمرشح تؤدى تناقص إجمالي المياه المنتجة .

عموما يجب ألا يتجاوز مقدار مياه الغسيل المستعملة (نسبة الفقد ٤%) من مقدار المياه المعالجة في مرشحات الرمل السريعة وأن تتراوح مدد تشغيل المرشحات بين ١٥ أو ٢٤ ساعة ولا تتجاوز ٣٦ ساعة (العائد من الإنتاج عند تشغيل المرشحات أكثر من ٢٤ ساعة قليل).

مشكلات التشغيل الشائعة:

إن المجالات الرئيسية الثلاثة التي تحدث فيها مشكلات ترشيح هي:

أ. كفاءة عملية الترويب والترسيب السابقة للترشيح.

ب. التحكم في معدل تصرف المياه المرشحة.

ج. غسيل المرشحات.

فإذا لم يتم التحكم في هذه العناصر فإن نوعية المياه المرشحة سوف تتأثر وتظهر مشكلات إضافية سبق وأن نوقشت أهمية الترويب والتنديف الملائمتين ولا يمكن إجراء تعديلات على هذه العمليات إلا إذا تمت مراقبة عملية الترشيح بدقة حيث أن العديد من خصائص المياه الخام مثل العكارة ودرجة الحرارة لا تكون ثابتة الأمر الذي يستلزم تغيير جرعات الكيماويات المضافة.

فإذا قلت فترة تشغيل المرشحات (الفترة بين عمليتي غسيل) فربما يستلزم الأمر إضافة مروب (شبه) أكثر أو إجراء خلط أفضل أو ربما إلي الاستعانة بمساعد مروب أو مساعد ترشيح أو احتمال زيادة نسبة الكلور المبدئي للتحكم في العد الطحلبي .

قد يؤدى ارتفاع معدلات التصرف أو تذبذبها السريع إلى اندفاع المواد المرشحة السابق ترسيبها خلال وسط الترشيح وكلما زاد اتساخ المرشح كان التذبذب في المعدل سببا في حدوث مشكلات أكثر وقد تنتج هذه التذبذبات من ازدياد تصريف المحطة الكلى أو من سوء أداء أجهزة التحكم في معدل التصريف أو من زيادة التصرف عند إيقاف تشغيل أحد المرشحات لغسله أو بسبب خطأ من القائم بالتشغيل.

ومن الواضح أنه كلما زاد الطلب على المياه فقد يلزم زيادة معدلات الترشيح لتلبية هذا الطلب

وحصرها إذا لم يكن هناك تخزين كاف للمياه المعالجة – وإذا لزم الأمر زيادة معدلات الترشيح فيجب إجرائها تدريجيا على امتداد ١٠ دقائق لتقليل التغييرات الفجائية إلى أدنى حد .

وعند إجراء الغسيل لأحد المرشحات فإن المرشح الباقي في التشغيل لابد وأن يتلقى حمل المرشح الآخر وقد يحدث ذلك اندفاعا فجائيا خلال المرشحات وخاصة عند استعمال أجهزة تتحكم في معدلات التصريف ويمكن تلافى هذه المشكلة إذا روعي الاحتفاظ بمرشح احتياطي نظيف .

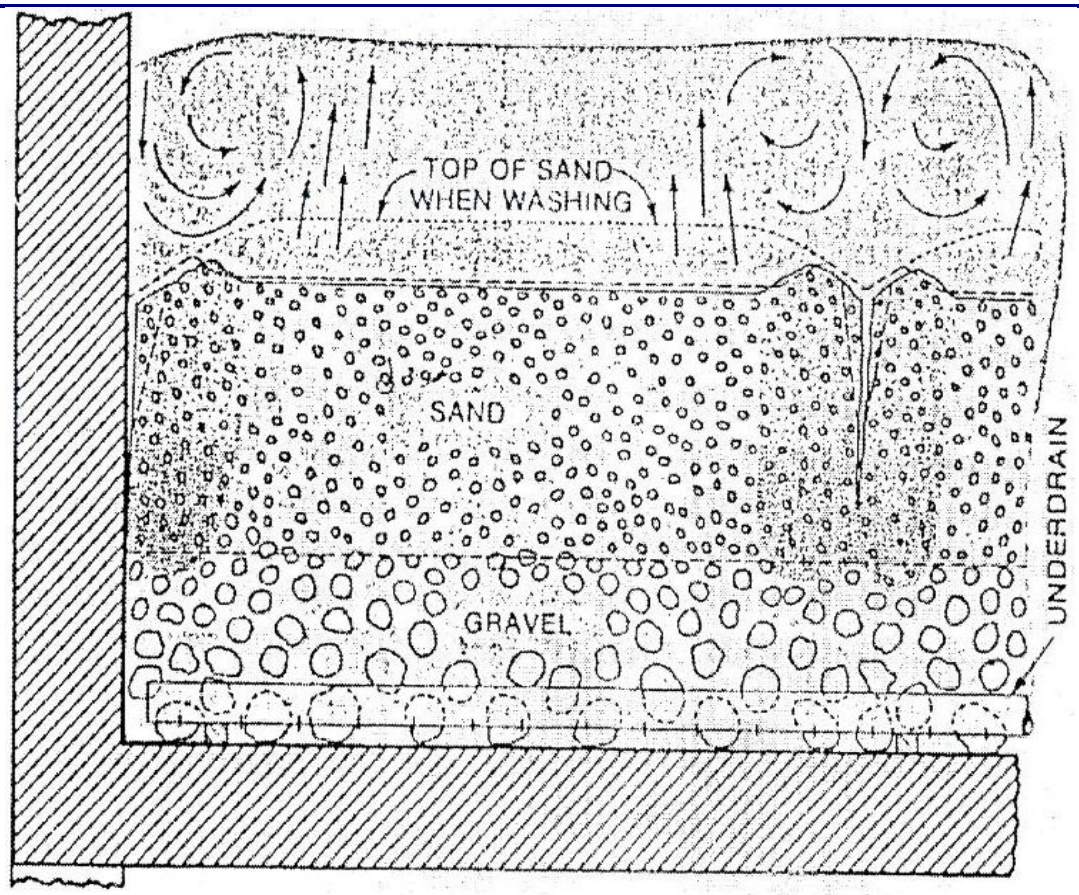
في كثير من المحطات التي لا تعمل فيها جميع المرشحات بصفة مستمرة طوال اليوم يمكن أن تهتز وتتفكك المواد المرشحة المتبقية على المرشحات عن طريق الاندفاع الفجائي اللحظي الذي يحدثه بدء التشغيل بعد ذلك . ويمكن تلافى ذلك بغسيل المرشحات قبل بدء تشغيلها (أو) إيقاف المرشحات المغسولة عند عدم الاحتياج إلى أعداد منها.

و في حالة استعمال أجهزة للتحكم في معدلات التصريف فيجب صيانتها جيدا حتى تؤدى وظائفها في سلاسة حيث أن أجهزة التحكم رديئة الأداء قد تسب تذبذبات ضارة في معدل التصرف أثناء عملها.

الغسيل الفعال ضروري جدا لإنتاج مياه عالية الجودة والغسيل الغير جيد قد يسبب المشكلات الآتية:

١. تكوين الكرات الطينية Mud Balls

أثناء عملية الترشيح تصبح حبيبات الوسط الترشيحى مغطاة بمواد ندفيه لاصقة و مالم يتم إزالتها بالغسيل فإن الحبيبات تتكتل معا وتكون كرات طينية ومع تزايد حجم الكرات الطينية فقد تغوص إلى قاع المرشح أثناء عملية غسله ويؤدى إلى انسداد المواضع التي تستقر فيها وتصبح هذه المناطق غير فعاله وتتسبب في حدوث معدلات ترشيح أعلى من المعدلات المثلى في المناطق الفعالة المتبقية . كما تتسبب في التوزيع الغير متساوي لمياه الغسيل ، كذلك تنتج مشكلات إضافية مثل تشقق الوسط الترشيحى وانفصاله عن جدران المرشح (شكل رقم ٨ / ٣).



شكل رقم (٢/١٧) يوضح سدد فرشة الرمل

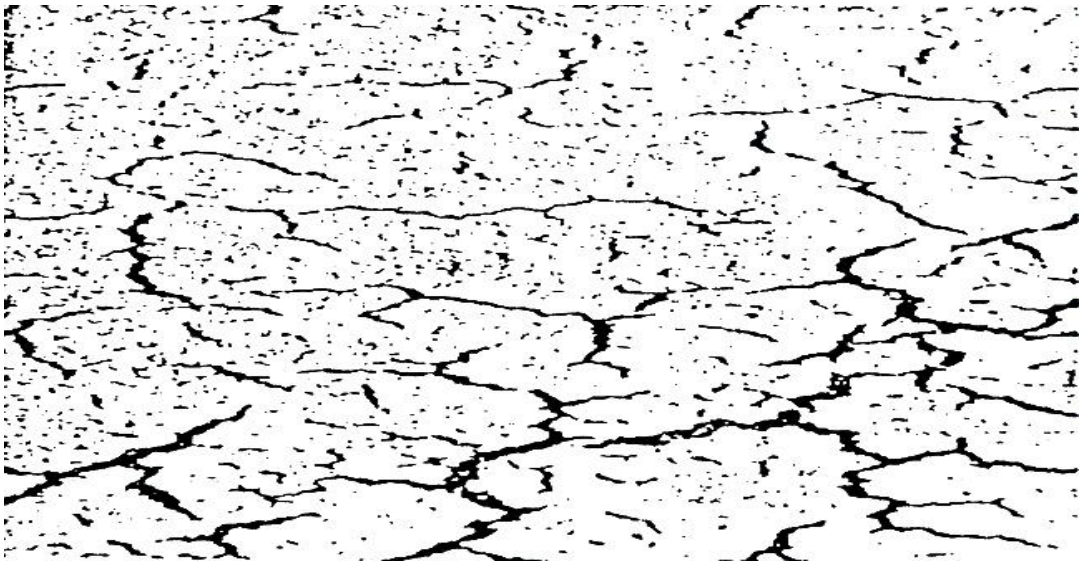
وتشاهد عادة كرات طينية على سطح الترشيح بعد غسيله خاصة إذا كانت المشكلة حادة . ويجب إجراء الفحص الدوري للكشف عن وجود كرات الطين . ويمكن منع تكوين الكرات الطينية باستعمال معدلات تصريف لمياه الغسيل كافية وتقليب الوسط الترشيحى جيداً بما يسمح بتمام غسيل حبيبات الرمل جيدا (شكل رقم ٣/٩).

٢. انكماش فرشة الترشيح Filter Bed Shrinkage.

