مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره هشت، آبان ماه ۱۴۰۰(۷۷-۵۹)

ارزیابی سناریوی صرفه جویی آب در راستای مدیریت یکپارچه انرژی و محیط زیست و مدل‌سازی آن با استفاده از نرم افزار LEAP

(مطالعه موردی: سیستم انرژی پیرامون رودخانه جاجرود)

نازنین جوادیفرد[۱]

سمیرا خدیوی[۲] *

Khadivi.samira@gmail.com

سعید مطهری[۲]

مریم فراهانی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۷/۶/۱۲ **تاریخ پذیرش: ۹۸/۳/۱**

چکیده

زمینه و هدف: افزایش روز افزون مصرف انرژی با کاهش منابع طبیعی و آلودگی محیط زیست تهدید جدی برای بشر است. لذا استفاده منطقی و برنامه ریزی در این زمینه اهمیت زیادی دارد . مطالعه حاضر با هدف مدیریت یکپارچه انرژی و محیط زیست با استفاده از نرم افزار LEAP پیرامون رودخانه جاجرود انجام پذیرفت.

روش بررسی: سیستم عرضه (تولید، واردات، انتقال و توزیع برق نیروگاه برق آبی لتیان)، تقاضای آب رودخانه جاجرود(مصارف شهری، کشاورزی و صنعتی) و اثرات زیست محیطی انرژی برای محدوده مرز فیزیکی تعیین شده با بهره گیری از توانمندی های نرم افزار LEAP مدل‌سازی گردید. سپس نتایج حاصل از اجرای مدل در سناریوی مرجع و سناریوی سیاست های بهینه سازی مصرف آب با راهکارهای مختلف غیر قیمتی (در بخش خانگی، کشاورزی و صنعتی) در افق ده ساله مقایسه شد.

یافته ها: تقاضای انرژی در بخش آب و عرضه برق منطقه در سال پایه(۱۳۹۵) به ترتیب بالغ بر ۵۰۶/۴ و ۵۶۰۷/۴ میلیون کیلووات ساعت بوده است که انتظار می رود در سال ۱۴۰۵به ۶۵۱/۲ و ۷۱۶۲/۹ میلیون کیلووات ساعت تحت سناریوی مرجع برسد. درحالی‌که کل تقاضای انرژی در بخش آب و عرضه برق منطقه در سناریوی صرفه جویی مصرف آب به ترتیب ۴۲۲/۵ و ۷۰۲۸/۵ میلیون کیلووات ساعت خواهد بود. انتشار دی اکسید کربن در سناریوی مرجع از ۶/۴۳ میلیون تن در سال پایه به ۷/۹۴ میلیون تن در سال ۱۴۰۵ خواهد رسید. درحالی‌که تحت سناریو پیشنهادی۷/۹۲ میلیون تن خواهد شد.

۱- دانشجوی دکتری مدیریت محیط زیست، گروه محیط زیست، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران.

۲- استادیار، گروه محیط زیست، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران. *(مسوول مکاتبات)

بحث و نتیجه گیری: با اجرای سناریوی صرفه جویی آب در منطقه مورد مطالعه، میزان مصرف آب تا ۱۰۰ میلیون متـر مکعـب در سـال کاهش خواهد یافت. همچنین کاهش ۳۲/۹ درصدی در مصرف انرژی و ۲۰هزار تنی در انتشار گازهای گلخانه ای در سال انتهـای طـرح را در پی خواهد داشت که در بهبود محیط زیست حائز اهمیت می باشد.

واژه های کلیدی: مدیریت یکپارچه، انرژی، محیط زیست، رودخانه جاجرود، نرم افزارLEAP .

J. Env. Sci. Tech., Vol 23, No. 8, November, 2021

Evaluation of the Water Saving Scenario for Integrated Energy and Environmental Management and its Modeling Using LEAP Software (Case study: Energy system around Jajrood River)

Nazanin Jvadifard[1]
Samira Khadivi[2]*
Khadivi.samira@gmail.com
Saeid Motahari[2]
Maryam Farahani[2]

Admission Date:May 22, 2019 Date Received: September 3, 2018

Abstract

Background and Objective: Increasing energy consumption by reducing natural resources and contaminating the environment is a serious threat to human. Therefore, wise use and planning is important in this regard. Present study carried out to assess integrated energy and environmental management using LEAP software around Jajrood River

Material and Methodology: Supply system (production, import, transmission and distribution of Latyan hydroelectric power plant), water demand of Jajrood River (urban, agricultural and industrial consumption) and environmental impacts of energy for the determined physical boundary range were modeled by using the capabilities of the LEAP software. Then, the results of model implementation in the reference scenario and scenario of water consumption optimization policies contains the different non-price strategies (household, agricultural and industrial sectors) were compared in a 10-year period.

Findings: Energy demand in water sector and the supply of electricity in the base year (2016) were 506/4 and 5607/4 MkWh, respectively, which is expected to reach 651/2 and 7162/9 MkWh in 2026 under the reference scenario. While the total energy demand in the water sector and electricity supply of this region will be 422/5 and 7028/5 MkWh, in the water saving scenario. The carbon dioxide emission in the reference scenario will be increased from 6/43 Mt in the base year to 7/94Mt in 2026. While it will be 7/92 Mt under the proposed scenario.

Discussion and Conclusions: By implementing the water saving scenario in the studied area, water consumption will decrease to 100 Mm^3per year. Also it will be reduced 32/9 percent energy consumption and 20000 tons of greenhouse gas emissions in the year-end of the plan, which will be important in improving the environment.

Keywords: Integrated Management, Energy, Environment, Jajrood River, LEAP Software.

1- PhD Student in Environmental Management, Department of Environment, Roudehen Branch, Islamic Azad University, Roudehen, Iran
2- Assistant Professor, Department of Environment, Roodehen Branch, Islamic Azad University, Roodehen, Iran
*(Corresponding Author)

مقدمه

انتشارات آلایندگی در زنجیره استخراج، حمل، فرآورش، تبدیل و انتقال و توزیع و در نهایت مصرف انرژی به شکل های مختلف موجب آلایندگی محیط زیست شده و هم اکنون یکی از سیاست های اصلی کاهش تغییرات آب و هوایی، کاهش شدت مصرف انرژی و مدیریت تلفات در زنجیره تولید و عرضه می باشد. بنابراین یک سیستم انرژی پایدار، به معنای کنش پایدار داخلی سیستم (تخصیص بهینه منابع) و اندرکنش آن با محیط زیست با بهره گیری از انرژی های تجدیدپذیر و مصرف منطقی حامل های انرژی است. لذا یک پیوستگی قدرتمندی بین انرژی و محیط زیست وجود دارد و توسعه بخش انرژی بدون لحاظ کردن ابعاد زیست محیطی ارزش چندانی ندارد (۱). مصرف انرژی به‌خصوص سوختهای فسیلی از عوامل مهم ایجاد آلودگی هوا و تغییرات اقلیمی به شمار می رود. لذا استفاده بهینه از انرژی در فرآیند توسعه اقتصادی همواره به عنوان هدفی مهم در دستیابی به توسعه پایدار مدنظر بوده است. برنامه ریزی انرژی و بهره گیری از ابزارهای طراحی سیاست های انرژی و زیست محیطی یکی از مهمترین مسائل راهبردی است که جهت تأمین تقاضای انرژی در جوامع امروزی بدان پرداخته می شود. مسائل زیست محیطی بخصوص تغییرات آب وهوایی، به دلیل افزایش انتشار گازهای گلخانه ای در چند دهه اخیر، مسئاله ای جهانی شده است. در ایران بخش نیروگاهی با سهم ۳۰/۲ درصدی از کل انتشار دی اکسید کربن، بزرگترین بخش منتشر کننده ی گازهای گلخانه ای است (۲).

