بسم الله الرحمن الرحیم

فهرست مطالب

پیشگفتار	۳
ساختار درونی زمین	۴
گرما	۵
انرژی زمین گرمایی	۶
تاریخچهٔ انرژی زمین گرمایی	۷
تاریخچهٔ انرژی زمین گرمایی در جهان	۸
تاریخچهٔ انرژی زمین گرمایی در ایران	۹
توانمندی های حاصله در کشور در حوزهٔ انرژی زمین گرمایی	۱۰
چگونگی ایجاد منابع زمین گرمایی	۱۱
عوامل اساسی تشکیل منابع زمین گرمایی	۱۲
منابع انرژی زمین گرمایی	۱۶
مکان های مناسب برای بهره برداری از انرژی زمین گرمایی	۱۸
مهمترین نشانه های منابع زمین گرمایی	۲۰
کاربردهای انرژی زمین گرمایی	۲۳
مزایای استفاده از انرژی زمین گرمایی	۲۵
معایب استفاده از انرژی زمین گرمایی	۲۶
انرژی زمین گرمایی در ایران	۲۷
مناطق مستعد انرژی زمین گرمایی در ایران	۲۸
شواهد وجود منابع زمین گرمایی در ایران	۲۹
پتانسیل های انرژی زمین گرمایی موجود در ایران	۳۱
مشکلات و موانع اجرایی در ایران برای توسعهٔ منابع زمین گرمایی	۳۳
حفر اولین چاه انرژی در ایران	۳۴
نیروگاه زمین گرمایی	۳۵
شکل هایی از نحوه انتقال انرژی زمین گرمایی به نیروگاه	۳۶
نحوه تولید برق در نیروگاه زمین گرمایی	۳۷
انواع نیروگاه های زمین گرمایی	۳۹
نوع دیگری از تقسیم بندی نیروگاه های زمین گرمایی	۴۴
نیروگاه زمین گرمایی مشگین شهر	۴۵

پیشگفتار

در سال های اخیر با توجه به رو به اتمام رفتن انرژی های تجدیدناپذیر، می بایست به سمت استفاده و بهره برداری از انرژی های تجدیدپذیر باشیم. چرا که انرژی های تجدیدپذیر در مقایسه با انرژی های تجدیدناپذیر از مزایایی همچون آلوده نکردن محیط زیست و برگشت پذیر بودن برخوردارند.

یکی از انرژی های تجدیدپذیر که مربوط به مبحث ما بوده و از موهبت های الهی است، انرژی زمین گرمایی می باشد. انسان ها معمولاً در مواجهه با نعمت ها و برکات خداوند بسیار سطحی نگر برخورد می کنند. اما حکمت و کرامت خداوند نسبت به انسان بسیار بیشتر از این سطح ها می باشد. کما این که در مورد زمین نیز می بینیم که محدود به همین پوسته ای که ما روی آن زندگی می کنیم نیست!

زمین از لایه های مختلفی تشکیل شده که انسان با استفاده از دانش خود دریافته که زمین از سه لایه ی اصلی با نام های پوسته، گوشته و هسته ساخته شده است که می توان گفت انرژی زمین گرمایی را می توان از همین لایه ها به دست آورد.

در بعضی از کشورها نظیر ایسلند با استفاده از دانش خود توانسته اند از این انرژی در جهت تولید برق استفاده کنند و این کشور را به یکی از پاک ترین کشورها در دنیا تبدیل کنند.

ما سعی داریم که در ابتدا از ساختار درونی زمین شروع کرده و شما را با بخش های مختلف زمین آشنا کنیم و بگوییم که انرژی زمین گرمایی چگونه انرژی ای است و در نهایت مبحث را به سمت استفاده از این انرژی در نیروگاه های زمین گرمایی در جهت تولید برق سوق دهیم.

امید است که بتوانیم شما را تا حد امکان با انرژی زمین گرمایی و نیروگاه های مربوط به این نوع انرژی آشنا سازیم.

غلامرضا حاجی پور

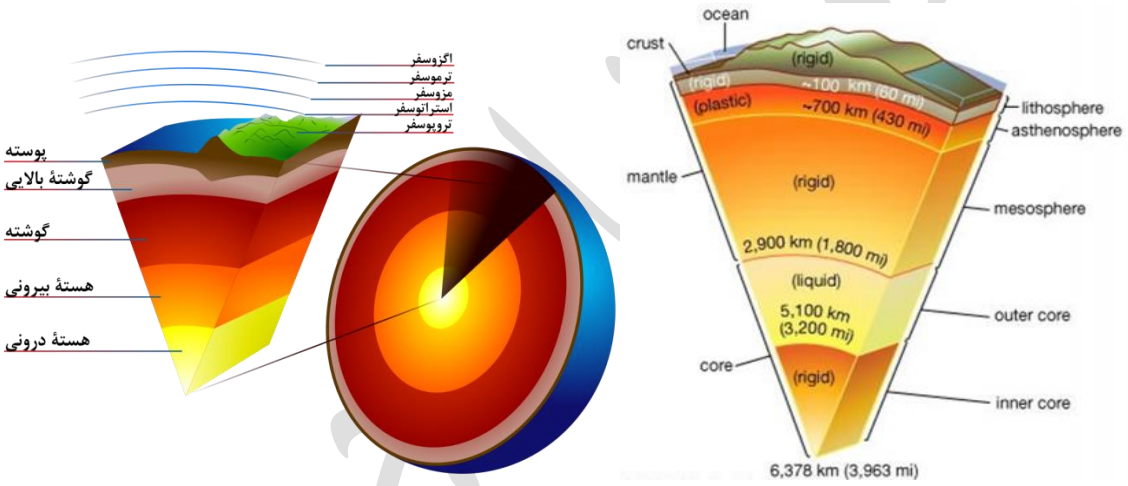
بهار ۱۳۹۷

غلامرضا حاجی پور

ساختار درونی زمین

درون زمین را مانند دیگر سیاره های خاکی می توان بسته به تفاوت های شیمیایی و فیزیکی(رئولوژی[1]) که در آن دیده می شود، به چندین لایه تقسیم کرد. زمین بر خلاف دیگر سیاره های خاکی از دو هستهٔ بیرونی و درونی جدا از هم ساخته شده است. لایهٔ بیرونی زمین که پوسته نام دارد، جامد است و بیشتر از سیلیکات[2] ها ساخته شده است. درست در زیر پوسته، گوشتهٔ جامد، لایه ای با گرانروی[3] بسیار بالا قرار دارد. پوسته و گوشته با کمک لایه ای به نام ناپیوستگی موهوروویچیچ از هم جدا می شوند. ضخامت پوسته در نقاط گوناگون زمین تغییر می کند. این ضخامت به طور متوسط در زیر اقیانوس ها حدود ۶ کیلومتر است و در بخش های قاره ای به ۳۰ تا ۵۰ کیلومتر هم می رسد.

مجموعهٔ پوسته و ناحیهٔ بالایی گوشته که سرد و سخت است روی هم لیتوسفر نام دارد. زمین ساخت بشقابی یا همان صفحه های تکتونیکی مربوط به لیتوسفر است. در زیر لیتوسفر، لایهٔ آستنوسفر قرار دارد. این لایه به نسبت از گرانروی کمتری برخوردار است، به گونه ای که لیتوسفر بر روی آن روان است. دگرگونی های مهم در ساختار بلوری در گوشته در عمقی میان ۴۱۰ تا ۶۶۰ کیلومتری از سطح زمین رخ می دهد که گوشتهٔ بیرونی و درونی را از یکدیگر جدا می کند. در زیر گوشته، لایه ای با گرانروی بسیار کم قرار دارد. این لایه که هستهٔ بیرونی نام دارد بر روی لایهٔ جامد و در حال گردش هستهٔ درونی جای گرفته است.



توضیحات:

۱- رئولوژی (روانه شناسی= شارش شناسی): علم جریان و تغییر شکل جریان ها که بر هم کنش نیروها، تغییر شکل و زمان را توصیف می کند.

۲- سیلیکات (SiO_4^{4-}): یک ترکیب شیمیایی با بار منفی از سیلیسیم است و بیشتر اکسیدی اند.

۲- گرانروی: گرانروی عبارت است از مقاومت یک سیال در برابر اعمال تنش برشی. به تعریفی دیگر، مقاومت اصطکاکی یک مایع یا گاز را در برابر شارش یا لغزیدن لایه ها، هنگامی که تحت تنش برشی قرار گیرد گرانروی می گویند.

نام های دیگر گرانروی عبارتند از: وشکسانی(وشک در فارسی به معنی صمغ است.)، ویسکوزیته(به فرانسوی **viscosite**) و لِزجَت.

هرچه گرانروی مایعی بیشتر باشد، برای ایجاد تغییر شکل یکسان به تنش برشی بیشتری نیاز است. به عنوان مثال: گرانروی عسل از گرانروی شیر بسیار بیشتر است.

گرما

گرمای ناشی از یکپارچگی زمین در اثر نیروی گرانشی میان اجزای آن (نزدیک ۲۰٪) و گرمای تولید شده در اثر واپاشی هسته ای (۸۰٪) دست در دست یکدیگر می دهند و باعث گرم شدن درون زمین می شوند.

ایزوتوپ[1] های اصلی که باعث پیدایش این گرما می شوند عبارتند از: پتاسیم-۴۰، اورانیوم-۲۳۵، اورانیوم-۲۳۸ و توریم-۲۳۲. در مرکز زمین دما بیش از ۴۰۰۰ درجهٔ سانتیگراد و فشار به بیش از ۳۶۰ گیگاپاسکال می رسد. از آنجایی که گرمای درونی زمین بیشتر از واپاشی هسته ای به وجود می آید، دانشمندان برآورد می کنند که در آغاز تاریخ زمین، هنگامی که ایزوتوپ های با نیمه عمر[2] کوتاه هنوز از دست نرفته بودند، گرمای تولیدی بسیار بیشتر از این مقدار بوده است. برای نمونه در سه میلیارد سال پیش این مقدار دو برابر گرمای تولیدی در عصر حاضر بوده است.

غلامرضا حاجی پور

توضیحات:

۱- ایزوتوپ: عناصری که عدد اتمی(Z) یکسان و عددجرمی(A) متفاوتی دارند.

۲- نیمه عمر: معمولاً سرعت واپاشی یک ایزوتوپ را با نیمه عمر مشخص می کنند. نیمه عمر زمانی است که طول می کشد تا تعداد هسته های پرتوزای موجود در یک نمونه به نصف برسد.

انرژی زمین گرمایی(Geothermal Energy)

انرژی زمین گرمایی از منابع انرژی های تجدیدپذیر[1] است ودر صورتی تجدیدپذیر محسوب می شود که انرژی برداشت شده بیش از انرژی ای که از طریق مرکز زمین (این انرژی، بر اثر واکنش های هسته ای به صورت پیوسته تولید می شود) جایگزین می شود نباشد.

اصطلاح زمین گرمایی ترجمهٔ واژهٔ **Geothermal** است که ریشهٔ یونانی داشته و از کلمات **Geo** به معنای زمین و **Therme** به معنای حرارت تشکیل شده است.

انرژی زمین گرمایی، انرژی موجود در عمق زمین است که از انرژی خورشیدی که در طول هزاران سال در داخل زمین ذخیره شده و همچنین فروپاشی یا زوال ایزوتوپ های اورانیوم رادیواکتیویته، توریم و پتاسیم در طی سالیان دراز در عمق زمین نشأت گرفته است که عمدتاً در نواحی زلزله خیز و آتشفشانی جوان و صفحات تکتونیکی[2] زمین متمرکز شده است.

زمین منبع عظیمی از انرژی است، به طوری که حرارت در هستهٔ آن بیش از ۴۰۰۰ درجهٔ سانتیگراد می رسد. حرارت زمین به طرق مختلف از جمله فوران آتشفشان ها، چشمه های آبگرم، آبفشان ها و گلفشان ها در اثر کاهش چگالی[3] زمین و خاصیت رسانایی از بخش هایی از زمین به سطح آن هدایت می شوند. درجهٔ حرارت زمین با توجه به عمق آن به صورت غیرخطی زیاد می شود. (با تقریب خطی هر۱۰۰ متر ۳ درجهٔ سانتیگراد) انرژی حرارتی ذخیره شده در ۱۱ کیلومتری فوقانی پوستهٔ زمین معادل پنجاه هزار برابر کل انرژی به دست آمده از منابع نفت و گاز شناخته شدهٔ امروز جهان است. انرژی زمین گرمایی بر خلاف سایر انرژی های تجدیدپذیر محدود به فصل، زمان و شرایط خاصی نبوده و بدون وقفه قابل بهره برداری می باشد. همچنین قیمت تمام شدهٔ برق در نیروگاه های زمین گرمایی با برق تولیدی از سایر نیروگاه های متعارف(فسیلی) قابل رقابت بوده و حتی از انواع دیگر انرژی های نو به مراتب ارزان تر است.

توضیحات:

۱- انرژی تجدیدپذیر(**Renewable Energy**): این انرژی که انرژی برگشت پذیر نیز نامیده می شود، به انواعی از انرژی می گویند که منبع تولید آن بر خلاف انرژی های تجدیدناپذیر(فسیلی)، قابلیت آن را دارد که توسط طبیعت در یک بازه زمانی کوتاه مجدداً به وجود آید یا به عبارتی تجدید شود و معمولاً آلودگی هم به وجود نمی آورند.

۲- صفحات تکتونیکی: بر اساس نظریهٔ رانش قاره ای، سنگ کره(پوستهٔ کرهٔ زمین)(به انگلیسی: لیتوسفر) زمین از صفحاتی(به انگلیسی: صفحات تکتونیکی) تشکیل می شود که در کل شامل ۷ یا ۸ صفحهٔ اصلی، که در مواردی خود از تعدادی صفحات کوچک تشکیل می شوند، ساخته شده است.

۳- چگالی(دانسیته - جرم مخصوص): در دانش های پایه، چگالی یا دانسیته را مقدار جرم موجود در واحد حجم ماده می دانند.

تاریخچهٔ انرژی زمین گرمایی

مرکز زمین (به عمق تقریبی ۶۴۰۰ کیلومتر) که در حدود ۴۰۰۰ درجهٔ سانتیگراد حرارت دارد به عنوان یک منبع حرارتی عمل نموده و موجب تشکیل و پیدایش مواد مذاب با درجهٔ حرارت ۶۵۰ تا ۱۲۰۰ درجهٔ سانتیگراد در اعماق ۸۰ تا ۱۰۰ کیلومتری از سطح زمین می گردد. به طور میانگین، میزان انتشار این حرارت از سطح زمین که فرایندی مستمر است، معادل ۸۲ میلی وات در واحد سطح است که با در نظرگرفتن مساحت کل زمین، مجموع کل اتلاف حرارت از سطح آن برابر با ۴۲ میلیون مگاوات است. در واقع این میزان حرارت غیرعادی عامل اصلی پدیده های زمین شناسی از جمله فعالیت های آتشفشانی، ایجاد زمین لرزه ها، پیدایش رشته کوه ها(فعالیت های کوه زایی) و همچنین جا به جایی صفحات تکتونیکی می باشد که کرهٔ زمین را به یک سیستم دینامیک تبدیل نموده و پیوسته آن را تحت تغییرات گوناگون قرار می دهد. به وسیلهٔ یک سیال مانند بخار یا آب داغ یا هر دو می توان این حرارت را به سطح زمین انتقال داد. از این انرژی گرمایی در سطح زمین می توان در کاربردهای متفاوت از جمله تولید برق استفاده کرد. امروزه ۸۵ تا ۹۰ درصد منازل ایسلند برای تأمین گرما و آب گرم مورد نیاز خود از انرژی زمین گرمایی استفاده می کنند.

