برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل المتدرب

البرنامج التدريبي كيميائي مياه – الدرجة الثالثة

تكنولوجيا تنقية مياه الشرب

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

المحتويات

البابالأول ٦

معالجةمياهالشربDrinking Water Purification..... ٧

١- ١ مقدمةتاريخية ٧

١- ٢ معالجةالمياهWater Purification ٨

١- ٣ طرقالمعالجةالتقليديةTraditional Purification Methods..... ٨

١- ٤ معالجةالمياهالسطحيةSurface Water Purification..... ٩

١- ٥ معالجةالمياهالجوفيةGround Water Purification..... ١٠

١- ٥- ١ التيسير(إزالةالعسر)بالترسيبWater Softening..... ١١

١- ٥- ٢ الترسيبSedimentation ١٢

١- ٥- ٣ الموازنة(إعادةالكربنة):Carbonation ١٣

١- ٥- ٤ الترشيح:Filtration ١٤

١- ٥- ٥ التطهير:Disinfection..... ١٥

١- ٥- ٦ معالجةالمخلفات: Sludge Treatment..... ١٦

١- ٥- ٧ تحدياتجديدةNew Challenges ١٦

البابالثاني ١٨

الفصلالأول..... ١٨

٢- ١ مصادروخصائصالمياهSources and Characteristics of Water..... ١٨

الدورةالهيدرولوجيةللماء: ١٨

درجةنقاءالماء:..... ١٩

خصائصالمياه:..... ٢٠

الخصائصالطبيعيةPhysical Properties ٢٠

الخصائصالكيميائيةChemical Properties..... ٢١

الخصائصالبيولوجيةBiological Properties..... ٢٣

الاشتراطاتالصحيةفيالمياه..... ٢٤

١. الخواصالطبيعية: ٢٤

٢. الخواصالكيميائية:..... ٢٥

٣. الخواصالبيولوجية: ٢٥

أنواعالموادالدخيلةعليالمياه:..... ٢٥

الهدفمنعملياتالمعالجة:..... ٢٧

المياهالنقيةالصالحةللأستعمال: ٢٧

المياهغيرالنقية: ٢٨

المياهغيرالصالحةللأستعمال:..... ٢٨

المعالجةالأوليةللمياه: ٢٨
عملياتالمعالجة: ٢٩
الفصلالثاني ٣٠
تكنولوجياتنقيةالمياهالسطحيةSurface Water Purification Technology..... ٣٠
٢- ٢ الغرضمنتنقيةالمياهالسطحية ٣٠
٢- ٢- ١ خطواتعملياتتنقيةالمياهالسطحية..... ٣١
٢- ٢- ٢ اختيارالموقعلمحطاتتنقيةمياهالشرب ٣٥
أولاالآبارWells..... ٣٥
ثانياالأنهاروالبحيراتالعذبةRivers and freshwater Lakes ٣٥
ثالثاالبحاروالبحيراتالمالحةSeas and salt Lakes ٣٥
٢- ٢- ٣ المأخذIntake..... ٣٦
٢- ٢- ٣- ١ أنواعالمآخذ ٣٨
الشروطالعامةللمآخذ ٤٢
٢- ٢- ٣- ٢ المصافيScreens ٤٣
سحارةالمأخذ(Intake conduit)..... ٤٣
٢- ٣ عملياتتنقيةالمياه،الترسيبالطبيعيNatural Sedimentation..... ٤٤
٢- ٣- ١ تبسيطنظريةالترسيب ٤٧
٢- ٣- ٢ أحواضالترسيبالطبيعي ٤٨
٢- ٣- ٣ أنواعأحواضالترسيب..... ٤٩
٢- ٣- ٤ العواملالمؤثرةفيعمليةالترسيب..... ٥٤
٢- ٣- ٥ استخراجالرواسب(الروبة)منأحواضالترسيب ٥٤
٢- ٤ عملياتتنقيةالمياه،الترويبوالتنديفCoagulation and Floculation..... ٥٥
والخصائصالعامةللموادالمتعلقة(الغريانية): ٥٦
٢- ٤- ١ أهميةعملياتالترويبوالتنديف..... ٥٩
٢- ٤- ٢ موادالترويب(المروبَّات)Coagulant..... ٦٠
٢- ٤- ٣ العواملالمؤثرةفيعمليةالترويب ٦١
٢- ٤- ٤ العواملالمؤثرةفيعمليةالتنديف ٦٢
عمليةالتنديفFloculation Process ٦٢
٢- ٤- ٥ عمليةالترويق(الترسيب) ٦٣
٢- ٤- ٦ أحواضالترويق ٦٣
٢- ٤- ٧ أحواضالترويبوالترويق ٦٣
٢- ٤- ٧- ١ حوضالترويبوالترويقالسريع ٦٤
٢- ٤- ٧- ٢ حوضالترويبوالترويقالنابض..... ٦٥
٢- ٤- ٧- ٣ حوضالترويبوالترويقالنابضالفائق..... ٦٥
٢- ٤- ٧- ٤ ملخصأسستصميمأحواضالترويبوالترويق ٦٧
٢- ٥ عملياتتنقيةالمياه،الترشيحFiltration ٧٤

الغرضمنعمليةالترشيح ٧٤
٢- ٥- ١ نظريةالترشيح ٧٥
٢- ٥- ٢ أنواعالمرشحاتالرملية ٧٨
٢- ٥- ٢ مواصفاترملالترشيح(الوسطالترشيحى) ٧٨
٢- ٥- ٢- ١ الحجمالفعاللرملEffective Size for Sand ٧٩
٢- ٥- ٢- ٢ معاملالإنتظاماللرملUniformity factor for Sand ٧٩
٢- ٥- ٣ مرشحاتالرملالبطيئةالمعدلSlow Sand Filters ٧٩
٢- ٥- ٤ مرشحاتالرملالسريعةالمعدلRapid Sand Filters ٨٢
٢- ٥- ٤- ١ نظامالصرفبالمرشحاتالسريعةالمعدل ٨٣
٢- ٥- ٤- ٢ البلاطاتالخرسانيةذاتالفواني ٨٥
٢- ٥- ٤- ٣ تشغيلالمرشحالسريع ٨٥
٢- ٥- ٤- ٤ غسيلالمرشحالسريع ٨٥
٢- ٥- ٥ العدداللازمللمرشحاتالرمليةسريعةالمعدلوبطيئةالمعدل ٨٦
٢- ٥- ٥- ١ تشغيلالمرشحالبطيءالمعدلمنالناحيةالهيدروليكية ٨٧
٢- ٥- ٥- ٢ تشغيلالمرشحالسريعالمعدلمنالناحيةالهيدروليكية ٨٨
٢- ٥- ٦ مرشحاتالضغطالرملية(Pressure filters for Sand) ٩١
استعمالاتمرشحاتالضغط ٩٢
٢- ٦ عملياتتنقيةالمياه،التعقيمDisinfection ٩٤
٢- ٦- ١ الغرضمنعمليةالتعقيم ٩٥
٢- ٦- ٢ الطرقالطبيعيةللتعقيم ٩٥
٢- ٦- ٣ الطرقالكيميائيةللتعقيم ٩٥
٢- ٦- ٩ التعقيمبالكلورDisinfection by Chlorine ١٠٥
٢- ٦- ٩- ١ العواملالمؤثرةعليعمليةالتعقيمبالكلور ١٠٥
٢- ٦- ٩- ٢ التعقيمالمبدئيبالكلورPre disinfections ١٠٦
٢- ٦- ٩- ٣ التعقيمالزائدبالكلورSuper Chlorination ١٠٦
٢- ٦- ٩- ٤ طرقإزالةالكلورالزائد ١٠٧
٢- ٦- ٩- ٥ التعقيمبإضافةالأمونياقبلالكلورDisinfection by Chloramnie ١٠٨
٣- ٦- ٩- ٦ خصائصغازالكلورواحتياطاتاستخدامه ١٠٩
٢- ٦- ٩- ٧ أسطواناتغازالكلور ١١٠
٢- ٦- ٩- ٨ أجهزةإضافةالكلور ١١١
١- جهازالكلورالمدمج ١١١
٢- جهازالكلوراليدويذوالسعةالكبيرة ١١١
٣- جهازالكلورالأليذوالسعةالكبيرة ١١٢
الفصلالثالث ١١٦
الوحداتالمدمجةCompact Units ١١٦
٣- ١ مقدمة ١١٦

٣- ٢ أنظمةالمحطاتالمدمجةلتنقيةمياهالشرب (النقالى) ١١٧
٣- ٣ أعمالتطويرورفعكفاءةمحطاتتنقيةمياهالشربالنقالى ١١٧
مكوناتالوحدةومراحلالتنقية: ١٢٢
حاويةالمأخذ: ١٢٢
حاويةأجهزةإضافةالكيماوياتوالكلور: ١٢٢
حاويةأحواضالترويب/التنديفوالترويق: ١٢٢
حاويةالمرشحات: ١٢٣
الخزانوحاويةالضخوالطرد: ١٢٣
الفصلالرابع ١٢٥
آبارالمياهالجوفيةGroundwater Wells ١٢٥
٤- ١ مقدمة ١٢٥
٤-٢ الملامحالخارجيةللبئر ١٢٥
أ. فتحةالتهوية ١٢٦
ب. ماسورةالزلط ١٢٦
ج. فتحةالقياس: ١٢٦
٤- ٣ تشغيلالآبار ١٢٨
٤- ٣- ١ طلمباتالآبار ١٢٩
٤- ٤ إزالةالحديدوالمنجنيزIron & Manganese Removal ١٢٩
٤- ٤- ١ مقدمة ١٢٩
٤- ٤- ٢ عملياتمعالجةالحديدوالمنجنيز ١٣٠
٤- ٤- ٣ عمليةالأكسدةوالترشيح ١٣١
المؤكسداتالشائعة: ١٣١
٤- ٤- ٣- ١ عملياتالأكسدة ١٣١
أ - الأكسدةبالتهويةOxidation by Airation ١٣١
ب- الأكسدةبالكلورOxidation by Chlorine ١٣٢
جـ- الأكسدةبالبرمنجناتOxidation by Permengante ١٣٢
٤- ٤- ٣- ٢ عمليةالترشيحFiltration Process ١٣٣
فحمالأنثراسيت / رمل ١٣٣
الرملالأخضر ١٣٣
٤- ٤- ٤ عمليةالتشغيلOperation Process ١٣٣
أولا: إجراءأعمالالتحاليلالكيميائيةلقياسوتحديد: ١٣٣
ثانيا: تحضيرالكيماويات: ١٣٤
ثالثا: وحداتالأكسدة: ١٣٤
رابعا: المرشحات: ١٣٤
أ. مرشحاتالرملالأخضرGreen Sand Filter ١٣٤
ب - مرشحاتالأنثراسيت / الرملAnthrasite Filter ١٣٥
جـ- الغسيلالعكسيللمرشحاتBackwash for Filters ١٣٥

الفصلالخامسوحداتالتحليةDesalintion Units ١٣٦
٥- ١ مقدمة: ١٣٦
٥- ٢ مكوناتمحطاتالتحلية: ١٣٦
مأخذالمياه(Water Intake): ١٣٦
وحدةحقنكلورأولي(Pre Chlorination System): ١٣٦
خزانتجميعالمياهالأولي (Raw Water Tank): ١٣٧
طلمباتالرفعالأولية (Raw Water Pumps): ١٣٧
الفلاترالرملية(Sand Filters): ١٣٧
الفلاترالكربونية (Carbon Filters): ١٣٧
وحدةحقنمعادلالكلور (Dosing System): ١٣٧
وحدةحقنمانعالترسيبAnti Scale Dosing System)): ١٣٨
وحدةحقنالحامض (Acid Dosing System): ١٣٨
المرشحالخرطوشي (Cartridge Filter): ١٣٨
وحداتالمعالجةالرئيسية (SystemReverse Osmosise): ١٣٨
خزانالمياهالمعالجة (Treated Water Tank): ١٣٩
وحدةالتطهيروالتعقيمبالكلور (Post Chlorination System): ١٣٩
وحدةمعادلةحامضيةالمياه (Post pH Control System): ١٣٩
٥- ٣ تحليةمياهالبحاروالمياهالجوفيةشديدةالملوحة ١٤٠
٥- ٣- ١ تحليةمياهالأبار بطريقةالتفريغ ١٤٠
٥- ٣- ٢ تحليةمياهالبحاربطريقةالتقطيرالحراربالوميضمتعددالمراحل ١٤١
٥- ٣- ٣ التقطيرالحراربالتقليدى ١٤٣
٥- ٣- ٤ تحليةمياهالبحاربإستخداماالطاقةالشمسيةSolar Distillation ١٤٦
٥- ٣- ٥ التحليةبطريقةالتناضحالعكسي ١٤٨
٥- ٣- ٥- ١ مفهومالتناضحالعكسيوتحليةالمياه ١٤٨
٥- ٣- ٦ التبادلالأيونيلإزالةالأملاحمنمياهالبحار ١٥٠
٥- ٣- ٧ تحليةمياهالبحربطريقةالتقطيربإعادةضغطالبخارلإزالةالأملاح ١٥٠
٥- ٣- ٨ الديلزة (الفرز) الغشائيةالكهربائية ١٥١
References ١٥٣

أهداف البرنامج التدريبى

<u>فى نهاية البرنامج التدريبى يكون المتدرب قادر على :-</u>

١ +الالمام بمصادر المياه وخصائصها والدورة الهيدرولوجيه

٢ +الالمام بطرق معالجة مياه الشرب

٣ +الالمام بطرق معالجة المياه التقليديه (ترويب – ترسيب – ترشيح – تطهير)

٤ +الالمام بطرق المعالجه للمياه الجوفيه (ازالة الحديد والمنجنيز)

٥ -معرفة طرق تحلية مياه البحر المختلفه

الباب الأول

معالجة مياه الشربDrinking Water Purification

١- ١ مقدمة تاريخية

يرجع اهتمام الإنسان بنوعية الماء الذى يشربه إلى أكثر من خمسة آلاف عام. ونظرا للمعرفة المحدودة في تلك العصور بالأمراض ومسبباتها فقد كان الاهتمام محصور في لون المياه وطعمها ورائحتها فقط. وقد استخدمت لهذا الغرض وبشكل محدود خلال فترات تاريخية متباعدة بعض عمليات المعالجة مثل الغليان والترشيح والترسيب وإضافة بعض الأملاح ثم شهد القرنان الثامن والتاسع عشر الميلاديان الكثير من المحاولات الجادة في دول أوربا وروسيا للنهوض بتقنية معالجة المياه حيث أنشئت لأول مرة في التاريخ محطات لمعالجة المياه على مستوى المدن.

ففي عام ١٨٠٧ أنشئت محطة لمعالجة المياه في مدينة جلاسكو الأسكتلندية ،وتعد هذه المحطة من أوائل المحطات في العالم وكانت تعالج فيها المياه بطريقة الترشيح ثم تنقل إلى المستهلكين عبر شبكة أنابيب خاصة. وعلى الرغم من أن تلك المساهمات تعد تطورا تقنيا في تلك الفترة إلا أن الاهتمام آنذاك كان منصبا على نواحي اللون والطعم والرائحة، أو ما يسمى بالقابلية، وكانت المعالجة بإستخدام المرشحات الرملية المظهر السائد في تلك المحطات حتى بداية القرن العشرين. ومع التطور الشامل للعلوم والتقنية منذ بداية هذا القرن واكتشاف العلاقة بين مياه الشرب وبعض الأمراض السائدة فقد حدث تطور سريع في مجال تقنيات المعالجة حيث أضيفت العديد من العمليات التي تهدف بشكل عام إلى الوصول بالمياه إلى درجة عالية من النقاء، بحيث تكون خالية من العكارة وعديمة اللون والطعم والرائحة ومأمونة من النواحي الكيميائية والحيوية.

١- ٢ معالجة المياه Water Purification

لقد كان وباء الكوليرا من أوائل الأمراض التي اكتشفت ارتباطها الوثيق بتلوث مياه الشرب في المرحلة السابقة لتطور تقنيات معالجة المياه، فعلى سبيل المثال أصيب حوالي ١٧٠٠٠ شخص من سكان مدينة هامبورج الألمانية بهذا الوباء خلال صيف ١٨٢٩م مما أدى إلى وفاة ما لا يقل عن نصف ذلك العدد. وقد ثبت بما لا يدع مجالا للشك أن المصدر الرئيس للوباء هو تلوث مصدر المياه لتلك المدينة. يعد التطهير بإستخدام الكلور من أوائل العمليات التي استخدمت لمعالجة المياه بعد عملية الترشيح وذلك للقضاء على بعض الكائنات الدقيقة من بكتريا وفيروسات مما أدى إلى الحد من انتشار العديد من الأمراض التي تنقلها المياه مثل الكوليرا وحمى التيفويد. وتشمل المعالجة، ومن هذه العمليات ما يستخدم لإزالة عسر الماء مثل عمليات التيسير، أو لإزالة العكر مثل عمليات الترويب.

ونظرا للتقدم الصناعي والتقني الذي يشهده هذا العصر وما تبعه من ازدياد سريع في معدلات استهلاك المياه الطبيعية، النقية نوعا ما، ونظرا لما يحدث من تلوث لبعض تلك المصادر نتيجة المخلفات الصناعية ومياه الصرف الصحي وبعض الحوادث البيئية الأخرى فإن عمليات المعالجة قد بدأت تأخذ مسارا جديدا يختلف في كثير من التطبيقات عن مسار المعالجة التقليدية. وفي هذا الباب سنستعرض بإيجاز طرق المعاجلة التقليدية لمياه الشرب إضافة لبعض الإتجاهات الحالية والمستقبلية لتقنيات المعالجة على أن يحتوى الباب الثاني تفاصيل طرق المعالجة السطحية.

١- ٣ طرق المعالجة التقليدية Traditional Purification Methods

تختلف عمليات معالجة مياه الشرب بإختلاف مصادر تلك المياه ونوعيتها والمواصفات الموضوعة لها. ويجب الإشارة إلى أن التغير المستمر لمواصفات المياه يؤدي أيضا في كثير من الأحيان إلى تغير في عمليات المعالجة. حيث أن المواصفات يتم تحديثها دوما نتيجة التغير المستمر للحد الأعلى لتركيز بعض محتويات المياه وإضافة محتويات جديدة إلى قائمة الموصفات. ويأتي ذلك نتيجة للعديد من العوامل مثل:

- التطور في تقنيات تحليل المياه وتقنيات المعالجة.
- اكتشاف محتويات جديدة لم تكن موجودة في المياه التقليدية أو كانت موجودة ولكن لم يتم الإنتباه إلى وجودها أو مدى معرفة خطورتها في السابق.

- اكتشاف بعض المشكلات التي تسببها بعض المحتويات الموجودة أصلا في الماء أو التي نتجت عن بعض عمليات المعالجة التقليدية. هذا ويمكن تناول عمليات المعالجة التقليدية المستخدمة للمياه استنادا إلى مصادرها السطحية والجوفية.

١- ٤ معالجة المياه السطحية Surface Water Purification

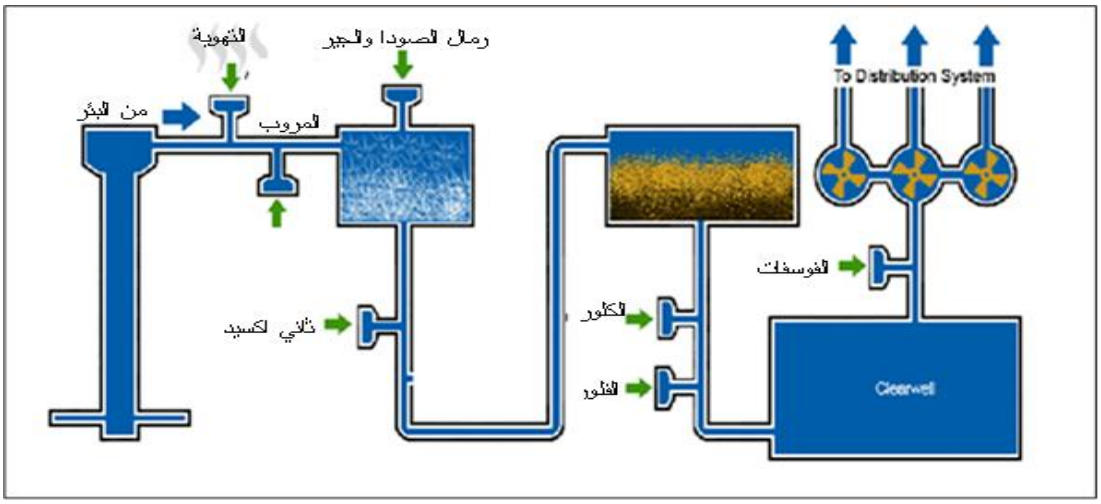
تحتوي المياه السطحية (المياه الجارية على السطح) على نسبة قليلة من الأملاح مقارنة بالمياه الجوفية التي تحتوي على نسب عالية منها، وهي بذلك تعد مياه يسرة (غير عسرة) حيث تهدف عمليات معالجتها بصورة عامة إلى إزالة المواد العالقة التي تسبب ارتفاعا في العكارة وتغيرا في اللون والرائحة، وعليه يمكن القول أن معظم طرق معالجة هذا النوع من المياه اقتصر على عمليات الترسيب والترشيح والتطهير. وتتكون المواد العالقة من مواد عضوية وطينية، كما يحتوي على بعض الكائنات الدقيقة مثل الطحالب والبكتيريا. ونظرا لصغر حجم هذه المكونات وكبر مساحتها السطحية مقارنة بوزنها فإنها تبقي معلقة في الماء ولا تترسبالا بإستخدام عمليات الترويب حيث انها الطريقة الرئيسية لمعالجة المياه السطحية، حيث تستخدم بعض المواد الكيميائية لتقوم بإخلال اتزان المواد العالقة وتهيئة الظروف الملائمة لترسيبها وإزالتها من أحواض الترسيب.ويتبع عملية الترسيب عملية ترشيح بإستخدام مرشحات رملية لإزالة ما تبقى من الرواسب، ومن المروبات المشهورة كبريتات الألمنيوم وكلوريد الحديديك، وهناك بعض المروبات المساعدة مثل بعض البوليمرات العضوية والبنتونايت والسليكا المنشطة. ويمكن أيضا استخدام الكربون المنشط لإزالة العديد من المركبات العضوية التي تسبب تغيرا في طعم ورائحة المياه. تتبع عمليتي الترسيب والترشيح عملية التطهير التي تسبق عمليات إمداد تلك المياه إلى المستهلك.

١ – ٥ معالجة المياه الجوفيةGround Water Purification

تعد مياه الآبار من أنقى مصادر المياه الطبيعية التي يعتمد عليها الكثير من سكان العالم. إلا أن بعض مياه الآبار وخصوصا العميقة منها قد تحتاج إلى عمليات معالجة متقدمة وباهظة التكاليف قد تخرج عن نطاق المعالجة هي إضافة الكلور لتطهير المياه ثم ضخها إلى شبكة التوزيع، إذ تعد عملية التطهير كعملية وحيدة لمعالجة مياه بعض الآبار النقية جدا والتي تفي بجميع مواصفات المياه، الا أن هذه النوعية من المياه هي الأقل وجودا في الوقت الحاضر، لذلك فأنه إضافة لعملية التطهير فان غالبية المياه الجوفية تحتاج إلى معالجة فيزيائية وكيميائية إما لإزالة بعض الغازات الذائبة مثل ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين، أو لإزالة بعض المعادن مثل الحديد والمنجنيز والمعادن المسببة لعسر الماء، وتتم إزالة الغازات الذائبة بإستخدام عملية التهوية والتي تقوم أيضا بإزالة جزء من الحديد والمنجنيز عن طريق الأكسدة، وقد يكون الغرض من التهوية مجرد تبريد كما يحدث لبعض مياه الآبار العميقة التي تكون حرارتها عالية مما يستدعي تبريدها حفاظا على كفاءة عمليات المعالجة الأخرى. أما إزالة معادن الحديد والمنجنيز فتتم بكفاءة في عمليات الأكسدة الكيميائية بإستخدام الكلور أو برمنجنات البوتاسيوم.

والطابع العام لمعالجة المياه الجوفية هو إزالة العسر بطريقة الترسيب، ويتكون عسر الماء بصورة رئيسة من مركبات الكالسيوم والماغنسيوم الذائبة في الماء. ويأتي الإهتمام بعسر الماء نتيجة لتأثيره السلبي على فاعلية الصابون ومواد التنظيف الأخرى، بالإضافة إلى تكوين بعض الرواسب في الغلايات وأنابيب نقل المياه ويوضح الشكل (١–١) تسلسل العمليات في محطة تقليدية تعالج مياه جوفية تحتوي على نسب عالية من عسر الماء.

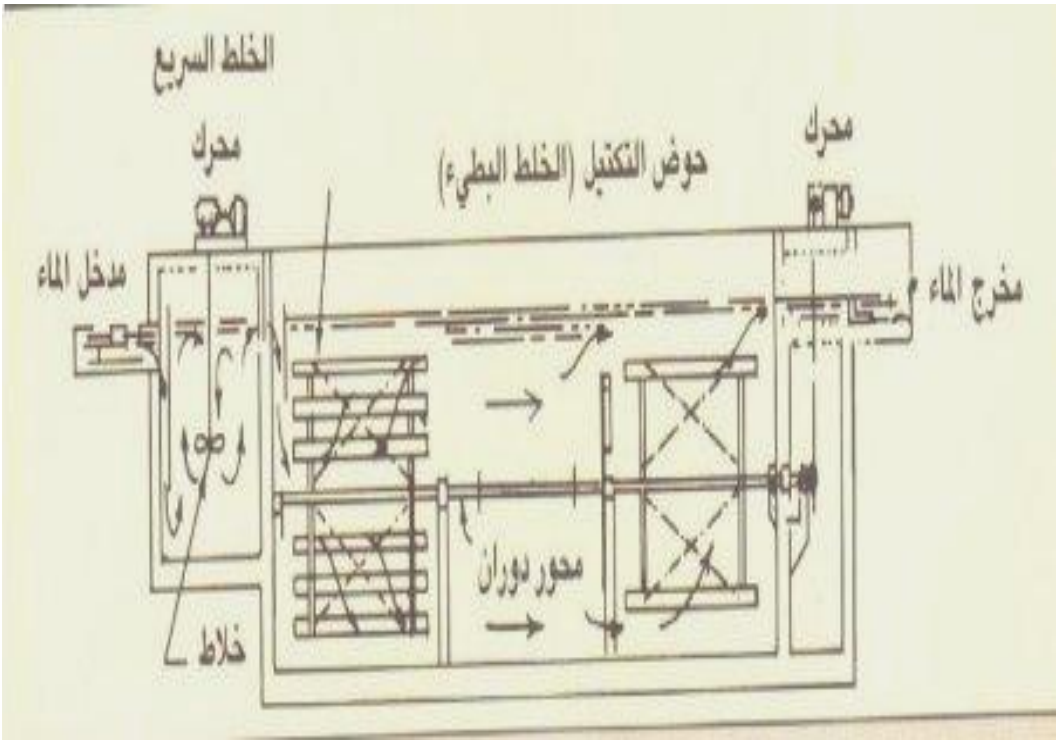
وفيما يلي استعراض موجز للعمليات المختلفة للمياه الجوفية في هذا النوع من المحطات.



شكل (١–١) تسلسل عمليات المعالجة في محطة لإزالة العسر من المياه الجوفية

١- ٥- ١ التيسير (إزالة العسر) بالترسيبWater Softening

تعني عملية التيسير أو إزالة العسر للمياه(water softening) إزالة مركبات عنصري الكالسيوم والماغنسيوم المسببة للعسر عن طريق الترسيب الكيميائي. وتتم هذه العملية في محطات المياه بإضافة الجير المطفأ (هيدروكسيد الكالسيوم)إلى الماء بكميات محدودة حيث تحدث تفاعلات كيميائية معينة تتشكل عنها رواسب من كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد الماغنسيوم. وقد يتم اللجوء في كثير من الأحيان إلى إضافة رماد الصودا (كربونات الصوديوم) مع الجير للتعامل مع بعض صور العسر. وتشمل عملية التيسير على حوض صغير الحجم نسبيا تتم فيه إضافة المواد الكيميائية حيث تخلط مع الماء الداخل خلطا سريعا لتوزيعها في الماء بإنتظام، ثم ينقل الماء إلى حوض كبير الحجم ليبقي فيه زمنا كافيا لإكمال التفاعلات الكيميائية وتكوين الرواسب حيث يخلط الماء في هذه الحالة خلطا بطيئا يكفي فقط لتجميع والتصادق حبيبات الرواسب وتهيئتها للترسيب في المرحلة التالية، شكل (١- ٢)يوضح عمليتي الخلط السريع والبطيءفي عمليات الترسيب الكيميائي.

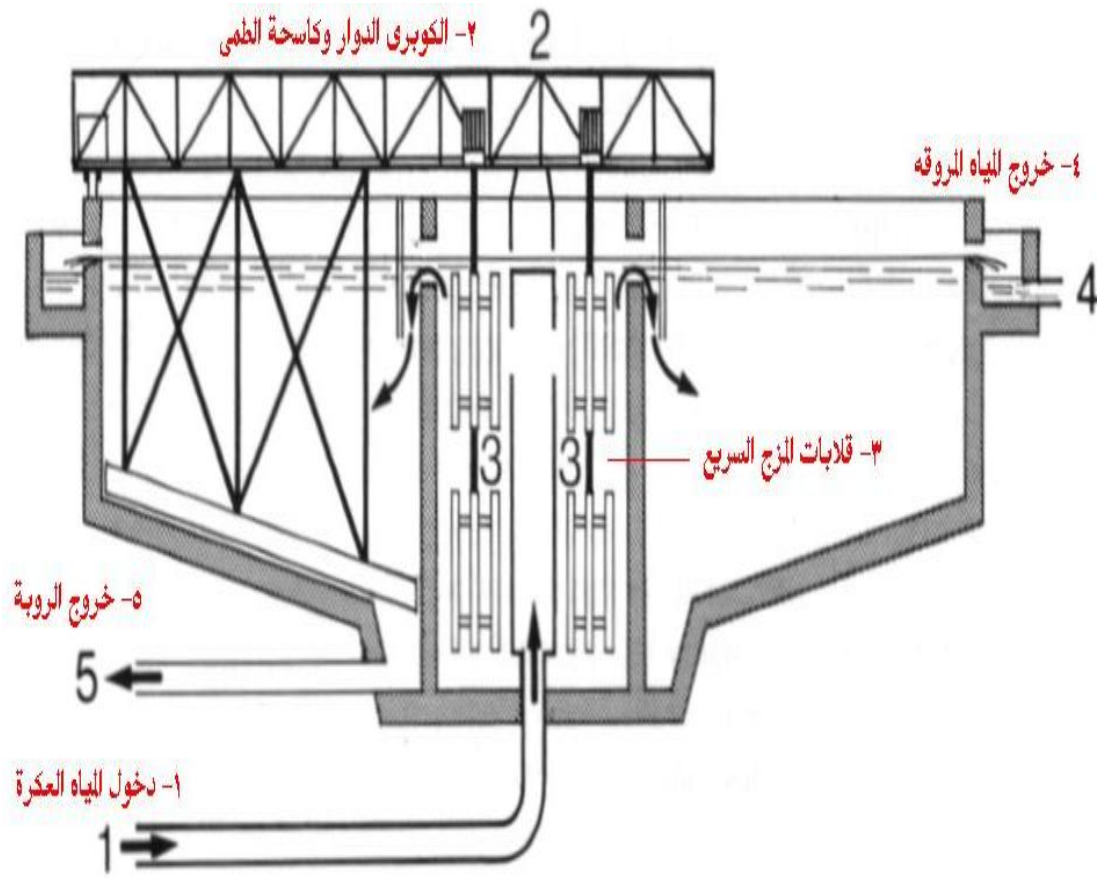


شكل (١- ٢)عمليتي الخلط السريع والبطيءفي عمليات الترسيب الكيميائي

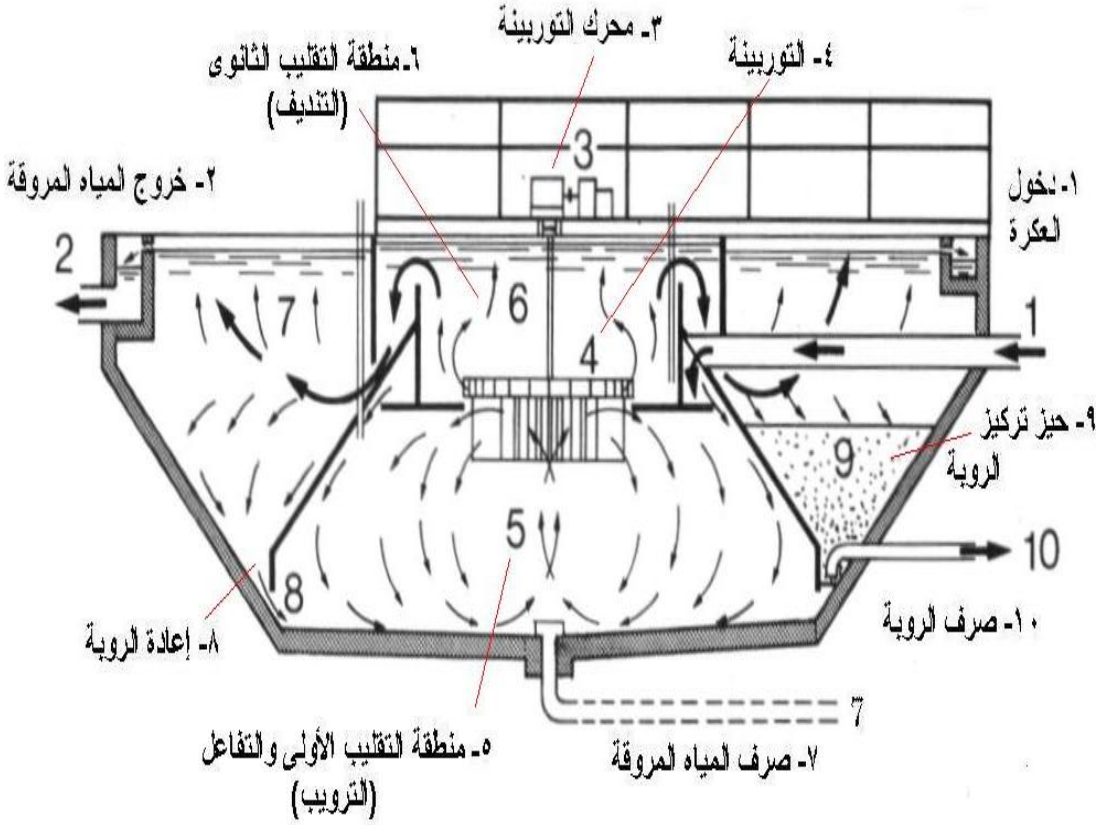
١ – ٥ – ٢ الترسيب Sedimentation

تعد عملية الترسيب من أوائل العمليات التي استخدامها الإنسان في معالجة المياه. وتستخدم هذه العملية لإزالة المواد العالقة والقابلة للترسيب أو لإزالة الرواسب الناتجة عن عمليات المعالجة الكيميائية مثل التيسير والترويب. وتعتمد المرسبات في أبسط صورها على فعل الجاذبية حيث تزال الرواسب تحت تأثير وزنها.

تتكون المرسبات غالبا من أحواض خرسانية دائرية أو مستطيلة الشكل تحتوي على مدخل ومخرج للمياه يتم تصميميها بطريقة ملائمة لإزالة أكبر كمية ممكنة من الرواسب، حيث تؤخذ في الأعتبار الخواص الهيدروليكية لحركة الماء داخل الحوض. ومن الملامح الرئيسة لحوض الترسيب احتوائه على نظام لجمع الرواسب (الحمأة) وجرفها إلى بيارة في قاع الحوض حيث يتم سحبها والتخلص منها بواسطة مضخات خاصة. ويوضح الشكل (١– ٣) مقطعا في حوض ترسيب دائري. ويمكن دمج عمليات إضافة المواد الكيميائية والخلط البطيء والترسيب في حوض واحد يسمى مرسب الدفق العلوي شكل (١– ٤).



شكل (١– ٣) مقطع في حوض ترسيب دائري



شكل (١- ٤)مقطع في مرسب الدفق العلوى

١- ٥- ٣ الموازنة (إعادة الكربنة):Carbonation

نظرا لأن المياه الناتجة من عملية التيسير تكون في الغالب مشبعة برواسب كربونات الكالسيوم، وحيث أن جزءا من هذه الرواسب يتبقى في الماء بعد مروره بأحواض الترسيب فإنه من المحتمل أن يترسب بعضها على المرشحات أو في شبكات التوزيع مما يؤدي إلى انسداد أو الحد من كفاءة المرشحات. لذلك تستخدم عملية التيسير لضمان عدم حدوث تلك الأضرار. ومن عمليات الموازنة الأكثر استخداما في طرق التطبيق التقليدية هي إضافة غاز ثاني أكسيد الكربون بكميات محددة بهدف تحويل ما تبقى من كربونات الكالسيوم إلى صورة البيكربونات الذائبة.

١- ٥- ٤ الترشيح:Filtration

هو العملية التي يتم فيها إزالة المواد العالقة (العكارة). وذلك بإمرار الماء خلال وسط مسامي مثل الرمل وهذه العملية تحدث بصوره طبيعية في طبقات الأرض عندما تتسرب مياه الأنهار إلى باطن الأرض. لذلك تكون نسبة العكارة قليلة جدا أو معدومة في المياه الجوفية مقارنة بالمياه السطحية (الأنهار والبحيرات وأحواض تجميع مياه الأمطار) التي تحتوي على نسب عالية من العكارة. وتستخدم عملية الترشيح أيضا في إزالة الرواسب المتبقية بعد عمليات الترسيب في عمليات المعالجة الكيميائية مثل الترسيب والترويب.

تعد إزالة المواد العالقة من مياه الشرب ضرورية لحماية الصحة العامة من ناحية ولمنع حدوث مشاكل تشغيلية في شبكة التوزيع من الناحية الأخرى. فقد تعمل هذه المواد على حماية الأحياء الدقيقة من أثر المادة المطهرة، كما أنها قد تتفاعل كيميائيا مع المادة المطهرة مما يقلل من نسبة فاعليتها على الأحياء الدقيقة، وقد تترسب المواد العالقة في بعض أجزاء شبكة التوزيع مما قد يتسبب في نمو البكتريا وتغير رائحة المياه وطعمها ولونها. وتتم عملية الترشيح داخل المرشح الذي يتكون من ثلاث أجزاء رئيسة وهي: صندوق المرشح والتصريف السفلي ووسط الترشيح، يمثل صندوق المرشح البناء الذي يحوي وسط الترشيح ونظام التصريف السفلي، ويبني صندوق المرشح في العادة من الخرسانة المسلحة، كما توجد في قاعه الذي يتكون من أنابيب وقنوات مثقبة طبقة من الحصى المدرج لمنع خروج حبيبات الرمل من خلال الثقوب. والغرض من نظام التصريف السفلي تجميع المياه المرشحة وتوزيع مياه الغسيل عند إجراء عملية الغسيل للمرشح. أما وسط الترشيح فهو عبارة عن طبقة من رمل السيليكون، وحديثا أمكن الإستفادة من الفحم المجروش ورمل الجارنيت.

عند مرور المياه خلال وسط الترشيح تلتصق المواد العالقة فيه بجدران حبيبات الوسط، ومع استمرار عملية الترشيح تضيق فجوات الوسط للمياه بحيث يصبح المرشح قليل الكفاءة وعند ذلك يجب إيقاف عملية الترشيح وغسل المرشح لتنظيف الفجوات من الرواسب. ويتم في عملية الغسيل ضخ ماء نظيف بضغط عال من أسفل المرشح عبر نظام التصريف السفلي ينتج عنه تمدد الوسط وتحرك الحبيبات واصطدم بعضها مع البعض، وبذلك يتم تنظيفها مما علق بها من رواسب. وتندفع هذه الرواسب مع مياه الغسيل التي تتجمع في قنوات خاصة موضوعة في أعلى صندوق المرشح، وتنقل إلى المكان الذي يتم فية معالجة مخلفات المحطة وتستمر عملية الغسيل هذه لفترة قصيرة من الزمن (٥-١٠ دقائق) بعدها يكون المرشح جاهزا للعمل.

١ – ٥ – ٥ التطهير :Disinfection

هو العملية المستخدمة لقتل الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض (الجراثيم)، وتتم هذه العملية بإستخدام الحرارة (التسخين) أو الأشعة فوق البنفسجية أو المواد الكيميائية مثل البروم أو اليود أو الأوزون أو الكلور بتركيزات لا تضر بالإنسان أو الحيوان. وتعد طريقة التسخين إلى درجة الغليان أولى الطرق المستخدمة في التطهير ولاتزال أفضلها في حملات الطوارئ عندما تكون كمية المياه قليلة، لكنها غير مناسبة عندما تكون كمية المياه كبيره كما في محطات المعالجة نظرا لأرتفاع تكلفتها. أما استخدام الأشعة فوق البنفسجية والمعالجة بالبروم واليود فتعد طرقا مكلفة. هذا وقد انتشر استخدام الأوزون والكلور في تطهير مياه الشرب، حيث راج استخدام الأوزون في أوربا والكلور في أمريكا. وفي الآونة الأخيرة اتجهت كثير من المحطات في الولايات المتحدة الأمريكية إلى استخدام الأوزون بالرغم من عدم ثباته كيميائيا وارتفاع تكلفته مقارنة بالكلور، وذلك لظهور بعض الآثار السلبية الصحية لإستخدام الكلور (الكلورة) في تطهير مياه الشرب حيثيتفاعل الكلور مع الماء مكونا حامض الهيبوكلوروس وأيونات الهيبوكلورايت ثم يتفاعل جزء من حامض الهيبوكلوروس مع الأمونيا الموجودة في الماء مكونا أمنيات الكلور (الكلور المتحد المتبقي) ويطلق على ما تبقى من حامض الهيبوكلوروس وأيونات الهيبوكلورايت الكلور الحر المتبقي وهذه المركبات (الكلور الحر والكلور المتحد)هي التي تقوم بتطهير الماء وقتل الجراثيم الموجودة به، ولذلك تلجأ كثير من محطات المعالجة إلى إضافة الكلور بنسب تكفي للحصول على كلور حر متبقي يضمن تطهير الماء الخارج من المحطة بكفاءة عالية، بل في الغالب تكون كمية الكلور المضاف كافية لتأمين كمية محدود من الكلور الحر المتبقى في شبكة توزيع المياه، وذلك لتطهير المياه من أي كائنات دقيقة قد تدخل في الشبكة.

١- ٥- ٦ معالجة المخلفات: Sludge Treatment

تمثل الحماة المترسبة في أحواض الترسيب ومياه الغسيل الناتجة عن غسل المرشحات المصدرين الرئيسين للمخلفات في محطات معالجة المياه. وتحتاج هذه المخلفات إلى معالجة لتسهيل عملية التخلص منها ولحماية البيئة من التلوث الناتج عنها. ويتم ذلك بضخ مياه الغسيل إلى حوض للترويق، حيث تضاف إليها مادة كيميائية مناسبة مثل البوليمر لتساعد على ترسيب المواد العالقة في مياه الغسيل، ثم تعاد المياه الناتجة عن هذه العملية إلى بداية خط المعالجة في المحطة. أما الحمأة الناتجة من أحواض الترسيب والمواد المترسبة في حوض الترويق فيتم إرسالها إلى حوض للتثخين حيث يتم تثخينها بإضافة البوليمر المناسب، وتعاد المياه الناتجة عن هذه العملية إلى مدخل المياه في المحطة، وبعد ذلك تتعرض الحمأة المثخنة إلى عملية نزع المياه منها بطرق ميكانيكية (الطرد المركزي أو الترشيح الميكانيكي) يتم في النهاية الحصول على مواد صلبة تحتوي على كميات قليلة من المياه يمكن التخلص منها بوضعها في أحواض للتجفيف أو دفنها في باطن الأرض، كما يمكن استخلاص بعض المواد الكيميائية من هذه المخلفات ليعاد استخدامها في عمليات المعالجة.

١- ٥- ٧ تحديات جديدةNew Challenges

وشهدت الآونة الأخيرة تغيرات جذرية في تقنيات المعالجة ترجع في كثير من الأحوال إلى النقص الشديد الذي تعانيه كثير من دول العالم في المياه الصالحة للشرب أو نتيجة لتلوث مصادر المياه كما هو الحال في أكثر الدول الصناعية. وقد أدت هذه العوامل إلى البحث عن مصادر جديده غير المصادر التقليدية والتي تحتاج بطبيعة الحال إلى تقنيات معالجة متقدمة بالإضافة إلى المعالجة التقليدية. ولذلك لجأت كثير من الدول إلى تحلية مياه البحر وإلى تحلية بعض مصادر المياه الجوفية المالحة، وفي سبيل ذلك يتم استخدام تقنيات باهظة التكاليف مثل عمليات التقطير الومضي وعمليات التناضح العكسي، بالإضافة إلى العديد من العمليات الأخرى للتحلية. وقد أدى تلوث مصادر المياه في بعض أنحاء العالم إلى الشروع في استخدام تقنيات متقدمة ومكلفة مثل استخدام الكربون المنشط وعمليات الطرد بالتهوية في إزالة الكثير من الملوثات العضوية مثل الهيدروكربونات وبعض المبيدات والمركبات العضوية الهالوجينية. ومن مظاهر التلوث الطبيعي وجود عناصر مشعة مثل اليورانيوم والراديوم والرادون في بعض مصادر المياه. وتتركز الأبحاث الحديثة حول إزالة هذه العناصر بإستخدام عمليات الامتصاص (استخدم

الكربون المنشط والسيليكا) وعمليات التناضح العكسي مع تحسين الأداء للعمليات التقليدية مثل التيسير والترويب.

ومن الأتجاهات الحديثة في عمليات المعالجة التوجه نحو استخدام بدائل لتطهير المياه غير الكلور نظرا لتفاعله مع بعض المواد العضوية الموجودة في المياه . خاصة المياه السطحية . وتكوين بعض المركبات العضوية التي يعتقد بأن لها أثرا كبيرا على الصحة العامة.

وتعد المركبات الميثانية ثلاثية الهالوجين، مثل الكلوروفورم، في مقدمة نواتج الكلورة التي لاقت اهتمام كبيرا في هذا الصدد، إلا أن الحماس لإستخدام بدائل الكلور ما لبث أن تباطئ في الآونة الأخيرة نتيجة لأكتشاف أن هذه البدائل ايضا ينتج عنها مركبات لها تاثير على الصحة فمثلا ينتج عن الأوزون مركبات مثل الفورمالدهايد والأسيتالدهايد، وعن الكلورامين ينتج كلوريد السيانوجين، وعن ثاني أكسيد الكلور ينتج الكلورايت والكلوريت.

والأن تلاقي المعالجة الحيوية بإستخدام الكائنات الدقيقة اهتمام بالغا في العصر الحاضر بعد أن كانت وقفا على معالجة مياه الصرف لسنوات طويلة، حيث أثبتت الأبحاث فاعلية المعالجة الحيوية في إزالة الكثير من المركبات العضوية والنشادر والنترات والحديد والمنجنيز، إلا أن تطبيقاتها الحالية لا تزال محدودة ومقتصرة في كثير من الأحوال على النواحي التجريبية والبحثية. وختاما نشير إلى أن إدخال التقنيات الحديثة على محطات المعالجة التقليدية قد تستوجب تغييرات جذرية في المحطات القائمة وفي طرق التصميم للمحطات المستقبلية ويعني ذلك ارتفاعا حادا في تكلفة معالجة المياه، ويمكن تفادي ذلك أو الإقلال من أثره بوضع برامج للترشيد في استخدام المياه والمحافظة على مصادرها من التلوث.

الباب الثاني

الفصل الأول

٢- ١ مصادر وخصائص المياهSources and Characteristics of Water

الماء هو شريان الحياة الرئيسي حيث بدونه لا يمكن أن توجد حياه علي سطح الأرض. يغطي الماء بحالته السائلة أو الصلبة أربعة أخماس كوكب الأرض والماء كبقية السوائل يتمدد بالحرارة وينكمش بالبرودة. إلا أنه يشذ عن هذه القاعدة ما بين درجتي ٤°م والصفر المئوي. حيث يتميز الماء بقدرته علي التمدد حتي يتجمد وذلك عند درجة أقل من ٤°م وعليه يطفو الجليد فوق سطح الماء لإتاحة الفرصة لمعيشة الكائنات البحرية. ويعتبر الماء النقي أحد المصادر الطبيعية القابلة للنضوب والتي يزداد الطلب عليها في الوقت الحالي في مناطق عديدة من العالم وتناقص المياه هو أحد المشكلات التي تواجه العالم في هذا القرن وذلك نتيجة الزيادة المطردة في تعداد سكان العالم الذي ترتب عليه زيادة الرقعة العمرانية وكذلك الأنشطة الصناعية التي تستهلك كميات كبيرة من المياه وينتج عنها ملوثات تغير من مواصفات مصادر المياه الأمر الذي يستلزم اتخاذ إجراءات من الحكومات لسن التشريعات ووضع المواصفات القياسية لنوعية المياه علاوة علي تطبيق التكنولوجيات التي من سبيلها الحد من الاستهلاك المطرد والوصول إلي مياه نقية صالحة للإستخدام.

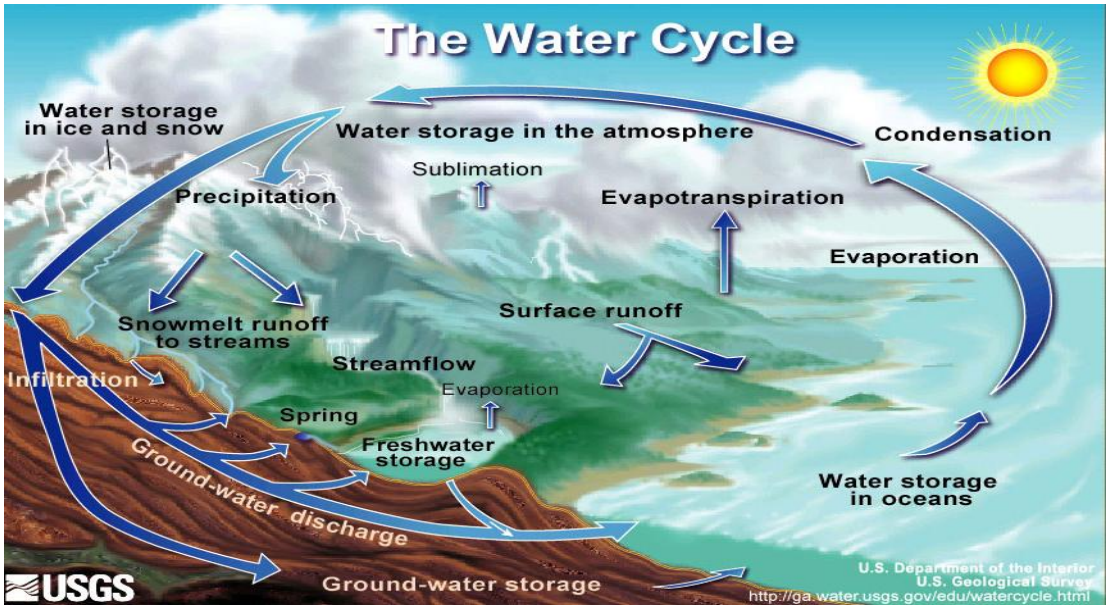
الدورة الهيدرولوجية للماء:

يختص علم الهيدرولوجيا بدراسة توزيعات المياه في الكرة الأرضية، وبحركتها المستمرة منالبحار إلي الجو ومن الجو إلي اليابسة ومن الأرض عوداً إلي البحار وتسمي هذه الدورة الهيدرولوجية. وتغطي المحيطات ٧١% من سطح الأرض، وتحتوي علي ٩٧% من مياه الكرة الأرضية، ٣% الباقية توجد في الجو كبخار ماء، وعلي الأرض كمياه عذبة وثلوج وجليد، وتحت سطح الأرض كمياه جوفية، ومعظم المياه التي تسقط علي الأرض لا تصل إلي المحيطات بل تكمل دورتها الهيدرولوجيةعودا إلي الجو بعملية البخر وعملية نتح النباتات. وحوالي٢٥% من المياه العذبة بالكرة الأرضية مخزونة تحت سطح الأرض حيث تبقي لمئات أو آلاف السنين، ونسبة صغيرة منها تكون موجودة في طبقات يمكن سحبها منها بكميات محددة.

وعليه يمكن تلخيص مصادر الشرب كالآتي:

١- الأمطار ٢- البحار ٣- المحيطات ٤ - البحيرات ٥- الأنهار ٦- المياه الجوفية

ويوضح الشكل رقم (٢-1) دورة المياه في الطبيعة (الدورة الهيدرولوجية).



الشكل رقم (٢-1) دورة المياه في الطبيعة (الدورة الهيدرولوجية).

درجة نقاء الماء:

تأتي مياه الأمطار فيالمقدمة من حيث النقاء لأحتوائها علي نسبة بسيطة من المواد العضوية علاوة علي بعض الغازات الذائبة. ثم تليها المياه الجوفية التي تحتوي علي بعض أملاح الكالسيوم والماغنسيوم والصوديوم وبعض المواد العالقة وذلك طبقاً لنوعية التربة التي تمر بها.

أما المياه السطحية فتأتي في المؤخرة وهي عبارة عن مياه البحار والمحيطات والبحيرات والأنهار، وتعتبر كلها مصادر لمياه الشرب. فيتم الحصول علي مياه الشرب من مياه البحار والمحيطات عن طريق عمليات التحلية.اما مياه الأنهار والبحيرات العذبة فيتم الحصولعلي مياه الشرب منها عن طريق عمليات المعالجة. أي أن المياه السطحية هي المصدر الرئيسي للمياه.

والمياه الجوفية عبارة عن مياه مستخرجة من الآبار ،وتكون أملاحها عادة أكثر من المياه السطحية، إلا أنها تحتوي علي نسبة بسيطة جدا من المواد العالقة، لأن مرور المياه في طبقات الأرض يرشحها من المواد العالقة بها. وفي مصر نعتمد علي مياه نهر النيل والمياه الجوفية كمصادر رئيسية لمياه الشرب. وتصل حصة مصر من مياه النيل إلي ٥٥,٥مليار متر^{٣}في السنة، وذلك طبقاً لأتفاقية عام ١٩٥٩مع السودان.

خصائص المياه:

تنقسم خصائص المياه إلي:

أ. خصائص طبيعية.

ب. خصائص كيماوية.

ج. خصائص بيولوجية.

الخصائص الطبيعيةPhysical Properties

- درجة الحرارة
- العكارة
- اللون
- الطعم
- الرائحة

١. درجة الحرارة:Temperature

تؤثر درجة الحرارة علي عمليات معالجة المياه، فهي تساعد علي سرعة ذوبان الكيماويات المضافة وسرعة ترسيب الجسيمات الدقيقة.

٢. العكارة: Turbidity

قد تكون مواد عضوية مثل الطحالب ومواد غير عضوية مثل الطمي والرمال. وتكون العكارة في المياه السطحية أكثر منها في المياه الجوفية نظراً لأن الأخيرة تتعرض للترشيح خلال مرورها في طبقات التربة المختلفة.

٣.اللون:Colour

يحدث تلون الماء في الموارد السطحية نتيجة لتحلل المواد العضوية أو وجود مواد غير عضوية كالحديد والمنجنيز، ويعتبر تلون الماء من أكثر الدلالات على عدم صلاحيته للإستهلاك الآدمي ومعظم الإستخدامات الصناعية.

٤. الطعم: Taste

يكون للماء أحياناً طعم غير مستساغ، وذلك نتيجة وجود طحالب ومواد عضوية متعفنة، أو نتيجة اختلاطه بمياه الصرف أو المخلفات الصناعية قبل معالجته.

٥. الرائحة:Smell

يرتبط وجود طعم غير مستساغ في الماء مع وجود رائحة كريهة في نفس الوقت، إذا أن الرائحة ناتجة في معظم الأحوال من مسببات الطعم الكريه.

الخصائص الكيميائيةChemical Properties

- الأس الهيدروجيني
- العسر الكلي
- الأكسجين الذائب
- المواد الذائبة
- القلوية والحموضة
- المواد العضوية بأنواعها

١. الأس الهيدروجيني:pH

وهو ما يرمز له بالرمز "pH" وهو يعبر عن الحالة الحمضية أو القلوية للماء. وهو يبدأ من الصفر إلي رقم ١٤، والرقم ٧ يدل علي التعادل النقي، وإذا قل الرقم عن ٧ يدل ذلك علي حمضية الماء. فحينما تذوب أى مادة في المياه يتأين المحلول إلي أيونات الهيدرجين H^+وأيونات الهيدروكسيدOH^-. ويكون الماء حمضي إذا كانت الأيونات H^+أكثر من أيونات OH^- وقلوي إذا حدث العكس. ويكون المحلول متعادلاً إذا تساوي تركيز H^+وOH^-. الماء الحمضي يحدث تأكلاً في المعدات، أما الماء القلوي فيرسب قشوراً.وقد وجد أنه بالنسبة للماء أو أي محلول مائي يكون حاصل تركيز أيونات الهيدروجين $[H^+]$ والهيدروكسيد $[OH^-]$ يساوي مقدراً ثابتاً هو ١× $^{-١٤}$ ١٠وذلك عند درجة حرارة ٢٥°م.

أي أن$[H^+]\ [OH^-] = 1\times10^{-14}$.

وفي حالة المياه النقية يكون $[H^+] = 10^{-7}$ وبالتالي:

$$pH = \text{Log } [H^+] = -\text{Log } [10^{-7}] = ٧$$

٢. العسر: Hardness

وهو عبارة عن وجود مقادير ملحوظة من أملاح الفلزات التي لا تذوب في الماء مثل الكالسيوم والماغنسيوم. ووجودها في الماء يزيد من الأس الهيدروجيني للماء. والعسر يسبب قشور داخل المواسير والعدادات وأجهزة تسخين المياه. كما أنه يكسب الماء طعماً غير مستساغ ويصعب معه أستخدام الصابون.

