Archive of SID
DOR: 20.1001.1.24234931.1398.6.2.15.7

سال ششم، شماره دوم، زمستان ۱۳۹۸، ص ص ۱۲۴ - ۱۳۳

فصل‌نامه علمی – ترویجی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو

jrenew.ir

مقاله

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۱/۰۷

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۲/۲۳

نقش انرژی خورشیدی در کاهش مصرف انرژی و آلاینده‌های محیط زیستی در کاربری‌های مسکونی (مطالعه موردی: شهر تهران)

مهدی هریسچیان[۱*]، هادی نقیبی[۲]، عادل شری زاده[۳]

۱- کارشناسی ارشد، جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۲- کارشناسی ارشد، جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۳- کارشناسی ارشد، جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

* تبریز، صندوق پستی، ۵۳۹۱۹۴۵۱۵۳، پست الکترونیکی: heris.mahdi1400@yshoo.com

چکیده

نقش انرژی در اقتصاد جهانی اهمیت موضوع انرژی را بیش از پیش نمایان می‌سازد. در این راستا توسعه و گسترش نظریات و کاربردهای انرژی منجر به حصول روش‌های جدیدی برای سازگاری مسائل مربوط به انرژی و محیط‌زیست شده است. بسیاری از محققان به مطالعه‌ی انرژی خورشیدی پرداخته‌اند و آن را جایگزین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی می‌دانند. بدین ترتیب، استفاده از سیستم‌های خورشیدی به عنوان یکی از اجزاء تشکیل‌دهنده‌ی ساختمان‌ها متداول شده است. شهر تهران با توجه به آمارگیری سال ۱۳۹۳ دارای ۲۰×۱۰^{۶} ساختمان مسکونی می‌باشد که این ساختمان‌ها مقدار بسیار زیادی انرژی حاصل شده از سوخت‌های فسیلی مصرف می‌نمایند؛ بنابراین استفاده از انرژی خورشیدی می‌تواند بخشی از انرژی مصرفی ساختمان‌های مسکونی شهر تهران را تأمین نماید. در این پژوهش ساختمانی مسکونی به‌طور نمونه در شهر تهران در نظر گرفته شد و میزان انرژی مصرفی آن برای بار حرارتی گرمایشی و آب گرم مصرفی محاسبه گردید. نتایج نشان می‌دهند که این ساختمان به مقدار ۵۵۹/۸۸kW انرژی برای بار حرارتی گرمایشی و آب گرم مصرف می‌نماید که این مقدار انرژی معادل ۴۹۰۴۱۱۱kw-hr انرژی ذخیره شده الکتریکی است؛ بنابراین میزان کاهش آلاینده‌های SPM,CO,NO_x,SO_2,CO_2 در اثر صرفه‌جویی انرژی الکتریکی برای ساختمان مسکونی به ترتیب برابر ۲۸/۰۸Ton، ۴۹۰kg، ۴۳۸/۴ kg، ۰/۴۹ kg و ۵۲/۹۶ kg است. استفاده از انرژی خورشیدی باعث صرفه‌جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی می‌شود، همچنین هزینه‌های حاصل از تولید و انتقال آن‌ها نیز کاهش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: انرژی، محیط‌زیست، آلاینده، کاربری مسکونی، سوخت فسیلی.

An analysis of the role of solar energy in residential land uses (Case study: Tehran Urban)

Mahdi Herischian[1*], Hadi Nagibi[2], Adel sherizadeh[3]

1- MSc, Geography and Urban Planning, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

2- MSc, Geography and Urban Planning, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

3- MSc, Geography and Urban Planning, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

* P.O.B. 5391945153, Tabriz, Iran, heris.mahdi1400@yshoo.com

Received: 27 March 2019 Accepted: 13 May 2019

Abstract

The role of energy in the global economy may highlight the importance of energy. Accordingly, development and expansion of theories as well as the energy applications have led to novel methods for the issues associated with the energy and environment. A number of scholars have addressed solar energy and considered it an appropriate alternative for the fossil fuels. Therefore, using solar systems as one of the components of the buildings has become more common. According to 2015 census, Tehran urban have 20×10^{6} residential buildings consuming a tremendous amount of energy derived from fossil fuels. Consequently, using solar energy could provide a part of energy consumed by residential buildings in Tehran urban. In the present study, residential buildings of Tehran city were considered as the sample, and the energy consumed for heating and hot water was calculated. The results indicate that the energy consumed by such buildings for heating and hot water accounts for 559.88 kW which is equivalent to 4904111 h saved electrical energy. Therefore, the reduction of CO_2, SO_2, NO_x, CO, and SPM pollutants as the result of saving in electrical energy for residential buildings is respectively 28.08 Ton, 490 kg, 438.4 kg, 0.49 kg, and 52.96 kg. Notably, using solar energy may lead to saving in fossil fuel consumption; furthermore, the costs associated with their production and handling are reduced.

Keywords: energy, environment, pollutant, residential land use, fossil fuel

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

امروزه انرژی یکی از نیازهای اولیه زندگی بشر محسوب می‌شود و وابستگی انسان به سوخت‌های فسیلی بسیار بیش‌تر از گذشته شده است به طوری که بیش از ۹۰ درصد از انرژی مصرفی جهان از سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود[۱]. رشد سریع مصرف جهانی انرژی علاوه بر ایجاد مشکلاتی در زمینه تأمین منابع انرژی، اثرات زیست‌محیطی زیانباری را نیز به دنبال داشته است [۲]. به عبارتی از یک‌سو جوامع صنعتی (توسعه‌یافته و در حال توسعه) و شهرهای بزرگ با مشکل آلودگی محیط‌زیست مواجه‌اند و از سوی دیگر مواد اولیه و سوخت مورد نیاز جوامع بشری با شتاب روزافزونی در حال اتمام است. اثرات زیان‌بار مصرف بالای انرژی‌های فسیلی، در آب و خاک و هوا نمایان شده و تلاش برای کاهش مصرف این انرژی‌ها تاکنون نتوانسته راه حلی برای خروج از این مشکل باشد. تلاش برای حل این مسئله دانشمندان و محققان را به فکر جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک با انرژی‌های رو به پایان و آلوده کننده فسیلی انداخته است [۳]، چرا که توسعه و گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر به تحقق اهداف توسعه اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی کشور کمک می‌کند و از عوامل اساسی در رسیدن به توسعه پایدار در هر کشوری است. استفاده از انرژی‌های نو می‌تواند باعث کاهش وابستگی به منابع فسیلی، کاهش انتشار گازهای آلاینده از بخش‌های تولید و مصرف منابع انرژی و همچنین باعث کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و به تبع آن حفظ امنیت و سلامت انسان‌ها و محیط‌زیست شود [۴].

در این بین یکی از منابع رایگان و قابل دسترس انرژی در دنیا، خورشید است. انرژی خورشید یکی از منابع تأمین انرژی است؛ که به دلیل بحران انرژی و اثرات مخرب انرژی‌های فسیلی در سال‌های اخیر، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و از جمله انرژی خورشیدی به منظور کاهش و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، کنترل عرضه و تقاضای انرژی و کاهش انتشار گازهای آلاینده با استقبال فراوانی روبه‌رو شده است [۵]. استفاده از انرژی خورشیدی برای گرم کردن آب مصرفی یا شوفاژ جهت گرمایش ساختمان می‌تواند هزینه‌های آب گرم منازل مسکونی را که حدود ۷۰ درصد ساختمان‌های هر شهر را تشکیل می‌دهد تا حدود ۶۰ درصد در طی سال کاهش دهد. با استفاده از آبگرمکن‌های خورشیدی و سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی خورشیدی می‌توان در کل عمر ساختمان، هزینه‌های بسیاری را صرفه‌جویی کرد و نیز این سیستم‌ها می‌توانند در حفظ منابع طبیعی و محیط‌زیست به مردم کمک مؤثری کنند [۶]. در این راستا باید اذعان کرد که ساختمان یکی از بزرگ‌ترین بخش‌های مصرف کننده انرژی در اغلب جوامع محسوب می‌شود. در کشور ایران نیز، اتلاف انرژی در بخش ساختمان همچون سایر بخش‌ها بسیار زیاد است؛ به طوری که مصرف انرژی در ساختمان‌های کشور بیش از ۲/۵ برابر متوسط مصرف جهانی گزارش شده است [۷]. لذا با توجه به وضعیت آب و هوایی ایران و بالا بودن میزان تابش اشعه خورشید در واحد سطح، می‌توان انرژی خورشیدی را به عنوان جایگزینی مناسب برای سوخت‌های فسیلی جهت مقابله با بحران‌های انرژی و زیست‌محیطی قرن حاضر، در تمامی سطوح و به ویژه ابعاد کوچک برای تأمین تقاضای بخش خانگی بهره گرفت.

