مدیریت فشار در شبکه توزیع آب شهر برازجان

شادی ربانی [1*] ، منصوره آتشی [2]، بنیامین جاودانی یکتا [3]

۱- پژوهشگر مرکز پژوهشی مدیریت منابع محیط زیست ارم ، مدیر پروژه شرکت مهندسی مشاور طوس آب، کارشناسی ارشد مکانیک دانشگاه فردوسی مشهد(shadi.Rabbani276@gmail.com)

۲- سرگروه مرکز پژوهشی مدیریت منابع محیط زیست ارم، نماینده معاونت مطالعات و طراحی شرکت مهندسی مشاور طوس آب، دکتری سازه‌های هیدرولیکی دانشگاه فردوسی مشهد(at.mansoureh@gmail.com)

۳- پژوهشگر مرکز پژوهشی مدیریت منابع محیط زیست ارم ، مدیر پروژه شرکت مهندسی مشاور طوس آب، کارشناسی ارشد عمران دانشگاه فردوسی مشهد(ben.javdani@gmail.com)

چکیده

در این پژوهش تاثیرات اتخاذ رویکرد مدیریت تقاضای آب با استفاده از تنظیم فشار در حالت عادی و کمبود آب در چهار سناریوی مختلف بر هیدرولیک شبکه توزیع آب شهر برازجان واقع در استان بوشهر در نرم‌افزار WaterGEMS بررسی شده است. سناریوهای فوق شامل سناریوی پایه (فرض تامین ۱۰۰ درصدی نیاز آبی مشترکین)، سناریوی الف (تنظیم خروجی فشار شکن ها بصورت متغیر)، سناریوی ب (تنظیم خروجی فشارشکن‌ها به صورت ثابت روی ۱۴ متر) ، سناریوی ج (مشابه سناریوی الف با این تفاوت که در ساعات ۱۰ شب تا ۶ صبح در شبکه حداقل آب تامین صورت گیرد) و سناریوی د (مشابه سناریوی ب با این تفاوت که در ساعات ۱۰ شب تا ۶ صبح در شبکه حداقل آب تامین صورت گیرد) می‌باشد. با توجه به اینکه در شرایط کمبود آب، مشترکین جهت بهبود وضعیت فشار و برداشت خود اقدام به ذخیره سازی آب می‌کنند. این اقدام موجب ایجاد تفاوت در روند برداشت آب از گره‌های تقاضا شده و تغییراتی در نمودار ضریب مصرف ساعتی، نسبت به شرایط عادی ایجاد می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که با بهینه‌سازی فشار خروجی فشارشکن‌ها، مصرف آب در شبکه توزیع آب این شهر را می‌توان به ۲۵ درصد نسبت به حالت عادی کاهش داد. همچنین با اعمال شرایط بهره‌برداری در سناریوی الف، فشار متوسط بین ۱۰ تا ۲۰ درصد نسبت به حالت عادی بهره‌برداری در شبکه قابل کاهش می‌باشد.

واژه‌های کلیدی فارسی: مدیریت تقاضا، مدیریت فشار، تحلیل هیدرولیکی مبتنی بر فشار، مدل‌سازی شبکه توزیع آب

۱– مقدمه

امروزه آب به عنوان حیاتی‌ترین سرمایه بشری و یک منبع کمیاب اما ضروری در نظر گرفته می شود که باید به شیوه‌ای یکپارچه مدیریت شود. رویکردهای سنتی توسعه منابع آبی در حال حاضر ناپایدار تلقی می‌شوند. کاهش منابع آب شیرین و کم‌آبی، افزایش روز افزون جمعیت و به تبع آن افزایش تقاضاب آب، فرسودگی تاسیسات آبرسانی و نشت در سیستم‌های

آبرسانی از معضلاتی است که باعث شده رویکرد جدید مدیریت آب که همان مدیریت تقاضای آب[1] می‌باشد، مورد توجه بسیاری از محققان قرار گیرد.

مدیریت تقاضای آب، رویکرد جدید، با هدف تأثیرگذاری بر تقاضا، در نتیجه بهبود کارایی توزیع انجام می‌شود. کنترل نشت و مدیریت فشار برخی از استراتژی‌های این مدیریت هستند (Marunga, A. et al, 2006). مدیریت تقاضای آب، شامل اتخاذ سیاست‌ها یا سرمایه‌گذاری توسط شرکت‌های متولی آب و همچنین مردم در دستیابی به استفاده موثر و بهینه از آب توسط کلیه اعضای جامعه است که شامل اقداماتی نظیر تنظیم نرخ آب‌بها، تبلیغات و آموزش‌های مصرف صحیح، استفاده از ابزار کاهنده مصرف، برنامه‌های تشخیص نشت و تعمیر شبکه و اعمال محدودیت‌های مصرف اب می‌شود (Zapana-Churata, L. et al, 2022).

