USAID | EGYPT
FROM THE AMERICAN PEOPLE

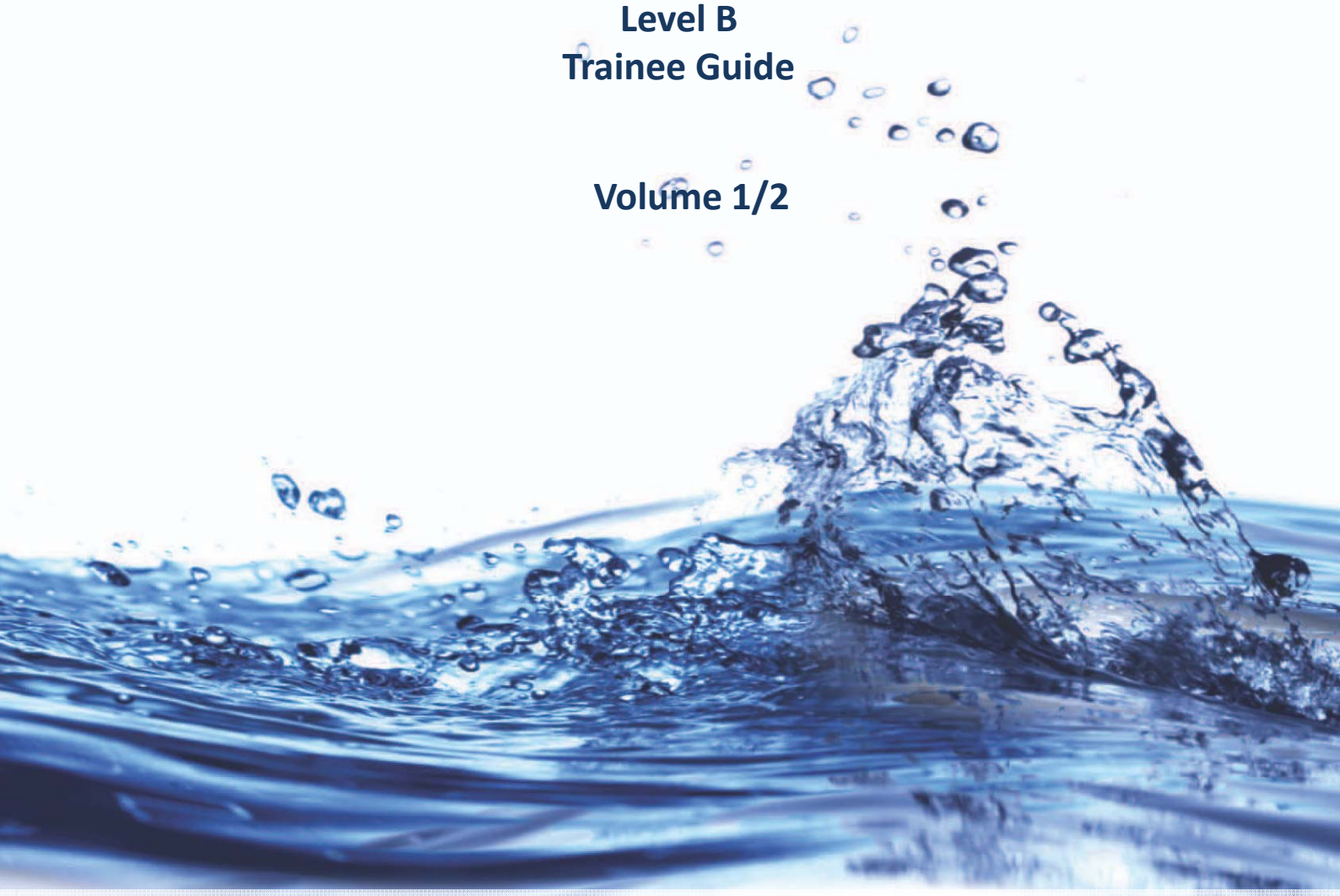
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى

برنامج اعتماد مشغلى مرافق مياه الشرب و الصرف الصحى
Certification Program for Water and Wastewater Treatment Plant Operators and Lab. Analysts

دليل المتدرب
البرنامج التدريبي لمشغلي محطات تنقية مياه الشرب
المستوى (ب)

Training Course for WTP Operators
Level B
Trainee Guide

Volume 1/2



تم اعداد هذا المستند بواسطة مشروع دعم قطاع المياه و الصرف الصحي الممول من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية

برنامج اعتماد مشغلى مرافق مياه الشرب و الصرف الصحى
Certification Program for Water and Wastewater Treatment Plant Operators and Lab. Analysts

مشروع دعم قطاع مياه الشرب و الصرف الصحي
ممول من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية

دليل المتدرب
البرنامج التدريبي لمشغلي محطات تنقية مياه الشرب
المستوى (ب)

Training Course for WTP Operators
Level B
Trainee Guide

Volume 1/2

Contract No. EPP-I-00-04-00020-00, Order No. 3 **T-2012.12.172**

مقدمة

هذا الدليل يمثل حلقة أخرى في سلسلة من أعمال التطوير الشامل والدائم في أداء قطاع مياه الشرب والصرف الصحي وكافة مرافقه، كجزء من برنامج "اعتماد مشغلي ومحللي مرافق مياه الشرب والصرف الصحي" والذي يهدف لتأهيل العاملين في هذا القطاع بصورة معتمدة وترتبط بأفضل الممارسات الدولية المعروفة في الدول المتقدمة، بحيث يتم وضعهم في مستويات تمكنهم من تبادل خبراتهم مع كافة المستويات المساوية في أي دولة في العالم واكتساب الخبرات التي تيسر لهم الاطلاع على كل ما هو جديد في مجال أعمالهم واستيعاب التجارب والأبحاث والتقنيات الجديد في هذا المجال.

ومن المؤكد أن برنامج "اعتماد مشغلي ومحللي مرافق مياه الشرب والصرف الصحي" يخدم العديد من الأغراض على مستويات مختلفة، كما يهدف لإنجاز أهداف عديدة للجهات التي سعت إلى وضعه والتخطيط لتنفيذه، فمن أهم أغراض هذا البرنامج أن أي جهة تشارك فيه سوف تكون قادرة على أن:

- تشارك في تنفيذ السياسات القومية للحفاظ على البيئة والصحة العامة وحماية المجتمع من سلبيات أي قصور في أداء مرافق الخدمات العامة.
- تحقق مستويات أداء فني وإداري للمرافق تضمن الحفاظ على استثمارات البنية الأساسية ومشروعاتها وكفاءة تقديم خدماتها وأصول مرافقها ومنشآتها.
- تطور أداء الكوادر الفنية والإدارية المختصة بالتشغيل والصيانة وإدارتها في منشآت مرافق المياه والصرف الصحي لمستويات الدول المتقدمة.
- تضع تصنيفاً واقعيًا لمنشآت المياه والصرف الصحي يرتبط بمستويات تأهيل فني وإداري متميز للقائمين على تشغيلها وجودة خدماتها.
- تطور النظم القائمة للتسجيل والمتابعة والتقييم لأداء كافة أعمال التشغيل والصيانة وفق أحدث النظم ومتطلبات الحفاظ على جودة الخدمات.
- تراجع متطلبات العمالة المدربة والمؤهلة للأداء الأمثل في المرافق وتتبع سياسات متطورة في الاستجابة لهذه المتطلبات مع تطور الأعمال وحجمها.
- تشارك في إنشاء وإتباع نظام تأهيل مستدام ودائم التطور يضمن تدريب وتقييم العاملين في تشغيل المرافق ومعاملها موثقة ومتجددة.

وأهمية البرنامج هو أنه بتحقيق هذه الأغراض يضع قطاع المياه والصرف الصحي ومنشآتها في مصاف مثيلاتها بالدول المتقدمة ويساهم في تحقيق سياسات الجهات المعنية بهذا القطاع، بداية من وزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية والشركة القابضة للمياه والصرف الصحي وشركاتها التابعة، وجهاز تنظيم مياه الشرب والصرف الصحي والمركز القومي لبحوث الإسكان والبناء، وصولاً إلى كافة المرافق والمنشآت والوحدات بمرافق وخدمات القطاع.

وفي إطار هذه الأغراض، تم إعداد هذا الدليل ليغطي احتياجات السادة "**مشغلي محطات تنقية مياه الشرب**"، **وذلك في المستوى (ب)** من برنامج الاعتماد، وتم فيه مراعاة كل ما يضمن الوفاء باحتياجات بناء قدرات هذه الفئة الهامة من العاملين في مرافق المياه وتوفير مادة مرجعية يسهل الرجوع إليها والبناء عليها عند الانتقال من هذا المستوى إلى مستوى أعلى في هذا البرنامج، وكذلك عند التعامل مع مواقع ومنشآت ومعدات العمل في محطات تنقية مياه الشرب، وما تنطوي عليه من أهمية وارتباط مباشر بالصحة العامة ورضا وثقة العملاء الذين يتلقون هذه الخدمة الحيوية.

والدليل يرتبط أساسا بالدليلين الذين سبق إعدادهما بواسطة هذا المشروع للمستوى (د، ج) مع إضافة ما يحقق ويستوفى الأهداف الموضوعة للمستوى الأعلى منه مباشرة ضمن هذا البرنامج، كما يرتبط بالملامح الرئيسية للعديد من مناهج ودورات التدريب التي تم تنفيذها من قبل، وهي بلا جدال تحوي خبرات عالية ومتخصصة شارك في وضعها خبراء، كما تم وضع مادة هذا الدليل أيضًا بإشراف نفس المستوى من الخبراء، تخصصوا وعملوا مع جهات دولية عديدة في مجال تشغيل وصيانة المرافق، ومرافق المياه بصورة خاصة، وقد تم الاعتماد فى الإعداد بصورة أساسية على المراجع المعدة لتشغيل محطات تنقية المياه بواسطة كلية الهندسة وعلوم الحاسب الآلى بسكرامنتو - جامعة ولاية كاليفورنيا "Water Treatment Plant Operation", Office of water programs, College of Engineering and Computer Science, California State University, Sacramento وذلك طبقا لمذكرة التفاهم الموقعة بين كل من:

- شركة كيمونكس انترناشيونال .Chemonics International Inc, (CI).
- هيئة مشروعات الجامعة University Enterprises, Inc., (UEI) .
- جامعة ولاية كاليفورنيا - سكرامنتو California State University, Sacramento, (CSUS).
- مكتب برامج المياه - جامعة ولاية كاليفورنيا Office of Water Programs, (OWP).

وذلك فى ٩ ديسمبر ٢٠٠٩، والتى يمكن بمقتضاها لشركة كيمونكس انترناشيونال الاستفادة من هذه المراجع القيمة سواء بالنقل أو بالترجمة أو التعديل، مع مرجعية لا يمكن تجاهلها لعديد من المصادر الأخرى المرموقة في هذا المجال، ممثلة في مساهمات واضعي المواد التدريبية التي تم الرجوع إليها بواسطة أصحابها ومن خلال الجهات التي أشرفت على أعمالهم.

وهذا الدليل يغطي كافة الجوانب العملية لإنتاج المياه بما تتضمنه من مصادر ومنشآت ومعدات وأجهزة وعمليات وعاملين وشئون مالية وإدارية، وسوف نجد كل ما يختص بمصادر وخواص المياه وكيفية الحصول عليها في مآخذ المحطات وعمليات التنقية ووحداتها وخصائص ووظائف هذه الوحدات والمعاملات والاختبارات والمواد المستخدمة وجرعاتها وطرق كل ذلك وضوابطه وأنواع المعدات والأجهزة وأغراض استخدامها وصيانتها، كذلك إجراءات الأمن والصحة المهنية وسلامة العاملين وكافة ما يختص بعمليات إنتاج المياه من المأخذ حتى نقاط التوزيع، والجوانب المالية والإدارية المرتبطة بكل ذلك.

ونأمل أن تكون هذه المادة وافية وعلى المستوى الذي يكافئ متطلبات تنفيذ هذا المستوى من البرنامج الهام والضروري والذي يمثل إضافة خبرة ومسئولية كبرى لمن يشارك فيه، لما له من أهمية وضرورة تمس وترتبط مباشرة بكافة سياسات الدولة في مجالات الخدمات الهامة والسكان والصحة العامة والبيئة وإدارة الموارد الطبيعية لصالح المجتمع والمواطنين والله الموفق.

المحتويات

الجزء الأول

الفصل الأول: مشغلو محطات المياه

أهداف التعلم ١-١
لماذا نحتاج إلى مشغلي أنظمة المياه ١-٢
أنظمة المياه ١-٢
أنظمة التوزيع ١-٣
محطات تنقية المياه ١-٣
ما هو عمل مشغل محطة المياه ١-٩
ما الذي يلزم لتكون مشغل محطة ١-١١

الفصل الثانى: المياه ومصادرها

أهداف الأداء (التعلم) ٢-١
أهمية الماء ٢-٢
الدورة الهيدرولوجية للمياه ٢-٣
مصادر المياه ٢-٤
المياه السطحية ٢-٤
المياه الجوفية ٢-٥
خزانات المياه الجوفية ٢-٦
خصائص المياه ٢-٧
المواد الملوثة للمياه ٢-٧
المواد الملوثة وما تسببه من مشاكل صحية ٢-٨
الهدف من تنقية المياه ٢-٩
عمليات تنقية المياه ٢-١٠
تحديد نوعية مياه المصدر ٢-١١
الطحالب ٢-١٢
العوامل التى تؤثر على جودة مصدر المياه ٢-١٦
أسباب مشاكل مصادر المياه ٢-١٤
التحكم فى الطحالب ٢-١٦

الفصل الثالث: تجميع المياه من المصدر إلى عملية التنقية وأنواع المآخذ

أهداف الأداء (التعلم)	٣-١
مقدمة	٣-٢
المأخذ	٣-٢
أنواع ومكونات مآخذ المياه العكرة	٣-٦
المصافي (مانعات الأعشاب)	٣-١٦
سحارة المأخذ	٣-١٥
طلمبات رفع المياه العكرة	٣-١٦
قياس كمية المياه العكرة	٣-١٧

الفصل الرابع: الترويب والتنديف

أهداف الأداء (التعلم)	٤-١
طبيعة الجسيمات والشوائب الموجودة في الماء	٤-٢
عملية الترويب والتنديف	٤-٤
الحاجة لاستخدام المواد المروبة	٤-٥
المروبات	٤-٥
مميزات وعيوب الأنواع المختلفة من المروبات	٤-٦
استخدام الشبة فى أعمال الترويب	٤-٩
المزج السريع	٤-١١
عملية الترويب	٤-١٦
التنديف	٤-١٩
تأثير عملية الترويب والتنديف على عمليات التنقية الأخرى	٤-٢٣
إجراءات التشغيل فى ظروف التشغيل الطبيعية	٤-٢٤
تشغيل عملية الترويب والتنديف	٤-٢٩
اختبار الكأس	٤-٣٠
أحواض تخفيف الشبة	٤-٣٣
الظروف المناسبة لعمل الشبة	٤-٣٤
تخزين وتداول الشبة	٤-٣٥
نظام الحماية فى عنابر الشبة	٤-٣٥

الفصل الخامس: الترسيب

أهداف الأداء (التعلم)	٥-١
عملية الترسيب	٥-٢
الجوانب الهامة في أداء عملية الترسيب	٥-٢
أحواض الترسيب	٥-٦
أنواع المروقات	٥-٨
معايير التصميم	٥-١٦
الأسس التصميمية لأحواض الترسيب	٥-٣٤
أسس تصميم أحواض المزج	٥-٤٥

الفصل السادس: الترشيح

أهداف الأداء (التعلم)	٦-١
مقدمة	٦-٣
أهمية عملية اترشيح	٦-٥
أنواع المرشحات	٦-٦
المرشحات الرملية البطيئة	٦-٦
المرشحات الرملية السريعة	٦-٨
مرشحات الضغط	٦-٢٠
متطلبات أعمال الترشيح	٦-٢٣
تقنيات الترشيح بالأغشية	٦-٢٨

الفصل السابع: التطهير

أهداف الأداء (التعلم)	٧-١
مقدمة	٧-٢
طرق التطهير	٧-٢
التطهير بالكلور	٧-٤
خصائص الكلور	٧-٥
مركبات الكلور	٧-٧
أنواع التطهير بالكلور	٧-٨
التعامل مع غاز الكلور	٧-١٠
نظام تعادل الكلور المتسرب	٧-١٤
العوامل التى تؤثر على كفاءة عملية التطهير	٧-١٧

الفصل الثامن: المعالجة الكيميائية وإزالة الأملاح

أهداف الأداء (التعلم)	٨-١
الطعم والرائحة	٨-٢
مسببات الطعم والرائحة	٨-٣
وسائل معالجة مشاكل الطعم والرائحة	٨-١٦
إزالة الأملاح (عسر الماء)	٨-٢٠
استخدام المواد الكيماوية فى تنقية المياه	٨-٤٤

الفصل التاسع: المخلفات الناتجة من عمليات تنقية المياه

أهداف الأداء (التعلم)	٩-١
مقدمة	٩-٢
المصادر المختلفة للمخلفات فى محطات التنقية	٩-٣
طرق تجميع الروبة	٩-٣
طرق تجفيف الروبة (نزع المياه)	٩-٣
تقدير كمية الروبة	٩-٥
روبة المروقات	٩-٦
روبة المياه الناتجة من غسيل المرشحات	٩-٨
عملية تجفيف الروبة	٩-٩
التخلص من الروبة بالصرف فى شبكات الصرف الصحى	٩-١٩
التخلص النهائى من الأنواع الأخرى من المخلفات	٩-٢٠
الطرق الحالية للتخلص من المخلفات بمحطات تنقية مياه الشرب فى مصر	٩-٢١

الفصل العاشر: الآبار

مقدمة	١٠-٢
أنواع الآبار	١٠-٢
الدراسة الهيدرولوجية للآبار	١٠-٥
إنشاء الآبار الارتوازية	١٠-٨
العوامل المؤثرة على إنشاء الآبار	١٠-١٠
أنواع الطلمبات المستخدمة فى الآبار	١٠-١١
الملامح الخارجية للبئر	١٠-١٤
تشغيل الآبار	١٠-١٧
العوامل التى تؤثر على كفاءة الآبار	١٠-٢٩

تكنولوجيا معالجة الجوفية ١٠-٣١
طرق إزالة عسر الماء ١٠-٣٠
اشتراطات تشغيل آبار بنظام (BURMAN) ١٠-٣٥
تطهير المياه بواسطة الكلور ١٠-٣٥

الفصل الحادى عشر: وحدات تنقية المياه النقالي

مقدمة ١١-٢
مشتملات وحدات التنقية النقالي ١١-٤
وصف مبسط لوحدة التنقية النقالى ١١-٤
الترسيب الابتدائى ١١-٥
مثال للمواصفات الفنية لوحدات التنقية النقالى ١١-٦
مشاكل إنشاء الوحدات النقالى وبعض الحلول المقترحة ١١-٩
شروط اختيار موقع تركيب الوحدة النقالي ١١-١١
أعمال التشغيل والصيانة ١١-١١
مشاكل التشغيل وطرق التغلب عليها ١١-٢٣
بعض نماذج محطات تنقية مياه الشرب النقالي المطورة ١١-٢٦

الفصل الثانى عشر: تشغيل محطات تنقية مياه الشرب

أهداف الأداء (التعلم) ١٢-١
أهداف تشغيل محطات تنقية مياه الشرب ١٢-٢
طرق التشغيل القياسية (Standard Operation Procedure, SOP) ١٢-٣
الأسس العامة للتشغيل الأمثل لمحطات تنقية مياه الشرب ١٢-٤
خطوات التشغيل اليومية ١٢-٦
أجهزة القياس والتحكم ١٢-١١
التنظيم والتحكم في التدفقات ١٢-١٧
خزانات المياه النقية ١٢-٢١
تغييرات عملية التنقية ١٢-٢١
استخدام وتداول الكيماويات ١٢-٢٢
سجلات وتقارير التشغيل ١٢-٢٩
حالات وإجراءات الطوارئ ١٢-٣٤
التعامل مع الشكاوى عن جودة المياه ١٢-٤٣

الجزء الثاني

الفصل الثالث عشر: تشغيل معدات محطات تنقية مياه الشرب

أهداف الأداء (التعلم)	١-١٣
مقدمة	٢-١٣
مسئوليات وواجبات القائمين على تشغيل معدات محطات التنقية	٢-١٣
تقارير تشغيل محطات التنقية	٣-١٣
الحاسب الآلى	١٢-١٣
نظام إسكادا SCADA	٢٠-١٣
الطلمبات	٢٢-١٣
المحركات الكهربية	٣٦-١٣
الضواغط ونوافخ الهواء	٤٣-١٣
محرك الديزل	٥٢-١٣
أجهزة منظومة الكلور	٥٩-١٣
أجهزة القياس	٨٠-١٣
الصمامات والبوابات	١٠٢-١٣
المواسير والقطع الخاصة	١١٦-١٣
القطع الخاصة للمواسير	١٢١-١٣
المواسير المستخدمة فى تغذية خطوط المواد الكيماوية	١٢٥-١٣

الفصل الرابع عشر: صيانة معدات محطات تنقية مياه الشرب

أهداف الأداء (التعلم)	١-١٤
مقدمة	٢-١٤
مفهوم الصيانة	٤-١٤
الصيانة المخططة	٥-١٤
الصيانة غير المخططة	٦-١٤
مستويات الصيانة والإصلاحات	٦-١٤
صيانة أجهزة الحاسب الآلى	١٤-١٤
صيانة المضخات	١٨-١٤
أعمال الصيانة الوقائية لمحرك الديزل والمولد الكهربى	٣٩-١٤
ضواغط ونوافخ الهواء Air Compressors and Blowers	٤٨-١٤
صيانة معدات حقن الوقود	٥٢-١٤

صيانة المعدات الكهربية ١٤-٦١
اللوحات التحذيرية ١٤-٨٧
أعمال التزييت والتشحيم ١٤-٨٨
الصيانة الدورية للصمامات ١٤-٩٤
أعمال إصلاح المواسير والقطع الخاصة المستخدمة ١٤-١١٦
صيانة وحدات التنقية ١٤-١٢١

الفصل الخامس عشر: السلامة والأمان في الموقع
أهداف الأداء (التعلم) ١٥-١
مقدمة ١٥-٢
سلامة وأمن المحطة ١٥-٢
الكائنات الحية الممرضة فى مياه الشرب ١٥-٣
مصادر التلوث الجرثومى ١٥-٣
تدنى خواص مياه الشرب وإتلاف نظم التوزيع ١٥-٥
أخطار التعامل مع الكيماويات ١٥-٦
أخطار التعامل مع أجهزة الكلور ١٥-٧
المنشآت المكشوفة الملئية بالمياه ١٥-٨
إجراءات الأمان بالنسبة للأماكن المغلقة ١٥-٩
الإجراءات المطلوب اتباعها قبل الدخول للأماكن المغلقة (المحصورة) ١٥-١١
مخاطر الكهرباء وكيفية تجنبها ١٥-١٦
تعليمات عامة لاستخدام المعدات ١٥-٢٤
احتياطات هامة لضمان الأمان والسلامة ١٥-٢٧
خطر الحريق ١٥-٢٨
اعتبارات عامة للأمان ١٥-٣٣
اللوحات الإرشادية والإعلانات ١٥-٣٤
الأخطار المتوقعة في محطات التنقية وطرق تجنبها والتغلب عليها ١٥-٣٦
خطوات الإسعافات الأولية ١٥-٣٩
معدات الوقاية الشخصية ١٥-٤٤
معدات الأمان ١٥-٤٥
وسائل الأمن والسلامة للمرور ١٥-٥٥

الفصل السادس عشر: الإجراءات الإدارية في مرافق مياه الشرب

أهداف الأداء (التعلم)	١٦-١
الإدارة	١٦-٢
العملية الإدارية	١٦-٢
دراسة وتحليل المشاكل	١٦-٢٠
أنواع وأشكال اتخاذ القرار	١٦-٢٦
التقارير	١٦-٣٣
الاتصالات	١٦-٣٤
التدريب	١٦-٣٩
الميزانية والموازنة والتكلفة والعائد	١٦-٤٥
إعداد موازنة التشغيل والصيانة	١٦-٥٥
اللوائح المنظمة للعمل	١٦-٦١

الفصل السابع عشر: تقينات جمع وحفظ العينات

أهداف الأداء (التعلم)	١٧-١
تقنيات جمع عينات المياه	١٧-٢
اختيار موقع جمع العينات من الشبكات	١٧-٢
خطة مراقبة وتأكيد الجودة في جمع العينات	١٧-٣
طريقة سحب العينات	١٧-٧
حفظ العينات	١٧-٧
حجم العينات وأنواعها	١٧-٧
تقنيات جمع عينات المياه	١٧-٨
جمع عينات مياه الخزانات	١٨-١٤
احتياطات السلامة الصحية عند جمع العينات	١٧-١٧
تخزين العينة وحفظها	١٧-١٧

الفصل الثامن عشر: الأجهزة المستخدمة فى قياسات ملوثات مياه الشرب

أهداف الأداء (التعلم)	١٨-١
أنواع التحاليل التى تجرى على المياه	١٨-٢
أنواع وطبيعة المواد التى يجرى تحليلها فى المياه	١٨-٣
الأجهزة المستخدمة في قياسات ملوثات مياه الشرب	١٨-٤
طرق التعبير عن نتائج التحاليل	١٨-١٧

الفصل التاسع عشر: الطرق المستخدمة فى تحليل المياه لتحديد مدى تأثير التنقية وتفسير النتائج
أهداف الأداء (التعلم) ١٩-١
الجزء الأول: التحاليل الكيميائية فى محطات تنقية مياه الشرب ١٩-٣
الجزء الثانى: التحاليل الميكروبيولوجية والبيولوجية فى محطات تنقية مياه الشرب ودلالتها ١٩-٢٧

الفصل العشرون: تقييم ومراقبة خصائص مصادر المياه
أهداف الأداء (التعلم) ٢٠-١
مقدمة ٢٠-٢
تقييم خصائص مياه الشرب بكتريولوجيًا ٢٠-٤
تعريف التلوث ٢٠-٤
عوامل التلوث البكتريولوجى ٢٠-٤
التخلص من الملوثات البكتريولوجية ٢٠-٥
الخصائص الفيزيائية (الطبيعية) للمياه السطحية والجوفية ٢٠-٧
الخصائص الكيميائية لمصادر مياه الشرب ٢٠-١٠
الخصائص البيولوجية للمياه ٢٠-١١
الخلاصة ٢٠-١٥

الملاحق
ملحق رقم (١): التشريعات المصرية للمياه
مقدمة م١-١
تحقيق جودة المياه م١-٢
مواصفات المياه الصالحة للشرب م١-٣
المعايير والمواصفات الواجب توافرها في المياه الصالحة للشرب
طبقا لقرار وزير الصحة رقم ٤٥٨ لسنة ٢٠٠٧ م١-٥
قرار وزير الصحة رقم ٣٠١ لسنة ١٩٩٥ م١-١٢
قانون ٤٨ لسنة ١٩٨٢ م١-١٥
المراقبة البكتريولوجية للمياه م١-٢١
المواصفات القياسية المصرية لسنة ٢٠٠٨:
كبريتات الألمونيوم (الشبة) المستعملة في تنقية مياه الشرب م١-٢٢
المواصفات القياسية المصرية لسنة ٢٠٠٤:
المواصفات القياسية المصرية لسنة ٢٠٠٤ - الشبة السائلة المستخدمة في تنقية مياه الشرب م١-٣١

ملحق رقم (٢) المصطلحات الفنية Glossary

ملحق رقم (٣) وحدات القياس Unit Conversion

الفصل الأول

مشغلو محطات المياه

الفصل الأول

مشغلو محطات المياه

أهداف الأداء (التعلم):

بانتهاء التدريب على هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادراً على أن:

- يشرح الغرض من إنشاء مرافق المياه ومكوناتها ودور المشغل فى تحقيق أهداف إنشاء هذه المرافق.
- يصف وظائف مكونات أنظمة المياه المختلفة بداية من مصدرها وعمليات التخزين والتنقية حتى الوصول إلى أنظمة التوزيع.
- يحدد تتابع عمليات تنقية المياه والغرض من كل عملية على مخطط لهذه العمليات.
- يشرح على مخطط نموذجى مسار مراحل المياه داخل محطة تنقية المياه ويربط كل منها بخطوات عملية التنقية.
- يصف بعض العمليات الخاصة فى تنقية مياه الشرب مثل إزالة عسر المياه وإزالة الحديد والمنجنيز وأهمية ذلك.
- يصف دور مشغل محطة المياه فى أعمال التشغيل والصيانة على مدى مراحل تنقية مياه الشرب داخل المحطة.
- يشرح دور ومساهمة الأعمال الإدارية للمحطة والعلاقات العامة والسلامة والأمن الصناعى في تشغيل محطة المياه.

لماذا نحتاج إلى مشغلى أنظمة المياه

يحتاج الناس إلى مياه نقية وصحية ومستساغة للشرب ونظراً لوجود العديد من موارد المياه التي لا تصلح للشرب مباشرة، فقد قام المختصون بتصميم مرافق لنقل المياه من المصدر وتنقيتها وتخزينها وتوزيعها على المستهلكين سواء كان الاستهلاك آدمى أو صناعى أو تجارى وبمجرد الانتهاء من إنشاء هذه المرافق يبدأ دور المشغلين في تشغيلها وصيانتها بما يضمن أداءها للعمل المصممة من أجله والدور المطلوب منها في وصول المياه الصالحة والمستساغة للشرب لكل فرد ومن مسئوليات المشغلين الأخرى هي ضمان توفير كميات كافية من المياه في حالات الطوارئ مثل حالات الحرائق، وهذا يؤكد احتياج تلك المرافق إلى مشغلين مؤهلين وقادرين على القيام بهذه المهام.

وأنت كمشغل بشركة المياه مسئول عن صحة المجتمع الذي تقوم بخدمته، نظراً لكونك مسئولا عن توفير مياه الشرب لهذا المجتمع، وإذا فشلت في أداء وظيفتك ستكون مسئولا عن انتشار الأمراض التي تنشأ من المياه غير الآمنة والتي يمكن أن تؤدي إلى حالات الوفاة.

ومن المؤكد أنك كمشغل ترغب في أن تقوم بعملك على الوجه الأكمل وبما يضمن خدمة المجتمع المحيط دون الإضرار بأى من أفراده.

أنظمة المياه

نظام المياه هو النظام الذي ينقل الماء من مصدره الأساسي إلى المستهلك سواء كان منزل، مصنع، أو شركة تجارية، ومن أهم مصادر الإمداد بالمياه مصادر المياه الجوفية و السطحية.

مصادر المياه

مصادر المياه السطحية يمكن أن تكون بحيرات طبيعية أو انهار أو ترع، أما مصادر المياه الجوفية فهي عبارة عن مصادر موجودة تحت سطح الأرض.

وعادة ينقل الماء من مصدره إلى محطة تنقية المياه عن طريق نظام نقل يتكون إما من قنوات مفتوحة أو مواسير، وبعد عمليات التنقية يتم ضخ المياه عبر خطوط نقل متصلة بشبكة توزيع المياه وتفرع من هذه الشبكة خطوط

خدمة تتصل بالمنازل والشركات والمصانع، أما المياه الجوفية فقد لا تحتاج إلى معالجة ولكن عادة يتم تعقيمها بالكلور ويتم ضخها مباشرة إلى خزان أو إلى شبكة التوزيع.

خزانات المياه

تنقسم خزانات تخزين المياه إلى عدة أشكال فمنها الخزانات الأرضية داخل محطات المياه أو في بعض الأماكن المختلفة في أنظمة التوزيع على هيئة خزانات علوية أو أرضية أو سطحية (مثل الخزانات الموجودة في مدن البحر الأحمر).

أنظمة التوزيع

يتكون نظام التوزيع من شبكة من المواسير، المحابس، حنفيات الحريق، خطوط الخدمة، العدادات، والروافع، ويقوم هذا النظام بتوصيل المياه إلى المنازل، المصانع، الشركات لاستخدامها في الشرب والأغراض الأخرى، وكذلك في أعمال إطفاء الحرائق، ويجب أن تكون شبكة المواسير وخزانات الخدمة والروافع ذات قدرات كافية لتغطية الاحتياجات القصوى بالإضافة إلى متطلبات إطفاء الحرائق وأن تحافظ على ضغط مناسب لضخ المياه، ويلزم وجود المحابس في النظام لفصل وعزل أي جزء من الشبكة بغرض الغسيل، الصيانة، الإصلاح أو إدخال أي إضافات للشبكة، ويجب أن يخلو النظام من الوصلات المتقاطعة مع مصادر المياه غير المصرح بها حيث أن هذه المصادر قد تؤدي إلى تلوث النظام بأكمله.

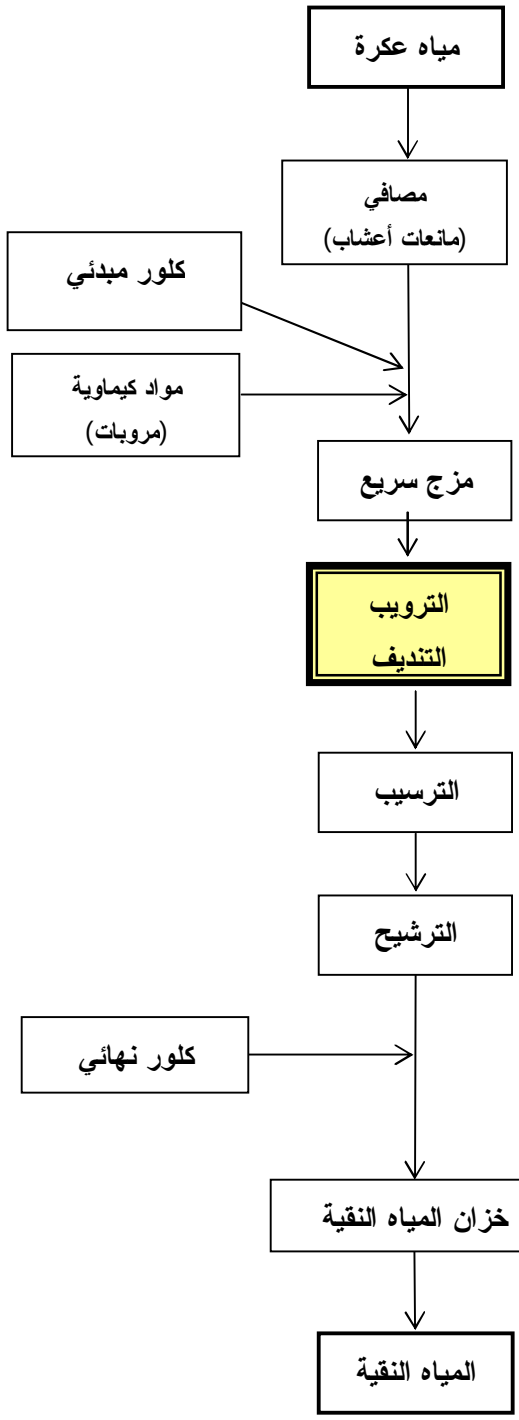
محطات تنقية المياه

الغرض من محطات تنقية المياه هو إنتاج مياه آمنة مستساغة صالحة للشرب ويجب أن يكون هذا الماء خالياً من الكائنات المسببة للأمراض ومن أى مواد سامة مهما كانت نسبتها، كما يجب أن يخلو الماء من أى طعم أو رائحة أو أى مظهر غير مستحب وتصل المياه إلى محطات التنقية من المصدر سواء كان بحيرة أو نهر وتجري عليه عدة عمليات، فيمر الماء إلى أحواض حيث يتم إضافة وخلط مواد كيماوية له ثم يدخل إلى أحواض أكبر بسرعة بطيئة حيث يعطي الفرصة للمواد الثقيلة للترسيب، أما ما يتبقى من مواد صلبة فيتم إزالته بالترشيح، وبعد ذلك يتم تطهير المياه باستخدام الكلور وهي الطريقة

الأكثر شيوعًا في مصر حيث تمر معظم المياه السطحية بهذا النوع من عمليات التنقية. وتعتمد طاقة محطة المياه ونوع العمليات بها على عدة عوامل هي:

١. كمية المياه المطلوبة لمنطقة الخدمة التي تتبع المحطة.
٢. كمية المياه المطلوبة لمكافحة الحرائق.
٣. جودة المياه (درجة النقاوة).
٤. مقدار الشوائب الموجودة في الماء.
٥. اعتبارات التكلفة.

ويبين الشكل رقم (١-١) مخطط مسار تتابع عمليات تنقية المياه والغرض من كل عملية، أما الشكل (١-٢) فيبين نموذج التدفق داخل محطة المياه.



المصافي: تتم فيها إزالة الأوراق والقش والأسماك وأي أجسام كبيرة.

كلور مبدئي: يقوم بقتل معظم الكائنات الحية التي تسبب الأمراض ويساعد على التحكم في المواد التي تسبب الطعم والرائحة.

مواد كيماوية: تسبب تجمع الأجسام الدقيقة مع بعضها مكونة أجسام أكبر.

مزج سريع: خلط ومزج المياه الخام (العكرة) المحتوية على جسيمات صغيرة لا تترسب أو تترشح بالمواد الكيماوية.

الترويب/ التنديف: تجميع الجسيمات الدقيقة والخفيفة مع بعضها لتكوين جسيمات أكبر (ندف) تساعد على الترسيب والترشيح.

الترسيب: ترسيب المواد العالقة الأكبر حجما والأثقل وزناً.

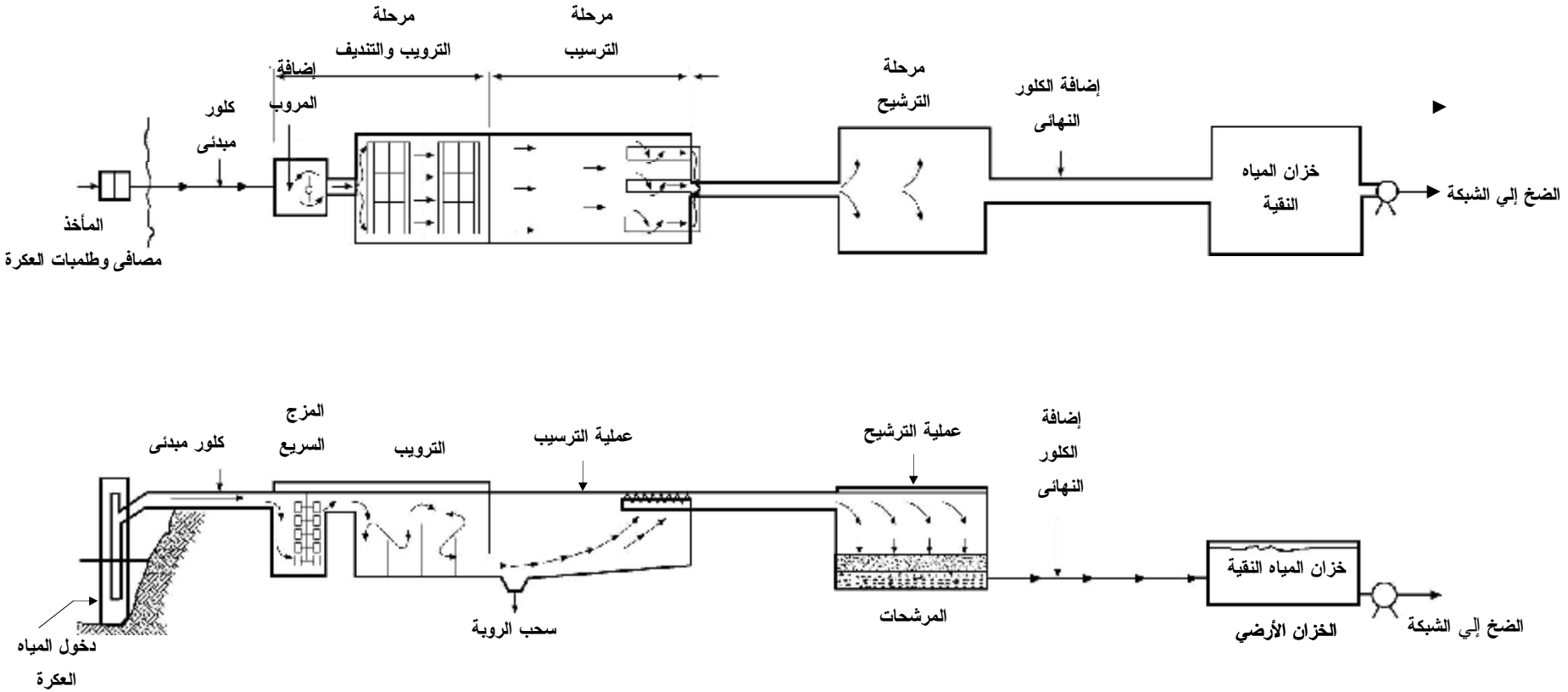
الترشيح: حجز وترشيح أي مواد عالقة متبقية.

كلور نهائي: يقتل كل الميكروبات والكائنات المسببة للأمراض ويتبقى كمية منه فى الماء لتطهير شبكة التوزيع وتسمى بالكلور المتبقي.

خزان المياه المرشحة: يسمح بزمن التلامس مع الكلور للتطهير ويخزن المياه لأوقات الذروة.

شكل رقم (١-١)

مخطط تتابع عمليات تنقية المياه والغرض من كل عملية



شكل رقم (١-٢)

مخطط نموذجي لمسار المياه في محطة تنقية المياه

محطة تنقية المياه السطحية التقليدية

تتكون محطة تنقية المياه السطحية من عدة مراحل كما يلي:

المأخذ والمصافي (مانعات الأعشاب)

تدخل المياه العكرة (الخام) إلى محطة المياه من خلال المأخذ، والغرض الأساسي من المأخذ هو سحب المياه من المصدر المائي إلى داخل المحطة مع حجز الأوراق والأجسام الأخرى التي قد تتسبب في إتلاف الطلمبات والمواسير وأي أجهزة أخرى موجودة بالمحطة وذلك عن طريق المصافي.

ويوجد أنواع مختلفة من مانعات الأعشاب عند مأخذ المحطة أو على خط سحب طلمبات المياه العكرة، ومنها المصافى ذات القضبان الصلب أو المصافى الشبكية أو الفوانيس الصلب أو مانعات الأعشاب الميكانيكية. ويضاف الكلور المبدئي إلى المياه بكميات محددة، وفى بعض الأحيان يفضل ألا يتم إضافة الكلور المبدئي للمياه إذا ثبت وجود مواد بالمياه يمكن أن تتفاعل معه مكونة مادة تراي هالوميثان والتى قد تسبب الأمراض السرطانية.

الترويب والتنديف

يتم إضافة المروبات مثل الشبة للمساعدة في إزالة الجسيمات الدقيقة الخفيفة والمواد العالقة الأخرى، فتقوم المروبات بمساعدة هذه الجسيمات على التماسك مع بعضها مكونة أجسام أكبر، ويستخدم خلاط سريع لمزج الكيماويات المروبة جيداً مع الماء الذي يتم معالجته، وتعرف عملية المزج بالتقليب البطئ بأسم عملية التنديف، وتتجمع كتل الجسيمات التي تكونت بواسطة الترويب مكونة ندف من الجسيمات، وهذه الندف الكبيرة من السهل إزالتها بواسطة الترسيب والترشيح.

الترسيب

هو عملية يتم فيها دخول الماء ببطء إلى حوض كبير (حوض الترسيب)، وأثناء هذا الوقت تترسب الجسيمات الأثقل وزناً بالتدريج وعندما تصل هذه

الندف إلى قاع الحوض تتجمع مكونة الروبة التي يتم إزالتها، ويجب معالجة هذه الروبة من خلال أحواض التجفيف أو أي نظام آخر ليتم التخلص الآمن منها بعد ذلك ونقلها إلى أحد المدافن الصحية، وتخرج المياه من حوض الترسيب عن طريق المرور فوق هدار موجود عند مخرج الحوض.

الترشيح

بعد مرحلة الترسيب يمر الماء خلال بعض المرشحات لإزالة ما تبقى به من جسيمات وشوائب عالقة ويتكون هذا المرشح غالباً من الرمل، فحم الانثراسيت، أو أنواع أخرى من الحبيبات أو مجموعة من كل هذه المواد مع بعضها.

الكلورة

بعد عملية الترشيح يتم تطهير المياه بواسطة عملية الكلورة، والغرض من هذه العملية هو قتل ما تبقى من الكائنات المسببة للأمراض، والحصول على كلور متبقي بالشبكة.

خزانات المياه المرشحة

يتم تخزين المياه المرشحة داخل خزانات أرضية بالمحطة إلى أن يتم ضخه في شبكة التوزيع للاستخدام أو تترك للتخزين أثناء فترات الطلب المنخفض حتى يتم استخدامه فيما بعد في أوقات الذروة، وكذلك يعطي التخزين الفرصة للتلامس مع الكلور لتتم عملية التطهير.

إزالة عسر المياه

تحتوي بعض محطات المياه على عمليات إزالة عسر الماء، وتتم هذه العملية لإزالة العسر الزائد الذي يحدث بسبب أملاح الكالسيوم أو الماغنسيوم، ويتسبب عسر الماء في زيادة استهلاك الصابون عند الغسيل كما يساعد على تكوين قشور في سخانات المياه والمواسير.

إزالة الحديد والمنجنيز الحديد والمنجنيز من المواد غير المرغوب تواجدها في الماء لأنها تتسبب في وجود لون سئ للمياه وكذلك تحدث بقعاً في الملابس ويمكن أيضاً أن تتسبب في نمو بكتريا الحديد التي تقوم بتغيير طعم ورائحة الماء، ولذا يجب إزالة كل من الحديد والمنجنيز حال تواجدهم في الماء بنسب غير مسموح بها.

ما هو عمل مشغل محطة المياه

التشغيل والصيانة دور مشغلى محطة المياه هو المحافظة على قيام المحطة بإنتاج المياه الصالحة للشرب من خلال القيام بمراقبة المياه الداخلة للمحطة وملاحظة الماء أثناء مروره بالعمليات المختلفة داخل المحطة بالإضافة إلى القيام بصيانة وإصلاح المعدات عند الضرورة للمحافظة على المحطة صالحة للعمل بصفة مستمرة.

وعند إنشاء محطة جديدة يفضل أن يتواجد المشغل داخل موقع المحطة ليتعرف على أجزائها ومسارات الخطوط والمواسير وكذلك المعدات التي سيتم تركيبها وكيفية التشغيل ويقوم المشغل بتجميع البيانات والكتالوجات الخاصة بالمعدات حتى يستطيع المشاركة في إعداد جداول الصيانة والمساهمة في اختيار أفضل السبل لتشغيل المحطة مع مصممي المحطة.

أما إذا كانت المحطة قديمة ويتم تعديلها فإن المشغل يمكنه أن يقدم النصائح والمشورة من واقع خبرته في العمل في هذه المحطة.

الإشراف والإدارة بالإضافة لدور المشغل في أعمال التشغيل والصيانة فعليه القيام بالإشراف على الأفراد التابعين له وأن يقوم بتدريب العاملين الجدد وحثهم على بذل الجهد لرفع مستواهم.

ويوجد أيضاً دور إداري في الاحتفاظ بالسجلات فبدون السجلات الدقيقة لمراحل التشغيل والصيانة لن يتم تقييم فاعلية هذه المراحل، كذلك تطلب الجهات المسئولة مثل وزارة الصحة وجود هذه السجلات لمراجعة مدى التزام المحطة بالمعايير المطلوبة طبقاً للتشريعات المنظمة لذلك.

والسجلات هي أيضاً وسيلة هامة في التشغيل فوجود سجلات التشغيل تساعد على ضبط عمليات التنقية طبقًا لتغيرات خصائص المياه العكرة الواردة للمحطة.

وأيضاً فإنه يجب على المشغل متابعة تكاليف التشغيل بالمحطة وذلك لإعداد خطط التشغيل والموازنات المالية المطلوبة لمتطلبات المحطة المختلفة، ن،ولذا يجب على المشغل أن يكون على دراية ومعرفة بالمصروفات الإضافية بما فيها مصروفات الصيانة وإحلال المعدات، متطلبات المعامل، واحتياجات العاملين ويجب عليك أن تحدد هذه الاحتياجات في وقت مبكر لإبلاغ مسئولي الشركة حتى يمكنهم إنجاز عمليات التخطيط أثناء إعداد الموازنة الخاصة بالشركة.

العلاقات العامة

عند عملك كمشغل فأنت تعمل في مجال للعلاقات العامة ويجب أن تكون قادراً على شرح وتوضيح الغرض من وجود محطة تنقية المياه لأي زائر، ومنظمات المجتمع المحلي، زيارات مدرسية أو جامعية، وسائل الإعلام أو حتى لأعضاء مجلس المدينة أو إدارات الحكم المحلي.

فلو قمت بتنظيم جولة داخل المحطة لأي من المسئولين فإن ذلك قد يساعد على حل الكثير من المشاكل فمثلا أعضاء مجلس المدينة قد يقفوا بجانبك ويساعدونك على الحصول على التمويل اللازم لأعمال التشغيل والصيانة أو الإحلال والتجديد.

المظهر العام للمحطة يعكس للزائرين مدى جودة ودقة العمل فإذا كان مظهر المحطة سيئاً فلن تستطيع أن تقنع أحدا أنك تقوم بعمل جيد ولن يثق أحد بالسجلات التي تقول أنك تنتج مياه ذات جودة عالية ومن الواجبات الأخرى التي ترتبط بعملك هي التعامل مع شكاوي المواطنين فإذا تقدم أحدهم بشكوى أن مظهر المياه أو طعمها أو رائحتها سيئة فأنت في مأزق كبير وعند تلقى أي شكوى يجب أن يتم تسجيل البيانات الهامة مثل (اسم مقدم الشكوى، التاريخ، العنوان، المشكلة، ورقم التليفون) ويجب أن تقوم بتحري وفحص المشكلة بدقة ثم تقوم بإخطار مقدم الشكوى بالنتيجة التي وصلت إليها وما هي الإجراءات التي يجب عليه اتخاذها، وقد قامت الشركة القابضة بإنشاء نظم خاصة لمتابعة شكاوي المواطنين والرد عليها من خلال الخط الساخن بكل شركة وذلك بالتعاون مع مرافق الشركة المختلفة.

السلامة والأمان

السلامة هي إحدى مسئوليات المشغل الهامة وللأسف فإن الكثير من المشغلين لا يعطون اهتماماً وحرصاً كبيرين لهذا الموضوع ولكن يتعاملون معه كقضية مسلم بها، والواجب عليك كمشغل أن تتأكد أن المحطة مكان آمن للعمل أو الزيارة ويجب على كل فرد إتباع إجراءات السلامة وتفهم لماذا ينبغي عليه إتباعها طوال الوقت ويجب على جميع المشغلين الوعي بمصادر المخاطر الموجودة، وتقع معظم الحوادث نتيجة للإهمال أو الجهل، ويجب عليك أن يكون لك دوراً في برنامج السلامة والأمان بالمحطة، ويجب على مدير التشغيل بالمحطة أن يقوم بتدريب المشغلين الجدد والتركيز على إجراءات السلامة بالمحطة.

ما الذى يلزم لتكون مشغل محطة

أول شئ يجب أن يكون لديك الرغبة في اتخاذ القرار بدخول هذا المجال ويمكنك أن تحقق ذلك من خلال التعليم الجامعي أو الصناعي، حيث أن الحاجة إلى المشغلين المؤهلين موجودة دائماً بعكس الأعمال اليدوية الأخرى. كما يجب عليك أن تقوم بالدراسة والعمل الجاد لتطوير قدراتك بدراسة الطرق الحديثة، الأجهزة المتطورة، استخدام المعدات الحديثة ذات التكنولوجيات المتقدمة وإجادة استخدام الحاسب الآلي فمن يدرس اليوم يكسب

غدًا، ومن المؤكد أن كل المحطات سوف تحاول إدخال الطرق الحديثة في التشغيل والصيانة لتحسين مستوى أدائها.

ويمكنك أن تصبح غداً مشغل محطة إذا بدأت التعلم اليـــوم وهـــذا البرنـــامج التأهيلي هو بداية نحو غد أفضل لك ولجميع من سيحصل على مياه أفضـــل نتيجة لمجهودك الذي ستبذله.

الفصل الثانى

المياه ومصادرها

الفصل الثاني

المياه ومصادرها

أهداف الأداء (التعلم)

بانتهاء التدريب على هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادراً على أن:

- يصف أهم الخواص الطبيعية للمياه وعلاقة ذلك بصور توافرها بصورة نقية وتكوينها وأهميتها للحياة.
- يشرح مفهوم علم "الهيدرولوجى" والدورة الهيدرولوجية ومصادر وأشكال المياه المتوفرة لاستخدام الإنسان وأنشطته.
- يشرح كيفية ومصادر تكوين المياه الجوفية، وأشكال توافرها وطبيعة المياه بها وكيفية الحصول عليها لتنقيتها للاستخدام.
- يقسم أنواع المياه وفقاً لصلاحيتها للاستخدام والفارق بين صلاحية المياه ونقاء المياه والمقصود بكل منهما ويشرح أسباب مشاكل مصادر المياه.
- يصنف المواد الملوثة للمياه وما تسببه وآثارها على الصحة و الصناعة.
- يصف الطحالب وأثرها على المياه خاصة الأس الهيدروجينى وعلاقة ذلك بتنقية المياه السطحية المحتوية عليها.
- يشرح أهم الفروق بين عمليتى تنقية المياه لأغراض الشرب والاستخدام الآدمى وتنقيتها لأغراض الصناعة.
- يشرح أهم العوامل التى تؤدى إلى نمو الطحالب وكيفية التغلب على هذه المشكلة فى مياه الشرب.
- يذكر مع الشرح الطرق المتبعة للحد من تكاثر الطحالب في المسطحات المائية

أهمية الماء

بدون الماء لا يمكن أن توجد حياة والماء هو شريان الحياة على كوكب الأرض، حيث يغطى الماء فى حالته السائلة والصلبة أربعة أخماس كوكب الأرض. والماء كبقية السوائل يتمدد بالحرارة وينكمش بالبرودة، إلا أنه يشذ عن هذه القاعدة عند درجة الصفر إلى درجة ٤ مئوية. حيث يتميز الماء فى هذا المدى بخاصية تميزه عن غيره من السوائل إذ يتمدد بالبرودة والتجميد فتقل كثافته ويتحول إلى جليد يطفو على سطح مياه المحيطات والبحار متيحاً فرصة الحياة للكائنات البحرية أسفله. ولو أن الماء كغيره من السوائل ينكمش بالتجمد لرسب الجليد إلى الأعماق ومانت الكائنات البحرية وتراكمت البرودة واختلت الفصول.

ويتواجد الماء كمادة فى صور ثلاث:

١. الغازية – بخار الماء
٢. السائلة – الماء العادى
٣. الصلبة - الجليد

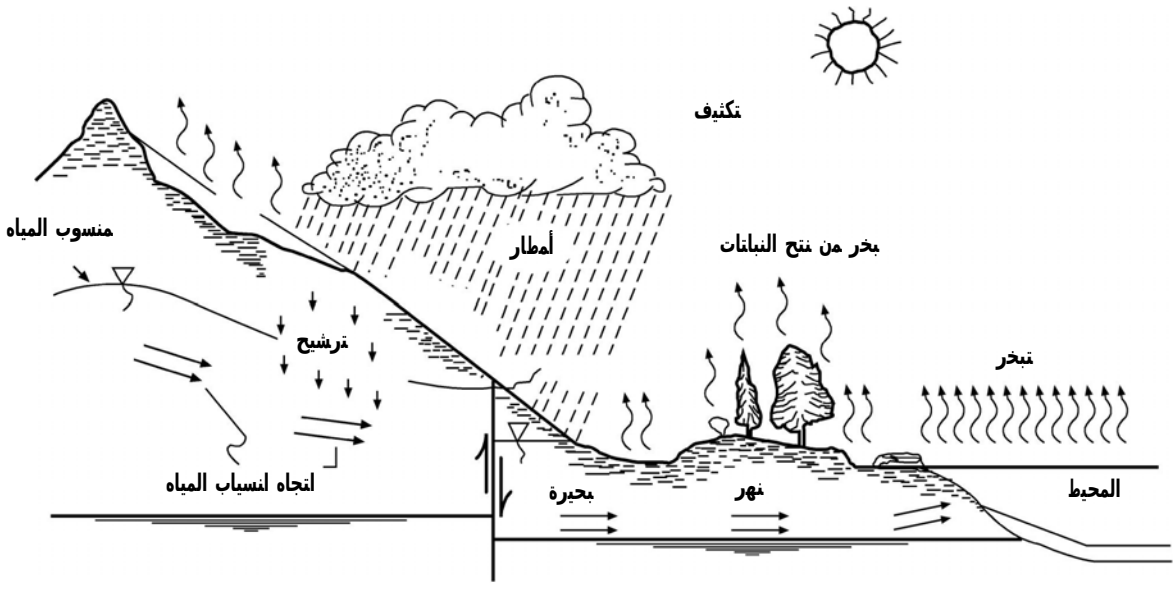
ويتحول الماء من صورة إلى أخرى، فيتحول من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة بالتكثيف، ومن الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة بالتجميد، ومن الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة بالانصهار، ومن الحالة السائلة إلى الحالة الغازية بالتبخير، ويتكون الماء كيميائياً من عنصرى الهيدروجين، والأكسجين، بنسبة ٢ : ١ حجماً ونسبة ١ : ٨ وزناً، والماء هو أرخص منظف على الإطلاق.

ولعهد قريب كانت التنقية الطبيعية كافية لتنقية الماء، إلا أن نواتج حضارة الإنسان تخلق الكثير من الملوثات الصناعية التى تصب فى المياه، علاوة على النوعية الخاصة المطلوبة للمياه اليوم، مما أدى إلى تعقيد عمليات تنقية المياه، ويزداد الأمر تعقيداً كلما ارتفع المستوى الحضارى وزاد الاحتياج من كميات المياه للاستخدام الآدمى والصناعى.

ومن هنا بدأت فكرة إنشاء محطات ومنشآت خاصة لمعالجة وتنقية المياه وتخليصها من الملوثات الصناعية وغير الصناعية وإعادتها إلى مياه آمنة صالحة للاستخدام الآدمى، وبالتالي تزايدت أهمية وجود فريق عمل لديه الكفاءة العلمية والخبرة الكافية لإدارة وتشغيل هذه المحطات للحفاظ على محطات التنقية بما تحويه من منشآت ومعدات وخلافه لأطول فترة زمنية ممكنة، ويتطلب ذلك التدريب المستمر للقائمين على تشغيل مثل هذه المحطات لرفع كفاءتهم بصفة مستمرة.

الدورة الهيدرولوجية للمياه

يختص علم الهيدرولوجى بدراسة توزيعات المياه فى الكرة الأرضية، وبحركتها المستمرة من البحار إلى الجو، ومن الجو إلى الأرض، ومن الأرض إلى المحيطات والبحار مرة أخرى، وتسمى هذه الدورة بالدورة الهيدرولوجية. كما هو موضح بالشكل رقم (٢-١).



شكل رقم (٢-١)
الدورة الهيدرولوجية للمياه

وتتلخص الدورة الهيدرولوجية فى تبخر المياه من المسطحات المائية وكذا من نتح النباتات ومن الإنسان والحيوان، ثم يتصاعد بخار الماء ويتجمع مكوناً السحب، ويتكثف بخار الماء ويسقط كأمطار، وتتجمع مياه الأمطار فى البحيرات العذبة والأنهار وفروعها، ثم يتسرب جزء من هذه المياه إلى باطن الأرض مكوناً المياه الجوفية والتى يتم استخراجها إلى السطح طبيعياً أو صناعياً.

وتغطى المحيطات ٧١% من سطح الأرض، وتحتوى على ٩٧% من مياه الكرة الأرضية، بينما توجد ٣ % الباقية فى الجو كبخار ماء وعلى الأرض كمياه عذبة وثلوج وجليد كما تتواجد المياه تحت سطح الأرض كمياه جوفية.

مصادر المياه يوجد مصدرين أساسيين للمياه التى يتم تنقيتها فى محطات المياه السطحية ومحطات الآبار وهما:

١. مياه سطحية
٢. مياه جوفية

وهما نتاج سقوط الأمطار، فإذا تجمعت الأمطار على سطح الأرض فهى تكون الأنهار والمجارى المائية الأخرى، وأما ما يتخلل سطح الأرض إلى باطن الأرض فهى المياه الجوفية. كما يمكن أن تتجمع مياه الأمطار فى خزانات وبحيرات لاستخدامها فيما بعد.

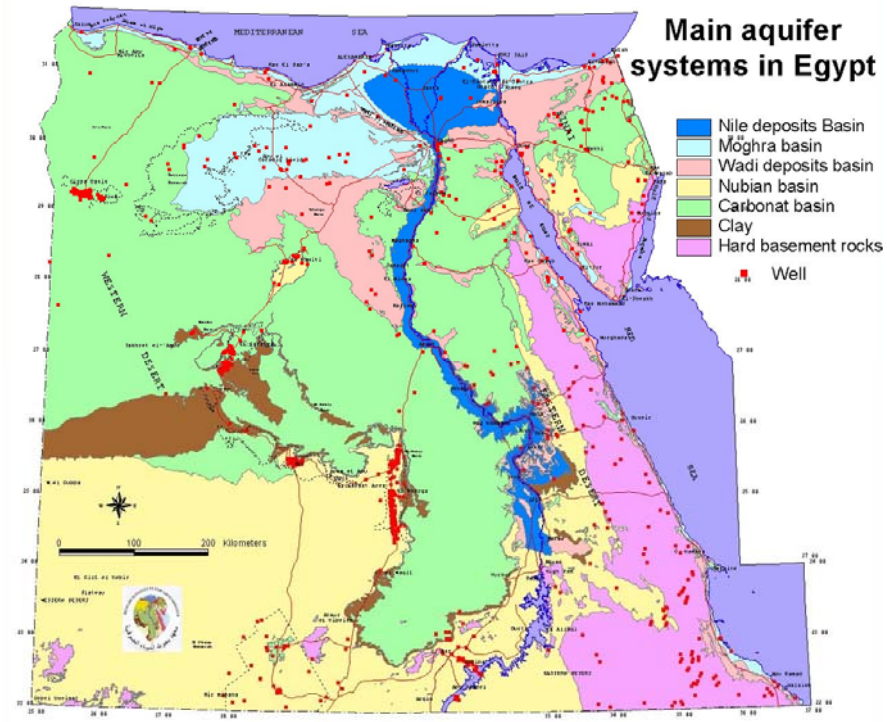
المياه السطحية وهى الأنهار والمجارى المائية والبحار والمحيطات والبحيرات الطبيعية، ويعتبر نهر النيل وأفرعه المصدر الرئيسى لمياه الشرب فى مصر وتأتى من بعده المياه الجوفية.

الأمطار تعتبر مياه الأمطار أقرب المياه نقاوة إذا تعذر الحصول على مياه نقية من أى مصدر آخر، وتحتوى مياه الأمطار على مواد عضوية بسيطة علاوة على الغازات الذائبة وأهمها الأكسجين وثانى أكسيد الكربون.

وتحدد الأرض التى تسقط عليها هذه الأمطار نوع المواد الدخيلة على مياهها، وأهم الأملاح فى التربة هى كربونات الكالسيوم وكبريتات ومنجنيز، وجميع هذه الأملاح قابلة للذوبان فى الماء.

المياه الجوفية

المياه الجوفية هى المياه التى تسربت خلال طبقات الأرض من الأمطار والأنهار والبحيرات العذبة، وتتواجد هذه المياه فى باطن الأرض على أعماق وصور مختلفة، وتزداد أهمية المياه الجوفية بصفة مستمرة نظراً لزيادة الطلب على المياه لجميع الأغراض الزراعية والصناعية والشرب. ورغم أن المياه الجوفية تكون فى الغالب خالية من أى تلوث بكتريولوجى، إلا أنها تحتاج لدراسات وتحليلات كاملة قبل السماح باستخدامها، كما أنها تتواجد على أبعاد مختلفة عن سطح الأرض تتغير من موقع لآخر وذلك حسب التكوين الجيولوجى للتربة، ويوضح الشكل رقم (٢-٢) التوزيع السطحى لأحواض المياه الجوفية فى جمهورية مصر العربية طبقا لدراسات معهد بحوث المياه الجوفية بوزارة الموارد المائية والرى فى عام ٢٠٠٣.



شكل رقم (٢-٢)

التوزيع السطحى لأحواض المياه الجوفية فى مصر

خزانات المياه الجوفية

تنقسم خزانات المياه الجوفية إلى الخزان الجوفى الحـر، والخـزان الجـوفى المحصور أو شبه المحصور.

الخزان الجوفى الحر

وهو عبارة عن مياه تشبعت بها حبيبات التربة؛ نتيجة تسـرب مياه الأمطار والأنهار والبحيرات والمجارى المائيـة، وتسـمى بخزانـات الميـاه الحـرة (Phreatic Aquifer)، وتتوقف خصائص الطبقة الحاملة للمياه فى تلك المنطقة على الخواص الطبيعية للتربة، وأهمها مسامية التربة وقطر الحبيبات وقـوى الجذب والتوتر السطحى ما بين حبيبات التربة وقطرات الماء.

الخزان الجوفى المحصور أو شبه المحصور

هو عبارة عن مياه نفذت إلى طبقات الأرض العميقة؛ نتيجة تسرب من ميـاه أمطار أو بحيرات أو أنهار حتى استقرت بين طبقتين، فإذا كانـت الطبقتـين منفذتين سميت خزانات المياه الجوفية شبه المحصورة (Leaky Aquifer).

أما إذا كانت الطبقة العلوية غير منفذة (صماء) والسفلى منفـذة أو الطبقتـين صماءتين سميت خزانات المياه الجوفية المحصـورة (Confined Aquifer). وهذه الأخيرة عادة ما تكون غنية بالمياه وعلى أعمـاق بعيـدة وفـى جميـع الأحوال تكون تلك المنطقة متشبعة تماماً بالماء، أى أن جميع مسامها ممتلئـة بالماء وتكون المياه حرة الحركة فى الاتجاه الأفقى فقط.

خواص المياه الجوفيـة

تتغير خواص المياه الجوفية من موقع لآخر، وكذلك تتغير فى نفس الموقع إذا تم استخراجها من أعماق مختلفة؛ بل وتتغير فى نفس العمق أحياناً مع تغيـر معدلات الضخ إذا كانت كبيرة واستمرت لسنوات طويلة.

وتعتمد مكونات وخواص المياه الجوفية على جميع العوامل التى صاحبت هذه المياه بداية من سقوطها كأمطار، ثم سريانها رأسياً ثم أفقياً خلال طبقات التربة المختلفة التكوين، وحتى ضخها للاستعمال. وأهم هذه العوامل هـي الأمـلاح والمعادن التى تتواجد فى مكونات التربة، والتى يذوب جزء منها فـى الميـاه الجوفية.

ويتم الحصول على المياه الجوفية أو استخراجها من باطن الأرض بعدة طرق، إما طبيعياً وذلك عن طريق الينابيع أو صناعياً بواسطة حفر الآبار.

الآبـــار تستخدم الآبار التي يتم دقها للوصول إلى الطبقة الحاملة للمياه لاستخراج المياه من الخزان الجوفى، ويتم استخدام طلمبات خاصة لضـخ الميـاه مـن البئـر بمعدلات محددة، وإذا استمر الضخ بمعدل يزيد عن معدل الاسـتعواض فـإن عمر البئر أو مجموعة الآبار سيقل، وباستمرار الضخ لاستخراج الميـاه مـن الطبقة الحاملة فإن إنتاجية البئر تقل وتتغير خصائص المياه ويبدأ فى سـحب أشياء غير مرغوب فيها كمياه البحر، الطمي، الرمال من باطن الأرض.

الينابيع هى المياه التى تتدفق بطريقة طبيعية من الأرض، إما بالجاذبية أو بالضغط الارتوازى، وقد يتغير التدفق من الينابيع بطريقة ملحوظة عندما يضعف الضغط الارتوازى أو يقل المخزون المائي بالمنطقة.

خصائص المياه تنقسم خصائص المياه إلى:

خصائص طبيعية: وتشمل درجة الحرارة، العكارة، اللون، الطعم، الرائحة.

خصائص كيميائية: وتشمل الرقم الهيدروجينى، والعسر، والأكسجين الذائب، والمواد الذائبة.

خصائص بيولوجية: وتشمل البكتيريا والفيروسات التى يحتويها الماء.

المواد الملوثة للمياه تنقسم المواد الدخيلة على المياه إلى ثلاثة أقسام:

- مواد ذائبة.
- مواد عالقة.
- مواد غروية (ما بين الذائبة والعالقة).

ومن أهم المواد الذائبة هى أملاح كربونات وكلوريدات وسلفات ونترات الكالسيوم والماغنيسيوم والصوديوم ومركبات الحديد والمنجنيز والسيليكا، ومخلفات الصرف الصحي والصناعي علاوة على الغازات الذائبة، وأهمها

الأكسجين وثانى أكسيد الكربون وكبريتوز الهيدروجين.

وأهم المواد العالقة، هى الطمي والرمل والمواد النباتية ومخلفات الصرف الصحي والصناعي والبكتيريا.

وتحتوي المياه الجوفية عادة على نسبة من الأملاح أكثر من المياه السطحية، إلا أنها تحتوى على نسبة بسيطة جداً من المواد العالقة لأن مرور المياه فى طبقات الأرض يرشحها من المواد العالقة.

المواد الملوثة وما تسببه من مشاكل صحية

يمكن إيجاز المشاكل التـى تحدث من الميـاه الملوثة طبقًا لنوع المواد الملوثة فيما يلى:

المواد العالقة:

البكتيريا: بعضها يسبب أمراضاً.
الطحالب: تسبب لوناً وطعماً ورائحة.
الطمى: يسبب عكارة.

المواد الغروية:

أكسيد الحديد: يسبب لوناً أحمراً.
المنجنيز: يسبب لوناً أسوداً أو بنياً.
المواد العضوية: تسبب لوناً وطعماً.

الأملاح الذائبة:

أملاح الكالسيوم: البيكربونات تسبب قلوية وعسراً مؤقتاً.
والماغنيسيوم الكربونات تسبب قلوية وعسراً مؤقتاً.
الكبريتات تسبب عسراً دائماً.
الكلوريدات تسبب عسراً دائماً.
أملاح الصوديوم: البيكربونات تسبب قلوية.
الكربونات تسبب قلوية.

الكبريتات تسبب رغاوى فى الغلايات.
الكلوريدات تسبب طعماً.

الغازات الذائبة:

الأكسيجين: يؤثر على المعادن.
ثانى أكسيد الكربون: يؤثر على المعادن ويسبب حمضية.
كبريتيد الهيدروجين: يؤثر على المعادن ويكسب طعماً ورائحة.

الهدف من تنقية المياه

يقصد بتنقية المياه، هو التخلص من كل أو بعض المواد الغريبة سواء كانت ذائبة أو عالقة أو غروية، ويمكن تقسيم المياه طبقاً لدرجة نقاوتها إلى:

- مياه نقية صالحة للشرب.
- مياه غير نقية.
- مياه غير صالحة للشرب.

المياه النقية الصالحة للشرب

هى المياه الخالية من أى جراثيم أو مواد معدنية ذائبة والتى تكسبها لوناً أو تجعلها غير صالحة للاستعمال أو غير مستساغة الطعم أو الرائحة. أى تتوافر فيها خاصيتان هما: النقاء والصلاحية، والصلاحية لفظ طبى مقصود به عدم احتواء الماء على أى شئ ضار بالصحة، والنقاء صفة طبيعية المقصود بها خلو الماء من مسببات اللون والعكارة والطعم والرائحة.

المياه غير النقية

هى المياه التى تعرضت لعوامل أكسبتها تغييراً فى اللون أو الطعم أو الرائحة أو العكارة، إلا أن هذا لا يعنى تأكيد عدم صلاحيتها للاستخدام، في حالة التأكد من أن هذا التلوث لا يسبب أية أمراض أو أضرار بالصحة.

المياه غير الصالحة للشرب

هى المياه التى تحتوى على بكتيريا أو مواد كيماوية سامة تجعلها ضارة بالصحة العامة لما تسببه من أمراض، مما يؤكد عدم صلاحيتها للشرب.

عمليات تنقية المياه

ويمكن تقسيم عمليات التنقية إلى:

- التنقية لأغراض الشرب.
- التنقية لأغراض الصناعة.

التنقية لأغراض الشرب

يلزم فى هذه الحالة جعل الماء صحياً ومستساغاً للشرب، فالغرض من التنقية هنا هو التخلص من العكارة واللون والطعم والرائحة، والبكتيريا الضارة والفيروسات، إذ أن وجود هذه المواد فى الماء يجعلها غير مستساغة وضارة بصحة المواطن.

وتتضمن عملية التنقية غالباً مراحل الترويب والترسيب والترشيح والتطهير، كما تستخدم عملية التهوية للتخلص من الروائح ولأكسدة بعض المواد وإزالة الحديد والمنجنيز من المياه.

أما عملية إزالة عسر الماء فهى عبارة عن التخلص من الأملاح المعدنية الذائبة للكالسيوم والماغنيسيوم والتى تسبب زيادة فى استهلاك الصابون، وتكوين رواسب على الأسطح ولأن هذه الأملاح لا تتسبب فى عدم صلاحية المياه صحياً فليس من المعتاد تيسير المياه للاستعمال الآدمى والمنزلى، ولكن يتم التيسير فقط للمياه المنتجة لأغراض الشرب.

التنقية لأغراض الصناعة

تشمل عمليات تجهيز المياه للصناعة على عملية إزالة العسر (التيسير) علاوة على الترسيب والترشيح والتهوية، حيث أنها من العمليات الهامة، فالماء العسر يسبب ترسبات فى أنابيب الخزانات مسبباً زيادة فى استهلاك الوقود وتلف الأنابيب مما ينتج عنه خسارة كبيرة وزيادة باهظة فى التكاليف، كما أن عسر الماء يسبب زيادة فى استهلاك الصابون فى المغاسل، كما أن الرواسب المتكونة من أملاح الكالسيوم تلتصق بالأقمشة وتعطيها لون يميل إلى الاصفرار.

هذا بالإضافة إلى أن عمليات إزالة عسر المياه ضرورية فى عمليات صناعة النسيج النهائية إذ أن الرواسب الناتجة تؤثر على أصباغ المنسوجات، وهناك

صناعات كثيرة يتحسن أداؤها باستعمال الماء الميسر مثل صناعة الخمائر والتقطير وصناعة الورق والثلج، لذلك فإن النواحى الاقتصادية تحتم إزالة عسر المياه قبل استعماله فى الصناعة.

تحديد نوعية مياه المصدر

عند التعامل مع أى مصدر مياه تنشأ العديد من المشاكل التى قد تسبب صعوبات لأعمال التنفيذ وتنقسم هذه المشاكل إلى نوعين:

النوعية المعتادة

هى النوعية المتواجدة أغلب فترات السنة وبدرجة جودة متقاربة من حيث مكوناتها وما تحتويه من العكارة ومسبباتها ومن المواد الغروية والشوائب والمواد العالقة والبكتريا والكائنات الحية الدقيقة سواء كانت نباتية أو حيوانية أو طحلبية.

النوعية الطارئة

يمكن تحديد المشاكل الطارئة التى قد تحدث لنوعية مياه المصدر للأسباب التالية:

- حالات السيول حيث تكون المياه الخام محملة بكميات زائدة من مسببات العكارة والشوائب والمواد الغروية مما يسبب تغير المياه تغيرا ملحوظا.
- حالات موجات الطحالب وما ينجم عنها من مشكلات الطعم والرائحة وانسداد المرشحات خلال فترات من العام.
- حالات صرف مياه الصرف الصحى أو الزراعى على مصادر المياه السطحية وتسببها فى زيادة تحميل المياه بالمواد الملوثة.
- حالات غرق بعض السفن المحملة بمواد كيماوية مختلفة قد تغير من الطبيعة العادية للمياه الخام المتعارف عليها.

كما يجب الإهتمام بحرم المأخذ الذى يحدد الأبعاد التى يجب أن لا يقترب منها أى إنسان أو سفن أو أى ملوثات أو عائمات مع ضرورة تنفيذ القرارات الوزارية المنظمة لتلك الحماية.

الطحالب

الطحالب هى من أهم الكائنات التى تسبب مشاكل كبيرة لمحطات المياه ما لم تعالج كيميائياً لوقف تكاثرها وازدهارها، والطحالب عبارة عن نباتات ميكروسكوبية تحتوى على مادة الكلوروفيل الخضراء وهو اللون المميز للطحالب، وتعيش الطحالب طافية أو معلقة فى المياه، وقد تكون ملتصقة بالمبانى والصخور أو أى أسطح أخرى مغمورة فى المياه، وقد يكون لون الطحالب مخضراً أو أزرق مخضر، وتمتاز الطحالب بنعومة ملمسها، ووجودها بكثرة فى المياه يسبب مشاكل كبيرة أثناء أعمال تنقية المياه.

ومن مشاكل الطحالب أن لها تأثيراً كبيراً على المياه التى تعيش فيها، والموجودة بها، فهى تعطى طعم ورائحة إلى مياه الشرب، كما أنها تنتج الأكسجين أثناء ساعات النهار وتستهلكه أثناء ساعات الليل، وعلى ذلك فإن الأنشطة البيولوجية للطحالب تؤثر بشكل كبير فى درجة تركيز أيون الهيدروجين (pH) والأكسجين الذائب فى الماء.

ويعتبر تركيز الأس الهيدروجينى أو تركيز أيون الهيدروجين مؤشرا لتحديد قلوية المياه أو حمضيتها، ونمو الطحالب بشكل ملحوظ يرفع رقم أيون الهيدروجين من الرقم ٧ إلى الرقم ٩ أو أكثر، بمعنى أن المياه تصبح أكثر قلوية ويعنى الرقم ٧ أن المياه متعادلة (أى لا حمضية ولا قلوية)، وهو المعروف بالرمز pH للمياه النقية. ومعنى هذا أن الـ pH يزداد أثناء ساعات النهار فى فترة إنتاج الأكسجين، ويقل إلى أقل من ٧ فى أثناء ساعات الليل لتصبح المياه حمضية.
ويؤدى نمو الطحالب بغزارة إلى زيادة الأكسجين الذائب فى الماء زيادة كبيرة، وعند موت الطحالب تتغذى البكتيريا بخلايا الطحالب وتستهلك كميات كبيرة من الأكسجين الذائب كغذاء.

ومن المعلوم أن زيادة الأكسجين الذائب فى الماء له تأثير على المعدات حيث يسبب تآكلها، كما أن نقص كميات الأكسجين الذائب فى المياه السطحية والعميقة يؤدى إلى حدوث موت للأسماك.

وهناك أكثر من ٤٠ نوع من الطحالب التى تسبب الطعم والرائحة فى الماء، وتكون الرائحة كرائحة العفونة أو رائحة وطعم العشب أو رائحة السمك أو رائحة تشبه رائحة التراب.

الظروف المؤدية إلى نمو الطحالب وازدهارها:

من أهم العوامل التى تؤدى إلى نمو الطحالب ما يلى:

١. خلال فصلي الربيع والخريف، حيث تكون درجة الحرارة ملائمة لنمو وتكاثر الطحالب.
٢. وجود المواد التى تتغذى عليها الطحالب وهى النيتروجين والفوسفات والنترات.
٣. الضوء (أشعة الشمس).

المشاكل التى تسببها الطحالب فى المياه:

١. مشاكل الطعم والرائحة (غير مقبولة).
٢. الإقلال من ساعات تشغيل المرشح في اليوم (نقص مدة التشغيل) بسبب حدوث سدد فى الوسط الترشيحى نتيجة تراكم الطحالب.
٣. زيادة الـ pH (قلوية المياه) مما يؤثر فى كفاءة الكلور المستخدم لإيقاف نمو الطحالب.
٤. استنزاف الأكسجين الذائب.
٥. التحميل العضوى وهو زيادة المواد العضوية نتيجة تكاثر الطحالب وازدهارها، مما يزيد الاحتياج من الكلور للتغلب على هذه المشاكل وهو ما ينعكس على زيادة تكلفة إنشاء محطات تنقية المياه.

كما أن التحميل العضوى مرتبط بتكون مركب (التراى هالوميثان) وهو مركب ضار بالصحة، وللحد من تأثير هذا المركب يجب استخدام نظم أخرى للتطهير كالأوزون أو الترشيح باستخدام الكربون المنشط مما ينعكس مرة أخرى على زيادة تكلفة إنشاء وتشغيل محطات التنقية.

العوامل التى تؤثر على جودة مصدر المياه

تتأثر نوعية المياه داخل المجارى المائية بالعديد من العوامل التى قد تؤثر عكسيًا على جودة المياه والتى تنشأ من الاستخدام السيىء للبيئة، وللحد من تأثير هذه الأنشطة يجب دراسة مناطق الصرف حول المصدر المائى (Drainage area) ومنها دراسة الصرف الصحى، الصرف الزراعى، مياه الأمطار التى قد تتجمع من المناطق العمرانية، والصرف الصناعى. وتؤدى كل هذه العناصر إلى تدهور جودة المياه من النواحى الطبيعية والكيميائية والبيولوجية.

ومن العوامل الطبيعية التى تؤثر فى جودة مصادر المياه ما يلى:

١. العوامل الجوية: درجة الحرارة، شدة واتجاه الرياح، نوع ونموذج وشدة ومدة سقوط الأمطار.
٢. الحرائق العشوائية التى قد تحدث من البرق والصواعق.
٣. منطقة المصدر المائى: الطبيعة الجيولوجية، شكل الأرض، وتشمل طبوغرافية قاع المصدر المائى وعمقه ومساحته وأوقات امتلاء هذا المصدر وأنواع الحياة النباتية على ضفافه.

أسباب مشاكل مصادر المياه

١. المواد المغذية

تحدث الكثير من المشاكل فى المياه ذات الاستخدامات المحلية فى مصادر المياه التى تحتوى على كميات متوسطة أو كبيرة من المواد المغذية مثل الفوسفات والنترات ومركبات النيتروجين العضوية. حيث تعمل هذه المواد كمغذيات فى المصادر المائية وتساعد على نمو الطحالب. ومصادر المياه الغنية بالمواد المغذية تكون غزيرة الإنتاج من النباتات والحيوانات المائية ويشار إليها بالمصطلح (eutrophic)، أما المصادر الفقيرة فى المواد المغذية فتحتوى على القليل من الحياة النباتية والحيوانية وتسمى (oligotrophic) وفيما بين هذين النوعين يوجد النوع الثالث (mesotrophic) ويحتوى على كمية متوسطة من المواد المغذية ويمكن أن تقوم عليها درجة متوسطة من الحياة المائية.

وفى مصادر المياه الغنية بالمواد المغذية تزدهر النباتات المائية مثل أعشاب البحيرات وغيرها من النباتات المائية (abundant).

وتساعد هذه المصادر الغنية بالإنتاج على نمو أعداد كبيرة من النباتات العالقة فى أوقات مختلفة خلال العام ويعرف النمو المفاجئ للأعداد الكبيرة باسم إزهار النباتات العالقة وتعتمد مدة وكمية الإزهار على عوامل بيئية عديدة منها الضوء ودرجة الحرارة وتواجد المواد الغذائية.

٢. الإزهار الطحلبى وقد تمت الإشارة إليه عند دراسة الطحالب وهو مشكلة شائعة فى مصادر المياه المستخدمة محلّيًا وقد تم تلخيصها فى أنها تسبب العديد من المشاكل مثل:

١. الطعم والرائحة.
٢. تقليل دورة عمل المرشحات.
٣. زيادة الرقم الهيدروجينى مما يقلل من كفاءة عمليات الكلورة.
٤. استنزاف (استهلاك) الأكسجين الذائب.
٥. زيادة الحمل العضوى.

ومن الجدير بالذكر أن وجود السد العالى فى جنوب البلاد قد أدى إلى ثبات نوعية المياه حيث أنها تمكث وقتًا طويلاً منذ حدوث الفيضان فى أعالى النيل وحتى الوصول إلى خزان السد العالى ولا تتغير نوعية المياه بنهر النيل سوى فى فترة الشتاء أثناء حدوث السيول فى بعض محافظات الوجه القبلى مما يزيد من نسبة العكارة بالمياه.

وتعتبر مشكلة تزايد العكارة من أهم الموضوعات التى تتعلق بتنقية المياه لأن هذه العكارة الزائدة تتطلب زيادة جرعة الكلور. وهذا قد يؤدى إلى نقص الكلور المتبقى ويزيد من احتمال التلوث البكتيرى إذا لم ينتبه له القائمون على تشغيل المحطة كذلك فإذا زادت المواد المغذية فى مصدر المياه فقد ينتج عن ذلك زيادة فى الطحالب وغالبًا يحدث هذا فى فترات زيادة الأمطار حيث تجرف معها المواد المغذية إلى مصدر المياه.

التحكم فى الطحالب

تنشأ معظم مشاكل مصادر المياه من وجود كميات كبيرة أو متوسطة من المغذيات فى المياه مثل الفوسفات والنترات ومركبات النيتروجين العضوية وتساعد هذه المغذيات على نمو الطحالب، وعادة يشار إلى الزيادة الكبيرة المفاجئة فى عدد العوالق باسم الإزهار النباتى ويسمى بشكل خاص الإزهار الطحلبى ويعتمد طول المدة الزمنية ومقدار النمو وكميته على عوامل بيئية مختلفة تشمل الضوء والحرارة وحالة المغذيات ويمكن أن يحوى إزهار واحد أكثر من نوع من أنواع الطحالب ويمكن أن يستمر من بضعة أيام لعدة أسابيع ويمكن أن يصل لشهور.

ومن أهم الطرق المتبعة للحد من تكاثر الطحالب في المسطحات المائية:

- استعمال الكيماويات للحد من تكاثر الطحالب.
- الرقابة على إنشاء وتشغيل خزانات المياه.
- اختيار نوع المأخذ المناسب.
- إقامة السياج حول مدخل المياه.
- سحب الكتل الطافية.
- استخدام النباتات المائية.

أولاً: استعمال الكيماويات

تستخدم الكيماويات غالباً لحل المشاكل الناتجة عن ازدياد نمو بعض أنواع من الطحالب كالتي تؤثر على انسداد المرشحات أو كالتي تؤثر على إكساب الطعم والرائحة غير المقبولة للمياه.

ويؤخذ في الاعتبار ما يلى:

١. التكلفة
٢. الكمية المطلوبة
٣. عدم السمية للإنسان والحيوان والنبات
٤. سهولة التداول والتخزين.

وبعد دراسة تلك العوامل والظروف المحيطة يكون الاختيار من المواد التالية: كبريتات النحاس, الكلورين (الكلور المسال، هيبوكلوريت الصوديوم، هيبوكلوريت الكالسيوم)، أو كلوريد النحاس.

استخدام كبريتات النحاس

هو الاختيار الأكثر شيوعاً نظراً لتأثيره الفعال والممتد على الحد من النمو الطحلبي في المسطحات المائية والخزانات، كما أن تداوله وتخزينه أسهل وأكثر أمانا عن الكلور، مع الأخذ في الاعتبار أن تأثيره ليس فورياً بل سيظهر بإيضاح بعد عدة أيام من تطبيقه ويكون تأثيره واضح علي أنواع من الطحالب اكثر من الأخرى.

وتوجد عدة عوامل تؤثر علي الجرعة المطبقة من كبريتات النحاس في ذلك الوقت مثل: درجة الحرارة، درجة الإضاءة، العسر، القلوية، ودرجة تركيز المواد العضوية بالمياه. وبصفة عامة فإن زيادة درجة الحرارة وضوء الشمس يزيد من فعالية كبريتات النحاس، بينما زيادة درجة العسر والقلوية والمواد العضوية بالمياه يقلل من كفاءتها.

وعموماً تستخدم الجرعات الصغيرة (٠,١ جزء فى المليون) لإعاقة نمو الطحالب في المسطح المائي وتستخدم الجرعات الأكبر (١- ٢ جزء فى المليون) لإبادة الطحالب الموجودة.

وتضاف كبريتات النحاس إلى المسطحات والمجارى المائية بأحد الوسائل الآتية:

- رش بودرة كبريتات النحاس على سطح الماء باستخدام ماكينة رش مثبته على قارب وهذه الطريقة أفضلهم لسهولتها.
- رش محلول مركز (سابق التجهيز) من كبريتات النحاس على سطح الماء.
- رش محلول من كبريتات النحاس (يُعّد بصفة مستمرة) على سطح المـاء من خلال مؤخرة قارب وذلك بسحب المياه بصـفة مسـتمرة وخلطهـا بحبيبات أو كتل كبريتات النحاس داخل خزان على القارب وإعادة ضخها بالرش على سطح المياه.
- ربط كيس مسامي مملوء بكبريتات النحاس فى مؤخرة قارب ويتم التجول بهذا القارب فى المسطح المائي.

ولا تسبب الجرعات المشار إليها مشاكل لمحطات تنقية المياه السطحية (يجب أن لا يزيد نسبة المتبقي من كبريتات النحاس في المياه المعالجـة عـن ١,٠ مجم/ لتر).

استخدام غاز الكلور

لا يستخدم غاز الكلور كثيرًا نظرًا للنتائج الجيدة التى يمكن الحصـول عليهـا باستعمال كبريتات النحاس مع سهولة استعمالها. ويضاف إلى ذلـك صـعوبة تغذية أحجام كبيرة من الماء بغاز الكلور ولاحتمالية توالد روائح عند استعمال غاز الكلور، ولقد نجحت تجارب استعمال مركب الكلور والأمونيا فـى إبـادة الطحالب من المسطحات المائية.

ويوضح الجدول رقم (٢-١) تركيز كبريتات النحاس وتركيز الكلور اللازم لإبادة بعض أنواع من الطحالب.

جدول رقم (٢-١)

تركيز كبريتات النحاس والكلور اللازم لإبادة بعض أنواع من الطحالب

الطحالب		الرائحة	كبريتات النحاس (ملجم/ لتر)	كلور (ملجم/ لتر)
النوع	الاسم			
دياتومات	ميلوسيرا نافيكيولا سنيدرا	ترابية	٠.٣٣ ٠.٠٧ 0	٢.٠ – ٠.٥ ١.٠
خضراء	ايودورينا فولفوكس باندورينا	سمكية	٠.٢٥	١,٠ - ٠.٣
زرقاء مخضرة	ميكروسست اوبينا اوسيلاتوريا	عشبية فطرية	١.٠ – ٠.١٢ ٠.٥ - ٠.٢	١.٠ ١
سوطيات	بريدينيم	قواقع الجير	٢.٠ - ٠.٥	

ثانياً: الرقابة على إنشاء وتشغيل خزانات المياه

يمكن الرقابة على إنشاء وتشغيل خزانات المياه باتباع ما يلى:

- عدم السماح بتواجد أماكن منعدمة الحركة (Dead –Zone) أو راكدة المياه على جوانب الخزانات.
- عدم تخزين المياه التي قد تحتوى على مواد عضوية في خزانات مكشوفة إذ أن تواجد المواد العضوية وضوء الشمس يساعدان على تكـاثر هـذه الطحالب.
- تنظيف الخزانات المكشوفة دورياً مع تغيير المياه على فترات.
- رش بودرة الكربون المنشط على سطح المياه حتى ينتج عن ذلك درجـة من العكارة تحد من انتشار الضوء داخل المياه ممـا يحـد مـن تكـاثر الطحالب.

ثالثاً: اختيار نوع المأخذ المناسب

الأنواع الطحلبية سواء كانت التي تسبب رائحة كريهة للمياه أو التـى تسـبب انسداد الوسط الترشيحي بالمرشحات عامة تنمو في الطبقة السـطحية للميـاه بارتفاع من ١-٢م من سطح المياه ونادراً ما توجد في المستويات الأدنى مـن ذلك. ولهذا يراعى عند إنشاء المأخذ أن يقام على أدنى نقطة يمكـن السـحب منها.

رابعًا: إقامة السياج

عندما تظهر الطحالب في شكل كتل طافية (Bloom) فهي تسبب مشاكل عديدة والسياج عبارة عن نسيج، عادة يصنع من النايلون بأبعاد ١٥٠× ٣ م ويعـوم من أعلى بقطع من الفوم (Styrene Foam) ومن أسفل يربط في ثقـل (Chain) لجعل النسيج مفرود, ويشد علي جانبي النهر ليعارض اتجاه تيار المياه. وبهذه الطريقة أمكن اختزال حوالي ثلثي عدد الطحالب.

خامساً: سحب الكتل الطافية

سحب الكتل الطافية تكون ناجحة عند تجمع (Bloom) في أماكن محددة مـن البحيرة بفعل التيار أو الرياح، ويتم التخلص منها باستخدام مـركبين أحـدهما مجهز لسحب الطحالب (الكتل الطافية) والآخر للتخلص منها بتركيزها تحـت ضغط وطرد مركزي ثم حرقها.

وهناك طريقة أخرى تجمع بين سحب الطحالب والتخلص منها (الأشعة فوق البنفسجية) في مرحلة واحدة.

مواجهة زيادة الطحالب فى المرشحات

لمواجهة زيادة تركيز الطحالب فى المرشحات، فإنه يمكن تنفيذ بعض الإجراءات التالية:

١. زيادة جرعة المروب
٢. تطبيق الكلور المبدئي
٣. تقصير الفترة البينية لغسيل المرشحات
٤. تعديل سرعة الغسيل
٥. تغيير نقاط سحب المياه من المأخذ والكمية
٦. إدخال تقنية الشبك الدقيق
٧. تطبيق نظام الألواح المائلة بأحواض الترسيب
٨. تقليل معدل الترشيح
٩. العمل على سرعة تدوير حركة المياه الخام بالمسطح المائي
١٠. رش كبريتات النحاس بالمسطح المائي للمياه الخام

الفصل الثالث

تجميع المياه من المصدر
إلى عملية التنقية وأنواع المأخذ

الفصل الثالث

تجميع المياه من المصدر إلى عملية التنقية وأنواع المآخذ

أهداف الأداء (التعلم):

بانتهاء التدريب على هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادراً على أن:

- يصف المأخذ في محطات تنقية المياه وعوامل اختيار المأخذ المناسب والقياسات المطلوبة لذلك وأغراضها.
- يشرح كيفية اختيار الموقع الجيد لمأخذ والشروط التى يجب توفرها فى المآخذ.
- يذكر الفرق بين المأخذ ذو المستوى الواحد والمآخذ ذات المستويات المتعددة ومزاياها وعيوبها.
- يذكر مكونات المآخذ بشكل عام ومكونات كل نوع من أنواع المآخذ والإجراءات التى تتخذ لتطوير المآخذ .
- يصف أنواع المآخذ مع شرح شروط واستخدامات كل نوع وبيان ذلك على رسومات تخطيطية لكل منها.
- يشرح الغرض من المصافي ويصنف أنواعها ومكونات واستخدامات كل نوع وكيفية صيانتها وإصلاحها إن لزم.

مقدمة

يتناول هذا الفصل أعمال تجميع المياه من المصدر إلى عملية التنقية وهى تشمل المأخذ (Intake)، وأعمال التصفية (Screening)، وطلمبات ضخ المياه العكرة ذات الضغط المنخفض عادة (Raw Water Low Lift Pumps).

المأخذ

المأخذ هو الأعمال الإنشائية التى تقام على المصدر المائى، لسحب المياه العكرة (الخام) بطريقة سليمة، وبالكميات المناسبة للاحتياجات. ومنه تمر المياه إلى مواسير المأخذ ثم إلى المصافى ومنها إلى بيارة محطة طلمبات المياه العكرة (الضغط المنخفض عادة) لضخها إلى محطة التنقية. ويشتمل المأخذ على الأعمال الإنشائية اللازمة لحماية قاع وجوانب المجرى المائى.

تحديد موقع مأخذ الماء الخام

يجب إجراء دراسات مستفيضة عند اتخاذ قرار تحديد موقع مأخذ الماء الخام، حيث أن انعكاسات موقع المأخذ سوف تؤثر على أعمال تشغيل المحطة طوال فترة تشغيلها، كما يجب أن يكون المأخذ أقرب ما يمكن إلى المحطة. بالإضافة إلى وجود أفضل نوعية للمياه الخام فى هذا الموقع (أقل ما يمكن من العكارة والتلوث).

وقد تتغير مواصفات المياه الخام بشكل كبير، وذلك تبعاً لعمق المأخذ وبعده عن سطح الماء الساكن أو الأنهار الكبيرة. وتختلف نوعية المياه طبقًا للعمق الذى يتم السحب منه وقد تتغير هذه النوعية خلال فترات السنة، لذا يفضل أن يكون تصميم المأخذ ذا مرونة، بحيث يمكن أخذ المياه من أعماق مختلفة تتراوح بين أسفل سطح الماء ونقطة قريبة من القاع.

شروط الموقع الجيد للمأخذ

١. أن يكون أقرب ما يمكن إلى محطة التنقية.
٢. أن يكون أبعد ما يمكن عن مطابق أو بيارات الصرف الصحي.
٣. أن يكون المأخذ على النهر أو الترعة فى منطقة تكون فيها سرعة المياه أكثر من ١ متر فى الثانية.
٤. تدبيش جوانب الترعة عند منطقة المأخذ.

مستويات سحب المياه فى المأخذ

يمكن تصميم المأخذ بحيث يكون ذا مستوى واحد فقط لسحب المياه أو ذا مستويات متعددة طبقًا لما يلى:

١. مأخذ ذو مستوى واحد

يستخدم المأخذ ذو المستوى الواحد أو الثابت حيث يتم تركيب المأخذ فى أعمق جزء من النهر أو المصدر حتى يمكن وصول المياه إليه حتى عندما يكون مستوى المياه فى أقل منسوب له.

ويعتبر المأخذ ذو المستوى الواحد مناسب أكثر فى المجارى المائية ذات العمق الصغير والتى تكون نوعية المياه بها منتظمة من أعلاها إلى أسفلها طوال العام. ويمكن أن تعمل هذه المآخذ جيدًا فى المجارى المائية العميقة التى لا توجد بها مشاكل فى نوعية المياه أو فى اختلاف جودة المياه ونوعيتها من طبقة لأخرى.

وعادة تستعمل المآخذ ذات المستوى الواحد فى الأنهار والترع لسحب المياه عند أقل منسوب تحسبًا لأوقات الجفاف، ويتميز هذا المأخذ ذو المستوى الواحد بأنه أقل تعقيدًا وبالتالى أقل فى التكلفة الإنشائية عن المأخذ المتعدد المستويات نظرًا لبساطته.

٢. المآخذ ذات المستويات المتعددة

إن أكثر المآخذ تفضيلاً فى أنظمة المياه هى تلك المآخذ التى تدخل الأنظمة على أعماق تتراوح بين فتحات قرب سطح الماء إلى فتحات تصل إلى العمق، والميزة الأساسية لهذه المآخذ أنه يمكن اختيار سحب المياه من المستوى الذى يوجد عنده أفضل نوعية للمياه. وللحصول على أفضل نوعية يجب سحب المياه من أعماق مختلفة تبعًا لاختلاف مواسم السنة حيث يمكن اختيار العمق الذى يتوافر عنده درجة الحرارة المناسبة وكمية الأكسجين الذائب المقبولة.
وتوجد عادة المآخذ متعددة المستويات فى أبراج رأسية تنشأ فى الأماكن العميقة فى مصدر المياه وتمتد فوق سطح المياه ويمكن الوصول إليها عن

طريق كوبرى أو مركب ويمكن تشغيل البوابات من فوق سطح هذا البرج أو عن طريق التحكم عن بعد (Remote Control) وتركب البوابات على مسافات رأسية معينة على طول واجهة البرج حيث تغذى المواسير التى تمتد من قاع البرج إلى محطة تنقية المياه.

ويعتمد اختيار المنسوب الذى يتم سحب المياه منه فى المصدر على جودة المياه فى الطبقات المختلفة. وبعد اختيار أفضل طبقة يتم ملاحظتها جيدًا حتى نستمر فى الحصول على أفضل نوعية للمياه نظرًا لأن الرياح والحرارة يمكن أن تؤدى إلى تغيير جودة المياه فى الطبقات المختلفة ويجب أن يكون القائم على التشغيل مستعدًا لذلك من خلال:

١. الاحتفاظ بسجلات عن اتجاه الرياح وسرعتها طول السنة وخاصة فى شهور الصيف والجو الحار.
٢. الانتباه إلى حركة الرياح.
٣. الرقابة الجيدة على الروائح ونتائج تحاليلها.
٤. الاستعداد لعمل التغييرات اللازمة فى عمليات المحطة للتغلب على أى مشاكل طعم أو رائحة.
٥. عمل كل ما يمكن لمنع المياه ذات الطعم والرائحة من الوصول إلى شبكة التوزيع.

اختيار نوع المأخذ

هناك أنواع مختلفة من المآخذ، إلا أن اختيار النوع المناسب يتوقف على عدة عوامل من أهمها ما يلى:

- طبيعة مصدر المياه العكرة (النهر أو الترعة) من حيث عرضه وعمق المياه فيه.
- نقطة سحب المياه من المصدر، والتى يجب ألا تكون قريبة من الشاطئ.

- متوسط عمق المياه بالمصدر، بحيث تكون نقطة سحب المياه أعلى من القاع وأقل من سطح الماء بالمسافة الآمنة.
- تغير منسوب المياه وتصرفاتها فى المصدر على مدار السنة بحيث لا

تتكشف مداخل المواسير عند أقل منسوب.

- مدى استقامة المجرى المائى فى موقع المصدر.
- كمية المياه المطلوب أخذها من المصدر المائى لعمليات التنقية.
- بُعد المصدر عن أماكن الترسيب فى المجرى لضمان سحب مياه بدون رواسب بصفة مستمرة.
- بُعد الموقع عن أماكن النحر بالنسبة لقطاع المجرى أو الشاطئ لضمان سلامة المنشآت.
- بُعد المأخذ عن مصادر التلوث المحتملة.
- استخدام المجرى المائى فى الملاحة.

من أجل هذا يجب إجراء القياسات الهيدروليكية والتحاليل أمام الموقع المقترح للمأخذ قبل القيام بأى أعمال إنشائية، وتختص وزارة الموارد المائية والري في مصر بالمسئولية عن إعداد هذه الدراسات، حيث أنها تعطى الموافقة على إنشاء المأخذ وذلك بعد التأكد من:

- نوعية المياه الخام ومناسبتها كيماويا للاستخدامات.
- كفاية عمق المياه بالموقع، حتى فى حالة أقل منسوب للمياه خلال فترة السدة الشتوية.
- استقامة المجرى المائى قدر المستطاع فى الموقع المختار لتلافى مشاكل الترسيب والنحر والتى تنشأ عن وجود منحنيات فى المجرى.
- انتظام قطاع المجرى عند موقع المأخذ، وعدم احتمال تكون جزر ترسيبية.
- مراجعة مناسيب المياه بالمجرى على مدار عدة سنوات، والتأكد من مناسبتها، ومراجعة أقصى تغير بين أعلى وأقل منسوب، لمراعاة ذلك عند تصميم طراز الطلمبات (أفقية أو رأسية).

وسوف نوضح فيما يلى بإيجاز أنواع مآخذ المياه الشائعة الاستخدام فى مصر، والتى يتم اختيارها بناءا على النوع الذى يتناسب مع طبيعة المجرى المائى ومعدلات سحب المياه المطلوبة لمحطة التنقية، ونتناول بعد ذلك أعمال

التصفية، التى تشمل المصافى وسحارة أو مواسير المأخذ، ثم طلمبات العكرة والتى غالبًا ما تسمى طلمبات الضغط المنخفض.

أنواع ومكونات مآخذ المياه العكرة

أنواع المآخذ

توجد عدة أنواع من مآخذ المياه ومنها ما يلى:

- مأخذ الماسورة.
- مأخذ الشاطئ.
- مأخذ برج (مغمور).
- مأخذ مؤقت

وسوف نوضح فيما يلى هذه الأنواع مع وصف وشرح مكونات كل نوع منها.

المكونات العامة للمأخذ

تتكون المآخذ بصفة عامة (طبقا لنوعها) من عدة مكونات منها مواسير السحب، البوابات المنزلقة، محابس سكينة (بوابة) ومحابس فراشة، وبعض المحابس والبوابات يتم فتحها بالكامل أو غلقها بالكامل، أو يتم استخدامها كوسيلة تحكم في كمية المياه المارة بحيث يمكن فتحها أو غلقها جزئيا (محابس وبوابات تنظيم التدفق – Regulating valve) كما يمكن تشغيل هذه المحابس أما يدويا أو بمحرك كهربى.

كما قد توجد بوابات أمام فوهات المواسير (في حالة مأخذ الماسورة) لحجز الحشائش والأجسام الطافية الكبيرة وتكون ثابتة وترفع عن طريق ونش كهربى، بحيث يمكن رفع أحداها بغرض التنظيف وتكون الأخرى أمام فوهة الماسورة.

أ- مأخذ ماسورة (Pipe Intake)

يستعمل هذا النوع من المآخذ عادة فى الأنهار الكبيرة، وهو عبارة عن ماسورة أو أكثر تمتد داخل مصدر الماء لمسافة كافية بعيداً عن الشاطئ لتفادى التلوث المحتمل على ألا يسبب هذا الامتداد إعاقة للملاحة. ويتم تحميل

الماسورة داخل مصدر المياه على كوبرى مع تزويدها بالمحابس اللازمة للتحكم فى سير المياه.

مكونات المأخذ يتكون مأخذ الماسورة من العناصر التالية:

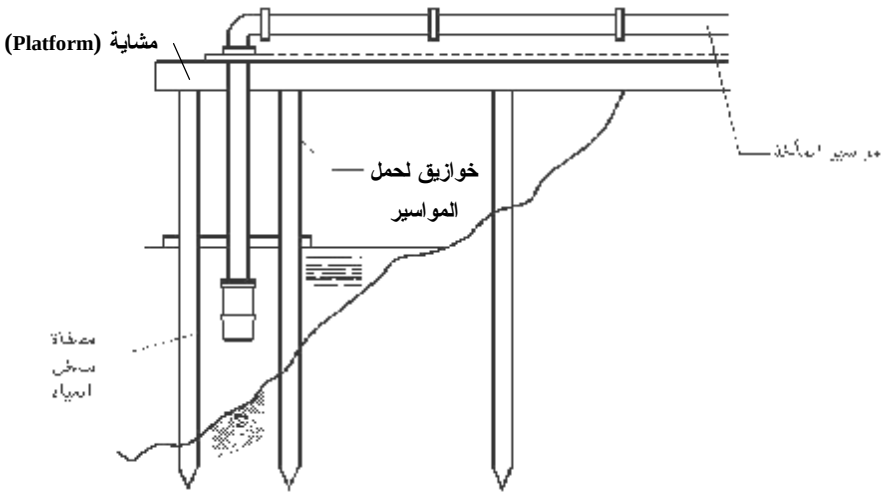
- ماسورة أو أكثر تمتد داخل المجرى المائى بمسافة كافية.
- أعمدة إرتكاز للمواسير على امتدادها من المجرى المائى حتى الشاطئ.
- محابس، بوابات، مصافى ثابتة، مصافى متحركة تنظف آليا، كتل حاجزة.

ولتطوير منشآت مأخذ الماسورة فإنه يجب مراعاة ما يلى:

- أن تكون الماسورة على عمق حوالى ١ متر واحد من سطح المياه مع ضرورة معرفة أقل وأعلى منسوب للمياه بالنهر أو المجرى المائى طبقا لدراسات وزارة الموارد المائية والرى فى موقع مأخذ المحطة.
- ضرورة وضع علامات إرشادية للملاحة على مسار خط المواسير.
- ضرورة وضع مصدات مطاطية عند نقط ارتكاز المواسير فوق المنشأت الجديدة.
- تجهيز المأخذ بمعمل كيماوى متقدم لسرعة أخذ عينات المياه العكرة قبل الدخول إلى وحدة التنقية.