٣. الأكسجين الذائب:Dissolved Oxygen

يتواجد الأكسجين ذائباً في المياه العذبة بصفة دائمة نتيجة للتهوية الطبيعية، وتزداد نسبة الأكسجين الذائب في المياه الباردة عنها في المياه الساخنة، ويؤدي وجود الطحالب في الماء إلي إنتاج الأكسجين نهاراً فيزداد منسوب الأكسجين الذائب في الماء وفي الليل تستنفذ الطحالب كمية من الأكسجين فينخفض منسوب الأكسجين الذائب في الماء.وتساعد زيادة نسبة الأكسجين الذائب في الماء علي حدوث التآكل في السطوح المعدنية الملامسة لها كمواسير والعدادات والمضخات.

٤. القلوية:Alkalinity

تعزي قلوية **المياه** لوجود هيدروكسيدات، كربونات، بيكربونات. بعض عناصر الفلزات النشطة مثل الصوديوم والكالسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم. وأرتفاع قلوية المياه يؤدي إلي تزايد التكاثر البيولوجي.

٥. الحموضة: Acidity

تكون المياه حمضية إذا كان الأس الهيدروجيني pHأقل من٧ومن أسباب حموضية الماء وجود ثاني أكسيد الكربون الذائب أو بعض الأحماض العضوية الناتجة من تحلل البقايا النباتية كما أن تصريف المخلفات الصناعية التي تحتوي علي أحماض في المسطحات المائية يزيد من درجة حموضة المياه. وبالإضافة لما تسببه المياه الحامضية من تآكل وصدأ المواسير الحديدية فإنها تذيب بعض المواد الضارة بالصحة مثل النحاس والرصاص والزنك.والمياه المفضل شربها يكون الأس الهيدروجيني (8.5 –6.5)

٦. المواد الذائبة الكلية:Total Dissolved Solids

عند مرور المياه السطحية أو الجوفية علي أنواع من التربة أو الصخور فإنهاتذيب بعضاً من هذه المواد الصلبة وتختلط بالماء. وهناك حد أقصي مسموح به للمواد الصلبة الذائبة في الماء حتي لا تسبب للمستهلكين مشاكل صحية أو تكسب الماء طعماً ورائحة غير مقبولين. وتكون بعض المواد الذائبة ضارة بصحة الإنسان، لذلك من الضروري إعطاء عناية للتخلص منها أثناء عمليات المعالجة.

٧. المواد العضوية: Organic Compounds

تأتي نتيجة التلوث بالمخلفات السائلة الصناعية والزراعية والمجاري وهناك أنواع جديدة وكثيرة من المواد العضوية غير معروف تأثيرها في مياه الشرب علي المدي الطويل إلا أن بعض هذه المواد مسببة للسرطان والبعض الآخر يغير في أساس تكون الخلايا.

الخصائص البيولوجيةBiological Properties

وهي عبارة عن ما تحتويه المياه من بكتريا وفيروسات وطحالب وطفيليات ضارة بصحة الإنسان، ويؤدي اكتشاف هذه البكتريا والفيروسات إلي وضع النظام السليم لتعقيم المياه بما يكفل قتل هذه الكائنات الدقيقة المسببة للأمراض.

الاشتراطات الصحية في المياه

إن مسئولية القائمين علي تشغيل محطات تنقية مياه الشرب هي التأكد من أن نوعية مياه الشرب المنتجة تتوافق مع المواصفات القياسية التي تكفل حماية الصحة العامة، ويمكن تصنيف المواصفات القياسية إلي ثلاثة أنواع من الخواص هي:

١. الخواص الطبيعية:

أ. درجات حرارة الماء:

ليس لها تأثير علي الصحة العامة ولكن الأرتفاع المفاجئ في درجة حرارة الماء قد يكون دلالة علي تقلبات موسمية أو تصريف كبير لمياه الصرف الصحي أعلي التيار.

ب. لون وطعم ورائحة الماء:

هو من الأهتمامات الجمالية للمياه ولكن حدوثها قد ينبئ بحدوث تلوث من مصادر مثل المخلفات المنزلية أو الصناعية.

ج. العكارة:

هي من الأمور الهامة للصحة العامة لأنها تؤثر علي عملية التطهير، فالذى يحدث أنه طالما توجد جسيمات تعكر المياه فإنها تكون مخابئ تلجأ إليها الكائنات الحية للهروب من تأثير الكلور عليها، فلا يتم التطهير بالكامل وتصل هذه الكائنات إلي المستهلك وقد تصيبه بالأمراض، لذلك حددت المواصفات القياسية أقصي مستويات للعكارة.

٢. الخواص الكيميائية:

تمثل الكيماويات العضوية وغير العضوية خطراً علي الصحة العامة.

٣. الخواص البيولوجية:

يمكن أن تنتقل الكائنات الحية المسببة للأمراض إلي الماء، ومن أهمها بكتريا المجموعة القولونية. وللكشف عن وجود بكتريا المجموعة القولونية تستخدم إحدى طريقتين هما:

أ. طريقة الترشيح الغشائي Membrane Filter:

وفيها يجب ألا تتجاوز عدد بكتريا المجموعة القولونية١ لكل ١٠ مل من العينة وذلك في عينة واحدة كمتوسط لجميع العينات المأخوذة خلال شهر واحد.

ب. طريقة التخمر بالأنابيب المتعددة (MPN) Most Probable Number:

وفيها يجب أن ألا يتواجد يزيد العد البكتيرى لبكتريا المجموعة القولونية عن ١/١٠٠مل عينة لمرة واحدة طول الشهر ولا يتجاوز أكثر من ٥% فقط من العينات خلال العام.

أنواع المواد الدخيلة علي المياه:

يمكن تقسيم المواد الدخيلة علي المياه إلي ثلاثة أقسام:

١. مواد ذائبة (Dissolved Matters)

وأهمها أملاح كربونات وبيكربونات وكبريتات وكلوريدات الكالسيوم والماغنسيوم والصوديوم ،وكذا أملاح مركبات الحديد والمنجنيز والسليكا،هذا بالإضافة إلي فضلات المجاري والمصانع. وعلاوة علي الغازات الذائبة،وأهمها الأكسجين وثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الأيدروجين.

٢. مواد عالقة (Suspended Matters)

وأهمها الطين والرمل والمواد النباتية والحيوانية والميكروسكوبية وأنواع البكتريا، وفضلات المصانع والصرف الصحي.

٣. مواد غروية (Colloidal Matters)

وتوجد في حالة متوسطة بين التعلق والذوبان.

(التأثيرات الغير مرغوبة لبعض المواد الدخيلة علي المياه) المواد الذائبة:

- **أملاح الكالسيوم والماغنيسيوم**
  - البيكربونات: تسبب قلوية وعسر مؤقت.
  - الكربونات:تسبب قلوية وعسر مؤقت.
  - الكبريتات: تسبب عسر دائم.
  - الكلوريدات: تسبب عسر دائم.

- **أملاح الصوديوم**
  - البيكربونات: تسبب قلوية.
  - الكربونات: تسبب قلوية.
  - الكبريتات: تسبب تكوين رغاوي في الغلايات.
  - الفلوريدات: تسبب تشويه الأسنان.
  - الكلوريدات: تسبب طعماً.

- **الغازات الذائبة**
  - الأكسجين: تأثير علي المعادن.
  - ثاني أكسيد الكربون:تأثير علي المعادن، وحمضية.
  - كبريتيد الهيدروجين: تأثير علي المعادن، وطعم، ورائحة.

- **مواد عالقة**
  - البكتريا: بعضها يسبب أمراضاً.
  - الطحالب: تسبب لونا، وطعماً، ورائحة وأحياناً سموم.
  - الطمي: يسبب عكارة.

- **مواد غروية:**

– أكسيد الحديد: يسبب لونا أحمر.

– المنجنيز: يسبب لوناً أسود أو بني.

– المواد العضوية: تسبب لونا وطعماً.

ووجود بعض هذه المواد في المياه يجعلها غير نقية أو غير صالحة للأستعمال وقد تسبب بعض الأمراض.

الهدف من عمليات المعالجة:

يقصد بالتنقية التخلص من كل أو بعض المواد الغريبة سواء كانت ذائبة أو عالقة أو مواد غروية، حيث أن المياه السطحية معرضه لعوامل كثيرة تؤدي إلي تلوثها فتصبح غير صالحة للأستعمال إلا بعد تنقيتها.

ويمكن تقسيم المياه طبقاً لدرجة نقاوتها إلي:

– مياه نقية صالحة للأستعمال(potable water).

– مياه غير نقية (untreated water).

– مياه غير صالحة للأستعمال (contaminated or polluted water).

المياه النقية الصالحة للأستعمال:

هي المياه الخالية من أي جراثيم ومن المواد المعدنية الذائبة التي تكسبها لونا أو تجعلها غير صالحة للأستعمال أو غير مستساغة الطعم أو الرائحة. أي تتوفر فيها خاصيتان هما: النقاء (purity) والصلاحية (water quality).

والصلاحية لفظ طبي مقصود به عدم احتواء الماء علي أي شيء ضار بالصحة.

والنقاء صفة طبيعية المقصود بها خلو الماء من مسببات اللون والعكارة والطعم والرائحة.

المياه غير النقية:

هي المياه التي تعرضت لعوامل طبيعية أكسبتها تغيراً في اللون أوالطعم أو الرائحة أو العكارة، إلا أن هذا لا يعني تأكيد عدم صلاحية المياه للإستخدام، إذا قد لا يتسبب عن هذا التلوث أية أمراض أو أضرار بالصحة.

المياه غير الصالحة للأستعمال:

هي المياه التي تحتوي علي البكتريا أو مواد كيماوية سامة تجعلها ضارة بالصحة العامة لما تسببه من أمراض، مما يؤكد عدم صلاحيتها للشرب.وأحتمال تواجد هذه البكتيريا أو المواد الكيماوية في المياه المنقاة، لا يتأتى إلا في الحالات الآتية:

١. أتصال بين مصدرين للمياه أحدهما ملوث (cross connection).
٢. كسر في شبكة مواسير المياه وتعرضها للتلوث.
٣. التنقية غير الكاملة للمياه.
٤. غمر وحدات نقل المياه أثناء الفيضانات العالية.

المعالجة الأولية للمياه:

نحصل علي إمدادات الماء من الأنهار أو من الآبار أو من خلف السدود. وتختلف نوعية الماء تبعاً لاختلاف المصدر الذي جاءت منه، وبالتالي يحتاج كل نوع إلي معالجة خاصة حتي تكون المياه صالحة للشرب.

ففي مياه الأنهار وجد أنها تحتوي علي شوائب صلبة عالقة علاوة علي ما بها من تلوث ميكروبي، أما مياه الآبار فتحتوي علي مواد كيماوية ذائبة ويقل فيها التلوث الميكروبي أو ينعدم.

عمليات المعالجة:

تمر المياه الخام بعدة عمليات لمعالجتها لتكون صالحة للشرب وهي:

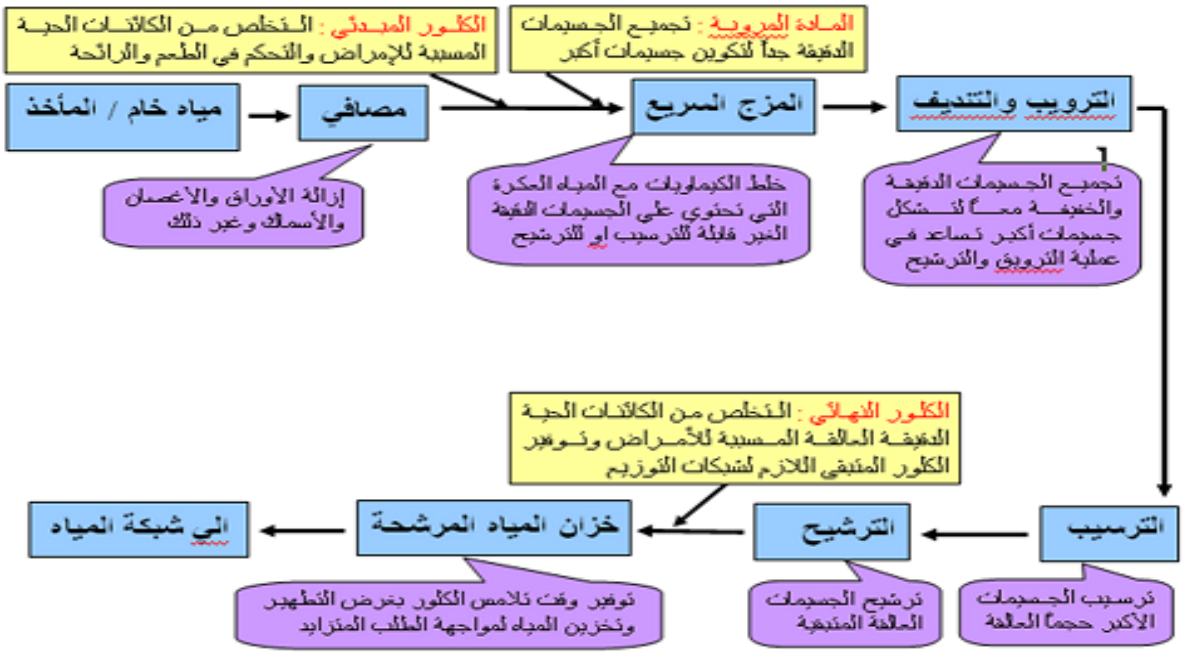
المعالجة الأولية وتنقسم إلي:

- التصفية.
- التطهير المبدئي.
- المعالجة الكيماوية المبدئية.
- الترسيب المبدئي (اختياري).

١. المعالجة الرئيسية وهي تلي المعالجة الأولية وتنقسم إلي:

- الترويب.
- التنديف.
- الترسيب.
- الترشيح.
- التطهير / التعقيم.
- التخزين.
- الضخ.

ويوضح الشكل رقم (٢-٢) خطوات معالجة مياه الشرب والهدف من إجراء كل عملية من هذه العمليات.



الشكل رقم (٢-٢) يوضح مخطط لعملية تنقية مياه سطحية.

الفصل الثاني

تكنولوجيا تنقية المياه السطحيةSurface Water Purification Technology

٢ – ٢ الغرض منتنقيةالمياهالسطحية

تحتويمعظمالمياهالسطحية(خاصةنهرالنيل)علىبعضالشوائبالعالقة،بالإضافةإلىبعضأنواعالبكترياوالط حالب .

أماالأملاحالذائبةفتكونغالبًامقبولة(حيثأنتركيزهادائمامتزن)كماأنهذهالأملاحفيالوقتنفسهمرغوبفيهاحيثأن هاتدخلفيبناءخلاياجسمالإنسان.ونهرالنيلوفروعهوهومصدرالمياهالسطحيةفيجمهوريةمصرالعربية،وتحتو يهذهالمياهعلىنسبةمقبولةجدًامنالأملاحالذائبةتتراوحبين ٢٠٠إلى٤٠٠ملجم/لتر(جزءفيالمليون)وهذهالنسبةالمثاليةمنالأملاحالذائبةتدخلفيتركيبخلاياجسمالأنسـ ان.

والغرضالأساسيمنأعمالالتنقيةللمياهالسطحيةالعكرةالطبيعيةهوتحقيقالآتي:

١. إزالةالكائناتالحيةالدقيقةوالقضاءعليها،خاصةالبكتيرياالممرضةوالفيروساتوالجراثيم.
٢. تحسينالصفاتالطبيعيةللمياه،وذلكبإزالةاللونوالعكارةوالرائحةوجعلهامستساغةالطعمعديمةالرائحة.
٣. التخلصمنالطحالببطريقةمناسبةلاتؤدىإلىتدميرهاتجنبًالمشاكلاللونوالطعموالرائحة.
٤. إزالةالموادالعالقةأوالطافية.
٥. إزالةالموادالعالقةصغيرةالحجم.
٦. إزالةالموادالصلبةالذائبةالعضويةوالغيرعضوية.
٧. إزالةالعناصرالجالبةللونوالمذاقوالرائحةفيالمياه.
٨. إزالةالدهونوالشحوموالزيوت.
٩. إزالةالموادالعالقةمثلالرملوالطين.
١٠. إزالةبعضالمركباتالكيميائية،والتيقدتتعارضمعبعضالإستخداماتالخاصةللمياه.
١١. الحدمنتلوثالمياه.
١٢. مواكبةوتطبيقالتشريعاتوالقوانينالسائدةذاتالصلةبتنقيةمياهالشرب.

٢- ٢- ١ خطواتعملياتتنقيةالمياهالسطحية

يُتبعفيعملياتتنقيةالمياهالسطحيةفيمصر (والتييكونمصدرهاغالبًانهرالنيلوفروعهالرئيسية والترع) خطواتشبهموحدة،تتلخصفيالنقاطالتالية:

١. أعمالتجميعالمياهمنالمصادرلضخهاإلىموقعوحداتالتنقية،وتشمل : المأخذ،ومواسيرالمأخذ،وطلمبات ضخالمياهالخام(ذاتالضغطالمنخفضعادة)لتوصيلالمياهمنالمأخذإلىبدايةمحطةالتنقيةوهوحوضالتوزيع.

٢. يتمإضافةجرعةالكلورالمبدئيويلىذلكإضافةالموادالكيميائيةالمجلطة.

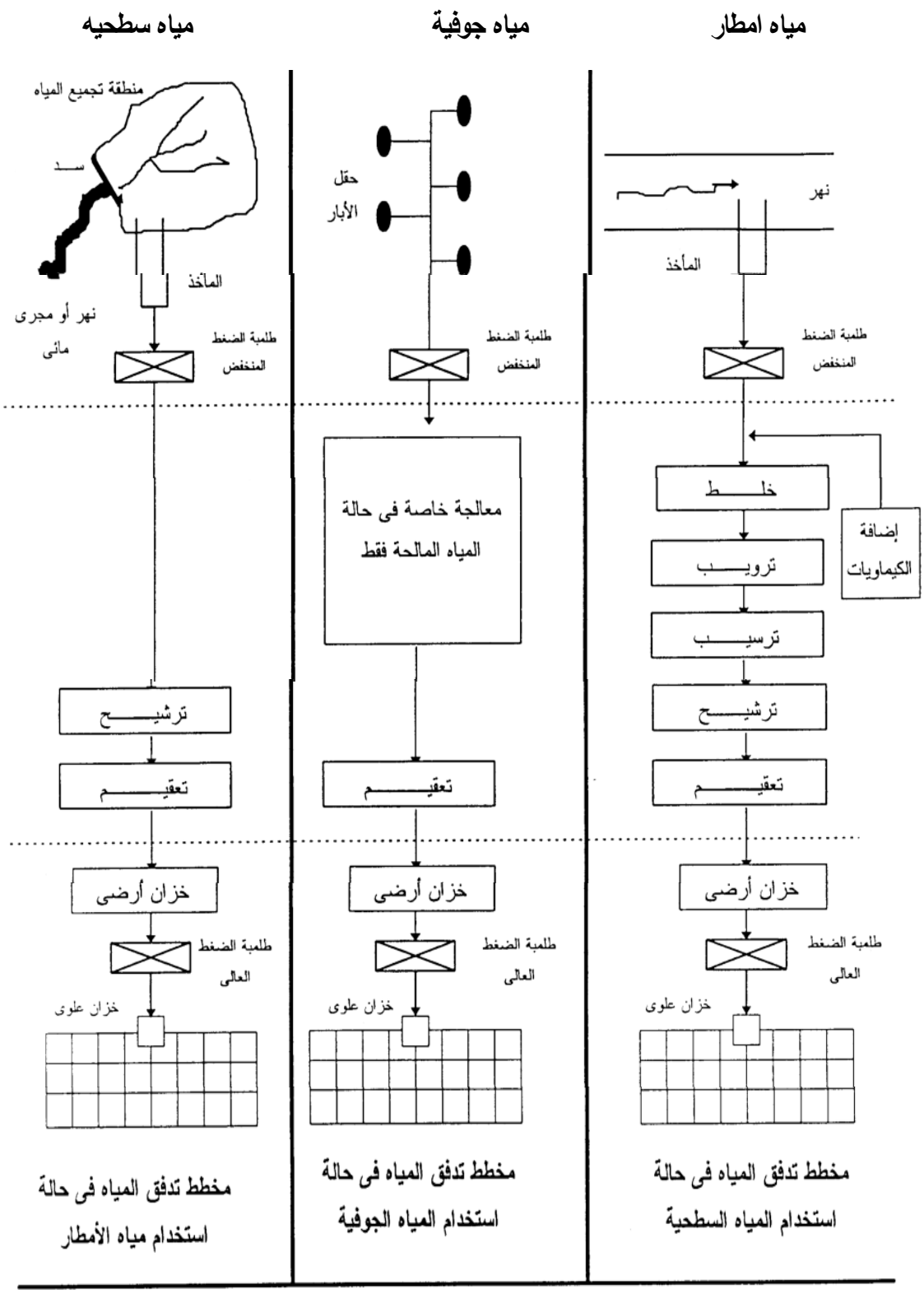
٣. أحواضالترويبوالتنديف(الموادالكيميائيةالمجلطة)ثمالترسيب.

٤. الترشيحبالمرشحاتالرملية(بطيئةالمعدلأوسريعةالمعدل.

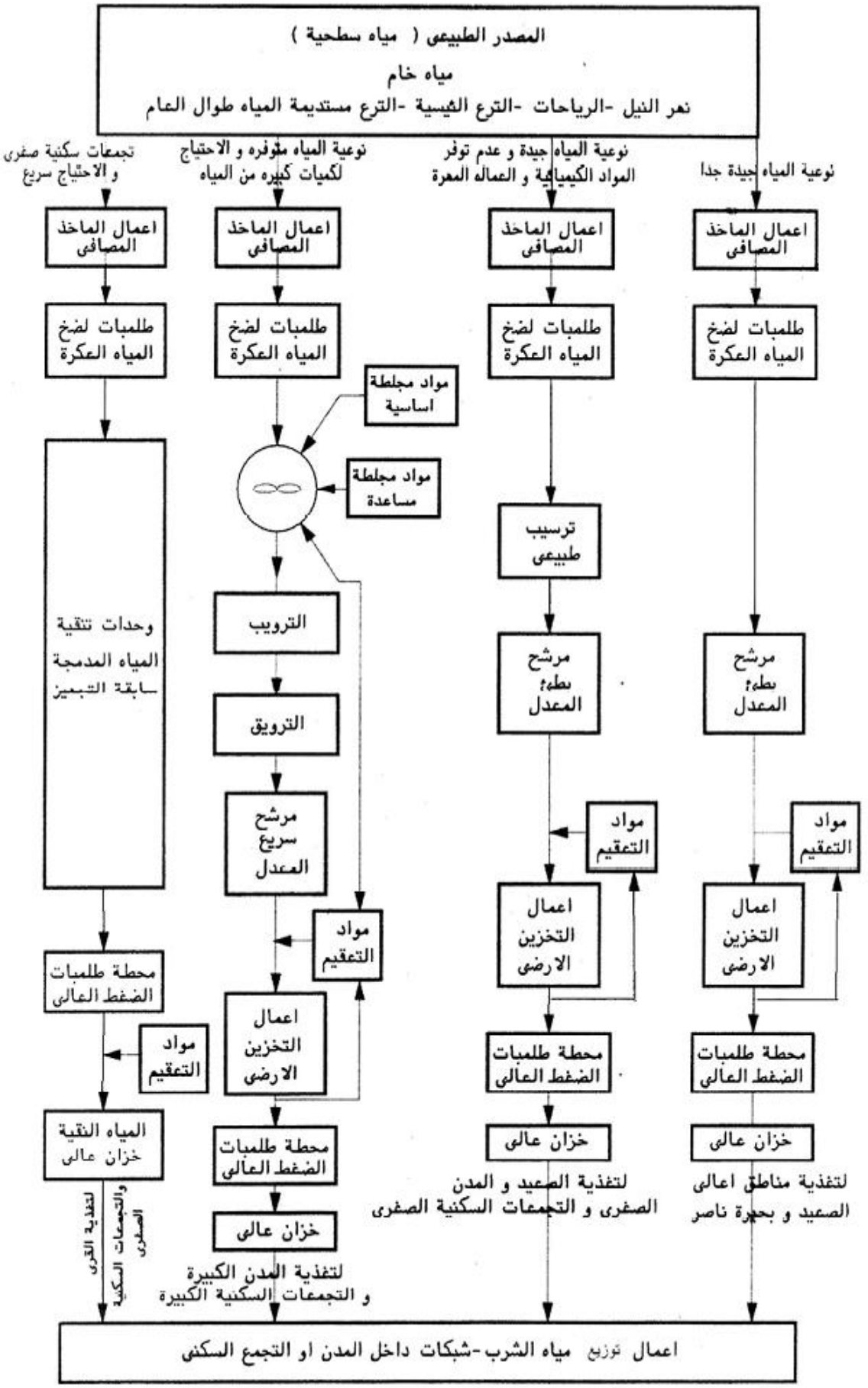
٥. التعقيم(يشملالكلورةالإبتدائيةوالكلورةالنهائية).

ثميتمبعدذلكتجميعالمياهالمنقاهفيخزاناتتجميعأرضية،ثمضخهاللتوزيعبواسطةطلمباتضخالمياهالمنقاة(ذاتالضغطالعالي)إلىشبكاتالتوزيعوالخزاناتالعالية.

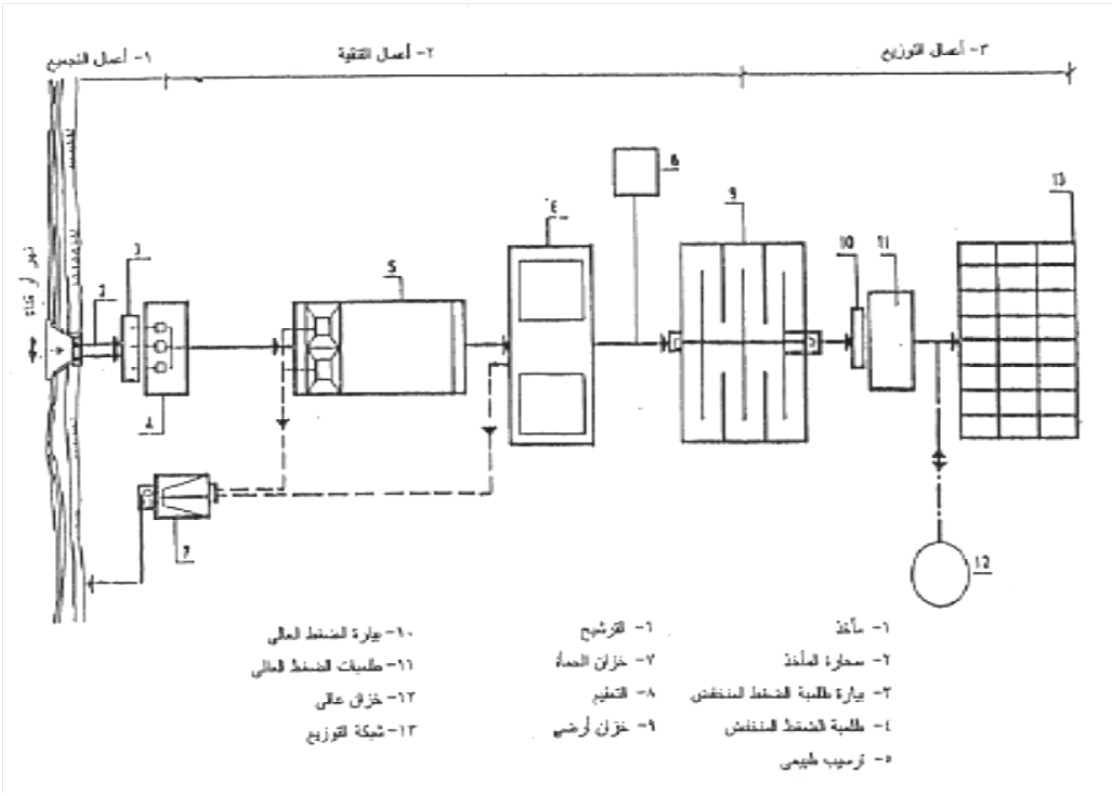
ويوضح الشكل رقم (٢-٣) مخططعاملنظمتنقيةومعالجة(المياهالسطحية، المياهالجوفية، مياهالامطار) كما أن الشكل رقم (٢-٤)يوضحأعمالتجميعوتنقيةالمياهالسطحية وتوزيعمياهالشرب كما يوضح الشكل رقم (٢-5) رسمًاتخطيطيًالمسارالمياهفيوحداتالتنقيةللمياهالسطحية بنظامالمرشحاتالرملية(بطيئةالمعدل،بينمايوضحالشكلرقم(٢- ٦) رسمًاتخطيطيًالمسارالمياه فيوحداتالتنقيةللمياهالسطحيةبنظامالمرشحاتالرمليةسريعةالمعدل.



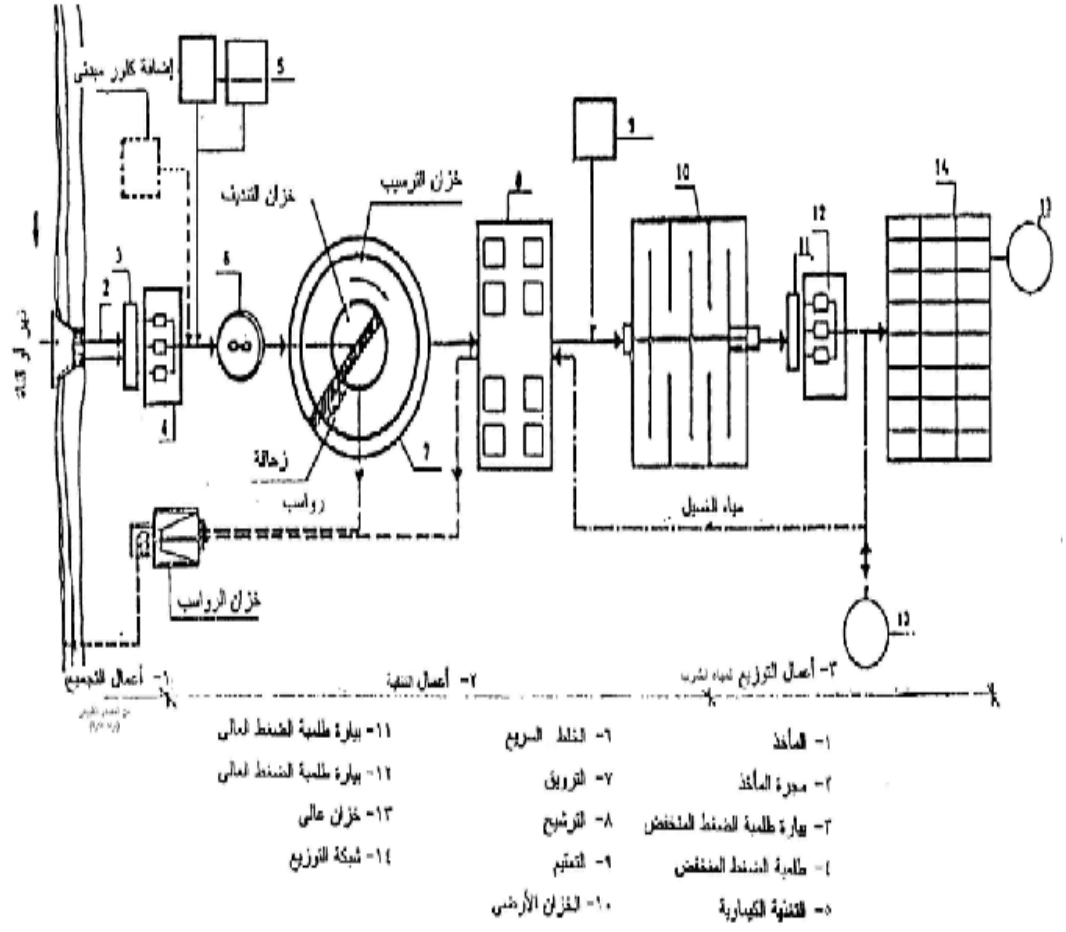
شكل رقم (٢-٣) مخططعاملنظمتنقيةوتوزيعمياهالشربباختلافالمصدرالطبيعى



شكل رقم (٢- ٤) يوضحأعمالتجميعوتنقيةالمياهالسطحية وتوزيعمياهالشرب



شكل رقم (٥–٢) رسم تخطيطي لمسار المياه في وحدات تنقيه المياه السطحية (المرشح البطيء)



شكل رقم (٦–٢) رسم تخطيطي لمسار المياه في وحدات تنقيه المياه السطحية (المرشح السريع)

٢ – ٢ – ٢ اختيارالموقعلمحطاتتنقيةمياهالشرب

يعتبراختياراالموقعالمناسبلمحطةالتنقيةمنأهمالدراساتالمطلوبةلتصميموإنشاءالمحطةحيثتؤثرعوامل كثيرةعلىالإختياراالأنسبليلزمدراستهافيحالةعدمتوافردراساتأومخططاتعامةسابقةللمدنأوالتجمع السكنىالمطلوبإمدادهبالمياهالصالحةللشرب.

و

يعتبرنوعوموضعمصدرالمياهالخامسواءمنالآبارأوالمياهالسطحيةالعكرةأومياهالبحاروالبحيراتالمالحةذات علاقةوثيقةبإختيارموقعالمحطة،وفيمايلىعرضلهذهالمصادر.

أولا الآبار Wells

فيحالةالإعتمادعلىالمياهالأرتوازية

(الجوفية)كمصدرأساسيللإمدادبالمياهتكونالطبقةالحاملةونوعيةمياههاواتجاهسريانالمياهبهاالعنصرالأ ساسيلأختيارموقعمحطةالمياهحيثيحددالموقعأماماتجاهسريانتيارالمياهتفاديًالأىمصادرللتلوث.

أمافيحالةدقآبارًاارتوازيةللمياهكمصدرمساعدلكمياتالمياهالمطلوبداخلمحطةالتنقيةفيراعىأنتكونالمياهصا لحةللإستخدامطبقاللمعاييرالصحية.

ثانيا الأنهاروالبحيراتالعذبة Rivers and freshwater Lakes

تشترطأنتكونالأنهاروالترعوالبحيراتبعيدةعنمصادراحتمالاتالتلوثأماماالتياروأنتكونالمياهبكمياتتفيبالإحتيا جاتعلىمدارالسنة.

ثالثا البحاروالبحيراتالمالحة Seas and salt Lakes

يشترطأنيكونمصدرهذهالمياهبعيدًاعنمصادراحتمالاتالتلوثمعالأخذفيالأعتبارظاهرةالمد والجزر.

٢- ٢- ٣ المأخذ Intake

المأخذ هو الأعمال الإنشائية التي تقام على جانب المصدر المائي (نهر، ترعة رئيسية، بحيرة) لسحب المياه العكرة (الخام) بطريقة سليمة. وبالكميات المناسبة للاحتياجات. تمر المياه من خلال المصافي إلى مواسير المأخذ ثم إلى بيارة محطة طلمبات المياه العكرة (الضغط المنخفض عادة) لضخها إلى محطة التنقية.

وهناك أنواع مختلفة من المأخذ إلا أن اختيار النوع المناسب يتوقف على عدة عوامل أهمها:

١. مصدر المياه المستعمل (النهر أو البحيرة أو الترعة).
٢. خصائص المياه في المصدر (المجرى المائي)
٣. درجة التلوث لمياه المصدر.
٤. احتمالات تلوث المصدر المائي.
٥. تأثير التيارات والفيضانات على مبنى المأخذ.
٦. عمق المياه وطبيعة قاع المصدر المائي.
٧. احتياجات الملاحة.
٨. حماية الكائنات والأحياء المائية.
٩. اتجاه الرياح
١٠. سرعة المياه وحركة الأمواج.
١١. أبعاد المجرى المائي.
١٢. الملاحة في المجرى المائي.
١٣. نوعية أساسات المآخذ الإنشائية.

علىأنهيجبفيجميعالأحوالمراعاةالشروطالآتيةبالنسبةلمواقعجميعأنواعالمأخذ:

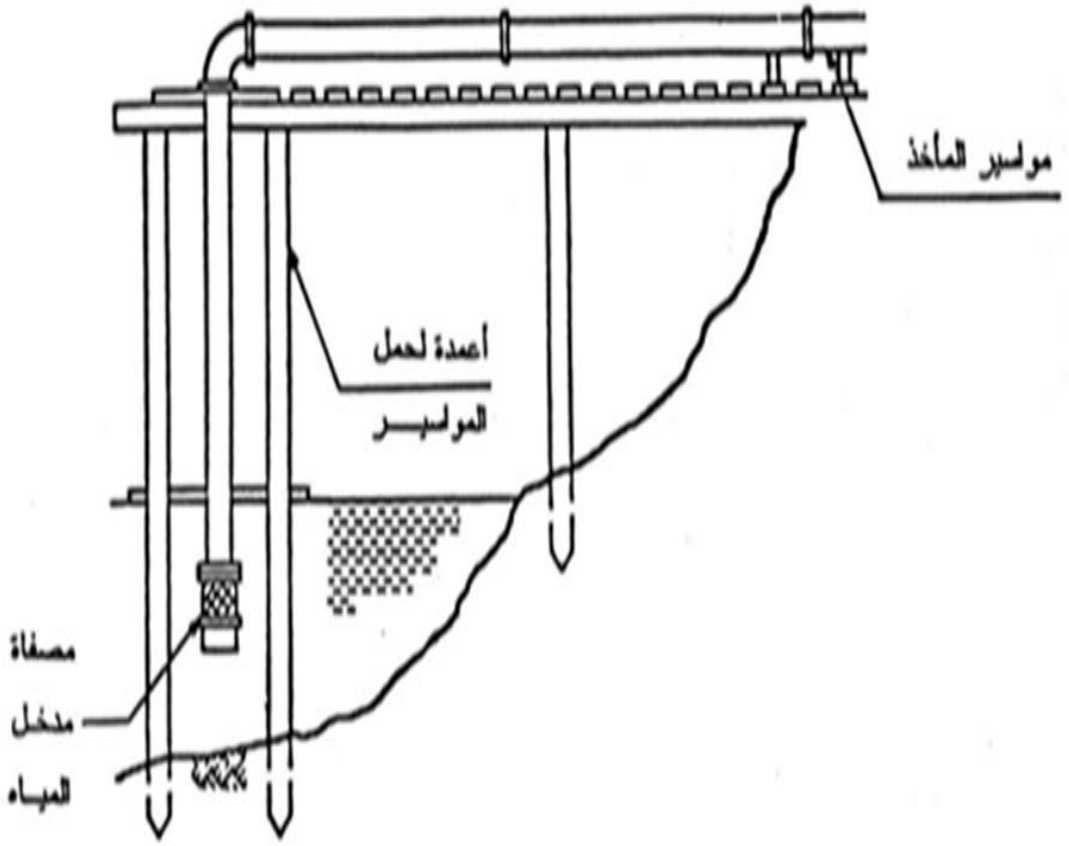
١. أنيكونسعةالمأخذكافيةلإمدادالمدينةلمدةطويلةمستقبلا.
٢. أنيكونموقعالمأخذفوقالتيار بالنسبةللمدينةأولأيمصدرللتلوث (Upstream).
٣. أنيكونموقعالمأخذبعيدًاعنالمدينةبمسافةتسمحبإمتدادالمدينةفيالمستقبل.
٤. أنيكونالمأخذبعيدًاعنأيمصدرتلوثمحتملمعوقايةموقعالمأخذمنأيتلوثمباشر ،وذلكبمنع ارتيادأو أستعمالالأهاليلمنطقةتمتدعلىجانبيالموقع،وتصلإلى ٥٠٠مترفوقالتيار و ١٥٠مترتحت التيارباالنسبةللمأخذويكونذلكبعملسورمنالسلكالشائكحولهذهالمنطقةوكذلكوضعاللافتات الضرورية.
٥. أنيكونسحبالمياهمنمتوسطعمقالمياهبالمصدر ،بحيثتكونأعلىمنالقاعوأقلمنسطحالماء بالمسافاتالآمنةولاتعترضاحتياجاتالملاحةالنهرية.
٦. أنيكونالمأخذفيمكانعلىخطمستقيممنالمصدرقدرالمستطاع.
٧. أنيكونالمأخذبعيدًاعنأماكنالترسيبفيالمجرىلضمانسحبمياهبدونرواسبصفةمستمرة.
٨. أنيكونالمأخذبعيدًاعنأماكنالنحرفيالمجرىلضمانعدمإنهيارمنشآتالمآخذ.والأشتراطاتالفنيةلموقعالمأخذ

٢- ٢- ٣- ١ أنواعالمآخذ

يمكنتقسمأنواعالمآخذإلىمايلى:

مأخذماسورة(Pipe intake)

هوعبارةعنماسورةأوماسورتينأوأكثرتمتدمنالشاطئإليمسافةكافيةبعيداعنهلتفاديالتلوثالمحتملبجواره . وتكونالمواسيرمحمولةعليهيكلحديدكوبريأوهيكلمنالخرسانة المسلحةبحيثلايعوقالملاحة،بالإضافةإليوجوبإضاءتهخاصةللتحذيرمنالاصطدامبهليلا . وتنزلالمواسيرإليحواليمترتحتأقلمنسوبللمياه،أوأنيكونللمواسيرأكثرمنفتحهلتناسبتغيرالمنسوبفيالمجريالمائيوي ستخدمهذاالنوعمنالمآخذعادةفيالأنهارالكبيرة.

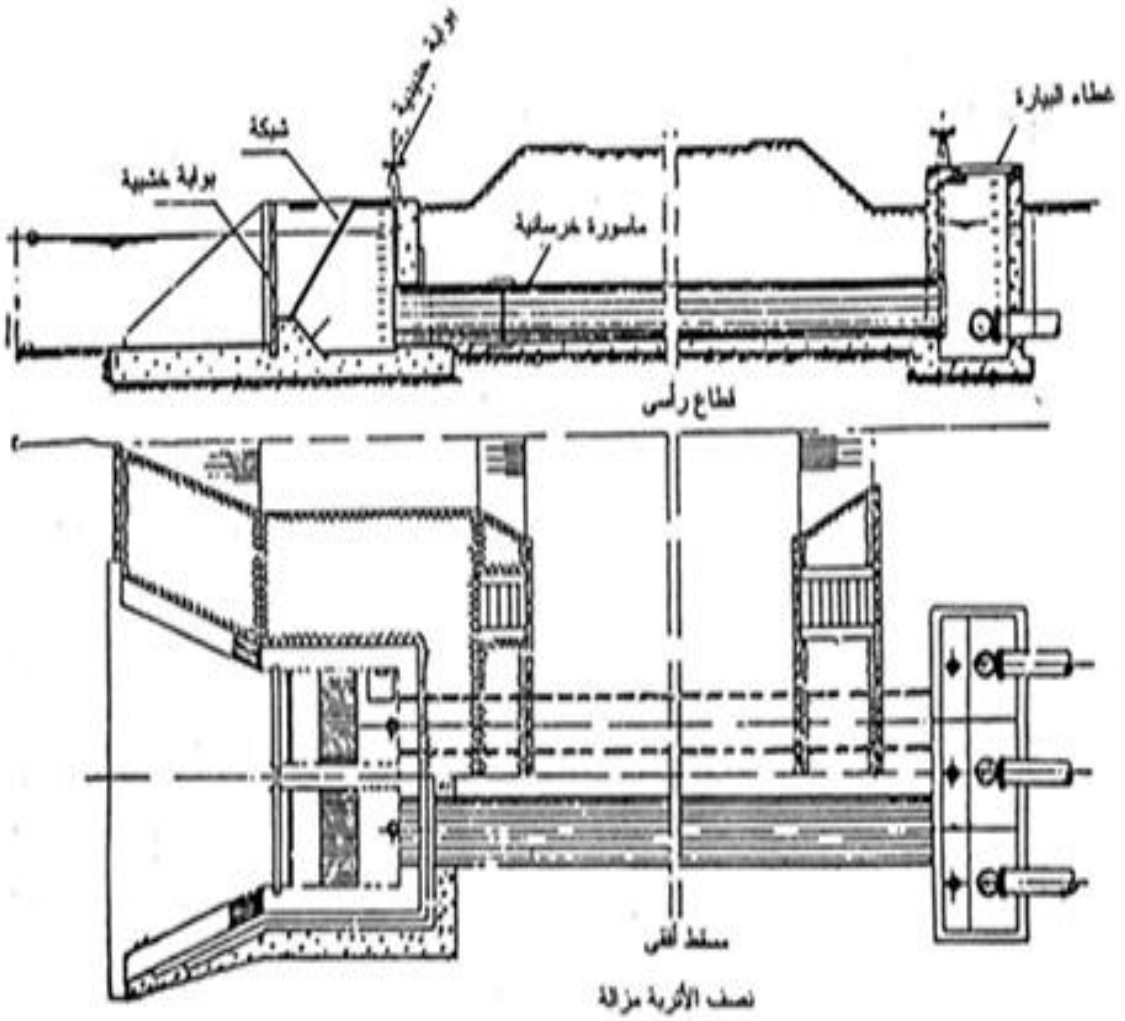


شكل رقم (٢-٧) مأخذ ماسورة

مأخذالشاطئ(Shore intake)

وهوعبارةعنحائطوأجنحةتبنيعلىالشاطئمباشرةمنالخرسانةالمسلحةأوالطوبلحمايةالجسرمنالانهيارو بالتالي لوقايةمواسيرالمياهوتمتدالمواسيرتحتالجسر ،وتنتهيإلىبيارةطلمباتالمياهالخام(الضغطالمنخفضعادة). وتوضعالمصافيعلىالمأخذلحجزالموادالطافيةوالأعشابوالكائنات .

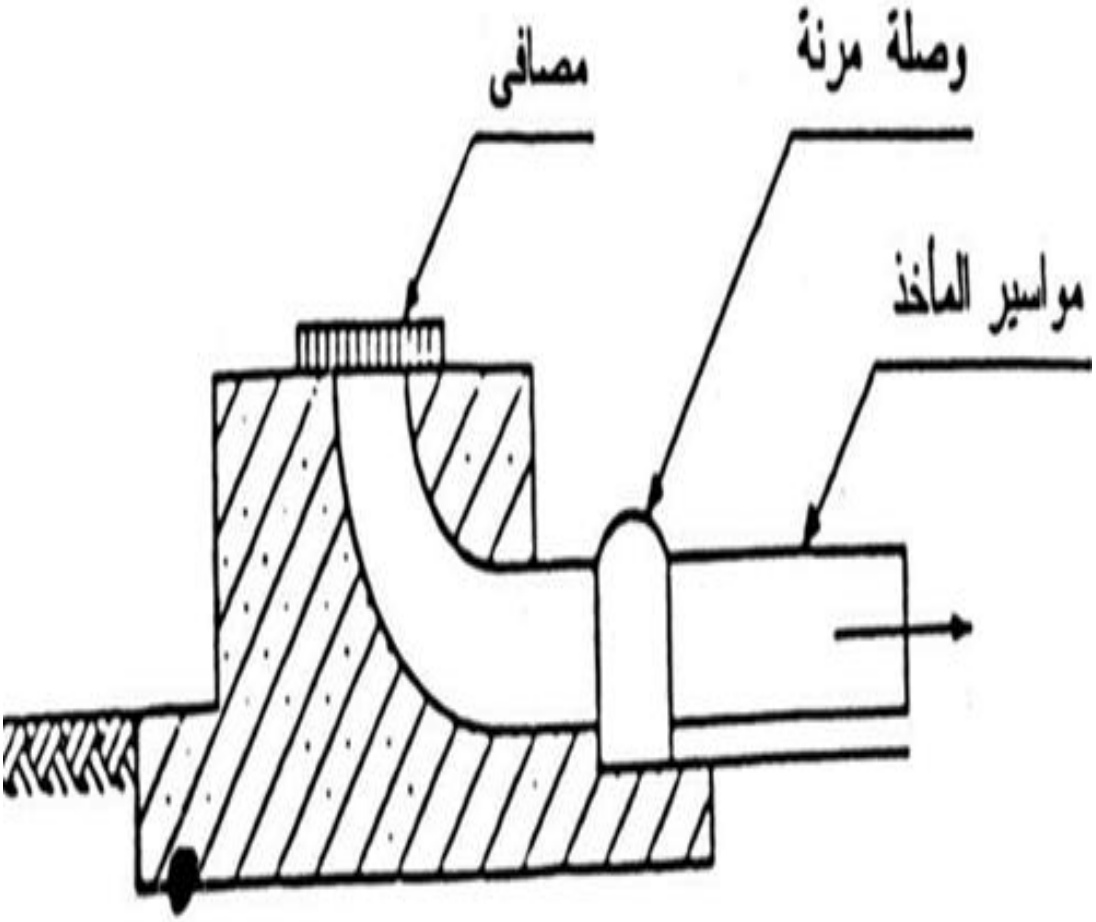
ويستعملهذاالطرازمنالمآخذفيالقنواتالملاحيةوغيرالملاحيةعلىالسواء،وفيالأنهارالصغيرةنظرًالأنهلايعوقال ملاحة.



شكل رقم (٢-٨) يوضحمأخذالشاطئ

مأخذ مغمور(Submerged intake)

وهوعبارةعنماسورةمثبتهفيقاعالمجريأوالسطحالمائيبواسطةكتلخرسانيةأوصخرية،ويستعملهذاالمآخذفيا لأنهارأوالمجاريالملاحيةالضيقةوالبحيرات،وفيحالاتاحتمالتلوثالشاطئبالموادالطافيةمنالعواماتوالسفنعلىال جانبيين.

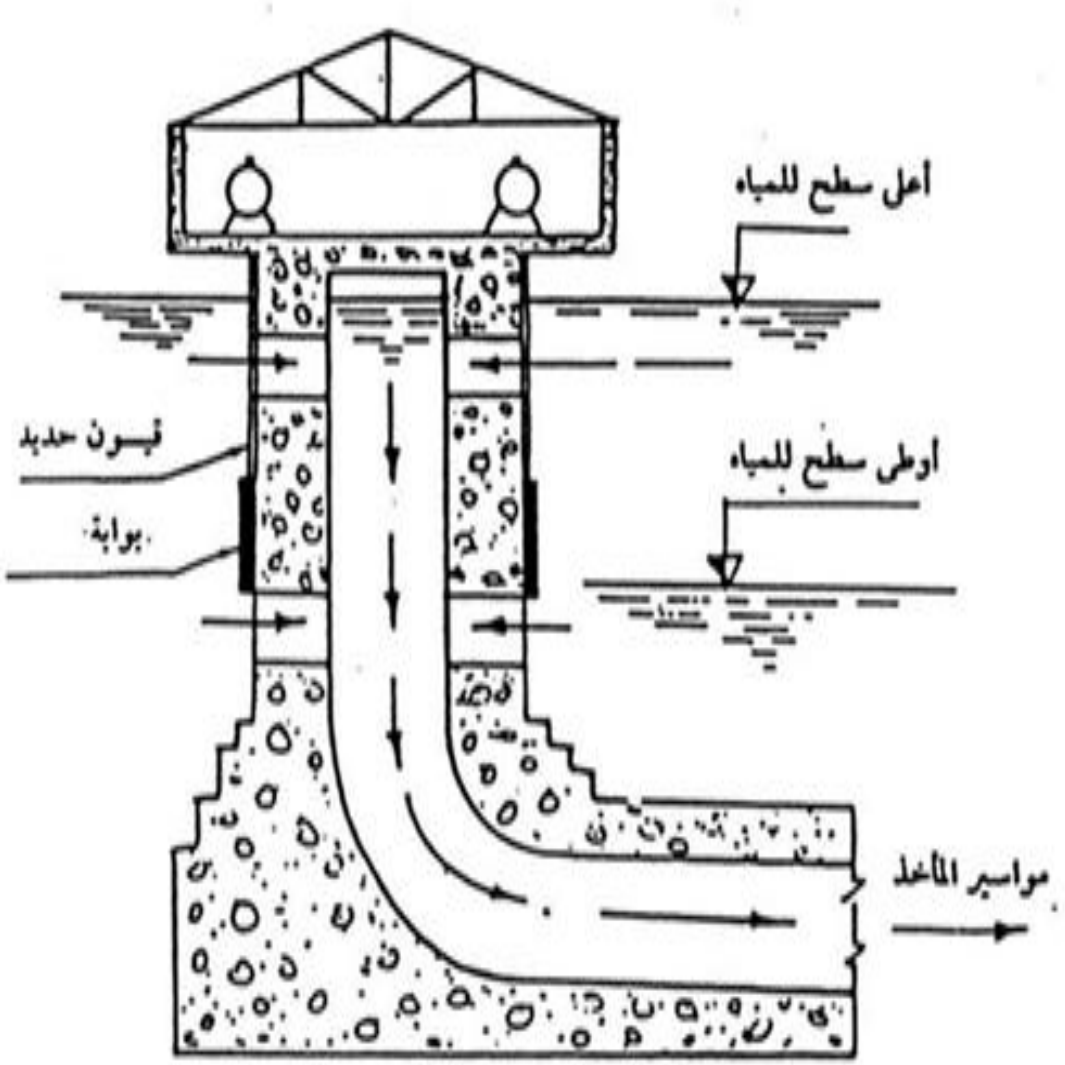


شكل رقم (٢-٩) يوضحمأخذمغمور

مأخذ البرج(Tower intake)

يستخدم

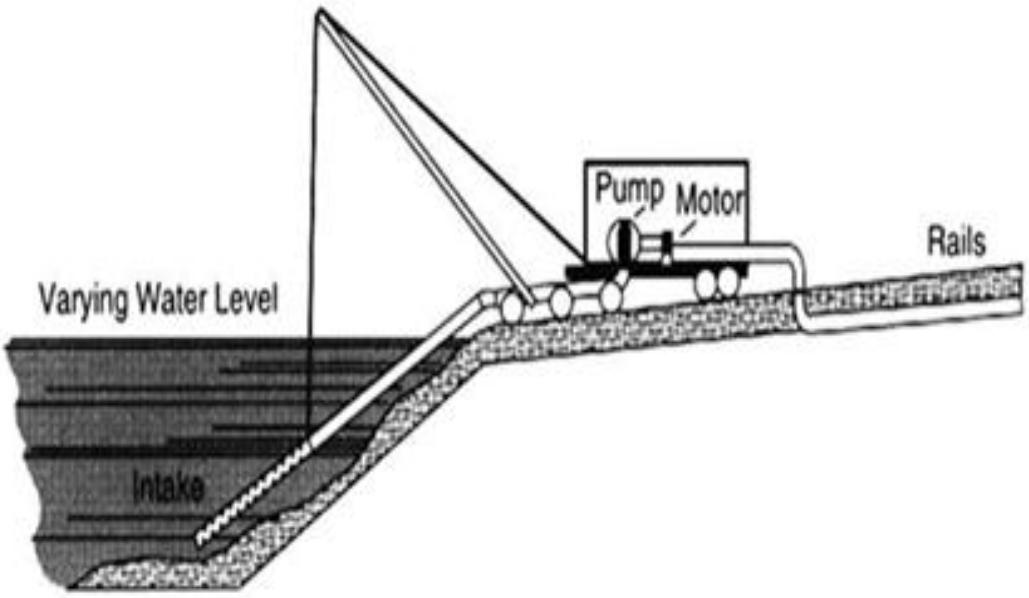
فيالمسطحاتأوالمجاريالمائيةالتييسمحفيهابإنشاءمبانلسحبالمياهبحيثلايعوقهذهالمبانيالحركةالملاحيةفيا لمجريالمائيمثلالمسطحاتالمائيةالعريضةذاتالتغيرالكبيرفيمنسوبالمياه،يمكنإنشاءبرجمزودبفتحاتتدخلفيها المياهوتركيبداخلةطلمباتسحبالمياهوتمتدمواسيرالطردبعدذلكعنطريقكوبريإليالشاطئويستعملهذاالنوعمنال مأخذفيالبحيراتذاتالمياهالعذبةوالمتغيرةالمناسيب،ويبنيالبرجداخلالبحيرةعلىمسافةمنالشاطئوتدخلهالمياه منفتحاتعلىمناسيبمختلفةومنهاإلىسحارةالمأخذ.



شكل رقم (٢-٩) يوضحمأخذالبرج

مأخذ مؤقت (Emergency Intake)

وهويستعملفيحالاتالطوارئأوفيالحالاتالمؤقتةالتييستدعىالأمرفيهاالأعتمادعلىالمياهالسطحيةكمصدرللميا
ه .وهوعبارةعنماسورةمرنهممتدةعلىحاملىيطفوعلىسطحالماء .
وهذهالماسورةالمرنةتكونمتصلةمباشرةبطلمبةالضخ.



شكل رقم (٢- ١٠) يوضحالمأخذالمؤقت

الشروط العامة للمآخذ

ولماكانمصدرالمياهالرئيسيفيجمهوريةمصرالعربيةهونهرالنيلوفروعهوالرياحاتوالترعالرئيسيةالمستديمةالم
ياه،فإنهغالبًامايستخدممأخذالماسورةعلىالنهرومأخذالشاطئعلىالترعويجبمراعاة الشروطالعامةالآتية:

١. عملمواسيرذاتمداخلمختلفةالمناسيبمزودةبالمحابسالللازمةحتىيمكنسحبالمياهمنالطبقاتالعلياللماءفيال
نهرحيثيقلتركيزالموادالعالقةفيالماءفي هذهالطبقات،وذلكنظرًالتغيرمناسيبمياهالنيلعلىمدارالسنة.
٢. يفضلأنيكونالمأخذعبارةعنماسورتينحتىإذاطرأمايوقفعملإحداهماقامتالأخربإمدادمحطةطلمباتالميا
هبالماءاللازم.
٣. تزويدالمأخذبالمصافيالثابتةأوالمتحركةعلىأنيراعىعملسلمبجوارالمواسيرلنزولالعمالللعملأيإصلاحاتأو
صيانةللمواسيرأوالمصافي.