مدیریت فشار یکی از مهم‌ترین روش‌هایی در راستای مدیریت تقاضای آب است که می‌تواند توسط شرکت‌های آب و فاضلاب در شرایط عادی بهره‌برداری برای کاهش نشت و در شرایط وجود بحران کم‌آبی اجرا شود. از آنجایی که نشتی ناشی از فشار است، هرگونه تلاشی که منجر به کاهش فشار آب حتی در بخشی از روز شود، نشت را تا حدودی کاهش می‌دهد. اگر مدیریت فشار به درستی اجرا شود، می‌تواند در کاهش نشت از ترکیدگی لوله‌های موجود و جدید و همچنین کاهش نشتی پنهان و اغلب نادیده گرفته شده پس زمینه موفقیت آمیز باشد. در شرایط بحران کم‌آبی، همچنین می‌تواند منجر به کاهش قابل توجه مصرف "عادی" شود و مزیت پنهان افزایش طول عمر سیستم شبکه را داشته باشد (McKenzie, R. and Wegelin, W., 2009).

در سال ۱۹۹۶، برنامه استاندارد سازی فشار برای کاهش دائمی فشار متوسط عرضه در سطح شهر Waitakere با هدف کاهش تلفات و مصرف آب اجرا شد. در این راستا با کاهش فشار آب در بیش از ۶۰ درصد از مساحت شهر، فشار متوسط از ۷۱۰ کیلو پاسکال به ۵۴۰ کیلو پاسکال کاهش یافت. در نتیجه این رویکرد، تلفات آب از شبکه، دفعات قطعی شبکه کاهش یافته است و این احتمال وجود دارد که عمر خط لوله آب نیز افزایش یافته باشد. علاوه بر این، هم اقدامات مدیریت فشار و هم تقاضا، مصرف سرانه آب در شهر را بیش از ۱۰ درصد کاهش داده است (Pilipovic, Z. and Taylor, R., 2003).

بر اساس مطالعات انجام شده درسطح کشور در ده سال گذشته نیز، در ایران مقدار متوسط نشت از شبکه‌ها بین ۱۵ تا ۳۰ درصد می‌باشد. راهکارهایی را که می‌توان جهت کاهش نشت عنوان کرد عبارتند از: یافتن مستقیم محل نشت و ترمیم آن، تعویض خطوط لوله آسیب دیده و مدیریت فشار که مورد اخیر، کاراترین و مقرون به صرفه‌ترین گزینه جهت نیل به این هدف است (تابش، م. و واسطی، م.، ۲۰۰۶).

پژوهش‌های زیادی در زمینه مدیریت فشار انجام شده است. در بررسی اثرات فشار بر مصرف و تلفات آب با اعمال الگوهای متفاوت فشار برای خروجی شیر فشارشکن، می‌توان با اجرای مدیریت فشار تغییرات سه فاکتور حداقل جریان شبانه، جریان ورودی به شبکه و مصرف مشترکین را به ترتیب ۵۰، ۲۱ و ۳۰ درصد کاهش داد (قاضی زاده، ج.، و ایدی، ض.، ۲۰۱۶). نتایج کنترل هوشمند فشار پس از مدل‌سازی و تلفیق روش اندازه‌گیری جریانِ حداقل شبانه و نصب شیر فشارشکن در شیر ورودی شبکه و تحلیل هیدرولیکی، نشان می‌دهد که می‌توان با استفاده از روش مدیریت فشار، ضمن کاهش نشت شبانه به حدود ۳۵ درصد، توزیع فشار را نیز در شبکه یکنواخت‌تر نمود (سلطانی اصل و فغفور مغربی، ۲۰۰۹). در مدلی دیگر بررسی تاثیرات اتخاذ رویکرد مدیریت تقاضای آب با استفاده از تنظیم فشار در حالت عادی و کمبود آب بر هیدرولیک شبکه توزیع و یافتن مکان و فشار تنظیمی بهینه برای شیرهای فشارشکن نشان داد، در شرایط عادی، فشار متوسط شبکه را می‌توان تا ۸ متر کاهش داد. و در شرایط وجود کمبود، آب در دسترس را به صورت عادلانه میان گره‌ها تقاضا توزیع نمود (خاشعی و همکاران، ۲۰۲۳).

در این پژوهش تاثیر مدیریت فشاربا استفاده از تنظیم فشارهای خروجی فشار شکن‌های شهر برازجان در حالت عادی و کمبود آب در چهار سناریوی مختلف بر هیدرولیک شبکه توزیع آب در نرم‌افزار WaterGEMS بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که با بهینه‌سازی فشار خروجی فشارشکن‌ها، مصرف آب در شبکه توزیع آب این شهر را می‌توان به ۲۵ درصد نسبت به حالت عادی کاهش داد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مدل تحلیل هیدرولیکی

تنظیم بهینه فشار در شبکه توزیع آب یکی از کارآمدترین و مقرون‌به صرفه‌ترین روش‌ها جهت کنترل و مدیریت میزان مصرف آب و کاهش نشت می‌باشد. از این‌رو در شرایطی بحران کم‌آبی که آب کافی در دسترس نمی‌باشد، می‌توان با استفاده از رویکرد مدیریت فشار (کاهش فشار به کمتر از حد مطلوب) در نتیجه کاهش آب در دسترس مشترکین این بحران را مدیریت نمود و تا حد امکان آب را بطور عادلانه بین مشترکین توزیع نمود.

