



ارزیابی و محاسبه فشار متوسط ناحیه و فاکتور روز-شب و کاربرد آن‌ها در تحلیل شبکه های آب

علی موسی خانی

مدیر دفتر مدیریت مصرف، خدمات مشترکین و کاهش هدررفت آب شرکت آب و فاضلاب استان قزوین

Mousakhani.a61@gmail.com

آرزو اکبری

کارشناس دفتر مدیریت مصرف، خدمات مشترکین و کاهش هدررفت آب شرکت آب و فاضلاب استان قزوین

Arezoo.akbari10@gmail.com

خلاصه

مدیریت فشارهای بهره برداری یک سیستم توزیع آب شرب جهت مدیریت هدررفت های واقعی و برخی مؤلفه های مصرف، کنترل فراوانی وقوع نشت های جدید بر روی خطوط اصلی و انشعابات و افزایش عمر کاری زیر ساخت ها ضروری است. فشار متوسط ناحیه یک پارامتر کلیدی برای تمام محاسبات و مدل سازی های شبکه توزیع آب می باشد بنابراین اتخاذ یک روش سیستماتیک جهت محاسبه فشار متوسط ناحیه ضروری می باشد. با توجه به رابطه FAVAD (نشت از منافذ ثابت و متغیر) نرخ جریان نشت با فشار متوسط ناحیه تغییر می کند. فشار متوسط ناحیه در طول ۲۴ ساعت شبانه روز در بسیاری از سیستم ها و زون ها تغییر می کند که در نتیجه آن نرخ جریان نشت نیز با آن تغییر می کند. بنابراین نمی توان بسادگی با ضرب نرخ نشت شبانه در ۲۴ ساعت نشت متوسط روزانه را بدست آورد. برای تبدیل نرخ نشت شبانه به نشت متوسط روزانه باید فاکتور روز-شب محاسبه گردد.

کلمات کلیدی: فشار متوسط ناحیه، رابطه FAVAD، فاکتور روز-شب

۱- مقدمه

در این مقاله به چرایی استفاده از نقطه متوسط ناحیه AZP¹ در آب بدون درآمد اشاره شده و همچنین روش ها و محاسبات مربوط به تعیین این نقطه مشخص شده است. NDF² یا فاکتور روز-شب نیز جهت محاسبه مقدار روزانه هدررفت واقعی از جریان های شبانه بسیار مفید است. امیداست مقاله حاضر کمک کند تا بسیاری از کارشناسان از سردرگمی و یا شاید اشتباهات محاسباتی اجتناب نمایند و تحلیل قابل اعتمادتری از محاسبات خود داشته باشند. نرم افزار رایگان AZP&NDFCalcs محاسبات فشار متوسط ناحیه و فاکتور روز-شب را براحتی انجام می دهد [۶]. این نرم افزار توسط آقای آلن لامبرت (مدیر و بنیانگذار دپارتمان LEAKS) که یکی از متخصصین شهر آب بدون درآمد با بیش از ۵۰ سال سابقه کاری در زمینه هدررفت آب می باشد تدوین و نگارش یافته و طی مکاتباتی به نویسنده اول مقاله اهداء شده است. در واقع این مقاله تلاشی جهت معرفی روش صحیح محاسبه فشار متوسط ناحیه و فاکتور روز-شب با محور قرار دادن نرم افزار فوق الذکر و دستورالعمل آن می باشد تا کاربران براحتی توانایی محاسبات را داشته باشند و از سردرگمی رهایی یابند.

