الشركة القابضة
لمياه الشرب والصرف الصحي

برنامج المسار الوظيفي
للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل المتدرب

برنامج
إدارة المياه غير المحاسب عليها وتقليل الفاقد

مهندس تشغيل مياه – ثانية

تم اعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
قطاع تنمية الموارد البشرية - الادارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي2021 v2

الفهرس

الأهداف	٢
مقـــدمة	٣
المياه الغير المحاسب عليها Non Revenue Water	٤
أنواع فواقد المياه Water Losses	٥
الفاقد الظاهري (التجاري) Commercial Loss	٧
أسباب الفاقد التجاري	٧
الفاقد الحقيقي (الفيزيائي) Physical Loss	١٠
أنواع التسربات	١١
أسباب التسربات في فواقد المياه	١٢
طرق الحد من التسرب	١٦
فوائد الحد من التسرب	١٧
نظرية عمل أجهزة الكشف عن التسرب	٢١
مصادر الأصوات المصاحبة للتسرب	٢١
العوامل المؤثرة على وضوح الإشارة الصوتية	٢٢
الأجهزة المستخدمة في أعمال الكشف عن التسرب	٢٥
الأجهزة المساعدة في أعمال الكشف عن التسرب	٣٠
الأجهزة المستخدمة في أعمال القياسات	٣٣
إستراتيجية تقليل الفاقد المتبعة في مصر	٣٤
مفهوم تقسيم الشبكات والمناطق المعزولة DMAs	٣٥
المناهج المتبعة في تنفيذ أعمال تقليل الفاقد	٣٧
معايير اختيار و تقسيم المناطق المعزولة DMA	٣٩
خرائط نظم المعلومات الجغرافية GIS	٣٩
معايرة نموذج التحليل الهيدروليكي HA	٤٠
اختبار الضغط الصفري ZPT	٤١
قياسات التصرف والضغط بمنطقة الـــ DMA	٤٢
حسابات الفاقد الفيزيائي	٤٣
الإختبار المرحلي Step Test	٤٥
أعمال الكشف عن التسرب Leak Detection	٤٧
إدارة الضغوط Pressure Management	٤٨
مؤشرات الأداء Performance Indicator	٤٩
حسابات الفاقد التجاري	٥١
حسابات التكلفة	٥٣

الأهـــداف:

بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل ، ينبغي أن يكون الدارس قادراً على أن:

- يشرح مفهوم "الاتزان المائي" وبرنامج الاتزان المائي المصمم بواسطة البنك الدولي لتطبيـــق المعايير الدولية في إنتاج المياه وتوزيعها.
- يعرف "المياه غير المحاسب عليها" وتصنيف الفاقد من المياه وأسبابها.
- يقارن بين أشكال الفاقد الحقيقي كتسرب منظور أو تسرب غير منظور وآثار كل منه وإمكانية الاستدلال عليه.
- يصنف المشاكل المسببة للمياه غير المحاسب عليها وفقاً لمصدرها (مشـــتركين ، وصـــلات ، عدادات .... الخ).
- يشرح أهم إجراءات حل المشاكل المسببة للمياه الغير محاسب عليها وفقاً لنوعيتها ومصدرها وأهم مظاهر التحديث في أداء شركات المياه لتحقيق ذلك.
- معرفة مهام الأجهزة المختصة للكشف عن التسرب وأهم أعمالها وبرامجها الفنية لتنفيذ المهام بها.
- يصنف أسباب التسرب في مواسير مياه الشرب إلى داخلية وخارجية بأمثلة لكل منهمـــا مـــع تفاصيل وشرح كل سبب على حدة في جدول مقارنة.
- يصنف الأسباب الطبيعية والفنية المسئولة عن تآكل المواسير داخلياً وخارجياً وتلـــف الشـــبكة نتيجة لأخطاء الغير أو تلف المواد المستخدمة ورداءتها.
- يشرح أوجه القصور في إتباع الأصول الفنية عند تركيب المواسير والشبكات وإيجابيات إتباع خطة وبرنامج جيدين لصيانة خطوط المواسير.
- يشرح تأثير الطرق المائي ودلالته في أداء شبكات المياه وعلاجه وكـــذلك أهميـــة وصـــلات المواسير وحسن اختيارها لضمان طول عمرها الافتراضي.
- يصمم جدول لبيان أهم أماكن حدوث التسرب في الشبكات وأسباب حدوث التسرب وعلاج كل منها بأمثلة واقعية والإجراءات المستخدمة فيها.
- يشرح أهم فوائد الحد من التسرب بالنسبة للمعدات والشـــبكات والشـــوارع وعمليـــات إدارة الشبكات والخرائط والخسائر المترتبة والمطالبة بالتعويضات.

مقدمة:

تبذل الدولة حالياً جهوداً كبيرة لتوفير مياه الشرب النقية لمعظم المواطنين بها من حضر وريف حيث يعتبر شعب مصر من أعلى النسب بين دول العالم الثالث من حيث عدد الأفراد الذين يعانون من نقص مياه الشرب النقية ، لذلك يمكن تصنيف جمهورية مصر العربية من بين الدول التي تعانى من فقر مائي.

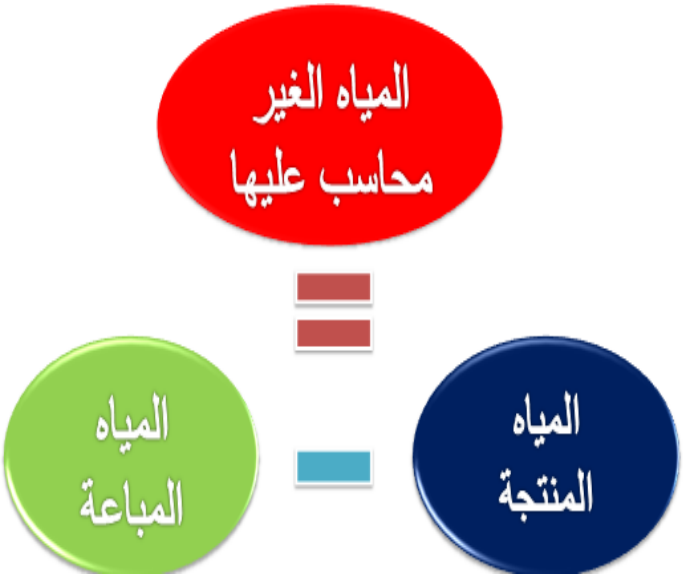
ونظراً لأن مصر تعتمد اعتماداً أساسياً على مياه النيل كمصدر أساسي لتلبية احتياجاتها من مياه الشرب والزراعة والصناعة ، لذا فإنه من الضروري ترشيد استهلاك المياه و تقليل المياه الغير محاسب عليها في شبكات المياه ، وذلك لضمان استقرار الشبكة وتحقيق أفضل استفادة ممكنة بالإضافة إلى تعظيم الإيرادات.

ونظراً لأهمية واستمرارية خدمة تدعيم المواطنين بمياه الشرب النقية بالمعدلات المناسبة والكفاءة العالية ، فقد قامت الدولة في الآونة الأخيرة بإجراء تغييرات جوهرية في هياكل قطاع مياه الشرب والصرف الصحي الهدف منها الوصول إلى نظم اقتصادية أكفأ لإدارة هذه الشركات بطرق اقتصادية مناسبة تكون فيها الفجوة بين حصيلة الإيرادات التي تحققها وبين تكاليف الإنتاج أقل ما يمكن كمرحلة أولية.

ولتحقيق ذلك يجب استخدام أساليب غير نمطية لتعظيم الإيرادات المقابلة لبيع كميات المياه المنتجة بصرف النظر عن تعريفة البيع. ويجب أن نعلم جيدا أن زيادة نسبة تحصيل الإيرادات بهذا القطاع وتقليل الفاقد من المياه الغير محاسب عليها قد يكون أجدى من التفكير في زيادة تعريفة البيع في كثير من الأحيان خاصة في وجود هذا الجدل حول زيادة التعريفة.

وحيث أن موضوع الفاقد في المياه والتسرب لم يأخذ الإهتمام الكافي في الماضي ، وذلك لرخص إنتاج المياه الصالحة للشرب وعدم توفر أجهزة فعالة لاكتشاف التسرب ، ولكن مع الزيادة المطردة في تكاليف إنتاج المياه نتيجة لارتفاع أسعار الطاقة والكيماويات والمعدات المستخدمة وأجور العمالة وكذلك زيادة الطلب على المياه الصالحة للشرب وفى نفس الوقت النقص في مصادر المياه أو ندرتها في حالات كثيرة، فقد أصبح الفاقد في المياه يمثل خسارة مادية كبيرة بل ويعتبر حالياً من أعقد المشاكل التي تواجه المسئولين عن إنتاج وتوزيع المياه وقد أدى هذا الوضع إلى حدوث تقدم تكنولوجي كبير في أساليب وأجهزة الكشف عن التسرب.

1. المياه غير المحاسب عليها (NRW – Non Revenue Water) :

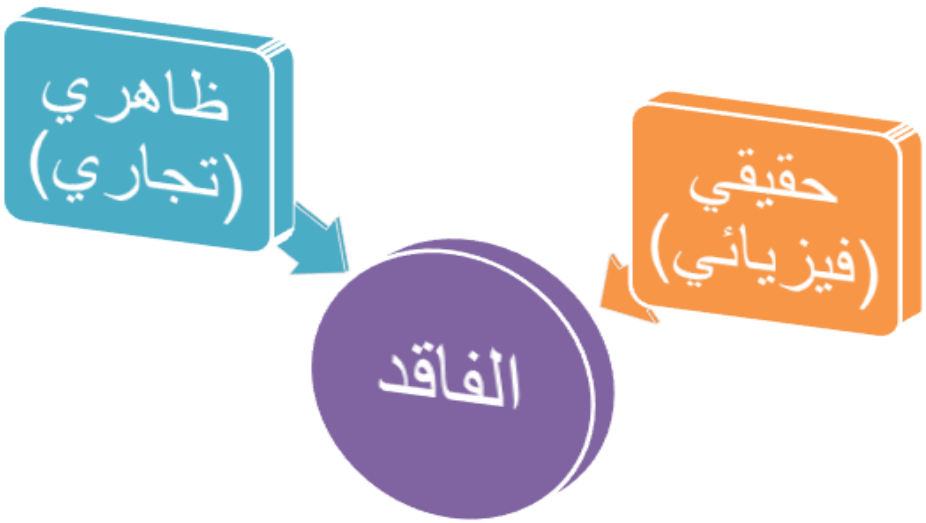


تعرف المياه غير المحاسب عليها بكونها هي الفرق بين كمية المياه المنتجة والتي يتم ضخها في شبكات التوزيع وكمية المياه التي يتم المحاسبة عليها بقراءة عدادات المستهلكين أو حساب الاستهلاك التقديري في حالة تعطل أو عدم وجود عدادات ، ولا تشتمل على كمية المياه التي يتم فقدها داخل محطات الإنتاج حيث يعتبر الفاقد من المياه بداخل محطة ما عن كمية المياه المتسربة من الشبكات الداخلية بالمحطة بالإضافة إلى كمية المياه الأخرى التي تستخدم أو تهدر (غسيل المرشحات ، روبة المروقات ..... الخ).

2. أنواع فواقد المياه (Water Losses) :

يمكن تقسيم الفاقد من المياه إلى نوعين أساسين هما :

- **فاقد ظاهري (تجاري) (Commercial Loss).**
- **فاقد حقيقي (فيزيائي) (Physical Loss).**



أولاً: الفاقد الظاهري (التجاري) (Commercial Loss):

يتمثل الهدف الحالي لشركات مياه الشرب والصرف الصحي في القيام بوضع نظم لتغطية تكاليف التشغيل والصيانة ، ومع نمو تلك الشركات يجب إستخدام إجمالي التكاليف الخاصة بالتشغيل والصيانة بما في ذلك مخصصات الإهلاك وخدمة التكلفة الرأسمالية ، مما يمكّن من حساب مؤشرات الأداء بإستخدام التكلفة الكلية بدلاً من التكاليف الإجمالية للتشغيل والصيانة.

ولا يخفى أنه من متطلبات النظام المحاسبي الموحد تصوير حساب عمليات جارية يتضمن في الجانب الخاص بالموارد تسجيل إيرادات النشاط الجاري للشركة ، وهو الأمر الذي لم يكن يُعمل به من قبل ، حيث كانت المتحصلات تُؤخذ بمفهوم الإيرادات في ظل حسابات تُمسك على أساس المبدأ النقدي ، أما وقد تغير الحال فقد أصبح لزاماً أن تكون الحسابات على أساس مبدأ الإستحقاق ، مما يتعين معه إظهار إيرادات الشركة بما يعني قيمة المياه المباعة وليس المتحصل عليها من هذه القيمة ، وهنا يكون الفرق بين المتحصلات والإيرادات التي هي عبارة عن المبالغ المستحقة طرف المستهلكين (العملاء).

وتحتوي الخطط الإستراتيجية لشركات مياه الشرب والصرف الصحي على مجموعة من الأهداف أحدها إستعادة تكلفة التشغيل والصيانة وذلك من خلال مجموعة من الأهداف الفرعية يتصدرها تقليل الفاقد التجاري نظراً لأهميته القصوى لأنه يمكن أن يصل إلى أن أكثر من نصف كمية المياه المنتجة لا يتم المحاسبة عليها ولا تُدر إيرادات للشركات.

ويحدث هذا الفاقد بسبب عدم فهم الظاهرة (حجمها ، مصادرها ، تكلفتها) ، كما أن قلة العمالة المدربة وضعف الإعتمادات لإحلال الشبكات القديمة وسرعة تغيير العدادات العاطلة تشكل أسباباً هامة في إرتفاع نسبة الفاقد التجاري.

وببحث مصادر هذا الفاقد تبين أنه بسبب مجموعة من المصادر المختلفة منها مرتبط بالمسائل التجارية ومنها ما له علاقة بأوضاع البيئة الأساسية ، ويوضح الجدول رقم (١-١) المشاكل المسببة للفاقد التجاري وتأثيرها على الإيرادات كما يوضح أيضاً النسب المستهدفة لكل مشكلة على حدة بعد تجميعها في فئات معينة طبقاً لنوعيتها.

جدول رقم (١-١)

يوضح المشاكل المسببة للفاقد التجاري وتأثيرها على الإيراد والنسب المستهدفة لكل مشكلة على حدة

المشاكل المسببة للفاقد التجاري			التأثير على الإيراد
م	نوع المشكلة	الفئة التابعة لها	
١	الفاقد الداخلي للمشترك	مشاكل المشترك	مصدر مياه له إيراد فى حالة أن يكون العداد سليم
٢	التسرب الداخلي عند المشترك		
٣	وصلات خلسة	وصلات ليس لها فواتير في قاعدة البيانات	إيراد فاقد من الاستهلاك
٤	وصلات غير معروفة أو مفقودة / غير ظاهرة		
٥	استخدام حكومي غير مقاس	قراءات العدادات	تكلفة إنتاج ضائعة على الشركات
٦	وصلات بدون عدادات		
٧	وصلات من الشبكة غير محددة		فاقد فى الإيراد
٨	قراءات غير صحيحة		
٩	عدم قراءة كل العدادات		
١٠	حنفيات الحريق (اختبارها)		إيراد مفقود (ليس له تأثير)
١١	عدادات عاطلة	عدادات قياس الاستهلاك	فاقد فى الإيراد
١٢	عدادات بطيئة		
١٣	عدادات بأقطار أكبر / أقل من المطلوب		
١٤	عدادات غير مضبوطة		
١٥	عدادات قياس المياه المنتجة غير مضبوطة	عدادات القياس بمحطات الإنتاج	ليس لها تأثير على الإيراد ولكن لها تأثير على حساب الإتزان المائي
١٦	عدادات قياس المياه المنتجة غير موجودة		
١٧	تغيير في موعد قراءة العدادات في بعض المناطق	دورات القراءات	

أسباب الفاقد التجاري:

- عدم دقة العدادات (Meter Errors) .
- وجود وصلات خلسة (Illegal Connections) .
- وصلات قانونية بدون عدادات – ممارسة (Average Consumption) .
- خطأ في القراءات (Reading Errors) .
- خطأ في الحسابات (Accounting Errors) .
- خطأ في البيانات (Data Errors) .

