جميعُ حقوق النشر محفوظة للصندوق الاجتماعي للتنمية– اليمن.

يجوز للمنظمات غير الربحية أن تقتبس أو تُعيد نشر هذه المواد شرط أنْ تذكُرَ اسمَ "***الصندوق الاجتماعي للتنمية– اليمن***" مصدراً لها.

لا يُسمح بالنشر للأغراض التجارية إلا في الحالات التي يوافق عليها الصندوق الاجتماعي التنمية، وبإذنٍ خطيٍّ مُعَمَّدٍ منه.

لا يُسمح بترجمة نصوص هذا المنتج إلى لغات أخرى، ويجوز نسخ مقتطفات منه لأهداف غير تجارية شريطة ذِكْرِ اسمِ "***الصندوق الاجتماعي للتنمية–اليمن***" مصدراً للمادة المنشورة أو المُترجَمَة أو المُقتَبَسَة.

للتواصُل مع الصندوق حول النسخ أو الاقتباس من هذه المادة، يمكنكم التواصل على: info@sfd-yemen.org

تعانى اليمن من شحة الموارد المائيه وهذا يتطلب أن يكون المهندسون اليمنيون قادرون على تصميم مختلف الخيارات المناسبه لمصادر المياه المتاحه لدى المجتمعات المستهدفه بما فيها حصاد مياه الأمطار ومصادر المياه من العيون والمياه الجوفيه. ونادرا ما نجد كتابا يجمع بين كل هذه الخيارات إضافة إلى أن المهندس الخبير غالبا ما يعانى فى البحث عن معلومه فى هذا الكتاب أو ذاك وقد يجد المعلومه في أكثر من كتاب ولكن بشكل مختلف بعض الشئ مما يجعله فى حيره من أمره أى مصدر يعتمد؟ أما المهندس المبتدئ فإنه يعانى أضعاف ما يعانيه المهندس الخبير.

وعليه يسر الصندوق الاجتماعى للتنميه تقديم كتاب "دليل تصاميم أنظمة مياه الشرب" كمساهمه منه لتطوير أداء الاستشاريين المحليين العاملين فى قطاع مياه الريف من خلال مساعدتهم فى اعداد التصاميم الفنيه المناسبه للظروف المحليه ولتفادى اخطاء التصميم الشائعة ولتنفيذ مشاريع اقتصاديه قليلة الكلفه ، يعتبر هذا الدليل مراجعة وتطوير لدليل التصميم والإنشاء والإشراف، والذي تم إعداده عام 1982 من قبل مشروع مياه الريف بالتعاون مع منظمة الصحه العالميه، وتم تطويره بحيث يشمل أعمال المسوحات والتصميم والإشراف على عملية الإنشاء مع الأخذ في الاعتبار التطرق إلى كل ما تم استحداثه من برامج تصميميه، ومعالجات فنيه بيئية واجتماعية واقتصادية تخدم الغرض المنشود للخروج بمشاريع مدروسة من كل الجوانب. علما بأن برنامج إنشاء مشاريع مياه للشرب في المناطق الريفية في الجمهورية قد توسع في السنوات الأخيره وهذا التوسع كان بحاجة إلى تطور في الناحية الفنية. إضافة إلى ذلك فقد لوحظ تفاوت كبير بين أعمال المهندسين في هذا المجال، ماحدى بنا إلى التفكير في محاولة جادة لإخراج هذا الدليل الهندسي والذي يبلور رؤية مشتركة للمهندسين العاملين، بحيث يمكن تحقيق نمطية في الأداء وتقارب في طريقة التفكير والتنفيذ، وجعل هذا الدليل هو أقرب المراجع التي تحقق للمهندس الوصول إلى حل سريع لمشكلة ما أو لاسترجاع معلومة ما تخدمه في المهمة اللازم عليه تأديتها، وهذا الإصدار الجديد تم إعداده ليكون دليلاً فنياً لجميع المهندسين في مشاريع مياه الريف ويشمل التخطيط والتصميم والإنشاء لمشاريع مياه الشرب في المناطق الريفية.

يتكون الدليل من ثمانية ابواب ، الباب الاول يشرح كيفية إعداد المسح والدراسه والباب الثانى عن تقييم الاثر البيئى مع التركيز على تقييم الاثر الصحى لمشروعات المياه والباب الثالث عن مصادر المياه واعمال الحمايه والباب الرابع عن تصميم شبكات توزيع المياه والباب الخامس عن تصميم اعمال تخزين المياه والباب السادس عن تصميم وحدات الضخ والباب السابع عن اعمال معالجة مياه الشرب والباب الثامن عن المواصفات وجداول الكميات والتكاليف التقديريه والباب الاخير عن الاشراف على التنفيذ،

وقد تم اعداد هذا الدليل بالاضافة الى قرص مدمج (CD) خاص بتصاميم انظمة مياه الشرب فى الارياف كمحصلة جهود استمرت حوالى السنتين تخللتها ورش عمل حضرها مهندسون مختصون من ذوى الخبره وتم النقاش وإضافة وتنقيح المعلومات والخروج من هذه الورش ببعض الأخطاء الشائعة لكل مرحلة من مراحل دراسة وتنفيذ مشروع مياه وكيفية تلافي هذه الأخطاء، وتم إضافتها إلى هذا الدليل بعد كل باب من أبوابه.

نتمنى أن نكون قد وفقنا فى إعداد هذا الدليل ، والله ولي التوفيق ،،،،

الصنـــــدوق الاجتمـــــــاعي للتنمــية

	قائمة بالرموز المستخدمة ----------	8
	المقدمـة والهدف ----------	
	الباب الأول : أعمال المسح والدراســـة	10
1	المسح الفني بصفة عامـــة ----------	12
2	تثبيت إحداثيات النقاط ----------	13
3	المسح الاقتصادي والاجتماعي ----------	15
1-3	الإرشادات للمسح الاقتصادي والاجتماعي ----------	16
2-3	محتوى تقرير المسح ----------	16
4	الاستهلاك اليومي(للحاضر والمستقبل) ----------	17
1-4	التعداد السكاني الحالـــي ----------	17
2-4	التعداد السكاني المستقبلـــي ----------	17
3-4	الطلب اليومي من المياه ----------	18
4-4	معامل التدفق الأقصـى والأدنى ----------	19
5	الأخطاء الشائعة في أعمال المسح والدراسة وكيفية تلافيها ----------	20
	الباب الثاني : تقييم الأثر البيئي (EIA) لمشاريع المياه	24
1	تقييم الأثر البيئى ----------	26
2	مراحل دراسة تقييم الاثر البيئى ----------	29
3	التصنيف البيئى للمشاريع	37
	الباب الثالث :مصادر المياه وأعمال الحماية	38
1	الآبار العميقة (بالحفارات)	40
2	الآبار الضحلة (اليدوية)	42
3	العيـون	43
4	حصاد مياه الأمطار باستخدام البرك وحساب المساحات التجميعية للمياه	50
1-4	برامج حصاد مياه الأمطار باستخدام الحاسوب	54
2-4	التصميم الهيدروليكي للبرك	54
5	الأخطاء الشائعة في الآبار اليدوية والعميقة وكيفية تلافيها	47

6	حصاد مياه الإمطار باستخدام البرك وحساب المساحات التجميعية للمياه :	50
7	حصاد مياه الضباب	63
الباب الرابع : شبكات توزيع الميـاه		71
1	أنواع أنظمة توزيع المياه	74
2	تقسيم النظام في مناطق الضغط	75
3	اعتبارات تصميميه أخرى	76
4	مواسير المياه وملحقاتها	78
1-4	مواد تصنيع المواسـير	78
2-4	المحابس	80
3-4	ملحقات المواسير (القطع الخاصة)	82
5	المناهل العامة والتوصيلات المنـزلية	84
6	الأعمال المدنيـة للمواسير	84
1-6	حفر خنادق لتركيب مواسير المياه	84
2-6	غرف التفتيش للمحابس	85
3-6	تدعيم المواسير	85
7	تصميم خط الضخ	92
1-7	ساعات الضخ/ معدل التدفق في خطوط الضخ	92
2-7	الفواقد في خطوط الضخ/ الضغط المطلوب في خط الضخ	93
3-7	المطرقة المائيـــة	96
8	تصميم خطوط الإسالـة	97
1-8	التدفق في خطوط الإســالة	97
2-8	أقطار خط التوزيع/ فواقد الاحتكاك	98
3-8	تصميم المناهل العامــة	99
9	فواقد المياه من الشبكات	100
1-9	تعريف الفواقد واحتسابها	101
2-9	أثر فواقد المياه من الشبكات على تشغيل وإدارة مؤسسات المياه	102

3-9	أسباب الفواقد	104
4-9	التحقق من الفواقد	106
5-9	استراتيجية التقليل من الفواقد	110
6-9	طريقة الكشف عن الفواقد	113
7-9	مثال على البحث عن الفواقد	114
8-9	تمرين عملي	115
9-9	مشاكل شبكات المياه في اليمن	116
10	تصميم الشبكات باستخدام الحاسوب	118
1-10	طريقة تصميم المواسير المختلفة للشبكات المفتوحة باستخدام برنامج Excel	118
2-10	تصميم الشبكات المغلقة باستخدام برنامج Excel	120
3-10	تصميم الشبكات المغلقة باستخدام برنامجEpanet	124
11	رســـم التصميمات	146
1-11	المسقط الأفقي العام	146
2-11	مقاطع طولية على امتداد الخطـوط	147
12	بنود التصميم والحسابات	148
1-12	نقاط عامــة	148
13	الأخطاء الشائعة في مكونات شبكات الضخ وتوزيع المياه وتوابعها وكيفية تلافيها	150
الباب الخامس : تخزين الميــاه		156
1	تخزين المياه بصفة عامـــة	158
2	خزانات المياه	159
3	السعة التخزينية	160
4	قائمة التصميمات النمطية المعدة من قبل مياه الريف	162
5	الأخطاء الشائعة في خزانات التوزيع (العالية والأرضية) وكيفية تلافيها	156
الباب السادس : وحدات الضخ ومواصفاتهــا		168
1	وسائل الضخ وملحقاتها	170
1-1	المضخات	170

2-1	غرف وحدات الضـخ	174
2	اختيار المضـخة ومواصفاتها	174
1-2	اختيار المضـخة	176
2-2	مواصفات المضـخة	178
3	وحدات الضخ الأخرى	179
1-3	المضخات اليدوية	179
2-3	المضخات التي تعمل بالطاقة الشمسية	182
3-3	طريقة الـ RAM لضخ المياه	186
4	الأخطاء الشائعة في التعامل مع وحدات الضخ المختلفة وكيفية تلافيها	190
الباب السابع : معالجة ميـاه الشرب		196
1	نوعية المياه الصالحة للشرب	200
2	أعمال معالجة مياه الشرب	203
1-2	الترسيب	205
2-2	الترشيح	207
3-2	المرشحات الرملية البطيئة	210
4-2	الكلورة	221
5-2	أنواع المعالجات الأخرى	228
3	مراقبة جودة المياه على المستوى المحلي والمركزي	230
4	أماكن وطرق أخذ العينات	231
الباب الثامن : كميات ومواد وأعمال الإنشاء– التكلفة التقديرية		236
1	مواد الإنشـاء _ كميـات وتقديـرات	238
1 -1	الأعمال الخرسانيـــة	238
1 -2	أعمال التســـليح	239
1 -3	أعمال مادة البناء اللاحمـة	239
1 -4	أعمال البنـاء الحجرية	239
1 -5	أعمال التلبيس	240

2	جدول الكميات	240
3	التكلفة التقديرية لتنفيذ المشاريع	241
الباب التاسع : الإشـــراف		242
	الزمن والتكلفة ونوعية العمل:	244
	الأخطاء الشائعة في عملية الإشراف وكيفية تلافيها	246
الملحقـــات		248
	ملحق (1) : نموذج المسح الفنى (يتبع الباب الثامن)	250
	ملحق (2) أستمارة المسح الاجتماعى الاقتصادى	263
	ملحق (3) : أستمارة تقييم الاثر البيئى والاستمارات المساعده	267
	ملحق (4): مواصفات المواد والأعمال	279
	ملحق (5): نموذج لجدول الكميات + نموذج التكلفة التقديرية المعدة بواسطة المصمم	290
المراجـع		306

a	[م/ث]	سرعة الموجة
c		معامل المقاومة
d_d	[بوصة]	قطر ماسورة خط الإسالة
d_p	[بوصة]	قطر ماسورة خط الضخ
D_F		معامل المدة
E	[م]	المنسوب
E_P		كفاءة المضخة
g	[م/ث^2]	عجلة الجاذبية الأرضية
h_f	[م/100م]	فاقد الاحتكاك
h_p	[م]	أقصى ضغط للضخ
H_f	[م]	إجمالي فواقد الاحتكاك
H_p	[م]	إجمالي الضغط للضخ
H_r	[م]	الضغط عند المنازل
Hwt	[م]	ارتفاع المياه داخل الخزان
HEL	[م]	إرتفاع الخزان العالي
HP	[HP]	القدرة بالحصان
ID	[م]	عمق تركيب المضخة.
KVA	[KVA]	كيلو فولت أمبير
L	[م]	الطول
MN		اتجاه الشمال المغناطيسي

n	[سنة]	فترة التصميم
Pf		عدد السكان المستقبلي
Pp		عدد السكان الحالي
Qd	[ل/ث]	التدفق في خطوط الإسالة (قمة التدفق).
Qc	[ل/ث]	معدل الاستهلاك اليومي
Qp	[ل/ث]	التدفق في خطوط الضخ.
r		معدل النمو
R	[م]	المحيط المبتل
s.y.	[ل/ث]	إنتاجية المصدر
S	[م]	الفواقد
t	[ث]	فترة زمنية
vd	[ل/ث]	السرعة في خطوط الإسالة
ϕ	[درجة]	الزاوية الأفقية
α	[درجة]	الزاوية الرأسية.
vp	[ل/ث]	السرعة في خطوط الضخ
z	[درجة]	زاوية زينيت الرأسية

الباب الأول

أعمـال المسـح و الدراســة

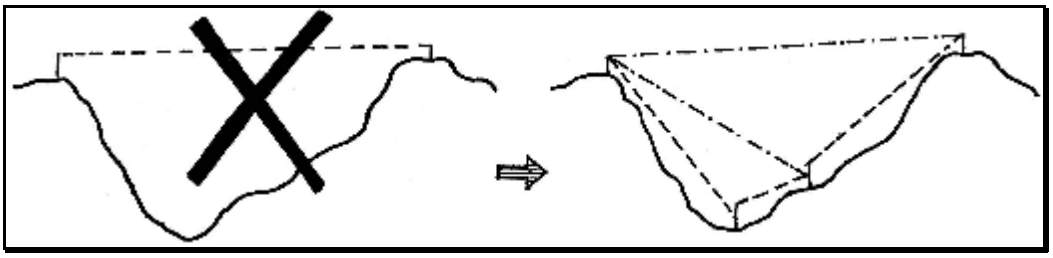
خلال الزيارات الميدانية يجب أن يكون المهندس الزائر مخططاً ومساحاً و مهندساً مصمماً وأيضا يجب أن يعمل رؤية حول التكلفة التقديرية ، ويجب أن تكون عنده القدرة لعمل خطة (أو حتى خطط بديلة) لأماكن وضع المواسير، والتي ستؤدى إلى عمل تصميم مقبول فنياً و اقتصاديا. كما ويجب علية أن يقدم فكرة مخطط المشروع إلى الأهالي بصورة مقبولة لهم .لهذا يجب عليه أن ينجز أهم المهمات والتي تحتاج في إنجازها إلى المعرفة والخبرة الهندسية، وكما أن المساح يجب أن تكون عنده القدرة على عمل التصميم الابتدائي في الموقع ، لمعرفة اعتبارات التصميم التي تخضع للمناقشة، لأن هذا الفصل يعطي فقط أساسيات عامة وكذلك دليل بالنسبة لأعمال المساحة.

1-المسح الفني بصفة عامة:

عند زيارة المنطقة التي يتم إنشاء المشروع فيها (أو سيتم إنشاء المشروع فيها)فإنه يتوجب على المساح الحصول على كل المعلومات الضرورية للمشروع، وبعض هذه المعلومات يمكن الحصول عليها من مكاتب الإدارة العامة لمشاريع مياه الريف (أو مكاتب المشروع) حيث يمكن معرفة المعلومات الخاصة بمصدر المياه من القسم الهيدروجيولوجي، ويمكن معرفة المعلومات الخاصة بوحدة الضخ التي تم تركيبها مسبقاً في الموقع مثلاً(مضخة مع محرك أو مولد كهربائي...الخ) من القسم الميكانيكي. وعلى كل حال فإن أغلب المعلومات الضرورية للمشروع لابد من الحصول عليها من الموقع ومن الأهالي أنفسهم.

ويتوجب على المهندس المساح :

1- عمل رسم تقريبي عام للمنطقة مع توضيح الأودية وعمل خطوط الكنتور لتمييز المناسيب وتوضيح المباني الرئيسية ...الخ، وذلك بغرض الحصول على مرجع سهل عند عمل التصميم النهائي في المكتب.
2- عمل تصور تقديري لعدد السكان في المنطقة.
3- اختيار المواقع المناسبة لغرفة المضخة، وحدة الضخ الأفقية (إن وجد)، الخزانات، والمناهل العامة وغيرها.
4- مسح وقياس خطوط الضخ وشبكة خطوط الإسالة، ويستخدم لهذا الغرض بعض الأجهزة مثل التوتل استيشن ، التيودوليت، الأمتار، ألـ GPS...الخ بهدف الحصول على نتائج مضبوطة وصحيحة قدر الإمكان.وعلى كل حال، فإن النتائج تعتمد وبدرجة كبيرة علي العمل الذي يقوم به المساح، فيجب عليه توقيع النقط والقياسات لأكبر عدد ممكن من النقط، وكذلك عمل المحطات بقدر الضرورة التي تتطلبها أعمال التصميم (وعلى سبيل المثال أنظر الشكل رقم 1).



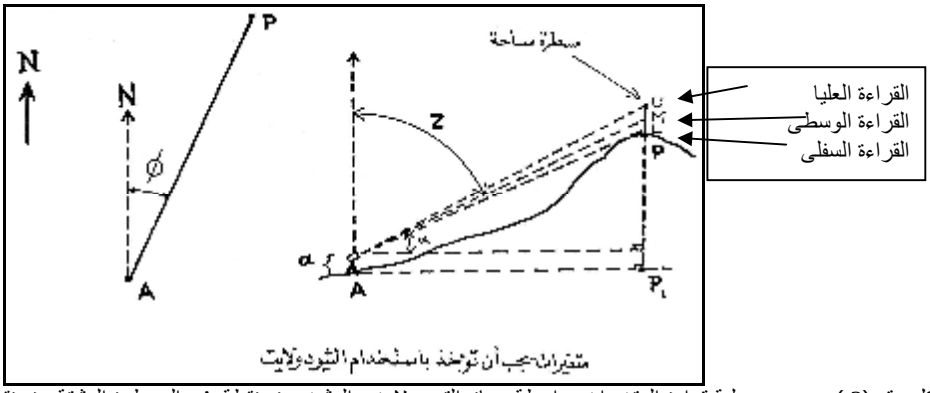
الشكل رقم (1) ويوضح ضرورة اختيار عدد من النقط لكي تقاس منها المسافات خلال عملية المسح الميداني لمنطقة المشروع

2- تثبيت إحداثيات النقاط:

على القارئ أن يحيط علماً بـ "دليل منهج المساحة" الموجود في المكتبات وأيضاٍ إدارة مشاريع مياه الريف لكي يتم التحكم في قراءة أجهزة المسح عملياً، ولتوضيح كيفية استخدام مقياس رسم كبير في المسوحات عموماً. و سوف نناقش هنا بعض الأساسيات في استخدام التيودولايت لتثبيت المحاور للمحطات والنقط.ونظراً لاختلاف أنواع أجهزة التيودولايت فإنه تختلف طريقة تشغيله وطريقة أخذ القراءات، وعليه فإن على المهندس المساح أن يقرأ بعناية الدليل المرفق مع كل تيودولايت أو أي جهاز مساحي آخر .

وكحالة عملية ، فإنه يمكن قراءة المتغيرات التالية في كل أنواع التيودولايت (الشكل رقم 2) :

- الزاوية الأفقيةØ بالدرجات (grades) .
- الزاوية الرأسية α أو z (زينيت) بالدرجات (grades) .
- قراءة الشعرة العلياء (U) ، قراءة الشعرة السفلى (L)، وقراءة الشعرة الوسطى (M) على مسطرة القياس (ويتم ذلك من خلال النظر من منظار التيودولايت).



الشكل رقم (2) ويوضح عملية قراءة المتغيرات بواسطة جهاز التيودولايت والمثبت عند نقطة A والمسطرة المثبتة عند نقطة P

إنه وفي وجود المتغيرات المذكورة أعلاه، فإنه من الممكن القيام بحساب (تثبيت) الإحداثيات للنقطة P لكي يتم قياسها بالنسبة للنقطة A كما يلي:

ا - الزاوية الأفقية من مكان الجهاز الى النقطة (وتقرأ مباشرة).
ب- المسافة الأفقية AP` بين الجهاز والنقطة وتحسب من خلال العلاقة :

$AP` = 100\ (U-L)\cos 2\ \alpha$

أو

$AP` = 100\ (U-L)\sin 2\ z$ (حيث z هي زاوية الزينيت)

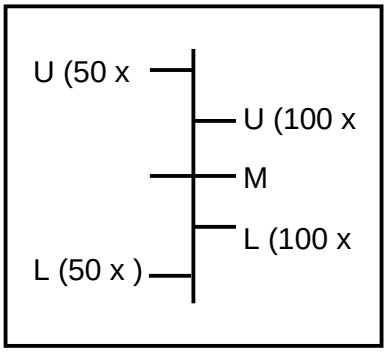
ج- الفرق في المنسوب بين بين النقطتين A وP والتي تمثل المسافة PP` فيمكن حسابها من خلال العلاقة:

$PP` = 100(U-L)\ \cos \alpha \sin \alpha + a - MP$

أو

$PP` = 100(U-L)\ \cos z \sin z + a - MP$

ملاحظة: إن تقاطع الشعرة (والذي يرى في المنظار) لبعض أجهزة التيودولايت يوجد فيه خياران لقراءة الشعرة العلياء والشعرة السفلى (انظر الشكل رقم 3) ، حيث وأن معامل الضرب 100 والمذكور في العلاقات أعلاه يعتمد على الشعرات المرصودة ، حيث يصبح هذا المعامل 50 في حالة رصد الشعرات العلياء والسفلى الخارجيتين، ويكون 100 في حالة تم رصد الشعرات العلياء والسفلى الداخليتين (الأقرب إلى الشعرة الوسطى).



الشكل رقم (3) ويوضح تقاطع الشعرات التيودولايت النموذجي

ويمكن تلخيص مجمل خطوات العمل خلال عملية المسح الفني والواجب إتباعها فيما يلي :

1- ضع الجهاز (التيودولايت) في موضع جيد (عند المنسوب الأعلى من غيره) بحيث يمكن رصد أكبر عدد من النقط من هذا الموقع.
2- اعمل على ضبط أفقية واتزان الجهاز (التيودولايت)، وقس ارتفاع الجهاز وسجل ذلك في نموذج المسح.
3- أضبط الدائرة الأفقية في اتجاه الشمال.
4- أرسل رجل المسطره لوضع المسطره عمودياً في المكان الذي نريد أن نأخذ قراءات النقط فيه.
5- اقرأ وسجل الزوايا الأفقية والرأسية، وتحقق من القراءة مرة أخرى.
6- اقرأ وسجل قراءات الشعرات الوسطى والسفلى والعلياء، وتحقق من القراءة مرة أخرى.
7- اكتب أي ملاحظات وارسم رسومات تقريبية وضع عليها ملاحظاتك أيضاً.
8- حرك جهاز التيودولايت إلى الموضع التالي .

9- ابدأ في رصد الزاوية الخلفية إلى الموضع السابق (الزاوية الأفقية)، للحاجة إليها في الرسم المكتبي فيما بعد ، وأكمل عمل النقط الأخرى بنفس الأسلوب من 1 إلى 6 ، (يجب ملاحظة أنه في كل موضع جديد للجهاز فإنه يجب رصد نقطة من النقط التي أخذت من موضع الجهاز السابق وذلك لكي تكون مرجعاً (وهذا هام جداً).

10- يستمر العمل بالخطوات السابق ذكرها حتى تكمل عملية المسح إلى نقطة معروفة أو إلى أن نعود إلى نقطة بداية المسح.

وتجدر الإشارة إلى أنه توجد طرق أخرى للمساحة في الحقل لعل من أهمها تلك التي تستخدم أجهزة متطورة تعرف بالـ **Total station** والتي تمتاز بالدقة والسرعة، ويفضل استخدامها في المسوحات التي تكون فيها مسافات طويلة. ولكن هذه الأجهزة متوفرة على نطاق محدود وهي مكلفة وحساسة جدا، ويتطلب استخدامها الحرص الشديد وينصح أن لا يستخدمها إلا من كان لديهم الخبرة الكاملة في استخدامها.

وأيضاً هناك جهاز مساحي آخر يسمى بـ GPS وهو عبارة عن جهاز يعطي قراءة مناسيب ومسافات، وعادة يمكن إدخال هذه القراءات إلى الكومبيوتر للخروج بالنتائج المطلوبة، ويحتاج استخدام هذا الجهاز إلى الخبرة، ومعرفة البرامج التي يمكن الحصول منها على النتائج المطلوبة، ولكن يظل جهاز التيودولايت والـ Total station هما الأكثر دقة و الذين يمكن استخدامهما بسهولة.

3-المسح الاقتصادي والاجتماعي (أنظر الى استمارة المسح الاقتصادى الاجتماعى لمشاريع مياه الشرب فى الملحق رقم 2) :

إنه من المفيد جداً معرفة الوضع الاقتصادي والاجتماعي لمجتمع القرية أو القرى المراد إدخال خدمة المياه أو الصرف الصحي إليها حيث يتولى فريق يسمى فريق المشاركة الاجتماعية بعمل هذه الدراسة من خلال عدة زيارات إلى مجموعة الهدف (القرية المستهدفة) وتعبئة العديد من الاستمارات التي توضح الوضع الاجتماعي والاقتصادي فيمكن من خلالها معرفة حدود و إمكانيات قدرة هذا المجتمع على المساهمة في تنفيذ المشروع المقترح، وهذه المساهمة تشمل في معناها الواسع المشاركة بالرأي في تصميم المشروع وطرح كل النقط الاجتماعية التي لها صلة مباشرة مع ذلك المشروع قبل تنفيذه ؛وكذلك المساهمة بنسبة معينة من تكلفة المشروع حتى يكون هناك إحساس بملكية المشروع وبالتالي صيانته والمحافظة عليه مستقبلاً؛ حيث تتحدد هذه المساهمة بحسب قدرات المجتمع الاقتصادية والمعيشية (نقداً أو مساهمة عينية بمواد محلية وخلافة)، ومن ضمن ما يمكن عمله في هذا الشأن ما يسمي بالمسح القاعدي لمعرفة الوضع الاجتماعي و الاقتصادي والبيئي لمنطقه المشروع قبل وبعد تنفيذ المشروع وهذه كلها أمور هامة جدا أيضا لتحديد البرنامج الإرشادي والتوعية المطلوبة لهذا المجتمع بخصوص التعامل مع الخدمه الجديدة وكيفيه التعامل السليم مع هذا التغير الإيجابي في المجتمع.

وكنتيجة لكل هذه المسوحات الفنية والاقتصادية والاجتماعية يمكن التدخل بمشروع مدروس التكلفة وتحديد مدى تقبل مجموعه الهدف للمشروع وبالتالي حسن إدارة المشروع وصيانته مستقبلا بما يحقق مبدأ الديمومة لهذه المشاريع وهذه هو الهدف المطلوب.

1-3 الإرشادات للمسح الاقتصادي والاجتماعي:

على الاستشاري أو الاستشارية فهم استمارة المسح جيدا وما يعنيه كل سؤال حتى يستطيعا تحوير السؤال بما يتناسب مع مدارك الشخص المدلي للبيانات مع عدم تغيير الهدف من السؤال. وعليهما مراعاة الدقة في جمع البيانات . وحتى تكون نتائج المسح أقرب ما يمكن للواقع يجب مراعاة النقاط الهامة التالية:

1- يتم تحديد عدد المنازل التي يجب إجراء المسح لها كما يلي:

- عدد المساكن المستفيدة 100 مسكن أو أقل تكون نسبة المساكن الواجب سحها 50%
- عدد المساكن المستفيدة أكثر من 100 مسكن تكون نسبة المساكن الواجب مسحها 20%

2- يتم اختيار المنازل بشكل عشوائي وحتى تكون النتيجة ممثله للواقع يقسَّم التجمع السكاني إلى أربعة أرباع ويؤخذ عشوائياً من كل ربع نفس العدد تقريباً

3- أن يلم الاستشاري و الاستشارية بالأوعية المستخدمة لجلب الماء وسعة كل وعاء والتمييز بين دبه سعة خمسة لتر و دبة سعة عشره لتر ودبة سعة عشرون لتر وأن يكون لديهما المقدرة على حساب أو قياس السعه إذا تطلب الأمر

2-3 محتوى تقرير المسح:

1- مقدمه ومعلومات عامه عن منطقة المشروع من حيث الموقع وطبوغرافية المنطقة وطبيعة الطريق المؤدية إليها وطبيعة النشاط السكاني السائد

2-كيفية اختيار المساكن التي تم مسحها وعدد الأسر التي تم أخذ بياناته

3- عدد الأسر التي فيها قيمة الاستهلاك الشهري للمياه على معدل الدخل الشهري يساوي 2% أو أقل لكل مستوى من مستويات الخدمة الثلاث

4- نسبة المساكن الممسوحة والتي لا تزيد فيها نسبة قيمة الاستهلاك الشهري إلى معدل الدخل الشهري عن 2% لكل فئة.

5- التوصية بالخدمة المناسبة لهذا المجتمع مع اعتبار أن النسبة في نقطة (4) يجب ألا تقل عن 70%.

6- الفترة الزمنية التي يستغرقها أخذ البيانات لأسره واحده

7- أي ملاحظات حول طريقة المسح واستمارة المسح

4- الاستهلاك اليومي (للحاضر والمستقبل) :

4-1 التعداد السكاني الحالي :

كما هو معلوم فإن معرفة عدد السكان يعتبر من أهم العناصر اللازمة لتصميم مشاريع المياه، وللحصول على تقدير معقول لعدد السكان الحالي، يجب أن نتبع الخطوات التالية لأي قرية داخلة في الاعتبار:

أ- العودة إلى آخر تعداد قام به الجهاز المركزي للإحصاء، لمعرفة عدد السكان والأسر وكذلك عدد المنازل.

ب – إ ذا لم تكن هذه الأرقام موجودة من الجهاز المركزي للإحصاء، يتم الحصول عليها من أكثر من مصدر معتمد لتقدير عدد سكان القرية وعدد الأسر وعدد المنازل، حيث يمكن الحصول على هذه المعلومات من شيخ القرية (المحل) طبقاً للكشف الذي يتم بموجبه تحصيل الفطرة (زكاة الفطر) والتي هي واجب ديني، وهذا هو أدق مصدر تقريباً لمعرفة عدد السكان التقديري، ومع ذلك فإن العدد يكون أحياناً أقل من العدد المضبوط للسكان.

ج - إذا كان عدد المنازل أو الأسر معروفاً، فإن عدد السكان يمكن حسابه تقديرياً كما يلي:

- اضرب عدد الأسر × 7
- اضرب عدد المنازل × 10

د- أخيراً خذ المتوسط من عدد السكان المكتوب أعلاه مع إهمال الأرقام المشكوك فيها .

وعلى الرغم من أن المعتاد عمليا في مشاريع مياه الريف هو تقدير عدد السكان من خلال معرفة عدد المنازل فقط ، إلا أنه يلزم تشجيع المساح أو المصمم وحثه على إتباع كل الخطوات المشروحة (بأكبر قدر ممكن) لأن هذا من شأنه تحسين العمل وربما يقود إلى تصميمات اقتصادية.

4-2 التعداد السكاني المستقبلي :

لتنفيذ مشروع إمداد مياه في المناطق الريفية فإنه يتم عادةً تصميم المشروع ليخدم السكان لمدة 20 عاماً.

وعلى كل حال فإنه وحتى بعد معرفة عدد السكان الحالي فإنه يصعب الحصول على معدل النمو السكاني في خلال الـ20 سنة المقبلة. حيث يعتمد ذلك على التطور الاقتصادي مستقبلاً والذي يؤثر على القرية نفسها وعلى المنطقة الريفية المحيطة بها. وانه يجب الإشارة إلى أن تشييد المشروع المياه نفسه هو أحد الأسباب التي تؤدي إلى توسع القرية، وفي اليمن معدل النمو السكاني الذي كان يؤخذ به هو 2.55 % "وهو حالياً 3.7 % " في عملية التصميم مشاريع إمداد المناطق **الريفية** بالمياه. ولحساب عدد السكان المستقبلي فإننا نستخدم العلاقة التالية :

$$P_f = P_r (1+r)^n$$

Where:

P_f = Future Population.

P_r = present Population.

n = Design period in years.

r = Growth rate.

P_f هو عدد السكان المستقبلي، P_p هو عدد السكان في الحاضر، n هي الفترة التصميمية بالسنة، r هو معدل النمو السكـاني.

-وعند أخذ الفترة التصميمية للمشروع 20 سنة، ومعدل النمو السكاني هو 2.55 % = 0.0255 وعليه فإن العلاقة تصبح بعد التعويض : $P_f = 1.65 \times P_p$

-أي أن معامل الضرب هو 1.65 وبنفس الطريقة فأن معامل الضرب سوف يصبح 2.068 عند معدل أخذ معدل نمو السكانى 3.7 %

4 -3 الطلب اليومي من المياه :

استهلاك المياه في القرى والمدن الصغيرة في اليمن يختلف من مكان إلى مكان بحسب الظروف المناخية المعتمدة على الحالة الجغرافية، وفضلاً عن ذلك فإن المطلوب المائي اليومي يختلف خلال العام بسبب نوعية الجو في كل فصول السنة، وحالة العمل وغيرها من العوامل مثل المستوى الثقافي والمناسبات الدينية.

ولعمل افتراضات أساسية فإن المهندس المصمم يجب أن يستخدم تفكيره وحكمه المبني على الخبرة في المنطقة وكذلك التفاصيل في مشروع معين، وعليه أن يكون واعياً بأن المطلوب المائي اليومي يتأثر مباشرةً بإنتاجية المصدر.

و للمثال على ذلك: إذا تم تصميم مشروع مياه ذو سعة كبيرة فإن هذا وبطريقة أوتوماتيكية سيزيد من الطلب للمياه مستقبلاً.

و بسبب هذا ولمنع أن يصبح المشروع مكلفاً جداً، واستهلاك المصدر المائي يصبح أكثر من إنتاجيته، فإن الأرقام التالية يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار بدرجة أساسية:

1- لمنطقة تهامة والسواحل والمناطق الحارة الأخرى : 60 لتر/ فرد / يوم.
2- المناطق الأخرى في الجمهورية اليمنية : 40 لتر / فرد / يوم.
3- المدارس في الجمهورية اليمنية : 5 لتر / طالب / يوم.
4- المساجد في الجمهورية اليمنية : 2000 لتر / مسجد/ يوم.
5- المستشفيات في الجمهورية اليمنية : 100 لتر / سرير / يوم.

وهذه الأرقام تفي بالغرض في حالة التوزيع بالمناهل العامة فقط، وأما في حالة التوصيل المنزلي فإن كمية الطلب من المياه ستزيد بنسبة حوالي 35%، وسيزيد الرقم (60 إلى 80 لتر / فرد / يوم). وسيحتاج التنفيذ بهذه الطريقة إلى أن تكون المياه في مصادرها متوفرة، وأيضاً إلى زيادة في الميزانية المرصودة للمشروع.

4 – 4 معامل التدفق الأقصى والأدنى:

إن التغير في خلال ساعة واحدة في الطلب على المياه خلال اليوم يحدث كثيراً .
ومع أن الاستهلاك الإجمالي للمياه سيزيد في المستقبل، فإن عينة الاستهلاك الموضحة في الشكل (48) سيتبع نفس الاتجاه، مالم تحدث بعض التغيرات الجوهرية في أسلوب الحياة للمواطنين. والفترات التي يكون فيها أقصى الاستهلاك ستكون في الصباح، ووقت الغداء ووقت العشاء أو في وقت متأخر فى الصباح وعند الغسيل بعد الظهر.

النسبة بين أقصى طلب والقيمة المتوسطة للطلب تسمى (معامل الذروة) ستختلف أيضاً مع نوع النظام. وهي قيمة منخفضة وتساوي 1.5 للأنظمة التي تتبع أسلوب المناهل العامة في التوزيع، وهي التي يتم فيها عملية سحب المياه كثيراً أو قليلاً بانتظام خلال اليوم، أو أن يكون هذا المعامل مرتفع ويساوي 3 للنظام والذي فيه نسبة عالية من التوصيلات المنزلية الخاصة. وحيث توجد الخزانات التي على سطوح المنازل وغيرها من وسائل التخزين الأخرى المتداولة فإن قيمة المعامل ستنقص من (1.5 إلى 2).

ولحساب معدل معامل الذروة (عند تصميم شبكة التوزيع)، فإن مشاريع المياه تستخدم العناصر التالية لأغراض التصميم (أنظر أيضاً الفقرة رقم 8 في الفصل الرابع):

أ-للمشاريع التي فيها يكون عدد السكان التصميمي أقل من 2000 نسمة، وفيه مناهل عامة فقط:
هنا يمكن الافتراض بأن المياه ستسحب بانتظام خلال فترة 8 ساعات في اليوم (ساعات تدفق الذروة 8 ساعات). ومن هنا نستنتج أن معامل الذروة هو 3 وأن خطوط التوزيع يجب أن تصمم لتدفق هو ثلاثة أضعاف متوسط الاستهلاك اليومي.

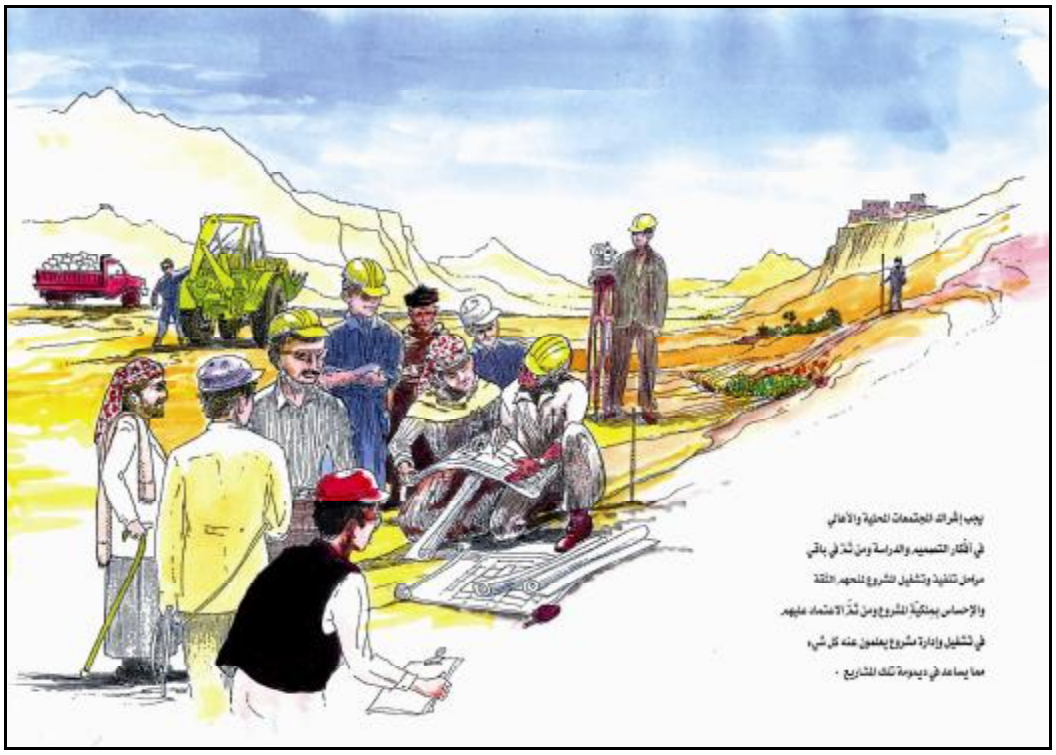
$Qd = 3Qc$

حيث أن Qd = تدفق الذروة لأغراض التصميم
Qc = متوسط الاستهلاك اليومي

ب -للمشاريع الكبيرة (وفيها توصيل منزلي) :
وفي هذه الحالة عدد ساعات الذروة ستكون 12 ساعة ، ومعامل الذروة سيكون 2 :

$Qd = 2Qc$

5-الأخطاء الشائعة في أعمال المسح والدراسة وجمع المعلومات الميدانية وكيفية تلافيها:



الأخطـــــــــــــاء	كيفية تلافيهـــــــــــــا
اعتماد قراءات جهاز الألتيميتر في قياس المناسيب لمشروع يغطي مساحة كبيرة، تكون فيها الطبيعة مختلفة من مكان لآخر ، وقد تتم القراءات في أوقات تختلف فيها درجة الحرارة .	يفضل عدم استخدام جهاز الألتيميتر في قياس مناسيب مختلفة لمشروع كبير نظراً لتأثر هذا الجهاز بفوارق الضغط وكذلك درجات الحرارة فيعطي قراءات خاطئة. ويمكن فقط الاستدلال بقراءة فرق منسوب لنقطتين في منطقة واحدة وبشرط ثبات درجة الحرارة.
يتم الاكتفاء بأخذ قراءات نقاط قليلة في عملية المسح الميداني، وهذا يعني بأن الرفع المساحي لمناطق ذات طبوغرافية معقدة يكون غير دقيق.ويتم في كثير من الأحيان إهمال تضاريس المنطقة عند تحديد مسارات خطوط الشبكة.	يجب على المهندس المساح توقيع أكبر عدد ممكن من النقاط في الموقع حتى يمكن الخروج بعمل أكثر دقة، وكذلك يكون لديه إمكانية كبيرة في وضع أكثر من مقترح تصميمي يتم المفاضلة بينها واختيار الأنسب، كما ويجب الأخذ في الاعتبار تضاريس المنطقة عند تحديد مسارات خطوط الشبكة.
عدم ضبط جهاز التيودولايت عند كل نقطة، ونسيان أخذ قراءة الزاوية الخلفية وذلك برصد النقطة التي كان جهاز التيودولايت فيها سابقاً.	ضرورة ضبط جهاز التيودولايت عند كل نقطة، وأخذ قراءة الزاوية الخلفية وذلك برصد النقطة التي كان جهاز التيودولايت فيها سابقاً.
استخدام أجهزة مساحية غير دقيقة وتجنب الأجهزة الدقيقة نظراً لكلفتها العالية (مثل جهاز الـ Total Station) .	ضرورة استخدام أجهزة مساحية دقيقة مثل جهاز الـ Total Station ، وأجهزة التيودولايت الدقيقة، ويعتمد ذلك على نوعية المشروع وحجمه وأهميته.

الأخطـــــــــــــاء	كيفية تلافيهـــــــــــــا
عدم معايرة الأجهزة المساحية قبل الاستخدام .	ضرورة معايرة الأجهزة المساحية قبل الاستخدام .
عدم تثبيت نقاط المرجعية (P.M)	يجب تثبيت نقاط المرجعية (B.M) في أماكن واضحة وثابتة.
عدم عمل كروكي تقريبي للمنطقة وكذلك لخطوط الشبكة المقترحة	ضرورة عمل كروكي تقريبي للمنطقة وكذلك لخطوط الشبكة المقترحة، لتسهيل العمل المكتبي، وكذلك لتصحيح بعض الأخطاء التي قد تظهر أثناء عمل الحسابات والرسم المكتبي.
الاستعانة بفنيين ليس لديهم الخبرة في هذه الأعمال (المسح والدراسة).	ضرورة تأهيل الفنيين نظرياً وعملياً وفحص مقدرتهم في مثل هذه الأعمال قبل تكليفهم بالقيام بها.
انخفاض الأجور مقابل العمل المطلوب.	تقدير الأجور المناسبة مقابل العمل المطلوب والفترة الزمنية والمجهود.
عدم توفر إعتمادات كافية للقيام بأعمال مسح دقيقة، من الجهات المعنية.	وجوب توفر اعتمادات كافية للقيام بأعمال مسح دقيقة، من الجهات المعنية.
عدم الاطلاع على الأدلة الفنية لطرق تنفيذ أعمال المسح.	ضرورة الاطلاع على المراجع و الادلة الفنية الخاصة بطرق المسح.
عدم أخذ الوقت الكافي للقيام بأعمال المسح الدقيقة أو بمعنى آخر التسرع الذي يخل بدقة الأعمال المساحية.	أخذ الوقت الكافي للقيام بأعمال المسح الفني والمسوحات الأخرى (اقتصادي واجتماعي).
عدم القيام بعملية الاستكشاف لكافة منطقة المشروع وتكوين رؤية كاملة للمشروع قبل القيام بعمل المسح.	يجب القيام بعملية الاستكشاف لكافة منطقة المشروع وتكوين رؤية كاملة للمشروع قبل القيام بعمل المسح.
اختيار موقع منخفض عن بعض المنازل التي يجب تزويدها بالماء أو تلك المناطق التي ستقام فيها منازل في المستقبل القريب.	الانتباه لعمليات الاختيار للمواقع المطلوبة.
الاكتفاء بعمل المسح الفني وإغفال باقي المسوحات الاقتصادية والاجتماعية وغيرها.	يجب القيام بعمل المسح الفني والاقتصادي والاجتماعي، للخروج بكل المعلومات المطلوبة للتنفيذ وكذلك الإحاطة بمقدار إمكانية المجتمع بالمساهمة المطلوبة منهم.
عدم توفر البيانات الإحصائية عن بعض المناطق والتي يتم الموافقة على تنفيذ مشاريع بها.	ضرورة توفر البيانات الإحصائية عن كل المناطق والتي يتم الموافقة على تنفيذ مشاريع بها.
عدم المصداقية من بعض الأهالي في الإدلاء بالمعلومات.	وجوب بناء الثقة والمصداقية مع الأهالي وحثهم بالطرق المقنعة بالإدلاء بالمعلومات الصحيحة والتي تنعكس في صدقها على نجاح المشروع فيما بعد.
عدم وجود دراسات مائية لتحديد كمية الجريان المائي (في المساحات الساكبة لمشاريع حصاد مياه الأمطار).	عمل دراسات مائية لتحديد كمية الجريان المائي.
عدم توفر الأجهزة اللازمة والمناسبة لتحديد ودراسة مواقع المصادر المائية بدقة.	يجب توفر الأجهزة اللازمة والمناسبة لتحديد ودراسة مواقع المصادر المائية بدقة.
عدم أخذ المعلومات السكانية بدقة، واكتشاف نقاط	من الضروري أخذ المعلومات السكانية بدقة، وتوعية

الأخطـــــــــــــاء	كيفية تلافيهـــــــــــــا
الخلاف بين الأهالي منذ وقت مبكر، وبخاصة فيما يتعلق بمصدر الماء وحقوق الملكية.	الأهالي بضرورة حل خلافاتهم (حول مصدر الماء مثلاً) وإعلامهم بأن مشروع المياه ملك عام ولا يحق لأي كائنا من كان إدعاء تملكه مهما كانت الأسباب، ويجب أن يتم ذلك في وقت مبكر.
عدم التأكد الكامل من إنتاجية المصدر ونوعية المياه فيه، وعدم وجود أي معلومات أو رسومات لمقاطع مصدر الماء.	التأكد الكامل من إنتاجية المصدر ونوعية المياه فيه، وذلك بعمل كل الاختبارات اللازمة وبحسب التوصيات والإرشادات الفنية في هذا الموضوع.
عدم التأكد من قدرة الأهالي المستفيدين في بعض المشاريع من إدارة مشاريعهم بطريقة سليمة.	ضرورة تأهيل الأهالي تماماً للقيام بإدارة مشاريعهم بطريقة سليمة، بحيث تتحقق الديمومة المطلوبة لهذه المشاريع.
عدم البحث في موضوع النزاعات بين المستفيدين قد تؤدي إلى فشل المشروع.	يجب البحث في موضوع النزاعات بين المستفيدين وبما يحقق من نجاح للمشروع.
عدم البحث في موضوع موافقة أصحاب الأراضي في حفر بئر أو مرور مواسير مياه أو بناء أي من مكونات المشروع المختلفة في تلك الأراضي.	ضرورة البحث في موضوع موافقة أصحاب الأراضي في حفر بئر أو مرور مواسير مياه أو بناء أي من مكونات المشروع المختلفة في تلك الأراضي.
عدم معرفة الأهالي المستفيدين بدرجة أهمية المشروع المزمع إقامته وذلك منذ المراحل المبكرة.	توعية الأهالي المستفيدين بدرجة أهمية المشروع المزمع إقامته وذلك منذ المراحل المبكرة.
عدم التنسيق بين الجهات الرسمية المنفذة لتوضيح مناطق عمل كل منها لمنع الازدواجية وعدم التداخل.	ضرورة التنسيق بين الجهات الرسمية المنفذة لتوضيح مناطق عمل كل منها لمنع الازدواجية وعدم التداخل.
عدم الاستعانة برأي الأهالي المستفيدين، وإشراكهم بالرأي عند جمع المعلومات الفنية مما يترتب عليه الدخول بعد حين في مشاكل معهم.	يجب الأخذ برأي الأهالي المناسب والعمل على تهذيبه وتحويره في حالة أن يكون غير مناسب ودونما الدخول في مواجهات مع الأهالي و التي تؤدى في أغلب الأوقات إلى فشل المشروع. و يجب أن تكون الاجتماعات مع الأهالي مفتوحة وأن يتم إيصال المعلومة إلى كل المستفيدين (رجالاً ونساءً)، وذلك عن طريق مرشدات اجتماعيات
عدم الربط بين مشاكل الأهالي الحالية وأماكن مكونات المشروع مستقبلاً (المهندس يجب أن يجعل من قراراته واختياراته عاملاً مساعداً لحل المشاكل وليس لتفاقمها أكثر).	يجب أخذ ذلك بعين الاعتبار.
عدم تضمين الاشتراطات الأخرى في اتفاقية المشروع مثل ضرورة إصلاح طريق ما على الأهالي إلى موقع الخزان أو إلى موقع المصدر أو...الخ، بعد معرفة ذلك أثناء جمع المعلومات في موقع المشروع المزمع تنفيذه فيما بعد.	تضمين الدراسة والاتفاقيات كل ما من شأنه تنفيذ سليم وسهل للمشروع مستقبلاً.
عدم التأكد من ملكية الأراضي (الخاصة والعامة) ومشاكلها وبالذات في مواقع مكونات المشروع المقترحة.	التأكد من الملكية الخاصة والعامة وعمل التحاور المطلوب في هذه المواضيع للخروج بحلول يمكن تطبيقها على الواقع وبحيث يكون المشروع خالياً من

الأخطـــــــــــاء	كيفية تلافيهـــــــــــا
	المشاكل مستقبلاً.

الباب الثاني

تقييم الأثر البيئي (EIA) لمشاريع المياه

1- تقييم الاثر البيئى:

تعريف:

عملية تقييم الأثر البيئي Environmental Impact Assessment (EIA) عبارة عن طريقه تحليليه يتم من خلالها التنبؤ بالآثار السلبية التي يسببها المشروع المقترح كما وكيفا وذلك على البيئة الاجتماعية والطبيعية للمنطقة المحيطة واقتراح الطرق البديلة لتنفيذ المشروع والتي تكفل تجنب أو تخفيف الأثر السلبي ومن ثم تحديد السياسات والإستراتيجيات المطلوبة للمراقبة (الرصد) لمدى تنفيذ وكفاءة إجراءات التخفيف.

أهمية عملية تقييم الأثر البيئي:

- التأكد من احتواء المشاكل البيئية والتطرق لها أثناء تصميم المشروع.
- تنفيذ الإجراءات التخفيفية للتقليل من الأثر السلبي على البيئة.
- الرصد المستمر لمدى الكفاءة البيئية.

مقومات نجاح تقييم الأثر البيئي (EIA):

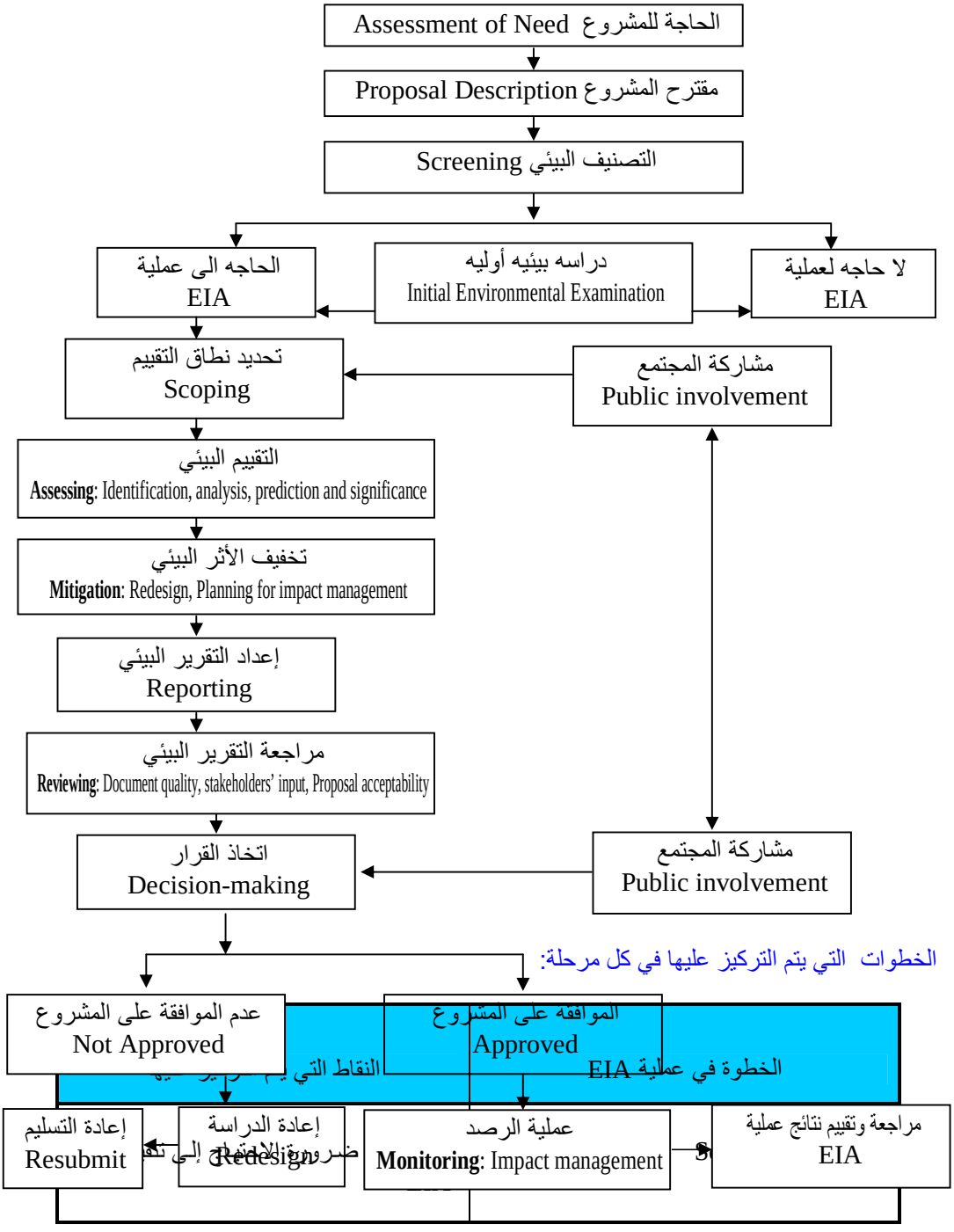
ولكي تكون الدراسة ناجحة يجب أن تتصف بما يلي:

- منفذه بطريقه نظاميه ومتسلسلة
- يمكن إعادة تنفيذها بنفس الطريقة مع الحصول على نفس النتائج من قبل فريق آخر.
- يكون الفريق متنوع التخصصات.
- دراسة علميه بحته باستخدام أحدث العلوم والخبراء المتخصصين في العلوم البيئية.

خطوات القيام بعملية تقييم الأثر (EIA) تتلخص في الآتي:

- مدى الاحتياج للمشروع ومبرراته
- وصف بدائل المشروع
- التصنيف البيئي
- تحديد نطاق التقييم
- وصف الوضع الحالي للبيئة
- التنبؤ ووصف الأثر
- تحديد مدى أهمية الأثر
- تحديد خيارات التخفيف وقائمة الآثار المتبقية بعد التخفيف.
- المقارنة بين البدائل وحدد الخيارات المفضلة
- مشاركة المجتمع واخذ رأى العامة
- التوثيق وعرض النتائج
- اتخاذ قرار بمدى المواصلة في عملية EIA من عدمها
- القيام بالرصد والمتابعة
- إعداد التقرير البيئي

الشكل التالي يوضح خطوات عملية تقييم الأثر (EIA) :



النطاق Scoping	تحديد التأثيرات المحتملة والمشاكل المصاحبة
التنبؤ Prediction	التنبؤ بالآثار المعينة (كمًا ونوعا)
التقييم Evaluation	تحديد أهمية وقوة تأثير الأثر
تطوير خطط للتجنب، التخفيف، الرصد والمتابعة Mitigation, Monitoring and Follow-up	تطوير استراتيجيه لتقليل الأثر
عمل التوصيات Recommendations	تكاملية، وتحليل المعلومات والنتائج، وعرضها وسرد الاستنتاجات

2. مراحل دراسة تقييم الأثر البيئي (EIA):

أولاً: التصنيف البيئي:

- هي طريقة لمراجعة مقترح المشروع التنموي واتخاذ القرار في مدى إحتياج المشروع إلى دراسة لتقييم الأثرالبيئى؟ وفى حالة الاحتياج يتم أيضا اتخاذ قرار في المستوى المطلوب للدراسة (كامل أو جزئي)
- كما يهدف التصنيف أيضا الى تقدير الموارد والوقت المطلوبة لتقييم الآثار البيئة للمشروع

ثانيا: حدود التقييم (Scoping):

- الغرض من حدود التقييم (Scoping) هو وضع حدود لدراسة تقييم الأثر البيئي (بعد زمني ومكاني وفني و إداري ومالي وتشمل أيضا مكونات المشروع) ، وما الذي يجب الأخذ به وما الذي يمكن تركه.
- تساعد في تحديد الفجوة المعلوماتية (النقص فى المعلومات)
- تساعد على وضع الشروط المرجعية مثل:
  1. الحلول الفنية (خيارات التصميم) وانعكاساتها البيئية.
  2. المخاطر المحتملة.
  3. الجماعات المهددة بالخطرة (الفقراء والذين اذا تم حمايتهم تم حماية الكل).
  4. التأثيرات الصحية المحتملة.
  5. الحلول التخفيفية لتقليل الناس المعرضين للمخاطر البيئية.
  6. كيفية التعامل مع المخاطر البيئية التى لا يمكن تفاديها.
- البعد الزمني يمكن أن يشمل جميع مراحل دورة حياة المشروع (مثلا ابتداء من التخطيط والتصميم والتنفيذ وانتهاء بالتشغيل والصيانة).

تحديد الأثر(Impact Identification):

1. ربما تختلف التأثيرات الناتجة عن مشروع معين في موقع ما عن تلك التي تنتج عن مشروع آخر في موقع مشابه في بيئة أخرى.
2. يعتبر تحديد الأثر معقدا ويجب أن يكون مصاحبا لعملية EIA الذي يتم تحديثه مع مرور الوقت أولا بأول مع توفر المعلومات الكافية عن المشروع والبيئة.
3. تهدف هذه المرحلة إلى اختيار التأثيرات الهامة من ضمن قائمة التأثيرات المحتملة والتي تستحق دراسة أعمق.
4. بعض التأثيرات غير هامه سواء للناس المقيمين في المنطقة التي يقترح لهم تنفيذ المشروع أو غير هامه للخبراء أو المختصين في علم البيئة وبذلك يمكن توفير الوقت والعمالة والتمويل.
5. عادة يتم الاتفاق على تحديد التأثيرات الرئيسية بين المعارضين للمشروع والاستشاري والذي سيقوم بعملية EIA وبين الجهة الحكومية المسئولة عن التقييم.

عناصر تقييم مستوى أهمية الأثر

- مدى أهميته لدى العامة
- الحكم العلمي والتخصصي
- الإزعاج/ الخراب على الأنظمة الحيوية
- الأثر السلبي على القيم الإجتماعيه ونوعية الحياة.

أمثله على التأثيرات البيئية:

التلوث والبيئة الحيوية Environment: Pollution and Ecological

ومنها التأثير على الهواء والماء (حدد مصدر الماء..؟) ومستوى الضوضاء (هل هناك إزعاج في الحركة أو تشغيل المحركات..؟) و الاهتزاز ومستوى الإشعاع، الكائنات الحية، والنبات، التنوع الحيوي البيولوجي، مستوى التلوث (المخاطر المتوقعة نتيجة لتغلغل الملوثات تحت الأرض أو على سطح الأرض مباشرة، هل ستتسبب في تجمع الذباب والحشرات..؟)، المخلفات الصلبة والسائلة الخارجة منها والروائح المنبعثة وكيفية إدارتها، وتأثيرها على محطة المعالجة أ و المياه الجوفية ، الصحة، المناطق الجميلة طبيعياً، المرتفعات والمنخفضات الطبيعية والمفتعلة، الموروث الثقافي والاجتماعي، المنظر الطبيعي والجمالي، تولد حركة المرور وإدارتها، نحر التربة، تدهور الأراضي، التصريف والصرف الصحي، المناطق المفتوحة، توليد المخلفات، المناخ، إعادة تصنيع المخرجات، تدريب العاملين في المشروع وتحديد مهامهم، هل هناك خبره من المشاريع السابقة ومدى معالجة تلك المشاكل..؟

التأثير على المصادر الطبيعية :Natural resources

ومنها التأثير على الأرض الزراعية، مصادر الغابات، مياه الشرب(الجوفية والسطحية)، مصادر المعادن والبيئة البحرية، مصادر الطاقة، ومواد البناء، المستنقعات الطبيعية (Wetlands)، الغابات المطرية.

التأثيرات الاجتماعية :Social Impacts

ما مدى تأثر المجتمع المحيط بالمشروع، هجرة وتوطين الناس (هل جعل الناس يرحلون من الموقع أو يفدون إليه..؟) عدم شعورهم بالسعادة، زيادة الأمراض، قلة الإنتاج، قلة الدخل، الأثر النفسي والفيزيائي للجيران، الأثر على طريقة حياة الناس، أثر المشروع على علاقة الناس، أثر المشروع على العادات والتقاليد، أثر المشروع على الحياة الإجتماعيه وتفكير الناس والبيئة، الخدمات التي يتطلبها المشروع ومدى مشاركة صاحب المشروع في ذلك (طريق، تلفون، كهرباء، مياه...الخ)، أثر المشروع على ممتلكات المجاورين، قطع الأشجار، إنهاء بحيرات، منطقه ترفيهية والتي لها قيمه عند الناس، مدى الأثر على الموقع ومدى استخدامه، هل اخذ في الاعتبار التداخل بين العوامل الإجتماعيه، الإقتصاديه، البيئية بغرض الإستدامه، توظيف استخدام الأرض، السكن، الحياة الإجتماعيه، الرفاهية، السياحة، الخدمات، البطالة، المعاقين، المسنين، المرأة، الأقليات، الحالة الإجتماعيه والإقتصاديه للناس المتضررين.

التأثيرات الاقتصادية :Economic Impacts

التـأثير علـى: فـرص العمـل، الحـصول علـى التـسهيلات والخـدمات، البنيـة التحتيـة المدنيـة للخـدمات وسهولة نقل البضائع، تكلفة البنية التحتية ومدى المشاركة فيها، الدخل الحقيقي، سعر الأرض ..الخ

الآثار المدنية:

حجب الشمس عن المواقع المتجاورة، العمالة ، تشغيل المرأة ،المجتمعات الأقلية، دعم خدمه معينه بسبب إدخال المشروع، الأثر على تلوث الهواء، الأثر على مستوى الضوضاء، أثر خدمات جمع المخلفات الصلبة.

كما أن هناك تأثير متضاعف (Synergistic effect) يمكن أن يحصل بسبب تداخل أكثر من ملوث من الملوثات التي تسبب الأثر (Impact causing) وبالتالي يؤدي إلى تأثير متضاعف فعلى سبيل المثال بعض الكيماويات المتطايرة يمكن أن تؤثر على البيئة بشكل منفرد بينما يمكن أن يتضاعف هذا التأثير عند تداخل نوعين من هذه الكيماويات.

كما أن التأثير للملوثات يمكن أن يتطور ويتضاعف مع الزمن. على سبيل المثال، تزايد الضوضاء نتيجة لمشروع ربما تؤثر على الناس الساكنين المحليين خلال فترة الإنشاء، خلال تطاير وخروج المعادن المحتوية على المخلفات قد تؤدي إلى التأثير على نوعية المياه في فتره لاحقه حين تتراكم هذه الملوثات وتصل إلى المستويات السمية.

كما يجب الانتباه إلى أن بعض المجتمعات تكون معرضه للأثر البيئي بينما غيرهم يستفيد منها بدون أي أثر. على سبيل المثال محطة القوى التي تولد كهرباء تؤثر فقط على المجاورين لها من حيث تلوث الهواء والضوضاء. وكذلك محطة معالجة الصرف التي يتأثر بروائحها وضوضائها (في حالة استخدام المضخات والهوايات) المجتمع القريب منها بينما يستفيد البعيدون عن المشروع منها في المعالجة.

ثالثا: مرحلة التنبؤ:

- التحديد (Identification):

بجمع المعلومات الأساسية عن الوضع الحالي ومصدر التأثير سيكون من الممكن القيام بعمل تحديد للتأثيرات المحتملة.

هذا التحديد يتطلب:

- تقدير مدى التأثير كمًا،
- مقارنة التأثير المحتمل كمًا مقابل المقاييس المتعارف عليها بالخبرة
- التنبؤ بالتأثيرات وقياسها (Prediction and Evaluation):

عند الانتهاء من خطوة حدود التقييم (Scoping) سيكون بالإمكان إعداد برنامج الدراسة والذي يتركز في التنبؤ بالتأثير، وهنا يتطلب الأمر اختيار طريقة التنبؤ (Prediction approach)

تعريف طرق التنبؤ (Prediction approach)

وهي الطرق التي يتم إتباعها لخطوات التنبؤ المختلفة (سيأتي ذكرها لاحقا).

إن التنبؤ بالتأثير وقياسه يتطلب التقدير لطبيعة وخواص التأثيرات بشكل كمي ونوعي وسيكون ضروريا في كثير من الحالات التنبؤ بكمية التغير في متغير بيئي معين وتطور تأثيره.

خواص مرحلة التنبؤ:

- تحديد الآثار بشكل أوضح
- تحديد العلاقة بين الآثار.
- تحديد التأثيرات المباشرة على الصحة
- تحديد التأثيرات غير المباشره
- تحديد التأثيرات القابلة للتراكم
- تحديد التأثيرات المتبقية بعد التخفيف
- التنبؤ بالإحتماليه، الكميه، التوزيع والتوقيت لهذا التأثير
- التنبؤ بما سيقود إليه التأثير على الأجزاء البيئية والذي بسببه سيتم اتخاذ القرار المناسب

تفصيل مرحلة التنبؤ:

يمكن :

- التنبؤ بالتغير
- التنبؤ بالتأثر بالأثر

كمايلي:

1. التنبؤ بالتغيرات في تركيز الملوثات (Prediction of change):

استخدام الطرق التحليلية والبرامج(Models) لمعرفة مثلا تركيز الملوثات في المياه على مسافات مختلفة من المصدر.

2. التنبؤ بتأثير الملوثات (Prediction of effect):

تحديد أثر هذه التأثيرات على الإنسان يتطلب معرفة العلاقة بين التأثير والأثر الذي سوف تحدثه مثلا انتشار نوافل المرض مثل البعوض (تأثير) في إصابة الناس بالأمراض (الأثر) " ولكن لسوء الحظ هذه المعلومات غير متوفرة عادة، والخبراء يمكنهم إجراء تقدير أو تخمين علمي لتلك العلاقة ويمكن التخمين في حالة عدم توفر تلك المعلومات.

طرق التنبؤ لتحديد الأثر:

1. الاسترشاد برأي الخبراء
2. المشابهة بالمشاريع الأخرى
3. قوائم تذكير (Check List).
4. مصفوفات
5. الأشكال المترابطة
6. التطابق

رابعاً: تفسير أو تقييم أهمية الأثر (Interpretation)

تفسير القيم التنبؤية للمتغيرات أو العوامل البيئية يعتبر الخطوة التالية لمرحلة التنبؤ.

لتفسير وتقييم الأثر خطوتين متميزتين:

- أولا: تفسير قيم التنبؤ وذلك بمقارنتها بالقيم القياسية البيئية والأسس التي تبين مدى أهميتها في عملية EIA.
- ثانيا الأهمية النسبية للتأثير

الأخذ في الاعتبار أن التأثيرات غير متساوية في الأهمية بواسطة متخذي القرار، وخبراء البيئة أو أفراد المجتمع.

يمكن تحديد أهمية التأثير بالخطوات التالية:

1. حدد الجزء البيئي المعرض للخطر
2. حدد أهمية الملوث
3. جدول المواضيع المقدمة بواسطة العامة بحسب الأولوية
4. اكتب قائمة المحددات القانونية، الخطوط الدليليه المطلوب التوصل إليها
5. جدول أولويات الآثار بحسب الأهمية كي يتم تجنبها، تخفيفها، التعويض والرصد.

تغير الأثر:

يمكن أن يتغير التأثير من حيث:

- طبيعته (ايجابي، سلبي، مباشر، تراكمي، تعاوني).
- كميته.
- مداه/موقعه (مساحه/حجم التغطية، موقع حصول التأثير).
- التوقيت (خلال الإنشاء، التشغيل، البدء ، في وقته / متأخر).
- الفترة الزمنية (قصير المدى، طويل المدى، متقطع، مستمر).
- يمكن أن يعود إلى حالته الأصلية/ لا يمكن أن يعود إلى حالته الأصلية..
- احتمال وقوعه (خطير، غير أكيد، متأكد من صحة التنبؤية).
- شأنه (محلي، إقليمي، عالمي).
- أهميته: يتم مقارنته مع المقاييس البيئية.

طبيعة التأثيرات:

بعض التأثيرات البيئية انعكاسيه وبعضها الآخر غير انعكاسيه (أي أنه عندما تحصل فليس من الممكن أن ترجع إلى حالتها الأصلية).

مثال على التأثيرات البيئية غير الانعكاسية:

إزالة المزروعات من موقع المبنى. حيث لا يمكن إعادتها ما لم يتم إزالة المبنى من جديد.

مثال على التأثيرات البيئية الانعكاسية:

مستويات الضوضاء خلال الإنشاء يمكن أن تزداد بشكل واضح فوق المستويات المحيطة بالموقع، إلا أنه عند الانتهاء من مرحلة الإنشاء يمكن أن يرجع مستوى الضوضاء إلى الحالة الطبيعية.
بين هذه الحالتين المذكورتين (الانعكاسية وغير اللانعكاسية) توجد حالات تتوسطها.

عناصر تقييم مستوى أهمية الأثر:

- مدى أهميته لدى العامة.
- الحكم العلمي والتخصصي.
- الإزعاج/ الخراب .
- لأثر السلبي على القيم الإجتماعيه ونوعية الحياة.
- تقدير تكرار الحدث والشدة.
- عمل تحليل اقتصادي.
- المقارنة بالمواصفات والمعايير القياسية .

الوصول إلى الاستنتاجات :

- بعد جمع المعلومات وتحديد الآثار والتنبؤ بمخاطرها وتحليلها، يجب الوصول إلى نتيجة عن التغير في المخاطر البيئية لكل خطر بيئي وأن هذا التغير هل يمكن أن يسبب مثلا الإيذاء بصحة الناس أو تدهور للبيئة.
- تحديد الأولوية للمخاطر.

خامسا: تخفيف الأثر

- إذا كانت نتائج تقييم الأثر البيئي قد أوضحت أن التأثيرات الخطيرة أو حتى غير المقبولة ستحدث، حينئذ يجب أن يتم الأخذ بطرق التخفيف والتقليل من ذلك التأثير السلبي.
- يجب تحديد طرق التخفيف لمنع التأثيرات المؤذية أو تقليل حجمها وحدتها عندما يتضح أنه لا يمكن تجنب تلك التأثيرات السلبية.
- يتضمن التنبؤ أيضا فعالية هذه الخطوات التخفيفيه ومقارنتها بالتغيرات في العوامل البيئية مع أو بدون خطوات التخفيف المأخوذة في الاعتبار.

العوامل البيئية:

هي على سبيل المثال تركيز الملوثات في الهواء والماء ومستوى الضوضاء .

من المقترحات لتخفيف الأثر:

- خيارات أو فرص تغيير موقع المشروع
- خيارات تعديل تصميم المشروع
- خيارات تشغيل وصيانة المشروع
- خيارات دمج إجراءات الاداره البيئية
- خيارات تقوية الخدمات الصحية
- الحاجة للمراقبة والتقصي

كما يجب:

تحليل كل خيار (يمكن تنفيذه أو صعب أو مستحيل ، ورخيص أو مكلف ، وسهل التشغيل أو صعب ، ومقبول اجتماعيا أو مرفوض ، سهل المنال أو صعب ، يمكن الاستفادة من كل فئات المجتمع المعرضة للخطر أو لبعضها ، والكلفة معقولة أو عاليه..الخ)

سادسا:أخذ رأى العامة (المتضررين من المشروع)

أهداف أخذ رأي العامة:

- إعلام العامة بالموضوع
- الحصول على أفكار مختلفة خلال المناقشة
- إظهار المواضيع الهامة التي سببها المشروع
- تحديد نقاط ومواضيع الخلاف مع العامة
- دعم الثقة والاحترام المتبادل مع العامة
- رفع مستوى الاطمئنان لدى متخذي القرار

طرق التواصل مع العامة:

- استدعاء الناس
- الإجماع معهم
- عقد اجتماعات غير رسميه على شكل مجموعات مصغره
- اجتماعات عامه إعلاميه
- عقد محاضرات للمنظمات التي تمثل العامة
- عقد ندوات غير رسميه
- عن طريق مكاتب موقعيه

- زيارات للمخططين المحليين
- طبع نشرات وكتيبات إعلاميه
- زيارات ميدانيه وموقعيه
- العرض الموقعي للعامة
- نشر مواد علميه عن طريق وسائل الإعلام
- الإصغاء لطلبات الناس
- الدعوة إلى طلب ملاحظات من العامة
- تجهيز استبيان للحصول على ملاحظات الناس وآرائهم
- ورش عمل
- الخ

سابعا: خطة الرصد

إن الاحتياج إلى المراقبة (الرصد) خلال تنفيذ وتشغيل المشروع غالبا ما تكون مطلوبة ومذكورة في وثيقة التقرير (Environmental Impact Statement, EIS). ويمكن توظيف المراقبة لثلاث أسباب:

1. التأكد من تحقق المقاييس القانونية للإنبعاثات من الملوثات الخارجية (Emissions) وكمية التدفق (Discharge).
2. التأكد من أن طرق التخفيف قد تم تنفيذها بالطرق المحددة في تقرير(EIS).
3. الأكثر أهميه في دراسة EIA هو أن يكون هناك مراقبه للحصول على تنبيه مبكر من حصول الضرر البيئي حتى يمكن اتخاذ الإجراءات لتحاشي أو منع أو التقليل من حدة وخطورة الأثر البيئي.
4. عن طريق المراقبة يمكن التأكد من دقة التنبؤ بالأثر التي تم القيام به قبل اتخاذ القرار والموافقة على المشروع. كما أن توفير المعلومات من خلال المراقبة للأثر يمكن أن يطور دقة أي دراسة **EIA** مستقبليه (مثلا تحديث أو تطوير أو إدخال الطرق التنبؤية التي أثبتت نجاحا والتي بواسطتها تم معرفة تأثيرات حدثت فيما بعد تماما كما تم التنبؤ بها.

3- تصنيف المشاريع التنمويه بيئيا:

- تصنيف (C): المشروع لا يحتاج إلى تقييم بيئي (مثل مشاريع التدريب والبناء المؤسسي والقروض)
- تصنيف (B): المشروع يحتاج إلى تقييم بيئي جزئي (مثل مشاريع المدارس والوحدات الصحية ومشاريع حصاد المياه وأنظمة مياه الشرب الريفية والسدود ذو السعه التخزينية أقل من 500000م3 وأنظمة الري الصغيرة).
- تصنيف (A): المشروع يحتاج إلى تقييم بيئي متكامل (مثل مشاريع أنظمة المجارى في المدن الصغيرة والسدود ذو السعات التخزينية التي تتجاوز 500000م3)

ولأن معظم المشاريع التنموية تقع تحت التصنيف (B) فسيتم هنا التركيز على تقييم الأثر البيئي للمشاريع التي تقع تحت التصنيف (B) فقط

أنظر الى الخطوات التفصيلية لتقييم الأثر البيئي للمشاريع التي تقع تحت التصنيف (B) فى الملحق 3

الباب الثالث

مصادر المياه وأعمال الحماية

مصادر المياه في اغلب المناطق الريفية اليمنية هي المياه التي تتواجد في باطن الأرض في الآبار العميقة كما في الشكل رقم (4) و (5) أو في الآبار اليدوية كما في الشكل رقم (6) وهما المصدران الأكثر شيوعاً واستخداما للحصول على إمدادات المياه.

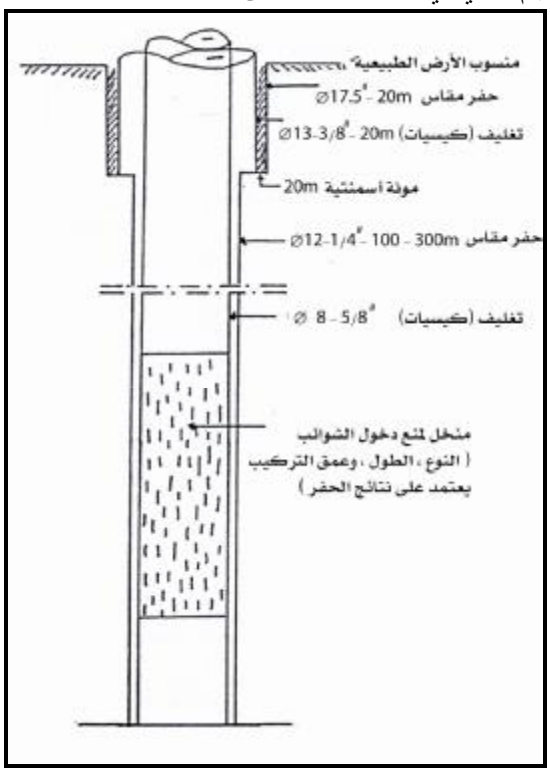
وفي بعض الحالات يمكن الحصول على المياه من العيون كما في الشكل رقم (7) أو البرك كما في الشكل رقم (8) والذي يجب عمل قياسات وحماية منفصلة لها.

1- الآبار العميقة (بالحفارات):

أي مشروع إمداد مياه لمنطقه ريفيه عادة يشمل بئر عميقة (شكل4) تتكون من:

اكساءات (محافظات او كيسيات) سطحية تصل عادةً إلى 20 متراً، وإكساءات (محافظات) مناسبة بقطر أصغر تحتوي على مصافي (مشنات) والذي يجب أن يصل إلى أسفل الخزان الجوفي حتى تتمكن المياه من التدفق إلى البئر من أطول مقطع ممكن من الخزان الجوفي.

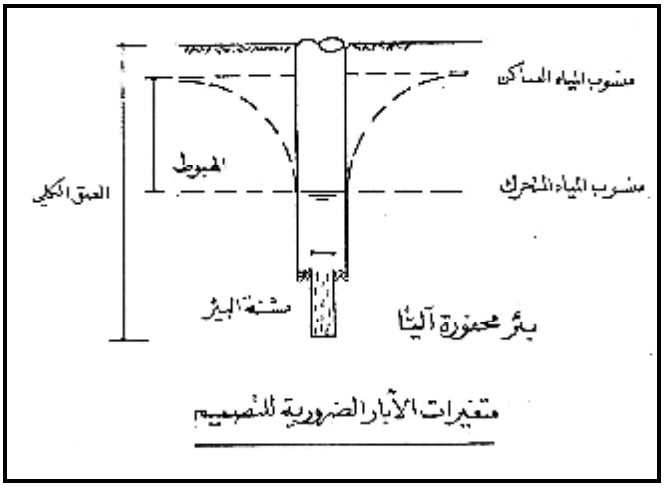
وبالنسبة للجزء الأسفل من الإكساء الأجوف والواقع أسفل المصافي ، فإنه مخصص لتجميع شوائب الصخر والكري فيه بحيث يتم تفادي أي انسداد للمشنات من الداخل.



الشكل رقم (4) ويوضح مقطع طولي لبئر عميقة نمطية في الجمهورية اليمنية

وبعد استكمال حفر البئر يجب أن يتم اختبارها لمعرفة إنتاجيتها ومناسيب المياه فيها وكذلك الوقت، وذلك بعمل ما يسمى اختبار الهبوط المتلاحق (A step- draw down) ويستمر حتى ثبوت الإنتاجية في عملية الضخ، ثم يتبع الضخ بهذه الإنتاجية الثابتة لمدة تصل إلى 72 ساعة دونما توقف. ويعتبر إجراء تجربة الضخ للبئر المحفور ضرورياً لأنه وبدون هذا الاختبار لا يمكن الحصول على المواصفات الدقيقة للبئر وبالتالي يسهل تصميم المضخة المناسبة وتحديد عمق تركيبها.
ويتم عمل رسم توضيحي لمقطع البئر يبين كل تلك المعلومات، وهذا المقطع هو أحسن مصدر للمعلومات والتي تستخدم في عمل التصميمات الهندسية بعد ذلك.

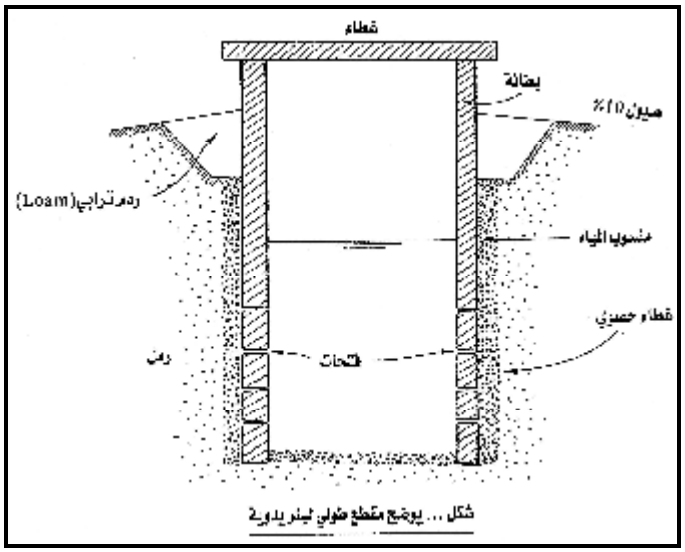
عندما تبدأ عملية تصميم المشروع فإن على المهندس المصمم أن يقوم بتعبئة استمارة "مصادر المياه" والواردة في الملحق (1).
وبذلك فإن المعلومات الواجب توفرها والتي هي ضرورية لعمليات التصميم هي:
ا- نوع المصدر: عين، بئر يدوية، بئر عميق..الخ.
ب-إنتاجية المصدر (ل/ث): وهو معدل تدفق المياه من البئر أو المصدر أي كان نوعه.
ج-منسوب المياه الإستاتيكي (الثابت) (م): وهو عبارة عن العمق من سطح الأرض وحتى منسوب سطح الماء قبل عملية الضخ.
د- مقدار الهبوط (م): وهو مسافة هبوط المياه نتيجة عملية الضخ.
هـ منسوب المياه الديناميكي (المتحرك) (م): وهو عبارة عن العمق للمياه من سطح الأرض وحتى منسوب المياه بعد عملية الضخ، ويحسب بالعلاقة (منسوب المياه الإستاتيكي + مقدار الهبوط) أنظر الشكل رقم (5).
و- العمق الكلي للبئر (م): وهو ضروري لتحديد عمق تركيب المضخة، ويفضل أن يكون تركيب المضخة (المأخذ) على عمق لا يقل عن 20م تحت منسوب المياه المتحركة، وذلك لعلمنا بأن منسوب المياه الجوفية تهبط سنوياً باستمرار.
ز- القطر الأصغر للإكساءات (بوصة): من الضروري جداً معرفة هذا القطر وذلك لتحديد القطر الأقصى للمضخة التي سيتم استخدامها في البئر.
ح- الإنتاجية المفروضة (الآمنة): وهو معدل السحب للمياه من البئر، ولذي لا يحدث أي تأثيرات ضارة وغير مرغوب فيها في طبقات المياه الجوفية.



الشكل رقم (5) ويوضح المتغيرات الرئيسية للبئر والتي هي ضرورية لتصميم المشروع

2- الآبار الضحلة (اليدوية): الشكل رقم (6)

عادة تحفر بطريقةٍ يدوية ومقارنة بالآبار العميقة فهي أقل عمقاً، وهناك صعوبة لحماية هذه الآبار من خطر التلوث مقارنة بالآبار العميقة، وعموماً فإنه إذا تم حفرها وتبطينها وحمايتها بشكل مناسب فيمكن أن توفر مصدرٍ مناسباً للمياه، ونظراً لحجمها وقطرها الكبير فإنها تسحب المياه من الطبقات المحتوية للمياه، وتعمل كخزان لهذه المياه.



الشكل رقم (6) ويوضح مقطع طولي لبئر يدوية

من الناحية الإنشائية فإن معظم الآبار اليدوية لا يتم تعميقها كثيراً تحت منسوب المياه نتيجة لصعوبة عملية الحفر اليدوي مع وجود المياه، وكذا لصعوبة بناء جدران الحماية (البطانة)، ولتسهيل الحفر تحت منسوب المياه فإنه يتم عادةً استخدام مضخات لضخ المياه وتخفيض المنسوب .
ونظراً لأن أغلب المساحات الريفية اليمنية ليست مزدحمة جداً بالسكان، فإن إمدادها بمياه الشرب من الآبار اليدوية تكون كافية في أغلب الأحيان، وبمجرد ظهور ازدياد في السكان، فإن الأهالي يقومون بتعميق الآبار اليدوية إلى أعماق معقولة.

