DOR: 20.1001.1.24234931.1401.9.1.3.4

سال نهم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۱، ص ص ۲۹-۳۹

فصل‌نامه علمی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو

jrenew.ir

مقاله ترویجی

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۷/۰۶

تاریخ پذیرش: ۰۰/۰۳/۱۴

نگاهی نو به کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر در صنایع کشاورزی

سیدحسام‌الدین فاطمی[۱]، عزیز باباپور[۲*]، دانیال نوروزی سارمی[۱]، رضا حیدرزاده[۱]، سیدسجاد شریفی[۱]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- دانشیار، مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

* اردبیل، ۱۷۹، Babapoor@uma.ac.ir

چکیده

امروزه به‌دلیل افزایش جمعیت و بزرگ‌تر شدن اقتصاد بیشتر کشورها، نیاز به مصرف انرژی در بخش صنعت و کشاورزی بیشتر شده است. تامین این مقدار انرژی از منابع فسیلی در چند دهه اخیر مشکلات آلودگی‌های زیست‌محیطی و تغییرات آب و هوایی را به دنبال داشته و هزینه بسیاری را به کشورهای مختلف تحمیل کرده است. لذا در چند دهه اخیر بسیاری از کشورها به دنبال تأمین انرژی از منابع انرژی تجدیدپذیر بوده‌اند. به‌دلیل اهمیت بخش کشاورزی در تأمین امنیت غذایی کشورها و همچنین نقش آن در افزایش صادرات غیرنفتی کشورهای نفت‌خیز، لزوم گسترش این بخش بیش از پیش احساس می‌شود؛ توجه ویژه به تأمین انرژی پایدار، پاک و نامحدود در این حوزه حائز اهمیت می‌باشد. هدف از این پژوهش، مطالعه و شناخت انواع فناوری‌های مرتبط با صنایع کشاورزی است که منبع تأمین انرژی در آن‌ها از طریق منابع انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد. نتایج پژوهش نشان داد که با بهره‌گیری از منابع متنوع انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توان از دستگاه‌هایی نظیر آب‌شیرین‌کن خورشیدی، خشک‌کن خورشیدی، ربات بذرکار خورشیدی، تلمبه بادی تأمین آب، نیروگاه بادی، سوخت جامد زیستی، سامانه‌های تولید بیوگاز و بیودیزل، سیستم‌های گرمایش گلخانه با منابع آب زمین‌گرمایی و پمپ حرارتی زمین‌گرمایی بهره جست. نتیجه استفاده از این سیستم‌ها، کاهش قابل‌توجه در مصرف انرژی‌های فسیلی، کاهش آلاینده‌های هوا، رشد و توسعه شغل‌های وابسته به آن و نیز تأمین امنیت انرژی و کاهش هزینه‌های اجتماعی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی می‌باشد. این نتایج می‌تواند در طراحی و مدیریت سیستم‌های مختلف انرژی در صنایع کشاورزی مورد استفاده فراوان قرار بگیرد.

کلید واژگان: انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی خورشیدی، انرژی زیست‌توده، انرژی زمین‌گرمایی، کشاورزی

A new look at the use of renewable energy in the agricultural industry

Seyed Hesameddin Fatemi[1], Aziz Babapoor[2*], Daniyal Norozi Sarami[1], Reza Heydarzade[1], Seyed Sajjad Sharifi[1]

1- Department of Mechanical Engineering of Biosystems, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

2- Associate Professor, Department of Chemical Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

* P.O.B. 179 Ardabil, Iran, Babapoor@uma.ac.ir

Received: 27 September 2020 Accepted: 4 June 2021

Abstract

Nowadays, due to the population growth and the developed economy of most countries, there is increasing need for energy consumption in the industry and agriculture sector. Over the past decades, supplying this energy with fossil fuels has led to environmental pollutions and climate changes. So, it has imposed a lot of cost on different countries. Over the recent decades, many countries have tried to supply energy with renewable energy resources. Due to the significant role of agriculture sector in the countries' food security and the increased non-petroleum export of oil-producing countries, it is necessary to develop this sector more than in the past. The important issue in this area is focusing on sustainable energy supply. The present research aims to study and identify different technologies that are related to agricultural industries in which, the necessary energy is supplied by renewable resources. The results showed that different types of renewable energies, can be used in devices such as solar desalination system, solar dryer, solar seeder robot, water supply pneumatic pump, wind farm, Solid biofuels, biogas and biodiesel systems, greenhouse heating systems using geothermal water resources, and ground source heat pump. Using these systems can result in the significant reduction of fossil energy consumption, reduction of air pollutants, development of the related jobs, energy security, and the decrease in the social costs of using fossil fuels. These findings can be widely used in designing and management of different energy systems in agricultural industries.

Keywords: Renewable energies, Solar energy, Biomass energy, Geothermal energy, Agriculture

۱- مقدمه

افزایش جمعیت جهان و به همراه آن افزایش رفاه اجتماعی از مهم‌ترین دلایلی هستند که منجر به استفاده روزافزون از انواع منابع انرژی مخصوصاً منابع فسیلی نظیر نفت، گاز و زغال‌سنگ شده است؛ این در حالی است که منابع فسیلی به علت پایان‌پذیر بودن و بحث آلودگی ناشی از استعمال آن‌ها روزبه‌روز با محدودیت بیشتری مواجه می‌شوند [۱]. نظر به اهمیت استفاده از مواد فسیلی در تولید فرآورده‌های نفتی و پتروشیمی با ارزش‌افزوده بالا و آلوده‌کردن محیط‌زیست در اثر سوزاندن آن‌ها استفاده از این مواد برای تأمین انرژی به‌صرفه نمی‌باشد. این منابع به علت محدود بودن نمی‌توانند به‌عنوان منابعی مطمئن برای آینده بشر به حساب بیایند [۲]. کشورهای جهان حدود ۴۰ سال پیش پس از افزایش قیمت نفت، تصمیم گرفتند تا وابستگی خود را به محصولات فسیلی کم کرده و جانشینی برای آن انتخاب کنند. پس از آن سرمایه‌گذاری زیادی بر روی انرژی‌های تجدیدپذیر در بعد تحقیقاتی و عملیاتی انجام دادند [۳]. اکثر کشورهای صنعتی و درحال توسعه، کاربرد روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی را در دستور کار خود قرار داده‌اند [۴]. جوامع بشری در حال گذر از وابستگی به سوخت‌های فسیلی به‌سوی استفاده از دیگر منابع انرژی و تجدیدپذیر می‌باشد [۵]. انرژی‌های تجدیدپذیر، پایان‌ناپذیر بوده و مرتباً به‌طور طبیعی بازسازی می‌شوند. منابع تولید این‌گونه از انرژی محدود نیست. منابع انرژی تجدیدپذیر منطقه‌ای می‌تواند به‌صورت محلی کنترل شود و برای این کار نیاز به شبکه‌های سراسری و سیستم‌های پیچیده انتقال انرژی نیست. نتایج تحقیقات گوناگون، حاکی از آن است که انرژی‌های تجدیدپذیر در مقایسه با انرژی‌های دیگر از هرگونه آلودگی طبیعی مبرا می‌باشد. استفاده از انرژی تجدیدپذیر از نظر ایجاد کار و توسعه اقتصادی منطقه‌ای نیز مورد توجه است. با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر اثرات مخرب ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای کاهش می‌یابد.

ارتقا کیفیت زندگی، رونق کار و اشتغال در روستاها به‌طور فزاینده‌ای تحت تأثیر تأمین انرژی اولیه و ارزان مورد نیاز در مزارع، صنایع روستایی و تبدیلی قرار دارد. یکی از مهم‌ترین زیربخش‌های اقتصادی کشور که از پتانسیل و زمینه‌های مساعد فراوانی برای توسعه و بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر برخوردار است، بخش کشاورزی می‌باشد. بخش کشاورزی نیز همانند سایر بخش‌های اقتصادی برای رشد و توسعه به اشکال مختلف (مستقیم و غیرمستقیم) به انرژی نیاز دارد. در این بخش اقتصادی، انرژی به‌عنوان یک نهاده تولیدی به مصرف می‌رسد، بنابراین تأمین به‌موقع و ارزان آن از اهمیت ویژه‌ای در افزایش تولید، کاهش هزینه‌های تولید و در نهایت افزایش صادرات غیرنفتی کشور دارد [۶]. استفاده مؤثر از انرژی در بخش کشاورزی نقش اساسی در پایداری تولید، بهینه‌سازی اقتصادی سیستم، حفظ ذخایر سوخت‌های فسیلی و کاهش آلودگی‌های محیط‌زیست دارد. رشد جمعیت، نیاز به مصرف انرژی، محدودیت منابع فسیلی، آلودگی محیط‌زیست، گرم شدن هوا همگی لزوم صرفه‌جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی و توجه به استفاده از دیگر منابع انرژی را ضروری ساخته است [۷]. با توجه به موارد فوق و همچنین اثرات سوء ناشی از استفاده نامناسب انرژی فسیلی بر سلامت انسان، لزوم استفاده از منابع انرژی نو و تجدیدپذیر در بخش کشاورزی حس می‌شود. همچنین به‌دلیل وضع قوانین سخت‌گیرانه در زمینه مسائل مربوط به آلودگی‌های محیط‌زیست و از طرف دیگر بحران‌های انرژی، کشورهای صنعتی توسعه‌یافته، بیش‌ازپیش به گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر می‌پردازند [۸].

کشور ما از مصرف انرژی نامطلوب رنج می‌برد تا آنجا که سیستم انرژی حتی با هدفمندی یارانه‌ها و افزایش قیمت انرژی هم سبب کاهش مصرف انرژی نشده است. برای کاهش آلودگی‌های ناشی از سوخت‌های فسیلی و استفاده بهینه از نفت، گاز و زغال‌سنگ لازم است به انرژی‌های تجدیدپذیر که سازگار با محیط‌زیست هستند توجه بیشتری شود؛ زیرا دریافت انرژی‌هایی مانند خورشیدی و بادی در ایران بالا بوده و تکنولوژی استفاده از آن ساده است.

هر یک مگاوات ساعت انرژی که از منابع فسیلی تولید می‌شود معادل انتشار ۶۵۷ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن و ۳ کیلوگرم از انواع اکسیدهای غیرکربنی و منواکسیدکربن می‌باشد [۹]. حدود ۳۰ نوع ماده مضر ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی وارد محیط زندگی انسان شده و منجر به بیش از ۳۵ نوع بیماری می‌شود؛ که بیماری‌های قلبی، ریوی، تنگی نفس، بیماری‌های کلیوی، روده‌ای و آسیب‌هایی که بر مغز انسان وارد می‌شود از آن جمله هستند [۱۰]. گرچه اثرات زیست‌محیطی استفاده از سوخت‌های فسیلی بر آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی، خاک، هوا، پوشش گیاهی و ... بی‌شمار است، اما مباحث آلودگی هوا، اثرات گلخانه‌ای، ذرات و اثر خنک‌کنندگی بیشتر قابل‌توجه است [۱۱].