۲- چرا اندازه گیری قابل اعتماد از فشارهای سیستم توزیع اهمیت دارد؟

اطلاع و مدیریت فشارهای بهره برداری یک سیستم توزیع آب برای:

- مدیریت هدررفت های واقعی و برخی مؤلفه های مصرف
- کنترل فراوانی وقوع نشت های جدید بر روی خطوط اصلی و انشعابات
- افزایش عمر کاری زیر ساخت ها

¹Average Zone Point

²Night-Day Factor



ضروری است. همچنین اندازه گیری های فشار در زون ها برای تحلیل اندازه گیری های جریان شبانه، و همچنین برای تفسیر آزمون ها جهت ارزیابی پارامترهای زیر ساختی هر زون با استفاده از مفاهیم بنیادی بین المللی از قبیل:

- تحلیل مؤلفه هدررفت واقعی (تخمین نشت های زمینه و ترکیبگی ها BABE)^۳
- مفهوم FAVAD^۴ روابط بین فشار و نشت، فشار و مصرف مورد نیاز است.

فشار متوسط سیستم (Pav) برای محاسبه هدررفت واقعی اجتناب ناپذیر سالیانه (UARL) مورد نیاز است. UARL در بدست آوردن شاخص نشت زیر ساخت (ILI)^۵ استفاده شده و ILI یکی از شاخص های عملکرد کلیدی برای هدررفت های واقعی می باشد. همچنین فشار متوسط ناحیه در شب (AZNP)^۶ یک پارامتر کلیدی برای انواع دیگری از محاسبات مدلسازی بر اساس جریان های شبانه می باشد. فشار متوسط یک پارامتر کلیدی برای برخی اهداف در مدیریت توزیع می باشد، بنابراین اتخاذ یک روش سیستماتیک جهت محاسبه آن ارزشمند می باشد [۱].

۳- فشار متوسط سیستم

۳-۱- محاسبه فشار متوسط ناحیه

جدول ۱ چگونگی محاسبه فشار متوسط برای یک سیستم شامل تعدادی زون (بزرگ و کوچک) را نشان می دهد که مقادیر Pav هر کدام بطور جداگانه ارزیابی شده اند. یک روش سیستماتیک جهت تخمین نقطه متوسط ناحیه (AZP) برای هر زون منحصر بفرد و ارزیابی فشار متوسط برای آن زون منحصر بفرد در بخش ۳-۳ توصیف شده است. فشار متوسط Pav برای کل سیستم، فشار متوسط وزنی کل زون ها در آن سیستم است. گروه کاری هدررفت آب انجمن بین المللی آب بیان می کند که در بیشتر سیستم ها، اگر چگالی انشعابات ۲۰ انشعاب بر کیلومتر یا بیشتر باشد، بیشترین هدررفت های واقعی بر روی انشعابات اتفاق خواهد افتاد، بنابراین فاکتور وزنی ترجیح داده شده، تعداد انشعابات می باشد. اما اگر چگالی انشعابات کمتر از ۲۰ انشعاب بر کیلومتر باشد، قابل انتظار است که بیشتر هدررفت های واقعی بر روی خطوط اصلی اتفاق بیافتد بنابراین فاکتور وزنی ترجیح داده شده طول خطوط اصلی می باشد (کیلومتر).

جدول ۱ مثالی از چگونگی محاسبه فشار متوسط وزنی سیستم از فشارهای متوسط منحصر بفرد در زون هایی که در سیستم ایجاد شده اند، می باشد. در این مثال ۷ زون با تفاوت های قابل توجه در طول خطوط اصلی، چگالی انشعابات و فشار متوسط ناحیه وجود دارد. با توجه به چگالی انشعابات دو ارزیابی از فشار متوسط وزنی سیستم بدست می آید. ۵۰٫۷ متر اگر تعداد انشعابات استفاده شود و ۵۱٫۵ متر اگر طول خطوط اصلی استفاده شود. بدلیل اینکه روی هم رفته چگالی انشعابات برای کل سیستم ۳۲٫۷ انشعاب بر کیلومتر از خطوط اصلی است، که بزرگتر از ۲۰ انشعاب بر کیلومتر از خطوط اصلی می باشد، مقدار محاسبه شده ۵۰٫۷ متر است، وزن دهی بر اساس تعداد انشعابات می باشد که این بهترین تخمین از فشار متوسط سیستم ترجیح داده شده است [۱].