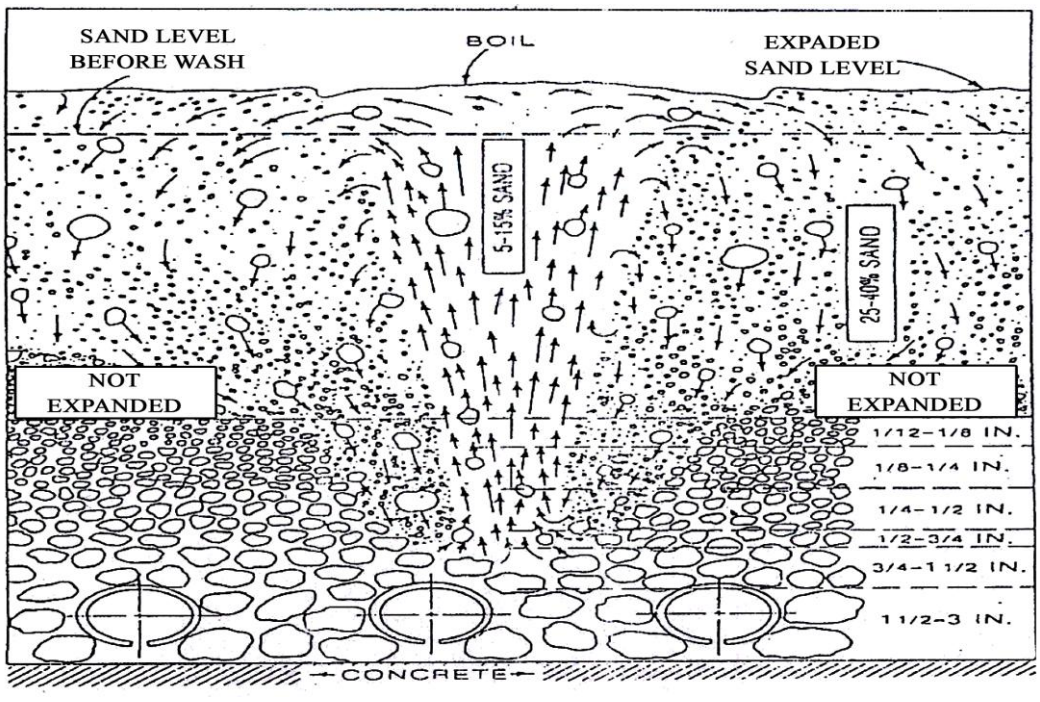
قد ينتج انكماش الفرش من الغسيل غير الفعال وتستند حبيبات الوسط النظيفة بعضها على بعض مباشرة مع إندماج ضئيل حتى عند أقصى فقد في الضغط ومع ذلك فإن حبيبات الوسط المستخدمة تكون متباعدة عن بعضها بسبب المواد المحجوزة الناعمة ومع تزايد الفقد في الضغط فإن الفرشة تضغط وتتكمش فتنتج تشققات وإنفصال للوسط عن جدران المرشح حيث تمر المياه بسرعة خلال التشققات ، وتتلقى القليل من الترشيح أو لا يحدث لها ترشيح بالمرة .

٣. إزاحة الزلط:

إذا بدء غسيل المرشح بتشغيل طلمبة الغسيل مباشرة (بمعدل عالي) فإن فرشة الزلط السائدة قد تندفع في وسط الترشيح المفروش فوقها وقد يحدث ذلك أيضا إذا كان جزء من شبكة الصرف السفلى مسدودا مما يسبب توزع غير متساوي لتصريف مياه الغسيل وفى نهاية الأمر تؤدى السرعات المتزايدة إلى إزاحة الزلط وفوران الرمل كما هو مبين في (شكل رقم ١٠ / ٣) .



شكل رقم (٢/١٨): تشقق في الوسط الترشيحي



شكل رقم (٢/١٩): فوران الرمل في فرشة ترشيح

وعند حدوث ذلك يبدأ وسط الترشيح في الهروب إلى داخل شكة الصرف السفلى وتحرك الزلط بصفة دائمة . فيجب التفتيش على المرشحات مرة على الأقل في السنة لفحص وضع فرشة الزلط باستخدام سيخ معدني قطره حوالي ٦ مم (عندما يكون المرشح خارج التشغيل) وبفحص الفرشة يمكن التعرف على الأعماق التي استقرت عندها أوضاع الزلط ومدى إزاحتها وعند حدوثها يجب إزالة وسط الترشح وإعادة تدريج الزلط . ويمكن تقليل الإزاحة التي قد تحدث مستقبلا بفرش طبقة ٨ سم من الجرانيت بين الزلط ووسط الترشيح والامتناع عن استعمال معدلات غسيل عالية.

مشكلات التشغيل الأخرى:

١ -تداخل الهواء في وسط الترشيح:

إذا أجرى تشغيل للمرشح في وقت كان الضغط في الفرشة أقل من الضغط الجوي (أي يكون سالبا) فإن الهواء المذاب في المياه سينفصل عنه ويكون فقاعات في داخل الفرشة وينشئ مقاومة التصريف خلال ، المرشح ويؤدى إلى تقصير فترات تشغيله . ويحدث الضغط السالب عادة في المرشحات التي يكون فيها عمق المياه أقل من ١,٥ متر فوق الفرشة الغير متمددة . وأنه في حالة عدم إمكان الوصول إلى هذا العمق فيجب إيقاف تشغيل المرشح عند وصول فاقد الضغط إلى ١,٤ متر لمنع تكوين ضغط سالب. وللحد من هذه الظاهرة يجب الاحتفاظ بالمياه عند المناسيب القصوى فوق فرشة الترشيح وتكرار الغسيل في فترات متقاربة.

٢ -فقد وسط الترشيح:

يفقد دائما جزء من وسط الترشيح أثناء عملية الغسيل ويزيد هذا الفقد مع زيادة مدة ازدواج الغسيل بالهواء والماء معا. وإذا كان المقدار المفقود ملحوظ فيجب فحص إجراءات الغسيل ككل وحيث أن الفرشة تكون شبه عائمة عند تمددها بنسبة ٢% فلا يجب زيادة نسبة التمدد عن هذه النسبة وقد يساعد على ذلك تقليل زمن تشغيل الغسيل بالهواء مع الماء . وإذا استمر ظهور مشكلات خطيرة مماثلة فيلزم رفع مجارى تجميع مياه الغسيل المفتوحة.

مراقبة عملية الترشيح مسئولية كبرى فبالإضافة إلى ضرورة فحص أجهزة القياس والتحكم فيمكن مراقبة المرشح بملاحظة عملية الغسيل وحالة سطح المرشح ويجب أن تبدو الفرشة في حالة جيدة ومع توزيع متساوي ومنتظم لتصريف مياه الغسيل مع عدم وجود فورانات عنيفة لها وإذا ظهر أن بعض المناطق لا يحدث لها تنظيف بنفس سرعة المناطق الأخرى فإن هذا يدل على توزيع غير متساوي لتدفق مياه الغسيل وعند تصفية المرشح يجب أن يبدو سطحه أملس وإذا ظهرت تشققات أو كرات كينية أو تعرجات في الوسط فإن ذلك يدل على وجود مشكلات في عملية الغسيل وبعد وقت ما يجب استبدال وسط الترشيح تماما.

- **متي يخرج المرشح من الخدمة ؟**

١. إذا ارتفع منسوب المياه الخام إلي أقصى الحدود المسموح بها معلنا انسداد المرشح.

٢. إذا وصل الفقد في الضغط بين المياه أسفل الوسط الترشيحي والمياه أعلى الوسط الترشيحي إلي الحد المسموح به قبل أن يصل الضغط أسفل الوسط الترشيحي إلي القيمة السالبة.

٣. إذا ساءت نتائج المياه المرشحة.

٤. إذا قل تصرف المياه المرشحة عن الحد المسموح .

وعندما يصل المرشح إلي أحد هذه الحالات يتم إخراجه من الخدمة وغسله.

ما هي إجراءات الغسيل وكمية التصرف الواجبة لغسل المرشح ؟

خطوات الغسيل :

١ -إيقاف دخول المياه العكرة.

٢ -يتم تخفيض منسوب المياه بالمرشح حتي يصل أعلى الوسط الترشيحي بـ ٢٠ سم.

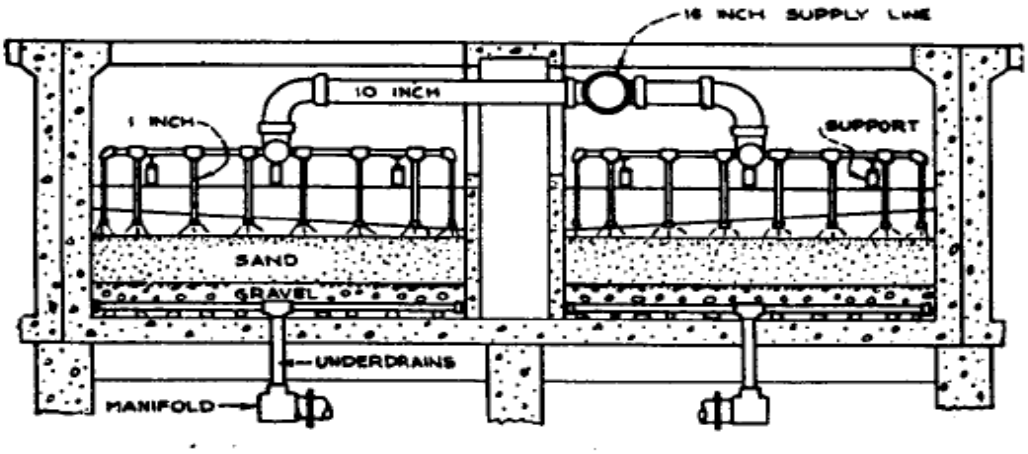
٣ -يتم غلق محبس خروج المياه المرشحة ومحبس الصرف.

٤ -يتم فتح محبس خروج صرف مياه الغسيل. ثم تبدأ إجراءات الغسيل.

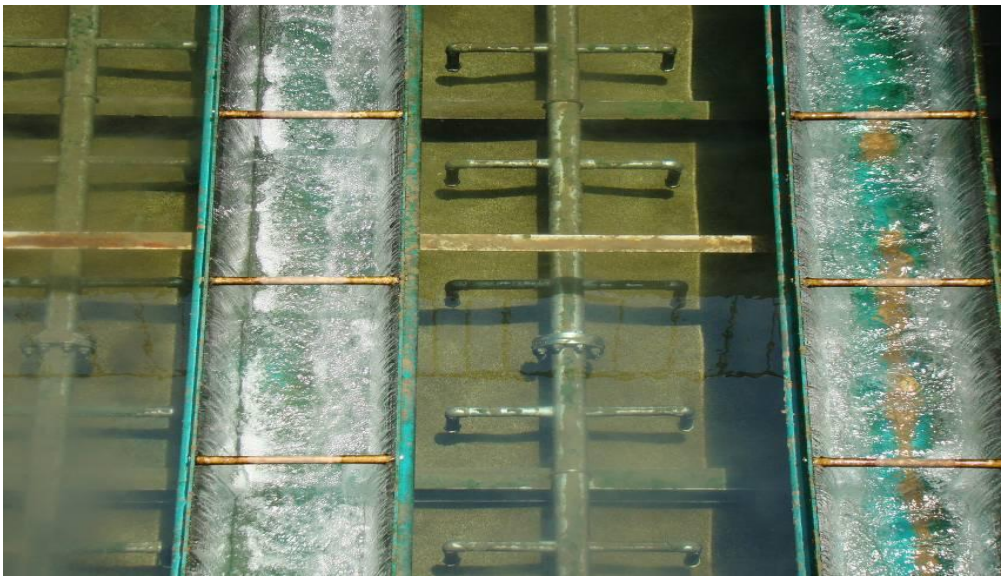
الغسيل السطحي (Surface Wash):

وفي هذه الطريقة يتم تركيب شبكة مواسير أعلى الوسط الترشيحي بحوالي ١م يتم تركيب فواني ثابتة أو دوارة تبعد عن الوسط الترشيحي بحوالي ١٠ سم تبعد الفواني عن بعضها بمسافة ١-٠,٥م تقريباً. أثناء عملية الغسيل وتمدد الوسط الترشيحي بحوالي ١٠% تتغطى الفواني بخليط من المياه والوسط الترشيحي المتمدد وعندها تخرج المياه تحت ضغط عالي من هذه الفواني مكونة تياراً دواماً يقوم بكسر كرات الطين وفصل الشوائب عن حبيبات الوسط الترشيحي.

تصرف شبكة الغسيل السطحي يكون حوالي ١٠-١٨ م^3/ساعة وضغط حوالي ١-٢ جوي.



شكل رقم (٢٠/ ٢) يوضح الغسيل السطحي للمرشحات



سرعة خروج المياه من الفونى حوالي ١٤-٢٠ م/ث ولمدة من ١-٣ دقائق وبعدها يستمر الغسيل العكسي لمدة ٢-٣ دقائق محدثاً تمدداً للوسط الترشيحي ٢٠ – ٤٠ % للتخلص من الشوائب الناتجة من عملية صقل الرمال.