افزایش مشکلات زیست محیطی ناشی از رشد مصرف جهانی انرژی اهمیت برنامه‌ریزی انرژی و بهره گیری از ابزارهای طراحی سیاست های انرژی و زیست محیطی را به خوبی نشان می دهد. این ابزارها پس از شوک نفتی دهه هفتاد برای نخستین بار با هدف حرکت در مسیر دستیابی به سبد سوختی بهینه برای سیستم انرژی، توسعه داده شدند. اولین مدل های تقاضای انرژی بر مبنای نظریه های اقتصادسنجی بود، و تقاضای انرژی را با شاخص‌های اقتصاد کلان مانند تولید ناخالص ملی، همبسته می‌کردند. (۳) و (۴). رویکردها و روش های مدل سازی تقاضای انرژی در سطح کاربردی بسیار متنوع بوده و از مدل های ساده آماری تا مدل های پیچیده تلفیقی را در بر می گیرد. در روش های تلفیقی که در آن، روشهای مهندسی اقتصادسنجی و یا سایر روش ها به کمک یکدیگر می آیند، مدل های تلفیقی تدوین می‌شوند (۵) و (۶). عموماً تصمیم گیران بخش انرژی به منظور دستیابی به رهیافتی که بتوانند به‌وسیله آن بازخوردهای متفاوت سیاست های مورد نظر را تحلیل نمایند، به توسعه مدلهای مختلف ریاضی روی آورده اند. بسترهای مجازی ایجاد شده به مثابه مدلی کامپیوتری از سیستم انرژی بوده و ابزاری جهت تحلیل های یکپارچه انرژی - اقتصاد و محیط زیست را فراهم می آورند. یکی از ابزارهایی که در همین زمینه از آن استفاده می شود، سیستم برنامه ریزی بلند مدت جایگزین های انرژی، LEAP[1] است. نسخه اولیه LEAP در سال ۱۹۸۰ توسط گروه تحقیقات پژوهشکده زیست محیطی استکهلم (SEI[2]) جهت تحلیل یکپارچه انرژی – محیط زیست سیستم های انرژی توسعه داده شد (۷). مدل‌ساز LEAP ابزاری مناسب جهت ارزیابی یکپارچه سیاستهای انرژی، تدوین و سیاستگذاری بخش انرژی و ارزیابی انتشار گازهای گلخانه ای می باشد. این نرم افزار بر اساس رویکرد سناریویی، به ارزیابی اثرات توسعه بخش انرژی بر انتشار گازهای گلخانه ای می پردازد و اطلاعات جامعی در خصوص تحلیل هزینه های کاهش انتشار را در اختیار کاربران قرار می دهد و با استفاده از فاکتورهایی نظیر تغییر و بهبود تکنولوژی، محدودسازی فعالیت های انرژی در زیر بخش های اقتصادی و اهداف کاهش انتشار، محاسبات را انجام می دهد (۸).

تا کنون مطالعات زیادی در مورد انرژی و محیط زیست در سراسر دنیا صورت گرفته است. به‌طور مثال در سال ۱۳۹۴ اقبالی و همکاران (۹) تحقیقی در مورد برنامه‌ریزی، پیش بینی، سناریو سازی و مدل سازی حاملهای انرژی و زیر بخشهای آن براساس ترازنامه انرژی وماتریسهای تبدیل با استفاده ازنرم افزار LEAP انجام دادند. میزان تولید و مصرف هر یک از حاملهای

1- Long-range Energy Alternatives Planning
2- International Energy Agency

اولیه انرژی، از ترازنامه انرژی استخراج شده و سپس با استفاده ازالگوی خطی Y=ax+b، پیش بینی مصرف درزیربخشهای مختلف برای ۲۰ سال آینده و سناریوسازی، بررسی اقتصادی و زیست محیطی انجام یافته است. این پژوهش علاوه بر طرح چند سناریو، در قالب حل یک مسئله ی بهینه سازی با توابع هدف چندگانه، همزمان به کمینه کردن آلاینده های هزینه های زیست محیطی COx، SOx و NOx هزینه ها و مصرف فرآورده های نفتی و بیشینه کردن بازدهی سیستم، بهره گیری از منابع محلی در اختیار و منابع تجدیدپذیر و کارآفرینی می‌پردازد (۱۰). لی جان پن[1] و همکاران در سال ۲۰۱۳ (۱۱) تحقیقی با عنوان " تجزیه و تحلیل کاهش انتشار آلاینده های اصلی هوا و گازهای گلخانه ای در پکن بر اساس مدل LEAP" را ارائه نمودند. در این تحقیق اثر اقدامات مختلف در دو سناریوی صرفه جویی کم و متوسط انرژی و سیاست های کاهش آلودگی مورد بررسی قرار گرفته است. سپس مدل برنامه ریزی بلند مدت جایگزینی حامل های انرژی برای پیش بینی کاهش اثرات آلاینده های اصلی اتمسفر و گازهای گلخانه ای در سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ در دو سناریو به کار برده شده است. نتایج نشان داده است که بهینه سازی مصرف انرژی از طریق اعمال سیاستهای صرفه جویی انرژی و حفاظت از محیط زیست توجیه پذیر بوده و تا سال ۲۰۲۰ تقاضای انرژی در پکن تا ۱۰ میلیون تن معادل ذغال سنگ کاهش می یابد. زونگو ون[2] و همکاران در سال ۲۰۱۴ (۱۲) در مطالعه ای با عنوان "تجزیه و تحلیل پتانسیل حفاظت از انرژی و کاهش تولید CO_2 در صنعت فلزات غیر آهنی چین از دیدگاه فن آوری از نرم افزار LEAP برای تجزیه و تحلیل صنایع فلزات غیر آهنی" استفاده نموده اند. از آنجاکه این صنعت یک صنعت انرژی بر است که با چالش های بزرگ مربوط به مصرف انرژی و تغییرات آب و هوایی جهانی مواجه است، در این مقاله یک سیستم فن آوری در مدل LEAP به منظور برآورد حفاظت از انرژی و کاهش پتانسیل تولید CO_2 برای صنعت فلزات غیر آهنی چین در ۲۰۱۰-۲۰۲۰ ایجاد شده است. نتایج آنها نشان داده است که مصرف انرژی و تولید CO_2 به سرعت به رشد خود همراه با توسعه این بخش ادامه خواهد داد. مصرف انرژی در سناریوی BAU به ۸۸۱۵۰۰۰۰ tce در سال ۲۰۲۰ می رسد که ۶۱ درصد بالاتر از سال ۲۰۱۰ خواهد بود. مقایسه وضعیت انرژی ایران در سال ۱۳۹۴ با ارقام مشابه در سال ۱۳۸۶ نشان میدهد که جمع عرضه انرژی اولیه با رشد سالیانه ۲/۶ درصد از ۱۴۲۹/۵ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۸۶ به ۱۷۹۵/۹ میلیون بشکه معادل نفت خام رسیده است و کل مصرف نهایی انرژی با رشد سالیانه ۲/۲ درصد از ۹۷۱/۹ به ۱۱۵۸/۴ میلیون بشکه معادل نفت خام افزایش یافته است. این افزایش در مصرف نهایی انرژی، ضرورت تداوم و شتاب در اقدامات بهینه سازی در عرضه و تقاضای انرژی و کاهش تبعات زیست محیطی ناشی از آن را بیش از پیش ضروری می‌سازد (۱۳). بنابراین مطالعه حاضر با هدف تدوین مدل مدیریتی یکپارچه انرژی و محیط زیست در حوضه رودخانه جاجرود و مدل سازی زنجیره تولید، عرضه و تقاضای برق در کنار مدل سازی مسائل زیست محیطی از قبیل انتشار گازهای گلخانه ای انجام گرفت.