میزان برداشت آب در هر گره تابعی از فشار آن می‌باشد که با افزایش فشار در گره میزان برداشت نیز افزایش خواهد یافت. از این‌رو برای شبیه‌سازی واقعی عملکرد سیستم، نیاز است رابطه میان فشار و دبی خروجی هر گره (شبیه‌سازی هیدرولیکی مبتنی بر فشار[۲]) در نظر گرفته شود. در مطالعات حاضر، رابطه فشار – دبی به کار گرفته شده به صورت معادله ۱ است که توسط شیرزاد و همکاران ارائه شده است. این معادله یکی از جدیدترین معادلات موجود در زمینه شبیه‌سازی مدل هیدرولیکی مبتنی بر فشار است که نسبت به معادلات فشار – دبی قبلی نظیر معادله واگنر و همکاران دقیق‌تر است (تابش، م. و همکاران ۱۳۹۹).

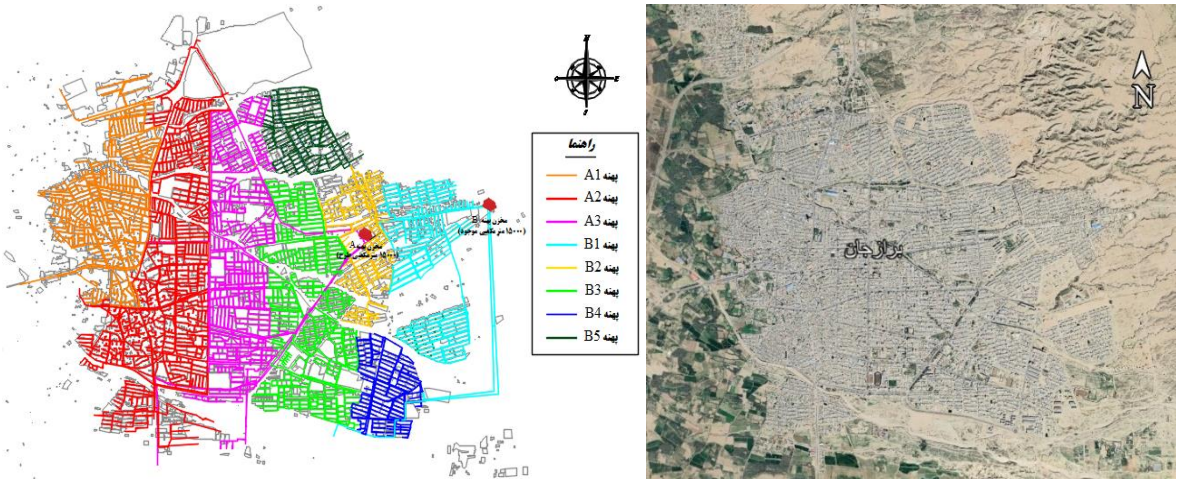
$$\mathbf{Q}_j^{avl} = \begin{cases} \mathbf{0} & ;if \quad H_j \le 0 \\ \mathbf{0.176}\left(Q_j^{req} \times H_j^{0.48}\right) & ;if \quad 0 < H_j \le 30 \\ Q_j^{req}\left(0.5 + 0.00882 \times H_j^{0.48}\right) & ;if \quad 30 < H_j \le 100 \\ \mathbf{1.424}Q_j^{req} & ;if \quad H_j > 100 \end{cases} \qquad (۱)$$

که در آن H_j هد موجود در گره j، Q_j^{avl} دبی موجود، و Q_j^{req} دبی مورد نیاز در گره j هستند.

۲-۲-مشخصات منطقه ی مطالعاتی

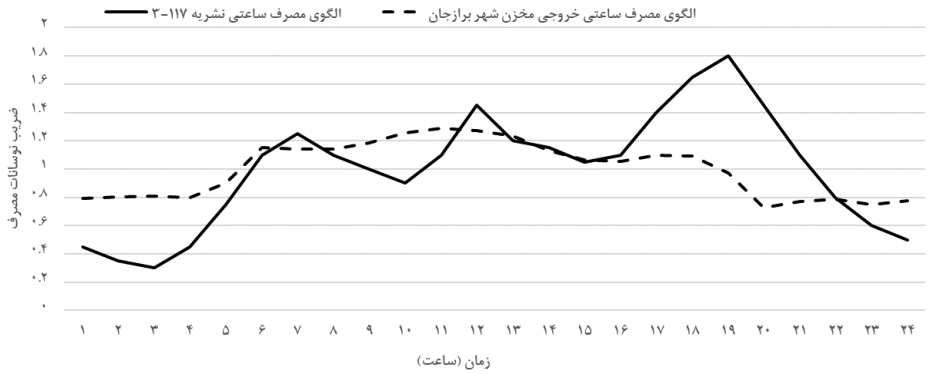
محدوده مورد مطالعه شهر بُرازجان مرکز شهرستان دشتستان واقع در شرق استان بوشهر در ایران می‌باشد. استان بوشهر از استان‌های جنوبی ایران است که در حاشیه خلیج فارس قرار دارد. این شهر در ۶۵ کیلومتری شمال شرقی بندر بوشهر و در ارتفاع ۸۰ متری از سطح دریا و بر سر راه ارتباطی و بازرگانی شیراز به بوشهر و شیراز به عسلویه واقع شده است. شیب عمومی شهر برازجان از شرق به غرب بوده و مرتفع‌ترین نقطه در شرق و پست‌ترین نقطه در غرب شهر به ترتیب با اختلاف ارتفاع ۱۴۵ و ۴۰ متر نسبت به سطح آب‌های آزاد می‌باشد.