٢- ٢- ٣- ٢ المصافيScreens

الغرضمنالمصافيهوحجزالأشياءالكبيرةكأغصانالأشجاروالنباتاتوالأجساماالطافيةالتييمكنأنتسدأوتتلفأوتعطلأجهزةومعداتالمحطةكالطلمباتوالمواسيروغيرها،وأعمالالمصافيهيأولىالخطوات التنقيةوهيإزالةالموادالغريبةمنالمياهالخام،ويجبأنتتمعندنقاطمصافيالمأخذسحبالمياهالخاماالعكرة.

وصفمختصرلثلاثةأنواعمنالمصافيذاتالقضبان والمصافيذاتالشبك والمصافيالدقيقة:

المصافي ذات القضبان(Bar Screens)

وتصنعمنقضبانصلبملحومةومتوازيةموضوعةعلىمسافاتمتساويةوتتراوحهذهالمسافاتمن١,٥ إلى١٣مم فيالمصافيذاتالفتحاتالصغيرةومن١٣إلى٢٥ممفيالمصافيذاتالفتحاتالمتوسطةومن٣٢إلى١٠٠مم فيالمصافيذاتالفتحاتالكبيرةوأكثرالمصافياستخدامًاهيذاتالفتحاتالمتوسطةوالكبيرة .

وتعترضالمصافيذاتالقضبانمسارالمياهالداخلةإلىمأخذالمياهبزاويةتتراوحمن٦٠إلى٨٠درجةمعالأفقيلتسهيلعمليةتنظيفهاولمنعإنسدادها،ويتمالتنظيفيدويًافيمصافيالمحطاتصغيرة التصرف،ويفضلأنيكونأوتوماتيكيًافيالمحطاتالكبيرةأوحتىالصغيرة.

المصافي ذاتالشبك(Mesh Screens)

وتسمأيضًاالمصافيالضيقةوتصنعمننسيجالسلكأوألواحمنالصلبالذيلايصدأوتصلمساحهاالفتحةإلى١٠مم٢وتستخدمفيحالاتالمياهالتيلاتحتويعلىأجسامكبيرة،وتركبرأسيًافيالماءوتنظفأليًافيمعظمالأحيان.

المصافي الدقيقة(Micros trainers)

المصافيالدقيقةتقومبحجزالعوالقوالكائناتالحيوانيةوالنباتيةالصغيرةجدًاالمعلقةأوالطافيةفي الماء وتنظفعادةآليًابواسطةدشماء.

سحارة المأخذ (Intake conduit)

هيالماسورةالواصلةمنمبنىالمأخذعليمصدرالمياهحتىبيارةطلمباتالضغطالمنخفض وقدتكونصغيرة (ماسورةمنالحديدالزهر)أوكبيرة(نفقًامنالخرسانةالمسلحة).وبديهيأنتتوقفمساحةمقطع السحارةعليالتصرفاللازمإلاأنهفيجميعالحالاتيجبأنتصممبسعةكافيةلإمدادالمدينةبالماءلمدةطويلةمستقبلابحيثتتجريفيهاالمياهبسرعةكافيةلايتسببعنهاترسيبللموادالعالقةفيقاعالماسورةكمايجبألايزيدسرعةالمياهد

اخلالسحارةعنتلكالقيمة

التيتسببتآكلافيجدرانالماسورةوالقطاعالدائريهوأنسبالقطاعاتللسحارةمنالناحيةالهيدروليكيةإلاأنصعوبةتنفيذهفيبعض الأوقاتقدتؤديإليأنيلجأالمصممإليقطاعاتأخريمثلقطاعحدوةالفرس أوالقطاعالمربعأوالمستطيل.

٢- ٣ عمليات تنقية المياه، الترسيب الطبيعيNatural Sedimentation

الترسيبهوعبارةعنعمليةتنقيةيتمفيهافصلالموادالصلبةوالعالقةوالحبيباتكبيرةالحجم ذاتالكثافةالعاليةبالترسيبتحتتأثيرالجاذبيةالأرضية .وتوضعالمياهالمرادتنقيتهافيحوض لفترةزمنية(٣-٥ساعات)ونظرالأنمساحةمقطعالحوضعادةتكونكبيرةفإنسرعةالترسيبتكونقليلة .

وبذلكفإنالحبيباتذاتالكثافةالأعلىمنالسائلالمحيطتترسبإلىالقاع،أماالحبيباتذاتالكثافةالقليلةفتصعدعلىسطحالحوضليتمفصلهابعمليةالطفومكونةطبقةالخبث أعلى الحوض (scum)وتستخدمعمليةالترسيبفيمجالتنقيةالمياهللأسبابالتالية:

١. التخلصمنالحبيباتالصلبةغيرالعضوية.
٢. إزالةالموادالصلبةالعضوية.
٣. إزالةالمتجلطاتالكيميائية

وتصعبالمفاضلةبينأنواعأحواضالترسيبإلاإنالأحواضالتيتعملبإستمراريفضلاستخدامهالمحطاتتنقيةالمياهذاتالسعةالكبيرة .ويمكنمفاضلةالأحواضالدائريةأوالمربعةأوالمستطيلةمنحيثتكلفة الإنشاءومعايير وأسسالتصميم .

وعمومافإناختيارأيمنالأنواعالمختلفةلأحواضالترسيبينعلىخبرةالمصممومعاييرالأقتصاديةوالأجتماعية .

ويبين الشكل رقم (2-١١)تفاصيلأحواضالترسيبالمستطيلةوتعتبرأحواضالترسيبأفقيةالدفقمنأفضلالأنواعللتخلصمنالموادالمتفردةوالحبيباتالمتقطعة(discrete).

وتفضل الأحواضالضحلةالطويلةلزيادةكفاءةإزالةالموادالصلبةلنفسالسعةوحجمالحوضغيرأن أحواضالترسيبالمستطيلةتفضلاعتماداعلىالبيئةالمحليةلعدةأسبابمنها:

١. أنهاتستخدمالأرضالمتاحةبطريقةأفضل.
٢. توفرمنالتكلفةالكليةللإنشاءوتقللمنالموادالمستخدمةللإنشاء.
٣. تعطىمجالاأفضللأنتقاءموادداعمةمثلالخرسانةسابقةالتجهيز.

وظاهرةالترسيبتنقسمإلىعدةأقساماعتماداعلىنوعوشكلوحجموكثافةالحبيباتالمترسبة،وخواصسائلالترسيب .ومنهذهالأنواعالمتفردأوالمتقطع،والترسيبالمقاوموالترسيبالمتجلطوالترسيبالمنضغط الطبيعي.

يتمالترسيبالمتفردأوالمتقطعDiscrete settling

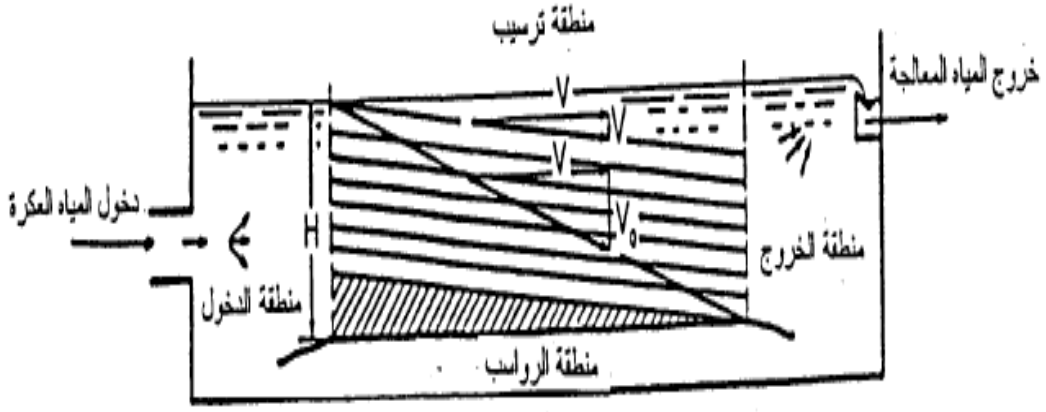
عندماتضمحلقوىالتجمعالطبيعيةوفيخلالفترةالترسيبتتبعكلحبيبةعالقةمسارهابسرعةمنتظمةدونماحدوثأىتغييرفيحجمهاأوشكلهاأوكثافتها،ولايحدثأياختلاطأواتحادبينهذهالحبيباتوالحبيباتالأخرىفيالمحلول،كمالاتوقجدرانالحوضعمليةالترسيب .ومثاللهذاالنوعمنالترسيبترسيب حبيبات الرمل وترسيب الحبيبات الصلبة غير العضوية.

أماالترسيبالمقاومأوترسيبالمنطقة (Hindered (zone) settling)فيحدث عندما تأتى الكثافات العاليةبتداخل

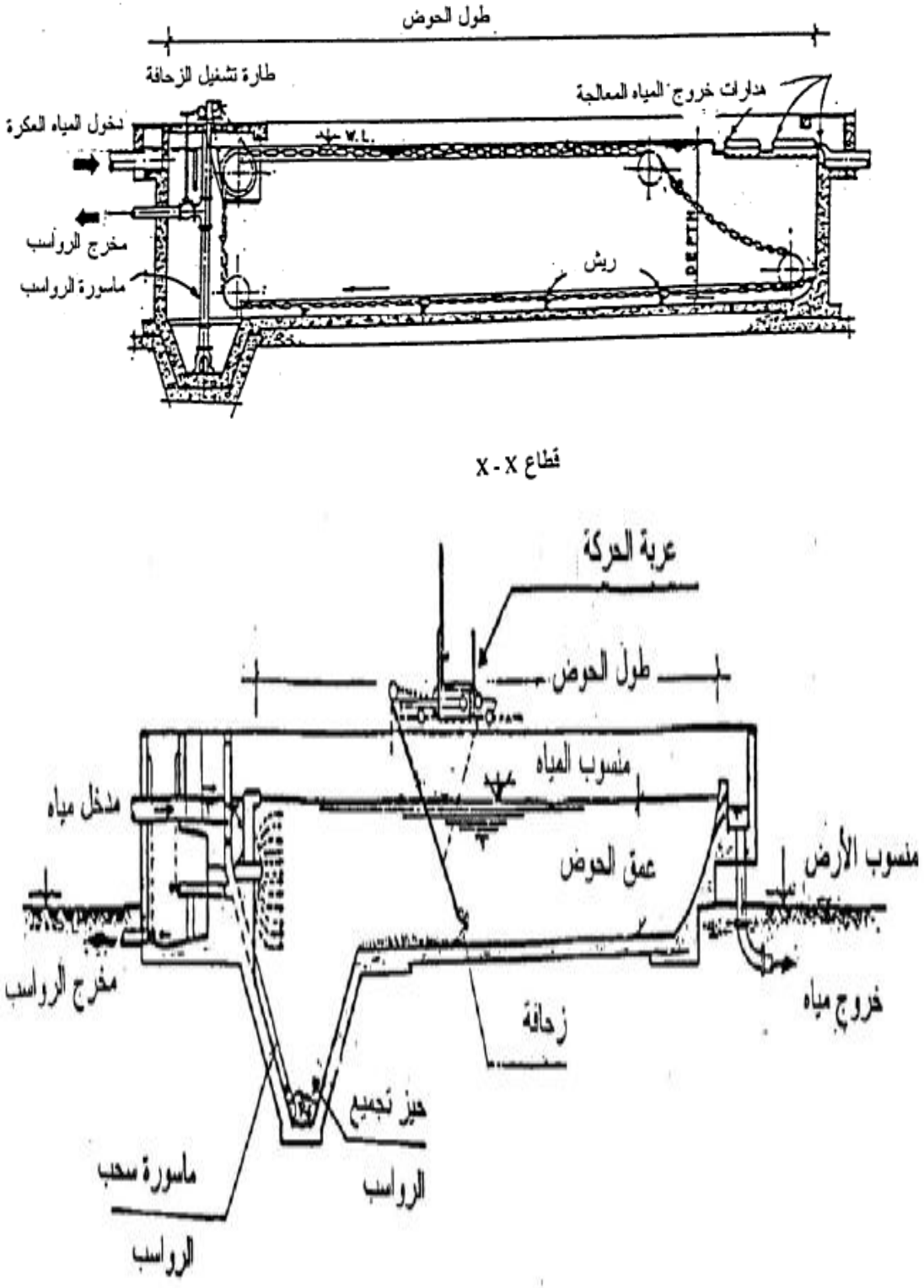
الحبيباتمعبعضهاوتقاربهابحيثأنازاحةالماءمنإحدىالحبيباتيؤثرفيالسرعةالنسبيةللحبيباتالمجاورة .

ومنخواصهذاالنوعمنالترسيبوجودقوىبينالحبيباتتؤثرعلىخواصترسيبالحبيباتالمجاورة

وأنالحبيباتتهبطبنفسسرعةالترسيب،كماأنالترسيبيحدثلمجموعةأوكتلةمنالحبيباتيمكنهاالترسيبكوحدة،وتظ لالحبيباتفيمناطقثابتةبالنسبةلبعضهاالبعض.



مناطق الترسيب المثالية فى الحوض



شكل رقم (2-١١)نماذجلأحواضالترسيبالمستطيلة

٢ – ٣ – ١ تبسيطنظريةالترسيب

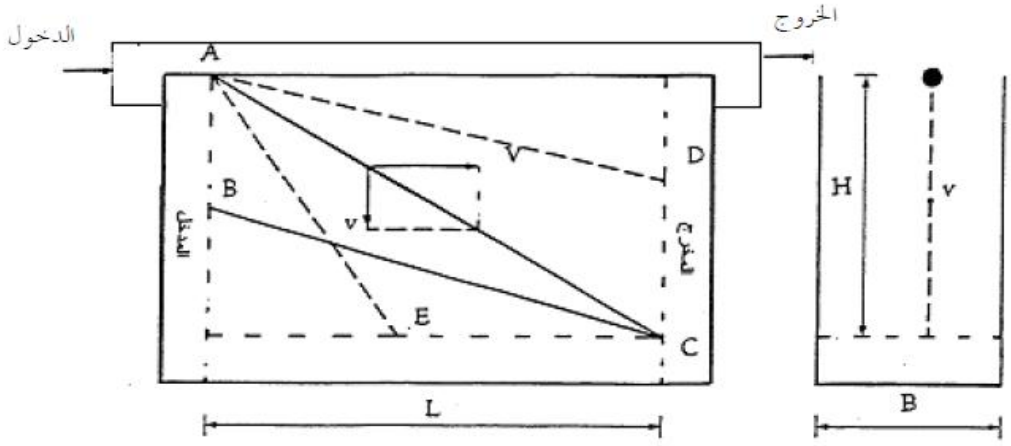
لفهمنظريةالترسيبيلزمالتعرفعلىطريقةهبوطالحبيبةالمنفردة.

والحبيبةالمنفردةهيالتيلاتتغيرفيالحجمولافيالشكلولافيالوزن،ولاتتحدمعحبيبةأخرىأثناءعمليةالهبوطفيالماء .فإذاتركناحبيبةمنالرمالمثلا،تهبطفيحوضبهماء،نجدهاأنهاتهبطتحتتأثيروزنهاإلىأسفلومقاومةالماءإلىأعلى.وحيثأنقانونيوتنيوضحأنهإذاتوازنتقوىمؤثرةعلىحبيبةعالقةفيالماء،فلاتوجدعندئذعجلةتسارع، وإنماسرعةهبوطثابتةمنتظمةتسمى" سرعةهبوطالحبيبة."

ويعتمدتصميمأحواضالترسيبعلىأنالحبيبةالداخلة،والتيلهاسرعةأفقيةهيسرعةدخولالماء،وسرعةرأسيةهيسرعةالهبوط؛يجبأنتهبطإلىالقاعقبلأنتبدأالمياهفيالخروجمنالحوضمنالجهةالأخرى .

وعلىهذاالأساستتحددأبعادالحوض(الطولوالعرضوالعمق).

ومنالناحيةالنظريةالبحتةيمكنتوضيحعمليةالترسيبكماهوموضحفيالشكلرقم (2– ١٢)كمدخللتفهمأسسالتصميم،وذلكعلىأساسأنالموادالعالقةمتجانسةالتوزيعفيالماء،وأنسرعةالمياهبمافيها منموادعالقةفيالاتجاهالأفقي"V" وأن تصرف المياه "Q" وأن عرض الحوض"B"وعمقه "H".



V	سرعة الأجسام العالقة فى الاتجاه الأفقى
v	سرعة الأجسام العالقة فى الاتجاه الرأسى
H	عمق الحوض
B	عرض الحوض
A	المساحة السطحية لحوض الترسيب
AD	مسار المواد التى لا ترسب وتخرج من الحوض
BC	مسار المواد التى لا يرسب منها إلا ما كانت نقطة دخوله بالقرب من القاع
AE	مسار الأجسام ذات الكثافة والحجم الأكبر والتى ترسب بسرعة

شكل رقم (2– ١٢)رسمتوضيحيلنظريةالترسيب

أيأنمساحةمقطعالحوضالعموديعلىمسارالمياه (B x H)

وسرعةالمياهالأفقية = التصرف / مساحة المقطع.

وتكونهيأيضاالسرعةالأفقيةللموادالعالقةبمختلفأحجامها.أما سرعة المواد العالقة في الأتجاه الرأسي "V" فتكون مختلفة حسب حجم الجزيئات وكثافتها. ومن الشكل نستنتج أن:

$$V/v=(L/H)$$

وتكون $v=V \times H/L$

و حيث أن $V=Q/(B \times H)$

تكون $v=Q/(\ \times H)\ H/L=Q/(B \times L)$

أي أن $v=Q/A$

$$\text{سرعة الهبوط الرأسية للحبيبات المتساقطة} = \frac{\text{التصرف}}{\text{المساحة السطحية لحوض الترسيب}}$$

ويتضحمنذلكأنالموادالعالقةالتيلهاسرعةهبوطرأسية (v) مساويةللسرعةالأفقية (V) أوأكثر ،يتمترسيبهافيالحوض،وعلىالعكسلاتترسبالموادالعالقةإذاكانتسرعتهاالرأسيةأقلمن (V).ومنذلكنرىأن المساحةالسطحيةلحوضالترسيب (A=B x L) لهاتأثيرمباشر علىكفاءة الترسيب، فكلمازادتالمساحةالسطحيةقلتالسرعةالأفقية (V) وزادتكفاءةالترسيبالحوضوبالتاليفإنمعدلالتحميل السطحيلحوضالترسيبيُتخذكأساسمنأسسالتصميملهذهالأحواض،وهويعادلالتصرفالواردلحوضالترسيبم قسومًاعلىالمساحةالسطحيةله،وتكونوحدته (متر^3/متر^2/يوم). ومنالشكلرقم(2- ١٢) يتبينأنالمسار ADهومسارالموادالتي لها سرعة رأسية أقل من (V) وهذهلاترسبفيالحوضبلتخرجمنه،ولايرسبمنهاإلاعندما يدخلقربقاعالحوضوالذييمثلهالمسار BC أماالمسار AE فيبينمسارالموادالتيلهاكثافةوحجمأكبروترسببسرعةلأنسرعتهاالرأسيةتكونأكبرمن (V).

٢- ٣- ٢ أحواضالترسيبالطبيعي

والترسيبالطبيعي(Natural Sedimentation)هوأقدموأبسط، طرقترسيبالموادالعالقةبالماء،ويتمبأنيتركالماءساكنًاأومتحركًابابطءشديدخلالأحواضصناعيةأوطبيعية (بحيرات)إلىأنترسبالموادالعالقةأومعظمها .ويتمسحبالمياهالرائقةمنالسطحالعلويللحوض.

والترسيبالطبيعيلايشملإضافةموادكيماويةمجلطة(مجمعة). وكمية الرواسبالتييمكنالتخلصمنهابواسطةهذاالنوعمنالترسيبتتراوحبين ٦٠ % إلى ٧٠ % منالموادالعالقة،بالإضافةإلىنسبةمماثلةلإزالةالبكتيريانظرًالأنالبكتيريالهاخاصيةالألتصاقعلىالحبيباتالمترسبة .وفيأحسنالأحوالقدتصلهذهالنسبةإلى ٨٠ %.

ويتوقفحجمحوضالترسيبالطبيعيعلى:

- كميةالمياهالمطلوبترويقها.
- حجمالموادالعالقةودرجةقابليتهاللرسوب.
- درجةالنقاوةالمطلوبة.

فإذاكانتالموادالعالقةكبيرةيكتفيببضعساعاتلفترةالترسيب(Detention Period) بينمافيحالةالحاجةللحصولعلىكفاءةكبيرةوإذاكانتالجزيئاتالعالقةصغيرة،فإنوقتالترسيبقديمتدإلىعدةأيام.إلاأنهذاالنظاملميعدمجديًامعالتزايدالمستمرفيكمياتالمياهالمطلوبةنتيجةالتزايدالكبيرفيالتعدادالسكانيوالتقدملإجتماعيوالإقتصاديوالصناعي.

٢- ٣- ٣أنواعأحواضالترسيب

تختلفأنواعوأشكالأحواضالترسيب(Sedimentation Basins) بإختلافالتصميمات، فمنهاالأحواضالمستطيلةوالأحواضالدائرية(المستديرة).

الأحواضالمستطيلة

يكونسريانالماءفيالأحواضالمستطيلةفياتجاهواحدموازلطولالحوض،ويسمىذلك بالتصريفيخطوطمستقيمة،كماهوموضحبالشكلرقم(2- ١٣)

الأحواض الدائرية(المستديرة)

يكونسريانالماءفيالأحواضالدائرية(المستديرة)فياتجاهالقطر،ويسمىذلكبالتصريف القطري ويوضحالشكلان (2- ١٤) و(2- ١٥) حوضترسيبدائريذاتصرفقطري.

وفيكلاالنوعينيلزمالحفاظعلىانتظامسرعةالمياهوتوزيعالتصريفقدرالإمكان،لمنعتكونالدوامات والتياراتالعصاريةبهاوالتيتعوقترسيبالموادالعالقة.

وينقسمحوضالترسيبعادةإلىعدةمناطقأساسيههي:

أ. **منطقةدخولالمياه:**

وهيمنطقةدخولالماءالواردمنحوضالتنديف،ومنهاينتشرفيأرجاءحوضالترسيب.

ب. منطقةالترسيب:

وهيأكبرمناطقالحوضعمقاوفيهايتمترسيبالعوالقبمكوثهامدةكافيةمنالزمن .

ولكونالمياهتسيربسرعةأكبرنسبياإلىهذهالمنطقة،فيلزمعملالإحتياطاتلتفاديالتياراتالإعصارية.

ج. منطقةتجميعالرواسب(الروبة):

وهيتقععادةفيقاعالحوض،وتعتبرمكانااللتجميعالمؤقتللأجساماالمترسبة .

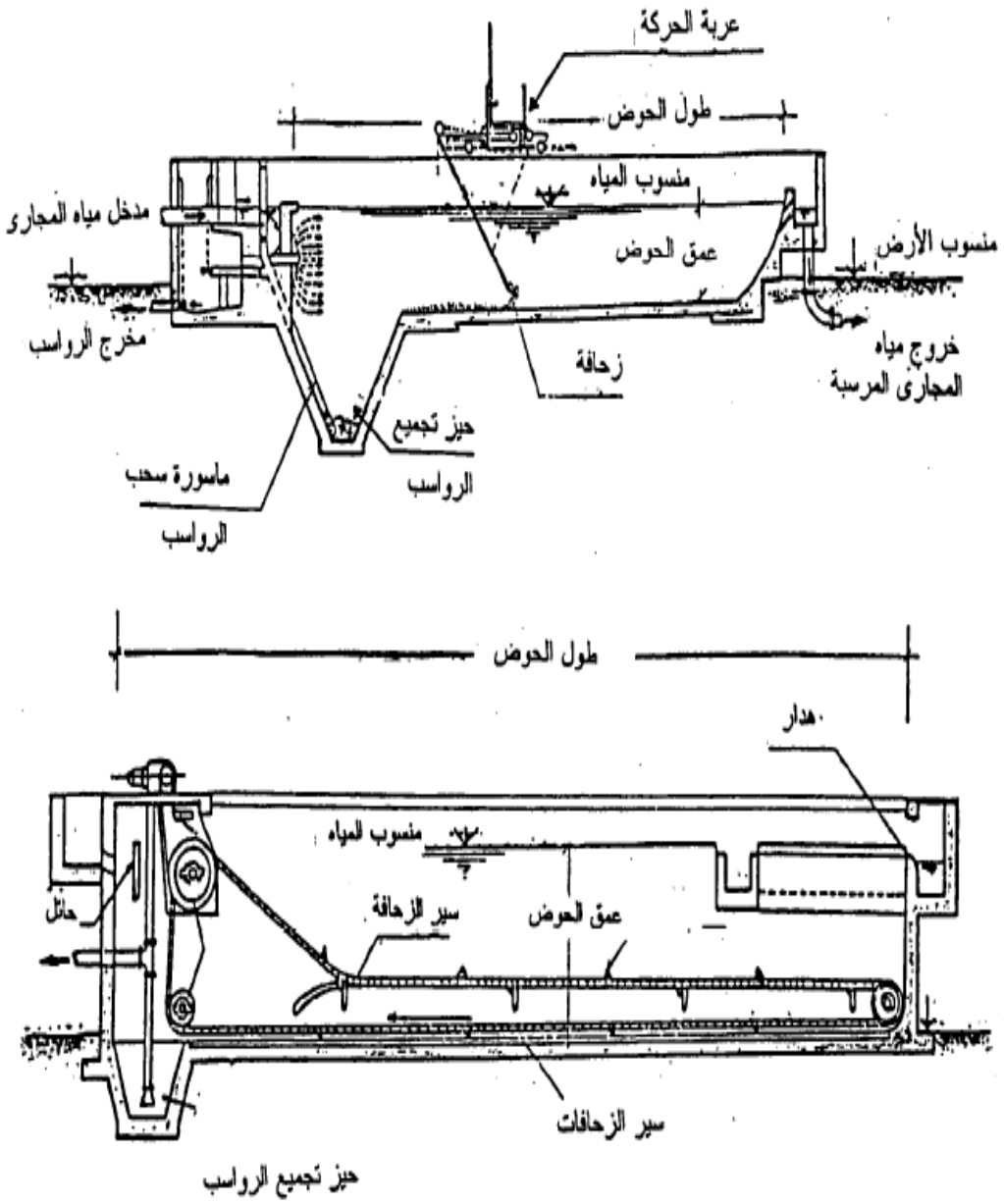
ويراعىفيتصميمدخلالماءألايتسببفيتياراتدواميةقربمنطقةتجميعالروبة، تؤديإلىتهيجالجسيماتالمترسبةفتصعدللماءالرائقمرةثانية.

د. منطقةخروجالماء:

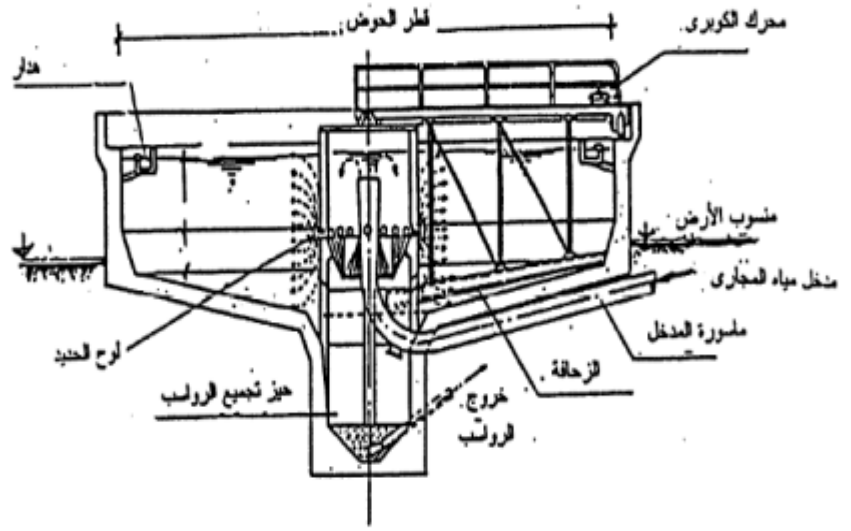
وهيمنطقةخروجالماءمنحوضالترسيبإلىمجرىخروجالماءالرائق .

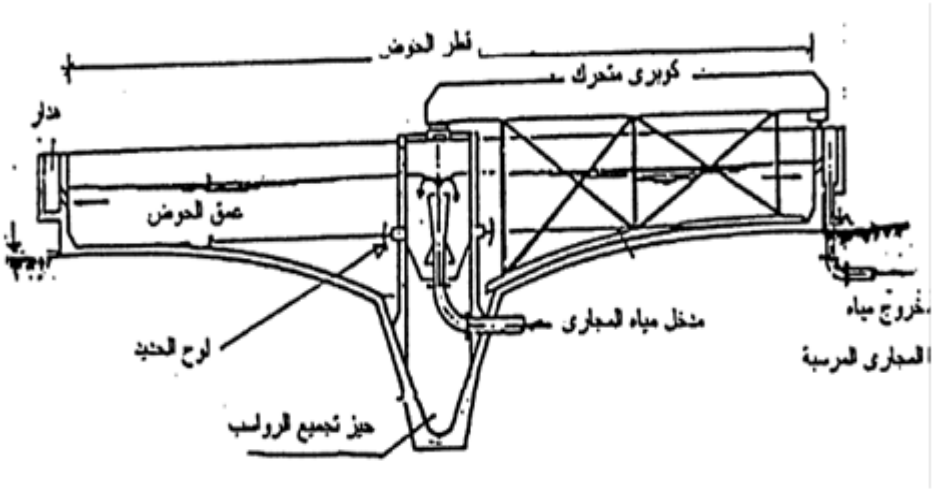
واذاكانانتقالالماءسلساًفيهذهالمنطقةفإنذلكيساعدعلىالتحكمفيمنسوبالماءبالحوض .

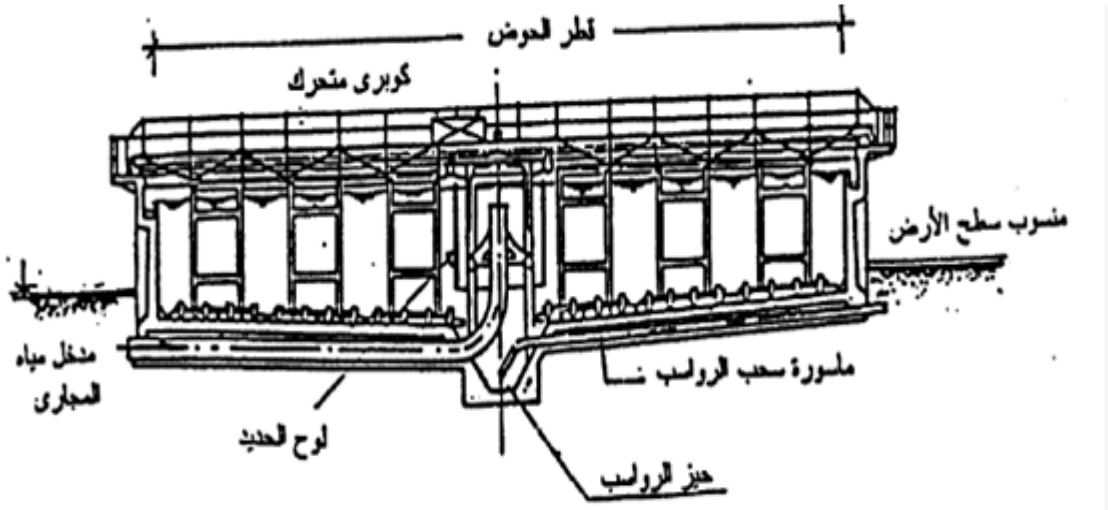
وقدتستخدمحواجزبهافتحاتعلىشكلحرف V(هدارات)لتوفرالخروجالهادئللمياهالرائقةبحيثلا تحملمعهاندفاتنتقلإلىالمرشحات.



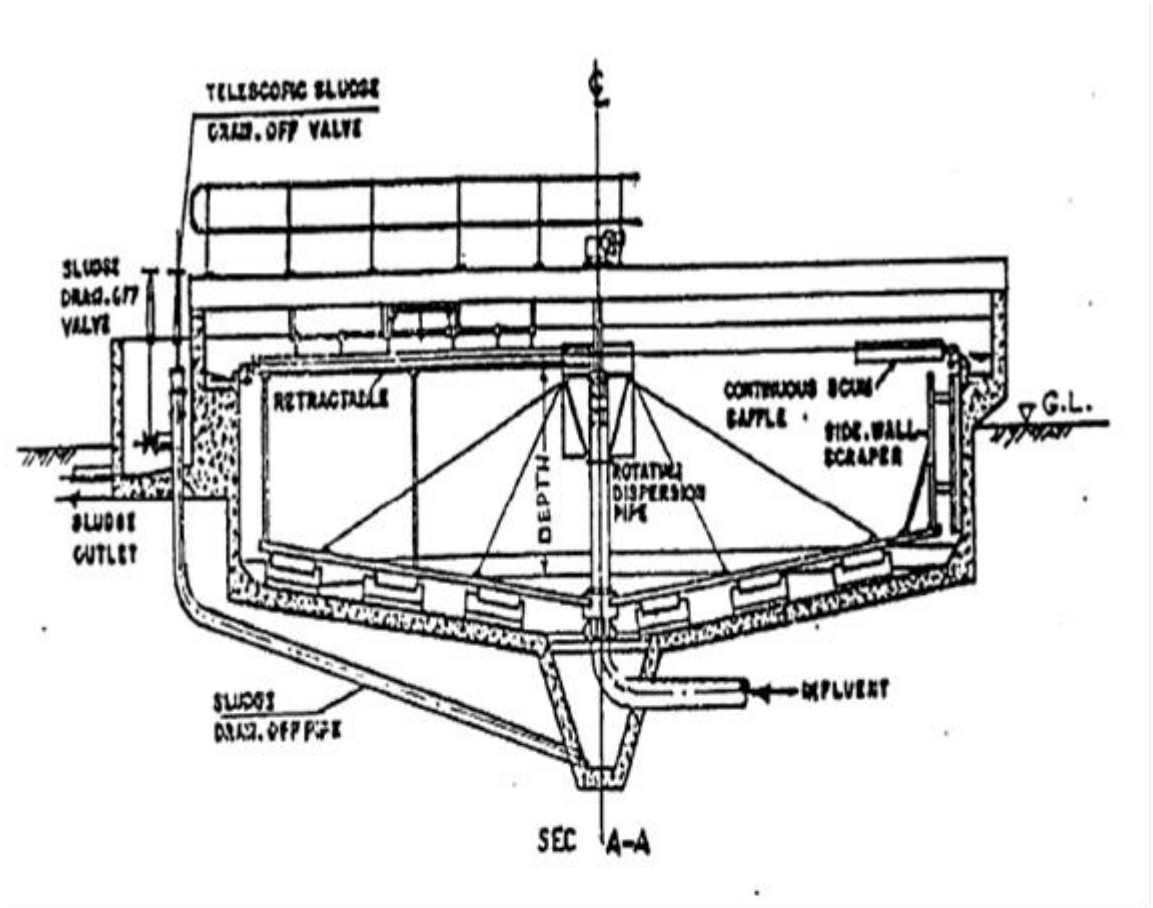
شكلرقم (2 – ١٣) حوضالترسيبالمستطيل

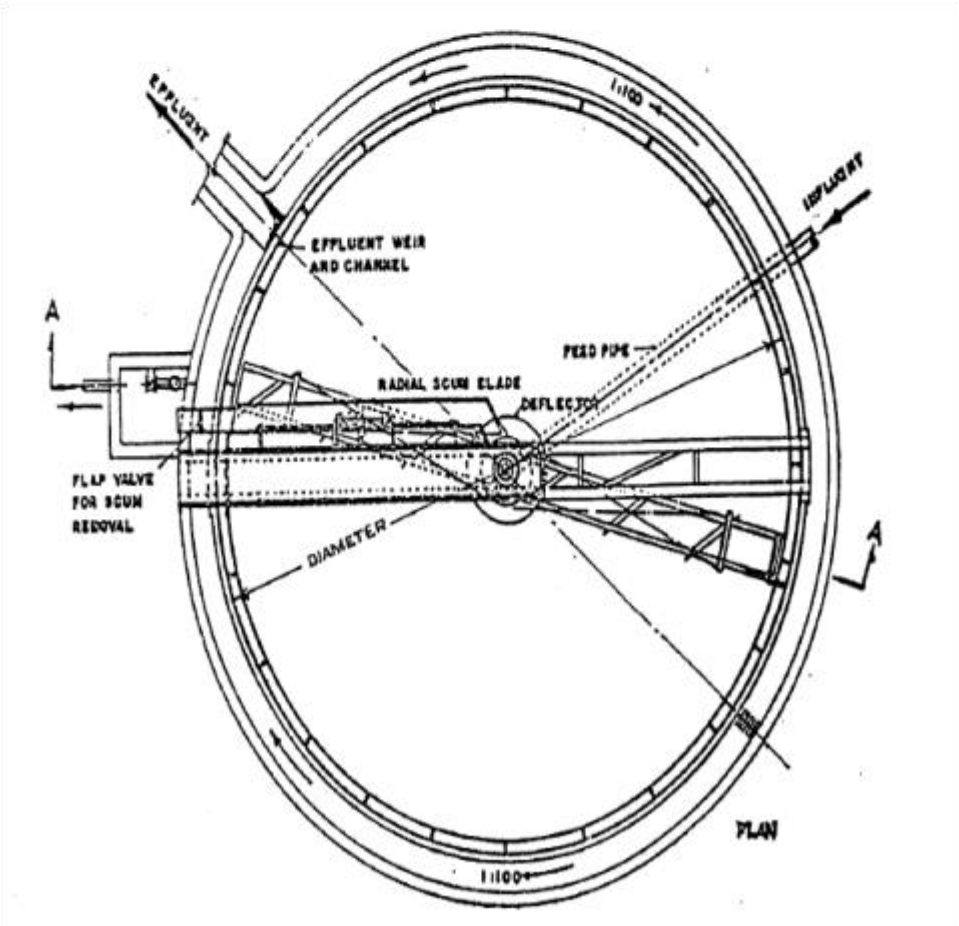






شكل رقم (2- ١٤) تفاصيلحوضالترسيبالدائري، نموذج (1) (2) (3)





شكل رقم (2–١٥) تفاصيلحوضالترسيبالدائري، نموذج 4

٢ – ٣ – ٤ العوامل المؤثرة في عملية الترسيب

١. حجم الحبيبات وطريقة توزيعها :فكلما زاد حجمها ووزنها ،زادت كفاءة الترسيب.

٢. شكل الحبيبات :فكلما اقتربشكلها من الشكل الكروي كلما كانت ترسيبها أسرع وأكفأ

٣. كثافة الحبيبات :

فكلما زادت كثافتها زادت كتلتها بالنسبة لحجمها وزادت سرعة رسوبها ،وبالتالي زادت كفاءة الترسيب.

٤. درجة حرارة الماء :

فكلما ارتفعت درجة حرارة الماء قلت كثافتها ولزوجته ،وبالتالي زادت سرعة رسوب الحبيبات وزادات كفاءة الترسيب.

٥. الشحنة الكهربائية للجسيمات :

والتي تكون دائما سالبة الشحنة وعند معالجة المياه بالشبه الموجبة الشحنة يحدث تجاذب بين الجسيمات السالبة والموجبة مما يساعد على ترسيبها وزيادة كفاءة الترسيب.

٦. سرعة سريان الماء في الحوض :

فكلما قلت سرعة الماء زادت كفاءة الترسيب ويفضل ألا تتجاوز السرعة الأفقية في الحوض (٣٠سم /دقيقة)

٧. مدة بقاء الماء في الحوض (مدة المكث) فكلما زادت المدة زادت كفاءة الترسيب . ومن النواحي الاقتصادية والعملية يفضل ألا تكون مدة المكث في حدود 2 – 4 ساعات حيث أن زيادة المدة أكثر من اللازم لا يزيد من كفاءة الترسيب إلا بنسبة بسيطة.

ومدة المكث = حجم حوض الترسيب مقسوما على معدل التصرف خلال الحوض.

٨. النسبة بين طول وعرض حوض الترسيب في الأحواض المستطيلة وذلك للتقليل من فرص تكون مناطق راكدة أو ميتة (Dead Zones) عند زيادة عرض الحوض.

٢ – ٣ – ٥ استخراج الرواسب (الروبة) من أحواض الترسيب

تتكون الرواسب (الروبة) من بقايا المادة المروبه مثل الشبه (في حالة استخدام المواد الكيميائية للترويب) مع الرواسب المتجمعة ويكون تركيز المادة المجلطه (المروبه) في الروبة ٢ – ١٠ % وفي أحواض الترسيب ذات التدفق الأفقي يتم ترسيب ٥٠ % من الندف في الثلث الأول لمنطول الحوض ،ويجب مراعاة ذلك في تصميم نظام استخراج الرواسب من الحوض.

كما يجب استخراج الرواسب من الحوض دوريًا (علي فترات زمنية) للأسباب الآتية:

١. منع تداخلها مع المياه المروبة وإعادة تعكيرها.

٢. منع تكاثر البكتيريا التي تسبب طعمًا ورائحة غير مقبولين للماء.

٣. تفادي شغل حيز كبير من الحوض، يخفض من كفاءة تشغيله، مع انخفاض نوعية المياه المنتجة لانخفاض مدة المكث.

ويتم استخراج الروبة من الأحواض إما يدويًا أو ميكانيكيا عن طريق:

١. الكاسحات الميكانيكية للأحواض المستديرة والمعلقة في الكباري المتحركة فوق الحوض.

٢. العربات المتحركة الأفقية والكباري الكاسحة للأحواض المستطيلة.

٣. حيز تركيز الرواسب كما سيرد ذكره عند الحوض نابض (Pulsator)

٢- ٤ عمليات تنقية المياه، الترويب والتنديف Coagulation and Floculation

الترويب والتنديف من العمليات الهامة في وحدات تنقية المياه و معالجة الفضلات السائلة، والتي تستخدم للتخلص من المواد الغريانية التي تأتي باللون والعكارة. وعادة تسبب العكارة إلى وجود كميات قليلة من الطين الغروي العالق وبعض المعادن والمواد العضوية أما اللون فيأتي من هيدروكسيد المعادن الغروية، وعادة ينسب إلى مركبات عضوية معقدة تسمى (Fulvic acids).

وفي المحاليل المخففة نسبيا فإن بعض الحبيبات لا تتصرف كجسيمات منفصلة أو منفردة، غير أنها تصادم مع بعضها، وقد تحدث أثناء ترسبها وبذا تزيد سرعتها.

وعملية التجلط تعتمد على فرصة ألتقاء الحبيبات، والدفق السطحي، وعمق الحوض، وميلا لسرعة في النظام، ودرجة تركيز الجسيمات، ومقاس الحبيبات وخواص السائل (درجة حرارة، الرقم الهيدروجيني والأيونات الحرة) نوع وطبيعة وخواص المروبات، وزمن وسرعة الترويب.

ولزيادة فعالية عملية التجلط تضاف إلى الماء الخام كميات بسيطة من مواد كيميائية مروبة مثل كبريتات الألمونيوم وكلور يد الحديد.

وبعدها يبدأ التجلط وتزداد كفاءة الترسيب، وعملية الترويب والتجلط فعالة لإزالة الحبيبات صغيرة الحجم والمواد المسببة للعكارة والبكتريا.

وتنقسم المرويات (Coagulants)إلىعضويةوغيرعضويةأوإلىطبيعيةوصناعية

ومنأهمأمثلةالمرويات:

أ. مرويباتالألمونيوم مثل:كبريتاتالألمونيوم $Al_2(SO_4)_3.18H_2O$ وشبالنشادر وشب البوتاسيوم وألومناتالصوديوم $NaAlO_2$

ب. مرويباتالحديدوتضمكبريتاتالحديدالمكلوروكلوريدالحديد(III) $FeCl_3.6H_2O$، وكبريتاتالحديد$FeSO_4.7H_2O$(II)وكبريتاتالحديد (III) $Fe_2(SO_4)_3.7H_2O$

$$Fe2(SO4)3 + FeCl3 \longrightarrow FeSO4.7H2O + Cl2$$

ج. مساعداتالمرويباتمثلالسيلكاالنشطة،والموادذاتالأصلالمعدني(مثالطينالبنتونيت،ومسحوقالسيلكا،والحجرالجيري،والكربونالنشط)والموادالمؤكسدة مثل:الكلور،وبرمنجناتالبوتاسيوم،والأوزون والمواد متحدة الإلكتروليت.

والحبيباتالتيتزالبواسطةالمرويباتيمكنتقسيمهاإلىقسمينرئيسيينهمموادمحبة للماء (Hydrophilic)وموادكارهةللماء(Hydrophobic). أما المواد الشغوفةبالماءفتتفاعللحظيًامعالماءلتكونعالقيمكنإزالةالماءمنهوإضافةالماءلهبسهولة،ومنهذهالمر كباتالنشاالمذاب،والصمغ،والصابون،والمنظفاتالمصنعةوالدم(Blood serum) والبروتين .وهذه، الموادتصعبإزالتهابطرقالمعالجةالتقليدية.

أماالموادالكارهةللماءفلاتتشتتمرةأخربلحظيًاعندإزالةالماءمنها . ولاتوجدقوىكبيرتربطالجسيماتمعالماء.ويعتمدالأتزانعلىالتنافرومثاللهذهالموادمعظمالموادغيرالعضويةوال عضويةفيالماءالطبيعيالعكر،وغروياتأكاسيدالفلزات.

أماالعوالقالغروانيةفهيمنأكثرالمكوناتللعوالقالمتزنةفيالماءوعليهفخواصالجسيماتالغروانيةأكثرتعقيدًافيأشكا لهامنالجسيماتالكرويةالشكل .وتؤثرهذهالخاصيةكثيراعلىخواصها ومنالأشكالالتييمكنأنتتواجد : أشكالالكرةوالأهلة(علىشكلهلال)والقضيب،والشعيرة.

والخصائصالعامةللموادالمتعلقة(الغريانية):

- لاتزالبعمليةالترشيحالعادية

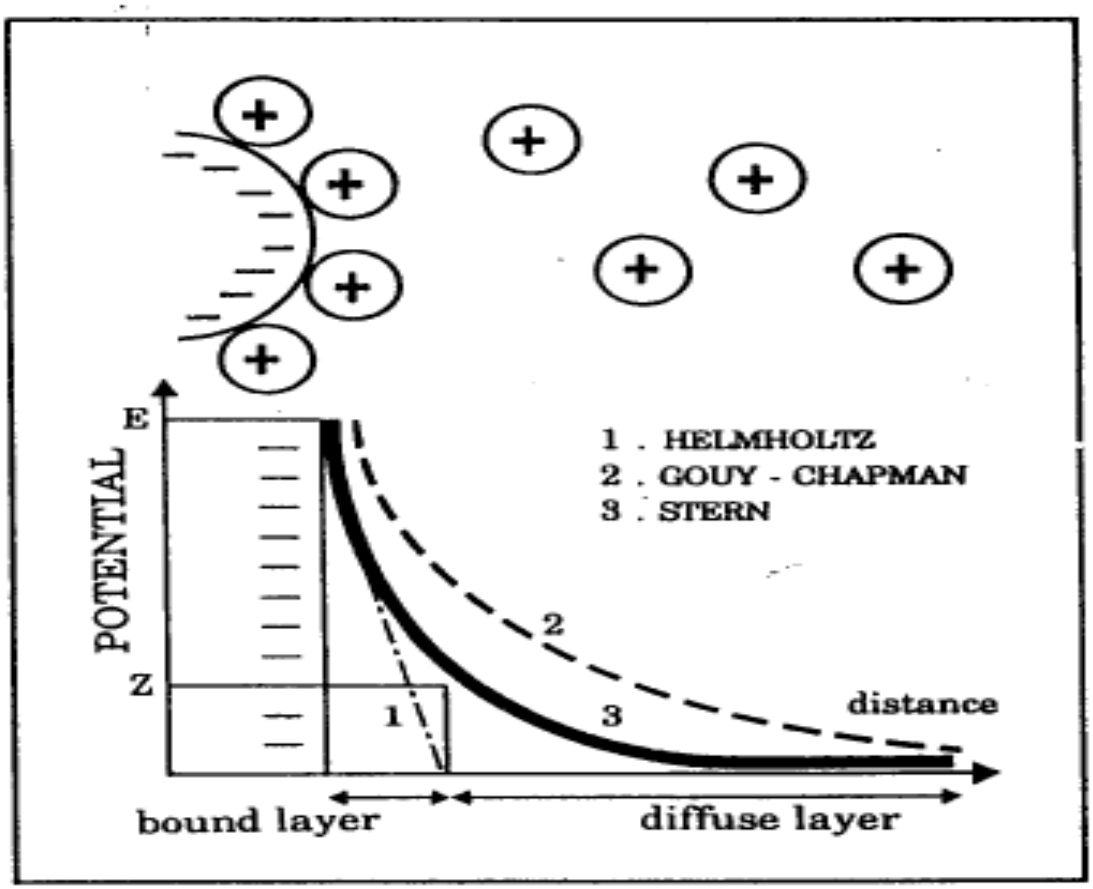
- يعوقحجمهاالصغير (١نانومترإلى١ميكرومتر)منمشاهدتهاوكشفهابالمجهر (الميكروسكوب)العادي .
- تمنعالتصادماتالمتعددةبينالحبيبات حركة براون (Brownian) ترسبهاتحتقوىالجاذبيةالأرضية.
- للموادالغراويةقابليةللتجلطوالترسيب.
- تقومالجسيماتالغريانيةبتشتتالضوء(ظاهرةتندالTyndall effect)
- نسبةالمساحةالسطحيةللغريانياتإلىالنسبةالحجمكبيرةممايجعلالقوىالكيميائيةالسطحيةأكثرأهمية.
- نظامالغريانياتنظاممستقر.

ومنأهمالمؤثراتالسطحيةبالنسبةللجسيماتالغريانيةالإمتزازأوقابليةالمادةللتجمععلى السطح(والخواصالكهروحركية (Electro kineticأوقابليةسطحالجسيمالملامسللماءلتملكشحنكهربائية.

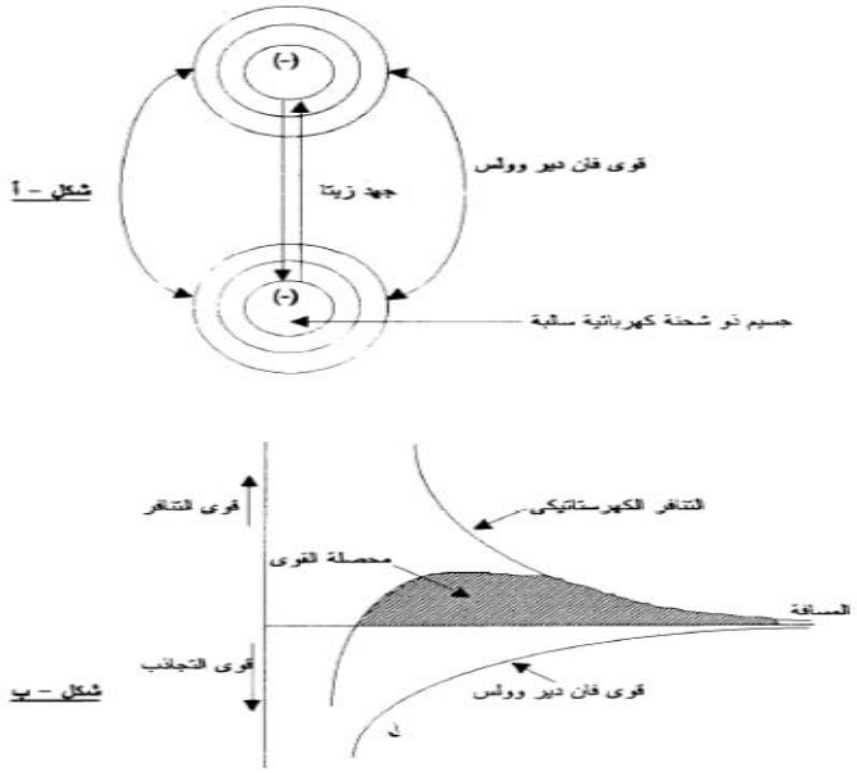
أماالقوىالتيتربطالحبيباتالمتجمعةمعبعضهاالبعضفهيإماقوىكولومColumbic forces أوقوىلندن، فانديرووالforces London–Van der Waal's، وتظهرقوىكولوممنالشحناتالموجبةأوالسالبةالكليةالموجودةعلىالحبيباتالأولية.

ويمكنأنتكونقوىكولومجاذبةأوطاردةويتناقصمقدارقوىكولومبمربعالمسافةبينالجسيمات . أماقوىفانديرووالفتظهرمنأداءإلكتروناتالنواةوتكونقوىفانديرووالدائماقوىتجاذبتؤثرعلىمسافاتصغيرة جداوتنشأقوىفانديرووالمننقلالشحناتالإلكترونيةداخلالجسيماتالمحايدة .وهذاالفعليركزالشحنات الموجبةعلىجهةمنالحبيبة،ويركزالشحناتالسالبةفيالجهةالأخرىمنالحبيبةوتسمىهذهالظاهرة بالإستقطابPolarizationويقومالاستقطابببإنتاجقوىتجذببينالحبيباتوتتناقصقوىالجذبهذهمعمكعبالمسافة بينالحبيبات .وعليهفإنقوىفانديرووالتؤثرلمسافةصغيرةجدابينالجسيمات.

يبينالشكلين (2–١٦) و(2–١٧)القوىالعاملةبينالجسيماتالغروانية.



شكل رقم (2-١٦) نظريةالطبقةالمزدوجةالجسيماتTheory of double layer



شكل رقم (٢-١٧) القوىالمؤثرةبينذراتالشحناتالكهربائية

ولكيتمتجلطالحبيباتتعملبعضالوسائلعلىحملالحبيباتلتلامسبعضهاالبعض،ومنهذهالوسائلحركة براون.

أماحركةبراونالعشوائيةفهيثابتةولايمكنالتحكمفيها،غيرأنهالاتؤثركثيرًاعلى

الترسيبلأنالمسافاتالمتوسطةالحادثةتتساوىفيجميعالجهات .

أماالتجلطوالترسيبالتفاضليفيحدثفقطأثناءعمليةالترسيب .

وإذاكانتالحبيباتالعالقةأحاديةالتشتت،فتترسبكلحبيبةبنفسسرعةالترسيب، ولايتم ترسيبحبيبةأسرعمنالأخرياتوعليهفلاتوجدفرصتلامسمماينتج عنه تجلطكثيرا.

أماإذاكانالنظاممتعددالتشتت،فتترسبالحبيباتالكبيرةبسرعاتترسيبأكبرمنسرعةترسيبالحبيباتالصغيرة،وعليه فهنالكفرصًا أكبرللتصادمبينالحبيبات .والقوىالتيتمنعتجلطالجسيماتيتعلقبوجودالشحنةعلىسطحها. ولأنالحبيباتتحملشحناتكهربائيةمتماثلةفإنهاتنفرمنبعضهاالبعض.ويقللهذاالتنافرمنفرصالتجمع.غيرأنإضافةموادغروانيةأخرىتحملشحناتمضادةللجسيماتتعملعلىمعادلةالشحنممايزيدمنفرصالتصادمبينالجسيماتو تجلطها.

٢- ٤- ١ أهميةعملياتالترويبوالتنديف

تحتويالمياهكماسبقذكرهعلىموادعلىهيئةحبيباتعالقةوموادمعلقة(Colloidal) ذاتأحجاممختلفة،ويعتمدالترسيبالطبيعيلهذهالموادعلىحجمها،فتحتاجالأحجامالصغيرةللموادالعالقةو (Colloidal)لكيترسبمسافةمترواحد،إلىالأزمنةالتالية:

- حبيباتبقطر ١ممتحتاجإلى٦ثواني.
- حبيباتبقطر ٠,١ممتحتاجإلى٣دقائق.
- حبيباتبقطر ٠,٠١ممتحتاجإلى٣ساعات.
- حبيباتبقطر ٠,٠٠١ممتحتاجإلى٣٠٠ساعة.
- وحبيباتبقطر ٠,٠٠٠١ممتحتاجإلى١٥٠٠يوم.

وإذاعلمناأنقطرالحبيبةالدقيقةالعالقةيتراوحبين ٠,٠٠١إلى ٠,٠٠٠٠٠١ممنربأنهيستحيلالإعتمادعلىالترسيبالطبيعيفيعملياتالمياهمعالتزايدالمستمرفيعددالسكانوالزيادةالمضطردةفيمعدلاتاستهلاكالمياه.لذلكتحتاجهذهالشوائبالمعلقةالصغيرةإلىعمليةترويب(تجلط)وعمليةتنديفقبلالترسيب.ويقصدبلفظالترويبأوالتجلط (Coagulation)عمليةغروياتغيرقابلةللذوبانفيالماء أما لفظالتنديف(Flocculation)فيعنيالعمليةالتاليةللترويب،وهيتكوينالندف (Flocs) الأكبرحجمًا،والتي ترسبلثقلوزنها.

وعليهفالترويبوالتنديفعمليتانضروريتانفيمعالجةالمياه،ويرجعذلكأساسًاإلىوجودهذهالجسيماتالدقيقةالمعلقةفيالماءوالغيرقابلةللترسيبفيوقتمناسب،ولكنيمكنتحويلهاإلىأجساماكبروأثقلوزنًابواسطةإضافةمرواتأومواد مجلطةكيماوية (Coagulants) وخلطهامعالماء.وتحملالجسيماتالدقيقة(المشارإليها)شحنةكهربائيةسالبة،وبالتاليتتنافربينهاالتماثلشحناتها،وهكذاتبقىمتباعدةعنبعضها .وتوجدقوى طبيعيةأخرىتعملعلىجذبهذه الجسيماتلبعضها،ولكنهاتتعادلمعقوىالتنافر،ولذلكتبقىالجسيماتلا متنافرةولامتجاذبةأيمعلقةفيالماء. لذلكتستخدمالمرواتحيثأنهاتحملشحنةكهربائيةموجبةوبالتاليتحدثتجاذبمعالجسيماتالدقيقةالعالقةوبذلكتساعدالمرواتعلىتجميعهذهالجسيماتوترسيبهابسرعة.