بررسی تاریخچهٔ انرژی زمین گرمایی

الف) جهان **ب) ایران**

تاریخچهٔ انرژی زمین گرمایی در جهان

وجود کوه های آتشفشانی اولین نشانهٔ وجود گرما در زیر زمین بود.

حفر اولین منابع زمین گرمایی در فاصلهٔ زمانی بین قرن های ۱۶ و ۱۷ میلادی صورت گرفت.

اولین اندازه گیری ها در بلفورت فرانسه در قرن هجدهم میلادی انجام شد.

اوایل قرن نوزدهم استخراج سیالات زمین گرمایی با هدف بهره برداری از انرژی حرارتی در ایتالیا صورت گرفت.

۱۸۷۰: استخراج بخارات طبیعی آب با هدف بهره برداری از انرژی مکانیکی آن انجام شد.

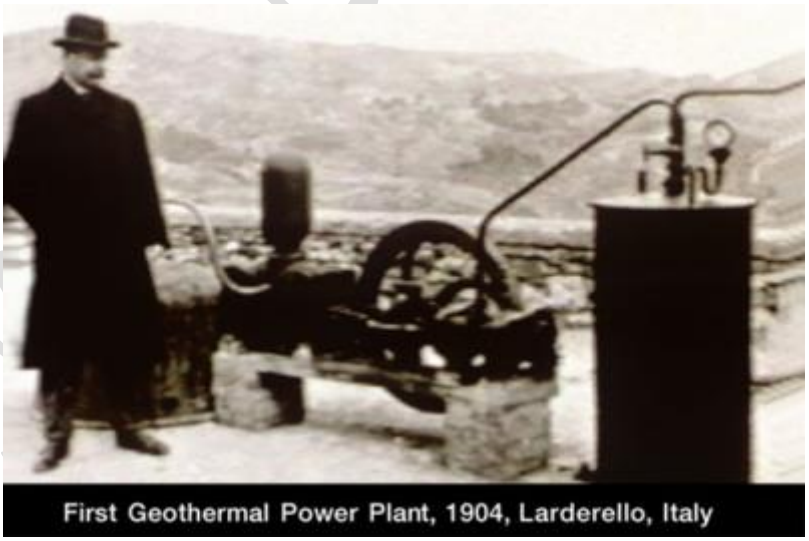
۱۹۰۴: تولید برق از این انرژی در لاردرلو ایتالیا

۱۹۲۰: حفر نخستین چاه های ژئوترمال در ژاپن و کالیفرنیا به طور همزمان

۱۹۲۸: استخراج سیال زمین گرمایی برای تأمین گرمایش منازل در ایسلند

پس از جنگ جهانی دوم در سال ۱۹۵۸، نیوزیلند به عنوان دومین کشور فعال در این زمینه اقدام به تولید برق از انرژی زمین گرمایی نمود.

تولید برق برای اولین بار از انرژی زمین گرمایی در لاردرلو ایتالیا



تاریخچهٔ انرژی زمین گرمایی در ایران

در ایران از سال ۱۳۵۴ مطالعات گسترده ای به منظور شناسایی پتانسیل های منبع انرژی زمین گرمایی توسط وزارت نیرو با همکاری مهندسین مشاور ایتالیایی **ENEL** در نواحی شمال و شمال غرب ایران در محدوده ای به وسعت ۲۶۰ هزارکیلومترمربع آغاز گردید. نتیجهٔ این تحقیقات مشخص نمود که مناطق سبلان، دماوند، خوی، ماکو و سهند با مساحتی بالغ بر ۳۱ هزارکیلومترمربع جهت انجام مطالعات تکمیلی و بهره برداری از انرژی زمین گرمایی مناسب می باشند. درهمین راستا برنامهٔ اکتشاف، مشتمل بر بررسی های زمین شناسی، ژئوفیزیک[۱] و ژئوشیمیایی[۲] برنامه ریزی شد. در سال ۱۳۶۱ با پایان یافتن مطالعات اکتشاف مقدماتی در هر یک از مناطق ذکر شده، نواحی مستعد با دقت بیشتری شناسایی شده و در نتیجه در:

منطقهٔ سبلان: نواحی مشگین شهر، سرعین و بوشلی

منطقهٔ دماوند: ناحیهٔ نونال

منطقهٔ ماکو- خوی: نواحی سیاه چشمه و قطور

منطقهٔ سهند: پنج ناحیهٔ کوچک

جهت تمرکز فعالیت های فاز اکتشاف تکمیلی انتخاب شدند. پس از یک وقفهٔ نسبتاً طولانی و با هدف فعال نمودن مجدد طرح، گزارش های موجود مجدداً در سال ۱۳۶۹ توسط کارشناسان **UNDP** (برنامهٔ پیشرفت و توسعهٔ ملل متحد،شبکه های جهانی توسعهٔ ملل متحد«واقع در نیویورک») بازنگری شده و منطقهٔ زمین گرمایی مشگین شهر به عنوان اولین اولویت جهت ادامهٔ مطالعات اکتشافی معرفی شد.

پیرو مطالعات ذکر شده، پروژه انجام حفاری های اکتشافی، تزریقی، توصیفی به منظور شناسایی بیشتر پتانسیل در منطقهٔ مشگین شهر در سال ۱۳۸۱ تعریف گردید که عملیات حفر اولین چاه زمین گرمایی نیز در همان سال آغاز گردید. فاز اول این پروژه در سال ۱۳۸۳ اتمام یافت که در مجموع سه حلقه چاه اکتشافی و دو حلقه چاه تزریقی در این مرحله حفر گردید و تست دو حلقه از سه حلقه چاه اکتشافی با موفقیت انجام گرفت که مهمترین دستاورد این فاز از پروژه کسب دانش فنی مربوط به حفر چاه های زمین گرمایی بود.

فاز دوم این پروژه در سال ۱۳۸۴ آغاز گردید.

توضیحات:

۱- ژئوفیزیک: دانشی که به مطالعهٔ نیروهای فیزیکی و جریانات داخلی زمین می پردازد.

۲- ژئوشیمیایی: علمی که درباره ترکیب و تغییرات شیمیایی پوسته ی زمین بحث می کند.

توانمندی های حاصله در کشور در حوزهٔ انرژی زمین گرمایی

در پروژه توسعهٔ میدان زمین گرمایی و ساخت نیروگاه مشگین شهر مراحل حفاری چاه ها، بهره برداری از چاه ها در دورهٔ تست، ساخت دستگاه های مربوط به تست در کشور کاملاً بومی شده و توسط متخصصان داخلی به انجام رسیده است.

همچنین در زمینهٔ استفاده از پمپ های حرارتی[1] زمین گرمایی تاکنون تکنولوژی نصب کویل های زمینی به صورت کامل و ۱۰۰٪ در کشورمان، ایران، بومی شده است.

توضیحات:

۱- پمپ حرارتی زمین گرمایی: اگر منحنی تغییرات دمای هوا و دمای زمین در اعماق را در طول یک سال رسم نماییم، مشاهده می شود که هرچه عمق زمین بیشتر شود، میزان تغییرات دمای زمین در طول سال دارای تغییرات کمتری خواهد بود. به طوری که از حدود عمق ۳ الی ۴ متری از سطح زمین تغییرات دما و نوسانات آن در طول یک سال بسیار ناچیز می باشد. این در حالی است که میزان تغییرات دمای هوا دارای نوسانات بسیار زیادی می باشد. این امر بدین معنی است که زمین منبع خوبی برای تأمین گرمایش در ماه های سرد و همچنین تأمین سرمایش در ماه های گرم سال است.

تکنولوژی پمپ های حرارتی بر این اصل استوار است که در عمق ۲ تا ۳ متری زمین، درجه دما ثابت بوده و در زمستان گرم تر از هوای بیرون و در تابستان سرد تر از هوای محیط است. سیستم های سرمایش و گرمایش ژئوترمال که با نام های دیگری هم مانند پمپ های حرارتی با منبع زمین(GSHP)، سیستم های مبدل زمین گرمایی(Geo Exchange) و یا سیستم های انرژی زمینی(EES) شناخته می شوند، شامل پمپ های حرارتی هستند که با استفاده از انرژی برق، گرما را از زیر زمین جمع آوری و توسط سیالی که از لوله های کارگذاشته شده می گذرد، به واحد نصب شده در داخل ساختمان ها منتقل می کنند. این واحد گرمای سیال درون لوله ها را جذب کرده و با استفاده از قوانین متراکم سازی(compression) حرارت را تشدید و افزایش داده و به دمای مطلوب جهت گرمایش ساختمان می رساند. گرمای حاصل از پمپ های حرارتی به واسطهٔ احتراق ایجاد نشده و فقط گرما از محلی به محل دیگر منتقل می کنند. همچنین به طور معکوس در تابستان، هوای گرم داخل ساختمان از طریق یک مکنده وارد دستگاه شده و پس از سرد شدن مجدداً به داخل اتاق دمیده می شود. در داخل دستگاه حرارت به مبرد(سردکننده- خنک کننده) منتقل شده و پس از عبور مبرد از سیکل مربوطه، حرارت موجود در آن توسط یک مبدل دو لوله ای به آب داخل کویل زمینی که داخل لوله های پلی اتیلنی نصب شده، در داخل زمین منتقل می شود. سیکل کاری این سیستم کاملاً مانند یخچال بوده و فقط به جای انتقال گرمای درون یخچال به اطراف یخچال، گرمای درون ساختمان را به زمین منتقل می کند. راندمان انرژی این سیستم ها ۳۰۰ تا ۴۰۰ درصد بوده(در مقایسه با مدرن ترین سیستم های گازی با ۹۸ درصد راندمان) و به ازای هر ۱ دلار برق مصرفی در این سیستم، ۳ تا ۴ دلار صرفه جویی مصرف داریم. در واقع یک سیستم منفرد، کار دو سیستم گرمایش و سرمایش را انجام می دهد. استفاده از این سیستم ها تا ۶۶ درصد انتشار گازهای گلخانه ای را کاهش داده و ۷۵ درصد کمتر از سیستم های گرمایش و سرمایش سنتی، الکتریسیته مصرف می کنند.

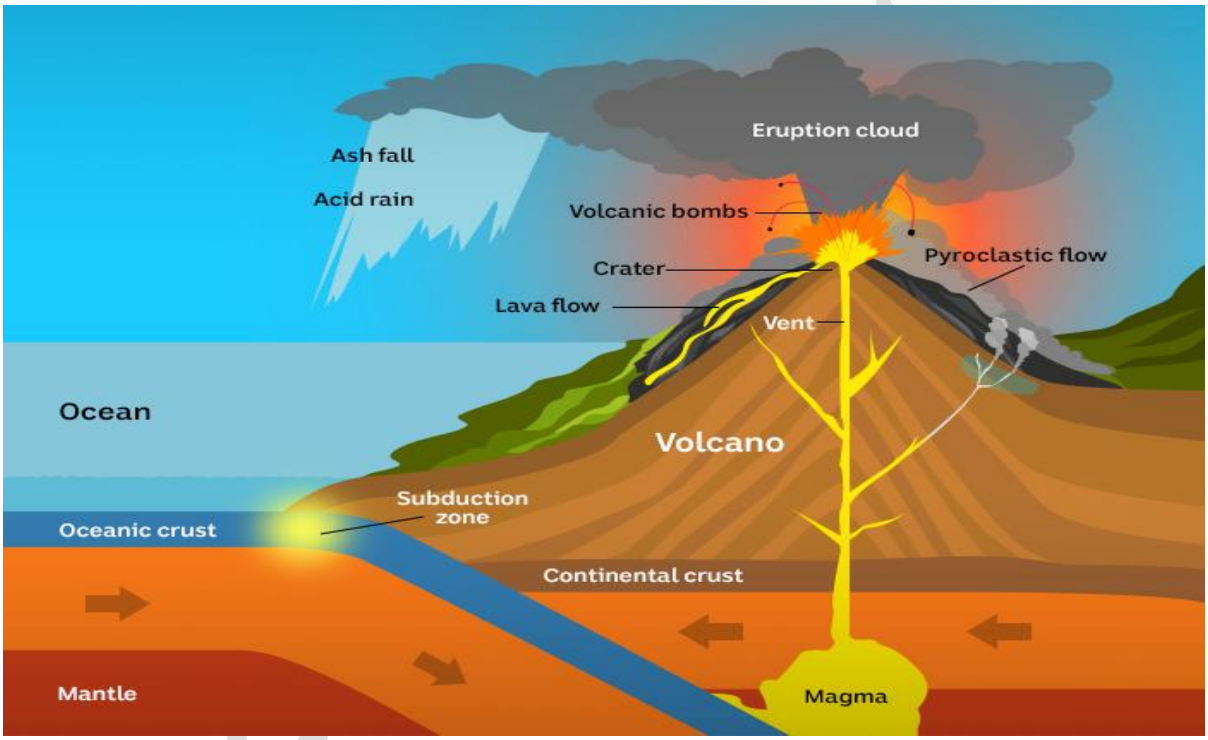
کاربرد پمپ های حرارتی: پمپ حرارتی در منازل، ساختمان های اداری و تجاری، هتل، بیمارستان، سرمایش و گرمایش منطقه ای، صنایع، مراکز پرورش دام و طیور، گلخانه ها و ... کاربرد داشته و در کاربردهای مختلف دارای تنوع مدل می باشد. پمپ های حرارتی کم قدرت در حد چند کیلو وات می توانند در آبگرم مصارف خانگی و بخصوص در تابستان دماهای بالایی را به طور مؤثر تأمین کنند. پمپ های حرارتی با قدرت بالا در حدود ۱۲ تا ۲۰ کیلو وات می توانند برای مصارف داخلی بزرگتر مانند انبارهای ذخیره ی کالا و گرمایش آب استخرها مورد استفاده قرار گیرند.

فواید زیست محیطی پمپ های حرارتی: از مهمترین مزایای استفاده از پمپ های حرارتی زمین گرمایی می توان به کاهش اثرات مخرب زیست محیطی آن اشاره نمود. با توجه به این که استفاده از سیستم هایی که از سوخت های فسیلی مانند گاز طبیعی جهت تأمین گرمایش محیط استفاده می کنند، یکی از عوامل اصلی تولید آلاینده های زیست محیطی می باشند. جایگزین نمودن انواع انرژی های نو به جای سیستم های با مصرف سوخت فسیلی، می تواند به میزان قابل توجهی از انتشار گازهای گلخانه ای و آلاینده های زیست محیطی جلوگیری نماید.

چگونگی ایجاد منابع زمین گرمایی

گرما از هسته ی زمین به طور پیوسته به طرف خارج حرکت می کند. این جریان از طریق انتقال و هدایت گرمایی، گرما را به لایه های سنگی مجاور، جُبّه«گوشته»، می رساند. وقتی درجه ی حرارت و فشار به اندازه ی کافی بالا باشد، بعضی از سنگ های جُبّه ذوب می شوند و ماگما بوجود می آید. سپس به دلیل سبکی و تراکم کمتر نسبت به سنگ های مجاور، ماگما به طرف بالا منتقل می شود و گرما را در جریان حرکت، به طرف پوسته ی زمین حمل می کند.

گاهی اوقات ماگمای داغ به سطح زمین می رسد و گدازه را به وجود می آورد. اما بیشتر اوقات، ماگما در زیر سطح زمین باقی می ماند و سنگ ها و آب های مجاور را گرم می کند. این آب ها بیشتر منشأ سطحی دارند و حاصل آب بارانی هستند که به اعماق زمین نفوذ کرده است. بعضی از این آب های داغ از طریق گسل ها و شکست های زمین به طرف بالا حرکت می کنند و به سطح زمین می رسند که به عنوان چشمه های آبگرم و آبفشان شناخته می شوند. اما بیشتر این آب ها در اعماق زمین، در شکاف ها و سنگ های متخلخل[1] محبوس می مانند و منابع زمین گرما را به وجود می آورند.



