

مدیریت و کنترل نشت در شبکه های آبرسانی شهری (یک دیدگاه استراتژیک)

حامد سرکرده^۱، سعید رضا خدانشناس^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۲- استادیار دانشگاه فردوسی مشهد

hamed_sarkardeh@yahoo.com

خلاصه

مسئله نشت در سیستم های توزیع آب شهری هم از لحاظ اقتصادی، اجتماعی و هم از نظر تأثیرات زیست محیطی مهم می باشد. بنابراین مقابله با آن امری لازم و اجتناب ناپذیر است. هر کشوری دارای شرایط زیست محیطی، اقتصادی، فرهنگی، اجتماعی و غیره خاص خود می باشد. کشور ما نیز دارای شرایط خاص خود است که در زیر به چند مورد از آن ها اشاره می شود:

محدودیت منابع آب های سطحی و زیر زمینی و نیز نزولات جوی در کشورمان.

فرسوده بودن سیستم توزیع آب شهری در کشورمان.

عدم اطمینان از اجرای صحیح پروژه ها در برخی موارد.

شرایط جغرافیایی و آب و هوایی خاص.

و مجموعه عوامل دیگری که موجب می شود تفاوت های نشت یابی و کنترل نشت پر رنگ تر شود.

به مقوله نشت از دیدگاه دیگری نیز می توان نگریست و آن بحث راهبردی و استراتژیک بودن آب است و این بدان معنی است که در بحث جلوگیری از هدر رفتن آب، بدلیل ذیقیمت بودن آن هزینه های مالی مطرح نیست و فقط وظیفه ما جلوگیری که از هدر رفتن و تلفات آن است. بنابراین استفاده از روشهای مختلف کنترل نشت بسیار مهم می باشد. استراتژی متداول در کاهش نشت، نشت یابی و تعمیرات برای کاهش نشت می باشد در صورتیکه می توان با انجام تدابیری مدیریتی بدون نیاز به انجام پروژه های گران قیمت نشت یابی، به کنترل نشت اقدام نمود. یکی از این روش ها کنترل و مدیریت فشار شبکه در زمانهای مختلف ساعات شبانه روز است که باعث تغییر میزان نشت می شود.

در این مقاله سعی شده است با نگاهی مدیریتی و فنی با توجه به شرایط خاص اقتصادی، جغرافیایی، فرهنگی و غیره کشورمان، به موضوع نشت یابی با استفاده از داده های آماری و کنترل نشت (مبانی تئوریک و راهبردی) در سیستم توزیع آب شهری پرداخته شود.

کلید واژه ها : نشت، شبکه های آب، کمبود آب، نشت یابی، کنترل نشت

مقدمه

در سال های اخیر کاهش تلفات آب به عنوان یکی از راهبردی ترین و اقتصادی ترین راه های مقابله با کم آبی در کشور مطرح شده است. از دلایل مهم این امر می تواند هزینه های سنگین ساخت و نگهداری سازه های کنترل و نگهداری آب های سطحی (مانند سدها و بندها) و یا تاسیسات لازم برای استحصال آب از منابع زیر زمینی (مانند پمپ ها و خطوط انتقال آب) و یا هزینه های تصفیه و سالم سازی آب و خیلی از موارد دیگر که موجب می شود، حفاظت و نگهداری از آب موجود در شبکه بعنوان یکی از راهکارهای ارزان قیمت در پروژه های آبی مورد توجه شرکت های آب و فاضلاب قرار گیرد. از سویی آب در کشور ما ارزش دیگری نیز دارد، آن هم جنبه استراتژیک بودن این مایع حیاتی است. ما با توجه به افزایش رو به رشد جمعیت و کاهش نسبی مقدار نزولات جوی و مناقشات مرزی بر سر مالکیت آب های سطحی و از همه مهم تر کمبود منابع آبی قابل استحصال موجود در کشور، چاره ای نخواهیم داشت جز استفاده بهینه و کامل از منابع موجود، که در این راستا جلوگیری از تلفات آب، خود می تواند یک راهکار مناسب برای نگهداشت آب در کشور باشد. در این مقاله سعی شده است با نگاهی مدیریتی و فنی با توجه به شرایط خاص اقتصادی، جغرافیایی، فرهنگی و دیگر مسائل کشورمان به موضوع نشت یابی با استفاده از داده های آماری و کنترل نشت (مبانی تئوریک و راهبردی) در سیستم توزیع آب شهری پرداخته شود.

