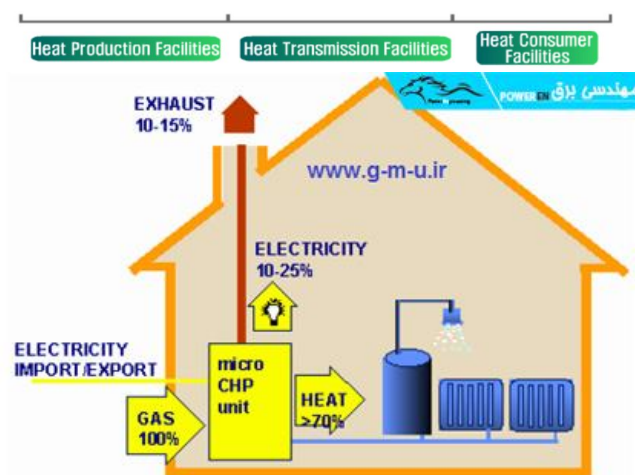
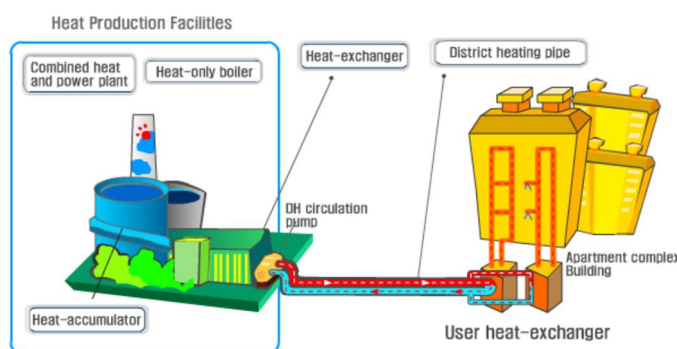


## انواع نیروگاههای حرارتی و برقی

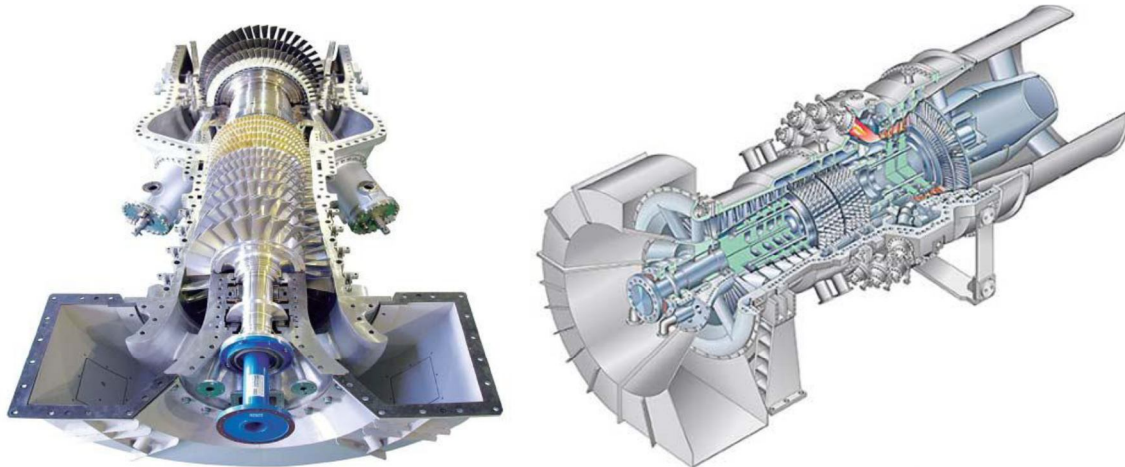
ایمان الیاسیان- دانشجوی دکتری عمران سازه

انواع نیروگاههای بخار، آبی، گازی، فوسلی و سوخت مازوت، سیکل ترکیبی، اتمی یا هسته ای، خورشیدی، بادی، جذر و مد و جریانهای دریایی، پمپ ذخیره آب، زمین گرمایی، موج دریا، بیوماس در صنعت وجود دارند که برای تولید برق و حرارت از آنها استفاده می شود وقتی که برق یک شبکه به صورت نیروگاه های کوچک در نقاط مختلف کشور تامین شود مزایای بسیاری با خود به همراه دارد، در ابتدا تلفات الکتریکی که در خطوط انتقال اتفاق می افتاد از بین میرود یا بسیار کم می شود سپس قابلیت اطمینان شبکه بالا می رود چون برق از نقاط مختلفی تامین می شود در نتیجه قطعی هم کم تر خواهد شد. پس CHP معمولا در نیروگاه های DG یا تولید پراکنده برای تولید همزمان برق و حرارت در محل مصرف ایجاد می شود. در ادامه چند تصویر برای توضیح بهتر این موضوع می آوریم.

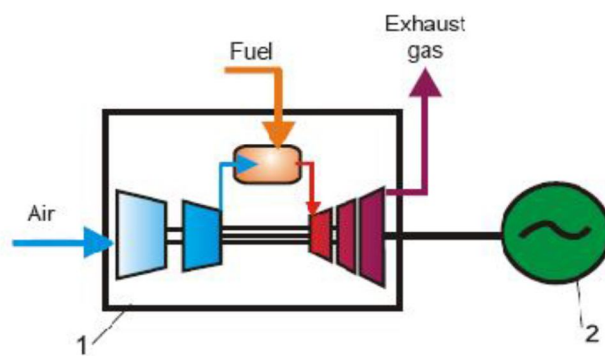


همانطور که در تصویر بالا مشاهده می نمایید یک واحد CHP کوچک با عنوان micro chp unit در خانه وجود دارد، در این مدل از نیروگاه ۱۰ تا ۲۵ درصد از انرژی ورودی به تولید برق اختصاص می یابد، در ادامه ۷۰٪ از انرژی ورودی نیز برای تولید گرما در نظر گرفته می شود، باقی مانده که حدودا ۱۰ تا ۱۵ درصد می باشد برای تلفات استفاده می شود.



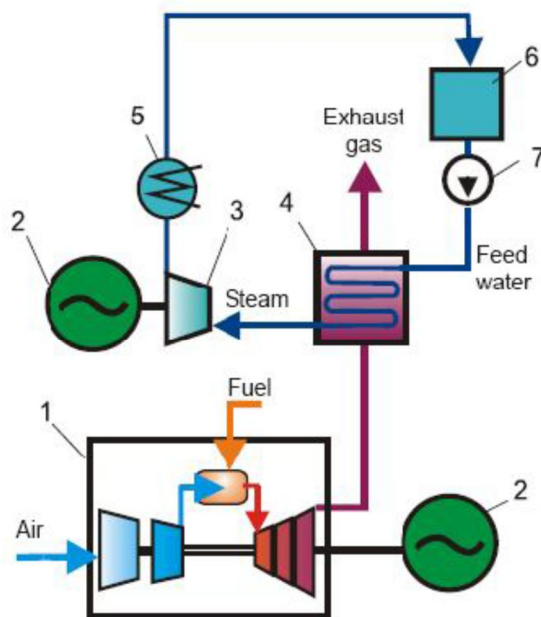


### Simple cycle

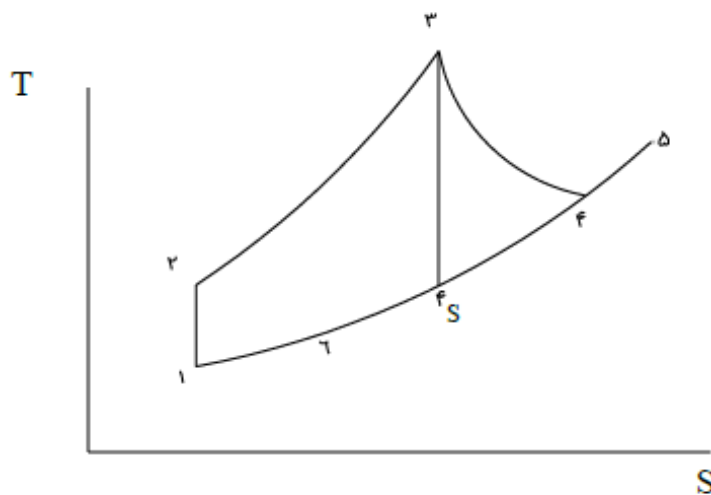
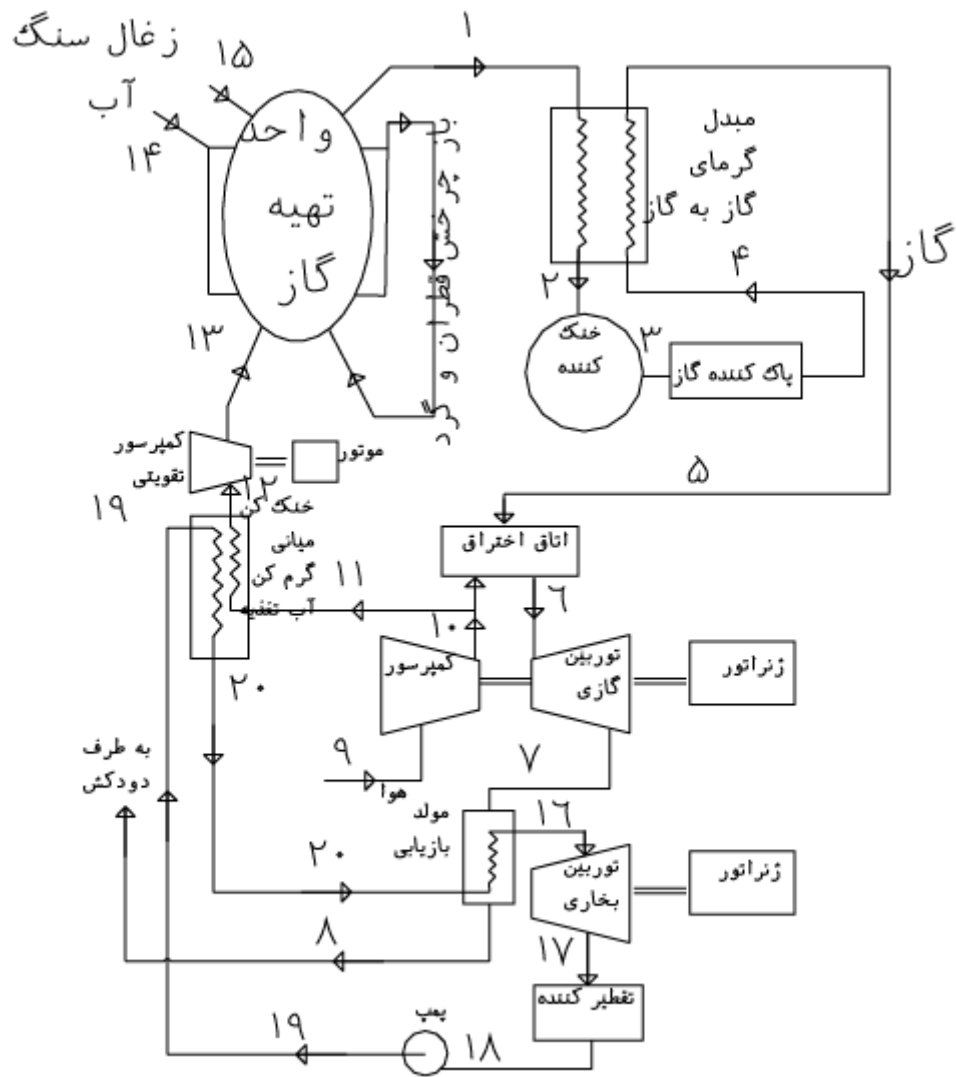


1 - Gas turbine  
2 - Generator

### Combined cycle CC1



1 - Gas turbine.  
2 - Generator. 3 - Steam turbine.



### واحد CCHP چیست

CCHP مخفف Combined Cooling Heat and Power بوده و به معنای تولید همزمان برق، سرما و حرارت است. به این مدل از سیستم ها که به طور همزمان برق، گرما و سرما تولید می کنند، اصطلاحاً Trigenration یا CCHP گفته می شود. مولد قدرت اولیه در سیستم های CHP، معمولاً؛ موتورهای احتراقی، توربین گازی، میکروتوربین یا پیل سوختی می

باشد. کیفیت گرمای خروجی هر یک از این فناوری‌ها، متفاوت بوده و بسته به کاربردهای مختلف و نیاز گرمایشی، می‌توان یکی از آنها را به کاربرد. امروزه از نظر هزینه نصب و راه‌اندازی، موتورهای احتراقی دارای پایین‌ترین قیمت و سیستم‌های پیل سوختی با توجه به اینکه هنوز به مرحله تجاری شدن نرسیده‌اند، بالاترین هزینه را دارند.

### مزایای استفاده از سیستم CHP

- بازده نسبتاً خوب
- کاهش هزینه انرژی اولیه برای مصرف‌کنندگان
- ولتاژ یکنواخت و بدون نوسان و امکان تنظیم فرکانس دلخواه

**نیروگاه سیکل ترکیبی (به انگلیسی Combined cycle power plant): نیروگاهی** است که شامل شماری توربین

گاز و توربین بخار می‌شود. در این گونه نیروگاه، با استفاده از بویلر بازتاب، از حرارت موجود در گازهای خروجی از توربین‌های گاز، برای تولید بخار آب مورد نیاز در توربین‌های بخار استفاده می‌شود. اگر توربین گاز به صورت سیکل ترکیبی نباشد، گازهای خروجی آن، که می‌توانند تا ۶۰۰ درجه سانتیگراد دما داشته باشند، مستقیماً وارد هوا شده و انرژی باقی‌مانده در آن‌ها هدر می‌رود. در حالی که در نیروگاه سیکل ترکیبی، از این انرژی استفاده می‌شود و بویلر توربین بخار بدون نیاز به سوخت، بخار آب تولید می‌کند؛ بنابراین، با استفاده از این روش، راندمان (بازده) سیکل افزایش می‌یابد. نیروگاه‌های سیکل ترکیبی (Combined cycle power plant) راه حل بسیار کارآمد، انعطاف‌پذیر، قابل اعتماد، مقرون به صرفه و سازگار با

محیط زیست برای تولید برق است. نیروگاه سیکل ترکیبی در واقع ترکیبی از توربین بخار و توربین گازی می‌باشد به نحوی که ژنراتور توربین گازی برق را تولید می‌کند، در عین حال انرژی حرارتی تلف شده از توربین گاز (توسط محصولات احتراق) برای تولید بخار مورد نیاز توربین بخار مورد استفاده قرار می‌گیرد و به این طریق برق اضافی تولید می‌شود. با ترکیب کردن این دو سیکل بهره‌وری از نیروگاه افزایش پیدا می‌کند. بازده الکتریکی از یک چرخه ساده کارخانه نیروگاه برق بدون استفاده از اتلاف گرما به‌طور معمول راندمانی بین ۲۵ تا ۴۰ درصد دارد، در حالی که همان نیروگاه با سیکل ترکیبی راندمان الکتریکی حدود ۶۰ درصد را دارد. همان‌طور که گفته شد این نیروگاه‌ها از ترکیب توربین‌های بخار و گاز ساخته می‌شوند و بسته به نوع توربین‌ها، دیگ‌های بازتاب گرما، و دستگاه‌های بازتابی انواع متعددی دارند. با به کارگیری توربین‌های بخار در چرخه‌های ترکیبی می‌توان پایین بودن بازده آن را بر طرف کرد و در نتیجه آن را برای تأمین بار پایه به کار گرفت، در عین حال از مزایای دیگر آن نیز مانند راه‌اندازی سریع و انعطاف‌پذیری آن در محدوده گسترده‌ای از بار بهره‌مند شد. به صورت تئوریک، انرژی قابل بازتابی از آگروز توربین‌های گازی حدود نصف انرژی تولید شده توسط خود توربین گاز است؛ بنابراین، توان توربین بخار حدود نصف توربین گاز خواهد بود. در برخی از طراحی‌ها، دو توربین گاز، انرژی مورد نیاز برای یک توربین بخار را ایجاد می‌کنند و در نتیجه، توان تولیدی توربین‌های بخار در حدود توربین‌های گاز می‌شود.

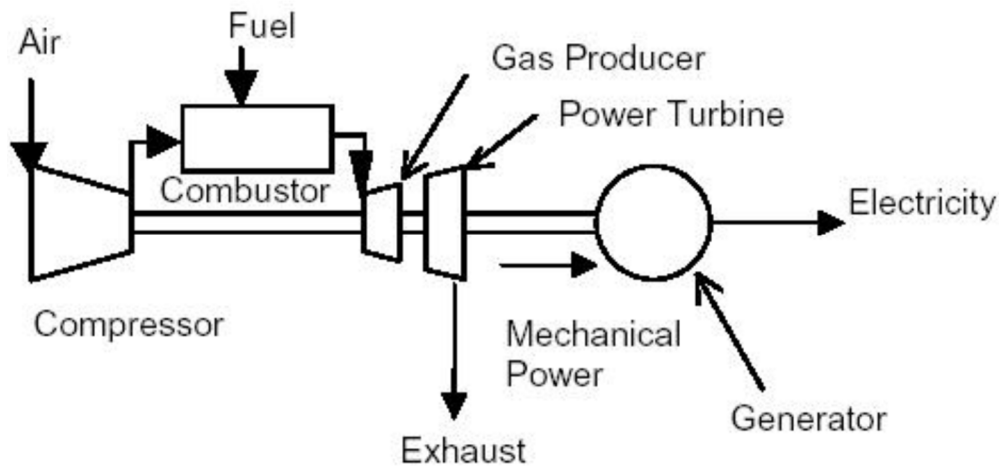
در ابتدا مهم‌ترین سیستم‌های مولد تولید پراکنده برق مورد بررسی قرار می‌دهیم که مشتمل بر سه سیستم عبارتند از:

1- توربین‌های گازی 2- موتورهای پیستونی 3- میکرو توربین‌ها

### توربین‌های گازی

توربین‌های گاز در اوایل سال‌های 1900 میلادی با توجه به پیشرفتهای مهندسی پایه‌گذاری شد و در اواخر سالهای 1930 میلادی نیز استفاده از این توربین‌ها به منظور تولید توان آغاز گردید. به دلیل استفاده از توربین‌های گازی در صنایع دفاعی و هوایی، پیشرفت‌های زیادی در این زمینه حاصل شده، به طوری که بازده توربین‌های گاز به بیش از توربین‌های بخار رسیده و استفاده از آنها افزایش یافته است. توربین‌های گازی در اندازه‌های مختلف از چند صد کیلووات تا چند صد مگاوات موجود می‌باشند. این توربین‌ها حرارتی با کیفیت بالا (دمای بالا) تولید می‌نمایند که می‌تواند برای گرمایش ناحیه‌ای یا صنعتی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین ممکن است این حرارت باز یافت شود تا باعث بهبود بازدهی گردد و یا از آن برای تولید بخار استفاده‌شود و بخار حاصل در یک سیکل ترکیبی توربین بخار را به حرکت درآورد. کم بودن هزینه نگهداری و بالا بودن کیفیت حرارت‌اغلب باعث می‌شود، توربین‌های گازی انتخاب مناسبی برای بسیاری از CHP

های صنعتی و تجاری بزرگتر از 1 مگاوات باشد طرح واره ای از یک مجموعه CHP . بر پایه توربین گاز در شکل یک نشان داده شده است



### توربین گاز

توربین های گازی ممکن است به صورتهای مختلفی مورد استفاده قرار گیرند:

- 1) عملکرد در چرخه ساده ای که از یک توربین گاز تشکیل می شود و تنها برق تولید می کند . وضعیت فعلی در صنعت برق کشور نیز از همین نوع است که از توربین گاز فقط برای تولید برق استفاده میشود.
- 2) عملکرد در CHP که از یک چرخه ساده توربین گاز به همراه یک مبدل بازیافت حرارتی که علاوه بر تولید برق انرژی یک حرارتی گازهای خروجی را به آبگرم یا بخار تبدیل می نماید و این وضعیتی است که ما آنرا در این تحقیق برای استفاده در آینده مورد بررسی قرار میدهمیم.
- 3) عملکرد در چرخه ترکیبی که در آن با استفاده از حرارت گازهای خروجی توربین، بخار پر فشار تولید می گردد و از آن در یک توربین بخار، به منظور تولید توان بیشتر استفاده می شود . در برخی از چرخه های ترکیبی از مراحل میانی بخار برداشت می گردد استفاده میشود CHP . که از آن در فرآیندهای صنعتی و مجموعه های چرخه های ساده توربین گازی که تنها برای تولید برق مورد استفاده قرار می گیرند دارای بازدهی نزدیک به 35 درصد (بر اساس ارزش حرارتی خالص ) هستند . توربین های گازی به طور گسترده در نیروگاهها برای تامین توان در زمانهای اوج مصرف مورد استفاده قرار گرفته اند.

در اوایل سالهای 1980 ، بازدهی و قابلیت اطمینان توربین های گازی کوچک ( 1 ) تا 40 مگاواتی ( به مقادیری رسیدند که برای صنعتی بزرگ مناسب شناخته شدند . توربین های گازی حرارت خروجی با کیفیت بالا تولید می نمایند CHP کاربرد در سیستم های بازدهی کل) برق و انرژی مفید (به 60 تا 80 درصد می رسد CHP . که با استفاده در سیستمهای در گاز خروجی آنها بسیار کم است . بدلیل NOx توربین های گازی از کم آلاینده ترین تجهیزات تولید توان می باشد که مقدار بر واحد کیلووات ساعت که در توربین CO بازدهی بالا و استفاده از گاز طبیعی به عنوان سوخت اولیه، مقدار دی اکسید کربن 2 های گازی تولید می شود کمتر از دیگر فن آوریهای فسیلی مورد استفاده میباشد.

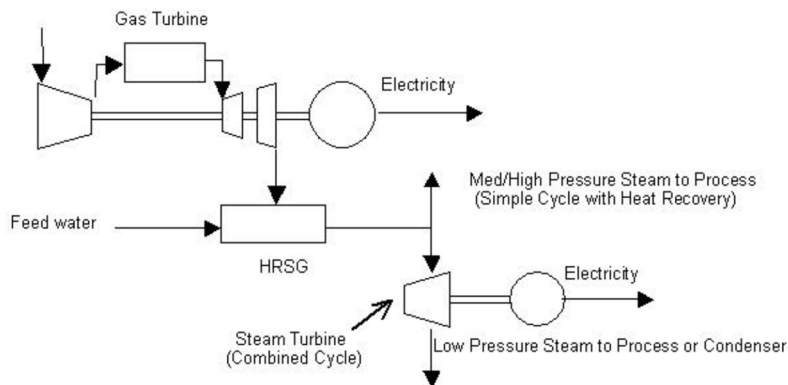
### انواع توربین گاز

یکی از انواع توربین گاز توربین های ابرودریوتیو 1 می باشند که بازدهی حرارتی بالایی دارند، اما قیمت آنها نیز نسبتاً زیاد می باشد . معمولاً حداکثر ظرفیت این توربین ها 40 تا 50 مگاوات است . با توسعه سیستم های پیشرفته، توربین های ابرودریوتیو بزرگ ( بزرگتر از 40 مگاوات ) بازدهی حدود 40 درصد ایجاد می کنند.

