



گزارش اول:	آموزی خورشیدی ۱
✓ گزارش دوم:	آموزی زمین گرمایی ۱
گزارش سوم:	آموزی باد ۱
گزارش چهارم:	آموزی ژئست توده ۱
گزارش پنجم:	آموزی هیدروژن و بیل سوختی ۱
گزارش ششم:	آموزی خورشیدی ۲
گزارش هفتم:	آموزی زمین گرمایی ۲
گزارش هشتم:	آموزی باد ۲



ایجاد تنوع در منابع انرژی کشور و استفاده از آن با رعایت
مسائل زیست محیطی و تلاش برای افزایش سهم
انرژیهای تجدیدپذیر با اولویت انرژی آبی

تلاش برای کب فناوری و دانش فنی انرژیهای نو برای
ایجاد نیروگاههایی از قبیل بادی خورشیدی پیل های سوختی
و زمین گرمایی در کشور

فهرست مطالب

۲	پیش گفتار
۲	مقدمه
۳	تاریخچه
۳	مکانهای مناسب جهت بهره برداری از انرژی زمین گرمایی
۶	نیروگاه زمین گرمایی با سیال دو فاز
۶	نیروگاه زمین گرمایی با سیال تک فاز
۷	روشهای استفاده مستقیم یا غیر نیروگاهی
۷	۱- استخرهای آب گرم
۷	۲- مراکز گلخانه ای
۸	۳- گرمایش منازل
۸	۴- حوضچه های پرورش ماهی
۹	۵- ذوب برف و پیشگیری از یخبندان در معابر
۱۰	۶- پمپ حرارتی
۱۰	جایگاه انرژی زمین گرمایی در جهان
۱۲	زمین گرمایی در کشور ایسلند
۱۳	گرمایش ساختمانها در کشور ایسلند
۱۳	استخرهای شنا و مراکز آب درمانی در کشور ایسلند
۱۳	ذوب برف در معابر کشور ایسلند
۱۴	گلخانه های زمین گرمایی در کشور ایسلند
۱۴	حوضچه های پرورش ماهی در کشور ایسلند
۱۴	تولید برق در نیروگاههای زمین گرمایی ایسلند
۱۴	نیروگاه Bjarnarflag
۱۵	نیروگاه Krafla
۱۵	نیروگاه Nesjavellir
۱۵	نیروگاه Svartsengi
۱۵	انرژی زمین گرمایی در ایران
۱۶	منابع

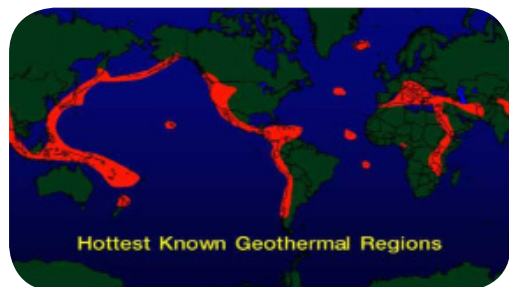
انگریزی زمین گرامری

مقدمه:

انرژی حرارتی که در پوسته جامد زمین وجود دارد، انرژی زمین گرمایی نامیده می شود. مرکز زمین منبع عظیمی از انرژی حرارتی است که به شکل های گوناگون از جمله فوران های آتشفشانی، آب های گرم و یا بواسطه خاصیت رسانایی به سطح آن هدایت می شوند. طبق فرضیه های موجود، زمین توده ای آتشین بوده که بیش از ۴ میلیارد سال پیش شکل گرفته و بتدریج به انجماد و سردی گراییده است و این سرد شدن همچنان نیز ادامه دارد.

در حال حاضر از انرژی زمین گرمایی در بسیاری از نقاط جهان و به صورت های مختلف، در سطح وسیعی استفاده می شود. محققین، همزمان با یکارگیری تکنولوژی های قدیمی تأمین انرژی، شیوه های جدید تأمین انرژی را نیز به تکامل رسانیده اند. در آینده نیز تلاش برای توسعه آن، هم در زمینه کشف منابع انرژی و هم در زمینه انتقال تکنولوژی امری اساسی تلقی می شود. بهره برداری از انرژی زمین گرمایی، بعنوان یک منبع انرژی بالقوه در اعماق زمین، مستقل از شرایط جوی بوده و قابلیت جوابگویی به نیاز کنونی و آتی بشر را دارد.

نواحی که دارای پتانسیل انرژی زمین گرمایی می باشند منطبق بر مناطق آتشفشانی و زلزله خیز جهان هستند.



مناطق از زمین که دارای پتانسیل زمین گرمایی می باشند

توسعه شگرف علم و فن در جهان امروز ظاهراً آسایش و رفاه زندگی بشر را موجب شده است، لیکن این توسعه یافتگی، مایه بروز مشکلات تازه ای نیز برای انسانها شده است که از آن جمله می توان به آلودگی محیط زیست، تغییرات گسترده آب و هوایی در زمین و غیره اشاره نمود. بویژه می دانیم که نفت و مشتقات آن از سرمایه های ارزشمند ملی و حیاتی کشور می باشند که مصرف غیر بهینه از آنها گاهی زیانهای جبران ناپذیری را ایجاد می کند. از اینرو صاحبان و کارشناسان بدنبال منابعی هستند که بتدریج جایگزین سوخت های فسیلی شوند. سازمان انرژی های نو ایران (سانا) وابسته به وزارت نیرو از سال ۱۳۷۴ فعالیت رسمی و گسترده ای را آغاز کرده است تا از انرژی های نو مانند انرژی خورشیدی، انرژی زمین گرمایی، انرژی باد، انرژی بيوگاز و بیوماس، انرژی امواج و ... بهره گیری کند، به این انرژی ها از آن جهت که به محیط زیست زیانی نمی رسانند، انرژی های پاک نیز می گویند.

