



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



تحلیل حوادث شبکه توزیع و انشعابات آب شرکت آب و فاضلاب منطقه چهار شهر تهران و راه‌های کاهش آن

محمدامین غیبی

دانشجوی دکتری دانشگاه شهید بهشتی تهران

M_Gheibi@sbu.ac.ir

سعید شایق

کارشناس فنی شرکت آب و فاضلاب منطقه چهار شهر تهران

Saeedshayegh66@Gmail.com

خلاصه

امروزه یکی از مهم‌ترین اولویتهای شرکت‌های آب و فاضلاب، کاهش آب بدون درآمد می‌باشد. مؤثرترین روش کنترل آب بدون درآمد و کاهش هزینه‌های جاری در راستای اقتصاد مقاومتی، بررسی و کنترل کمی و کیفی حوادث جهت کاهش هدررفت واقعی شبکه‌های توزیع آب می‌باشد. هدف از پژوهش حاضر بررسی علل و چگونگی ایجاد حوادث و بررسی تحلیلی و توصیفی مرتبط با حوادثی است که در شبکه‌ها اتفاق می‌افتند. این پژوهش به بررسی حوادث شبکه‌ی توزیع و انشعابات آب منطقه چهار شهر تهران از فروردین ۱۳۹۵ تا انتهای شهریور ۱۳۹۶ انجام شده است. در این مقاله پارامترهای مؤثر در ایجاد حوادث مانند عمر لوله‌ها، جنس لوله‌ها، فشار در شبکه، شرایط اجرایی و مسائل بهره‌برداری مورد توجه قرار گرفته است. همچنین، بر اساس یافته‌ها، با مدیریت مناسب در بخش‌های مختلف مانند کاهش فشار در نقاط پرفشار و بحرانی، تعویض به‌موقع لوله‌های نامناسب و کهنه، تعمیر انشعابات با لوله‌های مناسب و نصب و اجرای استاندارد لوله‌ها و اتصالات و نیز استفاده از قطعات مرغوب می‌توان تلفات آب را تا حد قابل قبولی کاهش داد.

کلمات کلیدی: تحلیل حوادث، شکست لوله‌ها، انشعابات، تلفات آب، شبکه توزیع آب.



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



۱- مقدمه

به گزارش شرکت مدیریت منابع آب ایران، کشور ایران به‌عنوان یک منطقه خشک و نیمه‌خشک، دارای میانگین بارندگی درازمدت ۲۴۰ میلی‌متر در سال است که کمتر از یک‌سوم میانگین بارندگی ۸۶۰ میلی‌متری جهان است. از این رو بسیاری از شهرها در معرض بحران کمبود منابع آبی می‌باشند. با توجه به کمبود منابع آب، محدودیت‌های مالی جهت بهره‌برداری شبکه‌های توزیع و انشعابات آب و قدمت و فرسودگی متعلقات آن، موجب گردیده تا نیاز به تحلیل دقیق شرایط بهره‌برداری شبکه‌ها پیش‌ازپیش احساس شود. از این رو شناخت حوادث در شبکه‌های توزیع آب و ارزیابی علل وقوع و پیامدهای آن، یکی از مسائل مهم در برنامه‌های کاهش آب بدون درآمد و کاهش هزینه‌ها می‌باشد. به‌منظور شناسایی دقیق شرایط شبکه‌های توزیع و انشعاب آب نیاز به جمع‌آوری دقیق و کامل اطلاعات به‌منظور تجزیه و تحلیل دقیق و جامع از الزامات مورد نیاز شبکه و همچنین برنامه‌ریزی برای آینده می‌باشد.

