

استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر راهی موثر جهت کاهش آلودگی محیط‌زیست

علیرضا حقیقی^۱، عزیز باباپور^{۲*}

۱- مربی، مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲- استادیار، مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
* اردبیل، ۱۷۹، babapoor@uma.ac.ir

چکیده:

بخش اعظم انرژی مصرفی در جهان به وسیله سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود. این سوخت‌ها دارای انواع آلاینده‌های سمی و خطرناک هستند که از طرق مختلف به محیط‌زیست و در نهایت به زنجیره غذایی انسان وارد می‌شوند. گرچه اثرات زیست‌محیطی استفاده از سوخت‌های فسیلی بر آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی، خاک، هوا، پوشش گیاهی و غیره بی‌شمار می‌باشد، اما مبحث آلودگی هوا، اثرات گلخانه‌ای و ذرات و اثر خنک‌کنندگی آن‌ها بیشتر مورد توجه است. حفظ و ادامه شرایط فعلی زندگی در جامعه بشری در آینده بدون توجه به عرضه انرژی به قیمت مناسب امکان‌پذیر نیست. اثرات زیست‌محیطی وابسته به هر تولید انرژی در نرخ فعلی به سمت شرایط غیرقابل قبول پیش می‌رود و اثرات زیست‌محیطی زیانبار به شکل وسیعی در حال گسترش هستند. انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان یک منبع انرژی پاک و عاری از هرگونه آلودگی زیست‌محیطی می‌توانند نقش مهمی در کاهش انتشار گازهای آلاینده همچون دی‌اکسیدکربن و دیگر گازهای گلخانه‌ای بازی کنند. لذا در این پژوهش، سعی بر این است که نقش انواع انرژی‌های تجدیدپذیر در کاهش آلودگی محیط‌زیست بررسی شود.

کلید واژگان: انرژی‌های تجدیدپذیر، آلودگی محیط‌زیست، سوخت‌های فسیلی، سوخت پاک



Using of renewables energies such as effective way to reduce environmental pollution

Alireza Haghghi¹, Aziz Babapoor²

1,2: Department of Chemical Engineering, University of Mohagheh Ardabili, 179 Ardabil, Iran
P.O.B. 179 Ardabil, Iran, babapoor@uma.ac.ir
Received: March 2018 Accepted: May 2018

Abstract:

Much of the energy consumed in the world is fed by fossil fuels. These fuels have a variety of toxic and hazardous pollutants. Through various means to the environment and finally enter the human food chain. Although the environmental impacts of the use of fossil fuels on surface water, groundwater, soil, air, vegetation, and so on are numerous. But the topics of air pollution, greenhouse effect and particles and their cooling effect More attention is being paid. Maintain current situation of life in human society in the future without regard to cost-effective energy supply is not possible. Environmental impacts associated with each energy production at the current rate continues to unacceptable conditions and the harmful environmental effects are expanding extensively. Renewable energy as a power source and free of environmental pollution can Play an important role in reducing pollutant emissions such as carbon dioxide and other greenhouse gases. Therefore, in this research, we try to investigate the role of various renewable energies in reducing environmental pollution.

Keywords: Renewable energies, Environmental pollution, Fossil fuels, Clean fuel

۱- مقدمه

۱-۱- محیط‌زیست

در جوامع بشری، توسعه با به کارگیری انرژی بیشتر، میسر می‌گردد و بدین ترتیب انسان برای دستیابی به توسعه، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، اجتماعی و سنتی محیط‌زیست خود را دگرگون می‌سازد. تولید، انتقال و مصرف انرژی، اثرات زیست‌محیطی مهمی در اکوسیستم زمین بر جای می‌گذارد. امروزه سیاست‌های تولید و بکارگیری انرژی در مسایل زیست‌محیطی محلی و منطقه‌ای، نقش محوری را بر عهده دارند. بنابراین ضرورت تعیین رابطه پیچیده مسائل زیست‌محیطی با انرژی، بیش از پیش ملموس شده است. به طور کلی چهارچوب تصمیم‌گیری در این مورد را می‌توان در چهار مرحله خلاصه کرد:

۱- تعیین ارتباط متقابل انرژی و محیط‌زیست

۲- تعیین پتانسیل‌های مقابله با بحران انرژی (استفاده بهینه از انرژی،

به کارگیری تکنولوژی‌های کنترل آلودگی، جایگزینی سوخت و...)

۳- تعیین پتانسیل‌های ابزاری (اطلاعات، مقررات و اقتصاد)

۴- توسعه انرژی (استراتژی سیاست‌گذاری ابزاری) [۱].

قرن بیستم، نمونه‌ی آشکار از پیشرفت و توسعه اقتصادی محسوب می‌شود. فعالیت‌های تمدن بشر از آغاز تاریخ در مقیاس جهانی، بار فراوانی را به محیط‌زیست تحمیل کرده است. بنابراین باید از این امکان جلوگیری کرد که صدمه به محیط‌زیست جهانی که بشر، بقا و حیات خود را مهرون آن است، به نقطه‌ای برسد که بازگشت و جبرانی وجود نداشته باشد. بدین سبب است که تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان انرژی باید در مورد نقشی که انرژی برای دستیابی به توسعه پایدار بر عهده دارد، عمیقاً فکر کنند. در این زمینه حفظ محیط‌زیست زمین که قابل جایگزینی نیست، باید دقیقاً مدنظر قرار گیرد. به وضوح مشخص گردیده است که این انرژی می‌باشد که امکان توسعه و پیشرفت اقتصادی را فراهم می‌کند. در این میان باید سعی نمود چرخه نابهنجاری که به شکل رشد اقتصادی، استفاده از انرژی و مشکلات زیست‌محیطی رشد یافته است، از میان برود. از طرفی تغییرات انسان ساخت محیط‌زیست، کوتاه مدت و یا بلند مدت است و ابهامات و عدم قطعیت‌های فراوانی را در رابطه با توسعه بخش انرژی و سرمایه‌گذاری برای تأسیسات جدید انرژی ایجاد می‌کنند. ضروری‌ترین اقدام در مراحل اولیه تصمیم‌گیری در این باره، تحلیل هزینه - منفعت در مراحل مختلف چرخه تولید، مصرف سوخت و نیز آگاهی از مدیریت ریسک‌های احتمالی است. امروزه کاملاً مشخص است که آلودگی و اقتصاد، دو موضوع کاملاً جدا از یکدیگر نیستند؛ چرا که اقتصاد لازمه جوامع است و تولید، انتقال و استفاده بهینه از انرژی نیز برای بقا، آسایش، پیشرفت و توسعه جوامع بشری ضروری می‌باشد [۱].

محیط‌زیست تمامی جنبه‌های حیات بشر را به نوعی در برمی‌گیرد و حکم منطق و عقل سلیم بر مبنای حفاظت و حراست از جنبه‌های مثبت و ارزشمند آن است. به ویژه آنجا که به حیات موجودات زنده خصوصاً انسان مربوط می‌شود، مقوله محیط‌زیست موجب استفاده و سوءاستفاده‌های بی‌شماری خصوصاً از زمان صنعتی شدن جوامع به این سو شده است. در کشور ما نیز حفاظت از محیط‌زیست در بخش صنعت، چندی است که مورد توجه زیادی قرار گرفته است، به طوری که با گذشت زمان شاهد تحولات مفیدی در این زمینه بوده‌ایم. از جمله عوامل مهم در رابطه با تخریب محیط‌زیست در بخش صنعت می‌توان به اتلاف انرژی و عدم مصرف بهینه آن اشاره کرد. در حالت ایده‌آل، جامعه‌ای که به دنبال

