



# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



## انجام اقدامات اصلاحی به منظور مدیریت شبکه و تاثیر آن بر کاهش میزان هدر رفت، هزینه های نگهداری و آب استحصال

مصطفی زمانی

دانشجو دکتری مهندسی عمران-آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

mostafa.zamani.sh@gmail.com

مریم خادمیان قادیکلایی

کارشناس ارشد شیمی آلی، دانشگاه گیلان

m.khademian.gh@gmail.com

محمد رضا رحیمی

کارشناس ارشد مهندسی معدن، دانشگاه امیرکبیر

rahimi.mr52@gmail.com

### خلاصه

هدر رفت آب یکی از مشکلات عمده سیستم تولید و توزیع آب در شرکتهای آب و فاضلاب می باشد که سالانه باعث هدر روی حجم زیادی از آب می گردد. بر اساس تنظیم فرم بالانسینگ، هدر رفت آب به دو گروه کلی هدر رفت ظاهری و هدر رفت واقعی تقسیم می شود. در این مطالعه به بررسی کاهش میزان نشت در روستای وسطی کلا پرداخته و جهت محاسبه هدر رفت واقعی از شاخصهای TIRL, UARL, ILI استفاده شده است و ملاحظه گردید، میزان تلفات آب در این روستا بدلیل تعدد شکستگی زیاد میباشد که با مطالعه دقیق شبکه آبرسانی و تشخیص نقاط پر حادثه، نصب شیرالات به منظور حذف رینگ های غیر ضروری، نصب شیرهای فشارشکن و مدیریت فشار شبکه که یکی از کارآمدترین روشها در کنترل میزان نشت در شبکه های توزیع می باشد، میزان تلفات آب به میزان ۲۰ درصد و هزینه های مربوط به رفع شکستگی به میزان ۸۰ درصد کاهش یافت.

کلمات کلیدی: آب بدون درآمد، مدیریت فشار، کاهش نشت، هدر رفت واقعی



# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدر رفت آب

1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



منابع آب شیرین در سطح زمین به طور یکنواخت توزیع نشده اند سابقاً تصور می شد که منابع آبی نامحدود هستند اما امروزه حتی کشور های پیشرفته، محدودیت منابع آبی را درک نموده اند [۱]. توزیع نامناسب آب در جهان و به تبع آن ایران، یکی از مشکلات اساسی در برنامه ریزی منابع آب برای ساکنان مختلف کشورها است. مسئله کمبود آب در چند دهه اخیر با تعدد خشکسالی ها بیشتر نمایان می شود. آمار و اطلاعات نشان می دهد که کشور ما در معرض پدیده خشکسالی مستمر می باشد [۲].

آب به حساب نیامده عبارت است از تفاوت بین حجم آبی که وارد شبکه می شود و به مصرف می رسد [۳]. این آب طیف گسترده ای از تلفات آب در شبکه را شامل می شود و در قالب نشت مورد بررسی قرار می گیرد. در ایران حدود ۱۵ تا ۳۰ درصد آب تولیدی به صورت نشت از شبکه توزیع خارج می شود که می تواند در اثر عوامل مختلفی مانند: فشار آب، فرسودگی لوله ها، کیفیت اجرا و نصب لوله ها و متعلقات، ضربه قوچ، لغزش زمین و رانش خاک باشد [۴]. عموماً نشت آب از محل اتصالات به مقدار کم می باشد ولی زمان و تعداد آن ها در شبکه به گونه ای است که شناسایی این گونه نشت ها را اقتصادی و ضروری می سازد. چرا که سرعت کم آب سبب می شود آب به راحتی در درون خاک بستر لوله نفوذ کرده و مسیر مناسبی را برای خود پیدا کند. در عملیات بهره برداری بارها مشاهده شده که نشت آب از شبکه، انشعابات یا اتصالات سبب جریان آب به زیر ساختمان های مجاور شده و موجب شکسته شدن خاک زیر ساختمان ها، نشست و یا تخریب بخشی از آن می شود.

هنگام وقوع حادثه در یک منطقه از شبکه آبرسانی، ارزیابی فشار حاکم بر محل حادثه ضروری است چرا که بین فشار و نشت رابطه مستقیمی وجود دارد [۵].

