الأكاديمية العربية الدولية
Arab International Academy

الأكاديمية العربية الدولية

المقررات الجامعية

www.aiacademy.info | care@aiacademy.info

مجموعة الكتب الهندسية

الهندسة الصحية

دكتور

محمد علي علي فرج

أستاذ الهندسة الصحية - جامعة الاسكندرية

الناشر منشأة المعارف بالاسكندرية

جلال حزي وشركاه

المحتويات

مقـــدمة :

تعريف الهندسة الصحية ، هندسة الصحة العامة ... ١ — ٨

الباب الأول :

الدراسات اللازمة لتقدير استعمالات المياه ... ... ٩ — ٣٩

الباب الثانى :

المواصفات والاختبارات المعملية للمياه . ... ٤١ — ٧٣

الباب الثالث :

المياه الجوفية — مصادرها — تقدير كمياتها ... ... ٧٥ — ١٠٦

الباب الرابع :

إمداد القرى والمبانى المنعزلة بالمياه.. ... ... ١٠٧ — ١٦٠

الباب الخامس :

أعمال إمداد المدن بالمياه السطحية ... ... ١٦١ — ١٧٥

الباب السادس :

أعمال تجميع المياه السطحية ... ... ١٧٧ — ١٩٩

الباب السابع :

الترسيب الطبيعى ... ... ٢٠١ — ٢٣٦

الباب الثـامن :

الترسيب مع استعمال الكيماويات ... ... ٢٣٧ — ٢٨٧

الباب السابع :

الترشيح . ... ٢٨٩ — ٣٥٧

الباب العاشر :
تطهير المياه . ... ٣٥٩ – ٣٧٥

الباب الحادى عشر :
إزالة الأملاح الذائبة فى الماء... ... ... ٣٧٧ – ٤٠٣

الباب الثانى عشر :
أعمال توزيع المياه ... ...'... ... . ٤٠٥ – ٥٠٦

الباب الثالث عشر :
أعمال الصرف الصحى للمخلفات السائلة . ... ٥٠٨ – ٥٢٧

الباب الرابع عشر :
شبكات الصرف الصحى ... ... ٥٢٩ – ٥٧١

الباب الخامس عشر :
الأجهزة الإضافية فى شبكات الصرف الصحى ... ٥٧٣ – ٦٠٢

الباب السادس عشر :
محطات الطلمبات والمواسير الصاعدة ... .. ٦٠٣ – ٦٢٦

الباب السابع عشر :
مكونات وخصائص المخلفات السائلة . ... ٦٢٧ – ٦٤٦

الباب الثامن عشر :
أعمال التنقية الابتدائية.. ... ... ٦٤٧ – ٧٠٩

الباب التاسع عشر :
أعمال المعالجة النهائية بالمرشحات ... . ٧١١ – ٧٤٨

مقدمة

الهندسة الصحية (Sanitary Engineering) بمعناها الصحيح يمكن إعتبارها لفظاً جديداً فى مجال الهندسة – فلقد كانوا قديماً يسمونها هندسة البلديات (Municipal Engineering) ويطلقون خطأ لقب المهندس الصحى على الفنيين فى أعمال السكرة والسباكة وكذلك على مقاولى أعمال التوصيلات الصحية مثل أعمال المياه والمجارى والتهوية داخل المنازل – إلا أن الأعمال التى تدخل فى نطاق الهندسة الصحية حالياً أوسع بكثير من ذلك النطاق الضيق إذ أصبح المهندس الصحى (Sanitary Engineer) هو ذلك المهندس الذى تلقى من العلوم والتمرين ما يسمح له بالقيام بتصميم والإشراف على تنفيذ وإدارة جميع المشروعات الهندسية التى تهدف إلى التحكم فى البيئة التى نعيش فيها لتحسينها فى النواحى الصحية والعقلية والإجتماعية .

إلا أنه يجدر بنا أن نذكر أنه يقوم بهذه الأعمال بالتعاون مع السلطات الحاكمة والطبيب والكيمائى ، والميكروبيولوجى والأحصائى وغيرهم – كل فى مجال تخصصه فبينما يقتصر عمل الطبيب على الكيان الصحى لجسم الانسان وعلاجه ، والميكروبيولوجى والكيمائى يقتصر عملهما على التحاليل اللازمة للتأكد من سلامة البيئة التى نعيش فيها من مسببات الأمراض ، وكذلك خلو جسم الانسان من هذه المسببات للأمراض ، فان عمل المهندس يشمل البيئة التى نعيش فيها وأثرها على الصحة وتحسينها بتنفيذ المشروعات الهندسية التى تؤدى إلى منع إنتشار مسببات الأمراض .

وتتلخص أهم المشروعات الداخلة فى نطاق الهندسة الصحية :

١ — إمداد المدن بالمياه (Water Supply Engeneering) :

فالماء هو ثانى العناصر الضرورية للإنسان فى حياته بعد الأكسوجين الذى يستنشقه من الهواء — وكما أن الماء لازم لاستمرار الحياة فقد يكون سبباً فى القضاء عليها إذا استعمل ملوثاً بجراثيم الأمراض التى تنقل عن طريقه مثل التيفويد والدوسنتاريا والكوليرا أو الأمراض المعوية الأخرى .

والاهتمام بالماء وما ينقله من أمراض ليس وليد العصر الحديث فلقد أوصى أبقراط إله الطب عند القدماء بغلى الماء الذى يستعمل للشرب ، كما أوصت بذلك اللوحات الأثرية من عهد ملوك قدماء المصريين وفى آثار اليونان القديمة — أما فى العصر الحديث فلقد كان لانتشار عمليات المياه أثر كبير فى الحد من انتشار الأمراض ورفع المستوى الصحى .

٢ — معالجة المخالفات السائلة والتخلص منها Sewerage & Sewage Disposal :

وهذه تشمل المخلفات المنزلية والصناعية على السواء — وهى تأتى فى الأهمية بعد مشروعات امداد المدن بالمياه فى جدول أعمال المهندس الصحى عند دراسة مشروعات تحسين الصحة لمدينة ما لما تحتويه هذه المخلفات السائلة من مواد ملوثة — بكتريا ناقلة للامراض أو سموم — بأعداد مهما كانت بسيطة أو بتركيز مهما كان قليلا إلا أنه كافى للأضرار بالصحة العامة .

٣ — الرقابة على تلوث البحار والمجارى المائية Stream Sanitation :

كثيراً ما تستعمل بعض المدن المجارى المائية المجاورة لها سواء كانت أنهاراً أو مصارفاً أو بحاراً أو بحيرات لقذف مخلفاتها السائلة فيها سواء قبل علاجها أو بعد علاجها جزئياً أو كليا — ولا ريب أن هذا يسبب ازعاجا لمن يقيم بالقرب من هذه المجارى المائية وكذلك للبلاد التى قد تستعمل هذه المجارى

المائية كمصدر لمياه الشراب – ولذلك فان من واجب المهندس أن يراقب مثل هذه الحالات وعليه ايجاد الحلول اللازمة ليحفظ على المجرى المائى سلامته من تلوث قد يؤدى بالصحة العامة للمقيمين حوله أو تضر بالثروة المائية فيه أو تقلل من استعمالات للمجرى المائى كمصدر لمياه الشرب أو كوسيلة للترفيه عن سكان المدن المقامة على شاطئه .

٤ – رفع المستوى الصحى فى القرى (Rural Sanitation)

تدل الاحصائيات على أن أغلب سكان العالم يعيشون فيما يمكن أن يطلق عليه مجتمعاً قروياً – أى يعيشون فى مجموعات متفرقة يصعب اقتصادياً أن يقوم بها هيئات للاشراف على الخدمات العامة دون أن نتكبد مصاريف باهظة فى سبيل ذلك – لذلك تلجأ السلطات المختصة بدراسة كل قرية أو مجموعة صغيرة من القرى المتقاربة كوحدة قائمة بذاتها – وتشمل هذه الدراسة طرق إمداد كل وحدة بالمياه الصالحة وكذلك التخلص من الفضلات السائلة والمخلفات الصناعية أن وجدت .

٥ – تخطيط المدن وانشاء المنازل الصحية :

City planning & Housing Sanitation

من المعترف به أن المدن تنشأ فى المبدأ بتجمعات صغيرة تأخذ فى الكبر رويداً حتى تصير مدينة كبيرة – ولكن كثيراً ما يكون هذا النمو على أساس غير سليم وفى اتجاهات متضاربة وينتهى الحال إلى أن تأخذ المدينة شكلا غير متناسق وان تتداخل المناطق المتباينة الأغراض فى المدينة الواحدة مما قد يسبب اضراراً بسكانها – ولذا كان من مهمة المهندس الصحى بالتعاون مع غيره من المختصين اعادة تخطيط المدن مع تنسيق كامل لمناطقها المختلفة وتوزيع عادل للخدمات اللازمة فيها بانيا ذلك على أسس احصائية متينة .

كما يضاف إلى ذلك أن واجب المهندس الصحى أن يشترك مع غيره فى وضع المعايير الصحية للمبانى العامة والخاصة حتى لا يكون فى سوء تهويتها أو اضاءتها أو ازدحامها ما يسبب اقلاقا أو ضرراً لمستعمليها .

هذه المجالات هى ما يقوم به المهندس الصحى من أعمال هندسية لتحسين البيئة التى نعيش فيها ورفع مستواها الصحى — وهناك مجالات أخرى فى الصحة العامة يشرف عليها المهندس الصحى وان كانت صلتها بالعلوم الهندسية أقل من هذه التى ذكرت وانما تتصل أكثر بالميكروبيولوجيا والكيمياء والإحصاء وغيرها من العلوم الأساسية — ويسمى المهندس الذى يعمل فيها « مهندس الصحة العامة » (Public Health Engineering) .

وأهم هذه المجالات هى : —

١ — ابادة ومقاومة الباعوض Mosquito Control

وفى هذا المجال يقوم المهندس الصحى بدراسه أماكن توالد الباعوض ومدى انتشارها واقتراح طرق للوقاية مثـــل انشـاء المصارف وردم المستنقعات أو تزويد المنازل بالشبكات السلك على النوافذ أو ابادة اليرقات أو البعوصة الكاملة بالمبيدات .

كما لا يخفى أن بعض المشروعات الهندسية قد تؤدى عن غير قصد إلى توالد الباعوض وانتشاره فى منطقتها — ومن أمثلة ذلك مصارف الرى الغير معتنى بها والنامية الحشائش والمتارب المستعملة لانشاء الطرق العامة وجسور السكك الحديدية لما قد يتجمع فيها مياه من راكدة ... وبديهى أن واجب مهندس الصحة العامة التعاون مع المشرفين على هذه المشروعات للقيام بعمل الوقاية اللازمة حتى لا تكون مثل هذه المشروعات خطراً على الصحة العامة لما يتوالد فيها من بعوض بسبب عدم العناية بها .

٢ — تعقيم الألبـان وصناعة الأغذية Milk & Food Sanitation :

ان مهمة وقاية الألبان من التلوث أثناء عملية الحليب أو نقلها إلى محطة البسترة وكذلك إدارة هذه المحطات وكذلك الرقابة على صناعة الأغذية من أهم الواجبات التى يعنى بها القائمون على الصحة العامة فى المدينة فهى مصدر لانتشار العدوى إذا لم تنظم وتراقب جيداً للتحقق من مطابقتها للمواصفات واتباعها الشروط الصحية — ولا يصح الترخيص لهذه المحال بالعمل الا بعد التأكد من اتباعها لهذه الاشتراطات أثناء الانشاء وكذلك فى ادارتها ويقوم بالتفتيش عليها باستمرار فى المدن الكبرى مهندس الصحة العامة يعاونه فى ذلك مراقبو الأغذية .

٣ — الصحة المهنية (Industrial Health)

وهذا ميدان جديد ألقيت تبعيته على مهندس الصحة العامة ، ففى بعض الصناعات حيث ينتشر داخل المصنع الأتربة أو الغازات أو الكيماويات الضارة أو درجات الحرارة العالية يجب على المهندس الصحة العامة أن يجد حلا للحد من ضررها على صحة العمال داخل المصنع. كما أن تلوث الجو بما تنشره بعض المصانع من شموم تنفثها من مداخنها مشكلة تواجه مهندس الصحة العامة لحلها منعاً لانتشار الأمراض فى المدينة .

٤ — مقاومة الحشرات والحيوانات الناقلة للامراض Vector Control :

وهذه من أهم طرق الوقاية من الأمراض — ففى القضاء على الذباب قضاء على أكثر من مرض كالتيفوئيد والدوسنتاريا ... وفى القضاء على الفيران منع لانتشار الطاعون وفى القضاء على القواقع منع لانتشار البلهارسيا ، وفى القضاء على القمل قضاء على التيفوس ... ومن الحقائق العلمية التى أثبتتها التجارب العلمية ضرورة محاربة هذه الحشرات فى أماكن توالدها وفى أضعف

أطوارها وهذا جزء من مسئولية مهندس الصحة العامة مع غيره من المهتمين بشئون الصحة العامة فعليهم استنباط الطرق العلمية الاقتصادية للقضاء على هذه الحشرات .

٥ - التخلص من الفضلات الصلبة (القمامة) Refuse Collection & Disposal

لا تزال هذه المهمة مسندة فى بعض البلاد إلى عمال غير مدربين يقومون بجمعها من المنازل نظير أجر شهرى بسيط وحملها فى عربات غير معتنى بها إلى المقالب العمومية تحت رقابة غير كاملة مما يؤثر تأثيراً سيئاً فى الصحة العامة لما تنشره هذه المقالب من أتربة وروائح كريهة بالاضافة إلى أنها بؤرة لتوالد العدد الكبير من الحشرات الناقلة للامراض ولذا كان من واجب البلديات الكبرى أن تعهد إلى موظفيها تحت اشراف مهندس الصحة العامة ومسئوليته دراسة هذه المشكلة والقيام بها بصرف النظر عن الإفادة المادية منها.

هذه هى الهندسة الصحية . وهندسة الصحة العامة فى صورتها المتطورة والتى ستتطور ما تقدمت العلوم فى عالمنا هذا الذى نعيش فيه .

ولقد اقتصر هذا الكتاب على دراسة أسس امداد المدن والقرى بالمياه - وكذلك معالجة المخلفات السائلة والتخلص منها سواء كان ذلك فى المدن أو القرى على أن يفى بأغراض الدراسة لطلبة الأقسام المدنية بكليات الهندسة بالجامعات العربية .

الباب الأول

الدراسات اللازمة لتقدير استعمالات المياه

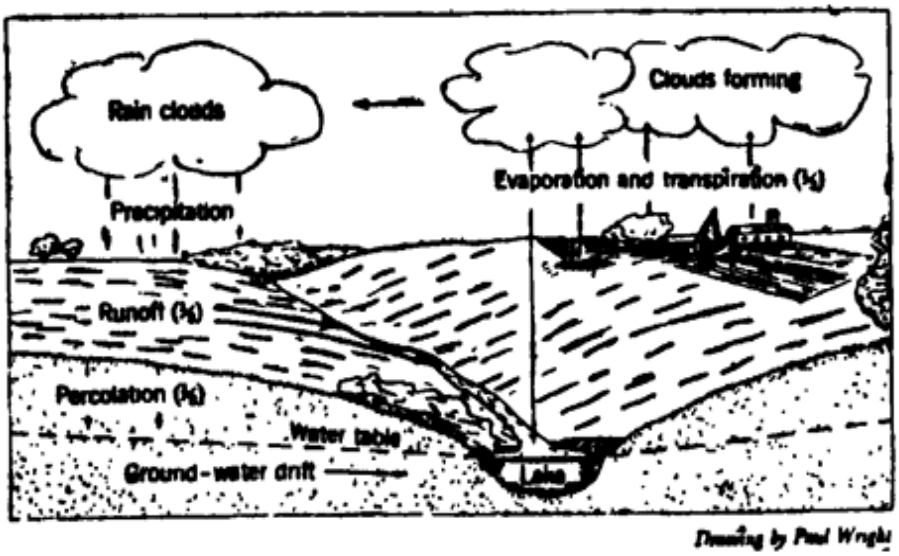
ESTIMATION OF WATER CONSUMPTION

عند البدء فى دراسة مشروع من مشروعات إمداد المدن بالمياه يتعين علينا أن نقوم بالدراسات الآتية وذلك لتقدير كمية المياه المستهلكة فى المدينة :

(ا) مصادر المياه التى يمكن استعمالها فى المشروع لاختيار الأنسب منها .
(ب) عدد السكان الذى نخدمهم المشروع .
(جـ) معدلات استهلاك المياه .
(د) الاستعمالات المختلفة للمياه فى المدينة .
(هـ) التغير المحتمل فى استعمالات ومعدلات استهلاك المياه .
(و) حساب توقعات وتقديرات الاستهلاك مستقبلا .

ا - مصادر المياه الممكن استعمالها

يتكون ثلاثة أرباع سطح الكرة الأرضية من مسطحات هائلة من البحار والمحيطات تتبخر منها الماء ليعود فيسقط على سطح الأرض ، هذا المطر عند سقوطه يتبخر بعضه مباشرة من سطح الأرض ويتسرب بعضه داخل الأرض مكونا ما يسمى بالمياه الجوفية - أما الجزء الأكبر فأنه يسيل على سطح الأرض مكونا جداول صغيرة تتجمع فى جداول أكبر منها حتى تصل إلى أنهار كبيرة تسير حتى تصب فى البحار والمحيطات لتعود ثانياً وتتبخر إلى طبقات الجو - وبذلك لا يكون هناك أى فاقد فى الماء بل هناك دورة لا نهائية من البحر إلى الجو - من الجو إلى الأرض ، من الأرض إلى البحر - وهذا ما يبينه الشكل رقم (١ - ١) .



(شكل رقم ١ - ١)

وبذلك يمكن تقسيم مصادر المياه التى يمكن استعمالها لامداد المدن بالمياه إلى :-

١ - مياه الأمطار (Rain Water) :

وتمتاز مياه الأمطار عن المياه الجوفية والسطحية بأنها أقرب ما تكون إلى المياه المقطرة على شرط أن تجمع بطريقة سليمة تمنع وصول التلوث اليها إلا أن هذا لا يعنى أنها كاملة النقاء ، إذ أنها فى نفس الدقيقة التى تبتدىء ذرات البخار فى التكثف إلى قطرات من الماء فانها تمتص بعض الغازات الموجودة فى الهواء ويعلق على سطحها بعض ذرات التراب الدقيقة العالقة بالجو وكذلك بعض البكتيريا السابحة فى الهواء.

ومع كل فان هذا التلوث لا أهمية له من الناحية الصحية ويمكن جمع مياه الأمطار لاستعمالها للأغراض المزلية فى الأماكن المنعزلة إذا توافرت كمياتها وتوافرت طرق وقايتها من التلوث أثناء جمعها وأثناء تخزينها وتوزيعها

٢ - المياه الجوفية (Ground Water) :

وهذه تشمل مياه الآبار والينابيع :

وتتميز المياه الجوفية كما توجد فى الطبيعة بالصفات الآتية :

١ - تكون عادة أكثر صفاء من المياه السطحية ولا تحتوى على مواد عالقة .

٢ - لا تحتوى على بكتريا نظراً لترشيح هذه البكتريا خلال طبقات الأرض أثناء تسرب المياه خلالها .

٣ - تكون عادة أكثر برودة من المياه السطحية نظراً لعدم تأثرها كثيراً بالعوامل الجوية .

٤ - ارتفاع تركيز الكالسيوم والمغنسيوم والمنجنيز والحديد فيها عنها فى المياه السطحية مما قد يكسبها بعض الطعم واللون والعسر - الأمر الذى يحد من احتمالات استعمالها إلا إذا تعرضت لمعالجة خاصة لازالة مثل هذه الأملاح .

الا أن نسبة تركيز هذه الأملاح فى المياه الجوفية ثابت طول العام بخلاف المياه السطحية التى يختلف تركيز الأملاح فيها على مدار السنة . ففى فترة الفيضان يقل تركيز المواد الذائبة فيها بينما ترتفع نسبة المواد العالقة - والعكس فى فترة انخفاض منسوب المياه فى النهر - أى فى فترة التحاريق .

٥ - قد تحتوى على غازات ناتجة من تحلل مواد عضوية داخل الأرض مثل ثانى أكسيد الكربون والأمونيا وكبريتور الهيدروجين ذو الرائحة الكريهة مما يحد من احتمالات استعمالها .

٦ - عادة يكون مستوى المياه الجوفية على منسوب منخفض تحت سطح الأرض بكثير مما يزيد من نفقات إدارة وصيانة الطلمبات اللازمة لرفعها عن مثيلاتها اللازمة لرفع المياه السطحية .

٧ - إذا عمل بئران متجاوران فأنه ليس من الضرورى أن تكون المياه فى البئرين متشابهة من الناحية التركيب الكيماوى .

٣ - المياه السطحية (Surface Water) :

وهذه تشمل مياه الترع والأنهار والبحيرات العذبة .
وتتميز المياه الطحية كما توجد فى الطبيعة بالصفات الآتية :-

١ - وفرة كمية المياه السطحية عن المياه الجوفية مما يجعل المياه السطحية أنسب لسد احتياجات المدن الكبيرة .

٢ - تعرضها لعوامل التلوث الشديد فالمياه السطحية نادراً ما توجد فى الطبيعة نقية صالحة للاستعمال مباشرة دون معالجة ، إذ أنها تحتوى على مواد عالقة وذائبة والكثير من البكتريا - مما يجعلها خطراً على الصحة العامة - ومما يوجب تنقيتها قبل استعمالها كمصدر للمياه فى المدينة .

وفى الجمهورية العربية المتحدة يعتبر نهر النيل المصدر الرئيسى للمياه السطحية وكذلك تعتبر ما يتسرب منه إلى باطن الأرض المصدر الرئيسى للمياه الجوفية وذلك لندرة الأمطار الا على الشريط الساحلى الشمالى .

ويمكن تقسيم الجمهورية العربية المتحدة إلى أربعة مناطق بالنسبة لمصادر المياه المختلفة واحتمالات استعمال هذه المصادر :

١ - وادى النيل والدلتا :

وفى هذه المنطقة تستعمل المياه السطحية من نهر النيل أو الترع المتفرعة منه مصدراً للمياه للمدن والتجمعات السكانية الكبيرة - كما تستعمل المياه الجوفية لامداد القرى والتجمعات السكانية الصغيرة بالمياه فى الأماكن التى تصلح فيها المياه الجوفية للاستعمال - إلا أنه نظراً لعدم صلاحية المياه الجوفية على امتداد الساحل الشمالى للدلتا لكثرة ما بها من أملاح وكذلك فى محافظة الفيوم - فأنه لا تعتمد على المياه الجوفية لامداد القرى فى هذه المناطق بالمياه ولذلك عمدت السلطات المسئولة إلى انشاء محطات تنقية للمياه السطحية من النيل أو الترع المتفرعة منه وكذلك انشاء شبكات لتوزيع المياه تغطى

هذه المناطق - ومحطات التنقية هذه توجد فى مدن فوه ، شربين ، بساط كريم الدين ، العباسة ، وأبو حمص . وذلك لامداد قرى منطقة شمال الدلتا بالمياه الصالحة للاستعمال ، وكذلك بالقرب من مدينة الفيوم لامداد قرى محافظة الفيوم بالمياه (شكل رقم ١ - ٢) .

(شكل رقم ١ - ٢)

٢ - الصحراء الغربية :

والمصدر الرئيسى للمياه الجوفية فى الصحراء الغربية هو مياه الأمطار التى سقطت فى السودان وتسربت داخل طبقات الحجر الرملى النوبى الذى تظهر على سطح الأرض فى السودان ولكنها تأخذ فى الانحدار إلى أسفل تحت طبقات من الاحجار الجيرية كلما اتجهت شمالا نحو البحر الأبيض - هذه

المياه تجد فى المناطق المنخفضة فى الصحراء مخارج لها إلى سطح الأرض ، مكونه الواحات لتصبح فيها مصدراً هاما لمياه الشرب والرى .

وأهم هذه الواحات هى الواحات الخارجة والداخلة وتتميز المياه فيها بالوفرة فى الكمية وصلاحيتها وعذوبتها – أما الواحات البحرية وسيوه فيقل فيها كمية المياه عن الواحات الخارجة والداخلة الا أن مياه الواحات البحرية تتميز بصلاحيتها وعذوبتها بينما تتميز مياه واحة سيوه باحتوائها على نسبة عالية من الأملاح وربما كان ذلك نتيجة لمرور المياه قبل وصولها إلى واحة سيوه بتكوينات جيولوجية تحتـــوى على املاح كثيرة قابلة للذوبان – وأقل كمية للمياه تتواجد فى واحة الفرافرة وان كانت أكثر صلاحية وعذوبة من مياه واحة سيوة .

كما يعزى تواجد المياه الجوفية بوفرة فى منطقة وادى النطرون إلى تسرب المياه من النيل فى طبقات الحجر الرملى النوبى الذى يخترقه مجرى النيل بالقرب من هذه المنطقة .

٣ – السهل الساحلى الشمالى :

وتكون الأمطار المتساقطة على الساحل الشمالى لغرب الدلتا مصدراً رئيساً للمياه الجوفية المستعملة فى هذه المنطقة اذ ينشأ عنها طبقة من المياه العذبة الطافية فوق المياه المالحة المتسربة من البحر الأبيض ويمكن الحصول على هذه المياه العذبة من الآبار القليلة العمق (لا تصل إلى المياه المالحة) وهو ما قام به الأقدمون بحفرهم ما يسمى الآن بالآبار الرومانية على طول الساحل الشمالى خاصة بالقرب من مرسى مطروح .

٤ – الصحراء الشرقيـة :

والمصدر الرئيسى للمياه فيها هو الأمطار التى تسقط على الجبال الشرقية المحاذية

للبحر الأحمر ومن ثم تتسرب فى الأرض حيث تخزن فى الرمال أو فى جيوب من الحجر الرملى النوبى ومن ثم يمكن الحصول على هذه المياه بدق الآبـار .

ب - الدراسات الخاصة بالسكان الذى يخدمهم المشروع

لما كان الغرض من مشروعات المياه ، كغيرها من مشروعات الخدمات العامة هو خدمة المدينة لفترة طويلة فى المستقبل ، كان من الواجب تقدير عدد السكان فى المدينة طوال المدة التى يخدم فيها المشروع بدقة كافية حتى لا تتسبب أى زيادة فى التقدير زيادة لا داعى لها فى التكاليف الانشائية للمشروع وحتى لا يسبب أى نقص فى التقدير قصوراً فى خدمة المدينة وامدادها بالمياه اللازمة .

والطرق المتبعة لتقدير أو التنبوء بعدد السكان هى كالآتى :

١ — الطريقة الحسابيـة (Arithmatic Increase) :

وفيها يفترض زيادة تعداد المدينة عدداً ثابتاً لكل فترة زمنية معينة (عشرة سنوات عادة Decade) وتسمى أحيانا طريقة الزيادة الثابتة .

ويمكن التوصل إلى هذه الزيادة الثابتة التى يزيدها تعداد المدينة كل عشرة سنوات بدراسة تعداد المدينة فى السنوات السابقة لاعداد الدراسة ومن ثم حساب الزيادة فى التعداد كل عشرة سنوات ثم يأخذ متوسط زيادة السكان فى المدينة بعد استبعاد الزيادات الغير عادية ومن أمثلة هذه الزيادات الغير عادية . زيادات كبيرة القيمة قد تنشأ عن هجرة إلى المدينة نتيجة لتحول صناعى مفاجىء فيها — وبالعكس من ذلك زيادات صغيرة القيمة قد تنشأ عن هجرة من المدينة أو حدوث حروب أو انتشار أوبئة فيها .

فاذا فرض أن :

P_o = آخر تعداد حقيقى للمدينة

A = متوسط زيادة عدد السكان كل فترة زمنية (عشر سنوات (Decade)

T = عدد الفترات الزمنية المطلوب تقدير عدد السكان بعدها

P = عدد السكان المقدر للمدينة بعد مضى T من الفترات الزمنية

فأنة يمكن تقدير عدد سكان المدينة مستقبلا بالمعادلة : -

$$P = P_o + A\,T \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (١)$$

وهى معادلة يمكن تمثيلها بيانيا بخط مستقيم يمكن مده للحصول على التعداد فى أى سنة مقبلة .

ومن الواضح أن هذه الطريقة فى زيادة عدد السكان الزيادة تشبه الزيادة التى تحدث لمبلغ من المال وضع فى مصرف ليربح ربحاً بسيطاً.

٢— طريقة الزيادة الهندسية (Geometre Increase) :

وفيها يفترض معدل ثابت تنمو به المدينة كل فترة معينة (عشر سنوات) ويمكن تقدير هذه النسبة بدراسة تعداد المدينة فى السنوات السابقة ورصد النسبة المئوية لزيادة التعداد كل عشرة سنوات ثم يؤخذ المتوسط الحسابى لهذه المعدلات ليكون هو معدل نمو المدينة مستقبلا مع استبعاد المعدلات الغير عادية كما سبق ذكره فى طريقة الزيادة الحسابية — وكذلك الأخذ فى الاعتبار احتمالات النمو الصناعى للمدينة الناتج عن انتشار الصناعات المحلية وكذلك انخفاض معدل نمو المدينة كلما كبرت وقدمت .

أما فى حالة عدم استبعاد أى من النسب المئوية لزيادة التعداد لتقاربها فى القيمة فيمكن تقدير متوسط هذه المعدلات بالمعادلة الآتية :

$$R = \sqrt[n]{\frac{P_o}{P_1}} - 1 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (٢)$$

حيث : R = متوسط معدلات نمو المدينة

P_1 = القيمة العددية لأول تعداد للمدينة .

P_o = القيمة العددية لآخر تعداد للمدينة .

n = عدد الفترات الزمنية بين التعدادين

فاذا فرض أن :—

P_o = آخر تعداد فعلى للمدينة

R = معدل نمو المدينة مستقبلا كل فترة زمنية (عشرة سنوات) وهو يساوى متوسط معدلات النمو السابقة أو كما حسب من المعادلة السابقة .

n = عدد الفترات الزمنية المطلوب تقدير السكان بعدها .

P = عدد السكان المقدر للمدينة بعد مضى « n » من الفترات الزمنية من آخر تعداد فأنه يمكن تقدير عدد السكان مستقبلا بالمعادلة :—

$$P = P_o\ (1 + R)^n \quad \ldots\ldots\ldots \quad (٣)$$

ومن الواضح أن هذه الطريقة فى زيادة عدد السكان تشبه الزيادة التى تحدث لمبلغ من المال وضع فى مصرف ليربح ربحاً مركباً .

كما يمكن كتابة هذه المعادلة بالصيغة الآتية وذلك بأخذ لوغاريتمات طرفيها . ومن ثم يمكن تمثيلها بيانيا بخط مستقيم بدلا من منحنى

$$\log P = \log Po + n \log (1 + R) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (٤)$$

ويمد هذا المستقيم يمكن ايجادالتعداد فى أى سنةمستقبلا.

٣ – الطريقة البيانيةالتقريبية Graphical Extension

وفيها يوقع سنوات التعداد السابقة والتعداد الماظر لكل سنة بالرسم البيانى العادى ثم يمد منحنى التعداد بالنظر حتى السنة المطلوب تقدير السكان عندها .

٤ – الطريقة البيانية مع مقارنة المدينة موضع الدراسة بمنحنيات نمو المدينة الأكبر منها والمتشابهة معها فى الظروف

Graphical Extension by Comparison

وفيها يوقع سنوات التعداد السابقة والتعداد الماظر لكل سنة بالرسم البيانى للمدينة موضوع الدراسة ولمدن أخرى أكبر منها – ومن ثم يفترض أن المدينـــة موضوع الدراسة ستتبع فى نموها أحد منحنيات نمو المدن الأكبر منها .

٥ – تقدير عدد السكان بافتراض كثافات سكانية معينة :

Assuming Population Densities

وفيها يفترض كثافات سكانية فى المناطق المختلفة للمدينة – ومعرفة مساحة كل منطقة وكثافة السكان فيها يمكن تقدير العدد الاجمالى للسكان فى المدينة .

والجدول رقم (١ – ١) يبين كثافة السكان (عدد السكان للهكتار) للأنواع المختلفة للمساكن .

جدول رقم (١-١)

الكثافة السكانية (شخص/الهكتار)	نوع المسكن
١٠	فيلات درجة أولى
٣٠ - ٦٠	فيلات درجة ثانية
١٢٠ - ٢٤٠	عمارات شعبية
٨٠ - ٣٥٠	عمارات سكنية صغيرة
٢٤٠ - ٧٠٠	عمارات متوسطة
٧٠٠ - ١٢٠٠	عمارات سكنية كبيرة
٢٥ - ٧٥	مناطق تجارية وصناعية

٦ - طريقة الزيادة المضطردة (Incrimental increase)

وفى هذه الطريقة تحسب الزيادة فى تعداد السكان كل عشرة سنوات كما تحسب التغير فى هذه الزيادات ويقدر متوسط كل منها - ومن ثم يقدر عدد السكان مستقبلا بالمعادلة الآتية :

$$P = Po + A\,T + a\,[\,(T) + (T-1) + (T-2) \ldots + 1\,]$$

حيث : P_o = آخر تعداد حقيقى للمدينة

A = متوسط الزيادات السابقة لتعداد المدينة كل فترة زمنية

T = عدد الفترات الزمنية المطلوب تقدير عدد السكان بعدها

a = متوسط التغير فى الزيادات السابقة لتعداد المدينة

p = عدد السكان المقدر للمدينة بعد مضى T من الفترات الزمنية

٧ - الطريقة البيانية الدقية Acurate Graphical Extenion

وفيها يوقع سنوات التعداد السابقة والتعداد المناظر لكل سنة بالرسم البيانى اللوغاريتمى (Log., Log., Paper) - ومن ثم يمكن تحوير

نحنى التعداد السابق للمدينة إلى خط مستقيم .

وبايجاد ميل هذا المستقيم وتعيين نقطة تقاطعه مع المحور الرأسى (الموقع عليه تعداد المدينة) يمكن ايجاد معادلة المستقيم الذى تمثل معدل نمو المدينة كالآتى : —

$$\text{Log } Y = b \text{ Log } X + \log a \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٥)$$

حيث : Y = تعداد المدينة فى أى سنة

X = عدد الفترات الزمنية التى بين أول سنة عمل فيها تعداد للمدينة والسنة المطلوب ايجاد التعداد عندها .

b = ميل المستقيم

$\log a$ = الاحداثى الرأسى لنقطة تقاطع المستقيم الممثل لمعادلة نمو المدينة مع المحور الرأسى Y وكذلك يمكن كتابة نفس المعادلة السابقة بالصورة الآتية :

$$Y = a\ Xb \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٦)$$

حيث تمثل الرموز a, I, X, Y إلى مثل ما ترمز به فى المعادلة السابقة . وفى هذه الحالة يمكن تعيين قيمة a بعد تعيين قيمة $\text{lag } a$

الزمن الذى يصمم المشروع ليخدم المدينة خلاله (Period of Design)

يحدد هذا الزمن فى مشروعات امداد المدن بالمياه بعد دراسة للعوامل الآتيـة :—

(ا) السعر الابتدائى للمشروع .

(ب) سعر الصيانة والتشغيل .

(ج) سهولة أو صعوبة انشاء اضافات جديدة للمشروع .

(د) عمر الأجزاء المختلفة للمشروع أى سرعة استهلاكها .

(و) التطور فى تصميم وتشغيل الوحدات المختلفة للمشروع .

وبناء على هذه النقاط يمكن القول أن شبكات توزيع المياه فى المدن يجب أن تصمم لتخدم المدينة فى الخمسين سنة التالية لتنفيذ المشروع وذلك نظراً لصعوبة التغيير فيها أو اضافة مواسير جديدة مما يتكلف نفقات باهظة فى الحفر والردم والرصف وعطلة المواصلات فى الطرق ، هذا بالاضافة إلى أن المواسير عادة لا تبلى قبل مضى فترة طويلة قد تصل إلى مائة عام .

وعلى العكس من ذلك فان وحدات التنقية ومحطات الرفع المنشأة فوق سطح الأرض يمكن ان تصمم لتخدم المدينة فى العشرة أو الخمسة عشر عاما التالية لتنفيذ المشروع وذلك نظراً لسهولة اضافة وحدات جديدة كلما احتاج الأمر على أن يراعى أن يكون المساحة المخصصة لهذه الوحدات كافية للمستقبل البعيد الذى قد يصل إلى مائة عام حتى تستوعب الوحدات المستحدثة

كما أنه من المستحسن أن ينشأ المأخذ ليخدم المدينة فترات طويلة من الزمن قد تصل إلى خمسين عاما — نظراً لصعوبة انشائه خاصة إذا كان على مجرى ملاحى — وكذلك لكبر تكاليف انشاء السحارات (conduits) الموصلة بينه وبين محطات الرفع .

مثال ١ — إذا أعطيت البيانات الموضحة فى الجدول الآتى :

أوجد التعداد المتوقع لمدينة أ فى الخمسين سنة المقبلة :—

السنة	التعداد			
	مدينة أ	مدينة ب	مدينة جـ	مدينة د
١٩٠٠	٥٧٣٢٠	١٠٠٧٥٠	١٢٧١٣٥	١٣٥٣٣٥
١٩١٠	٦٨٢٥٠	١٢٠٣٤٥	١٤٦٢٤٠	١٤٦١٢٠
١٩٢٠	٧٧٩٧٥	١٣٢٧٢٠	١٤٨١٥٠	١٥٨٣٣٥
١٩٣٠	٩٠٧٨٠	١٤٦٣٥٥	١٦٦٢٤٥	١٧١٧٢٠
١٩٤٠	١٠١٧٦٥	١٦٢٧٢٥	١٧٧١٣٠	١٨٢٣٤٥
١٩٥٠	١١٥٣٣٠	١٧٨٠١٠	١٨٨٣٢٥	١٩٤٧٢٥
١٩٦٠	١٢٨٧٣٥	١٩١٨٢٠	١٩٨٤١٠	٢٠٧٤١٥
١٩٧٠	١٤٢٣٢٥	٢١٤١٥٠	٢٢٠٣٢٠	٢٢٠٣٣٠

الحـــــل :

السنة	التعداد	الزيـادة	نسبة الزيادة	تغير الزيادة
١٩٠٠	٥٧٣٢٠			
		١٠٩٣٠	١٩١٠	١٢٠٥ –
١٩١٠	٦٨٢٥٠			
		٩٧٢٥	١٤٫٣٠	٣٠٨٥ +
١٩٢٠	٧٧٩٧٥			
		١٢٨٠٥	١٦٫٥٥	١٨٢٠ –
١٩٣٠	٩٠٧٨٠			
		١٠٩٨٥	١٢٫١٠	١٥٨٠ +
١٩٤٠	١٠١٧٦٥			
		١٢٥٦٥	١٢٫٤٠	٨٤٠ +
١٩٥٠	١١٥٣٣٠			
		١٢٤٠٥	١١٫٦٥	١٨٥ +
١٩٦٠	١٢٨٧٣٥			
		١٣٥٩٠	١٠٫٥٠	
١٩٧٠	١٤٢٣٢٥			
المجموع		٨٤٠٠٥	٩٦٫٦٠	٢٦٦٥ +
المتوسط		١٢٠٠٠	١٣٫٨٠	٤٤٥ +

حساب التعداد فى المستقبل :

أولا – الطريقة الحسابية البسيطة :

تعداد عام ١٩٨٠ = تعداد عام ١٩٧٠ + الزيادة

تعداد عام ١٩٨٠ = ١٤٢٣٢٥ + ١٢٠٠٠ = ١٥٤٣٢٥

تعداد عام ١٩٩٠ = ١٤٢٣٢٥ + ١٢٠٠٠ × ٢ = ١٦٦٣٢٥

تعداد عام ٢٠٠٠ = ١٤٢٣٢٥ + ١٢٠٠٠ × ٣ = ١٧٨٣٢٥

تعداد عام ٢٠١٠ = ١٤٢٣٢٥ + ١٢٠٠٠ × ٤ = ١٩٠٣٢٥

تعداد عام ٢٠٢٠ = ١٤٢٣٢٥ + ١٢٠٠٠ × ٥ = ٢٠٢٣٢٥

ثانياً ـ طريقة الزيادة المطردة :

تعداد عام ١٩٧٠ = تعداد عام ١٩٧٠ + الزيادة + تغير الزيادة

تعداد عام ١٩٨٠ = ١٤٢٣٢٥ + ١٢٠٠٠ + ٤٤٥ × ١

= ١٥٤٧٧٠

تعداد عام ١٩٩٠ = ١٤٢٣٢٥ + ٢ × ١٢٠٠٠ + ٤٤٥ [١ + ٢]

= ١٦٧٦٦٠

تعداد عام ٢٠٠٠ = ١٤٢٢٣٥ + ٣ × ١٢٠٠٠ + ٤٤٥ ×

[١ + ٢ + ٣] = ١٨٠٩٩٥

تعداد عام ٢٠١٠ = ١٤٢٣٢٥ + ٤ × ١٢٠٠٠ + ٤٤٥ ×

[١ + ٢ + ٣ + ٤] = ١٩٤٧٧٥

تعداد عام ٢٠٢٠ = ١٤٢٣٢٥ + ٥ × ١٢٠٠٠ + ٤٤٥ ×

[١ + ٢ + ٣ + ٤ + ٥] = ٢٠٩٠٠٠

ثالثاً ـ طريقة الزيادة الهندسية :

تعدادعام ١٩٨٠ = تعدادعام ١٩٧٠ (١ + نسبة الزيادة)

= ١٤٢٣٢٥ (١ + ٠,١٣٨) = ١٦١٩٦٦

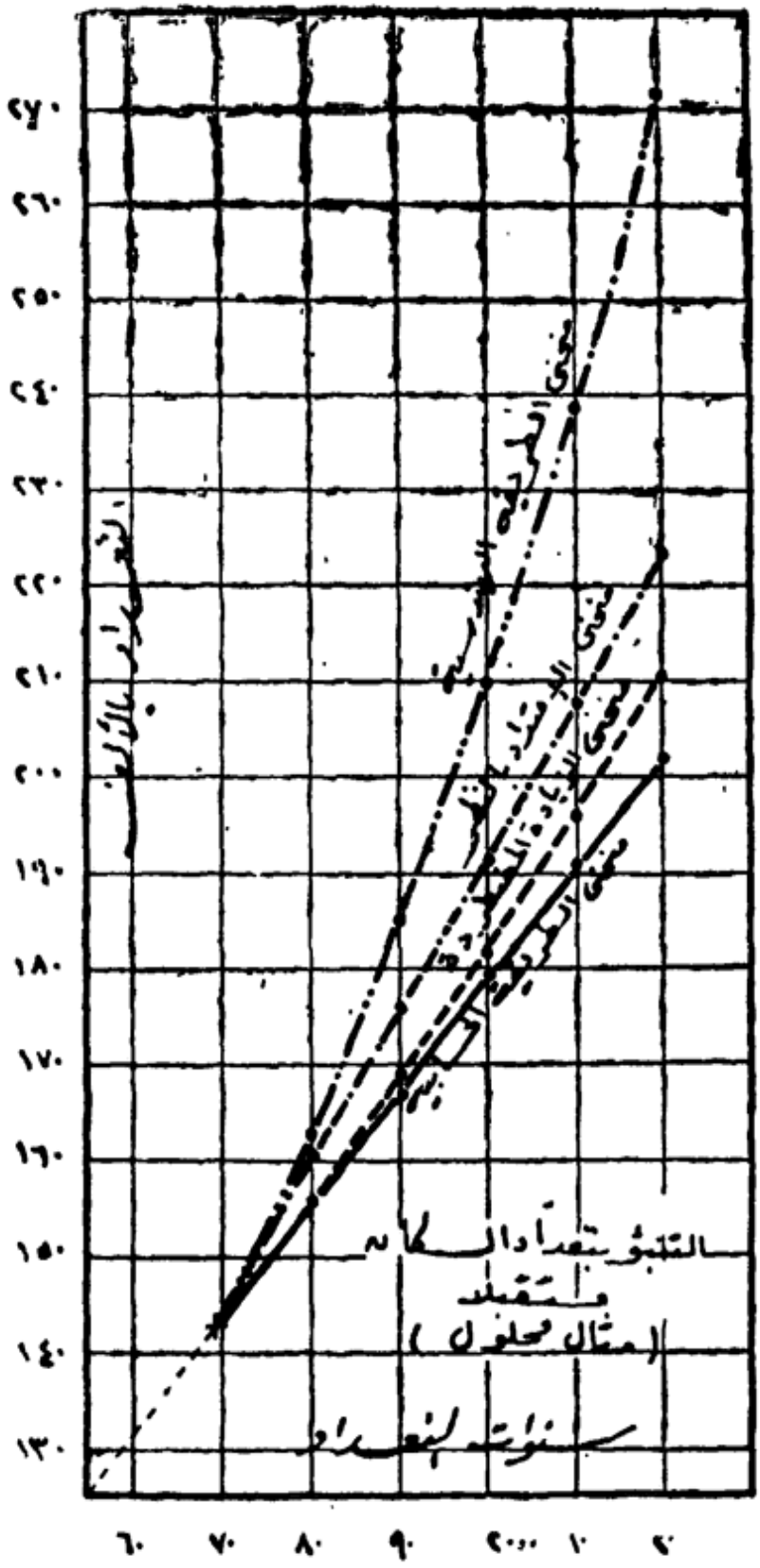
تعداد عام ١٩٩٠ = ١٤٢٣٢٥ (١ + ٠,١٣٨)^{٢} = ١٨٤٣٠١

تعداد عام ٢٠٠٠ = ١٤٢٣٢٥ (١ + ٠,١٣٨)^{٣} = ٢٠٩٧٨٧

تعداد عام ٢٠١٠ = ١٤٢٣٢٥ (١ + ٠,١٣٨)^{٤} = ٢٣٨٦٧٩

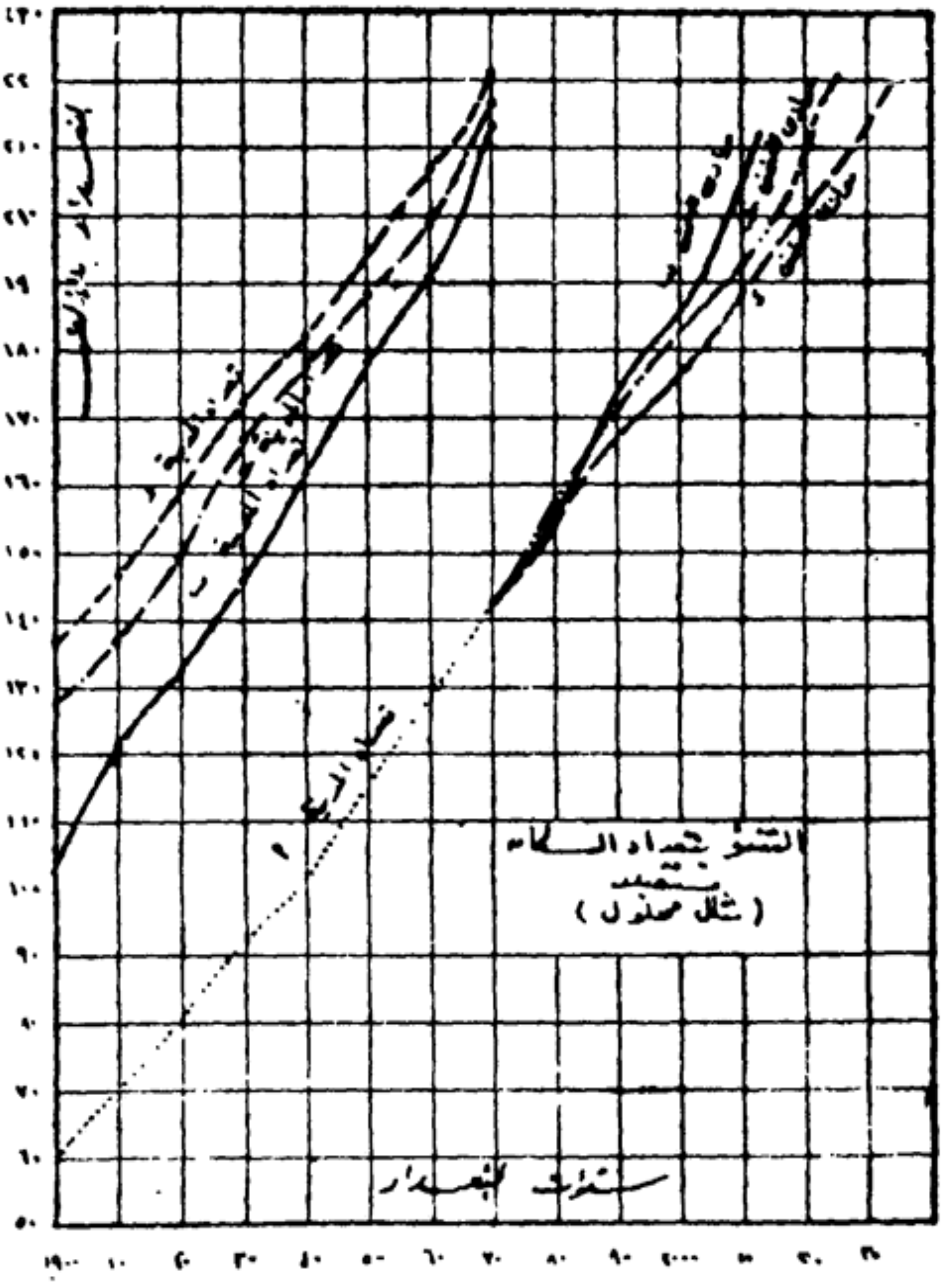
تعداد عام ٢٠٢٠ = ١٤٢٣٢٥ (١ + ٠,١٣٨)^{٥} = ٢٧١٨٤١

ويبين الشكل رقم (١ — ٣) التوقيع البيانى للنتائج السابقة ، كما يبين النتائج بالطريقة البيانية التقريبية



شكل رقم ١ — ٣

ويبين الشكل رقم (١ — ٤) طريقة تقدير السكان مستقبلا بالطريقه البيانية مع المقارنة بالمدن الأخرى .



