

## بررسی تولید انرژی برقابی از شبکه توزیع آب شهری (مطالعه موردی منطقه یک آبفای تهران)

سیده زینب یعقوبی<sup>۱</sup>، اسلام ستارزاده<sup>۲</sup>، ستاره عزیزیان<sup>۳\*</sup>، یاسمن محمدی هاشمی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری رشته محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران،

۲- دانشجوی دکتری رشته مدیریت منابع آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز،

eslam\_satarzadeh@yahoo.com

۳- دانشجوی دکتری رشته مدیریت منابع آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز\*،

sta\_1366@yahoo.com

۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد، رشته مهندسی عمران سازه، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)،

j.mohammadhashemi@gmail.com

### چکیده

رشد روزافزون جمعیت و نیز محدود بودن و گرانی منابع انرژی یکی از موانع توسعه پایدار محسوب می گردد. در این بین استفاده از منابع تجدیدپذیر و دائمی گام مؤثری در جهت اعتلای کشورها و گام نهادن در مسیر توسعه پایدار به حساب می آید. نیاز به ذخیره آب و انرژی به یکی از اصلی ترین نگرانی های جهانی تبدیل شده است و این نگرانی در آینده رو به فزونی خواهد بود. برای ایجاد توسعه پایدار در جامعه در هر طرح اجرایی باید سه فاکتور اجتماع، اقتصاد و محیط زیست در نظر گرفته شود. انرژی برقابی یک انرژی ارزشمند و قابل رقابت با سایر منابع انرژی های نو است. انرژی برقابی در کشور ما از جایگاه ویژه ای برخوردار است و حدود ۶۵ درصد از برق تولیدی از نیروگاه های برقابی تولید می گردد. یکی از منابع ارزشمند جهت تولید انرژی برقابی که متأسفانه در کشور مورد غفلت واقع شده است، خطوط انتقال و شبکه های توزیع آب است. در شهر تهران به علت اختلاف ارتفاع زیاد و افزایش فشار در شبکه توزیع و دبی قابل قبول موجود در لوله های شبکه توزیع آب، پتانسیل خوبی برای تولید انرژی پاک برقابی وجود دارد. انرژی تولیدی شبکه توزیع می تواند در جهت استفاده دستگاه های هوشمندساز شبکه و یا کنترل گرهای شیرهای فشارشکن استفاده شود.

واژگان کلیدی: توسعه پایدار، منابع تجدیدپذیر، انرژی برقابی، خطوط انتقال و شبکه های توزیع آب

### ۱- مقدمه

رشد روزافزون جمعیت و نیز محدود بودن و گرانی منابع انرژی یکی از موانع توسعه پایدار محسوب می گردد. در این بین استفاده از منابع تجدید پذیر و دائمی گام مؤثری در جهت اعتلای کشورها و گام نهادن در مسیر توسعه پایدار به حساب می آید. نیاز به ذخیره آب و انرژی به یکی از اصلی ترین نگرانی های جهانی تبدیل شده است و این نگرانی در آینده رو به فزونی خواهد بود که اهمیت موضوع مورد تحقیق را نمایان می کند. امروزه انرژی های نو به رغم ناشناخته ماندن، به سرعت در حال گسترش و نفوذ است و غفلت از آن، غیرقابل جبران خواهد بود، انرژی خورشیدی، بادی، آبی، بیومس، بیوگاز و انرژی زمین گرمایی از عمده ترین منابع انرژی های پاک می باشند. وقوع سه عامل در سال ۱۹۹۵ میلادی، سبب ایجاد نقطه عطفی برای انرژی های تجدید پذیر، به خصوص انرژی باد شده است. تغییرات آب و هوایی بر اثر انباشت گازهای گلخانه ای در جو و افزایش تقاضای مصرف انرژی برق در سراسر جهان گشوده شدن چشم انداز نویدبخشی در مورد انرژی های تجدید پذیر بود که با صراحت از سوی کارشناسان اعلام شد.

باید در نظر گرفت که در واقع، درازای هر کیلووات ساعت برق تولیدی از انرژی‌های تجدید پذیر به جای زغال سنگ از انتشار حدود یک کیلوگرم CO<sub>2</sub> جلوگیری خواهد شد؛ بنابراین به عنوان نمونه، برای هر یک درصد انرژی متداول که توسط انرژی باد جانشین شود، حدود ۱۳ درصد انتشار گاز CO<sub>2</sub> کاهش می‌یابد. همچنین، کاهش سولفور و اکسید نیترات (عوامل باران اسیدی) یکی دیگر از منابع محیط زیستی انرژی‌های نو است.