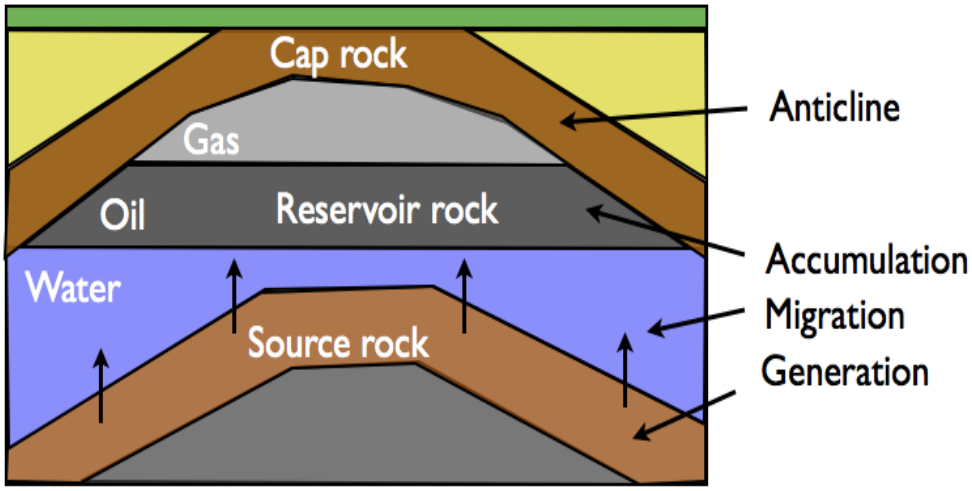
توضیحات:

۱- متخلخل: شی ای که اجزای آن به هم پیوسته نباشد.

عوامل اساسی تشکیل منابع زمین گرمایی

به طور کلی برای شکل گیری و تکامل یک سیستم زمین گرمایی وجود چهار عامل اصلی، منبع حرارتی(**Heat Source**)، سنگ مخزن (**Reservoir Rock**)، سنگ پوششی(**Cap Rock**) و سیال(**Fluid**) ضروری است. سیستم های زمین گرمایی در مناطقی تشکیل می گردند که این چهار عامل در کنار هم دیگر قرار گرفته باشند.

سنگ مخزن و سنگ پوشش



۱- منبع حرارتی(**Heat Source**):

تمرکز حرارت در پوسته ی زمین در مقیاس ناحیه ای و موضعی توسط چندین فرایند صورت می گیرد. مهمترین منبع تولید حرارت در داخل پوسته ی زمین واپاشی عناصر رادیواکتیو می باشد. علاوه بر منبع مذکور، عوامل دیگری نیز در تولید حرارت نقش دارند که از آن جمله می توان به فعالیت های آذرین درونی، آتشفشان ها، فعالیت های تکتونیکی و همچنین فرونشینی سریع رسوبات در حوضه های رسوبی فعال اشاره کرد.

واپاشی رادیواکتیو باعث تبدیل شدن بخشی از ماده به انرژی تشعشعی می شود که این انرژی نیز به نوبه خود به انرژی حرارتی تبدیل می گردد. ایزوتوپ های رادیواکتیو طبیعی به میزان متفاوتی حرارت تولید می کنند، ولی بیشترین میزان توسط واپاشی سری ایزوتوپ های(اورانیوم-۲۳۵ و اورانیوم-۲۳۸) و (توریم-۲۳۲) که در نهایت ایزوتوپ(پتاسیم-۴۰) را ایجاد می کنند، تولید می شوند. در نتیجه می توان گفت که تولید حرارت در سنگ ها توسط واکنش های رادیواکتیو و به تناسب مقدار اورانیوم، توریم و پتاسیم موجود در آنها صورت می گیرد.

سرد شدن توده های نفوذی تزریق شده به درون پوسته، غالباً به عنوان یک منبع تولید حرارت برای سیستم های زمین گرمایی به شمار می رود. این توده ها که غالباً حرارتی بین ۷۰۰ تا ۱۲۰۰ درجهٔ سانتیگراد دارند، با ایجاد سیستم های چرخشی و یا هدایتی در درون پوسته ی زمین حرارت نواحی مجاور خود را به میزان قابل ملاحظه ای افزایش می دهند. به طور کلی فعالیت های مرتبط با قرارگیری توده های ماگمایی در مقیاس جهانی از فرضیه ی جداشدن قاره ها و عملکرد صفحه های تکتونیکی تبعیت می نماید.

نقاط حاشیه ای حاشیه صفحات تکتونیکی که محل فعالیت های ماگمایی و تولید ماگما می باشند در چارچوب ایجاد حرارت و منبع حرارتی اهمیت زیادی دارند. چرا که نفوذ و حرکت رو به بالای توده های ماگمایی، در امتداد مرز صفحات تکتونیکی صورت می پذیرد و منابع زمین گرمایی در این نقاط و یا مناطق مجاور آنها متمرکز می شوند.

۲- سنگ مخزن(**Reservoir Rock**):

سنگ مخزن که وجود آن یکی از الزامات عمده در شکل گیری یک سیستم زمین گرمایی است، می تواند شامل یک توالی از سنگ هایی با ویژگی های خاص باشد که به طور معمول شامل ضخامتی از سنگ های رسوبی[۱] یا آذرآواری[۲] است. این قبیل سنگ ها دارای تخلخل[۳] و ضخامت قابل ملاحظه ای بوده و می توانند حجم عظیمی از سیالات زمین گرمایی را در خود ذخیره نمایند. شایان ذکر است که علاوه بر دو عامل تخلخل و ضخامت، عامل تراوائی[۴] نیز در تشکیل مخازن زمین گرمایی نقش مهمی ایفا می نماید. به عبارت دیگر اقتصادی بودن یک مخزن زمین گرمایی در درجهٔ اول بستگی به حجم سیال موجود در سیستم و در درجهٔ دوم بستگی به میزان تراوائی سنگ ها دارد، چنانکه بسیاری از رسوبات یا سنگ های رسوبی با وجود اینکه به دلیل تخلخل بالا حاوی حجم قابل ملاحظه ای از سیالات هستند، اما به دلیل تراوائی ناچیز، امکان استخراج و بهره برداری اقتصادی از سیالات مذکور وجود ندارد.

سنگ های رسوبی **سنگ های آذرآواری**

توضیحات:

۱- سنگ های رسوبی: به سنگی گفته می شود که بر اثر ته نشین شدن مواد موجود در آب به وجود آید. رودها مقدار زیادی مواد را با خود به دریاها و دریاچه ها می برند. این مواد به دلیل سنگینی به ته دریا می روند، روی هم قرار می گیرند و پس از سفت شدن، سنگ هایی را به وجود می آورند که به آنها سنگ های رسوبی گفته می شود.

۲- سنگ های آذرآواری: سنگ های خرد شده ای هستند که در فوران های آتشفشان ها به هوا پرتاب می شوند.

۳- تخلخل: ناپیوستگی- جدایی اجزاء و ذرات جسمی از هم

۴- تراوائی: به معنای نفوذپذیری است و توانایی در برابر نفوذ تعریف می گردد.

۳- سنگ پوشش(**Cap Rock**):

سنگ پوششی شامل ضخامتی از طبقات غیرقابل نفوذ و یا با نفوذپذیری ناچیز است که بر روی سنگ مخزن قرار گرفته و مانع از فرار سیال از مخزن می گردد. سنگ پوشش معمولاً از طبقات سنگ های رسی(نوعی از سنگ های رسوبی)، انیدریتی(از مجموعهٔ کانی[1] ها)، ژیپسی(از مجموعهٔ کانی ها)و یا نمکی(از مجموعهٔ کانی ها) تشکیل می شود. این سنگ ها معمولاً دارای حرارتی پایین بوده و تقریباً به صورت عایق حرارتی عمل می نمایند. به دلیل انتقال حرارت از منبع حرارتی به سنگ مخزن و عدم انتقال آن توسط سنگ پوششی به لایه های بالاتر درجه حرارت سنگ مخزن به تدریج افزایش پیدا می کند. لایه های سنگ پوشش ممکن است در طول تکامل یک سیستم ایجاد شوند، ولی اغلب به نظر می رسد که در اثر فرایندهای زمین شناسی بسیار قدیمی رسوب گذاری شده باشند. گاهی اوقات فعالیت های شدید تکتونیکی باعث ایجاد شکستگی هایی در سنگ پوشش می شود که در چندین شرایط موجب خروج سیال از سنگ مخزن و نفوذ آن به طبقات فوقانی و در نهایت موجب ظهور چشمه های آبگرم و گازفشانها در سطح زمین می گردد که در بررسی ها و تحقیقات زمین گرمایی یکی از علائم وجود انرژی زمین گرمایی محسوب می شود.

سنگ رسی **سنگ انیدریتی** **سنگ ژیپسی**

سنگ نمک

توضیحات:

۱- کانی: مواد طبیعی و جامدی هستند که ترکیب شیمیایی نسبتاً ثابتی دارند و در ترکیب سنگ های پوستهٔ زمین یافت می شوند و دارای فرمول شیمیایی(فرمول مولکولی) و ساختمان اتمی مشخص می باشند و در صنایع مختلف مانند خمیردندان سازی، ساعت سازی و... کاربرد دارند.

۴- سیال(**Fluid**):

یکی از عوامل اصلی در تکوین و شکل گیری سیستم های زمین گرمایی و بهره برداری اقتصادی از آن وجود سیالات زمین گرمایی است که عامل انتقال حرارت از مخازن و منابع مربوطه به سطح می باشند. منشأ تأمین سیالات موجود در مخازن زمین گرمایی بسیار متنوع بوده و شامل آب های جوی(**Meteoric Water**)، آب های دانه ای(**Connate Water**)، آب های فسیلی(**Fossil Water**)، آب های ماگمایی(**Magmatic Water**) و آب های حاصل از دگرسانی و دگرگونی کانی های ناپایدار می باشد. البته باید توجه داشت که در بیشتر موارد آب های مربوط به سه گروه آخر نقش چندان مؤثری در تأمین سیالات زمین گرمایی ندارند.

همچنین نکتهٔ مهم در بهره برداری اقتصادی از مخازن زمین گرمایی، برقراری حالت تعادل بین میزان استخراج سیالات زمین گرمایی و میزان تغذیهٔ مخزن می باشد که باید به طور طبیعی و از طریق منابع فوق و یا به صورت مصنوعی انجام پذیرد.

به طور کلی چهار عامل اصلی که مورد بررسی قرار گرفت برای تشکیل یک سیستم زمین گرمایی لازم و ضروری می باشند و در صورت فقدان یکی از این چهار عامل، تشکیل یک سیستم زمین گرمایی قابل اکتشاف و بهره برداری، امکان پذیر نمی باشد و در اکتشاف اولیهٔ منابع زمین گرمایی، اساس کار پی بردن به وجود چهار عامل مذکور است.

علیرضا حاجی پور

منابع انرژی زمین گرمایی

۱- منابع آب داغ(سیستم های هیدروترمال):

منابع آبی هستند که در زیر زمین داغ می شوند و سپس به سطح زمین انتقال پیدا می کنند که در میان انواع منابع زمین گرمایی، این منابع امروزه دارای بیشترین استفاده هستند. این نوع منابع زمین گرمایی خود به سه گروه ذیل تقسیم بندی می شوند:

الف) دستهٔ اول: مخازن دمابالا با دمای بالاتر از ۱۵۰ درجهٔ سانتیگراد، مناسب برای تولید برق با تکنیک های معمولی

ب) دستهٔ دوم: مخازن با دمای بین ۱۰۰ الی ۱۵۰ درجهٔ سانتیگراد، مناسب برای تولید برق با تکنیک های پیشرفته تر باینری

ج) دستهٔ سوم: مخازن دماپایین با دمای کمتر از ۱۰۰ درجهٔ سانتیگراد، مناسب برای کاربردهای مستقیم

۲- منابع بخار خشک:

منابعی با درجهٔ حرارت بسیار بالا هستند که از آنها بخارخشک و یا آمیزه ای از بخار و آب با درجهٔ حرارت بسیار بالا استحصال[۱] می شود که به جهت تولید برق این منابع دارای بهترین شرایط هستند، اما متأسفانه این منابع در مناطق محدودی یافت می شوند.

۳- منابع تحت فشار:

منابع عظیمی هستند که از آب شور(**brine**) تشکیل یافته اند و از نظر شرایط کلی به درجهٔ اشباع[۲] رسیده اند و در لایه های میان صخره های اعماق زمین به صورت محبوس وجود دارند. این منابع عمدتاً حاوی گاز متان محلول هستند و در عمق ۳ تا ۶ کیلومتری از سطح زمین یافت می شوند و درجهٔ حرارت آنها بین ۹۰ تا ۲۰۰ درجهٔ سانتیگراد تخمین زده می شوند.

۴- تخته سنگ های خشک داغ:

تخته سنگ های بسیار عظیم با منبع آتشفشانی هستند که در اعماق زمین وجود داشته و درجهٔ حرارت بسیار بالا و فیزیک سخت دارند. به سیستم های بهره برداری از این منابع، سیستم های زمین گرمایی توسعه یافته(**Enhanced Geothermal System**) و به اختصار **EGS** گفته می شود. از آنجا که در همه جای کره ی زمین در اعماق، گرما با شدت های مختلف وجود دارد و تنها محدودیت موجود، عدم وجود منابع آب می باشد، لذا با کمک این سیستم می توان رشد قابل توجه ای را در توسعهٔ انرژی زمین گرمایی برقرار کرد. سیستم بهره برداری به این صورت می باشد که با حفر چاه های بسیار عمیق(با عمق ۴ تا ۶ هزارمتر) به لایه های داغ زمین دسترسی پیدا کرده، سپس آب با فشار بالا به چاه تزریق شده که در اثر این فشار هیدرولیکی در سنگ شکافت ایجاد می شود. همین کار برای چاه تولید(**Production Well**) نیز انجام می شود و بین دو چاه ارتباط برقرار می گردد. بدین صورت آب در حین عبور از شکاف های ایجاد شده، حرارت را از سنگ های داغ دریافت و از چاه تولید خارج و وارد سیکل نیروگاه می شود. درجهٔ حرارت آب حاصل از این منابع بین ۱۳۵ تا ۱۸۰ درجهٔ سانتیگراد بوده و در این حالت امکان افزایش بازده نیروگاه تا ۱۵درصد وجود دارد.

