



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on
Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



مدیریت فشار شبکه توزیع آب با استفاده از نرم افزار EPANET : مطالعه موردی شهر الوند

حسین حیدری کوه بنه

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه

hossainhydari@yahoo.com

بهرضا نورمند

عضو هیئت علمی و استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه

behnoo@yahoo.com

محمد نیک فکر

کارشناس ارشد مهندسی عمران - مهندسی آب

Nik_mohammad@yahoo.com

خلاصه

منابع آب آشامیدنی محدود، افزایش مصرف سرانه و رشد جمعیت، بحث کنترل و مدیریت این منبع ارزشمند و حیاتی را حائز اهمیت کرده است. مدیریت فشار یکی از روشهای موثر و اقتصادی برای کاهش نشت در شبکه توزیع میباشد. هدف از انجام این مطالعه، بررسی مدیریت فشار شبکه توزیع آب با استفاده از نرم افزار EPANET می باشد. جهت انجام این مطالعه و تحقیق برای جمع آوری مطالب از روش کتابخانه ای در مبانی نظری و بخشی از شبکه توزیع آب شهر الوند واقع در شرق شهر قزوین و از نرم افزار EPANET استفاده شده است. آب تلف شده کل سیستم برابر ۷۳۰۵۸۰ مترمکعب درسال، معادل ۱۶/۴ درصد حجم آب کل ورودی به سیستم است که پس از اعمال مدیریت فشار و با کاهش ۹ متر فشار در منطقه مورد مطالعه میزان هدر رفت آب سالیانه به ۱۴/۹۳ درصد کاهش یافت.

کلمات کلیدی: فشار، نشت، مدیریت فشار، شهر الوند



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



دانشگاه شهید بهشتی



انجمن آب و فاضلاب ایران

نشت شبکه، که سهم عمده‌ای در آب به حساب نیامده دارد، موجب اتلاف آب و خسارت‌های اقتصادی زیادی می‌شود. میزان نشت از شبکه‌های توزیع، ارتباط مستقیمی با مقدار فشار آب در شبکه دارد مقدار فشار بالا در شبکه باعث فرسودگی بیشتر تجهیزات و بالطبع افزایش هزینه تعمیرات، مصرف بیشتر آب توسط مشترکین و افزایش حوادث و اتفاقات می‌شود. فشار اضافی حتی می‌تواند نارضایتی مصرف کنندگان را نیز به همراه داشته باشد. از طرف دیگر فشار پایین در شبکه می‌تواند باعث معضلاتی از قبیل نارضایتی مشترکین و جریان‌های برگشتی گردد، همچنین ممکن است باعث کاهش توانایی سیستم برای اطفای حریق و به وجود آمدن خطا در سیستم‌های اندازه‌گیری گردد. همچنین احتمال شناسایی نشت‌های کنونی با تقلیل فشار کاهش می‌یابد، زیرا با کاهش دبی نشت، صدای نشت نیز کم شده و ممکن است ردیابی آن بسیار مشکل باشد. بنابراین لازم است ضمن در نظر داشتن حداقل فشار مورد نیاز در سیستم، با استفاده از تجهیزات و روش‌های متداول، نسبت به تنظیم فشار شبکه توزیع اقدام نمود. یکی از راه‌های اساسی و کاربردی جهت کاهش نشت، تنظیم و کاهش فشار اضافی سیستم، یا مدیریت فشار می‌باشد [۱].

تابش و همکاران پژوهشی با عنوان "یک مدل تلفیقی جامع برای محاسبه و مدیریت نشت در شبکه‌های توزیع آب شهری" انجام دادند که در این پژوهش متذکر شدند که، نشت در شبکه‌های توزیع آب شهری، عامل اتلاف آب و خسارت‌های اقتصادی زیادی است. در این مقاله با استفاده از قابلیت‌های مدل تحلیل هیدرولیکی EPANET 2.1، روش جدیدی در محاسبه میزان نشت گره‌ها و لوله‌ها در شبکه‌های توزیع آب شهری ارائه شده است [۲]. سلطانی اصل و همکاران پژوهشی دیگر را با عنوان "مدیریت هوشمند فشار به منظور کاهش نشت در شبکه‌های آبرسانی، مطالعه موردی: منطقه سرافرازان مشهد" انجام دادند که آن‌ها معتقدند که، وجود نشت در شبکه‌های توزیع آب شهری امری اجتناب ناپذیر است. امروزه کاهش نشت با استفاده از مدیریت پارامترهای هیدرولیکی نظیر فشار در کنار پروژه‌های نشت‌یابی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. کنترل هوشمند فشار، روشی مناسب برای کنترل نشت و کاهش صدمات ناشی از فشارهای زیاد در شبکه به نظر می‌رسد. روش استفاده شده در این پژوهش، مدل‌سازی شبکه در محیط EPANET 2.1، با در نظر گرفتن جریان نشت در گره‌ها بود [۳].