المياه المفقودة

معدلات الفقد في المياه أثناء عمليات المعالجة:

تتركز كميات المياه المفقودة أثناء عمليات المعالجة في عملية إزالة الروبة من المروقات والتي تتراوح نسبتها بين ١,٥% إلي ٣% من إجمالي إنتاج المحطة ، وكذلك في عملية غسيل المرشحات والتي تتراوح بين ٣% إلي ٥% من إجمالي الإنتاج . أي أن معدل الفقد في المياه أثناء عمليات المعالجة تتراوح بين ٤,٥% إلي ٨% (بحد أقصى للمحطات القديمة ١٠%) . هذا الاختلاف في النسب ناتج أولا من عدم كفاءة تشغيل عمليات الترويب / التنديف / الترسيب الذي ، يستلزم ارتفاع في نسبة إزالة الروبة ، وكذلك عدد كفاءة تشغيل المرشحات الذي يؤدى إلى إهدار نسبة وكمية كبيرة من المياه .

تقليل الفاقد في إزالة الروبة:

تتكون الروبة من ترسيب المواد الصلبة في قاع المروقات ، الأمر الذي يجب معه إزالتها أولا بأول منعا من تراكمها ثم إثارتها وتصبح معلقة مرة أخرى يصعب إعادة ترسيبها وتهرب إلى المرشحات أو أن تخلق، مشاكل مترتبة عليها مثل طعم ورائحة ولون .

ولتقليل نسبة هذا الفقد يجب أن يتم مراقبة (بالعين) مع تحليل عينات من مياه الروبة للتعرف على تركيزها في المياه (يوجد في كثير من مروقات المحطات محابس تلسكوبية للروبة مخصصة لهذا الغرض) والتي يمكن بواسطتها التحكم في معدلات التصرف أو في الفترات الزمنية. الدورية لفتحها ، حيث إن الفتح المستمر لمحابس الروبة طوال اليوم يؤدى إلى إهدار نسبة كبيرة من إنتاج المحطة من المياه . كما وأن الفتح القليل لها يؤدى إلى تكون طبقات متماسكة من الروبة في قاع المروقات يصعب بل ويستحيل أحيانا إزالتها بالطرق المعتادة . وفى بعض نوعيات أخرى من المروقات مثل النابض (البلسيتر) حيث يتم التخلص من السمك الزائد

من طبقة الروبة العائمة عن طريق فتح محابس أسفل أقماع (قواديس) تجميع الروبة بطريقة أتوماتيكية تعتمد على توقيتات محسوبة يمكن زيادتها أو تقليلها بعد أخذ عينات من مجرى تجميع الروبة والتعرف على تركيز مياه الروبة . أما في المروقات المستطيلة و المروقات القديمة التي تعمل بدون معدات كسح للروبة ميكانيكية تفتح محابس الروبة دوريا للتخلص منها ويمكن أخذ عينات من هذه المياه والتعرف على نسب تركيزها حيث يمكن تحديد مواعيد وفترات فتحها .

الوحدة الثالثة

كيماويات التشغيل لمحطات المياه

Water Treatment Plant Operating Chemicals

أهداف الوحدة

بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة يكون المشارك قادراً علي أن:-

- يوضح طرق التطهير المختلفة .
- يحدد كيفية الاستخدام الأمثل للكلور والشبه في تنقية مياه الشرب.
- يطبق الإجراءات الخاصة بعملية التحكم في معالجة المياه للوصول إلي أحسن منتج بأقل سعر والتدخل في حالة حدوث أي متغيرات أو أعطال.
- يحدد بدقة الجرعات الصحيحة من الكلور والشبه للوصول إلى أعلى جودة والحصول على أكبر إنتاج
- طبقا للمعدلات القياسية.
- – يحصل على أكبر كمية من المياه ويقلل الفاقد في عمليات الغسيل طبقا للمعدلات القياسية.
- – يصل بالمحطة إلى أكبر إنتاج بأقل تكلفة.

التطهير Disinfiction

عملية تطهير المياه هي أهم عملية من عمليات معالجة المياه فهي تؤمنه ضد أمراض المياه Waterborne Disease التي نكب بها العالم فهي بمعني آخر تعمل علي إبادة أو إزالة الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض وهي الباثوجينيات.

بعض أمراض المياه العامة

جدول رقم (٣/١) يوضح أمراض المياه العامة

المرض	الكائنات المسببة	مصدر الكائنات في المياه	الأعراض
التهاب المعدة والأمعاء	(بكتريا) السالمونيلا	براز آدمي وحيواني	إسهال حاد وقئ
تيفود	(بكتريا) السالمونيلا التيفودية	براز آدمي	حرقان معوي وتضخم في الطحال وارتفاع في درجة الحرارة – مميتة
دوسنتاريا	(بكتريا) الشيجيلا	براز آدمي	إسهال + نادراً ما تؤدي للوفاة
كوليرا	(بكتريا) الشوفيه	براز آدمي	قئ + إسهال حاد + جفاف سريع + فقدان أملاح + مؤدي للوفاة
التهاب كبدي وبائي	فيروس	براز آدمي – أصداف تكاثرت في مياه ملوثه	اصفرار الجلد + تضخم في الكبد + آلام في البطن + مؤدي ضعيف للوفاة (تستمر ٤ شهور)

دوسنتاريا آميبيه	(بروتوزوا)	براز آدمي	إسهال غير حاد + دوسنتاريا مزمنة
Gardiasis	(بروتوزوا) Giardia	براز آدمي وحيواني	إسهال + تقلصات + غثيان + ضعف عام + غير مميتة (تستمر من أسبوع إلي ٣٠ أسبوع)
Cyptosporidiosis	(بروتوزوا) Cyptosporidium	براز آدمي وحيواني	إسهال حاد + آلام في البطن + غثيان + حمي بسيطة
Legionellesis	Legionella		أمراض تنفس حاد

وحيث أن غالبية الباثوجينات تالف الحياة في درجات الحرارة والظروف التي توجد في أجسام الآدميين والحيوانات وهي لا يمكنها الحياة بسهولة خارج هذه الأجسام وبالرغم من ذلك يمكن أن تبقي أعداد ملحوظة منها حية في المياه الصالحة للشرب . وبعض الباثوجينات وبالأخص فيروسات معينة وكائنات حية تكون لها أكياساً غشائية يمكنها من الحياة مدد طويلة . وعلي ذلك يجب أن يجري علي كل مياه الشرب نوع ما من التطهير للمساعدة علي التأكد من أن الباثوجينات غير موجودة. ولما كانت المياه السطحية أكثر تعرضاً للتلوث من المياه الجوفية فيجب أن يجري عليها دائماً عمليات المعالجة التقليدية مثل الترويب والتنديف والترسيب قبل تطهير وضخها للمستهلكين.

وبالرغم أن هناك عدة مواد كيماوية يمكن استعمالها إلا أن الكلور (في أي شكل من أشكاله) أثبت كفاءته واقتصاديات استعماله في التطهير.

وتتاح طرق أخري للتطهير قد تكون مفيدة في بعض المواقف وهي كما يلي:

١. المعالجة الحرارية:

وهي أول طرق استعملت للتطهير ولازالت أجراء جيد للكميات الصغيرة من المياه. تستعمل في الحالات الطارئة وتتم بتسخين المياه غلي درجة الغليان وتستمر لمدة ٥ إلي ٢٠ دقيقة وغالباً ما تستعمل هذه الطريقة في المخيمات حيث لا تتوفر وسائل كيميائية أخري.

٢. المعالجة الإشعاعية:

وتعتمد علي الأشعة فوق البنفسجية Ultra Violet Radiation الصادرة من ضوء الشمس التي تبين أنها تبيد الكائنات الحية الدقيقة ويمكن إنتاج الإشعاع فوق البنفسجي من مصابيح مصممة خصيصاً لهذا الغرض إلا أن استعمالها محدود في تطهير المياه لارتفاع التكلفة كما أن هذه الأشعة تمتص وتتشتت بسرعة في حالة تواجد الشوائب المسببة للعكارة وعلي ذلك فإن القدرة القابلة لهذا الضوء تتضاءل تضاؤلا كبيراً في المياه التي لا تمر علي مقربة شديدة من المصباح.

كما وأنه لا يمكن قياس المتبقيات المتخلفة – تستعمل في عمليات المياه المعدنية المعبأة.

٣. المعالجة الكيميائية:

وتعتمد علي تفاعل مواد كيميائية مع الكائنات الحية الدقيقة وتعمل علي إبادتها ومن هذه المواد (البروم – اليود – الأوزان – الكلور ومركباته).

- **البروم:**

سائل داكن اللون لونه بني ضارب إلي الحمرة وهو يتبخر عند درجة حرارة الغرفة وله رائحة نفاذة خانقة وبخاره شديد الالتهاب للعيون والأنف والحنجرة ويسبب تآكل شديد لمعظم الفلزات وإذا لمس الجلد فإنه يسبب حروقاً مؤلمة تلتئم ببطء. يستخدم لتطهير حمامات السباحة ولا يستخدم في تطهير مياه الشرب لارتفاع تكلفته.

- **اليود:**

مادة صلبه لامعة لونها أزرق مسود وكثافته خمسة أضعاف كثافة الماء وله رائحة متميزة تشبه رائحة الكلور ويمكن أن تتحول بسرعة إلي غاز مطلقاً بخاراً بنفسجياً مميزاً ويستعمل علي نطاق واسع في الأغراض الطبية وكمطهر لمصادر مياه الشرب الصغيرة وهو مثل البروم عالي التكلفة وعليه لا يوصي باستعماله في مياه المدن ويتاح في صورة بلورات للاستعمال في أجهزة الإضافة.

- **الأوزون:**

ينتج الأوزون (O_3) عند مرور جهد كهربائي عالي خلال الهواء بين قطبين كهربائيين وهو يتكون بالكيمياء الضوئية (Photo Chemically) في الجو كما أنه أحد مكونات الضباب الدخاني (Smog)

والأوزون غاز سام لونه ضباب إلي الزرقة ذو رائحة حادة ويعتبر خطر علي الصحة عندما يكون تركيزه في الهواء ٠,٢٥ ملجم / لتر وبالغ الخطورة إذا وصل إلي ١,٠٠ ملجم / لتر.

والأوزون عامل مؤكسد قوي يستعمل لتطهير الماء وكذلك للتحكم في اللون والطعم والرائحة ، والغاز غير مستقر كيميائياً ويختفي في بضع دقائق ولا يترك مركبات متبقية لها قوة تطهير لتواصل التطهير في شبكة التوزيع كما لا يمكن للقائم بتشغيل محطة المياه من التأكد لحظياً من أن الأوزون المضاف كافياً لإبادة كل الباثوجينات ويعتمد فقط علي التحليل البكتريولوجي للعينات المأخوذة قبل نقطة الإضافة وبعدها كطريقة وحيده متاحة لقياس فاعلية الأوزون.

وكما سبق يتطلب إنتاج الأوزون استهلاك قدراً كبيراً من الطاقة الكهربائية ، لذلك فإن تكاليف إنتاجه باهظة لا تبرر استعماله كمطهر. ونظراً لأن المعالجة بالكلور أقل تكلفة وأكثر مرونة فإنها لا تزال الأسلوب المفضل في مصر وفي بلدان كثيرة في العالم.

- **الكلور ومركباته:**

الكلور ومركباته مثل هيبوكلوريت الكالسيوم (بودرة) وهيبوكلوريت الصوديوم (سائل) هي المطهرات التي تستعمل علي أوسع نطاق لمعالجة المياه في مصر. وعند تفهم عملية الكلور (إضافة الكلور للماء) تفهماً كافياً واستعمالها علي النحو الصحيح فإنها تكون طريقة مأمونة وعملية فعاله لإبادة الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض – وهناك عدة منافع ثانوية تكتسب من استعمال الكلور في عمليات تطهير الخزانات والشبكات ولأكسدة الحديد والمنجنيز وكبريتيد الأيدروجين والتحكم في الطعم والرائحة والطحالب والمواد الغروية.

