جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

راهنمای نشت یابی و جلوگیری از تلفات آب در تأسیسات آبرسانی شهری

نشریه شماره ۲۴۱

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
معاونت امور فنی
دفتر امور فنی و تدوین معیارها

وزارت نیرو
سازمان مدیریت منابع آب ایران
دفتر استاندارد مهندسی آب

جمهوری اسلامی ایران

راهنمای نشت یابی و جلوگیری از تلفات آب در تأسیسات آبرسانی شهری

نشریه شماره ۲۴۱

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
معاونت امور فنی
دفتر امور فنی و تدوین معیارها

وزارت نیرو
سازمان مدیریت منابع آب ایران
دفتر استاندارد مهندسی آب

انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۸۰/۰۰/۹۱

۱۳۸۰

فهرستبرگه

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. دفتر امور فنی و تدوین معیارها
راهنمای نشست‌یابی و جلوگیری از تلفات آب در تأسیسات آبرسانی شهری/ معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها؛ وزارت نیرو، سازمان مدیریت منابع آب ایران، دفتر استاندارد مهندسی آب.- تهران: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی ، مرکز مدارک علمی و انتشارات، ۱۳۸۰.
۸۴ ص.:مصور.- (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. دفتر امور فنی و تدوین معیارها؛ نشریه شماره ۲۴۱)(انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور؛۸۰/۰۰/۹۱)
ISBN 964-425-317-5
مربوط به دستورالعمل شماره ۱۰۵/۱۱۸۸۷-۵۴/۴۵۳۹ مورخ ۱۳۸۰/۸/۱۳
کتابنامه:ص.۸۴

۱.نشت. ۲. آب بخشی. ۳. شهرها و شهرستانها - تأمین آب. ۴. تأسیسات - استانداردها. الف.سازمان مدیریت منابع آب ایران، دفتر استاندارد مهندسی آب. ب. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. مرکز مدارک علمی و انتشارات. ج. عنوان. د. فروست.

TA ۳۶۸/س۲۴ ۲۴۱.ش ۱۳۸۰

شابک ۵-۳۱۷-۴۲۵-۹۶۴ ISBN 964-425-317-5

راهنمای نشت یابی و جلوگیری از تفات آب در تأسیسات آبرسانی شهری
تهیه کننده:دفتر امور فنی و تدوین معیارها

ناشر: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. معاونت امور پشتیبانی. مرکز مدارک علمی و انتشارات
چاپ اول: ۱۰۰۰ نسخه، ۱۳۸۰
قیمت: ۷۰۰۰ ریال
لیتوگرافی: قاسملو
چاپ و صحافی: موسسه زحل چاپ
همه حقوق برای ناشر محفوظ است.

بسمه تعالی

ریاست جمهوری

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

دفتر رئیس سازمان

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مشاوران و پیمانکاران	**شماره:** ۱۰۵/۱۱۸۸۷-۵۴/۴۵۳۹
	تاریخ: ۱۳۸۰/۸/۱۳

موضوع: راهنمای نشت‌یابی و جلوگیری از تلفات آب در تأسیسات آبرسانی شهری

به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی موضوع ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چهارچوب نظام فنی و اجرایی طرحهای عمرانی کشور (مصوبه شماره ۲۴۵۲۵/ت ۱۴۸۹۸هـ مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت وزیران) به پیوست، نشریه شماره ۲۴۱ دفتر امور فنی و تدوین معیارهای این سازمان با عنوان "راهنمای نشت‌یابی و جلوگیری از تلفات آب در تأسیسات آبرسانی شهری" از نوع گروه سوم، ابلاغ می‌گردد.

دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده نمایند و در صورتی که روشها، دستورالعمل‌ها و راهنماهای بهتر در اختیار داشته باشند، رعایت مفاد این نشریه الزامی نیست.

عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها، روش‌ها یا راهنماهای جایگزین را برای دفتر امور فنی و تدوین معیارهای این سازمان، ارسال دارند.

محمد ستاری‌فر

معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان

بسمه تعالی

پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل تهیه (مطالعات امکان سنجی) مطالعه و طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرحهای عمرانی بلحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرحها، کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری از اهمیتی ویژه برخوردار می‌باشد.

نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت محترم وزیران) بکارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام‌شده طرحها را مورد تأکید جدی قرار داده است.

با توجه به مراتب یاد شده و شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، امور آب وزارت نیرو (طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور) با همکاری معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (دفتر امور فنی و تدوین معیارها) براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه اقدام به تهیه استانداردهای مهندسی آب نموده است.

استانداردهای مهندسی آب با در نظر داشتن موارد زیر تهیه و تدوین شده است:

- استفاده از تخصصها و تجربه‌های کارشناسان و صاحبنظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
- استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی
- بهره‌گیری از تجارب دستگاههای اجرایی، سازمانها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
- پرهیز از دوباره‌کاریها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
- توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات تهیه‌کننده استاندارد

ضمن تشکر از کارشناسان محترم برای بررسی و اظهار نظر در مورد این استاندارد، امید است مجریان و دست‌اندرکاران بخش آب، با بکارگیری استانداردهای یاد شده، برای پیشرفت و خودکفایی این بخش از فعالیتهای کشور تلاش نموده و صاحبنظران و متخصصان نیز با اظهار نظرهای سازنده در تکامل این استانداردها مشارکت کنند.

معاون امور فنی

پاییز ۱۳۸۰

ترکیب اعضای کمیته

اعضای کمیته فنی تهیه ضوابط و دستورالعملهای صرفه‌جویی در مصرف آب شهری به شرح زیر است:

آقای رسول امامیان	**شرکت متراب**	**فوق‌لیسانس راه و ساختمان**
آقای حسین شفیعی‌فر	**طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور**	**لیسانس راه و ساختمان**
خانم کیاندخت کباری	**طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور**	**لیسانس راه و ساختمان**
آقای سیدحسین متولیان	**مدیریت امور عمران شهری و مسکن**	**فوق‌لیسانس شهرسازی**
آقای سیدعلی محمودیان	**شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور**	**فوق‌لیسانس مهندسی آب**

ضمناً این راهنما توسط آقای سید علی محمودیان تهیه و در کمیته مورد بررسی و تأیید قرار گرفته است.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
۱- تلفات آب	۳
۲- علل تلفات آب در تاسیسات آبرسانی	۴
۳- ارزیابی مقدار تلفات	۵
۴- اتلاف آب در اجزاء مختلف سیستم‌های آبرسانی	۸
۵- عوامل موثر در تلفات آب در شبکه‌های توزیع	۱۲
۶- کارهای مقدماتی در امر کنترل تلفات	۱۶
۷- اثرات اقتصادی اتلاف آب	۱۸
۸- روشهای جلوگیری از تلفات	۱۹
۹- رخداد نشت و روشهای نشت‌یابی	۲۲
۱۰- انتخاب روش بهینه	۳۹
۱۱- کارکنان، تجهیزات، مواد و نوشت‌افزار	۴۲
۱۲- ابزار و دستگاههای نشت‌یابی	۴۸
۱۳- آلودگی به سبب نشت	۶۴
۱۴- نشت بر اثر خوردگی	۶۶
۱۵- مشکلات و محدودیتها در کار نشت‌یابی و راه‌حلهای عملی و چاره ساز	۷۰
۱۶- آموزش	۷۶
۱۷- اقتصاد کنترل تلفات و سایر مزایا	۷۸
۱۸- تشکیلات واحد نشت‌یابی	۸۲

مقدمه

تأمین آب سالم و قابل شرب برای جامعه از وظایف و مسئولیتهای سازمانهای آب است. همچنین بسیار مهم است که تأسیسات آبرسانی به گونه‌ای نگهداری شود که نیازمندیهای آب جامعه با حداقل هزینه تأمین شود. برای تحقق این هدف یک برنامه نگهداری که خوب طرح‌ریزی شده باشد بایستی تهیه شود و به‌طور منظم و مداوم به مورد اجرا گذاشته شود.

این یک واقعیت است که تمام آب تولیدی در یک سیستم آبرسانی نمی‌تواند مورد بهره‌برداری قرار گیرد و همیشه یک مقدار تلفات در سیستم رخ می‌دهد که تحمل آن اجتناب‌ناپذیر است. لیکن بایستی شرکتهای آب و فاضلاب نهایت سعی خود را برای کنترل و تقلیل این نوع تلفات به‌عمل آورند. نقاط نشت و اتلاف آب را پیدا کرده و اقدامات سریع و مؤثری را برای تعمیر آنها معمول دارند.

اتلاف آب از طریق نشت یا تبخیر در مخازن پشت سدها کاملاً قابل حذف نیست. اما می‌تواند با اقدامات کنترلی به میزان قابل قبولی کاهش داده شود.

نشت آب در هرکجای یک سیستم آبرسانی می‌تواند رخ دهد. نظیر تأسیسات آبگیر، سیستم انتقال، تصفیه‌خانه، مخازن ذخیره و شبکه توزیع. در این میان شبکه توزیع معمولاً بیشترین سهم را در تلفات آب دارد، به‌طوریکه در شهرهایی که اقدامات پیشگیری ضعیف بوده است اتلاف ۴۰ تا ۵۰ درصد از آب تولیدی در شبکه توزیع مشاهده شده است. حتی در بهترین شرایط تلفاتی در حد ۱۰ تا ۱۵ درصد الزاماً بایستی تحمل شود. و برای نگهداری میزان تلفات در حد اقتصادی انجام اقدامات پیشگیرانه الزامی است.

اتلاف آب از سیستم توزیع نه فقط موجب خسارت عمده به درآمدهای شرکت آب و فاضلاب می‌شود. بلکه اثرات زیان‌آور دیگری نیز برای سیستم دارد. به‌طور مثال نقاط نشت می‌توانند منافذی برای ورود آلودگی به سیستم باشند که در نتیجه موجب ایجاد بو و طعم نامطلوب آب می‌شود و سلامت شهروندان را تهدید می‌کند. مردم آب کمتر و با فشار کم دریافت می‌کنند و از این بابت تدریجاً ناراضی می‌شوند و رابطه جامعه و شرکت آب و فاضلاب سرد و تاریک می‌شود.

با رشد جمعیت و مهاجرت بی‌وقفه روستائیان به شهرها، سیستم آبرسانی مستمراً بایستی توسعه داده شود. و این به مفهوم اختصاص منابع جدید آب که اغلب در فواصل نسبتاً دور قرار دارند، انتقال آب، تصفیه و توزیع آن است که مستلزم صرف هزینه زیاد و بالمال افزایش قیمت آب است.

در یک چنین شرایطی اقتصادی‌ترین راه‌حلها، بهینه‌ترین استفاده از منابع موجود آب است که به دو شیوه زیر عملی است:

۱- استفاده مجدد از آب و گردش دوباره آن نظیر استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای مقاصدی غیر از شرب نظیر استفاده در صنایع، شستشوی توالت و آبیاری فضای سبز

۲- جلوگیری از تلفات آب در سیستم آبرسانی و تلاش برای کشف نشت و تعمیر آن با یک برنامه منظم

چنانچه هریک از راه‌حلهای فوق چه به تنهایی و چه توأماً به‌کار گرفته شود، اغلب شهرها را قادر می‌سازد اجرای پروژه‌های جدید و پرهزینه آبرسانی را تا سالها به تأخیر بیندازند و کمک می‌کند تا قیمت فروش آب را پایین نگهدارند.

به‌لحاظ مسائل فوق‌الذکر کشف تلفات و جلوگیری از بروز تلفات در سیستمهای آبرسانی شهری در سالهای اخیر از اهمیت والایی برخوردار شده و امید است دستورالعمل حاضر شرکتهای آب و فاضلاب را در انجام این کار به شیوه‌های علمی و سیستمی یاری کند.

قابل ذکر است در این دستورالعمل تأکید بر شناخت و جلوگیری از تلفات فیزیکی آب بوده و پرداختن به تلفات غیرفیزیکی که جزء دیگری از آب به‌حساب نیامده محسوب می‌شود، در این نشریه موردنظر نبوده است.

۱- تلفات آب

۱-۱ تعریف

منظور از تلفات [1] آن قسمت ازکل تولید آب است که مورد استفاده مفید مصرف‌کنندگان قرار نمی‌گیرد، در بهره‌برداری ازتأسیسات آبرسانی به‌کار نمی‌رود و یا به‌طور نامعقول و افراط آمیزی مورد مصرف واقع می‌شود.

۱-۲ انواع تلفات

نشت یا تلفات آب در تأسیسات آبرسانی به انواع زیر تقسیم می‌شوند:

۱-۲-۱ نشت‌های بزرگ [2]

نشت‌های بزرگ اغلب در تأسیسات آبرسانی بوقوع می‌پیوندند، این قبیل نشت‌ها معمولاً بعلت شکستگی عمده در خطوط اصلی پدیدار می‌شوند. این نوع نشت‌ها معمولاً همراه افت فشار در سیستم آبرسانی و به‌صورت خروج آب از سطح زمین و در مواردی فرسایش خاک و نشست زمین آشکار می‌شوند. نشت‌هایی از این نوع را خیلی زود تعمیر می‌کنند زیرا سیستم آبرسانی بایستی همواره دایر باشد. اگر چه تعداد این قبیل نشت‌ها زیاد است، لکن مقدار آبی که معمولاً بر اثر این نوع نشت‌ها تلف می‌شود به نسبت کم است.

۱-۲-۲ نشت‌های کوچک [3]

مهمتراز نشت‌های بزرگ نشت‌های کوچکی هستند که ممکن است سالها و یا هرگز شناسائی نشده و باعث تلفات تجمعی آب شوند. نشت‌های کوچک به عللی مانند سوراخ شدن لوله‌ها در اثر خوردگی ، اتصالات غلط، مصالح نامرغوب ، اجرای بد، بستر ناسالم لوله ، شیرهائی که نصب شده‌اند، انشعابات پوسیده و یا شیرهای آتش‌نشانی معیوب ایجاد می‌شوند. علل اغلب نشت‌ها صدمات اتفاقی است که در مواقع ساختمان سازی‌ها و جاده سازیها و یاکندن ترانشه برای احداث سایر تأسیسات شهری به تأسیسات آبرسانی وارد می‌شود.
شناسائی نشت‌های کوچک نیاز به یک برنامه سیستماتیک بلند مدت ، با استفاده از ابزار اندازه‌گیری جریان آب، وسایل شنود و تکنیکهای خاص داردکه در مباحث بعدی تشریح می‌شود.

1- Waste
2- Large leaks
3- Small leaks

۱-۲-۳ انشعابات غیر مجاز[1]

گرفتن یک انشعاب غیر قانونی از شبکه توزیع، گرفتن یک انشعاب از انشعاب قانونی مشتری دیگر، گرفتن انشعاب از لوله اصلی زیرزمینی و یا نصب یک لوله و شلنگ به شیرهای عمومی نمونه‌هائی از انشعابات غیرمجاز هستند. در تمامی حالات فوق، آب برای مصرف کنندگانی تأمین می‌شود که مخارج را نپرداخته و در نتیجه خود را موظف به رعایت صرفه‌جویی و جلوگیری از اتلاف آب نمی‌دانند.

۲- علل تلفات آب در تأسیسات آبرسانی

تلفات آب در تأسیسات آبرسانی ممکنست به‌علل زیر رخ دهد :

۲-۱ نشت از مخازن، خطوط اصلی انتقال آب و سایر تأسیسات آبرسانی و همچنین انشعابات و متعلقات از طریق:

۲-۱-۱ منافذ به‌وجود آمده براثر کاربرد مصالح نامرغوب ، اجرای بد و غلط و خوردگی یا فرسودگی

۲-۱-۲ شکستگی‌ها در خطوط و ساختمانهای آبی (مخازن، واحدهای تصفیه و غیره) به‌خاطر نشست زمین، تورم خاک (به‌ویژه رس)، ارتعاش ، ضربه قوچ ، تغییرات درجه حرارت (به‌ویژه یخبندان) و ترافیک سنگین در روی خطوط اصلی در جاده‌ها.

۲-۱-۳ اتصالات ناقص

۲-۱-۴ واشرهای ناقص و نامناسب ، تمام بست هاو واشرهای نامناسب می‌توانند باعث اتلاف قابل توجه آب شوند.

۲-۲ طراحی غلط : نظیر درکنارهم قراردادن لوله آب سرد و گرم در طول زیاد یا مواد و مصالح بد و رنگ دهنده به آب در لوله‌ها. در چنین شرایطی ممکنست مصرف‌کننده مقادیر قابل توجهی از آب را بهدر دهد تا آب خارج شده از شیر به‌قدر کافی گرم، سرد و یا صاف شود.

۲-۳ کوتاهی در بستن شیر فلکه‌ها پس از هربار برداشت آب، چه به‌طور تصادفی از روی بی‌توجهی و چه به‌طورعمد

۲-۴ اصراف در مصرف آب (برداشت بیش از نیاز) خواه برای شستن ظروف یا آبیاری باغچه و یا شستشوی اتومبیل.

۲-۵ استفاده نامناسب از آب از قبیل کاربرد آب برای خنک کردن یا مصارف غیر مجاز دیگر.

در تمام موارد فوق، نشت و تلفات در تحت فشارهای زیاد بشدت افزایش می‌یابند.

1- Illegal connections

۳- ارزیابی مقدار تلفات

نشت آب در تمام تأسیسات آبرسانی و شبکه‌های توزیع آب معمولاً رخ می‌دهد. از نظر اقتصادی رسیدن به وضعیتی که در هیچ‌یک از لوله‌ها و مخازن آب هرگز نشتی وجود نداشته باشد امری غیرممکن است و اصولاً برای اتلاف آب یک حد اقتصادی وجود دارد که از طریق نشت روی می‌دهد و این مقدار از تلف شدن آب قابل تحمل است.

برای هر سیستم آبرسانی برای این‌که بتوان مقدار تلفات را برآورد کرد، اطلاعات زیر لازم است که بایستی جمع‌آوری شود :

- جریان متوسط روزانه
- متوسط فشار
- مصارف صنعتی و تجاری آب
- جریان حداقل شبانه
- جریان عبوری از یک ناحیه به ناحیه دیگر
- جمعیت یا خانوار تحت پوشش

۳-۱ ارزیابی مقدار تلفات در شرایطی که در تمام ۲۴ ساعت شبانه‌روز جریان آب برقرار باشد.

در مناطقی که جریان پیوسته آب در تمام ساعات شبانه‌روز وجود دارد، تخمین مقدار تلفات آب در شبکه توزیع در ساعاتی که مصرف به حداقل می‌رسد امکان‌پذیر است. نظر به این‌که حداقل مصرف معمولاً در ساعات نیمه‌شب رخ می‌دهد. لذا اندازه‌گیری جریان حداقل شبانه[1] بعنوان یک روش تخمین مقدار تلفات در شبکه توزیع شناخته شده است. از حاصل تقسیم اختلاف جریان حداقل شبانه و مقدار جریان قابل محاسبه (مصارف قابل اندازه‌گیری) در مدت اندازه‌گیری بر جریان متوسط روزانه، می‌توان درصد تلفات آب در ناحیه را محاسبه کرد. سطوح تلفات معمولاً به‌صورت زیر طبقه‌بندی می‌شود :

۳-۱-۱ سطح پایین تلفات : ۱۰ تا ۱۵ درصد

۳-۱-۲ سطح متوسط تلفات : ۱۵ تا ۲۵ درصد.

در این حالت اقدام برای نشت‌یابی دارای منافع قابل توجه خواهد بود.

۳-۱-۳ سطح غیرقابل قبول : بیش از ۲۵ درصد.

در چنین حالتی اقدام برای نشت یابی قطعاً لازم است، گرچه میزان تلفات وقتی بیش از ۵۰ درصد باشد اقدامات علاج‌بخشی نیز اجتناب ناپذیر است.

1- Min Night Flow`

۳-۲ مقادیر تلفات در تعدادی از کشورهای آسیایی

مقادیر ارزیابی شده تلفات آب در برخی از کشورهای در حال توسعه آسیایی من‌جمله ایران در جدول شماره (۳-۱) ارائه شده است.

جدول ۳-۱ مقادیر ارزیابی شده تلفات آب در برخی از کشورهای آسیایی

ردیف	نام شهر یا کشور	تعداد اشتراک در ناحیه مورد بررسی	آب به حساب نیامده ٪
۱	فیصل‌آباد (پاکستان)	–	۵۰
۲	حیدرآباد (پاکستان)	–	۳۰
۳	خلنا (بنگلادش)	۷۳۴۴	۴۰
۴	داکا (بنگلادش)	–	۴۵
۵	کلمبو بزرگ (سری‌لانکا)	۳۲۰۰	۳۰
۶	هادی / سونقلیا (تایلند)	–	۵۰
۷	بانکوک (تایلند)	–	۴۹
۸	مترو مانیل (فیلی‌پین)	۳۸۰۰۰۰	۵۱
۹	داگوسیتی (کره)	–	۳۶/۵۹
۱۰	هنگ کنگ	۱۰۰۰۰۰۰	۳۰
۱۱	مالزی	۱۲۳۰۰۰۰	۲۶/۵
۱۲	لاک نو	۱۴۹	۱۹
۱۳	کلکته (هندوستان)	۲۱۶	۲۵
۱۴	تهران (ایران)	۲۸۰۰۰	۴۳
۱۵	تبریز (ایران)		۳۷/۹۳
۱۶	اهواز (ایران)		۵۲/۸
۱۷	بوشهر (ایران)		۳۳

۳-۳ مقادیر تلفات در شهرهای ایران

وضعیت استحصال آب در سطح استانهای کشور و درصد تلفات آب در شبکه توزیع و حجم کل تلفات در جدول۳-۲ نشان داده شده است. این ارزیابی در سال ۱۳۷۲ توسط مهندسین مشاور جاماب انجام گرفته است.

همچنین درصد آب به‌حساب نیامده در سطح کشور در سال ۱۳۷۵ براساس بررسیهای طرح ملی تحقیق، توسعه و بهسازی شبکه‌های توزیع در جدول شماره ۳-۳ ملاحظه می‌شود.

جدول ۳-۲- وضعیت استحصال کل آب در سطح استانهای کشور، درصد پرت شبکه و حجم کل تلفات

ردیف	نام استانهای کشور	جمعیت شهر در سال ۱۳۷۰ (نفر)	استحصال آب و حجم کل تلفات شبکه (میلیون متر مکعب در سال)		
			کل استحصال آب در سال	درصد کل تلفات	حجم کل تلفات درشبکه
۱	شهرهای استان ۰۱ - تهران	۸،۸۹۶،۶۸۵	۷۵۹/۵۴	۲۴/۸	۱۸۸/۹۳۲
۲	شهرهای استان ۰۲ - مرکز	۶۲۳،۶۶۴	۴۷/۵۱۰	۳۵/۸	۱۶/۵۳
۳	شهرهای استان ۰۳ - گیلان	۹۲۶،۱۵۲	۴۷/۸۰۰	۲۷	۱۲/۹۲
۴	شهرهای استان ۰۴ - مازندران	۱،۶۵۶،۲۴۴	۱۴۶/۸۶	۳۲/۳	۴۷/۴۴۷
۵	شهرهای استان ۰۵ - آذربایجان شرقی	۲،۳۲۹،۱۱۱	۱۲۱/۱۶	۲۹/۶	۳۵/۸۸۴
۶	شهرهای استان ۰۶ - آذربایجان غربی	۱،۱۲۲،۱۴۲	۱۱۵/۷۴	۳۰/۷	۳۵/۵۵۵
۷	شهرهای استان ۰۷ - کرمانشاه	۹۶۶،۹۳۰	۸۶/۸۶	۳۱	۲۷/۰۱۴
۸	شهرهای استان ۰۸ - خوزستان	۱،۹۳۶،۸۵۵	۲۷۳/۶	۳۴/۳	۹۳/۹۳۶
۹	شهرهای استان ۰۹ - فارس	۱،۹۸۷،۰۳۸	۱۳۵/۸۷	۳۳/۵	۴۵/۴۸۶
۱۰	شهرهای استان ۱۰ - کرمان	۸۸۸،۹۲۷	۹۲/۷۹۳	۲۸/۴	۲۶/۳۸۴
۱۱	شهرهای استان ۱۱ - خراسان	۳،۱۶۰،۱۵۴	۲۲۸/۱۹	۲۷/۸	۶۳/۴۶۵
۱۲	شهرهای استان ۱۲ - اصفهان	۲،۵۱۰،۴۸۴	۱۶۹/۵۸	۲۴/۶	۴۱/۷۵
۱۳	شهرهای استان ۱۳ - سیستان و بلوچستان	۶۵۰،۳۵۰	۴۷/۴۱	۵۲/۲	۲۴/۷۵۷
۱۴	شهرهای استان ۱۴ - کردستان	۵۸۶،۹۷۳	۵۱/۹۴	۳۲/۶	۱۰/۵۲۲
۱۵	شهرهای استان ۱۵ - همدان	۷۷۳،۷۶۰	۵۶/۰۵۵	۳۲/۶	۱۸/۳۲۴
۱۶	شهرهای استان ۱۶ - چهارمحل بختیاری	۲۸۷،۴۲۲	۲۵/۳۳	۳۲	۸/۱۲۹
۱۷	شهرهای استان ۱۷ - لرستان	۷۷۶،۲۵۰	۷۴/۰۰	۳۰	۲۲/۲
۱۸	شهرهای استان ۱۸ - ایلام	۲۲۲،۱۵۳	۲۳/۸۲۲	۳۱	۷/۳۸
۱۹	شهرهای استان ۱۹ - کهکیلویه و بویراحمد	۱۵۱،۹۲۷	۱۵/۹۴	۲۶	۴/۱۳۶
۲۰	شهرهای استان ۲۰ - بوشهر	۳۸۹،۳۳۴	۲۹/۱۵۵	۲۵/۴	۷/۴۲۶
۲۱	شهرهای استان ۲۱ - زنجان	۸۳۶،۳۲۷	۶۴/۰۴۴	۲۷	۱۷/۲۷۷
۲۲	شهرهای استان ۲۲ - سمنان	۳۱۸،۷۸۳	۳۸/۶۴۶	۳۶/۳	۱۴/۰۴۳
۲۳	شهرهای استان ۲۳ - یزد	۴۹۱،۳۹۶	۳۴/۳۴	۲۳/۶	۸/۰۹۸
۲۴	شهرهای استان ۲۴ - هرمزگان	۳۸۳،۰۶۱	۵۴/۴۹۴	۲۵/۳	۱۳/۷۹
	جمع کل	۳۲،۸۷۲،۱۲۲	۲۷۴۰/۷۱۰	۲۸/۸	۷۹۱/۳۸۵

جدول ۳-۳- درصد آب به حساب نیامده در سطح کشور در سال ۱۳۷۵

شرکتهای آبفای‌کشور	آب‌به‌حساب نیامده	شرکتهای آبفای‌کشور	آب‌به‌حساب نیامده
ایلام	۴۹	خوزستان	۴۵
سیستان و بلوچستان	۴۲	کرمانشاه	۴۴
لرستان	۴۲	چهارمحال و بختیاری	۳۷
مرکزی	۲۳	فارس	۳۳
قزوین	۳۲	گیلان	۳۳
زنجان	۳۰	کردستان	۲۹
یزد	۳۱	سمنان	۳۱
هرمزگان	۳۲	مشهد	۳۲
آذربایجان شرقی	۳۲	آذربایجان غربی	۳۲
مازندران	۳۱	همدان	۲۷
کرمان	۲۹	خراسان	۲۹
بوشهر	۲۴	کاشان	۲۵
قم	۲۵	کهکیلویه و بویراحمد	۲۸

۴- اتلاف آب در اجزاء مختلف سیستم‌های آبرسانی

"تلفات" در تأسیسات آبرسانی شامل مقدار آبی است که به‌صورت نشت‌های مرئی یا نامرئی از مخازن آب پشت سدها، سدهای خاکی، تصفیه‌خانه‌های آب، خطوط اصلی انتقال آب، مخازن ذخیره و شبکه توزیع از دست می‌رود. در زیر تلفات آب در هریک از اجزاء فوق مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۴-۱ مخازن آب پشت سدها

ارزیابی واقع‌بینانه نشت آب از مخازن بزرگ آب کار مشکلی است. جز در حالتی که شکستگی‌های بزرگ زمین‌شناسی وجود داشته باشد، در بقیه حالات مقدار آبی که از این گونه مخازن به‌صورت نشت از بین می‌رود نسبت به حجم آب کم است. نشت‌هایی که از زیر دریچه‌ها و سرریزها رخ می‌دهند اغلب مرئی هستند و در هر کجا و در هر زمان که ممکن باشد توسط سازمان مربوط کنترل می‌شوند.

۴-۲ سدهای خاکی

فرار آب یا نشت آب از سدهای خاکی به طرق زیر می‌تواند رخ دهد :

۴-۲-۱ از طریق بدنه سد

در صورتی که مواد بدنه بیرونی سد با مواد تشکیل دهنده هسته با هم پوشش پیدا کنند یک مسیر مستقیم برای جریان آب از بالادست به سمت پایین‌دست در بدنه سد تشکیل می‌شود.

۴-۲-۲ فرار آب از طریق پی

اگر شکاف و یا منافذی در سنگ بستر وجود داشته باشند، آب از بالادست از طریق شکافها به طرف پائین‌دست سد نشت می‌کند.

۴-۲-۳ فرار آب از طریق لایه‌های نفوذپذیر

آب از لایه‌های خلل و فرج‌دار / نرم‌تر / یا نفوذپذیر از طرف بالادست سد به پایین‌دست و یا از جناحین سد تراوش می‌کند. مشاهده می‌شود که یک بار که آب شروع می‌کند به جریان از طریق لایه‌های نرم‌تر روئی، این جریان ادامه پیدا می‌کند و آب مسیر خودش را می‌شوید و در نتیجه حجم فرار آب افزایش پیدا می‌کند.

۴-۳ تصفیه‌خانه‌ها

در تصفیه‌خانه‌های آب اتلاف آب ممکن است به‌شکل مصرف اضافی در خلال فرآیند تصفیه رخ دهد و این نوع اتلاف می‌تواند موردبررسی قرارگرفته و با آن مقابله شود. مخازن ته‌نشینی و صافی‌ها به‌ویژه در تصفیه‌خانه‌های قدیمی ممکنست به‌مقدار زیادی نشت داشته باشند و بایستی مرتباً تعمیر شوند و از آنها به‌طور مستمر نگهداری شود تا مانع نشت در آنها بشوند.

۴-۴ خطوط اصلی

اکثر لوله‌های اصلی فاقد نشت‌های قابل ملاحظه هستند. تلفات بزرگ به علت ترکیدن لوله و غیره رابایستی بانصب آژیر مخصوص و یا فشارسنجی که در مکانهای مهم روی لوله کار گذاشته می‌شوند، آشکار کرد. در زیر به تجارب محدودی که تا به‌حال در مورد تعیین موقعیت نشت و اندازه‌گیری مقدار آن به‌دست آمده است اشاره می‌شود.

۴-۴-۱ تعیین موقعیت نشت‌ها در خطوط اصلی

تعیین موقعیت نشت‌ها در خطوط اصلی انتقال آب اغلب بخاطر کمبود نقاط شنود صدا کار مشکلی است. مرکز تحقیقات آب انگلستان[1] برای تعیین موقعیت نشت‌ها در خطوط اصلی وسیله‌ای را ابداع کرده است که متکی به روشهای صوتی نیست. روش کار عبارتست از تزریق گاز سولفور هگزافلوراید به‌داخل لوله تحت فشار برای این کار از تجهیزاتی که در شکل (۹-۷) در فصل نهم راهنما نشان داده شده است، استفاده می‌شود. گاز از محل نشت خارج شده در سوراخ‌هایی به عمق ۱۵۰ میلیمتر که با فرو کردن یک میله فلزی در زمین و در بالای مسیر لوله تعبیه می‌شوند، جمع می‌شود. این سوراخ ها به‌طور معمول به فواصل یک متری از هم ایجاد می‌شوند و جمع شدن گاز در آنها را با استفاده از یک نشت یاب دستی معین می‌سازند. با مشخص شدن وجود گاز در هریک از سوراخ‌ها موقعیت نشت تعیین می‌شود.