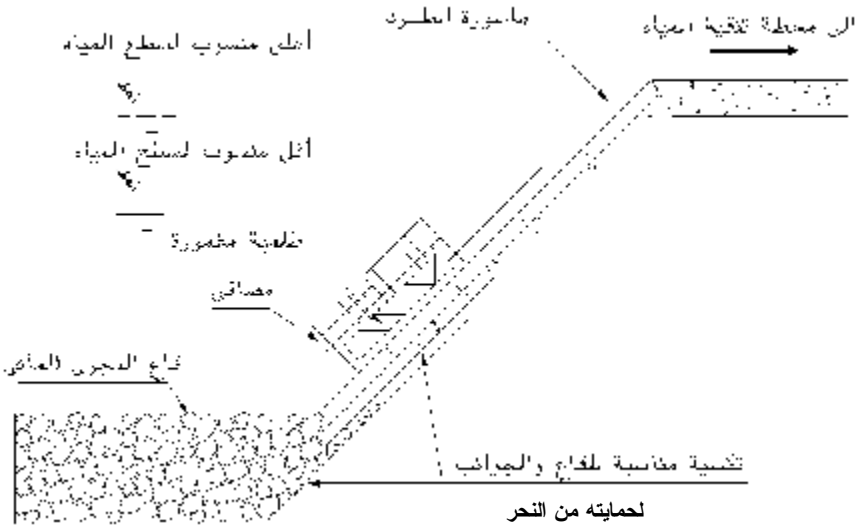
كما يجب تدريب بعض العاملين على مهنة الغطس وكيفية استخدام ملابس الغطس وجهاز الأكسجين.

وتعرض الأشكال أرقام (٣-١)، (٣-٢) نماذج مختلفة لمأخذ الماسورة.



شكل رقم (٣ - ١)

مأخذ ماسورة يستخدم فى أعمال التنقية المؤقتة



شكل رقم (٣ - ٢)

مأخذ ماسورة يمكن استخدامه فى التصرفات الصغيرة

ب - مأخذ الشاطئ (Shore Intake)

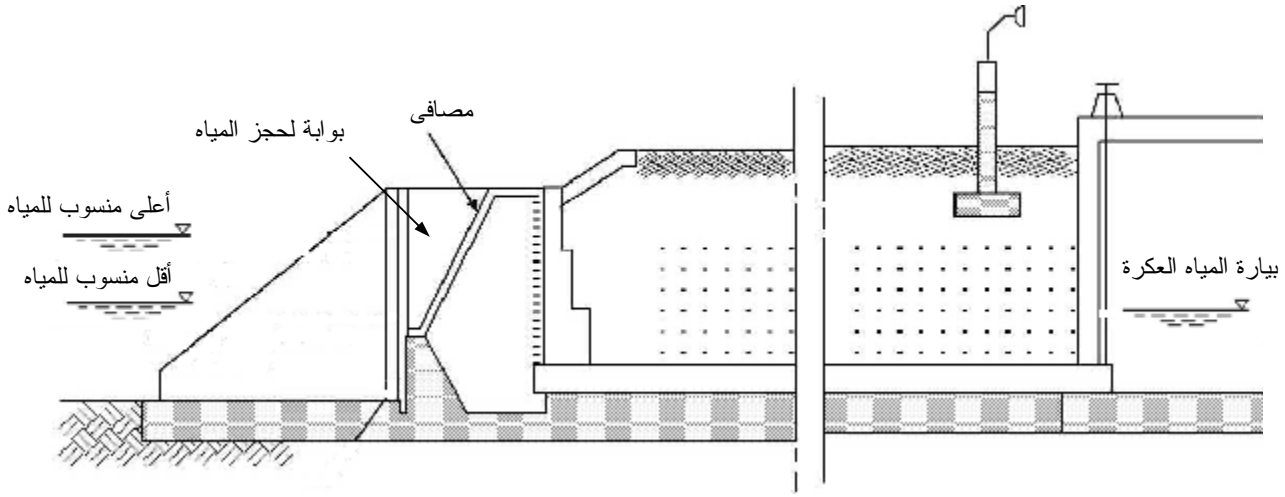
وهو عبارة عن حائط ساند وأجنحة يتم إنشاؤها على الشاطئ مباشرة من الخرسانة المسلحة أو الطوب كمدخل للمياه ويتم ربطها بمواسير تمتد تحت جسر المجرى المائي، وتنتهى إلى بيارة طلمبات المياه العكرة وتوضع شبكة على المأخذ لحجز المواد الطافية والأسماك. ويستعمل هذا الطراز من المآخذ فى القنوات الملاحية وغير الملاحية على السواء، نظراً لأنه لا يعوق الملاحة، وعند استخدام هذا النوع من المآخذ يجب مراعاة ما يلى:

- ألا يقل ميل الماسورة عن ١% في اتجاه عنبر الطلمبات.
- استقامة مواسير السحب.
- تزويد المأخذ بالشبك المانع للاعشاب والأجسام الكبيرة في الجزء الأمامى من مكان السحب.
- عمل الحماية اللازمة للمأخذ ومواسيره.

كيفية تطوير مأخذ الشاطئ

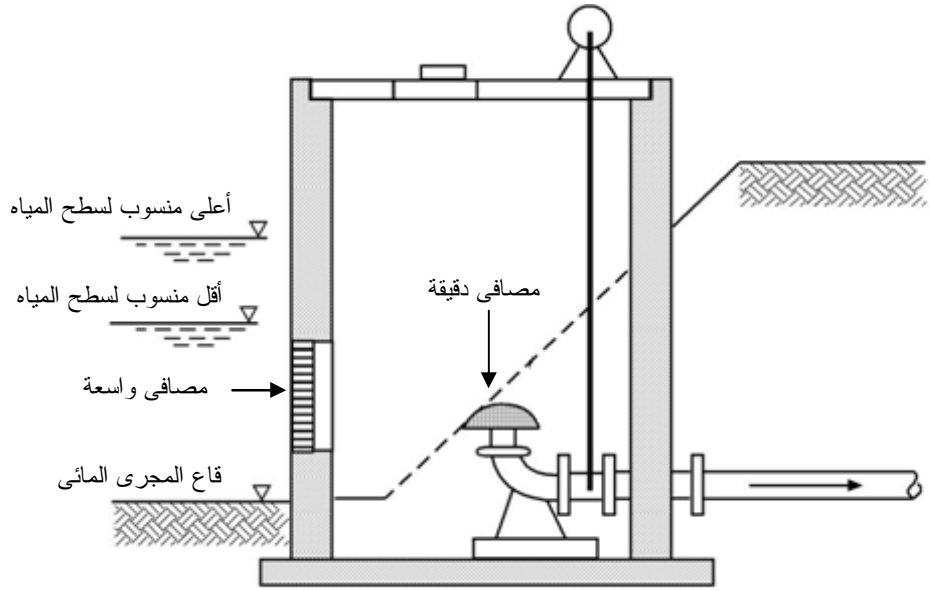
١. عمل مصافى شبك على بداية المواسير.
٢. تجهيز قارب وتدريب عدد من العاملين على كيفية التخلص من الأعشاب وورد النيل الذى قد يتراكم أمام فتحات المواسير.
٣. عمل فتحات تفتيش على المواسير.
٤. إذا كان المأخذ يبعد عن المحطة يراعى تجهيز وردية المأخذ بأجهزة اتصال لاسلكية.
٥. الاهتمام بمانعة الأعشاب الميكانيكية وتوفير مصدر مياه قوى لغسيل الشبك أو المصافى الدوارة.
٦. ضرورة الاهتمام بإجراءات السلامة والصحة المهنية.

ويعرض الشكلان رقما (٣-٣)، (٣-٤) نموذجين لمأخذ الشاطئ.



شكل رقم (٣ - ٣)

مأخذ الشاطئ (Shore Intake)



شكل رقم (٣ - ٤)

نموذج آخر لمأخذ الشاطئ (مغمور)

الكتل الحاجزة Isolating Blocks:

تستخدم في حالة مأخذ الشاطئ عند الطوارئ وعند الحاجة إلى عزل المياه تماما من دخول المحطة أثناء العمرات أو عند طلب التحكم في الحصول على كميات المياه العكرة (الخام) من خلال منسوب بعيد عن القاع وبعيد عن السطح. وتتكون الكتل الحاجزة من ألواح من الخشب السميك أو من الصلب المصنع وتنزلق داخل مجارى صلب تثبت طوليا على جانبى فتحات المأخذ الخرسانى.

البوابات الحاجزة Penstocks Isolation Gates:

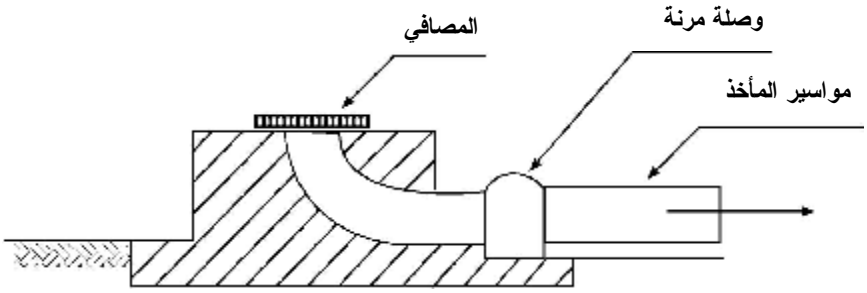
تستخدم هذه البوابات بمأخذ الشاطئ مع الكتل الحاجزة وذلك للتحكم في المياه الداخلة أو العزل الكامل للمأخذ عن النهر. كما تستخدم عند عزل البيارات الخاصة بمانعات الأعشاب الميكانيكية وتنزلق هذه البوابات داخل مجارى من الصلب تثبت رأسيا ومنها نوعان من حيث حركة الفتيل الذى يرفع جسم البوابة النوع الأول منها ذو الفتيل الصاعد والنوع الثانى ذو الفتيل الثابت.

جـ- مأخذ مغمور (Submerged Intake)

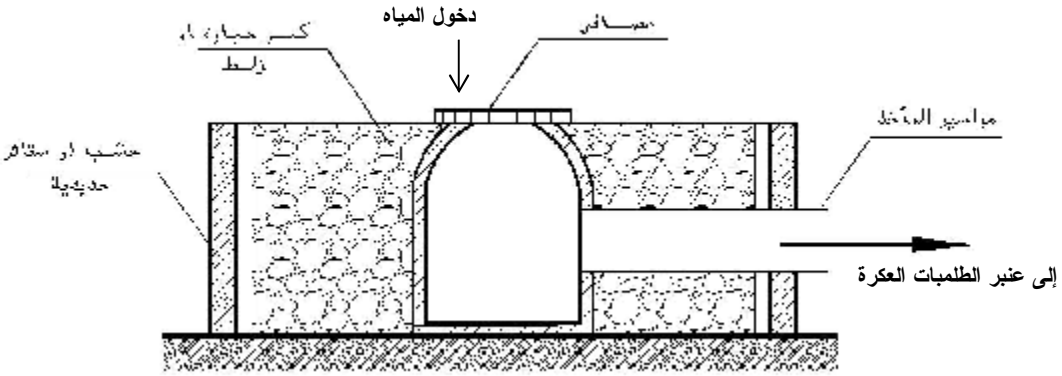
وهو عبارة عن ماسورة مثبتة فى قاع المجرى المائى بواسطة كمرات خرسانية أو بأى وسيلة أخرى، أو خرطوم مرن ممتد في المجرى المائى ومحمول على ألواح خشبية تطفو على سطح الماء. أو مواسير سهلة الفك والتركيب تعمل برافعه ميكانيكية. ويستعمل هذا المأخذ فى الأنهار أو المجارى الملاحية الضيقة، وفى حالات احتمال تلوث الشاطئ بالمواد الطافية الناتجة من العوامات أو السفن على الجانبين، وعند تصميم هذا المأخذ يجب مراعاة ما يلى:

- تكون فوهة الماسورة أسفل منسوب المياه وأعلى من منسوب قاع المجرى المائى وتجهز فوهة الماسورة بالمصافى لحجز الأعشاب والأجسام الكبيرة.
- استقامة خطوط المواسير.
- لا يقل الميل فى اتجاه عنبر الطلمبات عن ١%.

ويعرض الشكلان رقما (٣-٥)، (٣-٦) نموذجين للمأخذ المغمور.



شكل رقم (٣-٥)
نموذج لمأخذ مغمور



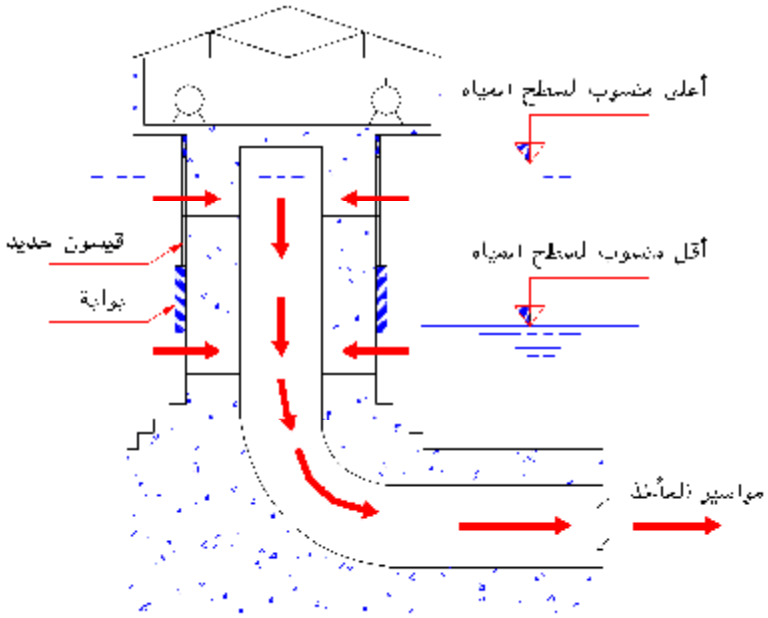
شكل رقم (٣-٦)
نموذج آخر لمأخذ مغمور

د- مأخذ مؤقت (Emergency Intake)

ويستعمل فى حالات الطوارئ، أو فى الحالات المؤقتة التى يستدعى الأمر فيها الاعتماد على المياه السطحية كمصدر للمياه. وهو عبارة عن ماسورة مرنة ممتدة على حامل يطفو على سطح الماء. وتتصل هذه الماسورة مباشرة بطلمبة الضخ.

هـ- مأخذ برج (Tower Intake)

يُستعمل هذا النوع من المآخذ غالباً فى البحيرات العذبة المتغيرة المناسيب حيث يتكون من برج يُبنى داخل البحيرة على مسافة من الشاطئ قد تصل إلى عدة كيلومترات، وتدخل المياه إلى المأخذ من خلال فتحات على مناسيب مختلفة ومنها إلى سحارة المأخذ، كما هو موضح بالشكل رقم (٣-٧).



شكل رقم (٣-٧)
مأخذ البرج

ولما كان مصدر المياه الرئيسى فى مصر هو النيل والترع والرياحات فإن أنواع المآخذ المستعملة فى مصر هى:

أ- مأخذ الماسورة في حالة نهر النيل.

ب- مأخذ الشاطئ يستخدم في حالة الترع الكبيرة والرياحات.

المصافى (مانعات الأعشاب)

الغرض من المصافى (مانعات الأعشاب) هو حجز الأشياء الكبيرة كالأغصان والنباتات والأجسام الطافية التى يمكن أن تسد أو تتلف أو تعطل معدات المحطة. وتعتبر المصافي هى أول خطوات التنقية ويجب أن تكون عند نقاط سحب المياه العكرة.

أنواع المصافى

أ- المصافى ذات القضبان (مانعة الأعشاب الثابتة) Bar Screens

وتصنع هذه المصافى من قضبان الصلب الملحومة على مسافات متساوية مع بعضها بمقاسات مختلفة، حيث تنقسم إلى مصافى ذات فتحات صغيرة، وتكون المسافة بين القضبان (١,٥ إلى ١٣ مم)، أو مصافى ذات فتحات متوسطة (١٣ إلى ٥ مم)، أو مصافى ذات فتحات كبيرة (٣٢ إلى ١٠٠ مم).

وأكثرها استخداما المصافى ذات الفتحات المتوسطة أو الكبيرة، ويتم تركيب هذه المصافى فى مسار المياه الداخلة إلى مأخذ المياه بزاوية ميل ٦٠ إلى ٨٠ درجة مع المستوى الأفقى لسهولة عملية النظافة ولمنع الانسداد حيث يتم تنظيفها يدويا.

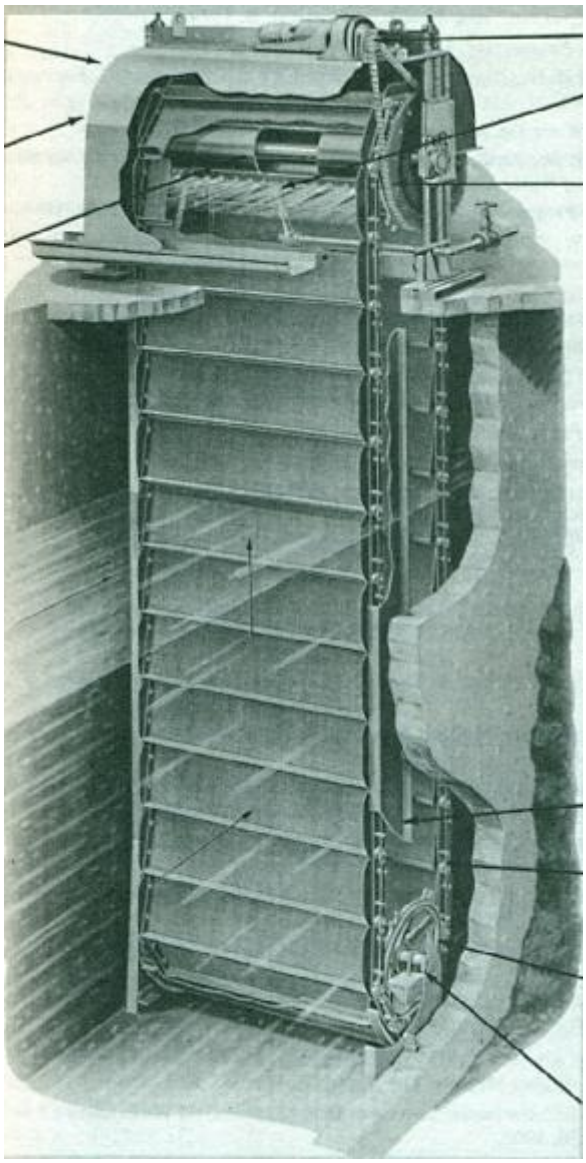
ب - المصافى ذات الشبك (Mesh Screens) أو مانعة الأعشاب الميكانيكية Mechanical weed screen

وتستخدم هذه المصافى فى حجز وإزالة الأعشاب والأجسام الصلبة الدقيقة والتى مرت من مانعات الأعشاب والمصافى الثابتة الواسعة وتجميعها للتخلص منها بعيدا عن مسار خط إنتاج وتنقية مياه الشرب، وتستخدم هذه المصافى فى حالات المياه التى لا تحتوى على أجسام كبيرة بل أجسام صغيرة وتركب رأسيا فى الماء، وتنظف آليا فى معظم الأحيان.

وتتكون هذه المصافى من مجموعة من الألواح أو السلاسل المصنعة من الشبك الصلب المجلفن أو الصلب الذى لا يصدأ داخل إطار من الصلب الذى لا يصدأ ومثبتة على سير مفصلى من الصلب. وهى أما تكون ذات حركة رأسية أو حركة دائرية وتكون الفتحات للشبك تتراوح بين ٣×٣ مم إلى ٥×٥ مم وقطر أسلاك الشبك تتراوح بين ٢ إلى ٢,٥ مم.

وتعتمد نظرية عمل مانعة الأعشاب الميكانيكية على تغير سرعة المانعة حسب حالة وحجم كمية العوالق الموجودة على الشبك؛ فعندما تكون كمية العوالق كبيرة يقوم النظام الآلى بتغيير السرعة إلى السرعة الأعلى مع تغيير ضغط طلمبة غسيل الشبك إلى الضغط الأعلى طبقا للنظام الآلى المعمول به فى هذا التصميم (Automatic Control) حيث يعتمد هذا التصميم على فرق الضغط بين التيار الذى يدخل المانعة والتيار الخارج من المانعة.

ويوضح الشكل رقم (٣-٨) أجزاء ومكونات المصافى أو مانعات الأعشاب الميكانيكية.



شكل رقم (٣-٨)
مانعة الأعشاب الميكانيكية

سحارة المأخذ

تحمل سحارة المأخذ (Intake Conduit) المياه العكرة من المأخذ إلى محطة الطلمبات العكرة التى ترفع المياه إلى محطة التنقية، وتتكون السحارة من ماسورة أو أكثر، أو قناة بقطاع يتناسب مع التصرف المطلوب للمياه وطول القناة.

وتكون السرعة عادة فى سحارة المأخذ بين ٤٠ – ١٠٠ سم/ ثانية، وفى حالة استخدام مواسير يفضل تركيبها بميول صغيرة فى اتجاه سريان المياه وذلك لمنع تجمع الهواء فى المواسير.

طلمبات رفع المياه العكرة

تنقسم أعمال محطة المياه إلى ثلاث مراحل رئيسية:

١. مرحلة الضغط المنخفض (فى معظم محطات المياه) وتشمل طلمبات رفع المياه العكرة.
٢. مرحلة التنقية وتشمل عمليات التنديف والترويب والترسيب والترشيح.
٣. مرحلة الضغط العالى وتشمل طلمبات المياه المرشحة.

تتكون طلمبات رفع المياه العكرة من مجموعة من الطلمبات محسوبة تصميميا لرفع المياه العكرة من المأخذ إلى بئر التوزيع. ولحساب عددها فإنه يتم تقسيم كمية المياه العكرة على التصرف القياسى للطلمبة إلى أقرب رقم زوجى لنحصل على تماثل فى عدد الطلمبات بالعنبر ثم يتم إضافة عدد (٢) طلمبة لحالات الصيانة والطوارئ والأعطال.

ويتم حساب تصرف كل طلمبة طبقًا لما يلى:

تصرف الطلمبة = كمية المياه العكرة التصميمية لمحطة التنقية/ عدد الطلمبات

أما الرفع الهيدروليكى للطلمبة فيتم حسابه كما يلى:

الرفع المانومترى للطلمبة = الرفع الإستاتيكى للسحب + رفع الطرد
+ مرة ونصف من قطر الخط

وتنقسم طلمبات المياه العكرة إلى مجموعة أقسام طبقا للسرعة النوعيـــة، وغالبا يتم اختيار الطلمبة من النوع ذو التصرف القطرى (Radial) إذا كانت السرعة النوعية من١٢ إلى ٣٥ سم/ ث، وعند السرعة النوعية من ٣٥ – ٨٠ تستخدم مروحة فرانسيس (Francis)، ومن ٨٠ – ١٦٠ تستخدم مروحة

ذات التدفق المختلط (Mixed flow)، أما فى حالة السرعات أكبر من ١٦٠ سم/ ث فيتم استخدام الطلمبات ذات المروحة المحورية (Axial flow).

يتم استخدام مبينات منسوب بيارة السحب وأجهزة الفصل التلقائى لمجموعات الطلمبات عند انخفاض المنسوب عن حد الخطر، كما تستخدم محابس السحب والطرد اليدوية والكهربية لعزل الطلمبات فى حالات الطوارئ والصيانة.

وتستخدم أجهزة قياس التصرف على الخطوط الرئيسية للتحكم فى سرعة المياه ومعدلات تحميل المروقات كما تساعد هذه الأجهزة فى التحكم فى ضبط جرعة وكميات الكيماويات المضافة من الشبة والكلور.

قياس كمية المياه العكرة

يجب أن يعرف المشغل مقدار تدفق المياه في جميع الأوقات، لأن حسابات المواد الكيميائية لها علاقة مباشرة بكمية تدفق المياه.

ويعتمد مشغل المحطة على عدد وسعة مضخات المياه الخام العاملة، في الحصول على كمية المياه اللازمة لمحطة تنقية المياه. ومع حدوث تآكل مروحة المضخة، وتلف السطح الداخلي لمواسير المياه، يحدث تغير فى كمية التدفق مع مرور الوقت. لذا يجب معايرة المضخات بمعدل مرة واحدة في السنة على الأقل وذلك باستخدام أحد خزانات الترسيب أو التنديف لتحديد الحجم الحقيقي للمياه العكرة الداخلة إلى المحطة.

مثال:

إذا كانت محطة رفع المياه العكرة تحتوى على ثلاث مضخات، ومضخة احتياطية أخرى، وجميعها لها نفس الحجم والمواصفات فإن خزان الترسيب وخزان التنديف يجب أن يتم تفريغهما حتى عمق ماء محدد على سبيل المثال ٢م تحت مستوى مخرج الماء عندها يجب إعادة التشغيل مرة أخرى.

ويجب أن يستمر الضخ حتى يصل مستوى سطح الماء إلى مستوى المخرج، عندها يمكن حساب معدل الضخ من خلال الارتفاع الذي تم إعادة ملئه، ومعرفة مساحة الخزان ومدة الضخ. ويجب تكرار هذا التمرين لكل مضخة، واستخدام أكثر من مضخة في التشغيل. وتعطى هذه المعايرة السهلة المشغل معرفة جيدة للجمع بين تشغيل المضخات، والذى يمكن من خلاله تحديد الجرعة المناسبة من المواد الكيميائية.

وفى حالة تركيب جهاز قياس التدفق على خط المواسير فإنه يجب العناية بصيانة ومعايرة الجهاز بصفة دورية، حيث أنه سهل التعرض للأعطال مع ضرورة الاهتمام باختيار مكان تركيب جهاز التدفق على خط المواسير بحيث لا يؤثر على دقة القراءات.

الفصل الرابع

الترويب والتنديف

الفصل الرابع

الترويب والتنديف

أهداف الأداء (التعلم):

بانتهاء التدريب على هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادراً على أن:

- يصنف أنواع ومصادر الجسيمات والشوائب الموجودة في المياه السطحية وأساليب إزالتها من المياه والمواد المستخدمة في ذلك.
- يشرح مصطلحي الترويب والتنديف وأهميتهما في تنقية المياه للشرب وعناصرهما والتحولات التي تتم خلالهما.
- يشرح عملية المزج السريع والقوى المؤثرة عليها.
- يذكر أنواع المروبات الابتدائية ومساعدات الترويب وأداء أمثلة من كل منها في عملية الترويب وكفاءته للترويب.
- يشرح كيمياء المروبات الأساسية والعوامل المؤثرة على أداء عملية الترويب والأجهزة المستخدمة لتحسين الخلط.
- يشرح الغرض الأساسي لعملية المزج السريع وثلاثة أساليب على الأقل لخلط المواد الكيماوية المروبة في تدفق المحطة.
- يشرح التنديف وتأثير زمن المكث في عملية التنديف ويقارن بين أحواض ومقصورات التنديف المختلفة وسبب فصل المقصورات.
- يشرح علاقة الترويب والتنديف بعمليات التنقية الأخرى وتأثيره على التطهير والتحكم في عمليات التنقية.
- يذكر خطوات التشغيل الأمثل لعملية الترويب والتنديف الفعلية في الظروف الطبيعية.
- يشرح أهمية اختبار الكأس ويذكر خطوات إجرائه وتقييم نتائجه

طبيعة الجسيمات والشوائب الموجودة فى الماء

الجسيمات، هى شوائب توجد في المياه من مصادر عديدة، مثل تلك التي تأتي نتيجة تآكل الأراضي، واختلاط بعض المعادن، وتحلل بعض المواد النباتية، وهناك شوائب أخرى تأتى من تلوث الهواء، النفايات الصناعية، والنفايات الحيوانية وغيرها. وهكذا تتلوث مصادر المياه السطحية بواسطة الإنسان والطبيعة، ويكون ذلك في صور متعددة من مواد ذائبة أو عالقة كالمواد العضوية (نباتية أو حيوانية) والمواد غير العضوية (المعدنية)، ومن الأشكال البيولوجية مثل البكتيريا والعوالق.

وتشمل هذه الجسيمات (التي تسمى عادة المواد الصلبة العالقة) مجال متسع من الأشكال والأحجام والتكوينات، ويمكن إزالة الجسيمات ذات الحجم الأكبر أما الجسيمات ذات الحجم أمثل الرمل والطمى من خلال إبطاء تدفق المياه للسماح بالترسيب بفعل الجاذبية الأرضية، وتسمي هذه الجسيمات عادة بالمواد الصلبة القابلة للترسيب. ويتم ترسيب الجسيمات الكبيرة حجما عند تخزين المياه السطحية لفترة كافية من الوقت في خزان أو بحيرة، أما الجسيمات الأصغر حجما مثل البكتيريا والطين الخفيف والطمى، فهي لا تترسب بسهولة وتتطلب معالجة خاصة لتكوين جسيمات أكبر حجما تكون قابلة للترسب. وغالبا ما تسمى هذه الجسيمات الأصغر حجما باسم المواد الصلبة غير القابلة للترسب (Non-Settleable) أو الغرويات (Colloidal) ويتم إزالة هذه المواد بإستخدام المواد الكيميائية وهو ما يعرف بعملية الترويب والتنديف، ويوضح الشكل رقم (٤-١) مراحل عملية تنقية المياه في إحدى محطات التنقية التقليدية وموقع مرحلة الترويب والتنديف بالمحطة.

خصائص الجسيمات العالقة

يمكن تصنيف خصائص الجسيمات العالقة في الماء الخام إلى ثلاثة أنواع:

١. المواد الغروية غير العضوية مثل الرمل والمعادن.
٢. المادة الغروية العضوية الميتة أو الحية.
٣. المواد الغروية الحيوية وتشمل الطحالب، والفيروسات والبكتريا.

عملية تنقية المياه

المصافي: تتم فيها إزالة الأوراق والقش والأسماك وأي أجسام كبيرة.

كلور مبدئي: يقوم بقتل معظم الكائنات الحية التي تسبب الأمراض ويساعد على التحكم في المواد التي تسبب الطعم والرائحة.

مواد كيماوية: تسبب تجمع الأجسام الدقيقة مع بعضها مكونة أجسام أكبر.

مزج سريع: خلط ومزج المياه العكرة المحتوية على جسيمات صغيرة لا تترسب أو تترشح بالمواد الكيماوية.

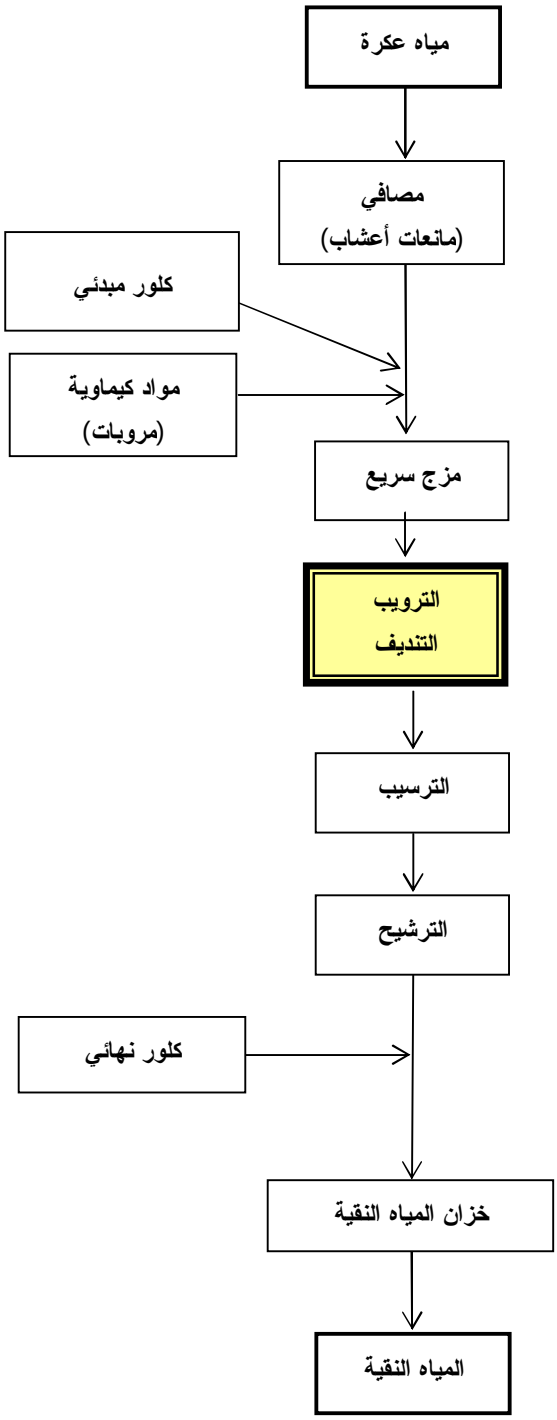
الترويب/ التنديف: تجميع الجسيمات الدقيقة والخفيفة مع بعضها لتكوين جسيمات أكبر (ندف) تساعد على الترسيب والترشيح.

الترسيب: ترسيب المواد العالقة الأكبر حجما والأثقل وزناً.

الترشيح: حجز وترشيح أي مواد عالقة متبقية.

كلور نهائي: يقتل كل الميكروبات والكائنات المسببة للأمراض ويتبقى كمية منه فى الماء لتطهير شبكة التوزيع وتسمى بالكلور المتبقي.

خزان المياه المرشحة: يسمح بزمن للتلامس مع الكلور للتطهير ويخزن المياه لأوقات الذروة.



شكل رقم (٤ - ١)

مراحل عملية تنقية المياه

ولا تُحدد المواد الغروية بأى مجموعة من المواد ولكن تعرف وتحدد بواسطة الحجم والشحنة الكهربية التى يحملها سطحها الخارجى سواء موجبة أو سالبة.

كما يمكن تقسيمها من حيث الحجم الي:
١. متناهية فى الصغر وحجمها ١/١٠٠٠ من الميكرون.
٢. متوسطة الحجم بقدر ١ ميكرون.
٣. كبيرة الحجم بقدر ١٠ ميكرون.

كما يمكن تقسيم الغرويات أيضًا من ناحية تآلفها مع المياه إلى قسمين:
١. كارهة للمياه مثل المواد اللاعضوية كالطين.
٢. محبة للمياه مثل المواد الغير عضوية كالبروتينات وغيرها.

عملية الترويب والتنديف

الغرض من عملية الترويب والتنديف هو تسهيل عملية إزالة الجسيمات والشوائب والعكارة من المياه العكرة، وخصوصا المواد الصلبة غير القابلة للترسيب (Non-Settleable) حيث تتم إزالتها من المياه عن طريق استخدام المواد الكيميائية المناسبة لذلك.

وفى عملية الترويب، يتم إضافة مواد كيميائية للمياه العكرة لتتفاعل معها مكونة ندف جيلاتينية (Flocs) هلامية القوام وذات شحنة كهربية موجبة لتجذب إليها جسيمات العكارة بطيئة الترسيب أو غير قابلة للترسيب ذات الشحنة السالبة وتلتصق بها ثم تتجمع هذه الجزيئات معا لتشكل جزيئات وندف أكبر حجمًا وأثقل وزنًا وتكون أسهل فى الترسيب والترشيح.

أسئلة للمراجعة

ما هو الغرض من عملية الترويب والتنديف؟
ماذا يحدث في عمليات الترويب والتنديف؟

الحاجة لاستخدام المواد المروبة

معظم الجسيمات غير المرغوبة والمطلوب إزالتها من المياه سالبة الشحنة فبالتالى يجب أن تكون المروبات المستعملة فى معالجة المياه ذات شحنة موجبة، فالشحنات الموجبة تعادل الشحنات السالبة وتعجل الترويب، وتحتوى بعض المروبات على أيونات ذات شحنات موجبة أكثر من البعض الآخر فنجد أن تلك المشتملة على أيونات ثلاثية التكافؤ مثل الألومونيوم والحديد (Al+++ , Fe +++) أشد فعالية بمقدار يتراوح من ٧٠٠ – ١٠٠٠ مرة (كمروبات) من الأيونات الأحادية التكافؤ مثل الصوديوم (Na+) وأشد فعالية بمقدار ٥٠-٦٠ مرة من الأيونات ثنائية التكافؤ مثل الكالسيوم (Ca++).

المروبات

عادة يتم الإشارة إلى كيماويات الترويب إما بالمروبات الأولية أو مساعدات الترويب، حيث تساعد المروبات الأولية على تعادل الشحنات الكهربائية للجزيئات لتساعد في البدء فى تجمع الندف بطيئة الترسيب معا بحيث لا تتكسر الندف في العمليات التالية. وفي ضوء هذا التعريف يمكن أن نسمى المروبات بمساعدات التنديف.

ونظرًا لأنه لا توجد معايير عالمية لاختيار المروبات، فإنه يجب على المشغل العناية فى اختيار تلك المنتجات والتي يجب أن يتم الموافقة عليها من خلال الدولة والجهات المنظمة لذلك مع تحديد صلاحيتها فى الاستخدام في أعمال معالجة مياه الشرب، ويتوفر لدي العديد من موردي المواد الكيميائية خبرة كبيرة في التعامل مع الأنواع المختلفة للمياه والتوصية بأفضل المواد المروبة التى يمكن استخدامها.

ويشمل الجدول رقم (٤-١) على الأنواع الشائعة للمروبات الابتدائية ومساعدات الترويب.

ويتم استخدام الأملاح المعدنية الصناعية مثل كبريتات الالومنيوم (الشبة) $[AL_2(SO_4)_3]$، كبريتات الحديديك، كبريتات الحديدوز أو البوليمرات

الكاتيونية كمواد للترويب لأنها فعالة، وقليلة في التكلفة نسبيا، وهي متاحة وسهلة التداول والتخزين، والاستخدام.

فعند إضافة أملاح معدنية مثل كبريتات الحديد أو الألومنيوم للمياه، تحدث سلسلة من التفاعلات مع الماء ومع أيونات أخرى موجودة فى الماء، مما يوجب إضافة كميات كافية من المواد الكيميائية إلى المياه لتجاوز حد ذوبان هيدروكسيد المعدن، مما يؤدى إلى تشكيل الندف، حيث تقوم الندف المتشكلة بإمتزاز الجسيمات (العكارة) من الماء.

جدول رقم (٤-١)
المروبات الإبتدائية ومساعدات الترويب

اسم المادة	مروبات إبتدائية مروب انتدائى	مساعدات ترويب
كبريتات الألومنيوم	X	
سلفات الحديدوز	X	
ثنائى سلفات	X	
كلوريد الحديديك	X	
البوليمر الكاتيوني	X	X
هيدروكسيد الكالسيوم	X	X
أكسيد الكالسيوم	X	X
الومينات الصوديوم	X	X
البنتونيت		X
كربونات الكالسيوم		X
سيليكات الصوديوم		X
أنيونات بوليمرية		X
أيونات غير بوليمرية		X

وتتكون البوليمرات الكاتيونية الصناعية المستخدمة في معالجة المياه من سلسلة طويلة من وحدات "أحادية".. ويمكن أن يكون لسلسلة البوليمر تركيب متفرع أو خطي، ويتراوح طولها من جزء من ميكرون (الميكرون = ٠,٠٠١ ملليمتر) لتصل الى ١٠ ميكرون. ويختلف العدد الإجمالي

للمونومرات في البوليمرات الصناعية ويكون متنوعا لإنتاج مواد ذات أوزان جزيئية مختلفة، والتي تصل من حوالي ١٠٠ إلى ١٠,٠٠٠,٠٠٠.

وتعتبر الشبة من أكثر المواد الكيميائية المستخدمة فى الترويب وتستخدم معها بعض الأملاح المعدنية كمساعدات للترويب، كما يمكن استخدام البـــوليمرات الموجبة في مجال معالجة المياه كمروبات ابتدائية (بدلاً من الشبة أو الأملاح المعدنية).

مميزات وعيوب الأنواع المختلفة من المروبات

توجد عدة أنواع من المروبات التى يمكن استخدامها ومن أهمها ما يلى:

١. الشبة (كبريتات الألومنيوم).
٢. أيدروكسيد الكالسيوم (الجير).
٣. كلوريد الحديدوز.
٤. كبريتات الألومنيوم الصوديوم.
٥. كبريتات الحديديك.
٦. كلوريد الحديديك.

وتستخدم كبريتات الألومونيوم على نطاق واسع فى جمهورية مصر العربية.

الشبة (كبريتات الألومنيوم)

يمكن إيجاز كلاً من مميزات وعيوب الشبة كمادة مروبة فيما يلى:

المميزات

١. تعمل فى حدود الأس الهيدروجينى لمياه النيل من (٦ – ٧,٨).
٢. رخيصة السعر ومتوفرة بالأسواق المصرية.
٣. سهلة الإذابة خلال الخلاط السريع (Flash Mix) والمزج البطيء (Gentle Mixing).
٤. ليس لها آثار جانبية على مياه الشرب صحيًا باستخدام الجرعات المناسبة.
٥. لا تتأثر بارتفاع أو إنخفاض درجة حرارة المياه العكرة.
٦. لا تتأثر بزيادة العدد الطحلبى.
٧. تعمل بكفاءة عالية خلال فترة السدة الشتوية والسيول.
٨. التخلص من أيونات الكبريت التى تتواجد بكثرة فى مياه النيل.

العيوب

١. الطلمبات اللازمة لرفع الشبة إلى أحواض الترويب والتنديف غالية الثمن وصيانتها مكلفة.
٢. الشبة الصلبة تسبب مشاكل فى الطلمبات.
٣. تحتاج الطلمبات إلى غسيل مستمر للزوجة العالية للشبة.
٤. تحتاج إلى تقليب مستمر لحوض التركيز الموجود بالخدمة أثناء التشغيل.
٥. غبار الشبة ضار جدا بالصحة أثناء التركيز.
٦. اهتزاز خطوط الشبة أثناء التشغيل مما يؤدى إلى كسرها.
٧. تحتاج العنابر الخاصة بالشبة إلى تجهيزات خاصة بالسلامة والصحة المهنية.

الجـــيـــر (أيدروكسيد الكالسيوم)

يمكن إيجاز مميزات وعيوب استخدام الجير كمادة مروبة فيما يلى:

المميزات

١. غير مكلف ورخيص فى السعر.
٢. متوفر بالأسواق المصرية.
٣. قلة مساحة عنبر الجير مقارنة بعنابر الشبة.

العيوب

١. يستخدم فى المحطات الصغيرة لصعوبة تركيزه.
٢. استخدام خزانات تحليل إضافية لإتمام عملية التركيز.
٣. قلة خبرة القائمين على تحديد الجرعة.
٤. انبعاث درجة حرارة عالية تؤثر على كفاءة الترسيب.
٥. زيادة الهالك من المادة الخام أثناء التركيز.

كبريتات الأمونيوم (النالكو)

يمكن إيجاز مميزات وعيوب كبريتات الأمونيوم كمادة مروبة فيما يلى:

المميزات

١. كفاءة عالية فى الترويب والتنديف والترسيب.
٢. لا يوجد بها هالك أثناء التركيز.

٣. قلة الجرعة المعملية مقارنة بالشبة.
٤. تعمل فى الظروف المختلفة مثل درجة الحرارة وكمية العكارة والعدد الطحلبى.
٥. لها خاصية امتصاص الغازات.
٦. الطلمبات اللازمة لضخها ليست مكلفة.
٧. ثبات وعدم اهتزاز خطوط الطرد يؤدى الى الحفاظ عليها والإستمرارية فى التشغيل.

العيوب

١. غالية السعر بدرجة عالية مما يؤدى إلى زيادة تكلفة تنقية المتر المكعب.
٢. تحتاج إلى مبادل أيونى لزوم الإذابة.
٣. تتأثر عملية الترويب بارتفاع درجة الحرارة.
٤. ذات كفاءة محدودة فى حالة السيول والسدة الشتوية وزيادة كمية الطحالب حيث تحتاج إلى مروبات أخرى مساعدة.

المروبات من مركبات الحديد

يمكن إيجاز مميزات وعيوب مركبات الحديد المختلفة كمادة مروبة فيما يلى:

المميزات

١. رخص الثمن.
٢. المعدات الخاصة بها ليست غالية.
٣. متوفرة بالسوق المحلى المصرى.
٤. لا تتأثر بارتفاع درجة الحرارة.

العيوب

١. تعمل فى نطاق ضيق (المحطات الصغيرة فقط).
٢. تعمل على درجة pH تميل كثيرا إلى الحامضية وهذا على عكس مواصفات مياه نهر النيل.
٣. ذات كفاءة محدودة فى ترسيب العوالق العضوية ذات حجم أقل من (١) ميكرون.

استخدام الشبة فى أعمال الترويب

من المواد الشائعة المستخدمة فى عملية الترويب هى كبريتات الألومونيوم واسمها الدارج الشبة $Al_2 (SO_4)_3$ وعند ذوبان هذا المروب وتأينه فى الماء فإنه يكون الأيونات ثلاثية التكافؤ للألومونيوم Al^{+++} وتتراوح نطاق الجرعة من (١٥-١٠٠) مللجم/ لتر.

ونظرًا لأن الشبة هى الأكثر استعمالاً لتعجيل حدوث الترسيب الطبيعى عن طريق الترويب/ التنديف، لذلك فإنه من المهم تفهم الكيفية التى تعمل بها عملية الترسيب للمساعدة على إزالة البكتريا الممرضة والجسيمات الأخرى التى تسبب العكارة والطعم والرائحة' ويساعد تقليل الرقم الهيدروجينى للمياه (pH) على تهيئة الوسط للشحنة الموجبة وهو الوسط المناسب للتفاعل مع الجزيئات والغرويات السالبة الشحنة مكوناً ندف غير ذائبة تعمل على إزالة الشوائب من المياه.

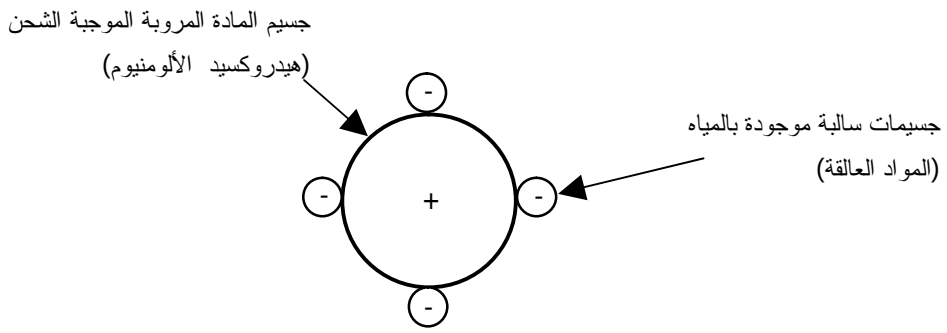
ويعتبر مدى الرقم الهيدروجينى للمياه العكرة من (٥,٥-٧,٥) مدى مناسب لعملية الترويب وتعطى الشبة أفضل نتائج فى هذا المدى حيث أن المادة المروبة تتفاعل مع جزء من القلوية فى الماء، والقلوية المتبقية بعد التفاعل والموجودة فى المياه تعمل كمنظم (Buffer) تمنع الرقم الهيدروجينى للمياه من التغير وبالتالى تساعد على الترسيب الكامل للمادة المروبة ويمكن تمثيل معادلة التفاعل كالآتى:

كبريتات الألومونيوم (الشبة) + القلوية (بيكربونات الكالسيوم) ⟵
هيدروكسيد الألومونيوم (الندف) + كبريتات الكالسيوم + ثانى أكسيد الكربون

وفى حالة عدم وجود القلوية فى المياه يضاف إليها الصودا الكاوية أو الجير المطفأ $Ca(OH)_2$ وتكون المعادلة كالتالي:

كبريتات الألومونيوم + الجير ($Ca(OH)_2$) ⟵
هيدروكسيد الألومونيوم (الندف) + كبريتات الكالسيوم

ويحمل هيدروكسيد الألومونيوم المتكون شحنة كهربائية موجبة، وبالتالى يحدث تجاذب بينه وبين المواد العالقة والغرويات الدقيقة والبكتريا والمواد الغروية والتى تحمل شحنة سالبة، فيحدث تعادل كهربائى، وتلتصق ببعضها مكونة حبيبات أكبر تسمى ندف هلامية (جيلاتينية) (Flocs)، والتى تزداد حجماً وثقلاً أثناء تجولها فى الماء نتيجة تماسك الندف الدقيقة مع بعضها، مكونة ندفا أكبر وأثقل، قابلة للترسيب بسرعة أكبر، وتسمى هذه العملية بالتنديف (Flocculation) ويوضح الشكل رقم (٤-٢) طريقة تكون الندف.



شكل رقم (٤-٢)
طريقة تكون الندف

المزج السريع

تسمى عملية خلط المروبات الكيميائية والمياه الخام بالمزج السريع، والغرض الأساسي من عملية المزج السريع هو مزج الكيمياويات بسرعة وتوزيعها بالتساوى في المياه. وتحدث هذه العملية في وقت قصير جدًا (عدة ثوان)، والنتائج الأولية لعملية الترويب تشكيل جزيئات صغيرة جدًا، ويستخدم القلاب السريع Rapid (Flash) Mixer فى الخلط السريع والتوزيع المتساوى للكيماويات الغير سائلة (Flocculants) فى المياه العكرة والذى يتم فى وقت قصير جدًا لا يتعدى عدة ثوانى.

ويتكون القلاب السريع من مجموعة محرك كهربائى وصندوق تروس وعمود من الصلب المقاوم للصدأ ورفاص ذى ريش مسطحة مصنع من الزهر المرن أو من الصلب الذى لا يصدأ.

ويتم التقليب السريع عادة فى حوض يوفر فترة مكث تتراوح من ٣٠ إلى ٦٠ ثانية.

ويجهز حوض التقليب بقلاب ميكانيكى سريع يتكون عادة من رفاص ذى ريش مسطحة (Flat Bladed Propeller) يوفر تدرج سرعة (Gradient velocity) ما بين ٣٠٠ إلى ٧٠٠ فى الثانية، وتتراوح سرعة دوران القلاب ما بين ٦٠ إلى ١٢٠ لفة/ دقيقة، ويتراوح قطر الرفاص ما بين ⅓ : ½ قطر الحوض ويصل عمق الرفاص إلى ²/₃ عمق الحوض.

وبمراجعة رقم رينولد للتحقق من التدفق المضطرب (Turbulent Flow)

$$R_n = \frac{\rho v d}{\mu}$$

حيث:

R_n	= رقم رينولدز
$\boldsymbol{\rho}$	= الكثافة
$\boldsymbol{\mu}$	= اللزوجة
n (Rev./sec.)	= سرعة الدوران للرفاص
d	= قطر الحوض

ويتم تحديد القدرة النظرية المطلوبة للقلاب

$P = k\boldsymbol{\rho} n^3 d^5$ where k = 1

ويمكن حساب قيمة التدرج فى السرعة من المعادلات التالية:

$G = (P/\boldsymbol{\mu} v)^{½}$

$$G = \left(\frac{KW * 10}{\mu V}\right)$$

P = Theoretical Power in J/sec.(w) القدرة النظرية

KW = Energy input, kw

V = Tank volume (m^3) حجم الخزان

$\boldsymbol{\mu}$ = absolute viscosity, centipoise, cp

G = Vel.- Gradient, sec^{-1} معامل تدرج السرعة

ولتحديد قدرة القلاب السريع فإنه يجب أن يتم ضبط معامل تدرج السرعة (G) فى حدود من ٥٠٠: ١٠٠٠ طبقاً لمواصفات (AWWA) وذلك لزمن خلط قدره ١,٠ ثانية فى حالة ضخ المادة المروبة للحوض من خلال الفوهات (Orifices).

وتعتبر المعادلة رقم (١) هى المعادلة الأساسية لحساب القدرة المطلوبة للقلاب (Flash mixer).

عملية الترويب

الترويب هو العملية التالية لعملية المزج السريع والغرض منها تجميع جزيئات العكارة الصغيرة لتكوين جزيئات ذات حجم أكبر ووزن أثقل يسهل التخلص منها بعد ذلك بالترسيب والترشيح وتتم هذه العملية بالتقليب البطىء حيث يسهل التلامس بين الجزيئات الصغيرة حيث تجتمع وتلتصق ببعضها مكونة هذه الندف (Flocs).

يتم التقليب داخل أحواض الترويب إما ميكانيكيًا بواسطة قلابات أفقية أو رأسية وإما هيدروليكيًا بالمرور فى قنوات متعارضة (Baffled channel).

يصل زمن المكث داخل أحواض الترويب أو خلال المرور بالقنوات ذات الحوائط الحائلة حوالى ٢٠ – ٣٠ دقيقة فى حالة الترشيح المباشر (Direct Filtration) ومن ٢٠ إلى ٤٠ دقيقة فى حالة استخدام نظم الترسيب والترشيح التقليدية.

القلابات الميكانيكية إما أفقية أو تستعمل فى حالات استخدام عمليات الترسيب والترشيح البطيئة نسبيًا حيث تحتاج إلى إزالة أكبر نسبة من المواد الصلبة فى أحواض الترسيب وأما الرأسية (القلابات الرأسية) فتستعمل فى حالات استخدام معدلات الترشيح العالية حيث يسمح بمرور الندف وتخللها داخل الوسط الوسط الترشيحى.

وتتكون القلابات الميكانيكية من محرك كهربائى وصندوق تروس (Reducing) gear box) ومتغير السرعات (Variable reducing gear box) يعمل على تشغيل مجموعة بدالات خشبية تتراوح سرعتها الدورانية بين ٠,١ إلى ٠,٦ لفة/دقيقة.

وعادة تكون أحواض الترويب للقلابات الأفقية مستطيلة وتكون فى حالة القلابات الرأسية مربعة أو دائرية.

مكونات عملية الترويب

١. أحواض الترويب

يمكن أن تكون أحواض الترويب مربعة أو مستطيلة أو دائرية، وعادة يتم إنشاؤها من الخرسانة المسلحة المعزولة بالداخل من الصوف الزجاجى والإيبوكسى، ويختلف حجم الأحواض وعددها حسب الطاقة التصميمية لمحطة التنقية.

٢. القلابات الميكانيكية الأفقية (ترويب بطىء).
٣. القلابات الميكانيكية الرأسية (ترويب سريع).
٤. صندوق تروس مخفض ومغير للسرعة.

مشاكل التشغيل

يمكن إيجاز بعض مشاكل التشغيل لعملية الترويب فيما يلى:

١. اختلاف سرعة المياه.
٢. التحميل الزائد.
٣. أعطال فى القلابات الميكانيكية (رولمان البلى – صندوق التروس).
٤. كسر فى البدالات.
٥. سدد فى القنوات المتعارضة.
٦. اختلاف زمن المكث.

وتؤثر العوامل السابقة تأثيرًا مباشرًا فى عملية الترويب وبالتالى تؤثر على مدى كفاءة المراحل التالية وهى الترسيب والترشيح.

طرق خلط المروبات

في محطات تنقية المياه الحديثة يتم حقن المواد المروبة المستخدمة في الترويب في المياه في زمن قصير جدًا في حدود عدة ثوان، حيث أن عملية التفاعل المطلوبة لا تحتاج إلى وقت كبير، ومن أجل حدوث ترويب وتنديف كامل فإنه يجب أن يتلامس المروب مع الجسيمات العالقة. ويمكن تحقيق ذلك بواسطة المزج السريع كما يمكن تحقيق الخلط بصورة مرضية بواسطة عدد من الأنواع المختلفة من أجهزة الخلط، وفيما يلى أكثر الطرق شيوعا فى عمليات الخلط:

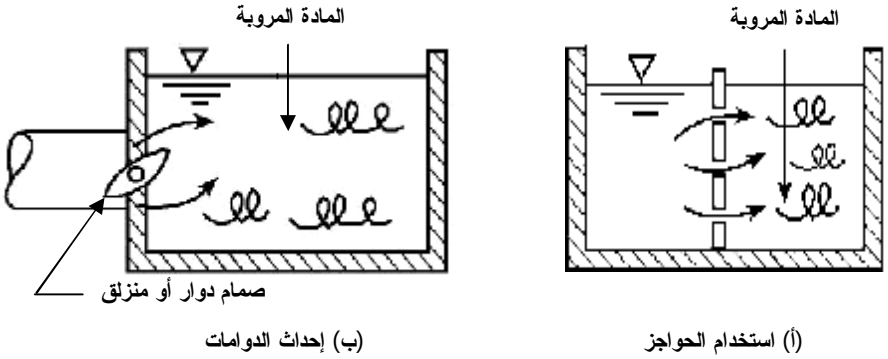
١. خلط هيدروليكي (تقليب هيدروليكي)
٢. خلط ميكانيكى (تقليب ميكانيكى)
٣. حقن بالناشرات والطلمبات
٤. حقن بالضخ المباشر للمادة الكيماوية

الخلط الهيدروليكي (التقليب الهيدروليكي)

يتم الخلط الهيدروليكي بإحدى الطريقتين التاليتين:

١. استخدام الحواجز وصمامات الخنق في حالة ما إذا كانت سرعة المياه كافية لعمل دوامات واضطرابات لإتمام عملية الخلط.
٢. استخدام طاقة تدفق المياه في المحطة في حالة ما إذا كانت سرعة المياه غير كافية لخلق دوامات تساعد في عملية الخلط وذلك بجعل المياه تتدفق من هدارات لخلق دوامات، ويقوم الاضطراب الحادث في المياه المتدفقة بخلط المادة الكيميائية مع الماء (كما في المروق النابض).

ويوضح الشكل (٤-٢) استخدام الحواجز أو الصمام الدوار في عملية الخلـــط الهيدروليكي (الدوامات).



شكل رقم (٤-٢)
الخلط الهيدروليكى

الخلاطات الميكانيكية (القلابات الميكانيكية)

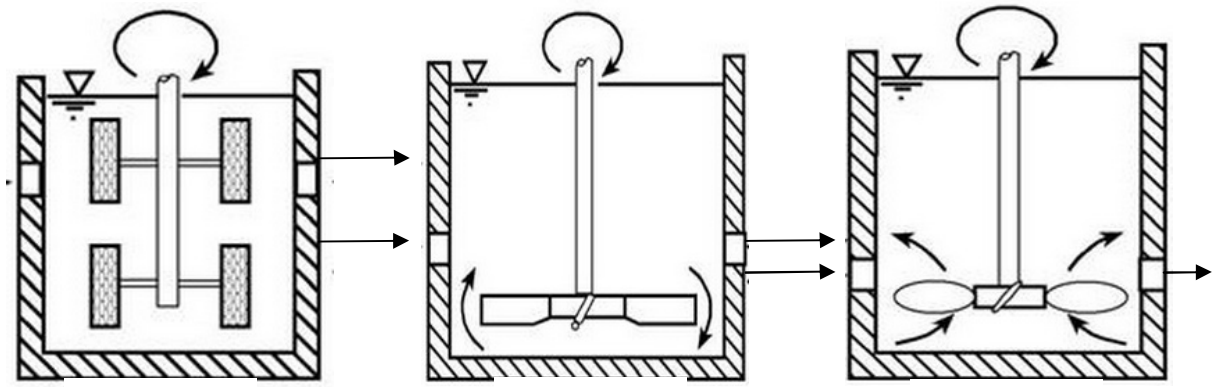
كثيرًا ما تستخدم الخلاطات الميكانيكية، التوربينات، والمراوح في وحدات الترويب. وتستهلك الخلاطات الميكانيكية قدراً أكبر من الطاقة الكهربائية لخلط المروبات مع المياه التى تتم معالجتها، ويوضح الشكل رقم (٤-٣) الخلاطات الميكانيكية المستخدمة في أحواض المزج.

الناشرات

تتكون نظم الناشرات والشبكات من أنابيب مثقوبة أو فوانى تستخدم لتوزيع المروب في المياه، ويمكن لهذه النظم أن توفر توزيع المروب بانتظام على حوض الترويب بأكمله، ومع ذلك فهي حساسة للتغيرات فى التدفق بوجه عام وربما تتطلب تعديلات متكررة لإنتاج كمية مناسبة من الخلط، ويوضح الشكل رقم (٤-٤) الناشرات التي تستخدم في توزيع المروب داخل حوض المزج.

المضخات

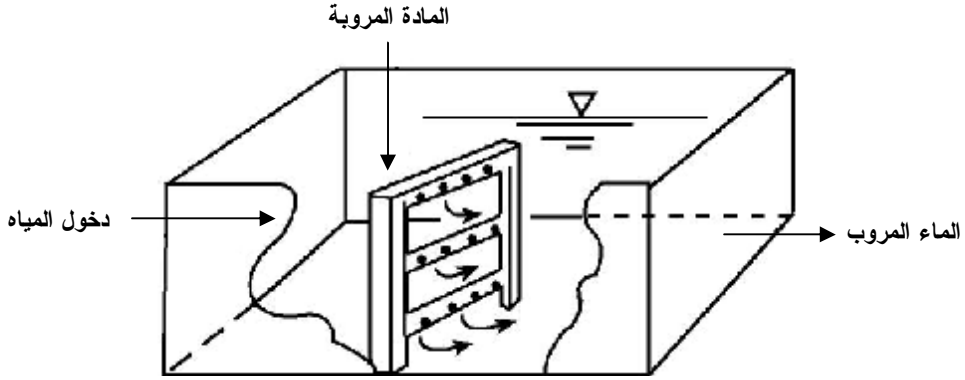
يمكن استخدام طريقة ضخ المحلول بالطلمبات في وحدات الترويب، وفي هذا النظام يتم ضخ المروب مباشرة إلى الماء من خلال ماسورة تنتهى بناشرة ويوفر هذا النظام الإنتشار السريع للمادة المروبة ولايتسبب فى فقدان كبير للضغط. ويتميز بأن استهلاكه للطاقة أقل نسبيا مقارنة بالطاقة المستهلكة فى تشغيل الخلاط الميكانيكى، ويوضح الشكل (٤-٥) عملية الخلط باستخدام المضخات.



شكل رقم (٤ - ٣)

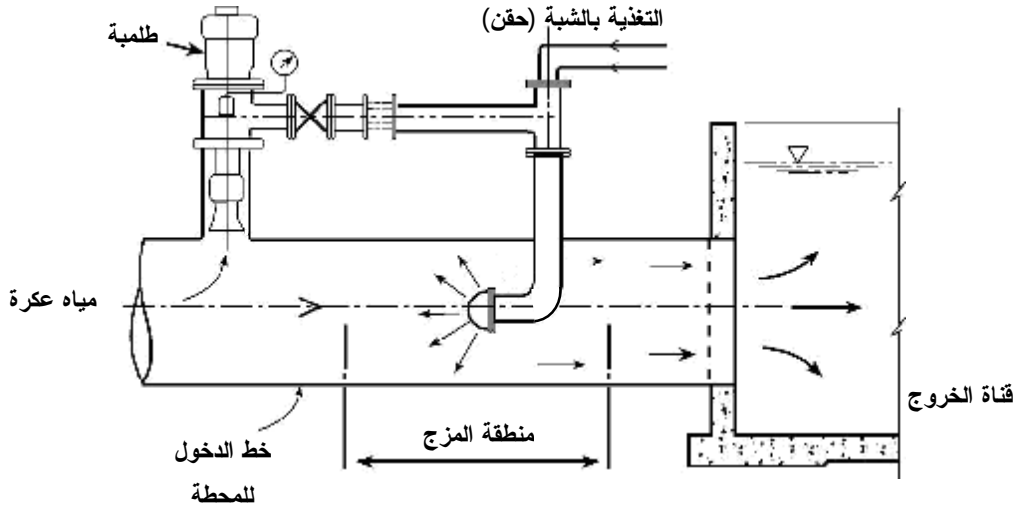
الخلاطات الميكانيكية التي تركب في أحواض المزج

وفى هذا النوع من الخلط بالطلمبات يتم ضخ المحلول المكون من المياه العكرة والمادة المروبة من خلال استخدام الفوهة (Jet orifice) فى عكس اتجاه المياه العكرة حتى يحدث خلط المادة المروبة سريعا بالمياه العكرة.



شكل رقم (٤ - ٤)

النـــاشـــــرات



شكل رقم (٤ - ٥)

الخلط بالضخ بالطلمبات

Source: Water Treatment Plant Design, AWWA, ASCE, Fourth Edition 2005

أحواض الترويب

يمكن إتمام خلط المادة المروبة بصورة جيدة في حوض خاص مستطيل الشكل بواسطة أجهزة الخلط، كما يمكن أن يتم الخلط في المجرى المائى أو مواسير دخول المياه لحوض التنديف إذا كانت سرعة تدفق المياه عالية بما يكفي لإحداث الدوامات اللازمة،, ويحدد شكل الحوض ضمن أسلوب تصميم نظام المزج السريع.

أسس تصميم أحواض الترويب طبقًا للكود المصرى

مدة المكث	٢ : ٤ دقيقة
عمق المياه بالحوض	٢ : ٣ متر
السرعة بين الحوائط الحائلة	فى حدود ٠,٣ م / ث
المسافة بين الحوائط	٠,٧٥ : ١,٥٠ متر
السرعة المحيطية فى حالة التقليب الميكانيكى	فى حدود ٠,٣ م / ث
يحتوى الحوض ذو التقليب الميكانيكى على ثلاثة صفوف من القلابات حيث تكون المساحة الصافية للصف الأول ٣٥% من المساحة المائية و ٢٥% للصف الثانى من المساحة المائية و ١٥% للصف الثالث من المساحة المائية	

التنديف (Flocculation)

التنديف هو عملية تقليب بطيئة تسبب تجمع الجزيئات الصغيرة المروبة معا لتكون جسيمات أكبر حجما قابلة للترسيب، وتوفر عملية التنديف التلامس بين الجسيمات لتعزيز تجمعها معا في ندف يسهل إزالتها بالترسيب والترشيح. وبشكل عام، فإن التلامس والإلتصاق بين الجسيمات يحدث نتيجة للتقليب الخفيف الذي يتم بواسطة الأسلوب الميكانيكى أو الهيدروليكى فى الخلط.

تشكيل الندف

يتم التحكم فى تشكيل الندف بواسطة معدل حدوث الاصطدام بين الجسيمات وفعالية هذه الاصطدامات في تعزيز التلاحم بين الجسيمات، والغرض من التنديف هو خلق ندف ذات خواص جيدة في الحجم، الكثافة والمتانة ليسهل إزالتها فيما بعد في عمليات الترسيب والترشيح. ويتراوح أفضل حجم للندف بين ٠,١ ملم إلى حوالي ٣ ملم، ويتوقف هذا الحجم على نوع عملية الإزالة المستخدمة (الترشيح التقليدي أو الترشيح المباشر).

كفاءة عملية التنديف

تعتمد كفاءة عملية التنديف على عدة عوامل أهمها:

- اختيار الفترة الزمنية المناسبة للتقليب (مدة المكث).
- قوة التقليب السليمة.
- الشكل الصحيح لحوض الخلط الذى يحقق انتظام الخلط.
- وسائل التقليب من المعدات الميكانيكية أو غيرها.

وينتج عن عدم كفاية الخلط إلى تلامس غير فعال للجسيمات مما يؤدي إلى ضعف تشكيل الندف. أما الخلط الزائد عن الحد فيتسبب بتفكك الجسيمات المتجمعة (الندف) بعد أن تكون قد تجمعت معا.

زمن المكث

لا تعتبر فترة المكث عادةً عاملا حاسما في الترويب أو المزج السريع إذا توزعت المواد الكيميائية المروبة جيدا واختلطت في الماء فيما ما لا يقل عن عدة ثواني، ولكن .f زمن المكث مطلوب لتتم التفاعلات الكيميائية الضرورية ولقد تمكن بعض المشغلين من تقليل جرعات المروب عن طريق زيادة مقدار زمن المكث بين مكان إضافة المروب وأحواض التنديف،)ومع ذلك ففي

عملية التنديف يكون زمن المكث مهم جدا، ويتراوح الحد الأدنى الموصى به لزمن المكث فى التنديف من حوالي ٥ إلى ٢٠ دقيقة (عند درجة حرارة ٢٠° م) وذلك عند استخدام أنظمة الترشيح المباشر، وتصل الى ٣٠ دقيقة لنظم الترشيح التقليدية (ويؤثر حجم وشكل حوض التنديف أيضا على زمن المكث اللازم للتكوين الأمثل للندف).

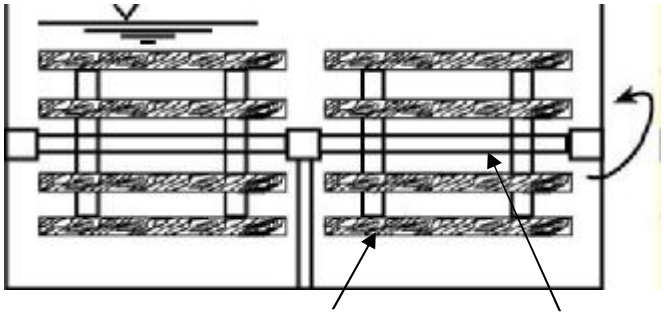
أنواع خلاطات (قلابات) التنديف

يتم عادة استخدام نوعين من قلابات التنديف الميكانيكية، قلابات التنديف ذات البدالات الدائرية الأفقية، وقلابات التنديف الرأسية، وتتميز قلابات التنديف الرأسية بقلة احتياجها للصيانة نظراً لعدم وجود كراسى تحميل مغمورة بالحوض.. ويمكن أن تكون قلابات التنديف الرأسية ذات مروحة، بدال أو توربينات. ويوضح الشكل (٤-٦) أحد أنواع قلابات حوض التنديف.

ويمكن أيضا تحقيق بعض التنديف بواسطة الدوامات الناجمة عن خشونة في القنوات أو الخطوط، أو عن طريق الطاقة المتبددة نتيجة فقدان الضغط المرتبط بالهدارات، والحواجز (Baffles)، والفوهات (Orifice). "عموما، فإن هذه الأساليب محدودة الاستخدام بسبب العيوب الموجودة بها مثل نطاق التوزيع الضيق جدا للدوامات، وعدم كفاية وقت المكث، والتغير الكبير فى الدوامات الناجم عن تقلبات وتغيرات التدفق.

أحواض التنديف

يتم تحديد الشكل الفعلي لحوض التنديف جزئيا بواسطة طريقة التنديف التى يتم اختيارها، وبالتوافق مع أحواض الترسيب. وعادة تكون أحواض التنديف ذات القلابات الأفقية مستطيلة الشكل، في حين أن أحواض التنديف ذات القلابات الرأسية تكون مربعة تقريبا. ويكون عمق أحواض التنديف عادة هو نفس عمق أحواض الترسيب.



شكل رقم (٤ - ٦)

قلاب حوض التنديف

وعادة ما يتحقق أفضل مستوى للتنديف في الأحواض المقسمة [2](غالبا ثلاثة أقسام) ويفصل كل قسم بواسطة حاجز غير كامل لمنع حدوث اختصار في مسار. الماء المعالج، ويتم تخفيض الدوامات تدريجيا عن طريق الحد من سرعة الخلاطات الموجودة في كل خزان لاحق أو عن طريق تقليل المساحات السطحية للبدالات، ويسمى هذا بالخلط بالطاقة المتناقصة والسبب في الحد من سرعة القلابات هو منع تفكك الندف والجزيئات الكبيرة التي تشكلت بالفعل، فإذا كانت جزيئات الندف تتفتت فمعنى هذا أنه لم يتحقق أي شيء، وسوف تتسبب بالتحميل الزائد على المرشحات، ويوضح الشكل (٤ - ٧) نوعين من حوضي تنديف مزودين بحواجز متقابلة.

أسئلة للمراجعة

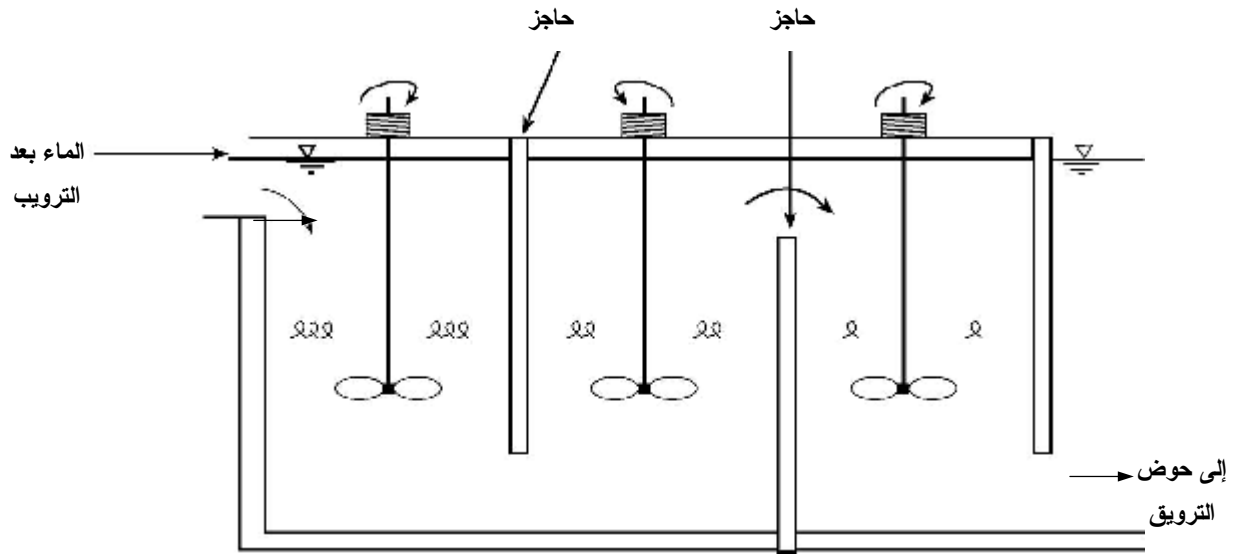
ما هو التنديف؟

ما هو وقت الخلط النموذجي في عملية الترويب؟

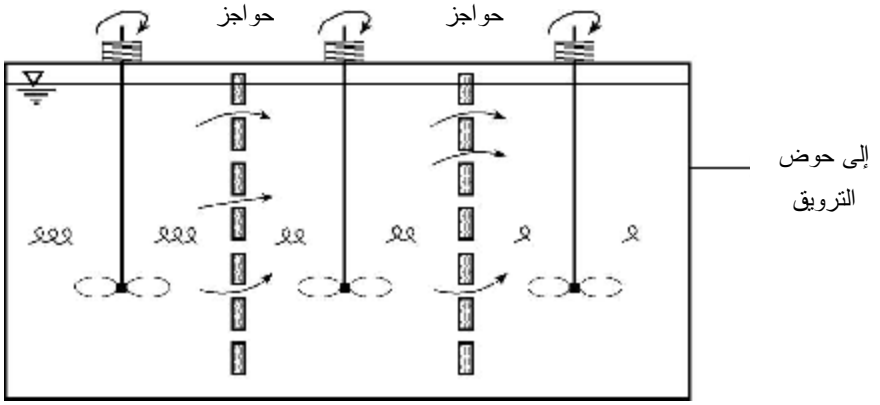
ما هو الحد الأدنى لزمن المكث لعملية التنديف؟

بماذا تتميز أحواض التنديف الرأسية عن الأفقية؟

لماذا تفصل مقصورات أحواض التنديف عن بعضها بواسطة الحوائل؟



(أ)



(ب)

شكل رقم (٤ - ٧)

حوض تنديف مزود بحواجز متقابلة

تأثير عملية الترويب والتنديف على عمليات التنقية الأخرى

تهدف عملية الترويب والتنديف إلى تجهيز الجسيمات غير القابلة للترسيب (Non-Settleable) الموجودة في المياه العكرة لإزالتها بالترسيب والترشيح، وبدون الترويب والتنديف السليم تظل الجسيمات الصغيرة خفيفة للغاية ولن تترسب ولن تكون كبيرة بما يكفي ليتم حجزها خلال الوسط الترشيحى، لذلك فإنه يتم اعتبار عمليتى الترويب والتنديف كعملية معالجة واحدة.

ونظرًا لأن الغرض من الترويب والتنديف هو القدرة على إزالة الجسيمات، فإن فاعلية عمليات الترسيب والترشيح وكذلك الأداء العام للمحطة تعتمد على نجاح عملية الترويب والتنديف.

ويمكن Disinfectionأيضا أن تتأثر عملية تطهير الماء بالأداء الضعيف للترويب والتنديف، فإذا كانت عمليات إزالة المواد الصلبة قبل التطهير النهائي، وخاصة الترشيح غير فعالة فيمكن أن تلتصق البكتيريا وغيرها من مسببات الأمراض في الجسيمات العالقة وبالتالي تكون محمية من التطهير، ويقوم الترويب والتنديف الفعال بإزالة المركبات العضوية الطبيعية وإزالة هذه المركبات تقلل من تكوين الهالوميثانات الثلاثية (Trihalomethanes) التى قد تتكون عقب استخدام الكلور فى التطهير.

التحكم في التشغيل:

إن التفاعلات الكيميائية وتشكيل الندف المرتبطة بعملية الترويب والتنديف معقدة نوعا ما من الناحية النظرية، ولكن من الناحية العملية يجب أن يكون مشغل محطة تنقية المياه قادرا على قياس ومراقبة أداء هذه العمليات يوميا.

وأهم الاعتبارات في التحكم فى تشغيل عمليات الترويب والتنديف هو حسن اختيار نوع وكمية المواد الكيميائية المروبة المناسبة لخصائص المياه العكرة والتى يتم تحديدها معملياً باستخدام جهاز اختبار الكأس.

أسئلة للمراجعة

ما هى أهمية الترويب والتنديف لعمليات المعالجة الأخرى؟
ما هى أهم الاعتبارات للتحكم فى الترويب والتنديف ؟
لماذا أصبحت طريقة خلط المروبات بالمضخات أكثر انتشارا فى السنوات الأخيرة؟

إجراءات التشغيل فى ظروف التشغيل الطبيعية

مؤشرات ظروف التشغيل العادية:

الترويب والتنديف هما عمليتان للمعالجة تسبق عمليتي الترسيب والترشيح، ففي أحواض الترسيب تتم إزالة معظم المواد الصلبة العالقة أما الترشيح فهو الخطوة النهائية في عملية إزالة المواد الصلبة، ويجب أن تعمل عملية الترويب والتنديف على تحسين نتائج الترشيح وبالتالي إنتاج ماء مرشح منخفض العكارة.

ويجب قياس درجة عكارة المياه المرشحة سواء على أساس عينات مفردة كل فترة أو على أساس مستمر بواسطة جهاز قياس العكارة حيث سيعطى المشغل مؤشرا جيدا عن سير العملية بوجه عام، ومع ذلك لا يمكن للمشغل الإعتماد فقط على درجة عكارة الماء المرشح لمراقبة عملية التنقية بأكملها، حيث أنه يصعب الاعتماد على مؤشر واحد لتحديد نوعية المياه مثل عكارة المياه المرشحة.

ويلاحظ أن الزمن الكلي الذي تستغرقه كمية المياه خلال محطة التنقية يمكن أن يتغير من ٢ حتي ٦ ساعات أو أكثر. وهذا يعني أن أى تغير في جرعة المروبات المضافة فى بداية المحطة لن يلاحظ تأثيرها على نوعية المياه النهائية قبل مرور فترة من ٢ إلى ٦ ساعات أو أكثر اعتمادا على ظروف التشغيل، لذا يجب رصد وتسجيل العكارة وكذلك المؤشرات الأخرى لنوعية المياه مثل الرقم الهيدروجيني، ودرجة الحرارة، والكلور المطلوب، ونوعية الندف، وذلك خلال المراحل المختلفة لعملية معالجة المياه حتى يمكن رصد ضعف أداء عملية التنقية في وقت مبكر، واتخاذ الإجراءات التصحيحية لمواجهة ذلك.

وغالباً ما يتم وضع إرشادات للتشغيل ومراقبة عملية التنقية بالمحطة لمساعدة المشغل في اتخاذ القرار المناسب، وتستند هذه الإرشادات على أعمال التصميم والخبرة العملية فى التشغيل ، ولكن يجب أن تستند أيضا إلى المعرفة العملية بحالة مصدر المياه ومتغيراتها، بالإضافة إلى خصائص الأداء المعروفة لمحطات التنقية والتى تستخدم فى الظروف المختلفة لعملية التنقية.

إجراءات التشغيل:

في ظروف التشغيل العادي لعمليات الترويب والتنديف، يقوم المشغل بتنفيذ مجموعة من المهام داخل محطة تنقية المياه، ويختلف عدد ونوع المهام التي يؤديها المشغل طبقاً لحجم ونوع المحطة وعدد العاملين فيها، ففي المحطات الصغيرة يطلب من المشغل أن يتحكم في كل إجراءات التشغيل بالإضافة إلى أعمال الصيانة الوقائية وبصفة عامة فإنه يجب على جميع المشغلين أن يكونوا على دراية تامة بكل عمليات التشغيل والصيانة الروتينية المرتبطة بكل مراحل وعمليات التنقية.

وتشمل الوظائف الأساسية لعملية الترويب والتنديف التي يؤديها المشغل في حالات التشغيل العادية متابعة مايلى:

١. رصد سير وأداء العملية.
٢. تقييم نوعية المياه (المياه العكرة والمرشحة).
٣. فحص وضبط العمليات والمعدات.
٤. الفحص البصري للوحدات والمعدات.

ويمكن متابعة وتسجيل أداء العمليات بمساعدة أجهزة التحليل المستمر لنوعية المياه والتي تقيس تلقائيا مؤشرات محددة لنوعية المياه مثل العكارة، وفي بعض الحالات لا تتاح بسهولة أجهزة القياس الآلية لجميع مؤشرات نوعية المياه التى تهم المشغل، وبالتالي يجب على المشغل استخدام مجموعة من التقنيات لتقييم أداء العمليات وتشمل الملاحظات البصرية والفحوص المعملية الدورية لمتابعة المراقبة المستمرة لنوعية المياه.

كما يجب أن تتم الملاحظات البصرية والاختبارات المعملية لأداء عملية الترويب والتنديف على فترات ثابتة تكراريا، فالاختبارات المعملية الأكثر شيوعا هي العكارة، والقلوية، والرقم الهيدروجينى واللون ودرجة الحرارة، والكلور المطلوب، ويعتمد تكرار هذه الملاحظات والتجارب على مدى تغير نوعية ومصدر المياه العكرة الداخلة للمحطة. وفي محطات التنقية التي يتم تخزين المياه فيها في بحيرة أو خزان كبير (محطات المياه بمحافظة أسوان مثلاً) نجد بشكل عام أن نوعية المياه أكثر استقرارا أو ثباتا من تلك المأخوذة مباشرة من الأنهار والترع (محطات المياه بمحافظات الدلتا).

وتتغير نوعية المياه العكرة المأخوذة من المجارى المائية فى أطراف الدلتا موسميا وفى بعض الأحيان يوميا، حيث يمكن أن يحدث زيادة فى نسب الخلط من المصارف الزراعية لتعويض العجز فى كميات المياه الواردة لأعمال الرى، ففى بعض الحالات تُحدث تغييرات مباشرة في نوعية المياه، وبالتالي فإن التكرار المناسب لإجراء هذه الاختبارات كل ساعة أو ربما مرة واحدة فقط في الوردية لمدة ثماني ساعات (وذلك بناء على استقرار نوعية مصدر المياه العكرة من عدمه).

ويجب أن يشمل الفحص البصري لعملية الترويب والتنديف ملاحظة الاضطراب في المياه في قناة أو حوض المزج السريع (ملاحظة أى أنماط تدفق غير صحيحة) والمراقبة الدقيقة لحجم وتوزيع الندف في أحواض التنديف، والتوزيع غير المنتظم للندف يمكن أن يكون مؤشرا لحدوث اختصار فى المسارات (Short circuit) في حوض التنديف، فجزيئات الشوائب المتندفة الصغيرة جدا أو الكبيرة جدا قد لا تترسب بشكل صحيح ويمكن أن تسبب مشاكل أثناء الإزالة في العمليات التالية، ويجب أن تلى عملية الملاحظة البصرية أعمال التحاليل المعملية لتوفير بيانات أفضل. فعلى سبيل المثال تتطلب خصائص ترسب الندف تقييم معملى مبنى على أساليب المحاولة والخطأ (Trial and Error) وكذلك الخبرة المكتسبة ويتم استخدام اختبار الكأس فى إجراء هذه التجارب.

وإذا توفرت إمكانية تعديل سرعة القلاب فإنه يجب الأخذ في الاعتبار ما يلى:

١. حجم الندف التي سيتم تشكيلها: إذا كانت عكارة مصدر المياه منخفضة، قد يكون الأكثر ملاءمة ضبط المرشحات لإزالة الندف الصغيرة التي في حجم رأس الدبوس (وذلك فى محطات الترشيح المباشر). أما في الحالات الأخرى من المحطات التى تكون العكارة بالمياه العكرة الواردة للمحطة عالية فتقليل سرعة خلاط التنديف هى الأكثر ملائمة فى هذه الحالة.

ومن ناحية أخرى، يتطلب ارتفاع عكارة مصدر المياه الحاجة إلى ضبط سرعة القلاب إلى سرعة قريبة من الحد الأقصى وذلك لإنتاج ندف سهلة الترسب.

٢. الملاحظات البصرية: قد يشير وجود اختصار فى المسار (Short circuit) إلى أن عملية الخلط غير كافية، في حين يشير تفكك الندف إلى أن سرعة الخلط مرتفعة للغاية.

٣. درجة حرارة الماء: يتطلب انخفاض درجة حرارة المياه زيادة سرعة الخلط.

وهذه المعايير لا يمكن قياسها بسهولة، حيث تحتاج إلى الخبرة الشخصية، ومن المشاكل الحقيقية في عملية المراقبة هو الاعتماد على كمية العكارة المترسبة، ففي حين تعطي العكارة مقياس غير مباشر لتركيز المواد الصلبة العالقة فإنها لا تصف حجم وكثافة الجسيمات ولا قدرة مرشح معين فى التعامل مع المياه.

وتستخدم مؤشرات جودة المياه لتقدير جرعة المروب المضافة وتقييم أداء العملية وتشمل هذه المؤشرات العكارة، ودرجة الحرارة، والقلوية، والرقم الهيدروجينى، واللون، والكلور المطلوب، وقد يحتاج المشغل إلى إجراء تغيير بسيط في الجرعات الكيماوية، أو إعادة ضبط سرعة خلاط المزج

السريع إذا كان الخلاط متغير السرعة استنادا إلى التقييم الشامل لأداء العملية، وترتبط هذه الإجراءات بالتغييرات البسيطة التى قد تحدث في نوعية مياه المصدر مثل التغير فى العكارة أو درجة الحرارة.

وعادة تكون خلاطات المزج السريع أقل حساسية لضبط السرعة من خلاط التنديف حيث أن هدفهما الرئيسي هو توزيع المواد الكيميائية بسرعة في الماء المطلوب معالجته.

كما يجب فحص معدات العملية بشكل منتظم، مثل مغذيات الكيمياويات، وذلك لضمان قيامها بالتغذية بالكمية المطلوبة من المادة الكيميائية بدقة (معدل التغذية)، ويجب أن يقوم المشغل دوريا بالملاحظة البصرية لمكونات عملية الترويب والتنديف. فيمكن أن تتراكم الأوراق والأغصان وغيرها من الشوائب بسهولة في قناة الدخول أو في أحواض التنديف. إذا تم تجاهل ازالتها فمن الممكن أن تصل إلى داخل العمليات الأخرى حيث تقوم بإفساد قراءة العدادات وأجهزة رصد جودة المياه والمضخات والمعدات الميكانيكية أو غيرها وفي بعض الحالات يمكن أن تتسبب فى تغير الطعم والرائحة بسبب الكائنات الدقيقة التي يمكن أن تنمو في الشوائب والرواسب التي تتراكم في مرافق المحطة.

أسئلة للمراجعة

١. أى العمليات تعالج إزالة المواد الصلبة العالقة بعد عملية الترويب والتنديف؟
٢. كيف يتم رصد فعالية عملية إزالة المواد الصلبة عادة؟
٣. اذكر الوظائف النمطية التي يؤديها المشغل في التشغيل العادي لعملية الترويب والتنديف؟
٤. أى الاختبارات المعملية يمكنك استخدامها لمراقبة عملية الترويب والتنديف؟
٥. ما الذى تبحث عنه من خلال الملاحظ البصرية لأداء عملية الترويب والتنديف؟

تشغيل عملية الترويب والتنديف

الحاجة للتجربة:

من أجل توضيح كيفية تشغيل عملية الترويب والتنديف، فإنه يجب إتباع الإجراءات القياسية للتشغيل، وتختلف كثير من المحطات عن بعضها البعض وتتغير كذلك نوعية المياه العكرة الداخلة للمحطة من محطة لأخرى، لذا يجب إتباع الإجراءات القياسية للتشغيل الخاصة بمحطة محددة تبعاً لنوعية المياه العكرة بها ومن هنا جاءت الحاجة لتحديد الأسلوب الأمثل فى التشغيل فى كل محطة على حدة.

ويتم إضافة الشبة إلى مصدر المياه القادم من محطة المياه العكرة في غرفة المزج السريع ويتم خلطها بالخلاط السريع (القلاب السريع)، حيث تتدفق المياه من الخلاط السريع خلال قناة التوزيع إلى أحواض التنديف، ثم إلى أحواض الترسيب ثم إلى المرشحات، ويمكن تحديد أبعاد الوحدات (الطول والعرض والعمق) من الرسومات التصميمية للمحطة.

زمن المكث:

يمكن حساب زمن المكث المتوقع في غرفة المزج السريع، وفى قنوات التوزيع، وأحواض التنديف من المعلومات التي تم الحصول عليها من الرسومات التصميمية، وتحديد زمن المكث هام لتحديد الجرعة الكيماوية الأمثل (أفضل حد أدنى من الجرعة الكيميائية) للمياه التى تتم تنقيتها باستخدام اختبار الكأس، وأيضا يجب حساب الفترات اللازمة لتمام حدوث التفاعلات الكيميائية.

أسئلة للمراجعة

١. ما هي أنواع التغيرات المفاجئة في نوعية المياه الخام والمياه المرشحة التى تعتبر إنذار لأعادة النظر فورا فى أداء عملية الترويب والتنديف؟
٢. ماذا تفعل إذا لاحظت تغيرا كبيرا في مستوى عكارة مياه المصدر؟
٣. هل يمكنك التحقق من فعالية جرعة ونوع المروبات الكيميائية المستخدمة فى المزج السريع؟

٤. إذا تغيرت درجات حرارة ماء المصدر فجأة، ما هى التغييرات التى ينبغي التفكير فى عملها؟

اختبار الكأس

اختبار الكأس هو محاولة لتكرار وتقليد ما يحدث في المحطة من حيث العلاقة بين فترات المكث، وظروف الخلط والترسيب داخل المختبر ولكن يجب أن ندرك أنه من المستحيل المحاكاة التامة لظروف التدفق التي تحدث في محطة التنقية في اختبار الكأس. ولكن يمكن الحصول على فكرة جيدة عما يحدث في المحطة لجرعة الكيماويات التجريبية من خلال مشاهدة تكون الندف وترسبها فى اختبار الكأس. ويجب استخدام اختبار الكأس كمؤشر لما يمكن توقعه في محطة تنقية المياه، ويمكنك أيضا الحصول على إشارة جيدة عما إذا كنت بالقرب من أفضل جرعة للمروب أم لا. ويوضح الشكل (٤-٨) جهاز اختبار الكأس.

وفى اختبار الكأس، يتم استخدام محلول الشبة كمروب أساسى، بحجم ٥٠٠ مل، ١٠٠٠ مل، أو ٢٠٠٠ مل. وعادة يتم استخدام عينة من المياه حجمها لتر واحد (١٠٠٠ مل) حيث أن معظم أجهزة التقليب أو جهاز اختبار الكأس مصممة بسعة واحد لتر، ويمكن إعداد الكاشف لاختبار الكأس فى عدة تركيزات اعتماداً على الجرعة المطلوبة.

شكل رقم (٤-٨)
جهاز اختبار الكأس

. إجراء الاختبار

عندما تكون جاهزا لإجراء اختبار الكأس يجب أن تكون درجة حرارة عينة الماء التى يجري اختبارها هى تقريبا نفس درجة حرارة المياه العكرة. ومن الأفضل استخدام الدوارق البلاستيكية النظيفة بدلا من الدوارق الزجاجية فى جمع العينات لأن الأولى تقلل من تغير درجة الحرارة.

وسوف نستخدم الإجراءات التالية فى اختبار الكأس:

١. سجل بيانات نوعية المياه وتسلسل الاختبار.
٢. اجمع العينة (حوالى ٧ لتر).
٣. املأ الدوارق ب.لتر واحد من الماء المراد اختباره.
٤. . إضافة كميات معلومة من المواد الكيميائية في كل كأس في أسرع وقت ممكن.
٥. في تسلسل تجارب رقم ١ يضاف كميات الكواشف التالية:

رقم. الكأس	١	٢ 2	٣ 3	٤ 4	٥ 5	٦ 6
جرعة الشبة ملجم / لتر	٥	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠
حجم الكاشف مل (١ ٪)	٠.٥	١	١.٥	٢	٢.٥	٣

٦. ضع القلابات فى الكؤوس وابدأ تشغيلها على الفور لمدة دقيقة واحدة بسرعة ١٢٠ لفة في الدقيقة، (لا يمكن محاكاة زمن التقليب بدقة، لذلك تستخدم هذه الأزمان لأغراض المعلومات فقط).
٧. خفض سرعة الخلاط إلى ٢٠ لفة في الدقيقة لمدة ٢٠ دقيقة (لمحاكاة الظروف فى حوض التنديف)، يتم تعديل سرعة خلاط المزج السريع والترويب في المحطة عن طريق التجربة والخبرة.
٨. سجل الوقت اللازم لتشكيل ندف مرئية واضحة الخصائص (ندف بحجم رأس الدبوس).
٩. . أوقف التقليب لتسمح للندف بالترسيب لمدة ٢٠ دقيقة (أو لمدة مماثلة لظروف المحطة). راقب ولاحظ مدى سرعة ترسب الندف، ومظهر

الندف، وعكارة المياه المروقة من فوق الندف. فإذا كان شكل المياه غائمًا فمعنى هذا أن عملية الترويب ضعيفة، أما إذا كان شكل المياه رائقًا فإن معنى ذلك أن عملية الترويب جيدة حيث تم تكوين ندف جيدة تم ترسيبها.

قيم هل الحالة سيئة أم متوسطة أم جيدة أم ممتازة.

١٠. قس درجة عكارة المياه المروقة.

١١. قيم نتائج اختبار الكأس.

بيانى

رقم الكأس	١	٢	٣	٤	٥	٦
الشبة (ملجم / لتر)	٥	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠
عكارة المياه المروقة	٠,٨	٠,٤	٠,٢	٠,٣	٠,٥	٠,٩

ارسم شكلاً بيانيًا يمثل العلاقة بين درجة عكارة المياه المروقة وجرعة المروب ثم حدد أفضل جرعة وهى التى ينتج عندها أقل عكارة. وتشير النتائج إلى أن أقل عكارة نتجت من جرعة الشبة ١٥ ملجم/ لتر. مع ملاحظة أنه عند استخدام جرعة زائدة من الشبة زادت درجة العكارة.

تقييم نتائج الاختبار

هناك العديد من العوامل الهامة فى تقييم نتائج اختبار الكأس وتشمل هذه العوامل:

١. معدل تكون الندف
٢. نوع جسيمات الندف
٣. شفافية المياه بين جسيمات الندف (أثناء التقليب)
٤. حجم الندف
٥. كمية الندف المتكونة
٦. معدل ترسب الندف
٧. عكارة المياه بعد نهاية زمن الترسيب
٨. الألومنيوم المتبقى بالمياه المرشحة

وبعد تقييم نتائج اختبار الكأس، يتم اختيار الجرعة التى حققت أفضل نتيجة ثم يتم تطبيق هذه الجرعة على المحطة.

أحواض تخفيف الشبة يتم تحضير محلول الشبة فى أحواض التخفيف، حيث يتم تحضير التركيز بالأحواض غالباً بنسبة ١٠% حيث يضاف ١٠٠ كجم من الشبة الصلبة لكل متر مكعب من المياه (أو ٢٠٠ كيلو جرام من الشبة السائلة)، وعند استخدام أحواض التركيز بنسبة ٥ % تضاف نصف هذه الكميات فى المتر المكعب من المياه.

ضبط التغذية عادة تكون الطلمبات المستخدمة فى حقن محلول الشبة من النوع الترددى حيث يمكن ضبط التغذية بشكل دقيق. ويمكن حساب معدل التغذية بالشبة (لتر/ ساعة) بالنسبة لمعدل تدفق المياه الخام (العكرة) الداخلة إلى المحطة وجرعة الشبة (جم / م^3) وتركيز محلول الشبة جم /لتر طبقا للمعادلة التالية:

$$\text{معدل التغذية بالشبة (لتر/س)} = \frac{\text{معدل التدفق للمياه الخام (م}^3\text{/ س)} \times \text{جرعة الشبة (جم/ م}^3\text{)}}{\text{تركيز الشبة فى اللتر (جم/ لتر)}}$$

مثال:

إذا كان تركيز محلول الشبة فى أحواض الإذابة ١٠% فإن ذلك يعنى إذابة ١٠٠ جرام شبة فى اللتر.

∴ ١٠٠جرام شبة / ١٠٠٠ مل = ١٠%

حساب مشوار بستم الطلمبة:

$$= \frac{\text{معدل التغذية بالشبة (لتر/ ساعة)} \times \text{الحد الاقصى للمشوار}}{\text{سعة الطلمبة (لتر/ ساعة)}}$$

ويتم إعادة حساب مشوار الطلمبة وضبطه فى كل مرة يحدث فيها تغيير فى تدفق المياه الخام أو نسبة تركيز الشبة أو فى الجرعة المستخدمة ومن الممكن أن يحدث التغير أكثر من مرة فى اليوم الواحد، ويجب أن يتم إعداد جداول مسبقة تحتوى على مشوار الطلمبة عند الجرعات والتركيزات المختلفة لمحلول الشبة .

معايرة طلمبات الحقن

يتم معايرة طلمبات حقن الشبة بصفة دورية ضمانا لتطابق جرعة الشبة الفعلية مع الجرعة المعملية المحددة بناءا على اختبار الجرعات والمعايرة الدقيقة لطلمبات حقن الشبة مطلوبة بشكل أساسى ضمانا لحسن توزيع الشبة، ولإمكانية الربط بين جرعة الشبة ومعايير جودة المياه مثل العكارة والعدد الطحلبى.

والمعايرة هى إيجاد وتحديد العلاقة بين مشوار الطلمبة ومعدل التغذية بالشبة وهذه العلاقة يجب أن تكون علاقة خطية على المدى الكامل ويجب أن يتوافر بالمحطة منحنى الطلمبة الذى يربط بين مشوار الطلمبة ومعدل التغذية بالشبة، ويجب أن يتم تحديد شكل المنحنى مع كل معايرة تتم حيث أنه يتغير بمرور الزمن نتيجة لعوامل التآكل فى بعض أجزاء الطلمبة وذلك مراعاة لدقة العملية وأهميتها فى عملية التنقية.

طريقة معايرة طلمبات الشبة

يتم معايرة الطلمبة وقياس تصرفها وذلك بتجميع محلول الشبة الذى تضخه الطلمبة من الحوض فى وعاء ذو سعة معروفة وقياس الزمن اللازم لملء هذا الوعاء ويكون التصرف مساويا لحجم الوعاء مقسوما على الزمن اللازم لملئه (لتر/ ثانية) أو باستخدام مقياس مناسب يقيس الكمية بالمتر المكعب فى زمن معين ثم يحسب التصرف (لتر/ ثانية).

الظروف المناسبة لعمل الشبة

يجب تهيئة الظروف المناسبة لعمل الشبة والتى تتضمن ما يلى:

- إزالة القلوية الزائدة ليصبح الماء متعادلا، لتحسين أداء الشبة (تعمل الشبة بكفاءة عند pH يتراوح من ٥,٥ – ٧,٥ ويفضل عند ٧).
- اختيار جرعة الشبة بعناية فائقة لأن نقص الجرعة مثل زيادتها يؤدى إلى نقص الكفاءة.
- تقليب الشبة في الأحواض بمعدل كل ساعة.
- غسيل خطوط الشبة بصورة مستمرة.
- معايرة تصرفات طلمبة الشبة بصفة دورية لضمان ضبط الجرعة بعمل خزان معايرة على الطلمبات.

تخزين وتداول الشبة

توجد كبريتات الألومنيوم فى صورة صلبة فى أكياس أو براميل وتكون على هيئة كتل أو مسحوق أو سائلة بتركيز حوالى ٥٠% وينقل فى شاحنات خاصة بذلك ويحفظ فى أحواض مقاومة للصدأ أو التآكل مبطنة بمادة uPVC.

ويجب مراعاة العوامل الآتية فى تخزين كبريتات الألومنيوم:

١. يكون حيز التخزين خاليًا من الرطوبة، حيث أن كبريتات الألومنيوم الجافة تسبب تآكلاً للمواد الملامسة لها إذا وصلت الرطوبة إليها.
٢. توضع أكياس الشبة على منصات خشبية ولا توضع ملامسة لسطح الأرض.
٣. يجب تزويد العمال بأقنعة واقية من غبار الشبة.
٤. يفضل أن تكفى سعة صناديق تخزين الشبة لحوالى ٨ ساعات تشغيل (وردية عمل) على الأقل.
٥. تكون المواسير والوصلات والصمامات الخاصة بتغذية محلول الشبة من مواد مقاومة للمواد الكيميائية مثل البلاستيك (uPVC).

نظام الحماية فى عنابر الشبة

يجب أن تتضمن عنابر الشبة عناصر الحماية التالية:

١. أن تكون مساحة العنبر كافية وتشمل التهوية الجيدة مع وجود شفاطات خاصة لذلك.
٢. أن تكون الأرضية من البلاط المقاوم للأحماض.
٣. أن يكون العامل أو المشغل مجهزًا بجهاز استنشاق أو كمامة وخاصة عند استخدام الشبة الصلبة فى تركيز الأحماض.
٤. أن يتم تسليم العاملين بالشبة أحذية خاصة لمنع التزحلق وخاصة أن محلول الشبة ذو لزوجة عالية.
٥. معالجة التسرب فى طلمبات الشبة أولاً بأول وكذلك محابس الأحواض والخطوط.

الفصل الخامس

الترسيب

الفصل الخامس

الترسيب

أهداف الأداء (التعلم):

بانتهاء التدريب على هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادراً على أن:

- يحدد العوامل التى تؤثر فى أداء أحواض الترسيب فى محطة التنقية وعمليات تنقية مياه الشرب.
- يذكر المناطق التى يتكون منها حوض الترسيب والغرض من كل منها وآدائها فى عمليات المعالجة.
- يشرح الأنواع المختلفة من أحواض الترسيب وكيفية عملها فى عملية التنقية.
- يقوم بعمليات حساب زمن المكث فى الأحواض المختلفة باستخدام المعادلات الخاصة بذلك.
- يجرى الحسابات المبدئية لأعمال الترسيب باستخدام الألواح/ الأنابيب المائلة ومقارنتها بالطرق التقليدية للترسيب.
- يشرح خطوات تشغيل المروقات بأنواعها المختلفة وخاصة المروقات النابضة.
- يذكر مؤشرات وإجراءات التشغيل فى الحالة العادية فى محطة التنقية ويضع قائمة لهذه المؤشرات.
- يشرح الإجراءات الصحيحة لبدء تشغيل وايقاف حوض الترسيب فى محطة التنقية.

عملية الترسيب

الغرض من عملية الترسيب هو إزالة الأجسام العالقة في الماء وتقليل الحمل علي المرشح وقد تكون هذه الأجسام الصلبة العالقة في حالتها الطبيعية (مثل البكتريا، الطمي والغرين) والتي قد تكون قد عدلت في عمليات معالجة سابقة مثل الترويب والتنديف مكونه ندف أو قد تكون شوائب قابلة للترسيب.

وتتم عملية الترسيب بتقليل سرعة المياه المراد تنقيتها إلي سرعة لا تستطيع تحريك ونقل المواد العالقة القابلة للترسيب مما يسمح بتحرك الأجسام العالقة بقوة الجاذبية الأرضية في اتجاه قاع حوض الترسيب.

ويحدث ترسيب الأجسام الكبيرة بصورة طبيعية عند تخزين المياه في أحد الخزانات أو البحيرات الطبيعية لمدة كافية فتقوم قوي الجاذبية بنفس العمل الذي يحدث داخل أحواض الترسيب في محطات المياه وتترسب الأجسام الكبيرة مثل الرمل والطمي في قاع البحيرة أو الخزان كما فى حالة بحيرة ناصر خلف السد العالى.

ويمكن أيضاُ فى بعض الأحيان استخدام حواجز الشوائب وأحواض الحصى ومصائد الرمال لإزالة الجسيمات الثقيلة من المياه العكرة ويمكن أن توجد هذه الوحدات عند المنبع قبل تحويل المياه إلي المحطة أو عند مأخذ محطة المياه وتفيد هذه الوحدات في حماية مواسير المياه من الانسداد، ويمكن إنشاء أحواض الحصى بين المأخذ وأحواض الترويب والتنديف.

الجوانب الهامة فى أداء عملية الترسيب

توجد عدة جوانب هامة تؤثر فى فعالية وكفاءة عملية الترسيب ويمكن إيجازها فيما يلى:

١ - العوامل التي تؤثر فى الترسيب

يؤثر حجم وشكل ووزن الجسيمات المراد ترسيبها بالإضافة إلى الظروف البيئية فى حوض الترسيب تأثيراً كبيراً على نوع العمليات المطلوبة قبل الترسيب وكذلك كفاءة العمليات ومن هذه العوامل ما يلى:

١. حجم وتوزيع الجسيمات
٢. شكل الجسيمات
٣. كثافة الجسيمات (الثقل)
٤. درجة حرارة الماء (اللزوجة- الكثافة)
٥. الشحنة الكهربية للجسيمات
٦. المواد الذائبة فى الماء
٧. خواص التنديف للمواد العالقة
٨. الظروف البيئية المحيطة (مثل تأثير الرياح)
٩. الخواص الهيدروليكية والتصميمية لأحواض الترسيب (شكل الحوض- مدخل الحوض)

ويوضح الشكل رقم (٥-١) تتابع عمليات تنقية المياه والغرض من كل عملية وموقع عملية الترسيب بين هذه العمليات.

٢- طبيعية الشوائب والجسيمات

يمكن إزالة الجسيمات الكبيرة (الرمال والطمي) ذات القطر أكبر من ١٠ ميكرون بواسطة الترسيب نظراً لطبيعة حجمها وكثافتها وعلى العكس من ذلك فإن الأجسام الدقيقة لا يمكن إزالتها بنفس السهولة ولذلك تحتاج إلى عمليات خاصة لإنتاج جسيمات أكبر حجما وكثافة (الندف) لتكون قابلة للترسيب. وكذلك يؤثر شكل الجسيمات على ترسيبها فالجسيمات الناعمة ذات الأشكال المستديرة ترسب أسرع من الجسيمات الغير منتظمة الشكل.

وتحمل معظم الجزيئات شحنة كهربية سالبة (وذلك فى حالة وجودها فى وسط ذو pH أكبر من ٤) فلو كانت كل الجزيئات ذات شحنة سالبة فإنها تتنافر ولا تترسب وحيث أن الشبة تتكون من ألمونيوم ذو شحنة موجبة فإن الأجسام سالبة الشحنة تنجذب إلى ندف الشبة وتلتصق بها مما يساعد على سرعة ترسيب هذه الجزئيات.

عملية تنقية المياه

المصافي: يتم فيها إزالة الأوراق والقش والأسماك وأي أجسام كبيرة.

كلور مبدئي: يقوم بقتل معظم الكائنات الحية التي تسبب الأمراض ويساعد على التحكم في المواد التي تسبب الطعم والرائحة.

مواد كيماوية: تسبب تجمع الأجسام الدقيقة مع بعضها مكونة أجسام أكبر.

مزج سريع: خلط ومزج المياه الخام (العكرة) المحتوية على جسيمات صغيرة لا تترسب أو تترشح بالمواد الكيماوية.

