

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه تربیت مدرس شهید رجائی

مبانی و کاربردهای انرژی زمین گرمایی

تألیف:

دکتر علی میرمحمدی

عضو هیأت علمی دانشگاه

تربیت دبیر شهید رجائی

دکتر جاماسب پیرکندی

عضو هیأت علمی دانشگاه

صنعتی مالک اشتر

سر شناسنامه	: پیرکندی، جاماسب، ۱۳۵۵-
عنوان و نام پدید آور	: مبانی و کاربردهای انرژی زمین گرمایی/تالیف جاماسب پیرکندی، علی میر محمدی،
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، ۱۳۹۵
مشخصات ظاهری	: ۲۰۰ص.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۶۵۹۴-۶۰-۶
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۱۹۱.
موضوع	: مبانی زمین گرمایی
شناسه افزوده	: میرمحمدی، علی، ۱۳۵۵-
شناسه افزوده	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
رده بندی کنگره	: GB1199/5/پ۹م۲ ۱۳۹۵
رده بندی دیویی	: ۵۵۱/۲۳
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۲۱۹۹۳۵



دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی

عنوان	: مبانی و کاربردهای انرژی زمین گرمایی
تألیف	: دکتر جاماسب پیرکندی، عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی مالک اشتر، دکتر علی میرمحمدی، عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
ویراستار ادبی	: شهرام طهماسبی
نوبت چاپ	: اول - بهار ۱۳۹۵
انتشارات	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
لیتوگرافی	: فرانتش
چاپ	: فردوس
طراح جلد	: شهرام طهماسبی
ناظر چاپ	: محمد معتمدی نژاد
کارشناس چاپ و صفحه‌آرا	: نیره فیروزی
کارشناسان	: طاهره کیا/ علی رضایی اهوآنوئی
شمارگان	: ۱۰۰۰ جلد
قیمت	: ۱۸,۰۰۰ تومان
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۶۵۹۴-۶۰-۶ ISBN: 978-600-6594-60-6

کلیه حقوق این اثر برای مؤلفین و مترجمین و دانشگاه تربیت دبیر شهیدرجائی محفوظ است.
 نشانی: تهران، لویزان - کد پستی ۱۵۸۱۱-۱۶۷۸۸ - صندوق پستی ۱۶۳ - ۱۶۷۸۵ - تلفن: (۲۶۲۲) ۹ - ۲۲۹۷۰۰۶۰،
 تلفکس: ۲۲۹۷۰۰۴۲، پست الکترونیکی: Publish@srutu.edu، وب سایت: http://Publish.srttu.edu

مقدمه‌ای بر کتاب

بنام خداوند جان و خرد

باتوجه به بحران انرژی در آینده نزدیک در جهان، به لحاظ کاهش سوخت‌های فسیلی و ضرورت جلوگیری از تولید گازهای گلخانه‌ای حاصل از احتراق سوخت‌های هیدروکربنی، هرگامی در جهت بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه آن مثبت و ضروری است. گردآوری، تالیف، تصنیف و ترجمه متون و مقالات علمی به منظور تولید علم و آگاهی از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر توسط دانشمندان این رشته، خدمت بزرگی به جهان بشریت خواهد بود.

کتاب حاضر که تحت عنوان "مبانی و کاربردهای انرژی زمین گرمایی" توسط پژوهشگران دکتر علی میرمحمدی و دکتر جاماسب پیرکندی تألیف گردیده مورد توجه و مطالعه اینجانب قرار گرفت که نمونه‌ای از متون علمی ارزشمند در جهت توسعه بهره‌برداری از منبع انرژی خدادادی لایتناهی زمین گرمایی است لذا به دانشگاهیان و همکاران گرانقدر توصیه می‌شود مطالعه و توجه به آن را به دانشجویان و پژوهشگران یادآوری فرمایند.