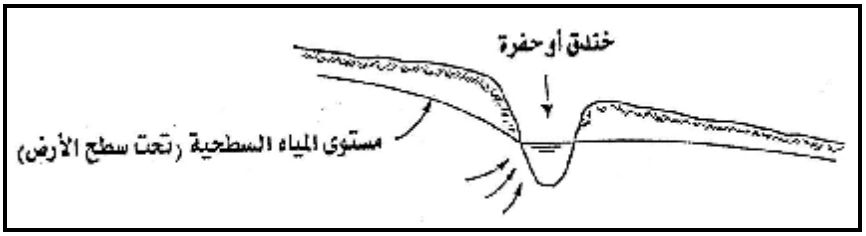
حماية الآبار اليدوية من التلوث:

ويوصى بإتباع الاحتياطات التالية لحماية البئر اليدوية من مخاطر التلوث البكتيري :

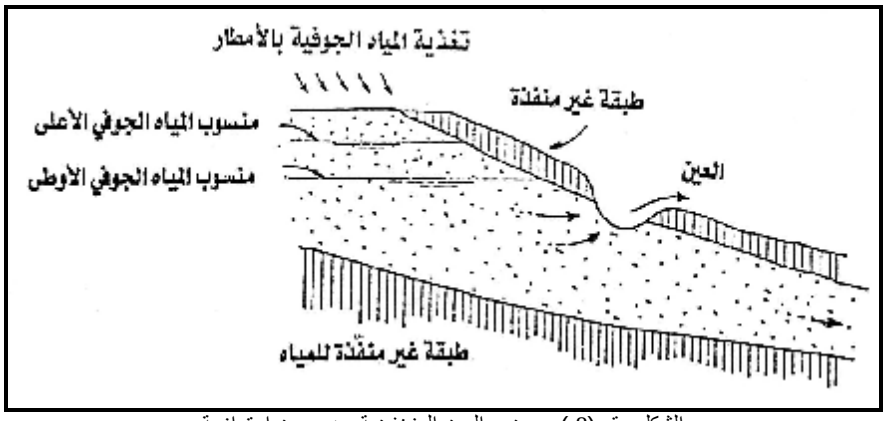
1- الجزء العلوي من تبطين البئر (وهو عادةً بناء بالأحجار في اليمن) يجب أن يكون غير منفذٍ للمياه إلى عمق بضعة أمتار أسفل من أوطى نقطة هبوط المياه في البئر (أنظر مخروط سحب المياه).
2- يجب تعبئة الفراغ بين جدران البئر اليدوي والبطانة بالطين الموحل، أو يفضل أن يحقن بالمونه الأسمنتية .
3- يتم بناء جدار الحماية بحيث يمتد من أعلى مسافة نصف متر فوق سطح الأرض، ويتم عمل غطاء للبئر من مادة مقاومة للمياه، وبحيث يتم تركيب رأس المضخة فوق هذا الغطاء.
4- يتم عمل رصيف حول فوهة البئر بالخرسانة العادية وبعرض 2 متر، وعمل خرسانة ميول 10% مع عمل مجرى تصريف للمياه للتخلص من أية مياه بعيداً عن موقع البئر .
5- وبغرض تعقيم المياه في البئر فإنه يلزم إضافة الكلور من فترة إلى أخرى

3- العيـــــــــون:

ويمكن تعريف العيون بأنها الأماكن التي يحدث فيها تدفق طبيعي للمياه الجوفية، وتوجد العيون عادةً في المناطق الجبلية ومنحدرات التلال والوديان، ويمكن تسمية المكان المخضر بالأعشاب والأشجار وسط منطقة جافة وكبيرة أنه واحة يوجد بها عين. و عند متابعة جدول مائي حتى الوصول إلى منبعه في المكان الأعلى فإن هذا المنبع يسمى عيناً.
و في كل الأحوال فإن الأهالي هم أفضل من يعرف مواقع تلك العيون في مناطقهم، وهم خير من يمكن الاستعانة بهم للوصول إليها.
و العيون تكون إما عيون ارتوازية وهي التي تتدفق المياه من تلقاء نفسها، بحكم موقع العين في نفس منسوب المياه الجوفية أو أسفل ذلك المنسوب، أو أن تكون عيون تعمل بالجاذبية وهي التي يلزم الحفر قليلا للوصول إليها، أو أن
تكون محفورة طبيعيا ولكن يلزم رفع المياه إلى منسوب الأرض أنظر الأشكال رقم (7) و (8).



الشكل رقم (7) ويوضح العين المنخفضة وتعمل بالجاذبية



الشكل رقم (8) ويوضح العين المنخفضة وهي عين ارتوازية

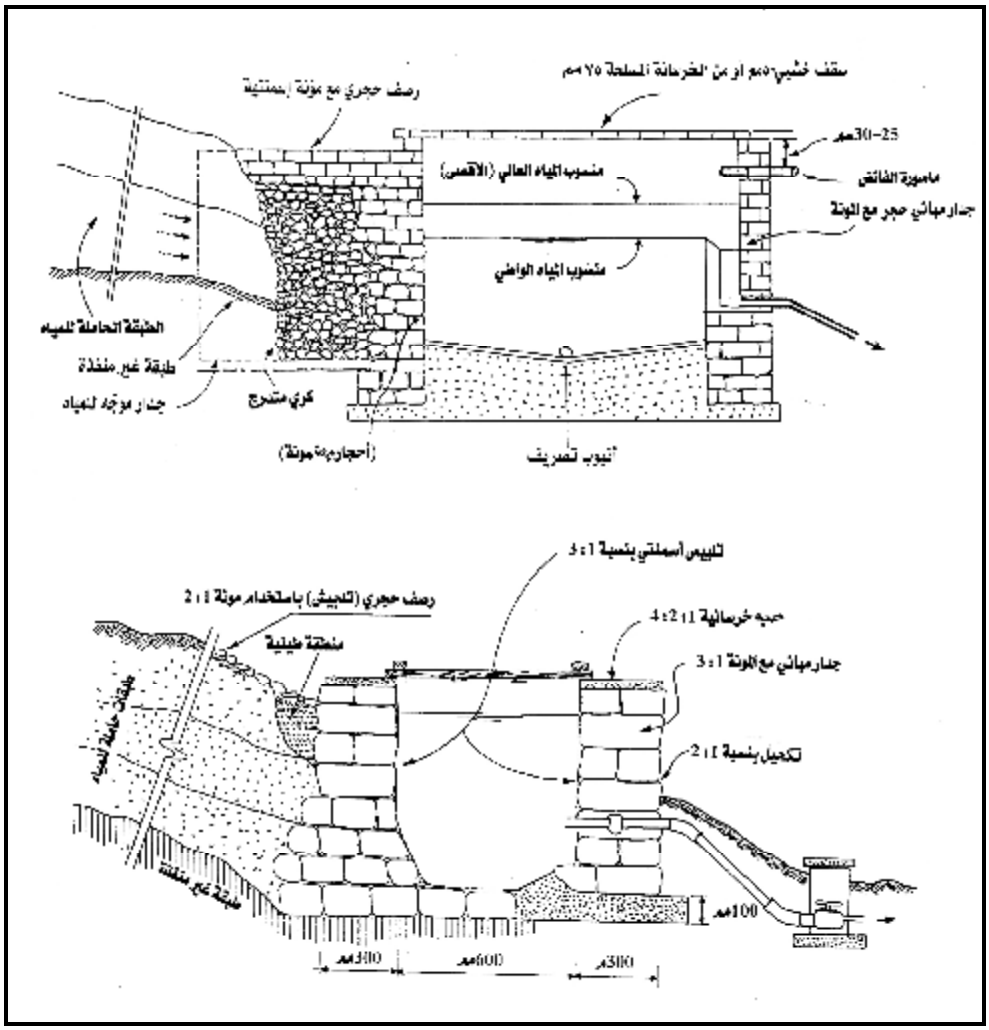
و يجب أن يكون هناك تمييزاً بين العيون التي تعمل بالجاذبية والعيون الارتوازية كما في الشكلين (7) و (8). مع العلم بأن العيون التي تعمل بالجاذبية تكون ذات إنتاجية قليلة نوعاً ما ويكون هبوط الماء فيها واضحاً في المواسم الجافة، وعليه فإنه بسبب قلة الإنتاجية وكذلك صعوبة الحصول على إنتاجية مرضية ، فلا يوصى أن تكون هذه النوعية من العيون مصدراً يعتمد عليه لإمداد الأهالي بالمياه. والذي يحدث لمثل هذه المصادر(العيون التي تعمل بالجاذبية) هو أن يتم سحب المياه الجوفية بعمل بئر يدوية كما في الفقرة 2.

أما العيون الارتوازية فهي مياه جوفية تمنعها طبقة على سطح الأرض من الوصول إلى منسوب المياه الحر، وبالإضافة إلى ذلك فهي واقعة تحت ضغط من فارق المنسوب مع المياه الواقعة أعلى من منسوبها.وبسبب هذا فإن العيون الارتوازية تكون ذات إنتاجية عالية، وأيضاً فإن الهبوط في المواسم الجافة يسبب تأثيراً طفيفاً في تدفق المياه الجوفية، وتمتاز العيون الارتوازية أيضاً بأن الطبقات الغير منفذة الموجودة على سطح الأرض تحميها من التلوث، وعليه فإن المياه الخارجة من هذه العيون تكون خالية من التلوث البكتيري.

ولتطوير العيون التي تستخدم كمصدر لمياه شرب الأهالي فيجب التقيد بالمطلبين الهامين التاليين:

1- اختيار العين ذات كمية المياه الكافية، وذات النوعية الصالحة للشرب طوال العام.
2- العمل على حماية نوعية المياه الصحية في العين.

وللحصول على المياه من العيون فإنه يتم إنشاء ما يسمى بالمأخذ حيث يوجد العديد من أنواع تصاميم المأخذ التي يتم إنشاؤها لكي تستوعب التدفق بأكثر كمية ممكنة من المياه كما في الشكل رقم (9).



الشكل رقم (9) ويوضح نوعين من المآخذ التي تُنشأ لتجميع مياه العيون

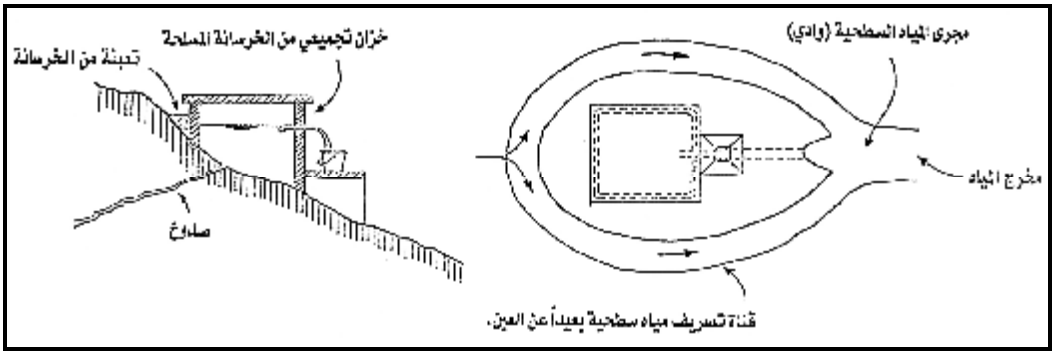
وتكون هذه العيون عرضة للتلوث عندما يكون هناك عمليات صرف صحي أو مصدر تلوث في منسوب أعلى من منسوب هذه العيون أو قريب منها، والإجراءات التالية تساعد في الحصول على مصدر مياه من العيون بنوعية جيدة:

1-توفير مجرى أو قناة لتصريف المياه السطحية في المنطقة الواقعة أعلى المصدر لتصريفها بعيداً عن العين كما في الشكل رقم (10).

2- عمل حماية لمنطقة العين بعمل سور من الشبك أو غيره لمنع الحيوانات من الاقتراب من موقع المأخذ.

3-توفير الطرق للوصول إلى الخزان لأعمال الصيانة

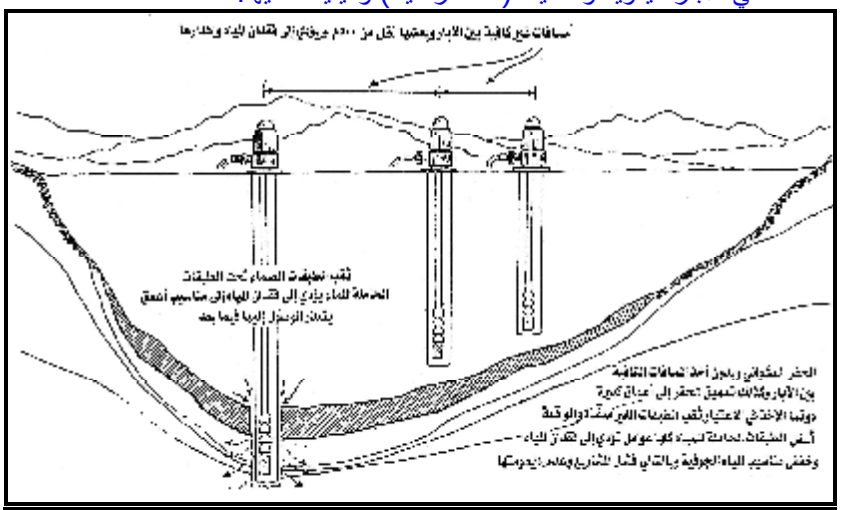
4-مراقبة نوعية المياه من العين دورياً وذلك للتأكد من عدم تلوث المصدر

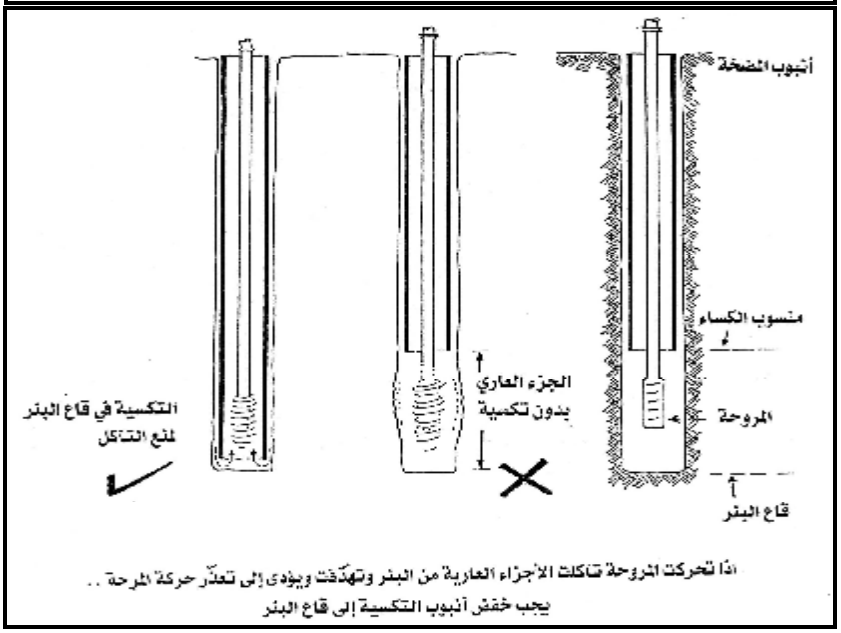


الشكل رقم (10) ويوضح مأخذ العين وقناة التصريف

ولتعقيم العيون فإنه يجب استخدام مادة هيدروكلوريد الكالسيوم والتي تحتوي على ما يقرب من 25-30 % من الكلور (وهي نسبة التركيز الموصى بها في الجمهورية اليمنية). ويجب أن تترك هذه المادة في المكان المعد لتجميع المياه لمدة لا تقل عن 24 ساعة، ومن ثم فإنه يتم التخلص منها بالغسيل وحتى يتم التأكد من إزالة كل الكمية وعدم ترك حتى القليل منها، ثم يتم الاستعمال المصدر مرة أخرى بعد ذلك.

5-الأخطاء الشائعة في الآبار اليدوية والعميقة (مصادر مياه) وكيفية تلافيها:





اذا تحركت المروحة تاكلت الأجزاء العارية من البئر وتهدّدت ويؤدي إلى تعذّر حركة المرحة . .
يجب خفض أنبوب التكسية إلى قاع البئر

الأخطـــــــاء	كيفية تلافيهـــــــا
ترك الابار اليدوية بدون حماية عند الفم (فوق سطح الأرض) وما يترتب عليه من تلوث خطير إلى داخل البئر.وكذلك عدم قفل فم البئر (اليدوية أو العميقة) داخل غرف الضخ مما ينتج عنه سقوط أحجار أو مواد صلبة وخلافه مما يسبب الضرر لوحدة الضخ والتلوث لمياه البئر.	حماية الابار ومنع تلوثها، والحرص على عمل الميول اللازمة في ارضيات غرف الضخ في الاتجاه المعاكس لموقع البئر وتغطية الآبار ولكن مع توفير التهوية لها.

الأخطـــــــاء	كيفية تلافيهـــــــا
عدم الحرص في الإشراف على عمليات الحفر للآبار والتي ينتج عنها حدوث ميول فيها أو أن يتم تركيب المشنات (المصافي) في الأماكن غير الصحيحة داخل البئر مما يسبب عدم كفاءة البئر فيما بعد ، وغير ذلك من الأخطاء المترتبة على عدم الإشراف الدقيق منذ تحديد الموقع إلى حين تسليم البئر	الإشراف الدقيق لجميع العمليات .
عدم تكسيه الابار العميقة حتى القاع يؤدي إلى تهدف البئر في الجزء السفلي منها (غير المكسي) وبالتالي تدفن المضخة مع بعض مواسير الرفع وتتوقف المضخة ويتعذر إخراجها، وتفشل البئر ولا يستفاد منها بعدئذٍ.	تكسية الابار بالكامل أو بحسب توصية المهندس الهيدروجيولوجى المشرف على حفر البئر.
عدم استخدام فلترات جوار المحافظات (الإكساءات)	ضرورة استخدام فلترات مناسبة جوار المحافظات (الإكساءات)
حفر ابار عميقة باقطار صغيرة (اقل من 10 هنش)، يترتب عليه الكثير من الصعوبات في تركيب مضخات كهربائية مع الكيبل أو عدة كيبلات، وكذلك في حالة أن تكون مضخة ميكانيكية أو كهربائية ذات قطر كبير نوعاً ما للحصول على إنتاجيات أكبر فيستحيل إدخالها في الآبار الضيقة، بالإضافة للمصاعب الكبيرة عند عمليات التعميق.	حفر ابار ذات أقطار كبيرة وملائمة لكل المتطلبات المستقبلية.
عدم الاستعانة بمهندسين هيدروجيولوجيين في تحديد مواقع الحفر وفي حفر الآبار واختبارها ورسم مقاطعها وتوثيقها.	يجب الاستعانة بمهندسين هيدروجيولوجيين في تحديد مواقع الحفر وفي حفر الآبار واختبارها ورسم مقاطعها وتوثيقها.
الحفر العشوائي للابار وما يترتب عليه من فشل لمشاريع مياه قائمة وناجحة، وتأثير الآبار الزراعية على بعضها البعض وأيضاً على آبار المشاريع والعكس وما قد يصاحب ذلك من مشاكل وآثار اجتماعية مستقبلية.	منع الحفر العشوائي وتنظيم الية لعمل الحفارات الموجودة داخل البلد ومنع استيراد حفارات جديدة، والاستعانة بالخبرات الهندسية في هذا المجال وإصدار القوانين الملزمة وتنفيذها.
القيام بعمليات الضخ الجائر من الابار المختلفة ودونما مراعاة للكميات المحدودة المتوفرة من المياه الجوفية.	تحديد كميات الضخ بما يتناسب والمخزون الجوفي
القيام بعمل فتحات في الإكساءات الحديدية للابار بواسطة اللحام ودونما أي معيار، وتتم هذه العملية مصحوبة بترك زوائد من الحديد واللحام داخل مواسير الإكساءات تتسبب فيما بعد بجرح كيبلات المضخات الغاطسة وحدوث ما لا يحمد عقباه من ماس كهربي وتدمير المضخة	استخدام إكساءات مناسبة ومراعاة عدم ترك اي زوائد من الحديد واللحام داخل مواسير الإكساءات.
استخدام الكري ذو الحجم الكبير في الابار العميقة عند حفرها	استخدام الكري المستدير وبالحجم المناسب في الآبار العميقة عند حفرها حسب إرشادات المشرف.
تغيير موقع البئر المتفق عليه اثناء الدراسة	الالتزام بموقع البئر المتفق عليه اثناء الدراسة، مالم يكن الموقع الجديد أفضل بموافقة المهندس الذي وضع الدراسة، أو العمل على حل المشاكل وإبقاء الموقع الأصلي للحفر.
العمل على توفير خرائط جيولوجية وهيدروجيولوجية للمساعدة في إقرار عملية الحفر ومعرفة الجدوى من ذلك على المدى القصير والطويل، وذلك بقيام الجهات المختصة بدورها في	عدم توفر خرائط جيولوجية وهيدروجيولوجية للمساعدة في إقرار عملية الحفر ومعرفة الجدوى من ذلك على المدى القصير والطويل.

الأخطـــــــاء	كيفية تلافيهـــــــا
هذا المجال.	
عدم توفر الأجهزة الحديثة الدقيقة لتقدير كميات المياه الموجودة في الطبقات المحتوية للمياه	يجب توفير أجهزة دقيقة لتقدير كميات المياه الموجودة في الطبقات المحتوية للمياه (دراسات جيوفيزيائية متكاملة).
استخدام الإكساءات الحديدية وما يترتب عليه من آثار	استخدام أنواع أخرى مناسبة من الإكساءات من مواد أخرى مثل ألـ PE أو ألPVC
حفر ابار في مواقع ملوثة أساساً أو قريبة من مناطق ملوثة.	الابتعاد قدر الإمكان من الأماكن الملوثة (عمل دراسة تقييم الأثر البيئي قبل عملية الحفر).
عدم توفر وحدات الضخ التجريبي وخصوصاً لدى الجهات الرسمية التي تقوم بتمويل عمليات الحفر في مختلف أنحاء البلد، والاكتفاء في كثير من الأحيان بالنتائج التي يعطيها مقاول الحفر والتي هي في أغلب الأوقات غير دقيقة ويترتب عليها سوء اختيار وحدة الضخ المناسبة.	يجب توفير واستخدام وحدات الضخ التجريبي وخصوصاً لدى الجهات الرسمية التي تقوم بتمويل عمليات الحفر في مختلف أنحاء البلد وعدم الأخذ بالنتائج التي يعطيها مقاول الحفر والتي هي في أغلب الأوقات غير دقيقة إلا من باب الاسترشاد بها في بعض عناصرها مثل الأعماق والمناسيب وقطر الحفر بعد الحفر مباشرة.
القيام بحفر ابار عميقة وإغلاقها لفترات طويلة قد تصل إلى عشرات السنين، مما يؤدي إلى تغير المواصفات وتغير مناسيب المياه وربما الإنتاجية، وهذا بدوره يساهم في فشل المشروع المراد تنفيذه في تلك المنطقة.	القيام بتنفيذ مشاريع إمداد المياه من الابار التي يتم حفرها ونجاحها للقرى المحرومة من تلك المشاريع وعلى وجه السرعة، وليس إغلاق هذه الآبار لسنوات طويلة مما يؤدي إلى تغير مواصفاتها ، أو أعادة تجربة الضخ لمعرفة مدى صلاحية البئر
التفكير بأن المصدر الوحيد للمياه هو الابار مهما كانت الصعوبات	التفكير الجاد بالبدائل الأخرى مثل الحواجز والبرك والسدود وغيرها، ولكن مع اتخاذ جميع الاحتياطات الإنشائية والصحية اللازمة لاستخدام مثل هذه المنشآت.

6- حصاد مياه الإمطار باستخدام البرك وحساب المساحات التجميعية للمياه :

حصاد المياه هو جمع وتخزين مياه الأمطار التي تجري على المساقط الطبيعية أو التي تسقط على الأسطح المصنعة مثل أسقف المنازل والمنشآت ، والمنحدرات الجبلية والصخرية ،ويتم تخزين مياه الأمطار في الخزانات أو الحفر المطلوبة أو خلف الحواجز والسدود ليتم استخدام المياه المخزنة حتى موسم هطول الأمطار التالي.

وحصاد الأمطار يعتبر أحد الخيارات الواجب أخذها بعين الاعتبار عند التفكير في إنشاء أي مشروع مياه ، ويكتسب هذا الخيار أهمية كبيرة في المناطق القاحلة أو شبه قاحلة والتي تعتبر اليمن واحده منها خصوصا تلك المناطق الجبلية التي تتميز بتشتت قراها ومحلاتها وقلة سكانها أو تلك المناطق الريفية المعزولة و النائية والتي يصعب فيها توفير المياه من الآبار العميقة أو عدم قدرة ساكنيها في دفع رسوم المياه الباهضه اللازمة لتشغيل وصيانة مشاريع إمداد المياه الخاصة بهم من تلك مصادر المياه التي يجب أن تضخ من الوديان السحقيه. وإغفال هذا الخيار عند التفكير في تصميم أي مشرع مياه قد يعنى الأخذ بخيارات أخرى (كحفر الآبار ،وتركيب وحدات ضخ ، وشبكات أنابيب .....الخ) غير ملائمة وغير مستدامة.

ويعد حصاد المياه خيارا مناسبا خصوصا في الحالات التالية:

- المناطق التي تسقط فيها الأمطار لشهور قليلة فقط تتبعها فترة جفاف لا تسقط فيها أمطار، وتكون الآبار والمياه السطحية كثيرة وغزيرة خلال موسم الأمطار وكلها تختفي وتتناقص تدريجياً نتيجة لتبخر المياه وتدفقها لمناطق أخرى أو تسربها إلى باطن الأرض. وبواسطة تجميع مياه الأمطار وخزنها بكفاءة أكبر في الخزانات أو الحواجز والسدود يمكن ضمان الحصول على المياه باستمرار طوال أيام العام.
- عندما تكون مصادر المياه الأخرى متوفرة في مواقع بعيدة عن القرى والمحلات المستفيدة فأن جمع وتخزين مياه الأمطار بالقرب من المحلات والبيوت في هذه الحالة يجعل الوصول والحصول على المياه أكثر يسراً ، بالإضافة إلى ذلك سيلغي الحاجة إلى نقل وضخ المياه عبر الأنابيب من مسافات بعيدة وبكلفة عالية .

- عندما تكون مصادر المياه المتوفرة سواء كانت جوفية أو سطحية ذات جودة منخفضة كان تكون مالحة أو تحتوي على تركيزات عالية من العناصر الكيميائية الضارة كالفلوريد أو النيترات أو تكون ملوثة بالجراثيم المسببة للأمراض بالإمكان اللجوء إلى خيار حصاد المياه الذي يمكن أن يوفر مياه بجودة أعلى.

ويوصى أن تكون عملية إمداد الأهالي بمياه الشرب من مصدر مياه سطحي في المناطق التي تكون فيها صعوبة الوصول إلى المياه الجوفية أو عندما تكون نسبة المعادن فيها كبيرة وبالتالي فإنها تكون غير مستساغة للاستخدام المنزلي. وفي حالة أنه لا يوجد مصدر للمياه في القرية فإنه يتم الاعتماد على مياه الأمطار والتي تحجز في البرك وغيرها والتي تعتبر في هذه الحالة ضرورية.

الاشتراطات الفنية والصحية:

لعمل تصميم ملائم لبرك حصاد مياه الأمطار يجب أن يكون الهطول المطري جيدا والمساحة الساكبة كافيه ، كما يجب الأخذ بالاعتبار الفواقد نتيجة عوامل التبخر السريع. وأن منطقة تجمع مياه الأمطار يجب أن تكون في منسوب أعلى من منسوب البركة نفسها.

إن تخزين المياه في البرك والخزانات والبحيرات قد يؤدي إلى إضرار بصحة الإنسان، بسبب توالد الكثير من البعوض والقواقع، وكذلك بسبب التلوث الذي يحدث نتيجة اختلاط وانسياب المواد العضوية الملوثة والناتجة عن نشاط الحيوان والإنسان إلى منطقة تجمع المياه ومن ثم إلى البرك أو مكان تخزين المياه.

هذه العوامل تسبب تلوث مياه البرك نتيجة تكاثر الكائنات الدقيقة في البيئة المائية ولهذا فإنه من الضروري جداً المحافظة على نظافة المساحات التي تتجمع فيها مياه الأمطار والبرك وغيرها من أماكن التخزين للمياه.

إن مواقع البرك يجب أن تكون بعيدة عن مركز نشاط الإنسان وكذلك إن المساحات اللازمة لتجميع المياه يجب أن تكون بعيدة عن حركة ونشاط الإنسان والحيوان مثلا يجب أن تكون البرك بعيدة عن أقرب تصريف صحي بمسافة 100متر ، أيضا أن تكون في مناطق مرتفعة نوعاً ما.

عندما يتم تصميم أو تحسين بركة، فإن جدار هذه البركة لابد أن يكون شديد الانحدار[اكبر قدر ممكن]، وذلك لإزالة أماكن توالد البعوض والقواقع، وفي حالة التصميم المعدل فإنه يتم بناء بركتين بدلاً من واحدة، ويكونان في منسوبين مختلفين بحيث نجعل منسوب الماء يتموج ويتقلب بواسطة السحب التدريجي للمياه من بركة إلى أخرى، وهذا التموج لمنسوب المياه سيتحكم في توالد البعوض ويفسد دورة حياة توالد القواقع، وكذلك يمكن تعديل تصميم البرك التقليدية بأن يتم إنشاء ما يسمى بالمرشح الرملي البطيء (أنظر الباب السابع) وهذا سيعمل على تحسين نوعية المياه المستخدمة للاستعمال المنزلي، وأيضاً يحمي المستهلك من الأمراض الشائعة مثل الملاريا والبلهارسيا وأمراض الإسهالات.

الخيارات التقنية لأنظمة حصاد المياه

أنظمه حصاد المياه:

- حصاد المياه من الأسقف
- حصاد المياه من المساقط والأسطح الطبيعية ، ولكل من هذه ألا نظمه خصائصه و ميزاته و عيوبه.

حصاد المياه من أسطح المباني و المنازل يمتاز بكونه يوفر المياه للاستخدامات المختلفة ويمكن إنشاءه في أي قرية أو محل تتكون من بيوت ومنازل دائمة وتعانى من الصعوبة في الحصول على المياه وعاده يتطلب هذا النظام مساحة سقف لا تقل عن 30متر مربع و لكن حتى السقوف الأصغر مساحة يمكن أن توفر إمدادا ولو جزئيا من المياه وبالتالي تخفف من معاناة البحث عن المياه.

نظام حصاد المياه من سطح المباني يتكون من الأسقف كمساحة للمسقط ومزود بميازيب أو أنابيب لتصريف المياه إلى وعاء التخزين وتعتبر الأسقف المكونة من صفائح الزنك والأسطح الخرسانيه والملساء من انسب الأسطح لتجميع المياه ومعروفه تقليديا في كثير من المناطق اليمنية أن هذه الأنظمة التقليدية تقتصر غالبا على تثبيت أنبوب تصريف من السقف إلى خزان بجانب المنزل يوف بالكاد بالحاجة دون الاهتمام بالتفاصيل الأخرى ولعل السبب في ذلك يعود إلى:

- قلة الموارد المالية والفنية المحلية لبناء نظام أكبر والطبيعة المؤقتة لبعض المنازل والمباني التي لا تسمح بتركيب أدوات حصاد المياه عليها وقد يعود السبب إلى تصميم بعض المنازل التي تصلح لإنشاء نظام حصاد مياه اكبر عليها .

وتختلف أنظمة حصاد المياه المحسنة عن التقليدية في كونها تعتمد على تركيب نظام جمع وتصريف أكثر كفاءة في السقف بالإضافة إلى توفير خزن مياه أكثر . هناك أنواع عديدة من الخزانات يتم استخدامها لخزن المياه من الأسقف كالخزانات الحجرية أو الأرضية أو الحديدية التقليدية أو خزانات الخرسانة المسلحة أو خزانات البلك ...الخ).

<u>وتتمثل أهم مزايا نظام حصاد المياه الأسقف في:</u>

- توفير المياه بالقرب من المنازل مما يوفر الكثير من معاناة نقل المياه من أماكن بعيدة.
- يمكن أن يمثل دعماً لأنظمة إمدادات المياه الأخرى (عبر المضخات والشبكات) التي يكثر توقفها وتعثرها
- يمكن أن توفر مياه إضافية لاستخدامها في سقى الحيوانات أو ري البساتين أو غيرها من الاستخدامات

عيوب هذا النظام فيمكن تلخيصها فيما يلي:

- إن توفير خزان مناسب وسقوف من مواد ملائمة يمثل عقبة كبيرة فالكثير من سكان الريف الفقراء غير قادرين على توفير كل هذه المتطلبات.
- يمكن لجودة المياه أن تتأثر إذا لم يتولى المستخدمين القيام بتشغيل وصيانة النظام جيداً.

أما حصاد المياه من المصبات والمساقط السطحية الطبيعية تعتمد على تجميع مياه الأمطار من هذه المصبات وتخزينه في مواقع ملائمة . المياه المجمعة بهذه الطريقة يمكن استخدامها في أغراض متعددة بما في ذلك أغراض الشرب وسقي الحيوانات والأغراض المنزلية الأخرى. ويمكن إنشاء مثل هذا النظام في الأماكن والمواقع التي تتميز بالخصائص الطبيعية التي تسمح بتدفق كميات كبيرة من مياه السيول نتيجة هطول الأمطار بشكل دوري ومنتظم،

متطلبات هذا النظام تتمثل في وجود موقع مناسب لتشييد سد أو حاجز أو حفره أو خزان أو ماجل أو بركه مع وجود مصبات ومناطق تغذية كبيرة تكفي لتدفق الكمية المطلوبة من المياه لتعبئة الخزان ، وغالباً ما توجد أودية طبيعية أسفل المنحدرات الجبلية المتكونة من الطبقات الصخرية غير المنفذة بحيث يمكن تحويل هذه المخفضات والأودية الطبيعية إلى الخزان عن طريق تشييد حاجز حجري بسيط بارتفاع لا يتجاوز 5متر أسفل الوادي أو المنخفض ويمكن بناء سواقي من الحجار في المنحدرات الصخرية لتوجيه مياه الأمطار إلى الحاجز أو الخزان ويتراوح حجم الخزانات عادة من 500 إلى 5000 متر مكعب وقد تصل أحيانا إلى أكثر من 10000 متر مكعب وخاصة في حالة تنفيذ الكرفان(حفر طبيعي في تربه غير منفذه للمياه) .

وتتميز أنظمة حصاد المياه السطحية بكونها توفر كمية كبيرة من المياه للاستخدام المنزلي ، مثلا فأن خزان حصاد مياه بسعة 5000 متر مكعب يمكن أن يغطي قرية بعدد سكان 500 نسمة باستهلاك 50 ليتر/للفرد/اليوم لمدة 140 يوم من أيام الجفاف حتى ولو تم فقدان 30 % من كمية المياه نتيجة للتبخر .

بتحسين وتطوير البرك والمواجل التقليدية المنتشرة في معظم القرى اليمنية يمكن أن تتحسن نوعية فيها .

وفي المقابل فإن لهذه الأنظمة عيوب عديدة وأهمها:

- إن المساقط والمصبات المخصصة لتغذية الخزانات توجد عادة في الموقع وتكون بعيدة عن البيوت والقرى المستهدفة
- غالباً ما تكون مناطق المساقط والمصبات والخزانات مفتوحة للناس والحيوانات مما يجعلها معرضة أكثر لمخاطر التلوث كما يشكل ذلك صعوبة في الإدارة والتحكم بالمياه .
- أنظمة حصاد المياه يمكن أن تزيد من انتشار أمراض الملاريا وأمراض أخرى مثل البلهارسيا ودودة غينيا .

4 -1 برامج حصاد مياه الأمطار باستخدام الحاسوب.

4 -2 التصميم الهيدروليكي للبرك :

يتوقف اختيار نوع معين من البرك للتنفيذ في منطقة معينة على قابليتها للتنفيذ من الناحية الهندسية، كذلك على توافر مواد الإنشاء بالقرب من موقع التنفيذ حيث يحتاج تنفيذ البركة عادة إلى كميات كافية من المواد الإنشائية، من العوامل المؤثرة جداً عند اختيار نوع البرك تكاليف إنشاؤها. هناك عدة نواحي هندسية يجب أخذها في الاعتبار عند اختيار نوع معين من البرك للتنفيذ في منطقة معينة نوردها فيما يلي:

- بالنسبة لتربة التأسيس فإن البرك من الأنواع الحجرية اوالخرسانية تتطلب أساساً قوياً يتحمل جهوداً كبيرة،

من العوامل التي يجب أخذها في الاعتبار بالنسبة لتربة التأسيس:

جهد التحمل المسموح به- نفاذية تربة التأسيس (قابليتها للتسرب)- متطلبات الحفر لإنشاء الأساس- الهبوط المتوقع تحت جدار البركة.

- بالنسبة لمواد الإنشاء يجب أن تتوافر مواد الإنشاء في منطقة قريبة من موقع البركة المقترحة وبكميات كافية.
- حجم العمالة المتوفر أيضاً له تأثير عند اختيار نوع البركة المناسبة، كذلك نوعية هذه العمالة.
- يمكن أن تبني البرك من مواد متعددة فهناك الخزانات الحجرية أو خزانات البلك أو الخزانات الحديدية.....الخ. وعلى المصمم اختيار النوع الملائم الذي يفي بالغرض وتكون تكلفته معتدلة ويفضل أن يكون الخزان مغطى بإحكام أو مسقوف بالأسقف التقليدية أو الحديثة لتقليل تلوث المياه وتقليل تبخرها وأيضا لمنع الحوادث ويجب أن تكون مزوده بأنابيب الدخول والخروج والفائض والغسيل والتهوية على أن تغطى جميعها بشبك مناسب لمنع توالد البعوض أو دخول أي حشرات ملوثة.

يتم إنشاء البرك إما في مناطق المصبات الصخرية المرتفعة أو في المنخفضات أسفل المنحدرات والتلال الصخرية، ويفضل أن تكون الطبقة الصخرية أعلى البركة وواسعة وتشكل قنوات طبيعية متجهة نحو المنخفض، ويمكن إنشاء قنوات أو سواقي بسيطة من الحجر في منطقة المصب لغرض توجيه مياه الأمطار نحو الخزان أو الحاجز، ويجب أن يكون الموقع المختار للخزان أو الحاجز خال من التصدعات الصخرية لتجنب تسرب المياه المجمعة،

وعموماً يجب مراعاة النقاط التالية عند اختيار الموقع المناسب:

- يجب إلا يكون السطح الصخري متصدعاً أو تكثير فيه الشروخ (الشقوق).
- يجب أن ترتكز جدران الحاجز أو الخزان على قاعدة صخرية غير منفذة وخالية من جيوب التربة أو خطوط تصدع.
- أن يكون الموقع قريبا من المحلات والقرى المستفيدة.
- التأكد من عدم وجود انجراف للتربة في منطقة المصبات و المساقط المغذية للخزان.

4- 3 : طرق حساب الجريان السطحي للبرك:

1-حساب كمية المياه ومساحة المصب يدويا:

يمكن حساب كمية المياه في منطقة المصب باستخدام العلاقة:

كمية المياه= كمية الأمطار× معامل جريان المياه × مساحة المصب.

معامل جريان المياه هنا هو ذلك الجزء من الأمطار الذي يمكن تجميعه من منطقة المصب ويعتمد على نوعية سطح المصب فالنسبة للمصبات الصخرية فإن هذه المعامل= 0.6-0.8 تقريباً و للمصبات الطبيعية الطينية الرملية.

0.1-0.3 و يمكن تحديد قيمة هذا المعامل لأنواع المصبات في أي كتاب هيدرولوجيا أو هندسة صحية.

لحساب مساحة منطقة المصب المطلوبة لتغطية احتياج معين يمكن استخدام المعادلة التالية:

$$A= (Q + E)/ (P \times C)$$

حيث

A= مساحة منطقة التغذية (المصب) بالمتر المربع.

Q= الاحتياج السنوي من المياه بالمتر المكعب.

E= كمية الفاقد السنوي نتيجة للبخر بالمتر المكعب = متوسط مساحة الخزان × معدل التبخر(1750 مم/ السنة للمناطق الجبلية في اليمن، 2200- 2500مم/ السنة للمناطق الساحلية والصحراوية).

C= معامل جريان المياه، تعتمد قيمته على نوع المصب كما أسلفنا سابقا

P= معدل كمية الأمطار السنوية بالمتر.

فمثلاً

قرية مكونة من 60 أسرة ومعدل استهلاكها يبلغ 100 لتر/ اليوم/ للأسرة الواحدة وعدد أيام الجفاف في السنة تبلغ 180 يوماً بمنطقة معدل المطر السنوي فيها 300 مم /السنة،

وعليه فأنه لحساب:

- كمية احتياج الأسرة للمياه خلال السنة = 60×100×180=1080.0متر مكعب.
- فواقد التبخر يمكن حسابها بافتراض معدل تبخر 1150 مم/ السنة ومساحة الخزان 20×20=400 متر مربع، وبالتالي فأن مجموع فواقد التبخر من البركة= 1.150× 400=460 متر مكعب.
- معامل جريان المياه في المصب = 0.6
- المساحة المطلوبة لمنطقة المصب = (460+1080) ÷ (0.6×0.3)= 8556 متر مربع.

وهي مساحة 90× 95 متر تقريباً وبالطبع بالإمكان استخدام مساحة مصب أكبر أو حتى أقل من ذلك إلا أن استخدام مساحة أقل سيعني تقديم مستوى خدمة أقل.

الحجم الحقيقي للبرك يعتمد على عوامل عديدة، فهو يتأثر إلى درجة كبيرة بكمية الأمطار المطلوب تجميعها وأيضا نوع ومساحة منطقة المصبات. والمفتاح هنا هو في كيفية التوفيق بين حجم الاحتياج وحجم الإمداد للوصول إلى رضا واقتناع المستخدم بأقل التكاليف.

مساحة منطقة المصبات وحجم الخزان يجب أن توفر إمداد كافي بالمياه للمستخدمين خلال فترات الجفاف وهذه معايير مقبولة يمكن أن تتبع إلا إذا ثبت أن تكلفة ذلك ستكون مرتفعة جداً أو توافرت مصادر أخرى للأفراد بالمياه خلال جزء من هذه الفترات.
فإذا فرضنا أن الخزان سيكون ممتلاءاً في بداية فترة الجفاف،فإذا كان طول موسم الجفاف ومعدل الاستهلاك معلوماً فإن حجم الخزان المطلوب يمكن حسابه باستخدام المعادلة التالية:

$$V= (t \times n \times q)+e$$

حيث
V = حجم الخزان.
t = عدد أيام الجفاف.
n =عدد الأفراد المستخدمين للخزان.
q= معدل الاستهلاك للفرد في اليوم.
e = الفواقد بفعل التبخر خلال فترة الجفاف(t). يمكن إهمال وفاقد التبخر إذا كان الخزان مسقوفاً.

2-حساب كمية المياه ومساحة المصب بواسطة برنامج كمبيوتر

- برنامج Sim Tanka (يمكن الحصول عليه من الانترنت):

هو برنامج لحساب كمية حصاد المياه من السطوح ومساحات التجميع الأخرى وهو عبارة عن برنامج محاكاة لسلوك أنظمة حصاد مياه الأمطار للخزانات المختلفة. الفكرة من هذه المحاكاة هو التبوء بكفاءة فاعلية النظام في حالة أنظمة حصاد مياه الأمطار اخذ بعين الاعتبار المحاكاة الرياضية للنظام الفعلي.

مدخلات البرنامج (INPUT):

لاستخدام البرنامج لابد من إدخال بيانات الأمطار للمنطقة المختارة ولعمل ذلك اتبع الخطوات التالية:

- اختار السجل المطري من الملف الذي لايقل عن 15 سنة.
- ادخل اسم محطة الأمطار.
- انقر مفاتيح إضافة بيانات أمطار أو إظهار بيانات أمطار سابقة لنفس المحطة .
- اختار درجة فعالية البرنامج (75- 95%).
- انقر مفتاح إبداء أو اضافة بيانات اخرى.
- ادخل عدد السكان المستفيدين من هذا المشروع.
- ادخل عدد الأشجار للري (إن وجدت) او صفر اذ لم يوجد ري.
- ادخل مقدار الاحتياج الفعلي اليومي للفرد باللتر لكل شهر من شهور السنة.
- ادخل مقدار الاحتياج الفعلي اليومي للشجرة باللتر لكل شهر من شهور السنة (إن وجدت) او صفر اذ لم يوجد عملية ري.
- انقر على مفتاح استمر.
- ادخل مساحة حوض تجميع الأمطار بالمتر المربع وحجم الخزان بالمتر المكعب اذا كان معروف لديك.
- إذا أردت أن تعرف مساحة حوض تجميع الأمطار وحجم الخزان اشر إلى المربع المناسب.

مخرجات البرنامج (OUTPUT):

تظهر النتائج على شكل جدول يوضح الاحتياج الشهري لعدد السكان في اللتر وأيضا النسبة المئوية للتغطية لكل شهر أو النسبة المئوية لمدى قدرة الخزان لكفاية المستهلكين وأيضا مساحة حوض تجميع الأمطار وحجم الخزان المطلوبين.

3- الحسابات الهيدروليكية لجدران البرك

عند تصميم جدار البركة يجب معرفة القوى المؤثرة على جدار البركة حيث يعد ذلك ضرورياً لحسابات اتزان جدر البركة، كذلك لحساب توزيع الجهود داخل الجدار هناك مجموعة متنوعة من القوى تؤثر على الجدار، سوف نتناول كل من هذه القوى على حدة مع توضيح كيفية حساب قيمتها:-

1- وزن الجدار w:

يمكن تحديد وزن الجدار من الشكل الهندسي للمقطع العرضي للبركة وذلك بضرب مساحة المقطع(bH) في الوزن النوعي للمادة المستخدمة في إنشاؤه (g_m)، بذلك نحصل على الوزن لكل وحدة طول (متر طولي) من الجدار

$$w = \frac{bH}{2} g_m$$

2- قوى الضغط الهيدروستاتيكي (F)

تؤثر على كل من وجهي جدار البركة قوى ضغط هيدروستاتيكي مقدارها (F) حيث مركباتها الأفقية (FH) والرأسية (FV) يمكن حسابها على ضوء الدراسة.

لهذه الحالة يوضح شكل (11) توزيع القوى المؤثرة من المياه على الوجه الأمامي للجدار كضغط هيدروستاتيكي والقوى الناتجة عن ضغط التربة خلف السد. وكما يوضح الشكل فإن القوى المؤثرة في هذه الحالة هي:

المركبة الأفقية لضغط المياه (F_{Hw}) على الجدار

$$F_{Hw} = \frac{1}{2} g_w * H^2$$

المركبة الأفقية لضغط التربة (F_{Hs})على الجدار

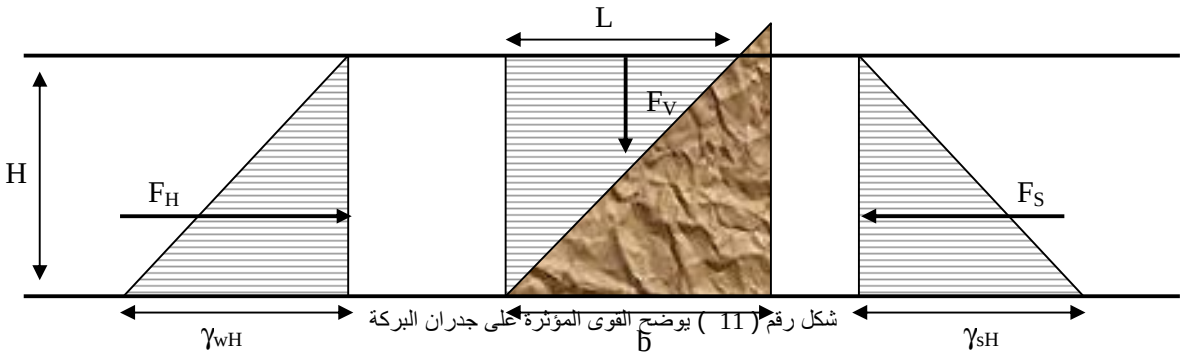
$$F_{Hs} = \frac{1}{2} g_S \ H^2 K_a$$

$$K_a = \frac{1-\sin q}{1+\sin q}$$

حيث Θ زاوية الاحتكاك الداخلية للتربة وتعتمد على نوعية التربة

المركبة الرأسية لضغط المياه على الجدار (F_v)

$$F_V = \frac{2}{3} g_w * H * L$$



شكل رقم (11) يوضح القوى المؤثرة على جدران البركة

3- قوى الزلازل (F_E):

نتيجة لإمكانية حدوث زلزال في منطقة المشروع، فإن ذلك يؤدي إلى وجود قوى إضافية تؤثر على الجدار وتسمى قوى الزلازل. هذه القوى تنتج عن حركة جدار البركة نفسها كذلك حركة المياه المحجوزة أمام الجدار بالإضافة إلى حركة تربة الأساس. كل نوع من أنواع الحركة الموضحة أعلاه يسبب حدوث قوى قصور ذاتي اتجاهها معاكس لاتجاه الحركة ومقدارها مساوي لحاصل ضرب الكتلة في عجلة القصوى الذاتي الناشئة عن الزلزال.

حيث أن اتجاه الحركة الناشئة عن الزلزال يمكن أن يكون متغيراً، فإن اتجاه تأثير القوى الناشئة عنه يجب أن يؤخذ مطابقاً للاتجاه الذي يؤدي إلى زيادة عدم اتزان الجدار.
لحساب قوى الزلزال الناتجة عن حركة الجدار (F_{Ed}) تستخدم العلاقة:

$$E_{Ed} = 1.5\ W\ K_E$$

حيث:
F_{Ed} :هي قوى الزلزال الناتجة عن حركة الجدار والتي يؤخذ اتجاهها أفقياً ماراً بمركز الثقل.
W : وزن الجدار
KE : معامل يتوقف على شدة الزلزال ويؤخذ بالقيم الموضحة في جدول (1)

جدول (1)

شدة الزلزال بمقياس (ريختر)	4	5	6
المعامل (K_E)	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{10}$

يلاحظ أنه لزلزال شدته أقل من أو تساوي (3درجات) فإن المعامل (K_E) تقل قيمته عن ($\frac{1}{40}$) وفي هذه الحالة يمكن إهمال القوى (F_E).

4- التصميم الإنشائي للخزانات الاسطوانية الأرضية

4-1 التحليل يدويا :

مطلوب تحليل خزان اسطواني قطره (D=16m) وارتفاعه (H=6m) لجميع حالات استناد القاعدة مع جدران الخزان.

إجراءات الحل:

1- السماكة التقريبية لجدران الخزان :

$$t = g_w \times H \times D \times 0.45$$
$$t = 1 \times 6 \times 16 = 43.2cm$$
$$t \approx 45cm$$

2- الشد الحلقي المؤثر على جدران الخزان:

أولا: الاتصال الحر FREE SUPPORT

$$T = g_W \times Y \times R$$

R نصف قطر الخزان

g_w كثافة الماء

Y العمق مقاسا من أعلى الخزان

$$T = 1 \times Y \times 8$$
$$T = 8 \times Y$$

بتقسيم ارتفاع الخزان إلى عدة أجزاء كما في الجدول ادناه

nH	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
Y(m)	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4
T(ton)	4.8	9.6	14.4	19.2	24.0	28.8	33.6	38.4	43.2

ثانياً: الاتصال المفصليHINGED SUPPORT

$$T = C_T \times g_w \times H \times R$$

C_Tمعامل الشد الحلقي ((من الجداول في أي كتاب خرسانة))

من الجدول وبدلاله نسبه العمق والنسبة $H^2 / D \times t$

حيث أن

$$H^2 / D \times t = 6^2 / 16 \times 0.45$$

ننضم جدول كالمبين أدناه:

nH	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
Y(m)	0.0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4
C_T	0.008	0.114	0.235	0.356	0.469	0.562	0.617	0.606	0.503	0.294
T	0.384	5.472	11.280	17.088	22.512	26.976	29.616	29.088	24.44	14.112

ثالثاً: الاتصال الموثوقFIXED SUPPORT

$$T = C_T \times g_w \times H \times R$$

C_Tمعامل الشد الحلقي ((من الجداول في أي كتاب خرسانة))

nH	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
Y(m)	0.0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4
C_T	0.025	0.137	0.245	0.346	0.428	0.477	0.469	0.398	0.259	0.092
T	1.2	6.576	11.76	16.608	20.544	22.896	22.512	19.104	12.432	4.416

3- العزوم المؤثرة على الجدران:

أولا: الاتصال الحر

ينعدم العزم ويكون مساوياً للصفر

ثانياً: الاتصال المفصلي

$$T = g_W \times H^3 \times C_M$$

C_M معامل العزم ((من الجداول في أي كتاب خرسانة))

nH	.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
Y(m)	0.0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4
C_M	0.0	0.001	0.0006	0.0016	0.0034	0.0057	0.008	0.0094	0.0078	0.000
M	0.00	0.216	0.1296	0.3456	0.7344	1.2312	1.728	2.0304	1.6848	0.00

ثالثاً: الاتصال الموثوق

C_M معامل العزم ((من الجداول في أي كتاب خرسانة))

nH	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
Y(m)	0.0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4
C_M	0.0002	0.0008	0.0016	0.0029	0.0046	0.0059	0.0059	0.0028	0.0058	0.022
M	0.0432	0.173	0.346	0.626	0.9936	1.27	1.27	0.605	1.253	4.8

2-4 التحليل بواسطة برنامج الكمبيوتر

مدخلات البرنامج(INPUT):

لاستخدام البرنامج لابد من إدخال البيانات التالية:

1- نموذج استناد القاعدة، هناك ثلاث حالات للاستناد:
- قاعدة موثقة F
- قاعدة مفصلية J
- قاعدة حرة S

2- إبعاد الخزان المراد تنفيذه وتشمل:
- قطر الخزان (م)
- ارتفاع الخزان (م)

مخرجات البرنامج (OUTPUT)

تظهر النتائج على شكل جدول يوضح التالي:
- قوى القص عند أي عمق في الخزان (v)
- معامل القص عند أي عمق في الخزان (Cv)
- عزم الانعطاف مع رسم العزوم عند أي عمق في الخزان (M)
- معامل العزم عند أي عمق في الخزان (Cm)
- الشد الحلقي مع رسم الشد عند أي عمق في الخزان مع الرسم (T)

5- حصاد مياه الضباب (Fog water Harvesting) :

إن حصاد المياه المتكونة من الضباب يظهر بوضوح إمكانية الحصول على المياه للتجمعات السكانية الريفية الصغيرة في المناطق الجافة والشبه جافة.

وتتركز الفكرة الأساسية للحصول على المياه من الضباب بعمل شبكة متعامدة على اتجاه حركة الضباب المدفوع بالرياح، حيث يلتصق الضباب بالشبكة ومن ثم تبدأ قطرات مياه الضباب بالانسياب بفعل الجاذبية إلى نظام مبسط لتغذية السكان بمياه الشرب.

والتكنولوجيا المتبعة لذلك بسيطة ويمكن إصلاحها وصيانتها وتشغيلها بواسطة الأهالي في هذه المناطق، والتحدي في هذا الموضوع يتمثل في:

- ü الحصول على تجمع سكاني ريفي مناسب للتعامل مع مثل هذه التكنولوجيا.
- ü الحالة البيئية والمناخ للمنطقة.
- ü ضمان أن تلبي هذه التكنولوجيا حاجة المستفيدين من المياه وبطريقة مستدامة.

المفاهيم الأساسية:

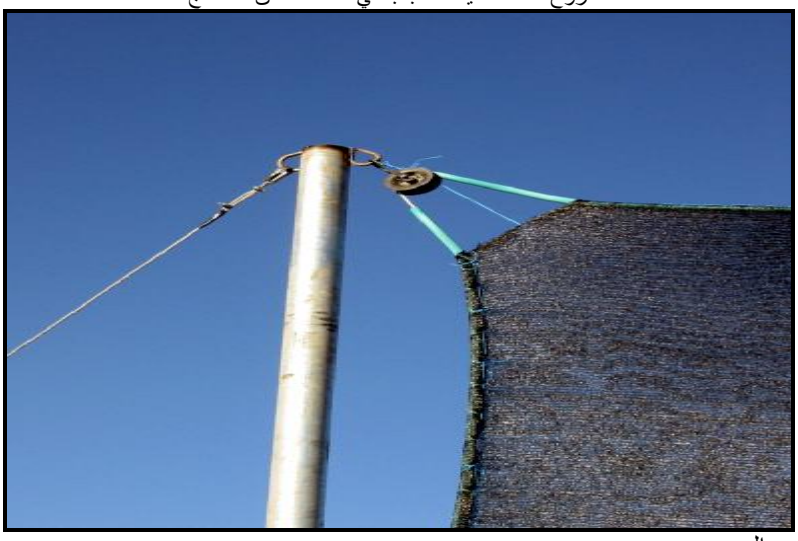
- يمكن اعتبار عملية تجميع المياه من الضباب أنها كينبوع هوائي للمياه، وهو لا يختلف عن العيون التي تعمل بالجاذبية.
- يتم تركيب الشباك المجمعة لقطرات مياه الضباب وبصفة نمطية على ارتفاع لا يقل عن 1.5 متر فوق سطح الأرض ومركبة على عمودين رأسيين، ومقياس هذا المجمع يعتمد على طبوغرافية المنطقة، وكذلك الاستخدام المقصود للمياه.

مجمع ضباب معياري في مبين حجه

خطوات تنفيذ مشروع حصاد مياه من الضباب:

1. جمع المعلومات المناخية عن المنطقة المستهدفة والتي من أهمها فترة تواجد الضباب وسرعة الرياح واتجاهها.
مثلا : في منطقة مبين في حجه يتواجد الضباب بكثافة عاليه في شهور ديسمبر ، يناير ، فبراير ومارس من كل عام
2. يتم التأكد من نوعية الضباب من حيث إدراره لقطرات المياه، مثلا الشعور بحدوث بلل في شعر الرأس
3. تقدير منسوب مواقع المنطقة المستهدفة باستخدام جهاز GPS أو التيمتر ذو دقه عاليه.
4. تركيب مجموعه من وحدات قياس إنتاجية مياه الضباب المعيارية في المواقع المحتمل إدرار مياه الضباب منها ومراقبة الإنتاج اليومي لمياه الضباب لكل متر مربع من شبك تجميع مياه الضباب وتقدير سرعة الرياح واتجاهها باستخدام الاستمارتين المرفقتين في نهاية الفصل.
5. في حالة التأكد من جدوى الموقع في المنطقة المستهدفة المراد إمدادها بمياه الضباب يتم عمل فيها مشروع مياه من مجمعات الضباب الكبيرة والتي تم تقدير مساحتها بحسب نتائج مراقبة مجمعات الضباب المعيارية.
6. يجب التثبيت الجيد لقوائم الضباب الكبيرة باستخدام الدعائم والكابلات الحديدية.

مشروع لحصاد مياه الضباب في احد المناطق المحتاج



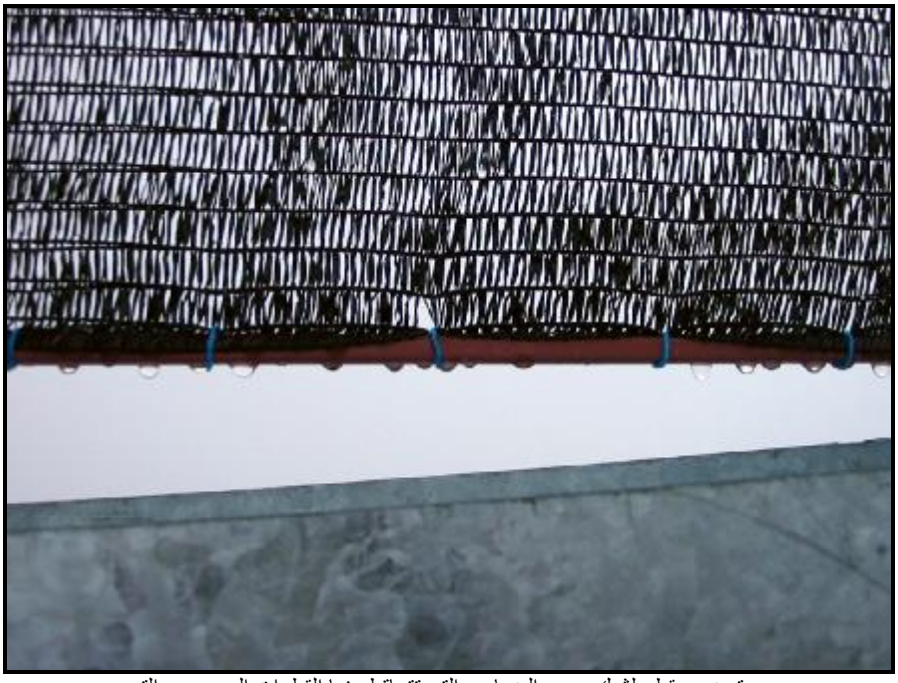
التثبيت والتدعيم الجيد

مواصفات وحدة مراقبة إنتاج مياه الضباب المعيارية:

- مساحة شبك تجميع قطرات مياه الضباب 1 متر مربع.
- مساحة الفراغات في الشبك حوالي 40 %.
- ارتفاع الشبك من سطح الأرض الطبيعية لا يقل عن 1 م.
- يجب إن يكون مزود بمجرى لتجميع قطرات مياه الضباب من الشبك ومنه إلى وعاء التجميع (مثلا دبة ماء سعة 20 لتر).

خياطه الشبك في الإطار الحامل لها وتدريب الاهالى المستفيدين على ذلك

صوره توضح مجرى تجميع قطرات مياه الضباب والانبوبه الخارجة منها إلى وعاء التجميع أو التخزين



صوره توضح مقطع لشبك مجمع الضباب والتي تتساقط منها القطرات إلى مجرى التجميع

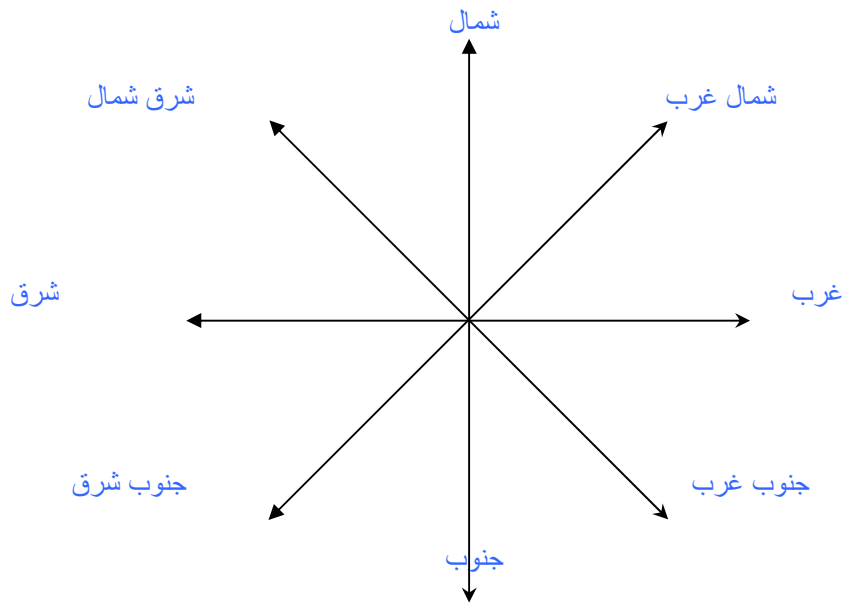
مواصفات الموقع المثالي لتجميع مياه الضباب :

- تواجد الضباب المدر لقطرات المياه بكثافة في المنطقة المستهدفة لفترة لا تقل عن 3 أشهر في السنة
- تفضل المواقع التي يحصل فيها تجميع طبيعي للضباب مثلا منخفض بين تبتين أو في جبلين أو في هضبتين
- وجود احتياج شديد للمياه في فترة الجفاف التي تتواجد فيها الضباب
- أن لاتقل إنتاجية قطرات مياه الضباب عن 5 لتر / اليوم/ متر مربع من الشبك

موقع طبيعي جيد

مقياس تدرج الرياح

الإشـــــارات الأرضيـــــــــة	التـــدرج	السرعة (كم/ساعه)
دخان المنازل يتصاعد للأعلى، اوراق الأشجار ثابته	0	أقل من 1
الدخان يتحرك، الحشائش تتحرك	1	1-5
اوراق الأشجار تهتز ، يتم الاحساس بالريح على الوجه، والاعلام القماشيه غير ممتدة	2	6-11
الاغصان الصغيره والاوراق تتحرك ، الاعلام القماشيه الخفيفه فقط ممتده	3	12-19
الرياح تثير الغبار والاوراق السائبه ، كل الاعلام القماشيه ممتدة	4	20-28
الأشجار الصغيره تهتز	5	29-38
الاغصان الكبيره تتحرك ، توجد صعوبه في التحكم او في مسك المظلات	6	39-49
الاشجار تتأرجح ، المشي في عكس اتجاة الريح صعب	7	50-61
الاغصان الصغيره تتكسر ، والسيارات تنحرف عن مسارها	8	62-74



شكل يوضح اتجاه الرياح

ورقة تجميع بيانات حصاد المياه من الضباب

اسم الموقـــع	
رقم الموقـــع	
رقم جهاز تجميع الضباب	
اسم المراقــب	

التاريـــخ	الزمـــن	كمية مياه الضباب (ليتر)	سرعة الريـــاح	اتجـاه الرياح	كمية مياه الأمطار(ليتر)	الملاحظـــات

الملاحظات:

1. سرعة الرياح (انظر ورقة تحديد اتجاه وسرعة الرياح مع ملاحظة كتابة الرموز)
2. اكتب الملاحظات التالية في حالة حدوثها:

- نوعية المياه - حالة جهاز تجميع المياه (هل يحتاج إلى صيانة) -حالة الجو (صحو- غائم جزئيا- غائم--ضباب- ممطر أو رش).
- أي ملاحظات أخرى (تسرب الماء من الجهاز- شرب الحيوانات من الماء الموجود في الجهاز)

الباب الرابع

شبكـــات توزيـــع الـميـــاه

إن الغاية من شبكات توزيع المياه هي نقل المياه بأمان من الخزان إلى الأماكن المستهلكة المختلفة، مثل المناهل العامة و التوصيلات المنزلية.

1- أنواع أنظمة توزيع المياه :

أ - نظام الفرع أو النهاية الميتة [كما في الشكل رقم (12 –a)]:

وفي هذا النظام يتم توفير المياه من خط التوزيع الرئيسي (أو من الخزان) إلى مختلف نقط الاستهلاك، وأنابيب التوزيع الفرعية لنقاط التوزيع الفرديـــه تشبه فـــروع الشجـــرة، و يعيب هذا النظام إمكانية ركود المياه (Stagnant water) في الفروع ذات النهايات الميتة.

ب- نظام النهايات المتصلة [كما في الشكل رقم (12 –b)]:

وهذا النظام شبيه بنظام الفرع ولكن هنا نجد أن النهايات الميتة يتم وصلها مع بعضها البعض وهذا يؤدي إلى أن تكون حركة ودوران المياه افضل كثيراً وإمكانية أن يكون هناك مياه واقفة أقل بكثير من نظام الفرع.

ج - النظام الدائري [كما في الشكل رقم (12 –c)] :

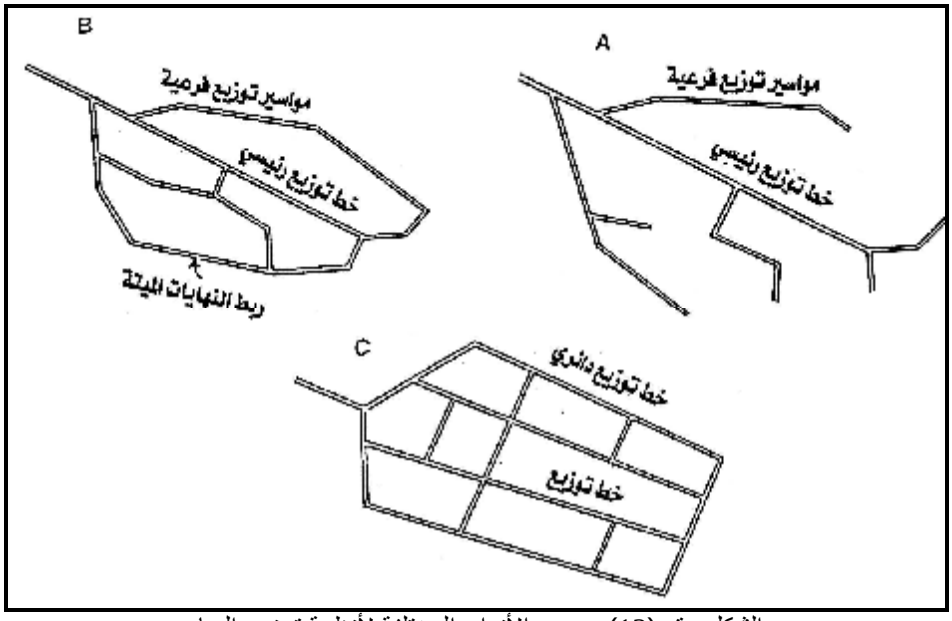
وفي هذا النظام فإن الخط التوزيع الرئيسي يتم ربطه في شكل دائرى.

مميزات هذا النظام:

- دوران وحركة للمياه داخل النظام جيدة.
- نظام آمن عند حدوث أي كسر أو عطل.
- إمداد المياه لا ينقطع عند عمل إصلاحات في الخطوط.

عيوب هذا النظام:

- تكلفة كبيرة في قيمة المواد وأيضاً الإنشاء.
- صعب في تصميمه ويحتاج إلى الكثير من أعمال التحليل للتدفقات والضغوط.
- لا يمكن أن يؤدي الغرض منه إذا كانت القرية منتشرة ومتفرقة أو إذا كانت القرية ذات طبوغرافية تعطي فوارق كبيرة في المناسيب.

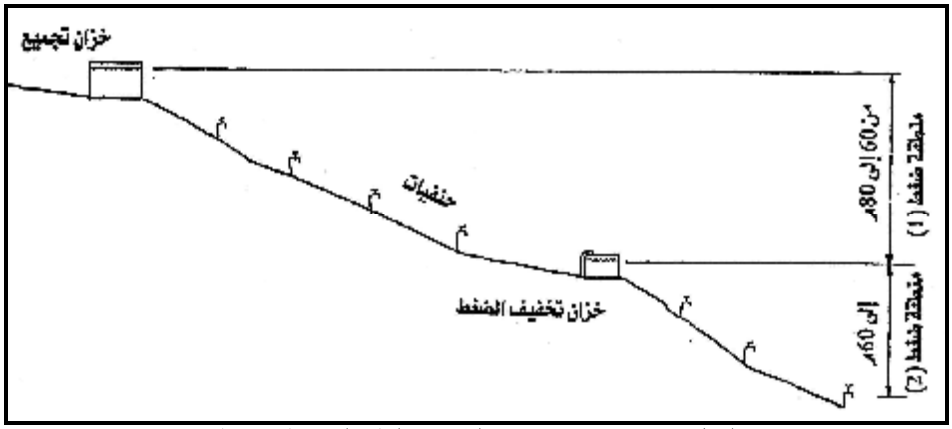


الشكل رقم (12) يوضح الأنواع المختلفة لأنظمة توزيع المياه

2- تقسيم النظام في مناطق الضغط :

نظام توزيع المياه لابد أن يقسم إلى مناطق ضغط مختلفة في الحالات الآتية:

- إذا كان الضغط الإستاتيكي في مواسير التوزيع يزيد عن 250م.
- إذا كان الضغط عند المنهل (نقطة توزيع عامه) أو في التوصيل المنزلي يزيد عن 100م (ملاحظة: الضغط الأقل المسموح به عند كل بيت يجب أن يكون في حدود 5-10متر).وعموماً لا يجب أن يزيد الضغط في خطوط الضخ والإسالة عن الضغط العملي بحسب نوع المواسير.



الشكل رقم (13) وهو يوضح عملية تقسيم النظام إلى مناطق ضغط.

هذا التقسيم في مناطق الضغط يمكن عمله وذلك بتقسيم النظام إلى مقاطع منفصلة وذلك بعمل ما يسمى خزانات تخفيف الضغط وذلك لتثبيت الضغط الإستاتيكي ويتم ذلك بتوفير سطح مفتوح للماء في موقع معين على امتداد محور خط المواسير (الشكل رقم 13).

3 - اعتبارات تصميميه أخرى :

أ-منع تكون جيوب هوائية في النظام :

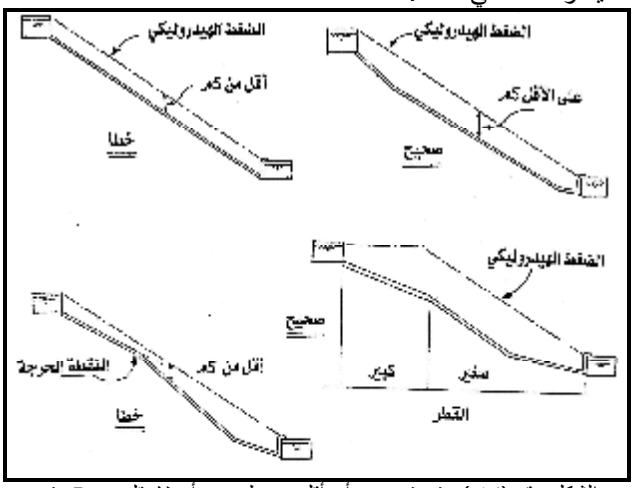
إن وجود الهواء في مواسير المياه يمكن أن يتسبب في سلسلة من الإنسدادات في طريق تدفق المياه حتى ولو كانت أقطار المواسير كبيرة.

و يمكن أن تتكون هذه الجيوب الهوائية بسبب:

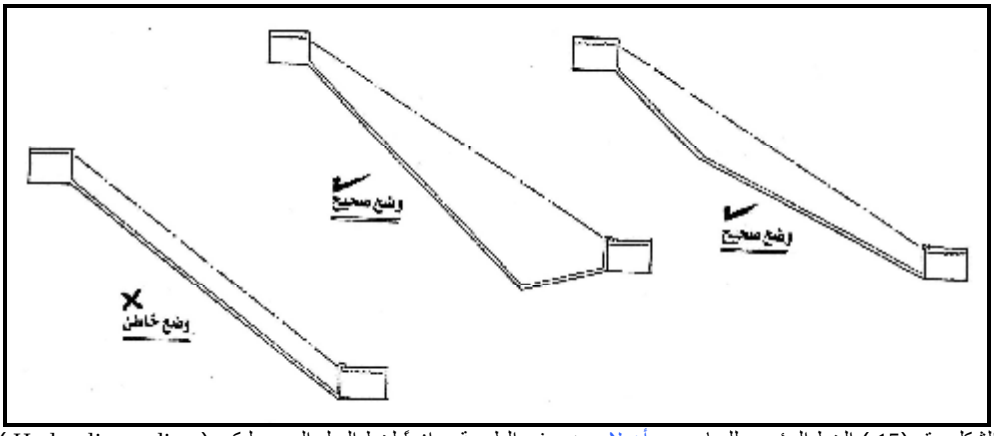
- في المواقع التي يكون فيها الضغط الإستاتيكي في المواسير أقل من (5-10م).
- في النقاط المرتفعة في خط المواسير والتي يكون فيها الضغط يتناقص (مقارنة بالخط الهيدروليكي Hydraulic gradient).
- في حالة تشغيل المياه داخل المواسير بدون وجود وسائل التهوية الكافية.
- عندما يكون تدفق كمية المياه الخارجة من المواسير أكبر من تدفق الكمية الداخلة.

وباختصار القياسات التالية يجب أن تؤخذ في الاعتبار وذلك لمنع تكون الجيوب الهوائية قدر الإمكان :

- أقل ضغط في خط مواسير المياه يجب أن يكون بين 5-10م (الشكل رقم (14) .
- المياه في الخط الرئيسي (قطر 3 هنش أو أكثر) يجب أن لا يوضع في الطبيعة موازياً للخط الهيدروليكي (Hydraulic gradient)، بل يجب أن يوضع طبيعيا بحسب ارتفاع أو انخفاض الأرض [إذا كان ذلك ممكناً] أنظر الشكل رقم (15).
- يجب أن يتم تركيب صمام تفريغ هواء عند مستوى كل نقطه مرتفعه ، كما يجب أن يتم تركيب صمام تفريغ الهواء عند أي نقطة يتغير فيها ميل الخط إلى الأعلى (في الوضع المرتفع)، حتى ولو لم يكن هناك نقطة عالية واضحة في الخط.



الشكل رقم (14) وفيه توضيح أن أقل ضغط يجب أن لا يقل عن 5 متر

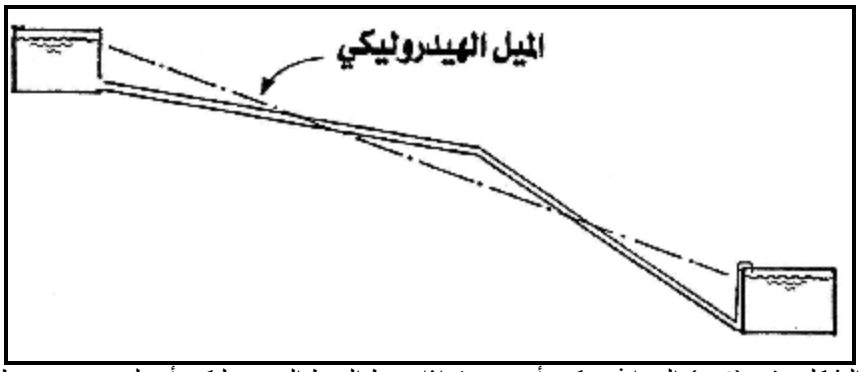


الشكل رقم (15) الخط الرئيسي للمياه يجب أن لا يوضع في الطبيعة موازياً لخط الميل الهيدروليكي (Hydraulic gradient)

أ-منع تكون فراغ او خواء في النظام (vacuum):

يمكن أن يحدث هذا الفراغ عندما يهبط الخط الهيدروليكي إلى منسوب أقل من مسار محور المواسير (كما في الشكل رقم 16) أو عندما يكون هناك محبساً مغلقاً في خط الانابيب بحيث تسحب المياه لغرض التفريغ من نفس الخط الواقع أسفل المحبس المغلق.

إنه من الممكن أن يتم تركيب صمام إدخال هواء وذلك لمنع تكون الفراغ، ولكن فإنه يوصى في مشاريع مياه الريف بأن الخط الهيدروليكي يجب أن لا يكون أبداً أسفل محور خط المواسير (هام).



الشكل رقم (16) الفراغ ممكن أن يحدث إذا هبط الخط الهيدروليكي أسفل محور خط المواسير، أو في النقاط المرتفعة في خط المواسير عند سحب المياه منها.

ملاحظـــــة:

حيث أن معظم مخرجات التصميم (lay-out) يعتمد أساساً على أعمال المسح والتي تتم في الحقل، فيجب على المساح أن يكون ملماً بالمشاكل المذكورة آنفاً، وبالتالي فإن عليه الحرص في اختيار المسار الصحيح لمرور الانابيب .

4- مواسير المياه وملحقاتها:

لنقل المياه من مصدر المياه إلى أماكن استخدامه فإنه يلزم ربط المسافة بينهما بالمواسير والتي أيضاً يتم بتزويدها في أماكن معينة وعلى امتداد محاورها بالملحقات (القطع الخاصة مثل المحابس، الركب، المثاليث، النيبلات، النقاصات، شد الوصل، و....الخ)، وتتعدد أنواع ومقاسات المواسير وملحقاتها بتعدد مواد صناعتها وتعدد أغراض استخدامها، ويتم مراعاة التأثيرات المحيطة عند اختيار نوع معين من المواسير لغرض معين في إمداد المياه أو أعمال الصرف الصحي المختلفة.

4-1 مواد تصنيع المواسير :

تصنع مواسير المياه والصرف الصحي من مواد متعددة، لتناسب الغرض الذي من أجله ستركب له الماسورة، حيث وتصنف المواسير تبعاً لمادة تصنعها وهي كما يلي:

مواسير حديد الزهر ، مواسير حديدية صلبة و مجلفنة، مواسير الأسبستوس الأسمنتي، المواسير الخراسانية، المواسير البلاستيكية بنوعيها الخفيف والمقاوم، مواسير البولي أيثيلين (بأنواعها)، مواسير الفخار ، المواسير الصلبة المصنوعة من اللدائن القابلة للسحب ....الخ.

وفيما يلي جدولاً يوضح بعض أنواع المواسير مع المميزات والعيوب لكل نوع:

نوع الماسورة	الاستخدام	المميزات	العيوب
مواسير الحديد الزهر	في إمداد المياه : § في شبكة التوزيع. في المجاري: § في خطوط الطرد غالباً.	§ تتحمل ضغوطاً داخلية وخارجية كبيرة § مقاومتها للتآكل والصدأ عالية § - نفاذيتها قليلة	§ لا تتحمل أحمالاً ديناميكية تتأثر بالتيارات الشاردة § ثقيلة الوزن، وغالية نسبياً § لابد من تبطين الماسورة من الداخل بمونة أسمنتية مقاومة للكبريتات في حالة استخدامها في شبكة المجاري.
مواسير الحديد الصلب	في إمداد المياه فقط § في المناطق المعرضة للاهتزازات (محطات الضخ) § فوق الكباري (تعدية) § مواسير الضخ في الخزانات العالية (بدون ردم).	§ تتحمل ضغوطاً داخلية مرتفعة § مرنة، وخفيفة، ورخيصة نسبياً.	§ لا تتحمل الضغوط الخارجية الكبيرة. § تتأثر بالتيارات الشاردة § قابلية الصدأ والتآكل كبيرة.
المواسير البلاستيكية	في إمداد المياه : في الشبكة الفرعية والرئيسية. في المجاري: في خطوط الصرف بالانحدار (متوسطة الأقطار) .	§ تتحمل ضغوطاً داخلية وخارجية § خفيفة وملساء (معامل الاحتكاك صغير). § لا تتعرض للتآكل .	§ تتأثر بالتيارات الشاردة. § صعوبة بالغة في إحكام ربط الوصلات الخاصة، وبخاصة في خطوط الضخ (ضغوط عالية) ولهذا فهي عرضة لتهريب نسبة مياه كبيرة منها. § لا بد من دفنها تحت الأرض بعمق لا يقل عن1 م.

نوع الماسورة	الاستخـــــدام	المميـــــــزات	العيـــــوب
مواسير الفخار	في المجاري فقط: § وتستخدم بكفاءة عالية في مواسير الصرف بالانحدار.	§ تتحمل الضغوط الخارجية الكبيرة . § لا تتفاعل مع الأحماض، وتقاوم الكبريتات والتآكل. § رخيصة في السعر،وسهولة في تنفيذها	§ نفاذيتها عالية (مياه الرشح فيها عالية) § وجود فواقد أثناء عملية النقل وتصل إلى نسبة 10%
المواسير المصنوعه من اللدائن (Cast iron or ductile iron pipes)	في المياه: § وتستخدم بكفاءة عالية جداً في مواسير المياه (بالذات في أماكن لتحمل ضغوط عالية).	§ قوية وسميكة وتتحمل الضغوط الكبيرة. § تعيش في الخدمة مدة طويلة إلى 100 سنة. § تحتاج إلى أعمال صيانة محدودة. § مقاومة عالية للصدأ والتآكل.	§ مكلفة جداً في سعرها. § مكلفة في التعامل معها. § فواقد الاحتكاك فيها عالية كثيراً. § يحدث تكدس ونجمع للطين وبشكل قشرة داخل المواسير وينتج عن ذلك تقليل للكمية المتدفقة من الماء في هذه المواسير.

جدول رقم (1) يوضح بعض أنواع المواسير مع المميزات والعيوب لكل نوع

وفيما يلي جدولاً يوضح الضغوط التي تحمله كل نوع من الأنواع والتصنيف :

نوع الماسورة	ضغط التشغيل	
	كيلوجرام/ سم^2	الضغط العمودي (م)
مواسير بلاستيكية (PVC) : الصنف (B)	6	60
الصنف (C)	9	90
الصنف (D)	12	120
الصنف (E)	15	150
مواسير حديد مجلفنة	30 - 25	300 - 250
المواسير المصنوعة من اللدائن (Ductile iron pipes): 80 –300 مم	25	250
600 -350 مم	20	200
1000 -700 مم	16	160
1200 – 1100 مم	12.5	125
المواسير المصنوعة من اللدائن (Cast iron pipes): الصنف (AB)	12.1	121
الصنف (C D)	24.2	242

جدول رقم (2) يوضح تصنيف الانابيب وضغط التحمل لكل نوع منها

في اليمن تستخدم مواسير الحديد المجلفنه المطابقة للمواصفات البريطانية [السماكة الخفيفة والسماكة المتوسطة] في أغلب المشاريع في المناطق الريفية بسبب المناطق الجبلية التي يتم عادةً فيها وضع المواسير على سطح الأرض، والأقطار المتوفرة في اليمن هي:3/4 هـ، 1هـ، ¼ 1هـ، ½ 1 هـ، 2هـ، ½ 2 هـ ، 3هـ ، 4هـ و 6هـ .

وفي مشاريع مياه الريف فقد تم توصيف هذه المواسير كما يلي:

مواسير الحديد المجلفنة يجب أن تكون مطابقة للمواصفات القياسية البريطانية (BS 1387) ضغط متوسط (medium series class) .وأن تكون نهاياتها مقلوظة (وفقاً للمواصفات البريطانية BS 21) وذلك للمواسير ذات الأقطار إلى 6 هنش ، ولكن يوصى للمواسير التي تزيد على 4هنش أن تكون من النوع المزود بزوجين من الفلنجات عند الفوهتين [Double- Flanged (D/F)].

طول المواسير الحديدية المجلفنة المقلوظة عادةً 6 متر، ويوصى بأن تزود بشد وصل (فكه أو يونيون) واحد عند تركيب كل عدد 6 مواسير. ضغط التشغيل لهذه المواسير يجب أن لا يقل عن 25 كجم/سم^2 (أي 250 متر ضغط ماء رأسي).

مواصفات المواسير ذات التحمل للضغوط العالية (25- 45 كجم/سم^2):

المواسير الحديدية التي تتحمل الضغوط العالية يجب أن تكون مناسبة لتحمل ضغط تشغيل 45 كجم/سم^2 (ضغط عمود الماء بارتفاع 450 متراً). ، وعند اختبار هذه المواسير فإن ضغط الاختبار هذا لا يقل عن 90كجم/سم^2 (يعادل ضعف الضغط التشغيلى) . بالنسبة للضغوط العالية، فإن المواسير التي يجب أن تستخدم هي المواسير ذات الفلنجات من الجانبين (D/F) والمصنوعة من الحديد أو من اللدائن القابلة للسحب (Ductile iron).

و يجب حماية المواسير داخلياً وخارجياً من التآكل والصدأ، وذلك بوضع الغطاء المناسب من مادة معتمدة. وعملية الحماية بالتغطية هذه يجب أن لا تؤثر بأي حال من الأحوال في نوعية المياه؛ وبالنسبة للغطاء الخارجي فيجب أن يكون قوياً بقدر يكفي لمقاومة التآكل والصدأ وكذلك التأثيرات الجوية الأخرى وبالذات الرطوبة واختلاف درجات الحرارة وخلافه.

2-4 المحابس:

إن الوظيفة الرئيسية للمحابس في نظام مشروع المياه هو التحكم في تدفق المياه والضغط. وبالنسبة لمحابس الأعمال الخاصة والتي تستخدم في مشاريع إمداد المياه في مناطق الريف اليمنية فهي:

أ- المحابس العادية (السكينة) [Gate valves] .
ب- حابس عدم الرجوع (الرداد) [Check valves].
ت- محابس تفريغ هواء / فتحة إدخال هواء [Air relief / Air inlet valves].
ث- محابس التصريف (الغسيل) [Drain (wash-out) valves].
ج- محابس تنظيم الضغط [Pressure regulating valves].
ح- محابس العوامة [Float valves].
خ- محابس تخفيف الضغط [Pressure relief valves].

أ-المحابس العادية (السكينة) [Gate valves]:

في بعض الأحيان يطلق على هذا النوع من المحابس بمحبس الصمام (Sluice valve)، ويستخدم هذا النوع بإجبار بوابة (داخل المحبس) على التحرك في اتجاه متعامد مع محور الماسورة بهدف منع تدفق المياه أو تقليل إنتاجية التدفق.

وهذه البوابة تحشر وتنزل في مجرى بداخل جسم المحبس. وفي نظام تركيب المواسير فإنه يتم تركيب المحبس العادي عند النقطة التي يراد التحكم في تدفق المياه فيها. وعلى كل حال فإن المحبس العادي ليس مناسباً للتحكم في معدل التدفق، لأن 10% فقط من المسافة الأخيرة من رحلة البوابة في اتجاه الإغلاق لها تأثير جوهري (فعلي) في معدل التدفق (يعتمد على ضغط المياه داخل المواسير).