فرسودگی شبکه‌ها و انشعابات آب شهری باعث ایجاد شکست مکانیکی و هیدرولیکی در اجزای آن می‌گردد. در شکست مکانیکی، اجزای شبکه به دلیل بروز حوادث از مدار خارج می‌شوند. فرسودگی هیدرولیکی نیز به معنای عدم توانایی شبکه آب در برآورده نمودن مقادیر تقاضای موردنیاز در گره‌های مصرف در محدوده فشار مناسب و استاندارد است. خرابی هیدرولیکی ممکن است در اثر شکست مکانیکی و یا کاهش ظرفیت هیدرولیکی لوله‌ها به دلیل مسائلی نظیر کاهش سطح مقطع و افزایش زبری و یا افزایش مصرف و در نتیجه افت فشار در شبکه رخ دهد. در این زمینه محققین فراوانی به بررسی و تحلیل جنبه‌های مختلف ایجاد حوادث در شبکه و راه‌های مقابله با آن پرداخته‌اند.

تابش و عابدینی (۱۳۸۴) به تحلیل حوادث با در نظر گرفتن جنس و قطر لوله‌ها، سن لوله‌ها و قابلیت کاربری آن‌ها پرداختند. یونسو (۱۳۸۵) با نگاهی اجمالی به حوادث آب در شرکت‌های تابعه‌ی آب و فاضلاب استان تهران با بررسی‌هایی در این زمینه به این نتیجه رسید که توان و انرژی زیادی از بخش‌های بهره‌بردار شرکت در تعمیرات و نگهداری صرف می‌شود. وی پس از بررسی مشکلات عمده‌ی موجود در شبکه‌های توزیع، اظهار داشت که حوادث شبکه در بدنه‌ی لوله‌ها، اتصالات، شیرهای شبکه، شیرهای فشارشکن و شیرهای خطوط واقع می‌شوند. دستگردی و همکاران (۱۳۸۸) به تجزیه‌وتحلیل حوادث آب در شرکت آب و فاضلاب منطقه نائین پرداختند. ایشان نتیجه گرفتند که ۵۶ درصد حوادث شبکه توزیع آب مرتبط با لوله و اتصالات پلی‌اتیلن بوده است که بعضاً به دلیل استفاده از مصالح نامرغوب و فاقد استاندارد، عمق کارگذاری و اجرای نامناسب و مسائل مرتبط با انبارداری می‌باشد. صالحی و همکاران (۱۳۸۸) به ارزیابی نقش لوله‌های پلی‌اتیلن در افزایش هدررفت آب در شبکه‌های آب‌رسانی شهر آذرشهر پرداختند و نتیجه گرفتند که لوله‌های پلی‌اتیلن به دلایل مسائل اجرایی در شبکه‌های آب استفاده نشود. گاوسانی و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی تأثیر قطر لوله‌ها در میزان حوادث شبکه توزیع آب شهری پرداختند که این تحلیل تأثیر عوامل دیگر در ایجاد حادثه را در نظر نگرفته است. تابش و همکاران (۱۳۸۸) مدلی به‌منظور مدیریت حوادث شبکه‌های توزیع آب با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) توسعه دادند. تحلیل نتایج به‌دست آمده نشان داد که استفاده از این مدل باعث افزایش کارایی سیستم و کاهش هزینه‌ها می‌گردد. سلطانی و پورطبری (۱۳۹۰) عوامل مؤثر بر نرخ شکست لوله‌ها در شبکه‌های توزیع آب با استفاده از تلفیق شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک را بررسی نمودند. عادل‌ی و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی میزان حوادث و تلفات آب در شبکه توزیع آب شرب شهر ازنا و عوامل مؤثر بر آن در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۳ پرداختند. نتایج تحقیقات ایشان نشان می‌داد که کاهش فشار در نقاط پرفشار، تعویض به‌موقع لوله‌های