دستیابی به توسعه پایدار است، تنها منابعی از انرژی را به کار می‌گیرد که هیچ اثر منفی زیست‌محیطی نداشته و تا جایی که امکان دارد از اتلاف منابع تجدیدناپذیر در آن جلوگیری شود، اما با این حال، از آنجا که تمام منابع انرژی تا حدودی بر محیط‌زیست اثرگذار هستند، بهتر آن است که با بهینه‌سازی مصرف و استفاده منطقی از انرژی بر آثار منفی آن غلبه شود که تا حد امکان از هدر رفتن این منابع نیز جلوگیری شود. خسارات زیست محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه انرژی در سال ۷۹ در کشور معادل ۴/۸ درصد تولید ناخالص داخلی (۵۶ هزار میلیارد ریال) محاسبه شده و از آن پس نیز روندی افزایشی داشته است. اما نتایج مطالعات انجام شده، نشان می‌دهد که با تجدیدنظر در سیاست‌های مرتبط با انرژی می‌توان خسارات زیست‌محیطی را تا سال ۲۰۱۹ در حد ۸۹ هزار میلیارد ریال کنترل کرد که این امر، مستلزم نگرش واقعی به مسایل محیط‌زیست در بخش انرژی، صنعت و حذف یارانه‌های غیرهدفمند در بخش سوخت کشور است. با بررسی مشکلات زیست‌محیطی ناشی از اتلاف منابع انرژی می‌توان به این نکته پی برد که این معضل تنها با بهینه‌سازی مصرف انرژی صورت خواهد پذیرفت. کشور ایران با داشتن حدود یک درصد از جمعیت جهان، حدود ۹٪ از فرآورده‌های نفتی دنیا را مصرف می‌کند. در سال‌های اخیر رشد مصرف انرژی در جهان سالانه یک تا دو درصد و در ایران، پنج تا هشت درصد بوده است. به عبارت دیگر رشد مصرف انرژی در ایران بیش از پنج برابر متوسط رشد مصرف جهانی است و سالانه معادل ۱ تا ۱۳ میلیارد دلار یارانه انرژی پرداخت می‌شود. مصرف سرانه انرژی در ایران متناسب با ساختار تولید، صنعت و اقتصاد کشور نیست و به دلیل ارزانی سوخت و یارانه دولتی، شاهد مصرف غیربهینه، اتلاف انرژی، ساختار نامناسب مصرف و فقدان فرهنگ صرفه‌جویی هستیم. ناسالم بودن ساختار مصرف انرژی ناشی از آن است که قیمت‌ها به صورت واقعی تأثیرگذار نیست و قیمت‌های داخلی، حامل‌های واقعی انرژی نیستند و با تغییر قیمت انرژی در جهان، قیمت‌های داخلی تغییر نمی‌کند. در نتیجه صنایع و مصرف‌کنندگان انرژی، احساس رقابت با کشورهای جهان را نداشته و برای کاهش مصرف تلاش نمی‌کنند [۲]. بخش اعظم انرژی مصرفی در جهان به وسیله سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود. این سوخت‌ها دارای انواع آلاینده‌های سمی و خطرناک هستند که از طرق مختلف به محیط‌زیست و در نهایت زنجیره غذایی انسان وارد می‌شوند. گرچه اثرات زیست‌محیطی استفاده از سوخت‌های فسیلی بر آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی، خاک، هوا، پوشش گیاهی و غیره بی‌شمار است، اما مبحث آلودگی هوا، اثرات گلخانه‌ای و ذرات و اثر خنک‌کنندگی آن‌ها بیشتر مورد توجه می‌باشد. احتراق سوخت‌های فسیلی باعث ورود حجم عظیمی از اکسیدهای سولفور و نیتروژن، مونواکسیدکربن و دی‌اکسیدکربن در هوا می‌گردد. میزان انتشار آلاینده‌های فوق به ترکیب، نوع سوخت و همچنین مکانیزم‌های به کار گرفته شده در کنترل آلودگی بستگی دارد. آلودگی هوا می‌تواند به شکل دوده باران اسیدی و ذرات معلق پدیدار شود. در شهرها علت اصلی ایجاد آلودگی به شکل دود از طریق آگروهای خروجی اتومبیل‌ها ذکر شده است (حداً ۹۰٪). گرم شدن کره زمین به دلیل ظرفیت زیاد برخی از گازهای پایدار، مانند دی‌اکسیدکربن، فرئون‌ها، متان، ازن تروپوسفر و اکسیدنیتروژن در جذب حرارت است. از میان گازهای مذکور، دی‌اکسیدکربن نه تنها امکان عبور تشعشعات فرابنفش را از جو مهیا می‌سازد، بلکه از خروج تشعشعات زیر قرمز از سطح زمین به خارج از جو نیز جلوگیری می‌کند. از طرفی گرد و غبار و دیگر ذرات سبک وزن



ایمن‌سازی مصرف انرژی را نیز حذف می‌کند. این مواد با وجود تمامی مزایا، مشکلاتی از جمله نشتی و کم بودن ضریب هدایت حرارتی دارند. لذا استفاده از نانوذرات فلزی می‌تواند خواص آن‌ها را بهبود بخشد [۲]. انرژی حرارتی به عنوان یکی از مهمترین فناوری برای استفاده از منابع انرژیهای تجدیدپذیر و صرفه‌جویی انرژی شناخته شده است [۶].

یکی از بارزترین مصادیق استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر، استفاده از نور خورشید در طول روز به عنوان منبع روشنایی طبیعی می‌باشد. از این رو کاربرد نماهای شیشه‌ای در ساختمان‌ها با گسترش قابل توجهی روبرو است. این در حالی است که استفاده از نماهای تمام شیشه، می‌تواند موجب افزایش مصرف انرژی در ساختمان‌ها شود. بر این اساس، مدتها هست که طراحان و مهندسان به دنبال یافتن تدابیری هستند که به کمک آنها بتوان ضمن استفاده حداکثری از روشنایی طبیعی جهت تامین نور کافی در ساختمانهای بلند مرتبه، میزان مصرف انرژی را کمینه نمود. در این میان یکی از موثرترین تدابیر استفاده از نماهای دو پوسته است [۷]. ساز و کار عملکرد نماهای دو پوسته به این صورت است که این نماها دارای حداقل دو غشا هستند و حد فاصل این دو غشا مسیری برای تهویه و حرکت هوا در نظر گرفته می‌شود که این تهویه می‌تواند از نوع طبیعی یا مکانیکی باشد [۷]. در یکی از تحقیقات پیشرو در این زمینه دی گارسیا و همکارانش ایده استفاده از مواد تغییرفازدهنده شفاف در شیشه‌های ساختمانی را مطرح کردند و به کارگیری این شیشه‌ها را در نماهای دوپوسته پیشنهاد دادند [۸]. گویا و همکارانش در سال ۲۰۱۳ میزان جذب خورشیدی را برای یک نمای دو پوسته تهویه شونده و دارای مواد تغییرفازدهنده به طور تجربی تعیین نمودند [۹]. به بررسی تجربی تاثیر استفاده شیشه‌های دارای مواد تغییرفازدهنده در نمای دو پوسته و مقایسه آنها با شیشه‌های معمولی پرداختند و نشان دادند که استفاده از این شیشه‌ها می‌تواند به ویژه در روزهای آفتابی تابستان موجب بهبود چشمگیر در در عملکرد حرارتی نمای دو پوسته می‌شود در همان سال دی گارسیا و همکارانش در دو تحقیق تجربی [۱۰] و عددی [۱۱] به بررسی تاثیر استفاده از مواد تغییر فاز دهنده بر عملکرد یک نمای دو پوسته تهویه شونده در فصل زمستان پرداختند. همچنین ایشان در سال ۲۰۱۴ در تحقیقی مشابه [۱۲] عملکرد نمای مذکور را برای کل سال مورد تحلیل و بررسی قرار دادند.

مواد تغییرفازدهنده به طور گسترده‌ای در برنامه‌های مختلف مدیریت حرارتی استفاده می‌شود. برای بهبود رسانایی آنها، نانوذرات رسانا می‌تواند به مواد تغییر فاز دهنده اضافه شود. انتخاب نانوذرات مناسب و درصد وزنی آنها از نقطه نظر عملکرد حرارتی مهم است. نتایج تجربی نشان داده است که حضور نانوذرات اکسیدهای فلزی، می‌تواند هدایت حرارتی نانوکامپوزیت را حداکثر تا ۱۵۰٪ بهبود بخشد، اما گرمای نهان ممکن است کاهش پیدا کند (۳۹٪ حداکثر). در پژوهشی که توسط باباپور و همکارانش در سال ۲۰۱۵ انجام گرفت، نانوذرات مختلف مانند اکسید سیلیسیم، اکسیدروی و ترکیبات آنها به عنوان بهبوددهنده ضریب هدایت حرارتی به پارافین اضافه شد. نتایج آزمایشات نشان داد که افزودن نانوذرات به میزان قابل توجهی ضریب هدایت حرارتی پارافین را بهبود بخشیده است که در سیستمهای مختلف مدیریت گرمایی می‌تواند کاربرد فراوانی داشته باشد [۱۳].

ترکیبی از قابلیت‌های گرمای نهان و آشکار مواد تغییرفازدهنده، در انواع سیستمهای کاربردی انتقال حرارت بسیار مفید هستند. هدف اصلی

(شامل مواد خروجی از نیروگاه‌ها و اتومبیل‌ها) که به صورت معلق در مدت زمان خاصی در هوا باقی می‌مانند، قادر به تقلیل تشعشعات خورشیدی بوده و بدین ترتیب می‌تواند اثرات خنک‌کننده‌ای را در محیطزیست بر جای گذارند [۱].

۲-۱- دلایل رویکرد به انرژی‌های نو

- زوال‌ناپذیر بودن و تجدیدپذیری این نوع انرژی‌ها (برخلاف انرژی‌های حاصل از سوخت‌های فسیلی)
 - کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی
 - امکان دسترسی به فناوری تولید این قبیل انرژی‌ها در کشور که باعث عدم اتکاء به سایر کشورها خواهد شد [۲].
 - کمبود سوخت‌های فسیلی و آلودگی ناشی از سوخت‌های فسیلی
- جهان امروزه با سرعتی باورنکردنی در جهت تولید علم و فناوری‌های سازگار با سوخت‌های فسیلی، استفاده از انرژی‌های نو و تولید خودروهایی پاک از مهمترین محورهایی است که به کمک حل مشکلات زیست‌محیطی آمده است. فناوری‌های سبز از آنجا که نوپا بوده و هنوز به تولید انبوه نرسیده‌اند، نیازمند حمایت‌های مالی و پشتیبانی‌های قانون‌گذاری هستند تا به این وسیله جامعه به استفاده از این فناوری‌های نامانوس و گران عادت کرده و راه را برای تولید انبوه فناوری‌های پاک و طبیعتاً ارزانتر شدن آن‌ها فراهم آورد. کشورهای جهان از حدود ۴۰ سال پیش و پس از شوک نفتی ناشی از افزایش قیمت آن، تصمیم گرفتند وابستگی خود را تا جایی که می‌تواند به منابع فسیلی کم کرده و جانشین‌هایی برای آن دست و پا کنند. تنها پس از آن بود که سرمایه‌گذاری‌های زیادی در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر مانند زیست توده، باد، خورشید و زمین گرمایی در بعد تحقیقاتی و عملیاتی انجام گرفت. مراکز معتبر جهانی با توجه به روند رو به رشد استفاده از انرژی‌های پاک گزارش می‌دهند که از حدود ۱۰ سال آینده به بعد، انرژی‌های تجدیدپذیر از نظر اقتصادی گوی سبقت را از انرژی‌های فسیلی خواهند ربود. این موضوع جدا از اهمیت استراتژیک سوخت‌های تجدیدپذیر و پاک، در روزگاری است که سر و صدای فراوانی از ته کشیدن چاه‌های نفت و گاز از سراسر دنیا شنیده می‌شود [۳].

افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی، چالش‌های زیست‌محیطی ناشی از استفاده از این گونه سوخت‌ها و قوانین سختگیرانه فراوان برای میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز از دیگر عوامل رویکرد جدید به سوی انرژی‌های تجدیدپذیر است. از سوی دیگر، توسعه و گسترش فناوری‌های پاک باعث کاهش قیمت شده و انرژی‌های تجدیدپذیر به ویژه خورشیدی را وارد صحنه رقابت کرده است [۳].

امروزه سوخت‌های فسیلی ۸۰٪ سوخت اولیه را در جهان شامل می‌شوند که ۵۸٪ این مقدار در بخش حمل و نقل مورد مصرف قرار می‌گیرد. منابع این سوخت‌ها رو به پایان است. افزایش تقاضا برای این سوخت‌ها همراه با کاهش منابع آن‌ها و انتشار گازهای گلخانه‌ای باعث شده تا کشورها به دنبال سوختی باشند که دارای منابع تجدیدشدنی با قیمت مناسب و انتشار کمتر گاز گلخانه‌ای باشد [۴].

۳-۱- منابع انرژی‌های نوین تجدیدپذیر

بحران انرژی در قرن حاضر، بشر را به فکر استفاده از منابع جدید انرژی رهنمون ساخته است. یکی از این منابع بسیارکارآمد، مواد تغییرفازدهنده است. این مواد علاوه بر ذخیره‌ی انرژی به‌عنوان عایق‌های حرارتی نیز به‌کار می‌روند و استفاده از این مواد، نیاز به سیستم‌های



مخلوط کردن این سوخت با بنزین و گازوئیل، سوخت پاک‌تری را برای خودروها فراهم سازد [۲۱].

۴-۲-۱- کشور چین

در سال ۲۰۱۳ میلادی، کشور چین با ظرفیت کلی ۳۷۸ گیگاوات به اولین کشور از لحاظ میزان تولید انرژی تجدیدپذیر در دنیا تبدیل شد. سهم عمده این انرژی از انرژی برق-آبی و انرژی باد گرفته می‌شود [۲۲]. در سال ۲۰۱۴ میزان تولید انرژی پاک چین از منابع آب، باد و خورشید، از تمامی انرژی‌های تولیدی در نیروگاه‌های آلمان و فرانسه بیشتر شد. در سال جاری میلادی، چین به بزرگترین تولید کننده صفحات فوتو ولتائیک تبدیل شده است و ظرفیت نصب شده در این کشور چیزی در حدود ۴۳ گیگا وات می‌باشد [۲۳]. حکومت چین سیاست‌های متنوعی برای ارتقا انرژی‌های تجدیدپذیر اجرا کرده است. این کشور از سال ۲۰۰۸ تا سال ۲۰۱۲ رتبه اول سرمایه‌گذاری در زمینه انرژی تجدیدپذیر در دنیا را بدست آورد [۲۴]. همچنین برنامه فعلی حکومت چین که به برنامه دوازدهم ۵ ساله مرسوم است، تاکید بسیار زیادی بر استفاده از انرژی‌های سبز دارد. از سال ۲۰۰۵ میزان تولید سلول‌های خورشیدی در چین ۱۰۰ برابر شده است. در واقع طی سال گذشته، به واسطه افزایش تولید انرژی‌های تجدیدپذیر، قیمت تکنولوژی‌های مربوط به آن با کاهش چشمگیری رو به رو بوده است، ولی عامل اصلی این کاهش گسترش بازار عرضه و تقاضا در چین بوده است [۲۵]. نکته جالب در مورد انرژی خورشیدی در چین این است که این کشور ۶۳٪ از تمامی فوتولتائیک‌های خورشیدی را در دنیا تولید می‌کند [۲۶]. انرژی برق-آبی نیز در چین سابقه طولانی دارد. در سال ۲۰۱۴ بیش از ۲۸۲ گیگاوات انرژی توسط سدها و توربین‌های آبی تولید شد و طبق برنامه این میزان تا سال ۲۰۲۰ به ۳۵۰ گیگاوات می‌رسد [۲۷].

۴-۳-۱- کشور آمریکا

ظرفیت ایالات متحده برای نصب توربین بادی در حال حاضر بیش از ۶۰۰۰۷ مگاوات است که در این زمینه رتبه دوم دنیا را بعد از چین دارد. مرکز انرژی باد آلتا با ظرفیت ۱۳۲۰ مگاوات بزرگترین مزرعه بادی در جهان است. در سال ۲۰۱۳ این انرژی ۵۹۳۶ میلیون دلار از بودجه فدرال را به خود اختصاص داده است که ۲۷٪ از تمام بودجه فدرال برای تولید برق می‌باشد [۲۸]. شش ایالت جنوب غربی (اریزونا، کالیفرنیا، کلرادو، نوادا، نیو مکزیکو، یوتا) پتانسیل استفاده از انرژی خورشیدی را به مقدار زیادی دارا می‌باشند. برای مثال یک مرکز در نوادا ۶۴ مگاوات برق تولید می‌کند که توسط وزارت انرژی ایالات متحده، آزمایشگاه ملی انرژی تجدید ساخته شده است. همچنین مرکز Ivanpah ۳۹۲ مگاوات انرژی خورشیدی تولید می‌کند و در جنوب شرقی کالیفرنیا واقع شده است [۲۹]. انرژی برق-آبی بیشترین نوع انرژی تجدیدپذیر است که در ایالات متحده تولید می‌شود به طوری که حدود ۶۳ درصد از کل برق این کشور در سال ۲۰۱۵ به صورت برق-آبی تولید شده است. این مقدار ۵۱/۵ درصد از کل انرژی تجدیدپذیر در ایالات متحده محسوب می‌شود [۳۰]. بیشترین ظرفیت انرژی زمین گرمایی در دنیا متعلق به آمریکا است. تولید برق از این انرژی حدود ۱۶ میلیون کیلووات ساعت است که ۰/۳۱٪ از مصرف برق در ایالات متحده محسوب می‌شود. این ظرفیت برای پنج ایالت آلاسکا، کالیفرنیا، هاوایی، نوادا و یوتا می‌باشد. این کشور با استفاده از زیست توده

استفاده از مواد تغییرفازدهنده در سیستم‌های باتری یون لیتیوم (Li-ion) مدیریت حرارتی (BTM)، کاهش افزایش درجه حرارت بیش از حد در سلول‌ها و ایجاد توزیع درجه حرارت یکنواخت در باتری است. در پژوهش انجام گرفته توسط باباپور و همکارانش در سال ۲۰۱۵، به منظور افزایش ضریب هدایت حرارتی پارافین، الیاف کربن با طول و درصد‌های وزنی مختلف به پارافین اضافه شد. از یک شبیه‌ساز باتری مدل AA بجای باتری واقعی استفاده شد و اثرات اندازه فیبر کربن و درصد وزنی آنها بر عملکرد حرارتی PCM مورد بررسی قرار گرفت. کامپوزیت شامل الیاف کربن ۵ میلی‌متری بهترین افزایش ضریب هدایت حرارتی را نشان داد. به صورت کلی می‌توان نتیجه گرفت که اهداف و شرایط عملیاتی در انتخاب نوع بهینه سیستم مدیریت گرمایی تعیین کننده هستند [۱۴]. مواد تغییرفازدهنده به عنوان یکی از سیستم‌های سازگار با محیط‌زیست در درجه اول به دلیل داشتن ویژگی‌های منحصر به فرد خود مانند ظرفیت بالا برای ذخیره‌سازی انرژی و تغییرات درجه حرارت کوچک در نظر گرفته شده‌اند [۱۵]. نکته مهمی که باید به آن توجه داشت، این است که مواد و مصالح حاوی مواد تغییر فازدهنده باید، هدایت حرارتی مناسبی داشته باشند تا به خوبی بتوانند حرارت را به این مواد انتقال دهند [۱۶]. انرژی خورشیدی، انرژی باد، و آب‌های جاری و نیز انرژی گرمایی درون زمین و انرژی امواج جزر و مد، انرژی‌هایی هستند که تا مدت‌ها در اختیار، خواهند بود و به این زودی‌ها تمام نخواهند شد. از این رو به این منابع انرژی، انرژی‌های تجدیدپذیر و یا انرژی‌های نوین می‌گویند [۲]. شکل (۱) برخی از این منابع را نشان می‌دهد.