مشاكل الصيانة يمكن أن تحدث عندما لا يتم استخدام هذه المحابس لفترة طويلة من الوقت. والمحابس العادية قد تلصق البوابة في الوضع المفتوح أو الوضع المغلق، حيث أنه مثلاً عند تركه مفتوحاً لمدة طويلة فإن الرواسب الطينية تتجمع وتتراكم في المجرى الأسفل للبوابة وبالتالي تمنع عملية الإغلاق بإحكام، وهكذا...

ب- محابس عدم الرجوع (الرداد) [Check valves]:

وهذه المحابس تسمح بالتدفق لمياه (السوائل) في اتجاه واحد فقط. وهي عادةً تركب في نهاية مرحلة التدفق من مضخة ما، وذلك بغرض الإبقاء على خط الضخ ممتلئاً بالمياه عند وبعد توقيف المضخة من التشغيل. وهذه المحابس أيضاً تعلق مفتوحة إذا كانت البوابة المزودة بمركز دوران تركت في الوضع المفتوح لفترة ليست قصيرة ، وفي هذه الحالة تحتاج إلى ضربه لخلخة الرواسب .في بعض الحالات فإن صمامات عدم الرجوع ذو خاصية الإغلاق البطيء يمكن أن تستخدم لتفادي ضغط المطرقة المائية الكبير.

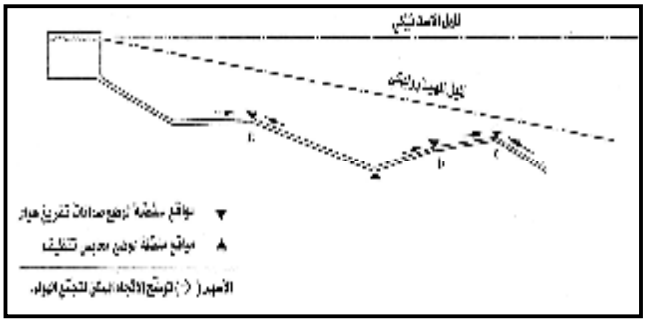
ج _ محابس تفريغ هواء / فتحة إدخال هواء [Air relief / Air inlet valves]:

في النقاط المرتفعة في شبكة أنابيب الإمداد ، فإن محبس تفريغ الهواء يستخدم لتفريغ الهواء المتجمع والمحبوس داخل خط المواسير (عند النقط العالية) ، ومن شأن هذا الهواء المحبوس أن يمنع تدفق المياه. كما هو موضح في الشكل التالي:

النقطة a : الهواء في وضع ملائم ليتجمع بسبب قلة (نقص) في المنحدر الهيدروليكي و الانحدار الشديد في اتجاه التدفق .

النقطة b : نقص في الانحدار للأعلى في اتجاه التدفق يسبب تجمع للهواء.

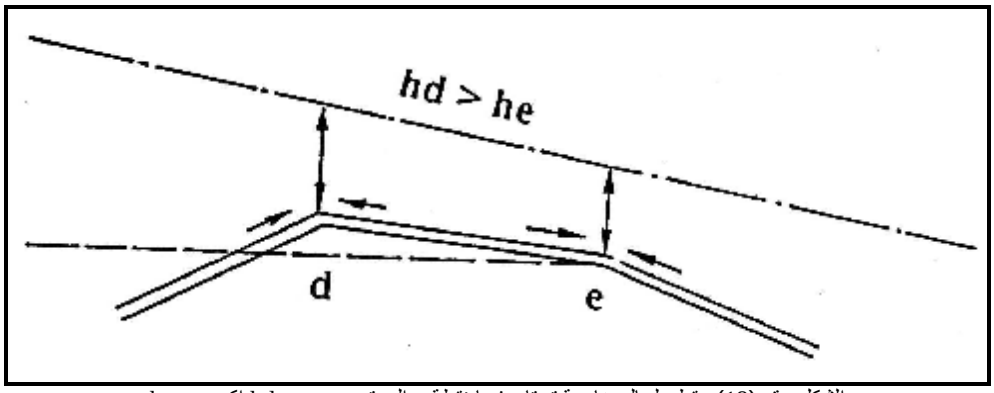
النقطةc (تمثل الذروة) : صمام هواء كبير مطلوب هنا.



شكل (17) يوضح المواضع التي يستحب فيها عمل محاسب تفريغ الهوء
عند النقاط العالية و محابس التنظيف في النقاط المنخفضة على إمتداد محور خط مواسير المياه

د -محابس التصريف (الغسيل) Drain (wash-out) valves:

عند النقط الواطئة في شبكة أنابيب نظام إمداد المياه كما في الشكل(17) فإنه يتم تركيب هذه المحابس ، وذلك حتى يتم تصريف المياه من المواسير عند التنظيف أو أعمال الصيانة عندما يكون ذلك ضرورياً.



الشكل رقم (18) مقطع لحاله خاصة تحتاج فيها نقطة e إلى تهويه بسبب hd اكبر من he

هـ -محابس تنظيم الضغط Pressure regulating valves :

و هذه النوعية من المحابس تستخدم في شبكة التوزيع والتي تحتوي على مواسير ذات أقطار صغيرة، وعادة ما تستخدم للتقليل من الضغط العالي إلى ضغط أقل. و يكون اقتصاديا التقليل من الضغط العالي لعدد من المستخدمين وذلك باستخدام ما يسمى بخزان تخفيف الضغط ، ولكن من الملائم جداً استخدام محبس تنظيم الضغط لعدد قليل من المستهلكين.

و – محابس العوامة Float valves:

و تستخدم هذه المحابس في الخزانات التي تكون بدون حراسة، وفي خزانات تخفيف الضغط، ويتم تنظيم التدفق بواسطة كرة عائمة فوق سطح الماء، وهذا المحبس يتحكم في منسوب المياه داخل الخزان وذلك عند عمليتي الإيقاف والبدء للتدفق عند المنسوب المطلوب.

ز – محابس تخفيف الضغط Pressure relief valves:

بالنسبة لمحابس تخفيف الضغط فإنها تتواجد عادةً في خطوط الضخ (مباشرةً خلف المضخة) وذلك بغرض حماية المضخة والمواسير من الضغط الذي يرتفع فوراً (على عجل) بسبب المطرقة المائية.

3-4 ملحقات المواسير (القطع الخاصة) (Fittings) :

عند التصميم لمشروع إمداد مياه، فإنه يلزم أيضاً عمل تقدير لكميات ملحقات المواسير المطلوبة لإنشاء المشروع ، وفي مشاريع مياه الريف فإنه من المعتاد تقدير كميات ملحقات المواسير المطلوبة التالية ذكرها:

a – شد الوصل (الأنثى) Union female:

عادة فإن كلا الفوهتين(الفتحتين الجانبيتين) لمواسير الحديد المجلفنة (إلى قطر 4هنش) تكون مقلوظة، وعلى كل حال ولكي نستطيع بسهولة فصل خط المواسير في حالة التنظيف أو الترميم والصيانة يجب استخدام شد الوصل (الأنثى) عند كل 8 مواسير . أي أنه مطلوب تركيب شدو صل واحد عند كل 50 متر تقريباً من طول خط المواسير.

b – النيبل (الذكر) Nipples male:

وهو يستخدم في ربط إي وصلتين أنثى من توابع المواسير، وعلى سبيل المثال عند التقاء أي من الاثنين التاليين مع بعض فلابد من ربطهما بواسطة النيبل (فمثلاً: ركبة مع محبس، مثلوث مع ركبة، مثلوث مع محبس ...الخ).

c – الركب (العطوف) 45˚ و 90˚ والركب الطويلة 90˚ Bends 45and 90 , and Elbow 90:

إن عمل حساب تقديري لكمية الركب المطلوبة لأي تمديدات في مشروع ما يعتمد أساساً على مدى الدقة والضبط من قبل المساح في العمل الذي يقوم في الموقع قبل التنفيذ، وعادةً فإن التقديرات ستتبع الانطباع الموجود لدى المساح والمهندس المصمم عن اعتبارات المنطقة المأخوذة في الاعتبار.

d – المثلوث / المربوع Tees/ Crosses:

يمكن عمل الحساب التقديري لكمية المثاليث/ المرابيع بسهولة من خلال حصر عدد الفروع والمواقع التي يعمل فيها احتياطات التمديدات المستقبلية، وكذلك التوصيلات المنزلية وفروع المناهل العامة.

e – النقاص (المحول) Reducing sockets:

وهي ضرورية للتغلب على مشكلة التحويل من قطر صغير إلى كبير أو العكس، ويمكن معرفة الكمية المطلوبة بسهولة من خلال التصميم.

ملاحظـــــــة:

عندما يتم تقدير كمية القطع الخاصة (لملحقات المواسير) (Fittings)، فإن على المهندس المصمم أيضاً وضع الأقطار المطلوبة لكل قطعة. ويجب أن تكون هذه القطع الخاصة من النوع المقاوم (Heavy duty) ومسننة طبقاً للمواصفات BS 21، والمواسير المجلفنة. معدل الضغط يجب أن يكون 25كجم/سم2 (ضغط عمود ماء بارتفاع 250 متر).

5- المناهل العامة والتوصيلات المنزلية:

المناهل (نقاط التوزيع العامة):

أو ما يسمى بالمواسير الواقفة والتي يركب عليها حنفيات مياه شرب عمومية في مناطق مختلفة من القرية تستخدم لتوزيع المياه لأسباب اقتصادية وفنية عملية. كل منهل عام يجب أن يكون في موقع مناسب من المنطقة الخاصة بالتجمعات المحلية بحيث يتم تقليل المسافة التي يذهب إليها الأهالي لجلب المياه منها. ومسافة السير يجب أن تكون في حدود الـ200 متر إذا أمكن . ومهندسو المياه يجب أن يأخذوا بأن أقصى عدد يمكن أن يستخدم الحنفية الواحدة 200شخص، وهذا يمثل دليلاً للتصميم ، ويتوفر في مياه الريف التصاميم الخاصة بالمناهل العامة وهي على الترتيب 2 ، 4 و 6 حنفيات.

التوصيلات المنزلية :

التوصيلات المنزلية عبارة عن توصيل ماسورة خدمة تزويد الماء إلى داخل المنزل وتربط إلى أعمال السباكة المنزلية لتزويد أكثر من حنفية بالمياه في أماكن مختلفة من المنزل. ويتم ربط هذه الماسورة إلى ماسورة التوزيع الرئيسية بقطعة خاصة هي المثلوث.

وعادةً في مشاريع مياه الريف فإنه يتم تزويد خطوط التوزيع بالقطع الخاصة (المثاليث) وتركب فيها سدات، وهذا في الحالات التي يخطط فيها الأهالي للربط المنزلي (حسب طلبهم) وتترك عملية الربط إلى المنازل على الأهالي للربط مستقبلاً بأنفسهم وذلك طبعا بالتنسيق مع إدارة مشروع إمداد المياه.

6- الأعمال المدنية للمواسير :

عند القيام بأعمال التصميم أو الإنشاء لمشروع إمداد الأهالي بمياه الشرب فإنه يجب الأخذ في الاعتبار وبحرص بعض الأعمال المدنية. وبالنسبة لمشاريع مياه الريف فإن أهم هذه الأعمال والاعتبارات هي :

6-1 الحفر في خنادق لتركيب مواسير المياه :

حيث وأن الطبيعة الجبلية والصخرية هي المسيطرة في كثير من مناطق اليمن، وعليه فإن حفر الخنادق لوضع مواسير المياه فيها لا يتم تنفيذها وعليه فيتم غالباً وضع خطوط مواسير المياه فوق سطح الأرض.

وعلى كل حال ولأن خطوط المواسير مكلفة جداً، فإن الحرص الشديد في تناول وتركيب هذه المواسير هو مطلب أساسي وجوهري والمواسير يجب أن تكون مغطاة في مناطق معينة مثل مواقع تقاطع خط مرور المواسير بالطرق والوديان. وأقل غطاء لخنادق المواسير يجب أن لا يقل عن 1متر، وعرض هذه الخنادق لا يقل عن قطر الماسورة مضافاً إليه 60 سم. وبالنسبة لأرضية قاع الخندق فيجب أن تكون مستوية تماماً، ويجب أن تكون نظيفة وخالية من الأحجار والكتل الصلبة. وبالنسبة لعملية دفن الخطوط فيجب أن يكون تراب الدفن المطلوب ناعما (مثلا أحجار الكرى الناعمة جدا أو الرمل الخشن) وذلك لتكوين ما يشبه وساده رمليه ناعمة فوق وتحت المواسير بمسافات لا تقل عن 15 سم من كل الاتجاهات.

2-6 غرف التفتيش للمحابس :

لحماية المحابس من الرمال والأمطار ولمنع أي استخدام خاطئ لهذه المحابس من قبل الأهالي المحليين [الذين هم ليسوا ضمن من يقوم بأعمال التشغيل والصيانة والإدارة للمشروع]، فإن هذه المحابس يجب أن تركب داخل غرف تفتيش، وتكون غرف التفتيش هذه كاملة مع غطاء وإطار وأداة إقفال محكمة مع الانتباه بأن تكون المواسير الداخلة والخارجة حرة الحركة . (لا يتم بناء غرف التفتيش على المواسير مباشرة بل تترك حرة الحركة لتسهيل عملية الصيانة).

3-6 تدعيم المواسير :

و بالمثل، فإنه يجب اتخاذ جانب الحيطة والحذر عند وضع المواسير على سطح الأرض. والأماكن التي يعتقد أن فيها انهيار صخور أو نفايات يجب تجنبها وعدم وضع خطوط المواسير فيها، حيث وأن الخطوط في هذه المناطق تنهار بسبب هطول الأمطار ، خطوط المواسير الموضوعة على سطح الأرض يجب تدعيمها وتثبيتها فوق الدعائم الخراسانية المقاومة لأي ضغط أو إجهاد غير متزن لهذه الخطوط، ويجب عند تثبيت المواسير في الدعامات السماح لها بالحركة (لمراعاة ظاهرة التمدد والانكماش)

تصميم دعامات المواسير (الأفقية والرأسية):

وفيما يلي جداول ورسومات تبين كيفية العمل على تصميم وتنفيذ الدعامات للمواسير الأفقية والرأسية :

أبعاد الدعامات الخرسانيه Thrust Blocks لتدعيم المواسير الأفقية المنحنية بزاوية 45°

مواسير قطر 3 هنش (7.5سم):

مقدار الضغط (كجم/ سم ^{2})	القوة (كجم)	B (م)	H (م)
10	384	0.50	0.70
15	557	0.50	0.70
20	769	0.50	0.70
25	961	0.50	0.70
30	1154	0.50	0.70

مواسير قطر 4 هنش (10سم) :

مقدار الضغط (كجم/ سم ^{2})	القوة (كجم)	B (م)	H (م)
10	601	0.50	0.70
15	901	0.50	0.70
20	1201	0.50	0.70
25	1502	0.50	0.70
30	1803	0.50	0.70

مواسير قطر 5 هنش

(12.5سم) :

مقدار الضغط (كجم/ سم ^{2})	القوة (كجم)	B (م)	H (م)
10	969	0.50	0.70
15	1454	0.60	0.70
20	1338	0.80	0.70
25	2423	0.90	0.70
30	2308	1.00	0.70

مواسير هنش قطر 6 (15 سم) :

مقدار الضغط (كجم/ سم ^{2})	القوة (كجم)	B (م)	H (م)
10	1352	0.60	0.70
15	2028	0.80	0.70
20	2704	0.90	0.70
25	3381	1.00	0.70
30	4057	1.20	0.70

أبعاد الدعامات الخراسانية لتدعيم مواسير أفقية منحنية بزاوية 90˚

مواسير قطر 3 هنش (7.5سم) :

مقدار الضغط (كجم/ سم ^{2})	القوة (كجم)	B (م)	H (م)
10	710	0.50	0.70
15	1066	0.50	0.70
20	1421	0.60	0.70
25	1776	0.70	0.70
30	2332	0.80	0.70

مواسير هنش قطر 4 (10سم) :

مقدار الضغط (كجم/ سم ^{2})	القوة (كجم)	B (م)	H (م)
10	1110	0.50	0.70
15	1665	0.60	0.70
20	2221	0.80	0.70
25	2776	0.90	0.70
30	3331	1.00	0.70

مواسير هنش قطر 5

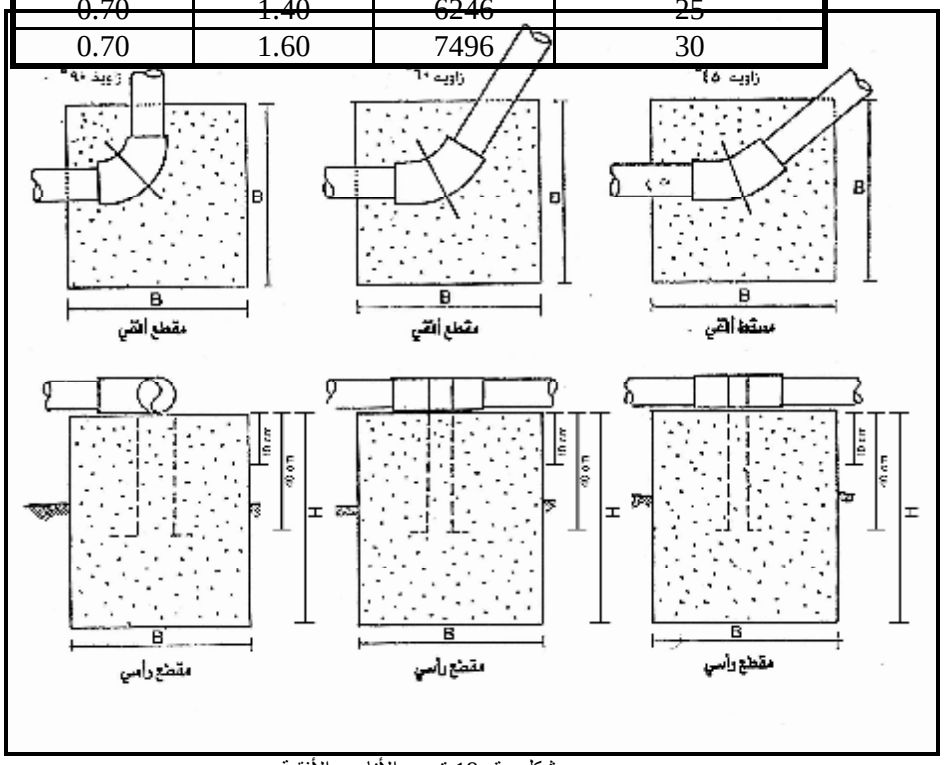
(12.7سم) :

مواسير هنش

مقدار الضغط (كجم/ سم ^{2})	القوة (كجم)	B (م)	H (م)
10	1781	0.70	0.70
15	2686	0.90	0.70
20	3582	1.00	0.70
25	4477	1.20	0.70
30	5373	1.30	0.70

قطر 6 (15 سم)

مقدار الضغط (كجم/ سم ^{2})	القوة (كجم)	B (م)	H (م)
10	2498	0.80	0.70
15	3748	1.10	0.70
20	4997	1.30	0.70
25	6246	1.40	0.70
30	7496	1.60	0.70



شكل رقم 19 تدعيم الأنابيب الأفقية

الدعامات الخرسانية (Thrust Blocks) للمواسير الرأسية والمنحنية بـ 45˚

مقاومة ضغط التربة 1500-2500 باوند/قدم^2

قطر الماسورة	B (max.) (م)	t (max.) (م)
3هنش	0.40	0.10
4 هنش	0.40	0.10
5 هنش	0.80	0.30
6 هنش	0.80	0.30

مقاومة ضغط التربة 2500-3500 باوند/قدم^2

قطر الماسورة	B (max.) (م)	t (max.) (م)
3 هنش	0.30	0.10
4 هنش	0.30	0.10
5 هنش	0.60	0.20
6 هنش	0.60	0.20

90˚ (درجة الانحناء)

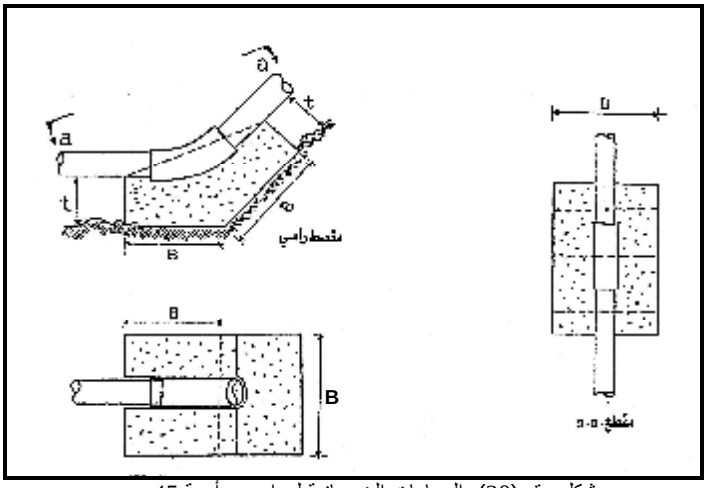
مقاومة ضغط التربة 1500-2500 باوند/قدم^2

قطر الماسورة	B (max.) (م)	t (max.) (م)
3 هنش	0.30	0.10
4 هنش	0.45	0.10
5 هنش	0.70	0.30
6 هنش	0.70	0.30

مقاومة التربة 2500-3500 باوند/قدم^2

قطر الماسورة	B (max.) (م)	t (max.) (م)
3هنش	0.30	0.10
4 هنش	0.35	0.10
5 هنش	0.50	0.15
6 هنش	0.50	0.15

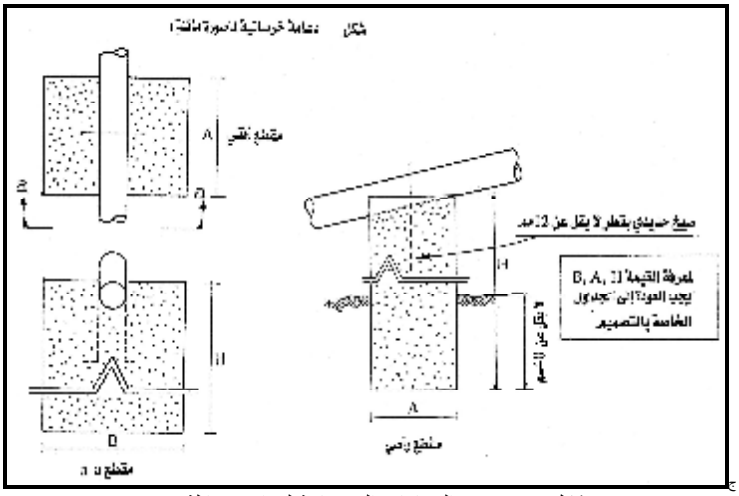
ملاحظة: الأبعاد المذكورة تعتمد على أن أقصى ضغط للماء هو 30 كجم/سم2.



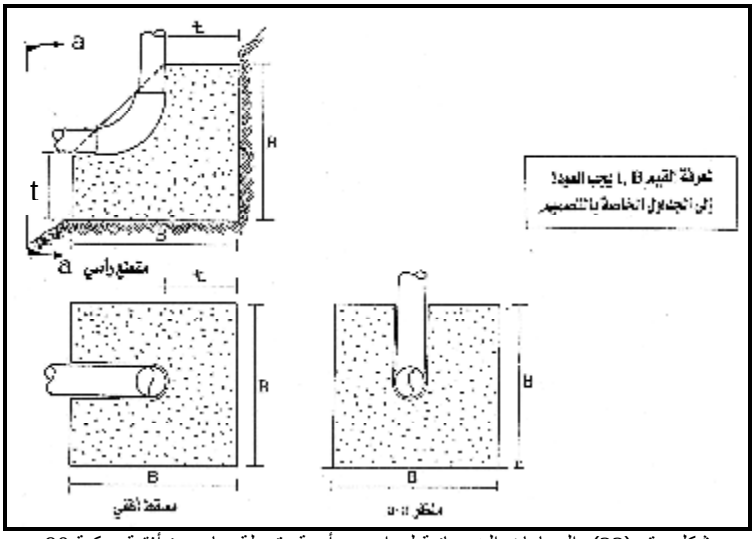
شكل رقم (20) الدعامات الخرسانية لمواسير رأسية 45

الابعاد لتدعيم مواسير رأسية منحنية بزاوية 60˚ إلى 70˚

قطر الماسورة	a (م)	B (م)	H (م)	المسافات
3 هنش	0.20	0.30	1.00	كل 7 مواسير
4 هنش	0.20	0.30	1.00	كل 5 مواسير
5 هنش	0.30	0.30	1.00	كل 4 مواسير
6 هنش	0.30	0.30	1.00	كل 3 مواسير



شكل رقم (21) الدعامات الخرسانية لمواسير مائلة 45



شكل رقم (22) الدعامات الخرسانية لمواسير رأسية متصلة بماسورة أفقية بركبة 90

تدعيم المواسير البلاستيكية قبل الدفن:

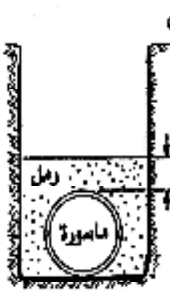
عند تركيب خطوط المواسير (أنظر الشكل رقم 22 أ) فإن تجهيز قاع الحفر وفرشه بالرمال له أهمية كبيرة في المحافظة على سلامة الخط ودلك للأسباب التالية:

- تقليل الإجهادات الواقعة على المواسير لزيادة الأمان.
- منع تحرك المواسير باتجاه سريان المياه والدي يعرضها إلى قوة كبيرة قد تؤدي إلى كسرها.
- حماية المواسير من حدوث كسر أو خدش خارجي نتيجة وجود الحصى أو الحجارة مما يؤدي إلى تولد إجهادات كبيرة.
- (فرشة) مناسبة للمواسير تؤدي إلى المحافظة على خط تشغيل المواسير بكفاءة تامة بحيث لا يقل سمُك (الفرشة) عن ثلث قطر الماسورة ولا يقل بأي حال من الأحوال عن 15 سم.

كيف يتم تدعيم المواسير البلاستيكية ودفنها

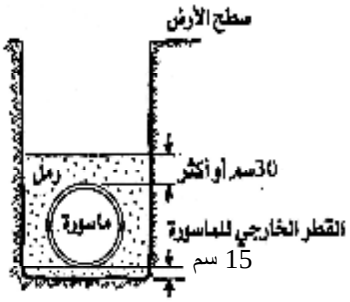
تربة جيدة:

عند تركيب المواسير فوق أرض ذات تربة جيدة لا تحتوي على رمال خشنة أو حجارة صغيرة أو صخور فإنه من الممكن استخدام قاع الحفر المستوى كفرشة توضع عليها المواسير مباشرة.



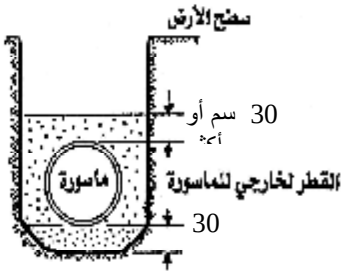
تربة عادية:

في التربة العادية يتم إحلال أكثر من 15سم في قاع الحفر بالرمال الناعمة التي يتم دمكها لتكوين فرشة مناسبة للمواسير.



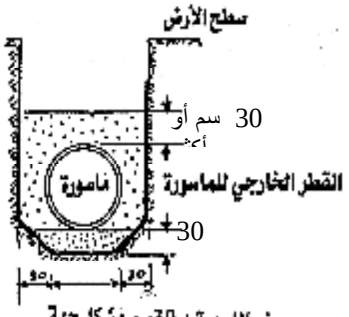
أرض صخرية أو زلطية:

في حالة الأرض الصخرية أو الزلطية يتم إحلال 30سم على الأقل في قاع الحفر بالرمال الناعمة وتدمك جيداً لتكوين الفرشة المناسبة للمواسير مع ضرورة إزالة أية نتوءات قد توجد أسفل خط المواسير



عرض الحفر:

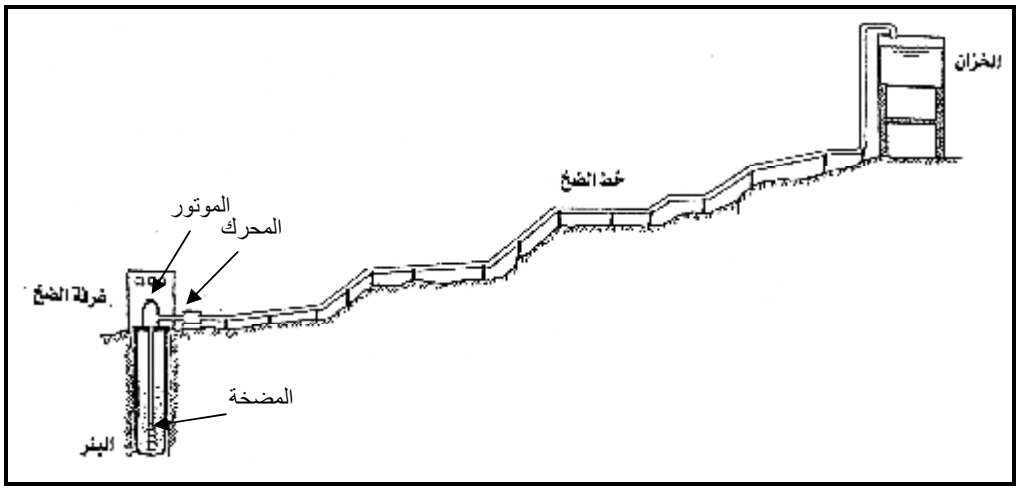
يجب أن يكون عرض الحفر كافي للسماح بأعمال التركيب والتفتيش وإعادة ملء الحفر ودمك الرمال، وبصفة عامة يكون العرض مساويا لـ 3 أمثال القطر الخارجي للماسورة أو القطر زائداً 30سم من كل جهة.



الشكل رقم (22 أ) يوضح تدعيم المواسير البلاستيكية قبل الدفن

7- تصميم خط الضخ :

إن عملية نقل المياه تشكل جزءاً من أي مشروع إمداد مياه لمنطقة ريفية، والماء بحاجة لأن ينتقل من المصدر إلى محطة المعالجة (إذا كان ملائماً أو ضروريا) وإلى الأمام إلى منطقة التوزيع (خزان المياه) . والنظام النمطي في اليمن للمشاريع التي ينتقل الماء فيها بالضخ موضحة في الشكل رقم (23)



الشكل رقم (23) يوضح النظام النمطي في اليمن للمشاريع التي ينتقل الماء فيها بالضخ

7-1 ساعات الضخ/ معدل التدفق في خطوط الضخ :

إن التدفق في خط الضخ يعتمد على عدد ساعات التشغيل اليومية للمضخة، وفي المتوسط فإن مشاريع مياه الريف في اليمن تحسب لـ 8 ساعات من التشغيل في اليوم (والتي تعتمد أيضاً على إنتاجية المصدر) وهذا من شأنه تسهيل عملية التشغيل والصيانة لمعدات الضخ الميكانيكية. و أيضاً من شأن ذلك توفير المرونة في عملية تشغيل النظام فيمكن للمشغل زيادة عدد ساعات التشغيل إذا كانت هناك حاجة لذلك، ولكن بدون تحميل وحدة الضخ الكثير.

و على هذا فإن التشغيل لمدة 24 ساعة في اليوم ليس مستحب فهو لا يعطي أي وقت لأعمال الصيانة الضرورية، كما وسيقلل من عُمر (حياة)وحدة الضخ وهذا هو المغزى والهدف.

وإذا لم نتمكن من تفادي التشغيل لمدة 24 ساعة في اليوم فلابد أن تكون هناك وحدة ضخ إضافية (إحتياطية) وجاهزة للعمل.

ولمعرفة عدد ساعات الضخ وفيما بعد حساب التدفق في خط الضخ فإنه يلزم إتباع النقاط الإرشادية التالية:

1- عملية الضخ من المصدر:

أ - عدد ساعات الضخ يمكن أن تكون 8 ساعات في اليوم بفرض أن نحافظ على سلامة المصدر، وعلى هذا فإن عملية حساب التدفق في خط الضخ (Qp) ممكنة كما يلي :

Qp = كمية الطلب من الماء لليوم الواحد والذي يكفي عدد السكان التصميمي (م^3).

و بعد هذا فإن على المصمم التحقق من كمية التدفق هذه (Qp) هي فعلاً أقل من إنتاجية المصدر (وهذا هام جداً).

ب – و في حالة انه لم تكن كمية التدفق في خط الضخ أقل من إنتاجية المصدر، فهذا يعني بالضرورة أن الضخ لمدة 8 ساعات ليس كافياً لتغطية كمية الطلب اليومية من الماء وذلك بسبب أن إنتاجية المصدر محدودة.

وعليه ففي مثل هذه الحالة فيجب حساب كمية التدفق (Qp) كما يلي :

(Qp) = الإنتاجية المفترضة الآمنة للمصدر

وعليه فيمكن حساب عدد ساعات الضخ كما يلي :

عدد ساعات التشغيل = كمية الطلب من الماء لليوم الواحد والذي يكفي عدد السكان التصميمي (م^3)

Qp

وفي حالة أن تكون فترة التشغيل أكثر من 12 ساعة، فإن على المصمم ملاحظة أن توفير أكثر من مصدر تصبح ضرورية (مستقبلاً) . وإذا زادت فترة التشغيل عن 16 ساعة فلا يعمل أي تصميم حتى يتم فوراً توفير مصدر مياه إضافي للمنطقة.

2- عملية الضخ من وحدة ضخ أفقية:

يفضل أن تعمل وحدة الضخ الأفقية لمدة 8 ساعات في اليوم، وعلى كل حال فإن الفارق بين ساعات التشغيل للوحدة الأفقية والمضخة المركبة على المصدر ليمكن أن تزيد عن 4 ساعات في كلا الطرفين.

وكمثال على ذلك : إذا كانت المضخة المركبة على المصدر تشتغل لمدة 13 ساعة فإن عدد ساعات التشغيل للوحدة الأفقية تصبح (13-4) = 9 ساعات.

وبالنسبة للتدفق في خط الضخ (الذي يلي الوحدة الأفقية)، فإنه يمكن حسابه بالتالي كما يلي :

Qp = كمية الطلب من الماء لليوم الواحد والذي يكفي عدد السكان التصميمي (م^3)

عدد ساعات الضخ

2-7 الفواقد في خطوط الضخ / الضغط المطلوب في خط الضخ :

أن الفواقد في الضغط نتيجة الاحتكاك بين جزيئات الماء وجدران الماسورة هو الاعتبار الرئيسي عند اختيار مقاس خطوط المواسير.

أن الفواقد في الضغط على علاقة مباشرة بقطر الماسورة وطولها والسرعة وكمية التدفق " هذا بالإضافة إلى مادة تصنيع المواسير"والتي هي المعيار في درجة ملاسة (smoothness)جدار الماسورة . و بعض الفواقد الأخرى الصغيرة والناتجة بسبب العطف (الركب) ، ملحقات المواسير (القطع الخاصة) وفواقد المداخل والمخارج...الخ ، كل هذا يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار.

أ- اختيار قطر الماسورة :

لكي نتفادى أن تكون فاقد الضغط (head losses) عالية جدا، ولكي نمنع حدوث مشاكل المطرقة المائية فإن السرعة في مواسير المياه يجب أن تكون معتدلة، ولهذه النوعية من المشاريع فإن السرعة القصوى 1م/ثانية للمواسير ذات الأقطار الصغيرة، وبالنسبة للمواسير ذات الأقطار من 4هنش وما فوق، فإن السرعة القصوى تصل إلى 1.2م/ثانية وتكون مقبولة. والسرعة الصغرى لابد أن تكون أكبر من 0.5 م/ث وذلك لمنع الترسب الطيني في المواسير.

وبالنسبة لحساب الأقطار المطلوبة تستخدم العلاقة:

$$d = \sqrt{1.974 \times Q_p \times 1/v}$$

حيث أن: d = قطر الماسورة بالهنش

Q= معدل التدفق للمياه في الماسورة [ليتر/ثانية]

v = سرعة المياه في الماسورة [م/ثانية]

ملاحظة: إن العلاقة المذكورة أعلاه يستخدم نوعين من المقاسات(الإنجليزية والمترية) والتي هي معمول بها في اليمن .

ومن تلك العلاقة فإن القطر الأصغر للماسورة يمكن إيجادها كما يلي :

1- للسرعة (القصوى) = 1 م/ث ← القطر (الأصغر) = $Q_p \times \sqrt{1.4}$ (هنش)

2- للسرعة (القصوى) = 1.2 م/ث ← القطر (الأصغر) = $Q_p \times 1.28$ (هنش)

ولاختيار قطر الماسورة (dp)، فإن على المصمم اختيار الماسورة المتاحة بحيث يكون القطر مساوياً لما تم حسابه أو أكبر من المحسوب.

بالنسبة لأقطار المواسير المتواجدة في اليمن عادةً فهي: 0.75 "، 1"، 1.25"، 1.5"، 2"، 2.5"، 3"، 4" و 6".

و بمعرفة قطر الماسورة يمكن معرفة السرعة للماه داخل تلك الماسورة من العلاقة:

$$v_p = 1.974 \times Q_p / d^2p \ [m / s]$$

ويجب على المصمم أن يتأكد ويتحقق بأن السرعة : أصغر من 1 م/ث (أو 1.2م/ث) وأكبر من 0.5 م/ث.

ب- فواقد الاحتكاك :

لحساب ومعرفة فواقد الاحتكاك بسبب تدفق المياه في المواسير فإنه يستخدم عادةً في مشاريع المياه الريفية استخدام معادلة "هيزن وليم (Hazen Williams equation):

$$V_p = 0.85 \times C \times R^{0.65} \times S^{0.54}$$

حيث أن V_p = السرعة للماء داخل الماسورة [م/ث]

C = معامل المقاومة للمواسير ؛ وهو للمواسير الحديدية (اللدائن) والمجلفنة فإن الـ C = 110

R = المحيط المبتل (d/4 للمواسير الممتلئة تماماً)

S = الفواقد (م/ م)

ومن هذه المعادلة يمكن اشتقاق فواقد الاحتكاك لكل 100 متر (h_f) كما يلي :

$$H_f = \frac{29.03 \times (Q_p^{1.85})}{(dp)^{4.87}}$$

حيث أن : h_f [م/100م] ؛ Q_p [ل/ث]؛ d_p [هنش]

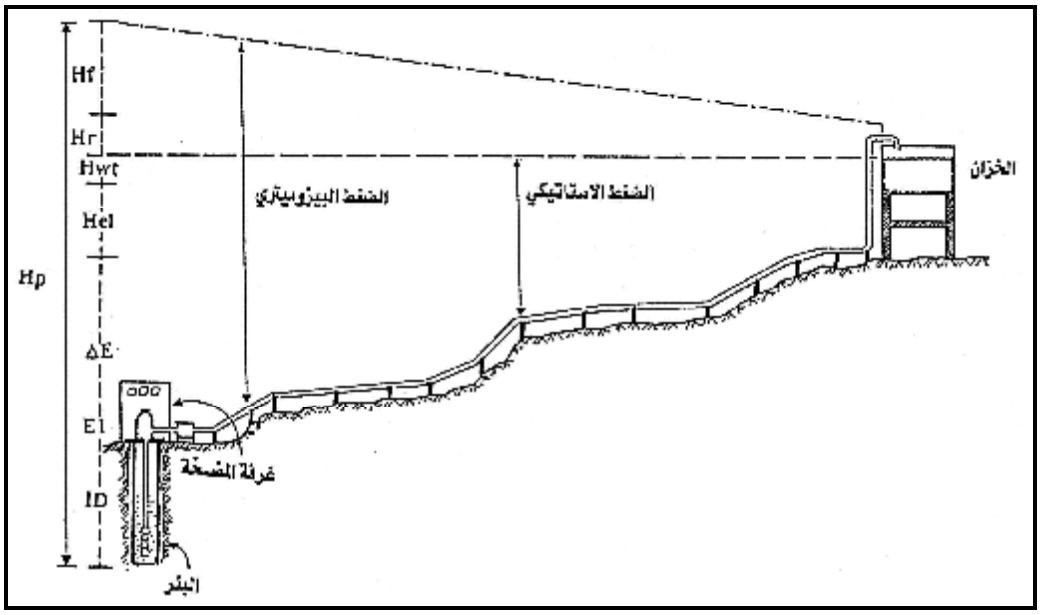
ولحساب الفواقد الإجمالية بما في ذلك الـ 10 % للفواقد الصغيرة، فإن ذلك ممكناً من خلال الصيغة التالية:

$H_f = h_f \times 0.011 \times L$

حيث: L هو طول الماسورة بالمتر

ج- قدرة الرفع المطلوبة للضخ:

إن وظيفة المضخة هي إضافة طاقة إلى تدفق المياه في خط المواسير، وبالنسبة للمشاريع النمطية لإمداد المياه في المناطق الريفية فإن المضخات تستخدم لرفع المياه من المنسوب الأوطى إلى المنسوب الأعلى.(كما في الشكل رقم (24)).



الشكل رقم (24) ويبين قدرة الرفع المطلوبة للضخ

وتكون قدرة الرفع المطلوبة للضخ (H_p) = $I_D + H_{EL} + H_{wt} + H_r + H_f + \Delta E$ [م]

حيث:

ΔE = الفرق في مناسيب الأرض (ΔE = E1 - E2) [م]

H_f = فواقد الاحتكاك [م]

H_r = 5 – 10 م فواقد عند نهاية الماسورة (إرتفاع متبقي / residual head) [م]

H_{wt} = 3 م (ارتفاع الماء داخل الخزان) [م]

H_{EL} = ارتفاع الخزان العالي (في حالة أن يكون مطلوباً [م]

I_D = عمق تركيب المضخة [م]

وعلى المصمم أن يكون مدركاً بأن أقصى ضغط (بيزوميتري) هو 25 كجم / سم^2 (250 م عمود ماء) للمواسير الحديد المجلفنة المقلوظة (GSM) ، وأما فوق الـ 25 كجم / سم^2 فيتم استخدام المواسير المزودة بالفلنجات (D/F) أو المواسير المصنوعة من اللدائن الحديدية (ductile iron pipes) وهي مواسير تقاوم الضغوط العالية (high pressure pipes).

ومواسير تقاوم الضغوط العالية (high pressure pipes) هذه تستخدم أيضاً في حالة وجود ما يسمى بالمطرقة المائية، وهذا ما سيتم مناقشته في الفقرة القادمة.

3-7 المطرقة المائيـــة :

أي تغيير في تدفق المياه في المواسير (إغلاق محابس، كسر المواسير، توقيف المضخة ...الخ) يسبب في تغير كمية الحركة (الزخم) للتدفق ويسمى بالمطرقة المائية.

وهذه القوة يجب التحقق منها، وبالذات في خطوط الضخ الطويلة. والمطرقة المائية تغير في كمية التحرك أو أمواج ترحل بسرعة داخل هذه المواسير مما يوضح أن من وظائف المواسير هي مقاومة هذه القوة وهذا يعني أن السماكة والقطر للماسورة والجاذبية النوعية للسـائل(liquid specific gravity) وأيضاً معامل الحجم (bulk modulus).

وعلى كل حال وللتقريب فإن قيمة سرعة الموجة في المياه a= 1067 م/ ث ، في مواسير الحديد المتوسطة.

إن العلاقة لأقصى ضغط (h_p) max والذي يرتفع نظر للإغلاق الفوري لتدفق المياه تكون:

$$(h_p)_{max.} = \frac{a \times V_p}{g}$$

حيث a = سرعة الموجة [م/ث]

V_p= سرعة التدفق [م/ث]

g = عجلة الجاذبية الأرضية [م/ث^2]

التغير في التدفق يكون " فجائي" إذا كمل في خلال فترة من الوقت المطلوب لموجة ضغط لأن تصل إلى نقطة الانعكاس الكلي وتعود إلى نقطة المنشأ (البداية).

و زمن هذه الرحلة الدورانية يعرف بأنه "article period " ويرمز له ب t ويمكن معرفته من العلاقة:

$$t = \frac{2 \times L}{a}$$

حيث أن : L هي طول الماسورة بالمتر [م]

إن إغلاق محبس في النظام في مدة زمنية أقل من t (ثواني) سيعمل على تكوين أقصى ضغط max (h_p)، ولهذا ولتقليل تأثير المطرقة المائية فيجب العمل على أن يكون هناك تدرج في تغير سرعة التدفق (من الحركة إلى التوقف) أي أن إغلاق محبس التحكم ببط ء في مدة أطول من t (ثواني) فإن من شأن ذلك أن ينقص وبدرجة كبيرة الـ max (hp). وانه وبسهولة يمكن أن نرى أن خط المواسير الأطول يعطي فترة t أطول وأن الإغلاق للمحبس ببط ء في مدة أطول أو تساوي t من شأنه تفادي حدوث الـ max (h_p).

مثال : لخط ضخ طوله 2000 م وسرعة التدفق فيه 1 م/ث فأن :

$$\text{الـ max } (h_p) = \frac{a \times V_p}{g} = \frac{1067 \times 1}{9.8} = 109 \text{ م}$$

ولتفادي حدوث المطرق المائية فإن محبس التحكم يجب أن يغلق غي فترة زمنية لا تقل عن :

$$t = \frac{L \times 2}{a} = \frac{2000 \times 2}{1067} = 3.75 \text{ ثانية}$$

وإلا فأنه يجب توفير محبس لتخفيف الضغط.

8- تصميم خطوط الإسالة :

إن نظام توزيع المياه الخدمي يتم بنقل المياه بطريقة سحبها من مصدر المياه أو من الخزان التجميعي إلى النقطة التي يتم التوزيع منها إلى المستخدمين. ولإمداد تجمع سكاني محدود بالمياه فإن نظام التوزيع يجب أن يكون مبسطاً. وهي تمثل استثمار مادي لرأس المال وعليه فيجب إن يوضع التصميم الدقيق واللائق.

8-1 التدفق في خطوط الإسالة :

لحساب قيمة ذروة معدل التدفق نستخدم العلاقات التالية لغرض أعمال التصميم :

لمشروع عدد السكان فيه أقل من 2000 نسمة، ومع مناهل عامة فقط :

$Q_d = 3Q_c$ = إجمالي كمية الطلب للمياه اليومي اللازم لعدد السكان التصميمي

8 ساعات

حيث أن Q_d = تدفق الذروة لأغراض التصميم

Q_c = متوسط الاستهلاك اليومي

1- ولكل الحالات:

$Qd = 2Qc$ = إجمالي كمية الطلب للمياه اليومي اللازم لعدد السكان التصميمي

12 ساعة

حيث أن Qd = تدفق الذروة لأغراض التصميم
Qc = متوسط الاستهلاك اليومي

2-8 مقاس خطوط التوزيع / فواقد الاحتكاك :

أ – اختيار قطر الماسورة:

اختيار قطر الماسورة يجب أن كما يلي :

1- للسرعة (القصوى) = 1 م/ث ← $Q_p \times \sqrt{1.4} =$ القطر (الأصغر) (هنش)

2- للسرعة (القصوى) = 1.2 م/ث ← $Q_p \times 1.28 =$ القطر (الأصغر) (هنش)

ولاختيار قطر الماسورة (dp)، فإن على المصمم اختيار الماسورة المتاحة بحيث يكون القطر مساوياً لما تم حسابه أو أكبر من المحسوب.
بالنسبة لأقطارالمواسيرالمتواجدة في اليمن عادة فهي0.75 "، 1"، 1.25"، 1.5"، 2"، 2.5"، 3"، 4" و 6".
وبمعرفة قطر الماسورة يمكن معرفة السرعة للماه داخل تلك الماسورة من العلاقة:

$$v_p = 1.974 \times \frac{Q_p}{d^2_p} \quad [\ m / S\ ]$$

و يجب على المصمم أن يتأكد ويتحقق بأن السرعة أصغر حقاً من 1 م/ث (أو 1.2م/ث) وأكبر من 0.5 م/ث.

ب - فواقد الاحتكاك في خط التوزيع :

إن فواقد الاحتكاك نتيجة تدفق المياه في ماسورة يجب أيضاً أن تحسب بنفس الطريقة التي ذكرناها في الفقرة 2-7 الجزء (ب) وهي:

$$h_f = \frac{29.03 \times (Q_d^{1.85})}{(d_p^{4.87})}$$

حيث أن : hf [م/100م] ؛ Q_p [ل/ث]؛ d_p [هنش]

ولحساب الفواقد الإجمالية بما في ذلك الـ 10 % للفواقد الصغيرة، فإن ذلك ممكناً من خلال الصيغة التالية:

$$H_f = h_f \times 0.011 \times L$$

(حيث: L هو طول الماسورة بالمتر)

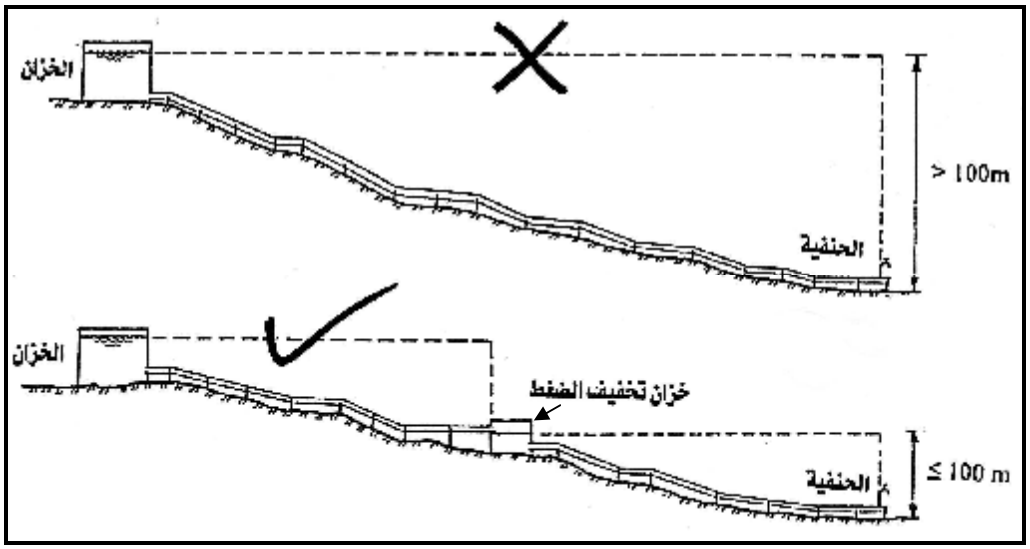
و عند تصميم خطوط الإسالة فإن على المهندس المصمم أن يكون ملماً ومدركاً للأمور التالية:

1- إن أقل ضغط في النقط الخدومة في شبكة التوزيع يجب أن يكون 10 م . وفي بعض الحالات من 3 إلى 5 أمتار قد تكون مقبولة في بعض الأحيان، وعلى سبيل المثال لتفادي الكلفة العالية لإنشاء خزان عالي نأخذ الـ 3 إلى 5 أمتار.

2- إن أقصى ضغط إستاتيكي في خطوط التوزيع هو 100 متر، وفي حالة أن يزيد هذا الضغط عن 100م فإنه يتم اللجوء إلى بناء خزان تخفيف الضغط (Break pressure tank) كما ورد في الفقرة (2 الباب الرابع) وذلك لكي يقسم النظام إلى منطقتي ضغط أو أكثر وكما هو واضح في شكل (25) .

3- و كما ذكرنا في الفقرة (3الباب الرابع) إن على المصمم أن ينتبه من النقطتين التاليتين:

- منع تكون جيوب هوائية في النظام .
- منع تكون فراغ في النظام .



الشكل رقم (25) وهو يوضح تقسيم النظام إلى منطقتي ضغط (اثنتين)

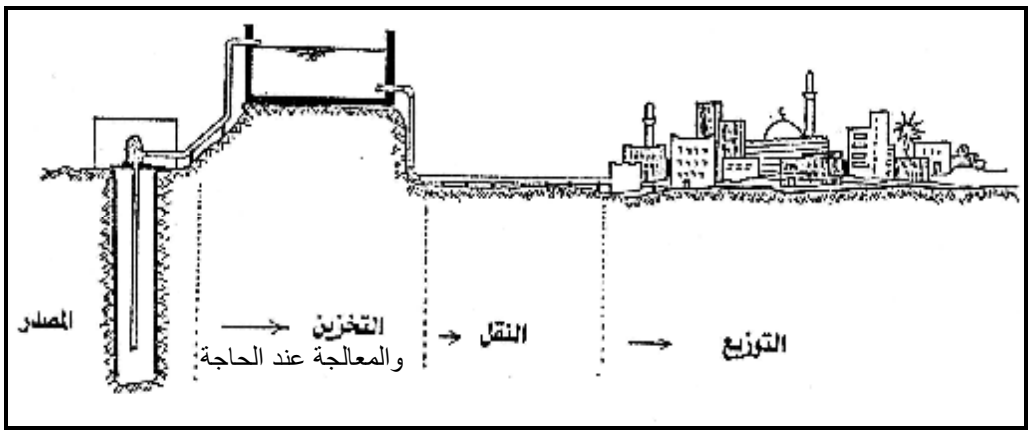
3-8 تصميم المناهل العامة:

يوجد تصاميم نمطية للمناهل العامة وهي على الترتيب لعدد 2 حنفية، وعدد 4 حنفية، وعدد 6 حنفيات . والعناصر التالية والتي اكتسبت بالخبرة بالنسبة لاختيار المنهل العام للتصميم:

- الحمل الأقصى على الحنفية الواحدة لا يجب أن يزيد بأي حال من الأحوال عن 200 شخص للحنفية.
- المسافة الأقصى التي يقطعها المواطن إلى المنهل العام يجب أن لا تزيد عن 200م.

9- فواقد المياه من الشبكات

تعد المياه النقية الصالحة للاستخدام البشري سلعه عالية القيمة، يلزم للحصول عليها إنشاء منظومة كاملة تبدأ بحفر وإنشاء الآبار وتزويدها بالمضخات والتجهيزات اللازمة لسحب المياه في حال استخدام المياه الجوفية (شكل 26)، كما يلزم إنشاء وتجهيز وحماية منشئات جمع وسحب المياه عند استخدام مصادر المياه السطحية، يضاف إلى ذلك إنشاء وتجهيز محطات تنقية المياه والتي تهدف إلى تحسين نوعية المياه وجعلها قابله للإستخدام البشري دون حصول آثار جانبيه ضاره، إضافة إلى شبكات توزيع المياه وملحقاتها التي تقوم بإيصال المياه إلى المستهلكين باختلاف أصنافهم. إن إنشاء المنظومة المتكاملة وتشغيلها وصيانتها يتطلب تخصيص وإنفاق رؤس أموال كبيره، تتضمن سعر الطاقة الكهربائية اللازمة، أسعار المواد الكيميائية المستخدمة لتنقية المياه، أسعار قطع الغيار، أجور عمال التشغيل والصيانة... هذه الأموال يصعب في كثير من الأحوال الحصول عليها، لذا كان من الأهمية بمكان تشغيل هذه المشاريع بمردود أعظمي، والمحافظة على كل قطرة ماء من الضياع دون الاستفادة.



شكل (26) أجزاء مشروع مياه الشرب

1-9 الفواقد:

تعريف الفواقد واحتسابها

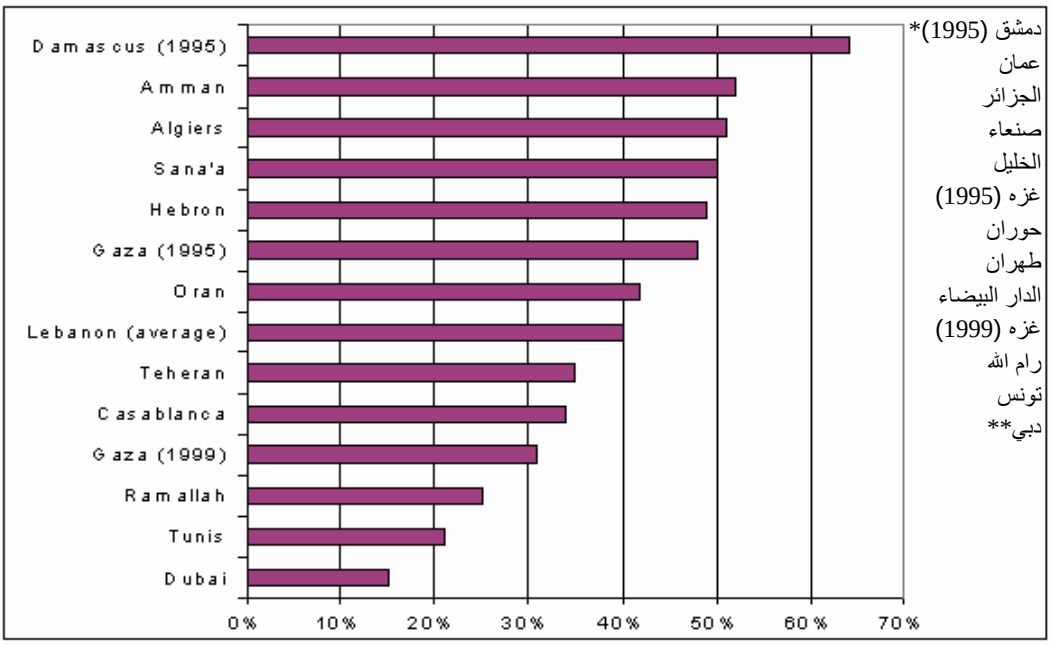
تعرف فواقد المياه من الشبكات بأنها كمية المياه التي ضاعت من الشبكة خلال مرور المياه عبرها أو هي الفرق بين كمية المياه المنتجة وكمية المياه التي سجلت في شبكة التوزيع أنها استهلكت وتم تسديد ثمنها.

يمكن احتساب الفاقد على أنه:

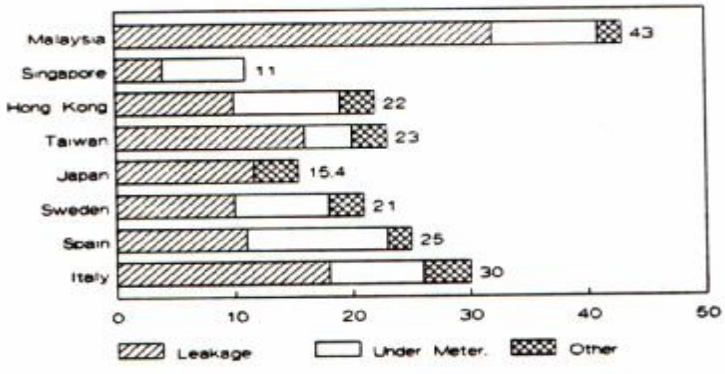
نسبة من الإنتاج.(%)

و يمكن أن تكون: لتر/شخص / الساعة حتى تكون أكثر وضوحا ومعنا.

تعتبر قلة نسبة الفاقد أحد أهم الدلائل على نجاح مؤسسات المياه، حيث بلغت في سنة 1989 أدنى نسبة لها 10% في سنغافورة بينما بلغت 60% تقريبا في كل من مانيلا (الفلبين) والأردن (World Bank)، وقد تصل نسبة هذه الفواقد إلى حوالي 50% من كمية المياه المضخوخة في الشبكة كما هو الحال في صنعاء وتعز وذلك نتيجة لقدم الشبكات والتوصيلات غير القانونية (الصلوي ونوري جمال، 1996) أو قد تزيد. والشكل (27) يعطي فكره عن فواقد شبكات المياه في عدد من المدن العربية(World Bank, 2000.)



كما يوضح الشكل (28) الفواقد بأصنافها في بعض دول العالم.

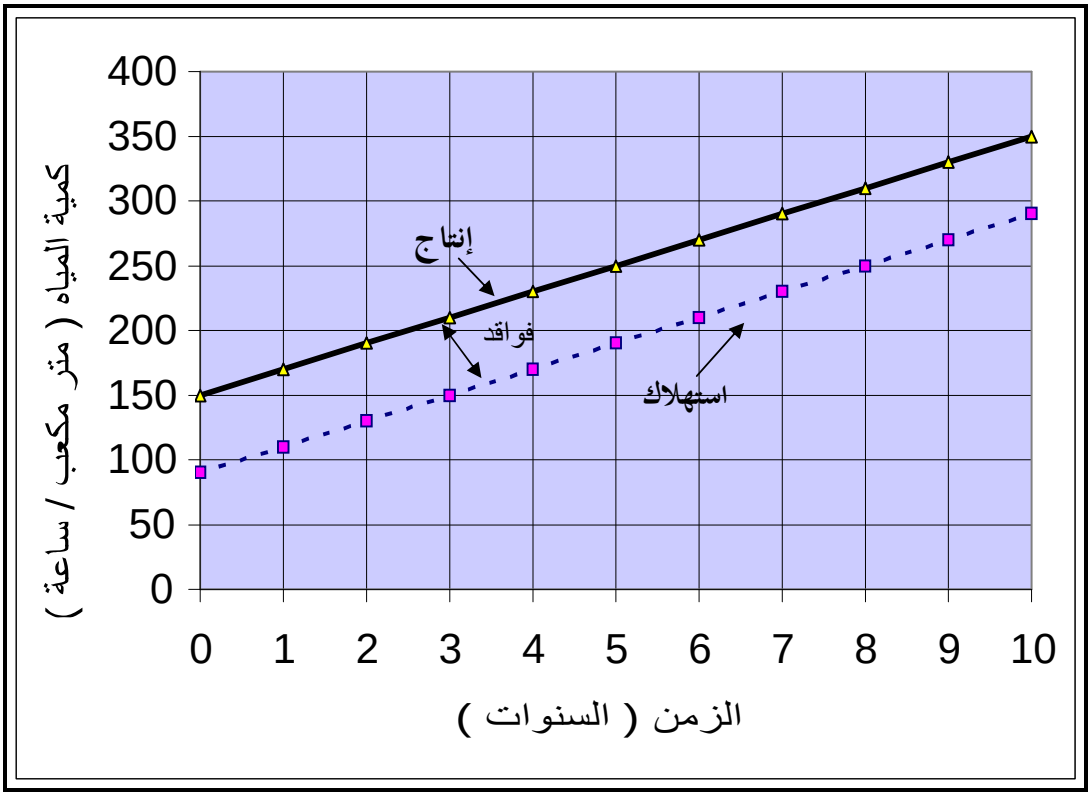


التسرب خطأ في قراءة العداد توصيلات غير قانونية

شكل (28) الفواقد بأصنافها في بعض دول العالم

2-9 أثر فواقد المياه من الشبكات على تشغيل وإدارة مؤسسات المياه

يوضح الشكل(29) مقارنه افتراضيه بين استهلاك المياه وإنتاجها لمدينة ما. يوضح الخط السفلي الاستهلاك المسجل ويلاحظ تزايده مع الزمن، بينما يوضح الخط العلوي الإنتاج المسجل والمطلوب لتغطية الطلب، والمسافة بين الخطين هي كمية الفواقد في شبكة المياه والتي تمثل المياه التي أنتجت لكنها فقدت في الشبكة وبالتالي لم تسجل وحتى لم تقدر أو تعتبر مستهلكه، وإلا سيحصل عجز في التغذية يجبر مشروع المياه على إتباع إجراءات معينه للتغلب عليه، مثل اللجوء إلى سياسة التحصيص في توزيع المياه، أو التقليل من الفواقد. والإجراء الأخير سيجعل كمية المياه المنتجة خلال السنة صفر تكفي المستهلكين حتى السنة الثالثة.



الشكل (29) مثال افتراضي على تعريف الفواقد بفرض استهلاك وإنتاج المياه لمدينة ما.

ويمكن تصنيف الفوائد التي تجنيها مؤسسات المياه نتيجة تقليل الفواقد من الشبكة إلى: فوائد اقتصاديه، فوائد ماديه، و فوائد تنظيمية ويمكن تفصيلها كما يلي (EDI-14):

الفوائد الاقتصادية

- تأجيل النفقات الإضافية لأن الإنتاج الحالي يغطي الاحتياج لفترة طويلة من الزمن. فكما رأينا في الشكل (29) فإن نفقات زيادة الإنتاج يمكن تأجيلها حتى السنة الثالثة والتوفير الناتج هو الفرق بين التكاليف في السنة صفر والتكاليف في السنة الثالثة. في هذه الحالة يمكن استخدام الوفر الذي حققه مشروع المياه في أغراض أخرى.
- تخفيض نفقات الإنتاج المرافقة لتقليل كمية المياه التي لا ضرورة لإنتاجها عند التحكم بالفاقد، يرافق ذلك توفير تكاليف التشغيل المصاحبة للإنتاج مثل أسعار الطاقة والمواد الكيميائية المستخدمة.

- تخفيض حجم محطات الضخ ومحطات التنقية اللازمة، مما يعني تخفيضا لرأس المال اللازم. بالإضافة إلى أن تقليل كميات المياه المنتجة سيقلل تكاليف تصريفها ومعالجتها.

الفوائد المادية

- عند التقليل من الفاقد سيتم استغلال المياه المنتجة في زيادة عدد المستفيدين، مما يعني زيادة دخل مشروع المياه نتيجة بيع تلك المياه التي كانت ستهدر، مما سينعكس بشكل إيجابي على وضعها المالي.
- تقليل فوائد القروض والحد من استهلاك المعدات والتجهيزات: عند التقليل من الفاقد فإن كلفة التشغيل ورأس المال سيكونان أقل مما يخفض فوائد القرض اللازم لتغطية الفرق. إضافة إلى ذلك فلن يكون هناك استهلاك للأجهزه والمعدات اللازمه لزيادة الإنتاج كونها لم تشترى ولم تركب أصلا.

الفوائد التنظيمية

- إن تطوير مشروع المياه لطرق التشغيل والتحكم بالإنتاج و الاستهلاك يؤدي إلى زيادة المردود المادي الذي بدوره يسهل عملية اختيار العاملين ذوي الكفاءة العالية.
- كما يؤدي إلى وضع سياسة واضحة للتسويق والوصول إلى إدارة على أساس معلوماتي صحيح يمكن على أساسه التخطيط للنشاطات المستقبلية.

وخلاصة فإن الحد من الفواقد يزيد الدخل ويقلل تكاليف التشغيل واستهلاك المعدات والتجهيزات مما يؤدي إلى زيادة الأرباح. وهذا ينعكس بشكل ايجابي على أداء إدارة الأفراد، مما يمكنها من توفير مرتبات تنافسيه لجذب العاملين ذوي الكفاءات المتميزة والحفاظ عليهم. يضاف إلى كل ذلك الحصول على معلومات دقيقه، استقرار ضغط المياه في الشبكة، التقليل من الحاجة للتحصيص، الحد من التلوث اللاحق للمياه في الشبكة، تقليل التغيرات الفصلية في الاستهلاك، دقة المعلومات الإحصائية عن المستهلكين ومعلومات الاستهلاك. كما يجب أن يكون معلوما أن التكاليف المطلوبة لتغطية برنامج التقليل من المياه الفاقدة سيكون أقل بكثير من تكاليف إنتاج تلك المياه المفقودة، ناهيك عن المحافظة على المياه التي تعتبر موردا نفيسا نظرا لندرته في اليمن.

3-9 أسباب الفواقد

صنفت أسباب الفواقد إلى فواقد فنيه و فواقد إداريه كما يلي:
(EDI-14; Niemeyer et a1., 1996; *World Bank, Department of Operations Evaluation)*

أسباب الفواقد الفنية

وتحصل الفواقد الفنية نتيجة لما يلي:

1. التسرب عن طريق الوصلات والمحابس نتيجة:
   a. لأنها ذات نوعيه الرديئة.
   b. أو نتيجة لسوء تنفيذ الوصلات.
   c. ضعف دعم وتثبيت الشبكة يؤدي إلى التسرب من الوصلات

2. التسرب عن طريق الأنابيب:
   a. نتيجة لكسرها أو لهبوط التربة حولها أو وجود كتل حجريه كبيره بتماس مباشر مع الأنابيب..
   b. تآكل الأنابيب من الداخل أو من الخارج
      i. تآكل داخلي: مادة الأنبوب غير مناسبة لنوعية المياه.
      ii. تآكل خارجي: مادة الأنبوب غير مناسبة للتربة أو الظروف الجوية، سوء العزل.
   c. كما قد يكون نتيجة للأحمال المرورية وحركة المواصلات الكثيفة
   d. أو نتيجة لارتفاع ضغط المياه أكبر من المقاومة التصميمية للأنبوب
   e. أو نتيجة للإغلاق المفاجئ للمضخات أو إغلاق سريع للصمامات والذي يؤدي إلى حدوث الصدمة المائية.
   f. كما قد يكون أيضا نتيجة للحفر بجوار الشبكة دون الانتباه لوجودها.
   g. أو نتيجة للصقيع وتجمد المياه ضمن الأنابيب،
   h. ويمكن أن يكون نتيجة لانتهاء العمر التصميمي للشبكة وملحقاتها.
   i. استخدام أنابيب من نوعية سيئة.
   j. سوء تنفيذ الشبكة

3. تشققات في جدران الخزانات نتيجة :
   a. أخطاء تنفيذ.
   b. هبوط أساسات.
   c. نفاذية الماده المصنوع منها الخزان.
4. أو فيضان مياه الخزان نتيجة:
   a. لعدم وجود العوامه
   b. تعطل العوامه
   c. عدم التواصل
   d. قلة خبرة العامين

أسباب الفواقد الإدارية

أما الفواقد الإدارية فتحصل نتيجة لما يلي:

1. أعطال بسبب العدادات: وهذه إما أن تكون بسبب:
   i. العداد معطل أو نقل إلى ورشة الصيانة.
   ii. استهلاك المياه في الأماكن العامة (أغاثه، مساجد،...).
   iii. عدم وجود العدادات واللجوء إلى التقدير الذي لا يمكن أن يكون دقيقا وبالتالي يتضمن الخطأ.
   iv. أو أن تكون نتيجة لعدم دقة العداد وقلة حساسيته نتيجة لتراكم الرواسب (مثل الحديد و المنجنيز والطمي) التي تحملها المياه داخل العدادات- في حالة العدادات الرطبة.
   v. وربما يكون نتيجة لعدم كفاءة القارئ وعدم تدريبه في القدرة على قراءة العداد نتيجة لنوعية العداد.
   vi. أو يمكن أن يكون نتيجة لرشوة المستهلك للقارئ وتسجيله قراءات أقل من الواقع .
   vii. التوصيل غير القانوني (سرقة المياه) من الشبكة: ويكون ذلك عن طريق التوصيل من الشبكة بدون إذن مسبق من مشروع المياه أو التوصيل من نقطه قبل العداد أو عن طريق وصله مدفونة في الأرض توصيلات غير محكمه.وهذا يمكن أن يؤدي بدوره إلى الإسراف في الاستهلاك، وعدم الاهتمام بالصيانة، وقد يصل إلى بيع الماء للجوار.
2. سوء العلاقة بين المستهلك ومشروع المياه: والذي يؤدي إلى عدم التبليغ في حالة وجود أي كسور أو توصيلات غير قانونيه وربما عدم استجابة المؤسسة للبلاغات التي يقدمها المستهلكون.

4-9 التحقق من الفواقد

- التحقق من الفواقد الإدارية

أخطاء قراءة العداد:

يتم إجراء فحص في الموقع للعداد للتأكد من صحة القراءة والتسجيل .
مقارنة القراءات الحديثة مع القديمة.
مقارنة كمية المياه التي سجلها عداد المستهلك في الشبكة مع مستهلك مشابه أو مع الجار.

عدم قراءة العداد:

تقدير القراءه من خلال قراءات الأشهر السابقة أو قراءات مستهلك مشابه أو مع الجار.

سرقة المياه من الشبكة:

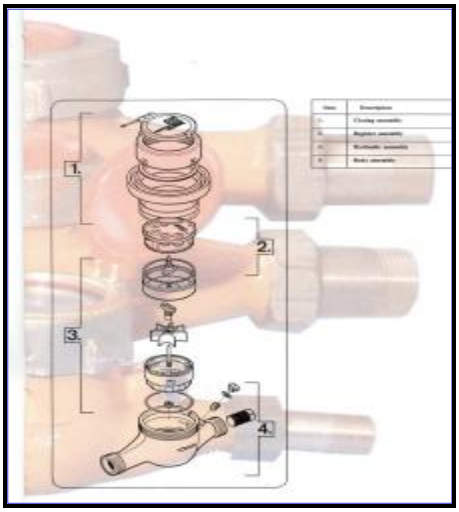
يجب إجراء تفتيش دوري على مسارات الشبكة لاكتشاف أي توصيل غير قانوني.

فقدان العداد لحساسيته:

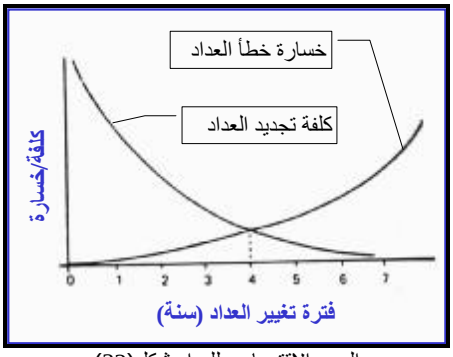
بإجراء دراسة لتطور استهلاك المياه عند المستهلكين المختلفين يمكن تحديد العدادات التي يحتمل أنها تسجل أرقاماً أقل من الحقيقية، تفحص هذه العدادات ويتم إصلاحها و استبدالها عند الحاجة (شكل 32،33). وهناك نوعين من العدادات جافة (شكل 30) و رطبة (شكل 34).

يفضل إجراء صيانة دورية للعدادات مرة كل 4-5 سنوات.

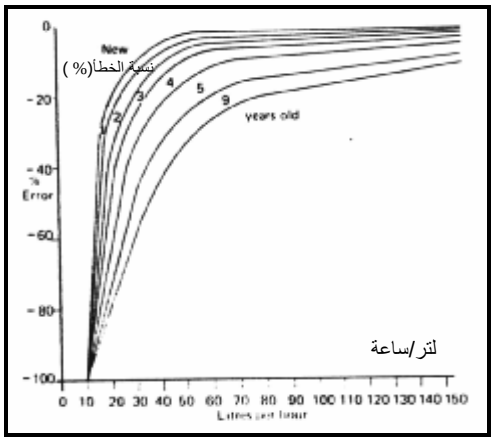
شكل (30) عداد جاف



العداد الجاف (شكل31)



العمر الاقتصادي للعداد شكل(32)



(شكل 33) تغيرات حساسية العداد حسب عدد سنوات الخدمة

كما أن هناك عدادات تسمى Smart meter (العدادات الذكية) وهي من العدادات الرطبة أنظر الشكل أدناه:

و من مميزاتها أنها:

- لا تقيس الهواء و لا تتأثر بمرور الحصا
- ولمزيد من التفاصيل يمكن الرجوع إلى الموقع على الإنترنت: Smartmeter.co.uk

صورة مكبرة للعداد و أجزائه

شكل (34) عداد رطب

- التحقق من الفواقد الفيزيائية

معرفة وجود فواقد في الخزانات:

طريقة الاختبار: عزل الخزان عن المياه الداخلة والخارجة لفترة 24 ساعة ومراقبة النقص في مستوى المياه.

معرفة وجود فواقد من الشبكة:

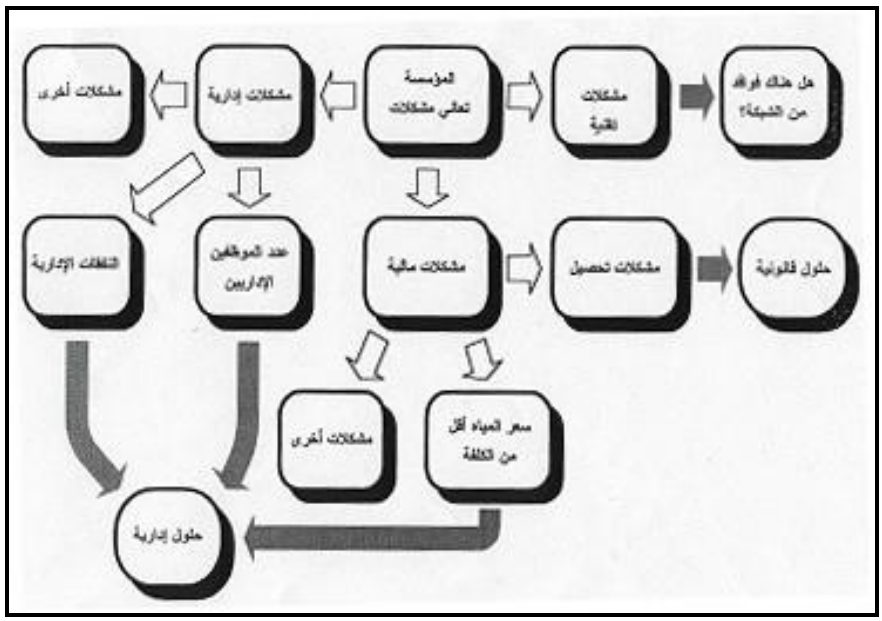
قياس كمية المياه المنتجة بدقه:

مقارنة كمية المياه المنتجة خلال فترة زمنية محددة ومقارنتها مع مجموع ما سجلته عدادات المستهلكين خلال نفس الفترة، إن وجود فرق واضح دليل على وجود فواقد

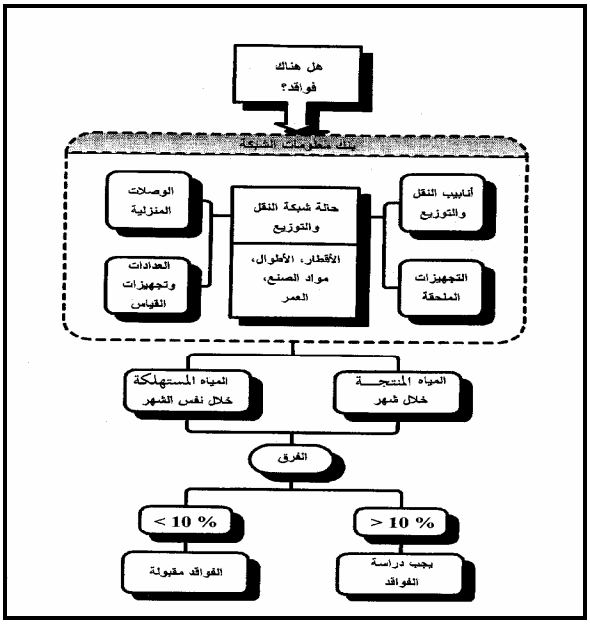
متطلبات الكشف عن الفواقد:

- o وجود مخطط للشبكة كما نفذت.
- o وجود عدادات مياه دقيقة لقراءة الغزارات الدنيا.
- o وجود محابس مركبة على مداخل الأجزاء المختلفة من الشبكة بحيث يمكن عزل كل جزء على حده.
- o وجود عدادات كبيره لقياس كمية المياه المسحوبة في القطاعات.
- o إمكانية تركيب عدادات متحركة في أي موقع من الشبكة.
- o وجود محابس على الخطوط الرئيسية والفرعية بحيث يمكن إغلاقها على مراحل.

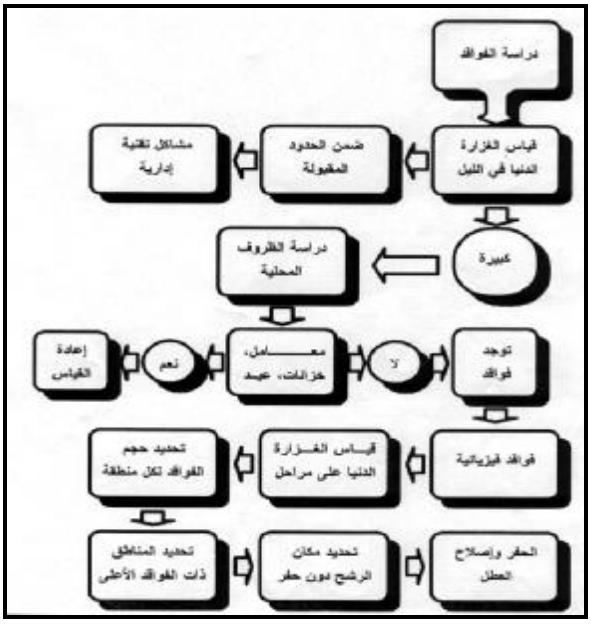
5-9 إستراتيجية للتقليل من الفواقد (شكل 35 ، 36 ، 37)



شكل (35) تحديد المشاكل والحلول ومدى وجود فواقد



شكل(36) تحديد نسبة الفواقد



شكل (37) خطوات تقليل الفاقد

ويمكن تلخيص خطوات إستراتيجية للتقليل من الفواقد كما يلي:

تدقيق الوضع الإداري والمالي في الشركة
مقارنة كمية المياه المنتجة مع الكمية المباعة التي تسجلها عدادات المستهلكين، ان زاد الفرق عن 10% تكون هناك فواقد يجب دراسة أسبابها.

- جمع معلومات عن المستهلكين.
- تحديد كل التوصيلات القانونية وغير القانونية.
- تحديد الناس الذين ينتظرون التوصيل.
- عدد التوصيلات التي تخضع للقياس وعدد العدادات التي تعمل بشكل صحيح .
- تقارن المعلومات التي جمعت مع سجلات المؤسسة وذلك لتحديد المعلومات التي تحتاج إلى تجديد.
- إنشاء قاعدة معلومات للشبكة: تتضمن: عمر، نوع، مواد، مواقع، وأقطار كل الأنابيب والمحابس.
- من المفترض أن يتم تجديد معلومات الشبكة باستمرار.
- من المفيد تسجيل الكسور والأعطال التي حصلت في الأجزاء المختلفة من الشبكة لتحديد المنطقة التي تتركز فيها المشاكل.
- استخدام العدادات الصغيرة (المنزلية):
- تقيس كمية المياه المستخدمة من قبل المستهلكين
- المستهلك أقل ميلاً للإسراف في استهلاك المياه عندما يعرف أنه سيدفع قيمتها.

يركب العداد في مكان:

- يسهل الوصول إليه.
- يصعب التلاعب به.
- يمكن المحافظة عليه.
- يجب قراءة العدادات بانتظام.
- يجب مراقبة العدادات بانتظام.
- يجب معايرة العدادات وصيانتها في ورشات المؤسسة بانتظام واستبدالها عند الحاجة.
- يجب تحليل قراءات العدادات ومقارنتها باستمرار.

استخدام العدادات الكبيرة لقياس المياه المسحوبة في قطاعات منفصلة من الشبكة:

تركيب عدادات كبيرة في مناطق إستراتيجية على طول الشبكة بعد تقسيمها إلى قطاعات، تستخدم لقياس كمية المياه المسحوبة في كل قطاع من القطاعات المختلفة.

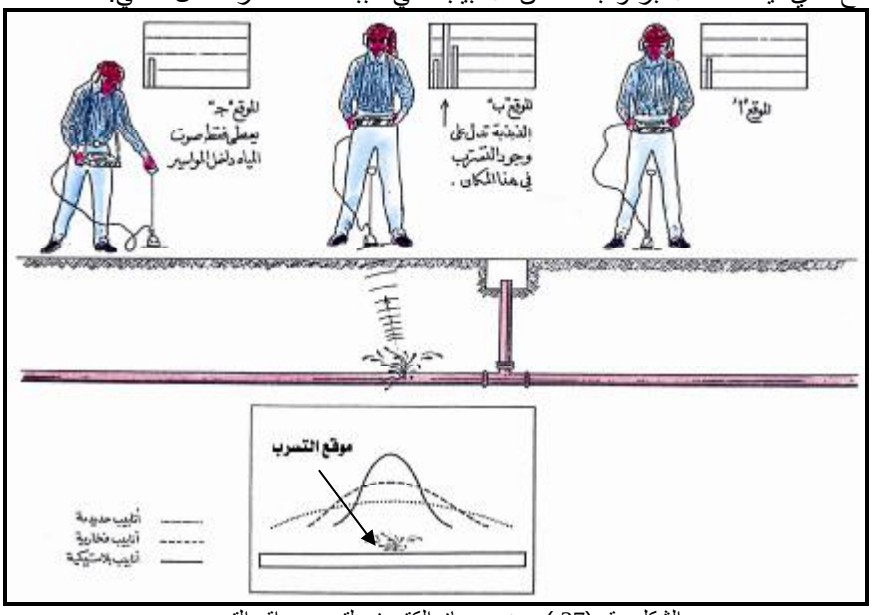
تقارن قراءات العدادات الكبيرة مع كمية المياه المنتجة وكمية المياه المباعة وذلك لتحديد فواقد المياه الكلية من الشبكة و الفواقد في كل قطاع.

بالرغم من وجود عدد قليل من هذه العدادات إلا أنها تعتبر من الأهمية بمكان حيث أنها تحدد بشكل قاطع أكبر منطقه يحصل فيها الفاقد.

معايرة هذه العدادات بشكل مستمر حتى يتم الاطمئنان إلى أنها قراءاتها دقيقه.

تقرأ هذه العدادات الكبيرة أسبوعياً.

عزل القطاع الذي فيه الفاقد الأكبر والبحث عن الأنابيب التي سببت ذلك انظر المثال التالي:



الشكل رقم (37) يوضح جهاز إلكتروني لتحديد مواقع التسرب

6-9 طريقة الكشف عن الفواقد

التفتيش البصري:

حيث يتم التجول قرب مسارات خطوط الشبكة السطحية لمعرفة وجود أي تسرب منها.

قياس غزارة الجريان الأدنى في الليل

هي غزارة المياه التي تضخ في الشبكة خلال ساعات الاستهلاك الأدنى للمياه من قبل المستهلكين وتشمل :

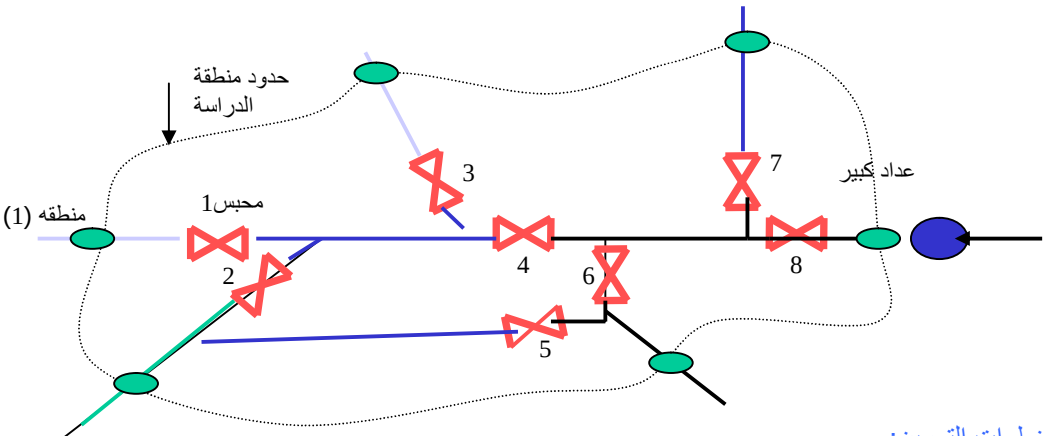
- المياه المستهلكة من قبل المعامل التي تعمل خلال الليل (يمكن أن تكون معروفة من قبل مؤسسة المياه).
- المياه المستخدمة لإطفاء الحرائق.
- كمية المياه التي تملأ خزانات المستهلين (السكان والمعامل) خلال الليل والمياه المتسربة ضمن المنازل نتيجة أعطال في الشبكة الداخلية أو نتيجة ترك الحنفيات مفتوحة خلال الليل بسبب النسيان أو الإهمال.