با توجه به برنامه‌ها و تحقیقات در سازمان‌های مختلف و نهادهای مربوط به مقوله انرژی (سازمان‌هایی نظیر مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، دفتر بهینه‌سازی مصرف سوخت و ...) ملاحظه می‌شود که تاکنون راهکاری متناسب با شرایط مصرف و اتلاف انرژی یک شهر یا منطقه خاص ارائه نشده است، چرا که عوامل مؤثر و شرایط مصرف در نقاط مختلف متفاوت می‌باشند و لزوماً یک راهکار واحد مناسب چند منطقه متفاوت نیست. آمارهای موجود مربوط به کل کشور بوده و آمارهای مربوط به شهرها یا مناطق می‌باید از سازمان‌های مربوطه استخراج گردد. ممیزی‌های انرژی انجام گرفته نیز به‌خصوص برای ساختمان‌های مسکونی به‌صورت انتخاب‌های تصادفی بوده که نحوه انتخاب‌ها نامعلوم می‌باشد؛ و پایه علمی درستی ندارد. راهکارهای بهینه‌سازی ارائه شده نیز به‌صورت کلی است و این راهکارها از نظر عملی و اقتصادی برای یک منطقه خاص با شرایط مصرف انرژی مربوط به خود مورد بررسی کاملی قرار نگرفته‌اند. همچنین با توجه به رو به پایان بودن منابع سوخت‌های فسیلی و داشتن اثرات مخرب بر محیط‌زیست و ایجاد آلودگی هوا و همچنین نیاز به مصرف روزافزون انرژی، باید جایگزین مناسبی در نظر گرفته شود. بسیاری از محققان به بررسی انرژی خورشیدی پرداخته و آن را جایگزین مناسب برای سوخت‌های فسیلی می‌دانند؛ بنابراین استفاده از سیستم‌های خورشیدی به‌عنوان یکی از بهترین منابع انرژی در ساختمان‌ها که فاقد هرگونه مضرات زیست‌محیطی است، دارای اهمیت فراوانی می‌باشد. از این‌رو با توجه به مطالب بالا، هدف اصلی انجام این پژوهش هم بررسی اثرات کاربرد سیستم‌های انرژی خورشیدی در کاهش انتشار آلاینده‌های هوا در محیط‌زیست می‌باشد که در اینجا الگوی انتخابی ساختمان مسکونی در شهر تهران است. در این تحقیق سعی می‌شود میزان و آلودگی ناشی از سوخت‌های فسیلی در ساختمان موردنظر را به دست آورده و سپس با جایگزینی انرژی خورشیدی به‌جای سوخت فسیلی در همان ساختمان به بررسی کاهش آلودگی، مزیت و معایب آن نسبت به سوخت فسیلی بپردازیم.

۲- پیشینه تحقیق

در سال‌های اخیر، در ایران و جهان مطالعات گسترده‌ای در رابطه با تأثیر و نقش انرژی خورشیدی در کاهش مصرف انرژی و آلاینده‌های زیست‌محیطی صورت گرفته است. در عرصه خارجی می‌توان به مطالعات زیر اشاره کرد: در بررسی‌ای که روی سیستم‌های یکپارچه ترکیبی با هدف به حداقل رساندن هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی توسط اورتیگا و همکاران[۸](۲۰۰۷)، انجام گرفت، نشان داده شد استفاده هم‌زمان از انرژی فسیلی و انرژی‌های تجدیدپذیر، موجب کاهش مصرف انرژی اولیه و انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود. دیاکاکی[۲] و همکاران[۹](۲۰۱۳) یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه را با در نظر گرفتن معیارهای مصرف انرژی اولیه، میزان انتشار دی‌اکسید کربن و هزینه سرمایه‌گذاری اولیه توسعه دادند. خروجی مدل اجزای جداره، نوع درها و پنجره‌ها و سیستم گرمایش، سرمایش و آب گرم را مشخص کرد. اسدی و همکاران[۱۰](۲۰۱۴)، به بررسی بهبود بهره‌وری انرژی در بخش ساختمان با هدف کاهش مصرف انرژی و کاهش هزینه با استفاده از ترکیب عایق و انرژی خورشیدی در ساختمان با رویکرد بهینه‌سازی چندهدفه پرداختند. نتایج این بررسی‌ها نشان داد در این حالت نمی‌توان به یک جواب بهینه منفرد دست‌یافت؛ بلکه یک مجموعه جواب پارتو به عنوان حد مطلوب مسئله وجود دارد. در عرصه داخلی هم می‌توان به مطالعات ذیل اشاره کرد: بحرپیما[۶] (۱۳۸۹) در مقاله خود با عنوان "انرژی خورشیدی و ساختمان‌سازی" به این نتیجه رهنمون شده است که

1 Ortiga

2 Diakaki

www.jrenew.ir..... /..... info@jrenew.ir

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده از انرژی خورشیدی در ساختمان‌سازی و با توجه به مقدار تابش زیادی که در طی روز بر روی ساختمان‌ها وجود دارد با دریافت، انباشت و توزیع مناسب انرژی خورشیدی می‌توان در مصرف حداقل انرژی گرمایشی یا سرمایشی از طریق شناخت بهتر خواص مصالح به کیفیت برتر در بهره-برداری، دسترسی پیدا کرد. قاسمیان و شریعتی[۱۱](۱۳۸۹)، در تحقیق خود با عنوان " انرژی خورشیدی در سیستم گرمایش ساختمان" به این نتیجه رسیده‌اند که انرژی خورشیدی یکی از موضوعات مهم جهت گرمایش ساختمان می‌باشد که می‌تواند مورد استفاده مکان قرار گیرد انرژی خورشیدی کاربردهای متعددی دارد که بهره‌گیری از نور خورشید جهت تأمین گرمایش و تأمین الکتریسیته ساختمان می‌باشد. جهت استفاده بهینه از این منبع انرژی باید مواردی ازجمله بررسی وضعیت بارش و رطوبت میزان شرایط وزش باد، خصوصیات تابش خورشیدی و ... مورد توجه قرار گیرد. خالصی دوست و بیگانه طلب[۱۲](۱۳۹۱) در مقاله خود با عنوان "کاربرد سیستم ذخیره انرژی جهت تأمین گرمایش ساختمان به کمک انرژی خورشیدی" بیان داشته است که با توجه به محدود بودن منابع سوختی و لزوم صرفه‌جویی در مصرف انرژی، استفاده از انرژی خورشیدی به عنوان یک راهکار استراتژیک از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. فاضلی و حیدری[۱۳](۱۳۹۲) در مقاله خود با عنوان " بهینه‌سازی مصرف انرژی در مناطق مسکونی شهر تهران با استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی انرژی روتردام (REAP) به این نتیجه رهنمون شده‌اند که در شهری مانند تهران که با انواع مشکلات زیست‌محیطی دست به گریبان است، بهینه‌سازی مصرف انرژی در مناطق مسکونی یک ضرورت است. خراسانیان و مبرقعی[۱۴] (۱۳۹۲)، در پژوهش خود تحت عنوان"تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر بر کاهش آلودگی هوا" از بررسی انرژی‌های تجدیدپذیر در مقایسه با انرژی‌های تجدیدناپذیر به این نتیجه رسیدند که استفاده از انرژی‌های تجدیدشونده کمک شایانی به حل مشکلات ناشی از آلودگی‌های منتشر شده از سوخت‌های فسیلی می‌کند، به‌طوری که استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر باعث کاهش ۳۵-۱۷٪ از انتشار $SO(2)$ در چین، استفاده از انرژی باد باعث کاهش ۳۲٪ از انتشار $CO(2)$در تایوان و در ایران استفاده از انرژی خورشیدی باعث کاهش پدیده وارونگی هوا و به تبع کاهش آلودگی هوا شد، اما بالا بودن هزینه‌های سرمایه‌گذاری، محدودیت‌های زمانی و مکانی و همچنین اثرگذاری تغییرات آب‌وهوا، استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر را دچار مشکل می‌کند، از طرف دیگر به دلیل مزایا و اثرات مثبت زیست‌محیطی، به خصوص کاهش آلاینده‌های هوا و نقش مؤثر آن در حفظ ذخایر طبیعی و پایان‌ناپذیر بودن آن‌ها، جایگزین کردن منابع انرژی تجدید پذیر با سوخت‌های فسیلی توصیه می‌شود. عبدالهی و همکاران[۱۵](۱۳۹۴)، در مقاله‌ای با عنوان"تأثیر انرژی خورشیدی بر بهینه‌سازی مصرف برق در ساختمان‌ها (بخش خانگی)" به این نتیجه رهنمون شده‌اند که طرح روش‌های جدید برای بهینه‌سازی انرژی در جهان می‌تواند ضمن کاهش تراکم در خطوط انتقال، امنیت سیستم را زیاد و هزینه‌های مربوطه را برای مصرف‌کنندگان کاهش دهد. شیخ پور و مهماندوست[۱۶](۱۳۹۴) در پژوهش خود با عنوان"بررسی کاربرد انرژی خورشیدی در سیستم‌های سرمایشی، گرمایشی و تهویه مطبوع ساختمان " به این نتیجه رسیده‌اند که استفاده از انرژی خورشیدی و کاربرد آن‌ها در زمینه تهویه مطبوع ساختمان‌ها امری اجتناب‌ناپذیر است. هاشم-پوریان[۱۷](۱۳۹۴)، در پژوهشی با عنوان" بررسی کاربرد انرژی خورشیدی در ساختمان‌های سبز، به این نتیجه رسیده است که عدم تولید گازهای گلخانه‌ای، کاهش سوخت مصرفی معمولی، دوستی با محیط‌زیست و استفاده از انرژی پاک و امن را می‌توان به عنوان دلیلی بر توجیه کاربرد انرژی خورشیدی در صنعت ساخت‌وساز ساختمان در نظر گرفت. اباذری و جوکار[۱۸](۱۳۹۶)، در مقاله خود با عنوان "واکاوی نقش انرژی‌های نو در راستای کاهش گازهای گلخانه‌ای و حفاظت از محیط‌زیست" به این نتیجه رسیده‌اند که استفاده از انرژی‌های نو در حفظ محیط‌زیست طبیعی و انسانی، کاهش روند گرمایش جهانی و همچنین در نیل به اهداف توسعه پایدار از محیط‌زیست نقش مهمی را ایفا می‌کنند. واقعیت آن است که استفاده از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر، علاوه بر کاهش عوارض آلاینده‌های زیست‌محیطی نقش مؤثری در کاهش هزینه‌های مصرف‌کنندگان دارد. صادقی و همکاران[۱۹](۱۳۹۶) در تحقیق خود با عنوان "تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست در ایران" به این نتیجه رسیده‌اند که بروز شوکی مثبت در مصرف انرژی تجدیدپذیر، منجر به افزایش رشد اقتصادی و انتشار $CO2$ می‌شود، از طرفی تجزیه و تحلیل واریانس نیز حاکی از آن است که سهم انرژی تجدیدپذیر در توضیح واریانس خطای پیش‌بینی GDP و $CO2$ در سطح پایینی قرار دارد. از این‌رو با توجه به مزیت‌های انرژی تجدیدپذیر توصیه می‌شود افزایش سهم این نوع انرژی از کل انرژی تولیدی کشور در افق کار سیاستمداران قرار گیرد.