در این مقاله کوشش شده است تا با بهره‌گیری از نرم‌افزار EPANET و ویژگی‌های آن در راستای مدیریت فشار در شبکه‌های توزیع آب پرداخته و میزان برآورد هدررفت و نشت آب را مورد تحلیل و بررسی قرار داد.

۲- مواد و روش تحقیق

۲-۱- آب به حساب نیامده

هدررفت یا اختلاف آب ورودی به سیستم و حجم آب مصرف شده را آب به حساب نیامده گویند که این مقدار به هدررفته و درآمدی برای شرکت تأمین کننده ندارد. از این رو، تفاضل آب تولید شده به آب مصرف شده را مقدار آب به حساب نیامده در نظر می‌گیرند [۴]. آب به حساب نیامده که به اختصار U.F.W نامیده می‌شود، به صورت‌های مختلفی تعریف گردیده است. از جمله هانسون ۱ در سال ۱۹۸۳ آب به حساب نیامده را به عنوان تفاوت بین حجم کل آب ورودی به شبکه و

¹ Hanson



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب



1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

حجم کل آب اندازه گیری شده از طریق کنتورهای مشترکین می‌داند. تعریف بعضی از سازمان‌ها و مراجع دیگر از آب به حساب نیامده، فقط به مقدار آبی محدود می‌شود که نمی‌توان آن را به حساب آورد، خواه اندازه گیری شده و هزینه‌های آب دریافت شده باشد و یا هزینه‌ای بابت آن دریافت نشده باشد [۵].

از این رو جامع‌ترین و کامل‌ترین تعریفی که می‌توان از آب به حساب نیامده ارائه داد و می‌توان بیان کرد: آب به حساب نیامده میزان آبی است که به صورت‌های مختلف از شبکه توزیع خارج گردیده ولی هزینه‌ای بابت آن دریافت نگردیده است [۶].

۲-۲- تعریف مفهومی و عملیاتی مدیریت فشار

مدیریت مصرف شامل مجموعه‌ای از فعالیت‌های به هم پیوسته بین صنعت آب و مشترکین آن با هدف حفظ منابع آبی کشور و به منظور توزیع عادلانه آب با فشار و دبی متناسب به مشترکین تحت پوشش شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی است تا بتوان با کارایی بیشتر و هزینه کمتر به مطلوبیت یکسانی در زمینه مصرف دست یافت. در این تحقیق کلیه اعمال کنترل روی فشارهای سیستم جهت رسیدن به یک سطح فشار بهینه، مناسب برای سیستم توزیع به شکلی که حقوق قانونی مشترکان و مصرف کنندگان تأمین گردد و تغییرات و ناپایداری در فشار نداشته باشیم را مدیریت فشار در نظر می‌گیریم. [۱].

