



شرکت آب و فاضلاب کشور، پروسس آب و صنعتی شهید باهنر

اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



بررسی پایلوت و تحلیل اقتصادی آب بحساب نیامده در شهر بومهن (مطالعه موردی: مخزن سیاهبند)

اشرف سادات کریمان

کارشناس پژوهشی مرکز تحقیقات آب و فاضلاب، موسسه تحقیقات آب، وزارت نیرو

Kariman@wri.ac.ir

نادر جعفری

کارشناس پژوهشی مرکز تحقیقات آب و فاضلاب، موسسه تحقیقات آب، وزارت نیرو

naderjafari5@gmail.com

مرتضی خالصی دوست

کارشناس پژوهشی مرکز تحقیقات آب و فاضلاب، موسسه تحقیقات آب، وزارت نیرو

mkhcivil1358@yahoo.com

سید محمد هادی مشکاتی

عضو هیات علمی موسسه تحقیقات آب، وزارت نیرو

h_meshkati@yahoo.com

چکیده

کاهش میزان تلفات در شبکه توزیع آب شهری یکی از رویکردهای اصلی شرکت‌های آب و فاضلاب برای عبور از بحران کم آبی، تخصیص بهینه آب و افزایش درآمد ناشی از فروش آن می باشد. بدین منظور پس از بررسی وضع موجود، محدوده تحت پوشش مخزن سیاهبند در شهر بومهن به عنوان منطقه ایزوله با ۲۰۵۰ مشترک توسط WaterGEMS شبیه سازی شده و تلفات آن در چندین مرحله محاسبه شد. در ابتدا حداقل دبی شبانه ۱۰٫۵۶ لیتر بر ثانیه برآورد شد که از این مقدار ۱٫۱۵ لیتر بر ثانیه مصرف شبانه، ۶٫۴ لیتر بر ثانیه نشت و الباقی تلفات گزارش گردید. سپس بر اساس نتایج حاصل از دبی سنج مغناطیسی و اولتراسونیک در کل شبکه، میزان تلفات و نشت ۲۸٪ محاسبه شد که از این مقدار ۲۲٪ نشت و ۶٪ آب بدون درآمد است. همچنین مطالعات فشارسنجی به کمک نرم افزار و کالیبره شده بر اساس ضریب زبری لوله نشان داد که حداقل و حداکثر فشار شبکه به ترتیب در بالادست و پایین دست برابر ۷۰ و ۲۰ متر می باشد. طبق تحلیل نرم افزاری صورت گرفته، میزان نشت، بالغ بر ۳۷۰ مترمکعب در روز است که انجام اقدامات اجرایی برای کاهش این تلفات می تواند بیش از ۲۸۰ میلیون تومان در سال درآمذزایی بهمراه داشته باشد.

کلمات کلیدی: آب به حساب نیامده، بومهن، سیاهبند، نشت، تلفات، WaterGEMS



انجمن آب و فاضلاب ایران
انجمن آب و فاضلاب ایران
انجمن آب و فاضلاب ایران

اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



۱- مقدمه

امروزه مطالعات، عملیات و فناوری‌های مربوط به شناسایی و کاهش آب بحساب نیامده (UFW) یا آب بدون درآمد (NRW) براساس نظریه‌هایی صورت می‌گیرد که در طول سه دهه اخیر توسعه یافته و از سوی مراجع معتبر جهانی از جمله بانک جهانی و انجمن جهانی آب (IWA) توصیه شده است. طبق تعریف بانک جهانی، آب به حساب نیامده تفاوت حجم خالص آبی است که وارد شبکه وارد شده و به مصرف می‌رسد. در نشریه شماره ۵۵۶ [۱]، آب به حساب نیامده در یک منطقه و در مدت زمان مشخص تفاوت حجمی آب ورودی اندازه‌گیری شده و آب خروجی (یا مصرفی) طی همان مدت زمان است. بدین منظور، حجم آب خروجی توسط کنتورهای مشترکین و کنتورهای خروجی منطقه اندازه‌گیری می‌شود که به طور مشخص شامل هیچ یک از عواملی همچون ترکیب‌گی، انشعابات غیر مجاز، نشت و سرریز مخازن، شستشوی شبکه، کنتورهای خراب و ... نمی‌شود. در تعریف فوق نشت ایجاد شده بعد از کنتورهای مشترکین در میزان آب به حساب نیامده دخالت نخواهد داشت. زیرا در صورتی که دقت و حساسیت کنتور بالا باشد مقدار نشت داخلی به عنوان بخشی از مصرف مشترک منظور شده و وجه آن دریافت می‌شود و اگر دقت کنتور کم باشد در قالب آب به حساب نیامده ناشی از دقت کنتور ارزیابی می‌شود. به طور کلی تقسیم بندی آب به حساب نیامده بدون درآمد شامل دو بخش آب به حساب نیامده غیر فیزیکی یا تلفات ظاهری و آب به حساب نیامده فیزیکی یا تلفات واقعی می‌باشد. تلفات ظاهری شامل خطاهای ابزار اندازه‌گیری (کنتور مشترکین یا خطای کنتورهای مبادی ورودی و خروجی منطقه و تاسیسات)، خطاهای انسانی، خطاهای مدیریتی، خطاهای بهره‌برداری، مصارف مجاز اندازه‌گیری نشده بدون درآمد ... می‌باشد.