۴-۴-۲ اندازه‌گیری مقدار نشت در خطوط اصلی

برخی از روشهائی که می‌توانند برای تعیین مقدار تلفات آب که از طریق نشت در خطوط اصلی انتقال آب رخ می‌دهد مورد استفاده قرار بگیرند به‌شرح زیر هستند:

۴-۴-۲-۱ چنانچه تصفیه‌خانه در بالادست خط اصلی قرار دارد، مقدار آب خروجی از تصفیه‌خانه را می‌توان با مقدار آب عبوری از کنتورهایی که روی شعبات خط اصلی قرار دارند مقایسه کرد و از اختلاف آنها، مقدار تلفات آب در طول خط را محاسبه کرد.

۴-۴-۲-۲ می‌توان جریان عبوری از لوله را در نقاط مهم به‌وسیله لوله پیتو یا هر وسیله دیگری اندازه‌گیری کرده و از نتایج حاصله از اندازه‌گیری در نقاط متوالی، به هرگونه کاهش در مقدار جریان آب پی برد.

۴-۴-۲-۳ هر کجا که نشت از یک لوله اصلی مورد ظن باشد. با جدا کردن لوله تحت فشار در صورت بروز افت در فشار داخلی لوله، می‌توان از وجود نشت در لوله اطمینان حاصل کرد. در صورت نیاز به اندازه‌گیری مقدار نشت می‌توان با پمپ کردن آب به‌داخل لوله و اندازه‌گیری مقدار آب پمپ شده به وسیله یک کنتور کوچک، مقدار نشت را تعیین کرد. این عمل شبیه کاری است که در موقع آزمایش یک لوله تازه کار گذاشته شده، انجام می‌شود.

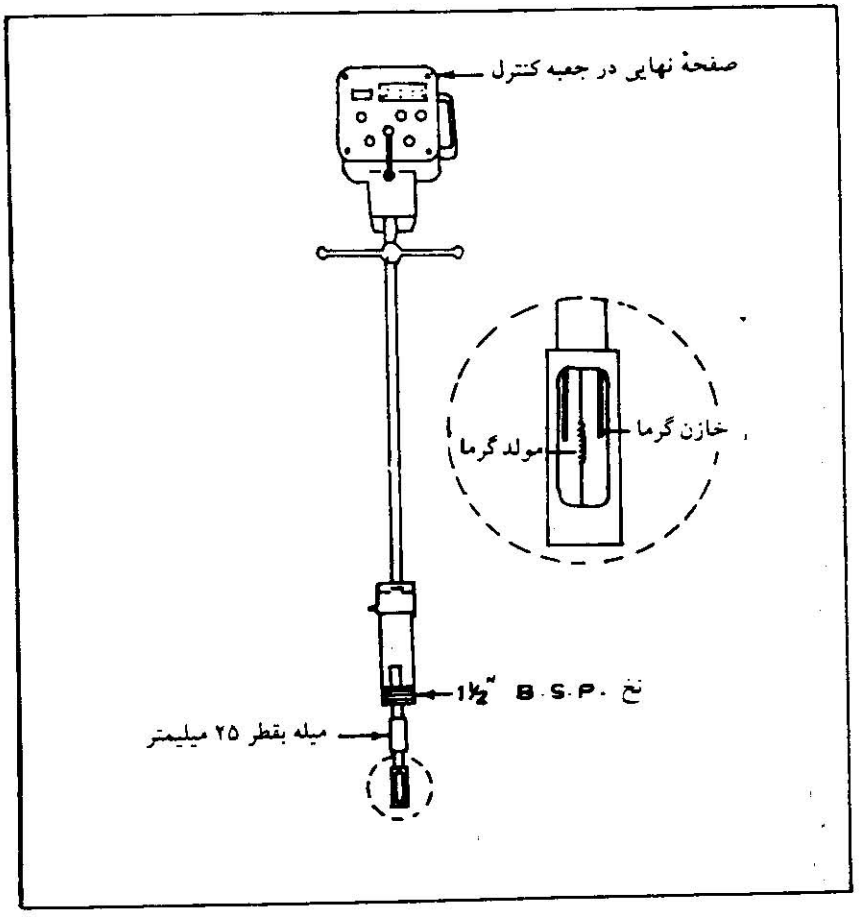
۴-۴-۲-۴ مرکز تحقیقات آب انگلستان WRC یک نوع کنتور مخصوصی را ساخته است که ورود آن به‌داخل لوله می‌تواند مقادیر جریان آب بسیار کم ناشی از نشت در لوله اصلی را، زمانی که لوله در سرویس نبوده و یاخارج از سیستم است اندازه‌گیری کند. این کنتور از یک مولد گرما در وسط و دو خازن گرما یکی در بالادست و دیگری در پائین‌دست جریان به‌طوریکه در شکل (۴-۲) دیده می‌شود، تشکیل

1- Water Research Center (WRC)

شده است. این دستگاه می‌تواند سرعتهایی در حد ۲ تا ۲۵ میلیمتر در ثانیه را با دقت ۱ ± میلیمتر در ثانیه اندازه‌گیری کند.

۵-۴-۲-۴ روش دیگری نیز به‌وسیله WRC توسعه یافته است که در آن نیازی به جداکردن لوله اصلی از سیستم انتقال نیست. در این روش دو کنتور از نوع توربینی در دوسر لوله‌ای که قرار است آزمایش شود نصب می‌شود. سرعت جریان آب بفواصل هر ۵ دقیقه، از نیمه شب که جریان حداقل است تا ساعت مصرف حداکثر در روز، اندازه‌گیری می‌شود. تجزیه آماری این سرعتها وجود نشت در لوله را تعیین می‌کند. WRC اخیراً نیز دستگاهی را ساخته است که قادر است آنالیز آماری مورد نظر را انجام داده و مقدار نشت درلوله را محاسبه کند.

تجارب صحرائی نشان می‌دهد که نشت در لوله‌های کهنه به‌طور عمومی بیشتر است. جنس لوله و روش اجرای آن و عمر لوله از عوامل اصلی بروز و مقدار نشت در لوله‌ها هستند. تجربه نشان می‌دهد که رابطه‌ای بین مقدار نشت که برحسب لیتر کیلومتر در ساعت بیان می‌شود با قطر لوله وجود ندارد.



شکل ۴-۱- جریان‌سنج گرمایی

۵-۴ مخازن سرویس

نشت آب از مخازن رامی‌توان با جداکردن مخزن از سرویس و مشاهده افت در سطح آب اندازه‌گیری کرد. چنانچه خارج کردن مخزن از سرویس مقدور نباشد، جریان ورودی به مخزن راقطع کرده و در این صورت افت سطح آب در مخزن اندازه‌گیری می‌شود. جریان خروجی از مخزن شامل برداشت از شبکه توزیع و نشت در مخزن است که با اندازه‌گیری مقدار برداشت از شبکه توزیع، مقدار نشت در مخزن قابل تعیین است.

تجارب صحرائی نشان می‌دهد نشت در مخازن قدیمی معمولاً بیشتر از مخازن نو بوده است، گرچه اثر تکنولوژی اجرای مخزن کمتر از سن مخزن نیست.

۵- عوامل مؤثر در تلفات آب در شبکه‌های توزیع

در سیستمهای توزیع آب، حداقل اتلاف آب ناشی از نشت در لوله‌ها، اتصالات ، شیر فلکه‌ها، شیرهای برداشت عمومی آب، سایر متعلقات لوله‌کشی و غیره اجتناب ناپذیر است. تلفات اثرات اقتصادی داشته و می‌تواند در حفظ سلامت عمومی نیز تأثیر داشته باشد. علی‌رغم دقتی که در طراحی و اجرای یک سیستم توزیع آب به‌عمل می‌آید، حفاظت کمی و کیفی آب در سیستم فقط با مدیریت کارآمد و علمی و عملیات پیشگیری و نگهداری سیستم توزیع ممکن خواهد شد. برای رسیدن به این هدف لازم است عوامل مؤثر در اتلاف آب را بشناسیم :
عوامل مهم به‌شرح زیرند :

۵-۱ فشار بالا

مقدار جریان آب در لوله متناسب با فشار آن است. فشارهای بالا مقدار جریان را افزایش داده و لذا تلفات آب ناشی از نشت زیاد می‌شود. افزایش فشار از ۱/۸ تا ۳/۳کیلوگرم بر سانتیمتر مربع مقدار جریان و تلفات ناشی از نشت را تقریباً ۳۰ درصد زیادتر می‌کند.

بررسیهای به عمل آمده نشان می‌دهد، براثر اتلاف یک قطره آب در ثانیه ۳۶ لیتر آب در طی یک هفته از دست می‌رود. در جدول ۵-۱ مقدار آبی که از منافذ به‌وجود آمده در یک لوله با فشار ۳/۳کیلوگرم بر سانتیمتر مربع هدر می‌رود نشان داده شده است.

جدول ۵-۱ آب تلف شده در یک لوله با فشار $3/3\ kg/cm^2$

ردیف	اندازه منفذ به میلیمتر	آب تلف شده بر حسب لیتر	
		در ساعت	در شبانه‌روز
۱	۰/۴	۶۸	۱۶۳۲
۲	۰/۸	۱۲۲	۲۹۲۸
۳	۱/۶	۷۲۶	۱۷۴۲۴
۴	۳/۲	۸۷۲	۲۰۹۲۸
۵	۶/۴	۲۰۴۳	۴۹۰۳۲
۶	۱۲/۸	۹۹۸۸	۲۳۹۷۱۲
۷	۱۹/۲	۲۰۴۳۰	۴۹۰۳۲۰
۸	۲۵/۴	۳۶۷۷۴	۸۸۲۵۷۶

۵-۲ خاکهای خورنده

لوله‌های فلزی در مقابل عوامل خورندگی حساس هستند و لوله‌های چدنی نیز از این قاعده مستثنی نیستند. سوراخهائی که براثر خوردگی در لوله‌ها ایجاد می‌شود، مسبب اتلاف آب می‌باشند. خورندگی خاک، به‌عبارت دیگر مقاومت الکتریکی خاک که به‌وسیله دستگاه "مقاومت سنج" قابل اندازه‌گیری است در محدوده صفر تا ۵۰۰ اهم بر متر مکعب مخاطره انگیز است و تمهیدات لازم برای حفاظت خارجی لوله را طلب می‌کند:

۵-۳ آبهای خورنده

آبهای خورنده باعث خوردگی و ضعیف شدن لوله می‌شوند که بهمراه سایر عوامل باعث نشت‌های بزرگ در لوله می‌شوند. خوردگی با به‌وجود آمدن سوراخ ریز در لوله شروع و توسعه می‌یابد.

۵-۴ اتصالات نامرغوب / لوله‌کشی غیراستاندارد

تلفات آب به‌خاطر استفاده از اتصالات نامرغوب و یا لوله‌کشی غیراستاندارد معمولاً زیاد است و کنترل این‌گونه موارد موجب جلوگیری از هدررفتن مقادیر قابل ملاحظه آب می‌شود. روشهای کنترل می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- به کاربردن اتصالات استاندارد (استاندارد داخلی یا معتبر بین‌المللی)

- آزمایش لوله‌ها و اتصالاتی که دارای علامت استاندارد نیستند.
- اجرای عملیات توسط پیمانکار و یا افراد فنی ذی‌صلاح
- بازرسی و نظارت قوی در امر رعایت آئین‌نامه‌های فنی [1]

۵-۵ عمر خطوط اصلی و لوله‌های ارتباطی

نشت آب در خطوط اصلی ولوله‌های ارتباطی با گذشت زمان به تدریج افزایش می‌یابد. خوردگی لوله‌ها از داخل و خارج و شل شدن اتصالات از عوامل افزایش تلفات آب به‌شمار می‌روند. انتخاب جنس لوله‌ها نیز نقش عمده‌ای در تلفات آب دارد.

عمر مفید خطوط اصلی از نوع چدن [2] در شرایط کار نرمال معمولاً ۷۰ تا ۸۰ سال در نظر گرفته می‌شود. وعمر لوله‌های ارتباطی از نوع گالوانیزه [3] بسختی به ۱۰ سال می‌رسد. قدر مسلم اگر لوله‌های فرعی در شبکه توزیع کلاً یاجزأ پس از سپری‌شدن عمر مفید آنها تعویض شوند، تلفات آب شدیداً کاهش پیدا می‌کند.

۶-۵ جابجائی خاک

خاک رس بسته بمیزان رطوبت خود منقبض یامنبسط می‌شود. حرکات ناشی از انقباض و انبساط خاک به‌ویژه انقباض ممکنست باعث شل شدن اتصالات و بروز ترکهای محیطی در لوله‌ها شود.
نشست‌های غیریکنواخت خاک نیز به لوله‌هاصدمه وارد می‌کند. دلائل نشست‌های غیریکنواخت می‌تواند: جابه‌جایی طبیعی زمین، زمینلرزه‌ها یا ساختمان سازیهای سنگین و پرکردن غلط ترانشه‌ها، مرطوب نکردن و متراکم نکردن خاک ترانشه به‌قدر کافی، در موقع پرکردن آن باشد.

۷-۵ ضربه آبی

ضربه آبی که به‌واسطه بستن یا باز کردن ناگهانی شیرفلکه‌ها به‌وجود میآید ممکنست باعث خسارات عمده به لوله‌ها و در نتیجه نشت‌های سنگین شود. نوسانات فشار در لوله‌ها می‌تواند به لوله‌ها آسیب زده و اگر لوله روی سنگ یا هر نوع بستر سخت و نامناسب کارگذاشته شده باشد، ممکنست بترکد.

1- Bye - Laws
2- Cost Iron
3- Galvanized Iron

۵-۸ اثرات ترافیک

لوله‌های قدیمی زیر معابر برای تحمل بارهای ترافیکی مدرن سنگین و سریع طراحی نشده‌اند و مستعد شکستن بر اثر این نوع بارها هستند، به‌ویژه این‌که لوله‌های قدیمی‌تر به احتمال بیشتر دارای اتصالات سخت و غیرقابل انعطاف هستند. لوله‌های تازه کار گذاشته شده ممکنست در جاهائیکه خاک ترانشه در موقع پرکردن به‌قدر کافی متراکم نشده است آسیب ببینند.

غلطک نزدن کافی خاک بالای لوله ممکنست موجب خسارت خوردن به لوله براثر حرکات ترافیک شود. مشاهده شده که فشارهای ناشی از وسائط نقلیه سنگینی بر سطح جاده، که برابر ۶ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع بوده است به ۰/۳ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در یک متری زیر سطح جاده‌ای که خوب طراحی شده تقلیل یافته است. لوله‌هائی که در عمق کم کار گذاشته می‌شوند ممکنست مزاحمت‌های مستمری به‌شکل نشت دادن یاترکیدن به‌همراه داشته باشند.

۵-۹ خسارات وارد به لوله‌ها به‌وسیله سایر مراکز خدماتی

ترانشه‌های عمیقی که به‌وسیله سایر مراکز خدماتی شهری نظیر (فاضلاب ،گاز، برق و...) ایجاد می‌شوند و به‌قدر کافی در موقع عملیات ساختمانی دیواره آنها حفاظت نمی‌شود، ممکنست باعث نشت لوله‌ها، بازشدن اتصالات و غیره شود.

۵-۱۰ نشت از شیرفلکه‌ها

نشت در شیرفلکه‌های کشویی که به‌طور روزانه بازوبست می‌شوند، معمولاً از طریق واشرهای این شیرها صورت می‌گیرد، چونکه عمر تجهیزات داخل این قبیل شیرها نسبتاً کوتاه است. این نشت‌ها وقتی آب در حوضچه محل استقرار شیر کشوئی جمع شده و سرریز می‌شود رؤیت می‌شوند. بعضی وقت‌ها کار تعمیر شیرها به‌واسطه دفن حوضچه شیرآلات در زیر آسفالت ویا قرارگرفتن آن در وسط جاده‌های پرترافیک مواجه با مشکل می‌شود.

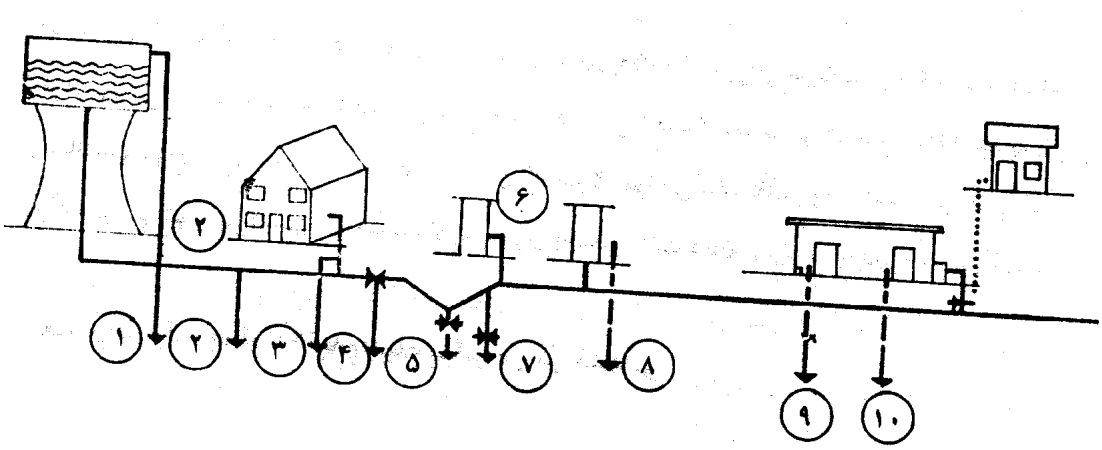
۵-۱۱ نشت از لوله‌های فرعی متروکه

معمولاً لوله‌های فرعی متروکه را از محل اتصال به لوله اصلی قطع می‌کنند، لکن گاهاً اتفاق می‌افتد که حفاری جاده به‌این منظور ممکن نیست. در این صورت چنانچه انتهاهای باز این قبیل لوله‌ها کاملاً بسته و آب بند نباشد، این لوله‌ها موجب بروز نشت و تلفات و همچنین آلوده شدن آب می‌شوند.

۵-۱۲ نشست زمین

در مناطقی که بهره‌برداری بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی صورت می‌گیرد، افت زیاد سطح سفره آب زیرزمینی موجب نشست سطح زمین می‌شود. این نشست دربرخی مناطق تا ۱۰ سانتیمتر در سال گزارش شده است کـه در نتیجه آسیب‌های جدی به سیستم توزیع آب وارد گردیده است.

در شکل (۵-۱) محل‌های ممکن بروز نشت در یک سیستم آبرسانی نشان داده شده است.



۱- سرریز از مخزن ۲- نشت از لوله آبرسانی ۳- نشت از لوله انشعاب ۴- نشت از شیر فلکه ۵- نشت یا بازکردن بی موقع شیر تخلیه ۶- نشت یا بازکردن بی موقع شیر شستشو ۷- بازکردن بی موقع شیر آتش‌نشانی ۸- اتلاف آب از شیرهای برداشت عمومی ۹- نشت از کنتورهای معیوب ۱۰- اتلاف آب در انشعابات غیرمجاز

شکل ۵-۱- محلهای ممکن اتلاف آب در یک سیستم آبرسانی

علاوه بر عوامل فوق‌الذکر عوامل دیگری نظیر خوردگی تماس دو فلز غیرهمجنس، عدم رعایت عمق یخبندان در کارگذاری لوله‌ها و مغایرت شرایط اجرا با شرایط طراحی نیز ممکن است موجب آسیب لوله‌ها و در نتیجه اتلاف آب شود.

۶- کارهای مقدماتی در امر کنترل تلفات

اطلاعات عمومی در مورد شهر شامل نکات مندرج در زیر جمع‌آوری می‌شود.

- توپوگرافی

- سیستم توزیع
- روش تأمین آب : ثقلی ، پمپاژ یا توأم
- ویژگیهای تولید آب : ساعات تولید – مدت تولید، فشار و چگونگی بهره‌برداری
- انواع لوله‌های موجود وعمر آنها
- عادات و سنن مردم بسته به منطقه
- تغییرات درجه حرارت محیط، رطوبت و غیره

شهر به نواحی و حوزه‌های مناسبی تقسیم می‌شود. و اطلاعات برای هر ناحیه و حوزه به شرح زیر تهیه می‌شود:

۶-۱ کنترل ومشخص کردن محدوده هر ناحیه یا حوزه

۶-۲ به‌روز کردن نقشه شبکه توزیع و پیاده کردن کلیه خطوط لوله و متعلقات روی آن

۶-۳ تهیه لیستی از کارهای لازم برای جدا کردن هر حوزه از سایر قسمتهای شبکه شامل: کنترل تمام شیرفلکه‌های دور محدوده و سایر متعلقات از نظر آب بند بودن

۶-۴ صورت برداری از کلیه خطوط شبکه در ناحیه

۶-۵ علامت‌گذاری مسیر تمام خطوط در ناحیه

۶-۶ بازرسی تمام شیرفلکه‌ها، شیرهای هوا، شیرهای شستشو، شیرهای آتش‌نشانی و غیره

۶-۷ کنترل وضعیت خطوط لوله و متعلقات و جابه‌جایی و تعمیر آنها در نقاط لازم

۶-۸ جمع‌آوری ارقام جمعیتی از طریق بازدید خانه به خانه

۶-۹ اندازه‌گیری کل مصرف آب در ناحیه بااستفاده از وسیله اندازه‌گیری مناسب مانند لوله پیتو، کنتور یا سایر وسائل و همچنین ارزیابی مصارف صنعتی و تجاری

۶-۱۰ جمع‌آوری و ثبت جزئیات تمام انشعابات مجاز و غیر مجاز

۶-۱۱ بررسی راهها و روشهائی برای کشف انشعابات غیرمجاز

۶-۱۲ کارگذاری شیرهای قطع و وصل روی انشعابات منازل (در صورتیکه قبلاً نصب نشده باشد)- وجود این شیرها برای اجرای کار نشت‌یابی به روشهای متداول کاملاً لازم است.

۶-۱۳ تعبیه لوله کنارگذر[1] در روی یکی از لوله‌های اصلی تغذیه کننده شبکه

۶-۱۴ جمع‌آوری اطلاعات راجع به خصوصیات توزیع آب در حوزه مورد آزمایش

۶-۱۵ کنترل تقاطع‌ها و شیرفلکه‌ها

۶-۱۶ کنترل لوله‌های متروک

۶-۱۷ کنترل انشعابات متروک قدیمی

۶-۱۸ کنترل خطوط با انتهای بسته

1- By-Pass

۶-۱۹ بررسی نتایج آزمایش نمونه‌های آب و تعیین موقعیت نمونه‌های بد در روی نقشه.

۶-۲۰ تعیین موقعیت فشارسنج‌های نصب شده در حوزه، روی نقشه و بررسی نمودار تغییرات فشار برای معرفی نقاطی که در آنها فشار به‌طور ناگهانی کم یا زیاد می‌شود.

۶-۲۱ مطالعه مقاومت الکتریکی خاک برای شناخت رفتار خاک دور لوله - این مطالعه در نقاط ماندآبی و یا مناطقی که در تحت تأثیرات دریا هستند خیلی مهم است.

۶-۲۲ کنترل و ثبت هر نوع نشت قابل رؤیت

۶-۲۳ بررسی شکایات مربوط به قطع آب و یا آلودگی آب ثبت شده در واحد شکایات

۶-۲۴ کنترل وسایلی که قرار است بعداً در کار نشت‌یابی مورد استفاده قرار گیرند.

۶-۲۵ تهیه کروکی محل تمام متعلقات و ضمیمه کردن آن به گزارش نهایی.

این کارهای مقدماتی که در فوق به آنها اشاره شد وقت‌گیر و پرزحمت هستند، انجام آنها مستلزم تجسسات خردمندانه و کاربرد وسایل الکترونیکی است. به‌هرصورت موفقیت در کار نشت‌یابی و دسترسی به نتایج واقعی بستگی به اصالت و درستی کارهای مقدماتی دارد. اطلاعاتی که در مرحله مقدماتی جمع‌آوری می‌شود برای انجام آزمایشات در مراحل بعدی مفید هستند. این اطلاعات در مراحل بعدی بایستی به روز شوند و اضافات و تغییرات در آنها ملحوظ شود.

۷- اثرات اقتصادی اتلاف آب

نتیجه اتلاف آب عبارت است از نیاز به منابع اضافی آب، تأسیسات و خطوط لوله بزرگتر، کارگر و سوخت اضافی برای پمپاژ و کارمند اضافی برای تعمیرات. علاوه بر این، هدرروی آب موجب کاهش فشار در لوله‌ها و گهگاه به مقدار زیاد می‌شود. هر گالن آبی که صرفه‌جویی می‌شود، مانند آن است که یک گالن آب جدید به دست آمده است، و صرف هزینه برای برنامه‌های ناکافی جلوگیری از تلفات آب، ممکن است نیاز به صرف هزینه‌های بیشتری برای ایجاد تأسیسات جدید تأمین آب، به‌ویژه اگر تمام منابع محلی با کیفیت مطلوب قبلاً مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند، را به دنبال داشته باشد.

معمولاً تصمیم‌گیری برای این‌که واقعاً در چه زمانی، جلوگیری از تلفات آب غیر اقتصادی است، ساده نیست و این به‌خاطر این است که ارزیابی ارزش آب صرفه‌جویی شده مشکل است. به‌طور عمومی این‌طور تفاهم شده است که تنها وقتی هزینه جلوگیری از تلفات به‌طور نامتناسبی بالا می‌رود (با درنظر گرفتن همه جوانب) سرمایه‌گذاری جدید برای تأسیسات جدید تأمین آب قابل توجیه است. به وضوح میارزد که شرکتهای آب و فاضلاب کادر لازم برای بازرسی دقیق و کشف تلفات آب را در خدمت داشته باشند و همین‌طور که مصرف آب به تدریج بالا می‌رود و نیاز به بهره‌برداری از منابع دورتر که بالطبع گرانتر هم هستند بیشتر می‌شود، اقدامات در مورد جلوگیری از تلفات و سایر روشهای صرفه‌جویی را به اجرا بگذارند.

در طی ۲۰ سال هزینه سرمایه‌گذاری تأمین هر مترمکعب آب در کشورمان ۱۸ برابر شده است. در شهر تهران سالیانه حدود ۲۴۰ میلیون متر مکعب آب تلف می‌شود که اگر هزینه تأمین هر مکعب آب از منابع جدید را فقط ۲۰۰ ریال در نظر بگیریم، سالیانه حدود ۴۸ میلیارد ریال هزینه آب هدر رفته، ناشی از تلفات فیزیکی آب است.

۸- روشهای جلوگیری از تلفات

در زیر مهمترین روشهای پیشگیری از تلفات آب در سیستمهای آبرسانی توضیح داده می‌شود:

- کاهش فشار و ایجاد مناطق فشاری
- وضع و اجرای آئینامه‌ها و مقررات به‌منظور حصول اطمینان از طرز کار و پیش‌بینی لوله‌هاو اتصالات با کیفیت بهتر در انشعابات .
- تدارک خدمات تعمیر و تعویض واشرها و ترجیحاً ارائه خدمات مجانی تعویض واشر برای تمام شیرهای آب سرد و گرم و شیرهای شناور
- تبلیغات و آموزش همگانی
- نصب کنتور و اندازه‌گیری میزان آب مصرفی
- بهبود کیفیت مواد و مصالح، طراحی بهتر اتصالات و ارتقاء کیفیت اجرای کار و خدمات
- بازرسی لوله‌ها و اتصالات نو کار گذاشته شده و یا تعمیر شده
- بازدید از تمامی قسمتهای عرصه و اعیان مشترکین
- رعایت صرفه‌جویی در آب مصرفی برای شستشوی لوله‌ها، شستشوی صافی‌ها و سایر اجزاء تاسیسات آبرسانی

۸-۱ کاهش فشار و ایجاد نواحی هم فشار

خروج آب از یک روزنه متناسب با جذر فشار آب است، بنابراین مطلوب است که فشار دریک حد منطقی محدود شود. که این حد گاهی معادل ۳۰ متر ارتفاع آب درنظر گرفته می‌شود.

در نواحی غیرمسطح الزاماً نوسانات قابل توجهی در فشار رخ می‌دهد که بایستی به حداقل برسند همچنین بایستی نوسانات فشار حاصل از لوله‌های کم قطر با افت فشار بالا را با پیش‌بینی مخازن سرویس و یا استفاده از لوله‌های با قطر مناسب به حداقل رسانید. منطقه مصرف بایستی به نواحی هم فشار تقسیم و فشار در هر ناحیه به‌وسیله یک مخزن سرویس یا برج آب کنترل شود. در بسیاری از موارد برای افزایش یا کاهش فشار به بوستر پمپ یا شیر فشارشکن نیاز خواهد بود.

در مناطقی که خیلی زو عارضه هستند، لوله‌های تغذیه‌کننده برخی از نواحی ممکنست از نواحی دیگر عبور کنند. همچنین بعضی وقتها ممکنست لازم شود فشار را در یک منطقه پست کاهش داده و مجدداً با استفاده از بوستر پمپ فشار آب را برای رسیدن به یک ناحیه مرتفع زیاد کرد. هنوز در اکثر موارد هزینه اضافی ناشی از محدود کردن فشار با صرفه‌جویی که در مصرف آب از این طریق حاصل می‌شود، توجیه می‌شود. اجتناب از فشارهای زیاد در سیستم توزیع اثر مشخصی بر مقدار آبی که از طریق نشت در لوله‌ها و اتصالات تلف می‌شود و یا آبی که به مصرف می‌رسد، دارد. یک کاهش ۳۰ متری در فشار آب، از ۶۰ متر به ۳۰ متر، به‌طور متوسط موجب صرفه‌جویی ۲۳ لیتر در هکتار در روز می‌شود. طراحان بایستی پایین‌ترین مقدار فشار را که در عین حال بتواند سرویس مطمئن به مصرف کننده بدهد درنظر بگیرند. کاهش فشار علاوه بر کاهش تلفات یک نفع دیگر هم دارد و آن این است که وسیله‌ای است برای پایین آوردن فشار ناشی از ضربه قوچ و بروز صدا در لوله‌ها که در نتیجه موجب افزایش عمر لوله‌ها و اتصالات می‌شود.

۸-۲ ضوابط و آئین‌نامه‌ها

نیاز به حصول اطمینان از اجرا و نگهداری لوله‌ها و اتصالات با یک استاندارد قابل قبول موجب شده شرکتهای آب و فاضلاب با حمایت قانون اقدام به تهیه ضوابط و آئین‌نامه‌هایی کنند که رعایت آنها توسط دفاتر فنی لوله‌کشی و گهگاه سازندگان لوازم و تجهیزات الزامی است. در برخی کشورها شرکتهای آب و فاضلاب اختیارات قانونی برای آزمایش اتصالات و شیرآلات و ممهور کردن آنها را دارند.

۸-۳ سرویس تعمیرات

پیش‌بینی امکانات خدمت‌رسانی به مشترکین در امر تعویض واشرها، تعویض یا تعمیر شیرها، و تعمیرات لوله‌ها با کمترین هزینه ممکن، بدون شک مشترکین را تشویق می‌کند که موارد نشت آب را سریعاً اطلاع دهند.

در برخی از کشورها، شرکتهای آب و فاضلاب تمام شیرهای برداشت آب و شیرهای شناور داخل منازل را به‌طور رایگان سرویس می‌کنند. همچنین تعمیرات لوله انشعاب بدون دریافت وجه از مشترک به‌عهده آنان است. سرشکن کردن این قبیل هزینه‌ها به کل مشترکین تا دریافت آن از هر مشترک غیرعادلانه نیست.
غیر از شرایط غیرمعمول محلی، اصولاً نشت از لوله‌های انشعاب بیشتر از لوله‌های اصلی است لذا پیش‌بینی یک واحد سرویس‌دهی مناسب، به‌همراه واحد تشخیص سریع نشت وسیله‌ای بسیار موثر برای کنترل نشت است.

۸-۴ تبلیغات

امروزه اهمیت کمک مصرف‌کنندگان آب در برخورد با تلفات آب بیش از پیش شناخته شده و مورد توجه شرکتهای آب و فاضلاب قرار گرفته‌است و بسیاری از این شرکتها توجه خاصی به مسئله آموزش همگانی (به‌ویژه بچه‌های مدرسه‌ای) مبذول می‌دارند. آنان تلاش می‌کنند به همگان بیاموزند که آبی را که با هزینه و مشکلات زیاد در دسترس آنها قرار گرفته شده است با دقت مصرف کنند. مصرف‌کنندگانی که گوش شنوا دارند و همکاری می‌کنند، به‌همان اندازه بازرسین نشت‌یابی ارزشمند هستند و همیشه در صحنه‌اند. عمده تلفات آب از اتصالات و لوله‌های مشترکین رخ می‌دهند (در مواردی ۹۰ درصد از کل تلفات) بنابراین آموزش همگانی از طریق سخنرانی برای عموم، برگزاری نمایشگاهها و توزیع فیلم و پوستر بایستی مورد توجه خاص شرکتهای آب و فاضلاب باشد.