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب



1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

نامناسب و کهنه، تعمیر انشعابات با لوله‌های مناسب، تعویض لوله‌های گالوانیزه و نصب و اجرای استاندارد لوله‌ها و اتصالات می‌تواند تلفات آب را تا حد قابل قبولی کاهش دهد. ضرغامی و همکاران (۱۳۹۶) به محاسبه آب بدون درآمد و انتخاب بهترین روش کاهش آن با استفاده از تصمیم‌گیری گروهی پرداختند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که بهبود کنتورهای مشترکین به‌عنوان مؤثرترین راهکار از بین راه‌کارهای ارائه شده برای کاهش میزان آب بدون درآمد توصیه شده است. کریاکو و والسکی (۲۰۱۷) آنالیز اقتصادی کنترل فشار به‌منظور کاهش نشت و شکستگی‌ها در شبکه توزیع آب را انجام دادند. در این تحقیق با توجه به نتایج تحقیقات قبلی و پارامترهای مؤثر در ایجاد و گسترش حوادث به تحلیل حوادث در شبکه‌های توزیع آب و همچنین تحلیل حوادث انشعابات مشترکین پرداخته شده است.

۲- روش کار

یکی از علل مهم افزایش میزان تلفات واقعی در شبکه‌های توزیع آب، بروز حوادث و اتفاقات می‌باشد. لذا لزوم توجه به این امر سبب تشکیل گروه‌های مسئول شناسایی و تعمیر حوادث در شبکه‌ها به‌صورت ۲۴ ساعته شده است. آب دارای ارزش اقتصادی بالایی بوده و هدررفت آن می‌تواند زیان مالی قابل‌ملاحظه‌ای را متوجه شرکت‌های آب و فاضلاب کند؛ بنابراین رویکرد مناسب برای برخورد با حوادث در شبکه توزیع و کسب اطلاعات دقیق و تجزیه و تحلیل آن‌ها می‌تواند باعث جلوگیری از هدررفت آب و کاهش هزینه‌های مرتبط شود.

حوادث شبکه‌های توزیع آب در شرکت‌های آب و فاضلاب به سه دسته‌ی حوادث انشعابات، حوادث شبکه توزیع و سایر حوادث تقسیم‌بندی می‌شوند. هر کدام از حوادث مذکور دارای دسته‌بندی مخصوص به خود می‌باشند. حوادث مربوط به انشعابات به سه بخش اصلی حوادث از شبکه تا پشت محفظه، از پشت محفظه تا پشت کنتور و از بست پشت کنتور تا لوله موسوم به سی سانتی تقسیم‌بندی می‌شوند. حوادث شبکه‌ها به سه بخش لوله‌ها، اتصالات و شیرآلات تقسیم‌بندی می‌شوند که در ادامه به بررسی و تجزیه تحلیل جزئیات آن‌ها پرداخته شده است. برخی حوادث نیز وجود دارند که در دسته‌بندی بالا نمی‌گنجند که به نام سایر حوادث شناسایی می‌گردند.

۲-۱- علل وقوع حوادث

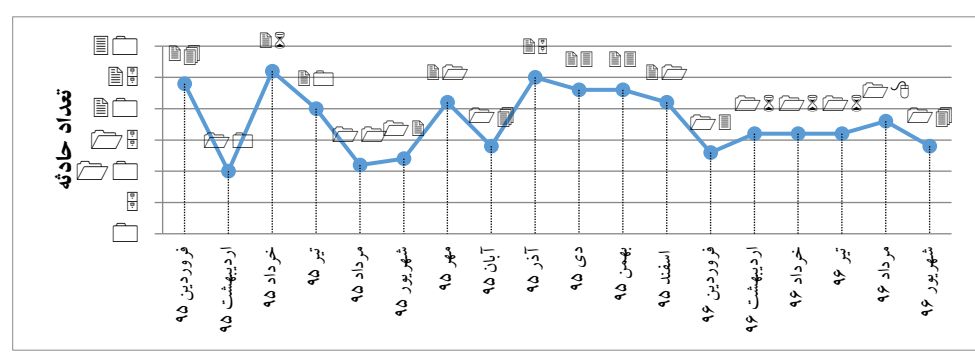
به‌طور کلی عوامل مختلفی در ایجاد حادثه و بروز نشت در شبکه‌های توزیع آب مؤثر می‌باشد. این عوامل می‌توانند به‌صورت تنها یا ترکیبی از عوامل مختلف منجر به بروز حادثه گردند. اضافه بار وارد بر اجزای مختلف شبکه، اتصالات معیوب، فشار آب بالا، ضربه کوچ، خوردگی، عدم رعایت اصول فنی به‌هنگام عملیات بازسازی و تعمیرات، قدمت لوله‌ها، گرفتگی متعلقات و اتصالات لوله، دمای هوا و تعرض سازه‌های مدفون دیگر از اصلی‌ترین عوامل ایجاد حادثه در شبکه‌های توزیع آب می‌باشد.