توربین های گازی صنعتی یا فریم 2 نوع دیگر توربین های گاز هستند که تنها برای تولید توان مورد استفاده قرار می گیرند و در ظرفیتهای یک تا 250 مگاوات موجود می باشند . معمولاً این نوع توربین ها ارزانتر از توربینهای ابرودریوتیو هستند، فاصله بین تعمیر کلی آنها بیشتر است و از آنها بیشتر در تولید برق استفاده می شود، اما وزن آنها بیشتر و بازدهی آنها کمتر از نوع دیگر توربین گاز است . توربین های صنعتی بزرگ ( بزرگتر از 100 مگاوات ) در چرخه ای ساده بازدهی

حدود 35 درصد ایجاد می نمایند. در صنایعی همچون صنایع شیمیایی، پالایشی، کاغذ، فولاد و مراکز تجاری بزرگ توربین ها برای تولید همزمان برق و حرارت به منظور استفاده در محل مصرف مورد استفاده قرار می گیرند.

**بازیافت حرارت**

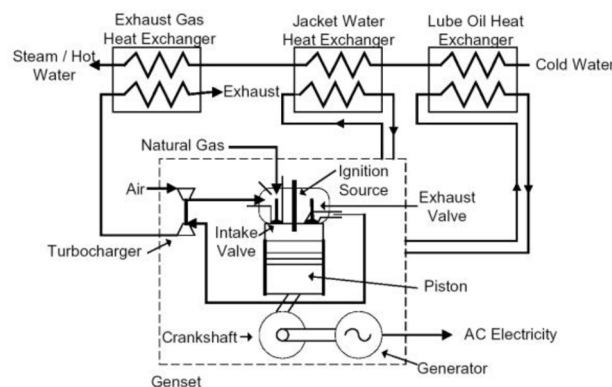


### CHP بازیافتی سیستم

تابعی از مقدار انرژی بازیافت شده از خروجی سیستم می باشد. مهمترین فاکتورهای مؤثر بر روی CHP بازیافتی کل سیستم مقدار انرژی قابل دسترس برای تولید بخار، دمای گاز خروجی از توربین و دمای دود خروجی از دودکش مولد بخار بازیافت حرارت می باشد. دمای ورودی به توربین و نسبت فشار، تعیین کننده دمای خروجی از توربین گاز هستند. معمولاً توربین های گاز ائرودریوتیو دمای ورودی بالاتری نسبت به توربین های گاز صنعتی دارند، اما با توجه به بالاتر بودن نسبت فشار در این نوع توربین ها، دمای گاز خروجی از هر دو نوع توربین تقریباً مشابه می باشد و محدوده آن 850 تا 950 درجه فارنهایت است.

### موتورهای پیستونی

موتورهای احتراق داخلی پیستونی امروزه از فن آوریهای شناخته شده هستند. در آمریکای شمالی در هر سال بیش از 35 میلیون واحد از این موتورها برای استفاده در تولید برق و قدرت، اتومبیل ها، کامیونها، تجهیزات ساختمان سازی و معدن، پیشران زیر دریایی ها و غیره تولید می شوند. انواع موتورهای ساکن برای تولید بازده گسترده ای از توان برای نیازهای بازار از جمله تأمین برق شبکه، برق اضطراری و همچنین برای تولید همزمان برق و حرارت در دسترس می باشند. بازده ظرفیت موتورهای پیستونی مورد استفاده در تولید توان از چندین کیلووات تا بیش از 7 مگاوات می باشد. شماتیکی از موتورهای پیستونی مورد استفاده در سیستم CHP در شکل زیر نشان داده شده است.



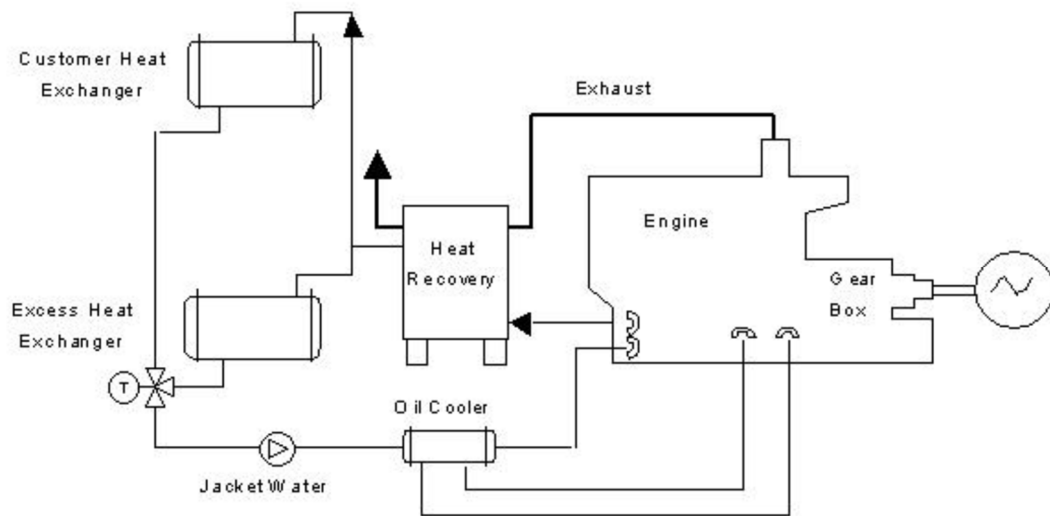
سیستم موتور پیستونی

موتورهای پیستونی مورد استفاده برای تولید قدرت ساکن در حالت نصب شده و ثابت و نه در اتومبیلها و متحرک به دو گروه احتراق جرقه ای با سیکل اتو و احتراق تراکمی با سیکل دیزل تقسیم می شوند. اجزای مکانیکی اصلی سیکل اتو و سیکل دیزل یکسان می باشند. هر دو از یک عنصر احتراق استوانه ای استفاده می نمایند که پیستونی در طول آن حرکت می کند. پیستون به میل لنگی متصل است که حرکت خطی پیستون را به حرکت چرخشی تبدیل مینماید.

سیکل کاری) دو زمانه یا چهار زمانه ( و استفاده یا عدم استفاده از توربوشاژر در ، (rpm) موتورها براساس سرعت میل لنگ آنها تقسیم بندی می گردند .مدلهای زیادی از انواع این موتورها در وسایل نقلیه و برای تولید برق و حرارت و چیلرها استفاده می شوند .

موتورهای چهارزمانه دیزل و احتراق جرقه ای که برای تولید قدرت بکار می روند، هر دو طی چهار مرحله زیر یک سیکل تولید قدرت را تکمیل می کنند:

- 1-مکش :مکش هوا (یا مخلوط هوا و سوخت) احتراق جرقه ای (به داخل سیلندر
- 2تراکم :متراکم کردن هوا یا مخلوط هوا و سوخت در سیلندر
- 3-قدرت :ایجاد شتاب در پیستون در اثر انبساط گازهای داغ و پرفشار
- 4-تخلیه :خروج محصولات احتراق از محفظه خروجی سیلندر

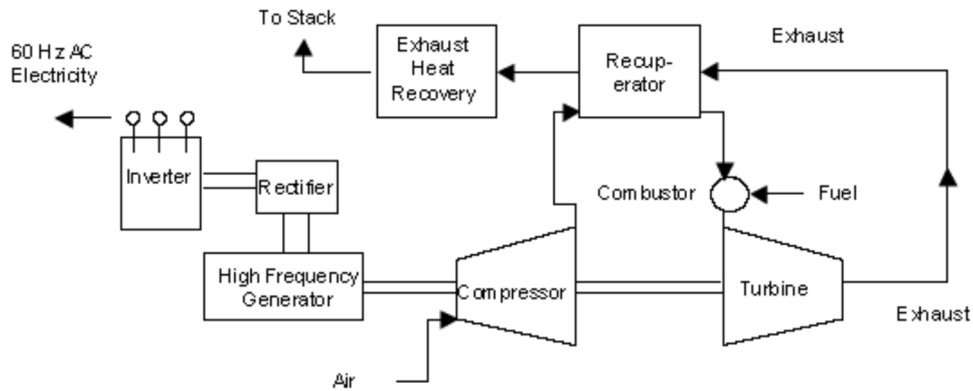


بازیافت حرارت در سیستم بسته

### میکروتوربین ها

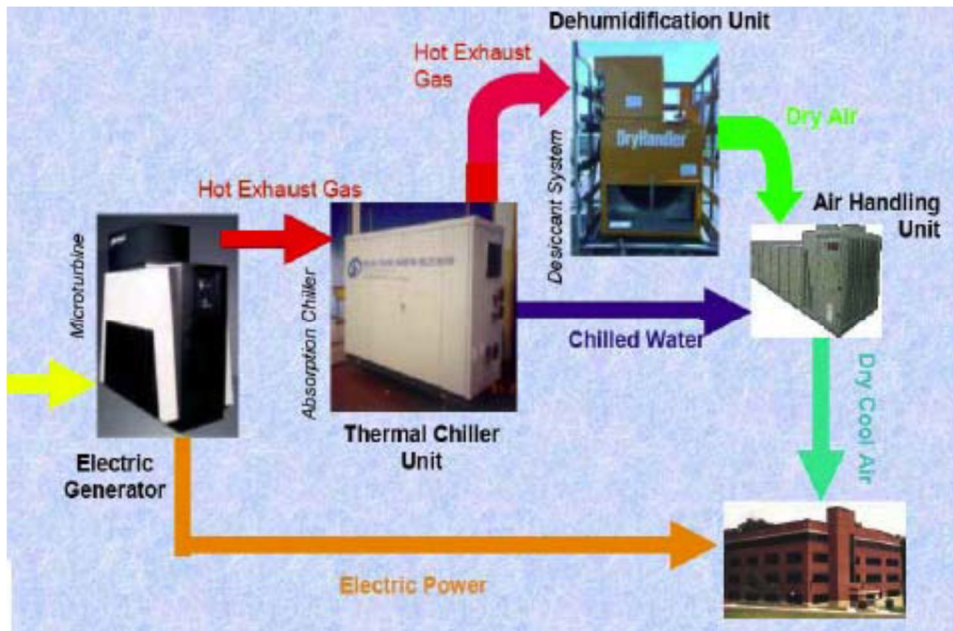
میکروتوربینها مولدهای کوچک برق هستند که سوخت گازی یا مایع می سوزانند و یک ژنراتور الکتریکی را با سرعت بالا به چرخش در می آورند . تست میکروتوربینها از سال 1997 آغاز گردید و در سال 2000 به صورت تجاری ، سرویسدهی اولیه این فناوری شروع شد .متأسفانه هنوز این سیستم در ایران مورد استفاده قرار نگرفته است .

دامنه تولید توان توسط میکروتوربینهای موجود و در حال توسعه ، از 30 تا 500 کیلووات می باشد ، در حالیکه توان تولیدی توربینهای گازی سنتی از 500 کیلووات تا 350 مگاوات می باشد . میکروتوربینها در سرعتهای بالا عمل می کنند و همانند مورد استفاده قرار می گیرند CHP . توربین های گازی می توانند تنها در تولید قدرت به کار روند و یا در سیکلهای ترکیبی میکروتوربینها ، با سوختههای گوناگونی می توانند کار کنند که شامل گاز طبیعی ، گاز ترش) دارای گوگرد بالا ( ، و سوختههای مایع همانند بنزین ، نفت و گازوییل است و در کاربردهای منابع بازیافت ، گازهای اتلافی را که قبلاً به اتمسفر رها می شدند ، می سوزانند



CHP با میکروتوربین

- ۱- پیک سایی و تأمین توان بار پایه
- ۲- تولید همزمان برق و حرارت
- ۳- تولید تنها برق
- ۴- تولید برق پشتیبانی و اضطراری
- ۵- شبکه های کوچک



روند تولید همزمان برق و حرارت در سایز کوچک برای استفاده برای واحد های مسکونی

نیروگاه تولید همزمان بر پایه سیکل بخار با توربینهای زیرکش دار ۵ و توربینهای پس فشاری

نیروگاه تولید همزمان برپایه توربین گازی

نیروگاه تولید همزمان برپایه سیکل ترکیبی گاز و بخار

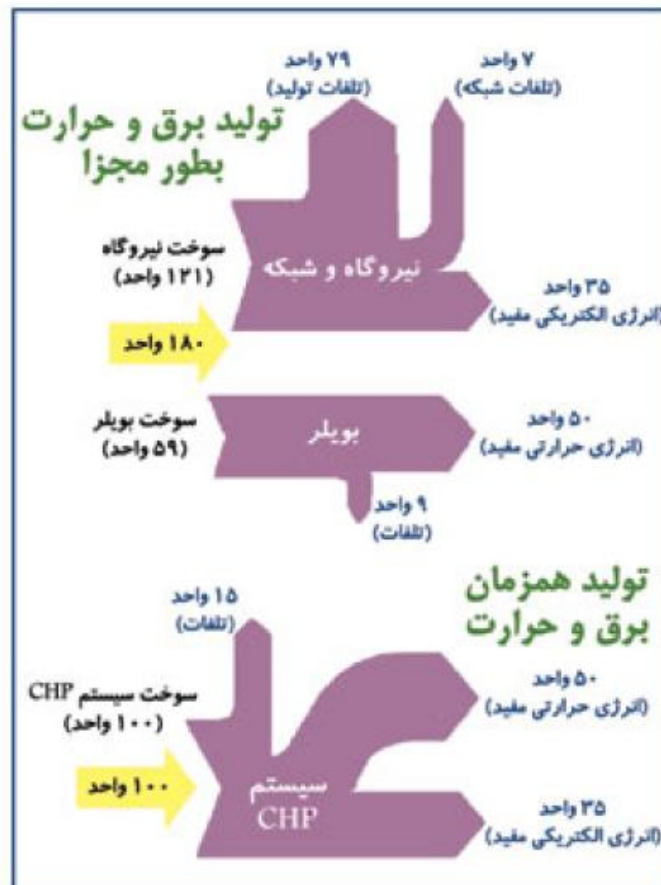
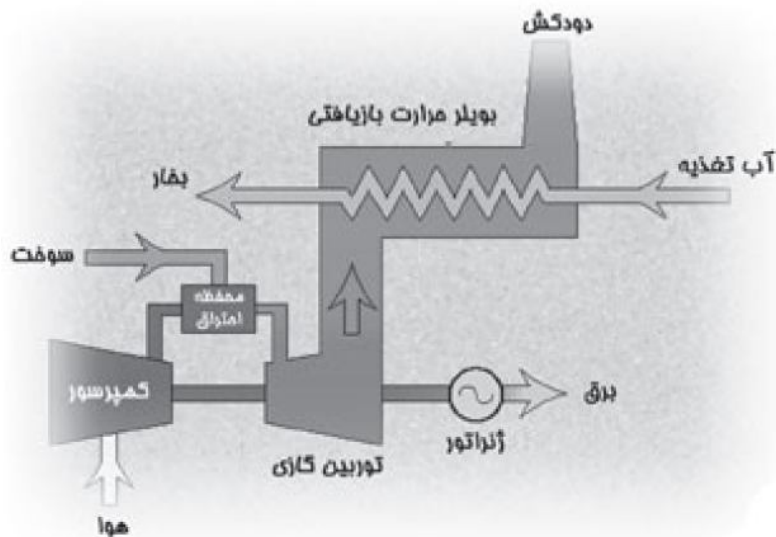
نیروگاه تولید همزمان برپایه موتورهای رفت و برگشتی ( احتراق داخلی و خارجی )

نیروگاه تولید همزمان بر مبنای حرارت مرکزی زمین

نیروگاه تولید همزمان بر پایه میکروتوربین

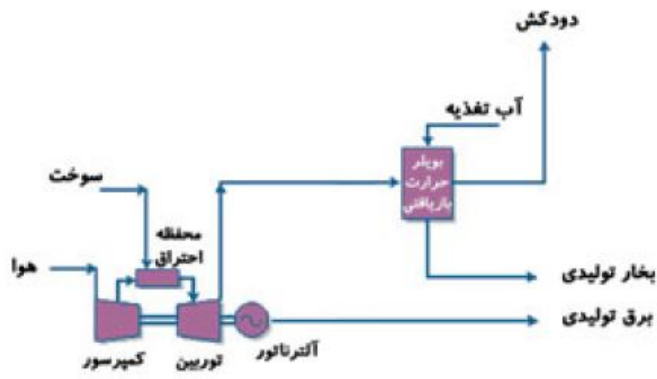
نیروگاه تولید همزمان بر پایه پیل های سوختی



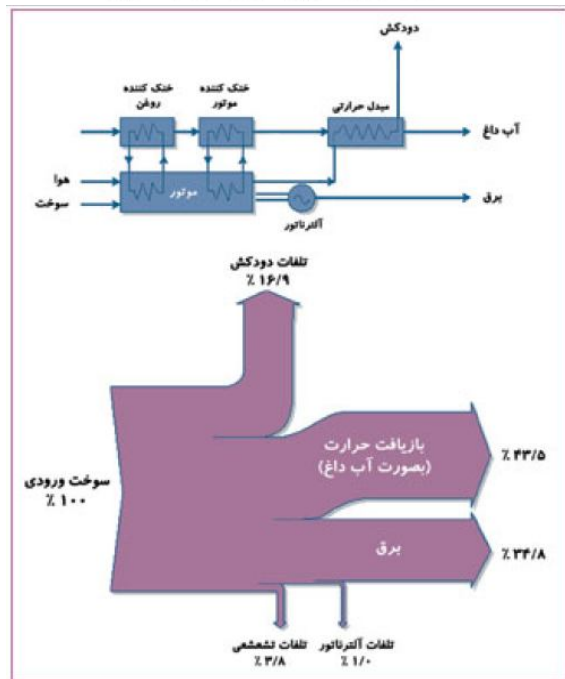
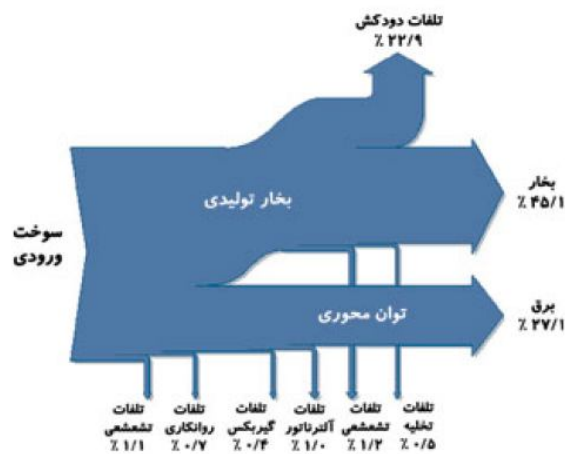


بررسی و تحلیل استفاده از تولید همزمان برق و حرارت بر اساس سه روش زیر قابل انجام است:

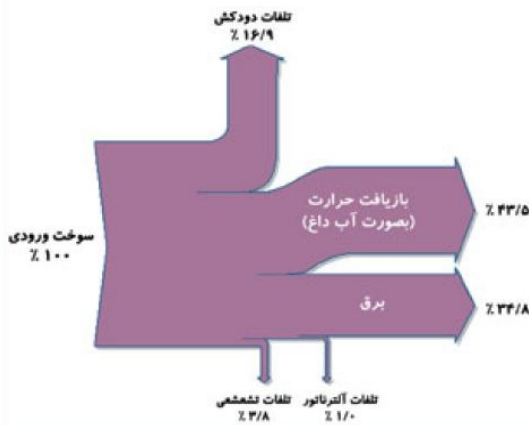
- 1 - برنامه ریزی با محوریت تأمین حرارت مورد نیاز (Heat - oriented)
- 2 - برنامه ریزی با محوریت تأمین برق مورد نیاز (Power - oriented)
- 3 - برنامه ریزی با محوریت حداقل سازی هزینه کل سیستم عرضه انرژی (Cost-oriented)

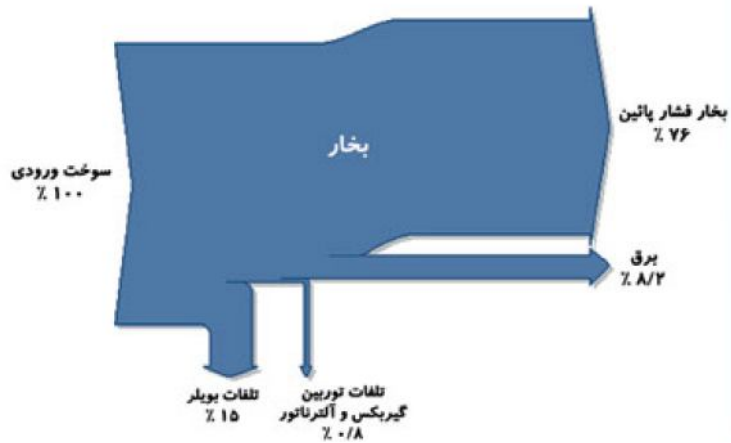
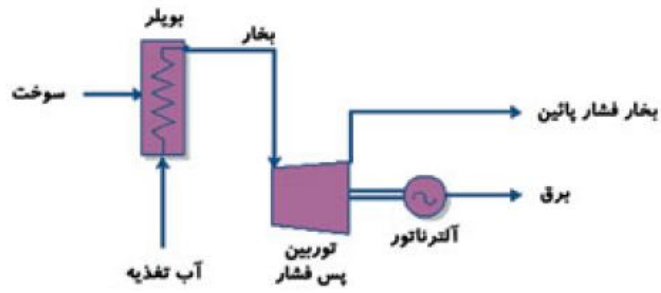