۸-۵ نصب کنتور

در برخی از کشورها با این تفکر که نصب کنتور برای اندازه‌گیری آب مصرفی مشترکین در منازل ممکنست باعث شود، گروهی از مردم کم درآمد در مصرف آب امساک کنند و این امر به بهداشت عمومی لطمه بزند، فروش آب را به مشترکین خود به‌جای اندازه‌گیری حجم آب مصرفی از طریق نصب کنتور براساس سطح زیر بنا و قیمت واحدی برای هر مترمکعب آب محاسبه و دریافت می‌کنند. ضمن این‌که از هزینه‌های نسبتاً سنگین خرید کنتور و هزینه‌های قرائت و نگهداری آن با این روش جلوگیری می‌کنند. لکن تجربه نشان می‌دهد نصب کنتور و دریافت آب بها بر اساس حجم آب مصرفی یک راه منطقی برای جلوگیری از تلفات آب و مصرف بی‌رویه آب است.

۸-۶ بهبود کیفیت مصالح و طراحی بهتر لوازم و اتصالات

استفاده از مصالح مرغوب و طراحی مناسب لوازم و اتصالات لوله‌کشی می‌تواند تاثیر قابل توجهی در کم کردن تلفات آب داشته‌باشد. نمونه بارز آن شیرهای شناور داخل مخازن آب و یا کولرهای آبی است. طراحی و آزمایش لوازم و اتصالات لوله‌کشی، ساخت مواد و مصالح جدید و توسعه تکنیک و روش کار، برای برخورد با هر برنامه جلوگیری و کاهش تلفات آب الزامی است.

۸-۷ بازرسی کارهای جدید

لازم است نه فقط برای بازرسی کارهای جدید ضوابط و قوانینی وضع شود بلکه بایستی از رعایت آنها نیز اطمینان حاصل شود. تمام کارهای جدید بایستی قبل از این‌که مورد بهره‌برداری قرار گیرند به‌دقت بازدید و بازرسی شوند و سپس مجوز بهره‌برداری از آنها صادر شود.

۸-۸ بازدید و بررسی

بازرسی‌های تفصیلی از وضعیت لوله‌کشی، شیرآلات و اتصالات مشترکین به‌صورت ادواری حداقل ۵ سال یکبار حائز اهمیت است. چرا که هر چقدر هم بازدیدهای اولیه (در زمان احداث ساختمان) با دقت انجام شده‌باشد باز ممکنست در طول زمان تغییراتی به‌وجود آمده و مثلاً مشترک از اتصالاتی که مورد تایید شرکت آب و فاضلاب نباشد استفاده کرده‌باشد. در ضمن انجام این بازرسیها، علاوه بر کنترل منصوبات و تعیین تعداد و نوع اتصالات، آمـار و اطلاعات مفید دیگری مانند تعداد افرادی که در هر منزل زندگی می‌کنند (بعد انشعاب) و غیره نیز می‌توان قید کرد.

۹- رخداد نشت و روشهای نشت‌یابی

۹-۱ تئوری نشت‌یابی

۹-۱-۱ مقدمه

جریان معمولی آب در لوله‌ها با سرعتی انجام می‌شود که باعث تولید صدا یا بروز لرزش در لوله نشود. وقتی آب از محلی در لوله بخارج نشت می‌کند انرژی موجود در سیستم آزاد می‌شود و به‌طور ناگهانی به سایر انواع انرژی تبدیل می‌شود. این تبدیل انرژی سبب بروز ارتعاش در لوله شده و صداهائی تولید می‌شود که به "صداهای نشت" موسوم است. این صداها در طول لوله منتقل می‌شوند و از طریق خاک دور لوله به سطح زمین می‌رسند. این صداها از زمانهای گذشته که لوله‌های آب تحت فشار در تأسیسات آبرسانی، بخدمت گرفته شده‌اند اساس روشهای مورد استفاده در نشت‌یابی را تشکیل می‌دهد.

۹-۱-۲ خصوصیات صداهای نشت

تنها کلید موجود برای کشف نشت‌های زیرزمینی صداهای نشت هستند. در نقاط نشت، صداهای مـختلفی ایـجاد می‌شود که دارای فرکانس‌ها و طول موج‌های متفاوتی هستند که کم و کیف آن به عواملی نظیر : فشار در لوله، اندازه نشت و جنس خاک اطراف لوله بستگی دارد.

این صداهای مختلف رابسته به درجه فرکانسی که دارند می‌توان به‌شرح زیر دسته‌بندی کرد:

الف - صدای آب در حدی که آب نشتی فقط در لایه خاک دور لوله جریان یابد (HZ ۵۰-۲۰)

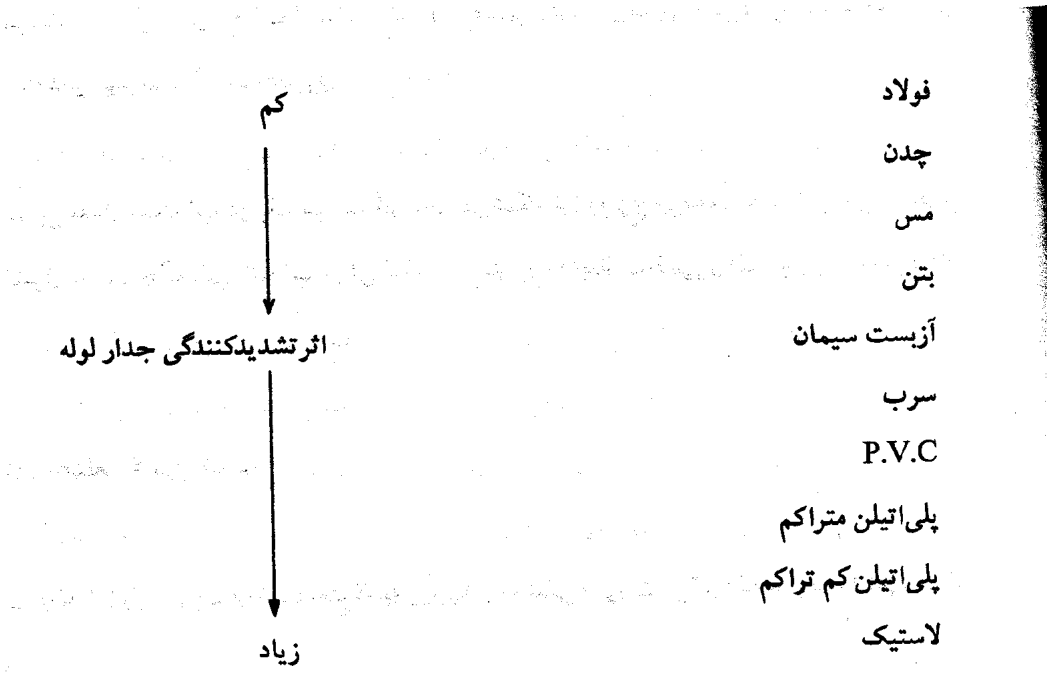
ب - نشت آب به‌صورت جت به‌طوریکه از لایه خاک اطراف لوله عبور کند (HZ ۸۰-۳۰)

ج - صدای جت (HZ ۴۰۰-۱۰۰)

د- صدای خروج جت آب از لوله فلزی که باعث ارتعاش لوله شود (HZ ۴۰۰۰-۱۰۰۰)

۹-۱-۳ انتشار و ویژگی صدا

احساس کامل یک صدای بخصوص تنها باگوش دادن به آن میسر است. توصیفات نوشتنی محدود هستند و فقط به‌عنوان یک راهنمای عمومی ارائه می‌شوند و باید گفت برای تجارب عملی جایگزین بهتری برای صدا وجود ندارد. صدای آبی که از لوله برداشت می‌شود بسادگی با صدای آبی که از لوله به‌صورت نشت خارج می‌شود قابل اشتباه کردن است. این‌که انتشار هر صدایی ناشی از نشت در یک لوله پر از آب از طریق آب داخل لوله صورت می‌پذیرد و نه از طریق جدار لوله، از اهمیت خاصی برخوردار است. جدار لوله پرشده از آب، صدا را به خوبی آب داخل آن منتقل نمی‌کند. در عوض ماده به‌کار رفته در جدار لوله صدا را تشدید می‌کند و به‌طوری‌که در زیر نشان داده شده هرچه ماده جدار لوله نرم‌تر باشد این اثر بیشتر است.



۹-۱-۴ اثر هوا در یک لوله

حباب‌های هوا در یک لوله می‌توانند به‌مقدار زیادی در انتشار صدا تأثیر بگذارند. به‌طوری‌که حبابهای بزرگ هوا می‌توانند عملاً از انتقال صدا جلوگیری کنند. حبابهای بزرگ هوا می‌توانند در مواقعی‌که جریان آب در لوله در منطقه نشت موقتاً قطع می‌شود تشکیل شوند، به این‌صورت که آب داخل لوله از محل نشت خارج می‌شود و هوا وارد لوله می‌شود و وقتی که جریان آب مجدداً برقرار می‌شود، حبابهای هوا در لوله حبس می‌شوند تا وقتی که در خلال یک تخلیه قابل توجه از لوله خارج شوند. حتی حباب کوچک هوا ممکنست به‌میزان قابل توجهی قابلیت انتشار صدا را در لوله کاهش دهد.

۹-۲ روشهای نشت‌یابی

معمولاً نشت آب مبتلا به همه سیستمهای توزیع آب است و در شرایط عادی نشت آب بخش عمده آب به‌حساب نیامده را در یک سیستم آبرسانی تشکیل می‌دهد. در حالی‌که دستیابی به وضعیتی که در خطوط آبرسانی و مخازن هیچگونه نشتی رخ ندهد، بسیار پرهزینه و غیر اقتصادی است. برای مقدار آبی هم که اتلاف آن از طریق نشت می‌تواند قابل تحمل باشد یک حد اقتصادی وجود دارد.

مسئله‌ای که اغلب شرکتهای آب و فاضلاب با آن مواجه هستند این است که، چگونه سیاست مناسبی را برای مقابله با نشت آب در یک سیستم آبرسانی و توزیع آب انتخاب کنند که مطمئن باشند درآمدی که از کنترل نشت عاید آنها می‌شود بیشتر از هزینه‌های مربوط به آن خواهد بود.

در اغلب موارد بیشترین مقدار نشت آب در یک سیستم آبرسانی در شبکه توزیع رخ می‌دهد، که در زیر پس از معرفی روشهای مختلف کنترل نشت، چگونگی انتخاب روش مناسب بسته به ملاحظات فنی و اقتصادی توضیح داده می‌شود.

۹-۲-۱ روشهای مختلف کنترل نشت

کنترل تلفات آب در واقع ارزیابی میزان تلفات است که به روشهای مختلفی صورت می‌گیرد که هریک دارای دقتهای خاص خود هستند.
روشهای مختلف کنترل نشت به دو دسته کلی روشهای انفعالی[1] و روشهای فعال[2] تقسیم می‌شوند.

۹-۲-۱-۱ روشهای کنترل انفعالی[3]

در این روش کنترل، صرفاً نشتهایی که به خودی خود در سطح معابر ظاهر و نمایان می‌شوند تعمیر می‌شوند و این به معنی آن است که در این روش فقط با نشتهای بزرگ برخورد می‌شود و نشت‌های کوچک که اغلب زیاد هم هستند مورد توجه قرار نمی‌گیرند.

1-Passive 2- Active

3- Passive Control

۹-۲-۱-۲ روشهای کنترل فعال [1]

به طورکلی در روشهای فعال هدف این است که با پیدا کردن محل نشت میزان تلفات آب در سیستم آبرسانی کاهش داده شود. در بین روشهای فعال هرچقدر که روش گسترده‌تر است به همان میزان کار بیشتری می‌برد تا نشتها در نواحی کوچکتر و در مدت کوتاهتری از زمان وقوع مشخص شوند. برخی از این روشها به شرح زیراند:

۹-۲-۱-۲-۱ روش تخمین حداقل جریان شبانه [2]

در شهرهایی که دارای آب ۲۴ ساعته هستند حداقل مصرف در ساعات نیمه شب رخ می‌دهد. در روش حداقل جریان شبانه این مقدار حداقل ارزیابی می‌شود. با منظور داشتن مقادیری برای مصارف مجاز شبانه اعم از خانگی یا صنعتی، در صورتی که مصرف از حد معقولی تجاوز کند نشان‌دهنده وقوع نوعی نشت یا تلفات در سیستم است که با بررسیهای بیشتر می‌توان آن را کشف کرد.

برای تخمین حداقل جریان شبانه می‌توان به دو روش زیر اقدام کرد :

- اندازه‌گیری مقدار آبی که بایستی به سیستم وارد کرد تا سطح آب در مخزن سرویس در ساعات نیمه شب ثابت نگهداشته شود. با اندازه‌گیری این مقدار آب و کسر واقعی مصرف شبانه توسط کار خانجات، بیمارستانها و غیره حداقل جریان شبانه که معادل نشت در سیستم (مخزن و شبکه توزیع) است به‌دست می‌آید.
- قطع هرگونه جریان ورودی به مخزن و اندازه‌گیری افت سطح آب در آن در فواصل معینی (مثلاً هر ۱۰دقیقه یکبار). این روش ارزیابی دقیقتری از میزان جریان حداقل شبانه و در نتیجه تلف آب در سیستم را به‌دست می‌دهد.

برای اندازه‌گیری نشت آب در مخازن کافی است جریان ورودی و خروجی آنها قطع و برای مدت معینی افت سطح آب در آنها اندازه‌گیری شود و برای اندازه‌گیری تلفات در خطوط آبرسانی و خطوط اصلی شبکه توزیع بهترین روش عبور مقدار معینی از جریان آب و اندازه‌گیری مقدار جریان در مقاطع مختلف از لوله توسط کنتور و یا لوله پیتو است. و در این صورت بایستی ابتدا کلیه شیرهای قطع و وصل از نظر قطع کامل جریان آب کنترل و تمام خطوط فرعی منشعب از لوله اصلی تحت آزمایش قطع شوند.

نمودار شماره (۹-۱) تغییرات مصرف آب در ساعات مختلف شبانه‌روز و حداقل جریان شبانه را نشان می‌دهد.

1- Active control

2- Minimum Night Flow Estimation Method

۹-۲-۱-۲-۲ روش گوش دادن به صدا[1] (در هر انشعاب)

ویژگی صدای «هیس» حاصل از آبی که از یک لوله تحت فشار خارج می‌شود، به بازرسان باتجربه آب کمک می‌کند که نشت‌های آب را از لوله‌های مدفون در زیرزمین پیدا کنند. در این روش شیر قطع و وصل بیرون منزل تاحدی بسته می‌شود که فقط مقدارکمی آب از آن عبور کند. سپس سر یک میله از جنس سخت را (آهن یا آلومینیوم) در روی شیر قرار داده و سر دیگر آن را دم‌گوش قرار می‌دهند. هرگونه صدایی که از طریق میله به‌گوش برسد نشان از عبور جریان آب است. و در صورتی‌که تمام شیرهای مصرف داخل منزل مشترک بسته باشند علامت جریان آب قاعدتاً بایستی نشت آب باشد.

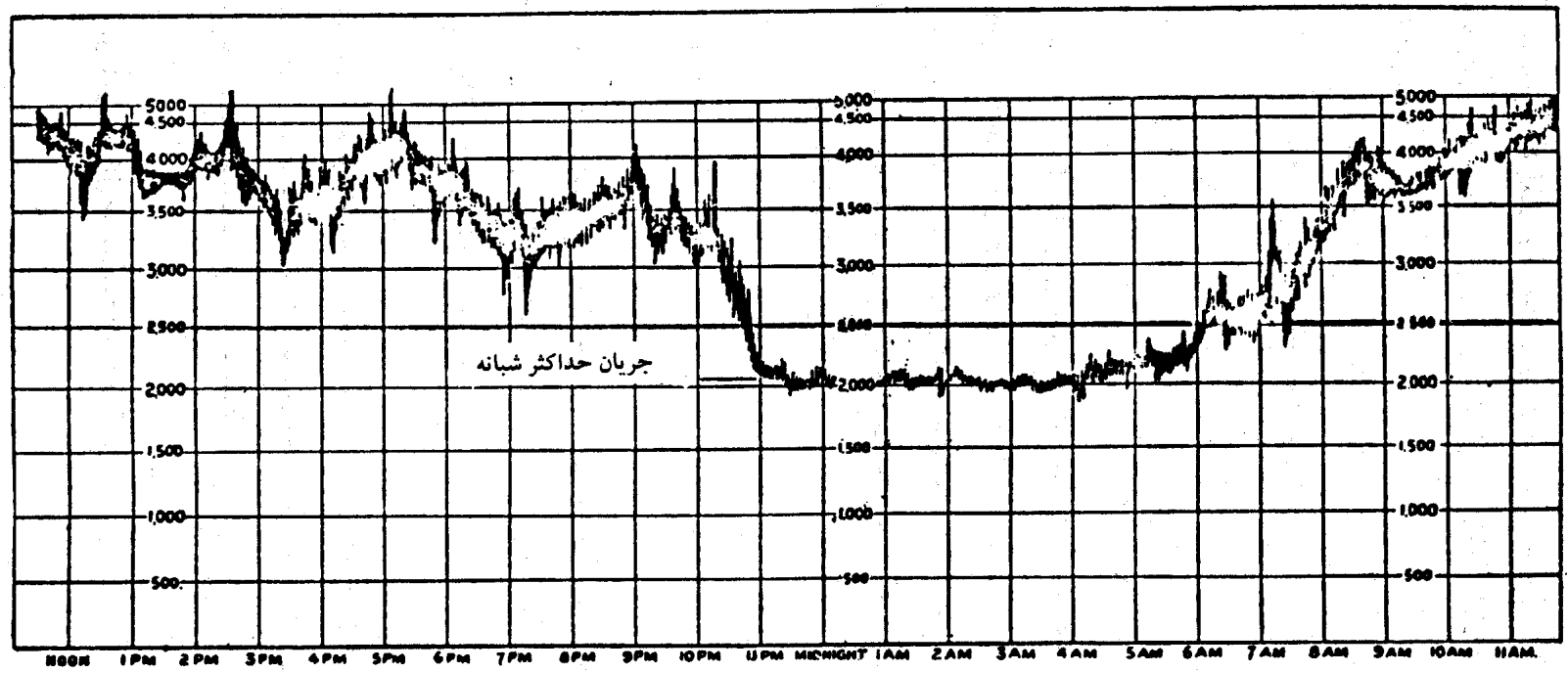
میله‌های انتقال دهنده صدا مجهز به‌گوشی و یا استوتسکوپ نیز ساخته شده‌اند که می‌توان از آنها استفاده کرد. گوش دادن به صدای آب در شب به علت فقدان صداهای مزاحم اضافی آسانتر است. از طرف دیگر در صورتی که حین انجام عملیات در شب به وجود نشت در داخل منازلی پی ببریم. معمولاً" امکان ورود به داخل منزل برای انجام بررسیهای بیشتر مقدور نیست و بایستی این بررسی به روز بعد موکول شود. وسایل الکترونیکی مجهز به میکروفون‌های ظریف و حساسی نیز ساخته شده‌اند که می‌توان از آنها برای پیدا کردن محل دقیق نشت در روی یک لوله مدفون استفاده کرد. لکن برخی از آنها به صداهای بیرونی حساس هستند. کاربرد ابزاری از این نوع که برای کشف صدای ارتعاش از سطح زمین طراحی شده‌اند « صدایابی غیرمستقیم» نامگذاری شده‌اند و بدین‌صورت از روش معمول قراردادن میله صدایاب بر روی اتصالات لوله‌کشی که به «روش مستقیم» موسوم است متمایز می‌شوند.

۹-۲-۱-۲-۳ روش صدایابی منظم[2] (در شبکه توزیع)

در این روش شبکه توزیع به چند ناحیه تقسیم می‌شود و در نقاط مهم فشارسنج نصب می‌شود و فشار شبکه قبل از شروع آزمایش، در طول آزمایش و بعد از آزمایش اندازه‌گیری می‌شود. در ناحیه مورد آزمایش گروههایی از افراد با به‌کارگیری ادوات شنود صدا به طور مرتب و سیستماتیک در تمام قسمتهای شبکه توزیع حرکت کرده و صدای نشت آب را در تمام شیرفلکه‌ها، شیرهای آتش‌نشانی، شیرهای قطع و وصل، کنتورها و غیره بررسی می‌کنند و در موارد برخورد با تلفات و نشت تعمیرات لازم صورت می‌گیرد و این کار مرتباً تکرار می‌شود. به‌طور معمول افراد کافی به‌کار گمارده می‌شوند تا بتوان تمام شبکه را به فواصل زمانی یک تا دو سال یکبار کنترل کرد.

1- Sounding of Individual Supplies

2- Regular Sounding Method



نمودار ۹-۱- تغییرات مصرف آب در ساعات مختلف شبانه‌روز و حداقل جریان شبانه

آزمایش ممکنست در شب یا در طول روز انجام شود و یا در مواردی بسته به شرایط منطقه آزمایش ممکنست در مناطقی مثل مناطق مسکونی در طول روز و در مناطق تجاری و محلهای خرید و شلوغ در طول شب و یا صبح خیلی زود انجام شود. توفیق کار در این روش را می‌توان با بهتر شدن فشار در شبکه ارزیابی کرد.

مزایای عمده این روش عبارتند از :

- امکان انجام عملیات در ساعات روز
- امکان انجام عملیات در زون‌های بزرگتر در مقایسه با سایر روشها
- هزینه کمتر
- وقت‌گیری کمتر

و نقص عمده این روش این است که مقادیر آبی که از اتلاف آن جلوگیری می‌شود قابل اندازه‌گیری نیست و لذا امکان تحلیل اقتصادی (هزینه / نفع) در این روش وجود ندارد. معهذا بسیاری از مهندسین معتقدند این روش در تقلیل نشست نسبت به سایر روشها مؤثرتر است و آنها ترجیح می‌دهند با به‌کار گماردن پرسنل بیشتری، اعتبار اتشان را در این روش هزینه کنند تا صرف خرید ادوات و لوازم برای سایر روشها حتی ادعا می‌شود که در مواردی نتیجه کار این روش مساوی یا بهتر از سایر روشها است.

۹-۲-۱-۲-۴ روش کنترل مصرف ناحیه [1]

در این روش، شبکه توزیع به نواحی کوچکتری تقسیم می‌شود، و با نصب کنتور حجمی، کل میزان مصرف آب در هر ناحیه اندازه‌گیری می‌شود. در صورتی که آب از ناحیه مورد بررسی به نواحی مجاور نیز جریان داشته باشد با نصب کنتور در نقاط لازم جریان خروجی از ناحیه اندازه‌گیری می‌شود.

کنتورها به فواصل زمانی منظم قرائت و میزان آب مصرف شده در هر ناحیه با میزان آب مصرفی قبل مقایسه می‌شود. در صورتی که مقدار مصرف در هر ناحیه به میزان غیرقابل توجیه بالا باشد، نشان از وجود نشست در شبکه بوده و با اعزام بازرسان به ناحیه، محل نشست پیدا و تعمیر می‌شود.

۹-۲-۱-۲-۵ روش کنترل حداقل جریان شبانه با نصب کنتور [2]

در این روش تمهیدات لازم برای این‌که بتوان شبکه توزیع را به نواحی کوچکتری تقسیم و هر ناحیه را از نواحی دیگر جدا کرد، به عمل می‌آید. اشکال شماره (۹-۲) و (۹-۳) شیرهای قطع و وصل محدوده هر ناحیه را در شب که

1- District Metering

2- Minimum Night Flow Metering (Waste Metering)

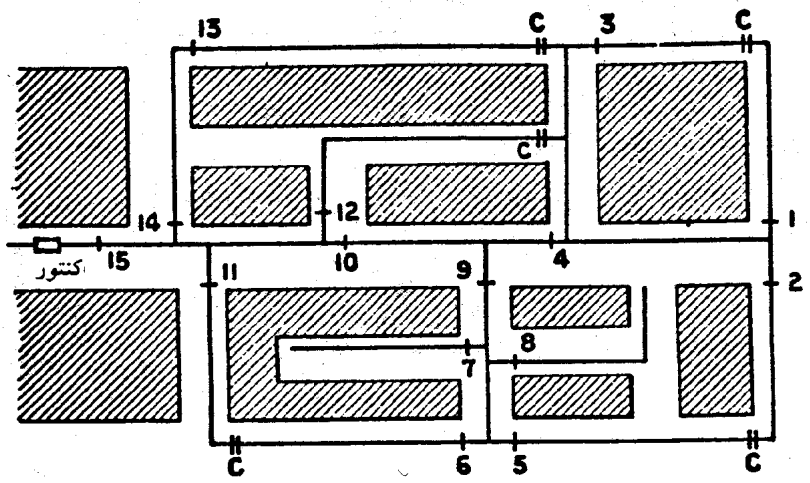
مصرف آب کم است بسته و میزان مصرف آب در هر ناحیه را با استفاده از کنتورهای نشت‌یاب (شکل ۹-۴) کـه قادراند مقادیر بسیار کم جریان را اندازه‌گیری کنند ثبت می‌کنند. با این ترتیب مقدار جریان شبانه به فواصل زمانی منضم اندازه‌گیری و در صورتی که افزایش قابل توجهی نسبت به مقادیر حداقل قبلی مشاهده شود بازرسان به محل اعزام تا محل نشت را تعیین و تعمیر کنند. عندالزوم از روشهای آزمایش دیگری نظیر « آزمایش پله‌ای» که می‌تواند موقعیت نشت را محدودتر کند نیز می‌توان استفاده کرد.

۹-۲-۱-۲-۶روش کنترل توأم مصرف ناحیه و حداقل جریان شبانه [1]

این روش شامل کنترل هم‌مصرف ناحیه‌ای و هم حداقل جریان شبانه است. هروقت که مصرف در کنتورهای ناحیه‌ای بالاتر از معمول نشان داده شود با به‌کارگیری کنتورهای نشت‌یاب که در زونهای کوچکتر داخل ناحیه نصب شده‌اند می‌توان به موقعیت نشت نزدیکتر شد و بازرسان را در پیدا کردن محل نشتهای بزرگتر هدایت کرد.

۹-۲-۱-۲-۷روش بستن شیرهای انشعاب مشترکین [2]

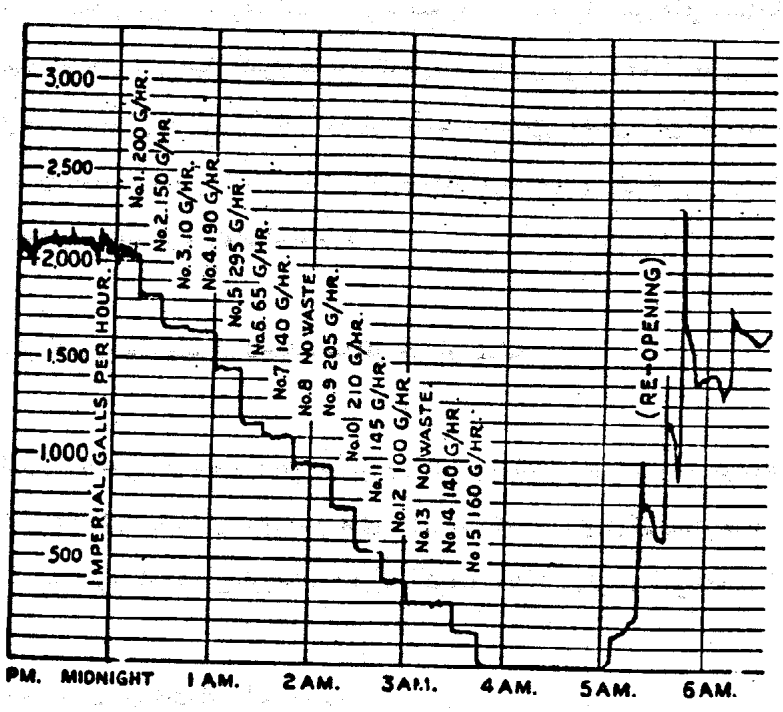
در این روش تأمین آب به ناحیه موردآزمایش از طریق فقط یک ورودی صورت می‌گیرد و مقدار آب ورودی به ناحیه به وسیله یک کنتور مناسب اندازه‌گیری می‌شود. کلیه شیرفلکه‌های محدوده موردآزمایش بسته شده و ارتباط ناحیه با سایر قسمتهای شبکه قطع می‌شود. همچنین برای انجام آزمایش تمام شیرهای قطع و وصل انشعاب بسته می‌شوند و لذا آزمایش در زمانی انجام شود که قطع آب برای مشترکین مشکل ایجاد نکند.



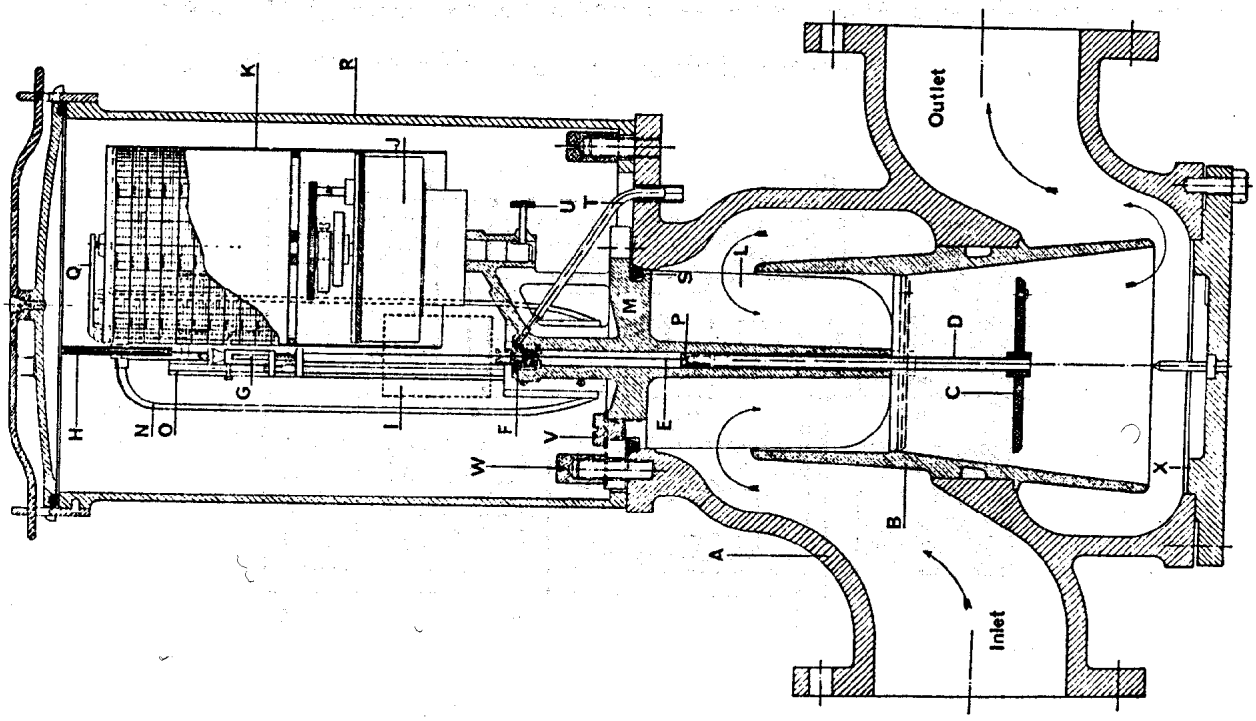
شکل ۹-۲- تقسیم شبکه به نواحی کوچکتر و نصب کنتور نشت‌یاب

1- Combined District and Waste Metering

2- Stop Tap Method



شکل ۹-۳- نمودار ترسیم شده توسط کنتور نشت‌یاب



شکل ۹-۴- کنتور نشت‌یاب

قبل از شروع آزمایش تمام لوله‌های اصلی در ناحیه مورد آزمایش از آب پر می‌شوند. باتوجه به این‌که تمام شیرهای انشعاب بسته هستند بنابراین مقدار آبی که در طول آزمایش وارد ناحیه شده و توسط کنتور ثبت می‌شود معادل با مقدار تلفات آب در ناحیه خواهد بود. بهتر است آزمایش در طول شب انجام شود تا امکان به‌کارگیری موثر میله‌های صدایاب یا سایر ابزار شنود فراهم شود. همچنین اعتراض و مداخله مشترکین در این صورت کمتر خواهد بود.