شكل رقم ١ — ٤

ج- دراسات معدلات استهلاك المياه Rates of Water Consumption

بعد دراسة تعداد السكان الذى يخدمهم المشروع مستقبلا يجب دراسة متوسط معدلات استهلاك الفرد للماء فى اليوم - أى متوسط الاستهلاك على مدار السنة وهذا يساوى مجموع التصرف الخارج من محطات المياه طول أيام مقسوما على عدد السكان وعدد أيام العام .

$$\text{أى أن : } q = \frac{Q}{P \times 365}$$

حيث أن q = متوسط معدل الاستهلاك على مدار السنة (لتر/شخص/يوم).

Q = مجموع التصرف السنوى لمحطة المياه .

P = تعداد المدينة .

وهذا المعدل يختلف من مدينة إلى أخرى تبعاً للعوامل الآتية :

١ - الموقع الجغرافى والمناخ :

فكلما زادت درجة الحرارة كلما زاد معدل استهلاك المياه .

٢ - حجم المدينة :

كلما كبرت المدينة زاد معدل استهلاك المياه .

٣ - مستوى الحياة العام :

فارتفاع مستوى الحياة يزيد من معدل استهلاك المياه .

٤ - تعميم عدادات المياه :

وهذا يحد من استهلاك المياه - إذ يلاحظ دائماً انخفاض معدل استهلاك المياه فى المدن إلى النصف تقريباً عند تعميم عدادات المياه فيها ليدفع كل مستهلك نصيبه من ثمن المياه .

٥ - انتشار الصناعة فى المدينة :

كلما زادت الصناعة زاد معدل الاستهلاك نظراً لاستهلاك جزء كبير من المياه فى المدينة فى هذه الصناعات .

٦ - خواص الميـــاه :

كلما تحسنت خواص المياه يزداد الاستهلاك .

٧ - الضغط فى شبكات التوزيع :

وهذا يساعد على ازدياد الاستهلاك .

٨ - تعميم شبكات الصرف الصحى :

فقد لوحظ أن معدل استهلاك المياه زاد حوالى ٤٠ ٪ فى بعض المدن بعد انشاء مشروعات الصرف الصحى فيها .

والجدول رقم (١-٢) يبين معدل استهلاك المياه باللتر «/شخص/يوم فى البلاد المختلفة فى أمريكا . أوروبا . الجمهورية العربية المتحدة .

جدول رقم (١-٢)

معدل استهلاك المياه فى المدن المختلفة باللتر للشخص يومياً

المدينة	المعدل	المدينة	المعدل
نيويورك . . .	٥٠٠	فينـا	١٥٠
شيكاجو . . .	١٠٠٠	روما	٤٥٠
ميلانـــو . . .	٥٠٠	كولون . . .	٢٥٠
ميونيخ	٤٥٠	القاهرة	١٨٠
زيوريخ . . .	٣٠٠	الاسكندرية . . .	٢٠٠

د — التغير فى معدل استهلاك المياه

Variation in Rates of Water Consumption

من البديهى أن معدل استهلاك المياه فى مدينة ما لا يبقى ثابتاً باستمرار على مدار العام — ولكنه يتغير تبعاً للعوامل الآتية :

١ — تغير موسمى (Seasonal Changes) إذ يزداد معدل الاستهلاك فى أثناء شهور الصيف نظراً لشدة الحرارة ، وتتراوح هذه الزيادة ، حتى يصل متوسط الاستهلاك اليومى فى خلال أشهر الصيف من ١٢٠ ٪ إلى ١٦٠ ٪ من معدل الاستهلاك اليومى على مدار السنة .

كما أن متوسط الاستهلاك اليومى فى خلال أشهر الشتاء ينخفض ليصل إلى حوالى ٧٠ ٪ من معدل الاستهلاك اليومى على مدار العام .

والشكل رقم (١ — ٥) يبين التغيرات الموسمية فى استهلاك المياه لمدينة الاسكندرية فى أعوام ١٩٥٠ ، ١٩٦٥ ، ١٩٦٠ ، ١٩٦٥ ، ١٩٧٠ .

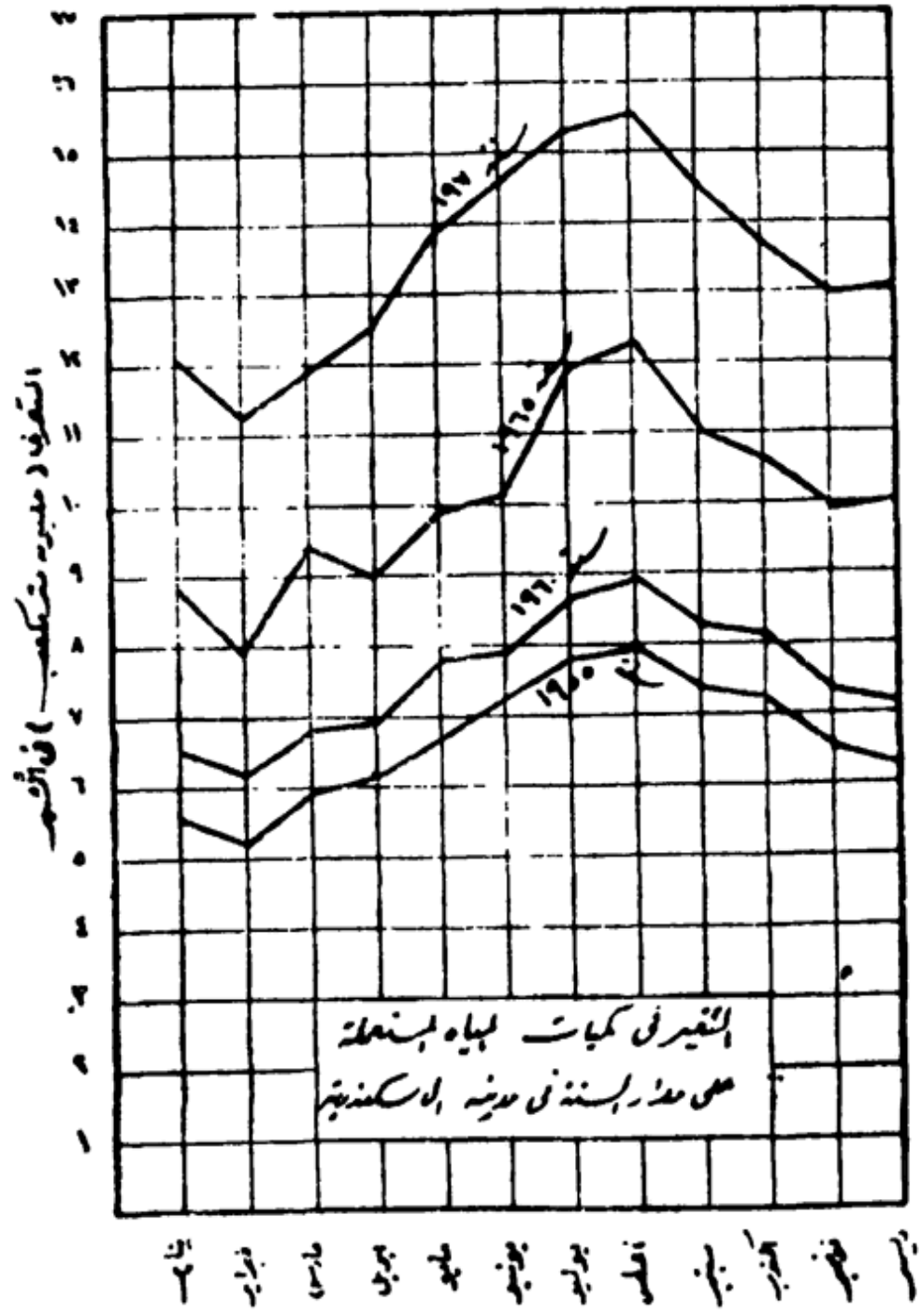
٢ — تغيرات يومية (Daily Change) : إذ يتغير معدل الاستهلاك من يوم إلى يوم فى نفس الموسم بل فى نفس الأسبوع تبعا لعادات السكان ونشاطهم واحتياجاتهم المنزلية والصناعية ويتراوح هذا التغير حتى يصل معدل الاستهلاك اليومى من ١٣٠٪ إلى ١٧٠٪ من معدل الاستهلاك اليومى على مدار السنة كما قد ينخفض إلى ٦٠٪ فى بعض الأحيان كما يتضح ذلك من شكل ١ — ٦ .

٣ — تغيرات من ساعة إلى ساعة فى نفس اليوم (Houry Changes) :

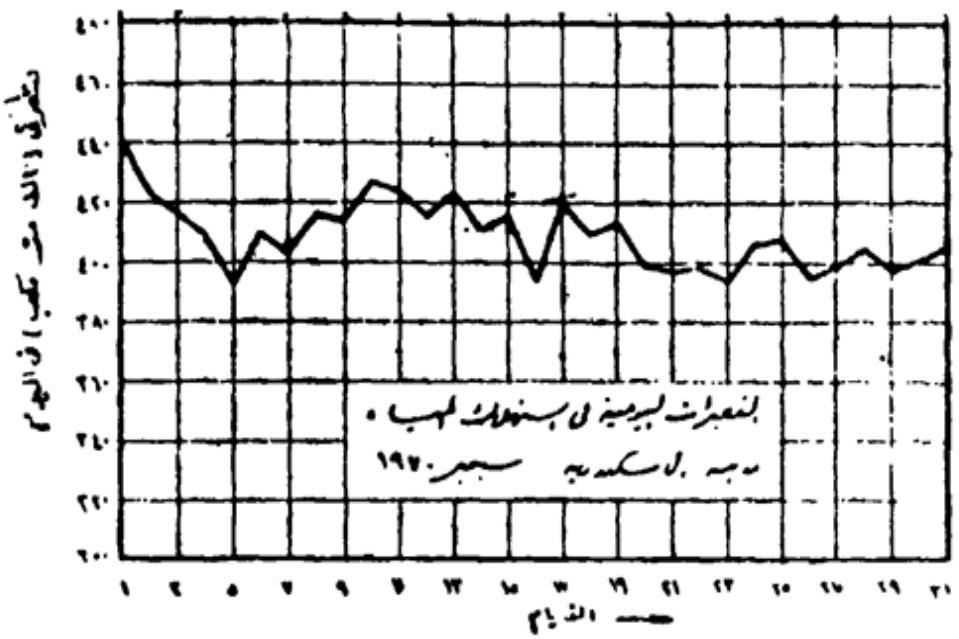
ويرجع هذا إلى تغير عادات السكان ونشاطهم وبالتبعية لكمية استهلاكهم للمياه فى الساعات المختلفة فى اليوم — فيكون أقصى معدل للاستهلاك فى فترة

الصباح من الثامنة حتى الثانية عشرة ظهراً تقريبا ثم يأخذ معدل الاستهلاك فى الانخفاض حتى يصل إلى أدناه فى الجزء المتأخر من الليل .

ويسمى أقصى تصرف يحدث فى أى فترة على مدار العام بالنهاية العظمى للتصرف (Peak) وهو يحدث فى ساعات النهار فى أشهر الصيف ويسمى أحيانا (Max. Hourly Consumption).



شكل رقم ١ — ٥



شكل رقم ١ — ٦ :

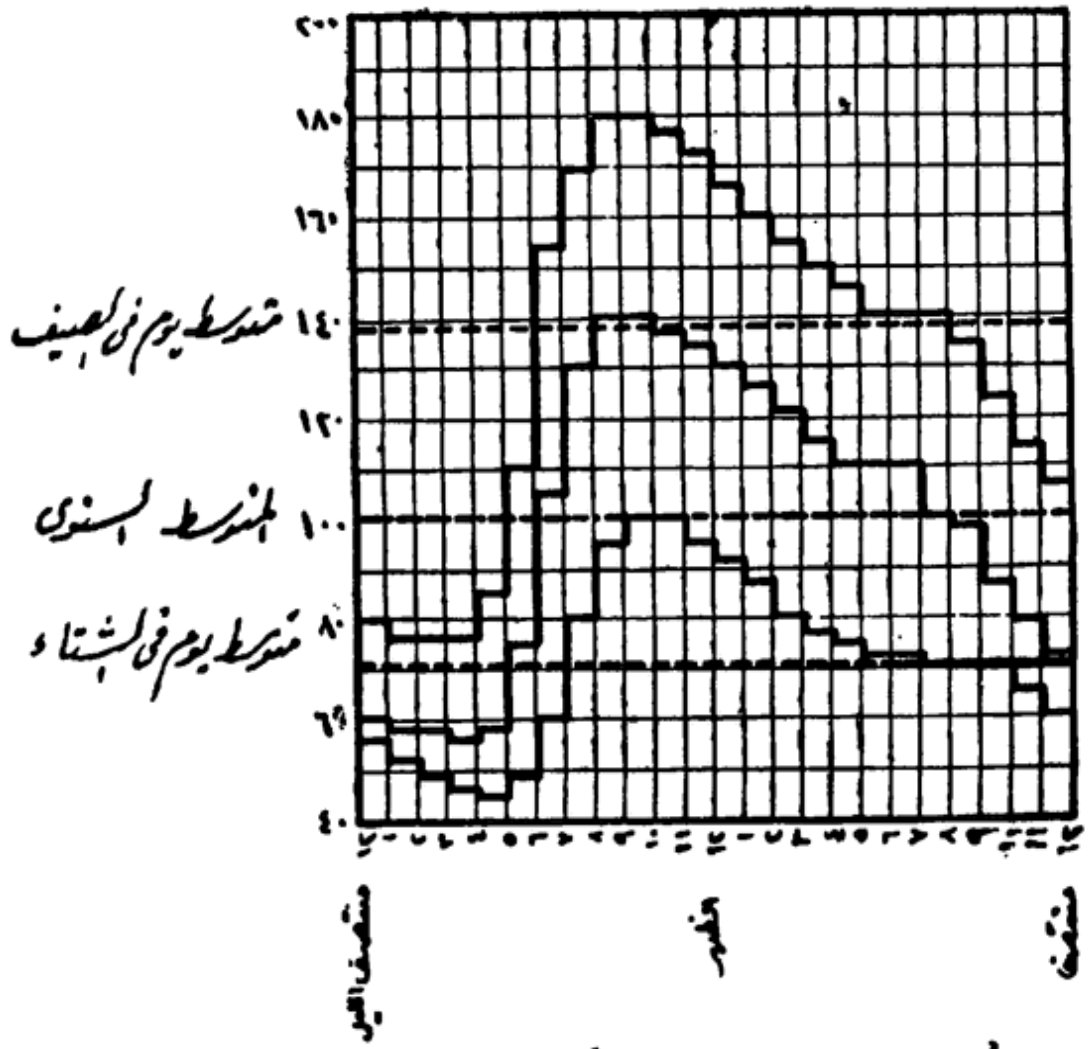
والشكل رقم (١ — ٧) يبين التغيرات من ساعة إلى ساعة فى نفس اليوم ومنه يتضح أن أقصى تصرف فى اليوم قد يصل إلى ١٥٠ ٪ من معدل التصرف فى نفس اليوم — وبذلك قد يصل أقصى تصرف فى اليوم إلى ما يعادل ٢٢٥ ٪ تقريباً من متوسط الاستهلاك اليومى على مدار السنة .

والجدول رقم (١—٣) يبين التغير فى التصرفات على مدار السنة بالنسبة لمتوسط التصرف اليومى طول العام .

وبديهى أنه يجب مراعاة هذه التغييرات فى معدل استهلاك المياه عند تصميم الوحدات المختلفة لعمليات امداد المدن بالمياه كما سيأتى ذكره تفصيلا فيما بعد عند دراسة أسس تصميم كل وحدة .

جدول رقم ١ - ٣

معدل التصرف اليومى على مدار السنة (Annual Average Daily Flow)	١٠٠
متوسط الاستهلاك اليومى صيفاً (Monthly Summer Daily Flow)	١٢٠ - ١٤٠
أقصى تصرف يومى (Maximum Daily Flow)	١٣٠ - ١٧٠
النهاية العظمى للتصرف (Max. Hourly or Peak Flow)	٢٠٠ - ٢٧٥



تغيرات فى معدل استهلاك المياه - فى اليوم الواحد

شكل رقم ١ - ٧

٥ - الاستعمالات المختلفة للمياه فى المدينة
Purposes of Water Uses

تنقسم استعمالات المياه فى المدينة إلى :

١ - الاستهلاك المنزلى (Domestic Use) : ويقصد به المياه المستعملة فى الأغراض المنزلية مثل الشرب والغسيل والطبخ والاستحمام ويقدر هذا الاستهلاك بحوالى ٤٠ ٪ من معدل الاستهلاك العام فى المدينة .

٢ - الاستهلاك الصناعى والتجارى (Industrial & Commercial) : ويقصد به المياه المستعملة فى الأغراض الصناعية والتجارية كمياه التبريد ومصانع الصباغة والثلج والمياه الغازية وغير ذلك من الإغراض الصناعية - ويقدر هذا الاستهلاك بحوالى ٣٥ ٪ من معدل الاستهلاك العام فى المدينة - الا أنه يجب مراعاة ظروف كل مدينة ونوع الصناعات القائمة والمنتظرة عند تقدير كمية المياه الصناعية والتجارية .

٣ - الاستهلاك العام : (Public Use) : ويقصد به المياه المستعملة للأغراض العامة مثل رش الشوارع ، رى الحدائق ، المياه المستعملة فى النافورات فى الميادين العامة غسيل المرشحات وأحواض الترسيب فى محطات تنقية المياه وكذلك مقاومة الحرائق فى المدينة ويقدر هذا الاستهلاك بحوالى ١٥ ٪ من الاستهلاك العام للمدينة .

٤ - الفاقد والإسراف فى المياه (Losses & Wastes) : ويقصد به المياه المتسربة من لحامات المواسير المعيبة أو المواسير القديمة والصمامات ويقدر هذا الفاقد بحوالى ١٠ ٪ من الاستهلاك العام للمدينة ، الا أنه يمكن الحد منه بالعناية بعمل الوصلات واصلاح المواسير والصمامات .

٥ - مقاومة الحرائق (Fire Demand) : أن مجموع المياه المستعملة فى اطفاء الحرائق أثناء العام قد لا يتعدى رقما صغيراً بالنسبة للاستهلاك العام للمدينة - الا أنه عند حدوث حريق فى المدينة فان معدل استهلاك المياه

لمقاومة الحرائق يصل إلى أضعاف الاستهلاك العام للمياه مما يجب أن يؤخذ فى الاعتبار عند تصميم: شبكات مواسير التوزيع وكذلك محطات الطلمبات وأحواض تخزين المياه.

وهناك معادلات اقتراحية لتقدير كمية المياه اللازمة لمقاومة الحرائق فى أمريكا الا أنها تعطى تصرفات كبيرة بالنسبة للتصرفات المتبعة فى مصر ومن هذه المعادلات :

(7) ..... Kuickling Formula :- $Q = 700 \sqrt{P}$

(8) ..... National Board of Fire Underwriters :-

$$Q = 1020 \sqrt{P}\,(1 - 0.01 \sqrt{P})$$

(9) ..... Freeman John R. Formula :-

$$Q = 250\,(P/5 + 10)$$

حيث : p = تعداد السكان بالألف .

Q = التصرف اللازم لمقاومة الحرائق .

مقدراً بالجالون بالدقيقة . (الجالون الأمريكى = ٣٧٨٥٤ لتر)

وتنص المواصفات المصرية على أن تعطى حنفية الحريق ٦٠ متر مكعب فى الساعة على الأقل وأن يكون مخزون الماء كافى لامداد الحنفية بمياه لمدة ساعتين أى ١٢٠ متر مكعب على الأقل .

(و) حساب توقعات وتقديرات الاستهلاك مستقبلا :

عند حساب توقعات أو تقدير مجمل الاستهلاك فى المستقبل لمدينة ما تمهيداً لاقتراح مشروعات المياه الجديدة فى المدينة يمكن الرجوع إلى تعدادات السكان السابقة فى المدينة لتقدير عدد السكان مستقبلا (أنظر مثال رقم ١) ثم الرجوع إلى الاستهلاكات الفعلية السابقة وبقسمة الاستهلاك الفعلى على التعداد المناظر يمكن الحصول على متوسط الاستهلاك على مدار السنة لكل

لكل شخص فى اليوم فى الفترة السابقة — ثم يحسب معدل الزيادة فى هذا المتوسط لكل سنة وعلى ضوء هذه البيانات يمكن افتراض نسبة زيادة هذا المتوسط فى السنين لمقبلة وتقدير قيمته مستقبلا — وبديهى أن هذه الزيادة المقترحة للمتوسط الاستهلاك تتوقف على عوامل أهمها : الزيادة المنتظرة فى السكان إزدهار الصناعة ، ارتفاع مستوى الحياة ، التقدم فى مشروعات المرافق الأخرى .

وإذا فرضنا أن :

P = التعداد المقدر للمدينة مستقبلا .

q = متوسط الاستهلاك اليومى على مدار السنة مقدراً باللتر للشخص فى اليوم .

∴ $P \times q$ = متوسط الاستهلاك اليومى للمدينة بأكملها على مدار السنة — وهو التصرف الذى يصمم عليه وحدات عمليات امداد المدينة بالمياه مستقبلا مع وجوب مراعاة التغيرات الموسمية واليومية الذى يتعرض لها التصرف والذى يؤثر على كفاءة الوحدات المختلفة (كما سيأتى ذكره فيما يلى بعد)

الا أنه أحيانا يمكن تقدير الاستهلاك الاجمالى للمدينة خلال الفترة المقبلة دون الرجوع إلى حساب مستقل لمستقبل تعداد المدينة ومعدل الاستهلاك للمياه فى المدينة كل على حدة — وذلك بالرجوع إلى الاستهلاكات الاجمالية الفعلية السابقة وحساب معدل التزايد كل سنة لهذا الاستهلاك الاجمالى ليكون أساساً لاقتراح قيمة لتزايده فى المستقبل ومن ثم تقديره فى الفترة المقبلة .

مثال (٢) يبين الجدول الآتى التصرفات الاجمالية السنوية لمدينة الاسكندرية فى السنوات من ١٩٤٩ حتى ١٩٦٩ — والمطلوب تقدير التصرفات الاجمالية السنوية وكذلك متوسط التصرف اليومى للمدينة واقصى تصرف يومى للمدينة فى فترة عام ١٩٧٠ حتى عام ١٩٩٠

السنة	اجمالى التصرف السنوى (متر٣)	السنة	اجمالى التصرف السنوى (متر٣)
١٩٤٨	٥٨٦٠٤٤٥٣	١٩٤٩	٥٩٩٦٢٦٣٨
١٩٥٠	٦٤٠٢٣٨١٣	١٩٥١	٦٧٥٨٠٦٤٦
١٩٥٢	٦٩٦١٩٥٧١	١٩٥٣	٧١٩٤٠٧٢٢
١٩٥٤	٧٤٢٦٧٠٠١	١٩٥٥	٨٠٠١٨٣٧٨
١٩٥٦	٨٢٥٧٦٣٥١	١٩٥٧	٨٢٦٧٤٥٢٩
١٩٥٨	٨٤٩٥٨٩٤٩	١٩٥٩	٨٦٢٩٠٩٩١
١٩٦٠	٩٠٦١٤٩١٤	١٩٦١	٩٤٧٠٣٣٥٤
١٩٦٢	٩٨٩٦٦٩٧٣	١٩٦٣	١٠٧٠٧٤٩١٢
١٩٦٤	١١٤٦٨٤٠٢٩	١٩٦٥	٦١٢١٤١١٣٤
١٩٦٦	١٣٤٧٦٨٠١٩	١٩٦٧	١٤٢٥٩١٦٨٩
١٩٦٨	١٤٦٤٤٣٢٦١	١٩٦٩	١٦١١٨٢٩٤٨

الحـــل :

Q_1 = استهلاك المياه خلال سنة ١٩٤٩ = ٥٩,٩٦٢,٦٣٨ متر مكعب

Q_2 = استهلاك المياه خلال سنة ١٩٦٩ = ١٦١,١٨٢,٩٤٨ متر مكعب

وبحساب معدل التزايد السنوى $= 1 - \sqrt[n]{Q_2/Q_1}$

$$= 1 - \sqrt[٢٠]{\frac{١٦١,١٨٢,٩٤٨}{٥٩,٩٦٢,٦٣٨}} = ٥ \%$$

إلا أن هذا المعدل لم تكن له صفة الثبات خلال العشرين سنة السابقة لذلك يلزم تقسيم فترة العشرين سنة السابقة إلى فترات زمنية مدى كل منها خمس سنوات (مثلا) للوقوف على التذبذب الذى طرأ على هذا المعدل والإتجاه العام لهذا التذبذب حتى يمكن القياس عليه عند تقدير توقعات الاستهلاك خلال العشرين سنة القادمة .

الفترة الزمنية ١٩٥٠ – ١٩٥٥ :

استهلاك المياه خلال عام ١٩٥٠ ٦٤,٠٢٣,٨١٣ متر مكعب

استهلاك المياه خلال عام ١٩٥٥ ٨٠,٠١٨,٣٧٨ لتر مكعب

∴ معدل التزايد السنوى

$$= \sqrt[٥]{\frac{٨٠,٠١٨,٣٧٨}{٦٤,٠٢٣,٨١٣}} - ١.٠٠ = ٤,٥٤ \%$$

الفترة الزمنية ١٩٥٥ – ١٩٦٠ :

استهلاك المياه خلال عام ١٩٥٥ ٨٠,٠١٨,٣٧٨ متر مكعب

استهلاك المياه خلال عام ١٩٦٠ ٩٠,٦١٤,٩١٤ متر مكعب

∴ معدل التزايد السنوى

$$= \sqrt[٥]{\frac{٩٠,٦١٤,٩١٤}{٨٠,٠١٨,٣٧٨}} - ١,٠٠ = ٢,٥٢ \%$$

الفترة الزمنية ١٩٦٠ – ١٩٦٥ :

استهلاك المياه خلال عام ١٩٦٠ ٩٠,٦١٤,٩١٤ متر مكعب

استهلاك المياه خلال عام ١٩٦٥ ١٢١,٤١١,٦٣٤ متر مكعب

∴ معدل التزايد السنوى

$$= \sqrt[٥]{\frac{١٢١,٤١١,٦٣٤}{٩٠,٦١٤,٩١٤}} - ١,٠٠ = ٦,٠٣ \%$$

الفترة الزمنية ١٩٦٥ - ١٩٦٩ :

استهلاك المياه خلال عام ١٩٦٥ ١٢١,٤١١,٦٣٤ متر مكعب

استهلاك المياه خلال عام ١٩٦٩ ١٦١,١٨١,٩٤٨ متر مكعب

... معدل التزايد السنوى

$$= \sqrt[٤]{\frac{١٦١,١٨٢,٩٤٨}{١٢١,٤١١,٦٣٤}} - ١,٠٠ = ٧,٣٣ \%$$

فاذا أخذنا متوسط التزايد السنوى للثلاثة زيادات المتقاربة كان هذا المتوسط هو ٦ ٪ وهى نسبة التزايد المقترحة لتقدير التصرفات الكلية للمدينة فى الفترة المقبلة .

توقعات الاستهلاك خلال العشرين سنة القادمة على أساس معدل تزايد ٦٪ سنوياً .

الفترة الزمنية التى تنتهى فى عام ١٩٧٥ :

استهلاك عام ١٩٦٩ ١٦١,١٨٢,٩٤٨ متر مكعب

مدى التوقع ١٩٧٥ - ١٩٦٩ = ٦ سنوات

... استهلاك عام ١٩٧٥ = ١٦١,١٨٢,٩٤٨ × (١,٠٦)^٦ =

= ٢٢٨,٦٤١,٠٠٠ متر مكعب

$$\text{... متوسط الاستهلاك اليومى} = \frac{٢٢,٨٦٤١,٠٠٠}{٣٦٥} = ٦٢٦٤٠٠ م^{٣}$$

الفترة الزمنية التى تنتهى فى عام ١٩٨٠ :

مـدى التوقـع ١٩٧٠ - ١٩٦٩ = ١١ سنة

... استهلاك عام ١٩٨٠ = ١٦١,١٨٢,٩٤٨ × (١,٠٦)^١١ =

= ٣٠٥,٩٧٣,٠٠٠ متر مكعب

... متوسط الاستهلاك اليومى = $\frac{٣٠٥,٩٧٣,٠٠٠}{٣٦٥}$ = ٨٣٨٣٠٠ م. م.

الفترة الزمنية التى تنتهى فى عام ١٩٨٥

مدى التوقع ١٩٨٥ - ١٩٦٩ = ١٦ سنة

... استهلاك عام ١٩٨٥ = ١٦١,١٨٢,٩٤٨ × (١,٠٦)^١٦ =

= ٤٠٩,٤٦١,٠٠٠ متر مكعب

... إذن متوسط الاستهلاك اليومى = $\frac{٤٠٩,٤٦١,٠٠٠}{٣٦٥}$ = ١,١٢١,٨٠٠م٣

الفترة الزمنية التى تنتهى فى عام ١٩٩٠ :

مدى التوقع ١٩٩٠ - ١٩٦٩ = ٢١ سنة

... إذن استهلاك عام ١٩٩٠ = ١٦١,١٨٢,٩٤٨ × (١,٠٦)^٢١ =

= ٥٤٧,٩٥٢,٠٠٠ متر مكعب

... متوسط الاستهلاك اليومى = $\frac{٥٤٧,٩٥٢,٠٠٠}{٣٦٥}$ = ١,٥٠١,٣٠٠ متر ٣

وبذلك يمكن وضع النتائج فى الجدول الآتى :

السنة	مجموع الاستهلاك السنوى المتوقع ـ متر مكعب	متوسط الاستهلاك اليومى متر مكعب
١٩٧٠	١٧٠,٨٥٥,٠٠٠	٤٦٨١,٠٠
١٩٧٥	٢٢٨,٦٤١,٠٠٠	٦٣٦,٤٠٠
١٩٨٠	٣٠٥,٩٧٣,٠٠٠	٨٣٨,٣٠٠
١٩٨٥	٤٠٩,٤٦١,٠٠٠	١,٢١١,٨٠٠
١٩٩٠	٥٤٧,٩٥٢,٠٠٠	١,٥٠١,٣٠٠

ويفرض أن أقصى استهلاك يومى للمدينة حوالى ١٥٠ ـ ٢٠٠ ٪ من متوسط الاستهلاك اليومى يمكن تقدير أقصى استهلاك يومى كما هو موضح فى الجدول الآتى :

السنة	أقصى استهلاك يومى ١٥٠٪ ـ ٢٠٠٪ من المتوسط	
١٩٧٠	٨٠٠,٠٠٠	متر٣
١٩٧٥	٨٠٠,٠٠٠	متر٣
١٩٨٠	١,٤٥٠,٠٠٠	متر٣
١٩٨٥	٢,١٠٠,٠٠٠	متر٣
١٩٩٠	٢,٦٠٠,٠٠٠	متر٣

الباب الثانى

المواصفات والاختبارات المعملية للمياه

QUALITY and EXAMINATION

OF WATER SUPPLY

بالاضافة إلى الدراسات السابق ذكرها لتقدير كمية المياه ، فأنه من الضرورى القيام باختبارات معملية لمعرفة مواصفات المياه ولتقييمها من الناحية الصحية . وتهدف الاختبارات التى تجرى فى المعامل على عينة من الماء إلى الأغراض الآتية :

١ - الحكم على مدى صلاحية أو عدم صلاحية مورد الماء للاستعمال لامداد السكان بالمياه .

٢ - معرفة مدى عمليات التنقية اللازمة لازالة ما علق بالماء من شوائب ومسببات الأمراض .

٣ - الحكم على مدى كفاءة خطوات عمليات التنقية فى القيام بوظيفتها كل خطوة على حدة . .

٤ - التأكد من قيام محطة التنقية كوحدة متكاملة بوظيفتها على الوجه الأكمل بازالة ماعلق بالماء من شوائب ومسببات الأمراض بجعله مطابقاً للمواصفات والمعايير الصحية الواجب توافرها فيه - إذ أن فى استعمال المياه ملوثاً دون تنقية ما يؤدى بحياة عدد كبير من الأرواح قد يصل إلى أضعاف ما يفقده العالم من أرواح بأى أسباب أخرى .

وتصل المياه الملوثة إلى الانسان مسببة له الأمراض بأحد الطرق الآتية :

١ - الاستحمام فى المياه الملوثة ، كمياه الأنهار والترع مما يؤدى إلى الاصابة بالبلهارسيا والانكلستوما وغيرها من الطفيليات . وتظهر ذلك حاليا فى المناطق التى يفتقر سكانها إلى المياه الصالحة للاستعمال المنزلى .

كما أن الاستحمام فى أحواض السباحة قد يؤدى إلى انتشار الأمراض ، إذا استعملها المصابون بأمراض الجلد أو العيون أو الجهاز التنفسى ، فهؤلاء

يتركون جراثيم هذه الأمراض فى الماء لتصب غيرهم ممن يستحمون – ولهذا فأنه يشترط فى حمامات السباحة اشتراطا خاصة بالنسبة لتعقيمها وتغيير مياهها باستمرار حتى لا تكون وسيلة لنقل العدوى من المريض إلى السليم .

٢ – الرى ، مما قد ينتج عنه تلوث الخضر والفاكهة التى قد تؤكل دون أن تطهى – بجراثيم الأمراض المعدية كالتيفود والدوسنتاريا – ولذا فأنه يجب العناية بغسيل مثل هذه المنتجات الزراعية قبل استعمالها حتى لا تكون وسيلة لانتقال المرض إلى مستهلكيها .

كما أن فى استعمال مياه الأنهار والترع المحتوية على طفيلات البلهارسيا والانكلستوما لرى الأرض دون أخذ الاحتياطات الكافية لمنع وصول هذه الطفيليات إلى جسم الانسان مما يؤدى إلى الاصابة بهذه الأمراض .

٣ – استعمال الثلج ، الذى لم يراع الاشتراطات الصحية أثناء صناعته أو نقله إذ أن استعمال مثل هذا الثلج فى تبريد المشروبات والمأكولات خاصة أثناء فصل الصيف قد يؤدى إلى انتشار الأمراض بين مستعمليه بالرغم من أن عملية التبريد إلى درجة الصفر تقتل الكثير من الجراثيم كما أن خزن الثلج مدة طويلة قبل استعماله يؤدى إلى قتل بقية الجراثيم – ولذلك فان السلطات الصحية المسئولة تشترط فى مصانع الثلج اشتراطات تتعلق بسلامة المورد الذى يستخدم فى الصناعة وخلو مائه من مسببات الأمراض كما تشترط المواصفات الكافية بعدم تلوث الماء أو الثلج أثناء الصناعة والتداول :

٤ – مياه الشرب ، وهذه هى من أخطر الوسائل لانتشار الأمراض نظراً لكثرة استعمال المياه فى الشرب والاستعمالات المنزلية الأخرى فى جميع أنحاء المدينة ولهذا فا الأوبئة التى تحدث نتيجة تلوث مصدر المياه بالمدينة تتميز بانتشار المرض بين عدد كبير من الأفراد فى أماكن مختلفة فى المدينة

فى وقت واحد — هذه الظاهرة هى المؤشر الذى يدفع السلطات المسؤولة إلى فحص مصدر المياه الذى تستعمله المدينة للتأكد من صلاحيته .

وتدل الاحصائيات فى مختلف بلاد العالم على أن انتشار عمليات تنقية المياه وحسن ادارتها وتشغيلها وتوزيعها للاستعمال المنزلى بين السكان قد أدى إلى انخفاض كبير فى نسبة المصابين بالأمراض التى تنتقل عن طريق استعمال المياه الملوث .

ويمكن تقسيم المياه بالنسبة لصلاحيتها للاستعمال كالآتى :

١ — المياه النقية الصالحة للاستعمال (Safe Water) :

وهو الماء الخالى من أية جراثيم ومن المواد المعدنية الذائبة التى تكسبه لونا أو تجعله غير صالح للاستعمال أو غير مستساغ الطعم أو الرائحة — أى تتوافر فيه خاصتان أساسيتان وهما النقاء (Purity) والصلاحية (Wholes someness) والصلاحية فى هذا الصدد ، لفظ طبى المقصود به عدم احتواء الماء لاى شىء ضار بالصحة أما النقاء فهو صفة طبيعية المقصود بها خلو الماء من مسببات اللون والعكارة والطعم والرائحة .

٢ — المياه الغير نقية (Polluted water) (أو الملوثة تلوثاً طبيعياً)

وهى المياه التى تعرضت لعوامل طبيعية اكسبتها تغيراً فى اللون والطعم أو الرائحة أو العكارة نظراً لوجود مواد غريبة عضوية أو غير عضوية . ذائبة أو عالقة فى الماء . الا أن هذا لا يعنى تأكيد عدم صلاحية المياه للشرب إذ قد لا يتسبب عن هذا التلوث أية أمراض أو ضرر بالصحة للمستهلك .

٣ — مياه غير صالحة للاستعمال (Contaminated water) (أو الملوثة تلوثاً بكتريولوجيا) :

وهى المياه التى تحتوى على بكتريا أو مواد كيماوية سامة تجعلها ضارة بالصحة العامة نظراً لما تسببه من أمراض مما يؤكد عدم صلاحيتها لمياه الشرب .

ولا يوجد الماء فى الطبيعة نقياً كاملا بجعله صالحاً للاستعمال — الا نادراً إذ أن فى نفس اللحظة التى تبتدىء ذرات البخار فى التكثف إلى قطرات من الماء فى الجو لتسقط على هيئة امطار إلى الأرض ، فأنها تمتص بعض الغازات الموجودة فى الهواء ويعلق بسطحها أثناء تساقطها بعض ذرات التراب الدقيقة العالقة فى الجو — وكذلك بعض البكتريا السابحة فى الهواء — فاذا ما لامست سطح الأرض فانها أما أن تسيل على سطحه ملتقطة أثناء مسيرتها الطمى والمواد العالقة العضوية والغـــــير عضوية وكذلك الأعداد الهائلة من البكتريا ، كما تذيب أثناء مسيرتها ما قد يقابلها من مواد قابلة للذوبان مثل المواد العضوية المتحللة أو المواد الغير عضوية مثل الأزوتيت ، الكبريتات ، الكلوريدات ....

أما إذا تسربت المياه داخل الأرض فانها تذيب أثناء تسربها فى مسام التربة نسبة من الأملاح التى تقابلها — ويتوقف تركيز هذه الأملاح على نوع طبقات الأرض وتكوينها وسرعة سريان الماء فيها وكذلك على عوامل جيولوجية أخرى .

والجدول رقم (٣ — ١) يبين المواد التى تتواجد فى المياه الطبيعية من مصادر مختلفة .

جدول رقم (٢ — ١)

« ميـــاه الأمطار »

مواد عالقـــة : بعض الشوائب التى قد تتواجد فى الجو عند نزول المطر

مواد ذائبـــة : الأكسيجين. الآزوت . ثانى أكسيد الكربون وبعض الأملاح

مواد عالقة غروية : لا شىء .

« المياه السطحية .

مواد عالقـــة : الطين والطمى والكائنات الحية الدقيقة مثل الطحالب والبروتوزوا أو البكتريا وكذلك المواد العضوية .

مواد ذائبـــة : الأكسجين . الآزوت . ثانى أكسيد الكربون . أحماض عضوية . نوشادر ، أملاح الكلوريدات والآزوتات والكبريتات .

مواد عالقة غروية : مواد ملونة وأحماض ومواد عضوية .

« المياه الجوفيـــة »

مواد عالقـــة : بعض الكائنات الحية الدقيقة (نادراً) .

مواد ذائبـــة : أملاح الكربونات البيكربونات . الكبريتات ، الآزوتات والكلوريدات والهيدروكسيد للمنجنيز والحديد والكلسيوم والصديوم والغازات مثل الأكسيجين والآزوت وأحيانا الميثين وكبريتوز الهيدروجين .

مواد عالقة غروية : السلكا وأكسيد الحديد .

كما يبين الجدول رقم (٢ — ٢) ما يترتب على وجود مختلف المواد العالقة أو الذائبة والتى يعتبر وجودها فى الماء بتركيز زائد عن درجة معينة سبباً لرفض استعمال المياه كمصدر لامداد المدن بها .

جدول رقم (٢ – ٢)

(١) المواد العالقة	البكتيريا	:	بعضها يسبب أمراضاً
	الطحالب	:	تسبب لوناً وطعماً ورائحة .
	الطمى	:	تسبب عسكارة
(٢) المواد الغروية	أكسيد الحديد	:	تسبب لوناً أحمر
	المنجنيز	:	تسبب لوناً أسود أو بنى
	المواد العضوية	:	تسبب لوناً وطعماً .
(٣) الأملاح الذائبة	أملاح الكلسيوم والمغنسيوم	البيكربونات	: تسبب قلوية وعسراً مؤقتاً
		الكربونات	: تسبب قلوية وعسراً مؤقتاً
		الكبريتات	: تسبب عسراً دائماً
		الكلوريدات	: عسراً .
	أملاح الصديوم	البيكربونات	: تسبب قلوية
		الكربونات	: تسبب قلوية
		الكبريتات	: تسبب تكوين رغاوى فى الغلايات
		الفلوريدات	: تشويه الأسنان
		الكلوريدات	: طعم
(٤) الغازات الذائبة	الأكسيجين	:	تأثير على المعادن
	ثانى أكسيد الكربون	:	تأثير على المعادن وحموضه
	كبريتور الهيدروجين	:	تأثير على المعادن وطعم ورائحة

المياه وما تنقله من أمراض (Water & Disease)

وهناك أكثر من مرض تتسبب عن استعمال المياه الملوثة أى الغير صالحة للاستعمال ، ومن أهم هذه الأمراض :

١ - التيفود Typhoid

٢ - الدوسنتاريا الباسيلية والمعوية Dysentery

٣ - الكوليرا Cholera.

٤ - البلهارسيا Bilharzia

٥ - الباراتيفويد Paratiphoid

٦ - شلل الأطفال Infantile paralysis

وتتواجد البكتيريا والطفيليات المسببة لهذه الأمراض فى المياه الطبيعية نتيجة لقذف المخلفات السائلة فى مسطحات الماء - ولكنها تبدأ فى النقصان بسرعة لعدم صلاحية المياه الطبيعية كبيئة مناسبة لتكاثرها .

أما احتمال تواجد هذه البكتيريا فى المياه المنقاة فان يتأتى الا فى الحالات الآتية : -

١ - اتصال بين مصدرين للمياه أحدهما ملوث (Cross Connections)

٢ - كسر فى شبكة مواسير المياه .

٣ - التنقية الغير كاملة للمياه .

٤ - غمر عمليات تنقية المياه أثناء الفيضانات العالية .

وبالاضافة إلى الأمراض المتسببة عن الجراثيم والتى سبق ذكرها - فان هناك أمراض تتسبب من تواجد نسبة عالية من المواد الكيماوية غير المرغوب فيها ومن هذا الأمراض : -

١ - تورم الغدة الدرقيـة (Goiter)

ومن أعراضه انتفاخ داخلى فى الرقبة - يعزى سبب هذا المرض إلى عدم

حصول الجسم على القدر الكافى من اليود فى الطعام أو الشراب — وتقوم بعض السلطات المسئولة صحياً فى بعض البلاد الأجنبية باضافة اليود على شكل يودور الصوديوم مرتين فى العام كل مرة لمدة أسبوعين وذلك لتعويض النقص فى كمية اليود فى مياه الشرب طول العام .

٢ — تآكل ميناء الأسنان (Mottled Emanmel of Teeth)

وهذا يتسبب من وجود الفلور فى الماء على هيئة فلوريدات (fluonides) بنسبة تزيد عن ١,٥ جزء فى المليون (ملليجرام فى اللتر) — وهذه الظاهرة تحدث بصفة خاصة فى سن الطفولة حتى التاسعة — وهى الفترة التى يتم فيها تكوين ميناء الأسنان ولذلك تتجه بعض السلطات المسئولة صحياً فى البلاد الأجنبية بمعالجة المياه لتقليل نسبة الفلور حتى لا تزيد عن ١,٥ جزء فى المليون .

٣ — تسوس الأسنان (Dental Caries)

وهذا يتسبب إذا قلت نسبة الفلور فى الماء عن نصف جزء فى المليون نظراً لأن الفلور عنصر هام لبناء الأسنان خاصة فى سن الطفولة .

ولذلك تتجه بعض السلطات المسؤولة صحياً فى بعض البلاد الأجنبية باضافة الفلور إلى الماء حتى لا يقل تركيزه عن نصف جزء فى المليون — ولا يزيد عن ١,٥ جزء فى المليون , — وتحتاج هذه العملية إلى رقابة مستمرة واشراف فنى دقيق .

وبالنسبة لاضافة الفلور أو اليود إلى الماء — كما يوصى بذلك بعض المسؤلين صحياً لتعويض نقصهما فى المياه المستعملة للشراب — فان هناك البعض الآخر يعارض مثل هذا الرأى إذ لا يؤمنون بمبدأ استعمال مورد مياه المدينة كوسيلة لمعالجة الأهالى بها — ويرون أن اعطاء اليود أو الفلور للأفراد المحتاجين على هيئة أقراص لمركباتها أو باضافتها إلى ملح الطعام اجدى وأنفع بل أكثر

اقتصاداً . نظراً لأن كمية المياه المستعملة للشرب ضئيلة جداً بالنسبة لحجم الماء المستعمل — ومن ثم فان نسبة كبيرة من الفلور أو اليود المضافة لا تصل إلى جسم الانسان ومن ثم لا يستفاد منها اطلاقا .

٤ — التسمم بالرصاص (Lead poisoning) :

الرصاص لا يوجد عادة فى المياه الطبيعية ولكن الماء اليسر الذى يحتوى على نسبة عالية من ثانى أكسيد الكربون يذيب بعض الرصاص عند مروره فى المواسير ويصبح استعمال الماء خطراً إذا زاد تركيز الرصاص فيه عن نصف جزء فى المليون . إذ أن جسم الانسان يميل إلى اختزان الرصاص بدلا من التخلص منه .

٥ — الاضطرابات المعوية (Intestinal Derangements):

ويسبب الاضطرابات المعوية احتواء الماء على أملاح أو مواد عضوية ذائبة غير مرغوب فيها بالرغم من عدم تواجد جراثيم لأمراض معدية .