در این پژوهش لوله‌های اصلی و فرعی شبکه در نظر گرفته شده است. شبکه دارای ۲ مخزن و ۲ پهنه (A و B) و ۸ زیرپهنه فشاری می‌باشد. تعداد ۷ شیرفشار شکن جهت کنترل فشار در آن جانمایی شده است. تصویر ماهواره‌ای و طرح پیکربندی شبکه توزیع آب شهر برازجان در شکل ۱ نشان داده شده است. در این مطالعه با بهینه‌سازی فشار خروجی شیرهای فشارشکن و تحلیل هیدرولیکی مبتنی بر فشار، میزان کاهش مصرف آب در شبکه بررسی شده است.



شکل ۱- مشخصات محدوده مورد مطالعه

در شرایط کمبود آب، مشترکین جهت بهبود وضعیت فشار اقدام به ذخیره سازی آب می‌کنند. این اقدام مشترکین موجب ایجاد تفاوت در روند برداشت آب از گره‌های تقاضا شده و تغییراتی در نمودار الگوی مصرف ساعتی، نسبت به شرایط عادی ایجاد می‌کند. بر این اساس الگوی مصرف ساعتی براساس نشریه ۳-۱۱۷بازنگری اول و داده‌های خروجی مخزن شهر برازجان مطابق شکل ۲ مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به وجود مشکلات فشاری در شبکه توزیع آب شهر برازجان و فرسوده بودن آن، بهره‌برداری در وضع موجود از این شبکه به گونه‌ای است که فشار در شبکه به ویژه در حداقل مصرف کنترل می‌گردد. لذا می‌توان بیان نمود الگوی مصرف ساعتی خروجی مشترکین این شهر تا حدود زیادی مشابه شرایط اعمال مدیریت فشار می‌باشد.



شکل ۲- الگوی مصرف ساعتی

۲-۳-سناریوها

هدف از انجام این مطالعات تعیین حداکثر میزان کاهش مصرف آب با مدیریت فشار در شبکه توزیع آب شهر برازجان می‌باشد به طوری‌که فشار در گره‌های برداشت از ۱۴ متر کمتر نشود و آب بصورت مساوی بین مشترکین توزیع گردد. بدین منظور، در گام نخست شبکه مورد نظر با تامین کل تقاضا و فشار کافی در سناریو پایه تحلیل شده‌است. سپس تحت چهار سناریو دیگر؛ در هریک از سناریوها با کنترل فشار از طریق تنظیم فشار خروجی فشارشکن‌ها و سایر شیرآلات، میزان کاهش مصرف آب تحلیل و نتایج بررسی شد. در همه سناریوها، شبیه‌سازی تحلیل هیدرولیکی مبتنی بر فشار با

استفاده از معادله ۱ برای مدت یک شبانه روز و بازه‌های تامین آب برابر گام زمانی هیدرولیکی و برابر با ۱ ساعت در نظر گرفته شده‌است. ضرایب مصرف در طول شبانه روز مطابق آنچه که ذکر شد در دو حالت مطابق شکل ۲ لحاظ شد.

سناریوی پایه: در این سناریو با فرض تامین ۱۰۰ درصدی نیاز آبی مشترکین، شبکه در حالت عادی تحلیل شد. در نتیجه فشار کافی در شبکه موجود می‌باشد و تمامی تقاضا در گره‌های مصرف تامین می‌شود. در این سناریو نقطه کار فشارشکن‌ها مطابق جدول ۱ در تحلیل تنظیم شده است.

جدول ۱- تنظیم خروجی فشار شکن‌های شبکه توزیع آب در ساعات مختلف شبانه روز در سناریو پایه

نام فشار شکن	فشار خروجی (متر)	
	ساعت ۷ صبح تا ۱۰ شب	ساعت ۱۰ شب تا ۶ صبح
PRV-1	۲۵	۲۲
PRV-2	۲۵	۲۲
PRV-3	۲۵	۲۲
PRV-4	۲۵	۲۲
PRV-5	۲۳	۲۳
PRV-6	۲۳	۲۳
PRV-7	۲۲	۲۰

سناریوی الف: در این سناریو با تنظیم خروجی فشارشکن‌ها مطابق جدول ۲ و کنترل فشار در شبکه میزان کاهش مصرف محاسبه گردیده است.

