

به نام خدا

از دل زمین تا سفره

کاربرد انرژی زمین گرمایی در کشاورزی مدرن و صنایع غذایی

مؤلفان :

دکتر علی لطفی بخش

نسترن کارجویان

نسیم کارجویان

علی کارجویان

بیژن قنبر نیا

انتشارات ارسطو

(سازمان چاپ و نشر ایران - ۱۴۰۵)

نسخه الکترونیکی این اثر در سایت سازمان چاپ و نشر ایران و اپلیکیشن کتاب رسان موجود می باشد

Chaponashr.ir



chaponashr.ir



ren-journals.com



سرشناسه: لطفی بخش، علی، ۱۳۵۷
عنوان و نام پدیدآورگان: از دل زمین تا سفره کاربرد انرژی زمین گرمایی در کشاورزی مدرن
و صنایع غذایی/ مولفان: علی لطفی بخش، نسترن کارجویان، نسیم کارجویان، علی کارجویان
بیژن قنبر نیا

مشخصات نشر: انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)، ۱۴۰۵.
مشخصات ظاهری: ۱۱۰ ص.

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۱۲۹-۴۹۶-۱

شناسه افزوده: کارجویان، نسترن، ۱۳۶۳

شناسه افزوده: کارجویان، نسیم، ۱۳۵۸

شناسه افزوده: کارجویان، علی، ۱۳۷۰

شناسه افزوده: قنبر نیا، بیژن، ۱۳۵۲

وضعیت فهرست نویسی: فیفا

یادداشت: کتابنامه.

موضوع: کاربرد انرژی زمین گرمایی - کشاورزی مدرن - صنایع غذایی

رده بندی کنگره: TP ۹۸۳

رده بندی دیویی: ۶۶۸/۵۵

شماره کتابشناسی ملی: ۸۹۶۵۲۱۴

اطلاعات رکورد کتابشناسی: فیفا

نام کتاب: از دل زمین تا سفره کاربرد انرژی زمین گرمایی در کشاورزی مدرن و صنایع غذایی
مولفان: دکتر علی لطفی بخش - نسترن کارجویان - نسیم کارجویان - علی کارجویان - بیژن قنبر نیا

ناشر: انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)

صفحه آرای، تنظیم و طرح جلد: الهام غفاری

تیراژ: ۱۰۰۰ جلد

نوبت چاپ: اول - ۱۴۰۵

چاپ: زبرجد

قیمت: ۱۸۰۰۰۰ تومان

فروش نسخه الکترونیکی - کتاب رسان:

<https://chaponashr.ir/ketabresan>

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۱۲۹-۴۹۶-۱

تلفن مرکز پخش: ۰۹۱۲۰۲۳۹۲۵۵

www.chaponashr.ir



فهرست

پیشگفتار	۵
مقدمه	۷
فصل اول	۹
مبانی و اصول انرژی زمین گرمایی	۹
مفهوم و ماهیت انرژی زمین گرمایی	۱۳
منابع و انواع انرژی زمین گرمایی	۱۷
روش های استخراج و بهره برداری از انرژی زمین گرمایی	۲۰
مزایا محدودیت ها و ملاحظات زیست محیطی انرژی زمین گرمایی	۲۵
فصل دوم	۲۹
کاربرد انرژی زمین گرمایی در کشاورزی مدرن	۲۹
کاربرد انرژی زمین گرمایی در گرمایش گلخانه ها	۳۲
کاربرد انرژی زمین گرمایی در پرورش دام و طیور	۳۴
کاربرد انرژی زمین گرمایی در خشک کردن و فرآوری محصولات کشاورزی	۳۷
کاربرد انرژی زمین گرمایی در مدیریت آب و خاک کشاورزی	۴۰
فصل سوم	۴۵
کاربرد انرژی زمین گرمایی در صنایع غذایی	۴۵
کاربرد انرژی زمین گرمایی در فرآوری و پخت مواد غذایی	۴۹
کاربرد انرژی زمین گرمایی در پاستوریزاسیون و افزایش ایمنی مواد غذایی	۵۳
کاربرد انرژی زمین گرمایی در نگهداری سردخانه و کاهش ضایعات غذایی	۵۷

کاربرد انرژی زمین گرمایی در مدیریت پسماند و بازیابی انرژی صنایع غذایی	۶۲
فصل چهارم	۶۷
توسعه پایدار و آینده انرژی زمین گرمایی در کشاورزی و صنایع غذایی	۶۷
ارزیابی اقتصادی و کاهش هزینه های تولید	۷۰
نقش انرژی زمین گرمایی در توسعه کشاورزی پایدار	۷۴
ظرفیت ها و چالش های توسعه انرژی زمین گرمایی در ایران	۷۸
چشم انداز یکپارچه سازی انرژی زمین گرمایی از تولید تا سفره	۸۲
نتیجه گیری	۸۹
منابع	۹۵