۲-۳- نشت آب

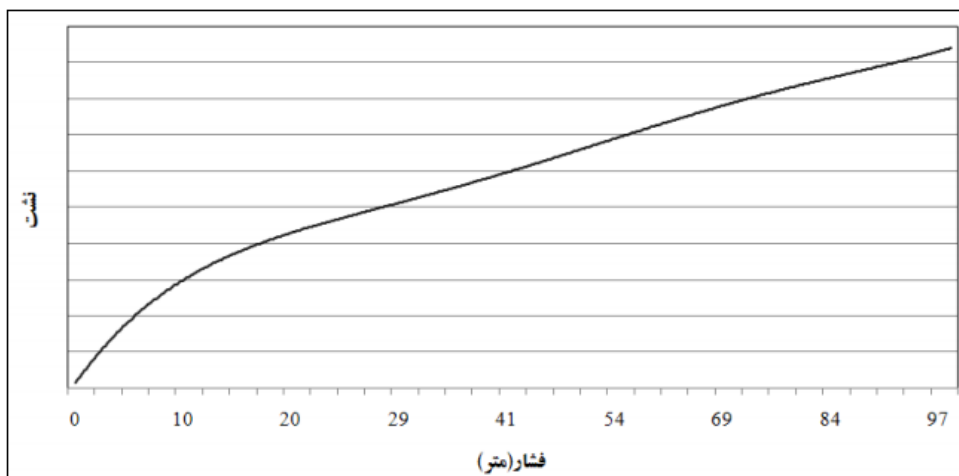
خارج شدن آب از لوله یا اتصالات و تأسیسات در شبکه توزیع را نشت آب گویند که علل ایجاد نشت شامل فشار زیاد آب در شبکه، بار ترافیکی و پوشش (عمق) ناکافی لوله‌ها، خوردگی در لوله‌ها و اتصالات، ضربه، عدم صحیح اجرای لوله گذاری، کیفیت نامناسب لوله‌ها و اتصالات، قدمت زیاد لوله‌ها و اتصالات، لغزش زمین و رانش خاک، ضربه قوچ می‌باشد. 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 آبدهی کم همراه است 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 باعث می‌شود آب به راحتی در درون بستر خاک و بستر لوله نفوذ کرده و مسیر مناسبی را برای خود پیدا کند [۷].

سال‌هاست که مشخص گردیده جریان از درون یک سوراخ با ابعاد ثابت (اریفیس^۱)، متناسب است با جذر فشار آب درون آن (رابطه ۱).

$$Q = KP^{0.5} \quad (1)$$

اگر چه که یک سری آزمایش‌ها نشان داده است که در مورد اثرات فشار بر روی نشت در شبکه‌های توزیع آب شهری، این رابطه برقرار نیست. نتایج این آزمایش‌ها در شکل (۱) نشان داده شده است. در این شکل محور عمودی معرف میزان نشت و محور افقی، فشار می‌باشد [۸].

¹ Orifices



شکل ۱: رابطه بین نشت و فشار برای یک اریفیس (بزرگ حداد و همکاران، ۱۳۹۳)

ارزیابی نشت از شبکه توزیع نیازمند آگاهی از توزیع فشار در طول ۲۴ ساعت می باشد که محاسبه تغییرات زمانی نشت را امکانپذیر می سازد. بر اساس برخی آزمایش ها در ژاپن و انگلستان فرمول زیر برای رابطه نشت-فشار ارائه شده است :

$$(P_1/P_0)^N = (L_1/L_0) \quad (2)$$

P₀: فشار اولیه متوسط ناحیه

P₁: فشار ثانویه متوسط ناحیه

N: رابطه توانی نشت با فشار

L₀: هدر رفت واقعی اولیه

L₁: هدر رفت واقعی ثانویه

بر اساس یک سری مطالعات میدانی در این کشورها، در طول سالهای ۱۹۷۹ الی ۱۹۹۷ مشخص شد که اگر تمام منافذ نشت دارای سطح مقطع ثابت باشند، مقطع بصورت اریفیس عمل کرده و مقدار N برابر ۰/۵ می باشد. همچنین وقتی مصرف معقول شبانه در تحلیل نتایج اثر داده شده باشد محدوده ای بین ۰/۵ تا ۲ برای عدد N بدست آمده است. بررسی های تکمیلی نشان داد که با استفاده از نسبت سطح مقطع منافذ نشت، با سطح مقطع ثابت به منافذ نشت با سطح مقطع متغیر (R_{FVL}) را در فشار صفر نیز می توان مقدار N را با رابطه (۳) محاسبه نمود [۵].

$$R_{FVL} = \frac{\text{سطح مقطع منافذ نشت یا سطح مقطع ثابت}}{\text{سطح مقطع منافذ نشت یا سطح مقطع متغیر}} \quad (3)$$



شرکت آب و فاضلاب کوزهر پردیس فنی و مهندسی شهید باهنر

اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



نشت سالانه اجتناب ناپذیر (UARL): تحقیقات نشان داده است که حذف تمام نشت از شبکه های توزیع بزرگ عملاً غیر ممکن است و حتی در یک سیستم با شرایط زیر بنایی خوب و مدیریت کارآمد نشت، مقداری تلفات سالانه غیر قابل اجتناب وجود خواهد داشت.

$$UARL(lit/con.day) = (18(Lm)+0/8 (Nc) +25(Lp))*P \quad (۴)$$

- Lm: طول شبکه اصلی برحسب کیلومتر
- Nc: تعداد انشعابات تحت سرویس
- Lp: طول شبکه انشعابات برحسب کیلومتر
- P: فشار متوسط شبکه

شاخص فنی هدر رفت واقعی (TIRL): این شاخص نشان دهنده میزان هدر رفت واقعی سالیانه به لیتر به ازای هر مشترک در روز می باشد.