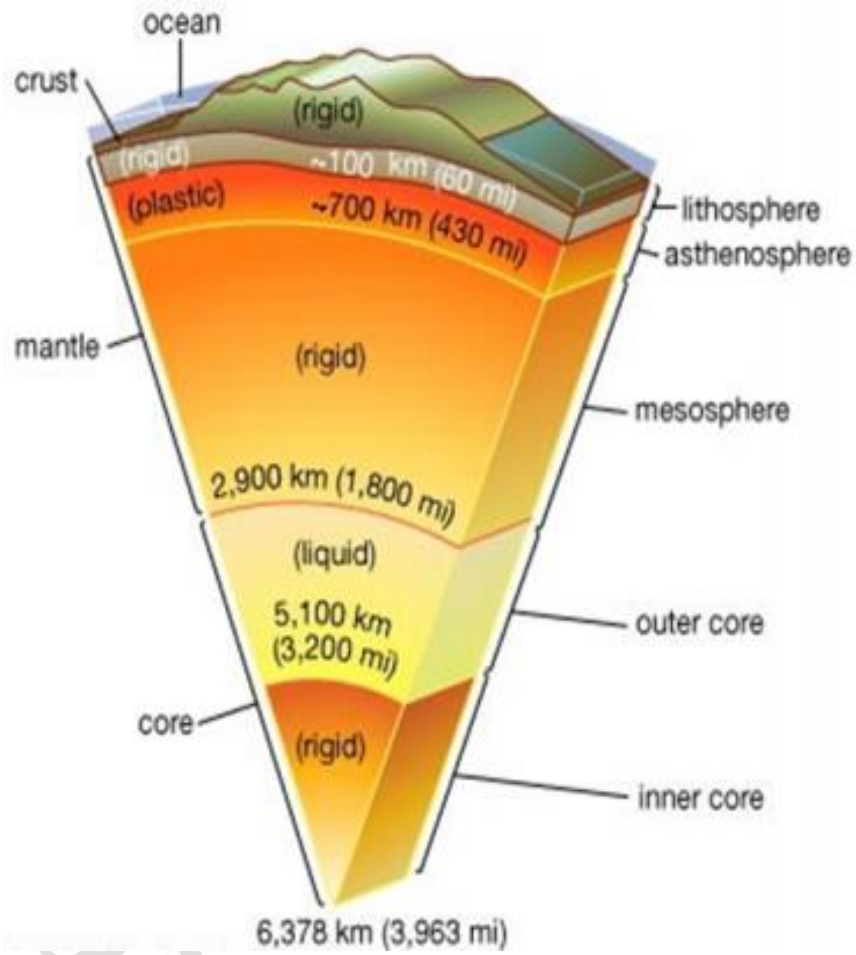
۵- مواد مذاب:

این منابع را که به نام گدازه ها می شناسیم، در واقع ایده آل ترین حالت ممکن برای منبع زمین گرمایی بوده که درجهٔ حرارت آنها بین ۷۰۰ تا ۲۰۰۰ درجهٔ سانتیگراد است. با توجه به درجهٔ حرارت بالای این مخازن و محدودیت های فنی موجود، امروزه از این منابع عظیم استفاده نمی شود.

توضیحات:

۱- استحصال: حاصل کردن- طلب حصول

۲- اشباع: فراوانی- وفور


ocean
crust
(rigid)
(rigid)
~100 km (60 mi)
(plastic)
~700 km (430 mi)
lithosphere
asthenosphere
mantle
(rigid)
mesosphere
2,900 km (1,800 mi)
(liquid)
5,100 km
(3,200 mi)
outer core
core
(rigid)
inner core
6,378 km (3,963 mi)

مکان های مناسب برای بهره برداری از انرژی زمین گرمایی

مناطق دارای چشمه های آبگرم و آبفشان ها، اولین مناطقی هستند که در آنها انرژی زمین گرمایی مورد بهره برداری قرار گرفته و توسعه یافته است. در حال حاضر، تقریباً تمام نیروی الکتریسیته حاصل از انرژی زمین گرمایی از چنین مکان هایی به دست می آید. در بعضی از مناطق، تزریق ماگما به درون پوسته ی زمین، به اندازه ی کافی جدید و هنوز خیلی داغ است. در این نواحی، درجهٔ حرارت سنگ ممکن است به ۳۰۰ درجهٔ سانتیگراد برسد و مقادیر عظیمی انرژی گرمایی فراهم کند. بنابراین، انرژی زمین گرمایی در مکان هایی که فرایندهای زمین شناسی اجازه داده اند ماگما تا نزدیکی سطح زمین بالا بیاید، یا به صورت گدازه جریان یابد، می تواند تشکیل شود.

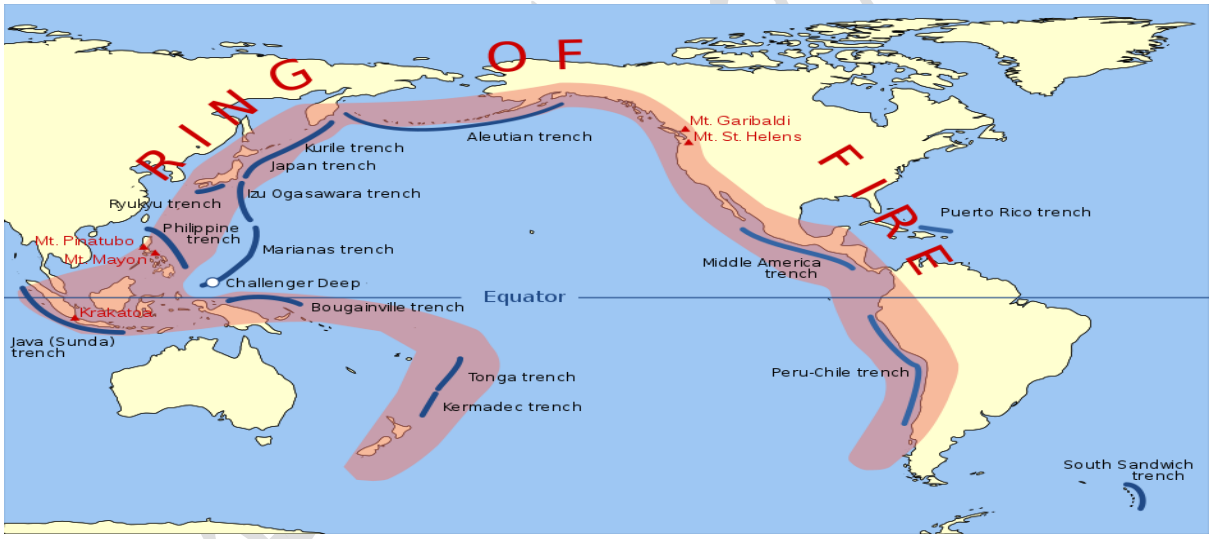
ماگما نیز در سه منطقه می تواند به سطح زمین نزدیک شود:

۱) محل برخورد صفحات قاره ای و اقیانوسی(فرو رانش)؛ مثلاً حلقه ی آتش دور اقیانوس آرام

۲) مراکز گسترش؛ محلی که صفحات قاره ای از هم دور می شوند. نظیر ایسلند و درهٔ کافتی آفریقا

۳) نقاط داغ زمین؛ نقاطی که ماگما را پیوسته از جُبّه «گوشته» به طرف سطح زمین می فرستند و ردیفی از آتشفشان را تشکیل می دهند.

حلقهٔ آتش دور اقیانوس آرام



کشور ایسلند و پایتخت آن، ریکیاویک

درهٔ کافتی آفریقا

مهمترین نشانه های منابع زمین گرمایی

۱- سنگ های آتشفشانی جوان تر از یک میلیون سال

۲- چشمه های آبگرم

۳- بخارفشان یا گازفشان

۴- آبفشان

۵- نواحی دگرسان شده(دگرگون شده)

۶- گلفشان

۷- کوه های آتشفشانی فعال

البته ذکر این نکته ضروری است که برای آغاز بررسی های اکتشافی در یک منطقه زمین گرمایی، بیش از یک نشانه باید در منطقه وجود داشته باشد.

علیرضا حاجی پور

کاربردهای انرژی زمین گرمایی

آب زمین گرمایی در سرتاسر دنیا، حتی زمانی که به اندازه ی کافی برای تولید برق داغ نیست، مورد استفاده قرار می گیرد. آب های زمین گرمایی که درجه ی حرارت آنها بین ۱۰ تا ۱۵۰ درجهٔ سانتیگراد است، مستقیماً مورد استفاده قرار می گیرند که موارد مصرف آنها به شرح زیر است:

۱) برای تسکین درد عضلات در چشمه های داغ و درمان با آب معدنی(آب درمانی)؛ برای مثال، رومی ها از این آب برای درمان امراض پوستی و چشمی بهره می گرفتند.

۲) گرم کردن داخل ساختمان های منفرد و حتی منطقه ای که مجاور چشمه های گرم است. در این روش، سیستم های گرم کننده، آب زمین گرمایی را از طریق یک مبدل گرمایی پمپ می کنند و گرما را به آب شهری انتقال می دهند و آب شهری گرم شده از طریق لوله کشی به ساختمان های شهر منتقل می شود. در داخل ساختمان ها نیز، یک مبدل گرمایی دیگر گرما را به سیستم گرمایی ساختمان ها منتقل می کند.

بزرگترین واحد این سیستم گرمایی در دنیا، در «ریکیاویک» در ایسلند قرار دارد. از زمانی که این سیستم برای تأمین گرمای شهر مذکور به کار می رود، ریکیاویک به یکی از تمیزترین شهرهای دنیا تبدیل شده است؛ در صورتی که قبل از آن بسیار آلوده بود.

ریکیاویک، پایتخت کشور ایسلند

در پمپئی(شهری در نزدیکی ناپل در ایتالیا) برای گرم کردن خانه ها از آب زمین گرمایی استفاده می شد.

پمپئی، شهری در نزدیکی ناپل در ایتالیا:

۳) برای کمک به رشد گیاهان، سبزیجات و محصولات دیگر در گلخانه(زراعت)

۴) برای کوتاه کردن زمان مورد نیاز رشد و پرورش ماهی، میگو، نهنگ و تمساح(آبزی پروری)

۵) برای پاستوریزه کردن شیر، خشک کردن پیاز، الوارکشی و برای شستن پشم(استفاده صنعتی)

موارد مصرف دیگری از گرمای زمین گرمایی وجود دارد. برای مثال، در «کلامث فالز» در اورگن آمریکا، زیر جاده ها و پیاده روها آب ژئوترمال لوله کشی می شود، تا از یخ زدن آنها در شرایط هوای یخبندان جلوگیری شود.

در «نیومکزیکو» از ایالت های جنوب غربی آمریکا، ردیفی از لوله ها که زیر خاک دفن شده اند، آب زمین گرمایی را انتقال می دهند تا گل ها و سبزیجات پرورش یابند. با این شیوه، اطمینان حاصل می شود که زمین یخ نمی زند. به علاوه، فصل رویش طولانی تر می شود و روی هم رفته، محصولات کشاورزی سریع تر رشد می کنند و بدون استفاده از گلخانه محافظت می شوند.

بومی های آمریکا نیز از آب زمین گرمایی برای پختن و مصارف دارویی بهره می گرفتند.

امروزه با حفر چاه به درون مخازن زمین گرمایی و مهار آب داغ و بخار، از آن برای تولید الکتریسیته در نیروگاه زمین گرمایی و یا مصارف دیگر بهره برداری می کنند.

در نیروگاه زمین گرمایی، آب داغ و بخار خارج شده از مخازن زمین گرمایی، نیروی لازم برای چرخاندن ژنراتور توربین را فراهم می آورد و انرژی الکتریسیته تولید می کند. آب مورد استفاده، از طریق چاه های تزریق به مخزن برگشت داده می شود تا دوباره گرم شود و در عین حال، فشار مخزن حفظ و تولید آب داغ و بخار تقویت شود و ثابت باقی بماند.

برخی از کشورهایی که در حال حاضر از مخازن زمین گرمایی برای تولید الکتریسیته استفاده می کنند عبارتنداز: آمریکا، نیوزیلند، ایسلند، مکزیک، فیلیپین، اندونزی و ژاپن. استفاده از این انرژی در بسیاری از کشورها در حال گسترش است. راه حل استفاده ی بیشتر از انرژی زمین گرمایی، افزایش آگاهی عمومی و تقویت فناوری مرتبط با آن است.

مزایای استفاده از انرژی زمین گرمایی

۱) تمیز بودن؛ در این روش همانند نیروگاه بادی و خورشیدی، نیازی به سوخت نیست. بنابراین سوخت های فسیلی حفظ می شوند و هیچگونه دودی وارد هوا نمی شود. نیروگاه های زمین گرمایی حلقه بسته هیچ گونه گاز گلخانه ای تولید نمی کنند و میزان کربن دی اکسید تولید شده توسط این نیروگاه ها یک ششم دیگر نیروگاه ها است.

۲) بدون مشکل بودن برای منطقه؛ فضای کمتری برای احداث نیروگاه نیاز دارد و عوارضی چون ایجاد تونل، چاله های رو باز، انباشته شدن زباله و یا نشت نفت و روغن را به دنبال ندارد.

۳) قابل اطمینان بودن؛ نیروگاه می تواند در طول سال فعال باشد و به دلیل قرار گرفتن روی منبع سوخت، مشکلات مربوط به قطع نیروی محرکه در نتیجه ی بدی هوا، بلایای طبیعی و یا تنش های سیاسی را ندارد.

۴) تجدیدپذیری و دائمی بودن

۵) صرفه جویی ارزی؛ هزینه ای برای ورود سوخت از کشور خارج نمی شود و نگرانی های ناشی از افزایش هزینه ی سوخت وجود ندارد.

۶) کمک به رشد کشورهای در حال توسعه؛ نصب آن در مکان های دورافتاده می تواند، استاندارد و کیفیت زندگی را با آوردن نیروی برق بالا ببرد. با توجه به فوایدی که برشمردیم، انرژی زمین گرمایی به رشد کشورهای در حال توسعه بدون آلودگی کمک می کند.

غلامرضا حاجی پور

معایب استفاده از انرژی زمین گرمایی

۱) مناطق مناسب برای استفاده از انرژی حرارتی بسیار محدود است. اگر انرژی حرارتی زمین در یک منطقه به مقدار زیادی مصرف شود، این منبع انرژی دیگر تجدیدپذیر نخواهد بود و به عبارتی دمای زمین در آن ناحیه کاهش می یابد.

۲) حفاری های به عمل آمده برای بیرون کشیدن حرارت زمین عمدتاً با خارج شدن گازهای سمی آمونیوم(NH_4^+)، بخارجیوه(Hg)، آرسنیک(As) و ایزوتوپ های رادیواکتیو همراه است. ساخت چنین نیروگاه هایی گران بوده و در مواردی خاص مقرون به ساخت هستند.

۳) بخار آب در این منابع بسیار پر سروصدا و خطرناک است. در ضمن بعضی از لایه های زمین از گرانیت بوده و به سختی قابل حفاری هستند، بنابراین هزینه تولید انرژی را بالا خواهند برد.

۴) اثرات زیست محیطی: نیروگاه های حرارتی اثرات جانبی بر زیبایی محیط دارند و در بعضی موارد باعث مهاجرت حیوانات و ماهی ها شده اند.

خروج مایعات و بخار آب از زیر سطح زمین سبب بروز تعدادی از مشکلات زیست محیطی می شود که عبارتند از:

الف) عامل اصلی انتشار سولفید هیدروژن«H_2S» (در غلظت پایین) که بوی تخم مرغ فاسد می دهد.

ب) انتشار مواد سمّی داخل زمین به روی زمین

غلامرضا حاجی پور

انرژی زمین گرمایی در ایران

رشد روز افزون جمعیت، توسعه ی شهری و نیز اقتصاد انرژی در کشور ما، تولید ۹۰ هزار مگاوات برق در سال۲۰۲۰ را اجتناب ناپذیر ساخته است. در حدود ۹۸ درصد ظرفیت تولید فعلی نیروگاه های برق کشور به کاربرد سوخت های فسیلی متکی است. حال آنکه محدودیت منابع فسیلی، رشد مصرف داخلی و نبود منابع کافی برای صادرات از یک سو و موازین و معیارهای زیست محیطی توسعه ی پایدار از سوی دیگر، کاربرد انرژی های تجدیدشونده در بستر تولید را اجتناب ناپذیر ساخته است.