هدف از این پژوهش، مطالعه و شناخت انواع فناوری‌های مرتبط با صنایع کشاورزی است که منبع تأمین انرژی در آن‌ها از طریق منابع انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد.

۲- تقسیم‌بندی انواع انرژی

مطالب این پژوهش، در چهار سرفصل "انرژی حاصل از خورشید"، "انرژی حاصل از باد"، "انرژی زیست‌توده" و "انرژی زمین‌گرمایی" قابل بررسی است.

۲-۱- انرژی حاصل از خورشید

انرژی خورشیدی بزرگ‌ترین منبع انرژی روی کره زمین است. و همچنین منبع اصلی تمام انرژی‌های موجود در زمین می‌باشد. خورشید روزانه ۳۰۰۰۰ کیلوژول انرژی را به سطح زمین تابش می‌دهد. از این منبع به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم می‌توان بهره برده و آن را به دیگر اشکال انرژی تبدیل کرد. مجموعه عللی مانند تغییر انرژی ساطع‌شده در شب و روز، تغییر زاویه تابش، تغییرات دائمی جوی، هزینه بالای مربوط به فناوری‌های ذخیره‌سازی انرژی خورشیدی، از سوی دیگر ضعف علمی و فناوری مربوط به این حوزه از موانع گسترش انرژی خورشیدی تلقی می‌شود [۱۲].

از انرژی خورشیدی برای مصارف خانگی، صنعتی، نیروگاهی، کشاورزی و نیز استفاده از سیستم‌های فتوولتائیک (که مستقیماً انرژی خورشیدی را به الکتریسیته تبدیل می‌کند.) و کاربردهای دیگر می‌توان استفاده کرد. آلمان کشوری پیشرو در صنعت پنل‌های خورشیدی همواره تلاش می‌کند با سرمایه‌گذاری در این بخش، راندمان پنل را افزایش داده و قیمت پنل را تا نصف کم کند [۱۳].

۲-۱-۱- آب‌شیرین‌کن خورشیدی

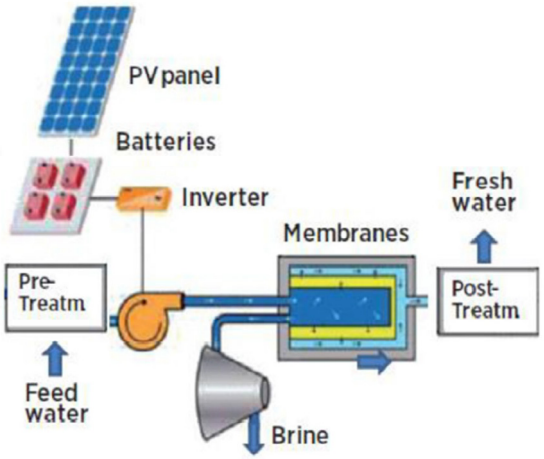
به آبی که املاح نمکی غیرحل‌شدنی در آن کمتر از ۰.۰۵ در هر ۱۰۰ واحد باشد، آب شیرین گفته می‌شود [۱۲]. هدف یک سیستم آب‌شیرین‌کن، تصفیه آب شور و تولید آب با TDS در حد مجازاست [۱۴].

برای تولید آب شیرین دو روش متداول وجود دارد: (۱) روش حرارتی که با استفاده از حرارت اقدام به تبخیر آب و جدایش ناخالصی‌های ناخواسته از آن می‌کند، سپس با سرد شدن بخار و تراکم دوباره آن آب شیرین به- دست می‌آید. (۲) روش اسمز معکوس که با ایجاد فشار بالا توسط پمپ، آب دریا یا آب شور از یک غشا عبور کرده و ناخالصی‌های آن توسط غشاء جدا می‌شود [۱۵]. سیستم بر مبنای اسمز معکوس نسبت به میزان شوری، گل‌آلودگی و دمای آب

ورودی حساس است درحالی که در فناوری‌های مبتنی بر تبخیر مسئله کیفیت آب ورودی به سیستم تا این حد اهمیت ندارد. روش اسمز معکوس تنها از انرژی برق استفاده می‌کند و به نسبت روش‌های مختلف حرارتی مصرف انرژی کمتری دارد. روش اسمز معکوس در جزیره‌ها و همچنین کارخانه‌های کوچک مناطق روستایی که منبع دیگری برای تأمین آب وجود ندارد، می‌تواند مفید باشد [۱۲].

به‌طور کلی فناوری‌های شیرین‌سازی آب، از روش‌های نوین تأمین آب است اما مصرف انرژی بالایی دارند. استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر به‌عنوان یک راه حل بدیع برای تأمین انرژی با ماهیت سازگار و پایدار و حفظ محیط‌زیست هست [۱۶]. برای شیرین‌سازی آب می‌توان یک منبع تأمین انرژی تجدیدپذیر را با سیستم آب‌شیرین‌کن ترکیب کرد تا هم سازگار با محیط‌زیست باشد و هم از یک منبع پایدار برای تأمین انرژی سیستم استفاده شود [۱۲].

در روش شیرین‌سازی اسمز معکوس همان‌گونه که در شکل ۱ نیز نشان داده شده است می‌توان از سیستم فتوولتاییک برای تأمین برق مورد نیاز پمپ استفاده کرد.



شکل ۱ سیستم نمک‌زدایی اسمز معکوس در ترکیب با سیستم تأمین انرژی فتوولتاییک [۱۲]

روش‌های تقطیر چندمرحله‌ای ناگهانی و تقطیر اثر چندگانه جز روش‌های حرارتی محسوب می‌شوند که می‌توان در آن‌ها از انرژی خورشیدی برای تأمین انرژی سیستم بهره گرفت. با توجه به مطالعات نظری در روش تقطیر اثر چندگانه هزینه شیرین‌سازی کم و در عین حال ظرفیت تولید نیز بالا هست؛ از ترکیب این سیستم با یک منبع تجدیدپذیر مناسب می‌توان انتظار یک سیستم بهینه از نظر اقتصادی را داشت [۱۲].

با وجود پیشرفت‌های صورت گرفته در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر هنوز تولید انرژی از این طریق پرهزینه می‌باشد و به‌جز در شرایط معدودی قابل رقابت با انرژی‌های رایج نیست، به همین دلیل استفاده از منبع تجدیدپذیر در سیستم‌های آب‌شیرین‌کن فعلاً به‌صرفه نیست؛ اما استفاده از چنین سیستم‌هایی در مناطق دورافتاده که از شبکه سراسری برق بسیار دور می‌باشند و هزینه انتقال برق نیز بسیار زیاد می‌باشد، می‌تواند با سیستم معمولی شیرین‌سازی آب رقابت کند. همچنین اگر بهره‌برداری از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر متناسب با پتانسیل‌های زیست‌محیطی منطقه مورد نظر باشد می‌توان انتظار کاهش هزینه‌ها و افزایش قابلیت رقابت را داشت. از دیگر موانع چنین سیستمی می‌توان مسائل مربوط به دفع نمک را که به‌عنوان مهم‌ترین زباله این سیستم محسوب می‌شود در نظر گرفت و باید راه‌حلی پایدار برای این مشکل پیدا کرد [۱۲].

عمده مصرف آب شیرین مربوط به مصارف بخش کشاورزی است. و تأمین آب شیرین از طریق نمک‌زدایی برای مناطق کم آب نظیر غرب آسیا و شمال آفریقا مهم‌ترین منبع محسوب می‌شود [۱۷]. با پیشرفت روزافزون فناوری‌های مربوط به تولید تجدیدپذیر انرژی و کاهش هزینه‌های مربوط به آن و همچنین کاهش منابع انرژی‌های فسیلی می‌توان انتظار داشت که در طی سال‌های آینده چنین سیستم‌هایی برای تأمین آب شیرین از منابع آب شور کاربرد گسترده‌تری پیدا کنند؛ لذا تحقیق و پژوهش بر روی بهره‌وری اقتصادی این سیستم‌ها می‌تواند مفید واقع شود.

۲-۱-۲- خشک‌کن‌های خورشیدی

امروزه با توجه به روش‌های پیشرفته برای نگه‌داری میوه‌ها و سبزی‌ها همچنان از روش‌های خشک‌کردن استفاده می‌شود که انرژی لازم برای خشک‌کردن به‌وسیله منابع فسیلی، تأمین می‌شود [۱۸]. تحقیقات نشان داد که حدود ۱۰٪ از کل انرژی مصرفی در صنایع غذایی به‌دلیل خشک شدن محصولات می‌باشد [۱۹]. درنتیجه استفاده از یک منبع به‌صرفه مانند انرژی حرارتی خورشیدی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد [۲۰]. خشک‌کردن محصولات غذایی و صنعتی فرآیندی است که در آن رطوبت اضافی از آن‌ها خارج شده و به یک حد مشخص می‌رسد. یکی از راه‌های نگه‌داری طولانی‌مدت محصولات غذایی با رطوبت زیاد، خشک‌کردن آن‌ها می‌باشد. خشک‌کردن مواد غذایی تا حد زیادی باعث کاهش رشد و تکثیر قارچ‌ها، مخمرها و باکتری‌ها می‌شود و تا مدت‌زمان طولانی از فساد آن‌ها جلوگیری می‌کند [۲۱].

روش خشک‌کردن با خورشید دو گونه است: (۱) روش هوا باز یا مستقیم که در آن مواد را در برابر تابش آفتاب قرار می‌دهند تا در اثر گرم شدن مواد و جریان طبیعی هوا در اثر اختلاف چگالی هوای سرد و گرم رطوبت اضافه خارج شود [۲۱]. مدت‌زمان خشک‌شدن مواد در این روش از ۱۰ تا ۳۰ روز می‌باشد؛ که نسبت به روش بعدی کند می‌باشد. به همین دلیل این روش اکثراً برای میوه‌ها که شکر و اسید زیادی دارند و احتمال فساد آن‌ها در طول دوره خشک‌شدن کمتر است کاربرد دارد [۲۲]. (۲) روش جابجایی یا غیرمستقیم که در آن یک صفحه سیاه‌رنگ انرژی حرارتی خورشید را جذب و هوای ورودی به خشک‌کن را داغ می‌کند و یک سیستم گردش هوا (فقط در خشک‌کن‌های از نوع جابجایی اجباری) هوای داغ را از روی موادی که در محفظه خشک‌کن قرار دارند عبور می‌دهد [۲۱]. مدت‌زمان لازم برای خشک‌کردن مواد در این‌گونه خشک‌کن‌ها از ۱۵ تا ۳۰ ساعت متغیر است و به‌دلیل سرعت بالا در خشک‌کردن تلفات چندانی ندارد و راندمان آن نیز بالا می‌باشد. این سیستم نسبت به روش اول نیازمند به بودجه بیشتر برای سرمایه‌گذاری‌های اولیه و هزینه عملیاتی است [۲۳]. هر کدام از این دو روش نیز خود به دو دسته جابجایی طبیعی و جابجایی اجباری تقسیم می‌شوند [۲۴].