شاخص عملکرد نشت زیر ساخت (ILI): این شاخص به عنوان یک معیار اولیه برای تعیین کارایی سیستم بکار می رود و به شدت تحت تاثیر تراکم انشعابات، موقعیت کنتور مشترک و فشار متوسط سیستم می باشد. این شاخص بدون بعد است (رابطه ۵) [۷].

$$ILI = TIRL / UARL \quad (۵)$$

۵-۲- معرفی منطقه مورد مطالعه

شهر الوند با موقعیت جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۱۱ دقیقه عرض شمالی در ۱۴ کیلومتری جنوب شرقی شهر قزوین واقع شده است. شهر الوند مرکز شهرستان البرز بوده و ارتفاع شهر از سطح دریا به ۱۲۱۸ متر می رسد و بافت جمعیتی آن کارگری و جوان بوده و جمعیت آن ۶۸۹۰۰ نفر، و حدود ۳۵۰۰۰ نفر آن تحت پوشش شبکه توزیع آب مورد مطالعه می باشد. میزان بارش سالیانه این شهر حدود ۳۱۰ میلی متر و رژیم بارندگی آن مدیترانه ای است. و دارای ۱۸۱۲۲ فقره انشعاب آب نیز می باشد و از ۵ حلقه چاه برای تامین آب استفاده می نماید و مجموع آبدهی چاهها ۸۹۱ مترمکعب در ساعت می باشد و حجم مخزن این شهر ۱۵۰۰۰ مترمکعب است و طبق آمار سالیانه دفتر آب بدون درآمد شرکت آب و فاضلاب قزوین میزان حجم آب ورودی به سیستم ۴۴۵۵۴۱۶ مترمکعب بوده و میزان آب با درآمد ۳۷۲۴۸۳۶ مترمکعب می باشد که ۱۶/۴ درصد آب بدون درآمد ارائه شده است [۹] که معادل ۷۳۰۵۸۰ مترمکعب می باشد و شاخص های عملکرد نشت نیز قبل از اعمال مدیریت فشار براساس روابط (۵ و ۴) به قرار ذیل می باشد.

- نشت سالیانه اجتناب ناپذیر برابر ۴۱/۵۲ لیتر به ازای هر انشعاب در روز
- شاخص فنی هدر رفت واقعی برابر ۷۴/۹۳ لیتر به ازای هر انشعاب در روز
- شاخص عملکرد نشت زیر ساخت برابر ۱/۸ می باشد

۶-۲- معرفی نرم افزار EPANET

EPANET یک برنامه کامپیوتری است که رفتار هیدرولیکی و کیفی آب شبکه‌های لوله تحت فشار را در پیوندهای زمانی تنظیم شده، شبیه سازی می کند. یک شبکه توزیع آب شامل لوله، گره (محل تقاطع لوله‌ها)، پمپ، شیر و تانک ذخیره یا مخزن می باشد. با این نرم افزار جریان آب در هر لوله، فشار در هر گره، ارتفاع آب در هر تانک و غلظت یک ماده داخل شبکه توزیع در طی یک شبیه سازی با چندین پیوند زمانی را ردیابی می کند. علاوه بر غلظت مواد، عمر آب و ردیابی منبع می تواند شبیه سازی شود [۲].

۲-۷- بررسی و تحلیل داده ها

نقاط N1 و N2 (شکل ۲) مکان هایی می باشند و این مکان ها به دلیل اینکه تقریباً در نقاط ابتدایی و انتهایی شبکه می باشند برای اندازه گیری فشار انتخاب شده اند و قبل از اعمال مدیریت فشار با نرم افزار، میزان فشار در طی ۲۴ ساعت توسط سیستم تله متری اندازه گیری شده است.