به رغم پتانسیل های بسیار مناسب به منظور کاربرد انرژی زمین گرمایی، به دلیل نبود سیاست گذاری های کلان در زمینه ی به کارگیری انرژی تجدیدپذیر و فقدان فناوری مناسب در خصوص حفاری عمیق، مهندسی مخازن، ساخت و نیز بهره برداری از نیروگاه های زمین گرمایی، و بالاخره وجود رقیب سرسخت منابع ارزان سوخت های فسیلی، بهره برداری از پتانسیل های مزبور کماکان جدی گرفته نشده است.

غلامرضا حاجی پور

مناطق مستعد انرژی زمین گرمایی در ایران

هم گام با سیاست دولت در راستای کاهش وابستگی به اقتصاد تک محصولی، تحولی اساسی در سیاست دولت مبتنی بر کاربرد انرژی های تجدیدپذیر در حال شکل گیری است و دوایر متعددی با محوریت مرکز انرژی های نو در وزارت نیرو، سازمان انرژی اتمی و نیز سازمان زمین شناسی، به عنوان متولی تهیه ی داده های پایه، در حال کار روی موضوع مذکور هستند.

هم گام با سیاست مرکز انرژی های نو، وزارت نیرو برای جذب سرمایه گذاری خارجی در سال ۱۳۷۵، گروهی متشکل از کارشناسان ایرانی و فیلیپینی مبادرت به برداشت های تفصیلی زمین شناسی، ژئوشیمیایی[۱] و ژئوفیزیک[۲] در ناحیه ی «درهٔ قطور» کردند. همچنین در اوائل سال ۱۳۷۶ هم گام با تشکیل گروهی متشکل از کارشناسان نیوزیلندی و ایرانی بنا شد، این گروه مطالعاتی تفصیلی روی آتشفشان سبلان و پیرامون آن مشتمل بر منطقه ی «سرعین» انجام دهند. با عنایت به لزوم افزایش ظرفیت نصب شده ی نیروگاهی به نظر می رسد بهره برداری از انرژی های تجدیدپذیر به منظور تغییر در سبد انرژی اجتناب ناپذیر باشد. به کارگیری انرژی زمین گرمایی حداقل در نواحی شمال غربی کشور می تواند به عنوان گزینه ای به منظور تغییر کاربری سوخت های فسیلی مطرح شود و این نکته وقتی حائز اهمیت می گردد که توجه داشته باشیم با وجود تمام فعالیت های عمرانی صورت پذیرفته در سال های پس از انقلاب، ظرفیت نصب شده ی نیروگاهی کشور صرفاً ۲۲ هزار مگاوات افزایش یافته است.

علیرضا حاجی پور

توضیحات:

۱- ژئوشیمیایی: علمی که درباره ترکیب و تغییرات شیمیایی پوسته ی زمین بحث می کند.

۲- ژئوفیزیک: دانشی که به مطالعهٔ نیروهای فیزیکی و جریانات داخلی زمین می پردازد.

شواهد وجود منابع زمین گرمایی در ایران

موقعیت قرارگیری ایران در مرزهای تکتونیکی از نیروی عظیم نهفته در کالبد ایران حکایت دارد. فشار صفحهٔ قاره ای عربستان و صفحهٔ اقیانوس هند از سوی دیگر باعث تغییر شکل های وسیعی در ایران شده است. منطقه زاگرس چین خورده و راندگی آن شواهد سطحی عظیم از این نیروها هستند. قرار گرفتن در کمربند تکتونیکی حاشیه صفحات باعث شده است که گستره ایران از لحاظ زمین ساختاری بسیار فعال باشد.

حضور در کمربند آتشفشانی و زلزله، حضور پتانسیل های متعدد زمین گرمایی را قطعی می سازد. با رجوع به فعالیت های آتشفشانی، ماگماتیسم[۱] و مرور شواهد و ظهورهای سطح الارضی چشمه های آبگرم و گلفشان ها و خروج گازها و بررسی زون[۲] های آلتراسیون[۳] ناشی از عملکرد آب های گرم بر این گمان صحه نهاده است.

در قالب شاخص های فوق در بسیاری از مناطق ایران می توان آنومالی[۴] های زمین گرمایی دال بر وجود پتانسیل های بالای زمین گرمایی را دنبال کرد و با بررسی های ساختارشناسی و زمین شناسی منطقه ای نظیر ظهورهای سطحی(چشمه های آبگرم)، زون های آلتراسیون، محل درزه ها و گسل ها، چینه شناسی تکمیلی در مورد پتانسیل هر منطقه گزارش های تفصیلی و جامعی تهیه نمود.

علیرضا حاجی پور

توضیحات:

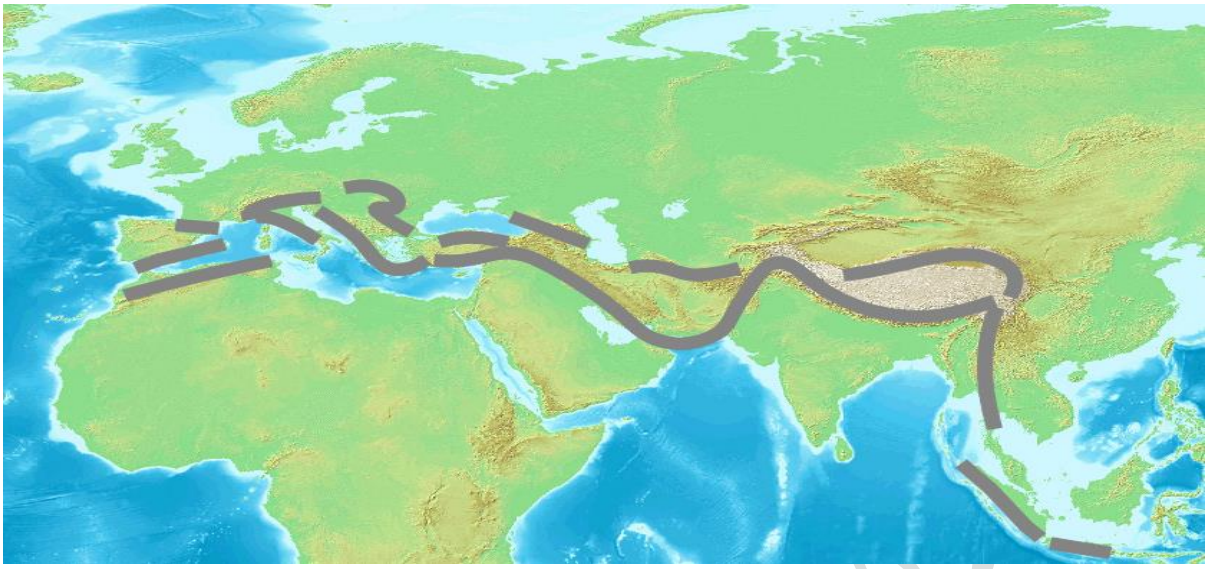
۱- ماگماتیسم: به فرایند تشکیل و حرکت ماگما و تبدیل آن به سنگ آذرین، فعالیت ماگمایی یا ماگماتیسم(**Magmatism**) گفته می شود.

۲- زون: حصه - بهره - قسمت

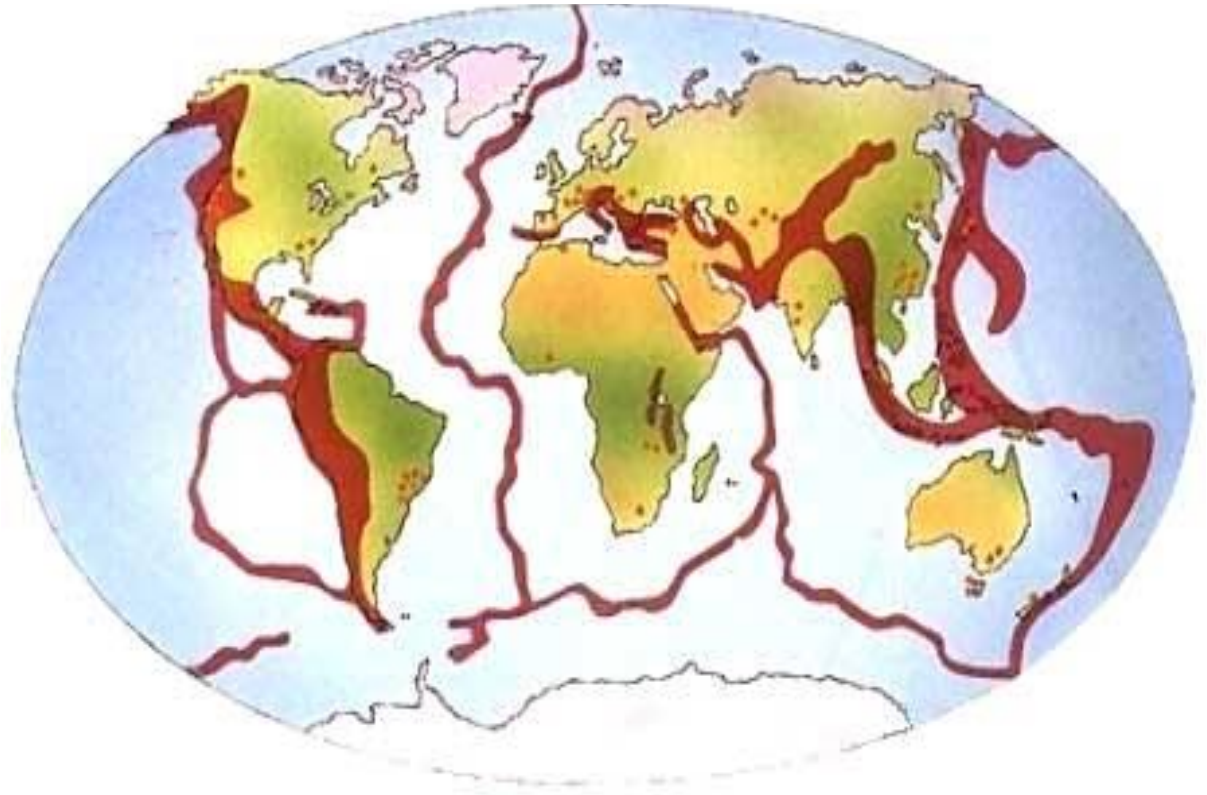
۳- آلتراسیون(دگرسانی): به کلیه تغییرات شیمیایی و کانی شناسی که تحت تأثیر آب های ماگمایی و یا گرمایی در سنگ ها ایجاد می شود، آلتراسیون می گویند.

۴- آنومالی: غیرعادی- خلاف قاعده- بی هنجاری- هر نوع انحراف از حالت طبیعی

حضور ایران در کمربند زلزله



حضور ایران در کمربند آتشفشانی



پتانسیل های انرژی زمین گرمایی موجود در ایران

پتانسیل های انرژی زمین گرمایی در کدام بخش های ایران قرار دارد و بر چه اساسی انتخاب شده اند؟

پتانسیل انرژی زمین گرمایی در ایران بر اساس مطالعات انجام شده در بیش از ۱۰ منطقه شناسایی شده است. این مناطق بر اساس میزان فعالیت های تکتونیکی، میزان چشمه های آبگرم و ظهورهای سطح الارضی و سایر شواهد زمین شناسی شناسایی شده اند. بر اساس گزارش ارائه شده توسط (سازمان انرژی های نو ایران،۱۳۷۷) این مناطق به شرح زیر می باشند:

۱) منطقه تفتان - بزمان

۲) منطقه نایبند

۳) منطقه بیرجند- فردوس

۴) منطقه تکاب - هشترود

۵) منطقه خور- بیابانک

۶) منطقه اصفهان - محلات

۷) منطقه رامسر

۸) منطقه بندرعباس- میناب

۹) منطقه بوشهر- کازرون

۱۰) منطقه لار- بستک

غلامرضا حاجی پور

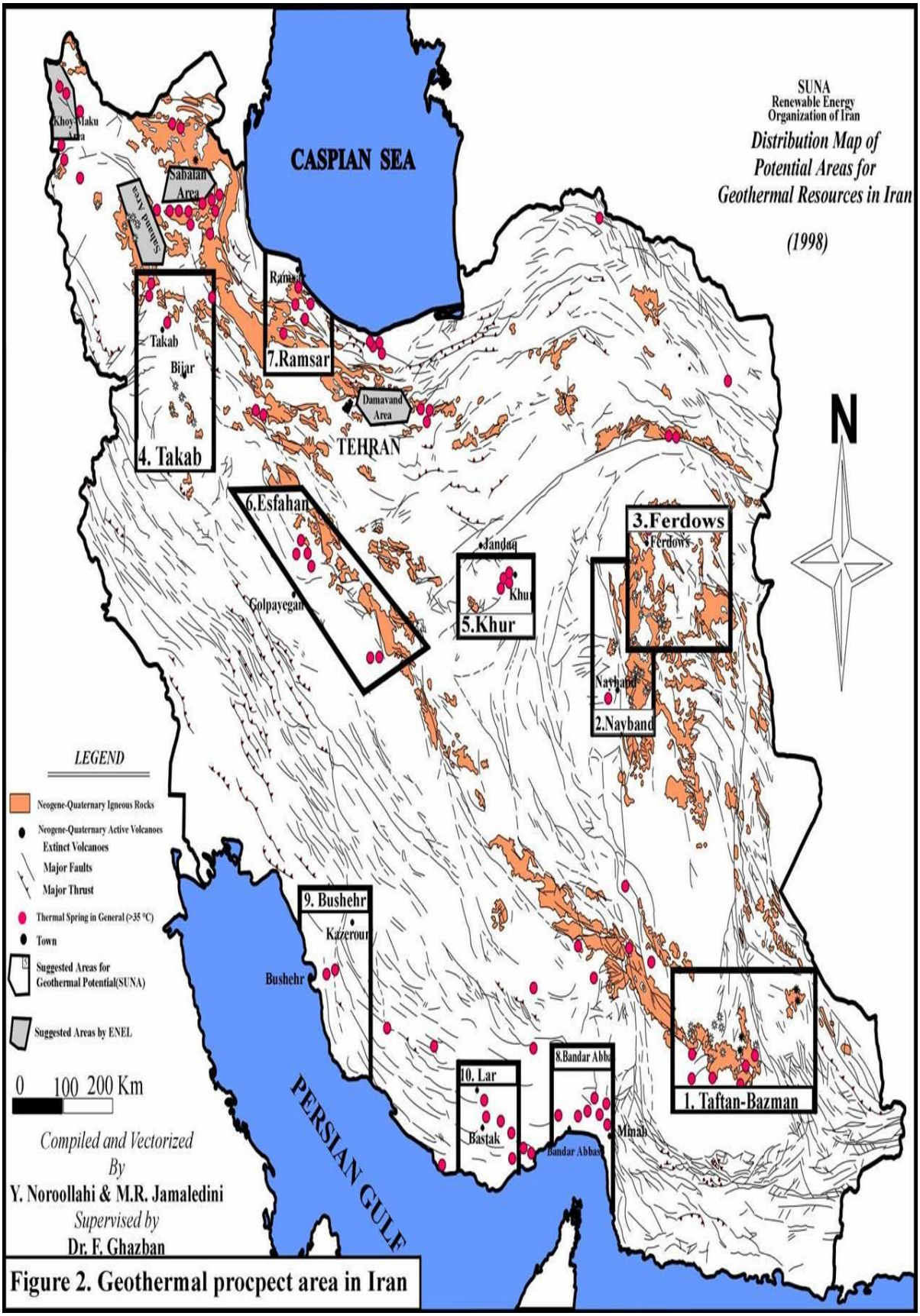


Figure 2. Geothermal procpect area in Iran

مشکلات و موانع اجرایی در ایران برای توسعهٔ منابع زمین گرمایی

جایگاه واقعی فاکتورهای زیست محیطی در نظام تولیدی در ایران مشخص نشده است. اگرچه تلاش های بسیاری برای روشن ساختن اولویت انرژی پاک بر انواع دیگر انرژی صورت گرفته اما دستاوردها ناچیز بوده است. تغییر نظام انرژی متکی به سوخت خیلی ارزان با جایگاه تثبیت شدهٔ خود مستلزم اراده مدیران کلان جامعه است. متأسفانه تا زمانی که مشکل حاصل از سوخت فسیلی به مرز نابودی آشکار محیط زیست نرسد، نمی توان توجه همه جانبه ای را برای حمایت از آن جلب نمود. همچنین قیمت پایین سوخت فسیلی در کشور ما و تکیه بر منابع عظیم آن توجه استراتژیک[1] به مبحث انرژی را کم رنگ نموده است.