روش بررسی

مشخصات منطقه مورد مطالعه و اهمیت رودخانه جاجرود: جاجرود رودخانه دایمی است که از شمال به حوضه آبریز لار، از جنوب به دشت (اراضی بیابانی) ورامین و رودخانه شور از شرق به حوزه آبریز حبله رود و از غرب به حوزه های تهران و رودخانه کرج محدود گردیده است. منطقه مورد مطالعه با وسعت ۲۸۷ کیلومتر مربع در طول جغرافیایی ۳۹-۵۱ تا ۵۱-۵۱ شرقی و عرضه جغرافیایی ۳۶-۳۵ تا ۴۹-۳۵ شمالی واقع شده است. منبع جریان آب رودخانه ای از سه رودخانه جاجرود، نهر لتیان و آب انتقالی از سد لار از طریق تونل لار-کلان می باشد. جریان آب در سد لتیان ذخیره شده و از طریق سد تنظیمی کوچک در مسیرهای مختلف جریان می یابد. بخشی از آب رودخانه از طریق خطوط انتقال آب به تصفیه خانه آب شماره ۵ تهران پارس انتقال یافته و در آنجا تصفیه و از طریق سیستم توزیع ثانویه به مصارف شهری منتقل می

1- Li Jun Pan
2- Zongguo Wen

گردد. همچنین بخشی از آب نیز به مصارف خانگی پیرامون رودخانه انتقال یافته و بخشی نیز به مصارف صنعتی و کشاورزی منتقل می شود(۱۴). حدود ۲۵ درصد مشترکین آب شهری کشور در شهر تهران قرار گرفته و رشد تقاضا در سال های آتی و از طرفی محدودیت منابع آبی ، چالشهای پیش روی تهران را عمیق تر خواهند نمود (۱۵). مهمترین بهره‌برداری‌هایی که در حال حاضر از این منبع حیاتی به عمل می‌آید عبارت است از: آبگیری دریاچه سد لتیان که قسمتی از آب و برق تهران را تامین می‌کند، آبیاری باغات و اراضی کشاورزی، تامین آب شرب بخش‌ها و اکثر دهات و کلیه تاسیسات تفرجگاهی منطقه لواسانات و رودبار قصران، تامین آب کارخانه گچ و معادن لواسانات و رودبار قصران، و تامین آب پروژه‌های جنگلکاری قوچک، نارون، حوزه آبریز سد لتیان. به طوری‌که در حال حاضر، مهمترین بهره‌برداری تامین آب دریاچه سد لتیان است. (۱۶).

نگاهی به مدل ساز LEAP: نرم افزار LEAP ابزار مدل سازی جامع انرژی - اقتصاد - محیط زیست بر اساس سناریوهاست. سناریوها بر اساس چگونگی ساختار مصرف، تبدیل و تولید انرژی در منطقه یا اقتصاد خاصی تحت دامنه گسترده ای از گزینه های جمعیتی، توسعه اقتصادی، فناوری، قیمت و امثال آن طراحی می شوند. از نرم افزار LEAP برای پیش بینی عرضه-تقاضا به منظور شناسایی الگوهای آتی، شناسایی پتانسیل صرفه جویی، ارزیابی تاثیرات زیست محیطی، سیاست‌های انرژی استفاده می‌شود. این نرم افزار با در نظر گرفتن داده های زیست محیطی مثل فاکتورهای گسترده انتشار، بانک اطلاعاتی کاربردی و امکان وارد کردن مستقیم داده از روی صفحه نمایش، به بررسی قیمت و آنالیز انتشار نیز می پردازد. با توجه به ارتباط نرم افزار با بانک اطلاعات زیست محیطی، LEAP می تواند مقدار انتشار گازهای گلخانه ای ناشی از فعالیتهای استخراج، فرایند، توزیع و احتراق سوختهای مختلف را ارزیابی کند (۱۷). در تحقیق حاضر از روش تحلیل فعالیت که عمومی‌تر بوده و در کلیه بخش‌های تقاضای انرژی نظیر بخش خانگی، صنعت، کشاورزی و ...قابل کاربرد است، استفاده شده است. در تحلیل انرژی نهایی، تقاضای انرژی از رابطه ۱ حاصل می‌شود. $D_{b,s,t} = TA_{b,s,t} \times EI_{b,s,t}$ (رابطه ۱)

در رابطه فوق، D تقاضای انرژی نهایی، TA کل فعالیت، EI شدت انرژی،b شاخه فناوری منفردی که با یک سوخت مشخص شده است، s سناریو و t هم نمایانگر زمان (سال) می باشد. سطح فعالیت کل برای یک شاخه فناوری از حاصلضرب سطوح فعالیت در تمامی شاخه‌های پشت سر هم بدست می آید و با رابطه (۲) قابل بیان است. $TA_{b,s,t} = A_{b1,s,t} \times A_{b2,s,t} \times A_{b3,s,t} \times \ldots$ (رابطه ۲)

در رابطه (۲) A_b سطح فعالیت در شاخهb_1 ، b_2 و سر شاخهb_1 وb_3 پدر بزرگ شاخه b_1 خواهد بود. در تجزیه و تحلیل تقاضای انرژی مفید، شدت انرژی نه برای فناوری، بلکه برای یک نیاز اصلی انرژی تعریف می شود. در این روش تنها یک شدت مصرف تعریف و در کنار بازدهی تبدیل و سهم انواع سوخت‌ها مشخص می‌شود. فرمولاسیون برای هر شاخه فناوری در سال پایه مطابق رابطه (۳)خواهد بود:

$$UE_{b,0} = EI_{AG,0} \times FS_{b,0} \times EFF_{b,0} \quad (۳)$$

در رابطه بالا، $UE_{b,0}$ نمایانگر انرژی مفید فناوری b در سال پایه، $FS_{b,0}$ سهم انواع سوخت‌ها در سال پایه، $EI_{AG,0}$ شدت مصرف نهایی همفزون[1] در سال پایه، و $EFF_{b,0}$ بازدهی می باشد. همچنین کل تقاضای انرژی برای هر فناوری از رابطه ۴ به دست می آید که در واقع همانند محاسبات مربوط به انرژی نهایی در قسمت های قبلی می باشد.

$$D_{b,s,t} = TA_{b,s,t} \times EI_{b,s,t} \quad (۴)$$

این روش عمومی بوده و در تمامی بخش های تقاضای انرژی کاربرد دارد و نیاز به داده های کمتری دارد (۴، ۱۸، ۱۹).

روش تحقیق

ابتدا سیستم انرژی مرتبط با سیستم تولید، عرضه و تقاضای آب رودخانه جاجرود برای محدوده مرز فیزیکی تعیین شده در نرم افزار LEAP توصیف شد و در ادامه نیز چارچوب مدل سازی، گردآوری و تغذیه داده ها و استخراج نتایج انجام گرفت.

1- Aggregate

در این طرح پژوهشی سیستم انرژی شامل جریان های اصلی ورودی به سد لتیان، نیروگاه برق آبی لتیان، ایستگاه های پمپاژ آب به مصرف کننده های شهری (شرق و جنوب شرق تهران)، کشاورزی و صنعتی و همچنین سایر تأسیسات آب می باشد. بنابراین اجزای سیستم انرژی شامل بخشی از شهر تهران (ساختمان های مسکونی، ساختمان های تجاری، فضای سبز)، سیستم عرضه آب آشامیدنی، سیستم عرضه آب کشاورزی، سیستم آب صنعتی، نیروگاه برق آبی لتیان می باشد. مصرف انرژی شامل برق و گاز طبیعی و دیزل می باشد که برق از طریق نیروگاه لتیان و نیروگاه های فسیلی و واردات برق به سیستم انرژی صورت می گیرد. مبنای مدل انرژی شامل سال پایه شبیه سازی ۱۳۹۵(۲۰۱۶) افق مدل سازی ۱۴۰۵ (۲۰۲۶) و مدل شامل دو سمت عرضه و تقاضای انرژی و همچنین با پوشش انتشارات زیست محیطی سیستم انرژی خواهد بود. سناریوی سیاست های بهینه سازی مصرف آب با راهکارها و برنامه های مختلف غیر قیمتی با هدف بررسی تأثیر تقاضای آب بر میزان مصرف انرژی و کاهش معضلات محیط زیستی مربوط به آن، ارایه، تحلیل و مدل سازی گردید. در این سناریو فرض بر این است که مدیریت آب استان مجموعه راهکارهای اجباری برای صرفه جویی مصرف آب به اجرا در بیاورد که این راهکارها در بخش آب شرب شهری شامل از بین بردن نشتی و چکه کردن شیرها، نگهداری آب آشامیدنی در یخچال، افزودن آب پاش(آب فشان) مناسب در حمام، بهره گیری از ماشین لباسشویی و ظرفشویی در ظرفیت مناسب (ضریب ظرفیت بالاتر از ۶۰ درصد)، اجتناب از تمیز کردن حیاط و راه پله ها با فشار آب، جلوگیری از هدر رفت آب در سیستم های سرمایشی اعم از کولرهای آبی و برج خنک کن ها و ... می باشد. انتظار می رود با اجرای این راهکارها، میزان سرانه مصرف آب تا سال ۲۰۲۶ (۱۴۰۵) در شهر تهران از ۱۴۲ لیتر بر نفر در روز فعلی به حدود ۹۰ لیتر بر نفر در روز(الگوی استاندارد) بالغ شود. همچنین انتظار می رود با اجرای مجموعه ای از راهکارهایی نظیر تغییر سیستم آبیاری،نوع کشت و غیره در بخش کشاورزی و تغییر تجهیزات، سیستم شستشو، فرآیند تولید، خنک سازی و... در بخش صنعتی به ترتیب میزان تقاضای سالانه ۱/۵ و ۱/۰ درصد کاهش یابد. داده های مورد استفاده در سیستم انرژی گسترده و شامل جمعیت، تعداد خانوارها، بعد خانوار، شدت مصرف انرژی در بخش خانگی، شدت مصرف انرژی در بخش تجاری، پروفیل های بار اعم از انرژی و آب، داده های نیروگاه لتیان و غیره می‌باشد، که در جداول ۱ تا ۴ با ذکر منابع ارایه شده است.