و من الله التوفیق / فتح‌اله امی / بهار ۱۳۹۵

پیشگفتار

سپاس و ستایش خداوند بلند مرتبه را که به لطف و عنایت بی کران او توفیق تالیف کتاب مبانی و کاربردهای انرژی زمین گرمایی حاصل آمد. از این رو در آغاز، کمترین ادب بندگی بجای آورده و یاد می‌کنیم آموزنده بی‌آموزگار را و چه خوش گفت حکیم عمر خیام که؛

اجرام که ساکنان این ایوانند اسباب تردد خردمندانند
هان تا سر رشته خرد گم نکنی کانان که مدبرند سرگردانند

کتابی که پیش رو دارید حاصل تلاشی مجدانه به منظور تالیف دانسته‌ها و تجربیات نگارندگان در راستای بهبود و گسترش فناوری انرژی زمین گرمایی در ایران است. این کتاب مطابق با آخرین یافته‌ها و همگام با مراجع معتبر علمی دنیا تالیف شده و مهم‌ترین هدف آن ارائه اطلاعات جدید، همسو با نشریات معتبر، مجامع علمی، پایگاه‌های اطلاعاتی و کتب منتشره به علاقمندان است. کتاب مبانی و کاربردهای انرژی زمین گرمایی در مقام معرفی انرژی زمین گرمایی و فناوری آن به عنوان یکی از منابع انرژی خدادادی پاک، تجدیدپذیر و آینده پیش روی آن است. در این کتاب سعی شده است سیستم‌های تولید توان موجود و جدید مبتنی بر انرژی زمین گرمایی معرفی گردد. در فصل نخست کتاب ابتدا انواع انرژی‌های تجدیدپذیر و سپس به صورت کلی انرژی زمین گرمایی معرفی می‌گردد. در فصل دوم انرژی زمین گرمایی به صورت کامل معرفی می‌گردد. دلایل اهمیت انرژی زمین گرمایی، مزایا و معایب استفاده از انرژی زمین گرمایی، اثرات زیست محیطی نیروگاه‌های زمین گرمایی، اثرات کلی تولید برق، مزایای زیست محیطی نیروگاه‌های زمین گرمایی، انواع منابع زمین گرمایی، نشانه‌های انرژی زمین گرمایی، تاریخچه کاربرد انرژی زمین گرمایی، جایگاه انرژی زمین گرمایی در جهان، جایگاه انرژی زمین گرمایی

در ایران از موارد مهم بررسی شده در این فصل می‌باشد. در فصل سوم کتاب سامانه‌های موجود و کاربردی در انرژی زمین گرمایی معرفی شده است. در ادامه و در فصل چهارم پمپ‌های حرارتی به عنوان یک سامانه جدید معرفی شده و کارکرد آن توضیح داده می‌شود. در فصل پنجم یک مثال نمونه از طراحی یک پمپ حرارتی ارائه شده است. در آخر جمع بندی کتاب در فصل ششم انجام شده است.

نگارندگان تلاش‌ها و دلسوزی‌های پیشگامان فناوری‌های نوین و انرژی‌های خدادادی، پاک و تجدیدپذیر در ایران را ارج نهاده و ضمن پاس‌داشت مقام آنان، انگیزه خود از تالیف کتاب مبانی و کاربردهای انرژی زمین گرمایی را لزوم توجه به انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر در راستای تأمین نیازهای انرژی و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی انرژی‌های فسیلی می‌دانند؛ از آنجا که دانسته‌های بشری مرز نمی‌شناسند و دانش نگارندگان نیز بی‌تناسب با فرموده حکیم عمر خیام نیست که؛

هرگز دل من ز علم محروم نشد کم ماند ز اسرار که معلوم نشد
هفتاد و دو سال فکر کردم شب و روز معلوم شد که هیچ، معلوم نشد

لذا از دانشجویان عزیز، همکاران و پژوهشگران گرمی و خوانندگان محترم استعفا داریم که با رهنمودهای ارزشمند خود ما را در جهت رفع نقایص احتمالی یاری نمایند. مؤلفان کتاب از جناب آقای دکتر فرامرز آشنای قاسمی و همکاران ایشان در انتشارات دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی که زحمت کلیه امور مرتبط با چاپ کتاب را متحمل شدند و از استاد ارجمند جناب آقای دکتر فتح‌اله امی که کتاب را مطالعه و توصیه‌های ارزشمندی در ارتقای کیفی سطح آن پیشنهاد نمودند، مراتب کمال تشکر و سپاس خود را ابراز می‌دارند. همچنین مؤلفان کتاب از خانواده‌های گرمی خود که با تحمل و شکیبایی بسیار، انجام این امر مهم را مقدور ساخته و با فراهم آوردن محیطی آرام، فرآیند تألیف این مجموعه را سرعت بخشیده‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنند.