در تحقیقات گذشته با بررسی امکان‌سنجی اقتصادی این نتیجه یافت شد که توربین‌های کوچک‌تر هزینه‌های برق را کاهش می‌دهند، اما توان بازده انرژی را نیز می‌کاهند. پس بایستی به دنبال راهی بود که ضمن کاهش هزینه‌ها، بازده انرژی افزایش یابد. لذا در این تحقیق باهدف کاهش دادن هزینه‌ها، ضمن افزایش بازده انرژی از انرژی برقی تولیدشده از شبکه توزیع آب شهری استفاده شده است. در این تحقیق با توجه به محدوده‌های مورد بررسی استفاده از این سیستم در محدوده آب و فاضلاب منطقه یک شهر تهران به دلیل اختلاف ارتفاع زیاد نتایج مطلوبی را نشان داد. در این زمینه تحقیقاتی در سال‌های پیشین صورت گرفته که در ادامه به آن اشاره می‌گردد.

متیو و همکاران در سال ۲۰۱۳ بر روی بهره‌وری انرژی و هیدرولیک در سیستم‌های تأمین آب معمولی تحقیقاتی انجام دادند. در تحقیق انجام‌شده این مقاله رویکردهای پیشرفته در زمینه انرژی (برق) و راندمان و حفاظت هیدرولیک در سیستم‌های تأمین آب معمولی و یک ارائه کلی از کارایی انرژی و جایگزین‌های حفاظت از تجزیه و تحلیل بیان گردیده است. این جایگزین‌ها از مدیریت نشت به تکنیک‌های بهینه‌سازی در زمان واقعی به لحاظ تکنولوژی متفاوت است و می‌تواند به سه بعد با توجه به طبیعت آن‌ها طبقه‌بندی شود ابعاد پروژه و طراحی، ابعاد عملیاتی و ابعاد فیزیکی. صرفه‌جویی در انرژی بالقوه و تأثیر این جایگزین‌ها بر بهره‌وری انرژی سیستم‌های تأمین آب بسیار متغیر است. تمام کارایی‌های انرژی و جایگزین‌های حفاظت‌شده در این کار، با ترویج پایداری سیستم‌های تأمین آب معمولی، کمک می‌کنند. (Ricardo.M و همکاران ۲۰۱۳)

در سال ۲۰۱۵ سیتزنفری و همکاران به بررسی طراحی و بهینه‌سازی سیستم‌های برق‌آبی کوچک در شبکه‌های توزیع آب با توجه به اقدامات نوسازی پرداختند. در این راستا دریافته‌اند، سیستم‌های برق‌آبی کوچک (SHPS) به طور فزاینده‌ای در سیستم‌های توزیع آب (WDS) نصب می‌شوند. با استفاده از سازگاری جزئی در WDS، می‌توان از مزایای فشار استفاده کرد. در چنین سیستمی، مزایای آب نیز اغلب در دسترس است. در این تحقیق، داده‌های مصرف آب یک WDS Alpine واقعی طی یک سال به عنوان یک ورودی برای یک مدل شبیه‌سازی بلندمدت در نرم‌افزار Epanet برای ارزیابی SHPS استفاده شده است. علاوه بر این، ترکیبی از دستگاه‌های اضافی فشار و آب در WDS مورد بررسی قرار گرفته است. علاوه بر این، اقدامات لازم برای مقابله با احتمالات در مورد تأثیر مثبت بر پتانسیل تولید انرژی و چگونگی هزینه‌های اضافی (به عنوان مثال قطره‌های بالاتر (۲۰۰ میلی‌متر به جای ۱۲۵ میلی‌متر) با سود اضافی از تولید انرژی جبران می‌شود. (R.Sitzenfrei و همکاران ۲۰۱۵)