توربین گازی CHP

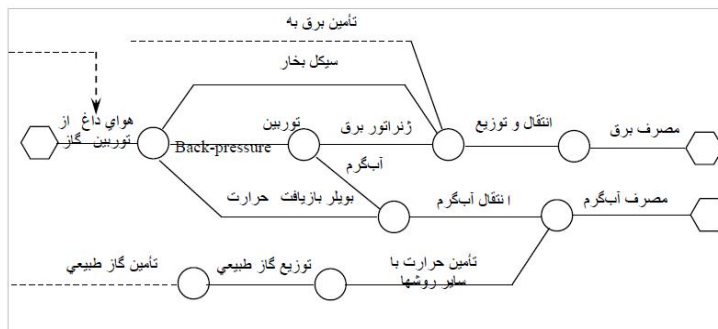
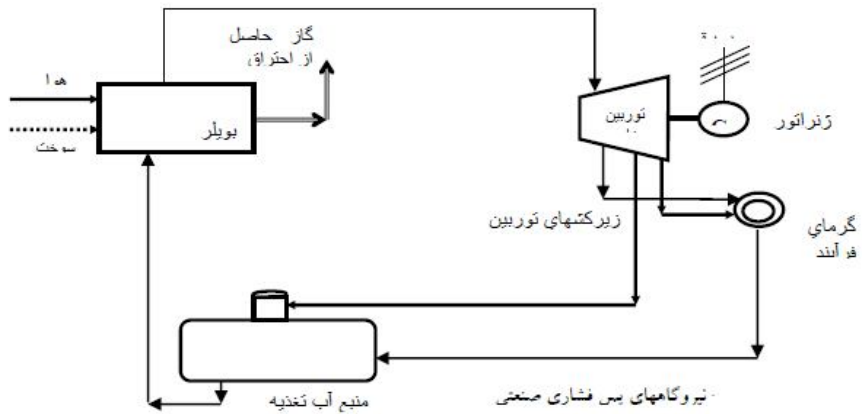


موتوررفت و برگشتی CHP

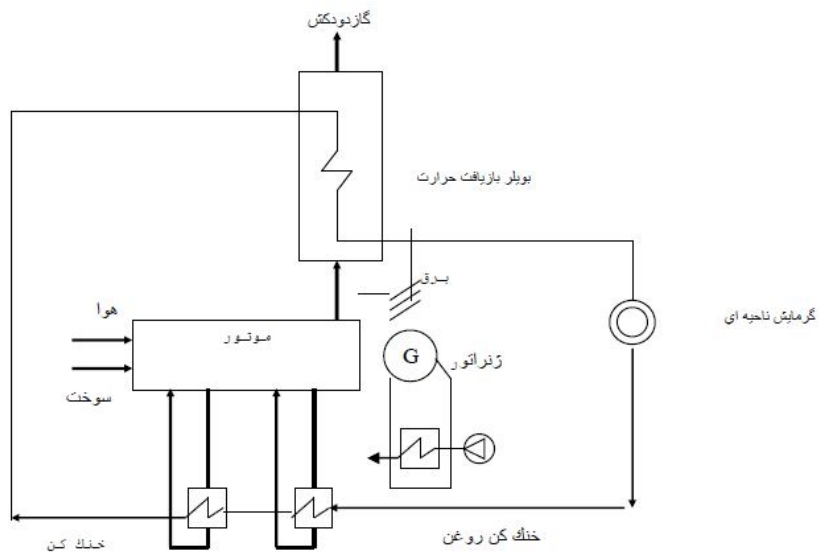
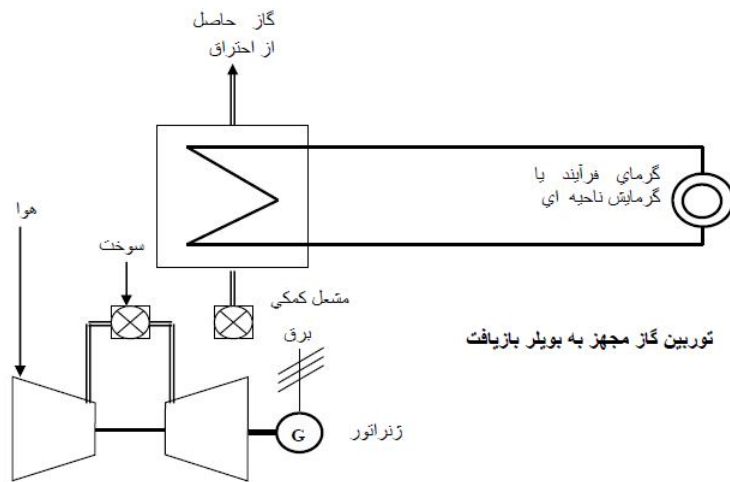
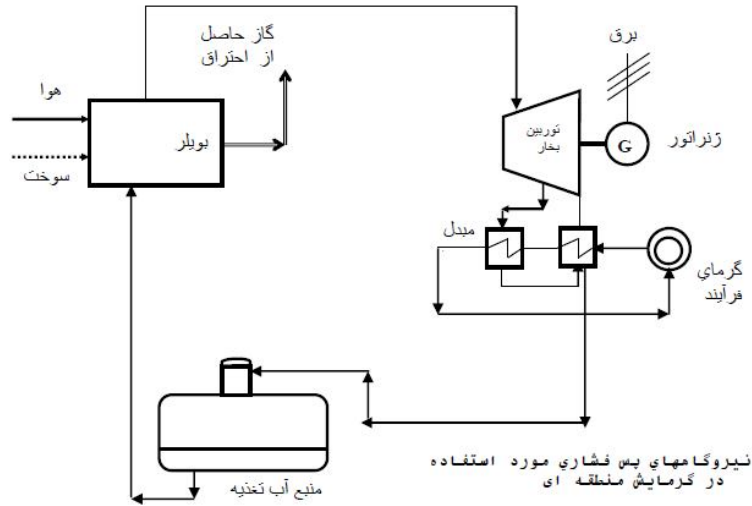




توربین بخار CHP



مدل شبکه انرژی تولید همزمان برق و حرارت

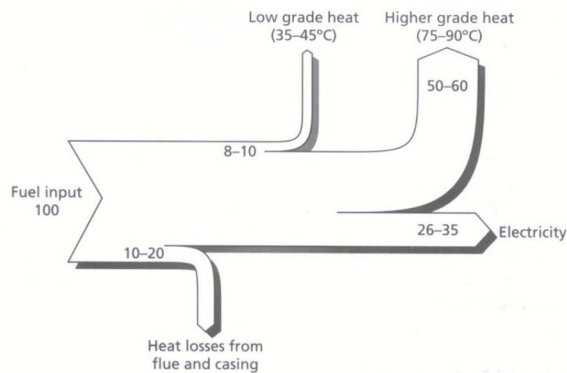
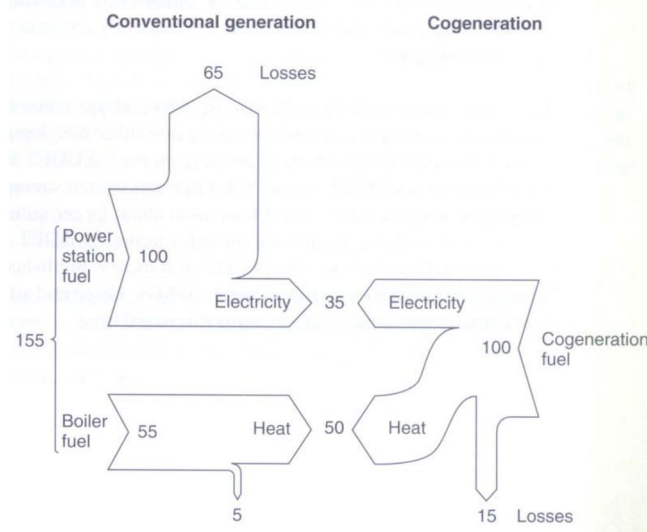
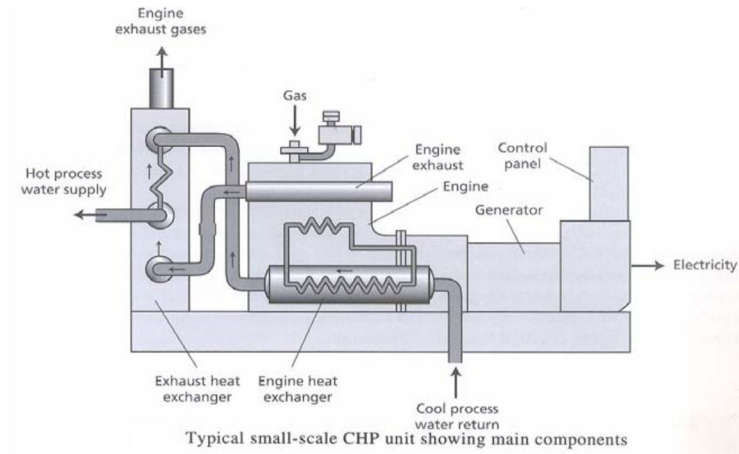


-بازیافت از توربینهای زیرکشی دار (Extraction condensing)

-بازیافت از توربینهای پس فشاری (Back - Pressure)

-بازیافت حرارت از توربین های گازی (Gas turbine heat recovery)

بازیافت از سیکل ترکیبی (Combined Cycle)  
 بازیافت از موتورهای رفت و برگشتی (Reciprocating Engines)



Energy balance of a typical CHP unit

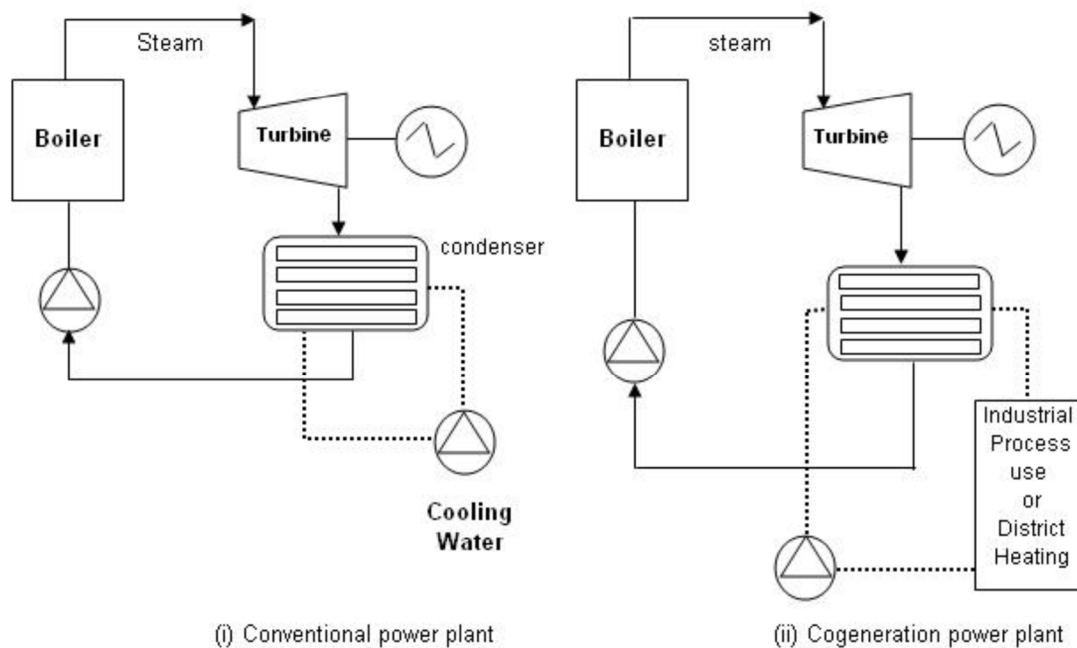
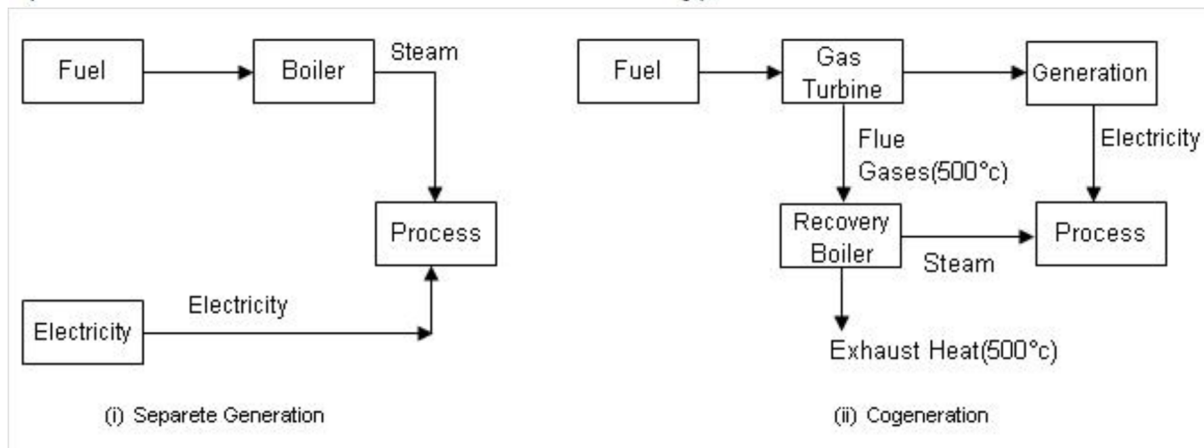
<b>Larg-Scale CHP</b>	> 1 Mwe
<b>Small-Scale CHP</b>	> 1 Mwe
<b>Mini-Scale CHP</b>	> 30 Mwe

۱- گرمایش ناحیه یا بخش خاص (تجاری، مسکونی) (CHP/DH)

(Combined Heat and Power / District Heating)

۲- استفاده در صنعت جهت فرآیندها (CHP/IND)

(Combined Heat and Power / for Industry)



مزایای تولید مشترک

- مصرف انرژی اولیه کمتر

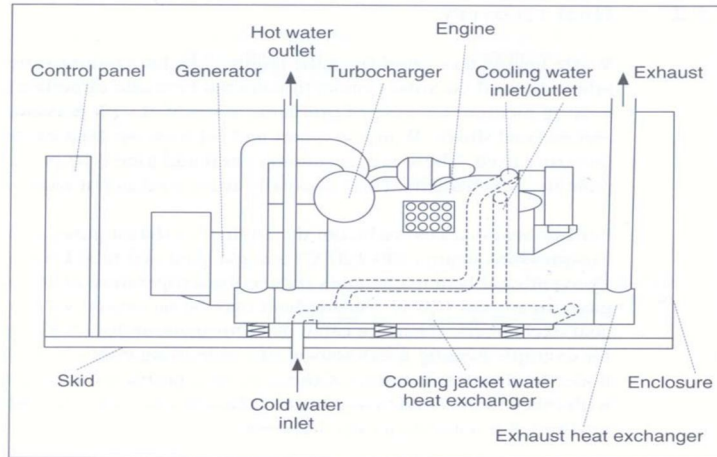
- کاهش هزینه انرژی

- عدم اتلاف انتقال و توزیع

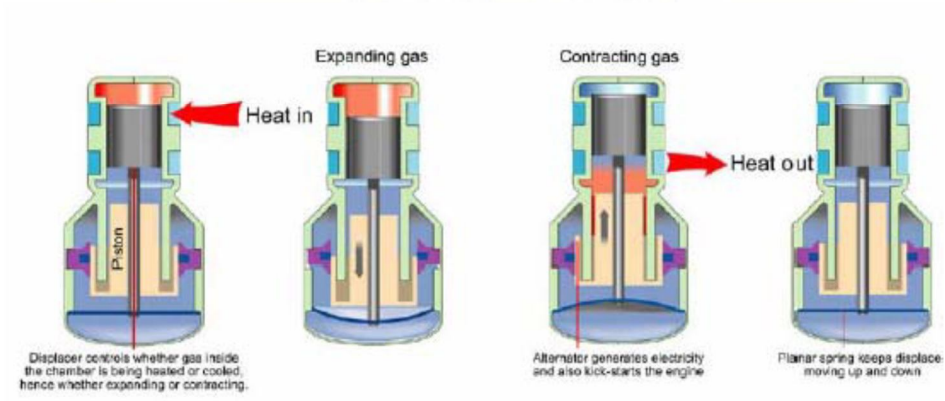
- کاهش مسؤلیت دولت جهت ساخت نیروگاه و حتی فروش برق به شبکه

- کاهش آلودگی های زیست محیطی

- موتور صنعتی (*Industrial Engine*)
- موتور خودرو (*Automotive Derived Engine*)
- موتور دیزل (*Diesel Engine*)
- موتور گازی (*Gas Engine*)
- موتور استرلینگ (*Stirling Engine*)



Typical packaged cogeneration system with a turbo-charged gas engine.



### سپیکل موتور استرلینگ

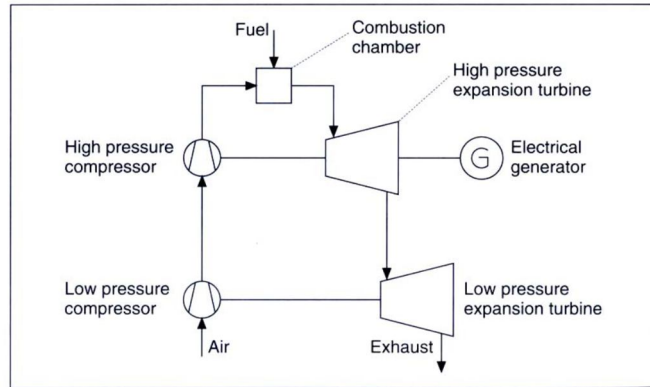
ویژگی های موتور استرلینگ عبارتند از:

- امکان استفاده از سوخت های متنوع از جمله بیوگاز
- آلایندگی کم
- نیاز اندک به تعمیر و نگهداری
- تولید صدای کم در هنگام کار

- آب خنک کن پوسته موتور
- سیستم روغنکاری
- گازهای خروجی از موتور

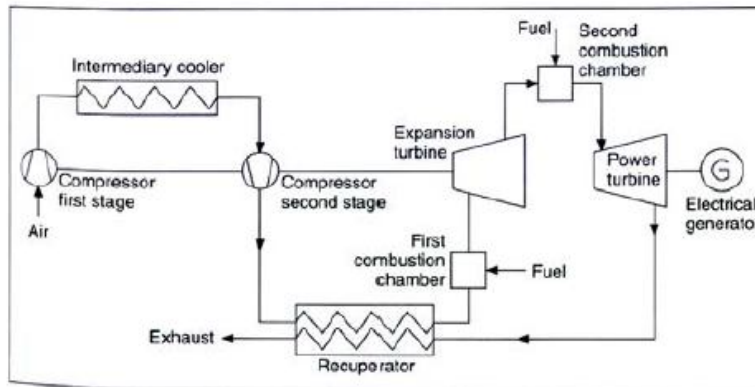
Heat recovery sources for a turbo-charged gas engine.

	Source temperature (°C)	Recovered heat temperature (°C)	Recovered heat as % of fuel input
Water and oil cooling	95	85-90	30
Exhaust	550	100-120	25
Exhaust - latent heat	120	35-40	8



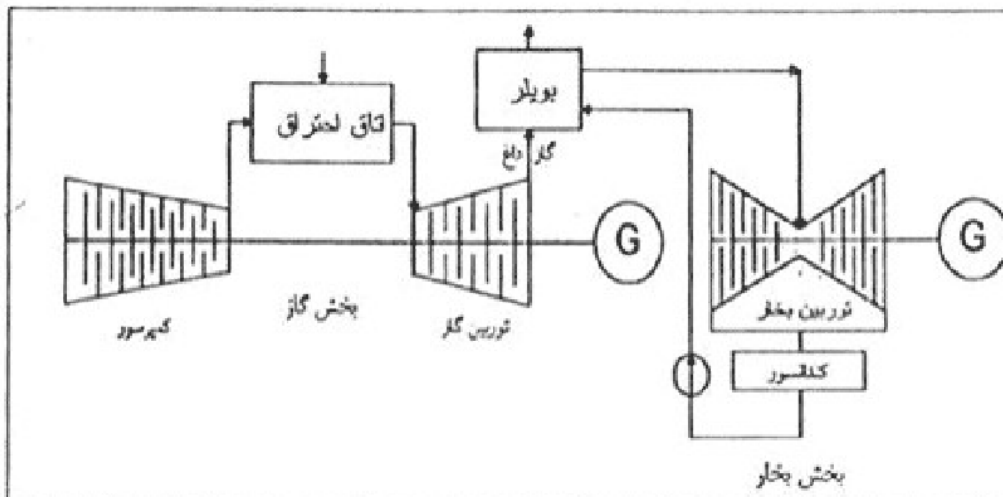
The Opra turbine cycle.