در جهت آگاه سازی عمومی با انرژی های نو، سازمان انرژی های نو ایران (سانا) اقدام به انتشار گزارش های مختصر، ساده و مقدماتی تحت عنوان "از انرژی های نو چه می دانید" نموده است. گزارش اول در زمینه انرژی خورشیدی و راه های استفاده از آن منتشر شد و اینک گزارش دوم (گزارش حاضر) در مورد انرژی زمین گرمایی (ژئوترمال) ارائه می شود. در صورتیکه مایل باشید مطالب بیشتری درباره موضوعات مطرح شده در گزارش های فوق بدانید، کارشناسان سازمان انرژی های نو ایران آماده راهنمایی می باشند.

امید است انتشار این جزوه های کوچک و مختصر موجب اشاعه فرهنگ استفاده از انرژی های نو در کشور شود.



مواد مذاب نزدیک به سطح زمین

تاریخچه:

بشر مدت‌هاست که از منابع انرژی زمین گرمایی با درجه حرارت پایین (چشمه های آبگرم)، جهت استحمام و شستشو و همچنین مصارف درمانی استفاده می کند. اخیراً نیز از این انرژی در تامین گرمایش گلخانه ها؛ حوضچه

های پرورش ماهی؛ استخرهای تفریحی پیشگیری از یخ زدگی معابر در فصل سرما، پمپهای حرارتی جهت تامین گرمایش و سرمایش ساختمانها و برخی از فرآیندهای صنعتی استفاده می شود. تولید برق با استفاده از منابع انرژی زمین گرمایی با درجه حرارت بالا نیز طی ده سال اخیر رشد قابل ملاحظه ای داشته است.

با مشاهده کوههای آتشفشان؛ بشر از دیر باز به این حقیقت رسیده بود که در اعماق زمین منبعی داغ وجود دارد. در فاصله زمانی بین قرنهای ۱۶ و ۱۷ میلادی که اولین منابع زیر زمینی در اعماق چند صد متری حفر شد؛ این نتیجه نیز حاصل شد که هر چه بطرف مرکز کره زمین نزدیکتر شویم دما افزایش می یابد به گونه ای که بطور طبیعی در ازای هر ۱۰۰ متر افزایش عمق، تقریباً ۳ درجه سانتی گراد به دمای طبیعی زمین افزوده می شود.

نخستین اندازه گیری ها بوسیله دماسنج در سال ۱۷۴۰ و در معدنی نزدیک به ناحیه بلفورت در کشور فرانسه انجام شد. در سال ۱۸۷۰ با روشهای پیشرفته علمی نوع رفتار حرارتی زمین مورد مطالعه قرار گرفت.

نخستین تلاشها در لاردولو (ایتالیا) در سال ۱۹۰۴ برای

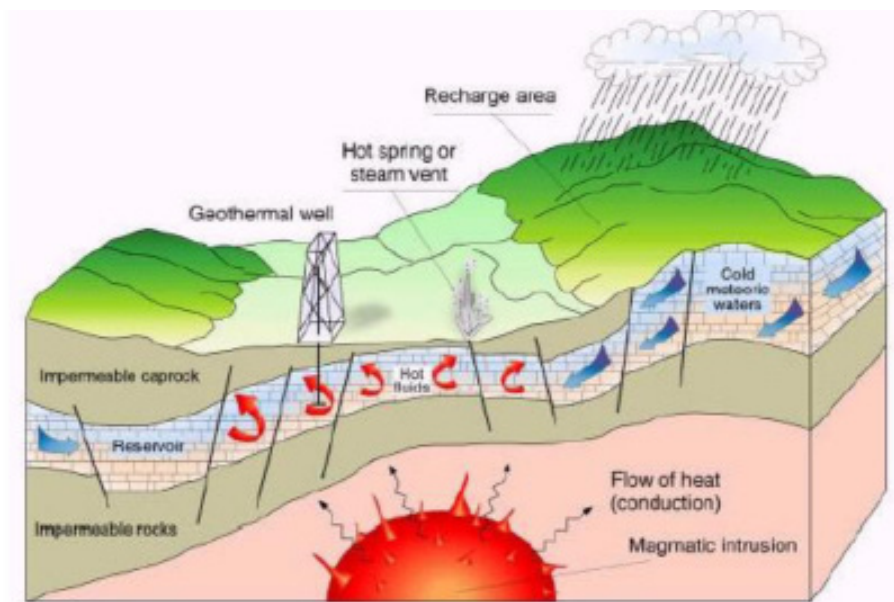
تولید برق با استفاده از انرژی زمین گرمایی صورت گرفت و از آن زمان تا کنون فعالیتهای زیادی در سراسر دنیا صورت گرفته است که در بخشهای بعدی به تدریج؛ آنها را بررسی خواهیم کرد.