۳-۲- تعریف نقطه متوسط ناحیه AZP

این نقطه یک موقعیت فیزیکی است (معمولاً یک شیر آتش نشانی) جاییکه فشار می تواند بطور تقریبی بعنوان نماینده فشار متوسط ناحیه مطرح شود همچنانکه جریان ورودی بطور ساعتی، روزانه و فصلی تغییر می کند. از مهمترین مشکلات بنیادی (متأسفانه تکرار شونده) که در برخی نوشته ها یافت می شود، این فرض است که فشار متوسط ناحیه، متوسط فشارهای نقطه بحرانی و ورودی می باشد. در حالیکه ممکن است این موضوع یک فرض صحیح برای برخی زون های کوچک بدون اختلاف در تراز ارتفاعی زمین باشد، در بیشتر موارد منجر به خطاهای قابل توجه در تخمین فشار متوسط ناحیه و فشار متوسط شبانه ناحیه خواهد شد. این موضوع بطور واضح بوسیله مثالی در شکل ۱ (الف و ب) نشان داده شده است. در هر دو شکل فرض اینکه فشار متوسط ناحیه برابر متوسط فشارهای نقطه ورودی و بحرانی باشد بطور واضح نادرست خواهد بود و بطور قابل توجهی از فشار متوسط واقعی زون پایین تر تخمین خواهد شد [۶ و ۱].

۳-۳- گام های اساسی جهت استفاده از یک روش سیستماتیک و قابل ممیزی جهت محاسبه فشار متوسط

یک روش سیستماتیک برای هر زون گام های اساسی دنبال شده زیر می باشد:

گام ۱: محاسبه یک میانگین وزنی تراز ارتفاعی زمین (WAGL) برای یک پارامتر زیر ساختی مناسب (معمولاً انشعابات مشترکین، طول خطوط اصلی یا شیر های آتش نشانی).

گام ۲: انتخاب یک شیر آتش نشانی مناسب نزدیک مرکز زون بعنوان نقطه متوسط ناحیه، بطور تقریبی برابر با میانگین وزنی تراز ارتفاعی زمین.

³Background & Bursts Estimates

⁴Fixed and Variable Area Discharges

⁵Unavoidable Annual Real Losses

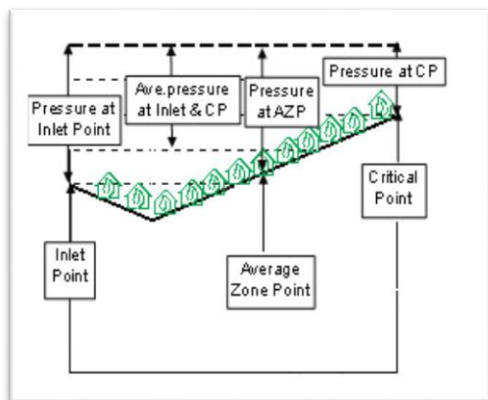
⁶Infrastructure Leakage Index

⁷Average Zone pressure at night

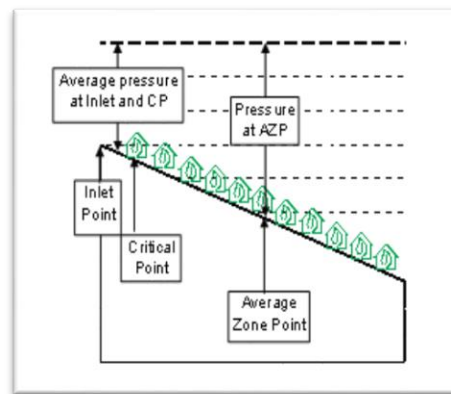
گام ۳: بدست آوردن فشار های متوسط در نقطه AZP بوسیله اندازه گیری یا ارزیابی غیر مستقیم.
 گام ۴: ثبت متدولوژی استفاده شده جهت محاسبه WAGL، AZP و فشار متوسط، همراه با یک ممیزی دقیق.