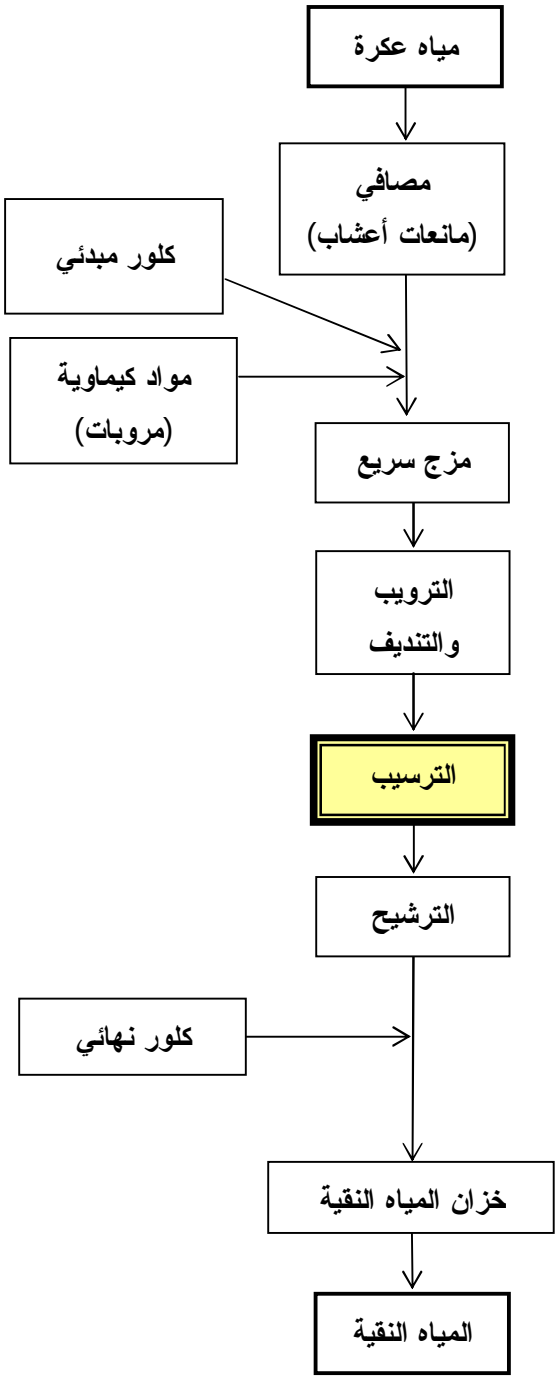
الترويب/ التنديف: تجميع الجسيمات الدقيقة والخفيفة مع تعضها لتكوين جسيمات أكبر (ندف) ليساعد على الترسيب والترشيح.

الترسيب: ترسيب المواد العالقة الأكبر حجما والأثقل وزناً.

الترشيح: حجز وترشيح أي مواد عالقة متبقية.

كلور نهائي: يقتل كل الميكروبات والكائنات المسببة للأمراض يتبقى كمية من الكلور فى الماء لتطهير شبكة التوزيع وتسمى بالكلور المتبقي.

خزان المياه المرشحة: يسمح بزمن التلامس مع الكلور للتطهير ويخزن المياه لأوقات الذروة.



شكل رقم (٥ - ١)

مراحل عملية تنقية المياه

٣ - درجة حرارة الماء

تتأثر عملية الترسيب بالتغير فى درجة الحرارة فعند انخفاض درجة الحرارة تصبح سرعة الترسيب أقل ويزداد الزمن الذي تحتاجه الجسيمات لتترسب.

٤ - التيارات

توجد عدة أنواع من التيارات فى حوض الترسيب ومنها:

١. تيارات سطحية بفعل الرياح.
٢. تيارات الكثافة وتحدث بتأثير اختلاف تركيز المواد الصلبة واختلاف درجات الحرارة.
٣. تيارات دوامية بتأثير المياه الداخلة والخارجة من الحوض.

وتكون التيارات التي توجد فى حوض الترسيب مفيدة حين تدعم عملية التنديف ومع ذلك فإن هذه التيارات قد تشتت الأجسام العالقة بدون انتظام فى الحوض وبذلك تقلل من كفاءة حوض الترسيب.

ويمكن تقليل بعض هذه التيارات عند تصميم المحطة فيمكن تركيب حواجز (Baffles) عند مدخل الحوض لتقليل التيارات الدوامية ولتقليل التيارات التي تحدث بتأثير الرياح وكذلك يمكن تركيب غطاء للحوض ولكن هذا الحل غير مرغوب فيه نظراً لتكاليفه الاقتصادية ونظراً لأنه يعيق عمليات الصيانة.

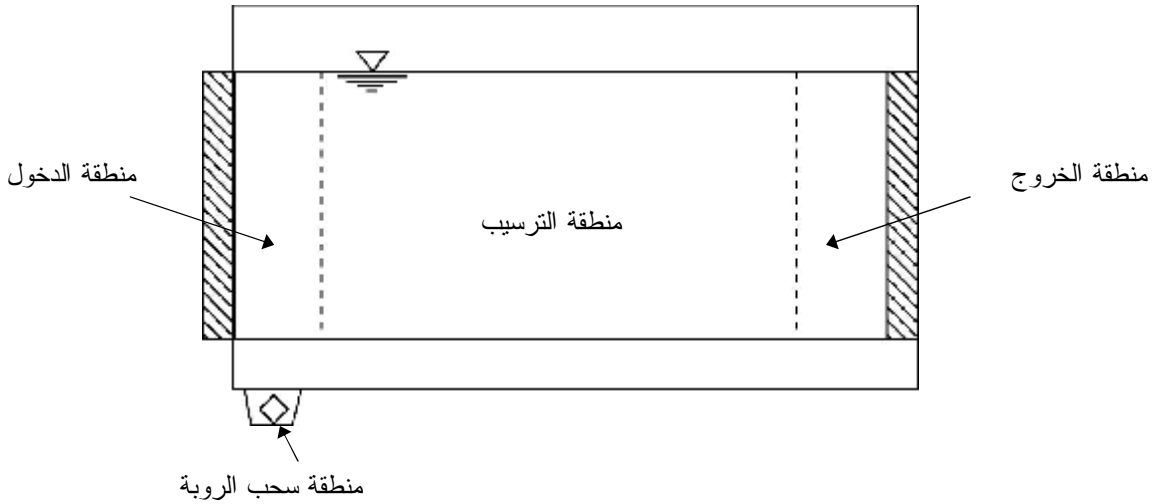
٥ - تفاعل الجزيئات

تستمر الأجسام العالقة فى التكتل مع بعضها (تكوين ندف) وتترسب جزيئات أخرى من الماء عن طريق التنديف والترسيب الكيميائي فى حوض الترسيب، وعند تغير حجم وكثافة الجسم تتغير أيضاً سرعة ترسيبه وكلما كان الجسم أكبر وأثقل بعد اتحاد والتصاق الجسيمات ببعضها أثناء الترسيب كلما زادت سرعة الترسيب.

أحواض الترسيب يجب أن تحتــوي كل محطة تنقية على مروقين على الأقل وذلك لظروف الصيانة والتطهير والفحص حتى لا يتم إيقاف المحطة بالكامل.

مناطق حوض الترسيب يوضح شكل رقم (٥-٢) مناطق المروق التى يمكن تقسيمها إلى أربعة مناطق:

١. منطقة الدخول
٢. منطقة الترسيب
٣. منطقة الروبة
٤. منطقة الخروج



شكل رقم (٥-٢)
مناطق حوض الترسيب

منطقة الدخول يجب أن يكون دخول المياه من حوض التنديف إلى حوض الترسيب بهــدوء وبسلاسة ويجب أن يوزع الماء بعد التنديف على مســاحة الحــوض كلهــا بانتظام، فلو تم تصميم مدخل الحوض جيداً مثل وضع حاجز مثقب به فإنــه سيمنع حدوث المسارات المختصرة للماء، وايضا يقلل حاجز الــدخول مــن محاولة الماء للدخول بسرعة والمرور من الحوض ويقلل من تيارات الكثافــة الناتجة من اختلاف درجات الحرارة ويقلل من التيارات الناتجة عن الريــاح كما سبق الإشارة إليه.

منطقة الترسيب منطقة الترسيب هى أكبر جزء فى حوض الترسيب وهى تتيح التخزين الهادئ المستقر للماء المندف لمدة كافية (ثلاث ساعات أو أكثر) لتسمح بالترسيب الفعال للجسيمات العالقة بالماء.

منطقة الروبة تقع منطقة الروبة فى قاع الحوض وهى عبارة عن مكان تخزين مؤقت للجسيمات المترسبة وتؤدى أيضاً إلى انضغاط حجم الروبة حيث أن الجسيمات المترسبة فى هذه المنطقة يزيد وزنها فتضغط الروبة المتكونة بأسفل، إذا زاد حجم الروبة المتكونة بشكل كبير جداً فإن الحجم الفعال لحوض الترسيب يقل تباعاً لذلك ويتسبب ذلك فى زيادة سرعة المياه وطفو الروبة وتقليل كفاءة الترسيب، ويجب أن يصمم مدخل حوض الترسيب بحيث يقلل سرعة المياه المارة بقرب قاع الحوض (منطقة الروبة) التي قد تتسبب فى طفو الجسيمات المترسبة أو خلخلتها وتسبب إعادة تعلقها فى الماء مرة ثانية.

يتم إزالة الروبة من الماء بواسطة كاسحة (مكشطة) وأجهزة للسحب تمر بقاع الحوض حسب الحاجة وطبقاً لجدول زمني، وإذا لم تغطى أجهزة إزالة الروبة قاع الحوض كله فيجب فى هذه الحالة تفريغ الحوض وغسله لتنظيفه.

منطقة المخرج (خروج الماء) يجب أن توفر منطقة المخرج انتقال الماء بسلاسة إلى مجرى المياه المروقة ويمكن أيضاً أن يتحكم مخرج الماء فى مستوى ومنسوب المياه بالحوض. ويستخدم هدار خروج المياه عادة لتنظيم تجميع المياه المروقة وتؤدى زيادة طول الهدار للسماح بمرور كمية مياه أكبر وبالتالى يمكن زيادة التحميل علي الحوض، (طبقا للكود المصرى لتصميم محطات تنقية مياه الشرب فإن معدل تحميل الهدار المستطيل (الأفقى) يتراوح بين ١٥٠ -٢٠٠ م^3/ م/ يوم ويصل فى حالة هدارات V-notch إلى ٣٠٠ م^3/م/يوم وكذلك يؤثر شكل فتحة الهدار على معدل التحميل ويستخدم عادة هدار ذو فتحات على شكل حرف (V-notch) لأنه يسمح بمعدل تحميل أعلى من الأنواع الأخرى ويكون قابل للضبط على المستوى الأفقى ليسهل انتظام سحب المياه من الحوض، فإذا لم يكن مرور المياه منتظماً على الهدار أو كانت سرعة مرور المياه عالية فإن

هذا يسمح بمرور الندف ووصولها إلى المرشح وهذا بالطبع يؤثر علـــى أداء المرشح ويزيد من عدد مرات الغسيل ويوضح الشكل رقم (٥-٣) هـــدارات حوض الترسيب.

شكل رقم (٥-٣)
مجموعة هدارات (V- notch) فى مروق خارج الخدمة

أنواع المروقات

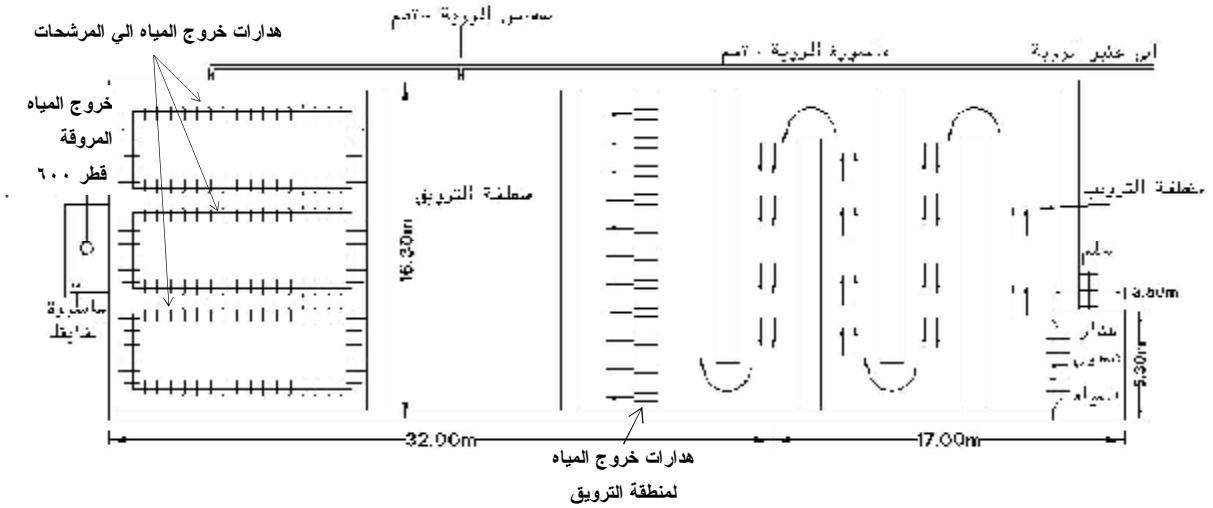
يوجد العديد من أنواع المروقات ذات الأشكال المتعددة وفيما يلي سيتم وصف أكثر الأنواع شيوعاً وخصائص كل نوع:

١- المروق المستطيل

توجد المروقات المستطيلة فى المحطات الكبيرة وهى أكثر شيوعاً لأنها تتميز بما يلي:

١. أكثر قدرة للتعامل مع التغيرات المفاجئة لنوعية المياه
٢. يمكن التوقع بادائها
٣. كفاءة اقتصادية
٤. أقل فى الصيانة
٥. أقل فى المسارات المختصرة

ويوضح الشكل رقم (٥-٤) المروق المستطيل.

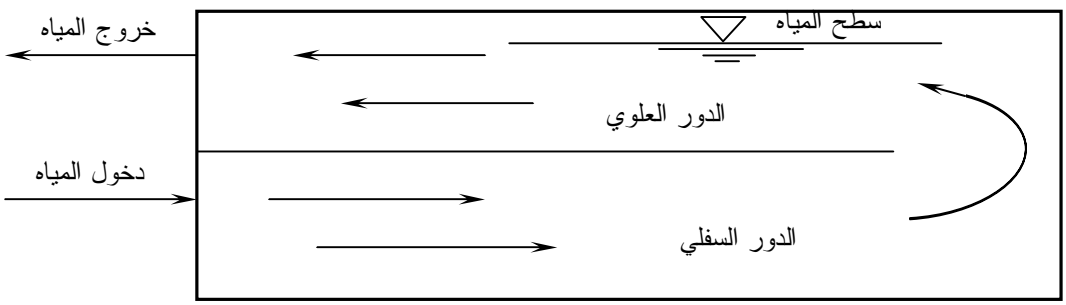


شكل رقم (٥ - ٤)

المروق المستطيل

٢ - المروقات المزدوجة (ذات الدورين)

هي تعديل للأحواض المستطيلة وذلك بوضع حوضين فوق بعضهما وتوفر الأحواض المزدوجة كفاءة مضاعفة فى المساحة السطحية للترسيب ضعف المساحة السطحية للحوض العادى وتصمم الأحواض المزدوجة لتوفير مساحة الأرض كما هو موضح بالشكل رقم (٥-٥) ولكنها غير شائعة الاستعمال نظرا لتكلفة التشغيل والصيانة المرتفعة وفى هذا النوع يتم استخدام أجهزة إزالة الروبة فى كلا الدورين وفى بعض الحالات يجب إيقاف العملية بأكملها عند حدوث مشكلة فى الأجهزة الموجودة فى أي دور من الاثنين.

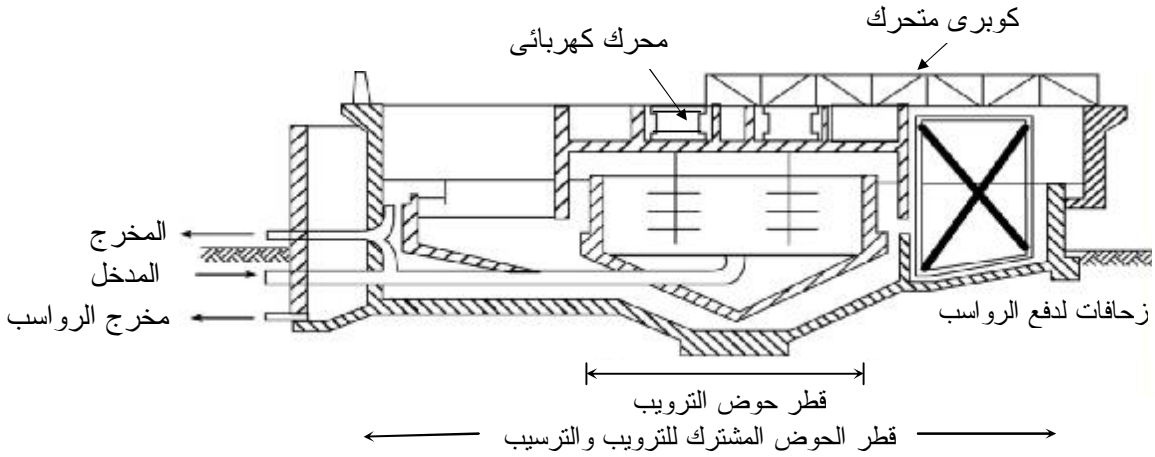


شكل رقم (٥ - ٥)

المروق المزدوج (ذو الدورين)

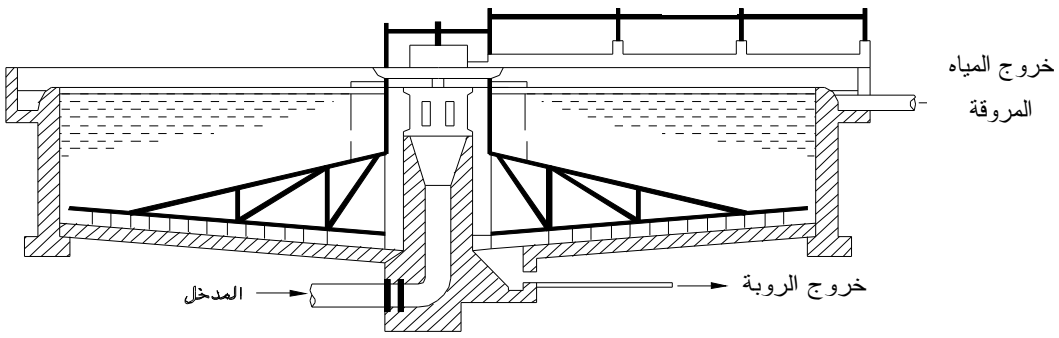
٣ - المروقات الدائرية والمربعة:

تسمى الأحواض الدائرية أو المربعة عادة باسم المروق لأنها تتضمن عمليتي الترويب والترسيب، ويوضح الشكل رقم (٥-٦) أحد الأحواض الدائرية حيث يشتمل علي عمليتي الترويب والترسيب، وتشترك هذه الأحواض فى بعض مميزات الأداء مثل الأحواض المستطيلة ومع ذلك فهذه الأحواض قد يحدث بها اختصار للمسارات (Short Circuit)، كما توجد بها بعض مشاكل فى إزالة الروبة، وتعتبر إزالة الروبة من الأركان هي إحدى المشاكل الكبرى فى الأحواض المربعة، وتعرف بعض الأحواض الدائرية باسم وحدات تلامس الأجسام الصلبة، ويوضح الشكل رقم (٥-٧) أحد هذه المروقات القطرية.



شكل رقم (٥-٦)

مروق دائرى مشترك للترويب والترسيب

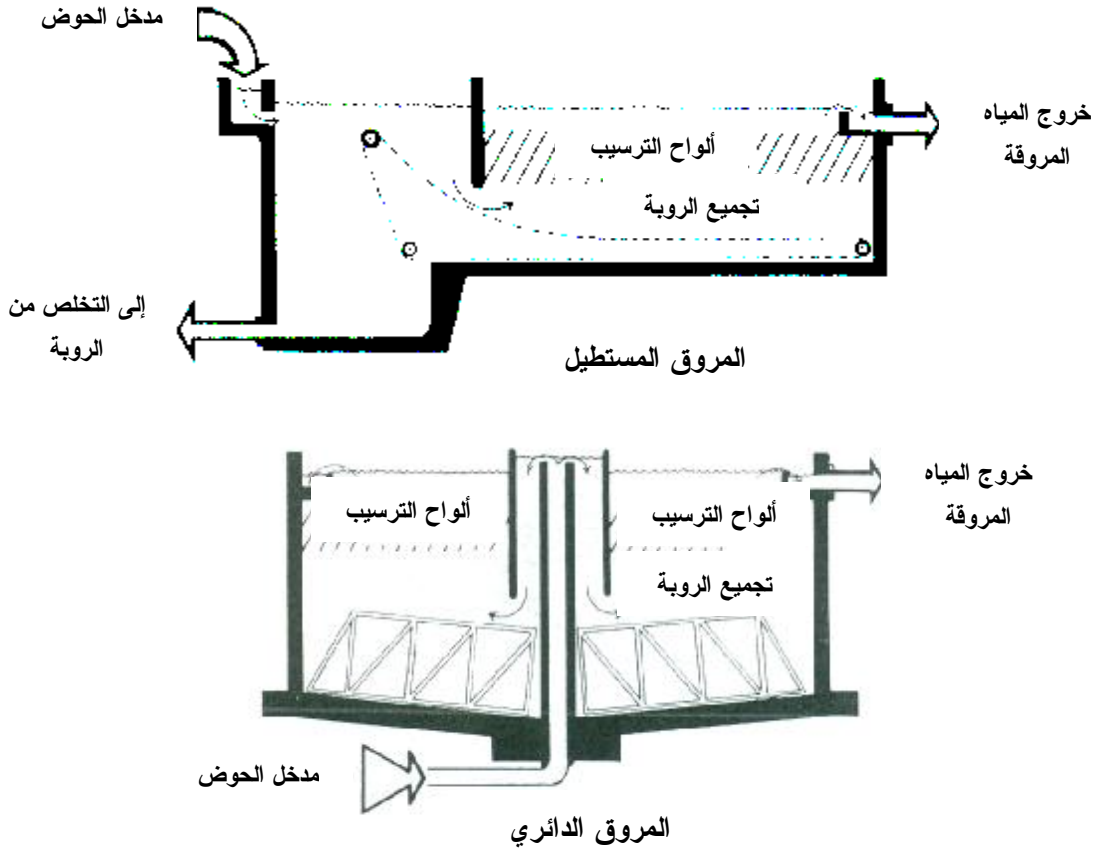


شكل رقم (٥-٧)

مروق دائرى ذو تصرف قطرى

٤ - المروقات ذات المعدل المرتفع:

تم استخدام أنابيب الترسيب ذو المعدل المرتفع لزيادة كفاءة الترسيب فى المروقات المستطيلة وكذلك فى المروقات الدائرية، وتدخل المياه إلى أنابيب الترسيب المائلة حيث يتم توجيهها إلى أعلى بواسطة الأنابيب ويعمل كل أنبوب كأنه حوض ترسيب ضحل ولكن مجموع هذه الأنابيب مع بعضها تمثل زيادة كبيرة لمساحة الترسيب السطحية بالنسبة لحجم المياه ويمكن أن تتجمع الجسيمات المترسبة على السطح الداخلي للأنبوب أو تترسب فى قاع المروق ويمكن أيضاً استخدام الألواح المائلة المتوازية لزيادة كفاءة المروقات المستطيلة وتعمل هذه الألواح بطريقة مماثلة لأنابيب الترسيب، كما يوضح الشكل (٥-٨) استخدام ألواح الترسيب في كل من المروقات المستطيلة والدائرية.



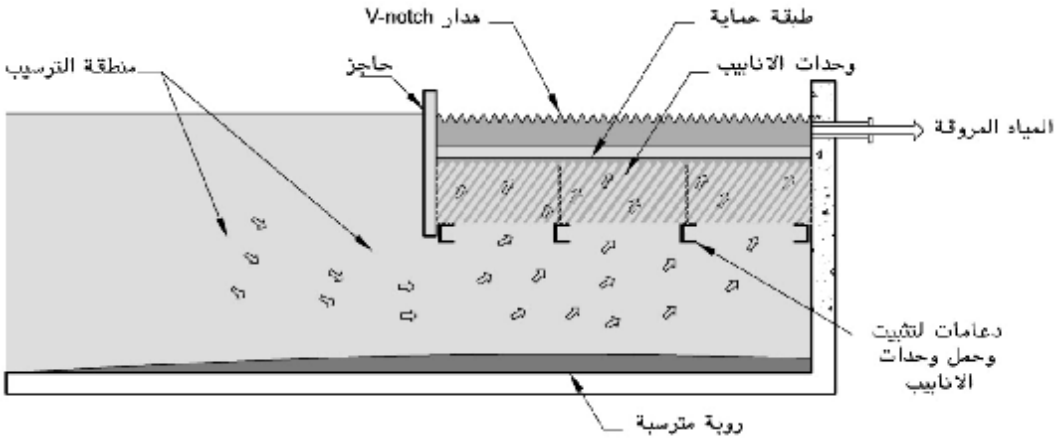
شكل رقم (٥-٨)

مروقات مزودة بألواح ترسيب

وتزداد أهمية وسائل الترسيب ذات المعدل المرتفع فى حالة عدم وجود مساحة كافية لانشاء أحواض الترسيب، وتستخدم أيضا فى الوحدات المدمجة بالاضافة الى امكانية استخدامها فى زيادة قدرات وسعة الأحواض القائمة.

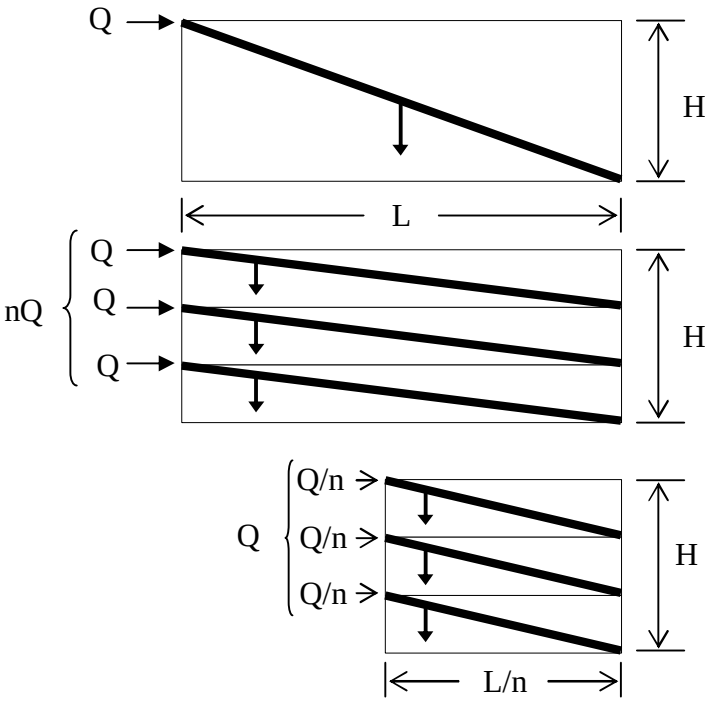
الترسيب بالأنابيب والألواح المائلة:

تعتبر أنابيب وألواح الترسيب من التقنيات الحديثة التي انتشر استخدامها بهدف تقليل تكاليف إنشاء أحواض الترسيب وذلك عن طريق تقليل المساحة السطحية وزمن المكث المطلوبة بأحواض الترسيب وتتميز أنابيب وألواح الترسيب المائلة بأن معدل تدفق المياه بها أعلى بكثير من أحواض الترسيب التقليدية ولذلك تسمى أحيانا بالمروقات ذات المعدل العالي ويوضح الشكل رقم (٥-٩) حوض ترسيب باستخدام ألواح اللاميلا أو الأنابيب.



شكل رقم (٥-٩)
مروق مزود بألواح أو أنابيب ترسيب

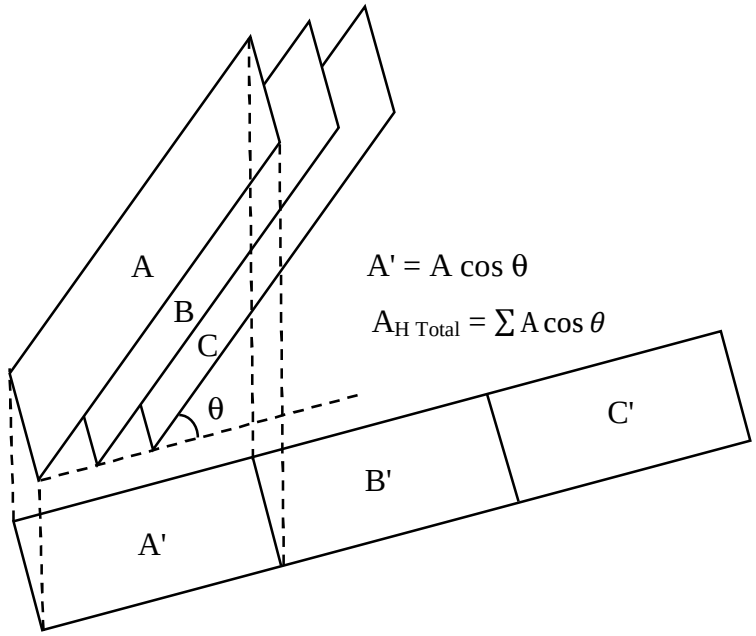
وتعتمد فكرة عمل ألواح الترسيب على أن زمن الترسيب الحر المطلوب للندف وطبقا لقانون هازن لا يعتمد على أرتفاع المنشأ (المروق) وإنما يعتمد على المسطح الأفقى للمروق أو طول منطقة الترسيب. ويوضح الشكل رقم (٥-١٠) الترسيب للتدفق الأفقى فى حالة استخدام ألواح الترسيب أو الأنابيب، ويوضح كذلك الشكل رقم (٥-١١) تطور وزيادة مساحة الترسيب الفعالة باستخدام ألواح اللاميلا أو أنابيب الترسيب.



$$V_H = \frac{Q}{n.S_l.\cos\theta}$$

شكل رقم (٥-١٠)

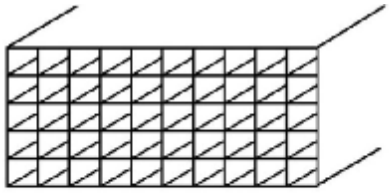
الترسيب باستخدام ألواح اللاميلا



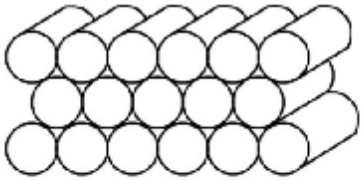
شكل رقم (٥-١١)

تطور وزيادة مساحة الترسيب باستخدام ألواح اللاميلا المائلة

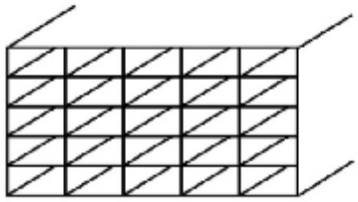
ويوضح الشكل رقم (٥-١٢) قطاع فى وحدة أنابيب الترسيب ذات المقطع السداسى بالاضافة الى باقى الأنواع المختلفة لأنابيب الترسيب.



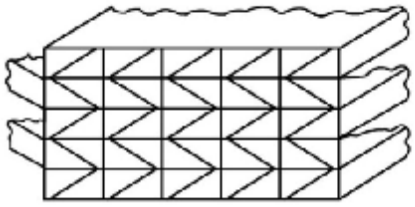
قطاع مربع



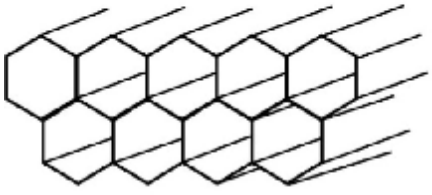
قطاع دائرى



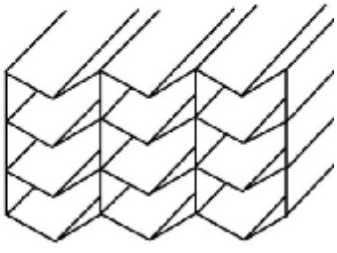
قطاع مستطيل



قطاع مستطيل تبادلى الاتجاه على صفوف



قطاع سداسى

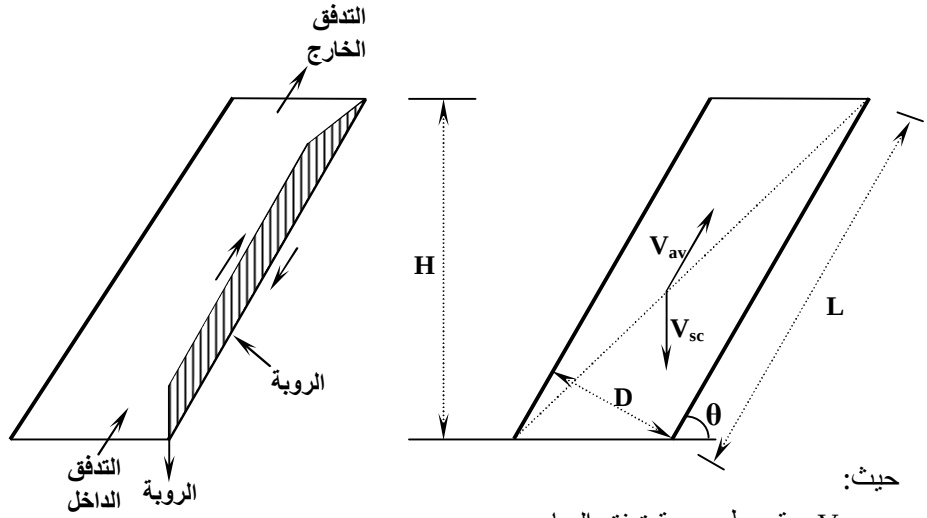


(Cherron)

شكل رقم (٥-١٢)

الأنواع المختلفة لأنابيب الترسيب (Tube Settler)

وأنابيب الترسيب بأنواعها المختلفة، هى مجموعة من الوحدات الثابتة الأبعاد للأنابيب المتراصة بانتظام بارتفاع ثابت وهى مائلة على المستوى الأفقى بزاوية تتراوح من ٤٥ الى ٦٠ درجة، وتوضع عادة فى الثلث العلوى من المروق سواء المروق المستطيل أو الدائرى. ويمر تيار الماء خلال هذه الأنابيب من أسفل لأعلى ويخرج من نهايتها وهى تعمل على إطالة مسار المياه داخل حوض الترسيب مما يزيد من زمن الترسي وبالتالى السماح للمواد القابلة للترسيب بالترسب. وتكون سرعة المياه كافية للمرور خلال هذه الأنابيب للخروج منها بينما تكون سرعة الجسيمات أقل وغير كافية حيث تترسب الندف أو الجسيمات على جدار الأنبوب وتنزلق لأسفل حيث ترسب فى قاع المروق فى منطقة تجميع الرواسب ثم يتم إزالتها بواسطة كاسحات الروبة. ويوضح الشكل رقم (٥-١٣) قطاع فى أنبوب الترسيب والأبعاد الداخلية له وسرعة السريان (V_{av}) داخله مع سرعة ترسيب الجسيمات (V_{sc}) ويتضح منه ترسب الندف أو الجسيمات على جدار الأنبوب حتى تنزلق لأسفل قاع المروق.



حيث:

V_{av}: متوسط سرعة تدفق المياه

V_{sc}: سرعة ترسيب الجزيئات

شكل رقم (٥-٩)

قطاع فى أنبوب الترسيب

ويمكن إضافة أنابيب الترسيب إلى الأنظمة الحالية لزيادة سعتها وكفاءتها (يزيد تصرف المروق من ٥٠- ١٠٠%)، كما يمكن إنشاؤها فى الأنظمة الجديدة مما يمكن من تقليل حجم أحواض الترسيب.

معايير التصميم

يمكن إيجاز المحددات التصميمية لألواح وأنابيب الترسيب فيما يلى:

١. يجب أن يكون التدفق من النوع الخطى (Laminar Flow) أى يكون خاليًا من الدوامات.
٢. يجب ضبط درجة ميل الألواح أو الأنابيب على زاوية من ٤٥° – ٦٠° لأن الزاوية لو قلت عن ٤٥° فسوف تؤدى إلى تراكم الروبة داخل الأنابيب وانسدادها بينما لو زادت الزاوية عن ٦٠° فسوف تقلل من كفاءة الترسيب ويفضل دائمًا أن تكون الزاوية ٦٠°.
٣. يجب أن يكون ميل الأنابيب فى نفس الاتجاه فإذا حدث تيارات عكسية نتيجة لأى حوادث فإنها تتسبب فى إعادة طفو وتعلق هذه الجسيمات بالمياه.

المعادلات التصميمية

توجد عدة نظم لتصميم وحساب تصرفات المروق بعد تركيب ألواح أو أنابيب الترسيب وتعتمد على عدة معادلات هيدروليكية، وسوف نوضح بعض هذه المعادلات فى الجدول رقم (٥-١)، كما يوجد العديد من المعادلات التجريبية التى تعتمد على عدة ثوابت.

$$R_e = \frac{V \times L}{\mu}$$

حيث:

R_e رقم رينولدز
V سرعة الترسيب
L طول حوض الترسيب
μ لزوجة السائل

فى حالة التدفق الخطى يكون رقم رينولدز أقل من (١)

$$T = \frac{V}{Q}$$

حيث:

T	زمن المكث
V	الحجم
Q	معدل التدفق

ويعتمد الترسيب الخطى على أسس الترسيب الطبيعى طبقًا لقانون هازن الذى ينص على أن الجسيمات التى لها معدل ترسيب أكبر من سرعة السائل لأعلى يمكن استخلاصها من السائل.

$$V_o > V_{asc} = \frac{Q}{S}$$

حيث:

V_o	سرعة ترسيب الجسيمات
V_{asc}	سرعة السائل لأعلى
Q	معدل التدفق
S	المساحة السطحية

ولا يعتمد احتجاز الجسيمات الحبيبية على ارتفاع حوض الترسيب لذا يمكن التوسع فى زيادة المساحة السطحية بدرجة كبيرة بوضع عدد كبير من ألواح الترسيب فى الحوض.

جدول رقم (٥ - ١)

بعض المعادلات والنماذج الرياضية المستخدمة فى تصميم المروقات باستخدام ألواح وأنابيب الترسيب

Culp, Hansen, Richardson, 1968	$\frac{V_{av}-V_{sc}\sin\propto}{l} = \frac{V_{sc}\cos\propto}{D}$	for Tubular packing
Yao, 1970	$S = \frac{V_{sc}}{V_{av}}(\sin\propto + l_r\cos\propto)$	for Tubular and plate packing
Willis, 1978	$L = \frac{\gamma K V}{F_c \sin\propto\cos\propto}$	for Tubular packing

Reference: J. Bandrowski, Hehlmann, H. Merta, J. Ziolo, "Studies of Sedimentation in Settlers with packing", Chemical Engineering and Processing Journal, 36 (1997) 219-229.

التشغيل

هناك العديد من نماذج وحدات اللاميلا مثل الألواح المسطحة والألواح المتعرجة والأنابيب الاسطوانية والأنابيب المربعة أو المسدسة، ولضمان أن يتم ترسيب الشوائب العالقة بواسطة الجاذبية يجب أن توضع وحدات اللاميلا بزاوية ميل على المستوى الأفقى ثم يتم تطبيق قانون هازن للسرعة على مسقط مساحة ألواح الترسيب، كما سبق الإشارة إليه.

$$V_H = \frac{Q}{n.Sl\ Cos\theta}$$

حيث:

Q تدفق السائل

S_l المساحة الحقيقية للوح الترسيب.

وهناك ثلاثة طرق للترسيب باستخدام وحدات الألواح تعتمد على طريقة التدفق:

التدفق العكسى

حيث تمر المياه العكرة فى اتجاه عكسى (تتدفع المياه لأعلى بسرعة V_O بينما تتجه الروبة لأسفل) وعند دخول المياه إلى الحوض تخضع الجسيمات لمحصلة السرعة لأعلى V_O وسرعة الترسيب U.

التدفق المتقاطع

حيث تسير المياه والروبة فى اتجاه متعامد (زوايا قائمة) على كل من الآخر (حيث تتدفق المياه أفقيًا وتتدفق الروبة من أعلى لأسفل).

التدفق المشترك

يدور الماء والروبة فى نفس الاتجاه من أعلى لأسفل.

وتعتبر طريقة التدفق العكسى هى أبسط الطرق هيدروليكيًا وأفضلها فى النتائج، وعلى الجانب الآخر فإن الترسيب بطريقة التدفق المشترك يمكنه التغلب على العديد من المشاكل الخاصة باستخلاص المياه المنقاة، ويتميز

الترسيب بالتدفق المتقاطع بأنه يحتوى على توزيع جيد ومنتظم للأحمال الهيدروليكية.

ويجب الاهتمام بصيانة وتنظيف أنابيب الترسيب لضمان فاعليتها وكفاءة أدائها.

اختيار نوع وحدات اللاميلا

تعتمد كفاءة اختيار هذا النوع من الترسيب على العديد من العوامل وهى:

هيدروليكيًا:

يجب أن يكون شكل وحدات اللاميلا مناسبًا للتحول من حالات التدفق الدوامية (عند منطقة الدخول) إلى التدفق الخطى (فى منطقة الألواح) ولذا يجب تجنب والابتعاد عن أنظمة التثبيت التى تحتوى على فواصل من الممكن أن تعوق التدفق والترسيب.

المسافة بين الألواح:

يجب أن يوجد فراغ كافٍ بين الألواح لمنع هذه الألواح من الانسداد بواسطة الروبة المترسبة وللسماح بتنظيف الألواح.

المساحة السطحية:

كلما زادت المساحة السطحية كلما زادت كفاءة عملية التنقية، ولا يجب أن يعتمد اختيار النموذج المستخدم فى الترسيب على كبر المساحة السطحية فالنماذج ذات الألواح المتوازية يمكن أن توجد مساحات كبيرة إذا تم تصغير الفراغ الموجود بين الألواح ولكن ذلك سيخلق مشاكل فى الانسداد وصعوبة الصيانة والتنظيف مما قد يعرضها لزيادة ترسيب الروبة على الألواح وقد يعرضها فى بعض الأحيان للانسداد مما يعوق عملية التنقية.

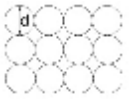
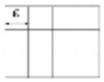
ملحوظة:

تعتبر الأنابيب ذات الشكل السداسى ذات كفاءة هيدروليكية أكبر من أنواع الأنابيب الأخرى ومن الألواح المائلة وتتميز هذه الوحدات بتقليل احتمال الانسداد وفى نفس الوقت توفر مساحة سطحية أكبر.

ويجب أن يتم تركيب وحدات الألواح أو الأنابيب على دعامات معدنية ويتم صيانتها بشكل دورى، ويوضح الجدول رقم (٥-٢) المساحة المكافئة للترسيب فى الأنواع المختلفة للمروقات فى حالة استخدام ألواح الترسيب بمسافات بينية محددة وكذلك أنابيب الترسيب بأبعادها المختلفة تأثير ذلك على كفاءة المروق.

جدول رقم (٥-٢)

المساحة المكافئة للترسيب باستخدام ألواح اللاميلا وأنابيب الترسيب

نوع اللاميلا أو أنابيب الترسيب	بدون ألواح	ألواح اللاميلا		أنابيب متراصة (In-line)	أنابيب تبادلية (Staggered)	أنابيب مربعة	أنابيب سداسية المقطع	
القطر الهيدروليكى الفعال (مم)	--	٤٠ مم بين الألواح	٨٠ مم بين الألواح	قطر ٨٠ مم	قطر ٨٠ مم	٨٠ مم	٨٠ مم	٥٠ مم
شكل وترتيب الوحدة	--							
مساحة الترسيب المكافئة+	١	١٦,٢	٨,١	٦,٤	٧,٤	٨,١	١٠,٨	١٧,٤

+ بفرض إرتفاع وحدة الألواح أو الأنابيب ١,٥ متر.

مميزات الترسيب باللاميلا/ الأنابيب

تتميز مروقات الأنابيب أو الألواح المائلة بما يلى:

١. انخفاض الزمن اللازم للترسيب نظرا لأن المسافة الرأسية هى قطر أنبوبة الترسيب.
٢. سريان المياه عند دخولها إلى أنابيب الترسيب المائلة يأخذ حركة دورانية وليست مستقيمة ومما يسبب الترسيب على كامل السطح الداخلى للأنبوب مما يزيد من مسطح الترسيب.
٣. الترسيب بكامل السطح الداخلى للأنابيب يسبب سطحا خشنا للمياه لكثرة المترسبات فى جميع خطوط المسار الهيدروليكى للمياه مما يزيد من مقاومة الأسطح الداخلية للسريان الحر للمياه وتقل سرعة المياه وتزيد فرصة الترسيب للندف.
٤. طريقة غير مكلفة لتطوير المروقات الموجودة فى محطات المياه وتحسين أدائها وتقليل المساحات المطلوبة عند إنشاء المحطات الجديدة.

٥. سهولة تركيبها نظرًا لصنعها من مواد خفيفة الوزن مثل (PVC) مما يقلل من الأعمال الإنشائية المطلوبة.
٦. المروقات المزودة بأنابيب الترسيب يمكن أن تستوعب معدلات تصل من ٢ : ٤ أضعاف المعدلات بالمروقات التى لا يوجد بها أنابيب ترسيب.
٧. يمكن تقليل جرعة المروبات إلى النصف والحصول على نفس مستوى العكارة المنخفض كما ينتج فى حالة الجرعة المضاعفة فى غير وجود الأنابيب.
٨. تقليل أعمال الغسيل العكسى للمرشحات مما يقلل من تكاليف التشغيل الخاصة باستهلاك المياه النقية والكهرباء.
٩. تزيد معدل إزالة المواد الصلبة من أحواض الترسيب.

مشاكل التصميم والتشغيل لنظام الأنابيب أو الألواح المائلة

أولا: مشاكل التصميم

١. عدم وضع الألواح المائلة أو الأنابيب على الزاوية الصحيحة للميل من ٤٥ إلى ٦٠ ° على الأفقى.
٢. عدم مطابقة الخامات الخاصة بالألواح المائلة للمواصفات الفنية المطلوبة.
٣. الخطأ فى تصميم نقاط ركائز عملية تثبيت الأنابيب.
٤. الخطأ فى تصميم واختيار قطر المواسير أو طول وعرض وسمك الألواح المائلة فيقل مسطح الترسيب.

ثانيا: مشاكل التشغيل

١. صعوبة نظافة الأنابيب أو الألواح المائلة من الروبة المعلقة.
٢. كثرة الهالك من هذه الألواح أو الأنابيب أثناء عملية الصيانة.
٣. انهيار بعض المجموعات أثناء التشغيل لعدم تحملها وزن الروبة الملتصقة بها.
٤. عدم قدرة هذا النظام على التحميل الزائد.
٥. عند زيادة سرعة المياه لا تتم عملية الترسيب بشكل صحيح.
٦. زيادة تكلفة أعمال الصيانة.
٧. تكدس الروبة وعدم سحبها يوثر بشكل مباشر فى عملية الترسيب.

٨. قلة الفترة الزمنية البينية للصيانة حيث يحتاج المروق إلى الصيانة كل أربعة شهور.
٩. كثرة الروبة الملاصقة لهذه المجموعات تسبب فى فقد الشكل الهندسى للمقاطع.
١٠. قرب الخلط البطئ من الألواح المائلة يؤثر سلبا على عملية الترسيب.

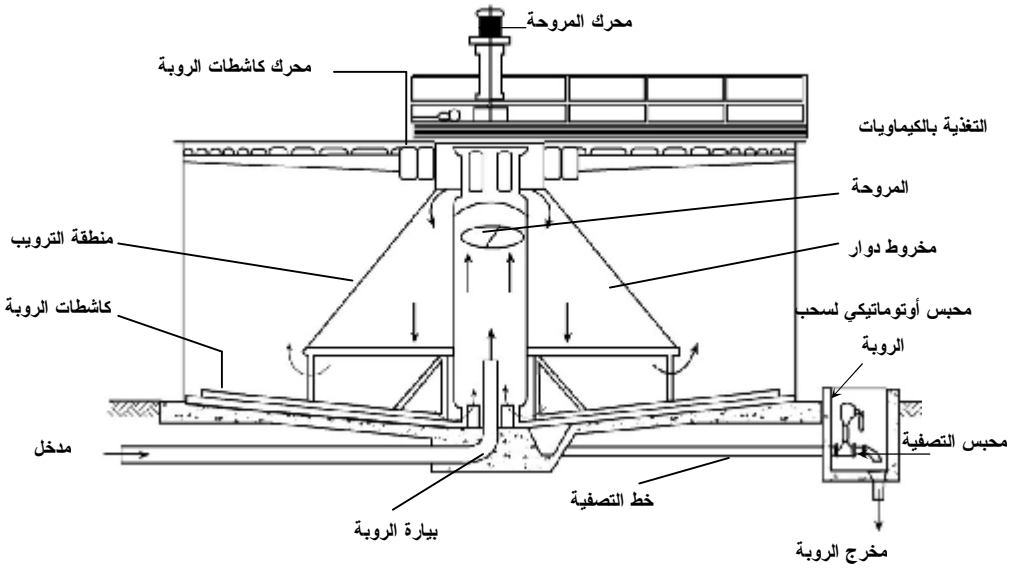
٥ - وحدات تلامس الأجسام الصلبة:

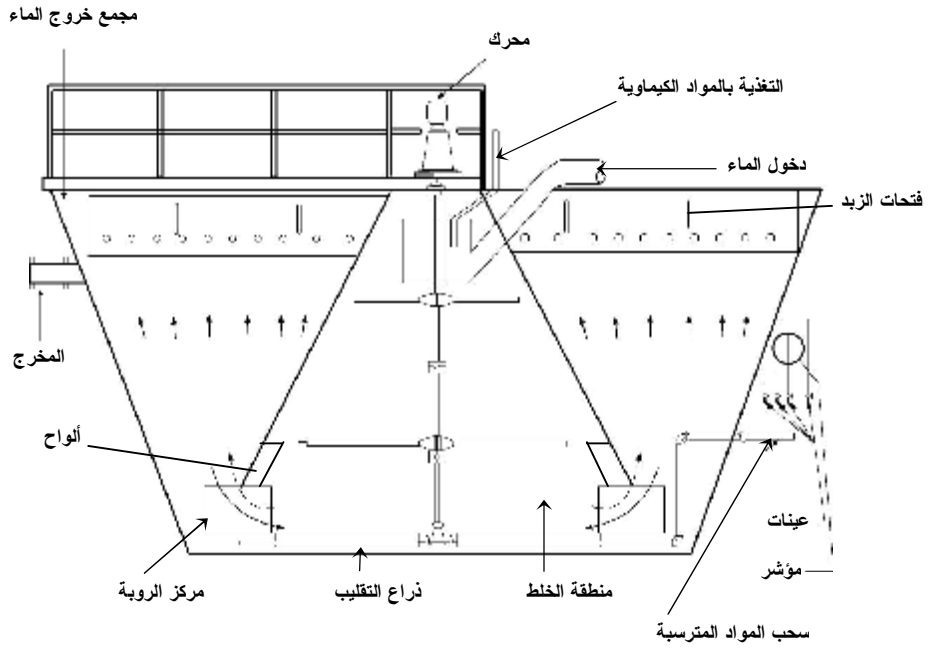
وتسمى أيضا مروقات طبقة الروبة (Sludge Blanket) وقد تم ابتكارها لتحسين عملية إزالة المواد الصلبة بتصميم خاص، وتضم هذه الطريقة عمليات الترويب والتنديف والترسيب في حوض واحد حيث يمكن أن يكون مستطيلاً أو دائريا، وتندفع المياه من أسفل لأعلى عبر حصيرة أو طبقة من الروبة المتشكلة من الأجسام الصلبة المتندفة، ويوضح الشكل رقم (٥-١١) مروقات تلامس الأجسام الصلبة.

ويوجد بهذه الوحدات تجهيزات للتحكم في إزالة الأجسام الصلبة بحيث يظل تركيز المواد الصلبة الموجودة في الحوض عند الحدود المرغوب فيها وينتشر استخدام هذه الطريقة في محطات المياه صغيرة المساحة وكذلك في المناطق ذات الأجواء الباردة التي يتحتم فيها وجود الوحدات داخل مباني، ومع ذلك فيجب الحرص عند تشغيل هذه الوحدات لضمان تكون طبقة منتظمة من الروبة (Sludge Blanket) وأن يتم الحفاظ عليها مع وجود عمليات إزالة الأجسام الصلبة.

ومن عيوب طبقة الروبة حساسيتها للتغيرات في درجة الحرارة، حيث تحاول تيارات الكثافة الناتجة من تغير الحرارة إتلاف هذه الطبقة مما يؤثر مباشرة على أداء المرشحات ومن العوامل الأخرى المؤثرة أيضًا في التشغيل هو التحكم في الجرعات الكيماوية، مزج الكيماويات، والتحكم في طبقة الروبة.

وتتميز وحدات تلامس الأجسام الصلبة بالأداء الجيد في إزالة العكارة وبصفة عامة فإن هذا النوع من المروقات ذو حساسية كبيرة للتغير في درجات الحرارة ونوعية المياه الواردة.





شكل رقم (٥-١١)

مروقات تلامس الأجسام الصلبة (Sludge Blanket)

٦ - المروق النابض (Pulsator Clarifier)

يعتبر هذا النوع من أحدث وأكفأ المروقات التى تعمل على تنقية المياه، وتتميز بزيادة الطاقة الإنتاجية لها. وقد أثبتت الدراسات العملية تأثير سريان المياه خلال طبقة من الروبة المترسبة فى زيادة ترويق المياه بدرجة واضحة، والتى على أساسها أعتمدت محطات تنقية المياه أسلوب الترسيب بما سمى بالمروق النابض ذو طبقة الروبة المعلقة (Sludge Blanket)، حيث تعطى هذه المروقات أعلى درجة ترويق وأعلى كمية تدفق وإن كانت أكثر تعقيدا فى التصميم وأعمال التشغيل.

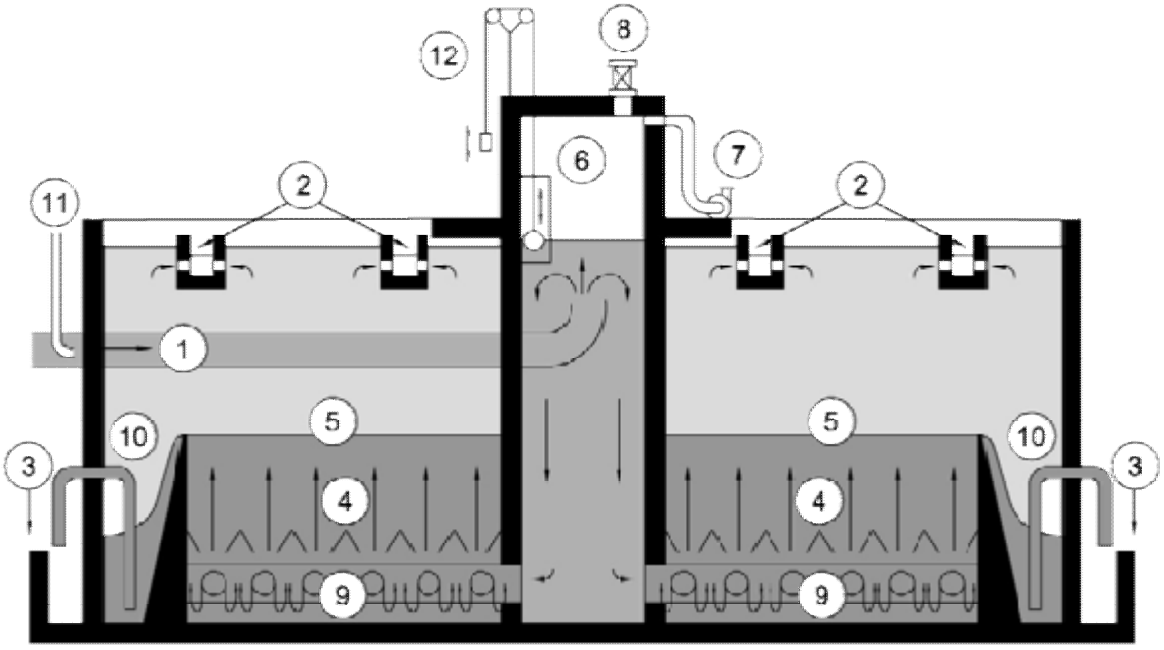
وصف حوض الترويب والترويق النابض (Pulsator):

هو عبارة عن خزان ذى قاع أفقى، من الخرسانة المسلحة. ويمكن أن يأخذ الشكل المربع أو المستطيل للاستفادة القصوى من موقع الإنشاء، وفى هذا النوع من المروقات يتم ضخ المياه من أدنى نقطة بالمروق إلى داخل المروق، بعد حقنها بكيماويات المعالجة، وذلك فى توزيع متجانس على طول المسطح الأرضى للمروق، وتبدأ المياه فى التدفق من خلال الفتحات الموجودة فى مواسير التوزيع المثقبة رقم (٩) الموجودة فوق أرضية المروق، كما يوضح الشكل رقم (٥-١٢). حيث تأخذ المياه فى الإرتفاع من أسفل إلى أعلى (Upward) متخللة لطبقة عائمة من الروبة المعلقة (Sludge Blanket) المتكونة من جسيمات غروية حديثة التنديف، وتتحرك جسيمات الندف هائمة بحركة عشوائية مستمرة خلال طبقة ثابتة من الحيز المائع تحت تأثير قوى لحركة متوازنة (Dynamic Equilibrium) من التدفق الهيدروليكى للمياه المتصاعدة مقابل لسرعة ترسيب الندف، وينتهى المروق بمجموعة من القنوات فى أعلى المروق لتجميع المياه المروقة الخارجة.

وتدخل المياه العكرة من خلال قناة دخول أو ماسورة تقع أسفل أقماع الروبة ثم تصل إلى عمود رأسى مفتوح فى منتصف المروق تعلوه غرفة مغلقة أعلى منسوب العمود بمسافة معينة تتصل بمروحة تفريغ وتعمل هذه المروحة بصفة مستمرة أثناء تشغيل المروق لسحب الهواء المحتجز فوق

سطح الماء فى الغرفة المغلقة حتى يصل ارتفاع منسوب المياه لمنسوب معين (٤٠- ٦٠ سم) بتأثير التفريغ، وتوجد عوامة تقوم بتشغيل محبس لمعادلة التفريغ الناتج من تشغيل المروحة عن طريق فتح المحبس وتوصيل الضغط فى الغرفة إلى درجة الضغط الجوى فينخفض منسوب المياه إلى ما كان عليه وهذا ما يعرف بالنبضة ثم يقفل المحبس مرة ثانية لكى تعاد عملية التفريغ.

وتتكرر هذه الدورة كل ٣٠ – ٤٠ ثانية (زمن الملء) وتستمر لفترة زمنية تتراوح من ٥ - ١٠ ثوان (زمن التفريغ)، وللتحكم فى قوة النبضة يتم ضبط أعلى وأقل منسوب للمياه عند بدء تشغيل المحطة ويعاد ضبطها كل فترة تبعا لنوعية المياه العكرة ودرجة الحرارة.



١- دخول المياه العكرة ٢- خروج المياه المروقة ٣- أنبوب سحب الروبة
٤- المهدئات هرمية الشكل ٥- أقصى أرتفاع مثالى للروبة المعلقة ٦- غرفة التفريغ والنبض
٧- طلمبة تفريغ الهواء ٨- صمام السحب لدخول الهواء الجوى ٩ - منطقة تدفق العكرة
١٠- منطقة تركيز الروبة ١١- حقن الشبة ١٢- عوامة التشغيل

شكل رقم (٥-١٢)
المروق النابض (Puslator)

مكونات المروق النابض من أشهر أشكال المروقات النابضة الشكل المستطيل وهو يتكون من حوض خرسانى مستوى القاع مقسوم نصفين طوليا يبلغ طول كل نصف حوالى ٣٠ مترا وعرضه ٢٠ متر ويوجد بين هذين النصفين ممر لدخول المياه العكرة بعرض ٢ متر ويعلو هذا الممر أحواض الروبة المركزة وتتوسط الممر غرفة التفريغ وهى التى يعلوها غرفة مراوح سحب الهواء

وتوجد بممر الدخول من أسفل مجموعة مواسير مثقبة قطر الواحدة ٣٠٠ مم تصل بين الممر وجدار نصف المروق من أسفل ويبلغ قطر كل ثقب ١ بوصة وعلى زاوية ١٢٠ درجه واتجاهها لأسفل لتوزيع المياه العكرة بانتظام وعدم إثارة الروبة.

ويوجد بداخل المروق ٦ أحواض (أقماع) لتركيز الروبة (Concentrator) وتكون شكلها على هيئة هرم مقلوب ناقص القمة وقاعدة الهرم لأعلى وتوجد ثلاثة أقماع على كل جانب ويخرج من أسفل كل قمع ماسورة تصل إلى الحوض التالى وفى النهاية تصل لماسورة قطرها١٠٠مم تصب فى غرفة سحب الروبة ويتم التحكم فى عملية فتح وغلق الماسورة بواسطة صمام (Solenoid Valve) يعمل عن طريق ساعة توقيت (Chrono contact).

ويوجد (٦) صمامات من هذا النوع (٣) على كل جانب وكلها تعمل بالهواء المضغوط أوتوماتيكيا حسب ساعة توقيت لزمن الفتح ومدته وترتيب الصمام الذى يجب أن يفتح.

غرفة التفريغ (Vacuum Chamber) تشتمل على عوامة تطفو على سطح المياه متصلة بحبل خفيف يلف حول بكرتين وينتهى الحبل بثقل وزنه ١ كيلو جرام ويمر الحبل من ثقب فى غطاء الغرفة النابضة، ويخرج أيضا من هذه الغرفة ماسورة سحب الهواء بواسطة إحدى مروحتين موجودتين بغرفة النبض (Puslator) وتتصل هذه الماسورة أيضا بصمام يعمل كهرومغناطيسيا بحيث يرتفع الماء بالغرفة إلى ارتفاع معين (٤٠ – ٦٠ سم) تحت تأثير حدوث التفريغ عندما يغلق صمام التعادل

أثناء تشغيل المروحة لسحب الهواء الموجود فى غرفة التفريغ. وعند وصول الماء إلى هذا الارتفاع يفتح الصمام الكهربى (Release Valve) فيدخل الهواء الجوى إلى الغرفة فينخفض عمود الماء مرة أخرى فتحدث النبضة فى المروق.

ويوجد على حبل العوامة صامولتين للضبط (عصفورتين) إحداهما جهة العوامة والأخرى جهة الثقل وعندما يرتفع الماء ليحل مكان الهواء ترتفع العوامة ومعها العصفورة لأعلى حتى تلامس ذراع توصيل الحركه فتدفعه لأعلى فيعمل على فصل نقط التلامس الكهربية فيفتح الصمام بفعل ياى قوى فيدخل الهواء.

وبعد هبوط العوامة تصل العصفورة (صامولة الضبط) إلى نهاية مشوارها وتعمل على غلق الصمام الكهربى ومع إستمرار تشغيل مروحة سحب الهواء وطرده للخارج يحل الماء محل الهواء ويرتفع لأعلى مرة أخرى مكررا نفس الدورة.

مخفضات سرعة المياه الداخلة (المثلثات) توضع زوايا هرمية على شكل مثلث متساوى الساقين بأطوال مختلفة ويتم تثبيت هذه المثلثات على قواعد خرسانية أعلى المواسير.

تمر المياه العكرة فى مواسير التوزيع المثقبة محتوية على جرعة الكلور والشبه ثم تخرج من فتحات المواسير الموجودة أسفل الماسورة وعلى زاوية ٦٠ درجه فتثير الطمى المترسب فى القاع بالإضافة إلى قوه الدفع نتيجة حدوث تيارات الحمل الناشئة عن النبضات المتتالية كل هذه العوامل تثير الطمى المترسب ويصعد لأعلى فتعمل الأشكال المثلثة على تهدئة سرعة المياه أولا وفى نفس الوقت يترسب على أسطحها معظم الندف والطمى الناتج بتأثير الشبة التى أضيفت إلى المياه العكرة ثم تطفو بهدوء إلى أعلى وتلتصق بطبقة الطمى المعلقة التى تكونت من قبل

دور النبضة فى عملية الترويق

تعمل النبضة المؤثرة على رفع وتحريك طبقة الروبة بهدوء من جانبى المروق حتى تصل إلى الأقماع فتسقط فيها تباعا وذلك بفعل النبضات المتوالية.

ومع كل نبضة (Pulse) أو دفعة للمياه إلى أعلى ينصرف جزء من الطبقة العليا للروبة إلى الأقماع وبذلك يتم المحافظة على سمك طبقة الروبة العائمة ثابتا داخل المروق، ويتم استخراج الروبة الزائدة من الأقماع إلى حجرة صرف الروبة بواسطة مواسير سحب الروبة الموجودة فى كل الأقماع.

مواسير توزيع المياه العكرة

كما سبق الذكر هى مواسير ممتدة من ممر دخول المياه العكرة حتى جدار المروق ومثقبة من أسفل بصفين من الثقوب لكن الأهم هو غلق نهاية الماسورة بجوار حائط المروق بسدادة (طبة عامية) لمنع هروب النبضات.

ضبط وتشغيل المروق النابض

لكى يتم تشغيل المروق النابض بطريقة صحيحة يجب إتباع الآتى:

١. تقدير وحساب كمية المياه العكرة الداخلة إلى المروق.
٢. ضبط جرعة الشبة والكلور المستخدمة.
٣. ضبط أزمنة الملء (السحب) وأزمنة التفريغ.
٤. ضبط ارتفاع عمود الماء بحجرة التفريغ (والتي يتحدد علي أثرها قوة النبضة في المروق) طبقا لكمية المياه العكرة الداخلة.
٥. قياس تركيز الروبة في طبقة الروبة المتكونة داخل المروق.
٦. قياس تركيز الروبة الخارجة من صمامات تصريف الروبة.
٧. عمل تجربة معامل تماسك طبقة الروبة (K Factor) معمليا .
٨. قياس منسوب طبقة الروبة.
٩. فحص مستوى الروبة فى الأقماع بالنظر (يجب أن تكون هذه الأقماع ممتلئة بنسبة ٧٥ %).
١٠. طبيعة طبقة الروبة المتكونة فى المروق هشة وخفيفة وترى بالعين المجردة فتتحرك في إتجاه منطقة الأقماع الساكنة.

ويجب عمل قائمة لمراجعة تشغيل المروق عند عمل القياسات السابقة وأى تغيير فى كمية أو نوعية المياه العكرة يجعل من الضرورى فحص مستوى طبقة الروبة بالمروق وبالأقماع – وربما يستلزم الأمر تغيير في عمليات الضبط.

ضبط أزمنة الملء والتفريغ للمروق

١ – زمن الملء (زمن السحب) (Filling Time)

هو الزمن الذى يتم خلاله تشغيل المروحة لسحب الهواء من العمود الرأسى في منتصف المروق (حجرة التفريغ) لكى يرتفع الماء بالقدر المطلوب لإحداث النبضة المؤثرة وهى تقريبا ما بين ٥٠ – ٦٠ سم لتحريك طبقة الروبة حتى تصل إلى الأقماع وهذا الزمن يجب أن يكون كافيا لتحريك الروبة ويتراوح بين ٢٠- ٤٠ ثانية.

ملاحظة:
إذا زاد إرتفاع عمود الماء عن القيمة المحددة نتج عن ذلك نبضة قوية تتسبب فى تكسير طبقة الروبة (Sludge Blanket) وإذا قل ارتفاع عمود الماء كان ذلك سببا فى عدم وصول طبقة الروبة إلى الأقماع

٢ – زمن التدفق (التفريغ) (Flash Time)

هو الزمن اللازم لإلغاء التفريغ (الذى حدث خلال فترة تشغيل المروحة مع غلق محابس دخول الهواء - محابس السولونويد) أو بمعني آخر هو زمن فتح محبس السولونويد لإدخال الهواء الجوى لمعادلة الضغط السالب داخل الغرفة بالضغط الجوى، ويجب ألا يتجاوز زمن التدفق ١٠ ثوان وإلا ستكون النبضة عالية جدا وتكسر طبقة الروبة كما ذكرنا سابقًا.

والمروق النابض بصفة عامة حساس جدا لأى تغير فى تصرف المياه الداخلة إليه فأى زياده فى تصرف المياه الداخلة إلى المروق فجأة تتسبب فى وجود ندف كثيرة على سطح المروق وتكون مياه المروق عكرة – وإذا نقصت المياه الداخلة إلى المروق تسبب ذلك فى عدم وصول الروبة إلى الأقماع. لذا يجب الاسترشاد بأزمنة الملء والتفريغ وارتفاع عمود المياه، كما هو موضح بالجدول التالى:

البند	القيمة المضبوطة	الحدود المسموح بها	ملاحظات
زمن التفريغ	١٠ ثوانى	٦ - ١٤ ثانية	يغلق صمام التفريغ جزئيا عند زيادة الزمن.
زمن الملء	٣٠ ثانية	٢٠ – ٤٠ ثانية	يغلق صمام سحب الهواء جزئيا عند زيادة الزمن.
إرتفاع عمود الماء	٥٠ سم	٥٠ – ٦٥ سم	يضبط مشوار حركة العصفورة على الحبل.

١– ضبط ارتفاع عمود الماء بحجرة التفريغ:

– اوقف مروحة التفريغ بينما يكون الصمام الخاص بإلغاء التفريغ مفتوحا الصمام ذو البلف).
– انتظر حتى تكون العوامة فى وضع مستقر.
– إرفع العوامة إلى أعلى حتى تكون فى وضع يعلو منسوب المياه بعامود التفريغ بمقدار ١٠ سم وعند هذا الوضع يعطى مفتاح العوامة إشارة إلى صمام إلغاء التفريغ للغلق.
– ثبت المسمار الخاص بالعصفورة على حبل العوامة.
– ابدأ تشغيل مروحة التفريغ (سحب الهواء) حتى تصل المياه إلى الارتفاع المطلوب ثم ثبت العصفورة على حبل العوامة فى الجانب الأخر حتى يمكن فتح صمام إلغاء التفريغ عند الارتفاع المذكور٠

٢- ضبط زمن الملء (Filling Time):

يتم التحكم فى هذا الزمن عن طريق صمام المروحة اليدوى السفلى ففى حالة سحب الهواء بواسطة المروحة يحل محله الماء بإرتفاع ٤٠ – ٦٥ سم، وفى هذه الحالة يكون صمامى سحب الهواء مقفولين - ويلاحظ إرتفاع الحبل من وسط الغرفة إلى أعلى وانخفاض الثقل إلى أسفل.

٣- ضبط خروج الروبة من المروقات:

يتم ضبط خروج الروبة من المروقات بطريقتين:

١ – آليا (Automatic)

وذلك بضبط الزمن اللازم بين فتح كل صمام والآخر وكذلك مدة استمرار فتح الصمام من لوحة التشغيل الموجودة بحجرة التفريغ.

٢ – يدويا (Manual)

بفتح صمامات الروبة يدويا وهذه طريقة غير صحيحة ولا تستخدم إلا فى وجود أعطال بالصمامات الأوتوماتيكية.

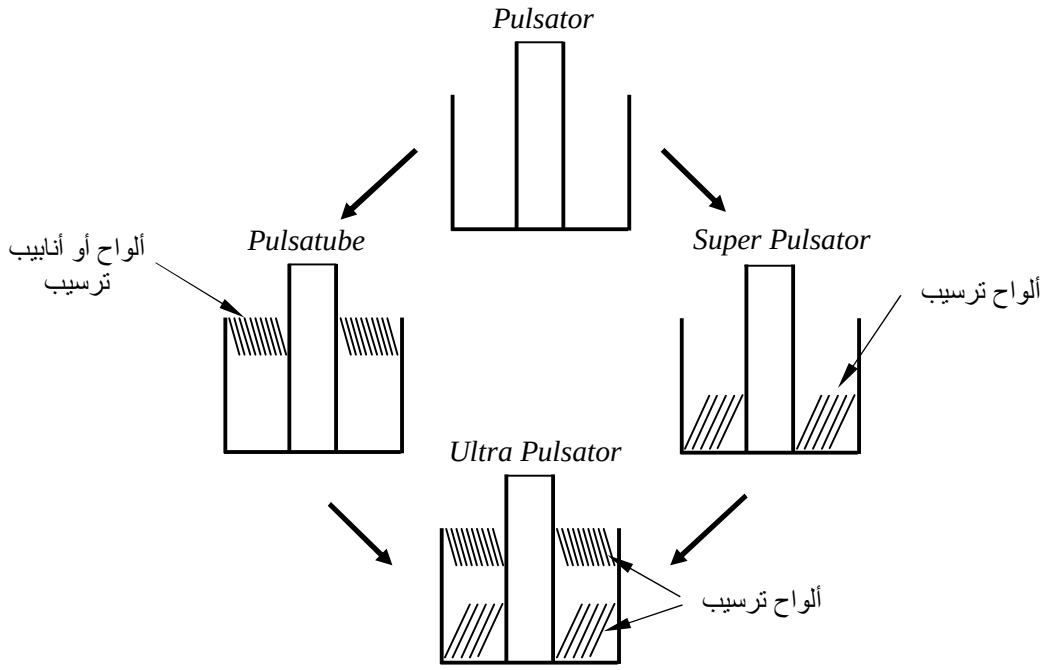
تطوير المروق النابض

تم تطوير المروق النابض وذلك من خلال تركيب وحدات من ألواح اللامـيلا أو أنابيب الترسيب فى المنطقة العلوية من الحوض أو فى الجزء السفلى فـى منطقة حصيرة الروبة أو كليهما معا، ويوضح الشكل رقم (٥-١٣) نظم تطوير المروقات النابضة.

ويوضح الجدول التالى معدلات التحميل الهيدروليكية فى المروق النابض والأنظمة المطورة له.

Type of unit	*loading rate*
Pulsed Blanket	2.4 – 3.1 m/ h
Pulsed Blanket with plate settler	4.9 – 9.8 m/ h
Pulsed Blanket with plate and tube settler	2.3 – 12.2 m/ h

Ref. Water Treatment Plant Design, Fourth Edition, AWWA, ASCE, 2005.



شكل رقم (٥-١٣)
نظم تطوير المروق النابض (Pulsator)

ومن الجدير بالذكر بأن نظام (Pulsator) يمكن تركيبه فى بعض الأحيان فى المروقات القائمة ليعطى كفاءة وتصرف أعلى، وقد تم تنفيذ ذلك سابقا فى إحدى محطات التنقية بمحافظة الاسكندرية حيث تم رفع طاقة المحطة الى ٢٤٠ ألف م^3/ يوم.

وقد تم تطوير حوض الترويب والترويق النابض ليصبح فائقا (Super Pulsator)، وذلك بإضافة جهاز حساس (Level Sensor) لضبط منسوب المياه فى غرفة التفريغ ويقوم هذا الجهاز بفتح وغلق الصمام المركب أعلى الغرفة.

طريقة تشغيل حوض الترويب والترويق النابض الفائق:

١. تدخل المياه مختلطة بالمروبات إلى غرفة التفريغ (Vacuum chamber)، حيث يتم تشغيل طلمبة التفريغ، فيرتفع الماء داخل الغرفة إلى منسوب محدد. ويُضبط منسوب الماء عن طريق

تشغيل الصمام المركب أعلى الغرفة الذى يتم فتحة وغلقه بواسطة الجهاز الحساس المشار إليه. وعند فتح الصمام يعود الضغط الجوى إلى طبيعته فتهبط المياه إلى المواسير السفلية والثقوب وتتخلل أسفل المرشح إلى أعلى.

٢. يتدفق خليط المياه مع المواد المروبة من القاع مخترقاً الطبقة الجيلاتينية بسرعة ٦ متر/ ساعة ويتم حجز المواد العالقة والغروية الموجودة بالمياه على هذه الطبقة، وعندما يصل منسوب المياه إلى أقل مستوى له ولا يكون هناك ضاغط مائى، تنغلق فتحة الهواء بواسطة الجهاز الحساس وتقوم طلمبة التفريغ بالعمل فتشفط الهواء من داخل الغرفة وتدفعه إلى الخارج، ويعود منسوب المياه إلى الارتفاع. وانخفاض وارتفاع المياه داخل غرفة التفريغ بطريقة أوتوماتيكية هو الذى أدى إلى تسمية هذا الحوض بحوض الترويب والترويق النابض، وتستغرق هذه العملية أو دورة النبضات من ٤٠ – ٥٠ ثانية.

٣. تُجمع المياه المروقة الخارجة من الطبقة الهلامية عن طريق مواسير مثقبة مجمعة ومتراصة بعرض المروق حيث تنقل المياه إلى المرشح.

٤. يزداد سُمك (ارتفاع) الطبقة الجيلاتينية المتكونة فى أسفل المروق بزيادة المواد العالقة والغروية التى التصقت بها، وكذلك المواد المروبة المستخدمة مع الماء. ويجب التخلص من الزيادة فى هذه الطبقة عن طريق مجرى تفيض فيه الرواسب ويتم صرفها إلى الخارج ليكون هناك سمك ثابت للطبقة الجيلاتينية اللازمة لعملية الترويق.

مميزات حوض الترويب والترويق النابض الفائق:

١. القدرة على إزالة اللون والعكارة من المياه.
٢. القدرة على التعامل مع أى نوع من المياه السطحية.
٣. الفعالية فى إنتاج مياه نظيفة تلائم الصناعات التى تتطلب مياهاً درجة عالية من النقاوة، مثل صناعة المنسوجات والبتروكيماويات.
٤. المرونة الفائقة فى التشغيل.
٥. الفاقد البسيط فى ضاغط المياه.

زمن المكث بالمروق

هو الوقــت الفعلي الذى تستغرقه قطرة الماء للمرور خلال حوض الترويق بمعدل تدفق محدد. ويمكن أيضا تعريف زمن المكث بأنه الوقت الذى تستغرقه قطرة الماء للمرور خلال أو البقاء في الحوض بمعدل تصرف محدد، ويمكن حساب زمن المكث بقسمة حجم الحوض على معدل التدفق.

وأحيانا قد يحدث اختلاف لمدة المكث داخل الحوض من مكان لآخر عن زمن المكث التصميمى وذلك بسبب حدوث اختصار في المسارات (دوائر القصــر نحو الهدار - Short Circuits) والذى ينتج عن عدم ضبط أفقية هدار الخروج. (وتعرف دوائر القصر بأنها الإنحراف عن مسار التصــرف المعتــاد خــلال المروقات أو أحواض الترسيب والوصول إلى مكان الخروج من المروق فــى زمن أقل من الزمن اللازم طبقا لتصميم المروق).

إذا كانت كمية المياه المطلوبة (الاحتياج المائي) أكبر من معــدل التصــرف التصميمى مما يتسبب فى زيادة معدل سحب المياه وبالتالى يقل زمن المكــث الفعلى عن زمن المكث التصميمى فيجب في هذه الحالة إجراء اختبار الكأس، لإعادة ضبط الجرعات الكيماوية وتحديد الجرعة المطلوبة فى هذه الحالة.

الأسس التصميمية لأحواض الترسيب

يعتمد تصميم أحواض الترسيب على معرفــة التكنولوجيــا المســتخدمة فــى الترسيب بالاضافة الى تحديد زمــن المكــث المطلــوب ومعــدل التحميــل الهيدروليكى المسموح به، وبالتالى يمكــن تحديــد الأبعــاد الانشــائية لهــذه الأحواض.

ولحساب زمن المكث في حوض الترسيب، فإنه يجب معرفة حجم الحــوض ومعدل التدفق، ويمكن حساب حجم الحوض بمعرفة أبعاده مــن الرســومات الهندسية للمحطة ويمكن معرفة معدل التدفق من قياسات التدفق أو ســجلات التدفق، ويتم حساب زمن المكث بقسمة التدفق ($م^3$ في اليــوم) علــى حجــم الحوض بالمتر المكعب ولتحويل هذا الزمن من يوم إلى ساعة يتم ضــربه × ٢٤.

بالنسبة للحوض المستطيل:

حجم الحوض = الطول × العرض × العمق

وبالنسبة للحوض الدائري فإن حجم الحوض = ٠,٧٨٥ × (القطر)^{٢} × العمق

ولحساب زمن المكث نظريا:

$$\text{زمن المكث} = \frac{\text{حجم الحوض م}^{٣} \times ٢٤ \text{ س/ يوم}}{\text{التدفق م}^{٣}\text{/ يوم}}$$

$$\text{أما معدل التحميل السطحى (م}^{٣}\text{/ م}^{٢}\text{/ يوم)} = \frac{\text{معدل التدفق م}^{٣}\text{/ يوم}}{\text{المساحة السطحية للحوض (م}^{٢}\text{)}}$$

المساحة السطحية للحوض الدائرى = ٠,٧٨٥ × (القطر)^{٢}

المساحة السطحية للحوض المستطيل = الطول × العرض

الأسس التصميمية طبقًا للكود المصرى لتصميم محطات تنقية مياه الشرب

بالنسبة لمنطقة الترويب	
مدة المكث	من ٢٠ – ٤٠ دقيقة
عمق المياه	من ٢ – ٣ متر
السرعة المحيطية للتقليب الميكانيكى	فى حدود ٠,٣ م / ث
سعة حيز الترويب	١٥ – ٢٥% من السعة الكلية
بالنسبة لمنطقة الترسيب	
قطر الحوض	لا يزيد عن ٤٠,٠ متر
مدة المكث	من ٢ – ٣ ساعة
معدل التحميل السطحى	٢٠ – ٤٥ م^{٣} /م^{٢} / يوم
معدل التحميل على الهدار	من ٢٠٠ – ٣٠٠ م^{٣}/ م / يوم
السرعة القطرية	لا تزيد عن ٣٠ سم / دقيقة
ميل القاع من ٢ – ٤ % فى اتجاه حيز تجميع الرواسب	
قطر ماسورة خروج الرواسب لا يقل عن ١٥٠ مم ويجب خروج الرواسب بمعدل منتظم	
سرعة المياه فى المواسير الخارجة	يتراوح بين ٠,٥ – ٠,٧ م/ ث

ويفضل أن لايزيد طول الأحواض المستطيلة عن٤٠ متر، وأن لا تزيد نسبة الطول إلى العرض ٤ : ١، وعند إستخدام هدارات على شكل حرف V يكون عمقه فى حدود ٥ سم والمسافة البينية تتراوح ما بين ٨ – ١٥ سم.

ويمكن توقع إمكانية حدوث أى مشاكل بواسطة حساب زمن المكث وبمقارنة معدل التدفق الفعلى في المحطة بمعدل التدفق التصميمي فإذا اقترب معدل التدفق الفعلي من المعدل التصميمي أو زاد عنه فهناك احتمال كبير للوقوع في مشاكل، وأيضا، يجب تقليل التدفق إذا حدثت مشاكل عند انخفاض درجة حرارة الماء حيث أنه كلما انخفضت درجة حرارة الجو كلما احتاجت الجسيمات وقتا أطول لترسب ولإتاحة الوقت المطلوب فإنه يجب تقليل معدل التدفق، وإذا كانت كمية المياه المطلوبة (الاحتياج المائي) لا تسمح بتقليل معدل التدفق فيجب في هذه الحالة إعادة إجراء اختبار الكأس وإعادة ضبط الجرعات الكيماوية لتعويض تأثير فرق درجات الحرارة.

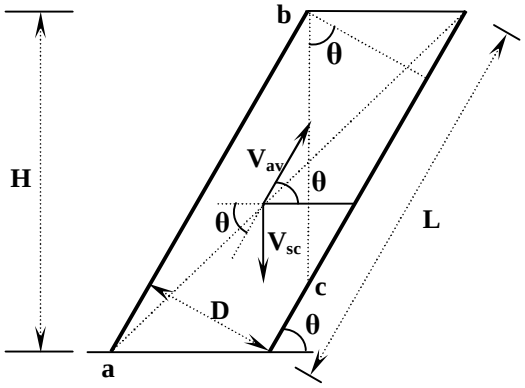
ويجب على المشغل التحكم في عملية الترسيب من خلال ضبط الكيماويات ومعدل التغذية بالكيماويات حيث أنها الوسيلة الرئيسية التي يمكن أن يتحكم بها في كفاءة عمليات التنقية بالمحطة.

حسابات الترسيب باستخدام الأنابيب المائلة

بفرض تساوى الزمن المطلوب للجزىء ليقطع المسافة من نقطة (a) إلى نقطة (b) مع الزمن المطلوب لنفس الجزىء ليترسب من النقطة (b) إلى النقطة (c) ويمكن إجراء حسابات الترسيب من خلال معادلة Yao, (1970) حيث استنتج المعادلة التالية:

$$\frac{V_{av} - V_{sc} \sin\theta}{L} = \frac{V_{sc} \cos\theta}{D}$$

$$\therefore L = \frac{D\,(V_{av} - V_{sc} \sin\theta)}{V_{sc} \cos\theta}$$



حيث:

V_{av}: متوسط سرعة التدفق

V_{sc}: سرعة الترسيب

θ: زاوية ميل الأنبوب على الأفقى

L: طول الأنبوب

D: قطر الأنبوب

ويمكن توضيح الفرق بين معدل التحميل السطحى فى كلا من حالتى أحواض الترسيب بدون مساعدات ترسيب والأخرى التى بها أنابيب ترسيب كما يلى:

$$A_{\text{conventional}} = w \frac{D}{\sin\theta} \qquad \text{where:} \qquad w = \text{width of tank}$$

$$A_{\text{tube}} = w \frac{D}{\sin\theta} + w\,L\cos\theta$$

$$A_{\text{ratio}} = 1 + \frac{L}{D}\cos\theta \sin\theta$$

Assume $\theta = 60^{o}$, D= 8 cm , L = 1.5 m $\quad\therefore\quad A_{ratio} =$ 9.11

حسابات الترسيب في مروقات تلامس الأجسام الصلبة:

لنجاح تشغيل مروقات تلامس الأجسام الصلبة يجب إجراء بعض الحسابات البسيطة فاختبار الحجم على الحجم يعتبر كمؤشر على درجة (كفاءة) ترسيب الروبة أو الطمي في بطانية الروبة، ويعتبر زمن المكث في منطقة التفاعل من العوامل الهامة لضمان وجود زمن كافي للخلط وكذلك للتفاعل (الترويب).

يتطلب اختبار الحجم على الحجم (V/V) تجميع ١٠٠ مللي لتر من الروبة من وحدة الترسيب ووضعها في مخبار مدرج حجم ١٠٠ مللي لتر وتترك لمدة ١٠ دقائق ثم يتم قياس وتسجيل كمية الطمي (الروبة) المترسبة في قاع المخبار.

$$\text{ح/ح\%} = \frac{\text{الطمي المترسب مليلتر} \times ١٠٠ \%}{\text{الحجم الكلي مليلتر}}$$

ويتم حساب زمن المكث في وحدة تلامس الأجسام الصلبة بنفس طريقة حساب زمن المكث في أي حوض ترسيب فيتم قسمة التصرف على حجم منطقة التفاعل ويمكن إجراء بعض التعديلات قبل ضرب الناتج في ٦٠ لحساب زمن المكث في الدقيقة بدلا من الساعة.

$$\text{زمن المكث بالدقيقة} = \frac{\text{حجم منطقة التفاعل م}^٣ \times ٢٤ \text{ س/ يوم} \times ٦٠ \text{ د/ س}}{\text{التصرف م}^٣\text{/ يوم}}$$

وإذا كانت درجة قلوية الماء منخفضة وكانت الشبة تستخدم كمروب فإنه يجب في هذه الحالة إضافة الجير لضبط القلوية اللازمة حتى تعمل الشبة بكفاءة.

مثال:

يبلغ قطر منطقة التفاعل في مروق تلامس أجسام صلبة ٣٣٠ سم والارتفاع ١٢٠ سم، مطلوب تحديد زمن المكث بالدقيقة إذا كان معدل التصرف هو ٧٥٠٠ م^٣/ يوم.

حجم منطقة التفاعل $= ٠,٧٨٥ \times \text{ق}^٢ \times \text{ع}$

$= ٠,٧٨٥ \times (٣,٣٠)^٢ \times (١,٢)^٢$

$= ١٢,٣ \text{ م}^٣$

زمن المكث $= \frac{\text{حجم منطقة التفاعل} \times ٢٤ \text{ ساعة} \times ٦٠ \text{ دقيقة}}{\text{التصرف م}^٣\text{/ يوم}}$

$= \frac{١٢,٣ \times ٢٤ \times ٦٠}{٧٥٠٠}$

$= ٢,٣٦ \text{ دقيقة}$

هروب الندف إلى سطح أحواض الترسيب

من أكبر مشاكل أنظمة الترسيب هى هروب الندف إلى الطبقة السطحية لمياه أحواض الترسيب وهى تعتبر من أعقد الظواهر الفيزيائية والكيمائية وتداخلها بالإضافة إلى التأثير الهيدروليكى لحركة المياه.

العوامل الرئيسية المسببة لظاهرة هروب الندف إلى سطح المروق

١. ضعف وقلة الكثافة التنديفية للمروب (كبريتات الألومونيوم) فى مرحلة الترويب إذ تتسبب كمية الشبة المضافة كجرعة مكافئة للعوالق ومعادلة كهربيا للشحنات السالبة لتلك العوالق فى زيادة قوى التنافر هذا الأمر يؤدى إلى عدم اكتمال الحجم الفعال للندف وإضعاف فاعلية تجميعها فى مرحلة التنديف وهروبها فى مرحلة الترسيب الأخيرة.
٢. زيادة جرعة الشبة أكبر من القدر المطلوب لإحداث التعادل الكهربى لشحنات العوالق السالبة مما يؤدى إلى تكون ندف موجبة الشحنة بكثافة تتسبب فى حدوث تنافر كهربى بينها وتشتتها فى الوسط المائى.
٣. التغير الكبير المفاجئ لكمية المياه العكرة التى يتم ضخها إلى داخل المروق مما يسبب فى تدافع لطبقات المياه داخل جسم المروق وتضاغطها ويتكون من خلال ذلك دوامات تصادمية لها قوة تيارات حمل لجسيمات الندف تدفعها فى اتجاه مضاد لقوى الترسيب.
٤. سوء توزيع المياه داخل المروق يسبب فى حدوث دوامات مائية تحد من سرعة الترسيب ومن أبرز مسببات سوء التوزيع وجود مناطق مخنوقة بسبب بعض المشاكل الإنشائية كانسداد فتحات داخل المروق فتسبب فى خفض حركة المياه والحد من انسيابها كذلك تسبب بعض المناطق الميتة بالمروق فى تكدس الروبة واختزال مساحة من المروق مما يسبب فى ظاهرة اختصار المسار.
٥. اختلاف درجات الحرارة للمياه المتدفقة داخل المروق بسبب زيادة طاقة الحركة تبعا لزيادة المياه العكرة الناتجة حيث تؤدى زيادة السرعة إلى زيادة الإجهادات الناتجة عن اللزوجة فيما بين طبقة المياه المتدفقة ذات السريان الأعلى وبالتالى الإجهاد الحركى كما أن تغير

درجة الحرارة خلال اليوم أو تعاقب الفصول كل ذلك يوثر على كفاءة الترسيب.

٦. زيادة شفافية المياه وشده الضوء وخاصة فى فصل الصيف تساعد على زيادة عملية التمثيل الضوئى للطحالب من حيث النمو والتكاثر.
٧. عدم انتظام سحب الروبة من المروق يؤدى إلى تراكم الروبة بالمروق وطول بقاؤها الأمر الذى يسبب فى تخمرها وانطلاق غازات التخمر إلى سطح المروق حاملة لجزء من الندف.
٨. زيادة التحميل السطحى للمروق عن الحد التصميمى يؤثر على فترات المكث مما يوثر بالسلب على الظروف الفعالة لترسيب الندف.
٩. إلغاء مرحلة من مراحل المعالجة لأخطاء فى التشغيل كإيقاف عملية الخلط السريع مما يؤثر سلبا على كفاءة الترسيب.
١٠. خفض كمية جرعة الكلور بشكل حاد وخاصة عند تعطل أجهزة الحقن مما يوثر مباشرة على كفاءة الترسيب وذلك لتأثر عملية الترسيب بارتفاع الأس الهيدروجينى الناتج عند نقص الكلور.

تداول الروبة **خواص الروبة**:

الروبة الناتجة من محطات التنقية هى عادة روبة ناتجة من الندف التى تم ترسيبها بفعل الشبة ويتراوح تركيز المواد الصلبة بها من ٠,٢٥ إلى ١٠ % عند إزالتها من الحوض، وفى حالة إزالة الروبة بالانحدار يجب ألا يزيد تركيز المواد الصلبة عن ٣ % اما إذا كان يتم ضخها بطلمبة فيمكن زيادة التركيز إلى ١٠ %.

عند استخدام المروقات ذات التصرف الأفقى والتى سبقها عمليات الترويب والتنديف نلاحظ أن ٥٠ % من الندف تترسب فى الثلث الأول من الحوض ويجب أخذ ذلك فى الاعتبار عند تحديد مدى تكرارية إزالة الروبة كذلك يجب مراعاة كمية وحجم الروبة المراد إزالتها وكذلك السعة المتاحة فى الحوض لتخزين الروبة.

نظام إزالة الروبة:

يجب إزالة الروبة المترسبة فى قاع حوض الترسيب دوريا للأسباب التالية:

١. لمنع تداخل الروبة فى عملية الترسيب (مثل عودة التعلق مرة أخرى).
٢. لمنع الروبة من التعفن أو ان تكون بيئة لنمو الكائنات الدقيقة التى تسبب تغير فى طعم أو رائحة للماء.
٣. لمنع انخفاض مساحة مقطع الحوض وبالتالى انخفاض مدة المكث.

إجراءات التشغيل

يمكن تقييم الأداء فى المروقات المستطيلة والدائرية من خلال ملاحظة مدى بعد تواجد الندف عن مدخل الحوض، فإذا كانت الندف يمكن رؤيتها على مسافة قريبة من المدخل فإن هذا يعنى أن عملية الترسيب جيدة ، أما إذا تم ملاحظة وجود الندف على مسافات أبعد فإن هذا يعنى أن عملية الترسيب سيئة. (رؤية الندف من مسافة قريبة من المدخل تعنى أن الندف قد تكونت بشكل متماسك فى مسافة صغيرة من المدخل نتيجة كفاءة عملية الترويب والتنديف والخلط السريع الصحيح).

فى أحواض تلامس الأجسام الصلبة يمكن عادة الحكم على كفاءة الترسيب بواسطة عمق طبقة الروبة وكثافتها (تقاس بوحدات ملجم من الأجسام الصلبة لكل لتر مياه) فإذا كانت كثافة طبقة الروبة عادية ولكنها قريبة من السطح فيجب إزالة كمية أكبر من الروبة، أما إذا كانت كثافة الروبة خفيفة فيجب إعادة ضبط جرعة المروبات لتحسين الأداء.

بصفة عامة فإنه يجب ملاحظة المياه الخارجة من المروق أثناء مرورها فوق الهدار وحركة الندف والمسارات المختصرة وطبقة الروبة (حصيرة الروبة وتسمى فى بعض الأحيان بطانية الروبة) وكذلك فإن تغير شفافية المياه الخارجة يعبر عن كفاءة عملية الترويب والتنديف.

كما يجب فحص المعدات بانتظام لضمان الأداء الجيد، كذلك يجب التحقق من التشغيل السليم لمعدات إزالة الروبة كلما تم استخدامها حيث أن نظام صرف

الروبة معرض دائماً للإنسداد، ويمكن مراقبة وملاحظة مخرج الروبة أثنـــاء عملية ضخ الروبة إذا كانت ماسورة صرف الروبة تنسد باستمرار فهذا معناه أن تركيز الروبة أعلى من المعدل الصحيح وفى هذه الحالة يجب زيادة معدل سحب الروبة، ويوضح الجدول رقم (٥-٣) ملخص للإجراءات المتابعة فـــى عملية الترسيب.

جدول رقم (٥-٣)
ملخص إجراءات متابعة عملية الترسيب

العوامل	الموقع	التكرارية	الإجراءات التى يمكن اتخاذها
١- ملاحظة جودة المياه			
– العكارة – درجة الحرارة – الأس الهيدروجينى – الكلور المتبقى	– المياه الداخلة والخارجة – المياه الداخلة	– مرة كل ساعتين على الأقل – على فترات	١. زيادة معدل تكرار أخذ العينات عند تغير نوعية المياه ٢. إجراء اختبار الكأس ٣. إجراء التغييرات اللازمة: - تغيير المادة المروبة - ضبط جرعة المروبات - بطء شدة الخلط والمزج - زيادة معدل إزالة الروبة ٤. التأكد من التجاوب السريع مع المتغيرات
٢- الملاحظة البصرية			
– خصائص ترسيب الندف – توزيع الندف – عكارة (شفافية) المياه المروقة	– النصف الأول من حوض الترسيب – مدخل الحوض – هدار الخروج أو قناة المياه المروقة	– مرة فى الوردية على الأقل (كل ٨ ساعات) – مرة على الأقل فى الوردية – مرة فى الوردية على الأقل (كل ٨ ساعات)	١. إجراء اختبار الكأس عند اللزوم ٢. إجراء التغييرات اللازمة: - تغيير المادة المروبة - ضبط جرعة المروبات - ضبط شدة الخلط والمزج - زيادة معدل إزالة الروبة ٣. التأكد من التجاوب السريع مع المتغيرات

تابع جدول رقم (٥-٣)

ملخص إجراءات متابعة عملية الترسيب

العوامل	الموقع	التكرارية	الإجراءات التى يمكن اتخاذها
٣- فحص حالة معدات إزالة الروبة			
– الضوضاء – الاهتزازات	– أماكن متعددة – أماكن متعددة	– مرة على الأقل فى الوردية – مرة على الأقل فى الوردية (كل ٨ ساعات)	١. أصلح الأعطال البسيطة ٢. أبلغ فريق الصيانة فى حالة الأعطال الكبيرة
٤- تشغيل معدات إزالة الروبة			
– التتابع العادى لإجراءات التشغيل – ملاحظة حالة وطبيعة الروبة المزالة	– حوض الترسيب – حوض الترسيب	– تعتمد على حالة العمليات (يمكن أن تتغير من مرة فى اليوم إلى مرة كل عدة أيام)	تغيير تكرارية العمليات فى الحالات التالية: - إذا كانت الروبة بها كمية كبيرة من المياه، قلل مرات التشغيل ومعدل الضخ - إذا كانت الروبة كثيفة جدا (ثقيلة) أو انسداد فى خط الطرد، زد من معدل التشغيل والضخ - إذا كانت الروبة متعفنة، زد من مرات التشغيل أو معدل الضخ.
٥- التفتيش على الوحدات			
– فحص أحواض الترسيب – فحص منسوب المياه وعمق المياه المنسابة فوق الهدار – ملاحظة سطح المياه بالحوض – فحص وجود الطحالب على حوائط الحوض والهدار	– أماكن متعددة – أماكن متعددة – أماكن متعددة – أماكن متعددة	– مرة كل ساعتين – مرة كل وردية (كل ٨ ساعات) – مرة كل وردية (كل ٨ ساعات) – على فترات	١. أبلغ عن الحالات الغير طبيعية ٢. قم بتعديل التدفق ٣. نظف وأزل أى شوائب على سطح المياه

إجـــــراءات بدء التشغيل والإيقاف

إن إيقاف وتشغيل المروق ليس من العمليات المتكررة أو الروتينية فى محطات المياه التى تعمل بصفة مستمرة، وترتبط إجراءات تشغيل المروقـــات عـــادة بأعمال الصيانة والتطهير أو عند إيقاف المحطة بأكملها، وفى بعض الأحيان يتحتم الإيقاف عند وجود مشكلة خطيرة فى التشغيل.

إجراءات بدء التشغيل

١. **افحص حالة وطريقة تشغيل المعدات (يدوى/أتوماتيكى) التالية:**

- محبس تفريغ الحوض وتأكد أنه مغلق.
- فتح بوابات إيقاف دخول المياه التى تستخدم لعزل الحوض.
- ضبط الهدارات ومجرى خروج المياه على منسوب أفقى واحد.

٢. **افحص معدات إزالة الروبة:**

- تأكد أنه قد تم تشحيم المعدات الميكانيكية وأنها جاهزة للتشغيل.
- لاحظ عمل معدات إزالة الروبة بعد التشغيل.

٣. **املأ المروق بالمياه:**

- لاحظ أن يكون عمق المياه مضبوطاً.
- أزل أى شوائب تكون طافية على سطح المياه.

٤. **ابدأ تشغيل طلمبة العينات:**

- أترك وقت كاف لتنظيف المواسير قبل بدء أخذ العينات.

٥. **ابدء في إجراء تحاليل جودة المياه:**

- أضبط تشغيل العمليات عند اللزوم.

٦. **شغل معدات إزالة الروبة:**

- تأكد أن جميع المحابس فى الوضع الصحيح (مغلق أو مفتوح).

إجراءات الإيقاف عند القيام بإيقاف المروق يجب اتباع الإجراءات التالية:

١. إيقاف تدفق المياه إلى الحوض، أغلق بوابات عزل الحوض.
٢. إيقاف عمل طلمبة العينات.
٣. إيقاف معدات إزالة الروبة، حيث يتم:
   - إيقاف المعدات الميكانيكية وفصل التيار عنها.
   - التأكد من ان جميع المحابس فى الوضع السليم (مغلق أو مفتوح).
٤. أفصل مفاتيح ولوحات الكهرباء.
٥. تفريغ المياه من الحوض إذا لزم الأمر وذلك بفتح محبس التفريغ (التصفية).
٦. قم بتشحيم جميع نقط التشحيم والعجلات والأجزاء الميكانيكية المتحركة التى كانت مغمورة بالمياه بعد تفريغ المياه مباشرة وذلك لمنع التحام الأجزاء ببعضها (قفش) مما قد يتطلب جهد كبير لإعادة فكها عند التشغيل.

أسس تصميم أحواض المزج:

المزج البطىء
Gentle Mixing تتم عملية المزج البطيء بأحد الطرق الآتية:

أولاً: أحواض ذات حواجز تسير فيها المياه فى اتجاه رأسى أو أفقى، وتصمم هذه الأحواض بحيث تكون السرعة خلال القنوات كافية لعملية المزج البطىء وتجميع المواد الصغيرة وفى نفس الوقت لا تزيد السرعة حتى لا تؤثر على تماسك المواد التى تجمعت وتتسبب فى تفتتها.

وعند تصميم هذه الأحواض يجب مراعاة ما يلى:

- تكون السرعة خلال القنوات ١٥- ٤٥ سم / ثانية.
- مدة بقاء الماء فى الحوض من ٢٠- ٤٥ دقيقة.

- عرض القنوات بين ٤٥ - ٦٠ سم.
- المسافة بين نهاية الحاجز وحائط الحوض تساوى ١,٥ مرة من البعد بين الحواجز، ولا تقل عن ٦٠ سم.

ثانيًا: أحواض يتم فيها المزج بطرق ميكانيكية

يجب مراعاة ما يلى عند تصميم أحواض المزج:

- لا تقل سرعة المياه فى الأحواض عن ١٥ سم / دقيقة، ولا تزيد عن ٤٥ سم / دقيقة.
- سرعة ألواح (قلاب) المزج تساوى (٢-١٥) لفة فى الدقيقة.
- السرعة الدائرية عند محيط القلابات تكون (١٥-٧٥) سم/ ثانية.
- سرعة المياه فى القنوات الموصلة بين أحواض المزج البطىء وأحواض الترسيب تكون (١٥-٤٥) سم/ ثانية.

كما يؤثر فى تحديد أسس التصميم العناصر التالية:

- خصائص المياه ومكوناتها.
- الكفاءة المطلوبة للترسيب.
- نوعية المرشحات التى تتبع أحواض الترسيب.
- تشغيل وحدات التنقية المختلفة.

الفصل السادس

الترشيح

الفصل السادس

الترشيح

أهداف الأداء (التعلم)

بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادرا على أن:

- يشرح عملية ترشيح المياه المروقة والغرض منها والمواد المستخدمة في إزالة المكونات المطلوب إزالتها.
- يشرح النظريات والأسس التي تفسر عملية الترشيح وما يتم خلالها ويفرق بين عمليتي الحجز والإمتزاز في الترشيح.
- يذكر مواصفات الرمال المستخدمة في مرشحات المياه والحجم الفعال للرمل ومعامل الانتظام وأثرها على عملية الترشيح.
- يصنف أنواع المرشحات وتقسيمها طبقاً لسرعة الترشيح وطبقة الترشيح وطبقاً لاتجاه الترشيح وأكثرها استخداما.
- يصف أجزاء المرشحات الرملية البطيئة والسريعة ومكوناتها ويبين خطوات استخدام هذه المرشحات على رسم تخطيطي.
- يصنف المكونات الأساسية في المرشح وشبكة الصرف السفلية والبلاطات ذات الفواني وأنواع الفواني والمصافي.
- يذكر أجهزة التحكم المستخدمة في المرشح ووظيفة كل منها للقياس أو التحكم في التدفق في مختلف المكونات.
- يشرح كيفية تشغيل المرشح بخطوات مرتبة والغرض من كل خطوة ومقارنة ذلك في أنواع المرشحات المختلفة وبيان ذلك عملياً.

- يعقد مقارنة بين المرشحات الرملية البطيئة والسريعة والضغط ومكونات كل منها وخواصها وأوساط الترشيح.
- يحدد المتطلبات المختلفة لأعمال الترشيح التى يجب توفرها لكل نوع من أنواع المرشحات.
- يحسب تقديريا كمية الروبة الناتجة من المروقات وتلك الناتجة من أعمال الترشيح وإجمالى روبة محطات التنقية.
- يشرح الأنواع الأخرى من الترشيح والتى تستخدم لنزع الأملاح أو الملوثات من المياه المالحة.

مقدمـــة

عملية الترشيح (Filtration) هى مرور المياه المروقة خلال مادة مسامية لإزالة ما بقى بها من مواد عالقة وغروية، وأكثر المواد المستخدمة فى عملية الترشيح هو الرمل نظرا لرخص الثمن وقدرته على إزالة المواد العالقة. واذا تم استعمال رمل ذو حبيبات ذات حجم مناسب، وتم مرور المياه بالسرعة المناسبة فإنه يمكن إزالة المواد العالقة والمواد الغروية سواء كانت عضوية أو غير عضوية، وكذلك البكتريا والمواد العالقة الرفيعة جدا التى تسبب عادة تلوث الماء. وبعض الجزيئات التى يحجزها الرمل يكون حجمها متناهي فى الصغر لدرجة أنها لا ترى تحت الميكروسكوب وهى وإن كان حجمها أصغر بكثير من الفراغ الموجود بين حبيبات الرمل إلا أنه يتم حجزها من المرور بواسطة الطبقة الجيلاتينية التى تتكون على سطح الرمل من المواد العضوية والغروية والتى تعرف بالطبقة الهلامية الرقيقة (film).

هناك نوعان للمرشحات من ناحية أسلوب الترشيح فالمرشحات المسبوقة بعمليات الترويب والتنديف والترسيب تعرف بالمرشحات التقليدية أما في حالة الترشيح المباشر فيتم الاستغناء عن عملية الترسيب، أما عمليتي التنديف والترويب فقد تتواجدان في حيز أقل أو تكونان مع دخول المياه إلى المرشحات. ويوضح الشكل رقم (٦-١) ترتيب عملية الترشيح داخل منظومة تنقية مياه الشرب.

ويمكن تفسير ما يحدث فى عملية الترشيح طبقا للنظريات والأسس الآتية:

- التصاق بعض المواد العالقة بسطح حبيبات الرمل، وتسمى عملية "امتزاز Adsorption"، ويساعد على ذلك الخواص الهلامية للمواد العالقة عند استخدام المواد المروبة. وكذلك المسارات المتعرجة للمياه خلال طبقات الرمل.
- ترسيب بعض المواد العالقة فى الفراغات بين حبيبات الرمال، والتى تعمل كمصفاة تحجز المواد العالقة ذات الأحجام الكبيرة نسبياً وهى عملية ميكانيكية.

عملية تنقية المياه

المصافي: يتم فيها إزالة الأوراق والقش والأسماك وأي أجسام كبيرة.

كلور مبدئي: يقوم بقتل معظم الكائنات الحية التي تسبب الأمراض ويساعد على التحكم في المواد التي تسبب الطعم والرائحة.

مواد كيماوية: تسبب تجمع الأجسام الدقيقة مع بعضها مكونة أجسام أكبر.

مزج سريع: خلط ومزج المياه الخام (العكرة) المحتوية على جسيمات صغيرة لا تترسب أو تترشح بالمواد الكيماوية.