ساخت نیروگاههای دوگانه (باینری) باعث پیشرفتهای چشمگیری در تولید برق با استفاده از انرژی زمین گرمایی شده است و در حال حاضر با به تکامل رسیدن این تکنولوژی؛ به طور تجاری از آبهای گرم زیرزمینی با درجه حرارت معمولی {بیشتر از ۱۰۰ درجه سانتیگراد} برق تولید می شود. در سالهای اخیر در زمینه پمپهای حرارتی زمین گرمایی نیز پیشرفتهای قابل توجه ای صورت گرفته است. در طولانی مدت پیشرفت در ساخت تجهیزات مربوط به استخراج انرژی از سنگهای خشک و داغ؛ لایه های تحت فشار زمین و منابع گدازه ها می تواند امکان استفاده بیشتر از پتانسیل بالقوه انرژی زمین گرمایی را میسر سازد.

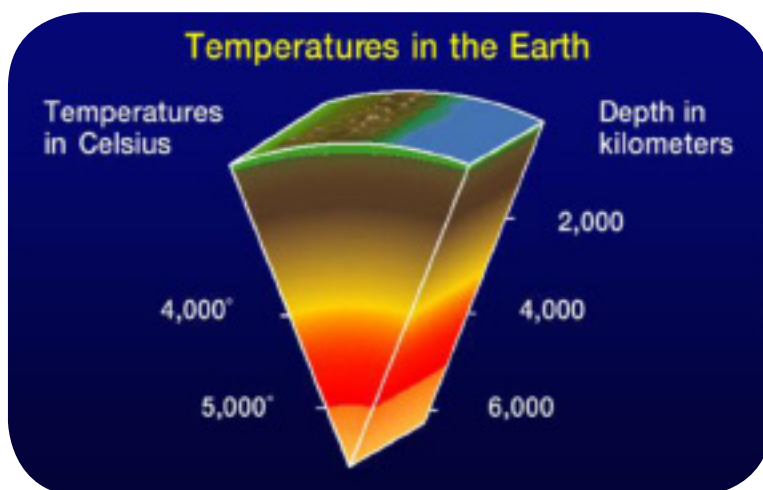
مکانهای مناسب جهت بهره برداری از انرژی زمین گرمایی

به طور کلی مناطقی از زمین که دارای سه ویژگی مهم زیر باشند می توانند دارای پتانسیل خوب جهت بهره برداری از انرژی زمین گرمایی باشند:

- ۱- مواد مذاب یا سنگهای داغ مجاور آنها (بعنوان منبع حرارتی) به گونه ای نزدیک به سطح زمین قرار گرفته باشند که موجب گرم شدن آبهای نفوذی شده و در نتیجه با حفاری چاههای تولیدی می توان با استخراج سیال گرم به حرارت مطلوب رسید.
- ۲- وجود آب برای انتقال حرارت منبع حرارتی به سطح زمین، آبهای جوی، آبهای ماگمایی و فسیل از جمله سیالات انتقال دهنده حرارت در یک سیستم زمین گرمایی هستند.
- ۳- لایه های مختلف زمین دارای خلل و فرج های زیاد باشند تا آبهای سطحی و نزولات جوی به خوبی داخل



جریان آب در لایه های مختلف زمین



دماهای لایه های مختلف زمین بر حسب درجه سانتی گراد

زمین نفوذ کند.

در ادامه به تعریف اجمالی از این روشها پرداخته می شود. فرآیند تولید برق در نیروگاه زمین گرمایی (کاربرد غیر مستقیم انرژی زمین گرمایی)

بطور ساده می توان گفت که نیروگاههای زمین گرمایی به دو دسته مهم تقسیم می شوند.

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

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

آبهای سطحی که بر اثر نیروی جاذبه زمین و از طریق خلل و فرجها به داخل آن نفوذ می کنند پس از مدتی به لایه های گرم زمین نزدیک می شوند و حرارت آنها را جذب می کنند بر اثر افزایش دما، چگالی خود را از دست داده و نسبت به آبهای سرد سبکتر شده و به صورت طبیعی از طریق خلل و فرجها مجدداً رو به سطح زمین حرکت می کنند و موجب پیدایش مظاهر حرارتی از قبیل چشمه های آبگرم در نقاط مختلف زمین می شوند در حالت طبیعی سیال گرم از خلال درزه، شکافها و گسلها به سطح زمین می رسد و ظهورهای سطحی ایجاد می کند. اما برای بهره برداری اقتصادی از یک سیستم زمین گرمایی با حفاری چاههای متعدد سیال بیشتری استحصال می شود.

بهره برداری از انرژی زمین گرمایی به دو روش کلی امکان پذیر می باشد که عبارتند از :

۱- استفاده غیرمستقیم یا نیروگاهی

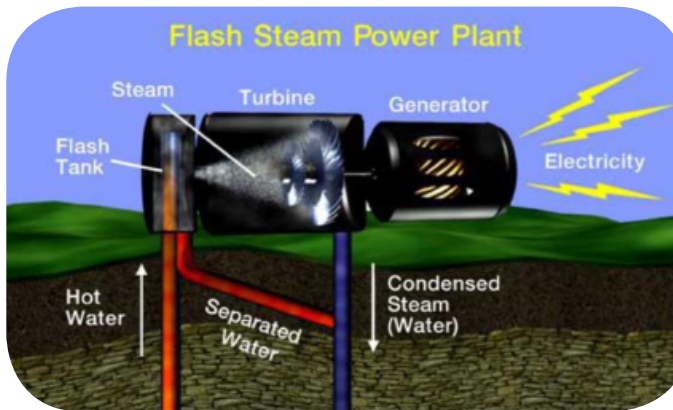
۲- استفاده مستقیم یا غیرنیروگاهی



نمونه ای از یک نیروگاه زمین گرمایی

نیروگاه زمین گرمایی با سیال دو فاز:

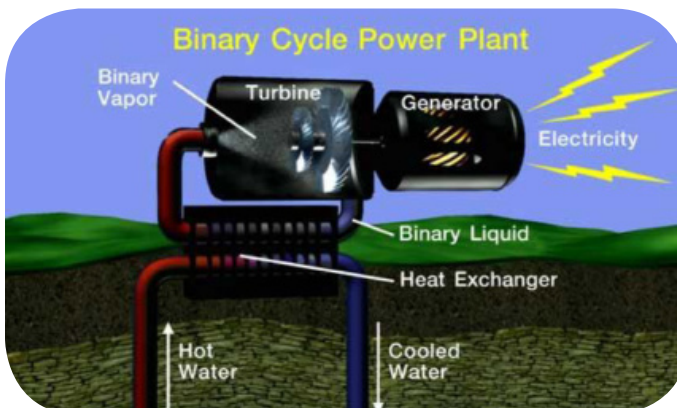
سیالی که معمولاً به شکل دو فاز مایع و بخار می باشد از چاههای زمین گرمایی خارج می شود که هرچه تعداد این چاهها بیشتر باشد میزان مایع و بخار خارج شده از چاهها و متناسب با آن میزان تولید برق نیز بیشتر می شود. این سیالات در مخزن جداکننده بخار از مایع جمع آوری شده و در این مخزن فاز بخار از مایع جدا می شود. بخار جدا شده وارد توربین شده و باعث چرخش پره های توربین می شود. پره ها نیز به نوبه خود محور توربین و در نتیجه محور ژنراتور را به حرکت وا می دارند که باعث بوجود آمدن قطبهای مثبت و منفی در ژنراتور شده و در نتیجه برق تولید می شود.



نیروگاه زمین گرمایی دوفازی

نیروگاه زمین گرمایی با سیال تک فاز:

در این نوع نیروگاهها نیاز به مخزن جدا کننده نمی باشد زیرا آب گرم وارد مبدل حرارتی شده و حرارت خود را به سیال عامل دیگری که معمولاً ایزوپنتان می باشد و نقطه جوش پایین تری نسبت به آب دارد منتقل می کند، در این فرایند ایزوپنتان به بخار تبدیل شده و به توربین منتقل می شود که در اینجا توربین و ژنراتور طبق توضیحات فوق می توانند برق تولید کنند.

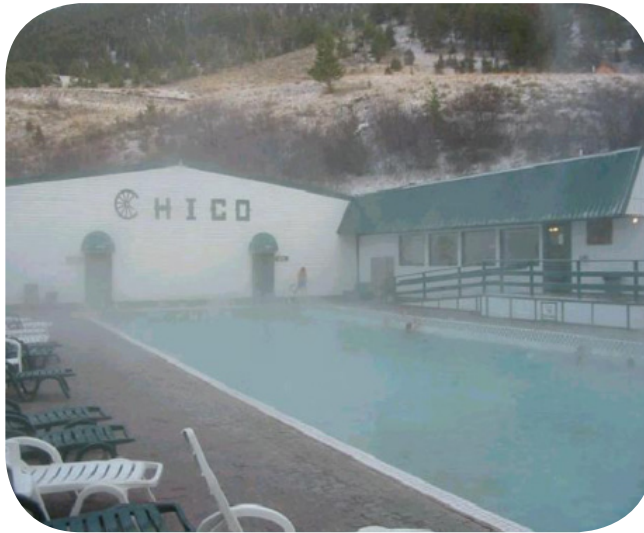


نیروگاه زمین گرمایی با سیال تک فاز

۱- استخرهای آب گرم:

در این روش آب گرم زمین گرمایی را می توان با آب سرد و معمولی ترکیب نمود و آب نسبتاً گرمی را برای اهدافی چون ایجاد مراکز جذب توریست و مجتمع های آب درمانی مورد استفاده قرارداد. از آب گرم زمین گرمایی در صورتی که فاقد مواد مضر برای بدن انسان باشد، می توان جهت مصارف آب درمانی مانند رفع ناراحتی های پوستی، ناراحتی های درد مفاصل و ناراحتی های روحی و روانی استفاده نمود.

همچنین در صورتی که آب گرم زمین گرمایی دارای مواد مضر برای بدن باشد می توان با استفاده از یک مبدل حرارتی، حرارت آن را به آب معمولی منتقل نمود و در نتیجه آب معمولی با دمای نسبتاً گرم در استخرها استفاده شود. برای استخرهای آب گرم، آبهای زمین گرمایی با دمای در حدود ۳۰ الی ۵۰ درجه سانتیگراد مناسب است.



استخر شنا زمین گرمایی

۲- مراکز گلخانه ای

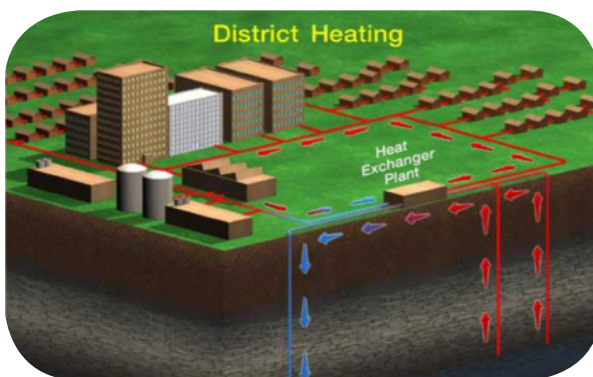
می توان آب گرم زمین گرمایی را توسط لوله کشی به داخل گلخانه ها هدایت نمود، تا بدین وسیله حرارت مورد نیاز جهت رشد و نمو گیاهان، میوه و سبزیهای خاصی را فراهم نمود. برای ایجاد چنین گلخانه هایی دمای در حدود ۸۰ الی ۱۲۰ درجه سانتیگراد مناسب است.