٢ – ٤ – ٢ موادالترويب(المرويَّات)Coagulant

تستعملموادكيميائيةعديدة (مرويات) فيعملياتترويبالمياه،منأهمها:

١. كبريتاتالألومنيومالمائية(الشبَّه).
٢. كلوريداتالحديدك.
٣. كبريتاتالحديدوز.
٤. كبريتاتالحديدوزوالجير.

كماتستعملموادأخربكمساعداتلعمليةالترويب،منأهمها

– السيليكاالمنشطة(سليكاتالصوديوم)
– موادالتثقيل(مثلطينالبانتونايت)
– البوليألكتروليتات(كاتيونيةموجبةالشحنة،أوأنيونيةسالبةالشحنةأومتعادلةالشحنة)وهومايعرفبموادالبوليمر.

وتتمعمليةالترويببإضافةمادةأوأكثر،حسبخواصالمياهومكوناتها.وتؤثردرجةقلويةالمياهتأثيرًامباشرًافيكفاءةالترويبوجرعةالمادةالمروبه.

والشبَّههيأكثرموادالترويبأستعمالاوهيتتفاعلمعالقلوية(العكارة)الموجودةفيالماءطبيعيًاوالقلويةالمضافة (إذيجبتوفيرمستوىمعينمنالقلويةلحدوثالتفاعل)مكونةجسيماتتندفيةجيلاتينيةهلاميةالقوامهيدروكسيدالألومنيوم،لهاخاصيةتجميعالموادالعالقة،وذلكعلىالنحو التالي:

Aluminium sulfate + Calcium bicarbonate ⟶ Aluminium Hydroxide +Calcium sulfate +Carbon dioxide

$(Al)_2(SO_4)_3+3Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow 2Al(OH)_3+3Ca\,SO_4+6CO_2$

ونتيجة لأنا لندف المتكونة منه يدروكسيدا لألومنيوم تحمل شحنة كهربائية موجبة، فإنها تتعادل مع جسيمات العكارة ذا تالشحنة السالبة فيمدبلا تتجاوز ثانية أو ثانيتين بعد إضافة الشبه، (وهذا هو السبب في ضرورة الخلط السريع التام للحصول على ترويب جيدا)، ويعتبر هذا التعادل بين الشحنتين الكهربائيتين علامة على بدء الترويب .

وتلتصق جسيمات العكارة بندف

هيدروكسيدا لألومنيوم وتكون جسيمات أكبر حجمًا وأثقل وزنًا ذات شحنة كهربائية متعادلة وهي ما تسمى بالندف .

ثم تتصادف الندف الدقيقة وتتماسك مكونة ندفًا أكبر قابلة للترسيب وتسمى هذه العملية بالتنديف.

وتضاف مساعدات المروبات لتحسين عملية الترويب حيث تساعد على:

- تكوين ندف أقوى وأكثر قابلية للترسيب.
- الحفاظ على سرعة الترويب.
- الإقلال من كمية المروبات (المواد الكيميائية المجلطة) المستخدمة.

وتسمى كمية الشبة المضافة للمياه الخام لتكوين أكبر وأثقل ندف بالجرعة المؤثرة (doseOptimum) ويتم تحديد هذه الجرعة عن طريق التجارب المعملية بإستخدام أختبار الكأس (Jartest)

٢ – ٤ – ٣ العوامل المؤثرة في عملية الترويب

تتأثر عملية الترويب بعوامل مختلفة (Factors Affecting Coagulation) أهمها:

١. تركيز الرقم الهيدروجيني (pH)

حيث أن لكل نوع من المواد المروبة مدى معينًا من الرقم الهيدروجيني للمياه تتم عنده عملية الترويب بأحسن كفاءة . فعلى سبيل المثال يكون المدى ٦,٢ ، ٧,٥ هو أفضل مدى بالنسبة للشبه والمدى الأكبر من ٨,٥ هو أحسنها بالنسبة لكبريتات الحديدوز .

٢. قلوية الماء حيث تتم عملية الترويب أسرع ما القلوية الأعلى.

٣. درجة الحرارة حيث تكون عملية الترويب أفضل في الدرجات الأعلى.

٤. ظروف الخلط بالمادة المروبه ويفضل أن يكون خلط المواد المروبه بسرعة وبتجانس فيكل كمية المياه الموجودة في حوض الخلط السريع.

٥. كمية العكارة حيث تساعد العكارة على تكوين نواة تتجمع حولها الندف وتؤدي إلى الإقلال من المادة المروبه. وأحيانًا يتم اللجوء إلى إضافة مواد مساعدة إذا كانت العكارة قليلة جدًا.

٦. جرعة المادة المروبه يفضل تحديد الجرعة الفعالة عن طريق التجارب المعملية بإستخدام أختبار الكأس.

٧. الزمن اللازم لإتمام التفاعلات الكيميائي والطبيعي تعادل الشحنات الكهربائية للمواد المروبه للمواد العالقة.

٢ – ٤ – ٤ العوامل المؤثرة في عملية التنديف

تتأثر عملية التنديف بالعوامل الآتية:

١. جرعة المادة المروبه إذ يتفاوت حجم الندف تبعًا لكمية المادة المروبه المستخدمة وبالتالي تتفاوت كثافتها فتزداد كثافة الندف بزيادة حجمها إلى أن تصل إلى حجم معين فتبدأ كثافتها تقل وبالتالي تتفاوت كثافتها، فتزداد كثافة الندف المروبه بزيادة حجمها إلى أن تصل إلى حجم معين فتبدأ كثافتها تقل، وبالتالي تقل سرعة ترسيبها لذلك فإنه يلزم مراعاة الدقة التامة في تقدير الجرعة الفعالة (المؤثرة) للمادة المروبه معمليًا للحصول على ندف لها أكبر كثافة وبالتالي تكون الأسرع في الترسيب.

٢. سرعة التقليب في فترة الندف فإذا زادت سرعة التقليب عن سرعة معينة فإن ذلك يؤثر على قوة التماسك ويؤدي إلى تفتت الندف وعدم تجميعها .
لذلك يجب مراعاة ألا تزيد السرعة في منطقة التنديف عن السرعة المناسبة للحفاظ على تماسك الندف.

٣. الزمن اللازم لإتمام عملية التنديف هو يتراوح بين ١٥ إلي ٣٠ دقيقة.

عملية التنديف Floculation Process

التنديف هو تكوين الندف (كما سبق الإشارة إليها) ويتم ذلك عن طريق التقليب البطيء في حوض الترويب وتكون سرعة التدفق من الحوض بطيئة بما يكفل عدم تفتت الندف وتتراوح مدة المكث في الحوض من ١٥ إلي ٣٠ دقيقة وهو الفترة اللازمة للتنديف، وتؤخذ عادة في التصميم ٣٦ دقيقة وتنتقل المياه بعد تكون الندف إلي أحواض الترويق.

ويمكنإجراءالتقليبللتنديفميكانيكيًا(بإستعمالبدالاتدوارة)أوهيدروليكيًا(أينتيجةلحركةتياراتالماء)وتشملقلاباتالتنديفالميكانيكيةعليعدةأنواعمنها:

١. القلاباتذاتالعجلاتالبدالةالأفقية/الرأسية.
٢. قلاباتالمروحة.
٣. القلاباتالتوربينية.
٤. القلاباتالمتأرجحة.

٢ – ٤ – ٥ عمليةالترويق(الترسيب)

بعدإتمامعملية(الخلطالسريع)لموادالترويبثمإتمامعمليةالتنديف(الخلطالبطيء)يتمترويقالمياهبإدخالهاإلي أحواضالترويقعنطريقماسورةتصلإليمحورالحوضفتنتشرالمياهفياتجاهقطري (الأحواض المستديرة) ثمتتركلفترةلاتتجاوزثلاثساعاتلترسيبالندفالمتكونةإليقاعالحوضيتم بعدئذتشغيلزحافة (Scraper)تدورحولمحوررأسيعليقاعالمروقبحيثتكسحالرواسبأمامهاإليمحورالحوضحيثماسورةتجميعالرواسبويتمصرفالرواسبكلفترةزمنيةبفتحصمامماسورةالرواسبالموجودفيغرفةتجميعالرواسبخارجالحوض.

٢ – ٤ – ٦ أحواضالترويق

لاتختلفأحواضالترويقفيتصميمهاعنأحواضالترسيبالطبيعي،كماأنالعواملالمؤثرةعليكفاءةالترسيب فيهالاتختلفعنتلكالمؤثرةعليأحواضالترسيبالطبيعيولكنزمنالترويقسيكونأقلجدًامنزمن الترسيب،وبالتاليتكونأحجامأحواضالترويقأصغركثيرًامنأحجامأحواضالترسيبوبالرغممناختلافأنواعوطراز اتأحواضالترويقإلاأنهاتتفقجميعهافيالأسسالرئيسيةللتصميموإناختلفتفيبعضالتفاصيل.

٢ – ٤ – ٧ أحواضالترويبوالترويق

لتقليلحجمالأحواضتمتصميمحوضيقومبعمليتيالترويبوالترويقمعًاوفيهذاالتصميمتدخلالمياهإلي الحوضعنطريقماسورةرأسيةعندالمحورالرأسيفيمنتصفالحوض.وتتمعمليةتقليبالمياهبواسطةأذرعأفقيةتدو رحولهذاالمحوروتعملبمحركككهربائيحتيتتمعمليةالترويببعدذلكتتجهالمياهإليأعليوتتخطي الحاجزالرأسيوتدخلإليأسفلالحوض،وتعملالزحافةعليكشطهامنعليأرضيةالحوضإليحيزالرواسبفيمنتصفا

لحوضثمعليماسورةخروجالرواسبومنهاإليغرفةتجميعالرواسب.

أماالمياهالمروقةفتتجهإليالمجريالمنشأعليالحوضثمإليماسورةالخروجومنهاإليالمرشحات.

ويعرضان الشكلان رقما (2-١٩) و(2-٢٠) نموذجينلأحواضالترويبوالترويقالعادية.

وقدتطورتهذهالأحواضبالتقدمالعلميالمستمروتزايدمتطلباتالمياهوأتجههذاالتطورفيأتجاهين:زيادةسرعةالترسيبوزيادةسرعةمرورالمياهفيالأحواض،وذلكلتقليلحجمالأحواضقدرالإمكان .

وسنتناولفيماييليوصفًاتفصيليًالبعضمنأحواضالترويبوالترويقالحديثةوتشمل:

١. حوضالترويبوالترويقالسريع.
٢. حوضالترويبوالترويقالنابض.
٣. حوضالترويبوالترويقالنابضالفائق.

ثماتجهتالأبحاثأخيرًاإليتعويمالندفبدلامنترسيبهابطريقةالتعويمبالهواء (Air Floatation).

٢- ٤- ٧- ١ حوضالترويبوالترويقالسريع

الغرضمنهذاالحوضهيالإسراعبعمليةالخلطوالتفاعلالكيميائيبينالمياهوالمروبات،كذلكتكوينالندفوترسيبها ،ثمخروجالمياهالرائقةإليالمرشحاتويتمإنشاءأحواضالترويبوالترويقالسريعةمنالخرسانةأوالصلبعليشكلقطا عدائريبقطرحوالي ٣٠مترًاوقاع مخروطيوأرضيةمستويةلتسهيلخروجالرواسبكماهوموضحبالشكلرقم(2-٢١)

١. تدخلالمياهإليمنطقةالخلطالإبتدائي (primary Mixing) ثمتضافالمروباتمنثلاثأماكن،وبعدئذيقومالخلاطبعمليةمزجالمروباتمعالمياهمزجًاكاملاونتيجةلذلكتكونالندفويكبرحجمهاويثقلوزنهاوترسبعليالقاع.
٢. بإستمرارترسبالندفيزدادحجمالخليطويخرجخارجمنطقةالتفاعلوعندوقتمعينيحدثالتوازن.
٣. يخرجالماءخارجنطاقالخليطالسابقوقدتمترويقهبينمايتمسحبالخليطالمتكونإليالخارجعنطريق ماسورةخاصة.
٤. تخرجالمياهالرائقةعبرهدارإليماسورةالخروجمتجهةإليالمرشحات.

ومنمميزاتأحواضالترويبوالترويقالسريعةمايلى:

١. تعطيدرجةنقاوةعاليةللمياهمعدرجةعكارةبسيطة.

٢. تتميزبسهولةمراقبةتركيزالرواسب بدرجةتجانسعاليةللمياه.

٣. توفرفيمساحةالأرض.

٢- ٤- ٧- ٢ حوضالترويبوالترويقالنابض

يعتبرهذاالنوعمنأحدثوأكفأالمروقاتالتيتعملعليتنقيةالمياه،ويمكنوصفحوضالترويبوالترويقالنابض (Pulsator) كمايلى:

هوعبارةعنخزانذيقاعمنبسطينشأمنالخرسانةأوالصلبويمكنأنيأخذالشكلالدائريأوالمربعأوالمستطيلللإستفادةالقصوىمنموقعالإنشاء.

يزودالخزانبغرفةتفريغفيمنتصفهمنالحديدأوالفيبرجلاسأوالخرسانةوتركبعليهذهالغرفةطلمبةتفريغوأخرياحتياطيةكمايوضعصمامللتحكمفيملءوتفريغالغرفة.

وتركبمواسيرمنالأسبستوسأوالفيبرجلاسعلىالأرضيةلتوزيعالمياهأسفلالحوضوتغطي هذهالمواسيربشرائحمعدنية (Baffles)مصنوعةمنموادمقاومةللصدأ .

كماتركبمواسيرعلويةمثقبةلتجميعالمياهالمرشحةوذلكعليمسافاتبينيةقدرها ١متربينمحوركلماسورةوالتيتليها ،كماهوموضحبالشكلرقم(2 - ٢٢)

٢- ٤- ٧- ٣ حوضالترويبوالترويقالنابضالفائق

تمتطويرحوضالترويبوالترويقالنابضليصبحفائقًا (super Pulsaor) وذلكبإضافةجهازحساسلضبطمنسوبالمياهفيغرفةالتفريغ (Level) sensorويقومهذاالجهازبفتحوغلقالصماممالمركبأعلىالغرفةشكلرقم(2- ٢٣) وطريقةتشغيلحوضالترويبوالترويقالنابضالفائقكمايلى:

١. تدخلالمياهمختلطةبالمروباتإليغرفةالتفريغ (Vacuum chamber)
ثميتمتشغيلطلمبةالتفريغفيرتفعالماءداخلالغرفةإليمنسوبمحدد.ويضبطمنسوبالماءعنطريقتشغيلال
صماماالمركبأعلياالغرفةالذييتمفتحهوغلقهبواسطةالجهازالحساسالمشارةإليه.عندفتحالصماميعودال
ضغطالجويإليطبيعتهفتهبطالمياهعلياالمواسيرالسفليةوالثقوبوتتخللأسفلالمرشحإليأعلي.

٢. يتدفقخليطالمياهمعالموادالمروبهمنالقاعمخترقاالطبقةالجيلاتينيةبسرعة٦
متر/ساعةويتمحجزالموادالعالقةوالغروية الموجودةبالمياهعليهذهالطبقة.وعندمايصلمنسوبالمياهإليأ
قلمستويلهولايكونهناكضاغطمائيتنغلقفتحةالهواءبواسطةالجهازالحساسوتقومطلمبةالتفريغبالعملفتش
فطالهواءمنداخلالغرفةوتدفعةإليالخارجويعودمنسوبالمياهإلىأرتفاع.وأنخفاضوأرتفاعالمياهداخلغرفة
التفريغبطريقة
أوتوماتيكيةهوالذيأديإليتسميةهذاالحوضبحوضالترويبوالترويقالنابضالفائق.وتستغرقهذهالعلمية
ودورةالنبضات من ٤٠– ٥٠ ثانية.

٣. تجمعالمياهالمروقةالخارجةمنالطبقةالهلاميةعنطريقمواسيرمثقبةمجمعةومتراصةبعرضالمروقوتنق
لالمياهإليالمرشح.

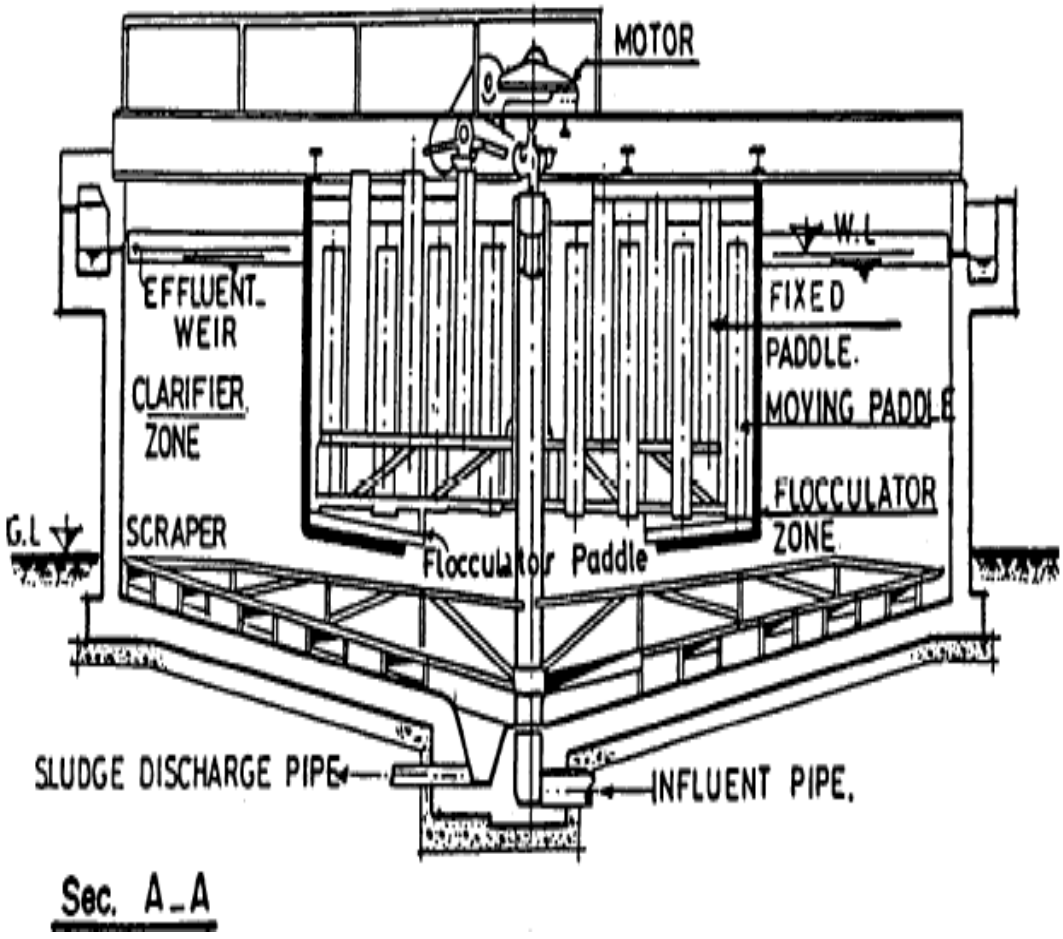
٤. يزدادسمك
(أرتفاع)الطبقةالجيلاتينيةالمتكونةفيأسفلالمروقبزيادةالموادالعالقةوالغروية التيالتصقتبهاوكذلكالموا
دالمروبهالمستخدمةمعالماءويجبالتخلصمنالزيادةفيهذهالطبقةعنطريقمجريتفيضفيهاالرواسبوتنصر
فإليالخارجليكونهناكسمكثابتللطبقةالجيلاتينيةاللازمةلعمليةالترويق.

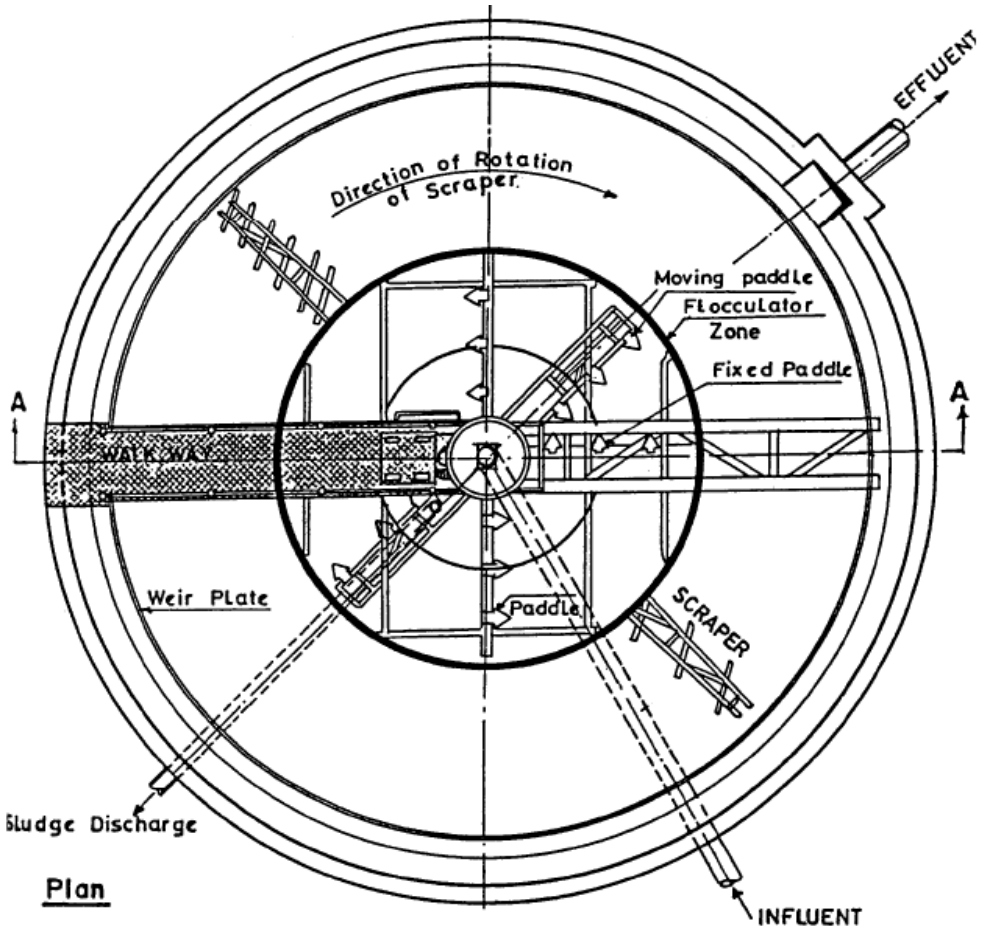
ومنمميزاتحوضالترويبوالترويقالنابضالفائقمايلى:

١. القدرةعليإزالةاللونوالعكارةمنالمياه.
٢. القدرةعليالتعاملمعأينوعمنالمياهالسطحية.
٣. الفعالةفيإنتاجمياهنظيفةتلائمالصناعاتالتيتتطلبمياها
ذاتدرجةعاليةمنالنقاوةمثلصناعةالمنسوجاتوالبتروكيماويات.
٤. المرونةالفائقةفيالتشغيل.
٥. الفاقدالبسيطفيضاغطالمياه.

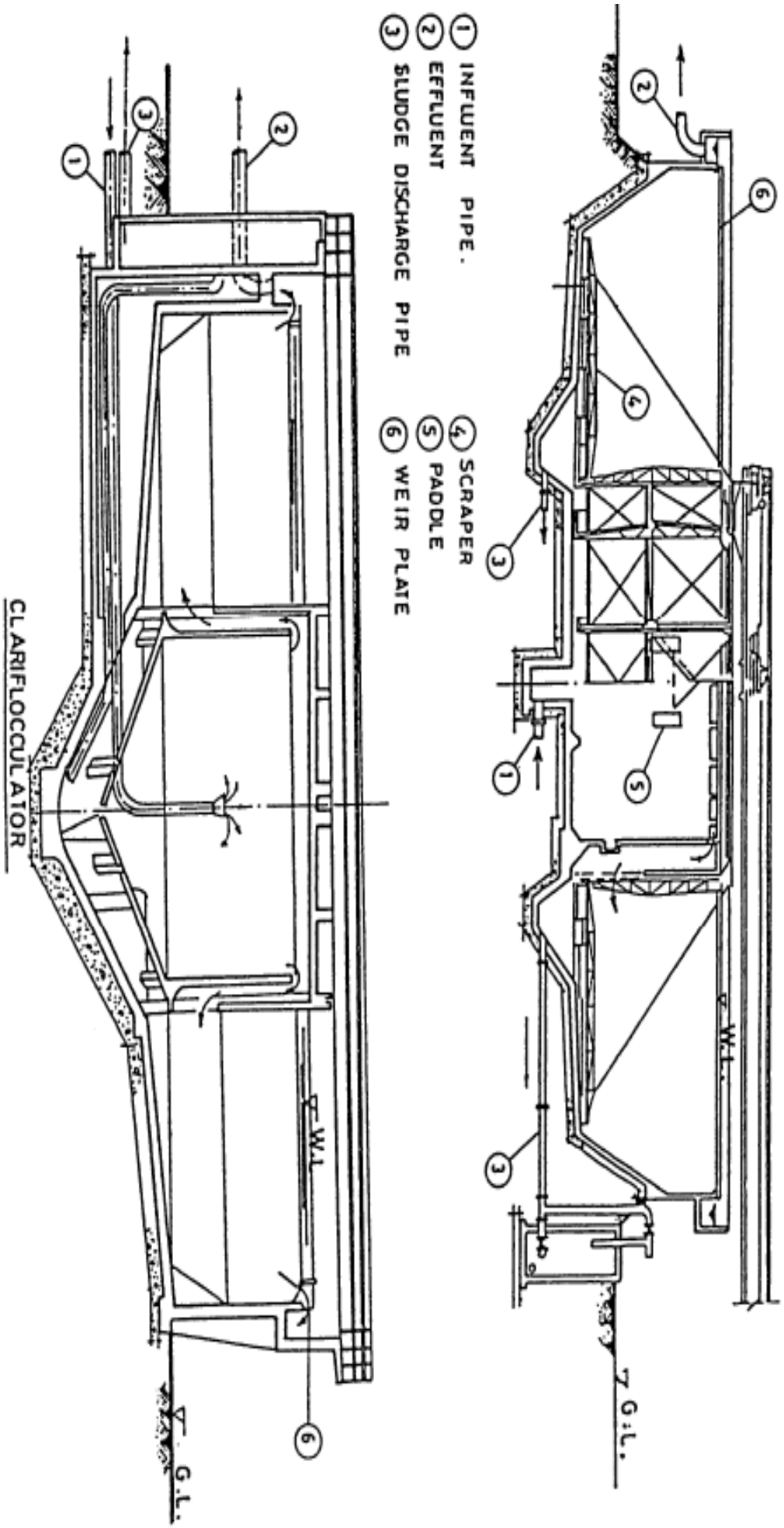
٢- ٤- ٧- ٤ ملخصأسستصميمأحواضالترويبوالترويق

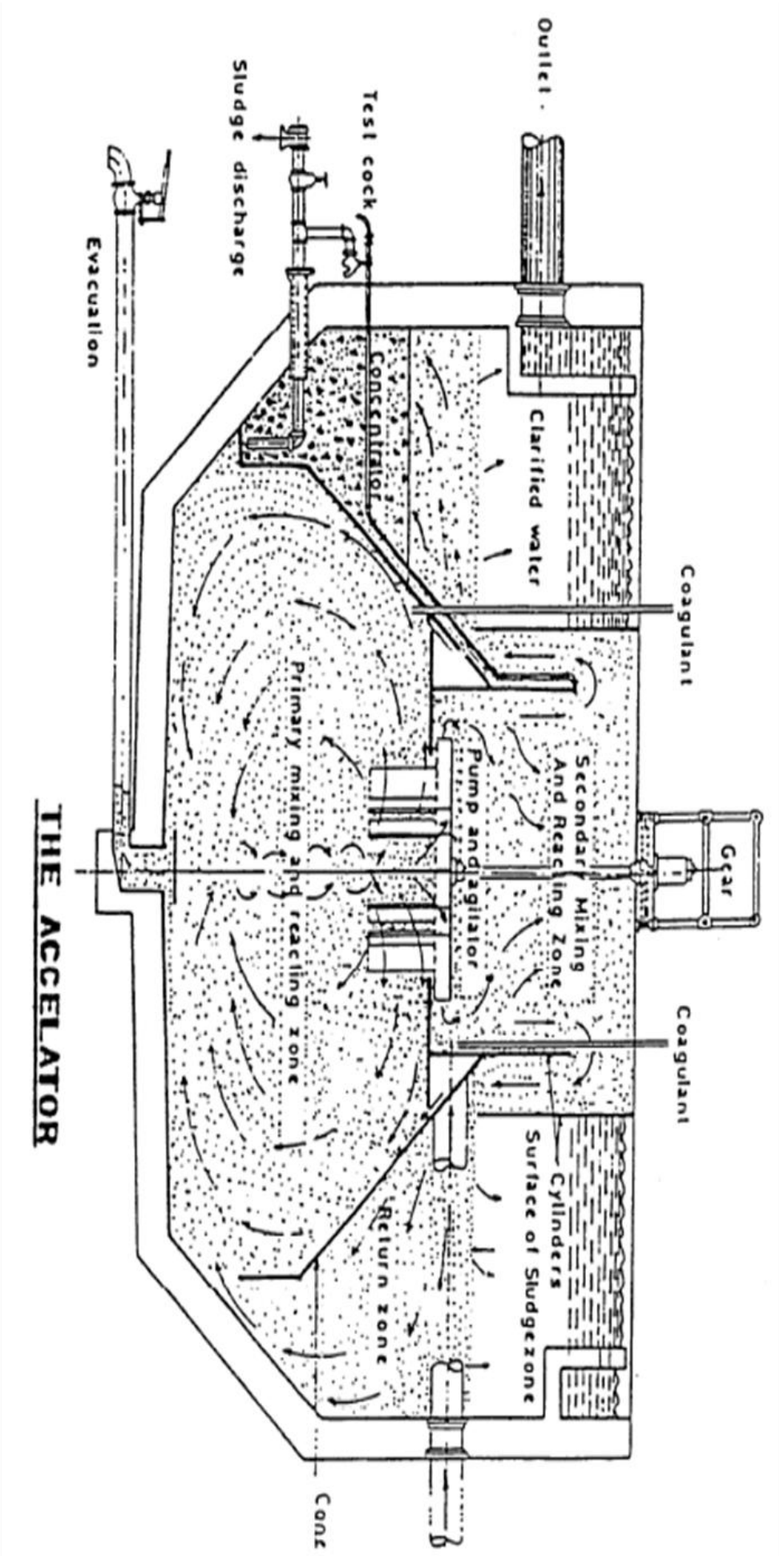
- زمن فترة الترويب من٢٠- ٤٠ دقيقة وزمن فترة الترويق من٢- ٣,٥ ساعة (اى أن الزمن الكلى من 2.5 – 4 ساعات).
- عمق المياه عن الجدار الخارجيمن3- 4 متر والعمق الكلى للخزان يزيد عن عمق المياه بمقدار 1 متر. (لضمان عدم حدوث فيضان للحوض الداخلي).
- قطرحوضالترويبالداخليلايزيد عن نصفقطرالحوضوقطرالحوضالكليلايزيدعن40 متر



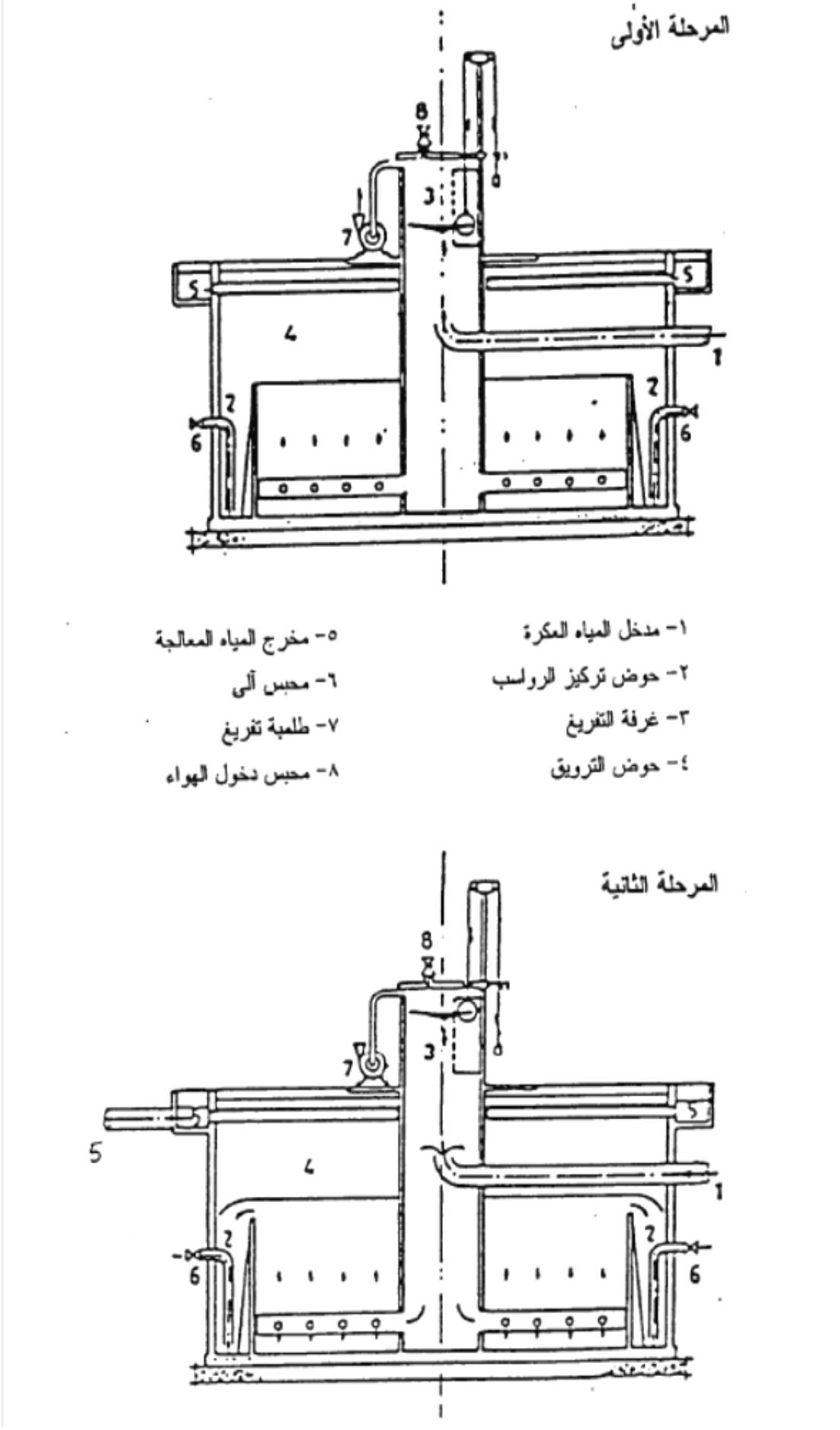


شكلرقم (2–١٩) أحواضالترويبوالترويقالعادية، النموذجالأول

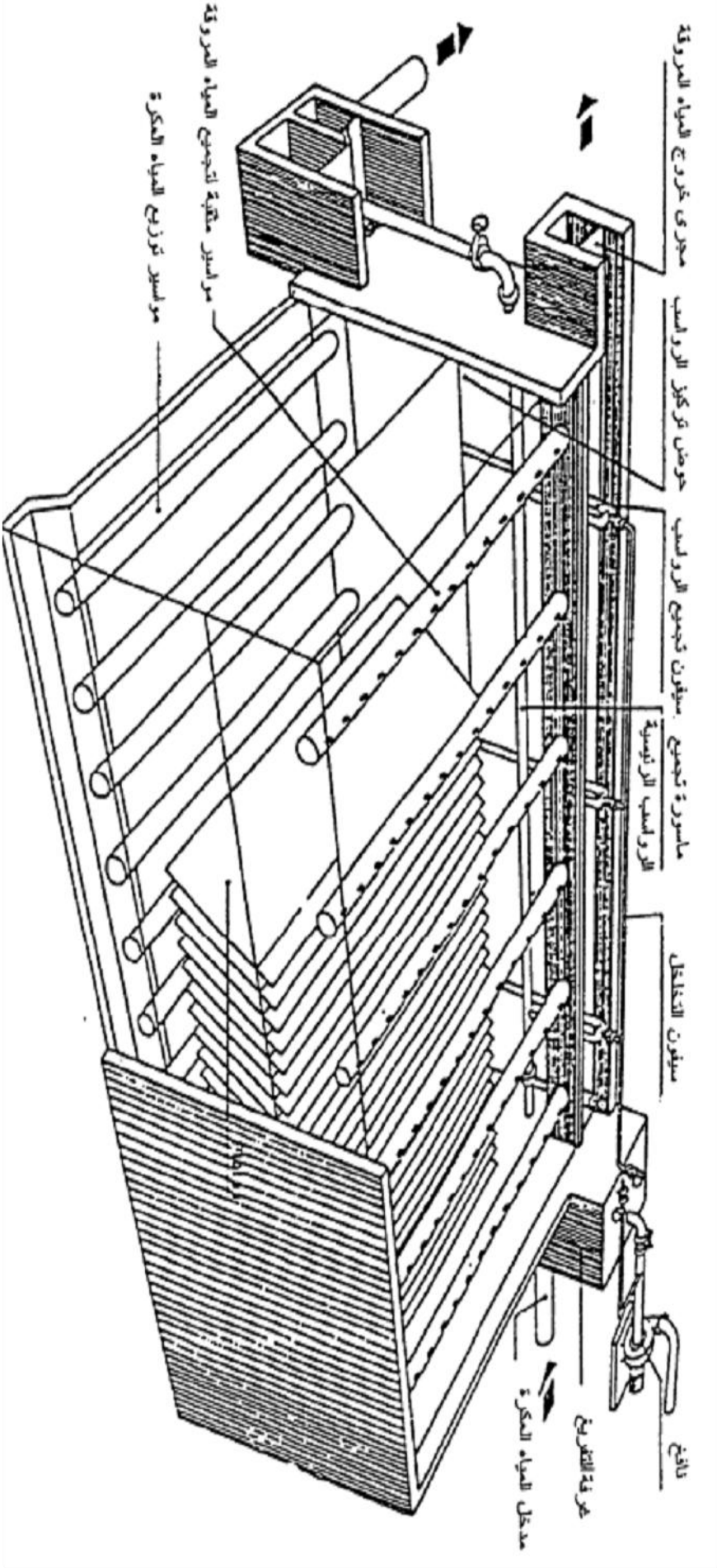

CLARIFLOCCULATOR
① INFLUENT PIPE.
② EFFLUENT
③ SLUDGE DISCHARGE PIPE
④ SCRAPER
⑤ PADDLE
⑥ WEIR PLATE
W.L
G.L.



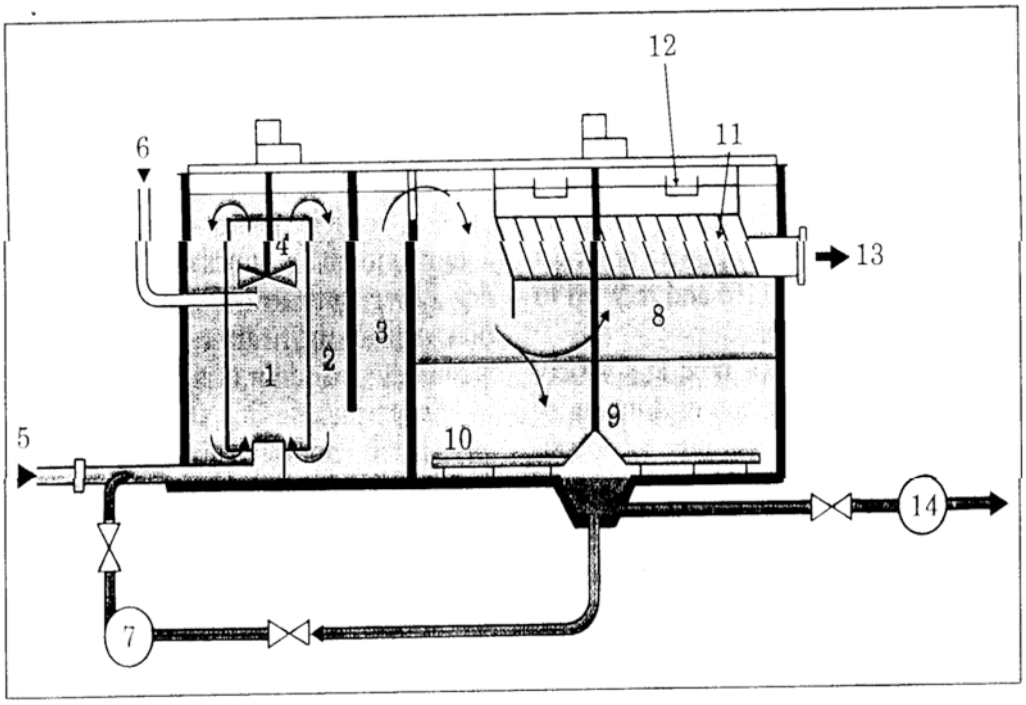
شكل رقم (2-21) حوض التروبب والترويق السريع



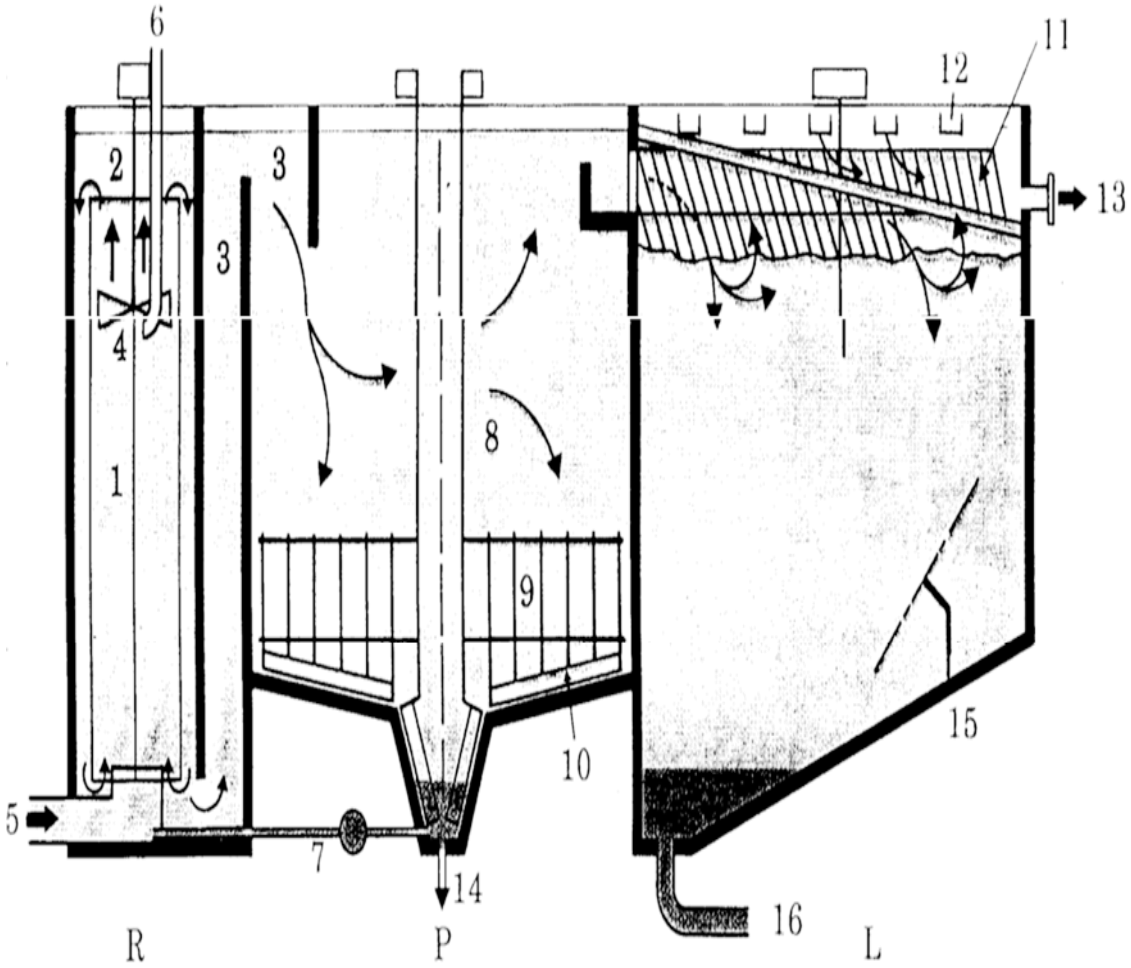
شكل رقم (2– ٢٢) تفاصيلحوضالترويبوالترويقالنابض



شكل رقم (2-23) حوض التروبب و التروبق النابض الفائق



1,2,3 – Flocculation chambers.
4 – Propeller.
5 – Raw water inlet.
6 – Reagent feed.
7 – Recirculation pump.
8 – Flocculated water inlet.
9 – Drive shaft.
10 – Scraper.
11 – Modules.
12 – Collection troughs.
13 – Treated water outlet.
14 – Sludge draw-off pump.



شكل رقم (٢– ٢٤) تفاصيلأحواضالمزجوالترويبوالترسيب

٢ – ٥ عملياتتنقيةالمياه، الترشيحFiltration

يعرفالترشيحبأنهعمليةفصلالمياهعنالجسيماتالصلبةالموجودةبالمياهعبرفاصلأوحاجزذىمساماتتمنعمرو رالجسيماتعبرهاوتسمحبمرورالراشح (المياهالمرشحه)

الغرض من عملية الترشيح

وفيمجالتنقيةالمياهفإنعمليةالترشيحتفيدفيتحسينوعيةالمياه(عندالتنقية)بما يلى:

١. إزالةالموادالصلبةالعالقةوالجسيماتالمتعلقة(الغريانية)الموجودةفي المياه.
٢. تغييرخصائصالموادالموجودةكيميائيافيالمياه.
٣. تقليلأعدادالبكتريا الضارةوجراثيما لأمراضالموجودةفيالمياه.
٤. إزالةاللونوالطعموالرائحةمنالمياه.
٥. تقليلأملاحالحديدوالمنجنيزمنالمياه.

تمرالمياهفيعمليةالترشيحعبرطبقة (وسط) ترشيحيةلهاخصائصمحددةمثل:قلةتكاليفها وتواجدهابكمياتمناسبةفيالطبيعة،وأنهاموادخاملةوسهلاستخدامهاونظافتها،وتحملهاللضغط.ولقداستخد متموادعديدةفيالترشيحمثل:الرمل،والأنثراسيت،والحجارة الصغيرة، والزجاج،واللدائن،والخرسانةالمسامية،والتربةEarth Diatomaceous. وقدأثبت الرملمحاسنهمقارنةبالموادالأخربالمستخدمةكمادةترشيحية.

إنتحسنخصائصالمياهبالترشيحيتمبإزالةالشوائبوهذاالتحسنيحدثبفضلعواملمختلفةمثل:التصفيةالميكانيكي قوالترسيبوالإمتزازوالنموالحيويوالتفاعلاتالكيميائية.

- **أماالتصفيةالميكانيكية**

فهيظاهرةسطحيةتعملعلىفصلالموادالصلبةالعالقةذاتالقطرالأكبرمنالفتحاتالموجودةبينحبيباتالرمل . ويعملهذاالعاملالترشيحفيبضعسنتيمتراتمنالجزءالأعلىمنالطبقةالترشيحية وتزدادالتصفيةمعمرورالزمن. والعواملالمؤثرةعلىالتصفيةالميكانيكيةتضم:سرعةالترشيح،والزمن،وكثافةوطبيعةالموادالعالقة،وطبيعةو خصائصالمادةالترشيحية.

- **أماالترسيب**

فيعملعلىإزالةالحبيباتالعالقةالكبيرةوالثقيلةمنعلىسطححبيباتالرمل .وتؤثرعواملعدةعلىكفاءةالترسيبمثل : السرعةالترشيحية،سرعةترسيبالموادالعالقة،ودرجةاللزوجة،ومقاسالحبيبات،ودرجةالحرارة،وعواملالتجلطوالتعقيم،وعمقالمرشح،والتصرفالمضطرب.

- **أماكفاءةالإمتزاز**

فترتبطبالخصائصالسطحيةللمادةالصلبة .

وتعملقوىالإمتزازعلىإزالةالحبيباتالعالقةالصغيرةوالموادالغرويةوالموادالذائبةفيالماء .

وتلعبقوىالإمتزازدورهاالأكبرعلىمسافاتصغيرةلاتتجاوز ٠,٠١ إلى ١ميكرومتر .

ويعززلقوىالإمتزازفيإزالةالشوائبمنالماء،وتعملقوىالجاذبيةالأرضيةوالتصرفالمضطرب،والإنتشاروالقصورالذاتي،علىحركةوسيرالشوائبلتساعدعملقوىالإمتزازعليها.

كماتساعدالتفاعلاتالكيميائيةوالحيويةعلىإزالةالموادالذائبةبالترشيحممايغيرخصائصالحبيباتالموجودة .

وفيهذاالمنحنىتؤثرالعديدمنالعواملوالتيتعملللإزالةالكثيرمنالموادمثل :

الموادالعضويةوالأمونياوالحديدوالمنجنيز.

وكأمثلةلهذهالعواملالمؤثرة:نوعوخصائصالماءالخام،وكميةالأكسجينالمذابوالموادالغذائية،ودرجةالحرارة،وزمنوطريقةالترشيح،وعمقالترشيح،ونوعووجودالكائناتالحيةالدقيقةووجودعواملمساعدة.

منالمعروفأنالترشيحلايعملبكفاءةكبيرةلإزالةالبكتريااوالفيروساتوحبيباتالطين،وذلكلصغرمقاسهاوالذيقلعنا لميكرونالواحد .ولذلكلاتنتجمرشحاتالرملالسريعةمياهصالحةمنالنواحيالبكتريولوجية .فمثلا لايتعدىمعدلإزالةالبكتيريةالقولونية ٢إلى ١٠،

ممايوجبمعهعملالتجلطوالتعقيمقبلالترشيحالرمليأوالكلورةلإزالةالبكتريااوالجراثيمبعدالترشيح.

٢- ٥- ١ نظريةالترشيح

إذانظرنالكفاءةأحواضالترسيبالطبيعيأو أحواضالمروقاتبإستخداممالموادالمجلطة(المروبة) نجدأنالعكارةتتراوحبين ١٠-١٢ وحدة عكارةوقدتصلفيبعضالأحوالإلىأقلمنذلكوعمليةالترشيحهيالعمليةالتييتمفيهاإزالةهذهالعكارةعنطريقحجزالموادالعالقةوالغروية.

عملية الترشيح (Filtration) هي مرور المياه المروقة خلال مادة مسامية لإزالة ما بقي من مواد عالقة وغرويه . وأكثر مواد الوسط الترشيحي المستخدمة في عملية الترشيح هي الرمل نظرًا لرخصه وقدرته على إزالة المواد العالقة. وعند استعمال الرمل ذي حبيبات ذات حجم مناسب ومرور المياه بالسرعة المناسبة، يمكن إزالة المواد العالقة والمواد المتعلقة (سواء كانت عضوية أو غير عضوية) بالإضافة إلى البكتريا والمواد العالقة الدقيقة جدا التي تسبب بعادة تلوث الماء.

وعند مرور المياه خلال الطبقة الرملية تتكون على سطح الرمل طبقة جيلاتينية من المواد العضوية والمواد العالقة تسمى بالطبقة القذرة (Dirty skin) وتقوم هذه الطبقة بحجز الجزئيات ذات الحجم الصغير جدًا (والتي تصعب رؤيتها تحت المايكروسكوب) ويمكن تفسير ما يحدث في عملية الترشيح وكما هو موضح بالأشكال الأرقام (٢-٢٥)، (٢-٢٦)، (٢-٢٧).

ويمكن وصف نظرية الترشيح كما يلى:

٢ - ٥ - ١ - ١ التصفية الميكانيكية Mechanical straining

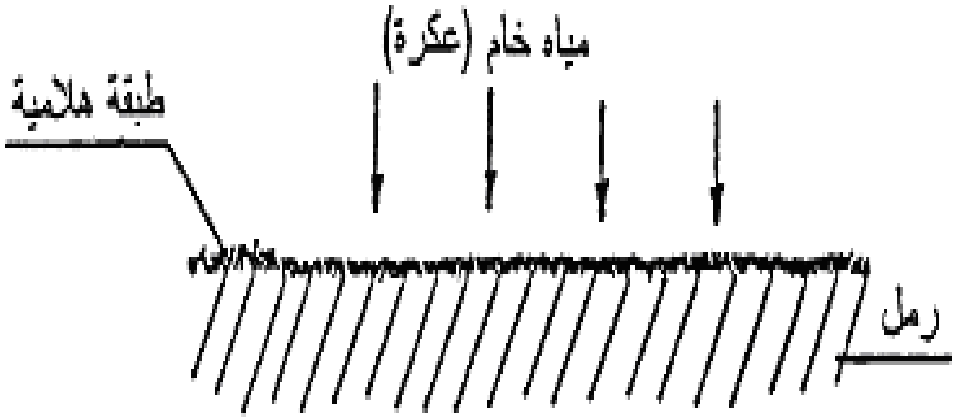
أي أن طبقة الرمال بما فيها من مسامات تعمل كمصفاة دقيقة الفتحات تحجز المواد العالقة التي يزيد حجمها عن المسام، أما حجز المواد العالقة الغروية والبكتريا والتي يصغر حجمها عن حجم المسام فلابد من تفسير يشرح سبب حجزها في الوسط الترشيحي.

٢ - ٥ - ١ - ٢ التصاق بعض المواد العالقة بسطح حبيبات الرمل

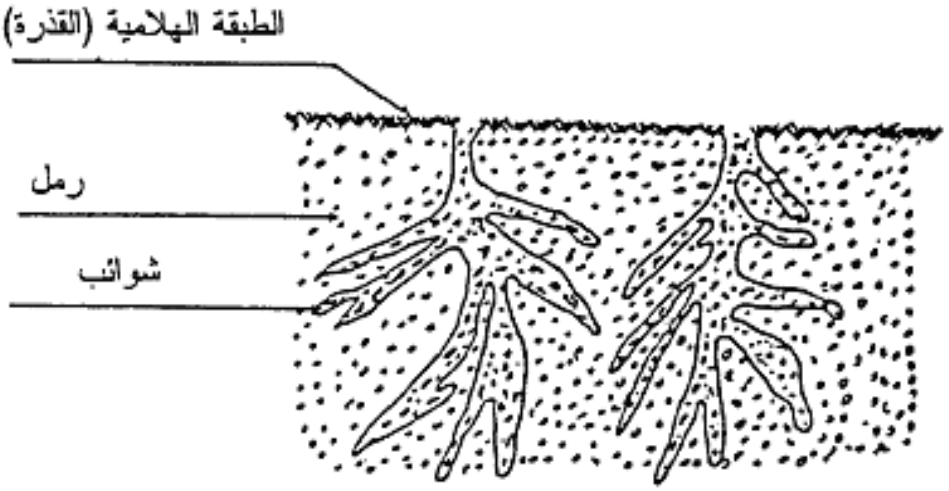
وتسمى هذه العملية الإمتزاز (Adsorption) ويساعد عليها لكالخصائص الهلامية للمواد العالقة بسبب المواد المروبه في حالة استخدامها وكذلك المسارات المتعرجة للمياه خلال طبقات الرمل.

٢ - ٥ - ١ - ٣ الفراغات تعمل كأحواض ترسيب Voids act as minsettling tanks

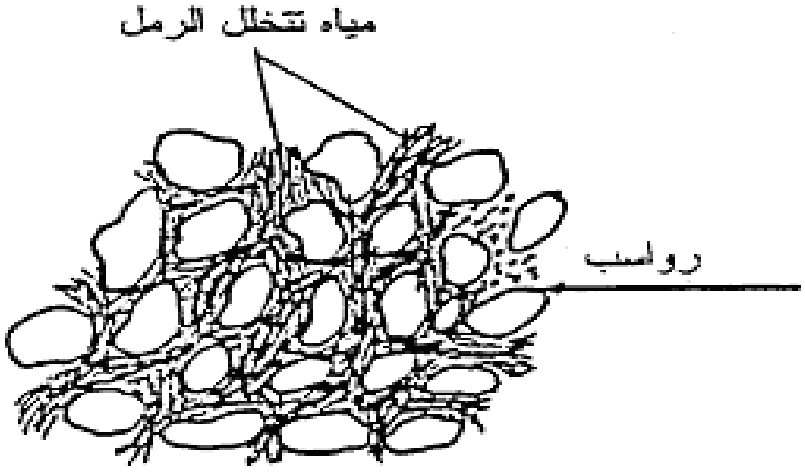
تترسب بعض المواد العالقة في الفجوات بين حبيبات الرمال حيث تعمل هذه الحبيبات كمصفاة تحجز المواد العالقة ذات الأحجام الكبيرة نسبيًا وهذه عمليات ترسيب وحجز ميكانيكي.



شكل رقم (٢-٢٥) تكوينالطبقةالقذرةعلىسطحالوسطالترشيحى



شكل رقم (٢-٢٦) اختراقالموادالملوثةللوسطالترشيحى



شكل رقم (٢-٢٧) العملياتالتيتتمأثناءعمليةالوسطالترشيحى

٢- ٥- ١- ٤ الالتصاقAdherence of colloids to sand grains

تكونطبقةهلاميةعليسطحالرملمنالموادالعالقةالدقيقةوالكائناتالحيةالدقيقةالتييحتملوجودها،ممايساعدعلي اصطيادوحجزالموادالعالقةوكذلكتثبيتالموادالعضويةوتحويلهاإليموادعالقةتحجزفيهذهالطبقة.

٢- ٥- ١- ٥ التفاعلاتالكهربائيةElectrolytic Reaction

انجذابوالتصاقبعضالموادالعالقةبحبيباتالرملوخاصةأملاحالحديدوالمنجنيز (ذاتالشحنةالموجبة)نظرالإختلافشحناتهاالكهربيةعنالرمل(ذيالشحنةالسالبة).