پیشگفتار

در جهانی که افزایش جمعیت تغییرات اقلیمی کاهش منابع آب و نوسان قیمت حامل‌های انرژی امنیت غذایی را به یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های بشر تبدیل کرده است بهره‌گیری هوشمندانه از انرژی‌های تجدیدپذیر ضرورتی انکارناپذیر به شمار می‌آید. در میان این منابع انرژی زمین‌گرمایی به‌عنوان گرمای ذخیره‌شده در لایه‌های درونی زمین ظرفیتی پایدار پاک و در دسترس دارد که می‌تواند نقشی مؤثر در تحول کشاورزی مدرن و صنایع غذایی ایفا کند.

کشاورزی امروز تنها به کشت و برداشت محدود نیست؛ تولید پایدار در گلخانه‌ها کنترل دما و رطوبت پرورش آبزیان خشک‌کردن محصولات نگهداری مواد غذایی و فرآوری صنعتی همگی نیازمند انرژی مطمئن و پیوسته‌اند. وابستگی گسترده این بخش‌ها به سوخت‌های فسیلی علاوه بر افزایش هزینه‌های تولید پیامدهایی همچون انتشار گازهای گلخانه‌ای و آسیب به محیط زیست را نیز به دنبال دارد. از این منظر انرژی زمین‌گرمایی می‌تواند پلی میان توسعه اقتصادی حفاظت از محیط زیست و تأمین پایدار غذا باشد.

کتاب حاضر با عنوان «از دل زمین تا سفره: کاربرد انرژی زمین‌گرمایی در کشاورزی مدرن و صنایع غذایی» می‌کوشد تا خواننده را با مبانی ظرفیت‌ها و کاربردهای عملی این منبع ارزشمند انرژی آشنا سازد. در این مسیر موضوعاتی چون گرمایش گلخانه‌ها تولید خارج از فصل محصولات پرورش ماهی و آبزیان خشک‌کردن میوه‌ها و سبزی‌ها فرآوری و نگهداری مواد غذایی و نیز نقش انرژی زمین‌گرمایی در کاهش هزینه‌ها و آلاینده‌های زیست‌محیطی بررسی می‌شود.

نگارش این کتاب بر این باور استوار است که آینده کشاورزی و صنایع غذایی در گرو تلفیق دانش فناوری و نگاه مسئولانه به منابع طبیعی است. انرژی زمین‌گرمایی اگر با برنامه‌ریزی علمی سرمایه‌گذاری مناسب و توجه به ویژگی‌های اقلیمی هر منطقه به کار گرفته شود می‌تواند به افزایش بهره‌وری تقویت امنیت غذایی ایجاد اشتغال پایدار و کاهش وابستگی به انرژی‌های تجدیدناپذیر کمک کند.

امید است این اثر برای دانشجویان پژوهشگران فعالان حوزه کشاورزی و صنایع غذایی مدیران و سیاست‌گذاران و تمامی علاقه‌مندان به انرژی‌های پاک دریچه‌ای تازه برای شناخت ظرفیت‌های پنهان زمین بگشاید؛ ظرفیتی که از ژرفای خاک آغاز می‌شود و می‌تواند در نهایت به پایداری تولید و سلامت سفره‌های مردم بینجامد.

مقدمه

تأمین پایدار غذا یکی از مهم‌ترین نیازهای جوامع انسانی و از ارکان اصلی توسعه اقتصادی اجتماعی و زیست‌محیطی کشورها به شمار می‌رود. رشد جمعیت گسترش شهرنشینی افزایش تقاضا برای محصولات غذایی محدودیت منابع آب و خاک تغییرات اقلیمی و افزایش هزینه‌های تولید کشاورزی و صنایع غذایی را با چالش‌های تازه‌ای روبه‌رو کرده است. در چنین شرایطی استفاده از فناوری‌های نوین و منابع انرژی پایدار می‌تواند نقش مهمی در افزایش بهره‌وری کاهش هزینه‌ها و حفظ منابع طبیعی داشته باشد. انرژی زمین‌گرمایی یکی از منابع ارزشمند انرژی است که به دلیل منشأ طبیعی پایداری و امکان استفاده مستقیم از حرارت آن ظرفیت قابل توجهی برای ورود به عرصه کشاورزی مدرن و صنایع غذایی دارد. زمین در اعماق خود دارای انرژی حرارتی فراوانی است. بخشی از این گرما از زمان شکل‌گیری زمین باقی مانده و بخش دیگری در اثر فرایندهای طبیعی درون زمین تولید می‌شود. این انرژی در مناطق مختلف می‌تواند به شکل سنگ‌های گرم آب‌های زیرزمینی گرم و بخار طبیعی در دسترس قرار گیرد. هنگامی که شرایط زمین‌شناختی مناسب وجود داشته باشد می‌توان از این گرما برای کاربردهای مختلف استفاده کرد. اهمیت انرژی زمین‌گرمایی تنها در تولید برق خلاصه نمی‌شود بلکه کاربرد مستقیم حرارت آن می‌تواند در بسیاری از فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی به‌ویژه در مناطقی که نیاز مستمر به گرما وجود دارد بسیار ارزشمند باشد.