در راستای ایجاد زیرساخت‌هایی برای جلوگیری از رخداد حوادث در شبکه‌های توزیع آب، همواره باید چگونگی رخداد، علل و روش‌های ممکن برای جلوگیری از تکرار آن مورد ارزیابی قرار گیرد. از این‌رو باید به‌هنگام رفع حوادث به وجود آمده به مجموعه شرایط موجود در محل وقوع حادثه، شرایط لوله‌گذاری و ساختار لوله‌های موجود توجه گردد. این

نکات عبارت‌اند از شکل محل حادثه و مکان مربوط به آن، یخزدگی و یا حالت تورم در خاک اطراف لوله، تجهیزات الکتریکی در مجاورت شبکه، شبکه‌های فاضلاب، گاز، مخابرات و آب سطحی شهرداری در مجاورت شبکه‌های توزیع آب و حفاظت کاتدیک برای آن‌ها، عمر شبکه در محل بروز حادثه، فشار شبکه در محل رخداد حادثه و ضربه قوچ. همچنین برای انشعابات مشترکین نحوه ایجاد حادثه و محل وقوع آن از اهمیت بالایی برای شناسایی چگونگی ایجاد حادثه برخوردار است.

۳- مطالعه موردی

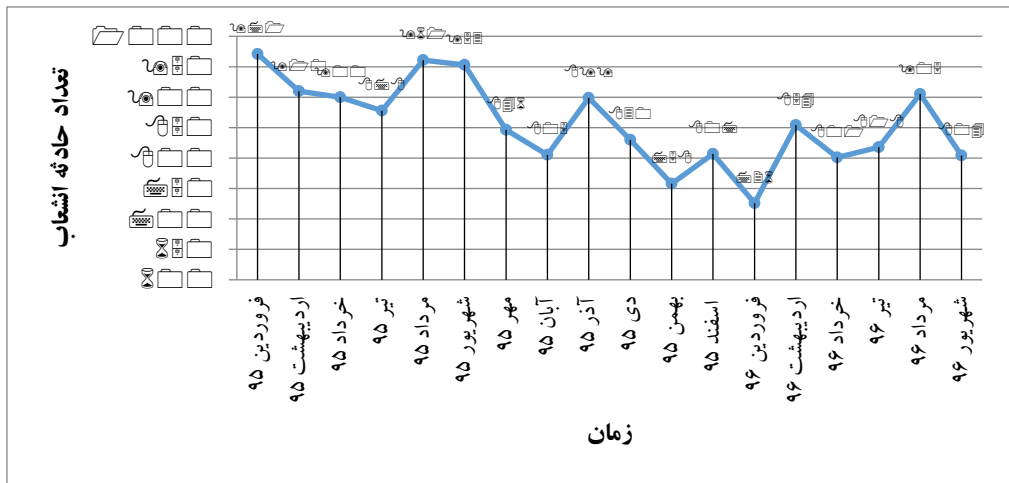
به‌منظور بررسی و ارزیابی علل حوادث رخ داده در شبکه‌ی توزیع آب از اطلاعات شرکت آب و فاضلاب منطقه چهار شهر تهران استفاده شده است. محدوده منطقه چهار تهران از شمال به خیابان انقلاب و دماوند، از غرب خیابان ولیعصر، از جنوب به خیابان شوش و بلوار خاوران و از شرق به بزرگراه بسیج و اتوبان یاسینی محدود می‌گردد. آبخیزی این محدوده از ۹ مخزن انجام می‌شود و زون بندی‌های فشاری به نحو مطلوبی انجام گرفته است. این منطقه دارای جمعیتی برابر ۱/۳۵۲/۰۰۰ نفر و مساحت ۸۶۰۰ هکتار می‌باشد. اطلاعات حوادث رخ داده در شبکه‌ی اصلی، انشعابات و سایر حوادث از ابتدای سال ۱۳۹۵ تا انتهای شهریور سال ۱۳۹۶ مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در مجموع ۱۸ ماهه مورد مطالعه، تعداد ۳۲۹ حادثه در شبکه اصلی توزیع آب اتفاق افتاده است که ۹۸ حادثه به دلیل فعالیت‌های عمرانی و خسارت‌های انسانی به شبکه و ۲۲۷ مورد ناشی از فرسودگی و قدمت شبکه بوده است. فرسودگی شبکه باعث حساس شدن لوله‌ها در مقابل تنش‌های وارده به لوله شده و میزان حوادث را افزایش می‌دهد. حوادث خسارتی می‌تواند با تعامل بین شرکت‌های آب و فاضلاب و سازمان‌های خدماتی دیگر مانند شهرداری، شرکت‌های گاز و مخابرات و غیره و تدقیق نقشه تأسیسات زیرزمینی و به‌روزرسانی آن‌ها و همچنین اطلاع‌رسانی به مشترکین و آگاه‌سازی در مورد پیامدهای ناشی از خسارت به شبکه به حداقل برسد. رفع حوادث شبکه ناشی از فرسودگی و عمر بالای تأسیسات به‌طور کامل توجیه اقتصادی ندارد اما می‌توان با شناسایی محل‌های پرحادثه و پیش‌بینی و تحلیل حوادث، بازسازی‌های هوشمند در شبکه انجام داد و پیش از بروز حادثه مانع آن شد. در شکل ۱ منحنی تغییرات حوادث مربوط به شبکه توزیع آب منطقه ۴ به‌صورت ماهانه مشاهده می‌گردد.