۳- مبانی نظری پژوهش

از زمانی که انسان به تجزیه تحلیل مسائل محیط پیرامونش پرداخت، دریافت که خورشید علاوه بر ایفای نقش اساسی در هر پدیده طبیعی، نقش تعیین-کننده‌ای در ساخته‌های بشر نیز داشته است. بسیاری از مفسران، چنین تصور می‌کردند که بنای عظیم اهرام ثلاثه مصر، یکی از شاهکارهای مهندسی به-عنوان نردبانی است که از آن برای رسیدن به خورشید استفاده می‌شود. در حدود ۲۵۰۰ سال پیش، کاهنان معبد وستا آتش را از طریق متمرکز کردن اشعه‌های خورشیدی توسط مخروط‌های فلزی، به‌دست آوردند. در سال ۲۱۲ قبل از میلاد، ارشمیدس برای آتش زدن کشتی‌های سیراکوز از آینه‌های بزرگ مقعر بهره جست [۲۰]. علاوه بر هزاران روش استفاده از انرژی خورشیدی برای تولید مواد غذایی، آفتاب گرفتن و خشک کردن البسه، کاربردهای روزمرهٔ زیادی از قبیل گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها، گرمایش آب و استخرهای شنا و همچنین به‌عنوان منبع انرژی برای خنک‌کننده‌ها، موتورها و پمپ‌ها، نمونه‌هایی از این موارد هستند [۲۱].

انرژی که از خورشید دریافت می‌کنیم به شکل امواج الکترومغناطیس است. هنگامی که این انرژی به سطح یک مادهٔ جامد یا مایع برخورد می‌کند، جذب شده و به انرژی حرارتی تبدیل می‌شود. در این حالت، ماده گرم شده و گرما را در خود نگه می‌دارد و آن را از طریق هدایت به مواد اطراف (هوا، آب، سایر جامدات یا مایعات) منتقل کرده و یا آن را به موادی که دارای دمای کمتری هستند، بازتاب می‌نماید [۲۲]. این بازتاب، تابش با طول موج‌بلند است. شیشه به‌خوبی امواج با طول موج‌کوتاه را عبور می‌دهد، اما یک عبور دهنده ضعیف برای امواج با طول موج‌بلند است. وقتی خورشیدی از شیشه پنجره عبور می‌کند و توسط اشیای درون اتاق جذب می‌شود، این انرژی از شیشه خارج نمی‌شود؛ بنابراین شیشه، حکم یک تله را برای گرما دارد و این پدیده‌ای است که از آن ساخت گلخانه‌ها استفاده می‌شود. بدین طریق می‌تواند در روزهای آفتابی حتی در اواسط فصول زمستان، گرمای زیادی را دریافت کرد. این پدیده را اثر گلخانه‌ای گویند [۲۳].

کلکتورهای خورشیدی که برای گرمایش خانه‌ها استفاده می‌شوند (کلکتورهای صفحه تخت) اغلب دارای یک یا چند پوشش شیشه‌ای هستند. به جای شیشه می‌توان از انواع پلاستیک و سایر مواد عبور دهنده نور نیز

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده کرد. در زیر صفحهٔ پوششی اغلب کلکتورها، صفحه دیگری به نام صفحه جذب‌کننده قرار دارد که اشعه‌های خورشیدی را جذب می‌نماید. این صفحه جذب‌کننده اغلب از مس، آلومینیوم، فولاد یا سایر مواد مناسب دیگر ساخته شده و توسط ماده‌ای (رنگ سیاه یا یکی از پوشش‌های انتخابی) روی آن‌ها پوشانیده می‌شود تا باعث جذب بیشتر گرما شده و از انعکاس یا بازتاب آن جلوگیری نماید. لازم به ذکر است که هنگام جذب گرما از طریق صفحات جذب‌کننده توسط انتقال حرارت هدایتی به سیال ناقل (مایع یا هوا) منتقل می‌شود. این سیال اغلب توسط یک پمپ یا دمنده جریان می‌یابد. در صورت استفاده از مایعات (آب یا یک مایع غیرقابل انجماد متیل اتیلن گلیکول)، آن‌ها روی سطوح سیاه یا درون لوله‌های متصل شده به صفحات جذب‌کننده جریان می‌یابند [۲۴].

در برخی موارد، جابه‌جایی سیال (مایع یا هوا) بدون استفاده از تجهیزات مکانیکی (توسط جابه‌جایی طبیعی یا ترموسیفون) امکان‌پذیر است. هنگامی که سیال گرم می‌شود، تمایل به بالا آمدن دارد و سیال سردتر جای آن را می‌گیرد. اگر کلکتور به طور مورب یا عمودی نصب شود، این پدیده، سیال را از روی صفحه کلکتور حرکت داده و بدون وجود هیچ نیروی خارجی آن را جابه‌جا می‌کند. بسیاری از ساده‌ترین سیستم‌ها بر این اساس عمل می‌کنند؛ هر چند که عمل پمپاژ باعث افزایش راندمان کلکتور شده و امکان استفاده چند منظوره از گرمای ذخیره شده را فراهم می‌آورد. از این حرارت مستقیماً برای گرمایش فضای داخلی ساختمان‌ها استفاده می‌شود. وقتی که ساختمان نیاز به گرما ندارد، سیال گرم شده از طریق کلکتور را می‌توان به یک مخزن ذخیره گرما هدایت کرد. در صورت استفاده از هوا، مخزن ذخیره توده‌ای از سنگ یا سایر موارد ذخیره‌کننده گرم است و در صورت استفاده از مایعات، از یک مخزن بزرگ آب که به خوبی عایق کاری شده و دارای ظرفیت حرارت بالایی است، استفاده می‌شود. گرمای حاصل از انرژی خورشیدی را می‌توان برای سرمایش ساختمان‌ها نیز به کار برد. این سیستم‌ها به دمای عملکرد بالایی نیاز دارند.

در ایران دفتر بهینه‌سازی انرژی تحت عنوان «تقویت ظرفیت دولت جهت استفاده منطقی از انرژی» از سپتامبر ۱۹۹۷ تا ژوئیه ۱۹۹۸ توسط آدم و همکاران فرانسوی وی با همکاری دفتر بهینه‌سازی انرژی وزارت نیرو ایران انجام گرفت. هدف پروژه توسعه و بهبودی ظرفیت سازمانی دفتر بهینه‌سازی انرژی در وزارت نیرو است که به تحقیق برنامه‌های مصرف انرژی در زمینه‌های مختلف فعالیت‌های وزارت نیرو، کمک می‌نماید؛ بنابراین پروژه آدم دفتر بهینه‌سازی انرژی به‌عنوان مجموعه‌ای از فعالیت‌های «آموزش حین خدمت» در نظر گرفته می‌شود که شامل انتقال تخصص و تجربه کارکنان آدم در زمینه بهینه‌سازی انرژی است.

یکی دیگر از سازمان‌های فعال در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی به‌خصوص در بخش خانگی و ساختمان، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن می‌باشد که علاوه بر گزارش‌ها و تحقیقات موجود در مرکز، مقالات بسیاری نیز از این مرکز در همایش‌های سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت ملاحظه می‌شود. کارشناسان مرکز تحقیقات در امور تدوین مبحث ۱۸ مقررات ملی ساختمان و تدوین ضوابط فنی برای پوسته ساختمان، در قالب راهنمای مبحث ۱۸، نقش آشکاری داشته‌اند. مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان به همراه راهنمای آن مرجعی برای کلیه مهندسان، استادان و متخصصین صاحب‌نظر در مورد مباحث انرژی می‌باشد؛ و در سال‌های اخیر با توجه به بحران انرژی در راستای اجباری نمودن آن سعی بسیار گردیده است.

وزارت نفت در راستای اجرای سیاست‌های راهبردی کشور در بخش انرژی، در سال ۱۳۷۹ اقدام به تأسیس سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور کرد تا با متمرکز کردن فعالیت‌های خود در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی، تحولی اساسی را در ابعاد کمی و کیفی مدیریت انرژی در کلیه بخش‌های اقتصاد ملی به وجود آورد و اهداف مرتبط با مصرف بهینه حامل‌های انرژی در برنامه توسعه پایدار کشور را محقق سازد.

