

به نام خالق هستی بخش

انرژی زمین گرمای



• مقدمه:

- انرژی زمین گرمایی انرژی تجدید پذیری می باشد و از حرارت
- قابل استخراج ناشی از گرمای توده های مذاب و تخریب مواد
- رادیواکتیو موجود در اعماق زمین بدست می آید. این منبع انرژی
- برخلاف انرژیهای تجدید پذیر دیگر مانند: خورشیدی، بادی، امواج
- و...، یک منشأ انرژی پیوسته می باشد. در قدیم از آن برای مداوای
- امراض، پخت و پز، گرمایش محیط و... استفاده میشد. در قدیم
- اغلب بصورت چشمه های طبیعی آب گرم و بخار داغ به سطح
- زمین می آمدند.

• اولین نیروگاه‌های زمین گرمایی:

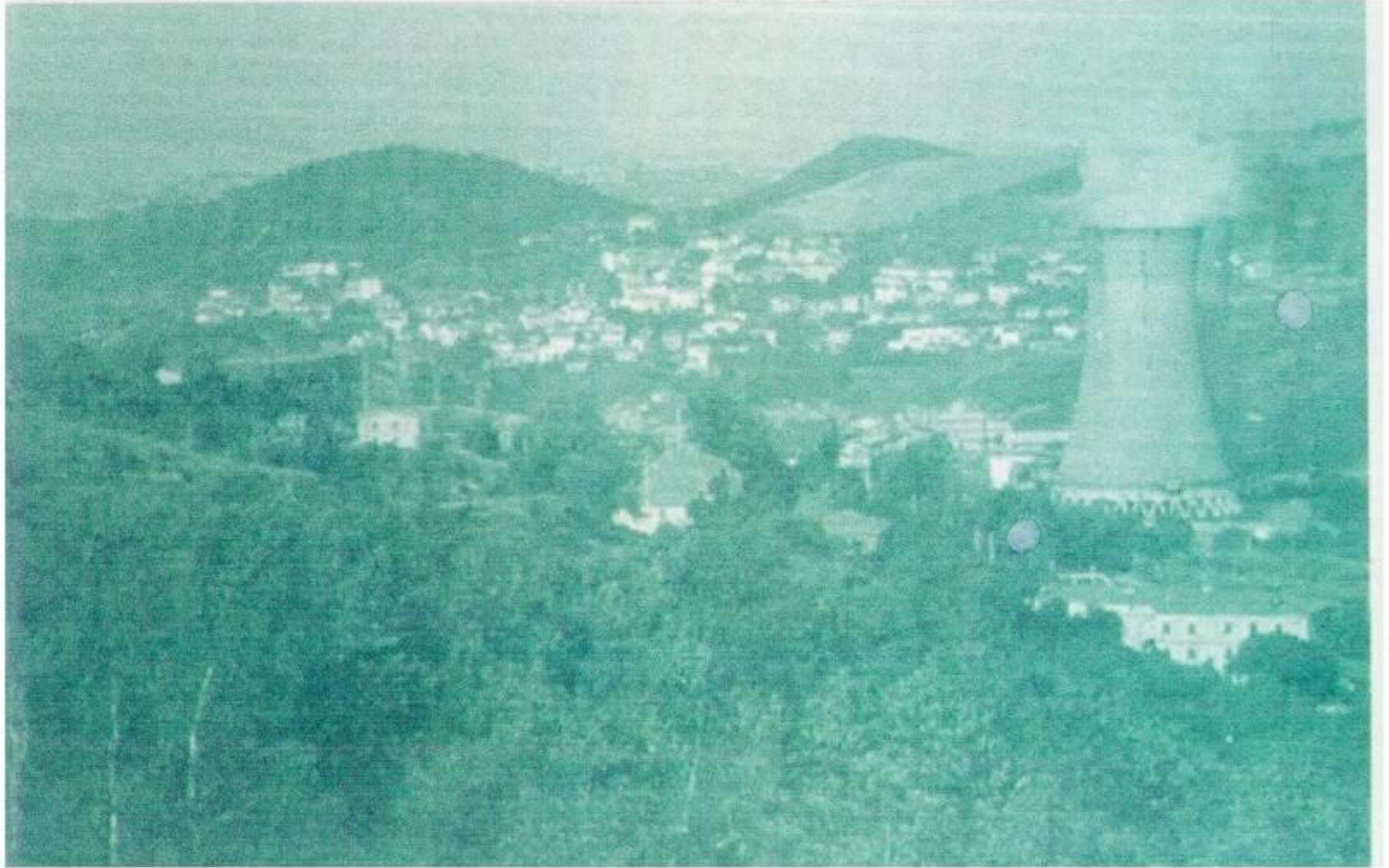
اولین استفاده‌های مکانیکی از انرژی زمین گرمایی در سال 1897 در لادرلو در ایتالیا صورت گرفت. که ظرفیت آن در سال 1914 به 5/8 مگا وات و در سال 1944 به 127

رسید. در اواخر جنگ جهانی دوم این نیروگاه تخریب شد. ولی پس از جنگ دوباره بازسازی شد و در سال 1981 به تولید 360 مگا وات رسید. در سال 1958 دومین نیروگاه در وایراکی نیوزلند ساخته شد. در سال 1967 منابع گیزرز کالیفرنیا در آمریکا و پس از آن برخی منابع هیدروترمال از نوع مایع در ژاپن و نیوزلند گسترش یافت.