شکل ۱- نمودار تعداد حوادث شبکه توزیع آب در بازه زمانی فروردین ۹۵ تا شهریور ۹۶

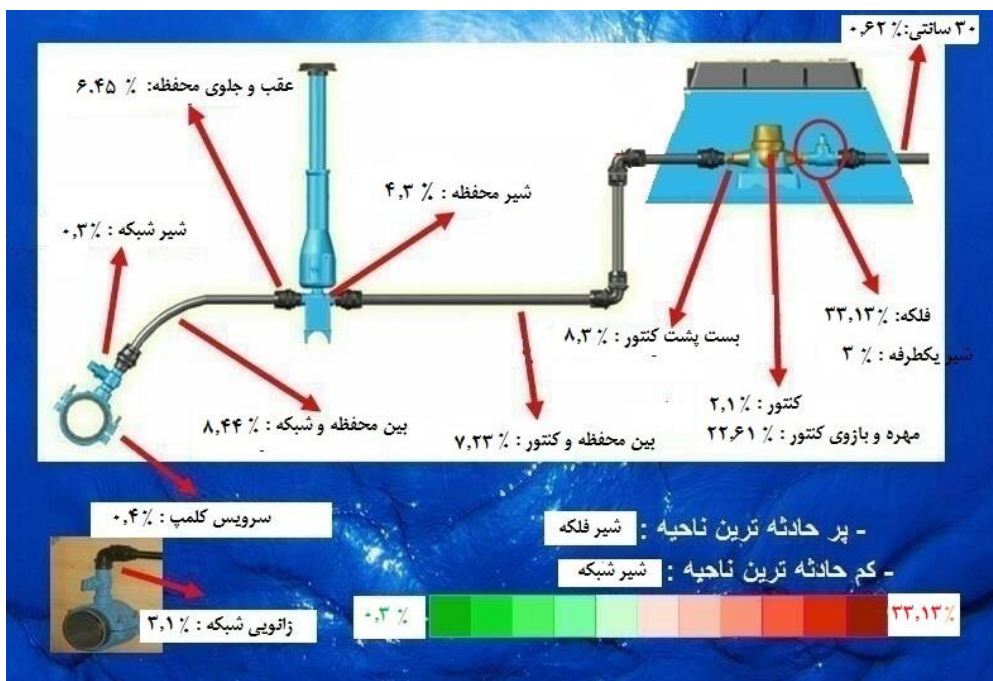
هرساله با توجه به نوسازی و بازسازی شبکه توزیع با استفاده از لوله‌های از جنس چدن داکتیل، تعداد حوادث نیز کاهش می‌یابد. لوله‌های چدن داکتیل به دلیل مقاومت بالا و اتصالات فلنجی و گلندی باعث کاهش هدررفت آب شده و حوادث این لوله‌ها پایین‌تر از جنس‌های دیگر است. این دلایل باعث گردیده است که به‌رغم قیمت بیشتر لوله‌های چدن داکتیل استفاده از آن‌ها به‌صرفه باشد.