يستعمل الكلور في محطات المياه السطحية أولاً كمعالجة مبدئية في إيقاف تكاثر وهبوط الطحالب وبعض أنواع البكتريا في أحواض الترسيب (المروقات) ويضاف إلي المياه العكرة المدفوعة إلي أحواض التوزيع قبل عملية الترويب. وثانياً كعامل متوسط للمياه المروقه قبل عملية الترشيح، وأخيراً كمعالجة نهائية للمياه المرشحة ويضاف إلي هذه المياه قبل دخولها للخزان الأرضي حيث يتم التفاعل المطلوب في وقت تلامس معين.

خواص الكلور ((Chlorine Characteristics

١. فيزيائية Physical:

أ. **اللون:** اصفر مخضر كغاز وعنبري رائق كسائل.

ب. **الرائحة:** نفاذ وملهبه للأغشية المخاطية.

ج. **درجة الغليان:** (٣٤,٠٥ –) درجة مئوية وهي التي يتبخر فيها الكلور السائل عند ضغط واحد جوى.

د. **درجة التجمد:**(١٠٠,٩٨–)درجة مئوية.

هـ. **الكثافة:** كتلة وحدة الكلور عند ظروف مختلفة محددة.

- الغاز الجاف = ٣,٢٠٩ جم / لتر عند درجة صفر مئوية.
- الغاز المشبع = ١٢,٠٧ جم / لتر عند درجة صفر مئوية ٣,٦١٧ جوى.
- السائـــل = ١٤٦٨,٠٠ جم / لتر عند درجة صفر مئوية.
- السائـــل = ١٤٢١,٨٨ جم / لتر عند درجة ١٥ م.
- السائـــل = ١٣٧٥,٠٠ جم / لتر عند درجة ٣٠ م.

و. **الكثافة النوعية للغاز:** وهي النسبة بين كثافة غاز الكلور الجاف إلي كثافة الهواء عند الظروف القياسية (درجة حرارة صفر مئوية ، ٣,٦١٧ ضغط جوي) = ١,٤٨٢

- للسائل: وهي النسبة بين كثافة الكلور السائل إلي كثافة المياه عند الظروف القياسية (درجة حرارة صفر مئوية) ، ٣,٦٧ ضغط جوي = ١,٤٦٨

ز. **علاقة وزن الغاز / المسائل:**

وزن حجم الكلور ووزن ٤٥٧,٦ حجم من الكلور الغاز عند الظروف القياسية.

ح. **ضغط الغاز المشبع:**

هو ضغط غاز الكلور فوق الكلور السائل عندما يكون في حالة اتزان = ٣,٦١٧ ضغط جوي (عند درجة حرارة صفر مئوية).

٢. كيميائية Chemical:

الرمز الذري: كل Cl

الوزن الذري: ٣٥,٤٥٣

العدد لذري: ١٧

الرمز الجزيئي: كل٢ Cl_2

الوزن الجزيئي: ٧٠,٩٠٦

التكافؤ: يكون الكلور عادة مركبات أحادية التكافؤ كما وأنه يتحد مع تكافؤ ٣، ٤، ٥، ٧.

تفاعلات الكلور:

أ - **مع الماء:** قابل للذوبان بدرجة بسيطة.

يكون مع الماء النقي محلول مخفف من حامض الأيدروكلوريك وحامض الهيبوكلوروس (يأتي تفصيلها فيما بعد).

ب - مع المعادن: الكلور السائل في غيبة الرطوبة لا يؤثر علي المعادن الحديدية ، (وعلي ذلك تستعمل الأسطوانات الحاويات الصلب في تعبئة الكلور). ولما كان يستحيل الحصول علي سائل كلور جاف تماماً فيستعاض بأسطوانات وحاويات كلور ذات سمك لجدرانها أكبر.

- والكلور السائل يتفاعل بسرعة ويدمر البلاستيك والكاوتش.
- الكلور الغاز الجاف لا يؤثر علي المعادن الحديدية والنحاس الأحمر والسبائك الحديدية في حين الغاز الرطب يدمر هذه المواد في حين أن الذهب والبلاتين والتانتلوم هي المواد التي لا تتفاعل إطلاقاً مع الكلور الرطب ، تستعمل الفضة بكثرة مع الكلور الرطب حيث أن كلوريد الفضة المتكون لا يتفاعل مع الكلور.
- محلول الكلور المائي أكال ولهذا السبب يستعمل معه البلاستيك وبعض أنواع الكاوتش والبولي إثيلين والسايران والفيتون و التفلون.

ت - يتفاعل الكلور مع الكحول الأثيرى

ث - يلي والاثير كما يتفاعل مع الشحوم والزيوت مكوناً مواد مزبدة ومنتفخة وكذا مع المواد البيرولية والأيدروكربونية.

أخطار الكلور

الكلور السائل ملهب للجلد ويمكن أن يؤدي إلي أضرار جسيمة وحرق لأنسجة الجسم ، وحيث أن الكلور السائل يتبخر بسرعة ويتحول إلي غاز في درجة حرارة الجو وضغطه فإن من الصعب تنسيب هذه الأضرار هل من السائل أو من الغاز. الغاز في تركيزه الخفيف في الجو ملهب للأغشية المخاطية والجهاز التنفسي فكمية الغاز المستنشقة تحدد الخطورة علي الجهاز التنفسي.

هناك نوعان من غازات الكلور المتصاعدة أحداها الغاز في حالته الجافة والآخر الأكثر خطورة الأبخرة الصادرة محلول كلور متسرب أو انفجار لماسورة داخل حيز محدد ويزداد نسبة تركيز الكلور في الجو إلي أكثر من ٧٥٠ جزء في المليون فيتحمل ببخار الماء ويصيب الفرد في جهازه الرئوي ويؤدي إلي الوفاة. أما النسبة لاستنشاق الغاز الجاف فبمجرد دخوله إلي منطقة الحنجرة يبدأ (الضحية) في الإحساس بضيق في التنفس وبالتالي فعليه الابتعاد الفوري من المنطقة في اتجاه عكس الريح ويبدأ في التنفس القصير من الفم حيث أن التنفس العادي يؤدي إلي الكحة التي يجب منعها بقدر الإمكان.

الكلورة Chlorination :

الكلورة أو المعالجة بالكلور هي عملية إضافة الكلور إلي الماء وتعتبر أكثر صور التطهير انتشاراً في مصر .

كيمياء الكلورة:

لكي نتفهم تفاعلات الكلور في المياه الطبيعية فإننا سنلاحظ تفاعل الكلور في الماء المقطر كما هو مبين في الشكل فإن مقدار الكلور الحر المتبقي يرتبط ارتباطاً مباشراً بجرعة أو مقدار الكلور المضاف وعلي سبيل المثال إذا أضيف ٢ ملجم / لتر من الكلور إلي الماء المقطر ينتج ٢ملجم / لتر من الكلور المتبقي الحر.

بالرجوع إلي منحني الكلور في الماء المقطر، نجد أن المتبقي يتناسب طردياً مع (جرعة) الكلور المضاف. أو معني آخر أنه إذا أضيف ٢ ملليجرام / لتر من الكلور فإنه ينتج ٢ ملليجرام / لتر كلور حر.

ويتفاعل الكلور مع الماء كالتالي:

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

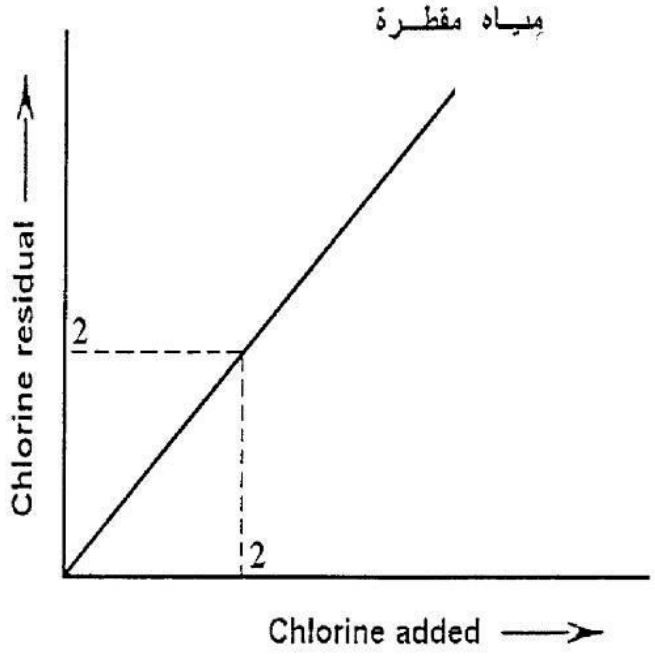
وهذه الأحماض تتأين في الماء كالتالي:

a) $HOCl \rightarrow H + OCl$

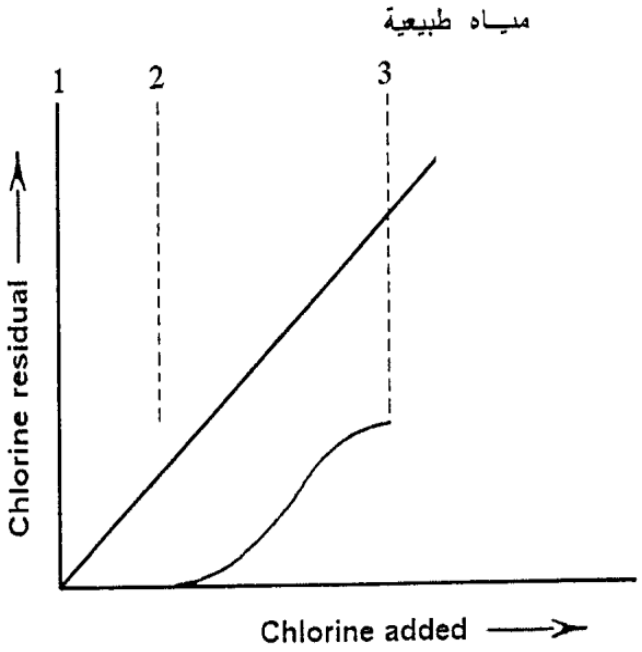
b) $HCl \rightarrow H + Cl$

ويعتبر حامض الهيبوكلوروس وهو أحد صورتي الكلور المتبقي أكثر المطهرات المتاحة فعالية وعند تفككه كما في المعادلة الثانية يتكون أيون الهيبوكلوريت وهذا الأيون له فعالية ١% فقط من فعالية حامض الهيبوكلوروس (شكل رقم ٣/١).

والمياه الطبيعية لا تكون نقية تماماً وتتدخل الشوائب الموجودة في الماء في تكوين الكلور المتبقي الحر وعلي سبيل المثال إذا كانت المياه تحتوي علي مواد عضوية ونتريتات وحديد ومنجنيز ونشادر فإن الكلور المضاف سيتفاعل كما هو مبين بالشكل (٣/٢).



شكل رقم (٣/١) الكلور المتبقي في الماء المقطر



شكل رقم (٣/٢) الماء العادي

وفيما بين النقطتين ١، ٢ يتحد Combines الكلور المضاف فوراً مع الحديد والمنجنيز والنتريتات ، وحيث أن الحديد والمنجنيز والنيريتات عوامل مختزله Reducing Agent فلن يتكون أي متبقي إلي أن يتحد الكلور مع كل العوامل المختزلة.

ومع إضافة كلور أكثر بين النقطتين ٢، ٣ يبدأ الكلور في التفاعل مع النشادر والمواد العضوية لتكوين كلورامينات ومركبات كلور عضوية ، هذه هي الكلور المتبقي المتحد Combined Chlorin ، وحيث أن الكلور يكون متحداً مع مركبات أخري فإن هذا المتبقي لا يكون ذات فعالية كمتبقي الكلور الحر.