كما أنه يعتقد أن وجود أملاح كربونات أو كبريتات أو كلوريدات الكلسيوم والمغنسيوم ينتج عنه آثار ضارة فى الكلى قد تساعد على تكوين حصوات فيها — كما أن المياه التى تحتوى على أملاح الأزوتات بنسبة تزيد عن عشرة أجزاء فى المليون قد تكون سبباً فى أحداث مرض زرقان الأطفال (Blue Babies) إذ أن الآزوتات تختزل فى الجهاز الهضمى إلى أزوتيت التى تتحد مع كرات الدم الحمراء عندما يمتصها الجسم فى الأوعية الدموية مما ينتج عنه تقليل نسبة الأكسوجين فى الدم وبالتالى تغير لون الدم إلى اللون الأزرق .

اختبارات المياه Water Examintaions

يشمل الفحص الصحى للمياه الاختبارات الآتية :

١ - الاختبار الطبيعى (Physical examination)

٢ - الاختبار الكيمائى (Chemical examination)

٣ - الاختبار البكتريولوجى (Bacteiological examination) .

٤ - الاختبار الميكروسكوبى (Microscopical examination) .

وجميع الاختبارات لازمة لدراسة مدى صلاحية المياه للاستعمال .

(١) الاختبارات الطبيعية

Physical Examination

(ا) قياس درجة الحرارة :

وهذا الاختبار لا أهمية له من الناحية الصحية الا أنه يفضل أن تكون المياه مائلة إلى البرودة - وفى هذا تمتاز المياه الجوفية عن المياه السطحية .

(ب) قياس الطعم والرائحة :

وهذا الاختبار أيضاً لا أهمية له من الناحية الصحية الا أنه يفضل أن تكون المياه مستساغة الطعم (Palatable) لا رائحة لها .

وتتواجد الطعم والرائحة فى المياه نتيجة للعوامل الآتية :

١ - وجود مواد عضوية حيوانية أو نباتية متحللة وهذا ما يحدث عادة فى المياه الجوفية من الآبار السطحية .

٢ - غياب الأكسجين الذائب من الماء مما يساعد على اختزال بعض أملاح الكبريتات إلى كبريتور الهيدروجين .

٣ - تكاثر الطحالب (Algae) وما تنتجه هذه الطحالب من زيوت طيارة .

٤ — كما تكثر الروائح ويتركز الطعم فى المياه بعد موت هذه الطحالب نتيجة لتحولها لمواد عضوية قابلة للتحليل .

٥ — المواد الكيمائية فى المخلفات السائلة .

٦ — وجود بعض المخلفات الصناعية فى المياه — خاصة تلك المخلفات التى تحتوى على الفينول الذى تظهر رائحته بوضوح بعد اضافة الكلور للماء .

وتقاس رائحة الماء بتحضير عينات من الماء تحت الاختبار مخففة عدة درجات ويحدد بواسطة حاسة الشم التخفيف الذى تنعدم عنده ظهوره الرائحة . وهذا ما يسمى : Threshold Odour Value

(حـ) قياس كمية المواد العالقة بالماء (Suspended Solids) :

وذلك بترشيح كمية معلومة من الماء فى بوتقة معلومة الوزن ذات قاع مسامى من الزجاج المحروش (Sintered glass crucible) وهو يسمح بمرور الماء فقط بعد حجز المواد العالقة ومن ثم تحسب كمية المواد العالقة بوزن البوتقة بعد تجفيفها .

ووحدة تقدير كمية المواد العالقة هى (ملليجرام فى اللتر (milligram/liter) وهو ما يسمى أحيانا تجاوزا (جزء فى المليون) (part per million) .

فاذا قيل أن عينة من الماء تحتوى على ٢٠٠ ملليجرام فى اللتر — كان معنى ذلك أن كل لتر من الماء يحتوى على ٢٠٠ ملليجرام من المواد العالقة .

(د) درجة العكارة (Turbidity) :

وهى تدل على اعاقة المواد العالقة لمرور الضوء خلال الماء وتتوقف درجة العكارة على كمية المواد العالقة ونوعها ولونها ودقة حبيباتها .

وهناك أكثر من طريقة القياس درجة العكارة للماء إلا أن جميعها تعطى نتائجها مقدرة بجزء فى المليون أو ملليجرام فى اللتر .

طرق قياس درجة العكارة :

١ — المقارنة بماء معروف درجة عكارته :

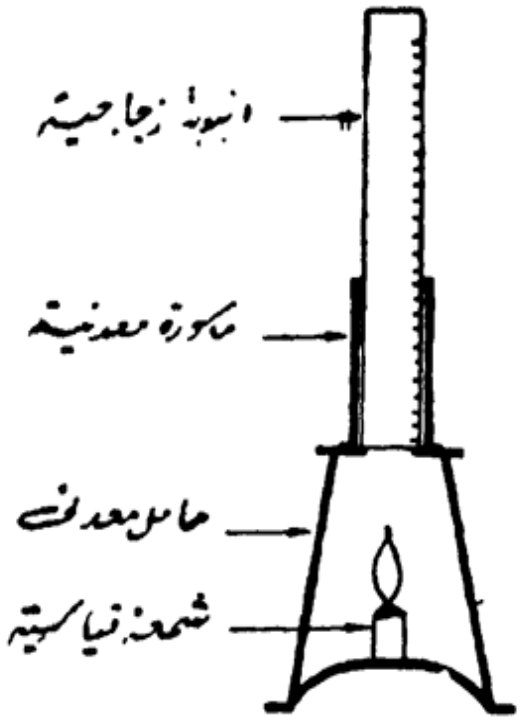
ويحضر هذا الماء عادة باستعمال مستحلب من تراب فولر (Fuller's Earth) وتخفيف هذا المستحلب بالماء المقطر بكميات محسوبة لتعطى عينات مختلفة من الماء درجة عكارتها : ٥ و ١٠ و ١٥ و ٠٠٠ و ١٠٠ جزء فى المليون ثم توضع هذه العينات القياسية داخل زجاجات شفافة من حجم ونوع واحد لاستعمالها لمقارنة العينة المراد فحصها بعد وضعها فى زجاجة من نفس الشفافية والحجم .

وطريقة المقارنة هذه تعطى نتائج طيبة فى حالة عدم وجود الطرق الأخرى لقياس درجة العكارة .

٢ — جهاز جاكسون لقياس درجة العكارة (Jackson Turbidimater) :

وهو كما فى الشكل رقم (٢ — ١) عبارة عن شمعة قياسية أو مصباح كهربائى بنفس القوة توضع فوقها وعلى مسافة ثابتة منها أنبوبة زجاجية مدرجة داخل أنبوبة نحاسية بدون قاع .

وعند استعمال هذا الجهاز يصب الماء تحت الفحص تدريجياً فى الأنبوبة الزجاجية حتى يختفى ضوء الشمعة أو المصباح وبديهى أنه كلما زادت درجة العكارة قل ارتفاع الماء فى الأنبوبة الزجاجية والذى يختفى عنده الضوء — على أنه زيادة فى الاحتياط يجب أن تجرى هذه التجربة بعيداً عن ضوء النهار حتى لا تتأثر النتائج بمدى قوة الضوء فى الحجرة ، الا أن هذه الطريقة تستعمل غالباً فى قياس عكارة الماء قبل التنقية .



شكل ٢ — ١

والجدول رقم (٢ — ٣) يبين ارتفاع الماء فى الأنبوبة الزجاجية وما يقابله من درجات العكارة مقدرة بالجزء فى المليون .

جدول رقم (٢ — ٣)

ارتفاع الماء بالملليمتر فى أنبوبة جاكسون وما يقابله من درجة العكارة مقدرة بالجزء فى المليون

تفاع المساء	درجة العكارة	ارتفاع الماء	درجة العكارة
٢٣	١٠٠٠	٢١٥	١٠٠
٢٦	٩٠٠	٢٣٨	٩٠
٢٩	٨٠٠	٢٦٥	٨٠
٣٢	٧٠٠	٢٩٨	٧٠
٣٨	٦٠٠	٣٤١	٦٠
٤٥	٥٠٠	٣٩٨	٥٠
٥٥	٤٠٠	٤٨١	٤٠
٧٣	٣٠٠	٦١٨	٣٠
١٠٨	٢٠٠		

٣ — درجة شفافية الماء (Water clarity) :

وتقاس درجة الشفافية بقياس عمق الماء الذى يبدأ عنده اختفاء سلك من البلاتين قطره ملليمتر واحد ويتكون الجهاز اللازم لهذا الاختبار . من أنبوبة زجاجية مدرجة بقطر حوالى ستة سنتيمترات يوجد بقاعها السلك البلاتينى ، وعند اجراء التجربة يصب الماء فى الأنبوبة حتى يبتدىء السلك فى الاختفاء فيقاس ارتفاع الماء.

والجدول رقم (٢ — ٤) يبين ارتفاع الماء بالسنتيمتر فى الأنبوبة وما يقابله من درجة العكارة مقدرة بالجزء فى المليون — ويعتبر الماء صالحا للاستعمال إذا بلغ العمق اللازم لاختفاء السلك البلاتينى ١٢٠ سنتيمتر فأكثر .

جدول رقم (٢ — ٤)

درجة الشفافية (ارتفاع الماء فى الأنبوبة بالسنتيمتر) وما يقابله من درجة العكارة مقدرة بالجزء فى المليون

درجة الشفافية	درجة العكارة	درجة الشفافية	درجة العكارة
٥	٢٨٨	٦٠	١٦
٧,٥	١٦٥	٦٥	١٥
١٠	١١٠	٧٠	١٤
١٥	٨٠	٧٤	١٣
٢٠	٦٠	٨٠	١٢
٢٥	٤٦	٨٥	١١
٣٠	٣٧	٩٠	١٠
٣٥	٣١	٩٥	٩,٥
٤٠	٢٦	١٠٠	٩
٤٥	٢٣	١٠٥	٨
٥٠	٢٠	١١٠	٧,٥
٥٥	١٨	١٢٠	٥

٤ — جهاز هليج لقياس العكارة (Helige Turbidimeter) :

وهو عبارة عن فوتر متر ضوئى تقاس به العكارة بمقارنة شعاعين ضوئين أحدهما ينفذ فى الماء المراد قياس عكارته والآخر ينعكس بداخله . وبتأسيس (Standardisation) الجهاز على مياه ذات عكارات معلومة يمكن تدريج الجهاز ومن ثم يمكن قياس عكارة أى نوع من المياه .

٥ — جهاز الخلية الكهروضوئية (Photo-eletric cell apparatus) :

وهو أحدث الأجهزة وأدقها ، تعتمد نظرية تشغيلية على تحويل الضوء النافذ فى المياه العكرة إلى تيار كهربائى يمر فى جلفانومتر لقياس هذا التيار ، وبتأسيس (standardisation) الجهاز على مياه ذات عكارات معلومة يمكن تدريج الجهاز ومن ثم يمكن قياس عكارة أى عينة من المياه .

(هـ) معامل نعومة المواد العالقة (Coefficient of fineness) :

ويقدر هذه المعامل بقسمة وزن المواد العالقة الموجودة فى العينة مقدراً بالجزء فى المليون على درجة عكارة العينة مقدراً بجزء فى المليون كذلك .

وهذه المعامل يدل على حجم المواد العالقة فى الماء ، فاذا كان أقل من واحد دل ذلك على أن المواد العالقة أكثر دقة ونعومة من تراب فولر ، والعكس بالعكس .

(و) اختبار لون الماء (colour) :

وينتج اللون فى الماء من ذوبان المواد العضوية أو تواجدها فى الماء فى حالة تعلق غروى (colloidal) — ويجب ازالة اللون ولو كان غير ضار بالصحة العامة لما قد يتسبب فيه من عدم استساغة الماء للشرب :

(ز) اختيار المواد الذائبة (Dissolved salids) :

ويقاس كمية المواد الذائبة فى عينة من الماء بترشيحها لازالة المواد العالقة أولا ثم تبخيرها فى بوتقة معلومة الوزن – ومن ثم تحسب كمية المواد الذائبة بوزن البوتقة بعد تمام التبخير .

الخواص الطبيعية للمياه النقية الصالحة للاستعمال :

وتعتبر المياه الصالحة للاستعمال إذا توافرت فيها الشروط الطبيعية الآتية :

١ – أن يكون الماء خالياً من الطعم والرائحة الغير مستساغين .

٢ – ألا تزيد العكارة عن خمسة أجزاء فى المليون .

٣ – ألا يزيد اللون عن عشرين جزء فى المليون .

٤ – ألا تزيد المواد الذائبة عن ألف جزء فى المليون .

٢ – الاختبارات الكيميائية
Chemical Examinations

وهذه يمكن تقسيمها إلى اختبارات عضوية واختبارات غير عضوية ولكلا النوعين أهمية خاصة لدى العاملين فى تنقية المياه لتقدير مدى تلوث المياه وعمر هذا التلوث ، وكذلك لقرير نوع المعالجة اللازمة لتنقية المياه وجعلها صالحة للشرب أو الصناعة .

ا – التحاليل العضوية
Organic Analysis

والغرض من هذه التحاليل الكشف على مدى تلوث المياه وتقدير تركيز المواد العضوية وكذلك المركبات الكيمائية العضوية الناتجة من تحلل هذه المواد وأهمها مركبات الأزوت : النوشادر الحر أو المتحد ، النوشادر الزلالى ، الآزوتيت ، الآزوتات – ولكل من هذه المركبات أهميتها فى الاستدلال على مدى تلوث المياه .

١ – النوشادر الحر والنوشادر الملحى أو المتحد (Free or Combined Amonia)

ويدل وجود النوشادر الحر أو المتحد على هيئة بيكربونات النوشادر على حدوث تلوث حديث للمياه ، بمواد عضوية حيوانية الأمر الذى له أهميته وخطورته على الصحة العامة .

٢ – النوشادر الزلالى (Albuminoid Amonia) :

ويدل وجود هذا النوشادر الزلالى وحده فى الماء على تلوثه بمواد عضوية نباتية ، إذ أن النوشادر الناتج من الموراد العضوية الحيوانية سريع التأكسد إلى أزوتيت ثم أزوتات. بينما يبقى جزء كبير من النوشادر النباتى دون تأكسد وهو ما يطلق عليه النوشادر الزلالى .

٣ – تقدير الأزوتيت (Nitrites) :

ويدل وجود أملاح الآزوتيت وحدها فى الماء على نشاط بكتيرى فى أكسدة النوشادر إلى أزوتيت . أى يدل على تلوث حديث نسبياً الا أنه انقطع وتوقف ، إذ أن الأزوتيت من المواد السريعة التأكسد إلى أزوتات .

٤ – تقدير الآزوتات (Nitrates) :

والآزوتات الخطوة الأخيرة لتأكسد المواد العضوية بواسطة البكتريا – ويدل وجود املاح الآزوتات وحدها على تلوث قدم انقطع وتوقف .

الا أنه من النادر أن يتواجد أى من هذه الأملاح فى الماء على حده بل يتواجد أكثر من واحد منها معا فى نفس العينة من الماء :

فاذا وجد النوشادر مع الآزوتيت دل ذلك على تلوث حديث نسبياً ونشاط للبكتيريا فى المراحل الأولى لأكسدة المواد العضوية وتثبيتها :

كما يدل تواجد الآزوتيت والآزوتات فى نفس العينة على قرب انتهاء أكسدة المواد العضوية الملوثة للمياه . وأن هذا التلوث قديم وتوقف .

أما إذا تواجد النوشادر مع الآزوتات فان هذا يدل على تلوث قديم ثم أكسدة ما به من مواد عضوية . وحدوث تلوث حديث فى المراحل الأولى لنشاط البكتيرى فى أكسدته .

ويدل تواجد النوشادر والآزوتيت والآزوتات معا فى نفس مصدر المياه على تلوث مستمر بالمواد العضوية مع نشاط مستمر فى أكسدة هذه المواد — الأمر الذى يوحى بالخطر من استخدام هذا الماء دون معالجة على الصحة العامة

كما يدل وجود النوشادر الزلالى مع النوشادر الحر أو المتحد على تلوث عضوى من مصادر نباتية مضاف إليها تلوث عضوى آخر من مصادر حيوانية .

الا أنه من الممكن أن تتواجد هذه المركبات العضوية فى الماء الأسباب أخرى غير التلوث بالمواد العضوية النباتية أو الحيوانية ، ومن أمثلة ذلك : تواجد النوشادر فى مياه الأمطار خاصة فى المناطق الصناعية . تواجد النوشادر فى المياه الجوفية لمرورها على طبقات من الأرض تحتوى على أملاح نوشادرية تواجد الآزوتيت بسبب اختزالها بأملاح ومركبات قابلة للتأكسد مثل أملاح الحديدوز . ولذلك فأنه يلزم معانيه مصدر المياه — ودراسة جميع الاحتمالات عن أسباب تواجد هذه المركبات فى الماء قبل الحكم على المياه بأنها ملوثة تلوثا عضوياً بسبب احتوائها لهذه الكيماويات .

٥ — وهناك اختبارات كيمائية عضوية أخرى ليس لها أهمية كبيرة فى الاختبارات المعملية للمياه وان كان لها أهمية كبيرة فى فحص عينات المخلفات السائلة للمدن والصناعات — ومن أمثلة هذه الاختبارات :

- اختبار كجلدهل لتقدير الآزوت الكلى .
- اختبار الأكسوجين الحيوى الممتص .
- اختبار الأكسوجين الممتص من البرمنجانات الحمضية .

وتشترط بعض المواصفات الا يزيد تركيز مركبات الآزوت فى المياه الصالحة للاستعمال عما هو مبين فى الجدول ٢ – ٥ مقدراً بالجزء فى المليون (مليجرام/اللتر)

جدول رقم (٢ – ٥)

التركيز المسموح به لمركبات الآزوت

المركبات	نوع الميـــــــاه جيدة	متوسطة	أقل من المتوسط
النوشادر الحر	٠,٠٠٢ <=	٠,٠٢	٠,٠٢ <= ٠,٠٥	٠,٠٥ فأكثر
النوشادر الزلالى	٠,٠١٠ <=	٠,٠٥	٠,٠٥ <= ٠,١٠	٠,١٠ فأكثر
الآزوتيت	صفر <=	٠,٠٠١	٠,٠٠١ <= ٠,٠٠٣	٠,٠٠٣ فأكثر
الآزوتات	صفر <=	٠,١	٠,١ <= ٠,٥	٠,٥ فأكثر

ب – التحاليل الغير عضوية

Inorganic Analysis

والغرض من هذه التحاليل معرفة نسبة الأملاح المعدنية فى المياه لتقدير نوع المعالجة اللازمة لتنقيتها وجعلها صالحة للشراب أوالصناعة مثل إزالة الأملاح المسببة لعسر الماء ، أو ازالة أملاح الحديد والمنجنيز ... وهذه التحاليل تشمل ما يأتى :

١ – اختبار التوصيل الكهربائى :

والغرض من هذا الاختبار قياس تقريبى لنسبة الأملاح الذائبة فى الماء

وهو أكثر استعمالا لأغراض مقارنة عينات الماء المأخوذة من نفس المصدر وعلى فترات متباعدة من الزمن إذ أن الأملاح الموجودة فى هذه العينات غالباً ما تكون واحدة وان اختلف تركيزها من وقت لآخر .

٢ - قوة تركيز تأين الايدروجين (pH Value) :

والغرض من هذا الاختبار تقدير درجة قوة حموضة الماء أو قلويته . وليس كمية الحموضة أو القلوية . وذلك بتقدير قوة تركيز الايدروجين المتأين (أيون الايدروجين) الموجود فى الماء والذى يرمز له بالرمز (pH) .

ويمكن تفسير الفرق بين قوة الحموضة أو القلوية وبين كمية الحموضة أو القلوية إذا علمنا الحقائق الكيمائية الآتية :

١ - المحاليل التى تحتوى على مركبات كيمائية ذائبة كالأحماض أو القلويات أو الأملاح . تتأين أى تتفتت إلى ذرات تحمل شحنات كهربائية تسمى بالأيونات .

٢ - المياه التى تحتوى على أحماض تكثر فيها أيونات الايدروجين الموجبة (يد +) بينما تحتوى المياه المحتوية على ايدروكسيد (مثلا) على أيونات الايدروكسيد السالبة (يد أ -) .

٣ - الأحجام المتساوية من المحاليل العيارية من الأحماض تتعادل مع حجم مماثل من محلول عيارى من نفس القلوى (المحلول العيارى هو المحلول الذى يحتوى على عدد من الجرامات من القلوى أو الحامض يساوى الوزن المكافىء لاى منهما مذابا فى لتر واحد من الماء والمحلول العشر عيارى - مثلا - هو الذى يبلغ تركيز الحامض أو القلوى عشر تركيز المحلول العيارى ... وهكذا) . وبذلك يمكن القول بأن المحاليل العيارية ذات القوة الواحدة تحتوى على نفس كمية الحامض بدليل أنها تتعادل مع نفس الحجم من محلول من نفس القوة من القلوى .

ويمكن قياس قوة تركيز أيونات الهيدروجين بالطرق الآتية :

- تقدير كمية الجهد الكهربائى الناتج من أيونات الهيدروجين .

- اضافة دليـــل (Indicator) إلى العينة ومقارنة اللون الناتج مع اللون الناتجة من اضافة نفس الدليل إلى مياه معلومة قوة تركيز أيونات الهيدروجين لها .

ولقوة تركيز أيونات الهيدروجين أهمية خاصة فى عمليات تنقية المياه وكذلك الحكم على خصائص المياه ومدى صلاحيتها للاستعمال . فالمياه ذات pH منخفض قد تضر بالصحة لاحتوائها على أملاح كبريتات الكلسيوم أو المغنسيوم مثلا - كما أنها قد تسبب تآكلا للمعادن (المواسير وغيرها) لاحتوائها على ثانى أكسيد الكربون مذابا فيها - كما أن المياه ذات « p H » مرتفع تحتوى على أملاح كربونات وبيكربونات الكلسيوم المسببة لعسر الماء. كما قد يكون ضارة بالصحة .

كما أن المروبات المختلفة المستعملة فى معالجة المياه قبل الترسيب تتأثر كفاءة تشغيلها بدرجة تركيز أيونات الهيدروجين فى الماء المعالج - الأمر الذى يستدعى أحيانا معالجة هذه المياه لضبط الـ « pH » فيها قبل اضافة المروبات للحصول على أكبر كفاءة للتشغيل .

٣ - قياس قلوية وحموضة وملوحة المياه Alkalinity & Acdity & Salinity

يكون الماء قلويا إذا احتوى على أملاح الكربونات أو البيكربونات أو أو الايدروكسيد - وأملاح الكربونات والبيكربونات هى الأكثر تواجداً فى المياه أما أملاح الإيدروكسيد فنادراً ما تواجد فى المياه الطبيعية الا أنها قد تتواجد فى المياه المعالجة لازالة العسر منها وفى هذه الحالة قد تكتسب المياه طعماً جيريا (flat taste) كما أن أملاح الإيدروكسيد لا تتواجد مع أملاح البيكربونات فى عينة واحدة .

ويكون الماء حامضياً عند احتوائه ثانى أكسيد الكربون أو الأحماض المعدنية مثل حامض الكبريتيك .

ويسمى الماء مالحا إذا احتوى على كلوريدات أو كبريتات الصديوم الكلسيوم أو المغنسيوم أو البوتاسيوم .

٤ - قياس أملاح عسر الماء Hardness

ويكون الماء عسراً إذا احتوى أملاح الكلسيوم أو المغنسيوم وفى أحوال نادرة أملاح الزنك والقصدير والحديد والألمنيوم - هذه الأملاح قد تسبب طعماً أو اضطرابات معوية عند استعمالها للشرب كما تتفاعل مع الصابون مكونة رواسب متماسكة تحول دون تكوين رغوة الصابون . أما فى الصناعة فانها تضر بالأقمشة عند تجهيزها . وإذا استعملت فى غلايات المياه الساخنة فانها ترسب على جدران الغليات طبقة ماحية عازلة للحرارة ، كما أن هذه الطبعة قد تتشق مما يؤدى إلى انفجار الغلايات بسبب التبخر المفاجىء للمياه .

لهذه الأسباب يجب تقدير عسر المياه قبل استعمالها المنزلى أو الصناعى حتى يمكن ازالة هذا العسر للدرجة المناسبة للاستعمال ويعتبر الماء يسراً إذا قل تركيز هذه الأملاح عن خمسين جزء فى المليون .

٥ - تقدير أملاح الكلوريدات (Chlorides) :

وأكثر الكلوريدات انتشاراً فى الماء هو كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) ووجود هذا الملح فى الطعام يكسبه طعماً غير مستساغ - ويتوقف التركيز المسموح به على طباع السكان واحتواء الماء على أملاح أخرى تظهر من طعم الكلوريدات - ولا تنص المواصفات على الحد من أملاح الكلوريدات لأسباب صحية بل تحد منها بسبب تركيز الطعم فى الماء - إذ أن التأثير الصحى

لازدياد تركيز الكلوريدات لا يظهر الا عند وصول التركيز إلى ما يقرب من مياه البحار . بل على النقيض ، فأنه فى بعض البلاد الحارة يفضل اضافة الكلوريدات إلى الماء لتعويض ما يفقده الجسم منها أثناء افراز العرق من الجسم — دون أية اعتراض من مستعملى المياه .

٦ — تقدير تركيز أملاح المعادن : (Mineral salts)

مثل الصوديوم ، البوتاسيوم ، الحديد ، المنجنيز ، النحاس ، الرصاص الكلسيوم . المغنسيوم . ولكل من هذه المعادن تركيز يجب الا تتجاوزه والا اعتبر الماء غير صالح للاستعمال المنزلى أو الصناعى لما يسببه من اضرار بالصحة العامة أو متاعب فى الصناعة .

ويعتبر الماء صالحاً للاستعمال إذا كان تركيز أملاح المعادن الذائبة أقل من الحد الأقصى (كما تشترطه بعد المواصفات) والمبين فى الجدول رقم (٢ — ٦) .

جدول رقم (٢ — ٦)

الحد الأقصى لتركيز المواد الكيماوية فى الماء بعد التنقية

مقدراً بالجزء فى المليون (جرام/اللتر)

المادة	الحد الأقصى	المادة	الحد الأقصى
الرصاص	٠٠,٠١	الخارصين (الزنك) .	١٥,٠٠
الزرنيخ	٠٠,٠٥	الكلوريدات	٢٥٠,٠٠
السلنيوم	٠٠,٠٥	الكبريتات	٥٠,٠٠
الفلورين	١,٠٠	القلوية الكلية	٤٠٠,٠٠
النحاس	٠٠,٣	مركبات الفينول . . .	٠٠,٠٠١
الحديد	٠٠,٣	مجموعة الأملاح الذائبة	١٠٠٠,٠٠
المنجنيز	٠٠,٣		
المغنسيوم	١٢٥,٠٠		

٧ ـ تقديرات الغازات الذائبة فى الماء :

وأهم هذه الغازات الأكسوجين ، ثانى أكسيد الكربون ، كبريتور الايدروجين ، الميثين .

الاكسوجين (Oxygen)

كلما تواجد الأكسوجين ذائباً فى الماء إلى ما يقرب درجة التشبع دل ذلك على صلاحيته للاستعمال إذ أنه عند تلوث الماء بالمواد العضوية فان أنواع خاصة من البكتيريا تأخذ فى استهلاك الأكسوجين المذاب فى الماء لأكسدة المواد العضوية إلى مواد ثابتة والجدول رقم (٢ — ٧) يبين درجة ذوبان الاكسوجين فى الماء فى درجات الحرارة المختلفة عند ضغط جوى قدره ٧٦ سنتيمتراً من الزئبق .

جدول رقم (٢ — ٧)

درجة ذوبان الأكسوجين فى الماء

درجة الحرارة	صفر	٥	١٠	١٥	٢٠	٢٥
التركيز عند التشبع	١٤,٦٦	١٢,٨٠	١١,٣٣	١٠,١٥	٩,١٧	٨,٣٨

وتنص بعض المواصفات على ألا يقل ذوبان الأكسوجين فى الماء عن ٩٠ ٪ من التشبع ليكون الماء مقبولا صالحاً للاستعمال .

ثانى أكسيد الكربون (Carbon dioxide)

يتواجد ثانى أكسيد الكربون فى الماء نتيجة تحلل المواد العضوية أو نتيجة نشاط وتنفس بعض الكائنات الحية الموجودة فى الماء ويصل تركيز ثانى أكسيد الكربون فى المياه الجوفية إلى خمسين جزء فى المليون بينما لايزيد تركيزه فى

المياه السطحية عن جزئين فى المليون – ويسبب تواجد ثانى أكسيد الكربون فى الماء تذوب بعض أملاح الكربونات مثل كربونات الكلسيوم والحديد التى يمكن ازالتها بازالة ثانى أكسيد الكربون من الماء – الا أنه يفضل تواجد أكسيد الكربون ذائباً فى الماء بتركيز معين . حيث يكسب الماء طعماً مقبولا كما أنه يسمح بترسيب طبقة رقيقة من الكربونات على الجدار الداخلى للمواسير مما يمنع تآكلها .

كبريتور الهيدروجين (Hydrogen sulphide) :

يتواجد هذا الغاز فى الماء نتيجة تحلل المواد العضوية الكبريتية تحللا لاهوائياً ولا يسمح بتواجده مذابا فى الماء بتركيز يزيد عن جزء واحد فى المليون نظراً لرائحته الكريهة التى تشبه رائحة البيض الفاسد كما أن تواجده فى الماء يعتبر من ضمن العوامل المساعدة على تآكل المواسير المعدنية ، إذ أنه يتحد مع الحديد مكونا مركبات من الحديد والكبريت أو يذوب فى الماء مكونا أحماضاً تتفاعل مع الحديد مباشرة .

الميثـــين (Methane) :

وهو غاز قابل للاشتعال يتواجد فى الماء نتيجة التحلل اللاهوئى لبعض المواد العضوية – ولا يتواجد هذا الغاز عادة فى المياه السطحية ، الا أنه قد يتواجد فى المياه الجوفية بالتركيز العالى الكافى ليتصاعد منها إلى الهواء مكونا خليطاً قابلا للانفجار .

الاختبارات البكتريولوجية
Bacteriological Examination

البكتيريا هى كائنات حية متناهية فى الصغر لا ترى تحت الميكروسكوب العادى – وهى تتكاثر بالانقسام ويشترط لهذا التكاثر أن يتواجد الغذاء والحرارة والرطوبة اللازمة .

والبكتريا أما مفيدة أو ضارة : ومن البكتيريا المفيدة هذه الأنواع التى توجد فى الطبقة العليا من سطح الأرض والتى تعمل على تثبيت أو أكسدة المواد العضوية إلى مواد غير عضوية ، وتلك الموجودة فى الجهاز الهضمى لجميع الحيوانات والتى تعمل على هضم الطعام فى الجسم وتحويله إلى مادة قابلة للامتصاص كذلك من الأنواع المفيدة تلك البكتيريا التى تعمل على تخمر اللبن الزبادى ، تخمر خميرة الخبز ، والتى تساعد فى صناعة الزبدوالجبن ...

ومن البكتيريا الضارة تلك الأنواع التى تتكاثر على حساب المادة العضوية الحية محدثة فيها التعفن والتسمم والمسببين الأمراض ولكل مرض نوع خاص من البكتيريا .

كما أنه يمكن تقسيم البكتيريا بالنسبة للوسط الذى نعيش فيه إلى ثلاثة أنواع :

١ — بكتيريا هوائية (Aerobic) : وهى التى تعيش فى وسط هوائى يحتوى على الأكسوجين .

٢ — بكتيريا لا هوائية (Anaerobic): وهى التى تعيش فى وسط لا يحتوى على الأكسوجين .

٣ — بكتيريا متقلبة (Facultative): وهى التى يمكنها أن تعيش فى غياب أو وجود الأكسوجين وهذا النوع هو الغالبية العظمى من البكتيريا .

والتحاليل البكتريولوجية للمياه من التحاليل الهامة التى تمكن من كشف التلوث بالبكتيريا المسببة للأمراض وأهم الاختبارات البكتريوجية التى تجرى على عينة من الماء : —

١ - العد الكلى للبكتيريا الحية فى درجة ٢٠° مئوية :

ويدل هذا الاختبار على مدى كثرة البكتيريا العادية التى تعيش فى الماء والهواء وعلى الأرض فى العينة الجارى تحليلها . وهذه البكتيريا غالباً لا تكون ضارة الا أن هذا الاختبار يظهر مدى تعرض الماء للعوامل الجوية .

ويتراوح هذا العدد فى المياه السطحية من ١٠٠ إلى ١٠٠٠ بكتيريا فى الملليمتر . ويقل فى المياه الجوفية إلى نصف هذا العدد .

٢ - العد الكلى للبكتيريا الحية فى درجة ٣٧° مئوية :

وهو أكثر دلالة على تلوث المياه من التحليل السابق إذ تجرى التجربة عند درجة حرارة مماثلة لدرجة حرارة جسم الانسان ، فيزداد نمو وتكاثر البكتيريا التى تعيش فى جسم الانسان أو الحيوان . مما يكون أكثر دلالة على تلوثها بفضلات الانسان والحيوان .

٣ - تحاليل لعدد البكتيريا التى تعيش أصلا فى جسم الانسان (والتى لا تسبب له ضرراً) :

إذ أن تواجدها فى عينة من الماء دليل قاطع على تلوثها بالمخلفات السائلة . وهذه التحاليل تشمل :

(ا) العد القولونى (Coliform Count) عند ٣٧° مئوية .

والغرض من هذا التحليل عد بكتيريا القولون (Escherecia Coli) التى تتواجد بكثرة فى أمعاء الانسان .

ويتم هذا التحليل على خطوتين :

١ - التحليل الاحتمالى (Presumptive test) وفيه تدل النتائج الموجبه لهذا التحليل على احتمال وجود بكتيريا القولون فى الماء .

٢ - ولما كانت هناك بعض البكتيريا لا تعيش فى جسم الانسان ولكنها تعطى نتائج موجبه أيضاً فى التحليل السابق ، فأنه من الضرورى اجراء تحليل آخر لتأكد من أن النتائج الموجبة هذه بسبب وجود بكتيريا القولون وليس بسبب غيرها ، ويتم ذلك باختبارين :

(ا) اختبار التأكد الجزئى (Partial Confiramtion test)

(ب) اختبار التأكد الكامل (Complete Confirmation test)

ويحسن من الناحية الصحية اعتبار وجود يكتيريا القولون فى الخطوة الأولى من الاختبار دليلا على تلوث المياه بالمخلفات السائلة سواء كان هذا التلوث حديثاً أو قديماً أو كان هذا التلوث بقايا نباتية متحللة .

(ب) عد المكورات السبحية البرازية (Streptococcus facellis) : ووجود هذه السبحيات فى المياه تأكيد للنتائج التى توصلنا إليها باختبار التأكد الكامل السابق ذكره ، أى تلوث المياه بالأنواع النموذجية من بكتيريا القولون التى تعيش فى جسم الانسان .

(جـ) عد عضويات ولسن (Clast. Welchii) ووجود هذه البكتيريا فقط دليل على تلوث قديم بالمخلفات السائلة وذلك نظراً لقوة احتمالها لظروف المعيشة خارج جسم الانسان - أما وجود بكتيريا القولون معها فى نفس العينة فدليل على تلوث حديث .

وتتم جميع الاختبارات البكتيريولوجية بتوفير الظروف المناسبة لنمو وتكاثر نوع البكتيريا المراد الكشف عنه وذلك بمزج حجم معين من العينة تحت الاختبار بمحلول المواد الغذائية للبكتيريا تحت الفحص ثم حفظ المزيج فى حضانات فى درجة الحرارة المناسبة ولمدة معينة حيث تتكاثر البكتيريا وبذلك ثم يمكن الكشف عليها .

ويلاحظ أن الاختبارات البكتيريولوجية للماء لا تشمل فحصاً للكشف على بكتيريا الأمراض مثل التيفويد والبارا تيفويد .. وذلك نظراً لصعوبة الكشف عليها ولذلك يكتفى بالكشف عن البكتيريا المعوية التى تعيش فى جسم الانسان . فاذا وجدت دل ذلك تلوث المياه بالمخلفات السائلة .

وتعتبر المياه فى حالة صالحة للشرب إذا أعطت الاختبارات البكتيريولوجية النتائج التالية :

١ — عدد البكتيريا الحية لا يزيد عن مائة فى المليمتر .
٢ — عدد البكتيريا القولون لا يزيد عن واحد فى مائة ملليمتر .
٣ — عدد المكورات السبحية لا يزيد عن واحد فى مائة ملليمتر .
٤ — عدد عصويات ولش لا يزيد عن واحد فى ألف ملليمتر .

الاختبارات الميكروسكوبية

Microscopic Examination

والغرض من هذه الاختبارات الميكروسكوبية هو معرفة عدد ونوع الكائنات الحية الدقيقة التى لا ترى بالعين المجردة سواء كانت نباتية أو حيوانية .

ومن أهم الفحوص الميكروسكوبية للماء ما يأتى :

١ — البحث عن الطحالب الخضراء المزرقة Blue green algae
٢ — البحث عن وطحالب الخضراء Green algae
٣ — البحث عن الطحالب الدياتومية Diatoms

وجميع هذه من النباتات — وتبدو أهمية أبداة هذه الطحالب من المسطحات المائية نظراً لما تسببه من روائح وطعم غير مستساغ فى المياه ... وهذه الروائح تختلف تبعاً لكمية ونوع هذه الطحالب فرائحتها فى الماء تشبه رائحة الحشائش

إذا كانت خفيفة التركيز واما إذا كانت عالية التركيز فتعطى رائحة تشبه رائحة زيت كبد الحوت — فاذا ماتت تصاعدت منها الروائح العفنة — وهذه الطحالب تحدث متاعب جمة فى عمليات تنقية المياه إذ تتسبب فى سد مسام المرشحات بسرعة تدعو إلى وقف تشغيل المرشحات فى فترات متقاربة لغسلها واعدادها للتشغيل ثانياً ولذلك فأنه يجب العمل على منع تكاثرها . بل وابادتها فى المسطحات المائية — قبل أن تصل إلى محطات التنقية وذلك تخفيفاً للعبء عليها ومنعا للمتاعب فى تشغيلها .

الباب الثالث

المياه الجـــوفية

مصـادرها — تقـدير كمياتها

Ground Water Supplieè

المياه الجوفية (وتسمى أحيانا بالمياه تحت السطحية) هى المياه التى تستمد من باطن الأرض وهى تتواجد على ارتفاعات مختلفة من سطح الأرض — فقد تكون قريبة منه حيث يسهل استغلالها دون عناء أو تكلفة اقتصادية كبيرة وقد تكون بعيدة عن سطح الأرض بحيث يصعب الوصول إليها أو يتعذر ذلك إلا بنفقات كبيرة .

وتختلف كمية ما تجود به الأرض من مياه تبعاً لطبيعة تكوين التربة الأرضية : أصلها الجيولوجى ، التركيب الحبيبى للتربة ، التدرج الحبيبى للتربة ، مسامية التربة ونسبة الفجوات فى التربة ، الكثافة النسبة للتربة إذ أن هذه العوامل مجتمعة تحدد قابلية التربة النفاذية المياه فيها — كما تتوقف أيضاً على سبب ومصدر تواجد المياه داخل الأرض .

١ — الأصل الجيولوجى للتربة :

بالنسبة للأصل الجيولوجى للتربة فقد تتكون المياه الجوفية داخل الكتل النارية أثناء تبلورها إلى صخور ، أو تتكون نتيجة اتحاد الهيدروجين والأكسوجين نتيجة التفاعلات الكيمائية المؤدية لتكوين هذه الصخور — وبديهى أن هذه المياه تكون على أعماق ساحقة فى جوف الأرض الا أنها قد تجد طريقها إلى سطح الأرض خلال شقوق أو فوالق بين صخور القشرة الأرضية .

كذلك قد تتواجد المياه الجوفية فى الصخور الرسوبية المسامية إذا تكونت هذه فى قاع البحار أو البحيرات ، ثم احتبست المياه فى المسام نتيجة لتكوين طبقات أخرى غير منفذة للمياه فوق هذه الصخور .

٢ — التركيب الحبيبى للتربة :

تنقسم التربة تبعاً لتركيبها الحبيبى إلى مكونات رئيسية :

- الزلط (gravel) ، الرمل (Sand) ، الطمى (Silt) الطين

(Clay) . والجدول رقم (٣ – ١) يبين الأحجام التى تفصل بين هذه المكونات تبعاً لاقتراحات كل من الجمعية الدولية لعلم التربة (I. S. S. S.) ومعهد التكنولوجيا بأمريكا (M.I.T.) .

جدول رقم (٣ – ١)

التركيب الحبيبى للتربة

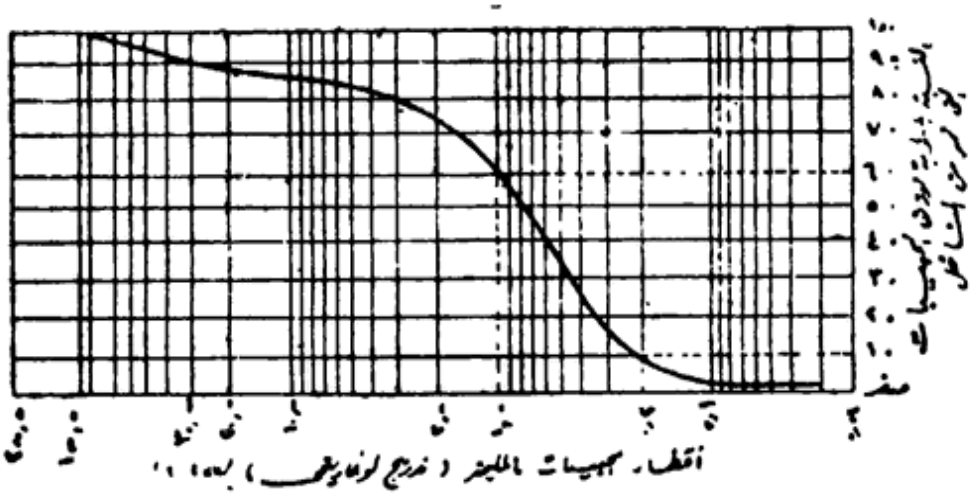
نوع التربة	الأقطار بالملليمتر تبعاً لاقتراح معهد التكنولوجيا M.I.T.	تبعاً لاقتراح جمعية علم التربة I. S.S.S.S.
زلط	أكبر من ٢ مم	أكبر من ٢ مم
رمل خشن . .	٠,٦ مم – ٢ مم	٠,٢ مم – ٢ مم
رمل متوسط . .	٠,٢ مم – ٠,٦ مم	———
رمل ناعم . .	٠,٠٦مم – ٠,٢ مم	٠,٠٢ مم – ٠,٢ مم
طمى خشن . .	٠,٠٢مم – ٠,٠٦ مم	
طمى متوسط .	٠,٠٠٦مم – ٠,٠٢ مم	٠,٠٠٢ مم – ٠,٠٢ مم
طمى ناعم . .	٠,٠٠٢مم – ٠,٠٠٦مم	
طين	أقل من ٠,٠٠٢ مم	أقل من ٠,٠٠٢ مم

٣ – التدرج الحبيبى للتربة (Sieve analysis) :

والمقصود به هو نسبة تواجد حبيبات المكونات الرئيسية للتربة (الزلط الرمل ، الطمى ، الطين) فى عينة التربة تحت الدراسة . ويتم تعيين هذه النسب معمليا بأخذ عينة التربة وتخلها على مجموعة من المناخل كل منها بفتحات محددة على أن توضع المناخل فوق بعضها بحيث تتدرج فتحاتها إلى الصفر من أعلى إلى أسفل – ثم يوزن ما يتبقى من العينة فوق كل منخل –

ومن ثم يحدد أوزان الأجزاء من العينة التى تمر من كل منخل — ثم تحدد نسبة هذه الأوزان إلى الوزن الأصلى للعينة ، على أن تمثل النتائج بيانيا على محورين : الأفقى وهو بالتدريج اللوغاريتمى ويوقع عليه الأحجام المختلفة للحبيبات — والرأسى وهو بالتدريج العادى ويوقع عليه نسبة الأوزان التى تمر من كل منخل إلى الوزن الأصلى للعينة .

ويسمى المنحنى الناتج بمنحنى التدرج الحبيبى للتربة (شكل ٣ — ١) ومنه يمكن استنتاج الخواص المميزة للتربة والمؤثرة على مسامية التربة ونسبة الفجوات ومعامل نفاذية الماء فى التربة . وأهم هذه الخواص : الحجم المؤثر أو الفعال ومعامل الانتظام .



(شكل رقم ٣-١)

الحجم المؤثر أو الفعال Effective size

ويعرف بأنه القطر بالملليمتر بحيث يكون ١٠ ٪ من حبيبات العينة بالوزن أصغر من هذا القطر (فى الشكل الحجم الفعال هو ٠,٢ مم) .

معامل الانتظام Uniformity Coefficient

ويتم حسابه بتعيين القطر بالملليمتر بحيث يكون ٦٠ ٪ من حبيبات العينة (بالوزن) أصغر منه فاذا رمزنا لهذا القطر بالرمز (ق.٦٠) ورمزنا للقطر الفعال بالرمز (ق.١٠) كان معامل الانتظام مساوياً (ق.٦٠) مقسوماً على (ق.١٠) – (فى الشكل ق.٦٠ = ١,٠٠ مم . ق.١٠ = ٠.٢مم فيكون معامل الانتظام $\frac{١}{٠,٢}$ = ٥).

وكلما كان القطر الفعال كبيراً ومعامل الانتظام صغيراً دل ذلك على كبر حبيبات التربة مع تقارب فى حجم الحبيبات وزيادة فى نفاذية التربة للماء – وكلما صغر القطر الفعال وكبر معامل الانتظام دل على ذلك صغر حبيبات التربة مع احتوائها على حبيبات متفاوتة الأحجام وما يتبع ذلك من صغر معامل نفاذية التربة للماء .

٤ – المسامية ونسبة الفجوات Porosity & Voids Ratio :

يتكون الحجم الكلى لعينة من التربة من حبيبات صلبة وفجوات أو مسام تتخلل هذه الحبيبات .

وتعرف مسامية التربة (Porosity) بالنسبة المئوية لحجم الفجوات أو المسام فى عينة التربة إلى الحجم الكلى للعينة .

وتعرف نسبة الفجوات فى التربة (Voids ratio) بأنها النسبة المئوية لحجم الفجوات أو المسام فى العينة إلى حجم الحبيبات الصلبة فى العينة .

والمعادلة م = $\frac{ن}{١ + ن}$ تبين العلاقة بين مسامية التربة ونسبة الفجوات فيها.

حيث م = مسامية التربة

ن = نسبة الفجوات

وتتوقف نسبة الفجوات وكذلك المسامية لعينة من التربة على التركيب الحبيبي للتربة ، التدرج الحبيبي للتربة ، شكل الحبيبات ومدى استدارتها وكذلك على مدى تداخل حبيبات التربة لبعضها – وهذا يمكن قياسه بمعرفة الوزن الجاف لوحدة الحجوم والكثافة النسبية للتربة .

الوزن الجاف لوحده الحجوم :

الوزن الجاف لوحدة الحجوم هو وزن العينة من التربة مقسوماً على الحجم العينة (الحبيبات + الفجوات) – وهو يختلف عن كثافة المواد الصلبة إذ عند حساب كثافة المواد الصلبة يقسم وزن العينة الجافة على حجم الحبيبات الصلبة فقط .