۴-۱- معرفی پنج کشور پیشرو در انرژی‌های تجدیدپذیر

۴-۱-۱- کشور آلمان

آلمان به عنوان اقتصاد بزرگ در صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر شناخته شده است. بنابر قراردادی بین کشورهای عضو اتحادیه اروپا که در سال ۱۹۹۷ منعقد شد این کشورها موظف بودند تا سهم تولید انرژی الکتریکی از منابع تجدیدپذیر را به ۱۲٪ از کل انرژی تولیدی برسانند، که کشور آلمان در سال ۲۰۰۷ به این مهم دست یافت [۱۷]. در این میان یکی از اهداف مهم این کشور، تولید ۸۰٪ از انرژی الکتریکی مصرفی خود از طریق انرژی‌های تجدیدپذیر تا سال ۲۰۵۰ می‌باشد [۱۸]. نکته قابل تامل، تنوع در استفاده از منابع تجدیدپذیر در این کشور می‌باشد. در حال حاضر در کشور آلمان توربین‌های بادی بیشترین سهم از تولید انرژی الکتریکی به روش تجدیدپذیر را دارا می‌باشند. در سال ۲۰۱۳، ۵۳ TWh^۱ میزان انرژی الکتریکی تولید شده توسط این توربین‌ها بود که تعداد آنها به ۲۲۰۰۰ توربین می‌رسید [۱۹]. آلمان به عنوان کشوری پیشرو در صنعت تولید پنل‌های خورشیدی همواره در تلاش بوده با سرمایه‌گذاری در این بخش، راندمان این پنل‌ها را افزایش دهد. بعلاوه در طول سال‌های اخیر با توجه به اقدامات دولت، قیمت این پنل‌ها به کمتر از نصف کاهش پیدا کرده است. چنین برآورد می‌شود که در سال ۲۰۵۰ سهم تولید انرژی الکتریکی از طریق خورشید به ۲۵٪ خواهد رسید [۲۰]. در کشور آلمان حدود ۳۰٪ از انرژی الکتریکی تجدیدپذیر از زیست گاز به دست می‌آید که بعد از انرژی باد مقام دوم را در این امر دارا هست. همچنین این کشور در نظر دارد تا با



^۱DOE
^۲NREL

^۱Terawatt hour (s)

میزان کم روزهای آفتابی در کانادا، رشد سریع گسترش فوتولتائیک نیز در نواحی مختلف کانادا قابل توجه می‌باشد [۳۴].

۵-۴-۵-۱- کشور نروژ

نروژ کشوری است که در حوزه اسکاندیناوی واقع شده و تقریباً تمام انرژی تولیدی خیش را از نیروگاههای برق آبی به دست می‌آورد، لذا می‌توان نروژ را پاکترین تولید کننده برق جهان دانست. نروژ بزرگترین کشور تولید کننده نفت در اروپا و دومین تامین کننده گاز طبیعی این قاره می‌باشد. این کشور بزرگترین ذخایر نفت در غرب اروپا را در اختیار دارد [۳۵]. جالب است بدانیم که این کشور سومین کشور صادر کننده گاز در جهان می‌باشد [۳۶]. علاوه بر نفت، نروژ یکی از صادر کنندگان بزرگ برق در اروپا نیز می‌باشد. با اینکه آب و هوای این کشور امکان بهره‌برداری مناسب از انرژی خورشیدی را ندارد، با این حال به دلیل داشتن معادن غنی از سیلیکن، نروژ یکی از بزرگترین صادرکنندگان صفحات خورشیدی فوتولتائیک در جهان است. نکته حائز اهمیت در مورد این کشور این است که ۹۶٪ از انرژی‌های تولیدی این کشور از برق آبی و ۴٪ مابقی آن از سوختهای فسیلی، انرژی بادی و زیست توده‌ها می‌باشد.



شکل (۱): برخی از منابع انرژیهای تجدیدپذیر

۱-۳-۱-۱- انرژی خورشیدی

خورشید یک کره داغ تشکیل شده از گاز می‌باشد که دمای درونی آن به علت واکنشهای همجوشی هسته‌ای در اثر تبدیل هیدروژن به هلیوم در هسته خورشید به ۲۰ میلیون درجه کلوین می‌رسد. تشعشعات هسته‌ای درونی توسط لایه‌ای اتم‌های هیدروژن نزدیک به سطح خورشید به شدت جذب شده و به این دلیل قابل رؤیت نیست. گرما از طریق این لایه توسط همرفت منتقل می‌شود [۳۷]. خورشید انرژی خود را از طریق فرایند ترموهسته‌ای که تبدیل حدود ۶۵۰ میلیون تن هیدروژن به هلیوم در هر ثانیه است، ایجاد می‌کند. این فرایند گرما و تابش الکترومغناطیس ایجاد خواهد کرد. تنها کسر کوچکی از کل تابش تولید شده خورشیدی است که به سطح زمین می‌رسد. تابشی که به سطح زمین می‌رسد تقریباً منبع غیرمستقیم هر نوع از انرژی مورد استفاده است [۳۸]. انرژی خورشید عامل اصلی برای چندین حرکت طبیعی از جمله باد، موج، گرما، نور و ... می‌باشد [۳۹].

برزیل در نظر داشت تا آخر سال ۲۰۱۵ تقریباً ۱۰۰۰ مگاوات سیستم گرمایش خورشیدی برای کاهش استفاده از منابع سوختهای فسیلی و برای

۵۷ میلیون مگاوات ساعت انرژی تولید می‌کند که این مقدار ۱/۴٪ از مجموع برق ایالات متحده در سال ۲۰۱۳ بوده است. این منبع بزرگترین منبع انرژی تجدیدپذیر در ایالات متحده و سومین تولید کننده انرژی الکتریکی در ایالات متحده، پس از برق-آبی و بادی است. بیشتر در سواحل شرقی و غربی و همچنین هاوایی می‌باشد. مهم‌ترین ویژگی این نوع انرژی، این است که قدرت خروجی از آن در طول روز و سال تقریباً ثابت می‌باشد. سرمایه‌گذاری آمریکا در این بخش قابل توجه بوده و امید آن می‌رود که در چند سال آینده مورد بهره‌برداری قرار بگیرد.

به طور کلی یکی از عوامل بسیار تاثیرگذار در توسعه زیرساختهای انرژی‌های نو، سیاستهای حمایتی دولتها می‌باشد. یک نمونه موفق از این سیاستها، برنامه‌های حمایتی دولتی فدرال و ایالتی در آمریکا است. برنامه‌های تخفیف مالیاتی فدرال روی سرمایه‌گذاری و تولید که در سال ۱۹۹۲ به تصویب رسیده‌اند در کمتر از ده سال باعث رشد سه تا چهار برابری ظرفیت اضافه شده‌ی سالانه‌ی تولید توان بادی شد. پس از ده سال ابتدائی اجرای این برنامه، که با مشکلاتی از قبیل منقضی شدن چندین باره‌ی آن در این بازه مواجه بود، سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳ با اجرای موفقتر آن همراه بود و در این بازه ظرفیت اضافه شده‌ی سالانه‌ی انرژی بادی تا ۱۰ برابر افزایش یافت و موجب افزایش چشمگیر سهم انرژی بادی تا ۲۰٪ در ایالت‌های غربی این کشور شد. برنامه‌ریزی دولت این کشور برای افزایش ظرفیت انرژی‌های نو است. طبق چشم‌انداز انرژی سال ۲۰۱۴ (که هر سال توسط وزارت انرژی این کشور منتشر می‌شود)، بنا هست تا سال ۲۰۴۰ ظرفیت تولید انرژی‌های نو از مقدار فعلی ۲۵۰ میلیارد کیلووات ساعت در سال به ۵۵۰ میلیارد کیلووات ساعت در سال برسد [۳۱، ۳۲].

۱-۴-۱- کشور کانادا

کانادا رتبه چهارم در تولید برق از طریق انرژی‌های تجدیدپذیر در جهان را دارا است. سرمایه‌گذاری روی انرژی‌های تجدیدپذیر در ۵ سال اخیر در کانادا با محوریت بهره‌گیری از انرژی‌های ناشی از زیست توده و بادی بوده است. برای تولید انرژی الکتریکی نخستین بار در استانهای آنتاریو، کبک و آلبرتا انرژی بادی مورد استفاده قرار گرفت. در طول سالهای آخر دهه ۱۹۹۰ میلادی و سالهای آغازین قرن بیست و یکم تمامی استانهای کانادا طرح استفاده از انرژی بادی را جهت تامین قسمتی از انرژی مورد نیاز شبکه‌شان بررسی نمودند. کانادا در زمینه استفاده از انرژی‌های زمین گرمایی دارای منابع بزرگی بوده که دولت کانادا در جهت استفاده از آنها برنامه‌ریزی‌های موثری داشته است. ایالت‌های بوکان، بریتیش کولومبیا و آلبرتا دارای پتانسیل استفاده از سیستم زمین گرمایی پیشرفته^۳ می‌باشند. در سال ۲۰۰۷، بیش از نیمی از مصرف ایالت بریتیش کولومبیا از انرژی زمین گرمایی محاسبه گردید. پیشرفته‌ترین مرکز انرژی زمین گرمایی در میگرمونتین^۴ می‌باشد که تا ظرفیت ۳۰۰-۱۰۰ مگاوات برآورد شده است [۳۳]. در جهت استفاده از انرژی جزر و مد، مرکز فورس^۵ در این کشور با ظرفیت ۶۴ مگاوات یکی از بزرگترین مراکز در دنیا را به خود اختصاص داده است. با توجه به برنامه‌ریزی‌های انجام شده، دولت میزان تولید این انرژی را در سال ۲۰۱۶ به ۷۵ مگاوات، در سال ۲۰۲۰ به ۲۵۰ مگاوات و در سال ۲۰۳۰ به ۲ گیگاوات تخمین زده است. با توجه به