در سال 1967 میزان برق تولیدی از این انرژی به 1325 مگاوات رسید. تا سال 1995 از این انرژی در سطح دنیا حدود 9000 مگا وات برق و بیش از 11000

مگا وات انرژی حرارتی برای مصارف مختلف تولید میگردید.

• نمایی از نیروگاه زمین گرمایی در لادرتو ایتالیا



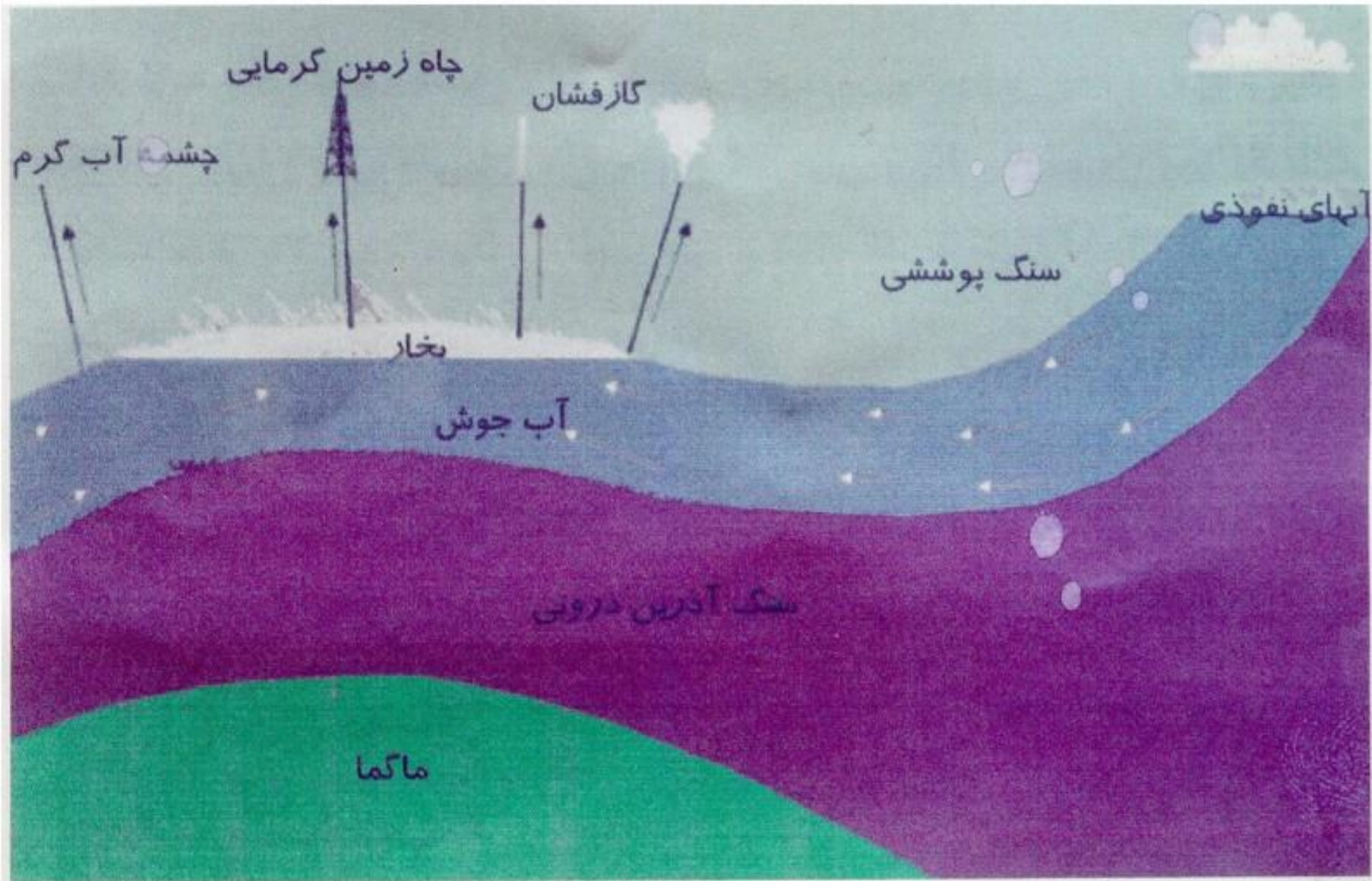
• انواع منابع انرژی زمین گرمایی:



- 1- انرژی هیدرو ترمال
- 2- لایه های تحت فشار
- 3- تخته سنگهای خشک و داغ
- 4- توده های مذاب

• 1- انرژی هیدروترمال:

- بیش از سایر موارد توسعه پیدا کرده و تنها نوعی است که تاکنون به علت قیمت قابل رقابت آن با دیگر منابع انرژی کاربرد تجاری پیدا کرده است.
- به آبهای داغ و بخاراتی که در قسمتهای با عمق کم یا متوسط پوسته زمین (100-4500 متر) درون گسلها یا خلل و فرج سنگهای متخلخل قرار گرفته اند را منابع هیدرو- ترمال گویند. این منابع بیش از 90 درصد منابع انرژی زمین گرمایی را تشکیل میدهند.
- منابع موجود در خوی و ماکو در ایران نیز از این نوع منابع می باشند.
- از انرژی سیال داغ این نوع از منابع میتوان بطور مستقیم برای کاربردهای حرارتی و بطور غیرمستقیم در تولید برق بهره گیری کرد.
- دوسوم این منابع دمایی در حدود 150 تا 200 درجه سانتیگراد دارند. این منابع برای تولید برق باید دمایی در حدود 90 تا 350 درجه سانتیگراد داشته باشند.
- غنی ترین منابع هیدروترمال ، منابعی هستند که دارای بخار خشک یا میزان کمی مایع باشند.
- عظیمترین منابع تحت بخار کشف شده در جهان در محدوده نیروگاه گیزرز آمریکا میباشد.