جدول ۱- داده های ورودی مربوط به درایورهای اصلی مدل (۱۴)

Table 1. Input data related to the main drivers of the model

ردیف	نام پارامتر	واحد	مقدار شاخص	
			۱۳۹۵	۱۴۰۵
۱	جمعیت تحت پوشش سیستم انرژی (جمعیت با تأمین آب از رودخانه جاجرود)	هزار نفر	۴۴۰۰/۳	۵۴۷۰/۰
۲	میانگین رشد جمعیت سالانه	درصد	۲/۲	
۳	انداز ه خانوار	نفر	۳/۰۷	

جدول ۲- شدت مصرف انرژی بخش خانگی(۱۳)

Table 2. The intensity of household energy consumption

ردیف	نام پارامتر	واحد	مقدار در سال پایه	توضیحات
۱	شدت مصرف گاز گرمایش فضا	مترمکعب بر خانوار	۱۱۷۵/۷	گاز طبیعی
۲	شدت مصرف گاز آبگرم مصرفی		۵۱۵/۰	
۳	شدت مصرف گاز پخت و پز		۲۰۰/۴	
۴	سرمایش فضا	کیلووات ساعت بر خانوار	۱۰۳۷/۳۳	برق
۵	روشنایی		۵۲۰/۰	
۶	لوازم خانگی و سایر		۱۰۷۲/۲	

جدول ۳- شدت مصرف انرژی در سیستم عرضه آب (۱۳)

Table 3. Energy intensity in the water supply system

ردیف	نام پارامتر	واحد	مقدار	توضیحات
۱	میانگین شدت مصرف پمپاژ آب داخلی ساختمان	کیلووات ساعت بر مترمکعب	۰/۰۲۸	برق
۲	شدت مصرف پمپاژ آب داخلی صنعت		۰/۰۶۸	
۳	شدت مصرف پمپاژ آب دراخلی کشاورزی(آبیاری تحت فشار یا سایر)		۰/۰۳۱	
۴	شدت مصرف برق تصفیه آب		۰/۰۳۹۵	
۵	شدت مصرف حرارت تصفیه آب	مگاژول بر مترمکعب	۳/۰۵۴	گاز طبیعی

جدول۴- مشخصات ظرفیت (مگاوات) و تولید برق (هزارکیلووات ساعت) نیروگاه برق لتیان (۱۳)

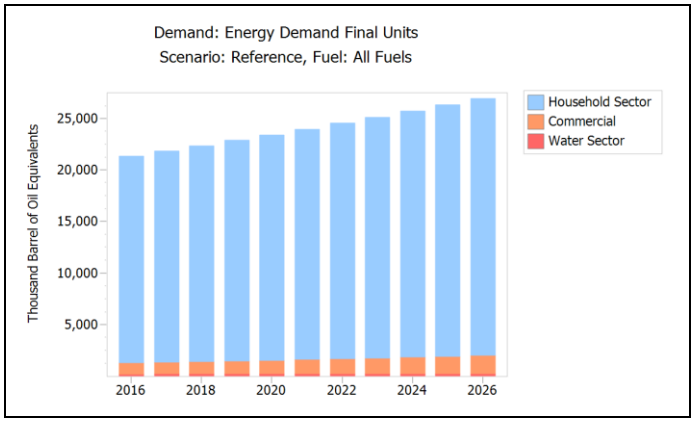
Table 4 . Specification of capacity and power generation of Latiyan power plant

سال		واحد ۱	واحد ۲	جمع
۱۳۹۰	ظرفیت	۲۲/۵	۲۲/۵	۴۵
	تولید	۲۱۳۶۱	۴۳۷۰۰	۶۵۰۶۱
۱۳۹۱	ظرفیت	۲۲/۵	۲۲/۵	۴۵
	تولید	۴۱۱۲۵	۲۸۷۵۱	۶۹۸۷۶
۱۳۹۲	ظرفیت	۲۲/۵	۲۲/۵	۴۵
	تولید	۴۱۱۲۵	۲۸۷۵۱	۶۹۸۷۶
۱۳۹۳	ظرفیت	۲۳	۲۳	۴۶
	تولید	۲۲۹۸۹	۷۳۶۹	۳۰۳۵۸
۱۳۹۴	ظرفیت	۲۳	۲۳	۴۶
	تولید	۳۸۲۱۱	۱۵۵۰۱	۵۳۷۱۲
۱۳۹۵	ظرفیت	۲۳	۲۳	۴۶
	تولید	۳۱۸۴۴	۳۳۵۳۴	۶۵۳۷۸

یافته ها

❖ تقاضای کلی انرژی

بررسی نتایج مدل نشان می دهد که کل تقاضای انرژی در سیستم انرژی در سال پایه ۱۳۹۵ حدود ۲۱۳۳۳/۳ هزار بشکه معادل نفت خام می باشد که انتظار می رود در افق مدل‌سازی این میزان به بیش از ۲۶۹۶۱ هزار بشکه معادل نفت خام برسد. جزئیات روند تقاضای حامل های انرژی در بخش های مختلف در نمودار ۱ نمایش داده شده است. میانگین رشد سالانه تقاضای انرژی سیستم آب نیز حدود ۲/۷۸ درصد و کل تقاضای انرژی در سال ۱۳۹۵ بالغ بر ۰/۱۹ میلیون بشکه معادل نفت خام بوده که در سال ۱۴۰۵ به حدود ۰/۲۵ میلیون بشکه معادل نفت خام خواهد رسید. از نظر سهم بخش‌ها در تقاضای انرژی در سال پایه سهم بخش های خانگی، تجاری و سیستم آب به ترتیب ۹۴/۱۲ ، ۵/۰۱ و ۰/۸۸ درصد می باشد که این میزان در سال ۱۴۰۵ به ترتیب به ۹۲/۵۷ ، ۶/۵۲ و ۰/۹۱ درصد تغییر خواهد یافت.



نمودار۱- روند تقاضای انرژی سیستم انرژی در سناریوی مرجع

Figure 1. Energy demand for energy system in the reference scenario

❖ تقاضای حامل های انرژی در سیستم انرژی

از نظر میزان تقاضای حامل های انرژی، نتایج نشان می دهد که میزان تقاضای برق از ۳/۴۹ میلیون بشکه معادل نفت خام (۵/۶۳ میلیارد کیلووات ساعت) در سال ۱۳۹۵ به بیش از ۴/۴۷ میلیون بشکه معادل نفت خام (۷/۲۳ میلیارد کیلووات ساعت) در سال ۱۴۰۵ خواهد رسید. همچنین میزان تقاضای گاز طبیعی نیز از ۱۷/۶۹ میلیون بشکه معادل نفت خام (۲۸۰۴/۵۴ میلیون مترمکعب) در سال ۱۳۹۵ به بیش از ۲۲/۲۳ میلیون بشکه معادل نفت خام (۳۵۲۴/۷۸ میلیون مترمکعب) در سال ۱۴۰۵ خواهد رسید که جزئیات در جدول ۵ نمایش داده شده است. میانگین رشد تقاضای برق حدود ۲/۵۲ و میانگین رشد تقاضای گاز طبیعی ۲/۳۱ درصد درسال خواهد شد.