گلخانه زمین گرمایی

۳- گرمایش منازل

با کمک لوله کشی و یا رادیاتورهای ویژه می توان مانند سیستم های شوفاژ موجود، آب گرم زمین گرمایی را به داخل محیط های منازل، بیمارستانها، ادارات و ... منتقل و از حرارت این آبهای گرم جهت تامین گرمایش محیط استفاده نمود. برای گرمایش منازل؛ آبهای زمین گرمایی می بایست حرارتی در حدود ۵۰ الی ۱۰۰ درجه سانتیگراد داشته باشند.



گرمایش ساختمانها با استفاده از انرژی زمین گرمایی

۴- حوضچه های پرورش ماهی

در مزارع پرورش ماهی می توان با استفاده از آبهای گرم زمین گرمایی، حرارت و شرایط مورد نیاز برای رشد و پرورش ماهی های خاص را فراهم نمود برای حوضچه های پرورش ماهی، آب گرم زمین گرمایی می بایست حرارتی در حدود ۲۰ الی ۴۰ درجه سانتیگراد داشته باشد.



پرورش ماهی با استفاده از آبهای گرم

۵- ذوب برف و پیشگیری از یخبندان در معابر

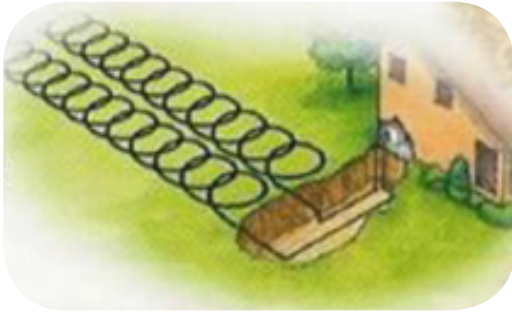
با استفاده از لوله‌هایی که در زیر معابر تعبیه می‌شود می‌توان در فصول سرما حرارت آبهای گرم را به آسفالت خیابانها و جاده‌ها یا به سطوح پیاده‌روها منتقل و بدین وسیله برف روی این سطوح را ذوب نمود. برای ذوب برف در معابر؛ آب گرم زمین گرمایی می‌بایست حرارتی در حدود ۲۰ الی ۵۰ درجه سانتیگراد داشته باشد.



ذوب برف و پیشگیری از یخبندان معابر توسط انرژی زمین گرمایی

۶- پمپ حرارتی

توسط پمپ های حرارتی می توان در تابستان سرمایش و در زمستان گرمایش ساختمانها را تامین نمود.



پمپ حرارتی

جایگاه انرژی زمین گرمایی در جهان

دست یافتن به انواع مختلف منابع انرژی و تامین نیاز بشر به انرژی مهمترین نگرانی و دغدغه جهان امروز است جدول زیر منابع عمده تامین انرژی و درصد آنها را در جهان نشان می دهند

سوختهای فسیلی نیز به نوبه خود شامل سه منبع بشرح جدول زیر می باشد.
جدول زیر میزان انرژی تولیدی در جهان را در بخش انرژیهای پاک نشان می دهد.

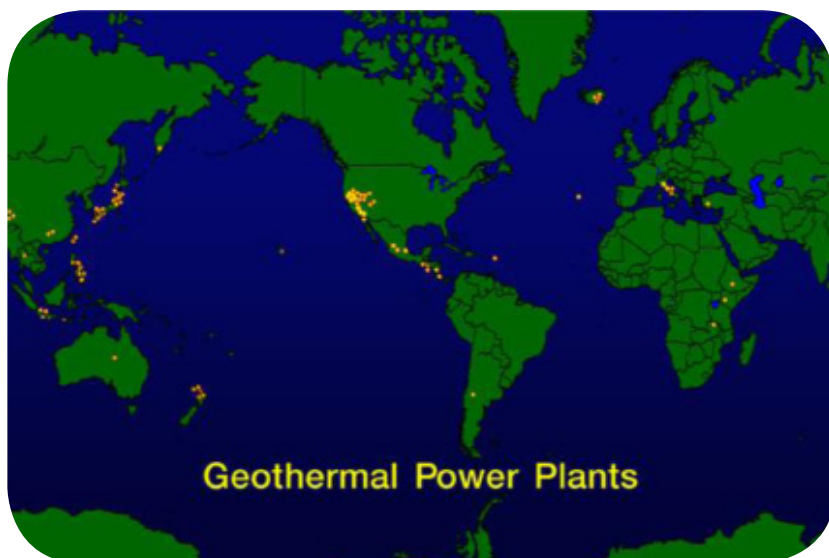
میزان انرژی تولید شده در سال 2006 (Mtoe)	سوختهای فسیلی
4030	نفت خام
2439	گاز طبیعی
3077	زغال سنگ

میزان استفاده از انرژی زمین گرمایی در جهان در حال افزایش است و از نظر کمیت مصرفی در میان انواع پنبجگانه انرژی

میزان انرژی تولید شده در سال 2006 (Mtoe)	انرژیهای نو
1184	انرژی بیوماس
76	انرژی باد و خورشیدی، زمین گرمایی
728	انرژی هسته ای
261	انرژی آبی

های تجدید پذیر بعد از انرژی برق آبی ، زیست توده و انرژی بادی در رتبه چهارم قرار گرفته و انرژی خورشیدی در رتبه بعدی قرار دارد.