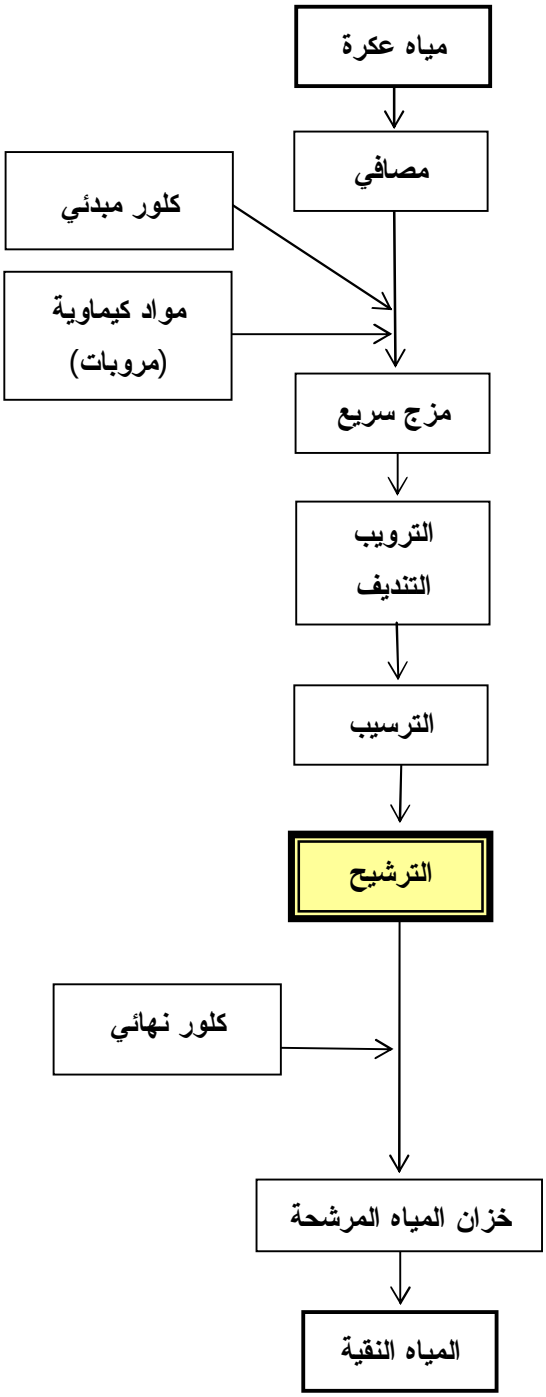
الترويب/ التنديف: تجميع الجسيمات الدقيقة والخفيفة مع تعضها لتكوين جسيمات أكبر (ندف) ليساعد على الترسيب والترشيح.

الترسيب: ترسيب المواد العالقة الأكبر حجما والأثقل وزناً.

الترشيح: حجز وترشيح أي مواد عالقة متبقية.

كلور نهائي: يقتل كل الميكروبات والكائنات المسببة للأمراض يتبقى كمية من الكلور فى الماء لتطهير شبكة التوزيع وتسمى بالكلور المتبقي.

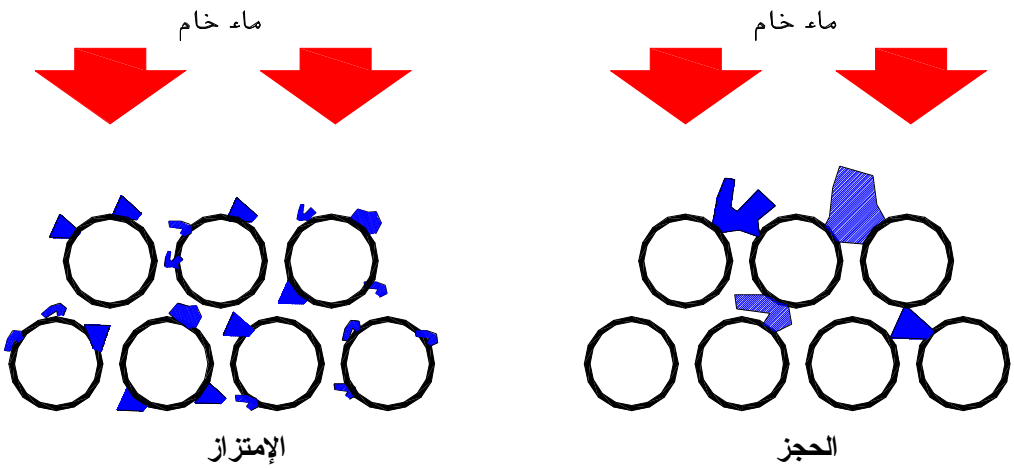
خزان المياه المرشحة: يسمح بزمن التلامس مع الكلور للتطهير ويخزن المياه لأوقات الذروة.



شكل رقم (٦-١)

مراحل عملية تنقية المياه

ويبين الشكل رقم (٦-٢) الفرق بين عمليتى الحجز والامتزاز.



شكل رقم (٦-٢)
الفرق بين عمليتى الحجز والامتزاز

- تكون طبقة هلامية على سطح الرمل من المواد العالقة الدقيقة وما يحتمل وجوده من كائنات حيه دقيقة، مما يساعد على اصطياد وحجز المواد العالقة.
- اختلاف الشحنات الكهربائية على كل من المواد العالقة وحبيبات الرمل يساعد على جذب والتصاق هذه المواد بحبيبات الرمل.

أهمية عملية الترشيح

ترجع أهمية عملية الترشيح إلى ضرورة إزالة العكارة من المياه التى تتسبب فيما يلى:

١. تقليل قدرة المواد المطهرة (الكلور) في قتل الكائنات المسببة للأمراض.
٢. زيادة استهلاك الكلور المضاف بحيث يصبح من الصعوبة وجود كمية كافيـــة من الكلور المتبقي في الشبكة.
٣. تتداخل مع الفحص البكتريولوجي للمياه.
٤. تمنع الإزالة التامة لمسببات الطعم والرائحة.

أنواع المرشحات

تنقسم المرشحات طبقاً إلى ما يلي:

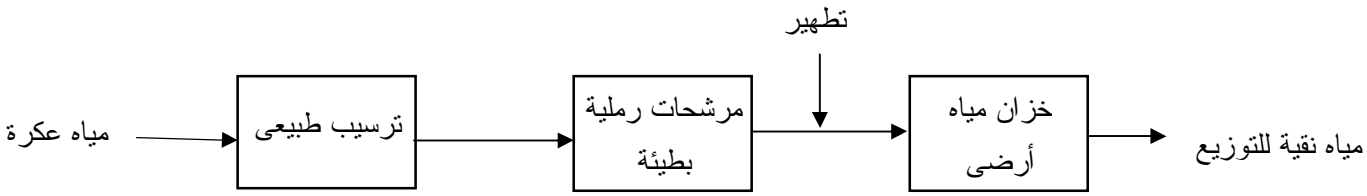
* سرعة الترشيح: فهناك المرشحات البطيئة والمرشحات السريعة.
* نوع الوسط الترشيحي: فهناك مرشحات الرمل أو الفحم (الانثراسيت) أو الاثنين معا، وهناك المرشحات ذات طبقة الترشيح الواحدة أو متعددة الطبقات.
* إتجاه الترشيح: فهناك المرشحات التى يتم الترشيح فيها من أعلى إلى أسفل وهو النوع الشائع، أو من أسفل إلى أعلى، وقد يكون الترشيح بالجاذبية أو تحت ضغط. ويمكن أيضا استخدام الكربون المنشط مع الوسط الترشيحي المذكور لإزالة الطعم والرائحة والمواد العضوية بالمياه وذلك في حالات خاصة.

المرشحات الرملية البطيئـــــــة

يعتبر مرشح الرمل البطئ (Slow Sand Filter) من أوائل أنواع المرشحات إلا أن الاعتماد عليه قد قل حاليا نظرا لبطئه الشديد واحتياجه إلى مساحة كبيرة من الأرض مما يجعل تكلفه عالية، فضلا على عدم صلاحيته فى البلاد الحارة حيث تنمو عليه الطحالب بكثرة ويقتصر استعماله على ترشيح المياه ذات العكارة المنخفضة بعد مرحلة الترسيب الطبيعى ويترواح معدل الترشيح في هذا النوع من المرشحات من ٣-٥ م^{٣}/ م^{٢}/ يوم.

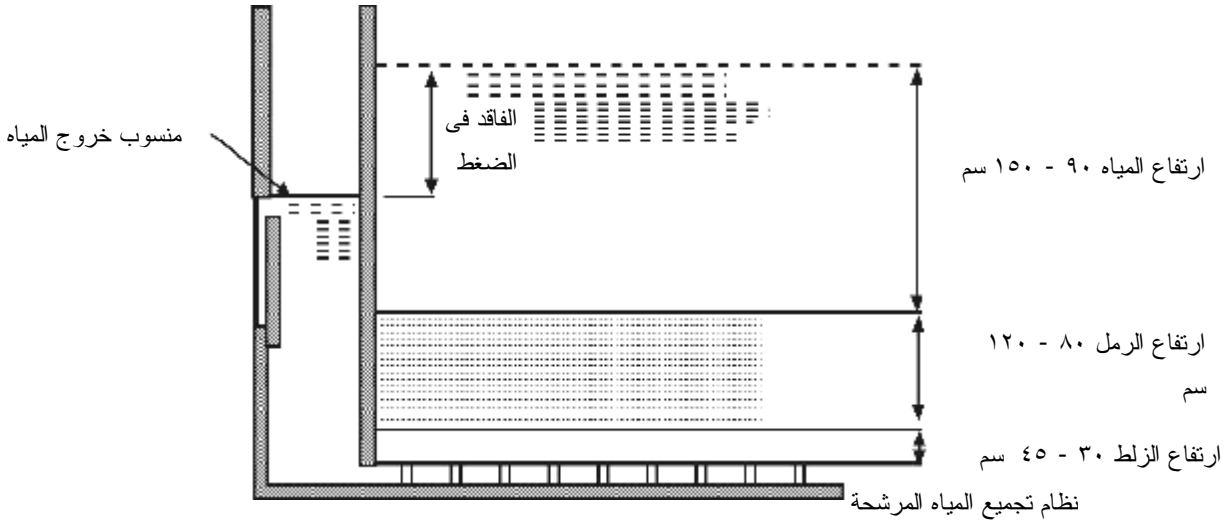
ويوضح الشكل رقم (٦-٣) رسم تخطيطي لخطوات التنقية باستخدام المرشحات الرملية البطيئة، كما يوضح الشكل رقم (٦-٤) رسم توضيحي لمكونات المرشح البطئ.

ويتكون المرشح غالبا من طبقات زلط ورمل، ويكون تجميع المياه المرشحة بواسطة مواسير فخار أو مواسير خرسانية، مثقبـــه تكـــون المســـافة بينها ٣ - ٦ متر، توضع أسفل المرشح أو خلال طبقة الزلط.



شكل رقم (٦-٣)

رسم تخطيطى لخطوات التنقية باستخدام المرشحات البطيئة



شكل رقم (٦-٤)

رسم توضيحى للمرشح الرملى البطيء

وفى بداية تشغيل المرشح يكون الفاقد فى الضغط نتيجة مرور المياه فى طبقات الرمل والزلط حوالى ١٠ – ٢٠ سم ويستمر تشغيل المرشح حتى يصل الفاقد فى الضغط إلى حوالى ١ متر، ويكون ذلك بعد مدة ترشيح من ٢ – ٤ شهور ويلزم بعدها كشط الطبقة العليا من الرمل بسمك حوالى من ٢ – ٥ سم ثم يعاد تشغيل المرشح بفترة تحضير حوالى ١ – ٢ يوم تبدأ بعدها فترة الترشيح التى تستمر ٢ – ٤ شهور وهكذا.

والمرشح الرملى البطئ يعطى كفاءة أفضل من المرشحات السريعة الحديثة إلا أنه يحتاج إلى مساحات أكبر قد تزيد ٣٠ مرة عن مساحات المرشحات السريعة الحديثة وكذا أعمال إنشائية كثيرة ومكلفة، ولذلك يتم استخدامه فى التصرفات الصغيرة فقط.

وتتميز المرشحات الرملية البطيئة بما يلى:

- بساطة التصميم والتشغيل وعدم الحاجة إلى مهارة فنية عالية.
- انخفاض استهلاك الطاقة لعدم الحاجة إلى أعمال غسيل يومية.
- عدم الحاجة إلى وصلات ومعدات معقدة فى التشغيل.
- استيعاب التغير فى خصائص المياه، حيث أن معدل الترشيح صغير جدا بالنسبة للمرشحات السريعة.
- توفير كمية كبيرة من المياه المرشحة لعدم إجراء عملية الغسيل اليومية.
- عدم وجود مشكلة في لتخلص من مياه الغسيل الملوثة، حيث أن عملية تنظيف المرشحات البطيئة تتم كل بضعة شهور، دون استخدام مياه غسيل يومية.

ونظرا لهذه المميزات، فإنه يمكن استخدام المرشحات البطيئة عند توافر الأراضي بمساحات كافية وبالذات فى الأماكن المنعزلة والمناطق الصحراوية حيث لا تتوفر العمالة الفنية المدربة، وفى هذه الحالات يمكن استخدام المرشحات الرملية البطيئة، (يتراوح معدل الترشيح من ٣-٥ م^{٣}/م^{٢}/ يوم طبقا لمتطلبات التصميم بالكود المصرى لمحطات تنقية مياه الشرب).

المرشحات الرملية السـريعة

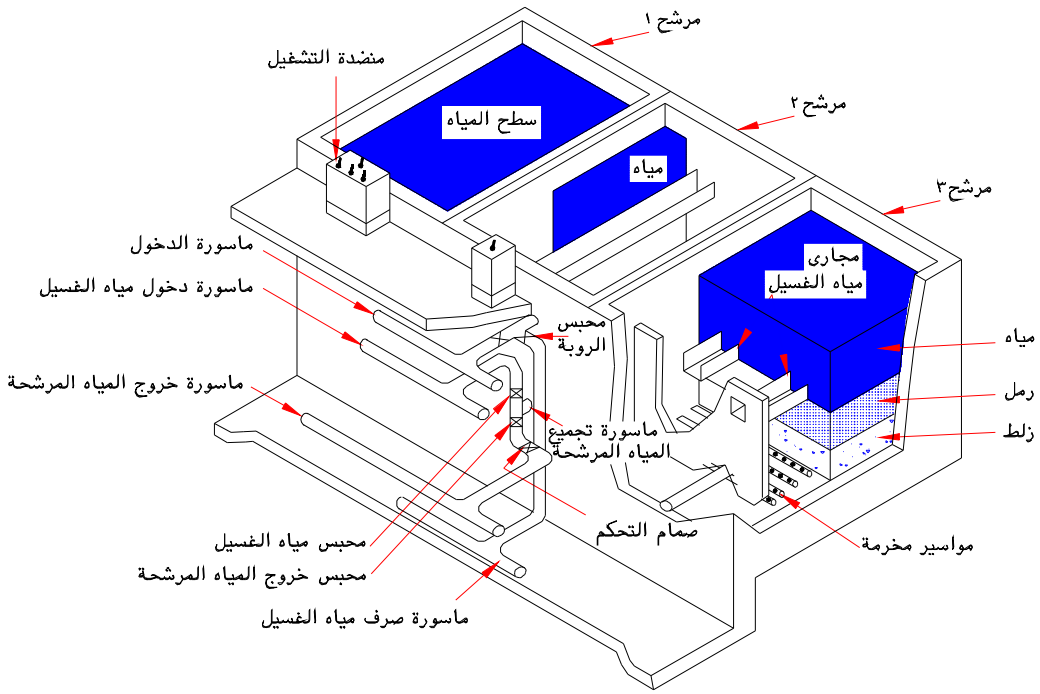
وتسمى المرشحات الرملية السريعة (Rapid Sand Filters) بالمرشحات الميكانيكية أيضا. وهى الأكثر استخداماً فى محطات تنقية المياه بمصر، ويتميز هذا النوع بما يلى:

- معدل الترشيح عالى يتراوح بين ١٢٠ إلى ٢٠٠ م^{٣}/ م^{٢}/ يوم، أى يصل معدل ترشيحها من ٣٠-٤٠ ضعف معدل ترشيح المرشحات البطيئة، لذلك فإن المرشحات الرملية السريعة تشغل حيزا أصغر وبالتالى تكاليف إنشائية أقل لنفس التصرفات.
- يمكن غسيلها عكسيا مع مراقبة العملية بالعين المجردة.
- يسهل تغيير الوسط الترشيحى.

ونظرية عمل المرشح هى مرور المياه فى طبقات متدرجة من الرمل والزلط، فتنشأ المرشحات على هيئة أحواض، يوضع فى قاعها طبقات متدرجة من الزلط، تعلوها طبقات أخرى متدرجة من الرمل وأسفل الطبقتين توجد المصافى أو الفواني لتجميع المياه المرشحة.

ويتكون المرشح من المكونات الرئيسية التالية وذلك كما يوضحها الشكل رقم (٦-٥):

- حوض الترشيح.
- الوسط الترشيحى (طبقة الرمل).
- شبكة الصرف السفلية (تعلوها طبقة الزلط الحاملة) أو البلاطات الخرسانية ذات الفوانى أو البلوكات الخرسانية (M-Block).
- أجهزة التحكم.



شكل رقم (٦-٥)

مكونات المرشح الرملي السريع

العناصر المكونة للمرشحات

يتـــم إنشاء المرشحات غالبا مـــن الخرسانة المسلحة وتكـــون عادة مستطيلة الشكل، ويراعى أن تكون هذه الأحواض محكمة ضد التسرب وأن تكون متراصة جنبا إلى جنب ومزودة بمجارى مكشوفة أعلى الوسط الترشيحى لدخول المياه المروقة أو لصرف مياه غسيل المرشح ويتكون المرشح من العناصر الرئيسية التالية:

الوسط الترشيحى (طبقة الرمل)

تكون حبيبات الـــرمل متجانسة، وذات حجـــم فعـــال ٠,٨ إلـــى ١,٢٥ مم أو أكثـــر حسب تصميم المرشح (يتراوح حجم حبيبات الرمل من ٠,٦إلى١,٥مم طبقا للكود المصرى لتصميم محطات مياه الشرب). ويتم تجهيز الرمل بهزه فى مناخل خاصة للحصول على معامل انتظام بين ١,٣٥ إلى ١,٥.

معامل الانتظام:

هو اختبار خاص بتدرج حبيبات الوسط الترشيحى وهو عبارة عن النسبة بين قطر حبيبات الوسط التى تشكل ٦٠% من اجمالى الوزن وقطر حبيبات الوســـط التي تشكل ١٠% من الوزن (باستخدام اختبار المناخل) ولهذا نجد أن الوسط ذو المعامل الصغير يكون حجم حبيباته متقارب أى أن أقطارها متقاربة وتكاد تكون متساوية فعلى سبيل المثال إذا كان ٦٠% من وزن الوسط الترشيحى من حبيبات ذات قطر (ا) مم وكان ١٠% من حبيبات الوسط ذات قطر ٠,٥ مم، فإن معامل الإنتظام يكون مساويا (٢).

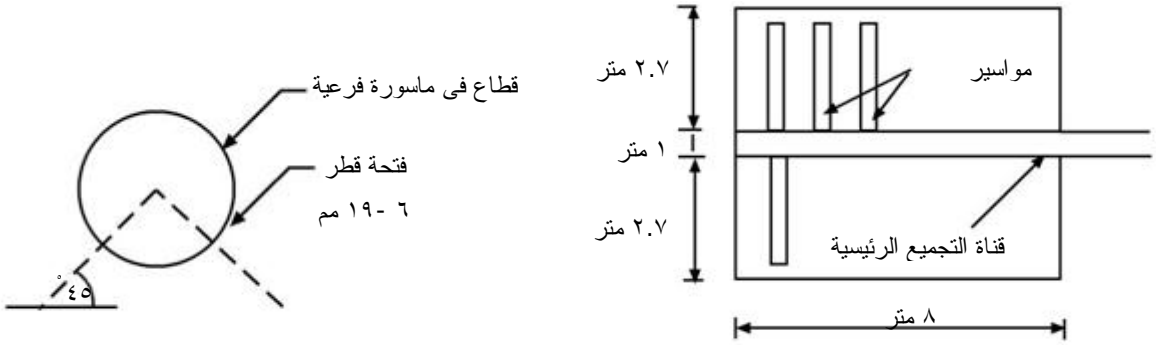
شبكة الصرف السفليـــة

وهى موجودة فى قاع المرشح، وتعمل على تجميع المياه المرشحـــة بانتظام من مساحة المرشح، كما تقوم بتوزيع مياه الغسيل توزيعا متساويا على مساحة المرشح أثناء عملية الغسيل حتى لا تختل طبقات الرمل والزلط، ومن أنواع شبكات الصرف المستخدمة فى مصر:

١. شبكة المواسير المستعرضة
٢. البلاطات ذات الفوانى
٣. البلوكات الخرسانية (M-Block)

١- شبكة المواسير المستعرضة:

وهى من الأنواع القديمة، وتحتاج إلى طبقة من الزلط أعلاها تساعد على حمل طبقة الرمل لتساعد على عدم انسداد شبكة الصرف بالرمال. وتتكون من ماسورة تجميع رئيسية، تتفرع منها مجموعة من المواسير الفرعية المستعرضة على زاويا قائمة، ويكون قطر ماسورة التجميع الرئيسية أكبر من قطر المواسير الفرعية المستعرضة (شكل رقم ٦-٦)، وهذا النظام قديم وقد تم استخدامه مؤخرا فى محطات المياه ذات الترشيح المباشر والتى تم تنفيذها فى بعض مشروعات الخطة العاجلة لمياه الشرب ٢٠٠٧ - ٢٠٠٨.



شكل رقم (٦-٦)
شبكة المواسير المستعرضة

وتحتوى المواسير المستعرضة على ثقوب فى جوانبها السفلية (منعاً لانسدادها بالرمل) بقطر من ٦ – ١٩ مم وعلى مسافات من ٨ – ٣٠ سم كما هو موضح بالشكل رقم (٦-٦).

وتمر المياه المرشحة من خلال الثقوب الموجودة بالمواسير المستعرضة والموزعة بانتظام على مساحة المرشح إلى ماسورة التجميع الرئيسية، وبذلك تعمل على تجميع المياه المرشحة بانتظام من مساحة المرشح.

كما تمر مياه الغسيل فى الاتجاه العكسى من ماسورة التجميع إلى المواسير المستعرضة وتخرج من الثقوب، وبذلك تقوم بتوزيع مياه الغسيل توزيعا

متساويا على مساحة المرشح أثناء عملية الغسيل، وتقوم بنفس العمل فى حالة استخدام الهواء مع المياه فى عملية الغسيل.

وحتى تكون عملية الغسيل ناجحة ومؤثرة يجب أن تكون كمية مياه الغسيل وضغطه كافيين، لإحداث تمدد لطبقات الرمل إلى ٢٥ - ٤٠% من حجمه، أى إلى أن تشغل طبقة الرمل ١,٢٥- ١,٤٠ حجمها قبل بدء تشغيل عملية ماء الغسيل عليها، وقد تبين أن مقدار تمدد طبقة الرمل أثناء عملية الغسيل من أهم العوامل التى يتوقف عليها نجاح العملية، فإذا زاد تمدد الرمل أكثر من الحد المطلوب، فإن حبيباته تبتعد عن بعضها كثيراً ويقل احتكاكها ببعضها وتقل كفاءة عملية الغسيل، وإذا قل تمدد الرمل أقل من الحد المطلوب فإن حبيباته تكون قريبه من بعضها ولا تجد المساحة الكافية للاحتكاك وتقل كذلك كفاءة عملية الغسيل

ويجب ملاحظة أن يكون تمدد طبقة الرمل فى جميع أجزاء المرشح بدرجة واحدة، كما أنه لا يجب أن تكون سرعة ماء الغسيل عالية حتى لا تحمل معها الرمل إلى الصرف، كما يجب أن يكون ضغطه عند المصافى أو الثقوب حوالى ١٠ متر.

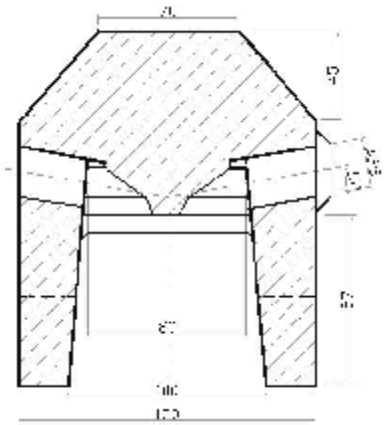
البلاطات ذات الفوانى:

وهى النوع الأحدث، ولا تحتاج إلى طبقة زلط حامله، وتصنع البلاطة عادة من الخرسانة المسلحة وبها فتحات تركب فيها الفوانى. وتصنع الفوانى من الصلب الذى لا يصدأ أو من البلاستيك، ويكون بها مشقبيات رفيعة لا تسمح بمرور رمل المرشح ويحدد شكل وخصائص الفواني التصرف المسموح به للترشيح،ويوضح الشكل رقم (٦-٧) بعض أشكال الفوانى المصنوعة من البلاستيك.

شكل (٦-٧)

أنواع مختلفة من الفوانى المصنوعة من البلاستيك

كما توجد بعض المحطات تستخدم البلوكات الخرسانية كما هو موضح بالشكل رقم (٦-٨) حرف M ذات الفراغات الجانبية بدلاً من البلاطات ذات الفوانى، ويستعمل مع الرمل فى هذه الحالة طبقات زلط بمقاسات مختلفة.



شكل رقم (٦-٨)

البلوكات الخرسانية ذات الفراغات الجانبية (M-Block)

أجهزة التحكم

يحتاج المرشح، لضمان عملية التشغيل بشكل مرضى، إلى أجهزة التحكم التالية:

- جهاز للتحكم فى معدل تصرف المرشح (Regulating Value)
- جهاز يبين فاقد الضغط فى المرشح (Loss of head)
- جهاز لقياس درجة عكارة المياه المرشحة (Turbidity Meter)
- جهاز لقياس معدل تصرف المرشح (Flow meter)

ويتم تركيب هذه الأجهزة فى العمليات الحديثة على ترابيزة تشغيل المرشح (Operating Table) والتى تشتمل بالإضافة لهذه الأجهزة على محابس تشغيل المرشح وهى:

- محبس دخول المياه المروقة (Inlet Valve) أو بوابة
- محبس خروج المياه المرشحة (Outlet Valve)
- محبس صرف مياه الغسيل(Waste Valve)
- محبس دخول مياه الغسيل (Wash Water Valve)
- محبس دخول هواء الغسيل (Air Blower)
- محبس تشطيف (Rewash)

تشغيـــل المرشـــح

يتم تشغيل المرشح بإمرار الماء المروق فى طبقات الرمل ثم الزلط ثم مجموعة الصرف إلى خزان المرشح، وعند مرور المياه المروقة من سطح الرمل، تتجمع الندف مكونة طبقة جيلاتينية على سطح الرمل تعمل على ترشيح الماء ترشيحاً كاملاً، وبعد تشغيل المرشح لمدة من الزمن تتراكم الرواسب على سطح الرمل حتى تصل إلى درجة يزيد معها فاقد الضغط زيادة كبيرة فيتحتم عند ذلك إيقافه والبدء في مرحلة الغسيل.

معدلات المياه المرشحة ومياه الغسيل العكسي وهواء الغسيل والغسيل السطحي (للمرشحات الرملية السريعة)

كمية مياه الغسيل العكسي	من ١٥- ٣٥ م٣/م٢/ س
معدل هواء الغسيل	من ٣٥- ٧٥ م٣/م٢/ س
ضغط هواء الغسيل	من ٠,٣– ٠,٥ كجم/سم^{٢}
كمية مياه الغسيل السطحي (إن وجد)	من ٧-١٠ م٣/ م٢/ س

هذه المعدلات طبقًا للكود المصري لنظام البلوكات الخرسانية N أو M ذات الفراغات الجانبية أو المواسير المثقبة الأسمنتية أو البلاستيكية، أو البلاطات الخرسانية ذات الفوانى.

نظام الغسيل

يوجد نظامين لغسيل المرشحات كما يلي:

١- (هواء)، (هواء + ماء)، ثم ماء

٢- مياه فقط

ويمكن استخدام مياه سطحية طوال فترة غسيل المرشح في النظامين.

ويمكن الحصول على ضغط مياه الغسيل بإحدى الطرق الآتية:

- خزان عالى بالمحطة ويتم ملؤه بطلمبات المحطة.
- بواسطة طلمبة غسيل خاصة.
- بواسطة الماء من خط المواسير الرئيسى بعد تخفيف ضغطه خلال محبس تقليل الضغط (مع الأخذ فى الإعتبار خطورة ذلك عند تلف المحبس).

وبعد إتمام عملية الغسيل يتراجع الرمل ثانيه إلى وضعه الأصلى ظاهراً كطبقة نظيفة، وزمن عملية الغسيل حوالى ١٠-٢٥ دقيقة وكمية مياه الغسيل تتراوح كما سبق ذكره بين ٢-٥ % من المياه المرشحة.

غسيل المرشح بالماء فقط

يتم ذلك بقفل محبس أو بوابة دخول الماء المروق إلى المرشح وعند انخفاض منسوب المياه فى المرشح إلى منسوب سطح الرمل تقريباً (١٠سم فوق سطح الرمل) يقفل محبس المياه المرشحة ثم يفتح محبس دخول مياه الغسيل ببطء ويتم تشغيل طلمبة الغسيل ويفتح محبس العادم لتدخل مياه الغسيل لتمر فى اتجاه عكسى فى طبقات الزلط وطبقات الرمل، وحركة الماء من أسفل إلى أعلى تؤدى إلى تمدد طبقة الرمل وتنفصل الرواسب عنه وتخرج مع الماء في قناة الغسيل إلى العادم (Waste).

وبعد إتمام عملية الغسيل لمدة من١٠ إلى ٢٥ دقيقة حسب نوع المرشح وجودة المياه وكفاءة الوسط الترشيحى والتأكد من اكتمال الغسيل ونظافة

الرمل، يتم ايقاف طلمبة الغسيل ويقفل محبس الغسيل ويقفل ممحبس ويفتح محبس دخول المياه المروقة، ويبدأ المرشح عمله فى الترشيح، إلا أن المياه المرشحة تخرج للصرف عن طريق محبس التصافى، ويستمر ذلك لفترة قصيرة من ١٥ -٢٠ دقيقة وذلك لإعطاء الفرصة لتكوين الطبقة الجيلاتينية على سطح الرمل. ثم يقفل محبس التشطيف ويفتح محبس خروج المياه المرشحة ويستمر المرشح فى العمل طبيعياً.

غسيل المرشح بالهواء والماء

فى المرشحات التى يستخـــدم فيها الهواء المضغوط فى عمليات الغسيل مع الماء؛ يتم إدخال الهواء قبل ماء الغسيل، لمدة محددة (٢-٣) دقائق وذلك لتكسير طبقة الرواسب وخلطها بكمية المياه البسيطة الباقية فوق سطح الرمل (١٠م) بعد تفريغه، ثم يتم إدخال ماء الغسيل مع الهواء لمدة من ٢-٤ دقائق على أن يتم فصل الهواء قبل وصول المياه للهدار بمسافة حوالى ١٠سم حتى لاتفقد الرمال ثم يتم ايقاف نافخ الهواء ويقفل محبس الهواء، ويستمر الغسيل بالماء لمدة من ٤-٦ دقائق حتى ينظف رمل المرشح، ويوضح الشكل رقم (٦-٩) مكونات المرشح مع نظام الغسيل بالهواء والماء.

ويمكن تقسيم خطوات تشغيل وغسيل المرشح إلى الخطوات الرئيسية الآتية:

أولاً: بداية التشغيل

يمكن فتح الصمامين (١)، (٢) حتى ترتفع المياه فى المرشح من أسفل لأعلى، وذلك لطرد الهواء من بين فجوات الزلط والرمل.

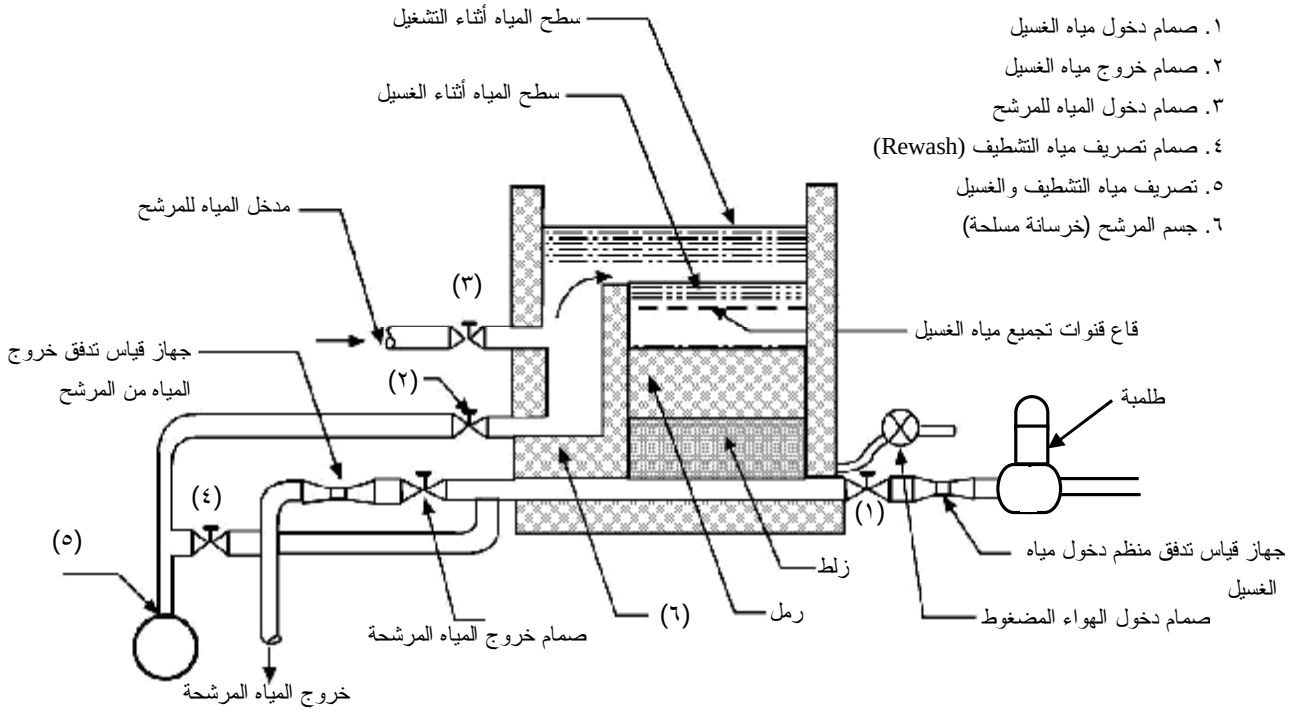
ثانياً: فترة التحضير

يقفل الصمامان (١)، (٢) ويفتـــح الصـــمامان (٣)، (٤) لمدة (من ٥ حتى ١٠) دقيقة لتهيئة المرشح للعمل بتكوين طبقة هلامية رقيقة على سطح الرمل لتساعد فى إتمام عملية الترشيح بكفاءة.

ثالثاً: فترة الترشيح (التشغيل)

يقفل الصمـــام (٤) ويفتـــح الصـــمامان (٣)، (٥) وتستمـــر هـــذه الفتـــرة

(١٢ – ٣٦) ساعة حتى يصل الفاقد فى الضغط نتيجة مرور المياه فى طبقات الرمل والزلط إلى حوالى ٢٥٠ سم، ويكون هذا الفاقد فـــى البدايـــة (٤٠ – ٦٠) سم.



شكل رقم (٦-٩)

المكونات الأساسية للمرشح الرملى السريع

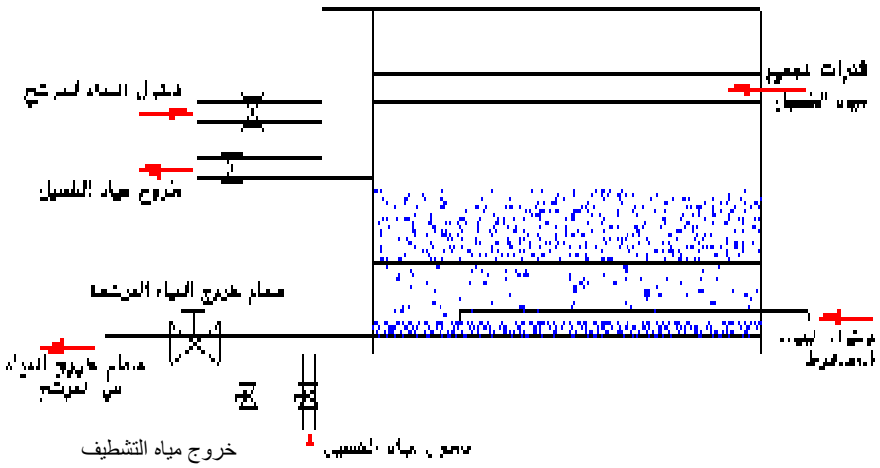
رابعاً: غسيل المرشح

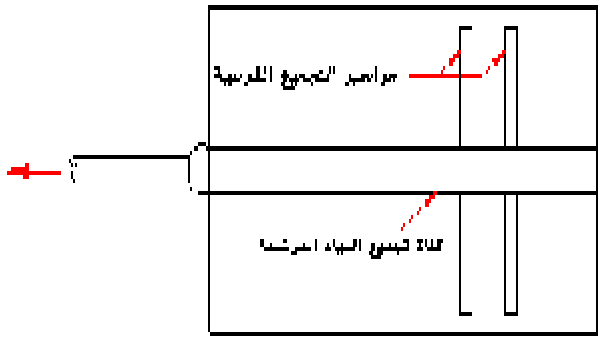
١. اقفل الصمام (٣) لدخول المياه إلى المرشح.
٢. اترك الصمام (٥) مفتوحاً حتى يصل سطح الماء فوق رمل المرشح إلى حوالي ١٠ سم ثم اقفله.
٣. افتح صمام دخول هواء الغسيل للمرشح (٦).
٤. شغل نافخ الهواء لمدة من ٤-٨ دقائق.
٥. افتح الصمام (١) لدخول ماء الغسيل والصمام (٢) لصرف ماء الغسيل للروبة.

٦. شغل طلمبة مياه الغسيل ليعمل الماء مع الهواء لمدة ٢-٤ دقائق.
٧. أوقف تشغيل نافخ الهواء واقفل محبسه (٦).
٨. تستمر طلمبات مياه الغسيل في العمل لمدة ٦-١٠ دقيقة حتى ينظف رمل المرشح تماماً.
٩. أوقف طلمبات مياه الغسيل واقفل صمام دخول مياه الغسيل (١).
١٠. بعد تصفية مياه الغسيل من مجرى الصرف اقفل الصمام رقم (٢).
١١. افتح الصمام رقم (٣) لدخول المياه المروقة للمرشح.
١٢. افتح صمام التشطيف رقم (٤) لمدة من ١٠ دقائق ثم اقفله.
١٣. افتح صمام الترشيح (٥) لتصل المياه المرشحة للخزان الأرضي.
١٤. راقب مبين فاقد الضغط للمرشح الذي يكون بين ٤٠-٦٠ سم.
١٥. يستمر تشغيل المرشح حتى يصل فاقد الضغط إلى ٢.٠٠-٢.٥ م بعدها يلزم غسيل المرشح مرة أخرى بعد أكثر من ٢٤ ساعة.

ويستخدم فى مساعدة غسيل المرشحات أحياناً أمشاط معدنية تتحرك فى الجزء العلوى من الرمال فتساعد على تحريك حبيبات الرمال واحتكاكها، وتستخدم أحياناً رشاشات مياه قوية يتم توجيهها لسطح المرشح، وأحياناً يستخدم هواء مضغوط مع هذه الرشاشات. ويعتمد اختيار طريقة الغسيل على أبعاد المرشح وتصميمه وتشغيله.

ويوضح الشكل رقم (٦-١٠) قطاع رأسى وبعض المساقط الأفقية التى توضح تفاصيل تشغيل المرشح الرملى السريع.





نظام قديم يستخدم حاليا فى محطات الترشيح المباشر

شكل رقم (٦-١٠)

قطاع رأسى وبعض المساقط الأفقية لتشغيل المرشح الرملى السريع

مرشحات الضغط

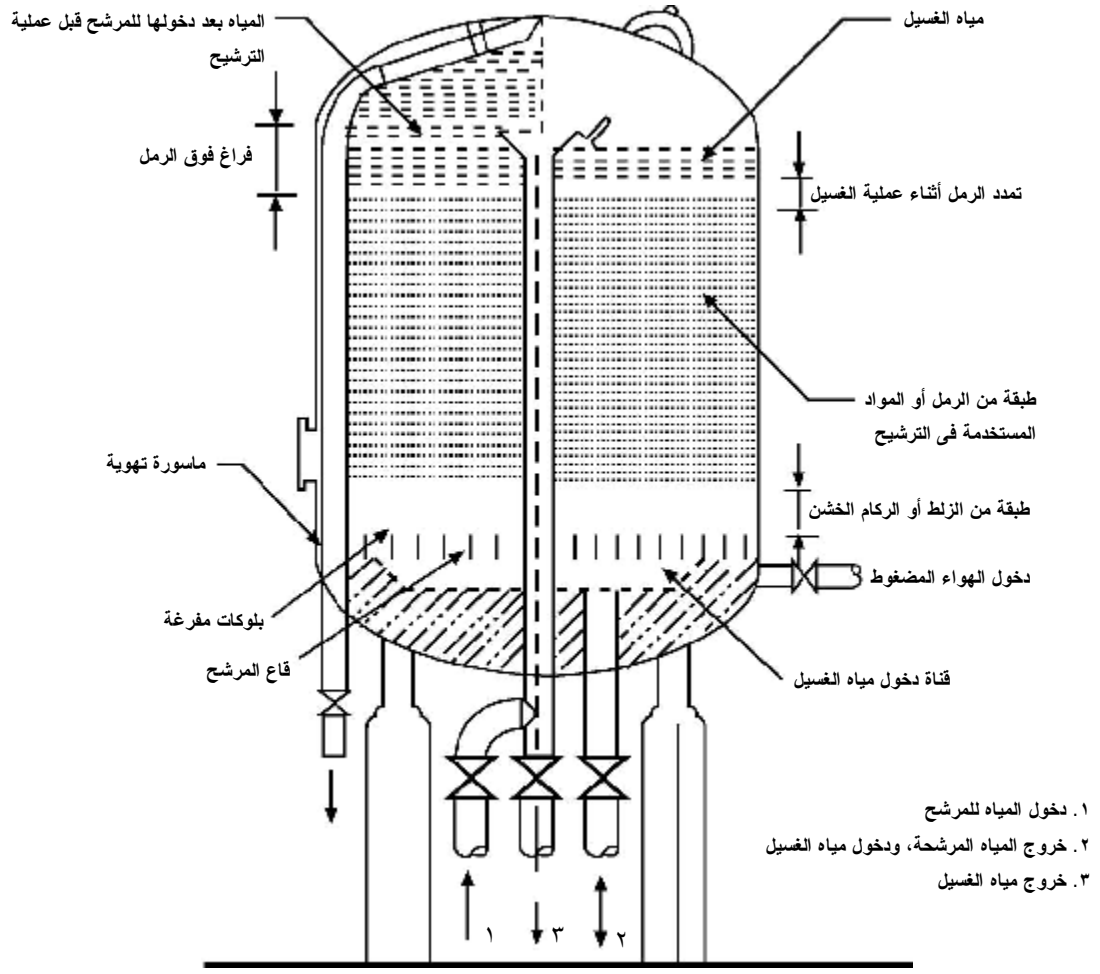
فى مرشحات الضغط (Pressure Filters) توضع طبقات الرمل والزلط داخل اسطوانة مقفلة من الصلب (رأسية أو أفقية) تتحمل ضغط داخلى لا يقل عن ٢ جوى، وتدخل المياه المراد ترشيحها من أعلى المرشح مارة بطبقات الرمل والزلط إلى أسفله حيث تتجمع فى المصافى مثل ما يحدث فى مرشحات الرمل بالجاذبية الأرضية، ويستخدم هذا النوع على نطاق واسع فى التصرفات الصغيرة لترشيح مياه حمامات السباحة بوجه خاص وفى عمليات المياه المدمجة (Compact Units) ذات تصرفات حوالي ٣٠ لتر/ ثانية. وتوجد منه أنواع وأحجام كثيرة. ويجب اختبار هيكل المرشح على ضغط لا يقل عن ضعف ضغط التشغيل.

وتبلغ معدلات التصرف المعتادة لهذا الطراز من ٨٠ إلى ١٢٠ لتر/م^{٢}/دقيقه، ويفضل ألا يزيد عن ١٥٠ لتر/م^{٢}/دقيقه ويتوقف ذلك على نوعية المياه الداخلة إلى المرشح.

واسم مرشح الضغط لا يعنى أنه يلزم امرار الماء داخل المرشح تحت ضغط عالى أو أن فاقد الضغط داخل المرشح كبير، بل أن الماء يمر خلاله تحت أى ضغط مناسب مثل ضغط طلمبات المياه العكرة (الضغط المنخفض).

ويتوقف فاقد الضغط الفعلى داخل هذه المرشحات على حالة طبقات الرمل وعلى معدل التصرف خلال المرشح، ويدل زيادة فاقد الضغط عن الحد المسموح على أن طبقات الرمل قد اتسخت، ويلزم إعادة غسلها. ويتم غسيل مرشح الضغط بنفس الطريقة السابق ذكرها فى مرشحات الرمل السريعة. ويجب ألا يقل تصرف ماء الغسيل عن ٥٠٠-٦٠٠ لتر/م^{٢}/دقيقة، والفترة بين كل عملية غسيل وأخرى تتراوح بين ٤-٢٤ ساعة تبعا لفاقد الضغط، والذى يتوقف بدوره على نوعية المياه التى يتم ترشيحها. وتتراوح كميـــــة مياه الغسيل لكل فترة بين ٢- ٦% من الماء المرشح بالمعدل المذكور عاليه، إلا إذا كان الغسيل مصحوباً بهواء مضغوط ليساعد على تمدد طبقة الرمل أثناء الغسيل.

ويفضل استخدام مرشحات الضغط إذا كانت المياه المراد ترشيحها مأخوذة من ماسورة تحت ضغط، كمياه المدن المراد إعادة ترشيحها لأغراض خاصة، أو مياه حمامات السباحة. وكذلك فى عمليات المياه المدمجة. ويبين الشكل رقم (٦-١١) قطاعاً فى مرشح يعمل تحت ضغط. وقد تم شرح طريقة تشغيل وصيانة هذا النوع من المرشحات فى الفصل الحادى عشر من هذا المجلد الخاص بوحدات تنقية المياه النقالى.



شكل رقم (٦-١١)
مرشح يعمل تحت ضغط

ويوضح الجدول رقم (٦-١) المقارنة بين أنواع مرشحات الرمل المختلفة.

جدول رقم (٦-١)

مقارنة بين مرشحات الرمل

الخصائص	المرشح البطئ	المرشح السريع	مرشح الضغط
معدل الترشيح (م^3/م^2/يوم)	٣-٥	١٢٠-١٨٠	٢٤٠
وسط الترشيح	رمل وزلط	رمل - رمل وزلط	رمل وزلط
سمك وسط الترشيح (م)	١.٥	٠.٨-١	حسب الحجم
أبعاد المرشح	٤٠ ×٤٠ م	٦ × ٩م	القطر ٥٠-٢٦٠ سم الطول ١٠٠-٧٥٠ سم
نوع الرمل	ناعم	خشن	خشن
زمن التشغيل (يوم)	٢٠ - ٦٠	٠.٥ – ١.٥	٠.٥ - ١.٥
عملية الغسيل	تكشط الطبقة العليا	يستخدم الماء والهواء للتنظيف	يستخدم الماء والهواء للتنظيف
مياه الغسيل (%)	-	٣-٤	٦
جودة المياه المنتجة	عالية جدا	عالية	عالية
كفاءة المياه المنتجة	عادية	عالية	عالية
المساحة المطلوبة	كبيرة جدا	محدودة	محدودة للغاية
تكلفة التشغيل	منخفضة	متوسطة	مرتفعة

متطلبات أعمال الترشيح

١ - المرشحات الرملية السريعة تتضمن متطلبات أعمال الترشيح أهمية وجود العناصر التالية:

١. أن تسبق المرشحات الرملية معالجة أولية وعملية الترسيب.
٢. تحديد معدل الترشيح مع أخذ العوامل المؤثرة في الاعتبار مثل (نوعية المياه العكرة – مقدار المعالجة الأولية (من ١٢٠ : ٢٠٠ م^{٣}/م^{٢}/يوم).
٣. لا يقل عدد المرشحات عن وحدتين، أي أن تكون المرشحات قادرة على استيعاب السعة التصميمية مع خروج أحدى الوحدات من العمل وفي حالة وحدتين فقط يجب أن تكون كل وحدة منهما قادرة على استيعاب السعة التصميمية.
٤. أن يتم تصميم هيكل المرشح طبقًا لما يلى:

- جدران المرشح رأسية.
- عدم وجود نتوءات أو بروزات من جدران المرشح في الوسط الترشيحي.
- أن توجد غرفة رئيسية تسمح بالفحص والتشغيل بسهولة.
- الحد الأدنى لعمق المرشح ٢٨٠ سم.
- أقل عمق للمياه فوق الوسط الترشيحي ٩٠ سم.
- أن يكون خرج المرشح محكما بحيث يمنع دخول الهواء إلى قاع المرشح.
- أن يكون محاطا بحاجز خرسانى ارتفاع ١٠ سم على الأقل لمنع تسرب وصرف المياه إلى داخل المرشح.
- منع حدوث فيضان وذلك بعمل فتحة صرف للتدفق الزائد (overflow).
- لا تزيد سرعة المياه المعالجة الداخلة إلى المرشح عن ٦٠ سم/ث.
- أن تكون مواسير الصرف كافية لمياه الغسيل بحيث تتسع لأقصى تصرف.

- وجود ممرات ومماشي حول المرشح لا يقل عرضها عن ٦٠ سم.
- عمل حوائط فاصلة بين الماء المعالج والغير معالج.

٥. مجاري مياه الغسيل (Troughs):

- أن يكون أقل منسوب لها فوق أعلى منسوب لتمدد الرمال أثناء الغسيل.
- أن تكون المسافات بينها منتظمة بحيث تغطي كل صينية نفس المساحة من الوسط.
- ألا تزيد المسافة الأفقية التي تقطعها الجزيئات حتى تصل إلى الصينية عن ٩٠ سم.

٦. الوسط الترشيحى:

يجب أن تكون مادة الوسط الترشيحى من الرمل النظيف أو أي مادة طبيعية أو صناعية خالية من المواد الكيماوية الضارة أو الملوثات البكترية وأن تكون معتمدة من الجهات المختصة وأن تتوافر بها الخصائص التالية:

- لا يقل العمق عن ٦٠ سم وعادة لا يزيد عن ٧٥ سم.
- لا يزيد معامل الانتظام للجزيئات الصغيرة عن ١,٦٥.
- أن يحتوي على طبقة سمكها لا يقل عن ٣٠ سم من جسيمات ذات حجم فعال لا يزيد عن ٠,٤٥ مم إلى ٠,٥٥ مم.

٧. قاع المرشح ونظام الصرف السفلي:

يجب أن يصمم نظام تجميع المياه أسفل المرشح بحيث:

- يقلل فواقد الضغط في مجمع المياه وفروعه.
- يضمن توزيع منتظم لمياه الغسيل ومعدل الترشيح متساوي في كل مساحة المرشح.
- أن تكون نسبة مساحة فتحات نظام التجميع إلى المساحة الكلية للمرشح حوالي ٠,٠٠٣.
- المساحة الكلية لمقطع الخطوط الفرعية تكون ضعف المساحة الكلية للفتحات.

- أن تكون مساحة مقطع المجمع تساوي ١,٥ : ٢ من المساحة الكلية للفروع.
- أن تكون فتحات الفروع التي بلا مصافي متجهة لأسفل.

٨. الغسيل السطحي وتحت السطحي:

- نظام التنظيف بالهواء:

- يجب أن يتوفر هواء بمعدل ١٠٠٠٠٠ إلى ١٥٠٠٠٠سم^{٣}/د لكل ٠,٩– ١,٥ م^{٣}/ م^{٢}/ دقيقة من مساحة المرشح.
- يجب عمل وسيلة لتفادي فقدان الوسط الترشيحي أثناء الغسيل.
- يجب أن يتبع الغسيل بالهواء (الخلخلة بالهواء) غسيل بالماء وأن يكون كافيا لإعادة تنظيم طبقات الوسط الترشيحي.
- يجب أن يكون الهواء خاليا من الملوثات.
- يجب أن يكون نظام توزيع الهواء تحت الوسط الترشيحي وأن يدعم سطح الوسط الترشيحي ويجب أن تصمم فواني الهواء بحيث تمنع الوسط الترشيحي من الدخول إلى نظام الهواء أو سد الفواني.
- يجب ألا تمر مواسير الهواء خلال الوسط الترشيحي.
- يجب أن تراعي متطلبات الصيانة وإصلاح مواسير الهواء.
- يجب أن يكون نظام مياه الغسيل قادرا على توفير ٣٧ م^{٣}/ س من المياه لكل م^{٢} من مساحة المرشح وفي حالة وجود الغسيل بالهواء يكتفي بـ ٢٠ م^{٣}/ س/ م^{٢}.
- يتم تصميم شبكة تصريف المياه السفلية بحيث لا تعترض شبكة هواء الغسيل.

- الملحقات: يجب أن يزود كل مرشح بما يلي:

- صنبور عينات للمياه الداخلة والخارجة.
- مقياس فاقد الضغط (Pressure meter) ومقياس تدفق (Flow meter).
- في الأنظمة التي تحتوي على ثلاث مرشحات أو أكثر يجب أن يزود خارج كل مرشح بمقياس عكارة.

٩. الغسيل العكسي: يجب أن يجهز كل مرشح بما يلي:

- معدل دفق مياه ٣٧ م^{٣}/ ساعة/ م^{٢} على الأقل ويقترح أن يكون المعدل ٥٠ م^{٣}/ س/ م^{٢} أو المعدل الكافي لأحداث تمدد في الوسط الترشيح مقداره ٥٠%.
- يتم توفير المياه المرشحة للغسيل عن طريق خزانات مياه الغسيل أو بواسطة طلمبة غسيل من خطوط الخدمة أو عن طريق كلا المصدرين معا.
- يجب أن تكون طلمبات الغسيل زوجية العدد أو توفير وسيلة بديلة.
- لا يقل زمن الغسيل عن ١٥ دقيقة لكل مرشح حسب المعدل التصميمي للغسيل.
- توفير صمام أو منظم لمياه الغسيل على الخط الرئيسي للغسيل لضمان الحصول على المعدل المطلوب.
- تركيب مبين لمعدل التدفق على الخط الرئيسي لمياه الغسيل ويفضل أن يكون مزود بجهاز تسجيل إجمالي التدفق (Totalizer).
- يجب أن يكون نظام الغسيل العكسي قابل للتشغيل بواسطة المشغل يدويا وإذا كان النظام آلي (أوتوماتيكي) فيجب أن يكون هناك إمكانية لضبطه.

٢ - متطلبات الترشيح باستخدام مرشحات الضغط

تستخدم هذه المرشحات عادة فى عمليات الترشيح المدمجة (Compact unit) وكذلك فى عمليات إزالة الحديد والمنجنيز، وتنطبق نفس معايير الحد الأدنى للمعدلات المستخدمة في المرشحات الرملية السريعة على مرشحات الضغط.

١. معدل الترشيح: يجب ألا يزيد معدل الترشيح عن ٧,٢ م^{٣}/ س/ م^{٢} إلا إذا ثبت بالاختبار غير ذلك ووافقت عليه الجهات المختصة.
٢. التصميم: يجب أن يتم تصميم المرشح بحيث يحتوي على:

- مقياس فاقد الضغط عند مدخل ومخرج مواسير كل مرشح.
- مقياس سهل القراءة لبيان التدفق في كل وحدة ترشيح.
- مواسير بسيطة بقدر الإمكان للترشيح وللغسيل العكسي لكل مرشح على حدة.
- أن يكون مجمع مياه الغسيل أعلى من سطح الوسط الترشيحي بمقدار ٤٥ سم على الأقل.
- نظام الصرف السفلي يقوم بكفاءة بتجميع المياه المرشحة وتوزيع مياه الغسيل بانتظام بمعدل لا يقل عن ٣٧ م٣/ س.
- توفير أجهزة تحكم وبيان لتدفق مياه الغسيل العكسي بحيث تكون سهلة القراءة أثناء تشغيل محبس التحكم.
- محبس تصريف الهواء في أعلى نقطة من كل مرشح.
- غرفة تفتيش سهلة الدخول لتسهيل عملية الفحص والإصلاح للمرشحات التي يزيد قطرها عن ٩٠ سم.
- توفير وسيلة لمراقبة وملاحظة المياه المستعملة أثناء الغسيل العكسي.

متطلبات مراقبة مستويات العكارة يتضمن الجدول رقم (٦-٢) متطلبات الرقابة على درجة العكارة لنظم الترشيح المختلفة.

جدول رقم (٦-٢)
متطلبات الرقابة على قياسات العكارة فى المرشحات

نوع الترشيح	تكرار الرقابة	مستوى العكارة
تقليدي	كل ٤ ساعات	< ٠,٥ وحدة عكارة
مباشر	كل ٤ ساعات	< ٠,٥ وحدة عكارة
الرملي البطئ	مرة في اليوم	< ١ وحدة عكارة

ويلاحظ أن تكرار الرقابة يصل إلى ٦ مرات يوميًا فى أنظمة الترشيح التقليدى والمباشر إلا أنه يمكن تخفيض الرقابة إلى مرة واحدة في اليوم للأنظمة التي

تخدم أقل من ٥٠٠ شخص كما يمكن الاستعاضة عن جمع العينات كل ٤ ساعات بتركيب مقياس للعكارة بشرط أن يتم معايرته دوريا.

١- الترشيح التقليدى والمباشر:

بالنسبة للأنظمة التي تستعمل الطريقة التقليدية للترشيح أو تستخدم الترشيح المباشر يجب أن تحقق هذه الأنظمة مستوى عكارة أقل من ٠,٥ وحدة عكارة في ٩٥% من القياسات التي تؤخذ كل شهر ويمكن السماح بزيادة هذه النسبة إلى ١ وحدة عكارة إذا أثبت النظام أنه يمكنه إزالة طفيليات الجياردیا بكفاءة عند هذه النسبة من العكارة ولا يمكن بأي حال وفي أي وقت أن تزيد العكارة عن ٥ وحدات.

٢- الترشيح باستخدام المرشح الرملى البطيء:

الأنظمة التي تستخدم المرشح الرملي البطئ يجب أن تحقق مستوى عكارة أقل من أو يساوي وحدة عكارة واحدة في ٩٥% من القياسات كل شهر ولا يسمح بأي حال وفي أي وقت أن تزيد العكارة عن ٥ وحدات.

٣- الطرق الأخرى للترشيح:

يمكن أن تستخدم المحطة أي أنظمة أخرى للترشيح بعد موافقة الجهات المختصة على ذلك بشرط أن تحقق نفس معايير إزالة الجياردیا والجراثيم والفيروسات مثلما تحقق الطرق التقليدية.

تقنيات الترشيح بالأغشية

نظرا لزيادة درجة التلوث فى المصـــادر المائية أو الفقر فى الموارد المائـــية العذبة المتاحة مما يجعلنا نتجه إلى المصادر الأخرى مثل المياه الجوفية ذات الملوحة المتوسطة أو العالية أو حتى مياه البحر لتدبير الاحتياجات المائية المطلوبة سواء لأغراض الشرب والتنمية أو للأغراض الصناعية، مما استلزم ضرورة اللجوء إلى تقنية الترشيح بالأغشية (Membrane Filtration) لإجراء عملية تنقية المياه.

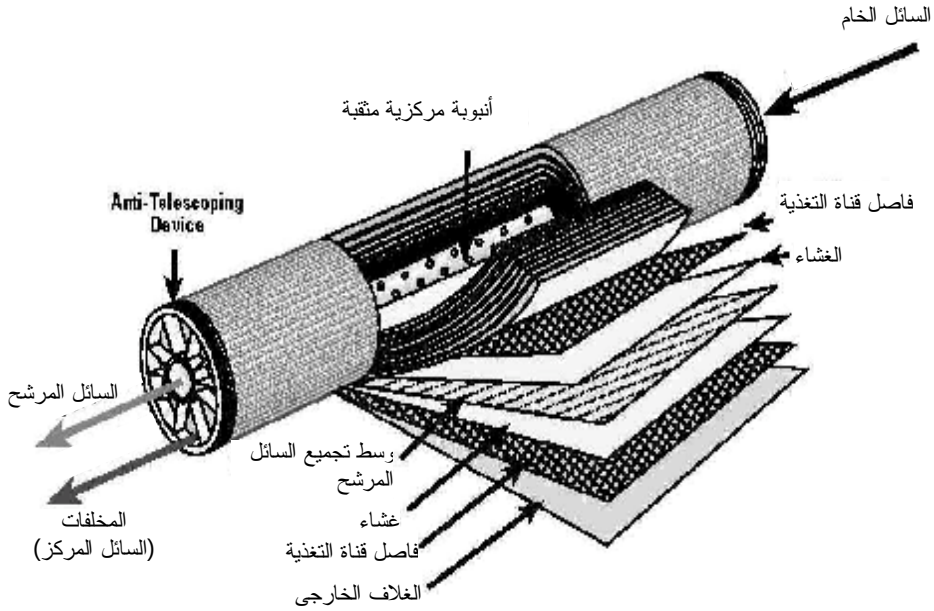
والترشيح بالأغشية هو أسلوب يستخدم لفصل الجسيمات أو الجزيئات من السوائل بغرض تنقيتها حيث يتم تمرير السائل المراد ترشيحه عبر غشاء شبه منفذ، ويتم تحديد درجة نفاذية الغشاء (المسام الموجودة في الغشاء) من خلال معرفة درجة التقنية المطلوبة للغشاء، ويعمل الغشاء بمثابة حاجز للجسيمات التي يكون حجمها أكبر من هذه المسام، في حين يمر السائل من خلال الغشاء. وينتج عن ذلك سائل نظيف مرشحا على أحد جانبى الغشاء، بينما تتبقى الجسيمات التى كانت ذائبة به على الجانب الآخر من الغشاء.

مميزات الترشيح الغشائى

وتتميز أنظمة الترشيح الغشائى بأنها لا تتطلب استخدام مواد كيميائيـــة أو أى مواد مضافة، مما يقلل من تكاليف التشغيل. كذلك فإن هذه الأنظمة تتطلب الحد الأدنى من الطاقة وتزداد حسب الدرجة المطلوبة للتنقية وتكنولوجيا تشغيل الغشاء، ويمكن أن تصمم لتعمل بدون طاقة تقريبا، باستخدام نظام ضغط يعتمد أساسا على الجاذبية.

ومن الشائع استخدام أنظمة الترشيح الغشائي المتعاقبة، حيث يمر السائل خلال سلسلة من الأغشية. وفي هذا النظام، يقل حجم مسام الأغشية تدريجيا، مما يزيد من كفاءة إزالة الشوائب من السوائل ويقلل من انسداد النظام، كما وأنه يحمل ميزة إضافية حيث يمكن استخدامه في مساحة ضيقة، وذلك لأن الأغشية يمكن أن تكون صغيرة جدا وتستمر فى العمل بكفاءة. وهناك العديد من الأساليب المختلفة للترشيح الغشائي وكلها تشترك فى هدف واحد وهو إنتاج سائل مرشح نظيف أو مياه ذات درجة نقاوة محددة.

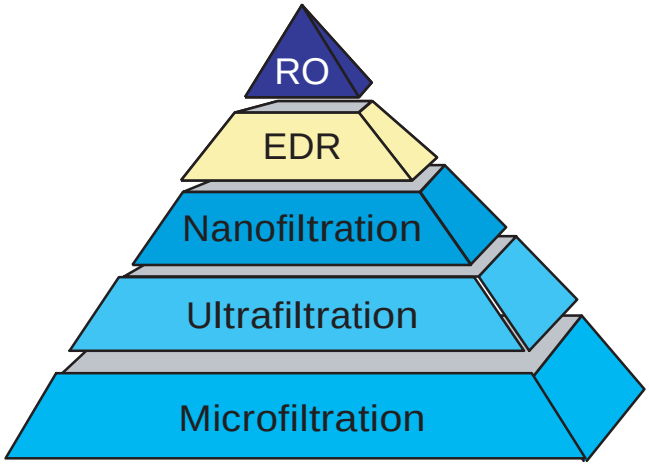
ويوضح الشكل رقم (٦-١٢) قطاع فى وحدة الترشيح بالأغشية ويتضح منها تتابع الطبقات المختلفة به منتهيا بالماسورة المحورية المثقبة الملفوف عليها طبقات الأغشية المختلفة.



شكل رقم (٦-١٢)
وحدة الترشيح بالأغشيـــة

أنواع تقنيات الترشيح يمكن تقسيم تقنيات الترشيح بالأغشية طبقا لحجم المسام الموجودة بالغشاء وطبقا للاستخدام، ويوضح الشكل رقم (٦-١٣) الأنواع المختلفة للترشيح بالأغشية والتى تنقسم إلى ما يلى:

١. الترشيح الدقيق (Micro Filtration, MF)
٢. الترشيح الفائق (Ultra Filtration, UF)
٣. الترشيح متناهى الدقة (Nano Filtration, NF)
٤. التحليل الكهربى العكسى (Electro Dialysis Reversal, EDR) (الديلزة)
٥. الترشيح باستخدام التناضح العكسى (Reverse Osmosis, RO)



شكل رقم (٦-١٣)
مستويات وتقنيات الترشيح بالأغشية

الترشيح الدقيق (MF)

هى عملية يتم فيها حجز المواد العالقة فقط بينما تمر الأنواع الأخرى حتى البروتينات بحرية من الغشاء السليلوزى، ويتميز الترشيح الدقيق (MF) بكفاءة أداء متميزة ويعتبر بديلا للطرق التقليدية التى تعتمد على الوسائط الحبيبية (مرشحات الرمل)، وهو يعطى كفاءة أكبر فى الإزالة عند تنقية المياه السطحية.

الترشيح الفائق (UF)

هو عملية يتم فيها حجز المركبات ذات الوزن الجزيئى الكبير بينما تتمكن كل المركبات ذات الوزن الجزيئى الصغير من المرور عبر الغشاء وبالتالى لا يتم التخلص من الأملاح أو الأحماض الأمينية أو الأحماض العضوية والغير عضوية أو أيدروكسيد الصوديوم. ويتميز الترشيح الفائق (UF) بكفاءة أداء متميزة تزيد عن كفاءة الترشيح الدقيق (MF)، وهو يعطى درجة كفاءة أكبر فى الإزالة عند تنقية المياه السطحية الملوثة.

الترشيح متناهى الدقة (NF)

هى عملية يتم فيها طرد الأيونات التى تحتوى على أكثر من شحنة سالبة واحدة فقط مثل الكبريتيدات والفوسفات بينما يسمح بمرور الأيونات أحادية الشحنة، وكذلك يتم طرد المواد الذائبة الخالية من الشحنات والأيونات موجبة الشحنة طبقًا لحجم وشكل جزيئاتها، ويستعمل لإزالة المواد العضوية والألوان والملوثات. وهذا النظام يستعيد من ٨٥ إلى ٩٥ % من المياه تحت ضغط منخفض.

ويمكن من خلال الترشيح المتناهى الدقة (NF) التخلص من كلوريد الصوديوم بنسب تتراوح بين صفر إلى ٥٠ % طبقًا لكثافة التغذية.

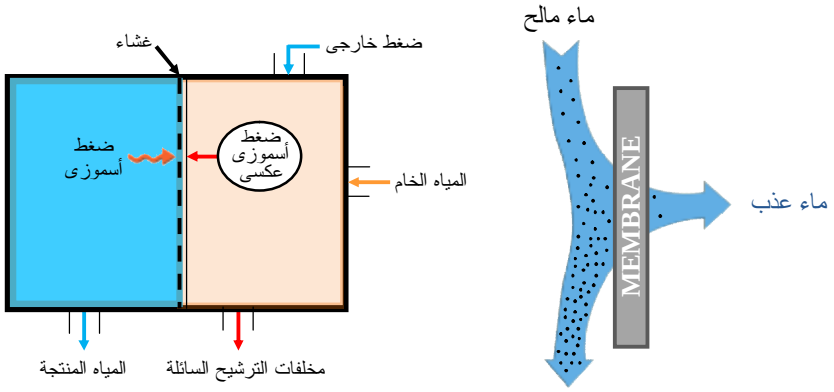
التحليل الكهربى العكسى (EDR)

وتسمى أيضا بعملية الغسيل الكهربى العكسى (Electro Dialysis Reversal) (الديلزة) وهى عملية كهروكيميائية تقوم فيها الأغشية بإتاحة ممرات اختيارية للأيونات الموجبة أو السالبة لإنجاز عملية إزالة الأملاح، ونظرًا لأن معظم المواد الصلبة الذائبة هى عبارة عن أيونات ذات شحنات تكون إما موجبة أو سالبة وتنجذب الأيونات إلى الأقطاب ذات الشحنات العكسية ويتم التخلص منها فى العملية العكسية وتستخدم هذه الطريقة عادة لتنقية المياه المالحة وإزالة الملوثات، ويكون معدل إنتاج المياه فى عملية التحليل الكهربى العكسى (الديلزة ,EDR) من ٧٥ إلى ٩٥ % من مياه المصدر.

الترشيح باستخدام التناضح العكسى (RO)

تعتمد فكرة التناضح العكسى (Reverse Osmosis) على ضغط الميـــاه داخـــل أغشية سليولوزية تحت ضغط حوالى ٣٠ ضغط جوى ونفاذها من الغشاء تاركة خلفها تركيزات من الأملاح أعلى من التركيزات الموجودة فى مياه المصدر حيث يتم حجز الأملاح داخل الأغشية بينما تخرج المياه النقية إلى الخارج، ويمكن بهذه الطريقة حجز ١٠٠% من الملوثات والبكتيريا والفيروسات، ونظرًا لأن المياه يجب أن تعبر فى مسارات ضيقة جدًا لذا يجب إزالة الجسيمات الدقيقة والمواد الصلبة العالقة فى مراحل المعالجة الأولية (المبدئية) وتستخدم هذه الطريقة فى تنقية مياه الآبار وتحلية مياه البحر.

وتعتمد هذه الطريقة كما هو موضح بالشكل رقم (٦-١٤) على حقيقة علمية وهى أنه إذا فصل ماء عذب عن ماء مالح بواسطة غشاء نصف منفذ فإن الماء العذب ينفذ من الغشاء فى اتجاه الماء المالح حيث يقوم بتخفيف تركيز الملح. وتسمى هذه الظاهرة بالأسموزية- وبسبب الفرق فى تركيز الملح فإن الماء العذب يستمر فى المرور خلال الغشاء لو كان هناك ضغط واقع عليه- ويسمى الضغط الذى يسبب سريان الماء من الجانب المخفف إلى الجانب ذى التركيز المرتفع بالضغط الأسموزى ويعتمد هذا الضغط على درجة تركيز الملح فى الماء وكذلك درجة حرارة المحلول ولذلك فإنه عند الضغط على المحلول الملحى بضغط أكبر من الضغوط الأسموزى للمحلول فإن الماء العذب ينتقل عبر الغشاء من المحلول الأكثر تركيزا إلى الجانب الأقل تركيزا.



شكل رقم (٦-١٤)

تقنية الترشيح بالتناضح العكسى (RO)

ومن مميزات هذه الطريقة سهولة التشغيل وسرعة إنتاج المياه العذبة منذ بداية التشغيل (١/٢- ١ ساعة) ولكنها تحتاج إلى معالجة ابتدائية فعالة بالإضافة إلى متطلبات الاحتياج للضغوط العالية اللازمة لمرور المياه المالحة خلال الأغشية- كما أن ارتفاع درجة الحرارة يؤثر بدرجة عالية على أداء وحدة تحلية المياه، وتعتبر عملية التناضح العكسى (Reverse Osmosis, RO) هى أدق عمليات الترشيح بواسطة الأغشية حيث أن الماء هو المادة الوحيدة

التى يمكن أن تمر من خلال الغشاء وبالتالى يتم حجز جميع المواد الذائبة والعالقة.

وتقوم محطات التناضح العكسى باستعادة ٦٠ إلى ٨٥ % من المياه المالحة أما بالنسبة لمياه البحر فيتراوح بين ٤٠ إلى ٦٠ % باستخدام ضغط تشغيل أعلى من الضغط المستخدم فى حالة مياه البحر.

ويوضح الجدول رقم (٦-٣) المقارنة بين عمليات الترشيح بالأنواع المختلفة من الأغشية وخصائص الأغشية واستخداماتها فى إزالة الملوثات.

جدول رقم (٦-٣)
مقارنة بين عمليات الترشيح بالأنواع المختلفة من الأغشية

البند	الترشيح الدقيق (MF)	الترشيح الفائق (UF)	الترشيح متناهى الدقة (NF)	التناضح العكسى (RO)
الغشاء	متماثل/ غير متماثل	غير متماثل	غير متماثل	غير متماثل
سمك الغشاء الرقيق (ميكرون)	١٠ – ١٥٠	١٥٠ – ٢٥٠ ١	١٥٠ ١	١٥٠ ١
قطر المسام- ميكرون	٠,٠٢ - ٤	٠,٢ –٠,٠٢	٠,٢ – ٠,٠٢	أقل من ٠,٠٠٢
يستخدم لإزالة	الجسيمات، الطمى، البكتريا.	الجزيئات الدقيقة، البروتينات.	المركبات ذات الوزن الجزيئى الكبير، الأيونات السالبة متعددة التكافؤ.	المركبات ذات الوزن الجزيئى الكبير، والصغير، كلوريد الصوديوم، الجلوكوز، الأحماض الأمينية.
المادة المصنوع منها الغشاء	– السيراميك – الأغشية الرقيقة	– السيراميك – الأغشية الرقيقة	– (خلات) السيليلوز – الأغشية الرقيقة	– (خلات) السيليلوز – الأغشية الرقيقة
شكل وحدة الغشاء	– أنبوبة – ألياف مجوفة	– أنبوبة – ألياف مجوفة – لفة حلزونية spiral – لوحة وإطار	– أنبوبة – لفة حلزونية spiral – لوحة وإطار	– أنبوبة – لفة حلزونية spiral – لوحة وإطار
ضغط التشغيل	أقل من ٢ بار	١ – ١٠ بار	٥ – ٣٥ بار	١٥ – ١٥٠ بار

وقد ثبت أن هذا التأثير مطلوب للعديد من التطبيقات التى يقبل فيها إزالة متوسطة للأملاح حيث يقل بشدة ضغط التشغيل والطاقة المستهلكة وبالتالى يمكن توفير التكاليف فى مقابل عدم الإزالة الكاملة للأملاح.

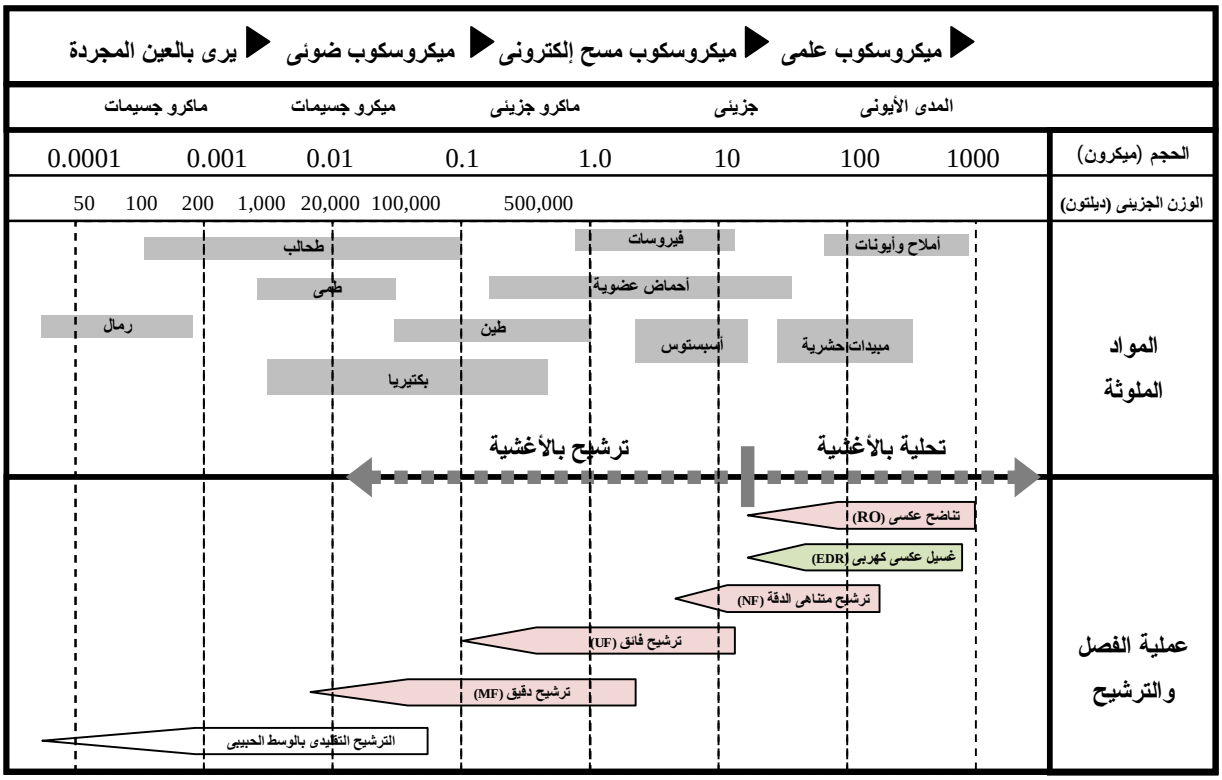
ويتم معالجة مجموعة كبيرة من المنتجات باستخدام الأغشية، ولكن معظم استخدامات الأغشية (حوالى٨٠ %) يستخدم لتحلية المياه، أما ٢٠ % المتبقية فتستخدم فى مجال منتجات الألبان ولأنواع مختلفة من السوائل الأخرى.

ويبين الجدول رقم (٦-٤) بعض التطبيقات التى يستخدم فيها الترشيح بالأغشية.

جدول رقم (٦-٤)
أنواع عمليات الترشيح بالأغشية واستخداماتها

تقنية الترشيح	نوع السائل	التخلل (الانتشار)	التركيز
RO	– مياه صرف المصابغ – المياه	– ماء رائق – ماء منخفض الأملاح – ماء منخفض التلوث بـــ BOD	– أملاح، كيماويات، مخلفات – ماء مالح
NF	– مياه صرف المصابغ – مياه	– نواتج مخلفات مالحة – مياه نظيفة مالحة – مياه غير عسرة – مياه صرف مالحة	– ألوان – مخلفات
UF	– مستحلبات الزيوت – نواتج الغسيل – المياه	– سائل رائق للصرف والطرد – مخلفات – مياه خالية من الزيت < ١٠ PPM – مياه رائقة	– مخلفات – مستحلبات زيوت عالية التركيز – مياه غير نظيفة – مخلفات

ويوضح الشكل رقم (٦-١٥) أنظمة الترشيح بالأغشية وارتباطها بحجم الملوثات، كما يوضح الشكل رقم (٦-١٦) أنظمة الفصل بالأغشية لكل تقنية مع ضغط التشغيل المطلوب لكل منها.



Source: American Membrane Technology Association

شكل رقم (٦-١٥)
أنظمة الترشيح بالأغشية وارتباطها بحجم الملوثات

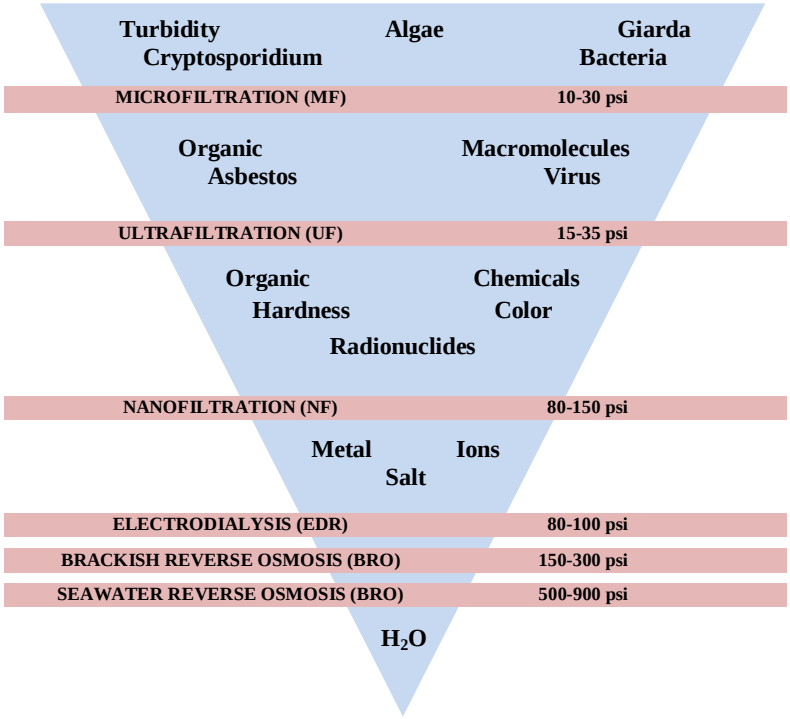
معوقات استخدام الترشيح بالأغشية

الأس الهيدروجينى

معظم الأغشية تقاوم قيم الأس الهيدروجينى العالية وأكبر عائق هو استخدام حشوة من البوليستر فى العديد من الأغشية والذى يمكنه العمل بفاعلية حتى الأس الهيدروجينى ١١,٥ حيث تتغير كفاءة العديد من الأغشية عند القيم المرتفعة من الأس الهيدروجينى، وفى المقابل فإن معظم الأغشية تكون مستقرة عند القيم المنخفضة من الأس الهيدروجينى.

معدل التدفق

لا يوجد حد مُعرف بأقصى معدل تدفق (تغذية)، ولكن يعتمد معدل التغذية والتدفق على الخصائص الميكانيكية لوحدة الأغشية.



شكل رقم (٦-١٦)

أنظمة الفصل بالأغشية وضغط التشغيل المطلوب لكل منها

اللزوجة

لا يعتبر مقدار لزوجة الشحنة المغذاة للمياه مشكلة فى حد ذاتها، ولكن هذه اللزوجة تؤدى إلى انخفاض الضغوط المرتفعة لبعض التدفقات، ولكن طالما كان هذا الانخفاض فى الضغط مقبولاً فلا تشكل اللزوجة مشكلة وتعتبر مشكلة اللزوجة من المشاكل الهندسية وليست من مشاكل الغشاء نفسه.

مكونات نظام الترشيح بالأغشية

تتكون منظومة الترشيح بالأغشية من العديد من المكونات بالإضافة للغشـــاء نفسه ومن أهم هذه المكونات ما يلى:

التسخين والتبريد والمعادل الحرارى:

من الشائع استخدام المبادلات الحرارية ذات الأنابيب المتعددة للتسخين، وعند تبريد نظام الأغشية يكون الوسط المبرد على السطح الخارجى للأنابيب والمنتج فى داخل الأنابيب، ويسمح هذا التركيب بتطبيق الضغط العالى والذى يصل إلى ٧٠ بار، ويتم عادة اختيار المبادل الحرارى ذى الأنابيب المتعددة

لأن التبريد المطلوب هو إزالة الطاقة الناتجة من الضخ أكثر منها تسخين أو تبريد المياه المنتجة نفسها.

الصمامات:

تختلف أنواع الصمامات المطلوبة حسب نوع الصناعة التى تدخل فيها، فعلى سبيل المثال، يفضا استخدام أنواع الصمامات التالية حسب الصناعة:

صناعة منتجات الألبان : صمامات فراشة من النوع الصحى
تنقية المياه : صمامات كروية
صناعة الورق : أى نوع يصلح
الصرف الصحى : أى نوع يصلح

أجهزة قياس الضغط:

الضغط هو القوة المحركة لأنظمة الترشيح بالأغشية ويجب مراقبته بدقة. ويجب استخدام أجهزة قياس الضغط ذات الرق فقط، ومن مشاكل استخدام المقاييس من نوع بوردون أنها لا تعطى قراءات دقيقة.

أجهزة قياس التدفق:

من المعتاد استخدام عدادات ميكانيكية لقياس التدفق فى أنظمة الترشيح بالأغشية، وهى تناسب القراءات الروتينية التى يقوم بها المشغل، ولكن يعيبها، أنها تعطى قراءات بصرية (مرئية) ولكنها لا توفر إشارات كهربية يمكن تسجيلها، كذلك فهى غير صالحة إذا كان المنتج له لون أو عكارة وتعطى قراءات خاطئة إذا كانت كثافة أو لزوجة السائل مختلفة عن الماء، لذا فإن هذا النوع من العدادات يصلح فقط للرقابة الدورية فقط، والنوع الوحيد من مقاييس التدفق الذى يعمل جيدًا فى هذه الأنظمة هو النوع الكهرومغناطيسى والذى يتميز بدقته العالية ويعيبه فقط ارتفاع ثمنه.

الخزان:

يجب أن يصنع الخزان إما بقاع مخروطى أو مائل ليسمح بتصفية وتفريغ الخزان بالكامل وصرف أى رواسب تكون بالقاع، ويجب أن يتم الحفاظ على الخزان خاليًا من أى أجهزة مثل ملفات التسخين (السخانات) أو مفاتيح تحديد المنسوب، وأى أجهزة يلزم تركيبها يجب أن تكون خارج الخزان.

وأفضل المواد التى يجب استخدامها فى صناعة الخزان هى الصلب الذى لا يصدأ والحجم المناسب للخزانات التى تدخل فى أنظمة الترشيح بالأغشية بالصناعات هو حوالى من ١٠٠ – ٣٠٠ لتر أما بالنسبة للمحطات التجريبية فيكفى أن يكون الحجم ٥٠ لتر.

أعمال الضخ بشبكة المياه

بعد نهـــو أعمـــال الترشيح بالأغشية، يتم تجميع المياه داخل خزانات خاصة حيث يتم إضافة جرعة كلور نهائى مناسبة للتعقيم ولمواكبة متطلبات الحد من التلوث بشبكة توزيع المياه خلال رحلة المياه من المحطة حتى الوصول إلى المستهلكين.

الفصل السابع

التطهير

الفصل السابع

التطهير

أهداف الأداء (التعلم):

بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادرا علـى أن:

- يشرح معنى التطهير في عملية تنقية مياه الشرب وأغراضه وأهم الطرق المستخدمة في عملية التطهير وأغراض كل منها.
- يصنف أنواع التطهير ويربطها بمراحل عملية التنقية ومواقعها على خط إنتاج المياه في محطة تنقية مياه الشرب.
- يشرح كيفية التطهير بالكلور ويقارن بين ظروف وطرق وتقنيات التطهير بمركبات الكلور وأشكال وتداول هذه المركبات.
- يشرح كيفية التعامل مع غاز الكلور وخواصه وتحضيره واسطوانات الكلور وأنواع الأجهزة المستخدمة مع أنواع الكلور وأجزائها.
- يشرح أسس حساب تركيز جرعة الكلور وأشكال الكلور المستخدمة في التطهير وكيفية تحضير كل منها بأمان وبالجرعة المناسبة للتطهير.

مقدمة

الغرض من عملية التطهير جعل المياه آمنة للاستهلاك الآدمى، فلا يمكن للترشيح مهما كان بطيئا أن يحجز كل ما فى الماء من بكتريا وكائنات دقيقة (Microorganisms)، لذلك كان لابد من وجود طريقة للتخلص من هذه الكائنات الحية التى تسبب الأمراض (Pathogens)، وذلك طبقا لمعايير قياسية خاصة بمياه الشرب.

وتهدف عملية التطهير (Disinfection) إلى القضاء على الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض (Pathogens)، أو وقف نشاطها، بينما تهدف عملية التعقيم (Sterilization) إلى القضاء الكامل على جميع الكائنات الحية فى المياه ويستخدم التعقيم فى أعمال محدودة، لذا تعتبر عملية التطهير مرحلة جزئية من عملية التعقيم. وفى أعمال تنقية مياه الشرب بمحطات المياه تستخدم عملية التطهير فقط وهو ما سيتم شرحه خلال هذا الفصل.

ومن أقدم طرق التطهير التى عرفها الإنسان، التطهير بتسخين الماء حتى درجة الغليان ولكنها لا تصلح اقتصادياً إلا فى الاستخدامات المحدودة جداً بالمنازل، لذا كان لابد من وجود أو استحداث وسائل أخرى أكثر فاعلية للكميات الكبيرة من المياه، وأيضاً لتتناسب مع نظام الإمداد بالمياه الذى يحتوى على مكونات قد تكون فى حد ذاتها من العوامل التى قد تساعد على نمو البكتريا وتكاثرها.

طرق التطهير

توجد طرق كثيرة للتطهير تستخدم حسب نوع وطبيعة الظروف التى يجرى فيها التطهير والغرض منه، وهناك طرق عديدة للتطهير منها:

- التطهير بالحرارة
- التطهير بالأشعة فوق البنفسجية
- التطهير بالأوزون
- التطهير الكيميائى

التطهير بالحرارة

من المعروف أن الكائنات الحية الدقيقة لا تتحمل درجات الحرارة العالية، خاصة إذا وصلت إلى درجة غليان الماء لمدة بين ٥-٢٠ دقيقة. إلا أن هذه الطريقة غير عملية ومكلفة فى حالة استخدامها فى تطهير الكميات الكبيرة من المياه، وإنما تستخدم عادة فى المعامل والمستشفيات والسفن وفى المنازل (فى حالات خاصة) وفى المخيمات.

التطهير بالأشـعة فوق البنفسجية

تعتمد هذه الطريقة على إبادة البائوجينات (Pathogens) بتعريضها مباشـرة للأشعـة فوق البنفسجية (Ultraviolet). إلا أن عملية إنتاج هذه الأشعة مكلفة، كما أنها غير مجدية إذا كانت الأحواض عميقة، إذ أن المعالجة الإشعاعية تتم بتعريض طبقة رقيقة من الماء (سنتيمترات قليلة) إلى الأشعة وبسرعة مرور بطيئة جدا. لذلك فإن هذه الطريقة لا يتم استخدامها إلا فى المعامل والمستشفيات وبعض الصناعات وفى وحدات تحلية مياه البحـر التى تعمل بنظرية التناضح العكسى (Reverse Osmosis)، والتى تكون تصرفاتها صغيرة جداً إذا ما قورنت بوحدات معالجة المياه فى المدن أو القرى.

التطهير بالأوزون

الأوزون غاز مؤكسد قوى يتم إنتاجه من الأكسجين الجوى داخل أجهزة خاصة، وذلك بتمرير الهواء الجوي الجاف والخالي من الأتربة بين قطبى كاثود ذو جهد عالى. ونظراً لأنه غاز نشيط جداً، فإنه يتفاعل مع كل المكونات الموجودة بالماء (عضوية وغير عضوية)، لذلك يمكن استخدام غاز الأوزون (Ozone O_3) أيضاً للتحكم فى لون ورائحة الماء.

إلا أن غاز الأوزون غير مستقر كيميائياً، حيث أنه يتحلل ويختفى فى بضع دقائق ولا يترك أى نسبة من الأوزون المتبقى لمواصلة التطهير فى شبكة التوزيع، لذا يجب مزجه بالماء المراد تطهيره بمجرد إنتاجه مباشرة.

التطهير بالكيماويات وهو أنسب وسيلة تستخدم فى تطهير المياه على نطاق واسع، وذلك بإضافة مواد كيماوية بجرعات خاصة، للتخلص من الكائنات الحية المسببة للأمراض (Pathogens) والقضاء عليها دون الإضرار بصحة الإنسان والحيوان، وأيضاً بدون إحداث تغيير فى طعم ولون ورائحة المياه، ويعتبر التطهير بالكلور من أهم طرق التطهير الكيميائى.

التطهير بالكلور يعتبر التطهير بالكلور من أكثر الطرق شيوعا في عمليات تطهير المياه، وكان لظهور عملية الكلورة في أواخر القرن الماضي أثر كبير في القضاء علي الأمراض التي ينقلها الماء وذلك بأقل التكاليف وأبسط المعدات واقل عدد من العاملين ولولا عملية الكلورة لانتشرت أوبئة الكوليرا والتيفود مثلما كان الأمر منذ مائة عام، ويتميز التطهير بالكلور بسهولة استعماله، وكذلك سهولة الحكم علي مدي فاعليته بالتأكد من بقاء قدرا من الكلور في الماء بعد فترة من إضافته.

ولا يعرف علي وجه التحديد كيف يعمل الكلور علي قتل البكتريا في الماء والمعتقد أن مركبات الكلور التي تتكون عند إضافة الكلور إلى الماء تقضي علي بعض الأنزيمات الضرورية للعمليات الحيوية في هذه الكائنات ولم يعد أحدا يعتقد مثلما كانوا يعتقدون في الماضي بان البكتريا تتأكسد نتيجة إضافة الكلور وذلك لان عملية التأكسد تحتاج إلى كميات هائلة من الكلور، في حين أن التطهير الناجح الآن لا يتطلب إلا كميات ضئيلة منه. ومع هذا فإن الكلور عامل مؤكسد قوي وعندما يستخدم بكميات كافية فإنه يوقف نمو الطحالب في المرشحات.

الغرض من عملية إضافة الكلور

يمكن إيجاز الغرض من عملية إضافة الكلور فيما يلى:

١. القضاء على البكتيريا والطحالب والميكروبات.

٢. ضبط الأس الهيدروجينى للمياه من حالة القلوية إلى الحالة المتعادلة.

صناعة الكلور

يتم تحضير الكلور فى الصناعة بواسطة التحليل الكهربى لمحلـول كلوريـد الصوديوم (ملح الطعام)، ويتجمع الغاز عند القطب الموجب ويتم سحبه حيث تتم إسالته ويحفظ فى خزانات كبيرة إلى أن تتم عملية تعبئته فى الاسطوانات المستخدمة فى محطات المياه.

خصائص الكلور

يمكن أن يتواجد الكلور مثله مثل أى مادة فى ثلاث صور مختلفة، الغازية أو السائلة أو الصلبة، ولكل منها خصائصه.

غاز الكلور

غاز الكلور غاز لونه أصفر مائل إلى الخضرة، وهـو أثقل من الهواء مرتين ونصف، وغاز الكلور سام له رائحة مميزة شديدة النفاذية ومهيج للأغشية المخاطية المبطنة للأنف والعين والجلد والرئتين ويسبب سعال وصعوبة فى التنفس.

والكلور الغازي وزنه الذري ٣٥,٥ وهو ضعيف القابلية للذوبان في الماء (٦,٧ جم/ لتر ماء عند ٢٠°م، ١٤,٨ جم/ لتر ماء عند صفر°م)، ولذلك لا ينبغي رش الماء على الكلور المتسرب، كما أن حفظ محلول الكلور في درجة حرارة باردة يحافظ على تركيزه لفترة طويلة.

وبرغم أن الكلور ليس مادة ملتهبة قابلة للاشتعال أو الانفجار، إلا انه يمكن أن يساعد على الاشتعال تحت ظروف معينة، كذلك فإن الكلور الجاف ليس مادة مسببة للتآكل، إلا انه يتحول إلى ذلك بشكل مؤثر إذا تعرض للرطوبة.

ويسال غاز الكلور بالتبريد (عند -٣٤,١°م تحت ضغط جوى ١ بار) أو يسال تحت ضغط عالي (حوالي ٧ بار، في درجات الحرارة العادية) ولذلك يحفظ وينقل علي هيئة غاز مسال بالضغط في اسطوانات من الصلب تختلف سعتها من خمسين إلي ألف كيلوجرام وتتوقف العبوة المستعملة علي الكمية المستهلكة في محطة المياه.

ويتحول الكلور من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية بسرعة كبيرة تؤدي لانخفاض شديد في درجات الحرارة، وعلى ذلك فإن الحد الأقصى المسموح به لسحب الكلور من الأسطوانة لا يجب أن يزيد عن ٩ كجم/ ساعة لتفادي انخفاض درجات الحرارة وتكوين الجليد على الأسطوانة ومواسير السحب منها.

في حالة وجود تسرب لغاز الكلور فى الجو فإن ٣ جزء في المليون هى أقل نسبة يمكن حسها بالشم، وعند ١٥ جزء في المليون يصبح تأثيرها مهيج للعين والرئة، ويصبح خطرا إذا ما استنشق لفترة من ٣٠ –٦٠ ق عند تركيز من ٤٠ -٦٠ جزء في المليون، وإذا زاد التركيز في الجو ليصل إلى ١٠٠٠ جزء في المليون فيصبح مميت، حيث يصاب الفرد الذى يتعرض لهذه الجرعة بالاختناق والوفاة مباشرة.

أما الكمية المسموح بها لغاز الكلور في الجو وتكون آمنة لفترة الوردية الواحدة (ثماني ساعات) لا تتجاوز تركيز ١,٠ جزء في المليون.

الكلور السائل:

عبارة عن محلول نقى كهرمانى اللون وهو أثقل من المـاء مـرة ونصـف تقريباً، وللكلور السائل معامل تمدد عالى، إذ يزداد حجمه بسـرعة كبيـرة بازدياد درجة الحرارة، حيث يزداد تمدد السائل ليملأ الاسـطوانة بالكامـل عندما ترتفع درجة الحرارة إلى ٦٧,٥ درجة مئوية، ولذلك يلتزم دائماً بعـدم ملء اسطوانات الكلور بأكثر من ٨٥ % من حجمهـا. وحيـث أن الكلـور السائل يتبخر بسرعة شديدة إذا ما تعرض للهواء الجوى، لذلك فهو نادراً ما يرى فى صورته السائلة.

وعند تبخر الكلور السائل فإن وحدة الحجوم الواحدة منه تنتج حـوالى ٤٥٦ وحدة حجم من الغاز النقى عند درجة حرارة ١٥ درجة مئوية، وضغط ٧٦٠ مم زئبق، وبالتالى فإنه عند وجود تسرب فى اسطوانة الكلور، يتحتم تعـديل

وضع الاسطوانة بحيث تكون منطقة التسرب فى أعلاها لكى يتسرب غـاز الكلور وليس السائل.

الكلور الصاب:

نظراً لأن الكلور السائل يتجمد عند درجة حـرارة منخفضـة جـداً (-١٠٢ درجة مئوية) فهو نادراً ما يوجد فى صورته الصلبة، غير أنه يتواجد متحداً مع بعض العناصر الأخرى فى صورة مركبات على هيئة بودرة أو حبيبات.

مركبات الكلور بخلاف الكلور النقى يتواجد الكلور علي هيئة مركبات سائلة أو صلبة:

١- محلول الكلور:

ويسمي كيماويا (هيبوكلوريت الصوديوم) وتركيبه الكيماوي هو NaOCl وهو محلول يحتوي علي حوالي ١٥٪ من الكلور الحر ويباع في المحلات العامة كمنظف تحت أسماء مختلفة، ويمكن استعماله كمطهر للمياه بشرط أن لا يضاف إليه أي أنواع من المنظفات ويضاف مباشرة إلى الماء سواء بالصب المباشر من وعاء أو باستعمال مضخة مناسبة، ويسبب محلول الكلور تآكلا في المواسير.

٢- المسحوق المبيض:

ويسمي أحيانا (كلوريد الجير أو الجير المكلور) وتركيبة الكيماوي هو مزيج من (كلوريد كالسيوم قاعدي $CaCl_2Ca(OH)_2$، هيبوكلوريت كالسيوم قاعدي $Ca(OCl)_2Ca(OH)_2$)، وهو مسحوق ابيض مائل للاصفرار، له رائحة قوية نفاذة ،الجديد منه يحتوي علي ٣٢٪ من وزنه كلور فعال. إلا أن هذه النسبة تأخذ في النقصان بمضي الوقت خصوصا إذا تعرض للجو أو للضوء، ولذلك يجب حفظه في عبوات خاصة محكمة القفل، كما يجب اختباره لمعرفة نسبة الكلور الفعال قبل كل استعمال حتى يمكن تقدير الكمية التي تعطي جرعة الكلور المطلوبة، وبعد تقدير تركيز المسحوق المبيض تعمل عجينه سميكة

تخفف تدرجيا حتى تصير مستحلب بنسبة ١: ١٠٠ وهذا المستحلب يمزج جيدا ثم يترك لمدة ساعة ثم يصفي لإزالة ما به من رواسب ثم يضاف إلى الماء بالمعدل المطلوب بواسطة أجهزة خاصة.

٣- مسحوق أو أقراص الكلور:

ويسمي كيماوياً (هيبوكلوريت الكالسيوم) وتركيبة الكيماوي هو $Ca(OCl)_2.4H_2O$ وهذه المادة تحتوي علي حوالي ٦٠-٧٠٪ من الكلور الحر. ويمتاز عن المسحوق المبيض بارتفاع نسبة الكلور الفعال وبان نسبة الكلور الفعال لا تتأثر بالتخزين لفترات طويلة. وعند الاستعمال يحضر محلول مركز منه ثم يضاف إلى الماء بالجرعات اللازمة بواسطة أجهزة خاصة.

وعموما استعمال مركبات الكلور أصبح غير شائع في عمليات التطهير الكبرى للمياه نظرا لمتاعب التشغيل إلا انه يستعمل في الحالات الآتية:

١. تطهير شبكات مواسير توزيع المياه بعد إنشائها أو إصلاحها.
٢. تطهير مرشحات وخزانات المياه.
٣. في حالات الطوارئ مثل حالات الفيضانات.

أنواع التطهير بالكلور يمكن تقسيم أنواع التطهير من حيث موقعه فى مراحل المعالجة إلى الأنواع التالية:

- التطهير المبدئي (حقن الكلور المبدئي).
- التطهير المتوسط (حقن الكلور المتوسط).
- التطهير النهائى (حقن الكلور النهائي).

التطهير المبدئي عند استقبال المياه من المأخذ من مصدر المياه فإنها تحتوي على بعض أنواع من الطحالب والبكتريا، ولتقليل الحمل البكتيرى على المرشحات فإنه يتم إجراء عملية تطهير مبدئي للمياه العكرة.

ومن مزايا التطهير المبدئي "Pre-Disinfection" ما يلى:

- تقليل الحمل البكتيرى على المرشحات.
- زيادة عامل الأمان.
- المساعدة على إزالة الألوان فى بعض الأحيان.
- إطالة فترة تشغيل المرشحات وعدم انسدادها بالطحالب.
- تخفيض كمية المواد العضوية والكائنات الدقيقة.
- المساعدة على عدم تكون طعم أو رائحة.

التطهير المتوسط يستخدم في حالة ما إذا كانت المياه المـروقة الخارجة من المروقات تحتوي على كميات ضئيلة من الكلور المتبقي حيث يكون له تأثير في تطهير الوسط الترشيحي، ويمكن إيجاز أهمية التطهير المتوسط/ حقن الكلور فيما يلى:

١. القضاء على أنواع من البكتيريا والمواد الضارة والتى هربت من الكلور الابتدائى.
٢. تطهير وتعقيم رمل المرشحات.
٣. تعقيم المجارى بين المروقات والمرشحات.
٤. تعويض النقص فى كمية الكلور الابتدائى.

التطهير النهائي هو إضافة الكلور إلى الماء بعد عملية الترشيح أي بعد الانتهاء من عمليات التنقية وقبل دخولها الخزان الأرضي لقضاء فترة تلامس لا تقل عن نصف ساعة وذلك لضمان تمام عملية التطهير. بالإضافة إلا أن التطهير النهائي (Post-Disinfection) يحافظ على تواجد كلور متبقي في شبكات التوزيع الأرضي، وفى بعض الأحيان يتم حقن كلور إضافى فى شبكات التوزيع فى حالة وجود حالات ملحة لذلك، كما تستخدم جرعة التطهير النهائى لحماية خزان المياه من أى تلوث وخاصة عند ترك الخزان فترة طويلة بدون سحب منه.

التعامل مع غاز الكلور

نظراً لخطورة غاز الكلور عند تداوله واستخدامه فى عمليات التطهير، لذلك سوف نوضح أسلوب تعبئته وتداوله والأجهزة المستخدمة فى إضافته مع الشرح التفصيلى لتشغيل أجهزة حقن الكلور، وذلك فى الفصل الخاص بتشغيل معدات محطات التنقية.

اسطوانات غاز الكلور

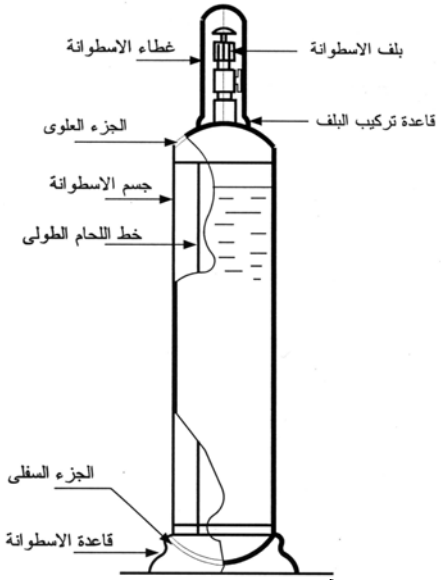
يتم تصنيع اسطوانات الكلور من الحديد الصلب طبقا لمواصفات خاصة لتتحمل ضغطا داخليا حوالى ٣٥ كجم/ سم^{٢}. ويتم ملؤها بالكلور عادة إلى ٨٠٪ من سعتها عند درجة حرارة ٢٠° مئوية (٦٨° ف). ويجب عدم تعريض هذه الاسطوانات للحرارة الزائدة أو تعريضها للسقوط أو الدحرجة العنيفة.

ويتم تصنيع الاسطوانات بثلاثة أحجام؛ صغيرة سعة حوالى ٥٠ كجم، ومتوسطة سعة نصف طن، وكبيرة سعة طن واحد. ويوضح الشكل رقم (٧-١) قطاع رأسي في الإسطوانة الصغيرة والكبيرة.

وتستعمل الاسطوانة الصغيرة عادة وهي فى وضع رأسى للإمداد بغاز الكلور، بينما الاسطوانة المتوسطة أو الكبيرة عادة يتم وضعها فى وضع أفقى، بحيث يمكن الحصول منها على غاز كلور من المحبس (أ) أو كلور سائل من المحبس (ب)، وذلك فى العمليات الكبيرة التى تستلزم استخدام كميات كلور كبيرة فيمر الكلور السائل على مبخر لتحويله إلى غاز.

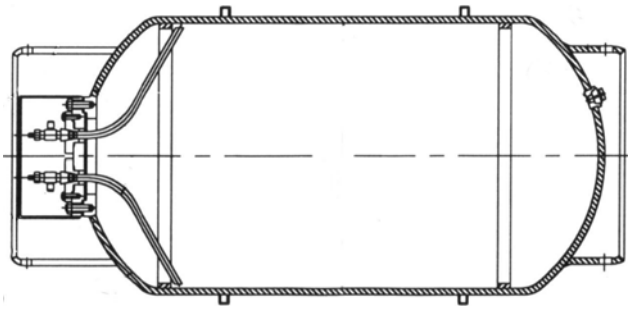
أجهزة إضافة الكلـــور

نظراً لضرورة السيطرة الدقيقة على كمية الكلور المضافة، ونظـرا لطبيعـة الكلور الغازية فى الضغوط العادية؛ تستخدم أجهزة خاصة لإضافة جرعات الغاز إلى الماء تعرف بأجهزة إضافة الكلور، وتعمل هذه الأجهزة بطريقة التفريغ، ولهذا فإن أى تنفيس فى أى وصلة يسحب الهواء إلى الداخل، بعكس ما يحدث فى الأجهزة التى تعمل بطريقة الضغط حيث يتسرب غاز الكلور إلى الخارج.