جدول ۱: مثال محاسبه فشار متوسط وزنی یک سیستم با ۷ زون

نام زون	طول خطوط اصلی (Lm)	تعداد املاک دارای صورت حساب Np	خ Ns/Np	تعداد انشعابات Ns	چگالی انشعابات بر کیلومتر از خطوط اصلی	فشار متوسط جاری در زون Pav	Ns × Pav	Lm × Pav
A	۲۵۳٫۹	۸۲۰۶	۰٫۹۹۰	۸۱۲۴	۳۲	۵۲٫۵	۴۲۶۵۰٫۷	۱۳۳۳۰
B	۱۵۳	۵۸۷۸	۰٫۹۸۰	۵۷۶۰	۳۷٫۶	۳۸٫۱	۲۱۹۴۷۳	۵۸۲۹
C	۱۷۵٫۱	۵۵۹۶	۰٫۹۳۰	۵۲۰۴	۲۹٫۷	۶۱	۳۱۷۴۶۱	۱۰۶۸۱
D	۱۳۵٫۳	۴۷۱۹	۰٫۹۵۰	۴۴۸۳	۳۳٫۱	۴۳٫۴	۱۹۴۵۶۴	۵۸۷۲
E	۱۱۰٫۷	۲۸۳۵	۰٫۹۶۰	۲۷۲۲	۲۴٫۶	۶۲	۱۶۸۷۳۹	۶۸۶۳
F	۵۴٫۸	۲۳۸۰	۰٫۹۸۰	۲۳۳۲	۴۲٫۶	۵۵٫۱	۱۲۸۵۱۵	۳۰۱۹
G	۶۰	۲۳۰۰	۰٫۹۴۰	۲۱۶۲	۳۶	۴۸٫۷	۱۰۵۲۸۹	۲۹۲۲
جمع ستونها یا متوسط وزنی	۹۴۳	۳۱۹۱۴	۰٫۹۶۵	۳۰۷۸۸	۳۲٫۷	جمع ستون ها =	۱۵۶۰۵۴۹	۴۸۵۱۷
تعداد زون ها	۷	۷		۷		تقسیم بر	۳۰۷۸۸Ns =	۹۴۳Lm =
متوسط زون	۱۳۴٫۷	۴۵۵۹	۰٫۹۶۵	۴۳۹۸	۳۲٫۷	تخمین فشار متوسط سیستم Pav =	۵۰٫۷	۵۱٫۵
چگالی سیستم بیشتر از ۲۰ انشعاب بر کیلومتر است بنابراین بهترین تخمین برابر است با Pav سیستم =								



شکل ا ب



شکل الف

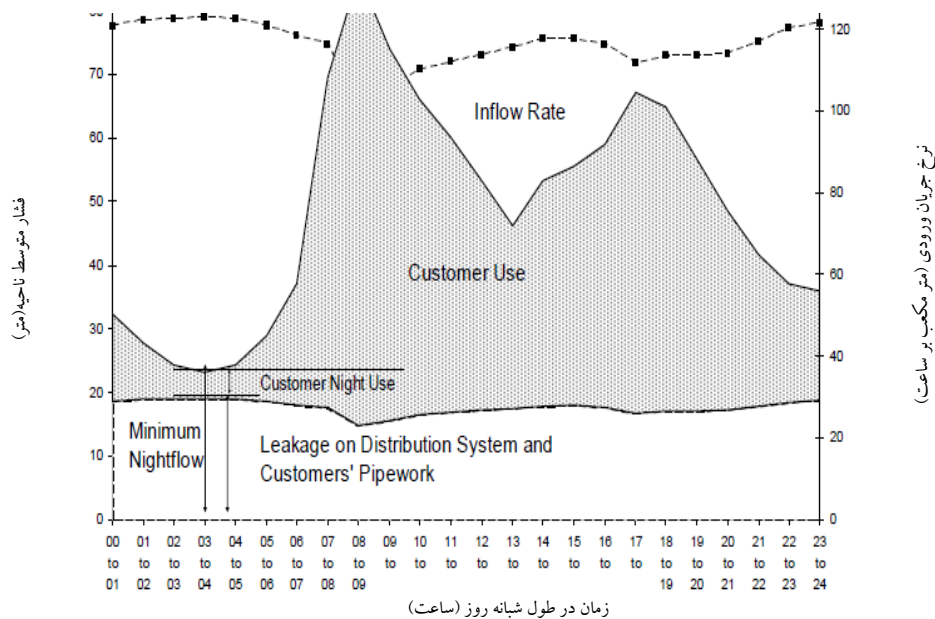
شکل ۱: شکل های الف و ب فرض اینکه فشار متوسط ناحیه، متوسط فشار های نقطه بحرانی و ورودی می باشد را نشان می دهد