آشنایی با مفاهیم کلیدی

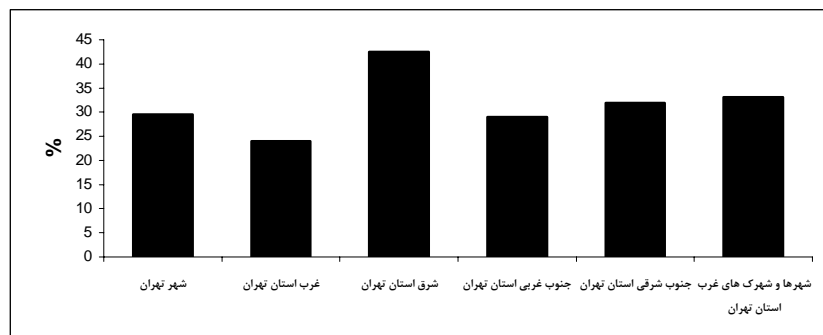
با توجه به آنکه اختلال و یا حادثه در کار شبکه توزیع آب شهری موجب به وجود آمدن نشت در سیستم می شود، ابتدا مختصری در مورد شبکه توزیع آب شهری و اجزای تشکیل دهنده آن توضیح داده می شود و سپس به تعریف نشت و عوامل به وجود آورنده آن می پردازیم.

شبکه توزیع آب شهری و اجزای آن

شبکه توزیع آب شهری به مجموعه‌ای از تاسیسات و امکاناتی که موجبات رسیدن آب از یک منبع به دست مصرف کننده را فراهم میکند، اطلاق می شود. شبکه توزیع آب شهری از چهار بخش اصلی تشکیل شده است که شامل: پمپ ها، مخازن ذخیره آب، لوله ها و شیرآلات می شود. الف) پمپ ها: به طور کلی فشار لازم برای برقراری جریان آب در لوله ها، یا به وسیله منابع تغذیه مرتفع و یا توسط پمپ ها تامین می شود. معمولا منابع بلند ایجاد کننده فشار، کار ذخیره و جبران نوسانات ساعتی مصرف آب در شهر را نیز انجام می دهند، بنابراین وجود آن ها در شبکه الزامی است ولی در هر حال برای رساندن آب به منبع بلند و یا استفاده از چاه های آب نیازمند استفاده از پمپ ها می باشیم. ب) مخازن ذخیره آب: برای تنظیم مقدار آب ورودی به شبکه توزیع، با مقدار آب تولید شده باید از مخازن ذخیره آب استفاده کرد. این مخازن در زمان پر آبی یا کمی مصرف، آب را در خود ذخیره نموده و در زمان کم آبی و یا مصرف زیاد آن را در اختیار مصرف کننده قرار می دهند. ج) لوله ها: لوله ها قسمت اصلی پیکره شبکه توزیع آب شهری را تشکیل می دهند و وظیفه اصلی آن ها توزیع آب در سطح شهر می باشد. لوله ها بسته به نیاز شبکه در قطرهای مختلف و برای تحمل فشارهای متفاوت به کار می روند. لوله ها به دلیل فراوانی زیاد و مدفون بودن در داخل خاک بیشتر از بقیه اجزای شبکه دچار حادثه می شوند. د) شیرآلات: دستگاه هایی هستند که برای قطع و وصل جریان، تنظیم و برداشت آب و یا تخلیه هوا در شبکه بکار برده می شوند. شیرهای شبکه آبرسانی شهری در حوضچه های خاصی قرار داده می شوند تا امکان دسترسی به آن ها آسان باشد.