مزایای عمده این روش عبارتند از :

- مقادیرکمی تلفات قابل دسترسی است.
- مقدار آب صرفه‌جویی شده برحسب لیتر ودر نتیجه درآمد شرکت آب و فاضلاب قابل محاسبه است.

اشکالات زیر نیز در این روش قابل ذکرهستند:

- در موارد اضطرار مقدار آب بایستی از ناحیه تحت آزمایش به نواحی مجاور داده شودکه این امر ممکنست باعث مقداری خطا در مقدار آب مصرفی (تلفات) در ناحیه موردآزمایش شود.
- ناحیه مورد بررسی به ۲۵۰ تا ۳۰۰ انشعاب محدود می‌شود، زیراکه آزمایش بایستی در مدتی که مصرف وجود ندارد تمام شود.
- امکان بازکردن شیر انشعاب توسط برخی از مشترکین در زمان آزمایش.
- هزینه بیشتر و نیاز به صرف وقت بیشتر.
- احتمال مداخله مشترکین مثلاً بازکردن شیر انشعاب و ایجاد خطا در نتیجه کار.

۹-۲-۱-۲-۸روش نصب کنتور اصلی [1]

این روش وقتی کاربرد دارد که تمام انشعابات مجهز به کنتور باشند و ناحیه از یک لوله اصلی تغذیه شود. در این صورت روی لوله اصلی تغذیه کننده، یک کنتور معمولاً با سایز لوله، موسوم به کنتور اصلی نصب می‌شود. کلیه کنتورهای فرعی و کنتور اصلی قبل و بعد از مدت زمان آزمایش قرائت می‌شوند.

اختلاف بین مقادیر اندازه‌گیری شده در کنتور اصلی و مجموع مقادیر قرائت شده در کنتورهای فرعی میزان نشت در ناحیه را به دست می‌دهد.

مزایای عمده این روش عبارتند از:

- در مقایسه با روش بستن انشعاب مشترکین اقتصادی‌تر است.
- برای انجام آزمایش به روزهای کمتری نیاز است.

1- Master Meter Method

در عوض این روش دارای عیب‌های زیر است:

- ناحیه بایستی فقط از یک طرف تغذیه شود و بایستی یک ناحیه کاملاً بسته باشد.
- موفقیت بستگی به دقت کنتورها دارد.
- نشت در تک تک لوله‌ها قابل محاسبه نیست.
- افراد آموزش دیده برای قرائت کنتورها مورد نیاز است.

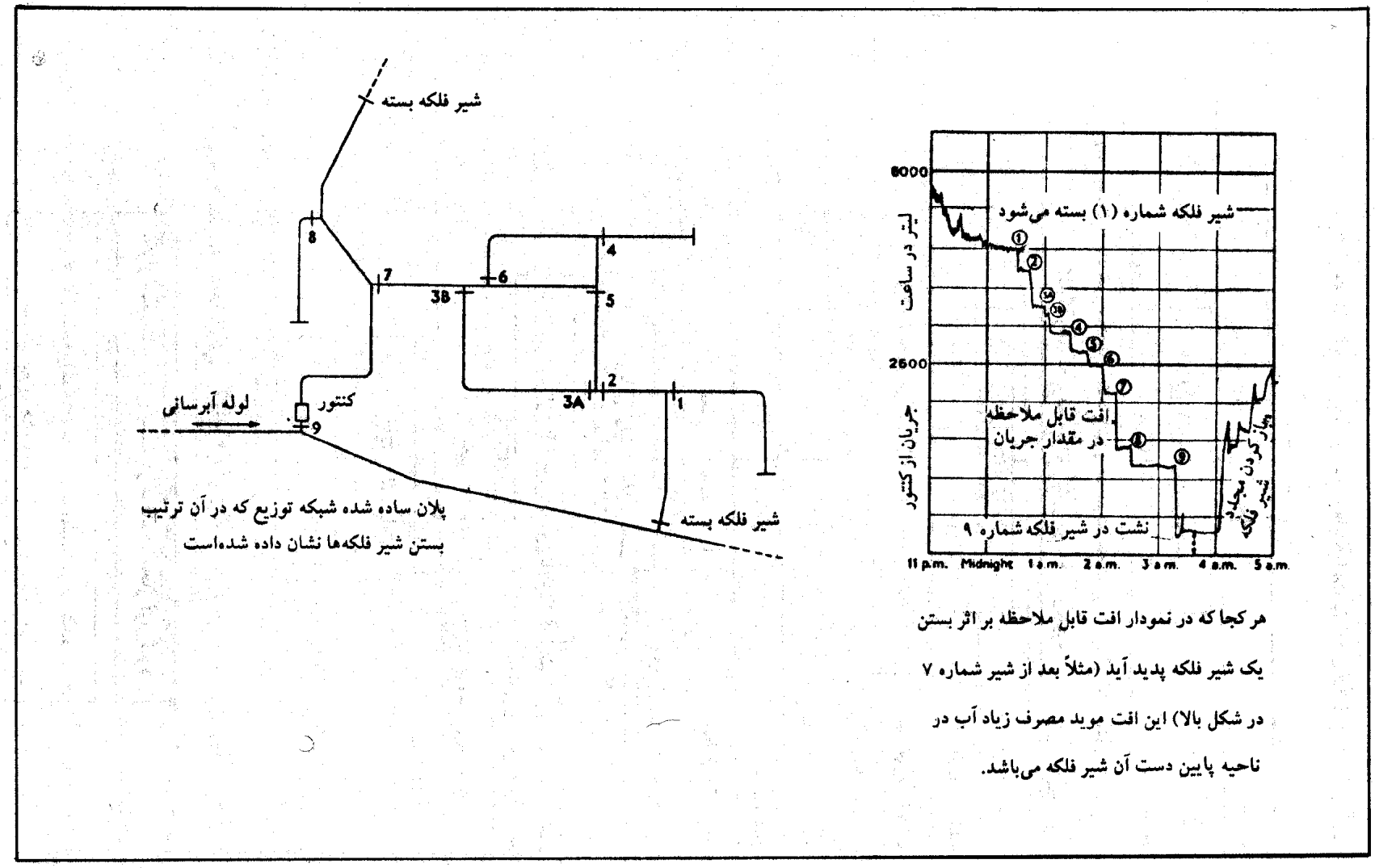
۹-۲-۱-۲-۹روش پله‌ای[1]

روش پله‌ای نسبت به روشهای قبلی دقیق‌تر و کاملتر است. منطقه موردآزمایش به نواحی کوچکتری تقسیم و هر ناحیه با تعبیه شیرفلکه از نواحی دیگر قابل جداکردن است. برای انجام آزمایش با اعلام قبلی به ساکنین ناحیه (از طریق رادیو و غیره) در ساعات نیمه‌شب (مثلا" ۲ تا ۵ صبح) ابتدا کلیه شیرفلکه‌های اطراف ناحیه بسته شده و ارتباط ناحیه موردبررسی از نواحی مجاور قطع می‌شود و با نصب کنتور نشت‌یاب در ورودی ناحیه هر نوع مصرف آب در ناحیه ثبت می‌شود. با بستن شیرفلکه‌های ابتدای هر خط فرعی یکی پس از دیگری یک مقدار افت در منحنی تغییرات جریان عبوری از کنتور به وجود می‌آید که پس از خاتمه کار (قطع جریان کلیه خطوط فرعی) و مقایسه افتهای حاصل در نمودار تغییرات جریان، می‌توان افتهای غیرمعمول و بیش از انتظار را مشخص کرد. این افتها حاکی از نشت آب در لوله فرعی مربوط به آن است که پس از بررسی و اطمینان از این‌که مصرف خاصی در زمان آزمایش در ناحیه تحت بررسی صورت نگرفته است، می‌توان قضاوت کرد که نشتی در لوله یا لوله‌هایی که قطع آنها از سیستم موجب افتهای غیرمعمول در نمودار تغییرات جریان می‌شود وجود دارد. به این ترتیب موقعیت نشت در ناحیه، محدود و مشخص می‌شود که به چه لوله یا لوله‌هایی مربوط است و سپس می‌توان با استفاده از دستگاههای شنود نقطه یا نقاط نشت را دقیقاً پیدا کرد.

نتایج آزمایش وقتی قابل اطمینان است که شیرفلکه‌های اطراف ناحیه قبلا" کنترل و از آب‌بند بودن کامل آنها اطمینان حاصل کرد. همچنین هیچ نوع ارتباطی بین ناحیه موردآزمایش و نواحی مجاورکه فاقد شیر قطع و وصل باشد وجود نداشته باشد.

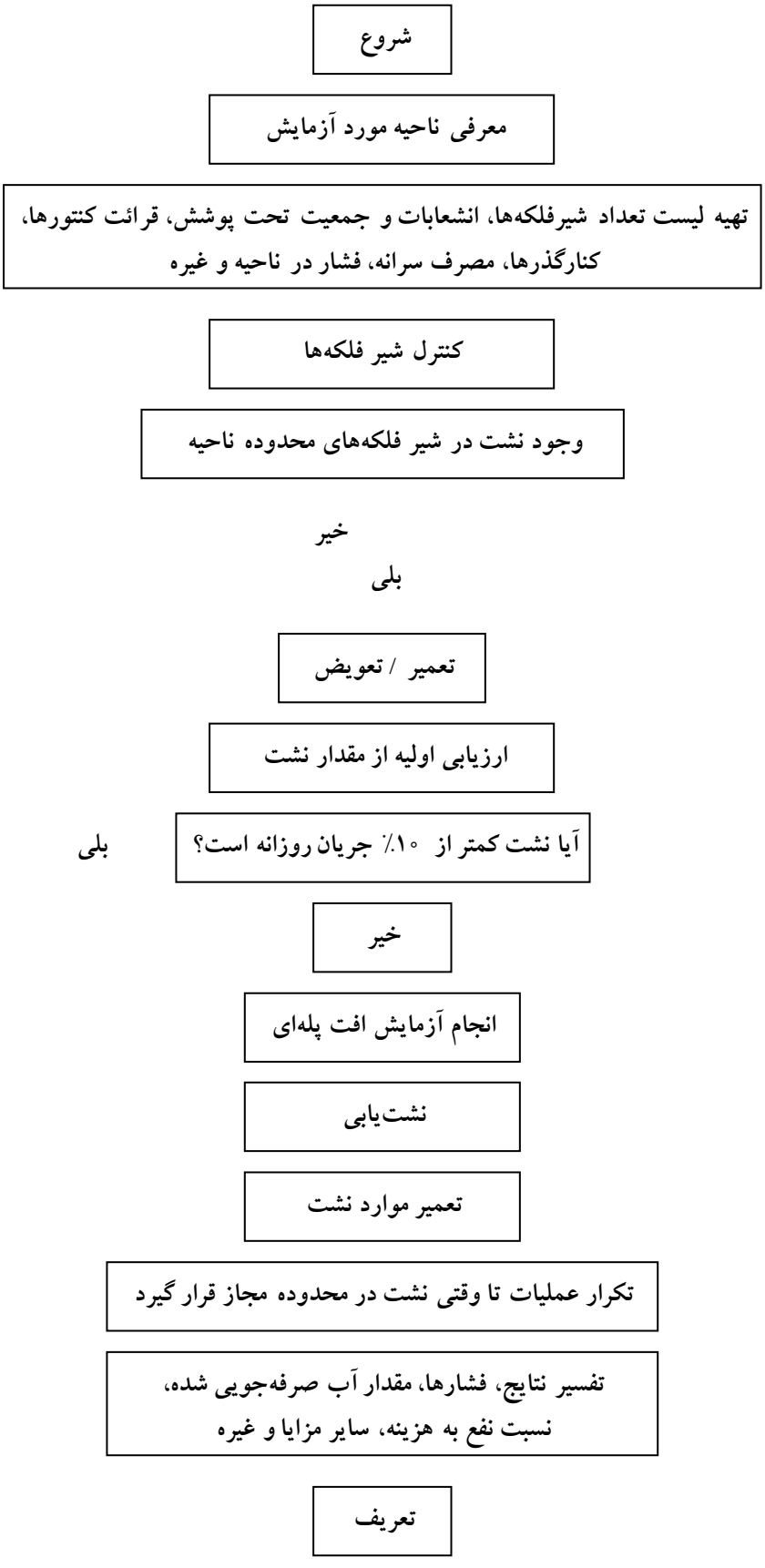
در شکل (۹-۵) شمای یک ناحیه مورد آزمایش و نمودار تغییرات جریان که توسط کنتور نشت‌یاب نصب شده در ورودی ناحیه، ثبت شده است ملاحظه می‌شود. به طوری که مشاهده می‌شود با بسته شدن شیرفلکه شماره (۷) افت باالنسبه بیشتری در منحنی تغییرات جریان به وجود می‌آید که می‌تواند حاکی از نشت آب در لوله (۵-۷) باشد. همچنین منحنی نشان می‌دهد که شیرفلکه شماره ۹ کاملا" آب‌بند نیست. ترتیب انجام یک آزمایش افت پله‌ای در نمودار شماره ۹-۲ و نتایج حاصل از یک آزمایش موردی در جدول شماره ۹-۱ و نقشه شبکه توزیع در شکل(۹-۶) نشان داده شده است.

1- Step Method



شکل ۹-۵- کاربرد کنتور نشت یاب

نمودار (۹-۲) ترتیب انجام آزمایش افت پله‌ای



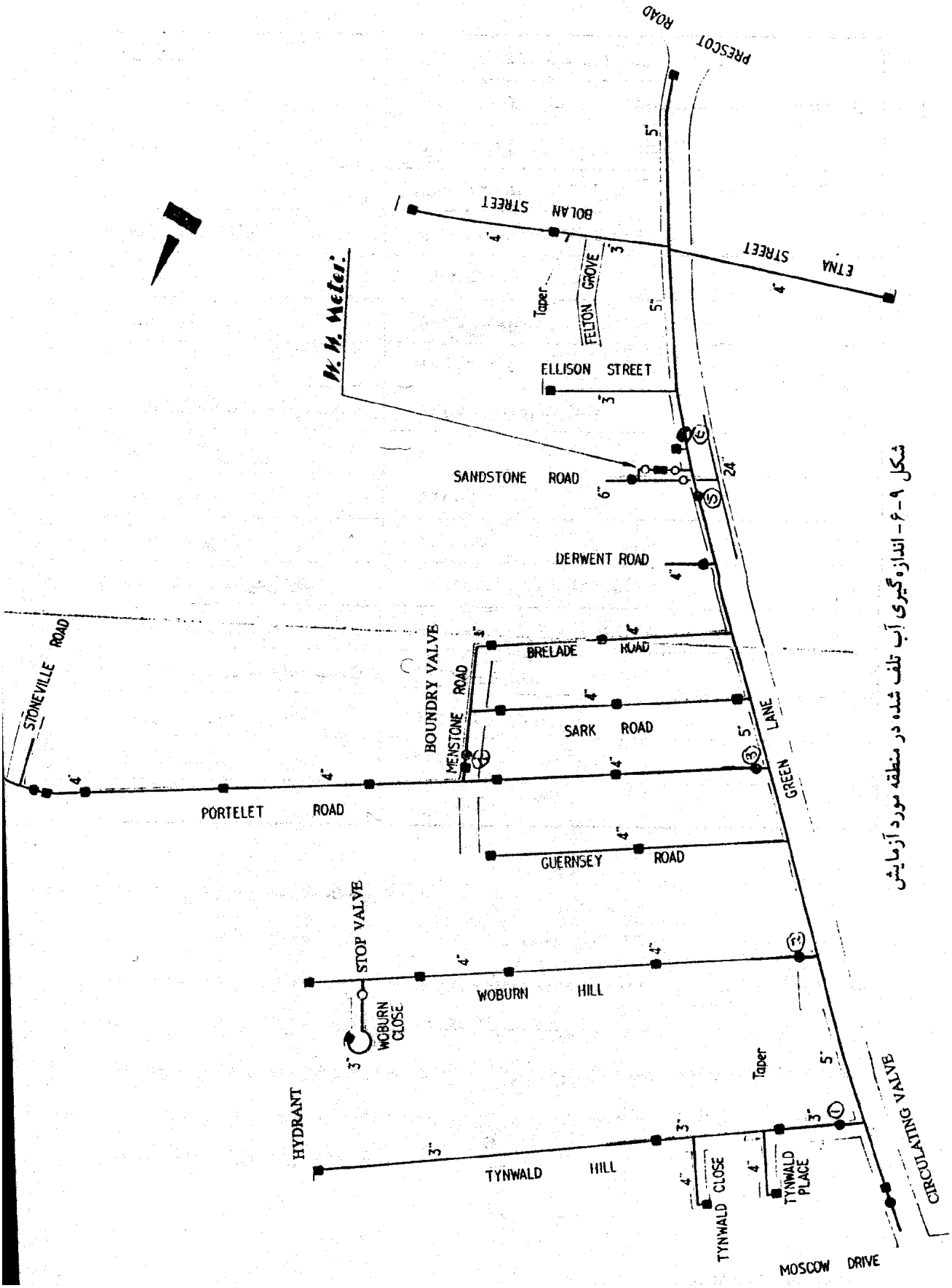
جدول شماره ۹-۱- نتایج آزمایش موردی در یک عملیات نشت‌یابی به روش افت پله‌ای

۱	موقعیت	محله بازار (محدود به ....) - شهر
۲	وضع ناحیه مورد آزمایش	قدیمی، پرتراکم، واقع در مرکز شهر، قدمت شبکه توزیع ۲۵ سال
۳	جمعیت	بومی ۲۶۲۵ نفر با سطح زندگی متوسط
		مهاجر ۷۳۰ نفر
۴	طول خطوط شبکه	۹۷۳/۵ متر در اقطار ۸۰ تا ۲۰۰ میلیمتر
۵	مساحت ناحیه	۲/۸۸ هکتار
۶	تعداد ساختمان	۲۸۵ تا سه طبقه
۷	تعداد انشعاب	۳۰۱ (۱۲ تا ۲۵ میلیمتر)
۸	تعداد شیرفلکه‌های قطع و وصل	۱۸ (با شیر روی کنارگذر)
۹	تعداد شیر آتش‌نشانی	۹
۱۰	تولید سرانه آب	۱۳۵ لیتر در روز
۱۱	ساعات تامین آب	۲۴ ساعت
۱۲	مقدار نشت در ارزیابی اولیه	۸۹۱۰۰ لیتر در روز (۲۵ درصد)
۱۳	موقعیت نشت / نشت‌ها	خط لوله فرعی در کوچه سعدی ۱۲
۱۴	مقدارنشت نهایی(بعد از انجام‌تعمیرات)	۶۴۸۵ لیتر در روز
۱۵	مقدار آب صرفه‌جویی شده	۸۲۶۱۵ لیتر در روز
۱۶	کاهش نشت پس از تعمیرات	٪۹۲
۱۷	زمان بازگشت سرمایه	طی ۱۸ ماه

۹-۲-۱-۲-۱۰ روش بازو بست کردن شیر فلکه‌ها[1]

در این روش که خود یکی از روشهای پله‌ای است طوری برنامه‌ریزی می‌شود که در هر یک از خطوط فرعی ابتدا شیرفلکه ابتدای آن را بسته و کاهش جریان ورودی به شبکه را توسط کنتور نشت یاب ثبت می‌کنیم و سپس شیر فلکه را باز می‌کنیم. امتیاز این روش نسبت به روش قبلی این است که از جریان زیاد آب در لوله‌های اصلی ناحیه یکجا به سمت نقاطی که حساس و یا آسیب‌پذیر هستند جلوگیر می‌شود. این روش معمولاً کاربرد زیادی ندارد. زیرا تجزیه و تحلیل ارقام ثبت شده در این روش مشکل است.

1- Open and close Method



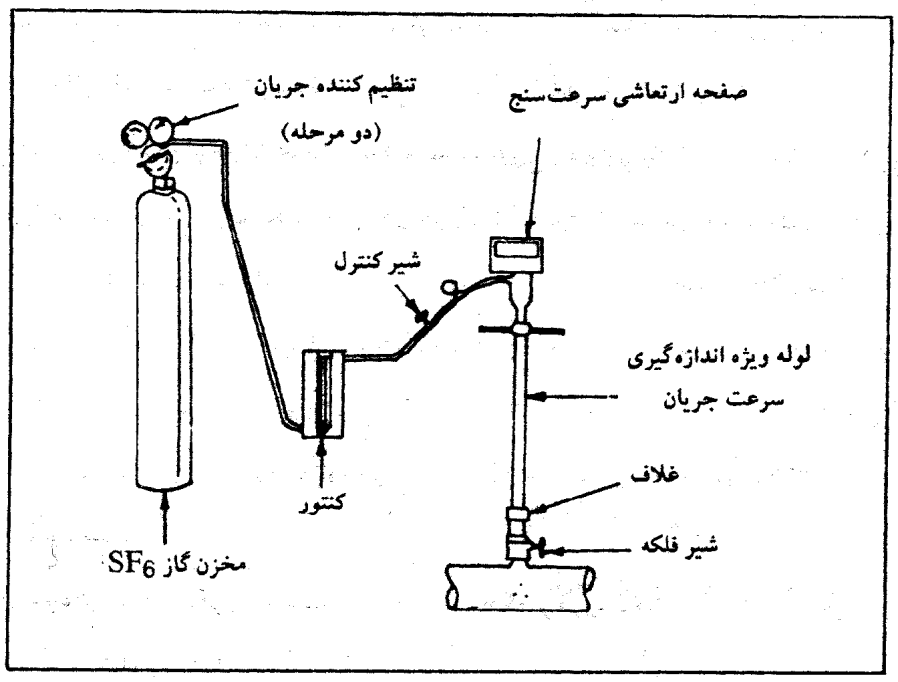
شکل ۹-۶- اندازه گیری آب تلف شده در منطقه مورد آزمایش

۹-۲-۱-۲-۱۱ روش استفاده از گازهای ردیاب

روش‌هائی دیگر نظیر استفاده از ردیاب‌های رادیواکتیو، استفاده از آب رنگی، و گازهای ردیاب برای پی بردن به محل وقوع نشت در لوله‌ها در برخی از کشورها به کار برده می‌شوند که در زیر به روش استفاده از گازهای ردیاب اشاره می‌شود.

گاز سولفور هگزا فلوراید (SF) یک گاز خنثی است که به سادگی با سایر مواد ترکیب نمی‌شود. در آب محلول است و سمی و خورنده نیست. برخی از مراکز بهداشتی کاربرد این گاز را به صورت کنترل شده پذیرفته‌اند.

برای آزمایش به آبی که داخل لوله مورد آزمایش است مقداری آب محتوی گاز SF تزریق می‌کنند برای تهیه آب محتوی گاز SF، گاز را با فشار وارد آب می‌کنند و هر چه فشار بیشتر باشد گاز بیشتری در آب حل خواهد شد. پس لوله‌ای را که به آن محلول محتوی گاز تزریق شده آن قدر تحت فشار قرار می‌دهند که مطمئن شوند آب محتوی گاز از محل‌های نشت خارج شده است. با خروج آب محتوی گاز از محل نشتی‌ها فشار آن کم شده و گاز از آب خارج و در خاک نفوذ می‌کند. با استفاده از یک دستگاه ردیاب محل نشت گاز در سوراخهای به عمق ۲۰ سانتیمتر در روی محور لوله و به فواصل تقریباً برابر عمق لوله مشخص می‌شود. ترتیبات کلی کار در شکل شماره (۹-۶) نشان داده شده است.



شکل ۹-۷- تجهیزات تزریق گاز

۹-۳ برنامه جامع عملیات نشت‌یابی

کشف تک به تک نشتی‌ها بطرق مختلفی که تشریح شد انجام می‌شود و روشهایی که قبلاً توضیح داده شدند الزاماً در همه شرایط قابل کاربرد نیستند. برنامه جامع عملیات نشت‌یابی در هر ناحیه تحت آزمایش به‌شرح زیر می‌تواند باشد.

۹-۳-۱ تحلیل نتایج قرائت کنتورهای نشت‌یاب، یکی از نواحی که در آن میزان جریان شبانه پس از کسر مصارف شبانه مربوط به کارخانه‌ها، بیمارستانها و غیره (احتمالاً تلفات) بالا است، انتخاب می‌شود. در نمودار شماره (۹-۱) که تغییرات مصرف در ساعات مختلف شبانه روز را نشان می‌دهد حداقل جریان شبانه ۲۰۰۰ گالن در ساعت (۹۰۰۰ لیتر) ثبت شده‌است. در مقایسه با متوسط جریان روزانه که ۳۲۵۰ گالن در ساعت (۱۵۶۲۵ لیتر) است در صورتی‌که هیچ مقدار آبی در ساعات شبانه مصرف نشده‌باشد میزان تلفات ۶۱/۵ درصد کل جریان متوسط خواهد بود. برای به‌دست آوردن کل جریان آب در ۲۴ ساعت مقادیر متوسط ساعتی در ساعات شبانه روز با هم جمع می‌شوند در حالی‌که برای به‌دست آوردن تلفات آب در طول یک شبانه روز مقدار جریان حداقل شبانه در ۲۴ ضرب می‌شود که با توجه به این‌که فشار آب در شب معمولاً بیشتر از روز است، رقم به‌دست آمده دست بالا خواهد بود.

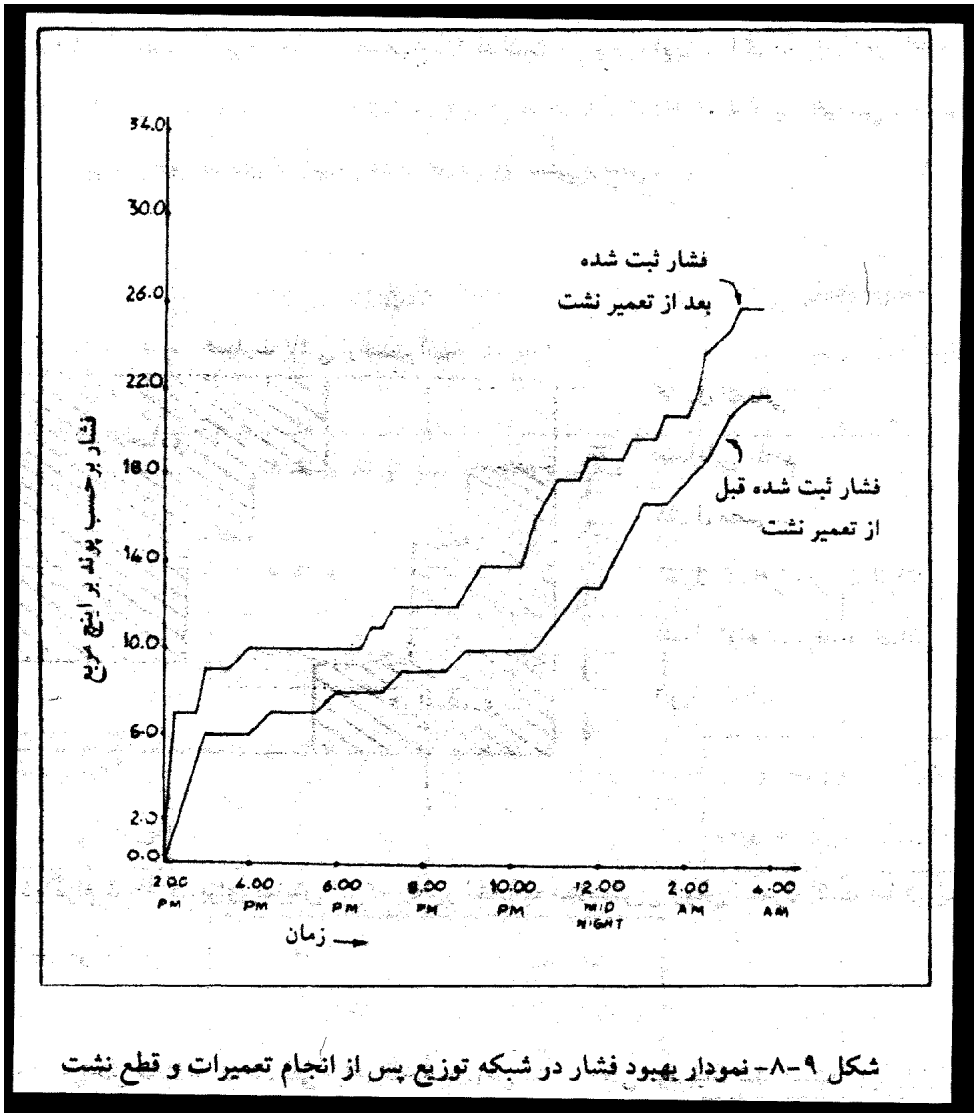
۹-۳-۲ بازرسی خانه به خانه به‌منظور کشف شیرهایی که احتیاج به تعویض واشر دارند. در اکثر حالات واشر شیرهای آب آشامیدنی و شیرهای شناور توسط فرد بازرسی کننده تعویض می‌شود و در مورد سایر شیرها توجه لازم داده می‌شود که متعاقباً و بموقع توسط لوله‌کشها تعویض واشر شوند.

۹-۳-۳ یک بررسی جامع از میزان تلفات آب در سیستم توزیع مطابق آنچه که در بند (۹-۲) تشریح شد، به‌عمل می‌آید. این بررسی میزان اتلاف آب را در هر یک از خطوط شبکه توزیع و منازل و اماکنی که به آن وصل است را به‌دست خواهد داد.

۹-۳-۴ بازرسی هریک از خطوط آبرسانی شبکه توزیع در هر کجا که میزان نشت آب بالا به‌نظر می‌رسد با روش گوش دادن به صدا در شب و بازرسی دقیقتر لوله‌هایی که در آنها آزمایشات شبانه وجود نشت را تایید کرده‌است، در روز بعد و مرمت آنها خروج آب از لوله‌های سرریز مخازن موید آن است که شیرهای شناور تنظیم نیستند.

۹-۳-۵ بررسیهای بعدی و تکرار عملیات نشان خواهند داد که برخورد با کنترل تلفات در ناحیه موردبررسی تاچه حد موفقیت‌آمیز بوده است.

شکل ۹-۷ بهبود فشار را در شبکه توزیع پس از انجام تعمیرات و قطع نشت نشان می‌دهد.



شکل ۹-۸- نمودار بهبود فشار در شبکه توزیع پس از انجام تعمیرات و قطع نشت

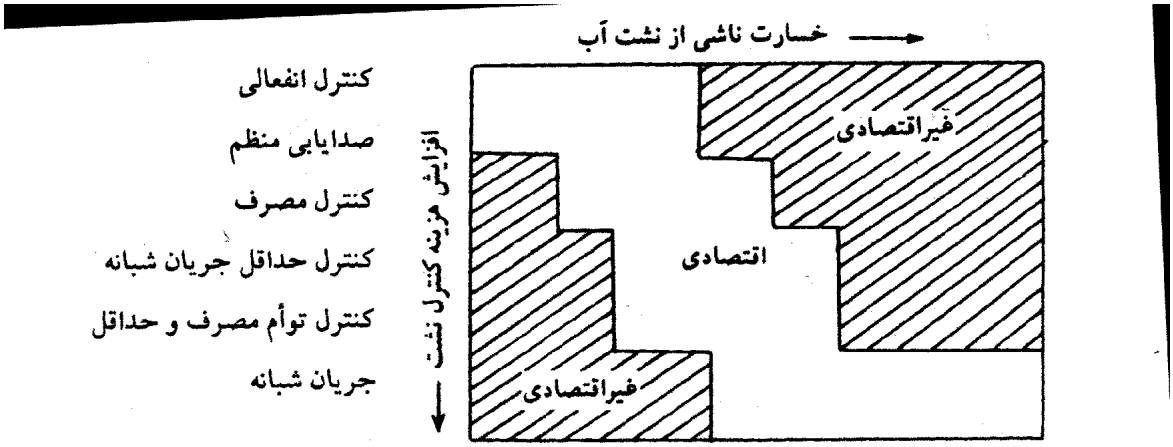
۱۰- انتخاب روش بهینه

انتخاب روش بهینه بستگی به عوامل زیر دارد:

- میزان نشت در سیستم
- خسارت نشت یا برعکس درآمدی که از کاهش نشت عاید می‌شود.
- هزینه و سودمندی هریک از روشهای کنترل

در جایی که خسارت پائین است یعنی هم مقدار نشت آب کم است و هم بهای آن، غیر اقتصادی خواهد بود که پول زیادی را صرف کنترل نشت کنیم و یک روش ساده در این مورد کافی است. از طرف دیگر در جایی که کل هزینه نشت بالا است، یک روش گرانتر ممکن است قابل توجیه باشد چرا که درآمد آن هم به نسبت بیشتر است.