1. عدم دقة العدادات (Meter Errors) :

انخفاض دقة العدادات ذات الأجزاء المتحركة بسبب وجود رواسب ورمال في المياه بالإضافة إلى التركيب غير السليم للعداد (مقلوب) أو مركب رأسياً أو المسافات قبله وبعده غير مطابقة للمواصفات أو هذه الأسباب مجتمعة ، حيث يجب تركيب العداد بالطرقة الصحيحة كالآتي:

فإذا كان قطر العداد = س

فإن المسافة المستقيمة بدون انحناءات أو وجود محبس / كوع / تفريعة قبل العداد = ٥ س

والمسافة بعد العداد = ٣ س بنفس الشروط .

فإذا فرض أن قطر العداد واحد بوصة أي ٢٥ مم تكون المسافة قبل العداد = ١٢٥ مم وتكون المسافة بعد العداد = ٧٥ مم .

ويجب مراعاة الآتي عند التركيب :

- يكون العداد في الوضع الأفقي وليس رأسياً.
- وضع حامل تحت العداد إذا كان ثقيل الوزن.
- تركيب مصفاة لتجنب دخول رواسب في أجزاء العداد على أن يتم تنظيفها بصفة دورية.

2. **الوصلات الغير قانونية (الخلسة) (Illegal Connections) :**

هي وصلة بغير علم وموافقة الشركة ولهذا يجب تكوين فريق عمل للتغلب عليها ومعاملتها قانونياً طبقاً لموقفها على أن يكون لدى رئيس الفريق سلطة الضبط القضائية أو من ينوب عنه ، مع إتباع ما يلي :

- تحديث بيانات المشتركين (مسلسل العداد – رقم الاشتراك – حسابات المشتركين تحتوى على كل البيانات – ....إلخ).
- مراجعة السياسات والإجراءات وتسهيلها حتى لا تكون مبرر لعمل الوصلات الخلسة.
- عدم تعقيد الإجراءات.
- عدم المغالاة في الرسوم.
- الحصول على أوراق الملكية والإيجار بسهولة.

3. **خطأ في البيانات والحسابات والقراءات :**
(Readings, Accounting, Data Errors)

يحدث أحياناً تواجد بعض المشتركين غير المدرجين في نظام الفواتير يتم الكشف عنهم بواسطة القارئ حيث يتم ملاحظة ذلك أثناء أعمال التحصيل ، ولذلك يجب مراعاة إدراج هذه الحالات أثناء المراجعة في الشهر التالي.

كما يمكن أن يلاحظ القارئ بأن قراءة بعض العدادات ليست بالقدر الكافي للاستخدام في هذه العقار فيجب أن يبلغ عن هذه الحالات أيضاً.

وفى بعض الأحيان يحدث أن تكون القراءة نفسها غير منطقية أي يمكن أن تكون بالزيادة أو بالنقصان وجميع هذه الحالات يمكن تداركها بسهولة ويسر في حالة أن يكون القارئ متنبهاً لدوره أثناء أخذ القراءات وللتغلب على مشكلة الخطأ في القراءات وتقليل نسبة الفاقد التجاري فإنه يمكن استخدام الوحدات المحمولة لتسجيل القراءات Hand-Held Units ، مع ضرورة تعيين مشرف قراء لكل مجموعة من القراء يكون مسئولاً عن التحقق من القراءات والبيانات التي يقوم بتسجيلها القارئ عن طريق المرور على نسبة معينة من المشتركين المخصصين لكل قارئ.

4. **عدم تدريب وتوعية قــراء العــدادات :**

يجب أن يتوفر في القــارئ القدرة على الآتي:

- قراءة كل أنواع العدادات وبإنتظام.
- الإستماع للغير وإتباع التعليمات.
- قراءة خرائط نظم المعلومات الجغرافية GIS.
- تحديد الإتجاهات الأصلية.
- إتباع التعليمات والتوجيهات والسياسات.
- تفهم التعبيرات والبيانات الخاصة بالفواتير والتحصيل والعدادات.
- التحقق من القــراءات التي أدخلت بياناتها.
- معلومات بسيطة على إستــخدام الحاسب الآلي وإجراء الحسابات.
- ملاحظة أي تسربات في الوصلة والإبلاغ عنها.
- الإخطار عن العدادات المفقودة أو المحطمة.
- إعداد تقارير بالوصلات غير القانونية أو العبث بالعدادات أو إعادة توصيل الخدمة بعد قطعها.

ويجب تدريب القارئ على الآتي:

- إعداد التقارير الخاصة بالعدادات العاطلة.
- إعداد التقارير عن التغير في فئة المشتركين (منزلي / تجاري / صناعي ....).
- الإبلاغ عن المخالفات في التوصيلات.
- عدم الخطأ في إدخال البيانات.
- مهارة الاتصال والعلاقات مع العملاء.
- الرد على أسئلة المشتركين.

ثانياً : الفاقد الحقيقي (الفيزيائي) (Physical Loss) :-

ينقسم التسرب في شبكات مياه الشرب إلى قسمين:

- **التسرب المنظور (Visible Leak) :**

وتظهر آثاره واضحة على سطح الأرض في منطقة التسرب في الشبكة أو في المناطق المجاورة ومن الآثار الواضحة لهذا النوع من التسرب ما يأتي :-

- وجود تجمع لمياه الشرب ويتم عمل إختبار لها لمعرفة نسبة الكلورين بها كما هو مبين في صورة رقم (١-١).
- ظهور مزروعات في أماكن ليس بها زراعة.
- حدوث هبوط في الطريق كما هو مبين في صورة رقم (١-٢).

وتقوم إدارة الشبكة الخاصة بكل منطقة باكتشاف التسرب المنظور عن طريق المرور الدوري لمفتشي الشبكة أو قيام الأهالي بالإبلاغ عن ذلك.

صورة رقم (١-١)
توضح تجمع لمياه نتيجة تسرب بأحد الشوارع

صورة رقم (١-٢)
توضح هبوط في الطريق العام

- **التسرب غير المنظور (Invisible Leak) :**

وهذا النوع من التسرب لا تظهر أثاره على الأرض ولكن توجد شواهد تدل على وجوده وعلى سبيل المثال:

- امتلاء بالوعات تصرف الأمطار في غير موسم هبوطها.
- وجود مياه في بالوعات الصرف الصحي تحتوي على مادة الكلورين صورة رقم (١-٢) توضح إحدى بالوعات الصرف الصحي تمتلئ بكميات كبيرة من مياه الشرب من جميع الجوانب.
- تسجيل العدادات لتصرف غير عادي.

صورة رقم (١-٣)
توضح إحدى بالوعات الصرف الصحي تمتلئ بكميات كبيرة من مياه الشرب

ويتم إكتشاف هذا النوع من التسرب باستخدام الأجهزة الخاصة باكتشاف التسرب والأفراد المدربين على أعمال الكشف عن التسرب.

ومن خصائص التسرب غير المنظور أنه يزداد بمرور الوقت ما لم يتم إصلاحه فور اكتشافه ، كما تتزايد الأضرار الناجمة عنه كارتفاع منسوب المياه الجوفية وتلف المنشآت المقامة فوق سطح الأرض القريبة منه ، وجدير بالذكر أن كشف التسرب لا يؤدي إلى منع الفاقد في المياه نهائياً ولكنه يحد من هذا الفاقد ، وبدوام عمليات الكشف وما يتبعها من أعمال الصيانة يقل الفاقد من المياه تدريجياً حتى يصل إلى الحد المسموح به.

الكشف على نوعية تسرب مجهول المصدر :

كثيراً ما يقوم الأهالي بإبلاغ عن طفح مستمر ، أو طفح يحدث ليلاً وفي الساعات الأولى من النهار يتوقف تماماً ويبدأ العاملون في شركات المياه والصرف الصحي بتبادل الإتهامات و يستمر الطفح المتقطع دون معرفة مصدره ، ويتم الإستعانة بالمعمل لتحديد نوع المياه من حيث كونها مياه شرب أو صرف صحي وبإستخدام أجهزة الكشف عن التسرب يتم تحديد موقع الكسر.

أماكن حدوث التسربات وأسبابها (Leaks Types) :

يمكن تقسيم أنواع التسربات إلى خمسة أنواع رئيسية تبعاً لمكان حدوث التسرب سواء في خطوط التغذية الرئيسية أو الخطوط الفرعية أو وصلات الخدمة أو عند العدادات و المحابس أو داخل المنشآت نفسها.

١- التسرب من الخطوط الرئيسية (Main Pipe Lines Leaks) :

تحدث هذه التسربات نتيجة تآكل في جدار الماسورة وقد يكون ناتجاً عن التآكل المعدني في حالة المواسير المعدنية أو تآكل المواسير الخرسانية ويحدث هذا بسبب وجود خط المواسير في تربة عدوانية ولم يتم عمل الحماية الكافية لهذه المواسير ، وقد تحدث هذه التسربات بسبب وجود شروخ طولية أو عرضية قد تنتج من زيادة الضغوط في الخط أو التركيبات الغير سليمة أو هبوط طبقة تأسيس المواسير و بالتالي تحدث إجهادات إضافية للمواسير قد تسبب هذه الشروخ أو تسبب زيادة الأحمال فوق المواسير نتيجة ازدياد طبقات الردم وضعف الطبقات الجانبية من التربة الملامسة للمواسير ، وقد تحدث التسربات أيضاً من وصلات المواسير عن طريق التآكل الذي يحدث في هذه الوصلات ، التركيب غير السليم ، استخدام مواد الإنشاء غير الصحيحة أو زيادة الأحمال على هذه الوصلات.

٢- التسربات من وصلات الخدمة (Service Connections Leaks) :

قد تحدث التسربات من خلال نقاط الاتصال بين الشبكة الرئيسية ووصلة الخدمة وقد تحدث أيضاً من خلال وصلة الخدمة نفسها نتيجة عدم اختبار الوصلات المناسبة أو عدم التركيب الصحيح أو التآكل نتيجة التقادم أو الهبوط نتيجة عدم وجود طبقة لردم كافية لحماية الوصلة حيث أن معظم الوصلات القديمة المستخدمة في مصر من الرصاص.

٣- التسرب خلال العدادات (Meters Leaks) :

قد تحدث تسربات خلال وصلات تركيب العدادات على الخط في الشبكة الرئيسية أو في عدادات المنازل نتيجة عدم إحكام الربط على صامولة الربط أو حدوث كسر في العداد أو في وصلة الاتصال بين العداد ووصلة الخدمة.

٤- التسرب الداخلي بالمنشآت (Inner Buildings Leaks) :

تحدث هذه التسربات نتيجة سوء أعمال التركيبات الصحية داخل المنشأة أو سوء اختيار نوعية وجودة التركيبات الصحية الخاصة بالمواسير الداخلية ، أجهزة التواليت وخلافه.

٥- التسرب خلال المحابس (Valves Leaks) :

قد يحدث هذا التسرب في الشبكة عند وصلات المحابس نتيجة سوء حالة الحشو الخاص بمنع التسرب داخل المحبس أو كسر داخلي بالمحبس أو في وصلات الاتصال نفسها ، ويجب عند البدء في أعمال الكشف عن التسرب التأكد أولاً ن حالة المحابس على الشبكة بكافة أنواعها من محابس غلق ، تخفيض ضغوط ، محابس الهواء وخلافه.

أسباب التسرب في مواسير المياه (Water leakage Causes) :

يمكن تقسيم الأسباب التي تؤدى إلى التسرب في مواسير مياه الشرب إلي قسمين :

أ- أسباب داخلية.

ب- أسباب خارجية.

ويمكن توضيح هذه الأسباب من خلال الجدول التالي:

أسباب داخلية	أسباب خارجية
١- المادة المصنوع منها الماسورة: - عدم جوده المادة المصنوع منها الماسورة. - انخفاض قوه تحمل الماسورة نتيجة التآكل - تغير تركيب مادة الماسورة بفعل الزمن. ٢- التصميم والتركيب: - أخطاء في التصميم. - عدم كفاية الردم. - عدم إتباع الأصول الفنية في مسافات الأمان بين المرافق المختلفة. - غياب وسائل حماية الماسورة من التآكل. - التآكل الناتج من تولد الجهد الكهربي والذي ينتج عن اختلاف نوع المعدن الذي يصنع منه الماسورة. ٣ – الحالة الداخلية للماسورة: - ضغط الماء.	- زيادة الأحمال المرورية أعلى الماسورة - تكون فراغات حول الماسورة نتيجة عدم الكشف عن التسرب . - حركه التربة أسفل الماسورة. - الاختلاف بين ما تم تصميمه عن ما تم تنفيذه - حدوث تلفيات بالماسورة نتيجة أخطاء الغير.

وفيما يلي شرح تفصيلي لأسباب التسرب:

- **تآكل المواسير (Pipe Lines Corrosion) :**

يحدث التآكل من الداخل نتيجة للنحر الناجم عن سرعة المياه بالماسورة والذي يؤدى إلى تلف البطانة الداخلية وكشف المعدن تحتها ، وبتعرض معدن الماسورة للمياه والأكسجين الذائب بها يبدأ الصدأ في التكون ويحدث التآكل من الخارج نتيجة لأحد العوامل الآتية:

1- عدم حماية المواسير قبل تركيبها بعزلها جيدا لحمايتها من التيارات الكهربائية الشاردة التي تتولد بين الماسورة والوسط الخارجي (الحماية الكاثودية).

2- استخدام أنواع رديئة من مسامير ربط الفلانشات أو من معدن مختلف عن معدن الماسورة.

تلف الشبكة نتيجة لأخطاء الغير:

تتعرض بعض أجزاء من الشبكة إلي تلفيات نتيجة أعمال الشركات الأخرى مثل :

1- أعمال الرصف التي تؤدى إلى إخفاء أماكن المحابس.

2- المرور الثقيل فوق أجزاء الشبكة مما يؤدى إلى حدوث هبوط في التربة وكسر خطوط المواسير.

3- أعمال الحفر والتركيب للمرافق الأخرى مثل الصرف الصحي – التليفونات – الكهرباء والتي تؤثر بشكل كبير على سلامة شبكة المياه الموجودة بنفس المنطقة.

4- طفح المجاري وكسورات خطوط الصرف الصحي وما يسببه من تخلخلات بالتربة وعدم ثباتها أسفل مواسير الميـــــاه مما يؤدى إلى حدوث كسر بها.

تلف المواد وقصر عمرها الافتراضي:

تتكون شبكات توزيع المياه من عدة عناصر كخطوط المواسير والمحابس والعدادات وخزانات المياه وتصنع معظم هذه العناصر من مواد مختلفة لتفي بالغرض المستخدمة فيه ، فإذا تم إختيـــار مـــواد غير مطابقة للمواصفات فإن العنصر لا يؤدي وظيفته التي تم تصميمه من أجلها فعلى سبيل المثال إذا تم إختيار مواسير من مادة لا تتحمل الضغوط العالية وتم تشغيلها في أماكن ذات ضغوط عالية فسوف يحدث انفجار في هذه المواسير وتكثر الإصلاحات وتزداد كمية المياه المفقودة.

وتعتبر عملية مناولة المهمات من تحميل وتعتيق وتركيب من أهم عناصر المحافظـــة عليهـــا مـــن الكسور والشروخ وغيرها من الأضرار التي تلحق بها من سوء المناولة.

عدم إتباع الأصول الفنية في تركيب المواسير:

يؤدى عدم إتباع الأصول الفنية في تركيب مواسير الشبكة إلى زيادة حدوث التسرب وبالتالي كثرة الأعطال ، ومن عيوب التركيب في الشبكات ما يلي:

1- تركيب خطوط المواسير على عمق أقل مما تنص عليه المواصفات.

2- عدم إحكام وصلات المواسير.

3- نقص أجهزة حماية الشبكة (محابس هواء – محابس تصافي – .....).

4- عدم تجربة خط المواسير تحت الضغط المقرر في التصميم ولمدة كافية.

5- مخالفة مواصفات الردم والدك.