قياس غزارة الليل على مراحل:

(تستخدم هذه الطريقة عند وجود عداد قياس مركب على خط التغذية الرئيسي)

- يتم تقسيم الشبكة إلى قطاعات، يمكن عزل جزء الشبكة المغذي لكل منها بإغلاق الصمامات المركبة على الشبكة والمحيطة بها.
- تحدد الصمامات الواجب إغلاقها، ثم يحدد ترتيب إغلاقها والفترة الزمنية الفاصلة بين إغلاق صمامين متتاليين.
- تبدأ التجربة في الوقت المحدد في الليل، حيث تغلق الصمامات حسب الترتيب المقرر بفاصل زمني 10-15 min ويقرأ عداد المياه كل دقيقة،
- يرسم منحني تغير قراءات العداد مع الزمن.
- تناقص غزارة المياه المارة عبر الشبكة كلما أغلق صماما عزل جزءاً منها، دليل واضح على وجود فواقد كبيرة في جزء الشبكة الذي قطعت المياه عنه .
- بعد تحديد الأنابيب التي يمر عبرها الجزء الأكبر من التسرب تبدأ الدراسة التفصيلية لتحديد أماكن الثقوب.

7-9 مثال على البحث عن الفواقد بعزل المنطقة واستخدام العدادات الكبيرة



خطوات التمرين:

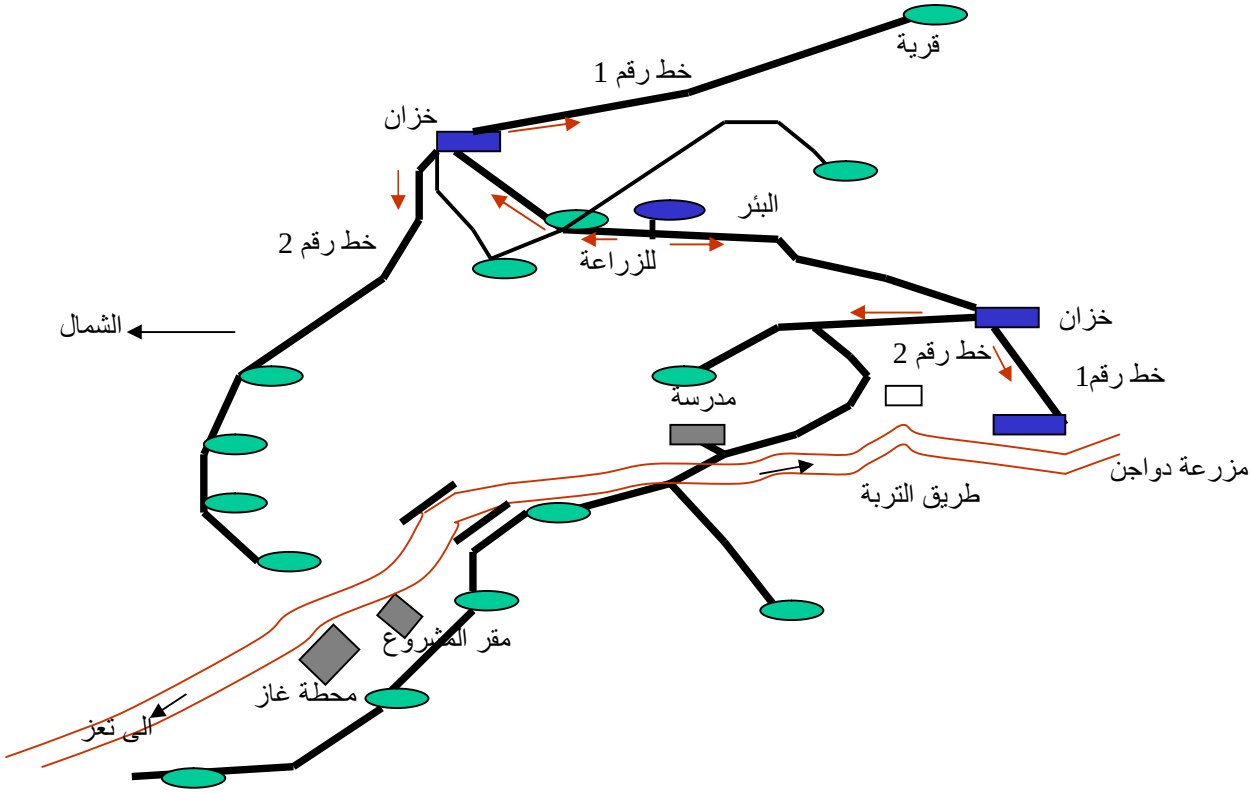
بعد معرفة الاستهلاك اليومي للمدينة كاملة يتم تقسيمها إلى مناطق وتحديد الاستهلاك في كل منطقه ليلا بإتباع الخطوات التالية:

- يتم فتح العداد الكبير ومعرفة الاستهلاك الليلي للمناطق تحت الدراسة.
- قفل المحبس (1) وذلك لعزل المنطقة (1) ومعرفة كمية النقص في الاستهلاك والذي يمثل استهلاك المنطقة (1).
- قفل المحبس (2) وذلك لعزل المنطقة (2) ومعرفة كمية النقص في الاستهلاك والذي يمثل استهلاك المنطقة(2).
- قفل المحبس (3) وذلك لعزل المنطقة (3) ومعرفة كمية النقص في الاستهلاك والذي يمثل استهلاك المنطقة (3).
- قفل المحبس (4) وذلك لعزل الخطوط المؤدية إلى المناطق السابقة ومعرفة النقص في الاستهلاك والذي يمثل الاستهلاك في المنطقة المعزولة حديثا.
- قفل المحبس (5) وذلك لعزل الخط الذي يمتد بعد المحبس نفسه ومعرفة النقص في الاستهلاك والذي يمثل الاستهلاك في الخط.
- قفل المحبس (6) وذلك لعزل المنطقة (6) ومعرفة مقدار النقص في الاستهلاك والذي يمثل الاستهلاك في المنطقة نفسها.
- قفل المحبس 7 وذلك لعزل المنطقة (7) ومعرفة مقدار النقص في الاستهلاك والذي يمثل الاستهلاك في المنطقة نفسها.
- قفل المحبس 8 وذلك لعزل الخط الخارج منه ومعرفة مقدار النقص في الاستهلاك والذي يمثل الاستهلاك في ذلك الجزء.
- كل القراءات السابقة أخذت عن طريق العداد الكبير الخارج من الخزان وبالتالي يمكن جدولتها ومعرفة المنطقة التي كانت أكثر استهلاكا والبدء بالبحث عندها بالنظر ثم باستخدام الأجهزة المتوفرة وربما تصل العملية عند اكتشاف المنطقة الأكثر تسربا إلى حفر المنطقة واستبدال الخط أو التوصيلة.

8-9 تمرين عملي

تطبيق نظام مراقبة الفاقد على:

مشروع مياه الصافية- الشمايتين – تعز



تأكد من تطابق الخريطة مع الواقع.

حدد ما يلي على الخريطة:

- § قسم المنطقة إلى قطاعات منفصلة وحدد مواقع العدادات الكبيرة
- § عمر الشبكة وحالتها، أقطارها، نوع الأنابيب المستخدمة.
- § عدد التوصيلات التي يخدمها كل أنبوب.
- § عدد السكان التي تخدمهم كل توصيله (قرية) وكمية الاستهلاك.
- § مواقع المحابس واقترح الأماكن التي تحتاج إلى ذلك.

9-9 المشاكل التي تمر بها مؤسسات المياه في اليمن إلى ما يلي (النزيلي والمفتي،2002)

المشاكل الفنية:

تعاني مؤسسات المياه في الجمهورية اليمنية من العديد من المشاكل الفنية التي تؤدي بمجملها إلى ضياع كميات كبيره من المياه بشكل فواقد لا يمكن الاستفادة منها. ومن هذه المشاكل يمكن استعراض ما يلي:

- ضعف القدرة على القيام بالصيانة الدورية الكافية للشبكة. إن ذلك يؤدي إلى حصول إنفجارات متكررة للأنابيب وتسرب المياه عبر الوصلات والأنابيب.
- سوء تنفيذ الشبكات وملحقاتها وعدم مطابقتها للمواصفات. ويشمل ذلك استخدام أنابيب ومحابس غير مطابقة للمواصفات، وتمديد الشبكات فوق سطح الأرض أو على أعماق ضحلة لا تؤمن لها الحماية الكافية من تأثير حركة المرور وتمديد الشبكات في أراضي زراعيه خاصة تتسبب في الاعتداءات عليها من قبل المواطنين الذين يقومون بكسر الأنابيب بهدف الحصول على المياه لأغراض ألزراعه. إضافة إلى أن عدم ملائمة الشبكة للتربة والمياه أو الظروف الجوية قد يؤدي إلى تآكل الأنابيب وتكلس المياه داخلها وقد تؤدي إلى انسدادها.
- مرور أنابيب الشبكة ضمن أو قرب حفر الامتصاص (البيارات) المستخدمة لتصريف مياه الصرف الصحي (وهو الحل المنتشر للصرف الصحي في المناطق التي لم تشملها شبكات الصرف الصحي). إن هذه المشكلة تؤدي إلى تآكل الأنابيب و إنثقابها وتسرب المياه منها. ومما يزيد المشكلة تعقيدا أنه نظرا لاستخدام نظام التحصيص فإنه نتيجة لفراغ الشبكة من وقت لآخر قد يؤدي ذلك إلى شفط مياه الصرف من التربة المحيطة إلى شبكة مياه الشرب عبر الثقوب أو الوصلات، وهذا يشكل خطرا حقيقيا على الصحة العامة ويهدد بانتشار الأمراض.
- عدم توفر أو فقدان مخططات الشبكة كما نفذت. إن ذلك يؤدي إلى إعاقة وتأخير في عملية الصيانة وعدم القدرة على التنسيق مع الجهات الأخرى أثناء الحفر بجانب الشبكة مما يؤدي إلى كسر الأنابيب وذلك بسبب عدم معرفة المكان الدقيق لمرور الأنابيب وأماكن المحابس.
- ضعف صيانة ومعايرة العدادات، وعدم توفر قطع الغيار اللازمة وبالتالي تراجع حساسية العداد والحصول على قراءات غير صحيحة.

المشاكل الإدارية

- إن العجز الحاد في إمدادات المياه أدى إلى استخدام نظام التحصيص (التوزيع على شكل حصص) حيث يتم تقسيم المدينة إلى مناطق تغذى كل منها في يوم أو أيام معلومة من الأسبوع وتقطع عنها المياه في بقية الأسبوع. هذا النظام تسبب في العديد من المشاكل، حيث أن فراغ الأنابيب من المياه وامتلائها جزئيا بالهواء تسبب في سرعة تآكل الأنابيب كما أدى إلى أكسدة وترسب بعض المواد المنحلة على جدران الأنابيب، كما أن توقف المياه في الأنابيب قد يتسبب في ترسب التربة والمواد العالقة، وتراكم هذه المواد في المحابس والعدادات مما يؤدي إلى تلفها.
- عدم تركيب عدادات في بعض المناطق ومحاسبة المستهلكين حسب نظام التقدير وبالتالي يدفع المواطن مبلغا ثابتا مهما كانت كمية المياه التي يستجرها، مما يشجع المواطنين على هدر المياه بل وبيعها للجوار في حالات عديدة، وإهمال صيانة الشبكات والتجهيزات ضمن المنازل.
- تعطل جزء كبير من العدادات ورفض المواطنين دفع تكلفة تركيب عداد جديد ورفض مؤسسات المياه تركيب عدادات جديدة دون قبض ثمنها. إن ذلك يؤدي إلى دخول المشتركين في نظام التقدير.
- أخطاء في قراءة العدادات: وهذا يمكن أن ينتج عن رشوة قارئ العداد والتلاعب بالعداد وإرجاع القراءة إلى الخلف. وذلك يؤدي إلى تسجيل كمية أقل للمياه المستهلكة.

- سرقة المياه. وذلك عن طريق تركيب وصلات غير شرعيه تركب من الشبكة، أو التوصيل من نقطه قبل العداد. وبالإضافة إلى عدم دفع قيمة تلك المياه ربما تكون التوصيلة غير منفذه بشكل فني صحيح مما يؤدي إلى تسرب المياه منها وهدر الموارد المائية الشحيحة أصلا.

المشاكل المالية

تعود المشاكل المالية للأسباب التالية:

- عدم تسديد الفواتير وتراكم المديونيات. مما تسب في عدم توفر السيولة، وذلك في وجود نظام متراخي للتحصيل، وتراكمها مما أدى إلى زيادة صعوبة التحصيل، وتركزت الفواتير غير المسددة لدى الدوائر الحكومية والمسئولين وأصحاب الوجاهات.
- إن المشاكل الفنية مثل تآكل الشبكة وفقدان كميات كبيره من المياه أدى إلى دفع شركات المياه للكلفة الزائدة اللازمة لإنتاج المياه الضائعة دون قبض ثمنها مما أدى إلى زيادة صعوباتها المالية.
- كما أن المشاكل الإدارية مثل أخطاء القراءات والمحاسبة بنظام التقدير زاد من حجم المشكلة ماليا.

أدت المشاكل المالية لمؤسسات المياه إلى عدم توفر السيولة المالية للازمه لتطوير الخدمات وصيانة التجهيزات والشبكات، بل تأخر أو عدم دفع رواتب ومستحقات العاملين في المؤسسات. يضاف إلى ذلك تسرب الخبرات العالية وعدم تمكن المؤسسات من توظيف العاملين ذوي المؤهلات والخبرات العالية.

10- تصميم الشبكات باستخدام الحاسوب :

10-1 طريقة تصميم المواسير المختلفة للشبكات المفتوحة (حديد مجلفن أو بلاستيكية أو بولي أيثيلين أو....) باستخدام برنامج Excel:

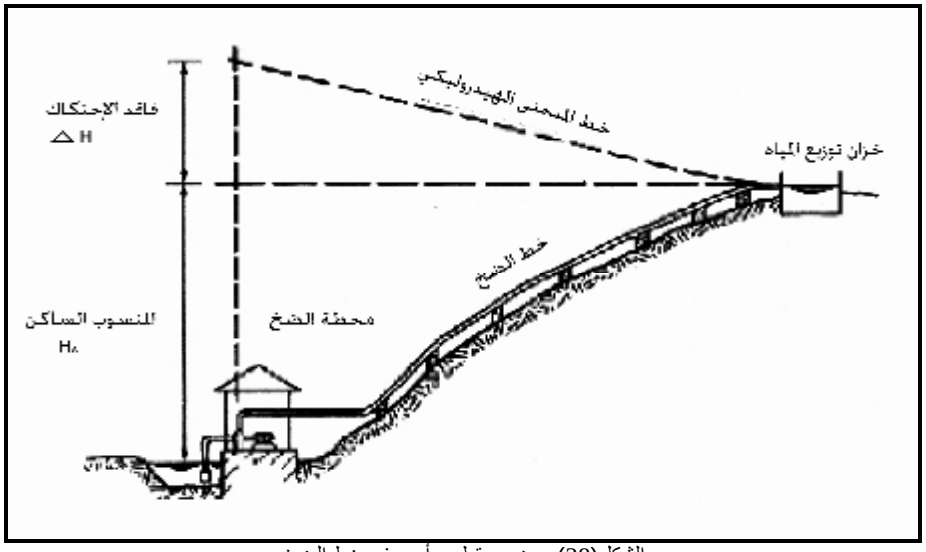
بعد القيام برسم المسقط الأفقي لجميع مكونات المشروع (كما سبق ذكره في 1.7.2 ، 2.7.2) ومعرفة مناسيب النقط المختلفة، والرسم التفصيلي لمواقع المواسير (ضخ وإسالة) وتوضح أطوال تلك المواسير من نقطة إلى أخرى، ولم يتبق الآن إلا أقطار تلك المواسير والتي تحقق شرط أن تكون السرعة بين 0.5 و 1.5 م/ث، ولكن يجب اختيار النوع المناسب من المواسير لكل منطقة كما سبق في (4.1) وهنا يجب الانتباه إلى ضرورة تغيير المعامل CH تبعاً لنوع المواسير المستخدمة في البرنامج تبعاً للجدول رقم (7) التالي :

وصف المواسير	قيمة المعامل CH
أولاً : المواسير الحديدية القوية (Cast iron) - المواسير الحديدية الجديدة	130
- المواسير الحديدية بعد 5 سنوات من استخدامها	120
- المواسير الحديدية بعد 10 سنوات من استخدامها	110
- المواسير الحديدية بعد 20 سنوات من استخدامها	100-90
- المواسير الحديدية بعد 30 سنوات من استخدامها	90-75
ثانياً : المواسير الخراسانية (Concrete)	120
ثالثاً : المواسير المغطاة بالأسمنت (Cement lined)	140
رابعاً: المواسير الحديدية الملحومة (Welded steel)	120
خامساً : المواسير البلاستيكية والبولي أيثيلين (Plastic, or HDPE)	150
سادساً : مواسير اسبستوس أسمنتية (Asbestos cement)	140

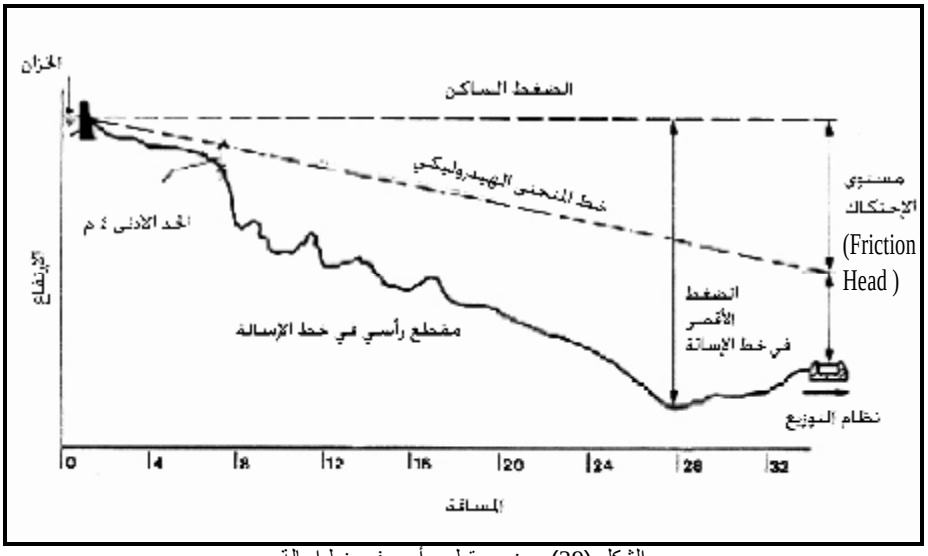
جدول (رقم 7) يوضح القيم المختلفة للمعامل CH وذلك باختلاف نوع المواسير المستخدمة في إمداد المياه

وسنوضح هنا مثال لتصميم خط ضخ وخطوط إسالة باستخدام برنامج في الكمبيوتر للتصميم بواسطة معادلات (Hazen William).

وسنعمل على تغيير قيمة المعاملCH فقط وستتغير باقي النتائج (قيمة الضغوط عند كل نقطة من تلقاء نفسها) ونلاحظ في الشكلين التاليين : الشكل الأول مقطع رأسي في خط إسالة والشكل الثاني مقطع رأسي في خط الضخ ثم سنلاحظ النتائج المختلفة عند القيام بتغيير قيمة المعاملCH .



الشكل(38) يوضح مقطع رأسي في خط الضخ



الشكل (39) يوضح مقطع رأسي في خط إسالة

و في النتائج الموضحة في الصفحات التالية تم الرمز للبئر w والخزان بكلمة Tankوسلسلة من الأرقام لنقط في نظام التوزيع ، وكما ذكرنا سابقاً فإن كل الضغوط تتغير بسبب تغيير المعامل CH، حيث تكون الفواقد بسبب الاحتكاك كبيرة (الضغوط قليلة) كلما كانت قيمة CH صغيرة، وتكون الفواقد بسبب الاحتكاك صغيرة (الضغوط كبيرة) كلما كانت قيمة CH كبيرة.

والمثال الذي تمت دراسته هو لمشروع مياه صغير في قرى البكارية بمديرية بيت الفقيه – محافظة الحديدة، حيث تم في الواقع تصميمه باستخدام مواسير بولي إثيلين (HDPE) أي أن CH= 150، ومن ثم وللتوضيح غيرنا القيمة إلى CH=120 وحصلنا على نتائج أخرى،ومن ثم وللتوضيح غيرنا قيمة الـ CH=100وحصلنا على نتائج ثالثة، وهكذا

2-10 تصميم الشبكات المغلقة باستخدام برنامج Excel

تحليل شبكات توزيع المياه باستخدام الكمبيوتر

تحليل شبكات المياه أو تصميم نظام جديد عملية مضنية وليس عملية مباشرة وسهلة وذلك لأن الضغوط والتصرفات في الشبكة تتأثر بطريقة توزيع الأنابيب في الشبكة وأطوالها وأقطارها وكذلك توزيع نقاط الاستهلاك فيها، وبما أن أي نظام توزيع يجب أن يلبي على الأقل شرط الاحتياج الأدنى من التصرفات والضغوط عند نقاط الاستهلاك لذا فانه عند تصميم أي نظام جديد أو توسيع شبكة قديمة يتطلب على المصمم توزيع أمثل للأنابيب في الشبكة ثم محاولة تغيير متكرر في أقطارها حتى يتحقق هذا الشرط.

من الطرق الشائعة لتحليل شبكات المياه طريقة Hardy Cross حيث يشترط بها الآتي:

1. في أي نقطة في الشبكة يجب أن تكون التصرفات الداخلة إليها مساوية لكميات التصرفات الخارجة منها.
2. التصرف في كل أنبوب يجب أن يحقق قوانين الاحتكاك للسريان لأنبوب مفرد.
3. المجموع الجبري للفواقد في أنابيب أي حلقة (عروة) مغلقة يجب أن تساوي صفر.

طريقة الحل:

أ- افترض تصرفات في الأنابيب بحيث يتحقق الشرط 1.

ب- أكتب الشرط الثاني لكل أنبوب بالصيغة:

$$h_L = K\,Q^n$$

حيث أن h_L هو الفاقد في الأنبوب وK عبارة عن مقدار ثابت يعتمد على خصائص الأنبوب (طول، قطر، معامل الخشونة)، أما قيمته فيعتمد على نوع قانون الاحتكاك المستخدم وكذلك وحدات القياس. أما n فهي عبارة عن قيمة ثابتة تعتمد على القانون المستخدم في التحليل.

جدول 8 يبين بعض هذه المعادلات ومعاملاتها.

جدول 8: معادلات الاحتكاك المستخدمة في تحليل شبكات المياه.

Equation Type نوع المعادلة	K	الوحدات (Units)			
		Q	L	D	h_L
Hazen-Williams	$\frac{4.727L}{C^{1.85}D^{4.871}}$	cfs	ft	ft	ft
n=1.85	$\frac{10.44L}{C^{1.85}D^{4.871}}$	gpm	ft	in	ft
	$\frac{10.7L}{C^{1.85}D^{4.871}}$	m^3/s	m	m	M
Darcy-Weisbach	$\frac{fL}{39.7D^5}$	cfs	ft	ft	Ft
n=2.0	$\frac{fL}{32.15D^5}$	gpm	ft	in	ft
	$\frac{fL}{12.1D^5}$	m^3/s	m	m	M

ت- اجمع فواقد جميع ألأنابيب في كل حلقة باعتبار الفاقد الناتج عن التصرفات التي في اتجاه عقارب الساعة موجب و الفاقد الناتج عن التصرفات التي في عكس عقارب الساعة سالب.

ث- عدل تصرفات أنابيب كل حلقة بمقدار ΔQ من المعادلة:

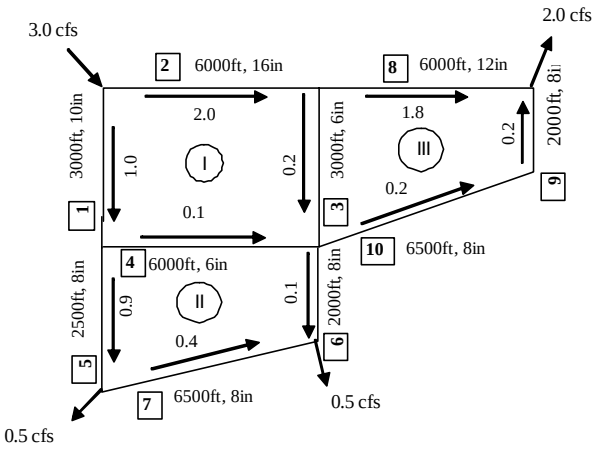
$$\Delta Q = \frac{-\sum h_L}{n\sum\left[\frac{h_L}{Q}\right]}$$

ج- كرر الخطوات ب- ث إلى أن يصير مقدار الخطأ صغيراً جداً مثلا 0.01.

مثال (1):

في الشبكة التالية أوجد التصرف في ألأنابيب بطريقة Hardy Cross مستخدما معادلة Hazen-Williams ومفترضا قيمة معامل احتكاك Hazen-Williams، C=100.

حل مثال رقم(1)



Trial 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Loop No	Pipe No	Pipe Dia (in)	Length (ft)	Sign (- OR +)	Q1 (cfs) ABS	h_l (ft)	(h_l/Q) ABS	$n(h_l/Q)$ ABS	ΔQ Loop	ΔQ Pipe	Q2	Q2 ABS
1	1	10	3000	-1	1.00	-6.88	6.88	12.72		-0.0002	-1.0002	1.00
	2	16	6000	1	2.00	5.02	2.51	4.65		-0.0002	1.9998	2.00
	3	6	3000	1	0.20	4.22	21.08	39.00		0.1151	0.3151	0.32
	4	6	6000	-1	0.10	-2.34	23.39	43.27		-0.1732	-0.2732	0.27
					sum =	**0.02**		**99.64**	**-0.0002**			
2	**4**	6	6000	1	0.10	2.34	23.39	43.27		0.1732	0.2732	0.27
	6	8	2000	1	0.10	0.19	1.92	3.55		0.1730	0.2730	0.27
	7	8	6500	-1	0.40	-8.11	20.28	37.51		0.1730	-0.2270	0.23
	5	8	2500	-1	0.90	-13.98	15.54	28.74		0.1730	-0.7270	0.73
					sum =	**-19.56**		**113.08**	**0.1730**			
3	**3**	6	3000	-1	0.20	-4.22	21.08	39.00		-0.1151	-0.3151	0.32
	8	12	6000	1	1.80	16.79	9.33	17.25		-0.1154	1.6846	1.68
	9	8	2000	-1	0.20	-0.69	3.46	6.40		-0.1154	-0.3154	0.32
	10	8	6500	-1	0.20	-2.25	11.25	20.81		-0.1154	-0.3154	0.32
					sum =	**9.63**		**83.47**	**-0.1154**			

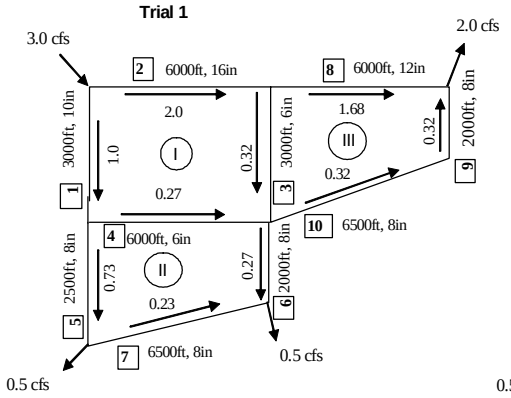
Trial 2

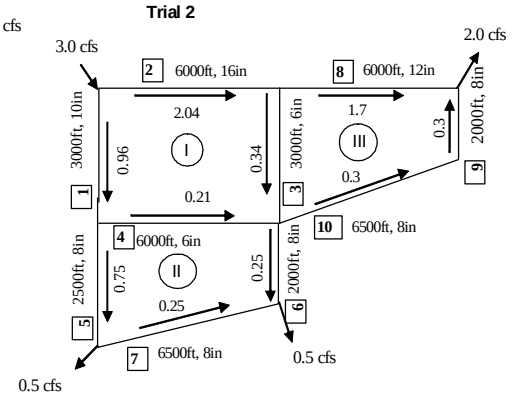
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Loop No	Pipe No	Pipe Dia (in)	Length (ft)	Sign (- OR +)	Q2 (cfs) ABS	h_l (ft)	(h_l/Q) ABS	$n(h_l/Q)$ ABS	ΔQ Loop	ΔQ Pipe	Q3	Q3 ABS
1	1	10	3000	-1	1.00	-6.88	6.88	12.73		0.0402	-0.9600	0.96
	2	16	6000	1	2.00	5.02	2.51	4.65		0.0402	2.0400	2.04
	3	6	3000	1	0.32	9.78	31.03	57.40		0.0248	0.3399	0.34
	4	6	6000	-1	0.27	-15.02	54.97	101.69		0.0656	-0.2076	0.21
					sum =	**-7.10**		**176.46**	**0.0402**			
2	**4**	6	6000	1	0.27	15.02	54.97	101.69		-0.0656	0.2076	0.21
	6	8	2000	1	0.27	1.23	4.51	8.34		-0.0254	0.2476	0.25
	7	8	6500	-1	0.23	-2.84	12.53	23.18		-0.0254	-0.2524	0.25
	5	8	2500	-1	0.73	-9.42	12.96	23.97		-0.0254	-0.7524	0.75
					sum =	**3.99**		**157.19**	**-0.0254**			
3	**3**	6	3000	-1	0.32	-9.78	31.03	57.40		-0.0248	-0.3399	0.34
	8	12	6000	1	1.68	14.85	8.82	16.31		0.0154	1.7001	1.70
	9	8	2000	-1	0.32	-1.61	5.10	9.43		0.0154	-0.2999	0.30
	10	8	6500	-1	0.32	-5.22	16.57	30.65		0.0154	-0.2999	0.30
					sum =	**-1.76**		**113.79**	**0.0154**			

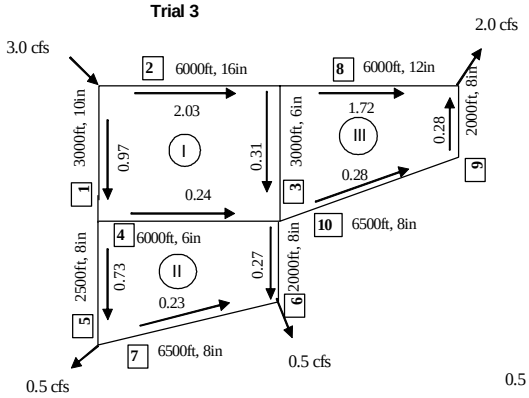
Trial 3

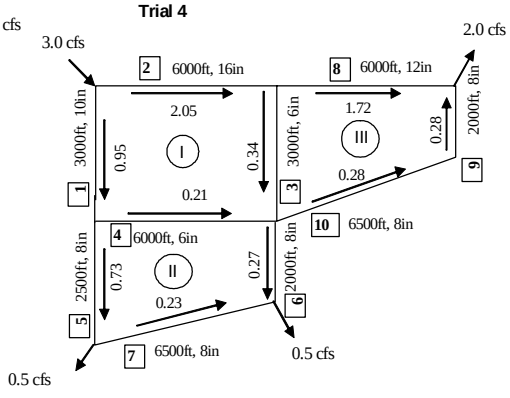
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Loop No	Pipe No	Pipe Dia (in)	Length (ft)	Sign (- OR +)	Q3 (cfs) ABS	h_l (ft)	(h_l/Q) ABS	$n(h_l/Q)$ ABS	ΔQ Loop	ΔQ Pipe	Q4	Q4 ABS
1	1	10	3000	-1	0.96	-6.38	6.64	12.29		-0.0066	-0.9666	0.97
	2	16	6000	1	2.04	5.21	2.55	4.73		-0.0066	2.0334	2.03
	3	6	3000	1	0.34	11.25	33.09	61.21		-0.0270	0.3129	0.31
	4	6	6000	-1	0.21	-9.04	43.53	80.53		-0.0314	-0.2390	0.24
					sum =	**1.04**		**158.76**	**-0.0066**			
2	**4**	6	6000	1	0.21	9.04	43.53	80.53		0.0314	0.2390	0.24
	6	8	2000	1	0.25	1.03	4.15	7.68		0.0248	0.2725	0.27
	7	8	6500	-1	0.25	-3.46	13.71	25.36		0.0248	-0.2275	0.23
	5	8	2500	-1	0.75	-10.04	13.34	24.68		0.0248	-0.7275	0.73
					sum =	**-3.43**		**138.25**	**0.0248**			
3	**3**	6	3000	-1	0.34	-11.25	33.09	61.21		0.0270	-0.3129	0.31
	8	12	6000	1	1.70	15.10	8.88	16.44		0.0204	1.7205	1.72
	9	8	2000	-1	0.30	-1.46	4.88	9.04		0.0204	-0.2795	0.28
	10	8	6500	-1	0.30	-4.76	15.87	29.37		0.0204	-0.2795	0.28
					sum =	**-2.37**		**116.05**	**0.0204**			

Trial 4												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Loop No	Pipe No	Pipe Dia (in)	Length (ft)	Sign (- OR +)	Q4 (cfs) ABS	h_l (ft)	(h_l/Q) ABS	$n(h_l/Q)$ ABS	ΔQ Loop	ΔQ Pipe	Q5	Q5 ABS
1	1	10	3000	-1	0.97	-6.46	6.68	12.36		0.0203	-0.9462	0.95
	2	16	6000	1	2.03	5.18	2.55	4.71		0.0203	2.0538	2.05
	3	6	3000	1	0.31	9.65	30.84	57.06		0.0233	0.3362	0.34
	4	6	6000	-1	0.24	-11.73	49.06	90.76		0.0249	-0.2142	0.21
					sum =	**-3.35**		**164.90**	**0.0203**			
2	**4**	6	6000	1	0.24	11.73	49.06	90.76		-0.0249	0.2142	0.21
	6	8	2000	1	0.27	1.23	4.50	8.33		-0.0045	0.2679	0.27
	7	8	6500	-1	0.23	-2.86	12.55	23.22		-0.0045	-0.2321	0.23
	5	8	2500	-1	0.73	-9.43	12.97	23.99		-0.0045	-0.7321	0.73
					sum =	**0.66**		**146.30**	**-0.0045**			
3	**3**	6	3000	-1	0.31	-9.65	30.84	57.06		-0.0233	-0.3362	0.34
	8	12	6000	1	1.72	15.44	8.98	16.60		-0.0030	1.7175	1.72
	9	8	2000	-1	0.28	-1.29	4.60	8.51		-0.0030	-0.2825	0.28
	10	8	6500	-1	0.28	-4.18	14.95	27.66		-0.0030	-0.2825	0.28
					sum =	**0.33**		**109.83**	**-0.0030**			









3-10 تصميم الشبكات المغلقة باستخدام برنامج Epanet (EPANET SIMULATION MODEL):

Epanet عبارة عن برنامج كمبيوتر طور في وكالة الحماية البيئية في Ohio بأمريكا U.S.A (Environmental protection Agency – Ohio-Water supply and water resources Division). وهو برنامج يقوم بإجراء حسابات هيدروليكية لشبكات توزيع المياه بواسطة نموذج محاكاة هيدروليكي (Hydraulic Simulation Model) بإتباع طريقة Loop method، أي بطريقة تشابه Hardy cross method. تمثل الشبكة في Epanet بأنابيب، نقاط التقاءها ببعضها (تسمى نقاط أو عقد) وكذلك مضخات و صمامات وخزانات مياه. يقوم هذا النموذج بتحليل هذه الشبكة وحساب التصرف وتتبع مساره في أنابيبها وكذلك حساب الفواقد فيها، كما يقوم بحساب كمية الضغوط في نقاط الشبكة وحساب مناسيب المياه في الخزانات. يتم إجراء هذه الحسابات إما في لحظة معينة أو لفترة 24 ساعة أو أكثر.

صمم برنامج Epanet أيضا بحيث يقوم بتتبع مسار وجودة المياه في الشبكة بواسطة نموذج آخر (نموذج جودة المياه Quality Model) وذلك من خلال معرفة تركيز المواد الكيميائية الذائبة في الماء والتي تضاف لغرض تعقيم المياه مثل مادة الكلور التي عادة ما تضاف في الخزانات، حيث يقوم Epanet بتتبع أثر تركيزها في الأنابيب لمعرفة كمية المتبقي منها أو تتبع أثر الملوثات لمعرفة مقدار الزيادة في تركيزها مع الزمن.

- ميزات Epanet:

1) دقيقة في حساباتها.
2) لا حدود لحجم الشبكة المطلوب تحليلها أو نوعها.
3) إمكانية حساب الفواقد باستخدام ثلاث معادلات هي:
4) Chezy- Manning, Darcy-Weisbach, Hazen-Williams.
5) إمكانية حسابات الفواقد الموضعية للمحابس والمنعطفات والتوصيلات في شبكة التوزيع.
6) إمكانية تضمين مضخات ثابتة السرعة أو متغيرة السرعة.
7) إمكانية حساب الطاقة المستهلكة في المضخات وتكلفتها.
8) إمكانية وضع أنواع كثيرة من الصمامات في الشبكة مثل صمامات الغلق (Shut-off)، صمامات عدم الرجوع، صمامات التحكم في الضغط وصمامات التحكم في التصرف.
9) إمكانية وضع خزانات بأشكال مختلفة (مستطيل أو دائري).
10) إمكانية وضع أنواع متعددة من نماذج استهلاك المياه اليومية Demand or consumption (pattern) مثل منزلي أو صناعي.
11) إمكانية إجراء نظام تشغيل وتحكم بطرق مختلفة، مثلاً التحكم في غلق وفتح الصمامات في أوقات محددة وكذلك وضع جداول زمنية لتشغيل المضخات Time patterns.

- نموذج المحاكاة الهيدروليكي (Hydraulic simulation model)

يقوم Epanet بحساب الارتفاعات الهيدروليكية Hydraulic Heads في كل نقطة من نقاط الشبكة وكذلك التصرفFlow في الأنابيب لقيم ثابتة من مناسيب سطح المياه في الخزانات وكذلك لمتطلب من المياه عند أوقات متتالية من فترة المحاكاة (simulation period). في كل وقت من هذه الأوقات تتجدد قيم مناسيب المياه في الخزانات ومتطلبات المياه عند نقاط الشبكة طبقاً للنماذج الزمنية (Time patterns) والمحددة مسبقاً وبناءاً على ذلك تتم الحسابات. يتم حساب قيم الارتفاعات الهيدروليكية وكذلك التصرفات في نقطة معينة عند وقت معين بحل معادلتي الحفاظ على(بقاء) التصرف عند كل نقطة (Junction) ومعادلة الفاقد في كل وصله (Link) في آن واحد. معادلة الحفاظ على التصرف تعني "أن كميات التصرفات الداخلة إلى نقطة ما في الشبكة يجب أن تساوي كمية التصرفات الخارجة منها.

طريقة الحل المتبعة في Epanet :

يتم أولاً فرض قيم للتصرفات في كل أنبوب بشرط تحقق قانون بقاء التصرفات، واعتماداً على هذه القيم يتم حساب الفاقد في الأنابيب ومن الأخير يتم حساب الارتفاعات الهيدروليكية عند نقاط الشبكة. بعد الحصول على هذه الارتفاعات الهيدروليكية يتم حساب تصرفات جديدة متضمناً عامل تصحيح و يتم تكرار هذه العملية إلى أن يصير نسبة الخطأ بين التصرفات الداخلة إلى نقطة ما والخارجة منها لا يتجاوز مقدار محدد (0.001).
(طريقة الحل مسنودة بالمعادلات موجودة بالتفصيل في دليل البرنامج).

- نموذج جودة المياه Quality Model

في هذا النموذج يعتبر Epanet المواد المذابة في الماء تسير بنفس سرعة الماء في الأنبوب ولكنها في نفس الوقت تتفاعل مع الماء أو مع جدار الأنبوب بحيث أنه قد يقل تركيزها أو يزداد أثناء رحلتها في الشبكة. هذا التفاعل (Reaction) يحدد له معامل (Reaction factor, R). كما أن هناك معدلات تفاعل مختلفة (Reaction rates) وكل له معادلته الخاصة به بحسب المواد الداخلة في التفاعل. فمثلاً الكلور يعتبر تفاعله مع الماء المذاب فيه من الدرجة الأولى أما قيمة معامل تفاعله فيتراوح ما بين (0.01- إلى 1.0-). أما الإشارة السالبة فتشير إلى أن تركيزه يقل مع الزمن (طريقة الحل مسنودة بالمعادلات موجودة أيضاً بالتفصيل في دليل البرنامج).

- خطوات استخدام Epanet:

1) أرسم شبكة توزيع المياه مع جميع مكوناتها (عناصرها).
2) أدخل بيانات كل مكون(أو عنصر) من مكونات الشبكة (أنابيب، نقاط، صمامات...الخ)
3) ضع نظام التشغيل والتحكم في الشبكة.
4) اجري العملية الحسابية (Simulation Run) التي تم تسميتها بعملية المحاكاة.
5) تفحص نتائج العمليات الحسابية.

- نموذج الشبكة:

تحتوي Epanet على مكونات مرئية Physical objects تظهر على الشبكة وعلى مكونات غير مرئية non-Physical objects مثل معلومات نظام التشغيل والتحكم. وهذه المكونات يمكن تقسيمها إلى الآتي:

(1) نقاط الشبكة (Nodes) وهذه قد تشمل الآتي:
- نقاط التقاء الأنابيب (Junctions).
- خزانات لا نهائية السعة (Reservoirs).ولا تتأثر بالاستهلاك مثل الآبار والبحيرات
- صهاريج أو خزانات محدودة السعة (Tanks).و تتأثر بالاستهلاك مثل الخزانات الأرضية والعالية.

(2) وصلات (Links) وهذه قد تشمل الآتي:
- أنابيب (Pipes).
- مضخات (Pumps).
- صمامات (Valves) .

(3) ا سماء المكونات (Map Labels)

(4) نماذج التشغيل الزمنية (Time patterns).

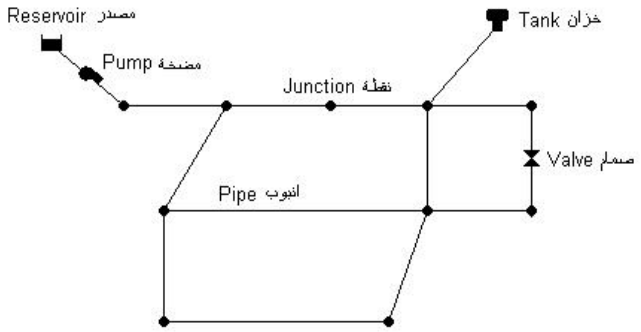
(5) منحنيات وصفية لبعض المكونات في الشبكة (Curves).

(6) نظام التحكم (Control).

v مكونات الشبكة في الـ Epanet

(1) المكونات الفيزيائية (المرئية)

يعتبر الـ Epanet شبكة توزيع المياه على أنها مجموعة من الوصلات تلتقي في نقاط معينة تسمى (Nodes)، وهذه الوصلات تشمل الأنابيب (Pipes) المضخات (Pumps) وصمامات التحكم (Valves)، أما النقاط فتشمل نقاط التقاء الأنابيب أو الخزانات لا نهائية السعة أو الخزانات محدودة السعة (junction, reservoir or tank). شكل 40 يمثل نموذج لشبكة مياه وكذلك رمز كل عنصر.



شكل (40) مثال لشبكة مياه كما تمثله Epanet مبيناعليه مختلف المكونات

أ- Junctions

هي عبارة عن نقاط في الشبكة تلتقي بها الوصلات بعضها ببعض ومنها يدخل الماء إلى الشبكة أو يخرج منها.
أما البيانات المطلوب إدخالها لهذه النقاط فهي:

1- منسوب النقطة (عادة باعتبار سطح البحر كمرجع لذلك) Elevation.
2- كمية الطلب من المياه (كمية المياه المسحوبة من الشبكة) Base Demand.
3- الجودة الأولية للمياه في هذه النقطة Initial quality.

البيانات الناتجة بعد إجراء التحليل للشبكة خلال كل عملية المحاكاة (Simulation Runs):

1- الارتفاع الهيدروليكي Head.
2- الضغط Pressure.
3- الجودة النهائية بعد عملية المحاكاة (Quality).

وفي هذه النقاط يمكن إجراء ما يلي:

1- أن يكون فيها كمية الطلب للمياه متغيرة مع الزمن Demand Pattern.
2- أن يكون هناك أنواع متعددة من نماذج الطلب للمياه (منزلي، صناعي) Demand categories.
3- أن يكون كمية الطلب للمياه بقيمة سالبة (أي أن هذه المياه تدخل إلى الشبكة).
4- أن تكون كمية المياه التي تدخل إلى الشبكة ذو جودة معينة Source quality.

ب- Reservoirs

هذه الخزانات لا نهائية السعة ولهذا فهي تمثل نقاط تغذية للشبكة وتستخدم لتمثيل مصادر مياه الشبكة مثل بحيرات، أنهار، آبار جوفيه،كما أن هذه النقاط يمكن أن تمثل مصدر لدخول مياه ذو جودة معينة مسبقا.
البيانات الرئيسية التي يجب إدخالها لهذه النقاط هي:

(1) الارتفاع الهيدروليكي ويساوي منسوب سطح المياه في الخزان Total head.
(2) جودة المياه الأولية في الخزانInitial quality.

طالما أن هذه النقاط تمثل مصدر مياه ذو كمية لا نهائية لذا فإن منسوب المياه فيها وكذلك جودتها لا تتأثر بما يحدث داخل الشبكة كمأانه لا توجد لها نتائج بعد إجراء العمليات الحسابية.

أ- Tanks

هي عبارة عن خزانات محدودة السعة (صهاريج) ولذا فإن حجم منسوب المياه فيها يتغير مع الزمن خلال إجراء عملية المحاكاة (simulations).
البيانات الرئيسية التي يجب إدخالها كما يلي:

1- منسوب قاع الخزان (حيث أن منسوب الماء في الخزان يساوي صفر) Elevation.
2- قطر الخزان إذا كان أسطواني أو أبعاده إذا لم يكن أسطوانيا.
3- منسوب المياه الأولي وكذلك المنسوب الأدنى والأعلى له في الخزان Initial, minimum and maximum level.
4- الجودة الأولية للمياه Initial quality.

أما البيانات الناتجة عن إجراء عملية المحاكاة هي:

1- الارتفاع الهيدروليكي (المنسوب النهائي لسطح الماء في الخزان) Elevation.
2- جودة المياه Quality.

هذا النوع من الخزانات يجب أن يعمل ضمن منسوب الماء الأدنى والأعلى المحدد لها سلفاً فعندما يصل منسوب سطح الماء إلى المستوى الأعلى له يقوم Epanet بتوقيف المياه الداخلة إليه. هذا النوع من الخزانات أيضاً يمكن أن يكون مصدر لدخول مياه بجودة معينة مسبقا.

ب- Emitters

تمثل أجهزة ذو تصرفات عالية متصلة بالنقاط (Nodes) ومكشوفة للهواء الجوي مثل خراطيم الحريق (Nozzles) أو الفتحات (orifices) مثل محابس غسيل الشبكة أو الري. التصرف من هذه الفتحات يعتمد على الضغط المتواجد هناك ويمثل بهذه العلاقة:

$$q = c\, p^{\gamma}$$

حيث أن :

q =التصرف, p = الضغط, c =معا مل التصرف, γ = معامل الضغط (لخراطيم الحريق=0.5)

يمكن أيضا استخدامEmitters لتمثيل كمية الفاقد من المياه في الأنبوب المتصل بهذه النقطة إذا تم تقدير معامل التصرف ومعامل الضغط للشرخ الموجود في الأنبوب.

ت- Pipes

هي عبارة عن وصلات Links تحمل المياه من نقطة إلى أخرى في شبكة توزيع المياه. يعتبر Epanet أن هذه الأنابيب ممتلئة تماماً بالمياه في كل الأوقات أما اتجاه المياه فيها فيكون دائماً من النقطة ذات الضغط الأعلى إلى النقطة ذات الضغط الأقل.

البيانات التي يجب إدخالها للأنابيب هي:

1- نقطتي البداية والنهاية للأنبوب Start and End Nodes.
2- قطر الأنبوب Diameter.
3- طول الأنبوب Length.
4- معامل الخشونة للأنبوب (من أجل حساب الفاقد) Roughness .
5- الحالة الأولى للأنبوب Initial Status (مفتوح، مغلق، أو يحتوي على صمام عدم الرجوع)

كما أن بيان حالة الأنبوب (Status) تشمل ضمناً صمام غلق (shut-off valve) وكذلك صمامات عدم الرجوع (check valve) والتي تسمح لسريان المياه في اتجاه واحد فقط.

أما البيانات الناتجة عن إجراء العمليات الحسابية:

1- التصرف Flow.
2- السرعة Velocity.
3- الفاقد Head loss.
4- معامل الاحتكاك (Darcy-Weisbach friction factor)
5- متوسط معدل التفاعل (خلال الأنبوب) Reaction rate
6- متوسط جودة المياه (خلال الأنبوب) Quality

كما أنه بالإمكان حساب الفاقد نتيجة الاحتكاك خلال الأنبوب بواسطة ثلاثة معادلات مختلفة:

1- Hazen-Welliams Formula
2- Darcy-Weisbach Formula
3- Chezy-Manning Formula

معادلة (Hazen-Williams Formula) معادلة تجريبية تستخدم بشكل أكبر في الولايات المتحدة ولكن لا يمكن استخدامها لسوائل أخرى غير الماء وتستخدم في حالة السريان المضطرب أما معادلة (Darcy-Weisbach Formula) فهي أكثر المعادلات النظرية صحة وتستخدم لجميع أنواع السريان ولجميع أنواع السوائل. أما المعادلة الأخيرة (Chezy-Manning Formula) عادة ما تستخدم في تحليل السريان في القنوات المفتوحة.

عند استخدام معادلة (Darcy-Weisbach Formula) يستخدم Epanet معادلة (Colebrook-White) لحساب معامل الاحتكاك في حالة السريان المضطرب. كل معادلة من هذه المعادلات يمكن كتابتها كالأتي:

$h_L=Aq^B$

حيث أن :

قوة السريان = B ، معامل المقاومة = A ، التصرف (حجم \ زمن) = q ، الفاقد = h_L

جدول 8 يبين هذه المعادلات وقيم كل عامل في المعادلة السابقة أما جدول9 فيبين معامل الخشونة لعدة أنواع من الأنابيب جديدة الصنع علما بأن هذه القيم تتغير مع عمر الأنبوب.

جدول 8: معادلات الفاقد للسريان الكامل في الأنابيب(بالنظام الإنجليزي)

Formula	Resistance coefficient (A)	Flow Exponent (B)
Hazen-Williams	$4.727C^{-1.852}d^{-4.7871}L$	1.852
Darcy-Weisbach	$0.0252f(\varepsilon,d,q)d^{-5}L$	2
Chezy-Manning	$4.66n^{2}d^{-5..33}L$	2
C =Hazen-Williams roughness coefficient ε = Darcy-Weisbach roughness coefficient (ft) f = Darcy-Weisbach friction factor (dependent on (ε,d,q)) n = Manning roughness coefficient d = pipe diameter L = pipe length (ft) Q = Flow rate (cfs)		

جدول 9: معامل الخشونة للأنابيب الجديدة

Material	Hazen-Williams C (unitless)	Darcy-Weisbach ε (feet x 10^{-3})	Manning n (unitless)
Cast Iron	130-140	0.85	0.012-0.015
Concrete or concrete lined	120-140	1.0-10	0.012-0.017
Galvanized Iron	120	0.5	0.015-0.017
Plastic	140-150	0.005	0.011-0.015
Steel	140-150	0.15	0.015-0.017
Vitrified Clay	110		0.013-0.015

الفواقد الثانوية

الفواقد الثانوية أو الموضعية والناتجة عن الزيادة في اضطراب المياه عند المنعطفات والتوصيلات والمحابس. وتضمين أو عدم تضمين هذه الفواقد في الحسابات يعتمد على تخطيط الشبكة وكمية التوصيلات وكذلك على درجة الدقة المطلوبة في الحسابات. ويتم احتساب هذه الفواقد في أنبوب ما بإضافة معامل فاقد ثانوي لهذا الأنبوب بجانب الفاقد الرئيسي بواسطة المعادلة ألا تيه:

$$h_L = k\, v^2/2g$$

حيث أن:

h_L = الفاقد الثانوي، k = معامل الفاقد الثانوي، v = السرعة، g = عجلة الجاذبية الأرضية

جدول 10 يوضح معاملات الفاقد الثانوي k لمختلف الأنواع من التوصيلات.

جدول 10: معامل الفاقد الثانوي لمختلف أنواع من التوصيلات

FITTING	*LOSS COEFFICIENT k*
Globe valve, fully open	10.0
Angle valve, fully open	5.0
Swing check valve, fully open	2.5
Gate valve, fully open	0.2
Short-radius elbow	0.9
Medium-radius elbow	0.8
Long-radius elbow	0.6
45 degree elbow	0.4
Closed return bend	2.2
Standard tee - flow through run	0.6
Standard tee - flow through branch	1.8
Square entrance	0.5
Exit	1.0

ث- Pumps المضخات

تمثل المضخات بواسطة وصلات (Links) أيضا، والمضخة عبارة عن آلة تعطي طاقة للسائل مما يؤدي إلى زيادة ارتفاعه الهيدروليكي. أما البيانات التي يجب إدخالها بالنسبة للمضخات فهي:

1- نقطتي البداية والنهاية Start and End Nodes.
2- منحنى المضخة الوصفي (منحنى التصرف مع الارتفاع) Pump characteristic Curve.

أما نتائج العمليات الحسابية فهي:

التصرف والارتفاع المكتسب (الارتفاع الذي تعمل فيه المضخة)

التصرف في المضخات يكون دائماً في اتجاه واحد ولا يسمح للمضخة بالعمل خارج نطاق منحناها ألوصفي. في Epanet يمكن أيضا تمثيل مضخات ذو سرعات متغيرة، وبحسب التعريف دائماً ما يكون منحنى المضخة الأصلية المدخل للبرنامج ذو معامل سرعة نسبية مقداره (1) فإذا تضاعفت سرعة المضخة يوضع هذا الرقم (2) وإذا كانت سرعتها نصف السرعة الأصلية يوضع (0.5) و هكذا. توجد أمثله لهذه المنحنيات في دليل البرنامج.

كما هو الحال في الأنابيب يمكن التحكم في فتح وغلق المضخات بحسب نظام تشغيل مقترح وبحسب أوقات مختلفة محددة مسبقاً ويمكن التحكم في سرعتها بحسب جدول زمني محدد مسبقاً، وفي حالة أن الشبكة تحتاج إلى ارتفاع ضخ أكبر مما تستطيعه المضخة تقوم Epanet بغلق المضخة أما حالة أن التصرف المطلوب أكبر مما تستطيعه المضخة تقوم Epanet بمد نقاط المنحنى إلى التصرف المطلوب. في كلا الحالتين تقوم Epanet بإعطاء رسالة تحذير لتنبيه المهندس بهذا الوضع غير الطبيعي.

ج- Valves

تمثل الصمامات بوصلات تقوم بالتحكم في الضغط أو التصرف في نقطة معينة في الشبكة. البيانات الرئيسية للإدخال هي:

1- نقطتي البداية والنهاية Start and End Nodes.
2- قطر الصمام Diameter.
3- نظام ضبط الصمام Setting.
4- حالة الصمام (Status).

أما نتائج الحسابات فهي الفاقد والتصرف عبر الصمام.

أنواع الصمامات التي يمكن تمثيلها في Epanet:

(1) صمام تخفيض الضغط (PRV)
(2) صمام الحفاظ على الضغط (PSV)
(3) صمام فرض ضغط (PBV)
(4) صمام تحكم في التصرف (PCV)
(5) صمام تحكم في الفاقد (TCV)
(6) صمام متعدد الأغراض (توضع علاقة بين الفاقد والتصرف) (GRV)
(7) صمام غلق (Shut-off V)
(8) صمام عدم الرجوع (Check V or non-return V)

(2) مكونات الشبكة غير الفيزيائية (غير المرئية)

معلومات الوصف والتحكم والتشغيل:

المنحنيات (Curves)، النماذج الزمنية (Time Patterns)، التحكم (Control)

أ- المنحنيات (Curves)

المنحنيات تمثل علاقة بين كميتين، كما أنه بالإمكان أن يشترك أكثر من عنصر في نفس المنحنى.

أنواع المنحنيات التي يمكن وضعها:

i. المنحنى الوصفي لخصائص للمضخة Pump characteristic (curve)

وهو علاقة بين الارتفاع والتصرف التي تستطيع المضخة التزويد به بناءاً على سرعتها الاسمية.

ii. منحنى كفاءة المضخة (Pump efficiency curve)

هي عبارة عن علاقة بين كفاءة المضخة وتصرفها آخذا في الاعتبار الفواقد الميكانيكية والكهربائية في المضخة.

iii. منحنى التحكم في الحجم Volume Curve

وهو عبارة عن علاقة تمثل تغير حجم مياه في خزان مع منسوب الماء فيه ويستخدم عندما يراد الحساب بدقة تغير الحجم في خزان ذو مساحة مقطع متغيرة مع منسوب الماء فيه.

iv. منحنى الفاقد Head Loss Curve

يستخدم لوصف الفاقد في صمام متعدد الأغراضGRV وذلك بعلاقة خاصة بدلا من استخدام الصمامات المعروفة (standard valves).

توجد أمثلة لهذه المنحنيات في دليل البرنامج أيضاً.

ب- النماذج الزمنية Time Patterns

النموذج الزمني عبارة عن مجموعة من المعاملات تضرب في كمية ما لكي يسمح لها بالتغير مع الزمن. هذه النماذج تشمل نماذج متطلبات المياه، وتغير مناسيب المياه في الخزانات و الجداول الزمنية لتشغيل المضخات.

ت- نظام التحكم (Controls)

عبارة عن تعبير كتابي يحدد بواسطته نظام تشغيل الشبكة خلال وقت أو فترة زمنية معينه ، أي أن به يتم تحديد حالة التحكم بوصلة أو وصلات معينة في الشبكة عن طريق علاقة زمنية أو مناسيب مياه في خزان أو ضغوط في نقاط معينة مختارة في الشبكة وهناك نوعان من أنظمة التحكم:

(1) بسيط (Simple) (2) متعدد الشروط (Rule- based)

1) نظام التحكم البسيط (Simple)

في هذا النظام يتم تغيير حالة وصله بناءاً على:

1- منسوب الماء في خزان ما.
2- الضغط في نقطة ما.
3- خلال وقت إجراء عملية المحاكاة (simulation period).
4- الوقت خلال اليوم.

أمثلة للعبارات المستخدمة:

LINK X STATUS IF NODE Y ABOVE/BELOW Z
LINK X STATUS AT TIME t
LINK X STATUS CLOCKTIME C AM/PM

X, Y هي أرقام الوصلات (أو العنصر)، C, t, Z = قيم ما

- إدخال بيانات الشبكة

2) متعدد الشروط (Rule-based)

في هذا النظام يتم التحكم في حالة الوصلة بناء على مجموعة من الشروط مجتمعة معاً والتي يمكن أن تتواجد في الشبكة بعد الحالة الهيدروليكية الأولى للمحاكاة.
مثال:

Rule 1: IF TANK 1 LEVEL ABOVE 19.1
THEN PUMP 33 STATUS IS CLOSED
AND PIPE 33 STATUS IS OPEN.

(1) إضافة مكونات الشبكة:

- إضافة نقطة Node باستخدام الأزرار المرئية للخارطة (Map tool bar).

1- اضغط الزر icon على نوع النقطة (junction, reservoir or tank)
2- حرك الفارة (mouse) إلى المكان المناسب على الخارطة ثم اضغط زر الفارة الأيسر للإنهاء.

- إضافة نقطة Node باستخدام جدول المكونات (Data Browser).

1- اختار نوع النقطة (junction, reservoir or tank) من قائمة المكونات.
2- اضغط على زر الإضافة Add.
3- ادخل إحداثيات النقطة Coordinates.

- إضافة وصله (Link).

أ- إضافة وصله مستقيمة أو منحنية باستخدام الأزرار المرئية للخارطة (Map tool bar).

1- اضغط احد أزرار نوع الوصلة (Pipe, pump, valve) .
2- اضغط زر الفارة على نقطة الالتقاء الابتدائية للوصلة.
3- حرك الفارة في اتجاه نقطة الالتقاء النهائية للوصلة ثم اضغط على زر الفارة ألأيسر للإدخال.

إذا كانت الوصلة منحنية يتم الضغط على نقاط التغير في الوصلة بواسطة الفارة حتى يتم تشكيل الوصلة بالانحناء والاتجاه المطلوب.

4- اضغط زر الفارة الأيسر بشكل نهائي عند الوصول إلى نقطة الالتقاء النهائية للوصلة.

ب- إضافة وصلة مستقيمة بواسطة جدول المكونات (Data Browser).

1- اختار نوع الوصلة من قائمة أنواع الوصلات (Pipe, pump, valve).
2- اضغط زر الإضافة Add.
3- ادخل نقاط بداية ونهاية الوصلة من جدول تحرير الخصائص (Property Editor).

- إضافة تعريف أو اسم على الخارطة (Label) :

1- اضغط على زر الكتابة (T) من أزرار الخارطة الرئيسية (Map tool bar).
2- اضغط على الفارة على الموضع المراد كتابة التعريف أو الاسم فيه.
3- اكتب التعريف المطلوب.
4- اضغط زر الإدخال (Enter).

- إضافة منحنى وصفي (Curve)

لإضافة منحنى إلى معطيات الشبكة (بيانات الشبكة).
1- اختار نوع المنحنى من قائمة أنواع المنحنيات على جدول البيانات (Data Browser).
2- اضغط زر الإضافة.
3- من نافذة تحرير المنحنى (Curve Editor) اكتب أو عدل بيانات المنحنى المطلوب.

- إضافة نموذج زمني (Time Pattern):

1- اختار نوع النموذج من قائمة أنواع النماذج الزمنية (Data Browser).
2- اضغط زر الإضافة.
3- اكتب أو عدل في بيانات النموذج الزمني في الجدول.

- اختيار احد مكونات الشبكة على الخارطة:

أ- لاختيار أحد مكونات الشبكة على الخارطة نتبع الآتي:
نتأكد من أن الخارطة في وضع الاختيار أي أن شكل سهم الفارة متجهاً جهة اليسار، وللحصول على ذلك:
أما بالضغط على زر الاختيار من الأزرار المرئية للخارطة (Map tool bar)، أومن قائمة التحرير (Edit) اضغط على (select object)
ب- لاختيار احد مكونات الشبكة عن طريق جدول مكونات الشبكة (Data browser).
1- اختار نوع المكون(العنصر) من قائمة مكونات الشبكة.
2- اختار المكون المطلوب من القائمة المطلوبة والتي عنوانها مكتوب أعلاها.

- تحرير (تعديل في البيانات) لمكون مرئي

لإدخال أو تعديل بيانات أحد مكونات الشبكة المرئية على الخارطة نتبع الآتي:
1- اختار المكون (العنصر) على خارطة الشبكة بحسب ما سبق ثم اضغط زر التحرير (Edit) في جدول البيانات أو ببساطة اضغط زر الفارة مرتين على العنصر المطلوب في الخارطة عندئذ سوف يظهر جدول خصائص هذا العنصر.
انظر جداول الخصائص لكل مكون في دليل البرنامج.

v تحليل شبكة المياه

ضبط خيارات التحليل (Setting Analysis Options)
1- من Data Browser اختار Options ومنها تظهر قائمة من الاختيارات.
2- في هذه القائمة يمكن اختيار الهيدروليك (Hydraulics) الجودة (Quality) التفاعلات(Reactions) الأوقات (Times) أو الطاقة (Energy).
3- اضغط Edit أو اضغط مفتاح Enter.
5- اكتب أو عدل في البيانات المطلوبة.

(1) خيار الهيدروليك (Hydraulics)

في هذا الموضع يمكن اختيار نوع وحدات القياس وكذلك معادلة الاحتكاك المفضلة من الثلاث المعادلات المذكورة آنفاً ويمكن أيضاً إدخال الوزن النوعي للسائل ولزوجته النسبية وكذلك تحديد درجة دقة التحليل (Accuracy) والإشارة إلى نموذج الطلب اليومي من المياه المراد استخدامه في التحليل.

(2) الجودة (Water quality)

في هذا الجدول يمكن تحديد نوع المادة الكيميائية المستخدمة في تحليل جودة المياه وكذلك الوحدات المستخدمة في قياسها.

(3) خيار التفاعلات (Reaction option)

في هذا الجدول يمكن وضع رتبة التفاعل مع المياه (Bulk Reaction Order) ورتبة التفاعل مع جدران الأنابيب (Wall Reaction Order) وكذلك معامل التفاعل الكلي مع المياه (Global Bulk coefficient) ومعامل التفاعل الكلي مع جدران الأنابيب (Global Wall coefficient).

بالنسبة للكلور وبإهمال معامل التفاعل الكلي مع جدران الأنابيب (Global Wall coefficient) نجد أن قيمة رتبة التفاعل مع المياه (Bulk Reaction Order =1) أما لتحديد قيمة Global Bulk coefficient نتبع الأتي:

- توضع عينة من الماء في عدة قوارير زجاجية من النوع التي لا تتفاعل مادتها مع الماء.
- يحلل محتويات القوارير في أوقات مختلفة.
- ليكن التركيز ألأولي للمواد الموجودة في الماء عند زمن t=0 هو C_0 والتركيز بعد زمن t هو C_t.
- برسم C_t/C_0 مع t على ورقة لوغاريتم طبيعي نحصل على خط مستقيم.
- ميل هذا الخط المستقيم هو قيمة معا مل التفاعل الكلي مع المياه (Global Bulk coefficient).

(لمزيد من التفصيل عن أنواع المعادلات المستخدمة ورتبها ارجع لدليل البرنامج).

(4) خيارات التوقيت (Time options)

في هذا الجدول يمكن تحديد الآتي:

1-Total duration or total time of simulation in hours فترة إجراء المحاكاة من 0 .....72ساعة

2-Time step الخطوة الزمنية لإجراء الحسابات الهيدروليكية، عادة تؤخذ ساعة واحدة.

3-quality time step حسابات الجودة، عادة تؤخذ كل خمس دقائق.

4-pattern time step مع كل النماذج الزمنية، عادة تؤخذ ساعة واحدة.

5-pattern start time زمن بدء عملية الحسابات فمثلاً الساعة (2) أي أن تبدأ الحسابات في كل النماذج الزمنية ابتداء من الساعة الثانية من التشغيل (simulation).

6-Reporting start time الوقت الذي يبدأ البرنامج بكتابة تقارير التحليل الحسابي

(5) Energy option خيارات الطاقة

في هذا الجدول يمكن كتابة قيمة كفاءة المضخة وسعر الوحدة من الطاقة.

v رؤية نتائج التحليل

بالإمكان رؤية نتائج التحليل إما على الخارطة مباشرة أو في جداول أو على شكل منحنيات لأي عنصر في الشبكة.

§ رؤية النتائج بواسطة الأشكال (Graphs): يمكن رؤية نتائج التحليل بواسطة عدة أنواع من الأشكال:

نـــوع المنحنى	الوصـــف	يطبـــق على
Time Series Plot	يرسم القيم مع الزمن	نقاط أو وصلات محددة خلال كل فترة المحاكاة
Profile Plot	يرسم القيمة مع المسافة	قائمة من النقاط في فترة زمنية محددة
Countor Plot	يوضح على الشبكة قيم تقع ضمن فترات زمنية محدودة	لكل النقاط في وقت محدد
Frequency Plot	يرسم القيم لبعض العناصر التي تساوي أو تكون أقل من قيمة محددة سلفاً	لكل النقاط والأنابيب في وقت محدد
System Flow	يرسم الناتج الكلي من المياه وكذلك المستهلك منها مع الزمن	متطلب المياه لكل النقاط خلال فترة المحاكاة

§ رؤية النتائج بواسطة الجداول (Tables): يمكن رؤية نتائج التحليل بواسطة نوعين من الجداول:

1. Network Table يظهر خصائص وكذلك نتائج كل نقاط الشبكة Nodes أو الوصلات Links.
2. A time Series Table يظهر خصائص وكذلك نتائج نقطة Node أو وصلة Links محددة خلال كل أوقات المحاكاة.

اختيارا ت إظهار النتائج:

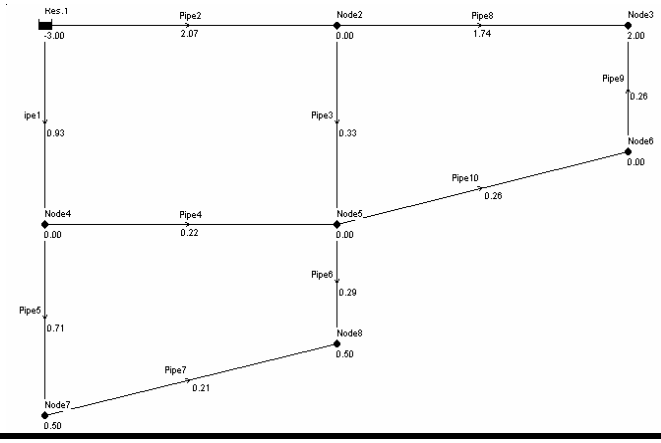
1. Graph : اضغط على زر Graph من Map toolbar ثم أملى اختياراتك في نافذة الشكل واضغط O.K.

2. Table: اضغط على زر Table من Map toolbar ثم أملى اختياراتك في نافذة الشكل واضغط O.K.

(لمزيد من التفاصيل راجع دليل البرنامج)

حل مثال رقم 1 باستخدام Epanet:

تم إدخال بيانات مثال رقم 1 في برنامج Epanet وبحسب الخطوات المذكورة آنفا وذلك لمعرفة مدى مطابقة نتائج الحل باستخدام برنامج Epanet مع نتائج الحل بطريقة Hardy cross. من الشكل والجدولين المبينة أدناه نلاحظ أن التصرفات في الأنابيب متطابقة مع نتائج Hardy cross وهذا يدل على دقة هذا البرنامج في الحل.



Network Table - Links at 1:00 Hrs

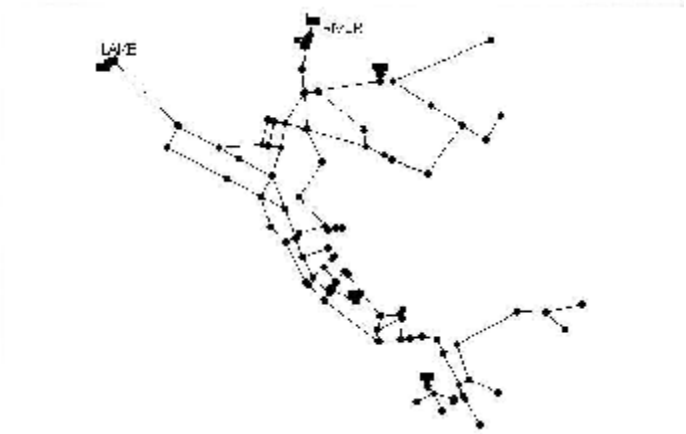
Link ID	Length ft	Diameter in	Roughness	Flow CFS	Velocity fps	Unit Headloss ft/Kft
Pipe1	3000	10	100	0.93	1.71	1.99
Pipe2	6000	16	100	2.07	1.48	0.88
Pipe3	3000	6	100	0.33	1.7	3.57
Pipe4	6000	6	100	0.22	1.13	1.67
Pipe5	2500	8	100	0.71	2.04	3.58
Pipe6	2000	8	100	0.29	0.83	0.68
Pipe7	6500	8	100	0.21	0.6	0.38
Pipe8	6000	12	100	1.74	2.21	2.59
Pipe9	2000	8	100	0.26	0.76	0.57
Pipe10	6500	8	100	0.26	0.76	0.57

Network Table - Nodes at 1:00 Hrs

Node ID	Elevation ft	Demand CFS	Head ft
Node2	0	0	19.69
Node3	0	2	4.13
Node4	0	0	19.02
Node5	0	0	9
Node6	0	0	5.27
Node7	0	0.5	10.08
Node8	0	0.5	7.64
Res.1	25	-3	25

شكل 41: نتائج حل مثال رقم 1 باستخدام Epanet.

نود الإحاطة أيضاً أن طريقة Hardy cross عادة ما تستخدم في تحليل شبكات المياه البسيطة أما في الشبكات المعقدة والتي تحتوي على مكونات كثيرة مثل المضخات والصمامات والخزانات يصبح الحل أكثر تعقيدا وصعوبة. لهذا فان برنامج Epanet صمم بحيث يستطيع التعامل مع شبكات أكثر تعقيدا كمثل الشبكة في الشكل المبين أدناه والتعامل مع مكوناتها بكل سلاسة ويسر.

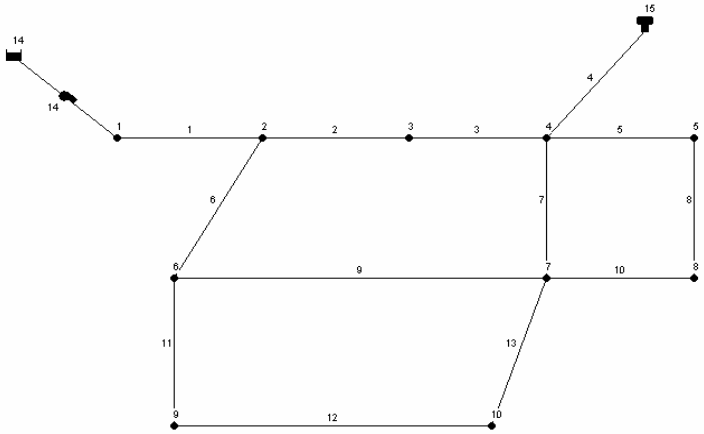


شكل 42: نموذج عن الشبكات المعقدة والتي يمكن حلها بواسطة Epanet

ولكن للتبسيط سوف نقوم بتطبيق Epanet على مثال بسيط ولكنه يحتوي على مضخة وخزان ومصدر من أجل التعرف على كيفية إدخال البيانات الأساسية وكذلك بيانات التحكم.

مثال 2:

في الشبكة التالية المطلوب إيجاد التصرفات والسرعات في الأنابيب وكذلك إيجاد الضغوط في النقاط. ألأرقام على الشبكة تشير إلى أسماء ألأنابيب والنقاط.



شكل 43: مثال رقم 2 يوضح شبكة مياه متصلة بمصدر مياه (Reservoir14) وكذلك متصلة بخزان عالي (Tank 15).

بيانات الإدخال(Input Data):

Network Table - Nodes

	Elevation	Base Demand
Node ID	ft	GPM
Junc 1	805	0
Junc 2	800	150
Junc 3	775	150
Junc 4	760	165
Junc 5	790	115
Junc 6	800	145
Junc 7	807	160
Junc 8	810	155
Junc 9	825	120
Junc 10	815	110
Resvr 14	900	#N/A
Tank 15	960	#N/A

Network Table - Links

Length	**Diameter**	**Roughness**	**Bulk Coeff.**	**Link ID ft in**
Pipe 1	11000	18	120	-1
Pipe 2	4000	16	120	-1
Pipe 3	3000	14	120	-1
Pipe 4	300	18	120	-1
Pipe 5	6000	10	120	-1
Pipe 6	7000	10	120	-1
Pipe 7	5500	12	120	-1
Pipe 8	5000	10	120	-1
Pipe 9	7700	8	120	-1
Pipe 10	6000	8	120	-1
Pipe 11	5700	8	120	-1
Pipe 12	7100	8	120	-1
Pipe 13	7200	6	120	-1
Pump 14	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A

Tanks

ID	Elevation	Initial level	Minimum level	Maximum level	Diameter	Initial quality
15	960	125	100	155	52	0.5

Reservoir

ID	Total head	Initial quality
14	900	1

Pumps

ID	Start node	End node	pump curve	Initial status
14	14	1	14	open

Curves

Head	Flow	ID
14	1600	275

Control
Simple control
LINK 14 OPEN IF NODE 15 BELOW 115
LINK 14 CLOSED IF NODE 15 ABOVE 140

Patterns

Pattern1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Period	1	1.2	1.4	1.6	1.4	1.2	1	0.8	0.6	0.4	0.6	0.8

Hydraulic options

Property	Value
Flow units	GPM
Headloss formula	H-W
Specific gravity	1
Relative viscosity	1
Maximum trials	40
Accuracy	0.001
If unbalanced	Continue
Default pattern	1
Demand multiplier	1.0
Emitter exponent	0.5
Status report	Yes

Times option

Property	Value
Total duration	24
Hydraulic time step	1:00
Quality time step	0:05
Pattern time step	2
Pattern start time	0:00
Reporting time step	6
Report start time	0:00
Clock start time	12 am
Statistics	None

Quality Option

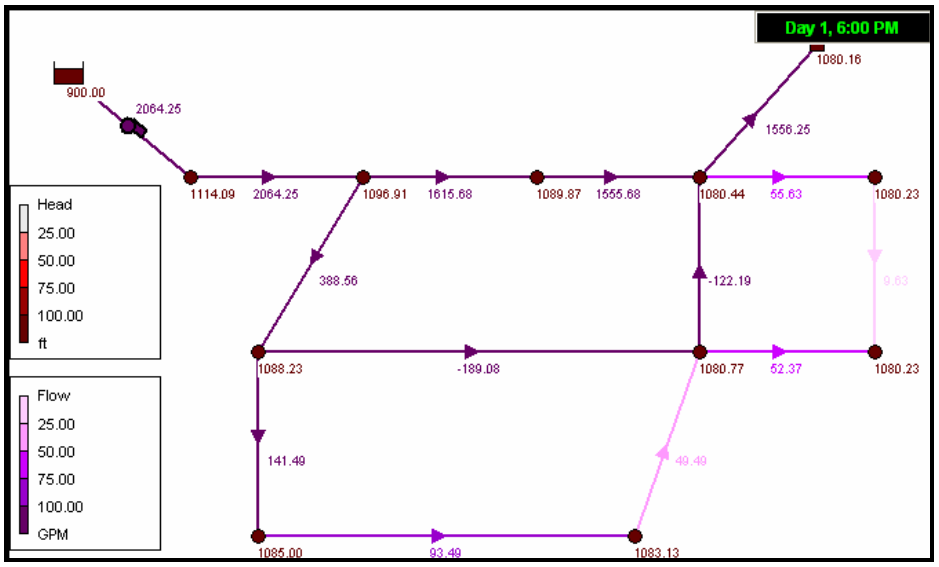
Property	Value
Parameter	Chlorine
Mass unit	mg/L
Relative diffusity	1
Trace node	
Quality tolerance	0.01

Reaction Option

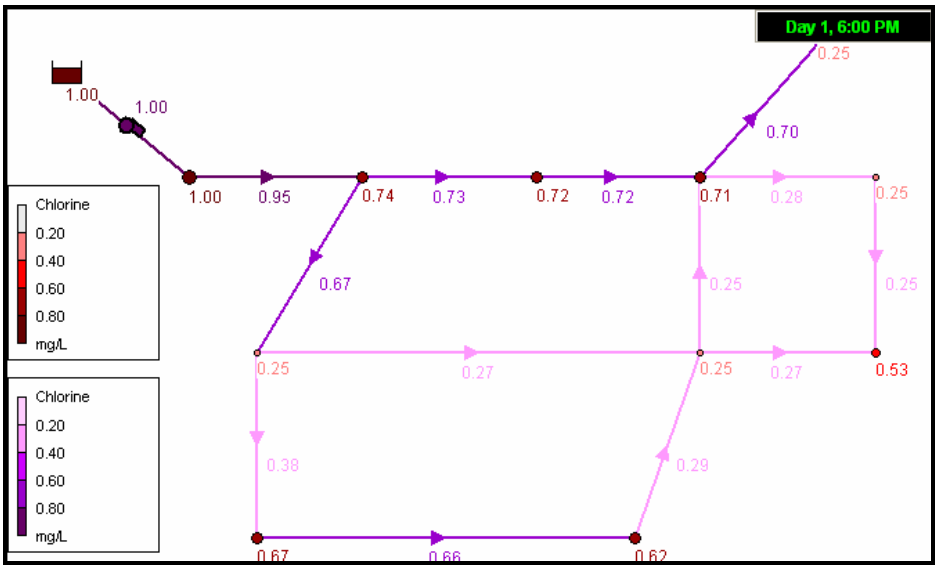
Property	Value
Bulk Reaction Order	1
Wall Reaction Order	Zero
Global Bulk Coeff.	-1
Global Wall Coeff.	0
Limiting Concentration	0
Wall Coeff. Correlation	0

نتائج التحليل(Output Data) :

نتائج تحليل مثال رقم 2 موضحة أدناه ،حيث تم الحصول على البيانات الناتجة أما على الشبكة نفسها كما في شكل 44 و 45 أو كما هو مبين في الجداول المرفقة.



شكل 44:نتائج حل مثال رقم 2 مبينا التصرفات في ألأنابيب والآرتفاع الهيدروليكي عند النقاط بعد مرور 18 ساعة من بداية المحاكاة.



شكل 45: نتائج حل مثال رقم 2 مبينا متبقي الكلور في النقاط والأنابيب بعد مرور 18 ساعة من بداية المحاكاة.

Network Table - Nodes at 18:00 Hrs

Demand GPM	Head ft	Pressure psi	Chlorine mg/L	Initial Quality mg/L	Elevation Node ID	ft	Base Demand GPM
0.00	1114.09	133.93	1.00	0	Junc 1	805	0
60.00	1096.91	128.65	0.74	0	Junc 2	800	150
60.00	1089.87	136.43	0.72	0	Junc 3	775	150
66.00	1080.44	138.85	0.71	0	Junc 4	760	165
46.00	1080.23	125.76	0.25	0	Junc 5	790	115
58.00	1088.23	124.89	0.25	0	Junc 6	800	145
64.00	1080.77	118.62	0.25	0	Junc 7	807	160
62.00	1080.23	117.09	0.53	0	Junc 8	810	155
48.00	1085.00	112.66	0.67	0	Junc 9	825	120
44.00	1083.13	116.18	0.62	0	Junc 10	815	110
-2064.25	900.00	0.00	1.00	1	Resvr 14	900	#N/A
1556.25	1080.16	52.07	0.25	0.5	Tank 15	960	#N/A

Network Table - Links at 18:00 Hrs

Chlorine fps	Flow	Velocity ft/Kft	Unit Head loss mg/L	GPM	Link ID	Length ft	Diameter in	Roughness
0.95	2064.25	2.60	1.56	120	Pipe 1	11000	18	
0.73	1615.68	2.58	1.76	120	Pipe 2	4000	16	
0.72	1555.68	3.24	3.15	120	Pipe 3	3000	14	
0.70	1556.25	1.96	0.93	120	Pipe 4	300	18	
0.28	55.63	0.23	0.03	120	Pipe 5	6000	10	
0.67	388.56	1.59	1.24	120	Pipe 6	7000	10	
0.25	-122.19	0.35	0.06	120	Pipe 7	5500	12	
0.25	9.63	0.04	0.00	120	Pipe 8	5000	10	
0.27	-189.08	1.21	0.97	120	Pipe 9	7700	8	
0.27	52.37	0.33	0.09	120	Pipe 10	6000	8	
0.38	141.49	0.90	0.57	120	Pipe 11	5700	8	
0.66	93.49	0.60	0.26	120	Pipe 12	7100	8	
0.29	49.49	0.56	0.33	120	Pipe 13	7200	6	
1.00	2064.25	0.00	-214.09	#N/A	Pump 14	#N/A	#N/A	

11- رسم التصميمات :

كل تصميم لمشروع مياه شرب في الريف اليمني يجب أن يحتوي على أعمال حسابية وأيضاً يجب أن يحتوي على رسومات، وهذه الرسومات تتكون من :

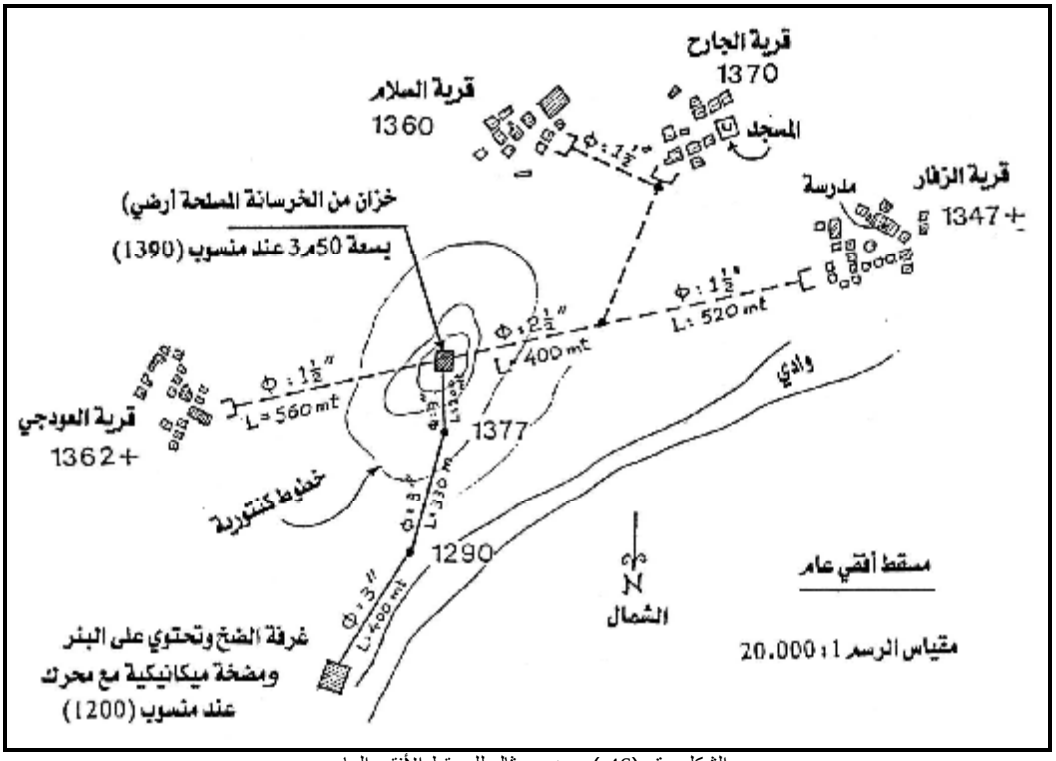
أ- مسقط أفقي عام (Lay out plan).

ب-مقطع طولي لخط الضخ وكذلك لخطوط الإسالة (Longitudinal profiles of pumping mains and distribution lines)

1-11 المسقط الأفقي العام (الشكل رقم (46)) :

يجب أن يكون المسقط الأفقي العام واضح على قدر الإمكان، وذلك لتفادي أي فهم خاطئ عند عملية التنفيذ لنظام مشروع إمداد مياه شرب لمنطقة ريفية، ويجب أن يحتوي هذا المسقط على:

- المسقط الأفقي نفسه وفيه خطوط الضخ وخطوط الإسالة.
- أطوال المواسير وأقطارها يجب أن تكون معينة.
- كل المواقع (من خلال عملية المسح) يجب أن تكون معينة بوضع أرقام لنقاط المسح وكذلك المناسيب لكل نقطة.
- كل الأعمال المدنية والخاصة يجب أن تكون موضحة في المسقط الأفقي، أي أن:
  - نوع المصدر (المصادر).
  - الخزانات، وخزانات المحطات الأفقية.
  - المضخة – والمحطات الأفقية ومحابس تخفيف الضغط.
  - خزانات تخفيف الضغط،
  - المناهل العامة وعدد الحنفيات في كل منهما.
  - المحابس العادية (بعد الخزانات وغرفة الضخ و خزانات تخفيف الضغط وبعد كل نقطة توزيع وفرع.
  - محابس عدم الرجوع (بعد كل مضخة).
  - محابس تفريغ الهواء – ومحابس الدخول (في نظام النقط العالية).
  - محابس الغسيل (في نظام النقطة السفلى (الواطية).
- لإعطاء فكرة واضحة ومناسبة عن طبيعة المنطقة ومن أجل هذا فلابد من توضيح التالي:
  - اتجاه الشمال .
  - مقياس الرسم .
  - خطوط الكنتور للمنطقة المستهدفة والتي تحوي المشروع.
  - المعالم الرئيسية مثل: القرى، والمدارس، والمساجد، والمستشفيات و....الخ.
  - الطرقات والممرات العادية.
  - الوديان و...الخ.