جاماسب پیرکندی، علی میرمحمدی

بهار ۱۳۹۵

فهرست

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه
۱	۱-۱ مقدمه‌ای بر انرژی‌های تجدیدپذیر
۷	۲-۱ مقدمه‌ای بر انرژی زمین‌گرمایی
۱۱	۳-۱ ساختار کتاب
۱۳	فصل دوم: معرفی انرژی زمین‌گرمایی
۱۳	۱-۲ معرفی انرژی زمین‌گرمایی
۱۴	۲-۲ دلایل اهمیت انرژی زمین‌گرمایی
۱۸	۳-۲ مزایا و معایب استفاده از انرژی زمین‌گرمایی
۲۲	۴-۲ اثرات زیست‌محیطی انرژی زمین‌گرمایی
۲۲	۱-۴-۲ مزایا و معایب
۲۳	۲-۴-۲ آیین‌نامه‌ها
۲۴	۳-۴-۲ اثرات کلی تولید برق
۲۵	۴-۴-۲ مزایای زیست‌محیطی انرژی زمین‌گرمایی
۳۵	۵-۲ چالش‌های محیط‌زیستی انرژی زمین‌گرمایی
۳۵	۱-۵-۲ فرونشست زمین
۳۸	۲-۵-۲ لرزه‌خیزی القایی
۴۰	۳-۵-۲ زمین‌لغزش‌های القایی
۴۲	۴-۵-۲ صدا (ناهنجاری‌های صوتی)

۴۴	..... ۵-۵-۲ اختلال در مظاهر طبیعی گرمایی
۴۴	..... ۶-۵-۲ اختلال در زیست بوم حیات وحش، گیاهان و چشم‌اندازها
۴۶	..... ۷-۵-۲ رویدادهای فاجعه‌آمیز
۴۷	..... ۸-۵-۲ آلودگی‌های حرارتی
۴۸	..... ۶-۲ انواع منابع زمین گرمایی
۵۰	..... ۷-۲ نشانه‌های انرژی زمین گرمایی
۵۲	..... ۸-۲ تاریخچه کاربرد انرژی زمین گرمایی
۵۵	..... ۹-۲ جایگاه انرژی زمین گرمایی در جهان
۵۹	..... ۱-۹-۲ جایگاه انرژی زمین گرمایی در کشور ایسلند
۶۲	..... ۲-۹-۲ جایگاه انرژی زمین گرمایی در کشور آمریکا
۶۲	..... ۳-۹-۲ جایگاه انرژی زمین گرمایی در کشور فیلیپین
۶۳	..... ۴-۹-۲ جایگاه انرژی زمین گرمایی در کشور مکزیک
۶۳	..... ۵-۹-۲ جایگاه انرژی زمین گرمایی در کشور اندونزی
۶۳	..... ۶-۹-۲ جایگاه انرژی زمین گرمایی در کشور فرانسه
۶۳	..... ۷-۹-۲ جایگاه انرژی زمین گرمایی در کشورهای آفریقایی
۶۵	..... ۱۰-۲ جایگاه انرژی زمین گرمایی در ایران
۷۲	..... ۱۱-۲ قیمت جهانی برق تولیدی از زمین گرمایی
۷۸	..... ۱۲-۲ بازار انرژی زمین گرمایی

۸۱ فصل سوم: مطالعه و بررسی بر روی سامانه‌های موجود

۸۱	..... ۱-۳ بهره‌برداری از انرژی زمین گرمایی
۸۱	..... ۲-۳ انواع تکنولوژی‌های نیروگاهی زمین گرمایی (کاربردهای غیرمستقیم)
۸۶	..... ۱-۲-۳ سیکل بخار خشک
۹۱	..... ۲-۲-۳ بخار لحظه‌ای
۹۳	..... ۱-۲-۲-۳ نیروگاه با سیال دو فاز، بخار لحظه‌ای، تک‌مرحله‌ای و بدون کندانسور
۹۴	..... ۲-۲-۲-۳ نیروگاه با سیال دو فاز، بخار لحظه‌ای، تک‌مرحله‌ای و با کندانسور
۹۷	..... ۳-۲-۲-۳ نیروگاه با سیال دو فاز، بخار لحظه‌ای، دو مرحله‌ای و با کندانسور
۹۹	..... ۳-۲-۳ سیکل باینری (دو مرحله‌ای)
۱۰۴	..... ۴-۲-۳ سیکل جریان کلی