آب به حساب نیامده فیزیکی طیف گسترده‌ای از تلفات آب در شبکه را شامل می‌شود و عموماً در قالب نشت مورد بررسی قرار می‌گیرد. نشت آب از طریق سوراخ‌ها و ترک‌های کوچک و بزرگ و یا شکستگی‌های لوله‌ها، انشعابات، شیرآلات و اتصالات شبکه روی می‌دهد. عموماً نشت آب از محل اتصالات و شیرآلات با بده کم همراه می‌باشد. ولی زمان و تعداد آنها در شبکه به گونه‌ای است که شناسایی این گونه نشت‌ها را اقتصادی و ضروری می‌سازد چرا که سرعت کم آب سبب می‌شود آب به راحتی در درون خاک بستر لوله نفوذ کرده و مسیر مناسبی را برای خود پیدا کند در عملیات بهره‌برداری بارها مشاهده شده که نشت آب از شبکه، انشعابات یا اتصالات سبب جریان آب به زیر ساختمان‌های مجاور شده و موجب شسته شدن خاک زیر ساختمان‌ها، نشست ساختمان و یا تخریب بخشی از آن شده است. بدیهی است تا زمانی که تلفات فیزیکی رویت نشده است. تحت عنوان تلفات زمینه (نشت نامرئی) و پس از مرئی شدن، به صورت حادثه تلقی شده و تحت عنوان نشت مرئی نامگذاری می‌شود.

علل ایجاد نشت به شرح زیر است: فشار زیاد آب، بارترافیک و پوشش (عمق) ناکافی لوله‌ها، خورده شدن (شیمیایی یا الکتروشیمیایی) لوله‌ها و اتصالات در اثر گذشت زمان، بی‌دقتی در حمل، بسترسازی و نصب صحیح لوله‌ها و اتصالات، کیفیت نامناسب لوله‌ها و اتصالات، عمر زیاد لوله‌ها و اتصالات، لغزش زمین و رانش خاک و ضربه قوچ. مجموع عوامل موثر در نشت را می‌توان به صورت زیر دسته بندی کرد: کیفیت نامناسب طراحی، کیفیت نامناسب اجرا، کیفیت نامناسب لوله‌ها و تجهیزات، فرسودگی لوله‌ها و تجهیزات و تخریب لوله‌ها و تجهیزات ناشی از حوادث. به منظور تعیین برنامه مناسب با هدف بهینه‌سازی فشار در شبکه توزیع آب شهری مطابق با نیاز مصرف، پیشنهاد می‌شود که ابتدا منطقه با استفاده از نرم‌افزارهای موجود، همچون Watergems شبیه‌سازی شده و با تعریف زون‌های فشاری و جانمایی شیرهای



فشارشکن، و یا حتی تبدیل شبکه بصورت DMA [۲]، و در قالب سناریوهای مختلف، عملکرد سیستم مورد بررسی قرار گیرد تا بهترین گزینه ساخت و بهره‌برداری مشخص گردد. از همین روش بطور مشابه برای تعیین نشت در بخش‌ها و شهرک‌های مختلف استفاده شده است [۶-۲].

در زمینه نشت و کاهش فشار شبکه مطالعات فراوانی صورت گرفته است که نتایج آنها نشان می‌دهد، نصب شیر فشار شکن باعث کاهش مصرف ۴,۲ درصدی روزانه و ۱۹ درصدی شبانه می‌گردد [۳]. ارزیابی پایلوتی میزان تلفات آب با اندازه گیری جریان حداقل شبانه و زون بندی منطقه میزان نشت در هر منطقه را مورد بررسی قرارداد. [۱] با ایجاد نشت فرضی در یک شبکه واقعی، موقعیت و مقدار نشت در گره‌های شبکه با دقت خوبی قابل محاسبه است [۴]. روش‌های مبتنی بر کالیبراسیون می‌توانند منطقه دارای نشت را به خوبی شناسایی کند. همچنین روش FDGF اختلاف مشاهدات و محاسبات مصرف تعدادی از جواب‌ها برای ناحیه‌ها بهترین نتایج را به همراه دارد [۵]. هدف از این پژوهش نیز، ارائه نتایج مطالعات مربوط به شبیه‌سازی، زون‌بندی، تعدیل فشار و پیاده‌سازی آن در منطقه تحت پوشش شرکت آب و فاضلاب بومهن می‌باشد. بدین منظور، تامین فشار توسط شیرهای فشارشکن و مطابق با الگوی مصرف روزانه و شبانه صورت گرفته و نتایج حاصل از دبی سنج‌ها برای کالیبراسیون مدل هیدرولیکی استفاده شده است.