از جمله اقداماتی که در عرصه بین‌المللی در رابطه با مصرف انرژی انجام گرفته است، تدوین استاندارد بین‌المللی بهینه‌سازی مصرف انرژی سال ۲۰۰۰ می‌باشد. در این استاندارد حداقل پارامترهای لازم برای طراحی و اجرای ساختمانی از نظر مصرف انرژی بهینه ارائه شده و حداقل رفتار حرارتی مورد نیاز پوسته شامل پنجره‌ها و بازدهی جدار دستگاه‌های مکانیکی در ساختمان معرفی می‌گردد. پیش‌بینی‌های این استاندارد ضوابط طراحی پوسته‌های ساختمان برای مقاومت حرارتی کافی و کمترین نفوذ هوا و طراحی و انتخاب وسایل مکانیکی، الکتریکی، آبگرم و روشنایی را برای استفاده بهینه از انرژی در ساختمان تعیین می‌نماید. برای ساختمان‌های مسکونی در این استاندارد رویکردهای مختلفی وجود دارد.

بهترین روش استفاده از انرژی خورشیدی برای گرمایش آب خانگی، استفاده از آن به‌عنوان پیش گرمکن در دمای کلکتور می‌باشد. سپس این آب پیش گرم شده به گرم‌کننده‌های غیرخورشیدی انتقال می‌یابد. در این روش انتقال کلکتور نسبتاً زیاد خواهد بود [۲۵].

تا زمانی که سیستم پشتیبان استفاده می‌شود، وابستگی کامل به انرژی خورشیدی از بین می‌رود[۲۶]. علاوه بر این، به‌منظور گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها و گرمایش آب خانگی، انرژی خورشیدی را می‌توان از پنج طریق اصولی به انرژی الکتریکی تبدیل نمود:

۱- استفاده از اختلاف دمای سطح فوقانی و تحتانی آب دریاها و اقیانوس به‌منظور راه‌اندازی موتور حرارتی که بر اساس اختلاف دما (۳۰ °F-۴۰) کار می‌کند

۲- استفاده از باد برای به حرکت درآوردن یک توربین بادی (آسیاب بادی) که می‌تواند باعث گردش ژنراتور برای تولید برق شود همچنین از باد می‌توان نیروی مکانیکی لازم را برای پمپاژ آب به دست آورد.

۳- استفاده از انرژی خورشیدی در عمل فتوسنتز برای رشد درختان، گیاهان و سایر ارگانیسم‌ها مانند جلبک (سوخت قابل احتراق به جای زغال‌سنگ)

۴- تبدیل مستقیم انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی از طریق سلول‌های فتوولتایی خورشیدی در شاتل‌های فضایی به‌طور فزاینده‌ای از سلول‌های خورشیدی سیلیکونی استفاده شده است.

۵- استفاده از کلکتورهای متمرکز کننده برای گرم کردن سیالاتی که باعث راه‌اندازی موتورهای حرارتی و درنتیجه به گردش درآوردن انرژی ژنراتورها برای تولید برق می‌شوند[۲۷].

در ادامه به توضیح برخی واژه‌های تخصصی می‌پردازیم:

واحد مسکونی: یک واحد خانه متشکل از یک اتاق یا بیشتر که امکانات کامل و مستقل (خواب، خوراک، پخت‌وپز و بهداشت) برای زندگی یک نفر یا بیشتر در آن فراهم باشد [۲۸].

پوسته خارجی: کلیه سطوح پیرامونی ساختمان، اعم از دیوارها، سقف‌ها، کف‌ها، بازشوها، سطوح نور گذر و نظایر آن‌که از یک‌طرف با فضای خارج و یا فضای کنترل نشده و از طرف دیگر با فضای کنترل‌شده داخل ساختمان در ارتباط هستند. پوسته خارجی الزاماً در تمام موارد با پوسته فیزیکی

www.SID.ir

Archive of SID

ساختمان یکی نیست، زیرا پوسته فیزیکی ساختمان شامل عناصری که در وجه خارجی خود مجاور خاک و زمین هستند، نیز می‌باشد[۲۹].

بام تخت: پوشش نهایی هر قسمت که شیبی کمتر از یا مساوی ۱۰ درجه نسبت به سطح افقی دارد. بام‌های تخت بخشی از پوسته خارجی ساختمان محسوب می‌شوند[۳۰].

بام شیب‌دار: پوشش نهایی ساختمان که شیبی بیشتر از ۱۰ درجه و کمتر از ۶۰ درجه نسبت به سطح افقی دارد. در بالای سقف شیب‌دار فضای خارجی و در زیر آن فضای کنترل شده یا کنترل نشده قرار دارد. در صورتی که فضای زیرین کنترل شده باشد. بام شیب‌دار بخشی از پوسته خارجی ساختمان محسوب می‌شوند [۳۱].

بازشو: کلیه سطوح در پوسته خارجی ساختمان که برای ایجاد دسترسی، تأمین روشنایی، دید به خارج، خروج گاز حاصل از سوخت، تهویه و تعویض هوا ایجاد می‌گردند (مثل انواع درها، دریچه‌ها، پنجره‌ها نماهای شیشه‌ای، نورگیرها، هواکش‌ها، دودکش‌ها و...)[۳۲].

جدار نور گذر: جداری که ضریب انتقال نور آن بزرگ‌تر از ۰/۲ باشد جدار نور گذر بر دو نوع شفاف و مات بوده و شامل پنجره‌ها نماها و درهای خارجی نورگذر، نورگیرها و مشابه آن‌هاست.

سطوح جدارهای نورگذر: مساحت کل جدارهای نور گذر (اعم از شفاف یا مات) و قاب‌های احتمالی نگهدارندِ آن‌ها[۳۳].

جرم سطحی: جرم متوسط یک مترمربع از سطح پوسته داخلی یا خارجی ساختمان.

جرم سطحی مفید جدار (mi): جرم سطحی قسمت رو به داخل جدار تشکیل دهنده پوسته خارجی ساختمان که در محاسبه جرم مفید و اینرسی حرارتی ساختمان در نظر گرفته می‌شود.

سطح زیربنای مفید: مجموع سطح زیربنای فضاهای کنترل‌شده در یک ساختمان[۳۴].

جرم سطحی مفید ساختمان (ms): نسبت جرم مفید ساختمان به سطح زیربنای مفید.

جرم مفید ساختمان (m): مجموع قسمت‌های رو به داخل جدارهای تشکیل دهنده پوسته خارجی ساختمان که در محاسبه اینرسی حرارتی ساختمان در نظر گرفته می‌شود [۳۵].

اینرسی حرارتی: قابلیت کلی پوسته خارجی و دیوارهای داخلی در ذخیره کرده انرژی (با جذب آن) و باز پس دادن آن (در صورت لزوم) برای به حداقل رسانیدن نوسان‌های دما و باز گرمایی ـ سرمایی در فضای کنترل‌شده ساختمان گروه‌بندی اینرسی حرارتی ساختمان با استفاده از جرم سطحی مفید ساختمان صورت می‌گیرد. (پیوست ۱ مبحث ۱۹)

ضریب انتقال حرارت طرح H: ضریب انتقال حرارت طرح ساختمان یا بخشی از آن برابر است با مجموع انتقال حرارت از جداره‌های فضاهای کنترل‌شده، در صورتی که اختلاف دمای داخل و خارج برابر ۱ درجه باشد. واحد مورد استفاده برای ضریب انتقال حرارت [w/k] است. در روش کارکردی برای کنترل صحت طراحی، این ضریب با ضریب انتقال حرارت مرجع مقایسه می‌گردد [۳۶].

ضریب انتقال حرارت سطحی U: ضریب انتقال حرارت سطحی قسمتی از پوسته خارجی ساختمان برابر است با توان حرارتی منتقل شده از سطحی از آن با مساحت یک مترمربع در صورتی که اختلاف دمای داخل و خارج برابر یک درجه باشد. واحد مورد استفاده برای ضریب انتقال حرارت $[w/m^2.k]$ است[۳۷].

ضریب تعادل حرارت در سطح جدار: نسبت شدت جریان حرارت سطحی به اختلاف دما بین سطح جدار و هوای محیط در حالت پایدار.

ضریب انتقال خورشیدی سطح نور گذر: نسبت انرژی عبور کرده به انرژی تابیده شده به سطح نور گذر[۳۸].

ضریب هدایت حرارت: مقدار حرارتی که در یک ثانیه از یک مترمربع عنصری همگن به ضخامت یک متر، در حالت پایدار عبور می‌کند و اختلافی برابر یک درجه کلوین بین دمای دو سطح طرفین عنصر ایجاد نماید. ضریب هدایت حرارتی با λ نشان داده می‌شود و واحد آن [w/m.k] است.

مقاومت حرارتی: نسبت ضخامت لایه به ضریب هدایت حرارتی آن، بدیهی است که مقاومت حرارتی یک پوسته تشکیل شده از چند لایه مساوی با مجموع مقاومت‌های هر یک از لایه‌ها خواهد بود. مقاومت حرارتی قابلیت عایق بودن (از نظر حرارتی) یک یا چند لایه از پوسته را مشخص می‌کند. مقاومت حرارتی با R نشان داده می‌شود و واحد آن $[m^2.k/w]$ است [۳۹].

عایق (عایق حرارت): مصالح یا سیستم مرکبی که انتقال گرما را از محیطی به محیط دیگر به طور مؤثر کاهش دهد. در مواردی عایق حرارت می‌تواند علاوه بر کاهش انتقال حرارت، توانایی‌های دیگری نیز مانند باربری، صدا بندی و ... داشته باشد. تحت شرایط ویژه‌ای، هوا نیز می‌تواند عایق حرارت محسوب شود.