چاه زمین گرمایی

گازفشان

چشمه آب گرم

آبهای نفوذی

سنگ پوششی

بخار

آب جوش

سنگ آذرین درونی

ماگما

• 2- لایه های تحت فشار:

• این منابع حاوی گاز متان میباشند که در عمق 3 تا 6 کیلومتری سطح زمین، تحت فشار بالا حبس شده اند.

در عمل بندرت پیش آمده است که دمای این منابع به 150 درجه برسد.

از مهمترین این منابع، منابع حوضه های رسوبي سنوزوئیک با وسعتی معادل 160000 کیلومتر مربع در خلیج مکزیک میباشد.

گستره ذخایر لایه های تحت فشار هنوز ناشناخته می باشد ولی آینده ی خوش

آتیه دارد زیرا در صورت استخراج، امکان استفاده از سه نوع انرژی مختلف: حرارتی

ناشی از سیالات گرم شده، هیدرولیک ناشی از فشارهای بالای حبس شده، شیمیایی

ناشی از سوخت گاز متان محلول فراهم میشود.

• 3-تخته سنگهاي خشك وداغ:

• اين منابع به منابع پتروترمال معروفند. بزرگترين منبع انرژي زمين گرمايي محسوب ميشوند. حاوي مقداري آب ميباشند.

دماي آنها حدود 150تا290درجه سانتیگراد ميباشد. ايده كلي براي استفاده از اين منبع براي توليد برق، ايجاد يك سفره زمين گرمايي مصنوعي ميباشد. كه ابتدا دوچاه با عمق 4000تا5000متر در داخل سنگهاي داغ حفاري ميگردد و پس از حفاري با روشهاي انفجار هسته اي ويا فشار هيدروليكي تركهائي در داخل اين سنگها ايجاد ميشود و اين دو چاه به هم مرتبط مي شوند. و تبادل حرارتي بزرگي در داخل سنگها ايجاد ميشود. از طريق يكي از چاهها آب سرد به داخل زمين تزريق شده، و پس از جذب حرارت از سنگها بصورت آب داغ يا بخار آب گرم از طريق چاه ديگر به سطح زمين باز مي گردد. و با هدايت بخار به سمت توربين ، در نهايت انرژي الكتريكي توليد ميشود.

بيش از سي سال از آغاز اولين طرح تحقيقاتي توليد برق از اين منبع ميگذرد ولي هنوز اين منبع براي توليد برق اقتصادي نمي باشد. پژوهشدر زمينه هاي زير مي تواند موجب توسعه اين فن آوري شود:

1-توسعه روشهاي حفاري در سنگهاي آذرین

2-توسعه دستگاههاي اندازه گيري خصوصيات مختلف سنگها

3-توسعه روشهاي شناسايي و رديابي سيستم شكافها

4-توسعه روشهايي كه ميزان آب تزريقي مفقود شده از طريق سنگها را كم كند.

• 4- توده‌های مذاب:

• دارای درجه حرارتی بین 700 تا 1200 درجه سانتیگراد میباشند. چون عمق قابل دسترسی به آنها بین 3000 تا 10000 تخمین زده میشود بهره برداری از آنها مسکوتر میباشد. در مورد بهره‌برداری از این منابع اقدام موثری صورت نگرفته است.

مشکلات بهره برداری از این منابع :

1- مشکلات حفاری در سنگهای نیمه مذاب که دمایی حدود 800 درجه دارند

2- نحوه آماده سازی و ساخت لوله جدار ته چاه برای استحصال حرارت

3- تعیین موقعیت دقیق توده های ماگمایی

کاربردهای مستقیم انرژی زمین گرمایی در سال 1997:

درصد استفاده	موارد کاربردی
33	گرم کردن فضا
15	آبگرم حمام
13	شیلات
12	گلخانه ها
12	پمپهای گرمایی
10	صنایع
1	خشک کردن محصولات کشاورزی
1	آب کردن برف (تهویه مطبوع)
3	غیره

• استفاده مستقیم از انرژی زمین گرمایی در ایران:

• در ایران با وجود ذخایر مناسب کاربرد های مستقیم از این انرژی به استفاده‌هایی نظیر استخرهای شنا و حمام منحصر گردیده است. برای نمونه: سرعین، رامسر، دماوند و محلات میباشند.

در کشور بیش از 360 مورد چشمه آبگرم و معدنی یافت شده که دارای طیف مناسبی از ترکیبیات و خواص درمانی متفاوت میباشند که بجز اندکی از آنها، بقیه غیر بهداشتی مورد بهره برداری قرار میگیرند.