6- عدم حماية مسامير الربط بدهانها بالبيتومين مما يؤدى إلى تآكلها وبالتالي حدوث التسرب.

عدم إتباع خطة لصيانة خطوط المواسير:

من المعروف أن التطبيق الجيد لبرنامج صيانة خطوط المواسير يحقق عدة أهداف منها:

1- تحديد الأجزاء التالفة من الشبكة كالوصلات والمحابس والعدادات وخلافه.
2- الإقلال من وقت وتكلفة أعمال الصيانة والإصلاح.
3- اكتشاف التسرب المنظور وغير المنظور بمجرد حدوثه.
4- المحافظة على كفاءة المحابس والعدادات وإصلاح ما يتلف منها.

ويتم التركيز في خطط وبرامج الصيانة على النقاط التالية:

1- التسجيل اليومي لقراءات العدادات الرئيسية.
2- المرور الدوري على الشبكة لاكتشاف أي تسرب ظاهر.
3- المرور الشهري للتأكد من سلامة الوصلات والمحابس وحنفيات الحريق.
4- إجراء الصيانة الربع سنوية للمحابس كالتليين وتغيير الحشو.

الطرق المائي (Water Hammer) :

هو الصوت الناجم عن التغير الفجائي في ضغط الماء بالزيادة أو النقص عن الضغط الموجود بالمواسير أثناء تدفق المياه فيها نتيجة تغير مفاجئ في تصرف المياه بالمواسير وهذا التغير المفاجئ في الضغط ينجم عنه تلف وأضرار جسيمة.

ولذا يلزم استخدام غرفه لامتصاص الضغوط الحادة في أقرب مكان مسبب للطرقة المائية سواء كانت مضخة أو صمام يغلق بمعدل سريع.

وصلات المواسير (Fittings) :

من الأسباب التي تؤدي إلي حدوث تسرب أيضاً الوصلات والقطع الخاصة ونعني هنا بالوصلات الأجزاء التي تصل بين المواسير وبعضها أو بين المواسير والقطع الخاصة مثل الكيعان والمشتركات والبردات وغيرها.

وإستخدام الوصلات المرنة والفلانشات وإختيار مسامير الربط وإحكامها وعزلها من الوسائل التي تحد من أسباب التسرب.

طرق الحد من التسرب (Leakage Control) :

يؤدى الحد من التسرب إلي وفر اقتصادي علاوة على أنه واجب أساسي في خطة صيانة الشـبكة وكذلك توفير القدر الكافي من المياه للمستهلكين والجدول رقم (٣-٢) يوضح أسباب التسرب وطرق علاجه.

الجدول رقم (٣-٢) أسباب وعلاج التسرب

أماكن التسرب	أسباب حدوث التسرب	العـــلاج
وصلات المواسير	عيوب التركيب: - عدم تركيب المواسير على استقامة واحدة - عدم استخدام وصلات مرنة. - تآكل فلنشات ومسامير الرباط. - عدم إحكام مسامير الرباط. - عدم استخدام وصلات التمدد.	- مراعاة أصول الإنشاء والتركيب - استخدام وصلات مرنة. - عزل الفلنشات والمسامير بالدهان. - إحكام ربط مسامير الربط. - استخدام وصلات التمدد.
المحـــــــابس	سوء التشغيل والصيانة	وقاية وعزل المحابس وإتباع الأصول الفنية للتشغيل والصيانة.
حنفيات الحريق	- سوء التشغيل والصيانة. - انتهاء العمر الافتراضي.	- إتباع الأصول الفنية في التشغيل والصيانة . - عمل سجلات لحنفيات الحريق بالشبكة - اختيار الأنواع الجيدة.
العدادات	- عيوب في التركيب. - انعدام الصيانة.	- إتباع الأصول الفنية في التركيب. - تطبيق برنامج صيانة دوري.
المـــــــواسير	التآكل والتلف: - انتهاء العمر الافتراضي. - تآكل المواسير. - تعرض أجزاء من المواسير للكسر. - سوء النقل والتداول. - حدوث المطرقة المائية.	- عمل سجلات للمواسير بالشبكة. - عزل المواسير من الداخل والخارج. - دقة اختيار المواسير المناسبة لضغط التشغيل. - تركيب المواسير على عمق مناسب لتحمل الكثافة المرورية المتزايدة. - إتباع الأصول الفنية في النقل والتداول. - تركيب أجهزة الحماية ضد المطرقة المائية بالشبكة.

فوائد الحد من التسرب :

إن الحد من فاقد المياه يحقق وفراً اقتصادياً مباشراً وأيضاً يجب أن نعلم أن أضرار زيادة الفاقد من المياه وتأثيره على ما حوله من مرافق وإنشاءات تحقق أيضاً وفراً اقتصادياً غير مباشر ومن الفوائد التي يمكن حصرها بالحد من التسرب ما يلي :

تحقيق تكامل أهداف الصيانة :

يقوم العاملون بإدارة الفاقد بأداء بعض الأعمال التي تعتبر مكملة لبرامج صيانة الشبكات ومنها خطة الكشف عن المحابس وتتضمن تحديد مواقع المحابس وكذلك حالتها الفنية وقد يضيف هذا العمل عبئاً على أعمال الكشف عن التسرب والتي تغني المسؤلين عن الشبكة عن مواجهة مواقف عسيرة نتيجة العيوب الموجودة في هذه المحابس.

إطالة عمر معدات محطات تنقية المياه :

تتركز معظم تكاليف إنتاج مياه الشرب في تشغيل وصيانة محطات التنقية وتؤدى برامج الإقلال من فاقد المياه إلى تخفيض تكاليف الإنتاج داخل المحطة ، إذ تنخفض كمية المياه العكرة الداخلة للمحطة وتقل أعمال الضخ وتقل أيضاً كمية المواد الكيماوية التي تدخل في عملية المعالجة ، وبتخفيض ساعات تشغيل الطلمبات تطول أعمارها وبالتالي ما يرتبط بها من تجهيزات.

الحد من عمليات حفر الشوارع :

كلما كان طاقم الكشف عن التسرب على درجة عالية من الكفاءة كلما أدى ذلك إلى تحديد مكان التسرب بكل دقة وبالتالي ساعد ذلك في أن يكون الحفر في أضيق الحدود لإجراء الإصلاحات اللازمة.

تطوير خرائط الشبكة :

تحتاج عملية الكشف عن التسرب إلى خرائط كاملة ودقيقة وهنا يجب أن ننوه إلى أن بعض خرائط الشبكات غير كاملة أو ليست مصححة حتى تاريخ استخدامها حيث يمكن من خلال عمليات الكشف عن التسرب تدقيق الخرائط وتصويبها وأيضاً إضافة عناصر لم تكن موقعة على هذه الخرائط مثل حنفيات الحريق والمحابس والعدادات.

خفض مطالبات التعويض :

من المعروف أن التسرب لن يتوقف من تلقاء نفسه بل على العكس فإن إحتمالات زيادة معدله كبيرة مع الوقت مما يتسبب في إتلاف الممتلكات الخاصة والعامة ومن البديهي أن يلجأ من وقع عليه الضرر إلى القضاء الذي سيحكم له غالباً بالتعويض أو بتقاضي التأمين وتتولى شركة التأمين مقاضاة المتسبب في الضرر ، ومن هنا تصبح الشركة أمام مسؤوليات كبيرة إذا ما أهملت في الكشف عن التسرب وإيقافه.

ومن أمثلة ذلك:

- أن يتجمع التسرب تحت طبقة الرصف مما يؤدي إلى هبوط في الطريق وحدوث خسائر مادية أو خسائر في الأرواح.
- قد تتسبب المياه المتسربة في إتلاف مرافق أخرى مثل كابلات الكهرباء أو كابلات التليفونات.
- قد يصل التسرب إلى بدرومات أو مخازن ويتلف ما بها من منقولات أو بضائع.

الحد من نفاذ مياه الشرب إلى شبكة الصرف الصحي :

من المعروف أن معظم التسربات في شبكات المياه قد لا تظهر على السطح وقد وضحت هذه الحقيقة نتيجة لأعمال اكتشاف التسرب العديدة ، فمن الحقائق المعلومة أن المياه المتسربة من الشبكة سوف تسلك أسهل الطرق في تحركها في باطن الأرض فقد تصب في بالوعات تجميع الأمطار أوفي بالوعات تجميع الصرف الصحي أو تنفذ خلال طبقات الأرض ، وتعتبر المياه المتسربة التي تنفذ إلى شبكة الصرف الصحي من أكثر أنواع التسرب تكلفة حيث تنفذ المياه المتسربة إلى شبكة الصرف الصحي بطريقتين :

- النفاذ المباشر إلي فتحات التفتيش ويسهل اكتشاف ذلك بواسطة طاقم الصيانة ويمكن التأكد من احتواء هذه المياه على مادة الكلورين من عدمه في معرفة ما إذا كانت مياه شرب متسربة من الشبكة أو مياه جوفية.
- سلوك أيسر السبل بين طبقات التربة ويلاحظ أن طبقة الرمال الموضوعة أسفل مواسير الصرف الصحي هي أيسر السبل التي تسلكها المياه المتسربة من الشبكات وتنفذ هذه المياه إلى شبكة الصرف الصحي مثلما يحدث من المياه الجوفية ويؤدي ذلك إلى مضاعفة تكاليف التنقية سواء لمياه الشرب أو للصرف الصحي.

فهذه المياه تتكلف مبالغ طائلة لتنقيتها وضخها ثم بتسربها من الشبكة ودخولها شبكة الصرف الصحي سوف تتكلف مبالغ أخرى لمرورها بعمليات تنقية مياه الصرف الصحي ، كل ذلك دون وصولها للمستهلك وبالتالي ليس هناك عائد من ورائها ، وبالعمل على الحد من نفاذ مياه الشرب إلى شبكة الصرف الصحي سنحصل على فائدة مضاعفة.

المساهمة في خطة صيانة وتجديد الشبكات :

يتمكن الفريق القائم علي أعمال الكشف عن التسرب من الحصول علي بيانات دقيقة عن شبكة توزيع المياه وما بها من عيوب ، ويستفيد من هذه البيانات الإدارة الخاصة بالتخطيط لصيانة وإحلال وتجديد الشبكات ، وعلى سبيل المثال في حالة اكتشاف عدة تسربات في ماسورة معينة يشير ذلك إلي ضرورة استبدالها أو الكشف المستمر والدوري عليها وبالمثل بالنسبة لحنفيات الحريق التي يكتشف تكرار التسرب منها يجب استبدالها واستخدام أنواع أجود في الخطة الجديدة.

وعليه لا يتم وضع خطط الصيانة أو الإحلال والتجديد بصورة عشوائية ولكن توضع الخطط في ضوء بيانات حقيقية وواقعية عن الشبكة وذلك من خلال المعلومات التي توفرها فرق اكتشاف التسرب وأيضاً أقسام الصيانة والتشغيل بالشبكة وجدير بالذكر أن جميع هذه المعلومات يمكن الحصول عليها من خلال إدارة نظم المعلومات الجغرافية وذلك بعد دراسة ربط المعلومات التي يمكن الحصول عليها من خلال عمليات الإصلاح بالشبكات أو الكشف عن التسرب وإدارة نظم المعلومات الجغرافية وذلك باستخدام أوامر الشغل المرقمة.

توفير المياه للتوسعات المستقبلية :

من أهم السبل لرفع مستوى المعيشة لمنطقة ما هو جذب العديد من الأنشطة الاقتصادية للعمل في تلك المنطقة فتزايد النشاط الاقتصادي يعني زيادة الدخل العام وبالتالي زيادة دخل الفرد ويحتاج النشاط الاقتصادي إلى توسعات إسكانية مناسبة وكلاهما يحتاج إلى المزيد من المياه سواء للصناعة أو للإسكان ، وقبل أن تقوم الشركة بوضع خطة لزيادة إنتاج المياه عن طريق التوسع في محطات المياه يجب أن يبحث عن وسائل منع الفاقد من المياه والذي قد تكون كميته معادلة أو أكثر من الزيادة المطلوبة ومن هنا تصبح الأسبقية لمنع الفاقد قبل التفكير في التوسعات الجديدة للمحطات والتي تتكلف مبالغ طائلة.

تفادي تلف المنشآت :

يؤدي تجمع المياه المتسربة من الشبكة إلى زيادة منسوب المياه الجوفية مما يؤثر على أساسات المباني والمنشآت وقد يؤدي ذلك إلى حدوث هبوط تحت الأساسات وما يتبع ذلك من تشققات أو ميول بهذه المنشآت ولذلك أصبح من الأمور الهامة تجنب تجمع هذه المياه التي تؤثر على المنشآت ومداومة الكشف عن التسربات في هذه المناطق والإسراع في إصلاح عيوب الشبكة فور اكتشافها.

التوعية الإعلامية :

يفتقد الجمهور للمعلومات الصحيحة والكاملة عن عملية إنتاج مياه الشرب من إمداد إلى تنقية إلى ضخ وتوزيع وما تتكلفه هذه العمليات من مبالغ طائلة ، ونظراً لأن الدولة تقدم دعما لكافة العناصر سالفة الذكر فإن الإسراف في استخدام المياه أصبح من الأعباء الملقاة على موازنة الدولة وأصبح لزاماً إثارة الوعي الجماهيري لترشيد استهلاك المياه شأنها شأن أي خدمات تقدمها الدولة للمواطنين ، ومن غير المتوقع أن تستجيب الجماهير لنداء الترشيد وهي ترى الماء مهدراً بكافة الطرق فكم من مواسير بها تسرب وتوصيلات داخلية متآكلة وأدوات صحية مستهلكة تتسرب منها المياه بكثرة وبشكل مستمر، ومن هنا أصبح الكشف عن التسرب في شبكة التوزيع من العوامل المعنوية التي تزكي ضرورة الترشيد لدى الجماهير ، فإذا اقتنع المواطنون بأن الشركة تقوم بواجباتها في منع إهدار المياه قاموا هم بالتالي بواجبهم داخل المنازل والمنشآت ، وأيضاً يجب بث الوعي المباشر من خلال الإذاعة والتليفزيون ومناشدة الجماهير بعدم الإسراف في استخدام المياه والحفاظ على الشبكة الداخلية ومراعاة صيانتها أولا بأول.

أجهزة الكشف عن التسرب (الفاقد الفيزيائي):-

مقدمة :

مع ازدياد تكاليف إنتاج مياه الشرب و الاحتياج إلى استثمارات ضخمة لتلبية الاحتياجات المتزايـــدة من المياه نتيجة التوسعات العمرانية و الصناعة و زيادة السكان ، نشأت الحاجة إلى وسائل للحد من الفاقد في مياه الشرب ومن أهمها التسربات من خلال الشبكة أو ملحقاتها ، ومنها ظهرت الحاجـــة إلى ضرورة وجود أجهزة فنية تساعد على اكتشاف التسربات.

نظرية عمل أجهزة الكشف عن التسرب :

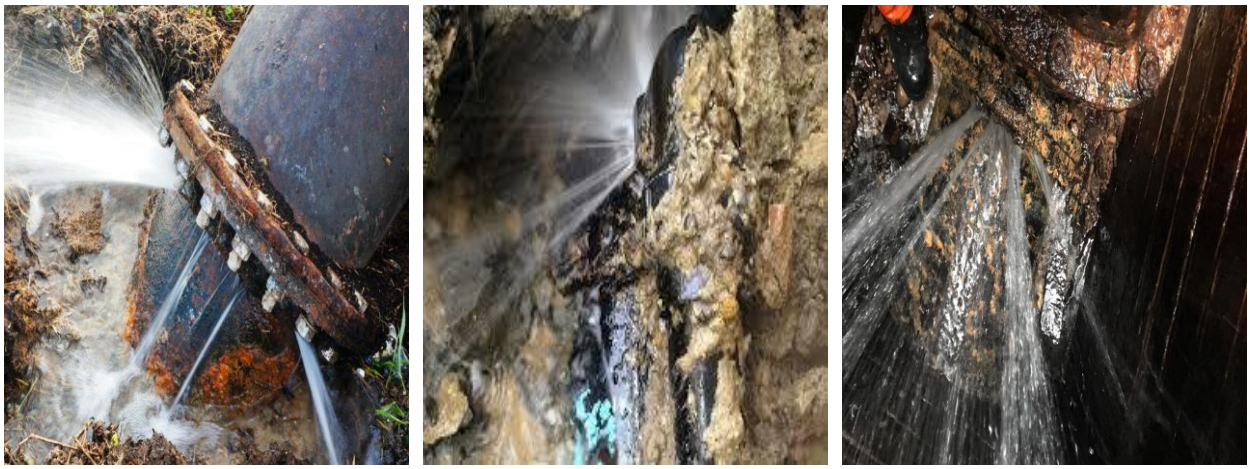
تعتمد نظرية عمل أجهزة الكشف عن التسرب على خاصية سماع الضوضاء الناتجة عن سريان المياه داخل الشبكة وتتبع الموجات الصوتية الناشئة حيث أن وجود تسرب يُحدث اضطراب في سريان المياه مما ينتج عنه ضوضاء يمكن من الاستدلال عليها.