^۱ITC
^۲PTC
^۳EGS
^۴Meager Mountain
^۵FORCE

^۱Thermonuclear



۱-۳-۳- انرژی باد

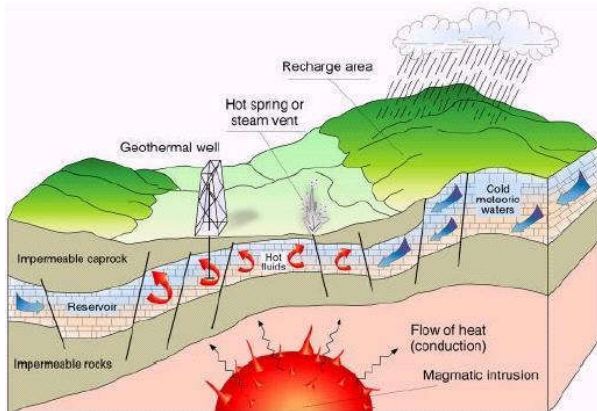
انرژی باد نظیر سایر منابع انرژی تجدیدپذیر از نظر جغرافیایی گسترده و در عین حال به صورت پراکنده و غیرمتمرکز محسوب می‌شود که تقریباً همیشه در دسترس است. از مزایای استفاده از انرژی بادی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- (۱) توربین‌های بادی به سوخت‌های فسیلی نیاز ندارند.
- (۲) رایگان بودن انرژی، با توانایی تأمین بخشی از تقاضای انرژی برق
- (۳) کمتر بودن نسبی قیمت انرژی حاصل از باد نسبت به انرژیهای فسیلی
- (۴) کم‌بودن هزینه‌های جاری و هزینه‌های سرمایه‌گذاری انرژی باد در بلند مدت
- (۵) تنوع بخشیدن به منابع انرژی در بلند مدت
- (۶) قدرت مانور زیاد، جهت بهره‌برداری در هر ظرفیت و اندازه (از چند وات تا چندین مگاوات)
- (۷) عدم نیاز به آب
- (۸) عدم نیاز به زمین زیاد برای نصب و استقرار تاسیسات
- (۹) نداشتن آلودگی زیست محیطی نسبت به سوخت‌های فسیلی
- (۱۰) افزایش قابلیت اطمینان در تولید برق [۶].

۱-۴-۳- انرژی زمین گرمایی

انرژی حرارتی که در پوسته جامد زمین وجود دارد، انرژی زمین گرمایی نامیده می‌شود. مرکز زمین، منبع عظیمی از انرژی حرارتی است که به شکلهای گوناگون از جمله فوران‌های آتشفشانی، آبهای گرم و یا بواسطه خاصیت رسانایی به سطح آن هدایت می‌شوند [۵۰]. به طور کلی مناطقی از زمین که دارای سه ویژگی مهم زیر باشند (شکل (۳))، می‌توانند دارای پتانسیل خوب جهت بهره‌برداری از انرژی زمین گرمایی باشند:

- ۱- منبع حرارتی ۲- سیال حد واسط ۳- محیط متخلخل
- در برخی مناطق از پوسته زمین که شرایط مساعدی دارد، می‌توان به دماهای بالا دست یافته و از این انرژی استفاده کرد. طبق برآوردهای انجام در پوسته زمین تا عمق ۳۰۰۰ متر، ۴۳×۱۰۲۴ ژول می‌باشد. ۸۵٪ از این انرژی در دمای کمتر از صد درجه است [۵۱].



شکل (۳): طرح ساده از یک سیستم زمین گرمایی ایده‌آل [۵۲]

جبران انرژی دایر کند [۲۰]. بزرگترین تاسیسات سیستم گرمایشی خورشیدی در چین و اروپا می‌باشد [۴۱-۴۰].

تابش خورشید در ماکزیمم دانسیته شار حدود $1/0 \text{ KW/m}^2$ در پهناي طول موج بین $0/3$ تا $2/5$ میکرومتر به زمین می‌رسد. این تابش طول موج کوتاه در ناحیه مرئی است و بسته به مکان و زمان و شرایط آب و هوایی متغیر است [۴۲]. انرژی خورشید بیش از هر گونه انرژی دیگر با توجه به تقاضای انرژی قابل تصور در آینده، در دسترس می‌باشد. بهره‌برداری از انرژی خورشیدی جهت تولید الکتریسیته به هزینه و سودمندی (بهره‌وری، بازده) تکنولوژی وابسته است که بهبود مستمر و کاهش هزینه به ازای هر پیک کیلو وات می‌باشد [۴۳].

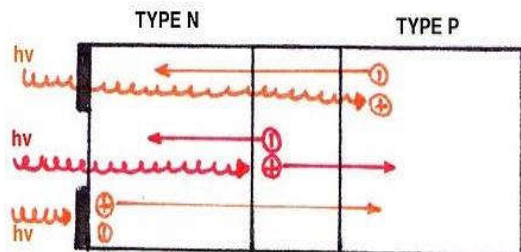
شار تابشی خورشید می‌تواند به صورت حرارتی، فوتوشیمیایی (فوتولتائیک) و فوتوفیزیکی (فوتوستتر) مورد استفاده قرار داد. انرژی خورشید به انواع مستقیم و غیرمستقیم تقسیم بندی می‌شود. بیشترین منابع انرژی زمین از اشکال غیرمستقیم خورشید هستند. در سیستم‌هایی که به طور مستقیم از انرژی خورشید استفاده می‌کنند، انرژی خورشید می‌تواند از طریق پنل‌های خورشید یا آینه‌ها برای تولید الکتریسیته به دام بیفتد (گرفته شود) [۴۴، ۴۵].

علیرغم سرعت بالای پیشرفت انرژی خورشیدی، موانعی نیز بر سر راه توسعه این تکنولوژی قرار دارند. تکنولوژی خورشیدی یک تکنولوژی پیچیده و گران قیمت است که نیازمند تکنولوژی پیشرفته برای راه‌اندازی و ساخت می‌باشد [۴۶]. عملکرد پنل‌های خورشیدی تا حد زیادی تحت تاثیر پارامترهای مختلف محیطی از جمله شدت تابش نور خورشید، ابری بودن هوا، و سرعت باد می‌باشد [۴۷].

از دیگر کاربردهای انرژی خورشیدی می‌توان به سیستم‌های حرارتی و برودتی شامل سیستم‌های تهیه آب گرم، گرمایش و سرمایش ساختمانها، تهیه آب شیرین، سیستم‌های انتقال و پمپاژ، سیستم‌های تولید فضای سبز (گلخانه‌ها) و اجاق‌های خورشیدی، سیستم‌های سردسازی و خشک‌کن خورشیدی اشاره کرد [۴۸].

۲-۳-۱- اثر فوتولتائیک و سلولهای خورشیدی

فوتولتائیک نقش مهمی را در بهره‌برداری از سلولهای خورشیدی برای تولید برق ایفا می‌کند. فوتولتائیک تبدیل مستقیم نور خورشید به الکتریسیته در سطح اتمی می‌باشد. پس از کشف اثر فوتولتائیک، زمینه طراحی و ساخت سلولهای خورشیدی فراهم شد. بررسی روند پیشرفت سلولهای خورشیدی از گذشته تا به امروز نشان می‌دهد که در طول زمان طراحی و سنتز شده‌اند که خصوصیات فوتولتائیک را از خود نشان می‌دهند [۴۹]. در شکل (۲) اثر فوتولتائیک نشان داده شده است.



شکل (۲): اثر فوتولتائیک [۴۹]

توسط پمپ‌های حرارتی می‌توان در تابستان سرمایش و در زمستان گرمایش ساختمانها را تامین نمود [۵۰].

۱-۵-۳- انرژی آب و امواج

دریاها و اقیانوس‌ها با عوامل مختلف فیزیکی، انرژی را دریافت و ذخیره نموده و سپس آن را از دست می‌دهند. این انرژی به صورت موج، جزر و مد، اختلاف درجه حرارت آب است که می‌توان از هر یک از آنها بهره‌برداری کرد [۵۰].

شاید بتوان انرژی امواج را ملموس‌ترین انرژی موجود در دریاها به حساب آورد. یکی از مزایای این انرژی، چگالی انرژی بالای آن نسبت به سایر انرژی‌های بدست آمده از خورشید است. همچنین، دسترسی‌پذیری انرژی موج خیلی بیشتر از سایر انواع انرژی‌های تجدیدپذیر است. علاوه بر خلاف انرژی‌های خورشیدی و بادی، به منظور استخراج انرژی موج نیازی به زمینهای بزرگ نیست و این انرژی بیشتر در مکانهایی نظیر جزایر دور دست که به شبکه برق سراسری متصل نیستند، در دسترس است. میزان این انرژی بستگی به طول موج و ارتفاع آن دارد. تخمین زده می‌شود که نزدیک به 10^6 مگاوات برق در امواج دنیا که به خط ساحلی برخورد می‌کنند وجود داشته باشد. با در نظر گرفتن امواج اقیانوسهای آزاد، این انرژی می‌تواند تا 10^7 مگاوات افزایش یابد که قابل مقایسه با مصرف انرژی جهان در حال حاضر است. با این وجود، تخمین‌های متفاوتی در مورد بخش قابل اتحصال این انرژی وجود دارد. بر طبق تخمین انجمن جهانی انرژی، می‌تواند به طور بالقوه تا 2×10^6 مگاوات برق که حدود ۱۲٪ تقاضای کنونی برق جهان است را فراهم نماید [۵۳].