در خصوص هر یک از گام‌های فوق بطور مفصل در دستورالعمل نرم‌افزار AZP&NDFCalcs بحث شده است. ذکر این نکته ضروریست که کوتاهی در ثبت صحیح این اطلاعات کلیدی منجر به این می‌شود که پرسنل جدید نپذیرند پیش از این برای هر زون نقطه متوسط ناحیه تعریف شده، یا چگونه و چرا AZP انتخاب شده، یا چرا محاسبات فشار متوسط ناحیه انجام شده اند. می‌توان از این وقایع، که متأسفانه بیش از حد تکرار می‌شود، پرهیز کرد [۱].

۴- فاکتور روز- شب NDF

۴-۱- شناخت و بیان مسئله

شکل ۲ نمودار جریان ورودی و فشار متوسط ناحیه برای یک DMA که بصورت ثقلی تأمین آب می‌شود را نشان می‌دهد. در ساعات اولیه بامداد (بطور معمول بین ساعت ۱ تا ۴ صبح) مصرف شبانه مشترکین در حداقل، و نشت در ماکزیم مقدار خود بدلیل حداکثر فشار متوسط در شب می‌باشد. با تخمین مصرف شبانه مشترکین در زمان جریان شبانه حداقل جریانی که باقی می‌ماند نشت است. این نشت فقط برای سیستم‌های توزیع از منابع تأمین تا نقطه مصرف مشترک نیست بلکه شامل شبکه‌های داخلی مشترکین نیز می‌باشد. در شکل ۲ مشاهده می‌شود که مصرف مشترکین و جریان ورودی در طول ۲۴ ساعت تغییر می‌کند، متوسط فشار در سیستم تغییر می‌کند و (بدلیل اینکه نرخ جریان نشت با فشار تغییر می‌کند) نرخ‌های جریان نشت نیز تغییر می‌کند. بنابراین در این DMA که تأمین آب بصورت ثقلی است همانطور که در شکل مشاهده می‌شود متوسط نشت در طول ۲۴ ساعت کمتر از حد متوسط ۲۴ برابر نشت در شب می‌باشد. (به متر مکعب بر ساعت)



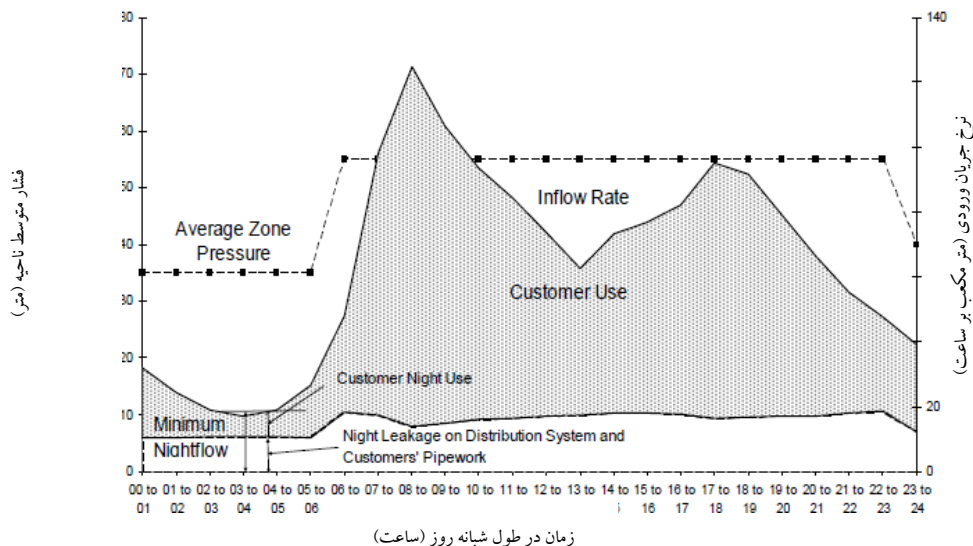
شکل ۲: نمودار ۲۴ ساعته نشت برای یک DMA با تأمین آب بصورت ثقلی