جدول۵- روند تقاضای حامل های انرژی در سیستم آب (میلیون بشکه معادل نفت خام)

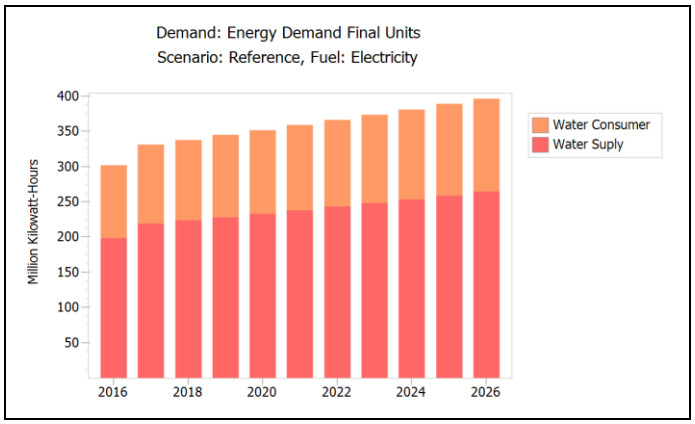
Table 5. Trend of demand for energy carriers in the water system (million barrels equivalent to crude oil)

حامل های انرژی	برق	گاز طبیعی	نفت سفید	نفت گاز	نفت کوره	گاز مایع	جمع
۱۳۹۵	۳/۴۹	۱۷/۶۹	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۴	۲۱/۳۳
۱۳۹۶	۳/۵۹	۱۸/۰۹	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۰۳	۰/۰۵	۲۱/۸۵
۱۳۹۷	۳/۶۸	۱۸/۵۱	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۰۳	۰/۰۵	۲۲/۳۶

۱۳۹۸	۳/۷۷	۱۸/۹۴	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۰۵	۲۲/۸۹
۱۳۹۹	۳/۸۶	۱۹/۳۷	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۰۵	۲۳/۴۳
۱۴۰۰	۳/۹۶	۱۹/۸۲	۰/۰۱	۰/۱۰	۰/۰۴	۰/۰۶	۲۳/۹۸
۱۴۰۱	۴/۰۵	۲۰/۲۸	۰/۰۱	۰/۱۰	۰/۰۴	۰/۰۶	۲۴/۵۵
۱۴۰۲	۴/۱۵	۲۰/۷۵	۰/۰۱	۰/۱۱	۰/۰۴	۰/۰۶	۲۵/۱۳
۱۴۰۳	۴/۲۶	۲۱/۲۳	۰/۰۱	۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۰۷	۲۵/۷۲
۱۴۰۴	۴/۳۶	۲۱/۷۲	۰/۰۱	۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۰۷	۲۶/۳۳
۱۴۰۵	۴/۴۷	۲۲/۲۳	۰/۰۱	۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۰۷	۲۶/۹۶

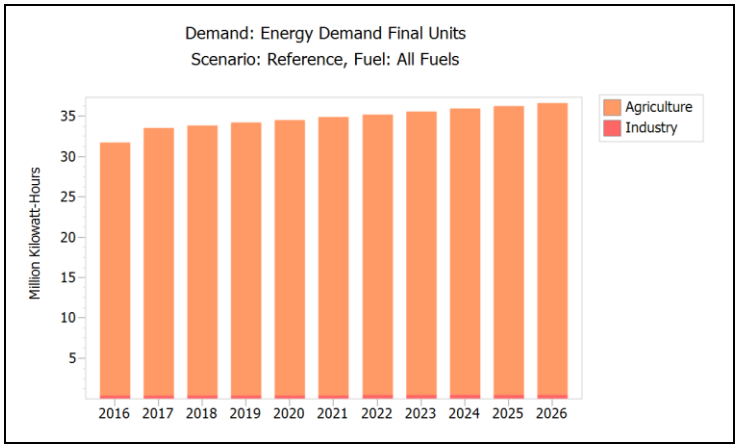
❖ تقاضای انرژی در سیستم آب

تحلیل نتایج مدل نشان می دهد که کل تقاضای انرژی در بخش آب در سال ۱۳۹۵ بالغ بر ۳۰۱/۰ میلیون کیلووات ساعت بوده است که انتظار می رود این میزان با مقداری رشد به ۳۹۶/۱ میلیون کیلووات ساعت در سال ۱۴۰۵ تحت سناریوی مرجع برسد. جزئیات بیشتر روند تقاضای انرژی سیستم آب در جدول شماره ۵ نمایش داده شده است. انتظار می رود کل مصرف انرژی در این بخش افزایش یافته و به ۳۶/۶۳ میلیون کیلووات ساعت در سال ۱۴۰۵ برسد که در این میان سهم بخش کشاورزی ۳۶/۲۰ میلیون کیلووات ساعت و سهم بخش صنعت تنها ۰/۴۳ میلیون کیلووات ساعت برآورد می شود. روند تقاضای انرژی در زنجیره عرضه آب شرب (نمودار۲) نشان می دهد که کل تقاضای انرژی برای عرضه آب در سال ۱۳۹۵ حدود ۲۶۹/۷۷ میلیون کیلووات ساعت می‌باشد که این میزان با افزایش قابل توجهی به ۳۵۹/۹۶ میلیون کیلووات ساعت در سال ۱۴۰۵ خواهد رسید. همچنین از کل تقاضای انرژی در سال پایه سهم مصرف کننده ها حدود ۲۹ درصد، انتقال آب ۲۶ درصد، توزیع آب در داخل شهر ۴۱ درصد و ۴ درصد نیز مربوط به تصفیه آب می باشد.



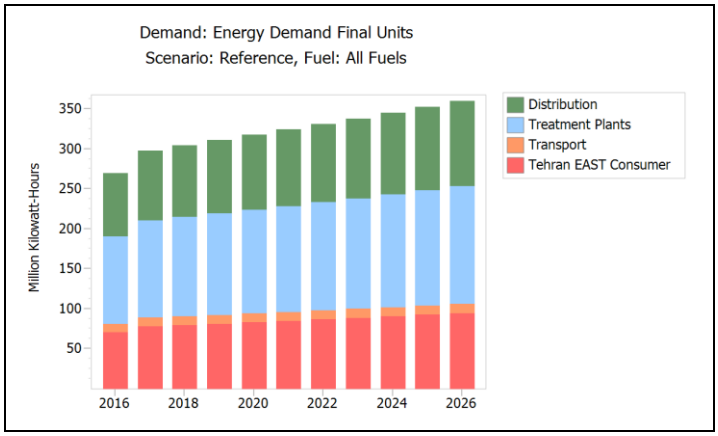
نمودار ۲- روند تقاضای انرژی در سیستم آب (میلیون کیلووات ساعت)

Diagram 2. Energy demand in the water system (million kwh)



نمودار۳- روند تقاضای آب در زیربخش های صنعت و کشاورزی (میلیون کیلووات ساعت)

Diagram 3. Water demand trends in the industrial and agricultural sub-sectors (million kwh)



نمودار۴- روند مصرف انرژی در عرضه آب شرب شهری (میلیون کیلووات ساعت)

Diagram 4. Energy consumption trend in urban drinking water supply (million kwh)

❖ **عرضه سیستم انرژی (تولید برق)**

بر اساس نتایج روند تولید برق در عرضه سیستم انرژی (جدول۶) کل عرضه برق منطقه در سال پایه حدود ۵۶۰۷ میلیون کیلووات ساعت بوده است که بخشی از آن صرف سیستم آب شده و مابقی صرف مصارف بخش های ساختمان و تجاری و خانگی می شود. از این میزان حدو ۶۵ میلیون کیلووات ساعت توسط نیروگاه برق آبی تولید شده و مابقی نیز وارد منطقه می‌شود. انتظار می‌رود که کل عرضه برق در سال ۱۴۰۵ به حدود ۷۱۶۴ میلیون کیلووات ساعت برسد که تنها ۱/۳۱ درصد کل نیاز برق سیستم انرژی توسط نیروگاه تولید برق آبی لتیان بوده و مابقی از چاه های دیگر وارد می‌شود. این میزان برق تولیدی حدود ۲۰ درصد نیاز انرژی سیستم آب را تأمین می‌نماید.