عایق‌کاری حرارتی (گرما بندی): منظور استفاده از عایق‌های حرارتی (گرما بندی) اجزای ساختمانی که با افزودن یک لایه عایق حرارت در سمت خارج صورت می‌گیرد.

عایق‌کاری حرارتی پیرامونی: عایق‌کاری حرارتی با عرضی محدود در کف روی خاک در مجاورت و امتداد دیوارهای پوسته خارجی ساختمان.

عایق‌کاری حرارتی همگن: نوعی عایق‌کاری حرارتی که در آن مصالح ساختمانی مصرف‌شده اعم از سازه‌ای و غیر سازه‌ای در بخش اعظم ضخامت پوسته خارجی (دیوار، سقف، کف) مقاومت حرارتی بالایی داشته باشد[۲۴].

پل حرارتی: نقاطی از ساختمان که به علت عدم تداوم و یکپارچگی عایق حرارت پوسته خارجی ساختمان باعث افزایش میزان انتقال حرارت می‌گردند.

نشت هوا: ورود و یا خروج هوا در ساختمان از منافذ و مجراهایی غیر از محله‌ای پیش‌بینی شده که باعث تعویض هوا می‌شود [۴۰].

هوابندی: جلوگیری از ورود یا خروج هوا از طریق پوسته و یا درزهای عناصر تشکیل دهنده آن.

۴- روش‌شناسی پژوهش

در تحقیق حاضر ابتدا به مطالعات کتابخانه‌ای مبنی بر شناخت نحوه طراحی ساختمان و سیستم تأسیساتی آن پرداخته‌ایم که در این مطالعات از منابع داخلی و خارجی از قبیل کتب، مقالات و دیگر منابع مرتبط با توجه به اقتضای پژوهش است. همچنین در این بررسی از تجارب دیگر کشورها درباره طراحی ساختمان‌ها با انرژی خورشیدی نیز استفاده شد تا به تکمیل اطلاعات موردنیاز بپردازیم.

داده‌های آماری موردنظر تحقیق شامل داده‌های انرژی، پروانه‌های ساختمانی می‌باشد. آمارهای مربوط به انرژی نیز با مراجعه به ترازنامه انرژی تهیه شده است. آمار مربوط به ساختمان‌ها با مراجعه به آمارهای رسمی

www.SID.ir

Archive of SID

مرکز آمار رسمی ایران، سازمان خدمات کامپیوتری شهرداری و سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت به دست آمد و جزئیات ساختمانی موردنیاز از برداشت میدانی از سطح شهر حاصل شده است.

ساختمان مسکونی موردنظر در منطقه یک شهرداری تهران بوده که ساختمانی ۵ طبقه دارای استخر و جکوزی می باشد و اکنون در حال ساخت است.

زندگی روزمره مردم وابسته به تولید و مصرف انرژی است، لذا عرضه و تقاضای آن در جوامع بشری به طور مستمر رو به افزایش است. رشد سریع مصرف جهانی انرژی علاوه بر ایجاد مشکلاتی در زمینه تأمین منابع انرژی، اثرات زیست‌محیطی زیانباری را نیز به دنبال داشته است. بدین ترتیب در پژوهش حاضر میزان مصرف انرژی در بخش خانگی در ساختمان موردبررسی منطقه مطالعاتی بررسی و سپس میزان انرژی خورشیدی که می‌تواند جایگزین مناسبی جهت این مقدار انرژی تجدیدناپذیر شود بررسی و برآورد گردیده است. در ادامه میزان برآوردها به تفکیک در هر قسمت برای مصارف خانگی با استفاده از روابط ریاضی ذکر شده است:

$$657896Btu/hr \approx 16659Mj/DD$$ = مجموع بارهای حرارتی

۱۴۰۵ GpH= حداکثر مصرف آب گرم

۰/۳۵ = ضریب تقاضا ساختمان مسکونی

۱/ ۲۵ = ضریب ذخیره

$$657896But/hr \times \frac{1Kj}{3412/14} = 192/8Kg/\sec \quad (1)$$

$$192/81Kj/hr \times \frac{36008}{1hr} \times \frac{24hr}{1day} = 1665881658Kj/D \quad (2)$$

ضریب تقاضا × حداکثر آب گرم (GpH) = مصرف آب گرم

$$= 16658/8Mj/D$$

$$A = 1405 \times 0/35 = 492GpH$$

[۱۶] ۳/۷۸۵ × ضریب ذخیره A× = حجم منبع آب گرم (لیتر)

$$v = 492 \times 1/25 \times 3/785 = 2330Lit$$

لذا دو عدد منبع ۱۲۰۰ لیتری در نظر می گیریم. Q= ۸۲۹۸/۰۷۲Mj/DD

برای آب گرم

برای محاسبه اتلاف حرارتی ماهیانه و سالیانه از ضریبی که در پیوست آورده شده (جدول تابش خورشید برای شهرهای مختلف ایران) استفاده می‌کنیم.

۲۵۷۳۱۶ Mj/DD = مصرف گرمای ماهیانه

۱۹۸۲۴۲۱ Mj/DD= مصرف گرمای ماهیانه

L_{jan} = مصرف گرمای ماهیانه + مصرف آب گرم ماهیانه = ۲۲۳۹۷۳۷

۳۰۲۸۷۹۶/۲Mj/DD = مصرف آب گرم ماهیانه

۵۲۱۴۲۶۷Mj/DD = مصرف گرمای سالیانه

L_{gr} = ۸۲۴۳۰۶۳/۲۸Mj/DD

مجموع بارهای حرارتی ساختمان

$$= 491750Bti/hr \Rightarrow 491750Btu/hr \sim \frac{1Kj}{3412/14} = 144.117kj/jec \times \frac{36008}{1hr} \times \frac{24hr}{1day}$$

$$Q_t = Total = 191252\,\text{Btu/hr} \quad (4)$$

$$Q_B = 0/35 \times 1910252 \times 1/2 = 802305/84Btu/hr \quad (5)$$

گرمایشی و حجم منبع آب گرم برای آب گرم مصرفی به ترتیب برای ساختمان مسکونی برابر است با:

$$Q^{\circ} = 1910252\,Btu/hr = 559/88kw$$

$$\forall = 2330lit$$

$$saved\ Electrical\ Energy\ (SEE) = Q^{\circ} \times usage\ time$$

$$SEE = 559/83kw \times 365day \times 24hr = 4904111kw - hr \quad (6)$$

مقادیر فوق نشان می‌دهند که استفاده از انرژی خورشیدی در مدت‌زمان یک سال باعث چه میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی الکتریکی می‌گردد. با توجه به ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۵ ایران تولید CO_2, SO_2, CO, NO, NO_x و ذرات معلق (SPM) به ازای هر کیلووات ساعت انرژی الکتریکی تولید شده توسط نیروگاه‌های حاصل از سوخت‌های فسیلی به ترتیب:

۱۲۴۵۱۷۷۵/۱۳ Kj/D=۱۲۴۵۱۷۷/۵ Mj/DD =

۷۵۹Mj/DD = Q برای آبگرم

۱۴۸۱۷۶۱۲۲/۵Mj/DD= مصرف گرمای ماهیانه

۲۳۵۲۸/۰۷Mj/DD = مصرف آبگرم ماهیانه

۱۴۸۱۹۶۵۰/۶ Mj/DD = مصرف گرمای ماهیانه + مصرف آبگرم ماهیانه =

L_{jon}

۳۸۹۷۴۰۵۵۷/۵Mj/DD = مصرف گرمای سالیانه

۲۷۷۰۲۴/۰۵Mj/DD = مصرف آب گرم سالانه

۳۹۰۰۱۷۵۸۱/۶ Mj/DD = مصرف گرمای سالیانه + مصرف آب گرم سالیانه =

L_{jon}

بار حرارتی ساختمان $\Rightarrow$ ۶۵۷۸۹۶ Btu/hr

بار حرارتی آب گرم مصرفی $\Rightarrow$ ۴۵۰۸۲۰ Btu/hr

بار حرارتی جکوزی $\Rightarrow$ ۸۰۰۰۰×۳/۹۶۸ = ۳۱۷۴۴ ۰ Btu/hr

بار حرارتی استخر $\Rightarrow$ ۱۲۲۰۰۰×۳/۹۶۸ = ۴۸۴۰۹۶ Btu/hr

(۳)

www.SID.ir

Archive of SID

$$CO_2 = 572/603 \, gr/kw-hr$$
$$SO_2 = 1/000 \, gr/kw-hr$$
$$NO_x = 0/894 \, gr/kw-hr$$
$$CO = 0/001 \, gr/kw-hr$$
$$SPM = 0/108 \, gr/kw-hr$$

می‌باشد؛ بنابراین میزان کاهش آلاینده‌های فوق در اثر صرفه‌جویی انرژی الکتریکی برای ساختمان مسکونی از این قرار است:

$$Reduced\ CO_2\ emission = 4904111 \times 572/603 = 28/08 Ton$$
$$Reduced\ SO_2\ emission = 4904111 \times 1 = 490 kg$$
$$Reduced\ NO_x\ emission = 4904111 \times 0/894 = 438/4 kg$$
$$Reduced\ CO\ emission = 4904111 \times 0/001 = 0/49 kg$$
$$Reduced\ SPM\ emission = 4904111 \times 0/108 = 52/96 kg$$

۵- تجزیه‌وتحلیل یافته‌های پژوهش

یکی از انرژی های تجدید پذیر که علاوه بر پاک بودن و عدم آلایندگی محیط‌زیست شهری و حرکت در مسیر توسعه پایدار شهری، همچنین نقش بی‌بدیلی در تأمین انرژی برای مصارف خانگی از جمله تأمین انرژی برای گرمایش و سرمایش ساختمان ها دارد و می‌تواند میزان ذخیره انرژی الکتریکی بیش از سوخت‌های فسیلی داشته باشد، انرژی خورشیدی است.

