



بررسی عملکرد نشت یابی در کاهش آب بدون درآمد شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان جنوبی

محسن عزیزی^۱، ابوالفضل اکبرپور^۲

۱- دانشجوی دکتری منابع آب، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند

۲- دانشیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه بیرجند

(m_azizi3863@yahoo.com)

خلاصه

محدودیت میزان بارش در کنار رشد روز افزون جمعیت که باعث محدودیت شدید منابع تجدیدپذیر و افزایش تقاضای آب در کشور شده است، امر مدیریت تقاضا و اصلاح الگوی مصرف را بیش از پیش ضروری ساخته است. از مهمترین روشهای مدیریت مصرف، کاهش آب بدون درآمد و نشت آب در سامانه های آبرسانی است. نشت از شبکه های توزیع آب در ایران، درصد قابل توجهی از آب بدون درآمد را تشکیل می دهد. در حال حاضر، روشهای مختلفی برای نشت یابی از طریق اندازه گیری مقدار آن به کمک دستگاه های نشت یاب به کار برده می شوند. در این تحقیق اقدامات نشت یابی شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان جنوبی در راستای کاهش آب بدون درآمد و توجیه اقتصادی عملیات نشت یابی مورد بررسی قرار گرفت. با هزینه ۱۶۸۱ میلیون ریال در سال ۱۳۹۵ جهت انجام نشت یابی خطوط انتقال و شبکه توزیع و انشعابات روستاها، از هدررفت ۵۱۸۳۷۱ مترمکعب می توان جلوگیری نمود. با لحاظ قیمت تمام شده هر مترمکعب آب ۱۹۴۷۱ ریال، میزان صرفه جویی ناشی از اقدامات نشت یابی در سال فوق برابر ۱۰۰۹۳ میلیون ریال می باشد.

کلمات کلیدی: نشت یابی، آب بدون درآمد، هدررفت



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



راشه شهر مشهد



انجمن آب و فاضلاب ایران

۱. مقدمه

یکی از معضلاتی که همواره در طراحی شبکه های آبرسانی وجود دارد نشت در شبکه است. در هر شبکه همواره مقداری از آب تولید شده در مسیر تولید تا مصرف به هدر می رود و در اختیار مصرف کننده قرار نمی گیرد. این مسئله باعث می شود علاوه بر کاهش منابع آب قابل شرب، هزینه های سنگینی به شرکت های آب و فاضلاب تحمیل گردد. در مواقع کمبود و محدودیت منابع آب، حساسیت مسئله بیشتر بوده و لزوم برخورد با نشت را جدی تر می سازد. مقدار نشت در شبکه ها از ۵ تا ۵۰ درصد کل آب تولیدی نیز گزارش شده است [۱].

نشت آب نه تنها منجر به اتلاف منابع آب با کیفیت می شود بلکه منجر به آلودگی آبهای آشامیدنی و همچنین سبب آسیبهای جدی به انسان و ساختمان های اطراف محل نشت می شود [۲].

بر اساس تجارب نگارندگان از مطالعات انجام شده در سطح کشور در ده سال گذشته، در ایران مقدار متوسط نشت از شبکه ها بین ۱۵ تا ۳۰ درصد می باشد [۳]. حدود ۲۹ میلیارد مترمکعب آب تصفیه شده هر سال در قاره آسیا هدر می رود که هزینه ای در حدود ۹ میلیارد دلار برای آن برآورد شده است [۴].

در یک نگاه کلی روشهای نشت یابی را می توان به دو دسته کلی روشهای نقطه ای که شبکه توزیع را قسمت به قسمت پیمایش نموده و با ابزارهای مختلف نشت در شبکه را جستجو می کنند که این روشها علاوه بر هزینه بر و زمان بر بودن در بسیاری از مواقع دارای دقت لازم نیز نمی باشند [۵] و روشهای سراسری که با نصب ابزارهای اندازه گیری مختلف بر روی شبکه، مانیتورینگ شبکه و مدلسازی شبکه، کل شبکه را مورد تحلیل قرار داده و موقعیتهای احتمالی نشت را تعیین می کنند [۶].