حوادث انشعابات از ابتدای سال ۹۵ تا پایان شهریور ۹۶ در شکل ۲ نشان داده شده است. در مجموع تعداد ۱۵۴۲۶ حادثه در انشعابات مشترکین روی داده است.



شکل ۲- نمودار تعداد حوادث انشعابات مشترکین در فروردین ۹۵ تا شهریور ۹۶

همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌گردد تغییرات حوادث مربوط به انشعابات در طول ماه‌های مختلف به‌صورت نوسانی می‌باشد که این امر به دلیل افزایش کارهای از پیش برنامه ریزی شده در ماه مورد نظر و تأثیر آن در ماه آینده می‌باشد. همچنین از آنجا که قدمت انشعابات محدوده شرکت آب و فاضلاب منطقه چهار بالغ بر ۶۰ سال می‌باشد لذا عدم تناسب میان بازسازی هوشمند انشعابات و گذشت عمر آن‌ها موجب عدم امکان دسترسی به میزان کاهش حوادث مطلوب می‌گردد. علاوه بر موارد مذکور کاهش دمای هوا موجب ترکیدگی کنتور گردیده و آمار حوادث در این قطعه افزایش پیدا می‌کند. درصد حوادث هریک از قسمت‌های مختلف یک مجموعه انشعاب به تفکیک در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳- درصد خسارات وارده به هریک از اجزای انشعاب

همان طور که در شکل ۳ مشاهده می شود، در مجموع ۳/۸ درصد از حوادث در قسمت شبکه و زانویی بوده که به دلیل کالیبره نبودن فشارشکن و عدم فشار منظم شبانه و روزانه، عدم کاهش فشار شبانه، بالا بودن و یا نامتناسب بودن فشار تنظیمی با محدوده تحت پوشش، باز بودن شیرهای حد فشاری اتفاق افتاده است. در صورت وجود عملیات بازسازی یا رفع حادثه و یا کارهای نگهداری و تعمیرات، می بایست اصول آبدار کردن لوله و وصل آب به طور صحیح انجام پذیرد؛ لذا اشتباه در این امر باعث به وجود آمدن ضربه قوچ و همچنین عدم تخلیه صحیح هوا می گردد.

حوادث مربوط به شیر محفظه ۱۹/۲۵ درصد کل حوادث انشعابات را شامل می شود. حوادث این قسمت به دلیل عدم استفاده از پایه محفظه، باز یا بستن غیراصولی محفظه، اجرای ناصحیح لوله بین محفظه و کنتور و همچنین متعلقات پشت کنتور که با محفظه در ارتباط است ایجاد می شود که علاوه بر ایجاد حادثه تکراری، در طولانی مدت موجب خالی شدن سطح زمین و خسارت به ملک مشترک نیز می گردد. قطعه شیر محفظه به دلایل ضربه های وارده توسط آچار محفظه و جنس نامرغوب شیر محفظه ها اتفاق می افتد که در این صورت نیاز به بررسی مواد مورد استفاده در آن (آنالیز مواد) و نیز بررسی روش ساخت این قطعه ها می باشد.