مطالعات صادقی و همکاران[۱۹](۱۳۹۴) با استفاده از الگوی خود رگرسیون ساختاری (SVAR) نشان دادند که شوک مثبت در مصرف انرژی تجدیدپذیر (RES) با ضریب مثبت بر انتشار CO2 اثر گذاشته ولی در اقتصاد ایران به دلیل سهم پایین این نوع انرژی در سبد کل انرژی کشور، استفاده از انرژی تجدیدپذیر موجب کاهش در انتشار CO2 نشده است. با وجود ظرفیت بالای RES در ایران، استفاده بسیار محدودی از این منبع انرژی صورت گرفته و از طرفی به دلیل تکنولوژی ضعیف و قدیمی در روند تولید داخل منجر به انتشار بیشترCO2 در استفاده بیشتر انرژی شده است و همین امر می‌تواند عامل مهمی در خنثی شدن اثر مثبت استفاده از RES شود. مطالعات خراسانیان و مبرقعی[۱۴] (۱۳۹۲) هم مشخص ساخت که استفاده از انرژی خورشیدی باعث کاهش قابل توجه گازهای آلاینده‌ای از قبیل SO2 و CO2 و پدیده وارونگی هوا می‌شود. مطالعات فاضلی و حیدری [۱۳](۱۳۹۲) با استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی انرژی روتردام (REAP) بیانگر این است که شهر تهران بزرگ‌ترین مصرف‌کننده انرژی کشور می‌باشد و بخش‌های خانگی، تجاری و عمومی و حمل‌ونقل بیشترین مصرف انرژی در شهر تهران را در میان بخش‌های مختلف دارا می‌باشند؛ اما برای تأمین انرژی موردنیاز این بخش‌ها از منابع فسیلی استفاده می‌شود که علاوه بر این‌که فناپذیر و رو به پایان می‌باشند، باعث ایجاد آلودگی‌های مختلف و مشکلات متعدد زیست‌محیطی خواهند شد. بنابراین لزوم استفاده از منابع تجدیدپذیر در آینده نه چندان دور اجتناب‌ناپذیر خواهد بود.

از طرف دیگر در استفاده از انرژی های نو توجه به اقلیم مناطق و طراحی سیستم‌های متناسب با آن‌ها حائز اهمیت است. اقلیم ایران در بیشتر نقاط کشور به دلیل ساعات آفتابی زیاد، مستعد استفاده از انرژی خورشیدی هست، ولی با توجه به تفاوت در میزان ساعات آفتابی در مناطق مختلف کشور در ماه‌های سال باید سیستم‌های خورشیدی متناسب با آن ایجاد شود؛ که در این زمینه پژوهش شیخ پور و مهماندوست[۱۶](۱۳۹۴) بیانگر این است که انرژی به عنوان یک فاکتور مؤثر در تأمین این نیاز همیشه مورد توجه بوده است و از آنجا که سوخت‌های فسیلی دارای محدودیت هستند و همچنین مستلزم هزینه و به عنوان آلاینده‌ای برای محیط‌زیست می‌باشند، استفاده از صورت‌های دیگر انرژی بسیار حائز اهمیت است؛ و با توجه به اینکه ایران از فراوانی تابش مستقیم خورشید برخوردار است، کشوری آفتاب‌گیر محسوب می‌شود. از مناطق معتدل و نسبتاً سرد، با بهینه سازی جذب تابش خور شیدی در ساختمان می‌توان مقدار زیادی از مصرف سوخت فسیلی صرفه‌جویی کرد. همپای با این نتیجه مطالعه خالصی دوست و بیگانه طلب[۱۲] (۱۳۹۱) هم بیان داشت که در شهر سمنان در شش ماهه دوم سال چون در ماه مهر درجه حرارت هوا نسبت به ماه‌های آبان، آذر، دی و بهمن بیشتر است و همچنین تعداد ساعات آفتابی در این ماه طولانی‌تر از ماه‌های دیگر است. پس بار حرارتی که در سیستم ذخیره حاصل شده خیلی بیشتر از ماه‌های دیگر است. طبق نتایج به دست آمده هر چقدر سطح مقطع کلکتور افزایش یابد، میزان بار حرارتی سیستم ذخیره افزایش یافته، این نتیجه برای تمام ماه‌ها ثابت بوده ولی در ماه آبان به دلیل اینکه درجه حرارت هوا رو به کاهش بوده و همچنین مدت ساعت آفتابی کاهش یافته نیاز به کلکتور با سطح بزرگ‌تر بوده که بتواند این کمبود را جبران کند و همچنین در ماه‌های آذر، دی و بهمن نیاز به کلکتور با سطح مقطع بزرگ‌تر بوده و در اسفند ماه چون درجه حرارت هوا دو باره رو به افزایش بوده پس بار حرارتی از کلکتور خورشید افزایش می‌یابد و باعث می‌شود بار حرارتی سیستم ذخیره با کمترین سطوح کلکتور حاصل شود.

در این پژوهش هم میزان انرژی مصرفی خانگی برای بار حرارتی گرمایشی و آب گرم مصرفی با توجه به انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی و انرژی خورشیدی مورد مقایسه تطبیقی قرار گرفت. بر اساس اطلاعات استخراج شده درباره میزان سوخت مصرفی در بخش خانگی منطقه یک کلان‌شهر تهران و مقایسه آن با میزان برآورد انرژی جایگزین یعنی انرژی خورشیدی، محاسبات نشان می‌دهند که با توجه به بار حرارتی گرمایشی به دست آمده برای ساختمان مسکونی که توسط انرژی خورشیدی باید تأمین شود، انرژی ذخیره شده الکتریکی در ساختمان مسکونی kw-hr ۴۹۰۴۱۱۱، در ساختمان اداری kw-hr ۴۲۰۸۰۱/۲ و در ساختمان آموزشی kw-hr ۳۰۰۳۸۰/۴ می‌باشد. این ارقام بیان‌گر آن است که در مدت زمان یکسان با استفاده از انرژی خورشیدی چه میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی الکتریکی حاصل می‌گردد و باعث صرفه‌جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی شده و همچنین هزینه‌های حاصل از تولید و انتقال آن‌ها نیز کاهش می‌یابد.

با توجه به ترازنامه سال ۱۳۸۵ ایران، میزان کاهش آلاینده‌های هوایی CO_2 ، SO_2 ، NO_x ، CO، SPM برای ساختمان مسکونی به ترتیب Ton ۲۸/۰۸، kg ۴۹۰، kg ۴۳۸/۴، kg ۰/۴۹، kg ۵۲/۹۶ است.

آمار سال ۱۳۹۳ نشان می‌دهند که به عنوان نمونه تعداد ساختمان‌های مسکونی در شهر تهران ۲۰×۱۰^۶ است. این تعداد بیان‌گر این است که حتی اگر بتوان بخشی از انرژی آن‌ها را از طریق انرژی خورشیدی تأمین نمود، میزان قابل‌توجهی از مصرف سوخت‌های فسیلی کاسته شده، در نتیجه

www.SID.ir

Archive of SID

آلاینده‌های هوا هم نیز کاهش می‌یابند. شایان ذکر است که استفاده از سیستم‌های انرژی خورشیدی دارای هزینه اولیه بالایی می‌باشند ولی با توجه به صرفه‌جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی و همچنین کاهش هزینه‌های تولید و انتقال آن‌ها، این سیستم‌ها در دراز مدت مقرون به صرفه می‌باشند. در ضمن این سیستم‌ها علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف سوخت دارای مکانیسم‌هایی جهت جلوگیری از آلاینده‌های زیست‌محیطی و هوایی نیز می‌باشند.

نتایج پژوهش‌های انجام شده در این زمینه بر نقش کلیدی انرژی خورشیدی در کاهش آلاینده‌های متعدد زیست‌محیطی به‌واسطه کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی صحه گذاشته و بر نقش مثبت این نوع انرژی در توسعه پایدار اقتصادی کشورها تأکید می‌کنند.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