لذلك يختلف الوزن الجاف لوحدة الحجوم من عينة لأخرى من التربة تبعاً لتواجد حبيبات التربة بالنسبة لبعضها – أى مدى تداخل الحبيبات بين بعضها – فاذا أخذنا عينة من التربة فى المعمل ووضعناها فى أناء اسطوانى على طبقات كل طبقة بارتفاع سنتيمتر تقريباً ، بحيث تتعرض أثناء ذلك لاهتزازات خفيفة ، فان هذه الاهتزازات تسبب تداخل الحبيبات فيما بينها بحيث يكون حجم الفجوات أقل ما يمكن . وبالتالى يكون الحجم الكلى للعينة أصغر ما يمكن – وبمعرفة الوزن الجاف للعينة ($ك_1$) وحجم العينة فى هذه الحالة ($ح_1$) يمكن حساب النهاية العظمى للوزن الجاف لوحدة الحجوم من العلاقة : $و = \frac{ك_1}{ح_1}$

أما إذا أخذنا العينة فى المعمل وخلخلت بحيث يكون حجمها أكبر ما يمكن وكان وزنها ($ك_2$) وحجمها عندئذ ($ح_2$) ، فيمكن تقدير النهاية الصغرى للوزن لوحدة الحجوم بالعلاقة : $و_2 = \frac{ك_2}{ح_2}$

(٦)

وبديهى أن التربة لا توجد فى الطبيعة بحيث يكون الوزن الجاف لوحدة الحجوم منها مساوياً للنهاية الصغرى أو النهاية الكبرى لهذا الوزن — ولكنه يكون مساوياً لقيمة ما بين هاتين النهايتين — وكلما كان كبيراً دل ذلك على صغر حجم الفجوات بين الحبيبات أى صغر نسبة الفجوات وبالعكس كلما صغر دل ذلك على كبر حجم الفجوات أى كبر نسبة الفجوات — ويمكن توضيح هذه العلاقة حسابياً كالآتى :

يفرض حجم الحبيبات = ١ ، نسبة الفجوات = ق

∴ الحجم الفجوات = ق . الحجم الكلى = ١ + ق

ويفرض ك = كثافة مادة الحبيبات وتساوى عادة مابين ٢,٦٥ و ٢,٧٠ إلا إذا كانت التربة مكونة من مواد عضوية فتقل الكثافة إلى ما بين ١,٢ ، ١,٥ .

∴ وزن العينة = ك × حجم الحبيبات = ك × ١ = ك

$$\text{إذن وزن وحده الحجوم} = \text{و} = \frac{\text{وزن العينة}}{\text{الحجم الكلى}} = \frac{\text{ك}}{١ + \text{ق}}$$

٥ — الكثافة النسبية للتربة :

وهذه طريقة أخرى للتعبير عن نسبة الفجوات فى التربة وكذلك عن الوزن الجاف لوحدة الحجوم للتربة وهى تقدر حسابياً بالعلاقة :

$$\text{ث} = \frac{\frac{١}{\text{و}_{١}} \quad \frac{١}{\text{و}}}{\frac{١}{\text{و}_{١}} \quad \frac{١}{\text{و}_{٢}}}$$

حيث : و = الوزن الجاف الفعلى لوحدة الحجوم للتربة

و$_{1}$ = النهاية الصغرى للوزن الجاف لوحده الحجوم

و$_{2}$ = النهاية الكبرى للوزن الجاف لوحدة الحجوم

ث = الكثافة النسبية .

فاذا عوضنا فى هذه المعادلة بالعلاقة بين و ، ق وهى كما أوجدناها سابقاً

$$\text{و} = \frac{\text{ك}}{١ + \text{ق}}$$

$$\therefore \quad \text{ث} = \frac{\text{ن}_{2} - \text{ن}}{\text{ن}_{2} - \text{ن}_{1}}$$

حيث : ث = الكثافة النسبية

ن$_{1}$ = النهاية الصغرى لنسبة الفجوات

ن$_{2}$ = النهاية الكبرى لنسبة الفجوات

ن = النسبة الفعلية للفجوات فى التربة

٦ — نفاذية التربة للماء Permeability

من الدراسات السابقة يمكن أن نخلص إلى نتيجة هامة وهى أن قابلية التربة لنفاذية الماء خلالها تتوقف على :

١ — حجم حبيبات التربة

٢ — التدرج الحبيبى للتربة .

٣ — المسامية ونسبة الفجوات

٤ — تداخل الحبيبات فيما بينها .

٥ — الكثافة النسبية والوزن الجاف لوحدة الحجوم للتربة .

وجميع هذه العوامل — كما سبق ببيانه — مرتبطة ببعضها . بل وهناك معادلات حسابية تبين العلاقة بينها — وجميعها تؤثر على معامل قابلية التربة لنفاذية الماء خلالها والتى تقاس بسرعة المياه خلال التربة « v » مقدرة بالقدم أو المتر فى وحدة الزمن عندما يكون ميل سطح المياه الجوفية ١ : ١ وهو ما يسمى بمعامل النفاذية (Permeability Coefficient) كما يقدر أحيانا هذا المعامل بمقدار التصرف الذى يمر خلال وحدة المساحات فى وحدة الزمن (جالون / قدم٢/يوم — متر ٣/ متر٢/يوم) عندما يكون ميل سطح المياه الجوفية يساوى واحد .

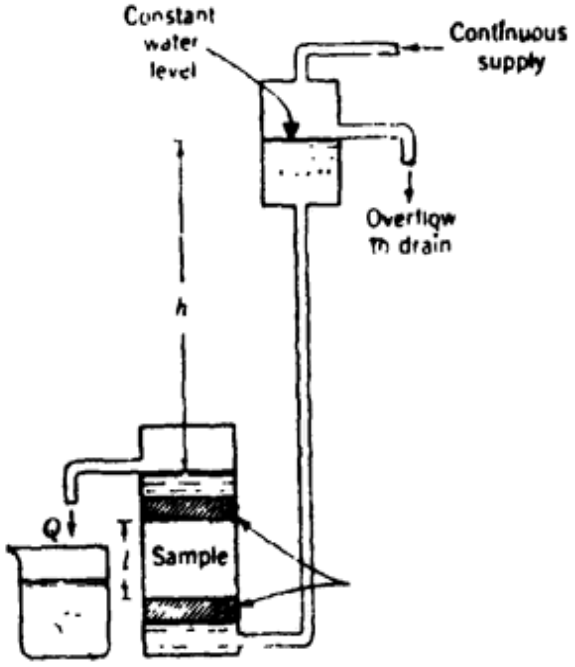
والجدول رقم (٣ — ١) يبين الحدود الصغرى والكبرى والقيمة المتوسطة لهذا المعامل مقدراً بالتصرف وحدة الزمن خلال وحدة المساحات .

جدول رقم (٣ — ١)

معامل النفاذية لأنواع التربة المختلفه

نوع التربة	حجم ملليمتر	معامل النفاذية ألف جالون/قدم٢ / يوم من	إلى	متوسط	متر ٣/ متر ٢/ يوم من	إلى	متوسط
رمل دقيق جداً	٠,٠٥ — ٠,١	٠,٠١	٠,٣	٠,٠٥	٠,٤	١٢	٢
رمل دقيق	٠,١ — ٠,٢٥	٠,٠٥	١,٠	٠,٣	٢	٤٠	١٢
رمل متوسط	٠,٢ — ٠,٥	٠,٣	٣,٠	٠,٦	١٢	١٢٠	٢٤
رمل خشن	٠,٥ — ١	١,٠	٥,٠	١,٥	٤٠	٢٠٠	٦٠
زلط رفيع	١ — ١	١,٠	١٠	٣,٠	٤٠	٤٠٠	١٢٠
زلط متوسط	٢ — ٥	٣	٢٠	٦,٠	١٢٠	٨٠٠	٢٤٠

ويمكن تقدير قيمة هذا المعامل معمليا بأكثر من طريقة. وأبسط هذه الطرق هو أن نوخذ عينة من التربة لتوضع فى الجهاز الموضح فى شكل (٣ — ٢) ثم يضغط الماء لينفذ فى العينة من أسفل إلى أعلى تحت ضغط ثابت قدره « H » — وبعد التأكد من طرد الهواء من مسام العينة ، تجمع المياه التى تمر فى العينة خلال فترة زمنية ما — وبالتعويض فى أحد المعادلات التى توضح سير المياه فى الطبقات المسامية يمكن الحصول على قيمة معامة النفاذية « K » .



(شكل رقم ٣ - ٢)

وأهم هذه المعادلات : معادلة دراسى ، معادلة وليم وهيزن . معادلة فيروهاتش .

١ — معادلة دارسى (Darcy eq.)

وأهم هذه القوانين معادلة دارسى « Darcy » التى تنص على أن سرعة المياه خلال الطبقات المسامية تتناسب طردياً مع الميل الهيدروليكى أى ميل سطح المياه الجوفية .

أى أن :

$$V = KS$$

$$Q = KAS$$

حيث V = السرعة تسرب المياه فى التربة

S = الميل الهيدروليكى للمياه الجوفية وهو يساوى ميل سطح المياه الجوفية .

A = مساحة القطاع الذى تتسرب خلاله المياه الجوفية .

Q = التصرف .

K = معامل النفاذية .

وفى هذه المعادلة يجب التنويه بأن هذه السرعة « V » ليست السرعة الحقيقة التى تتسرب بها المياه داخل مسام التربة . ولكنها سرعة نظرية بافتراض أن الماء يسير فى أنبوبة مساحة مقطعها تساوى المساحة الاجمالية لقطاع فى طبقة التربة التى تتسرب فيها المياه ولما كانت مساحة مسام التربة أقل من المساحة الاجمالية لمقطع التربة فان السرعة الحقيقية التى تتسرب بها المياه داخل المسام أكبر من هذه السرعة النظرية . وكذلك بالنسبة للمساحة « A » فهى لا تمثل المساحة الحقيقية للمسام التى تتسرب فيها المياه ولكن تمثل المساحة الاجمالية لمقطع التربة التى تتخللها المياه .

كما يلاحظ أن هذه المعادلة توضح أن العلاقة بين سرعة تسرب المياه فى التربة « V » والميل الهيدروليكى هى علاقة خطية - وهى علاقة تتحقق باستمرار الا فى حالة تسرب الماء خلال مسام الزلط .

وبالاشارة إلى التجربة السابقة يمكن تطبيق هذه المعادلة بعد تعديل فيها كالآتى :

$$Q = K A S = \frac{V}{T} = K A \frac{H}{L}$$

$$\therefore K = \frac{V L}{T A H}$$

حيث V = حجم المياه التى مرت فى فترة التجربة .

T = طول فترة التجربة .

Q = معدل التصرف المار فى العينة .

A = مساحة مقطع العينة .

L = طول العينة .

H = الضغط الهيدروليكى على العينة .

K = معامل نفاذية العينة مقدراً بكمية المياه التى تمر فى وحدة المساحات فى وحدة الزمن .

- معادلة وليم وهيزن William & Hazen

$$V = C\, d^2\, \frac{H}{L}\, \left(\frac{T + 10}{60}\right)$$

حيث V السرعة بالمتر فى اليوم .

C = معامل يتراوح بين ٤٠٠ و ١٢٠٠ .

d = الحجم الفعال لحبيبات التربة .

$\frac{H}{L}$ = ميل سطح المياه الجوفية وتساوى واحد عند حساب قيمة المعامل « K » .

T = درجة الحرارة بالقياس الفهرنهايتى .

٣ - معادلة فيروهاتش (Fair & Hatch)

$$S = \frac{5}{g} \frac{u}{p} v \frac{(1-f)^2}{f^3} \left(\frac{A}{V}\right)^2$$

حيث S = الميل الهيدروليكى للمياه الجوفية أى ميل سطح المياه الجوفية - ويساوى واحد عند حساب قيمة المعامل « K » .

g = العجلة الأرضية .

u = لزوجة الماء

p = كثافة المـاء .

v = السرعة بالسنتيمتر فى الثانية .

f = درجة المسامية (Porosity Ratio) = $\frac{\text{حجم المسام}}{\text{الحجم الكلى}}$

A = المساحة السطحية لحبيبات التربة .

V = حجم حبيبات التربة .

ويمكن تقدير قيمة معامل النفاذية « K » للتربة مقدراً بسرعة تسرب الماء فى التربة باستعمال المعادلات السابقة على أن يعوض فى أى منها بواحد للميل الهيدروليكى للمياه الجوفية .

مثـال : إذا أعطيت البيانات الآتية أوجد قيمة معامل النفاذية « K » باستعمال معادلة وليم وهيزن ومعادلة فيروهاوتش .

d = ٠,٣٥ مم　　f = ٤٠ ٪

t = ٥٠ درجة　　u = ٠,٠١٣١٥

C = ٦٥٠

الحـــل : باستعمال معادلة وليم وهيزن :

المعامل « K » يساوى السرعة « V » عندما يكون الميل الهيدروليكى أى يساوى واحد .

$$V = C\,d^{2}\,\frac{H}{L}\,\left(\frac{T+10}{60}\right) \quad \text{اذن}$$

$$= 650 \times (0.35)^{2} \times 1 \times \left(\frac{50+10}{60}\right)$$

$$= 79.5 \text{ m/day} = 0.0922 \text{ cm/sec}$$

$$= 0.003 \text{ ft/sec}$$

أى أن معامل النفاذية « K » لهذه التربة يساوى :

٧٩,٥	متر/اليوم
٠,٠٩٢٢	سم/ثانية
٠,٠٠٣	قدم/ثانية

الحـــل : باستعمال معادلة فير وهاتش :

$$S = \frac{5}{g}\,\frac{u}{p}\,v\,\frac{(1+f)^{2}}{f^{2}}\,\left(\frac{A}{V}\right)^{3}$$

والمعامل « K » يساوى السرعة « v » عندما يكون الميل الهيدروليكى « S » يساوى واحدا .

$$\text{الحجم للحبيبة الواحدة} = V = \frac{\pi D^{3}}{6}$$

$$\text{المساحة السطحية للحبيبة الواحدة} = A = \pi D^{2}$$

$$17.0 = \frac{6}{0.35} = \frac{6}{D} = \frac{A}{V} \quad \therefore$$

$$1 = \frac{5}{981} \times 0.01315 \times v \times \frac{(1+0.4)^2}{(0.4)^3} (17)^2$$

$$\therefore \quad V = 0.0925 \text{ cm/sec}$$

$$= 0.003 \text{ ft/sec}$$

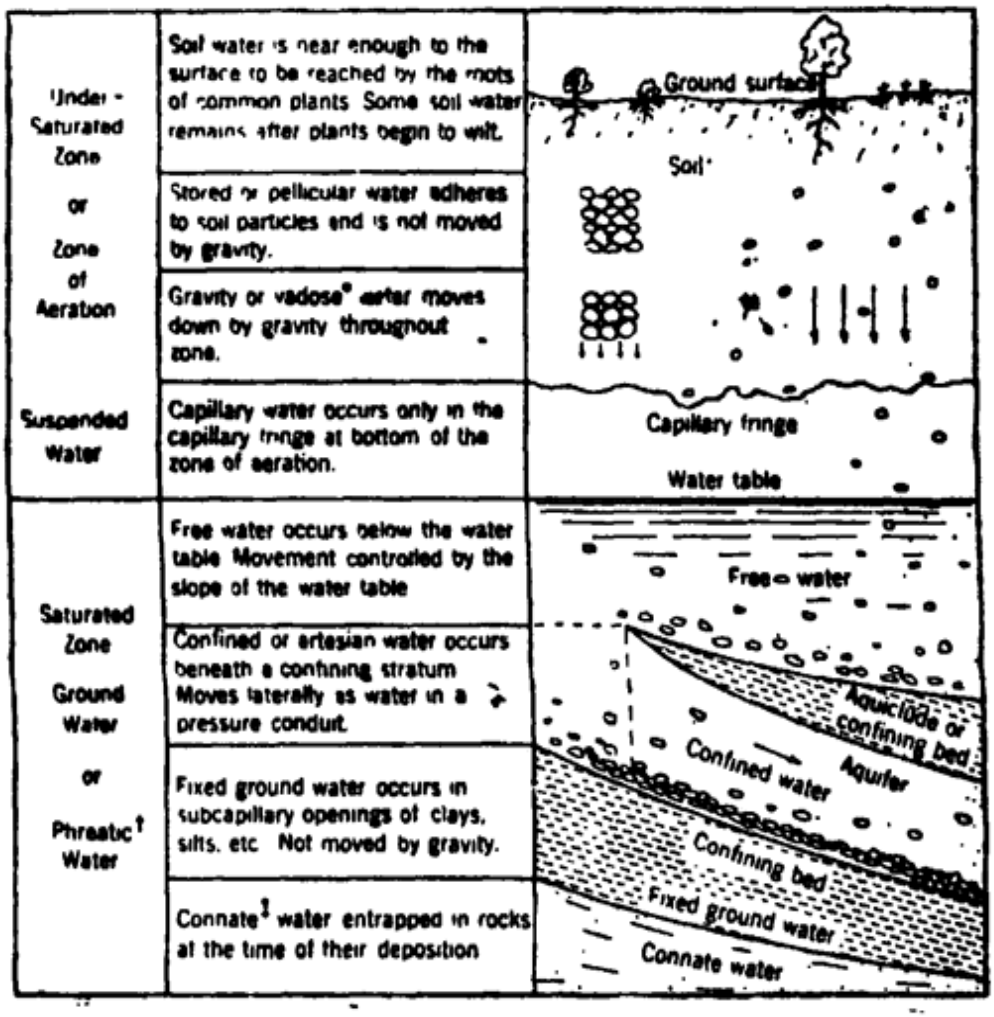
أى أن معامل النفاذية « K » لهذه التربة يساوى :

٠,٠٩٢٥ سم / ثانية

= ٠,٠٠٣ قدم / ثانية

٧ — موضع المياه تحت الأرضية تبعا بالنسبة لسطح الأرض ونشأتها ومصدرها

تنقسم المياه تحت الأرضية بالنسبة لمصدر تواجدها فى طبقات الأرض ونشأتها إلى قسمين رئيسيين : (شكل ٣ — ٣) .



(شكل رقم ٣ - ٣)

(ا) مياه تواجدت فى الصخور النارية أثناء تبلورها من الكتل النارية فى باطن الأرض أو فى الصخور الرسوبية أثناء تكوينها فى قاع البحار والبحيرات – وكلاهما لا يمثل مصدراً رئيسياً للمياه تحت الأرضية يمكن الاعتماد عليها لامدادها المجموعات السكنية بالمياه – ويطلق على هذه المياه اسم "Connate Water" أى التى تواجدت ونشأت أثناء تواجد غيرها إذ أنها تواجدت فى الصخور أثناء تكوين هذه الصخور – وهذه المياه تتواجد على أعماق ساحقة فى باطن الأرض تقاس بالكيلومترات وهى محدودة الحركة نظراً لأنها تتواجد فى صخور غير منفذه للمياه – إلا أنها قد تصل إلى سطح الأرض عن طريق الشقوق والفوالق التى قد تحدث فى القشرة الأرضية .

(ب) أما المصدرالرئيسى للمياه تحت الأرضية فهوما يتسرب فى باطن الأرض من مياه الأمطار ومياه الأنهار والبحيرات العذبة ، وجميع هذه تأتى أصلا من الأمطار ولذلك تسمى أحيانا بالمياه تحت الأرضية الناتجة من المياه الجوية .

هذه المياه المتسربة من الأمطار والأنهار تتواجد فى باطن الأرض على طبقات متميزة :

١ – منطقة متشبعة بالمياه أى أن جميع مسامها ممتلاء بالمياه وفى هذه المنطقة تكون المياه حرة الحركة فى الاتجاه الجانبى – ويحدها من أعلا المستوى المائى ويسمى " مستوى المياه الجوفية " (Ground Water table) – وهو غير ثابت المنسوب وانما ينخفض ويرتفع تبعاً لظروف عدة أهمها توافر الأمطار ، العوامل الجيولوجية ، والعوامل الطوبوغرافية ، اقتراب المنطقة من الأنهار والبحيرات... وتسمى هذه المياه بالمياه الأرضية (Ground water)

٢ – وتعلو هذه المنطقة ، منطقة أخرى تتواجد فيها المياه الا أنها لا تملأ جميع مسام التربة أو فجواتها – إذ يتواجد بعض الهواء على هيئة فقاقيع

منفصلة عن بعضها – وتسمى هذه المنطقة بمنطقة مياه الخاصة الشعرية (Capillary water zone) ويتوقف سمك هذه الطبقة فوق منسوب المستوى المائى على الخواص الطبيعية للتربة وأهمها : اتساع مسام التربة (كلما ضاقت زاد السمك) قطر الحبيبات (كلما صغر زاد السمك) – قوة الجذب أو التوتر السطحى ما بين حبيبات التربة وقطرات المـاء .

٣ – ثم تعلو منطقة مياه الخاصة الشعرية ، منطقة أخرى تتواجد فيها المياه على هيئة رقائق تغلف حبيبات التربة ، الا أن فقاقيع الهواء فى هذه المنطقة تأخذ فى الاتصال مع بعضها – وتسمى هذه المنطقة بمنطقة مياه التوتر أو الجذب السطحى (Surface tension zone) .

٤ – وكلما اتجهنا إلى أعلا نجد أن الأغلفة المائية الرقيقة المحيطة بحبيبات التربة تأخذ فى التلاشى مع ازدياد كمية الهواء فى المسام حتى تصل فى النهاية إلى نقـط متقطعة من الماء تتواجد عند تلامس حبيبات التربة مع بعضها بينما تصير فقاقيع الهواء جميعها متصلة ببعضها وتملأ جميع الفجوات .

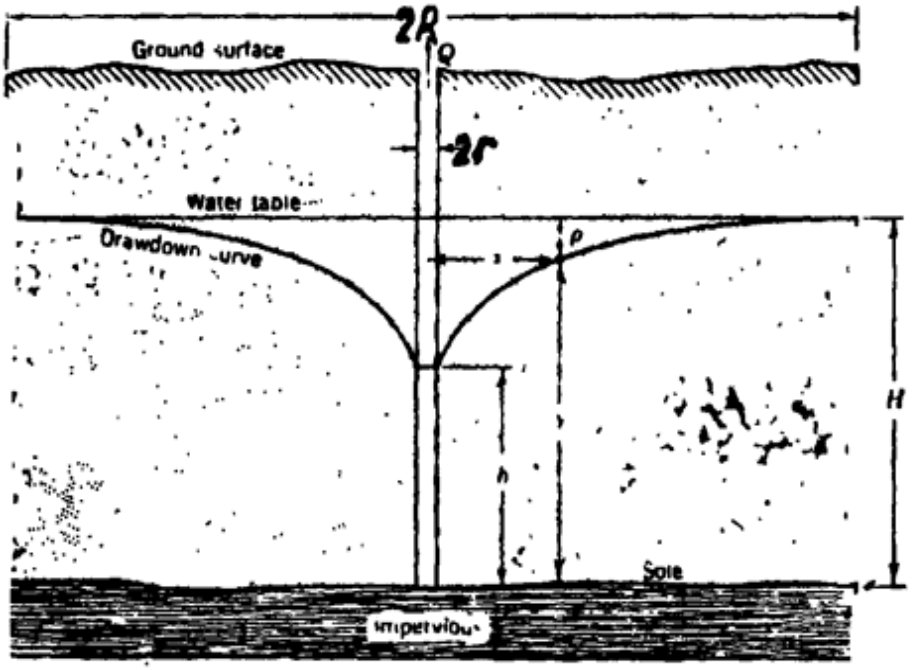
وتعتبر الآبار بأنواعها المختلفة (والتى سيجىء ذكرها تفصيلا فى الباب الرابع) وكذلك خنادق الترشيح ، أهم الطرق للحصول على المياه الجوفية واستعمالها كمصدر للمياه ، وذلك بعد التأكد من توافر كميتها ومطابقتها للمواصفات الصحية كما جاء فى الباب الأول والثانى .

ويمكن تقدير كمية المياه التى يمكن ضخها من الآبار بتطبيق الأسس والقوانين الهيدروليكية التى تربط ما بين العوامل المؤثرة على سير المياه من الطبقات المسامية إلى الآبار – وهذه فى أبسط صورها كالآتى :

١ – القوانين الهيدروليكية للابار العادية (Hydraulics of Ordinary Wells) :

إذا أخذنا قطاعا رأسياً فى بئر والتربة المجاورة له ورصدنا منسوب المياه فى البئر والتربة أثناء سحب الماء من البئر نجد أن الخط الواصل بين هذه المناسيب

هو عبارة عن مخروط مقلوب قاعدته إلى أعلى وراسه عبارة عن منحنى ورأسه هو منسوب المياه فى البئر أثناء السحب وهو ما يسمى مخروط الانخفاض أو الهبوط (شكل ٣ – ٤).



(شكل رقم ٣ - ٤)

ومعادلة راسم المخروط أى منحنى هبوط منسوب المياه الجوفية فى المنطقة المحيطة بالبئر هى المعادلة رقم (٥) (Draw - down Curve) وبالتعويض بقيم مختلفة للحد (y) يمكن ايجاد قيمة الحد (x) وبذلك يمكن رسم وتوقيع هذا المنحنى . بينما تعطى المعادلة رقم ٦ تصرف البئر فى وحدة الزمن :

$$(5) \quad .. \quad Q = \frac{\pi k (H^2 - y^2)}{\log_e R/x} = \frac{n k (H^2 - y^2)}{2.3 \log_{10} R/x} = 1.36\, k \frac{(H^2 - y^2)}{\log_{10} R/x}$$

$$(6) \quad .. \quad Q = \frac{\pi k (H^2 - h^2)}{\log_e R/r} = \frac{n k (H^2 - h^2)}{2.3 \log_{10} R/r} = 1.36\, k \frac{(H^2 - h^2)}{\log_{10} R/r}$$

حيث Q = معدل التصرف .

K = معامل النفاذية (جدول رقم ٣ — ١)

H = الارتفاع الأصلى للمياه الجوفية (قبل السحب)

h = ارتفاع المياه الجوفية فى البئر أثناء السحب .

R = نصف قطر دائرة تأثير البئر (نصف قطر قاعدة المخروط)

r = نصف قدر البئر .

ويلاحظ أنه كلما زاد التصرف انخفض منسوب المياه فى البئر (h) كما زاد نصف قطر دائرة تأثير البئر (R) .

وبديهى أنه لمعرفة تصرف بئر (Q) يعوض فى المعادلة بقيمة الحدود الأخرى وبمراجعة هذه الحدود نجد أن جميعها يمكن معرفتها الانصف قطر دائرة تأثير البئر "R" التى تتغير بتغير (h)، (Q) إلا أنه يلاحظ أن التغير فى قيمة (R) لا يؤثر تأثيراً كبيراً على قيمة (Q) وبذلك يمكن كتقدير تقريبى للتصرف اعتبار قيمة(R) تساوى ما بين ٣٠٠ و ٤٠٠ متر (١٠٠٠ و ١٢٥٠ قدم) .

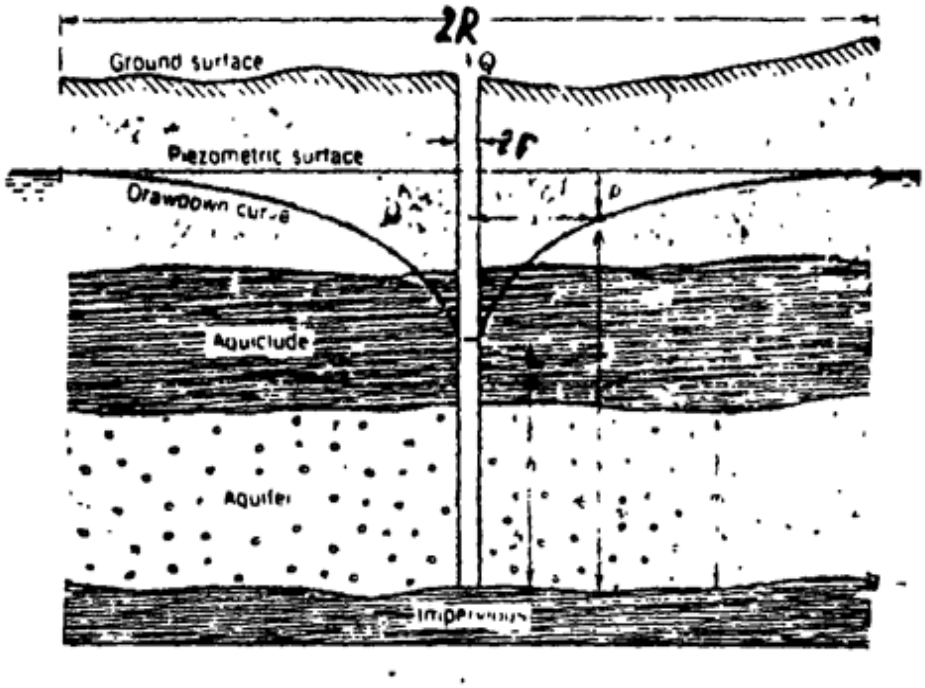
ب — القوانين الهيدروليكية للابار الارتوازية Hydraulics of Artisian

بالاشارة إلى (شكل رقم (٣ — ٥) نجد أن :

$$(7)\ .\ Q = 2\pi k m \frac{H - y}{\log_e R/x} = \frac{2\ n\ Km}{2.3} \frac{(H - y)}{\log R/x}$$

وهذه هى معادلة منحنى هبوط منسوب المياه الجوفية Drawdown Curve

$$(8)\ .\ Q = 2\pi k m \frac{(H - h)}{\log_e R/r} = \frac{2\ n\ k\ m}{2.3} \frac{(H - h)}{\log_{10} R/r}$$



(شكل رقم ٣ — ٥)

هى المعادلة التى تعطى التصرف المنتظر من البئر .

حيث Q = معدل التصرف

K = معامل النفاذية .

H = الإرتفاع الأصلى لخط الهيدروليكى فوق قاع البئر . (قبل سحب المياه) .

h = ارتفاع المياه فى البئر أثناء السحب .

h = نصف قطر دائرة تأثير البئر .

r = نصف قطر البئر

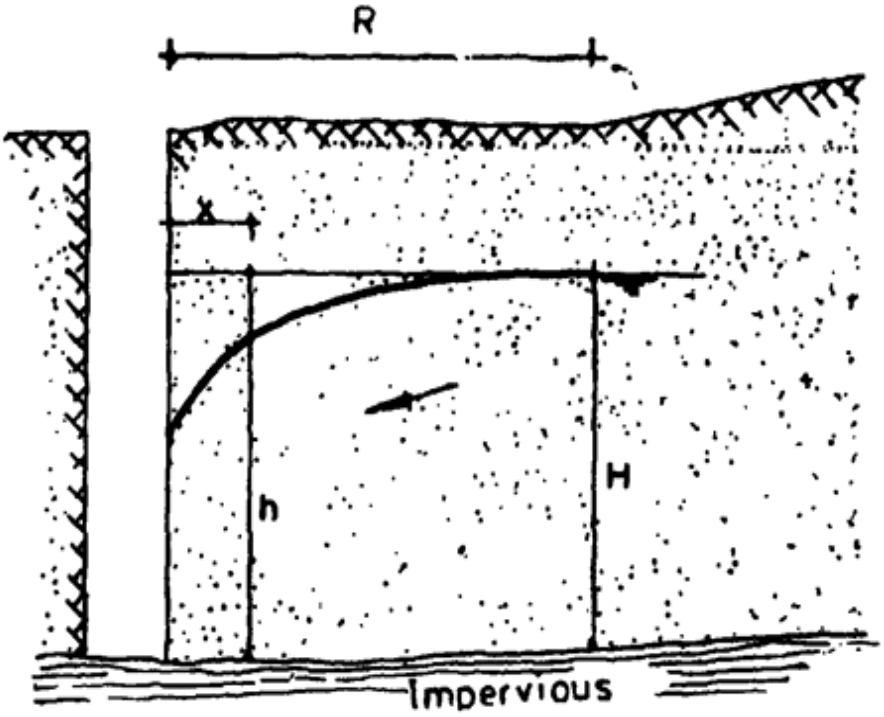
m = ارتفاع الطبقة الحاملة للمياه الجوفية

القوانين الهيدروليكية لخندق ترشيح :

Hydraulics of infiltration gailleries

بالإشارة إلى شكل رقم (٣ — ٦) نجد أن :

$$Q = \frac{K}{2x} \left(y^2 - h^2 \right)$$



(شكل رقم ٣ - ٦)

وهذه هى معادلة منحنى هبوط منسوب المياه الجوفية فى المنطقة المحيطة بالبئر (Drawdown Curve) أما المعادلة التى تعطى تصرف خندق الترشيح فى أبسط صورها فهى :

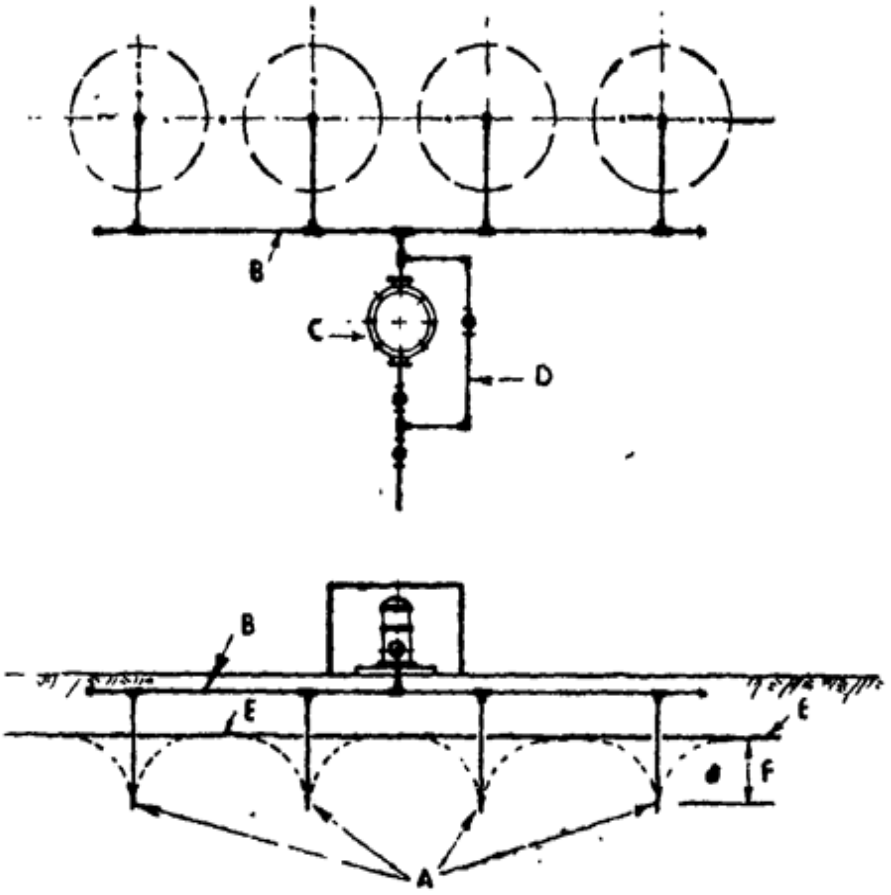
$$Q = \frac{K}{2R} (H^2 - h^2)$$

وذلك إذا كانت المياه تتسرب فى الخندق من جانب واحد فقط .

التداخـــل بين الآبار (Interferenc between Wells)

يلاحظ أنه إذا تواجد بئران كل منهما يسحب المياه من نفس الطبقة الأرضية التى يسحب منها الآخر المياه ، فان التصرف من كل بئر يتأثر بتصرف البئر الآخر – ويتوقف هذا التأثر على المسافة بين البئرين (شكل ٣–٧)

وللحد من هذا التأثر يجب مراعاة :



(شكل رقم ٣ - ٧)

١ - ألا تقل المسافة بين البئرين عن مجموع نصفى قطر دائرتى تأثير البئرين .

٢ - ألا يكون الخط الواصل بين البئرين موازياً لاتجاه سير المياه الجوفية بل يكون عمودياً على هذا الاتجاه قدر الامكان .

طرق سريعة لتقدير تصرف الآبار :

وهناك أكثر من طريقة سريعة لتقدير تصرف الآبار إما بطرق عملية فى الموقع أو بطرق حسابية مبسطة - ومن هذه الطرق ما يأتى :

أولا : طرق حسابية تقريبية سريعة (وهى تستعمل فى حالة الآبار المدقوقة والمنحوتة) :

(ا) اعتبار سرعة الماء فى ماسورة السحب من البئر لا تتجاوز متراً واحداً فى الثانية :

فاذا كان قطر هذه الماسورة ٨ بوصة (٢٠ سم) مثلا كان التصرف المنتظر من البئر يساوى السرعة مضروبا فى مساحة مقطع الماسورة .

أى أن التصرف = السرعة × ط نق٢

= ١ × ٣,١٤ × ٠,١٠ × ٠,١٠

= ٠,٠٣١٤ متر٣ : ثانية

= ٣١,٤ لتر/ثانية = ١١٣ متر٣/ساعة

(ب) اعتبار التصرف بالمتر ؛الثانية = نصف مربع القطر (بالبوصة) :

فاذا كان قطر ماسورة البئر = ٨ بوصة .

إذن التصرف = ٠,٥٠ × (٨)٢ = ٣٢ لتر / الثانية = ١١ متر٣ /ساعة

ثانياً : طرق تقريبية عملية سريعة (تستعمل فى حالة الآبار المحفورة) :

(ا) باستعمال طلمبة متغيرة السرعات لسحب المياه من البئر :

تركب على البئر طلمبة متصلة بموتور متغير السرعة مع ملاحظة المياه فى البئر عند التشغيل على السرعات المختلفة حتى يثبت منسوب الماء فى الماء من التربة إلى البئر. عندئذ يكون التصرف المنتظر من البئر مساويا لتصرف الطلمبة

(ب) يتم تفريغ البئر – حتى منسوب ما – بواسطة طلمبة قوية ثم يلاحظ الزمن اللازم لارتفاع الماء فى البئر حتى منسوبه الأصلى مرة/ثانية – فيكون معدل دخول الماء فى البئر على وجه التقريب مساوياً لحجم الماء فى البئر مقسوما على الزمن اللازم لأن يمتلىء البئر .

أى أن التصرف = $\frac{\pi D^2 H}{4 T}$

حيث D = قطر البئر

H = الفرق بين المنسوب الأصلى للمياه والمنسوب الذى انخفض إليه الماء .

T = الزمن اللازم لأن يمتلىء البئر .

امثلة محلولة :

(١) إذا أعطيت : قطر البئر = ١٢

التصرف = ٢٠٠٠ جالون / الدقيقة

ارتفاع المياه فى البئر قبل السحب = ١٠٠ قدم

ارتفاع المياه فى البئر أثناء السحب = ٩٠ قدم

أوجد : التصرف عندما يكون ارتفاع الماء فى البئر يساوى خمسين قدماً .

الحل : نفترض أن قطر دائرة التأثير لا يتغير فى الحالتين .

$$Q = 1.36\ K\ \frac{(H^2 - h^2)}{\log R/r}$$

$$\therefore\ \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{(H^2 - h_1^2)}{(H^2 - h_2^2)}$$

$$\frac{Q_1}{2000} = \frac{100^2 - 50^2}{100^2 - 90^2} = \frac{75}{19}$$

$$\therefore\ Q_1 = \frac{75}{19} \times 2000 = 7900\ \text{gall/min.}$$

(٢) إذا أعطيت : قطر البئر = ١٢"

إرتفاع المياه فى البئر قبل السحب = ٤٠ قدم

ارتفاع المياه فى البئر أثناء السحب = ٣٠ قدم

معامل النفاذية = ٣٠٠ جالون/ قدم ٢/ يوم

أوجـــد : التصرف من البئر

الحـــل :

المعادلة : $$Q = 1.36\ K \frac{(H^2 - y_2^2)}{\log R/x}$$

نفترض R = ١٠٠٠ قدم

$$\therefore Q = 1.36 \times 300 \frac{(40^2 - 30^2)}{\log \frac{1000}{1}}$$

$$= 68000 \text{ gall/day.}$$

(٣) إذا أعطيت : أنه عند سحب المياه من بئر ١٢ بمعدل ٥٠٠ جالون؛ الدقيقة . انخفض منسوب المياه فى بئر آخر على مسافة ٥٠ قدم بمقدار ٨ قدم ، وفى بئر آخر على مسافة ١٥٠ قدم انخفض منسوب المياه ٣ أقدام — مع العلم بأن عمق المياه الأصلى فى البئر المستعمل هو ٨٠ قدم

أوجـــد : التصرف النوعى للبئر (Specific yield)

ملحوظـة : التصرف النوعى للبئر هو التصرف عند انخفاض المياه بمقدار قدم عن منسوب المياه الأصلى فى البئر قبل السحب .

الحـــل

المعادلة : $$Q = 1.36\ K \frac{(H^2 - h^2)}{\log R/r}$$

هى معادلة منحنى هبوط منسوب المياه الجوفية حول البئر (Draw down curve) وبالتعويض فى هذه المعادلة بأبعاد وأعماق المياه فى الآبار المجاورة للبئر المستعمل ، وكذلك التصرف من البئر المستعمل نجد أن :

للبئر الأول :

$$500 = 1.36\ K \frac{(80^2 - 77^2)}{\log R/50}$$

للبئر الثانى :

$$500 = 1.36\ K \frac{(80^2 - 77^2)}{\log R/150}$$

وبحل هاتين المعادلتين الأنيتين للمجهولين K ، R

نجد أن K = ٠,٢٣٢ جالون/ قدم٢/ يوم

R = ٣٠٠ قدم

(٤) مياه جوفية تدخل بئر خلال مصفاه ذات قطر ١٥ سم فاذا علمت أن مساحة الثقوب تساوى ٢٠ ٪ من مساحة المصفاة وأن التصرف مقداره ٤٤ لتر /ث والفاقد فى الضغط قدره $1.5 \frac{V^2}{2g}$ حيث «V» السرعة خلال الثقوب ـ احسب أقل طول للمصفاه الذى يعطى فاقد فى الضغط قدره ١,٥ سم .

الحـــل :

المعادله : $\text{headloss} = h = 1.5 \frac{V^2}{2g}$

$$\therefore \quad 1.5 = 1.5 \frac{V^2}{2g}$$

$$V = \sqrt{2g} = \sqrt{2 \times 981} = 44.3 \text{ cm/sec}$$

$$\therefore Q = 0.20 \ \pi D L. V$$

$$44 \times 1000 = .20 \times 3.14 \times 15 \times 44.3 \times L$$

$$\therefore L = 105.0 \text{ cm}$$

(٥) بئر عادى ذو قطر ٢٤ بوصة يعطى تصرفا قدره ١٠٠ لتر/ث عند انخفاض فى منسوب البئر عن المنسوب الأصلى للمياه الجوفية قدره ٥,٠٠ متر ـ العمق الأصلى فى البئر ٣٠ متر ونصف قطر دائرة التأثير ٣٠٠ متر

احسب : ١ ـ معامل النفاذية بالمتر ٣/م اليوم ٢ ـ ميل سطح المياه الجوفية

الحـــل :

$$100 \text{ litre/sec} = 86.4 \text{ m}^3/\text{day} \qquad D = 24^{11} = 0.6/\text{m}$$

$$Q = \frac{\pi K}{2.3} \frac{(H^2 - h^2)}{\log R/r}$$

$$Q = 100 \text{ lit/sec} = 8640 \text{ m}^3/\text{day}$$

$$\therefore \quad 8640 = \frac{1.36 \ K \ (30^2 - 25^2)}{\log \frac{300}{0.3}}$$

$$K = \frac{8640\ (3.0)}{275 \times 1.36} = 69.5 \quad m^3/m^2/day$$

$$Q = A \times V$$

Where $A = H\ (2R)$ & $V = K.S$

$$\therefore 8640 = 600 \times 30 \times 69.5\ S$$

$$S = \frac{8640}{600 \times 30 \times 69.5} = 0.0069.$$

(٦) بئر توازى ذو قطر ١٢ بوصة يعطى تصرفا قدره ٥٤٦٠ م٣/ اليوم عند انخفاض فى منسوب المياه فى البئر عن المنسوب الأصلى للمياه الحوفية قدرة ٥.٠٠ متر . فاذا علمت أن عمق المياه فى البئر فى حالة عدم السحب ٢٤ متر و عمق الطبقة الحاملة للمياه ٢٠ متراً ـ احسب : معامل النفاذية بالمتر ٣/ القدم ٢ /اليوم . وإذا علمت أن ميل سطح المياه الحوفية ١٠.٠٠٥ احسب سرعة هذه المياه . (افرض نصف قطر دائرة التأثير ١٥٠ متر) .

الحـــــل :

$$-Q = \frac{2\pi K m (H - h)}{2.3 \log \frac{R}{r}}$$

$$5460 = \frac{2 \times 3.14 \times {}^{20}K \times 5}{2.3 \log \frac{150}{.15}}$$

$$\therefore K = 60\ m^3/m^2/day$$

$$\therefore V = K.S = 60 \times \frac{5}{1000} = 0.3\ m/sec$$

(٧) إذا علمت أن قطر بئر توازى ١٢ بوصة ونصف قطر دائرة التأثير ١٥٠ متر وانخفاض سطح المياه فى البئر عن المنسوب الأصلى للمياه الجوفية ٧ متر فى حالة تصرف مقداره ٢٧٣٠ م٣ / اليوم . احسب :

التصرف لانخفاض سطح المياه فى البئر قدره ٢١ متر بفرض نصف قطر دائرة التأثير ثابت .

الحـــــل :

$$Q_1 = 2730\ m^3/sec \qquad H - h = 7.0\ m$$

$$\therefore \quad Q = \frac{2\pi K m (H - h)}{2.3 \log \frac{R}{r}}$$

$$Q_1 = 2730 = \frac{2\pi K m (7)}{2.3 \log \frac{R}{r}}$$

$$Q_2 = \frac{2\pi K m (21)}{2.3 \log \frac{R}{r}}$$

$$\frac{2730}{Q_2} = \frac{7}{21} \qquad \therefore Q2 = 8190\ m^3/day$$

(٨) إذا علمت أن عمق المياه فى بئر عادى ١٥ متر فى حالة عدم التصرف وقطره ٣٠ سم والإنخفاض فى منسوب البئر عن المنسوب الأصلى للمياه الجوفية مقداره ٣ متر ومعامل النفاذية ١١,٤ م٣/م٢ / اليوم . أوجد التصرف الناتج (افرض نصف قطر دائرة التأثير ٣٠٠ متر) .

الحـــــل :

$$- K = 11.4 \ m^3/m^2/day$$

$$Q = \frac{\pi k (H^2 - h^2)}{2.3 \log \frac{R}{r}}$$

$$= \frac{1.365 \ (11.4) \ (15^2 - 12^2)}{\log \frac{300}{0.15}}$$

$$Q = \frac{1.365 \quad 11.4 \times 81}{3.3010} = 38.2 \ m3/day$$

(٩) إذا علمت أن قطر بئر عادى ٣٠ سم وعمق المياه فيه ٣٠ متر فى حالة عدم السحب . وعند انخفاض منسوب المياه فى البئر عن المنسوب الأصلى للمياه الجوفية مقداره ٣.٠٠ متر كان التصرف قدره ٢٤٣٠ م٣/ م٢/ اليوم . أوجد التصرف فى حالة انخفاض منسوب المياه بمقدار ١٧ متر .

الحـــــل

$$Q_1 = 2430 \ m^3/day$$

$$Q_1 = \frac{\pi K (30^2 - 27^2)}{2.3 \log \frac{R}{r}} = 2430$$

$$Q_2 = \frac{\pi K (30^2 - 13^2)}{2.3 \log \frac{R}{r}}$$

$$\frac{2430}{Q_2} = \frac{30^2 - 27^2}{30^2 - 13^2} = \frac{171}{731}$$

$$\therefore \quad Q_2 = 2430/0.231 = 10380 \ m^3/day$$

(١٠) إذا عمل اختبار حفرة لمنطقة آبارارتوازية وحصلت على البيانات الآتية :-

العمق بالمتر صفر← ٢	٢←١٥	١٥←٣٥	٣٥←٥٠	٥٠←النهاية
نوع التربة الطبقةالسطحية	طمى	طين	رمل	طين

وان منسوب المياه أثناء عدم تشغيل الطلمبات يصل إلى ٣ متر فوق سطح الأرض . وأن القطر الفعال للرمل ٠,٤ مم أوجد التصرف لبئر قطره ٣٠ سم لانخفاض فى سطح المياه قدره ١٢ متر . افرض نصف قطر دائرة التأثير ٣٠٠ متر . معامل النفاذية لهذا النوع من الرمل ٢٣ م٣/ م٢/ اليوم) .