سیکل توربین Opra

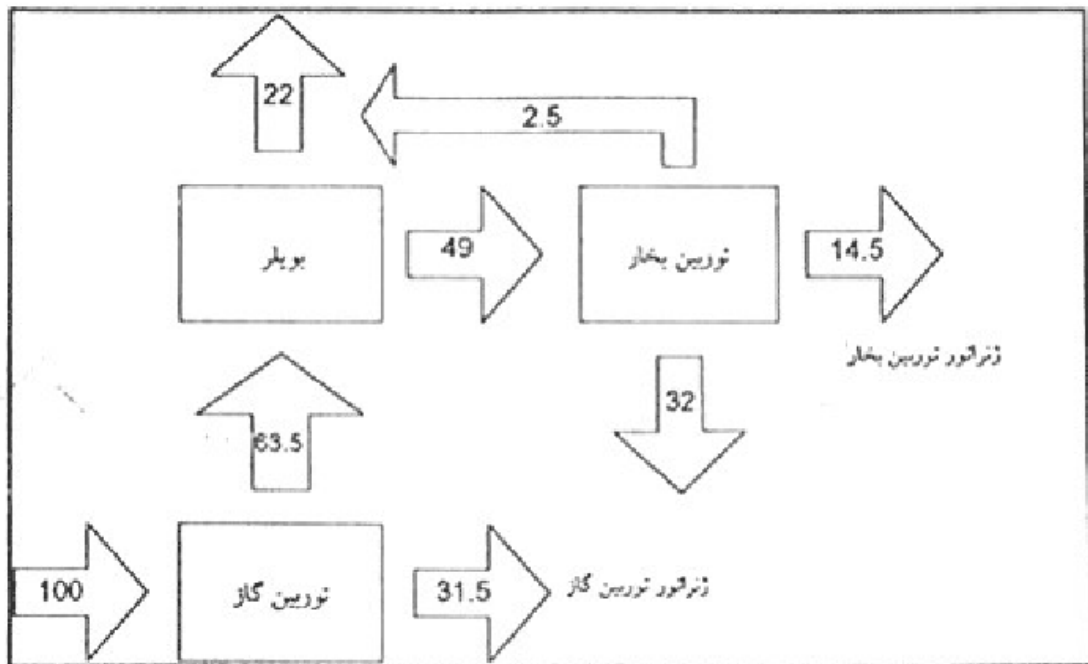
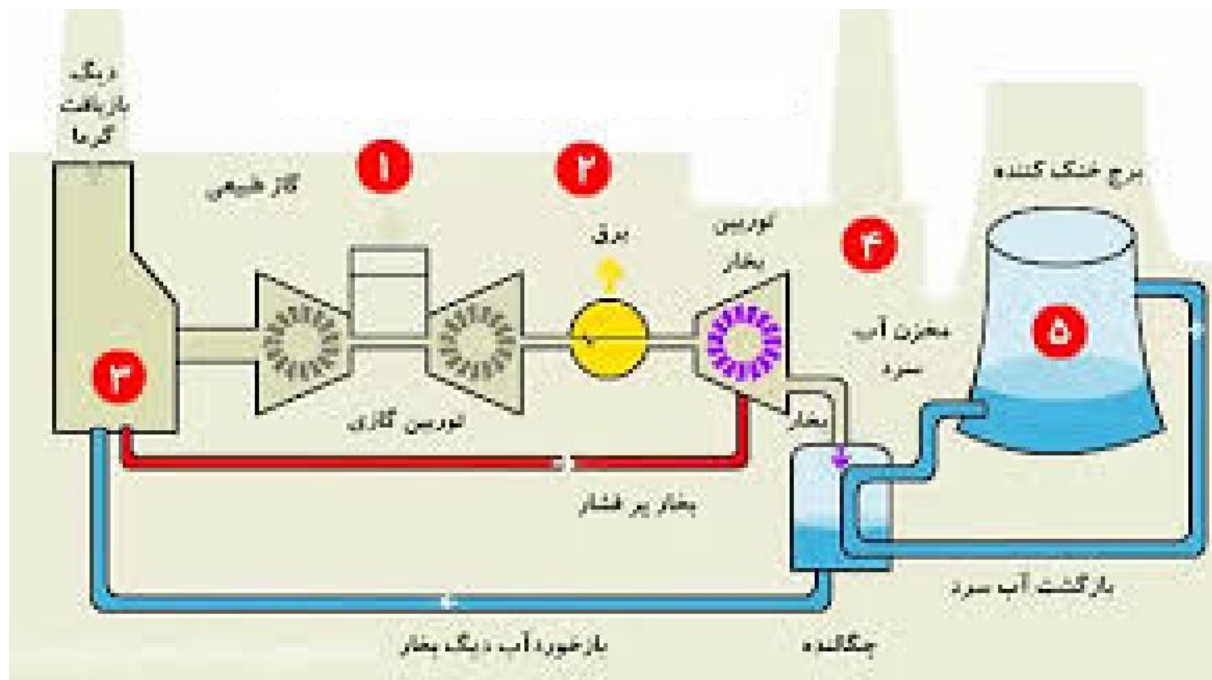


The Heron turbine cycle.

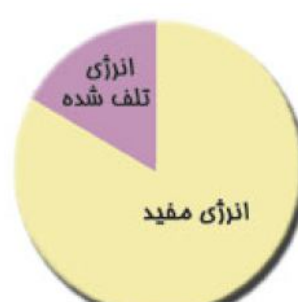
سیکل توربین Heron



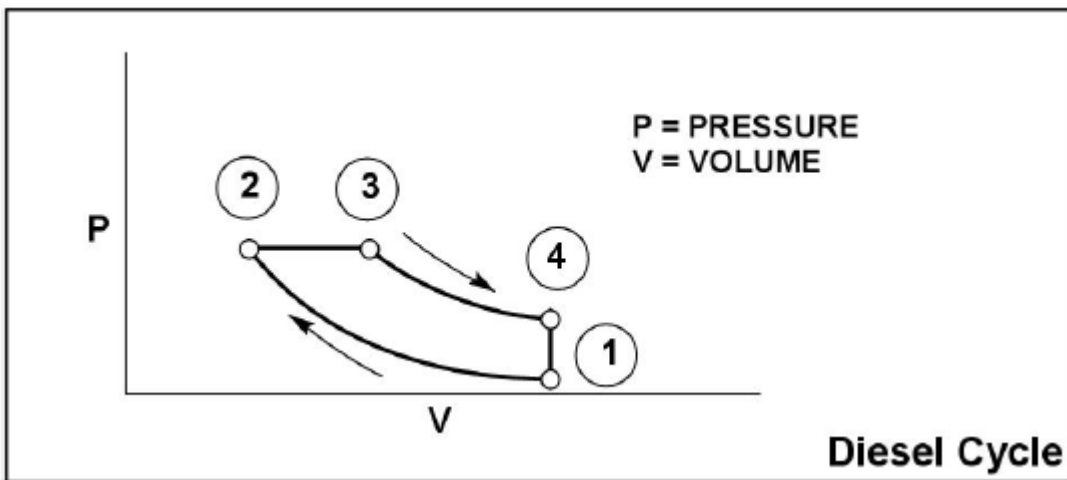
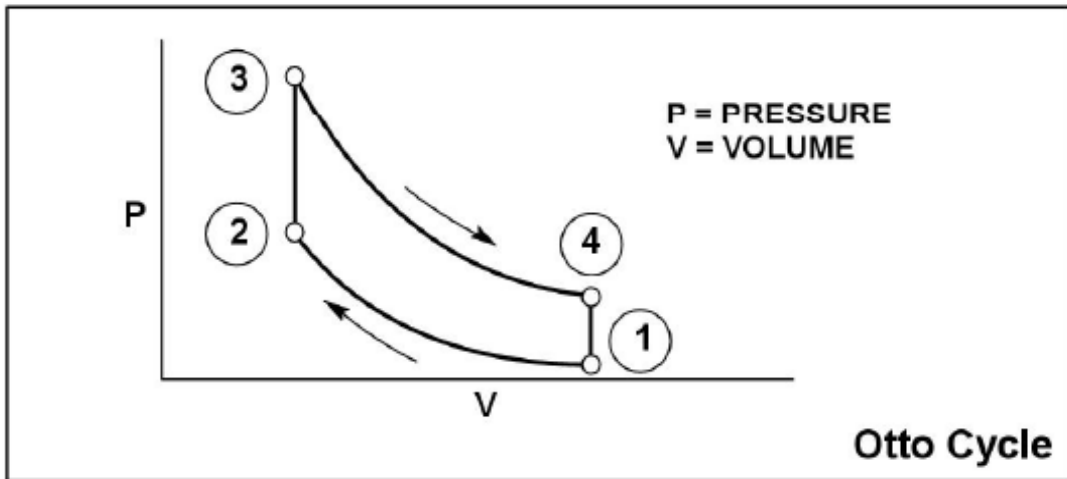
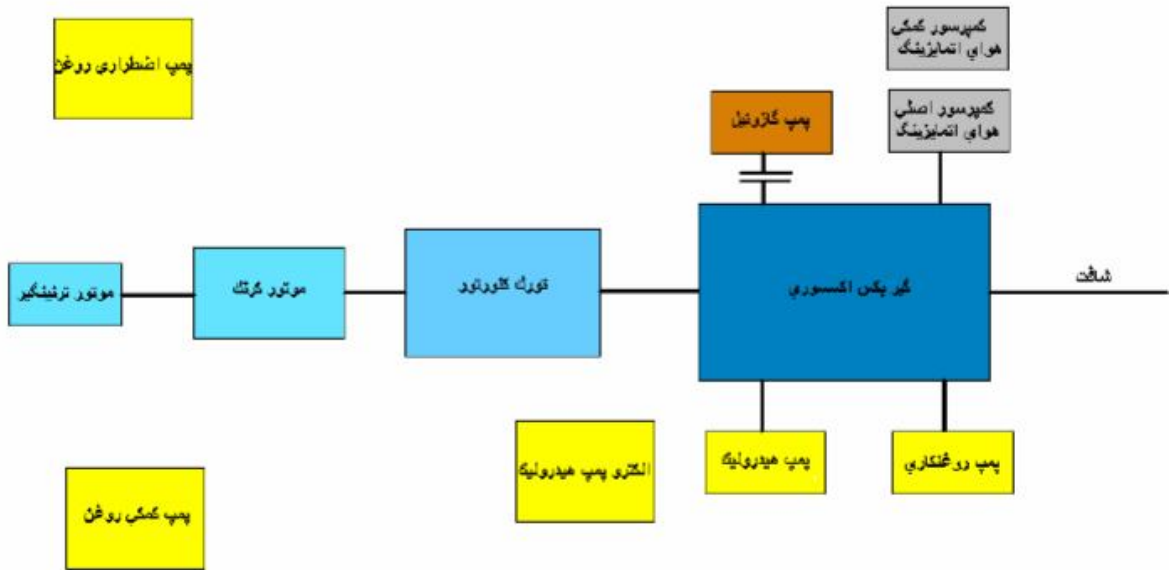


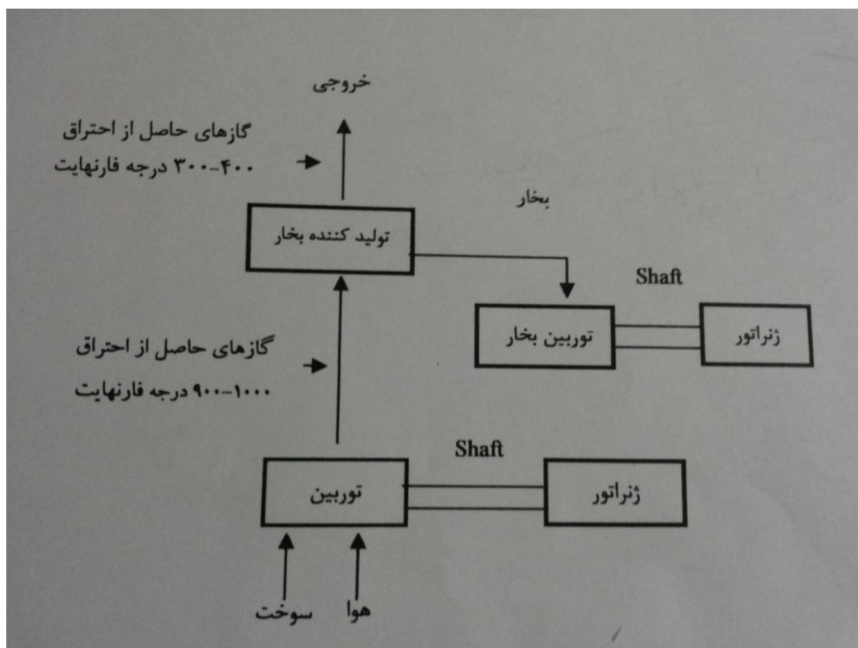
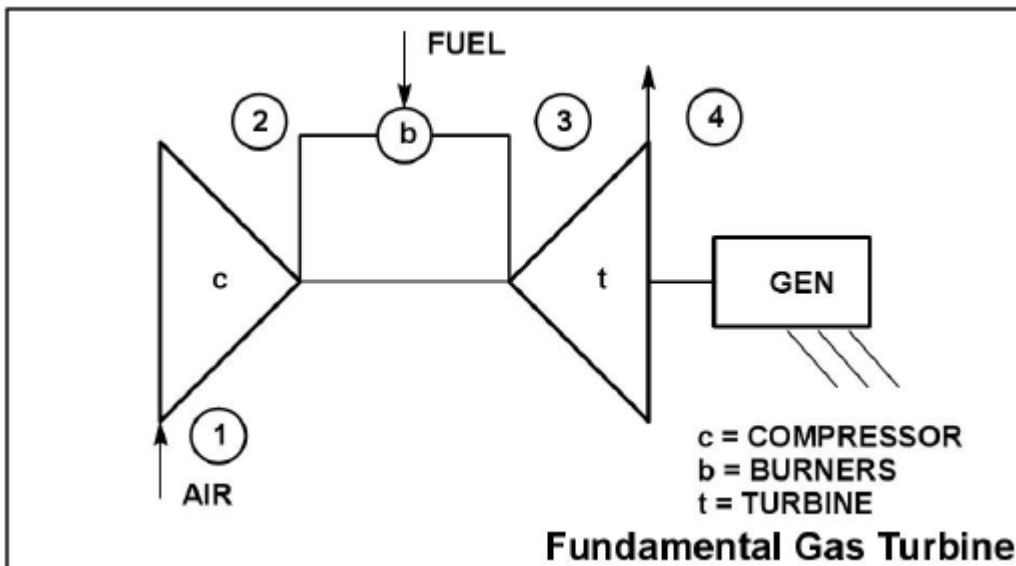
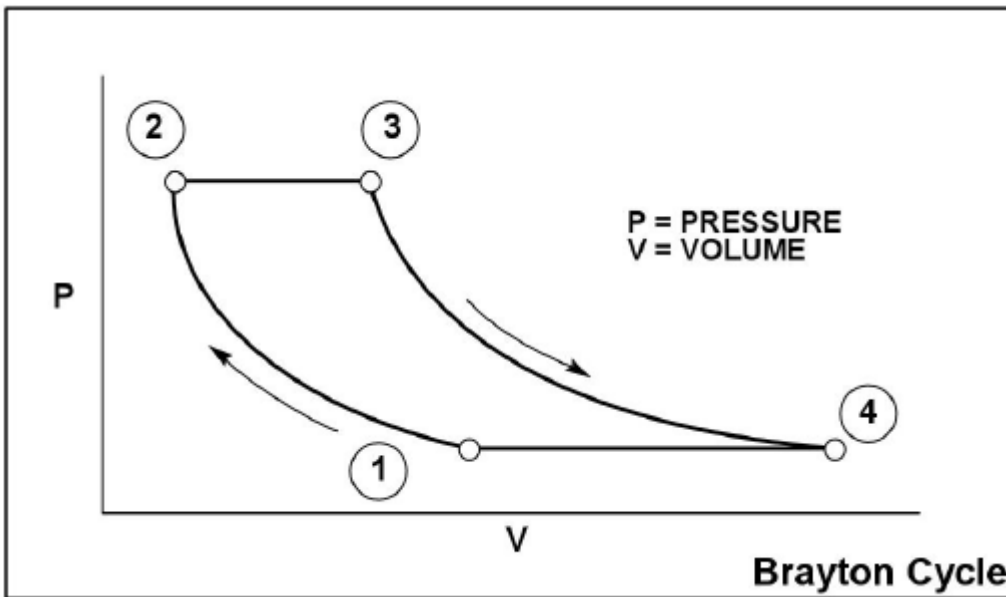


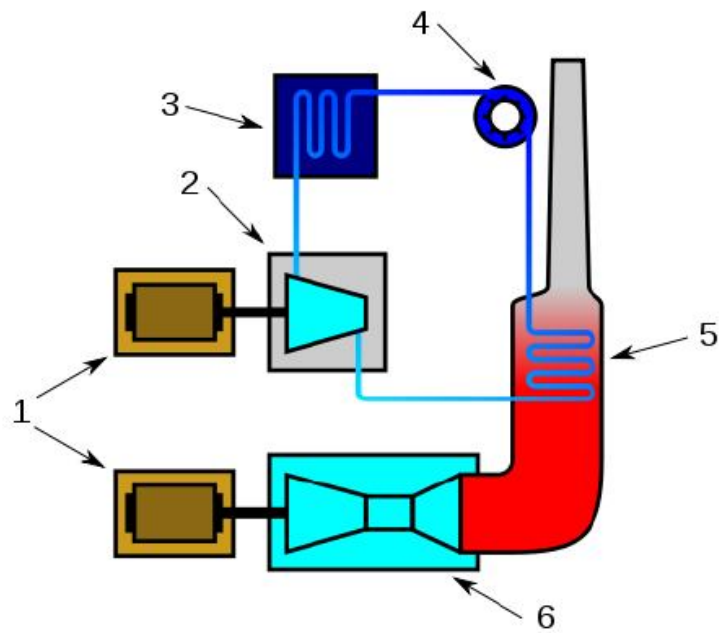
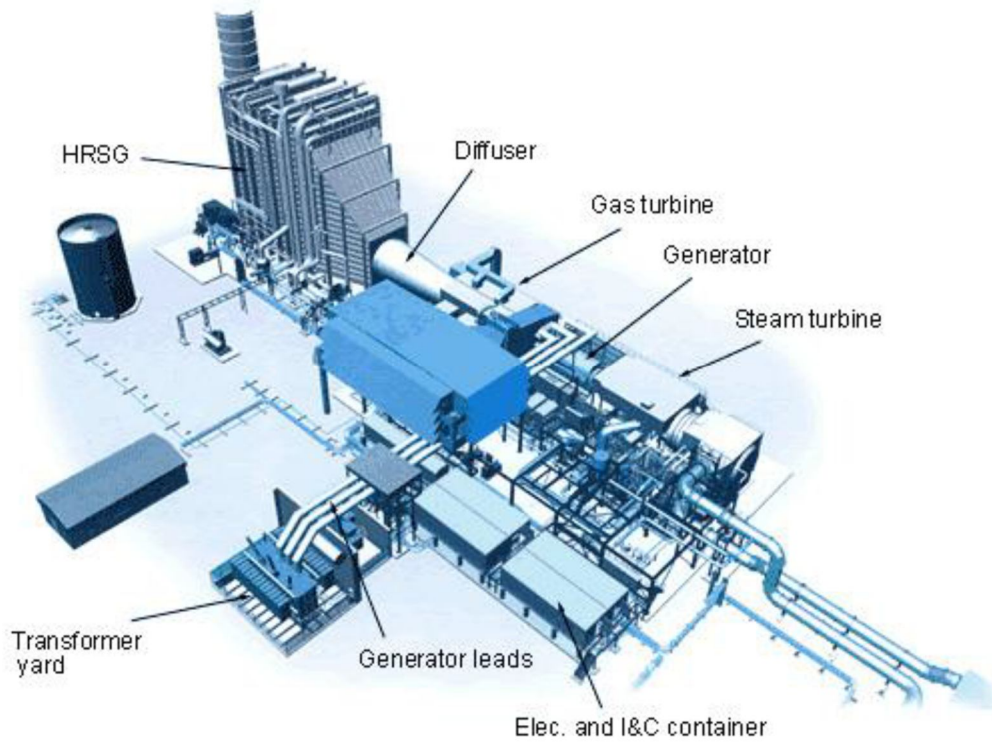
تولید برق و حرارت  
به صورت مجزا



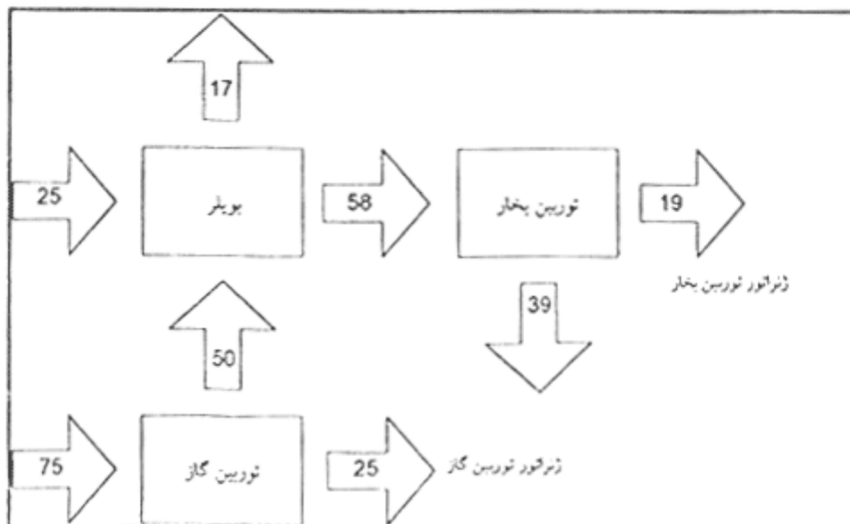
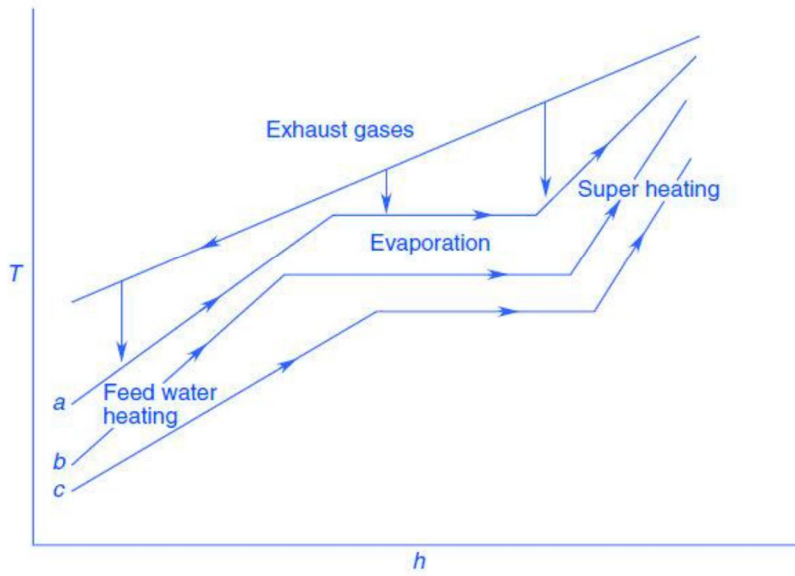
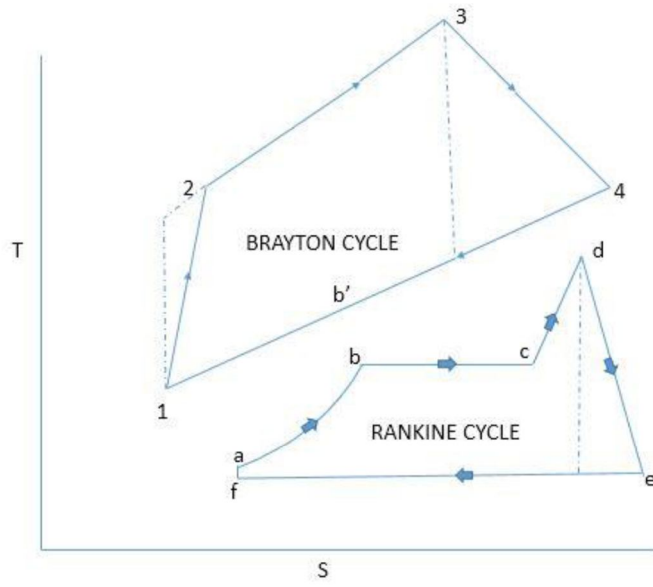
سیستم CHP