افزایش جمعیت، اتمام منابع انرژی و اتلاف آن و آلودگی‌های ناشی از سوخت‌های فسیلی عواملی هستند که هر روز محدودیت‌های آینده بشر و مخاطرات آن را گوشزد می‌کنند. با توجه به محدودیت‌های موجود تنها استفاده از روش‌های درست مصرف، بهینه‌سازی وسایل مصرف انرژی و به‌کارگیری انرژی‌های نو می‌تواند بحران انرژی را مهار کند. طبق ترازنامه انرژی ۱۳۹۲ سرانه مصرف نهایی انرژی ایران در بخش‌های کشاورزی، خانگی و تجاری و عمومی، حمل‌ونقل و صنعت به ترتیب ۳/۲، ۱/۸، ۱/۶، ۱/۵ برابر متوسط جهانی است. مقایسه سرانه مصرف نهایی انرژی ایران به تفکیک حامل‌های انرژی با مقیاس جهانی نشان می‌دهد که سرانه مصرف گاز طبیعی و نفت خام و فرآورده‌های نفتی به ترتیب ۵/۹ و ۱/۶ برابر متوسط مصرف سرانه جهانی می‌باشد. مصرف سرانه سایر حامل‌ها از متوسط جهانی کمتر است. این امر از بهره‌وری پایین در بهره‌برداری، مصرف بالای انرژی و همچنین استفاده از کالاها و خدمات انرژی‌بر ناشی می‌شود. بدین ترتیب کاربردهای حرارتی از انرژی خورشیدی در ساختمان جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده است. جهت رفع این نیاز به واسطه سیستم خورشیدی قابل تأمین است و باعث افزایش بازدهی می‌گردد. بیشتر سیستم‌های خورشیدی فقط برای تأمین آب گرم مصرفی در ساختمان‌ها به کار می‌رفتند اما با توسعه سیستم‌های گرمایش دما پایین مانند سیستم گرمایش از کف استفاده از سیستم‌های خورشیدی جهت تأمین بخشی از گرمایش محیط توسعه یافت. با توجه به نقش فزاینده انرژی‌های پاک و نو از جمله انرژی خورشیدی در کاهش فشار بر سوخت‌های فسیلی و میزان آلایندگی آن‌ها بر آب‌وهوا و خاک، در این تحقیق به مقایسه تطبیقی انرژی مصرفی حاصل از سوخت‌های فسیلی و انرژی خورشیدی در ساختمانی در منطقه یک کلان‌شهر تهران جهت تخمین میزان انرژی ذخیره شده الکتریکی و کاهش میزان آلایندگی محیط زیستی پرداخته شد. میزان انرژی مصرفی ساختمان مورد نظر برای بار حرارتی گرمایشی و آب گرم مصرفی هم با سوخت‌های فسیلی و نیز با انرژی خورشیدی با روابط ریاضی به هر قسمت انجام شد. نتایج نشان می‌دهند که این ساختمان به مقدار kw ۵۵۹/۸۸ انرژی خورشیدی برای بار حرارتی گرمایشی و آب گرم مصرف می‌نماید که این مقدار انرژی معادل ۴۹۰۴۱۱۱kW-hr انرژی ذخیره شده الکتریکی است؛ بنابراین میزان کاهش آلاینده‌های SPM,CO,NOx,SO2,CO2 در اثر صرفه‌جویی انرژی الکتریکی برای ساختمان مسکونی به ترتیب برابر ۲۸/۰۸Ton، ۴۹۰kg، ۴۳۸/۴ kg، ۰/۴۹ kg و ۵۲/۹۶ kg است. با توجه به نتایج حاصله مشخص گردید که استفاده از انرژی خورشیدی باعث صرفه‌جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی می‌شود، هزینه‌های حاصل از تولید و انتقال آن‌ها را نیز کاهش می‌دهد و به مقدار قابل توجهی باعث کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی می‌شود. در ادامه جهت بهینه کردن مصرف انرژی در ساختمان‌های شهر تهران علاوه بر استفاده از انرژی خورشیدی موارد زیر پیشنهاد می‌گردد.

۱- بهترین حالت نورگیری بنا به لحاظ صرفه‌جویی در مصرف انرژی، از سمت جنوب است؛ بنابراین خیابان‌های شرقی / غربی مناسب‌ترین جهت احداث خیابان‌ها است. در خیابان‌هایی که به ناچار به صورت شمالی / جنوبی احداث می‌شوند، باید ضلع کوچک‌تر بلوک‌ها به سمت خیابان باشد. در خیابان‌های مورب نیز باید جهت استقرار بلوک‌ها به نحوی باشد که نورگیری از سمت جنوب امکان‌پذیر باشد.

۲- طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، در صورتی که ساختمان در مناطق گرم و مرطوب و یا با نیاز سرمایی زیاد قرار نگرفته باشد و سطوح نورگذر در جهت جنوب شرقی تا جنوب غربی بیش از یک نهم سطح مفید ساختمان باشد و همچنین موانع در برابر تابش نور خورشید به ساختمان با زاویه کمتر از ۳۵ درجه (نسبت به افق) دیده شود، ساختمان می‌تواند بهره‌مند از انرژی خورشیدی تلقی شود.

شهر تهران بر اساس گونه‌بندی جغرافیایی نیاز انرژی گرمایی ـ سرمایی سالانه محل ساختمان ـ مبحث ۱۹ مقررات ملی ـ در منطقه گرم و مرطوب یا با نیاز سرمایی زیاد قرار ندارد. در صورتی که نسبت سطوح نورگذر جنوبی به سطح زیربنای مفید بیش از یک نهم باشد، شرط دیگر بهره‌گیری از انرژی خورشیدی ارضا می‌شود که البته در مورد ساختمان نمونه برقرار نمی‌باشد، اما در هر صورت رعایت این مسئله به عهده طراح است و برای ساختمان نوساز باید این شرط برای تعیین مقدار مناسب سطوح نورگذر لحاظ شود.

شرط سوم روئیت موانع در برابر تابش نور خورشید با زاویه ۳۵ درجه است که حالت‌های بحرانی این مسئله با توجه به محدودیت عرض خیابان و ارتفاع موانع بررسی شدند؛ بنابراین جهت بهره‌گیری از انرژی خورشید باید هر ساختمان با شرایط خاص خود مورد بررسی قرار گیرد و در صورت عدم امکان بهره‌گیری از انرژی خورشید، باید از دیگر راهکارهای بهینه‌سازی استفاده نمود.

۳- فرم کالبدی بهینه مناسب از نظر کاهش تأثیر باد و استفاده از نور خورشید، فرم کشیده شده در جهت شرقی / غربی است.

۴- در کاربری مسکونی، جانمایی فضاهای داخلی باید به گونه‌ای باشند که فضاهایی که در اکثر اوقات شبانه‌روز مورد استفاده قرار می‌گیرند، در جبهه‌های مطلوب ساختمان واقع شوند. فضاهایی چون اتاق‌های خواب و نشین باید در جبهه جنوبی قرار گیرند تا از نور و تهویه طبیعی برخوردار شوند. فضاهای کم اهمیت مانند کمدها یا انباری در صورت وجود، در قسمت‌های سرد ساختمان مانند پوسته شرقی یا غربی قرار گیرند. آشپزخانه، جهت کاهش تلفات حرارتی جدا از فضاهای دیگر، در گوشه پلان طراحی شود. از طراحی فضاهایی مانند راهروها یا راه پله‌های اضافی خودداری گردد، زیرا سبب به هدر رفتن حرارت شده و گرمایش و سرمایش آن‌ها مشکل است.

۵- از آنجا که تهران در گروه متوسط از نظر میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی قرار دارد، در صورت کاهش سطوح جدارهای نورگذر به یک نهم سطح زیربنای مفید، می‌توان از شیشه‌های تک جداره استفاده نمود، در غیر این صورت بهتر است از شیشه‌های دوجداره استفاده شود. همچنین قاب‌ها کاملاً درزبندی گردند و از پوشش‌های مناسب برای پنجره‌ها استفاده گردد.

۶- ملاحظه گردید که در برداشت انجام شده اغلب ساختمان‌ها فاقد سایبان

www.SID.ir

Archive of SID

بودند. به جهت اینکه در اوقات گرم سال ۱۰۰ درصد روی پنجره سایه ایجاد شود، بر اساس مبحث ۱۹ کاربرد سایبان‌های زیر برای ساختمان نمونه پیشنهاد می‌شود. برای عرض جغرافیایی ۳۵ درجه (تهران) برای پنجره‌های جنوبی، سایبان افقی با زاویه ۶۰ درجه و برای پنجره‌های شمالی، سایبان عمودی با زاویه ۷۵ درجه در غرب پنجره پیش‌بینی شود. البته این موارد پیشنهادی است و برای هر ساختمانی باید با توجه به نحوه قرارگیری، اقلیم و ابعاد و جهت پنجره‌ها، سایبان‌ها مشخص شوند.

۷- از آنجا که مصالح رایج در ساختمان‌سازی دارای اینرسی حرارتی مناسبی نمی‌باشند، بهتر است از عایق حرارتی در جداره‌های ساختمان استفاده شود. کاربرد عایق در ساختمان و عایق‌بندی حرارتی جداره‌ها از جمله راهکارهای اصلی در امر بهینه‌سازی انرژی است.

۶- مراجع

[1] ع. اکبری مطلق، و س. ج. حجازی، امکان‌سنجی اقتصادی سیستم روشنایی خورشیدی LED در جاده‌ها ، *ششمین کنگره ملی مهندسی عمران*، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران، اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۰.

[2] م. ساکی‌پور، ع. ر. کعبی نژادیان، سخاوت جو، م. ص. و س. ع . ا. جعفری موسوی، امکان استفاده از انرژی خورشیدی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در اهواز، *علوم بهداشتی جندی شاپور*، دوره سوم، شماره چهارم، پاییز ۱۳۹۰.

[3] A. M. Makarieva, V. G. Gorshkov, B. L. Li, Energy budget of the biosphere and civilization: Rethinking environmental security of global renewable and non-renewable resources, *Ecological complexity*, Vol. 5, No. 4, pp. 281-288, 2008.

[4] م. موسوی شفائی، ی. نوراللهی، ا. سلطانی‌نژاد، ا. رضایان قیه باشی، یوسفی، ح. و ع. ح. رضایان، امنیت انسانی و چالش‌های توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران، با تأکید بر امنیت زیست‌محیطی، *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، دوره هجدهم، شماره سوم، تابستان۱۳۹۵.