٢- ٥- ١- ٦ التفاعلاتالبيولوجيةBiological actives

تنشطالكائناتالحيةالدقيقةالموجودفيالماءعندمايتواجدفيالمياهالأملاحوكذلكالموادالعضويةأو غازاتذائبة(الأكسجين)ممايؤدىإلىنموهذهالكائناتوتكاثرهاوتحويلهامنالصورةالذائبةإلىالصورةالمتشورية محجزهافيالطبقةالترشيحيةوكذلكتقليلكميةالأملاحكماأنهيتوقفتأثيرهاعلىمدةبقاءالماءفيالمرشحأىعلىمعدلات الترشيح.

٢- ٥- ٢أنواعالمرشحاتالرملية

يمكنتقسيمالمرشحاتإلىأنواعمختلفةتبعًالأربعةمعايير:

١. وفقًالمعدلاتالترشيح:مرشحاتبطيئةالمعدل،مرشحاتسريعةالمعدل.
٢. وفقًالنوعمادةالوسط(طبقة)الترشيحى:مرشحاتالرمل،ومرشحاتالفحم(الأنثراسيت)ومرشحاتالأثنينمعًا(وهناكالمرشحاتذاتطبقةالترشيحالواحدةوذاتالطبقاتالمتعددة)
٣. وفقًالإتجاهسريانالمياهخلالالوسطالترشيحى:مرشحاتيتمسريانالمياهخلالالترشيحفيهامنأعلىإلىأسفل(وهوالنوعالشائعالإستخدام)، وأخريمنأسفلإلىأعلي.
٤. وفقًالطبيعةسريانالمياهخلالالترشيح:بالجاذبيةأوتحتضغط

٢- ٥- ٢ مواصفاترملالترشيح(الوسطالترشيحى)

يجبأنتتوافرفيرملالمرشحاتبعضالمواصفاتمنأهمها:

١. أنيكوننظيفًاوخاليًامنالأتربةوالموادالعضويةأوالنباتيةوالطينوالموادالغريبة.
٢. أنيكونصلدًا
٣. ألايفقدأكثرمن٥ %منوزنهبعدوضعهفيحامضهيدروكلوريدلمدة٢٤ساعة.
٤. أنتكونالرمالبأحجاممناسبةلعلميةالترشيح:

فالرمالالرفيعةجدًاتكونالفجوات(الفراغات)بينهاعرضةللإنسدادبسرعة.والرمالكبيرةالحجمتسمحفجواتهابمرورالكائناتالحيةالدقيقةوالموادالعالقةمنخلالالمرشح.

٢- ٥- ٢- ١ الحجمالفعاللرمل Effective Size for Sand

هوفتحةالمنخلبالمليمترالتيتسمحبمرور ١٠ % منالحجمالفعال للرملبغضالنظرعنالتدرجالحبيبيللرمل،والذييؤثرفيكفاءةعملالمرشح.

٢- ٥- ٢- ٢ معاملالإنتظامللرمل Uniformity factor for Sand

يعبرمعاملالإنتظام عندرجةالتغيرفيحجمالرملوهوعبارةعنالنسبةبينفتحةالمنخلالتييمرمنخلالها ٦٠ % منوزنالرملوبينالحجمالفعالوبمعنيآخريمكنتعريفمعاملالإنتظامعلىأنهالنسبةبينفتحةالمنخلالتيتحجز ٤٠ %منوزنالرملوبينتلكالتيتحجز ٩٠ % منوزنه(الحجمالفعال).

وعليسبيلالمثالإذاكانتفتحةالمنخلالتييمرمنخلالها ٦٠ % منوزنالرملهي٠,٨ممموكانالحجمالفعاللرملهو ٠,٤مم.

فإنمعاملالانتظام٠,٨÷٠,٤ =٢,٠

ويوضحالجدولرقم(٢-١) الحجمالفعالومعاملالانتظاملرملطبقًالنوعالمرشحات

٢- ٥- ٣ مرشحاتالرملالبطيئةالمعدل Slow Sand Filters

يتكونمرشحالرملالبطيءالمعدلمنطبقاتمنالزلطتعلوهاطبقاتمنالرمل،وتمرالمياهبهمنأعلىإليأسفلويتمتجميعالمياهالمرشحةبواسطةمواسيرفخارأومواسيرخرسانيةمثقبه، وتوضعأسفلالمرشحأوخلالالطبقةالزلط ويوضحالشكلرقم(٢-٢٨)مكوناتالمرشحالرمليالبطيء وتمتازمرشحاتالرملالبطيئةبعدةمميزات، فعلى الرغمأنهاتحتاجإليمساحةقدتزيد ٣٠مرةعنمساحةالمرشحاتالسريعةالحديثةإلاأنهاتمتازبالآتي:

١. بساطةالتصميموالتشغيلوعدمالحاجةإليمهارةفنيةعالية.
٢. عدماستخداممموادكيميائية(لإحداثالتجلط)فيعملياتالترسيب.
٣. انخفاضاستهلاكالطاقةلعدمالحاجةإليعملياتالغسيلاليومية.

٤. عدم الحاجة إلى نظم هندسية وأجهزة ميكانيكية وكهربائية معقدة ومعدات معقدة في التشغيل للإجراء عمليات الغسيل والإنضاج (تحضير المرشح لإعادة تشغيله).

٥. تكلفة إنشاء المرشح الرملي بطئ المعدل زهيدة وصيانته رخيصة.

٦. استيعاب التغير في خصائص المياه حيث أن معدلات الترشيح صغير جداً بالنسبة للمرشحات السريعة المعدل.

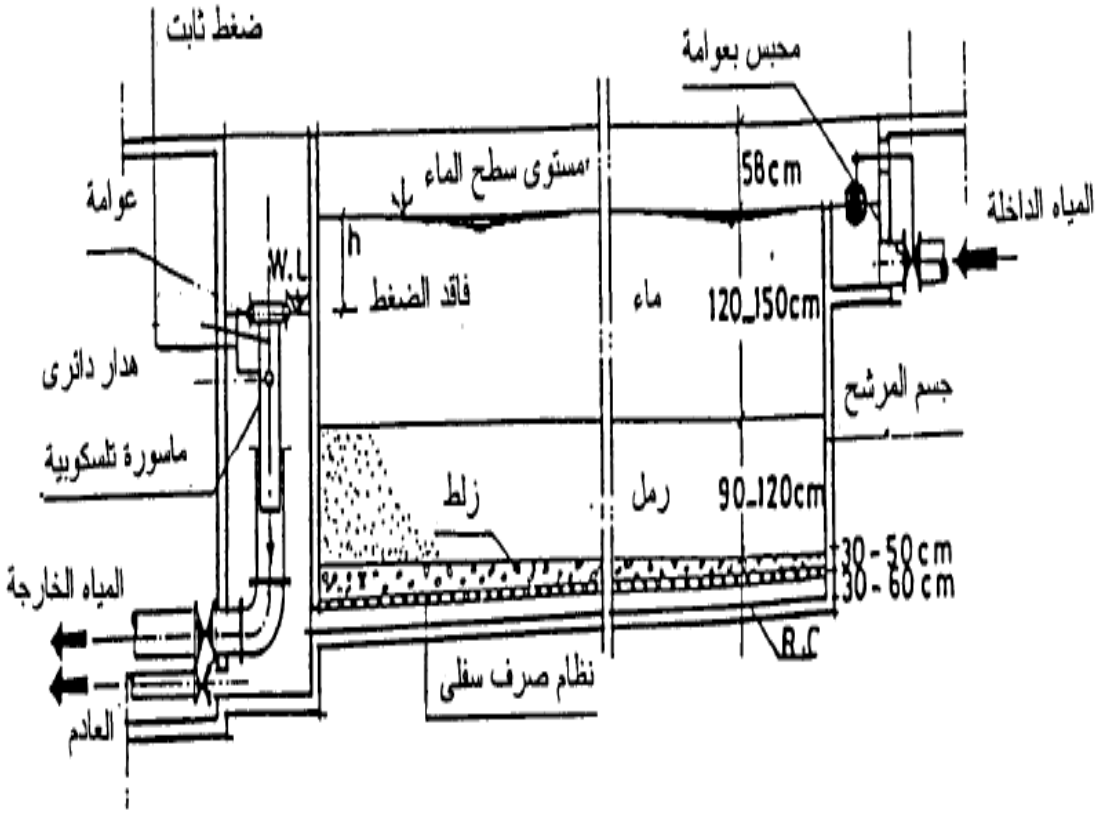
٧. إنتاج المياه النقية (المرشحة) خالية من المواد الشائبة العالقة وكذلك إزالة البكتيريا.

٨. عدم وجود مشكلة للتخلص من مياه الغسيل الملوثة حيث يتم غسل المرشحات البطيئة مرة كل بضعة شهور.

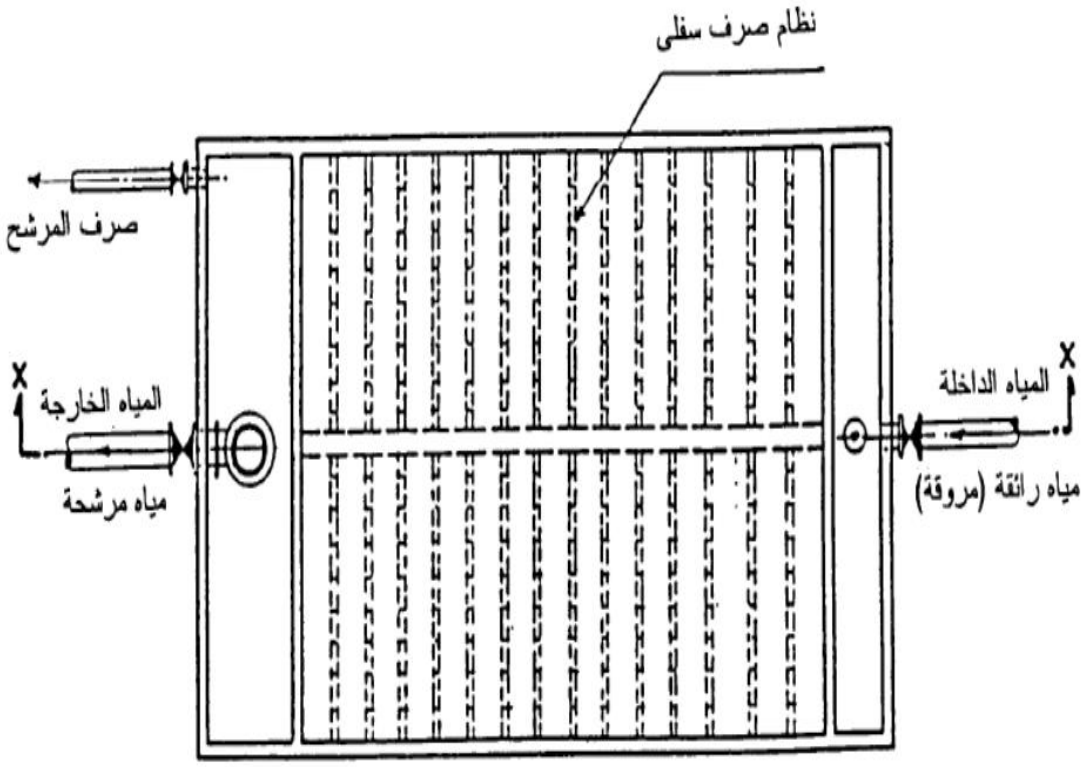
نوع المرشحات	الحجم الفعال للرمل	معامل الانتظام للرمل
مرشحات الرمل البطيئة	٠,٣ - ٠,٣٥ مم	2.0- 1.75 مم
مرشحات الرمل السريعة	0.8- 0.4 مم	1.7- 1.4 مم

ونظرًا لهذه المميزات، تجد المرشحات البطيئة مجالا خصبًا لإستخدامها في المواقع التي توجد فيها الأراضي بمساحات كافية، وخاصة في الأماكن المنعزلة والمناطق الصحراوية حيث لا تتوفر العمالة الفنية المدربة .

وفي هذه الحالات يمكن استخدام المرشحات الرملية البطيئة حتى في حالة التصرفات الكبيرة كما يمكن استخدامها عندما تنخفض إلى حد كبير العكارة بالمياه الخام.



قطاع رأسى x-x



مسقط أفقى

الشكلرقم(٢-٢٨) تفاصيلالمرشحالرمليالبطيء المعدل

٢ - ٥ - ٤ مرشحاتالرملالسريعةالمعدلRapid Sand Filters

تسميمرشحاتالرملالسريعةأيضًابالمرشحاتالميكانيكيةوهيتختلفعنالمرشحاتالبطيئةفيمايلي:

أنمعدلترشيحهايتراوحبين ١٢٠إلي ١٨٠م٣/ م٢/ يوم،أويعادلمن ٣٠، ٤٠ضعفًامعدلترشيحالمرشحاتالبطيئةلذلكفإنمرشحاتالرملالسريعةتشغلحيزًاأصغروبالتاليتكاليفإنشائية(أعمالمدنية)أقللنفسالتصرفات،فيحالةاستخداماًحواضمكشوفة.

إنالمياهالتييتمترشيحهابالمرشحاتالسريعة،تعالجدائماًبإستخداماًلموادالكيميائيةالمجلطة(المجمعة) قبلدخولهاالمرشحاتبحيثلاتزيدعكارتهاعن ٤٠وحدة عكارةويسمحبمرورالمياهفيالمرشح سريعالمعدلفيطبقاتمتدرجةمنالرملوالزلطوتصنعالمرشحاتعليهيئةأحواض،توضعفيقاعهاطبقاتمتدرجةمنا لزلط،تعلوهاطبقاتأخريمتدرجةمنالرمل،وأسفلالطبقتينتوجدالمصافيلتجميعالمياهالمرشحةوكماهوموضح بالشكلرقم (٢-٢٩).

وتكونحبيباتالرملمتجانسة،ذاتحجمفعال ٠,٤إلي٠,٨أوأكثرحسبتصميمالمرشح .

ويتمتجهيزالرملبمهزهخاصة(منخل)للحصولعليمعاملانتظامبين ١,٤إلي١,٧

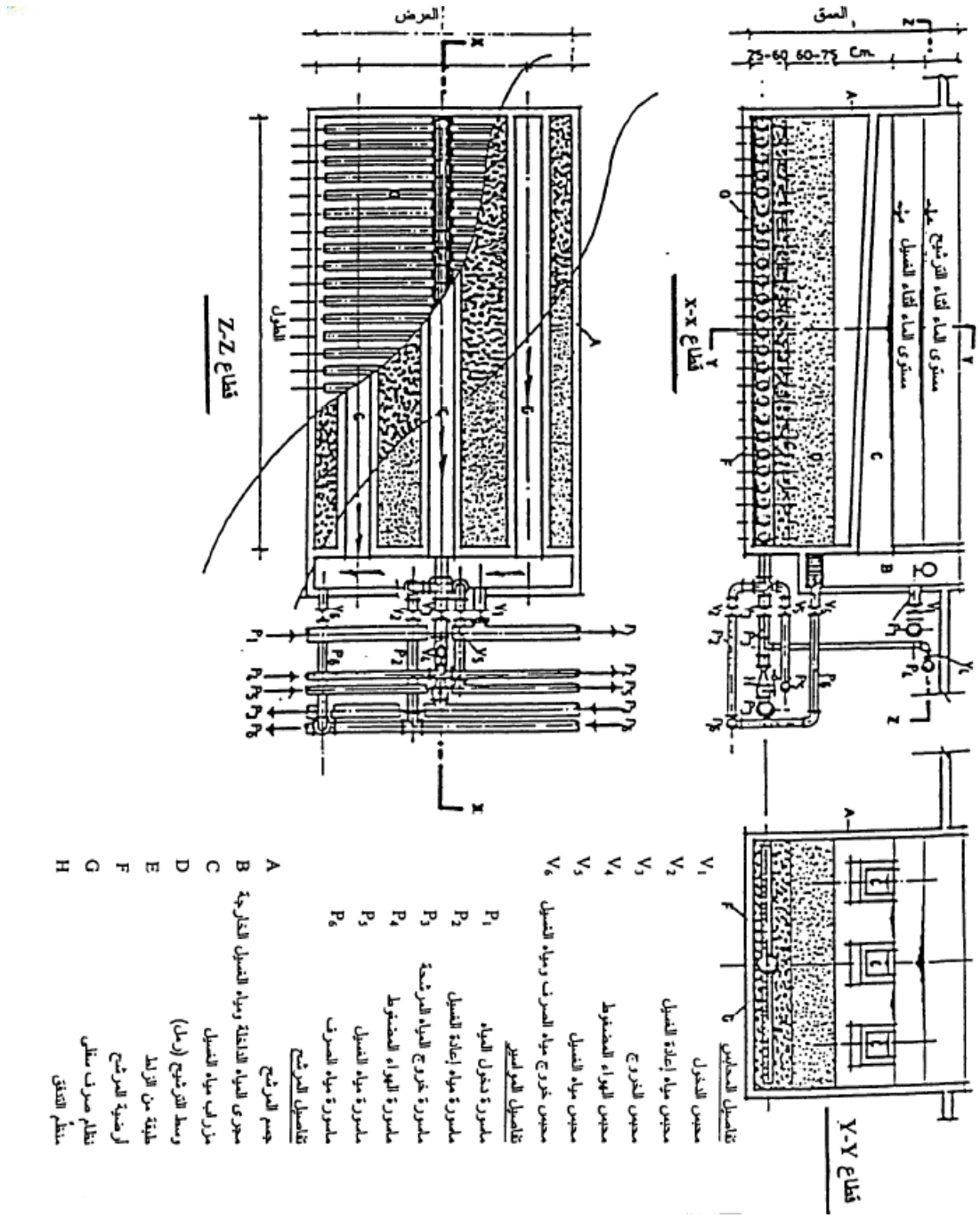
٢ – ٥ – ٤ – ١ نظام الصرف بالمرشحات السريعة المعدل

يوجد تحت طبقات الرمل والزلط بالمرشحات السريعة نظام للصرف (Under drainage system) مهمته تجميع الماء الذي يتم ترشيحه بمعدل ثابت خلال جميع أجزاء المرشح كما أنه يوزع في الوقت نفسه ماء الغسيل على جميع أجزاء المرشح.

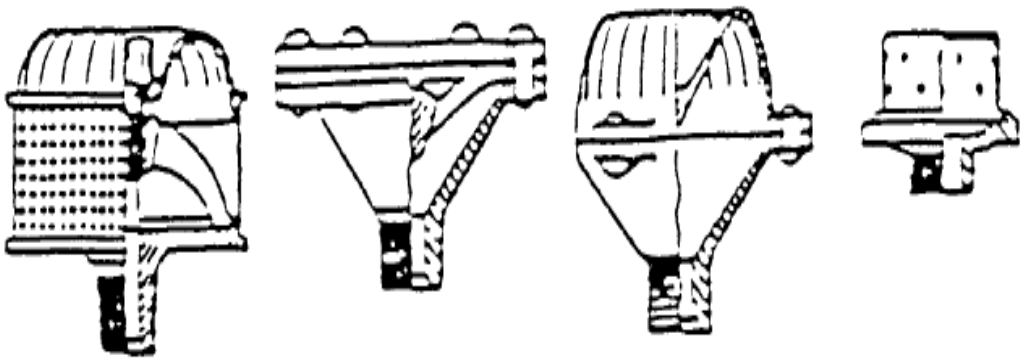
ويكون النوع الأكثر شيوعًا لنظام الصرف من مجمع رئيسي (Header) بطول المرشح تتفرع منه على يزوايا قائمة مفروع إلى جوانب المرشح وفي أعلي هذه الفروع، وأحيانا في أعلى المجمع الرئيسي أيضا توضع على أبعاد متساوية مساقي (Straniners) تحتوي على ثقوب أو شقوق رفيعة.

وفي تصميم آخر تستعمل المصافي بلا تثقيب وفي أسفل سطح المواسير كما هو موضح بالشكل رقم (٢-٣٠).

وقد يستعاض عن المواسير ببلاطات خرسانية تثبت عليها فواني (nozzles) وفي هذه الحالة يتم الاستغناء عن طبقات الزلط وقد استعمل حديثًا قاع من لوح مسامي وتم الاستغناء عن طبقات الزلط وصاحب ذلك تقليل عمق المرشح وتقليل فاقد الضغط فيه.



شكل (٢-٢٩) تفاصيل المرشح الرملي السريع



شكل رقم (٢-٣٠) انواع مختلفة من الفوانى التي تثبت بقاع المرشح السريع

٢ – ٥ – ٤ – ٢ البلاطاتالخرسانيةذاتالفواني

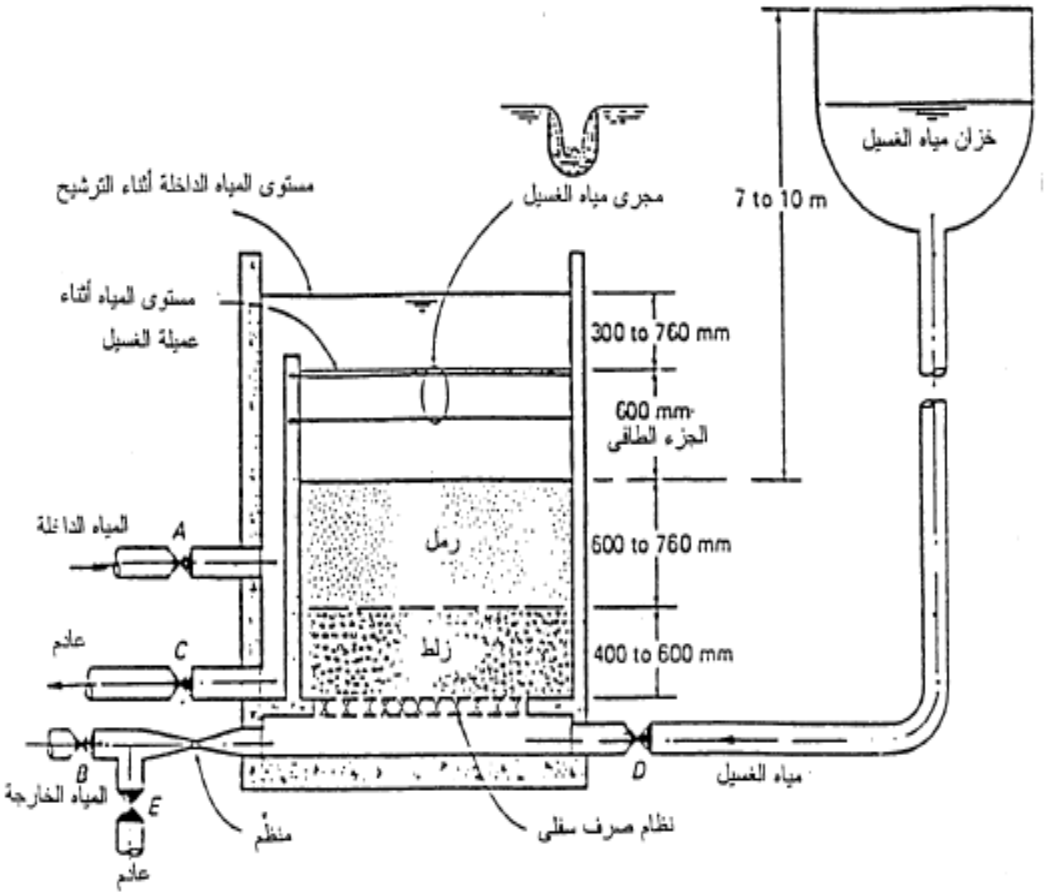
تصنعالبلاطاتعادةمنالخرسانةوتحتويعليفتحاتتركبفيهاالفوانيوتصنعالفوانيمنالصلبالذيلايصدأأومنالبلاستيكوتحتويعليمشقبياترفيعةلاتسمحبمرورالرملالخشنفيها.

٢ – ٥ – ٤ – ٣ تشغيلالمرشحالسريع

يتمتشغيلالمرشحبإمرارالماءالمرسبفيطبقاتالرملثم الزلطثم نظامالصرفإليالخارج . وعندمرورالمياهالمرسبةمنسطحالرملتتجمعالندفمكونةطبقةجيلاتينيةعليسطحالرملتعملعلىترشيحالماءترشيحًاكاملاوبعدتشغيلالمرشحلمدةمنالزمنتتراكمالرواسبعليالرملحتيتصل إليدرجةيزيد فيهافاقدالضغطزيادةكبيرةفيتحتمعندذلكإيقافهوإجراءعمليةالغسيل.

٢ – ٥ – ٤ – ٤ غسيلالمرشحالسريع

حتىتكونعمليةالغسيلناجحةومؤثرةيجبأنتكونكميةمياهالغسيلوضغطهكافيانلإحداثتمددلطبقاتالرملبنسبة ٥٠ % منحجمه.أيإليأنتشغلطبقةالرمل ١,٥ حجمهاقبلتسليكماءالغسيل. وقدتبينأنمقدارتمددطبقةالرملأثناءعمليةالغسيلمنأهمالعواملالتييتوقفعليهانجاحالعملية، فإذازادتمددالرملأكثرمنالحدالمطلوب،فإنحباتهتبتعدعنبعضهاكثيرًاويقلاحتكاكهابعضها ويقلأثرالغسيل. وإذاقلتمددالرملأقلمنالحدالمطلوبفإنحباتهتكونقريبهمنبعضهاولاتجد المساحةالكافيةللاحتكاكويقلكذلكأثرالغسيل .ويراعيأنيكونتمددطبقةالرملفيجميعأجزاء المرشحبدرجةواحدة،كماأنهلايجبأنتكونسرعةماءالغسيلعاليةحتىلاتحملالمياهالرملمعهاإليالعادموالضغطالمناسبلماءالغسيلعندالفوانييبلغ حوالي ١٠ مترأيواحدجوتقريبًا .وتتم عملية الغسيل والموضحةبالشكلرقم (٢– ٣١) بقفل محبس دخولالماءالمرسبإليالمرشح (A) وذلك عندانخفاضمنسوبالمياهفيالمرشحإليسطحالرملتقريبًا(١٠ سمفوقسطحالرمل)



شكل رقم (٢- ٣١) عملية غسيل المرشح الرملي السريع

٢- ٥- ٥ العدد اللازم للمرشحات الرملية سريعة المعدل وبطيئة المعدل

١. لإيجاد عدد مرشحات الرمل السريع المعدل، يمكنا استخدام المعادلة التالية:

$$\sqrt{Q}\ N = 12$$

حيث

N = عدد مرشحات الرمل السريع

Q = معدل التصرف (م^3/ث)

٢. أما لإيجاد عدد مرشحات الرمل البطيء فيمكنا استخدام المعادلة الأتية:

$$\sqrt{Q}\ N = 15$$

٢ – ٥ – ٥ – ١ تشغيل المرشح البطيء المعدل من الناحية الهيدروليكية

يتكون مرشح الرمل البطيء من حوض مفتوح من الأعلى، ويحمل بداخله الوسط الترشيحي. عادة يكون عمق الحوض في حدود ٣ متر، وتتفاوت مساحتهم من بضعة عشرات إلى مئات من الأمتار المربعة.

يوجد في أسفل الحوض نظام التصرف السفلي الذي يعمل على حمل الوسط الترشيحي، ويساعد في الانبثاق المنتظم للماء خارج المرشح، ويجهز المرشح بعدة صمامات وأجهزة تحكم وتنظم دخول الماء الخام (الماء المرسب) وخروج المياه المرشحة.

وتلعب الطحالب دورها مًا في تنقية المياه بالترشيح، وبما أن الطحالب تحتاج إلى الضوء لإتمام عملية التمثيل الضوئي لذا يكثر وجودها في المرشحات المفتوحة. وتتمكن الطحالب من بناء مواد الخلايا من مواد بسيطة مثل: الماء، وثاني أكسيد الكربون، والنترات، والفوسفات وغيرها، بمساعدة الطاقة الشمسية. وعندما تكبر خلايا الطحالب يزيد حجمها مما يضر عملية سريان المياه إلى أسفل المرشح الشيء الذي يتطلب معها إزالة الدورية للطحالب ونظافة المرشح. تواجد الأنواع الشعيرية من الطحالب Filamentous يكون حصيرة جيلاتينية (هلامية) على سطح المرشح. وتعمل هذه الحصيرة الهلامية على إزالة المواد العالقة والبكتريا بالتصفية والإمتزاز. وتتكاثر البكتريا في المرشح وتقوم ببناء وحل بكتيري Bacterial slime تسمى الطبقة المتسخة. تعمل هذه الطبقة المتسخة كوسط لاصق للنباتات المائية والحيوانات المجهرية المغمورة مما يساعد في زيادة كفاءة عمليات التصفية والإمتزاز لإزالة الشوائب ومنعها من التغلغل داخل المرشح، مما يزيد من فترة الترشيح ويقلل من انسداد المسامات. وفي مثل هذه المرشحات من الضروري بمكان العمل على تلافي حدوث ضغط سالب، لأن الضغط السالب يعمل على تحرر الغازات الذائبة، وبذا فانفقاعات الهواء المتكونة تتجمع في الوسط الترشيحي وتعمل على زيادة المقاومة تجاه سريان المياه أسفل المرشح، كما وأن الفقاعات المرتفعة والتي لها مقاس كبير تعمل على تكوين ثقوب في الوسط الترشيحي مما يسمح بمرور المياه خلالها دون ما الحصول على تنقية ملائمة.

يقفل محبس خروج المياه المرشحة (B) ويفتح محبس مياه الغسيل (D) ببطء لتدخل مياه الغسيل التمرباالراجعي فيطبقات الزلط ثم طبقات الرمل وتؤدي حركة الماء، من أسفل إلى أعلى إلى تمدد طبقة الرمل وانفصال الرواسب عنه ثم يمر ماء الغسيل في قناة الغسيل (waste).

وتستمر عملية الغسيل للمدة ٥ إلى ١٠ دقائق حسب نوع المرشح وبعدها يتم التأكد من نظافة الرمل ثم يقفل محبس الغسيل ويفتح محبس دخول الماء المرسب، ويبدأ المرشح عمله في الترشيح، إلا أن المياه المرشحة تخرج للعادم،

ويستمرهذاالفترةقصيرةوذلكلإعطاءالفرصةلتكونالطبقةالجيلاتينيةعلي
سطحالرملثميقفلمحبسالعادمويفتحمحبسخروجالمياهالمرشحةويستمرالمرشحفيالعملطبيعيًا.

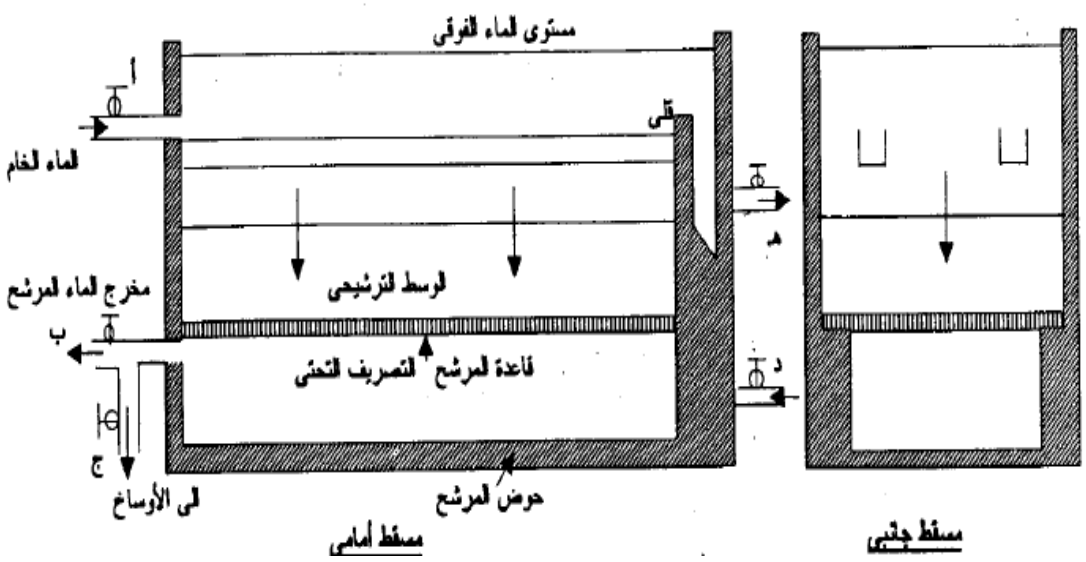
والمادةالأخربالتياستخدمتفيالمرشحاتهيفحمالانثراسيتوالمتدرجةأحجامهإليالمقاساتالمطلوبةووزنهذاالفحم
نصفوزنالرملوبذلكيحتاجإليسرعةماءغسيلأقللتقويمطبقاته
ممايوفرفيالطاقة.علاوةعليأنهلايتأثربالموادالكيميائيةالقلويةالتيتستعملفيعملياتإزالةالعسر (أيتيسيرالمياه).

وفيالمرشحاتالتييستخدمفيهاالهواءالمضغوطمعالماءفيعملياتالغسيل،ويتمإدخالالهواءقبل
ماءالغسيللتكسيرطبقةالرواسبوخلطهابكميةالمياهالبسيطةالباقيةفوقسطحالرمل (١٠ سم)
بعدتفريغهثميتمقفلمحبسالهواءويتمإدخالماءالغسيلوتستمرالعمليةكماسبق تفصيله.

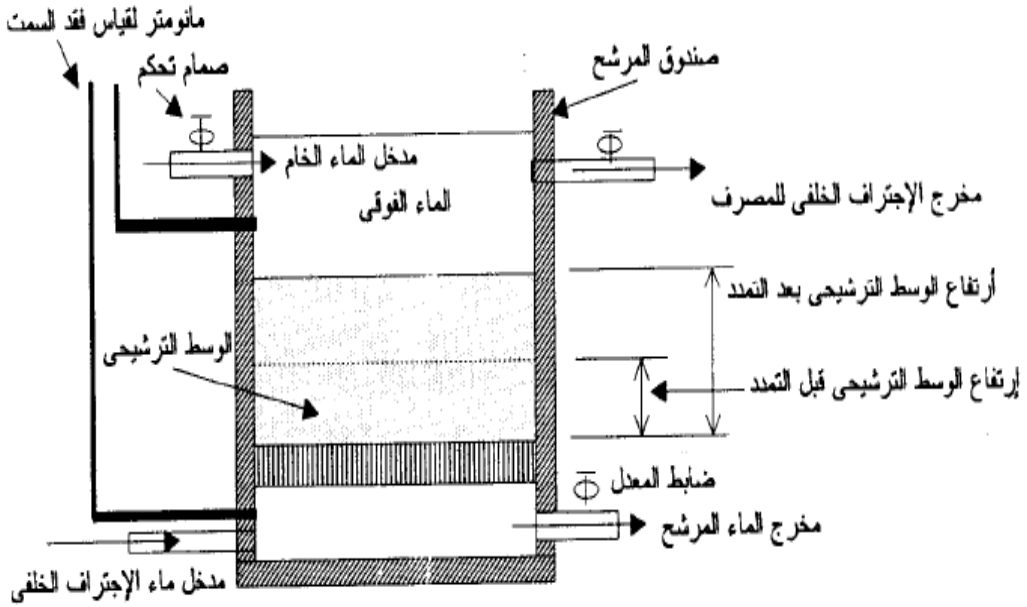
٢ – ٥ – ٥ – ٢ تشغيلالمرشحالسريعالمعدلمنالناحيةالهيدروليكية

الرملالمستخدمفيالمرشحاتالسريعةلهحبيباتقطرهايتراوحبين ٠,٤ إلى ١,٢ ممونظرالأن
الرملالمستخدمخشن Coarse
فإنمساماتالطبقةالترشيحيةتكونكبيرةنوعًامامايسهلمعهتخلخلالحبيباتوالشوائبإلىالداخلالمرشح.وبذافإنكفا
ءةالمرشحللتخلصمنالشوائبتزدادمما يسهلمعهترشيحالمياهذات العكارةالكبيرة. يبينالشكل (٢-٣٢)
رسمتخطيطيلمرشحرمليتمفيهإدخال الماءالخامعبرالصمام(أ) لتناسب
المياهعبرالطبقةالترشيحية،ومنثمعبرنظامالتصريفالسفليلتمرخارجالمرشحعبرالصمام(ب)ونظراللإنسدادا
لتدريجيلمساماالطبقةالترشيحيةتزدادمقاومةمسارالمياهإلىالأسفلعبرالطبقةالترشيحية،ممايخفضمنالسرعةا
لترشيحية .ويتطلبمعهفتح
الصمام(أ)أكثرممايسمحمعهبدفقأكبرمنالماء.وبعدمدةيفتحالصمام(أ)علىآخرهوبعدهذاإذاالميتمالحصولعل
ىالتصرفالمطلوبمنالراشحفلابدمنعملنظافة(غسيل)المرشحممايسمح
بالحصولعلىالتصرفالمطلوبمنالماءالنقي.ولغسيلالمرشحيغلقالصمامان(أ)و(ب)ويفتح
الصمام(ج)لنزحالمياهالمتبقيةفيالمرشح .
وبعدمدةيتمفتحالصمام(د)ليسمحبدخولمياهالنظافةمنالاتجاهالمعاكسأوما يسمىبالغسيلالخلفي
كمايوضحالشكلرقم(٢-
٣٣)ولابدأنيكونالغسيلالخلفيكبيرليسمحبتمددالوسطالترشيحيويعملعلىكسحبيباتالرملوإزالةمابهامنشوائ
ب ويتمتجميعمياه النظافة فيهدارتجميعمياهالغسيل Trough ومنثميتمتصريفهاعبرالصمام(هـ)
وبعدإتمامعمليةالنظافةبالتصرفالخلفييغلقالصمامان(د)و(هـ)ثميعادفتحالصمام(أ)لتبدأدورة

ترشيحيةأخرى.ويمكنإتمامعمليةالتصرفالخلفيبسرعةكماوأنهالاتحتاجإلىزمنكبيروفي الغالبلايتجاوزنصفساعة،وتخضعالفترةالزمنيةالمطلوبةبينتنظافةوأخرىلنوعالمياهالمرشحة.



شكل رقم (٢- ٣٢) رسمتخطيطيلمرشحرمليسريعالمعدل



شكل رقم (٢- ٣٣) رسمتخطيطيلنظافةمرشحرمليسريعالمعدلبالغسيلالخلفي

ويبين الجدول رقم (٢- ٢) مقارنةعامةبينمرشحاتالرملالبطيئةالمعدلومرشحاتالرملالسريعة المعدل.

العوامل	مرشحات الرمل السريع	مرشحات الرمل البطئ
أسباب الإستخدام (التنقية)	- فصل المواد الصلبة العالقة - التخلص من الجراثيم	- التخلص من الجراثيم - اتمام عملية التنقية
الوضع (التسلسل) في محطة التنقية	بعد عمليات التجلط والترويب أو بعد الترسيب	مع أو بدون عمليات التجلط والترويب أو بعد مرشحات الرمل السريعة
الكفاءة	تعتمد على خصائص الماء الخام وعلى معايير التصميم	
عكارة الماء الخام المسموح بها	عالية	متوسطة (تقل عن ٣ NTU)
العمر التصميمي	(من ١٠ إلى ١٥) سنة	
العمر الافتراضي	طويل نسبيا	
سرعة الترشيح (م/ساعة)	من ٥ إلى ١٥	من ٠.١ إلى ٠.٢
المساحة الكلية	دفق الماء ÷السرعة الترشيحية	
مساحة كل وحدة ترشيح	المساحة الكلية + (عدد المرشحات-١) (١- N) / A(٢-N)/ A	
مقاس الحبيبات الفعال (مم)	مم0.8- 0.4	مم 0.35- 0.3
معامل الانتظام	اكبر من ١.٢ إلى ١.٥	اقل من ٣ إلى ٥
ارتفاع الوسط الترشيحى (م)	من ٠.٦ إلى ٠.٧٥	من ٠.٨ إلى ١.٢
ارتفاع الماء الفوقي (م)	من ١ إلى ١.٥	من ١ إلى ١.٥
اقل ارتفاع قبل اعادة وضع الرمل	يعتمد على التنقية	حوإلى ٠.٥ متر
عدد المرشحات (أقل عدد مرشحان)	12 ×√ Q	15 × √Q
فترة التشغيل	٢٤ ساعة في اليوم (لا يسمح بالتشغيل المتقطع)	
الفترة الزمنية بين عمليتي الغسيل	من ١٢ إلى ٧٢ ساعة	من ٢٠ إلى ٦٠ يوما او اكثر
مقاومة الوسط الترشيحى	من ١.٥ إلى ٤ متر	
طريقة الغسيل	بالغسيل الخلفي بواسطة الماء أو بالماء والهواء	جرف الطبقة العليا بحدود ٠.٥ إلى ٢ سم
ازالة الرمل	يدويا أو ميكانيكيا (اليا) أو هيدروليكيا	
المادة المستخدمة لبناء المرشح	خرسانة مسلحة، طوب، مواد بلاستيكية	
الترميم والاصلاح	مستمر	
المخاطر	نمو الطحالب، التغير في نوع الماء، الانسداد	
مقاييس التحكم	فقد الضغط، معدل التصرف، العكارة	
أهم المعايير النوعية التي يتم اختيارها	العكارة، الخصائص الحيوية والمكروبيولوجية	

جدول رقم (٢– ٢)مقارنةبينمرشحاتالرملالسريعالمعدلومرشحاتالرملالبطيءالمعدل

٢- ٥- ٦ مرشحاتالضغطالرملية(Pressure filters for Sand)

يمرالماءفيمرشحاتالضغطتحتضغطعالنسبيًاعليطبقاتمنالرملوالزلطموضوعةداخلاسطوانةمقفلةمنالصلب(راسيةأوأفقية)تتحملضغطًاداخليًالايقلعن٢ ضغطجو.

وتدخلالمياهالمرادترشيحهامنأعليالمرشحإليأسفله،حيثتتجمعفيالمصافيمثلما يحدثفيمرشحاتالرمل.ويستخدمهذاالنوععلينطاقواسعفيالتصرفاتالصغيرةلترشيحمياهحماماتالسباحةبوجه خاصوفيوحداتالمياهالنقالي (Compact units)

وتوجدمنهأنواعوأحجامكثيرةويجباختبارهيكلمرشحالضغط بحيثلايقلعنضغطالتشغيل ويبينالشكلان (٢-٣٤،٢-٣٥)تفاصيلمرشحاتالضغطالرأسيةوالأفقية .

وتتراوحمعدلاتالتصرفالمعتادةلهذاالطرازبين٨٠إلي١٢٠لتر/م٢/دقيقة،ويفضلألايزيد عن١٥٠لتر/م٢/دقيقةويتوقفذلكعلينوعيةالمياهالداخلةإليالمرشحويلزمإمرارالماءداخلهذه المرشحاتتحتضغطعالمناسبلأنالضغطالفاقدداخلالمرشحكبير.

ويمكنالحصولعليالضغطبأحديالطرقالآتية:

١. خزانمرتفعيتمملؤهبطلمبةخاصةأوخطالمواسيرالرئيسيمباشربعدتخفيضضغطه.
٢. بواسطةطلمبةغسيلخاصة.
٣. بواسطةالماءمنخطالمواسيرالرئيسيبعدتخفيضضغطهخلالمحبستقليلالضغط.

ويتوقففاقدالضغطالفعليداخلهذهالمرشحاتعليحالةطبقاتالرملوعليمعدلالتصرفخلالالمرشح.وزيادةفاقدالضغطعنالحدالمسموحيبينأنطبقاتالرملقدأتسختويلزمإعادةغسلها

ويتمغسلمرشحالضغطبنفسالطريقةالسابقذكرهافيمرشحاتالرملالسريعة .ويجب ألا يقلمعدلماءالغسيلعن٥٠٠- ٦٠٠لتر/م٢/دقيقة،وتتراوحالفترةبينكلعمليةغسيلوأخريبين٤- ٢٤ ساعةتبعالفاقدالضغطالذييتوقفبدورهعلينوعيةالمياهالتييتمترشيحها.

وتتراوحكميةمياهالغسيللكلفترةبين ٢ % - ٦ %منالماءالمرشحبالمعدلالمذكورعاليةإلاإذاكانالغسيلمصحوبابهواءمضغوطليساعدعليتمددالرملأثناءالغسيل.

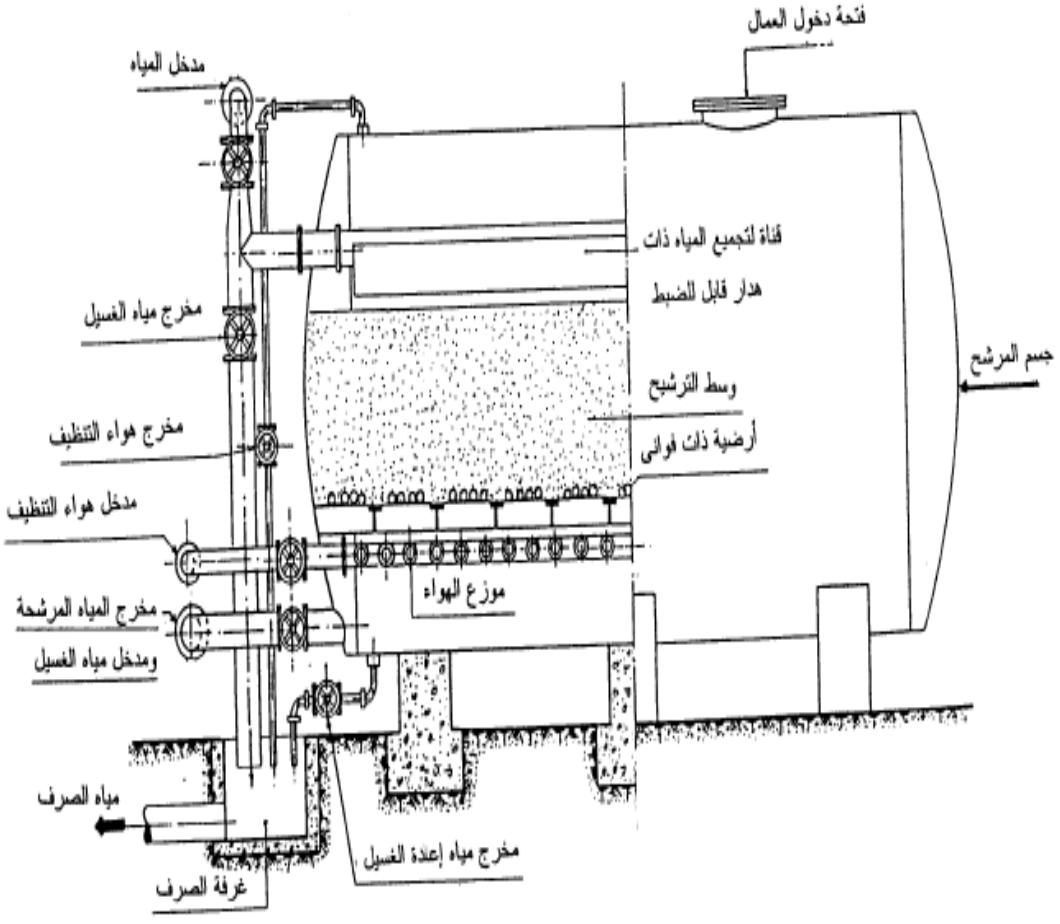
وبعدإتمامعمليةالغسيليجبأنيرسبالرملثانيهإليوضعهالأصليظاهرًاكطبقةملساءمتساوية.ويتراوحزمنعمليةالغسيلبين٣إلي٦دقائق.

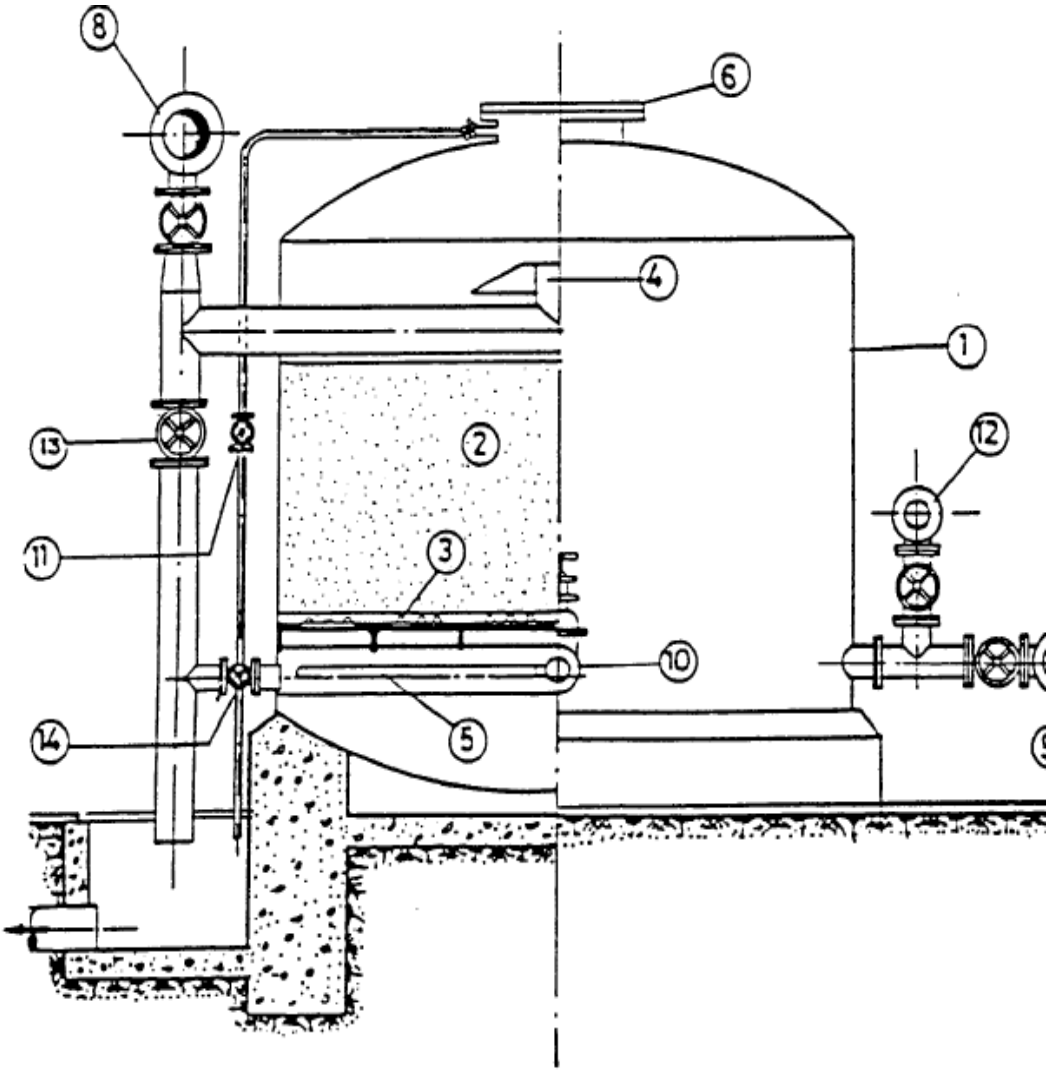
استعمالاتمرشحاتالضغط

لايفضلاستخدامهذاالنوعمنمرشحاتالضغطلعملياتتنقيةمياهالشربالكبربليقتصراستعمالهعلىالحالاتالآتية :

١. الأغراضالصناعية، لترشيحمياهتكونمطلوبةللمصانع والتيتكونبعيدةعنمصادرالمياهالنقية.
٢. إمدادالمجتمعاتالسكانيةالصغيرةبالمياهالنقيةالصالحةللشرب.
٣. إمدادالمجتمعاتالسكانيةالمؤقتةكالمعسكراتالحربيةأوالصيفيةوالمناطقالترفيهيةأوالمنتجعاتالصحيةأو الوحداتالسكنيةالمتنقلة.

شكل رقم (٢-٣٤) تفاصيلمرشحضغطأفقي





١	جسم المرشح	٨	مدخل المياه
٢	وسط الترشيح	٩	مخرج المياه المرشحة
٣	أرضية ذات فوانى	١٠	مدخل هواء التنظيف
٤	غرفة التغذية	١١	مخرج هواء التنظيف
٥	موزع الهواء	١٢	مدخل مياه الغسيل
٦	فتحة دخول العمال	١٣	مخرج مياه الغسيل
٧	غرفة الصرف	١٤	مياه إعادة الغسيل

شكل رقم (٢-٣٥) تفاصيلمرشحضغطرأسي

جدول رقم (٢ – ٣) مقارنة بين أنواع مرشحات الرمل الثلاثة (البطيء والسريع والضغط)

الخصائص	المرشح البطيء المعدل	المرشح السريع المعدل	المرشح الضغط
معدل الترشيح (م٣/م٢/يوم)	٣-٥	١٢٠-١٨٠	٢٤٠
وسط الترشيح	رمل وزلط	رمل- رمل وزلط	رمل- رمل وفحم
سمك وسط الترشيح (م)	١.٥	٠.٨-١	حسب الحجم
الوضع في محطة التنقية	بعد الترسيب الطبيعي	بعد التجلط والترويب والترسيب	بعد التجلط والترويب والترسيب
أبعاد المرشح م×م	٤٠×٤٠	٦×٩	القطر ٥٠-٢٦٠ الطول ١٠٠×٧٥٠
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	يستخدم الماء والهواء
ماء الغسيل(%)	لا تحتاج مياه غسيل	٣-٤	٦
معدل الغسيل (م٣/م٢/يوم)		٥٠٠-٦٠٠	١٠٠٠-١٢٥٠
جودة المياه المنتجة	عالية جدا	عالية	عالية
كفاءة ترشيح المياه	ممتازة	عالية	عالية
المساحة المطلوبة	كبيرة جدا	محدودة	محدودة للغاية
تكلفة التشغيل	منخفضة	متوسطة	مرتفعة
سرعة الترشيح م/ساعة	٠.١ ، ٠.٢	٥- ١٥	١٠ - ١٥

٢ – ٦ عمليات تنقية المياه، التعقيم Disinfection

لا يمكن لعمليات الترشيح للمياه بإستخدام المرشحات الرملية مهما كان معدلها بطيئًا أن يحجز كل ما في الماء من بكتريا وكائنات دقيقة (Microorganisms) لذلك كان لابد من اتباع طريقة أخرى للتخلص من هذه الكائنات الحية والتي قد تسبب الأمراض (pathogens) وذلك طبقا للمعايير القياسية الخاصة بمياه الشرب. ويستخدم التعقيم في القضاء عليه هذه الكائنات الحية الدقيقة الموجودة بالماء أو وقف نشاطها وخاصة البكتريا المسببة للأمراض.

ومن أقدم طرق التعقيم التي يعرفها الإنسان التعقيم بتسخين الماء حتى درجة الغليان ولكنها لا تصلح اقتصاديا إلا في الاستخدامات المحدودة جدًا بالمنازل لذا كان لابد من وجود أو استحداث وسائل أخري أكثر فاعلية للكميات الكبيرة من المياه وتتناسب أيضا مع نظام الإمداد بالمياه الذي يحتوي عليه مكونات قد تكون في حد ذاتها من العوامل التي قد تساعد على نمو البكتريا وتكاثرها.

٢- ٦- ١ الغرض من عملية التعقيم

وتتم عملية التعقيم في آخر عمليات تنقية مياه الشرب وذلك للأغراض التالية:

١. قتل الجراثيم المضارة بالصحة العامة.
٢. إزالة الأمونيا.
٣. أكسدة المواد غير العضوية مثل كبريتيد الهيدروجين، والحديد F^{++} والمنجنيز Mn^{++} لتسهل إزالتها.

ويمكن تقسيم طرق التعقيم إلى الأقسام التالية:

٢- ٦- ٢ الطرق الطبيعية للتعقيم

الطرق الطبيعية (الفيزيائية) للتعقيم تضم الأعمال الآتية:

١. المعالجة بالحرارة: وترفع درجة الحرارة إلى ١٠٠ °م لمدة ١٥ إلى ٢٠ دقيقة لقتل الجراثيم، وتختلف هذه العملية عن عملية البسترة المستخدمة في صناعة المأكولات والتي ترفع فيها درجة الحرارة إلى ٨٠ °م لمدة عشر دقائق لقتل الخلايا الحية.
٢. استخدام الأشعة فوق البنفسجية: وتمرر المياه المراد معالجتها عبر غرفة تتعرض فيها الأشعة فوق البنفسجية بطول موجة ٢٠٠ إلى ٣١٠ نانومتر.
٣. استخدام أيونات المعادن مثل أيونات الفضة والنحاس.

٢- ٦- ٣ الطرق الكيميائية للتعقيم

في هذه الطرق يتم إضافة مواد كيميائية مؤكسدة (مركبات تستقبل إلكترونات) لتطهير المياه، ومثال المواد الكيميائية المستخدمة غاز الكلور ومركبات الكلور، والأوزون، واليود وبرمنجنات البوتاسيوم.

ويجبأنتتوفرفيهاالشروطالتالية:

شروط مواد التطهير

١. أنتكونسريعةوفعالةلقتلالجراثيمالموجودة.
٢. أنتكونسهلةالذوباننسبيًافيدرجاتالتركيزالمطلوبةلإتمامالتطهير.
٣. أنيكون لهامتبقىبعدإتمامعمليةالتطهير.
٤. أنلاتسببطعمأورائحةأولونللماءفيحدودالجرعةالمطلوبةللتطهير.
٥. أنلاتكونسامةللإنسانوالحيوانمنالجرعةالمستخدمة.
٦. أنيكونسهلالتعاملمعهاوسهلةالحفظوالنقلوالتحكم.
٧. أنيسهلاكتشافهاوقياسهافيالماء.
٨. أنتكونمتواجدةمحليًاوبتكلفةمناسبة.

العوامل التي تؤثر على عملية التطهير

١. كميةونوعالجراثيمالموجودة.
٢. نوعودرجةتركيزالمادةالمطهرة.
٣. وجودموادأخربتسهلأكسدتهابالمادةالمطهرة.
٤. خصائصالسائلالمرادتطهيره(درجةالعكارة،الرقمالهيدروجيني،درجةالحرارة)
٥. كميةمادةالتعقيمالمستخدمة.
٦. زمنالتلامسبينالمادةالمعقمةوالمحلولالمرادتعقيمه.