سامانه خشک‌کن‌های خورشیدی مصرف سوخت‌های فسیلی و آلودگی‌های ناشی از مصرف این سوخت‌ها را کاهش و قابلیت اطمینان و امنیت سامانه‌های انرژی را ارتقا می‌دهد. دلیل استفاده از انرژی خورشیدی را می‌توان به تجدیدپذیر بودن، پایان‌ناپذیری، نداشتن آلودگی زیست‌محیطی و رایگان بودن این منابع اشاره کرد [۲۵].

استفاده از خشک‌کن‌های خورشیدی روشی مناسب برای کمک به اقتصاد مزارع کوچک بوده [۲۲] و تا حد زیادی از اتلاف محصول، پس از برداشت آن جلوگیری خواهد کرد.

خشک‌کن‌های جابجایی طبیعی غیرمستقیم با ظرفیت ۱۰ تا ۲۰ کیلوگرم برای خشک‌کردن سبزی‌ها و ادویجات کاربرد دارند و نوع دودکش‌دار این سیستم را می‌توان برای خشک‌کردن محصول با ظرفیت ۱ تن استفاده کرد که در شکل ۲ نشان داده‌شده است [۲۶].

شکل ۲ خشک‌کن دودکش‌دار [۲۱]

خشک‌کن‌های جابجایی اجباری غیرمستقیم برای خشک‌کردن انواع مواد مانند چوب و محصولات کشاورزی کاربرد دارد. بعضاً در این نوع خشک‌کن‌ها، از مواد تغییرفازدهنده به‌عنوان باتری خورشیدی برای گرمایش جریان عبوری از محفظه مواد استفاده می‌شود. با تنظیم دبی جریان عبوری و دمای باتری تغییرفازدهنده می‌توان دمای فرایند خشک‌شدن را در یک محدوده ثابت نگه‌داشت تا فرایند سرعت گرفته و کیفیت محصول خروجی افزایش یابد [۲۲]. این مواد در دمای حدود ۲۰ درجه سلسیوس، ۳ تا ۴ برابر انرژی بیشتری در واحد حجم نسبت به گرمای محسوس در جامدات و مایعات ذخیره می‌کنند [۲۷]. پارافین‌ها جز مهم‌ترین و کاربردی‌ترین مواد تغییرفازدهنده هستند و به‌دلیل ارزان بودن، پایداری شیمیایی، گرمای نهان بالا و... برای کاربرد به‌عنوان مواد تغییرفازدهنده مناسب می‌باشند. برای بهبود هدایت گرمایی و افزایش انتقال حرارت در پارافین‌ها نانوذرات مختلفی را به آن افزوده و نانوکامپوزیت تولید می‌کنند [۲۸-۳۵]. طی یک پژوهشی توسط نجفی و همکارانش سه نوع کامپوزیت $AL_2O_3 - PW$ برای ذخیره انرژی گرمایی خورشیدی و استفاده از آن در خشک‌کن خورشیدی استفاده کردند. این نانوکامپوزیت‌های سنتز شده در لوله‌های فولادی ریخته می‌شوند تا برای ذخیره انرژی از آن‌ها استفاده شود. نتایج این پژوهش نشان داد که با اضافه شدن نانوذرات به پارافین، خواص حرارتی پارافین بهبودیافته و پتانسیل ذخیره انرژی گرمایی آن افزایش می‌یابد. نتایج دیگر نشان داد که با اضافه شدن مقداری AL_2O_3 در نانوکامپوزیت، زمان لازم برای رسیدن محصولات کشاورزی به رطوبت تعادل کاهش می‌یابد [۲۷]. مواد تغییرفازدهنده، علاوه بر ذخیره انرژی، به‌صورت عایق‌های گرمایی نیز به کار می‌روند و به کاربردن این مواد، نیاز به سامانه‌های ایمن‌سازی مصرف انرژی را حذف می‌کند [۳۶].

روش‌های مربوط به کاربرد مواد تغییرفازدهنده برای ذخیره انرژی حرارتی تجدیدپذیر، جز فناوری‌های جدید می‌باشد که به‌سرعت رو به گسترش است. امروزه شرایط مناسبی برای استفاده از این مواد در صنایع مختلف مانند نساجی، عمران و الکترونیک فراهم شده است [۳۷]. در مزارع بزرگ‌تر از نوع بخصوصی از خشک‌کن‌ها با عنوان خشک‌کن تونلی استفاده می‌شود که قابلیت بالای تجاری داشته و ورود و خروج مواد به آن به‌صورت پیوسته می‌باشد و به همین دلیل برای خشک نمودن الوارهای چوب و سایر مواد تجاری مشابه، مناسب می‌باشد [۳۸، ۳۹].

یکی از معایب بزرگ خشک‌کن‌های خورشیدی، عدم ثبات دما در آن‌ها در طول تناوب شب و روز می‌باشد. برای رفع این نقیصه دو راهکار وجود دارد؛ راهکار اول استفاده از مواد ذخیره‌کننده انرژی گرمایی می‌باشد که در این روش از موادی مانند سیال‌ها یا جامدات ذخیره‌کننده‌ی حرارت مانند آب یا سنگ‌ریزه یا از ذخیره‌سازی حرارت با استفاده از گرمای نهان ذوب موادی مانند پارافین استفاده می‌شود [۴۰]. در این روش ابتدا گرمای مازاد در طول روز به‌وسیله مخزن‌های آب، بستری از سنگ‌ریزه و یا با استفاده از مواد تغییرفازدهنده جذب می‌شود تا مانع از افزایش بیش از حد دما شود؛ سپس در طی مدت افت دما در طول شب این گرمای اضافه به‌صورت تدریجی تحویل سیستم داده می‌شود تا دمای خشک‌کن در یک محدوده مشخص طی یک شبانه روز ثابت بماند. راهکار دوم خشک‌کن‌های هیبریدی هستند. این‌گونه از سیستم‌ها از یک منبع تأمین حرارت ثانویه مانند برق یا بیوگاز کمک می‌گیرند و از این طریق محدوده دما را کنترل می‌کنند [۴۱]. درمیان تمام انواع خشک‌کن‌ها سیستم‌های هیبریدی گران‌قیمت‌ترین هستند؛ ولی به‌دلیل ایجاد ثبات دمایی در هر شرایط آب و هوایی و کنترل مطلوب رطوبت محفظه خشک‌کن، دارای بهترین کیفیت محصول خروجی می‌باشد. کیفیت محصول خروجی از سیستم محتوی مواد تغییرفازدهنده به نسبت کمتر از نوع هیبریدی می‌باشد اما در مقابل هزینه‌های ساخت و نصب و بکارگیری آن کمتر از نوع هیبریدی بوده و برای آن دسته از کشاورزانی که دسترسی آسان به سوخت ارزان قیمت ندارند جذاب‌تر خواهد بود [۲۱].

میزان جذب انرژی توسط صفحه کلکتور تابعی از ساعات روز است و در ساعات میانی روز دارای بیشینه مقدار می‌باشد. درشرایط آب‌وهوایی مختلف (صاف و آفتابی، نیمه‌ابری و بادی) مشاهده گردید که هوای صاف و آفتابی دارای بیشترین مقدار انرژی جذب‌شده در مقایسه با دو حالت دیگر است و در خصوص زاویه قرارگیری کلکتور نیز مشاهده گردید که زوایای کمتر از ۵۷ درجه کمترین جذب و زوایای ۶۰ الی ۷۰ درجه بیشترین جذب را خواهد داشت [۱۸].

۲-۱-۳- ربات بذرکار خورشیدی

در کشاورزی متناسب با شرایط موجود در عملیات زراعی می‌توان ماشین‌آلات را به‌گونه‌ای سازمان‌دهی کرد تا بتوانند علاوه بر عملکرد مناسب به‌طور هوشمندانه‌ای نیز عمل کند. این فرآیند به افزایش راندمان در تولید محصول و کاهش انرژی مصرفی کمک می‌کند [۴۲].

بخش رباتیک در کشاورزی به‌نوبه خود نیاز به کارگران را از بین می‌برد و همچنین از تلف‌شدن بذر نیز جلوگیری می‌کند [۴۳]. ربات‌های خودکار کاملاً تحت کنترل یک برنامه کامپیوتری کار می‌کنند. ربات‌ها از سنسور برای جمع‌آوری اطلاعات در مورد محیط اطراف خود برای حرکت استفاده می‌کنند [۴۴]. محققان سرعت عمل بهتر و توانایی کاشت بذر برای فرآیند پیشرفته کشاورزی ارائه کردند که شامل کشت مبتنی بر رباتیک هست [۴۳]. این ربات با دستگاه DC طراحی‌شده و کل سیستم با باتری کار می‌کند. درنتیجه از پنل خورشیدی برای شارژ باتری استفاده می‌کنند. ربات به‌گونه‌ای طراحی شده که از آن برای فرایند کاشت ذرت، باقلا، پنبه و غلات استفاده می‌کنند. موجب کاهش علف هرز و گیاهان ناخواسته می‌شود [۴۲].

۲-۲- انرژی حاصل از باد

در اثر تابش خورشید، سطح زمین، گرم می‌شود لایه‌های هوای اطراف، این انرژی را جذب کرده و گرم می‌شوند. درنتیجه اختلاف چگالی میان هوای سرد و گرم جریانی از هوا ایجاد می‌شود.

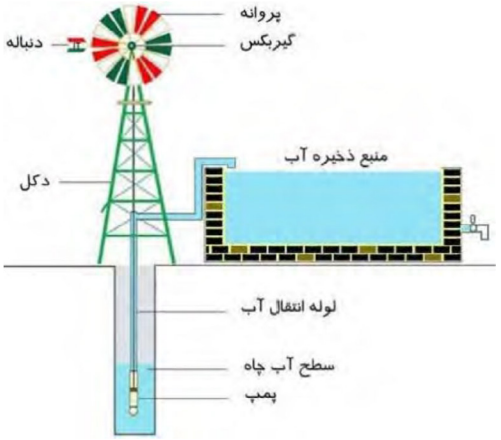
می‌توان از انرژی‌های باد به‌صورت مستقیم و یا غیرمستقیم (مکانیکی و یا الکتریکی) استفاده کرد. به‌عنوان مثال استفاده از آسیاب بادی برای آردکردن غلات، پمپ‌های آب مزرعه‌ها و استفاده از آن در شبکه‌های سراسری برق. انرژی باد به علت گستردگی، قدرت بازدهی بالا و اقتصادی بودن در ابعاد وسیعی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.

تحقیقات مختلف و آمارهای سازمان هواشناسی نشان می‌دهد که نواحی شرقی کشور، جزیره‌های خلیج فارس، سواحل دریای عمان و سواحل استان خوزستان و برخی مناطق دیگر ازجمله اردبیل، بیجار، رفسنجان و منجیل بادخیز بوده و امکان بهره‌برداری از این توان بادی برای استفاده مستقیم و غیرمستقیم به‌ویژه در فصل تابستان وجود دارد [۴۵].