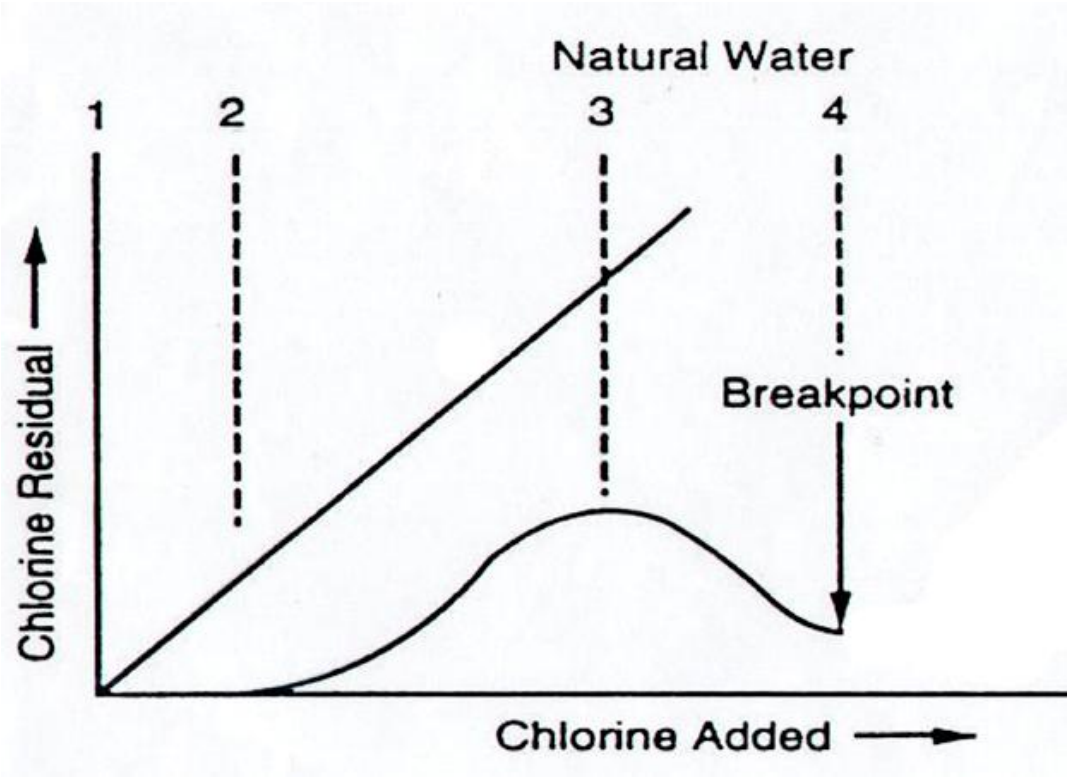
وفيما بين النقطتين ٢، ٣ يكون المتبقي المتحد هو المونوكلورامين أساساً.

ومع إضافة كلور أكثر إلي المياه يؤدي إلي تناقص فعلي في الكلور المتبقي (شكل رقم ٣/٣).

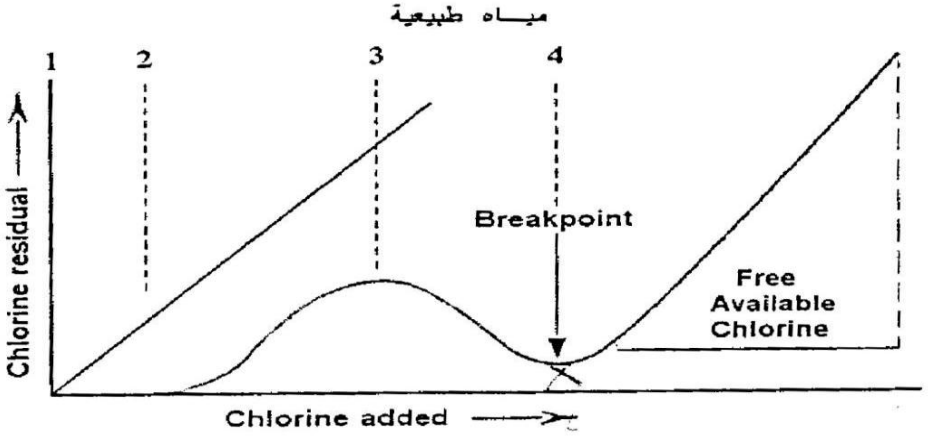
حيث أن هذا الكلور الإضافي يؤكد بعض المركبات العضوية للكلور Chloroorganic Compounds

والنشادر كذلك يغير بعض من أحادي كلورامين ويحوله إلي ثنائي كلورامين وثلاثي كلورامين.

ومع إضافة كلور أكثر يصل مقدار الكلورامين إلي أدني قيمة كما بين النقطتين ٣، ٤ الشكل وفيما بعد هذه النقطة فأي إضافة أخري للكلور ينتج عنها كلور متبقي حر. هذه النقطة تسمي نقطة الانكسار Break Point وفيما بعد نقطة الانكسار أي زيادة في جرعة الكلور تؤدي إلي زيادة متناسبة في الكلور المتبقي الحر (شكل رقم ٣/٣).



شكل رقم (٣/٣) نقطة الانكسار



شكل رقم (٣/٤) الكلور المتبقي الحر

وتكون نسبة الكلور المتبقي الحر ما بين (٨٥ إلى ٩٠%) من الكلور المتبقي الكلى أما النسبة الباقية تكون متبقي متحد مكونا ثنائي وثلاثي كلور أمينات ومركبات كلور عضوية التي يكون التراي هالوميثان أحد عناصرها .

- **استخدام الكلور:**

للاستخدام الأمثل للكلور في معالجة المياه تجرى بعض الاختبارات للتحكم في جرعاته وكمياته بما يضمن أمن وسلامة المياه . ويستعمل نوعان من الاختبارات التشغيلية لمراقبة عملية التطهير الأول: هو فحص ومراجعة مستوى الكلور المتبقي بانتظام عند نقاط مختلفة في أنحاء شبكة التوزيع ومقارنته مع مستوى الكلور المتبقي عند مخرج محطة المياه .

والثاني: إجراء اختبارات بكتريولوجية (لإجمالي بكتريا الكوليفورم) على عينات مأخوذة من نقاط مختارة في شبكة التوزيع .

- **اختبار احتياج الكلور Chlorine Demand Test**

احتياج الكلور لمياه هو الفرق بين كمية الكلور المضافة (جرعة) وكمية الكلور المتبقي الحر أو المتحد أو الكلي الباقي بعد فترة تلامس محددة.

يتناسب احتياج الكلور مع كمية الكلور المضافة ، زمن التلامس ، درجة التأين الأيدروجيني ودرجة الحرارة . كما يتأثر وجود المواد العضوية والمواد المختزلة في المياه في احتياج الكلور . يجرى اختبار احتياج الكلور باستخدام غاز الكلور أو بمسحوق الهيبوكلوريت بناء على أي الأشكال التي يستخدم بها في المحطة.

يمكن إجراء اختبار احتياج الكلور بواسطة مسئول التشغيل لتحديد أفضل جرعة لتحقيق أهداف التشغيل . وقياس احتياج الكلور يتم بمعالجة ملجموعة عينات من المياه بكميات مختلفة ومعلومة من الكلور أو الهيبوكلوريت ، وبعد فترة تلامس مطلوبة يتم حساب الكلور المتبقي في العينات وسوف يظهر أي جرعة تفي بالغرض.

- **اختبار الكلور المتبقي بالمياه النقية:**

هذا الاختبار ضروري جدا للتشغيل الناجح والفعال لعملية المعالجة بالكلور ، ونتائج الاختبار تزود مسئول بثلاث معلومات هامة:

– وجود الكلور المتبقي من عدمه.

– نوع الكلور المتبقي (حر أو متحد).

– مقدار الكلور المتبقي (تركيزه).

ويجب أن يراقب مسئول التشغيل أيضا درجة الحرارة والرقم الأيدروجيني حيث يؤثر هذان العاملان على مقدار ونوع الكلور المتبقي المتكون ، وهذا يتحكم بدوره في فعالية التطهير.

واختبار الكلور المتبقي من أسرع و أسهل الاختبارات التي تجرى للتحكم في تشغيله لمياه المحطة ، ويمكن إجراء هذا الاختبار في الموقع باستعمال أجهزة مقارنة الألوان وفي المعامل فتستعمل طريقة Amperometric Titrator وهي أدق طريقة لقياس كل أشكال الكلور المتبقي.

والقاعدة العامة هي أنه من الأفضل الحفاظ على كلور متبقي من الكلور المتاح الحر لأنه مطهر أشد فعالية بكثير من المتبقي المتحد . وعادة فإن متبقي حر تركيزه ٠,٢ ملجم / ل هو الحد الأدنى الذي يجب الحفاظ عليه عند أقاصي شبكة التوزيع ويجب ضبط مقدار كمية الكلور بما يتناسب والجرعة المطلوبة للتأكد من أن المستوى المطلوب من الكلور المتبقي الحر سيوجد في جميع الأوقات وفى كافة أنحاء الشبكة.

ملحوظة: في شبكة التوزيع الطويلة يفضل إضافة كلور (في الطريق) لضمان وصول نسبة الكلور المتبقي في أطراف الشبكة إلى الحد المطلوب ومنعا من زيادة الجرعة والكمية المضافة داخل محطة المعالجة عن الحد المطلوب .

الاختبار البكتريولوجي للمياه النقية:

لجميع الكائنات الحية المسببة للأمراض (الباثوجينات) مصدر مشترك هو البراز الآدمي والحيواني و من الطرق الواضحة لتحديد مدي نجاح عمليه التطهير أن تختبر المياه المعالجة للكشف عن وجود باثوجينات . وهناك مجموعه بكتيرية تسمي بكتريا الكوليفورم يسهل نسبيا قياسها ، كما أن وجودها يدل علي أن الباثوجينات قد تكون موجودة أيضا . وحيث أن غالبيه الباثوجينات أقل مقاومه للكلور من بكتريا الكوليفورم فمن المفترض أنه إذا لم توجد بكتريا الكوليفورم في المياه المعالجة فإن الباثوجينات لن تكون موجودة – لذلك تؤخذ عينات روتينية من المياه غير المعالجة والمياه المعالجة (بما في ذلك شبكه التوزيع) وتختبر للكشف عن بكتريا الكوليفورم (اختبار إجمالي الكوليفورم TotalColiform Test)

أما بالنسبة للمياه المروقه:

يضاف الكلور إلي المياه العكرة كمعالجة مبدئية الغرض منها إيقاف تكاثر الطحالب والبكتريا وترسيب اكبر قدر منها داخل عمليات (الترويب / التنديف / الترسيب) واختبار العد الطحلبي للمياه العكرة الخام و المياه المروقه المعالجة بالكلور المبدئي والمقارنة بينهما هي أهم اختبار لكفاءة عمليه الكلور المبدئي وتحديد انسب جرعه لها مع ملاحظه عدم زيادة الجرعة عن الحد الذي قد يؤدى إلي ما يسمي بالجرعة المدمرة Destructive Dose التي تؤدي إلي تدمير الطحالب وخروج المادة الزيتية منها وما يتبع ذلك من ظهور رائحة وطعم السمك الفاسد علاوة علي ظهور لون اخضر أو أزرق مخضر منها، وما يترتب بعد ذلك من خطورة تكوين الترايهالوميثينات(THM).

- **مبدأ التطهير بالكلور:**

هناك خمسة عوامل هامة تؤثر على نجاح عملية الكلورة:

١.تركيز الكلور.

٢.فترة التلامس.

٣.درجة حرارة المياه .

٤.درجة التأين الأيدروجيني pH.

٥.الشوائب الموجودة في المياه .