با توجه به شکل (۱۰-۱) مسئله تعیین سیاست صحیح کنترل نشت در وحله اول پیدا کردن راهی در باند مورب اقتصادی است، ثانیاً عواملی سوای ملاحظات اقتصادی بایستی به حساب گرفته شوند نظیر: طراحی سیستم، نوع منطقه (شهری، روستایی)، وجود نیروی انسانی، و سایر عوامل مهندسی و مالی .



شکل (۱۰-۱) دیاگرام شماتیک برای نمایش این‌که چطور انتخاب مناسبترین روش کنترل نشت با هزینه‌های متفاوت نشت تغییر می‌کند.

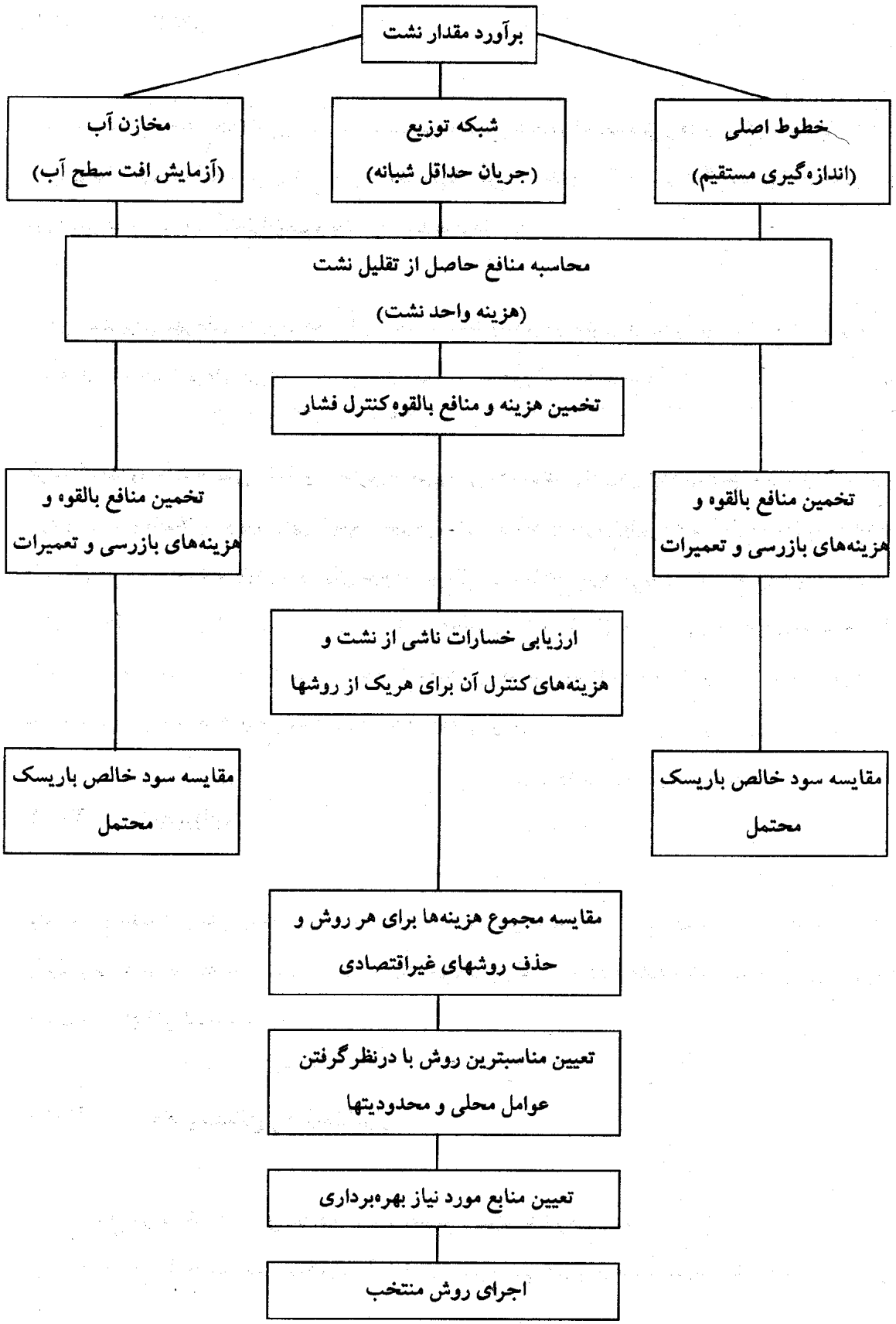
در نمودار (۱۰-۱) مراحل مختلفی که بایستی برای انتخاب روش مناسب طی کرد بیان شده است. این روش در هر شبکه توزیع قابل کاربرد است و به‌منظورهای زیر می‌تواند به‌کار گرفته شود:

- تعیین یک سیاست درست کنترل نشت در جایی که وجود ندارد
- تجدیدنظر در یک سیاست موجود
- تعیین منابع موردنیاز برای اجرای روش منتخب، هزینه اجرا و درآمدهای احتمالی حاصله

یکی از محاسن عمده این روش این است که قادر می‌سازد، منافع حاصل از کاهش نشت را محاسبه کرد (هزینه واحد نشت). این کار از روی تغییراتی که در هزینه‌های ناشی از تقلیل مقدار نشت در سیستم به‌وجود می‌آید انجام می‌شود. تغییر در هزینه‌ها شامل موارد زیر است:

- تقلیل هزینه‌های بهره‌برداری سالیانه (هزینه‌های پمپاژ، هزینه‌های تصفیه و غیره)
- به‌تعویق افتادن طرحهای توسعه (سرمایه‌ای) و یا آن بخش از طرحهای توسعه که لازم است متناسب با افزایش تقاضا به‌اجرا درآیند (منابع، مخازن، تصفیه‌خانه‌ها، خطوط انتقال و غیره)

نمودار (۱۰-۱) نمودار تعیین سیاست کنترل نشت



۱۱- کارکنان، تجهیزات، مواد و نوشت‌افزار

۱۱-۱ کارکنان

برنامه نشت‌یابی ماهیتاً یک کار پیوسته است و مستلزم داشتن یک کادر اختصاصی و دائم. ممکن است کار را با یک گروه کوچک مرکب از یک نفر مهندس جوان، یک وسیله تقویت صدا و ۸ تا ۱۰ نفر کارگر شروع کرد. حداقل ابزار مورد نیاز شامل یک دستگاه لوله‌یاب و یک میله تشدید صداست.

ممکن است برای شهرهای خیلی کوچک تأمین کادر و خرید وسایل مورد نیاز کار مقدور نباشد که در این صورت این شهرها از امکانات شهرهای بزرگتر و یا شرکتهای مهندسین مشاور استفاده خواهند کرد.

هرکجاکه مقدور باشد بایستی یک اکیپ خاص به سرپرستی یک مهندس آموزش دیده و مجهز به وسایل لازم، توسط شرکتهای آب و فاضلاب تجهیز و این اکیپ به‌طور مرتب و با برنامه، به کار ارزیابی منظم مقدار نشت آب، برنامه‌های نشت‌یابی و کنترل نشت و پایش‌های کیفی مربوطه بپردازد. یک واحد نمونه به سرپرستی یک مهندس با تجربه که تمام‌وقت خود را به این کار اختصاص می‌دهد به شرح جدول (شماره ۱۱-۱) است. این واحد ممکن است شهرهایی تا جمعیت یک میلیون نفر را جوابگو باشد. تعمیرات اساسی، تعویض لوله‌ها و شیرآلات توسط قسمت بهره‌برداری و نگهداری و یا دیگر واحدهای شرکت آب و فاضلاب انجام می‌شود.

۱۱-۲ تجهیزات

برای اجرای اطمینان بخش برنامه ارزیابی، نشت‌یابی و کنترل، هر شرکت آب و فاضلاب بایستی به یک سری وسایل و تجهیزات به شرحی که در جدول ۱۱-۲ ملاحظه شود مجهز باشد. خلاصه مشخصات وسایل و کاربرد آنها در جدول(۱۱-۳) ذکر شده است.

۱۱-۳ مواد و مصالح و نوشت‌افزار

مواد و مصالح مورد نیاز کار شامل تعدادی ابزار و مصالح معمولی به شرح زیراند:
ابزار حفاری، وسایل حصارکشی، رنگ‌زنی، گچ، پارچه لیفی، میخ چوبی و غیره، تجهیزات آزمایشگاهی برای

آزمایش نمونه‌های آب، کامپیوتر و وسایل نقشه‌کشی. همچنین مقداری نوشت‌افزار برای اجرای برنامه و برداشتن یادداشت به شرح زیر لازم است:

- نوشت‌افزار دفتری
- دفتر ثبت آمار
- دفتر یادداشت

۱۱-۴ ثبت داده‌ها

اطلاعات پایه‌ای که در بررسی هر ناحیه یا زیر ناحیه جمع‌آوری می‌شوند برای نتیجه‌گیری از کار خیلی مهم هستند. این اطلاعات باید به خوبی در آرشیو نگهداری و هرچندگاه بروز شوند. نگهداری اطلاعات در موارد برگشت مجدد و آزمایش دوباره هر ناحیه موجب صرفه‌جویی در وقت، پول و نیروی کار می‌شود. اطلاعات زیر بایستی نگهداری شوند:

۱۱-۴-۱- اطلاعات در مورد جمعیت

۱۱-۴-۲- اطلاعات در مورد مشترکین

۱۱-۴-۳- اطلاعات در مورد لوله‌ها، متعلقات و شیرآلات

۱۱-۴-۴- یادداشت‌های کاری روزانه

۱۱-۴-۵- موادی که به‌کار رفته‌اند و قیمت آنها

۱۱-۴-۶- نقاط نشت آب در آزمایشهای به‌عمل آمده

۱۱-۴-۷- نقشه‌های موقعیت لوله‌ها و متعلقات شبکه

۱۱-۴-۸- نیروی انسانی به‌کار گرفته شده و هزینه آن

۱۱-۴-۹- سایر هزینه‌ها نظیر حمل و نقل، تجدید آسفالت، تلفن و غیره.

۱۱-۵ گزارش نهایی هر زیر ناحیه بعد از انجام آزمایش

گزارش نهایی هر زیرناحیه بعد از انجام آزمایش که شامل موارد زیر است، بایستی نگهداری شود. ضمن این‌که گزارشها در هر آزمایش مجدد، بروز می‌شوند.

۱۱-۵-۱- توصیف هر ناحیه/زیرناحیه

۱۱-۵-۲- مدت آزمایش - تاریخ، سال، زمان

۱۱-۵-۳- روش آزمایش انتخابی

۱۱-۵-۴- کل جمعیت

۱۱-۵-۵- تعداد کل انشعابات

۱۱-۵-۶- مساحت ناحیه/زیرناحیه

۱۱-۵-۷- طول خطوط لوله و قطر آنها

۱۱-۵-۸- نوع تأمین آب و ساعات برخورداری از آن

۱۱-۵-۹- درصد نشت‌ها، فشارها قبل و بعد از آزمایش

۱۱-۵-۱۰- کل آب تأمین شده برای هر ناحیه و زیر ناحیه در روز

۱۱-۵-۱۱- مصرف سرانه آب لیتر/ نفر/روز

۱۱-۵-۱۲- هزینه انجام کار - مواد، نیروی کار، اجاره و کرایه تجهیزات، نظارت، حمل و نقل و تجدید آسفالت

۱۱-۵-۱۳- بروز درآوردن نقشه‌ها

۱۱-۵-۱۴- نظرات و پیشنهادات در موارد آزمایش مجدد هر ناحیه

۱۱-۵-۱۵- مسایل اقتصادی - برگشت هزینه آزمایش بر حسب ارزش آب صرفه‌جویی شده

جدول شماره ۱۱-۱ - واحد نشت‌یابی

ردیف	کارمند	تعداد پست	وظایف
۱	مهندس، با تجربه لازم	۱	سرپرستی و نظارت و کنترل برنامه
۲	سرپرست	۳	سرپرستی کارهای صحرایی
۳	شیمیست / باکتریولوژیست	۱	آزمایش و کنترل کیفی آب
۴	کنترخوان، بازوبست‌کننده شیر فلکه‌ها، افزارمند، لوله‌کش	۸	کارهای معمولی صحرایی
۵	مکانیک ابزار	۱	نگهداری و تعمیر ابزار و تجهیزات
۶	تکنسین صحرایی	۴	ردیف‌کردن لوله‌ها و صدایابی
۷	نقشه‌کشی و کاردان کامپیوتر	۱	بروزکردن نقشه‌های شبکه توزیع
۸	بایگان، کارمند، تایپیست	۲	کارهای دفتری
۹	کارگر	۶	همکاری با لوله‌کش‌ها
۱۰	راننده	۱	حمل و نقل

جدول شماره ۱۱-۲- ابزار و تجهیزات موردنیاز برای یک واحد نشت‌یابی

ردیف	نوع وسیلـــه	تعداد
۱	بده‌سنج پیتو	۱
۲	کنتور حجمی[۱]	۳
۳	کنتور ثبات[۲] نشت‌یابی متحرک (موبایل)	۱
۴	لوله‌یاب[۳] الکترونیکی	۲
۵	لوله‌یاب لوله غیرفلزی	۱
۶	نشت‌یاب الکترونیکی	۲
۷	دریچه‌یاب حوضچه شیرآلات	۱
۸	میله صدایاب[۴]	۳
۹	فشارسنج	۴
۱۰	فشارسنج ثبات	۲
۱۱	کرنومتر	۲
۱۲	بی‌سیم[۵]	۱
۱۳	وسایل لوله‌کشی، تعمیرات، لوله خرطومی و غیره	۱ سری
۱۴	طول‌سنج (کیلومتر شمار)	۱
۱۵	وانت	۱

1- Revenue Water Meter

2- Waste Water Meter

3- Locator

4- aquascope

5- Walkie Talkie

جدول شماره ۱۱-۳- خلاصه مشخصات لوازم و تجهیزات

ردیف	نوع وسیله	مورد استفاده
۱	بده‌سنج پیتو	اندازه‌گیری سرعت و جریان در خطوط انتقال و خطوط اصلی، بررسیهای صحرایی برای محاسبه ضریب "C" در لوله‌ها
۲	فشارسنج	مورد استفاده برای آزمایشات ارزیابی مقدار نشت، اندازه‌گیری فشار در لوله‌ها، بررسیهای صحرایی برای محاسبه ضریب "C"
	(الف)- فشارسنج معمولی	
	(ب)- فشارسنج ثبات قابل انتقال	
۳	کنتور نشت‌یاب معمولی اندازه‌های ۶، ۴ و ۳ اینچ	قابل استفاده به‌صورت کنتورکنارگذر [1] در آزمایشات ارزیابی مقدار نشت
۴	کنتور نشت‌یاب ثبات با صفحه‌گردان	قابل‌استفاده‌برای‌آزمایشات‌ارزیابی مقدار نشت. و قابل استفاده بعنوان کنتورکنارگذر موقت یا دائم.
۵	کنتور نشت‌یاب نوع ثابت	برای نصب دائم در یک حوضچه
۶	میله انتقال‌دهنده صدا از جنس آهن با قسمت گوشی برنجی	وسیله‌ای ساده برای تعیین موقعیت صدای نشت در زیرزمین تا عمق ۲ تا ۲/۵ متر
۷	لوله‌یاب لوله‌های غیرفلزی	برای تعیین موقعیت لوله‌های مدفون
۸	نشت‌یاب الکترونیکی قابل حمل	برای تعیین موقعیت نشت در زیرزمین تا ۲/۵ متر عمق
۹	دریچه‌یاب درپوش حوضچه شیرآلات	برای تعیین موقعیت درپوشهای فلزی مدفون
۱۰	دستگاه مرتبط‌کننده نشت و صدا [2]	وسیله‌ای دقیق و سریع برای تعیین موقعیت نشت‌ها
۱۱	لوله‌یاب الکترونیکی	برای تعیین مسیر و عمق لوله‌های فلزی مدفون تا ۲/۵ متر زیر سطح زمین
۱۲	کنتور یا درجه اندازه‌گیری مقدار جریان آب در شیر آتش‌نشانی	برای اندازه‌گیری مقدار جریان در شیر آتش‌نشانی با نصب درجه در بالای دهانه شیر

1- by - Passmeter

2- Leak Noise Correlator

جدول شماره ۱۱-۳- خلاصه مشخصات لوازم و تجهیزات

ردیف	نوع وسیله	مورد استفاده
۱۳	تانکر با ظرفیت حدود ۲۰۰۰ لیتر مجهز به پمپ دوطرفه، قابل یدک به پشت جیپ	قابل استفاده برای آزمایش هیدرولیکی خطوط و شیرآلات از لحاظ نشت
۱۴	بی‌سیم	مورد استفاده برای انتقال پیام‌ها و دستور کارها در حین انجام عملیات صحرایی
۱۵	طول‌سنج(کیلومتر)	قابل استفاده برای اندازه‌گیری طول واقعی خطوط لوله در خلال کارهای صحرایی
۱۶	وانت	برای انتقال افراد، مواد و مصالح و لوازم

۱۲- ابزار و دستگاههای نشت‌یابی

از آنجا که تابحال آب شرب شهرها به وسیله شبکه‌ای از لوله‌های مدفون تأمین می‌شده است، یکی از مشکلات این روش تأمین آب مواجه شدن با نشت آب بوده است. تا زمانی که آب به فراوانی در دسترس بود و ارزان هم قابل عرضه بود و هزینه تعمیرات نیز کم بود، اتلاف مقادیری از آب در سیستم توزیع می‌توانست تحمل شود. لکن امروزه شرایط، به خاطر افزایش چشمگیر تلفات آب همراه با گرانترشدن انرژی و همچنین افزایش هزینه‌های پرسنلی، تجهیزات و مواد شیمیایی موردمصرف در تصفیه آب، تغییر کرده است. این شرایط باعث شده است که ارزش واقعی آب به عنوان یک کالای گرانبها درک شود. درنتیجه محققین و مهندسین آب مجبور شدند راههایی برای تعیین موقعیت دقیق و سریع محلهای نشت در لوله‌های مدفون زیرزمین، با استفاده از وسایل ساده موجود بیابند. به تدریج مراکز تحقیقاتی موفق شدند و سایل نشت‌یابی جدیدی را که براساس اصل همبستگی صدا و نشت کار می‌کنند، به بازار عرضه کنند.

۱۲-۱ تعیین موقعیت نشت

فرار آب از یک لوله تحت فشار صدای خاصی را ایجاد کرده و امواج صوتی با فرکانس‌های متفاوتی را منتشر می‌کند. فرکانسهای ایجاد شده از یک نمونه نشت، خاص همان نشت است و بستگی به قطر و جنس لوله دارد، اندازه و شکل شکستگی، فشار داخل لوله و طبیعت زمینی که آب نشتی به داخل آن تخلیه می‌شود. صدایی که تولید می‌شود با سرعتی که بستگی به برخی از خصوصیات فوق دارد در طول لوله منتقل شده و از طریق جسم لوله و خاک پیرامون آن، به اطراف منتشر می‌شود. هر چقدر که صدا از محل تولید آن دور می‌شود، خصوصیات آن به تدریج به واسطه برخورد با محیط اطراف و تداخل با ارتعاشات دیگر حاصل از سایر تأسیسات مدفون زیرزمینی، تغییر می‌یابد.

معابر با سطح سخت و یا فرش شده، بهترین شرایط را برای تعیین موقعیت نشت دارند. سطوح پوشش شده با بتن بیشترین حساسیت را دارند و صداهای دیگر اطراف را جذب می‌کنند. سطوح آسفالت شده و سنگفرش شده بهترین شرایط کار را دارند. در نقاطی که خطوط آبرسانی زیر سطوح با پوشش گیاهی باشند بایستی ابتدا علفها و ریشه‌ها را کنار زد بعداً تجهیزات نشت‌یابی را روی خاک سفت قرار داد.

۱۲-۲ مسیر لوله و موقعیت متعلقات :

قبل از اجرای برنامه نشت‌یابی بایستی مسیر صحیح و عمق کارگذاری لوله، و موقعیت متعلقات شبکه‌به‌ویژه شیرفلکه‌ها شناسایی شود. نقشه‌ها معمولاً" مسیر دقیق خطوط را نشان نمی‌دهند و مادام که این مسیرها دقیقاً مشخص نشوند، اجرای برنامه‌های نشت‌یابی اتلاف وقت و بی‌نتیجه خواهد بود و ممکنست اجباراً به کندن غیرضرور خیابانها

و معابر بینجامد. امروزه علامت‌گذاری مسیر لوله‌ها با یک مسیریاب الکترونیکی انجام می‌شود. با وسیله دیگری نیز می‌توان موفقیت حوضچه شیرآلات و دریچه‌های مدفون را شناسایی کرد.

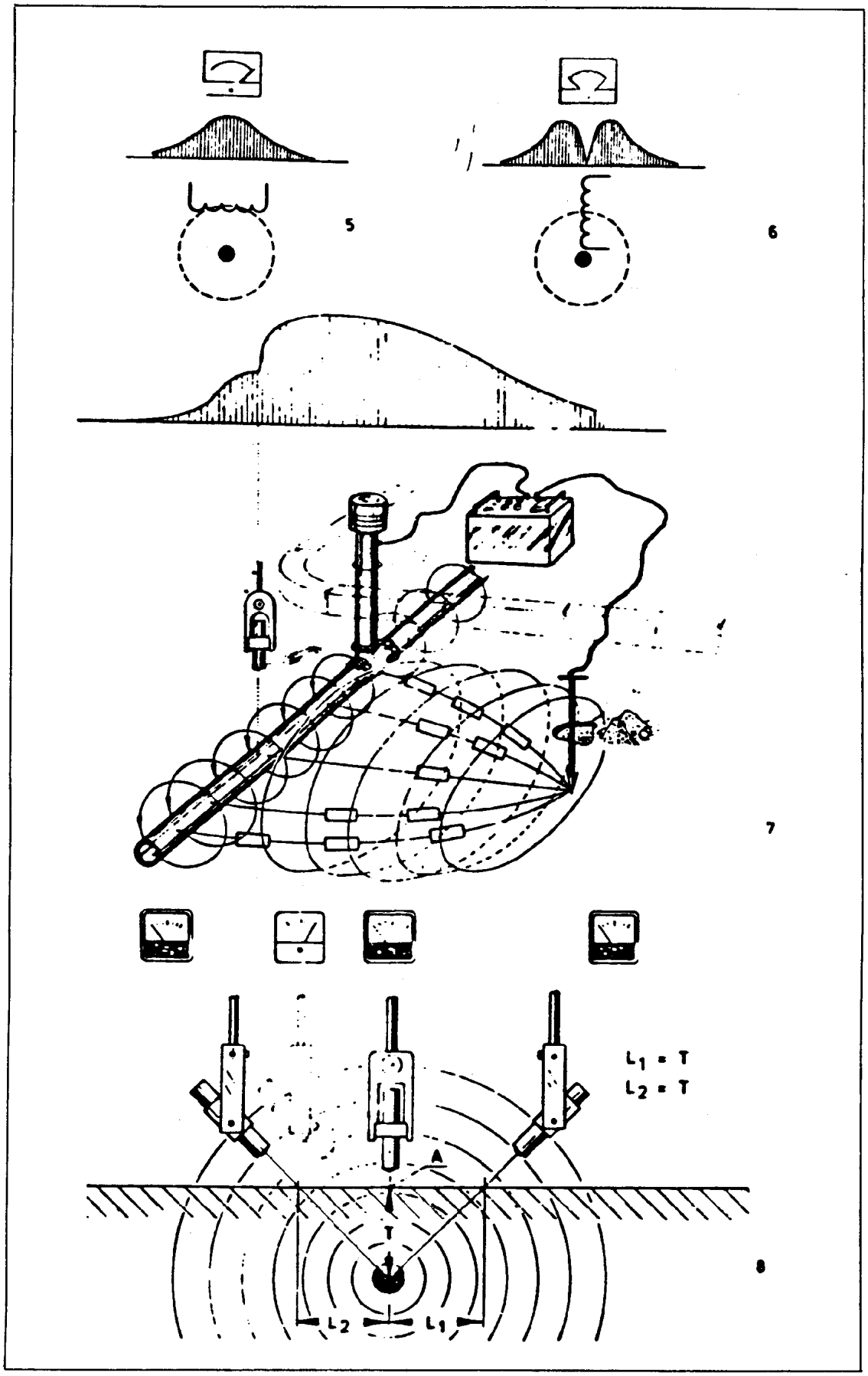
۱۲-۲-۱ مسیریاب لوله[1]

یک مسیریاب الکترونیکی از دو قسمت فرستنده و گیرنده تشکیل شده است. شکل شماره (۱۲-۱) فرستنده یک میدان مغناطیسی متناوب بر اثر عبور جریان الکتریکی در یک سیم‌پیچ حلقوی تولید می‌کند. و این سبب القاء یک جریان متناوب مشابه در هر لوله‌ای که در این میدان قرار گیرد، می‌شود و گیرنده، این جریان ایجاد شده در لوله را دریافت می‌کند. این میدان الکترومغناطیسی که به وسیله آنتن گیرنده دریافت می‌شود به وسیله یک دستگاه تقویت‌کننده امواج الکترومغناطیسی به امواج صوتی و الکتریکی تبدیل می‌شود و یک شدت‌سنج، شدت امواج صوتی را نشان می‌دهد. در برخی از دستگاهها که فاقد بلندگوی سرخود هستند از گوشی‌هایی که به دستگاه گیرنده وصل می‌شود استفاده می‌شود. برای تعیین مسیر لوله، ابتدا دستگاه فرستنده را در نقطه‌ای مشخص در یک سر لوله و در امتداد محور آن قرار می‌دهند بعداً دستگاه گیرنده را به فاصله معقولی مثلاً حدود ۱۰۰ متر دورتر برده و آن را در امتداد عمود بر محور لوله جابجا می‌کنند تا شدت صدا به حداکثر برسد. موقعیت دستگاه گیرنده در این نقطه نشان از مسیر لوله‌ای می‌دهد که در زیر زمین قرار دارد. با تکرار این عمل به دفعات در طول خیابان، تمام مسیر لوله را می‌توان مشخص و علامتگذاری کرد. علامتگذاری با رنگ در امتداد معبر یا نوشتن مختصات آن از نقاط مشخص بر روی دیوار ساختمانهای مجاور انجام می‌شود. باید دانست که میدانهای الکتریکی که به‌وسیله کابلهای فشارقوی، واگنهای راه‌آهن، تراموا و غیره ایجاد می‌شوند در کار دستگاههای مسیریاب ایجاد اختلال می‌کنند. علائمی که از میدانهای مذکور دریافت می‌شوند گمراه‌کننده بوده و بایستی اثر آنها به طریق آزمایش و خطا حذف شود.

دستگاههای لوله‌یاب الکترونیکی می‌توانند برای تعیین عمق کارگذاری لوله‌ها نیز به کار گرفته شوند. طریق عمل به شرح زیر است:

دستگاه گیرنده با زاویه ۴۵ درجه نسبت به سطح زمین تنظیم می‌شود. کار از نقطه‌ای که مستقیماً در بالای مرکز خط لوله قرار دارد با حرکت در امتداد عمود بر لوله آغاز می‌شود، با حفظ زاویه ۴۵ درجه، از لوله به‌آهستگی دور می‌شویم تا وقتی صدا قطع یا به حداقل برسد، فاصله این نقطه تا محور لوله (که قبلاً مشخص شده است) برابر عمق لوله خواهد بود. برای دقت بیشترمی‌توان این کار را در هر دو طرف لوله انجام داده که در این صورت مقدار متوسط برابر عمق لوله خواهد بود این دستگاه ظریف، گران و بایستی بادقت جابه‌جا شود.

1- Pipe Locator

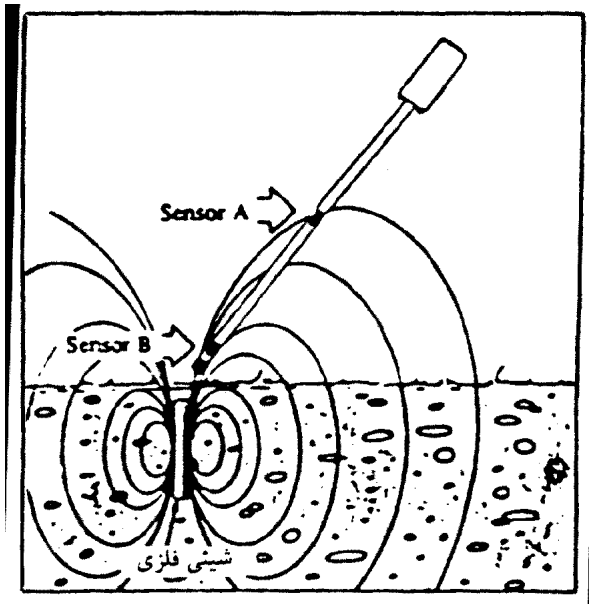


شکل ۱۲-۱- شمای کل یک مسیریاب الکترونیکی

۱۲-۲-۲ موقعیت‌یاب دریچه حوضچه شیرآلات یا فلزیاب[1]

این وسیله موقعیت اشیاء فلزی راکه در خود جریان اضافی تولید می‌کنند و در زیرزمین و یا در زیردرپوش چوبی یا پلاستیکی و یا داخل دیوار قرار گرفته‌اند را تعیین می‌کند شکل شماره (۱۲-۲).

وقتی یک تکه فلز در میدان مغناطیسی که به وسیله سیم‌پیچ حلقوی دستگاه تولید می‌شود، قرار می‌گیرد شیئی فلزی هم‌زمان یک جریان اضافی در خود تولید می‌کند که به‌وسیله مدار تفکیک‌کننده دستگاه، تقویت شده و شاخص علامت دهنده دستگاه را در وضعیتی که درست در بالای شیئی فلزی قرار گرفته باشد به حرکت درمی‌آورد. حساسیت این وسیله درحدی است که می‌تواند موقعیت اشیاء به اندازه ۵۰ تا ۶۰ سانتیمتر را در عمق ۸۰ تا ۱۰۰ سانتیمتری تعیین کند.



شکل ۱۲-۲- دستگاه فلزیاب

۱۲-۳ کشف نشت

پیداکردن سیستماتیک موارد نشت در لوله‌های زیرزمینی کاری است وقت‌گیر، طاقت‌فرسا و نیازمند صبر و حوصله. دو روش برای پیدا کردن نشت وجود دارد: روش بصری یا مشاهده‌ای و روش شنیدنی. روش بصری محدود است زیرا خطوط لوله در زیر زمین هستند. لکن به‌هر صورت بررسی سطوح خیابانها، مناطق پوشیده از گیاه، حوضچه‌های

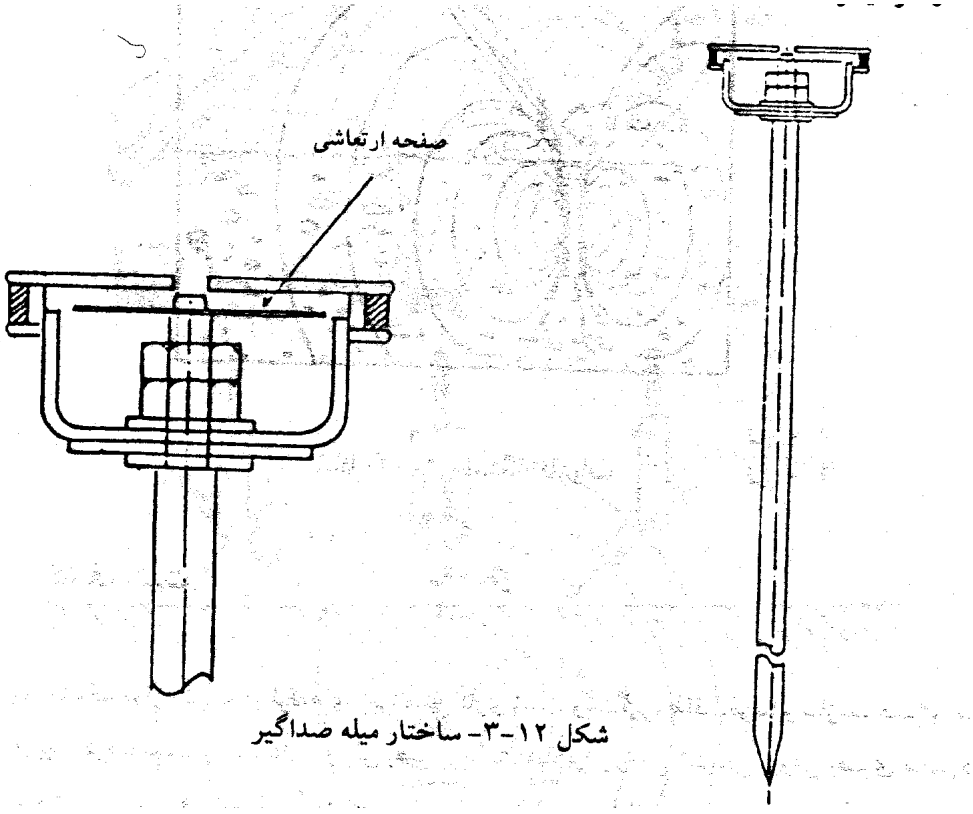
1- Valve Box Locator or Metal Detector

شیرآلات، آدم‌روهای فاضلابروها، گالریهای عبور کابلهای برق و تلفن، اغلب موارد نشت را نشان می‌دهند. روش شنیدنی تعیین موقعیت نشت، با استفاده از وسایلی صورت می‌گیرد که آنها را در روی سطح زمین و در روی لوله قرار می‌دهند. صدایی که به واسطه نشت آب از لوله تولید می‌شود به وسیله میله مخصوص صدایابی یا دستگاه استتوسکوپ[1] و یا ازطریق گوشی‌های متصل به نشت‌یابهای الکترونیکی پیشرفته شنیده می‌شود و دستگاههای پیشرفته‌تری که اخیراً به بازار آمده‌اند موسوم به ارتباط دهنده نشت و صدا[2].