غلامرضا حاجی پور

توضیحات:

۱- استراتژیک(استراتژی - راهبرد): هر طرح درازمدت برای هدفی خاص

حفر اولین چاه انرژی در ایران

عملیات حفاری اولین چاه در پایان اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۲ خاتمه یافت و طی مدت ۱۸ ماه حفاری های اکتشافی شامل سه حلقه چاه اکتشافی عمیق با عمق ۳۲۰۰ ، ۳۱۷۶ و ۲۲۶۰ متر و دو حلقه چاه تزریقی با عمق حدود ۶۵۰ متر به پایان رسید. پس از به پایان رسیدن عملیات حفاری، تجهیزات فلزی تست جریان چاه در محل مورد نظر نصب گردید و در تاریخ ۱۳۸۳/۳/۹ عملیات تست اولین چاه زمین گرمایی کشور آغاز گردید.

تست دومین چاه زمین گرمایی نیز در تاریخ ۱۳۸۳/۶/۱۷ انجام شد.

همزمان با کلیه ی فعالیت های ذکر شده، سازمان انرژی های نو ایران با همکاری سازمان بهره برداری انرژی ایران، ضمن تجهیز آزمایشگاه و ایستگاه پایش صحرایی، مطالعات سیستماتیک و گسترده ای را جهت پایش محیط زیست منطقه و کنترل اثرات زیست محیطی ناشی از اجرای طرح انجام داد.

خوب است بدانیم:

از بدو فعال شدن مجدد طرح، در سال۱۳۷۴ در جهت تأمین اهداف پروژه و بومی نمودن دانش در زمینهٔ کاربرد انرژی زمین گرمایی تاکنون بیش از ۱۵ کارشناس ایرانی در دانشگاه سازمان ملل در کشور ایسلند و مرکز آموزش سازمان ملل در نیوزیلند تربیت شده و یا در حال آموزش می باشند. پس از پایان یافتن تست چاه ها، اطلاعات مورد نیاز جهت انجام مدل سازی و مطالعات مهندسی مخزن و در نتیجه برآورد پتانسیل حرارتی مخزن زمین گرمایی در منطقهٔ مشگین شهر فراهم خواهد شد و در نهایت مطالعات امکان سنجی ارائه طرح توسعه و بهره برداری از میدان زمین گرمایی سبلان ادامه خواهد یافت.

امید است ضمن دستیابی به نتایج مثبت در حفاری های اکتشافی و همچنین تأمین اعتبارات مورد نیاز جهت ادامه طرح، شاهد نصب و راه اندازی اولین نیروگاه زمین گرمایی کشور در این منطقه باشیم.

غلامرضا حاجی پور

نیروگاه زمین گرمایی

نیروگاه زمین گرمایی یا ژئوترمال به واحدهای تبدیل انرژی گفته می شود که انرژی خود را از طریق سیال گرم شده از طریق عبور از میان لایه های پوسته ی زمین به دست می آورد. اگر نیروگاه های زمین گرمایی را با سایر نیروگاه های انرژی نو مقایسه کنیم، مشاهده می کنیم که نیروگاه های زمین گرمایی به دلیل بالا بودن ضریب دسترسی(۸۵٪ زمان در سال) در جهان از اهمیت فراوانی برخوردارند و از این نوع نیروگاه ها می توان به عنوان بار پایه شبکه استفاده نمود.

چگونه یک نیروگاه زمین گرمایی کار می کند؟

بسیاری از نیروگاه ها اعمّ از فسیلی، ذغال سنگ، گازی، هسته ای و زمین گرمایی یک ویژگی دارند؛ آنها گرما را به انرژی الکتریکی تبدیل می کنند. این انرژی توسط یک حفاری بسیار شبیه به حفاری نفت برای رسیدن به منابع مرکزی زمین انجام می شود.

نیروگاه های زمین گرمایی ویژگی های بسیار مشترکی با نیروگاه های سنتی دارند، از این جهت که آنها نیز شامل توربین، ژنراتور، انتقال دهنده و دیگر تجهیزات استاندارد تولید برق هستند.

نحوه کار:

حفرچاه؛ چاه های مورد نظر در مناطق زمین گرمایی شناخته شده، حفر می شوند. عموماً یک چاه برای تزریق مایعات و بازگشت به مخزن زمین گرمایی نیز حفر می شود. مایعات خارج شده برای تولید برق به نیروگاه فرستاده می شود.

بخار، توربین را به حرکت درمی آورد؛ سیال حاصل از انرژی زمین گرمایی تحت فشار بخار داغ یا یک سیال ثانویه می تواند سریعاً متصاعد[1] شود و انرژی مکانیکی یا چرخشی را به وجود آورد تا تیغه های توربین ها را در یک محور بچرخاند.

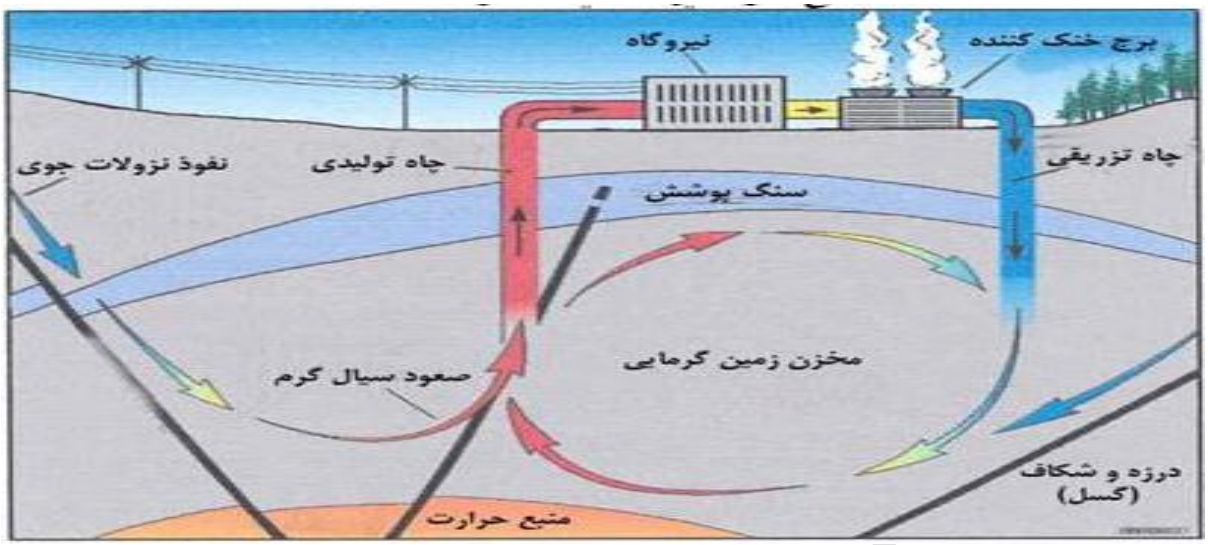
توربین، ژنراتور را به حرکت درمی آورد؛ انرژی چرخشی از حرکت میله توربین به طور مستقیم آهن ربایی را درون سیم پیچ می چرخاند و الکتریسیته تولید می شود. توربین و ژنراتور، قطعات اولیه مورد استفاده برای تبدیل انرژی زمین گرمایی به برق هستند.

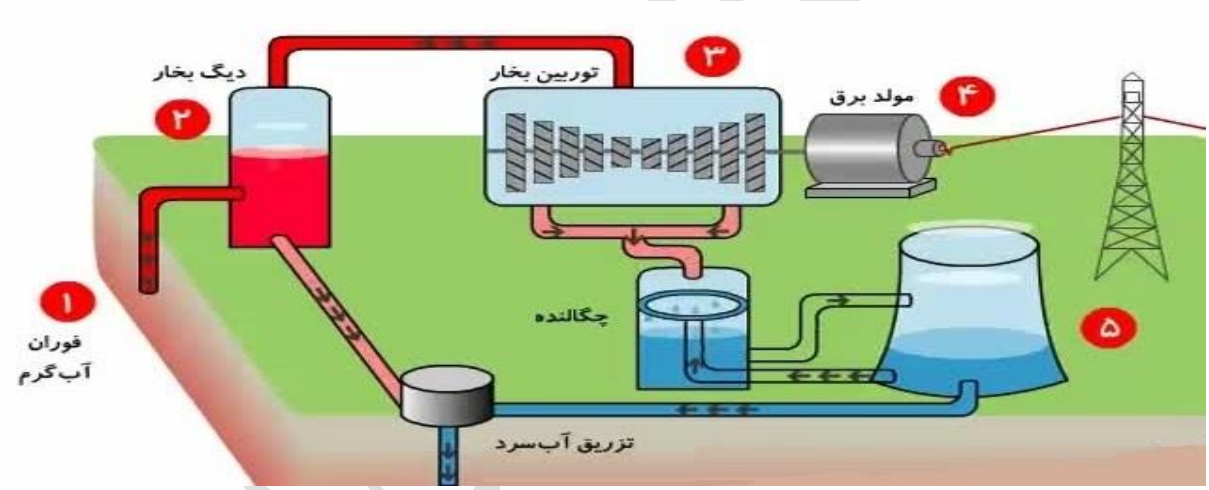
انتقال خطوط برق، الکتریسیته را تولید می کند؛ جریان الکتریکی از ژنراتور گام به گام تا خارج نیروگاه فرستاده می شود، ولتاژ افزایش یافته و این جریان از طریق خطوط برق به مصرف کنندگان منتقل می شود.

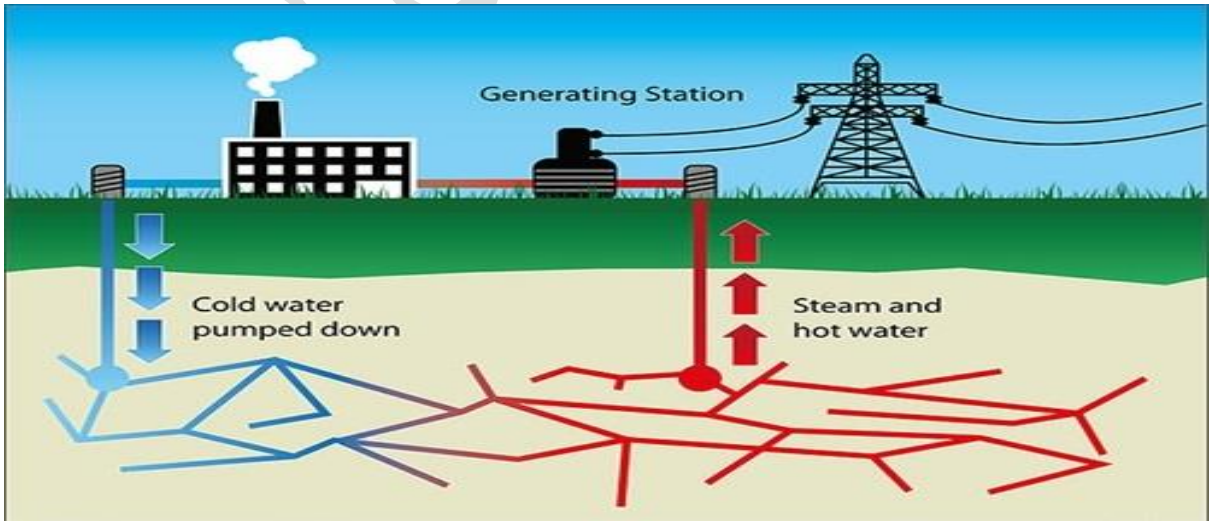
توضیحات:

۱- متصاعد: بالا رونده

شکل هایی از نحوه انتقال انرژی زمین گرمایی به نیروگاه







نحوه تولید برق در نیروگاه زمین گرمایی

به منظور تولید برق از انرژی زمین گرمایی، سیال مخزن، آب داغ یا بخار، از طریق چاه های حفر شده به سطح زمین هدایت شده و پس از به چرخش درآوردن توربین در نیروگاه، برق تولید می کند. بدیهی است که از مخازن حرارت بالا بیشتر برای تولید برق استفاده می شود. در حال حاضر ۲۲ کشور جهان به کمک منابع زمین گرمایی خود بیش از ۸۲۰۰ مگاوات برق تولید می کنند.

در نیروگاه های زمین گرمایی، انرژی الکتریکی به کمک چرخه های مخصوصی تولید می شود. مهمترین و رایج ترین آنها عبارتند از:

الف) چرخه تبخیر آنی ب) چرخه دو مداره

الف) چرخه تبخیر آنی:

در این دسته از چرخه های تولید برق، سیال زمین گرمایی پس از خروج از چاه، وارد یک جداکننده شده و بخار حاصل به سمت توربین و آب داغ به سمت چاه های تزریقی و برج خنک کننده روانه می شود. حال بر حسب اینکه عمل جدایش یا تبخیر آنی در یک مرحله یا دو مرحله انجام شود و بر حسب وجود یا عدم وجود کندانسور[1]، سه نوع چرخه تبخیر آنی وجود دارد:

۱- چرخه تبخیر آنی یک مرحله ای با کندانسور

۲- چرخه تبخیر آنی یک مرحله ای بدون کندانسور

۳- چرخه تبخیر آنی دو مرحله ای

ب) چرخه دو مداره:

از این چرخه برای تولید برق از مخزن های زمین گرمایی حرارت پایین استفاده می شود. حدود ۵۰ درصد مخازن زمین گرمایی شناخته شدهٔ جهان درجه حرارتی بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ درجهٔ سانتیگراد دارند، که اگر برای تولید برق از آنها از چرخه تبخیر آنی استفاده شود، چرخه مزبور بازده بسیار پایینی خواهد داشت. در این چرخه از سیال عامل برای تولید برق استفاده می شود. بدین ترتیب که آب داغ، سیال عامل را در یک مبدل حرارتی، گرم و به بخار تبدیل می کند. بخار حاصل، توربین را به حرکت درآورده و برق تولید می کند. از جمله مزیت های مهم این چرخه، عدم وجود خوردگی یا رسوب گذاری توسط سیال عامل است.

در حال حاضر مهمترین کشورهای جهان از نقطه نظر تولید برق از منابع زمین گرمایی، کشورهای آمریکا، فیلیپین، اندونزی، مکزیک و ایتالیا هستند.