[5] ح. اکبری، ف. هادوی، زمانی، م. و ی. علیپور، تعیین جهت‌های مناسب استقرار ساختمان جهت دریافت بهینه تابش خورشیدی در شهر زنجان، *فصلنامه آمایش محیط*، دوره نهم، شماره سی و سوم، تابستان۱۳۹۵.

[6] ع. ح. بحرپیما، انرژی خورشیدی و ساختمان‌سازی، *چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام*، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران، فروردین‌ماه۱۳۸۹.

[7] م. رحمانی، شکوری گنجوی، ح. و ع. کاظمی، ارائه یک مدل بهینه‌سازی چندهدفه برای افزایش کارایی انرژی در ساختمان‌های مسکونی، *نشریه مدیریت صنعتی*، دوره نهم، شماره اول، بهار۱۳۹۶.

[8] J. Ortiga, J. C. Bruno, A. Coronas, I. E. Grossman, Review of optimization models for the design of polygeneration systems in district heating and cooling networks, *In Computer Aided Chemical Engineering*, Vol. 24, pp. 1121-1126, 2007.

[9] C. Diakaki, E. Grigoroudis, D. Kolokotsa, Performance study of a multi-objective mathematical programming modelling approach for energy decision-making in buildings, *Energy*, Vol. 59, pp. 534-542, 2013

[10] E. Asadi, M. G. da Silva, C. H. Antunes, L. Dias, L. Glicksman, Multi-objective optimization for building retrofit: A model using genetic algorithm and artificial neural network and an application, *Energy and Building*, Vol. 81, pp. 444-456, 2014.

[11] ف. قاسمیان، و ز. شریعتی، انرژی خورشیدی در سیستم گرمایش ساختمان، *همایش ملی مهندسی عمران و توسعه پایدار*، دانشگاه آزاد اسلامی واحد استهبان، استهبان، ایران، اسفندماه ۱۳۸۹.

[12] ع. خالصی دوست، و ب. بیگانه طلب، کاربرد سیستم ذخیره انرژی جهت تأمین گرمایش ساختمان به کمک انرژی خورشیدی، *نشریه تبدیل انرژی*، دوره اول، شماره سوم، زمستان۱۳۹۱.

[13] ع. ر. فاضلی، و ش. حیدری، بهینه‌سازی مصرف انرژی در مناطق مسکونی شهر تهران با استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی انرژی روتردام(REAP)، *پژوهش‌های برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری انرژی*، دوره اول، شماره سوم، پاییز۱۳۹۲.

[14] ز. خراسانیان، و ن. مبرقعی، تأثیر انرژی‌های تجدید پذیر بر کاهش آلودگی هوا ، *اولین همایش ملی انرژی‌های نو و پاک*، شرکت هم اندیشان محیط‌زیست فردا، همدان، ایران، اردیبهشت ماه۱۳۹۲.

[15] ا. عبدالهی، برات زاده، م. و. سلیمانی، تأثیر انرژی خورشیدی بر بهینه‌سازی مصرف برق در ساختمان‌ها (بخش خانگی)، *نخستین همایش ملی انرژی ساختمان و شهر*، موسسه پژوهشی شبستان،دانشگاه امام محمدباقر(ع) ساری، ساری، ایران، بهمن ماه۱۳۹۴.

[16] ن. شیخ پور، و ب. مهماندوست، بررسی کاربرد انرژی خورشیدی در سیستم‌های سرمایشی، گرمایشی و تهویه مطبوع ساختمان، *همایش ملی انرژی*، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی‌شهر، اصفهان، ایران، آذرماه۱۳۹۴.

[17] ا. هاشم پوریان، بررسی کاربرد انرژی خورشیدی در ساختمان‌های سبز، هشتمین *همایش علمی تخصصی انرژی‌های تجدید پذیر، پاک و کارآمد*، شرکت هم اندیشان انرژی کیمیا، تهران، ایران، دی ماه۱۳۹۴.

[18] ع. اباذری، و ع. جوکار، واکاوی نقش انرژی‌های نو در راستای کاهش گازهای گلخانه‌ای و حفاظت از محیط‌زیست ، *چهارمین کنفرانس بین المللی برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست*، دانشکده محیط‌زیست دانشگاه تهران، تهران، ایران، اردیبهشت ماه۱۳۹۶.

[19] س. ک. صادقی، سجودی، س. و ف. احمدزاده دلجوان، تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست در ایران، *فصلنامه پژوهش‌های سیاستگذاری و برنامه‌ریزی انرژی*، سال سوم، شماره ششم، بهار۱۳۹۶.

[20] AWEA, *AWEA 2008 Annual Rankings Report, American Wind Energy Association*, Annual Rankings Report, 2008.

[21] A. Hainoun, M. S. Aldin, S. Almoustafa, Formulating an optimal long-term energy supply strategy for Syria using MESSAGE model, *Energy policy*, Vol. 38, No. 4, pp. 1701-1714, 2010.

[22] S. M. C. Fairuz, M. Y. Sulaiman, C. H. Lim, S. Mat, B. Ali, O. Saadatian, M. H. Ruslan, E. Salleh, K. Sopian, Long term strategy for electricity generation in Peninsular Malaysia–Analysis of cost and carbon footprint using MESSAGE, *Energy policy*, Vol 62, pp 493-502. 2013.

[23] G. Klaassen, K. Riahi, Internalizing externalities of electricity generation: An analysis with MESSAGE-MACRO, Energy Policy, Vol. 35, No. 2, pp. 815-827, 2007.

[24] A. Laxson, M. M. Hand, N. Blair, *High wind penetration impact on us wind manufacturing capacity and critical resources (No. NREL/TP-500-40482)*, National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States), 2006

[25] J. Carlsson, M. D. M. P. Fortes, G. de Marco, J. Giuntoli, M. Jakubcionis, A. Jäger-Waldau, ... & B. Sigfusson, *ETRI 2014-Energy technology reference indicator projections for 2010-2050, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport,* Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2014.

[26] ب. باصری، درخشانیان، ش. وس. شفیعی، بررسی سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی با استفاده از روش مجزاسازی انرژی (مطالعه موردی شرکت‌های پگاه فارس، تهران و اصفهان)، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، دوره هفتم، شماره بیست و پنجم، تابستان۱۳۸۹.

[27] I. Lewis, R. H. Wiser, Fostering a renewable energy technology industry: An international comparison of wind industry policy support mechanisms, *Energy policy*, Vol. 35, No. 3, pp. 1844-1857, 2007.

[28] Y. I. Topcu, F. Ulengin, Energy for the future: An integrated decision aid for the case of Turkey, *Energy*, Vol. 29, No. 1, pp. 137-154, 2004.

[29] M. Rogner, K. Riahi, Future nuclear perspectives based on MESSAGE integrated assessment modeling, *Energy Strategy Reviews*,Vol. 1, No. 4, pp. 223-232, 2013.

www.SID.ir

Archive of SID

[30] F. Ugranlı, E. Karatepe, Multiple-distributed generation planning under load uncertainty and different penetration levels, *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 46, pp .132-144, 2013.

[31] D. Diakoulaki, G. Mavrotas, D. Orkopoulos, L. A. Papayannakis, bottom-up decomposition analysis of energy-related CO2 emissions in Greece, *Energy*, Vol. 31, No. 14, pp. 2638-2651, 2006.

[32] آ. ضیاء، و آ. نوروزی لرکی، ساختمان‌های سبز به عنوان ابزار آموزش پایداری در کتابخانه‌ها، *دومین همایش ملی اقلیم، ساختمان و بهینه‌سازی مصرف انرژی*، اصفهان، سازمان بهره‌وری انرژی ایران(سابا)، اصفهان، ایران، اردیبهشت ماه ۱۳۹۲.

[33] L. W. Barnthouse, G. F. Cada, M. D. Cheng, C. E. Easterly, R. L. Kroodsma, R. Lee, ... & R. S. Turner, *Estimating Fuel Cycle Externalities: Analytical Methods and Issues,* Report 2 (No. Number), Oak Ridge National Lab., TN (US), 1994.

[34] د. واتسون، و ل. کنت، *طراحی اقلیمی: اصول نظری و اجرایی کاربرد انرژی در ساختمان*، مترجمین؛ وحید قبادیان و محمد فیض مهدوی، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۹۲، چاپ پانزدهم.

[35] International Energy Agency, *Energy Technology Systems Analysis Programme (IEA/ AIE),* (2010a), "Coal-Fired Power", 2010.

[36] م. خلیلی عراقی، شرزه ای، غ. و س. برخورداری، تحلیل تجزیه انتشار دی اکسید کربن ناشی از مصرف انرژی در ایران، *فصلنامه محیط‌شناسی*، دوره سی و هشتم، شماره شصت و یکم، بهار ۱۳۹۱.

[37] ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۳، انتشارات وزارت نیرو، معاونت امور برق و انرژی، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی، ۱۳۹۵.

[38] ک. رضا پور، و م. ح. زربخش، *مبانی صرفه‌جویی و اصول مدیریت انرژی*، انتشارات سازمان بهره‌وری انرژی ایران ، ۱۳۸۴، چاپ اول.

[39] E. Koutroulis, D. Kolokotsa, A. Potirakis, K. Kalaitzakis, Methodology for optimal sizing of stand-alone photovoltaic/wind-generator systems using genetic algorithms, *Solar energy*, Vol. 80, No. 9, pp. 1072-1088, 2006.

[40] OPEC, *" OPEC Annual Statistical Bulletin",* Organization of the Petroleum Exporting Countries, Vienna, Austria, 2015.

www.SID.ir