تتوقف فاعلية المعالجة بالكلور أساسا على عاملين هما التركيز وفترة التلامس وترتبط إبادة الكائنات الحية ارتباطا مباشرا بهذين العاملين وهذا يعنى أن الإبادة تتناسب مع التركيز X زمن التلامس .

وهذا يعنى أنه إذا تناقص تركيز الكلور فإن فترة التلامس (طول الوقت الذي يكون فيه الكلور والكائنات الحية في تلامس) يجب أن تزداد للتأكد من أن نسبة الإبادة تظل كما هي وبالمثل فمع تزايد تركيز الكلور تتناقص فترة التلامس اللازمة بنسبة إبادة معينة .

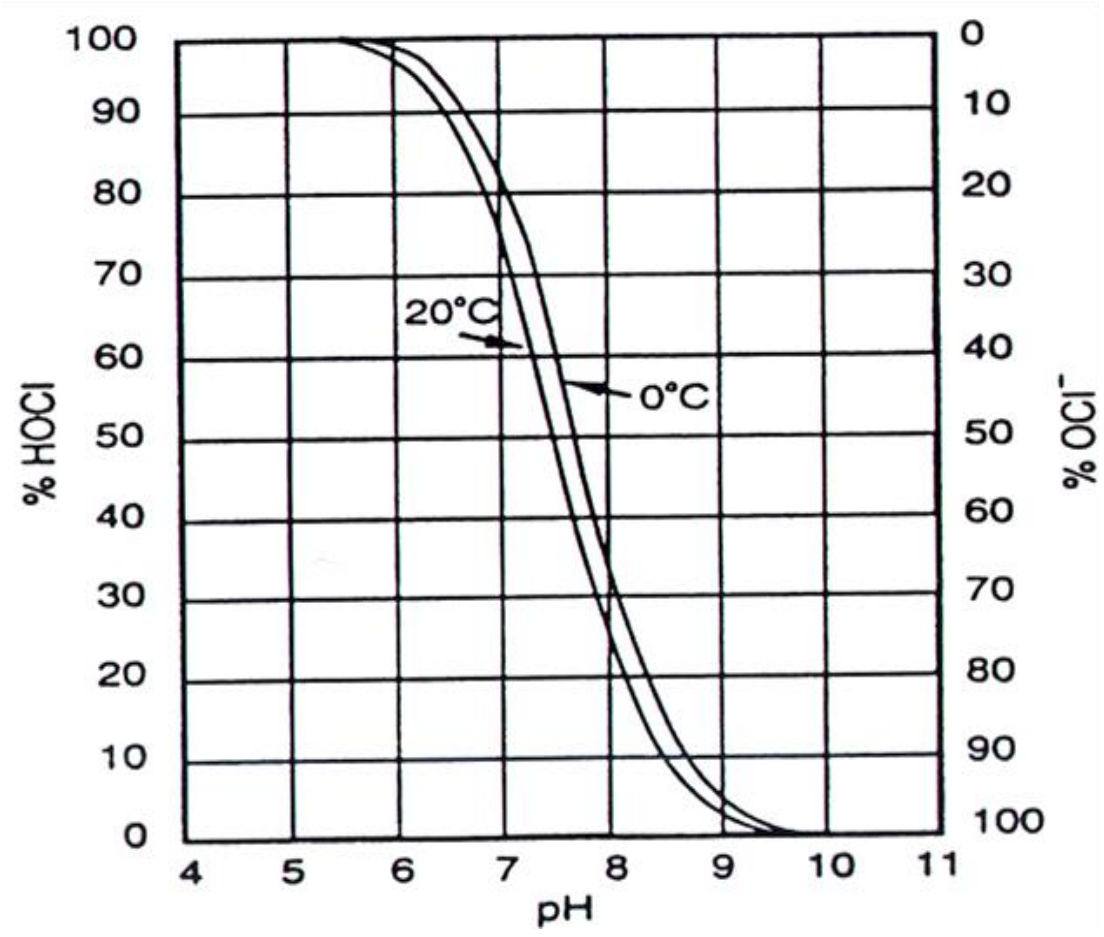
ويتطلب الكلور المتبقي المتحد (وهو مطهر ضعيف) تركيزا أعلى يؤثر لمدة زمنية أطول مما يتطلبه الكلور المتبقي الحر ، لذلك فعندما تكون فترة التلامس بين نقطة إضافة الكلور واستهلاك المياه قصيرة (١٠دقائق مثلا) فإن الكلور المتبقي الحر فقط هو الذي يحدث تطهيرا فاعلا ، ومن المهم معرفة فترة التلامس ونوع الكلور المتبقي المتاح حتى يمكن حساب وإضافة الكلور بالتركيز الملائم وعادة يجب الحفاظ على نسبة كلور حر متبقي ٢، ملجم/ لتر كحد أدنى في نهاية شبكة التوزيع .

ترتبط فعالية المعالجة بالكلور أيضا بدرجة حرارة المياه فعند درجات الحرارة المنخفضة تقل نسبة الإبادة وعلى أية حال فإن الكلور أكثر استقرارا في المياه الباردة ويظل المتبقي موجودا لمدة زمنية أطول مما يعوق إلى حد ما تناقص معدل التطهير . وذا تساوت العوامل الأخرى فإن المعالجة بالكلور تكون أكثر فعالية مع درجات حرارة المياه الأعلى . ومن المهم أن يحتفظ القائم

بالتشغيل بسجل لدرجات حرارة المياه ، ومع تغير درجات الحرارة المنخفضة مع فعالية الكلور المتبقي الحر.

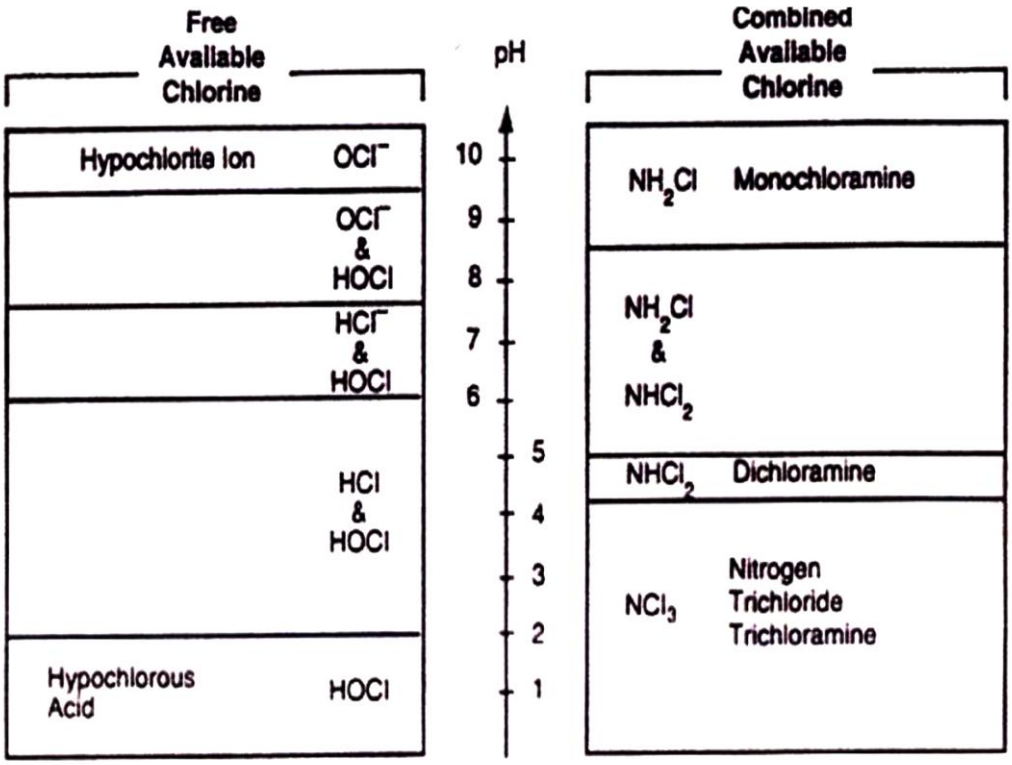
يؤثر درجة التأين الأيدروجيني pH على الفعل التطهيرى للكلور حيث أنه يحدد نسبة أيون الهيبوكلوريت وحامض الهيبوكلوروس وتبعا لهذا الرقم اليدروجينى إما أن يوجد أيون هيبوكلوريت أكثر أو حامض هيبوكلوروس أكثر وكما هو مبين في الشكل التالي يمكن للتفكك أن يحدث في أي من الاتجاهين ، وتتزحزح نسبة الأيونات مع تغير درجة التأين الأيدروجين . (شكل رقم ٣/٥)

وتفكك حامض الهيبوكلوروس ضعيف عند مستويات الرقم الأيدروجين المنخفض بينما يتفكك تماما عند مستويات الأرقام العالية ويحدث أعلى تفكك فيما بين الرقم (٠،٦ والرقم ٨،٥) .



شكل رقم (٣/٥): تأثير درجة التأين الأيدروجين

كما يلخص الشكل التالي الرقم الأيدروجين على المتبقيات المتحدة:



تأثير درجة التأين الأيدروجينى على الكلور المتبقى الحر والمتحد

شكل رقم (٣/٦) تأثير درجة التأين الأيدروجين على الكلور المتبقي الحر والمتحد

وعلى هذا فمن الضروري جدا على القائم بالتشغيل التعرف بصفة مستمرة على الرقم الأيدروجين حتى يحصل على أكثر فاعلية للتطهير .

أما بالنسبة للشوائب فالكلور لا يكون فعال إلا إذا تلامس ماديا مع الكائنات الحية المطلوب أبادتها فالعكارة التي تسببها الجسيمات الدقيقة والشوائب الأخرى المعلقة في المياه يمكن إن تمنع التلامس الجيد وبالتالي تحمى الباثوجينات . لذلك يجب تقليل العكارة إلى أدنى مدى ممكن بطرق المعالجة السابق ذكرها وهى الترويب والتنديف والترشيح . وكما سبق الإشارة إليه م أن الكلور يتفاعل مع المواد الأخرى الموجودة في المياه مثل المواد العضوية والنشادر وما قد ينتج

عنها من مركبات ومتبقي متحد قليل الفاعلية في التطهير فعلى ذلك فالتعرف على تركيزها من العوامل الهامة في تقدير جرعة الكلور المناسبة .

- **نقط الاستخدام:**

يستخدم المطهر " الكلور " عادة في نقطتين الأولى عند دخول المياه العكرة وبداية عمليات المعالجة والثانية بعد انتهاء عمليات المعالجة وفى بعض محطات المياه يضاف المطهر عند نقطة متوسطة (قبل عملية الترشيح) ، والغرض الرئيسي من عملية.

الكلور المبدئي هو:

- بداية عملية إبادة أو إيقاف نشاط الكائنات الحية المسببة للأمراض (باثوجينات) .
- تقليل مشاكل التشغيل من الطعم والرائحة التي يمكن تتسبب من النمو البيولوجي على المرشحات والمواسير والأحواض .
- أكسيد كبريتيد الأيدروجين والحديد والمنجنيز المحتمل تواجدهم في المياه .
- أكسيد مختلف المواد العضوية الموجودة في المياه العكرة .

– نقط الإضافة الأكثر شيوعا هي بيارات المياه العكرة أو أحواض الخلط السريع . وبسبب خطورة تكوين التراى هالوميثينات THMS والمركبات الثانوية الأخرى DPBS نتيجة بعض نظم المعالجة إلى استخدام مؤكسدات كيماوية أخرى عند دخول المياه إلى محطات المعالجة .

الكلور النهائي:

الغرض منه هو التطهير النهائي للمياه المرشحة بغرض إبادة الباثوجينات والحصول على نسبة من الكلور المتبقي طبقا لتعليمات الصحة العامة والتي تعنى أن نسبة أكثر من الكلور المطهر قد أضيفت لاستكمال عملية التفاعل . كما وأن المتبقي هو مؤشر للحماية ضد التلوث المحتمل حدوثه خلال شبكة التوزيع .