أسطوانة سعة ٥٠ كجم

(أ)
(ب)



أسطوانة سعة واحد طن

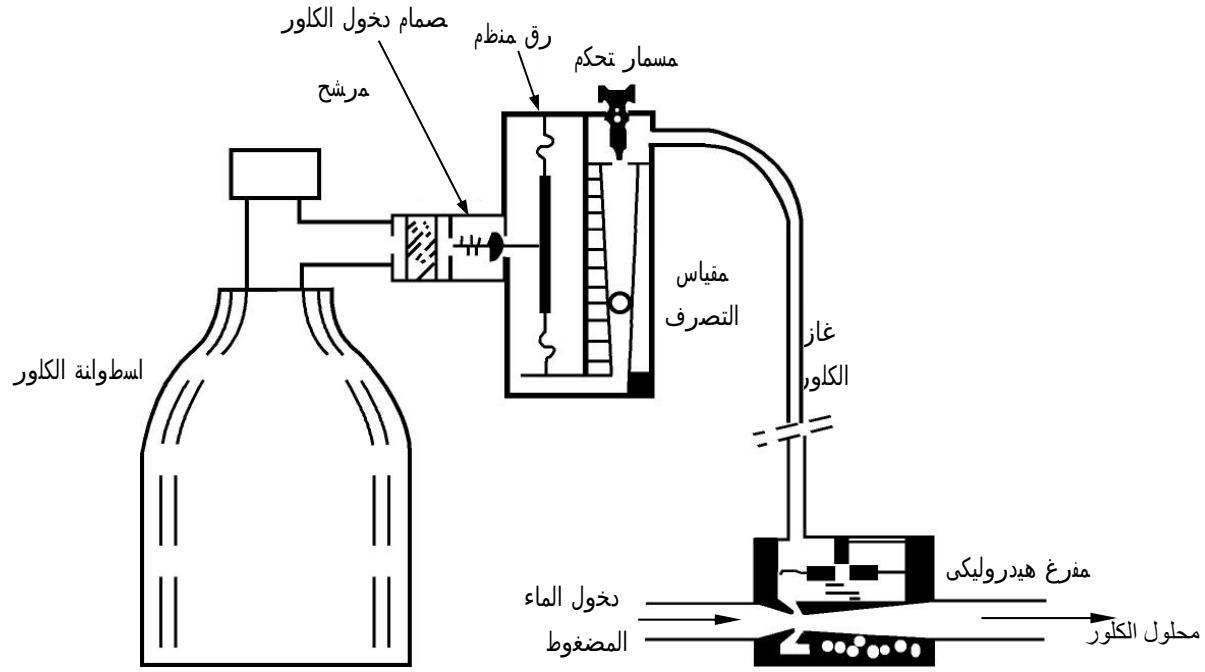
شكل رقم (٧-١)
اسطوانـات الكلـور

ويتم إحداث التفريغ عن طريق مفرغ مائى وهو عبارة عن ماسورة بها اختناق فى مسارها، وطبقا لقاعدة برنوللى والتى تقول "أن مجموع طاقات السائل ثابتة"، فإن زيادة سرعة الماء فى هذا الجزء الضيق يزيد من طاقة الحركة وبالتالى يصاحبه هبوط فى الضغط. وتوصل النقطة التى يصل فيها الضغط إلى التفريغ داخل المفرغ المائى بجهاز الكلور، فيتم سحب الغاز إلى المفرغ. ويستخدم ضغط الماء الذى يقوم بتشغيل المفرغ فى حقن جرعات الكلور المذاب بالجرعات المناسبة.

وتوجد أنواع متعددة من أجهزة إضافة الكلور، منها:

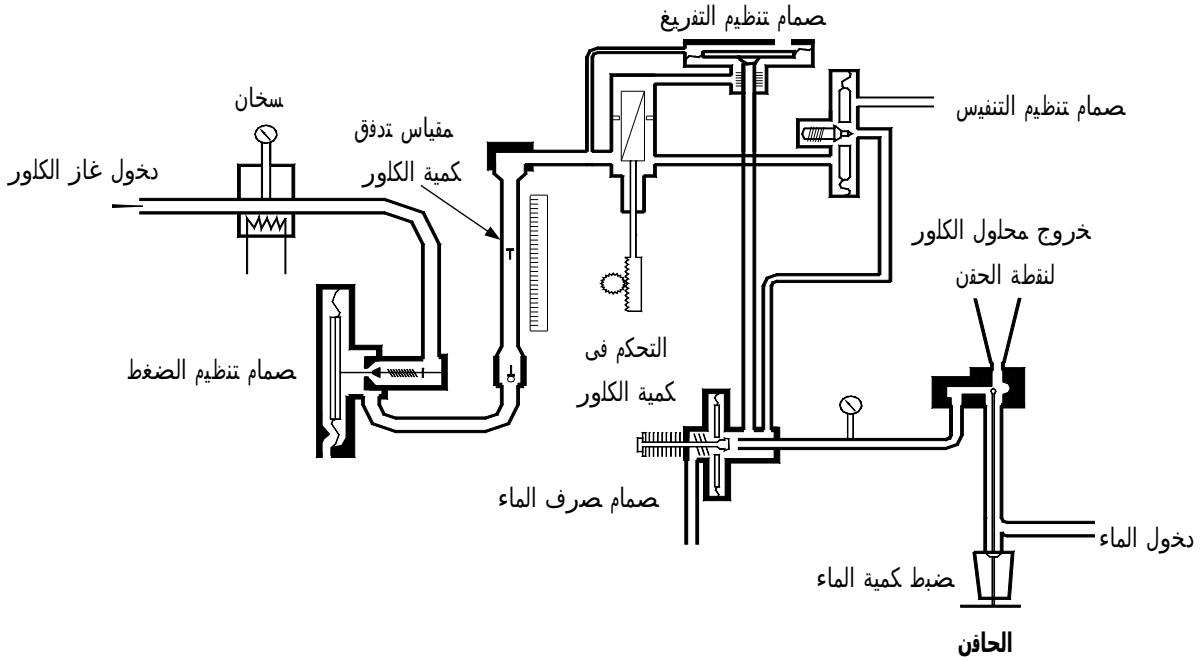
- جهاز الكلور المدمج
- جهاز الكلور اليدوى ذو السعة الكبيرة
- جهاز الكلور الآلى ذو السعة الكبيرة

ويوضح الشكل رقم (٧-٢) جهاز الكلور المدمج, والشكل رقم (٧-٣) جهاز الكلور اليدوى.



شكل رقم (٧-٢)

جهاز الكلور المدمج



شكل رقم (٧-٣)

جهاز الكلور اليدوى

تحديد جرعة الكلور:

يجب تحديد جرعة الكلور المبدئي للمياه العكرة قبل دخولها للمحطة والكلور النهائي في نهاية مراحل التنقية حيث تقوم معامل محطة التنقية بعمل تجارب نقطة الانكسار لتحديد الجرعة المناسبة بإضافة تركيزات مختلفة من الكلور إلى الماء وتترك لفترة تلامس لا تقل عن ٣٠ دقيقة ثم يتم اختيارالجرعة المطلوبة.

ويمكن بطريقة أخرى متابعة تحاليل المياه من مخرج خزان المياه الأرضى الذى يضاف الكلور فى بدايته، ويتم تحديد الجرعة المناسبة عندما يكون الكلور المتبقى فى المياه فى الحدود المطلوبة لعمليات الإمداد بالمياه والتى تصل إلى ٠,٢ – ٠,٣٠ مجم/ لتر فى نهاية الشبكة، ويمكن فى بعض الأحيان حقن كلور إضافي فى الشبكة لتعويض النقص فى الكلور المتبقى فى حالة خطوط نقل المياه لمسافات طويلة أو وجود خزانات أرضية فى محطات الروافع.

حساب جرعة الكلور

الكلور الإبتدائى يحقن الكلور الإبتدائى بالجرعة المحددة من قبل المعمل.

كيفية تحديد الجرعة

- يضاف الكلور إلى المياه العكرة لمدة ٢/١ ساعة.
- يتم قياس الكلور المتبقى بعد فترة تلامس من ٢٠ – ٣٠ دقيقة.
- يتم إضافة نسبة إضافية احتياطياً لمجابهة التلوث.
- يتم إضافة نسبة أخرى إذا إقتضى الأمر بذلك.

حساب كمية الكلور المستخدم على مدار ٢٤ ساعة

كمية الكلور المستخدم = كمية المياه العكرة فى اليوم × الجرعة المعملية

وتتراوح الجرعة المعملية للكلور الإبتدائى من ٥ – ٨ جزء فى المليون

مثال:

احسب كمية الكلور المستخدم فى محطة تنقية طاقتها الإنتاجية ١٠٠,٠٠٠ م^{٣}/ يوم.

كمية المياه العكرة = ١٠٠,٠٠٠ × ١,١ = ١١٠,٠٠٠ م^{٣}

وذلك على اعتبار أن الفاقد فى محطات المياة نتيجة الغسيل ١٠%

∴ كمية الكلور المستهلك = $\frac{١١٠,٠٠٠ \times ٨}{١٠٠٠}$ = ٨٨٠ كجم

∴ كمية الكلور المستخدم فى الساعة = ٨٨٠ ÷ ٢٤ = ٣٧ كيلو جرام

لذا يتم استخدام جهاز كلور سعة ٥٠ كجم/ ساعة ويتم ضبطه على ٣٧ كجم/ ساعة.

الكلور النهائى

تقدر كمية الكلور المستخدم فى عملية التطهير طبقاً لما تم استهلاكه فى المراحل السابقة فى عمليتى الترويب والترسيب.

وعلى سبيل المثال، فى حالة أن كمية الكلور الخارجة من أحواض الترسيب أقل من ١ جزء فى المليون يتم حقن كلور نهائى بحيث يصل الكلور الخارج من المحطة على الأقل بين ٠,٧ – ١,٢ ملجم/ لتر.

ويتم حساب حجم المياه بالخزانات الأرضية وتضاف جرعة الكلور النهائى.

نظام تعادل الكلور المتسرب

يعمل هذا النظام يعـمل على حمايـة العاملين بالموقع مـن خطـورة الكلور المتسرب، فهو يعمل على تجميع الكلور المتسرب من أماكن التسرب وهي مخزن الاسطوانات أو غرفة الأجهزة والمبخرات- ويدفع الكلور المتسرب إلى برج التعادل وتتساقط عليه محلول الصودا الكاوية فتتفاعل مع الكلور وينتج ملح الطعام بذلك يتم القضاء على خطورته.

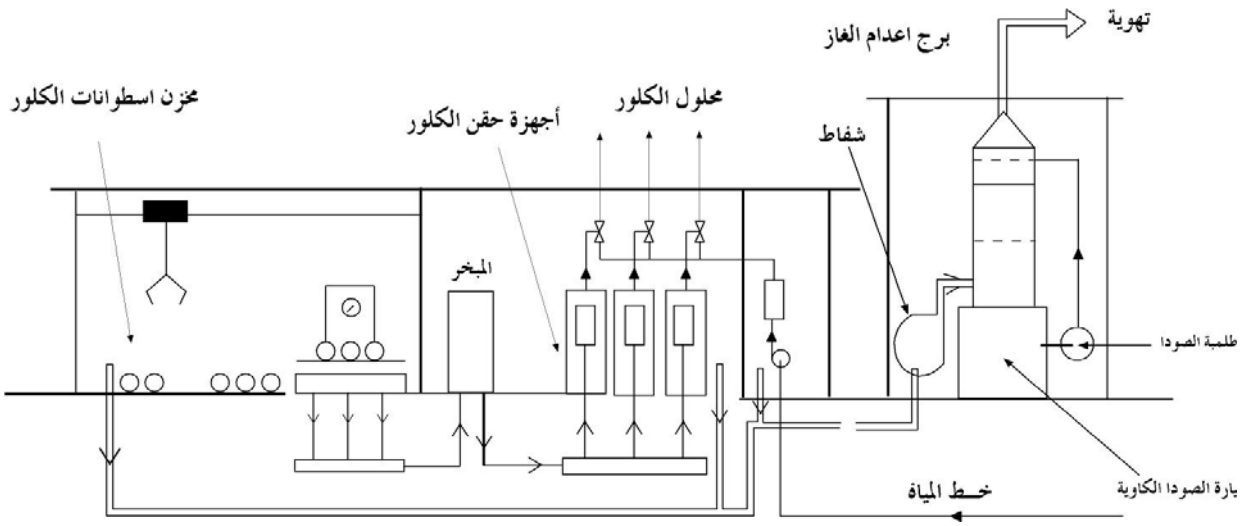
ويتكون نظام معادلة الكلور المتسرب مما يلى:

١. بيارة تركيز محلول الصودا الكاوية سعة ١٠ م^{٣} ويتم تركيز الصودا بقوة تركيز ٤٠ %.
٢. عدد (٢) طلمبة سحب الصودا الكاوية ودفعها إلى البرج لعمل دش واحدة تعمل والأخرى احتياطي.
٣. عدد (٢) مروحة شفط الكلور المتسرب ودفعه إلى أسفل لتتساقط عليه الصودا الكاوية.
٤. عدد (٢) حساس لتركيز الكلور في الهواء الجوي بمخزن الاسطوانات.
٥. عدد (١) حساس لتركيز الكلور في الهواء الجوي بمبنى الأجهزة والمبخرات.

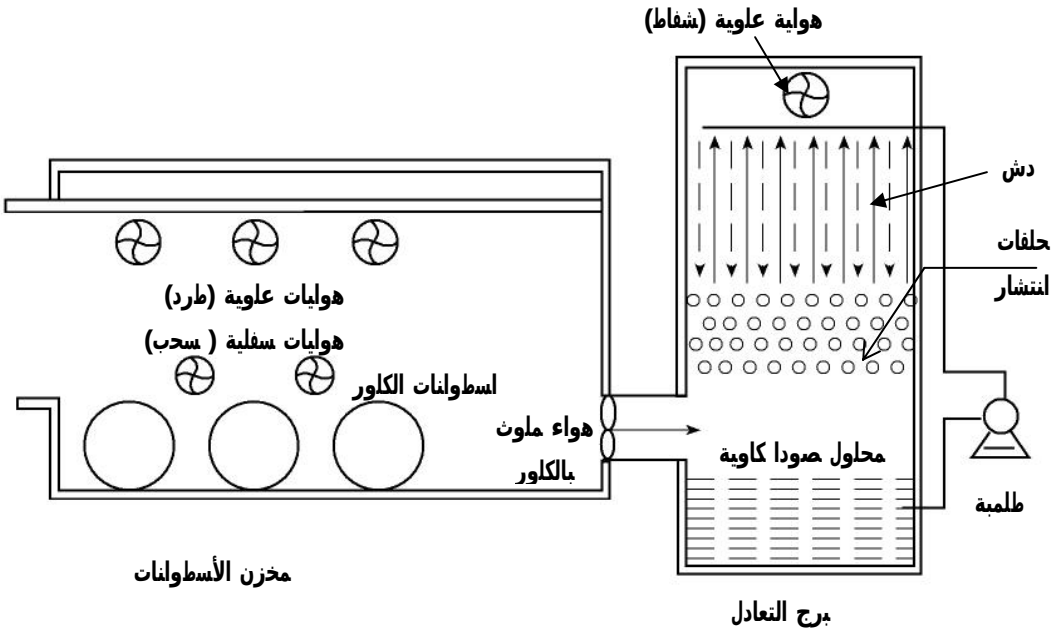
وهذه الأجهزة الحساسة تنشط عند وصول نسبة تركيز الكلور في الهواء إلى ٣ جزء في المليون لإعطاء إنذار وعندما تصل إلى ٥ جزء في المليون تعطي إشارة إلى مرواح الشفط وطلمبات الصودا للعمل في معادلة هذا الكلور المتسرب وفي نفس الوقت نقوم بإيقاف مراوح التهوية العادية.

وحتي تقوم الحساسات بعملها على أكمل وجه وتستشعر الكلور المتسرب يجب أن يتم غلق جميع الأبواب والشبابيك الخاصة بالمباني، ويجب أن يتم قياس تركيز الصودا دوريا خاصة بعد حدوث أي تسريب وتشغيل النظام لزيادة التركيز إذا لزم الأمر.

ويبين الشكل رقم (٧-٤) نظام حقن الكلور المتكامل متضمنًا نظام امتصاص الغاز المتسرب.



(أ) نظام متكامل لحقن الكلور



(ب) تفاصيل نظام امتصاص الغاز المتسرب وبرج التعادل

شكل رقم (٧-٤)

نظام متكامل لحقن الكلور متضمنًا نظام التعادل لغاز الكلور المتسرب

أماكن حقن الكلور

يتم حقن الكلور فى محطات التنقية على ٣ مراحل كما يلى:

١. الكلور الإبتدائى فى بئر الدخول وماسورة المياه العكرة.
٢. الكلور المتوسط بين خروج المياه المروقة ودخول المرشحات.
٣. الكلور النهائى فى الخزانات الأرضية أو فى الخزانات السطحية فى محطات الكومباكت.

العوامل التى تؤثر على كفاءة عملية التطهير

يمكن إيجاز العوامل التى تؤثر على كفاءة عملية التطهير فيما يلى:

١. الجرعة المعملية للكلور.
٢. كفاءة أجهزة الإضافة.
٣. نظافة المجارى المائية.
٤. ضبط الأس الهيدروجينى.
٥. كفاءة طلمبات ضخ الكلور البودرة.
٦. جودة الكلور البودرة وتخزينه جيدا وعدم تعريضه للهواء الجوى أو أى مصدر للمياه أو البخار.
٧. نظافة شبكة التوزيع والمداومة على غسيلها ضمن برنامج محدد وليكن كل شهر أو ٣ شهور.
٨. كفاءة جمع العينات وكذلك كفاءة التحاليل المعملية.
٩. كفاءة الصيانة للخزانات والمجارى المائية.

الفصل الثامن

المعالجة الكيميائية وإزالة الأملاح

الفصل الثامن

المعالجة الكيميائية وإزالة الأملاح

أهداف الأداء (التعلم):

بانتهاء التدريب على هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادراً على أن:

- يشرح أهمية التحكم فى طعم ورائحة المياه.
- مسببات التغير فى الطعم والرائحة.
- يعين مصادر الطعم والرائحة.
- يحدد طرق منع وجود الطعم والرائحة.
- يشرح كيفية المعالجة والتخلص من الطعم والرائحة.
- يشرح مسببات عسر المياه ومزايا التخلص منه.
- يصف أهم الطرق المستخدمة لإزالة عسر المياه.
- يصف كيف يتم استخدام المبادل الأيونى فى إزالة عسر الماء.
- يذكر متاعب التى تنشأ من تواجد أملاح الحديد والمنجنيز فى المياه.
- يشرح الطرق المختلفة لإزالة أملاح الحديد والمنجنيز.
- يذكر أهم المواد الكيميائية التى تدخل فى عملية تنقية المياه ومجالات استخدامها وكيفية تداولها.

الطعم والرائحة

يعد الطعم والرائحة فى مياه الشرب من أكبر المشاكل التى تواجه القائمين على تشغيل محطات المياه وأصعبها، وقد تحدث مشاكل الطعم والرائحة بشكل عرضى أو موسمى أو يندر حدوثها وبغض النظر عن تكرار أو تنوع مشاكل الطعم والرائحة التى تواجهها المحطة، فإن وجود طعم أو رائحة فى المياه المنتجة من محطات التنقية قد يؤدى إلى انصراف المستهلكين إلى مصادر أخرى للمياه لاستخدامها فى الشرب كاللجوء إلى شراء المياه المعبأة أو إلى مياه الآبار التى قد تكون غير آمنة ولكنها أكثر نقاوة وأحسن رائحة. ولهذا يجب السيطرة والتحكم فى أسباب ظهور مشاكل الطعم والرائحة بمياه الشرب.

والشكوى من تغير لون المياه تعتبر أهم أنواع الشكاوى من جودة أو نوعية المياه التى تستقبلها محطات المياه. وذلك لأن المستهلك يستخدم ثلاث حواس لتقييم المياه: النظر والرؤية، الشم، والتذوق فإذا كانت المياه ملونة أو غير شفافة، والرائحة سيئة أو الطعم غير مستساغ فإن المستهلك سيقرر أن هذه المياه رديئة الجودة. وذلك بصرف النظر عن أن هذه المياه تسبب أضرارًا صحية أم لا.

ولهذا يجب أن يقوم المشغل بحل المشكلة بدلاً من التعامل مع مؤثرات المشكلة.

وسر الوصول إلى تحكم وسيطرة ناجحة لمنع الطعم والرائحة هو منعهما من الانتشار والتقدم. وهذا يعنى السيطرة على الطحالب فى المياه الخام والخزانات أو ما يسمى بالمعالجة الوقائية (Preventive Treatment) حيث يجب معالجة الطعم والرائحة قبل حدوث المشكلة.

مسببات الطعم والرائحة

تنشأ مشاكل الطعم والرائحة من أسباب مختلفة ومن الممكن أن تكون نتيجة عدة عوامل متحدة مع بعضها ومع ذلك فإن الفهم العام للأسباب التي تحدث الطعم والرائحة تفيد عند محاولة منع وعلاج خواص المياه الغير مقبولة، وفي دراسة خاصة تمت عام ١٩٨٩ تم إرجاع الأسباب الرئيسية لمشاكل الطعم والرائحة إلى النمو الطحلبي في موارد المياه (المسببات الطبيعية)، مواد التطهير المستخدمة، شبكات المياه ونظم التوزيع (المسببات الآدمية) وأحياناً كثيرة يكون من الصعب تحديد أسباب وجود طعم ورائحة في المياه.

وقد تم تحديد المصادر المحتملة للطعم والرائحة فى مصادر المياه الخام (العكرة)، وحدات نقل المياه العكرة ووحدات محطات التنقية، وحدات إضافة الكلور، خزانات المياه المنقاة، أنظمة التوزيع، وكذلك أنظمة السباكة المنزلية. ويجب تقييم كل مسبب على حدة حيث أن كل مسبب سيكون له صفات خاصة يمكن أن تؤثر بشدة على نوعية وجودة المياه كما يلى:

١. المسببات الطبيعية

أ- <u>النشاط البيولوجي في مصدر المياه:</u>

تعتبر الكائنات الدقيقة (الطحالب والبكتيريا) التي تنمو في المياه أو في المواد المترسبة في البحيرات والخزانات والأنهار من العوامل الرئيسية التي تساهم في خلق الطعم والرائحة التي تعاني منها محطات تنقية المياه.

فالبكتريا الخيطية (الشعيات Actinomycetes) التي تنمو في المياه والروبة المترسبة هى أحد أسباب الرائحة والطعم المتعفن أو الترابي في مصدر المياه وفي نظام التوزيع.

وهناك نوع آخر من البكتريا وهى البكتيريا المختزلة للكبريتات وهي مجموعة من البكتريا اللاهوائية تختزل الكبريتات إلى كبريتيد الهيدروجين الذي تشبه رائحته رائحة البيض الفاسد وتوجد في المياه الشديدة التلوث، حيث يمكن أن تقوم هذه البكتريا بإحداث مشاكل الطعم والرائحة في البحيرات والخزانات ذات التطبق الحراري عندما تتحول الطبقة السفلى إلى الحالة اللاهوائية ويتم اختزال الكبريتات المتواجدة في الرواسب والمواد العضوية المتحللة إلى كبريتيد الهيدروجين.

وهناك العديد من الطحالب المعروفة بإنتاجها للمركبات المسببة للطعم والرائحة وأهم هذه الطحالب هي الطحالب الزرقاء المخضرة والطحالب الصفراء المزرقة والدياتومات. وتختلف الرائحة الناتجة عن هذه الكائنات من الرائحة الترابية الزنخة إلى الرائحة العفنة ويعتمد ذلك على النوع والكثافة والحالة الفسيولوجية ولا تحتاج هذه الطحالب إلى التواجد بكميات كبيرة ودائما تعتبر أنها مصدر الطعم والرائحة.

وتعتبر المواد الخلوية للكائنات المائية الدقيقة المنتشرة في مصادر مياه الشرب إحدى المصادر في إحداث الرائحة والطعم، فعند نمو هذه الكائنات تتراكم المواد العضوية داخل خلاياها وطالما كانت هذه الكائنات بحالة جيدة لا تحدث أي مشاكل ولكن عند موت هذه الكائنات بفعل الظروف الطبيعية أو بواسطة عمليات التنقية تتكسر الخلايا وتنطلق المواد الخلوية في المياه وهذه هي أحدى أسباب التغيير فى طعم المياه ورائحته قبل المعالجة منه بعد المعالجة في بعض الحالات.

ويمكن أيضا أن يتسبب التحلل الميكروبي للمواد العضوية في المجارى المائية في إيجاد الطعم والرائحة الكريهين أثناء تكون النواتج الثانوية الناتج عن عمليات الهدم والبناء وتكوين خلايا جديدة. كذلك تلى عملية التكاثر الطحلبي وموت كمية كبيرة من الكائنات انبعاث خلايا جديدة ذات صفات كريهة تؤدى إلى سوء الطعم والرائحة ويمكن أن يسوء الطعم والرائحة أكثر بتأثير نمو كائنات دقيقة أخرى تتغذى على كتل الطحالب الميتة والتي تنتج مواد كريهة.

ب-الظروف البيئية:

إن استنزاف الأكسجين في الطبقة السفلى للخزانات الطبيعية توفر ظروفا ملائمة لنمو الكائنات الدقيقة القادرة على إنتاج مركبات مثل كبريتيد الهيدروجين وهي مركبات كريهة جدا بالنسبة للمستهلك.

كذلك يمكن أن يتسبب تسرب الأنواع العديدة من الملوثات إلى المياه وخاصة المواد العضوية والمركبات التي تحتوي على النيتروجين والفوسفور في حالات نقص الأكسجين في الخزان المائي أو البحيرة أو النهر.

ولا تتسبب الملوثات نفسها في نقص تركيز الأكسجين في المياه ولكن الكائنات الدقيقة التي تنمو على المواد العضوية (الملوثات) هي التي تقوم باستنزاف الأكسجين بعد زيادة وجود المغذيات في الماء، وتُعرف زيادة المواد الغذائية باسم التشبع الغذائي (Eutrophication)، وقد تنتج هذه الحالة بتأثير الظروف الطبيعية أو نتيجة الأنشطة الآدمية داخل المصدر المائي. وإذا زاد تركيز المواد الغذائية فإن النمو الميكروبي السريع يقوم باستهلاك الأكسجين الذائب أسرع من معدل تجديده من الهواء المحيط فيحدث فقر الأكسجين في الماء.

ويمكن أيضا أن يتسبب التكاثر الطحلبي الناتج من زيادة تركيز المواد الغذائية وتوفر درجة حرارة مناسبة وضوء الشمس المناسب في استنزاف كمية من الأكسجين خلال فترات اليوم حيث تحدث عملية التمثيل الضوئي أثناء ساعات النهار وينتج عنها انبعاث الأكسجين في الماء وتقوم الطحالب بإنتاج الأكسجين بكميات كبيرة وبمعدل أسرع من معدل تسرب الأكسجين من الماء للهواء الخارجي ويؤدي ذلك إلى توفر الأكسجين الذائب في فترات المساء أعلى من المعدل الطبيعي الذي يحدث في حالة عدم وجود النشاط الطحلبي وتعرف زيادة الأكسجين الذائب في الماء عن معدل التشبع الطبيعي باسم التشبع الفائق (Super Saturation).

وفى أثناء الليل تتوقف عملية التمثيل الضوئي للطحالب وتبدأ عملية التنفس وهي عملية حيوية يتم خلالها استهلاك الأكسجين وانطلاق ثاني أكسيد الكربون، ففي ساعات الظلام تستخدم الطحالب الأكسجين المتاح بمعدل سريع جدا لا يمكن استعاضته من الهواء المحيط. وعند الصباح يكون قد تم

استهلاك كل الأكسجين الذائب تقريبا ويعرف هذا النموذج من إنتاج وزيادة الأكسجين ثم استهلاكه بالدورة اليومية للأكسجين الذائب.

وأهمية هذا التغير اليومي في كمية الأكسجين في المياه أن هناك ظروف مختلفة تنشأ بين الليل والنهار وهذه الاختلافات لها تأثير كبير في الطعم والرائحة فنقص الأكسجين أثناء الليل يمكن أن يتسبب في موت الأسماك والكائنات المائية والنباتات مما يتسبب في وجود طعم ورائحة للماء، وأيضا تسمح حالات فقر الأكسجين أثناء الليل بنشوء الكائنات اللاهوائية ومساهمتها في سوء حالة المياه بشكل عام.

٢. وجود مركبات تسبب طعمًا ورائحة معينة

نوضح فيما يلي بعض المركبات الأكثر شيوعا في التأثير على طعم ورائحة المياه:

الكلور:

الكلور هو أكثر المواد شيوعا في مجال تطهير المياه وهو في نفس الوقت مصدر شائع للطعم والرائحة ويتسبب استخدام الكلور في روائح مثل رائحة الغسيل المنزلي وروائح الاستخدامات الطبية.

الكلورامينات:

عند إضافة الكلور إلى عمليات تنقية المياه، فإنه من المحتمل حدوث مشكلة تكون الكلورامينات العضوية ذات الروائح. والثلاث مركبات الكلورامينية الأساسية التي يمكن أن تتكون قبل نقطة الانكسار هي الكلورامين الأحادي، الكلورامين الثنائي، الكلورامين الثلاثي ونادرا ما تسبب الكلورامينات الأحادية مشاكل فى الطعم والرائحة إلا إذا زادت عن ٥ مجم/ لتر ومع ذلك فإن الكلورامين الثنائي له رائحة مثل مواد التبييض أو رائحة حمامات السباحة يمكن أن يسبب المشاكل عند مستوى من ٠,٩ إلى ١,٣ مجم/ لتر وتنتج الكلورامينات الثلاثية روائح عند ٠,٠٢ مجم/ لتر أو أكبر.

الألدهيدات:

تتسبب الالدهيدات في حدوث رائحة مثل رائحة الفاكهة وتكثر عند استخدام الأوزون في عمليات التطهير وتتكون الالدهيدات نتيجة أكسدة الأحماض الأمينية والنيتريلات أثناء عمليات التنقية.

الفينول والكلورفينول:

يتفاعل الفينول إذا وجد مع الكلور ليكون كلوروفينول وينتج عن وجوده في المياه طعم ورائحة مثل طعم ورائحة الأدوية والمستحضرات الطبية.

٣. المسببات الآدمية للطعم والرائحة

تؤدي العديد من الأنشطة الآدمية في البيئة إلى تواجد رائحة وطعم غير مقبولين في النظام العام لتوزيع المياه. وقد أدت زيادة الوعي بمشاكل البيئة إلى صدور العديد من اللوائح والتشريعات الجديدة الخاصة بالتحكم في التلوث التى أدت إلى تحسين كبير في حالة الموارد المائية في العديد من الدول، ولكن يظل الصرف على موارد المياه أعلى التيار الداخل لمحطات التنقية أو في الخزانات المائية من العوامل التي تؤدي لتواجد مشاكل الطعم والروائح.

وتشمل أنواع التلوث الذي يصل لمحطات المياه هى مياه الصرف الصحى سواء الخام أو الغير معالجة جيدا، أو مياه الصرف الصناعي، والانسكابات الكيماوية. ويمكن أن تنتج هذه الملوثات روائح وطعم في المياه مباشرة أو قد ينشأ الطعم والرائحة نتيجة للأنشطة الميكروبية التي تنشأ نتيجة لوجود هذه الملوثات.

أ- مياه الصرف الصحي:

من الممكن أن تدخل مياه الصرف الصحي الغير معالجة جيدا إلى موارد المياه (فى حالة وجود خلط من مياه المصارف إلى مياه الترع) وذلك نتيجة لفشل أعمال التشغيل بمحطة معالجة مياه الصرف الصحي أو نتيجة لأى أعطال ميكانيكية أو لزيادة الحمل على المحطة وتقوم بعض محطات معالجة الصرف الصحى القديمة بصرف مياه الصرف الخام أثناء فترات زيادة

الأحمال وهناك محطات أخرى لا تتوفر لديها الإمكانيات والمعدات اللازمة لإجراء المعالجة وإنتاج مياه بجودة مناسبة، كذلك هناك أنظمة التخلص من مياه الصرف الصحي في المناطق الريفية التى تقوم بالصرف على المجارى المائية مباشرة والتي تساهم في زيادة ملوثات المياه.

ويمكن أن يؤدي إنشاء أنظمة صرف صحي منفصلة في التربة بطريقة غير صحيحة مثل خزانات الترسيب بالمنازل والتى تؤدى إلى زيادة معدلات الرشح بصورة غير مناسبة إلى خلق ظروف تؤدي إلى وصول مياه الصرف الصحي غير المعالجة إلى مصادر المياه مثل الابار أو الترع المجاورة.

ويمكن أن تسبب تصرفات الصرف الصحي الروائح والطعم بطريقتين:

١. مباشرة، بإضافة المواد والمركبات ذات الروائح مثل الفينول والهيدروكربون إلى الماء.
٢. غير مباشرة، بإضافة المواد الغذائية (النيتروجين والفوسفور) التي تساعد على نمو وتكاثر الطحالب التي تسبب الطعم والرائحة.

ولقد تم تصنيف تصرفات الصرف الصحي على أنها أحد المصادر الرئيسية لتلوث المياه السطحية لكونها مصدر هام للنيتروجين والفوسفور.

ب- المخلفات الصناعية:

أحيانا تسبب التصرفات الصناعية مشاكل كبيرة في الطعم والرائحة، ويجب التزام هذه المصانع بتقليل تركيز الكيماويات في السيب الخارج من مصانعهم إلى الحدود والمقادير التي تحددها اللوائح الخاصة بصرف الملوثات.

ج- الانسكابات الكيماوية:

من الممكن أن تحدث الانسكابات الكيماوية تأثيراً ضاراً وسيئاً على الطعم والرائحة إذا وصلت إلى مصادر المياه ولكن الاهتمام الأكبر في مثل هذه الحالات ينصب على تأثيرها على الصحة نتيجة لسمية الكيماويات المنسكبة.

وتحدث معظم هذه الحالات نتيجة لحوادث في مصانع الكيماويات وأماكن ومخازن تشوين هذه الكيماويات أو أثناء نقلها. ويجب أن يكون لدى كل محطة تنقية مياه خطة طوارئ للتعامل مع مثل هذه الحالات نظرا لعدم إمكانية توقع حدوثها ونظرا لمدى التلوث الذي يمكن أن تحدثه إذا وصلت لمصدر المياه.

د- جريان المياه فوق الأراضي والشوارع:

يساهم الجريان السطحي للمياه فوق الأراضى في إضافة طعم ورائحة لهذه المياه وخاصة في المناطق التي تحدث فيها الأمطار أو السيول في أوقات قليلة من السنة فالذي يحدث أنه أثناء موسم الجفاف تتراكم الزيوت والشحوم والوقود وغيرها من البقايا في الشوارع المرصوفة وعندما تأتي الأمطار الشديدة تقوم بجرف هذه المواد إلى أماكن تجمع المياه سواء البحيرات أو الأنهار.

ومن الممكن أن تسبب هذه المواد في إضافة الطعم والرائحة إلى مصادر المياه عند وصولها إليها وعادة تقل هذه المشاكل بعد انتهاء الأمطار ويؤدي تركز النيترات في هذه المياه إلى وجود طعم ورائحة بصورة غير مباشرة وذلك لزيادة المواد المغذية التي تؤدي لزيادة الطحالب المسببة في الطعم والرائحة.

هـ. المخلفات الزراعية:

تعتمد درجة تأثير جريان المياه عبر الأراضي الزراعية على الطعم والرائحة على عدة عوامل منها المساحة المزروعة حول المجرى المائي، نموذج الأمطار، طرق الري المحلية.

وتقع العديد من مآخذ محطات المياه أعلى التيار عند المناطق الزراعية الرئيسية لتفادي التلوث الذي يمكن أن يحدث لمصدر المياه بواسطة الأسمدة، الملوثات الميكروبية، مبيدات الحشرات، ومبيدات الأعشاب وحمايتها من مسببات الطعم والرائحة.

إذا تمت عمليات تربية الحيوانات وكذلك عمليات منتجات الألبان بشكل مكثف قرب مصادر المياه السطحية فمن الممكن أن يسبب هذا الكثير من المشاكل لأن صرف التركيزات الشديد للمخلفات الحيوانية ووصولها إلى المجارى المائية يتسبب في زيادة كبيرة للمواد الغذائية التي تتغذى عليها البكتريا والطحالب والكائنات الأخرى والتى تسبب الطعم والرائحة للمياه.

و. عدم إجراء أعمال الصيانة الجيدة بمحطات التنقية وشبكات التوزيع:

إن عدم إجراء أعمال الصيانة الجيدة بمحطات تنقية مياه الشرب وشبكات التوزيع ينتج عنها مياه ذات نوعية سيئة بغض النظر عن مدى جودة مصدر المياه العكرة، حيث أن تراكم الشوائب والرواسب المنتقلة للمحطة طوال العام في مناطق مثل ماسورة وبربخ الدخول وأحواض التنديف، وأيضا عدم إزالة الروبة من أحواض الترسيب بصورة غير مكتملة تماما يؤدى إلى تراكم هذه الرواسب بمرور الزمن.

ولذلك تنمو الكائنات الدقيقة في الشوائب والروبة حتى لو كانت هناك كمية كبيرة من الكلور المتبقي ويمكن أن تؤدي سوء حالة محطة المياه إلى تضاعف المشاكل التي تؤدي إلى الروائح والطعم الكريه و المتعفن أو أي من الصفات الأخرى. وفي المحطات التي لا تستعمل المؤكسدات أو تستعملها بجرعات بسيطة مثل المحطات التي تعتمد على المرشحات ذات الكربون النشط، يمكن أن يؤدي النمو الطحلبي على جدران المرشحات وأحواض الترسيب والهدارات إلى مشاكل كبيرة في الرائحة. حيث تقوم الطحالب الخيطية بتكوين مستعمرات في هذه المناطق وتطلق المركبات التي تسبب الطعم والرائحة السيئة وفي حالة ظهور روائح في المياه المنقاة غير متواجدة في المياه العكرة، فإنه يجب فحص المحطة لاكتشاف أماكن تواجد الطحالب وإزالتها، ويعتبر هذا التفتيش جزء هام من أعمال تنقية المياه وله تأثير كبير على برنامج منع الروائح والطعم.

وشبكة التوزيع هي أيضا جزء هام في منع الروائح والطعم. فتراكم الرواسب في الخطوط الرئيسية أو الفرعية بالشبكة يوفر البيئة الملائمة للنمو البكتيري وخاصة عند المناطق ذات السرعات البطيئة أو عند نهايات الشبكة حيث تنخفض كمية الكلور المتبقي، حيث ينتج عن النمو البكتيري في هذه المناطق سوء طعم ورائحة المياه، ولذا يجب الاهتمام بتطبيق برامج غسيل مكثفة للشبكات كجزء من أنشطة الصيانة والمحافظة على جودة المياه.

ز. السباكة المنزلية:

يمكن أن يحدث تغير فى طعم ورائحة المياه بسبب السباكة المنزلية، حيث قد يتسبب قدم أو نوع المادة المصنوع منها نظام السباكة في المنازل القديمة في ظهور مشاكل الطعم والرائحة كذلك فإن المواسير المصنوعة من البلاستيك في المنازل الحديثة تحتاج أيضا إلى عدة أيام حتى يختفي طعم البلاستيك منها.

تحديد أماكن الطعم والرائحة

أولى خطوات تحديد أسباب الطعم والرائحة هى تحديد من أين تبدأ المشكلة فى منظومة المياه، حيث يمكن تحديد السبب ووضع الخطط اللازمة لتصحيح الوضع.

١ - مصدر المياه الخام (المياه العكرة):

تمثل العينات المأخوذة من منطقة المأخذ المنطلق الأول لمعرفة مصدر الطعم والرائحة إذا كانت ناتجة من المصدر نفسه أو من داخل محطة المياه العكرة والخزانات ويتم المعالجة طبقاً لنتيجة العينات.

٢ - المرشحات وأحواض الترسيب:

يتم فحص جدران المرشحات والمروقات بالنظر وكذلك القنوات والهدارات من حيث نمو الطحالب والبكتيريا. ويتم منع نمو الطحالب فى هذه الأماكن بغسلها بماء مضغوط عن طريق الخراطيم مع إضافة محلول الكلور فى الأماكن التى يصعب الاحتفاظ بها نظيفة.

٣ - خزان المياه المرشحة:

يجب أن تكون المياه المأخوذة كعينات تمثل المياه التى ستذهب إلى المستهلكين. ويجب ألا تكون العينة مأخوذة من الطبقات السفلية للخزان.

وأهم نقاط أخذ العينات على سبيل المثال: نقطة مخرج الخزانات الكبيرة والأحواض، مداخل ومخارج قنوات ومواسير النقل ومدخل المحطة أعلى التيار قبل إضافة الكيماويات.

٤ - شبكات التوزيع:

إذا كانت عمليات الصيانة مطلوبة لمحطات التنقية فإنها تكون أكثر ضرورة وأهمية فى شبكات التوزيع، فمشاكل الطعم والرائحة بشبكات التوزيع تكون غالباً محصورة فى أماكن محدودة مثل النهايات الميتة بالشبكة، والمناطق ذات التصرفات المنخفضة، والمناطق المعرضة لتغيرات كبيرة فى التصرف.

كما تعتبر الوصلات المتقاطعة المنزلية ووصلات شبكة التوزيع مصدر خطورة وسببًا لمشاكل الطعم والرائحة. فكثير من الملوثات تدخل إلى مياه الشرب عن طريق هذه الوصلات فى حالة انخفاض الضغوط بالشبكة. وتعتبر الشكاوى المقدمة من الجمهور هى الإنذار الأول لوجود طعم ورائحة غير طبيعية فى مياه الشرب، ويجب مواجهة مثل هذه الشكاوى بكل عناية واهتمام.

ولتفادى هذه الظواهر بشبكات التوزيع يتم غسيل الشبكات سنويًا وتعقيمها مما يقلل من ظهور الطعم والرائحة بصفة مستمرة مع محاولة تحديد موقع التلوث والكشف عن وصلات المواسير بهذا الموقع وإصلاحه.

وسائل معالجة مشاكل الطعم والرائحة

لأن الطـــعم والرائحة غير المقبولة تكون نتيجة لعدة أسباب مختلفة وحيث أن كل منظومة مياه لها مميزاتها وخصائصها التى تميزها عن غيرها فلا يوجد طريقة محددة أو وحيدة تكون صالحة للاستخدام فى جميع المحطات للتغلب على مشاكل الطعم والرائحة. فكل منشأة ينبغى أن تسلك الطرق التى تناسبها والوسائل الخاصة بها للتغلب على مشكلة الطعم والرائحة. ويعتمد حل المشكلة بنجاح على الفهم الجيد لبعض الخواص والمميزات العامة الشائع استخدامها فى معالجة الطعم والرائحة.

ويمكن تقسيم طرق معالجة الطعم والرائحة إلى مجموعتين:

١- تقنية الإزالة.

٢- تقنية الإتلاف.

كما يمكن استخدام عدة وسائل للمعالجة لإنتاج مياه مقبولة الجودة والنوعية.

وتشمل تقنيات الإزالة عمليات الترويب والترسيب والتخلص من الغازات الذائبة فى الماء والإمتزاز فى أقصى فعاليتها. أما عملية الإتلاف والقضاء على الطعم والرائحة تكون مصحوبة بطرق متعددة لعملية الأكسدة. وفى الفقرات التالية سوف نوضح الوسائل الشائعة المستخدمة لمعالجة الطعم والرائحة فى عملية التنقية.

١. تحسين عمليات الترويب والترسيب

قد تفلح عمليتى الترويب والترسيب فى الوصول إلى مياه أفضل مذاقًا، وهذه حقيقة إذا كانت نوعية الطعم والرائحة تفسد خلال الفترات التى تحدث خلال تقلبات البحيرات والخزانات فى فصل الربيع أو الخريف وأثناء التدفقات العالية فى الأنهار والترع بسبب العواصف الممطرة مما يؤدى إلى تغيرات فجائية فى عكارة المياه الخام واللون والـــ (pH). ويعتبر تغير اللون وزيادة الـــ (pH) قد تكون أيضًا نتيجة ازدهار وتكاثر الطحالب الذى يكون متوقعًا فى هذه الحالة.

ولعكارة المياه الخام، ولونها والـــ (pH) تأثير ملحوظ على عملية الترويب وإزالة الجسيمات العالقة. ولكى نحدد إذا كانت الزيادة فى جرعات المادة المروبة ستقلل من الطعم والروائح غير المرغوب فيها فإنه يجب إجراء اختبار الكأس (Jar Test) لتحديد الجرعة المناسبة لدرجة العكارة الموجودة بالمياه.

أما فى الحالات التى يتزايد فيها الطعم والرائحة بسبب الزيادة فى الطحالب، فإن المحاولات الناجحة لتحسين عمليات الترويب والترسيب يمكن أن تزيد من عمر المرشحات (زيادة ساعات تشغيل المرشح) فإزالة الطحالب فى أحواض الترسيب سيسمح بتشغيل المرشحات فترات أطول وعدم انسدادها. وفى المحطات التى يتم إضافة الكلور فيها قبل دخول المياه إلى المرشحات مباشرة فإن إزالة المواد العضوية والكائنات الحية فى عملية الترسيب قد تحسن نوعية الطعم والرائحة وذلك بالتقليل من تفاعل الكلور مع خلايا الطحالب التى سيتم حجزها بالمرشحات. وينتج عن تفاعل الكلور مع خلايا الطحالب انفصال المواد السامة (الخلوية) غير المرغوب فيها فى الماء. أية تفاعلات زائدة مع هذه المواد السامة قد تنتج ما يسمى بمركبات الكلور العضوى (Chlororganic) والذى يضفى طعمًا غير مقبول إلى المياه.

٢. عمليات ونظم التهوية

التهـــوية عبـــارة عن عملية خلط المـــاء والهواء معًا من خلال عدة وسائل. واستخدام عملية التهوية فى السيطرة على الطعم والرائحة تكون مؤثرة فقط فى التخلص من الغازات والمركبات العضوية القابلة للتطاير نسبيًا، وعلى ذلك فعملية التهوية تكون ناجحة أحيانًا فى معالجة الرائحة أكثر من معالجة الطعم وحيث أن المركبات المطلوب إزالتها بالتطاير تتواجد بتركيز منخفض فى الهواء عنها فى الماء فإنها تميل إلى ترك الماء وتتحرك إلى الهواء. وكلما زاد معدل التهوية كلما زادت كمية المواد الطيارة التى تترك الماء إلى الهواء. وبزيادة معدلات التهوية فإن تركيز المركبات غير المرغوب فيها الموجودة فى المياه قد تنخفض إلى المستوى الذى لا يسبب أى مشكلة وكما

سبق القول فإن هذه العملية تعمل فقط إذا كانت المركبات لها خاصية تطاير كافية.

والتهوية أيضًا لها خاصية إتلاف بعض المركبات عن طريق الأكسدة وإن كانت هذه العملية فعالة فقط مع الحديد والمنجنيز. وعادة فإن عملية التهوية لا توفر أكسدة كاملة للتغلب على الطعم والرائحة، وتوجد عدة وسائل لزيادة معدلات التهوية منها ما يلى:

- نوافخ الهواء لزيادة كمية الهواء التى سيتم خلطها مع الماء.
- التهوية بالتتابع والرش (مرور الماء بأكثر من درجة كدرجات السلم مع الرش بالماء).
- التجريد الهوائى (Air Stripping) ويتم ذلك بإدخال المياه من أعلى البرج وإدخال الهواء من الجانبين أسفل البرج فتتطاير المركبات خلال فتحات أعلى البرج.

٣. عمليات الأكسدة تعتبر المواد الكيماوية المؤكسدة من التقنيات التى تستخدم للسيطرة على الطعم والرائحة. لذا فإن استخدام مؤكسد قوى مثل الكلور يؤدى إلى وجود مركبات غير مرغوب فيها، حيث يمكن التحكم فى جرعة الكلور بحيث يتم تكوين مركبات أقل سوءاً. وتعتبر هذه الطريقة هى الأكثر شيوعًا فى السيطرة على الطعم والرائحة بسبب الانتشار الواسع لاستخدام الكلور كمؤكسد قوى للتعقيم فى معالجة المياه.

وبالإضافة إلى الكلور هناك ثلاث مواد كيماوية أخرى يمكن استخدامها كمؤكسدات لإزالة المركبات المسببة للطعم والرائحة وهذه المواد هى:

١. برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$.
٢. الأوزون O_3.
٣. ثانى أكسيد الكلور ClO_2.

وتعتبر هذه المواد بديل للكلور فى محطات تنقية مياه الشرب والتى ينبغى لها التعامل مع مركبات التراى هالوميثان بالإضافة إلى مستويات التلوث الأخرى.

٤. استخدام الكلور

نظرًا لوجود الكلور فى جميع المحطات لاستخدامه كمعقم للمياه فغالبًا ما يتم ضبط جرعة الكلور لتحسين نوعية الطعم والرائحة. ففى الحالات العادية حيث يتم استخدام الكلور كمادة معقمة فإنه يكون أحيانًا من الضرورى زيادة جرعة الكلور العادية للحصول على أعلى معالجة للطعم والرائحة.

وقد تم فعلاً معالجة كثير من الروائح فى المياه الخام باستخدام الكلور فى المحطات التى يتم فيها استخدام الكلور المبدئى حيث تم فيها تقليل الروائح التى تم اكتشافها كرائحة السمك، الحشيش (النجيلة) العشب أو الزهور بطريقة ملحوظة بجرعة الكلور العادية أو زيادتها قليلاً.

وفى حالة عدم استخدام الكلور المبدئى فإنه يمكن إزالة الطعم والرائحة بإضافة الكلور فى مرحلة متقدمة من عملية المعالجة، ويتوقف نجاح عملية الكلورة كمعالجة للطعم والرائحة على مدى خطورة المشكلة، الجرعة التى سيتم إضافتها، زمن التلامس بين الكلور والمياه قبل دفعها للمستهلك.

وقد استخدمت جرعة الكلور الزائدة بنجاح فى معالجة بعض المشكلات الصعبة للطعم والرائحة. وتزيد فائدة جرعات الكلور العالية عندما تضاف فى مدخل المياه. فهذا يسمح بزمن تلامس كبير دون تأثيرات ضارة بالمستهلكين الموجودين بالقرب من محطة المعالجة وتستخدم بعض المحطات جرعة الكلور العالية كأول خطوة للسيطرة على الطعم والرائحة.

ويتبع عملية الكلور الزائد عملية التخلص من بعض الكلور كجزء من عملية معالجة الطعم والرائحة. فاستعمال الجرعات العالية للكلور فى المعالجة

الأولية يتطلب بعد ذلك استعمال الكربون المنشط فى صورة مسحوق أو حبيبات للتخلص من الكلور الزائد.

ورغم الانتشار الواسع لاستخدام الكلور فإن اختياره لهذه العملية قد يكون له خطورته فقد يزيد تواجد بعض المركبات غير المرغوب فيها بعد إضافة الكلور عنه قبل الإضافة. وفى مثل هذه الحالات يجب إجراء المزيد من الاختبارات العملية لمعرفة عما إذا كانت جرعة الكلور فى حاجة إلى زيادتها أو إنقاصها وذلك بعمل اختبار الكأس (Jar Test) يتلوه اختبار نوعية الطعم والرائحة لمعرفة إلى أين تتجه العملية (عادة يتم إنقاص جرعة الكلور).

٥. استخدام برمنجنات البوتاسيوم

يتم استخدام برمنجنات البوتاسيوم منذ عدة سنوات فى محطات تنقية المياه، وتعتبر برمنجنات البوتاسيوم مؤكسدًا قويًا يتم استخدامه فى إتلاف كثير من المركبات العضوية الطبيعية التى نتجت من أنشطة الإنسان والموجودة فى مصادر وإمدادات المياه وهى تستخدم أيضًا لأكسدة الحديد، والمنجنيز ومركبات الكبريت وتستخدم مصحوبة بعمليات التهوية للسيطرة على هذه المواد وأى مواد أخرى متسببة فى الطعم والرائحة.

والعامل الحرج فى استخدام برمنجنات البوتاسيوم فى عمليات المعالجة هو التحكم فى اللون فهذه المادة ينتج عنها لون أرجوانى شديد عند خلطها بالماء. وأثناء تناقص أيونات البرمنجنات خلال تفاعلها مع المركبات التى تقوم بأكسدتها فإن اللون يتغير من الأرجوانى إلى الأصفر أو البنى. والمنتج النهائى المتكون هو ثانى أكسيد المنجنيز (M_nO_2)، وهو رسوبى غير قابل للذوبان، ويمكن التخلص منه بالترسيب والترشيح.

وينبغى أن تتحول كل مادة البرمنجنات إلى ثانى أكسيد البرمنجنات قبل عملية الترشيح. وإذا وصل اللون الأرجوانى أو اللون القرنفلى إلى المرشحات فإنه سوف يمر إلى خزانات المياه النقية أو شبكات التوزيع. وينتج عن هذا أن المستهلك يجد مياه ملونة بالحنفيات أو يستمر التفاعل حتى تكوّن المنجنيز.

ولكى نتجنب هذه الحالة فمن الضرورى تحديد الجرعة القصوى لبرمنجنات البوتاسيوم التى يمكن إضافتها بأمان بالمحطة قبل بدء برنامج المعالجة بالأيونات. وللقيام بذلك يتم قياس الوقت المطلوب لاختفاء الأثر الأخير من اللون القرنفلى مع سلسلة من اختبار الكأس (Jar Test).

وفى حالة زيادة جرعة البرمنجنات زيادة كبيرة فإنه يمكن إضافة مسحوق الكربون المنشط للسيطرة على المشكلة إلى أن يتم ضبط جرعة البرمنجنات إلى الجرعة الصحيحة. وفى الحالات الشديدة يمكن زيادة الـــ pH فى المياه لمدة قصيرة لزيادة معدل ترسيب المنجنيز.

وقد أثبتت التجارب فى محطات المياه أن الجرعة المناسبة لاستخدام برمنجنات البوتاسيوم فى معالجة مشاكل الطعم والرائحة هى من ٠,٣ إلى ٠,٥ مجم/ لتر رغم أن بعض التقارير تشير إلى أنها من ٠,١ مجم/ لتر إلى ٥ مجم/ لتر.

ويستغرق الوقت المطلوب بالتفاعل ببرمنجنات البوتاسيوم وتحولها إلى منجنيز من وقت إضافتها إلى قبل دخول المرشحات أكثر من ٦ ساعات وهو زمن مناسب.

٦. الأوزون Ozone (O_3)

الأوزون (O_3) هو شكل غير مستقر من غاز الأكسجين وهو مؤكسد قوى. والأوزون فى حالته النقية لونه أحمر فاتح وله رائحة نفاذة، وأحيانًا يمكن اكتشافه حول المحركات الكهربائية الكبيرة. وينتج الأوزون بتمرير الهواء الجاف أو الأكسجين خلال وحدة تأين ذات طاقة كبيرة تعرف بالأوزوناتور (Ozonator)، ونظرا لأنه غاز غير ثابت فيجب توليده أو إنتاجه بالموقع لاستخدامه فى معالجة المياه.

والأوزون مؤكسد أقوى من الكلور ولذلك فإنه يتلف نطاقًا أوسع من المركبات العضوية. والأوزون له ميزة واضحة عن الكلور فى معالجة الطعم

والرائحة وهى أن المواد غير المرغوب فيها والتى يتضاعف إنتاجها بالتفاعل لا تتكون عادة مع الأوزون. وهذه ميزة عملية عندما يكون الطعم والرائحة من أصل صناعى، حيث أن الجمع بين الكلور وبعض الملوثات الصناعية يمكن أن يؤدى إلى المزيد من الطعم والرائحة القوية عن تلك الناتجة من المركبات الأصلية.

وقد استقبل الأوزون بمزيد من الاهتمام فى السنوات القليلة الماضية كعامل مؤكسد للملوثات العضوية الموجودة فى بعض مصادر المياه وكوسيلة لتعقيم المياه دون إنتاج تراى هالوميثان (المسبب لمرض السرطان) وهو الآن يستعمل بشكل كبير فى أوروبا.

٧. ثانى أكسيد الكلور Chlorine dioxide (ClO_2)

ثانى أكسيد الكلور (ClO_2) عبـــارة عن مؤكسد كيميائى آخر حظى بمزيد من الاهتمام فى السنوات الأخيرة كنتيجة فيما يخص تكون مركبات التراى هالوميثان فى المياه نتيجة الكلورة. وثانى أكسيد الكلور مثل الأوزون مؤكسد شديد ومركب غير مستقر. وهو يتكون من تفاعل كلوريت الصوديوم مع الكلور فى مولد خاص. ولكونه مركب غير ثابت يتم توليده فى الموقع فى الوقت الذى سيتم استخدامه فى عملية المعالجة. وقد استخدم ثانى أكسيد الكلور فى معالجة الطعم والرائحة الناتجة عن التلوث الصناعى خاصة فى الحالات التى يزيد فيها الكلور المشكلة.

إزالة الأملاح (عسر الماء)

عسر الماء هو عبارة عن مقياس لقوة استهلاك المياه للصابون والمواد المنظفة ويحدث عسر الماء بسبب الكاتيونات المعدنية ثنائية التكافؤ القادرة على التفاعل مع الصابون وتكوين مواد مترسبة ومع أنيونات معينة فى الماء لتكون قشور، ويعرف عسر الماء (Hardness of Water)، بأنه عدم القدرة على تكوين رغوة الماء عند استخدام الصابون. وتقسم درجة عسر الماء طبقاً لتركيز أملاح كربونات الكالسيوم كما هو موضح بالجدول رقم (٨-١).

وعادة يكون الكالسيوم والماغنسيوم هما الكاتيونين الوحيدين اللذين يتواجدان بتركيزات كبيرة ولذلك فدائمًا نعتبر أو نعرف العسر بأنه التركيز الكلى لأيونات للكالسيوم والماغنسيوم فى الماء. ومع ذلك فإذا تواجدت كاتيونات أخرى مثل الحديد والمنجنيز بكميات كبيرة يجب أيضًا تحديدها فى العسر. والجدول التالى يصف المستويات المختلفة للعسر:

جدول رقم (٨-١)
درجات عسر الماء

الوصف	العسر بالملجم / ل
شديد اليسر إلى يسر	صفر – ٤٥
يسر إلى معتدل العسر	٤٦ – ٩٠
معتدل العسر إلى عسر	٩١ – ١٣٠
عسر إلى عسر جدًا	١٣١ – ١٧٠
عسر جدًا إلى شديد العسر	١٧١ – ٢٥٠
شديد العسر على الاستخدام العادى	أكبر من ٢٥٠

وفيما يلى بعض التعريفات الهامة:

الماء العسر: هو ماء يحتوى على تركيزات عالية من أيونات الكالسيوم والمغنسيوم، ويعتبر الماء عسرًا إذا زادت هذه التركيزات عن المعدل العادى فى المنطقة، وتعتبر بعض المراجع أن الماء عسر إذا كانت درجة العسر أكبر من ١٠٠ ملجم / لتر مثل كربونات الكالسيوم.

العسر: هى صفة للماء تتسبب فيها أملاح الكالسيوم والماغنسيوم بصورة أساسية مثل الكربونات والبيكربونات والكبريتات والكلوريد والنترات، وشدة العسر هى من الأشياء الغير مرغوب فيها لأنها تسبب ترويب الصابون وزيادة استهلاك الصابون تسبب ترسيب بعض الجسيمات فى الغلايات إضرار ببعض العمليات الصناعية كما تسبب أحياناً طعمًا غير مستساغ فى مياه الشرب وتسبب أيونات الكالسيوم عسر الكالسيوم وأيونات المنجنيز عسر المنجنيز أما العسر الكلى فهو العسر الناتج عن كلا الأيونين.

أسباب عسر الماء

عند اختراق المياه السطحية ومياه الأمطار لطبقات الأرض، يتم احتجاز الشوائب العالقة بها مثل الطمى والطين والبكتريا بنظرية الترشيح. وعند ذوبان الأملاح الموجودة فى باطن الأرض (مثل أملاح الحديد والمنجنيز والكالسيوم والمغنيسوم) فى الماء يحدث العسر.

أهم الأملاح المسببة للعسر

أولاً: أملاح موجبة الشحنة (Cations):

١- أملاح الكالسيوم: تسبب العسر.

٢- أملاح المغنيسيوم: تسبب العسر.

٣- أملاح الحديد: تسبب العسر، بالإضافة إلى تلوين الملابس– انسداد مواسير التغذية بالمياه – الطعم الردىء.

٤- أملاح المنجنيز: تسبب العسر، بالإضافة إلى تلوين الملابس– انسداد مواسير التغذية بالمياه.

ثانياً: أملاح سالبة الشحنة (Anions):

١- الكربونات: تسبب قلوية الماء.

٢- البيكربونات: تسبب قلوية الماء.

٣- الكبريتات: تسبب الإسهال – تآكل بدن المواسير – صدأ المواسير.

٤- الكلوريدات: تعطى طعماً غير مستساغ للماء.

٥- الفلوريدات: تسبب تسوس الأسنان (إذا كانت نسبة الفلورين ٠,٥ ملجم/ لتر) – كما تسبب تكسر الأسنان (إذا كانت نسبة الفلورين ١,٥ ملجم/ لتر).

فوائد إزالة العسر (تيسير الماء)

تتسبب الأملاح الذائبة (أيونات الكالسيوم والمنجنيز) فى صعوبة عمليات غسل الملابس والأوعية بالمنازل كما تتسبب فى تكون طبقة داخل سخانات المياه وداخل غلايات عمل الشاى وما يماثلها عند الاستعمال المتكرر.
كذلك يتسبب عسر الماء فى قصر عمر الأقمشة التى يتم غسلها بالماء العسر حيث تلتصق الرواسب بهذه الأقمشة وتفقدها مرونتها وليونتها.

أما فى الصناعة فيمكن أن يتسبب عسر الماء فى مشاكل أكبر من ذلك حيث تتأثر بعض العمليات بالعسر الموجود فى الماء فالمحطات الصناعية التى تستخدم الغلايات لإنتاج البخار يجب أن تقوم بإزالة العسر من الماء حيث أن المعادن الموجودة بالماء ستقوم بتكوين طبقة داخلية على أنابيب الغلايات مكونة قشور تكون بمثابة عازل يقلل من جودة الانتقال الحرارى مما يسبب زيادة فى استهلاك الطاقة، وهناك العديد من المشكلات المرتبطة بعملية تيسير المياه، ومع ذلك، فإن معظم العمليات الصناعية تتاثر بعسر الماء بدءًا من صناعة الأغذية إلى أكثر الصناعات تعقيدًا.

فوائد تيسير الماء:

١. إزالة الحديد والمنجنيز.
٢. التحكم فى التآكل إذا تم التوصل لثبات خواص المياه.
٣. التطهير نتيجة ارتفاع قيمة الـ pH عند استخدام الجير.
٤. أحيانًا يقلل من الطعم والرائحة الغير مرغوبين.
٥. تخفيض بعض محتوى المواد الصلبة.
٦. إزالة بعض الأنشطة الإشعاعية.

معوقات عملية التيسير:

١. يتحول الكلور الحر المتبقى إلى هيبوكلوريت عند الرقم الأيدروجينى ٧,٥ ويكون تأثيره أقل وأضعف كمادة مطهرة.
٢. يجب مقارنة التكاليف والفوائد جيدًا.
٣. التخلص من نفايات عملية التيسير.

٤. يمكن أن تزيد من تكون الهالوميثينات عند الرقم الأيدروجينى اللازم لعملية التيسير.
٥. إنتاج الماء الأكال (Aggressive) الذى يمكن أن يؤدى لتآكل الأجزاء المعدنية المكونة لشبكة التوزيع.

الآثار الضارة لعسر الماء

من الآثار الاقتصادية والصحية الضارة لعسر الماء ما يلى:

١. زيادة فى استهلاك الصابون.
٢. نقص فى متانة الأقمشة ونقص عمرها الأصلى.
٣. انسداد مسام الأقمشة بأملاح الكالسيوم وبذلك يفقد الماء قدرته على التنظيف.
٤. تعارض الماء العسر مع عملية صباغة الأقمشة.
٥. عدم صلاحية الماء العسر للاستخدام فى بعض الصناعات مثل صناعة الورق وصناعة الثلج والمغاسل.
٦. التأثير الضار للماء العسر على الغلايات والذى يؤدى إلى:
   - رفع درجة غليان الماء.
   - زيادة استهلاك الوقود (بسبب تكون قشور على أسطح الغلايات).
   - نقص كفاءة الغلايات واحتمال انفجارها.
٧. تعارض عسر الماء مع طهى وتعليب الأطعمة حيث أنه يسبب لوناً وطعماً غير مستساغٍ للأغذية.

طرق تيسير الماء (إزالة العسر)

تتم إزالة عسر الماء باستخدام إحدى الطرق التالية:

١. الترسيب الكيميائى (استعمال كربونات الصوديوم والجير).
٢. التبادل الأيونى (الزيوليت).

١. طريقة الترسيب الكيميائى

يستخدم فى هذه الطريقة بشكل أساسى رماد الصودا أو الجير (Lime – Soda ash) وبهذه الطريقة لا يمكن إزالة العسر تمامًا عن طريق الترسيب الكيميائى ولكن يتم معالجة المياه لتقليل درجة العسر بها فيمكن الوصول من درجة ١٥٠ ملجم / لتر كربونات كالسيوم إلى ٩٠ ملجم / لتر.

وأقل درجة عسر يمكن الوصول إليها عن طريق رماد الصودا والجير هى ٣٠ : ٤٠ ملجم / لتر من كربونات الكالسيوم أما فى الطريقة الثانية (التبادل الأيونى) فيمكن الوصول إلى درجة صفر تقريبًا.

ومن مزايا هذه الطريقة أنه بالإضافة إلى إزالة العسر فهى تحقق التالى:

١. إزالة الحديد والمنجنيز.
٢. تقليل المواد الصلبة.
٣. إزالة والقضاء على نشاط البكتريا والفيروسات نظرًا لارتفاع رقم pH.
٤. التحكم فى (تقليل) التآكل وتكون القشور.
٥. إزالة الفلوريد الزائد.

أما عيوب هذه الطريقة فتتلخص فى التالى:

١. عدم القدرة على إزالة العسر كليًا.
٢. تحتاج إلى خبرة كبيرة من المشغلين للوصول إلى كفاءة فى الإزالة وتقليل التكاليف.
٣. من الصعب إزالة الألوان بواسطة عملية التيسير نظرًا لارتفاع الرقم الأيدروجينى pH.
٤. ينتج عنها كمية كبيرة من المخلفات التى يجب التعامل معها والتخلص منها بطريقة مناسبة.

التفاعلات الكيميائية فى هذه الطريقة يتحول الحديد المسبب للعسر من شكل ذائب إلى شكل غير ذائب أما الكالسيوم والمنجنيز فتصبح أقل قابلية للذوبان نظرًا لزيادة الرقم الأيدروجينى.

وتزيد إضافة الجير إلى الماء من تركيز الهيدروكسيدات وبالتالى يزيد الرقم الأيدروجينى وأيضًا يحول قلوية المياه من شكل بيكربونات إلى شكل الكربونات مما يؤدى إلى ترسب الكالسيوم على شكل كربونات الكالسيوم $CaCO_3$.

وعقب عملية التيسير الكيميائى يكون الرقم الأيدروجينى مرتفعًا ويكون الماء مشبع جدًا (Super Saturated) بالقلويات سواء كانت على شكل كربونات أو هيدروكسيد ويمكن استخدام ثانى أكسيد الكربون لتقليل تأثير المادة الكاوية وتكون القشور فى الماء قبل عملية الترشيح، وتعتمد عملية التيسير على نوع العسر المراد إزالته سواء كربونات أو غير كربونات ويسمى عسر الكربونات بالعسر المؤقت ويمكن إزالته باستخدام الجير فقط أما العسر الغير كربونات فيعرف بالعسر الدائم ويحتاج إلى الجير والصودا معًا.

إزالة ثانى أكسيد الكربون:

إن استخدام الجير لإزالة عسر الكربونات يزيل أيضًا ثانى أكسيد الكربون، وثانى أكسيد الكربون لا يزيد من العسر، ولذلك لا حاجة لإزالته، ومع ذلك فإنه يستهلك جزءًا من الجير المستخدم، ولا بد من وضع ذلك فى الاعتبار

ثانى أكسيد الكربون + جير ⟵ كربونات كالسيوم ↓ + ماء

إزالة عسر الكربونات:

بيكربونات كالسيوم + جير ⟵ كربونات كالسيوم ↓ + ماء

بيكربونات مغنسيوم + جير ⟵ كربونات كالسيوم ↓ + كربونات مغنسيوم + ماء

كربونات مغنسيوم + جير ⟵ كربونات كالسيوم ↓ + هيدروكسيد مغنسيوم ↓

وعند إضافة الجير إلى الماء يتحول ثانى أكسيد الكربون الموجود إلى كربونات كالسيوم وعند إضافة المزيد من الجير تترسب بيكربونات الكالسيوم على شكل كربونات كالسيوم ويجب إضافة المزيد من الجير لإزالة كل من الكالسيوم والمنجنيز.

إزالة العسر غير الكربونى:

يلزم إضافة كل من الجير والصودا للتعامل مع العسر الناتج من غير الكربونات.

كبريتات مغنسيوم + جير ⟵ أيدروكسيد مغنسيوم ↓ + كبريتات كالسيوم

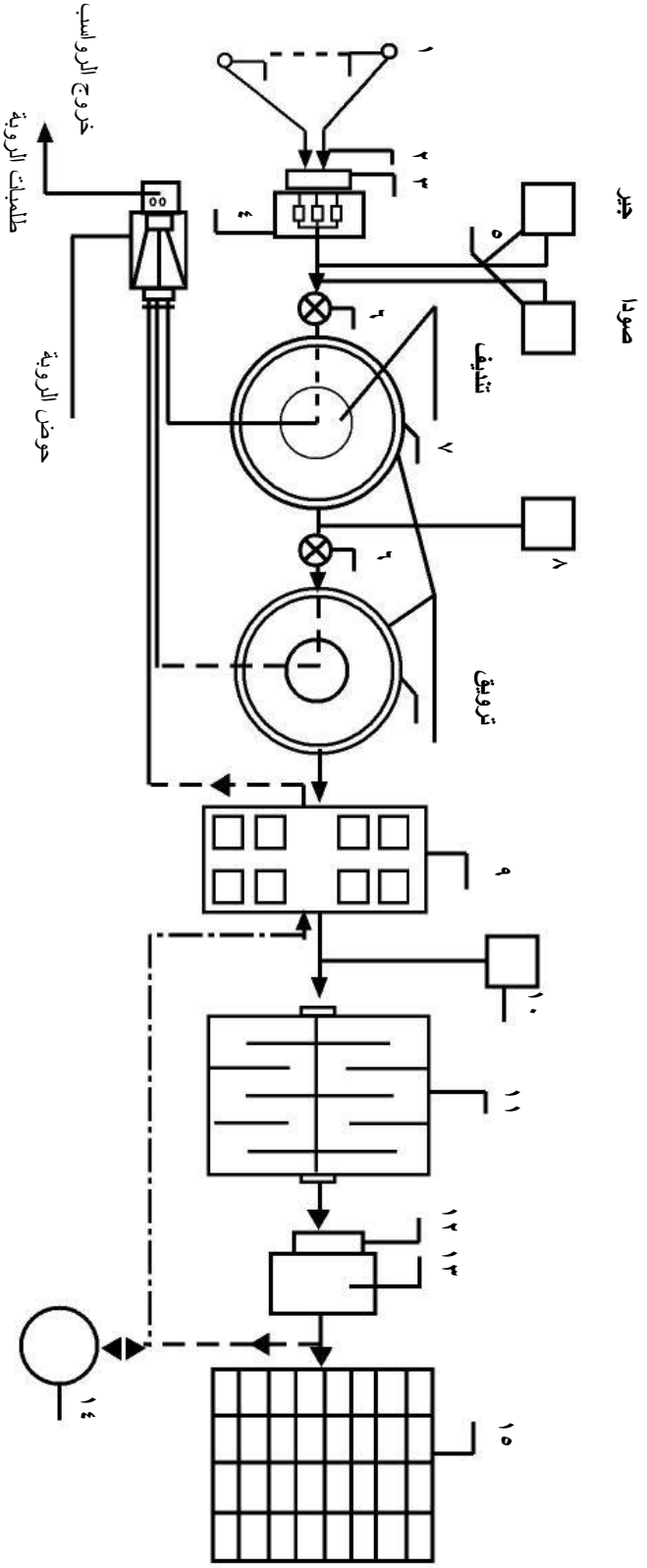
كبريتات كالسيوم + صودا ⟵ كربونات كالسيوم ↓ + كبريتات صوديوم

وبدراسة المعادلات السابقة، نجد أن الجير يقوم بإزالة العسر الناتج من بيكربونات الكالسيوم وبيكربونات الماغنسيوم، كما تقوم كربونات الصوديوم بإزالة العسر الناتج من كبريتات الكالسيوم وكذلك يلزم استعمال كل من كربونات الصوديوم والجير لإزالة العسر الناتج من كبريتات الماغنسيوم.

ويتم تحديد كمية الجير وكربونات الصوديوم المضافة لإزالة العسر بواسطة أجهزة خاصة، ويعرض الشكل رقم (٨-١) رسماً تخطيطياً لمسار المياه فى وحدات إزالة العسر.

<u>وتتوقف جرعتى الجير وكربونات الصوديوم على العوامل الآتية:</u>

١. درجة عسر الماء– كلما زاد العسر تُزاد الكميات المضافة.
٢. درجة الحرارة– تساعد درجة الحرارة على سرعة التفاعل الكيماوى.
٣. جودة المزج والتقليب.
٤. إضافة الشبَّة إلى الماء- بعد أن يتم التفاعل الكيماوى المزيل للعسر حيث تساعد الشبَّة على ترسيب كربونات الكالسيوم الناتجة من هذا التفاعل.



شكل رقم (٨- ١)

رسم تخطيطى لمسار المياه فى وحدات إزالة العسر باستخدام كربونات الصوديوم والجير

٢. إزالة عسر الماء بالتبادل الأيونى

يرتبط مصطلح الزيوليت عادة بمبادلات أيون الصوديوم ويمكن اعتباره بنفس معنى مصطلح التبادل الأيونى والزيوليت عبارة عن مركب يتكون من الكاولين والرمل والصودا ورمزه الكيماوى ($Na\ Al\ Si\ O_4$) أى سليكات الصوديوم والألومنيوم.

تتميز حبيبات الزيوليت بأنه عند مرور الماء العسر فى مسامها يحدث تفاعل تبادلى بين الكالسيوم والماغنيسيوم من ناحية، والصوديوم الموجود فى الزيوليت من ناحية أخرى فيتكون زيوليت الكالسيوم والماغنيسيوم الذى لا يذوب فى الماء بينما تذوب كبريتات الصوديوم التى لا تسبب عسر الماء، وذلك طبقاً للمعادلة الآتية:

زيوليت الصوديوم + كبريتات الكالسيوم ⟵

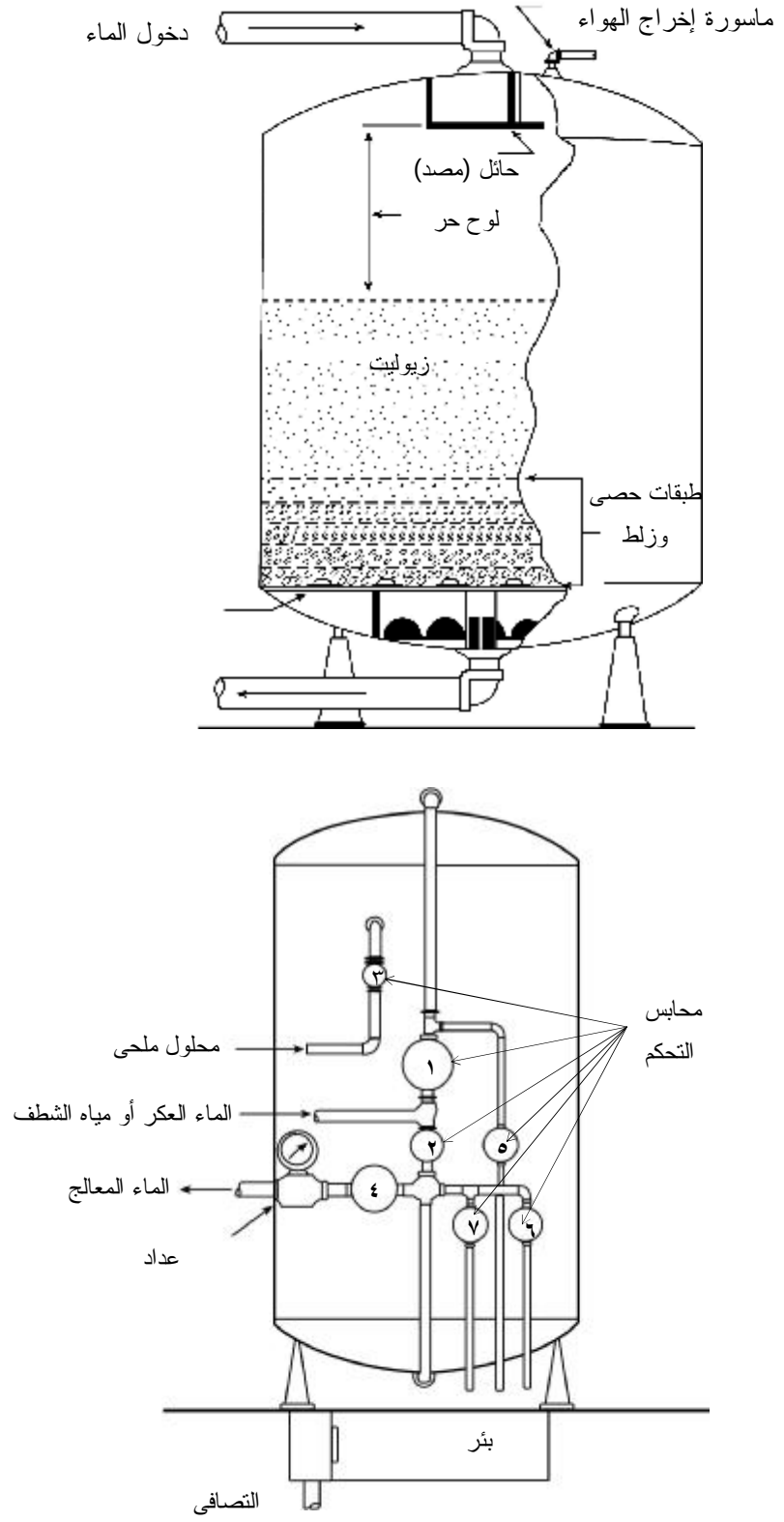
كبريتات الصوديوم + زيوليت الكالسيوم

وتستخدم معظم وحدات التبادل اليونى راتنجات البوليسترين المكبرت كوسط تبادلى ويمكن تعريف عملية إزالة العسر بالتبادل الأيونى بأنها تبادل الأيونات المسببة للعسر (الكالسيوم والمنجنيز) بأيونات الصوديوم الموجودة براتنجات التبادل الأيونى لإيجاد ماء غير عسر.

ويجب أن يكون القائمون بالتشغيل على معرفة بالثلاثة أنواع الأساسية لمزيلات العسر وهى:

١. وحدات التدفق الأعلى حيث يدخل الماء من أسفل ويندفع لأعلى خلال وسط التبادل الأيونى ثم يخرج من القمة.
٢. الوحدات التى تشيد وتعمل مثل المرشح الرملى السريع حيث تدخل المياه من أعلى وتنساب لأسفل خلال وسط التبادل ثم تخرج من القاع.
٣. وحدات التبادل اليونى حيث يضغط الماء لأسفل وهى أكثرهم شيوعًا.

ويوضح الشكل رقم (٨-٢) قطاعًا فى المبادل الأيونى (مرشح الزيوليت).



شكل رقم (٨-٢)

المبادل الأيونى (مرشح الزيوليت)

وهذه الوحدات يمكن أن تكون أفقية أو رأسية وتفضل الوحدات الرأسية نظرًا لصعوبة حدوث اختصار للمسارات بها، انظر الشكل

وفى هذا المبادل يدخل الماء إلى وحدة الترشيح من فتحة توزيع توجد فى أعلى الوحدة ويتم ضغطه لأسفل بواسطة طلمبة حيث يمر خلال وسط معين إلى شبكة تصريف سفلية وينساب الماء من شبكة التصريف إلى خارج الوحدة إلى الخزان أو شبكة التوزيع. والاختلاف الوحيد بين وحدة التبادل اليونى ومرشحات الضغط هو فى الوسط الذى يمر من خلاله الماء ففى المرشح يكون هذا الوسط عبارة عن مصفاة أو وسيلة للادمصاص (الامتزاز) لإزالة المواد الصلبة من الماء ويتكون الوسط من الرمل، الإنثراسيث (الفحم المجروش) أو الإثنين معًا، وعندما يتشبع الوسط بالمواد الغير قابلة للذوبان (الطمى، المواد العالقة، هيدروكسيد الحديد أو المنجنيز) يتم إخراج المرشح من الخدمة وغسيله ثم إعادته للخدمة مرة ثانية ويستمر فى العمل وتكرار هذه الدورة.

أما فى وحدة التبادل الأيونى فيكون الوسط الراتنجى أكثر تعقيدًا فتخدم هذه الراتنجات كوسط يتم فيه التبادل الأيونى. يمر الماء العسر خلال الوسط الراتنجى فتستبدل أيونات الصوديوم أيونات الكالسيوم والماغنسيوم (فى حالة وحدات التبادل ذات وسط من راتنجات الصوديوم) تتحرر أيونات الصوديوم من الوسط وتظل فى الماء المنساب فى الوحدة وتحتجز أيونات الكالسيوم والماغنسيوم فى الراتنج ويخرج الماء خاليًا من الكالسيوم والماغنسيوم وبذلك يكون قد تم إزالة العسر.

وعندما يتم استبدال كل أيونات الصوديوم ويصبح الوسط مشبعًا بالكالسيوم والماغنسيوم تتوقف الوحدة عن إزالة العسر وعند ذلك يجب إيقاف هذه الوحدة وإزالة الكالسيوم والماغنسيوم من الوسط وإبدالها بأيونات الصوديوم وتسمى هذه العملية بدورة إعادة الشحن.

وبعد دورة إعادة التوليد يجب أن يحتفظ الراتنج بالأيونات فى حالة سائبة إذا لم يمكن إزالة أيونات الكالسيوم والماغنسيوم فلن يستطيع الراتنج قبول إضافة أيونات الصوديوم الجديدة التى تقوم بعملية إزالة العسر.

يستخدم الملح على شكل محلول فى إعادة شحن راتنجات وحدة التبادل الأيونى فعند إضافة الملح إلى الماء يتحول إلى كاتيونات من الصوديوم Na^+ وأنيونات من الكلوريد (Cl^-).

وعندما يضاف هذا المحلول الملحى إلى الراتنج تتبادل كاتيونات الصوديوم مع كاتيونات الكالسيوم والماغنسيوم. وعند مرور المحلول إلى اسفل خلال الراتنجات تلتصق كاتيونات الصوديوم بالراتنج بينما تخرج أيونات الكالسيوم والماغنسيوم والكلوريد إلى المخلفات وبعد عملية إعادة الشحن يصبح المبادل جاهزًا للاستخدام مرة أخرى.

العوامل التى تؤثر على خطوات تشغيل وحدة التبادل الأيونى:

١. خواص الراتنج المستخدم فى التبادل.
٢. جودة مصدر المياه.
٣. معدل تدفق المياه فى وحدة التبادل الأيونى.
٤. جرعة الملح المستخدمة أثناء إعادة الشحن.
٥. تركيز المحلول الملحى.
٦. زمن وفترة تلامس المحلول الملحى.

وتشتمل وحدة التبادل الأيونى عادة على ٤ مراحل فى التشغيل بغض النظر عن النوع أو جهة الصنع وهذه المراحل هى:

١. مرحلة الخدمة (إزالة العسر).
٢. مرحلة الغسيل العكسى.
٣. مرحلة المحلول الملحى.
٤. مرحلة الشطف.

١ - مرحلة الخدمة

مرحلة الخدمة فى أى وحدة هى المرحلة التى يتم فيها عملية إزالة العسر حيث يتم ضغط الماء فى أعلى الوحدة ويسمح له بالمرور لأسفل خلال الراتنجات وأثناء ذلك يتم تبادل أيونات الماغنسيوم والكالسيوم مع أيونات الصوديوم الموجودة فى الراتنج وتتحرر أيونات الصوديوم وتنطلق مع الماء وبالتالى تقل كفاءة وحدة التبادل بالتدريج.

ويعتمد طول مرحلة الخدمة على عدة عوامل أولها درجة عسر الماء فكلما كانت درجة عسر الماء أكبر كلما كان المطلوب إزالة كالسيوم وماغنسيوم أكثر وببساطة كلما زادت درجة عسر الماء كلما قل الماء الذى يمكن معالجته قبل استهلاك الراتنج وعادة تكون المياه الخارجة من وحدة التبادل خالية تمامًا من العسر إلى أن تحتاج الوحدة إلى إعادة الشحن.

ومن العوامل الأخرى التى تؤثر على العملية هى حجم وحدة التبادل وسعة المادة الراتنجية ومن الممكن أن يتراوح حجم وحدة التبادل من بضعة مترات مكعبة إلى مئات الأمتار المكعبة ويتناسب حجم الوحدة مع تصميم المحطة بشكل عام بحيث تكون كمية المياه التى تمت إزالة العسر منها عند إضافتها لباقى مياه المحطة يكون مستوى العسر الكلى مقبولاً.

٢ - مرحلة الغسيل العكسى

هى ثانى مرحلة فى عملية التبادل الأيونى وفيها يتم إخراج الوحدة من الخدمة ثم يعكس اتجاه سريان المياه والغرض من هذه العملية هو تمدد وتنظيف جزيئات الراتنج وتحرير أى مواد مثل الحديد والمنجنيز قد تكون أزيلت أثناء عملية إزالة العسر. ويجب أن تدخل مياه الغسيل بمعدل ثابت وبطىء وإذا دخلت هذه المياه باندفاع فقد تؤثر على مادة الراتنج وتجرفها معها إلى المخلفات ويعتبر التمدد المثال للوسط الترشيحى فى وحدات التبادل اليونى من ٧٥ إلى ١٠٠ % أى أنه عند غسيل الوحدة يتمدد الوسط الراتنجى ويصبح حجمه أكبر من حجمه الطبيعى أثناء الخدمة بحوالى ٧٥ إلى ١٠٠ %.

وأثناء عملية الغسيل يمكن أن يفقد جزء من المياه الراتنجية للوسط الترشيحى لذلك يجب فحص المياه الخارجة من الغسيل للتأكد من عدم خروج المادة الراتنجية معها.

٣ - المحلول الملحى

تعرف المرحلة الثالثة عادة بأنها مرحلة إعادة الشحن أو مرحلة المحلول الملحى وفى هذه المرحلة يتم إعادة شحن أيونات الصوديوم فى المادة الراتنجية عن طريق ضخ محلول ملحى مركز يسمح له بالدوران والالتفاف داخل الوحدة لإزاحة جميع المياه الموجودة داخل الوسط الترشيحى حتى يحدث التلامس بين المحلول الملحى والوسط الترشيحى (الراتنج).

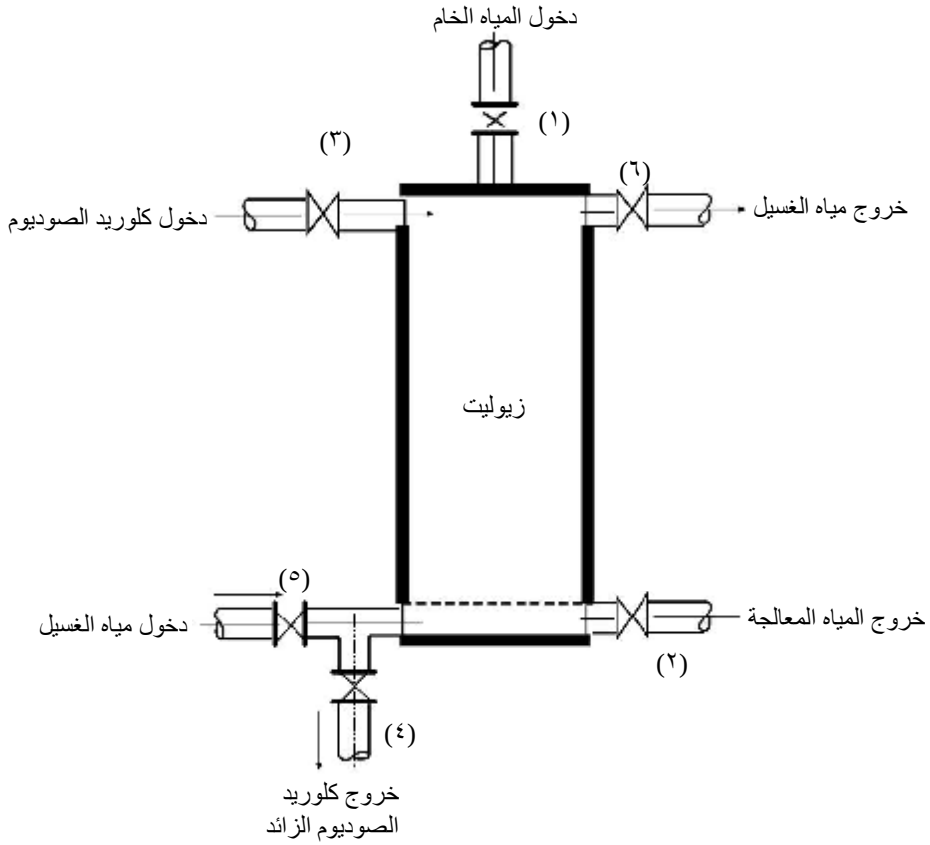
وأفضل تركيز للمحلول الملحى يكون حوالى من ١٠ – ١٤% محلول كلوريد الصوديوم وإذا زاد تركيز المحلول الملحى فإنه يضر بالوسط الترشيحى فالمحلول الذى تركيزه ٢٦ % يسبب صدمة تناضحية (Osmotic Shock) فى وسط الترشيح الراتنجى ويمكن أن يؤدى إلى انكساره وجرعة الملح المستخدمة هى أحد العوامل الهامة المؤثرة على سعة التبادل الأيونى وتتراوح بين ٨٠ إلى ٢٤٠ كجم/ م^{٣} من الراتنج.

٤ - مرحلة الشطف

وهى المرحلة الرابعة والأخيرة من عملية تشغيل وحدة التبادل فبعد السماح بفترة تلامس مناسبة بين المحلول الملحى والراتنج يجب شطف الوحدة بماء رائق ويتم الغسيل من أعلى الوحدة حتى تتم إزالة المحلول الملحى وأى مخلفات من وحدة التبادل ويتم مرور المياه مثل مرحلة الخدمة تمامًا فيما عدا أن الماء الخارج من الوحدة يصرف إلى المخلفات بدلاً من الذهاب إلى الخزان ويحتوى الماء الخارج على تركيزات مرتفعة من كلوريد الكالسيوم والمنجنيز.

تستغرق مرحلة الشطف من ٢٠ إلى ٤٠ دقيقة تبعًا لحجم وحدة التبادل وتعليمات الجهة المصنعة ولكن يجب فى جميع الأحوال مراعاة أن تستغرق عملية الشطف الوقت الكافى لإزالة تركيزات المخلفات من الوحدة. إذا تم إدخال الوحدة فى الخدمة بدون الشطف الكافى فسيتلاحظ أن الماء المنتج طعمه مالح. ويمكن تذوق الماء الخارج عند نهاية عملية الشطف لتحديد إذا كان قد تم إزالة أيونات الكلوريد أم لا ويمكن أيضًا قياس تركيز أيونات الكلوريد بواسطة اختبار التوصيل الكهربى للماء.

ويوضح الشكل رقم (٨-٣) رسما تخطيطيا لجهاز إزالة عسر الماء والأوضاع التشغيلية لمحابس التحكم المبينة فى الجدول رقم (٨-٢).



شكل رقم (٨-٣)
جهاز إزالة العسر

جدول رقم (٨-٢)
وضع الصمامات أثناء عملية الترشيح والتنشيط والغسيل

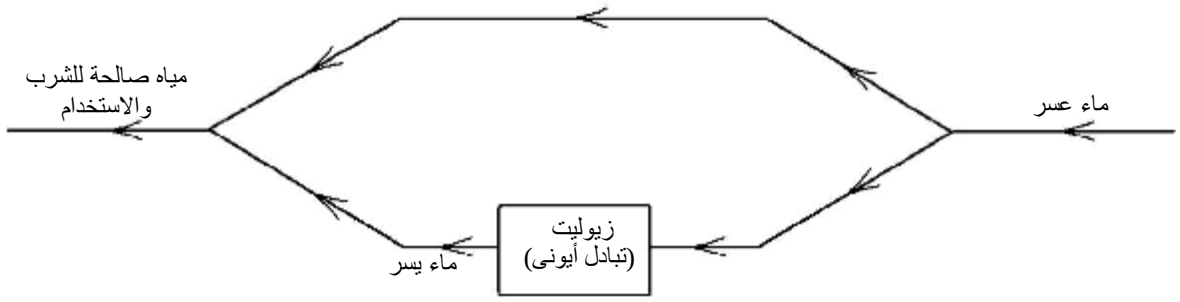
العملية	رقم الصمام وعمله						
	(١)	(٢)	(٣)	(٤)	(٥)	(٦)	(٧)
الخدمة	**مفتوح**	مغلق	مغلق	مفتوح	مغلق	مغلق	مغلق
الغسيل العكسى	مغلق	**مفتوح**	مغلق	مغلق	**مفتوح**	مغلق	مغلق
المحلول الملحى	مغلق	مغلق	**مفتوح**	مغلق	مغلق	**مفتوح**	مغلق
الشطف	**مفتوح**	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	مغلق	**مفتوح**

مميزات طريقة الزيوليت:

١. تشغل حيزاً أقل من طريقة الجير وكربونات الصوديوم.
٢. تزيل كل العسر الموجود بالماء مما يناسب بعض الأغراض الصناعية.
٣. لا ينشأ عنها أى رواسب يجب التخلص منها.
٤. سريعة الإنتاج – فلا تحتاج إلى وقت للتقليب أو الترسيب.
٥. تناسب العمليات الصغيرة.

عيوب طريقة الزيوليت:

١. تزيل كل العسر مما يجعل طعمها غير مستساغٍ للشرب – ولذلك يفضل مزج المياه المعالجة ببعض من الماء العسر لإكسابها طعماً مقبولاً كما هو موضح بالشكل رقم (٨-٤).
٢. المياه العسرة المحتوية على نسبة من العكارة أو أملاح الحديد تضر بالزيوليت – لذلك لا يفضل استخدام هذه الطريقة مع تلك المياه.
٣. قد تسبب المياه (بعد إزالة العسر منها) تآكلاً فى المواسير الحديدية.

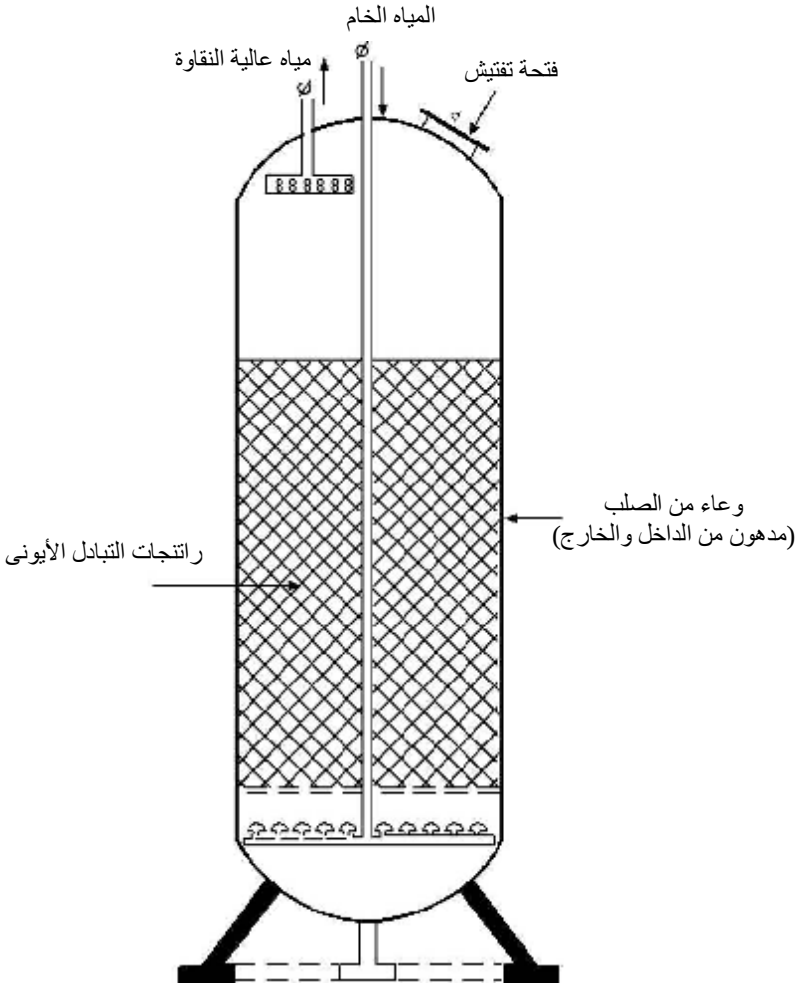


شكل رقم (٨-٤)
مزج المياه المعالجة ببعض من الماء العسر

الوحدات المدمجة لإزالة عسر المياه

تتميز وحدات إزالة عسر المياه المدمجة بالآتى:

١. تعمل على إزالة عسر الماء، فتزيل الأملاح من مياه الآبار لتلائم المواصفات القياسية للمياه اللازمة للعمليات الصناعية والغلايات والمستشفيات ودوائر تكييف الهواء، حيث تمنع تكون القشور والرواسب الناتجة عن أملاح العسر وتحولها إلى أملاح ذائبة فى الماء.
٢. تُستخدم فى هذه الوحدات راتنجات التبادل الأيونى ذات الكفاءة العالية (Exchange Resin Cation) وتعتبر تطويراً لأسلوب الزيوليت، كما أن عمرها الافتراضى طويل ولا تتأثر بالإجهادات فى التشغيل. ويُعاد تنشيط الراتنج المستعمل باستخدام ملح كلوريد الصوديوم.
٣. تتميز هذه الوحدات بسهولة صيانتها وإمكانية رفع كفاءتها فى أى وقت، كما يمكن إعادة شحنها بالراتنجات عند الحاجة.
٤. تصنع هذه الوحدات من الصلب الكربونى المدهون من الداخل والخارج بدهانات ايبوكسية مقاومة للصدأ، كما بالشكل رقم (٨-٥).
٥. الضغط المناسب للتشغيل ٢ كجم / سم٢.
٦. تعمل على تيار ذى جهد ٢٤٠ فولت – ٥٠ ذبذبة / ثانية.



شكل رقم (٨-٥)
وحدة إزالة عسر الماء سابقة التجهيز

إزالـــــة أمـــلاح الحديد والمنجنيز

يتسبب وجود أملاح الحديد والمنجنيز (Iron & Manganese) فى المـــاء فى كثير من المتاعب أهمها:

١. تواجد طعم غير مستساغ للمياه.
٢. تلوين الملابس والأدوات المنزلية والأجهزة الصحية للحمامات.
٣. تكوين قشور من الصدأ داخل المواسير الحديدية مما يتسبب فى تقليـــل مساحة مقطعها.

٤. توالد بكتيريا الحديد فى المياه المحتوية على تركيزات عالية من مركبات الحديد مما يتسبب فى سرعة تكون القشور داخل المواسير.
٥. تأكسد المنجيز الذائب فى الماء مكوناً رواسب فى المواسير مما يقلل من مساحة مقطعها وبالتالى من كفاءتها فى نقل الماء.

طرق إزالة أملاح الحديد والمنجنيز

يتوقف اختيار أسلوب إزالة أملاح الحديد والمنجنيز على طبيعة وجودهما فى الماء – لذلك فمن المفضل عمل تجارب معملية على عينة من المياه لتقرير الأسلوب المناسب. ومن الأساليب المستخدمة لهذا الغرض:

١. إضافة الكلور
٢. استعمال مرشحات الزيوليت
٣. إضافة الجير
٤. تهوية الماء

ويعتبر أسلوب تهوية الماء من أشهر هذه الأساليب وأكثرها فعالية، حيث يمكن باستخدامه التخلص من الغازات الذائبة فى الماء مثل كبريتور الهيدروجين وثانى أكسيد الكربون، بالإضافة إلى إزالة الروائح من الماء. وفيما يلى شرح تفصيلى لهذا الأسلوب.

تهوية الماء:

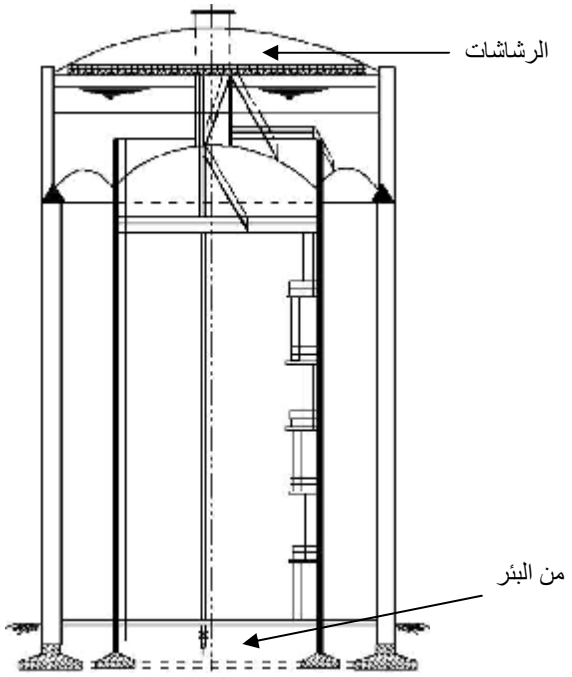
تتم أكسدة أملاح الحديد والمنجنيز باستخدام أسلوب تهوية الماء وتحويلها إلى أكاسيد الحديد والمنجنيز التى تترسب وتسهل إزالتها بالترشيح.

والأكسجين اللازم لإزالة مركبات الحديد من الماء هو ٠,١٤ جزء فى المليون لكل جزء فى المليون من الحديد المطلوب إزالته. وتتوقف كفاءة عملية التهوية على مساحة المسطح المائى ومدة بقاء هذا السطح معرضاً للهواء. وتستخدم الطرق الآتية فى تهوية الماء:

١. التهوية باستخدام النافورات.
٢. التهوية باستخدام الشلالات المتتالية.
٣. استخدام الهوايات ذات الصوانى المتعددة.
٤. التهوية بالهواء المضغوط.

أولاً: التهوية باستخدام النافورات (Spray Nozzles):

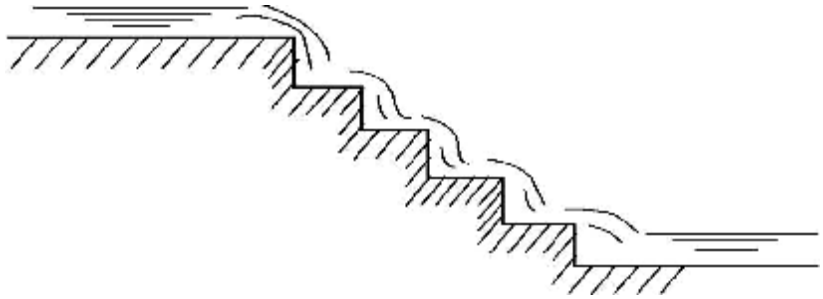
يتم ضخ المياه تحت ضغط عالٍ من خلال ماسورة مثقبة موجودة أعلى الوحدة، فتندفع المياه من هذه الثقوب (الرشاشات) مختلطة بالهواء الجوى حيث تتم عملية التأكسد، كما هو موضح بالشكل رقم (٨-٦)، وكلما صغرت قطرات الماء كلما زادت المساحة الكلية المعرضة للتهوية مما يزيد من كفاءتها. إلا أن بقاء قطرات الماء لثوان معدودة يحد من فاعلية هذه الطريقة. ومن عيوب هذه الطريقة احتياجها إلى مساحات كبيرة تشغلها النافورات بالإضافة إلى احتياجها لضغط عالٍ لدفع المياه فى النافورات.



شكل رقم (٨-٦)
تهوية الماء باستخدام النافورات

ثانياً: التهوية باستخدام الشلالات المتتالية (Cascade Falls):

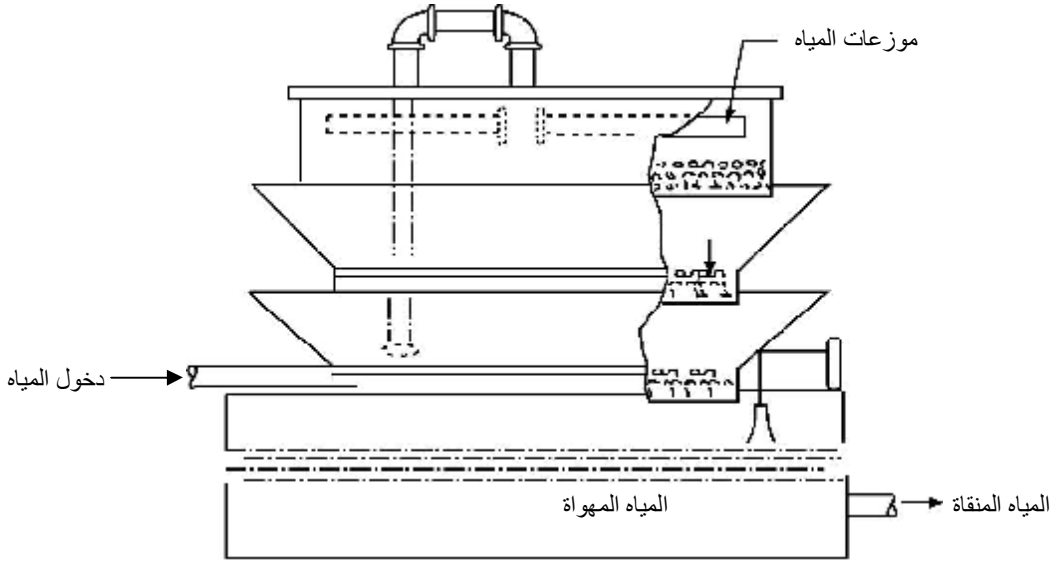
تتدفق المياه على مدرجات متتالية (سلالم) ينكسر عليها الماء فى طبقات رقيقة تساعد على اختلاط الهواء بالماء وتحدث عملية الأكسدة لمركبات الحديد والمنجنيز كما هو موضح بالشكل رقم (٨-٧).



شكل رقم (٨-٧)
تهوية المياه باستخدام الشلالات المتتالية

ثالثاً: استخدام الهوايات ذات الصوانى المتعددة (Multiple Tray Aerator):

يتكون هذا النظام من عدد من الصوانى المثقبة تعلو بعضها البعض بمسافة بينية قدرها نصف متر تقريباً. تحتوى كل من هذه الصوانى على طبقة من فحم الكوك أو الخبث المتخلف من صهر المعادن أو الحجارة أو الكرات الخزفية (Ceramic Balls) بارتفاع ٢٠ – ٣٠ سم. وتتراوح أحجام هذه الكرات من ٥ - ١٠ سم. يرش الماء على الصينية العليا على هيئة قطرات وذلك بمعدل ٢٥٠-٥٠٠ لتر/دقيقه فتتساقط المياه على طبقة الفحم وتمر من ثقوب الصينية العليا إلى التالية لها وهكذا، وتختلط بالهواء الذي يعمل على أكسدة الحديد والمنجنيز، شكل رقم (٨-٨).

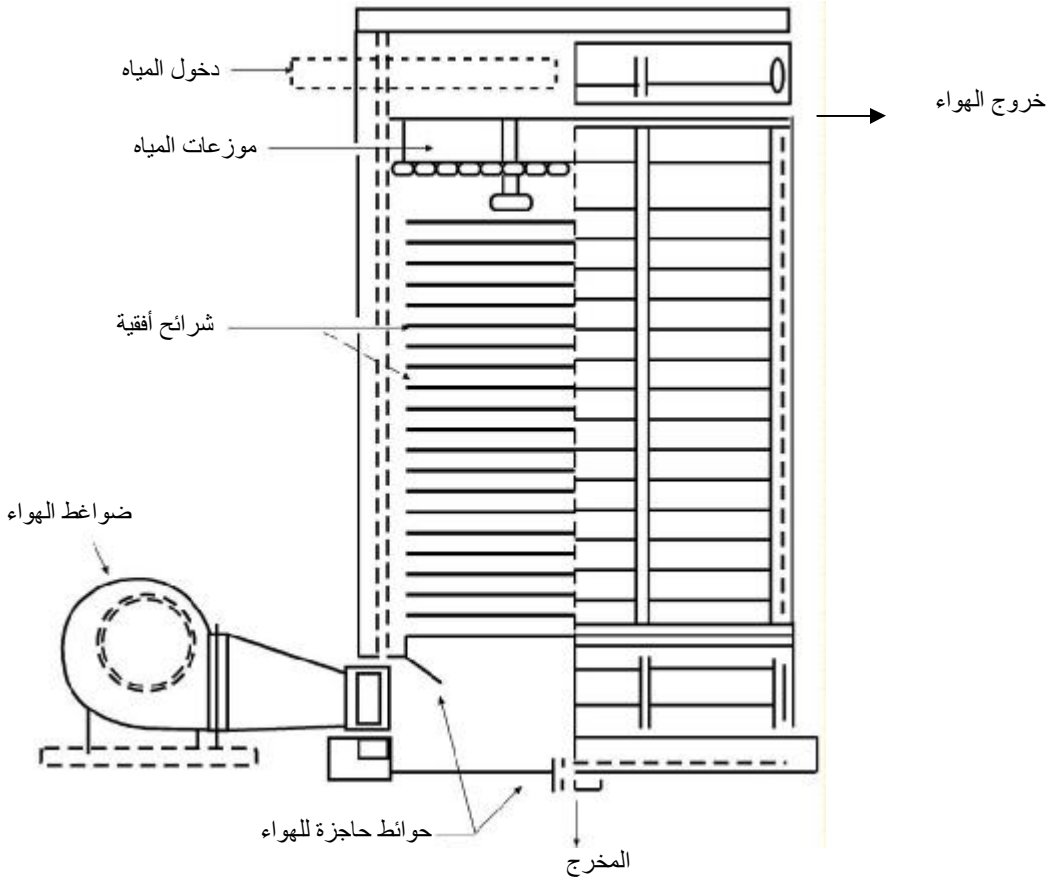


شكل رقم (٨-٨)
الهوايات ذات الصوانى المتعددة

رابعاً: التهوية بواسطة الهواء المضغوط (Compressed Air):

يتكون هذا المنشأ من أحواض خرسانية بأعماق ٣ - ٥ متر تدخل فيها المياه من أعلى وتمكث فيها ما بين ٥ - ٣٠ دقيقة. في أسفل هذه الأحواض توضع شبكة من المواسير المثقبة أو الأقراص المسامية. ويخرج الهواء المضغوط من هذه الثقوب أو المسام على شكل فقاقيع، كلما صغر حجمها زادت فعاليتها في التهوية.