۲- مواد و روش

۱-۲- محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه منطقه بومهن است، که واقع در شرق استان تهران و از توابع شهرستان پردیس می‌باشد. این شهر در فاصله ۴۰ کیلومتری شمال شرقی شهر تهران واقع شده است. ارتفاع متوسط این شهر از سطح دریا ۱۷۵۶,۵ متر بوده و مساحت آن حدود ۱۷۳۸ هکتار می‌باشد. این منطقه به دلیل واقع شدن در رشته کوه البرز دارای آب و هوایی سرد در زمستان و معتدل و خنک در تابستان است. میانگین دمای سالانه در این منطقه حدود ۱۰/۳ درجه سانتیگراد است. در فصول سرد میانگین حداقل دمای سالانه ۶/۳ و میانگین حداکثر دمای سالانه ۱۴/۴ درجه سانتیگراد است. همچنین میانگین بارندگی سالانه در این منطقه ۵۳۷/۵ میلی‌متر می‌باشد. جمعیت این شهر براساس سرشماری سال ۱۳۹۰ ایران، ۵۳۴۵۱ نفر (۱۵,۷۲۹ خانوار) و در سال ۱۳۸۵ جمعیتی معادل ۴۳۰۰۴ نفر داشته است. بومهن شهری مهاجر پذیر است. بیشترین تراکم جمعیتی مربوط به قسمت‌های شمال و جنوب غربی بومهن می‌باشد که از لحاظ تاریخی نیز این مناطق نسبتاً قدیمی تر و مناطق شرقی آن نوساز است. در شبکه توزیع آب شهر بومهن در مجموع حدود ۱۶۸/۱۱ کیلومتر لوله وجود دارد. در ۸۲٪ آن از جنس پلی اتیلن، ۱۷٪ از نوع چدن داکتیل و ۱٪ طول لوله‌ها از جنس آریست سیمان می‌باشد. بدین منظور پس از بررسی وضع موجود، محدوده تحت پوشش مخزن ۵۰۰۰ مترمکعبی سیاه‌بند، به عنوان منطقه ایزوله با ۲۰۵۰ مشترک در محیط برنامه WaterGEMS شبیه‌سازی شده و تلفات آن در چندین مرحله محاسبه شد. منطقه ایزوله محدوده‌ای است که از نظر اندازه گیری جزئی از یک سامانه توزیع آب شهری است که ورود و خروج آب به آن، از یک یا چند مسیر مشخص صورت گرفته و به وسیله بستن شیرهای مرزی از کلیه مناطق مجاور خود جدا شده است. هر منطقه مجزا دارای ویژگی‌های منحصر به فردی از جمله میزان جمعیت، تعداد مشترکین، طول خطوط لوله شبکه توزیع، تراکم، انشعابات، تعداد و نوع مصارف خانگی، غیرخانگی، متوسط فشار شبانه منطقه و ... می‌باشد. ابعاد منطقه مجزا معمولاً بین ۵۰۰ تا ۵۰۰۰



شرکت آب و فاضلاب کهر، پروس نی و مندی شیرماهر

اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



مشترک متغیر است. کوچکتر شدن منطقه مجزا باعث وقوع تغییرات غیرقابل پیش بینی در مصارف شبانه مشترکین شده و بزرگ تر شدن ابعاد آن آگاهی از وقوع شکستگی در منطقه مجزا را با مشکل مواجه می سازد.

۲-۲-۲-۲-۲ متدولوژی

الف) نرم افزار طراحی

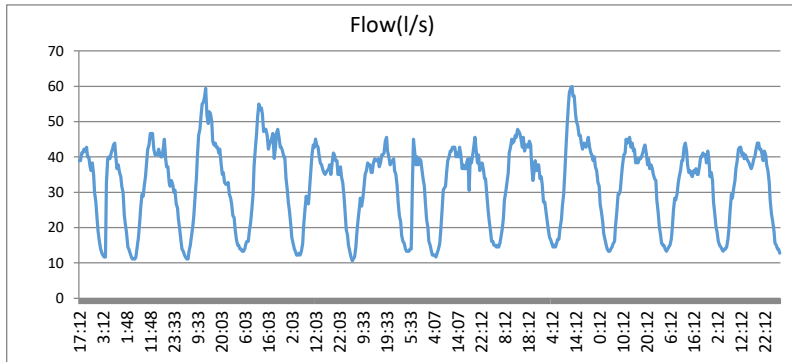
جهت طراحی شبکه توزیع آب شهری بومهن از نرم افزار WaterGems استفاده گردید. این نرم افزار یکی از نرم افزارهای طراحی شبکه انتقال و توزیع آب بوده امکان ارتباط با نرم افزارهای دیگر نظیر AutoCAD، Excel و ArcGIS، سرعت بسیار بالا در تغییر پارامترهای طراحی به منظور بررسی شرایط گوناگون، توانایی در رسم پروفیل های اجرایی بصورت هم زمان، امکان مدل سازی هم زمان خطوط ثقلی، تحت فشار و ایستگاه پمپاژ، امکان استفاده از استانداردهای مختلف دنیا در طراحی را دارا می باشد. اطلاعات سخت افزاری شبکه توزیع شامل مشخصات فیزیکی لوله ها، شیرآلات، اتصالات، مخازن وارد مدل گردیده و با اختصاص مصارف به گره ها، شبکه تحلیل شد. که در آن اطلاعات شبکه از مخازن اصلی تغذیه کننده شبکه، خطوط انتقال، لوله های شبکه توزیع، شیرهای فشارشکن و شیرهای جداسازی زون های فشاری، نقاط انفعال و اتصال شبکه در وضعیت موجود وارد مدل گردید. اطلاعات نرم افزاری شامل مقادیر مصرف در گره ها و رقوم ارتفاعی گره ها می باشد. سپس با توجه به موجود بودن بلوک های جمعیتی، جمعیت دقیق متناظر با مساحت تحت پوشش هر گره محاسبه و مشخص گردید. سپس با سرانه مصوب، میزان مصرف متوسط روزانه هر گره مشخص گردیده و به گره اختصاص یافت. همچنین رقوم ارتفاعی گره ها از نقشه های ۱:۲۰۰۰ توپوگرافی شهری توسط نرم افزار GIS محاسبه و تخصیص یافت. در جدول ۱ خلاصه ای از اطلاعاتی نرم افزاری شبکه آورده شده است.