شکل ۳ نمودار جریان ورودی و فشار متوسط ناحیه برای یک DMA که بصورت پمپاژ (که با شیرهای کنترل فشار با کنترلگرهای تعدیل شده بر اساس جریان مدیریت فشار می‌شود) تأمین آب می‌شود را نشان می‌دهد. جاییکه متوسط فشار در شب کمتر از آن در طول روز است. در این حالت که تأمین آب بصورت پمپاژ است همانطور که در شکل مشاهده می‌شود متوسط نشت روزانه بیشتر از حد متوسط ۲۴ برابر نشت در شب می‌باشد. (به متر مکعب بر ساعت) [۲].

۴-۲- محاسبه فاکتور روز- شب

برای محاسبه NDF ابتدا یک نقطه متوسط ناحیه (AZP) در یک زون تعریف کنید. فشار نقطه متوسط را با استفاده از یک دیتالاگر یا ثابت فشار بمدت یک هفته ترجیحاً با بازه زمانی ده دقیقه اندازه‌گیری نمایید. با وارد کردن فشارهای متوسط در هر ساعت و همچنین FAVAD N1 در نرم‌افزار AZP&NDF براحتی فاکتور روز- شب محاسبه می‌گردد [۶ و ۴]. روش اندازه‌گیری N1 با استفاده از آزمون شبانه می‌باشد اما معمولاً بین نیم تا یک و نیم بسته به جنس لوله

ارزیابی شده است [۵]. برای توجیه نحوه محاسبه این فاکتور فرض کنید L_{3-4} نرخ نشت در حداقل جریان شبانه و AZP_{3-4} نیز فشار متوسط ناحیه در زمان وقوع حداقل نرخ نشت شبانه باشد. L_{3-4} و AZP_{3-4} از ساعت ۳ تا ۴ صبح اتفاق افتاده است بنابراین L_{4-5} (متوسط نرخ نشت از ساعت ۴ تا ۵ صبح) برابر است با:



شکل ۳: نمودار ۲۴ ساعته نشت برای یک DMA با تأمین آب بصورت پمپاژ

$$L_{4-5} = L_{3-4} \times (AZP_{4-5}/AZP_{3-4})^{N1} \quad (1)$$

در این معادله AZP_{4-5} متوسط فشار مابین ساعت ۴ تا ۵ می باشد. و همینطور برای L_{5-6} (متوسط نرخ نشت از ساعت ۵ تا ۶ صبح) داریم:

$$L_{5-6} = L_{3-4} \times (AZP_{5-6}/AZP_{3-4})^{N1} \quad (2)$$

AZP_{5-6} متوسط فشار مابین ساعت ۵ تا ۶ می باشد. برای محاسبه فاکتور روز - شب داریم:

$$NDF = \left\{ \text{مجموع نشت ۲۴ ساعته} \right\} / L_{3-4} \quad (3)$$

با توجه به اینکه در معادله شماره ۳ در صورت کسر نیز L_{3-4} داریم بنابراین با ساده سازی معادله شماره ۳ داریم:

$$NDF = \left\{ (AZP_{0-1}/AZP_{3-4})^{N1} + (AZP_{1-2}/AZP_{3-4})^{N1} \dots (AZP_{23-24}/AZP_{3-4})^{N1} \right\} \quad (4)$$

همانطور که از معادله شماره ۴ مشاهده می شود برای محاسبه NDF تنها به محاسبه فشار متوسط ناحیه و توان $N1$ نیاز است [۳ و ۴].