ويبينالجدول(٢– ٤)مميزاتوعيوبالطرقالمختلفةالمستخدمةلتطهيرالماء

الطريقة	المميزات	العيوب
١. طرق طبيعية الأشعة فوق البنفسجية	- سهلة الإنشاء والتشغيل. - لا تتغير بعدها خصائص السائل المطهر. - لا تتفاعل الأشعة فوق البنفسجية مع المركبات الموجودة في السائل. - تحتاج إلى زمن تلامس قليل. - لا تنتج روائح أو طعم. - لا تولد اضافة مخاطر	- لا يتكون باقي في السائل - تحتاج إلى معالجة مسبقة لكى لا تتمكن الجراثيم والميكروبات من صنع درع واق حولها من المواد الصلبة الموجودة بالسائل. - ذات تكلفة عالية. - لا تؤثر على كل الجراثيم. - تحتاج إلى طاقة كبيرة وأجهزة غالية الثمن
أيونات المعادن	- تستخدم كميات قليلة من الأيون. - لا تنتج مواد سامة. - تنتج متبقى يحمى الصحة العامة - لا يعتمد عمل الأيون على تركيز الكائنات الدقيقة الموجودة.	- تحتاج إلى معالجة مناسبة. - تتأثر بالتغير في درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني. - ذات تكلفة عالية. - تتأثر بالخصائص الكيميائية للمياه.
٢- طرق كيميائية الكلور	- الكلور فعال في إزالة الجراثيم. - طريقة جيدة يمكن الاعتماد عليها - تنتج متبقى للحماية ضد النمو الثانوي للجراثيم	- تحتاج إلى منطقة معينة ثابتة. - قد يتفاعل الكلور مع المادة العضوية .ويكون مركبات ضارة بالصحة. - مخاطر عند النقل والتخزين.

جدول رقم (٢- ٤) المميزاتوالعيوبلطرقالتعقيمالطبيعيةوالكيميائية

الأوزون	- أكثر فاعلية وكفاءة من الكلور لمدى أكبر من الحرارة والرقم الهيدروجيني. - يحتاج إلى فترات تلامس قليلة. - لا يكون مركبات ضارة بالصحة. - لا ينتج روائح مع مركبات السائل الواجب تطهيره. - يأتي بتطهير سريع وجيد.	- صعوبة النقل والتخزين لعدم ثبات الأوزون. - الأوزون قليل الذوبانية في الماء. - يصعب قياس تركيز الأوزون في الماء - يحتاج الأوزون إلى تقنية عالية لإنتاجه. - الأوزون غاز سام جدا. - لا ينتج متبقى يحمى الصحة العامة. - ذات تكلفة عالية لشراء الأجهزة والتشغيل واحتياجات الكهرباء. - يحتاج إلى معالجة مسبقة عندما تكثر المواد العضوية والطحالب. - يحتاج إلى عمالة مهرة للتشغيل.

٢ – ٦ – ٤ الخصائصالكيميائيةللكلورة

الكلورةتعنيإضافةالكلورإلىالمياهبغرضتعقيمالميا ه ومنالخصائصالعامةللكلور :

١. غازساماًأخضريشوبهاصفرار.

٢. يوجدفيالطبيعةمتحدًامععناصرأخرىمنأهمهاالصوديوم

٣. لهخاصيةتغلغلكبيرة.

٤. لهرائحةنفاذة.

٥. لهكثافةأكبرمنكثافةالهواء.

٦. يتبخرعلىدرجاتالحرارةالعاديةوالضغطالجوي.

٧. يمكنإنتاجهبالتحليلالكهربائيElectrolysis لمحلولملحهمنكلوريدالصوديوموالصودا الكاوية والهيدروجين.

٨. قليلالذوبانفيالماء.

وعندإضافةالكلورإلىالماءيمكنأنتنتجهذهالتفاعلات:

١. تفاعلالكلورمعالماء :يتفاعلالكلورمعالماءليكونحامضالهيبوكلوريس(HOCl) (Hypochlorous acid)وحامض الهيدروكلوريك (Hydrochloric acid)كما هومبينفيالمعادلةالتالية :

وتتأينالأحماضالمتكونةإلى:

$$Cl_2 + H_2O \rightleftharpoons HCl + HOCl$$
$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$
$$HOCl \rightleftharpoons H^+ + OC^{1-}$$

٢. ويعتبرحامضالهيبوكلوريسHOCl(I) أكثرالمطهراتفاعلية،ويسمىالكلورالمتواجد Available chlorineويحدثأكثرالتطهيرعلىالرقمالهيدروجينيالحمضي.

ويعطىالجدول (٢–١٠)فكرةعامةعنالقيمالمقترحةلأدنىجرعةمنكلورمطلوبةلتعقيمالماءوقتلالبكتريا.

الرقم الهيدروجيني pH	أدنى جرعة كلور حر متواجد (ملجم/لتر) (المتبقي بعد زمن تلامس 10 دقائق)	أدنى جرعة كلور متحد متواجد (ملجم/لتر) (المتبقي بعد زمن تلامس ٦٠ دقيقة)
٦	٠,٢	١
٧	٠,٢	١,٥
٨	٠,٤	١,٨
٩	٠,٨	-
١٠	٠,٨	-

تفاعلالكلورمعالأمونيا:يتفاعلالكلورمعالأمونيافيوجودالماءليكونالكلورامينحسبالتفاعلاتالموضحةأدناه.

أحادى كلورامين

$$NH_3 + Cl_2 \rightleftharpoons NH_2Cl + HCl$$

ثنائى كلورامين

$$NHCl_2 + HCl \rightleftharpoons NH_2Cl + Cl_2$$

ثلاثى كلورامين (ثلاثى كلوريد النتروجين)

$$NHCl_2 + Cl_2 \rightleftharpoons NCl_3 + HCl$$

٣. أكسدةالموادغيرالعضويةمثلأكسدةكبريتيدالهيدروجين،والحديد Fe^{++}والمنجنيز Mn^{++}

٤. أكسدةالموادالعضوية. ويتفاعلالكلورمعالموادالعضويةمكوناثلاثيهالوجيناتالميثان Trihalomethanesوغيرهامنالموادالعضويةالمكلورة .

وتحتويثلاثيهالوجيناتالميثانعلىالكلوروفورم (Chloroform $CHCl_3$) وثنائيكلوربرومالميثان (Bromodichloromethane$CHBrCl_2$) وثنائيبرومكلورالميثان (Dibromchloromethane$CHBR_2Cl$) والبروموفورم (Bromoform $CHBr_3$).

وقدوجدأنالكلورفورممادةمسرطنةللحيواناتويحتملأنيكونمادةمسرطنةأيضًاللإنسان.

٢ – ٦ – ٥ التعقيمبالحرارة Disinfection by Heating

تستخدمالحرارةفيالتعقيمنظرًالأنالكائناتالحيةالدقيقةلاتتحملدرجاتالحرارةالعاليةخاصةإذاوصلتإليدرجةغلي انالماءلمدةتتراوحبين 5

إلي20دقيقةإلاأنطريقةالتعقيمبالحرارةغيرعمليةومكلفةفيحالةاستخدامهافيالكمياتالكبيرةمنالمياهلكنهاتست خدمفيالمعاملوالمستشفياتوالسفنوفيالمنازل (فيحالاتخاصة) وفيالمخيمات.

٢- ٦- ٦ التعقيمبالأشعةفوقالبنفسجية Disinfection by Ultraviolet

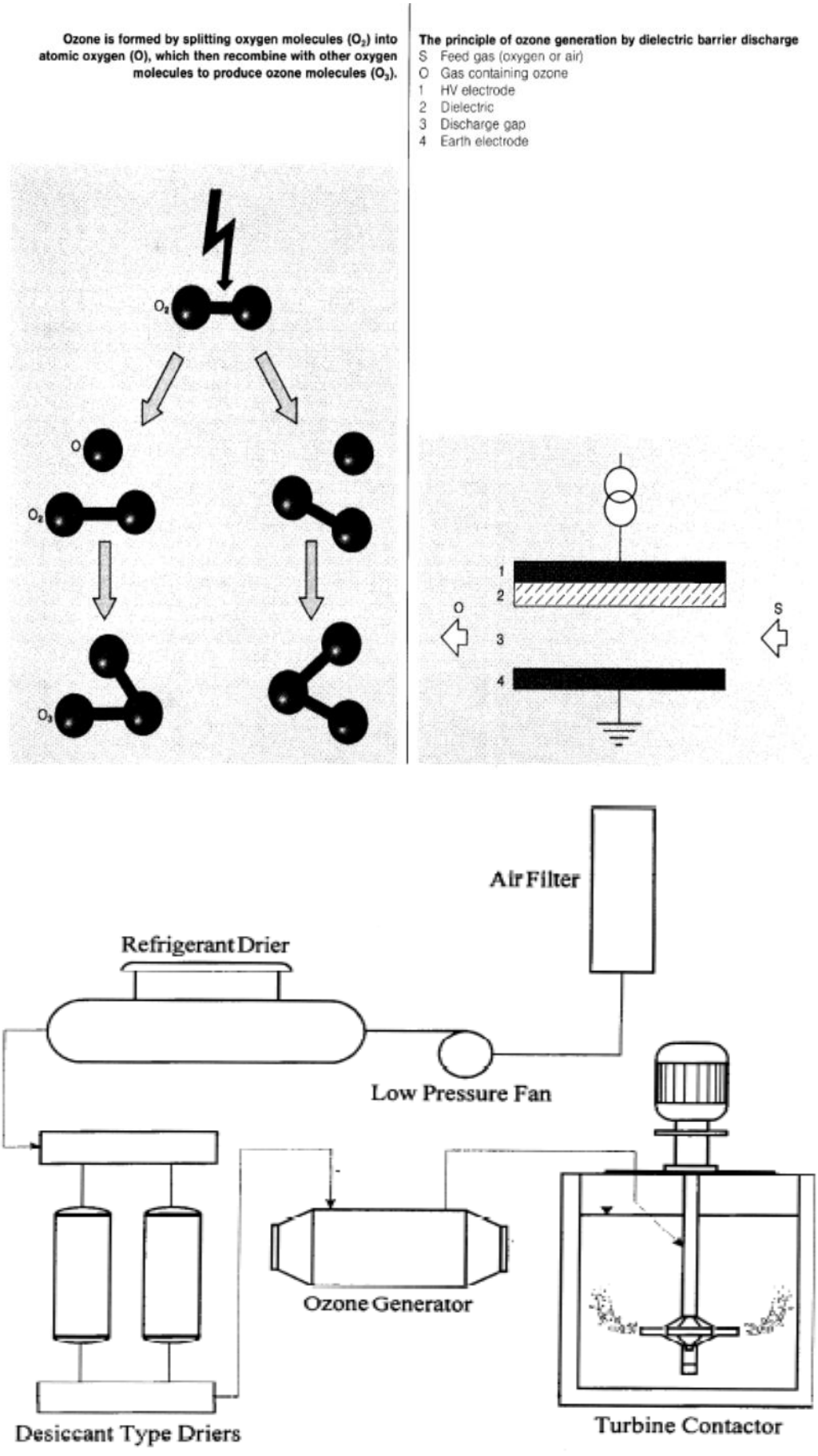
تعتمدهذهالطريقةعليإبادةمسبباتالأمراض (Pathogens) بتعريضهاللأشعةفوقالبنفسجيةالتيتعملعليإبادتها.إلاأنعمليةإنتاجهذهالأشعةمكلفةكماأنهاتكونغيرمجديةإ ذاكانتالأحواضعميقة،إذأنالمعالجةالإشعاعيةتتمبتعريضطبقةرقيقةمنالماء(سنتيمتراتقليلة)إليالأشعةوبس رعةمروربطيئةجدالذلكفإنهذهالطريقةلايتماستخدامهاإلافيالمعاملوالمستشفياتوبعضالصناعاتوفيوحدات تحليةمياهالبحرالتيتعملبنظرية التناضحالعكسي (Reverse Osmosis)والتيتكونتصرفاتهاصغيرةجدًاإذاماقورنتبوحداتمعالجةالمياهفيالمدنأوالقرى.

٢- ٦- ٧التعقيمبالأوزون Disinfection by Ozone

الأوزون(O_3) غازمؤكسدقوييتمإنتاجهمنالأكسجينالجويداخلأجهزةخاصةوذلكبتمريرالأكسجينبينقطبيكاثوددذوجهدع ال .وكماهوموضحبالشكلرقم (٢-٣٦)وتبلغالطاقةالكهربائيةالمستهلكةلإنتاججراموا حدمنالأوزون٠,٢٥كيلووات /ساعة . ونظرالأنالأوزونغاز نشيطجدافانهيتفاعلمعكلالمكوناتالموجودةبالماء(عضويةوغيرعضوية) لذلكيمكناستخدامهفيالتحكمفيلونورائحةالماء .والشكلرقم(٢-٣٧)يوضحنظامالتعقيمبالأوزون.

وثمةنقطةضعفأخريلطريقةالتعقيمبالأوزون،هيأنغازالأوزونغيرمستقركيميائيًاحيثأنه يتحللويختفيفيبضعدقائق ولاتتبقيمنهأينسبةلمواصلةالتعقيمفيشبكةالتوزيع ويقتضيالأمرمزجهبمجردإنتاجهمباشرة بالماءالمرادتعقيمه.

شكل رقم (٢-٣٦) طرقتكوينغازالأوزون



شكل رقم (٢-٣٧) نظامالتعقيمبالأوزون

٢- ٦- ٨التعقيمبالموادالكيميائية Disinfection by Chemicals

التعقيم بالمواد الكيميائية هي أنسب وسيلة لتعقيم المياه على نطاق واسع وهو يتم بإضافة مواد كيميائية بجرعات خاصة، بحيث تقتل كل ما تبقى من البكتريا بعد الترشيح دون أن تضر بصحة الإنسان والحيوان وأيضا لا تحدث تغييرا في طعم ولون ورائحة المياه.

وهناك ثلاثة أنواع من المواد الكيميائية يمكن استخدامها في التعقيم وهي:

١. المسحوق المبيض
٢. هيبوكلوريت الكالسيوم
٣. هيبوكلوريت الصوديوم

٢ – ٦ – ٨ – ١ المسحوق المبيض

يطلق أحيانًا على المسحوق المبيض اصطلاح كلوريد الجير (Chloride of Lime) وهو مسحوق أبيض مائل للإصفرار ذو رائحة قوية نفاذة ويحتوي المسحوق المنتج حديثا على ٣٢ % من وزنه كلور فعال، وهذه النسبة تأخذ في النقصان بمرور الوقت خصوصًا إذا تعرض المسحوق للجو أو للضوء . لذلك يجب حفظة في عبوات خاصة محكمة القفل، وكذلك اختباره قبل استخدامه لمعرفة نسبة الكلور الفعال التي ما زال يحتويها .وتتوقف كمية المسحوق التي تستعمل للتعقيم اليومي في محطات تنقية مياه الشرب على عوامل كثيرة أهمها:

١. كمية المياه المطلوب تعقيمها في اليوم.
٢. نسبة الكلور الفعال في المسحوق المبيض.
٣. جرعة الكلور المستعملة.

ويعد تقدير كمية المسحوق المبيض المطلوبة بعمل عجينه سميكة (Paste) يتم تخفيفها تدريجيًا حتى تتحول إلى مستحلب بنسبة ١:١٠٠ ويمزج هذا المستحلب جيدًا ثم يترك لمدة ساعة وبعد ذلك يصفى لإزالة ما به من رواسب، ثم يضاف إلى المياه بالمعدلات المطلوبة بواسطة أجهزة خاصة.

٢ – ٦ – ٨ – ٢ هيبوكلوريت الكالسيوم

يوجد هيبوكلوريتالكالسيومعليهيئةمادةصلبةفيشكلأقراصأومسحوق،وهويستخدممبدئيًافيمعالجةأحواضال سباحةلأنهيحتويعليكلورفعالبنسبة٦٠-٧٠ % منوزنهولهأسماءتجاريةمختلفةمثل (High Test Hypochlorite)ومنمميزاتهيبوكلوريتالكالسيومبجانباحتوائهعلي نسبةعاليةمنالكلورالفعال،أنهلايتأثربطولفترةالتخزين.

وعنداستعمالهيبوكلوريتالكالسيوميحضرمحلولمركزمنهثميضافعلىالماءبالجرعات اللازمةبواسطةأجهزةمخصوصة والشكلرقم(٢-٣٨)يوضحتفاصيلأجهزةإضافةمسحوقهيبوكلوريتالكالسيومللتعقيم.

٢- ٦- ٨- ٣ هيبوكلوريتالصوديوم

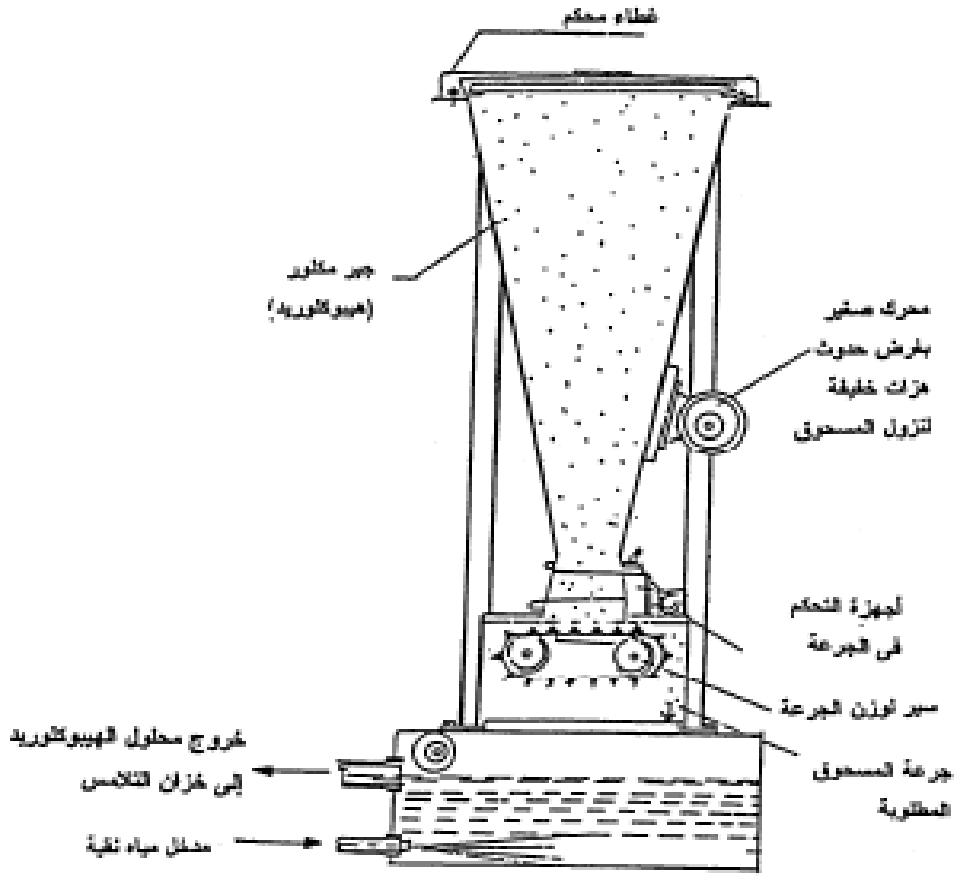
لايحتوي ملحهيبوكلوريتالصوديومإلاعلي١٦ %

منوزنهكلورفعالولذلكلايستعملبكثرةومنعيوبهأيضاأنهيسببتآكلاللمواسير .

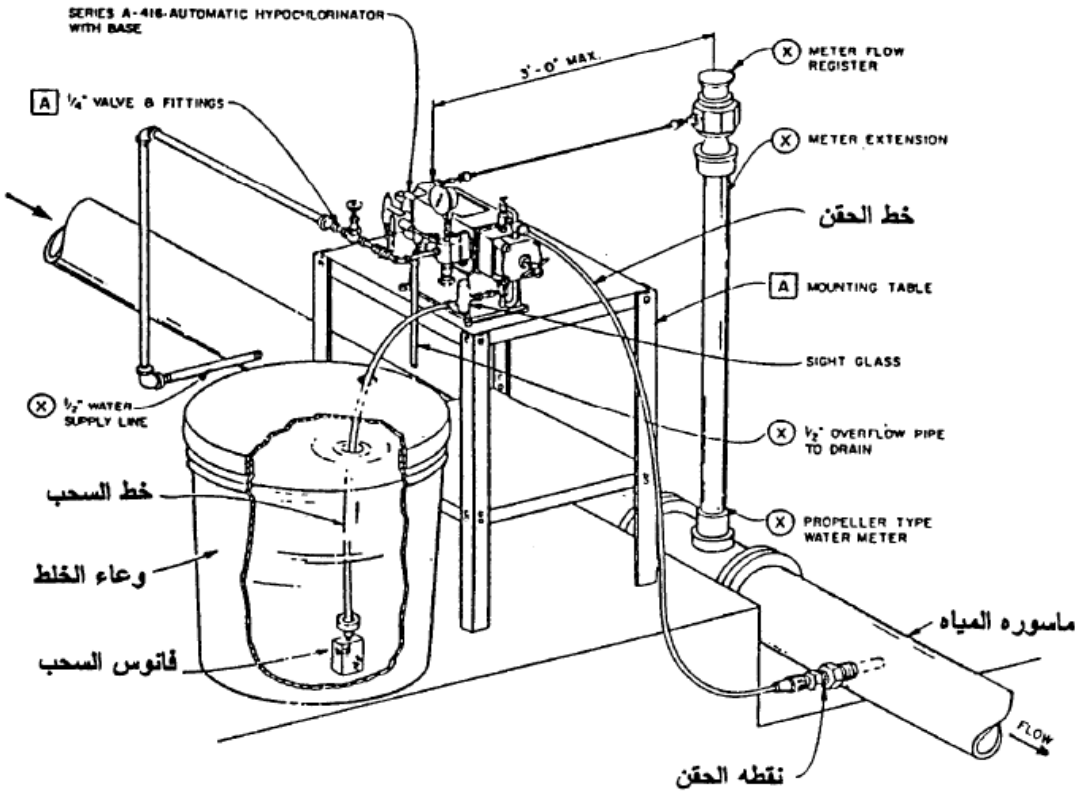
ولايفضلاستخداممركباتالكلورسواءالمسحوقالمبيضأوهيبوكلوريتالكالسيومأوهيبوكلوريتالصوديومفيعمليا تالمياهالكبريلأنهاتسببمتاعبفيالتشغيللكنهامازالتتستخدمفيالحالاتالتالي:

١. تطهيرشبكاتتوزيعالمياهبعدتركيبهاأوأصلاحها.
٢. تطهيرمرشحاتوخزاناتالمياه.

والشكل رقم (٢- ٣٩)يوضحتفاصيلالخزاناتونظامالضخلمحلولهيبوكلوريتالصوديوم.



شكل رقم (٢- ٣٨) تفاصيلأجهزةإضافةمسحوقهيبوكلوريتالكالسيوملتعقيم



شكل رقم (٢- ٣٩) تفاصيلخزانالمحلولوأجهزةأضافةمسحوقالهيبوكلوريت

٢- ٦- ٩ التعقيم بالكلور Disinfection by Chlorine

يعتبر الكلور منأكثر المواد المستخدمة في تعقيم مياه الشرب لأنه يؤثر تأثيرًا فعالا على البكتريا والمواد العضوية. وعند إضافة الكلور إلى الماء فإنه يتفاعل مع هو منتجًا حامض الهيدروكلوريك وحامض الهيبوكلورس. وتبعًا لدرجة الأس الهيدروجيني pH يتأين حامض الهيبوكلورس إلى أيونات هيدروجين و هيبوكلوريد. ومادة الهيبوكلوريد هي المادة المعقمة .

كما أن الكلور يتحد مع بعض المواد العضوية بالماء مؤكسدًا إياها.

ويضاف الكلور إلى الماء عادة في نهاية عملية التنقية بعد عملية الترشيح أو في مدخل خزان المياه النقية وذلك بغرض التعقيم ومن أجل تركيز نسبة من الكلور الحر في الماء تسمى بالكلور المتبقي (Residual Chlorine) تدخل إلى شبكات التوزيع وتكون بمثابة خط دفاع ثان لأي تلوث بكتيري يحدث من الشبكة. وتسمى عملية التعقيم بالكلور في نهاية عملية التنقية بالكلورة.

وتتراوح جرعة الكلور التي تضاف للمياه المرشحة عادة من ٠,٦ إلى ١,٢ جزء في المليون، على أن تكون نسبة الكلور المتبقية في الماء بعد التعقيم وأنتهاء فترة التلامس (contact time) التي لا تقل عن ربع ساعة حوالي ٠,٥ جزء في المليون .

ويزاد الجرعة المضافة من غاز الكلور من ١,٥ إلى ١,٨ جزء في المليون في الظروف الخاصة التي تستوجب ذلك مثل حالات انتشار أمراض الصيفو لا تسبب هذه الزيادة إضرار بصحة المستهلك.

٢- ٦- ٩- ١ العوامل المؤثرة على عملية التعقيم بالكلور

تتأثر عملية التعقيم بالكلور بعدة عوامل أهمها:

١. درجة تركيز الأس الهيدروجيني pH حيث يسر بمفعول الكلور الحر في الماء الحمضي أو المتعادل بسرعة أكبر منه في الماء القلوي لذا يفضل أن تكون قيمة pH أقل من ٨,٥

٢. العكارة (Turbidity) حيث تؤثر العكارة على تغلغل الكلور في الماء لاختفاء الكائنات الحية الدقيقة داخل جسيمات العكارة (تتحوصل) فيصعب القضاء عليها.

٣. وجود المركبات الأزوتية في الماء وخاصة الأمونيا العضوية حيث أن وجود الأمونيا العضوية قد تمنع تكون الكلور الحر المتبقي.

٤. نوع وعدد البكتريا المطلوب القضاء عليها.

٥. درجة الحرارة حيث تقل قدرة الكلور على قتل البكتريا في درجات الحرارة المنخفضة.

٦. مدة التلامس حيث تحتاج عملية التعقيم إلى فترة تلامس لا تقل عن ١٥ دقيقة للكلور الحر وساعة أو أكثر للكورامين.
٧. جرعة الكلور المضافة.
٨. نوع وتركيز المادة المستخدمة للكلور.
٩. وجود مركبات الحديد والمنجنيز في الماء حيث أن وجود مثل هذه المواد يحد من فاعلية الكلور في قتل البكتريا.

٢- ٦- ٩- ٢ التعقيم المبدئي بالكلور Pre disinfections

بالإضافة إلى عملية تعقيم المياه المرشحة بالكلور (الكلورة) والتي تتم في نهاية عملية التنقية أحيانًا تكون هناك حاجة إلى أجراء عملية تعقيم مبدئية للمياه العكرة وخاصة إذا احتوت هذه المياه على بعض أنواع من الطحالب والبكتريا .

وفي هذه الحالة يضاف الكلور على المياه العكرة قبل دخولها إلى أحواض الترسيب أو المرشحات وذلك بهدف تقليل الحمل البكتيري على المرشحات.

وتسمى هذه العملية بالتعقيم المبدئي بالكلور (Pre-Disinfiction) ومن مميزات عملية التعقيم المبدئي بالكلور ما يلي:

١. خفض أعداد البكتريا في المياه قبل وصولها للمرشحات وهذا بدوره يخفف الحمل البكتيري على المرشح، وكذلك وقف نمو الطحالب.
٢. تطهير الرمل في المرشح نظرا لمرور المياه بما فيها من كلور فيما بين الرمل أثناء عملية الترشيح.
٣. إزالة الألوان الرائحة من الماء بكفاءة عالية.
٤. إذا أضيف الماء قبل أحواض الترويب فإن ذلك يقلل من كمية الكيماويات المروبة التي تضاف للماء كما يساعد على ترسيب الطحالب وإزالتها مع الرواسب.
٥. الحد من نمو الكائنات الحية الدقيقة داخل المرشحات وخاصة الطحالب.

٢- ٦- ٩- ٣ التعقيم الزائد بالكلور Super Chlorination

أحيانًا يضاف الكلور بجرعات زائدة عن المطلوب قد تصل إلى ٢ أو ٣ جزء في المليون، وذلك بغرض إزالة الطعم الناتج عن المركبات المتحللة من الطحالب (Algae) بالإضافة إلى تحسين فاعلية عملية الكلورة وتسمى هذه العلمية بالتعقيم الزائد بالكلور ويجب أن تعقبها عملية إزالة الكلور الزائد من الماء (Dechlorination) حيث أنه يسبب رائحة نفاذة وطعمًا غير مستساغ.

وتتميزطريقةالتعقيمالزائدبالكلوربمايلي:

١. كفاءةعاليةلتأثيرالكلورعليالبكتريا.

٢. أبادةكاملةللكائناتالحيةالدقيقةالتيقدلاتؤثرعليهابالجرعاتالعاديةللكلور.

٣. أكسدةالكلورللموادالعضويةالتيقدتتواجدبالماء.

٤. الجرعاتالزائدةللكلورتقومبالحدمنالبكتريالتيقدتوجدفيالماء.

٢- ٦- ٩- ٤ طرقإزالةالكلورالزائد

هناكستطرقلإزالةالكلورالزائدنوجزهافيمايلي:

١. بإضافةثانيأكسيدالكبريت (Sulfer Dioxide)

إليالماءبجرعاتتتصلإليحوالي١,٥جزءفيالمليونلكلجزءفيالمليونمنالكلورالمطلوبإزالته.وفيهذهالحالةيتفاعلثانيأكسيدالكبريتمعالكلورالزائدكماهوموضحبالمعادلةالتالية:

$$Sulfer\ dioxide + H_2O \longrightarrow Sulfuric\ acid + Hydrochloric\ acid$$

$$SO_2 + 2H_2O \longrightarrow H_2SO_4 + 2HCl$$

والكمياتالناتجةمنحامضالكبريتيكوحامضالهيدروكلوريكضئيلةجداًولاأهميةلها .

ويجبأنتمرفترةخمسةعشردقيقةبعدإضافةثانيأكسيدالكبريتوذلكقبلاستعمالالمياه.

٢. اضافة كبريتيد الصوديوم (Sodium Sulphide)إليالماءليتفاعلمعالكلورالزائدكماهوموضح بالمعادلة التالية:

$$Na_2SO_3 + Cl_2 + H_2O \longrightarrow Na_2SO_4 + 2HCl$$

٣. إضافةثيوسلفاتالصوديوم (Sodium thio Sulfate)إلىالماءليتفاعلمعالكلورالزائدكماهو موضح بالمعادلة التالية:

$$2Na_2S_2O_3 + Cl_2 \longrightarrow NaS_4O_6 + 2HCl$$

٤. تخزينالماءفيأحواضمكشوفةلمدةثلاثةأوأربعساعاتقبلالإستعمالوذلكللسماحبتصاعدغازالكلورفيالجو.

٥. ترشيحالماءخلالطبقةمنالكربونالمنشطالذييمتصالكلورالزائد.

٦. مزجالمياهالمضافإليهاجرعاتزائدةمنالكلوربمياهلميتمإضافةالكلورإليهافيتعادلان.

٢- ٦- ٩- ٥ التعقيمبإضافةالأمونياقبلالكلور Disinfection by Chloramnie

تضافالأمونياللمياهقبلإضافةالكلور،وعندإضافةالكلورتتكونمركباتتسميبالكلورأمين (Chloramine)لهانفستأثيرالكلورفيتعقيمالماءغيرأنهاتمتازعنهبالآتي:

١. منعتكونالطعموخصوصًاالطعمالناتجعنوجودالفينول.

٢. التحكمبسهولةأكثرفيكميةالموادالعضويةفيأحواضالترسيبوالمرشحاتوفيشبكةالتوزيع وذلكلإمكانإضافةجرعاتأكثرمنالكلوروزيادةنسبة المتبقيمنه (Residual)دونتغيرطعمالماء.

٣. تأثيرأكبرعليقتلالبكتريا عندوجودكمياتكبيرةمنالموادالعضويةفيالماء.

٤. استمرارتأثيرالكلورلفترةطويلة.

٥. الأقتصادفيكميةالكلورالمستهلكة،حيثيتمتوفيرحوالي ٣٠ %منكميةالكلورفيحالةاستخداماالأمونيا.

٦. تأثيرأقلعليالعينوالأنفوالحنجرة،خصوصًاعنداستعمالهفيحماماتالسباحة.

٧. خلوهامنالخطورة حيثأنالكلورامينغيرخانق ولايمثلخطورةعليالعمال،والمستهلكينحتىعندإضافةجرعاتعاليةعليسبيلالخطأ.

ولذلكيفضلدائماستخدامهذهالطريقةإذاكانتشبكاتالمواسيرالتييتمبواسطتهاتوزيعالمياهتمتدإليمسافاتطويلة ويخشىمنتواجدالبكتريافيالأطرافالبعيدةإذااستعملالكلورفقطفيالتعقيم،وبذلكتقلتكلفةعمليةالتعقيم.

ومنالأهميةبمكانإضافةالأمونيافيالموضعالصحيحوضمانالمزجالتامبينهاوبينالماء وإتاحة وقتتلامسكافقبلإضافةالكلور.

وتعتبرنسبة٠,٢٥جزءفيالمليونمنالأمونياكافيةفيمعظمالأحيانلمنعإكسابأيطعممعندإضافةالكلوربعدذلك.وا لنسبةالنظريةللكلور والأمونيا من١ إلى ٤ولكنعمليًانسبة١ إلى ٣تعطينتائجحسنة.

وعنداستعمالالكلورامينللتعقيمفإنالكلورالمتبقيفيالماءبعدالتعقيميكونضعفكميتهعمالواستعملالكلوروحده.

ويجبتوخيالحذروالعنايةعندتداولالأمونياالسائلةكماهومتبععندتداولالكلورالسائلفكلاهمايمثلخطرًاعليالحياة وعليالمعداتإذاتسربمنزجاجاته.

٣- ٦- ٩- ٦ خصائصغازالكلورواحتياطاتاستخدامه

غازلونهأصفرمائلإلىالإخضرار،وهوأثقلمنالهواءمرتينونصف،لهرائحةمميزةشديدةالنفاذية،ووزنهالذري ٣٥,٥والكلورالغازيضعيفالقابليةللذوبانفيالماء (٧,٦جم/لترماءعند٢٠°م،٨,١٤جم/لترماءعندصفر°م) ولذلكلاينبغيرشالماءعلىالكلورالمتسرب،كما

أنحفظمحلولالكلورفيدرجةحرارةباردةيحافظعلىتركيزهلفترةطويلة.

وبرغمأنالكلورليسمادةملتهبةقابلةللإشتعالأوالانفجار،إلاأنهيمكنأنيساعدعلىالإشتعالتحتظروفمعينة . كذلكفإنالكلورالجافليسمادةمسببةللتآكل،إلاأنهيتحولإلىذلكبشكلمؤثرإذاماتعرضللرطوبة.

غازالكلورسامومهيجللأغشيةالمخاطيةالمبطنةللأنفوالعينوالجلدوالرئتينويسببسعالوصعوبةفيالتنفس . يسالبالتبريد)عند، ٣٤,١°م، ضغطجوى١بار(أويسالتحتضغطعالي)حوالي٧كجم / سم٢،فيدرجاتالحرارةالعادية(ولذلكيحفظوينقلعليهيئةغازمسالبالضغطفياسطواناتمنالصلبتختلفسعتهامنخمسينإليألفكيلوجراموتتوقفالعبوةالمستعملةعلىالكميةالمستهلكةفيمحطةالمياه.

فيحالةوجودتسربلغازالكلورفيالجوفإن٣جزءفيالمليونهيأقلنسبةيمكنحسهابالشم،وعند١٥جزءفيالمليونيصبح تأثيرهامهيج للعينوالرئة،ويصبحخطراإذاماستنشقلفترةمن٣٠-٦٠قعند تركيزمن٤٠- ٦٠جزءفيالمليونوإذازادالتركيزفيالجوليصلإلى ١٠٠٠ جزءفيالمليونفيصبحمميت،حيثيصابالفردالذيتعرض لهذهالجرعةبالإختناقوالوفاةمباشرة . أماالكميةالمسموحبهاالغازالكلور فيالجووتكونآمنةلفترةالورديةالواحدة (ثمانيساعات) لاتتجاوزتركيز ٠,١جزءفيالمليون.

وعندماستعمالالأمونياالكلورفيعملياتالتعقيمبالكلورأمينيجبالحذرمنعدمخلطهماقبلإضافتهماللماءبسببخطورةتكونثيوكلوريدالنتروجينالشديدالانفجار.

٢ – ٦ – ٩ – ٧ أسطواناتغازالكلور

يتمتصنيعأسطوانات(حاويات)الكلورمنالحديدالصلبطبقًالمواصفاتخاصةلتتحملضغطًاداخليًاحوالي٣٥كـ جم/سم٢ويتمملؤهابالكلورعادةإلي٨٠ % منسعتهاعندرجةحرارة٢٠ درجة مئوية ويجبعدمتعريضهذهالأسطواناتللحرارةالزائدةاوتعريضهاللسقوطأو الدحرجةالعنيفة.

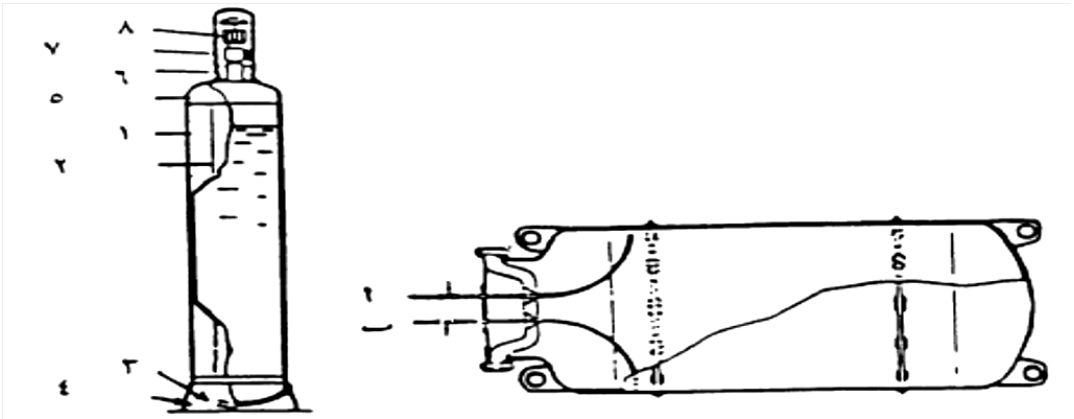
ويتمتصنيعالأسطواناتبثلاثةأحجامصغيرةسعةحوالي٥٠كجم،ومتوسطةسعةنصفطن وكبيرةسعةطنواحد ويوضحالشكلرقم(٢– ٤٠)أشكالأسطوانةالكلوروهيكمايلى:

– علياليسارالأسطوانةالصغيرة

– وعليالييمينشكلعاملكلمنالأسطوانةالمتوسطة والأسطوانةالكبيرة.

وتستعملالأسطوانةالصغيرةعادةفيالوضعالرأسيللإمدادبغازالكلوربينماتستعملالأسطوانةالمتوسطةأوالكبيرةعادةفيالوضعالأفقي .

بحيثيمكنالحصولمنهاعليغازكلورمنالمحبس(أ)أوكلورسائلمنالمحبس(ب)ويستعملالكلورالسائلفيالعلمياتالكبيرةالتيتحتاجإليكمياتكبيرةمنالكلورفيمرالسائلعليمبخرلتحويلهإليغاز .



محابس الخروج أ غاز ب سائل

١– جسم الأسطوانة
٢– خط لحام الأسطوانة
٣– النهاية السفلى المقعرة
٤– قاعدة
٥– النهاية العليا المقعرة
٦– رقبة ملحومة
٧– غطاء المحبس
٨– محبس

شكل رقم (٢– ٤٠) تفاصيل اسطوانة الكلور

٢ – ٦ – ٩ – ٨ أجهزةإضافةالكلور

نظرًالضرورةالسيطرةالدقيقةعليكميةالكلورالمضافةونظرالطبيعةالكلورالغازيةفيالضغوطالعاديةتستخدمأ جهزةخاصةلإضافةجرعاتالغازإليالما ءتعرفبأجهزةإضافةالكلور .

وتعملأجهزةالكلوربطريقةالتفريغولذافإنأيتنفيسفيأيوصلةيسحبالهوا ءإليالداخل بعكسمايحدثعندماتعملالأجهزةبطريقةالضغطحيثيتسربغازالكلورإليالخارج.

ويتمإحداثالتفرغعنطريقمفرغمائي (Ejector) وهو عبارةعنقطعةبهاجزءضيقفيمسارها وطبقالقاعدةبرنوللييالتيتقولأنمجموعطاقاتالسائلثابتة،فإنزيادةسرعةالما ءفيهذاالجزءالضيقيزيدمنطاقةالحر كة

وبالتالييصاحبههبوطفيالضغطوتوصلالنقطةالتييصلفيهاالضغطإليالتفريغداخلالمفرغالمائيبجهازالكلورف يتمسحبالغازإليالمفرغ.ويستخدمضغطالما ءالذييقومبتشغيلالمفرغفيحقنجرعاتالكلوروالمذابالجرعاتالمناسـ بة.

وهناكأنواعمتعددةمنأجهزةإضافةالكلورمنها:

١. جهازالكلورالمندمج.
٢. جهازالكلورالييدويذوالسعةالكبيرة.
٣. جهازالكلورالآليذوالسعةالكبيرة.

١ –جهازالكلورالمدمج

وهويناسبالجرعاتالصغيرةويركبمباشرةعليأسطواناتالكلورالصغيرةأويعلقعليالحائطويتصلبالأسطوانةبواسـ طةماسورة.

ويجبتثبيتالأسطوانةفيالوضعالرأسيحتىلاتقعوتسببمشاكلكمايتطلبتركيبالجهازاتحاذاحتياطاتخاصةنظرًالأن هسهلالكسر . ويبينالشكلرقم (٢– ٤١) جهازالكلورالمدمجالمركب مباشرةعلى الأسطوانة.

٢ –جهازالكلورالييدويذوالسعةالكبيرة

ويوضحالشكلرقم(٢–٤٢)جهازالكلورالييدويذوالسعةالكبيرةونظريةعملهكالتالي:

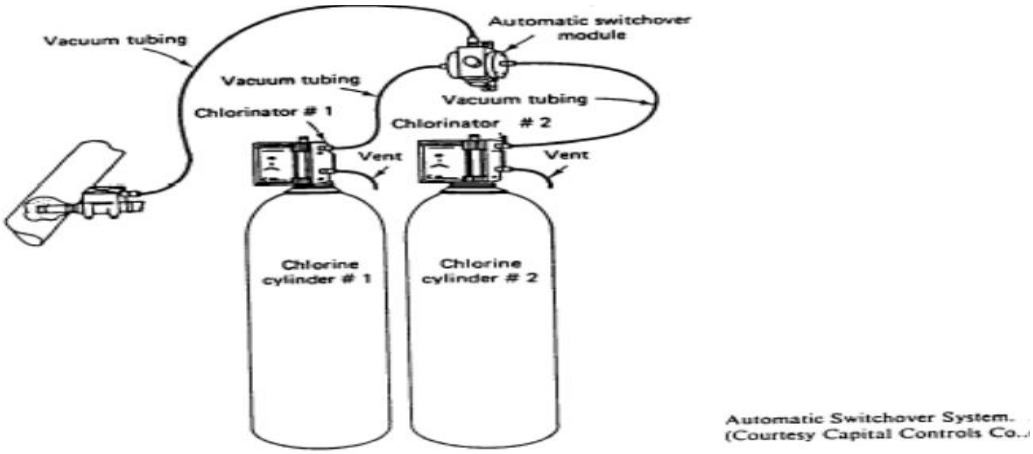
عندماتتدفق المياهبالحاقن(أ)ينتجفراغايمكنضبطهبدقةبمسمارالتحكمفيالصمام(ب)عنطريقلولبويعمل هذاالصمامعليتصريفالمياهالمرتدةأيضاثميخنقالتفريغعندالصماماالمنظمللتفريغ(ج)فيعطي فارقضغطقدره ٣٠سمعليفتحةمتغيرةلتصريفالغاز (د).ويدخلغازالكلورمنماسورةالدخول(هـ)ويمرمنخلالسخ انلضمانالمحافظةعليحالتهالغازيةثمينفذالغازخلالصماماتنظيمضغط الكلور (و)الذييخفضالضغطإليضغطالتفريغثميمرالغازخلالمقياساالتصريف(ل)والمجهز بعوامةتتحركلأعليوأسفللبيانمعدلالتصرفومناللوحةالأماميةيمكنالتحكميدويًافيكميةالغازالمارعندالفتحة(د).

وهناكصماماتلضمانالأمان،

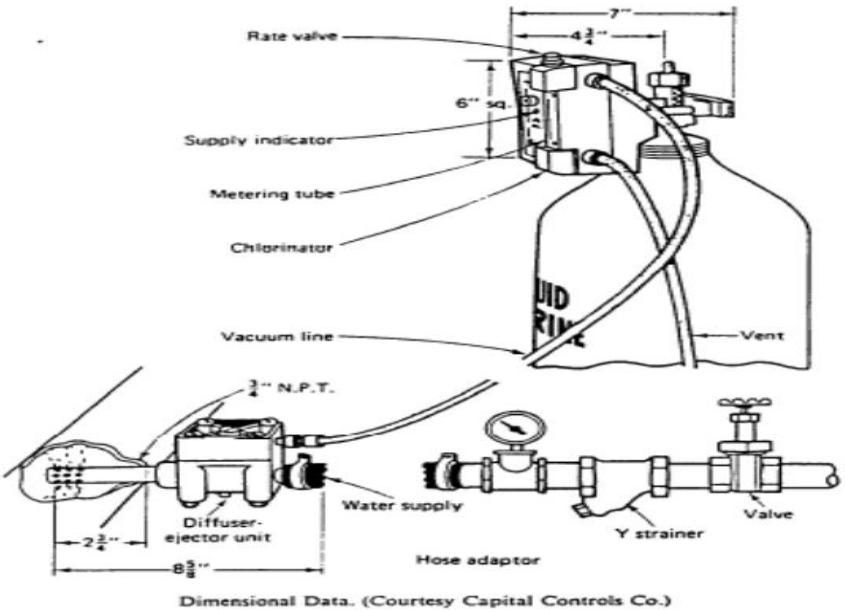
صماممضبطالتفريغ(ب)وصماماتنفيسضغطالتفريغ(م)كمايوجدفيالحاقنصماممكروي(كرة)يمنعالماءمندخ ولجهازالكلورعندمايتوقفالمفرغحيثيصبحالضغطموجبًاداخله.وإذاتعطلالصماماالكرويفإنضغطالماءعلير قصماممضغطالتفريغ(ب) يفتحصماماالتنفيس،يندفعالماءإليبالوعةالصرفمنفتحةالأمان . وإذااستهلكتكميةالغازفيالأسطوانةأوتمإغلاقالجهازأوتعطلصماممفارقالضغطفسوفيحدثفراغزائدتحتالفتحة(د) ويتحركالرقفيصماماالتنفيسإلياليمينفيفتحالصماموييدخلالهواء. وبنفسالطريقةإذاحدثضغطزائدللغازفيالجهازنتيجةلتعطلصماماتخفيضالضغطيتحركالرقفيصماماتنفيسالتف ريغإلي اليمينويسمحللغازبالمرورخلالفتحةالأمانويستخدمهذاالطرازغالبًافيعملية الكلورةالمبدئية.

٣- جهازالكلورالآليذوالسعةالكبيرة

وهولايختلفعنجهازالكلورااليدويإلاأنه يوجد هناكمحركًاكهربائيًايتحكمفيالفتحة(د)كماأنهناكأيضاتحكمًايدويًايستخدمفيبدايةتشغيلالجهاز . ويستخدمهذاالطرازغالبًافيعملية الكلورة النهائية.وكماهوموضحبالشكلرقم(٢- ٤٣) اما الشكل رقم (٢- ٤٤)فيوضحتفاصيلوحدةتعقيمذاتحجمصغير.

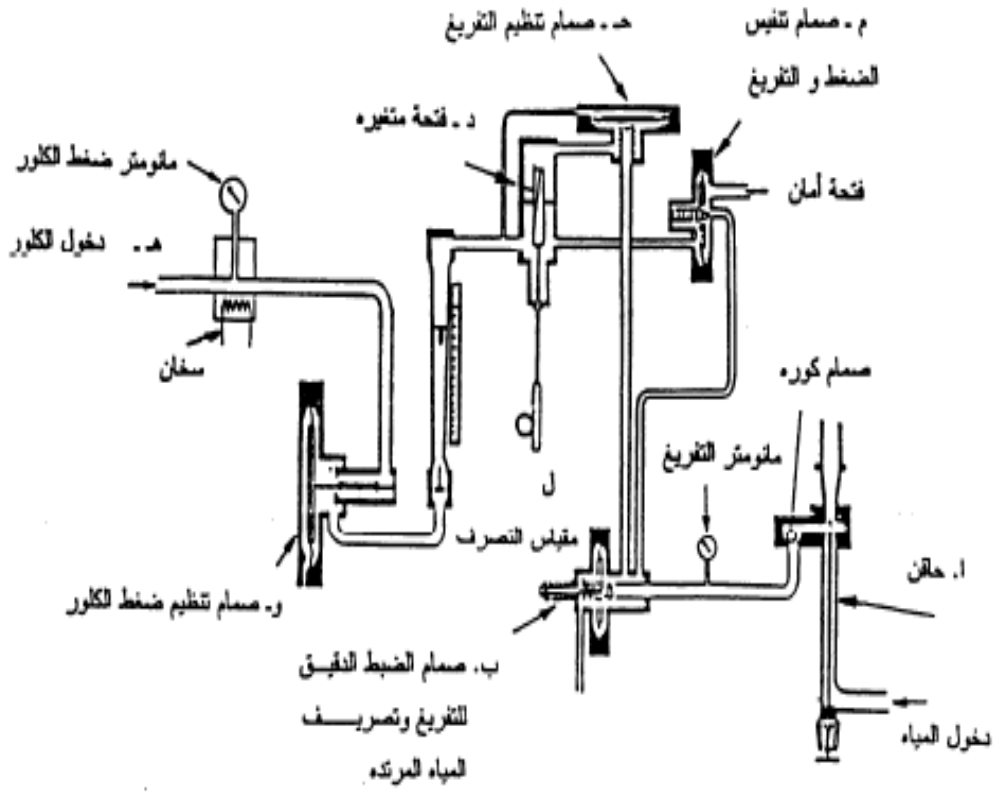


Automatic Switchover System.
(Courtesy Capital Controls Co.)

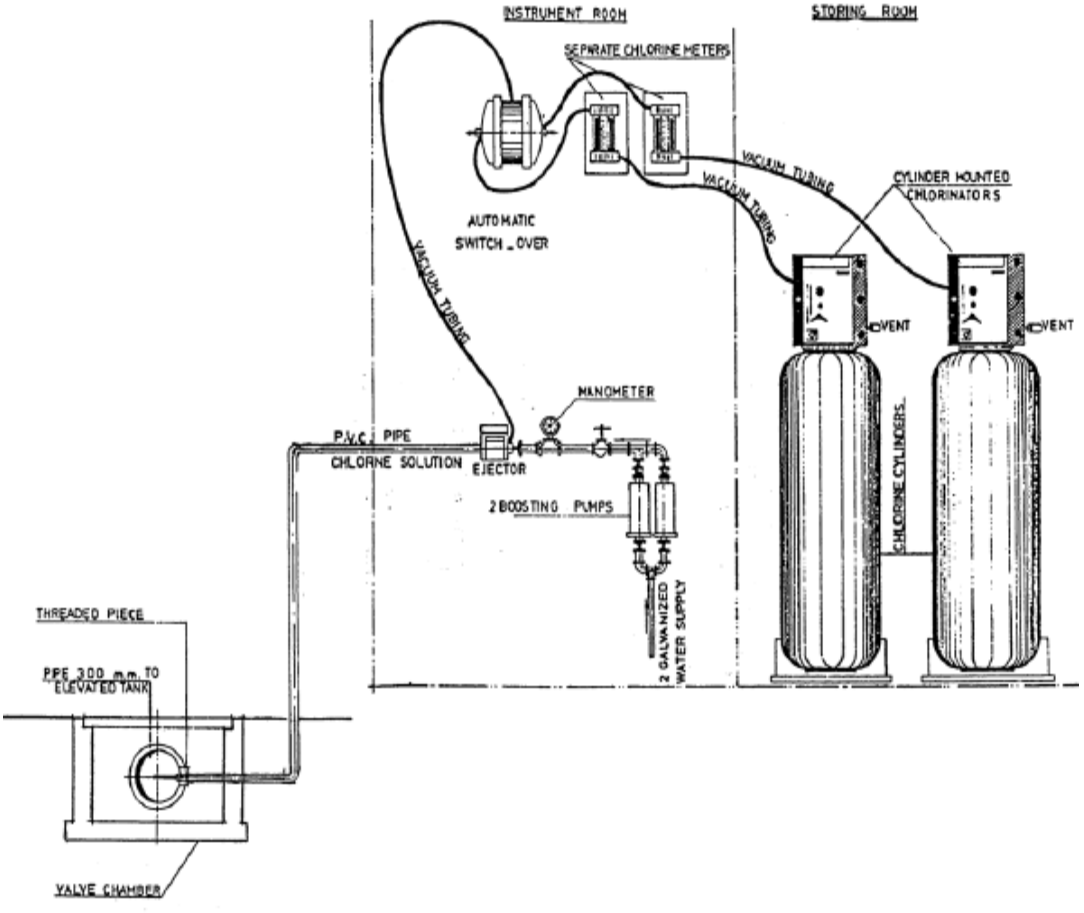


Dimensional Data. (Courtesy Capital Controls Co.)

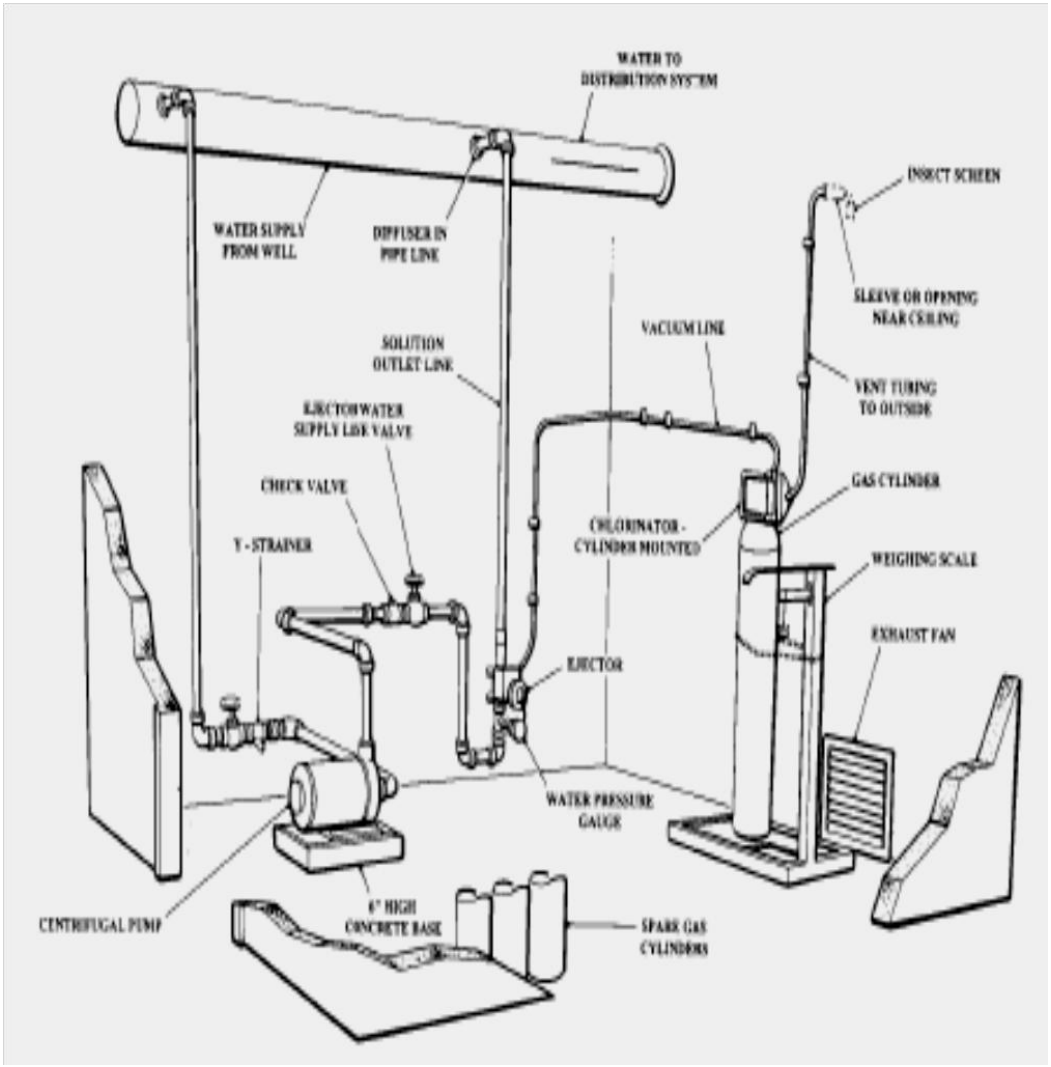
شكل رقم (٢- ٤١) تفاصيلجهازالكلورالمدمج



شكل رقم (٢– ٤٢) جهازالكلورااليدوي



شكل رقم (٢– ٤٣) أجهزةإضافةالكلورالآليذوالسعةالكبيرة



شكل رقم (٢- ٤٤) تفاصيلوحدةتعقيمذاتحجمصغير

الفصلالثالث

الوحدات المدمجةCompact Units

٣- ١ مقدمة

هي عبارة عن محطات تنقية مياه سطحية صغيرة الحجم (نقالي/ سابقة التجهيز تأتي من المصنع للتركيب في المواقع مباشرة)، وقد تم الإتجاه لإستخدام هذه النوعية من المحطات بغرض تغطية إمداد القرى والتجمعات السكانية الصغيرة–النائية والمتباعدة عن بعضها– والمحرومة من مياه الشرب النقية والقريبة من مصادر المياهالسطحية كنهر النيل أو الترع بمياه الشرب النقية.