حوادث مربوط به اتاقچه کنتور بیشترین فراوانی حادثه را دارا هستند. کنتورها به چند دلیل دچار ترک، شکستگی و خرابی می شود. در فصل سرما یخ زدن آب داخل کنتور موجب ترکیدگی کنتور می گردد. فشار و تنش وارده به هنگام باز و



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



بسته کردن مهره و بازوها جهت تعویض متعلقات انشعاب یکی از علل اصلی خرابی می باشد. معیوب شدن شیر یک طرفه و در نتیجه بازگشت آب گرم تأسیسات به کنتور و خراب شدن آن و ضعیف بودن جنس مهره بالای کنتور و بدنه آن از علل دیگر ایجاد حادثه ی کنتور مشترکین می باشد.

با توجه به شکل ۳ مشاهده می شود که حادثه در قسمت شیر فلکه در داخل اتاقچه کنتور پر حادثه ترین بخش حوادث انشعابات می باشد که به تنهایی ۳۳ درصد حوادث را شامل می شود. عوامل زیر در خرابی این بخش نقش زیادی دارد؛ ۱- عدم نصب صحیح توسط کارگر امداد و یا مشترکین که موجب ایجاد ترک و شکسته شدن بدنه آن می گردد، ۲- جنس نامرغوب شیرآلات باعث ایجاد حادثه می شود. طبق دستورالعمل های شرکت آب و فاضلاب استان تهران شیرهای جنس برنزی به دلایل بهداشتی در اتاقچه ها مورد استفاده قرار می گیرد؛ لذا از آنجا که برنز (به دلیل درصد مس کمتر) استحکام کمتری نسبت به برنج دارد؛ از زمان استفاده از فلکه برنزی آمار حوادث فلکه نیز بالا رفته است. همچنین شرکت های تولیدکننده به دلیل هزینه بالای برنز و نیز مشکلات روش تولید آن آلیاژهای مختلفی به کار برده که این امر موجب به وجود آمدن مک (حباب) در قطعه می شود. ۳- دست کاری توسط مشترک، ۴- بریدن محور فلکه جهت قطع انشعاب توسط امور مشترکین برای تسویه حساب مشترکین. برای هر کدام از دلایل مذکور باید تدابیر مقتضی اندیشه شود.

۴- جمع بندی و نتیجه گیری:

هدف این تحقیق بررسی و تحلیل حوادث شبکه و انشعابات و دلایل و چگونگی ایجاد این حوادث بوده است. در این راستا ابتدا به طور کلی علل ایجاد حوادث در شبکه های توزیع آب تشریح گردید. پس از آن حوادث اتفاق افتاده در یک سال و نیم گذشته در منطقه چهار شهر تهران مورد بررسی قرار گرفت. با تحلیل حوادث شبکه های توزیع مشخص گردید که عامل اصلی شکست شبکه ها قدمت لوله ها و کم شدن توان باربری این لوله ها می باشد. لوله هایی که در ابتدای احداث شبکه توزیع آب شهر تهران در سال ۱۳۳۵ کارگذاری شده اند همچنان در حال بهره برداری می باشند که این امر موجب حساس شدن شبکه به انواع حوادث ذکر شده در قسمت قبل می باشد. در این راستا به نظر می رسد تحلیل و ارزیابی سن لوله های شبکه و بازسازی هوشمند لوله ها در شبکه امری اجتناب ناپذیر است؛ همچنین مدل سازی هیدرولیکی شبکه ها و شناخت شرایط فشار سرعت در شبکه و کنترل هوشمند و از راه دور شبکه نیز موجب کنترل صحیح فشار و رفتار هیدرولیکی شبکه آب به صورت آنلاین می گردد. در بررسی های انجام شده حوادث انشعابات مشترکین و تفکیک علت هر کدام از حوادث مشخص گردید که بیشترین حوادث در شیرفلکه ها بوده است که علل آن تشریح گردید. با توجه به نتایج ذکر شده، پیشنهاد می شود با آموزش نیروی های اجرایی و حفظ نیروهای مجرب و تعمیرات و بازسازی از پیش برنامه ریزی شده ی انشعابات مشترکین و استفاده از تجهیزات و اتصالات با کیفیت بالا مانع افزایش حوادث انشعابات شد؛ در این راستا کنترل مداوم اجناس تهیه شده و آزمایشات کیفیت روی آن ها امری ضروری به نظر می رسد. همچنین نصب انشعابات آب در عمق زمین مانع یخ زدگی در فصل سرما خواهد گردید.