یکی از پدیده هایی که در اثر تغییرات آبی فشار در شبکه آبرسانی رخ می دهد پدیده ضربه قوچ می باشد. این تغییرات آبی فشار می تواند ناشی از باز و بسته کردن سریع یک شیر و یا روشن و خاموش شدن سریع یک پمپ (در مواقع پمپاژ مستقیم به داخل شبکه) حاصل گردد. نوسانات شدید فشار می تواند سبب بروز حادثه و نشت در لوله ها و متعلقات مربوط به آنها شود. این موضوع در مورد لوله های فرسوده شدیدتر است [۶]. اصلاح فشار مازاد بوسیله پیاده سازی برنامه مدیریت فشار در گره های شبکه از طریق نصب مخازن، ارزیابی شرایط حاکم بر شیر های فشار شکن، اقدامات اصلاحی و زون بندی شبکه صورت می گیرد که حد اقل فشار ممکن در گره ها باعث بیشترین کاهش سرویس دهی مطلوب شبکه می شود [۷]. راجو و همکاران از شیرهای کنترل جریان جهت کاهش فشار در شبکه مورد ارزیابی استفاده نموده اند و پارامتر کنترل در این شیرها را میزان بازشدگی در محل شیر عنوان کردند [۸].

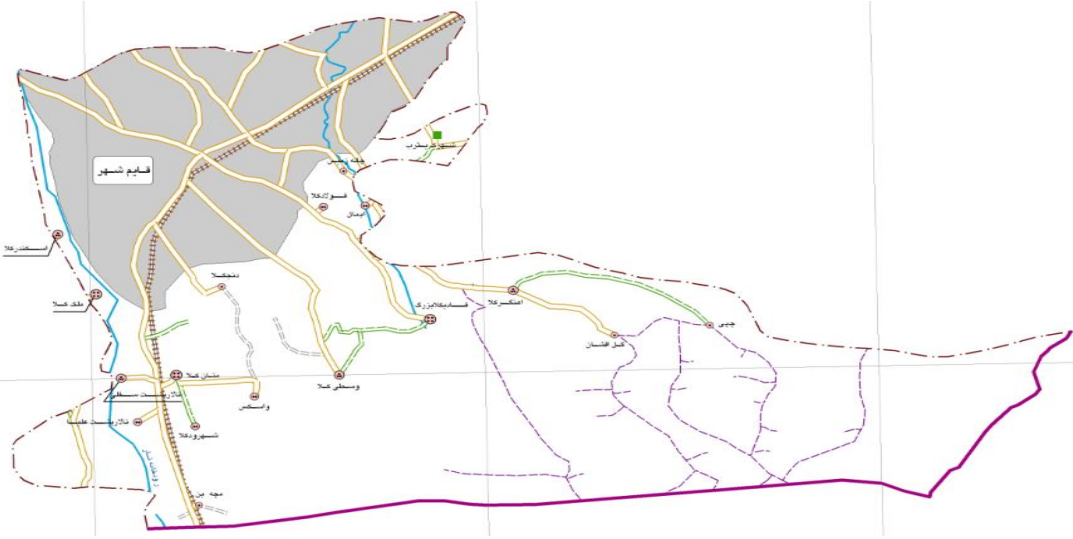
حوادث و اتفاقات در شبکه های آبرسانی نیز منجر به هدر رفت آب می شوند. آب تلف شده در این فرایند دارای ارزش اقتصادی بالایی بوده و می تواند ضرر و زیان مالی قابل توجهی را متوجه شرکت آب و فاضلاب کند.

یکی از مشکلاتی که معمولاً در اکثر شبکه های آبرسانی مشهود است، وجود فشار مازاد در شبکه به ویژه در ساعات با حداقل مصرف (نیمه شب) می باشد. این فشار مازاد می تواند تحت اثر عواملی چون عدم پیاده سازی PMA در شبکه و یا پیاده سازی نامناسب آن، پمپاژ مستقیم آب به داخل شبکه و عدم وجود سیاست صحیح مدیریت فشار، ایجاد شود. فشار مازاد به تنهایی نیز می تواند بوجود آورنده حادثه در شبکه بوده و موجب افزایش تعدد حوادث در شبکه گردد. البته این مسئله در نقاط پایین دست شبکه و یا نقاط پایین دست یک زون فشاری از اهمیت بیشتری برخوردار است.