علل ایجاد نشت فشار زیاد آب، بار ترافیک و پوشش یا عمق ناکافی لوله ها، خورده شدن شیمیایی یا الکتروشیمیایی لوله ها و اتصالات در اثر گذشت زمان، ضربه و بی دقتی در حمل، بسترسازی و نصب غیر استاندارد لوله ها و اتصالات، کیفیت نامناسب و نامرغوب بودن لوله ها، اتصالات و تجهیزات، قدمت زیاد و فرسودگی لوله ها و اتصالات و تجهیزات، لغزش زمین و رانش خاک، ضربه قوچ، کیفیت نامناسب طراحی و کیفیت نامناسب اجرا است [۷].

آب بدون درآمد، مابه التفاوت آب تولید شده با مصارف مجاز با درآمد است که به سه بخش هدررفت ظاهری، هدررفت واقعی و مصارف مجاز بدون درآمد تقسیم می شود. هدررفت ظاهری آب مصرف شده ای است که به دلیل انشعابات غیر مجاز، خطای انسانی، ابزار اندازه گیری و یا خطای مدیریت و راهبری سیستم دقیقاً اندازه گیری نشده و هزینه آن به وسیله شرکت آب و فاضلاب وصول نشده است. هدررفت واقعی ناشی از فرار فیزیکی آب از خطوط انتقال، مخازن ذخیره، شبکه توزیع و انشعابات مشترکان است. در این مورد علاوه بر اینکه شرکت های آب و فاضلاب پولی به ازای آب تلف شده به دست نمی آورد، بلکه برای جبران این کمبود باید سرمایه گذاری مجددی برای استحصال منابع آب مورد نیاز انجام دهد. هدررفت واقعی به دو دسته نشت مرئی یا شکستگی های گزارش شده و نشت نامرئی شامل نشت زمینه و شکستگی های گزارش نشده تقسیم می شود. در خصوص مصارف مجاز بدون درآمد هر شرکت آب و فاضلاب برای مقاصد مختلف از آب شبکه استفاده کرده و یا مجبور است اجازه دهد بخشی از آب بدون اخذ وجه به مصرف کننده خاصی تحویل شود. مثلهایی از این موارد عبارتند از: شستشوی شبکه، مصارف آتش نشانی، شستشوی خطوط آب و فاضلاب، تمیز کردن مخازن ذخیره آب و ... [۷].

با کاهش هدررفت آب می توان دستیابی افراد بیشتری را به شبکه آبرسانی فراهم کرد. به عنوان مثال در شهر مانیل با کاهش هدررفت آب از ۶۳ درصد به ۳۰ درصد در یک دوره بیش از ۱۰ ساله، امکان دستیابی ۱۴۸۰۰۰ نفر از افراد به شبکه آبرسانی فراهم شده است [۸].

نتایج طرح های کاهش آب بدون درآمد شهرهای مختلفی در آسیا به همراه استراتژی های کلیدی افزایش ظرفیت تولید و توسعه شبکه ها در گزارش بانک توسعه اسلامی گرد آوری شده است. با وجود آن حذف تمام آب بدون درآمد امکان پذیر است، اما کاهش آب بدون درآمد به نصف سطح کنونی خود در کشورهای در حال توسعه واقع بینانه تر به نظر می رسد. این کاهش به واسطه افزایش درآمد و کاهش هزینه هدررفت می تواند درآمدی بیشتر از ۲,۹ بیلیون دلار در سال برای بخش آب تولید کند [۹]. شبکه بین المللی تعیین معیارهای آب بهداشتی در پایگاه داده بانک جهانی عملکرد بیش از ۹۰۰ شرکت تامین و توزیع آب را در ۴۴ کشور در حال توسعه بررسی کرد. میزان متوسط آب بدون درآمد در این بررسی حدود ۳۵ درصد عنوان شده است [۱۰]. عموماً داده ها و اطلاعات در دسترس آب بدون درآمد، بسیار محدود بوده و حتی گاهی اعتماد به همان اطلاعات محدود، اشتباه و گمراه کننده است. در کشورهایی که شرکت های مربوطه از نظر حقوقی و قانونی ملزم به نگه داشتن سطح تلفات زیر یک سطح خاص هستند، گرایش قوی به ارائه آمار کمتر از آمار واقعی وجود دارد [۴].