الحـــــل

$$h = 12.0\ m \qquad K = 23\ m^3/m^2/day$$
$$H = 50 + 3 = 53\ m \qquad R = 300\ m$$

$$Q = \frac{2\pi K m (H - h)}{2.3 \log \frac{R}{r}}$$

$$= \frac{2.37\ (15)\ (53 - 12)}{\log \frac{300}{0.15}}$$

$$Q = \frac{1680}{3.3010} = 510\ m^3/day$$

الباب الرابع

امداد القرى والمبانى المنعزله بالماء

Rural Water Supplies

تتميز عمليات امداد القرى والمساكن المنعزلة بصغر حجمها نظراً لقلة كمية المياه المستعملة فيها مما يزيد من تكاليفها بالنسبة لكل فرد من المنتفعين بها أو بالنسبة لكل متر مكعب من تصرفها . الا أنه من المسلم به أن هذه الحقيقة يجب ألاتتعارض مع ضرورة احتفاظ المياه بصلاحيتها للاستعمال — على أن يتم ذلك باشراف فنى بسيط نظراً لعدم توافر الاشراف الفنى الدقيق بالمستوى العالى فى هذه القرى النائية عامة وفى حالات امداد منزل خاص منعزل بالمياه الصالحة للاستعمال خاصة .

وبديهى أنه فى القرى والمساكن المنعزلة أسوة بالمدن الكبرى يمكن الاعتماد على مياه الأمطار والمياه الجوفية والمياه السطحية كمصدر للمياه طالما أمكن توفيرها وجعلها صالحة اقتصاديا وباشراف فنى بسيط كما سبق ذكره .

١ — مياه الامطار :

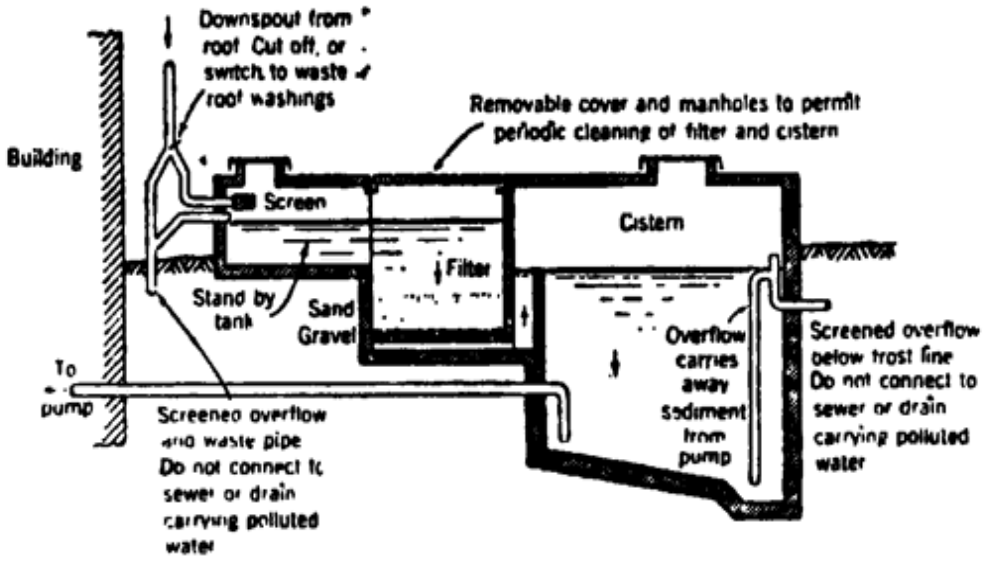
وهذه يمكن الاعتماد عليها لامداد المساكن المنعزلة والمبانى فى المزارع الخاصة فى الأماكن الممطرة حيث لا تتوافر المياه الجوفية الصالحة للاستعمال — وهذا يستلزم اعداد مسطحات بالمساحات اللازمة لاستقبال مياه المطر — ومنها تسيل إلى خزانات خاصة حيث تخزن للاستعمال ما بين فترات الأمطار فى المنطقة وتتوقف مساحة هذه المسطحات وكذلك حجم هذه الخزانات، على طول الفترة ما بين العواصف الممطرة وكذلك على كمية المياه المطلوبة للاستعمال.

ومياه الأمطار — كما سبق الاشارة إليه — تتميز بأنها أقرب ما يكون إلى المياه المقطرة . الا أنها بمجرد ملامستها للمسطح المستقبل لها ، تزول عنها هذه الصفة نظراً لتلوثها بما قد يتواجد على هذا المسطح من مصادر التلوث . لذلك يجب العناية التامة بهذا المسطح الذى غالباً ما يكون هو سقف المنزل

المنعزل الذى تجمع الميـاه ليستعملها سكانه – وتتم هذه العناية بجعله أملسا حتى لا تلتصق به ما أمكن ذرات التراب العالقة فى الجو . كذلك تنظيفه دورياً من أوراق الشجر المتطاير فى الجوفى المناطق الريفية ، ويحسن أن يصقل بأنواع الأسمنت أو الطلاء التى لا تسبب طعماً أو رائحة للمياه .

وتجمع مياه المطر من الأسطح لتسير فى ماسورة رأسية لتصل بها إلى خزان مياه المطر الذى غالباً ما يكون تحت سطح الأرض– على أن يراعى فى اختيار موضعه أن يبعد عن مصادر التلوث بما لا يقل عن ثلاثة أمتار على أن يبنى هذا الخزان من الطوب بمونة الأسمنت والرمل أو الخراسانة العادية أو المسلحة على ان يراعى فى جميع الأحوال اضافة المواد اللازمة لجعل الخراسانة غير منفذة للمياه – كذلك تبطين الخزان بمونة الأسمنت والرمل بسمك سنتيمتران على أن تصقل بمونة الأسمنت الصافى – وكذلك وضع طبقة عازلة من الخارج بكامل محيط المبنى .

كما يفضل دائماً أن تمر المياه قبل دخولها من سطح الاستقبال إلى الخزان على مرشح رملى صغير ليتم فى مسام هذا المرشح حجز الشوائب التى تكون قد علقت بالمياه أثناء جريانها وتجميعها من السطح المستقبل لها (شكل ٤ – ١)



(شكل رقم ٤ – ١)

ويجب أن يزود الخزان بفتحات الكشف على داخله كلما احتاج الأمر على أن تغطى هذه الفتحات بالأغطية المحكمة اللازمة لمنع احتمال أى تلوث سطحى — كما يزود الخزان بطلمبة أما يدوية أو ميكانيكية لرفع المياه من الخزان إلى المنزل — كذلك يزود الخزان بمخرج للفائض (Overflow) عند منسوب معين — فاذا زاد الماء عن هذا المنسوب خرج إلى مصرف مجاور. (شكل ٤ — ١) كما يجب أن يزود بما سورة مركب بها صمام لتفريغ الماء من الحوض إلى هذا المصرف عند الحاجة إلى ذلك.

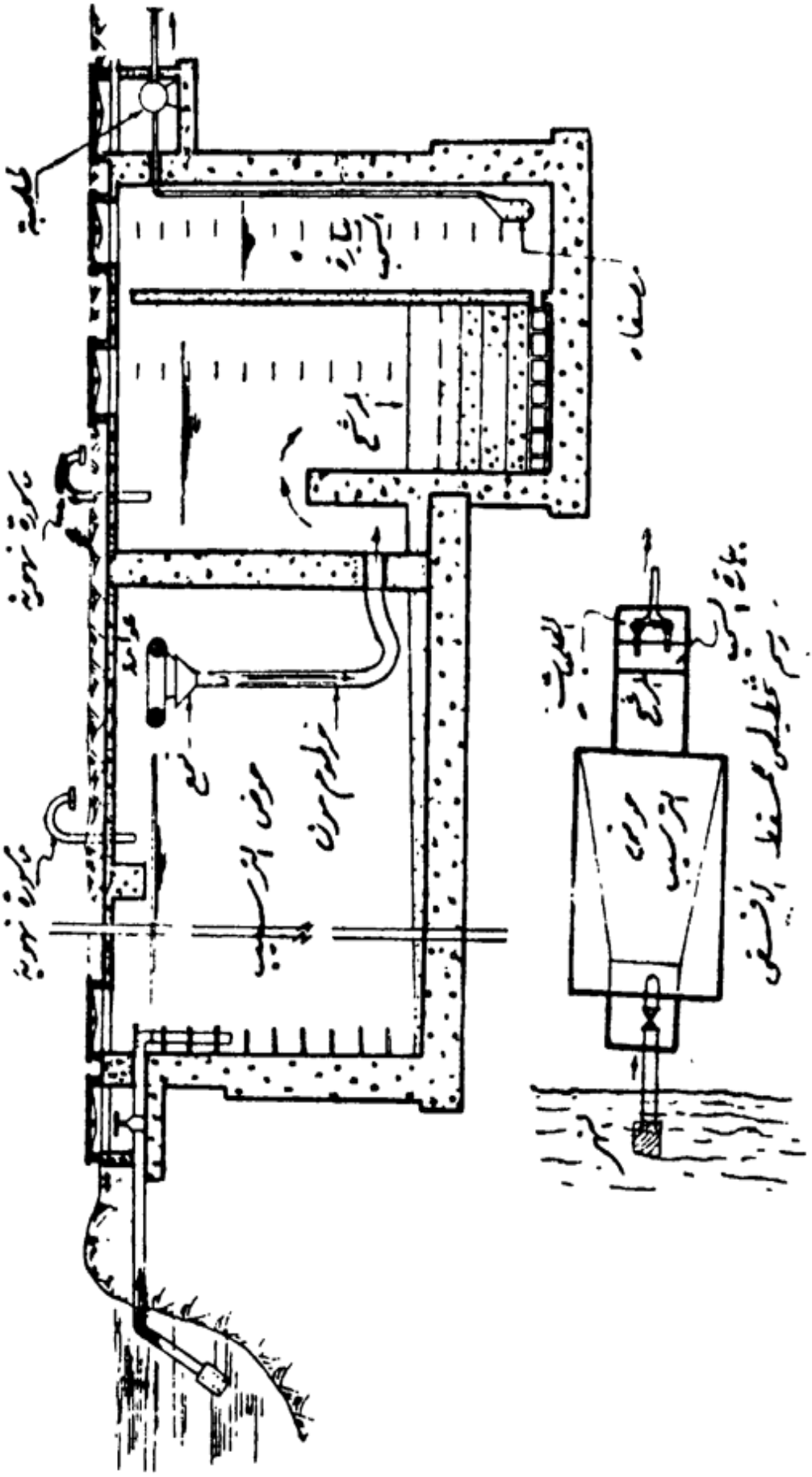
مثـــال : إذا كانت كثافة سقوط المطر فى عاصفة ما هى ٢ سنتيمترات ومساحة السطح المستقبل للمياه هو ٢٠٠ متر مسطح فان كمية المياه المجمعة أثناء العاصفة هو ٢٠٠ — ٠,٠٢ = ٤ متر مكعب فاذا كان عدد سكان هذا المنزل خمسة أشخاص وكان معدل الاستهلاك أربعين لترا للشخص فى اليوم اليوم — فان هذا القدر من الماء يستهلك فى ثلاثة أسابيع تقريباً — وبديهى أن لاستمرار الاعتماد على هذا الخزان لابد من توافر الأمطار فى المنطقة إلى الدرجة التى تجدد وتوفر هذا الرصيد من الماء قبل نفاذة.

٢ — المياه السطحية :

ونظراً للتلوث الشديد لهذه المياه فيجب معالجتها قبل استعمالها — ويتم هذه المعالجة بالترسيب ثم الترشيح (شكل ٤ — ٢).

ويتم الترسيب فى أحواض خاصة من الخرسانة العادية أو المسلحة أو الطوب (على أن يراعى فى جميع الأحوال التأكد من عدم نفاذية الماء خلال حوائط أو قاع الحوض). كما يبنى ويشكل قاع الحوض بحيث يكون مائلا إلى أسفل فى اتجاه المدخل بنسبة ١ : ١٠ — ١ : ٢٠ لسهولة تنظيف الحوض

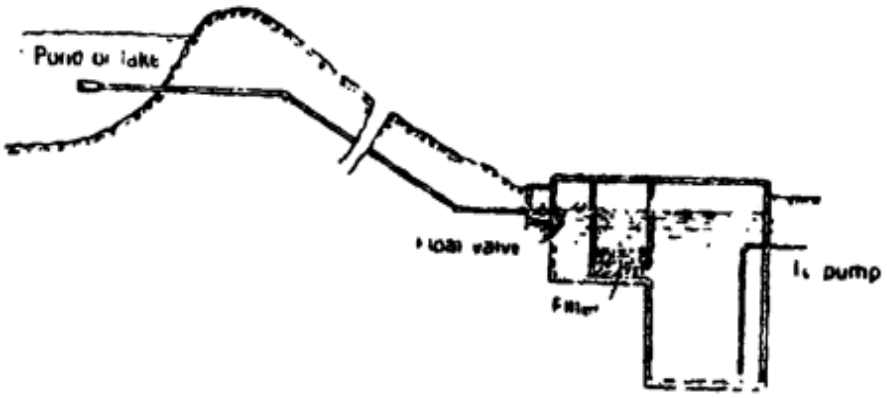
فى هذا الحوض تهبط إلى قاعة نسبة كبيرة من المواد العالقة — وتخرج المياه لتمر فى مرشح مكون من طبقة من الرمل بارتفاع ٦٠ سم تعلو طبقة من



(شكل رقم ٤ ــ٢)

بارتفاع ٣٠ سم وهذه تعلو شبكة من المواسير المثقبة . وبذلك يتم حجز المواد العالقة الدقيقة – التى لم يتم ترسيبها فى القاع الحوض – فى مسام طبقة الرمل (شكل ٤ – ٢) على أنه يجب مراعاة أن يكون مخرج المياه من حوض الترسيب من الطبقات العليا للمياه – إذ هى الطبقات الأقل احتواء على مواد عالقة – ويتم ذلك بمرور المياه من فوهة ماسورة مرنة مثبتة فى عوامة تطفو على سطح الماء فى الحوض . وتمر المياه من المرشح إلى بئر (wet well) تسحب منه المياه بواسطة طلمبة لضغطها فى المواسير الموصلة إلى أماكن الاستعمال على أن تزود المجموعة (الخزان والمرشح) بالصمامات فى المدخل والمخرج اللازمة للتحكم فى تشغيلها

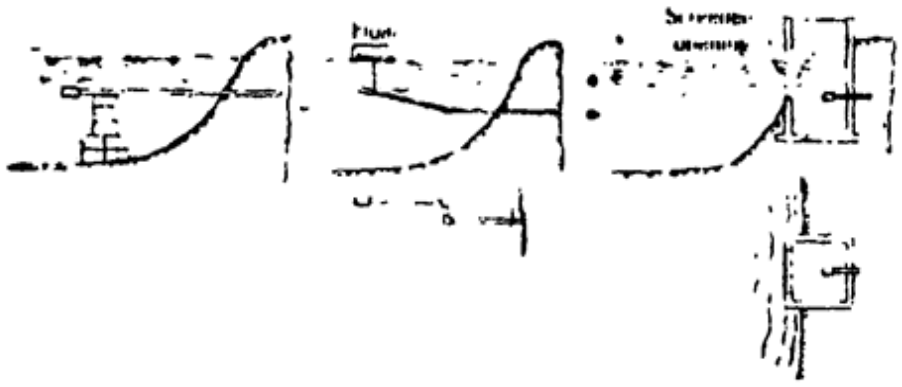
وتنتقل المياه من مصدرها إلى حوض الترسيب بالانحدار الطبيعى إذا كان النهر أو المجرى المائى عالياً (شكل ٤ – ٣) أما إذا كان منخفضاً فلابد من



(شكل رقم ٤ – ٣)

استعمال الطلمبات لرفعه إلى الحوض – وفى أى من الحالتين تؤخذ المياه من الطبقات العليا للماء فى النهر إذ أنها أقل الطبقات احتواء للمواد العالقة – فاذا كان منسوب الماء فى النهر ثابتاً استعملت ماسورة للمأخذ ثابتة المنسوب ، أما إذا كان منسوب المياه فى النهر متغيراً فتستعمل ماسورة مرنة (أو ذات

وصلات مرنة) متصلة بعوامة تطفو على سطح الماء (شكل ٤ – ٤) لتعلو وتهبط كلما تغير منسوب الماء – وبذلك يضمن سحب الماء من الطبقات العليا فى المجرى المائى .



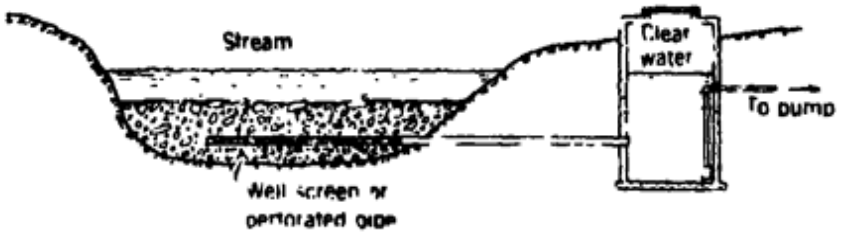
(شكل رقم ٤ – ٤)

ويحدد حجم الخزان بعد معرفة مدى امكان استمرار تواجد المياه فى البئر أو المجرى المائى المعتبر مصدراً للمياه فاذا تواجدت المياه باستمرار فى المجرى المائى أمكن الاكتفاء بحوض يتسع للتصرف المطلوب لمدة أربعة وعشرين ساعة يتم فيها ترسيب الجزء الأكبر من المواد العالقة كما سبق ذكره – أما إذا كان تواجد الماء فى المجرى المائى منقطعاً فلابد أن تكون سعة الحوض كافية لاستيعاب الماء اللازم للاستعمال فى فترة انقطاع الماء عن المجرى المائى . أما المرشح فيتم تقدير مساحته السطحية باعتبار أن سرعة الترشيح هى ثلاثة أمتار مكعبة لكل متر مسطح من المرشح فى اليوم (الأربعة وعشرين ساعة) – ويكون تصميم الطلمبة بحيث تكفى لرفع المياه بالكمية والضغط اللازمين لامداد المياه فى أماكن الاستعمال فى مدة محددة . ويفضل غالباً أن يغطى كل من الحوض والمرشح وبئر الطلمبة ، منعا لتعرضها للعوامل الجوية خاصة الضوء الذى يشجع على نمو الطحالب بكثرة فى المياه المخزنة لمدة طويلة – على أن يزود الغطاء بفتحات بأغطية محكمة كافية للنزول إلى الخزان لتنظيفه الدورى ،

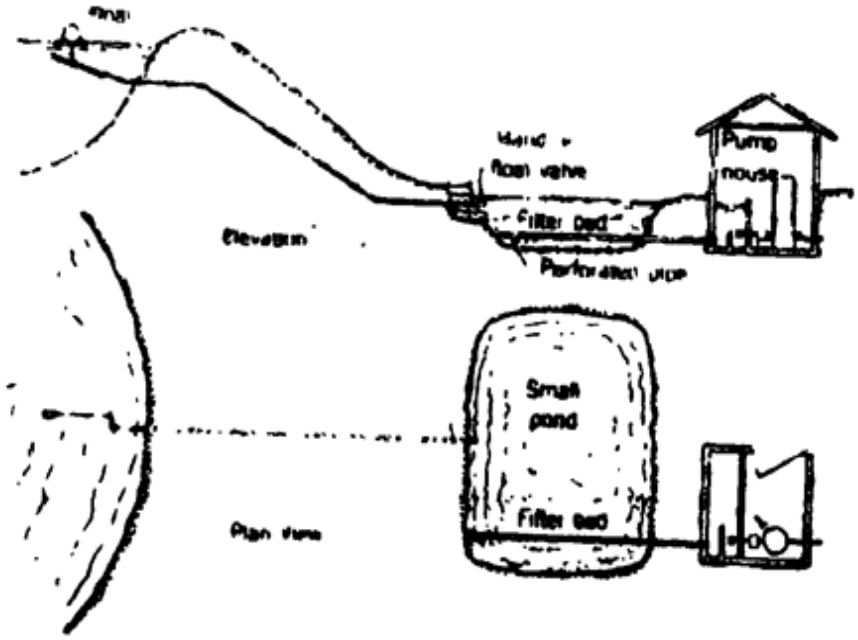
وكذلك للمرشح لتجديد طبقة الرمل إذا احتاج الأمر ، كذلك يجب تزويد كل من الخزان والمرشح بفتحات للتهوية والسلالم اللازمة .

كما يمكن أحيانا الاستغناء عن حوض الترسيب وانشاء المرشح فى قاع المجرى المائى المستعمل كمصدر لمياه الشرب (شكل ٤ – ٥) أو إنشاء بحيرة صغيرة مجاورة للمجرى المائى لينشأ فيها المرشح (شكل ٤ – ٦) .

وفى جميع الحالات يحتاج الأمر إلى تنظيف للمرشح المستعمل – ويتم ذلك بتمشيط الطبقة العليا من المرشح أو ازالتها واحلال طبقة جديدة من الرمل النظيف بدلا منها .



(شكل رقم ٤ – ٥)



(شكل رقم ٤ – ٦)

مثـال : المطلوب بناء مجموعة من خزان منزلى لمياه سطحية ومرشح كافية لامداد المياه لمجموعة من المساكن المنعزلة بها خمسون شخصاً إذا كان أقصى استهلاك للمياه للشخص الواحد هو مائة لتر يومياً – وذلك فى الحالات الآتيـة :

(ا) المياه تتواجد فى المجرى المائى باستمرار .

(ب) المياه تنقطع عن المجرى المائى مدة شهر (أثناء الشدة الشتوية) .

الحـــل : التصرف اليومى المطلوب = ٥٠ × ١٠٠ = ٥٠٠٠ لتر = ٥ متر٣

∴ سعة الحوض فى الحالة الأولى = ٥ متر٣

∴ سعة الحوض فى الحالة الثانية = ٥ × ٣٠ = ١٥٠ متر٣

وبذلك يمكن اختيار حوض بالابعاد الآتية :

عرض = ٥ متر ، طول = ١٥ متر ، عمق للماء = ٢ متر

على أن يضاف إلى العمق نصف متر لتخزين الرواسب بين فترتى التنظيف ونصف متر ارتفاع الحوائط فوق منسوب المياه فيكون العمق الكلى للحوض ثلاثة أمتار .

وبفرض أن المرشح يعمل ثمانية ساعات يومياً – فان المتر المسطح من المرشح يعطى تصرف

$$= \frac{\text{معدل التصرف فى اليوم} \times ٨}{٢٤} = \frac{٣ \times ٨}{٢٤} = \text{متر مكعب واحد/اليوم}$$

$$\therefore \text{المساحة اللازمة للترشيح} = \frac{\text{التصرف}}{\text{معدل الترشيح}} = \frac{٥}{١} = ٥ \text{ متر مربع}$$

∴ عرض المرشح = ٢,٠ متر ، طول المرشح = ٢,٥ متر

أما أبعاد البئر (wet well) المجاور للمرشح فان حجمها لا يقل عن التصرف اللازم فى يوم واحد أى خمسة أمتار مكعبة . وبذلك يقترح لها الابعاد الآتية :

عمق : متر – عرض : ٢ متر – طول : ٢,٥ متر

أما التصرف الطلمبة فيتحدد بعد تعيين عدد ساعات تشغيلها فى اليوم - فاذا فرض أنها تعمل أربعة ساعات لرفع المياه المجمعة فى البئر إلى خزان علوى تتوزع منه المياه فى المنطقة خلال اليوم بأكمله .

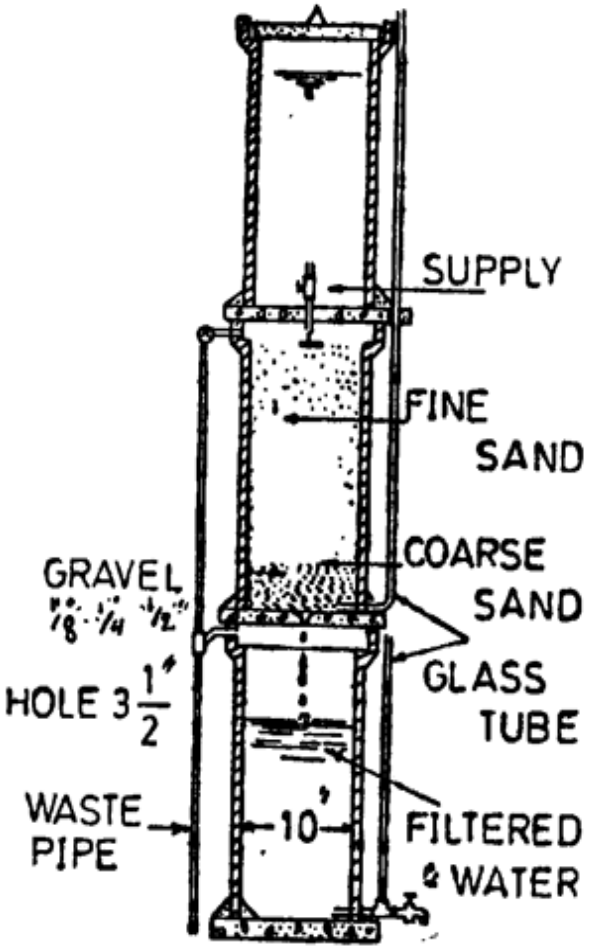
$$\therefore \text{تصرف الطلمبة} = \frac{\text{التصرف فى اليوم}}{\text{ساعات تشغيل الطلمبة}} = \frac{٥}{٤} = ١,٢٥ \text{ متر٣/ساعة}$$

$$= \frac{١٢٥٠}{٦٠} = ٢١,٠ \text{ لتر/ دقيقة}$$

أما سعة الخزان العلوى الذى تتوزع منه المياه إلى المساكن فيجب ألا تقل عن التصرف اللازم فى يوم واحد . أى خمسة أمتار مكعبة – كما يتوقف ارتفاع هذا الخزان على ارتفاع المنازل التى توزع اليها الماء .

المرشحات المنزليـة :

وهى المرشحات التى تستخدم فى ترشيح كميات صغيرة من الماء لغرض استعمالها فى منزل واحد . وشكل (٤ – ٧) يبين مرشح منزلى مشابه للمرشحات المستعملة فى تنقية مياه المدن . وهو مكون من ثلاثة مواسير من الفخـار المضروب بالملح وتحتوى الماسورة الوسطى طبقات الرمل والزلط والعليا الماء



(شكل رقم ٤ ــ ٧)

الغير نقى والسفلى الماء المرشح .

وهناك مرشحات منزلية جاهزة تباع فى الأسواق أهمها :

١ ــ مرشح بركفيلد .

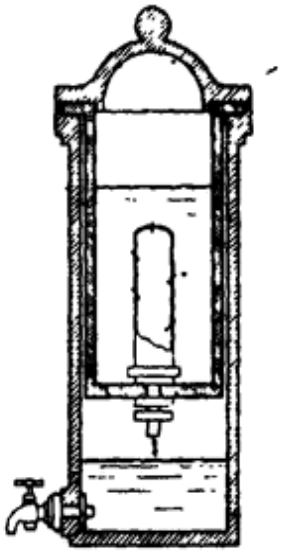
٢ ــ مرشح باستير .

١ ــ مرشحات بركفيلد :

وهى عبارة عن اسطوانات تعرف بالشموع (Candles) مصنوعة من نوع خاص من الفخار من طينة الدياتومايت بعدسحقها ووضعها فى أفران خاصة. والشمعة ذات طرف مكور والآخر مركب عليه طربوش من النحاس أو

معدن مناسب آخر ويخترقه ثقب قطره ٨/٣ بوصة ينفذ منه الماء المرشح .

وهذه المرشحات أما بطيئة أو سريعة . وتوضع فى المرشحات البطيئة شمعة أو أكثر فى وعاء موضوع داخل وعاء آخر . ويملأ الوعاء الداخلى بالماء المراد ترشيحه فيخترق الماء جدران الشموع وينفذ داخلها مخلفاً وراءه ما يحمله من مواد عالقة على السطح الخارجى للشمعة . ثم يمر بالثقب الموجود فى الطربوش المعدنى إلى الوعاء الخارجى أو مستودع الماء المرشح (شكل ٤ — ٨)



(شكل رقم ٤ — ٨)

أما المرشحات السريعة فتوضع الشمعة داخل اسطوانة من الحديد أو النحاس المطلى بالصينى وتوصل هذه الاسطوانة الخارجية باحدى أنابيب الماء فى المنزل مع تركيب محبس عليها . وبفتح هذا المحبس يندفع الماء داخل الاسطوانة الخارجية حول الشمعة فينفذ من جدرانها بقوة ضغطه ويخرج من الأنبوبة العليا المتصلة بالطربوش المعدنى .

٢ — مرشحات باستير :

وهى شبيهة بمرشحات بركفيلد الا أنها تصنع من فخار الصينى (الغير مقزز) ولا تحتاج إلى طربوش معدنى إذ أنها تصنع بطرف مخروطى الشكل

وهذه المرشحات تستعمل أما بالطريقة السريعة أو البطيئـــة كمرشحات بركفيلد تماما . وقد دلت التجارب أن مرشحات باستير أحسن عملا من مرشحات بركفيلد لأن مسامها أصغر .

الاحتياطات الواجب اتخاذها عند استعمال مرشحات بركفيلد أو باستير :

١ - يلاحظ أن كمية الماء المنقاه بالمرشحات البطيئة تكون بسيطة جداً (حوالى ٢ ½ لتر فى اليوم لكل شمعة) ولكن إذا استعملنا الطريقة السريعة زادت كمية المياه المرشحة إلى ما يقرب من ١٠٠ لتر فى اليوم لكل شمعة . ولذا يحسن استعمال الطريقة السريعة وذلك بضغط الماء داخل المرشح بتوصيله إلى أنابيب المياه ذات الضغط العالى ان وجدت .

٢ - تعتمد كمية المياه المرشحة أيضاً على درجة نقاوة الماء المراد ترشيحه . ولذا يحسن أن تكون رائقة بقدر الامكان وذلك بترسيب المواد العالقة بها ان أمكن .

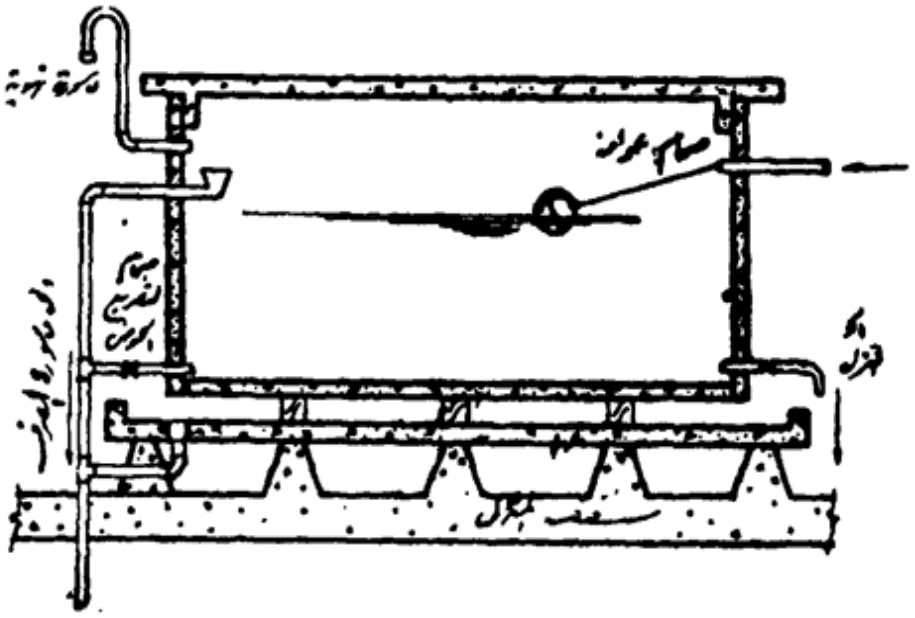
٣ - يعمل المرشح عادة بكفاءة عالية فى إزالة البكتيريا خلال جدران الشمعة ولذا وجب تعقـــيم الشمعة كل ثلاثة أيام على الأكثر . ويتم ذلك بفك المرشح وغسل الشمعه أولا ودعكها بفرشاة ناعمة بالماء البارد ثم وضعها فى ماء بارد على النار وتسخينها إلى درجة غليان الماء . ويلاحظ أنه إذا وضعت الشمعة مباشرة فى ماء ساخن ربما تتشقق . كذلك يمكن تعقيم الشمعة بوضعها فى محلول برمنجنات البوتاسيوم المركزة $\frac{1}{100}$ لمدة نصف ساعة وفى هذه الحالة لا تستعمل أول كمية مرشحة من الماء بعد تركيب المرشح لما قد تحتويه من برمنجنات .

٤ - يجب العناية عند شراء الشمعات من التأكد أنها سليمة وليست مشروخة وذلك بغمرها فى الماء وضغط الهواء فى داخلها بطلمبة يد مثل منفاخ عجلة أو ما شابه ذلك وعندئذ يمكن رؤية الهواء المتسرب خلال

أى ثقب فى الشمعة بما يحدثه من فقاقيع عند خروجه إلى الماء .

خـزانات الميـاه :

عند امداد مبنى منعزل بالمياه يلزم أن يبنى خزان صغير ترفع إليه المياه من مصدرها بواسطة الطلمبات ومن ثم يمكن توزيعها على مختلف الصنابير والحنفيات . وعادة يوضع هذا الخزان فوق المبنى نفسه بحيث يمكن دائماً الوصول إليه بسهولة مع حفظه من جميع مصادر التلوث من مخلفات الطيور أو الأتربة الموجودة فى الهواء ، ذلك بتغطيته بغطاء من الخشب أو من الحديد كما يجب حماية المبنى من الماء فى حالة فيضان الخزان أو كسره وذلك بوضع حوض من الرصاص أو الحديد المجلفن تحت الخزان متصل بأنبوبة لتصريف ما قد يصل إليه من الماء .. وتختلف سعة الخزان حسب الغرض الموضوع له ولكنه عادة لا يقل عن ما يكفى حاجة سكان المنزل لمدة يوم وتؤخذ أنابيب التوزيع دائماً من نقطة بالقرب من القاع ويجب أن يركب عليها محبس بالقرب من الخزان وذلك لتفادى الاضطرار إلى تفريغ الخزان من الماء كلما دعا الأمر إلى اصلاح مواسير التوزيع كذلك يجب وضع أنبوبة لتصريف مياه الخزان عند غسيله وتنظيفه من وقت لآخر . (شكل ٤ – ٩) .



(شكل رقم ٤ – ٩)

٣ - المياه الجوفية :

وتسمى أحيانا المياه تحت السطحية أو تحت الأرضية .

وهى المياه التى تستمد من باطن الأرض - ومصدرها كما سبق ذكره :

١ - مياه الأمطار التى يتسرب جزء منها إلى داخل الأرض حتى تصل إلى منطقة التشبع بالمياه الجوفية فيرتفع مستواها .

٢ - مياه الأنهار والترع والبحيرات التى تتسرب فى مسام الأرض عند ارتفاع منسوب المياه فى الأنهار والبحيرات عن منسوب المياه فى منطقة التشبع .

ويمكن الحصول على المياه الجوفية أما عن طريق :

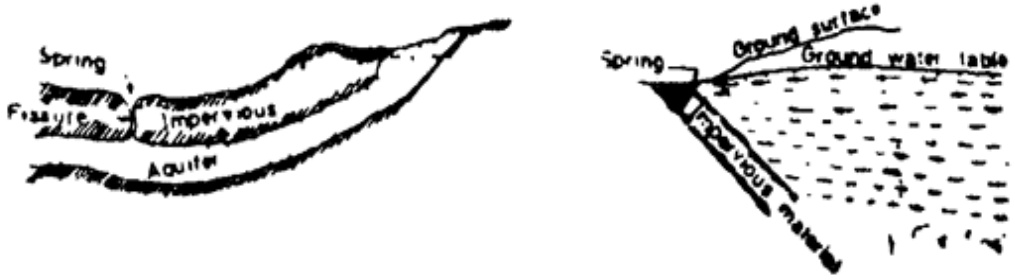
١ - الآبار (wells) وهى فتحات تنشأ صناعياً فى القشرة الأرضية تصل ما بين سطح الأرض والطبقة الحاملة للمياه الجوفية (aquifer) . (شكل ٤ - ١٠) .

(شكل رقم ٤ - ١٠)

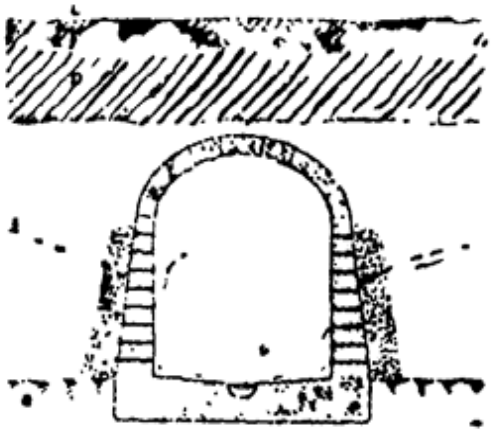
٢ – العيون (Springs) وهذه تنشأ طبيعياً عندما تتقابل الطبقات المسامية الحاملة للمياه الجوفية مع سطح الأرض أو عندما تقابل هذه الطبقات شقاً مؤدياً إلى سطح الأرض (شكل ٤ – ١١) .

٣ – خنادق الترشيح (Infiltration galleries) ، (شكل ٤ – ١٢) . وهى أنفاق طولية تعترض سير المياه الجوفية ومن ثم يمكن تجميع هذه المياه فيها

وفى الصحراء الغربية بالقرب من مرسى مطروح تم اكتشاف أنفاق ترشيح بيت فى عهد الرومان (ولذلك سميت بالآبار الرومانية) يبلغ طولها



(شكل رقم ٤ – ١١)



(شكل رقم ٤ – ١٢)

ما يقرب من كيلومتراً . بينما يتراوح عرضها من ٧٠ إلى ١٨٠ سنتيمتراً وارتفاعها حوالى مترين ويرتفع منسوب قاعها حوالى ثلاثين سنتيمتراً عن سطح البحر – وتستمد هذه الآبار الرومانية المياه من الأمطار الغزيرة التى

تسقط على التلال الرملية المحيطة بها – ويتراوح تركيز المواد الصلبة الذائبة فى هذه المياه من ٧٠٠ إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون .

وأكثر طبقات الأرض انتاجا للماء الموجود بها هى طبقات الرمل والحصى والزلط وكذلك طبقات الحجر الرملى الخشن ، كما يمكن الحصول على المياه الجوفية أيضاً من الشقوق التى تتواجد فى الطبقات الصخرية – وأقل طبقات الأرض انتاجا للمياه الجوفية هى الطبقات الطينية نظراً لدقة المسام مما يقلل من نفاذيتها ويصعب مرور الماء فيها بسرعة .

وكميات المياه الجوفية عادة قليلة بالنسبة للمياه السطحية مما يجعل الاعتماد عليها كمصدر لمياه المدن غير ممكن ولهذا تستعمل فقط كمصدر للمياه اللازمة للقرى والعزب والمبانى المنعزلة .

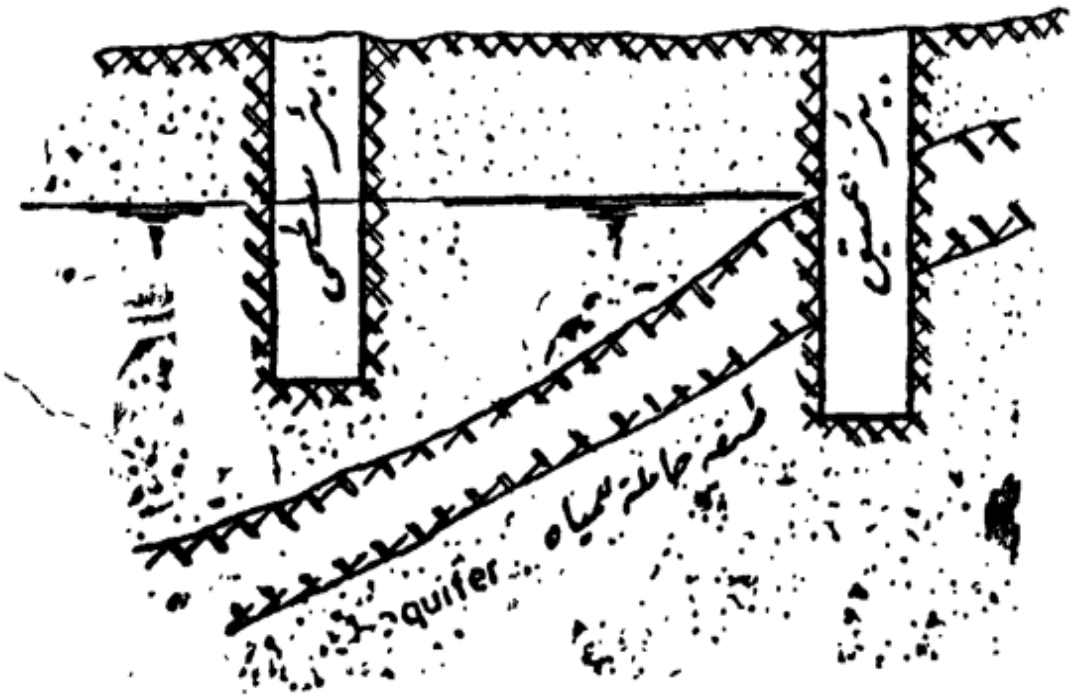
وفى الجمهورية العربية المتحدة يعتبر نهر النيل هو المصدر الرئيسى للمياه الجوفية وذلك لندرة الأمطار إلا على الشريط الساحلى الشمالى – وتستعمل المياه الجوفية فى مصر لامداد القرى والأماكن المنعزلة بالمياه بانشاء بئراً وأكثر لكل قرية أو مجموعة من القرى – ويزود كل بئر بطلمبة ترفع المياه إلى خزان مرتفع ومنه توزع المياه فى شبكة المواسير إلى المنازل أو إلى مجموعة الحنفيات فى انحاء القرية .

هذا فى الأماكن التى تصلح فيها المياه الجوفية للاستعمال الا أنه نظراً لعدم صلاحية الماء الجوفية على امتداد الساحل الشمالى للدلتا لكثرة ما بها من أملاح وكذلك فى محافظة الفيوم – فأنه لا يعتمد على المياه الجوفية لامداد القرى فى هذه المناطق بالمياه ولذلك عمدت السلطات المسئولة إلى انشاء

محطات تنقية للمياه السطحية من النيل أو الترع المتفرعة منه وكذلك انشاء شبكات لتوزيع المياه تغطى هذه المناطق — ومحطات التنقية هذه توجد فى مدن فوه وشربين . بساط كريم الدين . العباسة . أبوحمص وذلك لامداد قرى منطقة شمال الدلتا بالمياه الصالحة للاستعمال (شكل ١ — ١٢) . وكذلك بالقرب من مدينة الفيوم لامداد قرى محافظة الفيوم بالمياه .

الآبار ـ أنواعها وطرق انشائها

تنقسم الآبار تبعا لموضوع طبقات الارض الصماء بالنسبة للطبقة الحاملة للماء الى نوعين (شكل ٤—١٣)



(شكل رقم ٤ — ١٣)

أ - آبار سطحية (Shallow well) : وهى التى تستمد ماءها من الطبقة المسامية التى تعلو أول طبقة صماء - أى أن البئر لا يخترق الطبقة الصماء .

(ب) آبار عميقة (Deep well) : وهى الآبار التى تنفذ خلال طبقة صماء لتحمل على الماء من مسامية واقعة تحتها .

ويلاحظ أن التعبيرين (سطحية . عميقة) لا تعنى المقارنة بين الأعماق الفعلية للابار بل تعنى مدى اختراق البئر لطبيعة صماء أو عدمه - وبذلك من المحتمل أن يوجد بئر عميق أقصر (أى أقل عمقا) من بئر سطحى متوقفاً على اختراق البئر لطبقة صماء .

وتنقسم الآبار بالنسبة للضغط الواقع على المياه الجوفيه الى نوعين (شكل ٤-١٠)

أ - آبار اعتيادية (Ordinary wells) :

وهى التى يكون الضغط على سطح المياه الجوفية فيها مساوياً بالضغط الجوى أى يكون مستوى الماء فى البئر عند عدم تشغيله هو نفس مستوى الماء فى الطبقة الحاملة لـه وهذا هو الواضع دائماً بالنسبة للابار السطحية .

ب - آبار ارتوازية (Artizian or pressure wells) :

وهى الآبار التى تتغذى من طبقة مسامية تكون المياه الجوفية فيها تحت ضغط أعلى من الضغط الجوى بحيث يرتفع الماء فى البئر إلى مستوى أعلى من مستواه فى الطبقات المحيطة بالبئر .

وهذا النوع من الآبار بدورة ينقسم إلى نوعين (شكل ٤ - ١٠) :

١ – آبار ارتوازية متدفقة (Free flowing wells) :

وهى الآبار التى تكون المياه الجوفية فيها معرضة لضغط كاف لأن يسبب ارتفاع الماء إلى فوهة البئر عند مستوى سطح الأرض – الأمر الذى يغنى عن استعمال طلمبات اسحب الماء من البئر .

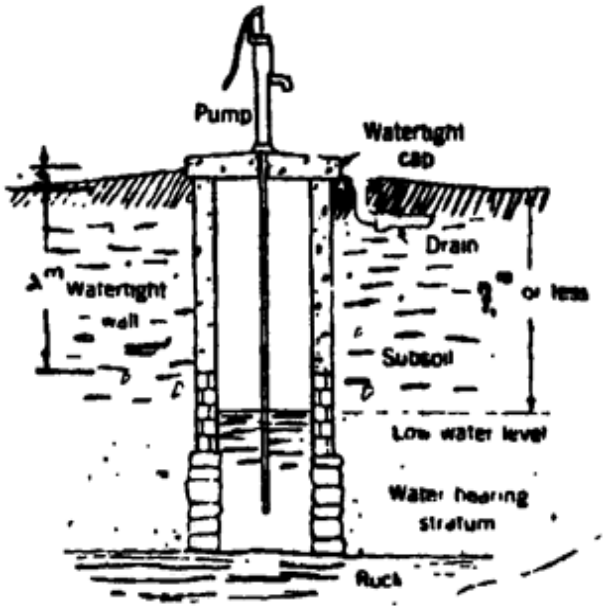
٢ – آبار ارتوازية غير متدفقة (Non free flowing wells) :

وهى الآبار التى لا تتعرض المياه فيها لضغط كاف بسبب ارتفاع الماء إلى سطح الأرض بل يسببَ ارتفاع الماء إلى منسوب أقل من سطح الأرض الأمر الذى يوجب استعمال طلمبات لاستخراج الماء من البئر .