توضیحات:

۱- کندانسور(**condenser**): چگالنده - متراکم کننده

آخرین ظرفیت نصب شده نیروگاههای زمین گرمایی

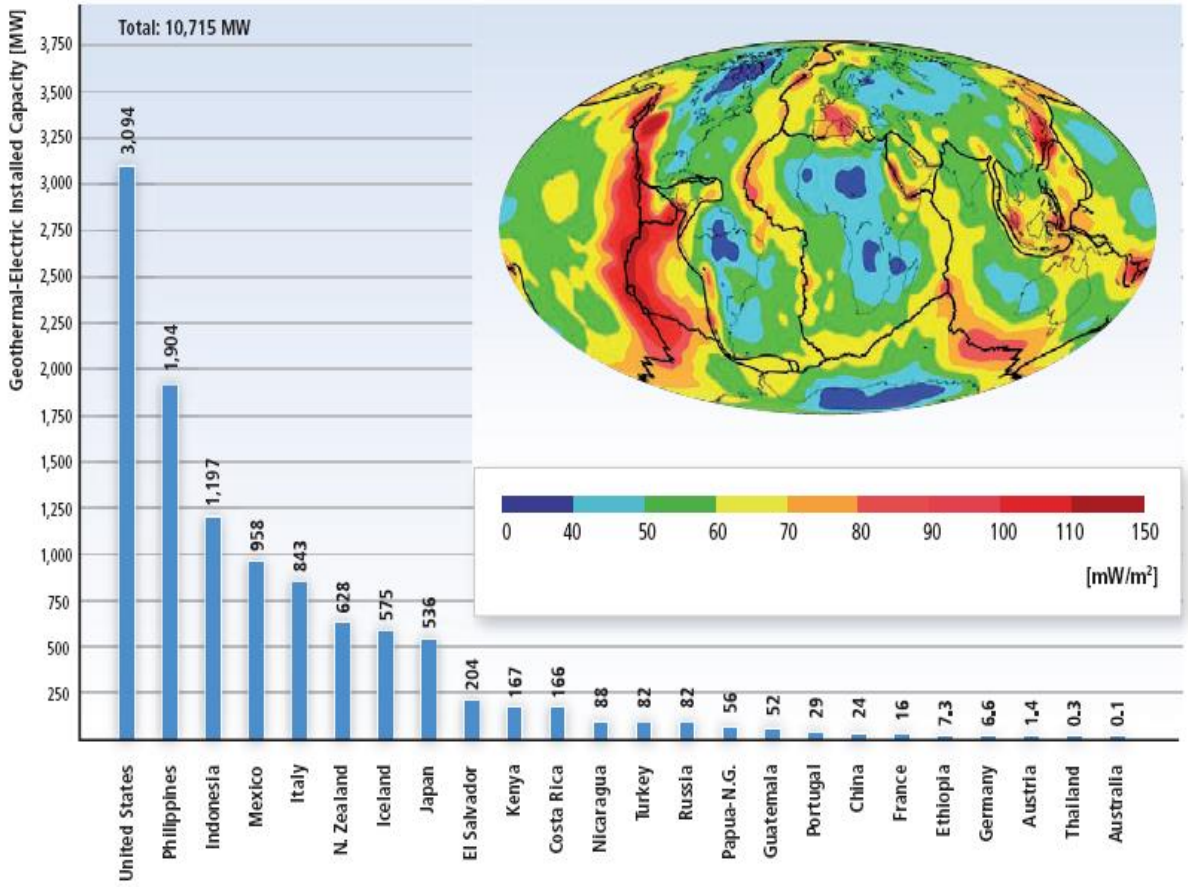


Table 1. Countries Generating Geothermal Power as of May 2012

Country	*Installed Capacity (MW)*
United States	3,187
Philippines	1,904
Indonesia	1,222
Mexico	958
Italy	883
New Zealand	768
Iceland	661
Japan	535
El Salvador	204
Kenya	202
Costa Rica	208
Nicaragua	124
Russia	82
Turkey	93
Papua New Guinea	56
Guatemala	52
Portugal	29
China	24
France	16
Ethiopia	7
Germany	7
Austria	1
Australia	1
Thailand	0.3
Total	**11,224.3**

انواع نیروگاه های زمین گرمایی

یکی از انواع دسته بندی نیروگاه های زمین گرمایی بدین صورت است که می توان بر اساس نوع سیال خروجی از چاه های تولیدی و نیز تجهیزات مورد استفاده در سیکل نیروگاه آن ها را دسته بندی نمود.

بر این اساس نیروگاه های زمین گرمایی به سه دسته تقسیم می شوند که عبارتند از:

۱) نیروگاه هایی که سیال خروجی از چاه، بخار باشد.

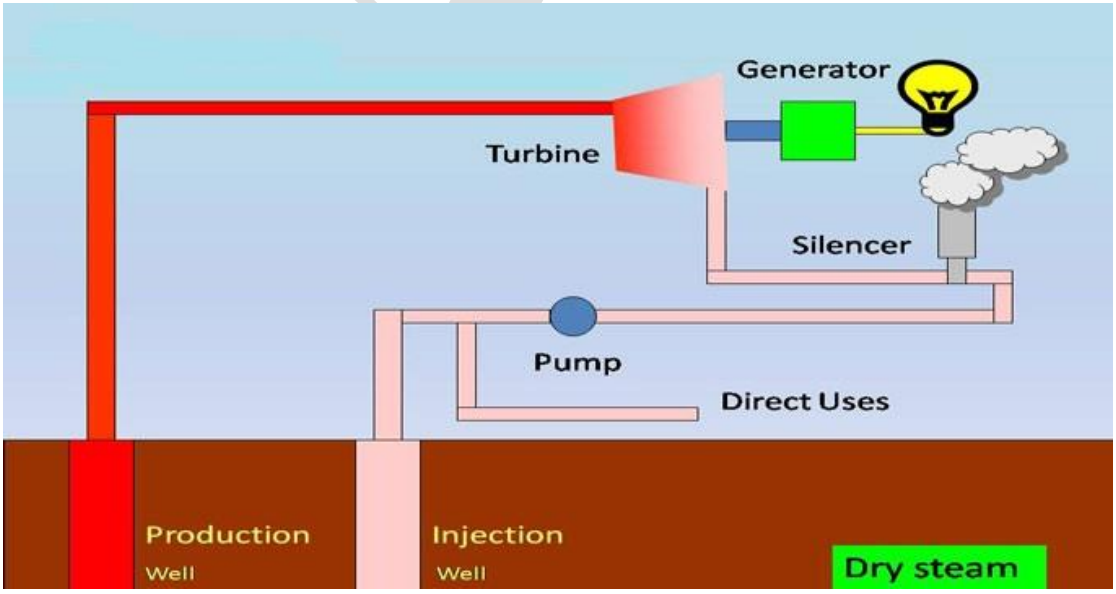
۲) نیروگاه هایی که سیال خروجی از چاه، مایع داغ باشد.

۳) نیروگاه هایی که سیال خروجی از چاه، بخار و مایع داغ باشد.

همان گونه که ذکر شد این نوع دسته بندی بر اساس سیال خروجی از چاه تقسیم بندی شده است و هر نوع از نیروگاه های مذکور بر اساس تجهیزات در نظر گرفته شده در سیکل نیروگاه با نیروگاه های دیگر متفاوت می باشند که توضیحات آن ارائه خواهد شد.

۱- نیروگاه با سیال کاملاً بخار(**Dry Steam**):

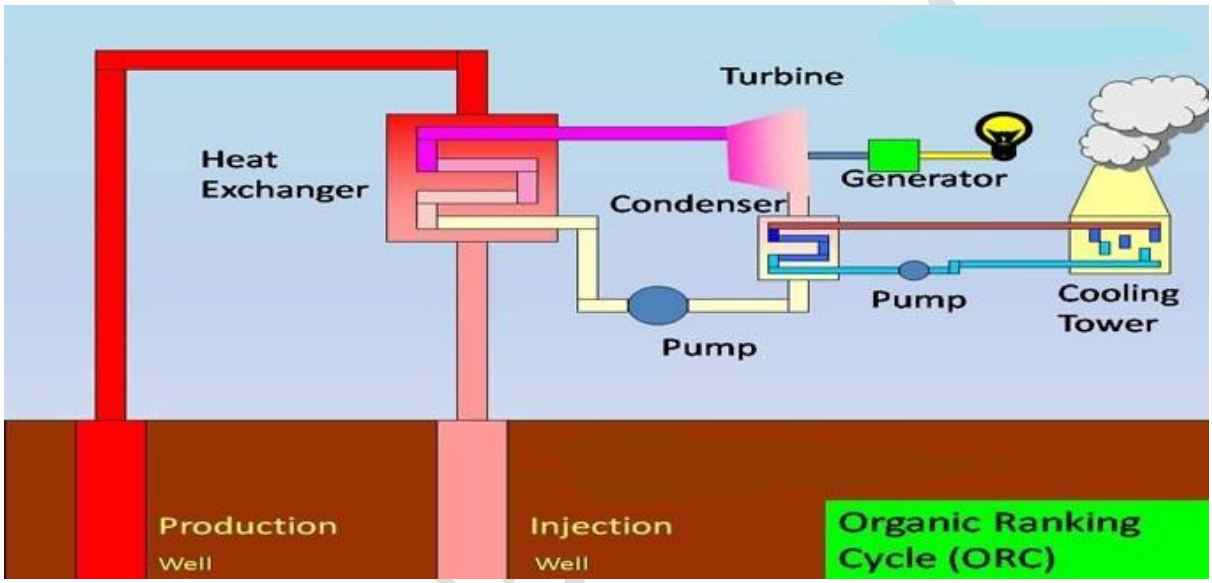
در این نوع نیروگاه ها سیال خروجی از چاه های تولیدی(**Production Wells**) کاملاً بخار بوده و می توان بخار آن را مستقیم به توربین(**Turbine**) منتقل نمود تا با فشار سیال، ضمن به حرکت درآوردن توربین با استفاده از ژنراتور(**Generator**) تولید برق انجام گیرد. در انتها سیال خروجی به یک دستگاه صداخفه کن(**Silencer**) منتقل می شود تا آن قسمت از سیال که به صورت بخار بوده به فضا منتقل شود. در انتها می توان از مایع گرم خروجی از توربین برای استفاده های مستقیم(حرارتی) زمین گرمایی(**Geothermal Direct Uses**) استفاده نمود یا آنها را به داخل چاه های تزریقی منتقل نمود.



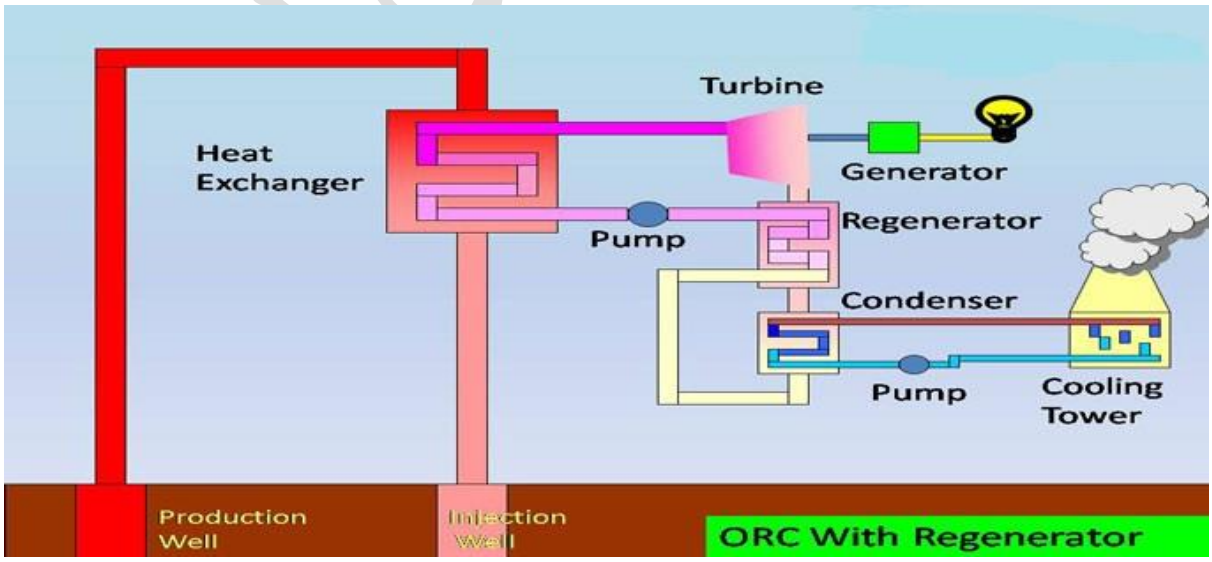
۲- نیروگاه با سیال کاملاً مایع داغ(**Binary**):

در این نوع نیروگاه های زمین گرمایی سیال خروجی از چاه های زمین گرمایی به صورت مایع داغ و فاقد هر گونه بخار است. در این حالت می توان با استفاده از یک مبدل حرارتی(**Heat Exchanger**) حرارت موجود در سیال زمین گرمایی را به سیال دیگری مانند ایزوپنتان(C_5H_{12})، ایزوبوتان(C_4H_{10}) و سایر مواد دیگری که با حداقل حرارت می توانند به بخار تبدیل شوند، منتقل نمود و با انتقال بخار ایزوبوتان یا دیگر سیالات مشابه به وسیله لوله به توربین نسبت به تولید توان و سپس تولید برق در ژنراتور اقدام نمود. نام دیگر این نوع نیروگاه های زمین گرمایی، نیروگاه های دوسیاله نیز است.

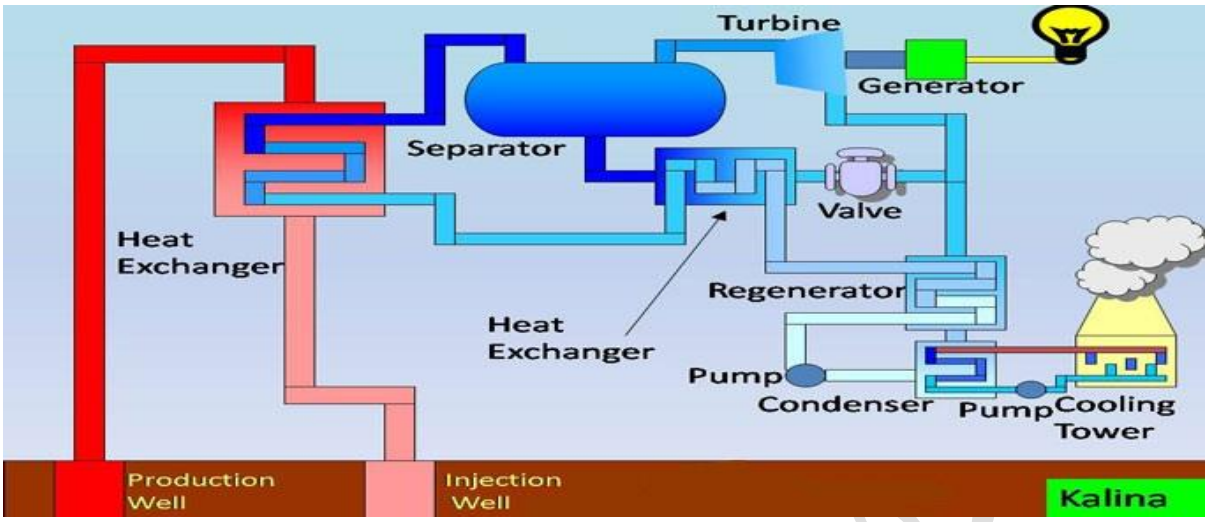
درصد ظرفیت نصب شدهٔ این نوع نیروگاه ها به نسبت سایر نیروگاه های زمین گرمایی ۱۱٪ ، میزان انرژی تولیدی ۹٪ و تعداد واحدهای نیروگاهی ۴۴٪ است.



البته لازم به ذکر است، با استفاده از تجهیزاتی مانند **Regenerator** می توان نسبت به افزایش راندمان نیروگاه و در نتیجه افزایش تولید برق اقدام نمود.



نکته قابل توجه این است که پیشرفته ترین نوع نیروگاه زمین گرمایی از نوع مایع داغ را می توان با نام نیروگاه **Kalina** نام برد که با حداقل دمای سیال ورودی(در حدود ۸۰ درجهٔ سانتیگراد) می تواند برق تولید کند. در این نوع نیروگاه سیال عامل ترکیبی از آب(H_2O) و آمونیاک(NH_3) است.