مصادر الأصوات المصاحبة للتسرب :

توجد ثلاثة مصادر رئيسية للأصوات المصاحبة لحدوث التسرب من شبكات المياه وهي:

- الأصوات والاهتزازات الناتجة عن تدفق المياه خلال فتحة أو ثقب في المواسير.
- الأصوات الناتجة عن تأثير وارتطام المياه الخارجة من الماسورة بالتربة المحيطة.
- سريان المياه داخل فراغات وتجاويف التربة حول الماسورة.

وتعتبر الضوضاء الناتجة عن النوع الأول هي الأعلى تردداً بينما يغطي النوعان الثاني والثالث أصوات درجة شدة أقل ويمكن فقط سماعها عند الاستماع إليها عن قرب بمكان التسرب.



صورة توضح تسربات للمياه بالمواسير

العوامل المؤثرة على وضوح الإشارة الصوتية :

يوجد العديد من العوامل التي تؤثر على درجة وضوح الإشارة الصوتية التي يتم سماعها (الضوضاء) والناتجة عن وجود التسرب من شبكات المياه فيما يلي :

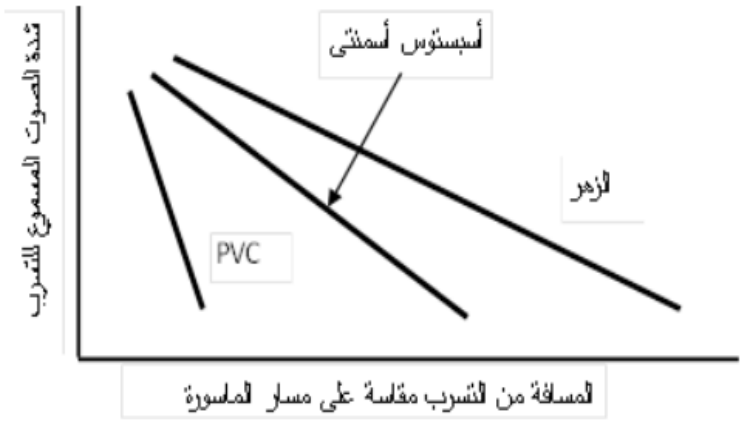
- خصائص ماسورة المياه (النوعية ، القطر ، سمك الجدار).
- ضغط المياه داخل الشبكة.
- عمق خطوط المواسير .
- نوعية التربة المحيطة بالمواسير حتى سطح الأرض.
- التغيير في اتجاه الخطوط و الوصلات والملحقات.
- المصادر الصوتية الأخرى المحيطة.

خصائص المواسير :

تتأثر درجة شدة الضوضاء الناتجة تأثيراً مباشراً بنوعية مادة ماسورة المياه وسمك الجدار وكذلك القطر ، حيث تزداد شدة الإشارة الصوتية نتيجة صغر قطر الخط ، وتقل شدة الإشارة الصوتية الناتجة عن التسرب خلال انتقالها في المواسير كبيرة القطر (مثل المواسير الخرسانية السابقة الإجهاد أو المواسير الزهر المرن أو PVC) بينما تزداد الإشارة الصوتية خلال انتقالها في المواسير المعدنية (الصلب – الزهر المرن – الزهر الرمادي) وتنخفض في المواسير الإسبستوس والمواسير الـــ PVC.

ومن المتوقع أن تصل الترددات المسموعة في المواسير المعدنية من ٤٠٠ إلى ١٢٠٠ هرتز ، بينما تصل الترددات المماثلة في مواسير الـــ PVC ما بين ٢٠٠ إلى ٦٠٠ هرتز.

ويوضح الشكل رقم (١) العلاقة بين مسافات الاستماع لأصوات التسرب ونوعية مادة الماسورة وذلك لمواسير الـــ PVC – الإسبستوس الإسمنتي – الزهر.

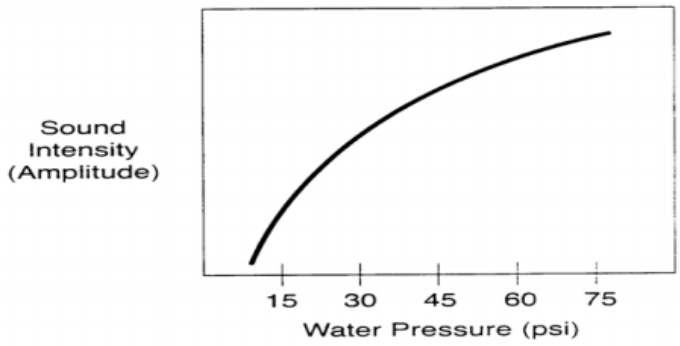


شكل رقم (١) العلاقة بين شدة أصوات التسرب المسموعة خلال جدار الماسورة ونوعية مادة الماسورة

ضغط المياه بداخل المواسير :

يزداد مستوى الضوضاء الناتجة عن سريان المياه داخل خطوط مواسير الشبكة بازدياد ضغط المياه ، حيث أنه يجب أن لا تقل الضغط داخل الخط عن ١ ضغط جوي حتى يمكن سماع تلك الضوضاء بوضوح.

ويوضح الشكل رقم (٢) العلاقة بين شدة الصوت الناتج عن التسرب وضغط المياه داخل الماسورة.



ومن هنا يتضح أهمية معرفة نوعية مادة ماسورة الخط المطلوب اختياره حيث سيتحدد بناء عليها أقصى مسافة استماع يمكن تركيب الأجهزة عليها أعلى ملحقات الشبكة (حنفيات الحريق أو المحابس أو العدادات أو الوصلات).

ويوضح الجدول رقم (١) المدى المسموع للترددات الصوتية في الأنواع المختلفة من المواسير.

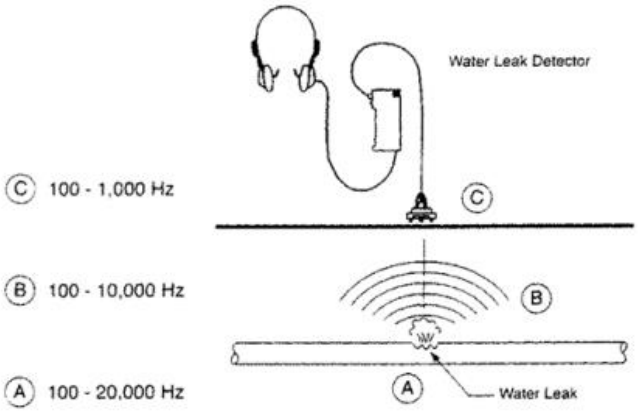
جدول رقم (١): العلاقة بين قطر ونوعية الماسورة ومسافات انتقال الصوت خلال جدار الماسورة

نوعية مادة الماسورة	القطر (بوصة)	الحد الأقصى للمسافات القياسية (متر)
حديد زهر	٦	١٨٠ – ٣٠٠
	١٢	١٢٠ – ٢٤٠
	٢٤	٦٠ – ١٢٠
اسبستوس	٦	١٢٠ – ٢٤٠
	١٢	١٠٠ – ١٥٠
	٢٤	٣٠ – ٩٠
PVC	٦	٦٠ – ٩٠
	١٢	٣٠ – ٦٠
	٢٤	١٥ – ٣٠

عمق خطوط المواسير :

تقل شدة الإشارة الصوتية الناتجة عن التسرب مع زيادة عمق المواسير المطلوب اختبارها ، وبصفة عامة فإنه يمكن سماع أصوات التسرب للخطوط على عمق من ١ إلى ٢ متر ، وفى حالة ازدياد عمق المواسير عن ٢ متر فإنه يصعب سماع أصوات التسرب نتيجة انخفاض الترددات خلال مرورها بالتربة أعلى خط المواسير ، وبصفة عامة فإنه يحدث انخفاض للترددات في التربة بما يوازي ٤٠ ديسيبل/متر من العمق.

ويوضح الشكل رقم (٣) التغير في الترددات الصوتية من منسوب الماسورة حتى سطح الأرض حيث يحدث انخفاض في الترددات نتيجة مرورها بالتربة المحيطة بالماسورة.



شكل رقم (٣) يوضح التغير في الترددات الصوتية من منسوب الماسورة حتى سطح الأرض

نوعية التربة :

تتأثر شدة الإشارة الصوتية الناتجة عن التسرب تبعاً لنوعية التربة ، فالتربة الرملية المدكوكة تعطى نتائج أعلى من التربة الرملية المفككة ، وكذلك فإنه في حالة وجود طبقة سطحية صلبة (مثل الطبقة الإسفلتية أو الخرسانية) فإن شدة الإشارة الصوتية تزداد ، وكذلك فإن وجود تربة مشبعة بالمياه حول خط المواسير أو تربة رخوة تؤدي إلى انخفاض شدة الإشارة الناتجة عن التسرب ، لذا فإنه يمكن سماع الأصوات لخطوط يصل عمقها إلى ٣ متر وذلك في حالة وجود الطبقات الإسفلتية والتربة المدكوكة جيداً حول المواسير ، أما في حالة الأسطح المغطاة بالعشب وذات التربة الرخوة أو الزراعية فإن الأصوات لا تنتقل بشكل جيد.

التغير في إتجاه الخطوط :

عند تغير اتجاه خط المواسير فإنه يحدث اضطراب لسريان المياه داخل الخط مما يعطي ضوضاء أعلى من المستوى الطبيعي ، وينتج هذا الارتفاع من شدة الإشارة الصوتية أيضاً عند وجود ملحقات على هذا الخط وتشمل عدادات القياس والمحابس بأنواعها ووصلات تغيير الاتجاه أو التفريعات (T).

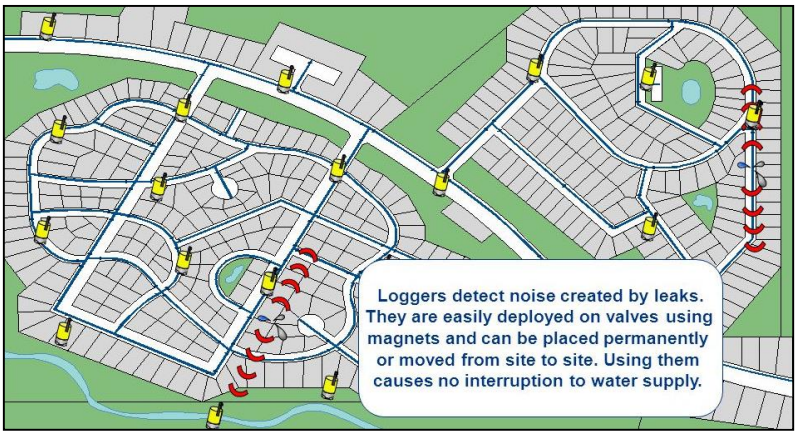
المصادر الصوتية الأخرى :

تتأثر شدة وضوح الإشارة الصوتية بتواجد مصادر صوتية آخري بالموقع قد تكون ناتجة عن الحركة المرورية بالموقع ، أو تشغيل المعدات في موقع مجاور ، وعادة يتم تجهيز أجهزة القياس بمرشحات للترددات ليمكن عن طريقها استبعاد الترددات الخلفية أو الدخيلة ولكن يفضل أن يتم العمل بتلك الأجهزة ليلاً لضمان الحد من هذا التداخل وسماع أصوات التسرب بوضوح تام.

الأجهزة المستخدمة في أعمال الكشف عن التسرب :

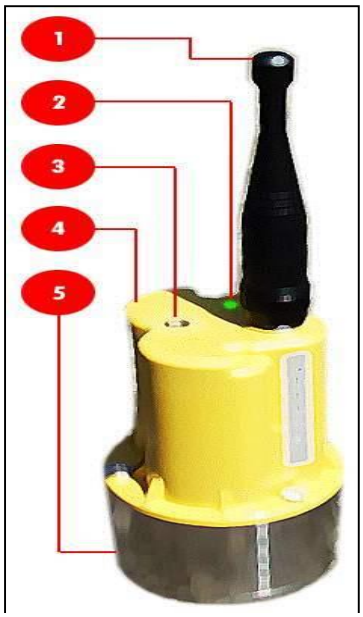
١- أجهزة مسجلات الضوضاء (Noise Loggers):

يتم توزيع مسجلات الضوضاء (Noise Loggers) فوق المحابس بشبكة مياه الشرب لتعطي مؤشرات لإحتمال وجود تسرب على الخطوط الواقعة بين هذه المحابس.



شكل (١) – توزيع مسجلات الضوضاء فوق محابس شبكة مياه الشرب

تقوم مسجلات الضوضاء بمراقبة و تسجيل الموجات الصوتية المحيطة بها في أوقات محددة ثم تتبادل أشكال الإشارات فيما بينها وتخزنها في شكل بيانات ليتم تحميل هذه البيانات على الحاسب الآلي لتحليلها من خلال البرنامج الخاص بها عن طريق المنحنيات الخاصة بكل مسجل على حده لمعرفة وفي حالة تسجيلها لموجات صوتية مستمرة واقعة داخل النطاق الترددي الخاص بالتسرب تقوم بإعطاء مؤشرات لإحتمال وجود تسرب على الخطوط بين المحابس الموزعة عليها.



شكل (٢) – مكونات جهاز مسجل الضوضاء

<u>مكونات جهاز مسجل الضوضاء</u>

1. هوائي.
2. لمبة بيان.
3. مكان تثبيت حامل مسجل الضوضاء.
4. الجسم الخارجي مقاوم للأتربة و المياه.
5. المجس (مصنوع من الصلب المقاوم للصدأ).

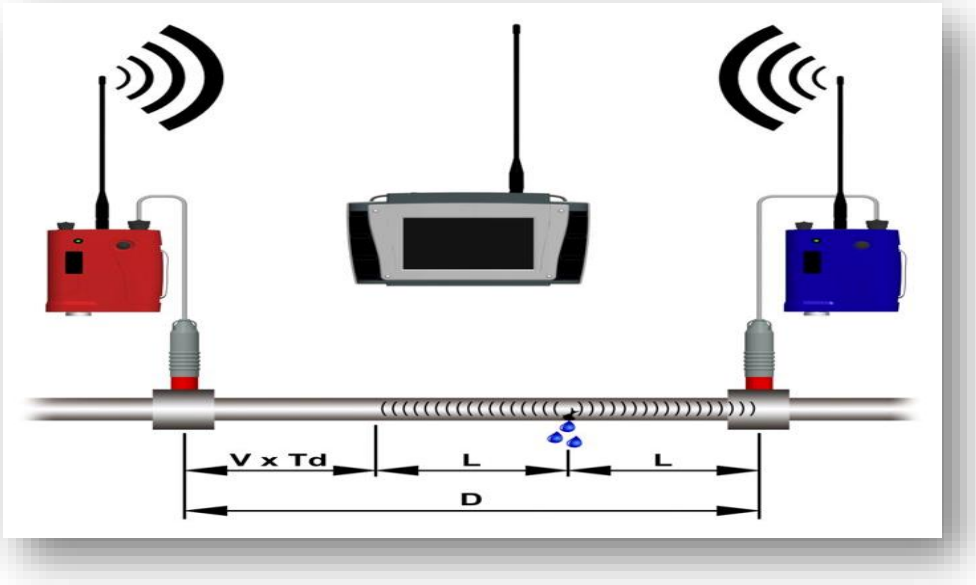
٢- جهاز التحديد الدقيق لموقع التسرب (Correlator) :

يقوم هذا الجهاز بتحديد مكان التسرب عن طريق الحسابات النظرية وسرعة انتشار الموجات الصوتية التي تنتقل عبر جسم الماسورة ، بينما تعتمد الأجهزة الأخرى في تحديد مكان التسرب على خبرة وكفاءة القائم بهذه العملية وعليه تختلف النتائج من شخص إلى آخر إلا أن هذا الجهاز يعطى نفس النتائج رغم اختلاف الأشخاص القائمين بالتعامل معه.