در سال ۲۰۱۷ وانترینی و همکاران به بررسی معیارهای اقتصادی و انرژی برای مناطق محدوده اندازه‌گیری شبکه‌های توزیع آب پرداختند. آن‌ها دریافته‌اند که تقسیم کردن شبکه آب (WNP) مدیریت شبکه آب را بهبود می‌بخشد و سبب ساده‌سازی محاسبه بودجه‌های آب و شناسایی و کاهش تلفات آب می‌گردد. این امر با قرار دادن متر جریان در شبکه‌ای است که قبلاً به زیرسیستم‌ها تقسیم‌بندی شده است. روش‌های مورد بررسی در این تحقیق به دو مرحله اصلی تقسیم می‌شوند: مرحله خوشه‌بندی و مرحله پارتیشن‌بندی. در ابتدا گره‌های شبکه به هر خوشه اختصاص داده می‌شوند و سپس لوله‌های مناسب انتخاب می‌شوند که در آن مترهای جریان یا شیر دروازه قرار می‌گیرند. در این مقاله، برای دستیابی به خوشه‌بندی شبکه، از یک الگوریتم بهبودپذیر چند سطحی برای بازگشت مجدد استفاده شده است. برای تخصیص بهتر دستگاه‌های هیدرولیکی، فاز پارتیشن‌بندی از طریق به حداقل رساندن یک تابع جدید و چند هدفه، به طور هم‌زمان با توجه به جنبه‌های انرژی و اقتصادی انجام شده است. هدف از بررسی موضوع مورد نظر ارائه یک راه حل به منظور حداقل کردن متر جریان ضمن ساده‌سازی محاسبات بودجه آب، حفظ عملکرد هیدرولیک و به حداقل رساندن سرمایه و هزینه‌های عملیاتی می‌باشد (A.Nardo و همکاران ۲۰۱۷)

همچنین در سال ۲۰۱۷ بل و همکاران به صورت موردی بر کانال‌های برقی در آفریقای جنوبی تحقیقی انجام دادند که باهدف بازیابی انرژی در سیستم‌های تأمین آب، با تأکید بر عناصر کلیدی مانند عملیات سیستم، طراحی، کاربرد و مطالعات قبلی در زمینه بازیابی انرژی در سیستم‌های تأمین آب انجام شده است. این روش شامل بحث در مورد بهره‌برداری از سیستم آبی نیروگاه

کانال، طرح‌های احتمالی سیستم و اجرای سیستم در منابع آب شهری و برخی تحقیقات مربوط به سیستم‌های بازیابی انرژی در منابع آب می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که امکان‌سنجی اقتصادی به عوامل مختلف بستگی دارد. توربین‌های کوچک‌تر هزینه‌های برق را کاهش می‌دهند، اما توان بازده انرژی را نیز می‌کاهند. (L. Mbele, K. Kusakana, ۲۰۱۷)

در سال ۲۰۱۷ نیز محمت و همکاران با استفاده از با استفاده از یک روش بهبود انرژی به طراحی مطلوب شبکه‌های آب‌رسانی دست یافتند آن‌ها دریافتند که شبکه‌های توزیع آب (WDNs) نشان‌دهنده یک سرمایه‌گذاری عمده برای توسعه سیستم‌های تأمین آب است. روش استاندارد برای طراحی آن‌ها این است که حداقل هزینه را جستجو کنید که با قطرهای کوچک‌تر تولید می‌شود که قادر به حفظ حداقل فشار موردنیاز است. باین‌حال، برخی از منطقه‌های متمرکز منطقه (DMAs) دارای اختلاف ارتفاع بالایی در توپوگرافی هستند و حتی اگر قطرها به میزان حداقل رسیده باشند، فشار باقی می‌ماند و تعبیه یک شیر کاهش فشار (PRV) ضروری است. باین‌حال، اگر قطر لوله‌های شبکه افزایش یابد، افت فشار توزیع کاهش می‌یابد و این انرژی اضافی در PRV ها به‌صورت محلی تخلیه می‌شود تا فشار در DMA پایین نگه‌داشته شود و از حداکثر مقدار مجاز بیشتر نشود. اگر به‌جای آن، توربین نصب شود، انرژی منقبض می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد که این مسئله سبب مزایایی می‌شود که می‌تواند سرمایه‌گذاری اضافی را به دلیل افزایش قطر توجیه کند. (A. Muhammetoglu و همکاران ۲۰۱۷)