۲-۲-۱- تلمبه‌های بادی برای تأمین آب

در مناطق دورافتاده، انتقال انرژی برق بسیار پرهزینه است و بهتر است از روش‌هایی استفاده شود که بتوان از منابع موجود در منطقه انرژی مورد نیاز را تأمین کرد. یکی از این نیازها، تأمین نیروی محرکه برای گرداندن پمپ آب می‌باشد تا برای تأمین نیازهای مختلف بتوان از رودخانه یا چاه آب مورد نیاز برای آشامیدن و نیاز احشام را پمپاژ کرد. استفاده از تلمبه‌های بادی برای تأمین آب، روشی است که می‌تواند پاسخگوی مناسبی برای این نیاز در مناطق دورافتاده از شبکه سراسری برق باشد.

شکل ۳ شماتیک این سیستم را نشان می‌دهد. در اثر وزش باد، پروانه‌ها به چرخش درمی‌آیند. دنباله، پروانه‌ها را در مسیر جریان باد قرار می‌دهد، سپس جعبه‌دنده (گیربکس) دور و گشتاور مناسب را برای سیستم فراهم می‌کند. توسط یک اتصال مکانیکی نیروی محرکه لازم برای حرکت پمپ از جعبه‌دنده انتقال می‌یابد. با به حرکت درآمدن پمپ، آب از طریق لوله‌ها به محل مورد نظر پمپاژ می‌شود.



شکل ۳ سیستم بادی تأمین نیروی محرکه برای پمپ آب [۴۶]

یکی از مشکلات انرژی بادی، ماهیت موقتی آن است که باعث می‌شود در هر زمانی که نیاز است نتوان به مقدار لازم از آن بهره برد. بنابراین بایستی در کنار تمام منابع انرژی که ماهیتی موقتی دارند مانند انرژی باد، خورشیدی، از یک منبع انرژی کنترل‌پذیر و دائمی مانند موتور احتراقی و برق شبکه استفاده شود. در حالی که انرژی بادی مستقیماً برای پمپاژ آب استفاده شود، می‌توان از یک منبع ذخیره آب استفاده کرد تا در زمانی که جریان باد زیاد است، آب به داخل مخزن پمپاژ شود و در هنگامی که باد کافی وجود ندارد، از آب ذخیره‌شده استفاده شود [۴۶].

در انرژی تجدیدپذیر در سامانه‌های پمپاژ آب به روش انرژی خورشیدی، مخزن ذخیره آب از باتری ذخیره انرژی کم‌هزینه‌تر خواهد بود [۴۷]. در سامانه بادی پمپاژ آب آبیاری بهتر است ارتفاع مخزن ذخیره‌ی آب به‌اندازه کافی باشد که جاذبه زمین که فشار مورد نیاز سامانه آبیاری را تأمین می‌کند به سامانه پمپاژ جداگانه نیاز نداشته باشد [۴۸]. در حالتی که از انرژی باد برای تأمین برق استفاده می‌شود از روش‌های دیگر نیز برای ذخیره انرژی استفاده می‌شود. در یک پژوهش، روشی برای ذخیره انرژی حاصل از باد به‌صورت هیدرولیکی پیشنهاد شد. در این روش با استفاده از انرژی باد، آب از یک منبع با ارتفاع پایین به یک منبع با ارتفاع بالا هدایت شده و در هنگام نیاز، آب از منبع بالا به منبع پایین سرازیر می‌شود. در این میان با استفاده از توربین و ژنراتور، برق یک جزیره تأمین خواهد شد [۴۹].

در حالتی که از توربین بادی برای آبیاری استفاده شود، به علت حجم بالای آب مورد نیاز، استفاده از مخزن ذخیره آب منطقی نیست و بهتر است از روش‌های دیگر مانند استفاده از موتور دیزل، کمبود آب مرتفع گردد در غیر این صورت مشکل کمبود آب به‌عنوان یک خطر بالقوه در نظر گرفته خواهد شد.

با افزایش تعداد چاه‌ها و پمپ‌ها و افزایش حجم مخزن، احتمال ایجاد شرایطی که موجب ایجاد کمبود آب شود، کاهش می‌یابد. ولی این کار باعث افزایش هزینه‌های احداث واحد پمپاژ آب شده و از طرف دیگر کوچک بودن حجم مخزن و کم بودن تعداد پمپ‌ها، در مناطق کم‌باد یا در مناطقی که آب زیرزمینی آن پایین است باعث افزایش روزهای کمبود آب شده که به علت نیاز بسیار زیاد به انتقال آب توسط تانکر، هزینه‌های واحد عشایری افزایش خواهد یافت. بهتر است یک حالت بینابینی اتخاذ شود که جمع هزینه‌ها، کمترین میزان شود. به‌غیر از تعداد توربین‌ها و حجم استخر، اندازه توربین یا توربین‌های مورد استفاده را نیز می‌توان به‌عنوان متغیر تصمیم‌گیری در نظر گرفت [۵۰].

۲-۲-۲- نیروگاه بادی

نیروگاه بادی عبارت است از مجموعه‌ای از چندین توربین بادی که در کنار هم در یک منطقه بادخیز نصب می‌شوند. توربین‌های بادی به‌دلیل قیمت پایین در قیاس با تکنولوژی‌های لازم برای سایر انرژی‌های نو می‌تواند در مناطقی که ازنظر پتانسیل وزش باد در وضع مطلوبی قرار دارند، ازنظر اقتصادی یک انتخاب بهینه باشد [۵۱]. توربین‌های بادی در دو دسته طبقه‌بندی می‌شوند: (۱) توربین‌های محور افقی که در آن پره‌ها روی یک محور افقی نصب می‌شوند. روتور، جعبه‌دنده و ژنراتور در بالای یک برج مرتفع قرار دارند. وظیفه جعبه‌دنده تنظیم دور و گشتاور مناسب برای چرخاندن ژنراتور است زیرا سرعت باد متغیر بوده و دور ورودی به جعبه‌دنده همواره تغییر می‌کند. این نوع از توربین‌ها باید در مسیر وزش باد قرار داشته باشند و برای حصول این هدف در توربین‌های کوچک از یک باد نمای ساده استفاده می‌شود و در انواع بزرگ‌تر از سنسور تشخیص جهت باد که مرتبط با یک سروموتور است استفاده می‌شود. (۲) توربین محورعمودی که نسبت به جهت وزش باد حساسیت ندارد. بنابراین در مناطقی که جهت وزش باد، زیاد متغیر باشد مناسب است. مزیت محور عمودی باعث می‌شود تا جعبه‌دنده و ژنراتور در نزدیکی زمین جای داده شوند. از معایب این سیستم می‌توان به کم بودن سرعت دورانی و هزینه زیاد سیستم انتقال قدرت اشاره داشت [۵۲]. برای استفاده حداکثری از باد، پارامترهای مهمی

ازجمله سرعت باد، تداوم باد، سیستم تبدیل و ذخیره انرژی، دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد [۵۳].

با توجه به بهره‌وری بالا در تولید و مصرف انرژی‌های نو بسیاری از کشورها به استفاده و به‌کارگیری این انرژی‌ها روی آوردند. توسعه انرژی‌های نو باعث بهبود محیط‌زیست، افزایش امنیت انرژی و در مقیاس بزرگ‌تر سرمایه‌گذاری بدون ریسک می‌شود [۵۴]. نیروگاه‌های بادی ازنظر اقتصادی قابل‌رقابت با نیروگاه‌های رایج فعلی هستند و این‌یک مزیت بسیار مهم محسوب می‌شود. شکل ۴ مربوط به نیروگاه انرژی بادی منجیل در استان گیلان می‌باشد.

شکل ۴ نیروگاه توربین بادی استان گیلان (منجیل) [۵۵]

در صنایع کشاورزی برای رونق کار و اشتغال، تأمین انرژی ارزان، در دسترس و پایدار برای فعالیت‌های تولیدی نظیر پمپاژ آب از سفره‌های زیرزمینی، تولید صنایع‌دستی، استفاده از ماشین‌آلات کشاورزی و صنایع تبدیلی امری ضروری می‌باشد [۵۶]. بهره‌برداری از انرژی‌های بادی در مناطقی که استعداد لازم را ازنظر بادخیز بودن دارا می‌باشند، در جهت تأمین نیاز انرژی در بخش‌های فوق‌الذکر گزینه‌ای مناسب به شمار می‌آید.

نیروگاه‌های بادی می‌توانند به‌عنوان بادشکن نیز مورد توجه قرار گیرند. بادشکن‌ها می‌توانند از فرسایش بادی زمین‌ها جلوگیری نموده و سرعت باد را کاهش دهند تا خسارات ناشی از اثرات وزش شدید باد را کنترل کنند و درنتیجه عملکرد گیاه‌های زراعی و بازدهی آن‌ها را افزایش دهند [۵۳]. در صورت استفاده از توربین‌های بادی می‌توان از مزیت تولید انرژی و بادشکن همزمان بهره‌برد.

۲-۳- انرژی زیست‌توده

زیست‌توده یا بیومس یک منبع انرژی تجدیدپذیر است که از مواد زیستی تولید می‌شود و به‌طور کلی زباله‌هایی که منشأ زیستی داشته باشند و از تکثیر سلولی پدید آمده باشند زیست‌توده نامیده می‌شود. به‌دلیل آلایندگی سوخت‌های رایج، هزینه‌های زیاد آن و کمبود سوخت‌های فسیلی رایج، منابع زیست‌توده بیشتر مورد توجه قرارگرفته است [۵۷]. از طرف دیگر، زیست‌توده می‌تواند به‌عنوان منبع عاری از کربن گسترش یابد [۵۸].

زیست‌توده قابلیت تولید برق، حرارت، سوخت‌های مایع، سوخت‌های گازی و انواع کاربردهای مفید شیمیایی را دارد. بر اساس برآوردهای صورت گرفته، مشخص‌شده است که اگر ضایعات محصولات کشاورزی جهان و پسماند جنگل‌ها به سوخت‌های زیستی تبدیل شود می‌توان به اندازه ۱۰ برابر مصرف سالانه انرژی در جهان انرژی استحصال کرد؛ یعنی سالانه به اندازه ۷۰ میلیارد تن نفت خام انرژی [۱۲].

۲-۳-۱- سوخت جامد زیستی

منابع زیست‌توده دارای محدودیت‌هایی از قبیل شکل هندسی نامتناسب، چگالی پایین و رطوبت زیاد می‌باشد؛ که در انبارکردن، انتقال و همچنین در مصرف کردن ایجاد مشکل می‌کند [۵۹]. راه‌کار ارائه‌شده عبارت است از تبدیل این منابع به شکل سوخت‌های جامد (پلت و بریکت) که دارای شکل هندسی مناسب و ویژگی بهتر سوختی می‌باشد [۶۰]. با اعمال فشار روی ضایعات بقایای گیاهی و پسماند محصولات کشاورزی آن‌ها را متراکم و فشرده کرده و تبدیل به پلت یا بریکت می‌کنند. پلت‌ها ۵ تا ۳۰ میلی‌متر طول و بریکت‌ها ۵۰ تا ۴۰۰ میلی‌متر طول و ۳۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر قطر دارند. در شکل ۵ پلت‌ها در سمت چپ و بریکت‌ها نیز در سمت راست نشان داده‌شده است.