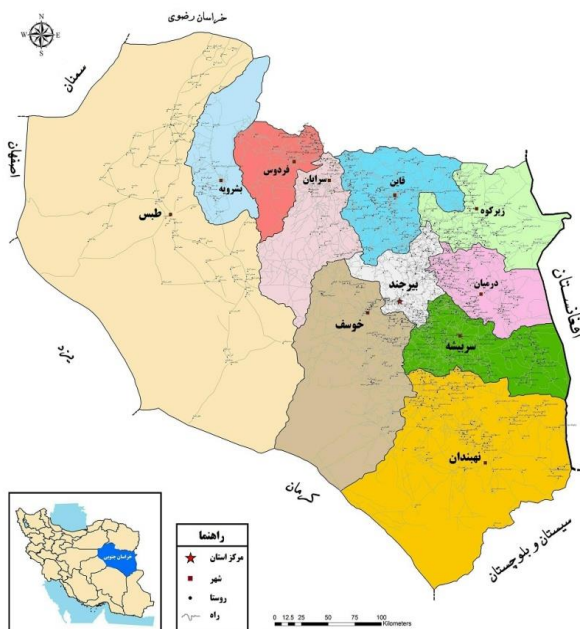
نشت یابی در شبکه های توزیع آب از اهمیت اقتصادی بالایی برخوردار بوده و کنترل و کاهش آن باید به طور جدی مدنظر مسئولین شرکت های آب و فاضلاب روستایی و شهری قرار گیرد. لازم به ذکر است برای کاهش تلفات و کاهش خسارت های مالی ناشی از آن، قیمت آب خیلی مهم است؛ چون در صورت اعمال قیمت های یارانه ای و یا غیر واقعی، عموماً راهکارهای کاهش آب بدون درآمد اقتصادی نخواهد بود. بر این اساس در تحقیق حاضر ابتدا مختصری به روشهای مختلف نشت یابی لوله های زیرزمین و معرفی تجهیزات نشت یابی خریداری شده توسط شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان جنوبی پرداخته و سپس عملکرد نشت یابی این شرکت در سال ۱۳۹۵ جهت کاهش آب بدون درآمد و تحلیل اقتصادی عملیات نشت یابی مورد بررسی قرار گرفته است.

۲. مواد و روشها

۲.۱. معرفی منطقه مورد مطالعه

استان خراسان جنوبی با برخورداری از وسعتی معادل ۱۵۰۸۰۰ کیلومتر مربع (حدود ۹,۲۷ درصد مساحت کل کشور)، در شرق کشور قرار دارد. بر اساس آخرین تقسیمات کشوری این استان دارای ۱۱ شهرستان، ۲۵ بخش، ۲۸ شهر، ۶۱ دهستان و ۳۶۸۸ روستا و آبادی می باشد.

طبق سرشماری سال ۱۳۹۵ در سطح استان خراسان جنوبی در مجموع ۱۷۴۵ آبادی دارای سکنه گزارش شده است که از این تعداد ۸۲۷ روستای کمتر از ۲۰ خانوار و ۹۱۸ روستای بالای ۲۰ خانوار در استان وجود دارد، که از این تعداد ۵۳۵ روستا دارای شبکه های آبرسانی با ضریب بهره وری بیش از ۷۰٪ (سطح یک)، ۱۹۵ روستا دارای شبکه آبرسانی با ضریب بهره وری بین ۳۰ تا ۷۰٪ (سطح دو) و ۳۴ روستا فاقد شبکه آبرسانی می باشد. به طور کلی سهم برخورداری استان از آبرسانی ۹۲,۰۹ درصد می باشد ولی متوسط سطح بهره وری استان ۷۰,۲۶ درصد گزارش شده است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی استان خراسان جنوبی را نشان می دهد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان خراسان جنوبی

۲.۲. روش تحقیق

در این تحقیق ابتدا به صورت مختصر روشهای منتخب نشت یابی شبکه های آبرسانی توضیح داده شده و تجهیزات نشت یابی و دبی سنجی در شرکت آب و فاضلاب روستایی معرفی می گردد. سپس آمار و اطلاعات اقدامات نشت یابی و دبی سنجی صورت گرفته در سال ۱۳۹۵ و تاثیر آنها در کاهش آب بدون درآمد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتیجه این اقدامات اگرچه موجب کاهش تلفات می شود، ولی ارزیابی اقتصادی و تعیین مقدار سودهی عملیات نشت یابی، یک شاخص مهم برای تعیین اقتصادی بودن این اقدامات است. لذا در نهایت تحلیل اقتصادی عملیات نشت یابی ارائه گردید.