تتكون هذه الوحدات (النقالي) عادة من مجموعة من الحاويات المتكاملة والتي تتكون محتوياتها غالبا من الصلب بغرض سهولة نقلها من مكان لآخر، وتكون ملائمة للتركيب طبقا للمساحات المتاح سعة هذه الوحدات تكون غالبا ١٠٠ متر مكعب/ساعة (حوالى٢٠٠٠ متر مكعب/ يوم) للوحدة والتي يمكن مضاعفتها بتكرار وتوازي الوحدات لمضاعفة الإنتاج.

توجد وحدات تنقية مياه مدمجة (صغيرة ثابتة) منفذة من المباني الخرسانية يتم تشغيلها وصيانتها طبقا لما يتم في المحطات الكبرى.

وقدتمتطويرعددمنمحطاتمياهشربالوحدات المرشحة (كومباكت)،وقدتمزيادةالإنتاجلكلمحطةمن١٠٠م٣/ساعةإلى٣٠٠م٣/ساعة،وقدتمالتغلبعلىمشاكلنقصالمياهفيالمناطقالتيتخدمهاتلكالمحطاتوأيضاذلكإلىبعدمانقطاعالمياهعنالأهاليبتلكالمناطقوخاصةفيفصلالصيف.

وبصفةعامةكانالمطلوبمنالتطويرتحقيقمايلى:

١. الكفاءةالعاليةفيالتنقيةوالقدرةعلىإزالةملوثاتالمياهالخاموتحملالتغيراتوالأحمالالمفاجئة.
٢. زيادةفتراتتشغيلالمرشحاتالأمرالذييؤدىللحدمناستهلاكمياهالغسيل.
٣. خفضتكاليفالإنشاءوكذلكالحدمنمراحلالتشغيل.
٤. خفضتكاليفالتشغيلوالصيانةوالحدمنالمكوناتالميكانيكيةوخفضالمتطلباتالكيميائيةوالكهربائية.

وتجدرالإشارةإلىتجربةنظامالترشيحالمباشرذوالمرحلتينفيدولالعالموالتي تشابهمياهالمصدرالمستخدممبماعليهنهرالنيلوفروعهوترعهالمستديمةالمياه .كماأننظام الترويبالمتدرجبالتلامسكوسيلةمتميزةلإتمامعمليةالترويبدونالحاجةإلىمهماتأومكونات

ميكانيكية ذات متطلبات تشغيل وصيانة وتكاليف عالية حيث أثبت نظام الترويب المتدرج بالتلامس كفاءة فنية واقتصادية عالية.

٣- ٢ أنظمة المحطات المدمجة لتنقية مياه الشرب (النقالى)

بالرغم من تواجد عدد كبير جداً من محطات تنقية مياه الشرب النقالة والمنتشرة على نطاق واسع، وبالرغم من تعدد مصادر تصنيع وإنتاج هذه المحطات وتعدد مسمياتها التسويقية كنتيجة طبيعية لإختلاف ظروف إنشاء هذه المحطات ومصادر تمويلها إلا أن معظم -إن لم يكن- جميع هذه المحطات تعتمد على منظومة تشبه موحدة لتنقية مياه الشرب.

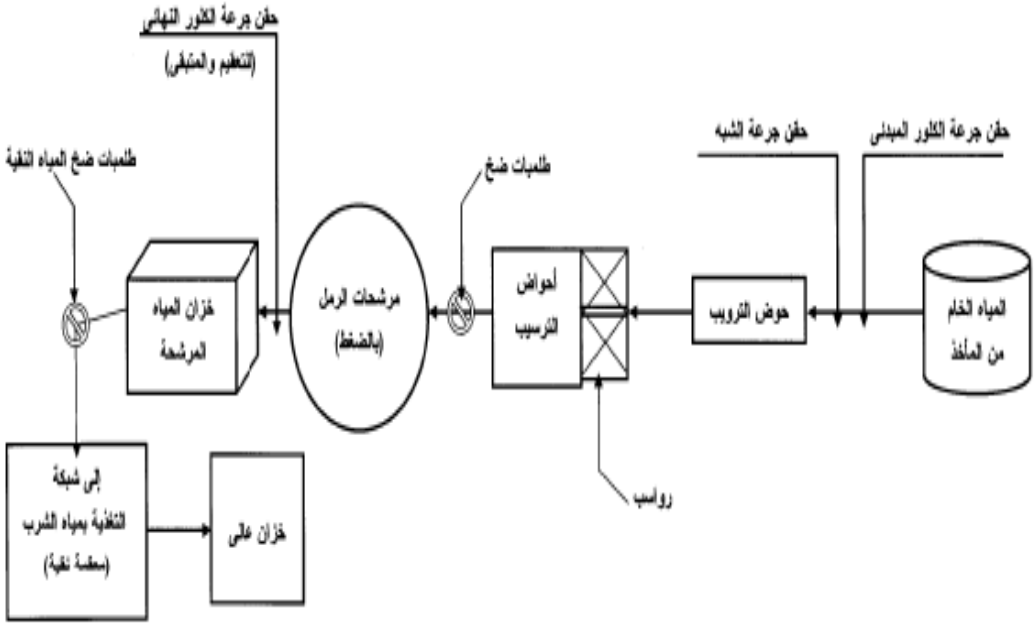
ويوضح شكل رقم (٣- ١) رسم تخطيطي عام لأنظمة تنقية مياه الشرب النقالة الأكثر استخداما.

ويتضح من استعراض منظومة الوحدات المدمجة مايلى:

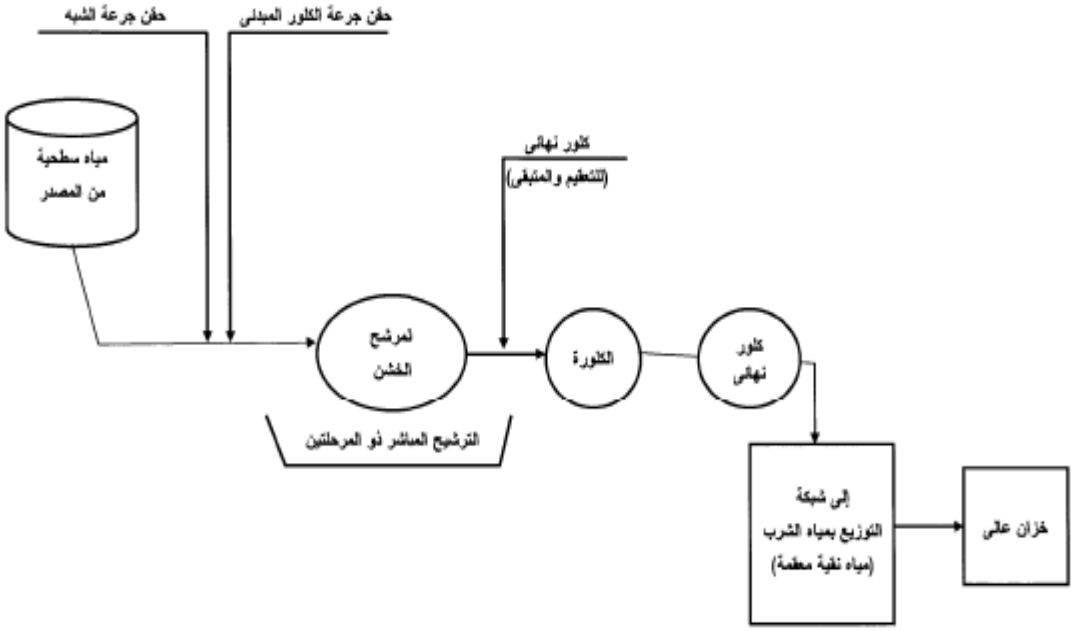
١. وجود مرحلة ترسيب ابتدائي (أولى) ونظراً لإنخفاض درجة عكارة المياه الخام فإن هذه المرحلة لا يوجد لها أي دور حالي فيرفع كفاءة عملية التنقية. بل على العكس فإن استخدام هذه المرحلة يؤدي بدورها لوجود مرحلة طلمبات تغير ذات فائدة وهو ما يؤدي لرفع تكاليف التشغيل وكذلك تكاليف التشغيل والصيانة.
٢. الإعتماد على إضافة البوليمر للمياه الخام وهو ما لا يحدث على المستوى المحلي نظراً لعدة أسباب منها قصر العمر الإفتراضي لهذه المادة وكذلك نظراً لأرتفاع تكاليف استيراده لعدم إنتاجه محلياً.
٣. ضعف كفاءة عملية الترسيب النهائي فيمعظم الأحيان سواء لتهالك مهمات الترسيب أو لإنخفاض درجة العكارة كما سبق الإشارة إليه مع الترسيب الإبتدائي. وبناء على ما سبق فإن انخفاض كفاءة جميع العمليات السابقة يلعب دور رئيسي مع إضافة الشبه كمر وبفيزيادة الأحمال الواقعة بالتالي على المرشحات الأمر الذي يؤدي بدورها لإنخفاض كفاءة هذه المرشحات.

٣- ٣ أعمال التطوير ورفع كفاءة محطات تنقية مياه الشرب النقالى

استهدفت الأعمال المطلوبة لتطوير نظم محطات تنقية المياه النقالة وذلك بإستغلال الوحدات المختلفة كما في شكل رقم (٣-٢) وإتمام بعض التعديلات عليها وذلك عن طريق تغير طريقة المعالجة نفسها حيث أمكن تطوير إنشاء المحطة وتعديلها بحيث تم إنشاء منظومتين متكاملتين لتنقية مياه الشرب من خلال المنظومة الأصلية وذلك على النحو التالي:



شكل رقم (٣-١) رسمتخطيطيعاملأنظمةتنقيةمياهالمدمجة(النظامالتقليدي)



شكل رقم (٣- ٢) الترشيحالمباشرذوالمرحلتينلتطويرورفعكفاءةمحطاتتنقيةالمياهالنقالى

المنظومةالأولى:

وهيتعتمدعلىالترشيحالمباشرذوالمرحلتينوتعطىهذهالمنظومةتصرفيعادلنفسالتصرفللمحطةالأصليةوهو ١٠٠م^{٣}/ساعةوكذلكفقدتمتطويرهذهالمنظومةنفسهاوذلكبالاستغناءعنمرشحاتالضغطواستخدامعدد ٢مر شحخشنيعملانعلىالتوازىحيثتمرفعتصرفتلكالمنظومةإلى ٢٠٠م^{٣}/ساعة اى ١٠٠م^{٣} /ساعةلكلخطأومرشحخشن.

المنظومةالثانية:

وهيتعتمدعلىالترويبالمتدرجبالتلامسالمتبوعبالترشيحالسريعوتعطىالمنظومةتصرفحوالى٨٥م٣/ساعة(تصرفإضافي)الأمرالذيعنبدورهمايلى:

١. إمكانيةالحصولعلىنفستصرفالمحطةالأصليةمنالمنظومةالأولىبإستغلالجزءمنوحداتالمحطةالأصلية،لايتعدىنصفهذهالوحدات.

٢. زيادةالطاقةالإنتاجيةللمحطةبقيمة٢٨٥ % فيحالةتشغيلالمنظومةالثانية.

ونوضحفيالفقرةالتاليةالشرحالتفصيليللمنظومةالأولىوالثانيةوتشملمكوناتومراحلالتشغيللكلمنها.

٣- ٣- ١ المنظومةالأولى (الترشيحالمباشر Direct Filtration)

تتمثلمكوناتالمنظومةالأولىفيالوحداتالأساسيةالتالية:

- مهماتتحضيروإضافةالمروب(الشبه)
- مرشحالتلامسالخشن Roughcontact filter
- مهماتالتعقيم (إضافةالكلور)
- مهماتإضافية.

وتتلخصمراحلالتشغيللمكوناتالمنظومةالأولىفي:

سحبالمياهالخاممنمصادرهاالسطحيةحيثيتمإضافةمحلولالشبه (بعدتجهيزه) إلىالمياهالخاممنخلالعمليةالحقنوالخلطخلالالمسار (Mix In-line)، بعدذلكيتمإدخالالمياههمباشرةإلىالمرشحالخشن (Rough/Contact Filter) حيثيعملذلكالمرشحبمعدلاتترشيحكبيرةتحتظروفالمياهالخامالحاليةفيمصروذلكلفتراتزمنيةطويلةقبلالحاجة لغسيلالمرشح،وهذاالمرشحلهوظيفتين:

الوظيفة الأولى:

حجز المواد الصلبة العالقة بنسبة تصل إلى ٩٥ % وكذلك إزالة الطحالب الموجودة بالمياه.

الوظيفة الثانية:

يعمل المرشح كمرو بوتتكون بداخلها الندف حيث تحجز أو تمر إلى المرشحات الرملية فعند تكون الندف يكبر حجم المواد العالقة مما يؤدي إلى حجز جزء كبير منها داخل المرشح نفسه كما يتميز ذلك المرشح بقدرة فائقة على خفض قيمة العكارة وباقي المواد العالقة وثاني أكسيد الكربون الخام، بعد ذلك تصبح المياه المعالجة قابلة للشرب بعد مرحلة التعقيم مباشرة، وتتم عملية غسيل المرشحات الخشنة كما هو الحال بالنسبة لمرشحات الضغط.

٣- ٣- ٢ المنظومة الثانية (بإستخدام الترويب المتدرج بالتلامس)

تتمثل مكونات المنظومة الثانية كما في شكل رقم (٣-٣) في الوحدات التالية وهي عبارة عن الوحدات التي لم تستغل من المحطة النقال بضمن المنظومة الأولى من التطوير وتشمل:

- مهمات تحضير وإضافة الشبه والكلور (مشتركة مع المنظومة الأولى)
- خزان الترويب (جزء من الترسيب النهائي سابقا)
- المرشحات السريعة (جزء من الترسيب النهائي + أحواض الترويب القديمة)

وتتلخص مراحل التشغيل للمكونات المنظومة الثانية في:

- سحب المياه الخام من مصادرها السطحية حيث يتم إضافة محلول الشبه إلى المياه الخام من خلال عملية حقن خلال المسار كما سبق في المنظومة الأولى. وبعد ذلك تدخل المياه إلى خزان الترويب (ترويب متدرج بالتلامس) وهو عبارة عن جزء من أحواض الترسيب الأصلية يتم تعديلها بإضافة طبقات من الزلط بترتيب معين ليتم خلالها إتمام عملية الترويب المتدرج بالتلامس.

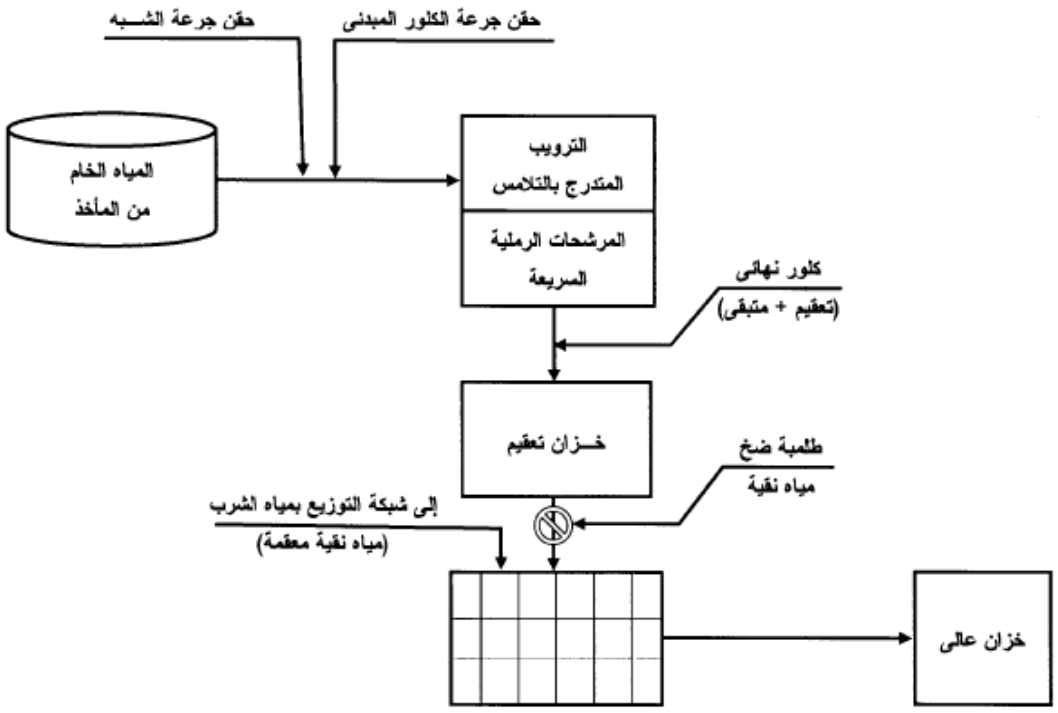
– بعدإتمامعمليةالترويبالمتدرجبالتلامستدخلالمياهإلىالمرشحاتالرمليةوهيفيهذهالمنظومةعبارةعنجزئ

يين (مرشحين):

المرشحالأول:يقعفيمنطقةالترويبفيالمحطةالأصلية.

المرشحالثاني:يقعفيجزءمنحوضالترسيبالنهائيللمحطةالأصلية.

وقدتمدراسةعدةتجاربعلىأوساطمختلفةلتحديدأفضلهاودراسةجميعالعواملالمؤثرةعلىالترويبالمتدرجبالتلام س،حيثأظهرتالدراساتالمختلفةكفاءةعاليةجدالنظامالترويبالمتدرجبالتلامس،بالإضافةلإنخفاضمتطلباتا لطاقةمعاستخدامذلكالنظامنظرًالعدمالحاجةللمعداتالميكانيكيةالخاصةبالترويب.



شكل رقم (٣– ٣)

الترويبالمتدرجبالتلامسوالمرشحاتالرمليةلتطويرورفعكفاءةمحطاتتنقيةمياهالشربالمدمجة

فيذلكالإطارفقدأدخلنظامالترويبالمتدرجبالتلامس (Tapered Contact Flocculation)

والذيتمثلفيإتمامعمليةالترويببكفاءةعاليةعنطريقإدخالالمياهالخامبعدحقنهابمحلولالشبهخلالطبقاتمنالزل طالمتدرجالحجم(حجمأصغرفأكبر)حيثتؤدىالسرعةالمضطربةللمياهعبرفراغاتالزلطلإتمامعمليةالترويبك ماسبقشرحهفيالترويبالمتدرجبالتلامس،كما يؤدىاختلافدرجةالاضطراب (Turbulence) لزيادةحجمالندفالمتكونةوهومايساعدبدورهعلىزيادةكفاءةعمليةالترسيبخلالالمرحلةالتاليةمنمراحلالتنقية.

مكونات الوحدة ومراحل التنقية:

فيما يلي وصف موجز عن محتويات الحاويات المكونة للوحدة المدمجة ومراحل التنقية للمياه السطحية والغرض من عملها:

حاوية المأخذ:

وتتكون من مجموعة طلمبات كهربائية طاردة مركزية، كاملة بمحابس السحب والطرد وعدم الرجوع ومواسير (أو خراطيم) للسحب بنهايتها محابس قدم لسهولة تحضير الطلمبات وكذا مصافي (فوانيس) لحجز الأعشاب والشوائب الطافية من دخول الوحدة. ملحق بهذه الحاوية لوحة كهربائية ثانوية خاصة بتشغيل مجموعة الطلمبات.

حاوية أجهزة إضافة الكيماويات والكلور:

تتكون من:

أ. أحواض (صهاريج) من البولي اثيلين لإذابة الكيماويات وتحضير محاليل الترويب (الشبة غالبا)، وكل حوض مزود بخلاط وصمام سفلي لتصريف المادة الكيماوية وكذا طلمبة ترددية لمعايرة (إضافة وحقن) الكيماويات كاملة بمواسير أو خراطيم نقل وحقن محلول الكيماويات.

ب. نظام لإضافة الكلور يتكون من أجهزة إضافة للكلور المبدئي وآخر للكلور النهائي، وأسطوانات كلورسائل وكذا مواسير (خراطيم) لتوصيل وحقن محلول الكلور عند نقاط الحقن المختارة.

ج. أجهزة التأمين الشخصية كالأقنعة الواقية من غاز الكلور وقطع الغيار الخاصة بها.

ملحوظة:يستعاض عن أجهزة الكلور في بعض المواقع بأحواض لإذابة محلول هيبوكلوريت الكالسيوم أو هيبوكلوريت الصوديوم (وخاصة في التجمعات السكانية النائية) ملحق بكل منها مجموعة طلمبة معايرة ترددية صغيرة ومجموعة من مواسير أو خراطيم التوصيل الخاصة بنقل المحلول إلي نقاط الحقن المختارة.

حاوية أحواض الترويب/التنديف والترويق:

وتتكون من:

أ. حوض للخلط السريع للمادة المروبة (الشبة) مع المياه العكرة يتصل بحوض يستخدم فيه قلاب بطيء لتقليب المياه المروبة**Coagulated**وتكوين الندف.

ب. حوض للترويق/الترسيب (مروق) ذو تصميمات مختلفة.

ج. مجموعة طلمبات لسحب الروبة إلي خارج الموقع أو للمعالجة.

حاوية المرشحات:

وتتكون من:

أ. مرشحات رمل سريعة (غالبا مرشحات ضغط) كاملة بمحابس التشغيل.

ب. مجموعات كباسات الهواء وطلمبات المياه للغسيل العكسي.

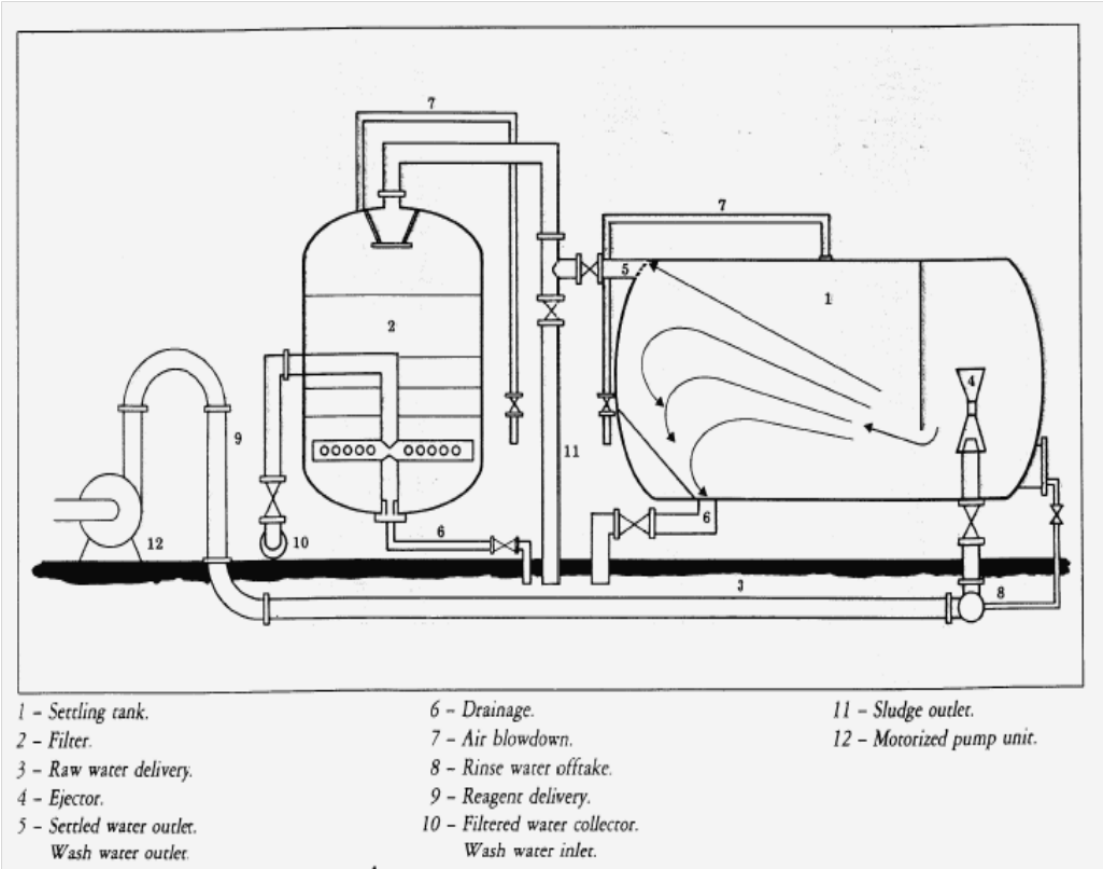
الخزان وحاوية الضخ والطرد:

وتتكون من:

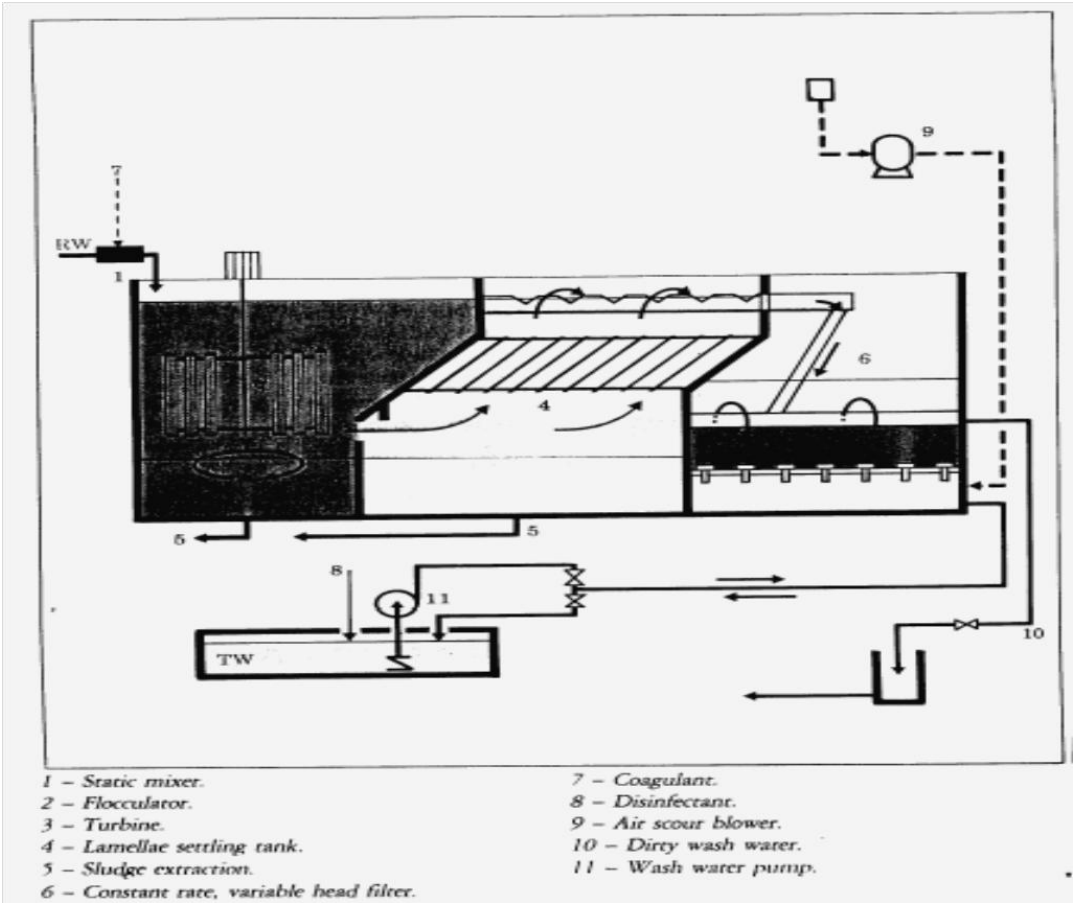
أ. خزان أرضي (صهريج) كامل بأجهزة التحكم لقياس المنسوب (الأدنى والأعلى) ولإيقاف وتشغيل معدات المحطة عند الطوارئ.

ب. مجموعات الطلمبات الكهربائية (طاردة مركزية) ذات ضغط عالي، كاملة بمحابس السحب والطرد وعدم الرجوع.

ج. لوحة كهرباء ثانوية خاصة بتشغيل هذه المجموعات يلحق بها أحيانا مجموعة خزان "هيدروفور" كامل بكباسات الهواء للمحافظة علي ضغط توزيع للشبكة، كما يوفر مياه نقية تحت ضغط عالي لأعمال خدمات الوحدة.



شكل رقم (٣– ٤) تفاصيلوحداتالتنقيةالمدمجةلمياهالشرب، نموذج(١)



شكل رقم (٣– ٥) تفاصيلوحداتالتنقيةالمدمجةلمياهالشرب، نموذج(٢)

الفصل الرابع

آبار المياه الجوفيةGroundwater Wells

٤- ١ مقدمة

إنشاء آبار المياه الجوفية هو عبارة عن عملية اختراق لطبقة التكوين الحاملة للمياه (aquifer) واعتراض المياه الجوفية التي تتحرك خلالها لإعادة هذه المياه إلى السطح للإستفادة منها والحصول على مصادر لمياه الشرب في المناطق المختلفة. وإنشاء آبار للمياه الجوفية لهذا الغرض يستوجب الإهتمام بتشغيلها وبعمرها وبنوعية المياه المنتجة منها وبالتالي ضرورة صيانتها المستمرة وضمان حمايتها من أية مصادر لتلوثها. حيث أن التلوث يفقدها قيمتها. كما أن سوء التشغيل والإستخدام والإستعمال الخاطئ يؤثر على حجم ومعدل إنتاجها وبالتالي على كفاءتها كما أنه قد يؤدى إلى تدمير وتخريب دائم في الطبقات الحاملة للمياه.

تتحرك المياه الجوفية في خلال الطبقة الحاملة للمياه ببطء وتنقى نفسها ذاتيا بالتالي من أية مواد عالقة حيث أن التربة تعمل كمرشح طبيعي لهذه المواد، إلا أنهاقد تتلوث إذا ما قابلت وسط ملوث في أثناء تحركها تجاه البئر لأن التربة لا ترشح أو تزيل الملوثات الذائبة كالمواد العضوية والكيميائية. فإذا ما كانت التربة مشبعة بزيوت أو ملوثات كيميائية فمن الاستحالة تنظيفها أو استغلال المياه التي مرت عليها كمصدر مياه صالحة للشرب. وبالتالي فان المسئولية الأولى للمشغل الحفاظ على صلاحية وجودة الآبار من خلال التشغيل الصحيح القانوني والصيانة الوقائية لها ولطبقة التربة الحاملة للمياه، وان يتابع اىتغيير في نوعية المياه الجوفية المنتجة منها.

٤-٢ الملامح الخارجية للبئر

هناك مجموعة من الفتحات أعلى سطح البئر الغرض منها توفير عدة منافذ إلى داخل البئر يمكن معها أخذ قياسات مختلفة لمناسيب المياه بالبئر، السماح بدخول وخروج هواء أثناء تشغيل وإيقاف الطلمبة، إضافة الزلط لتعويض التناقص في منسوبه وكذا إضافة المواد المطهرة ووسائل التنظيف المختلفة، يتم حماية هذه الفتحات من تسرب أى مياه إليها من السطح أو دخول أى مواد غريبة وذلك للحماية الصحية الأساسية للبئر. وبالرجوع إلى الشكل رقم(٤-١)

يمكن تفصيل هذه المكونات كما يلى:

أ. فتحة التهوية

الغرض منها السماح بدخول الهواء ومنع حدوث تفريغ داخل البئر أثناء عملية بدء تشغيل الطلمبة، حيث أن التفريغ قد يؤدى إلى سحب ملوثات من خارج البئر خلال أي فتحات صغيرة ومختفية في أعلى سطح البئر، كما أنها تمنع زيادة الضغط داخل البئر أثناء إيقاف الطلمبة وعودة ارتفاع منسوب المياه إلى وضعه الأصليوبالتالي قد تعمل على طرد مونة التثبيت ومواد العزل حول قاعدة الطلمبة العلوية ويجب تغطيتها بشبك من السلك الدقيق ليمنع دخول الحشرات وخلافه.

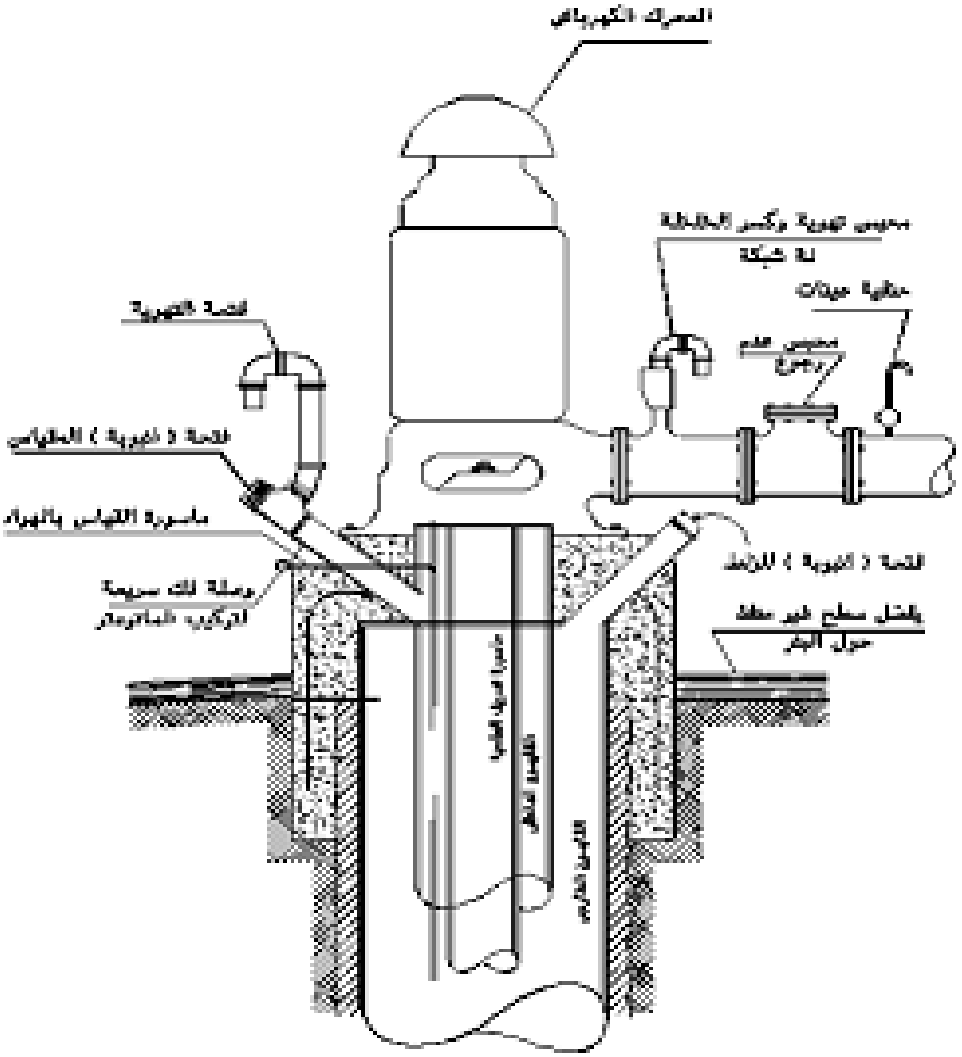
ب. ماسورة الزلط

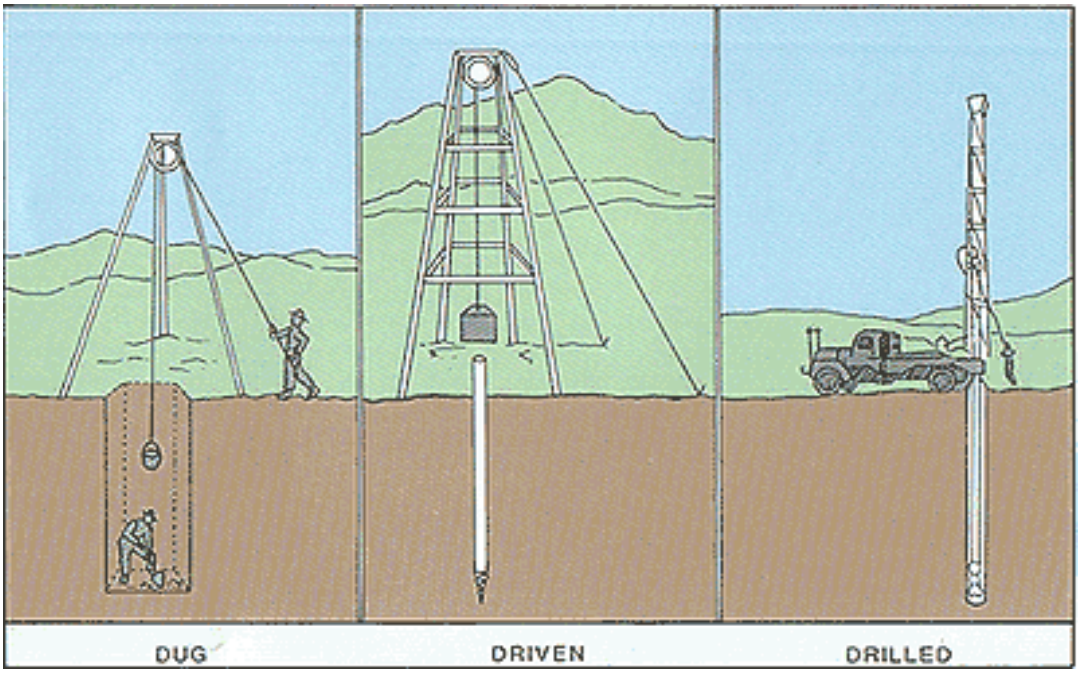
وفي الآبار ذات المواسير المتداخلة فقط يجهز البئر غالباً بماسورة لإضافة الزلط والمراجعة الدورية لمنسوبه ويكون بها غطاء محكم ومرتفعة بإرتفاع كافي فوق سطح الأرض لمنع دخول الملوثات.

ج. فتحة القياس:

هي فتحة صغيرة يمكن من خلالها إجراء قياس منسوب المياه دورياً في البئر، كما يمكن استخدامها عند إضافة مساعدات التنظيف أو الكلور للتطهير، ويجب إحكام تغطيتها بعد الإستعمال، ويتم القياس بعدة طرق منها بإستخدام حبل أو شريط معقم يتم ادخاله من هذه الفتحة وإسقاطه حتى يصل إلى المياه ويقاس الفرق من السطح. أو بإستخدام جهاز قياس منسوب المياه بضغط الهواء والذى يتم بتثبيت ماسورة حديد مجلفن أفقية قطر ٤/١ بوصة (٦مم) في قاعدة الطلمبة الخرسانية ويثبت بها ماسورة رأسية من البلاستيك (أو من البولى إيثلين) بطول مواسير التوصيل والطلمبة معاً ويجب معرفة وتحديد هذا الطول ويضبط عليه صفر المانومتر وعند ضغط الهواء في الماسورة الأفقية تكون قراءة مؤشر المانومتر هي عمق المياه.

منسوب المياه = طول الماسورة البلاستيك – عمق المياه.





شكل رقم (٤- ١) الملامح الخارجية للبئر

٤- ٣ تشغيل الآبار

عند بدء تشغيل الآبار العميقة (الأرتوازية) يتم مراعاة واتخاذ الاحتياطات اللازمة الكفيلة بسلامة وأمان كل بئر وضمان حمايته وحماية المياه المنتجة منه من التلوث كذلك ضمان استمرارية تشغيله وحسن استغلاله وذلك اتباع الخطوات والإجراءات التالية:

١. التأكد من سلامة حرم البئر وهو الحفاظ على مسافة كافية خالية ونظيفة حول البئر بعيدة كل البعد عن جميع مصادر التلوث والتي تتراوح بين ٣متر إلى ٤٥متر حسب مصدر التلوث المحتمل ونوع طبقات التربة واتجاه حركة ونوع وسيلة الإدارة (التشغيل) وذلك بالنسبة للتلوث البكتيري كخزانات التحليل (Septic tank) أو خزانات التجميع (مجرور) (Cesspit) ومواسير الانحدار (Sewers) أو الطرد (Risingmain) للصرف الصحي وكذا أكوام القمامة والجبانات... الخ، وتصل إلى ١٠٠ متر في اتجاه حركة المياه الجوفية بالنسبة للتلوث الكيمائي كصرف الحقول والمزارع (Farm drainage) وما قد تحويه من أسمدة أو مبيدات ومراعاة الشروط الصحية.

٢. التأكد من عدم احتمال تسرب المياه من سطح الأرض إلى داخل البئر خلال فتحة التهوية مع ضرورة عمل مجرى لإزاحة أي مياه متساقطة من أجزاء طلمبة البئر العلوية إلى أقصى حرم للبئر. وعند الشك من احتمال تسرب للمياه إلى البئر من أي مصدر تلوث مياه أو مجرى مائي قريب تستعمل أصباغ مثل الفلورسين بوضعها في المجرى المراد اختباره، ثم يلاحظ مدى تأثيرها على عينات المياه المسحوبة من البئر بمقارنة الألوان بأنابيب نسلر.

٣. عدم تجاوز معدل السحب الآمن للمياه من البئر وهو التصرف الذى يمكن الحصول عليه من البئر بدون خفض مستمر لمنسوب الطبقة الحاملة للمياه الجوفية، حتى لا تتسرب المياه الملوثة إليها من الطبيعة المحيطة.يتم القياس الدوري كل ٦ شهور لمنسوب المياه الأستاتيكى بالبئر (عند إيقاف الطلمبة) وآخر لمنسوب المياه الديناميكي لعدة مرات بعد تشغيل الطلمبة (مرة كل ساعة) وحساب مستوى الخفض في المنسوب (DrawDown) وتسجيله مع ضرورة تحديد شكل مخروط السحب (Cone of influence) وبالاستعانة بمجموعة آبار اختبار للملاحظة ذات أقطار صغيرة، ويتم تسجيل بياناته للمقارنة المستمرة. منه يتم معرفة حدود البئر والأداء المستقبلي له.

٤. مراعاة عدم تشغيل آبار متقاربة أو متداخلة مع بعضها في شكل مخروط السحب لها حتى لا تؤثر في منسوب الطبقة الحاملة للمياه.

٥. تسجيل نتائج الاختبارات لكل بئر للمقارنة وتعديل المعدل الآمن للسحب الذى يمكن الحصول عليه من البئر (إذا لزم الأمر).

٤ – ٣ – ١ طلمبات الآبار

تنقسم أنواع الطلمبات المستخدمة في رفع مياه الآبار العميقة (الإرتوازية) إلى:

١. طلمبات غاطسة (طاردة مركزية متعددة المراحل)Submersible Pumps
٢. طلمبات رأسية توربينية (متعددة المراحل) Vertical Turbine Pumps.
٣. طلمبات توربينية ذات محركات مفرغة للعامود Borehole Turbine Pumps.
٤. طلمبات أفقية طاردة مركزية (في حالات المياه الغير عميقة).

٤ – ٤إزالة الحديد والمنجنيز Iron &Manganese Removal

٤ – ٤ – ١ مقدمة

تلجأ كثير من مرافق المياه التي تعتمد علي مياه الآبار الجوفية إلى استخدام وتطبيق طريقة لإزالة أملاح الحديد والمنجنيز. وذلك لتقليلمشكلات الطعمواللونفي مياه الشرب والاستخدامات المنزلية حيثتكون على الملابس عند غسيلها لونا وبقعا بلون الصدأللمياه المحتوية على أملاح الحديد وباللون البنللمياه المحتوية على المنجنيز وذلك كما تترك حبيبات سوداء داكنة في وصلات المياه بالإضافة إلى مشكلات تكوين رواسب وانسداد شبكات التوزيع.

عادة تخرج مياه الآبار الجوفية رائقة ولا لون لها ولكن عند تركها لفترة فيأواني الطهي أو الأدوات الصحية مثلا تبدأ أملاح الحديد فيالاتحاد مع الأكسجين (الموجود في الهواء الجوي) مكونا جزيئات ذات لون بنى محمر (يسمى صدأ). أما المنجنيز فيكون لون بنى مسود. هذه الشوائب عادة تعطى طعما معدني المذاق، كما أنه لايمكن إزالة هذه البقع والألوان المترسبة على الملابس أو الأدوات الصحية بإستخدام الصابون والمنظفات. وبمرور الوقت فإن رواسب الحديد والمنجنيز قد تتراكم داخل الخزانات وسخانات المياه وخطوط المواسير وتؤدى بالتالي إلى تكاثر الكائنات الحية الدقيقة مسببة تدهورا في نوعية المياه وكذلك انخفاضا في الضغط، وعليه يجب إعطاء اهتمام خاص بعملية التحكم في إزالة الحديد والمنجنيز.

وقد وضعت المعايير القياسية الصحية لمياه الشرب حدا أقصى ٠,٣ملجم/لتر للحديد، ٠,٤ملجم/لترللمنجنيز بمياه الشرب.

٤- ٤- ٢ عمليات معالجة الحديد والمنجنيز

تلجأ كثير من هذه المرافق إلى إزالة أملاح الحديد والمنجنيز من المياه خلال ثلاثة عمليات وهي:

أ. الترسيب والتي تعتمد أساسا على أكسدة أملاحها الذائبة وتحويلها إلى مواد غير قابلة للذوبان ثم الترشيح في مرشحات رملية عادية أو المعالجة وهذه العملية هي الأكثر نظما شيوعا في مصر.

ب. عملية التبادل الأيوني (Exchangelon) التي تعتمد على استعمال "الزيوليت" كوسط تبادليفي حالة غياب الأكسجين، وهي طريقة محدودة وتستخدم للمياه ذات تركيز الحديد والمنجنيز المنخفض (أقل من ٠,٥ملجم/لتر). في بعض الأحيان تستخدم عمليات التهوية والترشيح قبل استخدام التبادل الأيوني عند إزالة العسر.

ج. التثبيت بإستخدام عوامل تشتيت (البولي فوسفات) لمنع ترسيب وتراكم هذه المعادن، وهي تستعمل عندما يكون تركيز الحديد أقل من ١,٠ ملجم /لتر، والمنجنيز أقل من ٠,٣ ملجم/لتر، وعند عدم استخدام المعالجة بالترسيب والترشيح.

يعتمد اختيار نظام التحكم والإزالة الذي تحتاجه مرافق المياه علي فهم ديناميكية التفاعل المطلوب لتأكيد نظام التشغيل المناسب من أنظمة التحكم وإزالة الحديد والمنجنيز. وعلي هذا الأساس يجب أولا اجراء الدراسة والتحاليل اللازمة لمعرفة تركيز الحديد والمنجنيز في الماء ثم اختيار النظام الأمثل وتحديد جرعة المؤكسد اللازمة أخذا في الاعتبار سرعة تفاعل الأكسدة والوقت الذي يستلزمه.

٤- ٤- ٣ عملية الأكسدة والترشيح

المؤكسدات الشائعة:

التهوية (الأكسجين) – الكلور الحر – ثاني أكسيد الكلور، برمنجنات البوتاسيوم – فوق أكسيد الهيدروجين– الأوزون

العوامل المؤثرة علي عملية الأكسدة:

- تركيز الحديد والمنجنيز في الماء
- درجة تركيز أيون الهيدروجين pH
- وجود المواد العضوية وملاحظة تأثيرها علي عملية الإزالة بالأكسدة
- درجة الحرارة

٤- ٤- ٣- ١ عمليات الأكسدة

أ – الأكسدة بالتهوية Oxidation by Airation

يتم أكسدة الحديد عادة بالأكسجين الموجود في الهواء الجوي.

من وسائل التهوية:

- رفع المياه إلى أعلي برج ثم انحدارها على مجموعة من السلالم المتدرجة.
- ضخها في مجموعة من النافورات أو مرورها خلال مجموعة من الأدشاش لتذريرها ولتعريض أكبر مساحة سطحية ممكنة منها للهواء الجوي بهدف أكسدة الحديد بالأكسجين الجوي.
- في بعض المحطات التي لايتوفر بها مساحات كافية يتم ضخ (حقن) هواء مضغوط– من وحدات كباسات منفصلة– في مسار المياه إلى (مؤكسدات Oxidant) (وهي أحوض بها طبقة من الزلط تسمح بإتمام خلط الهواء بالماء وتوفير مدة المكث المناسبة لإتمام عملية الأكسدة المطلوبة)

ب- الأكسدة بالكلور Oxidation by Chlorine

يتم أكسدة الحديد والمنجنيز الموجود في المياه بحقن الكلور بجرعات "مناسبة" حيث تتأكسد أملاحها إلى أكاسيد الحديد والمنجنيز الغير قابلة للذوبان والتي يسهل ترشيحها بعد ذلك والتخلص منها. مع الحرص على عدم زيادة نسبة الكلور المتبقيفي حالة وجود مواد عضوية لتفادى تكون المركبات العضوية "التراى هالوميثانات".

في كثير من الأحيان يضاف الكلور بعد عملية التهوية للمساعدة في أعمال الأكسدة، حيث أن الكلور الحر يؤكسد المنجنيز بسرعة مقبولة عند تركيز أيون الهيدروجين pH أكثر من ٩ وعليه ففي حالة انخفاض درجة تركيز أيون الهيدروجين يضاف الجير لرفع هذه الدرجة والمساعدة في سرعة عملية الأكسدة.

جـ- الأكسدة بالبرمنجنات Oxidation by Permengante

- أوضحت التجارب والاختبارات أن المنجنيز والحديد "الغير مركب" يتم أكسدتهما في الحال عند إضافة برمنجنات البوتاسيوم ($KMnO_4$) إلى الماء وتحويلهما إلي أكاسيد غير قابلة للذوبان. كما وجد أنه يعطي سرعة أكسدة عالية عند درجة تركيز هيدروجينيpHتتراوح بين ٥ – ٧ مع ملاحظة أنه في ظروف المياه القلوية يتأكسد الحديد بالأكسجين الذائب.
- برمنجنات البوتاسيوم تؤكسد أيون المنجنيز إلى ثاني أكسيد المنجنيز الذى يغلف بدوره حبيبات الرمل والتي تعمل بدورها على ادمصاص المنجنيز أثناء عملية الترشيح والتخلص منه
- تعتبر عملية أكسدة المنجنيز أصعب نسبيا من أكسدة الحديد وذلك بسبب أن سرعة التفاعل تكون أبطأ وتحتاج لفترة مكث أطول (عادة من ١٠ إلى ٣٠ دقيقة).

ملاحظات

عند عملية الأكسدة وفي حالة تواجد نسبة عالية من تركيز الكربون العضوي الذائب DOC مع وجود الحديد الذائب ينتج عنه مركب معقد تجعله يقاوم ولا يترسب حتى مع استعمال مؤكسدات بتركيزات عالية. يمكن للأكسدة الكيماوية أن تزيل ٢٥% من هذا المركب المعقد، وكلما زاد الوزن الجزيئي للحمض الدبالي(Humic Acid) كلما كون ذلك مع الحديد مركبا أكثر تعقيدا يصعب إزالته.

عند استخدام مروب (مثل الشبة) في عملية الترويب / التنديف لإزالة المواد العضوية الذائبة فإن الحديد الذى يكون مركبا معقدا مع المواد العضوية ذات الوزن الجزيئي الكبير يمكن إزالته.

العوامل المؤثرة على كفاءة عملية أكسدة المنجنيز هي درجة تركيز أيون الهيدروجين، نوع المؤكسد، جرعة المؤكسد، تركيز أكسيد المنجنيز الصلب الموجود.

٤- ٤- ٣- ٢ عملية الترشيح Filtration Process

هناك أوساط ترشيحية مختلفة لإزالة الحديد والمنجنيز منها:

فحم الأنثراسيت / رمل

يعتبر فحم الأنثراسيت مع الرمل من أوساط الترشيح القابلة لإزالة الحديد والمنجنيز ويتكون من فحم الأنثراسيت ورمل مغلف كيميائيا بطبقة من أكسيد المنجنيز، وهذا الوسط الترشيحى يجرى تنشيطه Regenerated داخل المرشح بإستخدام برمنجنات البوتاسيوم.

الرمل الأخضر

يعتبر رمل المنجنيز الأخضر نوعا من أوساط الترشيح. وهو يشبه رمل المرشحات إلا أنه لونه أخضر ويستعمل كمادة للتبادل الأيونيالطبيعي يصلح لإزالة الحديد والمنجنيز وكذلك لإزالة العسر من المياه وهو شائع الاستعمال وخاصة مع مرشحات الضغط. ويجرى عملية تنشيط الرمل الأخضر بإستخدام برمنجنات البوتاسيوم، كلما تطلب الأمر ذلك.

٤- ٤- ٤ عملية التشغيل Operation Process

أولا:إجراء أعمال التحاليل الكيميائية لقياس وتحديد:

- نسبة أملاح الحديد والمنجنيز الذائبة.
- درجة التأين الهيدروجينيpH.
- درجة حرارة المياه.
- نسبة الكربون العضوي.
- نوع المؤكسدات المناسبة (المتاحة محليا) واجراء التجارب لتحديد أنسب جرعات لها.
- نوع ووسيلة المعالجة (الأكسدة / الترسيب / الترشيح / الغسيل العكسي/التنشيط).

- الكشف والتأكد من المياه المنتجة.

ثانيا: تحضير الكيماويات:

محلول البرمنجنات؛ يتم إذابة كمية من بللورات برمنجنات البوتاسيوم في ماء نقى خالي من الأملاح والأيونات (يفضل ان يكون دافئ لتمام عملية التشتيت) لتكوين محلول تركيزه (٠,١)مع مراعاة أن تتم الإذابة في حوض أو صهريج من البولي إيثيلين غير منفذ للضوء.

ثالثا:وحدات الأكسدة:

يتم تشغيل وحدات (أبراج) الأكسدة المتاحة سواء كانت بالتهوية من خلال سقوط المياه على درجات (سلالم) متتالية / أو نافورات لتذرير المياه / أو مرورها من خلال عدة طوابق مثقبة لتسقط على هيئة أدشاش، ثم تجميعها أسفل هذه الأبراج بعد ضمان تمام عملية الأكسدة وضخها إلى المرشحات. أما في الوحدات التي تعتمد على أحواض "المؤكسداتOxidants" فيتم تشغيل كباسات الهواء وحقن الهواء في مسار المياه عند دخولها للمؤكسدات من أسفل إلى أعلى.

رابعا:المرشحات:

عملية الترشيح تأتي بعد عملية الأكسدة وفيها يتم إزالة المواد الغير قابلة للذوبان الناتجة من عملية الأكسدة

أ. مرشحات الرمل الأخضر Green Sand Filter

- يمكن بالاستخدام الجيد لمرشحات الرمل الأخضر إزالة ٩٥% من الحديد والمنجنيز، إلا أن هذه الكفاءة تقل جدا عند زيادة نسبة الحديد إلى أكثر من ٢٠ ملجم/لتر.
- يتم معالجة الرمل الأخضر بصفة مستمرة بحقن برمنجنات البوتاسيوم بإحدى الطرق الآتية:

- إيقاف المرشح ثم صب محلول مركز من البرمنجنات تركيزه (٥ %) فوق الوسط الترشيحى وتركه لمدة ٢٤ ساعة، ثم غسيله عكسيا بالمعدل العادى للتخلص من البرمنجنات.
- إعادة تنشيط (Recharge) الرمل الأخضر بإضافة جرعة منخفضة من برمنجنات البوتاسيوم ورفعها بالتدريج مع ملاحظة لون المياه المرشحة المنتجة حتى ظهور اللون

البمبى (Pink) بها، ثم إعادة تخفيضها بالتدريج إلى أن ينخفض اللون (وذلك قبل دخول المرشح في الخدمة)، ويتم الإستمرار في التخفيض التدريجى إلى أن يختفي اللون تماما بعد الترشيح (يجب أن يكون هذا التدريج بطيء لضمان تمام عملية التنشيط). اللون البمبى هو أحسن اختبار من أن الرمل الأخضر قد تم معالجته وتنشيطه.

ب – مرشحات الأنثراسيت / الرمل Anthrasite Filter

يتم معاجلة الوسط الترشيحى لهذه المرشحات بذات الطرق المذكورة بعالية. في بعض المرشحات يتكون الوسط الترشيحى من الطبقة الحاملة (زلط متدرج) ثم رمل عادى أو أخضر ويعلوهم فحم الأنثراسيت.

جـ– الغسيل العكسي للمرشحات Backwash for Filters

يتم اتباع ذات نظام الغسيل العكسي المستخدم مع مرشحات الضغط في "الوحدات المدمجة". يتم الغسيل العكسي لكلا الطرازين من المرشحات عند أي من العوامل التالية:

– وصول فاقد الضغط إلى ٢ متر ماء.
– تراجع كفاءة الترشيح وشفافية المياه المنتجة (ظهور عكارة أكثر من ١ NTU).
– تجاوز ٣٦ ساعة من التشغيل المستمر.

مع ملاحظة ضرورة الاستمرارفي عملية الغسيل بالمياه حتى خروج مياه نقية في وحدات الأكسدة التي تعتمد علي "المؤكسدات" يتم غسلها عكسيا من أعلى إلى أسفل بإستخدام كباسات/نفاخات الهواء وطلمبات المياه الخاصة بغسيل المرشحات. يتم غسيل هذه المؤكسدات في الفترات التالية:

– قبل إيقاف كلى للوحدة/المحطة.
– دوريا كل ١٤ يوما وتبعا لحالة التشغيل أو مرة كل شهر على الأكثر إذا لم يسبق أن تم إيقاف الوحدة.

الفصل الخامسوحدات التحليةDesalintion Units

٥- ١ مقدمة:

هي عبارة عن محطات تعمل علي إزالة نسبة الأملاح الزائدة بالمياه لتصل بنسبة الأملاح الذائبة إلي الدرجة التي تصلح لاستخدامها سواء في الشرب أوالاستهلاك الآدمي أو الصناعي.