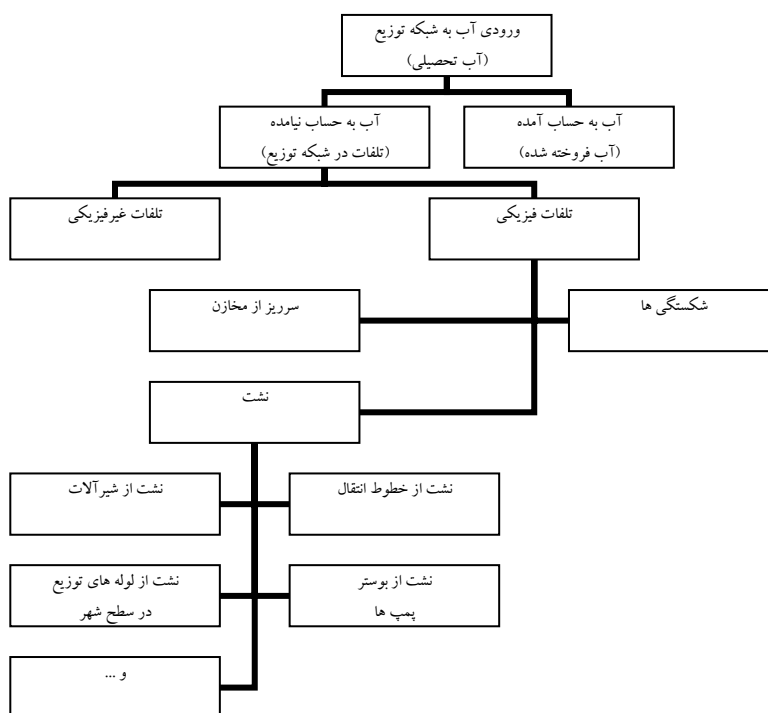
نشت در شبکه های توزیع آب شهری

در طراحی شبکه های توزیع آب شهری یک کمیت با عنوان آب به حساب نیامده در محاسبات دخیل است که عبارت است از مقدار آبی که قبل از رسیدن به دست مصرف کننده (مشترک)، از سیستم خارج می شود و یا به عبارت دیگر مقدار آبی که شرکت آب و فاضلاب در قبال آن هیچ پولی دریافت نمی کند. به عنوان نمونه میزان آب به حساب نیامده در استان تهران طی تحقیقات انجام گرفته در سال ۱۳۸۴ در نمودار شماره ۱ آمده است.



نمودار ۱- درصد آب به حساب نیامده در استان تهران بر اساس تحقیقات سال ۱۳۸۴

آب به حساب نیامده خود از دو مولفه تلفات فیزیکی و غیرفیزیکی تشکیل شده است. در این مقاله منظور از نشت همان تلفات فیزیکی آب و یا خروج آب از شکاف ها، ترک ها، ترکیدگی ها و یا نشت از اتصالات است. در نمودار شماره ۲ جایگاه نشت در یکی از انواع تقسیم بندی های آب به حساب نیامده آمده است.



نمودار ۲- تقسیم بندی آب به حساب نیامده در شبکه های توزیع آب شهری

نشت به وجود آمده در سیستم و بالاخص لوله ها تحت تاثیر یک سری عوامل و شرایط محیطی و شیمیایی به وقوع می پیوندد که از مهم ترین این عوامل می توان به موارد زیر اشاره نمود:

الف) حرکت خاک دور لوله: حرکت خاک ممکن است بر اثر لغزش زمین در زمین های شیب دار و یا بر اثر تکان های ناشی از زمین لرزه به وجود آید. در اثر حرکت خاک اطراف لوله، نیروی بسیار زیادی بر لوله وارد می آید که می تواند باعث به وجود آمدن ترک و یا به وجود آمدن فاصله در اتصالات و یا شکستگی لوله شود.

ب) خوردگی تاسیسات (به ویژه لوله ها): خوردگی در محیط خاک و آب برای کلیه ساختارهای فلزی، پدیده ای اجتناب ناپذیر است (در مورد لوله ها و اتصالات مدفون). این خوردگی در مورد پمپ ها و لوله ها و شیرآلات و غیره می تواند در اثر کلویتاسیون و یا خوردگی شیمیایی به وقوع بپیوندد. لوله های آبرسانی (فلزی) از درون توسط آب و از بیرون توسط خاک خورده می شوند. در هر دو مورد علت خوردگی در ارتباط با املاح نامناسب موجود در آب و خاک می باشد. خوردگی در لوله ها با تشکیل پیل های گالوانیکی و یا پیل های غلظتی صورت می گیرد. بگونه ای که قسمتی از لوله نقش آند و قسمتی دیگر از لوله یا اتصالات نقش کاتد را بازی می کند. بدین ترتیب جریان فلز از سمت آند به کاتد برقرار می شود و فلزی که نقش آند را دارد خورده می شود.

ج) فشار زیاد سیستم: فشار آب موجود در لوله ها همواره باعث ایجاد تنش های طولی و محیطی در لوله می شود، لوله در حالت عادی این تنش ها را به راحتی تحمل می کند و اگر این فشار از حد تحمل بالاتر رود به لوله آسیب می رسد و موجب ترک و یا شکستگی در آن و یا آسیب به شیرآلات و دیگر اجزای شبکه می شود.