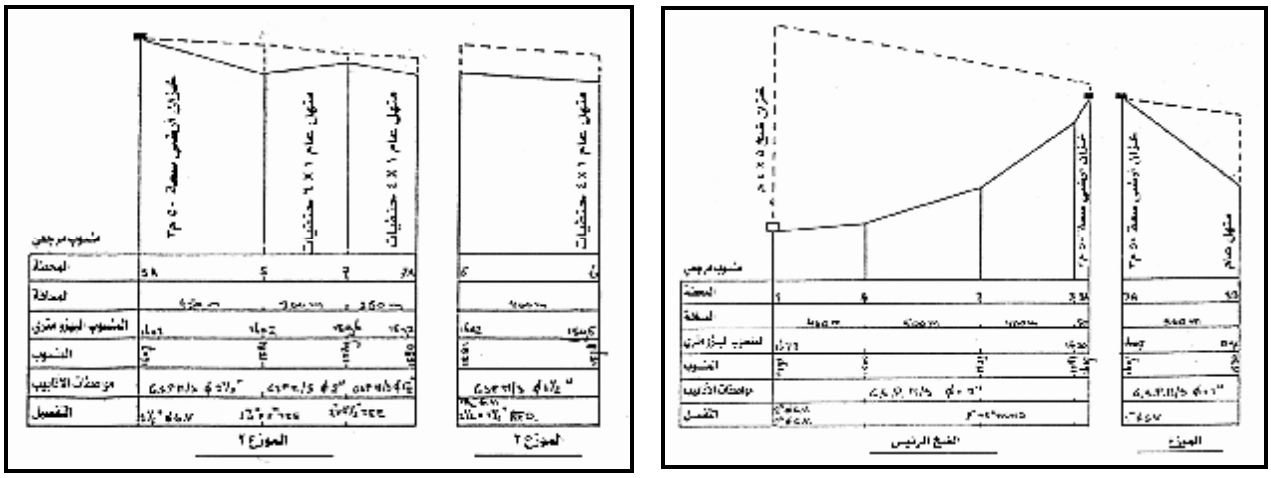
الشكل رقم (46) يوضح مثال للمسقط الأفقي العام

2-11 مقاطع طولية على امتداد الخطوط:

كما في الشكل رقم (47) المقطع الطولي لخط الضخ وخطوط الإسالة يجب أن تحتوي على التالي :

- الأعمال المدنية مثل الخزانات، غرف المضخات، خزانات تخفيف الضغط، والمناهل العامة (عدد الحنفيات لكل منهل).
- عمل استدلال (نقاط/ خطوط مرجعية) للمناسيب يتم البدء منه (مستوى المقارنة) [Datum elevation].
- ترقيم نقاط المسح (من المسح الفني من الواقع).
- المنسوب البيزوميتري.
- المسافة / طول الماسورة.
- مواصفات الماسورة (القطر والنوع).
- القطع الخاصة بالمواسير،

مقياس الرسم الرأسي والأفقي.



الشكل رقم (47) ويوضح مقاطع طولية على امتداد الخطوط

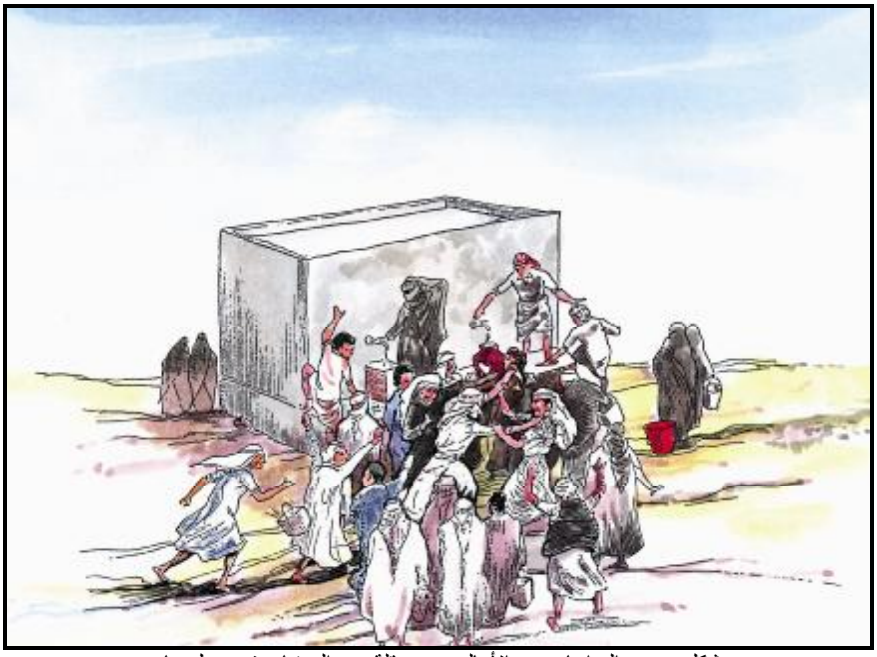
12- بنود التصميم والحسابات:

12-1 نقاط عامة:

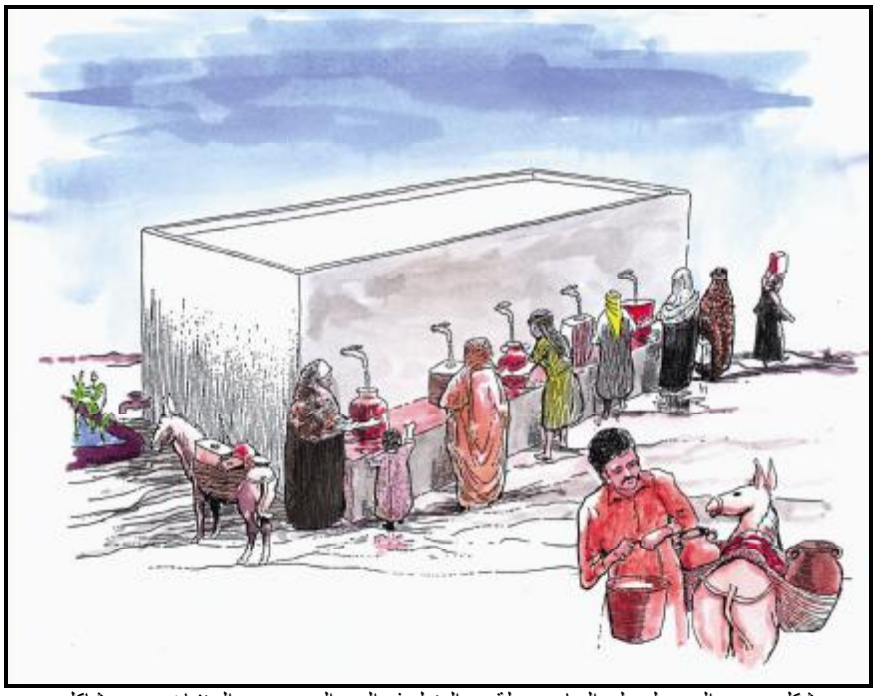
إن نقص العناصر والمعلومات التي يبني عليها المهندس تصميماته هي واحدة من المشاكل الأكثر صعوبة تواجه المهندس في عملية التخطيط لمشروع مياه صغير لتجمع محلي في منطقة ريفية.و مثل هذه المشاكل قد تمت دراستها بالكامل ووضعت في كتب منهجيه ليتم التعامل معها عند عمل التصميمات لمشاريع إمدادات المياه.

وعلى كل حال فإن بعض العناصر المعينة لعملية التصميم هي مسألة تخص القرار المحلي، تعتمد على طبوغرافية المنطقة، الاقتصاد المحلي، العادات وعدة عوامل أخرى.

الخبرات من مشاريع مياه الريف في اليمن قد تم تحليلها وتلخيصها في هذه الفقرة لكي تخدم كدليل للمهندسين في مشاريع المياه بالريف، إنها تحقق بأن هناك اختلاف واسع في التطبيق العملي والممارسة في مجال إمداد المياه، وأن كل مصمم لا يجب أن يطبق العناصر الواردة هنا بطريقة عشوائية، وبدلاً عن ذلك فلابد أن يكون قادراً على عمل التحليلات للحالات الحرجة في المنطقة التي هي موضع الدراسة. وعليه أن يكون الخيارات متى كان ذلك ضرورياً، وعليه أن يحيط مدير المشروع بهذا ومن ثم الدخول في المناقشة معه، وعند المناقشة لعناصر التصميم فإن هذا الكتاب الإرشادي يشير وعلى نحو منتظم إلى التصميمات المستخدمة في مشاريع المياه الريفية (أنظر الملحق (4)) والذي يوضح عملية الحسابات اللازم عملها من أجل تصميم معين.



شكل يوضح النزاعات بين الأهالي بسبب قلة عدد الحنفيات في منهل عام



شكل يوضح الحصول على المياه بسهولة من المنهل ذو العدد الصحيح من الحنفيات بدون مشاكل

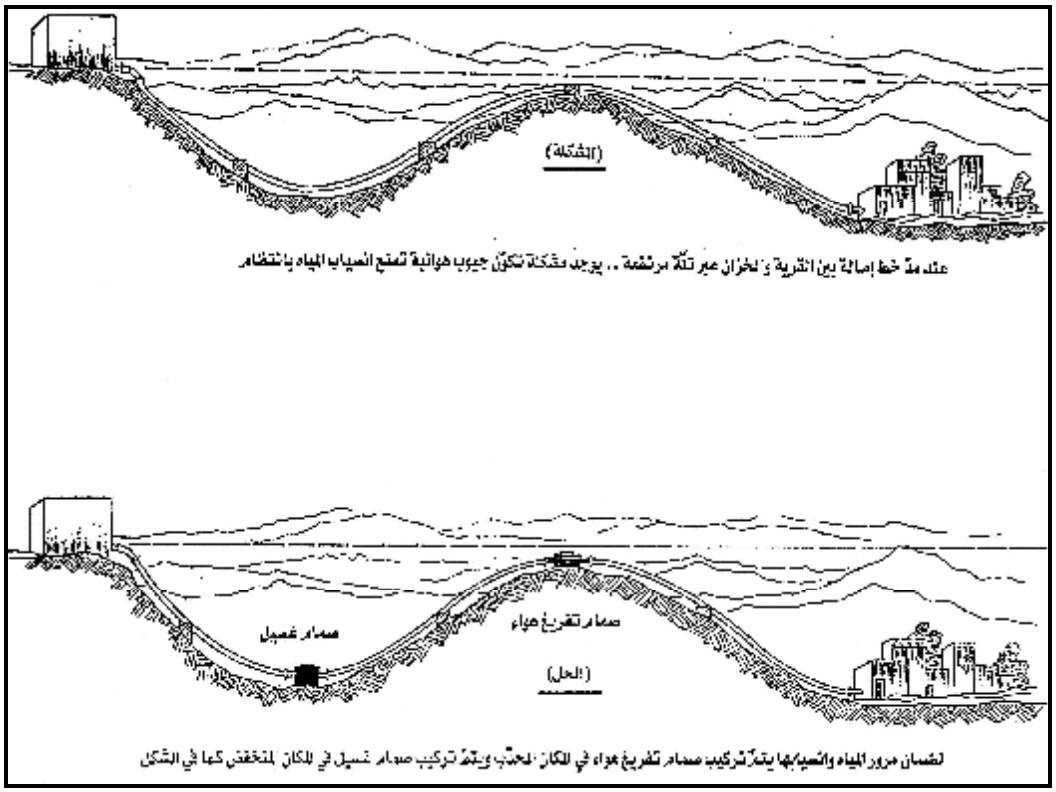
13-الأخطاء الشائعة في مكونات شبكات ضخ و توزيع المياه وتوابعها وكيفية تلافيها

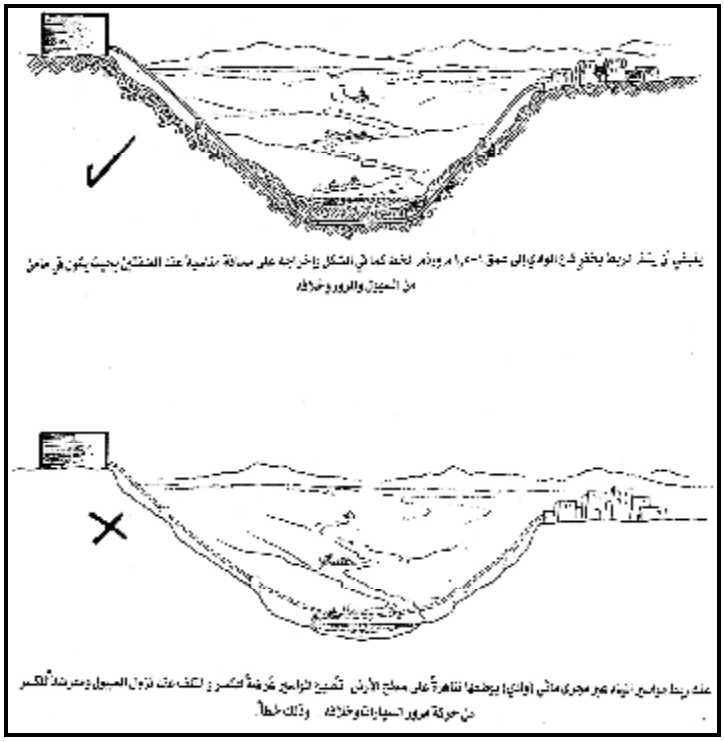
الخطـــــــاء	كيفيــة تــلافي الخطـــاء
عدم اختيار مادة المواسير المناسبة للمكان والطبيعة المناخية والطبوغرافية ، مثل تركيب خطوط طويلة من مواسير الحديد المجلفن في منطقة ذات رطوبة وملوحة عالية وفوارق المنسوب لا تساعد على إيصال المياه بسهولة إلى المناطق المقصودة بفعل ارتفاع الفواقد بالاحتكاك في مثل هذه النوعية من المواسير كما حدث في مشروع مياه الصليف (الحديدة) القديم والذي انتهت جميع مكوناته تقريباً وتآكلت نتيجة الاختيار السيئ لنوعية المواسير وتوابعها.	اختيار نوعية المواسير المناسبة مع التوابع المناسبة لحالة وطبيعة المشروع المناخية والطبوغرافية، وعدم تكرار أخطاء الماضي، وضرورة عمل فحص لعينة قبل عمل المشروع.
إغفال ظاهرة التمدد والانكماش عند وضع خطوط المواسير الطويلة وبالذات الحديدية في مناطق المشاريع، مما يؤدي إلى عدم استقرار الخطوط في أماكنها وانفصالها عن بعضها وخروج المياه إلى الشوارع وتحطم فهات المواسير نتيجة تصادمها مع بعضها وتحطم المحابس والقطع الخاصة داخل غرف التفتيش وتوقف المشروع.	عمل الحلول الفنية لمثل هذه الظواهر عند التصميم والتنفيذ في الواقع (عمل ما يسمى بالكوبري المتحرك عند نقط اختيارية)، بالإضافة إلى أعمال الدعم بالكتل الخرسانية ومراعاة حركة المواسير في تصميم غرف التفتيش بترك مجال للحركة داخل وخارج الغرف.
إغفال عمل خزانات تخفيف الضغط لخطوط الإسالة من مناسيب عالية جداً مما يولد ضغوطاً كبيرة عند المواسير عند المناطق السفلى من الخطوط وتحطمها مع حنفيات المياه والعدادات(الغير مقاومة للضغوط العالية) وتوقيف المشروع	عمل خزانات تخفيف الضغط عند فارق منسوب كل 100م تقريباً.
عدم الانتباه إلى ضرورة أن تكون الضغوط في نهايات الشبكة مناسبة للوصول إلى منسوب أسقف البيوت.	يجب مراعاة ذلك حتى تصل المياه بكمية وضغط مناسبين إلى النهايات في الشبكة وعادة تصمم أن تكون 8م على الأقل مالم فلا يعتبر المشروع كاملاً.
إغفال عمل صمام تفريغ الهواء فوق المناطق المحدبة من الخطوط وصمام غسيل أسفل المناطق المقعرة	لابد من تركيب هذه الصمامات لضمان عدم تكون جيوب هوائية تمنع تدفق المياه في المواسير
عدم الحفر الكافي للمواسير عند مرورها عبر الأودية ،وعدم تثبيتها جيداً عند بداية المنحدر إلى الوادي وعند خروجها منه.	العمل على تثبيت المواسير والحفر لها بطريقة كافية لحمايتها من السيول.
تنفيذ خطوط الإسالة عبر الأودية بالرغم من إمكانية تفادي ذلك.	تنفيذ خيارات أخرى.
عدم تركيب صمام عدم الرجوع وعمل مواسير بشكل حرف الـ U المقلوب والتي لا تحقق الغرض من الصمام.	تركيب الصمام هام وذلك: - لإبقاء الخط مليء بالمياه ويعمل ذلك على تدفق المياه عند بدء التشغيل. - للتخفيف من أثر المطرقة المائية على المضخة.
تصميم خط الضخ بقطر أصغر من المطلوب	يجب أن يكون القطر كبيراً حتى نتفادى فواقد الاحتكاك الكبيرة وعليه تتمكن المضخة من دفع المياه في الخط بسهولة وبالتالي يزيد عمر المضخة.

الخطـــــــاء	كيفيـــة تـــلافي الخطـــاء
عدم تنفيذ خط الضخ بشكل شبه مستقيم وعمل أكواع وركب على امتداد الخط.	يجب مراعاة عمل خط الضخ في مشكل مستقيم والحد من عدد الانحرافات و الأكواع إلا عند الضرورة القصوى ويكون ذلك باستخدام عطافات خاصة، وذلك لتقليل الضغط الخلفي على المضخة (تقليل الاحتكاك)
عدم تدعيم خطوط الضخ أو الإسالة بدعامات خراسانية في مناطق حرجة في الجبال والمنحدرات وخلافه	يجب أن تعم الخطوط حفاظاً عليها من الانهيار عند تحمل المواسير بالمياه، وكذلك لإعطاء الخطوط قوة في مقاومة السيول والحركة وغيرها من المؤثرات الأخرى.
عدم الاهتمام برسم مقطع طولي لمسار خطوط الضخ والإسالة	ضرورة الاهتمام برسم مقطع طولي لمسار خطوط الضخ والإسالة
عدم الاهتمام بنوعية المياه التي ستمر من المواسير ومدى تأثيرها على هذه المواسير	ضرورة فحص المياه كيميائيا وبكتيرياً وتحديد مدى تأثير المواد الذائبة والمعلقة على مادة المواسير.
عدم الأخذ في الاعتبار نوعية التربة والظروف المناخية لمنطقة تمديد المواسير	ضرورة الأخذ في الاعتبار نوعية التربة والظروف المناخية لمنطقة تمديد المواسير، وذلك بعمل الفحوصات اللازمة للتربة والإحاطة بالتأثيرات المناخية على هذه المواسير.
عدم تركيب عوامات في الخزانات داخل البيوت وبالتالي بعثرة المياه وتلوث بيئة المنزل وحوله.	ضرورة تركيب عوامات في الخزانات داخل البيوت وبالتالي سيتم المحافظة على المياه ومنع تلوث بيئة المنزل وحوله.
عدم الاهتمام بالنهايات الصحية والسليمة لشبكات التوزيع داخل البيوت، أو السماح للأهالي باستخدام اللي لتعبئة الدبات وأوعية المياه بالطريقة التقليدية الغير صحية.	ضرورة الاهتمام بالنهايات الصحية والسليمة لشبكات التوزيع داخل البيوت، وتوعية الأهالي بعدم استعمال اللي لتعبئة الدبات وأوعية المياه بالطريقة التقليدية الغير صحية.
عدم اختيار الفنيين المنفذين و المشرفين المؤهلين لهذه الأعمال.	اختيار الفنيين المنفذين والمشرفين المؤهلين لهذه الأعمال.
الحصول على المياه من خلف العداد المنزلي (سرقة المياه)، وذلك بسبب تركيب العداد داخل البيوت.	ضرورة تركيب العداد خارج المنزل وعلى ارتفاع لا تصل إليه أيدي الأطفال، ويتم حمايته بصندوق حديدي بحيث يتمكن القاري من قراءة العداد بداخل هذا الصندوق.
عدم توفر المعلومات الكافية حول المياه والفاقد على امتداد الشبكة.	ضرورة تركيب عدادات رئيسية وفرعية في الشبكة (عند النقاط الضرورية) بحيث يسهل عمل التقييم والمراقبة للفاقد.
عدم توخي الحذر في تركيب العدادات بشكل أفقي (مستقيم)	توخي الحذر في تركيب العدادات بشكل أفقي (مستقيم)
عدم تركيب العدادات بحسب المعايير المحددة (5D)	يجب تركيب العدادات بحسب المعايير المحددة (5D)
عدم وجود غرف تفتيش لبعض العدادات والمحابس	ضرورة تنفيذ غرف تفتيش لجميع العدادات والمحابس
عدم وجود عدادات رئيسية عند الخزانات والمضخات	ضرورة تركيب عدادات رئيسية عند الخزانات والمضخات

الخطـــــــاء	كيفيــة تــلافي الخطـــاء
وضع مواصفات عداد المياه بحيث يتحمل درجات حرارة أقل مما سيتعرض لها في الواقع (تهامة المناطق الصحراوية)، وكذلك الحال بالنسبة للضغوط وغيرها من المواصفات.	وضع مواصفات كاملة وسليمة
عدم ذكر درجة الحرارة العلياء والصغرى التي يجب أن يتحملها العداد، حيث أنه عند درجات التجمد تنكسر زجاجات العداد إذا لم تكن من النوع المقاوم لزيادة حجم المياه عند التجمد.	وضع مواصفات كاملة وسليمة
استخدام عدادات يصعب قراءتها	استخدام العداد السهل قراءته
سوء اختيار مواقع مناسبة للمناهل أو وضع المناهل في أماكن يصعب التصريف للمياه منها.	اختيار المواقع المناسبة والمساعدة لعمل التصريف وعدم تلويث البيئة.
وضع عدد من الحنفيات في بعض المناهل بحيث لا تكفي المستفيدين، وينتج عن ذلك مشاكل اجتماعية وخلافات بين الأهالي.	عمل الحسابات اللازمة لوضع العدد السليم من الحنفيات بحيث يغطي الحنفي الواحد 150 فرد فقط.
عدم عمل محبس في الماسورة المغذية للمناهل، مما يسبب فقد كميات من المياه عند كسر حنفي ما .	ضرورة تركيب محابس للتحكم عند كل منهل.
عدم التحري في اختيار نوعية حنفيات المناهل من النوع المقاوم	وجوب التحري في اختيار نوعية حنفيات المناهل من النوع المقاوم
الإصرار الشديد في اختيار المناهل كمبدأ عام في تنفيذ مشاريع مياه الشرب في المناطق الريفية .	أثبتت التجارب في اليمن أن أغلب المشاريع التي تعتمد على المناهل هي مشاريع لا تعمل كما خطط لها بل وعلى العكس فإنه يتم إهدار المياه منها بكميات غير معقولة وكذلك التلوث البيئي الكبير يكون متركزاً بجوار هذه المناهل مما يخلق بيئة مثالية لتوالد الحشرات الضارة ونشر مختلف الأمراض المتعلقة بالمياه، وعليه فلا يجب التفكير في المناهل إلا في حالات معينة ومحدودة مثل أن المياه في المصدر قليلة جداً أو لعدم القدرة على عمل توصيل منزلي مع العداد، ولكن مع فرض قيود وروابط صحية وتشغيلية على هذه المناهل!!
يعتبر الأهالي في أغلب المشاريع أن المناهل ملكية عامة وهذا يعني عدم الاهتمام بها أو تنظيفها أو.....الخ	عمل توعية شاملة للأهالي بحيث تشمل موضوع المناهل (في حالة أن يتضمن مشروعهم هذه المناهل).
سوء اختيار مواقع مناسبة للمناهل أو وضع المناهل في أماكن يصعب التصريف للمياه منها.	اختيار المواقع المناسبة والمساعدة لعمل التصريف وعدم تلويث البيئة.
وضع عدد من الحنفيات في بعض المناهل بحيث لا تكفي المستفيدين، وينتج عن ذلك مشاكل اجتماعية وخلافات بين الأهالي.	عمل الحسابات اللازمة لوضع العدد السليم من الحنفيات بحيث يغطي الحنفي الواحد 150 فرد فقط.
عدم عمل محبس في الماسورة المغذية للمناهل، مما يسبب فقد كميات من المياه عند كسر حنفي ما .	ضرورة تركيب محابس للتحكم عند كل منهل.

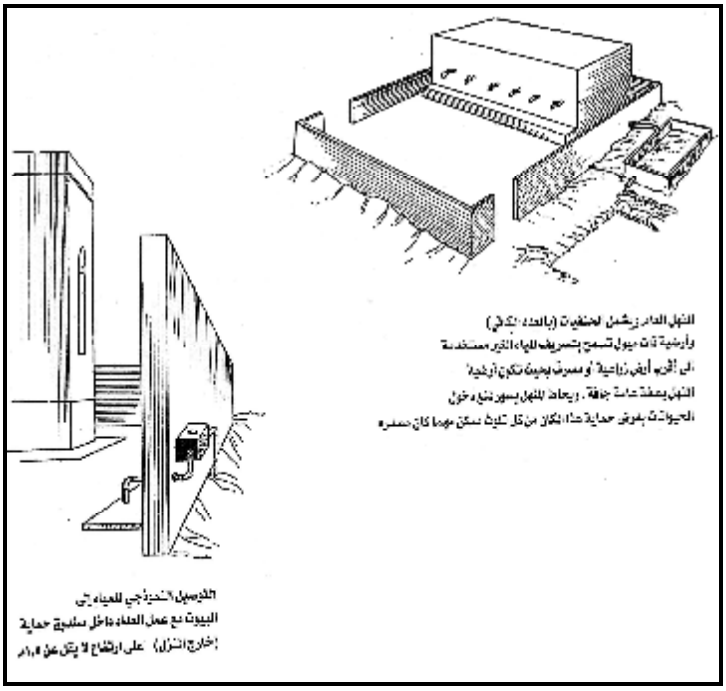
الخطـــــــاء	كيفيـــة تـــلافي الخطـــاء
عدم التحري في اختيار نوعية حنفيات المناهل من النوع المقاوم	وجوب التحري في اختيار نوعية حنفيات المناهل من النوع المقاوم
الإصرار الشديد في اختيار المناهل كمبدأ عام في تنفيذ مشاريع مياه الشرب في المناطق الريفية .	أثبتت التجارب في اليمن أن أغلب المشاريع التي تعتمد على المناهل هي مشاريع لا تعمل كما خطط لها بل وعلى العكس فإنه يتم إهدار المياه منها بكميات غير معقولة وكذلك التلوث البيئي الكبير يكون متركزاً بجوار هذه المناهل مما يخلق بيئة مثالية لتوالد الحشرات الضارة ونشر مختلف الأمراض المتعلقة بالمياه، وعليه فلا يجب التفكير في المناهل إلا في حالات معينة ومحدودة مثل أن المياه في المصدر قليلة جداً أو لعدم القدرة على عمل توصيل منزلي مع العداد، ولكن مع فرض قيود وروابط صحية وتشغيلية على هذه المناهل!





ينبغي أن يتم الربط بخط قاع الوادي إلى عمق ١,٥٠ م وذلك كما في الشكل بإخراجه على مسافة مناسبة عند الطرفين بحيث يكون في مأمن من السيول والمرور وخلافه

عند ربط حواجز المياه غير مجرى مائي (وادي) يرتفعها ظاهرة على مستوى الأرض تصبح الحواجز عرضة للكسر والكشف عند نزول السيول وعندئذ للكسر من حركة مرور السيارات وخلافه وذلك خطأ



النهل العام يشمل الحنفيات (بالعدد المطلوب) وأرضية ذات ميول تسمح بتصريف المياه الغير مستخدمة إلى أقرب أرض زراعية أو ممرات بحيث تكون أرضية النهل بصفة عامة جافة. ويحاط النهل بسور منع دخول الحيوانات بغرض حماية هذا النهل من كل تلوث ممكن مهما كان مصدره

التوصيل النموذجي للمياه إلى البيوت مع عمل العداد داخل منطقة حماية (خارج المنزل) على ارتفاع لا يقل عن ١,٥٠ م

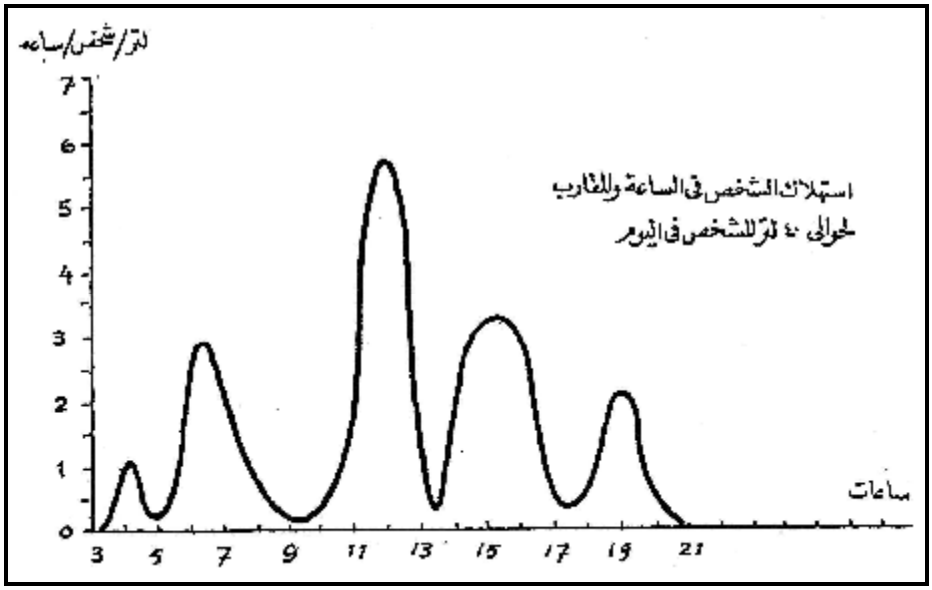
الباب الخامس

تـخـــــــــــــــزين المياه

1- تخزين المياه بصفة عامة:

في الجمهورية اليمنية، يتم تصميم وتوفير عملية تخزين المياه في نظام مياه الريف لسببين رئيسيين وهما :

1- لعمل اتزان لتموجات التدفق في نظام توزيع المياه (وكمثال أنظر الشكل رقم (48) والذي يوضح عينة الاستهلاك النمطي للمياه في اليمن).
2- للحاجة الطارئة، والحاجات العامة ومحاربة الحرائق و....الخ.



الشكل رقم (48) والذي يوضح عينة الاستهلاك النمطي للمياه في اليمن

وكمية المياه الواجب تخزينها لعمل التوازن يجب أن تحدد في حالات مستقلة عن طريق مهندس وعلى قدر كبير من العلم في الاقتصاد. و الدراسات تعتمد العلاقة بتكلفة عملية الضخ، وعملية نقل المخزون، وأكبر توقع لأقصى تدفق (ذروة)، وعدد الساعات لعمل المصدر، كلها عوامل مؤثرة. وفي نظام مشابه، في اليمن مثلاً فإن المخزون المكافئ لربع متوسط الطلب من الماء ليوم واحد، يكون أحياناً كافياً لعمل اتزان لتموجات التدفق.

إمكانيات مياه الريف توضع لمواجهة كل أنواع الأعمال المفاجئة المختلفة، ولهذا السبب لابد من وضع حصة مالية إضافية لحاجات الطوارئ والتي قد تظهر في أي وقت. ويتم أيضاً في التصميم وضع اعتبار رصد مبالغ لمواجهة الأعطال والتلف في مكونات المشروع أثناء وبعد تنفيذ المشروع .

ويتم إضافة كمية إلى المخزون المكافئ لربع متوسط الطلب اليومي لمواجهة الأغراض العامة ومحاربة الحرائق و...الخ، وعلى ذلك يوصى بأن تكون السعة التخزينية للخزانات مكافئة لنصف متوسط الاستهلاك (الطلب) اليومي في القرية التي يتم عمل الدراسة لمشروع إمداد مياه شرب فيها.
"ملاحظة هامة : لاعتبارات أخرى فقد تصل السعة التخزينية للخزانات مكافئة لثلاثة أرباع متوسط الاستهلاك (الطلب) اليومي.

2- خزانات المياه :

خزانات المياه في اليمن تشيد في أغلب الأحيان مستطيلة الشكل، ويتم إنشاؤها من الخرسانة المسلحة. وبالنسبة للخزانات الحجرية أو الخزانات الحديدية فتستخدم أحياناً. ويوجد في مياه الريف تصميمات نمطية للخزانات التالية (يتم تشييدها بالخرسانة المسلحة) :

- الخزانات الأرضية وهي بسعة : 25 ، 40، 50، 75، 100، 250 و 500 متر مكعب.
- الخزانات العالية بارتفاع 3م وبسعة : 25 ، 50 و 75متر مكعب.
- الخزانات العالية بارتفاع 9م وبسعة : 25 ، 40، 50، 60 و100 متر مكعب.
- الخزانات العالية بارتفاع 12م وبسعة : 40، 50، 60 و100 متر مكعب.
- الخزانات العالية بارتفاع 15م وبسعة : 40، 50، 60 و100 متر مكعب.

خزانات المياه يجب أن تكون نظيفة باستمرار ومعقمة بنفس الأسلوب الذي تم توضيحه في الفقرة (3 في الفصل الثالث) للمساحات المحيطة بالعيون .
وفي تصميم الخزانات لمشاريع المياه الريفية فإن التصنيفات التالية تؤخذ في الاعتبار:

أ-خزانات التوزيع (0.5 × كمية المياه المطلوبة في اليوم):

يجب أن تتضمن الدراسة موقع الخزان ومحاولة أن يكون هذا الموقع قريباً من منطقة توزيع المياه قدر الإمكان. ويجب أن يكون هذا الموقع في منسوب مرتفع عن المنطقة التي سيتم توزيع المياه إليها. ويفضل أن يكون منسوب موقع الخزان ما بين 20 و100 متر أعلى من منطقة التوزيع.
وفي المناطق المنبسطة حيث لا يوجد تل أو مكان مرتفع مناسب لبناء خزان أرضي عليه ففي هذه الحالة لابد من تنفيذ واستخدام خزان عالي .

ب- خزانات محطة الضخ الأفقية :

إنه من الممكن أن تتحدد السعة التصميمية بالطلب لمدة ساعتين من تصميم الإنتاجية للمضخة زائد نصف متوسط الاستهلاك (الطلب) اليومي لعدد السكان الذين يتم ضخ المياه إليهم من خزان وحدة الضخ الأفقية (إذا كان ذلك ملائماً). وعلى كل حال فإن السعة التصميمية الصغرى للخزان بجوار وحدة الضخ الأفقية هي 25 متراً مكعباً في مشاريع مياه الريف.

مؤشر منسوب المياه (مقياس) أو وسيلة إغلاق المضخة الأوتوماتيكي يجب أن يتوفر لجميع خزانات الضخ الأفقية وذلك لمنع حدوث أعطال في المضخة (المضخات) نتيجة فراغ الخزان.

3 السعة التخزينية :

في الجمهورية اليمنية، يتم تصميم وتوفير عملية تخزين المياه في نظام مياه الريف لسببين رئيسيين :

- لعمل اتزان لتموجات التدفق في نظام توزيع المياه (وكمثال أنظر الشكل رقم (48) والذي يوضح عينة الاستهلاك النمطي للمياه في اليمن).
- للحاجة الطارئة، والحاجات العامة ومكافحة الحرائق و....الخ.

و لتحديد سعة الخزانات، يمكن إتباع العناصر التالية:

أ – خزانات التوزيع :

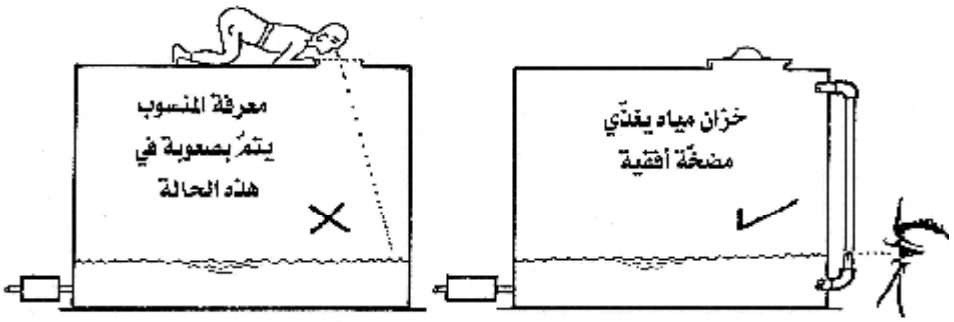
- 50 % من المطلوب اليومي لعدد السكان التصميمي ومخدوم ببئر عميق أو بئر يدوي.
- 100 % من المطلوب اليومي لوادي أو مأخذ عين.

ب- خزانات المضخات الأفقية

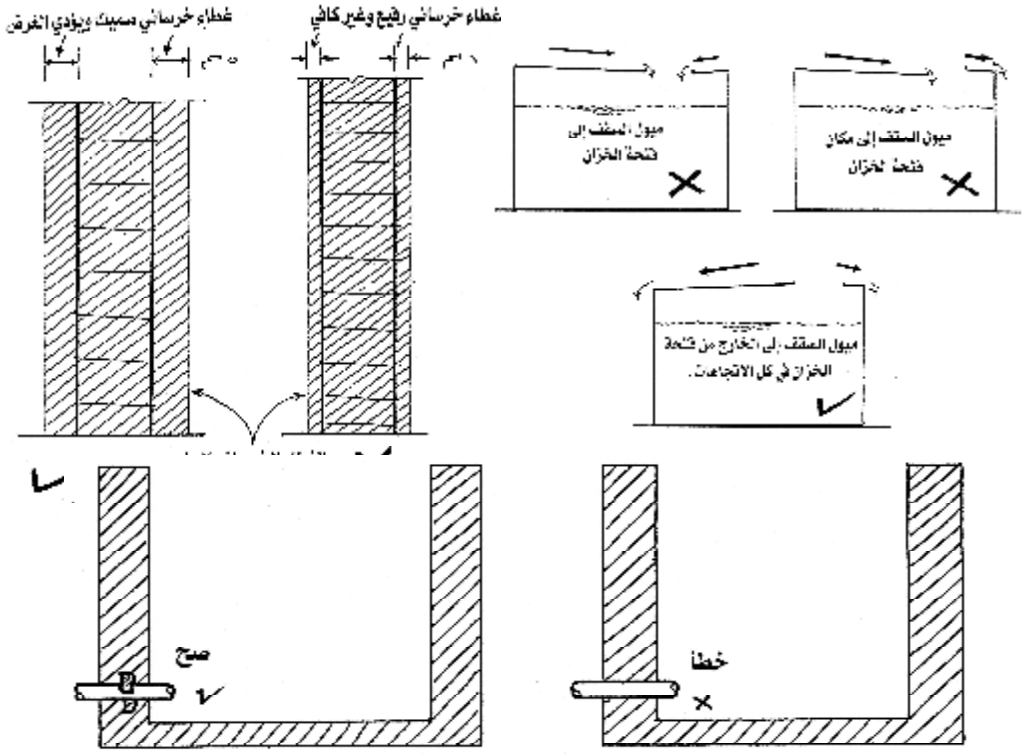
- 50 % من المطلوب اليومي لعدد السكان التصميمي (إذا كان ذلك ملائماً) زائد كمية الضخ لـ2 ساعة بإنتاجية المضخة المصممة.

ج – التصاميم النمطية المتاحة:

- الخزانات الأرضية وهي بسعة : 25،40، 50، 75، 100، 250 و 500 م^3
- الخزانات العالية بارتفاع 3م و بسعة: 25 ، 50 و 75متر مكعب.
- الخزانات العالية بارتفاع 9م و بسعة:25، 40، 50،60 و100 متر مكعب.
- الخزانات العالية بارتفاع 12م و بسعة: 40، 50، 60 و100 متر مكعب.
- الخزانات العالية بارتفاع 15م و بسعة: 40، 50، 60 و100 متر مكعب.



تثبيت ماسورة من البلاستيك الشفاف في
جدار الخزان من الخارج لمعرفة منسوب المياه بسهولة



يجب عند تثبيت ماسورة في جسر الخزان أن تكون ملحومة إلى قطع من سيخ حديدي في مكان تقاطع الماسورة مع الجزء الخرساني (في أي مكان من جسد الخزان) لمنع دوران الماسورة وحدوث تهريب للمياه فيما بعد

4 -قائمة التصميمات النمطية المعدة من قبل مياه الريف والتى تم تحديثها من قبل الصندوق الاجتماعى للتنميه :

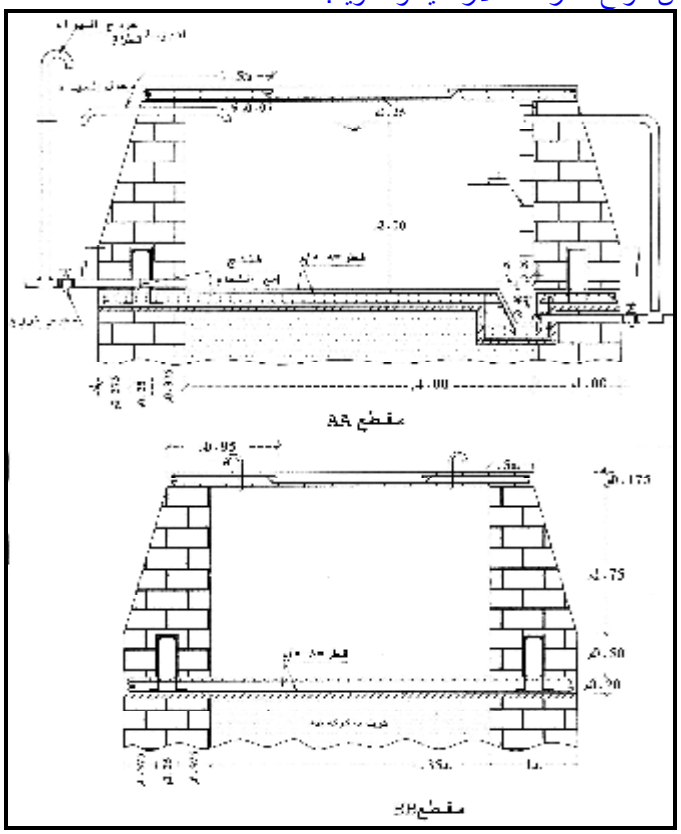
القائمة المذكورة في الجدول رقم 11 في الصفحة التالية هي للتصميمات النمطية ، والتي من السهولة عمل التعديلات اللازمة لتطابق الشروط المحلية ، حيث وقد طورت بواسطة مشروع منظمة الصحة العالمية (WHO) لمشاريع مياه الريف، وتستخدم بغرض عمل التكلفة التقديرية، والمشتروات، والإنتاج.

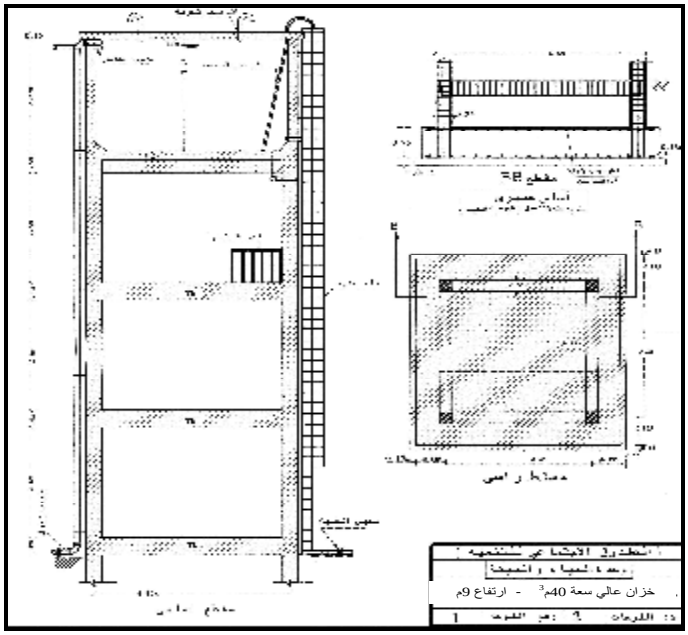
PWSD/TP/001	5m	X	4m	Pump house with well inside
PWSD/TP/002	5m	X	4m	Pump house , well in-or outside
PWSD/TP/003	5m	X	10m	Pump house with well inside
PWSD/TP/004	5m	X	10m	Pump house , well in-or outside

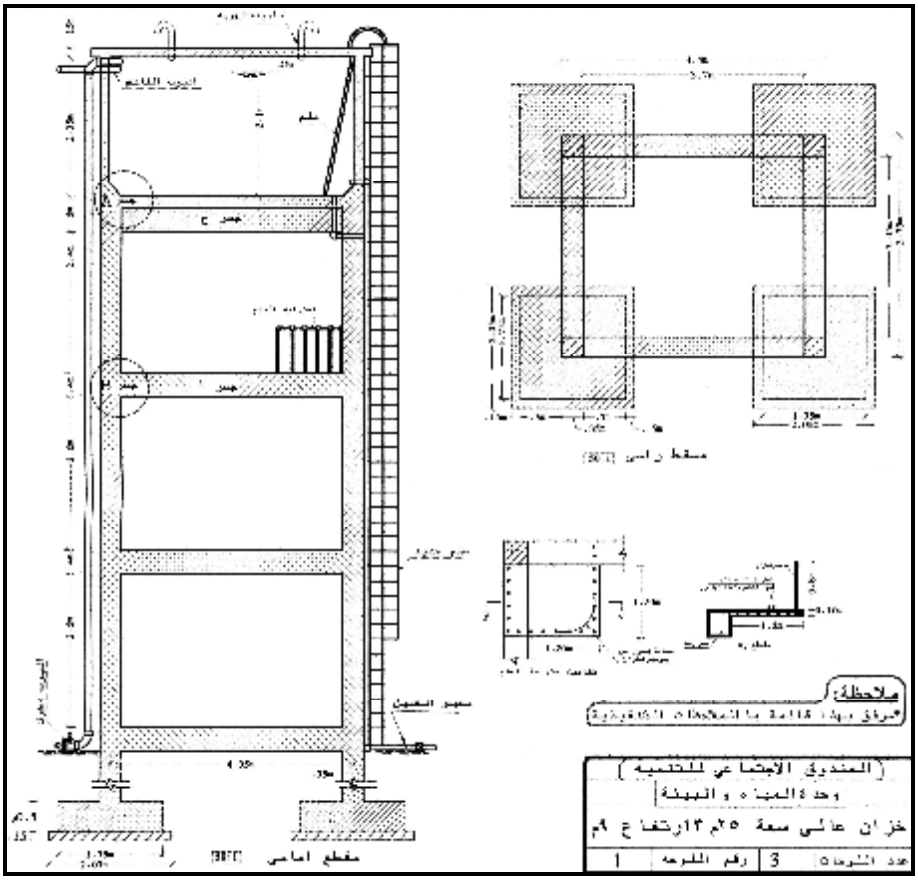
PWSD/TP/005	Ground Tank	25 m^3
PWSD/TP/005A	- do -	40 m^3
PWSD/TP/006	- do -	50 m^3
PWSD/TP/007	- do -	75 m^3
PWSD/TP/008	- do -	100 m^3
PWSD/TP/009	- do -	150 m^3
PWSD/TP/010	- do -	250 m^3
PWSD/TP/011	- do -	500 m^3
PWSD/TP/012	Semi Elevated Tank, 3 m High	25 m^3
PWSD/TP/013	- do -	40 m^3
PWSD/TP/014	- do -	50 m^3
PWSD/TP/015	- do -	60 m^3
PWSD/TP/016	- do -	75 m^3
PWSD/TP/017	- do -	100 m^3
PWSD/TP/018	Elevated Tank, 9 m High	25 m^3
PWSD/TP/019	- do -	40 m^3
PWSD/TP/020	- do -	50 m^3
PWSD/TP/021	- do -	60 m^3
PWSD/TP/022	- do -	100 m^3
PWSD/TP/023	Elevated Tank, 12 m High	25 m^3

PWSD/TP/024	- do -		40 m^3
PWSD/TP/025	- do -		50 m^3
PWSD/TP/026	- do -		60 m^3
PWSD/TP/027	- do -		100 m^3
PWSD/TP/028	Elevated Tank, 15 m High		25 m^3
PWSD/TP/029	- do -		40 m^3
PWSD/TP/030	- do -		50 m^3
PWSD/TP/031	- do -		60 m^3
PWSD/TP/032	Break Pressure Tank		
PWSD/TP/033	Pipe Supports		
PWSD/TP/034	Valve Chambers		
PWSD/TP/035	Public Fountain	6 Taps	
PWSD/TP/036	- do -	4 Taps	
PWSD/TP/037	- do -	2 Taps	
PWSD/TP/038	Elevated Tank, 15 m High		100 m^3
PWSD/TP/044	Slow sand Filter		

فيما يلي نماذج لبعض أنواع الخزانات الأرضية والعلوية:



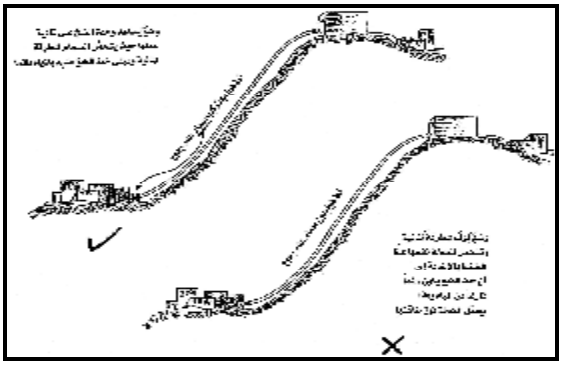


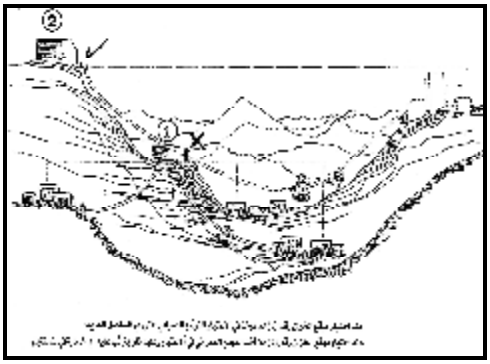


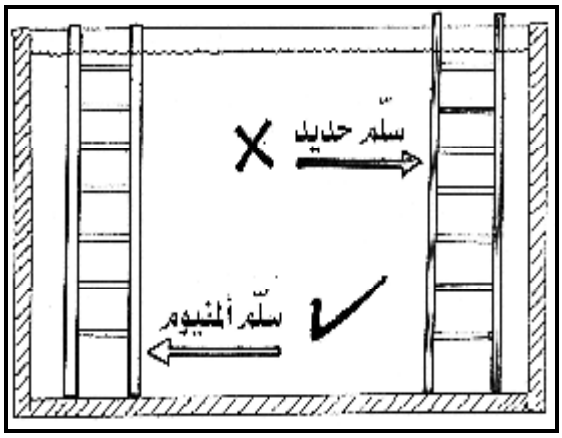
5- الأخطاء الشائعة في خزانات التوزيع (العالية والأرضية) وكيفية تلافيها:

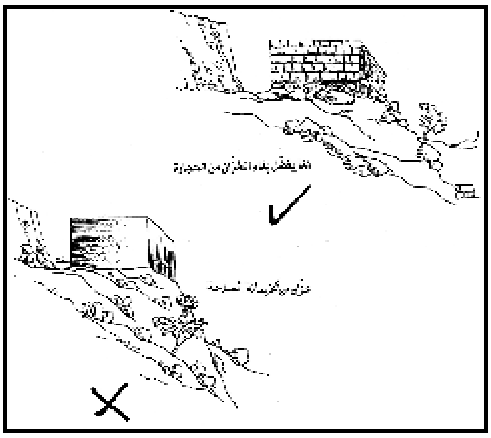
الأخطـــــاء	كيفيـــة تـــــلافي الخطـــــاء
عدم الالتزام بالغطاء الخرساني للخزانات الخرسانية عموماً وبالذات في المناطق التهامية، والذي يجب أن لا يقل عن 5سم.	عمل الغطاء الخرساني الكافي لحماية الحديد من الصدأ والتآكل.
عدم عمل فتحات تهوية للخزانات وبطريقة يتم التحكم فيها، وهذا يسبب تغير في رائحة المياه داخل الخزان	يجب عمل هذه الفتحات بطريقة تسمح بدخول الهواء
عمل سلم خارجي من سقف الحلة إلى الأرض، وهذا يعني صعود الأطفال وغير العاملين في المشروع إلى الخزان والسباحة داخل الخزان وقد يتسبب ذلك في غرقهم وتلوث المياه.	يجب فصل الجزء الأسفل من السلم واستخدام سلم متحرك يستعمله فقط المشغل أو المسئول من الإدارة على الخزان وتنظيفه.
عدم تركيب ماسورة الزائد في اتجاه غرفة الضخ، وهذا يعني عدم رؤية المياه الزائدة عند تدفقها من الخزان وبالتالي استمرار عملية التشغيل وفقدان كميات كبيرة من المياه.	يجب تركيب ماسورة الزائد في اتجاه غرفة الضخ لكي يقوم المشغل بوقف عملية الضخ عند رؤية تدفق المياه الزائدة منه.

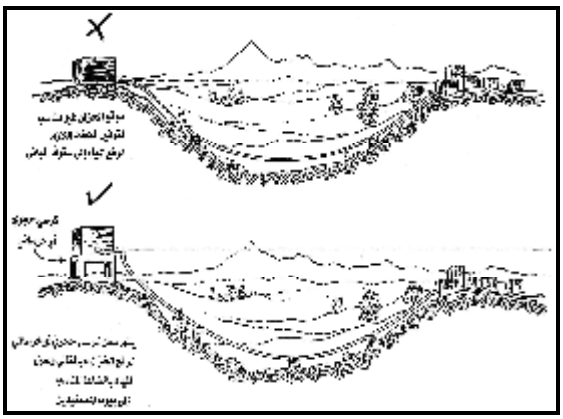
الأخطـــــاء	كيفيـــة تـــــلافي الخطـــــاء
عدم حساب السعة التخزينية بطريقة صحيحة وبالذات لخزانات تغذية المضخات الأفقية ، مما قد يسبب حالة عدم أتزان بين الموجود في الخزان والوارد إليه والمسحوب منه وهذا قد يؤدي إلى تعطيل وحدة الضخ الأفقية.	يتم تصميم الخزانات بجوار وحدات الضخ الأفقية بمدة ساعتين من تصميم الإنتاجية للمضخة زائد نصف متوسط الاستهلاك (الطلب اليومي) لعدد السكان التصميمي، وعلى كل حال فإن السعة التصميمية الصغرى للخزان بجوار وحدة الضخ الأفقية لا تقل عن 25م3.
عدم استغلال الجزء الأسفل من الخزانات العالية كمكتب لمشروع المياه في القرى المستفيدة	يتم عمل سقف من الخرسانة أثناء التشييد عند منسوب أول ثلاثة أمتار الأولى (تحت) وعمل المواسير من وإلى الخزان من الخارج لإعطاء المساحة الكافية للمكتب.
في المناطق الجبلية يتم عمل خزانات خرسانة مسلحة بالرغم من وجود الأحجار وباقي المواد المحلية اللازمة لبناء خزانات أرضية حجرية.	يفضل عمل خزانات حجرية أرضية في هذه المناطق وجعل هذه المواد المحلية من مساهمة الأهالي وهذه الخزانات قوية وذات أعمار طويلة جداً.
تركيب سلالم داخل الخزان مصنوعة من الحديد.	تركيب سلالم داخل الخزان مصنوعة من الألمنيوم.
عدم استخدام نوعية خاصة من الإسمنت المقاوم للملوحة في خرسانة الخزانات.	ضرورة استخدام نوعية خاصة من الإسمنت المقاوم للملوحة في خرسانة الخزانات.
عدم تثبيت المواسير في جسد الخزانات بقطع حديدية (من فضلات حديد التسليح).	ضرورة تثبيت المواسير في جسد الخزانات بقطع حديدية (من فضلات حديد التسليح).
عمل ميول السقف في الخزان في اتجاه مكان غطاء الخزان.	عمل ميول السقف في الخزان في الاتجاه المعاكس لمكان غطاء الخزان.
عدم تركيب مؤشر يوضح منسوب المياه داخل الخزان	ضرورة تركيب مؤشر يوضح منسوب المياه داخل الخزان، وخصوصاً في الخزانات الواقعة بجوار وحدات الضخ الأفقي والخزانات العالية
عدم الاعتناء بنوعية الصبية وكمياتها والنسب الداخلة في الخرسانة المسلحة للخزانات المختلفة.	إنه من الضروري جداً الاعتناء بنوعية الصبية وكمياتها والنسب الداخلة في الخرسانة المسلحة للخزانات المختلفة.

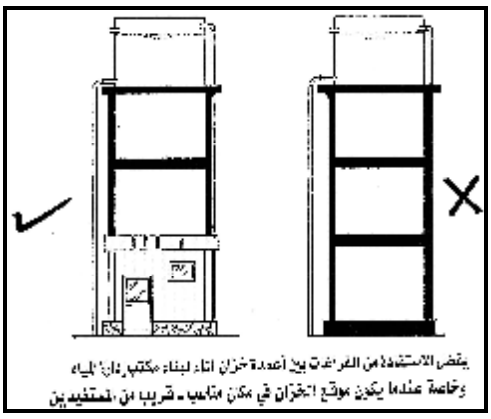





سلّم حديد
سلّم ألمنيوم






يقتضي الاستفادة من الفراغات بين أعمدة خزان اثناء لبناء مكتب ذات بياء
وخاصة عندما يكون موقع الخزان في مكان مناسب - قريب من المستفيدين

الباب السادس

وحدات الضخ ومواصفاتها

1- وسائل الضخ والملحقات:

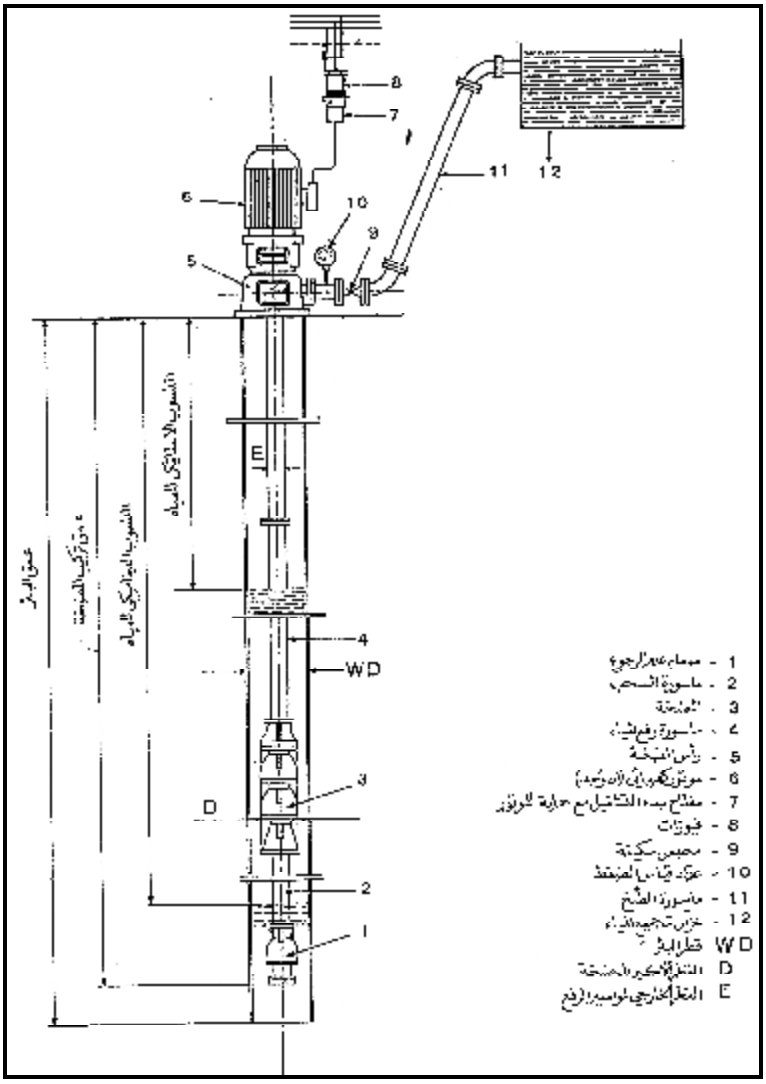
1-1 المضخات:

إن وظيفة المضخة هي إضافة طاقة إلى تدفق المياه في خط المواسير، وبالنسبة للمشاريع النمطية لإمداد المياه في المناطق الريفية فإن المضخات تستخدم لرفع المياه من المنسوب الأوطى إلى المنسوب الأعلى.(ويوضح الشكل رقم (49) أسفل هذا المضخة التوربينية متعددة المراوح)

وأهم تطبيقين للمضخات في مشاريع المياه باليمن هما:

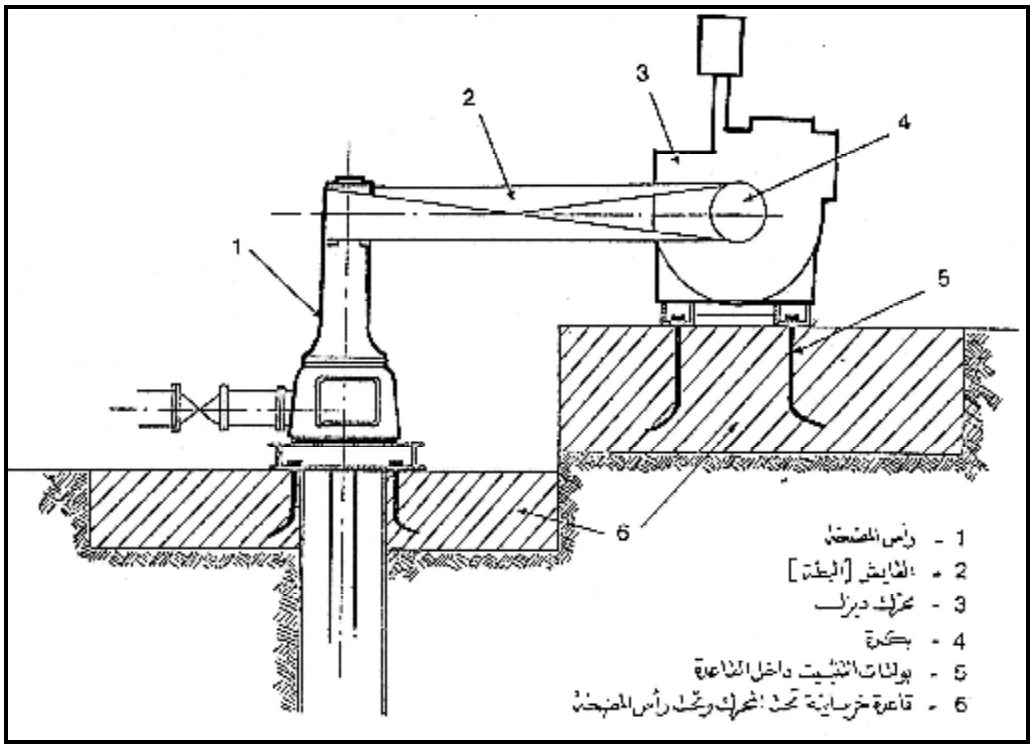
أ- ضخ المياه من المصدر (بئر) إلى الخزان التجميعي.

ب- في محطات الضخ الأفقية عند الضرورة لذلك.

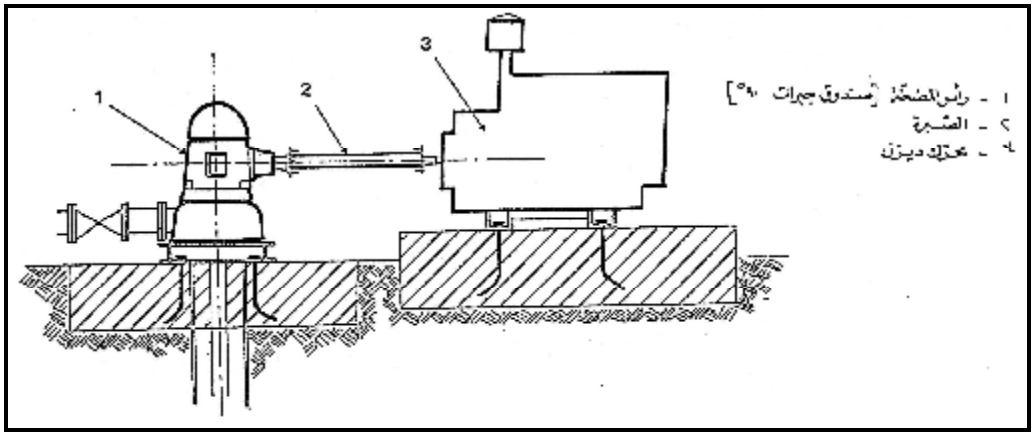


الشكل رقم (49) يوضح المضخة التوربينية ذات المراوح

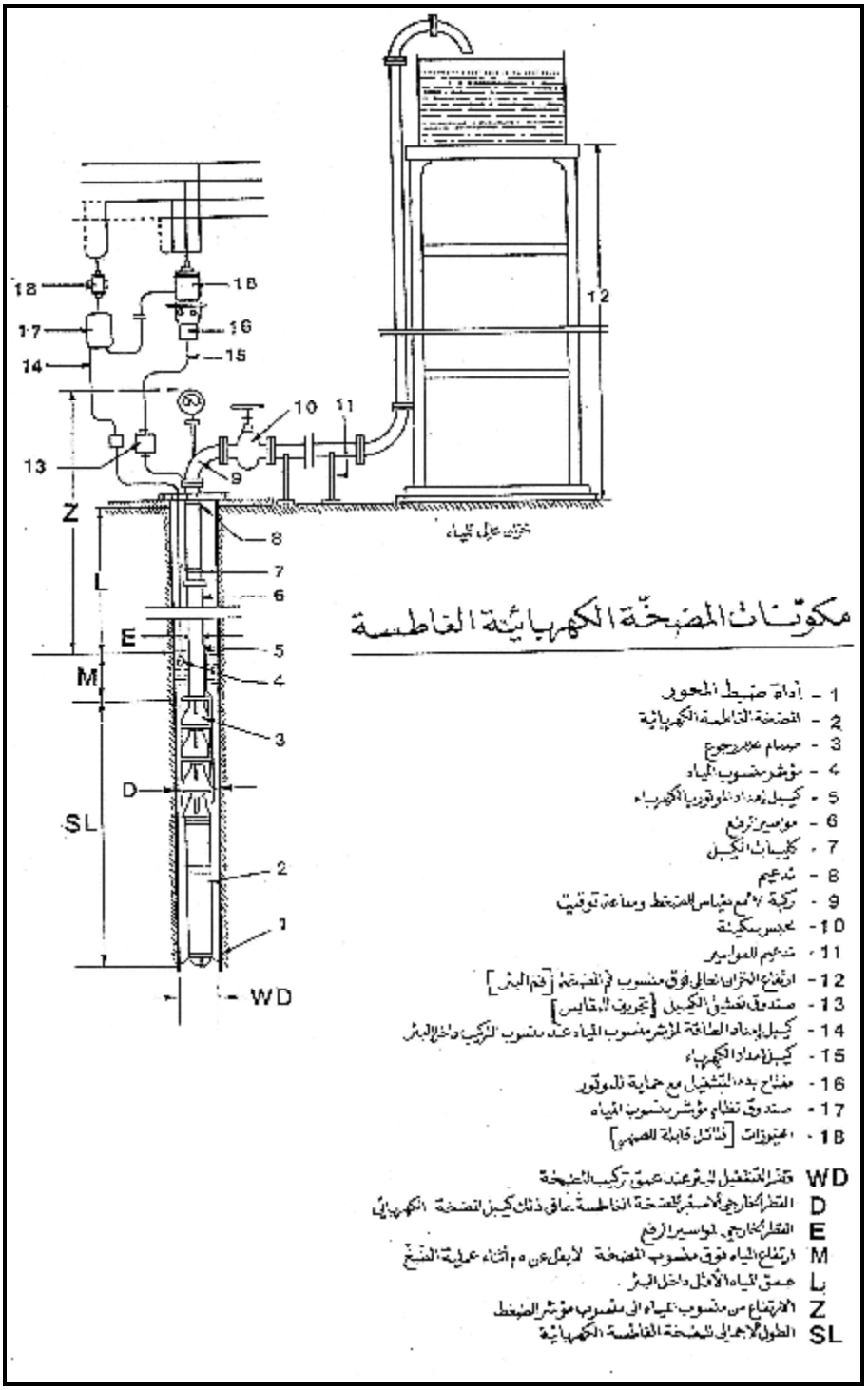
وطبقاً للوضع الطبوغرافى في اليمن فإن هناك ضرورة لرفع المياه إلى مناسيب عالية كثيراً، وفي أغلب الحالات فإنه يتم استخدام مضخات توربينية ذات الطرد المركزي بمراوح متعددة،وفي هذه المضخات فإن طاقة تشغيلها تتم بواسطة دوران سريع للمراوح فتتحول طاقة الحركة إلى ضغط للمياه،وكنتيجة لذلك فإن المياه تندفع خارجةً من فتحة التدفق.وفي المضخات المتعددة المراوح (التوربينية ذات الطرد المركزي) فإن الماء يندفع في اتجاه المحور بدفع عدة مراوح،وعليه فإن الضغط يزداد بزيادة عدد المراوح،وعليه فمن الممكن زيادة قدرة رفع المضخة



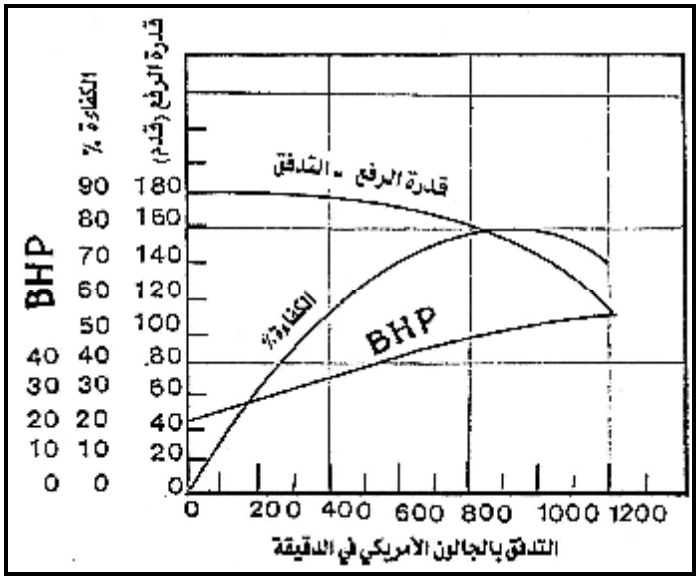
الشكل رقم (51) ويوضح مضخة عمودية توربينية مربوطة بقا يش بين رأس المضخة والمحرك



الشكل رقم (50) ويوضح مضخة عمودية توربينية مربوطة بصبره بين رأس المضخة والمحرك



شكل رقم (52) ويضح المضخة الكهربائية الغاطسة



شكل رقم (53) ويوضح منحنيات الأداء للمضخات

و تبعاً لنوع الاستخدام ونوع المحرك يمكن تقسيم أنواع المضخات الشائعة الاستخدام في اليمن إلى:

- وحدات ضخ للمياه من آبار عميقة وهي:
  1) مضخات عمودية توربينية ربط مباشر (صبرة) شكل رقم (50).
  2) مضخات عمودية توربينية ربط سبور (قايش) شكل رقم (51).
  3) مضخات كهربائية غاطسه شكل رقم (52).
- وحدات ضخ لمحطات إعادة الضخ
  1) مضخات أفقية – ديزل.
  2) مضخات أفقية – كهربائية.
  3) مضخات كهربائية غاطسه (يتم تركيبها بوضع أفقي داخل الخزان).

يتم استخدام محركات الديزل مع المضخات أ، ب، د . بينما لابد من وجود تيار كهربائي أو مولدات كهربائية لتشغيل المضخات ج، هـ ، و .

وتصنف المضخات بحسب سعتها الإنتاجية عند الرفع المطلوب، وتظهر منحنيات الأداء (Performance curves) شكل رقم (53) العلاقة بين قدرة رفع المضخة وكفاءتها والقدرة بالحصان (Break horsepower) ومعدل التدفق (الإنتاجية) عند سرعة دوران معينة.

ويتم الحصول على هذه المنحنيات من الشركات المصنعة بناءً على الاختبارات الفعلية التي يجريها المصنع على المضخة.

وعلى كل حال فإن المهندس المصمم، لابد أن يكون عنده المعرفة عن بعض الأوجه الفنية بحيث يكون لديه القدرة لتحديد المضخة أو المحرك المطلوب، عند تصميم المشروع.

2-1 غرف وحدات الضخ :

إن الوسائل المستخدمة في عملية الضخ مثل غرفة وحدة الضخ، المضخات، المحركات وأساسات المحركات، يجب أن تشيد وتركب بطريقة منطبقة مع أحدث صور التكنولوجيا الممكنة، وأن يتم ذلك بصورة اقتصادية ومأمونة.

يجب تركيب وحدات الضخ داخل محطات ضخ مغطاة لحمايتها من الأمطار والظروف المناخية السيئة. ولابد أن تكون مساحة غرفة الضخ مناسبة بحيث تستوعب المضخة والمحرك، وكذا الوقود اللازم لتشغيل المحرك . ويجب أن يتم وضع المضخة والمحرك (أو المولد الكهربائي) بطريقة تضمن الوصول إليهما بسهولة، ويتم تركيب نظام عادم المحرك أو المولد بطريقة صحيحة ليمتد إلى خارج الغرفة ،كما ويجب أن تكون الغرفة ذات تهوية جيدة.

بالنسبة للمناطق التي يمكن أن يحصل فيها فاقد للقدرة (مناطق ذات كثافة سكانية كبيرة والتي يتطلب تشغيل وحدة الضخ لأكثر من 12 ساعة) فإنه يمكن عمل ما يسمى وحدة ضخ إسعافية، وفي أغلب الحالات فإنه يوجد مولد كهربائي احتياطي يوضع في القرى.

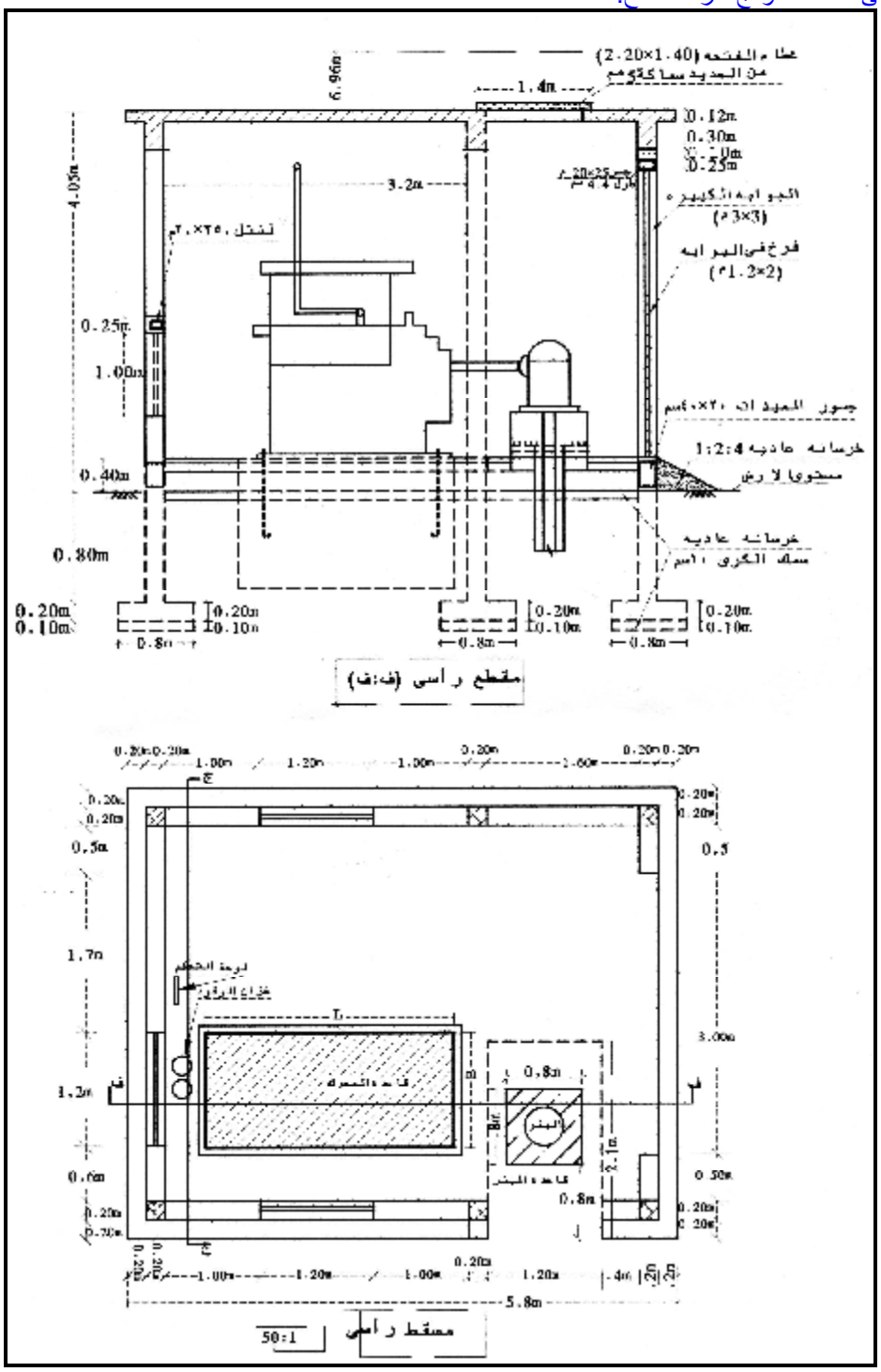
وبالنسبة لغرف الضخ التي تبنى فوق سطح الأرض، فيلزم صب أرضيتها ويفضل أن تكون بالخرسانة العادية، على أن يتم عمل قاعدة منفصلة للمحرك(أو المولد)، هذا وقد تم عمل تصميم ومخططات وجداول كميات لغرف ضخ نمطية في الناطق الريفية اليمنية و هي كما يلي:

- غرف ضخ مقاس 5م x 4م وهي من الخرسانة المسلحة، وتكون البئر داخلها، ويمكن استخدامها أيضاً كمحطة لوحدة ضخ أفقية (إعادة الضخ)، ويتم وضع محرك ديزل أو مولد كهربائي فيها.
- غرف ضخ مقاس 5م x 10م وهي من الخرسانة المسلحة، وتكون البئر داخلها، ويتم تركيب وحدة ضخ (مضخة +محرك أو مولد كهربائي) وذلك لرفع الماء من البئر إلى خزان أرضي بجوار الغرفة وكذلك يتم في نفس الغرفة تركيب وحدة ضخ أفقية (إعادة الضخ)، لرفع المياه من ذلك المنسوب إلى منسوب أعلى. وفي بعض الأحيان يمكن تركيب وحدة ضخ احتياطية.
- غرف ضخ مقاس 5م x 4م وتبنى من البلك الخرساني، وتكون البئر داخلها أو خارجها.
- غرف ضخ مقاس 5م x 7م وتبنى من البلك الخرساني، وتكون البئر داخلها أو خارجها.

ملاحظة:

في حالة استخدام مضخة بقايش (سير) فإنه من الضروري جداً عمل سياج حول المضخة و القايش (السير) لمنع الدخول إلا للأشخاص المسئولين عن التشغيل والصيانة. وفي حالة استخدام محركات ميكانيكية مربوطة إلى المضخات بما يسمى الصبرة فإن من الضروري جداً العمل على تركيب شبكة حماية أو أي وسيلة لتغطية هذه الصبرة أثناء دورانها وذلك حتى نجنب المشغلين والآخرين خطر الموت عند ملامستها.

فيما يلي مخطط لنوذج غرفة الضخ:



2- اختيار المضخة ومواصفاتها (الملحق 1):

نظراً للظروف الجيولوجية و الطبوغرافية في اليمن، نرى أن بعض القرى مرتفعة فوق رؤوس الجبال والمصادر المائية الأرضية تكون أسفل ذلك (أي في الوديان) وفي أغلب الأحيان فإننا نستعمل مضخات توربينية ذات الطرد المركزي و بعدد كبير من المراوح وذلك لعملية نقل المياه من مصدر المياه من الوادي أو البئر إلى موقع القرية، كما ذكرنا سابقاً، وعادةً فإن القسم الميكانيكي في مشروع المياه يكون مسئولاً عن اختيار المضخة وكذلك المحرك (أو المولد) المناسب لمشاريع المياه المختلفة .و على كل حال فإن الحسابات الأساسية لاختيار نوع المضخة يجب أن يتم بواسطة المهندس المصمم، بحيث يكون ممكناً بعد ذلك إعطاء المفردات الضرورية إلى المهندس الميكانيكي للأعمال المستقبلية.

2-1 اختيار المضخة:

إن تأسيس قواعد صارمة لاختيار المضخات ليس ممكناً بسبب وجود الكثير من العوامل المؤثرة. يسبق اختيار المضخة لتأدية مهمتها عمل تحليلات ضرورية لجميع الاشتراطات وكذلك لجميع المعلومات والتي ستؤثر في عمليات الاختيار. ومن الخبرة في هذا المجال فإنه يجب توحيد الضخة المطلوبة مع ماسورة الضخ في الدراسة والقيمة، لأن التعامل بينهما كوحدة سيوفر الخدمة المطلوبة بأقل تكلفة حيث يتم بعد ذلك التوصية بمعدات الضخ المرضية.

ويمكن وضع قائمة بمساحات الاعتبارات في عملية الاختيار كما يلي :

- § إنتاجية البئر أو مصدر المياه (Yield of the well or water source)
- § الكمية المطلوبة من المياه يومياً والطلب الفوري للمستخدمين
(Daily demand and instantaneous demand of uses)
- § سعة خزان التجميع (Size of storage tank).
- § قدرة الرفع الإجمالي للمضخة للمعدل العادي، بما في ذلك فواقد الرفع والاحتكاك
(Total operating head and pressure of the pump at normal delivery rates, including lift friction losses)
- § الفرق في المنسوب بين سطح الأرض ومنسوب المياه في البئر أثناء عملية الضخ.
(Difference in elevation between ground level and water level in the well during pumping)
- § منسوب المنطقة المقام عليها المشروع (Altitude of the area).
- § سهولة عمل الصيانة (Ease of maintenance).
- § التكلفة الأولية (الابتدائية) والاقتصاد في عملية التشغيل (Initial cost and economy in operation).
- § معدات عملية الضخ يمكن الاعتماد عليها (Reliability of the pumping equipment).

وعلى الرغم من أن أحسن مصدر للمعلومات للنوع المثالي للمضخة التي ينبغي استخدامها يمكن الحصول عليه من مصدر التصنيع، ولتصميم عاجل ومباشر فقد تم عمل تلخيص للمعطيات في الجدول رقم (12) وهو لبعض المؤشرات الضرورية.

و للضخ من بئر فإنه يوصى باستخدام المضخة العمودية الميكانيكية (Vertical turbine pumps ,VTP) (لأعماق وقدرة رفع محددة) أكثر من المضخة الكهربائية الغاطسة (Electric submersible pumps)، وذلك من أجل توفير في التكلفة، ولسهولة التعامل معها وصيانتها، و نظراً لأن الأهالي متعودون عليها كثيراً.
وبالنسبة للمضخة الكهربائية الغاطسة فهي مطلوبة عندما تكون أعماق التركيب وقدرة الرفع المطلوبة خارج نطاق صلاحية المضخة التوربينية الميكانيكية، كما ويمكن اختيار المضخة الغاطسة الكهربائية للأبار التي تقع في مناطق يصعب الوصول إليها، وفي المناطق المعرضة للسيول، وفي المناطق التي وصلت إليها الطاقة الكهربائية وبكميات كافية.
وبالنسبة للمضخات التوربينية (ميكانيكية والتي يستعمل فيها القايش) (Vertical turbine belt driven pumps) وهي الأرخص ولكنها تحتاج إلى عملية صيانة القايش بصفة مستمرة، وأيضاً يجب تفادي هذا القايش باستمرار، وعادة يركب هذا النوع من المضخات على الآبار اليدوية وتكون غرف الضخ حول المحرك بالقرب من فم البئر.

للضـــخ من آبـــار عميقـــة	عمق تركيب المضخة ID	الإنتاجية Qp	إجمالي الرفع الكلـــي Hp
أ – مضخة عمودية مرتبطة بالمحرك مباشرة Vertical turbine pumps	< 200 م	< 30 ج/ ق	< 350 م
ب-مضخة ميكانيكية بالقايش Vertical turbine belt driven pumps	< 150 م	< 30 ج/ ق	< 200 م
ج-المضخة الكهربائية الغاطسة Electric submersible pumps	< 200 م	كمـــا هـــو مطلوب	< 400 م
للضخ من محطات أفقية			
د- مضخة أفقية (ديزل) Mechanical booster Pumps	- -	كمـــا هـــو مطلوب	< 400 م < 500 م
هـ مضخة أفقية (كهربائية) Electric booster Pumps		كمـــا هـــو مطلوب	

الجدول رقم (12) وفيه توضيح للمعطيات والتي تستخدم لاختيار نوع المضخة المطلوبة

2-2 مواصفات المضخة :

أي مضخة أو مولد يجب أن توضع لها المواصفات كما يلي بغرض أن تقدم إلى القسم الميكانيكي وذلك للأعمال المستقبلية:

- § الإنتاجية [بالجالون الأمريكي] أو [ليتر / ثانية].
- § الارتفاع المانوميتري (الرفع الكلي) [متر].
- § المقاس الداخلي لمحافظة البئر (في حالة أن تكون بئر عميقة) [بوصة].
- § عمق التركيب داخل البئر [متر].
- § (1): قدرة المحرك الصغرى من خلال العلاقة التالية :

$$HP = \frac{Qp \times h \times DF}{75 \times PE}$$

حيث أن :

Qp = الإنتاجية [ليتر / ثانية]

h = الرفع الكلي [م]

DF = معامل الارتفاع عن سطح البحر = 1.4 إذا كان المنسوب أقل من 2000 متر فوق سطح البحر

= 1.5 إذا كان المنسوب أكثر من 2000 متر فوق سطح البحر

PE = كفاءة المضخة = 0.5 إذا كانت Qp < 3.15 ل/ث

= Qp × 0.1584 إذا كانت Qp > 3.15 ل/ث

هـ (2): قيمة الكيلو فولت أمبير (KVA) الصغرى المطلوبة للمولد الكهربي في حالة أن تكون مضخة كهربائية هي المستخدمة، وهي تساوي بالتقريب قيمة الـ HP المحسوبة في [هـ (1)]أعلاه .

وعند اختيار قدرة المحرك الصغرى يجب الأخذ بعين الاعتبار العوامل التالية:

- § الإرتفاع عن سطح البحر، 2- درجة الحرارة، 3- الرطوبة النسبية .كما أن محرك الديزل أو المولد الكهربائي يجب أن لا يعمل بقدرة قصوى(100%) ويفضل اختيار المحرك الذي يعمل بالديزل أو المولد الكهربائي عند 75% وذلك للآتي:
- § إطالة العمر الافتراضي، - مواجهة أي ظروف طارئة مثل هبوط منسوب المياه،- نسبة استهلاك الوقود أقلو العمل بكفاءة عالية

3- وحدات الضخ الأخرى:

3-1 المضخات اليدوية :

إن وسيلة الضخ اليدوية (بما في ذلك الابتكارات التي تدار بالأقدام) هي عبارة عن وسيلة بسيطة تدار بالطاقة البشرية، وهي وسائل لها قدرة محدودة في عملية رفع كميات قليلة من المياه.