وتنقسم الآبار تبعا لطريقة بنائها الى عدة انواع

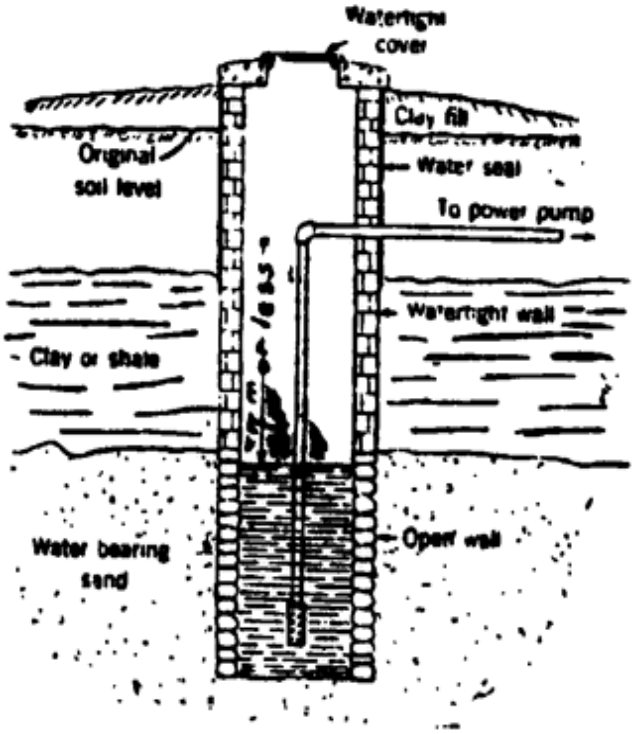
أ – الآبار المحفورة Dug wells : (شكل ٤ – ١٤ ، ٤ – ١٥) :

وهى آبار سطحية يتراوح قطرها بين متر ومترين ولا يتجاوز عمقها خمسة عشر متراً – وتبنى بطريقة التغويص بأن تحفر الأرض لعمق حوالى



(شكل رقم ٤ - ١٤)

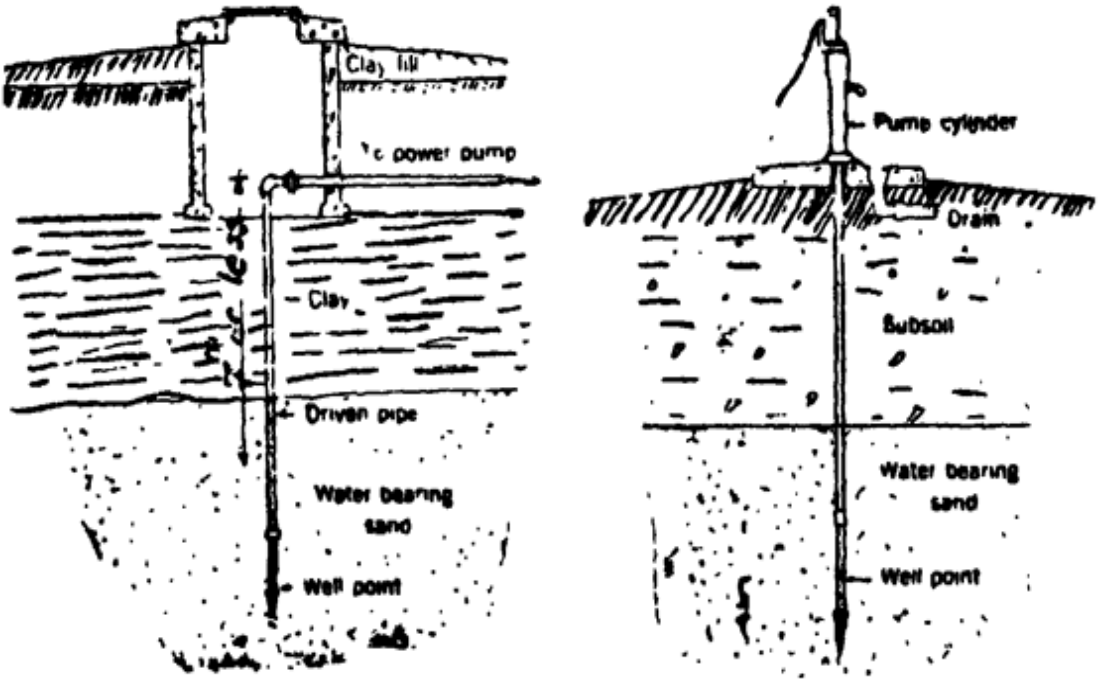
متر ين – بالقطر المناسب ثم توضع كرة دائرية من الخشب أو الحديد أو الخرسانة المسلحة يطلق عليها اسم (الخنزيرة) – على أن تكون مثلثة القطاع ذات حد قاطع وقطرها الداخلى يساوى قطر البئر المراد بناؤه – ثم يبنى على هذه الكمرة الحائط المبطن بالطوب أو الدبش بدون مونة – حتى تسمح بتسرب المياه من الأرض إلى داخل البئر خلال مسام المبانى – وكلما زاد ارتفاع الحائط زاد ثقله على الكمرة فى نفس الوقت تخلى الأرض داخل الخنزرة وتحت جوانبها مما يساعد على نزولها بما عليها من مبانى تدريجياً إلى أن تصل إلى العمق المطلوب داخل الطبقة الأرضية الحاملة للمياه – على أن يراعى دقة عماية البناء والحفر حتى تتم العملية بانتظام – والا تعذر انزال البئر رأسياً نتيجة لتحميل الخنزيرة تحميلا غير منتظم أو نتيجة لاحفر داخل وتحت الخنزيرة حفرا غير منتظم .



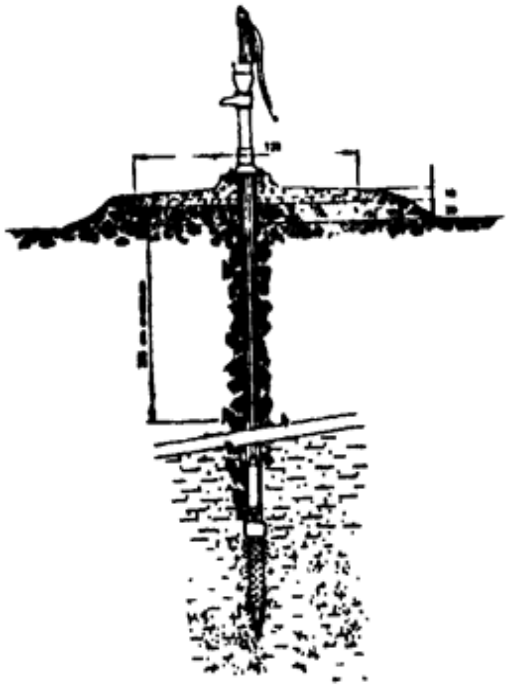
(شكل رقم ٤ - ١٥)

على أنه يجب مراعاة أن تكون مبانى الجزء العلوى من الحائط المبطن للبئر بالطوب أو الدبش بالمونة الأسمنتية أو من الخرسانة حتى يكون مصمتا بعمق ثلاثة متر على الأقل حتى لا تتسرب المياه السطحية داخل البئر خلال هذا الجزء — وبذلك يمتنع أى احتمال لتسرب مياه سطحية إلى داخل البئر دون تنقية كافية كما يراعى أن ترتفع مبانى الحائط المبطن للبئر مقدار ثلاثين سنتيمترا فوق سطح الأرض ثم يغطى البئر بغطاء من الخرسانة المسلحة تخترقه ماسوره متصلة بالطلمبة التى تسحب المياه من البئر — ومن المستحسن أن يزود هذا الغطاء بفتحة مغطاة يمكن فتحها عند الحاجة للكشف على البئر على فترات .

(ب) الآبار المدقوقة (Driven Wells) ، (شكل ٤ — ١٦ ، ٤ — ١٧ ، ٤ — ١٨) :



(شكل رقم ٤ - ١٦ ، ٤ - ١٧)



(شكل رقم ٤ – ١٨)

وهى عبارة عن ماسورة من الحديد يتراوح قطرها من ٢ إلى ٣ بوصة مكونة من عدة وصلات كل منها بطول حوالى متران متصلة ببعضها بواسطة جلب مقلوظة (Screw joints) على أن يكون الجزء الأسفل منها ماسورة مثقبة الجوانب ذات طرف مدبب ليسهل اختراقها للتربة عند دقها . (شكل ٤ – ١٩) – وهذه الماسورة تعمل كمصفاة تسمح بتسرب الماء إلى داخل الماسورة وتمنع حبيبات التربة من ذلك . ويتراوح قطر هذه الثقوب من $\frac{1}{4}$" إلى $\frac{5}{8}$" على أن تكون المساحة الكلية لهذه الثقوب حوالى ٢٠ ٪ من المساحة السطحية للماسورة – وتغطى هذه الثقوب بسلك شبكى نحاسى فتحاته نصف مليمتر بحيث تكون المساحة الكلية للثقوب فى الشبكة النحاسية هذه حوالى ١٠ ٪ من المساحة السطحية للماسورة .

وتدق هذه المواسير فى الأرض لتخترق القشرة الأرضية وتصل إلى الطبقة الرملية الحاملة للمياه الجوفية بأحد الطرق الآتية :

١ - استعمال ثقل يرتفع ثم يسقط على رأس الماسورة (شكل ٤ - ٢٠)

وفى هذه الطريقة توضع الماسورة المثقبة فى وضع رأسى وطرفها المدبب إلى أسفل - وبتوالى سقوط ثقل على رأسى الماسورة تهبط داخل الأرض - وعند اقتراب نهاية الماسورة لسطح الأرض يوصل بها ماسورة أخرى طولها حوالى متران وذلك بواسطة وصلات أو جلب مقلوظة ويستأنف الدق وهكذا إلى أن تصل الماسورة المثقبة إلى العمق المطلوب الذى تتواجد فيه المياه الجوفية .

وتصلح هذه الطريقة لعمل آبار فى الأرض الرملية أو الطينية المفككة ولكنها غير صالحة فى الأرض الصخرية أو الطينية المتماسكة .

(شكل رقم ٤ - ١٩)

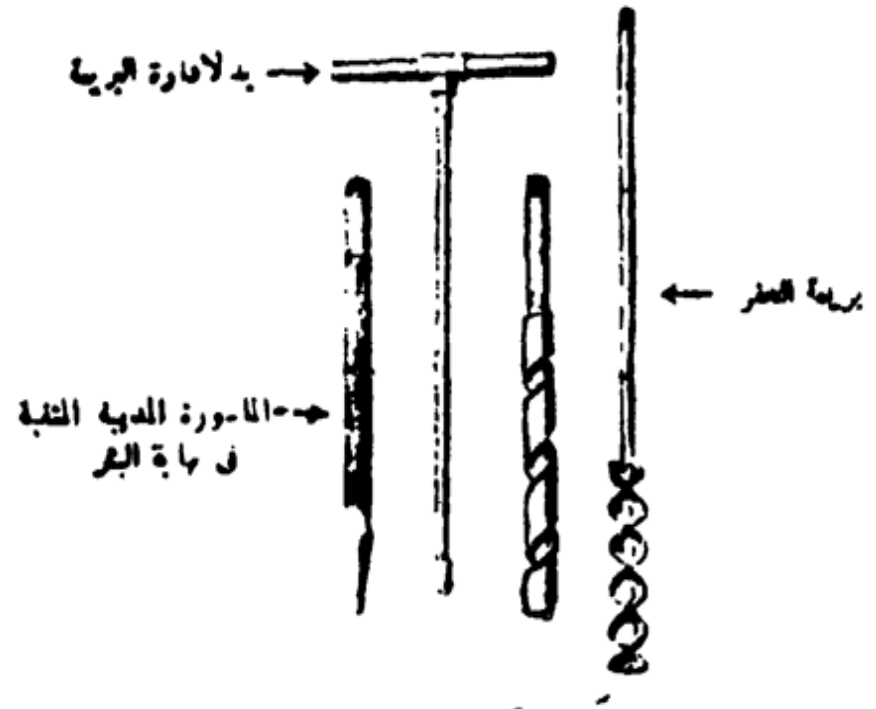
شكل رقم ٤ - ٢٠)

٢ - استعمال البريمة لثقب الأرض

وفى هذه الطريقة تستعمل بريمة قطرها الخارجى أكبر قليلا من قطر ماسورة البئر على أن تثبت البريمة رأسيا ثم تدار لتنزيل فى الأرض إلى نهايتها ثم ترفع رأسياً دون أن تدار وبذلك تخرج البريمة وفى ثناياها حبيبات التربة ويتم عمل ثقب داخل أرض بالقطر المطلوب . (شكل ٤ - ٢١) :

وبازالة المواد العالقة من ثنايا البريمة يمكن اعادة استعمالها لتعميق البئر بالاستعانة بقضبان تتصل بالبريمة بجلب مقلوظة - حتى تصل إلى العمق المطلوب الذى تتواجد فيه المياه الجوفية - وعندئذ يمكن انزال الماسورة المثقبة على أن توصل بها المواسير الحديدية بالطول اللازم .

وتمتاز هذه الطريقة عن الطريقة السابقة بأنه عند تنظيف ثنايا البريمة يمكن أخذ عينات من التربة لمعرفة نوعها ومدى نفاذيتها ومساميتها وبذلك يمكن تحديد العمق المناسب الذى يوقف عنده البئر .



(شكل رقم ٤ - ٢١)

كما يجب أن تعلى الأرض فى موقع البئر بمقدار ثلاثين سنتيمتراً ثم توضع بلاطة من الخرسانة المسلحة تخترقها ماسورة البئر لتتصل بالطلمبة التى تسحب المياه . ويفضل أيضاً أن تغلف ماسورة البئر لعمق ثلاثة أمتار بها ماسورة أخرى معدنية أو خرسانية (شكل ٤ – ١٨) لضمان عدم تسرب المياه من سطح الأرض إلى البئر خلال الطبقة العليا للارض دون تنقية كافية .

على أنه يجب مراعاة ألا تتجاوز المسافة بين الطلمبة التى تسحب المياه من البئر وسطح المياه أكثر من سبعة أمتار حتى يمكن سحب المياه دون أى متاعب نتيجة لتبخر الماء الناتج من انخفاض الضغط داخل الماسورة – فاذا وجد أن منسوب المياه الجوفية أبعد من سبعة أمتار تحت سطح الأرض فأنه يجب انزال الطلمبة الساحبة للمياه إلى منسوب يسمح بسحبة دون التعرض لمتاعب تبخر الماء الناتج من زيادة طول ماسورة السحب عن سبعة أمتار (شكل ٤ – ١٨) .

طول الماسورة المثقبة (المصفاه) :

وبتوقف طول الماسورة المثقبة فى النهاية لماسورة السفلى البئر على التصرف المنتظر سحبه من البئر وكذلك على السرعة المسموح للمياه أن تدخل بها خلال هذه السرعة يجب ألا تزيد عن القدر الذى قد يسبب دخول حبيبات التربة داخل المواسير كما هو مبين بالجدول رقم (٤ – ١) الا أنه عادة ماتحتسب هذه السرعة ٠,٠٣ متر /الثانية وذلك زيادة فى الاحتياط – ولما كانت المساحة الكلية (net area) للثقوب تساوى ١٠٪ من المساحة السطحية للماسورة المثقبة .

جدول رقم (٤ - ١)
الحد الأقصى بسرعة دخول المياه
فى ثقوب المصفاه للابار المدقوقة

قطر حبيبات التربة ملليمتر		السرعة القصوى متر / ثانية
أقل من ٠,٢٥		٠,٠٣
٠,٢٥	← ٠,٥٠	٠,٠٣ ← ٠,٠٦
٠,٥٠	← ١,٠٠	٠,٠٥ ← ٠,١٠
١,٠٠	← ٢,٠٠	٠,١٠ ← ٠,١٧
٢,٠٠	← ٤,٠٠	٠,١٧ ← ٠,٧٠

أى أن س = ٠,١٠ × ل × ط × ق

حيث ل = طول الماسورة المثقبة
ط = النسبة التقريبية = ٣,١٤
ق = قطر الماسورة المثقبة
س = مساحة الفتحات فى الشبكة النحاسية

وبافتراض ع = سرعة دخول الماء فى الثقوب = ٠,٠٣ متر / ثانية
يكون التصرف الداخل خلال الثقوب = ع س

= ٠,٠٣ × ٠,١ × ل × ط × ق
= ٠,٠٠٣ ل ط ق

وهو يساوى فى نفس الوقت التصرف الخارج من البئر .
وبفرض أن سرعة المياه داخل ماسورة البئر تساوى ١,٠ متر / ثانية .

∴ تصرف البئر = $\frac{\text{ع} \times \text{ط ق}^2}{4} = \frac{\text{ط ق}^2}{4}$

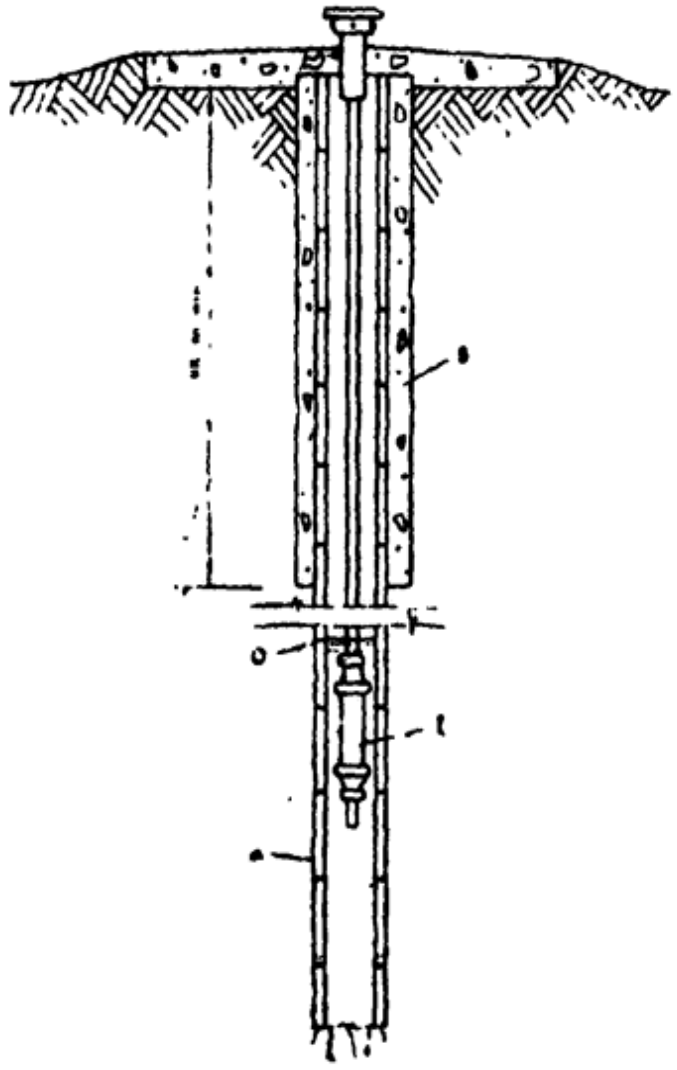
∴ $\frac{\text{ط ق}^2}{4}$ = ٠,٠٠٣ ل ط ق

∴ ل = ٨٠ ق تقريباً .

أى أن طول الماسورة المثقبة يجب ألا يقل عن ثمانين ضعف قطر الماسورة

(ج) الآبار المثقوبة (Bored Wells) : (شكل ٤ — ٢٢)

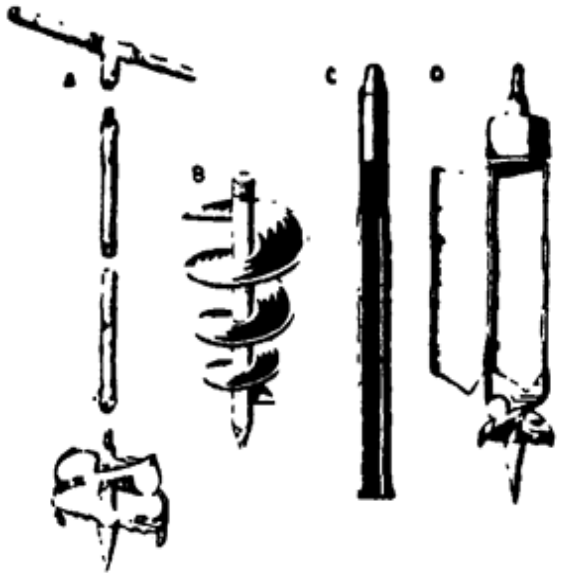
وهى عبارة عن فتحة فى القشرة الأرضية يتراوح قطرها بين ستة بوصات وستة وثلاثين بوصة تبطنها ماسورة حديدية بنفس القطر — مكونة من عدة مواسير طول كل منها حوالى متران متصلة ببعضها بواسطة وصلات أو جلب مقلوظة — على أنه يجب أن تكون الماسورة السفلى من هذه المواسير مثقبة تعمل كمصفاة حتى يمكن للمياه الجوفية أن تتسرب إلى داخل البئر بينما تمنع حبيبات التربة من ذلك .



(شكل رقم ٤ - ٢٢)

وتغوص هذه المواسير بوضع الماسورة الأولى (المثقبة الجوانب) فى وضع رأسى وبتوالى سقوط ثقل يرتفع ويهبط على رأس الماسورة تهبط الماسورة داخل الأرض ومن ثم توصل بها ماسورة أخرى بواسطة الوصلات الحلب المقلوظة ويستأنف الدق حتى تصل إلى العمق المطلوب .

الا أنه يجب ملاحظة أن فى هذه الحالة نظراً لأن المواسير لا تنتهى بطرف مقفل مدبب (كما هى الحالة فى الآبار المدقوقة) بل تنتهى بطرف مفتوح فأنه يلزم بازالة الأتربة من داخل المواسير مع استمرار عملية الدق . وهذا يتم باستخدام أدوات خاصة بذلك مثل البريمة (auger) بأنواعها أو صناديق ازالة الرمل أو الطين وهذه مزودة بصمامات فى أسفلها لمنع سقوط المواد منها عند رفعها إلى أعلى (شكل ٤ – ٢٣) – بل يحسن أن أمكن أن تكون عملية ازالة الأتربة سابقة لعملية دق المواسير (شكل ٤ – ٢٤) .



(شكل ٤ – ٢٣)

(شكل ٤ – ٢٤)

وتمتاز هذه الطريقة كسابقتها بأنه عند ازالة الأتربة من داخل المواسير يمكن أخذ عينات من التربة لمعرفة نوعها ومدى نفاذيتها وبذلك يمكن تحديد العمق المناسب الذى يوقف عنده دق البئر .

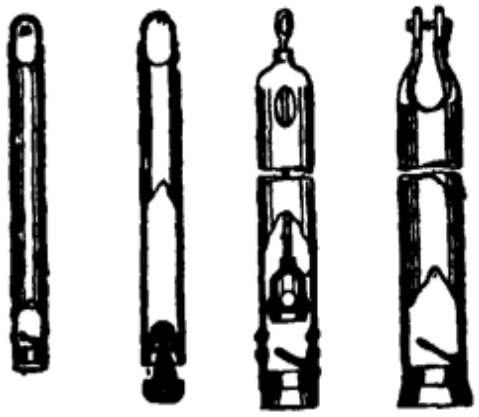
كما يراعى أسوة بالابار المحفورة أن ترتفع الماسورة المبطنة للبئر بمقدار ثلاثين سنتيمتراً فوق سطح الأرض على أن تغلف هذه الماسورة حتى عمق ثلاثة أمتار داخل الأرض بغلاف من الخراسانة لضمان عدم تسرب المياه من سطح الأرض إلى البئر خلال الطبقة العليا للأرض ثم يغطى البئر بغطاء من الخرسانة المسلحة تخترقه ماسورة متصلة بالطلمبة التى تسحب المياه من البئر .

(د) الآبسار المنحوتسة (Drilled wells) :

وهى الآبار التى تخترق طبقات الأرض الصخرية أو المتماسكة تماسكاً شديداً تحتاج لمعدات وآلات لاختراق هذه الطبقات الصلبة حتى يمكن الوصول إلى الطبقة الحاملة للمياه الجوفية .

وهناك أكثر من طريقة لانشاء هذه الآبار :

١ - الطريقة الاعتيادية (Standard method)



(شكل رقم ٤ - ٢٥)

وهى تتكون من ماسورة ذات حد قاطع تدق لتخترق القشرة الأرضية حتى تصل إلى المياه الجوفية ولا تختلف طريقة تغوص الماسورة فى هذه الحالة عن طريقة الآبار المثقوبة الا فى طريقة تكسير الطبقات الصخرية التى قد تعترض الماسورة ففى هذه الحالة تستعمل أثقال مدببة الأطراف تعلو وتهبط داخل الماسورة أثناء عملية التغويص ، وينتج عن ذلك تفتيت للصخور التى تعترض نزول الماسورة فى داخل الأرض — على أن تزال المواد التى يتم تفتيتها كل فترة بواسطة البريمة بأنواعها أو صناديق ازالة .(شكل ٤ — ٢٥) .

وكما هو الحالة فى الآبار المثقوبة يراعى أن يكون الجزء الأسفل من الماسورة مزوداً بثقوب تسمح بدخول الماء الجوفى داخل البئر .

٢ — الطريقة المائية (Jetting method) (شكل ٤ — ٢٦) :

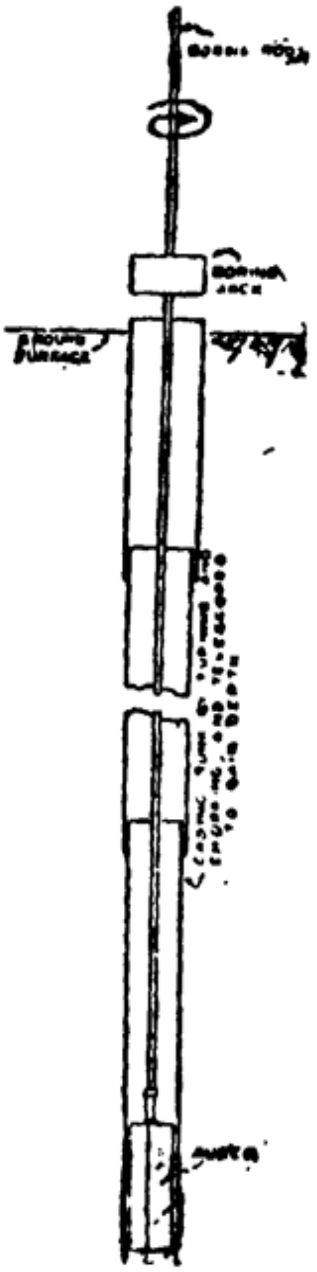
وتتبع نفس طريقة التغويص المتبعة فى الطريقة الاعتيادية أى باستعمال الأثقال المدببة المتوالية الهبوط والارتفاع لتكسير المواد الصلبة داخل ماسورة البئر الا أنه فى الطريقة المائية تكون هذه الأثقال مفرغة ومثقبة ومتصلة بمواسير مرنة تسير فيها الماء تحت ضغط عالى ونتيجة لهذا الضغط تخرج المياه من الثقوب الموجودة فى الأثقال باندفاع ومن ثم ترتفع إلى أعلى داخل ماسورة البئر حاملة معها المواد التى كسرتها الأثقال فى أثناء هبوطها المتوالى .

وتمتاز هذه الطريقة عن سابقتها بأنها أسرع كما أنها أنسب فى حالة اختراق طبقات طينية متماسكة ولاقطار حوالى قدم ولاعماق تصل إلى مائة وخمسين متراً .

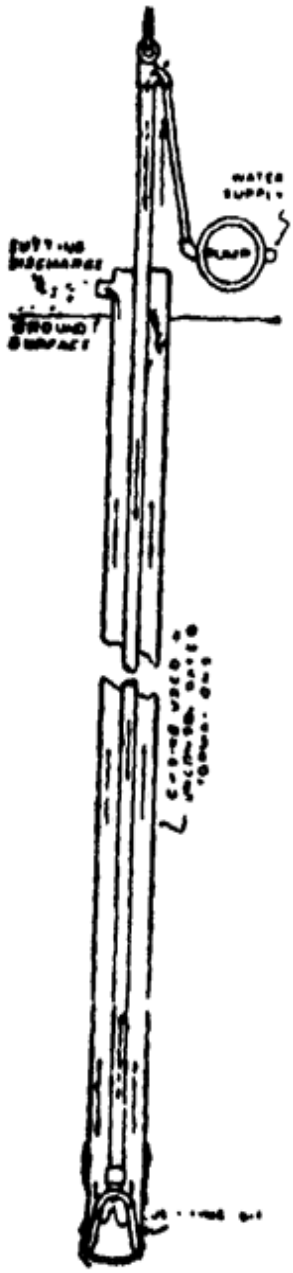
٣ — المثاقب الدوارة (Core Driller methods) (شكل ٤ — ٢٧) :

وفى هذه الطريقة يتم عمل الثقب داخل طبقات الأرض الصلبة بواسطة مثاقب عبارة عن اسطوانة مجوفة مزودة بأسنان صلبة تدور بسرعة ٢٠ — ٤٠

شكل ٤ – ٢٨



شكل ٤ – ٢٧



شكل ٤ – ٢٦

لفة فى الدقيقة وبذلك تتم نحت جزء من طبقة الأرض تدخل فى الاسطوانة المجوفة وعند رفع الاسطوانة إلى أعلى ينفصل هذا الجزء ليخرج مع الاسطوانة وتستمر عملية الثقب هذه – وفى نفس الوقت تجرى عملية انزال الماسورة الحديد المبطنة للبئر فى الثقب أثناء التشغيل حتى تصل إلى العمق المطلوب حيث توجد الطبقة الحاملة للمياه الجوفية .

وتمتاز هذه الطريقة بامكان الحصول على عينات من باطن الأرض كما كانت عليه داخل الأرض دون أى خلل فى ترتيب الحبيبات .

٤ - الطريقة المائية الدوارة (Hydraulic Rotary Method) (شكل٤-٢٨):

وهى أحسن ما تتبع إذا كانت طبقات الأرض من طبقات متماسكة من الطين والرمل - وفى هذه الطريقة يستعمل مثقاب مجوف =مزودة بأسنان صلبة تدور بسرعة تتناسب مع نوع التربة التى تخترقها - ويتصل بهذا المثقاب ماسورة تضغط فيها المياه مشبعة بنوع معين من الطمى (Driller mud) فتخرج من الاسطوانة حاملة معها المواد التى تحتتها الأسنان الحادة فى أثناء دورانها .

الاشتراطات الصحية الواجب توافرها فى مياه الآبار :

تعتبر المياه الجوفية أكثر صلاحية من المياه السطحية من الناحية الصحية ولهذا فأنه يفضل الاعتماد عليها كمصدر لمياه صالحة طالما تواجدت بالكميات الكافية وكانت لا تحتوى على شوائب تحد من استعمالها والجدول رقم (٤ - ٢) يبين الدرجة القصوى التى تتواجد بها الشوائب المختلفة فى المياه الجوفية كما يبين الحد الأقصى المسموح بتواجده فى المياه الصالحة للاستعمال وكذلك الحد المفضل عدم تجاوزه لتركيز هذه الشوائب .

فاذا زادت الشوائب فى المياه الجوفية عما هو مذكور فى جدول (٤ - ٢) فلا بد من معالجتها قبل الاستعمال حتى يقل تركيزها إلى الحد الأقصى المفضل كما هو واضح فى نفس الجدول .

جدول رقم (٤ – ٢)

الحد الأقصى والحد المسموح به والحد المفضل للشوائب
فى المياه الجوفية (مقدرة جزء فى المليون)

	أقصى حد للتواجد	الحد الأقصى المسموح به	الحد الأقصى المفضل
العكارة	١٠٠	١٠	١
اللون	٦٠٠	٢٥	٥
الأملاح الذائبة			
الحديد	٢٠	٥	٠,٣
السلفات	٢٠٠٠	١٠٠٠	٢٥٠
المنجنيز	٥	٢	٠,٢
الكلوريدات. . . .	٢٠٠٠	٣٠٠	٢٥٠
العسر الكلى	٢٠٠٠	٥٠٠	١٠٠
الكلوريدات. . . .	٣,٥٠	١,٥	١,—
الغازات الذائبة			
الميثين	١٥	١٥	صفر
كبريتور الهيدروجين	—	—	صفر
ثانى أكسيد الكربون .	٦٥	٢٥	١٥
الأكسجين	١٤,—	—	—

المساحة الصحية للآبار (Sanitary Survey)

وبالاضافة إلى عدم زياة تركيز الشوائب فى المياه الجوفية عما جاء فى هذا الجدول فأنه يجب فحص الآبار للتأكد من استيفائها الشروط الآتية قبل الحكم بصلاحية الآبار للاستعمال وهذا ما يسمى بالمساحة الصحية للبئر . وهى تشمل ما يأتى :

١ - اختبار مبنى للبئر (Examination of well construction) :

وذلك للتأكد من عدم تسرب المياه السطحية إلى داخل البئر وخطوات ذلك هى :

(ا) التأكد من أن مبانى الجزء العلوى من الحائط المبطن للبئر من الطوب أو الدبش بالمونة أو من الخرسانة العادية أى يكون من مادة غير منفذة للمياه (Water tight) وذلك لعمق لا يقل عن ثلاثة أمتار .

(ب) رفع هذا الحائط المبطن للبئر فوق سطح الأرض بحوالى ثلاثين سنتيمتراً مع وضع غطاء من الخرسانة المسلحة تخترقه ماسورة سحب المياه من البئر - على أن يزود هذا الغطاء بفتحة مغطاة يمكن فتحها عند الحاجة للكشف على البئر .

(ج) يجب تبليط الأرض المحيطة بالبئر بقطر حوالى عشرة متر مع مراعاة أن يكون الانحدار إلى الخارج وبذلك لا تتجمع المياه حول البئر .

٢ - اختبار موقع البئر (Examination of Site) :

وذلك للتأكد من حماية البئر من التلوث بالمياه الجوفية الملوثة : وحتى

يتوافر ذلك يجب مراعاة الآتى فى اختيار موقع البئر .

(ا) عدم استعمال الآبار المهملة أو المجارير لصرف المختلفات السائلة إلا بعد التأكد من عدم تسرب هذه المخلفات إلى الآبار المستعملة للشرب .

(ب) عدم انشاء البئر بالقرب من المصادر المسببة لتلوث المياه الجوفية مثل المجارير المرشحة (Leaching Cesspool) وأكوام السماد البلدى أو أكوام القمامة لما قد تحمله المياه التى ترشح من هذه المصادر إلى البئر من مواد عضوية متحللة تعطى الماء رائحة وطعما غير مستساغة .

ولذلك فأنه يوصى دائماً بألا يقل بعد البئر عن أى مصدر من مصادر التلوث المذكورة أعلاة عن ١٠ : ٣٠ متراً حسب مصادر التلوث ونوع البئر وتكوين طبقات الأرض .

(جـ) عند اختيار موقع البئر يجب التأكد من اتجاه سير المياه الجوفية ثم اختيار البئر بحيث يكون اتجاه سير المياه الجوفية من البئر إلى مصدر التلوث وليس العكس .

٣ - اختيار طريقة سحب المياه من البئر وتخزينها :

(ا) التأكد من أن مواسير السحب والضغط من مادة محكمة ويحسن أن تكون من الحديد الزهر وأن يكون تخطيطها فى باطن الأرض بعيداً عن أى مصدر للتلوث .

(ب) انشاء الخزانات المخصصة للمياه من مادة لا تتسرب منها المياه

مزودة بفتحات مغطاة للكشف عليها ومزودة كذلك بفتحات تهوية لمرو الهواء مانعة لمرور الأتربة والحشرات .

(ج) عدم وضع آلات محركة ثقيلة على البئر مباشرة إذ قد ينتج عن اهتزازها شروخ فى غطاء البئر أو الحائط المبطن للبئر — وهذا بالتالى يسبب دخول المياه السطحية إلى داخل البئر .

(د) اختيار عمق المياه فى البئر قبل وفى أثناء سحب المياه من البئر :

وذلك للتأكد من عدم تجاوز المسافة الرأسية بين الطلمبة التى تسحب الماء من البئر وسطح الماء فى البئر أكثر من ثمانية مترات والا تعذر رفع الماء — ولتفادى ذلك فى حالات تواجد الماء على أعماق كبيرة فأنه تبنى غرفة خاصة للطلمبة تحت الأرض من مادة مانعة لمرور الماء ، على أن تزود الحجرة بماسورة صرف للتخلص من الماء الذى قد يتسرب من الطلمبة أو من خارج الحجرة كما أنه فى كثير من الحالات إذا كان قطر البئر بالاتساع الكافى فأنه يتم انزال الطلمبة (دون الموتور المحرك) داخل البئر على أن تتصل بالموتور المحرك بمحور دوران بالطول الكافى .

٤ — الفحص البكتريولوجى للمياه الجوفية :

ويتم ذلك بأخذ عينات من المياه الجوفية من البئر وفحصها بكتيريولوجيا لمعرفة ما إذا كانت تحتوى على بكتيريا دالة على تلوث المياه بالمخلفات السائلة . إلا أن النتائج السالبة لهذا الفحص ليست كافية للدلالة على عدم تلوث المياه الجوفية بالمخلفات السائلة بل يعتمد اعتماداً أساسياً على الاختبارات الثلاثة السابقة كدليل على سلامة البئر وامكان الاعتماد عليه كمصدر لمياه الشرب .

على أنه يجب قبل استعمال البئر بعد انشائه أن يتم تعقيم البئر وذلك باتباع الخطوات الآتية :

١ - تنظيف جدران البئر والمواسير والطلمبات مما قد يتواجد فيها من شوائب علقت بها أثناء عملية البناء .

٢ - سحب الماء الموجود فى البئر وذلك فى حالة الآبار السطحية المحفورة ثم ترك البئر ليتسرب الماء إلى داخله حتى منسوب المياه الجوفية فى الأرض .

٣ - اضافة كمية من محلول الكلور إلى البئر .

٤ - قياس كميـــة الكلور المتبقية فى البـئر بعد ٢٤ ساعة من اضافة الكلور .

٥ - إذا خلت المياه من الكلور المتبقى فيلزم اضافة كمية أخرى من الكلور والتأكد من وجـــود كلور متبقى بعد ٢٤ ساعة أخرى .

٦ - سحب الماء المحتوى على الكلور - وبذلك يصير البئر صالحا للاستعمال .

المضخات المستعملة لرفع مياه الآبار

لما كان منسوب المياه الجوفية عادة أقل من منسوب الأرض فى منطقة البئر (ألا فى حالة الآبار الارتوازية المتدفقة) فان الأمر يحتاج دائماً إلى رفع المياه إلى الخزانات التى تتوزع منها المياه على المنازل وما فيها من أجهزة صحية- و هناك أنواع كثيرة من المضخات التى تستعمل لهذا الغرض وأكثرها إستعمالا هى :-

(ا) المضخة الماصة (Suction pump).

(ب) المضخة الماصة الكابسة (Suction Pressure pump).

(ج) المضخة الماصة الكابسة المزدوجة (Double force pump).

(د) المضخة ذات القوة الطاردة المركزية (Centrifugal pump).

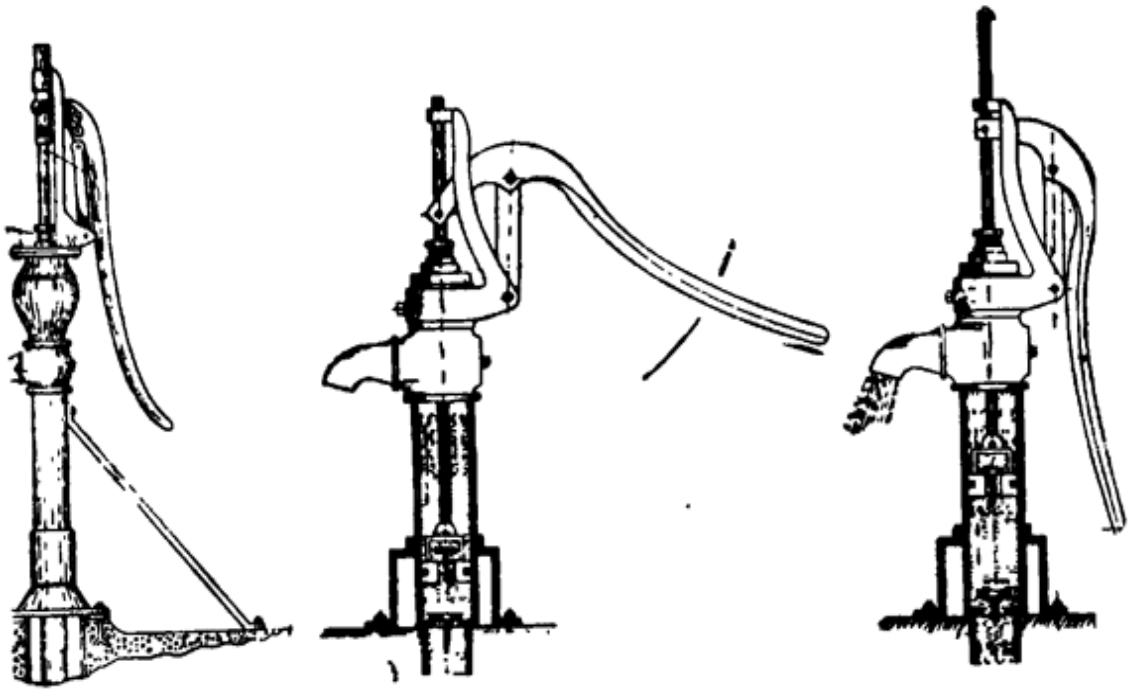
(ه) مضخات الرفع بالهواء المضغوط (Air lift pump).

(و) مضخات الرفع بالنافورة (Jet pump).

ويتوقف اختيار أى نوع من هذه الأنواع على كمية المياه المراد رفعها والمنسوب بالمراد رفع المياه إليه ومنسوب المياه فى البئر وعلى القوة المحركة المتيسر الحصول عليها .

(ا) المضخات الماصة (شكل ٤ - ٢٩) :

وهى غالباً تدار باليد وتستعمل لرفع الماء من الآبار إلى سطح الأرض فقط أى لا ترفعها إلى أعلى من الطلمبة نفسها ولا يزيد تصرفها عادة عن ٢٥



(شكل رقم ٤ — ٩ ٠)

لتر /دقيقة وهى عبارة عن اسطوانة من الزهر بداخلها كباس متصل بذراع يرتكز على حافة الاسطوانة من أعلى مكونا رافعة بسيطة يمكن بواسطتها تحريك الكباس رأسياً داخل الاسطوانة .

ويوجد بالمضخة صمامان الأول صمام الكباس والثانى صمام المص المركب على ماسورة السحب (Suction pipe) عند اتصالها باسطوانة الطلمبة . وكلا الصمامين يفتح فى اتجاه واحد إلى أعلى .

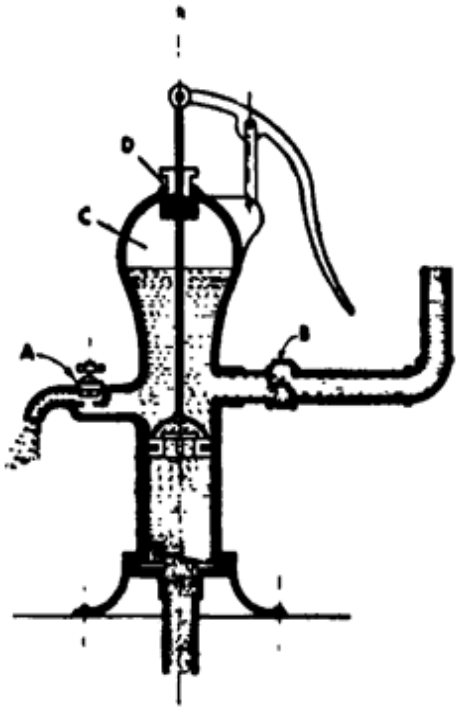
طريقة عمل المضخة :

عندما يرتفع المكبس إلى أعلى يحدث خلخلة للضغط داخل الاسطوانة وبذلك يتحرك صمام المص إلى أعلى وينفذ بعض الماء من البئر إلى أنبوبة المص إلى الاسطوانة إذ يتعرض الماء فى البئر للضغط الجوى. وعندما يتحرك المكبس إلى أسفل يقفل من صمام المص أتوماتيكيا بفعل وزنه — بينما يتسرب الماء الموجود فى الاسطوانة من صمام الكباس إلى خارج الطلمبة — ويلاحظ

أن الماء لا يخرج من الطلمبة باستمرار بل يخرج متقطعاً كلما ارتفع الكباس إلى أعلى . كما يلاحظ أن هذه الطلمبات لا توضع على سطح الأرض إلا إذا كانت المياه الجوفية على عمق لا يزيد عن سبعة أمتار والا انزلت الاسطوانة فى داخل البئر كما ذكر سابقاً .

(ب) المضخات الماصة الكابسة : (شكل ٤ — ٣٠) .

حيث أن المضخات الماصة مفتوحة فى أعلى الاسطوانة فأنها لا ترفع الماء إلى منسوب عال (أعلى من فوهتها) ولذلك اقتصر استعمالها على رفع الماء من الآبار السطحية أو من خزانات مياه المطر إلى منسوب سطح الأرض أو إلى حوض غسيل فى المطابخ أو أحواض شرب للحيوانات فى العزب ولكنه إذا تطلبت الحاجة رفع المـاء إلى منسوب عال حتى يمكن توزيعها فى أنابيب المياه للمنزل فأنه يستعمل لهذا الغرض المضخة الماصة الكابسة ، التى تقوم بدفع المياه إلى المنسوب المطلوب بالاضافة على عملية مصها من البئر . ولا



A : صمام تفريغ الطلمبة

B : صمام أنبوبة الطرد

C : حيز هواء

D : ثقب محكم

(شكل رقم ٤ — ٣٠)

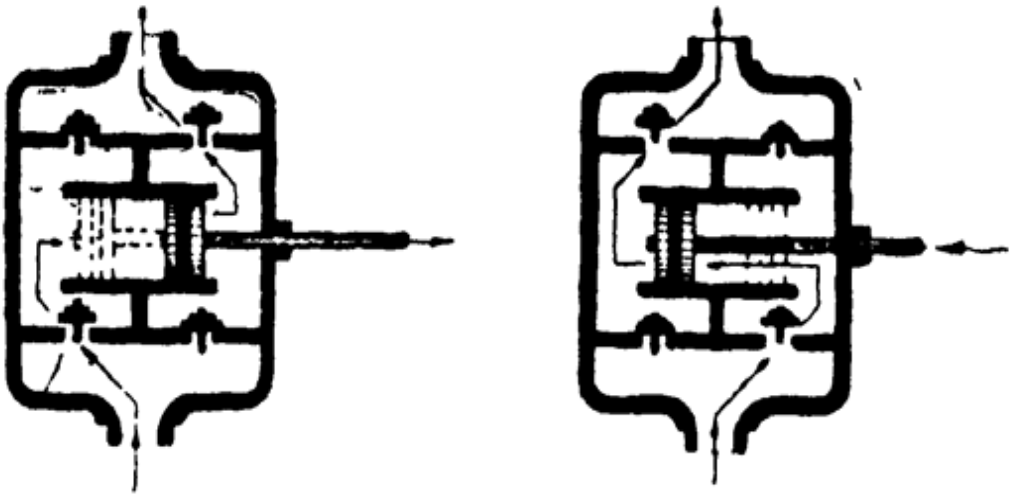
تختلف نظرية استعمالها عن االمضخة الماصة الا أنها غير مفتوحة من أعلى أى أن المحور المحرك للمكبس يمر فى ثقب يسمح بحركته بسهولة وفى نفس الوقت لا يسمح بنفاذ الماء . وتتصل الأنبوبة التى يكبس فيها الماء بأعلى الاسطوانة بواسطة صمام يفتح عندما يتحرك المكبس إلى أعلى دافعا فيها الماء الموجود بالاسطوانة .

وكما ذكرنا قبلا يكون اندفاع الماء من المضخة منقطاً كلما ارتفع المكبس إلى أعلى ولكن فى حالة المضخة الماشية الكابسة يمكن تلافى هذا العيب ليخرج الماء منها منتظما بواسطة حيز من الهواء(C) فى أعلى اسطوانة الطلمبة (شكل ٤—٣٠) فعندما يرتفع المكبس ينفذ بعض الماء إلى حيز الهواء هذا فتضغط الهواء الموجود فيها ويصعد بعض من الماء فى أنبوبة الكبس وعند حركة الكباس إلى أسفل يبطل اندفاع الماء إلى حيز الهواء ويأخذ الهواء المضغوط فى التمدد وبذلك يدفع جزءاً من الماء فى أنبوبة الكبس ،أى أن الماء يندفع باستمرار فى أنبوبة الكبس وبذلك يكون تصرف الماء منتظماً نوعا ما .

(ج) المضخات الماصة الكابسة المزدوجة (شكل ٤ — ٣١) :

فى هذا النوع يدخل الماء إلى ماسورة الكبس الصاعدة فى كل من الشوطين ولذلك سميت مزدوجة ويتم ذلك بواسطة أربعة صمامات اثنان للمص واثنان للكبس يتحرك بينهما المكبس إلى أعلى كما هو موضح بالشكل . وبذلك يكون التصرف من الطلمبة مستمراً غير متقطع . هذا ويمكن زيادة انتظام خروج الماء من الطلمبة باضافة اسطوانة هوائية كما سبق شرحه فى حالة المضخة الماصة الكابسة المفردة .