نظرية عمل الجهاز :

يتم تركيب مجسين على جانبين موضع التسرب المشكوك فيه حيث ينتج عن تسرب المياه الواقعة تحت ضغط في ماسورة موجة صوتية تنتشر خلال جسم الماسورة وكذلك موجة فرق ضغط تنتشر خلال المياه حيث تنتشر الموجة بسرعة ثابتة خلال اتجاهي الماسورة وتتوقف قيمة هذه السرعة على مادة وقطر الماسورة وتصل إلى المجس الأقرب ثم المجس الأبعد والفارق الزمني (T_d) مع معرفة طول الماسورة (D) وسرعة الموجة (V) يتمكن الجهاز من تحديد مكان التسريب بدقة تصل على بضع سنتيمترات حيث :

$$L = ½ (D - V \times T_d)$$



الفارق الزمني	T_d
طول الماسورة	D
سرعة الموجة	V

٣- جهاز الميكروفون الأرضي (Ground Microphone) :

يستخدم هذا الجهاز لتحديد مكان التسرب في الماسورة ، ومن المعروف أن صوت تسرب المياه ينتقل من باطن الأرض إلى السطح ويقوم هذا الجهاز بالتقاط الموجات الصوتية من فوق سطح الأرض وتحديد مكان التسرب غير أن هذه الموجات تضعف وتضمحل وهى في طريقها إلى سطح الأرض بفعل عدة عوامل ، وعليه فقد تم تزويد الجهاز بمكبر يعمل على تكبير هذه الموجات الضعيفة واستقبالها كما هو موضح بالصورة رقم (١٤) .

صورة رقم (١٤) توضح جهاز الميكروفون الأرضي

٤- عصا الاستماع (Listening Stick) :

تستخدم في الاستماع المباشر على المواسير والوصلات المنزلية والمحابس ويوجد منها نوعان :

- عصا استماع ميكانيكية Mechanical Listening Stick
- عصا استماع إلكترونية Electric Listing Stick

صورة رقم (١٦)

1- عصا الاستماع الميكانيكية Mechanical Listening Stick

هي عبارة عن ساق معدنية مركب في نهايتها سماعة عبارة عن رق معدني ، ويجب التنويه إلى أن الحصول على نتائج دقيقة باستخدام هذه المعدة يجب أن يكون الشخص المستخدم لها على درجة عالية من الخبرة والكفاءة حتى يتمكن من تمييز الأصوات المختلفة كم هو مبين في صورة رقم (١٦).

٢- عصا الاستماع الإلكترونية (Electronic Listening Stick)

هي عبارة عن ساق معدنية ، مكبر الصوت ، شاشة رقمية لمشاهدة قوة الإشارة ، مفتاح التحكم في الصوت كما تزود أيضاً بمدخل لتركيب سماعة أذن Headphone.

الأجهزة المساعدة في أعمال كشف عن التسرب :

١- جهاز تحديد مسار المواسير المعدنية (Metallic Pipe Locator) :

يستخدم هذا الجهاز في تحديد مواقع المواسير المعدنية والكابلات حيث تعتمد فكرة عمله على أن جميع المرافق المعدنية المدفونة قادرة على توصيل تيار من الإشارات يمكن إلتقاطها بواسطة الجهاز.

مكونات جهاز تحديد مسار المواسير المعدنية

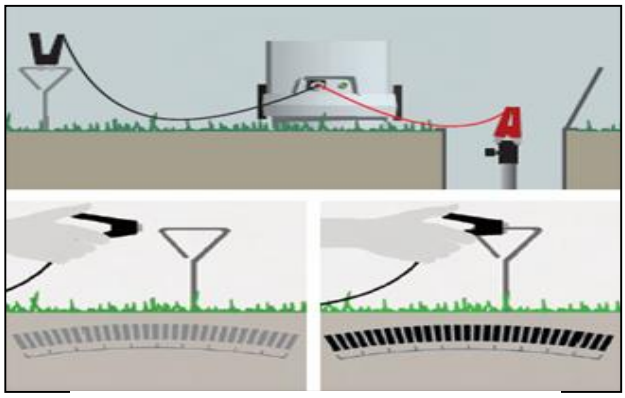
1. وحدة المرسل Transmitter
   - تقوم بتوليد وحقن إشارات كهرومغناطيسية في المواسير المعدنية أو الكابلات المراد تتبع مسارها.
2. وحدة المستقبل Locator
   - تقوم بعملية تتبع مسار الإشارات التي يتم حقنها في المواسير المعدنية والكابلات لتحديد مساراتها.
3. كابلات توصيل.
4. سماعة أذن.

شكل (٣)
مكونات جهاز تحديد مسار المواسير المعدنية والكابلات

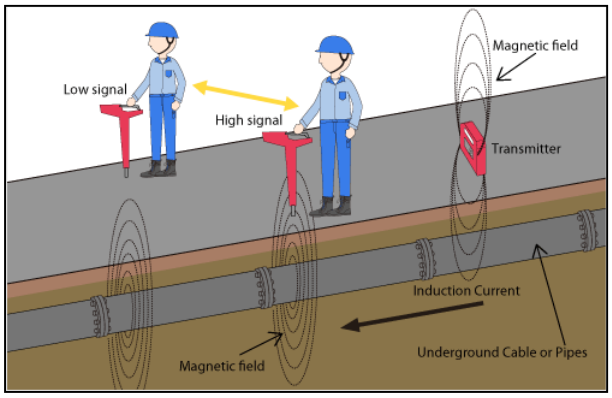
طريقة توصيل وحدة المرسل Transmitter

1- طريقة التوصيل المباشر: يتم توصيل وحدة المرسل بطريقة مباشرة بالخط المراد تتبعه.

2- طريقة التوصيل غير المباشر: يتم توليد اشارة بالخط المراد تتبعه بدون أى اتصال.



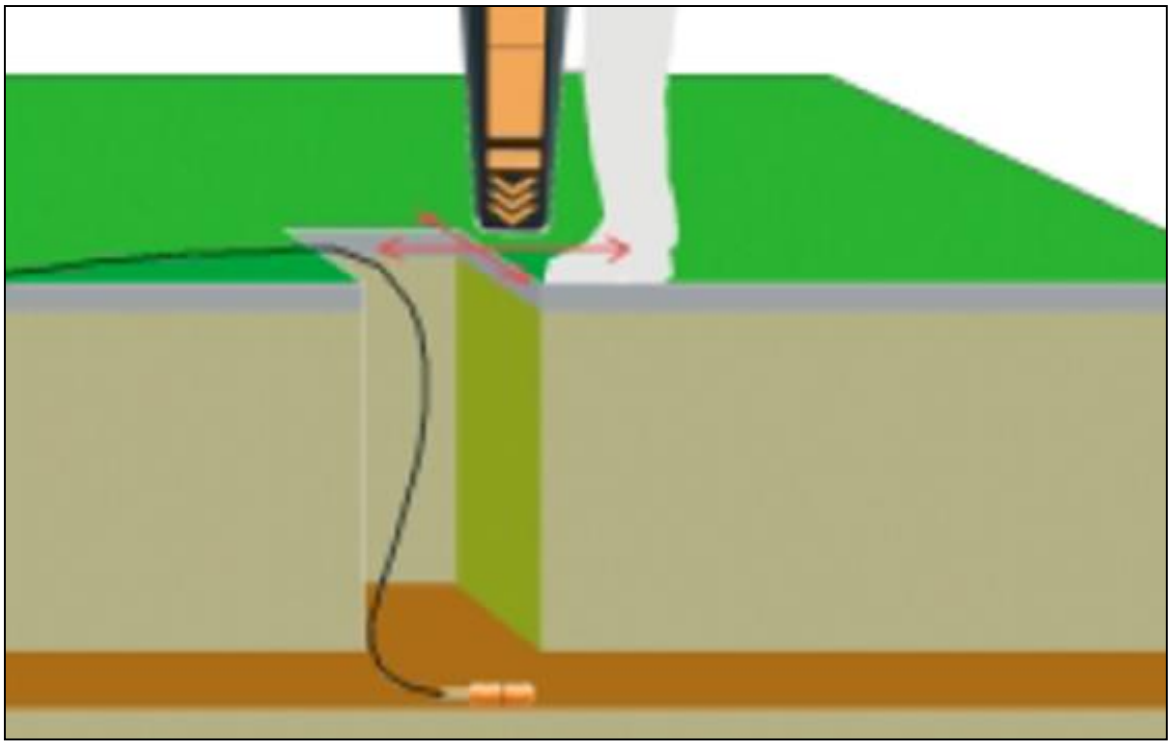
شكل (٤) – طريقة التوصيل المباشر



شكل (٥) – طريقة التوصيل غير المباشر

جهاز تحديد مواقع المواسير غير المعدنية Non-Metallic Pipes Locator

يتم تحديد مسار المواسير غير المعدنية عن طريق باستبدال استخدام جهاز السوند (Sonde) كوحدة ارسال حيث يتم ادخاله داخل الماسورة بواسطة واير ليولد إشارة داخلها والتي يتم تتبعها عن طريق وحدة المستقبل.



شكل (٦) – ادخال وحدة السوند (Sonde) داخل الماسورة

1- جهاز كشف المحابس و الأغطية المعدنية (Metallic cover and valve locator) :

ويستخدم للكشف عن الأجزاء المعدنية المدفونة مثل المحابس والأغطية ومحابس وصلات المشتركين وكذلك أغطية المطابق .

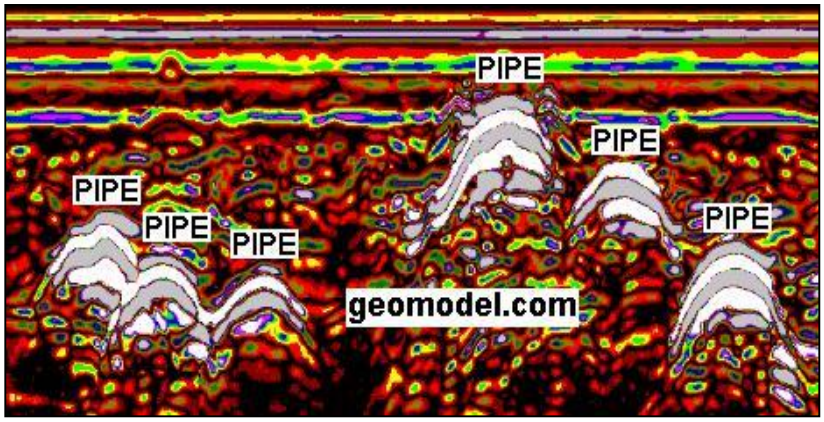
2- جهاز الرادار :

يستخدم جهاز الرادار فى تحديد مواقع المواسير المعدنية و غير المعدنية ومواقع الكابلات الكهربية عن طريق استخدام موجات الراديو.

شكل (٧) – جهاز الرادار (GPR)

3- <u>نظرية العمل</u>

يقوم جهاز الرادار بارسال موجات راديو داخل طبقات الأرض والتي تنعكس إلى أعلى بسرعات مختلفة طبقا لخصائص الأهداف الموجود تحت سطح الأرض ليستقبلها جهاز الرادار مرة أخرى محددا مواقع هذه الأهداف.



شكل (٨) – استخدام جهاز الرادار في تحديد مسار المواسير و الكابلات

الأجهزة المستخدمة في أعمال القياسات :

1- جهاز تسجيل الضغوط (Pressure Loggers) :

يستخدم هذا الجهاز كمسجل للضغوط بالشبكة حيث يتم تركيبه على الخط المراد قياس وتسجيل الضغوط عليه ، كما يتم تركيب عدادات قياس الضغط الميكانيكية حيث يتم عن طريق البروسيسور الخاص به تسجيل البيانات على الفترات التي تم إعداده عليها من خلال البرنامج الخاص به ليتم بعد ذلك تحميل البيانات عن طريق اتصاله بالحاسب الآلي و عن طريق رسالة نصية (SMS) كما يمكن نقل البيانات المخزنة عن طريق الأشعة تحت الحمراء إذا كان الجهاز مزود بهذه الوظائف ، والصورة رقم (١٥) توضح إحدى هذه الأجهزة.

2- جهاز قياس التصرف (Ultra Sonic Portable Flow Meter) :

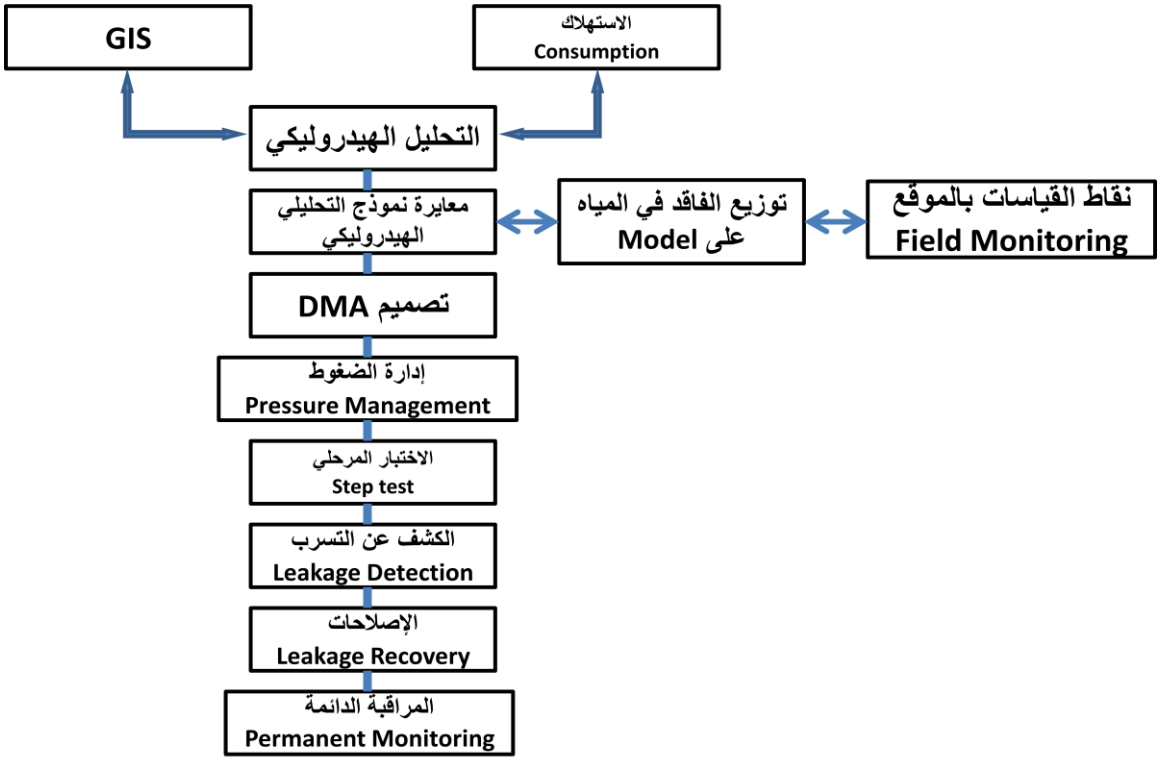
يستخدم هذا الجهاز كمسجل للتصرفات بالشبكة حيث يتم تركيبه على الخط المراد قياس وتسجيل التصرف به حيث يتم تركيبها على الماسورة من الخارج مع إمكانية تسجيل القراءات اللحظية والإجمالية على طول فترات التركيب والصورة رقم (١٦) توضح إحدى هذه الأجهزة.