جدول ۲- تنظیم خروجی فشار شکن‌های شبکه توزیع آب در ساعات مختلف شبانه روز در سناریوی الف

نام فشار شکن	فشار خروجی (متر)	
	ساعت ۷ صبح تا ۱۰ شب	ساعت ۱۰ شب تا ۶ صبح
PRV-1	۱۸	۱۴
PRV-2	۱۹	۱۴
PRV-3	۱۷	۱۴
PRV-4	۱۹	۱۴
PRV-5	۱۷	۱۴
PRV-6	۱۸	۱۴
PRV-7	۱۷	۱۴

سناریوی ب: در این سناریو با تنظیم خروجی فشارشکن‌ها در طول شبانه روز بر روی ۱۴ متر و کنترل فشار در شبکه میزا کاهش مصرف محاسبه گردیده‌است. (در این شرایط در زمان‌های بالابودن مصرف، فشار در گره‌های مصرف افت کرده و برخی از مشترکین دارای فشار کمتر از ۱۴ متر بوده که در شب فشار آن‌ها بالارفته و امکان مصرف با فشار بالاتر برایشان فراهم می شود. می‌توان گفت برخی مشترکین مصرف اصلی خود را به شب منتقل می‌کنند.).

سناریوی ج : این سناریو، مشابه سناریوی الف بوده با این تفاوت که در ساعات ۱۰ شب تا ۶ صبح شبکه به گونه‌ای بهره‌برداری می‌شود که حداقل آب تامین شده و صرفا شبکه دارای آب باشد. از این رو در این ساعات فشار خروجی فشارشکن‌ها رو ۵ متر تنظیم شده‌اند و شیر خروجی دو مخزن پهنه A و B حدود ۹۰ درصد بسته است.

سناریوی د: این سناریو، مشابه سناریوی ب بوده با این تفاوت که در ساعات ۱۰ شب تا ۶ صبح شبکه به گونه‌ای بهره‌برداری شود که حداقل آب تامین شده و صرفا شبکه دارای آب باشد. از این رو در این ساعات فشارشکن‌ها رو ۵ متر تنظیم شده‌اند و و شیر خروجی دو مخزن پهنه A و B حدود ۹۰ درصد بسته است.

۳-نتایج و بحث

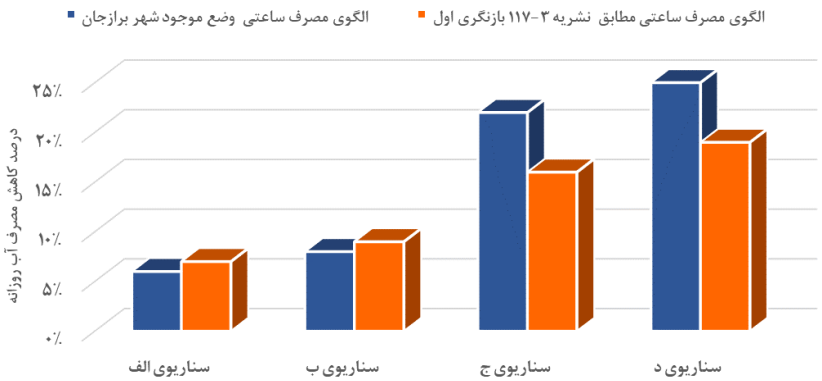
در پژوهش حاضر با بررسی سناریوهای مختلف مدیریت فشار به بررسی میزان کاهش مصرف و مدیریت بحران کمبود آب پرداخته شد. در هریک از سناریوها با اعمال شرایط مدیریت فشاری سخت‌تر (کاهش بیشتر فشار در شبکه)، میزان کاهش مصرف بررسی شد. اعمال شرایط فشاری روی شبکه به گونه‌ای در نظر گرفته شد تا حد ممکن نارضایتی در بین مشترکین ایجاد نگردد.

الگوی مصرف آب در شبانه روز تاثیر مستقیمی بر برداشت آب از گره‌ها و در نتیجه فشار در آن‌ها دارد. همانطور که پیش‌تر بیان شد، بهره‌برداری از شبکه توزیع آب این شهر به گونه‌ای انجام می‌گردد که فشار بالا در این شهر کنترل گردد. به بیان دیگر می‌توان اذعان نمود به نحوی مدیریت فشار در این شهر در وضع موجود انجام می‌گیرد. در نتیجه الگوی مصرف ساعتی استخراجی از نتایج داده‌های مخزن این شهر را می‌توان تا حدود زیادی مشابه به الگوی مصرف ساعتی در زمان اعمال سناریوهای مدیریتی دانست. در ادامه نتایج تحلیل سناریوها با دو الگوی مصرف ساعتی ارائه شده است.