د) ضربه: قسمت عمده ای از شبکه توزیع آب (که همان لوله ها باشند) از زیر خیابان های شهر عبور می کنند و در صورت حفاری مجدد خیابان توسط ارگان های مختلف دیگر مانند: ادارات گاز، برق، مخابرات و ... ممکن است بر اثر بی احتیاطی به لوله ها آسیب برسد.

ه) قدمت اجزای شبکه: اجزای شبکه از هر جنسی که باشند با گذشت زمان فرسوده خواهند شد و آسیب پذیری آن ها در برابر فشارهای داخلی و خارجی افزایش می یابد، بطوریکه با کمترین افزایش فشار در سیستم و یا افزایش بارهای خارجی ممکن است دچار شکستگی شوند.

و) استفاده از مصالح نامناسب برای پوشش و زیرسازی لوله ها: هنگام نصب لوله ها، اطراف لوله باید به گونه ای پر شود که نشیمنگاهی مناسب برای لوله ایجاد گردد و تنش های اضافی به لوله وارد نگردد. در صورت استفاده از مصالح نامناسب (مانند مصالح درشت دانه و یا مصالحی که نشست آن ها زیاد باشد) فشارهای غیر یکنواختی به لوله وارد می آید که می تواند باعث آسیب دیدگی لوله گردند.

ز) نصب غلط: بر اثر کارگذاری لوله ها به وسیله کارگران غیر حرفه ای یا استفاده از تکنیک های نادرست و غیراستاندارد، ممکن است آب بندی در محل اتصال دو لوله بطور ناقص انجام شود، در این صورت از همان ابتدای نصب از محل اتصال دو لوله نشت های ریز رخ خواهد داد که این نشت ها با گذشت زمان زیادتر می شوند.

به عنوان نمونه مطالعات آماری انجام شده در شهر اهواز نشان می دهد که بیش از نیمی از آب ورودی به شبکه توزیع به صورت تلفات (فیزیکی و غیرفیزیکی) از سیستم خارج می شود. (جدول شماره ۱)

جدول ۱- میزان تلفات فیزیکی و غیرفیزیکی آب به تفکیک در پایلوت مطالعات آب به حساب نیامده شهر اهواز

تلفات فیزیکی	درصد	تلفات غیر فیزیکی	درصد
شکستگی لوله ها و نشتی شبکه فرعی	۱۱/۵	مشترکین غیرمجاز از شبکه	۵
فرآیند استحصال و تصفیه	۱۵	مشترکین غیرمجاز از مشترک همجوار	۲/۸
نشتی شبکه اصلی	۰	خطای کنتورهای سالم پلمپ سالم	۱/۴
-----	---	خطای کنتورهای ناسالم - بخار گرفته	۵/۱
-----	---	خطای کنتورهای سالم پلمپ ناسالم	۱۰
-----	---	خطای مدیریتی	۲
جمع	۲۶/۵	جمع	۲۶/۳

رابطه فشار و نشت در شبکه های توزیع آب شهری

فشار در هر نقطه از شبکه توزیع آب شهری را می توان به دو نوع فشار استاتیکی و دینامیکی تقسیم نمود. فشار اندازه گیری شده در هر نقطه فقط قابلیت ارائه تصویری از وضعیت فشار در ناحیه ای محدود در اطراف آن نقطه را دارا می باشد، در حالی که در اکثر روش های آنالیز آب به حساب نیامده به تصویری از وضعیت کلی فشار در شبکه نیازمندیم، روش های مختلفی جهت ارائه این تصویر کلی متناسب با اهداف مورد نظر وجود دارد، که یکی از روش های متداول در این زمینه اندازه گیری فشار متوسط شبانه منطقه ای (AZNP). فشار متوسط شبانه منطقه ای عبارت است از متوسط جریان اندازه گیری شده در یک منطقه با شبکه مجزا شده (ایزوله) در هنگام شب و در فاصله زمانی حداقل تقاضای مشترکین. بر طبق آزمایشات انجام گرفته مشخص شده است که رابطه بین متوسط فشار شبانه و نشت به صورت توانی است (مرجع ۷)، $Q = aP + bP^2$ که در آن a, b ضرایب ثابت معادله می باشند. به عنوان نمونه در آزمایشی که توسط محققین انجام شد (مرجع ۱۰)، ضرایب a, b محاسبه و نمودار رابطه نشت با فشار ترسیم شده است. (نمودار شماره ۳)



نمودار ۳- رابطه شاخص نشت با فشار ($Leakage = 0.5 \times AZNP + 0.0042 \times (AZNP)^2$)