کشاورزی مدرن برای افزایش تولید و دستیابی به محصولات باکیفیت به کنترل دقیق عوامل محیطی نیاز دارد. در گلخانه‌ها دما یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رشد گیاهان است و تأمین گرمای مناسب در فصل‌های سرد می‌تواند هزینه زیادی به تولیدکنندگان تحمیل کند. انرژی زمین‌گرمایی می‌تواند در چنین شرایطی به‌عنوان یک منبع حرارتی پایدار مورد استفاده قرار گیرد. انتقال مستقیم گرمای آب یا سیالات زمین‌گرمایی به سامانه‌های گرمایشی گلخانه‌ها امکان تنظیم دمای محیط و ایجاد شرایط مناسب برای رشد گیاهان را فراهم می‌کند و می‌تواند وابستگی تولیدکنندگان به سوخت‌های فسیلی را کاهش دهد. کاربرد انرژی زمین‌گرمایی در کشاورزی به گلخانه‌ها محدود نمی‌شود. استفاده از آب گرم و حرارت زمین‌گرمایی در پرورش دام و طیور تأمین آب گرم مورد نیاز واحدهای تولیدی خشک‌کردن محصولات کشاورزی فرآوری اولیه محصولات پرورش برخی آبزیان و حتی برخی روش‌های مدیریت منابع آب نیز قابل بررسی است. این تنوع کاربرد نشان می‌دهد که انرژی زمین‌گرمایی می‌تواند به‌عنوان بخشی از یک نظام یکپارچه انرژی در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد و به افزایش بهره‌وری منابع کمک کند. یکی از مهم‌ترین زمینه‌های کاربرد این انرژی خشک‌کردن محصولات کشاورزی است. محصولاتی مانند میوه‌ها سبزیجات گیاهان دارویی و برخی غلات پس از برداشت به شرایط مناسبی برای کاهش رطوبت و افزایش ماندگاری نیاز دارند.

در صورت کنترل مناسب دما و رطوبت گرمای زمین گرمایی می تواند برای تأمین انرژی مورد نیاز فرایند خشک کردن به کار گرفته شود. این موضوع علاوه بر کاهش مصرف سوخت می تواند زمینه کاهش ضایعات پس از برداشت و افزایش ارزش اقتصادی محصولات را فراهم کند. صنایع غذایی نیز یکی از مصرف کنندگان مهم انرژی به شمار می رود. مراحل مختلف تولید مواد غذایی از آماده سازی و شست و شو گرفته تا گرم کردن پخت خشک کردن پاستوریزاسیون ضد عفونی و شست و شوی تجهیزات به انرژی حرارتی نیاز دارند. در برخی از این فرایندها استفاده از حرارت زمین گرمایی می تواند جایگزین یا مکمل مناسبی برای منابع انرژی متعارف باشد. البته استفاده از این انرژی در صنایع غذایی نیازمند توجه دقیق به مسائل بهداشتی کیفیت آب دمای مورد نیاز کنترل فرایند و جلوگیری از تماس مستقیم منابع زمین گرمایی نامناسب با مواد غذایی است. از منظر اقتصادی نیز انرژی زمین گرمایی می تواند فرصت های قابل توجهی ایجاد کند. اگرچه ایجاد زیرساخت های اولیه برای شناسایی حفاری استخراج و انتقال انرژی زمین گرمایی ممکن است نیازمند سرمایه گذاری قابل توجه باشد اما در صورت طراحی صحیح سامانه و وجود منبع مناسب کاهش هزینه مصرف سوخت در طول زمان می تواند توجیه اقتصادی مناسبی ایجاد کند. علاوه بر این کاهش وابستگی به سوخت های فسیلی می تواند تولید کنندگان را در برابر نوسانات قیمت انرژی مقاوم تر کند و زمینه برنامه ریزی بلندمدت برای تولید را فراهم آورد.