در سال ۲۰۱۷ ونتورینی و همکاران بر تولید انرژی با استفاده از پمپ به‌عنوان توربین در شبکه‌های توزیع آب مطالعاتی انجام دادند. در این مطالعه با برآورد تولید انرژی با استفاده از پمپ‌های مورد استفاده در توربین‌ها برای بهره‌برداری از انرژی هیدرولیک باقی‌مانده، به‌عنوان در مورد سر و جریان موجود در شبکه‌های توزیع آب مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای این منظور، چهار پمپ با مشخصات مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد تا برآورد سالانه برق تولیدی تولید شود. منحنی‌های عملکرد پمپ‌ها به‌عنوان توربین‌ها (PATs) که هد، قدرت و بهره‌وری را به‌سرعت جریان حجم در کل عملیات PAT مربوط می‌کند، با استفاده از داده‌های تجربی منتشر شده مشتق شده است. چهار شبکه توزیع آب در نظر گرفته شده که داده‌های تجربی آن‌ها در طی یک سال در دسترس بوده است با ویژگی‌های هیدرولیکی متفاوت (میانگین جریان در دامنه ۱۰-۱۱۶ لیتر بر ثانیه، کاهش میانگین فشار در دامنه ۱۲ تا ۵۳ متر) بنابراین، تولید انرژی برای مدت‌زمان واقعی و تغییرات سری به‌حساب می‌آید. بازده تبدیل نیز برای کل شبکه توزیع آب و تنها PAT تخمین زده می‌شود. (M. Venturini و همکاران ۲۰۱۵)

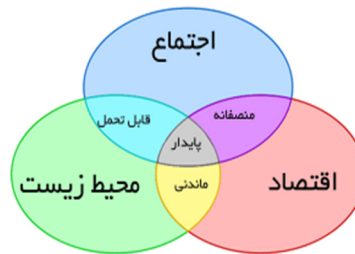
در ایران، وجود زمینه مناسب اقلیمی و تابش آفتاب در بیشتر مناطق و در اکثر فصول سال، همچنین وجود پستی و بلندی‌ها در مسیر نهرهای آب، داشتن مناطق واجد پتانسیل بالای باد و قابلیت‌های تولید انرژی زمین‌گرمایی، زمینه لازم و مناسبی را برای استفاده و گسترش انرژی‌های نو و پاک فراهم آورده است. در این راستا، با توجه به افزایش توان مهندسی کشور در ساخت نیروگاه‌های برق آبی، در سال‌های اخیر، امیداست استفاده از پتانسیل‌های برق آبی به یک اولویت در ساخت نیروگاه‌های جدید تبدیل شود در ضمن استفاده از انرژی‌های بادی و زمین‌گرمایی و نیز استفاده حرارتی از انرژی خورشیدی (آبگرمکن‌های خورشیدی) نزدیک به اقتصادی شدن است. اگرچه، نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی و فتوولتائیک تا افق دو دهه آینده، اقتصادی نخواهد بود، لیکن توسعه تحقیقات و کسب فن‌آوری‌های ساخت آن‌ها، با توجه به پتانسیل عظیم انرژی خورشیدی در ایران از اهمیت بالایی برخوردار است.

انرژی‌های پایان‌پذیر و آلاینده محیط‌زیست نفت، گاز طبیعی، زغال‌سنگ و انرژی هسته‌ای، که در حال حاضر، عمده منابع تأمین‌کننده انرژی در جهان هستند، همه دارای آلاینده‌های زیست‌محیطی و جبران‌ناپذیر در زمین و فضا، از قبیل افزایش CO<sub>2</sub>، افزایش دمای زمین، ذوب شدن یخ‌های قطب‌ها، از بین بردن لایه ازن و... هستند که حرکت دانش بشری برای تأمین انرژی جهان در آینده باید به‌سوی تأمین انرژی جهان از انرژی‌های پاک و جان‌شنینی آن با انرژی‌های آلاینده باشد.

### توسعه پایدار:

از مهم‌ترین اهداف اجرای طرح‌های توسعه منابع آب، تأمین آب آبیاری، افزایش سطح کشت، افزایش تولید کشاورزی و در نهایت بهبود زندگی و رفاه آب بران کشاورز و توسعه اقتصادی اجتماعی منطقه است. (نشریه ۱۴۰) منظور از توسعه

پایدار تأمین نیازهای نسل حاضر به بهترین وجه و با حداقل هزینه است به نحوی که به نسل‌های آینده و نیازهای آن‌ها آسیبی وارد نشود.