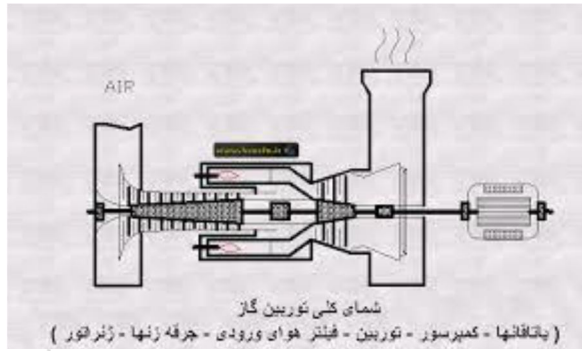




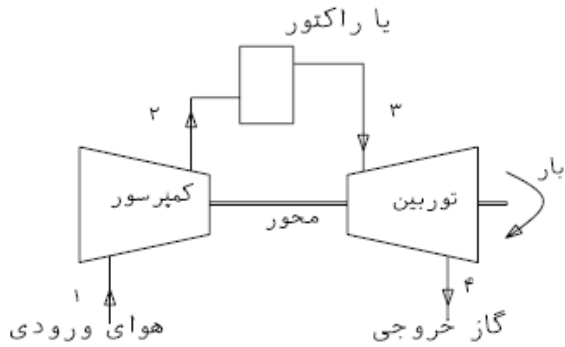


دیاگرام یک سیکل ترکیبی (1) ژنراتور الکتریکی (2) توربین بخار (3) کندانسور (4) پمپ (5) بویلر، مبدل حرارتی (6) توربین گاز



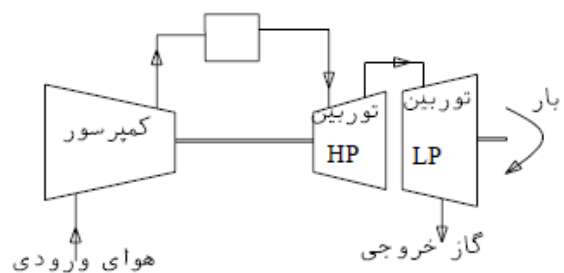


محفظه احتراق



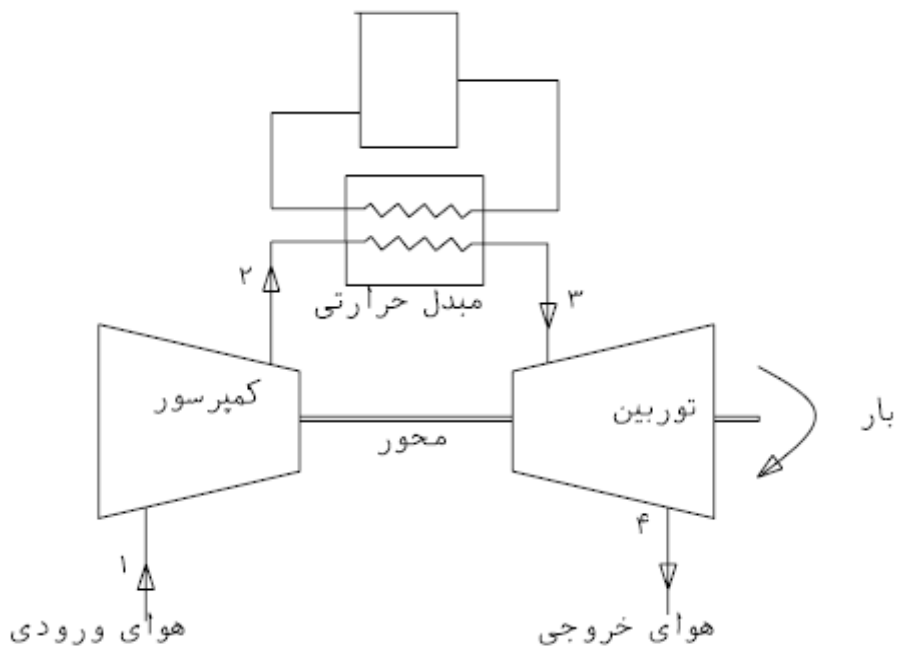
تک محوری

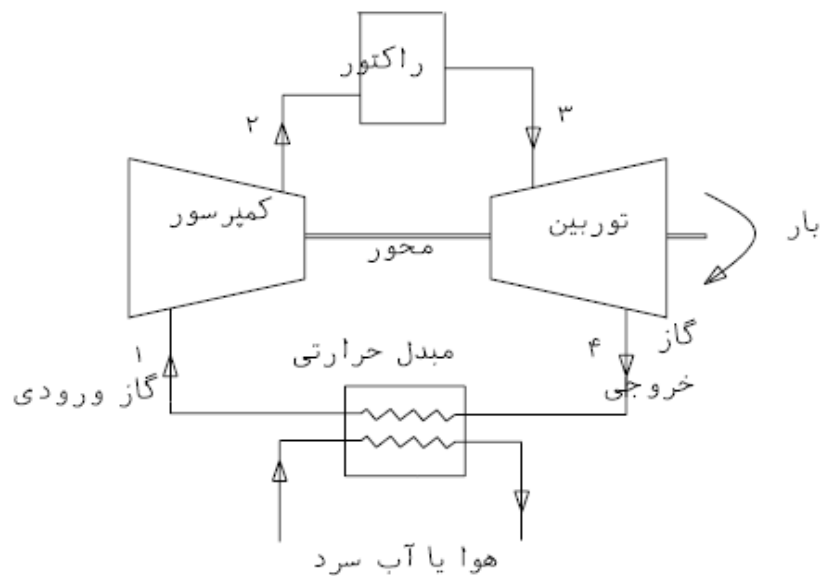
محفظه بخار



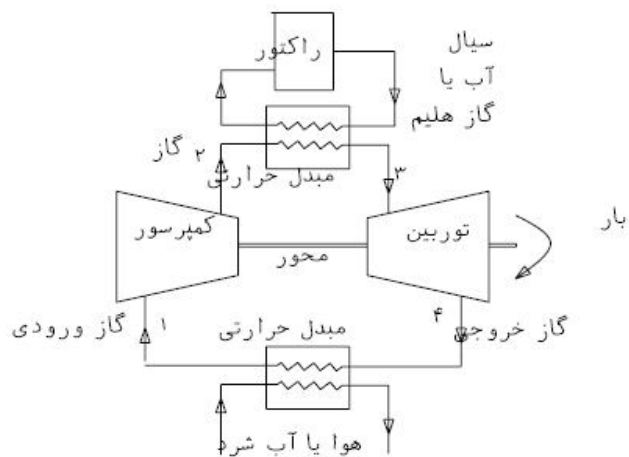
دو محوری

راکتور

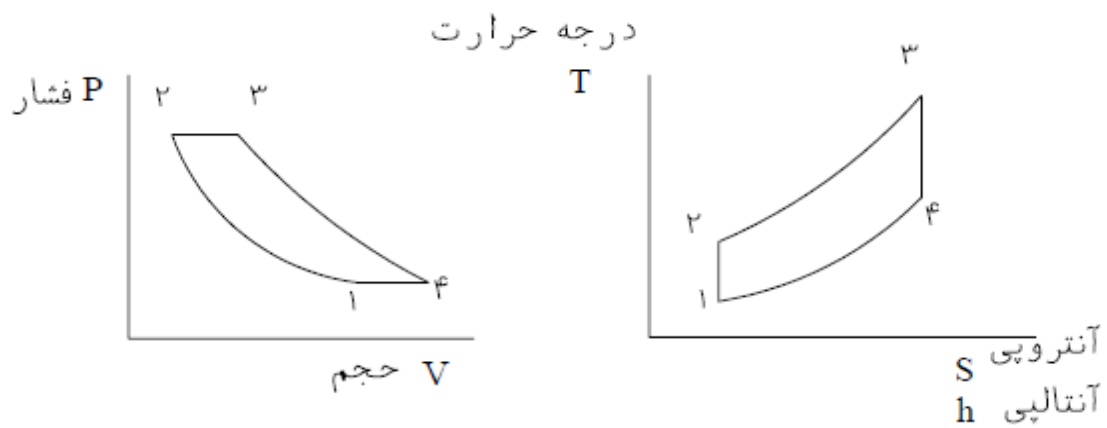




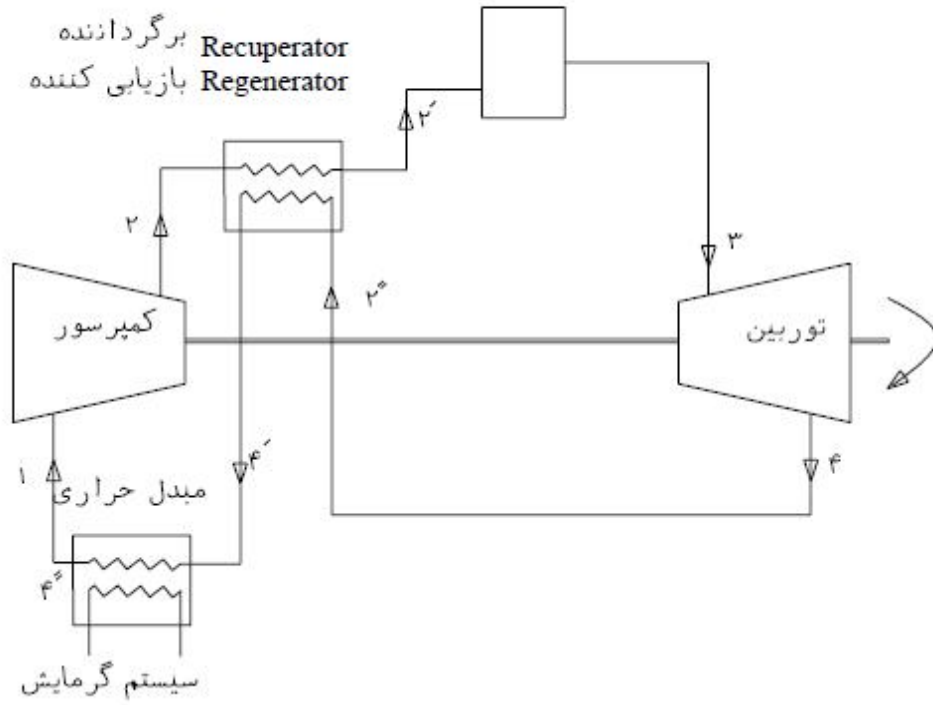
**چرخه بسته مستقیم (Direct Closed Cycle)**



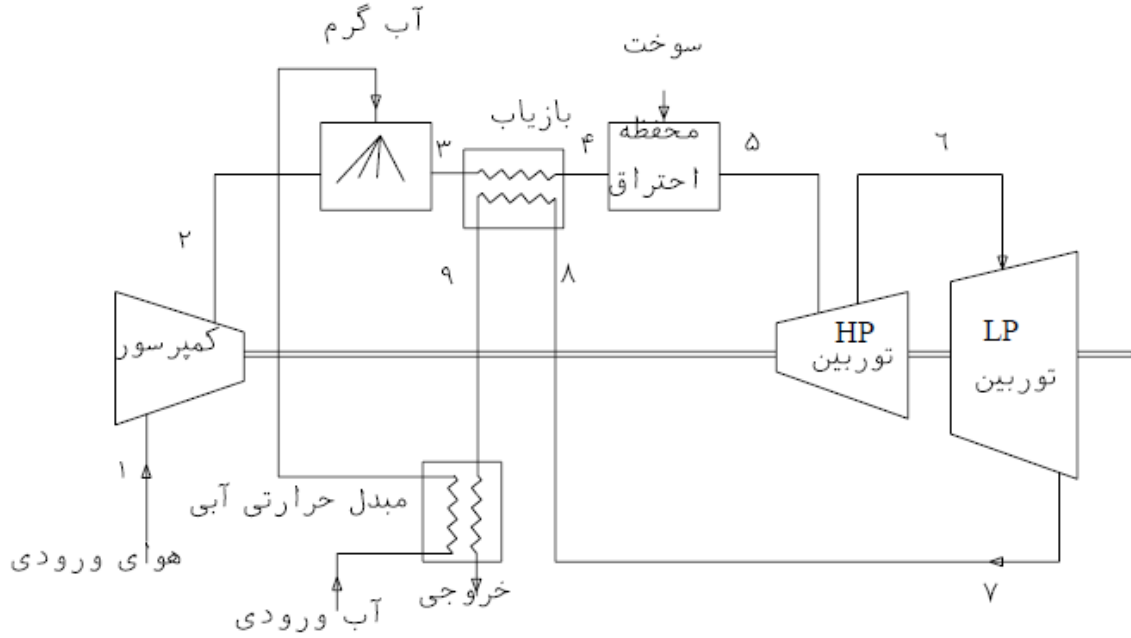
**چرخه بسته غیر مستقیم (Indirect Closed Cycle)**



محفظه احتراق  
یا راکتور



(Regeneration) بازیابی یا دریافت مجدد

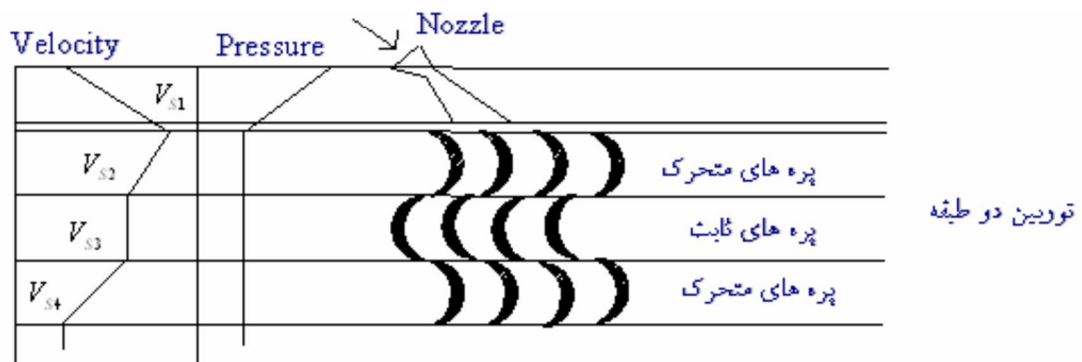
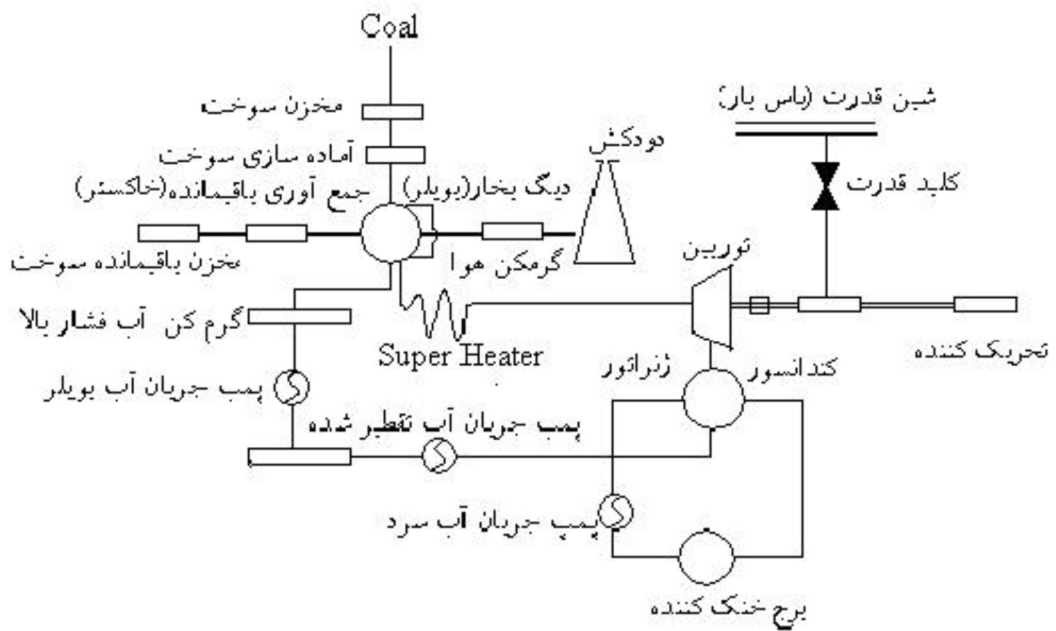


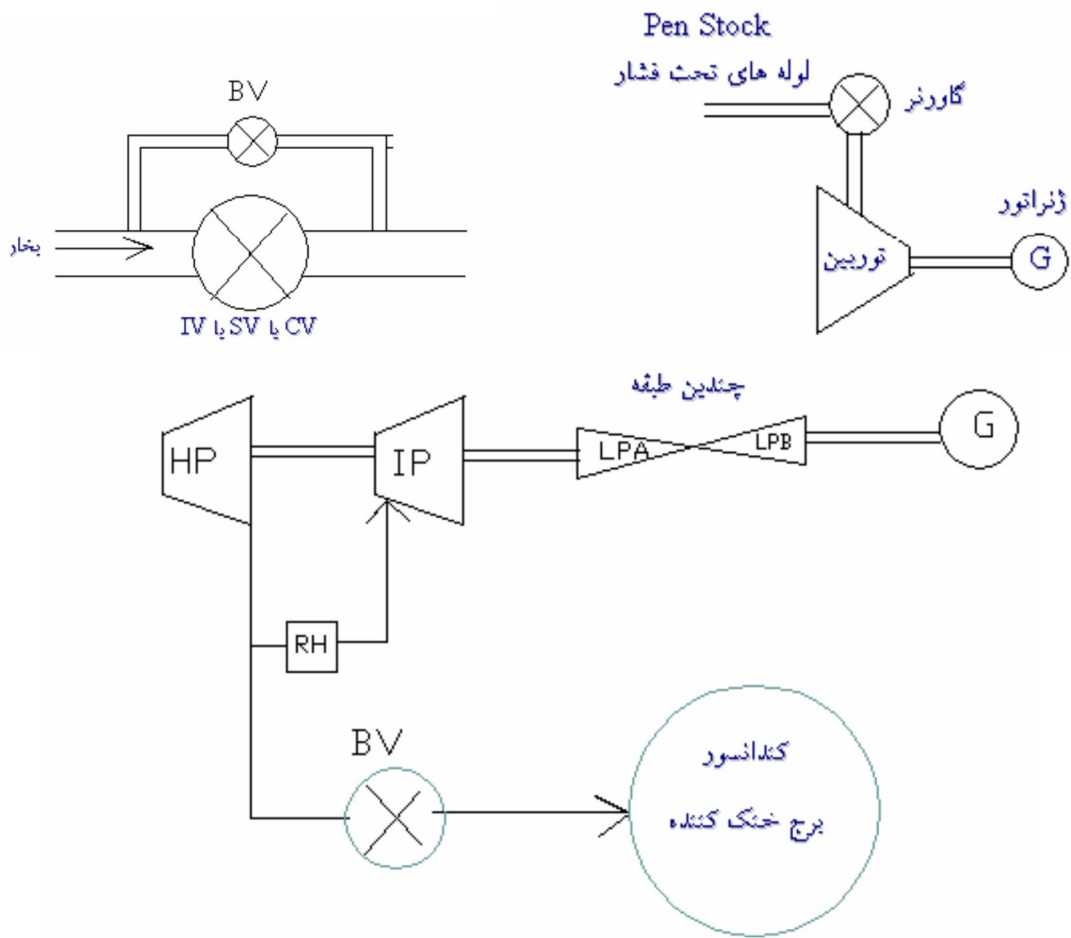
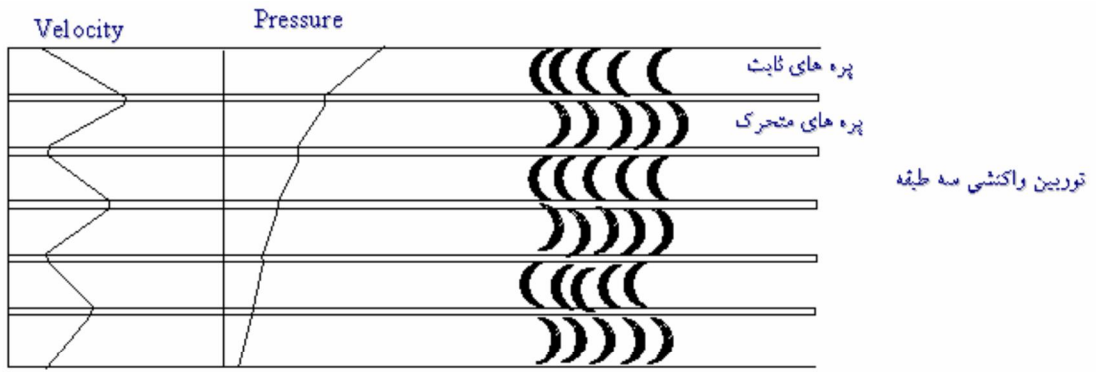
(Water Injection) تزریق آب