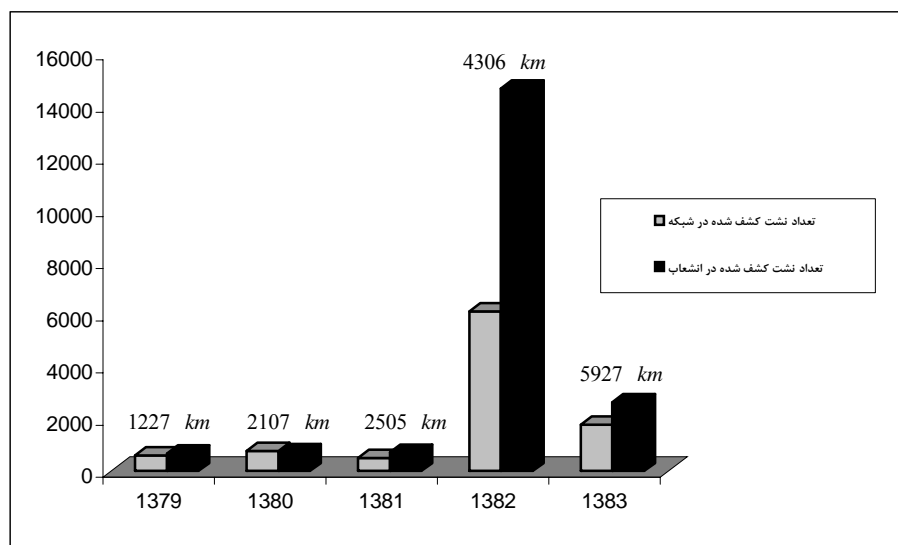
تعریف مساله و اهداف تحقیق

مسئله اصلی در مواجهه با مقوله نشت، اتخاذ روشی مناسب برای مقابله با آن است. در این راستا می توان با نگاهی مدیریتی بین دو روش نشت یابی و کنترل نشت، یکی و یا استفاده همزمان از هر دو روش را در دستور کار شرکت های آب و فاضلاب کشور قرار داد. پیش از اینکه به عنوان این مسائل پرداخته شود لازم است که دو عبارت، نشت یابی و کنترل نشت تعریف شود.

نشت یابی

نشت یابی عبارت است از تلاشی برای پیدا کردن و رفع نشت در شبکه، که توسط دستگاه های نشت یاب پیدا شده است. پس از مشخص شدن محل نشت، آن محل با لوله و یا تاسیسات سالم جایگزین می شود. (برخی دستگاه های مورد استفاده در عملیات نشت یابی عبارتند از: دستگاه های نقطه یاب نشت، دستگاه های محدوده یاب نشت، دستگاه های تایید نقطه نشت، دستگاه های تعیین تلفات فیزیکی).

این عملیات در کشور ما انجام می شود که به عنوان نمونه می توان به عملیات نشت یابی انجام شده توسط دستگاه های نشت یاب را در استان تهران اشاره نمود. (نمودار شماره ۴)



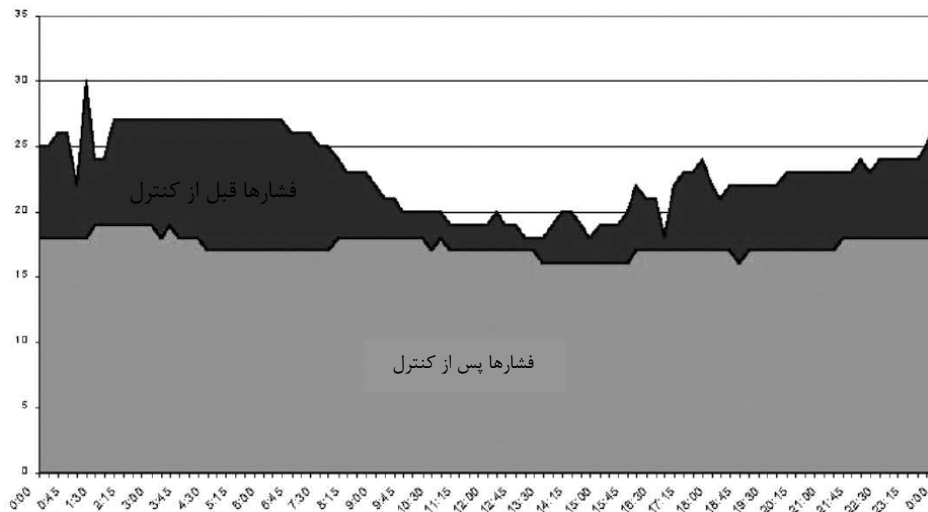
نمودار ۴- تعداد نشت کشف شده طی سال های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۳ به ازای کیلومتر نشت یابی در استان تهران