شکل ۵ سوخت جامد بریکت (سمت راست) و سوخت جامد پلت (چپ) [۶۰]

با بریکت‌سازی زیست‌توده، می‌توان شاهد افزایش چگالی، افزایش انرژی به ازای واحد حجم بود، همچنین در این روش از مواد اولیه ناهمگن محصولی همگن با مقدار ثابت انرژی در واحد سوخت به‌دست می‌آید [۵۹]. تولید جهانی پلت‌های چوبی از ۲ میلیون تن در سال به ۲۲.۵ میلیون تن در سال از ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ میلادی افزایش یافته است [۶۰]. استفاده از ضایعات و پسماندهای محصولات کشاورزی از بهترین روش‌ها برای تأمین مواد اولیه سوخت‌های جامد می‌باشد. در ایران سالانه حدود ۲۵ میلیون تن ضایعات کشاورزی نظیر کاه گندم، جو، برنج، پنبه، باگاس نیشکر و ذرت دانه‌ای برآورد می‌شود [۶۱]. تولید سوخت جامد از ضایعات کشاورزی، نیاز به کشت زمین‌های کشاورزی برای تأمین مواد اولیه را از بین می‌برد [۶۲]. بخش قابل‌توجه از پسماندهای کشاورزی در ایران به‌دلیل عدم وجود صنایع مرتبط بدون بهره‌برداری اقتصادی از بین می‌رود. طی یک بررسی شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی آن در سال‌های اخیر حدود ۳۰ تا ۴۰ میلیارد ریال به ازای هرسال صرف دفع باگاس کرده است [۶۳].

از مزایای این سوخت می‌توان به همسانی، استاندارد بودن، اقتصادی، تجدیدپذیر بودن، قابلیت مطابقت با نوع مصرف، ارزش کالری حرارتی بالاتر، خاکستر کمتر و فاقد ذرات ریز خاکستر معلق در هوا، رطوبت پایین، حمل و نقل آسان و قیمت پایین‌تر در مقایسه با سوخت‌های فسیلی و... اشاره داشت [۶۲].

با توجه به مطالب فوق گسترش صنایع مرتبط با تولید سوخت‌های زیستی جامد می‌تواند شرایط مساعدی را برای مدیریت پسماند کشاورزی ایجاد کند و همچنین ازنظر اقتصادی برای کشاورزان و صنایع کشاورزی مفید واقع شود. در کنار آن افزوده شدن این نوع از سوخت به سبد انرژی‌های تجدیدپذیر کشور به‌نوبه‌ی خود می‌تواند مزایای استفاده از این قبیل انرژی‌ها نظیر کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، کاهش هزینه‌های اجتماعی ناشی از مشکلات آلودگی و... را به دنبال داشته باشد.

۲-۳-۲- کاربرد بیوگاز در سالن‌های پرورش طیور

کنترل دما در سالن‌های مرغداری بسیار حساس و مهم بوده، از بیوگاز باید به‌عنوان سوخت دوم استفاده شود. در فصل‌های سرد سال مصرف بیوگاز بالا بوده و از طرفی تولید آن هم به علت سرما کمتر است، سامانه تولید بیوگاز به‌دلیل مسائل بهداشتی باید در خارج از سالن پرورش طیور ساخته شود. با توجه به اینکه ورودی سامانه تولید بیوگاز کود مرغی می‌باشد. باید توجه داشت که کود مرغی همیشه در دسترس نیست و... در هنگام نیازسنجی به این نکات باید توجه شود. اما باوجود همه این‌ها بیوگاز سوختی پاک بوده، لجن باقی‌مانده از آن کود غنی عاری از انگل، تخم علف‌های هرز و... است. از طرفی رها کردن کود به‌طور طبیعی در محیط باعث خروج تدریجی گاز متان می‌شود که علت گرم شدن زمین می‌باشد.

برای حفظ محیط‌زیست، جلوگیری از رها شدن متان در محیط پیرامون‌مان ضروری است که استفاده از بیوگاز را افزایش دهیم. همچنین ساخت راکتور و استفاده از بیوگاز ساده است. استفاده از آن در سالن‌های مرغداری مخصوصاً سالن‌های دورافتاده از منابع انرژی، استفاده از منابع فسیلی را کاهش داده است. باید توجه کرد با تکنولوژی کنونی بیوگاز به‌تنهایی پاسخگوی نیاز یک مرغداری نیست [۶۴].

۲-۳-۳- تولید بیوگاز از بقایای گیاهی

مواد زائد کشاورزی، صنعتی و فاضلاب‌ها باعث آلودگی شدید محیط‌زیست شده که می‌توان با استحصال بیوگاز خطرات ناشی از این مواد را کاهش داد و از انرژی و کود تولیدشده نیز استفاده کرد [۶۵]. ایران جزو کشورهایی است که برای تولید بیوگاز دارای منابع گسترده‌ای می‌باشد [۶۶].

از مجموع ۱۸ میلیون هکتار زمین کشاورزی در کشور ۷۰ میلیون تن محصول کشاورزی تولیدشده که با احتساب ۸۰ درصد بقایا سالیانه حدود ۵۶ میلیون تن بقایای گیاهی تولید می‌شود که ۸۶ درصد از استان‌های کشور به‌دلیل تسریع در کشت دوم این بقایا جهت مبارزه با آفات و علف‌های هرز و آماده شدن زمین برای کشت دوم سوزانده می‌شوند با مدیریت مناسب می‌توان از این حجم وسیع پسماندهای تولیدی در بخش کشاورزی میزان قابل توجهی انرژی مورد نیاز در کشور تولید کرد [۶۷].

۲-۳-۴- سوخت بیودیزل

ماشین‌هایی نظیر تراکتور، کمباین، تیلر، سم‌پاش، اره زنجیری و... دارای موتور دیزل هستند و بنابراین متکی بر سوخت دیزل می‌باشند؛ لذا با در نظر گرفتن مشکلات آلایندگی سوخت دیزل و همچنین منبع فسیلی تأمین آن (نفت) که روبه اتمام است باید به دنبال سوختی باشیم تا جایگزین سوخت دیزل باشد، از منابع پایان‌ناپذیر تأمین شود و مشکلات آلایندگی آن را هم نداشته باشد.

بیودیزل عبارت است از استرهای مونوآلکیل روغن‌های گیاهی یا چربی‌های حیوانی. درحال حاضر بهترین جایگزین سوخت دیزل در موتورهای دیزلی، سوخت بیودیزل می‌باشد. بیودیزل عمدتاً از روغن‌های گیاهی حاصل از دانه سویا، کلزا و پالم تولید می‌شود. ارزش حرارتی بالای (HHVs) بیودیزل نسبت به بنزین پایین‌تر بوده ولی در مقایسه با ذغال سنگ بیشتر می‌باشد و در حدود (۳۹ تا ۴۲ MJ/kg) می‌باشد [۶۸].

تولید بیودیزل و مصرف آن در موتور دیزلی منجر به تعادل میان کشاورزی، رشد اقتصادی و محیط‌زیست می‌شود [۶۹]. از مزایای سوخت بیودیزل می‌توان به این موارد اشاره داشت: قابل حمل و نقل بودن، راندمان احتراق بالا و محتوای کمتر سولفور و مواد آروماتیک [۷۰] عدد ستان و تجزیه‌پذیری بالا [۷۱] و مهم‌ترین مزیت آن قابلیت کشت منابع روغنی آن به‌صورت محلی می‌باشد که وابستگی به نفت وارداتی ندارد [۷۲]. از معایب آن نیز می‌توان به موارد زیر اشاره داشت: گرانروی بالا، ارزش گرمایی پایین در مقایسه با سوخت گازوییل، انتشار بیشتر انواع اکسیدهای نیتروژن، گرفتگی انژکتور موتور دیزل در اثر کک‌سازی، قیمت بالای آن در مقایسه با سوخت گازوییل و ... [۶۸].

ازنظر اقتصادی منافع صنعت بیودیزل می‌تواند شامل ارزش‌افزوده تعلق‌گرفته به مواد اولیه این صنعت، افزایش تعداد شغل‌های روستایی، افزایش سرمایه‌گذاری در تأسیسات و تجهیزات، افزایش مالیات ناشی از درآمد برای دولت‌ها و... باشد و نیز به‌دلیل کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌توان انتظار کاهش هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی که زیرمجموعه هزینه‌های اجتماعی محسوب می‌شود را داشت.

بیودیزل به‌دلیل تجدیدپذیر بودن و کاهش انتشار آلاینده‌ها مقبولیت زیادی پیداکرده است؛ اما هزینه‌ی بالای تولید، کار رقابت با سوخت گازوییل را دشوار کرده است. برای کمک به گسترش تولید و استفاده از بیودیزل اختصاص مشوق‌های مالی نظیر کاهش یا معافیت مالیاتی، کاهش قیمت مواد اولیه و... می‌تواند مفید باشد [۶۸].

در صورت افزایش تولید و مصرف بیودیزل، پسماندهای کشاورزی و چربی-های دامی و همچنین اختصاص مزرعه‌هایی جهت کشت گیاهان روغنی که می‌تواند به‌عنوان مواد اولیه به مصرف این صنعت درآید؛ موجب رونق اقتصادی بیشتر در صنعت کشاورزی خواهد شد.

۲-۴- انرژی زمین‌گرمایی

بهره‌برداری از انرژی زمین‌گرمایی به دو صورت دما پایین (پمپ‌های زمین‌گرمایی با منبع زمینی) و دما بالا (زمین‌گرمایی) امکان‌پذیر است [۷۳]. انرژی گرمایی موجود در پوسته زمین ناشی از مواد مذاب یا ماگما است؛ که در اثر تجزیه رادیواکتیو عناصر موجود در پوسته و همچنین به علت اعمال فشار زیاد نیروی گرانش ایجاد می‌شود. هر چه بیشتر در پوسته زمین نفوذ کنیم، دما نیز بیشتر می‌شود. دمای لایه‌های پایین پوسته و همچنین هسته مرکزی به ترتیب حدود ۱۳۰۰ و ۵۰۰۰ درجه سلسیوس است [۷۴]. انرژی گرمایی موجود در یازده کیلومتر بالایی پوسته معادل پنجاه هزار برابر مجموع انرژی منابع شناخته‌شده نفت و گاز جهان می‌باشد.

اگر انرژی مذکور را توسط نیروگاه به برق تبدیل کنیم، بهره‌برداری غیرمستقیم و اگر بدون واسطه برای تأمین آب‌گرم، حرارت ساختمان‌های اطراف منبع زمین‌گرمایی و... استفاده شود، بهره‌برداری مستقیم صورت گرفته است [۷۵]. بیش‌ترین ظرفیت انرژی زمین‌گرمایی متعلق به آمریکا می‌باشد. تولید برق از این انرژی ۱۶ میلیون‌کیلووات ساعت است که ۰/۳۱٪ از مصرف برق در آمریکا را دربر می‌گیرد [۷۶]. پیشرفته‌ترین مرکز انرژی زمین‌گرمایی در میگرومنتین است که تا ظرفیت ۱۰۰-۳۰۰ مگاوات انرژی تولید می‌کند [۷۷].