نتایج مطالعات زمین گرمایی در شمال و شمال غرب ایران:

نام منطقه	انرژی حرارتی تخمینی [J]	عمق مخزن [M]	مساحت منطقه مطالعاتی [KM ²]	عملیات اکتشافی
مشکین شهر	$84/14 * 10^{18}$	2000-3000	500	زمین شناسی، هیدرولوژی، ژئوفیزیک، ژئوشیمی
بوشلی	$48/16 * 10^{18}$	1500-2500	550	زمین شناسی، هیدرولوژی، ژئوفیزیک، ژئوشیمی
سرعین	$65/16 * 10^{18}$	500-1000	550	زمین شناسی، هیدرولوژی، ژئوفیزیک، ژئوشیمی
دماوند	$11/5 * 10^{18}$	2000-3000	5500	زمین شناسی، هیدرولوژی، ژئوفیزیک، ژئوشیمی
سهند	$6/7 * 10^{18}$	1500-2500	11000	زمین شناسی، هیدرولوژی، ژئوفیزیک، ژئوشیمی
خوی و ماکو	$30-40 * 10^{18}$	2000-3000	6200	زمین شناسی، هیدرولوژی، ژئوفیزیک، ژئوشیمی

• مناطقي از ايران كه داراي ذخاير انرژي زمين گرمائي ميباشند :

• 1- منطقه تفتان و بزمان

2- منطقه طبس

3- منطقه شيراز

4- منطقه مركزي ايران

5- منطقه غرب

6- منطقه مشهد و نيشابور و سبزوار و قوچان و بجنورد و گرگان بخاطر كانونهاي

زلزله و وجود گسلهاي رباط و قره بيل و ميامي و.....

7- منطقه جنوب

8- منطقه شرق شامل : زابل ، خاش ، سيرجان و زاهدان

نوع منبع	ظرفیت نصب شده [%]	تولید برق در سال [%]
زمین گرمایی	61	86
باد	33	11
خورشیدی	3	2
جزر و مد	3	1

• استفاده از انرژی زمین گرمایی برای تولید برق:

- منابع انرژی زمین گرمایی برای تولید بار پایه استفاده می شوند و تنها در شرایط خاص برای تولید بار پیک مورد استفاده قرار میگیرند

بزرگترین تولید کنندگان برق از انرژی زمین گرمایی در حال حاضر در سطح جهان آمریکا، فیلیپین، مکزیک، ایتالیا و ژاپن میباشند.

جدول زیر مقایسه برق حاصل از این انرژی را با انرژی های دیگر در سال 1997 نشان میدهد

MW ظرفیتهای نصب شده نیروگاههای زمین گرمایی در جهان تا سال 1997 بر حسب

نامکشور	1980	1990	1997
چین	0	8/20	50
کاستاریکا	0	0	110
دومینیکن	0	0	10
السالوادور	95	95	125
فرانسه	4 /2	4 /2	4 /2
گواتمالا	0	2	15
ایسلند	41	44 /6	110
اندونزی	32 /25	142 /25	379
ایتالیا	459	545	885
ژاپن	214 /6	214 /6	456 /6
کنیا	45	45	105
مکزیک	425	700	950
نیوزلند	167 /2	283 /2	300
نیکاراگوئه	35	35	----
فیلیپین	891	891	2164
پرتغال	3	3	-----
سنت لوسیا	0	0	10
تایلند	0	3/0	3
آمریکا	1444	2770	3170
ترکیه	20 /6	20 /6	40
روسیه	11	11	81
جمع کل	3887 /85	55/5827	8967 /7

• انواع نیروگاه‌های زمین گرمایی:



• 1- نیروگاه‌های بخار خشک

• 2- نیروگاه‌های بخار انبساط آبی

• 3- نیروگاه‌های سیکل دو مداره

• 4- نیروگاه‌های باتوربین تفکیک دورانی

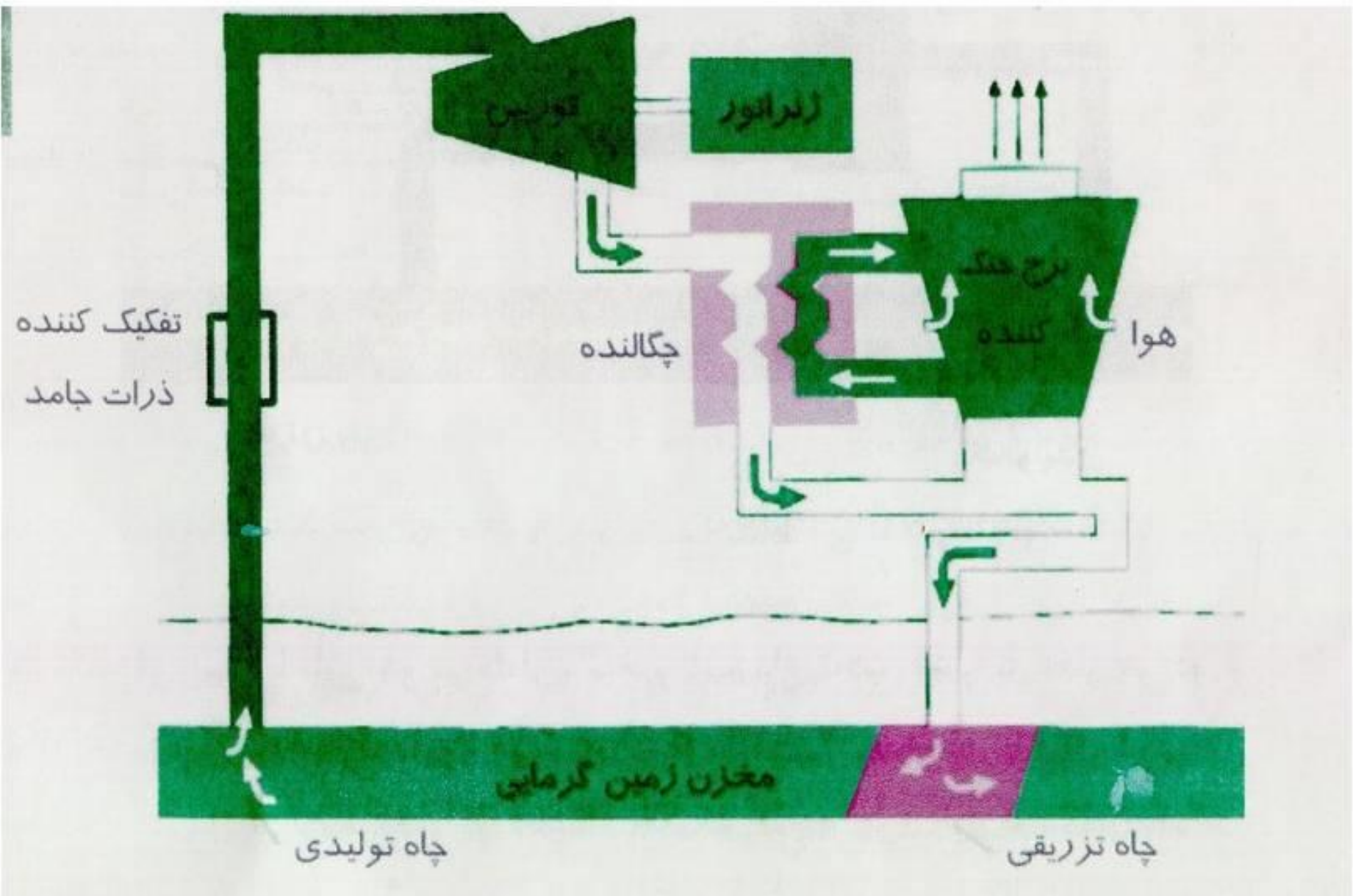
• 5- نیروگاه‌های سیکل ترکیبی

• 1- نیروگاه‌های بخار خشک:

• در این نیروگاه‌ها برای تولید برق از مخازن هیدروترمال تحت بخار استفاده میشود. بخار خشک با استفاده از فشار طبیعی خود از چاه تولیدی خارج شده پس از گذشتن از صافی، تصفیه و به داخل توربین هدایت می‌شود. در طرح اولیه در این نیروگاه‌ها در سال 1904 در لادرلو ساخته شد.

بخار پس از خروج از توربین وارد چگالنده شده و حرارت خود را از دست می‌دهد و تقطیر شده، و با تقطیر بخار در چگالنده، بین توربین و چگالنده خلاء ایجاد شده و توانایی گردش توربین افزایش یافته و بازدهی افزایش می‌یابد
برای خنک کردن آب مورد نیاز این سیستمها از برج‌های خنک کننده استفاده میشود

نیروگاه‌های لادرلو و گیزرز از این نمونه هستند



2-2- نیروگاه‌های بخار انبساط آبی

این نیروگاه‌ها برای استفاده‌ها از مخازن تحت مایع به اندازه کافی داغ (در حدود 160 درجه) مورد استفاده قرار می‌گیرند و به دو صورت زیر می‌باشند:

1-2- تک مرحله‌ای

2-2- دو مرحله‌ای

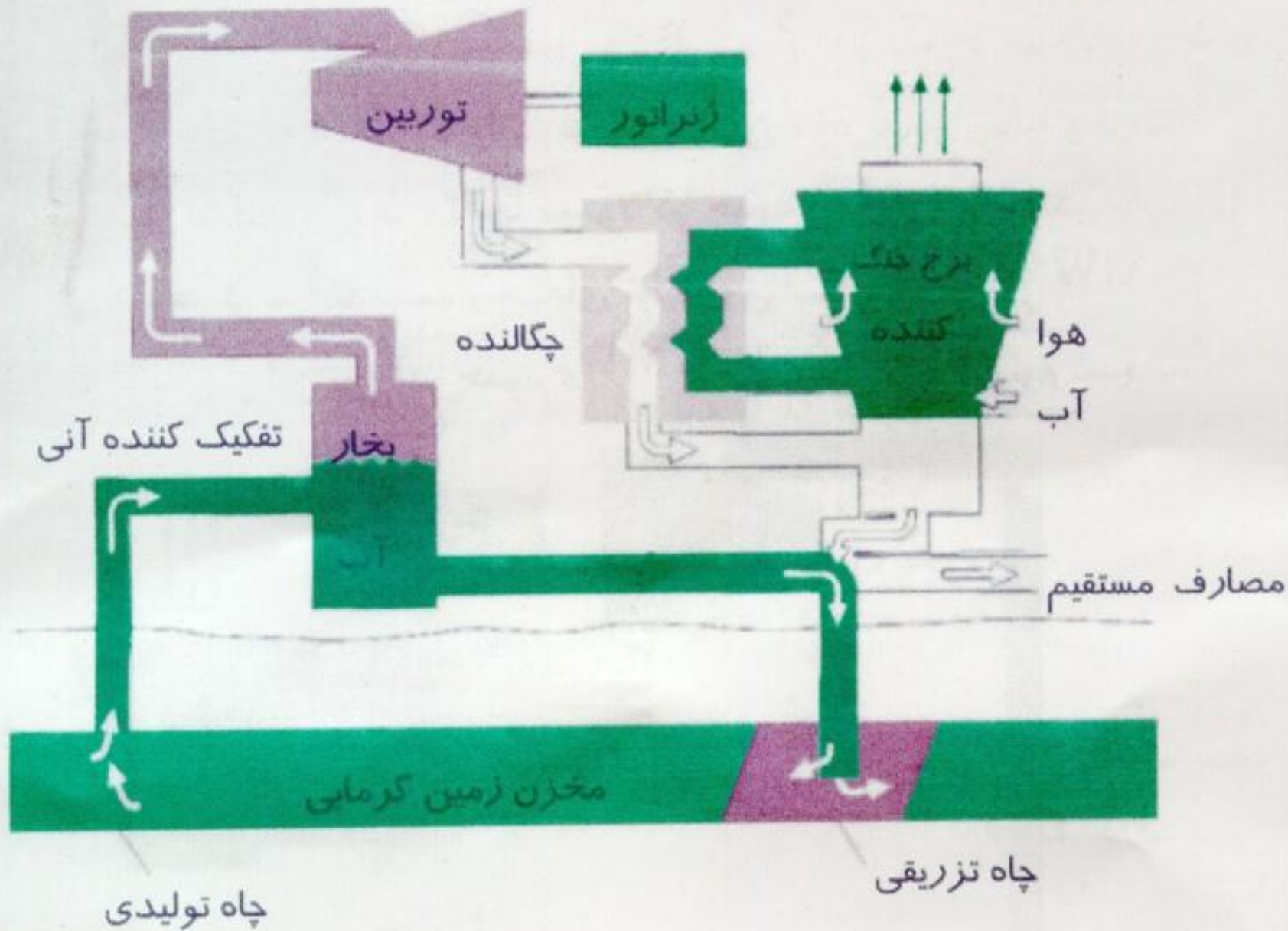
• 1-2- تک مرحله ای :