جدول ۱- خلاصه ای از اطلاعاتی نرم افزاری شبکه

تعداد زون فشاری	جمعیت سال ۱۳۹۰	ضریب C ₁	ضریب C ₂	سرانه مصرف (l/d)	مصرف متوسط (l/d)	مصرف حداکثر ساعتی (l/d)
۱۰	۵۳۴۵۱	۱٫۵	۱٫۵ ~ ۱٫۷	۲۷۸	۱۶۸۵۱۰	۰٫۰۰۳۱

ب) روش اندازه گیری و تحلیل حداقل جریان شبانه

این روش بر پایه اندازه گیری حداقل جریان ورودی به یک منطقه مجزا (ایزوله) شده (DMA) در زمان وقوع حداقل مصرف مشترکین و بیش ترین مقدار نشت و استفاده از مفاهیم BABE برقرار شده است. با نصب کنتور بر روی مخزن سیاه بند، نوسانات ۱۲ روزه آن در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- نمودار مصرف شبانه روز محدوده سیاهبند

بر اساس مقادیر ثبت شده در کنتور مخزن، حداقل عدد ثبت شده ۱۰,۵۶ لیتر بر ثانیه بوده است که این عدد می تواند مبنای حداقل دبی شبانه در محدوده مورد نظر لحاظ گردد. با توجه به دبی عمومی شبانه که معادل ۱,۱۵ لیتر بر ثانیه و ۹,۴۱ لیتر بر ثانیه آن جزء تلفات آب می باشد. با توجه به محاسبات صورت گرفته ۶,۴ لیتر آن نشت واقعی و الباقی تلفات غیر موجه یا نامتعارف است.

ج) فشار شبکه

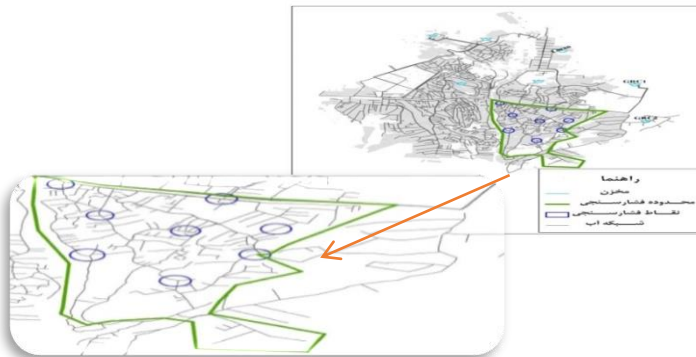
با توجه به وضعیت و بافت شهر بومهن پس از اجرای شبکه در برخی نقاط با فشار زیاد آب (بیش از ۵ بار) مواجه شده و همچنین برخی نقاط با فشار بسیار کم آبی مواجه هستند. در شکل ۲ نقاط با فشار کمتر از ۱۰ متر با رنگ قرمز، فشار ۱۰ الی ۲۵ زرد، فشار ۲۵ الی ۵۰ سبز، فشار ۵۰ الی ۶۵ بنفش و بیشتر از ۶۵ متر آبی می باشد. تعداد حوادث و میزان نشت از شبکه های توزیع آب ارتباط مستقیمی با مقدار فشار آب در شبکه دارد. طبق استاندارد ایران در شرایط عادی، حداقل و حداکثر مقدار فشار در شبکه های توزیع آب برابر ۲۰ تا ۵۰ متر تعریف شده است. معمولاً با توجه به بروز برخی نقایص و یا نقاط ضعف در طراحی، اجرا و یا بهره برداری شبکه های توزیع آب، مقدار فشار از محدوده مقادیر توصیه شده استاندارد تجاوز می کند. بنابراین جهت تعیین فشار در شبکه از اندازه گیری و همچنین مدل های تحلیل هیدرولیکی استفاده گردید (که این دو مکمل یکدیگر نیز می باشند).