و استخدام الطاقة البشرية لعمليات ضخ المياه لها سمة معينة هي أنها هامة بالنسبة للتجمعات المحلية الصغيرة في المناطق الريفية في الدول النامية، وذلك للأسباب التالية:

- ü الطاقة المطلوبة ممكن الحصول عليها من مجموعة المستخدمين للمياه.
- ü تكلفة التشغيل لهذه النوعية من المضخات منخفضة بصفة عامة.
- ü يمكن الحصول على إنتاجية كافية من المياه من استخدام وسيلة ضخ يدوية أو أكثر بحيث أنها تغطي حاجة الاستخدام المنزلي لتجمع سكاني صغير.

وفيا يلي بعض أنواع المضخات اليدوية:

المضخات التبادلية ذات المكبس (Reciprocating pump):

وهو نوع من المضخات الذي يستخدم مراراً للحصول على مياه قليلة ويمكن تصنيفها إلى:

- التي تعمل تفريغ فترتفع المياه.
- أداء حر ويعطي قوة.
- فعل فردي ⟵ فعل مزدوج

1-المضخات التي تعمل بطريقة التفريغ للآبار السطحية (Suction pump):

في المضخات التفريغية فإن المكبس وأسطوانته يكونان فوق مستوى سطح الماء، وتكون عادةً في قياس الجزء الواقف من المضخة فوق سطح الأرض (أنظر الشكل)، وهذه النوعية من المضخات اليدوية تعتمد على الضغط الجوي لكي يدفع الماء في الاتجاه إلى أعلى داخل الاسطوانة، في شكل معاكس لما يعتقده الإنسان. وهذا النوع من المضخات لا يرفع الماء من المصدر، ولكن تقوم هذه المضخة بتنقيص الضغط الجوي فوق سطح الماء في ماسورة التفريغ، والضغط الجوي فوق سطح الماء خارج ماسورة التفريغ يدفع الماء إلى أعلى. وبسبب اعتمادها على الضغط الجوي فإن استخدام هذا النوع من المضخات يعتبر محدوداً، حيث يشترط أن يكون عمق الماء لا يزيد عن 7 أمتار من منسوب محبس التفريغ أثناء عملية الضخ، ونظرياً فإن الضغط الجوي يسمح للمضخات التي تعمل بالتفريغ (Suction pump) من عمق 10م ولكن عملياً فإن الـ 7م هو العمق المحدد(يعتمد أيضاً على ارتفاع منسوب المكان عن سطح البحر حيث تعمل المضخة).(أنظر الشكل (54))

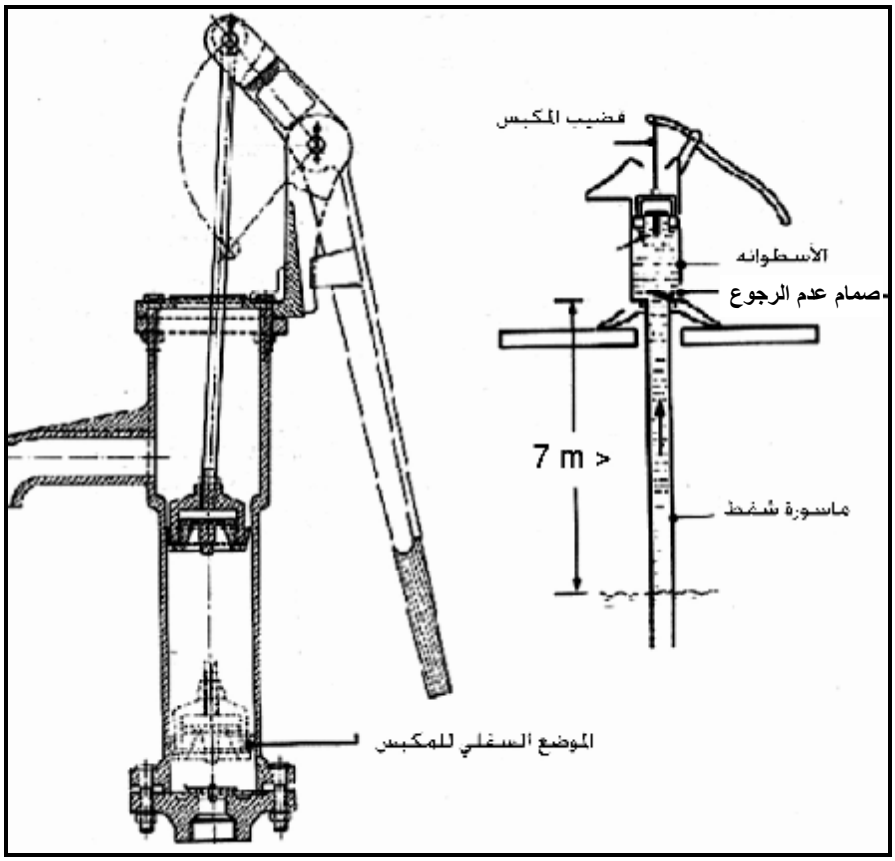
2-المضخات الرافعة (للآبار العميقة) :

يتم تعريف البئر العميق والبئر السطحية وذلك لاختيار نوع المضخة المناسبة بعمق الماء في البئر وليس بعمق البئر حتى القاع أو بطول الإكساء (المحافظات) المحيطة بالبئر.وفي مضخة البئر العميق فإن المكبس والاسطوانة يتم تركيبها تحت منسوب الماء.

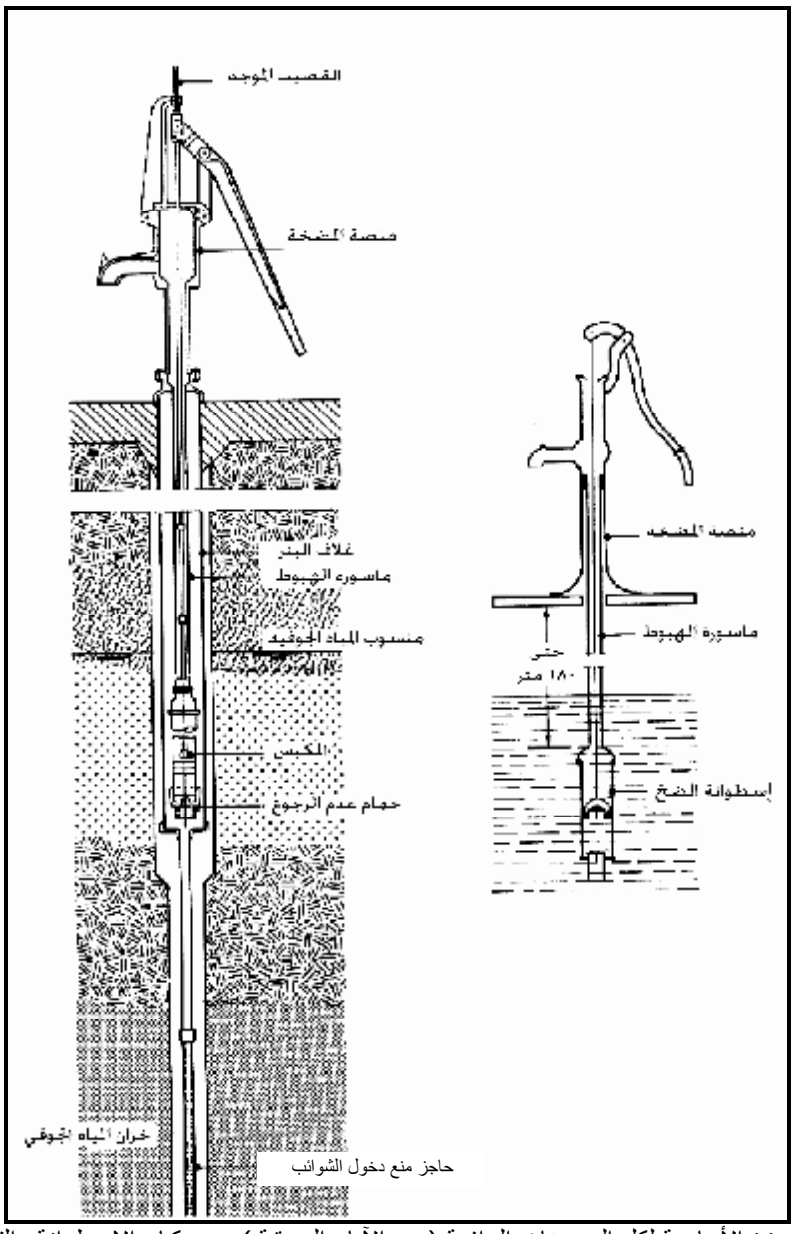
و هذا النوع من المضخات يستطيع رفع المياه من آبار يكون فيها سطح المياه بعمق يصل إلى 180م وأحياناً أعمق من ذلك.

و القوة التي تتكون من عملية الضخ تزداد بزيادة العمق إلى منسوب الماء، والمشاكل هنا تكمن في الوصول إلى العمق المطلوب في البئر، للقيام بعمليات الصيانة والإصلاح، فهي أكثر صعوبة عن تلك المضخات التي تركب في الآبار السطحية.

و على هذا فإن التصميم الخاص بالمضخات للآبار العميقة هو أكثر تعقيداً من المضخات التي تعمل بطريقة تفريغ الهواء (Suction pump) ونرى من الشكل(55) توضيحاً للبئر العميقة ومركب فيها المضخة الرافعة المناسبة لهذه الأعماق.

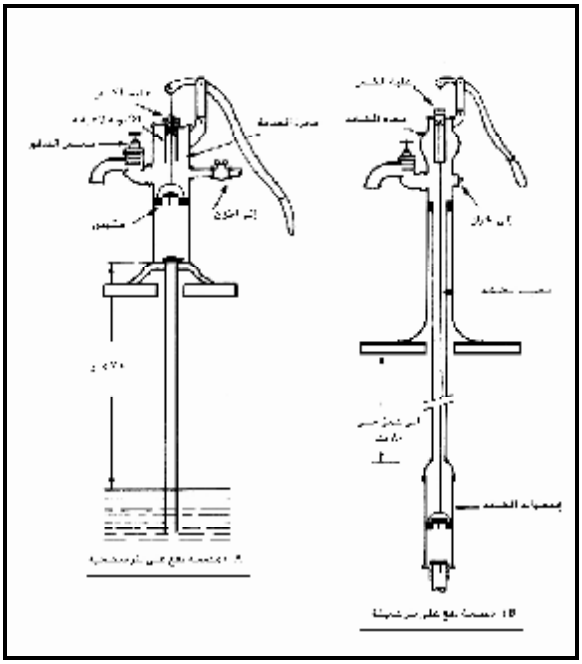


شكل(54) و يوضح المضخات التي تعمل بطريقة التفريغ للآبار السطحية (Suction pump)



و الميزة الأساسية لكل المضخات الرافعة (من الآبار العميقة) هو مكان الاسطوانة والتي يفضل أن تكون غاطسه في المياه، وذلك امتلاء المضخة.

و يمكن ملاحظة الفروق بين نوعي المضخات اليدوية (المضخات التي تعمل بطريقة التفريغ للآبار السطحية (Suction pump) و المضخات اليدوية الرافعة (Lift pumps) من خلال الشكل (56).



الشكل (56) ويمكن من خلاله ملاحظة الفروق بين نوعي المضخات اليدوية (المضخات التي تعمل بطريقة التفريغ للآبار السطحية (Suction pump) و المضخات اليدوية الرافعة (Lift pumps)

2-3 المضخات التي تعمل بالطاقة الشمسية:

1- المضخة والمحرك:

من المهم أن تتناسب خصائص التشغيل للمحرك مع تلك الخاصة بالمضخة وذلك عن طريق إختبار طريقة التوصيل ونقل الطاقة الملائمة.

ويتم عادة استخدام أنواع المحركات الكهربائية التالية في نظام الضخ بالطاقة الشمسية:

- محرك التيار المستمر (dc) المزود بالفحمات (Brushed motors)
- محرك التيار المستمر (dc) بدون بالفحمات (Brush less motors)
- محرك التيار المتردد (ac) .

المحرك ذو الفحمات يحتاج إلى تغيير الفحمات دورياً (عادة كل 2000-4000 ساعة تشغيل) وهذا يوازي سنة إلى سنتين من الاستخدام.

وبالنسبة لموتور التيار المستمر بدون الفحمات (نوع حديث نسبياً) فإنه لا يزال يوجد الكثير من المشاكل الإلكترونية المصاحبة لاستخدامه، وعموماً فإن موتور التيار المستمر يلقى قبولاً أكبر في أنظمة الضخ بالطاقة الشمسية كون ألواح الخلايا الكهربائية تنتج تياراً مستمراً مما يتيح ربط الموتور الكهربائي مباشرة بالخلايا، وبالمقابل فإن موتور التيار المتردد متوفر وبأسعار أقل من أسعار موتورات التيار المستمر .

و تجدر الإشارة هنا إلى أن استخدام محرك رخيص الثمن في نظام الضخ بالطاقة الشمسية لا يعتبر استثمار اقتصادي إذا كان ذلك سيستدعي استخدام ألواح خلايا أكبر وبالتالي تكون أعلى سعراً لتعويض كفاءة المحرك المتدنية.

وإذا تم استخدام محرك التيار المتردد فلابد من وجود محول لتحويل التيار المستمر من الخلايا إلى تيار متردد مما يعني استثمار أكبر، هذا بالإضافة إلى أن محرك التيار المتردد يعتبر أقل كفاءة ويحتاج إلى تيار أعلى لبدء التشغيل.

أما بالنسبة للمضخة في أنظمة الضخ بالطاقة الشمسية فإن اختيارها يعتمد على الإنتاجية والرفع المطلوب ويعتمد كذلك على طريقة توصيلها بالمحرك الكهربي (محرك منفصل لمضخة غاطسه أو توصيل صبرة إذا كان المحرك في السطح).

في بعض أنظمة الضخ بالطاقة الشمسية يتم استخدام البطاريات لخزن الطاقة، ولهذا مميزات أهمها أنه يمكن الحصول على تيار كهربائي ثابت من ألواح الخلايا التي تنتج تياراً متغيراً (غير ثابت)، كما أنه يمكن أن تخزن هذه البطاريات الطاقة الكهربائية لاستخدامها في الأوقات التي تتطلب استخدام طاقة أكبر من تلك التي تنتجها الخلايا، ولكن في المقابل فإن هناك عيوباً أيضاً لاستخدام البطاريات من أهمها :

- أنها غالية الثمن.
- تحتاج إلى صيانة وتعبئة بالمياه المقطرة دورياً.
- فواقد الطاقة المترتبة على دورة شحن وتفريغ البطارية تقلل من الكفاءة الكلية لنظام الضخ.
- العمر الافتراضي للبطاريات قصير نسبياً (خمس سنوات كحد أقصى).

2- كفاءة التحويل (Conversion Efficiencies):

يعمل المحرك والمضخة في أنظمة الضخ بالطاقة الشمسية تحت ظروف تختلف عن تلك التي يعمل تحتها نظام المحرك والمضخة التقليدي والذي يصمم عادةً على أساس طاقة وجهد كهربي ثابت، وذلك لأن الطاقة المستمرة من الإشعاع الشمسي ليست ثابتة المقدار، وعليه فلابد أن تعمل مضخة الطاقة الشمسية بكفاءة في ظل جهد- وشدة تيار متغير (غير ثابت) .

ويمكن التفريق بين نوعين من الكفاءات :

- كفاءة تحويل الطاقة: وهي نسبة الطاقة الهيدروليكية المنتجة إلى الطاقة الكهربية المدخلة، والتي تكون في أعلى معدلاتها عندما تعمل المضخة والموتور عند أو بالقرب من نقطة التصميم.
- كفاءة تحويل الطاقة اليومية: وهي نسبة الطاقة الهيدروليكية الخارجة إلى الطاقة الكهربائية المنتجة من الخلايا طوال اليوم، وبعبارة أخرى هي معدل كفاءات الطاقة المتغيرة خلال اليوم تحت ظروف التغيير والاختلاف اليومي لشدة الإشعاع اليومي.

و تعتبر كفاءة تحويل الطاقة اليومية من أهم العوامل لأنها تحدد حجم وحدات الخلايا المطلوبة لإنتاج كمية معينة من المياه، ووحدات الخلايا هي العنصر الأساسي الذي يحدد سعر نظام الضخ بالطاقة الشمسية.
و في نظام الضخ بالطاقة الشمسية المصمم بشكل جيد يكون بالإمكان تحقيق كفاءة تحويل طاقة يومية تصل إلى 4.5% باستخدام التقنيات الحالية، ولكن في الواقع العملي فإن هذه الكفاءة عادةً ما تتراوح بين 2 إلى 3.5 %.

3- التصميم التقريبي لأنظمة الضخ بالطاقة الشمسية:

يجب أن تكون ألواح الخلايا صغيرة بقدر الإمكان لإنتاج الكمية المطلوبة من المياه لكي يكون التصميم منخفض الكلفة.

إن المعدل اليومي المتوفر للإشعاع الشمسي في أقل أشهر السنة سطوعاً بالشمس وكذا الاحتياج اليومي الأقصى للمياه هو الذي يحدد حجم وعدد وحدات الخلايا المطلوبة، وللتحديد الدقيق لحجم هذه الخلايا فإن كل المصنعين لأنظمة الضخ بالطاقة الشمسية تتوفر لديهم برامج كمبيوتر لتحديد أقل حجم مطلوب لإنتاج كمية المياه المطلوبة تحت ظروف التشغيل المتوفرة في المنطقة (من حيث قوة الإشعاع الشمسي).
ولكن هناك طريقة مبسطة يمكن استخدامها لإيجاد الحجم التقريبي لوحدات الخلايا الشمسية كما يلي:

1) يمكن حساب كمية الطاقة المطلوبة لنظام الضخ(E) بواسطة العلاقة:

$$E = Q .H / 100$$

حيث :

E = الطاقة الهيدروليكية المطلوبة (mj/d)

Q = معدل الضخ (متر مكعب / اليوم) (m^3/d)

H = الرفع المطلوب (m)

فمثلاً إذا كانت كمية المياه أو معدل الضخ المطلوب = 10 م^3 /اليوم، والرفع الكلي المطلوب يبلغ 20متراً فإن الطاقة الهيدروليكية المطلوبة = 10 X 20 / 100

= 2 mj/d

2) يتم حساب معدل الكفاءة اليومية لنظام الضخ أيضا،فإذا كان الرفع المطلوب صغيراً 2-3 م فيمكن أن تقدر هذه الكفاءة بـ30 % وإذا كان الرفع المطلوب يتراوح بين 20 إلى 30م فيمكن اقتراض كفاءة 40%.

3) بقسمة الطاقة الهيدروليكية المطلوبة على الكفاءة اليومية لنظام الضخ نحصل على الطاقة اليومية المطلوب أن توفرها الخلايا الكهروضوئية، ففي المثال أعلاه نجد:

طاقة الخلايا = 0.4 / 2 = 5 mj/d .

4) يتم أيجاد معدل الإشعاع الشمسي اليومي للمنطقة من الخرائط المعدة خصيصاً لذلك والتي تبين معدل الإشعاع لمختلف المناطق، و لنفترض أن هذا المعدل يبلغ 22 (mj/ m2/ d).

5) ولاحتساب معدل الإشعاع اليومي في أقل شهور السنة إشعاعاً بالشمس فأن الرقم الذي تم إيجاده في (4) يخفض بنسبة 20%ليصبح:

80 x 22 % = 17.6 (mj/ m2/ d)

أما إذا توافرت معدلات الإشعاع الشهرية لدى المؤسسات المختصة (كهيئة الأرصاد)فأنه من الأنسب أخذ هذه الأرقام من سجلاتها.

6) بقسمة طاقة الخلايا المطلوبة والتي تم حسابها في (3)على معدل الإشعاع اليومي في شهر التصميم كما تم احتسابه في (5)وضرب الناتج في 1200 نحصل على قوة الخلايا المطلوبة بالوات (peak watt)

$$wp\ 340.5 = 1200\ X\ (5 / 17.6)$$

7) الخلايا الكهروضوئية متوفرة بألواح بقوة تتراوح من wp 45-35

وعليه فأن النتيجة المحتسبة في (6)يتم قسمتها على قوة ألواح الخلايا الملائمة ومن ثم يتم تقريب النتيجة لأقرب رقم صحيح وهذا يعطي عدد الألواح المطلوبة .

$$10 = 7.9 = 340.5/35$$

أو

$$9 = 8.5 = 340.5 / 40$$

أي أن عدد الألواح (قوة wp 35) المطلوبة = 10

وعدد الألواح (قوة wp 40) المطلوبة = 9

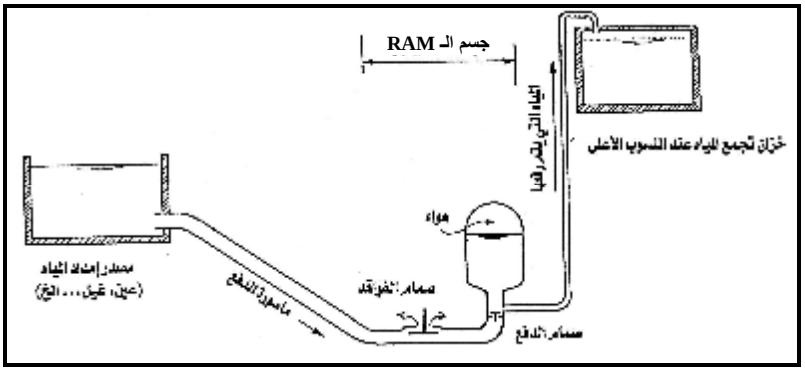
3-3 طريقة الـ RAM لضخ المياه:

أولاً: الفكرة هي الاستفادة من أدوات معينة تعمل على رفع (ضخ) المياه من منسوب معين إلى منسوب أعلى وذلك باستخدام طاقة اصطدام المياه المتدفقة والتي يتم إجبارها على التوقف الفجائي.

ويجب أن يتم تركيبها تحت منسوب مصدر المياه(عين أو جدول أو خزان)، ويتم رفع جزء من هذه المياه إلى المنسوب المطلوب.

وتتكون هذه الأدوات من ثلاثة أجزاء رئيسية :

- مصدر إمداد المياه مع ماسورة مائلة إلى الأسفل تسمى بـ Drive pipe .
- جسد الـ RAM ويحتوي على صمام خروج مياه ويسمى بـ Impulse valve (الصمام الدافع)، وصمام التوريد (Delivery valve) ، وغرفة الهواء .



ماسورة الرفع إلى المنسوب المطلوب مع خزان لتجميع المياه فيه عند هذا المنسوب.

طريقة عمل مضخة الـ RAM :

في بداية دورة الضخ تبدأ المياه بالتدفق من المصدر في الاتجاه إلى الأسفل خلال ماسورة مائلة إلى جسد الـ RAM وخارجاً من خلال الصمام الدافع.

إذا كانت المياه مندفعة بسرعة مناسبة فإنها ستجبر صمام الدفع لكي يغلق مع خروج هواء وماء إلى الخارج، وتتوقف المياه في ماسورة الـ Drive pipe فجأة وهذا بدوره يولد موجة اصطدامية داخل كتلة الماء يجعل كمية من الماء تندفع من خلال صمام الـ Delivery valve والموجود في جسد الـ RAM إلى داخل غرفة الهواء ومنها إلى ماسورة الرفع . ويتم دخول هواء إلى غرفة الهواء من خلال صمام هواء صغير في جسم المضخة. ويتم في التصاميم الحديثة تزويد غرفة الهواء بقطعة من المطاط القابلة للانضغاط بدلاً عن الهواء.

بعد انتهاء تأثير الموجة الإصطدامية، يقل الضغط في جسد المضخة، وعليه فإن صمام الـ Delivery valve يغلق وصمام الدفع Impulse valve يفتح (إما بسبب تغير تدفق العين أو بسبب وزنه). وعليه يبدأ التدفق من خلال صمام الدفع Impulse valve وتبدأ الدورة من جديد.

- يتم عادة في نظام الـ RAM عمل 30-100 دورة في الدقيقة.
- مقارنة بالمضخات الأخرى فإن كمية المياه التي يتم الحصول عليها تعتبر قليلة ولكن التصميمات الحديثة تظهر الكثير من رفع الكفاءة.
- قدرة الرفع : 1-100م (بحد أقصى 40 ضعف الـ (Supply head) ارتفاع المصدر عن جسد الـ RAM).
- معدل التدفق كنسبة مئوية من الكمية الداخلة:

26 % وذلك عندما يكون فارق ا لمنسوب بين المصدر وجسد المضخة2 متر والرفع إلى 6 أمتار.

5 % وذلك عندما يكون فارق ا لمنسوب بين المصدر وجسد المضخة3 متر والرفع إلى 30 متراً.

- العمر المتوقع:

20-30 سنة.

- مكان الاستخدام :

في المناطق الريفية حيث تتواجد كميات من المياه تسقط إلى مسافة على الأقل 1م وذلك بغرض رفع كمية قليلة من المياه إلى منسوب أعلى.

(ثانياً): وصف أعمال التشغيل والصيانة:

(أولاً) التشغيل:

في نظام التشغيل لمضخة الـ RAM نبدأ العملية يدوياً، وذلك بتكرار فتح صمام الدفع Impulse valve إلى أن تشغل المضخة نفسها بطريقة مستمرة ، ويجب أن يتم تضبيط وزن صمام الدفع أو الشد القادم من العين للوصول إلى التردد الصحيح.

يجب المحافظة على نظافة مدخل المضخة والمضخة وموقع المضخة باستمرار.

(ثانياً) الصيانة :

- § يجب الكشف الدوري على محبس التوريد (Delivery valve) بواقع مرة كل أسبوع.
- § يجب العمل على شد المسامير (البولتات)، وكذلك يتم تفكيك المضخة من وقت لأخر وتصفيتها من الرمل والأتربة الملتصقة بها.
- § يجب مفاقدة القطع المطاطية الخاصة بالصمامات (الربلات) وتغييرها (يتأثر التردد سلبياً كلما كانت هذه الربلات قديمة وغير صالحة).

§ صمام العين (المصدر) وصمامات النظام يجب أن يتم تغييرها في حالة أن تكون المياه محتوية على مادة آكلة، وفي هذه الحالة فإن جميع أجزاء المضخة مع ماسورة الـ Drive pipe تكون بحاجة إلى التغيير في وقت أسرع من المتوقع.

(ثالثاً) متطلبات التشغيل والصيانة :(الجدول رقم 13)

النشاط	الفترة الزمنية	مكان الحصول على من يقوم بالنشاط	المواد وقطع الغيار	الأدوات والمعدات
التحقق من الأداء	يومياً	محلي	_	_
الكشف على محبس التوريد (Delivery valve)	أسبوعيا	محلي	_	مفتاح بانة
إعادة تشغيل المضخة	أحياناً	محلي	_	_
تضبيط صمام الدفع (Impulse valve)	أحياناً	محلي	_	مفتاح بانة
شد المسامير (البولتات)	أحياناً	محلي	_	مفتاح بانة
استبدال ربلات الصمامات	أحياناً	محلي	ربلات صمامات، إطارات سيارات قديمة.	مفتاح بانة، مفك مسامير، سكين
إصلاحات كبيرة	أحياناً	مهندس من المنطقة	صمام العين (المصدر) وصمامات النظام	مفتاح بانة ، مفتاح فك مواسير ، ومخرطة مواسير
تغيير وتنظيف المضخة	أحياناً	محلي	_	مفتاح بانة
إصلاح المدخل وموضع المصدر	سنوياً	محلي	أسمنت، رمل، كري	سطل ، عدة الخلطة

الجدول رقم 13

(رابعاً): العاملين ضمناً والمهارات المطلوبة في عملية التشغيل والصيانة: (الجدول رقم 14)

العامل	العمل	المهارات
وكيل	v التحقق من أداء المضخة v تنظيف المضخة v إنجاز الإصلاحات الأساسية	مهارات أساسية
لجنة المياه	v الإشراف على الوكيل v جمع المساهمات	مهارات تنظيمية
ميكانيكي المنطقة	استبدال الصمامات	_
دعم خارجي	v التحقق من نوعية المياه v حث وقيادة المنظمات المحلية	v تحليل ميكروبي v عمل ميداني

الجدول رقم 14

الأوجه التنظيمية:

- نظراً للكلفة القليلة لمضخة الـRAM وأعمال المأخذ من المصدر، فإن هذه التكنولوجيا مناسبة لاستعمالها على نطاق واسع.
- الوكيل يعين لأعمال التشغيل والصيانة.
- مطلوب القليل من التدريب.

خامساً: المصروفات (نفقات التشغيل والصيانة) :

مصروفات قليلة تتمثل في قيمة صمامات جديدة سنوياً، وإذا كانت المياه تحتوي على مواد تتسبب في تأكل مواد المضخة فإن أكثر مكونات هذا النظام بحاجة إلى التبديل.

سادساً: المشاكل والقيود والملاحظات:

1. مشاكل التردد الصحيح:

تأكل وإهتراء الربلات المطاطية للصمامات، ودخول الرمل والأتربة إلى جسد المضخة.

2. القيود:

هذا النظام بحاجة إلى مصدر للمياه يرتفع على الأقل 1م عن جسد المضخة، وعند الضخ إلى أماكن عالية تكون كمية المياه التي يتم ضخها هي عبارة عن جزء من حوض مأخذ ماسورة الـDrive pipe ولهذا السبب فإن كمية المياه الخارجة تكون عموماً قليلة.

3. الملاحظات:

مصروفات أعمال المأخذ، و ماسورة الـDrive pipe والتصريف يجب أن تضاف إلى تكلفة المضخة نفسها.

سابعاً: المراجع التي يمكن الحصول منها على مزيد من المعلومات :

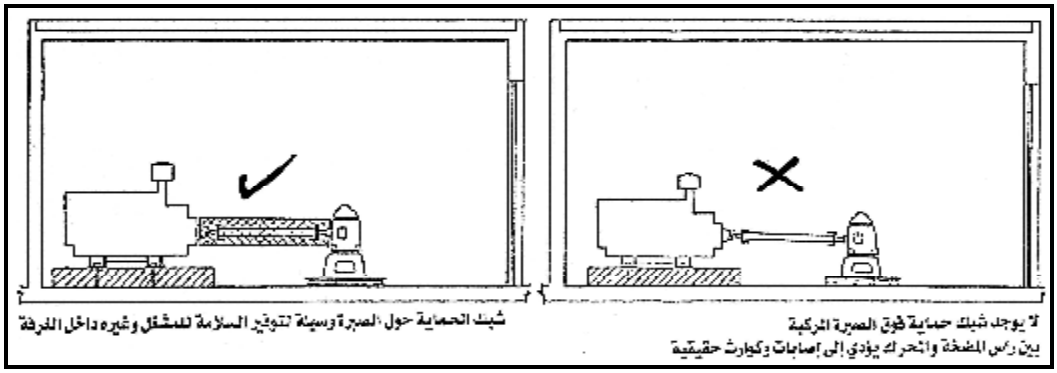
- Fraenkle, Peter(1986) (Design; Planning)
- Hofkes,E.H. and Visscher, J.T.(Design; Installation; O&M)
-Mathewson, Iain(1993).(Design; Installation)
-Meier, Ueli(1990).(Design; performance; Installation; O&M)

4- الأخطاء الشائعة في التعامل مع وحدات الضخ المختلفة وكيفية تلافيها

الخطـــــاء	كيفيـــة تـــلافي الخطـــاء
اختيار مضخة ذات إنتاجية عالية (ميكانيكية أو كهربائية) لا تتناسب مع إنتاجية المصدر (البئر أو العين ...الخ)، وهذا يتسبب في عدم الاتزان بين عملية سحب المياه من المصدر وتغذية المصدر نفسه، مما يؤدي إلى انقطاع ضخ المياه وتهدف البئر من جراء الشفط الزائد وبالتالي انتهاء المصدر والمضخة معاً.	عمل الحسابات الدقيقة المبنية على نتائج اختبار البئر الدقيقة والقياسات المساحية الدقيقة أيضاً لتحديد المضخة المناسبة.
اختيار مضخات ذات إنتاجية ثابتة (المضخات الكهربائية الغاطسة) وتركيبها في آبار أو مصادر ذات إنتاجية متقلبة وغير ثابتة لسبب ما، مما يؤدي إلى عدم الاتزان بين الإنتاجيتين وبالتالي يحدث الضرر في المضخة والمصدر لعدم القدرة على تقليل إنتاجية المضخة بنقصان إنتاجية البئر.	اختيار المضخة المناسبة والبعد قدر الإمكان عن اختيار وحدات الضخ الكهربائية، ومحاولة اللجوء إلى المضخات الميكانيكية والتي أثبتت التجربة أن اليمنيين يجيدون التعامل معها
عدم اهتمام المشغل وإدارة المشروع بموضوع المفاقدة الدورية لوحدات الضخ وعلى سبيل المثال في وحدات الضخ الكهربائية يتم إغفال موضوع شد المسامير وبولتات الأسلاك الكهربائية في الطبلونات (داخل غرف الضخ) دورياً، مما يؤدي في حالة ارتخائها إلى حدوث ماس كهربائي أو حرائق في الطبلون أو في دينامو المضخة داخل البئر، وبالتالي توقف الضخ وعمل صيانة مكلفة جداً.	تدريب المشغلين ومتابعتهم للقيام ب المفاقدة الدورية.
عدم الاهتمام بموضوع التأريت السليم لوحدات الضخ الكهربائية، وبالذات التي تكون متصلة بالتيار الكهربائي الخارجي (الضغط العالي)، مما يتسبب في جذب الصواعق إلى وحدة الضخ وبالتالي تدميرها وإلحاق بالغ الضرر في بعض الأشخاص، وتوقف عملية ضخ المياه نهائياً.	يجب وضع هذه الاعتبارات عند التصميم والتشديد على تنفيذها في الواقع.
عدم الاهتمام في رفع منسوب تركيب الطبلونات الكهربائية في غرف الضخ، مما يترتب عليه وصول المياه أو الأطفال إليه و يتسبب في حدوث ماس كهربائي وحرائق وخلافه.	يجب وضع هذه الاعتبارات عند التصميم والتشديد على تنفيذها في الواقع
عدم تغليف وتنظيم موضوع الأسلاك والوايرات الكهربائية من المولد إلى الطبلون ومن ثم إلى المضخة داخل البئر مما يتسبب عنه وقوع حوادث وحرائق لا تحمد عقباها عند قطع أحد هذه الوايرات (وهذا موضوع في غاية الخطورة).	يجب وضع هذه الاعتبارات عند التصميم والتشديد على تنفيذها في الواقع
السماح بتكون تجمعات مائية داخل غرفة الضخ وحولها مما يولد بيئة غير صحية وعودة بعض من هذه المياه إلى البئر وبالتالي تلوثها، وعدم ظهور غرفة الضخ وما حولها بالمظهر الملائم والصحي.	منع تسريب المياه ممن أي نقطة كانت، وعمل التصريف السليم وتوجيهه بغرض الاستفادة منه بطريقة يتم التخطيط لها بحسب الحالة والمكان.
ترك فتحة العادم (الإقزاز) للمولد أو المحرك ينفث بالأدخنة والعوادم داخل غرفة الضخ، وإيجاد جو خانق داخل الغرفة والتسبب في اتساخ جدران الغرفة وهذا يعني وسط بيئي سيئ للغاية داخل غرفة الضخ.	يجب وضع هذه الاعتبارات عند التصميم والتشديد على تنفيذها في الواقع.
عدم وزن الصبرة بين المحرك ورأس المضخة الميكانيكية،	يجب وضع هذه الاعتبارات عند التصميم والتشديد على

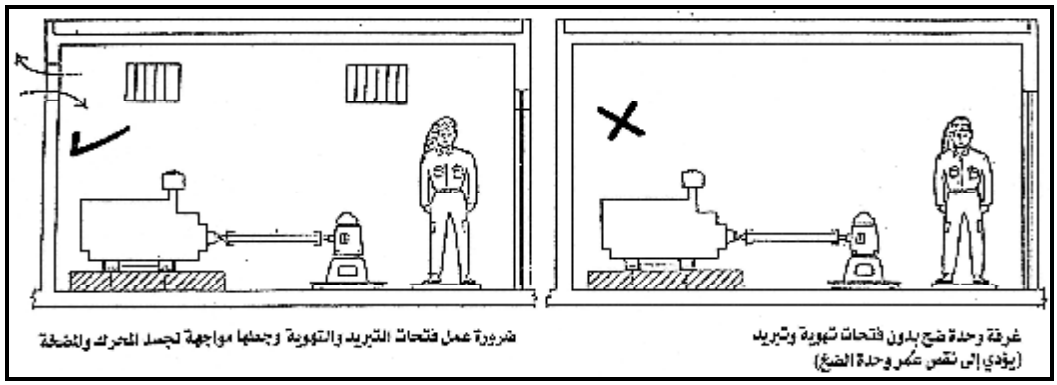
الخطـــــاء	كيفيـــة تـــلافي الخطـــاء
مما يؤدي إلى دوران غير محوري وبالتالي تدمير أجزاء في المحرك ورأس المضخة وتوقف وحدة الضخ في فتر قصيرة .	تنفيذها في الواقع.
عدم رفع المضخات (كهربائية أو ميكانيكية ...الخ) من البئر ومفاقدتها دورياً (بحسب الإرشادات) قد يتسبب في سقوطها داخل البئر فجأة وخصوصا من نقطة تركيب المضخة مع أول ماسورة رفع من تحت (نقطة ضعيفة دائماً)،أو للتأكد من صمام عدم الرجوع الخاص بالمضخة وكذلك المشنات و...الخ).	ضرورة تخصيص مبالغ مالية تكفي لهذا العمل(الرفع والمفاقدة وإعادة التركيب) من دخل المشروع وتتولى إدارة المشروع توضيح الصرفيات وتسجيلها.
عدم الانتظام في تغيير الزيوت و فلترات الزيوت والهواء وعدم تسجيل ساعات التشغيل التي تنظم هذه الأعمال المهمة جداً (والتي تشكل جوهر أعمال التشغيل والصيانة) يؤدي إلى تدمير وحدة الضخ.	إلزام المشغل بذلك ، واتخاذ الإجراءات الصارمة من قبل الإدارة في حالة عدم الالتزام.
عدم عمل شبك حماية للصبرة أو القايش يؤدي عند الدوران إلى عمل حوادث رهيبة تسببت في الماضي وتتسبب في الحاضر في قتل المشغل أو أشخاص آخرون عند دخولهم هذه الغرف دون أخذ الحيطة الكافية لتجنب ملامسة الصبرة أوالقايش.	يجب وضع هذه الاعتبارات عند التصميم والتشديد على تنفيذها في الواقع
عدم رفع منسوب السقوف في غرف وحدات الضخ يؤدي إلى نقص في التهوية وصعوبة بالغة في نصب الرافعة اليدوية داخل الغرفة لتنفيذ أعمال صيانة أو أعمال تغييريه وأيضا يتسبب في إحترار المحرك أو المولد	يجب وضع هذه الاعتبارات عند التصميم والتشديد على تنفيذها في الواقع
عدم ترك مسافات كافية حول المحرك أو المولد أو رأس الضخة من جميع الجهات، مما يصعب عملية التشغيل والمفاقدة و أي أعمال تغييريه كبيرة مستقبلاً.	يجب وضع هذه الاعتبارات عند التصميم والتشديد على تنفيذها في الواقع
عدم مراعاة رفع منسوب أرضية غرف الضخ في حالة أن يكون هذا الموقع معرضاً للانجراف بفعل السيول وكذلك عدم تصميم حوائط حامية أو جدران تعمل على تغيير اتجاه وحركة مياه السيول بعيداً عن تلك الغرف يتسبب في تدميرها وربما جرف محتوياتها.	يجب وضع هذه الاعتبارات عند التصميم والتشديد على تنفيذها في الواقع
عدم عمل سياج حول مكان غرف الضخ والخزانات الأرضية بجوارها (إن وجد)، يؤدي إلى دخول الغير عاملين والحيوانات والأطفال إلى هذه المواقع مما يترتب عليه إحداث الفوضى والعبث بمكونات غرف الضخ وتعطيلها وغير ذلك من المشاكل مثل حدوث احتكاكات بين المشغل والأهالي قد تتسبب في مشاكل اجتماعية كبيرة مستقبلاً.	يجب وضع هذه الاعتبارات عند التصميم والتشديد على تنفيذها في الواقع
عدم فتح شبابيك تهوية بأبعاد مناسبة وفي أماكن مقابلة تماماً لجسد المحرك أو المولد يتسبب في نقص التهوية وبالتالي يضعف أداء المحرك ويكون سبباً من أسباب نقص العمر لهذه الوحدات.	يجب وضع هذه الاعتبارات عند التصميم والتشديد على تنفيذها في الواقع
عدم وجود طفايات حريق في غرف المضخات يتسبب في	يجب وضع هذه الاعتبارات عند التصميم والتشديد على

الخطـــــاء	كيفيـــة تـــلافي الخطـــاء
عدم القدرة على إطفاء الحرائق عند حدوثها لأي سبب (لا سمح الله).	تنفيذها في الواقع
عدم الاستفادة من مياه التبريد الخارجة من بعض وحدات الضخ بالطريقة الصحيحة يؤدي إلى تلوث بيئي وإيجاد أماكن مياه راكدة تتسبب في الكثير من الأمراض، وأيضاً يقوم بعض الأهالي بالشرب من هذه المياه والتي تحتوي على الكثير من المواد الغريبة والضارة وخصوصاً بعض الأجزاء المعدنية المهترية من جسد المحرك الداخلي (وهذا موضوع خطير).	يجب وضع هذه الاعتبارات عند التصميم والتشديد على تنفيذها في الواقع
استخدام مضخات تكون فيها المراوح مصنعة من مواد بلاستيكية تتآكل بفعل عملية البري الناتجة عن احتكاك حبيبات الرمل الموجودة في المياه مع أجنحة هذه المراوح وهذا يؤدي إلى تلفها وعدم دفعه للمياه بعد عمر قصير جداً وعلى سبيل المثال مضخات من نوع فان هيك وغيرها.	استخدام مضخات ذات مراوح مصنعة من خليط من المعادن تقاوم البري وتعيش لمدة طويلة.
استخدام مضخات كهربائية أو ميكانيكية أو تعمل بالطاقة الشمسية أو محركات أو مولدات لا تكون قطع غيارها متوفرة في الأسواق المحلية، مما يترتب عليه وقف عملها عند أول مشكله وضرورة استبدالها بالكامل وهذا يعني إنفاق مبالغ مالية كبيرة دون تحقق المردود الاقتصادي منها، بل تعمل على زيادة الإنفاق مقابل دخول ثابتة.	العمل على استخدام وحدات الضخ المتوفرة محلياً مع قطع غيارها وهذا هام جداً جداً.
عدم عمل الحسابات الدقيقة لفارق المنسوب بين نقطتي الضخ مع إضافة فوارق الاحتكاك، يعطي في النهاية تصميم لمضخة تعجز عن الرفع المطلوب ويتوقف المشروع، أو أنها تعطي مضخة ذات إنتاجية أكبر من إنتاجية المصدر وبالتالي ضياع المصدر وتوقف المشروع.	القياسات والحسابات يجب أن تكون دقيقة للحصول على نتائج واقعية وبكلفة معقولة.
عدم التأكد من إحكام تركيب حامل الرأس يؤدي إلى جرح كابل الغطاس	التأكد من إحكام تركيب حامل الرأس يؤدي إلى جرح كابل الغطاس
عدم الاهتمام بتركيب جهاز قطع التشغيل (الأوتوماتيك) في المضخات الكهربائية عند انخفاض منسوب المياه عن حد معين فوق منسوب المضخة مع الدينامو داخل البئر، والذي بدونه قد ينكشف جسد المضخة مع الدينامو ويحدث احتراق للمضخة .	ضرورة الاهتمام بتركيب جهاز قطع التشغيل (الأوتوماتيك) في المضخات الكهربائية، في المنسوب الملائم داخل البئر والذي يضمن توقف التشغيل قبل وصول انخفاض منسوب الماء إلى منسوب المضخة .
عدم الاهتمام بتركيب محبس عدم الرجوع في خطوط الضخ، مما يؤدي إلى إلحاق الضرر بالمضخة من حدوث المطرقة المائية فيها مباشرةً.	ضرورة الاهتمام بتركيب محبس عدم الرجوع في خطوط الضخ، مما يمنع الضرر بالمضخة حيث يمنع وصول تأثير المطرقة المائية إليها مباشرةً.
عدم التدقيق في مواصفات مواسير الرفع (داخل البئر من حيث السمك والوزن ومادة التصنيع والقدرة على مقاومة التآكل.	يجب الاهتمام بالتدقيق في مواصفات مواسير الرفع (داخل البئر من حيث السمك والوزن ومادة التصنيع والقدرة على مقاومة التآكل.
عدم الاهتمام بتأهيل فريق التشغيل لوحدة الضخ.	ضرورة الاهتمام بتأهيل فريق التشغيل لوحدة الضخ.



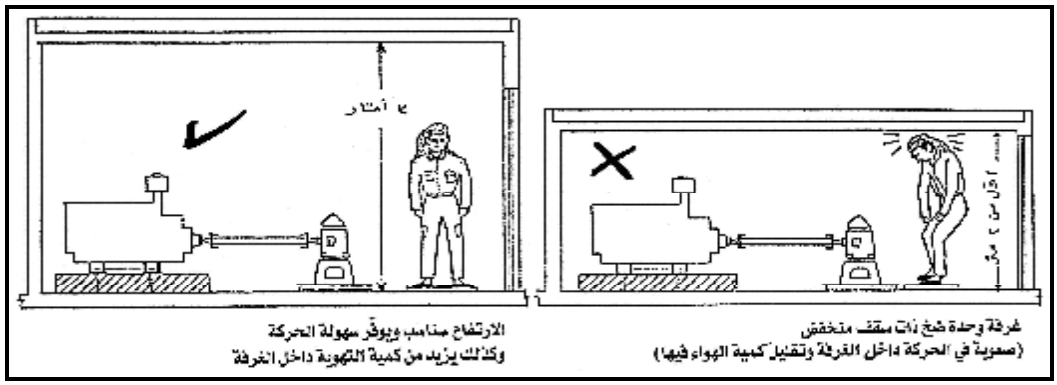
لا يوجد شبك حماية فوق الصيرة المركبة
بين رأس المضخة والمحرك يؤدي إلى إصابات وكوارث حقيقية

شبك الحماية حول الصيرة وسيلة لتوفير السلامة للمشغل وغيره داخل الغرفة



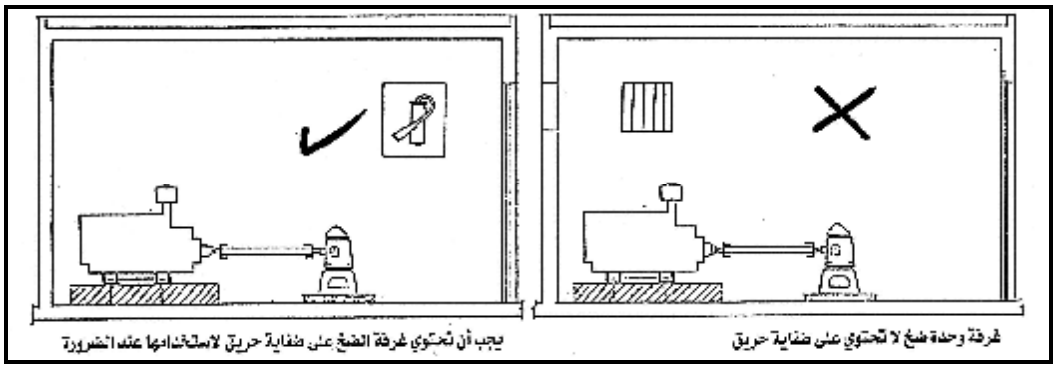
غرفة وحدة ضخ بدون فتحات تهوية وتبريد
(يؤدي إلى نقص عمر وحدة الضخ)

ضرورة عمل فتحات التبريد والتهوية وجعلها مواجهة لجسد المحرك والمضخة



غرفة وحدة ضخ ذات سقف منخفض
(صعوبة في الحركة داخل الغرفة وتقليل كمية الهواء فيها)

الارتفاع مناسب ويوفر سهولة الحركة
وكذلك يزيد من كمية التهوية داخل الغرفة



غرفة وحدة ضخ لا تحتوي على طفاية حريق

يجب أن تحتوي غرفة الضخ على طفاية حريق لاستخدامها عند الضرورة

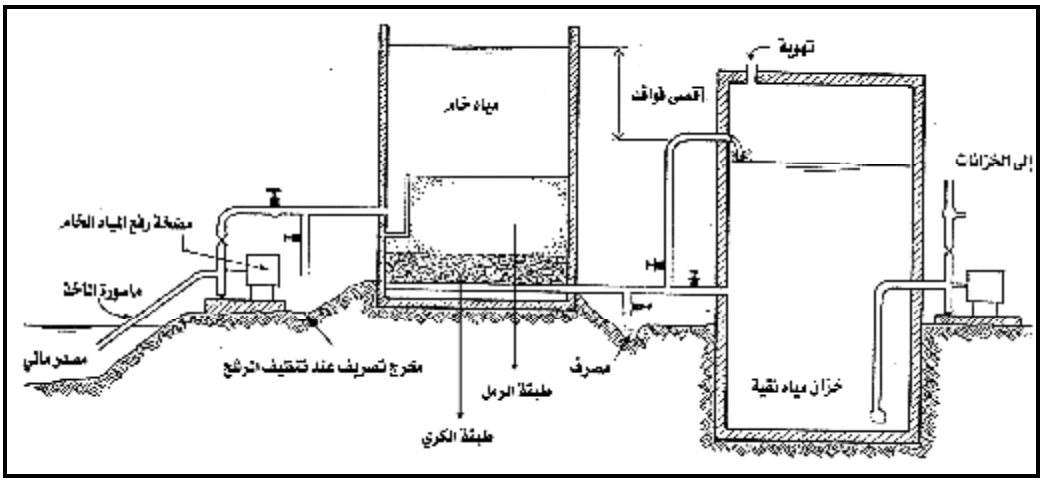
الباب السابع

معالجـــــة ميــاه الشــرب

إن المياه الجوفية النقية هي المصدر الأساسي لإمداد المناطق الريفية بمياه الشرب في اليمن، وعليه فإن معالجة المياه عادةً ليست ضرورية لهذا السبب. و على القارئ العودة إلى مراجع أخرى خاصة وذلك لمعرفة الحالات التي يوصى بأن تتم معالجة المياه فيها.

وعلى كل حال فإن عملية التعقيم الدورية (الكلورة) للعيون والآبار اليدوية يجب أن تكون عملية باستخدام مادة هيبوكلوريد الكالسيوم التى تحتوى على25-30 % من الكلور وعلينا ترك هذه المادة لمدة 24 ساعة في المكان المراد تعقيمه (في أماكن تجمع المياه) مثل الخزانات أو الآبار، ومن ثم يجب أن تغسل هذه الأماكن لإزالة هذه المادة نهائياً قبل إعادة الاستخدام.

وفي حالة البرك كما ذكر في الفقرة (5 الفصل الثالث) أو أية مصادر مياه سطحية، وذلك بغرض استخدامها كمصدر لإمداد الأهالي بالمياه، فإن منشآت الترسيب ومرشحات الرمل البطيئة يمكن تنفيذها لتحسين نوعية الماء، لحماية الناس من أمراض المياه الشائعة، مثل أمراض الإسهالات ...الخ .
وكمثال لمرشح الرمل البطيء أنظر الشكل رقم (57).



شكل رقم (57) يوضح مخطط مبسط للمرشح الرملي البطيء

عناصر التصميم للمساحة السطحية للمرشح (الفلتر)، يمكن تلخيصها كما يلي :

السعة التصميمية (م^3 / يوم)	2	10	50	100	200
المساحة السطحية لرمل المرشح (م^2)	0.4	2	10	20	40

و هذا يعني أن معدل الاختراق (الرشح) في كل وحدة تشغيل يجب أن لا تزيد عن 0.2 م / ساعة.

و لهذا التصميم فإنه مبدئياً يتم اختيار أن يكون ارتفاع الماء بين 1م و 1.5 م، ،أن سمك طبقة الرمل(الطبقة الأولى) يجب أن تختار بين 0.9 م -1 م . وهذا يعطي فرصة القيام بكشط الطبقة العلياء من الرمل في فترات معينة، قبل أن يتم الوصول إلى الحد الأدنى لسمك طبقة الرمل والتي تبلغ 0.6 م. و يجب أن يكون المقياس الحبيبي للرمل المختار للطبقة الأولى من 0.15 مم إلى 0.3 مم، وأن يكون معامل التجانس 3 -5 .

لمنع حبيبات الرمل من الدخول في فتحات نظام التصريف السفلي في المرشح فإنه يتم عمل سلسلة من طبقات الكري (أسفل طبقات الرمل) ويجب أن تتدرج المقاسات من الأصغر إلى الأكبر من فوق إلى تحت، وذلك من أجل جعل الفتحات أسفل المرشح حرة والطبقات الناعمة تكون في الأعلى من أجل منع الرمل من النزول (الغرق) إلى الفراغات التي تحت. و كل طبقة من هذه الطبقات يجب أن لا تزيد عن 10سم في سمكها والسمك الاجمالى لهذه الطبقات تكون حوالى45سم.

وللمرشحات الصغيرة كما هو الحال في مشاريع الريف اليمني، فإن المواسير الثانوية المثقبة والتي تستخدم في عملية التصريف، يتم ربطها إلى المصرف الرئيسي والذي يخرج المياه خارج المرشح. وهذه المواسير الثانوية (3هنش-6هنش في القطر) والتي توضع بحيث تترك بينها مسافة بنحو 1م، وتكون مثقبة في جانبها الأسفل
(وهي موضوعة بشكل أفقي)، ويتم عمل 10 ثقوب للمتر الواحد من الماسورة.

وفي هذه الحالة فإن الطبقات التالية هي التي يجب أن يتم اختيارها للمرشح الرملي (من أعلى إلى أسفل):

اولا : طبقة الرمل الناعم (الفرشه الرمليه) :

وتكون بسمك 0.9 – 1 متر من الرمل الناعم، النظيف، المغسول ،ويكون المقاس الفعال للحبيبات 0.3-0.15 مم.

ثانيا : طبقات الرمل الخشن والحصى المتدرج (Filer medium support):

الطبقة الاولى:

وتكون بسمك 100مم من الرمل المنخول ، النظيف، المغسول ، ويكون المقاس الفعال للحبيبات 0.3-0.2 مم .

الطبقة الثانيه:

وتكون بسمك 100مم من الرمل الخشن المنخول ، النظيف، المغسول ،ويكون المقاس الفعال للحبيبات 1-1.4 مم

الطبقة الثالثه:

وتكون بسمك 100مم من الرمل الأكثر خشونة (الكري المدور) المنخول ، النظيف، المغسول ، ويكون المقاس الفعال للحبيبات 4-5.6 مم .

الطبقة الرابعة:

وتكون بسمك 150مم من الكري المدور المنخول ، النظيف، المغسول ، ويكون المقاس الفعال للحبيبات 16-23 مم .

وتحت هذه الطبقات يوجد نظام التصريف المكون من الانابيب الطويله والجانبيه المثقبه

و بالنسبة لعملية تنظيف المرشح الرملي البطيء الدورية فإنه يتم عمل كشط لسطح الطبقة الأولى باستخدام مجرفة يدوية وذلك بغرض إزالة الوجه الأعلى من الرمل غير النظيف.

و هذا الرمل غير النظيف يتم التخلص منه، وفي بعض الأحيان فإنه يتم تنظيفه بالغسل (في حالة أن تكون عملية الغسيل أرخص من شراء رمل جديد). ولمنع تعفن وفساد الرمل فإنه يجب غسل الرمل فوراً بعد إخراجه من المرشح. ويجب الحرص على عدم فقدان كميات كبيرة من الرمل أثناء عملية الغسيل هذه.

1- نوعية المياه الصالحة للشرب :

يوجد العديد من الدراسات وبشكل واسع والتي أثبتت العلاقة بين صلاحية (جودة) المياه والصحة، وكنتيجة لتلك

الدراسات فإن مياه الشرب يجب أن تكون :

- خالية من الكائنات الممرضة (مسببات المرض).
- خالية من المركبات التي تسبب طعماً أو رائحة منفرة.
- غير محتوية على كيماويات، أو معادن، أو مركبات مشعة بتركيز يمكن أن يكون لها تأثير عكسي على صحة الإنسان ولو على المدى الطويل.
- نقية و عديمة اللون .
- غير مالحة .
- غير مسببة للصدأ أو منتجة للرسوبيات في نظام إمداد المياه، ولا تترك بقعاً أولوناً على الملابس المغسولة

A- الصلاحية (الجودة) الميكروبولوجية:

تعتبر الجودة الميكروبولوجية أهم جانب من جوانب جودة مياه الشرب، ويتم فحص المياه للكشف عن أنواع محددة من البكتيريا، والتي تنشأ بأعداد كبيرة من مُخلفات الإنسان والحيوان، والتي يدل وجودها على التلوث البرازي (البكتيري).

و يُعَرض التلوث البرازي في مياه الشرب المجتمع إلى مختلف مسببات الأمراض المعوية (مثل البكتيريا، والفيروسات، والطفيليات):

تلوث المياه بالبكتيريا: (السلمونيلا Salmonella، والشيجلا Shigella، و أشريرشيا كولاي E. Coli، ويارسينيا Yarsinina) يمكن أن تسبب أمراضاً تتراوح في الحدة بين التهاب الأمعاء الخفيف، إلى الزحار والتيفوئيد الحاد أو المميت أحياناً.

تلوث المياه بالفيروسات: يؤدي إلى أمراض مثل فيروس التهاب الكبد A، وفيروس العجيلية.

تلوث المياه بالطفيليات : يؤدي إلى أمراض الجارديا المعوية Giardia و كلوستريديوم Clostridium.

ومن المُشَعَرات البكتيرية (لفحص بكتيريا الكوليفروم TC & FC) والتي يدل وجودها على التلوث البرازي ما يلي: القولونيات التي تعيش عند درجة حرارة عالية (البرازية) وفي الغالب أشريرشيا كولاي E. Coli والعقديات البرازية، ويعتبر وجود البكتيريا في المياه دليلاً على التلوث البرازي فيها، إلى جانب احتمال وجود كائنات أخرى ممرضة بكتيرية وفيروسية.

و يتطلب حفظ عينات المياه المراد فحصها إلى توافر ظروف مناسبة، إن كانت بحاجة إلى نقل قبل فحصها، ولهذا السبب لابد من تحديد فترات الحفظ العظمى، وظروف الحفظ التي يمكن تحقيقها في الظروف السائدة. وعادةً ما تعبأ العينات في قوارير زجاجية معقمة مخصصة لهذا الغرض حيث تبرد بسرعة وتنقل في بيئة مظلمة ذات حرارة معتدلة. ومن الأفضل إجراء التحليل عليها خلال ست ساعات من وقت أخذ العينة.

والطريقتان الرئيسيتان (لفحص بكتيريا الكوليفروم TC & FC هما:

(أ) طريقة الأنابيب المتعددة، أو طريقة العدد الأكثر احتمالاً.

(ب) طريقة الترشيح الغشائي.

وتقوم طريقة الأنابيب المتعددة على عمل تحليل منفصل لعدة أحجام من العينة نفسها. حيث يخلط كل حجم مع المستنبت الغذائي ويُحضن، ثم تتم معرفة كثافة الكائنات الدقيقة التي نمت في العينة الأصلية عن طريق مقارنة الشكل في العينات الإيجابية (الأنابيب التي يظهر فيها نمو الكائنات الدقيقة) مع الجداول الإحصائية، والتي تبين " العدد الأكثر احتمالاً " من البكتيريا لكل 100 مل من عينة المياه.

أما طريقة الترشيح الغشائي، فتقوم على ترشيح حجم معين من المياه من خلال مرشح غشائي معقم تستقر البكتريا عليه، ثم يوضع الغشاء في مستنبت غذائي مختار ويُحضن ، حيث تتكاثر البكتيريا عليه وتظهر على

شكل مستعمرات يمكن حصرها، ويتم التعبير عنها بوحدات تكوين المستعمرة (Colony) لكل 100 مل من عينة المياه."

وفي مشاريع إمداد مياه الشرب بكميات قليلة (في المناطق الريفية) فإنه (عموماً) من المناسب الأخذ بمعايير النوعية البكتيرولوجية التالية:-
القولونيات الكلية – TC -(متوسط العدد الموجود في العينة) ← يجب أن يكون أقل من 10 لكل 100 مل.
القولونيات الغائطية -E. Coil - (متوسط العدد الموجود في العينة) ← يجب أن يكون أقل من 2.5 لكل 100مل.

وتوجد قيم دلائل إمدادات مياه الشرب المأمونة بكتيرولوجياً في جدول ضمن – المجلد الأول – من دلائل منظمة الصحة العالمية لجودة مياه الشرب يمكن الاسترشاد بتلك القيم في معامل المياه للحكم بأن العينة مأمونة من الناحية البكتيرولوجية أم لا.

B- الصلاحية (الجودة) الكيماوية و الفيزيائية:

تعتبر المياه ذات الجودة العالية من الناحية الكيميائية والفيزيائية ضرورية من وجهة نظر تقبل المستهلك لها، وحماية صحته، والحفاظ على نظام إمداد المياه. وتظهر حالات لمصدر المياه تحتوي مياهه على مواد كيماوية منفرة على عدم تقبل عامة الناس للشرب منه، بالرغم من أن جودة المياه البكتيرولوجية فيه يمكن أن توصف بالممتازة."

وعندما تكون مياه الشرب محتوية على كميات زائدة من المواد العضوية، أو المعادن الكيماوية فإن هذا ما يجعلها غير صالحة للشرب، وهذا يتركز غالباً على الحديد و المنجنيز و الفلورايد و النترات و العكارة واللون وغيرها.

ومن الجدول التالي(رقم15) يمكن الاسترشاد بالقيم الموجودة فيه للحكم على نوعية مياه الشرب، وهي معايير تم استخلاصها من توصيات منظمة الصحة العالمية.

المكون أو الخاصية	الوحـــدة	أعلى حد مرغوب فيه	أقصى حد مسموح به
مجموع الأملاح الذائبة	ملجم / ليتر	500	2000
العكارة	FTU (وحدة عكارة)	5	25
اللون	ملجم (وحدة لون)/ ليتر	5	50
الحديد	ملجم / ليتر	0.1	1.0
المنجنيز	ملجم / ليتر	0.05	0.5
النترات	ملجم / ليتر	50	100
النتريت	ملجم / ليتر	1	2
السلفات	ملجم / ليتر	200	400
الفلورايد	ملجم / ليتر	1	2
الصوديوم	ملجم / ليتر	120	400

الزرنيخ	ملجم / ليتر	0.05	0.1
الكروم	ملجم / ليتر	0.05	0.1
السيانيد	ملجم / ليتر	0.1	0.2
الرصاص	ملجم / ليتر	0.05	0.10
الزئبق	ملجم / ليتر	0.001	0.005
الكادميوم	ملجم / ليتر	0.005	0.010

جدول (رقم 15) يوضح القيم الاسترشادية لجودة وصلاحية مياه الشرب

2- أعمال معالجة مياه الشرب :

هناك حالات تصبح معها معالجة مياه الشرب ضرورية لجعلها صالحة للاستعمال (للشرب والاستخدامات المنزلية). ولكن يجب الإشارة إلى أن توفير أي نوع من أنواع المعالجة للمياه في أي مشروع فإن هذا يعني بالضرورة توسيع عملية التشغيل والصيانة إلى حد كبير وهذا معناه مواجهة مشاكل،وهذا قد يؤدي إلى فشل المشرو

وهناك العديد من الطرق لمعالجة مياه الشرب، يمتاز بعضها بسهولة التشغيل والصيانة، ولكنها جميعاً بحاجة إلى الإشراف المنتظم والعناية التامة

وعليه فإنه وعند اختيار وتصميم شكل من أشكال أعمال معالجة مياه الشرب، فلابد من أخذ متطلبات التشغيل والصيانة في الاعتبار"

وفيما يلي جدول (رقم 16) يوضح تأثيرات عمليات معالجة مياه الشرب في إزالة التلوث (المواد الملوثة):

طريقة المعالجة / حدود تأثير أعمال المعالجة على	التهوية	الترويب والتخثر	الترسيب	الترشيح السريع	الترشيح البطيئ	الكلورة
محتوى الأكسجين المذاب	+	o	o	-	- -	+
إزالة ثاني أكسيد الكربون	-	o	o	+	+ +	+
تنقيص العكارة	o	+ + +	+	+ + +	+ + + +	o
تنقيص اللون	o	+ +	+	+	+ +	+ +
إزالة الطعم والرائحة	+ +	+	+	+ +	+ +	+
إزالة البكتيريا	o	+	+ +	+ +	+ + + +	+ + + +
إزالة الحديد والمنجنيز	+ +	+	+	+ + + +	+ + + +	o
إزالة المواد العضوية	+	+	+ +	+ + +	+ + + +	+ + +

جدول (رقم 16) يوضح تأثيرات عمليات معالجة مياه الشرب في إزالة التلوث (المواد الملوثة)

\+ تأثير إيجابي

o لا يوجد تأثير

-تأثير سلبي

أنظمة المعالجـــة (أنظر الشكل في الصفحة التالية):

1) تكون الكلورة المنفردة كافية فقط قبل إمداد المياه ، إن كانت مصادر المياه الجوفية والسطحية محمية جيداً ، وكان معروفاً أن التلوث في مستوى منخفض أو صفر ،وكانت العكارة اقل من خمسة (وحدة قياس العكارة) وكان الماء خالياً من مشاكل الطعم والرائحة واللون (انظر شكل أنظمة المعالجة -أ).

2) تكون التهوية ويتبعها الرشح الرملي البطيء، والكلورة كافية أن كانت المياه الجوفية تحتوي على فائض من الحديد و المنجنيز وثان أكسيد الكربون المذاب والغازات ذات الرائحة (انظر شكل أنظمة المعالجة-ب)، والبديل الأكثر كلفة والذي هو بحاجة إلى مهارات تشغيل وصيانة كبيرة هو التهوية، ويتبعه التخثير (الخلط السريع والبطيء) والترسيب و الترشيح الرملي السريع.

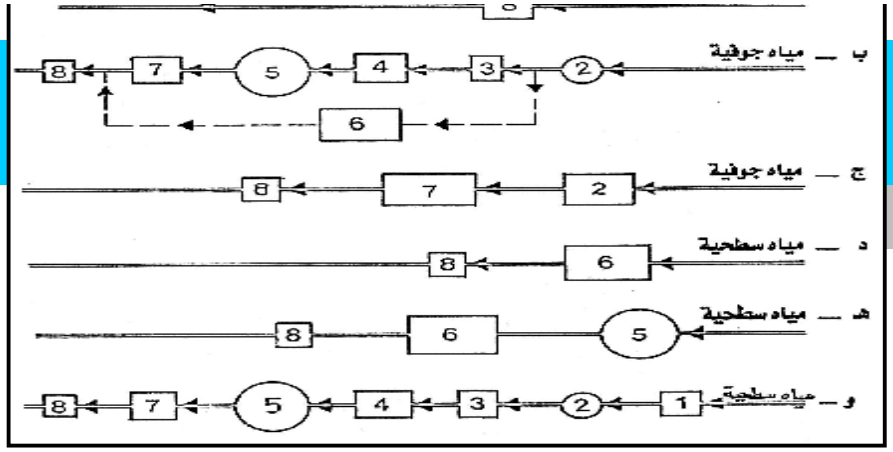
3) يكون من الضروري استعمال معالجة خاصة مثل إزالة عسر الماء أو نزع المعادن عندما تكون المياه الجوفية عسرة جداً، وتحتوي على مستويات عالية من المواد الصلبة المذابة الكلية، بحيث يرفضها مستهلكو المياه (انظر شكل أنظمة المعالجة-ج).

4) ويكون الترشيح الرملي البطيء و الكلورة كافياً في المناطق التي تكون فيها العكارة للمياه السطحية منخفضة NTU 1 (وحدة قياس العكارة) ولكن ينتشر فيها داء الشقيات. أو عندما تكون فيها العكارة للمياه مرتفعة ولكنها أقل من 30 وحدة قياس العكارة (انظر شكل أنظمة المعالجة-د).

5) تكون عموماً المعالجة التحضيرية البسيطة، مثل الترسيب المنفرد أو الترشيح التحضيري أو التخزين يتبعها ترشيح رملي بطيء وكلورة كافية عندما تمتلك المياه السطحية عكارة متقلبة بشكل كبير أو تتجاوز NTU 30 (وحدة قياس عكارة) في مدد قصيرة في السنة (انظر شكل أنظمة المعالجة-هـ).

ونستطيع استخدام المعالجة التقليدية والتي تتضمن كلورة ابتدائية (اختياري)، وتهوية – تخثير – يتبعه ترشيح رملي سريع، و كلورة لاحقة لمعالجة المياه ذات النوعية الرديئة. و عموماً لا ينصح باستخدام هذا النوع من المعالجة لإمدادات المياه في التجمعات الصغيرة إلا في الحالات الخاصة (انظر شكل أنظمة المعالجة -و).

1 -الكلورة التحضيرية	2-التهوية	3-خلط سريع
4-التخثير	5-الترسيب	6-ترشيح رملي بطي
7-مرشح رملي سريع	8-كلورة لاحقة	9-إزالة العسرة


ب — مياه جوفية
8
7
5
4
3
2
6
ج — مياه جوفية
8
7
2
د — مياه سطحية
8
6
هـ — مياه سطحية
8
6
5
و — مياه سطحية
8
7
5
4
3
2
1

1-الكلورة التحضيرية 2-التهوية 3-خلط سريع
4-التخثير 5-الترسيب 6-ترشيح رملي بطيء
7-مرشح رملي سريع 8-كلورة لاحقة 9-إزالة العسرة

شكل يوضح أنظمة المعالجة المستخدمة بحسب نوعية المياه و مصدرها

وسيتم التطرق فيما يلي لبعض طرق المعالجة البسيطة لمياه الشرب والتي يمكن استخدامها عند إمداد المجتمعات الصغيرة بالمياه:

اولا: الترسيب :

تحتوي المياه السطحية، كمياه الأنهار والجداول والوديان على رمل وطمي وغرين وغيرها من المواد الصلبة العالقة التي تتلف المضخات و تلتصق بالمرشحات والمواسير، وتقلل من فعالية عملية التعقيم.

الترسيب: هو إزالة هذه المواد العالقة (بنسبة تصل إلى 80 %) عندما يتدفق الماء ببطء خلال خزان كبير.و نتيجة لسرعة التدفق فإن الحبيبات التي لها كثافة كتليه (الوزن النوعي) الأكبر من كثافة الماء تستقر في قاع خزان مكونة طبقة من الحمأة، ويكون بذلك الماء الذي وصل إلى مخرج الصهريج قد تمت تنقيته. و الخزانات تكون مستطيلة المقطع أو دائرية، وسنتناول هنا الأحواض ذي الأشكال المستطيلة فقط.

العوامل المؤثرة في كفاءة عملية الترسيب:

- زمن المكث في الحوض (T) والتناسب هنا تناسباً طردياً (كلما زادت مدة المكث كان الترسيب أكثر كفاءة).
- السرعة الأفقية للسريان (V) و التناسب هنا تناسباً عكسياً (كلما زادت السرعة الأفقية كان الترسيب أقل كفاءة).
- معدل التحمل السطحي (في الاتجاه الأفقي) = Q / BH
- أبعاد الحوض (L,B,H) (تناسب طردي)،(حيث وأن B هو عرض الحوض، وD هو عمق الحوض، وL هو طول الحوض)
- خواص الحبيبات (الوزن النوعي، الحجم، الشكل).
- ترتيب المداخل والمخارج.
- المناطق الميتة (تناسب عكسي).
- استخدام كيماويات (تناسب طردي).
- درجة الحرارة (تناسب طردي).
- لزوجة الماء (تناسب عكسي).

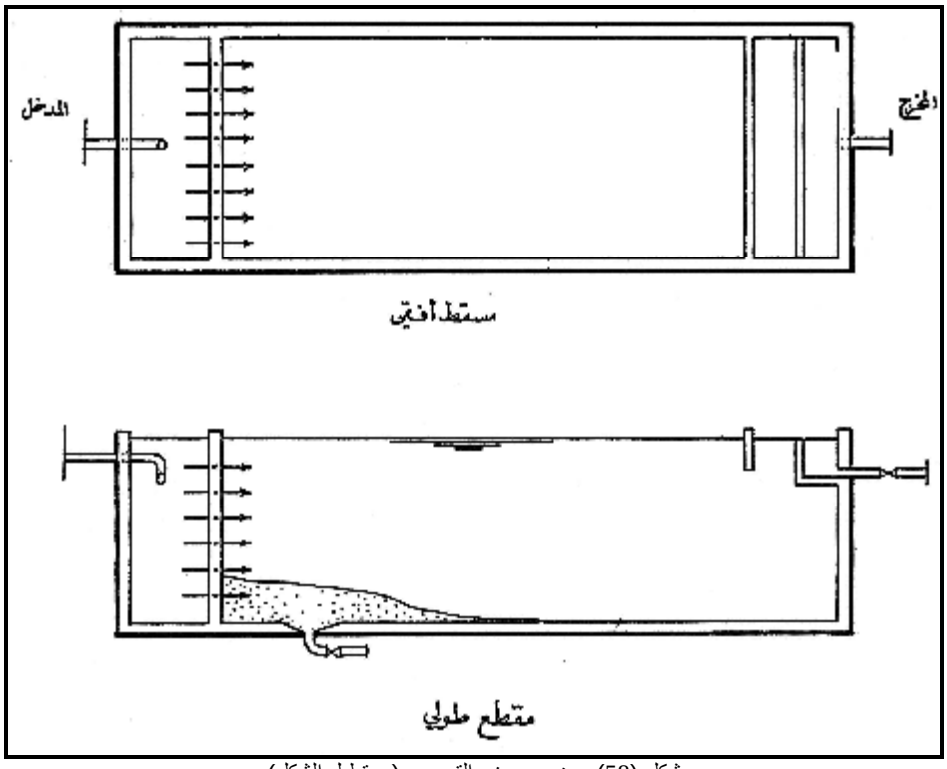
ويمكن استخدام العلاقة التالية في أعمال التصميم : $\boxed{Vs = Q/ BL}$ حيث أن Vs هي سرعة الترسيب

وللعلم فإن أسس تصميم أحواض الترسيب المستطيلة هي :

- زمن المكث في الحوض (T) = 2 -3 ساعات
- عمق الحوض (H) = 3 إلى 4.5 م
- طول الحوض (L) = (3 إلى 5 م) × B وبحيث أنه لا يزيد عن 40 م

- عرض الحوض (B) لا يزيد عن 10م
- عدد الأحواض (n) لا يزيد عن 2

ويتم التحقق من أن Vs محصورة بين 1-2 م/ ساعة ويتم التحقق من أن Q/ BH = V لا تزيد عن 30 سم / دقيقة.



شكل (58) يوضح حوض الترسيب (مستطيل الشكل)

وتتحسن فعالية الترسيب إذا ما رتبت منشآت المدخل والمخرج بشكل ينظم مدة مكوث المياه داخل الخزان، وعندما يتم الترسيب فقط دون أن يتبعه الترشيح، فإن الخزانات تنشأ بشكل طبيعي لتكون كبيرة للغاية، لتعطي فترة مكوث طويلة للمياه تتراوح ما بين يوم إلى عدة أيام قبل أن يتم إمدادها للاستعمال.

ويتم عادةً بناء خزانات الترسيب من الحجر أو الخرسانة المسلحة، ويفضل أن تكون مستطيلة الشكل من أجل تسهيل مهمة تنظيف قاع الخزان من المواد المترسبة، ويتم عمل ميول بسيطة لأرضية الخزان في اتجاه المدخل حيث يوجد فتحة تجميع المواد المترسبة (أنظر الشكل 58).

ثانيا : الترشيح:

ونهدف من عمليات الترشيح :

- التخلص من باقي المواد العالقة (20 %) والتي لم ترسب خلال عمليات الترسيب.
- التخلص من معظم البكتيريا والجراثيم (80 – 90 %).
- التخلص من الطحالب والمواد العضوية المسببة للطعم واللون والرائحة.
- التخلص من نسبة كبيرة من الأملاح غير العضوية والذائبة في الماء (مثل أيونات الحديد والمنجنيز).

نظرية الترشيح:

بدأ استخدام الرمل في تصفية المياه منذ ما يقرب من ألف سنه ومازالت هذه الطريقة هي التي يعتمد عليها للحصول على مياه الشرب.

مياه الأمطار (التي يتم تجميعها في المناطق الجبلية ويتم ترسيب المواد العالقة –الأتربة-في حوض ثم تجمع في برك وبعد البرك تمر بالطبقة الرملية) تعتبر عامة نظيفة لأنها تخللت حبيبات الرمل وترسبت البكتريا الضارة خلال طبقة الرمل.

هذه العملية هي نفس العملية التي تحصل في الطبيعة عندما تمر مياه الأمطار الى الحوض الجوفي خلال طبقة التربة والرمل وتصبح مياه جوفيه. وهي نفسها العملية التي تحصل في الكثبان الرملية التي تقع على ضفاف الأنهار والتي يتم مرور المياه خلالها ثم تستخدم كمياه صالحه للاستخدام الآدمي.

عندما تمر المياه خلال طبقة الرمل فإن البيئة التي تتكون خلال طبقة الرمل تعتبر من جهة غير مناسبة لبعض البكتريا الضارة فتموت ومن جهة أخرى تنمو فيها البكتريا النافعة التي تلائمها هذه الظروف والتي بدورها تتغذى على المواد العضوية العالقة بالمياه.

إن العمليات التي تتم في المرشحات البطيئة تعتبر معقده حيث تتراكم البكتريا والطحالب والبروتوزوا على سطح الرمل وتكون طبقه تسمى شموس دكي (Schmutzdecke) هذه هي الطبقة البيولوجية.

تمر المياه خلال هذه الطبقة فتلتصق المواد العالقة بالمياه على هذه الطبقة وتترسب عليها عن طريق التجاذب والروابط الكيميائية ، وكلما تعمقت المياه داخل الطبقة الرملية كلما قلت المادة العضوية وبالتالي زاد التنافس بين البكتريا على المادة العضوية المتبقية وربما تغذت على بعضها البعض حتى تموت.

تقدر المساحة السطحية التي توفرها الرمال لهذه العملية بما يقرب من 15,000 م^2/م^3 رمل وعلى هذه المساحة تلتصق البكتريا وتكون الطبقة البيولوجية التي تكون ما يقرب من 40% من حجم الطبقة الرملية فتمر المياه خلال المسامات الصغيرة المتبقية وترسب الملوثات عليها.

هذه العملية هي نفسها التي تتم خلال الكثبان الرملية الواقعة على جانبي الأنهار حيث تتم العمليات الهامة خلال الطبقة الرملية على جانب النهر وتعتبر المياه الخارجة منها معالجه ويتم بعدها تعقيم المياه بالكلور واستخدامه في الشرب وهذا ما يحصل في هولندا.

يتطلب لضمان تشغيل المرشح والحصول على مياه نقيه الاستمرار في عملية الترشيح وعدم التوقف المتكرر وأن يكون معدل الترشيح ثابت.

هناك عدة نظريات تفسر التغيرات التي تحدث للمياه داخل المرشح نتيجة لمروره خلال طبقة مسامية، وهي:

1. التصفية الميكانيكية: وتفترض أن طبقة الرمل تعمل كمصفى أو منخل دقيق الفتحات فتحجز المواد العالقة التي يزيد حجمها عن المسامات بين حبيبات الرمل. وإن الفراغات بين حبيبات الرمل تعمل كأحواض ترسيب متناهية الصغر. وإن المواد الغروية العالقة تلتصق بسطح حبيبات الرمل الخشنة.
2. التفاعلات الكهربائية: تفترض هذه النظرية أن حبيبات الرمل تحمل شحنات مختلفة عن التي تحملها المواد العالقة، وبالتالي يفسر:
   عملية الترشيح ← على أنها تجاذب بين الشحنتين –ويمر الماء مرشحاً.
   وعملية انسداد المرشح ← بتعادل الشحنات.
   وعملية الغسيل ← إعادة شحن الحبيبات.
3. التفاعلات البيولوجية: هي التفاعلات بين الكائنات الحية الدقيقة وما تحتويه المياه من أملاح ومواد عضوية.

أنواع المرشحات الرملية

- مرشحات رملية بطيئة (Slow sand filters) (filter)
- مرشحات رملية سريعة (Rapid sand)
  - بالضغط (By pressure)
  - بالجاذبية (By gravity)

ثالثا: المرشحات الرملية البطيئة (Slow sand filters):

(التصميم النمطى للمرشحات الرمليه البطيئه بحسب كتاب IRC رقم 24)

يحسن المرشح الرملي البطيء جودة المياه الفيزيائية والكيميائية و الميكروبولوجية بشكل كبير جداً. وعليه فإنه يمكن تعريف رشح الرمل البطيء بأنه : عملية إزالة المواد العالقة من المياه خلال مرورها ببطء بطبقة من الرمل، وتعتمد درجة الإزالة هذه على طبيعة وحجم رمل المرشح، وسماكة طبقة الرمل وحجم وكمية الحبيبات العالقة.

وتعد الإزالة البيولوجية من أهم العمليات المتداخلة في إزالة الشوائب في مرشح الرمل البطيء وتستقر الكثير من المواد الحبيبية في السنتيمترات العليا من طبقة الرمل، والتي تعرف اصطلاحا بـ شموس دكي (Schmutzdecke) حيث تتغذى الكائنات المفترسة الموجودة فيها على الكائنات الدقيقة المنحصرة على شكل شرائح حول حبيبات الرمل، وبسبب الطبيعة البيولوجية للمرشح الرملي البطيء تحتاج المرشحات الجديدة أو التي نُظفت حديثاً إلى فترة إنضاج تستمر عدة أيام (أو أسابيع في المناخ البارد) قبل أن تحصل على فعاليتها الكاملة.

الاستعمال والمحددات:

يمتلك المرشح الرملي البطيء نتيجة لموثوقيته، ورخص تكاليفه تطبيقات مفيدة في إمدادات المياه للمجتمعات الصغيرة حيث تعطي مرشحات الرمل البطيء مياهاً ذات جودة ممتازة، ولكن تشغيلها غير بسيط، ويتطلب الكثير من المهارة وأعمال الصيانة، و يمكن أن يستخدم في إنشائها مواد محلية. ويستطيع المرشح الرملي البطيء ذو تصميم وإنشاء جيد تخفيض أعداد البكتيريا البرازية بنسبة 95 إلى 99% وتخفيض العكارة من 30 إلى 1 وحدة قياس عكارة(NTU).

والعامل المحدد الوحيد لنظام كهذا هو عكارة المياه الخام المراد معالجتها حيث يجب أن لا يتجاوز 30 وحدة قياس العكارة، ولا يقل عموماً عن 20 وحدة قياس عكارة، وأيضاً أن الحجم الكبير المطلوب لإنشاء مرشح الرمل البطيء ، يمكن اعتباره من أحد محدداته، ولكن هذا المحدد يمكن إهماله وذلك لقلة كلفة الأرض في المناطق الريفية عادةً.

وفي بعض المناطق تستعمل البرك أو البحيرات أو الخزانات لأغراض التخزين والترسيب التحضيري، فقد تصبح العكارة منخفضة في المياه المحتجزة هذه مما يسمح بعد إجراء ترشيح رملي بطيء لها باستعمالها كمصدر لإمداد المياه.

وإذا تجاوزت العكارة الحدود المسموح بها في المرشح الرملي البطيء (NTU 50-30) يصبح من الضروري استعمال الترسيب و/ أو الترشيح التحضيري.

مكونات المرشح الرملي البطيء:

تتكون أجزاء المرشح الرملي البطيء من خزان يحتوي على الأجزاء التالية:

- طبقه من الرمل الناعم.
- نظام تصريف سفلي.
- مدخل ومخرج.
- أجهزه تنظيم وتحكم بالمرشح: ويمكن أن يكون التحكم عند مدخل المرشح أو عند مخرج المرشح.

طبقة الرمل:

يفضل استخدام الرمل نظرا لأنه مادة خاملة، يعيش فتره كبيره، ومتوفر بكثرة، كما يجب أن يكون الرمل خاليا من التربة الناعمة والمواد العضوية.

يمكن توصيف الرمل بواسطة المقاس الفعال (Effective size) و معامل التجانس (Uniformity Coefficient). المقاس الفعال (d_{10}) هو الذي يسمح بنفاذ 10% بالوزن من الحبيبات. معامل التجانس هو النسبة بين المقاس الفعال ومقاس المنخل (d_{60}/d_{10}) والتي تسمح 60% بالوزن من الحبيبات أن تمر.

يجب أن يكون الرمل المستخدم في المرشح ناعما نسبياً بحيث يقع المقاس الفعال في المجال (0.15 -0.30) مم ويكون معامل التجانس أقل من 5 ويفضل أن يكون أقل من 3. يفضل أن ألا يكون الرمل ناعما أكثر من اللازم حيث سيؤدي ذلك الى زيادة الفواقد في المرشح و الحاجة لتنظيفه في وقت قصير. ويفضل إن أمكن أن يتم إنشاء محطة تجريبية لتحديد المقاس الفعال المناسب.

أقل عمق لطبقة الرمل هي 0.6 متر ويمكن زيادته الى 0.9 متر حتى يسمح بإزالة 2-3سم كل شهر الى ثلاثة أشهر ليستمر تشغيل المرشح لمدة سنه الى ثلاث سنوات قبل الحاجة الى استبدال الرمل بآخر جديد.

طبقة التصريف:

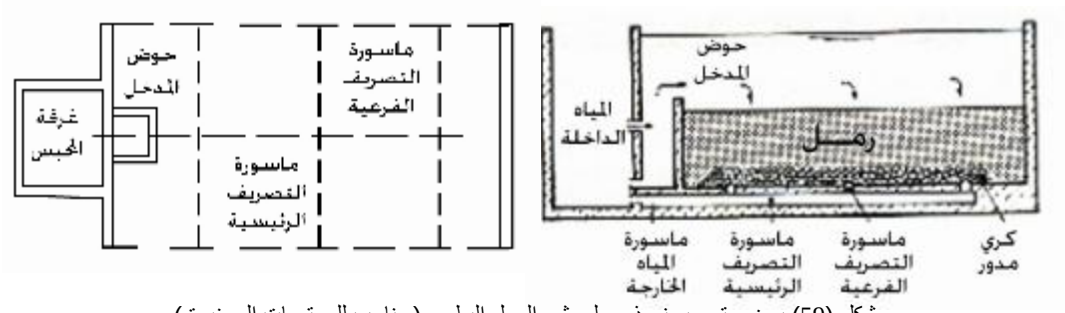
وتخدم وظيفتين أساسيتين: أولا: تسهيل مرور المياه المعالجة بدون إعاقة، وثانيا: دعم طبقة الرمل. وتتكون طبقة التصريف عادة من أنابيب مثقبه أو طوب خرساني ويتم تغطيها بطبقه من الحصى المتدرج حتى تمنع نزول الرمل الى طبقة التصريف فيسبب انسدادها وحتى يضمن خروج كميات متساوية من المياه المرشحة. تتراوح سماكة طبقة التصريف بالإضافة الى طبقة الكري بين 0.3-0.5 متر.