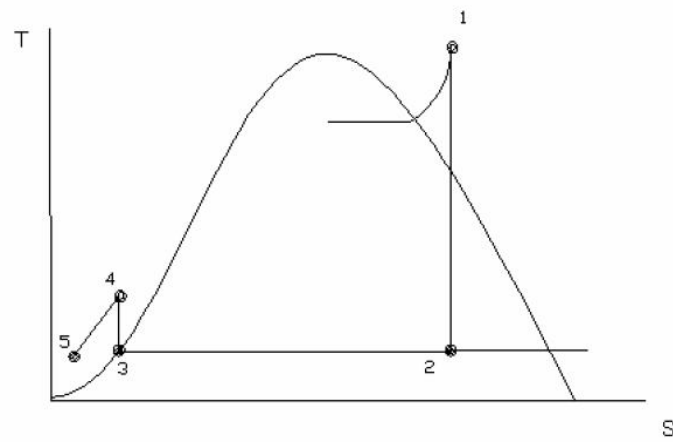
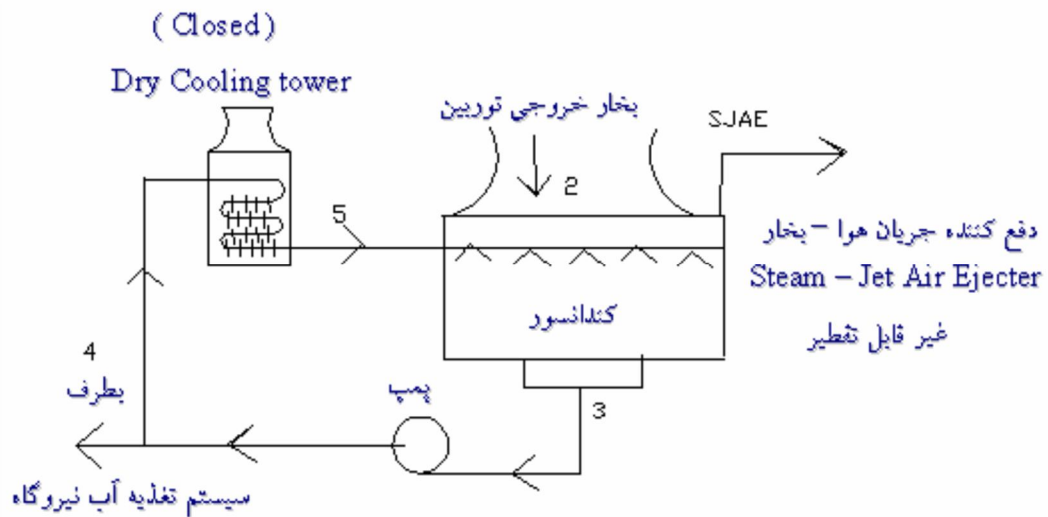
عوامل موثر در انتخاب نیروگاه حرارتی



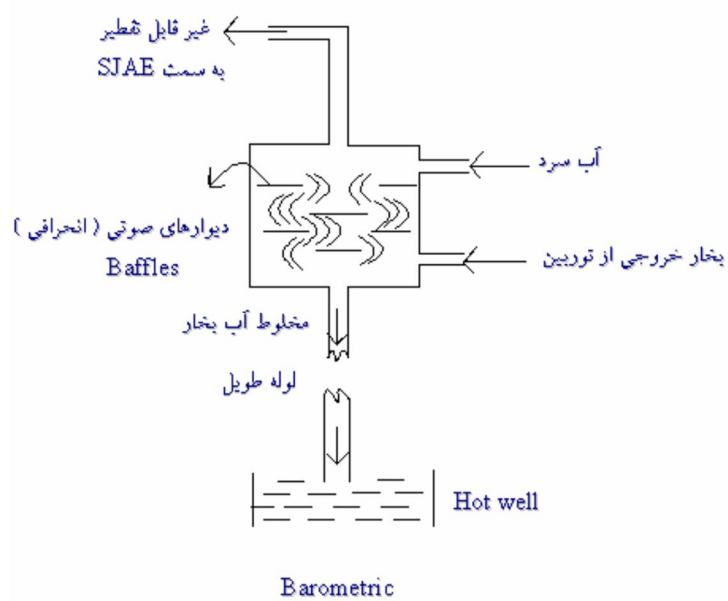
- ۱- انتخاب محل سایت
- ۲- ظرفیت نیروگاه
- ۳- انتخاب دیگ بخار بویلر و تجهیزات کمکی آن
- ۴- انتخاب توربین
- ۵- انتخاب واحد های تقطیر کننده (کندانسور)
- ۶- طراحی سیستمهای خنک کننده Cooling Tower
- ۷- انتخاب ژنراتور های الکتریکی
- ۸- طراحی بخشهای کنترل و اندازه گیری

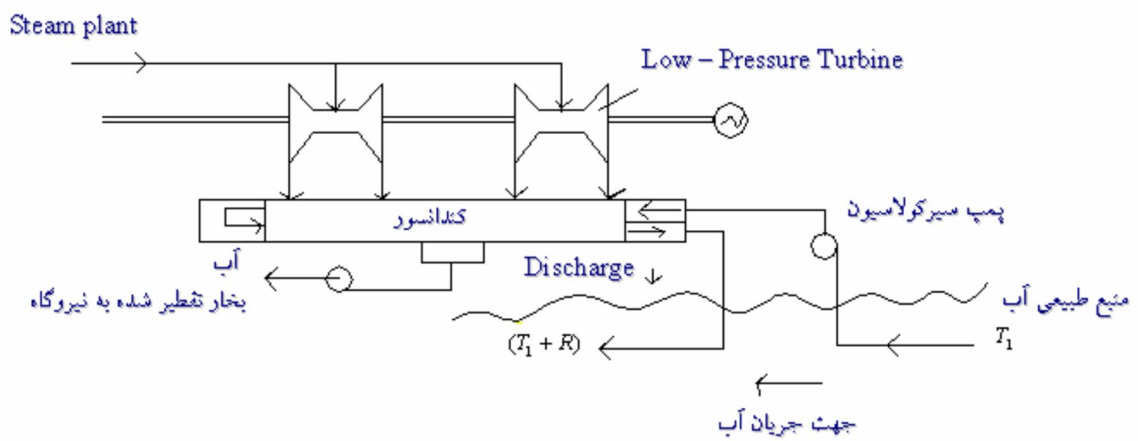
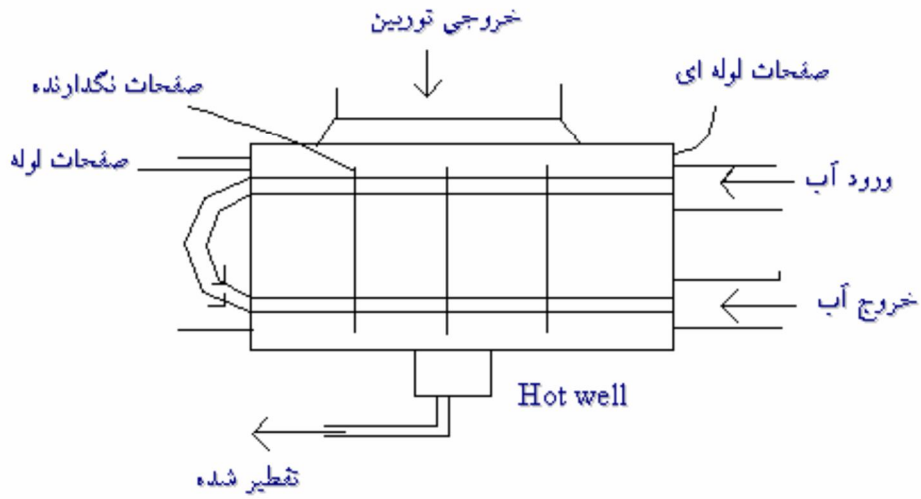
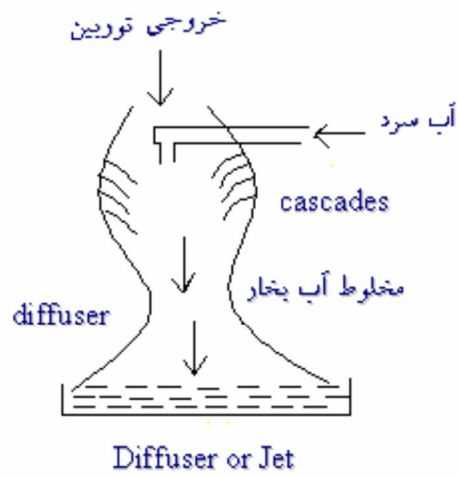


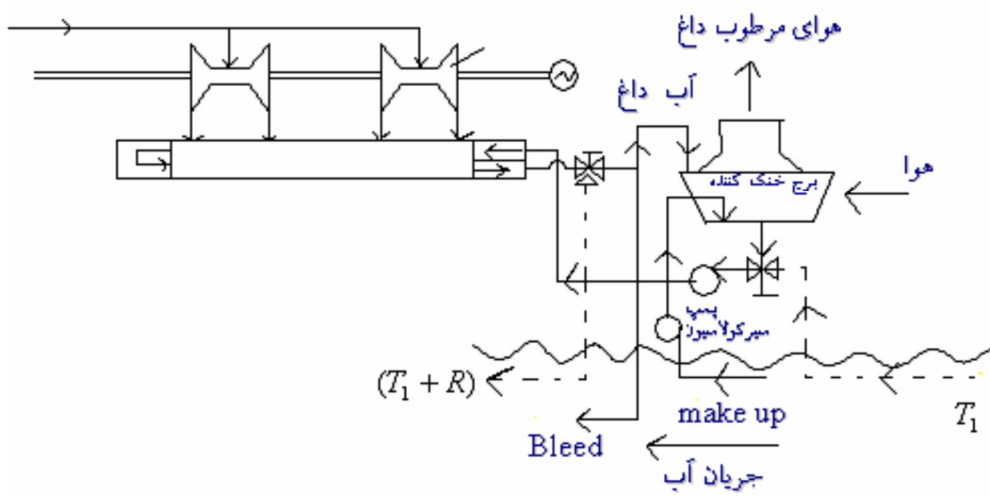
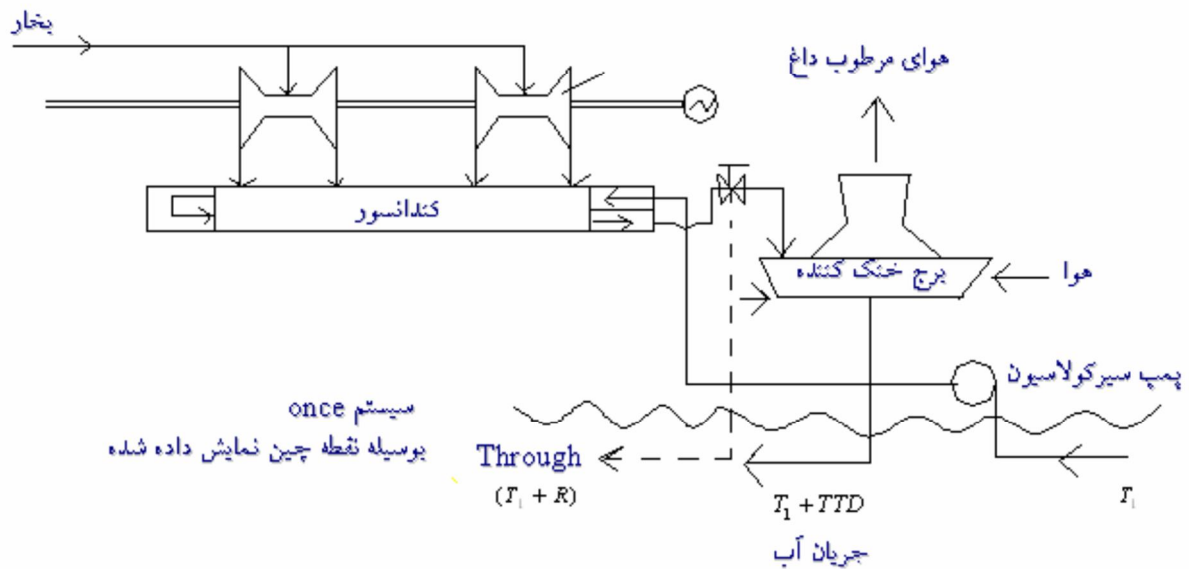
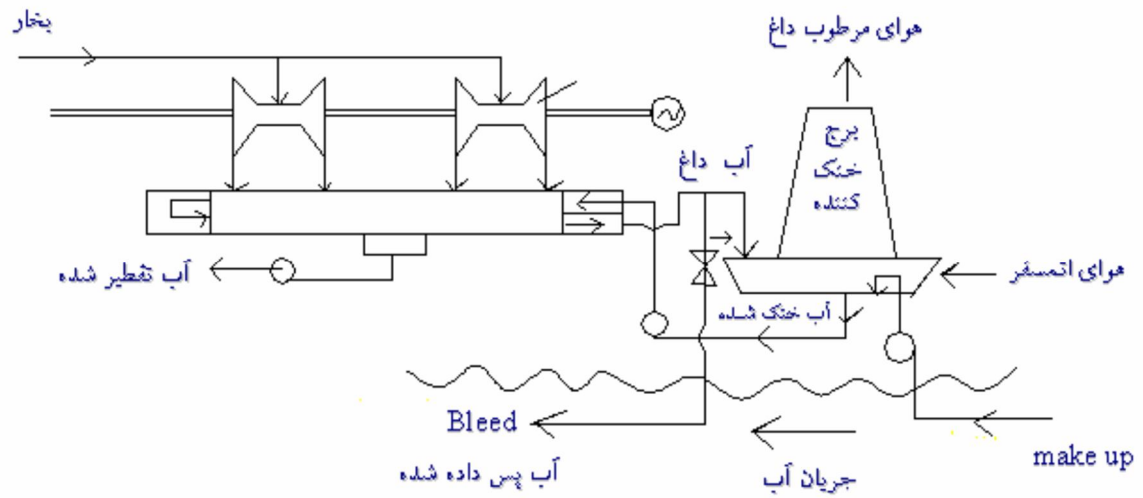


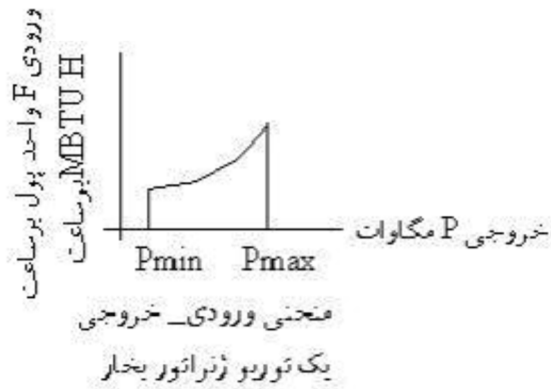
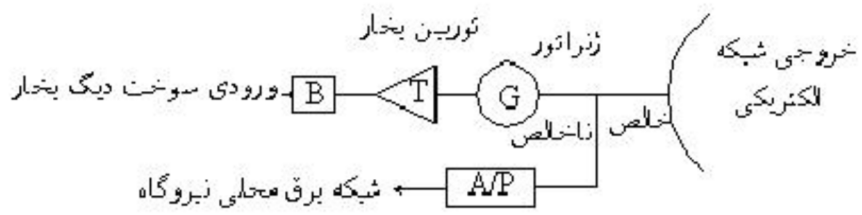


دیاگرام T-S (درجه حرارت - آنترופی)

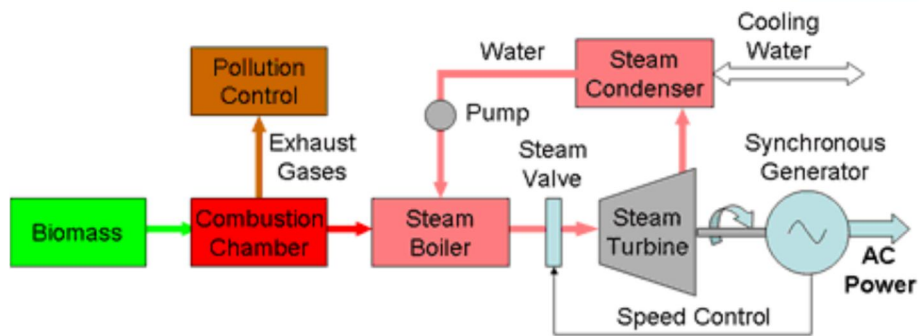
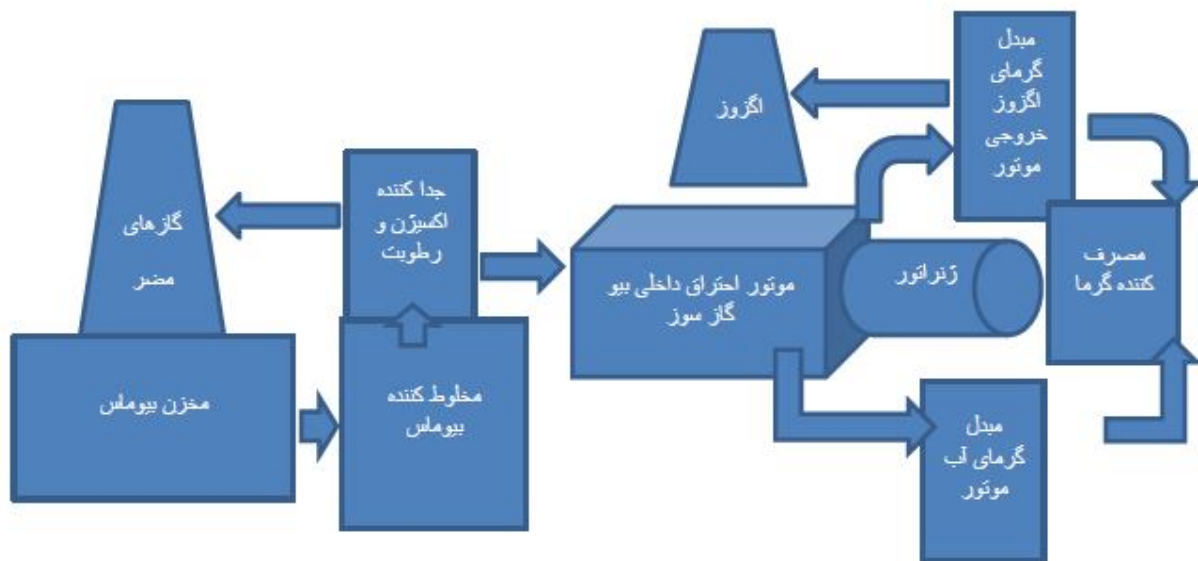








چرخه کار نیروگاه بیوگاز chp



Electricity Generation Powered by Biomass

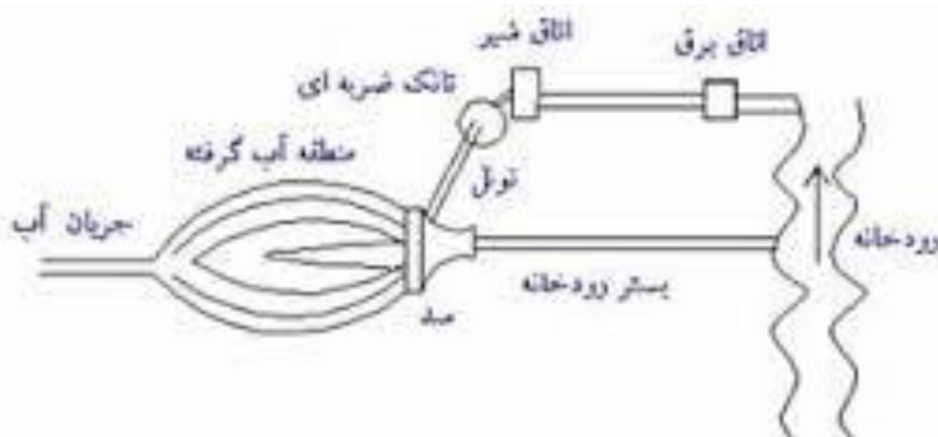
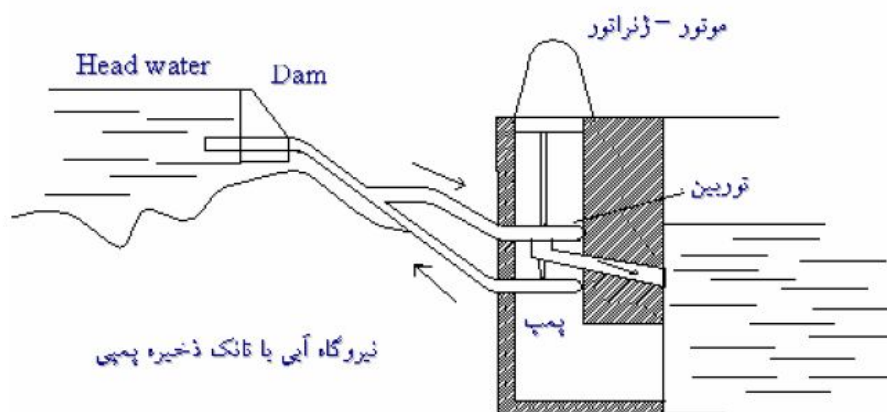
## طبقه‌بندی براساس نوع جریان آب

الف - توربین‌های جریان محوری (جریان آب در طول محور) Kaplan, Propeller

ب - توربین‌های جریان شعاعی (جریان آب در امتداد شعاع) Francis

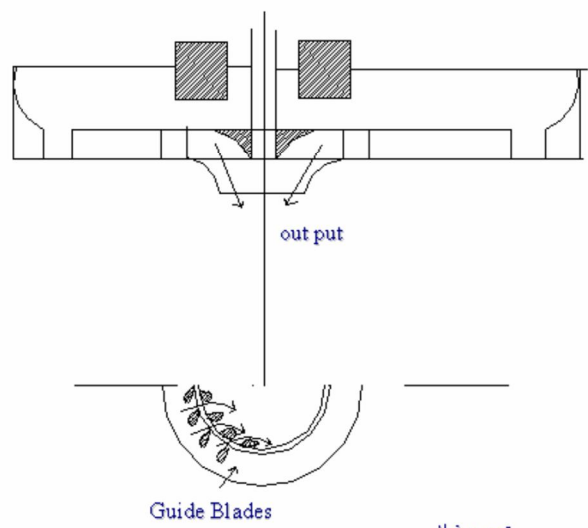
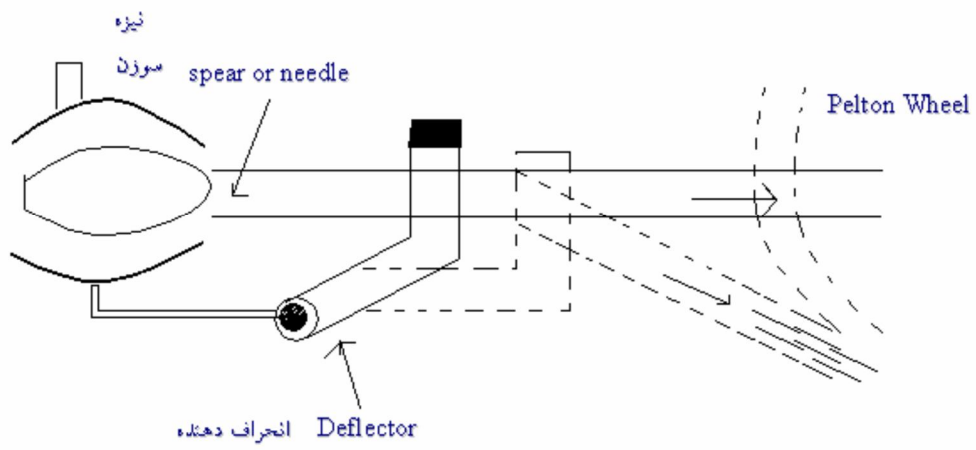
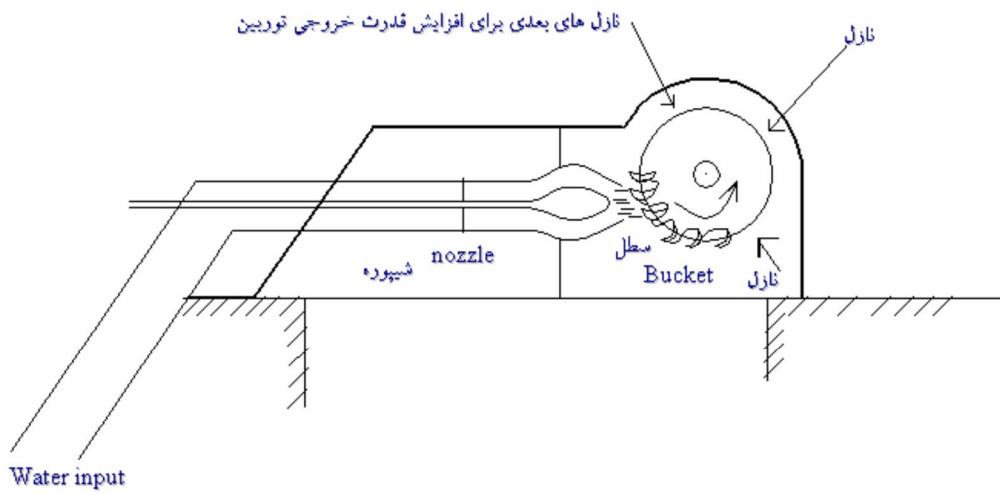
پ - توربین‌های جریان مماسی (جریان آب در جهت مماس) Pelton