شکل ۲- زون‌های فشاری موجود در شهر بومهن

د) فشارسنجی

انتخاب محدوده فشارسنجی با بررسی نقشه‌های شبکه از جمله زون بندی‌ها، توپوگرافی شهر و منابع تغذیه شبکه توزیع انجام گردید. ۸ نقطه برای انجام عملیات فشارسنجی انتخاب شد که در شکل ۳ نشان داده شده است. معیارهای انتخاب واحدها جهت نصب فشارسنج شامل نزدیک بودن محل به شبکه اصلی شهری، قابلیت اعتماد جهت نصب فشارسنج، وجود انشعاب در نزدیکی کنتور ورودی ساختمان و امکان همکاری مالک در نصب و بازدید از فشارسنج‌ها می باشد.



شکل ۳- محدوده فشارسنجی و نقاط انتخاب شده

ه) روش تعادل (بالانس) سالانه آب در محدوده مورد مطالعه

به منظور تعیین تلفات کل محدوده سیاهبند به مدت ۱۴ روز از یک دبی سنج لاگر دار نصب شده بر روی خروجی مخزن سیاهبند استفاده گردید. بنابراین علاوه بر اندازه گیری دبی لحظه‌ای، حجم آب ورودی به شبکه نیز در این محدوده زمانی اندازه گیری شد. در راستای اندازه گیری مصارف مجاز نیز اطلاعات مربوط به مصارف مشترکین در یک ماه مشخص از امور مشترکین آبیای شرق استان تهران دریافت گردید و اطلاعات مربوط به منطقه سیاهبند از آن استخراج شد. که از



شرکت آب و فاضلاب کتور، پروس فن و مهندسی شیراز

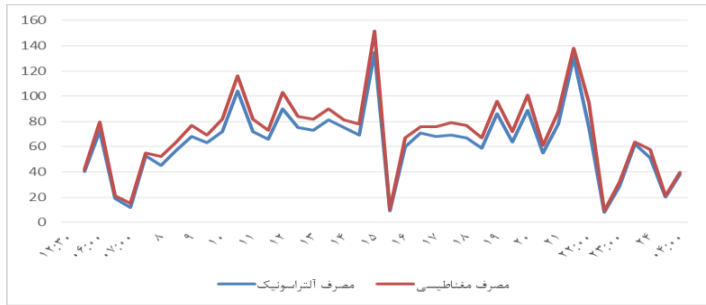
اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



اختلاف آن میزان تلفات کل محدوده بدست آمد. عدد بدست آمده شامل تلفات حقیقی مانند شکستگی ها و نشت های زمینه و همچنین تلفات ظاهری همچون مصارف غیر مجاز و خطاهای موجود می باشد. جهت صحت سنجی عملکرد دبی سنج های لاگردار از دو دبی سنج اولتراسونیک و مغناطیسی در یک دوره زمانی کوتاه استفاده گردید که نتایج آن ها در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴- مقادیر ثبت شده کنتورهای مغناطیسی و آلتراسونیک

۴- نتیجه گیری

۴-۱- نتایج حاصل از دبی سنجی

در زمینه دبی سنجی اطلاعات ثبت شده نشان داد مقادیر دبی ثبت شده در کنتورهای که مجهز به دبی سنج لاگردار بوده در مقایسه با کنتورهای مجهز به دبی سنج مغناطیسی و اولتراسونیک حدود ۳ تا ۲۶ درصد تفاوت دارد و حتی مقدار متوسط خوانده شده در دو کنتور (اولتراسونیک و مغناطیسی) تغییری در حدود ۱۱ درصدی را نشان می دهد. نتایج حاصل از روش اولتراسونیک و مغناطیسی در جدول ۲ بیان می گردد.

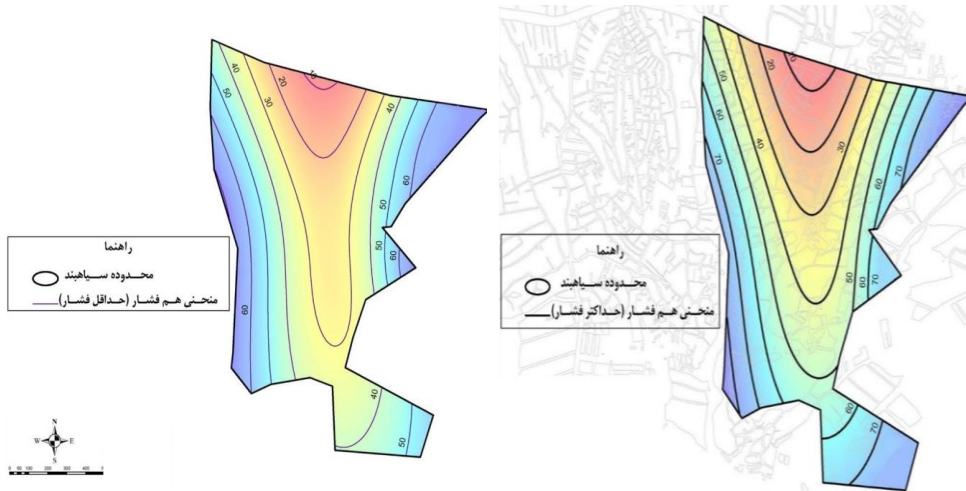
جدول ۲ - مقادیر تحلیل شده مطالعات آب بحساب نیامده

پارامتر	خروجی مخزن	مصرف مهر	تلفات و نشت	نشت	مهم
مقدار (مترمکعب در ماه)	۷۴۱۷۲,۶	۵۳۰۷۶,۰	۲۱۰۹۶,۶	۱۶۵۹۱,۷	۴۵۰۴,۹
درصد	۱۰۰	۷۱,۶	۲۸,۴	۲۲,۴	۶,۱

لازم بذکر است در جدول فوق، با توجه به نتایج تدقیق کنتور خروجی مخزن سیاهبند، مقدار حجم خروجی ۱۱ درصد کاهش یافته و خروجی مخزن در نوع مغناطیسی و اولتراسونیک در مقایسه با نوع لاگردار از ۸۳۳۴۰ به ۷۴۱۷۲ مترمکعب در روز تقلیل یافته است.