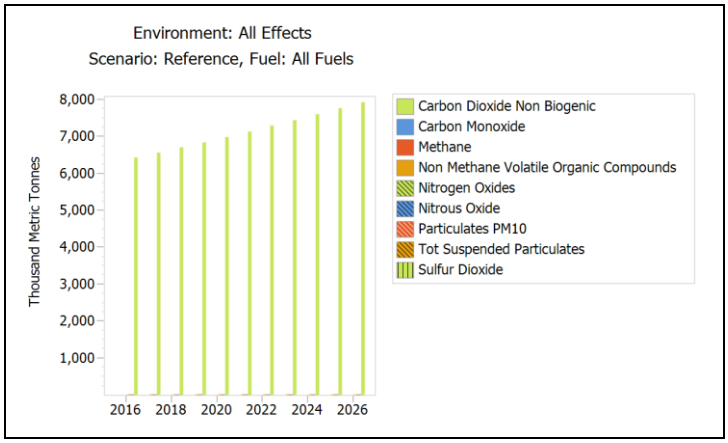
جدول۶- روند تولید برق در سمت عرضه سیستم انرژی

Table 6. Generation of electricity on the energy supply side

فناوری ها	واحد ۱ لتیان	واحد ۲ لتیان	نیروگاه سیکل ترکیبی	واردات برق به منطقه	جمع
۱۳۹۵	۳۵/۹۴	۳۷/۴۲	۸۳۵/۰۲	۴۶۹۹/۰۵	۵۶۰۷/۴۳
۱۳۹۶	۳۱/۵۲	۳۲/۰۶	۸۳۶/۳۴	۴۸۷۳/۷۳	۵۷۷۳/۶۴
۱۳۹۷	۳۱/۵۱	۳۲/۰۵	۸۳۲/۶۳	۵۱۰۶/۵۸	۵۹۱۲/۷۷
۱۳۹۸	۳۱/۵۱	۳۲/۰۵	۸۲۹/۲۳	۵۱۶۲/۰۱	۶۰۵۴/۸۰
۱۳۹۹	۳۱/۵۰	۳۲/۰۴	۸۲۵/۸۹	۵۳۱۰/۹۶	۶۲۰۰/۳۹
۱۴۰۰	۳۱/۵۰	۳۲/۰۴	۸۲۲/۵۲	۵۴۶۳/۷۷	۶۳۴۹/۸۳
۱۴۰۱	۳۱/۴۹	۳۲/۰۳	۸۱۷/۹۲	۵۶۲۳/۴۴	۶۵۰۴/۸۸
۱۴۰۲	۳۱/۴۸	۳۲/۰۳	۸۱۴/۵۱	۵۷۸۴/۴۲	۶۶۶۲/۴۴
۱۴۰۳	۳۱/۴۸	۳۲/۰۳	۸۱۱/۱۲	۵۹۴۹/۶۲	۶۸۲۴/۲۴
۱۴۰۴	۳۱/۴۸	۳۲/۰۳	۸۰۸/۶۰	۶۱۱۹/۸۹	۶۹۹۱/۹۸
۱۴۰۵	۳۱/۴۷	۳۲/۰۱	۸۰۸/۶۰	۶۲۹۳/۰۸	۷۱۶۴/۱۶

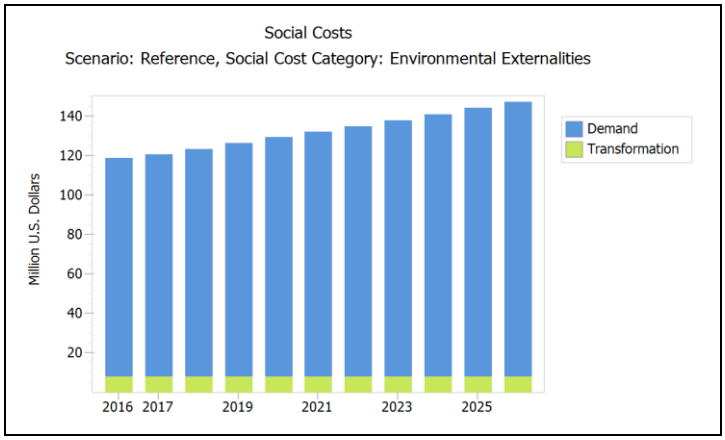
❖ **میزان انتشار گازهـای گلخانــه ای، آلاینــدگی محلی و هزینه های زیست محیطی**

انتشار گازهای گلخانه ای ناشی از مصرف سوخت های فسیلی و تولید برق می باشد. برق وارداتـی بـه دلیـل تولیـد در خـارج از سیستم انـرژی، فاقـد آلاینـدگی مـی باشـد. برآوردهـای نتـایج حاصل از اجرای مدل حاکی است که میزان کل انتشار گازهـای گلخانه ای در سال پایه ۶/۴۳۴ میلیون تـن معـادل دی اکسـید کربن بوده است که انتظار می رود این میزان در سال ۱۴۰۵ به بیش از ۷/۹۴۱ میلیون تن برسد. نمودار ۵ روند انتشار گازهـای گلخانه ای پیرامون رودخانه جاجرود(سیستم انـرژی مـرتبط) را نمایش می دهد. آلاینده های محلی مونواکسید کربن بـه دلیـل احتراق ناقص سوخت به وجود آمـده و معمـولاً اجتنـاب ناپـذیر است که میزان آن از ۵/۴۸ هزار تن در سال پایه به ۶/۸۴ هـزار تن در سال ۱۴۰۵ خواهد رسید. همچنین میزان ناکس از ۶/۷۹ هزار تن در سال پایه به ۸/۱۲ هزار تن در سـال ۱۴۰۵ افـزایش خواهد یافت. هزینه های انتشارات زیست محیطـی موسـوم بـه هزینه های غیر مستقیم یـا Externality Cost مـی باشـند. ضرایب این هزینه ها از ترازنامه انرژی وزارت نیرو استخراج و در مدل استفاده شده است. نتایج حاصل از اجرای مدل بیانگر ایـن است که کل میزان هزینـه هـای اکسـترنالیتی در سـال ۱۳۹۵ حدود ۱۱۸/۶۴ میلیون دلار برآورد شده است که این میـزان در سال ۱۴۰۵ بـه حـدود ۱۴۷/۳۶ میلیـون دلار افـزایش خواهـد یافت. جزئیـات بیشـتر هزینـه هـای اکسـترنالیتی در نمـودار ۶ نمایش داده شده است.



نمودار۵- روند انتشارات گازهای گلخانه ای و آلاینده های محلی سیستم انرژی پیرامون حوزه جاجرود

Diagram 5. Greenhouse gas emissions and local pollutants around the Jajroud



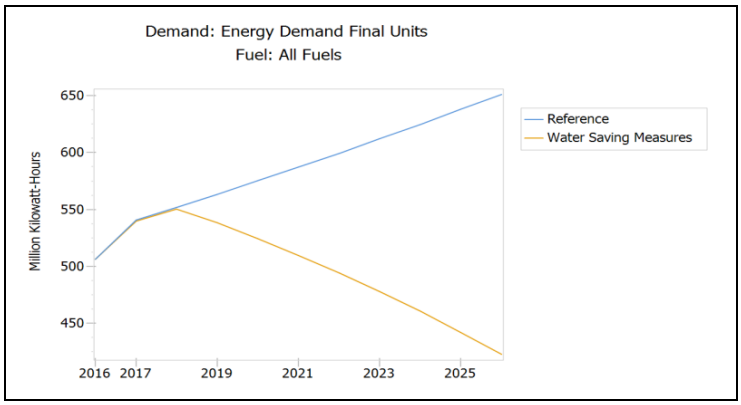
نمودار۶- روند هزینه های زیست محیطی در سناریوی مرجع (میلیون دلار)

Diagram 6. Environmental costs trend in the reference scenario (million dollars)

نتایج مدل در مقایسه سناریوی مرجع و سناریوی پیشنهادی

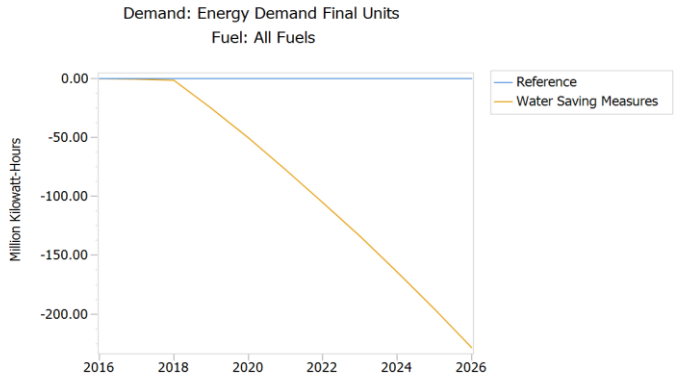
❖ **تقاضای انرژی بخش آب**

تقاضای انرژی در بخش آب به‌دلیل صرفه جویی مصرف آب کاهش خواهد یافت. میزان کل تقاضای انرژی در این سناریو ۲۵۵/۹ میلیون کیلووات ساعت خواهد بود (نمودار۷). به‌طوری که میزان صرفه جویی مصرف انرژی در این سناریو نسبت به سناریوی مرجع به میزان ۳۲/۹ درصد در سال ۱۴۰۵ (۲۰۲۶) تغییر را نشان می دهد (نمودار۸).