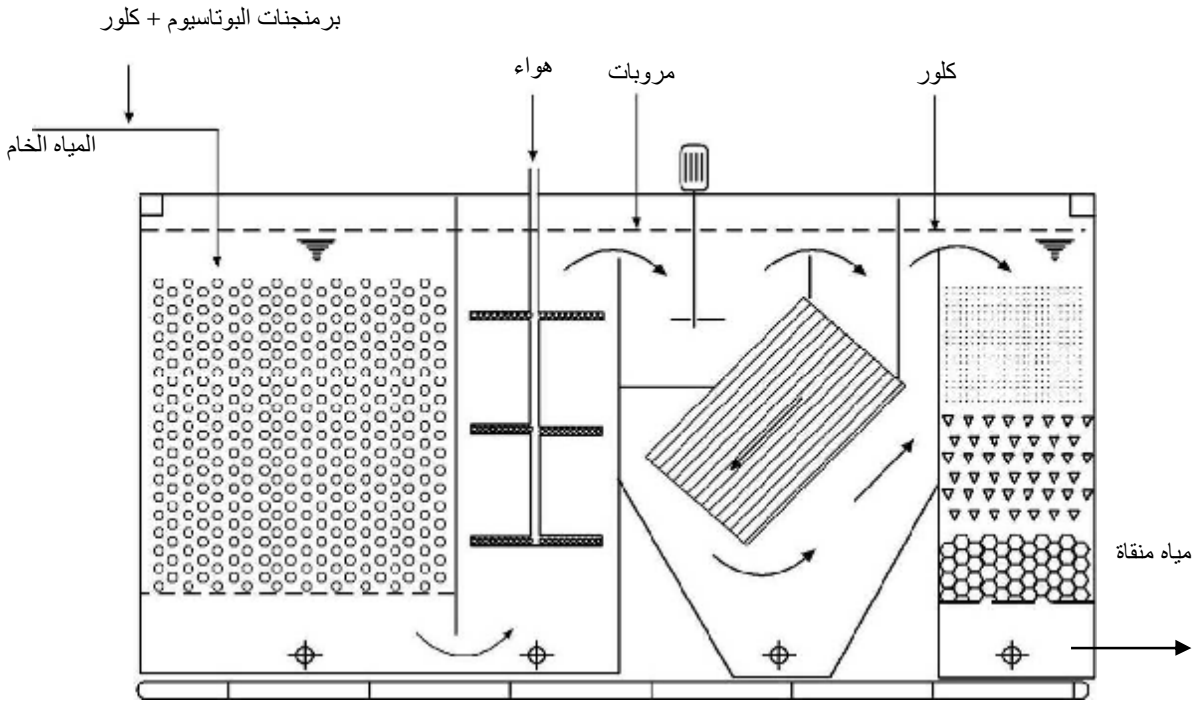
وتتميز هذه الطريقة بإمكان التحكم فى فترة بقاء الماء فى الحوض، كما أنها تساعد على ترويب المواد العالقة إذا أضيفت المروبات فى نفس الحوض مما يعمل على ترسيب أملاح الحديد، شكل رقم (٨-٩).



شكل رقم (٨-٩)
تهوية الماء باستخدام الهواء المضغوط

وحدات إزالة أملاح الحديد والمنجنيز

هى وحدات سابقة التجهيز على هيئة حاويات معدنية يمكن فكها وتركيبها، وهى تصنع محلياً ولا تحتاج لأى أعمال إنشائية عدا بلاطة من الخرسانة المسلحة لتركيب المحطة عليها على أساسات خرسانية، كما هو موضح بالشكل رقم (٨-١٠).



شكل رقم (٨-١٠)
وحدة إزالة الحديد والمنجنيز

وتتضمن وحدات إزالة الحديد والمنجنيز المراحل التالية:

١. حقن محلول برمنجنات البوتاسيوم فى المياه الخام.
٢. تعديل درجة الحموضة إلى القلوية المناسبة.
٣. تهوية الماء باستخدام الهواء المضغوط.
٤. حقن محلول مساعدات الترسيب والخلط السريع.
٥. الترسيب داخل مرسب أنبوبى (Tube Settler) الذى يتميز بمساحة سطحية كبيرة للترسيب ويناسب الرواسب الجيلاتينية.
٦. حقن محلول أو غاز الكلور للتعقيم وللتطهير.
٧. الترشيح النهائى على مرشح رملى بطىء للتخلص من جميع العوالق.

استخدام المواد الكيماوية فى تنقية المياه

مقدمة

تم فيما سبق استعراض مسببات الطعم والرائحة ووسائل معالجتها باستخدام بعض الطرق الكيماوية، بالإضافة إلى طرق التعامل المختلفة مع عسر الماء، ونوضح هنا استخدامات المواد الكيماوية المختلفة فى عمليات تنقية مياه الشرب وقد تشترك هذه الاستخدامات فيما تم شرحه سابقًا، ولكن الهدف هنا هو حصر استخدامات كل مادة كيماوية على حدة لتحديد استخداماتها وكيفية الاستفادة بها فى أعمال تنقية مياه الشرب، كما سنوضح هنا محددات استخدام كل مادة كيماوية فى أعمال التنقية.

١. برمنجنات البوتاسيوم

تستعمل برمنجنات البوتاسيوم لإزالة الرائحة والطعم واللون والبكتريا الضارة كما سبق الإشارة إليه، وكذلك للتخلص من المعادن كالحديد والمنجنيز، وتستعمل بصورة خاصة للسيطرة على المركبات الهالوجينية العضوية المعقدة والزيادات فى نسب مشتقات الكلور المستخدمة لتطهير المياه بواسطة استخدامها كعامل مؤكسد ومختزل فى نفس الوقت، وهى بشكل عام تستخدم كمزيل للرائحة والطعم واللون والطحالب والميكروبات الضارة وبديلا عن الكلور كما سبق الإشارة إليه.

الخواص الكيميائية لبرمنجنات البوتاسيوم:

خاصية الأكسدة:

تعتبر من المواد ذات قابلية التفاعل العالية فى الاستخدامات الصناعية فلها خواص أكسدة عالية على المركبات العضوية وغير العضوية على حد سواء. فهى تحتوى على أيون المنجنيز السباعى الذى يختزل إلى ثانى أكسيد المنجنيز ذو أيون المنجنيز الرباعى الذى يترسب خارج محلول التفاعل مسببا كل خواص الأكسدة المطلوبة، مع العلم أن التفاعل دائما طارد للحرارة وتحت ظروف تفاعلية حمضية وأن الأكسدة تعتبر نصف التفاعل تقريبا فتقدر كمية الطاقة الناتجة بحوالى ١,٥١-١,٦٨ فولت بينما اذا كان التفاعل تحت

ظروف قلوية فتقدر الطاقة الناتجة بحوالى ٠,٦٠ فولت وهذا فى غاية الأهمية فى معالجة المياه فالاحتياج إلى مادة سريعة التفاعل مطلوب ولكنه مقرون بدرجة الحرارة والأس الهيدروجينى للمياه والمادة والجرعة المضافة من المادة القابلية لتكوين رواسب لاتؤثر البواقى او الرواسب من برمنجنات بوتاسيوم على المعالجة المطلوبة لأنها تتميز بإعطاء المياه اللون الوردى إلى البنفسجى عند إضافتها للمياه.

ويتم توريد برمنجنات البوتاسيوم فى الحالة الصلبة الجافة بتركيز١- ٤٪ حسب الاحتياج فى المعالجة وعلى هذا كلما زاد التركيز المطلوب كلما اختلف اللون من بمبى الى بنفسجى فاتح الى بنفسجى غامق.

فكثافتها كمادة صلبة ١,٦ جم/ سم^{٣} وقابلية الذوبان فى المياه ٦,٤ جم/ مل عند ٢٠ درجة مئوية.

الاستخدامات الأولية لبرمنجنات البوتاسيوم:

هى عامل مباشر لتثبيط أنواع مختلفة من البكتريا والفيروسات فهى مزيلة للفطريات والميكروبات عند استخدامها بصورة عامة فى المعالجة. فهى تستخدم كمؤكسد للحديد والمنجنيز وترسبهم، وتستخدم كمؤكسد للمركبات المسببة للطعم والرائحة وترسبها، وتستخدم للسيطرة على الميكروبات الضارة وعدم انتشارها، وتستخدم أيضًا للتخلص من آثار مشتقات الكلور الزائدة المستخدمة فى المعالجة.

إزالة الحديد والمنجنيز:

تؤكسد برمنجنات البوتاسيوم الحديد الثنائى إلى ثلاثى والمنجنيز الثنائى إلى رباعى ويترسب الجزء المؤكسد على هيئة هيدروكسيد حديديك وهيروكسيد منجنيز حيث تعتمد ظروف التفاعل على طبيعة المياه ودرجة حرارتها وأسها الهيدروجينى، ومن خطوات التفاعل يتضح القلوية الناتجة من تفاعل حمضى

وتقدر نسب المواد المرسبة بناءا على القلوية الناتجة، ويكون غالبا التفاعل كالتالى:

$$3Fe^{2+} + KMnO_4 + 7H_2O \longrightarrow 3Fe(OH)_{3\,(s)} + MnO_{2\,(s)} + K^+ + 5H^+$$

$$3Mn^{2+} + 2KMnO_4 + 2H_2O \longrightarrow 5MnO_{2\,(s)} + 2K^+ + 4H^+$$

ويتضح من التفاعلات أن قلوية المياه تستهلك كالتالى:

- كل ١,٤٩ مجم/ لتر من القلوية (كربونات كالسيوم) تستهلك لكل ١ مجم/ لتر من الحديد.
- كل ١,٢١ مجم/ لتر من القلوية (كربونات كالسيوم) تستهلك لكل ١ مجم/ لتر من المنجنيز.

ويجب أن تؤخذ تلك الاستهلاكات من القلوية فى الاعتبارخاصة إذا كانت الشبة تستخدم مع البرمنجنات كمروب حيث يلزم وجود قلوية لإتمام عملية الترويب.

وتبلغ جرعة برمنجنات البوتاسيوم اللازمة لأكسدة ١ مجم من الحديد = ٠,٩٤ مجم/ مجم من الحديد، جرعة برمنجنات البوتاسيوم اللازمة لأكسدة ١ مجم من المنجنيز = ١,٩٢ مجم/ مجم من المنجنيز وتتم فى وقت يتراوح ما بين ٥ - ١٠ دقائق وعند أس هيدروجينى = ٧

إزالة المركبات المسببة للطعم والرائحة:

تتراوح جرعة برمنجنات البوتاسيوم اللازمة للتخلص من مسببات الطعم والرائحة بين ٠,٢٥، ٢٠ مجم/ لتر بناءًا على كميه المواد المسببة للطعم والرائحة، وتتراوح الجرعة المطلوبة للتخلص من الرخويات الآسيوية (Asiatic Clams) بين ١,١، ٤,٨ مجم/ لتر، وتتراوح بين ٠,٥، ٢,٥ مجم/ لتر للتخلص من القشريات (Zebra Mussels).

التحكم فى مشتقات الكلور للتطهير:

تلعب برمنجنات البوتاسيوم دورًا كبيرًا فى مساعدة مشتقات الكلور فى إجراء عملية تطهير مثالية. فعند استخدامها فى أولى مراحل المعالجة تقوم بأكسدة كل المركبات العضوية وتحويلها الى صورة مبسطة يسهل التخلص منها نهائيًا فى آخر مراحل المعالجة وهى عملية لا تؤثر على مستوى الكلور المطلوب لإجراء عملية التطهير والمعالجة النهائية.

خطوات التجربة:

يضاف محلول برمنجنات البوتاسيوم إلى خزانات مياه التغذية الأولية عند منطقة الخلط السريع إما مع المروبات أو عند خروج المروقات قبل الدخول إلى الفلاتر فتؤدى إلى زيادة فترة التلامس بين المياه ووسط الفلتر لزيادة فترة الترشيح. وعادة يجهز خزان منفصل لتحضير برمنجنات البوتاسيوم ويضخ بواسطة طلمبة حقن كيماويات إلى منطقة الترويب أو المروقات عن طريق شبكة من المواسير.

ولا تحتاج برمنجنات البوتاسيوم إلى احتياطات معينة من الأدوات أو المعدات للمزج والتحضير فهى مادة سريعة التفاعل والأكسدة لكفاءتها فى مجال التطهير وإزالة الميكروبات فتستخدم فى مجالات متعددة فى الصناعة كعامل مؤكسد وبديل للكلورة وللتخلص من الطحالب واللون والرائحة والطعم فهى تقوم مبدئيًا بأكسدة مباشرة لمواد الخلية البكتيرية أو تكسير إنزيمات النمو بها وذلك بترسيب رابع أكسيد المنجنيز / ثانى أكسيد المنجنيز داخل الخلية ليقوم بتدميرها تمامًا باتحاده مع مجموعات الهيدروكسيل الموجودة عند تكسير إنزيمات الخلية ليكون فلوكة تترسب إلى قاع خزانات الترسيب.

تأثير درجة الأس الهيدروجينى على برمنجنات البوتاسيوم:

عندما يكون الوسط قلويًا تصبح برمنجنات البوتاسيوم عاملاً مؤكسدًا قويًا للمواد العضوية، وعندما يكون الوسط حامضيًا تصبح برمنجنات البوتاسيوم عاملاً مطهرًا قويًا، وعلى هذا ندرك أنه كلما زاد تأثير برمنجنات البوتاسيوم كعامل مطهر كلما قل الأس الهيدروجينى.

تأثير درجة الحرارة على برمنجنات البوتاسيوم:
كلما زادت الحرارة، كلما كان تأثيرها بسيطًا على زيادة كفاءة برمنجنات البوتاسيوم كمزيل للبكتريا.

تأثير وجود المواد العضوية وغير العضوية الذائبة على برمنجنات البوتاسيوم:
كلما زادت المواد العضوية وغير العضوية المؤكسدة، كلما قل تأثير برمنجنات البوتاسيوم كعامل مطهر وذلك لاستفادة هذه المواد من العوامل المؤكسدة لبرمنجنات البوتاسيوم لتزيد من قدرتها على الأكسدة والتكاثر ولذلك يجب أن تعمل برمنجنات البوتاسيوم فى وسط أسه الهيدروجينى يتروا ح ما بين ٤ - ٩ لتحافظ على كفاءتها كعامل مؤكسد قوى ومطهر قوى أيضًا.

قدرتها على السيطرة والتخلص من البكتريا والفيروسات الضارة:
تختلف جرعة برمنجنات البوتاسيوم بناءًا على نوع البكتريا وقوتها وعددها الموجود وتتأثر أيضًا بعدد لفات الخلاط وزمن الخلط وفترة التلامس وبوجود الضوء أو بمعزل عنه، فتتراوح الجرعة من صفر - ٢,٥ مجم ومدة خلط ١٥ دقيقة ثم فترة تلامس لمدة ٢ ساعة عند درجة حرارة ثابتة تتراوح من ١٨,٢ – ٢٠ درجة مئوية وذلك لبعض أنواع بكتريا الكوليفورم، وتتراوح بالنسبة لباقى أنواع بكتريا الكوليفورم الأقوى والمعقدة ما بين ١، ٢، ٣، ٤، ٥، ٦ ملجم/ لتر بزمن تلامس ٣٠ دقيقة بعد كل إضافة على أن يحدث خلط لمدة ١٠ دقائق بعد كل إضافة.

وبالنسبة للميكروبات القوية كالكوليرا والتيفود فالجرعة المطلوبة = ٢٠ مجم/ لتر بزمن تلامس ٢٤ ساعة وخلط لمدة ١٥ دقيقة بعد الإضافة مباشرة، وبالنسبة للفيروسات تتروا ح جرعة برمنجنات البوتاسيوم بناءًا على نوع الفيروس الموجود والمطلوب التعامل معه فتتراوح الجرعة المطلوبة لإزالة فيروس البوليوفيروس حسب نوعه وقوته وعدده كالتالى:

٥٠ مجم/ لتر وزمن تلامس = ٢ ساعة لنوع الطولى (سترين)

٥ مجم/ لتر وزمن تلامس = ٣٣ دقيقة لنوع البيلو فيروس ١
٠,٥ - ٥ مجم/ لتر وزمن تلامس = ٥٢ دقيقة لأنواع السورجات والبكتريوفيج والإيكولاى عند أس هيدروجينى = ٦-٨.

المميزات:

- مؤكسد ومرسب قوى للحديد والمنجنيز.
- مؤكسد قوى للمركبات المسببة للرائحة واللون والطعم.
- سهلة النقل والتخزين والتشغيل.
- مسيطر على زيادات مشتقات الكلور المستخدمة للتطهير.
- مزيلة للميكروبات المسببة لآلام البطن والجهاز الهضمى.
- مزيلة للبكتريا والفيروسات.

العيوب:

- يلزم وقت تلامس طويل لإنهاء التفاعل.
- تعطى لونًا ورديًا للمياه.
- لها تأثير سلبى وسام على الجلد والعين.
- لها تأثير سلبى على الكبد وضغط الدم.

تداول مادة برمنجنات البوتاسيوم:

مادة برمنجنات البوتاسيوم منتج كيميائى جاف ذو حبيبات كريستالية ويفضل تداولها من المغذيات الجافة إلى خلاطات خاصة فى الحال قبل نقطة الحقن. ويجب أن تكون أماكن تخزين البرمنجنات جافة وجيدة التهوية حيث أن رطوبة الجو يمكن أن تحولها إلى عجينة أو كتل من المادة مما يسبب انسداد المغذيات ويحول دون التداول الجيد للمادة.

والتهوية أمر هام جدًا لتأمين العامل وحماية المعدات حيث ينتج عنها أتربة دقيقة أثناء التحميل والتفريغ مثيرة ومهيجة للعين والأغشية المخاطية، ولذلك يجب ارتداء النظارات الواقية والقفازات الجلدية والأقنعة وملابس المطر لحماية الجلد والملابس.

٢. تطهير المياه بواسطة الكلور

إذا تم اكتشاف وجود بكتريا فى أحد آبار المياه الجوفية فيكفي معالجته مرة واحدة بالكلور لإزالة هذه المشكلة أما إذا كانت البكتريا موجودة في الماء نفسه فيجب استخدام طلمبة تغذية بالكلور لحقن الكلور باستمرار في غلاف البئر أو إلى طلمبة ضخ الماء أو إلى الخط الواصل بين الطلمبة وخزان الضغط ويجب استخدام جهاز لمنع ارتداد الكلور إلى البئر عند توقف الطلمبة. وعادة تكون طلمبة الكلور موصلة كهربيا مع طلمبة الماء بحيث تعمل الطلمبتان معا في نفس الوقت ويجب المحافظة على قيمة الكلور المتبقي بين ٠,٢ - ٠,٦ مجم/ لتر ويعتمد زمن التلامس على كمية الكلور المتبقي ودرجة الحرارة والأس الهيدروجيني وعلى البكتريا الموجودة.

وتعتمد كمية الكلور المطلوبة لقتل البكتريا على كمية كبريتيد الهيدروجين والحديد الموجودة في الماء لأن جزء من الكلور يتم استهلاكه في أكسدة هذه المواد فكل ١ ملجم/ لتر من الحديد تستهلك ١ مجم/ لتر من الكلور وكل ١ مجم/ لتر من كبريتيد الهيدروجين تستهلك ٣ مجم/ لتر من الكلور فإذا كانت المياه تحتوى على سبيل المثال على ٣ مجم/ لتر من الحديد و٣ مجم/ لتر من كبريتيد الهيدروجين فيجب أن يضاف ١٢ مجم/ لتر من الكلور (٣ × ١ + ٣ × ٣ = ١٢) وبعد أن تتم أكسدة الحديد بواسطة الكلور يمكن إزالته بالترشيح أما كبريتيد الهيدروجين فيتأكسد إلى كبريتيات.

٣. ضبط الأس الهيدروجينى

المقصود بالأس الهيدروجيني:

هو تعبير عن شدة قاعدية أو حمضية المياه ويرمز له بالرمز pH وبالتعريف الحسابي هي سالب لوغاريتم تركيز أيون الهيدورجين $pH = - Log [H^+]$

وتوجد علاقة أساسية بين الرقم الهيدروجينى والحموضة والقلوية والماء الحمضي هو الذي يسبب تآكلا في المعدات أما الماء القلوي فيسبب تكون بعض القشور.

والرقم الهيدروجينى هو مؤشر عن حالة المياه القلوية أو الحمضية وتكون المياه حمضية إذا كانت أيونات الهيدروجين (H^+) أكثر من أيونات الهيدروكسيد (OH^-) وقلوية إذا حدث العكس ومتعادلا إذا تساوت القيمتان وتتراوح قيمة الرقم الهيدروجينى بين صفر و١٤ ويمثل رقم ٧ نقطة التعادل ويتراوح النطاق العادى لمياه الشرب بين ٦ : ٨,٥ ويتأثر الرقم الهيدروجينى عادة بالظروف الجيولوجية الطبيعية فى الموقع وأنواع الأملاح التى تتواجد فى الصخور المحيطة. كما يمكن أن يتأثر الرقم الهيدروجينى بسقوط الأمطار الحمضية. والماء الذى له رقم هيدروجينى أقل من ٧ هو ماء ذو طبيعة حمضية ويكون ذا طبيعة عدوانية (أكالة)، حيث يمكن أن يذيب المعادن من نظام المياه (السباكة) مما يؤدى إلى حدوث تسريب من المواسير وهذه المعادن المنفصلة من المواسير مثل الرصاص أو النحاس يمكن أن تؤدى إلى مشاكل صحية.

أما إذا كان الرقم الهيدروجينى للمياه أكبر من ٧ فهذا دليل على قلوية هذه المياه ويؤدى هذا إلى تغيير طعم المياه وترسيب قشور.

طرق ضبط الأس الهيدروجينى:

- لزيادة الرقم الهيدروجينى يجب إضافة مادة قاعدية للحصول على منتج متعادل ويمكن استخدام المواد الكيماوية التالية:
  - رماد الصودا Soda Ash
  - الجير
- لتقليل الرقم الهيدروجينى يتم إضافة مادة حمضية.

أ- إضافة رماد الصودا/ أيدروكسيد الصوديوم:

تستخدم هذه الطريقة إذا كانت المياه حمضية (رقم هيدروجينى منخفض) عند الحقن فى المياه يقوم رماد الصودا (كربونات الصوديوم) وهيدروكسيد الصوديوم بزيادة الرقم الهيدروجينى للماء حتى يصل الماء لدرجة التعادل وهذه الطريقة تتميز بعدم إحداث مشاكل عسر الماء.

ويتم إضافة رماد الصودا باستخدام طلمبات حقن مضادة للتآكل عند مدخل المياه ويجب أن يتم إضافة المحلول مباشرة فى البئر الجوفى لحماية قاعدة البئر والطلمبة من التآكل ويمكن إضافة محلول الكلور (هيبوكلوريت الصوديوم) أيضًا إذا كانت هناك حاجة لتطهير الماء.

ب - إضافة الأحماض:

يتم إضافة الأحماض لمعالجة الرقم الهيدروجينى المرتفع حتى يصل إلى حوالى ٧ وهذا يزيل طعم الصودا من الماء ويحسن من فعالية عمليات الكلورة ويقلل من احتمالية تآكل المواسير حيث أن المياه التى لها رقم هيدروجينى أكبر من ٩ يمكن أن تؤدى لتآكل المعادن مثل النحاس والزنك والألومنيوم والحديد.

ولإضافة الأحماض يمكن استخدام طلمبات حقن مصنوعة من مادة مقاومة للتآكل تقوم بحقن حامض (مثل الخل الأبيض) إلى المياه ويمكن استخدام حامض الستريك والشبة بدلاً منه رغم ارتفاع ثمنها ويمكن استخدام محلول مخفف من حمض الهيدروكلوريك أو الكبريتيك لخفض الرقم الهيدروجينى ولكنها تحتوى على بعض المخاطر وتحتاج لعناية خاصة فى التداول ويمكن اللجوء إليها إذا زاد الرقم الهيدروجينى عن ١١ ويتم ضبط معدل التغذية إلى أن يصل الرقم الهيدروجينى إلى قرب ٧.

الفصل التاسع

المخلفات الناتجة من عمليات تنقية المياه

الفصل التاسع

المخلفات الناتجة من عمليات تنقية المياه

أهداف الأداء (التعلم):

بانتهاء التدريب على هذا الفصل، ينبغي أن يكون الدارس قادراً على أن:

- يحدد العوامل التى تؤثر فى حجم الروبة المنتجة.
- يقدر كمية الروبة الناتجة من المروقات والروبة الناتجة من غسيل المرشحات.
- يذكر الطرق المختلفة لعملية تجفيف الروبة.
- يصنف بحيرات تجفيف الروبة وأسس تصميمها وإجراءات صيانتها.
- يشرح الطرق المختلفة للتجفيف الميكانيكى للروبة.
- يذكر طرق التخلص من الروبة.

مقدمة

إن مشكلة التخلص من الروبة فى محطات تنقية مياه الشرب هى مشكلة هامة تواجه مشغلى محطات المياه. حيث أنه عادة يتركز اهتمامهم على إنتاج مياه آمنة تصلح للشرب والاستهلاك الآدمى دون الاهتمام بالتخلص الآمن من مخلفات عمليات تنقية المياه. وتَعتبِر الروبة الناتجة من محطات تنقية المياه مخلفات صناعية تتطلب عمليات مناسبة للتداول والتخلص منها.

ونتيجة للنمو السكانى وزيادة مصادر التلوث بالمجارى المائية، فقد صدرت القوانين واللوائح التى تمنع صرف أى مخلفات من شأنها الإضرار بالمسطحات المائية والبيئة. وطبقا للقانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢ فإنه يجب الحصول على تصريح لصرف مياه الروبة الناتجة من العمليات من محطة تنقية مياه الشرب إلى مصادر المياه السطحية. ويضع هذا التصريح حدوداً لخصائص جودة مياه الصرف مثل الرقم الهيدروجينى (pH)، والمواد الصلبة العالقة الكلية، والمواد الصلبة القابلة للترسب، والأكسجين الحيوى الممتص (BOD).

ويمكن تقسيم محطات تنقية المياه من حيث المخلفات الناتجة منها إلى ٣ أنواع هى:

١. المحطات التى يوجد بها إحدى العمليات التالية:
   - الترويب.
   - إزالة الحديد والمنجنيز بالأكسدة.
   - الترشيح المباشر.
٢. محطات تستخدم التيسير الكيميائى فقط.
٣. محطات تجمع بين الترويب والتيسير الكيميائى أو أكسدة الحديد والمنجنيز مع التيسير الكيميائى.

وفى الماضى كان يتم صرف مخلفات مياه الغسيل أو الروبة على البحيرات والأنهار والمجارى المائية والروافد وبصدور القوانين واللوائح التنظيمية لم يعد بإمكان محطات التنقية صرف مياه الغسيل أو الروبة المترسبة إلى المسطحات والمجارى المائية، حيث يجب أن يتم مراقبة وتحليل المياه المنصرفة وقياس مؤشرات نوعيتها مثل pH، العكارة، كمية المواد الصلبة

العالقة، الأملاح الذائبة الكلية. ولذلك يجب على جميع المحطات إيجاد وسيلة للتخلص من نواتج المعالجة بطريقة قانونية.

المصادر المختلفة للمخلفات فى محطات التنقية

تمثل المواد الصلبة العالقة فى المياه العكرة المصدر الرئيسى للروبة الواجب التخلص منها كنتيجة لتنقية مياه الشرب. كما أن الكيماويات نفسها المستخدمة فى أعمال التنقية، وخصوصاً الشبَّة، تعتبر مصدراً ثانوياً للروبة.

وفى معظم محطات تنقية مياه الشرب، يتم إزالة أكثر من ٩٩% من المواد الصلبة العالقة فى مياه المصدر بواسطة عمليات الترسيب والترشيح وهذه العمليات تقوم بتركيز المواد الصلبة الواردة فى مياه المصدر وكيماويات المعالجة، ثم تجميعها ومعالجتها لتقليل حجمها قبل التخلص النهائى منها.

ويمكن إيجاز المصادر المختلفة للمخلفات فى محطات التنقية فيما يلى:

١. مخلفات المصافى.
٢. روبة الشبة والبوليمرات فى أحواض الترسيب.
٣. مياه غسيل المرشحات.
٤. التيسير بالجير – الصودا.

طرق تجميع الروبة

الكاسحات الميكانيكية (زحافات مطاطية) أو أجهزة الشفط بالخلخلة.

١. الطريقة اليدوية (الخراطيم والممسحة اليدوية).
٢. الضخ (فى عربات نقل أو معدات نزع المياه).
٣. خطوط تجميع.

طرق تجفيف الروبة (نزع المياه)

١. برك التجفيف بالتعريض للشمس(اللاجون).
٢. أحواض التجفيف الرملية.
٣. الطرد المركزى.
٤. السيور الضاغطة.
٥. المرشحات الضاغطة.
٦. المرشحات المخلخلة.

حجم الروبة

بعد تجميع الروبة ومياه غسيل المرشحات يجب إيجاد وسيلة لتداولها سواء بمعالجتها أو التخلص منها، وتشمل هذه الوسائل أحواض الترسيب، برك معالجة لمياه الغسيل، أحواض التجفيف، البحيرات، أحواض التخزين، أراضى مناسبة، شبكات الصرف الصحى.

وتعتمد كمية الروبة المتجمعة على نوع وكمية المواد العالقة فى المياه العكرة القادمة من مصدر المياه والتى سيتم تنقيتها بالإضافة إلى جرعة المروبات المضافة للمياه ونوعها.

ومن الممكن استخدام البوليمرات العضوية بدلاً من الشبة لتقليل حجم الروبة المنتجة فالروبة الناتجة من البوليمرات تكون عادة أكثر كثافة وأسهل فى تصفية المياه منها حيث يسهل نقلها فيما بعد. وبالنسبة للمحطات التى لا يوجد بها أجهزة تجميع يتأثر حجم الروبة الناتجة وعدد مرات إزالتها بعدة عوامل يمكن إيجازها فيما يلى:

١. الإنتاجية المطلوبة من محطة التنقية.
٢. محتوى المواد الصلبة العالقة وأوقات الذروة على الطلب.
٣. درجة حرارة الماء (يزداد معدل الترسيب كلما زادت درجة الحرارة).
٤. زمن المكث (تزداد كمية الروبة المترسبة كلما زاد زمن المكث).
٥. حجم الروبة المترسبة فى الحوض (كلما زاد حجم الروبة المترسبة قل حجم الحوض وبالتالى يقل زمن المكث وتقل كفاءة الحوض).
٦. حجم التخزين للمياه المعالجة (كلما زاد حجم خزان المياه المعالجة كلما زاد الزمن المتاح لإزالة والتخلص من الروبة).
٧. الزمن المطلوب للتنظيف وعمل الإصلاحات أثناء الإيقاف.
٨. وجود أحواض تجفيف مناسبة أو برك أو مدافن أو سيارات كسح.

ويجب تفريغ أحواض الترسيب من المياه وتنظيفها مرتين على الأقل كل سنة ومن الممكن زيادة ذلك إذا كانت الروبة المترسبة تفسد عمليات التنقية

(الترشيح والتطهير). وتكون نسبة المواد الصلبة فى روبة الشبة أو البوليمرات من ٠,٥ إلى ١ % إذا تمت إزالة الروبة باستمرار وتصل من ٢ إلى ٤ % إذا تركت الروبة لتتراكم.

وفى نوع آخر من المحطات (غير شائعة الاستخدام) تقوم أحواض الترسيب أيضا بعمل استخلاص مياه الغسيل العكسى، فى هذه الحالة يتم ضخ مخلفات مياه الغسيل إلى بداية المحطة والمواد الصلبة سوف يترسب معظمها عند تدفق المياه خلال أحواض الترسيب، هذه الطريقة لن تغنى عن الحاجة إلى بحيرات استخلاص مياه الغسيل.

ولحساب كمية الروبة من ترسيب المواد الصلبة، فإنه يجب معرفة ما يلى، مبدئيًا:

معدل تدفق المياه العكرة م^3/ يوم

تركيز المواد الصلبة TSS جزء من المليون (مجم/ لتر) – (جم/ م^3)

تقدير كمية الروبة

تتكون روبة محطة التنقية من مصدرين:

١. الروبة الناتجة من المروقات.
٢. الروبة الناتجة من مياه غسيل المرشحات.

ويمكن تقدير كمية الروبة تقريبيًا من خلال العناصر التالية:

- المحطات التى لا يوجد بها عدادات لقياس التصرف يتم اعتبار أن كمية الروبة = ٦ – ٨ % من كمية المياه العكرة الداخلة إلى المحطة، وعلى سبيل المثال لو أن كمية المياه العكرة الداخلة إلى المحطة قدرها ١٠,٠٠٠ متر مكعب فى اليوم فتكون كمية الروبة تساوى من ٦٠٠ - ٨٠٠ م^3/ يوم.
- فى المحطات التى يوجد بها أجهزة قياس يتم احتساب كمية الروبة من خلال هذه الأجهزة (سواء أجهزة قياس فوق صوتية أو أجهزة قياس تعمل بالمجال الكهرومغناطيسى).

- فى المحطات التى يوجد بها عنبر روبة يتم حساب كمية الروبة تقريبًا على أساس عدد ساعات تشغيل الطلمبات بمعرفة تصرف الطلمبة.

وحتى يمكن تقدير كمية الروبة بطريقة أدق، فإنه يجب التعرف على مصادر هذه الروبة من خلال عمليات التنقية والتركيز المختلف لها فى كل من المراحل المختلفة بالتنقية.

روبة المروقات

وفى حالة روبة المروقات فهى عبارة عن ترسبات لهيدروكسيد الألمنيوم والطمى والرواسب ومواد عضوية وغير عضوية وهي نتيجة مصدرين:

١. الروبة الناتجة من المواد الصلبة القادمة مع المياه العكرة.
٢. الروبة الناتجة من المروبات (الشبة).

ولحساب كمية الروبة من ترسيب المواد الصلبة، فإنه يجب معرفة ما يلى:

- معدل تدفق المياه العكرة م^3/ يوم
- تركيز المواد الصلبة TSS جزء من المليون (ملجم/ لتر) – (جم/ م^3)
- جرعة المادة المروبة (الشبة) جزء من المليون (ملجم/ لتر) – (جم/ م^3)
- تركيز الروبة الصلبة %
- كثافة الروبة كجم/ م^3

مثال لحساب وتقدير حجم الروبة الناتجة من المروقات:

لديك محطة تنقية مياه لها معدل تدفق ٥٠,٠٠٠ م^3/ يوم تقوم بتنقية مياه تحتوى على تركيز مواد صلبة ٣٠ جم/ م^3 وتستخدم الشبة فى عمليات الترويب. المطلوب حساب كمية الروبة الناتجة من المروقات طبقًا للبيانات التالية:

- معدل تدفق المحطة في اليوم = ٥٠,٠٠٠ م^3/ يوم
- تركيز المواد الصلبة TSS = ٣٠ PPM جزء في المليون = ٣٠ جم/ م^3
- جرعة الشبة = ٣٥ PPM = ٣٥ جم/ م^3
- تركيز الروبة الصلبة = ١%
- كثافة الروبة = ١٠٠٠ كجم/ م^3

المطلوب

أ. حساب وزن روبة المواد الصلبة (كجم/ يوم).

ب. حساب وزن روبة الشبة (كجم/ يوم).

ج. حساب إجمالي وزن روبة المروقات (كجم/ يوم).

د. حساب إجمالي حجم روبة المروقات (عند تركيز ١%).

الحل

أ. وزن الروبة الناتجة من ترسيب المواد الصلبة =

$$= \text{معدل تدفق المياه العكرة } (م^3/\text{يوم}) \times \frac{\text{تركيز المواد الصلبة } (\text{جم}/م^3)}{١٠٠٠}$$

$$٥٠,٠٠٠ \ (م^3/\text{يوم}) \times \frac{٣٠ \ (\text{جم}/م^3)}{١٠٠٠} = ١٥٠٠ \text{ كجم/ يوم}$$

ب. وزن الروبة الناتجة من الشبة:

يمكن حساب حجم الروبة الناتجة من الشبة بحساب الأوزان الذرية حيث وجد أن كمية الروبة الناتجة من ترسيب المواد الصلبة تتراوح بين ٨,٢ – ١٦,٢ جم/ م^3 عند استخدام جرعات شبة تتراوح بين ٣٠ جم/ م^3 إلى ٧٠ جم/ م^3 وفى هذا المثال وبفرض اعتبار أن متوسط تركيز الروبة المترسبة حوالى ١٠ جم/ م^3 نظرًا لأن جرعة الشبة المستخدمة هى٣٠ جم/ م^3 ومنها نجد أن:

$$\therefore \text{وزن الروبة الناتجة من الشبة} = ٥٠٠٠٠ \times \frac{١٠}{١٠٠٠} = ٥٠٠ \text{ كجم/ يوم}$$

ج. إجمالي وزن الروبة الصلبة الجافة = روبة المروقات + روبة الشبة (كجم/ يوم)

= ١٥٠٠ + ٥٠٠ = ٢٠٠٠ كجم/ يوم

د. إجمالي حجم الروبة (عند تركيز ١%) = $\frac{\text{إجمالى وزن الروبة الصلبة الجافة}}{\text{تركيز الروبة الصلبة (\%)} \times \text{كثافة الروبة}}$

$$\text{إجمالى حجم روبة المروقات} = \frac{٢٠٠٠ \text{ كجم/ يوم}}{٠,٠١ \times ١٠٠٠ \ (\text{كجم}/م^3)} = ٢٠٠ \ م^3/\text{يوم}$$

روبة المياه الناتجة من غسيل المرشحات

لحساب كمية المواد الصلبة (الروبة) في مياه الغسيل الناتجة من غسيل المرشحات، فإنه يلزم معرفة ما يلى:

- عدد المرشحات التي يتم غسيلها في اليوم.
- كمية مياه الغسيل المستهلكة لكل مرشح (م^3) وهي تساوي

$$\frac{\text{تصرف طلمبة الغسيل (م}^3\text{/ س)}}{\text{٦٠ (ق/ س)}} \times \text{مدة الغسيل بالمياه (ق) م}^3$$

- إجمالي كمية مياه الغسيل المستهلكة في اليوم (م^3/ يوم)

= عدد المرشحات التي يتم غسيلها في اليوم × كمية المياه المستهلكة لكل مرشح

- نسبة المواد الصلبة في مياه الغسيل وهي تتراوح ما بين ٤ – ١٠ PPM (أو ملجم/ لتر أو جم/ م^3).

ولحساب كمية (وزن) المواد الصلبة التى تحتويها مياه غسيل المرشحات تستخدم المعادلة التالية:

$$\text{إجمالي وزن المواد الصلبة بمياه غسيل المرشحات} = \text{كمية مياه الغسيل في اليوم (م}^3\text{)} \times \frac{\text{نسبة المواد الصلبة (جم/ م}^3\text{)}}{١٠٠٠}$$

فإذا كانت كمية المياه المطلوبة لغسيل المرشح الواحد ٢٥٠ م^3 فى المرة الواحدة وعدد المرشحات التى يتم غسيلها في اليوم ١٢ مرشح

فإن كمية المياه المستهلكة في الغسيل ٢٥٠ × ١٢ = ٣٠٠٠ م^3/ يوم

$$\therefore \text{وزن المواد الصلبة في اليوم} = \text{٣٠٠٠ م}^3\text{/ يوم} \times \frac{\text{١٠ جم/ م}^3}{١٠٠٠}$$

= ٣٠ كجم/ يوم

وهي كمية صغيرة جدا بالمقارنة بروبة المروقات ويمكن إهمالها.

ويمكن الآن حساب نسبة الفاقد من المحطة من خلال معرفة كمية مياه الغسيل والروبة المتكونة كما يلى:

نسبة مياه الغسيل اليوميـــة = كمية مياه الغسيل / التدفق الوارد للمحطة = ٣,٠٠٠ / ٥٠,٠٠٠ = ٦ % (مـــن المياه الواردة للمحطة).

إجمالى حجم الروبة الناتجة من المروقات = ٢٠٢,٥٠ م^{٣}/ يوم

إجمالى حجم مياه الغسيل + إجمالى حجم الروبة = ٣٠٠٠ + ٢٠٢,٥٠ = ٣٢٠٢,٥ م^{٣}

نسبة حجم مياه الغسيل والروبة (الفاقد) = إجمالى حجم مياه الغسيل والروبة / التدفق الوارد للمحطة = ٣٢٠٢,٥٠ / ٥٠,٠٠٠

= ٦,٥ %

عملية تجفيف الروبة

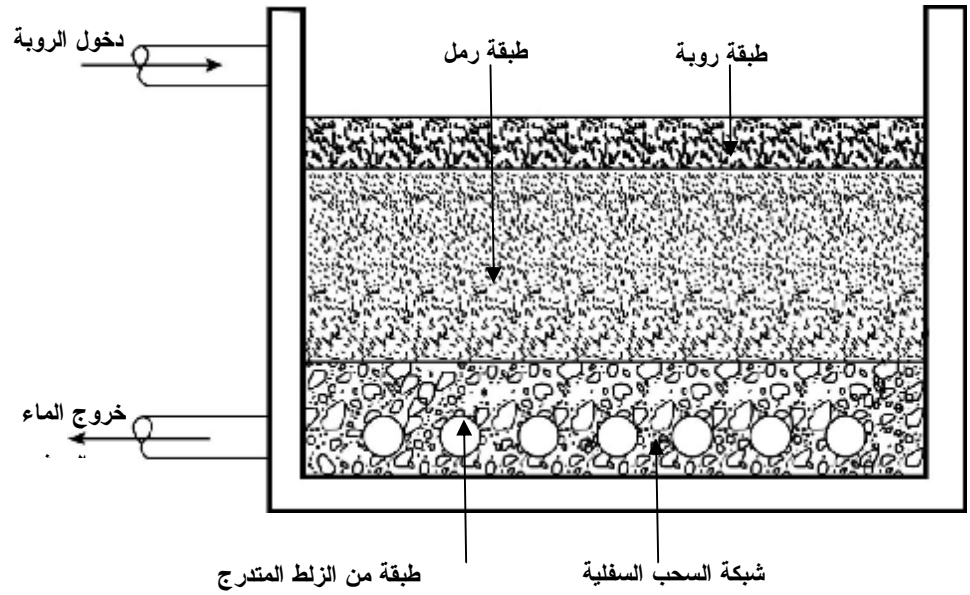
توجد العديد من طرق تجفيف الروبة الروبة الناتجة عن أحـــواض الترســـيب ومنها أن يتم ضخها بعد تركيزها إلى أحواض خاصة للتجفيف مـــن خـــلال عملية البخر والترشيح داخل طبقات من الرمل.

أحواض التجفيف الرملية

يتم استخدام أحواض التجفيف الرملية فى تجفيف الروبة حيث تتواجد كميـــات كبيرة من المواد الصلبة وتشبه أحواض التجفيف الرملية المرشحات الرمليـــة إلى حد كبير، فهى تتكون من طبقات من الرمال وطبقة مـــن الـــزلط تحمـــل الرمال، ثم يوجد تحتها نظام لسحب المياه ووسيلة يدوية أو ميكانيكية لإزالـــة الروبة، ويتم إنشاء أحواض التجفيف بحيث تكون شـــبكة الصـــرف الســـفلية مغطاة بطبقات من الزلط والرمل ويتم تفريغ مياه التصافى فى بئر، حيث يتم ضخها بالطلمبات وإعادتها إلى مدخل المحطة ليـــتم معالجتهـــا وعـــادة يـــتم استخدام ٣ أحواض مع بعضهم حيث يتم ترك أحدهم يجف بينما يكون الأخر فى مرحلة الملء بالروبة المسحوبة من أحواض الترسيب، بينما يـــتم تفريـــغ الحوض الثالث ونقل الروبة الجافة منه. ويمكـــن تحســـين كفـــاءة أحـــواض التجفيف إذا تم إضافة مواد كيماوية مروبة إلى هذه الروبة.

ويمكن أن يتراوح زمن التجفيف من عدة أيام إلى عدة أسابيع طبقـــا لحالـــة الجو من حيث درجة الحرارة، والرطوبة، والرياح، وكمية المـــواد المروبـــة

التى تضاف قبل العملية، ويختلف تكرار إزالة الروبة من محطة لأخرى طبقاً لكمية الروبة المنتجة، وحجم حوض التجفيف والظروف الجويـــة المحيطـــة، ويوضح الشكل رقم (٩-١) مكونات حوض التجفيف الرملى.



شكل رقم (٩-١)
أحواض التجفيف الرملية

بحيرات التجفيف (Drying Lagoons)

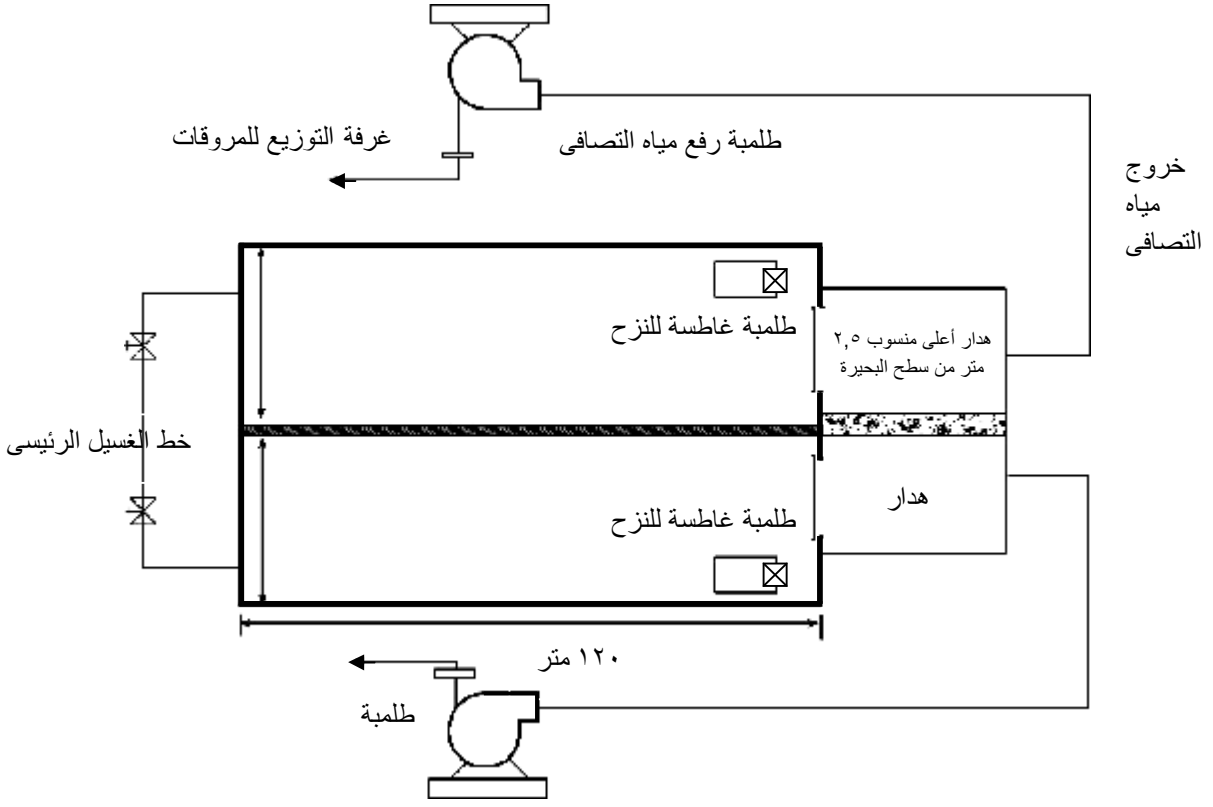
يوجد هذا النظام فى بعض المحطات ذات السعة الإنتاجية الكبيرة لتجفيف الروبة والتخلص الآمن منها ولهذه المحطات ميزة كبيرة وهى أن الفاقد فى مياه الشرب يكاد يكون معدوما حيت لا يزيد عن ١% من إجمالى الطاقة الإنتاجية، ويوضح الشكل رقم (٩-٢) مكونات بحيرات التجفيف (Drying Lagoons).

أســـس تصميم بحيرات اللاجون

تبلغ مساحة بحيرة اللاجون لترسيب المواد الصلبة حوالى ٦٠ X ١٢٠ متر ويحيط بالبحيرة جسر ترابى بارتفاع من ٣ : ٤ متر ويتكون الجسر الترابى من طبقات من الرمل ويتم عمل طبقة عازلة خاصة داخل البحيرة لمنع

تسرب المياه الملوثة إلى طبقات التربة ويتم تكسيتها بعد ذلك بالدبش (الحجر الجيرى) وتتلخص فكرة عمل بحيرة اللاجون كما يلى:

١. إنشاء عدد (٢) بحيرة على الأقل لعمل الصيانة الدورية ونقل المخلفات الصلبة.
٢. تدخل مياه غسيل المرشحات بالإضافة إلى مياه روبة أحواض الترسيب إلى مدخل بحيرة اللاجون عن طريق مواسير يتراوح أقطارها مابين ٦٠٠ : ٨٠٠ مم.
٣. تحدث عملية ترسيب الرمال والمواد الصلبة فى قاع البحيرة.
٤. تخرج المياه الطافية (Supernatant) خالية من الرمال والمواد الصلبة من خلال هدار (Weir) ذى منسوب عالى قابل للتحكم إلى بيارة السحب لطلمبات اللاجون.
٥. يتم إعادة وتدوير المياه إلى غرفة التوزيع للمروقات لإعادة تنقيتها.



شكل رقم (٩-٢)

بحيرات التجفيف (Drying Lagoons)

إجراءات صيانة بحيرة اللاجون

١. إيقاف أحد بحيرات اللاجون لعمل الصيانة الدورية.
٢. يتم إغلاق محابس الدخول والخروج للبحيرة.
٣. يتم سحب المياه الموجودة بواسطة طلمبة غاطسة تركب فى مكان محدد لها فى البحيرة.
٤. يتم عمل صيانة للجسر الترابى بإعادة تدبيش الأجزاء المتهالكة منه.
٥. يتم ترميم الطبقة العازلة فى حالة تلفها على جانبى الجسر.
٦. تترك البحيرة لمدة ٧ أيام لتجفيف المواد المترسبة تحت تأثير حراره الشمس.
٧. يتم نزول اللوادر الخفيفة أو العمالة وسيارت النقل القلابة الصغيرة لحمل المواد المترسبة إلى خارج البحيرة ويتم التخلص النهائى منها فى المقالب العمومية المعتمدة لذلك.
٨. يتم عمل صيانة شاملة للطلمبات وكذلك الطلمبة الغاطسة.
٩. إجراء صيانة شاملة للوحات الكهربية.
١٠. يتم تشغيل البحيرة وإيقاف الأخرى لعمل الصيانة.
١١. تتم هذه العملية بصفه دورية كل ٣ شهور حيث أن كل ١٠٠٠٠ متر مكعب من مياه الغسيل والمروقات تعطى ارتفاع ١ سم على مسطح البحيرة أو حسب كمية العكارة فى مياه النيل NTU.

التجفيف الميكانيكى للروبة

يعد نزع المياه الموجودة بالروبة ذو فائدة اقتصادية أكبر من ضخ الروبة إلى أماكن التخلص منها بحالتها السائلة والهدف الرئيسى من استرجاع المياه من الروبة هو تقليل الرطوبة الموجودة بالروبة وبالتالى تقليل حجم الروبة التى تتطلب تكلفة أقل فى التخلص النهائى منها، ويمكن التخلص من المياه الموجودة بالروبة بطريقة طبيعية أو ميكانيكية، ومن الطرق الطبيعية التى سبق شرحها استخدام أحواض التجفيف الرملية، أما أشهر الطرق الميكانيكية التى يمكن استخدامها فى التخلص من المياه من الروبة السائلة هى ما يلى:

- مرشحات السيور المضغوطة (Belt Press Filters)
- مرشحات خلخة الهواء (Vacuum Filtration)

- الطرد المركزى (Centrifugation)
- المرشح الضاغط (Pressure Filter)

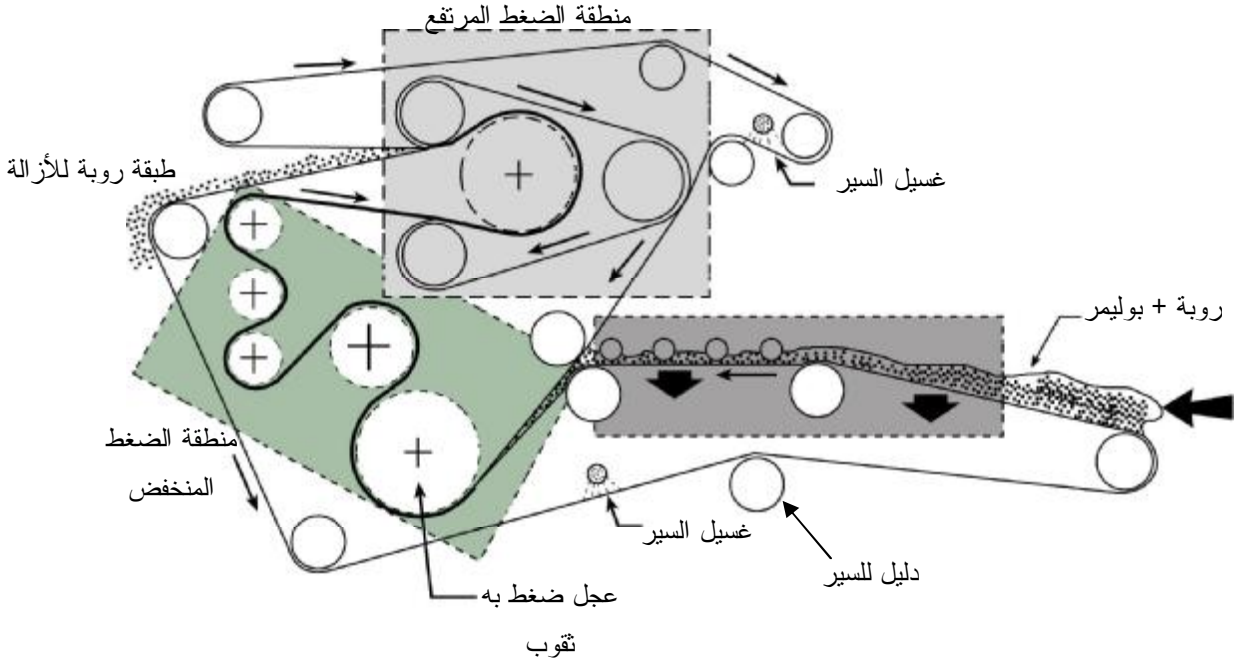
مرشحات السيور المضغوطة (Belt Press Filters)

تعمل مرشحات السيور المضغوطة على تجفيف الروبة بطريقة التغذية المستمرة باستخدام المعالجة الكيميائية وصرف المياه بالجاذبية والضغط الميكانيكى. وفى معظم مرشحات السيور المضغوطة يتم إدخال الروبة المعالجة (المجهزة) إلى منطقة التصريف بالجاذبية حيث يتم تركيزها وفى هذه المنطقة (الوحدة) يتم التخلص من معظم الماء الحر بفعل الجاذبية، وفى بعض الأحيان تزود مثل هذه الوحدات بجهاز تفريغ الضغط (Vacuum) الذى من شأنه تحسين الصرف وتقليل الروائح الكريهة ويلى هذه المرحلة إدخال الروبة فى وحدة ضغط منخفض يليها وحدة ضغط عالى حيث تتعرض الروبة إلى قوة سطحية (Shearing Force) عندما تمر السيور خلال سلسلة من الاسطوانات الدوارة، ويوضح الشكل رقم (٩-٣) مراحل مرور الروبة داخل مرشح السيور المضغوطة.

وبذلك فإن القوة السطحية وقوة العصر يساعدان فى التخلص من كميات إضافية من المياه، ويتم إزالة قوالب الروبة النهائية المجففة من على السيور من خلال شفرات كاشطة.

ويتكون نظام مرشحات السيور المضغوطة عادة من عدة أجزاء كما يلى:

- مضخات تغذية.
- معدات تغذية البوليمر.
- أحواض تجهيز الروبة.
- مرشح السيور المضغوطة.
- سيور لتحريك الروبة المجففة.
- أجزاء مساعدة (مضخات المياه - هواء مضغوط).



شكل رقم (٩-٣)

مراحل مرور الروبة داخل مرشح السيور المضغوطة

ويستخدم مرشح السيور الضاغطة حزامًا واحدًا أو حزامين متحركين لنزع المياه من الروبة باستمرار وتتضمن العملية أربع مراحل أساسية هى: منطقة التكييف أى تجهيز الروبة بإضافة البوليمر ومنطقة تصريف المياه بالجاذبية، ومنطقة الضغط المنخفض ومنطقة الضغط المرتفع، كما يوضح ذلك الجدول رقم (٩-١).

جدول رقم (٩-١)

المراحل التشغيلية لمكبس الترشيح الحزامى

مرحلة الترشيح	وصف المرحلة
تجهيز الروبة بإضافة البوليمر Polymer Conditioning	تتضمن خزان قرب المكبس وإسطوانة دوارة ملتصقة بالمكبس أو محقنة مستقيمة.
منطقة الصرف بالجاذبية Gravity Drain	تتضمن حزاما مسطحا أو مائلا بدرجة صغيرة، وتركز الروبة عبر الصرف بالجاذبية للمياه الجارية، ويمكن تعزيز هذه العملية بالتفريغ.
منطقة الضغط المنخفض Low Pressure	هي المنطقة التى يلتقى فيها الحزام العلوى مع الحزام السفلى وتكون الروبة بين الحزامين. وتحضر هذه المنطقة الروبة بحيث تستطيع تحمل قوى القص فى منطقة الضغط المرتفع.
منطقة الضغط المرتفع High Pressure	فى هذه المرحلة تؤثر حركة الحزامين العلوى والسفلى بقوة على الروبة خلال مرورها عبر مجموعة من الاسطوانات المتناقصة القطر وتنزع الروبة المنتجة باستخدام ريش كاشطة.

مكبس الترشيح:

يتم نزح المياه في مكبس الترشيح تحت ضغط الروبة ومن مميزات هذه العملية الوصول إلى التركيز المرتفع لكتلة الروبة المحتوية على كمية كبيرة من المواد الصلبة وصفاء الماء الناتج، غير أن النظام يتسم بالتعقيد الميكانيكي وارتفاع تكلفة التشغيل والصيانة.

ومكابس الترشيح الشائعة الاستخدام هي على حجمين: الحجم الثابت والحجم المتغير. ويتكون مكبس الترشيح ذو الحجم الثابت من مجموعة ألواح مستطيلة مسندة وجها لوجه فى وضعية عمودية على قماش مرشح معلق فوق كل لوح، وتضخ الروبة المكيفة فى الفراغ بين الألواح ويتم تعريضها لضغط مرتفع لمدة تتراوح بين ساعة وثلاث ساعات بحيث يخرج السائل عبر القماش وفتحات الخروج فى الألواح وبعد ذلك تفصل الألواح وتنزع الروبة ويشبه مكبس الترشيح المجوف ذو الحجم المتغير المكبس ذا الحجم مع فارق واحد هو وجود غشاء مطاطيا بين الألواح لخفض حجم كتلة الروبة خلال الضغط.

مرشحات خلخلة الهواء (Vacuum Filtration) يتكون مرشح خلخة الهواء المستخدم فى نزع المياه من الروبة من أسطوانة معدنية مثقبة الجدار تدور باستمرار بحيث يكون الجزء السفلي منها مغموراً فى حوض الروبة المراد تجفيفه، ويغطي جدار الأسطوانة الخارجى بوسط ترشيحي يصنع من قماش من الألياف الطبيعية أو الصناعية ويزود حوض الروبة بقلاب لتجنب ترسب الروبة بالقاع. وتقسم الأسطوانة إلى قطاعات مستقلة عن بعضها وتقع تحت تأثير تفريغ الهواء كالتالى وكما هو موضح بالشكل رقم (٩-٤).

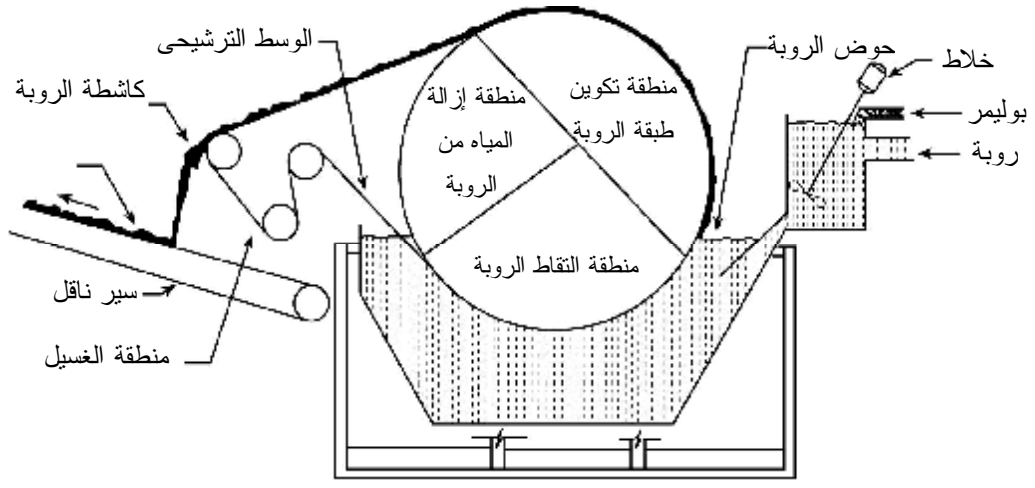
- مرحلة التقاط الروبة من الحوض (مرحلة تكون طبقة الروبة).
- مرحلة سحب المياه من طبقة الروبة (مرحلة التجفيف)، مع استمرار دوران الأسطوانة وخروجها من حوض الروبة، يقل تفريغ الهواء قليلاً

فيتم سحب المياه من طبقة الروبة عبر الوسط الترشيحى ليمر خلال مواسير داخلية إلى خارج الأسطوانة.

- مرحلة فصل الروبة الجافة: قبل نقطة انفصال الوسط الترشيحى عن الاسطوانة يقل التفريغ إلى المستوى صفر لتقليل التصاق الروبة بالوسط الترشيحى، وعندئذ تتم إزالة طبقة الروبة من سطح الوسط الترشيحى بواسطة كاشطة مثبتة بطول الاسطوانة ثم يدخل الوسط الترشيحى إلى منطقة الغسيل حيث تتم إزالة بواقى الروبة منه لمنع انسداده ولتكمل الاسطوانة دورتها.

التجفيف بقوة الطرد المركزية (Centrifugation)

يستخدم هذا الأسلوب من أجل فصل السوائل ذات الكثافات المختلفة ولتركيز الروبة وإزالة المواد الصلبة حيث تستخدم قوة الطرد المركزي لتسريع معدل الترسيب وفصل الماء. والمعدات التى تستخدم فى التجفيف بالقوى الطاردة المركزية تكون إما وعاء صلب او اسطوانة ذات جدران مسامية ويوضح الشكل (٩-٥) آلة الطرد المركز ذات الوعاء الصلب.

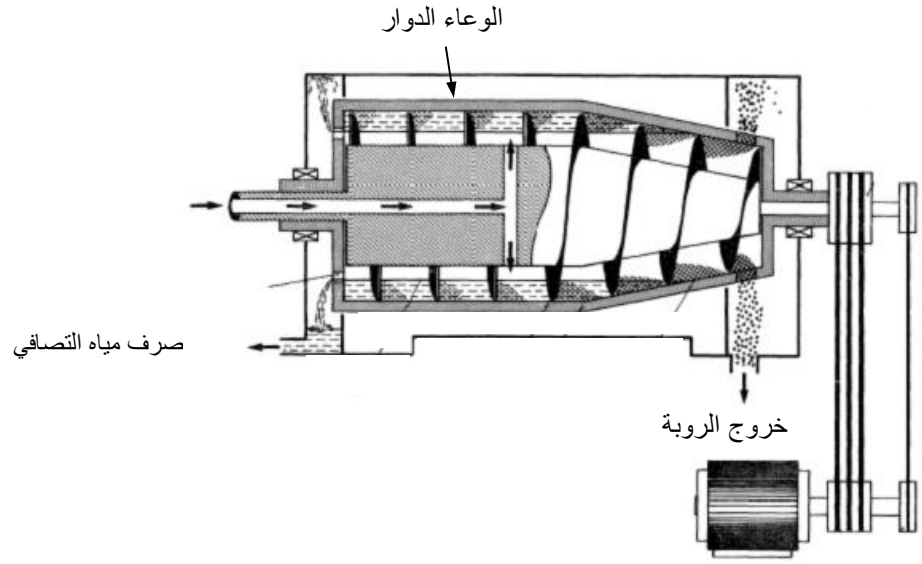


شكل رقم (٩-٤)
مرشح يعمل بخلخلة الهواء

أ- آلة الطرد المركزية (الوعاء الصلب):

فى داخل هذه الآلة يتم تغذية الوعاء الدوار بالروبة بمعدل ثابت حيث يتم فصلها علي شكل قالب (Cake) كثيف يحتوى على المواد الصلبة وينتج سائل مخفف يحتوى على المواد الصلبة ذات الكثافة المنخفضة ويتم استرجاعه إلى غرف توزيع المروقات، أما قالب الروبة الذى يحتوى على نسبة ٧٠-٨٠ % من الرطوبة فيتم إخراجه من الوعاء من خلال مصفاة (Screen Seeder) إلى مخروط استقبال (Hopper) أو إلى سيور ناقلة.

وتتناسب آلة الطرد المركزية مع تطبيقات عديدة فى تجفيف الروبة وتتيح الوحدة تجفيف الروبة بدون أى معالجة كيميائية سابقة ولكن استخدام البوليمر المناسب يؤدى إلى تحسين جودة الروبة المجففة والسائل المخفف.

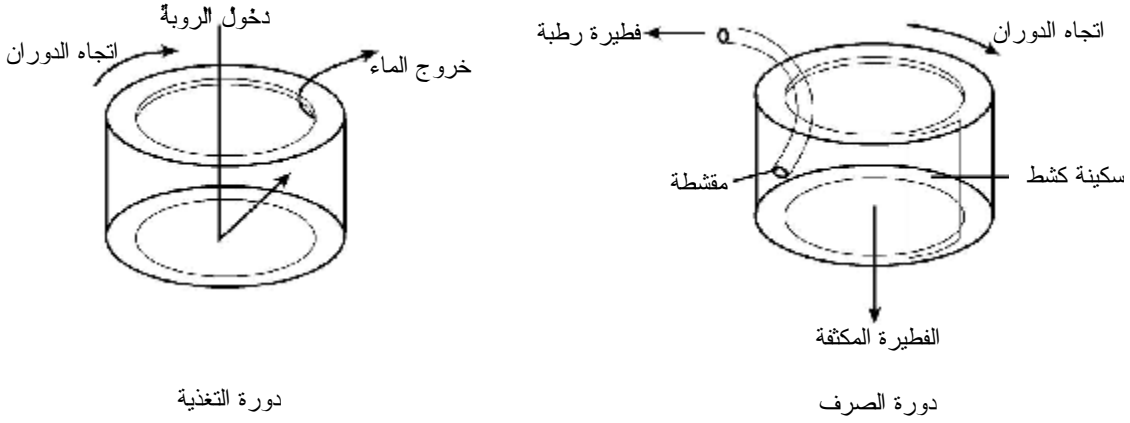


شكل رقم (٩-٥)
آلة الطرد المركزية (الوعاء الصلب)

ب. وحدة الطرد المركزية ذات السلة

أما فى وحدة الطرد المركزية ذات السلة فتدخل الروبة رأسياً إلى قاع الحلة، ويخرج مياه التصافى (المياه الرائقة) من على الهدار الموجود أعلى الحلـــة، وعندما يصبح تركيز المواد الصلبة فى المياه الرائقة مرتفعاً جداً يتم إيقـــاف

التشغيل ثم سحب الفطيرة الكثيفة وإزالتها، ويوضح الشكل رقم (٩-٦) وحدة الطرد المركزية ذات السلة.

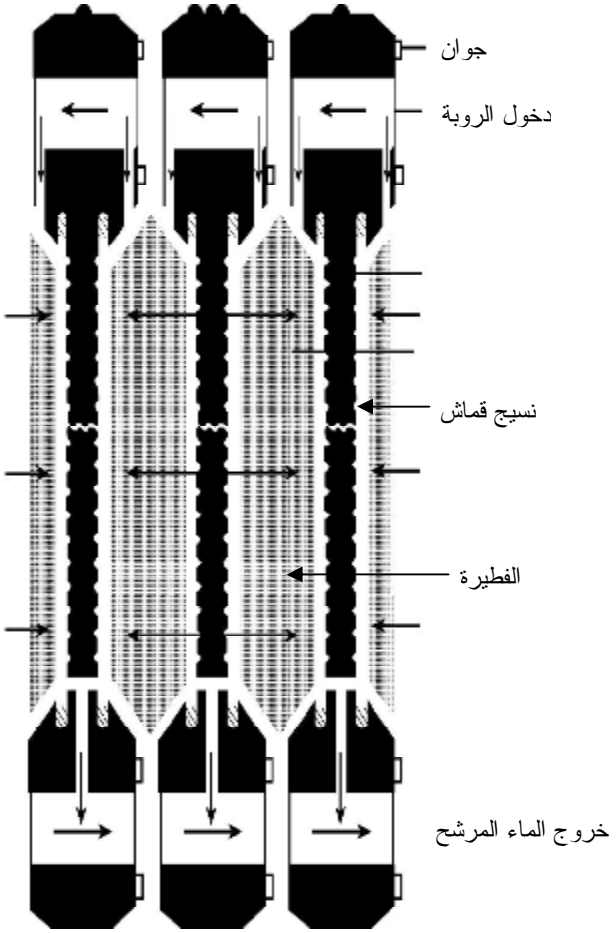


شكل رقم (٩-٦)
وحدة الطرد المركزى ذات السلة

المرشح الضاغط (Pressure Filter)

يتم استخدام المرشح الضاغط بنجاح لتجفيف الروبة التى يصعب تجفيفها (روبة الشبة) وتناسب هذه الماكينات الحمأة ذات المقاومة النوعية العالية (المقاومة الداخلية للفطيرة لمرور المياه). وتنتج المرشحات الضاغطة فطيرة عالية الجفاف ومياه مرشحة رائقة ومحتوى عالى جداً من المواد الصلبة، ويوضح الشكل رقم (٩-٧) مكونات المرشح الضاغط.

ويتكون المرشح الضاغط من مجموعة من الألواح الرأسية مغطاة بأقمشة تقوم بتدعيم وحبس الاحتفاظ بفطيرة الروبة، ويتم تثبيت هذه الألواح جيداً فى إطار. يتم دفع الروبة إلى داخل المرشح تحت ضغط مرتفع لمدة حوالى ٢/١ ساعة بعد ذلك يتم ضغط الألواح على بعضها لمدة تتراوح من ساعة إلى ٤ ساعات تحت ضغط يصل إلى ١٥,٨ كجم/ سم^{٢} حيث تمر المياه من الأقمشة بينما يتم الاحتفاظ بالمواد الصلبة مكون فطيرة يمكن إزالتها عند رفع وإزالة الضغط عن المرشح.



شكل رقم (٩-٧)
المرشح الضاغط

التخلص من الروبة بالصرف فى شبكات الصرف الصحى

إن أسهل طريقة للتخلص من الروبة هى صرف هذه الروبة فى شبكة الصرف الصحى، وبالطبع فإن ذلك يتسبب فى بعض المشاكل حتى ولو كانت محطات معالجة الصرف الصحى لديها القدرة على معالجة هذا الحمل، كما يمكن أن تتسبب الروبة المنصرفة على شبكة الصرف الصحى فى الترسيب وانسداد هذه الشبكة، كذلك يمكن أن تقوم شركة الصرف الصحى بتقاضى رسوم كبيرة فى مقابل السماح بهذا، وبالطبع فإن تكلفة معالجة هذه الروبة ستختلف تبعاً لكمية المواد الصلبة العالقة التى يتم التخلص منها سنويًا، وفى مثل هذه الحالات يجب أن تقوم محطة تنقية مياه الشرب بتخصيص حوض تخزين لمياه الروبة حتى يمكنها أن تصرف هذه الروبة على شبكة

الصرف الصحى بمعدل منتظم خلال ساعات اليوم أو تقوم بالصرف فقط فى الأوقات التى يكون الحمل بسيط على شبكة الصرف الصحى.

التخلص النهائى من الأنواع الأخرى من المخلفات

تتميز مياه الروبة الناتجة عن عمليات التيسير بالمحتوى الجيرى بها، لذا تعتبر عاملاً جيدًا لإضافة الجير للتربة الزراعية إلا أنه فى بعض الأحيان نضطر إلى التخلص منها فى المقالب والمدافن الصحية إذا لم تتوافر أراضى زراعية أو كانت تكلفة نقلها إلى الأراضى الزراعية مرتفعة، وبالتالى يتم استخدام المدافن الصحية إذا كانت التكلفة أقل.

تميل روبة الشبة إلى أن تتسبب فى تصلب التربة ولا تقدم أى فائدة تذكر لذلك فإنه لا يجب استخدام الشبة الناتجة من محطات التنقية فى الأراضى الزراعية ولكن يمكن التخلص منها بالدفن فى المدافن الصحية المعتمدة لذلك.

تستخدم بعض محطات التنقية المرشحات الرملية البطيئة أو برك الترسيب لمعالجة المياه الناتجة من غسيل مرشحات الحديد، ويجب تنظيف المرشحات الرملية من حين لآخر بإزالة الطبقة العلوية من ٥ سم : ٧,٥ سم من الرمل وروبة الحديد ويجب نقل المادة المزالة إلى المدافن الصحية المعتمدة.

وفى محطات التنقية التى تقوم بعمليات تيسير المياه بطريقة التبادل الأيونى (زيوليت)، فإنه يتخلف عنها مياه عادمة ذات محتوى عالى من المواد الصلبة الذائبة ومركبات الكلوريدات ولا يجب صرف مخلفات عمليات التيسير الغير معالجة فى المجارى المائية ذات السريان البطىء إلا بعد تقليل تركيز المواد الصلبة الذائبة ومركبات الكلوريدات بواسطة عمليات المعالجة حتى تصل إلى مستويات مقبولة.

الطرق الحالية للتخلص من المخلفات بمحطات تنقية مياه الشرب فى مصر

سبق وأن تم شرح العديد من الطرق لمعالجة الروبة والتخلص الآمن منها وبعض هذه الطرق غير شائعة في مصر قد تكون لصعوبة تنفيذها أو لاحتياجها إلى مساحات كبيرة كما في حالة البحيرات (Lagoons)، وسنتحدث هنا عن بعض الطرق المستخدمة حاليًا في مصر فى بعض محطات مياه الشرب، وهذا على الرغم من أن معظم باقى المحطات يتم التخلص من الروبة بإعادة صرفها فى المجارى المائية مرة ثانية، وهي:

١- برك استخلاص مياه الغسيل العكسي (Lagoons) (محطة الشيخ زايد بالقاهرة):

وتستخدم هذه البرك لفصل المياه عن المواد الصلبة بعد الغسيل العكسي للمرشحات. وعادة يتم إعادة المياه المصفاة إلى مدخل المحطة لإعادة معالجتها مع مياه المصدر الأصلي. وترك المواد الصلبة بالبحيرة حتى تجف ثم ترفع وتنقل إلى مدافن خاصة خارج الموقع.

٢- عملية التركيز (Thickening) (محطة العبور بالقاهرة):

هي عملية المقصود منها معالجة أولية للروبة لتيسير إزالة المياه في المراحل التالية – ففي المكثف الذي يشبه المروق العادي يتم استخلاص المياه الصافية وضخها إلى مدخل المحطة أو لاستغلالها في الري ويتم سحب الروبة المركزة إلى أحواض التجفيف ثم نقلها إلى المدافن الصحية.

٣- التجفيف الميكانيكي (محطة المرج الجديدة):

هي لا تحتاج الي مساحات كبيرة ولكنها ذات تكلفة عالية في الإنشاء والتشغيل والصيانة وهي ما تعرف بالتجفيف الميكانيكي باستخدام السيور المضغوطة للترشيح (Belt Filter Presses) والتي تم استخدامها بمحطة مياه المرج الجديدة والتي تحتاج إلى إضافة نوع خاص من البوليمر ليساعد في عملية التجفيف، والهدف منها كلها استخلاص المياه من الروبة ونقل الروبة بعد التجفيف إلى المدافن الخاصة خارج الموقع.

الفصل العاشر

الآبار

الفصل العاشر

الآبـــار

أهداف الأداء (التعلم):

بانتهاء التدريب على هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادرًا على أن:

- يذكر الأنواع المختلفة للآبار ويشرح الفرق بينها.
- يصف ويعدد العوامل المؤثرة على إنشاء الآبار.
- يذكر بالتفصيل المكونات الرئيسية لطلمبة تشغيل الآبار.
- يشرح الملامح الخارجية للبئر ويصـــف بالتفصـــيل المنافـــذ والفتحـــات الموصلة لداخل البئر ووظائفها.
- يشرح نظامين مختلفين يستخدما لتشغيل الآبـــار والعمليـــات المصـــاحبة لأنظمة التشغيل مثل التطهير والتعقيم والصيانة والاختبارات.
- يشرح المصطلحات المستخدمة في مجال التشغيل السليم للآبار.
- يذكر مشاكل آبار المياه وكيفية التعامل معها والتغلب عليها.
- يذكر إحدى الطرق التى تم تطبيقها لإزالة الحديد والمنجنيز.

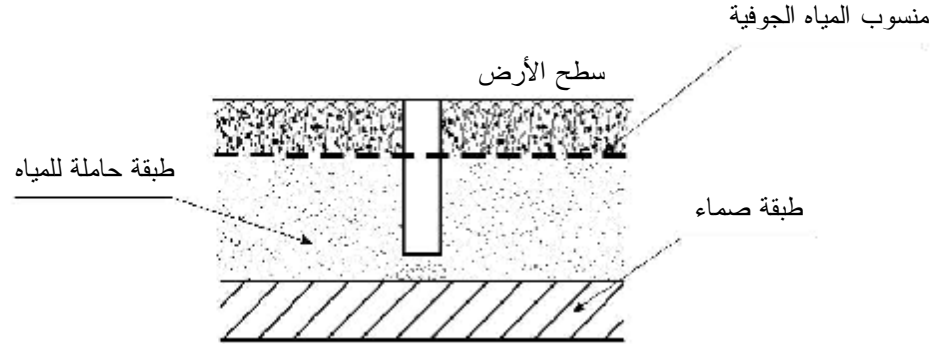
مقدمة

نظرًا لوجود كميات كبيرة من المياه الجوفية الناتجة من تسرب مياه الأمطار والأنهار والمجاري المائية إلى باطن الأرض ولكون هذه المياه من أنقى أنواع المياه العذبة بعد مياه الأمطار ولا تحتاج إلى معالجة إلا في حالات التلوث أو احتوائها على بعض الشوائب والأملاح المعدنية غير المرغوب فيها، لذا كان لابد من الاستفادة من هذه المياه وإخراجها إلى سطح الأرض وضخها إلى المواطنين بعد التأكد من صلاحيتها للاستهلاك الآدمي.

وحتى يتسنى إخراج المياه الجوفية من أعماق الأرض إلى سطحها كان لابد من إنشاء ما يسمى البئر بغرض تكوين حوض مياه (مصدر) في المكان المحدد حتى يمكن إخراج هذه المياه منه إلى السطح، وبعد تكون هذا الحوض بحفر مكان البئر يتم استخراج ورفع هذا الماء إلى السطح، ويتم هذا باستخدام أنواع خاصة من الطلمبات تعرف باسم طلمبات الأعماق – حيث تستطيع هذه الطلمبات سحب المياه من حوض البئر ورفعها رأسيا حتى سطح الأرض وتضخ إلى شبكة التوزيع بضغوط مناسبة.

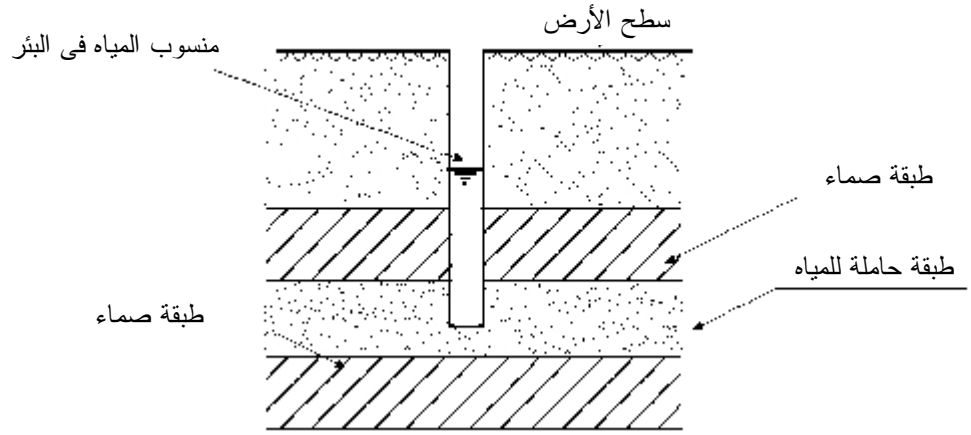
أنواع الآبـــار تنقسم الآبار إلى: آبار سطحية، وآبار عميقة، وآبار ارتوازية.

الآبـارالسطحيـة وهى التى تستمد مياهها من طبقة حاملة للمياه تقع أعلى أول طبقة غير منفذة (صماء)، ويكون منسوب سطح المياه فى حالة عدم تشغيل البئر مساوياً لمنسوب سطح المياه الجوفية، ومساوياً للضغط الجوى شكل رقم (١٠-١).



شكل رقم (١٠-١)
بئر سطحى

الآبار العميقـــة وهى التى تستمد مياهها من طبقة حاملة للمياه على أعماق بعيدة ومحصـــورة بين طبقتين غير منفذتين (صماءتين)، وعادة ما تكون غنية بالمياه شكل رقـــم (١٠-٢). وتتميز الآبار العميقة بعدم تلوث مياهها من الناحية البكترولوجيـــة (الأمر الذى يحدث فى الآبار السطحية)، وكذلك يتميز بعضها باندفاع المـــاء ذاتياً لأعلى دون الحاجة لاستخدام الطلمبات.



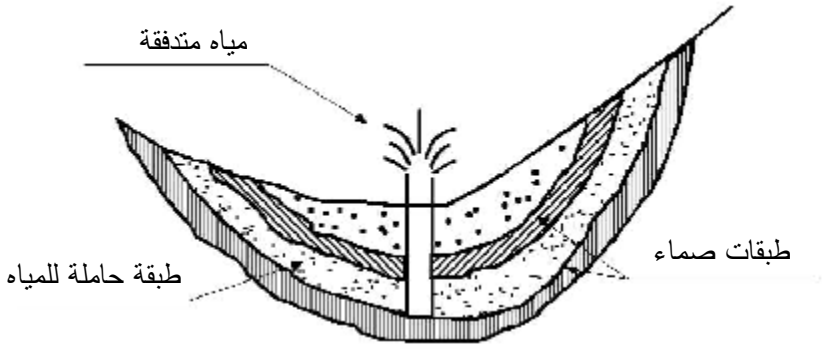
شكل رقم (١٠-٢)

بئر عميـــق

الآبار الارتوازية وهى الآبار التى تتغذى من طبقة مسامية تكون المياه الجوفيـــة فيهـــا تحـــت ضغط أعلى من الضغط الجوى، فيرتفع سطح الماء فى البئر إلى مستو أعلى من مستواه فى الطبقات المحيطة بالبئر، وهذا النوع من الآبار ينقســـم إلـــى نوعين هما:

١- آبار ارتوازية متدفقة:

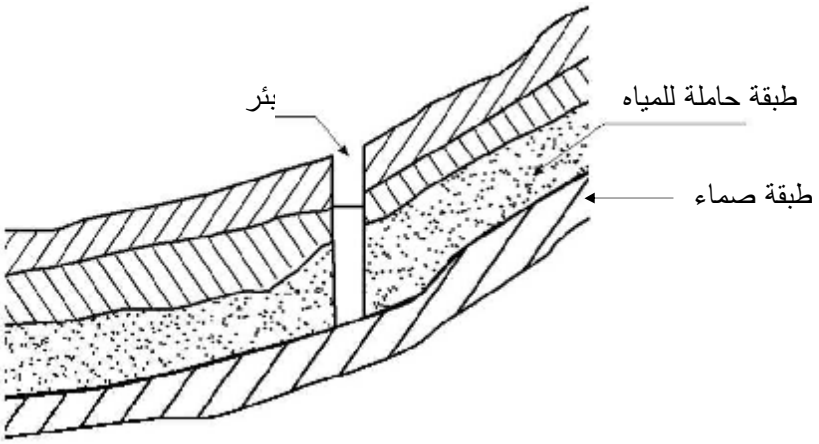
وهى الآبار التى تكون المياه فيها معرضة لضغط كاف يسبب ارتفاع المـــاء إلى فوهة البئر عند مستوى سطح الأرض أو أعلى – الأمر الذى يغنى عـــن استعمال طلمبات لسحب المياه من البئر شكل رقم (١٠-٣).



شكل رقم (١٠-٣)
بئر ارتوازى متدفق

٢- آبار ارتوازية غير متدفقة:

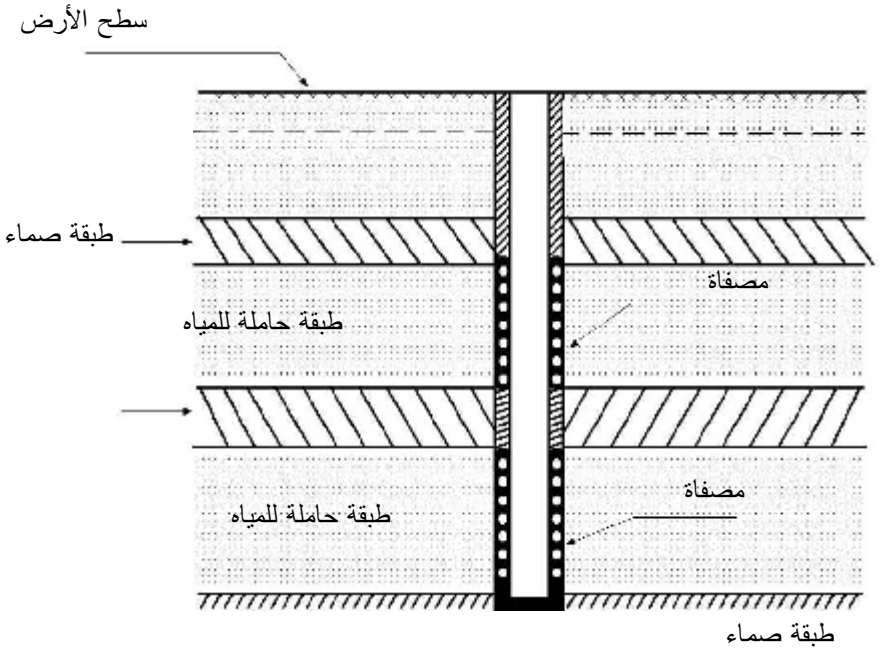
وهى الآبار التى لا تتعرض المياه الجوفية فيها لضغط كاف لرفع الماء إلى سطح الأرض، بل يسبب الضغط ارتفاع المياه إلى منسوب أقل من منسوب سطح الأرض، الأمر الذى يستلزم معه استخدام الطلمبات لاستخراج المياه من البئر. شكل رقم (١٠-٤).



شكل رقم (١٠-٤)
بئر ارتوازى غير متدفق

٣- آبار متعددة الطبقات:

وهى الآبار التى تخترق عدة طبقات حاملة للمياه، مما يؤدى إلى زيادة تصرف البئر، وتحسين خواص المياه بسبب اختلاف نوعيات المياه فى الطبقات الحاملة. شكل رقم (١٠-٥).



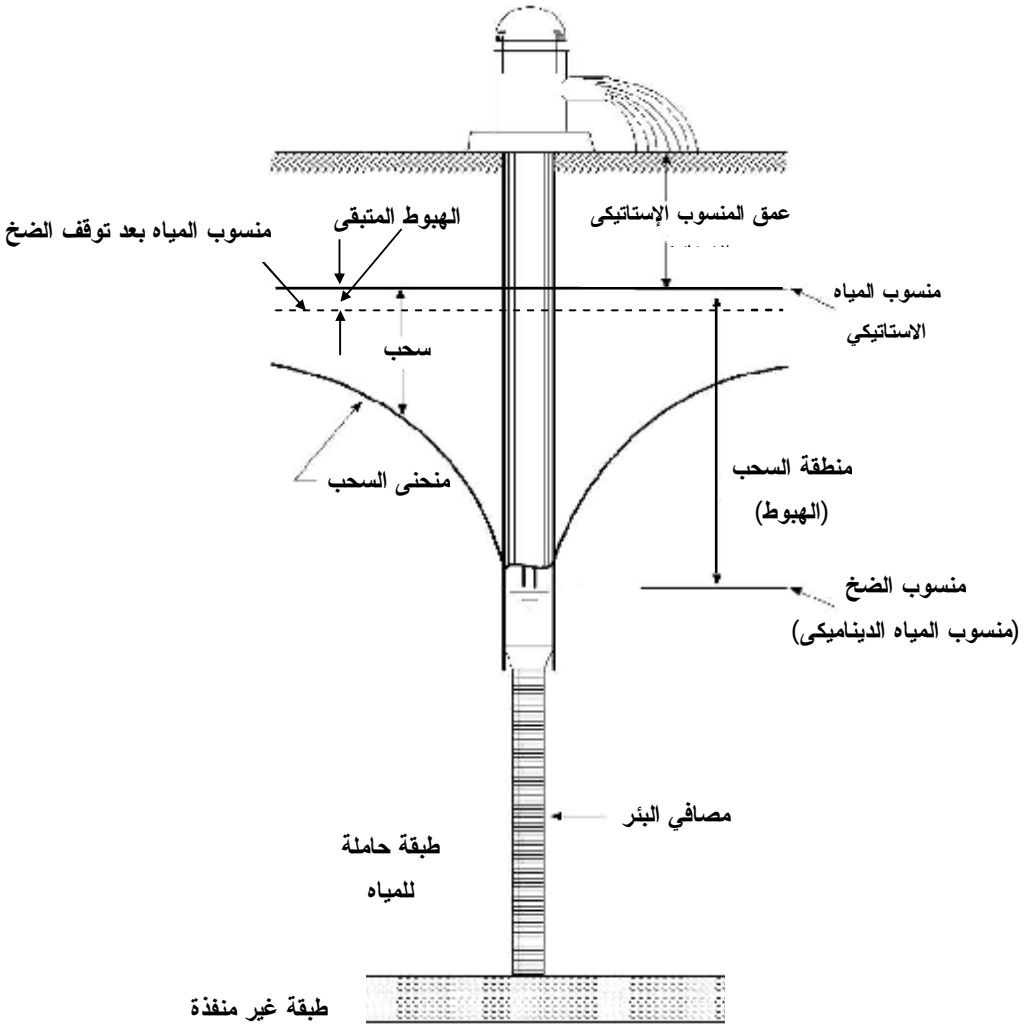
شكل رقم (١٠-٥)
بئـــر متعـــدد الطبقات

الدراسة الهيدرولوجية للآبار

من الضروري معرفة وفهم المصطلحات المستخدمة في مجال الآبار نظرًا لأهميتها في التشغيل السليم للآبار وسوف نتعرض هنا لنوعية الآبار التى يحتاج رفع المياه منها لاستخدام طلمبات ولن نتعرض للآبار التى تتدفق المياه منها مباشرة دون الحاجة للطلمبات ويوضح الشكل رقم (١٠-٦) قطاع رأسى فى البئر والتعاريف الأساسية له.

١. **المنسوب الاستاتيكي للمياه** (Static Water Level, SWL):

وهو المستوى الذي يثبت عنده سطح المياه في البئر أو في الخزان المائي عند عدم سحب أي مياه من البئر سواء بالضخ بالطلمبات أو بالتدفق الحر. وعادة يعبر عنه بأنه المسافة بين سطح الأرض أو من عند نقطة قياس ثابتة قرب سطح الأرض إلى سطح المياه الموجودة في البئر.



شكل رقم (١٠-٦)
قطاع رأسي في أحد الآبار الجوفية

٢. **منسوب ضخ المياه** (Pumping Water Level, PWL):

وهو المنسوب الذي تثبت عنده المياه داخل البئر في حالة ضخ المياه من البئر.

٣. **الهبوط** (Drawdown):

الهبوط أو الانخفاض هو الفرق بالمتر بين الجدول المائي وبين منسوب ضخ المياه ويمثل هذا الفرق الضاغط المانومتري للمياه (head) الذي يسبب تدفق المياه في الخزان الجوفي في اتجاه البئر بمعدل سحب المياه من البئر في

الحالات المفتوحة (الغير محاطة أو محددة) ويمكن تمثيل هذه الضاغط بيانيا بالمنسوب الفعلي للمياه عند نقطة منحنى السحب (Drawdown).

٤. **الهبوط المتبقي** (Residual Drawdown):

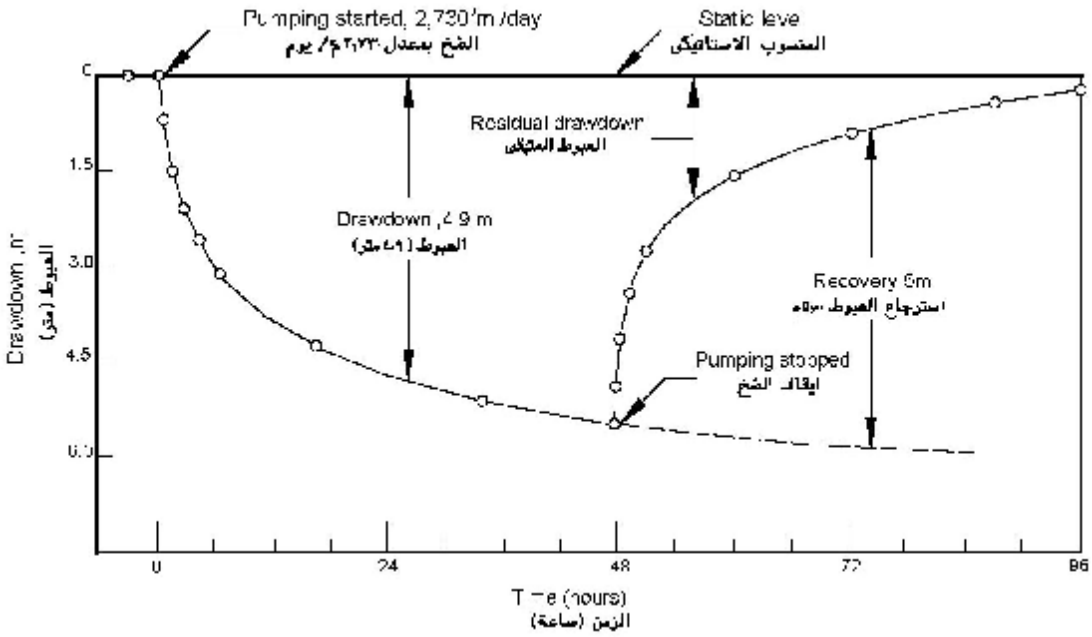
بعد توقف الضخ يرتفع مستوى المياه مرة ثانية حتى يقترب من المنسوب الاستاتيكي للمياه الذي كان عليه قبل بدء الضخ. وتعرف المسافة بين منسوب المياه الفعلي ومنسوب المياه الاستاتيكي الأولي أثناء عملية استعادة المنسوب باسم الانسحاب المتبقي، ويوضح الشكل رقم (١٠-٧) منحنى الضخ لأحد الآبار ثم التوقف واسترجاع جزء من الهبوط الحادث فى منسوب المياه الاستاتيكى بالبئر.

٥. **إنتاجية البئر** (Well Yield):

وهو حجم المياه المنصرفة من البئر في الوحدة الزمنية وقد يكون هذا التصرف بالضخ أو بالتدفق الحر ويتم قياسها عادة مثل بوحدات م^{٣}/ساعة أو لتر/ثانية.

٦. **السعة النوعية** (Specific Capacity):

السعة النوعية لأي بئر هي كمية الإنتاج لكل وحدة سحب ويعبر عنها عادة بالمتر مكعب في اليوم للمتر من الهبوط (م^{٣}/ يوم/ م) بعد مرور فترة معينة من الزمن (عادة بعد ٢٤ ساعة). ويمكن الحصول على السعة النوعية للبئر بقسمة كمية المياه المنتجة على الهبوط الناتج بشرط قياسها في نفس الوقت، فعلى سبيل المثال إذا كان معدل الضخ ٥٤٥٠ م^{٣}/ يوم وكان الهبوط الناتج ٩,١ متر فإن السعة النوعية لهذا البئر وقت حدوث الضخ تكون ٥٩٩ م^{٣}/ يوم/ م (٩,١/٥٤٥٠) وتختلف السعة النوعية بشكل عام حسب مدة الضخ فعند زيادة زمن ومدة الضخ أو السحب تقل السعة النوعية وكذلك تنخفض السعة النوعية عند زيادة معدل السحب من نفس البئر.



شكل رقم (١٠-٧)

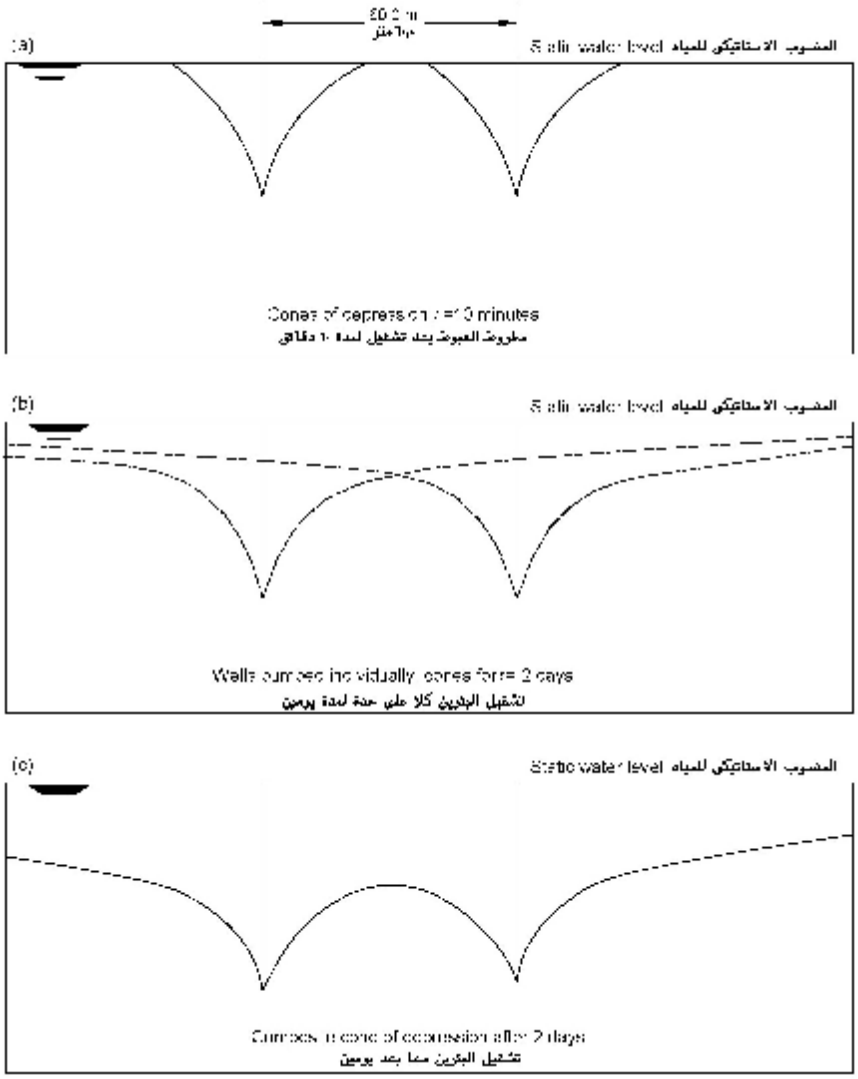
منحنى الضخ لأحد الآبار ثم التوقف واسترجاع جزء من الهبوط

٧. التأثير المتبادل على تشغيل الآبار:

يوضح الشكل رقم (١٠-٨) التأثير المتبادل نتيجة وجود تشغيل متجاورتين، ويتضح بالشكل التأثير الحادث على المنسوب الديناميكى للمياه عند تشغيل بئر واحد أو البئرين معًا، مما يجب أخذه فى الاعتبار عند تحديد مواقع هذه الآبار لضمان تشغيلها الجيد وإعطاؤها الإنتاجية التصميمية المطلوبة منها.

إنشاء الآبار الارتوازية

تنشأ الآبار بطرق كثيرة، بسيطة ومعقدة، فبعضها يتم حفره يدوياً، وبعضها الآخر يستخدم فى إنشائه معدات ميكانيكية كبيرة لعمل ثقوب عميقة بالتربة الصخرية، خاصة للآبار العميقة التى يصل عمقها لمئات الأمتار. وتوجد أشكال وتركيبات وأحجام مختلفة للآبار وتتحكم طبيعة السطح وتكوينات ما تحت السطح فى طريقة الإنشاء ونوعية الصيانة اللازمة.



شكل رقم (١٠-٨)

التأثير المتبادل لتشغيل الآبار المتجاورة

ويتكون البئر من العناصر الرئيسية التالية:

١. مأوى البئر: وهو عبارة عن غرفة تنشأ فوق فتحة البئر يوضع بها معدات البئر وتشمل اللوحة الكهربية لتشغيل الطلمبات وكذلك المحابس وأجهزة قياس الضغط وخلافه.

٢. ماسورة البئر العليا: وهى عبارة عن ماسورة بقطر مناسب يتم تركيب طلمبة البئر بداخلها ويحدد طولها طبقا للعمق المتوقع لإنخفاض مياه البئر عند السحب.

٣. ماسورة البئر السفلية: وتكون من الصلب بدون مشقبيات أو مصافى

وقطرها أقل من الماسورة العليا ويوضع حولها زلط متدرج.

٤. منطقة المصافى: وهى جزء من ماسورة البئر بنفس قطر الماسورة السفلية وبها ثقوب لسحب المياه من التربة المحيطة وقد يركب عليها شبك إضافى.

٥. منطقة الحربة: وهى عبارة عن ماسورة مدببة على شكل حربة طولها لايقل عن ٣ أمتار ويتم ترسيب الرمال المتسربة مع المياه إلى البئرفى نهايتها.

وبصفة عامة فإنه يتم إنشاء الآبار بقطر داخلي ١٠ بوصة أو ١٢ بوصة في عمليات مياه الشرب ويتم حفر البئر من خلال إنزال قيسون متدرج يبدأ من ٢٠ بوصة ثم ١٨ ثم ١٦ بوصة وذلك في حالة البئر قطر ١٠ بوصة، وفي حالة البئر قطر ١٢ بوصة فيتم الحفر باستخدام قيسون متدرج قطر ٢٤ بوصة ثم ٢٠ ثم ١٨ بوصة.

وتتنوع المواسير المستخدمة في آبار المياه سواء المواسير المصمتة أو المصافي من الصلب المجلفن إلى (uPVC) إلى الصلب الذي لا يصدأ (Stainless Steel) بحيث لا يقل سمك مواسير المصافي عن ٦ مم.

العوامل المؤثرة على إنشاء الآبار

يعتمد إنشاء الآبار على عدة عوامل، أهمها:

١. بُعد المياه الجوفية عن سطح الأرض وتتواجد المياه الجوفية الصالحة للشرب فى معظم طبقات الأرض بجمهورية مصر العربية وعلى أعماق تتراوح من ١٠ إلى ١٢٠ متراً، وقد تصل فى بعض الأحيان إلى ٣٠٠ متر في بعض المناطق الصحراوية.

٢. مكونات وخواص التربة من سطح الأرض وحتى أسفل الطبقات الحاملة للمياه.

٣. معدلات سحب المياه المطلوبة.

٤. مصادر التلوث المحتملة فى المنطقة؛ فى حالة وجود بيارات صرف منزلية بالمنطقة، فإنه يجب أن لا تقل المسافة بين هذه البيارات وموقع البئر عن ٥٠ متراً من جميع الاتجاهات.

٥. موقع البئر المقترح بالنسبة للآبار المجاورة له (التداخل بين الآبار)، حيث أنه فى حالة تواجد بئرين أو أكثر متجاورين، فإنه يتم سحب المياه من نفس الطبقة الأرضية الواحدة ويتأثر تصرف البئر بتصرف البئر الأخر المجاور له. ويتوقف هذا التأثير على المسافة بين تلك الآبار، وفى هذه الحالة يفضل أن لا تقل المسافة بين البئر والآخر عن مجموع نصفى قطر دائرتى تأثير البئرين، وألا يكون الخط الواصل بين البئرين موازياً لاتجاه سير المياه الجوفية (المياه الجوفية تتبع سير مياه النيل المتجهة من الجنوب إلى الشمال) بل يكون عمودياً على هذا الاتجاه.

أنواع الطلمبات المستخدمة فى الآبار

يمكن استخدام العديد من أنواع الطلمبات فى تشغيل الآبار، كما يلى:

<u>فى حالة الآبار العميقة</u>

- طلمبات الأعماق التربينية (متعددة المراحل) (Vertical Turbine Pumps).
- الطلمبات الغاطسة (طاردة مركزية) (Submersible Pumps).

<u>فى حالة الآبار غير العميقة</u>:

- طلمبات أفقية طاردة مركزية.

ويوضح الشكل رقم (١٠-٩) أحد الآبار وبه طلمبة الأعماق التربينية، وكذلك عنبر طلمبات أفقية بأحد عمليات آبار المياه الجوفية.