۴-۲- نتایج عملیات فشارسنجی

عملیات فشارسنجی به دو منظور بررسی شرایط هیدرولیکی شبکه به لحاظ تغییرات فشار در شبانه روز، بررسی فیزیکی شبکه با مدل نرم‌افزاری و کالیبره کردن مدل به منظور بررسی میزان نشت و آب بحساب نیامده در شبکه به کمک نرم افزار انجام گردید. حداکثر فشار در نقاط پایین دست شبکه تا حدود ۷۰ متر نیز می‌رسد. این در حالیست که حداکثر فشار مجاز شبکه، باید در حدود ۵۰ متر باشد. که علت آن عدم وجود شیرهای فشار شکن در محدوده طرح بود. در نقاط بالایی شبکه، حداقل فشار در حدود ۲۰ متر است که در این حالت شرایط چندان نامناسب به نظر نمی‌رسد. در حداکثر مصرف نیز فشار در این منطقه در مناطق پرفشار نسبتا مناسب است. البته در پایین دست در نزدیکی مخزن سیاهبند گاهی افت فشار شدید گزارش شده است که احتمالا به دلیل باز شدن شیرهای حدی در منطقه بوده است. حداقل فشار در مناطق بالایی و مرکزی تا حدود ۱۰ متر نیز پایین آمده و این می تواند مشکلاتی را برای ساکنین ایجاد نماید. البته در صورت ایجاد زون فشاری مناسب و کاهش میزان مصرف به تبع کاهش فشار، حداقل فشار نیز تا حدودی رفع خواهد شد. به دلیل عدم نهایی شدن زون بندی فشار و نصب شیرهای فشار شکن، فشار در محدوده طرح از ۲۵ تا ۷۰ متر متغیر می باشد.

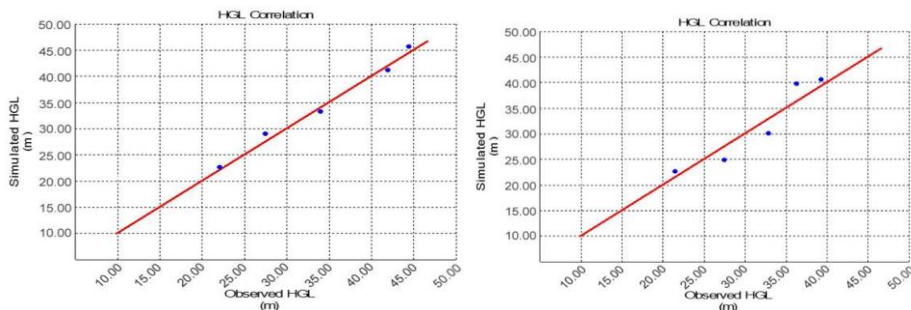


شکل ۵- منحنی همفشار در محدوده سیاهبند در حداکثر فشار و حداقل فشار

۴-۳- کالیبراسیون

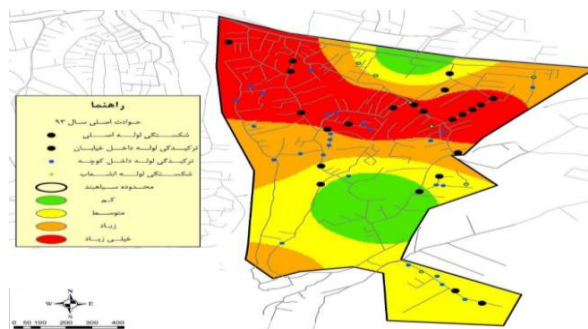
برای انجام کالیبراسیون مدل تحلیل هیدرولیکی Water Gems با توجه به پیمایش شبکه، اطلاعات اولیه از جمله ارتفاع گره‌ها، میزان نیاز آبی گره‌ها، قطر و جنس لوله‌ها، شیرهای فشار شکن و شیرهای حدی مابین زون‌ها به مدل وارد شده و مدل شبیه سازی شده اجرا گردید. در این طرح با بررسی شرایط مختلف و انجام ران‌های متعدد، اثر ضریب زبری لوله و میزان دبی مصرفی بصورت توامان لحاظ گردید و این شرایط، بهترین همپوشانی را با شرایط موجود حاصل نمود. انجام کالیبراسیون برای بررسی در این محدوده به دو منظور صورت گرفته است. استخراج پارامترهای فیزیکی لوله‌ها و تدقیق ضریب زبری لوله‌ها در حداکثر مصرف روزانه و پس از تدقیق این پارمتر، استخراج میزان نشت شبانه در شبکه خواهد بود. کالیبراسیون انجام شده در شبکه، میزان ضریب زبری لوله‌ها را مطابق با شکل ۶ مشخص کرد. همچنین میزان انحراف معیار در حالت کالیبره با شرایط واقعی نیز نشان داده شده است. پس از تدقیق شرایط فیزیکی لوله، در دبی

حداقل شبانه، میزان نشت شبکه بر اساس میزان افزایش مصرف در نواحی مختلف با توجه به دبی خوانده شده از کنتور خروجی مخازن و مصرف شبکه، تدقیق و میزان نشت مطابق شکل ۶ مشخص گردید.