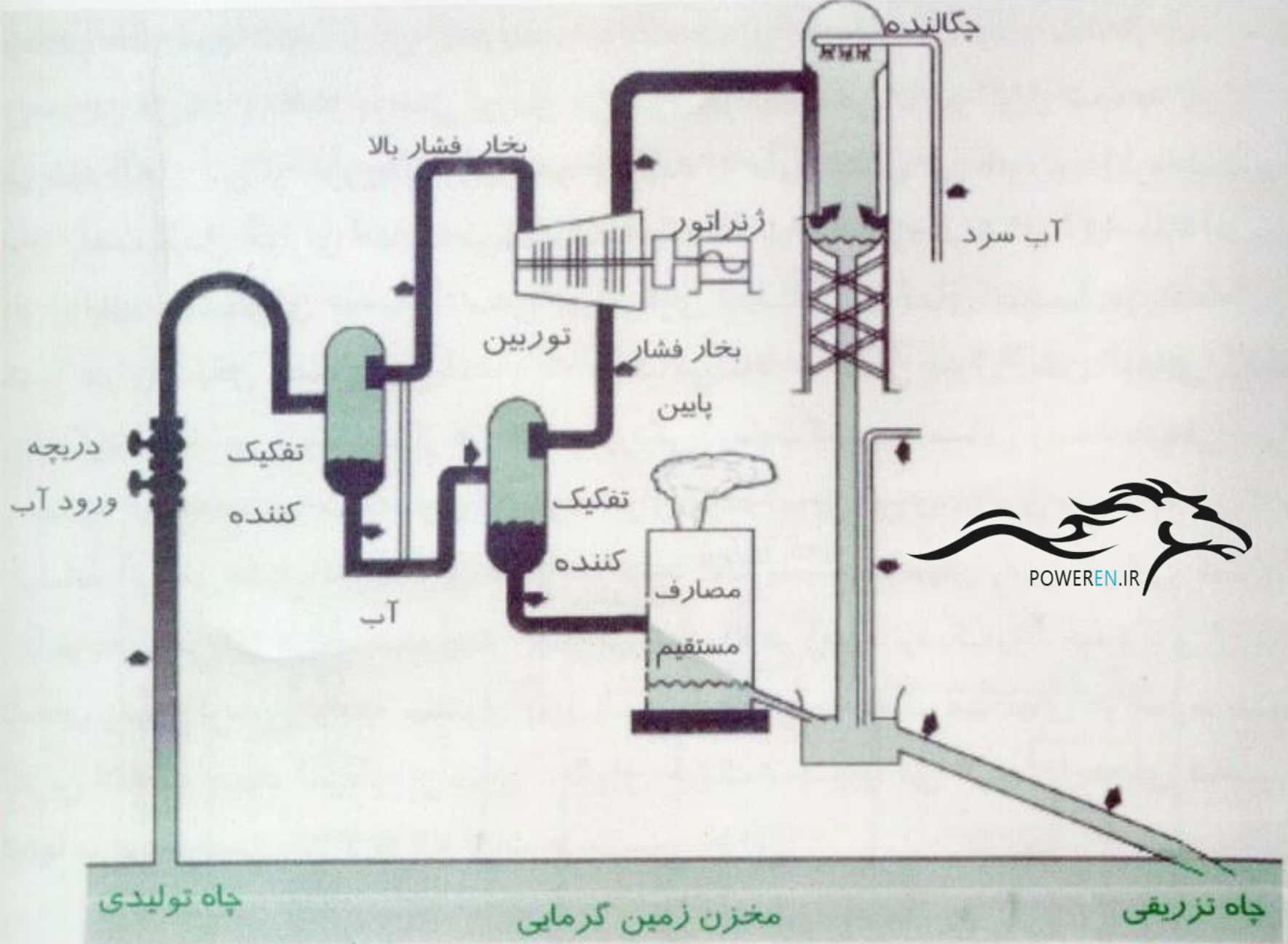
آبهای داغ زمین گرمایی که تحت فشار زیاد هستند در اثر دما و فشار بسیار زیاد طبیعی خود به بالای چاه آمده و به سمت دستگاه تفکیک کننده آبی هدایت می شود در این دستگاه در نتیجه افت فشار مقدار زیادی از آب داغ به بخار تبدیل میشود. بخار حاصله پس از گذشتن از صافیهای مخصوص به درون توربین بخار هدایت و توربین کوپل شده با توربین برق تولید میکند. سیستم چگالش و برج خنک کننده در این نوع مانند نیروگاههای بخار خشک میباشد