۱،۲،۲. روشهای نشت یابی شبکه های آبرسانی

۱- چک کردن جریان آب

در طی چند سال اخیر روشهای جدید غیر ابزاری برای نشت یابی بهتر و مقرون به صرفه تر توسعه یافته اند. یک ابزار سودمند در مشخص کردن برنامه کنترل نشت موثر در یک سیستم ویژه، چک کردن حداقل جریان است. از آنجایی که نشت در ۲۴ ساعت ادامه دارد و جریان در شب کمتر می باشد می توان میزان آب از دست رفته را توسط نشت را پیدا کرد. اگر جریان در شب نزدیک به صفر باشد پس میزان نشت نیز نزدیک به صفر خواهد بود و مجوز نشت یابی در سیستم را نمی دهد. از طرف دیگر اگر جریان در شب بسیار بالا باشد مجوز نشت یابی صادر می شود زمانیکه نشت برطرف شد می توان جریان را شبانه را دوباره امتحان کرد تا میزان آب صرفه جویی شده تعیین گردد.



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدر رفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management



۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

۲- پی بردن به صدای نشت

فرار سیال از لوله تحت فشار ایجاد صدای ارتعاشات می کند. عبور سیال از یک سوراخ یا روزنه باعث تولید صدایی می شود که به طور معمول بین ۵۰۰ تا ۸۰۰ هرتز است. نشت سیال در زیر خاک فشرده صدای متفاوتی را ایجاد می کند که معمولاً ۲۰ تا ۳۰۰ هرتز می باشد. صدای سومی هم وجود دارد که به علت حرکت چرخشی و متلاطم سیال حاصل از نشت در یک حفره پر از آب در خاک کنار لوله می باشد و آن نیز بین ۲۰ تا ۳۰۰ هرتز می باشد. صدای اولی در طول لوله به فاصله مشخصی که بستگی به نوع لوله دارد، منتشر می شود. دو صدای دیگر عموماً محدود به مجاور منطقه نشت می باشد. بنابراین برای مشخص کردن محل دقیق مفید می باشند. صدای انتشار یافته در طول لوله یا خاک را می توان توسط دستگاههای رایجی که بر روی سطح خاک یا جاده قرار داده می شوند و یا به طور مستقیم روی لوله قرار می گیرند تشخیص داد.

۳- روش گاز ردیاب

این روش استفاده از گازهای غیر سمی نامحلول در آب و سبکتر از هوا را داخل سیستم توزیع در بر می گیرد. گازهای رایج مورد استفاده هلیوم و هیدروژن می باشند. دقت بالای تست نشت هلیوم این اجازه را به ما می دهد تا در چند فوت پایین تر از زمین حفره ها را مشخص کنیم. این روش برای لوله های زیر زمینی از هر نوعی مفید بوده و پسماندی هم ندارد که نیاز به تمیز کردن پس از پایان یافتن عمل نشت یابی داشته باشد. تست نشتی خط لوله با هلیوم اغلب سریعترین و اقتصادی ترین راه برای یافتن نشتی خط لوله های دفن شده در زیر زمین می باشد.

۴- ترموگرافی

بعضی از نشت ها را می توان به کمک تشخیص دمای مجاور لوله در خاک تشخیص داد. ترموگرافی مادون قرمز برای آشکار کردن نشت سیال وقتی که دمای مجاور لوله افزایش و یا کاهش می یابد مورد استفاده قرار می گیرد و قادر به پوشش چند مایل و چند صد مایل در هر روز می باشد. روش کار بدین صورت است که اسکنرهای مادون قرمز دمای بالای خاک را اندازه گیری می کند و از تغییرات دمایی خاک با دیگر قسمتها می توان به وجود یا عدم وجود نشتی در سیستم پی برد. پیشرفت های اخیر در زمینه های گسترده تر استفاده از این روش را بیشتر عملی نموده است. لازم به توضیح است که این روش در برابر شرایط محیطی نظیر باران عملکرد مناسبی از خود نشان نمی دهد و استفاده از آن هزینه بر می باشد.