شکل ۱- فاکتور سه‌گانه

برای ایجاد توسعه پایدار در جامعه در هر طرح اجرایی باید سه فاکتور اجتماع، اقتصاد و محیط‌زیست در نظر گرفته شود. متأسفانه این مهم در بسیاری از طرح‌های کشور نادیده گرفته شده و به همین سبب راه رسیدن به توسعه پایدار طولانی و گاه دست‌نیافتنی به نظر می‌رسد. در حیطه مدیریت منابع آب و استفاده بهینه از توان آبی کشور نیز این موضوع به خوبی قابل بهره‌برداری و مدیریت است از این رو تلاش می‌شود تا با روش‌های گوناگون بیشترین استفاده را از منابع آبی و ارزشمند کشور داشته باشیم.

### انرژی برقایی:

انرژی برقایی یک انرژی ارزشمند و قابل‌رقابت با سایر منابع انرژی‌های نو می‌باشد. انرژی برقایی در کشور ما از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است و حدود - درصد از برق تولیدی از نیروگاه‌های برقایی تولید می‌گردد. مزایای انرژی برقایی:

- تجدید پذیر بودن منبع تولید انرژی در این نوع از نیروگاه
- تمیز بودن
- سادگی ورود به مدار و خروج از آن در صورت لزوم

ظرفیت نیروگاه‌های برقایی از چند وات در تجهیزات منفرد تولید برق تا ده‌ها گیگاوات در نیروگاه‌های بزرگ قابل‌تغییر است. بر اساس میزان توان تولیدی سیستم‌های برقایی به چند دسته تقسیم می‌شوند:

جدول ۱ - نیروگاه‌ها و ظرفیت نصب

ظرفیت نصب	نوع نیروگاه
>10 MW	Large hydro
Up to 10 MW	Small hydro
Up to 1 MW	Mini hydro
Up to 100 KW	Micro hydro
Up to 5 KW	Pico hydro

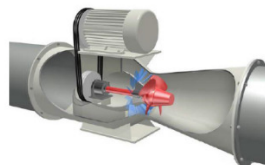
در این میان نیروگاه‌های با توان تولیدی حداکثر صد کیلووات تنها در موارد محدود و به‌منظور برق‌رسانی در سطح شهرک‌های کوچک و ساختمان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند و می‌توانند به سیستم برق شهری متصل گردند. یکی از

منابعی که تاکنون در کشور مورد غفلت قرار گرفته است و می‌تواند جهت تأمین برق آن‌هم به‌صورت پایدار در سطح خردنقش به‌سزایی داشته باشد سیستم‌های توزیع آب شهری هستند. یکی از منابع ارزشمند جهت تولید انرژی برقی که متأسفانه در کشور مورد غفلت واقع شده است، خطوط انتقال و شبکه‌های توزیع آب می‌باشد. در شهر تهران به علت اختلاف ارتفاع زیاد و افزایش فشار در شبکه توزیع و همچنین دبی قابل قبول موجود در لوله‌های شبکه توزیع آب پتانسیل خوبی برای تولید انرژی پاک برقی وجود دارد. انرژی تولیدی شبکه توزیع می‌تواند در جهت استفاده دستگاه‌های هوشمند ساز شبکه و یا کنترل گره‌های شیرهای فشارشکن مورد استفاده قرار بگیرد.

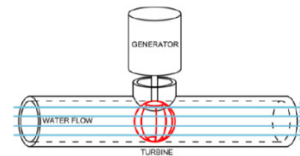
### سیستم برقی داخل لوله:

سیستم برقی داخل لوله به دودسته اصلی تقسیم می‌شود:

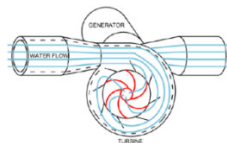
۱. سیستم درونی (Internal system): در این سیستم مولد یا توربین در داخل مجرای اصلی لوله قرار می‌گیرد و تنها ژنراتور از مجرا خارج است.
  ۲. سیستم بیرونی (External system): در این سیستم مولد و ژنراتور در لوله‌ای مجزا از شبکه اصلی قرار دارند که توسط لوله اصلی بای پس می‌شوند.
- سیستم درونی مزایایی همچون کم حجم و کم جا بودن را دارد و این امکان را می‌دهد که بتوان از آن در سیستم‌ها و لوله‌های کوچک بهره برد. توان خروجی از این سیستم از ۵ وات تا ۱۰۰ وات بسته به نوع لوله، مقدار فشار و دبی عبوری می‌تواند متغیر باشد.