- کاهش نشت در شبکه دارای مزایای زیادی می باشد که برخی از آنها را می توان به صورت زیر بیان کرد:
۱. کاهش هزینه های سرمایه گذاری برای ساخت تاسیسات منابع آب جدید و توسعه و ساماندهی آبرسانی
  ۲. بالا بردن عمر تاسیسات آب از جمله تجهیزات تصفیه آب، پمپاژ و....
  ۳. کاهش هزینه های بهره برداری و نگهداری
  ۴. افزایش بازده و کارایی شرکت های آب و فاضلاب در بخش های فنی مهندسی، بهره برداری، مشترکین
  ۵. کاهش امکان ورود آلودگی ها از محل نشت لوله
  ۶. بالا بردن درآمد شرکت های آب و فاضلاب

### ۲- منطقه مورد مطالعه و روش انجام مطالعه

شهرستان قائمشهر از نظر موقعیت در شرق استان مازندران واقع شده است که از مشرق به شهرستان ساری، از جنوب به شهرستان سوادکوه، از غرب به شهرستان بابل و از شمال نیز همجوار شهرستان های کیاکلا و جویبار می باشد. قائمشهر با مساحت حدود ۴۵۸,۵ کیلومتر مربع دارای ۱ بخش، ۵ دهستان و ۱۱۵ روستا است. وسطی کلا یکی از روستاهای این شهرستان واقع در دهستان علی آباد و در موقعیت جغرافیایی ۶۶۸۸۹۳ طولی و ۴۰۳۱۹۹۵ عرضی قرار دارد. نقشه شماره ۱ مربوط به موقعیت وسطی کلا نسبت به روستاهای مجاور می باشد. تاسیسات آب شرب در این روستا مشتمل بر دو حلقه چاه، یک باب مخزن زمینی ۳۰۰ متر مکعبی، ۲۰ کیلومتر شبکه آبرسانی و ۷۲۲ انشعاب است که تمامی لوله ها از جنس پلی اتیلن می باشند.



نقشه ۱. موقعیت روستای وسطی کلا در دهستان علی آباد نسبت به روستاهای مجاور



# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدر رفت آب

1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



## ۳- نتایج

بر اساس تنظیم فرم بالانسینگ، هدر رفت آب به دو گروه کلی هدر رفت ظاهری که ناشی از: خطای مدیریت داده ها و سیستم، عدم دقت کنتور ها، لوازم اندازه گیری و خطای ناشی از انشعابات غیر مجاز و هدر رفت واقعی که ناشی از: نشت از انشعابات آب، نشت از لوله ها، شیر های قطع و وصل، اتصالات شبکه توزیع، سرریز و نشت از مخازن ذخیره آب را شامل می گردد [۹].

بدیهی است که حوادث و اتفاقات در شبکه آبرسانی منجر به هدر رفت واقعی آب می باشد که این آب تلف شده دارای ارزش اقتصادی بالایی بوده و ضرر و زیان قابل توجهی را متوجه شرکت آب و فاضلاب می کند.

تعدد گزارشات مرتبط با روستای وسطی کلا در خصوص بروز شکستگی خطوط آبرسانی، افزایش نارضایتی مردم منطقه و صعوبت رفع اتفاقات شبکه، هزینه های گزاف تحمیلی به شرکت آبفاز (بخصوص درمواردی که شکستگی مرتبط با خطوط پلی اتیلن ۱۸۰ که سائیزی منسوخ با اتصالات کم یاب و گران قیمت می باشد)، عدم تخصیص اعتبارات لازم جهت تعویض شبکه های فرسوده موجود با قدمت قریب به ۲۰ سال از دلایل بررسی موردی این روستا و امکان یافتن راه حلی جهت رفع و بهبود شرایط موجود با صرف حداقل اعتبارات در منطقه مورد مطالعه بوده است.

از آنجایی که بررسی حوادث در شبکه توزیع و کسب اطلاعات حداکثر و تجزیه و تحلیل صحیح آن ها می تواند در شناسایی نقاط ضعف و بهبود آن موثر باشد. بدین منظور ابتدا به بررسی شاخص های زیر ساختی هدر رفت آب در روستای وسطی کلا پرداختیم که به شرح ذیل می باشد:

۱. مقدار آب به حساب نیامده غیر قابل اجتناب (UARL)

میانگین هدر رفت واقعی غیر قابل اجتناب با مدیریت فشار شبکه رابطه مستقیم دارد که می توان با مدیریت مناسب آن را به مقدار استاندارد نزدیک کرد.