در سال ۲۰۰۷ میزان تولید الکتریسیته در جهان توسط نیروگاههای زمین گرمایی ۶۰ Twh و میزان تولید حرارت در کاربرد



مکانهای نیروگاه زمین گرمایی

مستقیم انرژی زمین گرمایی در سال ۲۰۰۵ در حدود ۲۶۱۴۱۸ TJ بوده است. در جدول زیر میزان ظرفیت نصب شده نیروگاهی هر یک از انرژی های تجدید پذیر در نقاط مختلف جهان نشان داده شده است. در سال ۲۰۰۷ بیش از ۲۴ کشور جهان با نصب نیروگاههای زمین گرمایی از این منبع عظیم انرژی برای تولید برق استفاده

Renewable Electric Power Capacity, Existing as of 2006									
Technology	World Total	Developing Countries	EU-25	China	Germany	United States	Spain	India	Japan
gigawatts									
Wind power	74	10.1	48.5	2.6	20.6	11.6	11.6	6.3	1.6
Small hydropower	73	51	12	47	1.7	3.0	1.8	1.9	3.5
Biomass power	45	22	10	2.0	2.3	7.6	0.5	1.5	> 0.1
Geothermal power	9.5	4.7	0.8	~ 0	0	2.8	0	0	0.5
Solar photovoltaic-grid	5.1	~ 0	3.2	~ 0	2.8	0.3	0.1	~ 0	1.5
Solar thermal power-CSP	0.4	0	~ 0	0	0	0.4	< 0.1	0	0
Ocean (tidal) power	0.3	0	0.3	0	0	0	0	0	0
Total renewable power capacity (excluding large hydro)	207	88	75	52	27	26	14	10	7

نموده اند که مجموع ظرفیت نصب شده بالغ بر ۹۷۰۰ مگاوات که مهم ترین آنها عبارتند از:

- * آمریکا با ۲۶۸۷ مگاوات
- * فیلیپین با ۱۹۷۰ مگاوات
- * ایتالیا با ۸۱۰ مگاوات
- * مکزیک با ۹۵۳ مگاوات
- * اندونزی با ۹۹۲ مگاوات
- * ژاپن با ۵۳۵ مگاوات
- * نیوزلند با ۴۷۱ مگاوات
- * ایسلند با ۴۲۱ مگاوات

زمین گرمایی در کشور ایسلند

اگر بخواهیم بطور خلاصه در مورد زمین گرمایی در یک کشور با پتانسیل بالا مطالبی را ذکر کنیم می توان ایسلند را جزء کشورهایی نام برد که دارای پتانسیل بالای انرژی زمین گرمایی است. این کشور در منطقه ای آتش فشانی واقع بوده و موقعیتی ایده آل برای استفاده از انرژی زمین گرمایی داراست در سال ۲۰۰۶ حدود ۲۶٪ از برق مورد نیاز کشور ایسلند توسط انرژی زمین گرمایی، ۷۳/۴٪ توسط

برق آبی، ۱٪ الکتریسیته توسط سوخت فسیلی تامین گردید که سوخت فسیلی تنها برای تامین سوخت اتومبیل ها، کشتی ها و هواپیماها استفاده می شود. جالب توجه است که دولت ایسلند به منظور عدم استفاده از سوخت های فسیلی، طرح پیشنهادی استفاده از سوخت هیدروژن را مطرح کرده است.

همچنین در کشور ایسلند ۸۷٪ از منازل توسط آب گرم زمین گرمایی گرم می شود. هدف این کشور تامین ۱۰۰٪ انرژی خود از انرژی های تجدید پذیر و حذف سوخت های فسیلی در آینده نزدیک است.

طور کلی میزان و موارد استفاده انرژی زمین گرمایی در کشور ایسلند در سال ۲۰۰۶ بشرح زیر است:

- ۵۴٪ گرمایش محیطی (منازل، بیمارستانها، ادارات و ...)
- ۲۸٪ تولید الکتریسیته
- ۴٪ استخراج های شنا و مراکز جذب توریست
- ۴٪ ذوب برف در معابر
- ۲٪ استفاده صنعتی
- ۵٪ حوضچه های پرورش ماهی
- ۳٪ گلخانه های کشاورزی

اثرات مطلوب انرژی زمین گرمایی در سالم نگاه داشتن محیط زیست بسیار مشهود می باشد بطوریکه تا سال ۱۹۳۰ در شهر ریکیاویک مردم برای گرمایش منازل خود از زغال سنگ استفاده می کردند ولی بعد از سال ۱۹۳۰ استفاده از آب گرم زمین گرمایی برای گرمایش منازل آغاز شد و هم اکنون شهر ریکیاویک یکی از پاک ترین

شهرهای دنیا محسوب می شود که مهمترین دلیل آن استفاده از انرژی زمین گرمایی و جایگزینی آن به جای مصرف سوخت های فسیلی است.