انرژی زمین‌گرمایی تحت تأثیر شرایط خاص نظیر تغییرات فصل، شب یا روز بودن و... قرار نمی‌گیرد، پس همواره قابل بهره‌برداری است. بهای انرژی تولیدی در نیروگاه‌های زمین‌گرمایی به نسبت سایر نیروگاه‌های متعارف کمتر می‌باشد، بنابراین قابلیت رقابت با آن‌ها را دارد. آلودگی آن نیز به نسبت کمتر است. انرژی هزینه‌ساز نیروگاه (انرژی ورودی) بهای اندکی دارد و درواقع رایگان است. از معایب اقتصادی این‌گونه نیروگاه‌ها می‌توان به هزینه زیاد ساخت آن اشاره داشت [۷۵].

۲-۴-۱- سیستم‌های زمین‌گرمایی گرمایش گلخانه

سیستم‌های گرمایشی گلخانه‌ها را به‌صورت سیستم‌های گرمایشی داخل خاک، سیستم‌های گرمایشی سطحی خاک، سیستم‌های هوای گرم، آبشاری و ترکیبی طبقه‌بندی می‌کنند [۷۵]. در سیستم گرمایش داخلی خاک، لوله‌ها در داخل خاک در اندازه‌ها و فاصله‌های معین قرار داده می‌شوند. با عبور آب گرم از داخل لوله‌ها خاک گرم می‌شود و سپس حرارت به هوای گلخانه نیز منتقل می‌شود.

از مزیت‌های این سیستم می‌توان به عدم ایجاد سایه، عدم اشغال فضای گلخانه، توزیع مطلوب دمای هوا و کنترل دمای ریشه اشاره داشت. استفاده از این سیستم به‌عنوان تنها سیستم گرمایش گلخانه فقط در مناطق با آب و هوای معتدل در صورتی که دمای گلخانه پایین‌تر باشد مناسب است، در غیر این صورت نیاز به حرارت بالاتر را نمی‌توان با افزایش دمای سیستم جبران کرد چرا که این امر سبب آسیب به گیاهان می‌شود. برای حل مشکل می‌توان این سیستم را با دیگر سیستم‌های گرمایشی ترکیب کرد [۷۸].

در سیستم گرمایشی سطحی خاک، لوله‌ها بین ردیف گیاهان یا در ردیف آن‌ها قرار می‌گیرند. در بسیاری از محصولات گلخانه‌ای این سیستم موجب عملکرد بهتر، کیفیت مطلوب و برداشت زودتر محصول می‌شود. معایب سیستم عبارت‌اند از هزینه زیاد برای سرمایه‌گذاری اولیه، سایه انداختن سیستم در گلخانه و برگ‌های گیاه اگر از سیستم دور باشد نسبت به سرما حساس خواهد بود. در مناطق سردسیر و همچنین در ایام سرد سال سیستم مذکور باید با یک سیستم گرمایش کمکی ترکیب شود [۷۹]. در ضمن جهت کشت مجدد در پایان فصل تولید همه‌ی لوله‌ها باید از سطح خاک جمع‌آوری شود [۷۵].

سیستم‌های هوای گرم شامل لوله‌های گرم‌کن در امتداد ردیف گیاه، دیوارهای جانبی، سقف و زیر نیمکت‌های کشت و همچنین فن‌کویل می‌باشد. این سیستم در هر آب و هوایی مناسب است. دمای آبی که در لوله‌ها جریان دارد باید از ۶۰ درجه سلسیوس بیشتر باشد. یکی از عیب‌های این سیستم گران‌قیمت بودن آن است [۷۵]. سیستم گرمایش آبشاری در گلخانه‌های پلاستیکی دولایه کاربرد دارد. آب‌گرم از طریق لوله‌هایی به فضای بین دولایه اسپری می‌شود. آب موجود در این سیستم باید بسیار تمیز بوده و ایجاد رسوب نکند. پس از مدتی عبور نور خورشید از لایه‌های پلاستیکی گلخانه کمتر می‌شود [۷۵].

سیستم‌های ترکیبی نیز ترکیبی از چند سیستم گرمایشی برای گرمایش گلخانه‌ها هستند [۷۵]. در فصل‌های سرد سال که هوا به‌شدت سرد می‌شود چنین سیستمی می‌تواند نیاز گرمایشی گلخانه‌ها را تأمین کند. به‌دلیل وجود منابع ارزان‌قیمت سوخت‌های فسیلی و عدم وجود فناوری‌های لازم برای حفاری عمیق، مهندسی، ساخت و بهره‌برداری نیروگاه زمین‌گرمایی، استفاده از منابع زمین‌گرمایی کماکان به‌طور جدی پیگیری نمی‌شود [۸۰].

۲-۴-۲- پمپ حرارتی زمینی

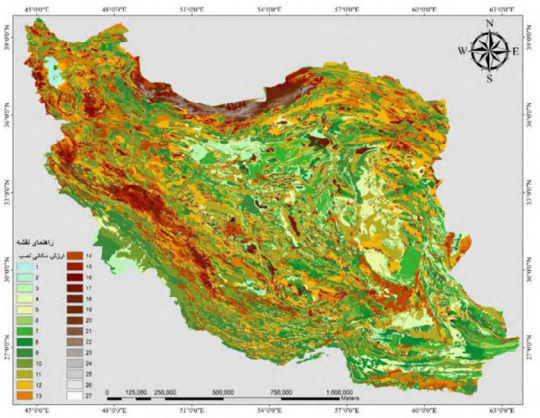
این سیستم از زمین برای گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها استفاده می‌کند و یکی از به‌صرفه‌ترین و آسان‌ترین فناوری‌ها به‌شمار می‌آید. امروزه بیشتر کشورهای صنعتی، نگرانی زیادی در مورد کاهش سوخت‌های فسیلی و افزایش مشکلات زیست‌محیطی دارند. سیستم‌های پمپ حرارتی زمین‌گرمایی از نظر طراحی و قرارگیری در انواع حلقه باز و حلقه بسته وجود دارد. در این نوع سیستم‌ها آب از خاک از طریق چاه‌های اولیه منتقل و حرارت آن گرفته می‌شود، سپس به زمین از طریق چاه‌های ثانویه پس داده می‌شوند [۸۱]. برای گرم‌کردن ساختمان‌ها طی ایام سرد سال استفاده از زمین به‌عنوان منبع تأمین حرارت راهکار مناسبی می‌باشد [۸۲].

سه نوع کلی پمپ حرارتی وجود دارد؛ پمپی که از آب‌های زیرزمینی به‌صورت حلقه باز (چاه) استفاده می‌کند و با عنوان پمپ حرارتی با منبع آب زیرزمینی شناخته می‌شود. دیگری پمپی است که از آب‌های سطحی به‌صورت حلقه بسته و حلقه باز استفاده می‌کند و با عنوان پمپ حرارتی با منبع آب سطحی شناخته می‌شود. و نوع آخر نیز که از زمین به‌عنوان چشمه یا چاه حرارتی استفاده می‌کند با عنوان پمپ حرارتی هم‌بستر با زمین شناخته می‌شود [۸۳]. اما با توجه به امکان‌سنجی‌های فنی و اقتصادی صورت گرفته، استفاده از پمپ حرارتی زمینی با نرخ فعلی برق و گاز اقتصادی نیست [۸۱].

پمپ حرارتی با منبع زمینی برای گرم‌کردن و دستگاه تهویه مطبوع با منبع زمینی برای سردکردن سازه‌های گوناگون استفاده می‌شود، با زمین مبادله حرارت می‌کند دمای زمین نیز به‌عنوان چشمه یا چاه حرارتی در روزهای مختلف سال تغییر ناچیزی را نشان می‌دهد [۸۴]. این سیستم بجای استفاده از انرژی حرارتی مرکز زمین، از دمای ثابت سطح زمین به‌عنوان منبع تأمین گرما استفاده می‌کند؛ پس امکان نصب این سیستم در هر منطقه‌ای وجود دارد در حالی که سیستم زمین‌گرمایی دما بالا (ژئوترمال) تنها در برخی مناطق که منابع زمین‌گرمایی وجود داشته باشد قابل بهره‌برداری است [۸۵].

پمپ حرارتی زمینی مزایایی نظیر مصرف کمتر انرژی گرمایی برای راه‌اندازی، استفاده از منبع انرژی پایان‌ناپذیر با نوسان دمایی ناچیز در طول سال، هزینه تعمیر نگهداری پایین را دارد [۸۶]. بازده انرژی پمپ حرارتی زمینی در قیاس با سایر تجهیزات مشابه و متداول که جهت سرمایش و گرمایش فضاهای گوناگون کاربرد دارند بالاتر می‌باشد [۸۷].

هزینه اولیه‌ی پمپ حرارتی با منبع زمینی حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد نسبت به پمپ‌های حرارتی که از هوای محیط به‌عنوان چشمه یا چاه استفاده می‌کنند بیشتر است؛ در این نوع پمپ‌ها قسمت اعظم سرمایه صرف لوله‌های زیرزمینی (مبدل حرارتی زمین‌گرمایی)، کانال‌های زیرزمینی، محلول ضدیخ و پمپ‌های سیال می‌شود [۸۶]. همچنین عامل محدودکننده‌ی دیگر هزینه تحقیقات ابتدایی برای تعیین مکان مناسب برای استفاده از این سیستم با بیشترین بهره‌وری می‌باشد [۸۸]. بنابراین برای افزایش بهره‌وری اقتصادی نسبت به هزینه‌های ساخت و بهره‌برداری از این سیستم تعیین محل مناسب احداث ازنظر اقتصادی ضروری می‌باشد [۸۹]. برای افزایش بازده سیستم، جلوگیری از عملکرد نامناسب آن ناشی از تغییر دمای محسوس زمین از منابع انرژی کمکی نظیر هوا، انرژی گرمایی خورشید و... به‌عنوان چشمه حرارتی و برج خنک‌کن به‌عنوان چاه حرارتی استفاده می‌شود [۹۰، ۹۱]. تعداد این سیستم‌ها در جهان در سال ۲۰۱۰ ده هزار واحد، در سال ۲۰۱۵ سی و پنج هزار واحد گزارش‌شده است و احتمال می‌رود این رقم تا سال ۲۰۲۰ میلادی به پنجاه و پنج هزار واحد افزایش یابد [۹۲]. شکل ۶ مناطق مستعد برای مدیریت نصب و استفاده بهینه‌ی اقتصادی از پمپ حرارتی حلقه بسته را نشان می‌دهد.