يتم إضافة الكلور النهائي قبل دخول المياه المرشحة إلى الخزانات الأرضية مباشرة للحصول على فترة تلامس كافية لتأكيد الفاعلية الكاملة مع الباثوجينات ، وللحصول على فترة وزمن التلامس المطلوبة وتزود غالبية الخزانات الأرضية بحوائل baffles رأسية تعمل على زيادة طول مسار المياه داخل الخزان علاوة على الخلط التام للكلور مع المياه . وفى المحطات التي يصعب الحصول فيها على مثل هذه النقطة يضاف الكلور عند مخرج المياه من المحطة (كما في محطات الرفع المختلفة ومحطات الآبار الارتوازية) .

الكلور ومشتقاته:

يوجد الكلور تجاريا في صورة غازية وسائلة وصلبة وتختلف تجهيزات ومعدات الكلور باختلاف صورة الكلور المضاف .

ومما سبق شرحه فإن أكثر صور الكلور فعالية هي حامض الهيبوكلوروس وأيون الهيبوكلوريت الذين يمكن اشتقاقها من ثلاث كيماويات:

- الكلور Cl_2
- هيبوكلوريت الكالسيوم $Ca(OCl)_2$
- هيبوكلوريت الصوديوم $NaOCl$

(١) الكلور: ويمكن الرجوع إلى الخواص الفيزيائية والكيميائية له في أول هذه الوحدة.

(٢) هيبوكلوريت الكالسيوم : مادة حبيبية جافة (مسحوق) بيضاء أو بيضاء مائلة للاصفرار (كما يتاح في أقراص مضغوطة) وهو يحتوى على نسب مختلفة من الكلور المتاح تتراوح بين ٢٠ ، ٤٠ إلى ٦٠ % وهذا يعنى أنه عند إضافة كيلو جرام من المسحوق ذات التركيز ٦٠% إلى الماء فإنه يضاف في الواقع ٦٠، كيلو جرام فقط من الكلور النقي . ويتطلب هيبوكلوريت الكالسيوم تخزينا خاصا لتجنب تلامسه مع المواد العضوية فالتفاعلات الممكنة بينه وبين المواد العضوية يمكنها أن تولد من الحرارة والأكسجين ما يكفى لبدء إشعال النار واستمرار اشتعالها . كما تتولد حرارة عند خلط (الهيبو) مع الماء وللتخلص من أخطار الحرارة المتولدة يجب أن تضاف المادة الكيميائية إلى الحجم الصحيح من الماء وليس العكس أي إضافة الماء إلى المادة الجافة .

(٣) هيبوكلوريت الصوديوم: سائل شفاف لونه أصفر فاتح ويشيع استعماله كقاصر للألوان للاستعمالات المنزلية ويحتوى القاصر المنزلي على ٥% من الكلور ، والقاصرات الصناعية أقوى من المنزلية وتحتوى على نسبة ٩% إلى ١٥% . ومحلول هيبوكلوريت الصوديوم قلوي ودرجة تأينه الأيدروجينى pH تتراوح بين ٩ إلى ١١ تبعا لنسبة الكلور المتاح .

ويمكن الحصول على هذا المحلول داخل دمجنات أو في براميل من الصلب المبطن بالمطاط إلا أنه يشترى غالبا لاستعمال شبكات المياه الصغيرة في أوعية من البلاستيك (جراكن) سعة ٤ لترات ، ويخشى من أخطار الحريق عند تخزين هيبوكلوريت الصوديوم كما وأنها مادة مسببة للتآكل تماما ويجب حفظها بعيدا عن المعدات المعرضة للتلف بالتآكل ويمكن أن يفقد محلول الهيبوكلوريت الصوديوم من ٢ إلى ٤% من محتوى الكلور المتاح شهريا عند درجة حرارة الغرفة لذلك توصى الشركات المنتجة بأن يكون أقصى فترة تخزينه من ٦٠ إلى ٩٠ يوم

●حساب جرعات الكلور:

يجب حساب احتياج الكلور Chlorine Demand للماء المطلوب معالجته بإجراء الاختبار اللازم بالمعمل وباستخدام نتيجة الاختبار ومعرفة المتبقي اللازم يمكن للقائم بالتشغيل أن يحسب جرعة الكلور على النحو التالي:

مقدار الجرعة (ملجم / لتر) = احتياج الكلور (ملجم / لتر) + الكلور المتبقي (ملجم / لتر).

●معدلات الكلور:

وبعد حساب الجرعة يجب تحويله إلى معدلات تصريف بالكيلوجرامات في الساعة أو في اليوم وضبط جهاز الإضافة Chlorinator وتساوى معدل سريان المياه (م^{٣} / س) x الجرعة (جم / م^{٣}) ويتم قسمة الناتج على ١٠٠٠ لتحويلها إلى كيلوجرامات / ساعة .

•استخدام الروتامتر:

الروتامتر معدة لقياس معدلات تصريف الغازات والسوائل حيث تمر في اتجاه رأسي داخلها ، وهى عبارة عن أنبوبة مسلوبة ومدرجة بداخلها كرة صغيرة (طلقة) تعوم أو تدور وتعلو تهبط طبقا لمعدلات التصريف بداخلها . وتقرأ هذه المعدلات على التصريف من منتصف الكرة أو أعلى نقطة من العوامة .

الشـــــــــبه:

- **خواص و استخدامات الشبه:**

تتوفر الشبه في شكل صلب كنجات الحصى Lumps أو حبيبات صغيرة Granules أو سائل وغالبا ما تكون السوائل أسهل في التداول والخلط والاستعمال ويمكن الحصول على الشبه الصلبة في أجولة سعة ٥٠ كيلو جرام للواحد أو عربات صهريجيه Tank Cars للشبه السائلة.

ويجب دائما تخزين الشبه في منطقة جافة عند دراجة حرارة مناسبة ومنتظمة إلى حد ما (تحت مظلة واقية) ومن الواجب تخزين أجولة الشبه الصلبة على باليتان خشبية للسماح بمرور الهواء أسفل الأجولة ومن المفضل أيضا أن يكون التخزين بجوار منطقة تحضير المحاليل حتى يمكن تداولها بسهولة وفى بعض المحطات الكبيرة يمكن تخزين الشبه الصلبة (بدون أجولة) داخل أقماع كبيرة فوق منطقة الإذابة حيث يسهل عملية التداول والوزن ميكانيكيا قبل عملية الإذابة (كما في محطة مياه الأميرية) .

أما في حالة الشبه السائلة فيتم نقلها وتخزينها داخل أحوض مبطنة بالكاوتش بمعرفة الشركات المصنعة وذلك بواسطة عربات صهريجيه Car tanks .

- **استخدام الشبة:**

هناك ملجموعه من الاختبارات يجب إجراءها تساعد على عمليه التحكم في الاستخدام الأمثل للشبة كمادة مروبة تعمل على تحسين عمليات الترويب / التنديف وهى كالتالي:

- **اختبار الجار Jar Test:**

جهاز Jar Test

يساعد اختبار الجار علي تحديد المادة الكيميائية المناسبة والجرعة التي تنتج أفضل ندف.

يتكون جهاز الجار من معدة تقليب ميكانيكة ذات ستة قلابات ذات سرعات متغيرة تتراوح بين صفر إلي ١٠٠ لفة / دقيقة ووسيلة إضافة أسفلها لبيان التفاعل وحجم الندف والترسيب. كذلك عدد ستة كؤوس Beakers سعة ١ لتر (١٠٠٠ مللتر) وقارورة Flask سعة ١٠٠٠ مللتر يتم إضافة كميات مختلفة من محلول الشبة المركزة بواسطة السحاحة إلي الكؤوس (١ مللتر من محلول الشبة المذكور يمثل جرعة ١٠ ملجم / لتر أو ١٠ جزء في المليون) ومثال علي ذلك تكون الجرعات المضافة للستة كؤوس١٠،١٥،٢٠،٢٥،٣٠، ٣٥ ملجم / لتر ويتم تشغيل قلاب الجار بسرعة عالية تماثل سرعة قلاب المزج السريع ثم يليه تقليب بطئ يماثل قلاب حوض التنديف البطيء ثم تقفل السرعات وترفع القلابات من المياه وتترك لفترة حتى تترسب الندف . يتم ملاحظة حجم الندف وسرعة ترسيب الندف ورواقه المياه . ومنها يتحدد أي من الكؤوس هو الأحسن وهو المحتوى على جرعة معينه من الشبه.

عند تنفيذ الجرعة المثلى التي يتم تحديدها بالمعمل يراعي مراقبة النتائج في الموقع وملاحظة حجم الندف المتكونة في حوض أو منطقة التنديف ومدى مطابقة نتائج المعمل مع نتائج الموقع وتعديل الجرعات بناء على ذلك بالزيادة أو بالنقص .

- **اختبار درجة التأين الأيدروجيني pH:**

تعطى الشبه أفضل نتائج التشغيل في نطاق ومدى معين لدرجة التأين الأيدروجيني ، ومعرفة هذه الدرجة يساعد مسئول التشغيل في عملية ضبط الجرعة قبل إجراء عملية الترويب.

- **اختبار العكارة Turbidity:**

لتعيين كمية العكارة التي تم إزالتها فعلا مقارنة بكفاءة العملية كما تتنبأ بها نتائج الجار ، يجب إجراء اختبار العكارة على المياه غير المعالجة وعلى عينات مأخوذة بعد مرور المياه خلال المروق (حوض الترسيب) ويجب أن تكون كفاءة العملية ثابتة إلى حد ما. أما إذا زادت عكارة المياه المروقه زيادة مفاجئة بعد اخذ الاختبارات عن الاختبار السابق له يجب دراسة واستقصاء عملية الترويب / التنديف للكشف عن المشكلات.

اختبار قابلية الترشيح Filterability:

قابلية الترشيح طريقة لاختبار مدى الفاعلية التي يمكن بها ترشيح مياه مروبة ويقيس الاختبار مقدار المياه المرشحة في مدة معينة ويجرى عادة بتمرير كمية صغيرة من مياه المحطة المروبة والمندفة فعلا (أي من حوض التنديف قبل عملية الترسيب) في مرشح قطر ١٥ سم (ويسمى مرشح استرشادي) يحتوى على نفس نوع وعمق وسط الترشيح المستعمل في المحطة ويزود هذا المرشح عادة بمقياس عكارة على مخرج المياه يسجل القياسات بصفة مستمرة لعكارة المياه المرشحة . **وميزة هذا الأسلوب هي:**

- أن الماء المستعمل في هذا الاختبار هو الماء المروب فعلا بالمحطة وليس لعينة محضرة معمليا.
- أن الماء يستغرق ١٠ دقائق للمرور خلال المرشح الاسترشادي في حين يستغرق نحو ساعتين إلى ثلاث ساعات في المروقات والمرشحات الفعلية ،وعليه يمكن اتخاذ قرار سريع قبل تدهور الموقف خلال هذه العمليات

هذا بالنسبة للاختبارات التي تجرى بالمعمل أما بالنسبة للموقع فيلزم له مراقبة مستمرة تتمثل في

الخطوات التالية:

- **متابعة معدلات ضخ وإضافة محلول الشبه:**

– وتبدأ بقياس نسبة تركيز محلول الشبه في أحواض الإذابة الجاري استعمالها .

– معايرة وضبط تصريف طلمبات الحقن باستعمال مخبار مدرج وساعة إيقاف وعمل رسم أو جدول يبين الكميات الفعلية التي تضخ على التدريج الخاص لكل فرعه من الطلمبات (وكذا في حالة الاعتماد على عدادات الروتوميتر) .

- **ملاحظة سلامة توزيع محلول الشبه إلى الروبات:**

وذلك للتأكد من الكميات المضافة ذات التركيز المحدد تتناسب مع كميات المياه المتداولة داخل كل مروق على حده وتمام تشغيل القلابات السريعة Flash Mixers أو التقليب الطبيعي للمياه الداخلة بما يكفل ، تمام توزيع محلول الشبه لجميع جزيئات المياه مع معاينة أحواض أو مناطق التنديف والحصول علي أحجام وأشكال مناسبة من الندف القابلة للترسيب.