از دیدگاه زیست محیطی نیز بهره گیری صحیح از انرژی زمین گرمایی می تواند به کاهش مصرف سوخت های فسیلی و کاهش انتشار آلاینده های ناشی از احتراق کمک کند. کشاورزی و صنایع غذایی برای حرکت به سوی توسعه پایدار نیازمند کاهش فشار بر منابع طبیعی هستند. استفاده از انرژی های تجدید پذیر مدیریت صحیح آب و خاک کاهش ضایعات و افزایش بهره وری انرژی مجموعه ای از اقدامات به هم پیوسته اند که می توانند مسیر تولید پایدار مواد غذایی را هموار کنند. انرژی زمین گرمایی در صورت مدیریت اصولی می تواند یکی از اجزای این نظام باشد. در ایران توجه به انرژی زمین گرمایی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. تنوع زمین شناختی کشور و وجود مناطق دارای پدیده های زمین گرمایی ظرفیت هایی را برای بهره برداری از این منبع انرژی فراهم کرده است. با این حال توسعه کاربردهای مستقیم انرژی زمین گرمایی در کشاورزی و صنایع غذایی نیازمند مطالعات دقیق درباره ظرفیت منابع دمای آب و سیالات میزان دسترسی کیفیت منابع فاصله محل تولید تا محل مصرف و هزینه های احداث و نگهداری سامانه هاست. همچنین تربیت نیروی متخصص و ایجاد چارچوب های مناسب برای سرمایه گذاری و حمایت از طرح های کاربردی می تواند نقش مهمی در توسعه این حوزه داشته باشد

فصل اول

مبانی و اصول انرژی زمین گرمایی

انرژی زمین گرمایی یکی از مهم ترین منابع انرژی تجدیدپذیر است که از گرمای طبیعی موجود در درون زمین به دست می آید و می تواند در بسیاری از فعالیت های انسانی صنعتی کشاورزی و زیست محیطی مورد استفاده قرار گیرد. زمین برخلاف تصور ظاهری در لایه های درونی خود دارای مقدار بسیار زیادی انرژی حرارتی است که بخشی از آن از دوران شکل گیری زمین باقی مانده و بخش دیگری در نتیجه فرایندهای طبیعی درونی زمین ایجاد می شود. این گرما در اعماق زمین به صورت های مختلف ذخیره شده و در مناطق مناسب می تواند از طریق آب های زیرزمینی گرم بخار سنگ های داغ و سایر ساختارهای زمین شناختی در دسترس قرار گیرد. اهمیت این منبع انرژی در سال های اخیر افزایش یافته است زیرا وابستگی گسترده جوامع به سوخت های فسیلی علاوه بر افزایش هزینه های تولید و مصرف انرژی پیامدهای زیست محیطی گسترده ای مانند افزایش آلودگی هوا و انتشار گازهای گلخانه ای به همراه داشته است. در چنین شرایطی استفاده از منابع تجدیدپذیر مانند انرژی زمین گرمایی می تواند بخشی از نیاز انرژی جوامع را تأمین کند و زمینه حرکت به سوی نظام های تولیدی پایدارتر را فراهم سازد. انرژی زمین گرمایی به دلیل ماهیت طبیعی و تداوم نسبی منبع در مقایسه با برخی منابع تجدیدپذیر دیگر ویژگی مهمی دارد و می تواند در بسیاری از ساعات شبانه روز مورد بهره برداری قرار گیرد؛ بنابراین شناخت اصول علمی فنی اقتصادی و زیست محیطی آن برای توسعه کاربردهای گوناگون ضروری است.

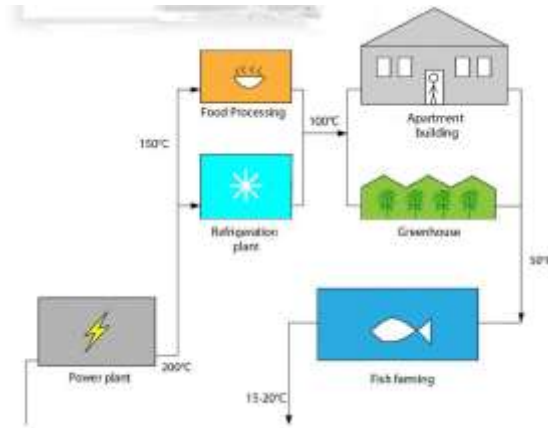
منشأ گرمای زمین به مجموعه ای از فرایندهای طبیعی مربوط می شود که در طول تاریخ زمین موجب ایجاد و حفظ انرژی حرارتی در لایه های درونی آن شده اند. هرچه از سطح زمین به سمت اعماق حرکت کنیم در بسیاری از مناطق دمای محیط افزایش پیدا می کند و این افزایش دما زمینه شکل گیری منابع حرارتی زیرزمینی را فراهم می سازد. مقدار افزایش دما در عمق زمین در مناطق مختلف یکسان نیست و به ویژگی های زمین شناختی ساختار پوسته فعالیت های آتشفشانی شکستگی های زمین و شرایط آب های زیرزمینی وابسته است. در مناطقی که فعالیت های زمین شناختی بیشتر است احتمال وجود منابع زمین گرمایی با دمای بالاتر نیز افزایش می یابد. آب های زیرزمینی هنگامی که در مسیر حرکت خود با