۵-۱-۳-۱- انرژی امواج دریاها و اقیانوسها

در اثر انتقال انرژی مکانیکی باد به دریا امواج به وجود می‌آیند. میزان انتقال این انرژی بستگی به سرعت باد و مسافتی که باد در طول دریا طی کرده دارد. امواج به خاطر جرم آبی که نسبت به سطح متوسط دریا جابه‌جا شده، انرژی پتانسیل و به خاطر سرعت ذرات آب، انرژی جنبشی را با خود حمل می‌کنند [۵۰].

امروزه از چندین روش انرژی امواج از دریا استحصال می‌شود که در زیر به توضیحات برخی از آنها پرداخته می‌شود.

الف- جاذبه‌های نقطه‌ای

یکی از رایج‌ترین روشها برای استخراج انرژی موج در سطح آب یا نزدیکی آن، استفاده از تغییر ارتفاع موج توسط اجسام شناور است. بخش شناور با امواج عبوری در همه جهات اندرکنش کرده و انرژی موج را با حرکات هیو یا پیتچ به سایر انواع انرژی تبدیل می‌کند. بسته به مکانیزم استفاده شده، انرژی تولید شده می‌تواند در انواع توان شفت، فشار هوا یا مایع باشد که در تاسیسات خط ساحلی یا فراساحلی، یا به طور مستقیم به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود [۵۴].

ب- ویو بوب (منگوله موج)

این دستگاه یک مبدل انرژی موج متقارن محوری خود واکنشی که حرکت هیو موج را از طریق یک پمپ پیستون هیدرولیکی به روغن فشار بالا تبدیل می‌کند (شکل (۴)). منظور از خود واکنشی بودن، این است که این سیستم از دو قسمت تشکیل شده و انرژی موج را با حرکت نسبی این دو قسمت نسبت به یکدیگر و نه نسبت به بستر دریا استخراج می‌کند.

مناطق از زمین که دارای پتانسیل زمین گرمایی می‌باشند منطبق بر مناطق آتشفشانی و زلزله خیز جهان هستند. انرژی زمین گرمایی را می‌توان به دو صورت بهره‌برداری کرد که عبارتند از:

۱- استفاده غیر مستقیم یا روش نیروگاهی

۲- استفاده مستقیم یا روش غیرنیروگاهی

۱-۴-۳- کاربردهای نیروگاهی

بطور ساده می‌توان گفت که نیروگاههای زمین گرمایی به دو دسته مهم تقسیم می‌شوند:

۱- نیروگاه زمین گرمایی با سیال دو فاز (بخار و مایع)

سیالی که معمولاً به شکل دو فاز مایع و بخار می‌باشد از چاه‌های زمین گرمایی خارج می‌شود. این سیالات در مخزن جداکننده بخار از مایع جمع‌آوری شده و سپس فاز بخار از مایع جدا می‌شود. بخار جدا شده وارد توربین شده و باعث چرخش پره‌های توربین می‌شود. پره‌ها نیز به نوبه خود محور توربین و در نتیجه محور ژنراتور را به حرکت وا می‌دارند که باعث بوجود آمدن قطبهای مثبت و منفی در ژنراتور شده و در نتیجه برق تولید می‌شود [۵۰].

۲- نیروگاه زمین گرمایی با سیال تک فاز (مایع)

در این نوع نیروگاهها نیاز به مخزن جدا کننده نمی‌باشد زیرا آب گرم وارد مبدل حرارتی شده و حرارت خود را به سیال عامل دیگری که معمولاً ایزوپنتان می‌باشد و نقطه جوش پایین‌تری نسبت به آب دارد منتقل می‌کند، در این فرایند ایزوپنتان به بخار تبدیل شده و به توربین منتقل می‌شود که در اینجا توربین و ژنراتور طبق توضیحات فوق می‌توانند برق تولید کنند [۶].

۱-۴-۳-۱- کاربردهای غیر نیروگاهی

۱- استخرهای آب گرم

در این روش آب گرم زمین گرمایی را می‌توان با آب سرد و معمولی ترکیب نمود و آب نسبتاً گرمی را برای اهدافی چون ایجاد مراکز جذب توریست و مجتمع‌های آب درمانی مورد استفاده قرار داد.

۲- مراکز گلخانه‌ای

می‌توان آب گرم زمین گرمایی را توسط لوله‌کشی به داخل گلخانه‌ها هدایت نمود، تا بدین وسیله حرارت مورد نیاز جهت رشد و نمو گیاهان، میوه و سبزیهای خاصی را فراهم نمود.

۳- گرمایش منازل

با کمک لوله‌کشی و یا رادیاتورهای ویژه می‌توان مانند سیستم‌های شوفاژ موجود، آب گرم زمین گرمایی را به داخل محیطهای منازل، بیمارستانها، ادارات و ... منتقل و از حرارت این آبهای گرم جهت تامین گرمایش محیط استفاده نمود.

۴- حوضچه‌های پرورش ماهی

در مزارع پرورش ماهی می‌توان با استفاده از آبهای گرم زمین گرمایی، حرارت و شرایط مورد نیاز برای رشد و پرورش ماهی خاص را فراهم نمود.

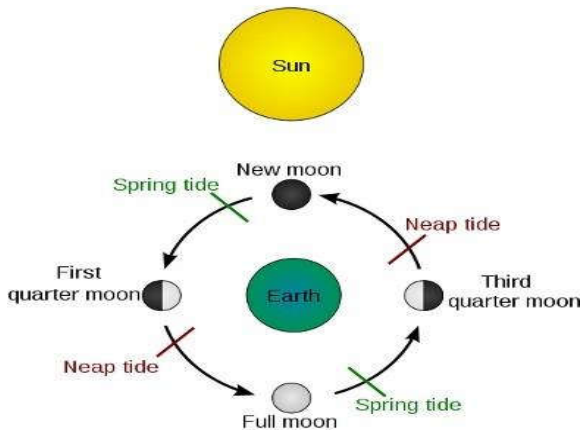
۵- ذوب برف و پیشگیری از یخبندان در معابر

با استفاده از لوله‌هایی که در زیر معابر تعبیه می‌شود می‌توان در فصول سرما حرارت آبهای گرم را به آسفالت خیابانها و جاده‌ها یا به سطوح پیاده‌روها منتقل و بدین وسیله برف روی این سطوح را ذوب نمود.

۶- پمپ حرارتی



جزر و مد تاثیر می‌گذارد، اعمال می‌کند. در نتیجه جزر و مد به وضوح تابعی است از گردش ماه به دور زمین. مطابق شکل (۶)، بالاترین مد زمانی رخ می‌دهد که خورشید و ماه نسبت به زمین در یک راستا قرار گیرند که در این حالت ماه کامل خواهد بود. بالاترین مد تقریباً هر دو هفته یکبار رخ می‌دهد و پایین‌ترین مد نیز که در ربع اول و سوم ماه می‌باشد را حداقل مد می‌گویند. شرایط محلی، طول، عمق و شکل بستر نیز تاثیر زیادی روی تغییرات ارتفاع و زمان رخ داده‌های جزر و مد می‌گذارد بگونه‌ای که ممکن است جزر و مد یکبار در روز یا دو بار در روز رخ دهد [۵۵].



شکل (۶): نحوه وقوع جزر و مد [۵۵]

۱-۳-۵-۳- نحوه تولید انرژی جزر و مد

به طور کلی برای استفاده از انرژی جزر و مدی، از سد جزر و مدی استفاده می‌کنند که در عرض یک خلیج یا مدخل یک رودخانه جایی که تغییرات گسترده جزر و مدی مناسب و کافی است، ساخته می‌شود. این سدها معمولاً از یک سری صندوق‌های پیش ساخته از جنس بتون یا فولاد ساخته شده‌اند که در مکان مناسب در مدخل رودخانه یا خلیج به همراه توربین‌ها قرار می‌گیرند. قسمتهایی از سد برای عبور و مرور به صورت متحرک ساخته شده است. برای یک سد جزر و مدی سه روش عملکردی وجود دارد:

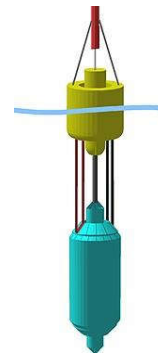
الف: ساده‌ترین روش در دوره عقب‌نشینی یا پایین آمدگی آب دریا می‌باشد. تولید الکتریسیته هنگامی که آب از میان توربینها از حوضچه به دریا جریان می‌یابد، ممکن می‌شود. در واقع سد دارای دریچه‌هایی است که اجازه می‌دهد هنگام مد آب عبور کرده و حوضچه پر شود. به هنگام پایین آمدن آب دریا دریچه‌ها باز شده و آب از حوضچه به سمت توربین‌ها جریان می‌یابد و تولید الکتریسیته می‌کند تا جاییکه تراز آب حوضچه کاهش یابد. سپس دوباره دریچه‌ها بسته شده تا جزر و مد بعدی اتفاق افتد و این چرخه تکرار شود [۵۶].

ب: دوره سیلان یا بالا آمدگی آب دریا که شامل یک چرخه معکوس است. در این روش تراز آب حوضچه به پایین‌تر از تراز متوسط دریا کاهش می‌یابد که می‌تواند اثرات اکولوژیکی داشته باشد [۵۶].