۱۰۴	..... سیکل تزریقی ۵-۲-۳
۱۰۴	..... سیکل ترکیبی زمین گرمایی و فسیلی ۶-۲-۳
۱۰۶	..... انواع تکنولوژی‌های غیر نیروگاهی زمین گرمایی (کاربردهای مستقیم)
۱۰۷	..... کاربرد در درمان بیماری‌ها و استحمام ۱-۳-۳
۱۰۸	..... کاربرد در مراکز گلخانه‌ای و کشاورزی ۲-۳-۳
۱۱۰	..... کاربرد در دامپروری (حوضچه‌های پرورش ماهی) ۳-۳-۳
۱۱۱	..... کاربرد در گرمایش ساختمان‌ها ۴-۳-۳
۱۱۲	..... کاربرد در سرمایش ساختمان‌ها ۵-۳-۳
۱۱۳	..... کاربرد در ذوب برف و پیشگیری از یخبندان در معابر ۶-۳-۳
۱۱۵	..... کاربرد در پمپ حرارتی ۷-۳-۳
۱۱۷	..... کاربرد در صنعت ۸-۳-۳

۱۱۹ فصل چهارم: مطالعه و بررسی بر روی سامانه‌های نوین

۱۱۹	..... پمپ‌های حرارتی ۱-۴
۱۱۹	..... عملکرد پمپ‌های حرارتی ۱-۱-۴
۱۲۲	..... انرژی مورد استفاده پمپ حرارتی ۲-۱-۴
۱۲۴	..... تقسیم‌بندی پمپ حرارتی ۳-۱-۴
۱۲۴	..... تقسیم‌بندی پمپ حرارتی بر اساس سیکل حرارتی ۱-۳-۱-۴
۱۲۶	..... تقسیم‌بندی پمپ حرارتی بر اساس منبع ۲-۳-۱-۴
۱۳۱	..... معرفی اجزاء و نحوه کارکرد پمپ حرارتی زمین گرمایی ۴-۱-۴
۱۳۲	..... پمپ حرارتی با کندانسور هوایی ۱-۴-۱-۴
۱۳۳	..... پمپ حرارتی با کندانسور آبی ۲-۴-۱-۴
۱۳۵	..... چیدمان‌های مختلف پمپ‌های حرارتی ۵-۱-۴
۱۳۵	..... اتصال عمودی به زمین (سیستم عمودی) ۱-۵-۱-۴
۱۳۹	..... اتصال افقی به زمین (سیستم افقی) ۲-۵-۱-۴
۱۴۳	..... استفاده از آب در سیکل بسته ۳-۵-۱-۴
۱۴۴	..... استفاده از آب در سیکل باز ۴-۵-۱-۴
۱۴۶	..... کاربردهای پمپ حرارتی ۶-۱-۴
۱۴۷	..... وضعیت پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی در جهان ۷-۱-۴

۱۴۹	..... وضعیت پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی در ایران
۱۵۶	..... روابط حاکم بر پمپ حرارتی
۱۶۱	..... مراحل انجام پروژه‌های پمپ حرارتی زمین‌گرمایی
۱۶۲	..... نتیجه‌گیری
۱۶۳	..... سیکل ترکیبی زمین‌گرمایی با پمپ حرارتی
۱۶۵	..... سیکل ترکیبی زمین‌گرمایی با نیروگاه‌های بخار و سیکل ترکیبی
۱۶۵	..... اهداف عمده طرح
۱۶۵	..... تعریف مسئله
۱۷۰	..... مزایای طرح
۱۷۰	..... سیکل ترکیبی زمین‌گرمایی با موتور استرلینگ

۱۷۱ فصل پنجم: طراحی یک پمپ حرارتی نمونه

۱۷۱	..... انتخاب یک ساختمان نمونه
۱۷۱	..... معرفی نرم‌افزار کریر و محاسبه بارهای حرارتی و برودتی
۱۷۲	..... مشخصات ورودی به نرم‌افزار
۱۷۳	..... محاسبات نرم‌افزار
۱۷۴	..... معرفی نرم‌افزار GLD و طراحی کویل زمینی
۱۷۴	..... مقدمه‌ای بر نرم‌افزار
۱۷۵	..... مشخصات ورودی به نرم‌افزار
۱۸۳	..... خروجی و نتایج محاسبات
۱۸۵	..... بررسی اقتصادی سیستم طراحی شده

۱۸۷ فصل ششم: جمع‌بندی

۱۹۱ منابع