۵- نتیجه گیری

اندازه گیری و ارزیابی های قابل اعتماد از فشارهای سیستم های توزیع بنا بر یک سری دلایل مدیریتی و تفاسیر تحلیلی و اطلاعاتی ضروری است. فشار متوسط ناحیه P_{av} برای محاسبه شاخص عملکرد کلیدی، شاخص نشت زیر ساخت ILI، ضروری می باشد. همچنین فشار متوسط ناحیه در شب (AZNP) یک پارامتر کلیدی برای انواع دیگری از محاسبات مدل سازی شده بر پایه جریان های شبانه می باشد. بنابراین اتخاذ یک روش سیستماتیک جهت محاسبه آن ارزشمند است. نرخ جریان نشت با متوسط فشار ناحیه تغییر می کند. با توجه به اینکه با تغییر فشار متوسط یک سیستم در طول ۲۴ ساعت نرخ جریان نشت نیز تغییر می کند بنابراین نمی توان به سادگی با ضرب نرخ نشت شبانه در ۲۴ ساعت نشت روزانه را بدست آورد. جهت تبدیل نرخ نشت شبانه بر حسب متر مکعب بر ساعت به نرخ نشت متوسط روزانه بر حسب متر مکعب بر روز ضرورت دارد تا نرخ نشت شبانه به فاکتور روز - شب NDF با واحد ساعت بر روز ضرب گردد. نرم افزار AZP&NDF کلیه این محاسبات را به سادگی انجام می دهد.

۶- قدردانی



در پایان مناسب است از جناب آقای آلن لمبرت با بیش از ۶۰ سال تجربه در حوزه آب بدون درآمد تشکر و قدردانی نمایم. ایشان نرم افزار رایگان AZP&NDF را در اختیار اینجانب قرار داده اند که در ایمیل اخیر قول مساعد دادند آخرین ورژن آن را با آخرین دستاوردهای حوزه هدررفت آب در پایان آذر برای دسترسی همه ی همکاران شرکت های آبقا در اختیار من قرار دهند و اینجانب نیز به همراه دستورالعمل فارسی برای همکاران عزیز ارسال خواهم نمود.

۷- مراجع

1. Lambert.A (ILMSS Ltd/Wide Bay Water Corporation) ,(2013) “Guidelines relating to the Assessment and Calculation of Average Pressure in Water Distribution Systems and Zones”.
2. Lambert.A (ILMSS Ltd/Wide Bay Water Corporation), Taylor.R, (Waitakere City Council).(2010),” Water Loss Guidelines – Water New Zealand”.
3. تابش،م.(۱۳۸۶)، دستورالعمل شناخت و نحوه مطالعه عوامل موثر در آب بحساب نیامده و راهکارهای کاهش آن،(نشریه شماره ۳۰۸ الف)، انتشارات سازمان برنامه و بودجه، تهران، ایران.
4. Lambert, A & Mckenzie R.”Benchmarking of Water Losses in New Zealand (Incorporating the User Manual for the BenchlossNZ Software: Version 1A)”.User New Zeland Water & Wastes Association (2002) Manual ISBN 1-877134-35-X; ISBN for CD is 1-877134-39-2
5. Lambert. A .&Fantozzi. m. & Shepherd.m.(2017) “FAVAD Pressure & Leakage:How Does Pressure Influence N1? “، IWA Water Efficient 2017 Conference, Bath, UK.
6. Lambert.A (ILMSS Ltd) ,(2013) “AZP&NDFCalcs Free software, International Version”, Version 1c