أ. طلمبة أعماق تربينية بأحد الآبار

ب. عنبر الطلمبات الأفقية (الطاردة المركزية)

شكل رقم (١٠-٩)
طلمبة الأعماق التربينية والطلمبات الأفقية بعمليات الآبار

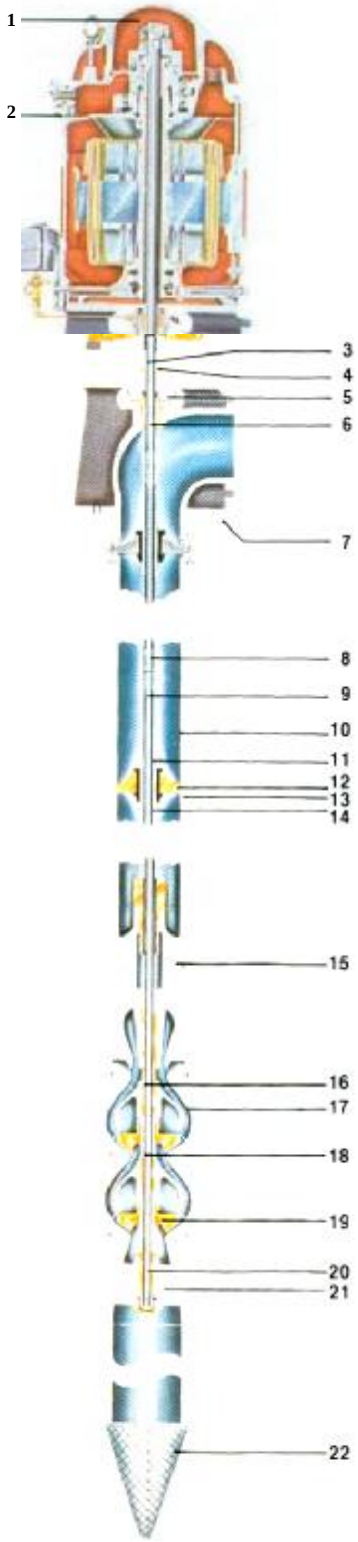
المكونات الرئيسية للطلمبة التربينية

تعتبر طلمبات الأعماق من النوع التربينى متعددة المراحل (Vertical Turbine Pump, "Multistage")، هى أكثر الأنواع استخداما في تشغيل الآبار، ويوضح الشكل رقم (١٠-١٠) تركيب هذا النوع من الطلمبات:

وتتكون طلمبة الأعماق من النوع التربينى متعددة المراحل من الأجزاء الرئيسية التالية:

١. مصفاة السحب (Suction Strainer)
٢. ماسورة السحب (Suction Case)
٣. ماسورة الطرد الرأسية (Discharge Case)
٤. أغلفة (تجاويف) المراوح (Bowls)
٥. عمود الطلمبة (Pump Shaft)
٦. عمود توصيل عمود الطلمبة بالمحرك (Line shaft)
٧. رأس (مقدمة) ماسورة الطرد الرئيسية للطلمبة (مخرج مياه البئر) (Discharge head)

وتشتمل على صندوق الحشو ومحبس عدم الرجوع ومحبس الطرد علاوة على بعض أجهزة القياس للضغط والتصرف ... إلخ.



١. الصامولة العلوية للعمود
٢. موتور كهربى بعمود رأسى مجوف
٣. العمود العلوى للطلمبة
٤. فتحة لفحص البئر
٥. قاذف الماء
٦. صندوق حشو (جلاند) يبرد بالماء
٧. مانع تسرب صحى لقاعدة ماسورة التصرف
٨. وصلة ازدواج لعمود الطلمبة
٩. عمود الطلمبة
١٠. ماسورة للعمود المقلوظ لتوصيل مياه التبريد
١١. كرسى كاوتش للعمود يبرد بالماء
١٢. ازدواج سداسى برونزى للعمود يبرد بالماء
١٣. وصلة ازدواج ماسورة مقلوظة للعمود
١٤. جلبة من الصلب الذى لا يصدأ (يمكن تغييرها) تدور داخل الكرسى الكاوتش
١٥. جسم غلاف الطرد
١٦. كرسى تحميل برونزى طويل
١٧. غلاف المروحة العلوى
١٨. عمود من الصلب الذى لا يصدأ
١٩. مروحة نصف مفتوحة
٢٠. كرسى تحميل غلاف مروحة السحب (من البرونز)
٢١. غلاف مروحة السحب
٢٢. مصفاة مخروطية لماسورة السحب

شكل رقم (١٠-١٠)

الأجزاء الرئيسية لطلمبة الأعماق التربينية

الملامح الخارجية للبئر توجد مجموعة من الفتحات أعلى سطح البئر الغرض منها توفير عدة منافذ إلى داخل البئر يمكن معها أخذ قياسات مختلفة لمناسيب المياه بالبئر، والسماح بدخول وخروج الهواء أثناء تشغيل وإيقاف الطلمبة، إضافة الفلتر الزلطي لتعويض التناقص فى منسوبه، إضافة المواد المطهرة ووسائل التنظيف المختلفة. ويتم حماية هذه الفتحات من تسرب أى مياه إليها من السطح أو دخول أى مواد غريبة وذلك للحماية الصحية الأساسية للبئر، وهذه الفتحات بالتفصيل هى:

١. **فتحة التهوية (Well casing vent):**
الغرض منها السماح بدخول الهواء ومنع حدوث تفريغ داخل البئر أثناء عملية بدء تشغيل الطلمبة، حيث أن التفريغ يؤدى إلى سحب ملوثات من خارج البئر خلال أى فتحات صغيرة مختفية فى أعلى سطح البئر، كما أنها تمنع زيادة الضغط داخل البئر أثناء إيقاف الطلمبة وعودة ارتفاع منسوب المياه إلى وضعه الأصلى، وبالتالى قد تعمل على طرد مونة التثبيت ومادة العزل حول قاعدة الطلمبة العلوية، ويجب تغطيتها بشبك من السلك الدقيق لمنع دخول الحشرات وخلافه.

٢. **ماسورة استكمال الفلتر الزلطي (Gravel Filter Tube):**
تستخدم هذه الماسورة لإضافة الفلتر الزلطي والمراجعة الدورية لمنسوبه ويكون بها غطاء محكم وتكون مرتفعة بمقدار كاف فوق سطح الأرض لمنع دخول الملوثات.

٣. **فتحة القياس (Sounding Tube):**
هى فتحة صغيرة يمكن من خلالها إجراء قياس منسوب المياه فى البئر دورياً كما يمكن استخدامها عند إضافة مساعدات التنظيف والتطهير، ويجب إحكام تغطيتها بعد الاستعمال، ويتم القياس بعدة طرق منها استخدام حبل أو شريط معقم يتم إدخاله من هذه الفتحة وإسقاطه حتى يصل إلى سطح المياه، أو باستخدام جهاز قياس منسوب المياه بضغط الهواء.

٤. **قاعدة الطلمبة (Pump Pedestal):**

تصمم قاعدة الطلمبة الخرسانية لتحمل وزن جسم الطلمبة ومواسيرها بالكامل بالإضافة إلى تحمل وزن المحرك وغالباً ما يثبت بها فتحة التهوية وفتحة الزلط، ويجب أن تكون مصبوبة من قطعة واحدة ومسلحة بالحديد وارتفاعها حوالى ٤٥ سم فوق سطح البئر النهائى، ولا يقل عن ٣٠ سم فوق سطح الأرض.

٥. **مانع تسرب قاعدة المحرك (Pump Motor Base Seal):**

يجب تركيب جوان مانع لتسرب المياه بين قاعدة المحرك وبين القاعدة الخرسانية ويفضل أن تكون من الكاوتش مع عدم استخدام المونة الأسمنتية لاحتمال تشرخها والسماح بدخول مياه وملوثات أخرى إلى داخل البئر.

٦. **حنفية العينات (Sampling Tap):**

عبارة عن محبس جزرة من النحاس ومثبت عليه ماسورة مركبة على ماسورة الطرد الرئيسية للبئر.

٧. **صمام تصريف الهواء وكسر التفريغ (الخلخلة):**

يجب تركيب صمام تصريف الهواء وكسر التفريغ (Air release-vacuum breaker) إذا لم تكن الطلمبة مجهزة بمحبس قدم (Foot-valve) يحتفظ بعمود الماء عند إيقاف تشغيل الطلمبة، ويتم تركيبه فى المسافة بين قاعدة المحرك وصمام عدم الرجوع على ماسورة الطرد الرئيسية، ويعمل هذا الصمام على:

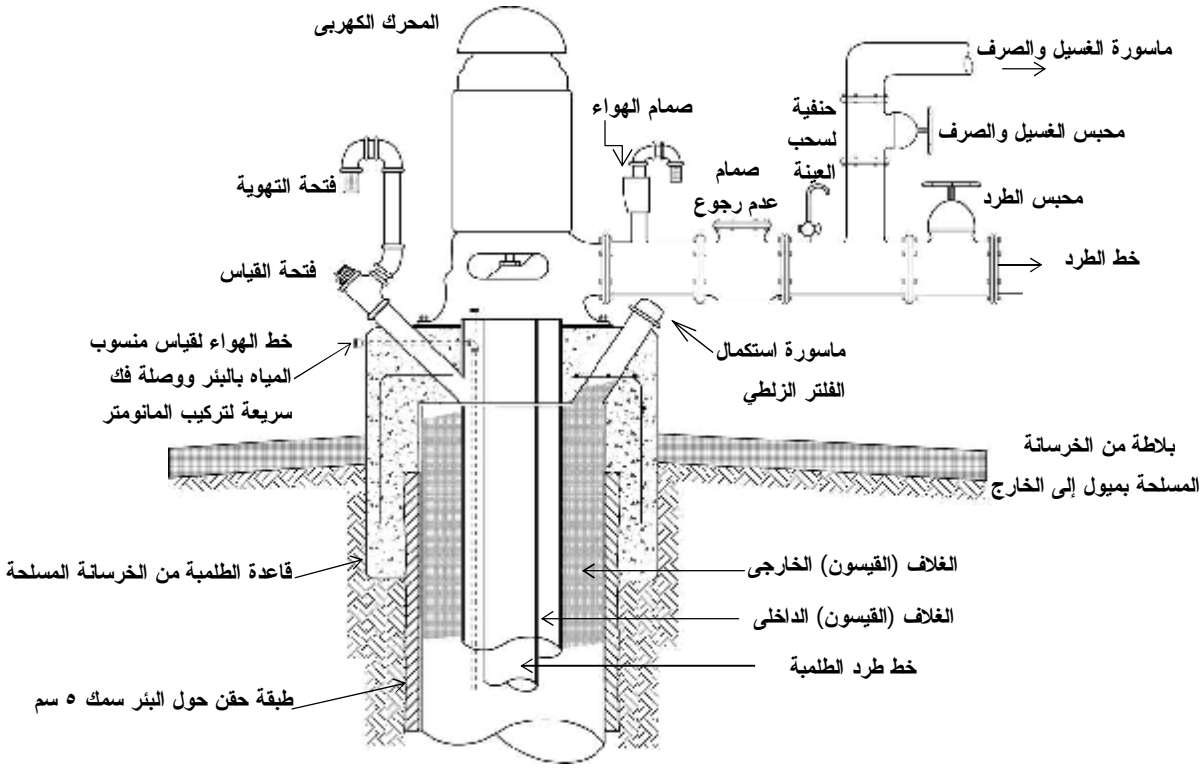
أ. طرد الهواء من داخل ماسورة طرد الطلمبة الرأسية إلى الجو عند بدء تشغيل الطلمبة.

ب. إدخال الهواء إلى ماسورة طرد الطلمبة الرأسية عند إيقاف تشغيل الطلمبة، وبالتالى يسمح بارتداد الماء إلى ماسورة الطرد الرأسية مانعاً من تكوين تفريغ داخل العمود.

٨. **صمام الغسيل والتصفية (Wash and Drain Valve):**

يستعمل فى تفريغ المياه مع بدء التشغيل، ويسمح بخروجها خارج خط الطرد لاحتوائها على رمال ومنع دخولها إلى الشبكة، وتتصل ماسورة التصفية والغسيل بماسورة الطرد قبل محبس الطرد الذى يتم غلقه وفتح محبس التصفية لخروج مياه الغسيل أو المياه فى بداية التشغيل، ويجب مراعاة عدم توصيل هذه الماسورة إلى غرفة تفتيش للمجارى، لمنع احتمال التلوث العكسى أو دخول الرمال إلى الغرفة، كما يجب أن تكون ماسورة الصرف أعلى من أى مستوى به مياه لحمايتها من الارتداد العكسى.

ويعرض الشكل رقم (١٠-١١) قطاع نمطي في تركيبات بئر المياه الجوفية.



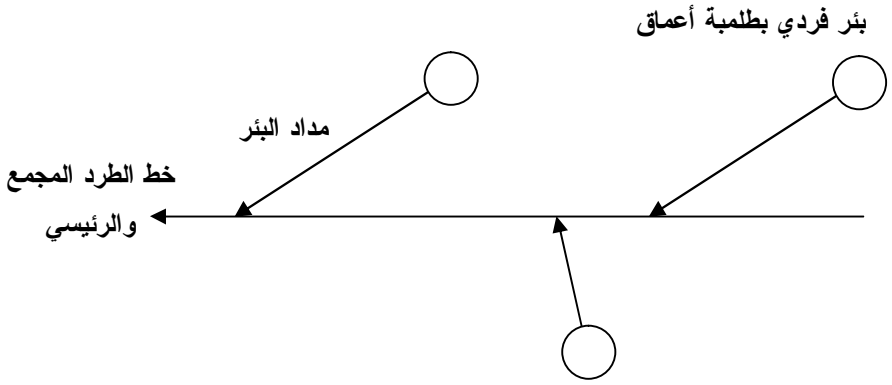
شكل رقم (١٠-١١)

قطاع في تركيبات رأس أحد آبار المياه الجوفية

تشغيل الآبار يمكن تشغيل الآبار بأحد نظامين:

النظام الأول:

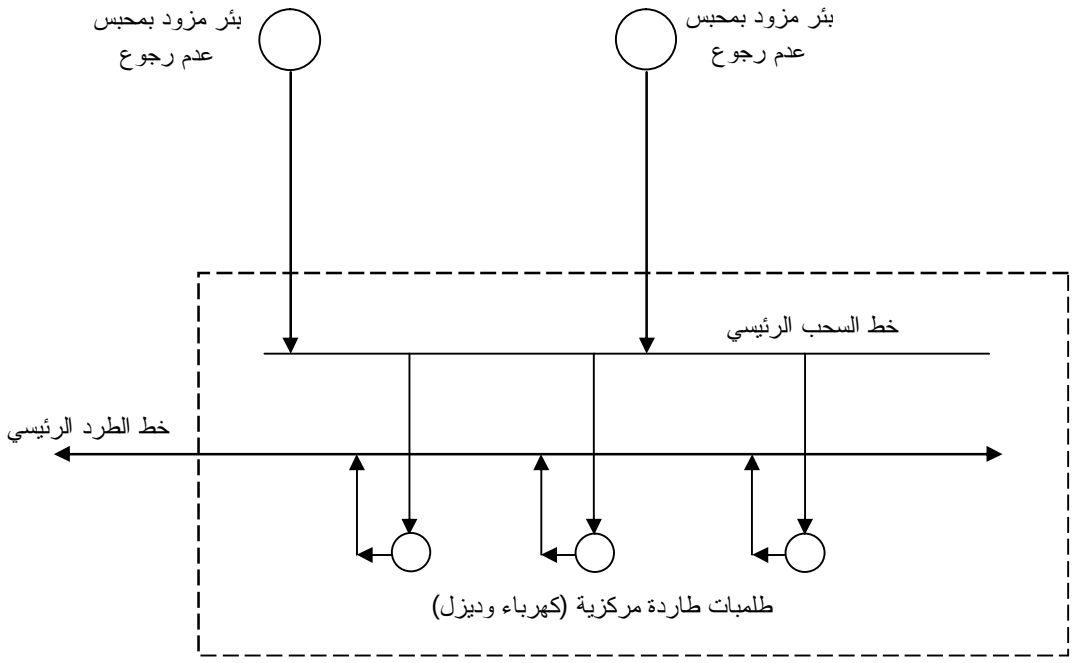
مجموعة آبار كل بئر يعمل بطلمبة أعماق ويتم تجميع خطوط الطرد لمجموعة الآبار في خط طرد رئيسي لتغذية المنطقة التي تخدمها هذه الآبار. كما هو معروض بالشكل رقم (١٠-١٢).



شكل رقم (١٠-١٢)
النظام الأول لتشغيل الآبار

النظام الثاني:

وهو عبارة عن مجموعة من الآبار توصل كلها على خط سحب رئيسي عن طريق مدادات فرعية ولا يحتوي هذا النظام على طلمبات أعماق ولكن تستبدل بمأوى لطلمبات الطرد المركزي التي تدور وتعمل بواسطة محركات كهربية أو محركات ديزل وتقوم هذه الطلمبات بسحب المياه من البئر إلى خط السحب الرئيسي ومنه إلى خط طرد الطلمبات ثم إلى خط الطرد الرئيسي الذي يوصل المياه إلى المنطقة المراد تغذيتها وفي هذه الحالة يمكن تشغيل بئر واحد فقط أو أكثر مع أكثر من طلمبة حسب تصرف البئر. والبئر مزود بمحبس عدم رجوع لعدم ارتداد المياه إلى البئر في حالة توقف الطلمبات، كما هو معروض بالشكل رقم (١٠-١٣).



شكل رقم (١٠-١٣)
النظام الثانى لتشغيل الآبار

عند تشغيل الآبار العميقة يتم مراعاة واتخاذ الاحتياطات اللازمة الكفيلة بسلامة وأمان كل بئر وضمان حمايته وحماية المياه المنتجة من التلوث، كذلك ضمان استمرارية تشغيله وحسن استغلاله وذلك بإتباع الخطوات والإجراءات التالية:

١. التأكد من سلامة حرم البئر عن طريق الحفاظ على مسافة كافية خالية ونظيفة حول البئر، بعيدة كل البعد عن جميع مصادر التلوث البكتيري المحتمل كخزانات التحليل (Septic tank) أو بيارات الصرف المنزلية (Cesspit) ومواسير الانحدار (Sewers) أو الطرد (Force main) للصرف الصحي وكذا أكوام القمامة ... الخ. وكذلك التلوث الكيميائي كصرف الحقول والمزارع وما قد تحويه من أسمدة أو مبيدات ومراعاة الشروط الصحية.
٢. التأكد من عدم تسرب المياه من سطح الأرض إلى داخل البئر خلال فتحة التهوية أو أي فتحات أخرى، مع ضرورة عمل مجرى لإزاحة أي مياه متساقطة من أجزاء طلمبة البئر العلوية إلى أقصى حرم للبئر.

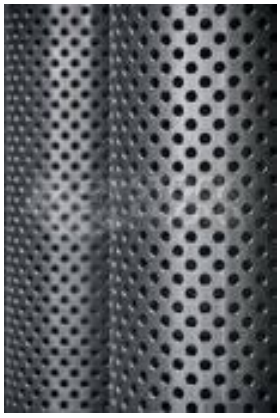
٣. عدم تجاوز معدل السحب الآمن للمياه من البئر وهو التصرف الذي يمكن الحصول عليه من البئر بدون خفض مستمر لمنسوب الطبقة الحاملة للمياه الجوفية حتى لا تتسرب المياه الملوثة إليها من الطبقة المحيطة.
٤. يتم القياس الدوري كل ٦ شهور لمنسوب المياه الاستاتيكي بالبئر (عند إيقاف الطلمبة وأخر لمنسوب المياه الديناميكي لعدة مرات بعد تشغيل الطلمبة وأثناء التشغيل وحساب مستوى الخفض في المنسوب (Draw down) وتسجيله لاستخدامه في المقارنة المستمرة ومنه يتم معرفة حدود تشغيل البئر والأداء المستقبلي له.
٥. مراعاة عدم تشغيل آبار متقاربة أو متداخلة مع بعضها حتى لا تؤثر في منسوب الطبقة الحاملة للمياه.

مصافى البئر

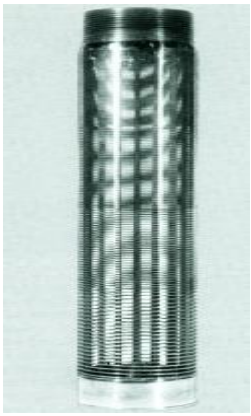
تستخدم أنواع عديدة من مواسير المصافى لتتناسب مع طبيعة التربة من ناحية، ومع قطر وعمق البئر من ناحية أخرى، ومع العمر الافتراضى للبئر من ناحية ثالثة. وعموماً تستخدم فى مجال مياه الشرب مصافى مصنوعة من مواسير بلاستيك (uPVC) التى تتحمل ضغطاً يعادل ١٠ ضغط جوى، أو من الحديد المجلفن أو من الصلب الذى لا يصدأ (Stainless steel) ولا يقل سمك مواسير المصافى عن ٦ مم.

وتجهز المواسير بالسن والقلاووظ والجلبة، وتُثقّبْ بقطر ٨/٥ بوصة. ويصل عدد الثقوب فى القدم المربع من سطح الماسورة إلى ١٤٤ ثقباً. ويتم تغطية (كسوة) مواسير المصافى، المصنوعة من الحديد المجلفن، بالسلك الشبكى من نوع الحصيرة والمصنوع من النحاس المجلفن، ويُلحم السلك الشبكى طولياً بعد تدسيره عرضياً حول الماسورة. ولا يقل وزن المتر المربع من السلك الشبكى الحصيرة عن ٢.٥ كيلو جرام، ويكون منتظم الأنسجة مجدول جدلاً طولياً. أما مواسير المصافى المصنوعة من البلاستيك uPVC فيتم ثقبها ثم تغطيتها بشبكة من السلك البلاستيك. ويُراعى عند إنزال مواسير المصافى أن يتم تنزيلها رأسيا باستقامة واحدة وبسلاسة حتى لا يحدث أى خدش للسلك الشبكى أو فك فى لحامه.

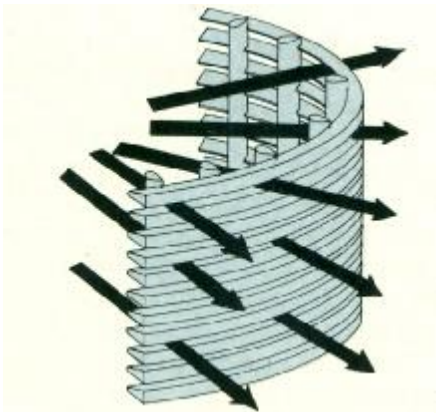
كما توجد أنواع أخرى من المصافي كما هو موضح بالشكل رقم (١٠-١٤) ومنها المصافي ذات المشقبيات الطولية المستمرة حيث تصنع هذه المصافي من أسلاك مدرفلة على البارد يكون مقطعها مثلث الشكل تلف دائريا حول قضبان طويلة ويتم لحام هذه الأسلاك مع القضبان لتنتج وحدة واحدة متماسكة لها قدرة كبيرة على التحمل وبأقل وزن وتصنع هذه المصافي من الصلب أو من الصلب الذي لا يصدأ أو من البلاستيك مثل (PVC) وتتراوح فتحات المشقبيات من ٠.٠١٥ مم إلى ٦.٤ مم ويعتبر مقاس هذه المشقبيات هام جدا لمنع مرور الرمال.



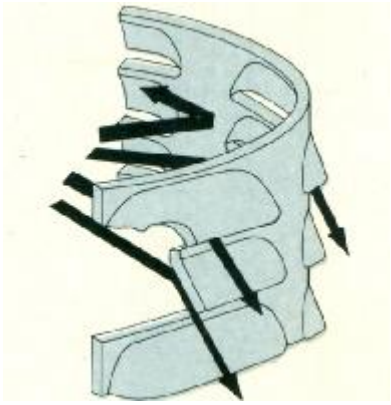
١. مصافي مثقبة



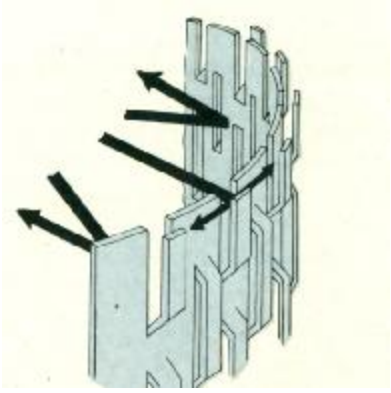
٢. مصافي ذات مشقبيات طولية



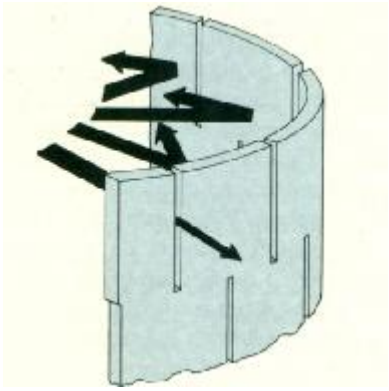
٣. مصافي ذات مشقبيات مستمرة



٤. مصافي ذات فتحات تهوية



٥. مصافي ذات مشقبيات طولية



٦. مصافي ذات مشقبيات قنطرية

شكل رقم (١٠-١٤)

الأشكال المختلفة لأنواع مصافي آبار المياه الجوفية

المواسير غير المثقبة المواسير غير المثقبة (السادة) هى من نفس نوع وقطر المواسير المثقبـــة، ولها نفس السمك وتحتاج إلى نفس التجهيز من ناحية الجلبة والسن والقلاووظ، ويتم إنزالها أيضاً رأسياً دون أى ميل. بعد ذلك تتم تهيئة البئر للتشغيل وذلك بتطهيرها ثم تعقيمها باستخدام الكلور، ثم غسلها لإزالة آثار الكلور.

ويفضل فى حالات كثيرة استخدام طبقة من الزلط كغلاف حول المصافى بسمك ١٠ – ٢٥ سم تبدأ من قاع البئر حتى ٣ متر فوق نهاية المصافى حيث يساعد وجود الغلاف الزلطى على ما يلى:

١. منع الرمال من دخول البئر مع المياه.
٢. خفض الفاقد فى الضغط.
٣. زيادة المساحة الفعلية التى تدخل منها المياه للبئر وما يترتب عليها من زيادة التصرفات.

تطهير البئر يتعرض البئر أثناء تنفيذه للتلوث من المصادر الخارجية كالأتربة والمياه السطحية والأدوات المستخدمة في التنفيذ، لذا يجب تطهير البئر والمنطقة المحيطة به من هذا التلوث، وذلك برفع وسحب المياه من البئر بصورة متقطعة حتى يسمح للأتربة الموجودة في الطبقة المحيطة بدخول البئر، فيتم رفعها وإزالتها مع المياه، وتُرفع المياه وتُسحب في البداية بمعدل صغير جداً، ثم يزداد معدل السحب بالتدريج، وذلك للحفاظ على فتحات المصافى.

ويمكن توجيه مياه تحت ضغط، أو هواء مضغوط، إلى داخل البئر أثناء عملية الرفع للمساعدة على إزالة أى مواد عالقة بالأسطح الداخلية للبئر، وكذلك للمساهمة في عملية امتزاج الأتربة المترسبة بالقاع بالمياه لإمكان رفعها معها.

تعقيـــم البئـــر

بعد عملية التطهير تأتى عملية تعقيم البئر، ويتم ذلك باستخدام محلول الكلور. ويتم تحضير هذا المحلول بإضافة أوقيتين من مســـحوق (بـــودرة) الكلـــور المركز (تركيز ٢٥%) إلى ٢٠ لتراً من الماء. وهذه الجرعة مـــن المحلـــول تكفى لتعقيم كمية من ماء البئر حجمها ٤٠٠ لتر. ويتم تحضـــير عـــدد مـــن الجرعات يكفى لإجمالى كمية المياه الموجودة داخـــل البئـــر. ويـــتم تقليـــب المحلول لمدة ١٠-٢٠ دقيقة ثم يترك ليرسب. بعد هذا يُؤخذ السائل الرائـــق ويُضاف إلى المياه الموجودة بماسورة البئر، ويترك هناك لفترة تكفى لتعقـــيم البئر (وهى فى حدود ٢٤ ساعة تقريباً) وفى هذه الأثناء يتم تشغيل وإيقـــاف الطلمبة عدة مرات دون إخراج الماء من البئر، بهدف إتاحة الفرصة للكلور لكى يمتزج بالماء جيداً، كما يتيح ذلك تعقيم جدران البئر الداخلية كلها.

بعد انقضاء ٢٤ ساعة، تؤخذ عينة من مياه البئر وتُقاس نسبة الكلور المتبقى بها. فإذا خلت المياه من الكلور المتبقى، لزم إضافة كمية أخرى من محلول الكلور السابق تحضيره وتركها لمدة ٢٤ ساعة أخرى. بعد ذلك يعاد قياس الكلور المتبقى فى الماء، فإذا ثبت وجود نسبة من الكلور المتبقى بالعينة تُعتبر البئر قد تم تعقيمها. بعد ذلك تُدار الطلمبة لتفريغ محتويات البئر من المياه مع صرف هذه المياه وعدم استعمالها. وبانتهاء عمليتى التطهير والتعقيم تصبح البئر صالحة للاستعمال.

صيانة البئر

تتعرض البئر منذ بدء تشغيلها لبعض المتاعب الناتجة عن العناصر الموجودة بالمياه الجوفية مثل كربونات الكالسيوم والماغنسيوم، وأكاسيد الحديد والمنجنيـــز التى تتراكم على فتحات المصافى. ويساعد على ذلك بعض أنواع البكتريا التى تحتاج إلى الحديد لنموها. ولعلاج ذلك تُستخدم بعض الأحماض وخاصة حمض الأيدروكلوريك للتخلص من مركبات الكربونات، كما يستخدم محلول الكلور بتركيز عالٍ للقضاء على البكتريا.

حساب تصرف البئر

يتم حساب معدل التصرف للبئر بالطريقة التقريبية الآتية:

- يتم إحضار طلمبة رفع مياه بمحرك متغير السرعات ومركب على خط الطرد عداد لقياس التصرف.
- يتم تركيب الطلمبة على البئر وتشغيلها على سرعات متغيرة، مع ملاحظة مستوى الماء فى البئر عند التشغيل على كل سرعة. وتُحدد السرعة التى عندها يكون منسوب الماء ثابتاً، عندئذ يكون التصرف المنتظر من البئر مساوياً لتصرف الطلمبة عند هذه السرعة.

اختبارات استيفاء البئر للشروط الصحية

أولاً: اختبار مبنى البئر:

يجرى هذا الاختبار للتأكد من عدم تسرب المياه السطحية إلى داخل البئر؛ ويتم ذلك على النحو التالى:

أ - التأكد من أن مبانى الجزء العلوى من الحائط المبطن للبئر من الطوب أو الخرسانة العادية (من مادة غير منفذه للماء)، وذلك لعمــق لا يقل عن ثلاثة أمتار.

ب- رفع هذا الحائط المبطن للبئر فوق سطح الأرض بحوالى ثلاثين سنتيمترا مع وضع غطاء من الخرسانة المسلحة تخترقه ماسورة سحب المياه من البئر، على أن يزود هذا الغطاء بفتحة مغطاة يمكن فتحها عند الحاجة للكشف على البئر. ويتم تبليط الأرض المحيطة بالبئر بقطر حوالى عشرة أمتار مع مراعاة أن يكون الانحدار إلى الخارج، وبذلك لا تتجمع المياه حول البئر.

ثانياً: اختبار موقع البئر:

يتم فحص موقع البئر للتأكد من عدم تلوثها بالمياه الجوفية الملوثة. ويحدث التلوث إذا أنشئت البئر بالقرب من المصادر المسببة لتلوث المياه الجوفية مثل المجارير المرشحة. ولذلك فإنه يوصى بألا يقل بعد البئر عن أى مصدر من مصادر التلوث عن ٥٠ متراً حسب مصدر التلوث ونوع البئر وتكوين طبقات الأرض.

ثالثاً: اختبار طريقة سحب المياه من البئر وطريقة تخزينها:

أ - التأكد من أن مواسير السحب والضغط من مادة محكمة، ويفضل أن تكون من الحديد الزهر.

ب- التحقق من أن الخزانات المخصصة للمياه منشأة من مادة لا تتسرب منها المياه، ومزودة بفتحات مغطاة للكشف عليها، وبفتحات تهوية تسمح بمرور الهواء فقط وتمنع مرور الأتربة والحشرات.

جـ- عدم وضع آلات متحركة ثقيلة على البئر مباشرة؛ إذ قد ينتج عن اهتزازها شروخ فى غطاء البئر أو الحائط المبطن لها. وهذا بالتالى يسبب دخول المياه السطحية إلى داخل البئر.

رابعاً: الفحص البكتريولوجى للمياه الجوفية:

يتم ذلك بأخذ عينات من المياه الجوفية من البئر وفحصها بكتريولوجيا لمعرفة ما إذا كانت تحتوى على بكتريا دالة على تلوث المياه الجوفية بالمخلفات السائلة. إلا أن النتائج السلبية لهذا الفحص ليست كافية للدلالة على عدم تلوث المياه الجوفية بالمخلفات السائلة، بل يُعتمد اعتماداً أساسياً على الاختبارات الثلاثة السابقة كدليل على سلامة البئر وإمكان الاعتماد عليه كمصدر لمياه الشرب.

مشاكل آبار المياه

يمكن تقسيم مشاكل آبار المياه إلى مجموعتين رئيسيتين، هي أعطال المعدات وأعطال البئر نفسه. ويمكن الرجوع إلى كتيبات وكتالوجات الصانع حيث توجد بها كيفية إصلاح الأعطال بالإضافة إلى تعليمات التشغيل وقوائم قطع الغيار ويجب الاستعانة بهذه الكتيبات خاصة عند حدوث الأعطال أو إجراء عمليات الصيانة وأيضا سنجد معظم هذه المعلومات في القسم الخاص بالتشغيل والصيانة في هذا الكتيب أما الجزء الخاص بأعطال البئر نفسه فسوف يتم استعراضها كما يلى.

الانخفاض الطبيعي لمحتوى المياه:

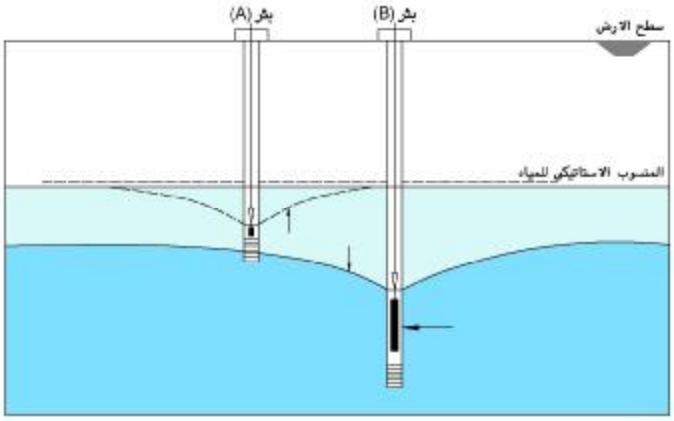
يتغير منسوب المياه بشدة في الآبار الضحلة نتيجة للعوامل المناخية وفي كثير من الأحوال يزيد هذا التغير في منسوب المياه عن متر حسب المواسم المناخية ففي الشتاء نجد منسوب المياه في البئر في أعلى مستوياته نتيجة لهطول الأمطار في موسم الأمطار ثم تأخذ في التناقص بالتدريج وعند دق الآبار يجب الوصول بعمق البئر إلى العمق المناسب تحت المحتوى المائي لضمان توفر إمداد كافي من المياه في شهور الصيف الجاف التي قد يقل فيها منسوب المياه، ومن الجدير بالذكر أن السحب الزائد عن التصميمى (السحب الجائر) سوف يسبب انخفاض منسوب المياه وزيادة نسبة الملوحة فى المياه كما هو موجود حاليًا فى الآبار الجوفية الموجودة فى منطقة الطريق الصحراوى غرب فرع النيل برشيد.

تداخل مياه الآبار:

قد يتأثر المنسوب الاستاتيكي للمياه داخل البئر بسحب كميات كبيرة من المياه الجوفية من الآبار المجاورة التي قد تكون ذات سعة كبيرة من خلال أنظمة تخفيض منسوب المياه الجوفية أثناء تنفيذ أحد المشروعات المجاورة لموقع البئر، وعند ضخ المياه فإن منسوب المياه ينخفض في الحال ويظهر شكل مخروطي حول البئر يعرف بمخروط الانخفاض ويتوقف شكل وحجم هذا المخروط على خواص الخزان المائي والطبقات الحاملة للماء التي أنشئ عليها البئر ومعدل السحب.

وفي الشكل رقم (١٠-١٥) نجد أن تشغيل البئر (A) يخلق مخروط سحب يصل تأثيره إلى البئر (B) وبالتالى فإنه ينتج عنه انخفاض في منسوب المياه في البئر (B). ونظرا لأن الطلمبة الموجودة في البئر (B) تم تركيبها قرب قاع البئر حيث كمية التداخل تكون أقل ما يمكن فلن نلاحظ أي تأثير على تشغيل البئر (B). ولكن مخروط الانخفاض الناتج عند تشغيل البئر (B) سيؤدي إلى خفض منسوب المياه في الخزان المائي الموجود أسفل مأخذ طلمبة البئر (A) وبهذا يتداخل في إمدادات المياه البئر (A) مما سيؤثر على تشغيل البئر ويجعله يتوقف عن العمل، ويعود منسوب المياه في البئرين إلى

مستواه العادي عند توقف الضخ، وتعتمد عودة مستوى المياه على كمية المياه المسحوبة من الخزان وطول الفترة الزمنية التي تم فيها تشغيل الطلمبة.



شكل رقم (١٠-١٥)
تأثير تداخل تشغيل الآبار

زيادة معدلات الضخ:

يمكن أن تؤدى زيادة معدلات الضخ عن المعدل التصميمى للبئر إلى أضرار جسيمة بالبئر حيث تقلل السعة التخزينية والإنتاجية لنظام المياه الجوفية والنتيجة النهائية لذلك هى التسبب فى نقص المساحة التخزينية، وانخفاض منسوب المياه الجوفية، وانخفاض إنتاجية البئر.

ومن المشاكل الأخرى التى يمكن أن تنتج نتيجة للضخ الزائد أو تركيب الطلمبة على مستوى عالى جداً هو سحب هواء وأيضًا انهمار المياه إلى البئر، ويجب أن يتم تحديد معدل إنتاج البئر بواسطة أخصائيين على كفاءة ودراية تامة بدق الآبار وتتابع طبقات التربة وخصائصها.

انسداد مصافي البئر:

إذا تم إنشاء البئر في خزان أو محتوى مائي يوجد به طمي أو رمال رفيعة جدا فمن الممكن أن تدخل هذه الرمال في المياه التى يتم ضخها وبالتالي يتغير لون المياه بشدة وتصبح عكرة، ويمكن أن يؤدى مرور هذه المواد الناعمة من خلال مصافي البئر إلى الانسداد الجزئي للمصافي وتقليل كمية

المياه التي تدخل إلى البئر وبالتالي يقل إنتاج البئر، كما تؤدي الحبيبات الدقيقة للرمال إلى تآكل مروحة الطلمبة ومن الممكن أيضا أن تؤدي إلى انسداد مواسير الطرد.

والاختيار الخاطئ لمقاس فتحات مصافي البئر هو أحد أسباب دخول الرمل إلى البئر وكذلك تركيب المصافي ووضعها بطريقة خاطئة. وفي حالة ظهور الرمال في الآبار العاملة فهذا معناه أن تآكلا قد حدث بالمصافي أو فى المواسير المشقوقة، وفي بعض الحالات يتم السيطرة على هذا العطل بتركيب مصفاة ثانية للبئر ذات فتحات أصغر إذا كان تصميم البئر يسمح بذلك ولكن هذا الحل قد يكون مكلفا وأحيانا قد لا ينجح على الإطلاق.

تقشر مصافي البئر:

نظرا لأن مصافي البئر تكون بعيدة عن الأنظار فلا يهتم بها أحد إلا إذا قل إنتاج البئر بشكل ملحوظ. وفي الآبار فى المناطق التى بها مياه جوفية ذات نسبة الأملاح المعدنية العالية يمكن أن يحدث انسداد فتحات المصافي بسبب تراكم هذه الأملاح مثل كربونات المغنسيوم أو كربونات الكالسيوم والأكاسيد الهيدروجينية وأكاسيد الحديد الناتجة بواسطة بكتريا الحديد.

فعلى سبيل المثال يمكن أن تكون المياه الجوفية مشبعة بأملاح كربونات المغنسيوم أو الكالسيوم وبذلك فإن أي انخفاض في ثاني أكسيد الكربون يمكن أن يتسبب في بدء تآكل المصافى أو انسدادها، وقد ينبعث ثاني أكسيد الكربون نتيجة لانخفاض ضغط المياه داخل مصافي البئر بسبب عمليات الضخ وينتج عن ذلك رواسب قد تتسبب في انسداد شقوق وفتحات المصافي، وفي هذه الحالة يمكن تقليل معدل الانسداد بتقليل معدل ضخ المياه والضغط المرافق له عبر مصافي البئر.

ويمكن استخدام حامض الهيدروكلوريك أو حامض الكبريتيك لإزالة قشور الأملاح المتكونة من المغنسيوم والكالسيوم ومركبات الحديد من مصافي البئر، ويجب الحرص عند القيام بهذه العملية حيث أن تداول هذه الأحماض

القلوية يعتبر من الأعمال الخطيرة، كما يمكن استخدام كلور بتركيز ٥٠٠ ملجم/ لتر لإزالة بكتريا الحديد من على مصافي البئر ومع ذلك فإنه نادرا ما يمكن التخلص النهائي من بكتريا الحديد ولذا يجب أداء أعمال الصيانة الوقائية باستمرار.

تآكل جسم البئر والمصافي (Corrosion of Casing and Screens)

يمكن أن تكون مياه البئر من النوع الآكال ويمكن أن تضر جسم البئر والمصافي وتوجد ٤ أشكال معتادة من التآكل الكيميائي وهي:

١. تآكل كيميائي مباشر.
٢. تآكل بنزع الزنك.
٣. تآكل الكتروليتي.
٤. تآكل بكتيري.

وحدوث أي نوع من هذه الأنواع يؤدي لانهيار جسم البئر أو المصافي وتعطل البئر.

١. التآكل الكيميائي المباشر:

ينشأ التآكل الكيميائي المباشر من التفاعلات الكيميائية بين المياه الجوفية أو التربة والمادة المعدنية لجسم البئر (Casing)، الطلمبة، أو المصافي وعند تآكل المصافي تتسع فتحاتها فتسمح بدخول حبيبات الرمال الرفيعة إلى داخل البئر.

٢. التآكل نتيجة نزع الزنك:

تفريغ المحتوى الزنكي لمعدن المصافى وهو عبارة عن إزالة أحد المعادن المكونة للسبيكة تاركة المصفاة في شكلها الأصلي ولكنها تضعفها جدا وتجعلها مثل الأسفنجة. وتنشأ مشكلة إزالة الزنك من فرق الجهد الكهروكيميائي بين المعادن والسبيكة.

٣. التآكل الإلكتروليتي:

ينشأ بفعل الخلايا الإلكتروليتية التي تتكون بين معدنين مختلفين مثل معدن مصفاة أو المعادن الموصلة به وتعمل هذه المعادن مثل البطارية الكهربية حيث يقوم أحد المعادن بدور القطب الموجب والأخر القطب السالب (الأنود والكاثود). وعند مرور تيار بين هذين المعدنين يحدث تآكل وانفصال لجزيئات من الأنود وتترسب على الكاثود.

٤. التآكل البكتيري:

يمكن أن يتأثر بطريقة غير مباشرة بالغزو البكتري فمن الممكن أن يغير النمو البكتري بعض المواد الذائبة في المياه الجوفية وبهذا يتم تأكل جسم البئر أو المصافي بصورة أسرع فعلى سبيل المثال في حالة كبريتات الكالسيوم المعتادة تقوم البكتريا المختزلة للكبريتات بإنتاج كبريتيد الهيدروجين وحامض الكبريتيك وهذه المركبات تساعد على سرعة عمليات التآكل للمصافى المعدنية.

وبصفة عامة فإنه عند استخدام المصافى من المواسير البلاستيك (uPVC) فإننا نتجنب معظم هذه التأثيرات.

ويمكن تحديد العوامل المؤثرة على كفاءة وإنتاجية الآبار فيما يلى:

العوامل التى تؤثر على كفاءة الآبار

هناك العديد من العوامل التى يمكن أن تؤثر على كفاءة الآبار ويجب أن ننتبه إلى أهمية التمييز بين العوامل المرتبطة بالتآكل العادى لأجزاء الطلمبة والعوامل المرتبطة بتغيير البيئة المحيطة بالبئر.

ويمكن أن تقل إنتاجية البئر بسبب انخفاض قدرة الطلمبة كنتيجة لتآكل أجزاء الطلمبة، و قد يكون هذا التآكل ناتج من دخول الرمال إلى البئر نتيجة لتآكل مصافى البئر وهذا التآكل فى أجزاء الطلمبة يقلل من كفاءة وقدرة الطلمبة ويتلاشى هذا التأثير فى الآبار جيدة التصميم.

ويجب التفريق بين أعمال صيانة الطلمبة، أعمال صيانة البئر، مع تحديد الحالات التى ترجع إلى مشاكل فى صيانة البئر والتى يجب الانتباه لها جيداً مثل زيادة معدلات الضخ، أو انخفاض منسوب المياه الجوفية، أو انسداد أو انهيار المصافى، أو تآكل جسم البئر، ويمكن إيجاز بعض العوامل المؤثرة فى كفاءة وإنتاجية البئر فيما يلى:

١. اختيار المواقع المناسبة لتوفير كمية المياه المطلوبة.
٢. طبيعة الطبقات الحاملة للمياه وبعدها عن سطح الأرض.
٣. مدى احتمال تلوث المياه الجوفية.
٤. الانخفاض فى منسوب سطح المياه فى البئر حيث أن الفرق فى منسوب المياه داخل البئر وخارجه هو العامل الرئيسى فى سريان المياه من الطبقة المحيطة بالبئر إلى داخله فكلما زاد هذا الفرق زاد معدل سحب المياه من البئر.
٥. معامل نفاذية التربة فكلما زاد معدل نفاذية التربة يزيد تصرف البئر
٦. تآكل مصافى ومواسير البئر للأسباب التالية:
   - فى حالة أن تكون المياه الجوفية حامضية (pH أقل من ٧).
   - وجود أكسجين ذائب فى المياه ووجود أملاح الكبريتات.
   - وجود أملاح ذائبة فى المياه بتركيز أكبر من ١٠٠٠ جزء فى المليون.
   - وجود كبريتات الهيدروجين وثانى أكسيد الكربون والكلوريدات بنسبة أكبر من ٣٠٠ ملجم / لتر.
   - ارتفاع درجة حرارة المياه الجوفية.
   - زيادة سرعة المياه خلال فتحات المصافى.

ويمكن التحكم فى تآكل المصافى بمراعاة ما يلى:
- استخدام مصافى ومواسير البئر من مواد وسبائك مقاومة للصدأ.
- زيادة فتحات المصافى ما أمكن لخفض السرعة خلالها.

تكنولوجيا معالجة المياه الجـــوفيـــة

تتم معالجة مياه الآبار باستخدام عمليتين أساسيتين يتم إجراؤهما على المياه الجوفية وهما:

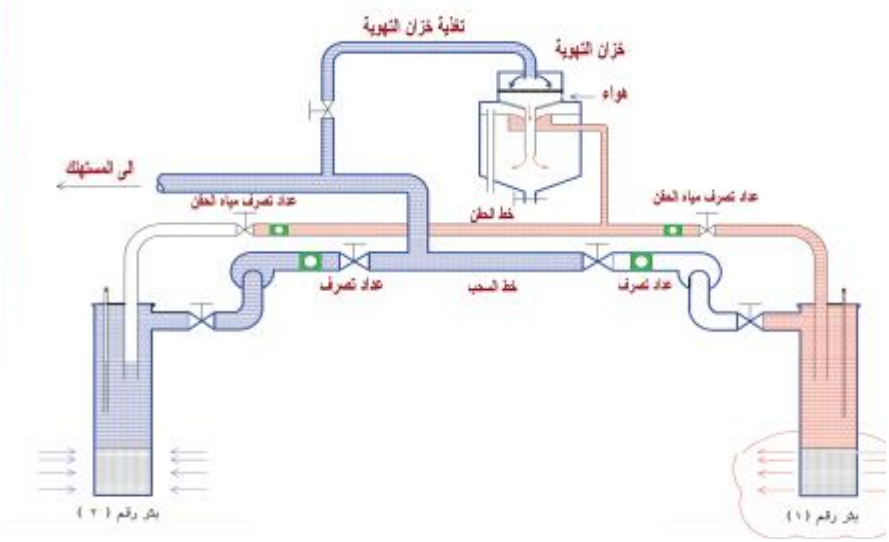
١. إزالة عسر الماء.

٢. إزالة أملاح الحديد والمنجنيز.

وهذه الطرق مذكورة فى الفصل الخاص بالمعالجة الكيماوية وإزالة الأملاح وفيما يلى سنذكر إحدى الطرق التى تمت تجربتها محليا فى معالجة مياه الآبار وهى طريقة بيرمان (BURMAN) والتى تم تنفيذها بمحافظة البحيرة.

أسلوب إزالة الحديد والمنجنيز بطريقة (BURMAN):

تم استخدام هذه الطريقة فى محافظة البحيرة فى عام ٢٠٠٣، حيث تم تطوير هذه الطريقة لإزالة الحديد والمنجنيز من خلال التعاون بين شركة مياه البحيرة وبرنامج التعاون الإدارى الهولندى (NMCP) وشركة مياه امستردام (AWS) وذلك من خلال اتفاقية التآخى بينهم لنقل الخبرة الهولندية فى معالجة مشاكل الحديد والمنجنيز بالمياه الجوفية بدراسة أفضل الطرق لإزالة الحديد والمنجنيز، حيث تم تطبيق هذا الأسلوب لإزالة الحديد والمنجنيز من خلال ثلاث مراحل، كما هو مبين بالشكل رقم (١٠-١٦).

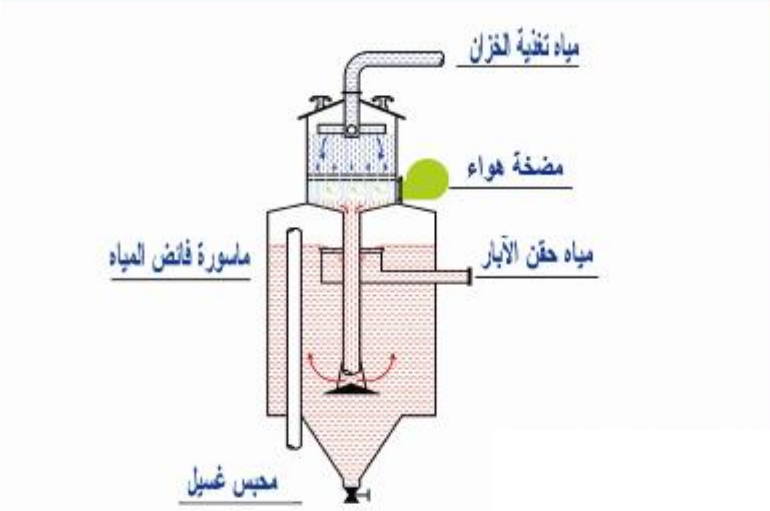


شكل (١٠-١٦)

نظام الإزالة للحديد والمنجنيز باستخدام طريقة بيرمان

أ. **الحقـــــن:**

يتم حقن كمية من المياه المهواة جيداً بإستخدام خزان للتهوية قبل عملية الحقن فى البئر المطبق به الأسلوب، وتبلغ كمية هذه المياه المحقونة حوالى ١٠٠٠ – ٢٠٠٠ م^{٣} ويتم تحديدها بالتجربة العملية بالموقع وبتحليل النتائج، ويعرض الشكل رقم (١٠-١٧) خزان التهوية.



شكل رقم (١٠-١٧)
خزان التهوية يستخدم أثناء عملية الحقن

ب. **فترة الراحة:**

يتم إيقاف الحقن وترك البئر دون سحب المياه منه لفترة زمنية حوالى أربعة ساعات.

ج. **السحب:**

يتم تشغيل البئر وضخ المياه المسحوبة منه إلى المناطق المخدومة. وتكون المياه الخارجة من البئر بتركيزات منخفضة لكل الحديد والمنجنيز. ويستمر السحب مع التحليل المستمر للمياه حتى الوصول إلى الحد الأقصى المسموح به للحديد والمنجنيز فى المياه الجوفية طبقا للكود المصرى وهو ١,٠٠ ملجم/ ل للحديد، ٠,٥ ملجم/ ل للمنجنيز، فيتم إيقاف البئر وإعادة دورة التشغيل بدءاً بالحقن مرة أخرى، وبإزدياد

عدد الدورات تزداد مقدار المياه التى يتم سحبها من البئر ويمكن تفسير هذة العملية كالآتى:

- عند حقن البئر بماء يحتوى على أكسجين ذائب والسحب أكثر من مرة تتكون طبقة (غشاء ملتصق) من هيدروكسيد وأكاسيد الحديد والمنجنيز حول حبيبات التربة أسفل منسوب المياه الجوفية فى المنطقة المحيطة بماسورة البئر بدائرة ذات قطر يتم حسابه عند التصميم.
- عند سحب المياه من البئر تمر المياه المحتوية على أيونات الحديد والمنجنيز الثنائيو التكافؤ على منطقة التربة السابق تكون عليها طبقة الهيدروكسيدات والأكاسيد (غشاء ملتصق). يتم إدمصاص أيونات الحديد والمنجنيز على سطح طبقة الأكاسيد الهيدروكسيدات لتخرج المياه من البئر خالية من هذه الأيونات.
- تستمر عملية إدمصاص الأيونات حتى يتم التوازن بين تركيز الأيونات داخل طبقة الهيدروكسيدات والأكاسيد وبين المياه المحيطة بحبيبات التربة فتتوقف عملية الإدمصاص وعندها يتم إيقاف السحب من البئر.
- يتم حقن البئر مرة أخرى بماء مهوى (يحتوى على أكسجين ذائب) فيتم أكسدة الأيونات السابق إدمصاصها من الحديد والمنجنيز ثنائيو التكافؤ لتتحول إلى هيدروكسيدات وأكاسيد حديد ثلاثى التكافؤ ومنجنيز رباعى التكافؤ مكونة طبقة (غشاء ملتصق) جديدة على سطح حبيبات التربة. ومع مرور الوقت تتحول هيدروكسيدات الحديد الكبيرة الحجم إلى أكاسيد ذات حجم أقل وهو ما يفسر عدم إنسداد البئر سريعاً بعد استخدام الأسلوب تحت السطحى.

ونظرًا لطبيعة التشغيل بهذا الأسلوب، حيث يتم التشغيل ثم التوقف، ثم الحقن فيفضل أن يقوم بالعملية الواحدة أكثر من بئر لإجراء أعمال هذا التناول ولاستمرار الإمداد بالمياه طول الوقت. إلا أن هذه الظروف غير متوفرة فى معظم عمليات الآبار بمحافظة البحيرة، فعلى سبيل

لمثال عملية آبار السخنة، تحتوى على بئر واحد، ويتم عمل دورة التهوية والحقن عن طريق.

توفير كميات مياه للحقن من خارج الموقع (من الشبكة) وهى طريقة غير عملية وعلى ذلك فإن هذه العملية تتطلب إنشاء بئر آخر فى الموقع للعمل معًا بالتبادل ويفضل أن يكون بكل موقع عدد ٣ آبار على الأقل آخذين فى الاعتبار وجود بئر فى حالة صيانة أو عمرة بالمحرك.

ويوضح الشكل رقم (١٠-١٨) محرك طلمبة الأعماق وخط الطرد.

شكل رقم (١٠-١٨)
محرك طلمبة الأعماق وخط الطرد

وبصفة عامة فإن كمية المياه التى يتم حقنها تتراوح بين ٦ – ١٢% من كمية المياه التى يتم سحبها ويخضع ذلك لخصائص البئر والتربة المحيطة ونوعيتها والعديد من العوامل الأخرى.

اشتراطات تشغيل آبار بنظام (BURMAN)

وعند استخدام تكنـــولوجيا (BURMAN) في تشغيل الآبار الجوفية فإنه يجب مراعاة ما يلي:

- الالتزام بتسجيل كافة البيانات عن البئر خاصة عند إنشائه (خصائص البئر، بيانات المواسير السادة، بيانات المواسير، المصافي، اختبار الضخ المبدئي للبئر، وصف طبقات التربة التي يوجد بها البئر، الطاقة التصميمية للبئر).
- الالتزام بتركيب عداد قياس لتسجيل كمية المياه المسحوبة وتسجيلها دوريا.
- إعداد دراسة عن العلاقة بين عدد دورات التشغيل وكمية المياه المنتجة مع تحديد كمية المياه المطلوبة للحقن لتشغيل البئر.
- الالتزام بكمية المياه المسحوبة والمحددة من خلال التجارب السابقة على البئر من حيث دورات السحب والحقن.
- مراجعة التصرف النوعي للبئر مرة واحدة على الأقل كل ستة أشهر.
- في حالة انخفاض التصرف النوعي للبئر أكثر من ٢٥% فإنه يجب البدء في تنمية البئر فوراً.
- المراجعة الدورية لتركيز الحديد والمنجنيز بالمياه التي يتم سحبها وإيقاف البئر في حالة زيادته إلى ٠,٢ ملجم/ لتر.
- يجب أن لا يزيد تركيز الحديد والمنجنيز بمياه الحقن عن ٠.٠٣ ملجم/ لتر.

تطهير المـــــــياه بواسطة الكـــلور

إذا تم اكتشاف وجود بكتريا في البئر فيكفي معالجته مرة واحدة بالكلور لإزالة هذه المشكلة أما إذا كانت البكتريا موجودة في الماء نفسه فيجب استخدام طلمبة تغذية بالكلور لحقن الكلور باستمرار في غلاف البئر أو إلى طلمبة ضخ الماء أو إلى الخط الواصل بين الطلمبة وخزان الضغط ويجب استخدام جهاز لمنع ارتداد الكلور إلى البئر عند توقف الطلمبة. وعادة تكون طلمبة الكلور موصلة كهربيا مع طلمبة الماء بحيث تعمل الطلمبتان معا في نفس الوقت ويجب المحافظة على قيمة الكلور المتبقي بين ٠.٢ - ٠.٦ مجم/ لتر

ويعتمد زمن التلامس على كمية الكلور المتبقي ودرجة الحرارة والاس الهيدروجيني وعلى البكتريا الموجودة.

ويوضح الشكل رقم (١٠-١٩) جهاز الكلور. وقد تم شرح عملية التطهير بالكلور تفصيليا فى الفصل السابع من هذا البرنامج التدريبى.

شكل رقم (١٠-١٩)
جهاز حقن الكلور

وتعتمد كمية الكلور المطلوبة لقتل البكتريا على كمية كبريتيد الهيدروجين والحديد الموجودة في الماء لأن جزء من الكلور يتم استهلاكه في أكسدة هذه المواد فكل ١ ملجم/ لتر من الحديد تستهلك ١ مجم/ لتر من الكلور وكل ١ مجم/ لتر من كبريتيد الهيدروجين تستهلك ٣ مجم/ لتر من الكلور فإذا كانت المياه تحتوى على سبيل المثال على ٣ مجم/ لتر من الحديد و٣ مجم/ لتر من كبريتيد الهيدروجين فيجب أن يضاف ١٢ مجم/ لتر من الكلور (٣×١ + ٣×٣ = ١٢) وبعد أن تتم أكسدة الحديد بواسطة الكلور يمكن إزالته بالترشيح أما كبريتيد الهيدروجين فيتأكسد إلى كبريتيات.

الفصل الحادي عشر

وحدات تنقية المياه النقالى

الفصل الحادي عشر

وحدات تنقية المياه النقالى

أهداف الأداء (التعلم):

بانتهاء التدريب على هذا الفصل ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن:

- يذكر مميزات وحالات استخدام الوحدات النقالي.
- يصف مشتملات الوحدات النقالي ومسار ومراحل العمليات بها.
- يشرح المشاكل التي تصاحب إنشاء الوحدات النقالي وبعض الحلول المقترحة لها.
- يذكر الشروط الواجب توافرها في الموقع الذي سيتم تركيب الوحدة النقالي فيه.
- يشرح بالتفصيل جميع إجراءات تشغيل المحطة وما قبلها من فحوص.
- يذكر إجراءات الصيانة الوقائية اليومية والأسبوعية والشهرية والنصف سنوية والسنوية.
- يذكر بالتفصيل جميع الخطوات والإجراءات التي تتبع عند غسيل المرشحات.
- يحدد مشاكل التشغيل المحتملة وأسبابها وطرق إصلاحها.
- يصف نماذج للمحطات النقالي المطورة ويذكر الفرق بينها وبين المحطات النقالي التقليدية.

مقدمـــة

وحدات التنقية "النقـــالى" أو المدمجـــة (Compact Units)، تماثـــل العمليـــات التقليدية لمعالجة المياه السطحية الخام، حيث تشمل نفس خطوات التنقية وهى الترويب، والترسيب، والترشيح، والتطهيـــر، والتخـــزين، وأخيـــراً التغذيـــة. ويختلف تصرف هذه الوحدات تبعا لتصميمها، ويتراوح بوجه عام بـــين ٣٠ إلى ٩٠ لتر/ ثانية (١٠٨ إلى ٣٢٤ متر^{٣}/ ساعة)، وتمتاز وحـــدات التنقيـــة النقالى بالمِيزات التالية:

١. سهولة وسرعة التركيب، حيث أن مكوناتها تكون مركبة فى حاويات مجهزة بالمعدات والمهمات، ولا يلزم لتركيب الوحدة إلا التوصيل بين هذه الحاويات مما يُيسر تركيبها وتشغيلها فى عدة أيام.
٢. إمكان نقل الوحدة من مكان لآخر، وذلك لأن مكوناتها مركبة فى حاويات كما سبق ذكره. ولا يستلزم عملية نقلها إلا الفصل بين هذه الحاويات.
٣. لا تحتاج هذه الوحدات إلى أعمال إنشائية كبيرة سوى بعض القواعد الخرسانية للحاويات.

وتلعب هذه الوحدات دوراً هاما فى إنتاج وإمداد التجمعات المحدودة بالمياه الصالحة للشرب، وذلك نظراً لصغر حجمها، وسرعة تركيبها، وعدم حاجتها لمساحة كبيرة من الأرض، ولانخفاض سعرها بالمقارنة مع تكاليف إنشاء محطات تنقية المياه التقليدية. ويبين الشكل رقم (١١-١) نموذجاً صغيراً لأحدى حاويات هذه الوحدة.

شكل رقم (١١-١)
إحدى حاويات محطة تنقية مياه شرب نقالى صغيرة

وتستخدم الوحدات النقالى أو المدمجة، بشكل أفضل فى الحالات التالية:

١. التجمعات المحدودة النائية، التى يصعب إمدادها من محطات المياه التقليدية لبعدها عنها، أو لارتفاع تكلفة إمدادها منها، وعدم صلاحية المياه الجوفية فى هذه المواقع.
٢. حل مؤقت عاجل لتغذية التجمعات المحدودة، المقرر تغذيتها من محطات تقليدية، وذلك لحين الانتهاء من إنشاء هذه المحطات وتشغيلها.
٣. سد العجز فى إمدادات المياه لبعض المناطق بصفة مؤقتة، لحين حل المشكلة القائمة بالحلول الدائمة.

مشتملات وحدات التنقية النقالى

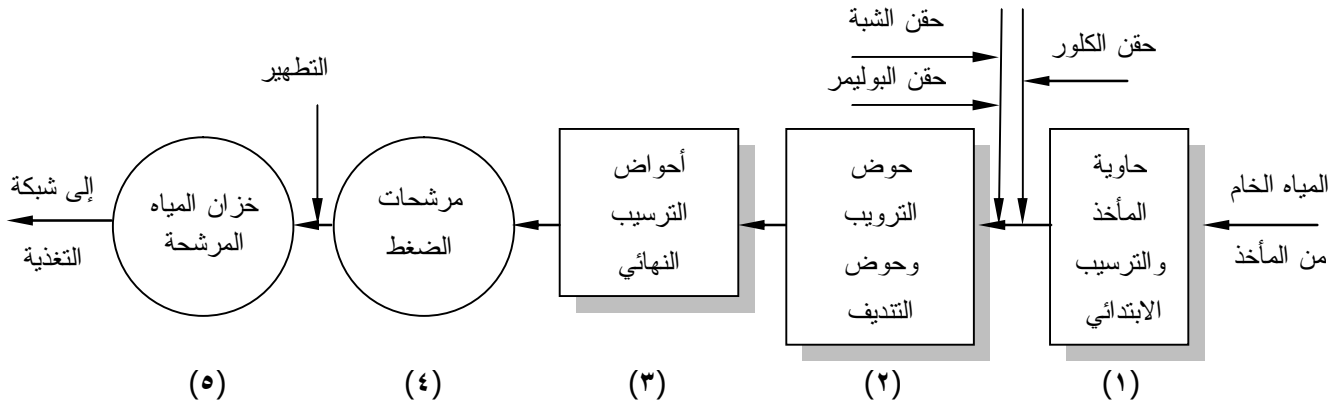
تشتمل الوحدات النقالى لتنقية المياه على نفس مشتملات عمليات تنقية المياه الكبيرة التقليدية. وتشمل:

١. المأخذ وطلمبات سحب وضخ المياه العكرة "الخام".
٢. حوض الترسيب الابتدائى.
٣. الطلمبات الوسطية لرفع المياه من الترسيب الابتدائى إلى باقى العمليات.
٤. الترويب والتنديف وتشمل أجهزة التطهير الابتدائى والنهائي وطلمبات إضافة المحاليل الكيماوية.
٥. أحواض الترسيب النهائي، وطلمبات رفع المياه المرسبة إلى المرشحات.
٦. المرشحات وتكون عادة مرشحات ضغط (Pressure Filters).
٧. أجهزة التطهير النهائى.
٨. خزان تجميع المياه النقية.
٩. طلمبات ضخ المياه النقية للشبكة الخارجية، طلمبات الغسيل ونافخ الهواء.
١٠. وحدة التحكم فى ضغط المياه للاستهلاك.

وصف مبسط لوحدة التنقية النقالى

تستخدم محطات التنقية النقالى لتنقية المياه العكرة من الشوائب والمواد العالقة والطحالب، وتطهيرها للتخلص من البكتريا، حيث تمر المياه فى مسارها المخطط شكل رقم (١١-٢) بعدة مراحل، وتشمل:

١. الترسيب الابتدائى.
٢. الترويب والتنديف بإضافة الكيماويات.
٣. الترسيب النهائي
٤. الترشيح.
٥. التخزين.
٦. الضخ لشبكة التوزيع



شكل رقم (١١-٢)
مخطط لوحدة تنقية مياه نقالي

الترسيب الابتدائى يتم الترسيب فى أحواض إما دائرية أو مستطيلة، وفى بعض الأنواع يتم الاستعانة بألواح رقيقة مائلة متوازية، تركب داخل هذه الأحواض لتمر المياه خلالها لزيادة المساحة السطحية المؤثرة للحوض بمقدار عشرة أضعاف.

أحواض الترويب والتنديف بإضافة الكيماويات بعد ملء حوض الترسيب الابتدائي يتم ضخ المياه بواسطة الطلمبات الوسيطة إلى حوض الترويب والتنديف وفى هذه الأحواض يضاف أيضاً الكلور المبدئى – بالإضافة إلى المواد الكيماوية المروبة – للتخلص من الطحالب ولتخفيف الحمل البكتيرى على المرشحات وتشتمل على حوض المزج السريع وحوض التنديف.

الترسيب النهائي بعد انتهاء عملية الترويب والتنديف تنتقل المياه إلى حوض الترسيب النهائي حيث يتم التخلص من معظم الرواسب ويحتوي هذا الحوض على ألواح مائلة لزيادة معدل الترسيب بالإضافة إلى طلمبات الضخ إلى المرشحات..

الترشيح تحتوى كل محطة تنقية صغيرة على عدد معين من المرشحات يتراوح عادة بين أثنين أو ثلاثة مرشحات سريعة بالضغط.

التطهير يتم التطهير بإضافة الكلور الذى يقتل البكتريا، حيث يحقن الكلور فى هذه المحطات فى نقطتين:

- الأولى فى أحواض الترويب، ويسمى التطهير المبدئى.
- الثانية بعد خروج المياه من المرشحات، ويسمى التطهير النهائى.

التخزين

تخزن المياه الخارجة من المرشحات فى خزانات من الصلب تصل سعتها إلى ٢٠٠ متر مكعب حيث يتم سحب المياه منها لضخها مباشرة إلى المستهلكين.

يتم إنشاء حوض لتجميع مياه الروبة والغسيل في الموقع ويزود بطلمبات غاطسة لضخها إلى الخارج.

ملحوظة

توجد وحدات تنقية مدمجة (صغيرة ثانية) منفذة من المباني الخرسانية يتم تشغيلها وصيانتها طبقا لما يتم في المحطات الكبرى.

مثال للمواصفات الفنيـــة لوحدات التنقيـــة النقالى

يوضح المثال التالى المواصفات الفنية لبعض وحدات التنقية النقالى والمصنعة بمصر.

بيانات الوحدة:

- سعة الوحدة:		١٠٠ م^3/ س
- فترة التشغيل:		٢٠ ساعة/ يوم
- الوزن لمكونات الوحدة:	فارغة	٤٠ طن تقريباً
	عند التشغيل	١٢٥ طن تقريباً
- القدرة الكهربائية:	المركبة	١٢٥ ك وات
	عند التشغيل	٤٥ ك وات
- أقصى مسافة بين حاوية المأخذ وبقية الوحدة		١٠٠٠ م

بيانات الأداء:

- منطقة الترسيب الابتدائى:
  معدل الحمل الهيدروليكى للسطح ٣ م/ ساعة
  مدة تكوين الندف ١٢ دقيقة
- منطقة الترسيب: معدل الحمل الهيدروليكى للسطح ١ م/ ساعة
- سرعة الترشيح: ١٢ م/ ساعة
- الضغط الأقصى للمياه المعالجة عند المخرج ٤ جوى

البيانات الكيميائية:

أ- **كبريتات الألومنيوم (الشبة):**

- التركيب الكيميائى المسموح به طبقاً لمنظمة الصحة العالمية:
  ألومنيوم ٨ %
  جزيئات غير ذائبة ٠.١%
- معدل الخلط عند التشغيل العادى صفر – ١٠٠ جزء فى المليون (مللى جرام/ لتر).
- معدل جرعة الخلط المقترحة عند التشغيل لأول مرة: ٥٠ جزء فى المليون.
- كمية كبريتات الألومنيوم اللازمة لخزان كيماويات سعة ٧٠٠ لتر: ٣٠٠ – ٣٢٥ كجم.
- الضبط عند ١٠٠% = ٣٠ لتر/ ساعة على مؤشر مضخة الحقن: ١٣٠ جزء فى المليون.

ب- **البولى إليكتروليت:**

- التركيب الكيميائى طبقاً لمنظمة الصحة العالمية:
  الرطوبة ١٠%
  مانوميرا كريلميد ١٠%
- معدل جرعات الخلط عند التشغيل العادى: صفر – ١ جزء فى المليون (مللى جرام/ لتر).

- معدل جرعة الخلط المقترحة عند التشغيل لأول مرة = ٠.٥ جزء فـــى المليون.
- كمية البولى إليكتروليت اللازمة لخزان كيماويات سعته ٧٠٠ لتر:

للتشغيل العادى: ٠,٧ كجم

للتشغيل أول مرة: ١,٤ كجم

- الضبط عند ١٠٠% = ٣٠ لتر/ ساعة على مؤشر مضخة الحقن:

للتشغيل العادى: ٠,٢٥ جزء فى المليون

للتشغيل أول مرة: ٠,٥٠ جزء فى المليون

جـــ- الكلور:

- الحقن الابتدائى بالكلور

معدل جرعة الحقن: حتى ١٠ جزء فى المليون (مللى جرام/ لتر).

معدل الجرعة المقترحة عند التشغيل لأول مرة: ١٠ جزء فى المليون.

الضبط: ١ كجم/ ساعة – ١٠ جزء فى المليون.

- الحقن النهائى بالكلور

الكلور المتبقى فى الماء المعالج: ٠,٣ حد أقصى

الطلمبات المستخدمة فى الوحدة

تنقسم أنواع الطلمبات المستخدمة فى الوحدة إلى نوعين رئيسين:

١- طلمبات طاردة مركزية وتستخدم فى الأعمال التالية:

- سحب وضخ المياه العكرة "الخام" ورفعها إلى أحواض الترسيب الابتدائي والترويب والتنديف والترسيب النهائي.
- سحب وضخ المياه المروقة من مرحلة الترسيب النهائي إلى المرشحات.
- سحب وضخ مياه غسيل المرشحات، لغسيل المرشحات عند انسدادها.
- سحب وضخ المياه النقية (المكلورة)، وضخها للاستهلاك.

٢- طلمبات موجبة (ماصة كابسة)، لإضافة محلول المواد الكيماوية المروبة وطلمبات حقن الكلور المبدئى.

مشاكل إنشاء الوحدات النقالى وبعض الحلول المقترحة

تـــم خلال السنوات الماضية، توريد وتركيب وتشغيل العديد من محطات مياه الشـــرب النقـــالى المدمجة (Compact Unit) فى محافظات مصر. ولقد حقق إنشاء هذه المحطات زيادة محسوسة فى إنتاجية مياه الشرب، غير أن تخطيط وتصميم وتصنيع وتنفيذ وتشغيل وصيانة هذه المحطات، قد واجه عدة عقبات ومشاكل نوجزها تباعاً:

مشاكل متعلقة بالتخطيط والتصميم:

- عدم إجراء دراسات الجدوى الفنية والاقتصادية بشكل جيد.
- عدم ملائمة بعض المواقع التى تم اختيارها لإقامة بعض المحطات.
- إسناد تنفيذ الأعمال إلى أكثر من جهة، وعدم توفيـــر التمويـــل اللازم لتنفيذ جميع الأعمال.
- انخفاض مستوى تصميم بعض مكونات المحطات المصنعة محلياً.

مشاكل متعلقة بالتصنيع والتنفيذ:

- صعوبة حصول بعض الجهات على تراخيص من وزارتى الرى والزراعة.
- مبالغة شركات الكهرباء فى تقدير تكاليف توصيل التيار الكهربائى وتأخرها فى توصيله للمحطات.
- تأخر الوحدات المحلية فى إنشاء خطوط المواسير والشبكات.
- صعوبة تصنيع بعض المكونات محليا، وانخفاض كفاءة البعض الآخر.

مشاكل متعلقة بالتشغيل والصيانة:

- نقص العمالة الفنية المدربة أو نقص الخبرة بصفة عامة.
- عدم توافر قطع غيار لأجهزة القياس والتحكم.
- عدم توافر البرامج والسجلات للصيانة الدورية والصيانة الوقائية والعمرات.
- نقص المواد الكيماوية واسطوانات الكلور اللازمة للتشغيل.
- نقص قطع الغيار، وتعذر الحصول عليها من السوق المحلى خصوصاً للمحطات المستوردة.

- سوء حالة بعض المآخذ، وتعرضها للتلوث بنوعيات مختلفة من الملوثات.
- كثرة انقطاع التيار الكهربائى فى بعض المواقع، مما يؤدى إلى عدم انتظام التشغيل.
- إضافة الكيماويات بأسلوب غير سليم لعدم وجود أجهزة قياس وتحكم كما ذكر.
- تعطل وتلف بعض المعدات بالمحطات وخاصة المصنعة محليا.
- عدم التغلب على مشاكل الطحالب فى بعض العمليات مما يعوق التشغيل الكفء، وانسداد المرشحات.

بعض الحلول المقترحة لعلاج هذه المشاكل:

- مراعاة الدقة فى اختيار وتصميم مآخذ المحطات قبل تنفيذها، وحماية مآخذ المحطات القائمة.
- تيسير الحصول على موافقات الوزارات كالرى والزراعة.
- تكليف الشركات المنفذة بالقيام بالأعمال التنفيذية المتكاملة للمحطات (تسليم مفتاح). لكى تتوحد المسئولية ويسهل محاسبة هذه الشركات فى حالة وجود أى خلل.
- توفير وتدريب أطقم عمالة مناسبة للتشغيل والصيانة بكل محطة.
- تنفيذ برامج تدريبية مكثفة للعاملين بالمحطات (بمراكز التدريب وبمواقع العمل).
- تزويد المحطات بأجهزة القياس والتحكم وأجهزة الأمن الصناعى.
- توفير الاعتمادات المالية اللازمة لتدبير مخزون استراتيجى من الشبة والكلور ومهمات التشغيل، وقطع الغيار اللازمة للصيانة.

ونظراً للمشاكل المتعددة، والسابق ذكرها، ولارتفاع تكاليف ونفقات التشغيل والصيانة لهذه المحطات، وقصر عمرها الافتراضى والذى يتراوح بين ١٠، ١٥ سنة، فإنه يجب توخى الحرص، عند اللجوء إلى الاعتماد على هذه المحطات، وقصر استخدامها على سد العجز من إمدادات المياه فى الحالات الطارئة والحرجة، وذلك لحين استكمال حل المشاكل فى إطار خطة متكاملة.

شروط اختيار موقع تركيب الوحدة النقالى

نظراً لاستخدام هذه الوحدات لخدمة التجمعات المحدودة فى الأماكن النائية، أو كحل مؤقت لتغذية تجمعات محدودة، أو لسد عجز مؤقت فى إمدادات مياه بعض المناطق، وتركيبها غالبا فى المناطق البعيدة عن مرافق المياه التقليدية الكبيرة. إلا أنه ينطبق على اختيار موقع تركيبها، نفس الشروط والمواصفات، التى يجب توافرها فى اختيار مواقع محطات المياه الرئيسية، من حيث:

١. توفر مصدر للمياه الخام، تتوفر فيه الصلاحية الكيماوية للمعالجة.
٢. توفر مصدر للتيار الكهربائى بالقدرة الكافية لتشغيل الوحدة.
٣. توفر طريق للمواصلات يسمح بتوصيل حاويات الوحدة إلى الموقع.
٤. القرب قدر الإمكان من التجمع الذى سيتم خدمته.
٥. الدراسات الأولية وتمثل الأساس العملى الفنى والاقتصادى الذى يقام عليه هيكل المشروع لخدمة منطقة معينة وتشمل هذه الدراسات:

- مصادر المياه المختلفة فى المنطقة التى سينشأ فيها المشروع أو القريبة منها.
- تعداد السكان الحالى والزيادة المنتظرة فى المستقبل خلال الفترة التى سيخدمها المشروع.
- معدلات استهلاك المياه الحالية والتغيرات المنتظرة فى هذه المعدلات فى المستقبل خاصة بالنسبة للاستعمالات المنزلية.
- اختيار مصدر الإمداد المناسب.
- توفر الطريقة المناسبة للنقل والتوزيع.
- اختيار التقنية المناسبة طبقاً لنوعية مصدر المياه.

أعمال التشغيل والصيانة

إن التشغيل السليم والصيانة الدورية القياسية هما الركيزتان الأساسيتان اللتان يعتمد عليها عمر المحطة. كذلك فإن إتباع خطوات التشغيل والصيانة القياسيتان لهما التأثير المباشر على نوعية المياه المنتجة. وإذا كانت وحدات التنقية النقالى أو المدمجة (Compact Unit) تلعب دورا هاماً فى إنتاج وإمداد التجمعات المحدودة أو النائية بالمياه الصالحة للشرب بما يميزها من صغر

الحجم وإمكانية تركيبها وتجميعها بسرعة فائقة. فأن هذه الوحدات تحتاج إلى الصيانة الدورية للحفاظ على المهمات الميكانيكية والمعدنية وهى المكون الأساسي لهذه النوعية من المحطات هذا فضلا عن احتياجها إلى عمالة ماهرة مدربة لإتمام عملية التشغيل بنجاح.

أولاً: المراجعة على التركيبات الميكانيكية

تتضمن أعمال مراجعة التركيبات الميكانيكية ما يلي:

١. المراجعة على أتزان الحاويات وثباتها على القواعد الخرسانية.
٢. المراجعة على تركيب أجهزة القياس.
٣. المراجعة على التركيبات الميكانيكية داخل أو خارج الحاويات.
٤. المراجعة على تثبيت المعدات الميكانيكية تثبيتا صحيحا.
٥. المراجعة على نظافة المحطة والحاويات.
٦. المراجعة على سلامة الدهانات الداخلية والخارجية.
٧. التأكيد على ربط وتثبيت المواسير والفلانشات والمحابس والطلمبات وتركيب الجوانات.
٨. التأكيد على ضبط المحورية بين الطلمبات والمحركات.
٩. تجربة المحابس فى الفتح والغلق.
١٠. التأكيد على سلامة محبس الرداخ والكاوتش وجودة التوصيلات على خط السحب.
١١. المراجعة على توصيلات الإسطوانة وأجهزة الكلور.

ثانياً: المراجعة على التركيبات الكهربائية

تتضمن أعمال مراجعة التركيبات الكهربائية ما يلي:

١. التأكيد على تثبيت وتركيب الكابلات
٢. التأكيد على وصول التيار الكهربى للقاطع الرئيسى باللوحة.
٣. قياس الفولت على الفازات الثلاثة مع فاز التعادل.
٤. مراجعة توصيلات البئر الأرضى.
٥. مراجعة التوصيلات المحركات وترتيب الأسلاك.
٦. مراجعة توصيلات كابلات العوامات وكابلات الربط.
٧. مراجعة تثبيت المرشحات والجوانات والجلاندات بحيث تمنع تسرب

الأتربة داخل اللوحات.

٨. تنظيف اللوحات من الأتربة تنظيفا جيدا ويتم ذلك بعد فصل مصدر التغذية بالتيار الكهربى.

ثالثاً: التشغيل اليدوى أول مرة

أ- التشغيل الكهربى

١. فصل القاطع الرئيسى من المصدر الكهربائى.
٢. وضع القواطع الكهربائية الفرعية على وضع التشغيل.
٣. وضع مفاتيح التشغيل الخارجية على وضع الإيقاف (0) فى المنتصف.
٤. قياس الفولت بين بار التعادل وبار الأرضى (صفر).
٥. إطلاق التيار الكهربائى فى اللوحة العمومية برفع ذراع القاطع الرئيسى.
٦. قياس الفولت على الفازات الثلاثة عن طريق مفتاح إختبار الفازات وملاحظة جهاز الحماية ضد سقوط الفولت وترتيب الفازات (٣٨٠ فولت، ٢٢٠ فولت).
٧. إختبار إنارة لمبات الوحدة وإنارة لمبات الحاويات ودوران مروحة التبريد داخل اللوحة.
٨. يرفع ذراع القاطع الفرعى المغذى للوحة.
٩. وضع مفاتيح التشغيل الخارجية فى اللوحة على وضع الإيقاف (0) فى المنتصف.
١٠. وضع القواطع الكهربائية الفرعية على وضع التشغيل.
١١. قياس الفولت بين الفازات الثلاثة وفاز التعادل وبار الارضى.
١٢. إطلاق التيار الكهربائى فى اللوحة.
١٣. وضع مفتاح التشغيل اليدوى الأوتوماتيكى على الوضع اليدوى.
١٤. اختبار إتجاه دوران المحركات الكهربائية وذلك بوضع مفتاح تشغيل كل محرك على وضع التشغيل لمدة ثوانى محدودة.

ب - التشغيل الميكانيكى

١. فتح محابس الدخول على جميع الطلمبات.
٢. تحضير طلمبة المأخذ وخط السحب وملئها حتى محابس عدم الرجوع (الرداخ) والتأكد من خروج فقاقيع الهواء.
٣. وضع مفتاح التشغيل لطلمبة المياه العكرة على وضع التشغيل اليدوى.
٤. يفتح محبس الطرد تدريجيا ببطء.
٥. قياس الفولت على الفازات الثلاثة فى المحرك.
٦. التأكد من وصول المياه إلى حاوية المأخذ وحوض الترسيب الابتدائي ثم إلى وحدة الترويب والتنديف بعد تشغيل الطلمبات الوسطية بحاوية المأخذ.
٧. تكرار البنود السابقة مع طلمبتى الترسيب النهائي لرفع المياه إلى المرشحات.
٨. فتح محابس الدخول والخروج للمرشحات.
٩. فتح المحبس الرئيسى الموجود على ماسورة الخروج الرئيسية والمؤدى إلى الخزان.
١٠. ضبط جهاز قياس التصرف ليكون عند ١٠٠م^{٣} / ساعة، وذلك عن طريق المحبس الرئيسى الموجود على ماسورة الخروج من المرشحات.
١١. التأكد من ملء الخزان إلى أكثر من نصفه عن طريق قراءة العداد الخاص بذلك.
١٢. تكرر الخطوات ٦، ٧، ٨، ٩ مع طلمبة الضخ للمدينة.

ضبط جرعات الكلور والشبة

أولاً: إعداد الشبة

١. فتح محبس الماء الموجود على خزان الشبه لملئه بـ٦٠٠ لتر من الماء.
٢. يضاف ١٠٠ كيلو جرام شبه على المياه الموجودة بخزان الشبة.
٣. يدار الخلاط أعلى خزان الشبة مع تركه يعمل حتى تذوب الشبة.
٤. ضبط طلمبة جرعات الشبة على ٠,٦/ م^{٣} (٦٠% /١٠٠م^{٣}/ ساعة).
٥. يتم تبديل طلمبات ضخ الشبة كل وردية (٧ ساعات).

٦. يتم غسيل طلمبة ضخ الشبة المتوقفة بضخ مياه الغسيل لمدة نصف ساعة.

ثانياً: الكلور

١. ضبط طلمبة جهاز الكلور عند ضغط ٤ بار.
٢. يفتح المحبسين أسفل جهازى المنظم.
٣. يتم تفريغ الهواء بالكامل من داخل جهاز الكلور ويتبين ذلك بتوقف البلية داخل المبين الخاص بتحديد كمية الكلور.
٤. يقفل المحبس أسفل جهاز المنظم الإحتياطى.
٥. يفتح محبس إسطوانة الكلور قليلا فتتحرك البلية داخل المبين.
٦. يتم إختبار التسرب للكلور عند الوصلات بقطعة قطن مشبعة بالنشادر.
٧. تضبط جرعات الكلور فى الحقن الإبتدائى عند ٢ مجم/ ل تقريبا.
٨. تضبط جرعات الكلور فى الحقن النهائى عند ١,٥ مجم/ ل تقريبا.
٩. بعد إتمام ضبط كافة الطلمبات يجب ضبط تدريج ريلاى زيادة الحمل (Over Load Relay) لكل محرك وذلك بقياس قيمة الأمبير فى كل فاز للطلمبة وتضبط قيمة الريلاى بما يزيد عن هذه القراءه قليلا (من ٠,٥ – ١,٥ أمبير).
١٠. عند حدوث زيادة فى الأمبير عن القيمة المحددة على تدريج ريلاي زيادة الحمل يفصل الريلاي دائرة الكونترول وتظهر علامة حمراء على واجهة الريلاي وتنير اللمبة الحمراء الخاصة بالمحرك على اللوحة ويرتفع صوت سارينة الإنذار.
١١. يتوقف صوت سارينة الإنذار بالضغط على الزر (Push Button) الخاص بها وتضاء لمبة حمراء أسفله لتدل على وجود عطل.
١٢. بإزالة سبب العطل وبعد فترة تقل حرارة الجزء الحرارى فى ريلاى زيادة الحمل ويعود إلى وضعة الطبيعى وتنطفأ اللمبة الحمراء الخاصة بالمحرك واللمبة الحمراء فى الدوائر العامة.

التشغيل العادى للمحطة

١. توضع جميع الطلمبات على وضع التشغيل الكهربائى ويفتح محبس الطرد تدريجياً لكل طلمبة تبدأ فى الدوران لكل من طلمبات المياه العكرة ثم طلمبات المدينة تباعا.
٢. يتم ضبط فتحات المحابس للطلمبات العاملة على الفتحات التى تحقق الإتزان الهيدروليكى للمحطة.
٣. يتم فتح محابس صرف الروبة فى كل الحاويات مرتان فى كل وردية
٤. عند توقف السحب من المدينة يزداد الضغط كما يزداد ارتفاع المياه فى خزان المياه نظراً لعدم وجود سحب وتتوقف طلمبات المدينة.
٥. ترتفع المياه فى خزان المدينة وتتوقف الطلمبات المغذية لهذا الخزان.
٦. ترتفع المياه فى المرشحات وتتوقف طلمبات المياه العكرة وتتوقف تبعاً لها طلمبات حقن الشبة وطلمبة ضخ المياه لجهاز الكلور.
٧. يمكن إيقاف الطلمبة عن طريق مفتاح التشغيل (يدوى – أوتوماتيكى).
٨. عند توقف المحطة تقفل محابس الطرد لطلمبات المدينة والعكرة.

برنامج الصيانة

من الأهمية بمكان وضع خطة للصيانة الدورية حيث يتم عمل هذه الصيانة على فترات حسب الأجزاء التى ستجرى لها هذه الصيانة وتكون تلك الفترات إما يومية أو أسبوعية أو شهرية أو نصف سنوية أو سنوية.

الصيانة اليومية

- يتم مراجعة مصفاة السحب والفانوس كل يوم ويتم تنظيفها.
- يتم تغيير المضخات المستعمله كل يوم بالمضخات الاحتياطية.
- يتم تزييت عامود محبس العوامة الموجودة بحاوية الترسيب النهائي.
- النظافة الدورية للمرشحات ومتابعة فرق الضغط عند الدخول والخروج بحيث لا يزيد عن ٠,٥جوى.
- تشحيم المحركات كهربية من الاماكن المخصصة لذلك.
- إزالة الأتربة من الأجسام الخارجية للمحركات لضمان جودة التبريد.

الصيانة الاسبوعية

- يتم تكرار ماسبق فى الصيانة اليومية.
- التفتيش على جميع الوصلات الملحومة والتأكد من عدم وجود تسرب.
- يتم عمل نظافة للوحات التشغيل والتحكم باستخدام هواء جاف.

- يتم عمل اختبار لمعدل تصرف المحطة والتأكد من كمية المياه المنقاة فى الساعة.
- يتم التأكد من سلامة عمل جميع الخلاطات كما يتم التأكد من العامود وريشة القلاب.
- يتم تنظيف المحطة والتخلص من الرواسب.

الصيانة الشهرية

- يتم تكرار ما سبق فى الصيانة الاسبوعية.
- يتم قياس التيار على المحركات المختلفة بالمحطة بواسطة بنسة أمبير ومقارنتها بالقيمة المعتاده حسب لوحة كل محرك على حدة.
- عند وجود قيمة للتيار أعلى من المعدل خاصة بأحد المحركات كهربية يجب الكشف عن سبب زيادة التيار المسحوب وعمل الاصلاح اللازم.
- مراجعة جودة التوصيلات الكهربية باللوحات والمعدات المختلفة.
- التأكد من نقط التلامس الكهربية للكونتاكتورات والمفاتيح ومعالجة أى أكسدة إن وجدت.

الصيانة النصف سنوية

- يتم تكرار ما سبق فى الصيانة الشهرية.
- المحركات الكهربية: يتم اعادة تشحيم رولمان البلى الخاص بها بعد إزالة الشحم القديم والنظافة بشحوم مناسبه لا تتأثر بالماء وتتحمل درجة حرارة حتى ٩٠° م.
- طلمبات المأخذ: يتم تشحيم رولمان البلى الخاص بالطلمبة بشحم متعدد الأغراض لا يتأثر بالماء.
- الخلاط السريع: يتم الكشف على رولمان البلى وتثبيت العامود ويعاد تشحيمه بعد إزالة الشحم القديم والنظافة بشحم متعدد الاغراض ولا يتأثر بالماء.
- الطلمبات الغاطسة بحوض تجميع روبة المروق وغسيل المرشحات: الكشف عن الزيت المستخدم واذا كان غير نظيف أو معتم، يستبدل بآخر جديد ويستخدم زيت تربينى أو حسب توصيات الجهة المصنعة.
- يتم اختبار المياه المنقاه والتأكد من مطابقة مواصفاتها للكود المصرى لمياه الشرب.

الصيانة السنوية

- يتم تكرار ما سبق فى الصيانة النصف سنوية.
- الخلاط البطئ: يتم تغيير زيت صندوق التروس بآخر جديد كل عام أو كل ٨٠٠٠ ساعة تشغيل باستخدام الزيت الموصى به طبقا لتعليمات المصنع (يستخدم زيت موبيلوب طبقا للمواصفات العالمية).
- يتم عمل اختبار للرمال والزلط المستخدمين فى الترشيح والتأكد من مطابقتها للمواصفات المطلوبة.

تعليمات صيانة للطلمبات

قبل بدء تشغيل الوحدة يجب التأكد من ملء الوحدة بالسائل وخلوها من المواد وربط فتحات التفتيش وصمام التحضير.

- التفتيش والملء:

ويتمان معا فى آنٍ واحد ويجب إدارة عامود الطلمبة باليد أثناء الاجراء وببطء (يمكن فك غطاء مروحة المحرك الكهربى لهذا الغرض).

- عملية الإمداد (التحضير):

يتم فتح محبس الغلق على خط الطرد وفى حالة وجود سائل به يندفع إلى الطلمبة ويتم التفتيش بفتح محبس الغلق على خط التحضير.

- تقدير الاتجاه:

يجب أن يكون دوران المحرك الكهربى فى نفس الاتجاه المحدد على الطلمبة وللتأكد من ذلك يتم تشغيل لحظى للمحرك الكهربى وأيقافه وملاحظة اتجاه الدوران وعند عدم مطابقته يتم استبدال فاز مكان الآخر فى محركات ذات الثلاثة فازات وفى المحركات الأخرى يتم الاستعانة بالفنيين المختصين.

- التشغيل الأولى:

- صمام الدخول يفتح بالكامل ويغلق صمام التحضير (التصريف).
- يتم تشغيل المحرك الكهربى.
- عدم كفاية التحضير: عند الملاحظة لعدم كفاية التصـــرف توقـــف الطلمبة ويعاد التحضير.

- ضبط قيمة التصرف:

بعد الوصول إلى سرعة الدوران يجب أن يكون صمام الغلق على خط الطرد مفتوح بالكامل للوصول إلى القدر المطلوب من التصرف دون أن يؤثر ذلك على المحرك الكهربى سواء فى السرعة أو الأمبير.

- غلق محبس التصريف:

يؤدى اغلاق محبس التصريف أثناء التشغيل ولفترات زمنية طويلة نسبيا إلى تلف الطلمبة ولذا يتم الغلق متوافقا مع عملية الايقاف.

- زيادة التصرف:

اذا كان التصرف أعلى من المحدد فى مواصفات الطلمبة يجب ملاحظة ما يلى:

- ألا يكون خط السحب أعلى من الطلمبة وكذلك خط الطرد لا يكون منخفض عنها وان يبقى ضغط التصرف فى الحدود الملائمة.
- عدم وجود فقاعات بالمياه لما لها من أثر ضار على أجزاء الطلمبة وكذلك تسبب عدم دقة القياسات.

- كيفية تغيير حلقات الإحكام (الحشو):

- فك الصامولتين من على الجوايط.
- قم برفع الجلاند.
- انزع الحلقات القديمة من مكانها على العامود ونظفه.
- اثنى حلقات الحشو الجديدة فى اتجاه دائرى وادفعها على عامود الطلمبة برفق مع تعديل اماكن القطع تبادليا.
- ادخل الجلاند واربط صامولتيه على الجوايط.
- اربط بانتظام كلتا الصامولتين حتى يضغط الجلاند على الحشو وتصبح قوى الاحتكاك محسوسة عند دوران العمود باليد عندئذ إرخى الصامولتين قليلا وأعد الربط باليد.

- الدوران الجاف:

يجب عدم إدارة الطلمبة بدون وجود مياه ولو لحظيا لما ينتج عن ذلك من تلف للأسطح الانزلاقية لمانع التسرب.

صيانة المرشحات صيانة الوسط الترشيحي

- يمكن تغيير الحصى والرمل كل عام أو فى الحالات التى تصل بها مرحلة الغسيل إلى عدة مرات فى الوردية الواحدة.
- يجب إختبار الحصى والرمل من السيلكا النقية على ان يقوم المورد بتقديم شهادة معتمدة لصلاحية الرمل والحصى ويكون الرمل والحصى نظيفين وخالين من الأتربة.
- للتأكد من صلاحية الرمل أو الحصى يمكن إجراء التجربة الآتية:

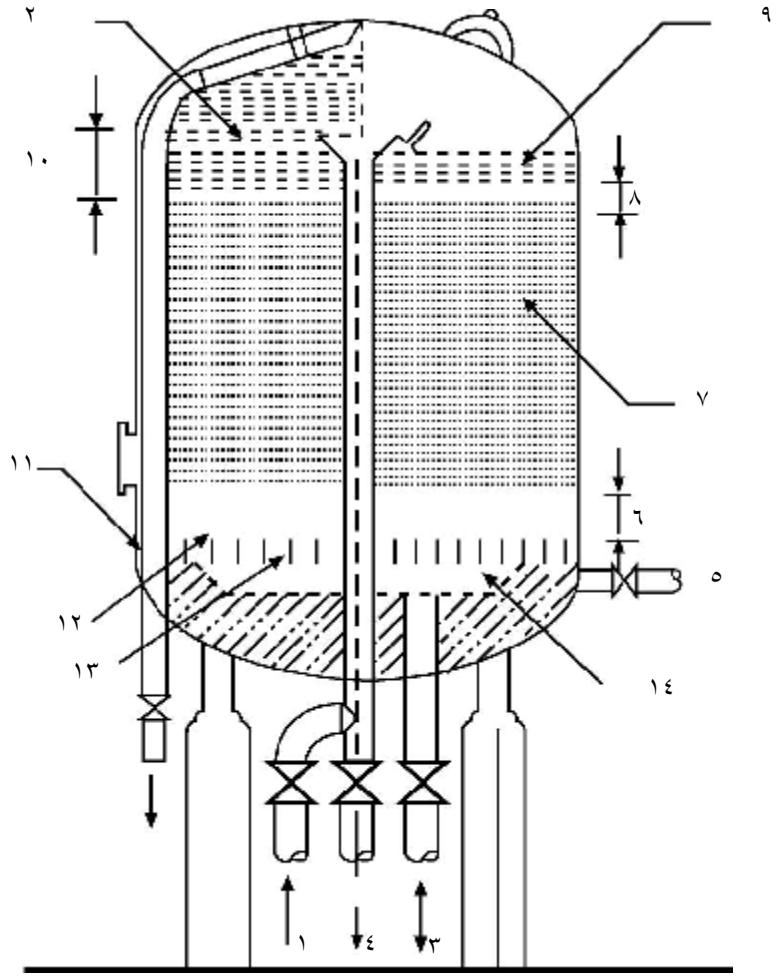
توضع كمية من الرمل والحصى معروف وزنها فى حمض الهيدروكلوريك تركيز ١٠ % وبعد ٢٤ ساعة تغسل وتجفف ويعاد وزنها وفى حالة عدم نقص وزنها عن ٥ % تكون صالحة للاستعمال.

طريقة غسيل المرشحات

- يقفل محبس دخول المياه المراد ترشيحها (المروقة) إلى المرشح.
- يفتح محبس خروج المياه الخاص بالغسيل على نفس المرشح.
- يقفل محبس خروج المياه المرشحة المركب على نفس المرشح.
- يفتح محبس الفراشة والذى يسمح بدخول الهواء من نافخ الهواء.
- يتم تشغيل نافخ الهواء لإمداد المرشح بالهواء الذى يتخلل طبقة الحصى والرمل من أسفل لأعلى والذى يعمل على طرد المياه من المرشح ويستمر التشغيل من ٢ إلى ٣ دقائق ثم يوقف نافخ الهواء ويقفل محبس الهواء.
- يفتح محبس دخول المياه الخاص بالغسيل بعد تشغيل طلمبة الغسيل.
- تترك المياه تمر من أسفل لأعلى حتى تتأكد أن المياه الخارجة من المرشح نظيفة من خلال ماسورة الغسيل.
- توقف طلمبة الغسيل ويقفل محبس الغسيل.
- يفتح محبس دخول المياه المراد ترشيحها (المروقة).

- يفتح محبس التحضير (التشطيف) لمدة ٥ دقائق.
- يقفل محبس التشطيف ومحبس خروج مياه الغسيل.
- يفتح محبس خروج المياه المرشحة.
- يفتح محبس التهوية ٠,٥ بوصة ويترك مفتوحاً حتى تتأكد من خلو المرشح من الهواء ويخرج الماء من خلال ماسورة التهوية ٠,٥ بوصة.
- يقفل المحبس الخاص بالتهوية ٠,٥ بوصة.
- نلاحظ انخفاض فرق الضغط فى عدادات قياس الضغط المركبة بحاوية المرشح.
- تكرر الخطوات السابقة مع جميع المرشحات.
- تتميز المرشحات المستخدمة بإمكانية غسيل أحد المرشحات بحيث يستمر المرشحين الآخرين فى عملية الترشيح المعتادة وذلك لانفصال المراحل السابقة عن بعضها وقدرتها على إنتاج مياه مرشحة باستمرار أثناء الغسيل دون توقف.

ويوضح الشكل رقم (١١-٣) غسيل المرشح الرملى.



١- دخول المياه للمرشح.
٢- المياه بعد دخولها للمرشح قبل عملية الترشيح.
٣- خروج المياه المرشحة، ودخول مياه الغسيل.
٤- خروج مياه الغسيل.
٥- دخول الهواء المضغوط.
٦- طبقة من الزلط أو الركام الخشن.
٧- طبقة من الرمل أو المواد المستخدمة فى الترشيح.
٨- تمدد الرمل أثناء عملية الغسيل.
٩- مياه الغسيل.
١٠- فراغ فوق الرمل.
١١- ماسورة تهوية.
١٢- بلوكات مفرغة.
١٣- قاع المرشح.
١٤- قناة دخول مياه الغسيل.

شكل رقم (١١-٣)

مرشح يعمل تحت ضغط

مشاكل التشغيل وطرق التغلب عليها

الأعطال وأسبابها وطــرق الإصلاح

يوجد العديد من المشكلات والأعطال التى تنشأ نتيجة للعديد من الأسباب منها ما هو متعلق بنوعية المياه وما تسببه هذه المياه، ومنها ما هو مرتبط بأعطال الطلمبات.

ســوء نوعية المياه المنتجة

تتعدد الأسباب التى تؤدى إلى سوء نوعية المياه المنتجة، ويمكن تقسيم هذه الأسباب إلى ثلاثة مجموعات.

المجموعة الأولى:

- عطل بالخلاط المروحى السريع.
- عطل بالخلاط المروحى البطئ.
- عطل بطلمبة خلط الكيماويات أو عدم مناسبة كمية الكيماويات التى تضخها.
- عطل جهاز حقن الكلور أو أنه لا يعطى النسب المضبوطة للكلور.

العلاج:

- إصلاح الخلاط المروحى السريع.
- إصلاح الخلاط المروحى البطئ.
- إصلاح أو ضبط طلمبة ضخ الكيماويات.
- إصلاح أو ضبط جهاز ضخ الكلور.

المجموعة الثانية:

- عدم سحب مياه الروبة بانتظام / تعطل طلمبة سحب الروبة.
- الوقت اللازم للترسيب غير مناسب.

العلاج:

- سحب الروبة بانتظام / إصلاح طلمبة سحب الروبة.
- ضبط الوقت اللازم للترسيب.
- تقليل سرعة المياه للحصول على الترسيب الأمثل.

المجموعة الثالثة:

- عدم إجراء الغسيل العكسى للمرشحات فى التوقيت المناسب.
- عطل فى نافخ الهواء.
- عطل فى طلمبة الغسيل العكسى أو ضغط غير كافٍ منها.
- عطل جهاز حقن الكلور أو أنه لا يعطى النسب المضبوطة للكلور.
- الرمل والحصى قد يحتاجان تغيير.

العلاج:

- عمل الغسيل العكسى للمرشحات فى التوقيتات المناسبة.
- إصلاح عطل نافخ الهواء.
- إصلاح عطل طلمبة الغسيل العكسى.
- إصلاح جهاز حقن الكلور أو ضبطه.
- تغيير الرمل والحصى بعد اختبار صلاحيته.
- التأكد من أن محابس الدخول والخروج والغسيل العكسى فى الوضع المطلوب بالإضافة إلى أنها صالحة ولا تسرب المياه الخام إلى المياه المرشحة.

أعطال الطلمبات **العطل: الطلمبة تعمل ولكن لا تضخ مياه بالقدر المطلوب**

الأسباب:

- وجود هواء فى خط السحب.
- انسداد محبس عدم الرجوع على خط السحب بالعوالق.
- الطلمبة تدور فى اتجاه عكسى.
- تلف الجوانات الداخلية للطلمبة.
- تلف ريشة الطلمبة أو عدم تثبيتها فى العمود الدوار.

العلاج:

- سحب الهواء من خط السحب.
- التأكد من أن جميع الوصلات أو الفلانشات مربوطة جيداً ولا يوجد تسرب للهواء.
- تنظيف محبس عدم الرجوع على خط السحب والتأكد من أنه يعمل

بصورة جيدة.

- تصحيح اتجاه دوران الطلمبة عن طريق تبديل وضع فازاتان.
- تغيير الجوانات الداخلية للطلمبة.
- تغيير ريشة الطلمبة إذا كانت متآكلة أو تثبيتها جيداً فى العمود الدوار.

الطلمبة تعمل ولكن هناك اهتزازات:

الأسباب:

- عدم تثبيت الطلمبة والمحرك الكهربى جيداً.
- عدم استقامة عامود الطلمبة مع عامود المحرك الكهربى.
- تآكل عامود الإدارة أو انحناؤه.
- تآكل فى كراسى التحميل.

العلاج:

- تثبيت الطلمبة والمحرك الكهربى جيداً فى القاعدة.
- تأكيد استقامة عامود الطلمبة وعامود المحرك الكهربى.
- تغيير كراسى التحميل فى الأوقات المناسبة.
- تغيير أو إصلاح عامود الإدارة (تزويد لحام أو استعدال).

صدور صوت عالى من المروحة أثناء الدوران:

الأسباب:

- تلف رولمان بلى كراسى التحميل أو تآكل جلب كراسى التحميل.
- احتكاك الأجزاء الدوارة بالثابتة داخل الطلمبة / وصول أجسام صلبة إلى الطلمبة.

العلاج:

- تغيير رولمان بلى كراسى التحميل أو عمل جلب جديدة لكراسى التحميل.
- تثبيت الأجزاء الداخلية للطلمبة جيداً حتى لا يحدث احتكاك بين الأجزاء الدوارة والثابتة.
- فك الطلمبة وإزالة الأجسام الصلبة وتنظيفها من الرواسب.

بعض نماذج محطات تنقية مياه الشرب النقالى المطورة

مقدمة

قامت بعض الدراسات من خلال أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا للعمل على استغلال وحدات التنقية المختلفة ورفع كفاءتها من خلال عمل بعض التعديلات عليها وذلك عن طريق تغيير طريقة المعالجة نفسها حيث أمكن تطوير إنشاء المحطة وتعديلها بحيث تم إنشاء منظومتين متكاملتين لتنقية مياه الشرب من خلال المنظومة الأصلية وقد تم تنفيذ هذا التطوير في بعض محافظات الجمهورية وهي بالخدمة حاليا لذا فسوف نلقى النظر على أعمال هذا التطوير والذي يمكن تقسيمه إلى:

المنظومة الأولى:

وهى تعتمد على الترشيح المباشر ذو المرحلتين وتعطى هذه المنظومة تصرف يعادل نفس التصرف للمحطة الأصلية وهو ١٠٠ م^{٣}/ ساعة، وكذلك فقد تم تطوير هذه المنظومة نفسها وذلك بالاستغناء عن مرشحات الضغط واستخدام عدد (٢) مرشح خشن (يتكون الوسط الترشيحي من حبيبات من الرمل خشنة نسبيا) يعملان على التوازى حيث تم رفع تصرف تلك المنظومة إلى ٢٠٠ م^{٣}/ ساعة (١٠٠ م^{٣}/ ساعة لكل خط أو مرشح خشن).

المنظومة الثانية:

وهى تعتمد على الترويب المتدرج بالتلامس المتبوع بالترشيح السريع شكل رقم (١١-٥). وتعطى هذه المنظومة تصرف حوالى ٨٥ م^{٣}/ ساعة (تصرف إضافى). الأمر الذى يعنى بدوره ما يلى:

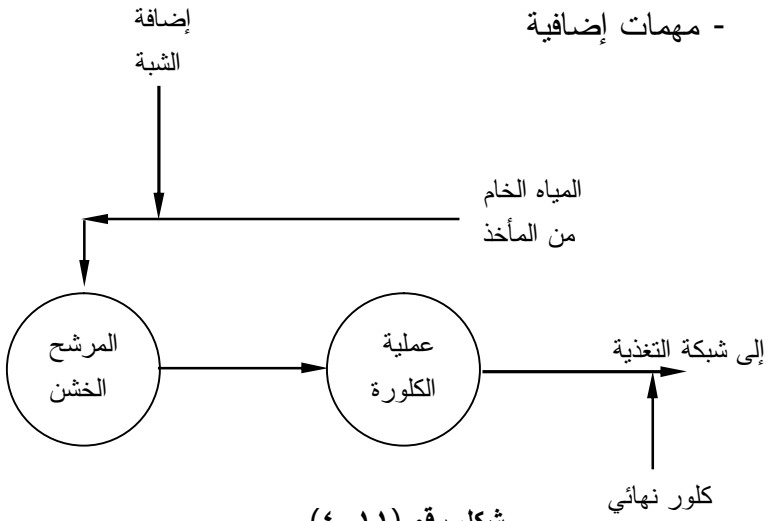
- إمكانية الحصول على نفس تصرف المحطة الأصلية من المنظومة الأولى بإستغلال جزء من وحدات المحطة الأصلية لايتعدى نصف هذه الوحدات.
- زيادة الطاقة الإنتاجية للمحطة بقيمة ٢٨٥ % فى حالة تشغيل المنظومة الثانية.