۲،۲،۲. تجهیزات نشت یابی

تجهیزات نشت یابی خریداری شده توسط شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان جنوبی شامل سه دستگاه نشت یاب و دو دستگاه فلومتر پرتابل التراسونیک می باشد که به شرح ذیل معرفی می گردد.

۱- دستگاه نشت یاب رادیویی مدل Correlux C-3

دستگاه نشت یاب رادیویی آب (نویز کلوریتر) مدل Correlux C-3 ساخت شرکت Seba KMT آلمان جهت نشت یابی شبکه های آب مورد استفاده قرار می گیرد. آب تحت فشار در محل نشت صدا (نویز) ایجاد می کند که این نویزها در تمامی جهات لوله انتقال پیدا می کند این نویزها توسط دو سنسور دستگاه که به لوله متصل است (شیرخط ها، انشعابات و...) به دستگاه کنترلر ارسال شده و براساس زمان تاخیر سیگنال، فاصله سنسور ها و سرعت صوت فاصله دقیق محل نشت از سنسور ها را محاسبه می کند. شکل ۲ دستگاه نشت یاب رادیویی مدل Correlux C-3 را نشان می دهد.



شکل ۲- دستگاه نشت یاب رادیویی مدل Correlux C-3

۲- دستگاه نشت یاب مدل C3HL

دستگاه نشت یاب مدل C3HL ساخت شرکت Seba KMT آلمان ترکیب بی نظیری از نشت یاب ژئوفن مدرن با نشت یاب رادیویی (نویز کلوریتور) و دیتا لاگر نشت را در یک دستگاه در اختیار کاربر قرار می دهد. این دستگاه نسلی مدرن از تجهیزات نشت یابی با بهره گیری از تکنولوژی DSA (آنالیز دو پارامتر صدا) جهت حذف صداهای مزاحم محیط می باشد که با انتقال فرکانس های پایین صدای نشت به محدوده شنیداری انسان کاربری دستگاه را بسیار ساده و توانایی آن را چندین برابر کرده است. شکل ۳ دستگاه نشت یاب مدل C3HL را نشان می دهد.



شکل ۳- دستگاه نشت یاب مدل C3HL

۳- دستگاه نشت یاب تست انشعاب مدل FSB-8D

دستگاه نشت یاب تست انشعاب و کنتور مدل FSB-8D ساخت شرکت FUJI TECOM Inc کشور ژاپن دستگاهی با ابعاد بسیار کوچک و با کاربری عالی برای لوله های PE، PVC و دیگر جنس های شبکه می باشد. این دستگاه دارای صفحه نمایشگر دیجیتال و شود سیگنال دریافتی از نشتی با وضوح بسیار بالا می باشد اعمال فیلترینگ قوی جهت حذف نویز و حساسیت بسیار بالا این دستگاه را بهترین گزینه جهت تست انشعابات و شیرخط ها و کشف نشت های حتی سوزنی و قطره ای نموده است. شکل ۴ دستگاه نشت یاب تست انشعاب مدل FSB-8D را نشان می دهد.



شکل ۴- دستگاه نشت یاب تست انشعاب مدل FSB-8D

۴- فلومتر التراسونیک پرتابل مدل TFM 1100P

فلومتر التراسونیک پرتابل مدل TFM 1100P ساخت شرکت Bass Olcme Enstrumanlari کشور ترکیه، دستگاهی قابل حمل (پرتابل) برای سنجش دبی و سرعت جریان مایع عبوری در درون لوله ها است. ترنسدیوسرهای دستگاه روی لوله ها قرار می گیرند و با ارسال و دریافت امواج اولتراسونیک اطلاعات مربوط به جریان مایع را به دستگاه ارسال می کنند و یونیت اصلی با محاسبه تفاوت زمانی و آنالیز آن تمامی اطلاعات مربوط به جریان را به کاربر ارائه می دهد. وزن کم، کاربری آسان، دقت بالا در اندازه گیری، زمان پاسخ دهی کوتاه، ثبت داده ها (دیتالاگر) و نیز قابلیت اتصال به رایانه TFM 1100P را به دستگاهی ایده ال و کاربردی برای شبکه های آب تبدیل نموده است. شکل ۵ فلومتر التراسونیک پرتابل مدل TFM 1100P را نشان می دهد.