- **ملاحظة الترسيب المناسب للندف في أحواض الترسيب:**

بالتأكد من التحميل المناسب السطحي وعلى الهدار بما يتناسب مع المعدلات التصميمية أو زيادة الحمل المناسب (لا يزيد عن ٢٥% من الحمل التصميمي) مع مراقبة وقياس عكارة المياه لخارجة من كل مروق ومقارنتها بعكارة المياه الخام للتعرف على نسبة وكفاءة عملية الترسيب الذي يجب ألا تقل عن ٩٠ % مع التأكد من عدم خروج ندف مرئية مع المياه المروقه (Carry Over) مع انتظام التخلص من الروبة وعمل جميع الأجهزة الميكانيكية أو تنفيذ الأعمال اليدوية الخاصة بهذه العملية .

إجراء اختبار معملي إضافي للمياه المروقه وقياس العد الطحلبي لها ومقارنته مع العد الخاص بالمياه الخام والتأكد من أن نسبة الإزالة لا تقل عن ٩٠% أو خروج عدد لا يتجاوز ٥٠٠ وحدة / مللتر.

المراقبة الفعلية لفترة تشغيل المرشحات ومعدلات التصريف:

تتم المراقبة بقياس الوقت الفعلي لتشغيل المرشح Filter Run مع ملجموعة العوامل السابق الإشارة إليها في الوحدة السابقة من حيث العكارة ، الفقد في الضغط ، مع القدرة علي إزالة

الطحالب (الهاربة) من المروقات بحيث لا يتعدى العد الطحلبي للمياه الخارجة عن ١٠٠ وحدة / مللتر

- **تحضير المحاليل:**

يجب إعادة تخفيف المروبات ومساعدات المروبات (ومنه الشبه) في محطات المياه إلى محاليل ذات تركيز مناسب قبل إضافتها إلى المياه الخام ويمكن إجراء ذلك عن طريق تفريغ أجولة (الشبه) الصلبة يدويا أو نقلها ميكانيكيا على سيور ناقلة إلى داخل أحواض خشبية (مخرمة أو بها فراغات طويلة) معلقة داخل أحواض إذابة ذات أحجام معايرة يتم بعدها فتح المياه أعلى الأحواض الخشبية خلال ملجموعة قواني أو (أرشاش) حتى تصل إلى الحد المعين يتم بعدها تشغيل قلابات مروحية كهربائية لإتمام عملية الإذابة .

وفى حالة الشبه السائلة فيتم نقلها من أحواض التخزين بواسطة طلمبات خاصة إلى داخل أحواض الإذابة خلال مواسير من البلاستيك القوى UPVC .

- تجهيز جميع أحواض الإذابة بمقياس مدرج لتحديد كمية المياه أو المحلول الموجودة بها
- يتم تحديد درجة تركيز محلول الشبه بتناسب وزن كمية الشبه المضافة للحوض إلى وزن (حجم) كمية المياه التي تم الإذابة بها ، ودرجات التركيز المتداولة في محطات مياه القاهرة تتراوح بين ١٠ % إلى ٢٠ % ويتم حسابها كالآتي:

عدد أجوله الشبه الصلبة المضافة x ٥٠ كجم ÷ حجم المياه المضافة للإذابة داخل الحوض.

(أو) حجم محلول الشبه المركز المضاف (٥٠ %) ÷ حجم المياه المضافة للتخفيف داخل الحوض.

أي أنه في حالة استخدام محلول الشبه المركزة ٥٠ % يراعى عند حساب نسبة التركيز أن كمية الشبه المضافة لحوض الإذابة تمثل نصف كمية الشبه الصلبة .

- **التحليل المعملي لتحديد نسبة التركيز:**

يقوم المعمل بمراقبة جودة المياه ومراقبة مراحل التنقية المختلفة في حالة اختلاف النتائج الحقلية عن النتائج المعملية ومنها أولا تحديد نسبة تركيز أحواض الشبه الذي قد يؤثر تأثيرا مباشرا في ضبط الجرعات المطلوبة لتنفيذ عمليات المعالجة .

يقوم المعمل بتحضير ملجموعة من محاليل مركزة للشبه مختلفة ٥ % ، ١٠ % ، ١٥ % ، ٢٠ % ، ٢٥ % ويقيس كثافة كل محلول بقياس الكثافة الهيدرومتر ويسجل قراءاته ويرسم له منحنى بياني . ثم يقيس عينات من أحواض الإذابة ويقارنها مع المنحنى ويستنبط التركيز الحقيقي . وهذه هي الطريقة البسيطة السهلة والسريعة في تحديد نسبة تركيز أحواض الشبه .

- **إضافة الشبه وأنواع أجهزة الإضافة (الضخ):**

١. تساعد نتائج " اختبار الجار " على تعيين نوع المادة المستخدمة (في حالة المقارنة بين الشبه وأي مادة أخرى) وكذلك حساب أفضل جرعة منها حيث تكون نتائج الاختبار بالملليجرام في اللتر وتحول بعد ذلك إلى كميات باللترات في الدقيقة أو في الساعة .

٢. بعد إذابة الشبه الصلبة أو تخفيف محلول الشبه المركزة يجب معايراتها بدقة وإضافتها للمياه الخام وقد يكون نظام المعايرة بسيطا مثل الضخ المباشر من أحواض المحلول أو قد يكون نظاما معقدا لمعايره يتم التحكم فيه الكترونيا ويضبط أوتوماتيكيا معدل الجرعات المبنى على معدلات تصرف المياه أو العكارة

– والنوع الأكثر شيوعا في مصر هو استعمال طلمبة المعايرة (Metering Pump) وهى تسمى طلمبة معايرة لأنها تضخ مع كل شوط (مشوار) حجما معايرا بدقة من المحلول ومن الأنواع التي تستعمل على نطاق واسع طلمبة المعايرة ذات الإزاحة الموجبة (ذات الكبس Plunger Type) أو (ذات الرق Diaphragm) وهى تدار بمحركات كهربائية متغيرة السرعات أو بسرعات ثابتة مع إمكانية تغيير مشوار الضخ .

– هناك أنواع بسيطة لإضافة محلول الشبه اعتمادا على خاصية التثاقل والجاذبية في اندفاع المحلول من ارتفاع أعلى من نقطة الإضافة ومرورا على عداد روتوميتر يتم التحكم في الكمية المارة به يدويا عن طريق محبس مخصوص .

- **حساب معدلات تصريف طلمبات حقن الشبه:**

بعد تحديد الجرعة المناسبة (Optimum) من الشبه بعرفة المعمل الكيميائي يبدأ القائم بالتشغيل في تنفيذ هذه الجرعة وضبط طلمبات الحقن على ضخ الكميات المطلوبة والتي تتناسب

$$\text{معدل تصريف طلمبة الحقن (لتر / ساعة)} = \frac{\text{معدل تصريف المياه العكرة x جرعة الشبه}}{\text{تركيز الشبه في اللتر}}$$

$$= \frac{\text{(م}^3\text{ / س) x (جم / م}^3\text{)}}{\text{(جم / لتر)}} = \text{(لتر / ساعة)}$$

مع كميات المياه الخام المارة إلى عملية الترويب وهى تساوى :

قسمة المعادلة على ٦٠ في حالة طلب معدل التصريف باللتر / دقيقة .

معايرة مضخة الشبة

هناك دائما فرق يظهر مع تشغيل طلمبات حقن محلول الشبة وعليه يلزم من حين لآخر إجراء عملية معايرة لها لضمان التحكم في إضافة الجرعات المناسبة للشبة ، هذا الفرق قد يزداد مع الوقت لظروف مختلفة.

وهناك تدريجات مختلفة على طلمبات الحقن تدل على معدلات التصرف المختلفة بعض منها يتراوح بين صفر إلى ١٠٠% من التصريف وبجانبه معدل التصريف الأقصى للطلمبة .والبعض الآخر

مدرج بين صفر إلى رقم نهائي معين وبجانبه معدل تصريف لكل درجة من التدريج (مثلا كل شرطه تمثل عدد معين من اللترات في الدقيقة).

ولإجراء المعايرة الدورية يتم تشغيل الطلمبة (أو فرع من الطلمبة) على درجات مختلفة تبدأ من ٥ إلى ١٠ إلى ١٥ ..... وهكذا حتى نهاية التدريج وحساب التصريف الأسمى لكل منها وقياس كمية التصريف الفعلية بواسطة مخبار مدرج عند نقطة الإضافة في خلال زمن قياس محدد باستخدام ساعة إيقاف Stop Watch وتسجل القراءات الفعلية أمام كل تدريج ويمكن رسم منحنى بياني لكل فرع من الطلمبة أو عمل جدول يبين تدريج الطلمبة والتصريف المقارن لكل درجة .

وعلي سبيل المثال:

إذا وجدنا أن عند تدريج ٣٢من الطلمبة وهو ما يوازي ٢٠لتر/ دقيقة إسميا يعطى تصريفا قدرة ١٨,٥ لتر / دقيقة فقط فيسجل في الجدول تدريجات مختلفة وأمام كل تدريج قراءة فعلية تسهل علي القائم

بالتشغيل وعماله سرعة ضبط الكميات المطلوبة بدقيقة .

ضبط طلمبة حقن الشبة:

ولضبط طلمبة حقن الشبه يجب أن تتوافر المعلومات الآتية:

١. تركيز محلول الشبه (٢٠-٣٠ %).
٢. كمية تصرف المياه الخام.
٣. أقصي تصرف لطلمبة حقن الشبه.
٤. الجرعة المراد إضافتها.

يتم التعويض في القانون التالي لمعرفة مشوار طلمبة الشبه الواجب ضبط الطلمبة عليه للحصول على الجرعة المطلوبة .

$$\text{Stroke} = \text{flowerate } (m^3/hr) \times \text{dose } (gm/m^3) \times 100$$

$$\text{Concentration} \times \text{pump max output} \times 1000$$

المشـــــوار = تصريف العكرة (م٣/س) × الجرعة (جم / م٣) × ١٠٠

تركيز محلول الشبه × أقصي تصريف للطلمبة (لتر/ س) × ١٠٠٠

وللحصول على التركيز المطلوب نتبع الخطوات السابق ذكرها .

وللحصول علي قيمة أقصي تصرف لطلمبة حقن الشبه يتم معايرة الطلمبة تبعاً للخطوات الآتية:

- يتم تحضير محلول الشبه بنفس التركيز المستخدم بالمحطة في وعاء مدرج حجم ٢٥ لتر ويتم توصيل سحب الطلمبة المراد معايرتها بهذا الوعاء ونبدأ تشغيل الطلمبة بعد ضبط الطلمبة علي ١٠٠% من المشوار.
- يتم حساب كمية الشبة التي تم سحبها وتكرار هذه الخطوات لـ (٤٠ % ، ٥٠% ، ٦٠% ، ٧٠% ، ٨٠% ، ٩٠%) من المشوار ورسم منحنى أداء الطلمبة ويمكن من خلال هذا المنحنى معرفة تصرف الطلمبة لكل خطوة من خطوات المشوار.

وعاء معايرة طلمبة الشبه

المراجع

- **تم الإعداد بمشاركة المشروع الألماني GIZ**
- **و مشاركة السادة :-**

➢ د/ سناء أحمد الإله	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالفيوم
➢ د/ شعبان محمد على	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالفيوم
➢ د/ حمدى عطيه مشالى	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالغربية
➢ د/ سعيد أحمد عباس	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالغربية
➢ د/ عبدالحفيظ السحيمى	شركة مياه الشرب بالقاهرة الكبرى
➢ د/ مى صادق	شركة مياه الشرب بالقاهرة الكبرى