شکل ۶ مناطق مستعد استفاده از پمپ‌های زمین‌گرمایی حلقه بسته کل ایران. از رنگ شماره ۱ تا ۲۷ به ترتیب ارزش مکانی بالاتر می‌رود [۸۸]

۳- نتیجه‌گیری

استفاده از منابع مختلف انرژی‌های تجدیدپذیر نظیر انرژی حاصل از خورشید، باد، زیست‌توده و زمین‌گرمایی به‌منظور تأمین انرژی در بخش کشاورزی و صنایع مرتبط با آن نقش مهمی در کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی، کاهش آلاینده‌های هوا، رشد و توسعه شغل‌های وابسته به آن و نیز تأمین امنیت انرژی و کاهش هزینه‌های اجتماعی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی دارد. ازجمله کاربردهای این منابع در آب شیرین‌کن‌های خورشیدی است که می‌تواند جهت تأمین آب شرب برای انسان و دام استفاده شود، همچنین خشک‌کن‌های خورشیدی که علی‌رغم پیشرفت‌های قرن اخیر درزمینه نگه‌داری مواد غذایی هنوز کاربرد گسترده‌ای در فرآوری محصولات کشاورزی دارند، تأمین انرژی از طریق پنل‌های خورشیدی برای ادوات مختلف کشاورزی، تلمبه بادی تأمین آب جهت تأمین آب شرب در مناطق روستایی، نیروگاه‌های بادی کوچک جهت توسعه روستاهای دور از شبکه سراسری برق، استفاده از انرژی سوخت‌های جامد زیستی برای تأمین حرارت در مناطق روستایی، استفاده از بیوگاز جهت تأمین حرارت ساختمان‌های گاوداری‌ها و مرغداری‌ها، تولید بیودیزل از منابع زراعی و مصرف آن در موتورهای دیزل، منابع آب زمین‌گرمایی برای تأمین حرارت ساختمان‌هایی نظیر گلخانه‌ها و پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی که می‌تواند جهت انتقال حرارت از پوسته زمین به ساختمان‌های دامداری و فضاهای گلخانه‌ای و تأمین حرارت لازم استفاده شود. این نتایج می‌تواند در طراحی و مدیریت سیستم‌های مختلف انرژی در صنایع کشاورزی مورد استفاده فراوان قرار بگیرد.

۴- مراجع

[1] F. Islam, M. Shahbaz, A.U. Ahmed, and M.M. Alam, Financial development and energy consumption nexus in Malaysia: A multivariate time series analysis, *Economic Modelling,* Vol. 30, pp. 435-441, 2013.

[2] M.M. Hossein-Zadeh, and R. Afshari, Biogas Renewable Energy, *Journal of Geological Education Development,* No. 57, 2009. (in Persian)

[3] S.A. Azizi, M. Mahdiluyi, and F. Hasani, Investigation of New Technologies and Reduction of Pollutants from Motor Vehicles, *the First National Conference on Air Pollution, Monitoring, Effects and Control Measures in Iran,* Iran, 2013. (in Persian)

[4] Y. Bakhshudeh-Nia, A. Babapoor, and M. Bakhshudeh-Nia, A review of numerical modeling and analysis of the use of phase change materials in buildings to reduce energy consumption, *the fifth specialized scientific conference on renewable and clean energy,* Tehran, Iran, 2015. (in Persian)

[5] R. Khosh-Akhlagh, A.M. Sharifi, and M. Koochak-Zadeh, Economic Evaluation of Solar Energy Use in Comparison with Diesel Power Plant, *Iranian Journal of Economic Research,* Vol. 7, No. 24, pp. 171-192, 2005. (in Persian)

[6] K. Soheyli, The effect of improving production technology in the agricultural sector on long-term energy demand in this sector by using the technical-economic model MEDEE-S, *Agricultural Economics and Development,* Vol. 15, No. 60, pp. 45-69, 2007. (in Persian)

[7] M. Saghafi, *Renewable energies,* Fourth Edition, pp. 455-460, Tehran: University of Tehran, 2015. (in Persian)

[8] M. Bahrami, and P. Abbaszadeh, An overview of renewable energies in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 24, pp.198–208. 2013.

[9] N. Mansoori, M. Vaezi, N. Darvish, E. Ghannadi, and R. Tabatabaee, Statistical correlation of CO and PM10 concentrations with wind speed in a five-year period in Tehran, *Journal of Natural Environmental, Iranian Journal of Natural Resources,* Vol. 64, No. 4, pp. 443-455, 2012. (in Persian)

[10] R. Khosh-Akhlagh, and M. Hassan-Shahi, Estimation of Damages to Shiraz Residents Due to Air Pollution, *Journal of Economic Research,* No. 61, pp. 53-75, 2002. (in Persian)

[11] A. Haghighi, and A. Babapoor, Using of renewables energies such as effective way to reduce environmental pollution, *Journal of Renewable and New Energy,* Vol. 5, No. 1, pp. 40-50, 2018. (in Persian)

[12] S. K. Nateghi, and H. Yousefi, The economic review of desalination technologies using renewable energies, *Journal of Renewable and New Energy,* Vol. 7, No. 1, pp. 35-42, 2020. (in Persian)

[13] B. Burger, *power generation from renewable energy in Germany-assessment of 2015,* fraunhofer institute for Solar Energy System ISE, Fraunhofer, pp. 3-17, 2016.

[14] K. Sampathkumar, T.V. Arjunan, P. Pitchandi, and P. Senthilkumar, Active solar distillation-A detailed review, *Renewable Sustainable Energy*, Vol. 14, No. 6, pp. 1503-1526, 2010.

[15] F. Francisco, J. Leijon, C. Bostrom, J. Engstrom, and J. Sundberg, Wave power as solution for off-grid water desalination systems: Resource characterization for Kilifi-Kenya, *Energies*, Vol. 11, No. 4, 2018.

[16] B. Sami, M. Zarghami, R. Yegani, and M. Sabahi, Designing Solar Desalination System by Using Reverse Osmosis-Photovoltaic Method (Brackish Water of Sarband Village, Ardabil), *Journal of Water and Wastewater Science and Engineering (JWWSE)*, Vol. 4, No. 2, PP. 37-46, 2019. (in Persian)

[17] J. Lindblom, and B. Nordell, Underground condensation of humid air for drinking water production and subsurface irrigation, *Desalination,* Vol. 203, pp. 417 434, 2007.

[18] M. T. Qarehkhani, Experimental study of performance of a prototype natural convection solar dryer, *Journal of Renewable and New Energy,* Vol. 4, No. 2, pp. 67-75, 2018. (in Persian)

[19] P.G. smith, *Applications of Fluidization to Food Processing,* First Edition, pp. 230-232, New York: Wiley, 2007.

[20] T. Koyuncu, performance of various design of solar air heaters for crop drying applications, *Renewable Energy*, Vol. 31, No. 7, pp. 1073-1088, 2006.

[21] H. Abbasi, and H. Shafiee-Ghanavati, A comprehensive review on different kinds of solar dryers and their performance, *Journal of Renewable and New Energy,* Vol. 6, No. 1, pp. 47-55, 2019. (in Persian)

[22] V. Belessiotis, and E. Delyannis, Solar drying, *Solar Energy,* Vol. 85, No. 8, pp. 1665-1661, 2011.

[23] A.K. Babu, G. Kumaresan, V.A.A. Raj, and R. Velraj, Review of leaf drying: Mechanism and influencing parameters, drying methods, nutrient preservation, and mathematical models, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 90, pp. 536-556, 2018.

[24] M.A. Leon, S. Kumar, and S.C. Bhattachaya, A comprehensive procedure for performance evaluation of solar dryers, *Renewable & Sustainable Energy Reviews,* Vol. 6, No. 4, pp. 367-393, 2002.

[25] S. Soodmand-Moghaddam, and M. Sharifi, Evaluation of a dryer equipped with solar preheating system to study fossil fuel consumption, *Fourth National Conference on Climate Change and its impact on agriculture and the environment*, Urmia, Iran, 2019. (in Persian)