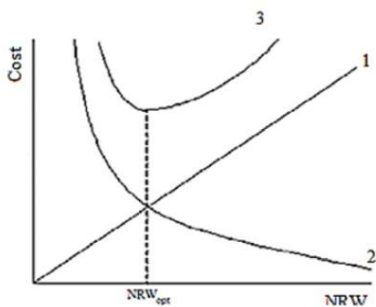


شکل ۵- فلومتر التراسونیکر قابل مابل مدل TFM 1100P

۲.۲.۳. تحلیل اقتصادی

در توجیه اقتصادی رفع تلفات فیزیکی و غیر فیزیکی، بررسی و تعیین دو عامل کل هزینه های مطالعات و عملیات رفع تلفات و ارزش آب بازیافتی رکن اساسی را ایفا می کنند. انجام مطالعات شناخت و کاهش آب بدون درآمد موقعی اقتصادی است که میزان هزینه های پرداختی جهت این امر از درآمدهای ناشی از کاهش آب بدون درآمد کمتر باشد. در شکل ۶ نمودار هزینه - فایده و میزان بهینه کاهش آب بدون درآمد نشان داده شده است [۷].

بر اساس شکل ۶ کاهش آب بدون درآمد در ابتدا با هزینه کمی می تواند انجام شود ولی هنگامی که مقدار تلفات از مقدار بهینه اقتصادی کمتر شود، گرچه می توان باز هم تلفات را کاهش داد ولی اینکار اقتصادی نیست. مشاهده می شود که قیمت آب در تعیین نقطه بهینه تلفات، نقش به سزایی ایفا می کند.



1. Cost of water lost
2. Cost of NRW management
3. Total cost= cost of water lost+Cost of NRW management

شکل ۶- نمودار هزینه - فایده مطالعات و عملیات اجرایی کاهش آب بدون درآمد [۷]

۳. نتایج

۱،۳. عملکرد نشت یابی

شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان جنوبی در سال ۱۳۹۵ با تجهیزات نشت یابی و بکارگیری یک اکیب متخصص نسبت به نشت یابی بخشی از خطوط انتقال، شبکه توزیع و انشعابات روستاهای استان اقدام نمود، که عملکرد نشت یابی های صورت گرفته در جداول ۱، ۲ و ۳ ارائه می گردد.

جدول ۱- عملکرد نشت یابی در خطوط انتقال روستاهای استان خراسان جنوبی

جمع استان	شهرستان						واحد	شرح
	نهبندان	قاین	سربیشه	درمیان	خوسف	بشرویه		
۶۳۳	۲۰	۳۵۰	۲۳	۱۵	۳۰	۱۹۵	Km	عملیات نشت یابی از خطوط انتقال
۲۸	۲	۱۷	۳	۱	۲	۳	مورد	کشف محل های نشت
۵۹۵	۳۰	۴۳۰	۵۰	۲۵	۲۰	۴۰	m	عملیات اجرایی رفع نشت
۲۸،۵	۲	۱۹	۲،۴	۱،۶	۱،۲	۲،۳	Lit/s	دبی نشت کل
۴۰۳۵۴۶	۳۷۲۸۱	۲۷۱۸۰۵	۷۲۸۳	۳۶۷۶۱	۱۳۵۲۵	۳۶۸۹۱	m ³	حجم جلوگیری از هدررفت بعد از رفع نشت

جدول ۲- عملکرد نشت یابی در شبکه توزیع روستاهای استان خراسان جنوبی

جمع استان	شهرستان			واحد	شرح
	قاین	بیرجند	بشرویه		
۱۹۲	۱۳۷	۴۵	۱۰	Km	عملیات نشت یابی از شبکه توزیع
۱۸	۱۳	۳	۲	مورد	کشف محل های نشت
۲۸۰	۲۲۰	۴۰	۲۰	m	عملیات اجرایی رفع نشت
۱۰،۵	۸،۱	۱،۸	۰،۶	Lit/s	دبی نشت کل
۹۲۷۹۳	۸۳۹۸۱	۶۹۹۸	۱۸۱۴	m ³	حجم جلوگیری از هدررفت بعد از رفع نشت