وتستعمل المضخات الماصة الكابسة كثيراً فى القرى والمبانى المنعزلة لسحب المياه من الآبار المحفورة أو المدقوقة على أن تدار يدوياً إذا لم يزد



(شكل رقم ٤ – ٣١)

تصرفها عن ٢٥ خمسة وعشرين لترا فى الدقيقة أما إذا زاد التصرف عن ذلك أو استعملت لسحب المياه من الآبار المنحوتة العميقة . فيحتاج الأمر عندئذ إلى قوة ميكانيكية لتشغيل الطلمبة .

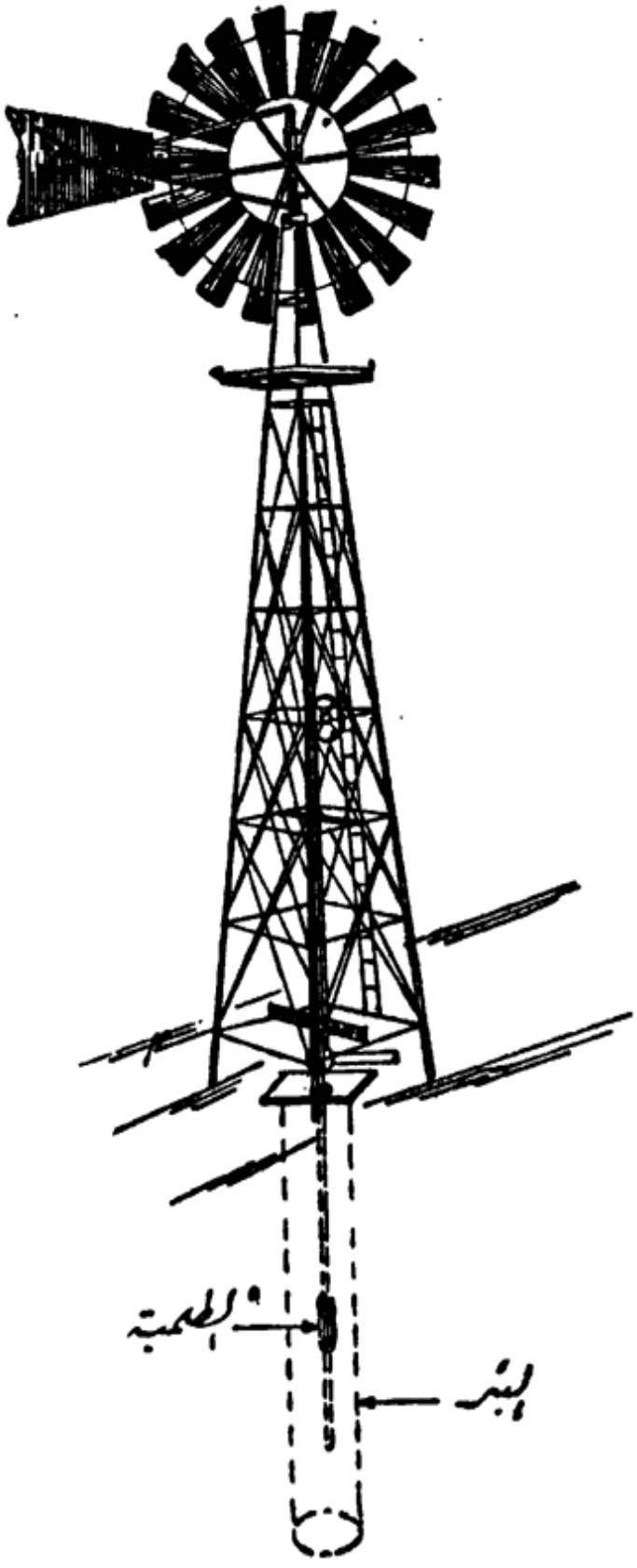
كما يستعمل أحيانا القوى الطبيعية مثل الرياح فى ادارة المراوح الهوائية (Wind mill) لتحريك الطلمبات الماصة الكابسة لرفع المياه من الآبار (شكل ٤ – ٣٢) وذلك فى الأحوال الآتية :

١ – هبوب رياح بسرعة لا تقل عن ثمانية كيلومترات فى الساعة أغلب الأوقات .

٢ – انشاء حوض يتسع لتخزين كمية من المياه كافية للاستهلاك العادى لمدة ثلاثة أيام وذلك احتياطا عند توقف الرياح مدة طويلة .

٣ – عمل وصلة ميكانيكية للطلمبة تسمح بادارتها يدويا إذا توقفت الرياح مدة طويلة .

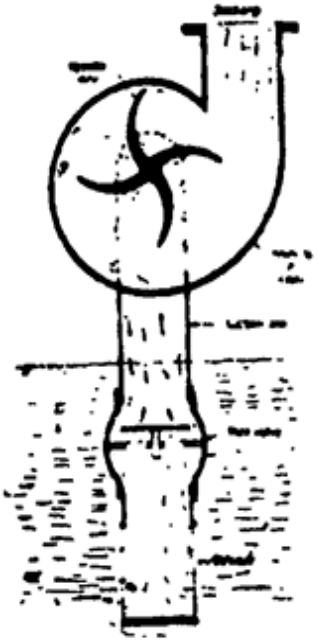
٤ – وجود المنزل المراد مده بالمياه فى منطقة خلوية متسعة دون عوائق عالية طبيعية مثل الأشجار أو رفع المروحة خمسة أمتار على الأقل أعلى من أى عائق قريب .



(شكل رقم ٤ – ٣٢)

(د) المضخات ذات القوة المركزية الطاردة (شكل ٤ – ٣٣) :

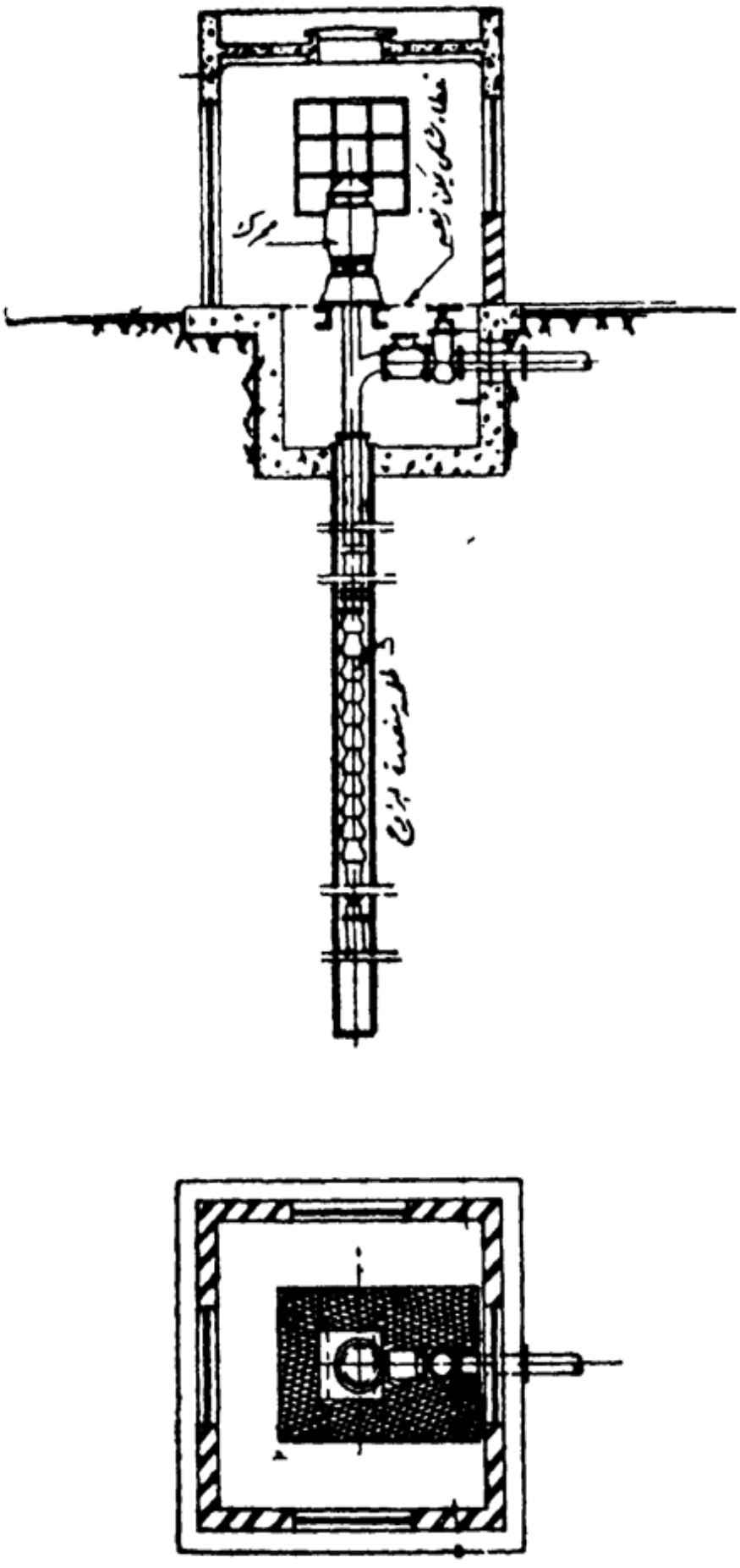
هذه الطلمبات تتكون من مروحة ذات أجنحة منحنية (Impeller) تدور بسرعة حول المحور داخل حيز دائرى مقفل (Casing) وتدخل المياه إلى هذا الحيز فى المركز فتقابل المروحة التى تدور بسرعة ينتج عنها طرد المياه إلى محيط الحيز ومن ثم إلى ماسورة المخرج .



(شكل رقم ٤ – ٣٣)

وهذه الطلمبات تحتاج إلى محرك ميكانيكى أو كهربائى ويقصر استعمالها على الآبار ذات التصرف العالى نسبياً والتى تخدم قرية أو مجموعة من القرى .

وهناك نوع من الطلمبات يحتوى على أكثر من مروحة وهو ما يسمى (Multi - Stage) الا أن هذا النوع لا يستعمل الا فى عمليات المياه الكبيرة التى تدفع فيها المياه إلى مسافات بعيدة أو إلى ارتفاعات عالية أو كانت المياه على أعماق كبيرة داخل البئر إذ أن كل مروحة كافية لرفع المياه من خمسة عشر متراً إلى خمسة وعشرين متراً (شكل ٤ – ٣٤) :

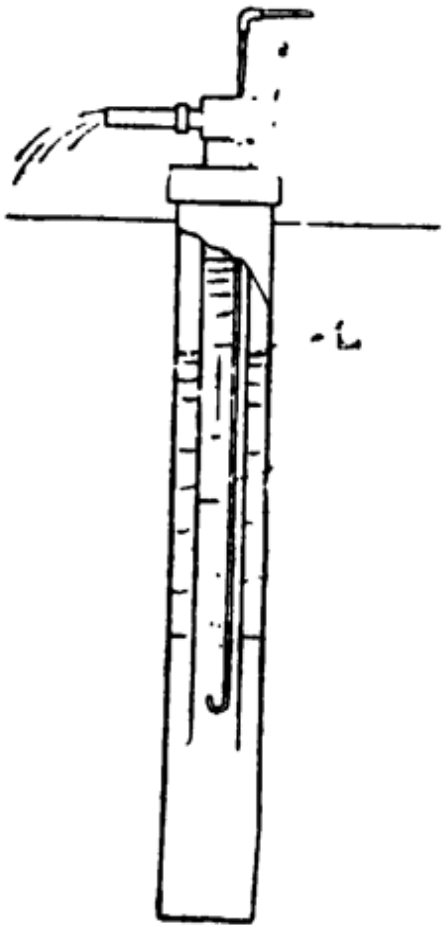


(شكل رقم ٤ – ٢٤)

وضع الطلمبة بالنسبة لمنسوب المياه فى البئر :

وكثيراً ما يفضل فى جميع أنواع المضخات أن توضع المضخة تحت سطح الماء وذلك بانزالها فى ماسورة البئر على أن تتصل بالمحرك الموجود فى منسوب أعلى من منسوب المياه الجوفية بواسطة محور دوران ذو طول كاف إلا أن زيادة طول محور الدوران قد يسبب بعض المتاعب الميكانيكية وفى هذه الحالة تنشأ بيارة عميقة صماء فوق البئر مباشرة على أن توضع المضخة فى أسفلها وتدار الطلمبة بمحرك كهربائى داخل البيارة فوق الطلمبة مباشرة . وبهذا يمكن تفادى متاعب محور الإدارة الطويل الا أن من مضار هذه الطريقة احتمال تسرب الماء الجوفى داخل البيارة مما قد يسبب بعض المتاعب فى المحرك .

(٨) مضخات الرفع بالهواء المضغوط (شكل رقم ٤ — ٣٥) :



(شكل رقم ٤ — ٣٥)

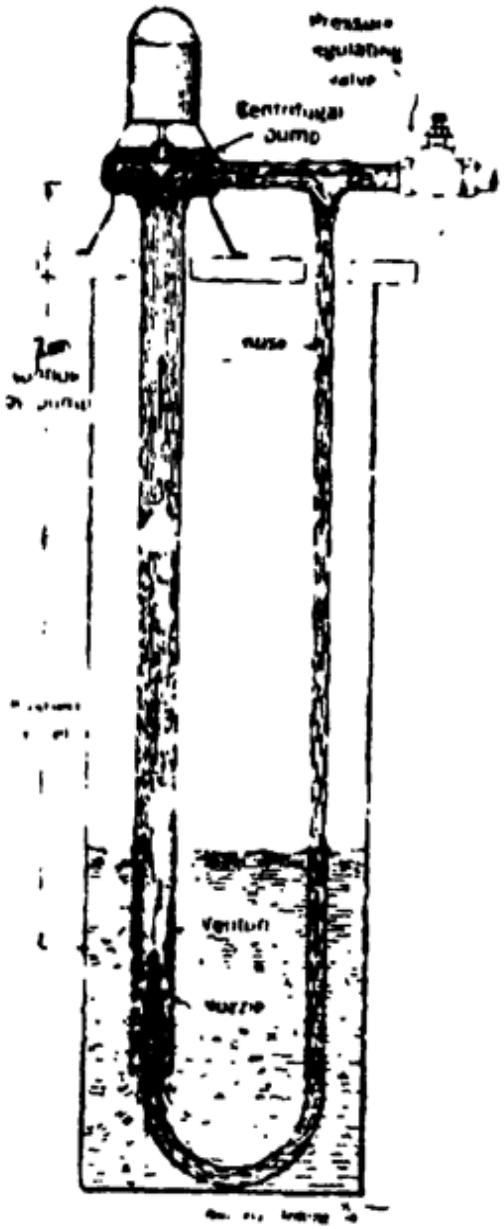
وهـــذا النوع من المضخات عبارة عن ماسورة يضغط فيها الهواء على أن تركب الماسورة داخـــل البـــئر بحيث ينحنى طرفها الأسفل إلى أعلى فى مدخل ماسورة سحب الميـــاه وذلك لتوجيه الهواء المضغوط تحت عامود المياه الموجود فى ماسورة السحب .

وعند تشغيل الهواء المضغوط يختلط الهواء اثناء صعوده إلى أعلى بالماء داخل ماسورة السحب مما يسبب ارتفاع الماء نتيجة لقلة كثافة مخلوط الماء والهواء فى ماسورة السحب عنه فى البئر . . ولا تزيد جودة هذه الطلمبات عن ٥٠ ٪ وتتناقص كلما زاد عامود الرفع .

(و) مضخة الرفع بالنافورة (شكل رقم ٤ — ٣٦) :

وهى مضخة طاردة مركزية عادية إلا أن ماسورة السحب تحتوى فى أسفلها على مضيق يشبه الفنتورى كما يتفرع من ماسورة الطرد ماسورة صغيرة تتجه إلى أسفل لتنتهى بفتحة مسلوبة (tapered nozzle) تخرج منها المياه مندفعة فى مضيق الفنتورى الموجود فى أسفل ماسورة السحب — وعند بدء تشغيل الطلمبة تمر المياه من مصدر خارجى فى الفرع من ماسورة الطرد المتجه إلى أسفل وباندفاع المياه فى مضيق الفنتورى تتوالد خلخلة للضغط فى ماسورة السحب مما يسبب ارتفاع المياه فى داخلها وهكذا حتى تمتلىء ماسورة السحب بالمياه من البئر وتختلط مياه البئر بالمياه الأخرى ومن ثم تبتدىء المياه فى الخروج من ماسورة الطرد . عندئذ يوقف امداد المياه إلى الطلمبة من المصدر الخارجى وبدوران الطلمبة يستمر سير الماء فى ماسورة الطرد ليتفرع جزء منه ويتجه إلى أسفل ليعود إلى مضيق الفنتورى مسبباً استمرار خلخلة للضغط فيها لترتفع المياه فى ماسورة السحب إلى الطلمبة إلى ماسورة الطرد .

ويمتاز هذا النوع من الطلمبات بقلة تكاليف التشغيل وسهولة الصيانة نظراً لعدم وجود أجزاء متحركة تحت سطح الماء وتصل جودته إلى ٧٥ —



(شكل رقم ٤ – ٣٦)

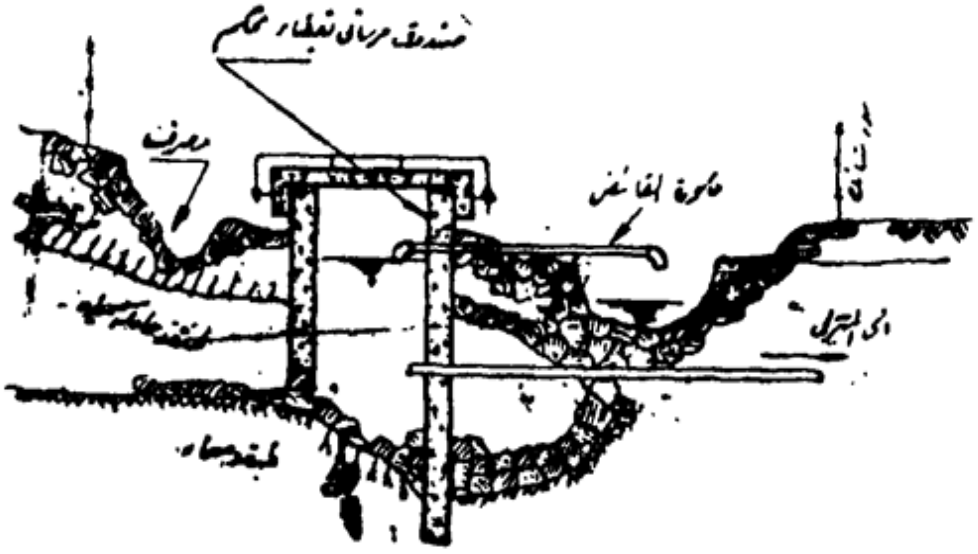
٨٠ ٪ – كما يتميز بامكان وضع الطلمبة على منسوب يرتفع عن سطح الماء في البئر أكثر من سبعة مترات ، إذ أن خلخلة الضغط في ماسورة السحب عند الفنتورى تسبب ارتفاع الماء في ماسورة السحب إلى منسوب لا يبعد عن الطلمبة أكثر من سبعة أمتار ، ومن ثم يمكن للطلمبة رفع المياه .

الينابيع أو العيون :

تنشأ الينابيع عندما تتقابل الطبقة المسامية الحاملة للمياه الجوفية مع سطح الأرض (شكل رقم ٤ — ١١) أو عندما تقابل هذه الطبقة شقاً رأسياً مؤدياً إلى سطح الأرض (شكل رقم ٤ — ١١) وتكون المياه بها تحت ضغط كاف لرفع الماء فى هذا الشق إلى سطح الأرض . والنوع الأول هو ما يسمى بالينابيع السطحية والثانى بالينابيع العميقة ولا تختلف مياه الينابيع كثيراً عن مياه الآبار وينطبق عليها ما سبق ذكره من مواصفات .

وقاية الينابيع من التلوث :

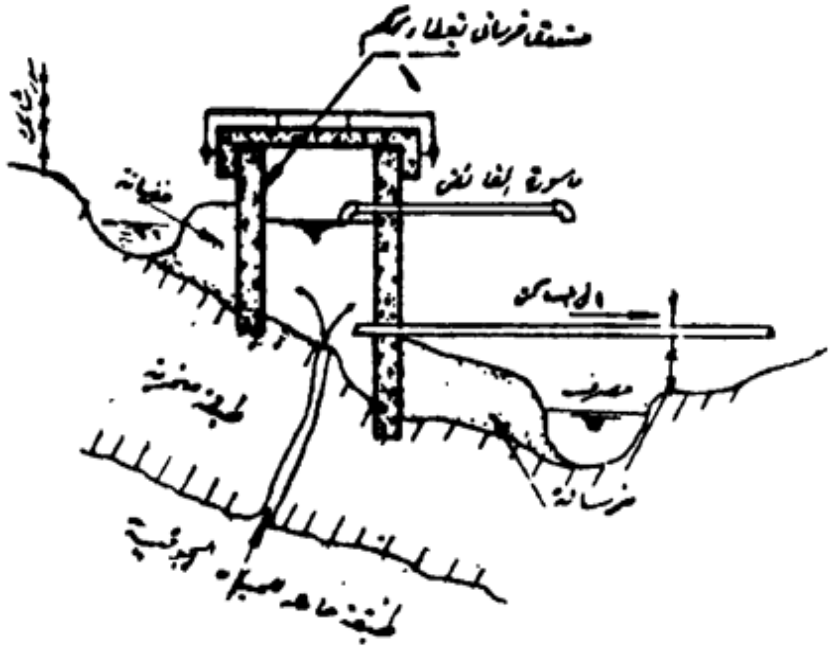
والينابيع السطحية عرضة للتلوث عند الفوهة ولذا يجب العناية بوقايتها من خطر التلوث بتنظيم جمع الماء حول الفوهة . ولوقاية الينابيع السطحية يبنى صندوق خرسانى بدون قاع فوق مخرج الماء على أن يحاط هذا الصندوق بمجرى صغير لصرف المياه السطحية دون أن تصل إلى العين وبسور من السلك الشائك لمنع استعمال المنطقة استعمالا قد يسبب تلوثها (شكل رقم ٤ — ٣٧) .



(شكل رقم ٤ — ٣٧)

أما الينابيع العميقة فيكتفى ببناء هذا الصندوق مع التأكد من عدم سماحه للمياه السطحية بالتسرب إلى الداخل (شكل ٤ — ٣٨) .

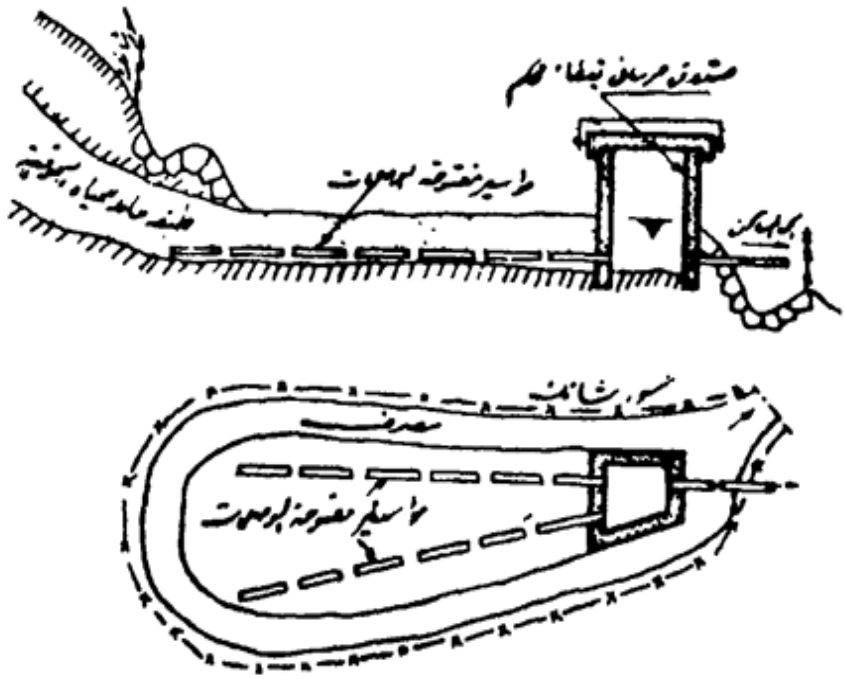
أما إذا وصلت مياه الينبوع إلى سطح الأرض فى مساحة واسعة لا يمكن احاطتها بصندوق . فينشأ خط أو أكثر من المواسير المفتوحة الوصلات . تؤدى هذه المواسير إلى الصندوق الذى تجمع فيه المياه على أن تحاط هذه المواسير بالزلط حتى يمكن تجميع أكبر كمية من الماء وتحاط المساحة كلها بسور شائك حتى لا تستعمل هذه المساحة استعمالا قد يكون مصدراً للتلوث كما تحاط



(شكل رقم ٤ — ٣٨)

بمصرف لصرف أى مياه سطحية تجد طريقها إلى هذه المساحة (شكل ٤—٣٩)

ويلاحظ أن صندوق جمع المياه من الينبوع فى أى حالة تخرج منه ماسورتان واحدة للمنزل والأخرى للفائض لصرف المياه الزائدة عن الحاجة إلى المصرف .



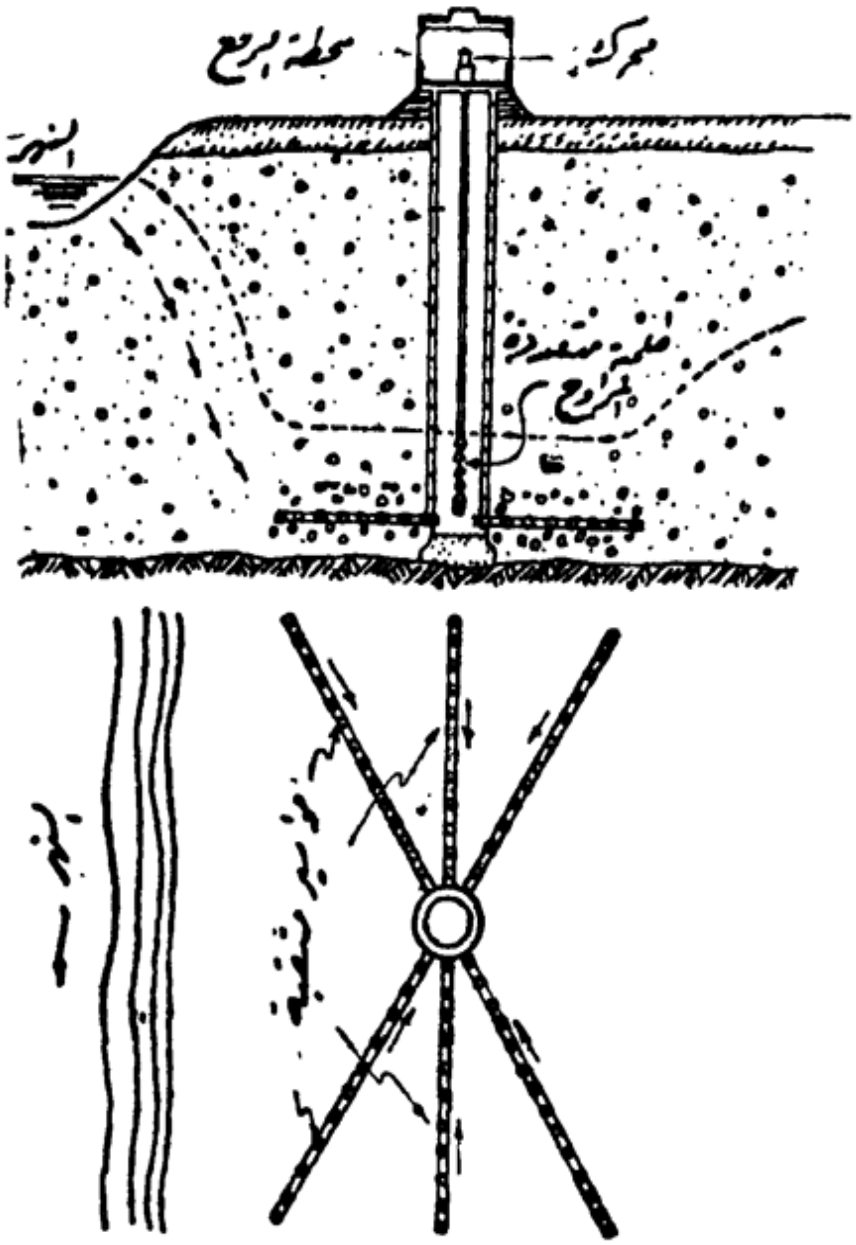
(شكل رقم ٤ـ٣٩)

الآبار ذات الأقطار الكبيرة (شكل ٤ – ٤٠) :

وهى التى يتراوح قطرها بين ٤ و ٦ متر ويتم انشاؤها بنفس طريقة التغويص المذكورة فى حفر الآبار المحفورة (dug well) .

الا أنه فى هذه الحالة يمتد من داخل البئر مدادات أفقية قد يصل عددها إلى اثنى عشر وقطر كل منها من ٣ إلى ٤ بوصة وبطول حوالى خمسين متراً وينتهى كل مداد بماسورة مثقبة (راجع الآبار المدقوقة) . وفى هذه الحالة يكون قاع البئر أصم وكذلك حوائطه أما المصدر الرئيسى لدخول المياه من الأرض إلى البئر فهى المواسير المثقبة الموجودة فى نهاية المدادات . وتسمى هذا النوع من الآبار الأفقية . وهى معروفة فى أمريكا باسم (Ranney well)

كما قد يستعاض عن مواسير المدادات ببناء أنفاق مغطاه متفرعة من البئر على أن تكون بعرض حوالى نصف متر وارتفاع حوالى متر – ومادة بناء هذه الانفاق الطوب أو الدبش بدون مونة .



(شكل رقم ٤ — ٤٠)

الباب الخامس

اعمال امداد المدن بالمياه السطحية

(Surface water supply works)

سبق أن ذكر أن مياه الأمطار والمياه الجوفية تكون عادة قليلة الكمية بالنسبة للمياه السطحية مما يجعل الاعتماد عليها كمصدر لمياه المدن غير ممكن ولهذا فهى تستعمل عادة كمصدر للمياه اللازمة للمدن الصغيرة والقرى والعزب والمبانى المنعزلة - ولذلك تلجأ البلاد الكبيرة إلى المياه السطحية - وهى الأنهار وفروعها والترع والبحيرات العذبة . لاستعمالها مصدراً للمياه نظراً لتوافر كمياتها بالنسبة للمياه الجوفية بالرغم من تلوثها ؛ الأمر الذى يوجب تنقيتها قبل استعمالها .

واهم مصادر التلوث فى المياه السطحية :

١ - صرف المخلفات السائلة فى بعض المدن إلى الأنهار والبحيرات دون تنقية أو بعد تنقية ابتدائية لا تحد من الأضرار التى قد تنتج من تلوث المجرى المائى .

٢ - مياه الأمطار بعد أن تصل إلى الأرض وهى فى طريقها إلى الأنهار تجرف أمامها فضلات النباتات والحيوانات والأتربة إلى مجرى النهر مما يسبب تلوث ماء النهر .

٣ - صرف مخلفات المصانع بما قد تحويه من أحماض وسموم وكيماويات عضوية وغير عضوية فى المسطح المائى دون رقابة تحد من الأضرار الناتجة عن ذلك .

٤ - غسيل الملابس والاستحمام فى مياه الترع والأنهار .

٥ - القاء الحيوانات الميتة فى مجارى الأنهار وكذلك الترع والبحيرات .

٦ - القاء مخلفات المراكب والسفن فى الأنهار والترع التى تسير فيها كما أن توقف السفن بجوار الكبارى انتظارا لمواعيد فتحها يزيد من تركيز المخلفات بالقرب من المدن نظراً لوجود معظم الكبارى بجوار المدن .

ويظهر أثر ذلك واضحاً فى ترعة المحمودية التى تخترق الاسكندرية كقناة ملاحية هامة ، مما اضطر السلطات المسئولة إلى انشاء ترعة خاصة بمياه الشرب تتفرع من ترعة المحمودية عند عزبة خورشيد قبل الكبارى العديدة المقامة عليها فى داخل حدود مدينة الاسكندرية وذلك لتفادى التلوث الناتج من حركة الملاحة المركزة فى ترعة المحمودية داخل نطاق مدينة الاسكندرية .

٧ ــ القاء مخلفات العوامات التى ترسو على جوانب الأنهار فى الماء مباشرة .

٨ ــ مياه الرشح التى تصل إلى الأنهار من المياه الجوفية بعد أن تكون هذه قد مرت على طبقات الأرض الملحية .

واعمال امداد المدن بالمياه يمكن تقسيمها الى ثلاثة اجزاء رئيسية :

(ا) أعمال تجميع المياه (Collection Work):

والغرض منها سحب المياه من مصدر الماء ورفعها إلى أعمال التنقية ــ وهذه تشمل :

١ ــ المأخذ على النهر أو البحيرة (Intake)

٢ ــ سحارة المأخذ (Intake Conduit)

٣ ــ محطات طلمبات الرفع الواطى (Low Lift Pumps)

(ب) أعمال تنقية المياه (Water Purification Works) والغرض منها :

١ ــ تحسين الصفات الطبيعية للماء بازالة العكارة واللون والطعم والرائحة وبهذا تصير مستساغة (Palatable) .

٢ ــ قتل البكتيريا خصوصاً الضارة لجعل المياه صالحة للاستعمال من الناحية الصحية .

٣ — إزالة بعض المركبات الكيماوية التى قد تتعارض مع استعمالات المياه وتتوقف طريقة التنقية المختارة على الصفات الأصلية للمياه وما فيها من شوائب — والاستعمال المتوقع للماء وتشمل أعمال التنقية :

١ — التخزين لمدة طوياة Prolonged Storage

٢ — الترسيب الطبيعى Plain Sedimentation

٣ — الترشيح الرملى البطىء Slow Sand Filtration

٤ — الترسيب مع استعمال الكيماويات Chemical Precipitation
وهذا يشمل ثلاثة خطوات رئيسية : المزج السريع ، المزج البطىء ، ثم الترسيب .

٥ — الترشيح الرملى السريع . Rapid Sand Eiltration

٦ — التطهير Water Disinfection

٧ — ازالة عسر الماء Water Softeining

٨ — ازالة الحديد والمنجنيز Iron & Manganese Removal

٩ — تهوية المياه لازالة الغازات Aeration

١٠ — ازالة الأملاح المسببة للطعم Desalination

ومحطات تنقية المياه للمدن عادة تحوى عدداً محدوداً من هذه العمليات لتؤدى الغرض المطلوب من تنقية المياه وجعلها مطابقة للمواصفات والمعايير الواجب توافرها فى المياه المستعملة للشرب والأغراض المنزلية الأخرى (والمذكورة فى آخر هذا الباب) إلا أنه يمكن تقسيم محطات تنقية المياه إلى ثلاثة أنواع رئيسية .

(١) محطات تنقية المياه بالترشيح الرملى البطىء :

Solw Sand Filtration Plant

وهى تشمل : الترسيب الطبيعى ثم الترشيح البطىء ثم التعقيم .

(٢) محطات تنقية المياه بالترشيح الرملى السريع :

Rapid Sand Filtratien Plant

وهى تشمل الترسيب باستعمال الكيماويات المروبة ، ثم الترشيح الرملى السريع ثم التعقيم .

(٣) يضاف إلى ذلك محطات لأغراض خاصة مثل ازالة عسر الماء أو ازالة أملاح الحديد والمنجنيز أو ازالة ملوحة المياه .

(٤) أعمال توزيع المياه المرشحة : (Water Distribution Works)

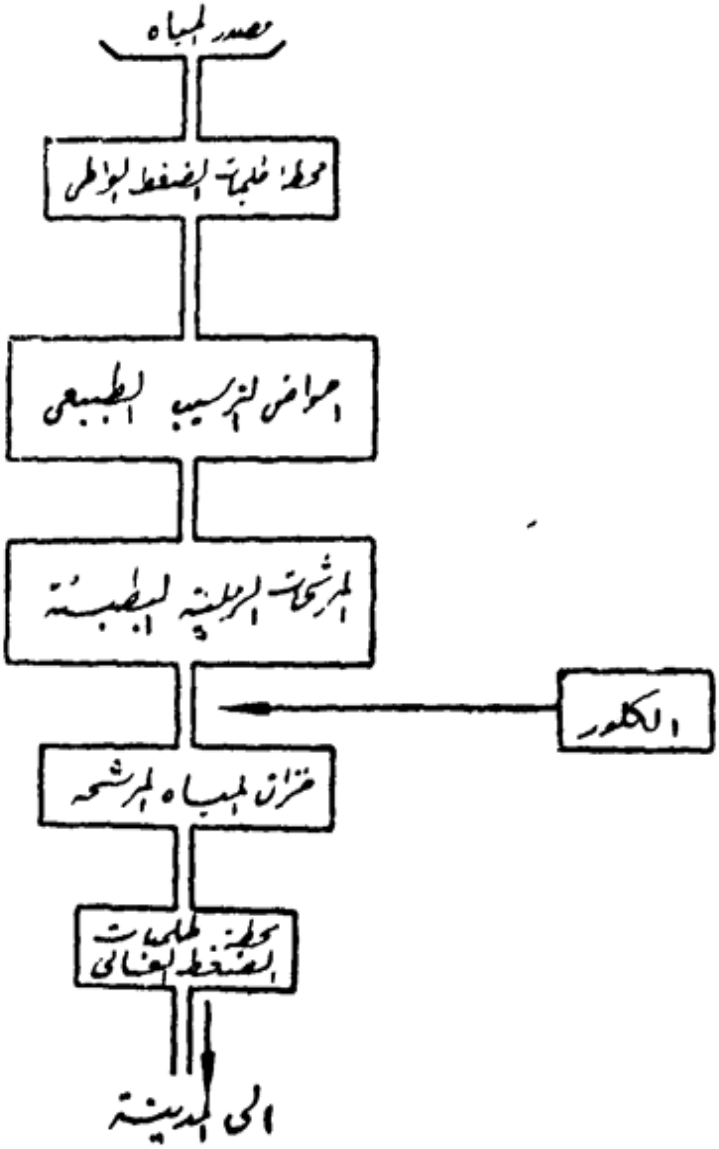
وهذه تشمل :

١ – محطات الرفع العالى (High Lift Pumps) والغرض منها هو رفع المياه من خزان المياه المرشحة ودفعه فى شبكات التوزيع فى المدينة بقوة كافية حتى لا يقل الضغط فى أقصى المدينة عن ٢٥ متر ماء .

٢ – شبكات التوزيع (Pipe net Works) وهى مواسير المياه المختلفة الأقطار والمنتشرة لتوزيع المياه فى جميع أنحاء المدينة .

٣ – الخزانات العالية (Elevated Tanks) والغرض منها تخزين كميات من المياه على منسوب مرتفع لمواجهة احتمال حدوث خلل أو عطل غير متوقع فى وحدات التنقية أو الرفع – وكذلك سد احتياجات زيادة معدل استهلاك المياه عن معدل ضخ الطلمبات للمياه فى شبكة المواسير – وكذلك الحد من تغير الضغط فى المناطق البعيدة من المدينة .

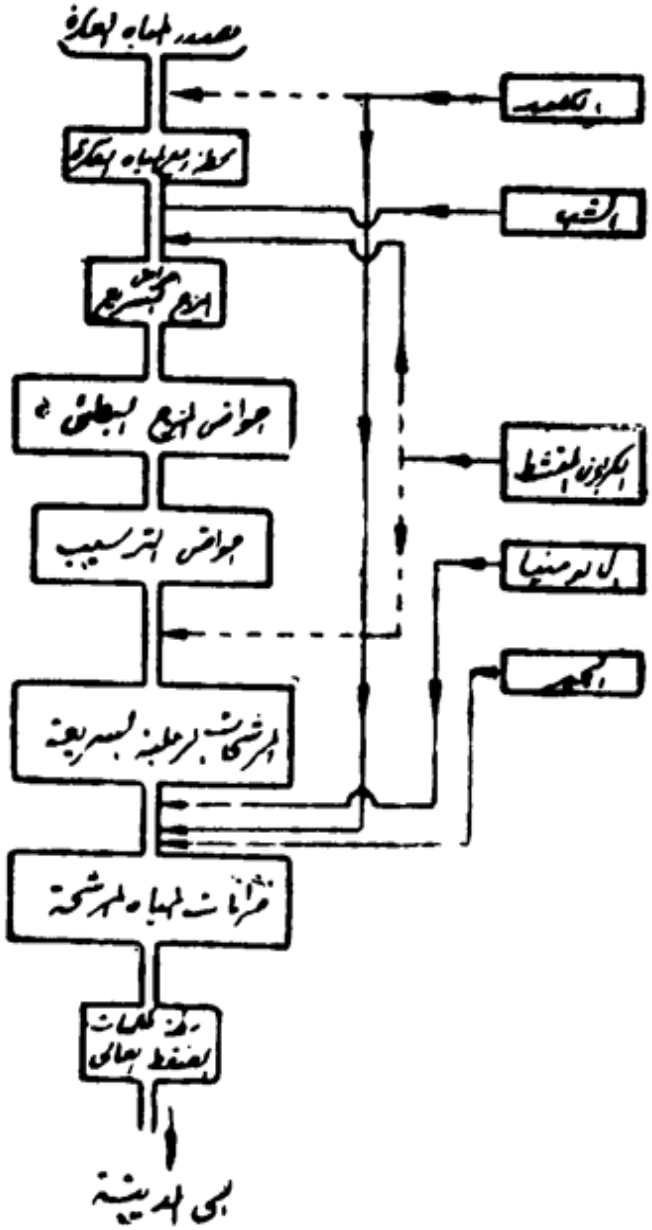
والأشكال رقم (٥ – ١ ، ٥ – ٢) ، يبين خطوات سير المياه فى



(شكل رقم ٥ — ١)

عمليات امداد المدن بالمياه النقية من مصادر المياه السطحية .

والمياه السطحية تتميز بكثرة ما فيها من طحالب — وهى أنواع من النباتات الدقيقة السريعة التكاثر بالانقسام فى المياه السطحية نظراً لتعرضها الدائم للضوء والهواء بمسطحات واسعة . وفى مصر لم تكن هذه المشكلة قبل انشاء السد العالى ظاهرة ومتعبة بشكل واضح كما هو حادث الآن حيث انها كانت قبل انشاء السد مشكلة موسمية محدودة فى أشهر ما قبل الفيضان .



(شكل رقم ٥ — ٢)

أما الآن فقد أدى انشاء السد العالى وما استتبعه من حجز كميات هائلة من المياه فى بحيرة ناصر إلى ظاهرة تتابع مواسم الطحالب بشكل أسرع مما كان عليه فى الماضى . فى شكل مواجات متتالية من النمو الطحلبى كل أسبوعين أو ثلاثة أسابيع تقريباً نتيجة لتوفر الظروف البيئة المساعدة له نتيجة لترسيب الطمى فى بحيرة السد العالى وبالتبعية وزيادة لنفاذية الضوء فى الماء وكذلك

توافر العوامل الغذائية والمناخية المناسبة لتكاثر الطحلب .

ومن اهم المتاعب التى تنتج عن وجود الطحالب فى مصادر امداد المياه ما ياتى:

١ - ظهور طعم ورائحة ولون بمياه الشرب .

٢ - تقليل كفاءة المرشحات بتقصير فترات تشغيلها والحاجة إلى غسيلها على فترات متقاربة جداً تصل إلى مرتين وثلاثة أو أكثر فى اليوم الواحد وبالتالى فقد كمية كبيرة من المياه المرشحة المستخدمة فى الغسيل علاوة على نقص كمية المياه المعالجة نفسها .

٣ - نمو الطحالب وأحياء أخرى غير مرغوبة تعتمد على وجود الطحالب أصلا فى توطيد مقامها داخل المواسير وشبكات التوزيع ووسائل نقل المياه بشكل عام .

٤ - صعوبة استعمالها فى الصناعة نتيجة لتدخل الطحالب فى الاستعمالات الصناعية للمياه بتغيرها لنوعية المياه من افراز للهلام وتبديلها للاسس الأيدروجينى وانتاجها للغازات الزائبة وزيادة ما تحتويه من المادة العضوية .

٥ - تساعد الطحالب بطريقة غير مباشرة على سرعة تآكل المواسير المعدنية والخزانات وابراج التبريد ... الخ .

وتعتبر البيئة الطبيعية فى مصر مناسبة جداً من حيث توافر العوامل التى تؤدى إلى زيادة نمو الطحالب وتكاثرها والتى من أهمها : توافر ضوء الشمس على مدار السنة - درجة حرارة مناسبة ووجود الغذاء المناسبة بمياه النيل التى تحتوى على كميات كافية من الأملاح المعدنية الذائبة والمواد العضوية المحفزة على نمو الطحالب .

ومن أهم الطحالب التى تتكاثر فى مصر مسببة المتاعب السابق ذكرها : الدياتومات – الطحالب الزرقاء – الطحالب الخضراء – الطحالب الصفراء والسوطيات وتمثل كل مجموعة من المجموعات السابقة بعدة أجناس تختلف كمياتها النسبية باختلاف الأشهر كما تختلف بعض الشىء باختلاف مكان أخذ العينات .

وفى ترعة مياه الشرب لمدينة الاسكندرية تتراوح متوسطات مجموع اعداد النباتات الطحلبية بين ٥٠٠ ألف خلية و ٢ مليون خلية فى اللتر . وتمثل رتبة الدياتومات وحدها فى معظم الأوقات وعند مختلف نقط الرصد على امتداد ترعة مياه الشرب ، نصف مجموع الفلورا الطحلبية تقريبا . ويحتل الدياتوم الخيطى (ميلوزيرا Melosira) مكان الصدارة بين مجموعة الدياتومات التى تسود ترعة مياه الشرب .

كما تشكل الدياتومات الأخرى فى مجموعها أهمية لا تقل عن الميلوزيرا . وان كانت كأنواع منفردة تقل عدديا عن ميلوزيرا فى أغلب الأحيان . وتلى الدياتومات من ناحية الكثرة العددية مجموعة الطحالب الزرقاء . وتحتل الطحالب الخضراء من ناحية أهميتها العددية بترعة مياه الشرب لمدينة الاسكندرية المرتبة الثالثة بعد الدياتومات والزرقاوات .

ونظراً للمتاعب التى تسببها تواجد الطحالب بكثرة فى مصدر المياه (والسابق ذكرها) فأنه فى أغلب الأوقات يفضل دائماً العمل على ابادة وازالة هذه الطحالب من الماء قبل أن تصل إلى عمليات التنقية – أو فى أحواض أو خزانات خاصة وذلك تخفيفاً للعبء على عمليات التنقية ومنعاً للمتاعب فى تشغيلها .

واهم الطرق المتبعة للحد من تكاثر هذه الطحالب فى المسطحات المائية :

(ا) الرقابة على انشاء وتشغيل خزانات المياه :

١ - عدم السماح بتواجد أماكن قليلة العمل أو راكدة المياة على جوانب الخزانات .

٢ - عدم تخزين المياه التى قد تحتوى على مواد عضوية فى خزانات مكشوفة إذ أن تواجد المواد العضوية وضوء الشمس يساعدان على تكاثر هذه الطحالب .

٣ - تنظيف الخزانات المكشوفة دورياً مع تغيير المياه على فترات .

٤ - رش ذرات الكربون المنشط على سطح المياه حتى ينتج عن ذلك درجة من العكارة تحد من انتشار الضوء فى جسم الماء مما يحد من تكاثر الطحالب . ولقد أمكن الحصول على نتائج طيبة برش الكربون المنشط بمعدل عشرة جرام لكل متر مربع من سطح الخزان .

(ب) استعمال الكيماويات :

١ - استعمال كبريتات النحاس بالمعدلات الآتية :

١,٠ جزء فى المليون لاعاقة نمو الطحالب فى المسطح المائى .

١ - ٢ جزء فى المليون لابادة الطحالب الموجودة .

ولقد وجد أن هذه النسب لا تؤثر على الثروة السمكية كما لا تؤثر على صحة الانسان وتضاف كبريتات النحاس الى المسطحات والمجارى المائية باحد الوسائل الآتية :

- ربط كيس مسامى مملوء بكبريتات النحاس فى مؤخرة قارب والتحول بالقارب فى المسطح المائى .