سنگ‌های گرم در اعماق زمین تماس پیدا می‌کنند حرارت را دریافت کرده و گرم می‌شوند و در صورت وجود شکستگی‌ها و مسیرهای مناسب می‌توانند به سمت لایه‌های بالاتر حرکت کنند. گاهی این آب‌ها به صورت طبیعی از چشمه‌های آب گرم به سطح زمین می‌رسند و گاهی برای دسترسی به آن‌ها نیاز به حفر چاه و ایجاد تأسیسات مناسب وجود دارد. بنابراین انرژی زمین گرمایی را باید نتیجه تعامل میان گرمای درونی زمین سنگ‌های زیرزمینی آب و ساختارهای زمین‌شناختی دانست. شناخت این ارتباط برای شناسایی منابع قابل بهره‌برداری اهمیت فراوانی دارد زیرا بدون شناخت دقیق شرایط زیرزمینی نمی‌توان درباره ظرفیت واقعی یک منطقه برای استفاده از انرژی زمین گرمایی تصمیم‌گیری کرد.

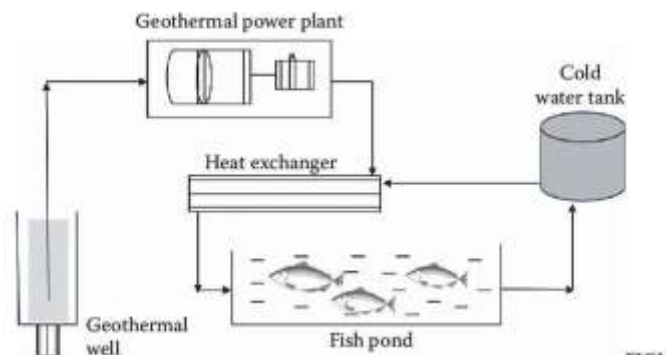
یکی از مفاهیم اساسی در شناخت انرژی زمین گرمایی مفهوم مخزن زمین گرمایی است. مخزن زمین گرمایی ناحیه‌ای در زیر سطح زمین است که در آن شرایط مناسب برای تجمع و انتقال گرما وجود دارد و معمولاً از سنگ‌های دارای ویژگی‌های مناسب آب یا بخار گرم و یک منبع حرارتی تشکیل شده است. وجود آب برای بسیاری از سامانه‌های زمین گرمایی اهمیت ویژه‌ای دارد زیرا آب می‌تواند گرما را از اعماق زمین دریافت کرده و به بخش‌های بالاتر منتقل کند. در برخی مناطق مخزن دارای آب گرم فراوان است و در برخی مناطق دیگر گرمای زیادی در سنگ‌ها وجود دارد اما میزان آب قابل دسترس محدود است. همین تفاوت‌ها موجب می‌شود که روش بهره‌برداری از منابع زمین گرمایی در مناطق مختلف متفاوت باشد. برای شناسایی یک مخزن مناسب مطالعات زمین‌شناختی بررسی ساختارهای زیرزمینی اندازه‌گیری دما بررسی ویژگی‌های آب و مطالعه مسیرهای جریان زیرزمینی انجام می‌شود. اطلاعات حاصل از این مطالعات به کارشناسان کمک می‌کند تا عمق مناسب حفاری دمای احتمالی منبع میزان برداشت قابل قبول و نوع کاربرد مناسب را تعیین کنند. هرچه اطلاعات مربوط به مخزن دقیق‌تر باشد احتمال طراحی یک سامانه کارآمد و اقتصادی بیشتر خواهد بود.