جهت محاسبه مقدار آب به حساب نیامده غیر قابل اجتناب (UARL) از رابطه (۱) استفاده می شود [۱۰]:

رابطه (۱)

$$UARL (\text{Lit/day}) = (18(L_m/N_c) + 0.8 + 25(L_p/N_c)) P$$

که در آن  $L_m$  طول شبکه اصلی برحسب کیلومتر،  $N_c$  تعداد گره یا انشعاب،  $L_p$  طول انشعاب برحسب کیلومتر،  $P$  فشار بهره برداری از شبکه آبرسانی هستند.

با توجه به این که طول شبکه اصلی روستای وسطی کلا ۲۰ کیلومتر، تعداد گره یا انشعاب ۷۲۲، طول انشعابات بر حسب کیلومتر ۴,۳۲ و میانگین فشار بهره برداری با توجه به شرایط خاص توپوگرافی روستا ۷۰ متر می باشد، مقدار شاخص آب به حساب نیامده غیر قابل اجتناب این روستا  $101,37 (\text{Lit/day})$  بدست آمده است.

۲. شاخص تکنیکی تلفات واقعی (TIRL)

این شاخص نشان دهنده نشت موجود در شبکه طی مدت زمانی که سیستم تحت فشار بوده است و از رابطه (۲) بر حسب لیتر به ازای هر انشعاب در روز ( $\text{lit/con.day}$ ) محاسبه می گردد [۱۰].

رابطه (۲)  $TIRL =$  تعداد انشعابات/حجم کلی هدر رفت

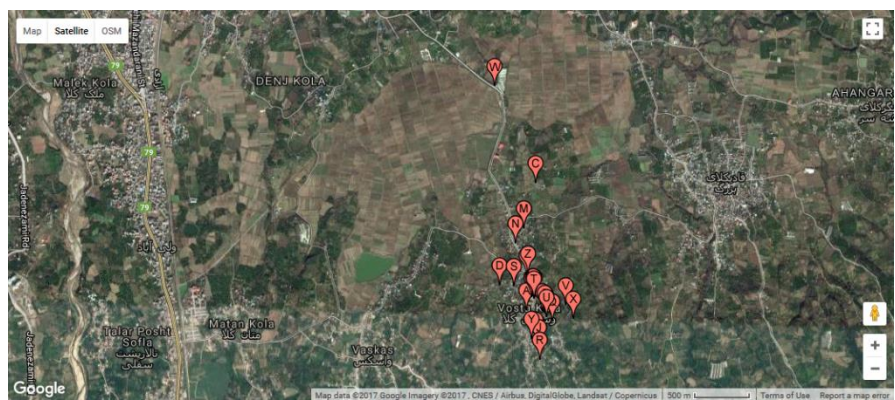
با توجه به اینکه حجم کلی هدر رفت آب روستای وسطی کلا در سه ماهه اول سال ۹۶، ۲،۴۰۸،۰۳ متر مکعب بوده که معادل ۴۳۸۷۴۴،۰۹ لیتر در روز است. مقدار این شاخص ۶۰۷،۶۸ لیتر به ازای هر انشعاب در روز بدست آمد. انجمن بین المللی آب مقدار TIRL را برای ۲۷ سیستم آبرسانی از ۲۰ کشور جهان محاسبه کرده که میانگین آن ۲۷۷ لیتر به ازای هر انشعاب سرویس در روز است [۱۱].

۳. تعیین شاخص زیر ساخت هدر رفت (شاخص مدیریت) (ILI)  
 ILI نشان دهنده عددی است که میزان خوب اداره شدن یک شبکه توزیع (از جهت نگهداری، تعمیر، بازسازی) را برای کنترل هدر رفت آب در شرایط فشار بهره برداری در شبکه نشان می دهد و از رابطه (۳) قابل محاسبه است [۱۰].

$$ILI = TIRL / UARL \quad \text{رابطه (۳)}$$

سیستم هایی با ILI بین ۱ تا ۲،۷ سیستم هایی با مدیریت نشت مناسب و سیستم هایی با ILI بیشتر از ۲،۹ دارای مشکلاتی در مدیریت و رفع نشت بوده و معمولاً تجهیزات آنها فرسوده است [۱۱] که این مقدار در شبکه وسطی کلا ۶ بدست آمد.