إستراتيجية تقليل الفاقد المتبعة في مصر:

تهدف إستراتيجية تقليل الفاقد المتبعة حالياً إلى تقسيم شبكات المياه إلي مناطق معزولة محددة المداخل و المخارج مع تركيب أجهزة قياس تصرف ثابتة وذلك لضمان عمل مراقبة دائمة للشبكات.

و الشكل الموضح رقم (٢) يبين المنهجية المتبعة في تنفيذ أعمال تقليل الفاقد وذلك على النحو التالي:

1- تحديث ومراجعة خرائط الـــ GIS.
2- توقيع استهلاكات المشتركين على خرائط الـــ GIS.
3- تنفيذ أعمال التحليل الهيدروليكي وتوزيع الفواقد والاستهلاكات وعمل معايرة لنموذج الشبكة.
4- تصميم المناطق المعزولة DMAs وذلك طبقاً للمعايير المتبعة.
5- تنفيذ أعمال إدارة الضغوط بالمنطقة.
6- تنفيذ الإختبار المرحلي لتحديد مناطق المسح الميداني .
7- تنفيذ أعمال الكشف عن التسرب.
8- إصلاح التسربات المكتشفة.
9- مراقبة الشبكات بصورة دائمة.



مفهوم تقسيم الشبكات و المناطق المعزولة DMAs :

تهدف آلية تقليل المياه الغير محاسب عليها إلى تقسيم شبكات مياه الشرب إلى مناطق معزولة محددة المداخل و المخارج يطلق عليها ما يسمى District Metered Area.

تعمل العديد من مرافق المياه على تشغيل شبكات الأنابيب الخاصة بها كنظام مفتوح حيث يتم تغذية المياه من أكثر من محطة معالجة مياه (WTP) إلى شبكة أنابيب متصلة.

تختلط المياه من كل محطة معالجة داخل الشبكة ، مما يؤثر باستمرار على ضغط النظام ونوعية المياه.

في النظام المفتوح ، لا يمكن حساب كمية المياه الغير محاسب عليها إلا للشبكة بالكامل ، وهو مستوى متوسط فعال للنظام بأكمله .

بشكل عام ، تتم إدارة المياه الغير محاسب عليها في نظام مفتوح بطريقة سلبية حيث تبدأ أنشطة الحد من المياه الغير محاسب عليها فقط عندما تصبح الخسارة مرئية أو يتم الإبلاغ عنها.

تتمثل الطريقة الأكثر فاعلية في التحرك نحو إدارة المياه الغير محاسب عليها النشطة حيث يتم إنشاء فرق مخصصة للبحث عن المياه المفقودة ، مثل التسربات ، وفائض الخزان ، والوصلات الغير القانونية.

إدارة المياه الغير محاسب عليها ممكنة فقط باستخدام المناطق ، حيث ينقسم النظام ككل إلى سلسلة من الأنظمة الفرعية الأصغر التي يمكن حساب المياه الغير محاسب عليها بشكل فردي.

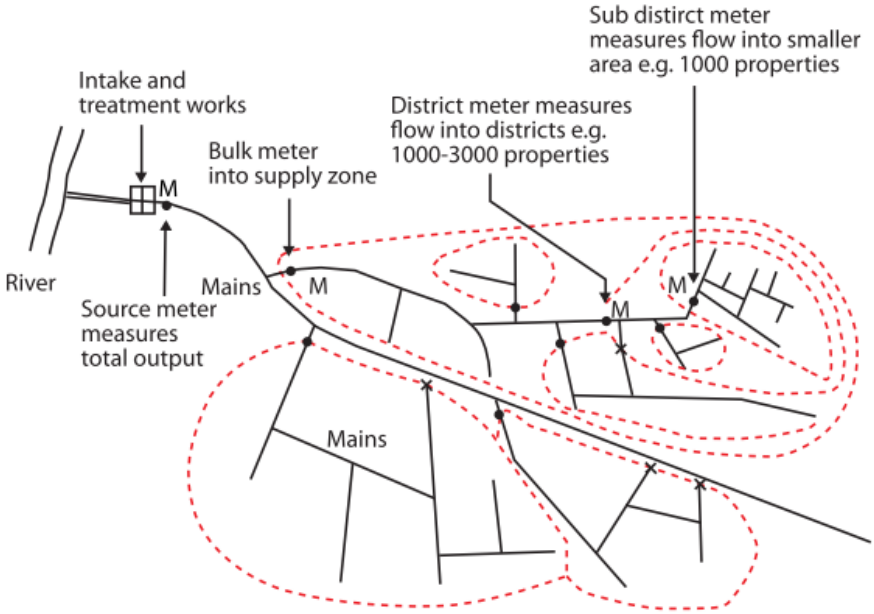
يجب عزل هذه الأنظمة الفرعية الأصغر ، والتي يشار إليها غالباً باسم مناطق (DMAs) هيدروليكياً حتى يتمكن مديرو المرافق من حساب حجم الماء المفقود داخل كل DMA.

عندما يتم تقسيم نظام الإمداد إلى مناطق أصغر وأكثر قابلية للإدارة ، يمكن للإدارة أن تستهدف بشكل أفضل أنشطة الحد من مخلفات المياه الغير النظيفة ، وعزل مشاكل جودة المياه ، وإدارة أفضل لضغط النظام بشكل عام للسماح بإمداد المياه على مدار الساعة طوال أيام الأسبوع عبر الشبكة.

إن تقسيم الشبكة المفتوحة إلى مناطق أصغر وأكثر قابلية للإدارة تسمى مناطق (DMAs) يمكّن مشغلي الشبكات من إدارة النظام بشكل أكثر فعالية من حيث التحكم في الضغط ونوعية المياه.

يصف هذا الفصل كيفية قيام الأدوات المساعدة بإنشاء DMAs ثم استخدام المعلومات المتعلقة بالتدفق والضغط لإدارة المياه الغير محاسب عليها بشكل أفضل.

كما يناقش فوائد استخدام DMAs لتحسين نوعية المياه وإمداد العملاء.



المناهج المتبعة في تنفيذ أعمال تقليل الفاقد :

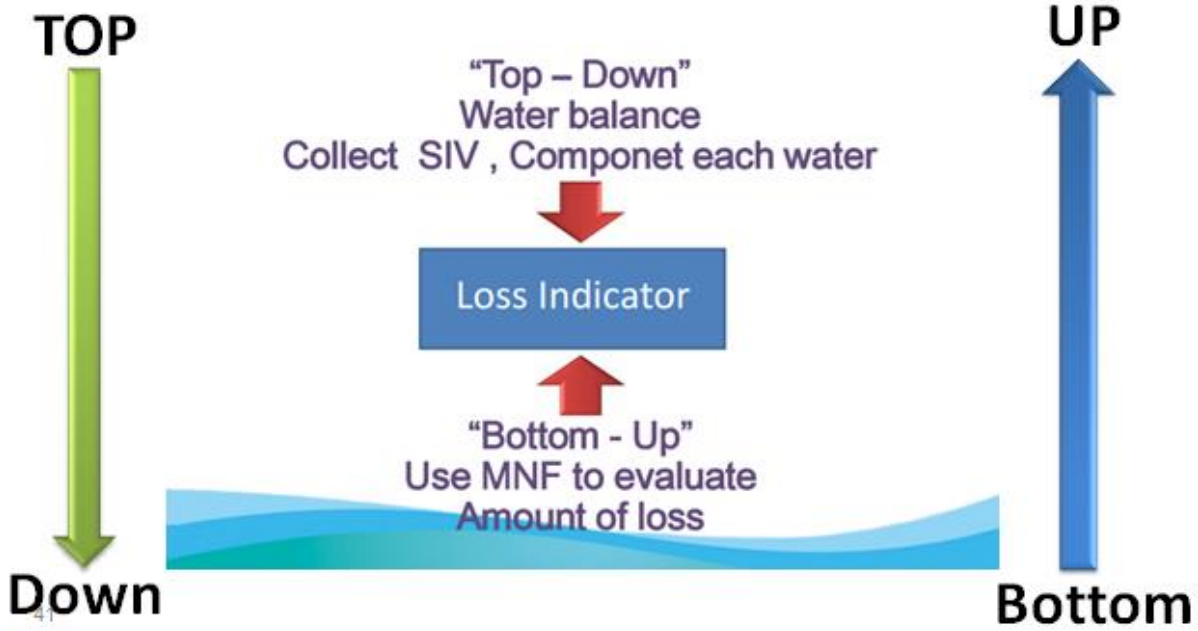
طبقاً للتصنيفات العالمية المتبعة في أعمال تقليل الفاقد يوجد هناك منهجين كما يلي:

1- TOP – DOWN

2- BOTTOM – UP

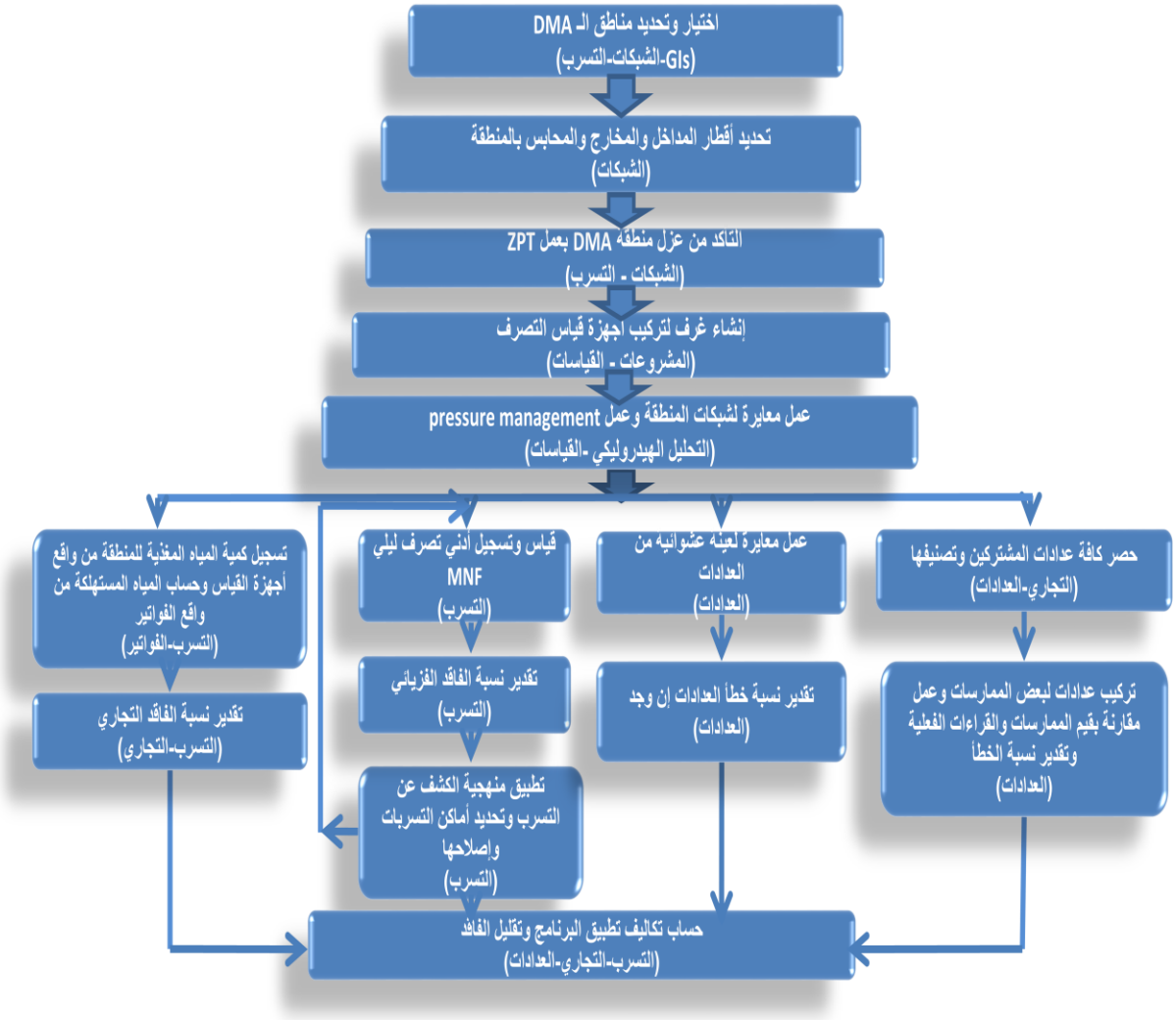
يعتمد منهج الـــ TOP – DOWN على حساب كمية المياه الغير محاسب عليها من الفرق بين كمية المياه المنتجة وكمية المياه المباعة والتي يتم الحصول عليها من القطاع التجاري ثم تم إتباع منهجية الاتزان المائي في حساب قيمة الفاقد التجاري و القيمة المتبقية في النهاية هي قيمة الفاقد الفيزيائي.

بينما يعتمد منهج الـــ BOTTOM – UP على قياس قيمة أدنى تصرف ليلي و من ثم حساب قيمة الفاقد الفيزيائي الفعلي ثم حساب كمية المياه الغير محاسب عليها الفعلية و في النهاية حساب قيمة الفاقد التجاري.



آلية تنفيذ الإجراءات المتبعة غي تقليل المياه الغير محاسب عليها داخل المناطق المعزولة DMA :

يوضح منحنى التدفق التالي الإجراءات التي يتم تنفيذها بكل منطقة معزولة DMA على حدي بدءاً من اختيار المنطقة طبقاً للمعايير المتبعة في تحديد عدد المداخل والمخارج وأطوال الشبكات وعدد المشتركين تباعاً غلى التأكد من المداخل والمخارج من خلال العزل اختبار الضغط الصفري ZPT ، إلى معاير نموذج التحليل الهيدروليكي للمنطقة و تركيب أجهزة قياس التصرف والضغوط و أعمال الكشف عن التسرب و إصلاح التسربات المكتشفة واكتشاف الوصلات الخلسة وتقنين أوضاعها و معايرة عدادات العملاء و استبدال العدادات التالفة .



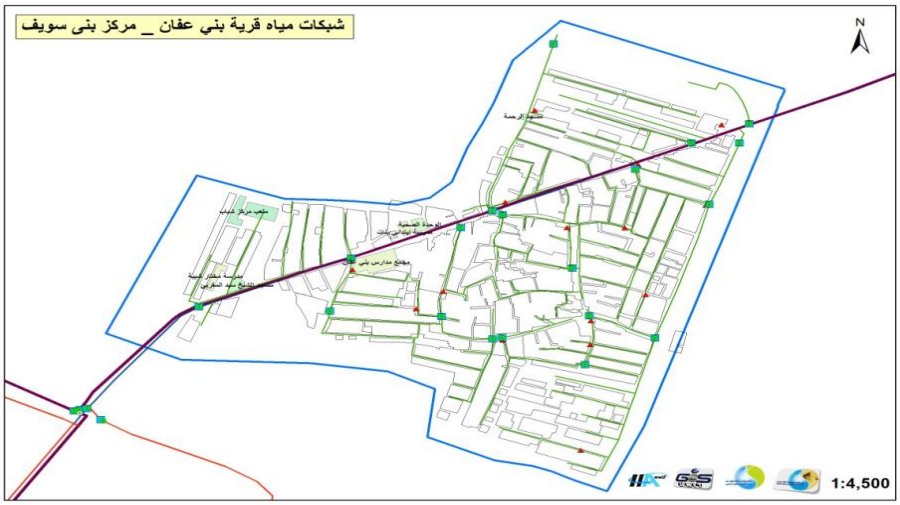
معايير اختيار وتقسيم المناطق المعزولة DMA :

يتم الأخذ في الاعتبار عند تقسيم الشبكات إلى مناطق معزولة DMA بعض المعايير على النحو التالي:

1- عدد المداخل والمخارج بكل منطقة أقل ما يمكن ويفضل قدر الإمكان أن تكون المنطقة بمدخل واحد فقط.
2- عدد الوصلات تتراوح بين ١٠٠٠ إلى ٥٠٠٠ وصلة.
3- أطوال الشبكات بالمنطقة بين ١٢ إلى ١٥ كم.