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



۵- مراجع

۱. تابش، م. عابدینی، ا.ع. (۱۳۸۴)، تحلیل شکست لوله‌ها در شبکه‌های آبرسانی شهری، فصلنامه تحقیقات منابع آب ایران، ۱، ۱: ۷۸-۸۹.
۲. یونسو، ص. (۱۳۸۵)، حوادث آب در شرکت‌های تابعه‌ی آب و فاضلاب استان تهران، مجموعه مقالات اولین همایش ملی بهره‌برداری در بخش آب و فاضلاب، جلد دوم.
۳. شفیع دستگردی، فرهادیان، ا. م.ع. (۱۳۸۸)، تجزیه و تحلیل حوادث آب در شرکت آب و فاضلاب منطقه نائین (با رویکرد کاهش هدررفت آب)، سومین همایش ملی آب و فاضلاب با رویکرد بهره‌برداری، تهران، دانشگاه صنعت آب و برق، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور.
۴. صالحی، س. فاضلی، م. پور رجب، ر. (۱۳۸۸)، ارزیابی نقش لوله‌های پلی اتیلنی در افزایش هدررفت آب در شبکه‌های آبرسانی (مطالعه موردی: شبکه آبرسانی شهرستان آذرشهر استان آذربایجان شرقی)، سومین همایش ملی آب و فاضلاب با رویکرد بهره‌برداری، تهران، دانشگاه صنعت آب و برق، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور.
۵. گاوشانی، م. فاضلی، م. جلیلی قاضی‌زاده، م.ر. پزیرا بروجنی، م. (۱۳۸۹)، تأثیر قطر لوله بر میزان حوادث لوله‌های شبکه آب شهری، همایش ملی یافته‌های نوین در مهندسی عمران، نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد.
۶. تابش، م. جعفری، ه. دلاور، م. ر. (۱۳۸۸)، مدل مدیریت حوادث شبکه‌های توزیع آب با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی GIS، مجله آب و فاضلاب ۲۰، ۲: ۱۵-۲۰.
۷. سلطانی، ج. پور طبری، م. ر. (۱۳۹۰)، تعیین عوامل مؤثر بر نرخ شکست لوله‌ها در شبکه‌های توزیع آب با استفاده از تلفیق شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک، مجله آب و فاضلاب ۲۳، ۳: ۱۵-۲۰.
۸. عادل، س.م. کمره ای، ب. جلیل زاده، ر. رستمی، ز. (۱۳۹۵)، بررسی میزان حوادث و تلفات آب در شبکه توزیع آب شرب شهر ازنا و عوامل مؤثر بر آن در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۳، مجله تحقیقات سلامت در جامعه، ۲ (۳)، ۶۹-۷۷.
۹. ضرغامی، م. سفیدی، م.ر. نیکجوفر، علی. (۱۳۹۶)، محاسبه آب بدون درآمد و انتخاب بهترین روش کاهش آن با استفاده از تصمیم‌گیری گروهی؛ مطالعه موردی، دوره ۱۳، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، صفحه ۱۸۲-۱۹۰.
10. Creaco E, Walski T, (2017) Economic Analysis of Pressure Control for Leakage and Pipe Burst Reduction. Journal of Water Resources Planning and Management/Volume 143 Issue 12 - December 2017.11.01