- رش محلول مركز من كبريتات النحاس على سطح الماء .

- رش بودرة كبريتات النحاس على سطح الماء .

٢ - استعمال غاز الكلور كمبيد للطحالب :

وهذه الطريقة لا تستعمل كثيراً نظراً للنتائج المحسنة التى يحصل عليها باستعمال كبريت النحاس مع سهولة استعمالها - يضاف إلى ذلك صعوبة تغذية أحجام كبيرة من الماء بغاز الكلور - ولاحتمال توالد روائح عند استعمال غاز الكلور

ولقد نجحت تجارب باستعمال (Guprichloramine) وهو مركب من الأمونيا والكلور وكبريتات النحاس فى ابادة الطحالب من المسطحات المائية .

كما تبدو أهمية أبداه هذه الطحالب من المسطحات المائية نظراً لما تسببه من روائح فى المياه . وهذه الروائح تختلف تبعاً لكمية ونوع هذه الطحالب كما يتبين من الجدول (٥ - ١) الذى يبين تركيز كبريتات النحاس أو الكلور اللازم لا بادة كل فرع من أنواع هذه الطحالب .

جدول رقم (٥ - ١)

الطحلب		الرائحة	كبريتات النحاس مجم / لتر	كلور مجم / لتر
ياموقات	ميلوسيرا نافيكيولا سيندرا	ترابيـــة Earthy	٠,٢ ٠,٧ ٠,٣ - ٠,٥	٢ ١,٠٠ <- ٠,٥
خضرواوات	بودورابنا باندورينا فولفوكس	رائحة سمكية Fishy	٤ <- ١٠ ٠,٢٥	 ١,٠٠ <- ٠,٣
زرقاوات	أوبينـا أوسيادتوريا ميكروسستس	عشبية وفطرية Moldy grassy	٠,١٢ ٠,٢ <- ٠,٥	١,٠٠ <- ٠,٥ ١,٠٠
سوطيات	بريدينيم كريبتوماناس	رائحة قواقع بحرية Clam Shells	٠,٥ <- ٢,٠	

المعـــايير

الواجب توافرها فى مياه الشرب والاستعمال المنزلى

أولا : الخواص الطبيعية :

اللون : ١٠ وحدات بقياس الكوبلت ٤٠ وحدة بقيـــاس الكوبلت البلاتينى

العكارة : ٥ وحدات (جزء فى المليون) ٢٥ وحدة (جزء فى المليون) .

الطعم : مقبـــول

الرائحة : مقبولـــة

ثانياً : الخواص الكيماوية :

١ - المواد السامـة :

يجب أن تكون المياه خالية من المواد السامة كما يجب ألا تزيد نسبة المواد المذكورة بعد - ان وجدت - عن الحد المقرر قرين كل منها :

المـــادة	الحد الأقصى	
الرصاص	٠,١٠٠	ملليجرام فى اللتر
الزرنيـــخ	٠,٠٠	ملليجرام فى اللتر
الكروم (سداسى التكافؤ) . .	٠,٠٥	ملليجرام فى اللتر
السلينيـــوم	٠,٠٥	ملليجرام فى اللتر
السيانيـــد	٠,٠١	ملليجزام فى اللتر

٢ - المواد الكيماوية التى لها تأثير خاص على الصحة :

الفلوريدات مقدرة على أساس (فل)	١,٥	ملليجرام فى اللتر
النترات مقدرة على أساس (ن)	١٠,٠	ملليجزام فى اللتر

٣ - المواد الكيماوية التى تؤثر على استساغة المياه للشرب والاستعمال المنزلى :

المـــادة	المسموح به	الحد الأقصى	
مجموع الأملاح . . .	١,٠٠٠	١٢٠٠	ملليجرام فى اللتر
الحديد	٠,٣	١,٠٠	ملليجرام فى اللتر
المنجنيز	٠,٣	١,٠٠	ملليجرام فى اللتر
(بشرط ألا تزيد نسبة الحديد والمنجنيز معا عن ١,٥)			
النحاس	١,٠٠	١,٥	ملليجرام فى اللتر
الزنك	٥,٠٠	١٥,٠٠	ملليجرام فى اللتر
المغنسيوم	١٠٠,٠٠	١٥٠,٠٠	ملليجرام فى اللتر
الكالسيوم	١٥٠,٠٠	٢٥٠,٠٠	ملليجرام فى اللتر
الكبريتات (كب أ ٤) .	٢٥٠,٠٠	٥٠٠,٠٠	ملليجرام فى اللتر
الكلوريدات (كل) .	٣٠٠,٠٠	٦٠٠,٠٠	ملليجرام فى اللتر
الفينول	٠,٠٠١	٠,٠٠٢	ملليجرام فى اللتر
الأس الأيدروجينى . .	٧,٠٠-٨,٨	٦,٥-٧ ، ٨,٥-٩	

ثالثاً : المواد المشعة :

المـــادة	الحد الأقصى
المشعات من فصيلة (الفا)	١٠-٩ ميكروكيو فى الملليلتر
المشعات من فصيلة (بيتا)	١٠-٨ ميكروكيو ى فى الملليلتر

رابعاً : المعايير البكتريولوجيـة :

١ - المياه المعالجة بالمطهرات : يجب ألا يزيد العدد الاحتمالى للمجموعة القولونية عن واحد فى ١٠٠ ملليلتر (مع ذكر حدود الثقة) .

٢ - المياه الجوفية غير المعالجة : يجب ألا يزيد العدد الاحتمالى للمجموعة القولونية عن ١٠ فى ١٠٠ ملليلتر (مع ذكر حدود الثقة) .

خامساً : يجب فى جميع الأحوال التى تزيد فيها النسبة عن الحد الأقصى فى هذه المعايير أن تعرض على المختصين للنظر فيها قبل التصريح باستعمال المياه .

الباب السادس

اعمال تجميع المياه السطحية

(Collection Works)

وهذه كما ذكر سابقاً تشمل :

١ - المآخذ Intake
٢ - سحارة المأخذ (Intake Conduit)
٣ - محطة طلمبات الرفع الواطى Low Lift Pump

المأخذ Intake

وهى الأعمال الانشائية التى تقام على جانب مصدر المياه سواء الأنهار أو الترع او البحيرات ليؤخذ منها الماء بطريقة سليمة ومنها يسير فى سحارة المأخذ حتى بئر محطة طلمبات الرفع الواطى.

وهناك أنواع مختلفة للمآخذ إلا أن اختيار النوع المناسب يتوقف على العوامل الآتية :

١ - مصدر المياه المستعمل (النهر أو البحيرة أو الترعة).
٢ - التغير فى منسوب المياه .
٣ - عمق المياه وطبيعة قاع المصدر المائى .
٤ - احتياجات الملاحة .
٥ - تأثير التيارات والفيضانات على مبنى المأخذ .
٦ - احتمالات تلوث المصدر المائى .

على انه يجب فى اى من الأحوال مراعاة الشروط الآتية فى جميع انواع المآخذ :

١ - أن يكون سعته كافية لامداد المدنية بالماء اللازمة لمدة طويلة مستقبلا
٢ - أن يكون موقع المأخذ فوق التيار (Upstream) بالنسبة لمدينة أو أى مصدر للتلوث.

٣ — أن يكون موقع المأخذ بعيداً عن المدينة مسافة تسمح بامتداد المدينة فى المستقبل .

٤ - وقاية موقع المأخذ من أى تلوث مباشر وذلك بمنع ارتياد أو استعمال الأهالى لمنطقة تمتد على جانبى الموقع ، تصل إلى ٥٠٠ متر فوق التيار ، ١٥٠ متر تحت التيار بالنسبة للمأخذ ، ويكون ذلك بعمل سور من السلك الشائك حول هذه المنطقة وكذلك وضع اللافتات الضرورية .

انواع الماخذ :

١ — مأخذ ماسورة (Pipe Intake) :

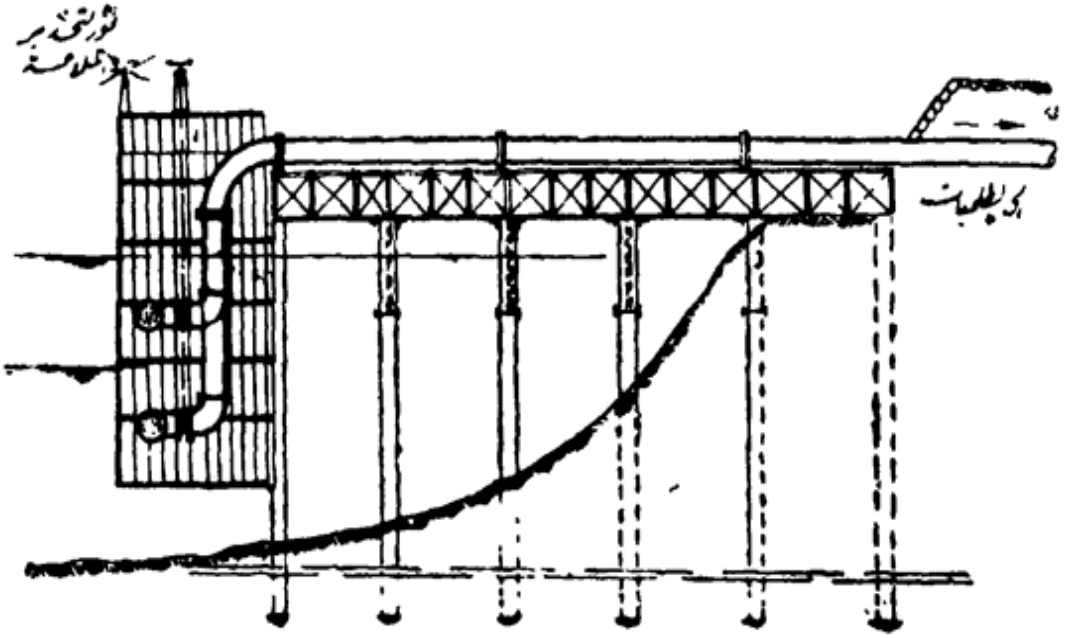
وهو ماسورة تمتد داخل مصدر الماء مسافة كافية بعيداً عن الشاطىء . لتفادى التلوث المحتمل بجواره على ألا يكون فى هذا الامتداد اعاقة للملاحة وعلى أن تحمل الماسورة — داخل مصدر الماء على كوبرى (trestle) وتزود بالمحابس اللازمة للتحكم فى سير الماء (شكل رقم ٦ — ١) وهذا النوع من المآخذ عادة ما يستعمل فى الأنهار الكبيرة .

٢ — مأخذ على الشواطىء (Shore Intake) :

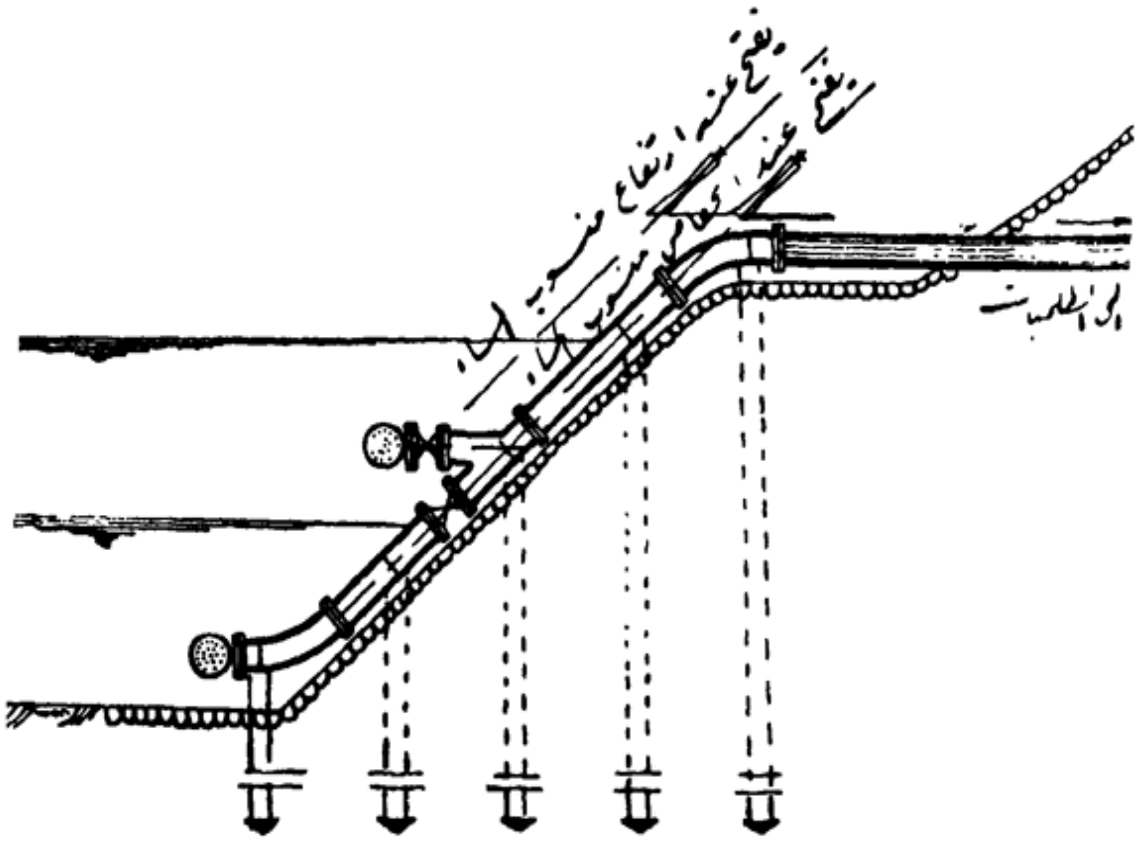
ويتكون من حائط ساند وجناحين على شاطىء المصدر المائى — لوقاية الماسورة التى تسحب المياه (شكل ٦ — ٣) — ويستعمل هذا المأخذ فى الترع الملاحية والغير ملاحية على السواء كما يستعمل فى الأنهار الصغيرة إذ أنه لا يعوق الملاحة .

٣ — مأخذ عميق (Submerged Intake) .

وهو ماسورة مثبتة فى قاع المجرى المائى بواسطة كمرات خرسانية أو خشبية أو فى برج صغير ، يستعمل هذا المأخذ فى الأنهار الضيقة الملاحية وعند



(شكل رقم ٦ — ١)



(شكل رقم ٦ — ١)

(شكل رقم ٩ — ٢)

احتمال تلوث الشواطىء بالمواد الطافية من العوامات والسفن الراسية على الجانبين (شكل ٦ – ٣).

٤ – مأخذ برج (Tower Intake) :

وهذا النوع من المآخذ يستعمل فى البحيرات العذبة المتغيرة المناسيب – ويتكون من برج يبنى داخل البحيرة على مسافة من الشاطىء قد تصل إلى عدة كيلومترات ، تدخله الماء من فتحات على مناسيب مختلفة ومنها إلى سحارة المأخذ (شكل رقم ٦ – ٤).

٥ – مأخذ مؤقت (Emergency Intake) :

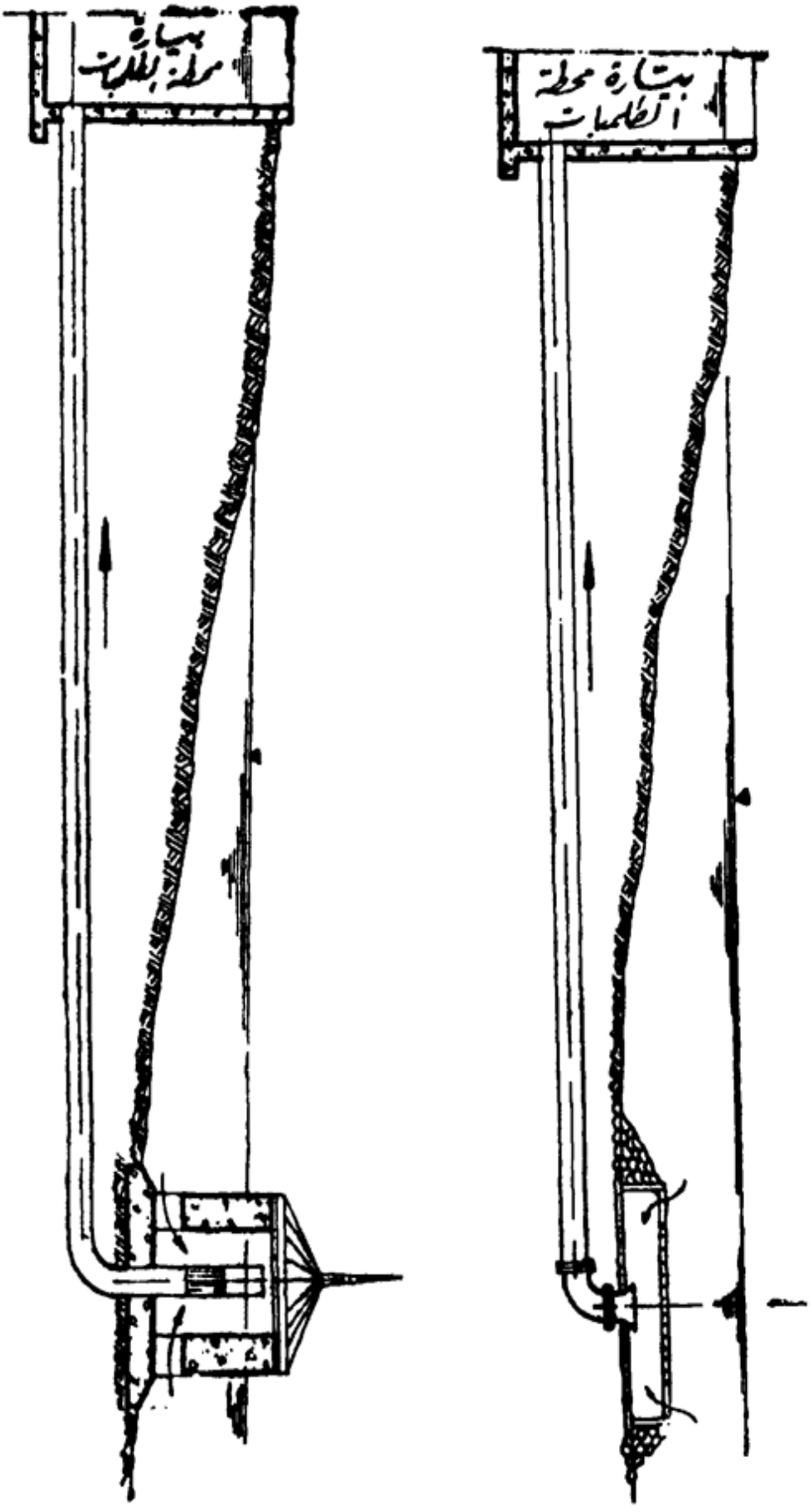
وهو يستعمل فى حالة الطوارىء أو فى المعسكرات المؤقتة التى يستدعى الأمر فيها الاعتماد على المياه السطحية كمصدر للمياه وهو عبارة عن ماسورة مرنة ممتدة على عروق خشبية تطفو على سطح الماء – هذه الماسورة المرنة متصلة بطلمبة سحب المياه مباشرة (شكل ٦ – ٥).

ولما كان مصدر المياه الرئيسى فى مصر هو النيل والترع والرياحات فان انواع المآخذ المستعملة فى مصر هى :

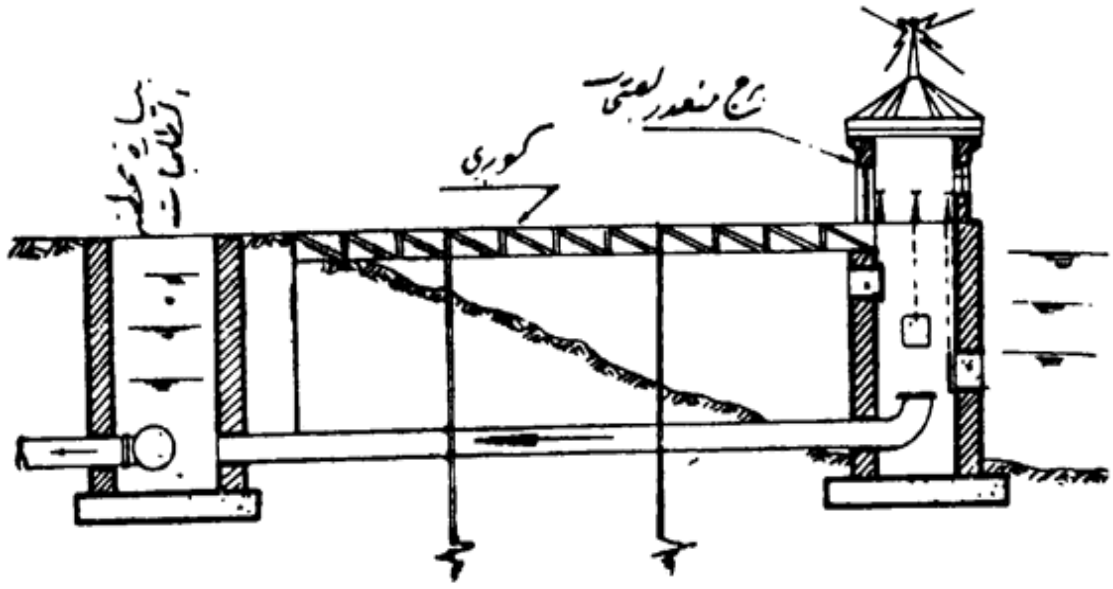
(ا) المأخذ الماسورة عند استعمال النهر كمصدر للمياه – وفى هذه الحالة يجب مراعاة الشروط الآتية :

١ – عمل مواسير ذات مداخل مختلفة المناسيب مزودة بالمحابس اللازمة – حتى يمكن سحب المياه من الطبقات العليا للماء فى النهر إذ أن فى هذه الطبقات يقل تركيز المواد العالقة فى الماء – وذلك نظراً لتغير مناسيب مياه النيل على مدار السنة .

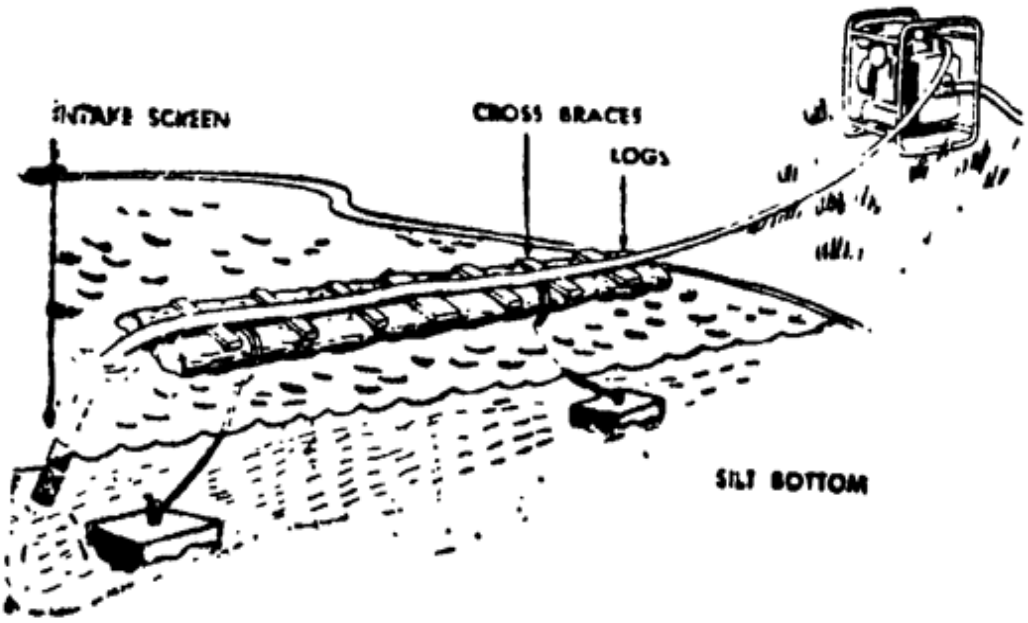
٢ – يحسن أن يكون المأخذ عبارة عن ماسورتين حتى إذا طرأ ما يوقف عمل واحدة قامت الأخرى بامداد محطة طلمبات المياه بالماء اللازم .



(شكل رقم ٦ – ٣)



(شكل رقم ٦ — ٤)



(شكل رقم ٦ — ٥)

٣ - يزود المأخذ بالمصافى الثابتة أو المتحركة على أن يراعى عمل سلم بجوار المواسير لنزول العمال لعمل أى اصلاحات أو صيانة للمواسير أو المصافى .

٤ - تمتد المواسير محملة على كوبرى أو خوازيق داخل النهر على أن يقام فى نهاية الكوبرى عامود يحمل نور كهربائى لتنبيه السفن والعائمات .

(ب) مأخذ الشاطىء : وذلك عند استعمال الترع كمصدر للمياه - مع مراعاة تزويد المأخذ بشبكة من القضبان الحديدية التى يسهل الوصول إليها وتنظيفها وذلك لمنع المواد الطافية من الدخول إلى ماسورة المأخذ

سحارة المأخذ

Intake Conduit

وهو الماسورة الواصلة من مبنى المأخذ على مصدر المياه حتى بيارة طلمبات الضغط الواطى وهى قد تكون من الصفر لتصـــير ماسورة من الحديد الزهر أو تكبر لتصير نفق من الخرسانة المسلحة ، وبديهى أن هذا يتوقف على التصرف اللازم - الا أنه فى جميع الحالات يجب أن تصمم بسعة كافية لامداد المدينة بالماء لمدة طويلة مستقبلا وبحيث تجرى فيها المياه بسرعة كافية لا يتسبب عنها ترسيب للمواد العالقة فى قاع الماسورة - كما لا تسير بسرعة تزيد عن تلك التى تسبب تآكلا فى جدران الماسورة كما هو مبين فى جدول (٦ - ١١) .

جـــدول رقم (٦ — ١)

السرعة القصوى فى المواسير من المواد المتخلفة

مادة الماســورة	السرعة القصورى (متر/ثانية)
الخرسانة	٣ —> ٥
الطـــوب	٣ —> ٦
الحـديد الزهر	٤ —> ٧
الصـــلب	٤ —> ٥
الخشـــب	٤ —> ٥
الصخـــر	٣ —> ٥

والقطاع الدائرى هو أنسب القطاعات للسحارة من الناحية الهيدروليكية إلا أن صعوبة تنفيذه فى بعض الأوقات قد تؤدى إلى أن يلجأ المصمم إلى قطاعات أخرى مثل قطاع حدوة الفرس (Horse Shoe) أو القطاع المربع أو المستطيل .

وبتحديد سرعة المياه فى السحارة يمكن حساب القطاع المطلوب .

كما أنه بتحديد سرعة المياه السحارة و بمعرفة طول السحارة يمكن تقدير الفاقد فى الاحتكاك (Friction Loss) نتيجة لسير الماء فى السحارة من المأخذ حتى بيارة سحب الطلمبات . وذلك باستعمال القوانين أحد الهيدروليكية التى تبين الفاقد فى الضغط بالاحتكاك — وأهم هذه للقوانين معـــادلة دارسى :

$$\frac{f' LV^2}{2gD} = \frac{4fLV^2}{2gD} = H$$

حيث H = الفاقد فى عامود الضغط بالمتر

L = طول الماسورة بالمتر

V = سرعة المياه متر / ثانية

g = عجلة الجاذبية الأرضية

D = قطر السحارة بالمتر

f' = معامل الاحتكاك ويتوقف على نوع الماسورة وتتراوح قيمته من ٠,٠٢ — ٠,٠٤ تبعاً لنوزع الماسورة ونعومة سطحها .

كما يمكن حساب الفاقد فى المدخل (Entrance Loss) والمخـــرج (Exit Loss) ومجموع هذا يمثل الفرق بين منسوب الميـــاه فى النهر أو الترعة ومنسوب المياه فى بيارة طلمبات محطة الرفع الواطى .

وسحارات المأخذ أما من الحديد الزهر أو الصلب أو الخرسانة ويتوقف اختيار مادة انشاء السحارة على الأسعار المحلية لكل نوع ، سواء كانت هذه الأسعار للتوريد أو للتركيب أو الانشاء ، وعلى تواجد هذه الأنواع فى الأسواق وكذلك على طول مدة خدمتها للمشروع وما تحتاج إليه من صيانة طول هذه المدة .

والمواسير الخرسانية أكثر المواسير استعمالا لسحارات المأخذ الموصلة من المأخذ على الشاطىء إلى بيارة المياه العكرة التى تسحب منها محطة الضغط الواطى المياه إلى أعمال التنقية — وهى إما مسلحة أو غير مسلحة كما أنها إما مصبوبة خارج الموقع أو مصنعة فى الموقع .

واهم مزايا هذه المواسير

١ - تقاوم الضغط الخارجى .

٢ - لا تحتاج تكاليف لصيانتها .

٣ - لا تتآكل بفعل المياه الجوفية إلا إذا احتوت هذه على أحماض أو قلويات بنسب عالية .

٤ - لا تحتاج إلى وصلات تمدد .

٥ - لا تحتاج إلى خبرة عالية فى التصنيع والإنشاء فى الموقع ، كما أن الرمل والزلط يتوافران فى أماكن كثيرة وبذلك تقل تكاليف النقل نظراً لاقتصاره على الحديد والأسمنت .

الا ان لها العيوب الاتية :

١ - يتسرب منها الماء نتيجة المسامية الخرسانة وتشققها .

٢ - لا تتحمل الضغط الداخلى العالى .

٣ - صعبة الاصلاح إذا احتاج الأمر لذلك .

٤ - ثقيلة الوزن مما يضطرنا لتصنيعها بأطوال قصيرة ليسهل نقلها وتقليل احتمالات كسرها .

طلمبات الضغط الواطى

Low Lift Pumps

يفضل أن يختار موقع محطة الطلمبات هذه أقرب ما يكون إلى المأخذ على أن يتوفر فيها الشروط الآتية :

١ - أن يكون حجم المبنى بالاتساع الكافى ليستوعب عدد الطلمبات التى تخدم المدينة فى المستقبل . بالرغم من عدم تركيبها حالياً . نظراً لعدم الحاجة اليها مؤقتاً .

٢ - أن يكون المنظر الخارجي للمبنى جميلا من الناحية الفنية والهندسية مما يزيد فى ثقة الجمهور فى عمليات المياه فى مدينته .

٣ - أن يكون تخطيط المواسير داخل المبنى وكذلك الكابلات الكهربائية مما يسهل صيانتها وتشغيلها .

ومحطة طلمبات الضغط الواطى تقوم برفع المياه من بئر المياه العكرة الملحق بمحطة الطلمبات حتى منسوب المياه فى عمليات التنقية - وهذا لا يزيد عادة عن عشرة مترات ولذلك سميت هذه المحطات بمحطات الرفع الواطى لتمييزها عن محطات الرفع العالى التى توجد فى أول شبكة التوزيع وتضغط المياه بحيث يكون الضغط فى شبكة المياه يساوى ٢٥ متر ماء فى أقصى نقطة فى المدينة .

التصرف التصميمى لمحطات الطلمبات :

يتوقف التصرف الذى يصمم عليه محطة طلمبات الرفع الواطى على العوامل الآتية :

١ - عدد السكان الذى يخدمهم المشروع .

٢ - متوسط الاستهلاك السنوى (لتر/شخص/يوم) .

٣ - التغيرات التى تحدث فى هذا المتوسط .

٤ - سعة خزانات المياه المرشحة .

٥ - ساعات تشغيل محطة الطلمبات . نظراً لأنه فى بعض الأحوال يكتفى بتشغيل المحطة ساعات معينة من النهار بدلا من تشغيلها لمدة ٢٤ ساعة يومياً .

فكلما قلت سعة خزانات المياه المرشحة وجب زيادة التصرف التصميمى لمحطة الطلمبات ليقابل التغير فى معدل التصرف - ويبلغ التصرف

التصميمى أقصاه عند عدم وجود خزانات للمياه المرشحة (وهو نادراً ما يحدث) وفى هذه الحالة يكون التصرف التصميمى يساوى أقصى تصرف للمدينة (Peak Domand Load) الا أنه يفضل غالباً أن يؤخذ التصرف التصميمى لمحطة الطلمبات هذه مساوياً للتصرف اليومى أثناء فترة الصيف على أن يؤخذ فى الاعتبار اضافة وحدات رفع احتياطية (Standby Units) – وكثيراً ما يصل تصرف هذه الوحدات الاضافية إلى نصف تصرف الوحدات الأساسية – على أن تعمل جميعاً طول السنة بالتناوب .

وفى هذه الحالة تصمم خزانات المياه المرشحة لتقابل التغيرات اليومية وعلى مدار اليوم الواحد (من ساعة إلى ساعة فى نفس اليوم) .

أنواع الطلمبات المستعملة :

تستعمل فى محطات الرفع الواطى أما طلمبات ماصة كابسة (Displacement Pumps) أو طلمبات طاردة مركزية (Csntrifugal Pumps) أو الطلمبات الماصة الكبسة المزدوجة (Double Displacement Pumps) . وقد سبق الحديث عن هذه الأنواع اجمالا .

الضغط الذى تعمل الطلمبات ضده :

هذا الضغط يساوى الفرق بين منسوب المياه فى بيارة المياه العكرة والمياه فى أحواض التنقية وهذا نادراً ما يزيد عن ستة أو ثمانية أمتار مضافا اليه الفاقد بسبب الاحتكاك والأسباب الأخرى أى أن :

$$H = h_s + h_f + h_m$$

حيث H = الضغط الكلى (بالمتر) = Total Head

h_s = فرق المناسيب (بالمتر) = Static Head

h_f = الفاقد بالاحتكاك (بالمتر) = Friction Head

h_m = الفواقد الثانوية (بالمتر) = Secondary losses

و بذلك تكون قوة الطلمبات بالحصان الميكانيكى .

$$P_w = \frac{W\ H}{75}$$

حيث P_w = قوة الطلمبات بالحصان الميكانيكى .

W = كتلة الماء المرفوع فى الثانية (كيلوجرام)

H = الضغط الكلى بالمتر .

موقع الطلمبات بالنسبة لمنسوب المياه فى البيارة :

من المستحسن دائماً أن تكون الطلمبات فى منسوب أوطى من منسوب المياه فى البيارة لتفادى حدوث ضغط أقل من الضغط الجوى فى ماسورة السحب إذ أن هذا الضغط الواطى قد يسبب تسرب الهواء داخل الماسورة ، أو تصاعد الغازات الذائبة فى المياه منه – مما يؤدى إلى تواجد فقاقيع من الهواء قد تتجمع فى الماسورة مسببة اضطرابا فى سير الطلمبات ونقصاً فى تصرفها .

الا أن هناك بعض الأحوال التى يتعذر فيها وضع الطلمبات فى منسوب أوطى من منسوب المياه فى البيارة – وفى هذه الحالة يجب مراعاة الآتى :

١ – أن تكون ماسورة السحب مستقيمة ما أمكن .

٢ – ألا تحتوى ماسورة السحب على منحنيات رأسية لاحتمال تجمع الغازات المتسربة إلى الماسورة فى هذه المنحنيات .

٣ – ألا تتجه ماسورة السحب إلى أسفل كما يجب ألا توضع أفقية بل توضع بحيث تكون حركة الماء إلى أعلى من البيارة إلى الطلمبة .

٤ – ألا يزيد ارتفاع منسوب الطلمبة عن منسوب المياه فى البيارة عن قيمة « Hs » كما هى فى المعادلة الآتية :

$$H = H_s - (H_v + V_h + H_f + H_m)$$

حيث H_s = الفرق بين منسوب الطلمبة ومنسوب المياه (عامود الرفع)

H_a = عامود الضغط الجوى بالمتر (١٠.٣٣ متر) .

H_v = عامود ضغط بخار الماء بالمتر (vapour press).

V_h = عامود ضغط سرعة المياه فى ماسورة السحب .

مقدار أ بالمتر (Velocity head) .

H_f = الفاقد بالاحتكاك بالمتر (friction head) فى ماسورة السحب

H_m = الفواقد الثانوية بالمتر (Secondary losses) فى ماسورة السحب

ولهذا فأنه من الواجب الا يزيد عامود الرفع « Hs » عن ثمانية مترات بل يفضل ألا تزيد عن ستة مترات .

القوى المحركة للطلمبات :

هناك أكثر من قوة ممكن استخدامها لتحريك الطلمبات .

١ – ماكينات البخار .

٢ – التوربينات البخارية .

٣ – ماكينات الديزل .

٤ – المحركات الكهربائية .

وأكثر هذه القوى استعمالا فى الوقت الحاضر هوالمحركات الكهربائية إلا أنه يفضل دائماً أن يكون هناك أكثر من مصدر للكهرباء لادارة هذه المحركات حتى إذا ما انقطع التيارالكهربائى من مصدر أمكن الاعتماد على المصدر الثانى لادارة المحركات .

بل أنه زيادة فى الاحتياط – وفى بعض عمليات المياه الكبرى – تنشأ وحدة إدارة الديزل كوحدة محركة احتياطية تعمل عند انقطاع التيار – كل هذا حتى نتأكد من استمرار تشغيل محطة تنقية المياه دون توقف مهما حدث من اعطال .

على أنه يمكن حساب القـــوة المحركة بالحصان الميكانيكى بالمعادلة الآتية :

$$M.\ H.\ P. = \frac{Q \times H}{75 \times E_1 \times E_2}$$

حيث Q = التصرف باللتر فى الثانية .

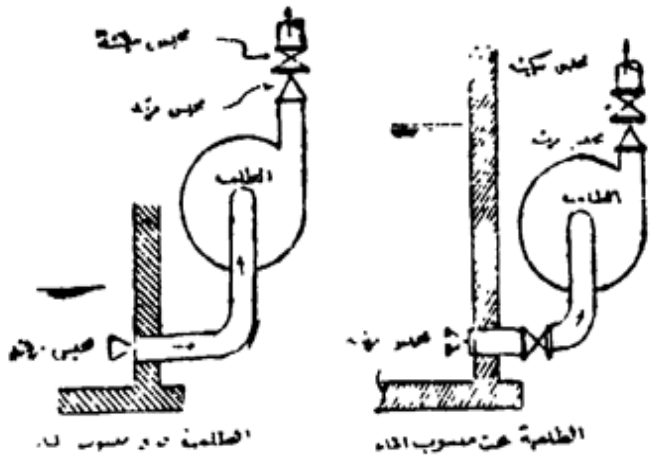
H = عامود الرفع الكلى (رفع + الفاقد فى احتكاك والانحناء والمدخل والمخرج) .

E_1 = درجة جودة الطلمبة = ٦٠٪ <– ٧٠٪

E_2 = درجة جودة المحرك = ٨٠٪ <– ٩٠٪

المحابس على مداخل ومخارج الطلمبات :

للتحكم فى تشغيل الطلمبات يجب أن تزود كل طلمبة بالمحابس الآتية (شكل رقم ٦ – ٦) .



شكل ٤٠
المحابس على مدا خل ومخارج المضخات

(شكل رقم ٦ - ٦)

١ - صمام (foot valve) ويوضع فى مدخل ماسورة السحب والغرض منه حجز المياه فى ماسورة السحب والطلمبة عند توقف الطلمبة عن العمل - وبذلك لا تحتاج إلى تحضير عند بدء تشغيلها مرة ثانية .

٢ - صمام حجز (Sluice valve) عند مدخل الطلمبة والغرض منه التحكم فى سير المياه وقفل الماء عن الطلمبة إذا لزم الأمر اصلاحها.

٣ - صمام مرتد (Non-return valve) : ويوضع على مخرج الطلمبة مباشرة والغرض منه منع سير المياه فى اتجاه عكسى عند توقف الطلمبة عن العمل فجأة نتيجة لتوقف التيار الكهربائى مثلا أو خلل المحرك .

٤ - صمام حجز ويوضع بعد الصمام المرتد . الغرض منه التحكم فى سير المياه وقفل الماء عن الطلمبة لاصلاحها إذا احتاج الأمر - أو اصلاح الصمام المرتد .

ومن ذلك يتضح أنه إذا أريد اصلاح أى من الطلمبة أو انصمام المرتد قفل محبسى الحجز المذكورين أعلاه وبذلك لا تصل المياه إلى الطلمبة عن أى طريق .

أجهزة القياس فى محطة الطلمبات :

يجب أن يركب على كل طلمبة الأجهزة الآتية لقراءة الضغط والتصرف المار فى كل طلمبة .

١ - جهاز قياس ضغط السحب (Suction gauge) .

٢ - جهاز قياس التصرف (flow meter) .

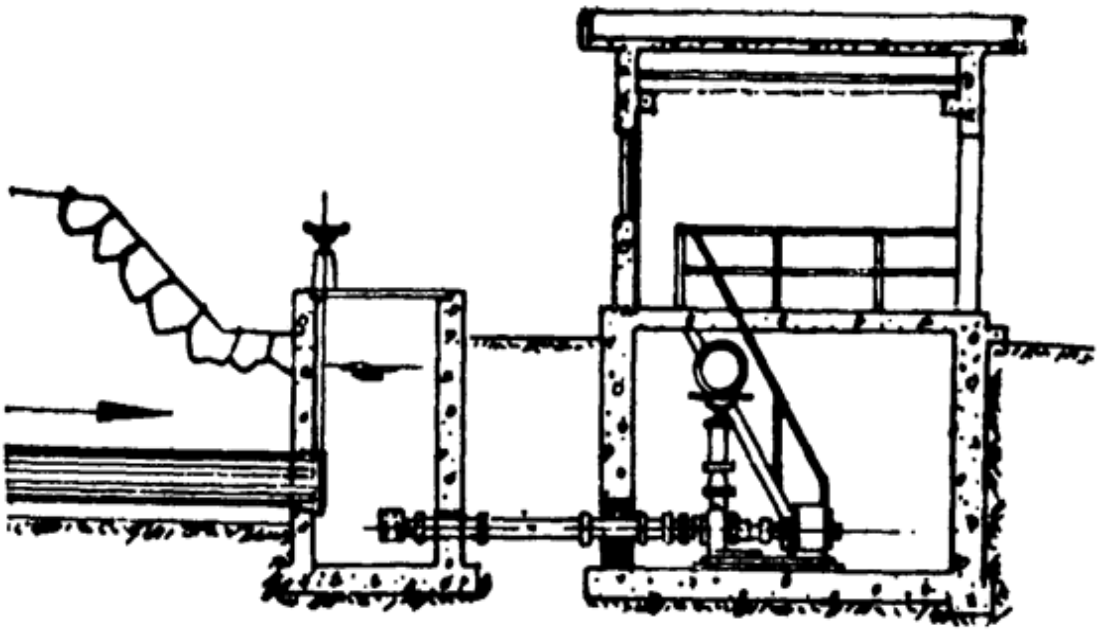
٣ - جهاز قياس ضغط الطرد (Pressure gauge) .

كما يجب أن يوجد بالاضافة إلى ذلك . جهاز لتسجيل ضغط الطرد والتصرف الكلى لمحطة الطلمبات . هذا الجهاز يسجل على ورق بيانى يستبدل يومياً وجميع هذه البيانات تحفظ للرجوع اليها عند الرغبة فى ذلك .

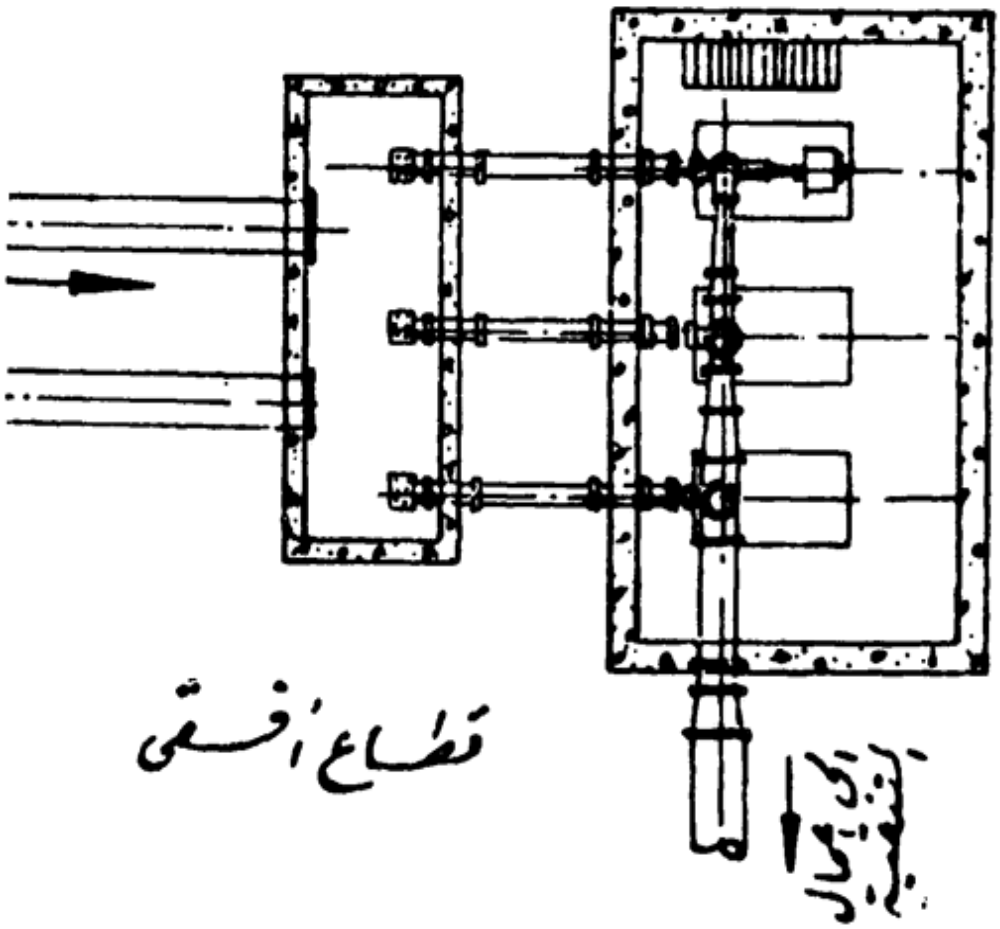
ويبين الشكل رقم ٦ - ٧ مسقط أفقى وقطاع لمحطة طلمبات الضغط الواطى .

الطريقة التقريبية لتصميم الطلمبات الطاردة المركزية :

عند الدراسة لمحطة الطلمبات فأنه يلزم معرفة كل من قطر المروحة . قطر ماسورة الطرد . سرعة دوران المروحة . ويمكن حساب ذلك تقريباً على وجه السرعة بالمعادلة الآتية :



قطاع رأسي



قطاع أفقي

(شكل رقم ٦ – ٧)

(١) $V = 8.8 \sqrt{H} + K$

(٢) $N = \frac{230\,V}{D} = 230 \frac{8.8 \sqrt{H} + K}{D}$

(٣) $D = \frac{\sqrt{Q}}{4}$

(٤) $D = 1.5 \rightarrow 5\ d$ (generally 4 d)

(٥) W. H. P. = 10 Q H

حيث : V = سرعة أطراف المروحة بالقدم/ ثانية .

H = عامود الضغط الكلى للمياه بالقدم (الاحتكاك + الرفع + الفاقد فى الانحناءات والمدخل والمخرج) .

N = عدد لفات المروحة فى الدقيقة .

D = قطر مروحة الطلمبة بالبوصة .

d = قطر ماسورة الطرد بالبوصة .

Q = التصرف بالجالون فى الدقيقة .

K = معامل ثابت يتراوح ما بين ٥ ، ١٠ يؤخذ فى المتوسط يساوى ٧ .

مثـــال : المطلوب ايجاد حجم الطلمبة اللازمة لرفع ٢٥٠٠ جالون فى الدقيقة لضغط كلى ٣٥ قدم .

$$V = 8.8\sqrt{H} + K$$

$$= 8.8\sqrt{36} + 7 = 60 \text{ ft/sec}$$

$$d = \frac{Q}{4} = \frac{2500}{4} = 12.5''$$

$$D = 4d = 4 \times 12.5 = 50''$$

$$N = \frac{230V}{D} = \frac{230 \times 60}{50} = 275 \text{ R.P.M.}$$