منابع زمین گرمایی را می‌توان بر اساس دما و ویژگی‌های مخزن و نوع کاربرد به گروه‌های مختلف تقسیم کرد. منابع دارای دمای بسیار بالا معمولاً در مناطق دارای فعالیت زمین‌شناختی شدید یافت می‌شوند و می‌توانند برای کاربردهای گسترده حرارتی و در شرایط مناسب برای تولید برق مورد استفاده قرار گیرند. منابع با دمای متوسط نیز دارای ظرفیت قابل توجهی هستند و می‌توانند برای تأمین حرارت مورد نیاز بسیاری از فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی به کار روند. منابع دارای دمای پایین نیز اگرچه ممکن است برای برخی کاربردهای سنگین حرارتی مناسب نباشند اما در زمینه‌هایی مانند گرمایش ساختمان‌ها گلخانه‌ها آبی‌پروری خشک کردن برخی محصولات و تأمین آب گرم می‌توانند بسیار ارزشمند باشند. بنابراین ارزش یک منبع زمین گرمایی تنها با میزان دمای آن تعیین نمی‌شود بلکه باید میان ویژگی‌های منبع و نیاز حرارتی محل مصرف ارتباط برقرار کرد. ممکن است یک منبع با دمای متوسط برای یک گلخانه یا واحد فرآوری مواد غذایی کاملاً مناسب باشد در حالی که همان منبع برای کاربرد دیگری توجیه

اقتصادی نداشته باشد. این اصل نشان می دهد که توسعه انرژی زمین گرمایی باید بر اساس شناخت دقیق نیازهای مصرف کننده و ظرفیت واقعی منبع انجام شود.



یکی از مهم ترین ویژگی های انرژی زمین گرمایی امکان استفاده مستقیم از حرارت آن است. در بسیاری از کاربردها نیازی نیست گرمای زمین ابتدا به برق تبدیل شود بلکه می توان حرارت موجود در آب یا بخار زمین گرمایی را مستقیماً به سامانه مورد نظر منتقل کرد. این روش در کشاورزی و صنایع غذایی اهمیت ویژه ای دارد زیرا بسیاری از فعالیت های این دو بخش به جای برق مستقیماً به انرژی حرارتی نیاز دارند. گرمایش گلخانه ها خشک کردن محصولات کشاورزی گرم کردن آب تأمین حرارت برخی فرایندهای تولیدی و ایجاد شرایط مناسب برای پرورش برخی موجودات آبی از جمله کاربردهایی هستند که می توانند از حرارت مستقیم زمین استفاده کنند. استفاده مستقیم از انرژی زمین گرمایی در صورت طراحی مناسب می تواند موجب کاهش تبدیل های غیر ضروری انرژی و افزایش بهره وری سامانه شود. در چنین شرایطی گرمای موجود در زمین با کمترین واسطه به محل مصرف انتقال پیدا می کند و مقدار انرژی تلف شده کاهش می یابد. به همین دلیل کاربرد مستقیم انرژی زمین گرمایی یکی از زمینه های مهم توسعه این منبع در بخش های کشاورزی و صنایع غذایی محسوب می شود.



در کشاورزی مدرن کنترل شرایط محیطی برای دستیابی به تولید پایدار و باکیفیت اهمیت فراوانی دارد و دما یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رشد گیاهان است. گلخانه‌ها به‌عنوان محیط‌های کنترل‌شده در فصل‌های سرد سال به مقدار قابل توجهی انرژی حرارتی نیاز دارند و استفاده از سوخت‌های متعارف برای تأمین این نیاز می‌تواند هزینه‌های تولید را افزایش دهد. انرژی زمین‌گرمایی می‌تواند در مناطق دارای منابع مناسب جایگزین یا مکمل مناسبی برای بخشی از این سوخت‌ها باشد. آب گرم زمین‌گرمایی پس از استخراج می‌تواند از طریق شبکه لوله‌کشی و تجهیزات انتقال حرارت به گلخانه منتقل شود و گرمای خود را به فضای داخلی منتقل کند. این فرایند امکان حفظ دمای مناسب برای رشد گیاهان را فراهم می‌سازد و می‌تواند هزینه‌های مربوط به مصرف سوخت را کاهش دهد. البته موفقیت چنین سامانه‌ای به عواملی مانند دمای منبع مقدار آب قابل دسترس فاصله منبع تا گلخانه شرایط اقلیمی منطقه و طراحی صحیح تجهیزات وابسته است. همچنین باید امکان استفاده مجدد یا بازگرداندن آب زمین‌گرمایی پس از دریافت حرارت بررسی شود تا بهره‌برداری از منبع با اصول پایداری هماهنگ باشد.