غرفة المخرج:

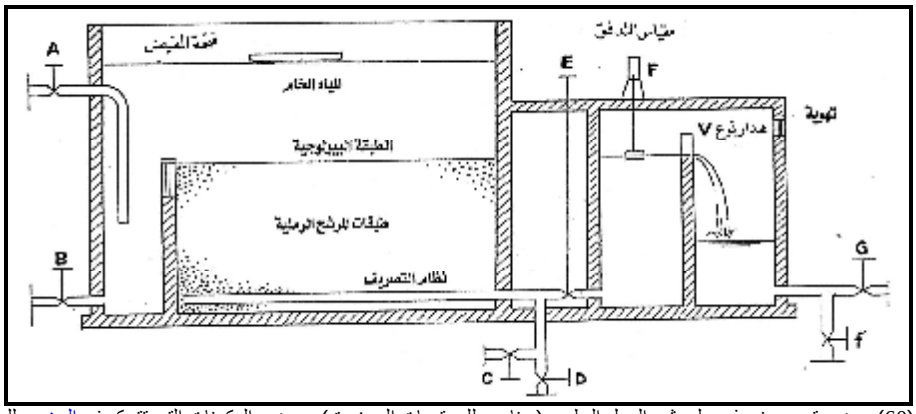
تتكون غرفة المخرج من قطعتين يفصلهما حائط والذي يوضع في أعلاه هدار بحيث يكون مخرج الماء أعلى من طبقة الرمل. هذا الهدار يمنع تقليل الضغط في طبقة الرمل عن الضغط الجوي حتى لا يتكون هواء تحت الطبقة البيولوجية. ومن جهة أخرى تضمن أن المرشح يعمل بدون التأثر بزيادة أو نقصان مستوى المياه في الخزان الذي يصب فيه الهدار. عند السماح بأن ينساب الماء بشكل حر فوق الهدار، يزيد تركيز الأكسجين في المياه المعالجة وبالتالي يجب تهوية غرفة الهدار بشكل كافي لتسهيل عملية التهوية للمياه.

يتكون مرشح الرمل البطيء كما هو موضح بالشكل من :

1. نظام المصارف التحتية والذى يتكون من طبقات متعدده من الرمل الخشن والحصى المدور المتدرج بسمك حوالى 45 سم يحتوى على شبكه من انابيب التصريف الطويله والفرعيه المتثقبه، فمن خلاله تنقل المياه إلى مجمع أو صهريج خزن المياه النقية، حيث يتم مثالياً تطهيرها قبل أن تضخ للمستهلكين.
2. الطبقة الرملية و يتكون من رمل ناعم (0.15-0.3مم) بسمك حوالى 90 سم والتي من خلالها أو عليها تتم مختلف عمليات التنقية (المعالجة).
3. جهاز للمحافظة على أقل ارتفاع عمود للماء فوق طبقة المرشح (1-1.5م)، لضمان عدم جفاف طبقة المرشح من المياه. ويزود ارتفاع عمود الماء فوق المرشح الضغط اللازم لدفع المياه خلال المرشح.
4. نظام من صمامات السيطرة لتنظيم سرعات المياه المطلوبة ومستوى المياه، وذلك لضمان ظروف التشغيل المثلى.



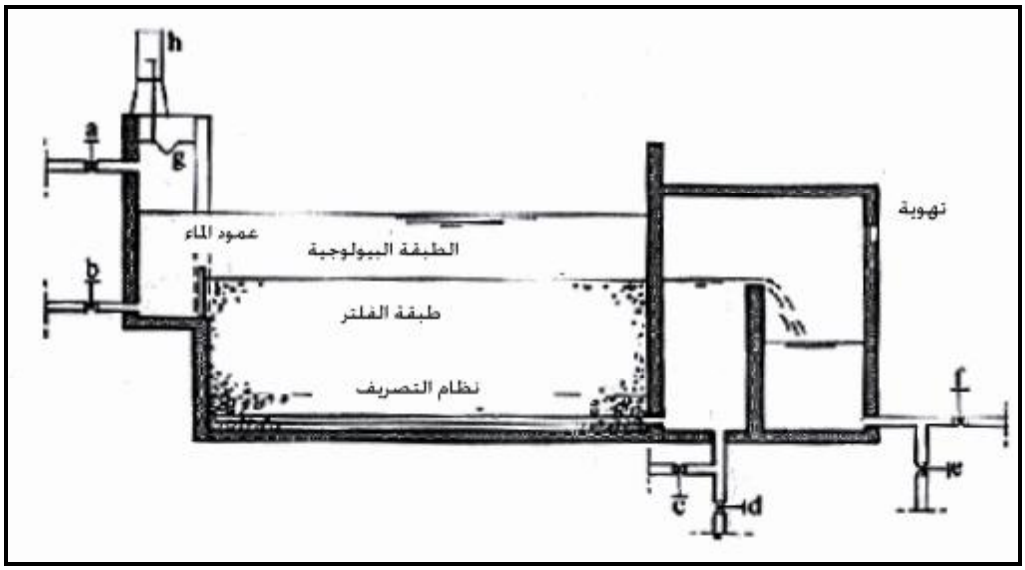
شكل (59) يوضح تصميم نموذجي لمرشح الرمل البطيء (مناسب للمجتمعات الصغيرة)



شكل (60) يوضح تصميم نموذجي لمرشح الرمل البطيء (مناسب للمجتمعات الصغيرة) ويوضح المكونات التي تتحكم في المخرج للمرشح

الصمام A : لدخول المياه الخام (من المصدر).
الصمام B : لتصريف المياه من طبقة الـ Supernatant water
الصمام C : لإعادة تعبئة طبقات الرمل في المرشح Filter bed بالمياه النظيفة.

الصمام D : لتصريف المياه من طبقات الرمل في المرشح Filter bed وغرفة خروج.
الصمام E : لتنظيم معدل الترشيح.
الصمام f :لخروج المياه المعالجة (كتصريف).
الصمام G : لخروج المياه المعالجة إلى خزان المياه المعالجة.
الهـدار H : هدار الخروج. .
المقياس F : مقياس معايرة التدفق.

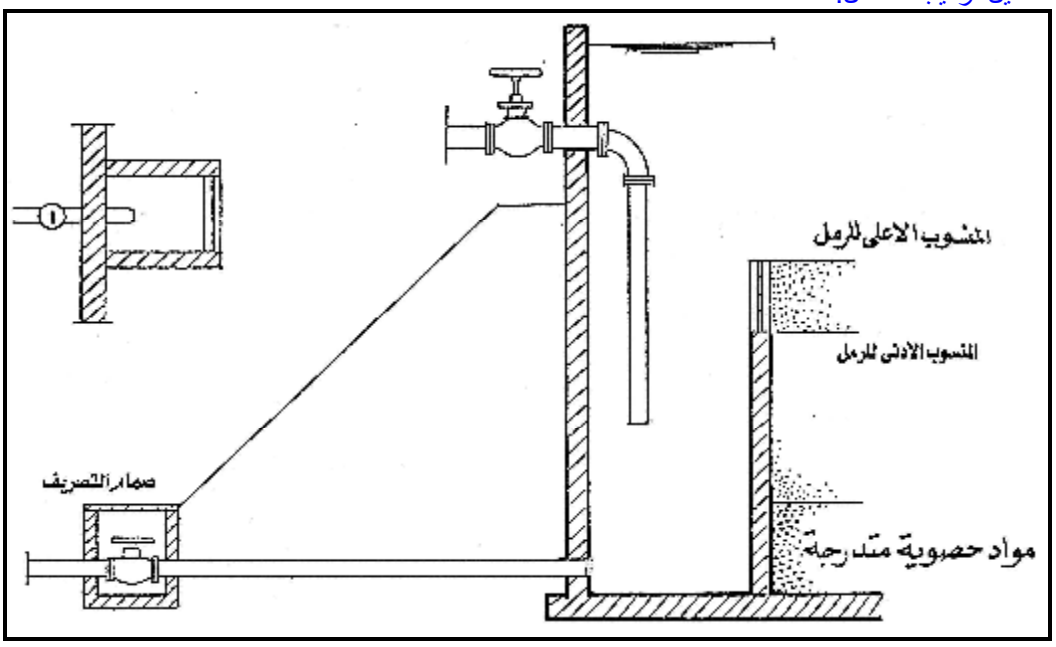


شكل(61) يوضح تصميم نموذجي لمرشح الرمل البطيء (مناسب للمجتمعات الصغيرة) ويوضح المكونات التي تتحكم في المخرج للمرشح

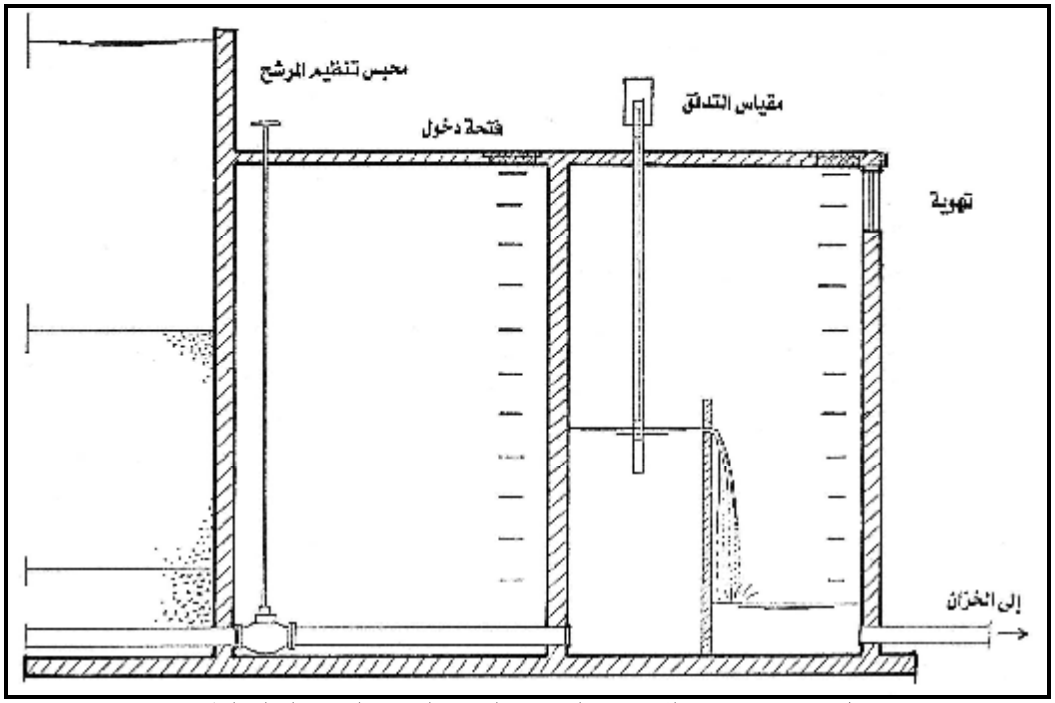
الصمام a : لدخول المياه الخام (من المصدر) ومنظم لعمل الترشيح.
الصمام b : لتصريف المياه من طبقة الـ Supernatant water.
الصمام c : لإعادة تعبئة طبقات الرمل في المرشح Filter bed بالمياه النظيفة.
الصمام d : لتصريف المياه من طبقات الرمل في المرشح Filter bed وغرفة خروج.
الصمام e :لخروج مياه معالجة (كتصريف).
الصمام f : لخروج المياه المعالجة إلى خزان المياه المعالجة.
الهدار g : هدار المدخل.
المقياس h : مقياس معايرة التدفق.

ومن خلال الأشكال التوضيحية القادمة نلاحظ تفصيلات توضح المدخل والمخرج وكذلك الطبقات الرملية المطلوبة وبالترتيب اللازم والتي يجب مراعاتها لكي يعمل المرشح بالكفاءة المطلوبة:

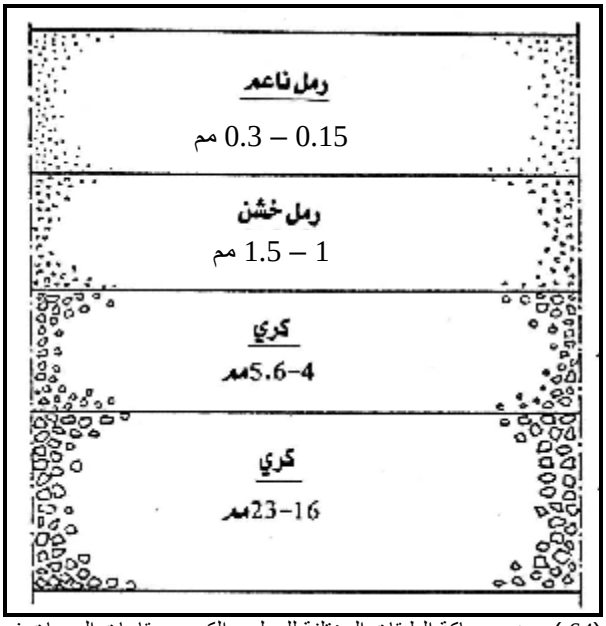
تفصيل تركيب المدخل:



شكل (62)يوضح تفصيلة المدخل الخاص بالمرشح الرملي البطيء



شكل (63) يوضح تفصيلة صندوق التحكم في المخرج الخاص بالمرشح الرملي البطيء



شكل رقم (64) يوضح سماكة الطبقات المختلفة للرمل و الكربي ومقاسات الحبيبات في كل طبقة
والواجب التقيد بها عند وضعها داخل المرشح البطيء(Filer medium support)

معايير واعتبارات التصميم / التطوير لمرشح رملي بطيء:

1. يجب أن يكون رمل المرشح منتظماً حيث معامل الانتظام (التجانس) له يتراوح ما بين 3 إلى 5، ويجب أن يكون خالياً من المواد العضوية، وحجم حبيباته الفعلي ما بين 0.1.5 إلى 0.3 ملم، وكلما كان المرشح أكثر نعومة يكون ترشيحه أكثر غالية، ولكنه يتلزب بسرعة مما يؤدي إلى زيادة كلفة التشغيل.
2. حمولة المرشح تكون بمعدل 2.4 م^3/ م^2/ يوم تقريباً (0.1م/ساعة)، بناء على العكارة فكلما كان معدل الرشح أقل كانت فعالية المعالجة أكبر. ومعدل الرشح الأعظم المسموح به يساوي 4.8 م^3/ م^2/ يوم تقريباً (0.2م/ساعة).
3. نكون طبقة المرشح الرملي بعمق 0.9م (العمق الابتدائي ، ويجب أن لا يقل العمق عن 0.6م بعد فترات الصيانه المتكرره) ومحمولة على 45سم من الرمل الخشن المتدرج والحصى المستدير الشكل. ويكون الحصى الحامل كما يلي (من أعلى إلى أسفل):
   - رمل خشن سماكة 10 سم وبحجم حبيبات 0.15 – 0.3 ملم.
   - حصى سماكة 10 سم وبحجم حبيبات 1 – 1.5 ملم.
   - حصى سماكة 10 سم وبحجم حبيبات 4 – 5.6 ملم.
   - حصى أو حجارة متكسرة سماكة 15سم وبحجم حبيبات 16 – 23 ملم.

   ويجب أن لا يقل عمق طبقة المرشح الرملي عن 60 سم .

4. مخرج المياه المرشحة (انظر الشكل الخاص بالمدخل): له وظيفة هامة وهو حماية طبقة المرشح الرملية حيث لا يسمح المخرج لمستوى المياه بأن يهبط دون سطح الرمل.

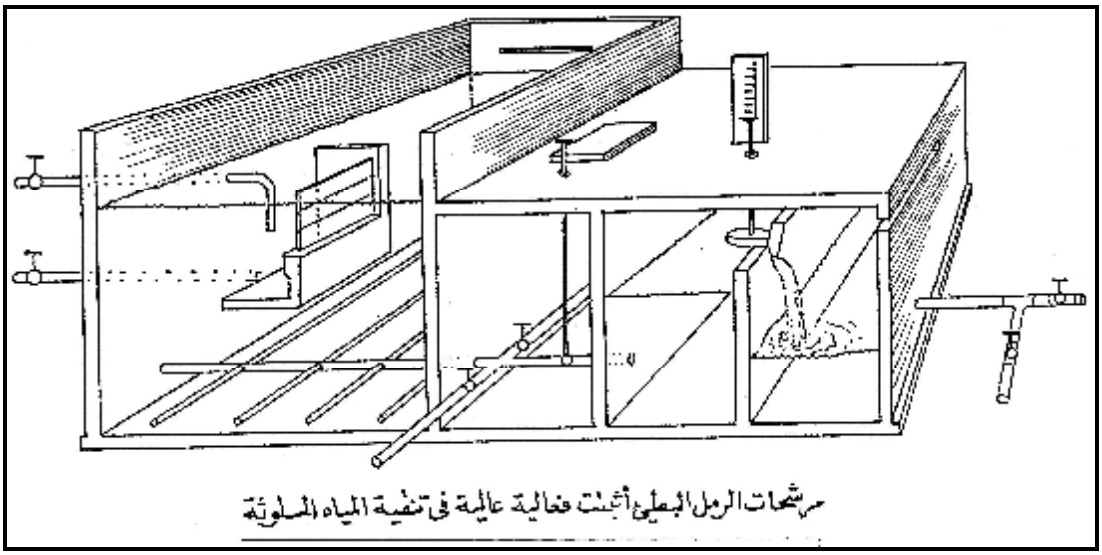
5. أدوات السيطرة على التدفق: إن المحافظة على معدل رشح ثابت هو عامل مهم للغاية لفعالية الترشيح، ويتم السيطرة على التدفق إما عند المدخل أو المخرج للمرشح.

عند المخرج:

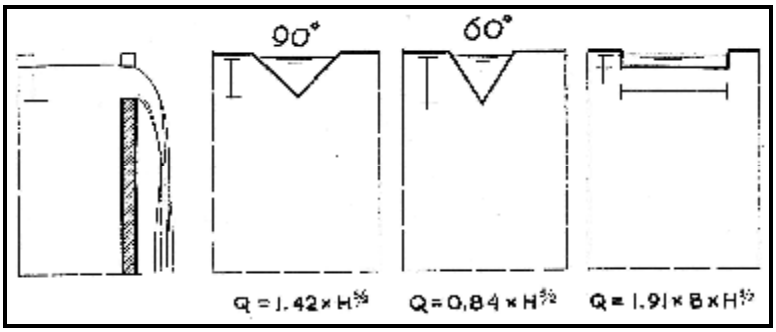
تتم السيطرة بواسطة صمامات ويتم التحكم بفتحة الصمام بواسطة يد طويلة تصل إلى منشأ المخرج، ولكن الوصول إلى هذا الصمام صعب عند عمل صيانةله، والطريقة الأكثر فعالية هي التحكم بالتدفق عند المدخل.

عند المدخل:

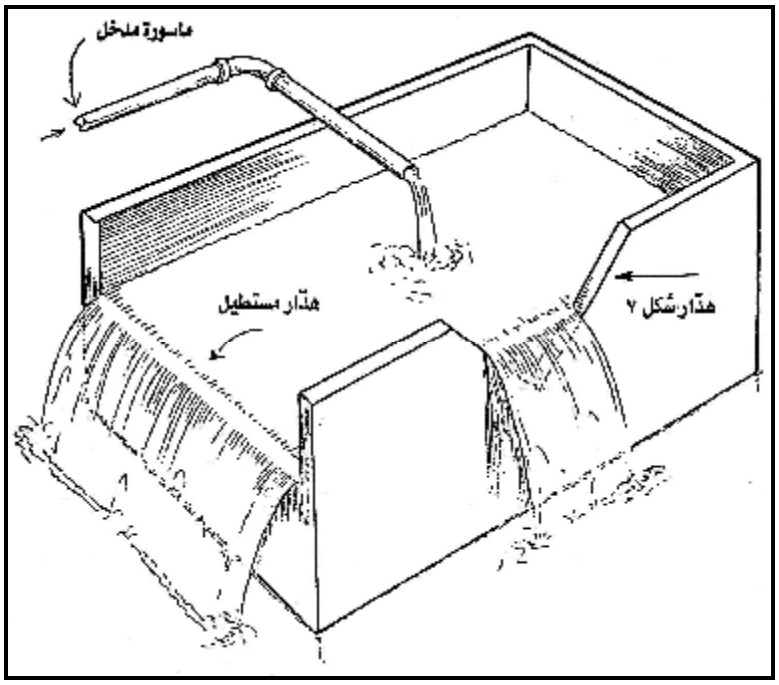
يتم التحكم بالتدفق بواسطة قنطرة على شكل V، وقنطرة مستطيلة (أنظر الشكل) فعندما تزداد مقاومة طبقة المرشح لتدفق المياه يرتفع مستوى المياه ، وعندها يطفح الماء من على القنطرة المستطيلة تصبح الحاجة ملحة إلى تنظيف المرشح بواسطة عمال التشغيل.



مرشحات الرمل البطيء أثبتت فعالية عالية في تنقية المياه الملوثة



أنواع الهدارات (القناطر / weirs) ومعادلات التصريف لها (Q)



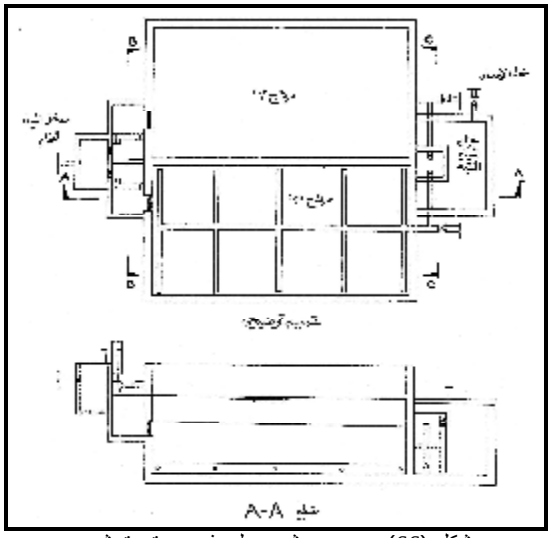
شكل رقم(65)يوضح القنطرة Vوالقنطرة المستطيلة عند مدخل المرشح

الصيانة:

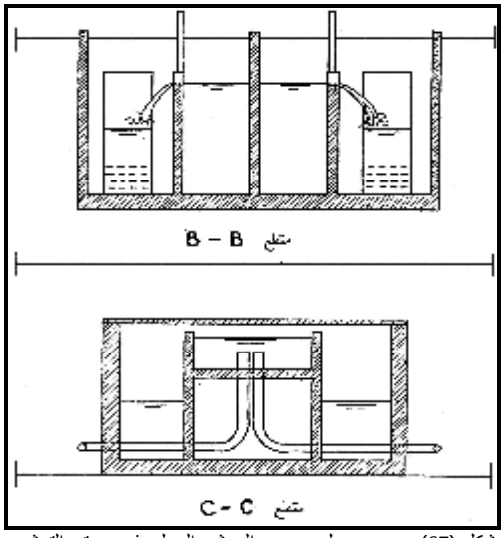
1. تنظيف المرشح : ويتم ذلك بكشط من 5 إلى 8 سم من الرمل الموجود في أعلاه ومن بعدها يعود المرشح للعمل ثانية، ويوضع الرمل المحمل بالأوساخ في صندوق غسيل لينظف ويعاد استخدامه.
2. غسيل الرمل : يجب أن تتم هذه العملية في المناطق الريفية يدوياً، فيحرك الرمل داخل صندوق معين، بينما يجري الماء من خلاله بسرعة منخفضة، وعندما يصبح الماء بين الحبيبات نقياً فإن الرمل أصبح نظيفاً، وعندها يتم تخزينه ويصبح جاهزاً للتبديل في المرشح.

ملاحظات هامة:

1. من الضروري اتخاذ كل التدابير اللازمة لضمان العمل المتواصل في المرشح والمحافظة على مستوى الماء أعلى من سطح الرمل، وإذا لم يتم تشغيل المرشح بشكل مناسب فقد يصبح مرتعاً خصباً للبكتيريا التي ستلوث مياهه وتجعل هذه العملية غير مجدية.
2. يجب أن يكون عدد وحدات الترشيح اثنتان على الأقل ويفضل أن تكون ثلاث وحدات وبحيث تكون المساحة الكلية للمرشحات كبيرة لدرجة تسمح بخروج أحد المرشحات عن الخدمة للتنظيف.
3. يجب توفير مساحات لبناء وحدات ترشيح إضافية".



شكل (66) يوضح مرشح رملي ذو وحدتي ترشيح



شكل (67) يوضح مدخل ومخرج المرشح الرملي ذو وحدتي الترشيح

ثالثا: مرشحات رملية سريعة (Rapid sand filters):

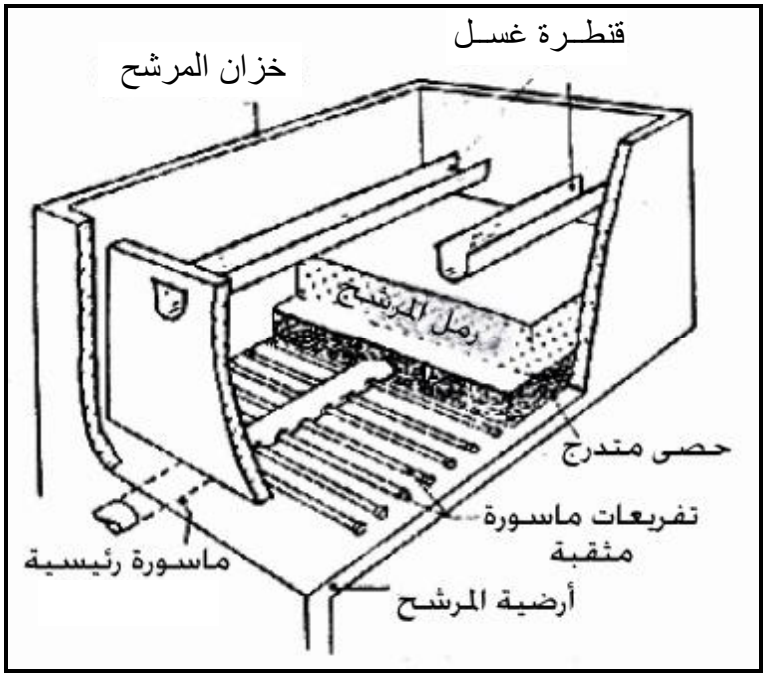
"لا ينصح بالمرشح الرملي السريع لإمداد المجتمعات الصغيرة لما يتطلبه هذا النظام من سيطرة ضرورية وانتباه حذر حتى تكون المعالجة مرضية. وتفضل عندما تكون العكارة للمياه الخام كبيرة ومستمرة لمدة طويلة في السنة، وينصح في المجتمعات الصغيرة استعمال مرشح الحصى التحضيري يتبعه المرشح الرملي البطيء والتطهير.

و يختلف المرشح الرملي السريع عن المرشح الرملي البطيء بأنه يستخدم للترشيح السريع رمل أكثر خشونة حيث يكون مقاس الحبيبات الفعال ما بين 0.4 إلى 1.2 ملم، ويكون معدل الرشح عالياً، بين 5إلى 15 م^3/م^2/ ساعة (120-360 م^3/م^2/يوم) وبسبب خشونة الرمل تكون الفراغات الموجودة في طبقة الرمل كبيرة نسبياً، وتستطيع بذلك الشوائب الموجودة في المياه الخام أن تخترق طبقة الرمل إلى عمق كبير، وعليه يكون عمق طبقة الرمل المصممة لخزن الشوائب المترسبة قد استغلت بشكل فعّال إلى درجة أنه بالإمكان معالجة مياه نهر فيه عكارة عالية باستخدام المرشح الرملي السريع.

وليس كافياً كشط الطبقة العليا من الرمل لتنظيف طبقة مرشح الرمل السريع، بل يجب استخدام الغسل الراجع (back washing) لعمل ذلك. و يتحقق ذلك عن طريق توجيه المياه بمعدل تدفق عالٍ صاعداً من خلال طبقة الرمل حتى تتمدد وتنخر، ومن ثم تخرج مياه الغسل الراجع من المرشح حاملة معها المواد المترسبة على حبيبات الرمل. و يمكن تنظيف مرشح الرمل السريع بسرعة في مدة لا تتجاوز30 دقيقة ويمكن عمل ذلك بشكل متكرر، وعند الضرورة يومياً.

ومرشح الرمل السريع يكلف أكثر من ناحية الكلفة التشغيلية، من مرشح الرمل البطيء حيث تتضمن الكلفة التشغيلية تكاليف أخرى مثل: الجير و الشب وتكاليف تهيئة المياه الخام، قبل مرورها من خلال المرشح. ويستطيع مرشح الرمل السريع أن يعمل بنجاح عندما يتوفر فقط التشغيل والمراقبة المناسبان و الكافيان.
وتتضمن مكونات نظام مرشح الرمل السريع التقليدي ما يلي:

1. التندف (عن طريق الخلط السريع المشغل ميكانيكياً).
2. التخثير (الخلط البطيء المشغل ميكانيكياً).
3. خزان المياه العائم (الطافي).
4. طبقة رمل المرشح.
5. نظام التصريف التحتي.
6. نظام صمام السيطرة.
7. الغسل الراجع.



شكل رقم (68) يوضح أحد أنواع المرشح الرملي السريع

معايير واعتبارات التصميم لمرشح رملي سريع:

- العكارة الداخلية : بعد المعالجة لا تتجاوز 20 وحدة قياس عكارة .
- المعالجة التحضيرية : مطلوبة (العبوة الكيماوية التخثير والتخلص من العكارة).
- مدة الرشح : 24 ساعة.
- عدد الوحدات الأدنى: يفضل اثنان.
- معدل الرشح : 80 – 160 لتراً/ م^2 (يمكن تحقيق 240 لتراً / م^2 باستخدام معالجة تحضيرية محسنة وتدرج حذر)
- فقدان ارتفاع عمود الماء المسموح به : 1.8 – 2 م.
- عمق طبقة الرمل : سماكة 60 – 75سم والحجم الفعّال للحبيبات يساوي 0.45 – 0.7 ملم، ومعامل التنظيم = 1.3-1.75
- عمق طبقة الحصى: سماكة 30 – 60 سم من مواد متدرجه 25 – 65 ملم في القاع و2 –5 ملم في الأعلى.
- عمق المياه فوق الرمل: 1-2م.

استخدامات المرشح الرملي السريع:

- في معالجة المياه الجوفية التي تحتوي على كميات زائدة من الحديد والمنجنيز، وفي مثل هذه الحالات غالباً ما تسبق عملية الترشيح عملية أخرى هي التهوية التي تساعد في أكسدة الحديد والمنجنيز وتكون مركبات سهلة الترسيب.
- لمعالجة المياه ذات العكارة المنخفضة كمياه بعض الأنهار، وبالرغم من أن المرشح السريع غالباً ما ينتج مياه صافية هنا إلاّ أنها لا تكون خالية من الجراثيم والميكروبات المسببة للمرض (البكتيريا والفيروسات) ولذا فلابد من استخدام الكلور بعد عملية الترشيح للتخلص من هذه الميكروبات.
- كعملية معالجة سابقة للمعالجة بالمرشح البطيء وذلك في حالات المياه شديدة العكارة، ومن ثم يستخدم المرشح الرملي البطيء بعد ذلك.

ملحوظـــة:

غالباً ما يتم بناء المرشح الرملي السريع مفتوحاً من الأعلى وبحيث يتم تمرير المياه المراد معالجتها من أعلى إلى أسفل عبر طبقة الرمل بواسطة الجاذبية الأرضية. ولكن وفي بعض الحالات التي تستدعي أوضاع تشغيل معينة أو خاصة يتم استخدام أنواع أخرى من المرشحات السريعة كمرشحات الضغط (Pressure filters) أو المرشحات ذات التدفق العكسي (Up flow filters) أو المرشحات ذات أوساط ترشيح متعددة (Multiple –Media filters)

رابعا: الكلورة [أعمال التعقيم (التطهير)]:

عندما تكون مصادر المياه ملوثة بالأمراض التي يحملها الإنسان والمتولدة منها، ولهذا فقد ينشر مصدر إمداد المياه الأمراض المعوية في المجتمع، وتستطيع البكتيريا وعلى الأخص ذات الأصل المعوي أن تعيش فترات طويلة في مثل هذه البيئة الملوثة.

ويمكن عمل الكثير لتحسين جودة المياه، وذلك عن طريق حماية وتحسين المصدر، وفي بعض الحالات فإن التحسينات على الآبار قللت من أعداد البكتيريا الكلي بنسبة 60 إلى 80% في حين يستطيع المرشح الرملي البطيء الفعّال أن يقلل عدد البكتيريا الكلي بنسبة 90% على الأقل.

وفي كل الأحوال وحتى نستطيع التأكد بشكل مطلق، من أن كل الكائنات المرضية المتولدة في الماء قد قضي عليها فمن الضروري استعمال التعقيم (التطهير).

وهناك عدة طرق متاحة للتطهير، وبدون شك فإن أكثر تلك الطرق شيوعاً هي تلك التي تستخدم الكلورة، هذا بالإضافة إلى أنه يمكن قتل الكائنات الممرضة البكتيرية، مثل تلك التي تسبب الإصابة بالتهاب الكبد والتهاب النخاع بالكلورة الكافية، فإن من فوائد الكلورة أيضاً تأكسد الحديد والمنجنيز وكبريتيد الهيدروجين والقضاء على بعض المركبات التي تسبب الطعم والرائحة والسيطرة على نمو الطحالب.

طرق تعقيم (تطهير المياه) :

وتنقسم هذه الطرق إلى مجموعتين هما:

(أ) الطرق الفيزيائية : غلي الماء، والإشعاع فوق البنفسجي، والترشيح.

(ب) الطرق الكيميائية: غاز الكلور ومحلول الكلور، وغاز الأوزون، وبرمنجنات البوتاسيوم، وغيرها.

الكلورة :

1- هايبوكلورايت الكالسيوم الصلب (مسحوق) .
2- هايبوكلورايت الصوديوم السائل (محلول).
3- غاز الكلور.

يذوب الكلور في الماء وتحدث تفاعلات كيماوية يعتمد على الرقم الهيدروجيني للماء وبغض النظر عن مركب الكلور المستعمل فإنه وبعد التفاعلات يتكون الكلور (Cl_2) يصطلح عليه الكلور الحر.

و الكلور فعّال جداً، ويتفاعل بسرعة مع المواد العضوية وغير العضوية الموجودة في المياه، وحتى يتحقق هدف التطهير للمياه بالكلور، فلابد من إضافة كمية منه، لتفي باحتياجات تفاعله مع المواد العضوية وغير العضوية بالإضافة إلى الكمية اللازمة لتطهير المياه، ويطلق على كمية الكلور اللازمة للتفاعل مع المركبات الأخرى (بشكل رئيسي الأمونيا، وبعض الأيونات المعدنية والمركبات العضوية) بمطلوب الكلور للمياه. وهناك ثلاثة أصناف من متبقيات الكلور يمكن قياسها في المياه: الحر والمرتبط والكلي.

- والكلور الحر هو : ما سبق تعريفه.
- والكلور المرتبط هو : عندما يتفاعل الكلور مع الأمونيا معطياً الكلورامين الأحادي و الكلورامين الثنائي واللذين لهما صفات تطهيرية ، فيعرف هذان المركبان بالكلور المرتبط.
- والكلور الكلي هو: مجموع متبقيات الحر والمرتبط.

وعند استخدام الكلورة لابد من التأكد من أن الكلور الكلي قد تحقق وأن هناك كلوراً حراً متبقياً في المياه، وتعرف طريقة العمل هذه " الكلورة حتى نقطة الفصل" أو (الانقلاب أو الانعكاس).

عند إضافة الكلور للمياه فإن بعض منه سيتفاعل مع الأملاح والعناصر الموجودة في المياه ولن يتبقى سوى جزء منه فقط متوفراً للقضاء على أي تلوث جرثومي، وكمية الكلور المتبقي هذه تعتمد على كمية الجرعة المستخدمة، وطبيعة العناصر والأملاح في المياه والفترة الزمنية منذ إضافة الجرعة. وبشكل عام فإن كمية جرعة الكلور يجب أن تكون كافية بحيث لا تقل كمية الكلور الحر المتبقي عن 0.5 مليجرام/ ليتر بعد مرور ثلاثين دقيقة على إضافته، ويجب أن لا يتم تصريف وتوزيع المياه قبل مرور هذا الوقت.

ومادة بودرة الكلور (Bleaching Powder) مادة غير مستقرة ويمكن أن تفقد قدرتها وخواصها مع مرور الوقت، وعليه فإنه من الضروري التعامل معها وحفظها بعناية، فعند تخزينها في أوعية محكمة الإغلاق بعيدة عن الضوء، وحفظها في مكان بارد، فإن فقدان قوتها وتركيز الكلور فيها سوف لن يتجاوز 5 %خلال فترة أربعين يوماً ، بينما قد تصل هذه النسبة إلى 50 % خلال نفس هذه الفترة إذا تم تخزينها في أوعية مفتوحة معرضة للضوء وظروف تخزين سيئة .وما يسري على بودرة الكلور يسري أيضا على محلول الكلور.

يتم تحضير محلول الكلور عن طريق إضافة بودرة الكلور إلى كمية من المياه، ويجب أن يتم ذلك في مكان جيد التهوية ، كما يجب ألا يزيد تركيز المحلول عن 2.5% ويتم ذلك بخلط 2كجم من بودرة الكلور التي تحتوي على 25% من الكلور الحر مع 20 ليتر من المياه، ونظراً لأن بودرة الكلور تحتوي أحياناً على جسيمات غير قابلة للذوبان، فمن الضروري الانتظار حتى تترسب هذه الجسيمات قبل تفريغ المحلول في أوعية الحفظ أو في أجهزة الحقن.

مثال:

لعمل 1ليتر من محلول بقوة 1%، فإن وزن المسحوق الذي يجب إضافته للماء يعطى بالمعادلة التالية:

و = النسبة المئوية للقوة المطلوبة × ح × 1000 جرام
ق

حيث و = وزن المسحوق بالجرامات.
ح = حجم المياه باللترات.
ق = قوة المسحوق كنسبة مئوية للكلور من حيث الوزن.

أي أن و = 1% × 1 ليتر × 1000 جرام = 40 جرام
25 %

والمعنى أنه بإذابة 40 جرام من المسحوق لكل لتر من المياه، أترك المحلول ليترسب ثم صب المحلول المتصفي، فتكون قوة المحلول هي 1% من حيث الوزن أو 10000 ملجم/ليتر (1% × 1000 ×1000).

تحضير المحلول من هيبوكلوريتات (قوة 70% من الكلور المتاح)

نطبق الحساب السابق لعمل 1ليتر من محلول بقوة 1%من هيبوكلوريتات:

و = 1% × 1 ليتر × 1000 جرام = 14.3 جرام
70%

و المعنى أنه بإذابة 14.3 جرام من هيبوكلوريتات القوة العالية في كل ليتر من المياه لتحضير محلول قوة 1%.

المعايير والاعتبارات لتصميم وتطوير نظام الكلورة:

أ-حجيرة محلول الكلور

يجب تحضير كمية كافية من محلول الكلور ليوم واحد فقط، وذلك لأن المحلول يفقد قوته أثناء التخزين، ولذلك يحسب حجم حجيرة الكلور بناء على ذلك بحيث يلبي ذلك الحجم متطلبات يوم واحد من الكلور.

كما يجب أن لا يتعرض محلول الكلور للضوء، خوفاً من فقدان نسبة عالية من الكلور المتاح.وعليه يجب أن توضع حجيرة محلول الكلور في الظل .

وحيث أن محلول الكلور يتصف بشدة التآكل فيجب حفظه في حجيرة أو وعاء من ثنائي الكلوريد متعدد الفينيل، أو الزجاج أوالخزف، أو مصقول بالفخار أو مصقول بالمطاط.

ب- غرفة الكلورة :

عادةً ما توضع غرفة الكلورة قريبة من نقطة وضع الكلور، مثل مدخل البئر المستقبل للكلور، أو حجيرة الينبوع، أو مدخل خزان تخزين المياه ، أو ماسورة شفط المضخة ،.... الخ ويجب أن نتجنب وضع مواسير أو خراطيم بأطوال كبيرة لحمل محلول الكلور.

وعند بناء غرفة الكلورة يجب ملاحظة الدلائل التالية:

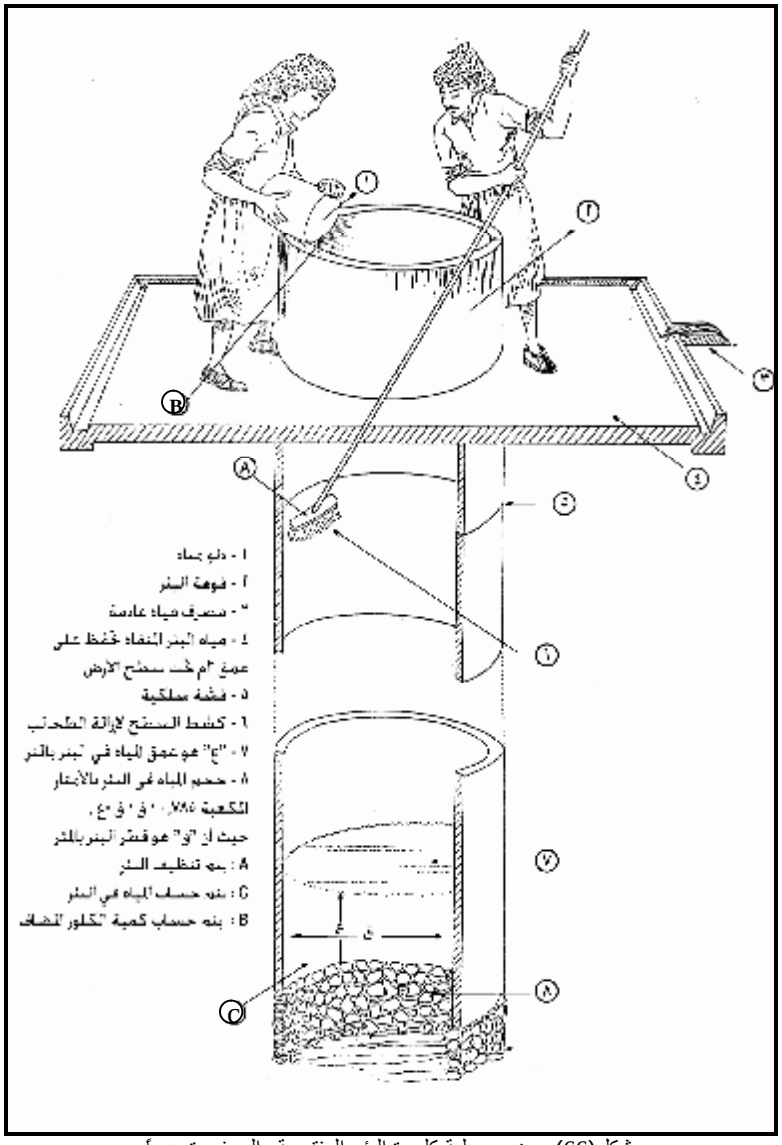
1) يجب وضع معدات الكلور في غرفة منفصلة، بمعنى أنه لا يصح وضع هذه المعدات في غرفة الضخ، حيث توجد معدات أخرى غير معدات الكلورة.
2) يجب أن تكون غرفة الكلورة ذات حجم كاف حتى تعطي الفراغ المناسب لتحضير محلول الكلور، ولوضع معدات الكلورة وللتحكم بالكيماويات، وللسماح بحرية الحركة داخلها.
3) يجب أن تحتوي الغرفة على حنفية مياه، وذلك لتحضير محلول الكلور، وكذلك مصرف للمياه العادمة ومياه الغسل، وبفراغ مناسب للتخلص من الفضلات، يتم تلبيس حوائط الغرفة بالبلاط السيراميك وأن تكون أيضاً أرضية الغرفة مقاومة للأحماض.
4) لأن غاز الكلور أثقل من الهواء فإنه يجب تزويد الغرفة بتهوية عرضية وطبيعية بمستوى الأرضية عند أماكن استعمال الكلور، ويفضل استعمال مروحة طاردة، لعمل تهوية إجبارية.
5) يجب عمل مخزن منفصل وذو تهوية جيدة لتخزين حاويات أو أسطوانات الكلور.

ج- معدات الكلورة:

يجب التخطيط والتحضير لرسومات الإنشاء مع تفصيلات المواصفات الإنشائية والميكانيكية لتتناسب مع نوع المعدات المختارة، والظروف المحلية والمواد المتوفرة وأفراد التشغيل، ويجب أن تكون مادة كل من المواسير والصمامات مقاومةللصدأ،ويجب أن تتضمن المواسير حاملة المحلول على الأقل عدد من الأكواع والوصلات والمفاصل، ويجب أن تكون مدعمة بشكل جيد، ومحمية من التعرض لدرجات حرارة عالية، كما ويجب تزويد صمامات عندما تكون هناك وحدتان فأكثر، وذلك للعزل أثناء التنظيف والإصلاح.

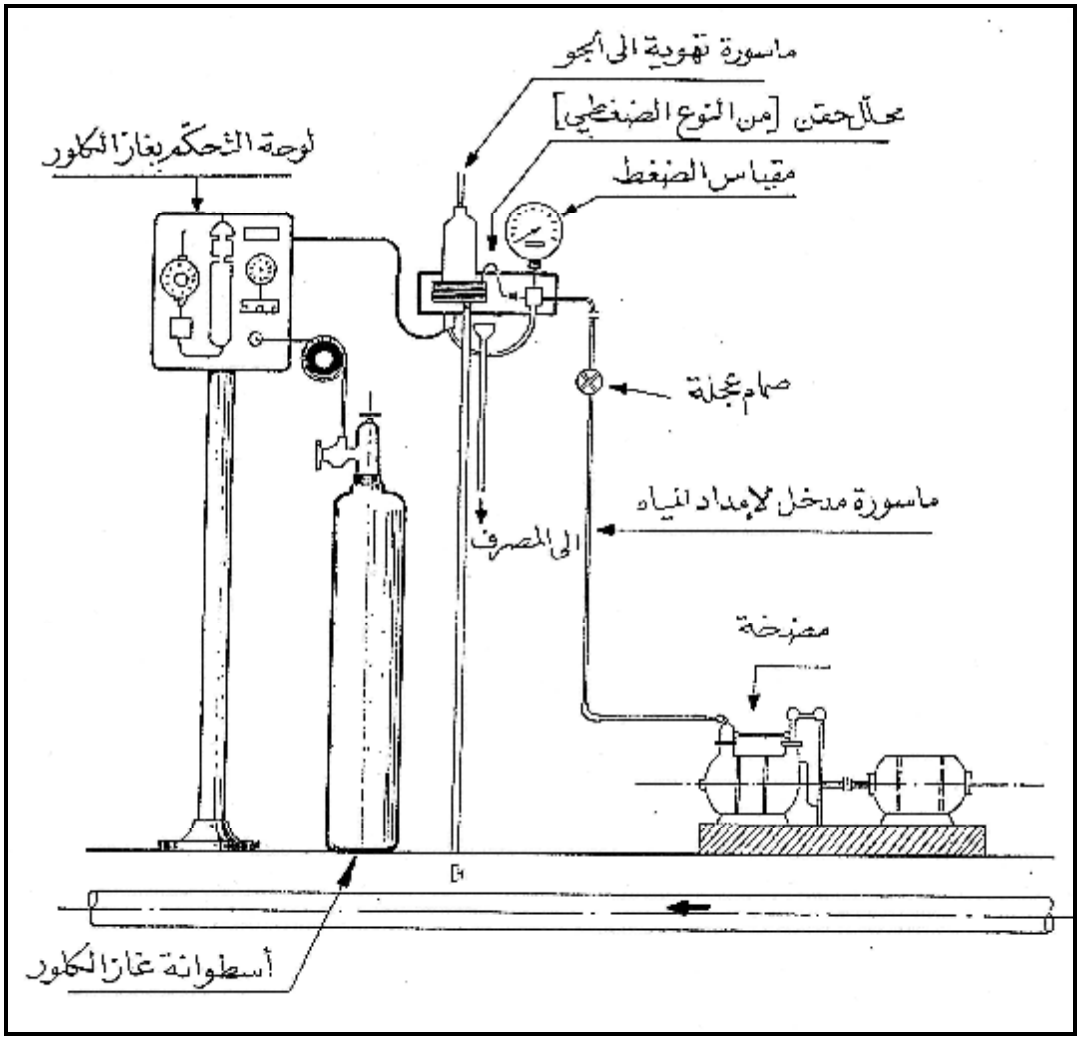
- يجب أن يكون وعاء تحضير محلول الكلور مبطناً بالمطاط أو الزجاج أو الخزف أو من الخرسانة المطلية بمادة مقاومة للتآكل.

وفي الوقت الحاضر فقد قام بعض المصنعين بتطوير مكلورات صغيرة المقاس، قادرة على إنتاج محاليل من هيبوكلورايت الصوديوم في الموقع، لتطهير مياه الشرب في المجتمعات الريفية الصغيرة. وتستعمل هذه المعدات، والتي تتطلب مصدراً صغيراً للكهرباء (250 وات إلى 350 وات لإمداد 8000 نسمة) محلول كلوريد الصوديوم أو مياه البحر والتي تدور من خلال خلية كهربائية.



شكل(66) يوضح عملية كلورة البئر المفتوحة والمحفورة يدوياً

وتتضمن أيضاً ميكانيكية للجرعات، والتي يمكن تنظيمها لمعالجة 100000 لتر أو أكثر من المياه الطازجة لكل يوم وبمعدل 2ملجم/لتر من الكلور، أو إمداد يومي من المياه يكفي لحوالي 500- 2000 شخص، ومن مساوئ هذه الأدوات أنها تحتاج إلى كهرباء، بينما من مزاياها أنه يمكن إنتاج كلور من مادة متوفرة بسهولة في الموقع، وعليه ما تزال الحاجة إلى تصنيع وتوزيع الكلور.



شكل (67) يوضح محطة كلورة غازية من نوع التغذية المضغوطة

حسابات التصميم:

قبل التصميم يجب اختيار وحساب حجم معدة الكلور ذات الصنف الأكثر ملاءمة ليتناسب مع كمية المياه المراد تطهيرها يومياً، ويجب قياس "مطلوب الكلور" للمياه وتحديد "متبقي الكلور" بعد فترة تلامس مساوية إلى 30 دقيقة على الأقل ، بعدها يتم حساب الجرعة وحجم حجيرة المحلول ومعدل التغذية .

مثـــــــال:

افترض نظام إمداد مياه ريفياً ذا عطاء ينبوعي مقداره 10 لترات/ثانية ، وجريان مدته 24 ساعة إلى خزان للمياه والذي بدوره يزود تجمعاً سكانياً. احسب وزن مسحوق هيبوكلوريت الكالسيوم اللازم للكلورة ، والحجم الضروري من محلول الكلور الذي بقوة 1% ومعدل التغذية المناسب من محلول الكلور للنظام..؟

الكلور المطلوب كل يوم :

الجريان لكل يوم = 10 x 60x60 x 24 = 864000 لتر

نحدد مطلوب الكلور من الفحص المختبري (افرضه هنا) = 0.8 ملغم/لتر

افرض أن متبقي الكلور يساوي 0.5 ملغم/لتر

لهذا تكون جرعة الكلور المطلوبة

(0.8+0.5)=1.3 ملغم/لتر

الكلور المطلوب كل يوم (غرام) =جرعة الكلور (ملغم /لتر) x الجريان (لتر/يوم)
1000

=1.3 x 864000 =1123غراماً.....(أ)
1000

مطلوب مسحوق هيبوكلوريت الكالسيوم :

كمية مسحوق النظرية ذات قوة 25 % المطلوبة لإنتاج 1123غراماً من الكلور المتاح لكل يوم :

= الكلور المطلوب لكل يوم x قوة الكلور المطلوب
القوة المئوية الحقيقة

= 1123 × 100% = 4492.8 غراماً /يوم
25%

ويمكن اعتبارها 4.5 كجم/ يوم. وفي الواقع يجب تحديد القوة الحقيقية لمسحوق هيبوكلوريت الكالسيوم في المختبر.

محلول الجرعات:

قوة محلول الجرعات المختارة (نسبة مئوية بناء على الوزن) = 1% بناءً على الوزن ..... (ب)

حجم المحلول = أ × الكثافة النوعية

= 1.1232 × 100 × 1 = 112.32 لتر .....(ج)

معدل الجرعات:

معدل الجرعات لكل دقيقة = ج = 112.32 = 78 ملليتر / دقيقة

1440 60×24

وبأخذ حجم القطرة مساوياً إلى 0.05 ملليتر، فإن عدد القطرات من المحلول التي يجب تغذيتها لكل دقيقة تكون 1560 قطرة.

(ملاحظـــــة: تأكد من حجم القطرة عن طريق القياس الحقيقي لها في اسطوانة مدرجة) .

خامساً أنواع المعالجات الأخرى

1- الكلورة التحضيرية:

وهي تمارس من أجل:

- تلافي تكاثر الطحالب في المياه الخام.
- القضاء على بعض المركبات التي تنتج طعماً ورائحة.
- أكسدة الحديد والمنجنيز وكبريتيد الهيدروجين.
- مساعدة التخثر.

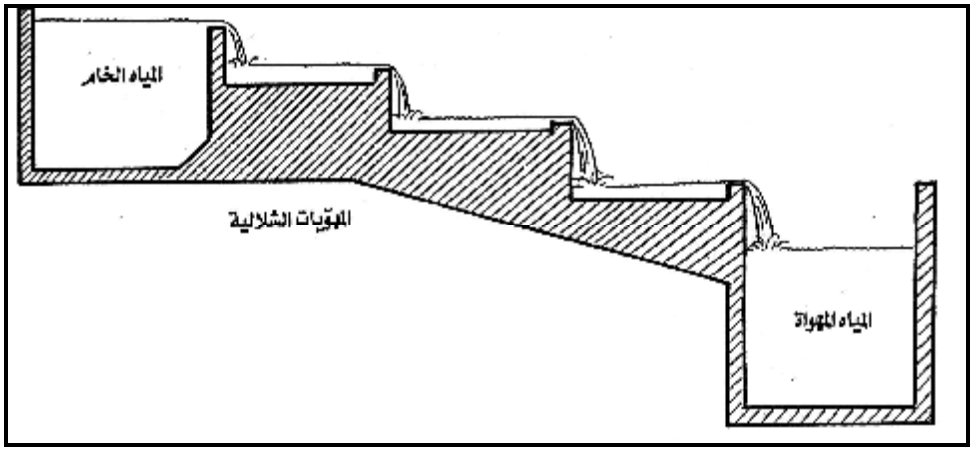
2-التهوية:

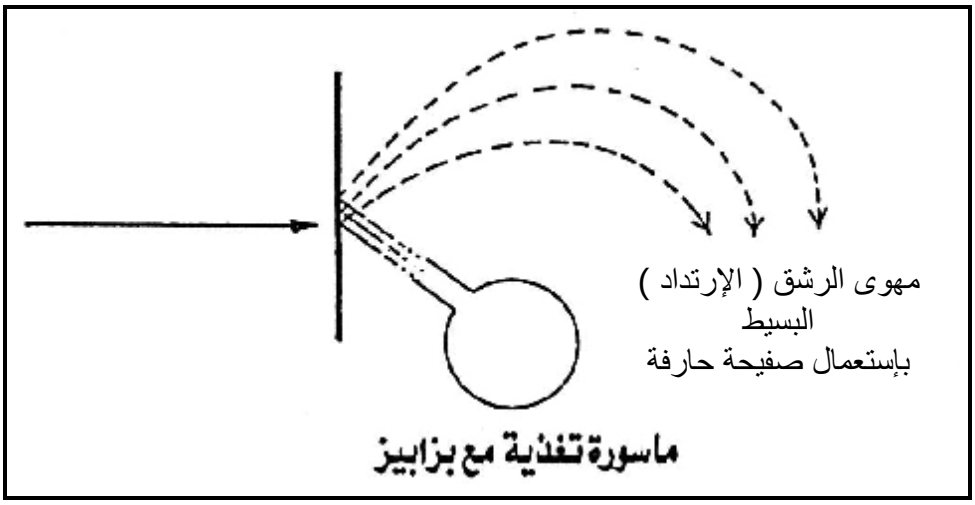
والغرض من التهوية:

- السيطرة على الطعم والرائحة.
- ترسيب الحديد والمنجنيز.
- طرد ثاني أكسيد الكربون.
- طرد كبريتيد الهيدروجين.

وتستخدم عدة أجهزة في عمليات التهوية كما يلي:

1) النوع الشلال.
2) النوع الرشاش.
3) الشلالات أو سقوط المياه.
4) المهويات الميكانيكية.

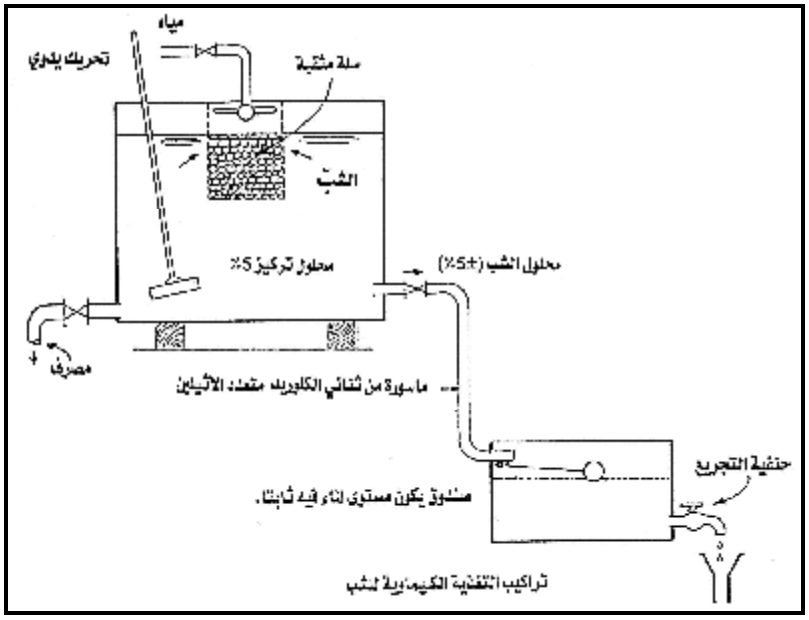




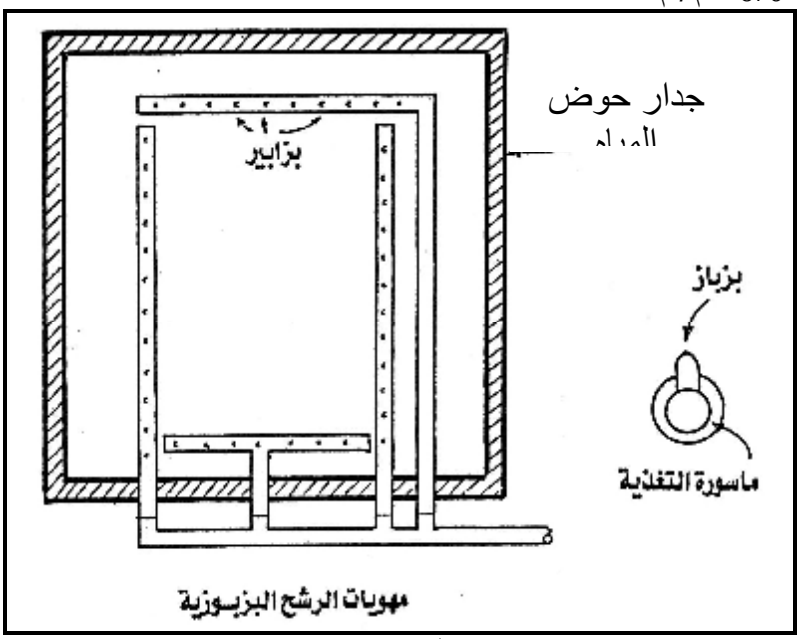
شكل رقم (68) يوضح طرق التهوية المختلفة

3-الترويب والتخثر :

ويحدث الترويب عندما تضاف كيماويات معينة تسمى المروبات ومن الضروري عمل خلط سريع وقوي للحصول على تشتت منتظم لهذه الكيماويات، و المروبات الأساسية المستعملة هي : كبريتات الألمنيوم (الشب) وكبريتات الحديديك. ويحدث تفاعل كيماوي وتتكون خثرات تنجذب إليها المواد الصلبة وتترسب هذه الخثرات المحتوية على الملوثات والكائنات الدقيقة بسهولة في عمليات الترسيب التي عادة ما تعقب هذه العملية.



عبوة الشب: 20 – 100 ملغم / لتر (1 – 5 حبيبات / جالون)
عبوة الجير : حوالي ثلث عبوة الشب
عبوة الكيماويات المضافة تتقرر بناء على تجارب مختبرية
كثافة الشب = 980 كغم / م^3
كثافة الجير = 670 كغم / م^3



شكل رقم (69)

3-مراقبة جودة المياه على المستوى المحلي أو المركزي:

يعتمد برنامج مراقبة جودة مياه الشرب على مصدر المياه ونوعية أو جودة المياه المستخرجة من المصدر وفرص تغير هذه الجودة على المدى القصير والطويل، كما يعتمد برنامج مراقبة جودة مياه الشرب على المستوى المحلي أو المركزي ولتصميم وتنفيذ برنامج لمراقبة جودة مياه الشرب فانه من الضروري تقديم التدريب لأخذ العينات وأجراء بعض الفحوص الميدانية و الطرق الصحيحة لحفظ ونقل العينات إلى جهات الفحص المركزية في المركز أو المحافظة.

من يتلقي التدريب؟

من الممكن أن يعطي التدريب لمشغل المضخة أو لأفراد من المجتمع كالمشرف الصحي في القرية أو المدرسين أو غيرهم.

من يقدم التدريب؟

من الممكن أن تتولى التدريب العديد من الجهات كأن تعقد هذه الدورات برعاية المؤسسة العامة للمياه والصرف الصحي أو الهيئة العامة لكهرباء ومياه الريف وان يعهد بالتدريب للمنظمات غير الحكومية المتخصصة في هذا المجال.

و يمكن أن تشمل الدورات طرق اخذ العينات وإرسالها إلى المختبر في حاله المجتمعات التي يصعب فيها تدريب الأفراد لأكثر من ذلك. ويمكن أن يشمل التدريب أيضا طرق الفحص الميداني باستخدام المعدات المصممة خصيصا لأداء بعض الفحوص الميدانية في حاله تمكن المجتمع المحلي من شراءها وتوفير الأفراد للتدرب علي استخدامها .

عدد مرات اخذ العينات وتحليلها في السنة

يوضح الجدول التالي (رقم 17) العدد المقترح لعمليات التفتيش على المصدر واخذ العينات وتحليل إمدادات المياه:

المصـــــــدر	التفتيش الصحي وأخذ عينة من المياه
الآبار المكشوفة	مرة في الشهر
الآبار المحفورة المغطاة والآبار الأنبوبية	مرة كل ثلاثة اشهر
الآبار العميقة مع شبكة أنابيب توزيع	مرة كل ستة اشهر
الينابيع مع شبكة أنابيب توزيع	مرة كل ستة اشهر
مياه السيول المرشحة أو المعالجة بالكلور والمنقولة بشبكة أنابيب	مرة في الشهر

الجدول رقم 17

ويمكن أن يتطلب اخذ عينات أصافيه وذلك عند ظهور وتفشى الأمراض المتعلقة بالمياه كالإسهالات وغيرها فانه يصبح من الضروري عندها أن يؤخذ ذلك كمؤشر لأجراء الفحص الجرثومى

نوع التحاليل المطلوبة لإمدادات المجتمعات الصغيرة

- التحاليل الجرثومية.
- التحاليل الفيزيائية والكيميائية.

4- أماكن وطرق اخذ العينات:

يجب أن تؤخذ العينات من المواقع التي تستطيع أن تزودنا بعينات ممثله بشكل واف للشبكة الرئيسية فيها وكذا أن تكون العينات المأخوذة ممثله للمصادر التي تدخل منها المياه للشبكة.

ويجب مراعاة التالي عند جمع العينات:-

1- أن تحدد أوقات أخذ العينات بحيث تسمح باكتشاف أي اختلافات موسمية في نوعية المياه.
2- أن تحدد أماكن أخذ العينات بحيث تكون ممثلة لنوعية المياه.
3- يجب نقل العينات في زجاجات معقمة.
4- يجب أن يكون حجم العينات كافياً لإجراء التحاليل المطلوبة.
5- يجب الحرص على عدم تلويث العينات أثناء الجمع، ونقلها بأسرع ما يمكن لتجنب حدوث تغير في خصائصها.
6- يجب لصق المعلومات الخاصة بالعينة على زجاجة العينة.

جمع العينات للفحص الجرثومي:

قد يبدو جمع العينات سهلا ولكن قد تحدث أثناء ذلك بعض الأخطاء ، لذلك يتطلب جمع العينات عناية خاصة ، وربما تنشا كذلك مشاكل لا دخل لها بطريقه اخذ العينة وما لم تكن العينات التي يتم جمعها صالحه، فان العمل الدقيق في التحاليل يكون مضيعه للوقت .

ويمكن تقسيم عينات المياه حسب المصدر إلى ثلاث أنواع رئيسية:

1) ماء من صنبور في شبكه التوزيع، أو من مضخة يدوية ثابتة....الخ.
2) ماء من مجرى ماء كمياه السيول و الغيول.
3) ماء من بئر محفور ،الخ، حيث تكون عمليه اخذ العينات أصعب من الأخذ من مصدر مياه مكشوفة.

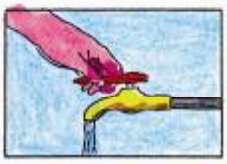
طريقة أخذ عينة من صنبور أو فتحة مضخة

الخطوات الواجب إتباعها لأخذ عينة من صنبور أو فتحة مضخة هي ما يلي:

أ- تنظيف الصنبور
أفصل أية أجزاء ملحقة بالصنبور قد تسبب رشاشاً. وامسح الفتحة باستخدام قطعة قماش نظيفة لإزالة ما عليها من أقذار.

ب- افتح الصنبور
أدِرْ مفتاح الصنبور إلى أقصاه ودع الماء يتدفّق لمدة دقيقة إلى دقيقتين..

ج- عقّم فوهة الصنبور
عقّم فوهة الصنبور لمدة دقيقة باستخدام لهب من قطعة قطن مبلّلة بالكحول وكبديل لذلك يمكن استخدام مشعل غاز أو قداحة



د- افتح الصنبور قبل أخذ العينة:
أدر مفتاح الصنبور ودع الماء يجري لمدة دقيقة إلى دقيقتين بمعدّل تدفق معتدل.

هـ- افتح زجاجة معقمة.
حلّ الخيط حول الغطاء الورقي الواقي ثم انزع الغطاء بنزع السّدادة أو فكّ لولبها

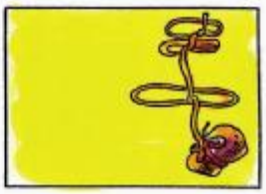
و- أملأ الزجاجة:
بينما أنت ممسك بغطاء الزجاجة والغطاء الواقي متجهين إلى أسفل (لمنع دخول الغبار الذي قد يكون ملوثاً) اقبض على الزجاجة فوراً وضعها تحت الماء المتدفق واملأها..

يجب ترك حيّز صغير للهواء لتسهيل الرّجّ أثناء التلقيح الذي يسبق التحليل..

ز- ضع سدادةً أو غطاء الزجاجة
ضع السداد في الزجاجة أو ابرم الغطاء وثبّت غطاء الورق البني الواقي في مكانه بواسطة الخيط.

2 أخذ العينة من آبار محفورة وما يماثلها من المصادر:

- أربط حجراً ذا حجم مناسب.



- ويتمّ تثبيت ذلك إلى زجاجة العينة.

- أربط الزجاجة بخيط؛ خذ خيطا طوله 20 متراً ملفوفًا حول عود واربطه بخيط الزجاجة ثم افتح الزجاجة كما وضح سابقاً.

- دَلِّي الزجاجة مثقلةً بالحجر، وحلّ الخيط ببطء ولا تدع الزجاجة تمس جوانب البئر.

- إرفع الزجاجة عند امتلاءتها وذلك بلفّ الخيط حول العود لتسحب الزجاجة ولا تترك الزجاجة ممتلئةً تماماً، ولكن اسكب قليلا من الماء لتترك حيزاً للهواء، وسدّ الزجاجة أو غطّها كما هو موضح سابقا.

تعقيم زجاجات العينات وإرسالها إلى المختبر:

بالرغم من أن بعض أنواع الزجاجات البلاستيكية يمكن أن تستخدم لأخذ العينات، فمن الأفضل استعمال قوارير زجاجية،ويجب أن يكو ن لها سدادات أو أغطيه ما مونه الأحكام على أن تعقم الزجاجات وسدادتها أو أغطيتها على السواء بدرجه كافيه ومن المستحسن حماية الزجاجة المغطاة بغطاء ورقي واقي يثبت بخيط حول عنق الزجاجة .ويجب أن تتسع الزجاجات لكميه من الماء لا تقل عن 200ميلليتر.

يمكن أن يتم التنسيق مع المختبر الذي سيقوم بالتحاليل أن يزود القرية بزجاجات العينات المعقمة وكذا بصندوق نقل العينات. ومن الممكن أيضا القيام بأعمال التعقيم في القرية بالاستفادة من الإمكانيات المتوفرة لدى الوحدة الصحية أن وجدت من أفران للتعقيم أو آواني الطهي بالضغط كما يمكن استخدام صناديق نقل اللقاحات لنقل العينات ألي المختبر.

واقتصاد في التكلفة يعاد استعمال الزجاجات بعد تحليل العينات في المختبر الإقليمي أو المركزي، وينبغي أن تعقم الزجاجات في المختبر ومن ثم تعود ألي المكان الذي أرسلت منه.فإذا كانت الظروف غير عاديه ولا تسمح بإرجاع الزجاجات لاستعمالها من جديد، أو كان ذلك باهظ التكلفة فعندها يمكن استعمال أنواع من القوارير الزجاجات وحيدة الاستعمال (Disposable) مثل قوارير المشروبات الغازية أو المثلجة ،وهي متاحة في عدد من البلدان ولها مزايا متعددة، فهي مصنوعة من الزجاج ، وسعتها في الغالب مناسبة أي 450- 250 ميليليتر ،ويمكن الحصول عليها بكميات كبيرة .

تغليف زجاجات العينات المعدة للنقل:

يجب أن تنقل العينات أو ترسل في صندوق متين لمنع الكسر ،ويكون فيه حيز كاف لوضع أكياس تحتوي على مزيج التجمد وذلك لحفظ العينات باردة ،والصناديق المثلى هي التي تتسع لعدد 6زجاجات أ 12 زجاجة، ويكون الغطاء الخارجي إما من الخشب أو المعدن يجب أن يكتب عليه وبوضوح "قابل للكسر " ،"عينات مياه عاجل "على الجانب العلوي ،وكذلك عنوان المختبر الذي سترسل إليه العينات ،كما يجب أن تثبت على غطاء الصندوق صفيحة معدنية ذات وجهين بين أحدهما اسم وعنوان مرسل العينات ، وبين الوجه الآخر اسم وعنوان مختبر تحليل المياه الذي سترسل إليه العينات وينبغي أن يكون للغطاء مقبض يساعد على حمل الصندوق مرفوعا

إرسال العينات:

قد تتغير نوعية المياه أثناء نقل العينات إلى المختبر ،ويمكن الاستغناء عن إرسال العينات للفحص،وذلك بفحصها في الميدان ،أمد إذا تعذر ذلك فيجب تغليفها جيداً في صناديق متينة وإرسالها إلى المختبر بأسرع ما يمكن، وإذا كان من المتوقع أن يستغرق نقلها أكثر من 24 ساعة يجب عندئذ استخدام أوساط حافظه (holding media).

خاصة،والحرارة المثلى لتخزين العينات هي 4-10 درجة مئوية، وفي المناخ الحار يجب أن تحاط العينات في صناديق النقل بأكياس تحتوي على مزيج تجميد سبق تبريده.

و في أماكن عديدة يستخدم المسئولين عن أخذ العينات عربات لنقل زجاجات العينات، وبالتالي يتحتم استخدام وسائل النقل العمومية، وهذا يعني أنه من الضروري الاهتمام بمعرفة جداول ومواعيد وسائل المواصلات والطرق التي تسلكها.

و لضمان وصف العينات بشكل وافٍ وواضح ، يجب أن ترفق بها نماذج مفصلة تحتوي على المعلومات اللازمة عن مكان وزمان أخذ العينة ، بالإضافة لوضع العينة واسم الذي أرسلها ، ويبين الشكل نموذجاً عملياً مكون من قسمين يمكن فصلهما ، وتسجيل نفس المعطيات في القسمين وبعدها يفصل القسم الأصغر ويلصق مباشرة على الزجاجة إذا كان مصمغاً ،وإلا يلصق بواسطة مادة مناسبة وهذه المعلومات مفيدة للمختبر الذي يجري فيه التحليل، وعلى القسم الثاني الأكبر تسجيل النتائج في المختبر الذي تمت فيه التحاليل ومعلومات عن الإجراءات المتخذة، وبعدها ترسل نسخة لهيئة مرفق المياه المحلية وللشخص المسئول عن العينة.

الباب الثامن

كميات ومواد وأعمال الإنشاء
(التكلفة التقديرية)

1- مواد الإنشاء – كميات وتقديرات :

يمكن عمل التكلفة التقديرية بسهوله لبنود توريد المواد مثل المواسير والقطع الخاصة التابعة للمواسير والمضخات والمحركات، حيث يتم شراء هذه المواد من السوق والأسعار يجب أن تكون معروفة لدى الإدارة.

و هذه ليست الحالة بالنسبة للأعمال المدنية، حيث وأنها تتكون من مواد متنوعة. ولكي نتمكن من عمل تكلفة تقديرية لأعمال مدنية يمكن الاستعانه بالجدوال النمطيه الموجوده فى (ملحق 5) ويمكن معرفة أسعار المواد والاعمال من السوق المحليه ومن اسعار المشاريع المشابهه ، كما يمكن عمل تحليل للمواد والعماله الداخله فى بنود الاعمال للتقدير الصحيح لمعرفة اسعار البنود المختلفه

1-1 الأعمال الخراسانية :

في الجدول التالي (رقم18) توضيح لكميات الأسمنت والرمل والكري المطلوب لعمل 1 متر مكعب من الخرسانة وذلك بنسب خلط مختلفة :

نسبة الخلط للخرسانة العادية والمسلحة	الوحدة	الأسمنت		الرمل م^3	الكري م^3
		بالوزن (كيلوجرام)	عدد الأكياس		
1 : 1 : 2 (أسمنت : رمل : كـري)	م^3	600	12	0.40	0.80
1 : 1.5 : 3 (أسمنت : رمل : كري)	م^3	400	8	0.42	0.84
1 : 2 : 4 (أسمنت : رمل : كـري)	م^3	300	6	0.45	0.90
1: 2 : 4 (أسمنت:رمل:كري)[خلط في الموقع]	م^3	368	7.5	0.45	0.90
1 : 3 : 6 (أسمنت : رمل : كـري)	م^3	220	4.4	0.46	0.92
1 : 4 : 8 (أسمنت : رمل : كـري)	م^3	170	3.4	0.47	0.94
1 : 5 : 10 (أسمنت : رمل : كـري)	م^3	130	2.6	0.48	0.96

الجدول رقم (18) وفيه توضيح لكميات الأسمنت والرمل والكري المطلوب لعمل 1 متر مكعب من الخرسانة وذلك بنسب خلط مختلفة.

ملاحظة :

إن أبعاد الصندوق المكافئ والذي يعطي حجم الـ 50 كجم من الأسمنت هي 0.40 م × 0.35 م × 0.25 م (كأبعاد داخلية صافية).

2-1 أعمال التسليح:

في معظم الحالات، فإن البلاطات من الخرسانة المسلحة وبحجم متر مكعب واحد تستطيع تحمل ما وزنه من 75 إلى 80 كجم من حديد التسليح، وبالنسبة للميدات والجسور والتي تحوي حديد تسليح لمقاومة الشد فقط فإن متر مكعب واحد تستطيع تحمل ما وزنه من 110 إلى 120 كجم من حديد التسليح مع الكانات، وفي حالة الأعمدة فإن متر مكعب واحد يحتاج إلى ما وزنه 160 كجم من حديد التسليح.

3-1 أعمال مادة البناء اللاحمة:

في الجدول التالي(رقم19) توضيح لكميات الأسمنت والرمل الجاف لعمل واحد متر مكعب من مادة البناء اللاحمة المبللة:

نسبة الخلط أسمنت : رمل	الأسمنت الوزن -(كيلوجرام) -عدد الأكياس		الرمـــل ($م^3$)
1:1	1020	20.4	0.71
2:1	680	13.6	0.95
3:1	510	10.2	1.05
4:1	380	7.6	1.05
5:1	310	6.2	1.05
6:1	250	5.0	1.05
7:1	220	4.4	1.05
8:1	200	4.0	1.05

الجدول رقم (19) وفيه توضيح لكميات الأسمنت والرمل الجاف لعمل واحد متر مكعب من مادة البناء اللاحمة المبللة.

4-1 أعمال البناء الحجرية:

المواد المذكورة في الجدول (رقم 20) أسفل هذا يوضح المواد الضرورية للمتر المكعب الواحد لعمل مكتمل:

الأعمـــال المكتملـــة بالمتـــــر المكعـــب	أحجار ($م^3$)	مونه ($م^3$)
التعبئة يدوياً بالأحجار الكبيرة الجافة باليد	1.05	-
أحجار غير خشنة توضع في المونة الأسمنتية وتوضع بطريقة عشوائية	1.20	0.35
أحجار خشنة توضع في المونة الأسمنتية	1.25	0.30
بناء بأحجار الأشلار (Ashlar masonry)	1.30	0.20

الجدول رقم (20) وفيه توضيح لكميات المواد الضرورية للمتر المكعب الواحد لعمل مكتمل

كمية الأسمنت المطلوبة للمونة الأسمنتية وبنسب مختلفة في واحد متر مكعب للبناء الحجري كما يلي (جدول رقم21):

نوع البنـــــاء	نسبة المونة (أسمنت: رمل)	الأسمنت -الوزن(كيلوجرام)	عدد الأكياس
بناء أحجار مع مونه عشوائية	6:1	85	1.7
بناء أحجار خشن مع مونه	6:1	75	1.5
بناء حجر اشلار عادي	6:1	54	1.08
بناء حجر اشلار عادي	2:1	107	2.14

الجدول رقم (21) وفيه توضيح لكمية الأسمنت المطلوبة للمونة الأسمنتية وبنسب مختلفة في واحد متر مكعب للبناء الحجري

5-1 أعمال التلبيس:

المواد المطلوبة بالتقدير لأعمال تلبيس تغطي مساحة 100 متر مربع هي كما يلي(الجدول رقم 22) :

نسبة الخلط أسمنت : رمـل	سماكـــــة 12 مم		سماكـــــة 15 مم		سماكـــــة 20 مم	
	أسمنت كيلو جرام	رمـل م^3	أسمنت كيلو جرام	رمـل م^3	أسمنت كيلو جرام	رمـل م^3
2:1	979	1.37	1170	1.63	1523	2.13
3:1	734	1.54	877	1.84	1142	2.39
4:1	547	1.53	654	1.83	851	2.38
5:1	446	1.51	533	1.81	694	2.36
6:1	360	1.51	430	1.80	560	2.35

الجدول رقم (22) وفيه توضيح للمواد المطلوبة بالتقدير لأعمال تلبيس تغطي مساحة 100 متر مربع

2- جدول الكميات:

بعد إعداد التصميم المفصل والرسومات، يتوجب على المهندس المصمم أن يقوم بعمل تقديرات للمواد الضرورية للمشروع الذي سيكون تحت الإنشاء مثل جدول الكميات الذى سيكون من ضمن وثائق المناقصات فيما بعد.

وبالرغم من أن الكميات تخضع لإعادة القياس من قبل المقاول الذي يرسى عليه العطاء، فإن مقدم العطاء يجب أن يلتزم بالمواد المعطاة في جداول الكميات. و يجب على المهندس المصمم أن يكون دقيقاً بدرجة كبيرة في عملية تقدير المواد،

ولجعل عملية تقدير الكميات نمطية، فقد تم إعداد نماذج تملأ بواسطة المهندس المصمم (الملحق 5) .

ويحتوي جدول الكميات على خمسة أجزاء تشمل:

- جدول الكميات –1 وضع المواسير والمناهل العامة.
- جدول الكميات –2 الأعمال المدنية.
- جدول الكميات –3 المعدات الميكانيكية.
- جدول الكميات –4 المواسير المقاومة للضغوط، والقطع الخاصة للمواسير.
- جدول الكميات –5 بنود أخرى.

كما أنه ليس كل الكميات النمطيه سيتم وضعها في بنود اعمال المشروع، وعليه فإن المهندس قد يترك بعض الأجزاء والصفحات الغير ملائمة للمشروع المراد استنزال مناقصة تنفيذه.

3- التكلفة التقديرية لتنفيذ المشاريع:

كل مشروع وبصرف النظر عن حجمه وأهميته، يجب أن تعمل له دراسة تكلفة وذلك لمعرفة تأثيره المالي، ولكي يكون بمقدور لجنة المناقصات عمل المقارنة مع العروض المقدمة

و هناك سبب هام آخر لقيام المهندس المصمم بعمل التكلفة التقديرية وهو القيام بعمل المقارنة (من الناحية المالية) عند عمل أكثر من خيار لتصميم مشروع واحد.

وحيث أن المصادر المالية في اليمن نادرة (محدودة)، فإن على المهندس المصمم أن يكون مهتماً وواعياً بمسئولياته ليقوم بإعداد تصاميم اقتصادية بقدر الإمكان .

ولعمل التكلفة التقديرية فقد قام المشروع بإعداد نموذج " التكلفة التقديرية للمصمم" والمرفقة في الملحق (5)، وعموماً يجب على المهندس تقدير قيمة المواسير والأعمال المدنية والمعدات الميكانيكية،

وعند عمل الحسابات للتكلفة التقديرية يجب على المهندس إضافة 10 % (احتياط) - على سبيل المثال – للقطع الخاصة التابعة للمواسير.

_الباب التاسع

الإشـــــــــــــــــراف

إن الإشراف على أعمال التشييد هي مسألة فحص ومراقبة تنفيذ أى منشأ هندسي بطريقة تضمن أن النتائج النهائية تكون كما خطط لها وأن تكون بحسب رسومات الإنشاء وأن تكون المواد المستخدمة مطابقة للمواصفات.

وفي معظم الحالات فإن إدارة المشروع تعهد بتنفيذ الأعمال إلى مقاول خاص، وبالذات المقاولين الذين لديهم خبره خاصة في مشاريع المياه في الريف، وممن أثبتوا أداءً فعالاً في تنفيذ مثل هذه المشاريع. هذا لأنه وحتى الآن يوجد ندرة في المقاولين المتخصصين .

و في المشاريع التي هي تحت الإنشاء فإن إدارة المشروع تقوم بتوفير المهندسين الذين يمثلون إدارة المشروع في المشاريع تحت التنفيذ حيث يقومون بعملية الإشراف والتفتيش وأعمال ضبط الجوده. و يتوجب على إدارة المشروع عدم ترك المشروع بدون أشراف بأى حال من الاحوال ولكن يمكن الاستعانه بالفنيين المقيمين من الذين لديهم تدريب وخبره كافيين ليقوموا بعملية الإشراف نيابة عن المهندس أثناء فترة عدم تواجده في الموقع التى يجب ان لا تطول، وهذا ضروري وهام جداً.

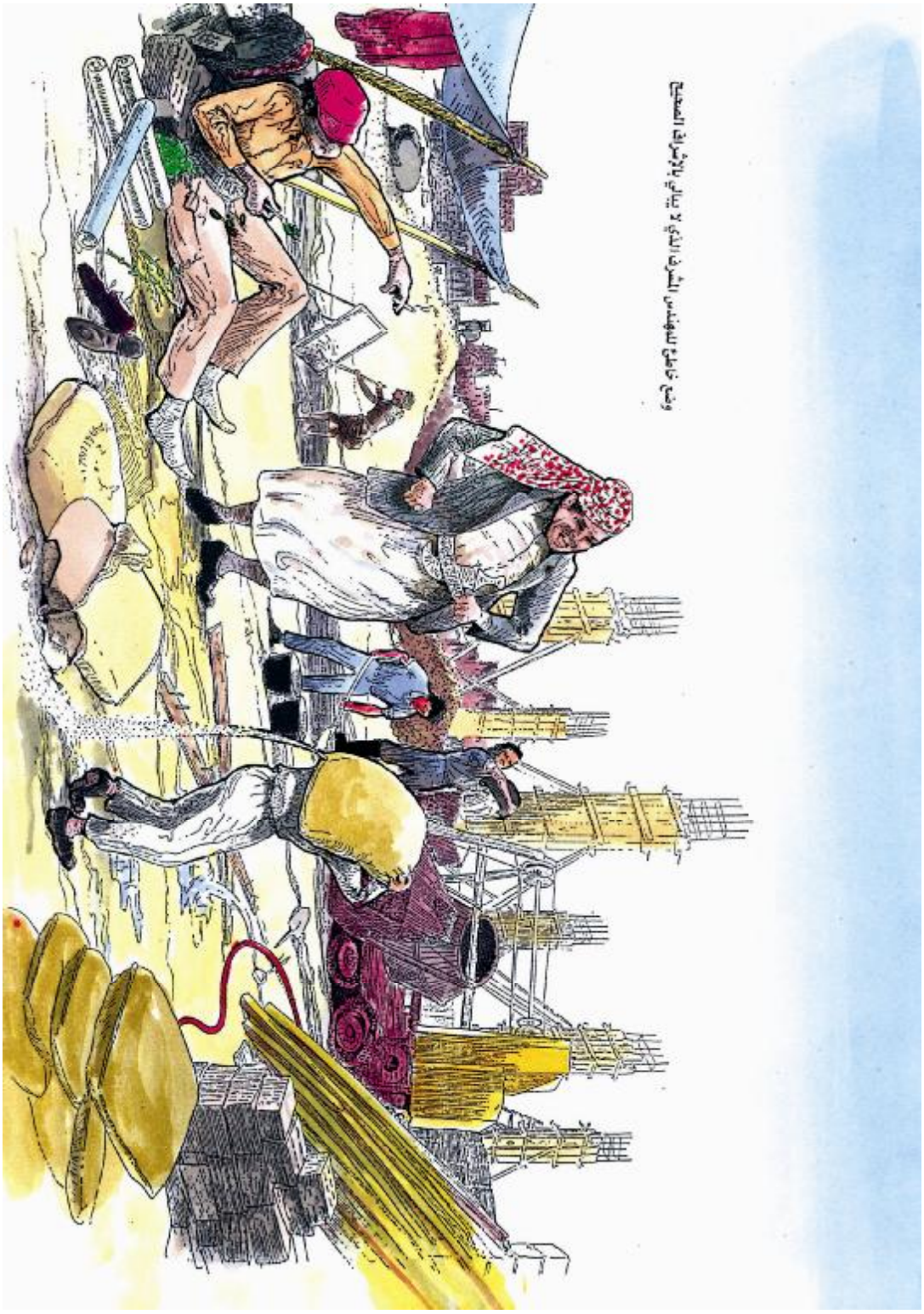
و هذا المشرف المحلي يجب أن يكون على معرفة تامة بالأشخاص الذين سيعمل معهم ويفهم العادات والقيم الحساسة في المنطقة، وعلى ذلك فإن عليه التعامل مع الأهالي بفهم وأخذ جميع هذا في الاعتبار. وعلى الجانب الآخر وحتى لا تكون هناك خسائر ضخمة فإن الإشراف على العمل يجب أن يكون بإنصاف وثبات وصلابة.