صدایابی به دو روش انجام می‌شود روش مستقیم - و روش غیرمستقیم (یا سطحی) . صدایابی مستقیم می‌تواند روی شیرفلکه‌ها، شیرهای آتش‌نشانی، شیر قطع و وصل[3] و سایر متعلقات مناسب شبکه انجام شود. اپراتور به صدای حاصل از نشت آب گوش می‌دهد. از روی خصوصیات صدا و به کمک مهارت و تجربه خود در مورد وجود نشت قضاوت می‌کند. به طور مثال شیرآلاتی که بلندترین صدا از آنها شنیده می‌شود ممکنست نزدیکترین فاصله را با محل نشت داشته باشند. کارهای بیشتر برای تعیین موقعیت دقیق‌تر نشت به روش غیرمستقیم موسوم به روش سطحی صورت می‌پذیرد.

۱۲-۳-۱ میله صداگیر[4]

این وسیله از یک میله توخالی فولادی به طول ۱/۲ متر و به قطر ۱۲ میلیمتر تشکیل شده که یک سر آن صاف یا خمیده و سر دیگر آن به یک صفحه فنجان شکل برنجی به قطر ۵ سانتیمتر وصل شده است شکل شماره (۱۲-۳).



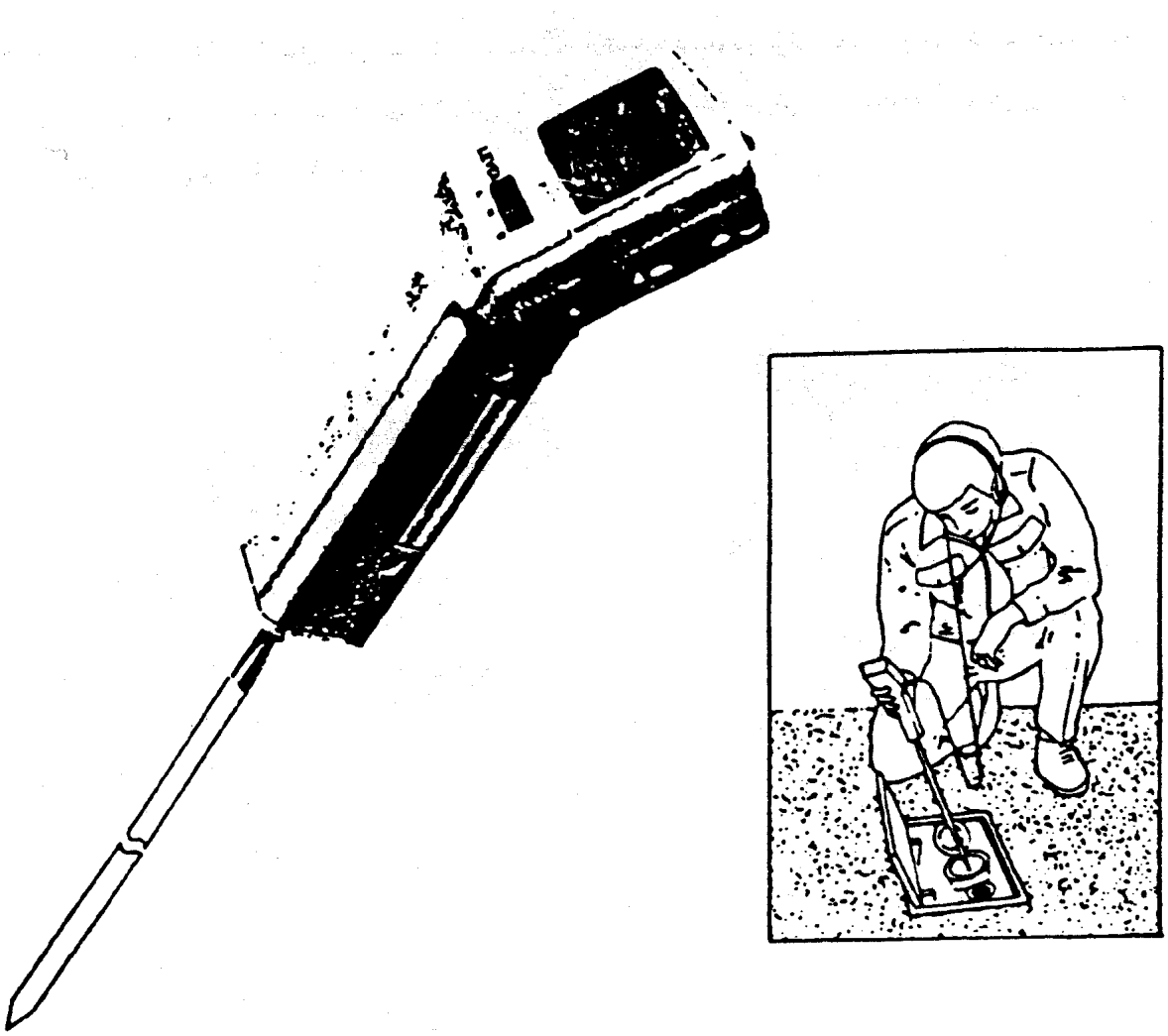
شکل ۱۲-۳- ساختار میله صداگیر

1- Stethoscope
2- Leak Noise Correlator
3- Stop cocks
4- Sounding Rod

یک توپ فلزی کوچک نیز در داخل این میله توخالی جای داده شده است. یک تکنسین آموزش دیده و ماهر در کار صدایابی در امتداد محور لوله که قبلاً علامتگذاری شده است حرکت می‌کند و سر میله صدایاب را در فواصل یک متری در روی سطح زمین قرار می‌دهد تا بدینوسیله صدای نشتهای احتمالی آب را بشنود. یک آدم ورزیده براحتی می‌تواند صدای حاصل از نشت آب را تشخیص دهد. این یک روش قابل دسترسی، قابل اتکاء و ارزان است. این بررسی معمولاً در شبها که صداهای ناشی از عبور و مرور وسائط نقلیه به حداقل می‌رسد مثلاً بین ساعت ۱ تا ۴ انجام می‌شود.

۱۲-۳-۲ میله صداگیر الکترونیکی

این میله وسیله‌ای است برای شنیدن صدای نشتی با استفاده مستقیم آن بر روی تجهیزات آبرسانی. صدای نشتی توسط یک تقویت‌کننده صدا، تقویت می‌شود و می‌توان با یک گوشی آن را شنید. حجم نیز می‌تواند با عدد بر روی صفحه دستگاه نمایش داده شود مانند وسیله قبلی، این دستگاه تنها برای مشخص‌کردن وجود نشتی است و محل نشتی را مشخص نمی‌کند (شکل ۱۲-۴).



شکل ۱۲-۴- میله صداگیر الکترونیکی

۱۲-۳-۳ نشت‌یاب الکترونیکی[1]

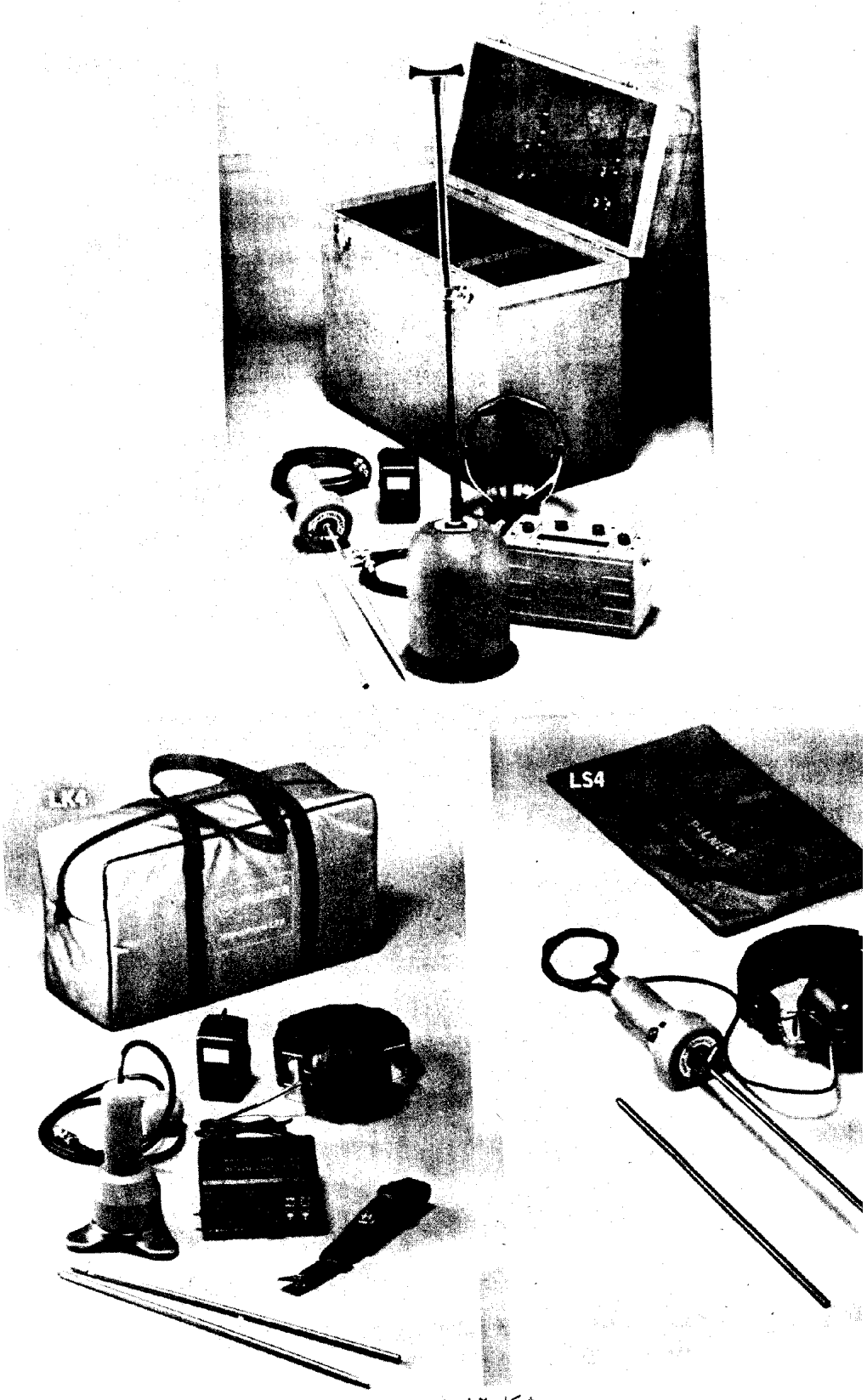
این وسیله تشکیل شده است از یک میله وارسی با یک میکروفون مغناطیسی یا میکروفون زمینی، آمپلی‌فایر و دو عدد گوشی. میکروفون، صدای نشت را گرفته و امواج صدا که از طریق میکروفون گرفته می‌شوند به پالس‌های الکتریکی تبدیل و سپس از آمپلی‌فایر ترانزیستوری دستگاه عبور می‌کنند. صدای نشت آب را به این ترتیب هم می‌توان به وسیله یک شاخص چشمی مشاهده کرد و هم می‌توان آن را از طریق گوشی شنید. با تعبیه صافی‌های الکترونیکی که در دستگاه نشت‌یاب کار گذاشته می‌شوند می‌توان میزان صدای دریافتی را باتوجه به فرکانس صدای نشت محدود کرد و تا حد ممکن صداهای مزاحم ناشی از عبور و مرور و یا صدای تولیدی از سایرمنابع را حذف کرد شکل(۱۲-۵) و شکل (۱۲-۶).

۱۲-۳-۴ دستگاه ارتباط دهنده نشت و صدا[2]

هر واحد از این دستگاه تشکیل شده است از یک دستگاه ارتباط دهنده، دو قرقره کابل، دو میله گیرنده صدا و دو آمپلی‌فایر. نیروی لازم توسط یک باطری ۱۲ ولتی تامین و از این دستگاه، می‌توان با استفاده از دو نفر بهره‌برداری کرد شکل (۱۲-۷) و شکل (۱۲-۸).

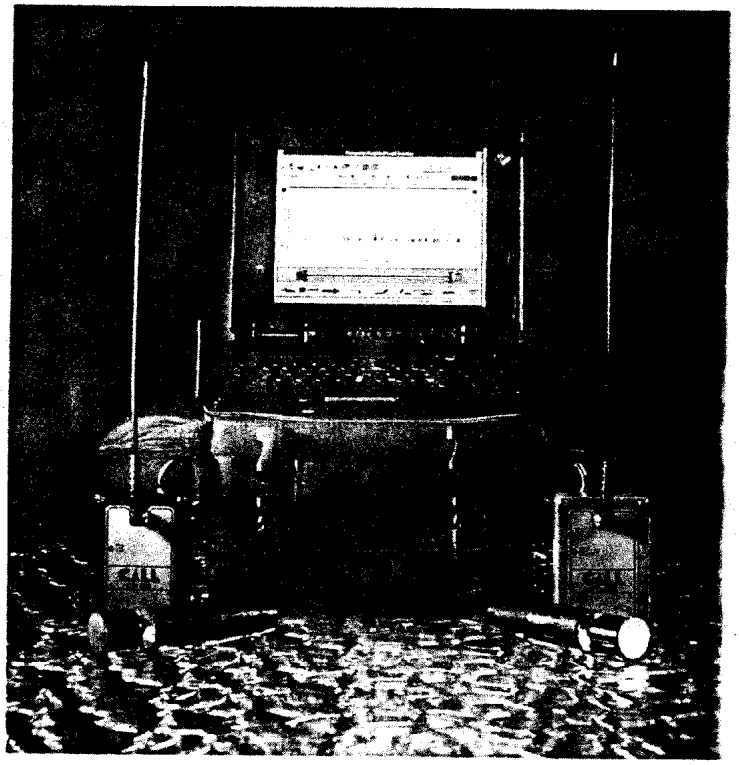
1- Electronic Leak Detector

2- Leak Noise Correlator

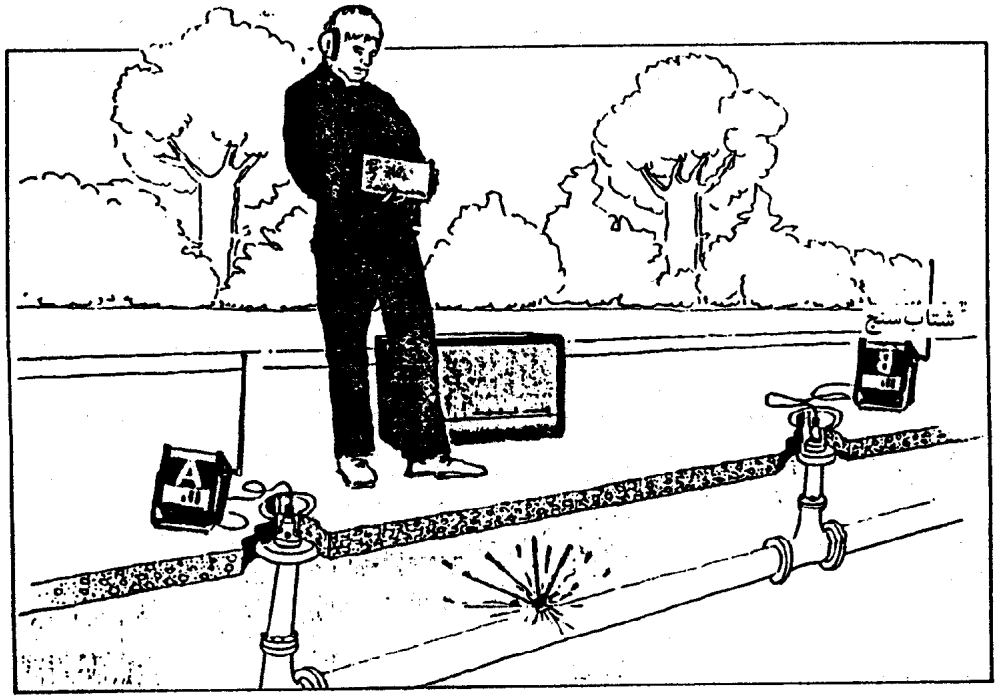


شکل ۱۲-۵-

شکل ۱۲-۶-

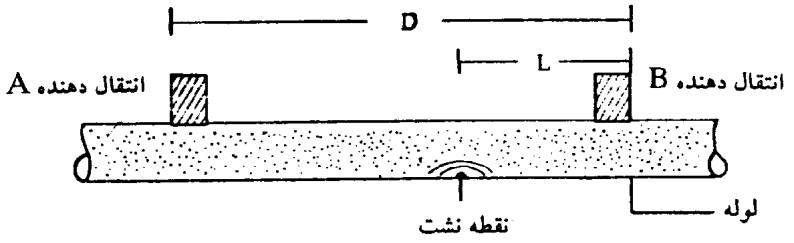


شکل ۱۲-۷- دستگاه ارتباط دهنده نشت و صدا



شکل ۱۲-۸- انجام آزمایش نشت‌یابی توسط دستگاه ارتباط‌دهنده نشت و صدا

دستگاه ارتباط دهنده نشت و صدا با سایر دستگاههای نشت‌یابی از این جهت متفاوت است که این دستگاه برای تعیین موقعیت حداکثر شدت صدا طراحی و ساخته نشده است. بلکه این دستگاه بر این اساس طراحی گردیده که می‌تواند اختلاف زمان انتقال صدا از نقطه نشت، تا دو گیرنده‌ای را که در روی لوله قرار داده شده‌اند، را اندازه‌گیری کند. با دانستن این اختلاف زمان ، سرعت صوت و فاصله بین گیرنده‌ها، می‌توان موقعیت نشت را با دقت زیادی تعیین کرد.



شکل ۱۲-۹

اگر L فاصله محل نشت تا گیرنده D,B فاصله دوگیرنده از هم و V سرعت صوت در لوله باشد، (شکل ۱۲-۹) زمانی که طول می‌کشد تا صدای نشت به گیرنده‌ها برسد عبارت است از :

زمان برای رسیدن به گیرنده A = $\frac{D-L}{V}$

زمان برای رسیدن به گیرنده B = $\frac{L}{V}$

از تفریق این دو مقدار، اختلاف زمان رسیدن صدا به هر گیرنده T_d به دست می‌آید و سپس مقدار L از رابطه زیر محاسبه می‌شود :

$$L = \frac{D-VT_d}{2}$$

چون مقادیر D ، V و T_d در دست است مقدار L قابل محاسبه است.

به‌طوری‌که در شکل (۱۲-۱۰) ملاحظه می‌شود، تعقیب نشت آب در دو مرحله صورت می‌گیرد. مرحله اول نزدیک‌شدن به محل نشتاب است که این عمل با استفاده از دو ایستگاه شنوایی «الف» و «ب» انجام می‌گیرد. این دو ایستگاه با دستگاه C۲۰۰۰ در ارتباطند که این دستگاه موج دریافتی را که به صورت سیگنال آنالوگ است از طریق میکروپرسسور به سیگنال دیجیتال تبدیل می‌کند.

با ایجاد فاصله معین بین این دو ایستگاه در صورتی‌که نشتابی وجود داشته باشد یکی از این دو ایستگاه سیگنال موجی را بیش از دیگری ثبت خواهد کرد. با پیشرفت تدریجی و با حفظ فاصله معین این دو ایستگاه اگر به سمت قویترین سیگنال پیش رویم زمانی خواهد رسید که هر دو ایستگاه، سیگنال نسبتاً مشابهی را دریافت می‌کنند. در این هنگام محل نشتاب در بین دو ایستگاه قرار داشته و از طریق میکروپرسسور دقیقاً محل نشتاب مشخص می‌شود. شکل (۱۲-۱۱).

اگر محل نشت خارج از گیرنده‌ها باشد، موقعیت یکی از آنها را به محل مناسبتری تغییر و عملیات تکرار می‌شود.

سرعت صوت در آب داخل لوله بستگی به اندازه لوله و جنس آن دارد، این سرعت را برای لوله چدنی تا قطر ۲۵۰ میلیمتر می‌توان ۱۴۰۰ متر در ثانیه درنظر گرفت.

مزایای استفاده از دستگاه ارتباط دهنده نشت و صدا عبارتست از :

۱۲-۳-۳-۱- تعیین دقیق و سریع موقعیت نشت نسبت به روشهای موجود

۱۲-۳-۳-۲- کاهش تعداد چاله‌های خشک، و نتیجتاً صرفه‌جویی در هزینه حفاری و دوباره‌سازی

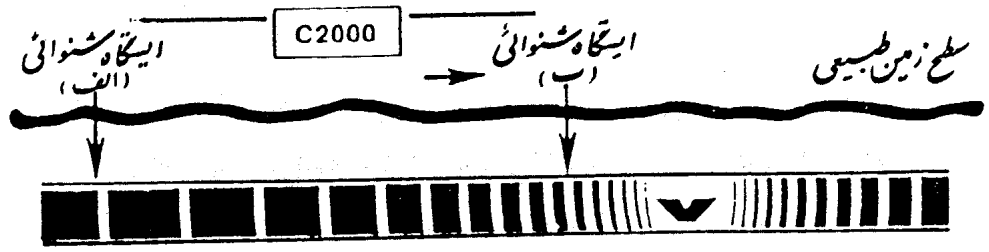
۱۲-۳-۳-۳ - امکان بهره‌برداری در شرایط روز و نتیجتاً غلبه بر نیاز به کار شبانه

۱۲-۳-۳-۴- مؤثر در شرایط پایین بودن صدا

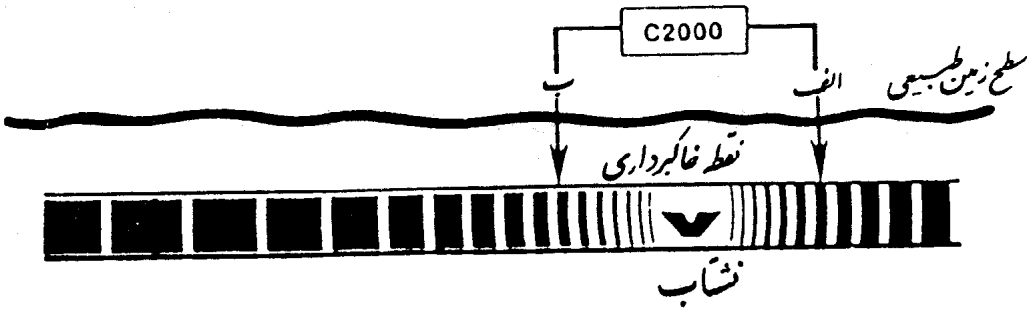
۱۲-۳-۳-۵- امکان استفاده از آن اگر دو نقطه نشت وجود داشته باشد.

تعقیب نشتاب

● مرحله اول

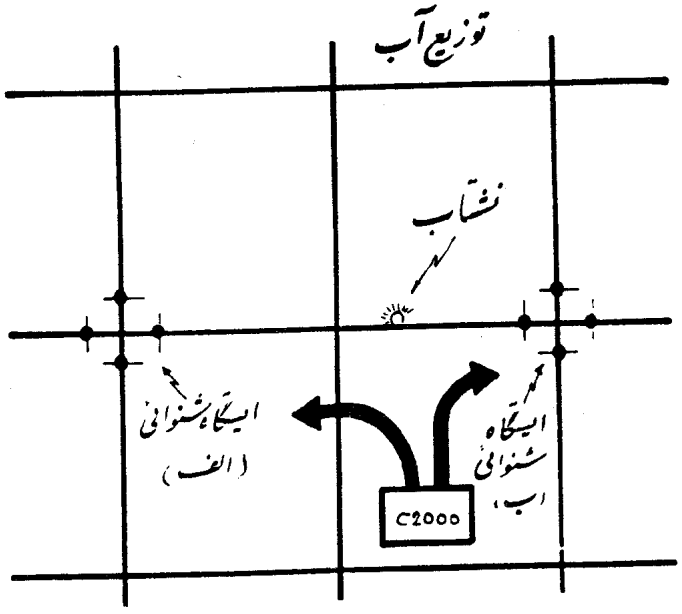


● مرحله دوم



شکل ۱۲-۱۰

محل نشت آب



شکل ۱۲-۱۱

۱۲-۳-۵ ملاحظات

برخی ملاحظات در عملیات صحرایی نشت‌یابی به شرح زیر است:

۱۲-۳-۴-۱- در هر برنامه نشت یابی بایستی ابتدا موقعیت لوله و مسیر آن با استفاده از دستگاه لوله‌یاب الکترونیکی تعیین شود.

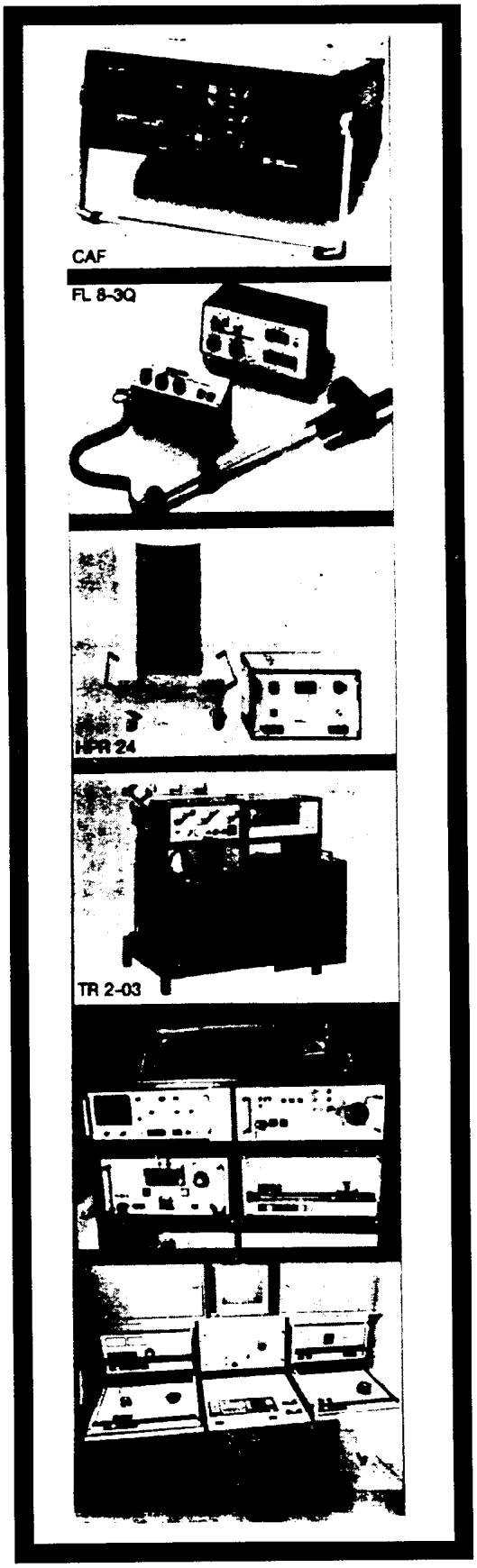
۱۲-۳-۴-۲- نشت‌یابی به کمک میله صدایابی در بررسیهای مقدماتی و سریع جایگاه مهمی دارد.

۱۲-۳-۴-۳- در هر برنامه نشت‌یابی استفاده از نشت‌یابهای الکترونیکی بدنبال میله صدایاب انجام می‌گیرد.

۱۲-۳-۴-۴- برای حصول موفقیت در کار نشت‌یابی وجود حداقل فشار در لوله ضروری است.

۱۲-۳-۴-۵- نشت‌های خیلی کوچک، که بعضی وقتها به وسیله میله صدایاب مشخص نمی‌شوند، به وسیله دستگاههای نشت یاب پیدا می‌شوند.

سایر ابزار و دستگاههای تخصصی مربوط به عملیات مسیریابی، عیب‌یابی و صدایابی در پایان حین مبحث معرفی شده‌اند.



- دستگاههای انعکاس پالس جهت عیب‌یابی

- سری CAF : مجهز به کامپیوتر، جدول و لیست ترتیب بهره‌برداری. ثبات جداگانه جهت ثبت سریع تعیین محل عیبهای با مقاومت زیاد، ذخیره سوابق شبکه جهت مقایسه با منحنی‌ها و علائم واقعی ذخیره شده در موقع بروز عیب.

- سریهای LMG : با نشاندهنده‌های ارقامی (عددی)، قابل حمل و یا نصب روی پایه، قابل بهره‌برداری با منبع تغذیه ولتاژ شهری و باطری.

- مدار پل آزمایش اتوماتیک BARTEC ۱۰ T

برای کابلهای مخابراتی، با قابلیت کنترل دستی، دارای جدول مراحل بهره‌برداری، مناسب برای تعیین محل عیبهای عایق کابل از صفر تا ۱۰ مگااهم، مناسب برای آزمایش عایقهای با مقاومت تا ۹۹۹ مگااهم.

- مولدهای تخلیه شوک الکتریکی

برای تعیین محل دقیق عیب کابل صوتی، خروجی تا ۱۱۰ کیلوولت ۲۰۰۰ ژول

- دستگاههای آزمایش اندازه‌گیری دقیق ولتاژهای زیاد

برای ولتاژهای تا ۱۰۰/۴۰۰ کیلوولت = خروجی تا ۱۰ کیلوولت

- دستگاه آزمایش اندازه‌گیری تشدید (رزونانس) برای :

کابلهای PE و VPE ولتاژ متناوب آزمایش استاندارد VDE ۰۲۹۸

- سیستمهای فرکانس صوتی

برای تعیین مسیر کابل، برای تشخیص کابل، تعیین محل جعبه‌های اتصال کابل، تشخیص مدارهای اتصال کوتاه شده، تعیین محل عیبهای غلاف کابل و غیرو.

- FL ۲/۸ Q: خروجی ۸ وات، با کاربردهای کلی

- FL ۱۰/۵۰: خروجی ۵ وات، برای تعیین محل عیب در روی غلاف کابل.

FL ۸-۳: خروجی ۸ وات، با کارآیی فوق‌العاده مخصوص با خروجی اضافی ۴۸۰ هرتز جهت استفاده در حوزه‌های عملیاتی با تداخل صدای بسیار زیاد (راه‌آهن)، نشان‌دهنده ارقامی (عددی)، با کنترلهای مجهز به مدار تشدیدکننده اتوماتیک.