ت - توربین‌های ترکیبی ورودی شعاعی - خروجی محوری Francis



نیروگاه های آبی با فشار متوسط

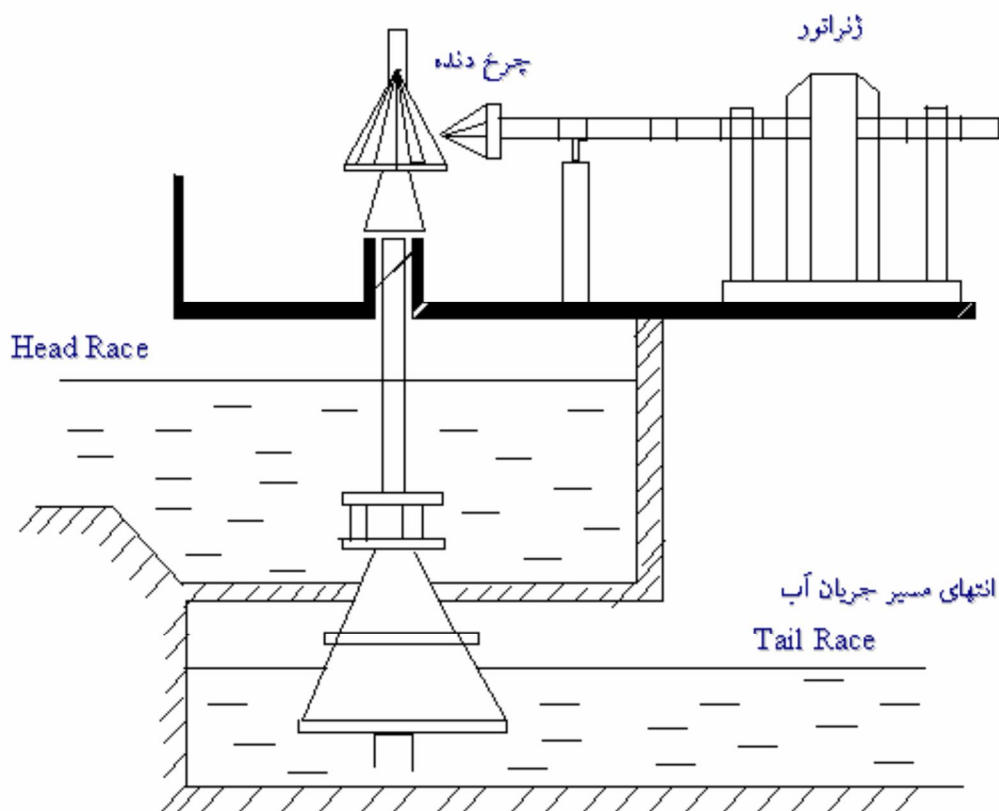
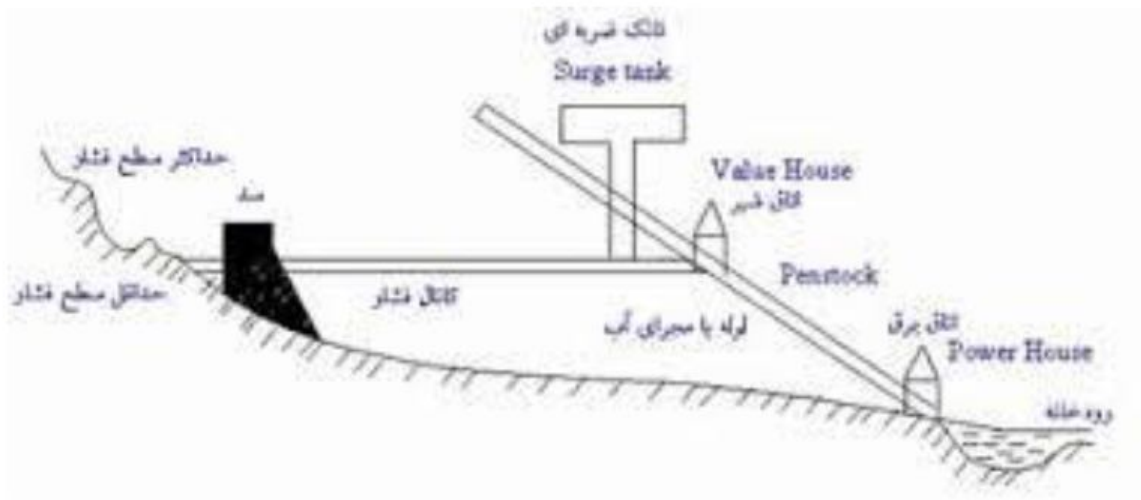




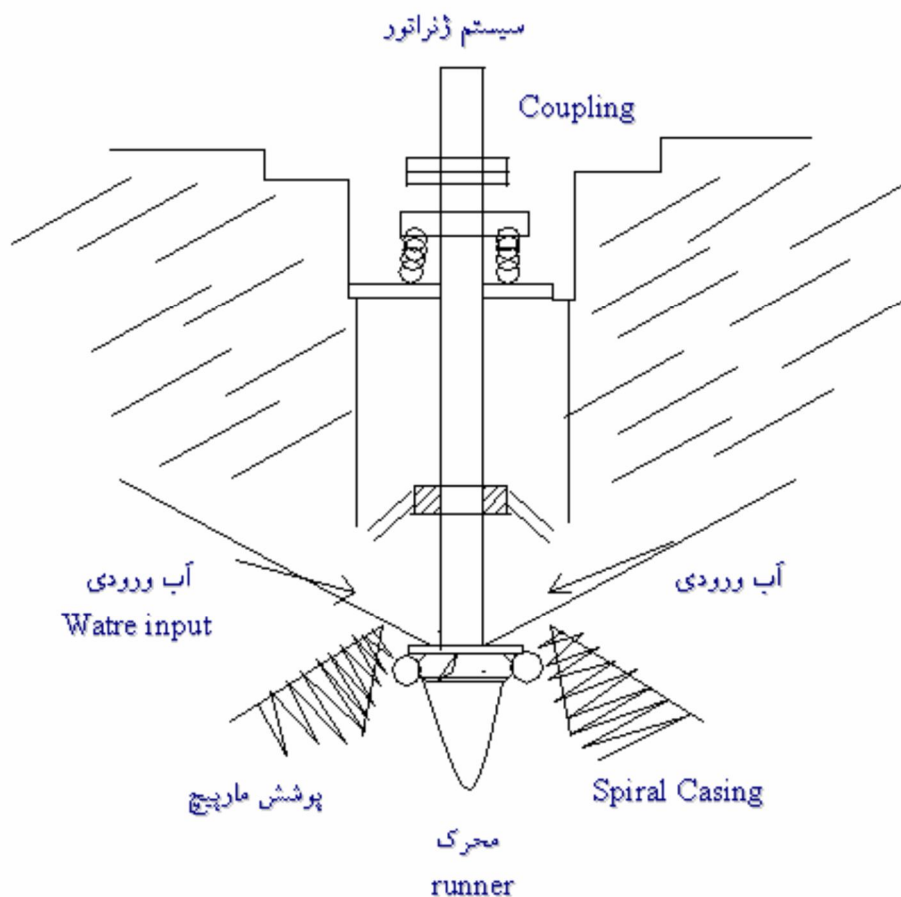
توربین فرانسس



## نیروگاه آبی با فشار زیاد



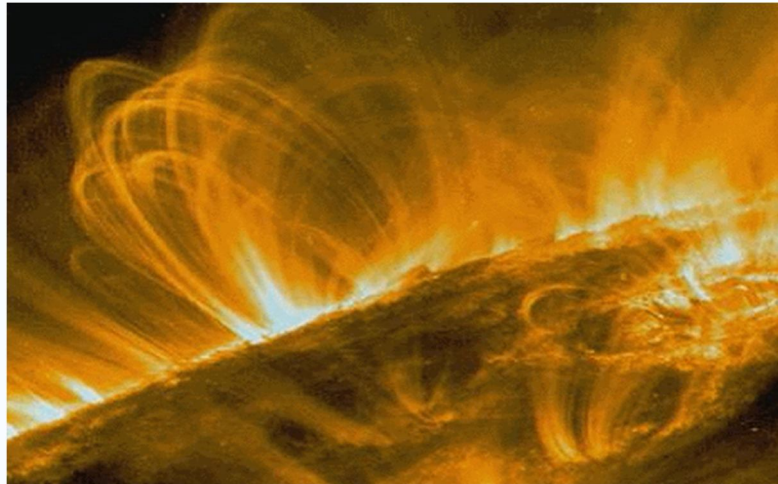
نمایش استقرار توربین بطور مستقیم در مسیر جریان آب



خورشید نه تنها خود منبع عظیم انرژی است، بلکه سرآغاز حیات و منشاء تمام انرژیهای دیگر است. طبق برآوردهای علمی در حدود 6 میلیارد سال از تولد این گوی آتشین می گذرد و در هر ثانیه  $4/2$  میلیون تن از جرم خورشید به انرژی تبدیل می شود. با توجه به وزن خورشید که حدود ۳۳۳ هزار برابر وزن زمین است. این کره نورانی را می توان به عنوان منبع عظیم انرژی تا ۵ میلیارد سال آینده به حساب آورد. میزان دما در مرکز خورشید حدود ۱۰ تا ۱۴ میلیون درجه سانتیگراد می باشد که از سطح آن با حرارتی نزدیک به  $5600$  درجه و به صورت امواج الکترو مغناطیسی در فضا منتشر می شود. زمین در فاصله ۱۵۰ میلیون کیلومتری خورشید واقع است و ۸ دقیقه و ۱۸ ثانیه طول می کشد تا نور خورشید به زمین برسد. جالب است بدانید که سوختههای فسیلی ذخیره شده در اعماق زمین، انرژیهای باد و آبشار و امواج دریاها و بسیاری موارد دیگر از جمله نتایج همین مقدار انرژی دریافتی زمین از خورشید می باشد. اولین کاربرد انرژی به زمان ارشمیدس دانشمند و مخترع بزرگ یونان قدیم بر می گردد که ناوگان روم را با استفاده از انرژی حرارتی خورشید به آتش کشید وی با نصب تعداد زیادی آئینه های کوچک مربعی شکل در کنار یکدیگر که روی یک پایه متحرک قرار داشته است اشعه خورشید را از راه دور روی کشتیهای رومیان متمرکز ساخته و به این ترتیب آنها را به آتش کشیده است.

نور خورشید پس از عبور از حدود ۱۵۰ میلیون کیلومتر و گذشتن از لایه های متعدد اتمسفر زمین و (ابر، آلودگی، خاک و دیگر ذرات) حدود نیمی از انرژی خود را به جذب زمین و اقیانوسها می رساند و نیمی دیگر دوباره به فضا منعکس و برگردانده می شود. انرژی که در اقیانوسها، سطح زمین و گیاهان جذب شده: در اقیانوسها

تولید گرما و جریان آب ، در هوا حرکت باد ایجاد می کند. در سطح زمین، حاصل این فرایند گرمایی عمل فتوسنتز گیاهان است. خورشید ستاره منظومه شمسی و یکی از بزرگترین ستاره ها اطراف نزدیک کهکشان راه شیری است. منبع انرژی خورشید در هسته آن است. جایی که هیدروژن با واکنش های گرما هسته ای به هلیوم تبدیل می شود. این انرژی به دو صورت نور و گرما به زمین می رسد. بنا به گفته وزارت نیرو ایالات متحده امریکا در هر ساعت، انرژی نور خورشیدی به اندازه تامین کل نیاز انرژی دنیا به مدت یکسال، می باشد



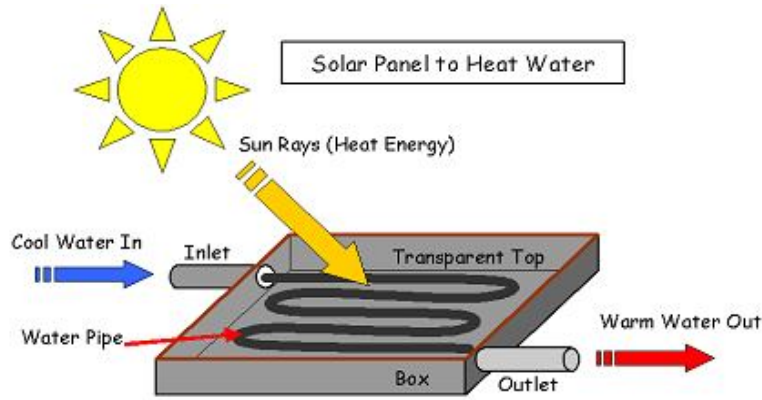
نیروی خورشیدی نیرویی است که از خورشید به برق تبدیل می شود. این تبدیل به دو صورت روی می دهد: صورت اول، گرما ی خورشید به مایع منتقل و با تولید بخار و انتتال نیرو به ژنراتورها حرکت ایجاد می شود و صورت دوم، از طریق فتو ولتاییک است

### قانون بقای انرژی

- انرژی می تواند تنها از یک فرم به فرم دیگر در آید.
- انرژی نمی تواند خلق یا نابود گردد.

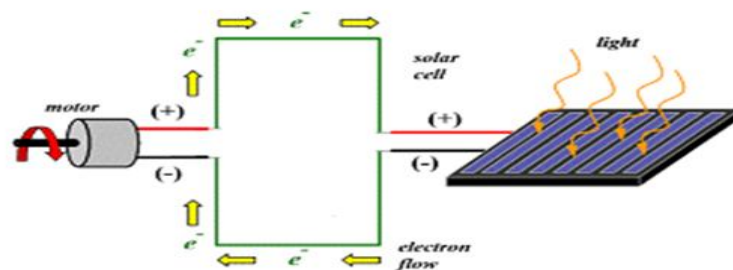
انرژی خورشیدی معمولا انرژی جایگزین نامیده می شود که می تواند جایگزین سوخت های فسیلی مانند نفت و زغال سنگ شود.

یک نمونه برای استفاده از انرژی خورشیدی، سیستم گرم کننده آب است. کلکتور گرما را جذب می کند. گرما به لوله های کلکتور منتقل و آب با گذشتن از این لوله ها گرم می شود. آب گرم بدست آمده از گرمای خورشید سپس می تواند به مصارف حمام، نظافت یا گرم کردن خانه برسد.



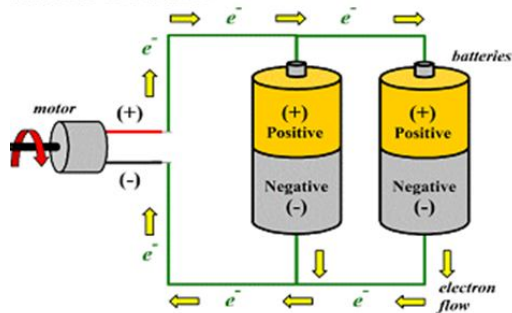
انرژی از یک فرم به فرم دیگری تبدیل می شود انرژی خورشیدی به فتو ولتاییک (پانا نور - الکتریسیته) تاییده و به الکتریسیته تبدیل می شود. الکتریسیته از طریق سیم های مدار به موتور منتقل می شود. موتور انرژی الکتریسیته را به انرژی مکانیکی تبدیل و جعبه دنده را به گردش در می آورد که سبب حرکت چرخها می شود. چرخها به گردش در آمده و وسیله مکانیکی با بهره گیری از تبدیل انرژی مکانیکی حرکت ایجاد می کند.

**Solar Cell Circuit**

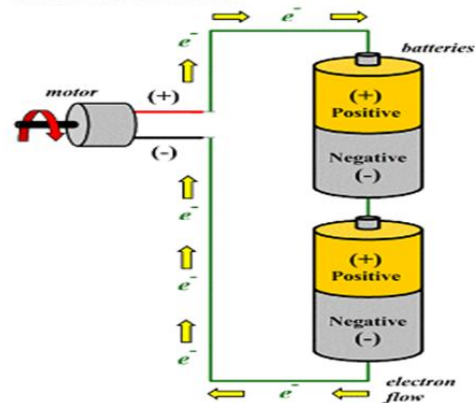


برخی از اتومبیل ها با نیروی خورشیدی حرکت می کنند. بعضی از کلکتور های فتوولتاییک به عنوان منبع مستقیم نیرو استفاده می کنند که انرژی نور را به الکتریسیته مبدل و نیروی محرکه ماشین را تامین می کند. چون این ماشین ها وقتی خورشید نیست نمی توانند حرکت کنند بهتر است اتومبیل خود را به باطری های مجهز کنند که با انرژی خورشید شارژ می شوند.

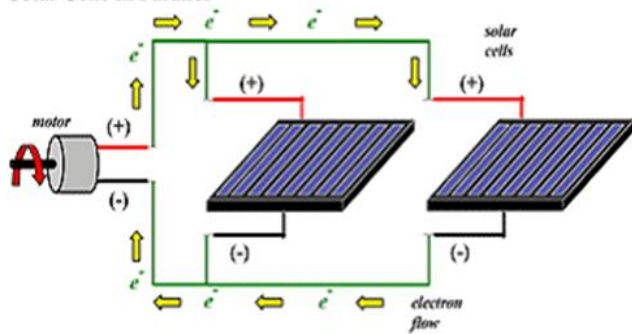
**Batteries in Parallel**



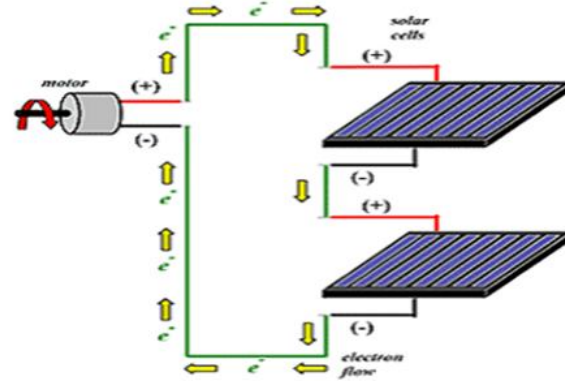
**Batteries in Series**



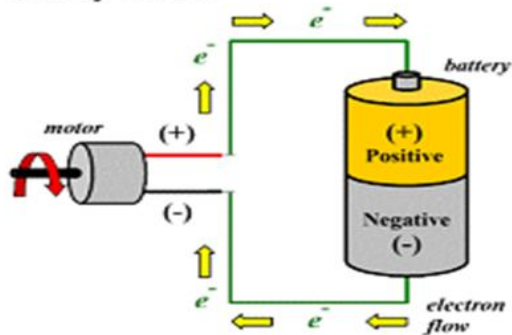
Solar Cells in Parallel



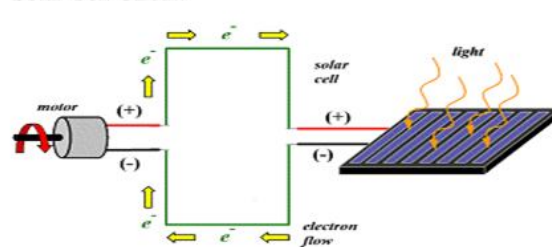
Solar Cells in Series



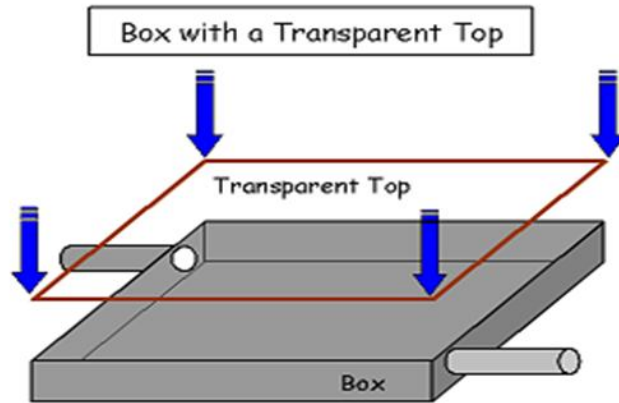
Battery Circuit



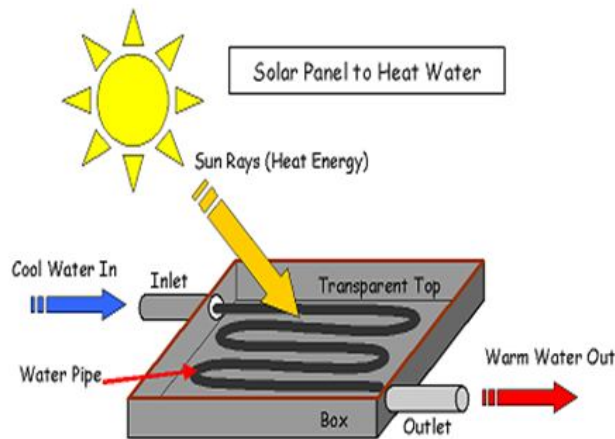
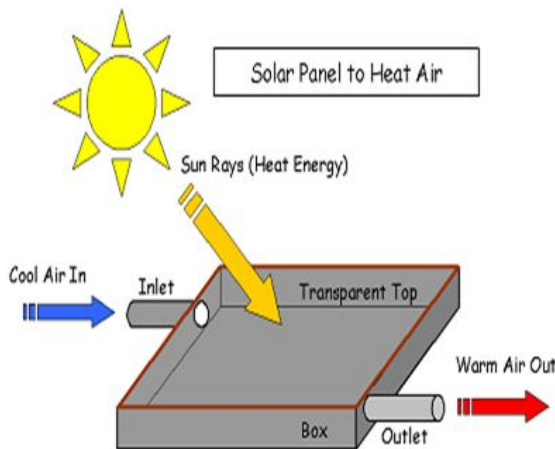
Solar Cell Circuit