ونوضح فى الفقرة التالية الشرح التفصيلى للمنظومة الأولى والثانية وتشمل مكونات ومراحل التشغيل لكل منها.

المنظومـــة الأولى (الترشيح المباشر)

تمثل مكونات المنظومة الأولى شكل (١١-٤) فى الوحدات الأساسية التالية:

- مهمات تحضير وإضافة المروب (الشبة)
- مرشح التلامس الخشن Rough / Contact Filter
- مهمات التعقيم (إضافة الكلور)
- مهمات إضافية



شكل رقم (١١-٤)
الترشيح المباشر ذو المرحلتين
لتطوير ورفع كفاءة محطات تنقية المياه النقالى

وتتلخص مراحل التشغيل لمكونات المنظومة الأولى فى:
سحب المياه الخام من مصادرها السطحية حيث يتم إضافة محلول الشبة (بعد تجهيزه) إلى المياه الخام من خلال عملية الحقن والخلط خلال المسار (In-line Mix). بعد ذلك يتم إدخال المياه مباشرة إلى المرشح الخشن (Rough/Contact Filter) حيث يعمل ذلك المرشح بمعدلات ترشيح كبيرة تحت ظروف المياه الخام الحالية فى مصر وذلك لفترات زمنية طويلة قبل الحاجة لغسيل المرشح . وهذا المرشح له وظيفتين:

الوظيفة الأولى:

حجز المواد الصلبة العالقة بنسبة تصل إلى ٩٥% وكذلك إزالة الطحالب الموجودة بالمياه.

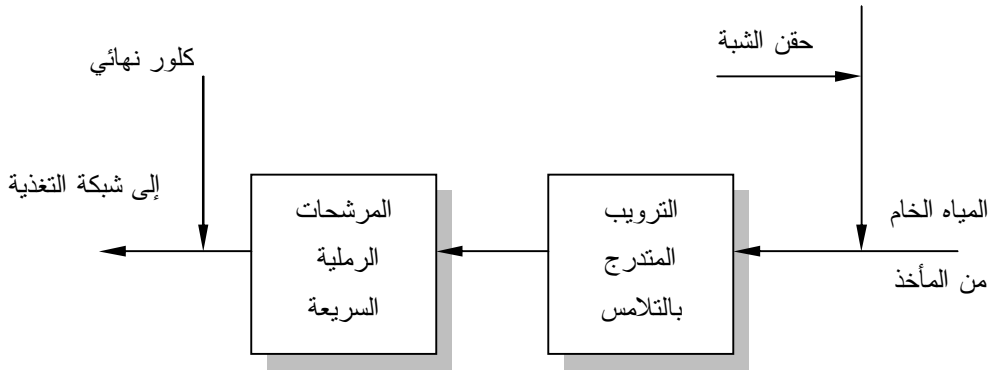
الوظيفة الثانية:

يعمل المرشح كمروب وتتكون بداخله الندف حيث تحجز، فعند تكون الندف يكبر حجم المواد العالقة مما يؤدى إلى حجز جزء كبير منها داخل المرشح نفسه كما يتميز ذلك المرشح بقدره فائقة على خفض قيمة العكارة وباقى الملوثات من المياه الخام. بعد ذلك تصبح المياه المعالجة قابلة للشرب بعد مرحلة التعقيم مباشرة. وتتم عملية غسيل المرشحات الخشنة كما هو الحال بالنسبة لمرشحات الضغط.

المنظومة الثانيـــة (باستخدام الترويب المتدرج بالتلامس)

تتمثل مكونات المنظومة الثانية، شكل رقم (١١-٥)، فى الوحدات التالية وهى عبارة عن الوحدات التى لم تستغل من المحطة النقالى ضمن المنظومة الأولى من التطوير وتشمل:

- مهمات تحضير وإضافة الشبه والكلور (مشتركة مع المنظومة الأولى).
- خزان الترويب (جزء من الترسيب النهائى سابقاً).
- المرشحات السريعة (جزء من الترسيب النهائى + أحواض الترويب القديمة).



شكل رقم (١١-٥)

الترويب المتدرج بالتلامس والمرشحات الرملية لتطوير ورفع كفاءة محطات تنقية مياه الشرب المدمجة

وتتلخص مراحل التشغيل لمكونات المنظومة الثانية فى:

أ- سحب المياه الخام من مصادرها السطحية حيث يتم إضافة محلول الشبه إلى المياه الخام من خلال عملية حقن خلال المسار كما سبق فى المنظومة الأولى .

وبعد ذلك تدخل المياه إلى خزان الترويب (ترويب متدرج بالتلامس) وهو عبارة عن جزء من أحواض الترسيب الأصلية يتم تعديله بإضافة طبقات من الزلط بترتيب معين ليتم خلاله إتمام عملية الترويب المتدرج بالتلامس .

ب- بعد إتمام عملية الترويب المتدرج بالتلامس تدخل المياه إلى المرشحات الرملية وهى فى هذه المنظومة عبارة عن جزئين (مرشحين):

- المرشح الأول: يقع في منطقة الترويب فى المحطة الأصلية.
- المرشح الثانى: يقع فى جزء من حوض الترسيب النهائى للمحطة الأصلية.

التقنيات المتطورة لعملية الترويق

تلعب مساحة أحواض الترسيب أو الترويق العنصر الأكثر أهمية فى كفاءة عمليات الترسيب وذلك نظراً لتأثير مساحة الأحواض على معدلات التحميل السطحى وبالتالى على كفاءة العملية بصفة عامة.

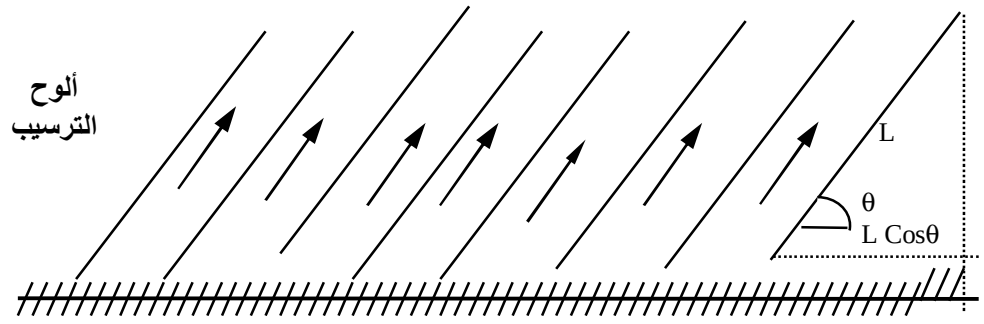
ومع توجهات التطور وبصفة عامة نحو العمل على تصميم المنظومات النقالى (المحطات النقالى) لتنقية مياه الشرب، حيث يعمد المصممون للعمل على الحد من المتطلبات البعدية للمحطات، لذلك فإن مساحة أحواض الترويق غالباً ما تتعارض مع تلك التوجهات.

وبهدف التغلب على تلك المشكلة فقد ظهرت ألواح وأنابيب الترسيب كبديل ذو كفاءة عالية لإتمام عملية الترسيب أو الترويق طالما تم تنفيذه بصورة دقيقة وسليمة، ويتبع عملية استخدام ألواح أو انابيب الترسيب إمكانية الحد وبشكل كبير من المتطلبات البعدية لمهمات ووحدات الترويق داخل محطات تنقية مياه الشرب بصفة خاصة، ووحدات الترسيب بصفة عامة.

نظرية ألواح وأنابيب التـــرســـيب

يعتـــمد استخدام ألواح وأنابيب الترسيب على مفهوم أساسى يمكن تبسيطه فى أنه تحويل أو إستبدال أى حيز قد يمكن استخدامه لإتمام عملية الترسيب العادى فى حوض الترسيب البسيط إلى عدد كبير من الأحواض كل حوض منها عبارة عن الحيز أو المسافة بين كل لوحين من ألواح الترسيب المتراصة بنظام هندسى معين، وذلك مع وجود فارق بسيط يتمثل فى الحد من عمق حوض الترسيب حيث يتمثل العمق فى هذه الحالة فى مسافة بسيطة هى تلك الواقعة بين كل لوحين متجاورين.

وفى أبسط صورة ممكنة ولإلقاء الضوء على مدى الكفاءة العالية لاستخدام ألواح وأنابيب الترسيب يوضح شكل رقم (١١-٦) إحدى منظومات ألواح الترسيب التى يمكن استخدامها فى أحواض الترويق بمحطات تنقية المياه.



شكل رقم (١١-٦)
نموذج لمنظومات ألواح الترسيب

وفى هذه المنظومة فإن المساحة الإعتبارية لحوض الترسيب تقدر فى هذه الحالة على أنها المساحة الإجمالية لمجموع مساحات مساقط ألواح الترسيب المائلة على المستوى الأفقى وبالتالى وبفرض أن:

عدد الألواح = N

طول الألواح = L

عرض الألواح = B = عرض منطقة الترسيب الفعالة

∴ المساحة الإجمالية لمسطح حوض الترسيب = $N * L * \cos\theta * B$

وبالتالى يتضح وببساطة مدى إمكانية زيادة المسطح الفعال لحوض الترسيب فى حدود واسعة جداً وذلك مع استخدام عدد غير كبير من ألواح الترسيب.

مميزات استخدام ألواح وأنابيب الترسيب:

يؤدى استخدام الألواح وأنابيب الترسيب لإنجاز هذه العملية بكفاءة عالية وذلك كنتيجة لما يلى:

- مضاعفة مسطح الترسيب الفعال الأمر الذى يتيح إمكانية الإستفادة من أى حيز ترسيب مهما كان صغير.
- زيادة كفاءة عملية الترسيب عن طريق زيادة حجم التصرف التصميمى لحيز الترسيب كنتيجة لخفض زمن بقاء المياه خلال مرحلة الترويق.
- الحد من التكلفة الإنشائية لأى مهمات ترسيب مستجدة، مثل إنشاء أحواض ترسيب جديدة، حيث يكتفى بتطوير الأحواض الحالية عن طريق إضافة ألواح أو أنابيب ترسيب يتم تركيبها وتنظيمها داخل المنشآت أو حيز الترسيب الحالى بمحطة التنقية.

الفصل الثاني عشر

تشغيل محطات تنقية مياه الشرب

الفصل الثانى عشر

تشغيل محطات تنقية مياه الشرب

أهداف الأداء (التعلم):

بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادرا على أن:

- يشرح الأغراض الأساسية لتشغيل محطات تنقية مياه الشرب والأسس العامة للتشغيل الأمثل لمحطات تنقية مياه الشرب.
- يصنف أجهزة القياس والتحكم المستخدمة في محطات تنقية المياه وفقاً لوظائفها وطرق التحكم وايجابيات الالتزام باستخدامها.
- يشرح اعتبارات تنظيم التدفقات بالمحطة والحاجة لذلك وتأثيرات تغييرات عملية التنقية على تغيير معدلات التدفق.
- يقلل الاحتياج إلى الكيماويات في محطات تنقية المياه واستخداماتها وتداولها الآمن وتخزينها وإجراءات الإسعاف من أضرارها.
- يستخدم سجلات وتقارير التشغيل المكتوبة بعد تصنيف أنواعها واستخداماتها وشرح أهمية وكيفية الاتصالات الشفوية.
- يصنف أنواع الصيانة في محطات تنقية مياه الشرب ويخطط لها ولأعمال إدارتها وإجراءات تنفيذها وحساب تكلفتها.
- يربط أهم اعتبارات السلامة والأمن داخل محطات تنقية المياه وفقاً لمنشاتها وأعمالها ومجالات وإجراءات الطوارئ بأنواعها.
- يشرح أهمية تداول حمأة محطات تنقية مياه الشرب ومصادرها ومعالجة هذه الروبة والتخلص الأمن منها وضرورة ذلك.
- يذكر أهم إرشادات التعامل مع الشكاوي من جودة المياه وفحصها وتحديد أسبابها ووضع الجداول المناسبة لذلك.

أهداف تشغيل محطات تنقية مياه الشرب:

يحاول المسئولون عن محطات تنقية مياه الشرب والقائمون على تشغيلها تحقيق ثلاثة أهداف رئيسية، هى:

١- إنتاج مياه آمنة وصالحة للشرب.

٢- إنتاج مياه شرب بكميات تكفي الاستهلاك وبضغط مناسب.

٣- إنتاج مياه شرب بتكاليف معقولة.

ومن منظور الصحة العامة، تعطى الأولوية لإنتاج مياه شرب آمنة وخالية من البكتريا الضارة والمواد السامة. وتنظم اللوائح والتعليمات القومية والمحلية جميع الجوانب المتعلقة بتنقية إمدادات المياه العامة لضمان تقديم مياه آمنة للمستهلكين.

وبالإضافة إلى تقديم مياه آمنة، فإنه يجب أن يتم إنتاج مياه عالية الجودة يُقبِل عليها المستهلكون بثقة واطمئنان. حيث يجب أن تكون مياه الشرب رائقة (خالية من العكارة)، وبدون لون وخالية من الشوائب ولا تؤدى إلى صدأ وتآكل مواسير ووصلات السباكة المنزلية، وذات تكاليف معقولة، لذا يجب على مشغلي محطات المياه العمل على خفض تكلفة التشغيل للوصول إلى التشغيل الاقتصادي.

وقد زادت حساسية المستهلك بالنسبة لجودة المياه، مما يتطلب من القائمين على تشغيل محطات تنقية المياه مستوى عالٍ من الأمانة والجدية فى العمل لإنتاج مياه شرب ذات جودة عالية والمحافظة على جودتها بداية من المحطة حتى وصولها للمستهلكين.

طرق التشغيل القياسية (Standard Operation Procedure, SOP)

مقدمة

يجب على الجهة المصممة والمنفذة للمحطة عمل إجراءات محددة ومكتوبة للتشغيل القياسى (Standard Operation Procedure, SOP) لكل مرحلة من مراحل المحطة والمعدات الخاصة بها، وتتضمن طرق التشغيل القياسية تحديد الخطوات المتتابعة التى يجب على مشغل المحطة الالتزام بها وعلى أن يتم وضع هذه الخطوات فى لوحات إرشادية يتم تعليقها داخل العنابر المختلفة بالمحطة ليسهل قراءتها والعمل بها.

مبادئ خطوات التشغيل القياسية

- تتضمن تعليمات مكتوبة كصورة واضحة وبسيطة يلتزم القائمون على التشغيل بتنفيذها.
- تشمل خطوات التشغيل القياسية كل أجزاء المحطة ومعداتها.
- تشمل تشغيل المحطة بكفاءة وأمان للوصول إلى أفضل النتائج.
- تحتوى على موقف التشغيل المعتاد والتشغيل فى الحالات الطارئة.

الهدف من خطوات التشغيل القياسية

- عدم التخبط فى أعمال التشغيل خاصة فى ورديات بعد الظهر والليل وعند انقطاع التيار الكهربى.
- انتظام التشغيل ورفع كفاءته.
- ترشيد استهلاك الكيماويات والطاقة الكهربية.
- الوصول إلى الإنتاج التصميمى مع المحافظة على المعدات.

خصائص خطوات التشغيل القياسية

- لكل محطة تنقية مياه خطوات قياسية خاصة بها.
- عند تغيير أى مكون من المحطة يجب مراجعة خطوات التشغيل القياسية.
- تكون متاحة للجميع وموجودة فى أماكن مناسبة فى كل عنبر من عنابر المحطة.

الأسس العامة للتشغيل الأمثل لمحطات تنقية مياه الشرب:

برنامج المراقبة

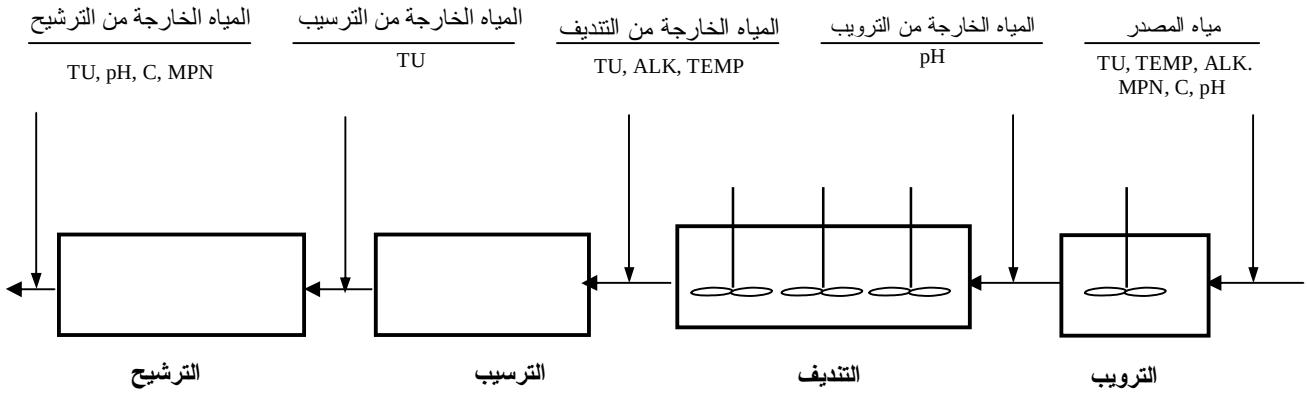
يجرى القائمون على تشغيل محطات تنقية مياه الشرب العديد من الاختبارات المعملية على عينات المياه المأخوذة من المصدر، وعمليات التشغيل، والمنتج الخارج من المرحلة النهائية للتنقية؛ وذلك لمراقبة الجودة الشاملة للمياه ولتقييم أداء عمليات التنقية. وسوف تختلف مواقع جمع (سحب) العينات ونوع مياه العينة المأخوذة للتحليل اعتماداً على الغرض من التحليل. ويتم تحديد مدى الالتزام بالمستويات القصوى للملوثات بقياس هذه المستويات عادةً فى النقطة التى تدخل فيها المياه إلى شبكة التوزيع. ومع ذلك يجب أن يدرك القائمون على تشغيل المحطة أن جودة المياه يمكن أن تقل فى شبكة التوزيع أو فى خطوط الإمداد. وفى جميع الأحوال، يجب التأكيد على أن تكون عينة المياه المأخوذة (المسحوبة) ممثلة للظروف الفعلية للتدفق الكلى للمياه الجارى أخذ عينات منه.

وتكون العينات المفردة (Grab Samples) عادةً كافية لإجراءات قياسات دورية لمؤشرات جودة المياه، وهى مفيدة بصفة خاصة عند قياس المؤشرات التى يمكن أن تتغير بسرعة بعد جمع العينات، مثل البكتريا القولونية، والأس الهيدروجينى (pH)، ودرجة الحرارة. وعندما يكون من المتوقع حدوث تغييرات فى جودة المياه، يتم استخدام العينات المركبة (Composite Samples) حيث أنها أكثر مناسبةً.

ولتحقيق الطريقة المثالية، يجب إجراء قياسات مراقبة العملية باستمرار وذلك بواسطة أجهزة قياس خاصة.

ويعرض الشكل رقم (١٢-١) ملخصاً لإرشادات مراقبة العمليات داخل محطة التنقية ونقاط أخذ العينات. وسوف تتغير فترات أخذ العينات لكل مؤشر من مؤشرات جودة المياه للعملية الجارى مراقبتها اعتماداً على جودة مياه المصدر وأهمية المؤشر الجارى تقييمه ومن الشكل يتضح أنه يتم مراقبة مؤشرات معينة لجودة المياه مثل العكارة بطريقة روتينية (كل أربع

ساعات أو باستمرار) في أربع أماكن داخل المحطة بينما هنـــاك مؤشـــرات أخرى مثل القاعدية يتم أخذ عينات لقياسها على فترات دورية أقل (مرة كـــل وردية عمل) في ثلاث أماكن داخل المحطة.



TU: وحدة عكارة pH: الأس الهيدروجيني ALK: القلوية
TEMP: درجة الحرارة MPN: العد الاحتمالي الكلي للبكتريا C: اللون

شكل رقم (١٢-١)
ملخص إرشادات مراقبة عملية تنقية المياه ونقاط أخذ العينات

إزالة العكارة

يتم تصميم معظم محطات تنقية مياه الشرب بهدف تنقيـــة الميـــاه الســـطحية لإزالة العكارة. والعكارة هى مؤشر جودة المياه الوحيد الذى يقوم مصـــممو محطات تنقية مياه الشرب والقائمون على تشغيلها بتوجيه اهتمامهم الرئيســـى والأكبر له.

فى محطات تنقية مياه الشرب التى يتم تصميمها وتشـــغيلها بصـــورة جيـــدة، يمكن تحقيق مستويات عالية جداً من إزالة عكارة المياه فى ظـــل الظـــروف المثالية، بينما يتم تحقيق مستويات أقل نسبياً من إزالة العكارة (درجة عكـــارة المياه المرشحة أكبر من ١ وحدة عكارة) فى محطات تنقية مياه الشرب التى يتم تشغيلها بصورة غير جيدة (تنقية أولية وترشيح غير كافيين). ويعتبر هذا المدى من فعالية إزالة العكارة ذا أهمية قصوى عند اعتبـــار العلاقـــة بـــين العكارة والبكتريا والكائنات الأخرى المسببة للأمراض. وأكبر دليل على ذلك

أن المياه المرشحة ذات مستويات العكارة العالية لا يمكن تعقيمها بكفاءة. ويلزم إزالة العكارة حتى يكون التعقيم فعالاً فى قتل أو تعطيل نشاط الكائنات المسببة للأمراض.

وهكذا يتضح أن الهدف من محطات تنقية مياه الشرب هو إنتاج مياه مرشحة بأقل مستوى من العكارة (يمكن الوصول إليه عملياً). وقد حدد القرار الوزاري رقم ٤٥٨ لسنة ٢٠٠٧ بشأن الحدود القصوى للمعايير والمواصفات الواجب توافرها في المياه الصالحة للشرب والاستخدام المنزلي أنظر ملحق رقم (١) – جدول رقم (م-٢)، علماً بأن المستوى المستهدف لمستوى العكارة هو ١,٠٠ وحدة عكارة.

خطوات التشغيل اليومية

١ - إعداد قائمة بخطوات التشغيل اليومية للمحطة التى تقوم بتشغيلها:

تعرضنا في الفصول السابقة لعمليات تشغيل محطة تنقية مياه الشرب بكفاءة. ونعرض فى هذا الفصل بنود قائمة المراجعة (Checklist) للأنشطة اليومية التى يقوم بها مشغلو المحطات النمطية. ويجب إعداد قائمة مراجعة مشابهة لكل محطة. مع الأخذ في الاعتبار حجم المحطة التى تقوم بتشغيلها، ونوعها وحالتها، وخصائص المياه الخام التي تقوم بتنقيتها، ونظام التوزيع، وعدد القائمين بتشغيلها ومهاراتهم. وباستخدامك للمعلومات الموجودة بهذا الدليل سوف يكون لديك القدرةً على إعداد قائمة مراجعة للأنشطة اليومية للمحطة.

٢ - المهام المطلوبة في بداية اليوم (الوردية):

أ. مراجعة ما تم خلال الوردية السابقة مع زميلك القائم بالتشغيل. لذلك يجب ترتيب أوقات الورديات بحيث يكون هناك تداخل بين كل ورديتين متتاليتين لفترة محدودة (من ١٥ إلى ٣٠ دقيقة) ليسمح بتبادل المعلومات عن حالة المحطة وأى مشاكل خاصة تحتاج إلى انتباه أو مراقبة مع التأكد من كتابة هذه المشاكل في سجل تشغيل المحطة.

- يجب أن تشمل المراجعة التحقق من جودة المياه العكرة والمياه الخارجة من المحطة للتأكد من عدم وجود أى تغير خاصة بالنسبة لمستوى العكارة والكلور المتبقى للمياه المنتجة فى خزان المياه النقية.
- مراجعة الضغوط بالنظام.
- مراجعة التخزين بخزان المياه النقية ومستويات المياه بالخزانات الأخرى بشبكة التوزيع.
- فحص سجلات ضخ المياه العكرة وضخ المياه بشبكة التوزيع بفحص السجلات أو الرسومات البيانية لعدادات قياس التدفق أو ساعات التشغيل اليومية لكل مضخة.
- فحص حالة كل مرشح. وتحديد المرشحات التى تحتاج إلى غسيل عكسي.

ب. يجب الاهتمام بعاملين رئيسيين وهما: أن توفر للمستهلكين مياه شرب ذات جودة مناسبة وبكمية كافية.

- الجـــودة:

يتم ضبط جودة المياه بصفة رئيسية بالاستخدام المناسب للكيماويات. وعليه يجب التأكد من وجود كميات كافية من الكيماويات (شبة- كلور- .....) تفي بالمطالب اليومية من خلال خزان الاستخدام اليومي أو ماهو مخزن بالمخزن الرئيسي وتحديد الكميات المطلوبة للاستخدامات المستقبلية.

- الكميـــة:

من الناحية المثالية، نحن نود اختيار معدل ضخ للمياه الداخلة إلى المحطة بحيث يسمح بتشغيل المحطة بمعدل ثابت فى الـ ٢٤ ساعة التالية. ويجب أن يسمح هذا المعدل للمحطة بالوفاء بجميع المطالب والاحتفاظ بكميات احتياطية فى الخزان

الأرضي بالمحطة. ويجب وضع البنود التالية فى الاعتبار عند اختيار معدل ضخ المياه الداخلة إلى المحطة.

ب. مراجعة ظروف العمل فى اليوم السابق من حيث:

- كمية المياه التى تمت تنقيتها وضخها إلى الشبكة وكمية المياه العكرة التى تم سحبها.
- ما هى الظروف الجوية فى ذلك اليوم؟ هل كان الجو حاراً؟ معتماً أو مبلداً بالغيوم؟ هل تَلاحظ وجود ندى على الأعشاب.
- ضع فى اعتبارك مستوى التخزين فى خزان المياه النقية. من الناحية المثالية يجب أن يكون خزان المياه النقية شبه مملوء فى بداية كل يوم.

بعد وضع البنود السابقة فى الاعتبار، اختر معدلاً لضخ المياه الخام يسمح بتشغيل المحطة بمعدل ثابت خلال الـ ٢٤ ساعة التالية، وسوف ينخفض مستوى المياه بخزان المياه النقية فى النهار ويصل إلى أدنى مستوى له فى أوقات الذروة. وسوف يمتلئ بالمياه ليلاً.

ج. قم بجولة بالمحطة وأبدأ بالمأخذ وتتبع مسار تدفق المياه بالمحطة حتى خزان المياه النقية.

- لاحظ أى شئ غير عادى أو مختلف عند انسياب ومرور المياه بين العمليات المختلفة.
- افحص كل معدة واستمع إلى أى أصوات غير عادية تصدر من المعدات.
- تأكد من عدم ارتفاع درجة حرارة المعدات أكثر من اللازم عند تشغيلها أو عدم حدوث اهتزازات غير عادية.
- تأكد من عدم انبعاث روائح غير عادية من المياه المنتجة.
- افحص طعم ورائحة المياه المرشحة للتأكد من خلوها من أى تغيير أو خصائص غير مرغوب فيها.

- فى أى وقت تقوم فيه بالمرور فى أنحاء المحطة اهتم بالنواحى الأمنية و قم باتخاذ الإجراءات التصحيحية فوراً عند ملاحظة قيام أى فرد بتنفيذ العمل بطريقة غير آمنة أو في ظروف عمل غير آمنة.

د. اهتم واتخذ الإجراءات المناسبة تجاه المشاكل البسيطة التى لم يتم الاهتمام بها سابقاً.

هـ. تابع النتائج المعملية لعينات مراقبة جودة المياه بالوردية السابقة وحللها لكل من العكارة، الجرعات الكيميائية (اختبار الكأس Jar test)، الكلور المتبقى، الأس الهيدروجينى (pH)، القلوية والبكتريا القولونية.

و. سجل جميع البيانات اللازمة وتأكد من تحديث بيانات جميع السجلات.

ر. رتب ونظم وحدد أولويات الامدادات المطلوبة بما فيها الكيماويات.

ز. راجع برنامج الأمن والسلامة المهنية.

٣- المهام المطلوب إجراؤها أثناء اليوم:

- الغسيل العكسى للمرشحات (إذا كانت المرشحات أتوماتيكية فكل شئ على ما يرام).
- ملاحظة ضغط النظام بصورة دورية: إذا كانت ضغوط النظام تتم مراقبتها وإرسال النتائج إلى غرفة المراقبة والتحكم، فى هذه الحالة يكون عامل التشغيل المناوب مسئولاً عن المراقبة الدائمة. إذا حدث تذبذب فى قراءات الضغوط أقل من النسب المقررة، اضبط معدلات ضخ المياه أو عدد المضخات العاملة إذا لزم

الأمر. ولكن يجب عليك بصفة دائمة مراجعة أجهزة القياس للتأكد أن قراءات ضغوط النظام دقيقة ولا توجد أعطال بأجهزة القياس.

- مراقبة لوحة التحكم الرئيسية:

تقدم الرسوم البيانية معلومات هامة حيث أنها تعبر عن حالة المحطة كما تقدم لوحة الإنذار أيضاً معلومات هامة عن حالة المحطة. وأنتبه إلى أضواء لوحة الإنذار عندما تكون مضاءة، خاصة باللون الأحمر.

- مراقبة مستوى التخزين بخزان المياه النقية: حيث يقوم القائم بتشغيل غرفة التحكم والمراقبة بمراقبة مستوى المياه بالخزان وإجراء أى عمليات ضبط لازمة فى معدلات ضخ المياه الداخلة إلى المحطة.
- معدلات الضخ:

أ. يجب ضبط معدلات الضخ إلى الشبكة للمحافظة على الضغوط المطلوبة. ويجب مراقبة الضغوط بصفة مستمرة، وعندما تبدأ الضغوط فى الانخفاض، يجب تشغيل مضخة إضافية.

ب. يجب ضبط معدلات ضخ المياه العكرة عند الضرورة للمحافظة على مستويات المياه المرشحة المطلوبة طوال اليوم.

- مراجعات ضبط الجودة:

أ. تابع النتائج المعملية لعينات مراقبة الجودة وحللها لكل من العكارة، الجرعات الكيميائية (اختبار الكأس Jar test)، الكلور المتبقى، الأس الهيدروجينى (pH)، القاعدية والبكتريا القولونية.

ب. افحص جهاز إضافة الكلور، وتأكد أنه يعمل بصورة جيدة ولا يوجد أي تسرب من الجهاز أو من المنظومة بالكامل.

- كرر هذه المهام كلما تطلب الأمر ذلك.

٤ - المهام المطلوبة فى نهاية اليوم:

قم بإجراء المهام الآتية فى نهاية كل وردية أو قبل مغادرة المحطة فى الليل:

١. كرر المهام المذكورة فى البند رقم (٣) (المهام المطلوب إجراؤها خلال اليوم).
٢. توقع متطلبات ضخ المياه العكرة والمياه النقية من المحطة أثناء الليل.
٣. تأكد من أن أجهزة إضافة الجرعة الكيميائية تم إعدادها لتعمل حتى وصول القائم بالتشغيل فى الوردية التالية.
٤. تأمين المحطة خلال فترة الليل عن طريق مراجعة أضواء الإنارة الخارجية وأنظمة الأمن وغلق بوابة/ بوابات المحطة.
٥. قم بتسجيل بيانات تشغيل معدات المحطة بالكامل بسجلات التشغيل، وسجل قيمة ضغط الطرد طوال فترة الوردية.

أجهزة القياس والتحكم

الوظائف التى تتم مراقبتها

أجهزة القياس والتحكم هى أجهزة تقوم بإرسال المعلومات (من مواقع القياس فى المحطة إلى نقطة البيانات المركزية عادةً غرفة المراقبة والتحكم). وفى معظم محطات تنقية المياه الحديثة تكون نقطة جمع البيانات المركزية هى لوحة التحكم الرئيسية وتعتبر هذه النقطة العصب المركزى للمحطة وتقع فى غرفة المراقبة والتحكم فى التشغيل. ويستطيع المشغل المراقبة والتحكم في معظم العمليات الأساسية أثناء تواجده بغرفة المراقبة، والتحكم في التشغيل، ويعرض الجدول رقم (١٢-١) ملخصاً للوظائف النمطية التى يتم مراقبتها. ويمكن أن تقتصر الوظائف التى يتم مراقبتها فى محطات تنقية مياه الشرب الصغرى على الوظائف الأساسية فقط.

طرق نقل الإشارات الطرق المتاحة

هناك العديد من الطرق لنقل البيانات من موقع القياس بمحطة المياه إلى نقطة التحكم المركزية، وتشمل هذه الطرق الطرق الميكانيكية، الهوائية، الهيدروليكية، الكهربية، ومع ذلك فإن الأنظمة الإلكترونية (ملي فولت، مللي أمبير) قد أصبحت هي الاختيار الأكثر طلباً وعند الرغبة في نقل البيانات لمسافات طويلة أكبر من ٤٥٠ متر يمكن استخدام أنظمة أخرى مثل التليفونات أو الموجات القصيرة أو الطرق اللاسلكية أو النقل بموجات الراديو، وهناك خمس طرق لنقل الإشارة نوجزها فيما يلى:

جدول رقم (١٢-١)
الوظائف النمطية الواجب مراقبتها في محطة التنقية

العنصر	مكان الملاحظة	العنصر	مكان الملاحظة
التدفق	المياه العكرة، مياه الخدمة، المحلول الكيميائي، المرشحات، مياه الغسيل، الروبة، المياه المرشحة	الوزن	اسطوانات الكلور، المغذيات الكيماوية
المنسوب	أحواض الكيماويات،المرشحات، حوض مياه الغسيل، خزانات المياه المرشحة	فقدان الضاغط المانومتري Head Loss	كل مرشح على حدة
الكلور المتبقي	كل وحدات العمليات، المياه المرشحة	الضغط	مياه الخدمة، مصدر الهواء بالمحطة، مقياس منسوب المياه (فقاعات)، المياه الخارجة من محطة الطلمبات، المواسير
العكارة	المياه العكرة (الخام)، كل وحدات العمليات، كل مرشح، المياه المرشحة	كثافة الروبة	أحواض الترسيب، مواسير التخلص من المواد الصلبة
الأس الهيدروجيني	المياه العكرة، كل وحدات العمليات، المياه المرشحة	التوصيل الكهربي	المياه العكرة، المياه المرشحة
درجة الحرارة	المياه العكرة		

أ- الطريقة الميكانيكية

إن النوع الأساسي لنقل الإشارات قديماً هو من خلال الأجهزة الميكانيكية، وتتميز هذه الطريقة بسهولة فهمها وجودتها وبصفة عامة فهي أكثر اقتصادية، ومن أمثلتها:

١. عوامات المحابس
٢. محبس تنفيس الضغط
٣. مقياس الضغط
٤. المؤشرات (مؤشر وضع المحبس ومستوى السائل)
٥. المفاتيح (مفاتيح مستوى الضغط العالي والمنخفض)
٦. الموازين (أجهزة وزن الكلور والكيماويات الأخرى)

وقد استخدمت الأجهزة الميكانيكية لعدة سنوات ومازالت تستخدم في العديد من المحطات القديمة ومازالت العديد من الأجهزة الحديثة تعتمد على نفس القوانين والأسس المستخدمة في هذه الأجهزة.

ب- الطريقة الهوائية:

تعتبر أجهزة القياس الهوائية (التى تعمل بضغط الهواء أو بالتفريغ) بصفة خاصة آمنة ويُعتمد عليها، كما يمكنها الاستمرار فى العمل خلال الفترات القصيرة لانقطاع مصدر الطاقة. حيث يتم نقل البيانات عادةً فى هذه الأنظمة من خلال شبكة مواسير من النحاس أو خراطيم من البلاستيك ذات أقطار صغيرة (٨/١ إلى ٤/١ بوصة، من ٣ إلى ٦ مم). وعادةً ما يلزم تجفيف الهواء المستخدم فى الأجهزة الهوائية لمنع حدوث تكثيف فى خطوط إرسال الإشارات للمعدة أو الجهاز، ويلزم ترشيح الهواء المستخدم لإزالة الجسيمات الملوثة التى يمكن أن تؤدى إلى انسداد الفوهات. ومعظم الأجهزة الهوائية التي تستخدم لإرسال الإشارات تنتج إشارات فى المدى من ٣ إلى ١٥ رطل/ البوصة المربعة أو (٠,٢ إلى ١ كجم/ سم^{٢}). وتكون الإشارة عادةً خطية داخل هذا المدى (بمعنى: ٣ ضغط جوى = صفر%، ٩ ضغط جوى = ٥٠%، ١٥ ضغط جوى = ١٠٠% من تدريج القياس الكلي للجهاز).

أحد عيوب الأنظمة الهوائية هو أن حجم الهواء فى خطوط الإشارة يسبب إضعاف الإشارة. وهذا يعنى أنه فى خطوط نقل الإشارات لمسافات أطول (مثلاً من ٩٠ إلى ١٥٠ م) يمكن حدوث تأخير فى وصول الإشارة (من ٥ إلى ٣٠ ثانية). وتبلغ أقصى مسافة لنقل الإشارات (التى تحوى معلومات) فى العادة حوالى (٣٠٠ م). لذلك كثيراً ما تقدم أجهزة القياس الهوائية قراءات مباشرة فى موقع القياس. وبالنسبة لأخذ القراءات عن بعد (Remote readings)، يتم تحويل الإشارة الهوائية إلى إشارة إلكترونية ثم إرسالها إلى وحدة استقبال بغرفة التحكم.

جـ- الطريقة الهيدروليكية:

تعمل الأجهزة الهيدروليكية (باستخدام ضغوط السوائل)، على خلاف الأجهزة الهوائية، من خلال نطاق واسع من الضغوط. وتستخدم المياه، والزيت، والجليسرول كثيراً فى الأنظمة الهيدروليكية. ويتم نقل السائل عادةً فى مواسير ذات أقطار صغيرة (١/٤ إلى ١ بوصة، من ٦ إلى ٢٥ مم) مصنوعة من النحاس أو الصلب.

ولا يحدث اضعاف (تقليل) للإشارات الهيدروليكية (كما هو الحال بالنسبة للإشارات الهوائية)، لذلك تصل الإشارات الهيدروليكية فعلياً فى نفس لحظة إرسالها. ويمكن استخدام هذه الأنظمة فى إرسال إشارات تنقل بيانات عن الوزن والضغط، ويشيع استخدامها ايضاً فى تشغيل المعدات الميكانيكية مثل المحابس.

وتعتبر الطريقة الهيدروليكية أقل الطرق استخداماً لنقل إشارات البيانات فى محطات تنقية مياه الشرب.

د- الطريقة الإلكترونية:

يتم نقل بيانات عمليات تنقية مياه الشرب عادةً باستخدام إشارات إلكترونية داخل مدى يتراوح بين ٤ إلى ٢٠ ملى فولت (وعادةً ما يتم التعبير عن هذا

المدى بالمللى أمبير). أحد المميزات الرئيسية لأجهزة إرسال الإشارات بالطريقة الإلكترونية هى أنه يمكن تكبير الإشارات الإلكترونية ذات الجهد المنخفض للغاية والصادرة من أجهزة ميدانية (مثل الأقطاب الكهربائية فى الماء) إلى إشارات ذات جهد يقدر بالمللى فولت. وميزة أخرى هى أنه يمكن تحويل الإشارات من شكل إلى شكل آخر بسهولة. ويمكن استخدام شرائح الدوائر الإلكترونية (Solid-State Circuits) فى هذا المجال لتحويل بيانات الاستشعار المتغيرة إلى إشارات خطية.

وتستخدم الإشارات الإلكترونية فى بدء تشغيل أو إيقاف دوائر التغذية بالطاقة الكهربية ودوائر التحكم الكهربية الشائعة (١٢٠، ٢٤٠ فولت) أو معدات التحكم الأخرى، وفى بدء أجهزة الإنذار السمعية والبصرية. ونعرض فيما يلى ملخصاً للوظائف الشائع الاستفادة من الطريقة الإلكترونية في الحصول عليها:

١. البيان [المقاييس التناظرية (Analog Gauges) – المبينات الرقمية (Digital Indicators) – شاشات عرض أنبوبة أشعة المهبط (Cathode Ray Tube Displays)].
٢. التسجيل (رسم بيانى ذو أعمدة).
٣. تسجيل البيانات (شرائط أو أقراص ممغنطة).
٤. الإنذار (سمعى أو بصرى).
٥. التحكم [حاسب آلى – شرائح إلكترونية – أنظمة مرحلات منطقية (Relay logic systems)].

هـ - الطريقة الكهربائية:

يشيع أيضاً استخدام الطريقة الكهربائية (بخلاف الطريقة الإلكترونية) فى أداء العديد من وظائف إرسال الإشارات، والقياس، والتحكم. وكثيراً ما يستخدم التيار المتردد العادى، سواء ١٢٠ فولت أو ٢٤٠ فولت. ومع ذلك يشيع

استخدام نطاقات أخرى من الفولت (فرق الجهد) ، مثل ٦، ١٢، ٢٤ فولت فى التحكم عند احتمال حدوث صدمات كهربية (صعق).

وتشمل الوظائف الشائعة التى تستخدم فيها الإشارات بالطريقة الكهربائية ما يلى:

١. التحكم فى التوصيل أو الفصل (On/Off).
٢. Time-Impulse Control (يتم إرسال الإشارات فقط لجزء من الدورة على سبيل المثال ١٥ ثانية).
٣. التحكم فى معدل النبضات (نبضات أو عمليات نقل صغيرة للطاقة).

طرق التحكم

العديد من أنظمة القياس والاتصال المستخدمة فى محطات تنقية مياه الشرب عبارة عن توليفات من الأنظمة السابق ذكرها ويشار إليها عادة بالأنظمة المختلطة (Hybrid Systems).

ويتم التحكم الأوتوماتيكى فى المضخات، والمحابس، وأجهزة إضافة الجرعة الكيماوية، والأجهزة الأخرى بالمرحلات المنطقية "Relay Logic". والمرحلات المنطقية هى طريقة لتوصيل وفصل الطاقة الكهربائية طبقاً لتسلسل منطقى مخطط تم تحديده مسبقاً بحيث يتوافق مع ظروف ومتطلبات التشغيل؛ وذلك من خلال المرحلات، ومفاتيح توصيل التيار، والملامسات (Contacts)، والمؤقتات (Timers)، ومفاتيح توصيل التيار اليدوية. وفى الواقع فإنه يمكن تحقيق أى تسلسل للتحكم فى التشغيل باستخدام طريقة المرحلات المنطقية. وهذا الأسلوب مرن جداً حيث أنه يمكننا من تشغيل النظام عن طريق وسائل التحكم اليدوية إذا اقتضت الضرورة ذلك.

الحاسبات الآلية (أجهزة الكمبيوتر)

يتم استخدام أجهزة الحاسب الآلي فى العديد من محطات تنقية مياه الشرب الحديثة، بهدف مراقبة وتسجيل بيانات عمليات التشغيل. ومع ذلك، فإنه يمكن تحويل الوظائف الحرجة إلى التشغيل اليدوى فى حالة حدوث عطل بأجهزة الحاسب الآلى. وتستخدم شاشة الحاسب لعرض البيانات المختارة عند طلبها بواسطة أحد القائمين على التشغيل بغرفة التحكم.

ويجب عليك إدراك أن أجهزة التحكم والقياس لا تعفيك من مسئوليتك بالنسبة لاتخاذ القرارات المتعلقة بالتشغيل أو مراقبة وضبط عمليات التشغيل. وفى كثير من محطات التنقية الحديثة، قام القائمون على التشغيل بالتخلى عن سلطاتهم البشرية والاستسلام للحاسب الآلي، وبذلك جعلوا أنفسهم عبيداً للميكنة، بالرغم من أن المقصود من هذه الميكنة أن تكون تحت أمر العقل البشرى.

التنظيم والتحكم فى التدفقات

الحاجة لتنظيم التدفقات تتغير معدلات تدفق المياه بمحطات التنقية طبقا للاحتياجات المائية المطلوبة وتوقيتاتها. وبذلك يتحكم نظام التوزيع والمطالب الكلية للمستهلك بصفة عامة فى عمليات تشغيل محطة التنقية، وتختلف المطالب من مياه الشرب اعتماداً على الاعتبارات التالية:

١. الفترة الزمنية خلال اليوم الواحد
٢. اليوم من الأسبوع
٣. الفصل من العام
٤. ظروف الطقس السائدة
٥. مطالب جهات التصنيع (إن وجدت)
٦. الأحداث غير العادية (الحرائق – الأعطال الرئيسية).

ولاستيفاء هذه المتطلبات المتغيرة للنظام، يعتبر توفر مصدر للمياه ذو قدرة كافية وتوفر حجم كافٍ من المياه المنتجة من الأمور الأساسية. ويتم عادة المحافظة على وجود حد أدنى من الضغط فى شبكة التوزيع لجميع وصلات الخدمة. وعندما ينخفض الضغط عن القيمة المحددة مسبقاً، يلزم ضخ كمية إضافية من المياه. وتحدد مطالب المستهلكين المطالب من المياه المنتجة التى يلزم ضخها. وهكذا فإن معظم محطات تنقية مياه الشرب يتم تشغيلها على أساس التغذية العكسية للاحتياج (Demand-Feedback)، حيث

تحدد مطالب المستهلكين من المياه المنتجة متطلبات المياه الخام الداخلة إلى المحطة ومتطلبات المياه بعمليات التنقية المختلفة. وفى أنظمة تنقية مياه الشرب الصغيرة، قد يتم تشغيل محطة التنقية لجزء من اليوم فقط (ورديه واحدة لمدة ثمانى ساعات) لإنتاج كمية كافية من المياه النقية وتوضع فى الخزان وتفى باحتياجات شبكة التوزيع على مدار ٢٤ ساعة.

ولكى يتم تقدير الاحتياجات اليومية من المياه العكرة، يجب تحليل المستويات الحالية للتخزين فى خزان المياه المرشحة (أو خزانات التخزين بالمحطة) وفى خزانات التخزين بشبكة التوزيع إن وجدت. ويلزم أيضاً تقدير المطالب المتوقعة للمستهلكين عن اليوم. ومن هنا تظهر أهمية الرجوع إلى سجلات تدفقات المياه عن الفترات السابقة ومراجعتها. هل يحدث تغير فى الطقس بما يسبب زيادة أو نقص فى الطلب على المياه؟ فمثلاً فى أواخر الربيع أو أول الصيف يمكن أن تسبب درجات الحرارة المرتفعة زيادة فى الطلب على المياه لاستخدامها فى رى الحدائق الخضراء كما يمكن أن تسبب الرياح الشديدة أو الطقس البارد جداً تغيراً فى المطالب من المياه. فى العديد من المجتمعات، يمكن أن يخلق أسلوب معيشة المواطنين مطالب متوقعة (يمكن التنبؤ بها) من المياه فى أيام معينة من الأسبوع؛ مثل أيام الأجازات التي يزداد فيها الاستهلاك نتيجة أعمال النظافة المنزلية.

الخلاصة لكى تقوم بتقدير كمية المياه المطلوب تنقيتها كل يوم فى المحطة التى تقوم بتشغيلها عليك مراجعة الآتى:

١. كمية المياه بخزان المياه المرشحة وخزان التخزين بشبكة التوزيع.
٢. كمية مياه الشرب المستهلكة فى اليوم السابق والشهور السابقة.
٣. تنبؤات حالة الطقس.

ويعتمد التنظيم والتحكم الفعلى في المياه الخام الداخلة إلى المحطة على الطريقة المستخدمة فى إدخال المياه إلى المحطة. إذا كانت المياه الخام الداخلة إلى المحطة منقولة بالانحدار من خزان خلال مواسير تحت ضغط،

يمكن تغيير معدل دخول المياه (وبالتالى كميتها) إلى المحطة عن طريق ضبط محبس التحكم فى مرور المياه (محبس فراشة أو محبس سدادة). إذا تم إدخال المياه الخام إلى المحطة عن طريق الضخ، فى هذه الحالة يتم التحكم فى معدل دخول المياه الخام إلى المحطة عن طريق تغيير معدل الضخ أو تغيير عدد المضخات العاملة.

وعادة تكون مضخات المياه العكرة ثابتة السرعة وفى بعض المحطات متغيرة السرعة. وفى وحدات الضخ ثابتة السرعة يتم استخدام عدد من المضخات حيث يتم تغيير معدل التدفق الداخل بإضافة أو إلغاء مضخات من إجمالى المضخات العاملة للحصول على معدل التدفق المطلوب. بينما يتم تغيير معدل التدفق فى وحدات الضخ متغيرة السرعة بتغيير سرعة المحرك الكهربى الذى يدير المضخة للحصول على معدل التدفق المطلوب. وكذلك تعمل المضخات التى تضخ المياه المنتجة إلى شبكة التوزيع (مضخات المياه النقية) بطريقة مشابهة لمضخات المياه العكرة. لذلك يجب وضع خصائص التشغيل الخاصة بكل مضخة فى الاعتبار بحيث يمكن اختيار طريقة أو أسلوب الضخ الذى يحقق أقصى كفاءة.

مثال:

محطة مياه تحتوي على خزان أرضي للمياه المرشحة أقصى تخزين به حوالي ٢٠ ألف م^3 وكمية المياه بالخزان حوالي ١٢ ألف م^3 فإذا كان معدل التدفق المطلوب للمحطة حوالي ٦ ألاف م^3/ يوم (٧٠ م/ ث).

المطلوب حساب معدل التدفق من المياه الخام لمحطة المياه للحفاظ على كمية المياه بالخزان بمقداره ١٢ ألف م^3 في الحالات الآتية:

أ. في حالة تشغيل المحطة يومياً عدد ٢٤ ساعة.

ب. في حالة تشغيل المحطة لمدة ١٦ ساعة.

مع العلم بأن محطة المياه العكرة تحتوي على عدد (٤) طلمبات بتصرف ٧٠ ل/ث.

الحل:

الحالة الأولى: في حالة تشغيل المحطة لمدة ٢٤ ساعة:

معدل التدفق للمياه المرشحة ٦٠٠٠ م^{٣}/ يوم والمياه العكرة حوالي ٦,٦ آلاف م^{٣}/ يوم، مما يحتاج فقط إلى تشغيل عدد (١) طلمبة بتصرف ٧٠ ل/ ث لمدة ٢٤ ساعة + طلمبة تصرف ٧٠ ل/ ث لمدة ٢,٥ ساعة ليفي بالتخزين المطلوب للخزان والذي يحافظ على حجم المياه بالخزان ١٢٠٠٠ م^{٣}.

وفي حالة تشغيل عدد (٢) طلمبة بدلاً من واحدة سيؤدي ذلك إلى زيادة مقدار التخزين بالمحطة إلى ٢٤ ألف م^{٣} أي أكبر من طاقة التخزين المطلوبة ويؤدي ذلك في حالة وجود سحب بالشبكة إلى إهدار المياه بمقدار ٤ ألاف م^{٣} عن طريق مواسير الفائض بالخزان.

الحالة الثانية: في حالة تشغيل المحطة لمدة ١٦ ساعة:

يجب زيادة معدل التدفق للمياه الخام في حالة تشغيل المحطة ١٦ ساعة بنسبة

$$= \frac{٢٤}{١٦} = ١,٥ \text{ مرة.}$$

معدل التدفق للمياه الخام المطلوب = ١,٥٠ ×٦ = ٩٠٠٠ م^{٣}/ يوم.

معدل التدفق للمياه العكرة = ٩٠٠٠ ×١,١ = ٩٩٠٠ م^{٣}/ يوم.

في هذه الحالة يجب تشغيل عدد (٢) طلمبة تنتج حوالي ٨٠٦٤ م^{٣}/ يوم لمدة ١٦ ساعة وطلمبة ثالثة لمدة ٧ ساعات تنتج ١٧٦٤ م^{٣}/ يوم ليكون الإجمالي حوالي ٩٨٣٠ م^{٣}/ يوم.

وبعد إجراء التغيير فى معدل التدفق، فإنه يجب التأكد من معدل التدفق الفعلى وذلك بقراءة أجهزة قياس تدفق المياه الخام. كما يجب مراجعة مستويات التخزين بالخزان الأرضي بالمحطة وكذلك فى خزانات التخزين بشبكة التوزيع للتأكد من احتفاظها بأحجام التخزين المطلوبة. كما يجب ضبط تصرفات المحطة عند حدوث تغييرات رئيسية فى الطلب على المياه من قِبل المستهلكين.

خزانات المياه النقية خزانات المياه النقية (أو خزانات تخزين المياه المنتجة من المحطة) هى جزء هام من محطة التنقية، فهى توفر السعة التخزينية للمياه المنتجة لتفى باحتياجات المستهلكين وتوائم بين احتياجاتهم فى وقت الذروة وفى فترات انخفاض الاستهلاك، حيث يمتلئ الخزان بالمياه عند انخفاض الطلب على المياه ثم يتم سحب هذه المياه من الخزان فى وقت الذروة.

تغييرات عملية التنقية للمحافظة على مستويات تخزين بالخزان الأرضي بالمحطة وبخزانات شبكة التوزيع، قد يتطلب الأمر تغيير (بالزيادة أو النقصان) فى تدفقات المياه العكرة كما يجب أن يوضع فى الاعتبار عند حساب (تقدير) التغيير فى تدفقات المياه العكرة الزمن الذى تستغرقه فى الانتقال من مصدر المياه (نهر أو بحيرة) إلى محطة التنقية.

وعندما يحدث تغيير فى عناصر التخزين ويتطلب الأمر إجراء تغييرات فى معدلات التدفق داخل المحطة، فإنك تحتاج إلى ما يلي:

١. ضبط معدلات إضافة الكيماويات
٢. تغيير معدلات الترشيح
٣. ملاحظة خصائص تكون وترسيب الندف
٤. مراقبة أداء عمليات التنقية
٥. جمع عينات قياس جودة المياه
٦. الفحص الظاهرى للحالة العامة لعمليات التنقية.

فبعض هذه التغييرات قد يحدث بطريقة أوتوماتيكية إذا كانت أجهزة إضافة الكيماويات بالمحطة تقوم بإضافة الكيماويات بمعدل يتناسب مع معدل تدفق المياه بالمحطة. والتغييرات فى معدل إضافة الكيماويات يدوياً مطلوبة عندما يتم تشغيل أجهزة الإضافة الكيماويات.

ويتم تشغيل المرشحات عادةً بمعدل إنتاج ثابت، وتحافظ أنظمة التحكم الأوتوماتيكى بطريقة نمطية على معدلات تدفق منتظمة، ولكن يمكن تغيير

عدد المرشحات العاملة (فى الخدمة) بتشغيل أو إيقاف بعض وحدات الترشيح لتتوافق مع احتياجات التغيير.

وبالإضافة إلى الاعتبارات السابق ذكرها، يتم تصميم كلٍ من وحدات الترويب، التنديف، الترسيب بحيث تعمل على نطاق واسع من معدلات التدفق. ومع ذلك، قد يتطلب حدوث تغييرات رئيسية فى معدل التدفق إما إضافة وحدات من الموجودة خارج الخدمة أو إخراج وحدات عاملة من الخدمة.

استخدام وتداول الكيماويات

الحاجة إلى الكيماويات تستخدم العديد من الكيماويات فى محطات تنقية المياه لإنتاج مياه آمنة وصالحة للشرب، وهى تلعب دوراً حاسماً فى التحكم فى أداء عمليات التنقية وإنتاج مياه عالية الجودة، وتستخدم الكيماويات فى عمليات تنقية المياه الآتية:

١. الترويق (خفض نسبة العكارة).
٢. التطهير.
٣. الضبط والتحكم فى الطعم والرائحة.
٤. التحكم فى الطحالب.
٥. التحكم فى التآكل والصدأ (في بعض الأحيان).
٦. إزالة عسر المياه.

ويجب أن يتعرف القائمون على تشغيل محطات التنقية على أنواع الكيماويات المستخدمة فى التنقية، وطرق التقييم لتحديد الأداء، وأساليب التخزين والتداول الآمن. فمن المعلوم أن جميع الكيماويات غالباً خطيرة ويجب اتخاذ جميع الإجراءات الوقائية اللازمة قبل تداولها. كما يجب أن يلصق على جميع الحاويات، أيا كان نوع استخدامها، إشارات وإرشادات وعلامات تحذيرية.

وأفضل مصدر للمعلومات عن الكيماويات الخطرة هو بطاقة بيانات الأمان للمادة (Material Safety Data Sheet, MSDS). فلا يجب استلام أو تخزين أو تناول أى مادة كيميائية بدون توفر معلومات الأمان الأساسية عن هذه المادة من خلال الموردين وتسليمها للفرد/ الأفراد الذين يتداولون هذه المادة. وسوف توفر تعليمات التداول والاستخدام الآمن للمادة (MSDS)، المعلومات الآتية عن المادة أو المركب الكيميائى:

١. التركيب، وطريقة الاستخدام، والأسماء التجارية والأسماء العلمية.
٢. الوزن النوعى، درجة الغليان ودرجة التجمد، القابلية للذوبان فى الماء، ضغط البخار.
٣. المواد غير المتوافقة (التى تؤدى إلى تحللها) ونواتج التحلل.
٤. المخاطر الصحية.
٥. الآثار البيئية.
٦. إجراءات الوقاية الصحية ووسائل التحكم الهندسية/ الإدارية.
٧. الإجراءات الآمنة للتداول والتخزين والتخلص والتنظيف.

أنواع الكيماويات

ويوضح الجدول رقم (١٢-٢) أهم الكيماويات الشائع استخدامها فى أعمال تنقية المياه، وقد تم وضع معايير للكثير من هذه الكيماويات والتى تساعد فى ضمان استخدام الكيماويات ذات الجودة المناسبة فقط فى أعمال تنقية مياه الشرب.

وسوف يختلف اختيار الكيماويات المستخدمة بإختلاف محطة التنقية ونوعية مياه المصدر، ونوع التنقية المطلوب إجراؤها، ومدى توفر الكيماويات، والاعتبارات الاقتصادية.

جدول رقم (١٢-٢)

أنواع وخصائص الكيماويات المستخدمة فى تنقية مياه الشرب

اسم المركب الكيميائى (Chemical Name)	الصيغة الكيميائية (Chemical Formula)	التركيز التجارى (Commercial Concentration)	ملاحظات (Comments)
المروبات			
كبريتات الألومنيوم (حبيبات)	$Al_2 (SO_4) . 14 H_2O$	47-50 % $(Al_2 (SO_4)_3)$	حامضى
كلوريد الحديديك	$FeCl_3 . 6 H_2O$	59-61 % $FeCl_3$	حامضى
كبريتات الحديديك	$Fe_2 (SO_4)_3 . 9 H_2O$	90-94 % $Fe_2 (SO_4)_3$	حامضى، ملوِّن
كبريتات الحديدوز	$FeSO_4 . 7 H_2O$	55 % $(FeSO_4)$	قشور
البوليمرات موجبة الشحنة	__	متغير	موجب الشحنة
البوليمرات سالبة الشحنة	__	متغير	سالب الشحنة
البوليمرات غير المؤينة	__	متغير	
التطهير			
هيبوكلوريت الصوديوم	NaOCI	12-15 % (Cl_2)	محلول
هيبوكلوريت الكالسيوم (HTH)	$Ca(OCl)_2 . 4 H_2O$	65-70 % (Cl_2)	مسحوق
الكلور	Cl_2	99.8 % (Cl_2)	غاز / سائل
الأمونيا اللامائية	NH_3	99-100 % (NH_3)	غاز / سائل
هيدروكسيد الأمونيوم	NH_4OH	29.4 % (NH_3)	محلول
كبريتات الأمونيوم	$(NH4)_2SO_4$	6.3 % (NH_3)	
ثانى أكسيد الكلور	ClO_2	26.3 % (Cl_2)	يتم توليده بالموقع
الأوزون	O_3	___	يتم توليده بالموقع
الطعم والرائحة			
الكربون المنشط	C		غير قابل للذوبان
برمنجنات البوتاسيوم	KM_nO_4	100 %	شديد القابلة للذوبان
التحكم فى الطحالب			
كبريتات النحاس	$CuSO_4 . 5 H_2O$	99 % $(CuSO_4)$	
التحكم فى الصدأ (التآكل)			
هيدروكسيد الكالسيوم (جير مطفئ)	$Ca(OH)_2$	75-99 % (CaO)	قاعدى
هيدروكسيد الصوديوم (صودا كاوية)	NaOH	98.9 % (NaOH)	شديد القاعدية
إزالة عسر المياه			
أكسيد الكالسيوم (جير حى)	CaO	75-99 % (CaO)	
كربونات الصوديوم	Na_2CO_3	99.4 % (Na_2CO_3)	

كثيراً ما يتم تحديد الاختيار الأولى للكيماويات والمعدلات المتوقعة لإضافتها فى محطة تجريبية لتنقية مياه مصدر معين. ويتم إجراء الاختبارات التجريبية عادة بواسطة مصمم المحطة التجريبية وذلك بإنشاء نموذج مصغر لمحطة التنقية عند مصدر الإمداد بالمياه الخام أو بالقرب منه. وتوفر الاختبارات التجريبية للمصمم وأيضاً للقائم على تشغيل المحطة معلومات قيمة عن قابلية استخدام هذه الكيماويات في تنقية مياه المصدر على نطاق واسع من حالات جودة المياه.

تخزين الكيماويات يمكن تخزين كيماويات التنقية بإحدى الطرق الآتية:

١. فى الحالة الجافة (أكياس – كراتين – براميل).
٢. فى الحالة السائلة (براميل – خزانات – اسطوانات).
٣. فى الحالة الغازية (اسطوانات).

ويجب تخزين الكيماويات طبقاً للتوصيات والتعليمات المكتوبة لجهة الصنع والتى تحددها الجهات المنظمة لذلك، وبغض النظر عن طريقة التخزين، يجب حساب متطلبات واحتياجات الكيماويات فى المستقبل بحيث يتوفر بالمحطة كمية كافية من هذه الكيماويات عند الاحتياج إليها، ويفضل أن تكفى هذه الكمية الاستخدام لمدة ٣٠ يومًا على الأقل. ويجب استخدام سجل لاستخدام الكيماويات وحصر الكميات المخزنة بحيث يتم التسجيل فيه ومراجعته يومياً. ويجب تحديد حد التخزين الأدنى لكل نوع من الكيماويات مما سوف يساعد في تحديد متى يجب طلب توريد كل نوع من الكيماويات. ربما يتم تحديد الحد الأدنى لتخزين بعض الكيماويات مثل الكلور بواسطة الجهات المنظمة لذلك. وعلى أية حال لا تسمح نهائياً بأن يقل الحد الأدنى لتخزين الكلور بموقع المحطة عن الكمية الكافية لاستخدام ١٥ يوم.

مثال رقم (١):

الجدول التالي يوضح كمية الكلور المستخدمة بواسطة محطة تنقية مياه شرب صغرى فى أسبوع واحد.

اليوم	الاثنين	الثلاثاء	الأربعاء	الخميس	الجمعة	السبت	الأحد
الكلور المستخدم (كجم/ يوم)	٧,٩٤	٧,٠٠	٦,٣	٧	٧,٢	٦,٨	٥,٤

ما هو المتوسط اليومى لاستخدام الكلور كجم/ يوم؟

المعطيات: كمية الكلور المستخدمة كل يوم فى الأسبوع.
المطلوب: متوسط الاستخدام اليومى للكلور (كجم/ يوم)

يتم حساب متوسط الاستخدام اليومى للكلور على النحو التالى:

$$\text{متوسط الاستخدام اليومى} = \frac{\text{حاصل جمع كميات الكلور المستخدمة خلال الأسبوع (كجم)}}{\text{إجمالى عدد أيام الأسبوع (يوم)}}$$

$$= \frac{٧,٩٤ + ٧ + ٦,٣ + ٧ + ٧,٢ + ٦,٨ + ٥,٤}{٧}$$

$$= \frac{٤٧,٦٤ \text{ كجم}}{٧ \text{ يوم}} = ٦,٨ \text{ كجم/ يوم}$$

مثال رقم (٢):

يتبقى باسطوانة الكلور المستخدمة (فى الخدمة) كمية من الكلور لا تكفى لاستخدام يوم واحد، ويوجد بالمخزن أربع (٤) اسطوانات كلور سعة كلٍ منها ٦٠ كجم. ومتوسط استخدام المحطة للكلور فى اليوم هو ١٥ كجم/ يوم. ما هو حجم الإمداد بالكلور المتوفر (باليوم)؟

المعطيات:

عدد اسطوانات الكلور = ٤

سعة الاسطوانة = ٦٠ كجم

متوسط الاستخدام اليومى = ١٥ كجم/ يوم

المطلوب:

إمدادات الكلور المتوفرة (يوم)

يتم حساب حجم الإمداد بالكلور المتوفر (باليوم) على النحو التالى:

$$\text{إمدادات الكلور (يوم)} = \frac{\text{سعة الاسطوانة (كجم/ اسطوانة)} \times \text{عدد الاسطوانات}}{\text{متوسط الاستخدام اليومى (كجم/ يوم)}}$$

$$= \frac{٦٠ \times ٤}{١٥} = \frac{٢٤٠}{١٥} = ١٦ \text{ يوم}$$

التداول الآمن للكيماويات

فى التشغيل الروتينى لمحطات تنقية مياه الشرب، سوف يتم تداول وتلامس كيماويات من المحتمل أن تكون كيماويات خطيرة. وعلى الرغم من وجود بعض الكيماويات غير النشطة (الخاملة)، فمن المفضل اعتبار جميع الكيماويات ذات خطورة محتملة.

يجب توخى الحرص الشديد خاصة عند تفريغ أو نقل الكيماويات. كما يجب تحديد مواقع الاستحمام الآمنة وحنفيات غسيل العين. ومعرفة طريقة استخدامها، كما يجب اختبارها بصفة دورية والتأكد من عملها بطريقة جيدة.

ويجب ارتداء الملابس الوقائية عند التعامل مع الكيماويات. مثل النظارات الواقية، واقيات الوجه من المطاط أو المطاط الصناعى، المريلة، أو آية ملابس واقية أخرى. كما يمكن استخدام الكمامات الواقية المانعة لاستنشاق الأتربة، إذا لزم الأمر، اغسل ونظف فوراً أى كيماويات تنسكب على الأرض لمنع السقوط أو ملامسة الجسم لهذه الكيماويات.

مخاطر الصودا الكاوية

يمكن أن تكون بعض الكيماويات مثل الصودا الكاوية والكلور خطيرة جداً للقائم بالتشغيل، فيجب توخى الحذر والعناية الفائقة عند تداول هذه الكيماويات. وتعتبر الصودا الكاوية من أخطر المواد القلوية الشائعة، ويسبب التلامس المباشر معها حروق خطيرة. كما يمكن أن تسبب الصودا الكاوية بسرعة وبصفة دائمة سحابة تحجب الرؤية عن العينين إذا لم يتم شطفها فوراً بالماء. وعند التعامل مع الصودا الكاوية بالإضافة إلى الملابس الوقائية السابق الإشارة إليها، فيجب استخدام القبعة ذات الحافة العريضة، والحذاء ذو الرقبة (بوت) ويفضل ارتداء ملابس واقية تغطى الجسم بالكامل.

مخاطر الكلور

الكلور مثير جداً للجهاز التنفسى، ويمكن أن يؤدى التعرض لغاز الكلور لفترات طويلة أو وجود تركيزات عالية منه إلى حدوث الوفاة، وعند تخزين أو استخدام سائل أو غاز الكلور، يجب توفر معدات الأمان الآتية:

١. أماكن مجهزة للاستحمام وغسل العينين.
٢. أجهزة تنفس تستخدم عند الطوارئ.
٣. جهاز الكشف عن الكلور.
٤. فتحات تهوية بالطوابق.
٥. مراوح تحافظ على وجود ضغط موجب للهواء بأماكن التخزين.

لاحظ:
إذا تم سحب هواء مع كلور إلى داخل المروحة، فإنه سوف يحدث فى النهاية صدأ وتآكل لمكونات الدائرة الكهربائية وأجهزة التحكم بالمروحة وتعطلها.

ويجب تدريب جميع القائمين على تشغيل محطات تنقية مياه الشرب تدريباً كاملاً على التداول والاستخدام الآمن للكلور وعلى إجراءات الكشف عن تسرب الكلور. وفى أى وقت تدخل فيه منشأة يُتداول بها أو يوجد بها الكلور،

تأكد أن مراوح التهوية فى حالة تشغيل. إذا كان لديك شك فى حدوث تسرب للكلور أو أن تركيزات غاز الكلور بالغرفة مرتفعة، استخدم جهاز التنفس المزود باسطوانة أكسجين ولا تتواجد منفرداً فى الغرفة ويتم العمل بنظام المجموعات واحرص على وجود زميل آخر احتياطى معه اسطوانة أكسجين بالقرب منك. ويجب ارتداء قفازات من المطاط أو مطلية بالبلاستيك عند تداول حاويات الكلور.

سجلات وتقارير التشغيل

السجلات

من الوظائف الإدارية الهامة جداً للقائم بتشغيل محطة تنقية مياه الشرب هى إعداد وحفظ سجلات تشغيل دقيقة، ويمكن تقسيم سجلات التشغيل إلى نوعين أساسيين:

١. وثائق ومستندات المحطة.
٢. سجلات الأداء.

ويجب أن تشمل وثائق ومستندات المحطة ما يلي:

١. معايير تصميم المحطة.
٢. المواصفات الفنية للمشروع.
٣. الرسومات التنفيذية النهائية للأعمال (As Built Drawings).
٤. الرسومات الهيدروليكية التى توضح مستويات أسطح المياه أثناء التشغيل فى كل مرحلة بالمحطة.
٥. رسومات ومواصفات تصنيع المعدات.
٦. أدلة التشغيل والإصلاح المُعدة بمعرفة المصنِّعين لجميع المعدات.
٧. سجلات المعدات شاملةً اسم المصنِّع، ورقم الطراز، والسعة المقننة، وتاريخ الشراء.
٨. سجلات الصيانة لكل مُعِدَّة.
٩. سجلات تكاليف الشراء والإصلاح لجميع المعدات الرئيسية.

أما سجلات الأداء فهى تصف عمليات تشغيل محطة التنقيـــة وتـــزود القـــائم بالتشغيل، بتقرير عن الموقف الحالى لعمليات تشـــغيل المحطـــة (ســـجلات تاريخية). وتعتبر هذه السجلات مرجعًا هامًا للقائم بالتشـــغيل لحـــل مشـــاكل العمل الحالية وتوقع الاحتياجات المستقبلية، وتعطى ســـجلات الأداء أيضـــاً تقريراً حقيقياً عن التشغيل المطلوب للوفـــاء بمتطلبـــات الجهـــات القانونيـــة والتنظيمية.

وعادةً ما تشمل سجلات الأداء ما يلى:

١. سجلات التشغيل اليومى (حصر ناتج العمليات، والتغيـــر فيهـــا، وأداء المعدات) كما هو موضح بالجدول رقم (١٢-٣).
٢. سجلات جودة المياه (مياه المصدر، مياه العمليات، المياه الخارجة مـــن المحطة "المياه المعالجة"، كما هو موضح بالجدول رقم (١٢-٤).
٣. سجلات أعطال المعدات.
٤. سجلات الحوادث.
٥. سجلات شكاوى العملاء (شاملة أعمال الفحص والتحقق والإجـــراءات التصحيحية التي تمت).
٦. سجلات جرد المواد الكيميائية (شاملة الكميات المخزونة، ومســـتويات التخزين الآمنة، وسجلات المشتريات).
٧. الرسومات البيانية المرسومة بواسطة سجلات العمليات (أجهزة تسجيل شرائط الرسومات).
٨. معلومات عن الزيارات التي تمت للمحطة.

وتعتبر إدارة السجلات جزءاً بالغ الأهمية من عملية حفظ الســـجلات ككـــل. فيجب وضع السجلات فى ملفات وفهرستها للرجوع إليها مستقبلاً. وقد تطلب الجهات التنظيمية (الجهاز التنظيمى لمياه الشرب والصرف الصحى وحمايـــة المستهلك) منك أن تحتفظ بتحليلات معينة لنوعية الميـــاه (نتـــائج الاختبـــار البكتريولوجى) وسجلات شكاوى العملاء فى ملف لمدد زمنيـــة محـــددة (١٠

سنوات للتحاليل الكيميائية والاختبارات البكتريولوجية). والسجلات الأخرى التى قد تكون لها قيمة تاريخية للقائم بالتشغيل (التغيرات فى نوعية مياه المصدر وما ينتج عنها من تغيرات فى علميات التشغيل) يجب حفظها طالما كانت مفيدة. ومن الضرورى حفظ هذه السجلات فى ملفات مناسبة ومرقمة جيداً لتسهيل الرجوع إليها.

وبالإضافة إلى ذلك، يجب أن يستخدم كل عامل تشغيل أجندة يومية أو نوتة يضعها فى جيبه ليسجل فيها الأحداث غير العادية، ومن أمثلة الملاحظات المعتادة التى تظهر فى أجندة العامل أو سجل التشغيل اليومى ما يلى:

- الساعة ٨:٣٠ صباحاً
- حدوث صوت غير معتاد بطلمبة المياه الخام رقم (١) اثناء التشغيل.
- توقيع العامل (على العامل القيام بالتوقيع بالأحرف الأولى بجوار كل ملاحظة).

الاتصالات الشفهية

شرحنا فى الجزء السابق أنواع المستندات المكتوبة التى يستخدمها القائم بالتشغيل للمساهمة فى تشغيل محطة تنقية مياه الشرب، وللعمل بفعالية، فإنك سوف تحتاج إلى الاتصال الشفهى مع عمال التشغيل الآخرين، والمشرفين، وغيرهم من العاملين بالمحطة.

وفى معظم المؤسسات يوجد تسلسل قيادى يحدد الأفراد والمستويات وخطوط السلطة، وتسير الاتصالات دائماً فى اتجاهين، ويعتمد التشغيل الناجح لمحطة تنقية مياه شرب بدرجة كبيرة على الاتصالات الشفهية الجيدة. ومهما يكن حجم المحطة، فعلى كل شخص له علاقة بالعمل أن يدرك أن تشغيل المحطة ليس عمل فرد واحد وانما عمل جماعي.

جدول رقم (١٢-٣)

سجلات التشغيل اليومى

سجل تشغيل محطة مياه ..... عن يوم / /٢٠١٢

الوقت	تصرف المياه العكرة	طلمبة مرشحة رقم ١			طلمبة مرشحة رقم ٢			طلمبة مرشحة رقم ٣			طلمبة مرشحة رقم ٤			أمبيركاسح الرواسب		الفولت	التصرف الكلى	ضغط الطرد الكلى	منسوب الخزان الأرضى	ملاحظـــــــــــــــــات
		ضغط الطرد	ضغط المص	الأمبير	ضغط الطرد	ضغط المص	الأمبير	ضغط الطرد	ضغط المص	الأمبير	ضغط الطرد	ضغط المص	الأمبير	١	٢					
٨ ص																				
٩ ص																				
١٠ ص																				
١١ ص																				
١٢ ص																				
١ م																				
٢ م																				
٣ م																				
٤ م																				
٥ م																				
٦ م																				
٧ م																				
٨ م																				
٩ م																				
١٠ م																				
١١ م																				
١٢ م																				
١ ص																				
٢ ص																				
٣ ص																				
٤ ص																				
٥ ص																				
٦ ص																				
٧ ص																				
		ساعات التشغيل			ساعات التشغيل			ساعات التشغيل			ساعات التشغيل			كمية المياه المكرة= القراءة الحالية - السابقة =						استهلاك الكهرباء = القراءة الحالية - السابقة =

المرشحـــــــــــات

رقم المرشح		٨ ص	٩ ص	١٠ ص	١١ ص	١٢ ص	١ م	٢ م	٣ م	٤ م	٥ م	٦ م	٧ م	٨ م	٩ م	١٠ م	١١ م	١٢ م	١ ص	٢ ص	٣ ص	٤ ص	٥ ص	٦ ص	٧ ص
١	ضغط الهواء																								
	فاقد الضغط																								
	معدل التصرف																								
٢	ضغط الهواء																								
	فاقد الضغط																								
	معدل التصرف																								
٣	ضغط الهواء																								
	فاقد الضغط																								
	معدل التصرف																								
٤	ضغط الهواء																								
	فاقد الضغط																								
	معدل التصرف																								
أمبير مجموعات الغسيل	١																								
	٢																								
أمبير ضواغط الهواء	١																								
	٢																								

رقم المرشح	التاريخ والوقت			الغســـــيل				الحالة الظاهرية للمرشح	بيانات تشغيل المرشحات
	بدء	ايقاف	ساعات التشغيل	ايقاف	بدء	الزمن	كمية المياه (م٣)		
١									متوسط ساعات التشغيل
									أقصى معدل فى الساعة
٢									إجمالى المياه المرشحة
									عدد المرشحات المشغلة
٣									متوسط زمن الغسيل (ق)
									عدد المرشحات المغسولة
٤									إجمالى مياه الغسيل
									نسبة مياه الغسيل

يعتمـــــــــــــد

جدول رقم (١٢ - ٤)

سجلات جودة المياه (السجل اليومى للمعمل)

محطة تنقية مياه الشرب ..... يوم / / ٢٠١٢

الموقع	التحليل	الوقت										
		٩ص	١١ ص	١ م	٣ م	٥ م	٧ م	٩ م	١١ م	١ ص	٣ ص	٥ ص	٧ ص
المياه المكرة	العكارة	٤											
	الأس الهيدروجينى	٧.٩٤											
	الحرارة	١٨											
	اللون												
	القلوية				١٥٦								
	العسر				١٤٠								
	البكتريا												
المياه المرسبة	العكارة	٠.٩	٠.٩	٠.٧									
	الكلور المتبقى	١.١	١	٠.٨									
	الأس الهيدروجينى	٧.٥٨											
	الحرارة												
المياه المرشحة	العكارة												
	الكلور المتبقى												
	الأس الهيدروجينى												
	الحرارة												
المياه المعالجة	العكارة	٠.١	٠.٢	٠.١٥									
	الكلور المتبقى	١.٥	١.٥	١.٦									
	الأس الهيدروجينى	٧.٦٢											
	الحرارة	١٧.٩											
	القلوية	وردية أولى					وردية ثانية			وردية ثالثة			
	العسر	١٤٠											
	البكتريا												
الجرعة	الشبة	$40\ gm/m^3$											
	الكلور المبدئى	$4\ gm/m^3$											
	الكلور النهائى	$1\ gm/m^3$											

ملاحظات:

حالات وإجراءات الطوارئ

<u>حالات الطوارئ</u>

عند تشغيل أى محطة لتنقية مياه الشرب، سوف تظهر من حين لآخر حالات غير عادية أو حالات طوارئ، وهى تتطلب الهدوء والتصرف السريع من جانب القائم بالتشغيل وتشمل حالات الطوارئ التى يحتمل أن تقابلها ما يلى:

١. فشل عمليات التنقية
٢. قصور أو تعطل معدات التشغيل
٣. انقطاع التيار الكهربائى
٤. الحرائق
٥. السيول، والزلازل، أو الكوارث الطبيعية الأخرى.

ويجب على المشغل أن يُمَيِّز بين الحالات غير العادية والإنذار بحدوث حالة طوارئ (الإشارة الحمراء). فالإشارة الحمراء تعنى أنه يجب عليك أن تطلب مساعدة خارجية فوراً. وتشمل الإنذارات بحدوث حالة طوارئ: حالات التخريب، تلوث المياه الخام، انسكاب الكيماويات، الحرائق، الإصابات الخطيرة، وتسرب الكلور.

فشل عمليات التنقية

أولاً: التغير فى جودة المياه الخام

تفشل عمليات تنقية المياه بصفة عامة بسبب التغير المفاجئ أو غير المتوقع فى جودة مياه المصدر، ومن المعروف أن هذه الحالة تحدث عندما يزداد فجأة تركيز المواد الصلبة العالقة فى مياه المصدر (درجة عكارة عالية) نتيجةً حدوث السيول على مجرى النهر، أو تلوث مصدر المياه فجأة بمياه الصرف الصحى أو بالزيوت المعدنية أو بالكيماويات المنسكبة.

وعلى القائم بالتشغيل توقع التقلبات التى تحدث فى درجة العكارة نتيجة حدوث السيول، ويجب إجراء اختبار الكأس (Jar Test) بأسرع ما يمكن. وذلك حتى يمكن للقائم بالتشغيل عمل تعديلات مخططة لعملية التنقية لتجنب الاضطرابات الكبيرة بها.

من المستحيل تقريباً توقع تلوث نظام مياه المصدر بمياه الصرف الصحى أو الزيوت المعدنية والكيماويات المنسكبة، لذلك فمن غير الوارد عمل تعديلات مخططة لعملية التنقية لتصحيح هذا الوضع. إلا أنه يوجد إنذار مبكر لتلوث مياه المصدر بمياه الصرف الصحى وهو النقص المفاجئ فى كمية الكلور المتبقى فى عملية التنقية أو الزيادة المفاجئة فى الكلور الممتص للمياه الجارى تنقيتها. ويجب فى هذه الحالة ضبط جرعة الكلور فوراً وإجراء اختبارات بكتريولوجية إضافية لتحديد حجم المشكلة. لا تنتظر ظهور نتائج الاختبارات البكترويولوجية لتعرف أن لديك مشكلة، لأنه عندئذ سيكون الوقت متأخراً.

إن انسكاب الكيماويات وتناثرها الذى يحدث عرضاً ربما يكون أكثر المواقف المطلوب التعامل معها خطورةً نظراً لأن التقنيات العادية لمراقبة عمليات التنقية قد لا تكتشف هذه المشكلة. وفى معظم الأحوال، يجب على القائم بالتشغيل الاعتماد على إخطار خارجى بهذا الحدث وقد يكون مطلوباً فى هذه الحالة أخذ عينات بطريقة خاصة لتحديد حجم المشكلة.
فى الحالات التى يتسبب اضطراب عملية التنقية فى العجز عن الوفاء بالمواصفات القياسية المحددة لجودة مياه الشرب، يجب فوراً على القائم بالتشغيل القيام بإبلاغ المسئولين بالشركة. وفى الحالات الشديدة، قد يكون مطلوباً إيقاف عملية التنقية بالكامل وإبلاغ المواطنين، وأثناء ذلك، يجب على القائم بالتشغيل العمل جنباً إلى جنب مع السلطات الصحية أو وزارة الرى والموارد المائية (مثلما حدث فى وجود بقعة الزيت فى نهر النيل فى شهر نوفمبر ٢٠١٢ والتى استدعت إيقاف عمل محطات المياه لحين مرورها من أمامها).

ثانياً: خطأ القائم بالتشغيل

جميعنا نقع، من حين لآخر، فى أخطاء. فإذا كنا نراقب كل شئ من أعلى ونقوم بتشغيل محطتنا كما يجب، فإن الخطأ فى إحدى العمليات يمكن تصحيحه أو تقليله فى عملية أخرى.

وقد يكون من الصعب الحفاظ على الجرعة الكيماوية المناسبة. إذا اكتشفت أن الجرعة الكيماوية عالية جداً أو منخفضة جداً، فقم فوراً بعمل التعديل المناسب وحاول أن تراقب الجرعات بصورة أكثر تكراراً.

إذا اكتشفت أن كمية الكلور المتبقى فى خزان المياه المرشحة منخفضة، أو أنه لا يوجد كلور متبقى، فقم على الفور بزيادة جرعة الكلور للمياه الخارجة من المحطة ثم قم بمراجعة سجلاتك وإذا كان كل شئ يعمل بدقة، وكل اختبارات الجودة لديك تبدو جيدة، ومستوى العكارة فى المياه المرشحة منخفض، فمن الأرجح أنك لن تواجه مشاكل خطيرة.

أما إذا اكتشفت عدم وجود كلور متبقي نهائيا في خزان المياه المرشحة وكانت محطتك تواجه صعوبات في التشغيل فأنت في مشكلة. حاول إضافة كلور في الخزان للوصول إلى جرعة الكلور المتبقي المطلوبة في الخزان وفي شبكة التوزيع. مع مراقبة درجة العكارة وقياس الكلور المتبقي باستمرار حتى تستقر الحالة. قم بمراجعة سجلاتك ومدى كفاءة تشغيل العمليات السابقة من ترويب وتنديف وترسيب وترشيح وراجع أيضا كفاءة نظام الكلور المبدئي وخصوصا النهائي وأكتشف الأسباب وحددها وضع الإجراءات التي تعيد المحطة إلى الوضع الطبيعي.

ويجب على المشغل مناقشة باقي طاقم التشغيل في الأسباب التي أدت للمشكلة وكيفية تداركها مستقبلا أو الحد من أخطارها كنوع من تبادل الخبرة مع فريق العمل.

قصور أو تعطل معدات التشغيل

قد يسبب قصور معدات التشغيل أيضاً اضطراباً فى عملية التنقية فى حالة عجز خطوط التغذية بالكيماويات، أو معدات الكلورة، أو معدات المعالجة الابتدائية عن العمل بصورة مُرضية. إن أفضل حماية من تعطل معدات التشغيل هو القيام بتنفيذ برنامج الصيانة الوقائية الجيد. ويلعب عامل التشغيل دوراً حيوياً فى برنامج الصيانة الوقائية من خلال القيام بأعمال الفحص

اليومية لمعدات التشغيل وإجراء أعمال الضبط والإصلاح البسيطة عند الضرورة.

فى بعض عمليات التنقية الأساسية، مثل أنظمة الكلورة، يتم عادة تركيب وحدة إضافية فى النظام لتكون بمثابة احتياطى فى حالة تعطل أحد أجزاء النظام ويجب تكرار ذلك أيضًا فى باقى أنظمة التغذية بالكيماويات.

فى حالة تعطل إحدى العمليات وأدى ذلك إلى العجز عن الوفاء بالمواصفات القياسية المحددة لجودة مياه الشرب، قم فوراً بإبلاغ الرؤساء والمشرفين ومسئولي الشركة. وفى الحالات الشديدة، قد يكون مطلوباً إيقاف عملية التنقية بالكامل وإبلاغ المواطنين بذلك وسوف نوضح هنا بعض الحالات المحتملة لقصور أو تعطل المعدات وكيف يمكنك التعامل معها إذا لم يكن لديك معدات احتياطية أو أنها متعطلة هى الأخرى.

١ - **مصافى المأخذ (مانعات الاعشاب):**

إذا انسدت أو انكسرت أحد مصافى المأخذ (مانعات الاعشاب) العاملة فيجب إجراء ما يلي:

- إيقاف مانعة الأعشاب لحين تنظيفها وإصلاحها، وبالتالي تتوقف المحطة عن العمل في حالة وجود مانعة اعشاب واحدة.
- وفي حالة وجود أكثر من مانعة أعشاب فإنه يتم تشغيل المحطة جزئياً بالاعتماد علي مانعة الاعشاب الموجودة لحين إصلاح الاخري.

٢ - **معدات الكلورة المبدئية:**

اذا تعطلت معدات الكلورة المبدئية فإنه يجب ايقاف المحطة بالكامل والبدء في أصلاح المعدات فى الحال مع عدم السماح بمرور المياه الغير مكلورة فى مراحل المعالجة (المروقات والمرشحات)، حيث أنه لا يمكن الاعتماد علي الكلورة النهائية فقط بالمحطة.

٣ - معدات التغذية بالشَبَّة:

اذا تعطلت معدات التغذية بالشَبَّة:

- أوقف طلمبات المياه الداخلة ثم أصلح معدات التغذية بالكيماويات.
- لا تسمح للمياه بتجاوز نقطة التغذية بالكيماويات دون إضافة الشبَّة إليها، وإلا سوف تنتقل العكارة إلى المرشحات وتتخطى المعايير المطلوبة لمياه الشرب.

٤ - الخلط السريع:

ضع فى اعتبارك نقل نقطة إضافة الكيماويات إلى مكان يمكن أن تساعد فيه المياه المضطربة على تحقيق الخلط الهيدروليكى.

٥ - معدات التنديف:

أ- إذا كانت المعدات تحت الماء، انتظر حتى يحين موعد نزح المياه المخطط ثم قم بالإصلاح آنذاك.

ب- إذا كانت ميكانيكية، أصلحها بأسرع ما يمكن.

٦ - حوض الترسيب:

ذراع جمع الروبة الميكانيكى متعطل ولا يمكن إصلاحه أو ضبطه بواسطة إجراءات الإصلاح المبنية أعلاه، لذا فإنه يجب القيام بتفريغ الحوض وإصلاح الذراع ليلاً عندما يكون الطلب منخفضاً.

٧ - المرشحات:

تعطل المحبس أو نظام الغسيل العكسى، لذا يجب إخراج المرشح المتعطل من الخدمة وقم بإصلاحه.

٨- **معدات الكلورة النهائية:**

أ. قم بزيادة جرعات الكلور المبدئية، إن كان ممكناً.

أو

ب. إذا كنت تعتمد فقط على الكلورة النهائية، يتم إيقاف المحطة وقم بالإصلاح فوراً مع إخطار المسئولين بالشركة.

انقطاع التيار الكهربائى عادة ما يتم تزويد محطات تنقية مياه الشرب بمصدر احتياطى للطاقة الكهربائية لاستخدامه فى حالة انقطاع التيار الوارد من الشبكة العمومية. وتوفِّر مجموعات التوليد كمية تقدر بـ ٥٠% من الطاقة الكهربائية المطلوبة للمحطة للحفاظ على استمرار عملها أثناء فترات انقطاع التيار الكهربائى. وفى معظم الحالات، يتم فقط توصيل وظائف التشغيل الحيوية مثل (معدات التغذية بالكيماويات، والخلاطات، ومعدات التنديف، وطلمبات التشغيل) ليتم تغذيتها من المولد الكهربي. وعادة ما يتم تشغيل المولد تلقائيا (أوتوماتيكيًا) عند انقطاع مصدر الكهرباء العمومي ويتم تحويل مفاتيح التغذية إلى مصدر التغذية الاحتياطي تمهيداً لتحميل المعدات المشار إليها سابقا.

<u>عند بداية انقطاع التيار الكهربائى العمومي اتخذ الخطوات التالية:</u>

١. أخطر شركة الكهرباء بانقطاع التيار.
٢. ابدأ في تشغيل المولد أن لم يكن قد بدء تلقائيا وتأكد من توصيل مفاتيح التغذية من المصدر الاحتياطي.
٣. إذا كان سبب انقطاع التيار داخليا في محطة التنقية، قم بإخطار العاملين بالصيانة الكهربائية فوراً.
٤. أعد تشغيل المعدات التى توقفت أثناء فترة انقطاع التيار (قم بعمل تسلسل لمعدات المحطة بحيث يتم إعادة تشغيل معدة واحدة بمفردها فى كل مرة لتجنب زيادة الحمل).
٥. افحص معدات الكلورة وأجهزة السلامة للتأكد من أنها تعمل بصورة جيدة.

٦. افحص مجموعات التوليد (محرك – مولد) للتأكد من أنها تعمل بصورة جيدة.
٧. أخطِر مسئولي الشركة بالموقف.
٨. افحص بالنظر جميع معدات التشغيل وراجع أداء كل وحدة من وحدات التنقية.

وخلال فترات انقطاع التيار القصيرة، يمكن أن تستمر عمليات المحطة الأساسية فى العمل. أما فى حالات انقطاع التيار لفترات طويلة، فمن الضروري تقليل إنتاج المحطة من المياه النقية حيث أن غسيل المرشحات يتوقف أثناء انقطاع التيار ولا يتم تحميله على وحدات التوليد لتوفير الطاقة وذلك بسبب ان وحدات التوليد التي تركب بالمحطات تكون قدرتها تقريباً في حدود ٥٠% من طاقة المحطة (كحد أقصي)، ففي حالة توقف أي مرشح عن العمل لحاجته إلى الغسيل يتم إخراجه من الخدمة وإن لم يكن هناك بديل نظيف يتم تخفيض إنتاج المياه المنقاة.

عندما يعود التيار الكهربائى، اتخذ الخطوات الآتية:

١. تأكد من تحويل مفاتيح مصادر التغذية من الاحتياطي إلى العمومي.
٢. أعد تشغيل معدات المحطة التى توقفت خلال تحويل مصدر الطاقة أو كانت خارج الخدمة أثناء فترة انقطاع التيار (أعد تشغيل مُعِدَّة واحدة فى كل مرة).
٣. اغسل المرشحات غير النظيفة عن طريق الغسيل العكسى وأعدْها إلى الخدمة.
٤. قم بزيادة معدل التدفق بالمحطة للدرجة المطلوبة.
٥. افحص بالنظر جميع معدات التشغيل وراجع أداء كل وحدة من وحدات التنقية.
٦. تحقق من سلامة التشغيل وجودة المياه.
٧. أخطِر الرؤساء والمشرفين بالموقف.
٨. تأكد من توقف وحدات التوليد.

الحرائق

إذا حدث حريق فى محطة تنقية مياه الشرب، فقم فوراً بإبلاغ وحدة الإطفاء (المطافى) ثم حدِّد مصدر الحريق وشدته. وحسب نوع الحريق (فى المبانى، فى المواد الكيميائية، فى الدوائر الكهربائية)، استخدم معدات الإطفاء المناسبة الموجودة بالمحطة فى محاولة لإخماد الحريق. وفي حالة عدم القدرة على السيطرة على الحريق، انتظر حتى وصول سيارات الإطفاء الخارجية التابعة للمطافي (الحماية المدنية)، ويجب في هذه الحالة إخطار مسئولي الشركة عن هذا الحريق.

ويجب أن يتم تدريب فريق العمل بالمحطة على العناية التامة والاستعمال الدقيق لأجهزة ومعدات الإطفاء الموجودة بالمحطة، وتعلَّم الخطوات التى يجب مراعاتها فى التعامل مع حرائق الكيماويات والكهرباء.

الكوارث الطبيعية

لحسن الحظ، أن الكوارث الطبيعية كالسيول والزلازل هى نادرة نسبياً في مصر، وفى العادة يتم إنشاء محطات تنقية مياه الشرب فى أماكن بعيدة عن مسارات أو مخرات السيول.

وفي حالة الزلازل، فإن الكود المصري لتصميم الأعمال الخرسانية والكود الخاص بالأحمال قد أخذ في الاعتبار تصميم الأعمال الإنشائية لمقاومة الزلازل وتم تصنيفها طبقاً للتوزيع الجغرافي في مصر، لذا فإن المشروعات الجديدة التي يتم إنشاؤها قد تم الأخذ فيها مقاومة النشاط الزلزالي بدرجات متفاوتة، ويجب أن يكون بالمحطة دليل إجراءات يوضح المشاكل التي يمكن حدوثها بالمحطة في حالة حدوث زلزال حتى يمكن مراجعتها وفحصها للتأكد من سلامتها بهدف استمرارية الخدمة بالإمداد بمياه الشرب وتشغيل المحطة.

بعد حدوث سيول أو زلازل، أو أى كارثة طبيعة أخرى، يجب اتخاذ الإجراءات الآتية:

١. افحص طرق الوصول لكل المنشآت.
٢. اختبر حالة ووظيفة كل معدات التشغيل.

٣. افحص المبانى والمنشآت وخزانات الكيماويات للتأكد من عدم وجود تلف فى المبنى أو أى أضرار أخرى.
٤. راجع شبكة مواسير المحطة للتأكد من عدم وجود تسربات أو عيوب أخرى ظاهرة للعين.
٥. أعدّْ تقريراً مبدئياً عن التلفيات.
٦. إبلاغ مسئولي الشركة عن حالة المحطة بعد الزلزال.

الاتصالات

فى حالة حدوث طوارئ، يجب تعريف العاملين الآخرين بالمحطة عن الظروف القائمة أو الأحداث التى وقعت، ويجب إعداد إجراءات للاستجابة للطوارئ لكل محطة تنقية مياه شرب حتى يمكن إخطار الأشخاص المناسبين وحل المشكلة. ويجب أن تتضمن إجراءات الطوارئ إعداد قائمة بأسماء وأرقام تليفونات الأشخاص الواجب إبلاغهم فى ظروف معينة، بما فى ذلك الإدارة المحلية ووزارة الصحة. كما يجب إعداد إرشادات لمساعدة القائم بالتشغيل فى تحديد متى يقوم بتنفيذ هذه الإجراءات. ويجب إيجاد طرق اتصال بديلة لأن الخدمة التليفونية قد تنقطع أثناء الطوارئ. وتأكد من مراجعة إجراءات الاستجابة للطوارئ على الأقل مرة كل سنة بالمحطة مع التحقق من دقة وصحة جميع الأسماء وأرقام التليفونات بالقائمة وتحديثها إن لزم الأمر.

التعامل مع الشكاوى عن جودة المياه

لن تكون هناك أى دراسة متكاملة عن تشغيل محطة تنقية مياه الشرب دون دراسة شكاوى المستهلكين، والتحقق منها، والأسباب المحتملة للشكاوى، ونوضح فيما يلى بعض الإرشادات الأساسية التى يلزم اتباعها فى التعامل مع شكاوى المستهلكين:

١. كن ودوداً ولطفياً مع المستهلك فى جميع الأوقات.
٢. أكِّد للمستهلك أنك مسرورٌ لأنه تحمل مشقة الاتصال للإبلاغ عن مشكلته.
٣. اطلب من المستهلك أن يصف المشكلة، وأنصت إليه باهتمام.
٤. راجع شرح المشكلة مع المستهلك واسأل الأسئلة اللازمة لتتأكد من أنك فهمت المشكلة.
٥. ابذل كل جهد ممكن لتعطى المستهلك إجابة فورية ودقيقة للمشكلة.
٦. إذا كان من الضرورى الاتصال بالمستهلك فى مكان عمله أو إقامته، أكد له أنه سيتم تحديد موعد لذلك فى أسرع وقت.
٧. ابذل ما فى وسعك لتؤكد للمستهلك أن المشكلة قد تم حلها أو فى طريقها إلى الحل.
٨. إذا لم يكن إرضاء المستهلك ممكنا، اعرض إحالته إلى شخص آخر فى الإدارة.

تذكر أن:
شكاوى المستهلكين هى التى تُنَبِّهك عادةً إلى المشاكل التى تنشأ فى جودة أو خدمة مياه الشرب.

فحص الشكاوى

فى بعض الحالات، قد تحدث شكاوى من المستهلكين ويتم إبلاغها للمحطة من خلال إدارة الشركة وفي هذه الحالة فإنه على مشغل المحطة متابعة وإزالة أسباب الشكوى والتي قد تكون ناجمة من أحد الأسباب بالمحطة، ويتم ذلك بالتنسيق مع إدارة المعامل الرئيسية وإدارة خدمة المواطنين بالشركة، لذا فإنه يجب معاينة هذه الشكاوى وفحصها وتحديد الأسباب المحتملة لحدوثها وتوضح الجداول التالية بعض نماذج من هذه الشكاوى وأسبابها المحتملة.

جدول رقم (١٢-٥)

وجود فقاعات هوائية فى المياه أو ظهور المياه بيضاء اللون

فحص الشكوى	الأسباب المحتملة للشكوى
١- **المعلومات المطلوبة**: - ما هو موقع مبنى المستهلك؟ - حدد منطقة الضغط لمبنى المستهلك. - هل المبنى جديد، أو به مواسير جديدة تم تركيبها مؤخراً؟ - متى لوحظت فقاعات الهواء أو اللون الأبيض فى المياه أول مرة؟ - هل تم قطع المياه عن المبنى مؤخراً؟ - هل فقاعات الهواء أو اللون الأبيض موجودة فى المياه الساخنة والمياه الباردة؟ ٢- **الفحص الميدانى**: - افحص المياه بمبنى المستهلك - اطرد الهواء من المياه عن طريق: أ- غسيل مواسير المنزل إن لزم. ب- غسيل الخطوط المؤدية للمنزل وصرف المياه من خلال حنفيات الحريق. - خذ عينة إلى المعمل، إن لزم. - أبلغ نتائج الاختبارات المعملية للمستهلك	١- **شبكة التوزيع**: - إغلاق المواسير الرئيسية. - ضغط منخفض فى المواسير الرئيسية. - تسرب من صناديق حشو (جلاندات) الطلمبات. - تغيرات فى درجة حرارة الماء. - أسباب أخرى. ٢- **شبكة المواسير داخل المنزل**: - سخونة زائدة فى مواسير المياه الساخنة. - سخونة مواسير المياه الباردة. - وجود زنك من المواسير المجلفنة. - أسباب متنوعة.

جدول رقم (١٢-٦)

مياه عكرة، أو ملونة، أو محتوية على جسيمات غريبة

فحص الشكوى	الأسباب المحتملة للشكوى
١- **المعلومات المطلوبة**:	١- **شبكة التوزيع**:
- ما هو موقع مبنى المستهلك؟	- مشاكل فى محطة تنقية المياه
- حدد منطقة الضغط لمبنى المستهلك.	- كسور فى المواسير الرئيسية
- متى تم اكتشاف المياه العكرة أول مرة؟	- نهايات مسدودة
- ما شكل المياه؟	- وجود مواسير رئيسية، وخزانات، وخزانات مياه جديدة.
- هل المياه لها لون؟	- غسل حنفيات الحريق
- هل كلا من المياه الباردة والساخنة عكرة؟	- عيب فى خط مواسير المستهلك
- هل المياه عكرة فى جميع الحنفيات؟	- عدم غسيل شبكة التوزيع
- هل بالمنزل خزان؟	- تغييرات فى اتجاه سير المياه
٢- **الفحص الميدانى**:	
- افحص المياه بمبنى المستهلك	٢- **شبكة المواسير داخل المنزل**:
- قم بإزالة الماء العكر عن طريق غسيل مواسير وخزان المنزل أو الخطوط المغذية للمنزل.	- أنظمة المياه الساخنة.
- خذ عينة إلى المعمل، إن لزم.	- مواسير المنزل قديمة ومتآكلة.
- أبلغ نتائج الاختبارات المعملية للمستهلك.	- إصلاحات المواسير (أعمال السباكة).

جدول رقم (١٢-٧)

المرض أو تهيج الجلد

فحص الشكوى	الأسباب المحتملة للشكوى
١- **المعلومات المطلوبة**: - ما هو موقع مبنى المستهلك؟ - حدِّد مصدر إمداد المستهلك بالمياه؟ - متى حدث المرض أولاً؟ - لماذا يُعتقد أن المرض بسبب الماء؟ - هل تأثر كل أفراد العائلة بالمرض؟ - هل كان الأفراد المتأثرون خارج المدينة مؤخراً؟ - هل تمت استشارة الطبيب؟ ٢- **الفحص الميدانى**: - افحص طعم، ورائحة، ولون، وعكارة المياه فى مبنى المستهلك؟ - تحقق من عدم وجود مواسير تمر في بيارة الصرف الصحي؟ - خذ عينة إلى المعمل للاختبار البكتريولوجى والاختبار الكيميائى. - أبلغ المستهلك بنتائج الاختبارات المعملية.	١- **شبكة التوزيع**: - تغير مصدر المياه - أسباب أخرى ٢- **اهتمامات المستهلك العامة**: - حواس المستهلك المتأثرة بالمرض، أو الأدوية.

جدول رقم (١٢-٨)
الطعم والرائحـــة

فحص الشكوى	الأسباب المحتملة للشكوى
١- المعلومات المطلوبة: - ما هو موقع مبنى المستهلك؟ - حدِّد مصدر إمداد المستهلك بالمياه؟ - متى تم اكتشاف الطعم والرائحة أول مرة؟ - هل الطعم والرائحة موجودان فى كـل مـن المياه الباردة والساخنة؟ **٢- الفحص الميدانى:** - افحص المياه بمبنى المستهلك - اقترح قيام المستهلك بغسل مواسير المنزل. - أغسل الخطوط المغذية للمنزل مـن خـلال حنفيات الحريق، وصمامات التصفية، إن لزم - خذ عينة إلى المعمل، إن لزم - أبلغ المستهلك بنتائج الاختبارات المعملية.	**١- شبكة التوزيع:** - المياه الخام - محطة تنقية المياه - تطهير المواسير الجديدة، أو الخزانات. - سحب المياه للمنزل من نهايات مسدودة بالشبكة. - مياه من مصدر مختلف - أسباب أخرى. **٢- شبكة المواسير داخل المنزل:** - خزانات المياه الساحنة - مواسير قديمة - خطوط المياه المكشوفة (المعرضة للخطر) - أسباب أخرى. **٣- اهتمامات المستهلك العامة:** - حواس المستهلك المتأثرة بالطعم والرائحة.

جدول رقم (١٢-٩)
الديدان أو الحشرات

فحص الشكوى	الأسباب المحتملة للشكوى
١- المعلومات المطلوبة: - ما هو موقع مبنى المستهلك؟ - حدِّد مصدر إمداد المستهلك بالمياه؟ - أين وُجِدَت الكائنات الحية أول مرة؟ - كيف تصف هذه الكائنات؟ **٢- الفحص الميدانى:** - افحص المياه وعينة من الكائنات الحية الموجودة بمبنى المستهلك؟ - اغسل مواسير المنزل، إن لزم - اغسل الخطوط المغذية للمنزل من خلال حنفيات الحريق أو صمامات التصفية، إن لزم. - أبلغ نتائج التحليل المعملى للمستهلك.	**١- شبكة التوزيع:** - الخزانات العلوية بالشبكة - تغذية المنزل من نهايات مسدودة بالشبكة - كسور رئيسية - محطات تنقية مياه الشرب - أسباب أخرى. **٢- شبكة المواسير داخل المنزل:** - كائنات حية فى البانيوهات، والأوعية، وأحواض الغسيل. - كائنات حية تنمو في خزان المنزل العلوي.

جدول رقم (١٢-١٠)
مشاكل أحواض تربية الأسماك

فحص الشكوى	الأسباب المحتملة للشكوى
١- المعلومات المطلوبة: - ما هو موقع مبنى المستهلك؟ - متى بدأت الأسماك فى الموت؟ - متى أضيف الماء إلى الحوض آخر مرة؟ - هل أضيفت أسماك جديدة؟ - هل تمت إضافة أطعمة أو نباتات جديدة؟ - هل تم رش أى مواد بالقرب من الحوض؟ - هل الحوض جديد، أو هل استخدمت فيه مواد جديدة؟	**١- شبكة التوزيع:** - الرقم الهيدروجينى (pH) للماء - الكلور المتبقى - محتوى النحاس **٢- شبكة المواسير داخل المنزل:** - الرقم الهيدروجينى (pH) للماء - الكلور المتبقى - محتوى النحاس
٢- الفحص الميدانى: - افحص المياه بمبنى المستهلك - خذ عينة إلى المعمل، إن لزم - فحص المياه بالخزانات العلوية إن وجدت. - أبلغ المستهلك بنتائج الاختبارات المعملية.	**٣- اهتمامات المستهلك العامة:** - التغير فى درجة الحرارة - الأكسجين الذائب - مواد رش النباتات والحشرات - مواد سامة مستخدمة فى إنشاء الحوض - حمل زائد على الحوض - تغذية زائدة أو ناقصة للأسماك - أمراض الأسماك - الكيماويات المستخدمة لمنع الأمراض - أسباب متنوعة.

جدول رقم (١٢-١١)

تلف الحدائق

فحص الشكوى	الأسباب المحتملة للشكوى
١- المعلومات المطلوبة: - ما هو موقع مبنى المستهلك؟ - مصدر الإمداد بالمياه؟ - متى كانت أول مرة لوحظ فيها تلف النباتات؟ - استعمال الأسمدة ومواد رش الحدائق - احتمال التلف بسبب الحيوانات - حساسية النباتات للشمس، والماء، والتربة. - تكرارية رى الحديقة. **٢- الفحص الميدانى:** - افحص المياه بمبنى المستهلك من حيث الرقم الهيدروجينى والكلور المتبقى. - خذ عينة إلى المعمل، إن لزم - أبلغ المستهلك بنتائج الاختبارات المعملية.	**١- شبكة التوزيع:** - الرقم الهيدروجينى (pH) للماء - الكلور المتبقى - محتوى النحاس **٢- شبكة المواسير داخل المنزل:** - الرقم الهيدروجينى (pH) للماء - الكلور المتبقى - محتوى النحاس **٣- اهتمامات المستهلك العامة:** - عدم الرعاية المناسبة للنباتات المُحِبَّة للأحماض - التسميد الزائد أو الناقص - الرى الزائد أو الناقص للنباتات - أمراض النباتات أو الحشرات - التلف بسبب رش الحدائق أو المساحيق (البودرة) - التلف بسبب الحيوانات - أسباب متنوعة.