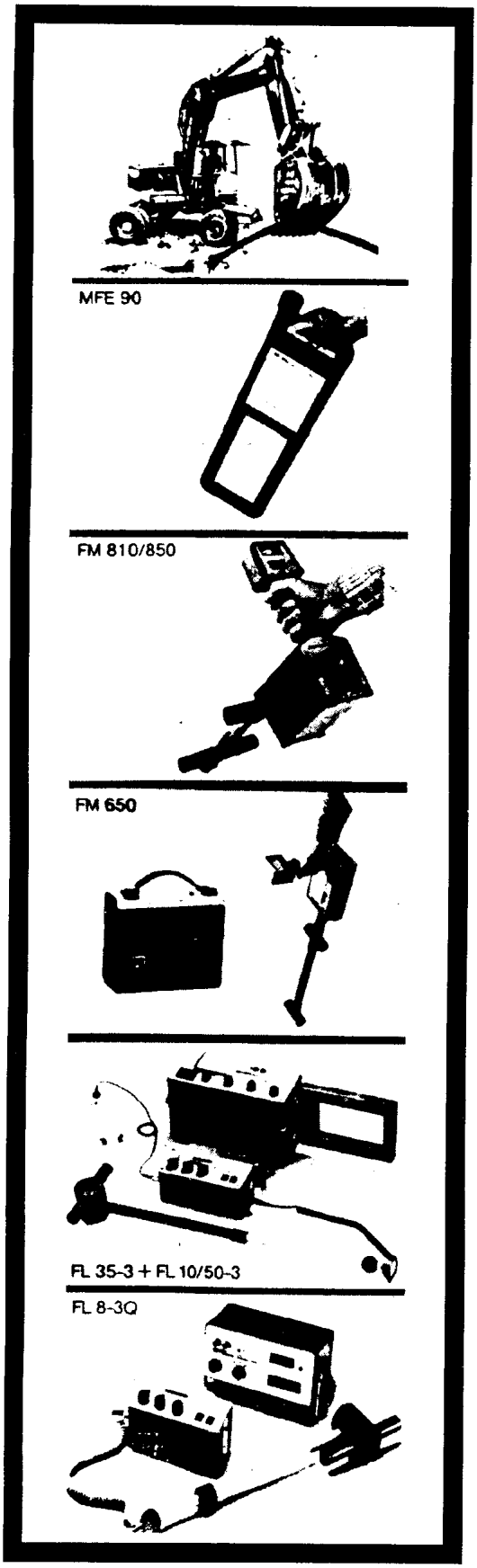
- عیب‌یابهای غلاف کابل (MFM - 5)

برای کابلهای با عایق پلاستیک

برای : آزمایش، عیب‌یابی، تعیین محل دقیق عیب

- سیستمهای آزمایش و تعیین محل عیب کابل

با یا بدون وسیله تقلیه (دارای کابین آزمایش کابل)، با عایق و رعایت موارد فنی و ایمنی استفاده‌کننده از دستگاه.



مسیریابی : با استفاده از گیرنده قابل بهره‌برداری بوسیله یک دست اندازه‌گیریهای موردنیاز در خطوط لوله (گاز - آب - نفت) با استفاده از طیفهای مختلف فرکانس رادیویی و فرکانس ۵۰ هرتز

- FM 810 عیب‌یاب کابل دیجیتالی (ارقامی - عددی)

با انتقال‌دهنده ساده برای مسیریابی و عمق‌یابی کابلها و لوله‌های فلزی، تنها با فشاردادن یک دکمه می‌توان عمق کارگذاری کابل و لوله (فلزی) را به‌طور دیجیتالی به‌دست آورد.

مجهز به سیستم علائم نوری و صوتی برای نمایش جهت‌یابی

- MFE 90 با امکان بهره‌برداری بسیار ساده توسط یک دکمه فشاری
- FM 650 با امکان نمایش عمق
- FM 850 - E گیرنده : مکمل سیستم FERROLUX [r]

لوله‌یاب و کابل یا بهای FERROLUX [r]

برای عملیات دقیق عمق‌یابی، مجهز به متعلقات موردنیاز تعیین کاملاً دقیق مشخصات کابل، تعیین محل جعبه‌های اتصال (بست) لوله و کابل، عیب‌یابی غلاف کابل، تعیین محلهای اتصال کوتاه شده در کابل

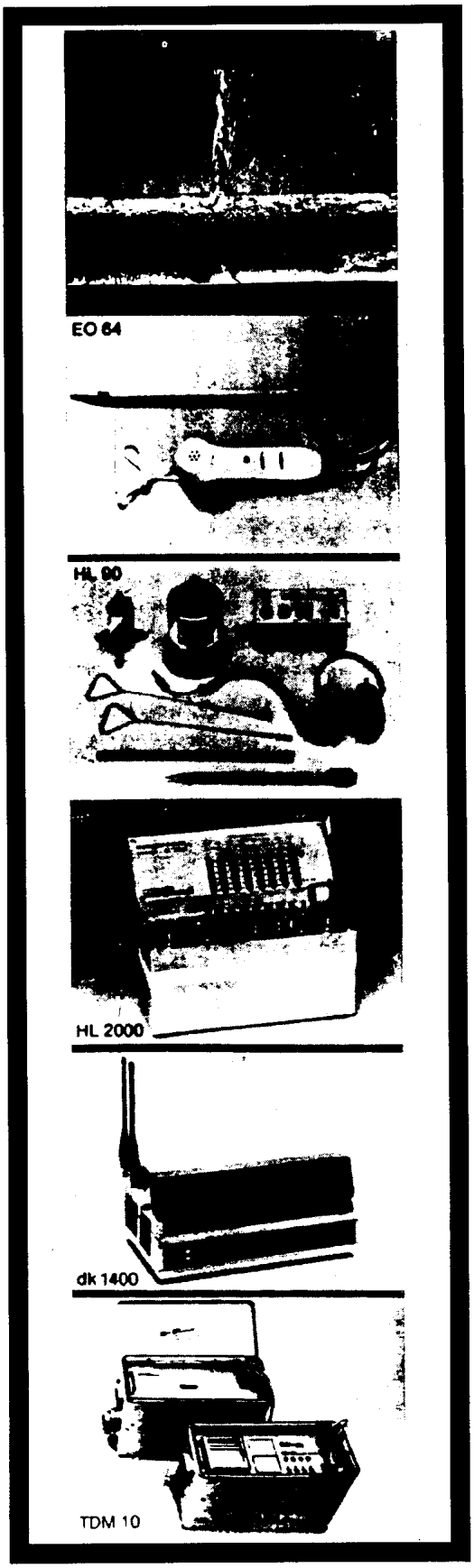
- FL 2/80 خروجی ۸ وات : استاندارد شده، تأیید شده با کاربرد وسیع
- FL 10/50 خروجی ۱۰ وات (باطری) : برای تعیین محل عیب و مشخصات کابل

خروجی ۵۰ وات (برق شهر) : برای تعیین محل عیب کابل

- FL 35 خروجی ۳۵ وات (باطری) : تعیین محل و اندازه‌گیر طول لوله‌های با قطر زیاد، به خصوص برای لوله‌های گازرسانی که عایق حفاظت کاتودیک آنها آسیب دیده است.
- FL 8-3Q خروجی ۸ وات : در نوع خود بی‌نظیر، مجهز به سیستم انتقال دهنده و گیرنده با کنترل از نوع کوارتز، بدون نیاز به تنظیم.

با نشان‌دهنده ارقامی (دیجیتالی)، خروجی اضافی ۴۸۰ هرتس، مخصوص مسیریابی کابل در حوزه‌های دارای تداخل امواج صوتی (راه‌آهن) انتقال‌دهنده با جعبه آهن و کابل نورانی برای لوله‌های غیرفلزی

با کلاهک سوپاپ کشویی و عیب‌یابهای میله‌ای شکل سوپاپ‌دار



صدایاب الکترونیکی

با بازدیدهای عادی از شیرها و اتصالات لوله‌کشی آب در منزل، از وجود نشتی مطلع شوید.

حساسیت فوق‌العاده، مجهز به سیستم انتخاب‌کننده (جهت جلوگیری از تداخل امواج صوتی).

۶۴ EO دستگاه استاندارد شده با امکان استفاده از فیلتر (صافی) قابل تنظیم

۷۰ EO مجهز به سیستم نشاندهنده نوری

۲۰۰ GM دارای سیستم قرائت عددی (دیجیتالی) و حافظه سریع

دستگاه نشت‌یاب (HLE 90)

جهت تعیین محل مقدماتی و محل دقیق نشتی. فوق‌العاده حساس، با فیلترهای امواج صوتی قابل تنظیم، با امکان استفاده از میکروفن و گوشیها

دستگاه نشت‌یاب ۲۰۰۰ HL HYDROLUX

با حساسیت بسیار زیاد جهت نشت‌یابیهای مقدماتی و تعیین محل دقیق نشت مجهز به سیستمهای :

- تجزیه و تحلیل فرکانس

- انتخاب‌کننده (جهت جلوگیری از تداخل امواج صوتی)

- حافظه جهت حفظ و نگهداری نتایج هشت آزمایش

دستگاه نشت‌یاب MICROCORR (CORRELATOR)

dk 1400 **دستگاه عیب‌یاب کامپیوتری، با قابلیت بهره‌برداری برنامه‌ریزی شده، با نمایش فوق نتایج، مجهز به سیستم انتقال اطلاعات از طریق دو کانال امواج رادیویی.**

وسایل اضافی : دستگاه چاپ

WMW **وسیله نقلیه آزمایش برای تجزیه و تحلیل مقدار آب نشت شده با کلیه دستگاههای اندازه‌گیری و ثبت نتایج، بررسیهای کامپیوتری و برنامه‌ریزی نرم‌افزار**

۱۳- آلودگی آب به سبب نشت

مخاطره‌آمیزترین اثرات آلودگی آب در مواردی گزارش شده‌اند که آبهای آلوده خارجی به داخل لوله‌های آبرسانی راه‌یافته و با آب شرب مخلوط شده و در اختیار مصرف کنندگان قرار گرفته است. این اثر به‌ویژه در شهرهائیکه آب ۲۴ ساعته در اختیار ندارند و سیستم توزیع به‌طور متناوب کار می‌کند غیرقابل تحمل است و ممکنست عواقب فاجعه آمیز داشته باشد:

۱-۱۳ عواملی که باعث آلودگی می‌شوند :

عواملی که ممکنست موجب آلودگی آب شوند به‌شرح زیر اند:

۱-۱-۱۳ نقص در سیستم توزیع

۱-۱-۱-۱۳ سیستم توزیع معیوب متشکل از لوله‌های خورده شده، اتصالات غیرآب بند، انشعابات ناقص و غیره

۲-۱-۱-۱۳ اتصالات معیوب یا نامناسب در لوله‌های آزبست سیمان یا PVC

۳-۱-۱-۱۳ بد کارگذاشتن انشعابات خانگی. خاصه در انشعابات غیر مجاز که احتمال پائین بودن کیفیت کار در آنها زیاد است.

۴-۱-۱-۱۳ آسیب‌های وارده به اتصالات لوله‌ها در خلال یا بعد از حفاریهای عمیق و در زمان اجرای سایر تأسیسات شهری که در مجاورت لوله‌های آب قرار می‌گیرند. در چنین مواقعی اغلب، تمهیدات لازم برای حفاظت لوله‌های آب آنطور که باید صورت نمی‌گیرد.

۵-۱-۱-۱۳ لوله‌های انشعاب متروک

۲-۱-۱۳ نقص در سیستم فاضلاب

۱-۲-۱-۱۳ فاضلابروهای معیوب و قدیمی.

۲-۲-۱-۱۳ سیستم ناقص دفع آبهای سطحی

۳-۲-۱-۱۳ تکرار زیاد اضافه جریان در فاضلابروها و سیستم دفع آب باران

۴-۲-۱-۱۳ اجرای ناقص آدم‌روها در سیستم فاضلاب و پوشش نامناسب آنها از داخل و خارج

۳-۱-۱۳ موقعیت نامناسب لوله‌های آب و اتصالات خانگی

۱-۳-۱-۱۳ بالا بودن سطح آبهای زیرزمینی به‌طوری‌که لوله‌های آبرسانی در آب مغروق شوند.

۲-۳-۱-۱۳ عبور لوله‌های آب یا انشعابات خانگی از داخل فاضلابروها و کانالهای دفع آب باران

۱۳-۲ چگونگی بروز آلودگی

در مواردی‌که سیستم توزیع بعلت کمبود آب مواجه با قطع و وصل متناوب است، آبهای راکد اطراف لوله آبرسانی در ساعات قطع آب که لوله‌ها اکثراً خالی هستند از طریق نقاط نشت وارد لوله می‌شود. این آبهای مشکوک با آب شرب، وقتی جریان آب مجدداً برقرار می‌شود، مخلوط شده و غلظت آن در شروع وصل مجدد آب بیشتر است. مشکل وقتی جدی‌تر می‌شود که نقطه نشت در نزدیکی یک زهکش یا فاضلابرو واقع شده باشد.

۱۳-۳ روشهای علاج‌بخشی

بروز آلودگی در سیستم آبرسانی بطرق زیر نمایان می‌شود:

۱۳-۳-۱ آزمایش ادواری نمونه‌های آب که از نقاط مختلف سیستم آبرسانی برداشت شده‌اند.

۱۳-۳-۲ شکوائیه‌های دریافتی از مشترکین

شناسائی کامل شبکه توزیع و به‌کارگیری روشهای نشت‌یابی مشکل را به‌سرعت حل خواهد کرد. در زیر به نکاتی به عنوان راهنما اشاره می‌شود:

۱۳-۳-۲-۱ برداشت و آزمایش نمونه‌های آب در نقاط مختلف شبکه توزیع به‌منظور تعیین رنگ، بو و وضع ظاهری آب و ردیابی منشاء آلودگی که ممکنست از فاضلابرو، پسابهای صنعتی، زهکش سطحی یا هر منبع دیگری باشد.

۱۳-۳-۲-۲ بسته به موقعیت نمونه آلوده و جهت حرکت آب در شبکه توزیع، وسعت منبع آلودگی را می‌توان تعیین کرد.

۱۳-۳-۲-۳ با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده، حتی‌الامکان ارتباط لوله اصلی در منطقه مشکوک از سایر قسمتهای شبکه توزیع قطع شود.

۱۳-۳-۲-۴ در مناطقی که آب در طول شبانه روز قطع و وصل می‌شود. در صورتیکه مقدور باشد فشار آب در لوله فوق‌الذکر بالا برده شود تا هم امکان نشت‌یابی بطریق صدایابی مقدور شود و هم از ورود آبهای خارجی به داخل لوله جلوگیری شود.

۱۳-۳-۲-۵ صدایابی گسترده توسط کارکنان مجرب انجام شود و نقاط نشت مشخص شود.

۱۳-۳-۲-۶ تمام شیرهای آتش‌نشانی در منطقه آلوده در شروع وصل مجدد آب باز گذاشته شوند تا بدینوسیله شستشوی خطوط انجام پذیرد.

۱۳-۳-۲-۷ به مردم اطلاع داده شود که در ۲۰ تا ۳۰ دقیقه ابتدای وصل آب، آب مصرف نکنند. و بعد از آن آب جوشیده مصرف کنند.

۱۳-۳-۲-۸ درصورت لزوم کلریناتور موقت در روی خط آلوده شده کار گذاشته شود.

۴-۱۳ روشهای جلوگیری

روشهای جلوگیری از بروز آلودگی به‌شرح زیراند:

۱-۴-۱۳ نگهداری درست سیستم آبرسانی

۲-۴-۱۳ نگهداری درست شبکه جمع‌آوری فاضلاب و سیستم دفع آبهای سطحی

۳-۴-۱۳ تعویض لوله‌های فرسوده و خورد شده

۴-۴-۱۳ قطع لوله‌های متروک از شبکه

۵-۴-۱۳ قطع انشعاباتی که از آنها استفاده نمی‌شود.

۶-۴-۱۳ تعویض لوله‌هاواتصالات خورده شده، دارای نشت و ناقص در جریان اجرای برنامه‌های نشت‌یابی

۷-۴-۱۳ پرنگه‌داشتن لوله‌ها از آب به‌ویژه در قسمت فشار کم تا وقتی که آلودگی از سیستم خارج شود. (در سیستمهای متناوب تأمین آب)

۱۴- نشت بر اثر خوردگی

بیش از ۶۵ درصد سرمایه‌گذاری در تأسیسات آبرسانی را هزینه‌های شبکه توزیع تشکیل می‌دهد. خوردگی چه در داخل لوله و چه از خارج بیشترین اثر را در استهلاک زودرس شبکه دارد. تقریباً همه انواع لوله‌ها اعم از فولادی، چدنی، آزبست سیمان و یا بتنی در معرض خوردگی قرار می‌گیرند که بر اثر آن آب زیادی از شبکه هدر می‌شود.

۱-۱۴ تئوری خوردگی

خوردگی پدیده‌ای است که به‌واسطه تأثیر متقابل ماده و محیط بر هم پدید می‌آید و در نتیجه آن ماده تغییر حالت داده و فاسد می‌شود. محیط ممکن است آب (یا هر مایع دیگر) خاک و یا هوا باشد. انواع مختلف خوردگی را می‌توان به خوردگی ناشی از جریان الکتریسیته و جریانات اتفاقی برق، خوردگی بر اثر فشار، خوردگی شیمیایی و خوردگی میکروبی طبقه‌بندی کرد.

خوردگی فرآیندی است که طی آن فلز پالایش شده به تدریج به حالت طبیعی خود برمی‌گردد. این فرآیند از همان لحظه که فلز در کارخانه از سنگ طبیعی جدا می‌شود شروع می‌شود و اساساً یک فرآیند پایان‌ناپذیر است. وقتی دو فلز غیر همجنس در تماس با یکدیگر قرار می‌گیرند، فلزی که آند است شروع به زنگ‌زدگی می‌کند و این زنگ‌زدگی باعث نشت و ترکیدگی در لوله‌های انتقال آب شده و باعث هدرروی سنگین آب می‌شود.

۲-۱۴ خوردگی داخلی[1]

سرعت جریان، درجه حرارت و pH آب، غلظت املاح محلول و اکسیژن محلول از عوامل مؤثر در سرعت خوردگی لوله‌های فلزی نظیر لوله‌های فولادی و چدنی است. از نقطه توقف خورندگی آبها، درجه پایداری آن‌که با اشباع آب به کربنات کلسیم تعیین می‌شود، قابل قبول‌ترین معیار طبقه‌بندی آبها از لحاظ خورندگی است. انـدکس لانگـلیر[2] و اندکس ریزنر[3] اغلب بعنوان شاخص تعیین درجه پایداری آب به‌کار برده می‌شوند. تمایل آب به رسوب‌گذاری یـا خورندگی که بوسیله اندیسهای مذکور تعیین شده است در جدول شماره (۱۴-۱) ملاحظه می‌شود.

جدول شماره (۱۴-۱) مقادیر اندیسهای لانگلیر و ریزنر

میل آب	اندیس لانگلیر *	اندیس ریزنر **
رسوبگذار زیاد	۲ + و بیشتر	۴ تا ۵
رسوبگذار سبک	+ ۲	۵ تا ۶
رسوبگذار سبک یا خورنده	+ ۰/۵	۶ تا ۷
خورنده قابل توجه	- ۱	۷ تا ۷/۵
خورنده قوی	- ۲	۷/۵ تا ۹

* Langelier Index = $pH - pH_s$

** Rhyzner Index = $2pH_s - pH$

کلر باقیمانده زیاد ممکن است خاصیت خورندگی آب را افزایش دهد. درجات حرارت بالا نیز درجه خورندگی آب را زیاد می‌کند.

خورندگی داخلی در لوله‌های آزبست سیمان و لوله‌های بتنی انتقال آب که ممکن است از رسوبات جدار آنها سولفید هیدروژن آزاد شود، می‌تواند رخ دهد. سولفات موجود در آب نیز می‌تواند بتوسط باکتریهای تغییردهنده سولفات به سولفید هیدروژن تبدیل شود. و هیدروژن سولفوره بوجود آمده بعداً به اسید سولفوریک تبدیل شده که می‌تواند در نقاطی از لوله که حفاظت نشده باشند ایجاد خوردگی کند.

1- internal corrosion

2- Langlier Index

3- Rhyzner index

۳-۱۴ خوردگی خارجی[1]

لوله‌های مدفون فلزی، به‌ویژه لوله‌های فولادی نرم و لوله‌های چدنی، از خوردگی ناشی از جریانات اتفاقی و متفرقه آسیب می‌بینند. خوردگی ناشی از جریانات اتفاقی یک فرآیند پیچیده تجزیه فلز است که در اثر عمل توأم خاک و جریانات اتفاقی که منبع تولید آنها لوکوموتیو راه‌آهنهای حومه شهری و واگنهای شهری (تراموا) است رخ می‌دهد. خوردگی در منطقه‌ای که مثبت (آند) هست رخ می‌دهد، نقطه‌ای که در آن جریان از فلز جدا می‌شود تا به منبع تولید برگردد. خسارات بر اثر خوردگی ناشی از جریانات اتفاقی اغلب خیلی سنگین هستند. اگر ۱٪ جریان ناشی از حرکت ترن از طریق ریل‌ها به بیرون نشت کند، تقریباً ۹۰ کیلوگرم از فولاد نرم در منطقه آند ظرف یکسال زنگ خواهد زد.

مقاومت الکتریکی یا هدایت الکتریکی خاک نیز یکی دیگر از پارامترهای مهم در تعیین مقدار خوردگی در لوله‌های فلزی مدفون نظیر لوله‌های فولادی نرم و لوله‌های چدنی است. عوامل مؤثر در میزان مقاومت الکتریکی خاک عبارتند از : مقدار pH، توان ایستادگی در مقابل سوختن و اکسیدشدن[2]، میزان رطوبت، مقدار مواد آلی و مواد شیمیایی موجود در خاک، مقاومت الکتریکی خاک بوسیله روش[3] اندازه‌گیری شده و مقادیری از آن‌که حاکی از خورنده بودن خاک است در جدول زیر داده شده است.

جدول شماره (۱۴-۲) مقاومت مخصوص خاک و درجه خورندگی

ردیف	مقاومت الکتریکی	خورندگی	عمر مفید لوله پوشش نشده از جنس فولاد نرم
۱	صفر تا ۵۰۰	خیلی زیاد	۱ تا ۱۰ سال
۲	۵۰۰ تا ۱۰۰۰	زیاد	۱ تا ۱۰ سال
۳	۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰	معمولی	۱۰ تا ۲۵ سال
۴	۱۰۰۰۰ به بالا	پائین	بیش از ۲۵ سال

باکتریها می‌توانند به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم موجب خوردگی شوند. هر فعالیت بیولوژیکی، حاصل اثرات محیط بر سلول زنده هست و در عوض، هرگونه تغییر و تبدیل در محیط زیست بر اثر متابولیسم میکروبی صورت می‌پذیرد. محیط خاک اطراف لوله در داخل ترانشه مهمترین ناحیه از نظر خورندگی لوله و یا از بین بردن پوشش خارجی لوله است.

1- External corrosion

2- Redox - Potenial

3- Four pin Winner Method

بدترین نوع خسارت وارده به لوله‌های آزبست سیمان و لوله‌های بتنی به ترکیبات گوگردی موجود در خاک یا آب اطراف لوله در داخل ترانشه مربوط می‌شود. این ترکیبات با آهک آزاد ایجاد واکنش می‌کند و مقاومت لایه سیمانی دور لوله و یا مقاومت ذاتی لوله کم می‌شود.

۱۴-۴ خوردگی لوله‌های چدنی:

به‌طور عمومی اعتقاد بر این است که لوله‌های چدنی وقتی در خاک مدفون شوند، خورده نمی‌شوند. این موضوع تا چند سال قبل که ساخت لوله‌های چدنی به گونه‌ای بود که با سردشدن آرام چدن مذاب یک لایه نازک اکسید آهن در سطح لوله تشکیل می‌شد، صحیح بود. این ماده جسم چدنی لوله را محصور می‌کرد و به لحاظ این‌که قابلیت هدایت الکتریکی آن نسبت به چدن کمتر است، لایه تشکیل شده از آن می‌توانست خاصیت ضدخوردگی به لوله‌های چدنی بدهد. لکن در روشهای جدید ساخت لوله‌های چدنی چنین لایه چسبنده و محافظی تشکیل نمی‌شود و لوله به‌ویژه در نقاطی که در موقع حمل و نقل آسیب ببیند تقریباً بهمان میزان لوله‌های از جنس فولاد نرم در شرایط یکسان خاک، خورده می‌شود.

لوله‌های چدنی، بعضی اوقات در معرض خوردگی گرافیتی [1] قرار می‌گیرند که در نتیجه آن آهن و سیلیس خارج شده و توده سیاه اسفنجی اما سخت گرافیت بجای گذاشته می‌شود. یک چنین لوله‌هایی تا زمانی قابل استفاده هستند که در معرض تغییرات زیاد فشار، بارهای خارجی و غیره قرار نگیرند.

به‌طریق زیر می‌توان از خوردگی این نوع لوله‌ها ممانعت به‌عمل آورد.

- تعویض خاک اطراف لوله
- پوشش قیری خارجی لوله برای کاهش اثرات خورندگی خاک
- نوارپیچی دور لوله با نوارهای پلی‌استر
- داخل کردن لوله در تیوپ پلی‌اتیلن

۱۴-۵ خوردگی لوله‌های آهن گالوانیزه

در یک شبکه توزیع آب نمونه، انشعابات خانگی همیشه از لوله‌های چدنی با بست‌هایی از جنس مفرغ [2] ساخته می‌شوند. لوله‌های ارتباطی از جنس آهن گالوانیزه [3] به بست مفرغی متصل و سپس به هر مشترک وصل می‌شود.

1- Graphitie

2- Gun Metal Ferrule

3- Galvanized Iron

اتصال بین مفرغ و لوله‌های آهن گالوانیزه در زیر خیابان یا پیاده رو در عمقی حدود یک متر قرار می‌گیرد. از آنجا که بین این دو فلز غیر مشابه (G.M و G.I) از طریق خاک و آب بعنوان الکترولیت، تماس برقرار می‌شود. لوله از جنس آهن گالوانیزه که از پتانسیل بالاتری برخوردار است قطب مثبت قرار گرفته و با سرعت بیشتری خورده می‌شود.

به‌طور معمول، عمر مفید یک لوله چدنی ۷۰ تا ۸۰ سال است، در حالی‌که عمر مفید لوله‌های از جنس آهن گالوانیزه، حتی اگر اثر خوردگی در نظر گرفته نشود به سختی به ۱۰ تا ۱۵ سال می‌رسد. این به‌خوبی نشان می‌دهد که در طول یک دوره از عمر مفید لوله‌های چدنی، لوله‌های آهن گالوانیزه بایستی حداقل ۴ تا ۵ بار تعویض شوند.

۱۵- مشکلات و محدودیت‌ها در کار نشت‌یابی و راه‌حلهای عملی و چاره‌ساز

۱۵-۱ مسایل و مشکلات

علی‌رغم کار صحرایی دقیقی که توسط افراد ورزیده انجام می‌گیرد، هرازگاهی اطلاعاتی که جمع‌آوری می‌شود گمراه‌کننده هستند و نتایجی که از این اطلاعات گرفته می‌شود به نظر مشکوک می‌رسند. و لذا نتیجه‌گیری و جمع‌بندی را مشکل می‌سازد. برخی دلایل مبنی بر نادرست بودن اطلاعات به شرح زیر هستند:

۱۵-۱-۱ آب‌بند نبودن شیرهای قطع و وصل

برخی از شیرفلکه‌ها خوب بسته نمی‌شوند و مقداری آب از آنها عبور می‌کند و بنابراین نمی‌توان ارتباط ناحیه تحت آزمایش را با نواحی مجاور کاملاً قطع کرد.

۱۵-۱-۲ انشعابات ناشناخته

وجود این قبیل انشعابات باعث می‌شود که از جریانات ورودی و یا خروجی از این طریق به ناحیه تحت آزمایش اطلاعی حاصل نشود.

۱۵-۱-۳ انشعابات غیرمجاز

باوجودی‌که در موقع آزمایش، آب مصرف‌کنندگان قطع می‌شود، لکن به علت بازبودن شیرهای غیرمجاز میزان آب تلف شده زیادتر از حد واقعی به دست می‌آید.

۱۵-۲ محدودیتها

آنچه می‌توان در مورد نشت‌یابی یا جلوگیری از بروز نشت انجام داد عملاً به آن بخش از تأسیسات محدود می‌شود که در حیطه بهره‌برداری شرکتهای آب و فاضلاب است. بزرگترین اشکال این است که هیچگونه کنترلی در تلفات آب در سیستم توزیع آب داخل منازل صورت نمی‌گیرد و لذا درمواردی که برای سنجش آب مصرفی منازل کنتور وجود دارد مصرف کننده قیمت مجموع آب مصرفی خود و تلفات داخل منزل را می‌پردازد لکن در مواردی که انشعاب مجهز به کنتور نیست شرکت آب و فاضلاب از بابت میزان آبی که در سیستم لوله‌کشی داخل منازل تلف می‌شود درآمدی را کسب نمی‌کند.

۱۵-۳ اقدامات چاره‌ساز

اقدامات مدیریتی که می‌تواند موجب کاهش تلفات آب شود به شرح زیر است :

۱۵-۳-۱ آموزش همگانی

تمایل به اتلاف آب را می‌توان با درج مقالات در روزنامه‌ها و آگاه کردن مردم از مشکلاتی که برای به‌دست آوردن این کالای باارزش وجود دارد، کاهش داد. آموزش همچنین بایستی شامل سخنرانی، نشان دادن فیلم و اسلاید در سینماها، پوستر، میزگردهای تلویزیونی و رادیویی و غیره باشد.

در شهرهایی که آب متناوباً قطع و وصل می‌شود مردم عادت دارند مقداری آب را در ظرف بزرگ ذخیره کنند که پس از وصل آب دور ریخته می‌شود. همچنین تمایلی به بستن شیرها پس از قطع آب نشان نمی‌دهند و این باعث می‌شود تا در زمان وصل مجدد آب، مقداری آب تلف شود. شستن لباسها با شیر باز و دادن آب اضافی به باغچه منزل از عوامل دیگر اتلاف آب است. در مناطق فقیرنشین و پست شهرها مقادیر قابل توجهی آب از شیرهای آتش‌نشانی تلف می‌شود. عدم تعویض به موقع واشرها و شیرهای خراب نیز موجب هدر رفتن زیاد آب است. در همه این موارد بایستی تبلیغات کافی بشود.

در این رابطه انتشار کتابچه‌های راهنما و آموزشی با محتوی :

- چرا صرفه‌جویی درمصرف آب لازم است!
- چگونه در مصرف آب صرفه‌جویی کنیم؟
- چگونه سیستم لوله‌کشی داخل منازل را کنترل کنیم؟

و نظایر آن به مردم یاد می‌دهند که از اتلاف بی‌مورد آب پرهیز کنند. علاوه بر نصب پوستر در اماکن عمومی، گذاشتن برخی آمار و اطلاعات در دسترس مردم نیز بسیار مفید است. نمونه‌ای از اطلاعات موردنظر به شرح جدول شماره (۱۵-۱) است.

۱۵-۳-۲ وضع قوانین

بایستی قوانین و آیین‌نامه‌های اجباری تدوین شود و مهلت‌های قانونی برای رفع عیب به مشترکین داده شود همچنین بایستی در هر مورد که مستاجرین آمادگی برای اجرای کار دارند، به موجب قانون بتوانند به هزینه صاحب بنا نسبت به رفع عیوب اقدام کنند.

۱۵-۳-۳ نصب کنتور

مصرف آب در همه زمینه‌ها بایستی همراه با اندازه‌گیری مقدار مصرف توسط کنتور باشد، این امر موجب کاهش قابل توجه اتلاف آب می‌شود.

۱۵-۳-۴ مشروط کردن کمکهای مالی

مؤسسات مالی نظیر بانک جهانی، بانک توسعه آسیایی و دولتها بایستی سرمایه‌گذاری، اعطای وام و کمکهای پولی خود را به شرکتهای آب و فاضلاب منوط به ارائه برنامه‌های کنترل تلفات از جانب آنها کنند.

شرکتهای آب و فاضلاب بایستی به اجرای برنامه‌های کنترل تلفات وادار شوند و پیشنهادهای مربوط به کنترل تلفات از طریق مراکز مستقل را مورداستقبال قرار دهند.

۱۵-۳-۵ جریمه‌کردن

چنانچه تلفات در داخل اماکن مسکونی به روشهای معمول کنترل نشود، انشعاب آب را بایستی قطع کرد و وصل مجدد آن را فقط به بعد از انجام تعمیرات موکول کرد، و به جای دادن انشعاب مستقل به هر واحد مسکونی به ویژه در مجتمع‌ها، یک پست انشعاب در طبقه همکف ایجاد کرد. این شیوه کار در مجتمع‌ها در امر کنترل تلفات بسیار مؤثر است.