کاربرد انرژی زمین‌گرمایی در کشاورزی تنها به گرمایش گلخانه‌ها محدود نمی‌شود و می‌تواند در مراحل مختلف تولید و پس از برداشت محصولات نیز مورد استفاده قرار گیرد. یکی از زمینه‌های مهم خشک کردن محصولات کشاورزی است که در آن مقدار مشخصی گرما برای کاهش رطوبت محصول و افزایش ماندگاری آن مورد نیاز است. میوه‌ها سبزیجات گیاهان دارویی برخی غلات و محصولات دیگر را می‌توان با روش‌های مناسب و کنترل‌شده خشک کرد و از این طریق مدت نگهداری آن‌ها را افزایش داد. استفاده از گرمای زمین‌گرمایی در این فرایند می‌تواند مصرف سوخت‌های فسیلی را کاهش دهد و به ایجاد سامانه‌های کم‌هزینه‌تر و پاک‌تر کمک کند. البته دمای خشک کردن باید متناسب با نوع محصول انتخاب شود زیرا حرارت بیش از اندازه ممکن است موجب کاهش کیفیت تغییر رنگ کاهش ارزش تغذیه‌ای یا از بین رفتن برخی ترکیبات حساس محصول شود. بنابراین بهره‌گیری موفق از انرژی زمین‌گرمایی در خشک کردن

محصولات نیازمند هماهنگی میان دمای منبع نوع محصول روش خشک کردن و زمان فرایند است. این موضوع نشان می دهد که استفاده از انرژی زمین گرمایی صرفاً به در اختیار داشتن منبع گرما محدود نیست بلکه طراحی علمی و دقیق فرایند مصرف نیز اهمیت اساسی دارد.

مفهوم و ماهیت انرژی زمین گرمایی

انرژی زمین گرمایی به انرژی حرارتی موجود در بخش های درونی و زیرین زمین گفته می شود که منشأ اصلی آن به گرمای طبیعی ذخیره شده در اعماق زمین بازمی گردد. زمین در ظاهر سطحی سرد و نسبتاً ثابت دارد اما در لایه های درونی خود دارای دما و انرژی حرارتی بسیار زیادی است که در طول دوره شکل گیری و تکامل زمین ایجاد و حفظ شده است. بخشی از این گرما از زمان پیدایش زمین باقی مانده و بخش دیگری در اثر فرایندهای طبیعی درونی زمین تولید می شود. این انرژی می تواند در مناطق مختلف به شکل های گوناگون مانند سنگ های داغ آب های زیرزمینی گرم و بخار طبیعی وجود داشته باشد. هنگامی که آب های زیرزمینی در اعماق زمین با سنگ های گرم تماس پیدا می کنند حرارت را جذب کرده و دمای آن ها افزایش می یابد و در صورت وجود شکستگی ها و مسیرهای مناسب این آب گرم می تواند به سمت لایه های بالاتر حرکت کند. در برخی مناطق این فرایند به شکل طبیعی و از طریق چشمه های آب گرم قابل مشاهده است و در برخی مناطق برای دسترسی به انرژی ذخیره شده در اعماق زمین باید از روش های حفاری و تجهیزات تخصصی استفاده کرد. بنابراین مفهوم انرژی زمین گرمایی تنها به وجود آب گرم زیرزمینی محدود نمی شود بلکه مجموعه ای از گرما سنگ آب بخار و ساختارهای زمین شناختی را دربرمی گیرد که در کنار یکدیگر امکان بهره برداری از انرژی حرارتی زمین را فراهم می کنند.



ماهیت انرژی زمین گرمایی با بسیاری از منابع انرژی متداول تفاوت دارد زیرا سرچشمه آن یک فرایند طبیعی درونی است و برخلاف سوخت‌های فسیلی برای تولید گرما به سوزاندن ماده‌ای مانند نفت گاز یا زغال سنگ نیاز ندارد. در سوخت‌های فسیلی انرژی ذخیره شده در مواد آلی با انجام فرایند احتراق آزاد می‌شود اما در انرژی زمین گرمایی گرما از یک منبع طبیعی موجود در زمین دریافت و به محل مصرف منتقل می‌شود. همین ویژگی موجب شده است که انرژی زمین گرمایی در گروه منابع انرژی تجدیدپذیر قرار گیرد و بتوان از آن به عنوان یکی از گزینه‌های مناسب برای کاهش وابستگی به منابع فسیلی یاد کرد. البته تجدیدپذیر بودن این انرژی به معنای نامحدود بودن برداشت از هر مخزن نیست بلکه بهره‌برداری باید متناسب با ظرفیت طبیعی منبع انجام شود. اگر برداشت آب و حرارت از یک مخزن بدون برنامه‌ریزی و بیش از توان بازسازی آن صورت گیرد ممکن است دما یا فشار مخزن کاهش پیدا کند و توان بهره‌برداری در طول زمان کم شود. بنابراین ماهیت پایدار انرژی زمین گرمایی زمانی به درستی حفظ می‌شود که منابع آن با مطالعات علمی پایش مداوم و مدیریت اصولی مورد استفاده قرار گیرند.