شکل - سیستم درونی



شکل - سیستم درونی

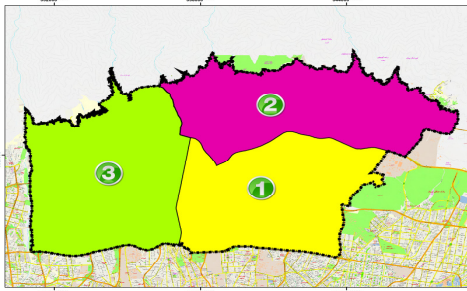


شکل ۲ - سیستم بیرونی

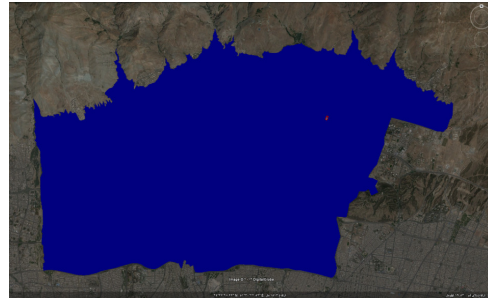
سیستم‌های بیرونی وابستگی کمی به سایز لوله دارند زیرا توربین و ژنراتور در محلی خارج از لوله اصلی قرار دارند و همچنین به دلیل این خاصیت این سیستم انعطاف‌پذیری بیشتری دارد.

### منطقه مورد مطالعه:

منطقه مورد بررسی در این نوشتار منطقه یک آب و فاضلاب شهر تهران می باشد. این منطقه با مساحتی بالغ بر ۱۲۹۵۴ هکتار و ۱۷۵۲ کیلومتر طول شبکه توزیع آب با اختلاف ارتفاعی حدود ۶۰۰ متر از بالا تا پایین منطقه گزینه بسیار مناسبی جهت به کارگیری نیروی برقابی و تولید جریان برق از شبکه توزیع می باشد.



شکل شماره ۴ - محدوده نواحی منطقه یک آبفای تهران



شکل شماره ۳ - محدوده منطقه یک آبفای تهران

به علت گستردگی محل مورد مطالعه تنها به بررسی یک محدوده مخزن از منطقه مورد نظر پرداخته شد:



محدوده مخزن ۳۸

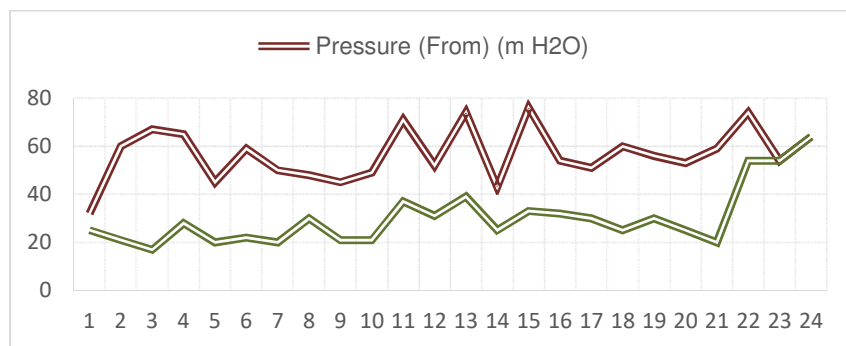


شکل شماره ۵ - محل شیرهای فشار شکن

در محدوده مورد نظر تعداد ۲۴ فقره شیر فشار شکن وجود دارد که اطلاعات آن ها در جدول ذیل آورده شده است:

جدول ۲ - مشخصات شیرهای فشارشکن موجود در سیستم GIS

ID	Elevation (m)	Diameter (Valve) (mm)	Flow (L/s)	Headloss (m)	Pressure (From) (m H2O)	Pressure (To) (m H2O)	X (m)	Y (m)
1	1529.74	150	15.7	6.77	32	25	536,751.28	3,959,255.64
2	1566.33	500	200.3	38.8	60	21	535,626.97	3,959,785.28
3	1595.72	200	15.9	50.35	67	17	535,000.36	3,961,049.13
4	1476.35	150	15.7	36.57	65	28	535,608.54	3,957,909.99
5	1581.56	150	0.5	24.81	45	20	531,018.59	3,960,037.57
6	1602.58	200	16.6	37.08	59	22	534,529.45	3,960,582.97
7	1533.14	200	4.9	29.6	50	20	535,191.95	3,959,808.85
8	1515.48	200	36.4	18.29	48	30	535,415.44	3,958,767.21
9	1565.93	150	2.3	23.98	45	21	535,090.21	3,960,449.33
10	1561.88	200	4.9	28.03	49	21	535,093.36	3,960,416.30
11	1590.36	500	202.3	34.54	71	37	535,556.79	3,960,377.83
12	1513.11	300	71	21.41	52	31	535,843.69	3,958,743.00
13	1589.37	400	0	0	74	39	533,870.63	3,959,879.65
14	1543.15	500	187.5	18.4	43	25	535,680.23	3,959,389.98
15	1553.35	250	22.6	43.1	76	33	533,697.62	3,959,314.88
16	1551.93	150	7.6	22.35	54	32	532,278.94	3,959,054.87
17	1610.07	300	232.5	20.59	51	30	532,696.64	3,959,768.73
18	1601.71	400	0	0	60	25	531,715.36	3,960,061.71
19	1577.07	350	81.7	26.3	56	30	532,094.71	3,959,479.91
20	1608.97	400	91.6	27.56	53	25	532,129.80	3,959,941.22
21	1604.29	100	0.7	38.65	59	20	535,236.41	3,960,926.55
22	1560.31	200	2.7	0	74	۵۴	533,304.53	3,959,350.14
23	1608.17	400	3.9	0	54	54	533,163.39	3,959,935.69
24	1552.48	150	16.2	0	64	64	534,811.59	3,959,637.11



شکل شماره ۶ - فشارهای ورودی و خروجی شیرهای فشارشکن



شکل شماره ۷ - مدل هیدرولیکی مخزن ۳۸

#### توجیه اقتصادی:

به کارگیری نیروگاه‌های برقی در سطح کلان به ارائه برآوردهای مقایسه‌ای از هزینه‌ها بستگی دارد. در سطح خرد هم این گونه است. در طراحی نیروگاه‌ها و دستگاه‌های برقی باید مدلی تعریف کرد که مصرف‌کننده توان پرداخت آن قیمت‌ها را داشته باشد و پروژه هم پایداری کافی را داشته باشد. هزینه‌های سالانه یک پروژه برقی مانند سایر پروژه‌های عمرانی شامل موارد زیر هست:

- سرمایه‌گذاری اولیه
- هزینه بهره‌برداری و نگهداری
- مالیات و عوارض
- تخریب و جمع‌آوری در پایان عمر نیروگاه (در پروژه مورد بحث این مورد در صورت کاهش فشار شبکه و غیرقابل استفاده شدن آن اتفاق می‌افتد)

#### هزینه برق‌دار کردن کنترل‌گرهای شیرهای فشارشکن و تجهیزات هوشمند ساز

در حال حاضر در منطقه یک آبی‌ای تهران از تعداد ۳۳۴ شیر فشارشکن جهت کاهش فشار استفاده می‌گردد تا به شبکه آبرسانی آسیبی وارد نشود. همچنین هر یک از این شیرها نیازمند کنترل‌گرهایی هستند جهت هشدار و همچنین هوشمند سازی شبکه که جهت برق مصرفی این عوامل هزینه زیادی صورت می‌پذیرد.



**جدول ۳ - هزینه برق دار کردن کنترل گرهای شیرهای فشارشکن**

۷۰۰۰۰۰۰	هزینه مجوز شهرداری برای هر ایستگاه
۲۰۰۰۰۰	هزینه اخذ مجوز برق برای هر ایستگاه
۱۵۱۵۰۰۰۰	هزینه اخذ مجوز اشتراک برق برای هر ایستگاه
۲۷۲۰۰۰۰۰	هزینه خرید و نصب تیر بتنی به همراه جعبه محافظ کنتور برق و جعبه محافظ تجهیزات کنترلر برای هر ایستگاه
۲۶۵۰۰۰۰۰	هزینه جابجایی تجهیزات کنترلر از اتاقچه به بیرون از اتاقچه برای هر ایستگاه
۷۶۰۵۰۰۰۰	میانگین هزینه برق دار کردن یک دستگاه شیر فشارشکن با هزینه جابجایی تجهیزات کنترلر به بیرون اتاقچه

با توجه به نوع دستگاههایی که در سیستم مورد استفاده قرار می گیرند به راحتی با نصب میکرو توربین ها در مسیر شبکه توزیع آب می توان برق مورد نیاز این دستگاهها را تأمین نموده و از نیروی برقی پایدار و دائمی برخوردار باشیم.