شکل ۲: مکان اندازه گیری سیگنال های هیدرولیکی نقاط شبکه

متوسط فشار اندازه گیری شده در دو نقطه N1 و N2 توسط سیستم تله متری حدود ۴۱ متر می باشد. در مرحله ورود داده ها به نرم افزار ابتدا اطلاعات مربوط به اطلاعات پایه و گره ها و لوله ها و مخزن و پمپ ها و ضرایب مصرف در طی شبانه روز وارد



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب



1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

نرم افزار گردید . که پس از اجرای نرم افزار فشار نقاط N1 و N2 توسط نرم افزار پس از اعمال مدیریت فشار از نرم افزار استخراج گردید و متوسط فشار به حدود ۳۲ متر کاهش یافت. که در جدول (۱) فشار در این نقاط قبل و بعد از مدیریت فشار ارائه شده است که شاهد حداقل ۹متر افت فشار می باشیم.

جدول ۱: فشار شبکه در نقاط N₁ و N₂ در هرساعت، قبل و بعد از مدیریت فشار

Time Hours	Time Series Table - Node 130			Time Series Table - Node 475		
	Demand LPS	AFTER	BEFOR	Demand LPS	AFTER	BEFOR
		Pressure	Pressure		Pressure	Pressure
		m	m		m	m
00:00	0.91	32.65	43.11	0.74	29.06	41.94
01:00	0.52	38.53	47.03	0.52	33.44	46.24
02:00	0.39	40.11	50.28	0.31	36.67	50.87
03:00	0.26	41.68	55.69	0.21	38.26	52.92
04:00	0.52	38.53	57.24	0.42	35.06	53.95
05:00	0.91	32.65	43.13	0.74	29.06	42.26
06:00	1.12	26.71	39.2	0.91	23.03	38.27
07:00	1.42	35.78	43.3	1.15	31.95	43.09
08:00	1.61	34.26	42.73	1.31	30.31	38.84
09:00	1.85	31.79	38.23	1.5	27.68	36.94
10:00	2.11	28.04	36.82	1.71	23.74	34.04
11:00	2.31	34.23	38.17	1.88	29.75	41.04
12:00	2.54	32.79	38.14	2.07	28.11	38.98
13:00	2.8	30.67	37.13	2.27	25.74	37.57
14:00	3.01	28.67	36.97	2.45	23.51	35.03
15:00	3.01	28.67	36.67	2.45	23.51	35
16:00	3.01	28.67	36.16	2.45	23.51	35.83
17:00	3.01	28.67	37.13	2.45	23.51	35.77
18:00	2.8	30.67	38.29	2.27	25.74	37.91
19:00	2.54	32.79	37.14	2.07	28.11	40.05
20:00	2.31	24.46	33.18	1.88	19.98	33.73
21:00	1.89	31.24	38.78	1.54	27.1	39.28
22:00	1.59	37.81	43.16	1.29	33.87	45.83
23:00	1.16	25.16	42.14	0.94	21.46	41.04
Avg		32.30	41.24		28.01	40.68



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدر رفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



با توجه به جدول ۱ شاهد کاهش تقریباً ۹ متر فشار نسبت به برداشت میدانی هستیم و این امر خود در کاهش نشت بسیار موثر بوده، و براین اساس میزان کاهش نشت براساس روابط نشت، ۸۴۹۹۷ متر مکعب در سال خواهد بود. که این موضوع از رابطه (۲) قابل محاسبه است.

$$(P_1/P_0)^N = (L_1/L_0)$$



$$(32/41)^1 = (L_1/38720)$$

P0: فشار متوسط ناحیه قبل از مدیریت فشار که برابر ۴۱ متر می باشد جدول (۱).

P1: فشار متوسط ناحیه بعد از مدیریت فشار که برابر ۳۲ متر می باشد جدول (۱).

N: رابطه توانی نشت با فشار که در منطقه مورد مطالعه با توجه به شرایط موجود برابر ۱ فرض گردید.

L0: هدر رفت واقعی آب یا همان نشت قبل از اعمال مدیریت فشار در منطقه مورد مطالعه برابر ۳۸۷۲۰۷ متر مکعب در سال می باشد.

L1: هدر رفت واقعی آب یا همان نشت بعد از اعمال مدیریت فشار در منطقه مورد مطالعه که مطلوب محاسبه می باشد. با جایگذاری اعداد در رابطه ۲، میزان هدررفت واقعی پس از اعمال مدیریت فشار در منطقه مورد مطالعه ۳۰۲۲۱۰ متر مکعب در سال بدست می آید.