یکی از ویژگی‌های مهم انرژی زمین گرمایی وجود آن در اعماق مختلف زمین و تفاوت دمای منابع در مناطق گوناگون است. هرچه عمق زمین بیشتر شود معمولاً دما نیز افزایش پیدا می‌کند هرچند میزان این افزایش در همه مناطق یکسان نیست و شرایط زمین‌شناختی منطقه نقش تعیین‌کننده‌ای در آن دارد. مناطق دارای فعالیت‌های آتشفشانی شکستگی‌های عمیق گسل‌ها و جریان‌های مناسب آب زیرزمینی ممکن است از ظرفیت بیشتری برای شکل‌گیری منابع زمین گرمایی برخوردار باشند. به همین دلیل شناسایی این منابع نیازمند بررسی دقیق ساختار زمین است و نمی‌توان تنها بر اساس مشاهده یک چشمه آب گرم درباره ظرفیت اقتصادی یک منطقه قضاوت کرد. بررسی دمای آب عمق مخزن میزان

جریان ترکیبات موجود در آب نوع سنگ‌های اطراف و مسیر حرکت سیالات می‌تواند اطلاعات ارزشمندی درباره کیفیت و قابلیت بهره‌برداری از منبع فراهم کند. در واقع ماهیت زمین گرمایی هر منطقه تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل طبیعی قرار دارد و همین تفاوت موجب می‌شود که روش استفاده از انرژی زمین گرمایی نیز از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت باشد.

از دیدگاه علمی انرژی زمین گرمایی را می‌توان نتیجه انتقال حرارت از اعماق زمین به سمت بخش‌های کم‌عمق‌تر دانست. این انتقال ممکن است به وسیله حرکت آب بخار یا از طریق تماس مستقیم میان سنگ‌های گرم و سیالات زیرزمینی انجام شود. زمانی که آب در اعماق زمین گرم می‌شود چگالی آن تغییر می‌کند و در شرایط مناسب می‌تواند حرکت کند و به سمت مناطق بالاتر انتقال یابد. این حرکت طبیعی آب و گرما بخشی از چرخه زمین گرمایی را تشکیل می‌دهد. در صورتی که ساختار زمین اجازه دهد آب گرم می‌تواند در زیر سطح زمین تجمع پیدا کرده و یک مخزن زمین گرمایی ایجاد کند. وجود یک منبع حرارتی محیط مناسب برای ذخیره آب گرم و مسیرهای مناسب برای حرکت سیال از عناصر مهم یک سامانه زمین گرمایی محسوب می‌شوند. هر یک از این عناصر در میزان قابلیت بهره‌برداری از انرژی نقش دارند و نبود یکی از آن‌ها ممکن است استفاده اقتصادی از منبع را دشوار کند. بنابراین شناخت ماهیت انرژی زمین گرمایی نیازمند توجه هم‌زمان به فرایندهای حرارتی آبی و زمین‌شناختی است.

یکی دیگر از ویژگی‌های اساسی انرژی زمین گرمایی امکان استفاده مستقیم از گرمای آن است. در بسیاری از موارد برای استفاده از این انرژی لازم نیست گرمای زمین ابتدا به برق تبدیل شود بلکه می‌توان آب گرم یا بخار حاصل از منبع را مستقیماً برای تأمین نیازهای حرارتی مورد استفاده قرار داد. این ویژگی برای کشاورزی مدرن اهمیت بسیار زیادی دارد زیرا بسیاری از فعالیت‌های کشاورزی به گرما نیاز دارند. گرم کردن گلخانه‌ها تأمین آب گرم خشک کردن محصولات گرم کردن محیط‌های پرورش دام و طیور و برخی فعالیت‌های آبی‌پروری از جمله کاربردهایی هستند که می‌توانند از گرمای مستقیم زمین بهره ببرند. استفاده مستقیم باعث می‌شود بخشی از انرژی موجود در منبع بدون انجام تبدیل‌های پیچیده مورد استفاده قرار گیرد و در نتیجه در برخی شرایط بازده کلی سامانه افزایش یابد. همین موضوع سبب شده است که انرژی زمین گرمایی تنها به‌عنوان یک منبع تولید برق مورد توجه نباشد و کاربردهای حرارتی آن نیز در برنامه‌های توسعه انرژی پایدار جایگاه مهمی پیدا کند.