کشور ایسلند دارای ۱۵۰ منطقه با پتانسیل نسبتاً خوب (با دمای پایین) انرژی زمین گرمایی است که بیش از ۶۰۰ چشمه آب گرم (دمای بیشتر از ۲۰) در داخل آن پراکنده



شهر ریکیاویک قبل از استفاده از انرژی زمین گرمایی



شهر ریکیاویک بعد از استفاده از انرژی زمین گرمایی

میزان اهمیت استخرهای شنا در این کشور می باشد. ده استخر شنا طی مدت پنج سال در شهر ریکیاویک تأسیس شده است که سالانه میزان ۱۱۰۰ تراژول انرژی در این استخرها مصرف می شود که آب گرم زمین گرمایی منبع تأمین کننده آن است.

ذوب برف در معابر کشور ایسلند

عملیات ذوب برف بوسیله زمین گرمایی در معابر کشور ایسلند حدود ۱۵ تا ۲۰ سال قبل آغاز شده است. در این روش، آب خروجی از خانه ها که دمایی در حدود ۳۵ درجه سانتیگراد دارد در داخل لوله هایی که در زیر جاده ها، خیابانها و پیاده روها تعبیه شده است جریان داده می شود و بدین وسیله از تجمع و یخ زدگی برف در معابر جلوگیری می شود. انرژی مورد استفاده برای ذوب برف سالانه تقریباً معادل (۴۱۰ TJ) است.

گلخانه های زمین گرمایی در کشور ایسلند

از سال ۱۹۲۴ آبهای زمین گرمایی برای تأمین گرمایش

شده است.

همچنین در این کشور ۲۶ منطقه با پتانسیل بالای زمین گرمایی (حرارت بیش از ۱۵۰ درجه سانتی گراد) وجود دارد که در این مناطق سیال زمین گرمایی بصورت دو فاز (بخار و مایع) است.

گرمایش ساختمانها در کشور ایسلند

همانطور که ذکر شد در کشور ایسلند آبهای گرم زمین گرمایی بیشتر جهت گرمایش منازل، بیمارستانها، ادارات و ... استفاده می شود. چاههای ۵۰ تا ۱۰۰ متری برای تأمین آب گرم در مناطقی که دارای پتانسیل مطلوب است حفاری می شوند و آب گرم مورد نیاز بدین ترتیب تأمین می شود. این آبها برای تأمین گرمایش ساختمانها و شستشو مورد استفاده قرار می گیرد.

استخرهای شنا و مراکز آب درمانی در کشور ایسلند

شهر ریکیاویک به یکصد و دو هزار نفر جمعیت دارد و جالب توجه است که در سال ۱۹۹۹ بیشتر از یک میلیون و هفتصد هزار نفر توریست از این شهر بخاطر داشتن استخرهای آب گرم بازدید نموده اند. این امر نشان دهنده

زمین گرمایی در کشور ایسلند معادل $421/2$ مگاوات بوده و 169 مگاوات ظرفیت جدید در حال احداث دارد که نسبت به سال 2005 در حدود 10.8% افزایش ظرفیت نصب شده داشته است. چهار منطقه ای که بیشترین پتانسیل انرژی زمین گرمایی را برای تولید برق دارند عبارتند از: Bjarnarflag، Krafla، Mesjavellir و Svartsengi.

نیروگاه Bjarnarflag

این نیروگاه با ظرفیت سه مگاوات از سال 1969 الکتریسیته تولید می نماید. دمای مخزن در این ناحیه 280 درجه سانتیگراد می باشد و بخار در فشار ثابت $9/5$ bar با دبی $12/5$ kg/s وارد توربین می شود. کل ظرفیت نصب شده این نیروگاه در سال 2007 برابر $3/2$ مگاوات بوده است.

نیروگاه Krafla:

فضای گلخانه ها استفاده می شده است و هم اکنون تامین گلخانه های این کشور مساحتی بالغ بر 183000 متربا استفاده از این آبها انجام می شود. 55% از این مساحت برای پرورش سبزیجات و 45% برای پرورش گل اختصاص دارد. مجموع سالانه انرژی مصرفی در اینگونه گلخانه ها تقریباً معادل 790 TJ است.

حوضچه های پرورش ماهی در کشور ایسلند

امروزه در بیشتر از 50 منطقه در کشور ایسلند از آبهای گرم زمین گرمایی در مراکز پرورش ماهی استفاده می شود. در این مراکز آب گرم که معمولاً دمایی بین 20 تا 50 درجه سانتیگراد دارد وارد مبدل های حرارتی شده و حرارت آن با کمک آب سرد و معمولی در حدود 5 تا 12 درجه سانتیگراد می شود که در حوضچه های پرورش ماهی مورد استفاده قرار می گیرد این امر باعث می شود تا رشد ماهی ها به سرعت انجام پذیرفته و در نتیجه زودتر به سن صید برسند. مجموع انرژی زمین گرمایی که بدین ترتیب در حوضچه های پرورش ماهی مورد استفاده قرار می گیرد سالانه معادل 650 TJ است.