جدول ۳- عملکرد نشت یابی در انشعابات روستاهای استان خراسان جنوبی

جمع استان	شهرستان			واحد	شرح
	قاین	بیرجند	بشرویه		
۳۴۷	۱۳۲	۴۵	۱۷۰	Km	عملیات نشت یابی بر روی انشعابات
۱۱	۴	۲	۵	مورد	کشف محل های نشت
۱۱	۴	۲	۵	مورد	عملیات اجرایی رفع نشت
۱،۲	۰،۵	۰،۲	۰،۵	Lit/s	دبی نشت کل
۲۲۰۳۲	۷۷۷۶	۳۴۵۶	۱۰۸۰۰	m ³	حجم جلوگیری از هدررفت بعد از رفع نشت



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management



۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

اکیپ نشت یابی این شرکت در سال ۱۳۹۵، مطابق جدول ۱ با نشت یابی از ۶۳۳ کیلومتر خط انتقال، ۲۸ مورد نشتی با دبی ۲۸,۵ لیتر در ثانیه کشف و با رفع نشتی های فوق از هدررفت ۵۱۸۳۷۱ مترمکعب آب جلوگیری گردید. همچنین مطابق جدول ۲ با نشت یابی از ۱۹۲ کیلومتر شبکه توزیع روستاهای شهرستانهای بشرویه، بیرجند و قاین، ۱۸ مورد نشتی با دبی کل ۱۰,۵ لیتر بر ثانیه کشف و با رفع نشتی های فوق از هدررفت ۹۲۷۹۳ مترمکعب آب جلوگیری گردید.

همچنین مطابق جدول ۳ در بخش انشعابات مشترکین این اکیپ با بررسی انشعابات ۳۴۷ مشترک آب روستایی شهرستانهای بشرویه، بیرجند و قاین، ۱۱ مورد نشتی در انشعابات با دبی کل نشت ۱,۲ لیتر بر ثانیه کشف و با اصلاح انشعابات فوق از هدررفت ۲۲۰۳۲ مترمکعب جلوگیری گردید.

۲,۳. هزینه های نشت یابی

هزینه های نشت یابی خطوط انتقال، شبکه توزیع و انشعابات شامل هزینه خرید تجهیزات نشت یابی، حقوق اکیپ نشت یاب و هزینه عملیات اجرایی رفع نشت می باشد که به شرح جدول ۴ ارائه می گردد.

جدول ۴- هزینه های نشت یابی روستاهای استان

شرح	هزینه (میلیون ریال)
خرید تجهیزات نشت یابی و دبی سنجی	۱۱۰۰
عملیات اجرایی رفع نشت خطوط انتقال	۲۰۸
عملیات اجرایی رفع نشت شبکه توزیع	۶۰
عملیات اجرایی رفع نشت انشعابات	۱۳
حقوق اکیپ نشت یابی	۳۰۰
جمع کل	۱۶۸۱

۳,۳. تحلیل اقتصادی نشت یابی

بطور کلی برای توجیه اقتصادی عملیات نشت یابی باید منافع اقتصادی حاصل از پیاده سازی نشت یابی نسبت به هزینه های قابل پرداخت آن مورد ارزیابی قرار گیرد تا نسبت به سودمندی آن بررسی های لازم انجام شود. برای تعیین منافع اقتصادی حاصل از فعالتهای کاهش نشت در شبکه های آبرسانی، باید مقدار آبی که در اثر نشت یابی از تلفات آن جلوگیری می شود، محاسبه شود.

مطابق جداول ۱، ۲ و ۳ مقدار آبی که با انجام عملیات نشت یابی در خطوط انتقال، شبکه توزیع و انشعابات مشترکین آب برخی از روستاهای استان در سال ۱۳۹۵، از هدررفت آن جلوگیری شده برابر ۵۱۸۳۷۱ مترمکعب می باشد.