**جدول ۴ - مقدار برق مورد نیاز دستگاهها**

۲۴	حداکثر ولتاژ دستگاههای کنترلر فشار
۱/۵	حداکثر جریان دستگاههای کنترلر فشار
۳۶	حداکثر توان دستگاههای کنترلر فشار
۲۲۰	حداکثر ولتاژ دستگاههای آنالیزور کیفی
۱	حداکثر جریان دستگاههای آنالیزور کیفی

استفاده از سیستمهای hydropower در شبکه آبرسانی مزایای گوناگونی را دارا می باشد:

۱. ایجاد برق دائمی از شبکه توزیع
۲. تغییر ناچیز هد آب توسط توربین ها
۳. صرفه اقتصادی جهت تأمین برق
۴. کنترل بهتر شبکه توزیع
۵. کاهش تلفات آب ناشی از نشت به دلیل عدم کنترل فشار

**۲- جمع بندی و پیشنهادها**

همان طور که مشاهده گردید، هزینه های زیست محیطی تولید هر کیلووات ساعت برق در نیروگاه های دیزلی ۱۲۸/۷ ریال است که بالاترین رقم را نشان می دهد و میانگین هزینه های زیست محیطی این نیروگاهها نیز، حدود ۹۷/۵ ریال به ازای هر کیلووات ساعت تولید برق اعلام شده است؛ که این مسئله نشان دهنده اقتصادی بودن و به صرفه بودن این روش می باشد.

با توجه به محدوده‌های مورد بررسی استفاده از این سیستم در محدوده آب و فاضلاب منطقه یک شهر تهران به دلیل اختلاف ارتفاع زیاد نتایج مطلوبی استفاده از انرژی‌های برقی تولید شده ناشی از شبکه‌های توزیع آب شهری پیشنهاد می‌گردد.

### ۳- منابع

M.Ricardo, N.Vilanove, J.Balestieri, (2013), "Energy and hydraulic efficiency in conventional water supply systems", Renewable and Sustainable Energy Reviews.

R.Sitzenfrei, D.Berger, W.Rauch, (2015), "Design and optimization of small hydropower systems in water distribution networks under consideration of rehabilitation measures", Urban Water Journal

A.Nardo, M.Natale, C.Giudicianni, (2017), "Economic and Energy Criteria for District Meter Areas Design of Water Distribution Networks", water.

L. Mbele, K. Kusakana, (2017), "Overview of Conduit Hydropower in South Africa: Status and Applications", IEEE PES-IAS PowerAfrica.

A.Muhammetoglu, E.Karadirek, O.Ozen, H.Muhammetoglu, (2017), "Full-Scale PAT Application for Energy Production and Pressure Reduction in a Water Distribution Network".

M.Venturini, S.Alvisi, S.Simani and L.Manservigi, (2015), "Energy Production by Means of Pumps As Turbines in Water Distribution Networks", energies.

## **Hydropower production assessment from urban water distribution network (Case Study: Tehran Water and Wastewater District region one)**

**Seyedeh Zainab Yaghoobi <sup>1</sup>, Islam Starrazadeh <sup>2</sup>, Setareh Azizian <sup>3</sup>,  
Yasaman Mohammadi Hashemi <sup>4</sup>**

**1- Ph.D. in Environmental Sciences, Islamic Azad University, Tehran Research Branch, yaghoot\_szs@yahoo.com**

**2- Ph.D. student of Water Resources Management, Islamic Azad University, Tehran Branch**

**3- Ph.D. student of Water Resources Management, Islamic Azad University, Research Branch of Tehran**

**4- Master of Science, Structural Civil Engineering, Imam Khomeini International University, j.mohammadihashemi@gmail.com**

### **Abstract**

The growing population and the limited and high cost of energy resources are one of the obstacles to sustainable development. In the meantime, the use of renewable and sustainable resources is an effective step towards promoting countries and taking steps towards sustainable development. The need to save water and energy has become one of the main concerns of the world and this concern will increase in the future. Three community, economic and environmental factors must be considered in order to create sustainable development in society in any implementation plan. Hydro energy is a valuable energy competing with other new energy sources. Hydraulic power in our country has a special place and about 65% of electricity is generated from hydroelectric power plants. One of the most valuable sources of hydrogen energy that unfortunately has been neglected in the country is the transmission lines and distribution networks. In Tehran, due to the high altitude difference and the increase in pressure in the distribution network, as well as the acceptable flow of water pipes in the distribution network, there is a good potential for generating clean energy. Generated distribution network energy can be used to use network intelligent devices or gyro controllers.

**KEYWORDS: Sustainable Development, Renewable Resources, Hydraulic Power**