نمودار۷- مقایسه بین تقاضای انرژی بخش آب در سناریوی مرجع و سناریوی صرفه جویی آب

Diagram 7 .Comparison between water demand for energy in the reference scenario and the water saving scenario



نمودار ۸- مقایسه روند صرفه جویی انرژی در بخش آب در سناریوی مرجع و سناریوی صرفه جویی آب

Diagram 8. Comparison of energy saving trend in the water sector in the reference scenario and water saving scenario

❖ **تولید برق نیروگاهی و انتشار گازهای گلخانه ای**

با اجرای سناریوی صرفه جویی آب نه تنها، میزان مصرف آب تا ۱۰۰ میلیون مترمکعب در سال کاهش می یابد، بلکه میزان مصرف انرژی نیز تا ۳۲/۹ درصد در سال ۱۴۰۵ کاهش خواهد یافت.کاهش مصرف انرژی موجب کاهش انتشار گازهای گلخانه ای نیز خواهد شد (جدول۷). کاهش تولید برق به معنای کاهش مصرف سوخت و انتشار آلایندگی در نیروگاه ها خواهد بود. نتایج حاصل از اجرای مدل نشان می دهد که با تحقق این سناریو، در پی کاهش میزان تولید برق نیروگاهی، انتشار گازهای گلخانه ای نیز کاهش می‌یابد (جدول ۸).

جدول ۷- مقایسه روند تولید برق نیروگاهی (میلیون کیلووات ساعت)کل سیستم انرژی در سناریوی مرجع و سناریوی صرفه جویی آب

Table 7. Comparison trend of power generation of energy system in the reference scenario and water saving scenario

سناریوها	مرجع	صرفه جویی آب
۱۳۹۵	۵۶۰۷/۴	۵۶۰۷/۴
۱۳۹۶	۵۷۷۲/۳	۵۷۷۱/۹
۱۳۹۷	۵۹۱۱/۵	۵۹۱۰/۵
۱۳۹۸	۶۰۵۳/۵	۶۰۳۹/۵
۱۳۹۹	۶۱۹۹/۱	۶۱۶۹/۱
۱۴۰۰	۶۳۴۸/۵	۶۳۰۸/۸
۱۴۰۱	۶۵۰۳/۶	۶۴۴۴۱/۹
۱۴۰۲	۶۶۶۱/۱	۶۵۸۲/۱
۱۴۰۳	۶۸۲۲/۹	۶۷۲۷/۶
۱۴۰۴	۶۹۹۰/۷	۶۸۷۶/۹
۱۴۰۵	۷۱۶۲/۹	۷۰۲۸/۵

جدول ۸- مقایسه روند انتشار گازهای گلخانه ای (میلیون تن معادل دی اکسید کربن)کل سیستم انرژی در سناریوی مرجع و سناریوی صرفه جویی

Table 8 . Comparison of greenhouse gas emissions of the entire energy system in the reference scenario and saving scenario

سناریوها	مرجع	صرفه جویی آب
۱۳۹۵	۶/۴۳	۶/۴۳
۱۳۹۶	۶/۵۷	۶/۵۷
۱۳۹۷	۶/۷۱	۶/۷۱
۱۳۹۸	۶/۸۵	۶/۸۵
۱۳۹۹	۶/۹۹	۶/۹۹
۱۴۰۰	۷/۱۴	۷/۱۳
۱۴۰۱	۷/۲۹	۷/۲۸
۱۴۰۲	۷/۴۵	۷/۴۴
۱۴۰۳	۷/۶۱	۷/۵۹
۱۴۰۴	۷/۷۷	۷/۷۵
۱۴۰۵	۷/۹۴	۷/۹۲

❖ **حداکثر تأمین برق مصرفی بخش آب توسط نیروگاه لتیان**

برق تولیدی سد لتیان تنها بخشی از تقاضای برق سیستم آب را تأمین مینماید و بقیه باید از نیروگاه های فسیلی یا سایر نیروگاه‌های برق کشور تأمین گردند. در جدول ۹ حداکثر تأمین برق مصرفی بخش آب توسط نیروگاه لتیان در سناریوهای مختلف آورده شده است.

جدول۹- مقایسه حداکثر تأمین برق مصرفی بخش آب توسط نیروگاه لتیان (درصد) در سناریوی مرجع و سناریوی صرفه جویی

Table 9 . Comparison of maximum electricity consumption by the Latiyan power plant (%) in reference scenario and saving scenario

سناریوها	مرجع	صرفه جویی آب
۱۳۹۵	۲۶/۷۷	۲۶/۷۷
۱۳۹۶	۲۰/۴۵	۲۰/۴۹
۱۳۹۷	۲۰/۰۴	۲۰/۱۴
۱۳۹۸	۱۹/۶۴	۲۰/۵۵
۱۳۹۹	۱۹/۲۴	۲۱/۰۸
۱۴۰۰	۱۸/۸۶	۲۱/۶۷
۱۴۰۱	۱۸/۴۸	۲۲/۳۳
۱۴۰۲	۱۸/۱۰	۲۳/۰۸
۱۴۰۳	۱۷/۷۴	۲۳/۹۱
۱۴۰۴	۱۷/۳۸	۲۴/۸۵
۱۴۰۵	۱۷/۰۴	۲۵/۹۸

بحث و نتیجه گیری

این مقاله با هدف مدیریت انرژی و محیط زیست و با استفاده از نرم افزار LEAP (ضمن ارزیابی سناریوی صرفه جویی آب) جهت مدل‌سازی انرژی و برنامه ریزی برای آینده و تحلیل سیاست ها در این زمینه، پیرامون رودخانه جاجرود انجام پذیرفت. مبانی مدل انرژی شامل سال پایه شبیه سازی ۱۳۹۵ ، افق مدل سازی ۱۴۰۵ و مدل شامل دو سمت عرضه و تقاضای انرژی و همچنین با پوشش انتشارات و هزینه های زیست محیطی سیستم انرژی بوده است. کل تقاضای انرژی در سیستم انرژی در سال ۱۳۹۵ حدود ۲۱۳۳۳/۳ هزار بشکه معادل نفت خام می‌باشد که انتظار می‌رود در افق مدل این میزان افزایش یافته و به بیش از ۲۶۹۶۱ هزار بشکه معادل نفت خام برسد. همچنین در بخش آب در سال ۱۳۹۵ بالغ بر ۳۰۱/۰ میلیون کیلووات ساعت بوده است که انتظار می رود این میزان با مقداری رشد به ۳۹۶/۱ میلیون کیلووات ساعت در سال ۱۴۰۵ تحت سناریوی مرجع برسد. انتظار می رود که کل عرضه برق در سال ۱۴۰۵ به حدود ۷۱۶۴ میلیون کیلووات ساعت برسد که تنها ۱/۳۱ درصد کل نیاز برق سیستم انرژی توسط نیروگاه تولید برق آبی لتیان بوده و مابقی از منابع دیگر وارد می شود. این میزان برق تولیدی حدود ۲۰ درصد نیاز انرژی سیستم آب را تأمین می نماید. از بعد زیست محیطی برآوردهای نتایج حاصل از اجرای مدل حاکی است که میزان کل انتشار گازهای گلخانه ای در سال ۱۳۹۵، ۶/۴۳۴ میلیون