إنه وفي عملية تنفيذ المشروع، فإن على المهندس المشرف أن يكون مدركاً وملماً بثلاثة عوامل أساسية في المشروع وهي :

الزمن والتكلفة ونوعية العمل:

ويجب عليه عندما يكون في موقع العمل أن يعرف فوراً ما إذا كان أي من العوامل المذكورة يؤثر في عمليات صنع القرار. لذلك فإن عليه أن يملك بعض المميزات التالية:

- القدرة على الاتصال والتواصل.
- الثقة بالنفس.
- القدرة على التمييز والفصل بين الأمور.
- أن يكون على درجة عالية من الصبر.
- أن يكون لديه خلفية ومعرفة بالمنظمات.
- أن يكون لديه خلفية ومعرفة بالعمل.



وضع خاطئ للمهندس المشرف الذي لا يبالي بالإشراف الصحيح

1- الأخطاء الشائعة في عملية الإشراف وكيفية تلافيها

الخطـــــــــــاء	كيفيـــة تـــلافي الخطـــاء
عدم مقدرة المشرف من الوصول إلى موقع المشروع متى أراد، وذلك بسبب عدم وجود المواصلات المناسبة وكذلك ظروف المنطقة.	توفير الإمكانيات اللازمة لزيارة مثل هذه المواقع.
عدم منح المشرف الوقت الكافي عند النزول لاستلام بعض الأعمال.	ضرورة منح المشرف الوقت الكافي عند النزول لاستلام بعض الأعمال.
ضعف عملية الإشراف أو انعدامها في بعض المشاريع بسبب الحروب أو المشاكل القبلية.	ضرورة توفير الحماية من قبل السلطات المحلية.
قلة زيارة بعض المهندسين المشرفين إلى الموقع.	الإكثار من زيارة بعض المهندسين المشرفين إلى الموقع وعلى الجهة المنفذة دفع أجور هذه الزيارات بالكامل.
عدم التزام المشرف بالإيفاء بأجور الفني المقيم المتفق عليها من السابق	يجب أن يلتزم المشرف بالإيفاء بأجور الفني المقيم المتفق عليها من السابق.
تهاون المشرف في تنفيذ المواصفات المطلوبة في الموقع مثل الحفر الزائد أو تقليل بعض الأعمال الهامة وخلافه.	عدم تهاون المشرف في تنفيذ المواصفات المطلوبة في الموقع.
اللامبالاة من قبل المقاول إزاء تعليمات المشرف.	العقود مع المقاولين يجب أن تكون واضحة وفي منتهى القوة من حيث الشروط والالتزامات.
ضعف المشرف في الموقع في اتخاذ القرار.	اختيار المشرف القادر على اتخاذ القرار في الموقع.
حدوث هبوط لبعض خطوط المياه أو الصرف الصحي	الإشراف الدقيق على عمليات الدك والرش على طبقات بحسب المواصفات.
عدم تطابق برنامج العمل مع مراحل التنفيذ، مع عدم وجود أسباب خارجية مانعة.	يجب أن يتطابق برنامج العمل مع مراحل التنفيذ، مع عدم وجود أسباب خارجية مانعة.
عدم تواجد المشرف المقيم في الموقع بصفة دائمة.	يجب تواجد المشرف المقيم في الموقع بصفة دائمة.
عدم تحديد مسارات الخطوط (ضخ وإسالة) على الموقع وتوضيح ذلك عملياً من قبله للمقاول (بالسير معه وتوضيح المسارات على الطبيعة قبل البدء في التنفيذ) .	يجب على المشرف تحديد مسارات الخطوط (ضخ وإسالة) على الموقع وتوضيح ذلك عملياً من قبله للمقاول (بالسير معه وتوضيح المسارات على الطبيعة قبل البدء في التنفيذ).
عدم التزام المقاول بنسبة الإسمنت في الخلطات والمونات.	العقود مع المقاولين يجب أن تكون واضحة وفي منتهى القوة من حيث الشروط والالتزامات.
عدم المعرفة بنتائج اختبارات استخدام المواد الإنشائية (كري أسمنت، نيس ، أحجار، ...الخ) من قبل المقاول والمهندس المشرف.	يجب أن يعرف المشرف والمقاول بنتائج اختبارات استخدام المواد الإنشائية (كري أسمنت، نيس ، أحجار، ...الخ)، ويتم تسليمهما حتى يمكن التطبيق السليم فيما بعد في الموقع بحسب التوصيات.
وجود بعض الأمور المبهمة في بعض التصاميم مما يسهل من تحايل بعض المقاولين في التنفيذ .	عمل تصاميم ومواصفات واضحة وغير ناقصة ويسهل فهمها والتعامل معها.
المواصفات في الدراسة تكون أحياناً غير واضحة مما يشكل صعوبة بالغة على المشرف في الموقع.	يجب أن تكون المواصفات في الدراسة واضحة بشكل يسهل على المشرف في الموقع تنفيذها والتقيد بها.
عدم صرف مستحقات المشرف المالية من قبل الجهة المنفذة وتأخرها وربطها بنسبة الإنجاز.	ضرورة صرف مستحقات المشرف المالية من قبل الجهة المنفذة و عدم تأخيرها أو ربطها بنسبة الإنجاز.

الخطـــــــــــاء	كيفيـــة تـــلافي الخطـــاء
في بعض المشاريع يكون الإشراف من قبل مهندس ويتم التسليم من قبل مهندس آخر.	يجب أن يكون الإشراف من قبل مهندس ويتم التسليم من قبل نفس المهندس.
إرساء المقاولة يتم للمقاول المتقدم بأقل عرض ولو كان أقل بكثير من التكلفة التقديرية.	يتم إرساء المقاولة للمقاول المتقدم بعرض ولو كان أكثر من التكلفة التقديرية بحدود20% وليس أقل من التكلفة التقديرية..
ظهور أعمال إضافية كثيرة أثناء التنفيذ.	عمل تصاميم ومواصفات واضحة وغير ناقصة ويسهل فهمها والتعامل معها، ويجب أن تكون غير ناقصة مما يقلل كثيراً من الأعمال الإضافية.
عدم الإشراف الجيد على حفر الآبار في مختلف مراحل الحفر، والإحاطة الكاملة بطبقات الأرض أثناء الحفر وعلى وجه الخصوص الطبقات الحاملة للمياه.	يجب أن يتم الإشراف الجيد على حفر الآبار في مختلف مراحل الحفر، والإحاطة الكاملة بطبقات الأرض أثناء الحفر وعلى وجه الخصوص الطبقات الحاملة للمياه.
استخدام المقاول لفنيين أو مشرفين غير مؤهلين أثناء عملية التنفيذ لمكونات المشروع.	يجب أن يستخدم المقاول لفنيين أو مشرفين مؤهلين أثناء عملية التنفيذ لمكونات المشروع، وهذا يتم توضيحه في العقود بين الجهة المنفذة والمقاول.
المهندس المشرف في كثير من الأحيان لضغوط مباشرة من الجهة المنفذة أو المستفيدين.	المهندس المشرف يجب أن يكون بعيداً عن أي ضغوط مباشرة من الجهة المنفذة أو المستفيدين.
ضعف الجهة المنفذة في موضوع حماية المشرف من تعنت المقاولين	ضرورة تفعيل الجهة المنفذة في موضوع حماية المشرف من تعنت المقاولين.
قصور في تعميم الخبرة بين الفنيين في عمليتي التصميم والإشراف.	يجب العمل وبصورة جدية في تعميم الخبرة بين الفنيين في عمليتي التصميم والإشراف.
في بعض الأحيان يتم النظر في شكوى المقاول وعدم التفاعل مع شكوى الاستشاري.	ضرورة أن تعم العدالة بحيث يتم النظر في شكوى المقاول وكذلك شكوى الاستشاري، والخروج بالقرار السليم في أي موضوع يحصل فيه الخلاف بينهما بسببه.

الـمـلـحـقـــــــــــات

ملحق (1)

نموذج المسح : **أستمارة خلاصة بيانات المشروع قبل التنفيذ (نموذج التصميم)** (يتبع الباب الأول)

يلاحظ أن يكون هناك نموذج لعملية المسح الفني الميداني والغرض منه بالدرجة الأساسية هو الحرص على عدم نسيان أي معلومة في الموقع، حيث وأنه بتعبئة كل خانة في هذا النموذج لكل نقطة يتم أخذها فهذا يعني أنه تم أخذ كل البيانات اللازمة لعملية إكمال الحسابات في المكتب وكذلك عملية الرسم الدقيقة.

حيث يتم في الموقع أخذ القراءات من خلال جهاز التيودولايت للشعرات العلياء والوسطى والسفلى ، وكذلك قراءة الزوايا الأفقية والرأسية والبوصلة.وأيضاً يتم قياس ارتفاع الجهاز عند كل نقطة وأيضاً يتم تسجيل الزاوية الأفقية الخلفية من النقطة التي يقع عليها الجهاز والنقطة التي كان عليها الجهاز قبلاً، وطبعاً تعطى كل نقطة رقماً أو رمزاً .

ويكتب أعلى كل استمارة اسم القرية والتأريخ وكذلك رقم الاستمارة المتسلسل.

أستمارة خلاصة بيانات المشروع قبل التنفيذ (نموذج التصميم)

رقم المشروع : ----------
اسم المشروع : ----------
المديــرية: ----------
المحافظــة: ----------

مشروع إمداد المياه للمناطق الريفية باليمن
التاريخ : ----------

عناصـــر التصـــميم

اسم المشروع : ---------- المحافظـــة : ---------- رقم المشروع : ----------

قام بالعمل في الحقل (مساحة) : ---------- التاريخ : ----------

أعمال التصميم : ---------- التاريخ : ----------

تم التصديق بواسطة :
مدير المشروع : ----------
المدير العـام :----------
( ) : ----------

مشـــــروع إمداد المناطق الريفية بمياه الشـــــرب
وصف المشروع ومكوناته

الموقع :

القرية : ----------
العزلة :----------
المديرية :----------
المحافظة : ----------

طريقة الوصول إلى الموقع :

الوصـــف (مرفق برسم توضيحي –اسكتش):

رقم المصدر		
النوع		
الإنتاجية	ليتر /ثانية	
	جالون أمريكي/ دقيقة	
المنسوب الإستاتيكي للمياه (م)		
الهبـوط (م)		
المنسوب الديناميكي للمياه (م)		
عمق تركيب المصـــافي (م)		
عمـق البئر الكلـــي (م)		
أصغر قطر للإكساءات (بوصة)		
مادة صنع الإكساءات (المحافظات)		
تم الحفر بواسطة		
تم الاختبار بواسطة		
تأريخ اختبار المصدر		
مـــدة الاختبار		

الإنتاجية الآمنة المفترضة جالون /دقيقة		
التحسينات:	التعميق	
	التنظيف	
	التلبيس من الداخل إلى عمق (م)	
	الغطاء في أعلى البئر	
	أشياء أخرى:	
المعلومات الجيولوجية والتعليقات		

المعلومات السكانية

الرقم المتسلسل										
أسماء القـــرى										
عدد المنازل – عدد الأسر (بناء على تعداد 1994م)										
تقدير محلي أو بموجب زكاة الفطرة عدد المنازل × 10 عدد الأسر × 7										
عدد السكان المفترض										
ملاحظات										

عدد السكان التصميمي وكمية استهلاك المياه

م	اســـــــم القريـــــــة	عدد السكان التصميمي	الإستهلاك اليومي		تصميم معدل التدفق (Qd) ليتر/ثانية
			ليتر/ نسمة	ليتر/ قريــة	
	الإجمـــــــالي				

ساعات التدفق الأقصى (الذروة) ---------- (ساعة)

تصميم معدل التدفق الأقصى (ساعة الذروة) :

1- لقرى تعداد السكان فيها أقل من 2000 نسمة، مع إمداد مياه الشرب من منهل، فإن ساعات التدفق الأقصى (الذروة) هي H= 8 ساعات.

2- للقرى الأخرى ولكن مع ربط منزلي ، فإن ساعات التدفق الأقصى (الذروة) هي H=12 ساعة.

3-

$$Qd = \frac{\text{الاستهلاك اليومي للقرية (ليتر)}}{3600 \times H} = \text{---------- ليتر/ثانية}$$

خزانات التجميع

رقم مسلسل	اســـــم القريـــــة	إجمالي الإستهلاك اليومي ($م^3$)	سعة الخزان ($م^3$)	عدد الخزانات	نوع الخزان	الموقع (م)	المنسوب (م)

أنواع الخزانات:

G : خزان أرضي
S.E : خزان شبه مرتفع
E : خزان عالي
R.C : خزان خرسانة مسلحة
M : خزان حجري
S : خزان حديدي

السعة التخزينية :

- 50% من المطلوب اليومي للآبار اليدوية والعميقة.
- 100%من المطلوب اليومي للعيون والوديان (كمخزون أولي).

خزانات المحطات الأفقية : المطلوب لعدد 2 ساعة من السعة التصميمية للمضخة الأفقية، بالإضافة إلى 50% من المطلوب اليومي للمستهلكين (عدد السكان)، والذين ستتم تغذيتهم مباشرةً من خزان المحطة الأفقية (إذا كان ذلك ملائماً).

تفصيلات وحدات المناهل العامة

مسلسل رقم	اســم القريــة	عدد السكان التصميمي المخدوم	نوع المنهل مع ذكر العدد	عـــــدد الحنفيات	عدد السكان لكل حنفية	الموقـــع	المنسوب (م)
	الإجمـــالي						

أنواع المناهل: 6T : منهل به 6 حنفيات
4T : منهل به 4 حنفيات
2T : منهل به 2 حنفيات

تصميم خط الضخ

م	الوصـــــــــــــف	الوحدة	المضخة		الخزان		المضخة		الخزان
1	النقطة		.....	إلى	.....	.....	.....	إلى	.....
2	منسوب الأرض	Gr. (m)	.....		.....	.....	.....		.....
3	طـول المواسـير+ عمـق التركيـب (ID)	L. (m)		....				...	
4	نوع المواسير			...				...	
5	مقدار التدفق	Qp. (gpm) (l /s)		.....				... ...	
6	قطر الماسورة (1.4x √Qp)	dp (1nch)		...				...	
7	السرعة	Vp (m/s)		...				...	
8	الاحتكاك	hf (m/100)		...				...	
9	إجمالي فواقد الاحتكاك Hf = (hf x 0.011x L)	Hf (m)		...				...	
10	ارتفاع الماء في الخزان	Hwt (m)			.....				.....
11	ضغط الارتفاع المتبقي	Hr (m)			.....				.....
12	المنسوب البيزوميتري عند الخزان (Gr. + Hwl. + Hr)	Pt (m)			.....				.....
13	المنـــسوب البيزوميتـــري عنـــد المضخة (Pt + Hf)	Pp (m)	.....				.....		
14	الضغط الصافي عند المضخة (Pp – Gr)	Np (m)	.....				.....		
15	عمق تركيب المضخة	ID (m)	.....				.....		
16	ضغط الارتفاع الكلي	Hp (m)	.....				.....		
17	ساعات الضخ	(hours)	.....				.....		

التدفق من البئر إلى الخزان (أو إلى محطة الرفع الأفقية):

Qp = المطلوب المائي اليومي (m3) ، ويتم التحقق إذا Qp< إنتاجية المصدر وإذا لم Qp = إنتاجية البئر وساعات الضخ

8 ساعات = المطلوب اليومي (م3)
Qp

-ولحساب التدفق من محطة الرفع الأفقية ، يفضل أن تكون 8 ساعات، وعلى كل حال فإن الفارق بين عدد ساعات الضخ من البئر ومحطة الرفع الأفقية يجب أن لا يزيد عن 4ساعات في الاتجاهين.

- لاختيار القطر الوارد في البند 6، يتم اختيار المقاس المتاح للقيمة المحسوبة.
- Hwt = 3م ، Hr = 10م تقريباً.

نموذج التصميم الهيدروليكي لمواسير شبكة التوزيـــع

النقطة													
منسوب الأرض (م)													
طول الماسورة (م)													
القطر (هنش)													
نوع المواسير ومادة صنعها													
ليتر /ثانية التدفق													
جالون / دقيقة													
السرعة م/ث													
فواقد الاحتكاك m/100m (hf)													
إجمالي الفواقد(م (Hf= hf x 0.011 x L													
أخـــرى													
المنسوب البيزوميتري (م)													
الضغط الصافي (م)													
ملاحظـــات													

المعدات الميكانيـــــكية

وحدة ضخ رقم	
الموقع	
المنســوب (م)	
النــوع	
معدل التدفق (Qp) جالون أمريكي/دقيقة أو ليتر/ثانية	
ضغط الارتفاع الكلي (م)	
قطر البئر (هنش)	
عمق تركيب المضخة ID (م)	
مقدار القدرة المطلوبة HP (بالتقريب)	
نوع المحرك المطلوب	
الطور (Phase)	
الفولتية	
في حالة أن يكون المطلوب هو مولد كهربائي	
وحدة توليد كهربائي رقم	
مقدار القدرة المطلوبة KVA	
الموقع	
الطور	
HZ	
الفولتية	

النوع ..... HORI = أفقي

VERT = رأسي

S. B = غاطسه

B.D = محرك أبو قايش

D.D = اقتران مباشر

$$HP = \frac{Qp \times Hp}{PE \times 75} \times DF$$

حيث :

Qp= معدل التدفق (ل/ث)

Hp= ضغط الإرتفاع (م)

PE= كفاءة المضخة

DF= معامل

\

ملحق 2

استمارة مسح اقتصادي واجتماعي لمشاريع المياه

1- اســـم المـــشروع ورقمـــه ..... قريـــة..... عزلة..... محافظة.....

2- اســـــــــــــــــــــــــــــــم الـــــــــــــــــــــــــــــــشخص المـــــــــــــــــــــــــــــــدلي بالمعلومات.....العمر.....سنة..... .....

3- عدد أفراد الأسرة المقيمين ؟ .....فرد

النـــــــوع	أقـــــل من 4 سنوات	4-12 سنـــــة	أكبر من 12 سنـــــة
ذكور			
إناث			

4- عدد أفراد الأسرة الغير مقيمين؟ .....فرد

3- عدد الحيوانات لدى الأسرة بما فيها الغير مملوكة للأسرة ؟

نـــــــوع الحيـــــوان	العـــــدد
غنم وخراف وماعز	
حمير وأبقار وأثوار	
جمال	

مصادر دخل الأسرة ؟

الزراعة: ☐ لاستهلاك الأسرة فقط ☐ للتسويق (الدخل السنوي .....ريال)

الثروة الحيوانية: ☐ لاستهلاك الأسرة فقط ☐ للتسويق (الدخل السنوي .....ريال)

وظيفة :

عدد الموظفين	نوع الوظيفة	الراتب الشهري	مصدر دخل آخر في الشهر	الراتب السنوي
الإجمـــــــالي				

تجارة :

نـــوع التجارة	عدد أفراد الأسرة الذين يمـارسون هذه التجـارة	الدخـــــــل السنوي
إجمالي الدخل السنوي		

حرف يدوية :

نـــوع الحرفة	عدد أفراد الأسرة الذين يمـارسون هذه التجـارة	الدخـــــــل السنوي
إجمالي الدخل السنوي		

أعمال بالأجرة :

نـــوع العمـــــل	عدد أفراد الأسرة الذين يمـارسون هذا العمل	الدخـل اليومي	الدخـل الشهري	الدخـل السنـــوي
إجمـــالي الـــدخل السنوي				

مصادر دخل أخرى ..... ريال/السنة

5- مصادر الماء الحالية؟ ☐بئر عميق ☐ بئر سطحية(يدوية) ☐ برك ☐ غ ☐ أخرى (تذكر.....)

6- هل يستخدم نفس المصدر لكل الأغراض؟ ☐ نعم (اقفز إلى 7) ☐ لا

مصدر الماء للشرب:

☐ شراء (عدد الزفات في الشهر .....زفة // سعة الزفة ....م^3 // قيمة الزفة .....ريال)[1]

☐ تجلبه الأسرة؟ (زمن الذهاب والعودة.....ساعة // عدد المرات في اليوم...مرة // كمية المياه في المرة الواحدة .....ليتر

سعر الماء في المصدر ....ريال/ليتر // من يقوم بجلب الماء .....

مصدر الماء للأغراض المنزلية:

☐ شراء (عدد الزفات في الشهر .....زفة // سعة الزفة ....م^3 // قيمة الزفة .....ريال)

☐ تجلبه الأسرة؟ (زمن الذهاب والعودة.....ساعة // عدد المرات في اليوم...مرة // كمية المياه في المرة الواحدة .....ليتر

سعر الماء في المصدر ....ريال/ليتر // من يقوم بجلب الماء .....

مصدر الماء للحيوانات:

☐ شراء (عدد الزفات في الشهر .....زفة // سعة الزفة ....م^3 // قيمة الزفة .....ريال)

☐ تجلبه الأسرة؟ (زمن الذهاب والعودة.....ساعة // عدد المرات في اليوم...مرة // كمية المياه في المرة الواحدة .....ليتر

سعر الماء في المصدر ....ريال/ليتر // من يقوم بجلب الماء .....

7- هل تشترون الماء؟

☐ نعم (عدد الزفات في الشهر .....زفة // سعة الزفة ....م^3 // قيمة الزفة .....ريال)

☐ لا

8- هل تغلون الماء؟

نعم (كمية الماء التي تغلى في اليوم.....ليتر /يوم)

☐ لا

9- استخدامات المياه التي يمكن تغطيتها من مياه الأمطار في مواسم الأمطار ؟

☐ الشرب لمدة .....يوم ☐ الأغراض المنزلية لمدة...يوم شرب الحيوانات لمدة .....يوم

10- الوقت المناسب لدفع قيمة الاستهلاك؟

☐ نهاية كل شهر ☐ نهاية موسم الزراعة ☐ نهاية السنة أخرى .....

العمل المكتبي:

---

[1] - كمساعدات من أفراد الأسرة غير المقيمين (إما في المدن الرئيسية في اليمن أو في الغربة).

إجمالي الدخل السنوي ..... ريال معدل الدخل الشهري .....ريال

مستـــوى الخدمة	سعـــــر الوحـــــدة	كمية المياه المتوقع استهلاكها في الشهر ($م^3$)	قيمة الاستهلاك الشهري	قيمة الاستهلاك الشهري / معدل الدخل الشهري
منهل عام عند البئر				
مناهل عامة				
توصيلات منزلية				

ملحق 3

نموذج التصنيف البيئي (B)

1. اسم المشروع:_____
_____

2. نوع المشروع (رعاية صحية، تعليمي، مياه، بيئة، مرافق أخرى)_____
_____

3. وصف موجز للمشروع (مكونات المشروع متضمنا الخدمات المساعدة، كميات ومصادر المياه، نطاق الخدمة، عدد المنتفعين، عدد العمالة.....الخ)
_____
_____
_____

4. وصف موجز لموقع المشروع (طبيعة الموقع: صخري أم ترابي، الاستخدام السابق):
_____
_____
_____

5. وصف المنطقة المحيطة (المنشئات، المرافق، استخدامات الأراضي، مصادر المياه ،.....الخ)
_____
_____
_____

(أرسم كروكي)

* يجب ذكر تفاصيل كافيه دقيقه عن مصادر المياه في منطقة المشروع. فإن كانت آبار يذكر بعد أقرب بئر عن موقع المشروع و المنسوب الساكن للمياه ومنسوب فتحة البئر بالنسبة لموقع المشروع. وإن كانت عيون يذكر المسافة لأقرب عين ومنسوب العين بالنسبة لمنسوب الموقع

6. وصف الآثار البيئية الناجمة عن المشروع وسبل الحد منها

- المداخلات خلال مرحلتي الإنشاء والتشغيل *

المداخـــــــــلات	مرحـــــلة التنفيـــذ	مرحـــلة التشغيل
المياه-للأغراض الصحية		
المياه-للتشغيل		
المياه-استخدامات أخرى		
الطاقة- الكهربائية		
الطاقة-الوقود (سائل، غازي)		
الطاقة- المصادر المتجددة (شمسيه أو رياح)		
الأيدي العاملة		
مواد خام ومواد بناء		
غيره		

* استخدم إشارة (P) في حالة يوجد وإشارة (×) في حالة لا يوجد

- مخرجات المشروع **:

العمل المتأثر (المكون البيئي)	المؤثـــر(الآثر البيئي)	مرحـــــلة التنفيـــذ	مرحلـــــة التشغيل
هواء	مواد عالقة		
	دخان		
	رائحة		
	ضوضاء		
	غيره		
مياه	صرف صحي		
أخرى			
مخلفات صلبه	بلديه		
	مخلفات طبية		
	مخلفات خطره		
	الهدم والبناء		
أخرى			

** استخدم إشارة (P) فئ حالة يوجد وإشارة (×) في حالة لا يوجد

- الوضع الحالي والأثر البيئي المتوقع*

Existing and Predicted Environmental Impacts

العمل المتأثر (المكون البيئي)	المؤشر (الآثر البيئي)	الوضع الحالي	مرحلة التصميم	مرحلة التنفيذ	مرحلة التشغيل

* يمكن الاستعانة بالاستمارات الارشاديه لمعرفة كيفية تعبئة الجدول

تستخدم إشارة (**P**) في حالة يوجد وإشارة (×) في حالة لا يوجد

7. الآثار البيئية الناجمة عن المشروع وسبل التخفيف *(مرحلة التصميم والتنفيذ والتشغيل):
(Environmental Impacts & Mitigation Measures – Design, Construction and operation Phase)

العامل المتأثر (المكون البيئي) x	المؤثر(الأثر البيئي)	طرق تخفيف الأثر (Mitigation Measure)	مرحلة المشروع *	المسئولية

*العوامل المتأثرة هي كالماء والأرض والإنسان والهواء (مثال العامل المتأثر : الماء ، المؤثر : المياه العادمة ، طرق تخفيف الأثر : تصميم مكونات لمعالجة المياه العادمه، مرحلة المشروع : التصاميم، الجهة المسؤوله: الاستشاري المصمم.
* مرحلة المشروع تحددها زمن دراسة أو تنفيذ إجراءات التخفيف (مرحلة التصاميم ومرحلة التنفيذ ومرحلة التشغيل)

ملاحظه : يمكن الاستعانة بالاستمارات الارشاديه المرفقة في هذا الملحق.

8. هل البيارة مناسبة للموقع ولا يوجد خوف من تلوث مصادر مياه؟ ☐ نعم ☐ لا
9. هل يتطلب المشروع مراقبه أثناء تشغيله؟
نعم (في حالة وجود إمكانية تلوث مصادر المياه أو التربة أو الهواء) لا
10. في حالة الإجابة بنعم أشّر فيما يلي على مواضيع المراقبة التي تنطبق على مشروعك:
مراقبة مصادر مياه
☐ مراقبة أداء التخلص من المخلفات الطبية
☐ مراقبة أداء الصرف الصحي
☐ مراقبة نظافة فناء المبنى
☐ مراقبة تشجير فناء المبنى
☐
☐

جدول الرصد البيئي أثناء مرحلة تنفيذ أو مرحلة تشغيل المشروع:

طرق تخفيف الأثر	المؤشر	الموقع	عدد العينات	الفترات	مرحلة المشروع	المسؤولية

جدول تكلفة الرصد البيئي أثناء تنفيذ وتشغيل المشروع
(Environmental Monitoring Cost – Construction and Operation Phases)

مرحلة المشروع	طرق تخفيف الأثر	المؤشر (Indicator)	طاقم العمل (Staff Category)	العدد	البرنامج (Schedule)	التكلفة

جدول البناء المؤسسي (Institutional Strengthening)

الجهة	البناء المؤسسي المطلوب (Institutional Strengthening)	التكلفة

استمارات إرشادية

اولا الآثار البيئية السلبية المتوقعة

أ- مشاريع برك حصاد المياه

م	العامل المتأثر (المكون البيئي)	المؤثر (الأثر البيئي)	الوضع الحالي	مرحلة التصميم	مرحلة التنفيذ	مرحلة التشغيل
1	الأرض	مخلفات الإنشاء				
		القمامة				
2	المياه	تصريف المياه العادمه من الحمامات المؤقتة				
		تغيير مجارى السيول				
		انسداد مجارى السيول أو العيون أو الغيول بسبب التفجيرات				
3	الجوانب الاجتماعية والصحية	اختيار الموقع				
		حقوق المياه				
		قواقع بلهارسيا – ملاريا – طحالب				
4	المواقع الأثرية	التأثير على المواقع الأثرية				
5	أخرى					

الآثار البيئية السلبية المتوقعة

ب - مشاريع مياه الشرب

م	العامل المتأثر (المكون البيئي)	المؤشر (الأثر البيئي)	الوضع الحالي	مرحلة التصميم	مرحلة التنفيذ	مرحلة التشغيل
1	الأرض	إدارة مخلفات الإنشاء (مواقع الحفر- المحاجر)				
2	المياه	تصريف المياه العادمه				
		هبوط منسوب المياه				
		التأثير على الآبار المجاورة				
3	الجوانب الاجتماعية	اختيار المواقع لمكونات المشروع				
		حقوق المياه				
		تضارب المصالح (بين المستفيدين – بين القرى المستفيدة)				
4	المواقع الأثرية	التأثير على المواقع الأثرية				
5	أخرى					

الآثار البيئية السلبية المتوقعة

ج - مشاريع الحواجز الصغيرة

م	العامل المتأثر (المكون البيئي)	المؤشر (الأثر البيئي)	الوضع الحالي	مرحلة التصميم	مرحلة التنفيذ	مرحلة التشغيل
1	الأرض	مخلفات الإنشاء				
		تصحر الأراضي الزراعية الواقعة أسفل السد				
		ملوحة الأراضي بسبب ارتفاع منسوب المياه السطحية في الأراضي الواقعة أسفل السد				
		غمر الأراضي الزراعية				
2	المياه	تغيير مجارى السيول				
3	الجوانب الاجتماعية والصحية	اختيار الموقع				
		قواقع بلهارسيا – ملاريا – طحالب				
		الملكيات				
		حقوق المياه				
		تضارب المصالح بين المستفيدين				
		الحماية حول السد				
4	المواقع الأثرية	التأثير على المواقع الأثرية				
5	أخرى					

ثانيا طرق تخفيف الأثر

قائمة الاختيارات المساعدة

م	العامل المتأثر (المكون البيئي)	المؤثر (الأثر البيئي)	طرق تخفيف الأثر	نوع المشاريع		
				مياه الشرب	حصاد مياه	سد/حاجز
1	المياه		استنزاف المياه الجوفية وترشيدها	*		
2	الجوانب الاجتماعية والصحية		اختيار الموقع بحيث يخدم أكثر اكبر عدد من المستفيدين	*	*	*
			التحديد الدقيق للأرض المطلوبة للمشروع وترك المجال للمستفيدين لحل الموضوع بالطرق الودية	*	*	*
			المكافحة البيولوجية للبعوض والطحالب			*
			التخلص من قواقع البلهارسيا		*	*
3	أخرى					

ثالثا إستمارات الرصد

أ- مشروع مياه من بئر

المتأثر (المكون البيئي)	المؤثر (الأثر البيئي)	طرق تخفيف الأثر	المؤشر	الموقع	عدد العينات	الفترات	مرحلة المشروع	التكلفة	المسئولية
	تلوث الهواء		ضوضاء روائح غبار دخان ملوثات: (NO_x, SO_2, CO)						
	تلـــــــوث بصري		مخلفات إنشاء الـــــــصرف الصحي						
	تلوث الماء		التوصـــــــيلية الكهربية نترات بكتريا التلوث الكربـــــــون العـــــــضوي المتطاير القساوه الأكـــــــسجين الحيـــــــوي المستهلك						
	استنزاف		هبـوط منـسوب المياه						

ب- مشروع حصاد مياه

المتأثر (المكون البيئي)	المؤثر (الأثر البيئي)	طرق تخفيف الأثر	المؤشر	الموقع	عدد العينات	الفترات	مرحلة المشروع	التكلفة	المسئولية
	تلوث الهواء		ضوضاء روائح غبار دخان ملوثات (NO_x, SO_2, CO)						
	تلوث الماء		EC نترات E-coli VOC القساوه BOD						
	انتشار الملاريا		يرقات البعوض						
	انتشار الإسهالات		أميبا+ E-Coli						
	انتشار البلهارسيا		القواقع						
	تلوث التربة		زيوت مستهلكه مخلفات صلبه مياه عادمه						

ج- مشروع سد/ حاجز

المتأثر (المكون البيئي)	المؤثر (الأثر البيئي)	طرق تخفيف الأثر	المؤشر	الموقع	عدد العينات	الفترات	مرحلة المشروع	التكلفة	المسئولية
تلوث الهواء			ضوضاء روائح غبار دخان ملوثات: (NO_x, SO_2, CO)						
تلوث الماء			EC نترات E-coli VOC القساوه BOD						
انتشار الملاريا			يرقات البعوض						
انتشار الإسهالات			أميبا+ E-Coli						
انتشار البلهارسيا			القواقع						
تلوث التربة			زيوت مستهلكه ملوحة التربة أسفل الحاجز مخلفات صلبه مياه عادمه غمر التربة						
الفيضان			ملوحة التربة غمر الأراضي						
الهجرة			التعداد						

ملحق 4
مواصفات المواد والأعمال:(يتبع الباب الثامن)

أعمال الخرسانة :-

المواد:

عينات جميع المواد الداخلة في الخلطة الخراسانية يجب أن تعرض على المهندس لأخذ الموافقة على جلب تلك المواد إلى مواقع العمل ويتم التأكد مره أخرى من هذه المواد بعد وصولها إلى مواقع العمل من قبل المهندس المشرف .
ويشمل التأكد :- النوعية بصفة عامة و المقاس والمقاومة وكذلك النظافة وأي خلل في هذه المواصفات يعني بالضرورة رفض تلك المواد.

الرمل:

يجب الا تزيد نسبة المواد الناعمة أو الأتربة عن 5% وتعرف هذه المواد الناعمة بأنها التى تمر في المنخل رقم 200.
وفى حالة زيادة النسبة للمواد الناعمة أو الأتربة يجب العمل على غسل الرمل والتخلص من المياه الخارجة من عملية الغسيل حتى تصل نسبة المواد الناعمة والأتربة الى اقل من 5% وعمليات الغسيل هذه تتم عن طريق المقاول .
مقاس الرمل المستخدم من الرقم #200وحتى ربع هنش ويجب أن يكون متدرجاً بين هذين المقاسين (هذا التدرج هام جداً)

الكرى:-

يجب أن يتم فحص الكرى بالنسبة للمقاس MOS وكذلك مقاومته للطقس والمياه .
ومقاس الكرى المستخدم يتوقف على مقاس المقطع الخرساني وكذلك على المسافات بين حديد التسليح المستخدم وذلك كما يلى :
المقاس الأكبر للكرى يجب ان لا يزيد عن :
1/5 أصغر بعد في المقطع الخرساني وغير محتوى على حديد تسليح
3/4 المسافة بين قضبان حديد التسليح وبعضها
1/3 سمك البلاطة
الكرى المستخدم يجب أن يكون نظيفاً ومتدرجاً اكبر من 1/4 هنش في القطر واقل من المقاسات المذكورة أعلاه وعلية يجب ان يكون الكرى متدرجاً بانتظام بين نهايتي المقاس.

الماء:-

يجب ان يكون الماء المستخدم في عملية الخلط نظيفاً وبدون مواد عالقة فيه تؤثر على مقاومة حديد التسليح(وتؤثر على مظهر ومقاومة الخرسانة فيما بعد)
إذا كان هناك أي شك في نوعية المياه فلابد من أخذ عينة ويتم اختبارها في المعمل التابع للمصادر المائية .

الاسمنت:-

يجب أن يكون الاسمنت بورتلاندي مقاوم للأملاح ويجب ان يكون في حالة جيده وعند توريد الاسمنت الى موقع العمل يجب ان يخزن بمعرفة المشرف على العمل ويجب ان يكون هذا التخزين بطريقة تضمن جودة الاسمنت حين استعماله وذلك بان يتم التخزين في أماكن جافة .

الإعداد للعمل :-

عموماً لا تبدأ الأعمال الخرسانية إلا بعد أن يتأكد المشرف على العمل من ان الاشتراطات المطلوبة للعمل أصبحت متوفرة ومرضية وبأنها ستعطي أعلى درجة من الكفاءة الممكنة.
يقوم المشرف في حالة اختلاف أي مرحلة من مراحل التنفيذ عن الشروط المكتوبة بإيقاف العمل فوراً وعليه يقوم المقاول بعمل جميع الإصلاحات المطلوبة الضرورية وعلى حسابه .

حديد التسليح:-

كما سيرد شرح ذلك في قسم حديد التسليح.

التخشيبة :

كما سيرد شرح ذلك في قسم التخشيبات .

إعداد الموقع:

كمية وترتيب العاملين ، المعدات، والمواد يجب ان تكون كافية ومناسبة وذلك حتى تؤمن الخلط والنقل والصب بطريقة فعالة وآمنة
كل الأسطح التى يجب ان تكون خرسانة يجب ان تكون محكمة ونظيفة من المواد الغريبة ورطبة ولكن غير مبتلة .

المواد:

كل المواد المكونة للخرسانة (اسمنت +نيس+كري)يجب ان تكون اكثر من كافية (من ناحية الكمية)وذلك لكي تحصل على الخرسانة المطلوبة للعمل .

المعدات:

كل المعدات اللازمة للعمل يجب ان تكون في حالة الجاهزية الكاملة مع كمية كافية من الوقود الاحتياطي في الموقع حتى نضمن تأدية هذه المعدات عملها أثناء عملية الصب والسكب .ويجب ان يكون هناك دائماً كميات من المعدات اليدوية الكافية مثل السطول البلاستيكية والمجارف والكريكات والمالحات ....الخ والتي يمكن ان تستعمل في خلط الخرسانة . بحيث يكون وضع وانهاء العمل باسلوب فعال وفي زمنه المحدد .

اى معدة أو قطعة من معدة كبيرة مطلوبة للخدمة وتحتاج إلى استبدال او إصلاح او توفير فيجب عمل ذلك الاستبدال في الموقع قبل بداية العمل .

العمال:

يجب ان يكون هناك العد الكافي من العمال من اجل انهاء الاعمال الخرسانية في وقتها بما في ذلك اعمال المعالجة وذلك باعلى درجة مصنعيه ممكنة.

الوقت:

لايتم الموافقة على أعمال الخرسانة إذا كان رأي المشرف بان الظروف لا تعطي الوقت الكافي خلال ساعات العمل العادية لإكمال الأعمال الخرسانية بأعلى كفاءة مصنعية.

إذا كان الوقت غير كاف فإن كمية الخرسانة المصبوبة ربما تقل وتؤثر على مقاسات طول الرباط(نقطة اتصال الحديد مع بعضه) فإن هذا غير مقبول إنشائياً.

إيقاف الأعمال :

عندما يرى المشرف ان هناك ظروفاً ما يمكن ان تلحق الضرر بالنوعية الجيده للخرسانه فله الحق في تعليق او إيقاف عملية الصب.

أعمال الخرسانة :

الخلط:

كل مواد الخرسانة توضع داخل الخلاطة وبالخصائص المحددة في التصميم.

كمية المياه المضافة إلى الخلطة الخرسانية تكون كافية لجعل عملية الخلط ممكنة ولاتزيد عن 180 لتراً للمتر المكعب ولكن مع ألا يزيد مقدار الهابط(Slump Test) عن 3" (7,5سم) للأساسات والقواعد ولا يزيد عن 4" (10سم) للجسور و الميدات والأعمدة والجداران وكذلك البلاطات الخرسانية المسلحة، يجب ان يتم خلط مواد الخرسانة لمدة لا تقل عن دقيقة . بحسب سرعة الخلط المصممة في صناعة الخلاطة. ولا يسمح في أي وقت بتجاوز السرعة التصميمية المصرح بها للخلاطة وأيضا لا يسمح بتجاوز التعبيئة للخلاطة حتى يتم التعجيل بعملية السكب .

وضع الخلطة في مكانها :

الخرسانة الطرية لابد من نقلها ووضعها في مكانها النهائي بالطرق التي تقلل قدر الإمكان من تفككها (الانفصال الحبيبي) ولا يسمح بأي حال وفي وقت من إسقاط الخرسانة سقوطاً حراً من ارتفاع أكثر من 1.25م .

لا يسمح بسكب أو اهراق أي من الخرسانة وخصوصاً فى الأماكن التي هي معدة للصب فيها .

وعند صب خرسانة طرية فوق خرسانة متصلبة فان الخلطة يجب ان تكون فيها نسبة نيس زيادة 10% وكذلك 10% انحف بالنسبة لكري في طبقة سمكها 6هنش .

وعندما يكون الصب فوق طبقة خرسانة قديمة فأن هذا السطح يجب ان يكون خالياً من بقايا خلطة سابقة وأي مواد غريبة وعالقة ويكون هذا السطح خشن بقدر كافي لكي يحصل نوع من الترابط بالخرسانة الجديدة. وحديد التسليح الخاص بالجزء القديم يجب ان يكون نظيفاً من الخرسانة القديمة.

مرحلة التجميد والتماسك :-

تتم عملية الهز لكل الخرسانة خلال فترة التجمد باستخدام هزاز ميكانيكي ويكون في حالة جيده لأداء هذا العمل بحيث يغطي كافة الحجم المقصود ، وهذا الهز الميكانيكي يعمل على منع الانفصال الحبيبي (التعشيش)وكذلك لطرد الهواء المحبوس ولتقليل المياه التي تتكون على سطح الصبة وكذلك لتقليل المياه المتسربة من الشدة الخشبية ولا يسمح بعمل الهز الميكانيكي في الأوجه الخارجية للقوالب ما لم يتم الحصول على إذن مسبق من المهندس المشرف.

الإنهاء:

أعمال الإنهاء الابتدائية تبدأ فور اً بعد مرحلة التجمد ولكن قبل ان تتجمع المياه الزائدة على سطح الصبة

لا أعمال إنهاء في وجود المياه الزائدة على سطح الصبة، كل الأسطح التي ستكون معرضة للظهور نهائياً يجب أن تسوي بحسب الارتفاع التصميمي ويتم التعامل معها حتى تصبح سطحاً ناعماً .

ولكن الأسطح التي ستضاف إليها خرسانة بعد حين يجب ان تكون في حالة خشنة وكل القطع الخرسانية المتساقطة والمواد الغريبة لابد ان يتم التخلص منها.

المعالجة :

يجب حماية الخرسانة التي تم صبها قبلاً من الجفاف السريع الذي يؤدي بدورة إلى التشقق للصبة وعليه فيجب معالجة الخرسانة بترطيبها من الوقت الذي وضعت فيه ولمدة على الاقل 14 يوماً متتابعة.

لا تقبل دفع مبالغ مالية لأي أعمال خراسانية لم تتم معالجتها بالمياه والتهوية لمدة 14 يوماً.

الأجزاء التي لن تتعرض إلى أحمال يجب ان تعالج لمدة 7 أيام.

التخشيبة يجب ان تترك على الخرسانة لمدة لا تقل عن 14يوم بعد الصب وذلك بالنسبة للأسطح التى ستتعرض للشمس و..الخ وبالنسبة للأسطح الداخلية من الخزان فيجب أن تترك التخشيبة عليها لمدة لا تقل عن 3 أيام.

الإصلاحات:-

بعد ان يتم الصب وتظهر خرسانة ضعيفة في النوعية يتحمل المقاول المسئولية الكاملة لإصلاحها بحيث تصبح مطابقة لمتطلبات التصميم و لا يتم عمل أي إصلاح إلا بإذن المشرف مع المهندس أو بإذن المهندس

كل أعمال الإصلاحات تتم في وجود المشرف وتحت حكم المواصفات التي يذكرها مهندس المشروع.

الأعمال الخرسانية المحتوية على عيوب والتي اعتبرت غير قابلة للإصلاحات يجب أن تزال وعلى حساب المقاول نفسه وعل إن تكون الخرسانة المتبقية ذات أسطح وحديد تسليح نظيفين قبل بداية عمل إعادة الأعمال .

أي سطح خرساني يجب أن يكون ناعماً والمقاول مسئول عن عملية تلبيس وإعادة تسوية السطح طبقاً لتوجيه المهندس.

في حالة المنشآت المائية الضيقة مثل خزانات المياه ، يجب أن تختبر بأن تملأ بالمياه وتحفظ مملؤة 48 ساعة متوالية وعلى المقاول تقع المسئولية في إصلاح أي نقطة تهريب مياه في جسد الخزان بإزالة الجزء الذي به عيب وتلبيس داخل المنشأ، وإذا كان ضرورياً أيضاً فإن التلبيس الخارجي يجب أن يكون بسمك 2سم كطبقة ابتدائية وتكون فيها نسبة المونة 3:1 (إسمنت إلي النيس) الطبقة الثانية تكون فيها نسبة المونة 2:1(اسمنت إلى النيس) لكي تختم الخرسانة .

حديد التسليح:-

1-المواد:

بالنسبة لأسياخ تسليح الخرسانة المسطح يجب أن لا تقل مقاومة الحديد عن 32000 رطل/بوصة2

بالنسبة لتسليح الخرسانة المسلحة المبروم يجب أن لا يقل عن 40000 رطل/بوصه2

بالنسبة لشبكات التسليح من الأسلاك الحديدية يجب أن لا تقل عن 60000 رطل/بوصه2

وكل أنواع حديد التسليح مع اقل مقاومة له يجب ان يكون مطابقاً للرسومات المعدة قبلاً.

2-عموماً:

عند وضع الخرسانة يجب أن يكون حديد التسليح نظيفاً من المونة الإسمنتية ، الطين ، الزيوت ،والتي تؤثر على قوة الترابط بين الحديد والخرسانة .

حديد التسليح الذي إصابة بعض الصدأ يجب أن يكون معطيا لأقل الأبعاد والأوزان والتي لا تؤثر سلبياً على كفاءة الخرسانة فيما بعد

3- التكسيح:

يجب عدم مد أو تكسيح الحديد في أماكن قد تضر الحديد نفسة وبالنسبة للسيخ الذي يتم كسحه في غير المكان المحدود فلا يتم استخدامه. ولا يجوز طمر إي سيخ تم تكسيحة في الموقع إلا بحسب المساقط الموضحة أو بموافقة المهندس.

يجب كسح جميع الأسياخ اللازمة على البارد ولا يسمح بكسح أي سيخ على الساخن ما لم يكن هناك تصريح معين من مهندس المشروع

4-وضع حديد التسليح:

يجب أن يكون الحديد كما هو موضح بالرسومات والسماح بوضع الحديد يكون كما يلي :

موقع الحديد المكسح ⇐ 3 سم

المسافة بين الأسياخ ⇐ 2 سم

و حديد التسليح يجب أن يوضع بشكل مناسب ومربوط حتى لا يحصل زحزحة عند عملية وضع الخرسانة عليه.

ولا يسمح بأي عملية تلحيم لحديد التسليح إلا في حالة الحصول على إذن من مهندس المشروع . وتحت إشراف قريب منه مع الأخذ في الاعتبار المحتويات الكيمائية للمواد المستخدمة وكذلك الاستخدام للتسخين المسبقة.

5-التجنيش القياسي:

قضيب الحديد الأملس يجب أن يجنش في نهايتيه الاثنتين كما هو موضح في الرسومات أو بحسب إرشاد المشرف وكل أطراف الكانات يجب أن تكون مجنشة كما هو موضح بالرسومات . أقل قطر تجنيش يكون 4 أمثال قطر القصيب المستخدم.

الغطاء الخرساني:-

أقل غطاء خرساني موضح بالرسومات 5 سم ولكنه لا يمكن أن يقل عن 3سم بأي حال من الأحوال ولا يمكن السماح بجعل إي سيخ تسليح مكشوف أبداً .

التخشيبة:-

عموماً:

أي تخشيبة وحمالات لابد و أن تكون قوية ومتينة بقدر كافي لكي تمنع أي انبعاج أو هبوط والذي قد يؤدي إلى تحطيم أو تشويه المنشأ المراد تشييده، وإنه يوصى وبشدة بان تكون كمية الأخشاب التي تستخدم كتخشيبة كافية ومناسبة،وبأن تكون كمية البليوود مناسبة وهي التي تعطي أسطحاً ناعمة في النهاية والمقاول مسئول تماماً عن إعطاء منشأ بوجوه ناعمة ومطابقة لا بعاد الرسومات الهندسية.

المعالجة السليمة للتخشيبة تتطلب عمل زيت لحماية الأخشاب من تأثير المياه عليها وتحطيمها وليساعد على انفصال التخشيبة عن الخرسانة فيما بعد، كل القوالب لابد ان تكون سليمة ويجب أن يتم فحصها من قبل المشرف قبل عملية الصب بحيث أنها عند عملية الهز تكون متينة للغاية وتصبح غير قابلة للحركة.

ويجب ان تكون أخشاب الشدة محكمة وبحيث تمنع تسرب عجينه الأسمنت من خلال الشروخ أو المسافات بينها، و إذا أوصى المشرف بأن التخشيبة غير معده للصب فهذا يعني عدم إتمام الصبة.

وفي حالة ان يقوم المقاول بعملية الصبة قبل ان يحصل على اذن من المشرف حول جاهزية التخشيبة فهذ يعني ان المقاول يتحمل المسئولية في إزالة الخرسانة فيما بعد وعلى حسابه.

الدعامات

1-عموماً

يجب ان تكون الأجزاء الداعمة في التخشيبة (مرابيع...الخ) ذات مقاسات مناسبة لمقاومة الأحمال التي ستتعرض لها وبحيث تظل ثابتة ومستقره تحت الأحمال المتوقعة .

وفي حالة ان يكون لدى المشرف شعوراً بأن هذه الدعامات و المرابيع ليست آمنة أو غير مؤهلة ومطابقة لاشتراطات الأحمال فيجب على المقاول عمل اللازم لجعل هذه الدعامات آمنة وقادرة على مواجهة كل الأحمال المحتملة

2- السلالم والدرابزين :-

يجب ان يستخدم سلم متزن ومقاوم وذلك للوصول الى المستويات العالية التى فيها الدعامات تزيد عن 1.5م ، والمسافات بين كل دعسه وأخرى لا يزيد عن 30سم والدرابزين يجب أن يكون متوفراً على جانبي السلالم.

3-المنصة الخشبية:

عند أي مستوى حيث يتم إنجاز العمل فانه يجب عمل منصة خشبية كافية لكي تصبح مسطحاً للعمل أو السير عليها فإذا كانت هذه المنصات من الخشب فلابد ان يكون من البليوود سمك 18مم مع استخدام على الأقل ثلاث قطع ساندة (داعمه)مقاس 4x2 هنش في مسافة 1.5م وبالنسبة للدرابزين فيكون على ارتفاع من 60سم الى1م فوق المنصة.

4- مسئولية المقاول:-

عندما يرى المشرف من قبل المشروع ضرورة لتوقيف العمل ويكون في الموقع شخص ذو صلاحية من قبل المقاول له رأي معارض للمشرف ، فانه في هده الحالة يلزم على المقاول إيقاف هدا الشخص المنتدب من قبله وعندها فقط يسمح بمواصلة العمل حسب رؤية المشرف.

تدعيم الشدات :

عندما لا تحتوي الشدات الخشبية على تدعيم فلا يجب أن يؤذن باستخدام هذه الشدة.

الشدة الخشبية:-

عموماً فإن الدعامات الراسية للتخشيبة تكون على مسافات لا تزيد عن 1.5م و تكون ذات مقاس كافي وذات مقاومة لتحمل كل الأحمال المتوقعة، وبالنسبة للقطع الأفقية المتقاطعة مع الراسية فيجب ان تربط الدعامات الراسية في اتجاهين ويجب ان تكون كافية في مقاسها ومقاومتها وتكون على مسافات على الراسي لا تزيد عن 2م ، الدعامات القاعدية المناسبة يجب ان توفر مع الأخذ في الاعتبار مقاومة التربة تحت الدعامات الرأسية وكذلك اتزان التخشيبة .

أعمال المباني الحجرية :-

1- عموماً:

نوع الأحجار التي تستخدم في الإنشاء لابد أن يتم اختبارها والموافقة عليها من قبل المشرف على البناء أو مهندس المشروع قبل أن يباشر المقاول بإحضار هذه الأحجار إلى موقع العمل وهذه الأحجار يجب أن تكون قوية بقدر كافي لكي تتحمل أحمال التصميم ، اختلاف الأبعاد بين هذه الأحجار يجب أن لا يزيد عن 2سم ، كل عناصر الإنشاء تكون على مستوى أفقي ويكون البناء الراسي خاضعاً لميزان البناء ما لم يكون هناك تعليمات أخرى في التصميم، جميع الأسطح المرئية يجب ان تكون مستوية وناعمة قدر الإمكان

2-القواعد والأساسات:

يجب أن تكون مطابقة للرسومات والتصميمات ، موقع الخزان يجب أن يوافق علية قبل بداية العمل .

3-الأرضية:

يجب أن تكون الأرضية ذات قوة كافية لكي تتحمل الأحمال التي ستتعرض لها.

وبالنسبة للخزان الحجري يجب أن يضاف حديد التسليح إلى أرضية الخزان وبموجب التصميمات.

4-الجدران:

الجدران تكون من الأحجار مع المونة الأسمنتية كمادة لاحمة يجب أن تكون المونة غنية وذلك لتجعل الجدران مترابطة وبالذات في حالة خزانات المياه .

وتكون بالنسبة الخلط 4:1 (أسمنت إلى النيس) ويجب أن يتم البناء بالأحجار بطريقة التداخل فيما بينها وذلك لتعطي ترابط قوي بين صفوف الأحجار .

5- السقوف:

بالنسبة لأعمال البناء بالأحجار فإن هناك نوعان من السقوف (خرسانة مسلحة أو أخشاب) والسقوف يجب أن تشيد بموجب التصميم والرسومات وطبقاً للمواصفات .

وكمثال خزان حجري للمياه ذو سقف خرسانة مسلحة بينما غرفة المضخة ذات سقف خشبي.

بالنسبة للسقف الخشبي تكون جميع أجزائه مترابطة مع بعضها ومدهون بزيت بذرة الكتان لحمياتها من تأثير الطقس والحشرات .

6-التلبيس:

أ- بالنسبة للمنشات المعرضة للمياه فإن الجدران الداخلية للخزان يجب أن تلبس بطبقتين مختلفتين وذلك لمنع تسرب المياه كما يلي:

الطبقة الأولى: طرطشة ونسبة الخلط2:1 لإعطاء طبقة خشنة وتكون بسمك 2سم باستخدام مونه خرسانة3:1 (إسمنت :نيس)

الطبقة الثانية : باستخدام مونه إسمنت بنسبة خلط 1.5:1(إسمنت:نيس)

ب- بالنسبة للمنشات غير المحتوية على المياه فإن المونة التي تستخدم للتلبيس تكون نسبة3:1 (إسمنت :نيس) وتعمل طبقاً للرسومات

7- المونات:

كل المواد، النيس، الاسمنت،الماء يجب ان تكون موافقة للمواصفات لكل مقطع من مقاطع البناء و يجب أن يوافق عليها من قبل مهندس المشروع قبل الاستخدام.

المواصفات الفنية لأعمال المياه

الأعمال الفنية:

1) على المقاول قبل بدء العمل مراجعة المخططات والتأكد من دقة المعلومات المبينة عليها قبل المباشرة العمل وفي حالة وجود أي اختلافات على المقاول أن يبلغ المهندس المشرف
2) على المقاول أن يقوم بجمع المخططات اللازمة للتنفيذ والرفع المساحي وحساب الكميات وعلى مسئوليته وفقاً للمخططات وتعليمات المهندس .
3) على المقاول توفير جميع الأدوات والمواد اللازمة لعمليات التخطيط والمساحة
4) يجب على المقاول إزالة جميع العوائق السطحية إن وجدت.

الحفر:

1) يتم الحفر بحسب الأبعاد والمناسيب المحددة بالرسومات والمبينة أطوالها بالمخططات وحسب تعليمات المهندس المشرف وحسبما تتطلبه طبيعة العمل.
2) على المقاول تسوية خنادق الحفريات قبل تركيب الأنابيب ودكها جيداً وإزالة الأشياء الغريبة .
3) يجب إسناد جوانب الحفر من الانهيار متى ما لزم ذلك.
4) ترش أرضية الأساسات بالماء الصالح للشرب قبل صب أية نوع من الخرسانة .

القياس :

تقاس الحفريات للأنابيب هندسياً بالمتر الطولي تبعا لقطر الأنبوب وحسب العمق الموضح في جدول الكميات حسب الأبعاد.

الردم :

1) يتم الردم تحت المواسير وفوقها وحول الأنابيب والأغراض التسوية وعلى طبقات بحيث لا تزيد سماكة كل طبقة عن 30سم وترش بالمياه وتدك جيداً حتى تصل كثافة الدك إلى 90% ويجب أن تكون وزن الدكاكة اليدوية لا تقل عن 15كجم
2) يمنع استخدام الكري الكبير والحصى والذي يزيد مقاسه عن 25مم للمواسير البلاستيك وملحقاتها .
3) يمنع استخدام التربة المبللة بالمياه .
4) يجب إزالة المواد غير المناسبة قبل عملية الردم .
5) يتم الردم بأتربة ناعمة تحت المواسير وفوقها مع ملحقاتها.

القياس :

تقاس أعمال الردم بالمتر الطولي وبحسب القطر والعمق والحجم والدك وحتى المستوى الذي يحدده المهندس.

الشروط العامة للتمديدات:

تكون التمديدات محكمة بحيث لا تسمح بتسرب المياه.

أعمال التركيب:

تتمثل أعمال التركيب بتركيب الأنابيب بمختلف الأقطار من المواسير البلاستيك و الحديد حسب ما تقتضيه الحاجة وبحسب إرشادات المهندس .

اختبارات الشبكة:

1) يتم اختبار الضغط
2) يتم اختبار الشبكة قبل البدء في تشغيلها .
3) يتم اختبار الشبكة بعد سد جميع الفتحات .
4) يتم إغلاق المحابس (الصمام)البوابي بعد ضغط الشبكة في الحد المطلوب.
5) تترك الشبكة مضغوطة لمدة 24ساعة متوصلة مع ملاحظة عدم التسرب من أي جزء في الأنابيب وفي حالة وجود أي كسر أو تسرب يتم الاستبدال وإعادة الاختبار.
6) يتم الحفر على الواصلات بين كل أنبوب والآخر قبل الاختبار.
7) بعد الانتهاء من الاختبار يتم تقليل الضغط في الشبكة تدريجياً حتى لا يحدث انكماش مفاجئ للمواسير
8) يمكن أن يجرى الاختبار على أجزاء من خطوط المواسير في حالة عدم إمكانية الاختبار في عملية واحدة وفقاً لما يحدده المقاول وتوافق علية الجهة المشرفة .

الشروط الواجب توافرها في المواد المكونة لمواسير نقل مياه الشرب

- أن يكون السطح الداخلي أملس لا يؤثر على سريان المياه وسرعة تدفقها وبالتالي عدم حدوث انخفاض في الضغط، مع توفير الطاقة المستخدمة في الضخ.
- أن يقاوم السطح الداخلي للمواسير التأثير الكيميائي لمادتي الكلور و الفلورين وغير قابل للصدأ.
- أن لا يسمح السطح الداخلي للمواسير بنمو البكتيريا وتكاثرها.
- قابلية جسم الماسورة لتحمل الضغوط الداخلية بالإضافة للأحمال الخارجية من طبقات الردم والأحمال الميكانيكية.
- مقاومة جسم الماسورة للأملاح.
- سهولة النقل والتركيب والصيانة.

ملحق 5

نموذج لجدول الكميات + نموذج التكلفة التقديرية المعدة بواسطة المصمم (يتبع الباب الثامن)

(أولا): جدول الكميات

اسم المشروع :---------- رقم المشروع----------
مـــديرية:---------- المحافـظة : ----------

1- جدول الكميات هذا يحتوي على -------- جزء، في عدد ------صفحة .
2- جدول الكميات هذا يجب أن يقرأ وأن يرتبط هذا الجدول مع الرسومات التالية، ومع نوع جدول الكميات، ومع مواصفات الإدارة :

1-2 الرسومات:

2-2 نوع جدول الكميات:

3-2 المواصفات:

- المواصفات العامة
- مواصفات غرفة المضخة، وغرفة المولد الكهربائي.
- مواصفات تسليح الأعمال الخرسانية.
- مواصفات أعمال المواسير.
- مواصفات المضخات و المحركات والمولدات.

جدول الكميات (1)

1- وضع المواسير والمناهل

اسم المشروع : ---------- الصفحة رقم : ------

رقم المشروع : ----------

رقم البند	الوصـــــــــف	الكمية	الوحدة	قيمة الوحدة	التكلفة (YR)
1-1	توريد وتركيب مواسير حديد مجلفن من السلسلة المتوسطة مطابقة للمواصفات البريطانية 1387 BS، ومقلوظة طبقاً للمواصفات البريطانية 21 BS، تتحمل ضغط تشغيل بواقع 25 كجم/سم^2. والسعر شاملاً كل التجهيزات المطلوبة (مرفق قائمة بالتجهيزات المطلوبة).				
	1-1-1 قطر ..... هنش	.....	م		
	1-1-2 قطر ..... هنش	..	م		
	1-1-3 قطر ..... هنش	.....	م		
	1-1-3 قطر ..... هنش	..	م		
	1-1-4 قطر ..... هنش	.....	م		
	1-1-5 قطر ..... هنش	.	م		
	1-1-6 قطر ..... هنش	.....	م		
		.			
		.....			
		.			
		.....			
		..			
		.....			
		..			
2-1	توريد وتثبيت المحابس الخاصة والتي هي من النوع عالي المقاومة ومطابقة للمواصفات البريطانية 21 BS، تتحمل ضغط تشغيل بواقع 25 كجم/سم2.و هذه المحابس هي:				
	1-2-1محبس سكينة عادي:				
	قطر..... هنش	.....	عدد		
	قطر..... هنش	.	عدد		
	قطر..... هنش	.....	عدد		
	قطر..... هنش	.	عدد		
	قطر..... هنش	.....	عدد		
		.			
	2-2-1 محبس عدم رجوع :	.....			
	قطر..... هنش	.	عدد		
	قطر..... هنش	.....	عدد		
	قطر..... هنش	.	عدد		
	قطر..... هنش		عدد		

رقم البند	الوصـــــــــف	الكمية	الوحدة	قيمة الوحدة	التكلفة (YR)
	3-2-1 محبس تفريغ هواء: قطر..... هنش قطر..... هنش 4-2-1محبس سكينة عادي: قطر..... هنش قطر..... هنش	....	عدد عدد عدد عدد		
3-1	حفر خنادق للمواسير، ويشمل السعر أي مواد لازمة وكذلك عملية الدفن بعد وضع المواسير في أماكنها.	.....	م^3		
4-1	4:2:1 خرسانة عادية/ خرسانة مسلحة دعامات للمواسير كما هو موضح بالرسومات	.....	م^3		
5-1	تشييد مناهل عامة كما هو موضح بالرسومات: (أ) 2حنفية..... (ب) 4 حنفية..... (ج) 6حنفية.....	....	عدد عدد عدد		
6-1	توريد وتشييد غرف تفتيش كاملة مع الغطاء الحديدي المقاوم والحلق والقفل، بحسب المواصفات والرسومات الموضحة.	.....	عدد		
7-1	إختبار الخطوط وغسلها وتطهيرها للمواسير من قطر ..... إلى قطر .....، وبطول .....م	مقطوعية	مقطوعية		

الإجمالـــــــــــــــــــــــــــــي

جدول الكميات (2)

2- الأعمال المدنية

اسم المشروع : ---------- الصفحة رقم : -------

رقم المشروع : ----------

رقم البند	الوصـــــــــــف	الكمية	الوحدة	قيمة الوحدة	التكلفة (YR)
1-2	تـشييد خـزان أرضـي / عـالي بارتفـاع .....م وبـسعة .....م^3، كـاملاً وبحـسب المواصـفات والرسـومات المرفقـة مـن إدارة المـشروع (انظر المرفقات).	.....	عدد		
2-2	توريـد وتـشييد غرفـة وحـدة الـضخ ،بحـسب المواصـفات والرسـومات الموضـحة، وبأبعـاد ...م×....م	.....	عدد		
3-2	توريـد وتـشييد خـزان تخفيـف الضغط،بحـسب المواصـفات والرسـومات الموضـحة، وبأبعـاد ...م×....م ×....م، بمـا فـي ذلـك كـل القطـع الخاصـة المطلوبـة لهـذا العمـل وبحـسب المواصـفات الخاصـة بتحمـل هـذه القطـع للضغط: (.....كجم/سم^2)	.....	عدد		
4-2	شق طريق إلى موقع غرفة الضخ والخـزان وتكون .....م عرضاً، و.....م طولاً	مقطـوعية	مقطوعية		
1-2	تـشييد خـزان أرضـي / عـالي بارتفـاع .....م وبـسعة .....م3، كـاملاً وبحـسب المواصـفات والرسومات المرفقة من إدارة المشروع (انظر المرفقات).	.....	عدد		
2-2	توريـد وتـشييد غرفـة وحـدة الـضخ ،بحـسب المواصفات والرسومات الموضـحة، وبأبعـاد ...م×....م	.....	عدد		
3-2	توريد وتشييد خـزان تخفيف الضغط،بحسب المواصفات والرسومات الموضـحة، وبأبعـاد ...م×....م ×....م، بمـا فـي ذلـك كـل القطـع الخاصـة المطلوبـة لهـذا العمـل وبحـسب المواصـفات الخاصـة بتحمـل هـذه القطـع للضغط: (.....كجم/سم2)	.....	عدد		
4-2	شق طريق إلى موقع غرفة الضخ والخـزان وتكون .....م عرضاً، و.....م طولاً	مقطـوعية	مقطوعية		

الإجمالـــــــــــــــــــــــــــــي

جدول الكميات (3)

3- المعدات الميكانيكية

اسم المشروع : ---------- الصفحة رقم : -----

رقم المشروع : ----------

رقم البند	الوصـــــــــف	الكمية	الوحدة	قيمة الوحدة	التكلفة (YR)
1-3	مضخة عمودية ميكانيكية أبو صبرة: توريد وتركيب مضخة عمودية ميكانيكية أبو صبرة، مع جيربوكس بزاوية 90˚، وتركب في البئر الخاصة بالمشروع وبالمواصفات المذكورة أسفل وهي: • الإنتاجيـــــة : ..... جـــــالون امريكي/دقيقة • الرفع الكلي .....م • عمق التركيب .....م • القـــــــدرة بالتقريـــــــب للمحرك.....حصان • قطـــــــــر البئـــــــــر .....هنش • المنـــــسوب فـــــوق ســـــطح البحر.....م • قطـــــــر خـــــط الـــــضخ .....هنش ويشمل السعر عمليات النقل إلى موقع المشروع، وعمل أساسات المضخة والمحرك، وتوريد وتركيب جميع الوصلات الضرورية، بما في ذلك صمامات عدم الرجوع، ومقياس الضغط، والمحابس العادية، وصنبور مفرد لتركيبه على خط الضخ، وماسورة العادم للمحرك مع جميع توابعها من كليبات تثبيت وأكواع وخلافه (لإخراج الأدخنة العادمة خارج غرفة الضخ)، ويشمل السعر أيضاً عمليات إزالة وإعادة المباني في غرفة المضخة نتيجة عملية تركيب وحدة الضخ.	.....	عدد		

الإجمالـــــــي الجزئي

جدول الكميات (3)
3-المعدات الميكانيكية (تابع)
اسم المشروع : ---------- الصفحة رقم ------
رقم المشروع : ----------

رقم البند	الوصـــــــــــف	الكمية	الوحدة	قيمة الوحدة	التكلفة (YR)
2-3	مضخة عمودية ميكانيكية أبو قايش: توريد وتركيب مضخة عمودية ميكانيكية أبو قايش، تدار بواسطة محرك ميكانيكي، وتركب في البئر اليدوية الخاصة بالمشروع وبالمواصفات المذكورة أسفل وهي: • الإنتاجية : ..... جالون امريكي/دقيقة • الرفع الكلي .....م • عمق التركيب .....م • القدرة بالتقريب للمحرك.....حصان • قطر البئر .....هنش • المنسوب فوق سطح البحر.....م • قطر خط الضخ .....هنش ويشمل السعر عمليات النقل إلى موقع المشروع، وعمل أساسات المضخة والمحرك، وتوريد وتركيب جميع الوصلات الضرورية، بما في ذلك صمامات عدم الرجوع، ومقياس الضغط، والمحابس العادية، وصنبور مفرد لتركيبه على خط الضخ، وماسورة العادم للمحرك مع جميع توابعها من كليبات تثبيت و أكواع وخلافه (لإخراج الأدخنة العادمة خارج غرفة الضخ)، ويشمل السعر أيضاً عمليات إزالة وإعادة المباني في غرفة المضخة نتيجة عملية تركيب وحدة الضخ.	.....	عدد		

الإجمالـــــــــي الجزئي

جدول الكميات (3)
3-المعدات الميكانيكية (تابع)
اسم المشروع : ---------- الصفحة رقم : -------
رقم المشروع : ----------

رقم البند	الوصـــــــــف	الكمية	الوحدة	قيمة الوحدة	التكلفة (YR)
3-3	مضخة كهربائية غاطسة: توريد وتركيب مضخة كهربائية غاطسة، تدار بواسطة مولد كهربائي، وتركب في البئـــر اليدويـــة الخاصـــة بالمـــشروع وبالمواصفات المذكورة أسفل وهي: • الإنتاجية : ..... جالون أمريكي/دقيقة • الرفع الكلي .....م • عمـــــــق التركيـــــــب .....م • القدرة بالتقريب للمولد.....KVA • قطر البئر .....هنش • المنسوب فوق سطح البحر.....م • قطر خط الضخ .....هنش ويشمل السعر عمليات النقل إلى موقع المشروع، وتوريد وتركيب مواسير الرفع والكيبل داخل البئر، والمتحكم الأوتوماتيكي عند انخفاض الماء في البئر، وتوريد وتركيب الطبلون المناسب (دلتا/ ستار/ ستار دلتا) والكيبل من المولد وإلى الطبلون .....م،وتوريد وتركيب مولد كهربائي بقدرة .....KVA، وعمل أساسات المضخة والمولد، وتوريد وتركيب جميع الوصلات الضرورية، بما في ذلك صمامات عدم الرجوع، ومقياس الضغط، والمحابس العادية، وصنبور مفرد لتركيبه على خط الضخ، وماسورة العادم للمحرك مع جميع توابعها من كليبات تثبيت وأكواع وخلافه (لإخراج الأدخنة العادمة خارج غرفة الضخ)، ويشمل السعر أيضاً عمليات إزالة وإعادة المباني في غرفة المضخة نتيجة عملية تركيب وحدة الضخ.	.....	عدد		

الإجمالـــــــي الجزئي

جدول الكميات (3)
3-المعدات الميكانيكية (تابع)
اسم المشروع : ---------- الصفحة رقم : -------
رقم المشروع : ----------

رقم البند	الوصـــــــــــف	الكمية	الوحدة	قيمة الوحدة	التكلفة (YR)
4-3	مضخة أفقية ميكانيكية أبو صبرة: توريد وتركيب مضخة أفقية ميكانيكية أبو صبرة، تدار بواسطة محرك ميكانيكي، (مع جير بوكس إذ الزم الأمر)وبالمواصفات المذكورة أسفل وهي: • الإنتاجية : ..... جالون أمريكي/دقيقة • الرفع الكلي .....م • القدرة بالتقريب للمحرك.....حصان • حمولة الامتصاص.....م • المنسوب فوق سطح البحر.....م • قطر خط الضخ .....هنش ويشمل السعر عمليات النقل إلى موقع المشروع، وعمل أساسات المضخة والمحرك، وتوريد وتركيب جميع الوصلات الضرورية، بما في ذلك صمامات عدم الرجوع، ومقياس الضغط، والمحابس العادية، وصنبور مفرد لتركيبه على خط الضخ، وماسورة العادم للمحرك مع جميع توابعها من كليبات تثبيت و أكواع وخلافه (لإخراج الأدخنة العادمة خارج غرفة الضخ)، ويشمل السعر أيضاً عمليات إزالة وإعادة المباني في غرفة المضخة نتيجة عملية تركيب وحدة الضخ، وسرعة المحرك يجب أن لا تزيد عن 2200 لفة في الدقيقة.	.....	عدد		

الإجمالـــــــــي الجزئي

جدول الكميات (3)
3-المعدات الميكانيكية (تابع)
اسم المشروع : ---------- الصفحة رقم : -------
رقم المشروع : ----------

رقم البند	الوصـــــــــــف	الكمية	الوحدة	قيمة الوحدة	التكلفة (YR)
5-3	مضخة أفقية كهربائية: توريد وتركيب مضخة أفقية كهربائية ، تدار بواسطة مولد كهربائي، وبالمواصفات المذكورة أسفل وهي: الإنتاجية : ..... جالون أمريكي/دقيقة • الرفع الكلي .....م • حمولة الامتصاص.....م • القدرة بالتقريب للمولد.....KVA • قطر خط الضخ .....هنش • المنسوب فوق سطح البحر.....م • قطر خط السحب .....هنش ويشمل السعر عمليات النقل إلى موقع المشروع، وتوريد وتركيب الطبلون المناسب (دلتا/ ستار/ ستار دلتا) والكيبل من المولد وإلى الطبلون .....م،وتوريد وتركيب مولد كهربائي بقدرة .....KVA، (380 فولت،50Hz، 3فاز)، وعمل أساسات المضخة والمولد، وتوريد وتركيب جميع الوصلات الضرورية، بما في ذلك صمامات عدم الرجوع، ومقياس الضغط، والمحابس العادية، وصنبور مفرد لتركيبه على خط الضخ، وماسورة العادم للمحرك مع جميع توابعها من كليبات تثبيت وأكواع وخلافه (لإخراج الأدخنة العادمة خارج غرفة الضخ)، ويشمل السعر أيضاً عمليات إزالة وإعادة المباني في غرفة المضخة نتيجة عملية تركيب وحدة الضخ.	.....	عدد		

الإجمالـــــــي الجزئي

جدول الكميات (4)

4-المواسير عالية المقاومة، مع توابعها من القطع الخاصة

اسم المشروع : ---------- الصفحة رقم : -------

رقم المشروع : ----------

رقم البند	الوصـــــــــــف	الكمية	الوحدة	قيمة الوحدة	التكلفة (YR)
1-4	توريد وتركيب مواسير حديدية أبو صحون على الجانبين مقاومة لضغط تشغيلي .....كجم/سم2، طبقاً للمواصفات البريطانية BS جدول 2، أو التلحيم الكهربائي طبقاًلـ BS 3600 جدول1، والصحون (الفلانج) طبقاً لـ BS 10، والغطاء الحامي طبقاً لـ BS 534 داخل سطح الماسورة الداخلي والخارجي كاملاً : • قطـــــر .....هـــنش ..... • قطـــــر .....هـــنش ..... • قطـــــر .....هـــنش	....	 م م م		
2-4	توريد وتركيب قطع خاصة لمواسير حديدية أبو صحون على الجانبين، طبقاً للمواصفات البريطانية BS 53، والصحون (الفلانج) طبقاً لـ BS 10، مقاومة لضغط تشغيلي .....كجم/سم2 كما هو مذكور أسفل: (أ) عطـــــــــــــــــف 90˚ قطر.....هنش قطر.....هنش قطر.....هنش (ب) عطـــــــــــــــــف 45˚ قطر.....هنش قطر.....هنش قطر.....هنش	....	عدد عدد عدد عدد عدد عدد عدد عدد عدد عدد عدد عدد عدد		

رقم البند	الوصـــــــــف	الكمية	الوحدة	قيمة الوحدة	التكلفة (YR)
	(ج) عطـــــــــــــــــف 22.5˚ قطر.....هنش قطر.....هنش قطر.....هنش (د) عطـــــــــــــــــف 11.5˚ قطر.....هنش قطر.....هنش قطر.....هنش	.....	عدد		
3-4	توريد وتركيب صمام تفريغ هواء أبو صحون على الجانبين، ، مقاومة لضغط تشغيلي .....كجم/سم2، ويشمل السعر المثلوث أبو صحون على الجانبين المتساوي، والنقاص أبو صحون على الجانبين، والمحابس أبو صحون على الجانبين والمذكورة أسفل هذا : محبس تفريغ هواء ،بقطر .....هنش مثلوث متساوي وبقطر .....هنش نقاص .....× .....هنش محبس بقطر .....هنش كامل	.....	عدد		
4-4	توريد وتركيب محبس غسيل أبو صحون على الجانبين، ، مقاومة لضغط تشغيلي .....كجم/سم2، ويشمل السعر المثلوث أبو صحون على الجانبين المتساوي، مع قطعة ماسورة بطول مناسب إلى خارج غرفة التفتيش لعملية التصريف يلائم شروط حالة الموقع: محبس عادي بقطر.....هنش قطر الخط الرئيسي	.....	عدد		

رقم البند	الوصـــــــــــف	الكمية	الوحدة	قيمة الوحدة	التكلفة (YR)
	.....هنش كامـــــــــــــــل				
5-4	توريد وتركيب محبس تفريغ المطرقة المائية أبو صحون على الجانبين، مقاومة لضغط تشغيلي .....كجم/سم2، للعمل الأتوماتيكي ويشمل السعر المثلوث أبو صحون على الجانبين المتساوي، ومحبس بوابة، ونقاص والجميع أبو صحون على الجانبين وبقطر.....هنش	.....	عدد		
6-4	توريد وتركيب محبس عادي أبو صحون على الجانبين، مقاومة لضغط تشغيلي .....كجم/سم^2، وبقطر .....هنش	.....	عدد		
7-4	توريد وتركيب محبس عدم رجوع أبو صحون على الجانبين، مقاومة لضغط تشغيلي ..... كجم/سم^2، وبقطر ..... هنش	.....	عدد		
8-4	توريد وتشييد غرف تفتيش كاملة مع الغطاء الحديدي المقاوم والحلق والقفل، بحسب المواصفات والرسومات الموضحة.	.....	عدد		
9-4	4:2:1 خرسانة عادية/ خرسانة مسلحة دعامات للمواسير كما هو موضح بالرسومات	.....	عدد		
10-4	حفر خنادق للمواسير، ويشمل السعر أي مواد لازمة وكذلك عملية الدفن بعد وضع المواسير في أماكنها	.....	عدد		
11-4	اختبار الخطوط وغسلها وتطهيرها للمواسير من قطر ..... إلى قطر .....، وبطول .....م	مقطوعية	مقطوعية		
	الإجمالـــــــــــــــــي				

جدول الكميات (5)

5-بنود أخـــــرى (خاصة بالمشروع)

اسم المشروع : ---------- الصفحة رقم : -------

رقم المشروع : ----------

رقم البند	الوصـــــــــــف	الكمية	الوحدة	قيمة الوحدة	التكلفة (YR)
1-5					

الإجمالـــــــــــــــــــــي

جدول الكميات
قائمة بالقطع الخاصة (تابع للبند 1-1)
اسم المشروع : ---------- الصفحة رقم : -------
رقم المشروع : ----------

رقم البند	الوصـــــــــف	الكمية	الوحدة	قيمة الوحدة	التكلفة (YR)
	ملاحظة: كل القطع الخاصة ذات مقاومة عالية ومقلوظة طبقاً للمواصفات البريطانية BS 21، تتحمل ضغط تشغيل بواقع 25 كجم/سم^2.				
1-1-أ	شد وصل أنثى (يونيون أو فكه) .....هنش	.....	عدد		
	نيبل (ذكر) .....هنش	.....	عدد		
1-1-ب	عطف 90˚ (كبير) .....هنش	.....	عدد		
1-1-ج	عطف 45˚ (كبير).....هنش	.....	عدد		
1-1-د	ركبة 90˚ .....هنش	.....	عدد		
	مثلوث متساوي .....هنش	.....	عدد		
	مثلوث نقاص.....هنش	.....	عدد		
	نقاصات .....هنش × .....هنش	.....			
		.....			

جدول الكميات
ملخص التكلفة
اسم المشروع : ---------- الصفحة رقم : -------
رقم المشروع : ----------

رقم البند	الوصـــــــــف	التكلفة (YR)
1	جدول الكميات رقم 1 (وضع المواسير والمناهل)	.....
2	جدول الكميات رقم 2 (الأعمال المدنية)	.....
3	جدول الكميات رقم 3 (المعدات الميكانيكية)	.....
4	جدول الكميات رقم 4 (المواسير عالية المقاومة، مع توابعها من القطع الخاصة)	.....
5	جدول الكميات رقم 5 (بنود أخـــرى)	.....

الإجمالي الكلـــــــــــــــي

الإجمـــالي

كتابة:.....
.....

المقـــــــــاول : التوقيـــــــع

.....

الاســـــــــــــم:

.....
العنوان:.....

.....
التأريخ: .....
الشاهد الأول :
التوقيع :.....
الاسم:.....
العنوان :.....
التأريخ :.....

الشاهد الثاني :
التوقيع :.....
الاسم:.....
العنوان :.....
التأريخ :.....

(ثانياً):جدول الكميات
التكلفة التقديرية المعدة بواسطة المصمم
اسم المشروع : ---------- الصفحة رقم : -------
رقم المشروع : ----------

رقم البند	الوصـــــــــف	الكمية	الوحدة	قيمة الوحدة	التكلفة (YR)
1	المواسير: قطر ..... هنش قطر ..... هنش قطر ..... هنش	....	م م م		

	قطر ..... هنش قطر ..... هنش قطر ..... هنش قطر ..... هنش قطر ..... هنش	.. ..	م م م م م		
2	المناهل : 6حنفيات 4حنفيات 2حنفيات	....	عدد عدد عدد		
3	غرفة المضخة : .....م × .....م .....م × .....م	....	عدد عدد		
4	الخزانات .....م3 خزان أرضي/ عالي .....م .....م3 خزان أرضي/ عالي .....م	....	عدد عدد		
5	خزان تخفيف الضغط	....	عدد		
6	المضخات نـــــوع..... ، الإنتاجيـــــة.....ج/ق، الرفع.....م نـــــوع..... ، الإنتاجيـــــة.....ج/ق، الرفع.....م	....	عدد عدد		
7	بنود أخرى الحفـــر دعامات المواسير غرف التفتيش اختبار الشبكة، وعمليات التنظيف والتطهير	....	م3 م3 عدد مقطوعية		
8	احتياطي (طوارئ) مبلغ 10%				

إجمـــــــــــــــــــــــــــــــــــــالي التكلفـــــــــــــــــــــــــــــــــــــة التقـــــــــــــــــــــــــــــــــــــ

المراجع

التي تم الاستعانة بها في إعداد الدليل

1- دلائل تقانات أنظمة إمداد المياه في المجتمعات الصغيرة
Guidelines on Technologies for Water Supply Systems in Small Communities
(صادر عن منظمة الصحة العالمية – المكتب الإقليمي لشرق المتوسط - المركز الإقليمي لأنشطة صحة البيئة – عمان ، الأردن ، 1997م).

2 - دليل إدارة مشاريع المياه والإصحاح البيئي في الريف اليمني (صادر عن منظمة الأمم المتحدة للطفولة - يونيسف فبراير 2001م)
3 -النزيلي، فضل علي صالح و المفتي، محمد بشار (2002) مشاكل شبكات المياه في الجمهوريه اليمنية. مؤتر الخليج السادس للمياه الرياض 8-12 مارس 2002
4 -نوري عثمان، مصطفى (1999) أبجديات ترشيد استهلاك المياه. المياه في الخليج وتحديات القرن الحادي والعشرين. مؤتمر الخليج الرابع للمياه. المجلد العربي. تحرير د. وليد الزباري، المنامة، البحرين.

5 - عبد الغفار، عبد الحميد أحمد (1999) التحديات المائية في دولة البحرين (رؤية اقتصاديه). المياه في الخليج وتحديات القرن الحادي والعشرين. مؤتمر الخليج الرابع للمياه. المجلد العربي. تحرير د. وليد الزباري، المنامة، البحرين.

6 - تواصل شخصي مع مختلف مؤسسات المياه اليمنية (2002)
7 -الصلوي، محمد سعيد و نوري جمال (1996) مضامين السياسات المتعلقة باستعمالات مياه الشرب في المناطق الحضرية، دراسة نمطيه لكل من صنعاء وتعز. في: ندوة الإدارة المتكاملة للموارد المائية في اليمن9-11 ديسمبر، الهيئة العامة للموارد المائية، البنك الدولي (معهد التنمية الاقتصادية)، صنعاء.
8 - الموجي، يوسف علي (1996) نظره عامه حول قضايا إدارة الموارد المائية. في: ندوة الإدارة المتكاملة للموارد المائية في اليمن9-11 ديسمبر، الهيئة العامة للموارد المائية، البنك الدولي (معهد التنمية الاقتصادية)، صنعاء.
9- وحدات الضخ التى تدار بالطاقه الشمسيه ، ناصر العشاوى

10 -القرار الجمهوري رقم (53) لعام 2000 الصادر في شهر ذي الحجة 1420 الموافق شهر مايو 2000م.

11- Small Community Water Supplies (Technology of Small Water Supply Systems in Developing Countries. (WHO Collaborating centre – The Hague, The Netherlands, July 1987).

12-Manual for Rural Water Supply (Edited and compiled by Helvetas, Swiss Association for Technical Assistance, Zurich, Switzerland and Yaounde, Cameroon, Publication No. 8, St. Gall 1980).

13-Guidelines manual on Water Supply and Sanitation Programmes (issues by Water and Environmental Health at London and Loughborough, 1998).

14-Rainwater catchments systems for domestic supply design, construction, and implementation (John Gould and Erik Nissen-Peterson, Intermediate Technology Publication 1999).

15- www.geocities.com/rainforest/canopy/4805.

16- www.ci.austin.tx.us/watercon/rainwater.html.

17- Engineering Hydrology, principles and practices (Victor Micuel Ponce) .

18 – المنشآت الهيدروليكية. دكتور / محمد عبد الرحمن الحنايني – كلية الهندسة – جامعة بيروت العربية - دار الراتب الجامعية – 1995 بيروت .

19–For Program assistance in SAMADA contact:
eaglin@magicnet.net

20- البرنامج التحليلي لتصميم جدران الخزان، م/ ياسر الغرافي –كلية الهندسة – جامعة صنعاء .

21- www.epa.gov/ORD/NRMRL/WSWRD/epanet.html

22- Warren viessman, Jr. and Mark J. Hammer (1999) “Water supply and Pollution Control”, Addison Wesley Longman, Inc. California.

23- N. Trifunovic (1993) “Water Transport and distribution”, lecture notes, IHE, The Netherlands.

24- R.E. Featherstone and C. Nalluri (1995) “Civil Engineering Hydraulic”, Blackwell Science Ltd. Oxford, UK.

25 - ESCWA (2001) Case study of Yemen. Current Water Policies and Practices in selected Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA) Member Countries. United Nation, New York.

26 - Al-Hamdi M. (2000) Competition for Scarce Groundwater in the Sana’a Plain, Yemen. A study on the incentive systems for urban and agricultural water use, PhD thesis. IHE and TU-Delft, the Netherlands.

27 - Boydell, Robert A.(2000)Yemen:"Small systems in Yemen and in the Middle East" In IRC, Community Water supply Management
http://www.irc.nl/manage/index.html

28 - World Bank compilation (2000).

29 - World Bank (1997) Yemen: Towards a Water Strategy, An agenda for Action. Report No. 15718-YEM, The World Bank.

30 - Niemeyer, R. G.; Gilles K.; Riggers (1996) Reduction of Water losses in Drinking Water Supply Systems in Developing Countries. Research Reports of the Federal Ministry for Economic Cooperation and Development. Volume. 120. Translated into English by: Michael Burschik. Weltforum Verlag, Germany.

31 - EDI-14. Reducing Unaccounted Water. Multimedia Training Materials for Development. Water and Sanitation Series, Participant Manual. Economic Development Institute of the World Bank, Washington D.C.

32 - *World Bank*, Department of Operations Evaluation *www.gdrc.org/uem/water/wb-urbanwater.html* Managing Urban Water Supply and Sanitation: Operation and Maintenance.

33 - Mann, Patrick C. (1993) Water-utility regulation: rates and cost recovery, Policy Study #155 March www.rppi.org/ps155.html