ج: دوره دوگانه سیلان و عقب نشینی نیز عملی است. این روش معمولاً انرژی بیشتری تولید نمی‌کند ولی پیچیدگی‌های بیشتری دارد و از توربین‌های برگشت‌پذیر استفاده می‌شود [۵۶].

۱-۴-۵-۳- مزایا و معایب انرژی جزر و مد

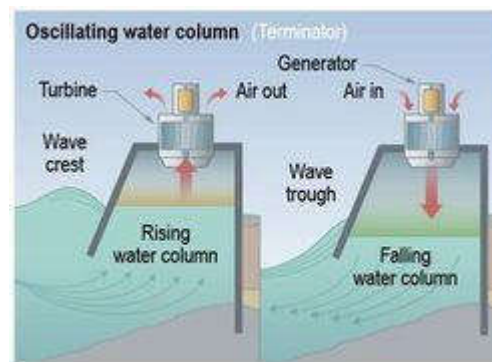
یکی از ویژگی‌های این دستگاه، توانایی تنظیم فرکانس طبیعی آن برای تطابق با ویژگی‌های موج است [۵۴].



شکل (۴): جاذب نقطه‌ای ویبوبوب [۵۴]

ج- ستون نوسانگر آب^۱

این سیستم یکی از طولانی‌ترین دوران توسعه را در بین مبدل‌های انرژی موج داشته است و از یک سلول که تا قسمتی مغروق بوده و انتهای آن به آب دریا باز هست، تشکیل شده است. با عبور موج از سیستم، ستون آب درون سلول بالا و پایین رفته و مانند یک پیستون سبب نوسان هوای بالای سطح آزاد شده و در نتیجه موجب افزایش و کاهش هوای محبوس در بالای ستون آب می‌شود (شکل (۵)). این هوای فشار بالای ایجاد شده را می‌توان به منظور به حرکت در آوردن یک توربین برای تولید برق استفاده نمود. برای شتاب‌دهی به جریان هوا و افزایش کارایی سیستم، مقطع عرضی راهروی هوا پیش از این که به توربین وارد شود تنگ می‌شود [۵۴].



شکل (۵): ستون نوسانگر آب [۵۴]

۵-۳-۱-۲- انرژی جزر و مد دریاها و اقیانوس‌ها

انرژی جزر و مدی یکی از قدیمی‌ترین اشکال انرژی است که اولین بار در حدود قرن ۱۲ میلادی در سواحل فرانسه و انگلستان مورد استفاده قرار گرفت. اولین استفاده انسان از انرژی جزر و مد در این مناطق برای به حرکت در آوردن آسیابهای آبی بود. در یک قرن اخیر با احداث نیروگاههای جزر و مدی در برخی نقاط از انرژی جزر و مد برای تولید برق استفاده می‌شود. انرژی جزر و مد حاصل نیروهای جاذبه ماه و خورشید است. مقدار این نیرو وابسته به موقعیتهای سیستم ماه-زمین-خورشید تغییر می‌کند. نیروهای گرانشی مابین ماه و خورشید و زمین سبب بالا و پایین رفتن منظم آب اقیانوس‌ها در سراسر جهان گردیده که نتیجه آن امواج جزر و مدی می‌باشد. ماه نیرویی بیش از دو برابر نیرویی که خورشید بر امواج

^۱Oscillating water column

هست که دارای پتانسیل بالایی در زمینه استفاده از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر است وجود آب و هوای گرم و خشک به خصوص در نواحی مرکزی ایران و بالا بودن میزان ساعات آفتابی و وزیدن باد در اکثر مناطق، حاکی از پتانسیل بالای انرژی خورشیدی و انرژی بادی در ایران می‌باشد و امید آن می‌رود که در کشور ما نیز این منابع پاک مدنظر قرار بگیرد.

۳- مراجع

- [۱] م. ع. عبدلی، ا. م. یدفار، انرژی، توسعه و محیط زیست، نشریه انرژی ایران، سال دهم، شماره ۲۶، تابستان ۸۵.
- [۲] م. گلاوی، ف. گلاوی، انرژی های نو و جایگاه جهان اسلام، چهارمین کنگره بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام، زاهدان، دانشگاه سیستان و بلوچستان، تابستان ۸۹.
- [۳] س. ا. عزیزی، م. مهدلویی، ف. حسینی، بررسی فناوری های نو و کاهش آلاینده های ناشی از وسایل نقلیه موتوری، اولین همایش ملی آلودگی هوا، پایش، اثرات و اقدامات کنترلی در ایران، بهار ۹۲.
- [۴] ب. ابراهیمی، م. رحمانی، بررسی پیامدهای حاصل از توسعه فناوری تولید و استفاده از سوخته‌های گیاهی در مقایسه با سوخت های فسیلی، نشریه توسعه تکنولوژی صنعتی، شماره ۱۹، بهار و تابستان ۹۱.
- [۵] ع. باباپور، ر. پیشکار آذری، س. ا. گلستانه، ز. قاضی طباطبائی شبیه‌سازی مدیریت حرارتی مواد نانوکامپوزیت تغییر فاز دهنده توسط تکنیک CFD، نشریه شیمی و مهندسی شیمی ایران، زمستان ۹۶.
- [6] A. Babapoor, G. Karimi, M. Khorram, Fabrication and characterization of nanofiber-nanoparticle-composites with phase change materials by electrospinning, Applied Thermal Engineering, Vol. 99, pp. 1225-1235, 2016.
- [7] H. Poirazis, Double skin faç ades for office buildings, Report EBD - R - 04/3, Department of Construction and Architecture, Lund I Institute of Technology, Lund University, pp. 1 - 192, 2004.
- [8] A. de Gracia, L. Navarro, A. Castell, Á. Ruiz - Pardo, S. Álvarez, L. F. Cabeza, Solar absorption in a ventilated facade with PCM. experimental results, Energy Procedia, Vol. 30, No. 0, pp. 986 - 994, 2012.
- [9] F. Goia, M. Perino, V. Serra, Improving thermal comfort conditions by means of PCM glazing systems, Energy and Buildings, Vol. 60, No. 0, pp. 442 - 452, 2013.
- [10] A. de Gracia, L. Navarro, A. Castell, Á. Ruiz - Pardo, S. Álvarez, L. F. Cabeza, Experimental study of a ventilated facade with PCM during winter period, Energy and Buildings, Vol. 58, No. 1, pp. 324 - 332, 2013.
- [11] A. de Gracia, L. Navarro, A. Castell, L. F. Cabeza, Numerical study on the thermal performance of a ventilated facade with PCM, Applied Thermal Engineering, Vol. 61, No. 2, pp. 372 - 380, 2013.
- [12] A. de Gracia, L. Navarro, A. Castell, D. Boer, L. F. Cabeza, Life cycle assessment of a ventilated facade with PCM in its air chamber, Solar Energy, Vol. 104, No. 0, pp. 115-123, 2014.

یکی از مزایای نیروگاه جزر و مد این است که می‌توان با تغییر مصرف در شبکه به سرعت این تاسیسات را با شرایط جدید تطبیق داد، در حالی که در تاسیسات گرمایی مثل سیستم‌های بخار برای تغییر مقدار خروجی باید دبی بخار و دمای آن را تغییر داد که مستلزم زمان نسبتاً زیادی است و این نمی‌تواند پاسخگوی تغییرات ناگهانی مصرف شبکه باشد. مزیت دیگر انرژی جزر و مد قیمت تمام شده پایین آن است. قیمت آن در حدود ۰/۱ دلار بر کیلووات ساعت می‌باشد در حالی که قیمت انرژی‌های خورشیدی در حدود ۰/۵ دلار بر کیلووات ساعت می‌باشد. بازده آن در امواج بالا ۸۰٪ و در امواج پایین حدود ۳۰٪ می‌باشد. در حالی که در انرژی خورشیدی بازده بین ۵ تا ۲۰ درصد و در انرژی بادی بازده بین ۲۵ تا ۴۰ درصد می‌باشد. یکی از معایب انرژی جزر و مد اثرات زیست‌محیطی می‌باشد، چرا که به علت بستن سدها باعث اختلال در حرکت کشتی‌ها شده و اثرات نامطلوب بر زندگی ماهی‌ها می‌گذارد. یکی از راه‌حل‌های پیشنهادی در این زمینه ساخت سدهای دریچه دار می‌باشد، این سدها به گونه‌ای ساخته می‌شوند که وقتی سطح آب دو طرف معادل همدیگر شوند این دریچه‌ها باز شده و سیکل طبیعی ادامه پیدا می‌کند [۵۷، ۵۸].

بهترین محل برای اجرای پروژه‌های تولید انرژی از جزر و مد جاهایی می‌باشند که دارای ویژگی زیر باشند:

- ۱- دارای اختلاف جزر و مدی زیادی باشند.
- ۲- سیکل جزر و مد به صورت دوبار در روز باشد.
- ۳- حوضچه مورد استفاده دارای دهانه‌ای نسبتاً تنگ و کم عمق باشد که در اینصورت هزینه ساخت سد و دریچه‌ها کاهش می‌یابد.
- ۴- منطقه دارای ترافیک دریایی نباشد.
- ۵- حوضچه باید وسیع و دارای ظرفیت بالا باشد.