شکل ۶- نتایج کالیبراسیون شبکه، راست: در حداکثر مصرف (تعیین ضریب زبری)؛ چپ: در حداقل مصرف (تعیین تغییرات مصرف)

طبق تحلیل صورت گرفته میزان نشت از شبکه که از تفاضل میزان دبی ثبت شده از کنتور مخزن در زمان کالیبراسیون و میزان افزایش دبی تحلیل شده ناشی از کالیبراسیون محاسبه شده بالغ بر ۳۷۰ مترمکعب در روز می باشد. در شکل ۷ میزان نشت در محدوده‌هایی که توسط کالیبراسیون و GIS تحلیل شده است نشان داده شده است.



شکل ۷- میزان نشت شبانه در محدوده طرح بر اساس نتایج کالیبراسیون

همانطور که در شکل بالا مشخص است میزان نشت شبانه در محدوده میانی زون سیاه‌بند بیشتر از نقاط دیگر بوده و در دو قسمت بالادست و پایین دست، نشت کمتری محاسبه شده است. در محدوده میانی، بیشترین آمار حوادث در کوچه و خیابان نیز گزارش شده است. با قرارگیری میزان شکستگی‌ها و حوادث شبکه بر روی تحلیل حاصل از میزان نشت شبکه، می توان یک رابطه نسبی از میزان حوادث و نشت استخراج نمود.



شرکت آب و فاضلاب کشور، پروس فن و مهندسی شیراز

اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on

Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



جمع بندی و تجزیه و تحلیل اقتصادی

با توجه به اطلاعات بدست آمده ناشی از عملیات دبی سنجی و فشارسنجی در محدوده طرح، همچنین بررسی و تحلیل های صورت گرفته بر روی شرایط فیزیکی شبکه و میزان مصارف ثبت شده در دوره ثبت اطلاعات و مقایسه آنها، در خصوص میزان آب بحساب نیامده در محدوده طرح، نتیجه شد که در این منطقه سرانه مصرف بدون بدون احتساب تلفات در حدود ۱۵۸ لیتر در روز می باشد. و میزان نشت و تلفات شبکه در حدود ۲۸ درصد و بالغ بر ۱۱۰۰ متر مکعب در ماه برآورد گردیده است. از این مقدار در حدود ۲۲ درصد نشت و ۶ درصد آب بحساب نیامده محسوب می گردد. پیشنهاد می شود از شیرهای کنترل دبی قبل از کنتور برای واحدهای مشکوک به استفاده از آب در کشاورزی استفاده شود. همچنین با مانور شیرهای خط در شب و در زمان حداقل مصرف، می توان محدوده مصرف غیرمجاز یا شکستگی را شناسایی کرد. بگونه ای که در صورت بستن شیرخط و کاهش همزمان دبی قرائت شده توسط کنتور، خط پرمصرف تشخیص داده شده و محدوده مصرف غیرمجاز شناسایی می شود.

جدول ۳- برآورد اقتصادی اقدامات اجرایی به منظور کاهش آب بحساب نیامده در محدوده سیاهبند

ردیف	شرح	مقدار	واحد	هزینه واحد (ریال)	هزینه کل (ریال)
۱	اصلاح شرایط فناری با نصب شیرهای فشارشکن در شبکه با اقطار متنوع به همراه جوشچه و متعلقات مربوطه	۴	عدد	۹۴,۰۰۰,۰۰۰	۳۷۶,۰۰۰,۰۰۰
۲	اصلاح شرایط فناری با اصلاح شبکه و لوله گذاری با قطر متوسط ۱۵۰ میلیتر لوله چدن داکتیل	۱۶۴۰	متر	۱,۷۸۰,۰۰۰	۲,۹۰۹,۴۰۰,۰۰۰
۳	نصب تجهیزات اندازه گیری جریان بر روی مخازن در محدوده طرح به همراه لاگر و متعلقات مربوطه	۵	دستگاه	۷۱,۰۰۰,۰۰۰	۳۵۵,۰۰۰,۰۰۰
۴	اقدامات اجرایی به منظور شناسایی دقیق انشعابات غیرمجاز و نصب کنتور بر روی آنها	۲۵۰	انشعاب	۱,۳۰۰,۰۰۰	۳۲۵,۰۰۰,۰۰۰
۵	نصب سیستم کنترل برداشت آب برای واحدهای مشکوک به استفاده آب در بخش آبیاری	۳۴۰	انشعاب	۱,۷۵۰,۰۰۰	۵۹۲,۵۰۰,۰۰۰
جمع					۹,۰۵۹,۹۰۰,۰۰۰

با توجه به اطلاعات بدست آمده از نتایج تحلیل های کمی شبکه به لحاظ شکست و نشت های زمینه ای و آب بحساب نیامده، مشخص شد میزان تلفات و نشت در محدوده مخزن سیاهبند ۲۸٪ می باشد. طبق مطالعات انجام شده و براساس تجربیات، هزینه کاهش تلفات به ۱۵٪ معادل ۱۳۵,۰۰۰ مترمکعب در سال است و به شرح جدول ۳ می باشد. لازم بذکر است در برآورد، هزینه خرید، حمل و نصب بصورت کامل و اجرایی لحاظ شده است.