[46] D. D. Lera, G.G. Merino, B. J. Pavez, and J.A. Tapia, Efficiency assessment of a Wind Pumping System. *Energy Conversion and Management,* Vol. 52, pp. 795-803, 2011.
[47] C. Gopal, M. Mohanraj, P. Chandramohan, and P. Chandrasekar, Renewable energy Source Water Pumping systems_A Literature review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* Vol. 25, pp. 351-370, 2013.
[48] Z. Suleimaniand, and N. Rao. Wind-powered electric water-pumping system installed in a remote location, *Applied Energy,* Vol. 65, pp. 339-347, 2000.
[49] C.L. Chen, H.C. Chen, and J.Y. Lee, Application of a generic superstructure based formulation to the design of wind-pumped-storage hybrid systems on remote islands, *Energy Conversion and Management,* Vol. 111, pp. 339-351, 2016.
[50] M. Khani, and A. Aziz-Panah, Calculation of the number of wind turbines required to supply drinking water to nomadic livestock in Ilam province, *10th National Congress of Agricultural Machinery Engineering (Biosystems) and Mechanization of Iran,* Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, 2016. (in Persian)
[51] B. Azarm, National Strategies for Construction of Wind Power Plants in Iran, *Journal of Science and Engineering Elites,* Vol. 1, No. 2, pp. 237-242, 2017. (in Persian)
[52] I. Graham, *Wind Power (Energy Forever),* pp. 1-48, Austin: Raintree Steck-Vaughn, 1999.
[53] E. Taghizadeh, M. Rasti, A. Gholam-Veloujerdi, and M. Omidi, The feasibility of installing wind turbines in the city of Torbat Heydarieh for Rural Development, *Rural Development Strategies,* Vol. 4, No. 2, pp. 233-265, 2017. (in Persian)
[54] W. Cai, C. Wong, J. Chen, and S.Q. Wang, Green economy and green jobs: myth or reality? The case of China's Power generation sectors, *Energy*, Vol. 36, No. 10, pp. 5994-6003, 2011.
[55] E. Sarlaki, and S. R. Hassan-Beygi, Production Potentials and Technical Barriers Facing the Development and Utilization of Renewable Energies in Iran, *Journal of Renewable and New Energy,* Vol. 6, No. 1, pp. 14-25, 2019. (in Persian)
[56] S. Isazadeh, and J. Mehranfar, Investigating the Relationship between Energy Consumption and Urbanization Level in Iran (Application of Vector Correction and Error Pattern and Factor Decomposition Method), *Journal of Economic Strategy,* Vol. 1, No. 2, pp. 47-70, 2012. (in Persian)
[57] S. Sensoz, D. Angin, and S. Yorgun, Influence of particle size on the pyrolysis of rapeseed (Brassica napus L.): fuel properties of bio-oil, *Biomass Bioenergy,* Vol. 19, pp. 271-279, 2000.
[58] K. Dowaki, T. Ohta, Y. Kasahara, M. Kameyama, K. Sakawaki, and S. Mori, An economic and energy analysis on bio-hydrogen fuel using a gasification process, *Renewable Energy,* Vol. 32, pp. 80-94, 2007.
[59] A. Abyaz, E. Afra, and N. Shah Haidar, Energy production processes from solid biofuels from lignocelluloses' sources, *National Conference on Knowledge and Innovation in Wood and Paper Industry with Environmental Approach,* University of Tehran, Tehran, Iran, 2017. (in Persian)
[60] A. Abyaz, E. Afra, N. Shahheydar, and N. Mohammadi, Renewable energy, Sustainable Source as Replacement fuel for Natural Resources Preservation, *Journal of Renewable and New Energy,* Vol. 5, No. 2, pp. 84-89, 2019. (in Persian)
[61] F. Cherubini, The bio refinery concept: Using biomass instead of oil for producing energy and chemicals, *Energy Conversion and Management*, Vol. 51, pp. 1412-1421, 2010.
[62] A. Abyaz, Z. Najafi, and E. Afra, Evaluation of Biofuel Production Infrastructures of Sugarcane Bagasse in Iran, *The First National Conference on Wood and Lignocellulosic Products, Gonbad Kavous University,* Gonbad Kavous, Iran, 2015. (in Persian)
[63] G. Najafi, B. Ghobadian, T. Tavakoli, and T. Yusaf, Potential of bioethanol production from agricultural wastes in Iran, *Renewable and Sustainable Energy*, Vol. 13, pp. 1418-1427, 2009.
[64] H. Shahini, M. Saadatfar, and M. Taki, Analysis and study of biogas use in poultry breeding halls, *3rd National Congress on Development and Promotion of Agricultural Engineering and Soil Sciences of Iran,* Association for Development and Promotion of Basic Sciences and Technologies, Tehran, Iran, 2017. (in Persian)
[65] M. Safari, and R. Abdi, Comparison of biogas production from rapeseed and wheat residues in compound with cattle manure, *Journal of Agricultural Machinery,* Vol. 6, No. 2, pp. 476-487, 2016. (in Persian)
[26] L. Zhang, and Y .Yang, Analysis of Thermal insulation performance of Aerated Concrete Block Wall in Solar Greenhouse (in Russian), *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 170, 2018.
[27] M. Bahari, B. Najafi, and A. Babapoor, Evaluation of α-AL2O3-PW nanocomposites for thermal energy storage in the agro-products solar dryer, *Journal of Energy Storage*, Vol. 28, 2020.
[28] M. Masoodi-Reyhan, and A. Babapoor, A review on phase change materials as a valuable energy source, *Fifth Conference on Renewable, Clean and Efficient Energy,* Tehran, Iran, 2015. (in Persian)
[29] 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.
[30] A. Babapoor, M.M. Azizi, and 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.
[31] F. Samimi, A. Babapoor, M. Azizi, and G. Karimi, Thermal management analysis of a Li-ion battery cell using phase change material loaded with carbon fibers, *Energy*, Vol. 96, pp. 355-371, 2016.
[32] A. Babapoor, G. Karimi, and M. Khorram, Fabrication and characterization of nanofiber-nanoparticle-composites with phase change materials by electrospinning, *Applied Thermal Engineering,* Vol. 99, pp. 1225-1235, 2016.
[33] A. Babapoor, G. Karimi, and S. Sabbaghi, Thermal characteristic of nanocomposite phase change materials during solidification process, *Journal of Energy Storage*, Vol. 7, pp. 74-81, 2016.
[34] G. Karimi, M.M. Azizi, and A. Babapoor, Experimental study of a cylindrical lithium ion battery thermal management using phase change material composites, *Journal of Energy Storage,* Vol. 8, pp. 168–174, 2016.
[35] A. Babapoor, G. Karimi, S.I. Golestaneh, and M. Ahmadi Mezjin, Coaxial electro-spun PEG/PA6 composite fibers: fabrication and characterization, *Applied Thermal Engineering*, Vol. 118, pp. 398-407, 2017.
[36] A. Babapoor, R. Pishkar-Azari, S. E. Gholestaneh, and Z. Ghazi-Tabatabayi, Simulation of thermal management of phase change nanocomposite materials by CFD technology, *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering,* Vol. 37, No. 4, pp. 195-210, 2019. (in Persian)
[37] A. Babapoor, Z. Dehghan, M. Ganjkhani, and M. Paar, An Insight into the Energy Optimization in New Generation Clothes Using Phase Change Materials, *Journal of Renewable and New Energy,* Vol. 8, No. 1, pp. 70-77, 2021. (in Persian)
[38] M. Condori, R. Echazu , and L. Saravia, Solar drying of sweet pepper and garlic using the tunnel greenhouse dryer, *Renewable Energy,* Vol. 22, No. 4, pp. 447-460, 2001.
[39] M. Condori, and L. Saravia, The performance of forced convection greenhouse dryers, *Renewable Energy,* Vol. 13, No. 4, pp. 453-469, 1998.
[40] A. El Khadraoui, S. Bouadila, S. Kooli, A. Farhat, and A. Guizani, Thermal behavior of indirect solar dryer: Nocturnal usage of solar air collector with PCM, Tunisia, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 168, pp. 37-48, 2017.
[41] B. Bena, and R.J. Fuller, Natural convection solar dryer with biomass back-up heater, *Solar Energy,* Vol. 72, No. 1, pp. 75-83, 2002.
[42] S. M. Javidan, and D. Mohammad-Zamani, Design and construction of solar seeding robot equipped with row detection technology, *11th National Congress of Mechanical Bio systems Engineering and Mechanization,* Hamadan, Iran, 2018. (in Persian)
[43] M. K. Abdulrahman, Seed Sowing Robot, *International Journal of Computer Science Trends and Technology (IJCST)*, Vol. 5, No. 2, 2017.
[44] Y.M. Anil Meravade, Design and Development of Advanced Multi-Tasking Android Based Agrobot. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, Vol. 4, No. 6, pp. 40-81, 2017.
[45] A. Gandmakar, and F. Kiarsi, Wind potential energy evaluation in Iran, *21st International Electricity Conference,* Tehran, Iran, 2006. (in Persian)

[66] A. Shaikh-ahmadi, and M. Zargar-zade, Using of renewable energy to product electricalenergy, *Master science thesis, technical college, electrical department,* Islamic Azad University Tehran South branch, Tehran, Iran, 2007. (in Persian)
[67] B. Boughlan-dashti, J. Mohammadnejad, and A. Shabanikia, Assessing the potential of energy production from agricultural waste in Iran, *The first Congress of bioenergy*, Eslamshahr, Iran, 2010. (in Persian)
[68] A. Demirbas, *Biodiesel-A Realistic Fuel Alternative for Diesel Engines,* First Edition, pp. 89-152, London: Springer, 2008.
[69] L.C. Meher, D. Vidya Sagar, and S.N. Naik, Technical aspects of biodiesel production by transesterification-a review, *Renew Sustain Energy Review*, Vol. 10, pp. 248-268, 2006.
[70] G. Knothe, C.A. Sharp, and T.W. Ryan, Exhaust emissions of biodiesel, petrodiesel, neat methyl esters, and alkanes in a new technology engine. *Energy Fuels,* Vol. 20, pp. 403-408, 2006.
[71] Y. Zhang, M.A. Dub, D.D. McLean, and M. Kates, Biodiesel production from waste cooking oil: 2. Economic assessment and sensitivity analysis, *Bioresource technology,* Vol. 90, pp. 229-240, 2003.
[72] M. Mittelbach, and C. Remschmidt, *Biodiesels-The Comprehensive Handbook,* First Edition, pp. 102-103, Graz: Martin Mittelbach, 2004.
[73] V.A. Fry, Lessons from London: regulation of open-loop ground source heat pumps in central London, *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, Vol. 42, pp. 325-334, 2009.
[74] R. Nag, *A Review on geothermal energy technology,* Accessed 30 April 2016; https://doi.org/10.6084/m9.figshare.3206485.v1.
[75] H. Mojaddam, and H. Yousefi, A review of the application of geothermal energy in the greenhouse heating and cooling section, *Journal of Renewable and New Energy,* Vol. 7, No. 1, pp. 125-132, 2020. (in Persian)
[76] B. Nughani, *Renewable energy sources,* First Edition, pp. 95-103, Cairo: ASMT, 2014.
[77] C. Skelton, *Geothermal energy could meet half of B.C.`s electricity needs, researcher says,* Accessed 24 December 2007; http://www.sfu.ca/phys/346/131/Geothermal_energy.
[78] T. Boyd, *Geothermal greenhouse information package,* First Edition, pp. 33-52, 2008.
[79] M. Van Nguyen, S. Arason, M. Gissurarson, and P. G. Palsson, *Uses of Geothermal Energy in Food and Agriculture,* First Edition, pp. 27-41, Rome: Food and Agriculture Organization of the united nations, 2015.
[80] A. Saffarzadeh, S. Porkhial, and M. Taghaddosi, Geothermal Energy Developments in Iran, *World geothermal congress,* Bali, Indonesia, 2010.
[81] A. Mojtahedi-Saffari, F. Atabi, and A. Atai, Design and analysis of using a geothermal heat pump system for an educational / office building, *Journal of Chiller and Cooling Tower,* Vol. 6, No. 32, pp. 26-33, 2016. (in Persian)
[82] K. Charoenvisal, Energy Performance and Economic Evaluations of the Geothermal Heat Pump System used in the KnowledgeWorks 1 and 2 Building Blacksburg, Virginia, *Virginia Polytechnic Institute and State University*, Virginia, USA, 2008.
[83] S. Kavanaugh, and K. Rafferty, *Geothermal Heating and Cooling Design of Ground Source Heat Pump Systems,* First Edition, pp. 300-400,Atlanta: ASHRAE, 2014.
[84] M. Zoghi, and K. Javaherdeh, Parametric Analysis and Optimization of a Ground Source Heat Pump with Economizer, *Journal of Mechanics of Structures and Fluids,* Vol. 6, No. 1, pp. 215-224, 2016. (in Persian)
[85] R. Curtis, J. Lund, B. Sanner, L. Rybach, and G. Hellstrom, Ground source heat pumps–geothermal energy for anyone, anywhere: current worldwide activity, *In Proceedings World Geothermal Congress,* Antalya, Turkey, 2005.
[86] S. Sanaye, and B. Niroomand, Thermal-economic modeling and optimization of vertical ground-coupled heat pump, *Energy Convers Manage,* Vol. 50, pp. 1136-1147, 2009.
[87] A.S.H.R.A.E, *Commercial / Institution ground source heat pump engineering manual,* First Edition, Atlanta: ASHRAE, 1995.
[88] H. Alem, M. Fallahi, and S. Nahas-Farmanieh, Site selection of closed loop geothermal pumps with geographic information system on the whole scale of Iran, *Journal of Renewable and New Energy,* Vol. 4, No. 1, pp. 52-61, 2017. (in Persian)
[89] R. Curtis, Earth Energy in the UK. *Geo-Heat Center Bulletin,* Vol. 22, 2001.
[90] L. Lubis, M. Kanglu, I. Dincer, and M. Rosen, Thermodynamic analysis of a hybrid geothermal heat pump system, *Geothermics,* Vol. 40, pp. 223-228, 2011.
[91] Z.M. Amin, and M.N.A. Hawlader, A review on solar assisted heat pump in Singapore, *Renewable Sustainable Energy Review,* Vol. 26, pp. 286-293, 2013.
[92] D. Banks, An introduction to 'thermogeology' and the Exploitation of ground source heat, *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology,* Vol. 42, pp. 283-293, 2009.