۱۵-۴ پیشنهادات عملی

کنترل نشت و جلوگیری از تلفات آب یک کار مداوم است. فشار کار را می‌توان به طور چشمگیری کاهش داد، اگر پیشنهادها زیر موردتوجه قرار گیرند:

۱۵-۴-۱ برنامه‌ریزی

۱۵-۴-۱-۱ تمام لوله‌هایی که جدید کار گذاشته می‌شوند، اعم از لوله‌های اصلی و فرعی بایستی قبل از آنکه وارد سرویس شوند از لحاظ آب‌بندی موردآزمایش قرار گیرند. در مورد لوله‌های چدنی، حدمجاز نشت بستگی به تعداد اتصالات دارد. به طور تقریب حدمجاز برای لوله‌های با اتصال سربی بایستی حداکثر ۳۰ لیتر/میلیمتر/کیلومتر/ روز و برای لوله‌های با اتصال تایتون ۱۸لیتر/میلیمتر/کیلومتر/ روز خواهد بود.

۱۵-۴-۱-۲ در هر کجاکه ممکن باشد از لوله‌ای استفاده شود که عمر مفید طولانی‌تر داشته باشد.

۱۵-۴-۱-۳ یک بررسی منظم اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی خاک در نواحی که لوله‌های اصلی آب کار گذاشته شده‌اند یا قرار است کار گذاشته شود در زمینهای باتلاقی یا خاکهای ریخته انجام شود.

۱۵-۴-۱-۴ یک برنامه زمان‌بندی شده برای جایگزینی خطوط اصلی و لوله‌های ارتباطی وجود داشته باشد.

۱۵-۴-۱-۵ انواع تایید شده لوله، اتصالات و متعلقات به کار گرفته شود.

۱۵-۴-۱-۶ کروکی موقعیت شیرفلکه‌ها در آرشیو نگهداری شود، این امر به پیدا کردن شیرفلکه‌های مدفون شده کمک می‌کند.

۱۵-۴-۱-۷ فاصله مناسبی با سایر تاسیسات مراعات شود تا در مواقع حفاری خطوط لوله آب آسیب نبینند.

۱۵-۴-۱-۸ ایجاد انگیزه در مصرف‌کنندگان خانگی، به شکل دادن امتیازاتی در صورت‌حسابها (قبوض آب بهاء) چنانچه جلوگیری از نشت و تلفات آب در مهلت مقرر انجام شده است.

۱۵-۴-۱-۹ نگهداری اطاق کنترل در سرویس ۲۴ ساعته.

۱۵-۴-۱-۱۰ بایستی هماهنگی مناسبی بین دستگاه‌های محلی بهره‌برداری و نگهداری شبکه توزیع و دولت وجود داشته باشد.

۱۵-۴-۱-۱۱ لازم است کنترل ناحیه‌ای تلفات در زمان تحویل شبکه‌هایی که در اختیار بخش خصوصی بوده‌اند انجام گیرد.

۱۵-۴-۱-۱۲ هرکجاکه لازم باشد ممکنست از طریق تدوین ضوابط قانونی، اختیارات لازم به شرکتهای آب و فاضلاب داده شود تا اقدام به اخذ جریمه کنند.

۱۵-۴-۱-۱۳ تعویض واشر شیرها به طور رایگان به جلب اعتماد عمومی نسبت به شرکتهای آب و فاضلاب کمک می‌کند.

۱۵-۴-۱-۱۴ در طراحی و اجرای شبکه‌های جدید توزیع آب «نواحی کنترل نشت» به همراه لوله کنارگذر مشخص و پیش‌بینی‌های لازم برای نصب ادوات اندازه‌گیری به عمل آید.

۱۵-۴-۲ اجرا

۱۵-۴-۲-۱ در تمام اتصالات خانگی بایستی از بست‌های فلزی از جنس مفرغ استفاده شود.

۱۵-۴-۲-۲ تمام انشعاباتی که مورداستفاده قرار نمی‌گیرند بایستی از لوله اصلی قطع و با گذاشتن درپوش مسدود شوند.

۱۵-۴-۲-۳ تمام لوله‌های از جنس آهن گالوانیزه راکه در زیرزمین کار گذاشته می‌شوند بایستی رنگ‌زده و نوارپیچ کرد.

۱۵-۴-۲-۴ تمام لوله‌های اصلی و لوله‌های فرعی که زیرزمین کارگذاشته می‌شوند بایستی در عمق کافی کار گذاشته شده و پوشش شوند.

۱۵-۴-۲-۵ کلیه ترکیدگی‌ها و نشت‌ها یادداشت‌برداری و تفسیر شوند و گزارش‌های آنها در آرشیو نگهداری شود.

۱۵-۴-۲-۶ مصرف‌کنندگان بزرگ به طور ادواری تحت کنترل و بازرسی قرار گرفته و میزان مصرف و اتلاف آب آنها موردرسیدگی قرار گیرد.

۱۵-۴-۲-۷ لوله‌کشی‌های داخل منازل صرفاً توسط کسانی انجام شود که گواهینامه برای این کار دارند و کار آنها قبل از این‌که انشعاب داده شود بررسی و تایید شود.

جدول شماره ۱۵-۱ اتلاف غیرعمد آب (چگونه می‌توانید از هدر رفتن آب جلوگیری کنید)

عمل	روش انتخاب شده	آب مصرف شده (لیتر)	روش مطلوب	آب موردنیاز (لیتر)	میزان آب تلف شده تلف شده(لیتر)
مسواک کردن	بازگذاشتن شیر برای ۵ دقیقه	۴۵	استفاده از لیوان	۰/۵	۴۴/۵
شستن دست و صورت	بازگذاشتن شیر برای ۲ دقیقه	۱۸	پر کردن زینک دستشویی تانیمه	۲	۱۶
اصلاح کردن صورت	بازگذاشتن شیر برای ۲ دقیقه	۱۸	استفاده از لیوان یا ظرف مخصوص	۰/۲۵	۱۷/۷۵
دوش گرفتن	بازگذاشتن شیر برای تمام مدت استحمام	۹۰	خیس کردن بدن - بستن شیر- صابون زدن - آب کشیدن	۲۰	۷۰
کشیدن سیفون توالت	استفاده از سیفونهای قدیمی با مخزن بزرگ	۱۳/۵	سیستم سیفون دوگانه:		
		-	ریزش آب کم برای شستشوی ادرار	۴/۵	۴/۵
		-	ریزیش آب زیاد برای دفع مدفوع	۹	۹
آب دادن باغچه	بازگذاشتن شیر برای ۵ دقیقه	۱۲۰	استفاده از آبپاش	۵	۱۱۵
شستن کف	بازگذاشتن شیر برای ۵ دقیقه	۲۰۰	استفاده از سطل آب و کف شور	۱۸	۱۸۲
شستن اتومبیل	بازگذاشتن شیر برای ۱۰ دقیقه	۴۰۰	استفاده از سطل (دو سطل)	۱۸	۳۸۲

۱۶- آموزش

مهندسینی که در بخش نگهداری و بهره‌برداری، جلوگیری از تلفات، برنامه‌ریزی و طراحی و فنی شرکت آب و فاضلاب اشتغال دارند بایستی آشنایی کامل با برنامه‌ریزی و اداره سیستم توزیع آب داشته باشند. این کار نیاز به تخصص، مهارت و کار دقیق صحرایی دارد.

۱۶-۱ برنامه آموزش

برنامه آموزش شامل تشریح روشها و تمرین عملی در شرایط واقعی است. کلیات برنامه در جدول شماره ۱۶-۱ ملاحظه می‌شود.

جدول شماره ۱۶-۱ برنامه آموزش

سطح آموزش	مدت آموزش (روز)	نفرات شرکت کننده در هر نوبت	مطالب اصلی آموزش
مهندسین و سرپرستان قسمتها	۱۰	۲۰ تا ۳۰	تکیه بر برنامه‌ریزی، ثبت و ضبط رخدادها و غیره
تکنسین‌ها	۱۰	۲۰ تا ۳۰	تکیه بر عملیات صحرایی

مهندسین و پرسنل فنی بعد از گذرانیدن دوره، قابلیتهای زیر را خواهند داشت:

۱۶-۱-۱ آگاهی، فهم و درک برنامه مقابله با نشت، ارزیابی، کنترل و حفاظت کیفیت آب در شبکه توزیع.

۱۶-۱-۲ قدرت برنامه‌ریزی، اجرا و نظارت بر کار نگهداری منظم سیستم در زمینه‌های :

- ارزیابی، کشف و کنترل تلفات آب در سیستم توزیع
- بررسیهای معمول صحرایی از مقدار جریان، فشار در سیستم و شستشوی خطوط لوله
- نگهداری شیرآلات و متعلقات
- پایش و ارزیابی کیفیت آب در سیستم توزیع
- آموزش مصرف کننده

۲-۱۶ وسایل آموزش

چون برای آموزش عملی، ایجاد نشتهای واقعی در سیستم توزیع مشکل است، برای این منظور لازم است تأسیساتی که بتوان به عنوان مدل از آن استفاده کرد ساخته شود. یک مدل آموزشی خوب بایستی امکانات زیر را داشته باشد :

۱-۲-۱۶ یک شبکه توزیع مرکب از لوله‌هایی از جنس‌های مختلف، چدنی، پی‌وی‌سی، آزبست سیمان و غیره.

۲-۲-۱۶ شبکه مذکور دارای نقاط نشت در اندازه‌های مختلف و از نوع متفاوت است. نقاط نشت ممکنست از زانوها و سه‌راهی‌ها در لوله‌های گالوانیزه، در اتصالات (نر و مادگی) لوله‌های چدنی، انشعابات شیرهای آتش‌نشانی روی لوله‌های مختلف و غیره باشد.

۳-۲-۱۶ هر نقطه نشت دارای یک درپوشی است که درمدت آموزش بتوان آن را باز و بسته کرد.

۴-۲-۱۶ چند کنتور در روی لوله‌های انشعاب و یا اتصالات خانگی کار گذاشته می‌شود تا نحوه اندازه‌گیری به کارآموزان آموزش داده شود.

۵-۲-۱۶ امکانات لازم برای صدایابی غیرمستقیم در زمینهای باپوشش گیاهی و یا سطوح سخت فراهم شود.

۶-۲-۱۶ برای دفع آبهای حاصل از نشت پیش‌بینی لازم به عمل می‌آید. ممکنست آبهای نشتی را به آدم‌روهای شبکه فاضلاب یا مجاری دفع آب باران تخلیه کرد.

۷-۲-۱۶ آب‌بند نبودن شیرفلکه‌ها ممکنست مشکلاتی را ایجاد کرده و باعث گرفتن نتایج غلط در ارزیابی مقدار نشت شود. امکانات برای کنترل آب‌بند بودن شیرفلکه‌ها بایستی فراهم باشد.

۸-۲-۱۶ فرق زیادی بین صدای حاصل از نشت از یک لوله که روی سطح آب زیرزمینی قرار دارد یا زیر سطح آب، وجود دارد. تعدادی نقطه نشت که در آب اطراف خود مستغرق باشد و تعداد دیگری که کاملا" خارج از آب باشد به منظور مقایسه در مدل تعبیه شود.

۹-۲-۱۶ نمونه‌ای از لوله‌های کنارگذر (معمول برای کارهای آتی) در یکی از لوله‌های شبکه آموزشی کار گذاشته شود.

۱۰-۲-۱۶ نمایش شستشوی لوله‌ها به‌وسیله قطعات اسفنجی نیز می‌تواند قسمتی از برنامه آموزش باشد.

۱۱-۲-۱۶ طبق ضوابط بایستی تمام لوله‌هایی که نو کار گذاشته می‌شوند قبل از این‌که موردبهره‌برداری قرار گیرند آزمایش شوند. برنامه آموزش ، آزمایش یک لوله را نیز شامل می‌شود.

۱۲-۲-۱۶ برنامه آموزش عملی و کارگاهی بایستی شامل سخنرانی با استفاده از ادوات سمعی بصری، پروژه‌های صحرایی، مطالعات آزمایشگاهی و بازدیدهای صحرایی باشد.

۱۳-۲-۱۶ روشهای معمول اندازه‌گیری مقدار جریان آب در لوله نظیر اندازه‌گیری دبی به کمک لوله پیتو نیز ممکنست در برنامه آموزشی گنجانیده شود.

یک چنین مراکز آموزشی نیاز روز است و بررسیهای مربوط به تلفات آب بایستی به کمک یک چنین مراکزی مفهوم پیدا کند.

۱۷- اقتصاد کنترل تلفات و سایر مزایا

هدف کلی در امر کنترل تلفات این است که «بیشترین مقدار آب با کمترین هزینه صرفه‌جویی شود» و به بیان دیگر بایستی نسبت $\frac{\text{هزینه جلوگیری از تلفات آب}}{\text{ارزش آب صرفه‌جویی شده}}$ هرچه ممکن است پایین نگهداشته شود. وقتی یک برنامه کنترل نشت را ارزیابی می‌کنیم معمولاً انتظار داریم که هزینه جلوگیری از اتلاف آب از ارزش آبی که صرفه‌جویی شده است کمتر باشد. و این کاملاً درست نیست مزایای بسیار دیگری هم هست که ارزش آنها کمتر از مقدار آبی که عملاً صرفه‌جویی شده است نیست. علاوه بر این ارزش آبی که صرفه‌جویی می‌شود نبایستی با قیمت آب از منابع موجود مقایسه و ارزیابی شود بلکه بایستی با قیمت تمام شده آب از طرحهای دیگری که می‌توانند جایگزین شوند و پروژه‌های جدید مقایسه شود.

۱۷-۱ مسائل اقتصادی

اغلب برآورد ارزش واقعی آبی که بر اثر کنترل تلفات صرفه‌جویی می‌شود کار مشکلی است. گرچه بایستی این ارزیابی تا حد ممکن انجام شود. شرکتهایی که درگیر کار برنامه تلفات هستند، همیشه سعی می‌کنند به این سئوال پاسخ دهند. اگر x میلیون گالن آب صرفه‌جویی بشود بازاء آن شرکت چه مبلغ پول پس‌انداز خواهد کرد؟

ملاحظات زیر به پاسخ این سئوال کمک می‌کنند :

۱۷-۱-۱ اگر آبی که صرفه‌جویی می‌شود میزان درآمد کلی سالیانه را کاهش می‌دهد، پس صرفه‌جویی آب به روند درآمد سالیانه بستگی خواهد داشت.

۱۷-۱-۲ اگر نیاز مشترکین برآورده می‌شود، آبی را که بر اثر کنترل تلفات صرفه‌جویی شده است می‌توان در موارد زیر به مصرف رساند:

۱۷-۱-۲-۱ در اختیار شرکتهای آب و فاضلاب مجاور قرارداد (فروش به سایر سازمانها)

۱۷-۱-۲-۲ فروش به یک مصرف‌کننده بزرگ را افزایش داد،

در این صورت صرفه‌جویی می‌تواند با قیمت فروش آب رابطه داشته باشد.

۱۷-۱-۳ اگر شرکت آب و فاضلاب می‌تواند زمان لازم برای سرمایه‌گذاری مجدد را برای استمرار کار آبرسانی مثلاً برای ساخت مخازن، ایستگاههای پمپاژ، تقویت شبکه توزیع پیش‌بینی کند، و اگر اثر کاهش تلفات آب بتواند تاریخ انجام یک چنین سرمایه‌گذاری را به تعویق بیندازد، پس مزایای مالی حاصله از یک چنین صرفه‌جویی بستگی دارد به مقدار بهره پولی که پرداخت آن به واسطه اقدامات صرفه‌جویی به تعویق می‌افتد.

۱۷-۱-۴ اگر سیستم آبرسانی به قدر کافی بزرگ است که می‌تواند با وجود تلفات و میزان فعلی آن، نیازهای زمان حال مشترکین را برآورده کند، پس منافع ناشی از کاهش تلفات به هزینه‌هایی که در مصرف برق و مواد شیمیایی صرفه‌جویی می‌شود، محدود می‌شود.

۱۷-۱-۵ این بحث نیز وارد است که تلفات صرفاً یک مسئله اقتصادی نیست، بلکه یک مسئله اخلاقی نیز هست و بنابراین بایستی با آن با حداکثر تلاش برخورد نمود، با این تفکر که منابع با ارزش را هرگز نباید دانسته تلف کرد.

۱۷-۲ ارزیابی اقتصادی تلفات

به منظور ارزیابی اقتصادی تلفات آب ابتدا هزینه جلوگیری از تلفات و درآمد به‌دست آمده از آن محاسبه و سپس مدت زمان برگشت سرمایه به خرج گرفته شده محاسبه می‌شود. در جدول شماره (۱۷-۱) اطلاعات لازم و روند کار نشان داده شده است.

جدول شماره (۱۷-۱) روند ارزیابی اقتصادی تلفات آب (در یک منطقه نمونه)

۱- جمعیت	: ..... نفر
۲- تعداد انشعاب	: ..... انشعاب
۳- طول کل خطوط شبکه توزیع	: ..... متر
۴- مصرف متوسط سرانه	: ..... لیتر / نفر /روز
۵- مقدار مصرف متوسط	: ..... لیتر در دقیقه
۶- مقدار تلفات آب :	: ..... لیتر در دقیقه ..... درصد
- مقدار اولیه	: ..... لیتر در دقیقه ..... درصد
- مقدار تلفات بعد از نوبت اول تعمیرات	: ..... لیتر در دقیقه ..... درصد
- مقدار تلفات بعد از نوبت دوم تعمیرات	: ..... لیتر در دقیقه ..... درصد
- مقدار تلفات نهایی	: ..... لیتر در دقیقه ..... درصد
۷- مقدار تلفات سرانه قبل از تعمیرات	: ..... لیتر در روز
۸- مقدار تلفات سرانه بعد از انجام تعمیرات	: ..... لیتر در روز
۹- مقدار کل آب صرفه‌جویی شده	: ..... لیتر در روز
۱۰- هزینه صرف شده :	: ..... ریال
- حقوق و دستمزد	: ..... ریال
- مواد و مصالح	: ..... ریال
- نظارت	: ..... ریال
- اجاره	: ..... ریال
- هزینه‌های متفرقه	: ..... ریال
۱۱- درآمد به‌دست آمده از محل آب صرفه‌جویی شده در روز	: ..... ریال
۱۲- درآمد به‌دست آمده از محل آب صرفه‌جویی شده در سال	: ..... ریال
۱۳- مدت زمان برگشت سرمایه	: ..... ماه

۳-۱۷ زمان انجام آزمایش مجدد نشت‌یابی

برنامه نشت‌یابی و کنترل تلفات آب یک کار دائمی است و احتیاج به پرسنل دائمی دارد. نواحی که یکبار در آنها برنامه نشت‌یابی اجرا شده است و مقدار تلفات آب تا حد مجاز تقلیل داده شده است بایستی در زمان دیگری مجدداً مورد آزمایش قرار گیرند. در واقع آزمایش مجدد بخاطر تغییراتی که در هر ناحیه رخ می‌دهد نظیر تغییرات در جمعیت، تغییرات در سیستم توزیع، تعداد انشعابات و غیره، لازم است. فعالیتهای ساختمانی نظیر کارگذاری لوله‌های فاضلاب و برنامه‌های مربوط به اصلاح معابر، اثر مستقیم بر وضعیت لوله‌های آبرسانی دارند به‌طوری‌که گاهی اتصالات این لوله‌ها به واسطه عملیات فوق آسیب می‌بینند. حرکات افقی و عمودی خاک در زیر لوله‌های آبرسانی در خلال خاکبرداریهای عمیق در مجاورت این لوله‌ها از عوامل دیگر اثرگذار بر وضعیت لوله‌های آبرسانی محسوب می‌شود. در واقع بلحاظ مسائلی که گفته شد کارگذاری لوله‌های جدید آب همزمان باکارگذاری فاضلابروها، در صورتی که ممکن باشد، قابل توصیه است.

در جدول شماره (۱۷-۲) وضعیت و نتایج حاصل از انجام آزمایش نشت‌یابی و تکرار آن در یک منطقه نمونه نشان داده شده است.

جدول شماره (۱۷-۲) وضعیت و نتایج حاصل از انجام آزمایش نشت‌یابی و تکرار آن در یک منطقه نمونه

ردیف		ناحیه ۱		ناحیه ۲	
		نوبت اول	نوبت دوم	نوبت اول	نوبت دوم
۱	زمان انجام آزمایش	۱۹۷۲	۱۹۷۵	۱۹۷۱-۷۲	۱۹۷۴-۷۵
۲	مساحت ناحیه (هکتار)	۲۵/۹	۲۵/۹	۲۷	۲۴
۳	جمعیت (نفر)	۵۶۳۸	۷۹۹۴	۸۰۶۶	۷۶۱۵
۴	قطر متوسط لوله‌های شبکه توزیع (میلیمتر)	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰
۵	طول خطوط شبکه (متر)	۱۵۹۰	۱۵۹۰	۲۰۵۵	۱۸۴۵
۶	مصرف کل آب بر مبنای ۱۳۵ لیتر در روز مصرف‌سرانه(بر حسب‌مترمکعب‌درشبانه‌روز)	۷۶۰	۱۰۷۹	۱۰۸۹	۱۰۲۸
۷	تولید روزانه (مترمکعب)	۱۱۷۸	۷۴۸	۱۶۸۵	۱۲۸۷
۸	مصرف سرانه (لیتر در روز)	۲۰۹	۹۳/۵۰	۲۰۹	۱۶۹
۹	درصد تلفات قبل از انجام آزمایش	۳۷/۳	۲۷/۷	۲۶/۹	۲۴/۳
۱۰	درصد تلفات بعد از انجام آزمایش‌وتعمیرات	۱۲/۳	۱۲/۶	۷/۹۵	۱۳/۹
۱۱	روش آزمایش	Stop tap	Stop tap	Stop tap	Stop tap
۱۲	هزینه کل	۱۱/۸۹۵	۲۰/۸۵۲	۱۲/۲۶۰	۲۴/۳۰۰
۱۳	ارزش آب صرفه‌جویی شده در شبانه‌روز	۹۵	۴۷	۱۰۲	۵۶
۱۴	مدت زمان برگشت سرمایه (روز)	۱۲۶	۴۴۵	۱۲۰	۴۳۷

۱۷-۴ سایر مزایای حاصل از برنامه کنترل تلفات آب

منافع زیاد دیگری از کنترل تلفات آب عاید می‌شود که ارزیابی آنها از نظر درآمد مالی کار مشکلی است. مواردی از این نوع مزایا در زیر ملاحظه می‌شود:

۱۷-۴-۱ مقادیر قابل توجهی از آب صرفه‌جویی می‌شود که می‌توان از آن برای تأمین نیاز مشترکینی که در مضیقه قرار دارند استفاده کرد و ضمناً برای شرکت آب و فاضلاب کسب درآمد کرد.

۱۷-۴-۲ آب با فشار بهتری در اختیار مصرف‌کنندگان قرار می‌گیرد.

۱۷-۴-۳ هزینه پمپاژ آب اضافی برای جبران تلفات و هزینه مواد شیمیایی مورد مصرف کاهش می‌یابد.

۱۷-۴-۴ خطر آلوده‌شدن آب در شبکه توزیع کم می‌شود.

۱۷-۴-۵ میزان آب واقعی مصرفی توسط مصرف‌کنندگان با دقت بیشتری قابل ارزیابی خواهد بود.

۱۷-۴-۶ در طی عملیات کنترل تلفات اتصالات غیرمجاز کشف و جمع می‌شوند.

۱۷-۴-۷ برنامه مناسب تعویض لوله‌ها و بازسازی شبکه قابل تدوین خواهد بود.

۱۷-۴-۸ مدیر مسئول نگهداری سیستم توزیع، اطلاعات دقیق و بروز شده‌ای از وضعیت شبکه به‌دست می‌آورد.

۱۷-۴-۹ کنترل منظم و ثابتی از عملکرد شیرهای قطع و وصل و سایر شیرآلات روی شبکه به‌عمل می‌آید.

۱۷-۴-۱۰ مناطق ضعیف و مسئله‌دار شبکه توزیع برای شرکت آب و فاضلاب مشخص می‌شود و اطلاعاتی که به‌دست می‌آید برای برنامه‌ریزیهای آینده مفید است.

۱۷-۴-۱۱ میزان افت فشار در خطوط شبکه کمتر می‌شود.

۱۷-۴-۱۲ ذخیره‌سازی مؤثر آب بیشتر می‌شود.

۱۷-۴-۱۳ این نوع عملیات در مجموع بهداشت و سلامت عمومی را ارتقاء می‌دهد.

۱۷-۴-۱۴ و آخرین مزیت، رضامندی و خشنودی عمومی است که از همه مهمتر است.

۱۸- تشکیلات واحد نشت‌یابی

یک نمونه از تشکیلات واحد نشت‌یابی (که ممکن است وظایف دیگری نظیر قرائت کنتور را نیز انجام دهد) به شرح زیر ملاحظه می‌شود.

۱۸-۱ یک نفر سربازرس[1]: که ممکن است علاوه بر وظایف زیاد دیگر، سرپرستی و نظارت بر کار بازرسان لوله‌کشی، بازرسان نشت‌یابی و قرائت‌کنندگان کنتورها را به عهده داشته باشد.

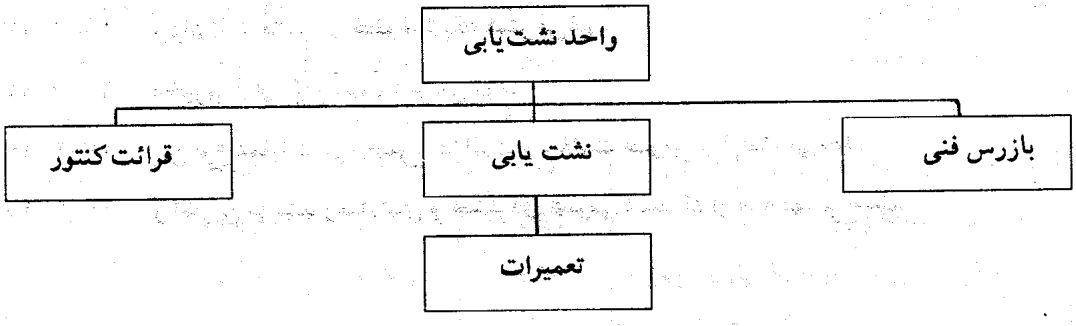
۱۸-۲ بازرسان لوله‌کشی[2]: که وظیفه بازرسی و کنترل کارهای جدید و تطبیق آنها با آئین‌نامه‌های فنی[3] و مقررات را به عهده دارند.

۱۸-۳ نشت‌یاب‌ها[4]: گروهی که افراد آن به نوبت شب‌کار هستند.

انجام عملیات نشت‌یابی در شب توسط گروهی مرکب از ۲ تا ۶ نفر انجام می‌شود که در گروههای بزرگتر یک نفر نقش سرپرست گروه را به عهده دارد. به لحاظ ماهیت کار این گروههای شبانه، افراد آنها بایستی از بین قابل اعتمادترین و صالح‌ترین کارکنان انتخاب شوند. این گروه و همچنین قرائت‌کنندگان کنتورها به عنوان نمایندگان شرکت آب و فاضلاب در تماس مستقیم با مشترکین هستند. بنابراین خصوصیات شخصیتی این افراد بایستی از هر جهت قابل تأیید باشد.

۱۸-۴ لوله‌کش‌ها[5]: برای اطمینان از تعمیر سریع اتصالات و متعلقات شبکه لوله‌کشی، حضور تعدادی لوله‌کش در واحد نشت‌یابی ضروری است، ولو این‌که مأمور از واحدهای دیگر باشند.

در شکل (۱۸-۱) نمودار تشکیلاتی یک واحد نشت‌یابی به‌طور نمونه ملاحظه می‌شود.



شکل ۱۸-۱

برای گزارش نشت می‌توان از فرمهای تیپ استفاده کرد که یک نمونه آن برای لوله‌های انشعاب مطابق فرم شماره (۱۸-۱) است.

1- Chief Inspector
2- Plumbing Inspector
3- Byelaw
4- Waste Inspector
5- Plumbers

شماره سریال فرم ☐

شرکت آب و فاضلاب .....: گزارش نشت

نشت در لوله‌های انشعاب مدفون

برای هر مورد نشت از یک فرم جداگانه استفاده شود

آدرس محل نشت ..... **شماره ناحیه** .....

..... **تاریخ** .....

پاسخ هر سئوال را در دایره مقابل علامت بزنید

گزارش دهنده :	– کارکنان شرکت آب و فاضلاب	○
	– سایر افراد	○
موقعیت نشت :	– لوله انشعاب	○
	– لوله آبرسان	○
علائم اولیه بروز نشت :	– جاری شدن آب	○
	– صدا در سیستم لوله‌کشی داخل منزل	○
	– کم شدن فشار آب	○
	– نشان‌دادن مصرف زیاد توسط کنتور	○
	– حادثه گزارش شده	○
	– صدایابی توسط شرکت آب و فاضلاب	○
محل نشت :	– لوله اصلی Main	○
	– شیر قطع و وصل (محل انشعاب)	○
	– کمربند انشعاب	○
	– شیر سماوری	○
	– اتصال مهره ماسوره‌ای لوله	○
	– لوله	○
علت محتمل :	– خوردگی	○
	– جابه‌جایی خاک یا ترافیک	○
	– حادثه	○
	– کهنگی	○
	– سایر علل	○
	– نامعلوم	○
عمق لوله :	– ۰ تا ۳۰ سانتیمتر	○
	۳۰ تا ۶۰ سانتیمتر	○
	۶۰ تا ۹۰ سانتیمتر	○
	بیش از ۹۰ سانتیمتر	○
جنس لوله :	– مسی	○
	– سربی	○
	– آهن گالوانیزه	○
	– پلی‌اتیلن	○
	– پی وی سی	○

ملاحظات :

نام و نام خانوادگی تکمیل‌کننده فرم .....

فرم شماره (۱۸–۱) فرم تیپ گزارش نشت

منابع مورد استفاده :

1- Twort A.C., Hoather R.C. and Law F.M. "Water Supply" Edward Arnold Ltd, Jan 1974.

2- William Oswald Skeat and Bernard Jahn Dangerfield "Manual of British Water Engineering Practice" Fourth Edition, 1969.

3- Rouse M.J. "Dealing With Leakages" Publication, Water Research Centre, Swindon, U.K. World Water 1983.

4- Goodwin S.J. and Mc Elroy J.K. "Reducing Unaccounted for Water in Municipal Water Syptems" Publication, Water Research Centre, Swindon, U.K.

5- Sugawara H. "Some Economical Effects and Practices of Water Leakage Control in Japan" Aqua No.5/1985.

6- Keller Charles W. "Analysis of Unaccounted for Water" AWWA Journal, Nov. 1981.

7- E. Shaw, Cole "Methods of Leakage Detection" An Overview AWWA Journal Feb. 1979.

8- Shidhaye V.M. "Assessment and Control of Leakages in Distribution Systems" Late Mr. V.D. Tank Memorial Lecture at Ahmedabad, 1985.

Islamic Republic of Iran

Guideline for
Leakage Detection and Prevention

No: 241

Management and Planning Organization
Office of the Deputy for Technical Affairs
Bureau of Technical Affairs and Standards

Ministry of Energy
Water Engineering Standards Plan
Iran Water Resourses Management Organization

2001/2002

این نشریه

با هدف آموزش شرکت‌های آب و فاضلاب در تمامی جنبه‌های صرفه‌جویی و جلوگیری از تلفات فیزیکی آب تهیه گردیده است. محتوی نشریه به گونه‌ای است که هر چند مختصر اطلاعات اساسی در مورد علل نشت در سیستم‌های آبرسانی، روش‌های نشت یابی، اندازه‌گیری مقادیر نشت و اقداماتی که بایستی برای جلوگیری یا تقلیل نشت به عمل آید، ارائه شده است. دستورالعمل همچنین روش‌های اجرایی عملیات نشت‌یابی و برنامه‌های ارزیابی مقادیر نشت را توضیح می‌دهد.

نظر به این که خوردگی لوله‌های شبکه توزیع آب باعث تشدید مقادیر نشت می‌گردد، لذا جلوگیری و تمهیدات برای مبارزه با خوردگی تشریح شده است.

نشت یابی و جلوگیری از تلفات آب در شبکه‌های توزیع با حفاظت کیفیت آب در شبکه رابطه دارد.

جلوگیری از تلفات می‌تواند از آلوده شدن آب به ویژه در شهرهایی که دارای شبکه‌های سنتی فاضلاب هستند ممانعت نماید. یکی از فصول دستورالعمل به این موضوع اختصاص داده شده است. به لحاظ نیاز به پرسنل ماهر در امر نشت‌یابی و جلوگیری از تلفات آب، پیشنهادات لازم برای تربیت کادر موردنیاز نیز ارائه گردیده است.

معاونت امور پشتیبانی
مرکز مدارک علمی و انتشارات

ISBN 964-425-319-1

9789644253195