بررسی شاخص های آب بدون درآمد روستای وسطی کلا و مقایسه آن با استاندارد جهانی بیانگر این واقعیت است که میزان تلفات آب در این روستا فاصله زیادی با استاندارد جهانی داشته و نیازمند مطالعات کامل تری می باشد. بدین منظور ابتدا مختصات جغرافیایی شکستگیهایی که به مدت سه ماه اتفاق افتاده بر روی نقشه ثبت و ملاحظه گردید در مناطقی از این روستا تراکم شکستگی بسیار بالا بوده، (شکل ۱) که علاوه بر بروز ناراضیاتی عمومی تاثیر بسزایی در هدر رفت آب را به همراه داشته است. با بررسی مالی صورت گرفته، جهت رفع ۵۱ مورد شکستگی مشخص گردید بالغ بر ۲۱۰ میلیون ریال هزینه در بر داشته است.



شکل ۱. تراکم شکستگی ها در سه ماه اول سال ۹۶

به منظور کاهش شکستگی و هدر رفت آب مطالعات دقیقی در این مناطق صورت پذیرفت. ابتدا شبکه توزیع و رینگ های صورت گرفته در شبکه و کد ارتفاعی نقاط پر حادثه ترسیم و سپس با نصب مانومتر در نقاط پر حادثه فشار وارد شده بر لوله ها در زمان های کم مصرف و پر مصرف تعیین گردید.

با توجه به سختی هایی که در اندازه گیری و محاسبه هدر رفت آب در تمامی جوانب وجود دارد به فرجام رساندن آن غیر ممکن نیست و با مطالعات انجام شده بر روی شبکه توزیع، بررسی محل شکستگی ها و فشار وارد بر شبکه میزان شکستگی ها و هدر رفت آب را به میزان قابل توجهی کاهش داده شد. بدین منظور بر اساس تقسیم بندی و زون بندی منطقه، رینگ های شبکه را حذف کرده و با نصب شیر آلات فشار شکن و شیر هوا فشار حاکم بر لوله ها را در مناطقی که تراکم شکستگی بالا بوده از ۷ بار به ۴ بار (به علت آبرسانی به مناطق بالادست روستا امکان کاهش فشار بیش از این میزان مقدور نبوده است) رسانده که این امر موجب یکنواخت سازی فشار شبکه و کاهش میزان شکستگی ها به میزان چشمگیری شده است.

مجموع اقدامات اصلاحی فوق حدود ۱۰۰ میلیون ریال هزینه در بر داشته و ملاحظه گردید که تعداد شکستگی ها در ۳ ماهه دوم نسبت به سه ماهه اول سال در منطقه مورد مطالعه از ۵۱ شکستگی به ۱۰ مورد کاهش یافته است (شکل ۲) که کاهش قابل ملاحظه در هدر رفت آب و هزینه های ناشی از رفع شکستگی (۴۸ میلیون ریال جهت رفع ۱۰ مورد شکستگی) را در بر داشته است.



شکل ۲. تراکم شکستگی در سه ماهه دوم سال ۹۶

با مقایسه شاخص های آب بدون درآمد در سه ماهه اول و دوم و بررسی تغییرات آن (جدول شماره ۱)، واضح گردید پس از انجام اقدامات اصلاحی بر روی شبکه آبرسانی در یک دوره سه ماهه هدر رفت آب را به میزان ۲۱ درصد کاهش یافت.

جدول ۱- مقایسه شاخص آب بدون درآمد وسطی کلا با استاندارد جهانی

ردیف	شاخص	وسطی کلا (سه ماهه اول)	وسطی کلا (سه ماهه دوم)
۱	UARL	۱۰۱,۳۷	۵۷,۹۲



# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



۳۰۵,۳۳	۶۰۷,۶۸	TIRL	۲
۵,۲۷	۶	ILI	۳

بدیهی است با توجه به قدمت لوله گذاری و فشار بالای شبکه، جهت دستیابی به درصد پرت پایین تر، نیازمند هزینه های بعدی و تعویض شبکه فرسوده می باشد.

## ۴- بحث و نتیجه گیری

همانطور که ملاحظه گردید با صرف مبلغی حدود ۱۰۰ میلیون ریال، در بازه زمانی سه ماهه پس از انجام اقدامات اصلاحی علیرغم افزایش شکستگی های معمول فصل تابستان در سطح شهرستان، ۸۰ درصد از میزان شکستگی های شبکه مورد مطالعه کاهش یافته و نکته جالب توجه این است که این مبلغ هزینه شده در کمتر از سه ماه از طریق کاهش هزینه های رفع اتفاقات شبکه جبران گردیده است که رضایت عمومی و تقدیر مسئولین روستا را نیز در بر داشته است.