کنترل نشت

کنترل نشت عبارت است از اتخاذ تدابیری مدیریتی به همراه استفاده از تجهیزات کنترلی به منظور به حداقل رساندن هدر رفت آب از شبکه. در این روش نشت در سیستم وجود دارد ولی تحت کنترل مدیر شبکه قرار می گیرد. به طور کلی می توان کنترل نشت را به دو زیر مجموعه، مدیریت در فشار شبکه و مدیریت در عملیات اجرایی شبکه، تفکیک نمود. در این قسمت سعی می شود با توجه به کمبود مطالعات (در مورد کنترل نشت) در کشورمان با ارائه فعالیت های انجام شده در سطح بین المللی به توضیح فواید این عمل مدیریتی و کم هزینه پرداخته شود.

مدیریت در فشار شبکه

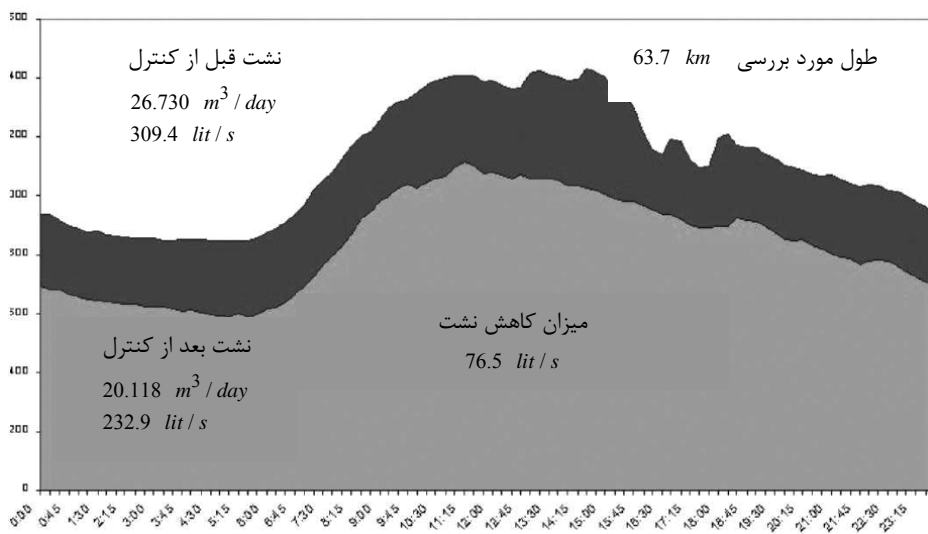
همانطور که در بخش ۲-۳ در مورد فشار در شبکه توضیح داده شد، نشت با فشار رابطه توانی دارد. یعنی می توان نتیجه گرفت که با افزایش در فشار شاهد افزایش قابل ملاحظه ای در نشت خواهیم بود (نمودار شماره ۳). به عنوان یک راهکار ارزان قیمت می توان با تنظیم فشار در شبانه روز و یکسان سازی آن از میزان نشت بطور قابل ملاحظه ای کاست. در این راستا طبق مطالعه انجام شده در طی ۲۴ ساعت شبانه روز (مرجع ۹) این رابطه به وضوح قابل مشاهده می باشد.



نمودار ۵- فشارها در طول شبانه روز قبل و بعد از کنترل نشت

همانطور که در نمودار شماره ۵ مشاهده می شود تغییرات فشار در یک شبانه روز اندازه گیری شده است. سپس با اعمال مدیریت فشار در شبکه (شامل کاهش و یکسان سازی) مجددا این فشارها اندازه گیری شده است. با اعمال این مدیریت فشار شاهد کاهش میزان نشت از شبکه خواهیم بود. (نمودار شماره ۶)

از روش های مدیریت فشار در شبکه می توان به کاستن از فشارهای بالا در زمان های کمی مصرف مانند قرار دادن شیرهای فشارشکن زمان دار در سیستم، انجام آبیاری گیاهان و استفاده های مختلف شهرداری در شب ها (به خاطر وجود فشارهای بالا و کاهش آن)، انجام سیکل های پر و خالی سازی مخازن ذخیره آب (مانند استخرها و مصارف آتش نشانی) در زمان های کمی مصرف و همچنین اطلاع رسانی به مردم، اشاره نمود.