• 2-2- دو مرحله ای:

در این نوع ، تبخیر آب داغ تحت فشار به بخار در دو دستگاه تفکیک کننده مجزا و در دو مرحله صورت میگیرد. آب داغ پس از تفکیک کننده اول ، وارد تفکیک کننده دوم که دارای فشار کمتری است شده و مجدداً مقداری از آن در این دستگاه تبدیل به بخار میشود. بخار حاصل از مرحله ی اول به قسمت فشار بالای توربین و بخار حاصل از مرحله ی دوم وارد قسمت فشار ضعیف توربین میشود که دارای قطر بیشتری است.

این سیستم برای حداکثر بهره گیری از انرژی سیال زمین گرمایی طراحی گردیده است. از این





• 3- نیروگاه‌های سیکل دو مداره:

این نیروگاه‌ها برای مخازن هیدرو ترمال تحت مایع که دمای آنها آنقدر بالا نیست تا بتوان در سیکلهای تبخیر آبی استفاده کرد، مناسب است.

همچنین برای مخازنی که دارای آلاینده‌گی می باشند و نیز مخازن آب شور که به دلیل تشکیل رسوبات سخت نمی توانند در روشهای تبخیر آبی مورد استفاده قرار گیرند ، استفاده نمود . این سیستم دارای دومدار مستقل ازهم میباشد مدار اول مربوط به تولید

سیال زمین گرمایی وانتقال آن به مبدال حرارتی وشامل تجهیزات سر چاهها ، پمپ ها جهت استخراج آب از چاههای تولیدی وپمپ جهت تزریق آبهای مصرف شده به چاههای تزریق می باشد . آب گرم چاه تولیدی بادمایی در حدود 65تا200درجه بوسیله پمپ ته چاه ویا با فشار طبیعی به مبدل حرارتی انتقال یافته ودر آنجا حرارت خود را به مدار دوم میدهد که در آن

گازهایی بانقطه جوش پایین مانند ایزوبوتان یا فریون جریان دارند و نقش شاره کارکن نیروگاه را ایفا میکنند ،منتقل میکند وخود سرد میشود.در مدار دوم ،شاره کارکن با دریافت حرارت ،تبدیل به بخار میشود وبا فشار زیاد به سمت توربین جریان می یابد وباعث چرخش توربین شده، درنهایت ژنراتور کوپل شده باتوربین تولید برق میکند. بخار پس از خروج از توربین در چگالنده به مایع تبدیل ودوباره با پمپ تغذیه به سمت مبدل حرارتی هدایت میشود

• 4- نیروگاه‌های با توربین تفکیک دورانی:

آب داغ زمین گرمایی تحت فشار در ابتدا وارد دستگاه تفکیک کننده میشود و مقداری از آن با تبدیل به بخار فشار قوی به سمت طبقه فشار قوی توربین بخار (قطر کوچک توربین) هدایت میشود. باقیمانده سیال در دستگاه تفکیک (آب داغ تحت فشار) به سمت دستگاه تفکیک دورانی (R.S.T) که هم محور با توربین بخار می باشد هدایت میشود. در این مرحله، دو عمل انجام میشود، از یک طرف نیروی حاصل از انرژی جنبشی دستگاه تفکیک دورانی، به سرعت و توان گردش توربین بخار کمک میکند و از طرف دیگر در دستگاه تفکیک دورانی، مقداری بخار کم فشار تولید می شود، که به سمت طبقه کم فشار توربین (پره‌های بزرگ) هدایت میشود، این فرآیند نیز توان گردش توربین بخار افزایش داده، با استفاده از چنین نیروگاهی، از انرژی آب داغ بهره‌گیری بیشتری میشود و بازده افزایش می‌یابد.

اولین واحد اقتصادی از این نوع اولین بار در آمریکا در سال 1985 به ظرفیت نهمی 9 مگاوات در ایلت نوادا بهره‌برداری شد.

• 5- نیروگاه‌های سیکل ترکیبی:

- در این نیروگاه‌ها در کنار انرژی حرارتی حاصل از منابع زمین گرمایی از انرژی حرارتی دیگر نظیر: سوخت‌های فسیلی جهت کمبود انرژی حرارتی نیروگاه استفاده میشود. در این نیروگاه سیال زمین گرمایی در یک مبدل حرارتی، حرارت خود را به شاره کارکن (آب مقطر) انتقال داده و منجر به پیش گرم کردن آن میشود سپس آب گرم مذکور با استفاده از انرژی حرارتی حاصل از احتراق سوخت‌های متداول در داخل مولد بخار تبدیل به بخار میشود و بخار تولیدی با عبور از توربین باعث چرخش محور شده و بدین ترتیب در ژنراتور کوپل شده به توربین انرژی الکتریکی تولید میشود.