تن معادل دی اکسید کربن بوده است که انتظار می رود این میزان در سال ۱۴۰۵ به بیش از ۷/۹۰۰ میلیون تن برسد. درحالی‌که براساس نتایج نرم افزار LEAP (جدول ۸) با اجرای سیاست های صرفه جویی در مصرف آب شهری، صنعتی و کشاورزی ذکر شده ضمن کاهش تقاضای مصرف انرژی انتشار گاز گلخانه ای دی اکسید کربن نیز در سال ۱۴۰۵ از ۷/۹۴ میلیون تن قابل انتظار به ۷/۹۲ میلیون تن کاهش خواهد یافت. در راستای تایید این مطالب نتایج گروهی از محققان در تایلند در سال ۲۱۰۶ (۲۰) نیز که از نرم افزار LEAP برای مدل‌سازی عرضه و تقاضای انرژی و تاثیر دراز مدت سیاست‌های انرژی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در محدوده زمانی (۲۰۱۵-۲۰۳۶) جهت بررسی بهره‌وری سیاست انرژی ملی و برنامه انرژی جایگزین کشور خود استفاده کرده‌اند، بیانگر آن بوده است که تقاضای انرژی از ۸۴/۷۷ Mtoe در سال ۲۰۱۵ تا ۱۷۲/۲۹ Mtoe یا ۱۰۳/۲۴ درصد در سال ۲۰۳۶ افزایش خواهد یافت. درحالی‌که با به‌کارگیری سیاست‌های انرژی کارآمدتر و جایگزین شامل انرژی‌های با تجدیدپذیری بیشتر و انرژی هیدروژنی وارداتی میزان انتشار گازهای گلخانه ای در سال ۲۰۳۶ از ۵۰۳/۳۴ $MtCO_2$ به ۱۶۱کاهش خواهد یافت. در ادامه نتایج مقاله حاضر بیانگر آن بود که از کل میزان انتشارات، سهم سمت عرضه بین ۹ تا ۱۰ درصد از کل انتشارات می‌باشد. همچنین کل میزان هزینه‌های اکسترنالیتی در سال ۱۳۹۵ حدود ۱۱۸/۶۴ میلیون دلار برآورد شده است که این میزان در سال ۱۴۰۵ به حدود ۱۴۷/۳۶ میلیون دلار افزایش خواهد یافت. نتایج حاصل از مدل‌سازی سیستم تقاضای انرژی کشور، بیانگر رشد فزاینده تقاضای انرژی در سالهای آتی خواهد بود. در تایید این مطلب نتایج مطالعات مرادی و همکاران در سال ۱۳۹۲ نشان دهنده رشد چشم‌گیر تقاضای انرژی در زیر بخش‌های مختلف در رشد اقتصادی مورد نظر می‌باشد. این موضوع بیانگر آن است که جهت نیل به اهداف چشم انداز کشور، شدت انرژی و همچنین مصرف انرژی به طرز شگفت‌آوری افزایش میی‌ابد که این موضوع نیازمند حرکت به سمت بهره‌گیری بهینه از منابع می‌باشد(۴). در حالیکه اجرای سیاست های کاهش مصرف آب با چهار منفعت کاهش مصرف آب، کاهش مصرف انرژی، کاهش تولید برق نیروگاهی و همچنین کاهش انتشار گازهای گلخانه ای تاثیر قابل ملاحظه ای در کنترل آن را در پی خواهد داشت. همچنین برق تولیدی سد لتیان تنها بخشی از تقاضای برق سیستم آب را تأمین می-نماید و مابقی باید از نیروگاه های فسیلی سوز و یا سایر نیرو گاه های برق کشور تأمین گردد (جدول ۹). البته سهم این نیروگاه در تأمین کل تقاضای برق سیستم انرژی- آب حدود ۱ درصد می باشد. نتایج حاصل از مدلسازی سیستم تقاضای انرژی کشور، بیانگر رشد فزاینده تقاضای انرژی می باشد که قدمت سیستم های مصرف کننده، عدم مدیریت انرژی، عدم رعایت استانداردهای مصرف انرژی، پایین بودن راندمان تجهیزات، ارتقای نسبی رفاه عمومی، پایین بودن قیمت حامل-های انرژی و فرهنگ نامناسب مصرف، از مهمترین عوامل روند افزاینده مصرف انرژی در سالهای آتی خواهد بود. لذا اعمال سیاست های غیر قیمتی متعدد همانند تصویب معیارها و اجرای استاندارهای مصرف انرژی، به‌کارگیری فناوری های نوین با بازدهی بالا در بخش های سیستم های مصرف کننده، آموزش و فرهنگ‌سازی مصرف انرژی، جایگزینی سایر حامل های انرژی به‌جای سوخت های فسیلی و پر مصرف، بهبود کارائی انرژی تجهیزات صنعتی، پلکانی کردن قیمت حامل های انرژی در بخش های مصرف کننده، حمایت مالی دولت در اجرای طرح های کاهش مصرف و شرکت های خدمات انرژی از مهمترین پیشنهادهایی است که می‌توان جهت کاهش مصرف انرژی کشور ارائه داد.

Reference

1. www.EnergyInformation.ir
2. Kachoii, M.S, amidpour, M., 2016, “An analysis of scenario about Potential of the greenhouse gas reduction in Iran's power generation sector using the LEAP modeler”, Iranina journal of Energy, vol 59. (In Persian)
3. Monfared, P., Khajeh, A., Khosravi, A., Ramezani, A., 2015, “Impact of energy

management in the industrial sector and Analysis of its impact on the 20-year later of the country's energy using software", 20th Conference of Electricity Distribution. (In Persian)

4. Moradi, M.A., Ahmadi,S., Amidpour, M., 2013, "Developing a Demand Model at National Level Using LEAP Modeling", Journal of Energy Planning And Policy Research, vol 3. (In Persian)
5. Fa-gen, Z., Cheng-long. Z., 2012, "China's Energy Demand Scenario Analysis in 2030", Energy Procedia, Vol 14.
6. Nyun-Bae, P., Sun-Jin, Y., Eui-Chan, J., 2013, "An analysis of long-term scenarios for the transition to renewable energy in the Korean electricity sector", Energy Policy, Vol 52
7. Eshraghi, H., Maleki, A., Vakili, A., 2013, "Simulation of demand and supply of energy carriers by 2035 in Iran using LEAP modeler", vol 3. (In Persian)
8. Bahramiyan, K., 2009, "Study on the process of greenhouse gas emissions in the cement industry and its reduction methods using the energy planning model", master thesis, Islamic Azad University- Science and Research Branch. (In Persian)
9. Eghbali, M., et al, 2015, "Planning, forecasting, Create a scenario and modeling of energy and its sub-sectors based on Energy Conversion and Transformation Balance using LEAP software, National Conference of Technology, Energy & Data on Electrical & Computer
10. Hiremath, R.B., Kumar, B., Balachandra, P., Ravindranath, N.H., 2010," Bottom-up approach for decentralised energy planning: Case study of Tumkur district in India", Energy Policy, vol 38.
11. Pan, L.J., Xie, Y.B., Li, W., 2013, "Analysis of emission reduction of chief air pollutants and greenhouse gases in Beijing based on the leap model", Peocedia environmental sciences, vol 352
12. Wen, Z., Li, H., 2014, "Analysis of potential energy conservation and CO2 emission reduction in China's non-ferrous metals' industry from a technology perspective", International journal of greenhouse gas control, vol 28
13. www.saba.org.ir, (Energy balance sheet, 2015). (In Persian)
14. www.thrw.ir, 2017, Letian Dam Operation, History and Specifications of Latyan Dam, Tehran Regional Water Company. (In Persian)
15. Barati, F., Mirbagheri, A., 2013, Modeling of Pollution Using the QUAL2K Model in Jajrood River Tehran, The 5th Iranian Water Resources Management Conference. (In Persian)
16. Mardani, N., 2005, "Investigating the cumulative effects of fish farming pools on Jajrood River", master thesis, Islamic Azad University- Science and Research Branch. (In Persian)
17. Taghdisiyan, H., Minapour, S., 2003, "Investigating the Effects of Country Development Plans on Energy Demand for Residential Houses and Distribution Pollutants by Using the LEAP Software", Third Regional Conference and First National Conference on Climate Change. (In Persian)
18. Moradi, M.A., Amidpour, M., Hoori Jafari, H., Mehrzamma, I.., 2013, Analysis and modeling of the energy demand structure in the Agricultural sector of Iran, Iranian Journal of Energy , Vol 17 (2), Pp. 101-124.
19. Handayani, K., Yoram Krozer, Y., T Filatova, T., 2019. From fossil fuels to

renewables: An analysis of long-term scenarios considering technological learning, Energy Policy Vol. 127 pp. 134–146.

20. Wongsapai, W., Ritkrerkkrai, C., Pongthanaisawan, J., 2016, "Integrated model for energy and CO2 emissions analysis from Thailand's long-term low carbon energy efficiency and renewable energy plan", Energy Procedia, vol 100.