۳- نتیجه گیری

آب بدون درآمد کل سیستم برابر ۷۳۰۵۸۰ متر مکعب در سال، قبل از اعمال مدیریت فشار می باشد ولیکن پس از اعمال مدیریت فشار با نرم افزار به میزان ۸۴۹۹۷ متر مکعب نشت سالیانه کاهش یافت و میزان آب بدون درآمد سالیانه به ۶۴۵۵۸۳ متر مکعب در سال رسید و درصد آب بدون درآمد از ۱۶/۴٪ به ۱۴/۹۳٪ کاهش یافت و شاهد ۱/۴۷ درصد کاهش در کل آب بدون درآمد سالیانه بودیم. نشت سالانه اجتناب ناپذیر شبکه براساس روابط نشت، از ۴۱/۵۲ به ۳۲/۴۱ لیتر در هر انشعاب در هر روز کاهش یافت و شاخص فنی هدر رفت آب نیز از ۷۴/۹۳ به ۶۱/۹۷ لیتر به ازای هر انشعاب در روز رسید و شاخص عملکرد زیر ساخت شبکه به ۱/۹ تغییر کرد، که نشان دهنده وضعیت تقریباً مطلوب شبکه از نظر نشت است. این عدد بیان می کند که نشت شبکه مورد مطالعه دارای کمترین میزان نشتی است که در سیستم در حالت شرایط ایده آل از لحاظ فنی می تواند وجود داشته باشد. از دیدگاه فنی، مدیریت فشار در اولویت اقدامات کنترل نشت می باشد و در نهایت مدیریت فشار به طور قطع در داخل کشور با امکانات فعلی قابل اجرا و ارزان می باشد.

۴- قدردانی

تقدیر و تشکر میکنم از دوستان و همکاران گرامیم جناب آقایان مهندس جمشید حاجی میری و ناصر لامعی و علی موسی خانی که راهنمایی ها و کمک بسیار برای تحقق این مقاله به اینجانب داشته اند و از کلیه همکارانم در شرکت آبفای استان قزوین تشکر و قدردانی می نمایم.



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



۵- مراجع

۱. اسدی، محمدرضا، ۱۳۸۱، افزایش راندمان سیستم‌های آب رسانی از طریق کنترل آب بدون در آمد، سومین همایش ملی آب و فاضلاب با رویکرد بهره‌برداری، تهران، دانشگاه صنعت آب و برق، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور.
۲. اسدیانی یکتا امیرحسین، تابش مسعود(۱۳۸۹)، "یک مدل تلفیقی جامع برای محاسبه و مدیریت نشت در شبکه‌های توزیع آب شهری" نشریه مهندسی عمران و نقشه‌برداری (دانشکده فنی): فروردین ۱۳۸۹، دوره ۴۴، شماره ۱؛ از صفحه ۱ تا صفحه ۱۲.
۳. سلطانی اصل، محمد و مغربی، محمد غفور (۱۳۸۸)، "مدیریت هوشمند فشار به منظور کاهش نشت در شبکه‌های آبرسانی، مطالعه موردی: منطقه سرافرازان مشهد" فصلنامه علمی پژوهشی آب و فاضلاب، دوره ۲۰، شماره ۳، مهر و آبان ۱۳۸۸، صفحه ۹۹-۱۰۴.
۴. منزوی محمد تقی، (۱۳۷۸) آبرسانی شهری. چاپ دهم. انتشارات دانش نامه تهران. تهران.
۵. معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی و وزارت نیرو، (۱۳۹۱). "راهنمای شناخت و بررسی عوامل موثر در آب به حساب نیامده و راهکارهای کاهش آن (نشریه شماره ۵۵۶)"، انتشارات سازمان برنامه و بودجه. تهران، ایران.
۶. شمسایی، ابوالفضل (۱۳۸۷) هیدرولیک جریان آب در محیط‌های متخلخل: مهندسی آب‌های زیرزمینی، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران).
۷. بوستانی، فردین (۱۳۸۴) بررسی شیوه‌ها و روشهای کاهش آب بدون در آمد، تهران، نشر آمد
۸. بزرگ حداد، امید؛ آشفته، پرینا سادات؛ سیف‌اللهی آغمیونی، سمانه (۱۳۹۳) «برنامه‌ریزی و مدیریت سامانه‌های منابع آب»، تهران، دانشگاه تهران.
۹. گزارش سالانه اداره آب و فاضلاب شهر الوند (۱۳۹۵)، شرکت آب و فاضلاب استان قزوین.