بزرگترین مزیت این روش این است که با پیش گرم کردن آب توسط انرژی حرارتی منبع زمین گرمایی، در میزان مصرف سوخت نیروگاه صرفه‌جویی میشود.

بررسی اقتصادی انرژی زمین گرمایی:

هزینه های تولید (سنت بر کیلو وات)					سرمایه گذاری (دلار بر کیلو وات)	نوع نیروگاه
ایتالیا	آمریکا	ژاپن	فرانسه گودالپ (4مگاوات)	جیبوتی(20م گاواتی)		
1/2	3/6	8/8	-	20	725	بخاری با سوخت نفت
4	4/3	-	-	-	1100	بخاری با سوخت زغال سنگ
9/2	6/3	-	-	-	1500	هسته ای
2/2	9/3	8 /8	-8/11	-6/12	1000	زمین گرمایی(بخار خشک وتبخیرانی)
2/2			2/8	6/9		
	1/5-5/16				3600	زمین گرمایی (سیستم دو مداره)

هزینه متوسط جهانی تولید برق از انرژی زمین گرمایی:

هزینه تولید (سنت برکیلو وات ساعت)			ظرفیت نیروگاه
مخازن باکیفیت پایین	مخازن باکیفیت متوسط	مخازن باکیفیت بالا	
6-5/10	5/5-5/8	5-7	کوچک (کمتر از 5 مگا وات)
نامناسب	5/4-7	4-6	متوسط (5-30 مگا وات)
نامناسب	4-6	5/2-5	بزرگ (بزرگتر از 30 مگاوات)

بررسی اقتصادی انرژی زمین گرمایی:

هزینه های تولید (سنت بر کیلو وات)					سرمایه گذاری (دلار بر کیلو وات)	نوع نیروگاه
ایتالیا	آمریکا	ژاپن	فرانسه گودالپ (4مگاوات)	جیوتی(20مگا واتی)		
4 /2	3/6	8/8	-	20	725	بخاری با سوخت نفت
9/2	4/3	-	-	-	1100	بخاری با سوخت زغال سنگ
2/2	6/3	-	-	-	1500	هسته ای
2/2	9/3	8 /8	2/8-8/11	6/9-6/12	1000	زمین گرمایی(بخار خشک وتبخیرانی)
	1/5-5/16				3600	زمین گرمایی (سیستم دو مداره)

هزینه متوسط جهانی تولید برق از انرژی زمین گرمایی:

هزینه تولید (سنت برکیلو وات ساعت)			ظرفیت نیروگاه
مخازن با کیفیت پایین	مخازن با کیفیت متوسط	مخازن با کیفیت بالا	
6-5/10	5/5-5/8	5-7	کوچک (کمتر از 5 مگا وات)
نامناسب	5/4-7	4-6	متوسط (5-30 مگا وات)
نامناسب	4-6	5/2-5	بزرگ (بزرگتر از 30 مگاوات)

مقایسه اطلاعات فنی و اقتصادی نیروگاه زمین گرمایی در ایران:

نیروگاه زمین گرمایی	نیروگاه بخاری	واحد	
25	30	سال	عمر نیروگاه
10	----	سال	عمر چاه
85	70	درصد	قابلیت دسترسی
----	38	درصد	بازدهی
5	5	درصد	مصرف داخلی
1362	343	\$/KWH	هزینه سرمایه گذاری نیروگاه
461	-----	\$/KWH	هزینه سرمایه گذاری چاه
11400	11400	RIALS/KW	هزینه ثابت تعمیرات و نگهداری سالیانه
04/0	04/0	C/KWH	بخش ارزی هزینه متغیر تعمیرات و نگهداری سالیانه
8/0	8/0	RIALS/KWH	بخش ریالی هزینه متغیر تعمیرات و نگهداری سالیانه
-----	گاز طبیعی(8 ماهه) ومازوت(4 ماهه)	----	نوع سوخت
-----	9	C/M^3	قیمت صادراتی گاز طبیعی
-----	773/5	C/M^3	قیمت وارداتی گاز طبیعی بانضمام هزینه انتقال
-----	785/9	C/LITER	قیمت صادراتی نفت کوره
6و8	6و8	درصد	نرخ بهره
-----	9925	KCAL/LITER	ارزش حرارتی سوخت نفت کوره
-----	9556	KCAL/LITER	ارزش حرارتی سوخت گاز طبیعی

• نیروگاه زمین گرمایی مشکین شهر:

• فعالیت پروژه نیروگاه زمین گرمایی مشکین شهر از بهار 1377 آغاز و پس از انجام تحقیقات و مطالعات ژئوفیزیکی، ژئوشیمیایی و زمین شناسی در مساحت 600 کیلومتر مربع از دامنه های کوه آتشفشانی سبلان مشرف به جنوب شهرستان مشکین شهر واقع در استان اردبیل سرانجام در پاییز 77 ناحیه ای به وسعت 5 کیلومتر مربع در مجاورت روستای موبیل حائز پتانسیل شناخته شد.

با حفر 6 حلقه چاه عمیق اکتشافی به عمق 3000 متر پتانسیل حرارتی مخزن مورد ارزیابی قرار گرفت در زمستان 80 سکوهایی حفاری تمام شد. طرح توسعه میدان از سال 82 اجرا شد قرار بود نیروگاه در سال 84 مورد بهره برداری قرارگیرد

پایان