علیرغم پیشنهاد و اجرای چندین نوع طراحی برای استفاده از انرژی جزر و مد در جهان، تابع زمان بودن جزر و مد سبب شده که این طرح‌ها همواره در کنار سایر منابع تولید انرژی مورد استفاده قرار گیرند و بتوانند تنها بخشی از انرژی شبکه را تولید کنند. معمول‌ترین روش برای تنظیم زمان تولید، استفاده از روش مخزن کردن هیدرواستاتیکی می‌باشد که همان پمپ کردن آب به حوضچه آب در مد در ساعات کم مصرف شبکه و افزایش اختلاف پتانسیل برای تولید انرژی در زمان نیاز شبکه می‌باشد. این روش در بسیاری از نقاط دنیا خصوصاً در کنار تولید برق از سدها هم اکنون مورد استفاده قرار گرفته است [۳۹].

۲- نتیجه‌گیری

در حال حاضر، در راستای ارتقاء کیفیت زندگی، صنعتی شدن کشورهای در حال توسعه و رشد بیش از حد جمعیت در دهه‌های اخیر، مصرف انرژی در بخش‌های مختلف افزایش یافته است. از سوی دیگر لزوم حفاظت محیط‌زیست، محدودیتهایی را در مصرف انرژی موجب می‌شود. از آنجا که نیاز به انرژی، پیوسته افزایش می‌یابد، آلودگی‌های زیست‌محیطی نیز بیشتر شده و به طور حتم با ادامه روند کنونی، این منابع تجدیدناپذیر بیش از گذشته هدر می‌رود. به همین دلیل لازم است برای بهینه‌سازی مصرف انرژی و به دنبال آن، کاهش آلودگی محیط‌زیست اقداماتی انجام شود، که با جایگزین کردن انرژی‌های تجدیدپذیر به جای انرژی‌های تمام شدنی این امر امکان‌پذیر است. انرژی‌های تجدیدپذیر مانند مواد تغییر فاز دهنده، زمین گرمایی، بادی، جزر و مدی و... از بهترین منابع ممکن جهت کاهش آلودگی محیط زیست هست، کشور ایران از جمله مناطقی



- [30] Independent Statistics & Analysis, Table 1-10.B, U.S. Department of Energy Washington, DC 20585, 2016; <http://www.eia.gov>.
- [31] Renewable energy sources—hydropower, Biomass, Ethanol, Biodiesel, Wind, Geothermal, and Solar, 2014; <http://www.eia.gov/energyexplained>.
- [32] G. Bredehoeft, The outlook for renewable electricity in the united states for 2014 EIA Energy Conference, Washington, DC, 2014.
- [33] C. Skelton, Geothermal energy could meet half of B.C.'s electricity needs, researcher says, The Vancouver Sun.
- [34] E. Obermann, T. Kutney, OES Annual report, Canada, Ocean energy policy, 2014.
- [35] Oil & Gas Journal, Worldwide look at reserves and production, pp. 32, 2014.
- [36] Norway Energy Policy, Laws and Regulations Handbook, strategic information and basic laws, IBP, Inc. Business & Economics, Vol. 1, 2015.
- [37] S. M. Hanasoge, T. L. Duvall, and K. R. Sreenivasan, anomalously weak solar convection, Proc. Natl. Acad. Sci, Vol. 101, No. 30, pp. 11128–11132, 2012.
- [38] E. W. Brown, An introduction to solar energy, pp. 1–6, 1988.
- [39] I. Dincer, Renewable energy and sustainable development: a crucial review, Renew. Sustain. Energy Rev, Vol. 1, No. 2, pp. 115–151, 2000.
- [40] M. Raisul Islam, K. Sumathy, S. Khan, Solar water heating systems and their market trends, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 17, pp. 1–25, 2013.
- [41] REN21, P.S., Renewables 2011: Global status report, Secretariat renewable energy policy network for the 21st Century (REN21), Paris, 2011.
- [42] A. F. Zobaa and R. C. Bansal, Handbook of renewable energy technology, World Scientific, 2011.
- [43] Wna, Renewable energy and electricity sustainable energy renewable energy, 2013.
- [44] M. S. Guney, Solar power and application methods, Renew. Sustain. Energy Rev, Vol. 15, pp. 556–581, 2016.
- [45] G. C. Piciu, C. L. Trica, A possible classification of renewable resources in the context of sustainable development, 2014.
- [46] A. Ciarreta, MP, Espinosa and Pizarro –Irizar, Is green energy expensive, Empirical evidence from the Spanish electricity market, Energy Policy, Vol. 69, pp. 205–215, 2014
- [47] R. Hernandez, Environmental impacts of utility-scale solar energy, Renew Sustain Energy Rev, Vol. 29, pp. 766–79, 2014.
- [48] S. Moayeni, M. Dehghani Manshadi, Renewable energies and their position in energy supply, Solar Energy, 2010.
- [13] A. Babapoor, G. Karimi, Thermal properties measurement and heat storage analysis of paraffin-nanoparticles composites phase change material comparison and optimization, Applied Thermal Engineering, Vol. 90, pp. 945-951, 2015.
- [14] A. Babapoor, M. M. Azizi, G. Karimi, Thermal management of a Li-ion battery using carbon fiber- phase change material composites, Applied Thermal Engineering, Vol. 82, pp. 281–290, 2015.
- [15] S. I. Golestaneh, G. Karimi, A. Babapoor, F. Torabi, Thermal performance of co-electrospun fatty acid nanofiber composites in the presence of nanoparticles, Applied Energy, Vol. 212, pp. 552-564, 2018.
- [۱۶] ع. باباپور، ی. بخشوده‌نیا، م. بخشوده‌نیا، مروری بر مدل‌سازی عددی و آنالیز کاربرد مواد تغییرفازدهنده در ساختمان جهت کاهش مصرف انرژی، پنجمین کنفرانس انرژی‌های تجدیدپذیر، پاک و کارآمد، زمستان ۹۲.
- [17] Renewable energy sector in the EU: its Employment and export potential, A Final Report to DG Environment, ECOTEC Research&Consulting Limited, United Kingdom, 2002; <http://www.ecotec.com>.
- [18] IRENA, REmap 2030: A renewable energy roadmap, IRENA, Abu Dhabi, 2014; <http://www.irena.org/remap>.
- [19] T. Grigoleit, D. Lenkeit, The renewable energy industry in germany a glance at industry promotion policies in Selected Energy Sectors, 2012.
- [20] B. Burger, Power Generation from renewable energy in germany—assessment of 2015, fraunhofer institute for Solar Energy System ISE, 2016.
- [21] I. Aigner, S. Gabriel, National biomass action plan for germany, biomass and sustainable Energy Supply, 2009.
- [22] A. Rose, China's Solar capacity overtakes germany in 2015, industry data show, Reuters, 2016.
- [23] J. Timperley, Chinese solar capacity outshone germany's in 2015, Businessgreen, 2016; <http://www.businessgreen.com>.
- [24] L. Walker, US Replaces china as top clean energy investor, Environmental Leader, 2012.
- [25] J. A. Mathews and H. Tan, Economics, manufacture renewables to build energy security, Nature, 2014.
- [26] C. Davis, Size key to success in solar panel sector, NewYork: ChinaDaily, 2013.
- [27] H. Davor, China – hydropower as the right solution, 2015; http://www.our-energy.com/china_hydropower_as_the_right_solution.html.
- [28] Independent statistics & analysis, table 1-14. A, U.S. Department of Energy Washington, DC 20585, 2016; <http://www.eia.gov>.
- [29] S. Mufson, Solar power project in mojave desert, Washington Post Staff Writer, 2010.



- [54] M. McCormick, Wave-powered reverse-osmosis desalination, Sea Technology, 2001.
- [55] J. Beaty, J. Lund, C. Robert, Renewable energy alternatives submitted, A Major Qualifying Project for Stantec Consulting Ltd, WPA(Worcester Polytechnic Institute), 2010.
- [56] The anapolis tidal power project nova scotia power intechical report, 1980.
- [57] H. B. Zhang, J .Fletcher, N. Greaves, S .J .Finney, B.W .Williams One power point operation for speed wind, tidal stream turbines with synchronous generators , Journal, IET Renewable Power Generation, Vol. 5, pp. 99-108, 2010.
- [58] A. M. Gorlov, Tidal energy lucidEnergy technologies, northeastern university, Boston Massachusetts, USA, 2001.
- [59] M. L. Rhman, Hybrid power generation system using offshore-wind turbine and tidal turbine for power fluctuation compensation (HOT-PC), Student member, IEEE, Journal, IEEE Trasaction On Sustainable Energy, Vol. 1, NO. 2, pp. 92-98, 2010.
- [49] M. A. Green, Third generation photovoltaics: solar cells for 2020 and beyond, phys. E Low-dimensional Syst. Nanostructures, Vol. 11, No. 1, pp. 61–50, 2002.
- [۵۰] ا. احمد پور، معرفی انواع انرژی های تجدیدپذیر و بررسی مزایای استفاده از آن، ششمین همایش علمی تخصصی انرژی های تجدیدپذیر، پاک و کارآمد، تهران، شرکت هم اندیشان انرژی کیمیا، ۹۳.
- [51] K. S. Sanyal and W. J. Morrow and J. S. Butler, Cost of electricity from enhanced geothermal systems, thirty-second workshop on geothermal reservoir engineering, Stanford, California, 2010.
- [52] D. L. Turcotte, G. Schubert, Geodynamics cambridge, england, UK: Cambridge University Press, ISBN 978-0-521-66624-4, 2002.
- [53] F. Zabihian, and S. A. Fung, Review of marine renewable energies Case study of iran, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 15, pp. 2461-2474, 2011.