با توجه به قیمت متوسط آب بهای شهری به قرار ۲۰۰۰ ریال بر هر مترمکعب و هزینه تمام شده متوسط آب تولیدی به قرار ۱۵۰۰ ریال بر مترمکعب، درآمد ناشی از اصلاح شرایط آب بحساب نیامده به قرار جدول ۴ آمده است. همانگونه که مشخص است با هزینه کمتر از ۱۰۰ میلیون تومان، می توان درآمدی بیش از ۱۰۰ میلیون تومان برای شرکت آب و فاضلاب ایجاد و همچنین می توان کاهش هزینه ای بیش از ۲۸۰ میلیون تومان در سال برای وزارت نیرو متصور بود که خود بعنوان درآمد محسوب می گردد. لازم بذکر است برآوردهای صورت گرفته برای محدوده سیاهبند بوده و قابل تعمیم به کل



شرکت آب و فاضلاب کشور، پروس فن آبی و مهندسی شهید بهشتی

اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



بومهن می باشد. لذا هزینه انجام شده در این بخش، هزینه نبوده و خود بنوعی منجر به ایجاد درآمد یا کاهش هزینه ها خواهد شد.

جدول ۴- برآورد اقتصادی اقدامات اجرایی به منظور کاهش آب بحاسب نیامده در محدوده سیاهبند

ردیف	شرح	مقدار	واحد	درآمد واحد (ریال)	درآمد کل (ریال)
۱	درآمد حاصل از کاهش تلفات برای شرکت آب و فاضلاب در سال	۱۳۵۰۰۰	مترمکعب در سال	۲،۰۰۰	۲۷۰،۰۰۰،۰۰۰
۲	کاهش هزینه ناشی از تامین آب برای وزارت نیرو در سال	۱۳۵۰۰۰	مترمکعب در سال	۱۵،۰۰۰	۲۰،۲۵۰،۰۰۰،۰۰۰
۳	کاهش هزینه های بهره برداری ناشی از شکست شبکه	۳۵۰	تعداد در سال	۲۴،۳۰۰،۰۰۰	۸،۵۰۰،۰۰۰،۰۰۰
	کاهش هزینه و درآمد حاصل از کاهش تلفات برای شرکت آب و فاضلاب (مورد ۱ و ۳)				
	کاهش هزینه تامین آب و هزینه های بهره برداری برای وزارت نیرو (مورد ۲ و ۳)				
					۱،۰۷۵،۰۰۰،۰۰۰
					۲،۸۳۰،۰۰۰،۰۰۰

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاری کارشناسان شرکت مهندسی آب و فاضلاب شرق استان تهران و جناب آقای دکتر جمشیدی کمال قدردانی و تشکر می گردد.

منابع و مراجع

۱. معاونت نظارت راهبردی امور نظا فنی وزارت نیرو ۱۳۹۱، دفتر فنی مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا "راهنمایی شناخت و بررسی عوامل موثر در آب به حساب نیامده و راهکارهای کاهش آن"، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری. تهران، ایران
۲. جمشیدی، ش، اکبرزاده، ع، ۱۳۹۲، ارزیابی پایلوتی میزان تلفات آب با اندازه گیری جریان حداقل شبانه (مطالعه موردی : منطقه نیروی دریایی تهران)، اولین همایش ملی محیط زیست، انرژی و صنعت پاک تهران
۳. جمشیدی، ش، ۱۳۹۳، کاهش تلفات شبکه توزیع آب شهری با استفاده از مدیریت فشار (مطالعه موردی)، اولین کنفرانس بین المللی مهندسی محیط زیست
۴. یزدانی، س، حسن زاده، ی، ۱۳۸۹، شناسایی نشت بر مبنای بهینه یابی به روش کلونی مورچه ها در شبکه های توزیع آب، نهمین کنفرانس هیدرولیک ایران
۵. ثابت، م، نصیریان، ع، محتشم، م، ۱۳۹۵، معرفی و ارزیابی شاخص هایی جهت بررسی دقت نشت یابی در شبکه های توزیع آب مطالعه موردی شبکه شهر بیرجند، اولین کنفرانس بین المللی آب، محیط زیست و توسعه پایدار
۶. فاضل ولیپور، ب، فغفور مغربی، م، ۱۳۸۸، نشت یابی شبکه های آبرسانی شهری با اندازه گیری میدانی شارهای گره ای، هشتمین کنفرانس هیدرولیک ایران