در جدول ۳ میزان درصد کاهش مصرف آب نسبت به سناریو پایه در نتیجه مدیریت فشار مطابق شرایط بهره‌برداری توضیح داده شده در هریک از سناریوها ارائه شده است. مطابق نتایج بدست آمده براساس الگوی مصرف ساعتی شهر برازجان و با اعمال شرایط بهره‌برداری سناریوی الف می‌توان در حدود ۶ درصد مصرف آب در شبکه را کاهش داد. این مقدار برای سناریوهای ب، ج و د به ترتیب برابر ۸، ۲۲ و ۲۵ درصد می‌باشد. در شکل ۳ درصد کاهش مصرف آب در چهار سناریو با یکدیگر مقایسه شده است.

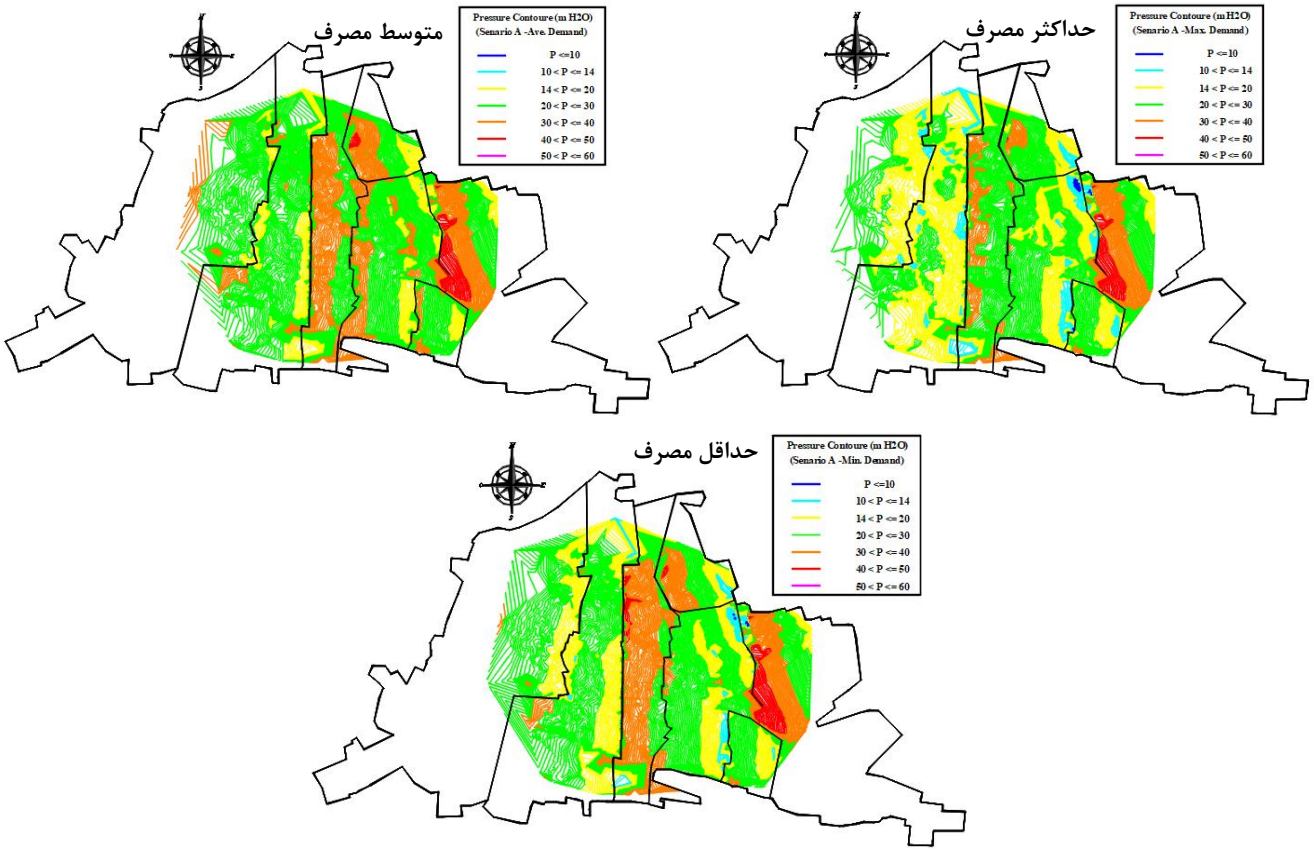
جدول ۳- درصد کاهش مصرف آب در شهر در سناریوهای مختلف با الگوی مصرف ساعتی مختلف

سناریو	الگوی مصرف ساعتی وضع موجود شهر برازجان		الگوی مصرف ساعتی مطابق نشریه ۳-۱۱۷ بازنگری اول	
	حجم آب حداکثر روزانه (مترمکعب در روز)	درصد کاهش مصرف	حجم آب حداکثر روزانه (مترمکعب در روز)	درصد کاهش مصرف
سناریوی پایه	۳۸۱۴۴	-	۳۸۱۴۴	-
سناریوی الف	۳۵۸۰۳	۶٪	۳۵۵۶۴	۷٪
سناریوی ب	۳۵۰۵۰	۸٪	۳۴۸۲۰	۹٪
سناریوی ج	۲۹۷۴۱	۲۲٪	۳۱۹۷۳	۱۶٪
سناریوی د	۲۸۷۷۷	۲۵٪	۳۰۸۷۳	۱۹٪