با بررسی و مقایسه سه ماهه اول و دوم و مشاهده تغییرات شاخص های محاسباتی آب به حساب نیامده در قبال اقدامات اصلاحی صورت گرفته طی یک دوره سه ماهه هدر رفت آب را به میزان ۲۱ درصد کاهش یافته است.

در بحث مدیریت منابع آبی نیز علیرغم افزایش بیش از ۲۰ درصدی مصارف در فصل تابستان (سه ماهه دوم) با انجام اقدامات اصلاحی و مدیریت در شبکه توزیع ضمن صرف حداقل هزینه، میزان برداشت به حجم ۱۲۷۹۳۲۰۰ لیتر کاهش یافته که این مهم با کاهش پرت آب و مدیریت فشار شبکه میسر گردیده است.

با توجه به مطالب مذکور راهکارهایی جهت کاهش هدر رفت آب در غالب مدیریت شبکه های موجود پیشنهاد می

گردد:

۱. ثبت مختصات جغرافیایی شکستگی ها توسط اکیپ اتفاقات در منطقه به منظور شناسایی تراکم شکستگی ها
۲. تعیین نقاط مناسب نصب شیرآلات فشارشکن جهت کاهش فشار غیر ضرور با توجه به شرایط توپوگرافی و جانمایی مشترکین
۳. نصب شیر تخلیه هوا مورد نیاز در نقاط مناسب مطابق شرایط خطوط آبرسانی و توپوگرافی منطقه
۴. بازنگری شبکه آبرسانی و حذف رینگ های غیر ضرور علی الخصوص در مناطق کوهستانی
۵. نصب سایر شیرآلات با استفاده موردی جهت مدیریت شبکه و بهبود شرایط آبرسانی
۶. اصلاح و بازسازی شبکه فرسوده با نگاه تعویض مسیر های دارای تراکم شکستگی بالا
۷. آموزش نیروها جهت مدیریت شبکه

## ۵- مراجع

۱. شرکت سهامی مدیریت منابع ایران، (۱۳۸۶). "دستور العمل شناخت و نحوه مطالعه عوامل موثر در آب به حساب نیامده و راهکار های کاهش آن (نشریه شماره ۳۰۸/الف)"، انتشارات سازمان برنامه و بودجه. تهران، ایران.



اولین همایش ملی  
مدیریت مصرف و هدررفت آب  
1<sup>st</sup> National Conference on  
Water Loss & Consumption Management



۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

۲. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، (۱۳۸۱). " گزارش آماری جمعیت شناسی استان کهگیلویه و بویر احمد"، نشر مرکز آمار ایران، تهران، ایران.

3. Thornton, J., (2002). Water losses manual. McGraw Hill.

4. Brandon, T. W., (1984). Water distribution system ; water practice manual. Institute of Water Engineering and Scientists, London.

۵. تابش، م. ( ۱۳۸۷)، مبانی تئوریک نشت در شبکه توزیع آب شهری، اولین گردهمایی در مورد مبانی نشت و تکنیک های نشت یاب، کرمانشاه، ایران.

۶. معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری و وزارت نیرو، (۱۳۹۱). " راهنمای شناخت و بررسی آب به حساب نیامده و راهکار های کاهش آن ( نشریه شماره ۵۵۶)"، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی. تهران، ایران.

۷. فاضل، ب. و فغفور مغربی، م. (۱۳۸۸)، نشت یابی شبکه آبرسانی شهری با اندازه گیری میدانی فشار های گره ای ( مطالعه موردی شهر گلپهوار)، هشتمین کنفرانس هیدرولیک ایران، تهران.

8. Araujo, L.S., Ramos, H.M., Coelho, S. T., (2006). Pressure control for leakage minisation in water distribution systems management water resources management, 20, pp. 133-144.

۹. شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، (۱۳۸۵). " راهنمای بالانسینگ آب"، دفتر نظارت بر مدیریت و کاهش آب بدون درآمد. تهران، ایران.

10. Managing leakage by managing pressure a practical approach, JULIAN THORNTON, in water21, chair of the waterLoss Task Force.

11. Lambert, A., Brown T., Takizawa, M., (1999). Pressure Areview of performance indicators for real losses from water supply systems. AQUA. pp. 227-237