نمودار ۶- تاثیر کنترل فشار بر میزان نشت در طول شبانه روز

مدیریت در عملیات اجرایی شبکه

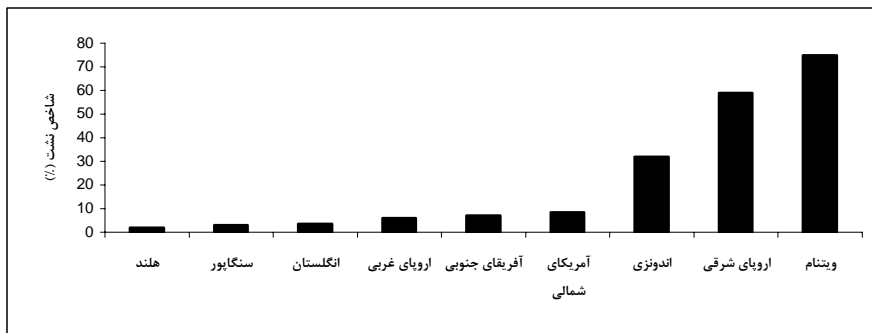
در فعالیت های کنترل نشت بهترین راهکار پیشگیری از وقوع حادثه است. این عملیات مدیریتی خود به عنوان یک فاکتور کنترل نشت می تواند مطرح باشد. برای این منظور می بایست کنترل دقیقی بر طراحی و اجرای سیستم آبرسانی شهری انجام داد. از جمله فعالیت هایی که می توان به این منظور انجام داد عبارتند از:

الف) استفاده از لوله هایی با قطر مناسب: از نظر هیدرولیکی افزایش قطر باعث کاهش فشار و در نتیجه کاهش نشت می شود. هر چند استفاده از لوله هایی با قطر زیاد مستلزم صرف هزینه های بیشتری می باشد، ولی به نظر می رسد این سرمایه گذاری اولیه در دراز مدت باعث کاهش زیان های ناشی از نشت آب شود.

- (ب) استفاده از اتصالات انعطاف پذیر و غیرصلب برای کاهش صدمه ناشی از تغییر مکان های لوله در خاک.
- (ج) نظارت دقیق بر پیمانکاری ها و نصب لوله ها در زیر خاک.
- (د) استفاده از مصالح و تجهیزات با جنس مرغوب
- (ه) و دیگر مواردی که می توانند در حادثه دیدن شبکه موثر باشند.
- حال می توان برای مقایسه دو روش فوق باید با نگاهی به موارد زیر و یک دیدگاه مدیریتی اقدام نمود.

وجود نشت

مقوله نشت در شبکه های توزیع آب شهری یک مسئله دیرینه و ریشه دار در هر کشوری است. می توان گفت که نشت از همان زمانی به وجود آمد که شبکه های توزیع آب شهری در کشورها توسعه یافت (نمودار شماره ۷). یکی از دلایل این امر آن است که در پروژه های عمرانی نمی توان بطور حتمی و کامل و بدون نقص یک پروژه را اجرا نمود. چرا که بستر انجام پروژه های عمرانی طبیعت است که شرایطی متغییر دارد، پس خطا همیشه در این پروژه ها مستور است. به همین علت است که مهندسين از واژه ای به نام ضریب اطمینان پروژه استفاده می کنند. حال سوال اینجاست که ضریب اطمینان در طراحی شبکه های آبرسانی چیست؟ پاسخ به این سوال می تواند همان حجم آب اضافی باشد که در طراحی سیستم آبرسانی منظور می شود (مقدار حجم نشت).



نمودار ۷- شاخص نشت در کشورهای مختلف

نشت در ایران

ایران کشوری نیمه خشک و دارای منابعی محدود از نظر میزان آب در دسترس است. پس در کشور ما آب نه تنها یک کالای حیاتی در زندگی بلکه به یک کالای استراتژیک نیز بدل شده است. گواه این امر نیز اختلافات بر سر آب های سطحی مرزی و یا صادرات آب شرب و یا جیره بندی های آب در فصل گرما می باشد. حال با توجه به این توضیح کوتاه می توان دریافت که حفظ آب موجود و استفاده بهینه از آن شاید ساده ترین و در دسترس ترین راه حل باشد.