شکل ۳- درصد کاهش مصرف آب براساس الگوی مصرف ساعتی مختلف

مطابق جدول و شکل ۳، در شهر برازجان کمبود آب در شرایط بحران تا میزان ۲۵ درصد حداکثر مصرف روزانه را می‌توان با اعمال شرایط مدیریت فشار جبران نمود. خطوط هم‌تراز فشار برای الگوی مصرف ساعتی براساس نشریه ۳-۱۱۷ بازنگری اول برای سناریو الف در سه حالت حداکثر، متوسط و حداقل مصرف در شکل ۴ نمایش داده شده است.



شکل ۴- خطوط هم تراز فشار در حداکثر، متوسط و حداقل مصرف در سناریو الف (الگوی مصرف ساعتی نشریه ۳-۱۱۷)

درصد محدوده‌های فشاری و فشار متوسط شهر در حالت حداکثر، متوسط و حداقل مصرف براساس الگوی مصرف ساعتی وضع موجود شهر برازجان در سناریوی پایه و الف در جدول ۴ ارائه شده است. با اعمال شرایط مدیریتی در سناریوی الف در حداکثر و حداقل مصرف، فقط حدود ۰,۱ درصد مشترکین دارای فشار کمتر از ۱۰متر می‌باشند که این مقدار در متوسط مصرف به صفر می‌رسد. این امر بیانگر آن است که علی رقم اینکه برخی مشترکین در ساعاتی از شبانه روز با افت شدید فشار آب روبرو بوده در ساعاتی دیگر (متوسط مصرف) قادر به برداشت آب از شبکه با شرایط فشاری بهتر می‌باشند. از طرفی بیش‌تر مصرف در شبکه در محدوده ۱۴ تا ۳۰ متر می‌باشد در حالی که در سناریو پایه مصرف در محدوده ۲۰ تا ۴۰ متر می‌باشد. این امر منجر به کاهش اضافه برداشت از گره‌ها می‌گردد.

مطابق جدول ۴ فشار متوسط شبکه توزیع در حالات حداکثر، متوسط و حداقل مصرف در حدود ۲۰، ۱۸ و ۱۰ درصد در سناریوی الف نسبت به سناریوی پایه کاهش یافته است. این موضوع خود بیانگر کاهش نشت در شبکه به دلیل کاهش فشار می‌باشد.

جدول ۴- درصد محدوده‌های فشاری در سناریوی پایه و الف در حالت حداکثر، متوسط و حداقل مصرف براساس الگوی مصرف ساعتی مطابق وضع موجود شهر برازجان

محدوده فشار (متر آب)	سناریوی پایه			سناریوی الف		
	حداکثر مصرف	متوسط مصرف	حداقل مصرف	حداکثر مصرف	متوسط مصرف	حداقل مصرف
۰-۱۰ m	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۱٪	۰.۰٪	۰.۱٪
۱۰-۱۴ m	۰.۰٪	۰.۰٪	۰.۰٪	۴.۷٪	۰.۲٪	۲.۰٪
۱۴-۲۰ m	۵.۴٪	۳.۲٪	۱.۸٪	۲۹.۳٪	۱۰.۰٪	۱۷.۲٪
۲۰-۳۰ m	۴۵.۱٪	۳۹.۶٪	۳۲.۰٪	۴۵.۹٪	۵۴.۸٪	۵۰.۰٪
۳۰-۴۰ m	۴۵.۸٪	۵۲.۱٪	۵۷.۰٪	۱۸.۵٪	۳۲.۸٪	۲۷.۲٪
۴۰-۵۰ m	۳.۷٪	۵.۰٪	۹.۱٪	۱.۵٪	۲.۱٪	۳.۴٪
۵۰-۶۰ m	۰.۰٪	۰.۱٪	۰.۱٪	۰.۱٪	۰.۱٪	۰.۱٪
متوسط فشار (متر)	۲۹/۶۱	۳۰/۹۴	۳۲/۴۶	۲۳/۷۳	۲۷/۸۳	۲۶/۶۸