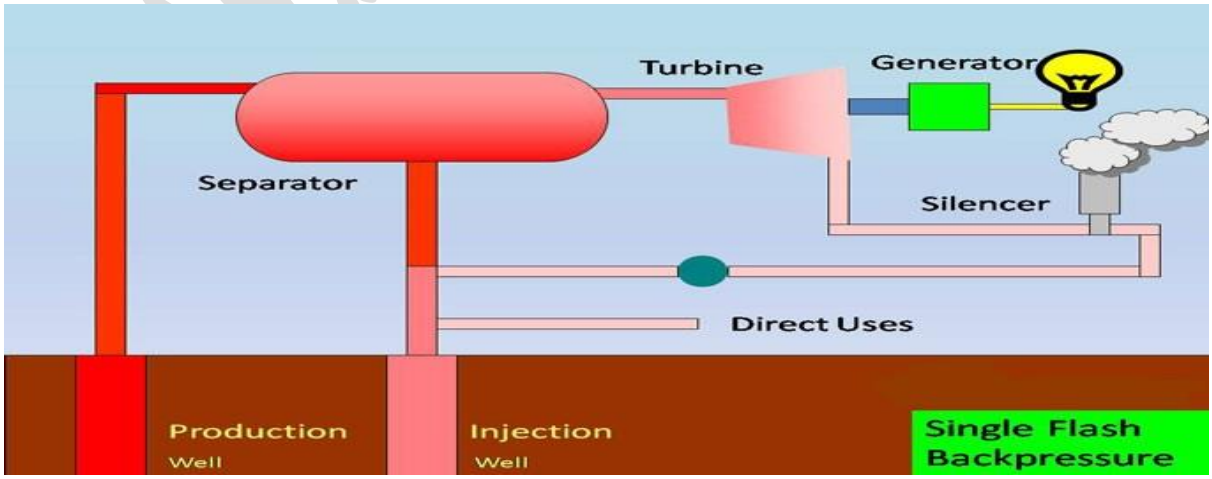
۳- نیروگاه با سیال دو فازی(**Steam Flash**):

در این نوع نیروگاه، سیال خروجی از چاه های تولیدی به صورت دو فاز مایع و بخار است. به طور تقریبی می توان نیروگاه های سیال دو فازی را بر اساس سیکل و تجهیزات مورد استفاده در آن به سه دسته تقسیم نمود:

۳-۱- نیروگاه بخار تک مرحله ای با خروجی اتمسفر(**Single Flash Backpressure**):

در این نوع نیروگاه ها، سیال خروجی از چاه های تولیدی، توسط خطوط انتقال لوله به داخل مخزن تفکیک کننده(**Separator**) هدایت می شوند. در مخزن تفکیک کننده به دلیل اُفت فشار، قسمتی از سیال به بخار تبدیل شده و از قسمت خروجی، بخار مخزن خارج می شود و به داخل توربین هدایت می شود. در این نوع نیروگاه، خروجی توربین به فضا منتقل می شود. در نتیجه میزان تولید توان در توربین و تولید برق در ژنراتور به فشار سیال و فشار جو بستگی خواهد داشت.

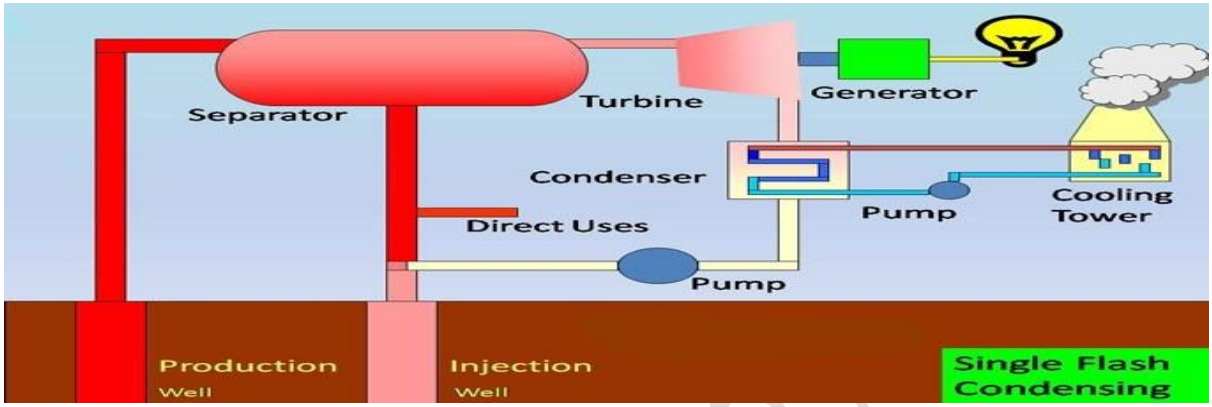
درصد ظرفیت نصب شدهٔ این نوع نیروگاه ها به نسبت سایر نیروگاه های زمین گرمایی ۱٪ ، میزان انرژی تولیدی ۴٪ و تعداد واحدهای نیروگاهی ۵٪ است.



۳-۲- نیروگاه بخار تک مرحله ای با کندانسور(**Single Flash Condensing**):

تفاوت میان این نوع نیروگاه های زمین گرمایی با نیروگاه بخار تک مرحله ای با خروجی اتمسفر در این است که در این نیروگاه، سیال خروجی از توربین به داخل کندانسور منتقل می شود تا توسط آب سردی که توسط برج خنک کن(**Cooling Tower**) تأمین شده و با پمپ به داخل کندانسور(**Condenser**) هدایت می شود. فشار بعد از توربین کاهش یافته تا ضمن افزایش راندمان نیروگاه، میزان تولید برق افزایش یابد.

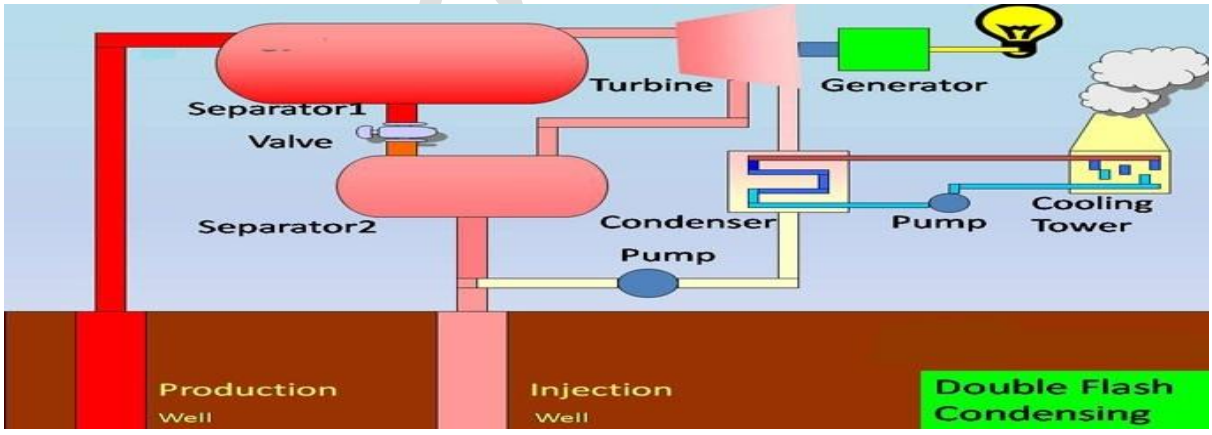
درصد ظرفیت نصب شدهٔ این نوع نیروگاه ها نسبت به سایر نیروگاه های زمین گرمایی ۴۱٪ ، میزان انرژی تولیدی۴۲٪ و تعداد واحدهای نیروگاهی۲۷٪ است.



۳-۳- نیروگاه بخار دو مرحله ای(**Double Flash Condensing**):

در این نوع نیروگاه زمین گرمایی به دلیل بالا بودن میزان دبی[۱] فاز مایع و نیز فشار آن می توان با کاهش فشار مایع خروجی از مخزن تفکیک کننده اول در یک مخزن تفکیک کننده دیگر نسبت به افزایش دبی بخار اقدام نمود و بخار تولید شده در مخزن تفکیک کننده دوم را به داخل قسمت های کم فشار توربین فرستاده تا بتوان میزان توان تولیدی در توربین و در نتیجه میزان تولید برق در ژنراتور را افزایش داد.

درصد ظرفیت نصب شدهٔ این نوع نیروگاه ها به نسبت سایر نیروگاه های زمین گرمایی ۲۰٪ ، میزان انرژی تولیدی۲۱٪ و تعداد واحدهای نیروگاهی۱۲٪ است.

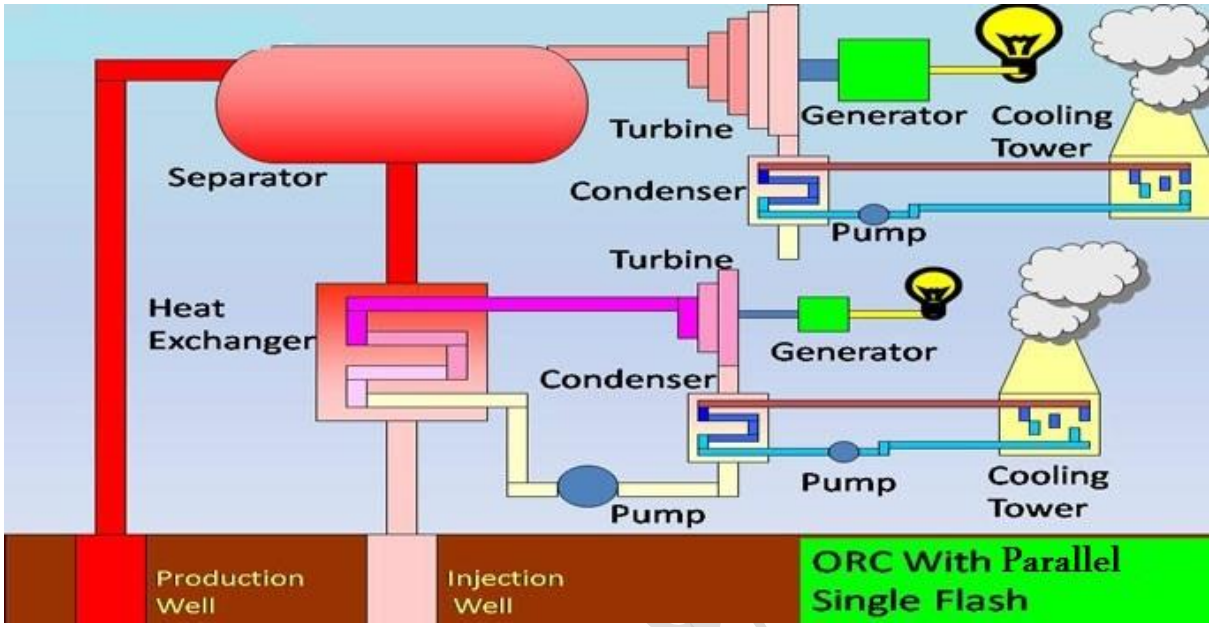


توضیحات:

۱- دبی: در منابع آب، به حجم آب جا به جا شده از یک مقطع مشخص(رودخانه، کانال آب، دریچهٔ سد، لوله یا هر سازهٔ دیگر) در مدت زمان مشخص، دبی می گویند.

نکته مهم:

در بعضی از نیروگاه های زمین گرمایی به منظور افزایش میزان تولید، نیروگاه های بخار تک مرحله ای(**Single Flash**) و نیروگاه های دو سیاله (نیروگاه با سیال کاملاً مایع داغ- **ORC**) را به صورت موازی مورد استفاده قرار می دهند.



نوع دیگری از تقسیم بندی نیروگاه های زمین گرمایی:

۱) بخار خشک؛ قدیمی ترین نیروگاه های زمین گرمایی است که بخاری که از شکاف های درون پوسته ی زمین به سطح زمین خارج می شود، مستقیماً توربین ها را به حرکت درمی آورد.

۲) فلش؛ آبی را که در اعماق زیاد تحت تأثیر فشار و حرارت زیاد است را به آبی با دمای پایین تر و فشار کمتر تبدیل می کند. بخار حاصل از این فرایند توربین ها را به حرکت درمی آورد.

۳) باینری؛ در این نیروگاه ها، آب گرم توسط یک سیال ثانویه که نقطه جوش بسیار پایینی دارد در لایه ها عبور داده می شود، این باعث می شود مایع ثانویه بخار شده، توربین را به حرکت درآورد.

در آینده بیشتر نیروگاه ها باینری خواهند شد.

غلامرضا حاجی پور

نیروگاه زمین گرمایی مشگین شهر

نیروگاه زمین گرمایی مشگین شهر(استان اردبیل – ۲۷ کیلومتری مشگین شهر) یکی از نیروگاه های ایران از نوع زمین گرمایی با ظرفیت تولید ۵۵ مگاوات است.

واقع شدن این نیروگاه در منطقهٔ توریستی سبلان به حفظ محیط زیست منطقه و ظرفیت های گردشگری استان اردبیل کمک خواهد کرد.

بر اساس مطالعات دفتر انرژی زمین گرمایی، سازمان انرژی های نو ایران(سانا)، منطقه مشگین شهر بهترین نقطه برای استفاده از ظرفیت انرژی زمین گرمایی در کشور است، به طوری که مهمترین هدف این دفتر، ساخت و راه اندازی نیروگاه زمین گرمایی با ظرفیت اسمی ۱۰۰ مگاوات در این منطقه است. بر اساس مطالعات صورت گرفته، دامنه های سبلان در مشگین شهر قابلیت ساخت نیروگاه برق تا ۴۰۰ مگاوات را دارد.

روند ساخت نیروگاه:

بررسی مطالعات موجود و برنامه ریزی برای نصب و راه اندازی نیروگاه زمین گرمایی مشگین شهر از سوی گروه نیروگاهی دفتر انرژی زمین گرمایی از سال ۱۳۷۴ آغاز شد.

فعالیت های اجرایی این طرح با هدف احداث نخستین نیروگاه زمین گرمایی در ایران از سال ۱۳۷۷ شروع شد و با تعیین نقاط حفاری های اکتشافی، مطالعه در فاز اکتشافی در سال ۱۳۷۸ به پایان رسید.

بر اساس مطالعات گروه نیروگاهی دفتر انرژی زمین گرمایی، حفر اولین چاه اکتشافی زمین گرمایی مشگین شهر در سال ۱۳۸۱ به صورت عمودی با عمق ۳۲۰۰ متر با دمایی بالغ بر ۲۵۰ درجهٔ سانتیگراد آغاز شد.

چاه اکتشافی دوم به صورت انحرافی در سال ۱۳۸۳ به عمق ۳۱۷۶ متر حفر شد که دمای انتهای چاه ۱۴۰ درجهٔ سانتیگراد است و پس از آن چاه اکتشافی سوم به صورت انحرافی و با عمق ۲۲۶۰ متر و با دمای ۲۱۱ درجهٔ سانتیگراد حفاری شد. از مجموع ۱۷ چاه پیش بینی شده برای این نیروگاه، تاکنون ۱۱ چاه حفر شده و سه چاه نیز مرحله آزمایش خروج بخار را با موفقیت سپری کرده است.

در این نیروگاه آب از طریق لوله به زیر زمین تزریق می شود و با گرمای ۲۵۰ تا ۵۰۰ درجهٔ سانتیگراد، آب به بخار تبدیل شده و سپس این بخار به سطح زمین آمده و توربین را به گردش درمی آورد.