از طرفی برای توجیه اقتصادی عملیات نشت یابی بایستی قیمت تمام شده هر مترمکعب آب بنابر ضوابط تعیین گردد. تعیین این با توجه به مجموعه ای از هزینه های موجود برای تامین، انتقال، ذخیره و نگهداری و توزیع آب در یک دوره یکساله انجام می شود و به این ترتیب قیمت تمام شده هر مترمکعب آب محاسبه می شود. مطابق صورتهای مالی حسابرسی شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان جنوبی قیمت تمام شده هر متر مکعب در سال ۱۳۹۵ برابر ۱۹۴۷۱ ریال برآورد شده است. لذا با لحاظ این قیمت تمام شده با جلوگیری از نشت ۵۱۸۳۷۱ مترمکعب آب، میزان منافع اقتصادی نشت یابی برابر برابر ۱۰۰۹۳ میلیون ریال می باشد.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق عملکرد نشت یابی شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان جنوبی و تاثیر آن در کاهش آب بدون درآمد و توجیه اقتصادی عملیات نشت یابی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در مبحث آب بدون درآمد هدف، بازگرداندن آبی است که قسمتی از آن به علت تلفات مختلف از دست می‌رود. یعنی بازگرداندن آبی که مخارج تامین آن پرداخت شده و در مورد تامین آن سرمایه‌گذاری‌های لازم انجام شده است. جهت توجیه اقتصادی نشت یابی با محاسبه مقدار آب برگشتی بر اساس عملیات نشت یابی و مقایسه بین هزینه انجام عملیات نشت یابی و بازده اقتصادی که وابستگی زیادی به ارزش اقتصادی آب دارد، پرداخته شد.

نتایج به دست آمده از تحلیل عملکرد نشت یابی در شبکه‌های آبرسانی روستاهای استان در سال ۱۳۹۵ نشان می‌دهد که این شرکت هزینه‌ای معادل ۱۶۸۱ میلیون ریال جهت خرید تجهیزات نشت یابی و انجام عملیات نشت یابی توانسته از هدررفت ۵۱۸۳۷۱ مترمکعب آب با قیمت تمام شده هر متر مکعب ۱۹۴۷۱ ریال جلوگیری نماید و ارزش اقتصادی این حجم آب معادل ۱۰۰۹۳ میلیون ریال می‌باشد، لذا انجام عملیات نشت یابی در شبکه‌های آبرسانی با سودآوری همراه بوده و بایستی به طور جدی مدنظر مسئولین شرکت‌های آب و فاضلاب روستایی و شهری قرار گیرد.

۵. قدردانی

نویسندگان مقاله از شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان جنوبی و مرکز تحقیقات و ارتباط با صنعت شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور بابت حمایت مالی نهایت تشکر و قدردانی را می‌نمایند.

۶. مراجع

1. TWGWW (Technical Working Group on Waste of Water), (1980). Leakage control policy. *WRc/Water Authorities Association*, Report No. 26.
2. Li, W., Ling, W., Liu, S., Zhao, J., Liu, R., Chen, Q., Qiang, Z. and Qu., J., (2011). Development of system for detection, early warning, and control of pipeline leakage in drinking water distribution: A case study. *Journal of Environmental Science*, 23(11), pp.1816-1822.
3. Jowitt, P.W. and Xu, C., (1990). Optimal valve control in water distribution networks. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 116(4), pp.455-472.
4. Frauendorfer, R. and Liemberger, R., (2010). The issues and challenges of reducing nonrevenue water. *Asian Development Bank*.
5. Covas, D. and Ramos, H., (2010). Case studies of leak detection and location in water pipe systems by inverse transient analysis. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 136(2), pp.248-257.
6. Almandoz, J., Cabrera, E., Arregui, F., Cabrera, E.J. and Cobacho, R., (2005). Leakage assessment through water distribution network simulation. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 131(6), pp.458-466.
7. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری و وزارت نیرو، (۱۳۹۱). "راهنمای شناخت و بررسی عوامل موثر در آب به حساب نیامده و راهکارهای کاهش آن (نشریه شماره ۵۵۶)"، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری. تهران، ایران.
8. Marunga, A., Hoko, Z., and Kaseke, E., (2006). Pressure management as a leakage reduction and water demand management tool: The case of the City of Mutare, Zimbabwe, *Journal of Physics and Chemistry of the Earth*, 31, pp.763-770.
9. Tortajada, C., (2010). Water governance: Some critical issues. *Journal of Water Resources Development*, 26(2), pp.297-307.
10. The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities (IBNET). (2015). Available from: <<http://www.ib-net.org/>>