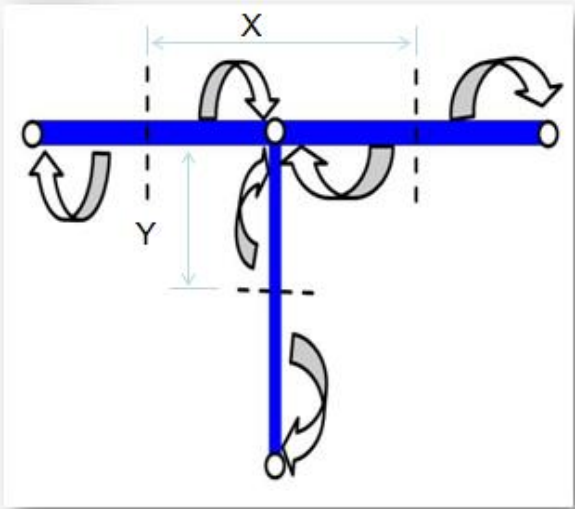
خرائط نظم المعلومات الجغرافية GIS :

يتم مراجعة وتدقيق خرائط المناطق المعزولة DMAs وذلك بمطابقتها مع أفرع الشبكات المعنية بكل منطقة على أرض الواقع .



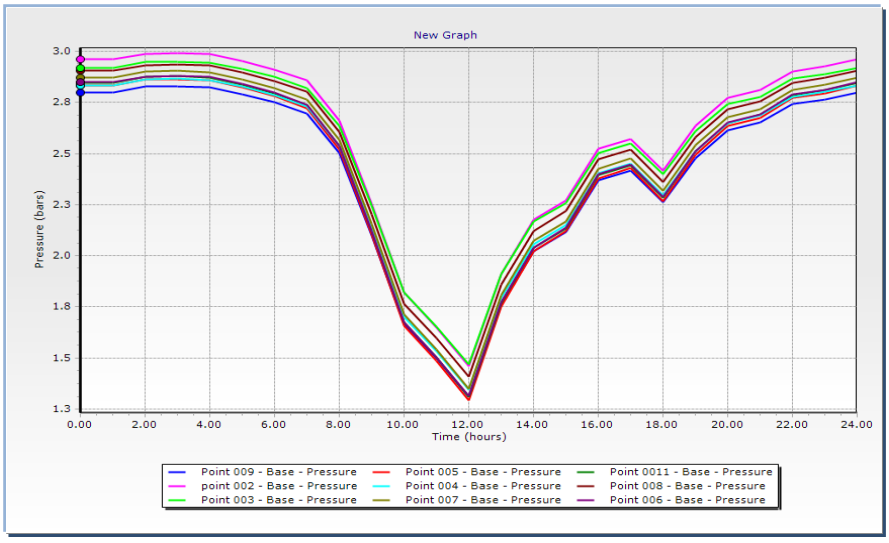
معايرة نموذج التحليل الهيدروليكي Hydraulic Analysis :

يتم تنفيذ قياسات التصرف والضغوط بالمنطقة DMA وذلك لمعايرة نموذج التحليل الهيدروليكي مع توزيع الفواقد و الإستهلاكات عليه كما هو موضح .



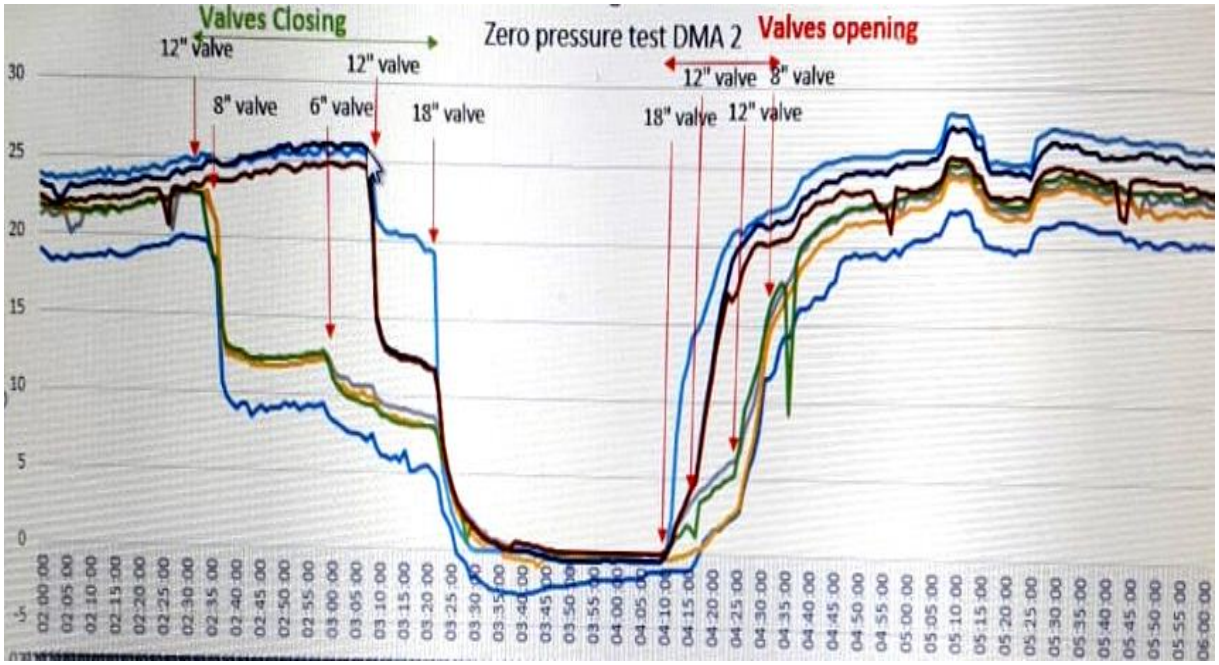
Consumption - june 2016	
Type	(m^3)
Domestic	71998
Commercial	1746
Institutional	9754
Total	83498
Network length (m)	12055
Network length MP01 (m)	11328
Network length MP03 (m)	727
No. Meters	1523
No. meters MP01	1453
No. meters MP03	71
Consumption MP01 (l/s)	30.72
Q MP01 (l/s)	50.70
Leakage (l/s)	19.98
Leakage (%)	39.40%

$$(Y + X) \times \text{Total Losses} / \text{Network Length}$$



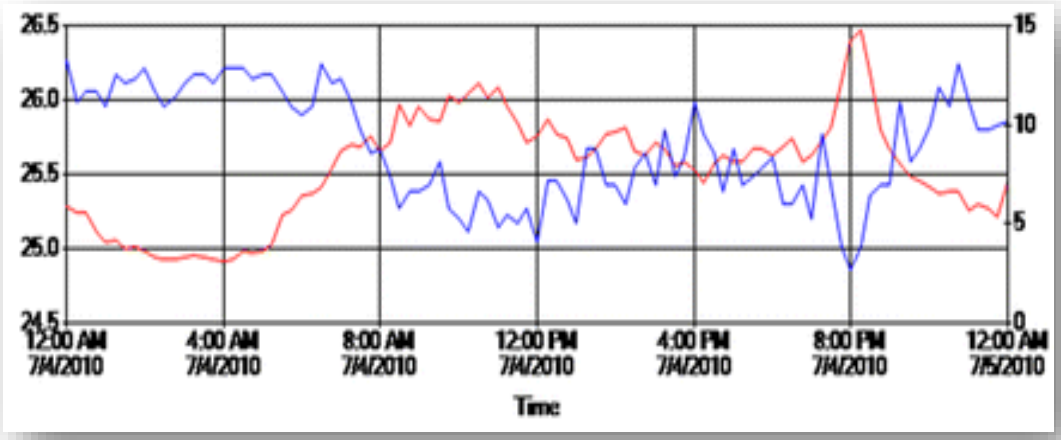
اختبار الضغط الصفري Zero Pressure Test :

يتم تنفيذ اختبار الضغط الصفري وذلك للتأكد من مداخل ومخارج المنطقة طبقاً للتقسيم الذي تم وذلك بتركيب أجهزة مسجلات ضغوط على مدخل التغذية الرئيسية للمنطقة وتوزيعاً لبعض المسجلات الأخرى بالمنطقة نفسها وتوضح الصورة التالية منحي قياس الضغوط بمنطقة DMA أثناء تنفيذ ZPT للتأكد من عزلها .



قياسات التصرف والضغوط بمنطقة الـ DMA :

يتم إنشاء غرف للقياس على مداخل ومخارج المناطق وتركيب أجهزة قياس ثابتة لمراقبة التصرف والضغوط على مدار اليوم بصور دائمة.



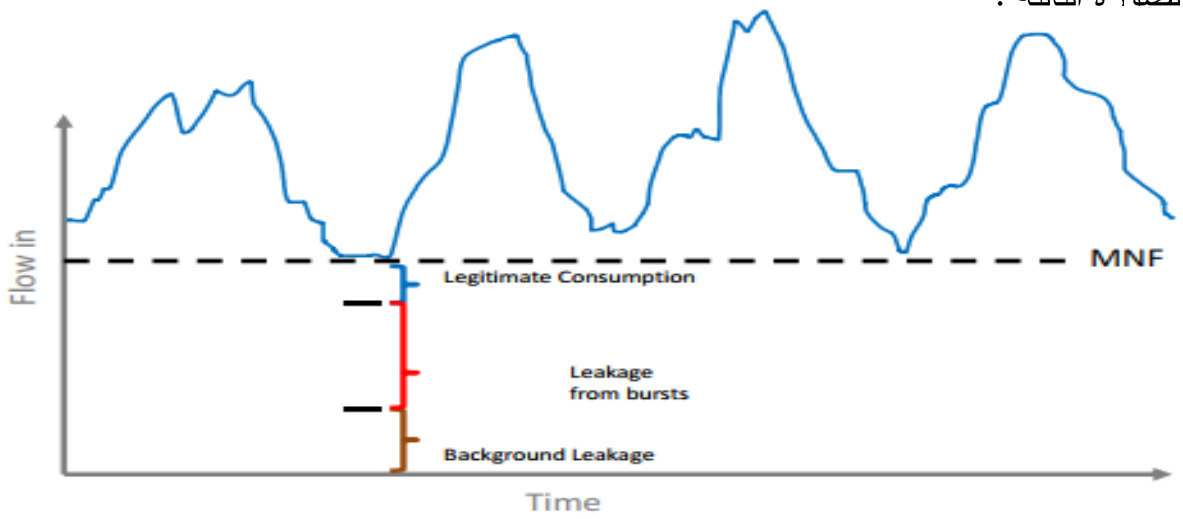
يراعي عند تركيب أجهزة قياس الضغوط بالمنطقة المعزولة أن يتم قياس ثلاث نقاط على الأقل بكل منطقة (نقطة المدخل الرئيسي – نقطة أقل ضغط بالمنطقة أو ما يعرف بالنقطة الحرجة CP – نقطة متوسطة AZP).

حسابات الفاقد الفيزيائي :

من خلال نتائج أعمال القياسات التي تمت يتم الحصول على منحنيات التصرف والضغط والذي من خلالها يتم عمل حسابات الفاقد على النحو التالي :

أولاً: قياس أدنى تصرف ليلي Minimum Night Flow MNF :

من خلال الحصول على قيمة أدنى تصرف ليلي يمكن حساب قيمة الفاقد الفيزيائي بدقة وذلك بأن قيمة أدنى تصرف ليلي هي عبارة عن الاستهلاك الليلي و التسرب (الفاقد الفيزيائي) كما هو مبين بالصورة التالية :



لذا فإنه يمكن حساب قيمة الفاقد الفيزيائي من خلال المعادلة الأتية :

$$Q_{Leakage}\ (Volume/Time) = Q_{MNF} - Q_{LNF}$$

تعتمد قيمة الاستهلاك الليلي والمتمثلة في Q_{LNF} إذا كان نوع النشاط منزلي فيتم حساب استهلاك المشترك الواحد من ١,٥ لتر/ساعة.

ونظراً بأن قيمة التسرب على مدار اليوم يعتمد بصور أساسية على الضغط كما هو مبين في المنحنى التالي فإنه يتم حساب الفاقد الفيزيائي على مدار اليوم من خلال المعادلة التالية :

$$Q_{Leakage}\ (Volume/Day) = Q_{Leakage}\ (Volume/Time) \times HDF \times 24$$

ويعرف HDF بـــ Hour Daily Factor ويتم حسابه من خلال خارج قسمة متوسط الضغط على مدار اليوم على قيمة الضغط عن أقل تصرف ليلي كما هو موضح بالمعادلة التالية :

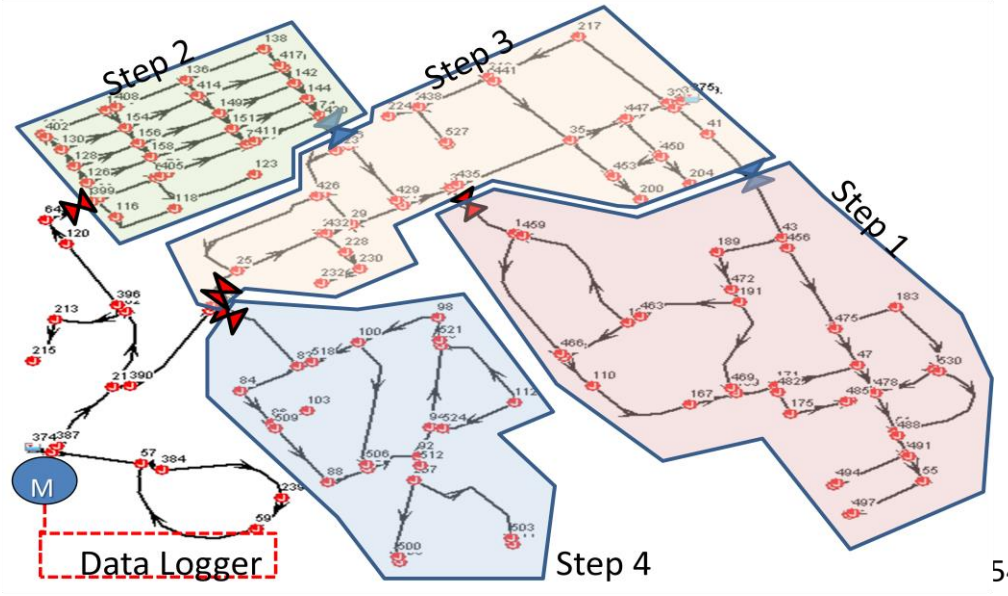
$$HDF = P_{avg} / P_{MNF}$$

مما سبق قد تم حساب قيمة الفاقد الفيزيائي على مدار اليوم كقيمة فعلية من إجمالي كمية المياه المغذية للمنطقة .

ومن ثم يتم تقييم وضع المنطقة من خلال البدء في تنفيذ أعمال الكشف عن التسرب باستخدام الأجهزة المتوفرة وذلك للوقوف على التسربات الفعلية عن طريق أعمال المسح الميداني للوصلات المنزلية والخطوط الفرعية والرئيسية بشبكة المياه داخل كل منطقة معزولة DMA .

يعتبر المسح الميداني لشبكات المنطقة المعزولة الطريقة المثلي لتحديد التسربات على الوصلات والخطوط ومن هنا يمكن إتباع بعض الأساليب الدراسية التي تستخدم لتحديد أجزاء بالشبكة تشتمل على كمية مياه مفقودة كبيرة أي وجود تسربات أكثر من أجزاء أخري وهو ما يعرف بالاختبار المرحلي Step Test .