نکته دیگری که باید به آن توجه داشت این است که سیستم توزیع آب در ایران فرسوده است، که این امر خود باعث افزایش میزان حوادث و نشت های زمینه و در نتیجه افزایش نشت در ایران شده است. اجرای غلط و غیر استاندارد می تواند موجب تشدید نشت در این سیستم شود. نکته باقی مانده در پروژه های مهندسی و بطور خاص در مهندسی عمران، توجیه اقتصادی پروژه می باشد که از اهمیت خاصی برخوردار است. این مقوله در کشور ما با عنوان اقتصاد مهندسی شناخته شده است و از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. می توان از دلایل اهمیت آن به محدود بودن منابع مالی کشور، هزینه های بالای واردات برخی دستگاه های نشت یاب، رو به توسعه قرار داشتن کشور و انجام همزمان بسیاری از پروژه ها اشاره نمود. این امر موجب شده است درانجام پروژه ها به فاکتور سود به هزینه توجه خاصی شود.

خلاصه و نتیجه گیری

بدیهی به نظر می رسد، هر تدبیری که در شرکت های آب و فاضلاب اندیشیده می شود براساس منافع ملی است، در این راستا می توان با بومی کردن برخی از تکنولوژی ها باعث کاهش واردات تجهیزات خاص با قیمت گزاف به کشور شد. موارد زیر می تواند اهمیت مسئله نشت و استفاده از روش کنترلی و مدیریتی را بیان کند:

وجود و استمرار تلفات فیزیکی در کشور ما فعلا قطعی است.

کشور ما کشوری نیمه خشک و نیازمند حفظ منابع آبی موجود است.

شبکه آبرسانی کشور فرسوده است.

روش کنترل نشت در کل روش نوین تر و ارزان تری نسبت به روش نشت یابی است.
روش کنترل نشت را می توان روشی بومی تر نسبت به روش نشت یابی یافت.

و ...

با توجه به مطالب مذکور، کنترل و مدیریت فشار تاثیر قابل توجهی در کاهش نشت در شبکه های آبرسانی شهری دارد. با گسترش روز افزون، کارآمدی، توانایی در انجام و صرفه جویی اقتصادی، روش کنترل و مدیریت فشار در راستای کنترل نشت، به عنوان یک روش اجرایی و زود بازده تلقی می شود. می توان نتیجه گرفت که مدیریت و کنترل نشت جهت حفظ منافع ملی در کشور گزینه ای قابل توجه می باشد. استفاده از کنترل نشت به عنوان مبنا و استفاده از عملیات نشت یابی در برخی موارد می تواند باعث افزایش کارایی شبکه توزیع شود.

منابع

- ۱- تائبی، ا. و چمنی، م. ۱۳۷۹، شبکه های توزیع آب شهری، چاپ اول، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۶۲۸ صفحه.
- ۲- تابش، م. و یراقی، پ. ۱۳۸۲، بررسی نشت در شبکه توزیع آب شهری با استفاده از مفهوم تلفات زمینه و شکستگی ها، ششمین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۳- یراقی، پ و تابش، م. ۱۳۸۰، آنالیز پویای آب به حساب نیامده در شبکه های توزیع آب شهری، سومین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشکده فنی، دانشگاه تهران.
- ۴- تابش، م. و عابدینی، ا. ۱۳۸۰، بررسی شکست و قابلیت کاربری لوله ها در شبکه های آبرسانی شهری، کنفرانس بین المللی سازه های هیدرولیکی دانشگاه باهنر کرمان.
- ۵- سالاری، م. آب به حساب نیامده، طرح ملی و سیمای آینده آن در کشور، ۱۳۷۷، آب و محیط زیست، شماره ۲۸، از صفحه ۳۴ تا صفحه ۴۱
- ۶- D. Covas, H. Ramos, "Hydraulic Transients used for Leakage Detection in Water Distribution Systems", BHR Group Water Pipeline Systems, (۲۰۰۱).
- ۷- A.Hamdi Orhan, E. Eydurán, T. Özdemir, "Control Method Cost and Effectiveness", Journal of applied Science Research ۲(۵): ۲۶۰-۲۶۲, ۲۰۰۶.
- ۸- A. Chai, "A Case Study on Leakage Management in Sandakan, Malaysia", ۳rd WEDC International Conference, Colombo, Sri Lanka, ۲۰۰۶.
- ۹- IWA Task Force, "Managing leakage by managing pressure", Water ۲۱, October ۲۰۰۳.
- ۱۰- May, Report ۲۶, UK, ۱۹۸۰