۶- جمع بندی

در این پژوهش با اعمال شرایط متفاوت بهره‌برداری توسط شیرآلات کنترلی و اعمال سیاست‌های کنترل فشار، میزان کاهش مصرف آب در شبکه توزیع آب شهر برازجان بررسی شد. سیاست کنترل فشار به‌گونه‌ای بود که تمام مشترکین در ساعاتی از شبانه روز حداقل فشار لازم را داشته باشند و بتوانند تا حدودی نیازآبی خود را تامین کنند و نارضایتی‌ها به حداقل برسد. با اعمال مدیریت فشار و بررسی سناریوی پایه (تامین ۱۰۰ درصدی نیاز آبی مشترکین)، و چهار سناریوی مختلف بهره‌برداری شامل سناریوی الف (تنظیم خروجی فشار شکن ها بصورت متغیر)، سناریوی ب (تنظیم خروجی فشارشکن‌ها به صورت ثابت روی ۱۴ متر) ، سناریوی ج (مشابه سناریوی الف با این تفاوت که در ساعات ۱۰ شب تا ۶ صبح در شبکه حداقل آب تامین صورت گیرد) و سناریوی د (مشابه سناریوی ب با این تفاوت که در ساعات ۱۰ شب تا ۶ صبح در شبکه حداقل آب تامین صورت گیرد) مشخص شد با اعمال مدیریت فشار می‌توان تا حدود ۲۵ درصد کمبود آب را جبران نمود. همچنین با اعمال شرایط مدیریتی در سناریوی الف در حداکثر و حداقل مصرف، فقط حدود ۰,۱

درصد مشترکین دارای فشار کمتر از ۱۰متر می‌باشند که این مقدار در متوسط مصرف به صفر می‌رسد. این امر بیانگر آن است که علی رقم اینکه برخی مشترکین در ساعاتی از شبانه روز با افت شدید فشار آب روبرو بوده در ساعاتی دیگر قادر به برداشت آب از شبکه با شرایط فشاری بهتر می‌باشند. از طرفی بیش‌تر مصرف در شبکه در محدوده ۱۴ تا ۳۰ متر می‌باشد.

۷- پی‌نوشت‌ها

۱- Water demand management (WDM)
۲- Pressure Dependent Demands (PDD)

۸-مراجع

تابش، م.، و واسطی، م.، (۲۰۰۶)، "کاهش میزان نشت در شبکه‌های توزیع آب شهری از طریق حداقل نمودن فشار اضافی در شبکه"، *تحقیقات منابع آب ایران*، ۲(۲)، ۵۳-۶۶.

تابش، م.، صفایی بروجنی، ر.، شیرزاد، ا.، شکوهی، م.، (۱۳۹۹)، "بهینه‌سازی سامانه‌های تأمین آب نوبتی با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات و تحلیل هیدرولیکی مبتنی بر فشار"، *مجله آب و فاضلاب*، (۳)۳۱، ۱۲-۲۵.

خاشعی، م.، تابش، م.، شاهنگیان، ا. و عباسی، ۲۰۲۳، "تاثیر مدیریت تقاضا با استفاده از تنظیم بهینه فشار در شبکه‌های توزیع آب در حالت نرمال و کمبود آب"، *مجله آب و فاضلاب*.

سلطانی اصل، و فغفور مغربی، (۲۰۰۹) "مدیریت هوشمند فشار به منظور کاهش نشت در شبکه های آبرسانی، مطالعه موردی: منطقه سرافرازان مشهد". *آب و فاضلاب*، ۲۰.

قاضی زاده، ج.، و ایدی، ض.، (۲۰۱۶)، " ارائه روابط تحلیلی مدیریت فشار در شبکه های توزیع آب"، *محیط شناسی*، ۴۲(۳)، ۵۱۷-۵۲۹.

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", *Physics and Chemistry of the Earth*, Parts A/B/C, 31(15-16), pp.763-770.

Pressure management in the water distribution network

Borazjan City

Shadi Rabbani[1*], Mansoreh Atashi[2*], Benyamin Javdani Yekta[3]

1- Researcher of Eram Environmental Resource Management Research Center, Master of Mechanics at Ferdowsi University of Mashhad, shadi.Rabbani276@gmail.com

2- Head of Eram Environmental Resource Management Research Center, Ph.D. in Hydraulic Structures, Ferdowsi University of Mashhad, at.mansoureh@gmail.com

3- Project Manager of Toossab Consulting Engineering Company, Master of Civil Engineering at Ferdowsi University of Mashhad, ben.javdani@gmail.com

Abstract

In this research, the effects of adopting the water demand management approach by using pressure management in a basic scenario and water shortage in four different scenarios on the hydraulics of the water distribution network of Borazjan city located in Bushehr province have been investigated in WaterGEMS software. The above scenarios include the basic scenario (assuming 100% water supply of the subscribers), scenario A (setting variable the pressure reducer valves(PRVs)), scenario B (setting the PRVs at 14 meters H2o), scenario C (similar to scenario A with supplying the minimum water from 10 pm until 6 am) and scenario D (similar to scenario B with supplying the minimum water from 10 pm until 6 am. in the minimum water supply network).In water shortage conditions, subscribers store water to improve their water pressure. This action causes a difference in the water supply and changes in the graph of the hourly consumption coefficient compared to basic scenario. The results show that by optimizing the pressure of PRVs, water consumption can be reduced to 25% compared to the basic scenario. Also, by applying the operating conditions in scenario A, the average pressure can be reduced between 10 and 20 percent compared to the basic scenario.

Keywords: Water demand management, Pressure Management, Pressure Dependent Demands, Water Distribution Network Simulation