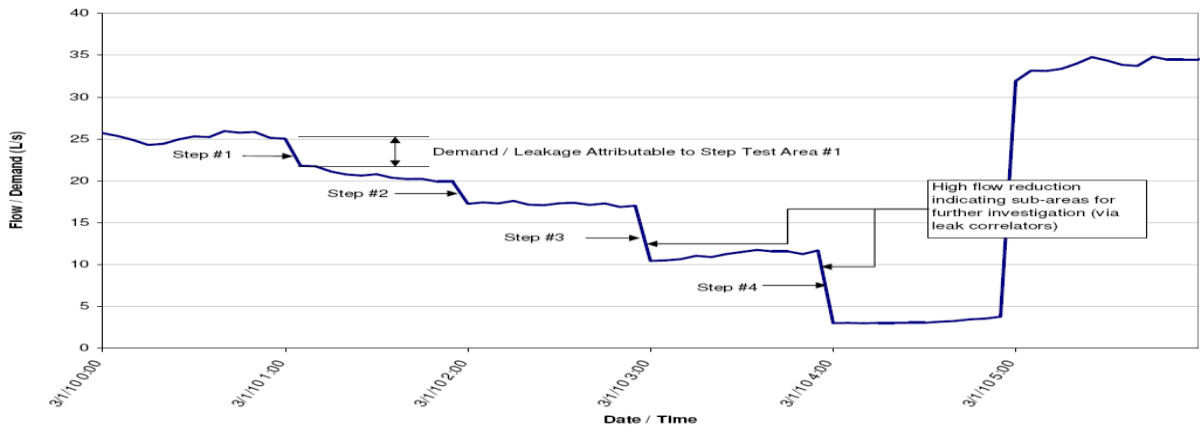
الإختبار المرحلي Step Test :

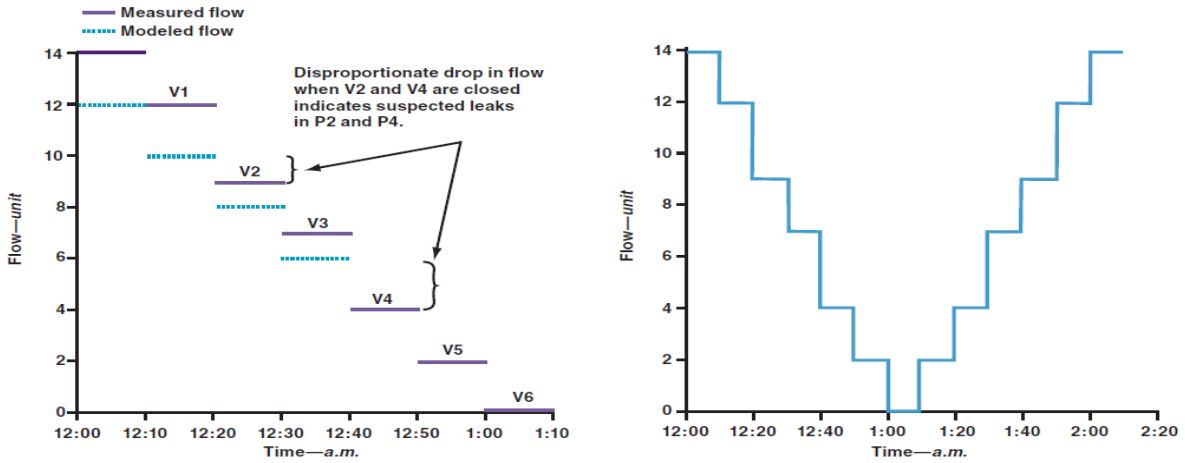


Close During Test Close Prior to Test

كما هو مبين بالشكل السابق فإن آلية تنفيذ الإختبار المرحلي تعتم على تقسيم الشبكة الداخلية للمنطقة المعزولة DMA إلى أجزاء منفصلة يطلق على كل جزء Step حيث يتم فصل كل Step عن الأخرى بمحابس عزل و محابس تحكم مع وجود أجهزة ضغوط موزعة بكل Step منهم بالإضافة إلى أجهزة قياس التصرف و الضغط على الخط الرئيسي المغذي للمنطقة.

يتم ترتيب غلق الـــ Steps بالترتيب وتسجيل قيمة التصرف والضغوط خلال الفترة الزمنية لتنفيذ الإختبار المرحلي كاملاً.





الشكل السابق يوضح النتائج المسجلة خلال تنفيذ الإختبار المرحلي حيث تبين أن كل step قيمة الاستهلاك خلالها ومن ثم يتم مقارنة تلك القيم مع كل قيمة من قيم الاستهلاك المحسوبة طبقاً لعدد المشتركين والسكان بكل Step والتي يتم وجود فرق كبير بينهما يتم البدء بها بالمسح الميداني لوجود أعلى عدد من التسربات بها عن باقي الـــ Steps.

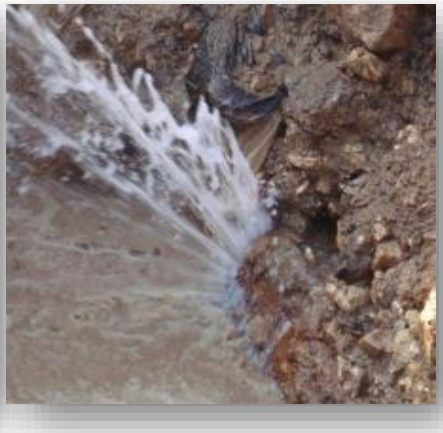
بعد الانتهاء من تنفيذ أعمال المسح الميداني والكشف عن التسرب على الوصلات و الخطوط الفرعية والرئيسية يتم البدء في إصلاح التسربات المكتشفة و إنهائها.

يتم مراجعة قيمة أقل تصرف ليلي للمرة الثانية وحساب قيمة الفاقد الفيزيائي ومقارنتها مع القيمة التي تم حسابها قبل أعمال الكشف عن التسرب و إصلاح التسربات المختلفة.

مما سبق تبين أنه قد تم حساب القيمة الفعلية للفاقد الفيزيائي قبل وبعد اكتشاف وإصلاح التسربات المكتشفة.

ثانياً: أعمال الكشف عنه التسرب:

يتم تنفذ أعمال تقليل الفاقد الفيزيائي عن طريق المسح الميداني لشبكات المياه من خلال إستخدام أجهزة الكشف عن التسرب على الوصلات المنزلية والخطوط الفرعية والرئيسية وذلك لكشف التسربات إن وجدت وإصلاحها كما هو مبين بالصور التالية :

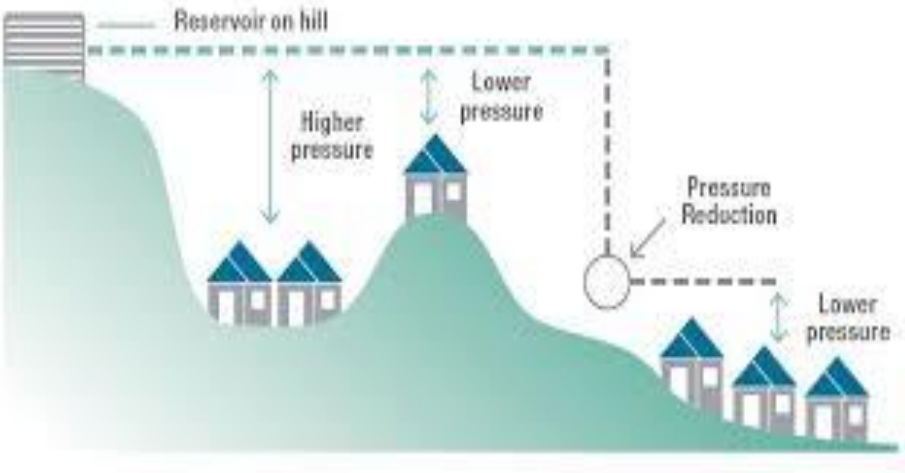


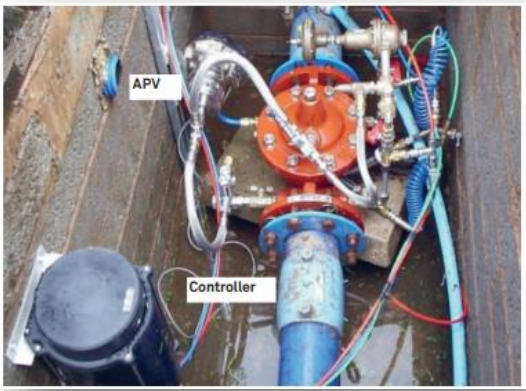
إدارة الضغوط Pressure Management :

نظراً لوجود علاقة طردية بين الضغط والتسرب أي أن زيادة الضغط يمثل زيادة قيمة المياه المتسربة والعكس يقللها فإن إدارة الضغوط هو الأسلوب المباشر والأقصر لتقليل المياه المتسربة بنسبة تصل إلى ٢٥ % من خلال استخدام محابس تقليل الضغوط .

تقليل الضغوط : تقليل التسرب = ١:١

٢٠ % تقليل الضغوط = ٢٠ % تقليل التسرب





مؤشرات الأداء Performance Indicator:

طبقاً للمعايير المتبعة عالمياً فإن مؤشرات الأداء هي المعيار المستخدم لتصنيف منطقة الـــ DMA .

يوجد ثلاث مؤشرات أداء مستخدمة وهم كما يلي :

1- UFW Unaccounted of Water Volume/Percentage

وهي نسبة مئوية يتم حسابها من خارج طرح الاستهلاك المقنن من كمية المياه المغذية مقسوماً على كمية المياه المغذية كما هو مبين بالمعادلة التالية :

$$\%UFW = \%(SIV - Authorized\ consumption)/\ SIV$$

المميزات :

- سهولة حساب قيمته.
- سهولة تجميع البيانات المطلوبة لحسابه.
- سهولة المراقبة الدورية لتلك القيمة.

العيوب :

- يصبح خطأ إذا كان عدم الدقة في تقدير كمياه المياه المستهلكة التي لم يتم قياسها.
- لا يمكن المقارنة في بعض المناطق.

2- NRW Non Revenue Water Volume/Percentage

وهي نسبة مئوية يتم حسابها من خارج طرح الاستهلاك المفوتر من كمية المياه المغذية مقسوماً على كمية المياه المغذية.

$$\%NRW = \%(SIV- Billed\ consumption)\ /SIV$$

3- ILI Infrastructure Leakage Index Non Unit

يعتبر ILI من أفضل مؤشرات الأداء التي يمكن الاعتماد عليها لتصنيف الفواقد بالمناطق المعزولة DMA ويتم حسابه طبقاً لما يلي :

$$= \frac{CARL\ (Current\ annual\ real\ loss)}{UARL(Unavoidable\ Annual\ Real\ Losses)}$$

يقصد بالـــ CARL قيمة الفاقد الحقيقي السنوي الحالي و الـــ UARL قيمة الفاقد الذي لا يمكن تفاديه ويتم حسابه طبقاً للمعادلة التالية :

$$UARL = [18Lm + 0.8Nc + 25Lp]P \quad (liter/day)$$

Nc = number of connections

Lp = length of private pipe from property line to meter (Km)

P = average pressure (m)

والجدول التالي يوضح التصنيفات التي يتم تصنيف المناطق طبقاً لها :

Simplified Physical Loss Target Matrix

Technical Performance Category		ILI	Litres / Connection / day (when the system is pressurised) at an average pressure of :-				
			10 m	20 m	30 m	40 m	50 m
Developed Countries	A	1 – 2		< 50	< 75	< 100	< 125
	B	2 – 4		50 – 100	75 – 150	100 – 200	125 – 250
	C	4 – 8		100 - 200	150 – 300	200 – 400	250 – 500
	D	> 8		> 200	> 300	> 400	> 500
Developing Countries	A	1 – 4	< 50	< 100	< 150	< 200	< 250
	B	4 – 8	50 – 100	100 – 200	150 – 300	200 – 400	250 – 500
	C	8 – 16	100 - 200	200 - 400	300 – 600	400 – 800	500 – 1000
	D	> 16	> 200	> 400	> 600	> 800	> 1000

حسابات الفاقد التجاري :

يتم حساب قيمة الفاقد التجاري من طرح قيمة الفاقـــــد الفيزيـــائي من كميـــة الميـــاه الغيـــر محاســـب عليها.

ويمكن تصنيف أقسام الفاقد التجاري إلى :

- عدم دقة العدادات.
- وجود وصلات خلسة.
- وصلات بدون عدادات.
- خطأ في القراءات.
- خطأ في الحسابات.
- خطأ في البيانات.

حيث يتم تنفيذ أعمال تقليل الفاقد التجاري من خلال تقنين أوضاع الوصلات الخلسة المكتشفة ومعايرة العدادات وتقليل نسبة الخطأ بها واستبدال العدادات التالفة و ذلك تصحيح بيانات القراء الموجودة بقاعدة البيانات وفيما يلي صور توضح أعمال حصر قراءات العدادات على الطبيعة ومعايرة العدادات و كذلك استبدال العدادات التالفة :

5. عدم دقة العدادات (Meter Errors) :

انخفاض دقة العدادات ذات الأجزاء المتحركة بسبب وجود رواسب ورمال في المياه بالإضافة إلى التركيب غير السليم للعداد (مقلوب) أو مركب رأسياً أو المسافات قبله وبعده غير مطابقة للمواصفات أو هذه الأسباب حيث يجب مراعاة الآتي

عند التركيب :

- يكون العداد في الوضع الأفقي وليس رأسياً.
- وضع حامل تحت العداد إذا كان ثقيل الوزن.
- تركيب مصفاة لتجنب دخول رواسب في أجزاء العداد على أن يتم تنظيفها بصفة دورية.

6. الوصلات الغير قانونية (الخلسة) (Illegal Connections) :

يتم أثناء المسح الميداني للشبكات اكتشاف الوصلات الخلسة و اتخاذ الإجراءات القانونية حيال تقنيين أوضاعها حيث يتم تحديث قاعدة بيانات المشتركين.

7. خطأ في البيانات والحسابات والقراءات :
(Readings, Accounting, Data Errors)

يحدث أحياناً تواجد بعض المشتركين غير المدرجين في نظام الفواتير يتم الكشف عنهم بواسطة القارئ حيث يتم ملاحظة ذلك أثناء أعمال التحصيل ، ولذلك يجب مراعاة إدراج هذه الحالات أثناء المراجعة من خلال أرض الواقع.

وفى بعض الأحيان يحدث أن تكون القراءة نفسها غير منطقية أي يمكن أن تكون بالزيادة أو بالنقصان وجميع هذه الحالات يمكن تداركها بسهولة ويسر في حالة أن يكون القارئ متنبهاً لدوره أثناء أخذ القراءات وللتغلب على مشكلة الخطأ في القراءات وتقليل نسبة الفاقد التجاري فإنه يمكن استخدام الوحدات المحمولة لتسجيل القراءات Hand-Held Units ، مع ضرورة تعيين مشرف

قراء لكل مجموعة من القراء يكون مسئولاً عن التحقق من القراءات والبيانات التي يقوم بتسجيلها القارئ عن طريق المرور على نسبة معينة من المشتركين المخصصين لكل قارئ.

حسابات التكلفة :

بدءاً من تنفيذ أعمال تقليل كمية المياه الغير محاسب عليها من خلال عزل وتقسيم المناطق المعزول DMA يتم حساب التكلفة المدفوعة في تلك الأعمال كل بند على حدي بدءاً من أعمال الخرائط وعزل المناطق وإنتهاءاً بإصلاح التسربات المكتشفة واستبدال العدادات التالفة.

م	البنـــــد	التكلفة الفعلية بالجنيه المصري
1	تكلفة أعمال خرائط الـ GIS	
2	تكلفة أعمال العزل وصيانة المحابس	
3	تكلفة أعمال تركيب أجهزة القياس	
4	تكلفة أعمال الكشف عن التسرب	
5	تكلفة أعمال إصلاح التسربات المكتشفة	
6	تكلفة تركيب عدادات لحساب إستهلاك الوصلات التي تتعامل بنظام الممارسة	
7	تكلفة حصر حالة و معايرة العدادات والوصلات الخلسة	
	الإجمالـــــــــي	

الخلاصة :

وبناءاً على ما سبق فإنه بالانتهاء من تنفيذ ما سبق بكل منطقة معزولة DMA فإنه يتم تحديد كمية الفاقد الكلي قبل و بعد تنفيذ الأعمال خلال مدة زمنية محددة و بتكلفة عينية معروفة.

- **تم إعداد هذا الإصدار بمشاركة السادة :-**

المهندس / السيد اشرف البلتاجي	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
المهندس / محمد سعد الدين المتولي	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
المهندس / وليد سعيد إسماعيل	شركة مياه الشرب بالقاهرة الكبرى