وهناك عدة طرق لإزالة نسبة الأملاح الزائدة بالمياه منها التبخير والتكثيف والتبادل الأيوني ووحدات التحلية بإستخدام التناضح العكسي والمعروفة بوحدات Reverse Osmosis Unitsوهي الأكثر انتشارا واستخداما علي مستوي العالم.

وتعتمد فكرة تشغيل الوحدات علي نظرية عكس الضغط الاسموزي وتعتمد علي ضخ المياه من خلال طلمبات الضغط العالي من خلال غشاء نصف مسامي مصمم خصيصا حسب نوع المياه المستخدمة ونسبة الأملاح الموجودة بالمياه وللغشاء مخرجين الأول ينتج مياه تحتوي علي نسبة الأملاح القليلة المطلوبة والمخرج الأخر ينتج مياه تحتوي علي نسبة تركيز أملاح عالية يتم التخلص منها. وتحتاج وحدات التحلية إلي وحدات معالجة ابتدائية لتأهيل المياه إلي الشروط المطلوبة لتغذية وحدات التحلية.

٥- ٢ مكونات محطات التحلية:

كما هو مبين بشكل رقم (٥- ١) تتكون محطة التحلية من الاتي:

مأخذ المياه (Water Intake):

يتم تغذية وحدات التحلية من خلال مياه البحر عن طريق مأخذ بحري من البحر مباشرة أو من خلال بئر شاطئ ويعتمد الاختيار علي حسب التصميم الخاصة بالمحطة.

وحدة حقن كلور أولي(Pre Chlorination System):

وهي عبارة عن منظومة خاصة بحقن مادة (هيبوكلوريد الكالسيوم أو هيبوكلوريد الصوديوم أو الكلور الغاز) في المياه المأخوذة من البحر وذلك لتعقيم المياه وأكسدة الحديد والمنجنيز الموجود بالمياه ويعتمد اختيار النوع حسب التصميم الخاص بالمحطة ونسبة الحقن حسب مكونات المياه المغذية للمحطة.

خزان تجميع المياه الأولي (Raw Water Tank):

يتم تجميع المياه المأخوذة من مياه البحر بعد حقنها بالكلور في خزان مياه يتم حساب حجمة حسب تصميم المحطة ودور خزان التجميع توفير المياه لعدد لا يقل عن ساعة من التشغيل، كذلك حتى يتم أكسدة المواد القابلة للأكسدة بالمياه عن طريق الكلور.

طلمبات الرفع الأولية (Raw Water Pumps):

تقوم الطلمبات بضخ المياه من خزان التجميع الأولي إلي داخل وحدات المعالجة ويجب أن تكون من مواد تتحمل الملوحة العالية الموجودة بالمياه علي أن يكون ضغط المياه الناتج من الطلمبات وكمية المياه بما يتناسب مع وحدات المعالجة.

الفلاتر الرملية (Sand Filters):

يتم تركيبفلتر أو مجموعة من الفلاتر، يعمل الفلتر الرملي علي إزالة الشوائب والمواد العالقة بالمياه وكذلك المواد المؤكسدة الموجودة بالمياه، يجب أن يكون جسم الفلتر من مادة تتحمل نوعية المياه المغذية للوحدات ويتم عمل غسيل عكسي للفلاتر يدويا أو أوتوماتيكي حسب التصميم الخاص بالوحدات.

الفلاتر الكربونية (Carbon Filters):

يتم تركيبفلتر أو مجموعة من الفلاتر، يعمل الفلتر الكربوني علي إزالة المواد العضوية والكلور الموجود بالمياه، يجب أن يكون جسم الفلتر من مادة تتحمل نوعية المياه المغذية للوحدات ويتم عمل غسيل عكسي للفلاتر يدويا أو أوتوماتيكي حسب التصميم الخاص بالوحدات.

وحدة حقن معادل الكلور (Dosing System):

وهي عبارة عن منظومة خاصة بحقن مادة (بيروكبريتيت الصوديوم أو ميتابيسلفيت الصوديوم مركب كيميائي) في المياه وتتكون من طلمبة حقن وخزان كيماويات وحساس متصل بوحدة تحكم لقياس نسبة الكلور وتحديد نسبة الحقن المطلوبة، وذلك لإزالة الكلور الموجود بالمياه وكذلك كنوع

من التعقيم للأغشية.وهي تقوم بنفس عمل الفلتر الكربوني ويعتمد اختيار النوع المستخدم حسب التصميم الخاص بالمحطة.

وحدة حقن مانع الترسيبAnti Scale Dosing System)):

وهي عبارة عن منظومة خاصة بحقن مادة (مانع الترسيب) في المياه وتتكون من طلمبة حقن وخزان كيماويات، وذلك لتقليل تر سيبات الأملاح داخل الأغشية.

وحدة حقن الحامض (Acid Dosing System):

وهي عبارة عن منظومة خاصة بحقن مادة (حامض الكبريتيك أوحامض الهيدروكلوريك) في المياه وتتكون من طلمبة حقن وخزان كيماويات وحساس متصل بوحدة تحكم لقياس نسبة الحامضية وتحديد نسبة الحقن المطلوبة، وذلك لتقليل ترسيبات الأملاح داخل الأغشية.

المرشح الخرطوشي (Cartridge Filter):

الفلتر الخرطوشي يعمل علي إزالة المواد العالقة بالمياه والشوائب لتصل نسبة الفلترة إلي (٥ ميكرون) وذلك للحماية من أي ترسيبات للشوائب بداخل الأغشية ويتم تصنيع جسم الفلتر من مواد تتناسب مع نوعية مياه البحر.

وحدات المعالجة الرئيسية (SystemReverse Osmosise):

تتكون وحدت المعالجة الرئيسية من التالي:

١. فلتر شبكي علي خط الدخول.
٢. طلمبة الضغط العالي– متعددة المراحل أو ترددية.
٣. عدد من أغشية عكس الضغط الاسموزي بما يتناسب مع تصميم الوحدة وكمية المياه المطلوبة
٤. لوحة التحكم الكهربائية للوحدة بالكامل.
٥. حساسات التشغيل لقياس الضغوط ودرجات الحرارة ونسب الأملاح.

خزان المياه المعالجة (Treated Water Tank):

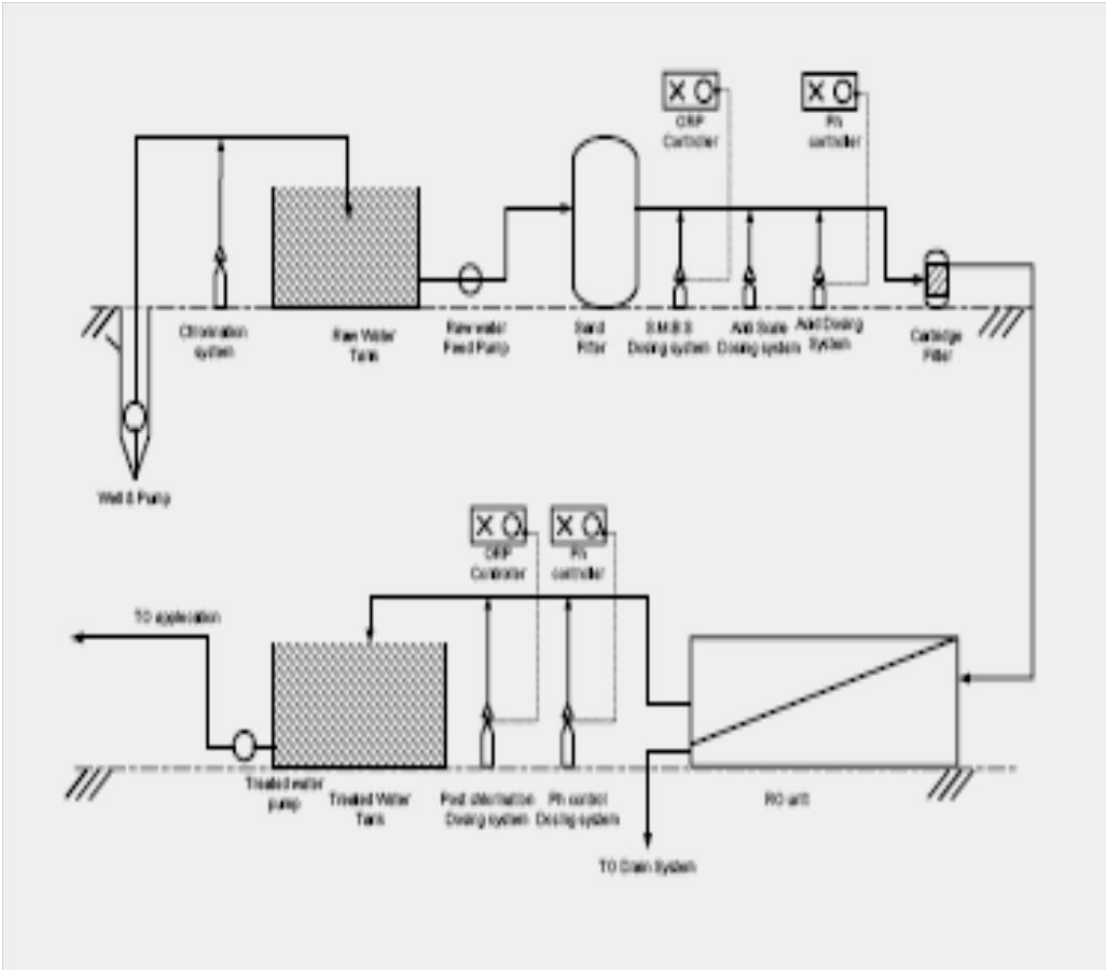
وذلك لتخزين المياه الناتجة من أجهزةال (RO).

وحدة التطهير والتعقيم بالكلور (Post Chlorination System):

وهي عبارة عن منظومة خاصة بحقن مادة (هيبوكلوريد الكالسيوم ، هيبوكلوريد الصوديوم ، الكلور الغاز) في المياه المنتجة من الوحدات وذلك لتعقيم المياه ويعتمد اختيار النوع حسب التصميم الخاص بالمحطة.

وحدة معادلة حامضية المياه (Post pH Control System):

وهي عبارة عن منظومة خاصة بحقن مادة (مانع الصودا الكاوية) في المياه وتتكون من طلمبة حقن وخزان كيماوياتوذلك لضبط نسبة الحامضية بالمياه.



شكل رقم (٥- ١) مكونات محطات التحلية

٥- ٣ تحلية مياه البحار والمياه الجوفية شديدة الملوحة

يمكن تلخيص الأساليب المختلفة لتحلية مياه البحار والمياه الجوفية(الآبار شديدة الملوحة) بأساليب مختلفة من أهمها ما يلى:

١. ةيلحتلاغيرفتلاةقيرطب
٢. التحلية بطريقة التقطير الحرارى الوميضى متعدد المراحل
٣. التحلية بالتقطير التقليدي
٤. استخدام الطاقة الشمسية
٥. التحلية بطريقة التناضح العكسي
٦. الفرز الغشائى الديلزة

٥- ٣- ١ تحلية مياه الأبار بطريقة التفريغ

وحدات تحلية مياه البحر بطريقه التفريغ (VapourVacuumCompression"VVC) تناسب تحلية مياه البحر والابار الجديدة بالصحراء والقرى السياحية على شواطئ البحر

ويوضح الشكل رقم (٥-٢) تفاصيل وحدة تحلية مياه البحر بطريقة التفريغ التي تتراوح طاقة معالجتها مابين ٢٥ متر مكعب / يوم إلى ٥٠٠ متر مكعب / يوم.

وتعتمد هذه الطريقة على إدخال مياه التغذية من أعلى وحدة التحلية إلى وعاء به مجموعة من المواسير يمر بها بخار تحت تفريغ بحيث تكون درجة حرارةالتبخير حوإلى ٧٠ درجة مئوية.

ونتيجة لتلامس مياه التغذية مع المواسير، يتبخر جزء من هذه المياه. ويقوم ضاغط هوائي بسحبه وضغطه داخل المواسير الأفقية حيث يحدث تبادل حرارى وتتكثف المياه العذبة.

مميزات التحلية بطريقة التفريغ:

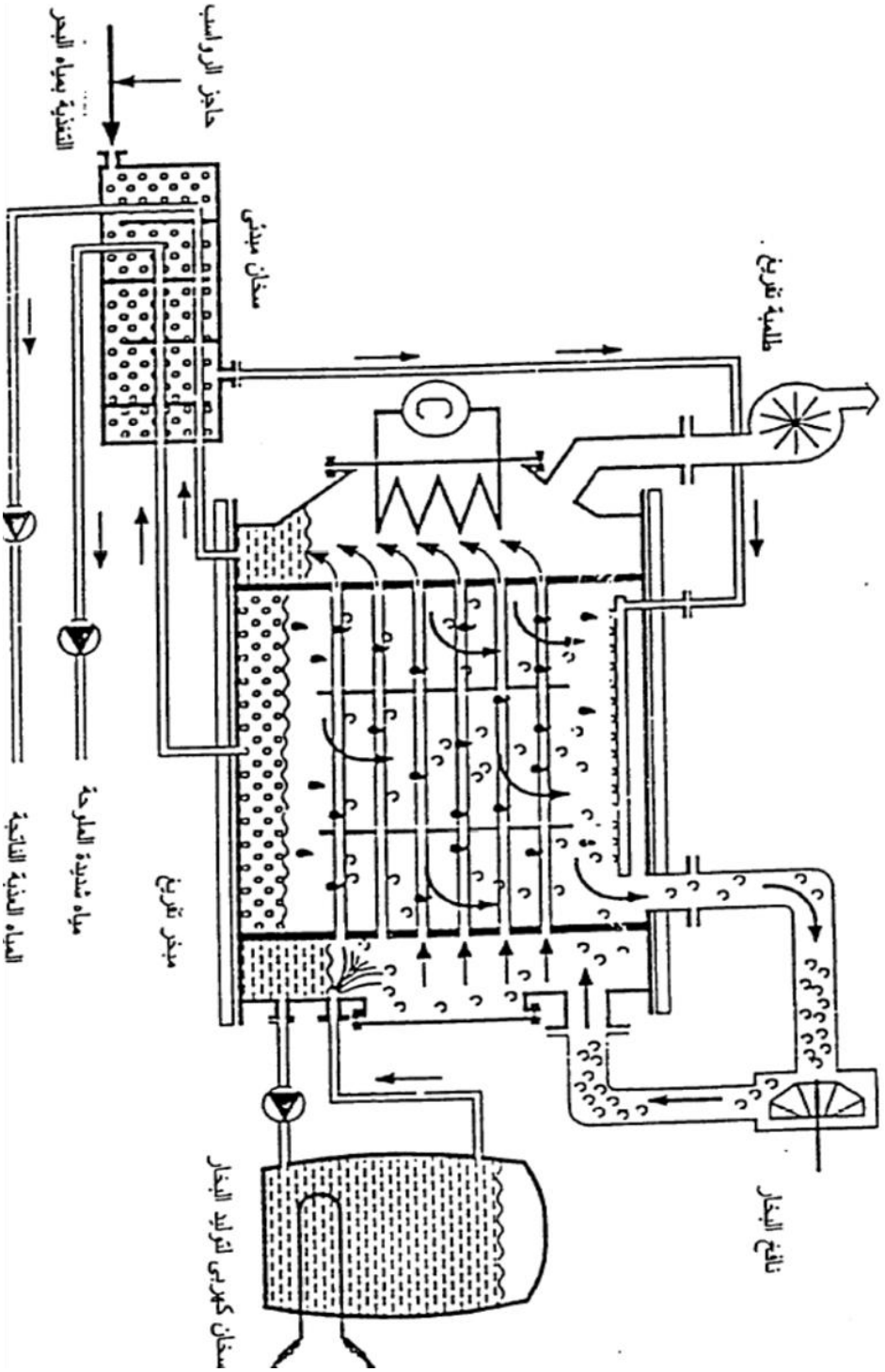
١. تدوير جزء قليل من المياه المكثفة خلال مبادل حرارى لإستغلال حرارته.
٢. يمكن الحصول على مياه نقية تعادل ٤٠ % من مياه التغذية في حالة مياه البحر، وحوإلى ٧٠ % إلى ٨٠ % في حالة مياه الآبار.

٥ – ٣ – ٢ تحلية مياه البحار بطريقة التقطير الحراري الوميضي متعدد المراحل

تعتمد طريقة التقطير الحراري الوميضي (Multistage Distillation "MSF") على أنا لمياه المالحة يتم تسخينها في مبادل حراري (Heat Exchanger) منفصل ويجرى بعدها نقلا لمياه المالحة الساخنة إلى أوعية التبخير (Evaporators) تحتضغط منخفض نسبيًا (درجة تفريغ= ٠,٧٥ جوى) مما يساعد على زيادة معدلا لتبخير . وعلى ذلك فإن درجة التبخير المذكورة تساهم

مساهمة فعالة في استخدام درجات حرارة منخفضة نسبيًا (أقل من ١٠٠ درجة مئوية أي أقل من

درجة الغليان).

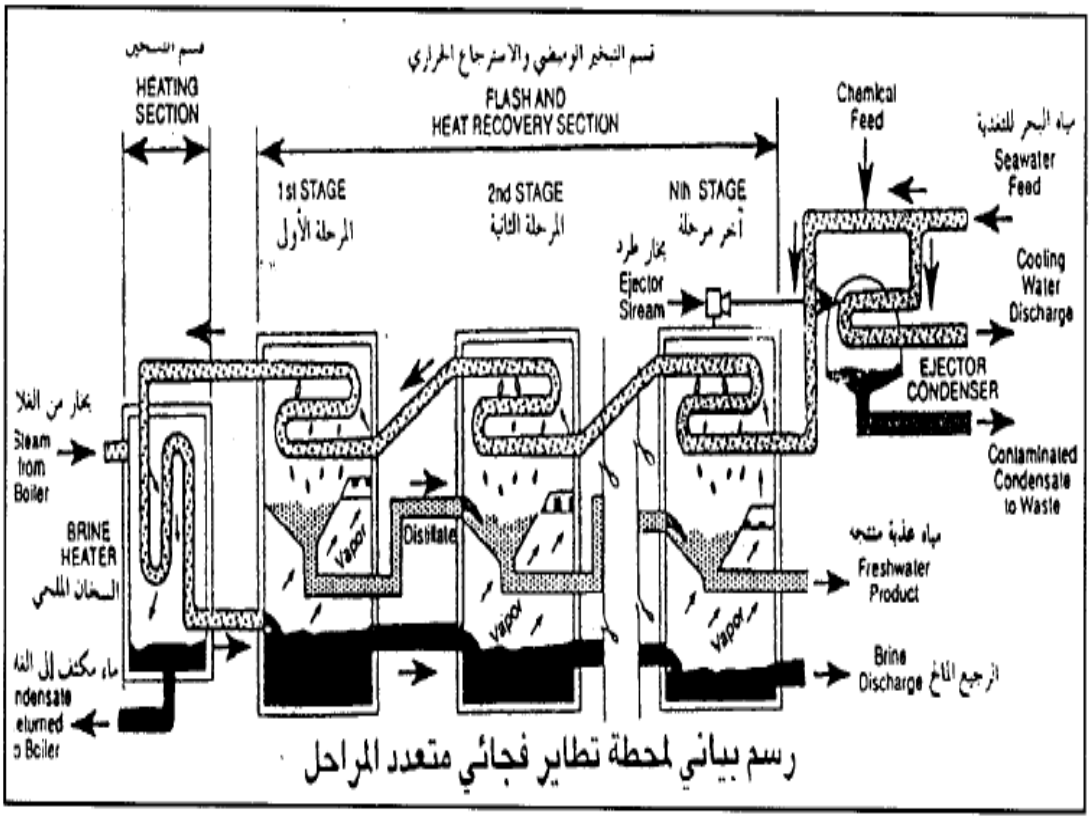


شكل رقم (٥- ٢) وحدة تحلية مياه البحار بطريقة التفريغ

وبناء علىذلكفإنفرصةتكونقشورأملاحكبريتاتالكالسيوموكربوناتالكالسيوموكلوريدالماغنسيوموهيدروكسيدا لماغنسيوموغيرهامنالمعادنتقلبدرجةكبيرةنظرًالأندرجاتالحرارةوالضغوطمنخفضة،بالإضافةإلىذلكفإنعمليةالتسخينداخلمواسيرالمبادلالحراريتتمفيوقتأقلوتحتدرجاتحرارةمنخفضةنسبيًا .

تستخدمهذهالطريقةفيالمملكةالعربيةالسعوديةودولالخليجللحصولعلىالمياهالعذبةمنالبحاروبكمياتضخمة،وهيتتميزبإمكانيةتوليدالطاقةالكهربيةحيثيمكنإدارةتوربيناتتوليدالكهرباءمنضغطالبخارالمتولد .

وتستخدمالطاقةالكهربيةالمتولدةفيإمدادمحطةالتحليةبماتحتاجهمنكهرباء،بالإضافةإلىإمدادالمدينةبالطاقةأيضًا.والشكلرقم(٥- ٣) يوضحخطواتوحدهتحليةمياهالبحاربطريقةالتقطيرالوميضمتعددالمراحل .



شكل رقم (٥- ٣) تاوطخةيلحتتدحوءايمريطقتلاةقيرطبراحبلايموراضيددعتمالمراحل

٥- ٣- ٣ التقطير الحرارى التقليدى

الفكرةالأساسيةلعملياتالتقطيرتكمنفيرفعدرجةحرارةالمياهالمالحةإلىدرجةالغليانوتكوينبخارالماءويتمذلكفيأو عيةمناسبةلتنتجمسارين .

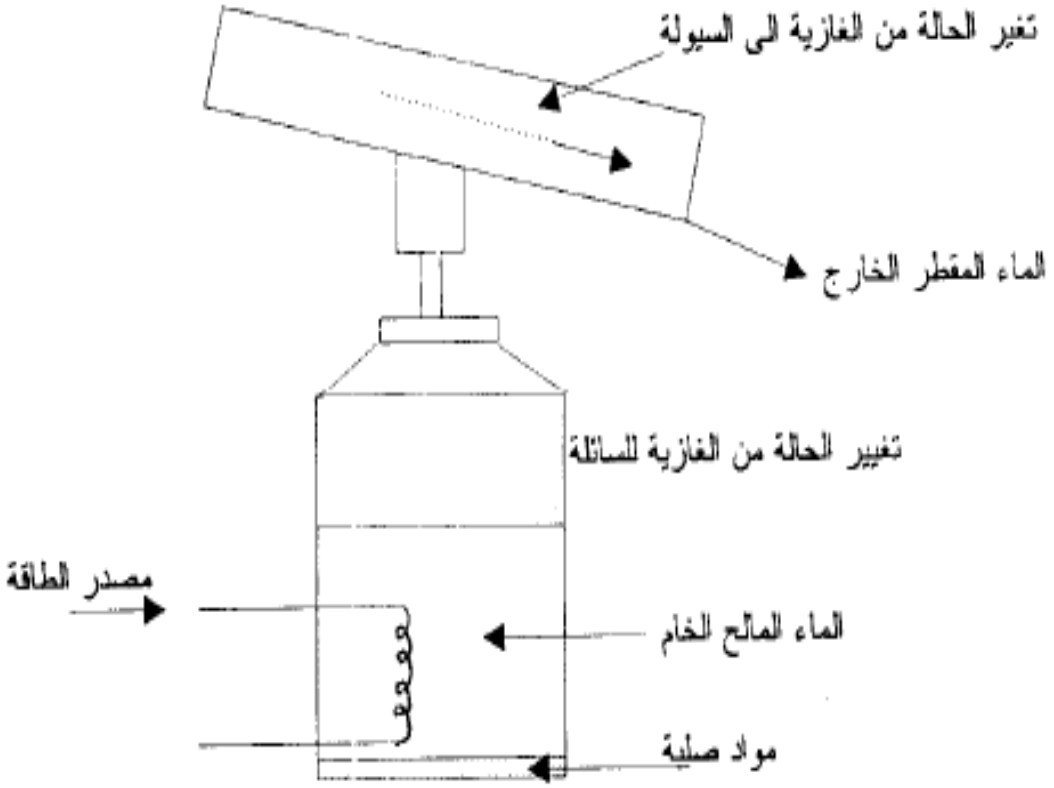
أحدالمسارينتقلفيهالموادالصلبةالذائبةويسمىمسارالماءالنقي،والأخريحتويعلىبقيةالموادالصلبةالذائبةويسمى بمسارالمحلولاالملحيالمركز .ومنثميتمتكثيفالبخارللحصولعلىالماءالصالحللشربأوالري

ومنمميزاتهذهالطريقةلتحليةءاملا:

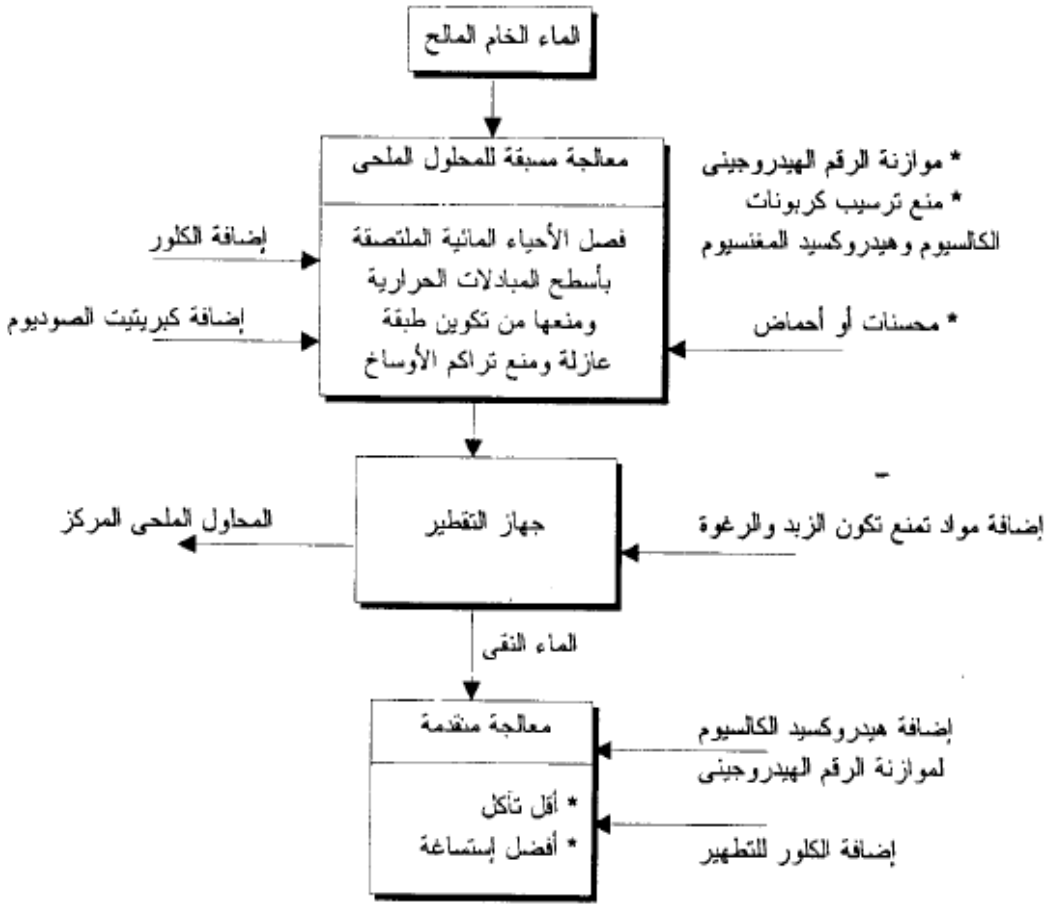
١. التخلص من الجراثيم والكائنات الحية الدقيقة الضارة الموجودة في الماء الخام من بكتيريا وفيروسات وبروتوزوا وغيرها.
٢. التخلص من المواد الصلبة غير المتطايرة التي يمكن تواجدها في الماء الخاممثل الغازات الذائبةكغاز ثانى أكسيد الكربون والأمونيا (النشادر)

ومن محددات هذه الطريقة الترسبات والتي تحد من أقصى درجة حرارة يمكن تحقيقها. ومن المواد الكيميائية التي تزيد من الترسبات كبريتات الكالسيوم (الجبس)، والكربونات، والهيدروكسيد وهذه الترسبات الحادثة على أسطح الغلايات الحرارية تعوق أداء الوحدات وتهدر الطاقة وربما يتم إغلاق المحطة ليتسنى إزالتها.

وطريقة التقطير تعتمد أساسا على التغير في حالة المادة، وعادة يحتاج إلى مبادلات (غلايات) حرارية، أحدهما لتبخير الماء الخام لبخار، والآخر ليساعد البخار على التكثيف.ويوضح الشكل (٥- ٤) وحدة التقطير التقليدية، كما يوضح الشكل رقم (٥- ٥) خطوات أسلوب التقطير الحرارى التقليدىوتراكم المواد الصلبة على أسطح المبادلات الحرارية لتكون الترسيبات ومن هذه الترسبات:-



شكل رقم (٥- ٤) وحدة تحلية مياه البحار بطريقة التقطيرالحرارى التقليدى



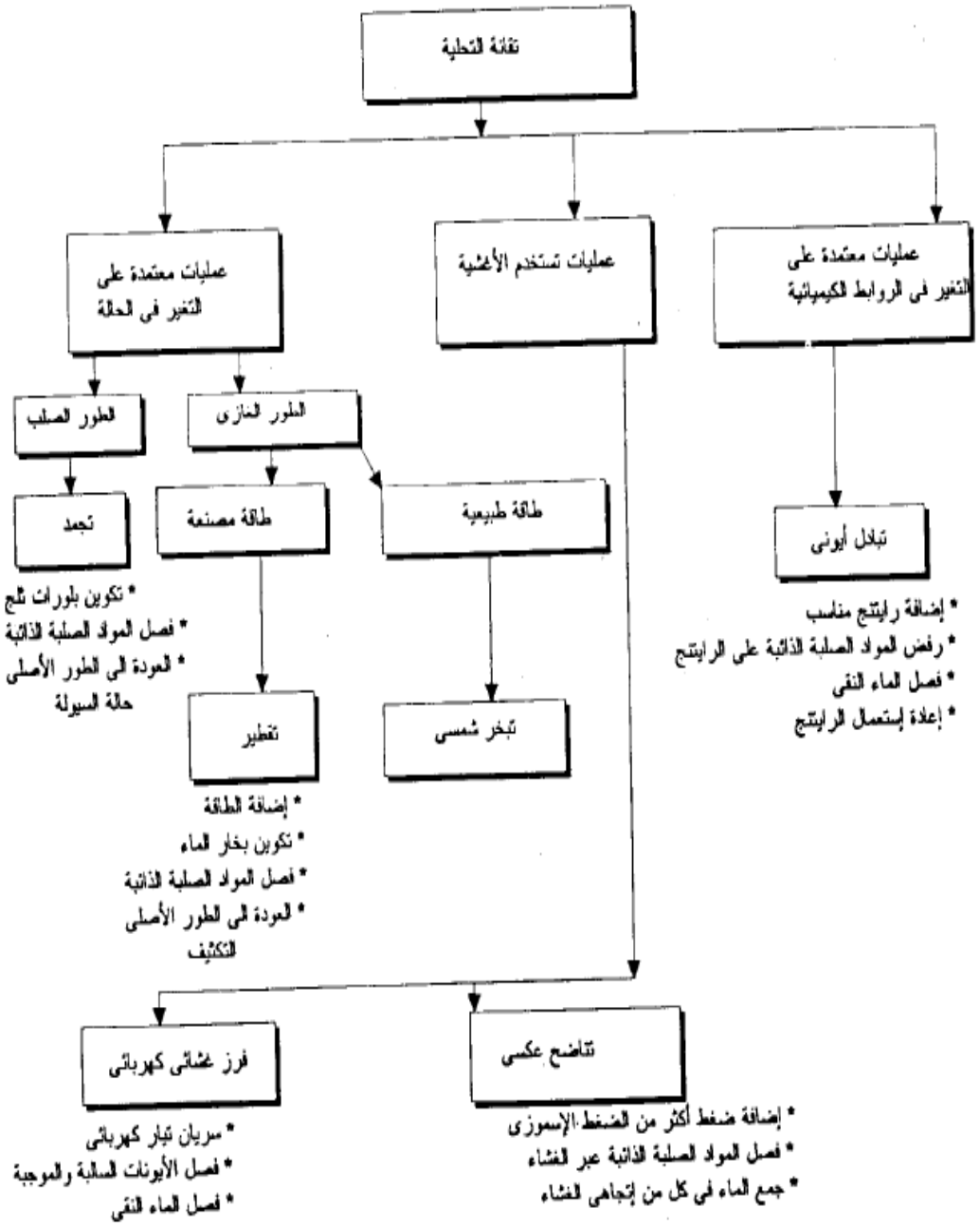
شكل رقم (٥- ٥) خطوات أسلوب التقطير الحرارى التقليدي

١. ترسباتبلوراتصلدة،Hard crystalline وتلتصقبأسطحالمبادلاتالحرارية .
وهذاالنوعيمكنأزالتهبطرقطبيعيةمثلالنحتأوالحفر

٢. مترسباتنتجتمنمحلولالمادةوالتيتتناقصذوبانيتهامعدرجةالحرارة.

٣. ترسباتبلوريةكثيفةوتكونمتحدةومترابطةبصورةجيدةبسطحالمعدن.

وتوجدأنماطعديدةمنطرقالتقطيرالتيتزيدفيهاوحداتالتقطير ،ويتمغلىالماءفيالوحدةالأولىتحتضغطعاليإلىأنيتمالتبخرفيالوحدةالأخيرةتحتالضغطالعادي ويبينالشكل رقم (٥- ٦) مخططعاملوحداتالتقطيروالمعالجاتالمبدئيةالمطلوبة



شكلرقم(٥- ٦) مخططعاملوحداتالتقطيروالمعالجاتالمبدئية

٥- ٣- ٤ تحلية مياه البحار بإستخدام الطاقة الشمسية Solar Distillation

ومعظم طرق التقطير التقليدية تستهلك الطاقةالمستمدة من الوقود والكهرباء لعملها، غير أن الطاقة الشمسية يمكن أن تستغل من أجهزة التقطير رغم أنها تعتبر طاقة من درجة أقل. ومن مميزات نظام التقطير بإستخدام الطاقة الشمسية مايلى:

١. هو نظام مبسط

٢. معظم القوى العاملة والمواد المستخدمة في وحدات التقطير الشمسي يمكن ان تكون محلية

٣. معظم أعمال التشغيل والصيانة والإصلاح يمكن أن يتم بعمال غير مهرة

وجهاز التقطير عباره عن حوض محكم مصنوع من الفولاذ المجلفن

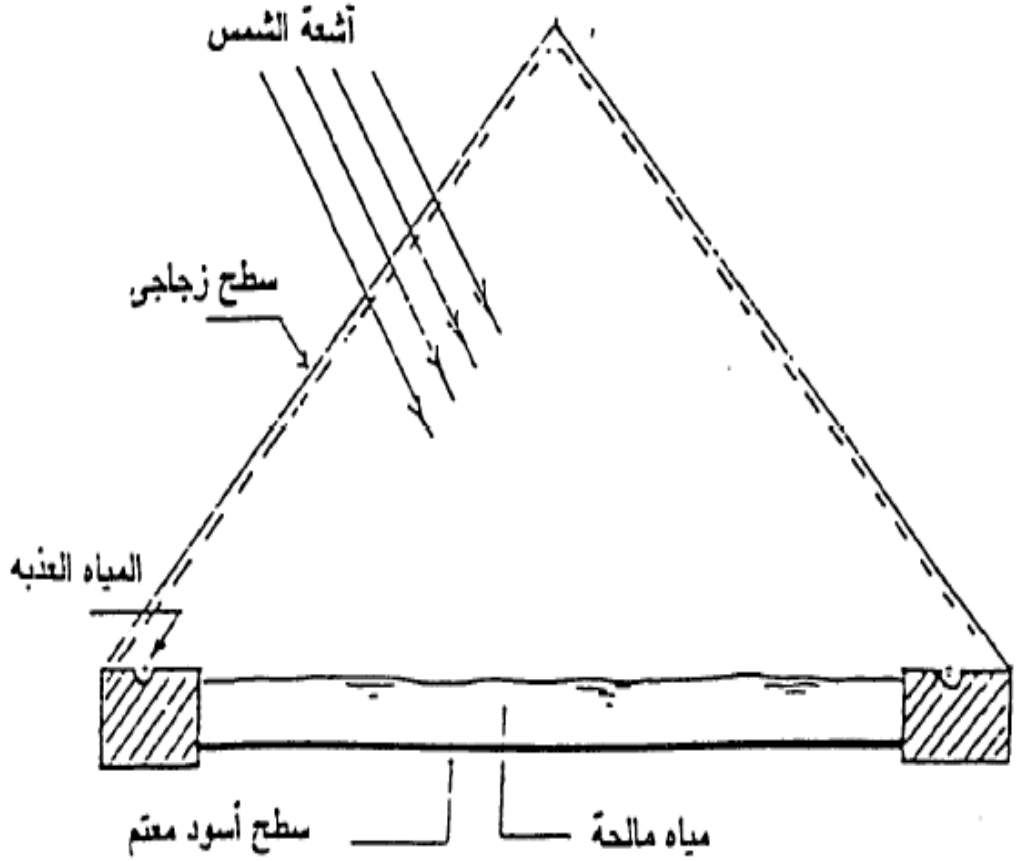
وعلى

الرغمأنالطاقةالشمسيةلامحدودةومستمرةومتجددةغيرأنتكلفةإنشاءالوحدةباهظةممايعوقاستخدامهذهالطريقة،بالإضافةإلىعدمالحصولعلىالطاقةالشمسيةعلىمداراليوم

واعتمادهذهالطاقةعلىعواملالطقسوالمناخالسائدزيادةعلىذلكأثرتغيرالموسمعليها.

يتكون هذا النظام (Solar Distillation) من مجموعة من الاهرامات الزجاجية كما هو موضح بالشكل رقم (٥- ٧) وعندسقوطأشعةالشمسعلىالسطحالزجاجيتتزايدالحرارةوتتبخرالمياه علىالجدران.

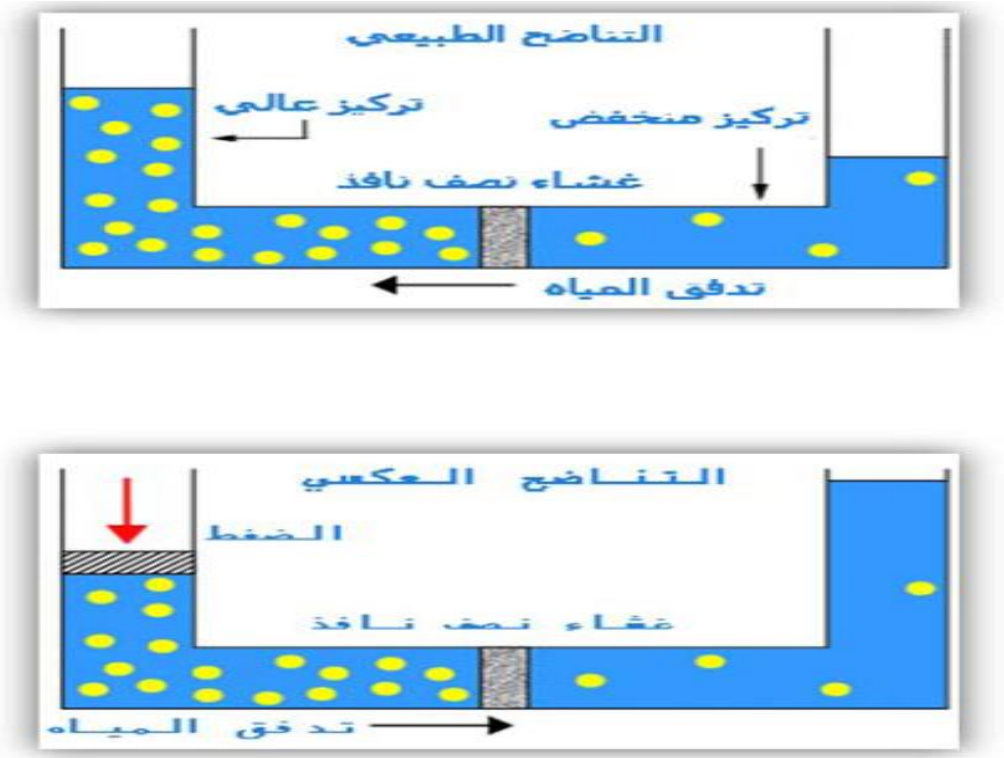
وتتميزهذهالطريقةبأنهاتعتمدعلىالطاقةالشمسيةالنظيفةالمتجددة(لاتفنى)والرخيصة.وهيتصلحفيالبلادالحارةالمشمسة،وفيالمجتمعاتالصغيرةالمجاورةلسواحلالبحار .وبالطبعلاتعملهذهالمحطة ليلا ولذلكفإنتطويرهاوإجراءمزيدمنالأبحاثعليهاهوأمرمطلوب.



شكل رقم (٥- ٧) تفاصيل وحدة التقطير الشمسي

٥- ٣- ٥ التحلية بطريقة التناضح العكسي

تعتمد فكرة التناضح العكسي (Reverse Osmosis) على ضغط المياه داخل غشاء سليولوزية تحت ضغط ٣٠ جو فيتم حجز الأملاح داخل الأغشية بينما تخرج المياه النقية من الخارج، كما هو موضح بالشكل رقم (٥ - ٨). ويمكن بهذه الطريقة حجز ١٠٠% من الملوثات والبكتيريا والفيروسات ويفضل استخدام هذه الطريقة مع مياه الآبار لأحتوائها على نسبة قليلة من الأملاح علما بأن مياه الآبار تحتاج في بعض الحالات إلى عملية تنقية (علاوة على التحلية) لإزالة الشوائب العالقة بها.



شكل رقم (٥- ٨) طريقة التناضح العكسي

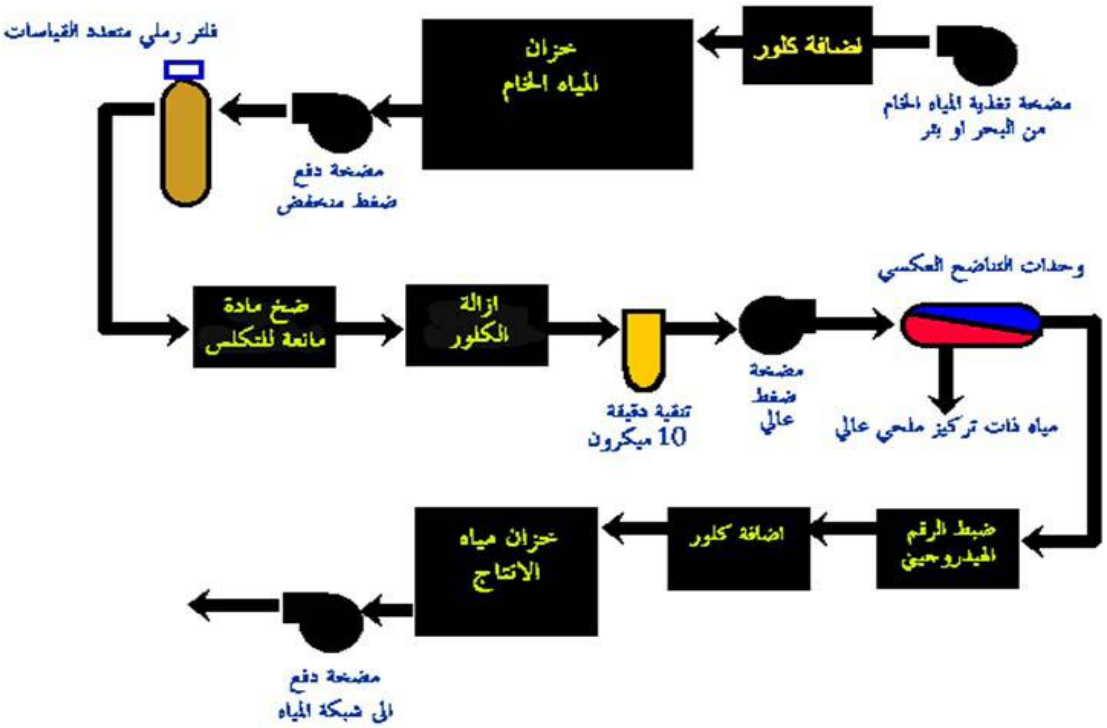
٥- ٣- ٥- ١ مفهوم التناضح العكسي وتحلية المياه

- التناضح هو قوة فيزيائية ونزعة طبيعية للمياه معتركيز عالي لذرات ذائبة معينة حيث تتحرك خلال غشاء نصف نافذ Semi-permeable membrane إلى منطقة مياه ذات تركيز منخفض بالذرات الذائبة.
- سوف تعمل المياه على إيجاد توازن على جهتي الغشاء أي بمعنى آخر أن المياه على طرفي الغشاء سوف تصبح ذات تركيز واحد للذرات الذائبة.
- إن عملية التناضح العكسي تستلزم دفع المياه هو بضغط مرتفع يسمح لها بتخطي الغشاء باتجاه عكسي لما هو حاصل في الحياة الطبيعية والذي يؤدي إلى نفاذ المياه النقية عبر الغشاء وتحصر بذلك الذرات المالحة في منطقة ملوحة عالية.

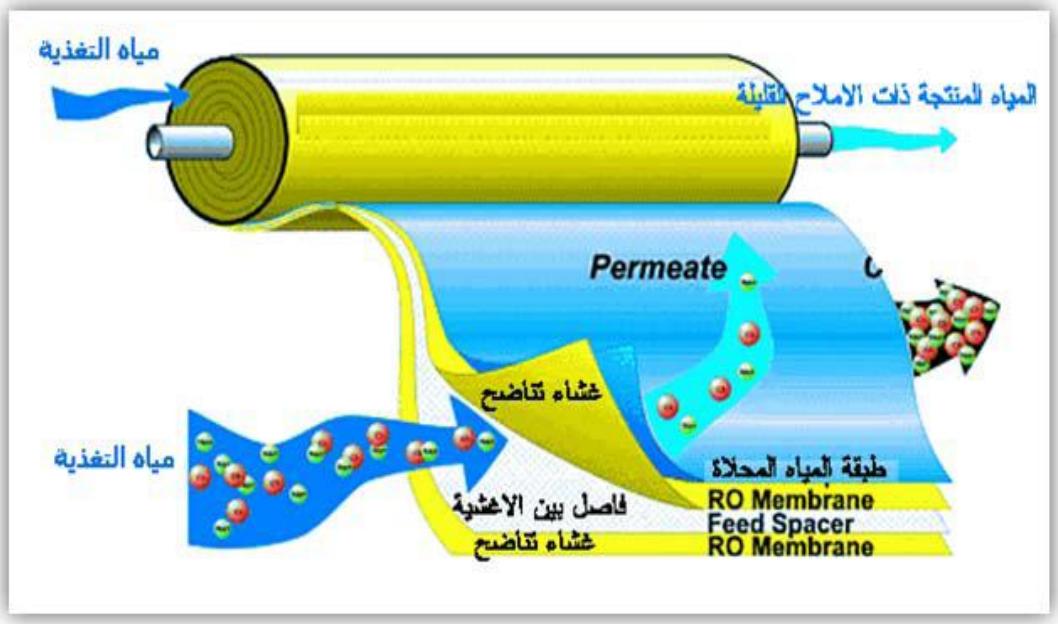
- التحلية هي عملية فصل تستعمل للخفض نسبة الأملاح الذائبة في المياه المالحة إلى المستوى تصبح معه هذه المياه قابلة للأستعمال والشرب.
- في المناطق الجغرافية التي تفتقر إلى المصادر الطبيعية للمياه النقية والصالحة للشرب مثل الأنهار، الينابيع والسيول، تعتمد المجتمعات الموجودة على أنظمة تحلية المياه لأنها مصدر موثوق لا ينضب للمياه ولاسيما منذ بداية العام 1950 الميلادية الذي شهد انطلاقة أنظمة التحلية بأسعار اقتصادية وتقنيات مبسطة تعمل في شتى الظروف البيئية.

وقد تم تحديد الأملاح الذائبة في المياه المحلاة بنسبة حوالى ٥٠٠ جزء بالمليون لتكون النسبة المسموح بها دولياً للمياه جميعاً لإستعمالات المنزلية، الصناعية والزراعية.

والشكل رقم (٥- ٩) يوضح المراحل الأساسية التي تمر بها المياه الخام خلال عملية التناضح العكسي كما أن الشكل رقم (٥- ١٠) يوضح عملية الفصل بواسطة الأغشية



شكل رقم (٥- ٩) رسم توضيحي للمراحل الأساسية التي تمر بها المياه الخام خلال عملية المعالجة بالتناضح العكسي



شكل رقم (٥- ١٠)يوضح عملية الفصل بواسطة الأغشية

٥- ٣- ٦ التبادل الأيوني لإزالة الأملاحمن مياه البحار

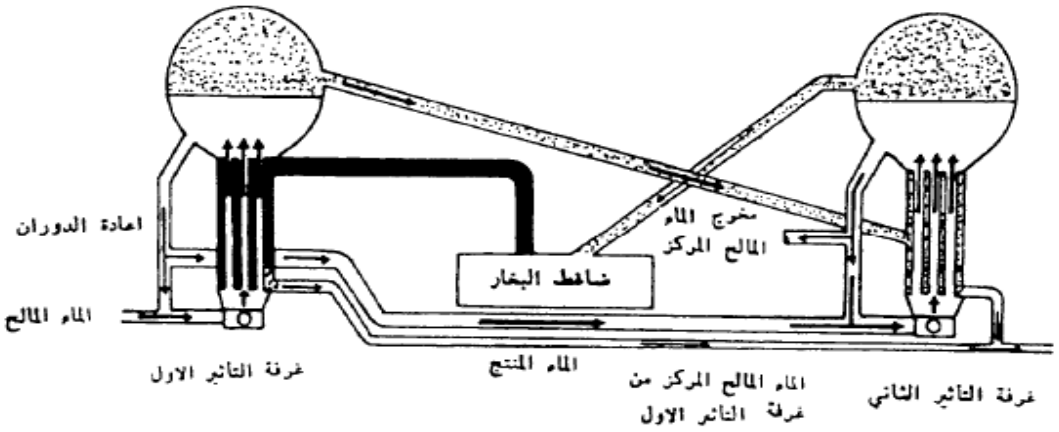
تستخدمطريقةالتبادلالأيوني(ion exchange) للإزالةالكليةللأملاحمنالمياهمنذالثلاثينياتمنهذاالقرنلمعالجةالمياهفيغلاياتالضغطالعالي،والتيتحتاجإلىم اعخالتمامامنالأملاحوتعرفهذهالطريقةبإزالةالمعادننسبةإلىأنهاتزيلالمحالياللكهربائيةالتي، إلىحدكبير – لهاأصلمعدني،وتستخدمهذهالطريقةبشكلهاالمألوفموادكيميائيةتساويتقريباكميةالأملاحالمنزلية . لهذايمكنلهذهالطريقةمنافسةطريقةإزالةالملوحةالأخرىفقطفيحالاتماإذااحتوتالمياهعلىتركيزاتصغيرةنسبيا منالأملاح .

وطرقالتبادلالأيونيلهاأهميةفيالحالاتالتيتحتاجإلىمياهذاتتركيزاتضئيلةجدامنالأملاحوموصلةكهربائيا،مثل صناعةصماماتالتليفزيون.

٥- ٣- ٧ تحليةمياهالبحربطريقةالتقطيربإعادةضغطالبخارلإزالةالأملاح

تعتمدكلطرقالتقطيرعلىالحقيقةالمؤكدةأنالماءوالغازاتالذائبةفيهقابلةللتطايردونالأملاح أما إذاتمتعمليةالتقطيرعنددرجاتحرارةأعلىمن ٣٠٠°م فإنهمنالمتوقعتطايرالأملاحأيضًا . وعلىالرغممنإمكانيةمثلهذهالطرقللتقطيرفإنهالاتعتبرعمليةفيالمرحلةالراهنةمنالتكنولوجياالحديثةنظرًالأرتف اعضغطبخارالماءالمغلي(steam) بالإضافةإلىمشاكلالتآكلالمصاحبة،ومنالناحية العمليةلكلعملياتالتقطيريمكنالقولأنهبالتسخينالمستمرللماءالمالح،يتبخرالماءفقطتاركًاالملحخلفه،وبتكثيفال بخارالناتجنحصلعلىماءنقى.

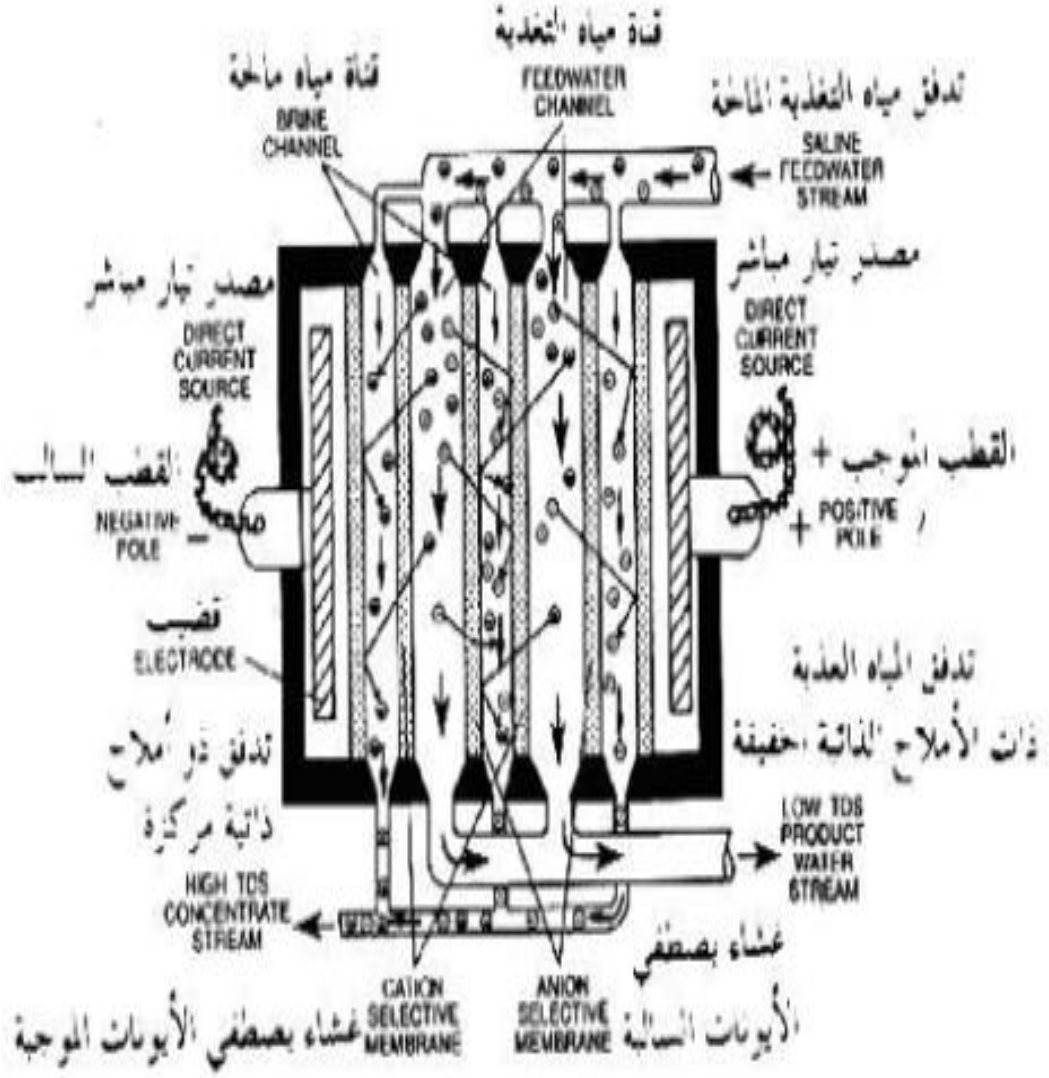
ويعتبرالتقطيرأفضلطريقةمعروفةلتنقيةالمياهومعظمالمياهالعذبةالمنتجةمنمياهالبحارفيالعالمتنتجبإحدد طرقالتقطير ،ويبينالشكل(٥- ١١)عمليةتقطيرالمياهالمالحةلطريقةإعادةضغطالبخار (VC).



شكل (٥- ١١) عملية التقطير بإعادة ضغط البخار

٥- ٣- ٨ الديلزة (الفرز) الغشائية الكهربائية

ولقد كانت طريقة الديلزة الكهربائية (electordialysis)أول طريقة غشائية تطورت تاريخيا، ومازالت تعتبر طريقة مهمة للآن. وفي هذه الطريقة، يتم جذب الأيونات المكونة للأملاح من المياهالمالحة بقوى كهربائية، ويتم تركيزها في أماكن مستقلة، وكلما زادت ملوحة المياه زادت القدرةالكهربائية اللازمة لعملية الفصل، وتستخدم هذه الطريقة أساسا لمعالجة الماء الأخضم (متوسطالملوحة) والذى يحتوى، في العادة- على عدة آلاف من الأجزاء من الأملاح الذائبة لكل مليونجزء، وهذه الملوحة بالطبع مرتفعة نسبيا عن المطلوب للإستخداممالمنزليوالصناعي، ولكنها بالتأكيدمازالت نحو عشر الملوحة المتوسطة لماء البحر. ويوضح الشكل رقم (٥- ١٢) الفكرة الأساسية للديلزه الكهربائية.



شكل رقم (٥- ١٢) تحرك الأيونات في عملية الديلزة الكهربائية

References

1. Water treatment plant operation (California Department of Health Services Office of Drinking water Third Edition ١٩٩٥.
2. Environmental protection Agency EPA
3. Manuals of water treatment plants at Fayoum Governorate

٤. خلفية علمية عن تنقية وتوزيع مياه الشرب وتجميع ومعالجة الصرف الصحيUSAID/Egypt

٥. كود الشروط الفنية لأعمال التشغيل والصيانة لمحطات تنقية مياه الشرب وروافعها وشبكاتها وكذلك شبكات ومحطات الرفع والمعالجة لمياه الصرف الصحيبمصر.

المراجع

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

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