تولید برق در نیروگاه های زمین گرمایی ایسلند

طبق آمار سال 2007 میزان ظرفیت نصب شده نیروگاه های



نمایی از نیروگاه زمین گرمایی Nesjavellir در کشور ایسلند

نیروگاه krafla واقع در شمال ایسلند از سال ۱۹۷۷ با دو واحد ۳۰ مگاواتی (در جمع ۶۰ مگاوات) راه اندازی شده است. در این نیروگاه که از نوع Double fla است، پس از مدتی بخاطر مسائل خوردگی سیال و همچنین رسوبات داخل چاه، تنها یکی از واحدهای ۳۰ مگاواتی به مدت ۲۰ سال فعال بوده ولی پس از حفاری چهار حلقه چاه تولیدی در سال ۱۹۹۶ میزان ظرفیت نصب شده این نیروگاه در سال ۱۹۹۷ مجدداً به ۶۰ مگاوات افزایش پیدا کرد. در این نیروگاه دمای مخزن در حدود ۲۱۰ تا ۳۵۰ درجه سانتیگراد می باشد و بخار با فشار ۷/۷ bar وارد توربین HP شده و سپس از جداکننده دوم با فشار ۲/۲ bar وارد توربین LP می شود. میزان دبی سیال در قسمت اول ۱۲۰ kg/s و در قسمت دوم ۳۰ kg/s است. میزان تولید انرژی الکتریکی توسط این نیروگاه در سال ۱۹۹۹ برابر ۴۸۴ GWh بوده است.

نیروگاه Nesjavellir:

در ماه اکتبر سال ۱۹۹۸ نخستین توربین این نیروگاه با

ظرفیت ۳۰ MWe و یک ماه بعد نیز دومین توربین با ظرفیت ۳۰ MWe راه اندازی شد و بزرگترین نیروگاه زمین گرمایی ایسلند می باشد. از سیال برابر ۱۲ bar و دمای آن ۱۹۰ درجه سانتیگراد است. در آینده نزدیک پنج چاه تولیدی دیگر در این ناحیه حفر خواهد شد. علاوه بر تولید برق در این نیروگاه، میزان ۲۰۰ MWh حرارت به صورت آب گرم با دبی ۱۸۰۰ لیتر بر ثانیه تولید می شود که دمای آن بیشتر از ۸۲ درجه سانتیگراد است این آب پس از طی مسافتی بالغ بر ۲۷ km جهت گرمایش منازل در شهر ریکیاویک مورد استفاده قرار می گیرد. نکته جالب توجه این است که پس از طی مسافت فوق دمای آب تنها یک درجه کاهش می یابد که این امر نشان دهنده عایق کاری بسیار عالی لوله های انتقال آب است.

ظرفیت کلی نصب شده این نیروگاه در سال ۲۰۰۷ برابر با ۱۲۰ مگاوات (۴ واحد ۳۰ مگاواتی) و به صورت ترکیبی تولید برق و حرارت بوده است.

نیروگاه Svartsengy

در این نیروگاه ابتدا یک توربین با ظرفیت ۳۰ MWe

در سال ۱۹۷۷ نصب شد که علاوه بر تولید برق به میزان ۷۵ MWh حرارت نیز جهت انواع مصارف مستقیم تولید می نموده است. سپس در سال ۱۹۹۹ ظرفیت این نیروگاه به ۴۵ MWe افزایش یافت و میزان حرارت تولیدی توسط آب گرم نیز به رقم ۲۰۰ MWh رسید. برای راه اندازی این نیروگاه ۳۷ میلیون دلار آمریکا هزینه شده است که ۷/۵ میلیون دلار آن برای حفاری چاهها صرف شده است. ظرفیت نصب شده این نیروگاه در سال ۲۰۰۷ شامل دو واحد ۳۰ و ۸ مگاواتی فلش و ۸ مگاوات باینری که در کل ۴۶ مگاوات می باشد.

در مجاورت این نیروگاه، استخرشای آب گرم احداث شده است که سالانه ۱۷۰۰۰۰ نفر توریست از آن بازدید و استفاده میکنند که یکی از مهمترین جاذبه های اصلی در صنعت توریست نیز به شمار می رود.

انرژی زمین گرمایی در ایران

استفاده از انرژی زمین گرمایی در ایران به سالهای بسیار دور می رسد بطوری که مردم به شیوه های سنتی از این انرژی در محللهایی که چشمه های آبگرم وجود داشت، در قالب حمامها و استخرهای شنا جهت مصارف آبدرمانی و تفریحی استفاده می کردند. هم اکنون مطالعات احداث اولین نیروگاه زمین گرمایی در کشور توسط سازمان انرژیهای نو ایران وابسته به وزارت نیرو در منطقه مشکین شهر در حال اجراء است که در فاز اول حفاری ۵ حلقه چاه اکتشافی به عمق ۳۱۹۶، ۲۲۶۵، ۳۱۷۶، ۲۴۰۰ و ۱۳۰۰ متر و همچنین ۲ چاه تزریقی به عمق ۱۹۰۰ و ۶۵۰ متر انجام گرفته و فاز دوم این پروژه از خرداد ماه ۱۳۸۷ آغاز گردیده است. نتایج اولیه حاکی از وجود پتانسیل بالا و مطلوبی برای احداث نیروگاه در این منطقه است.

همچنین در این سازمان پروژه پمپ حرارتی در شهرهای مشکین شهر، بندرعباس، رشت، اهواز و طالقان جهت تامین گرمایش و سرمایش ساختمان در حال انجام است.

تاکنون مناطقی از ایران که دارای پتانسیل مناسب جهت بهره برداری از انرژی زمین گرمایی هستند، مورد مطالعه قرار گرفته اند و پروژه های تحقیقاتی در این زمینه در دست مطالعه و اجرا می باشد.

منابع:

- * Geothermal Education Office
- * TGA, International Geothermal Association
- * Geothermal Energy Association
- * International Group Source Heat pumps
- * IEA, International Energy Agency
- * OS.IS(Energy statistics in Island 2007)
- * گزارشات شرکت ENEL
- * گزارشات شرکت SKM