پنجره های خورشیدی دستگاه هایی هستند که انرژی نور را مستقیم به الکتریسیته منتقل می کنند و با تاثیر فتوولتاییک عمل می کنند. فتو یعنی نور و ولتاییک یعنی جریان الکتریکی یا الکتریسیته (نور- الکتریسیته). یک پنجره خورشیدی جریان مستقیم الکتریسته دی سی (DC) که می تواند موتورهای دی سی، لامپ ها و سایر وسایل را بکار بیندازد، را فراهم می کند. پنجره های خورشیدی همچنین می توانند باطری های قابل شارژ را شارژ کنند و بنابر این نیروی الکتریسیته را می توان برای زمانی که خورشید در دسترس نیست ذخیره کرد. این باطری های شارژ شده قابل حمل هستند و در همه جا و هر زمان می توانند قابل استفاده قرار گیرند. پنجره های خورشیدی الکتریسته دی سی را همانند باطری ها تهیه می کنند، گر چه باطری ها متفاوت عمل می کنند. عملکرد باطری ها بوسیله واکنش های الکتروشیمی است. این عمل بوسیله یک واکنش شیمیایی که درون باطری رخ می - دهد، جریان الکتریکی بوجود می آورد. وقتی شما یک دستگاه را به باطری وصل می کنید، عملیات آغاز می شود و الکترون ها به جریان می افتند که "گردش باطری" نامیده می شود. پنجره های خورشیدی از نور، الکتریسیته دی سی تهیه می کنند. نور خورشید شامل ذرات انرژی است که فتون نامیده می شود و می تواند به انرژی الکتریسیته تبدیل شود. شما نمی توانید فتون ها را ببینید اما آنها به پنجره های خورشیدی تابیده و الکترون های آزاد تولید می کنند که درون سیم ها حرکت کرده و باعث جریان الکتریکی می شوند



کلکتورهای خورشیدی انرژی گرما را از خورشید جذب می کنند. ما این گرما را انرژی گرمایی خورشیدی می نامیم. مثال ساده از یک کلکتور مانند یک جعبه است با دری شفاف مانند یک شیشه یا پلاستیک خورشید به شیشه می تابد و درون جعبه را گرم می کند. این نوع گرما مانند گرمایی که وارد یک ماشین پارک شده زیر نور آفتاب است. در بعضی مواقع درون جعبه را سیاه می کنند تا نور بیشتری جذب کند. گرمایی که درون جعبه جمع شده سپس می تواند به مصارف مختلفی برسد. بیشترین استفاده معمول از کلکتورهای خورشیدی گرم کردن هوا و آب است. سیستمی که از انرژی گرمایی خورشید برای گرم کردن هوا بکار می رود پیچیده نیست. یک در شیشه ای به جعبه نصب می شود. جعبه یک لوله وارد کننده هوای خنک دارد. هوای خنک می تواند بوسیله یک پروانه fan به درون جعبه فشرده شود. هوای خنک میان لوله و روی حرکت می کند. درون جعبه هوا در اثر انرژی خورشیدی که از تابش خورشید ناشی شده، گرم می شود. هر چه هوای خنک بیشتری به داخل جعبه وارد می شود، هوای گرم از طرف دیگر جعبه بوسیله لوله خروجی خارج می شود. این هوای گرم حالا می تواند فضایی مانند خانه شما را گرم کند. چندین سیستم بزرگ با استفاده از کلکتورهای خورشیدی روی سقف خانه نصب و یک اتاق را گرما می دهند. این هوای گرم در اتاق حالا بوسیله پنکه به دیگر نقاط خانه فرستاده و همه فضا را گرما می بخشد.



کلکتور هایی که برای گرم کردن آب طراحی می شوند بسیار شبیه به سیستم اولی گرمای هوا هستند. در یک مثال ساده، یک لوله در میان جعبه نصب می شود. تابش خورشید هوای جعبه را گرم می کند. این گرما به لوله ها منتقل می شود و همینطور گرمای لوله ها به آب انتقال می شود. همزمان با وارد شدن آب گرم از طریق لوله ورودی به داخل جعبه، آب گرم از سوی دیگر توسط لوله خروجی خارج می شود. حالا ما می توانیم از این آب گرم برای حمام کردن یا دوش گرفتن استفاده کنیم.

### **باتری خورشیدی**

وسیله یا دستگاهی است که نور خورشید را مستقیماً به الکتریسیته یا برق تبدیل می کند. ماهواره هایی که به فضا فرستاده می شوند. باتریهای خورشیدی از ماده ای بنام سیلیسیم ساخته می شود. هر باتری خورشیدی برق بسیار ناچیزی تولید می کند. برای همین معمولاً باید از تعداد زیادی باتری کنار هم استفاده شود تا مقدار برقی که به دست می آید، مفید و مناسب باشد. این باتری های خورشیدی به راحتی تعمیر می شوند و نگهداری آنها ساده است و محیط را نیز آلوده نمی کنند. با استفاده از باتری های خورشیدی می توان دستگاههایی چون تلویزیون، تلفن و پمپ آب را به کار انداخت. در جاهایی که روزهای طولانی و آفتاب درخشان دارند، حتی می توان تمام برق مورد نیاز را از باتری های خورشیدی گرفت. باتری های خورشیدی خیلی سبک هستند و به راحتی می توان آن ها را به دهکده های دور افتاده برد. مردمی که همیشه در حرکت هستند نیز می توانند این باتری ها را همراه داشته باشند و هر کجا که می روند از برق آن ها استفاده کنند.

### **آب شیرین کن خورشیدی**

هنگامی که حرارت دریافت شده از خورشید با درجه حرارت کم روی آب شور اثر کند تنها آب تبخیر شده و املاح باقی می ماند. سپس با استفاده از روشهای مختلف می توان آب تبخیر شده را تنظیم کرده و به این ترتیب آب شیرین تهیه کرد. با این روش می توان آب بهداشتی مورد نیاز در نقاطی که دسترسی به آب شیرین ندارند مانند جزایر را تأمین کرد. آب شیرین خورشیدی در دو اندازه خانگی و صنعتی ساخته می شوند

### **خشک کن خورشیدی**

خشک کردن مواد غذایی برای نگهداری آنها از زمانهای بسیار قدیم مرسوم بوده و انسان های نخستین خشک کردن را یک هنر می دانستند. خشک کردن عبارت است از گرفتن قسمتی از آب موجود در مواد غذایی و سایر محصولات که باعث افزایش عمر انباری محصول و جلوگیری از رشد باکتریها می باشد. در خشک کن های خورشیدی بطور مستقیم و یا غیر مستقیم از انرژی خورشیدی جهت خشک نمودن مواد استفاده می شود و هوا نیز به صورت طبیعی یا اجباری جریان یافته و باعث تسریع عمل خشک شدن محصول می گردد. خشک کن های خورشیدی در اندازه ها و طرحهای مختلف و برای محصولات و مصارف گوناگون طراحی و ساخته می شوند.

### **اجاقهای خورشیدی**

دستگاههای خوراک پز خورشیدی اولین بار بوسیله شخصی بنام نیکلاس ساخته شد. اجاق او شامل یک جعبه عایق بندی شده با صفحه سیاهرنگی بود که قطعات شیشه‌ای درپوش آنرا تشکیل می‌داد اشعه خورشید با عبور از میان این شیشه‌ها وارد جعبه شده و بوسیله سطح سیاه جذب می‌شد سپس درجه حرارت داخل جعبه را به ۸۸ درجه افزایش می‌داد. اصول کار اجاق خورشیدی جمع آوری پرتوهای مستقیم خورشید در یک نقطه کانونی و افزایش دما در آن نقطه می‌باشد.

### کوره خورشیدی

در قرن هجدهم نوتورا اولین کوره خورشیدی را در فرانسه ساخت و بوسیله آن یک تل چوبی را در فاصله ۶۰ متری آتش زد. بسمر پدر فولاد جهان نیز حرارت مورد نیاز کوره خود را از انرژی خورشیدی تأمین می‌کرد. متداولترین سیستم یک کوره خورشیدی متشکل از دو آینه یکی تخت و دیگری کروی می‌باشد. نور خورشید به آینه تخت رسیده و توسط این آینه به آینه کروی بازتابیده می‌شود. طبق قوانین اپتیک هر گاه دسته پرتوی موازی محور آینه با آن برخورد نماید در محل کانون متمرکز می‌شوند به این ترتیب انرژی حرارتی گسترده خورشید در یک نقطه جمع می‌شود که این نقطه به دماهای بالایی می‌رسد.

### خانه‌های خورشیدی

ایرانیان باستان از انرژی خورشیدی برای کاهش مصرف چوب در گرم کردن خانه‌های خود در زمستان استفاده می‌کردند. آنان ساختمانها را به ترتیبی بنا می‌کردند که در زمستان نور خورشید به داخل اتاقهای نشیمن می‌تابید ولی در روزهای گرم تابستان فضای اتاق در سایه قرار داشت. از انرژی خورشید برای روشنایی - تهیه آب گرم بهداشتی - سرمایش و گرمایش ساختمان استفاده شود و با بکار بردن مصالح ساختمانی مفید از اتلاف گرما و انرژی جلوگیری شود.

### پنلهای خورشیدی

این بخش در واقع مبدل انرژی تابشی خورشید به انرژی الکتریکی بدون واسطه مکانیکی می‌باشد. لازم به این بخش در واقع کلیه مشخصات سیستم را کنترل کرده و توان ورودی پنلها را طبق طراحی انجام شده و نیاز مصرف کننده به بار یا باتری تزریق و کنترل می‌کند لازم به ذکر است که در این بخش مشخصات و عناصر تشکیل دهنده با توجه به نیازهای بار الکتریکی و مصرف کننده و نیز شرایط آب و هوایی محلی تغییر می‌کند.

### کوره خورشیدی

کوره خورشیدی با استفاده از انرژی خورشید گرم می‌شود (در کوره های دیگر، نوعی سوخت را می‌سوزاند تا گرمایش به کوره منتقل شود). معمولاً با استفاده از تعداد زیادی آینه، پرتوهای نور خورشید را جمع آوری و پر قدرت می‌کنند و مجموعه آن ها را بر روی کوره می‌تابانند تا دمای خیلی بالا رود. ذره بین وسیله ای است که همین کار را انجام می‌دهد.

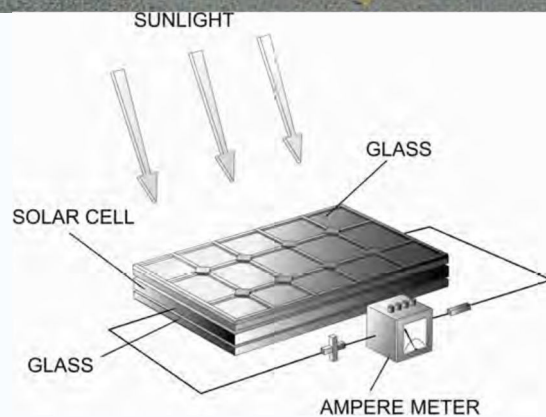
### دودکش‌های خورشیدی



روش دیگر برای تولید الکتریسیته از انرژی خورشید استفاده از برج نیرو یا دودکش‌های خورشیدی میباشد در این سیستم از خاصیت دودکش‌ها استفاده می‌شود به این صورت که با استفاده از یک برج بلند به ارتفاع حدود ۲۰۰ متر و تعداد زیادی گرم‌خانه‌های خورشیدی که در اطراف آن است هوای گرمی که بوسیله انرژی خورشیدی در یک گرمخانه تولید می‌شود و به طرف دودکش یا برج که در مرکز گلخانه‌ها قرار دارد، هدایت می‌شود. این هوای گرم باعث ارتفاع زیاد برج با سرعت زیاد صعود کرده و باعث چرخیدن پروانه و ژنراتوری که در پایین برج نصب شده است می‌گردد و بوسیله این ژنراتور برق تولید می‌شود هم‌اکنون یک نمونه از این سیستم در ۱۶۰ کیلومتری جنوب مادرید احداث گردیده که ارتفاع برج آن به ۲۰۰ متر می‌رسد.

### **نیروگاه خورشیدی**

با ساختن نیروگاه‌های خورشیدی بزرگ می‌توان مقدار زیادی برق تولید کرد. نیروگاه خورشیدی محیط را آلوده نمی‌کند، چون انرژی لازم را از خورشید می‌گیرد و نیازی به سوزاندن سوخت‌های فسیلی ندارد. در نیروگاه خورشیدی، با استفاده از نیروی بخار، برق تولید می‌شود. تعداد زیادی آینه را به کار می‌گیرند تا نور خورشید را بر روی یک دیگ بخار بتابانند که در لوله‌های درون آن مایعی مثل روغن جریان دارد. روغن حرارت خورشید را می‌گیرد و آن قدر گرم می‌شود که می‌تواند آب دیگ را به بخار تبدیل کند. بخار توربین را به چرخش در می‌آورد. توربین هم ژنراتور را می‌چرخاند و برق تولید می‌شود. سولاروان نام نیروگاه خورشیدی بزرگی است که در کالیفرنیا آمریکا ساخته شده است. این نیروگاه برج بسیار بلندی دارد. در بالای برج یک دیگ بخار قرار گرفته است. تعداد زیادی آینه اطراف برج روی زمین چیده شده‌اند و نور خورشید را بر دیگ می‌تابانند. به این ترتیب، آب دیگ به بخار تبدیل می‌شود و بخار هم برای تولید برق مورد استفاده قرار می‌گیرد.



### سیستم انعکاسی استرلینگ اداره برق ایالت آریزونا در آمریکا

تأسیسات جذب انرژی خورشید در نیروگاه بر اساس انواع متمرکز کننده‌های موجود و بر حسب اشکال هندسی متمرکز کننده‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند: نیروگاه‌هایی که گیرنده آنها آینه‌های سهموی ناودانی هستند نیروگاه‌هایی که گیرنده آنها در یک برج قرار دارد و نور خورشید توسط آینه‌های بزرگی به نام هلیوستات به آن منعکس می‌شود. (دریافت کننده مرکزی) نیروگاه‌هایی که گیرنده آنها بشقابی سهموی (دیش) می‌باشد. در هر نیروگاهی اعم از نیروگاه‌های آبی، نیروگاه‌های بخاری و نیروگاه‌های گازی برای تولید برق از ژنراتورهای الکتریکی استفاده می‌شود که با چرخیدن این ژنراتورها برق تولید می‌شود. این ژنراتورهای الکتریکی انرژی دورانی خود را از دستگاهی بنام توربین تأمین می‌کنند. بدین ترتیب می‌توان گفت که ژنراتورها انرژی جنبشی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند. تأمین کننده انرژی جنبشی ژنراتورها، توربین‌ها هستند توربین‌ها انواع مختلف دارند در نیروگاه‌های بخاری توربین‌هایی وجود دارند که بخار با فشار و دمای بسیار بالا وارد آنها شده و موجب به گردش در آمدن پره‌های توربین می‌گردد. در نیروگاه‌های آبی که روی سدها نصب می‌شوند انرژی پتانسیل موجود در آب موجب به گردش در آمدن پره‌های توربین می‌شود پس در نیروگاه‌های آبی انرژی پتانسیل آب به انرژی جنبشی و سپس به الکتریکی تبدیل می‌شود، در نیروگاه‌های حرارتی بر اثر سوختن سوخت‌های فسیلی مانند

مازوت، آب موجود در سیستم بسته نیروگاه داخل دیگ بخار (بویلر) به بخار تبدیل می‌شود و بدین ترتیب انرژی حرارتی به جنبشی و سپس به الکتریکی تبدیل می‌شود در نیروگاههای گازی توربینهای وجود دارد که بطور مستقیم بر اثر سوختن گاز به حرکت درآمده و ژنراتور را می‌گرداند و انرژی حرارتی به جنبشی و سپس به الکتریکی تبدیل می‌شود. و اما در نیروگاههای حرارتی خورشیدی وظیفه اصلی بخش‌های خورشیدی تولید بخار مورد نیاز برای تغذیه توربینها است یا به عبارت دیگر می‌توان گفت که این نوع نیروگاهها شامل دو قسمت هستند: سیستم خورشیدی که پرتوهای خورشید را جذب کرده و با استفاده از حرارت جذب شده تولید بخار می‌نماید. سیستمی موسوم به سیستم سنتی که همانند دیگر نیروگاههای حرارتی بخار تولید شده را توسط توربین و ژنراتور به الکتریسیته تبدیل می‌کند.

### نیروگاههای حرارتی خورشید از نوع سهموی خطی

در این نیروگاهها، از منعکس کننده‌هایی که به صورت سهموی خطی می‌باشند جهت تمرکز پرتوهای خورشید در خط کانونی آنها استفاده می‌شود و گیرنده به صورت لوله‌ای در خط کانونی منعکس کننده‌ها قرار دارد. در داخل این لوله روغن مخصوصی در جریان است که بر اثر حرارت پرتوهای خورشید گرم و داغ می‌گردد. روغن داغ از مبدل حرارتی عبور کرده و آب را به بخار به مدارهای مرسوم در نیروگاههای حرارتی انتقال داده می‌شود تا به کمک توربین بخار و ژنراتور به توان الکتریکی تبدیل گردد.

برای بهره‌گیری بیشتر و افزایش بازدهی لوله دریافت کننده سطح آن را با اکسید فلزی که ضریب بالای دارد پوشش می‌دهند و همچنین در محیط اطراف آن لوله شیشه‌ای به صورت لفاف پوشیده می‌شود تا از تلفات گرمایی و افت تشعشعی جلوگیری گردد و نیز از لوله دریافت کننده محافظت بعمل آید.

ضمناً بین این دو لوله خلاء بوجود می‌آوردند برای آنکه پرتوهای تابشی خورشید در تمام طول روز به صورت مستقیم به لوله دریافت کننده برسد. در این نیروگاهها یک سیستم ردیاب خورشید نیز وجود دارد که بوسیله آن آینه‌های شلجمی دائماً خورشید را دنبال می‌کنند و پرتوهای آن را روی لوله دریافت کننده متمرکز می‌نمایند.

تغییرات تابش خورشید در این نیروگاهها توسط منبع ذخیره و گرمکن سوخت فسیلی جبران می‌شوند. در چند کشور نظیر ایالات متحده آمریکا - اسپانیا - مصر - مکزیک - هند و مراکش از نیروگاههای سهموی خطی استفاده شده‌است که این نیروگاهها یا در مرحله ساخت و یا در مرحله بهره‌برداری قرار دارند.

### نیروگاههای حرارتی از نوع دریافت کننده مرکزی

در این نیروگاهها پرتوهای خورشیدی توسط مزرعه‌ای متشکل از تعداد زیادی آینه منعکس کننده بنام هلیوستات بر روی یک دریافت کننده که در بالای برج نسبتاً بلندی استقرار یافته‌است متمرکز می‌گردد. در نتیجه روی محل تمرکز پرتوها انرژی گرمایی زیادی بدست می‌آید که این انرژی بوسیله سیال عامل که داخل دریافت کننده در حرکت است، جذب می‌شود و بوسیله مبدل حرارتی به سیستم آب و بخار مرسوم در نیروگاههای سنتی منتقل شده و بخار فوق گرم در فشار و دمای طراحی شده برای استفاده در توربین ژنراتور

تولید می‌گردد. این سیال عامل در مبدل‌های حرارتی در کنار آب قرار گرفته و موجب تبدیل آن به بخار با فشار و حرارت بالا می‌گردد. در برخی از سیستم‌ها سیال عامل آب است و مستقیماً در داخل دریافت‌کننده به بخار تبدیل می‌شود. برای استفاده دائمی از این نوع نیروگاه در زمانی که تابش خورشید وجود ندارد مثلاً ساعات ابری یا شبها از سیستم‌های ذخیره‌کننده حرارت و یا احیاناً از تجهیزات پشتیبانی که ممکن است از سوخت فسیلی استفاده کنند جهت ایجاد بخار برای تولید برق کمک گرفته می‌شود.

### **نیروگاه‌های حرارتی از نوع بشقابی**

در این نیروگاه‌ها از منعکس‌کننده‌هایی که به صورت شلجمی بشقابی می‌باشد جهت تمرکز نقطه‌ای پرتوهای خورشیدی استفاده می‌گردد و گیرنده‌هایی که در کانون شلجمی قرار می‌گیرند به کمک سیال جاری در آن انرژی گرمایی را جذب نموده و به کمک یک ماشین حرارتی و ژنراتور آن را به نوع مکانیکی و الکتریکی تبدیل می‌نماید.

### **مزایای نیروگاه‌های خورشیدی**

#### **تولید برق بدون مصرف سوخت**

نیروگاه‌های خورشیدی نیاز به سوخت ندارند و برخلاف نیروگاه‌های فسیلی که قیمت برق تولیدی آنها تابع قیمت نفت بوده و همیشه در حال تغییر می‌باشد. در نیروگاه‌های خورشیدی این نوسان وجود نداشته و می‌توان بهای برق مصرفی را برای مدت طولانی ثابت نگهداشت.

#### **عدم احتیاج به آب زیاد**

نیروگاه‌های خورشیدی بخصوص دودکشهای خورشیدی با هوای گرم احتیاج به آب ندارند لذا برای مناطق خشک مثل ایران بسیار حائز اهمیت می‌باشند

#### **امکان تأمین شبکه‌های کوچک و ناحیه‌ای**

نیروگاه‌های خورشیدی می‌توانند با تولید برق به شبکه سراسری برق نیرو برسانند و در عین امکان تأمین شبکه‌های کوچک ناحیه‌ای، احتیاج به تأسیس خطوط فشار قوی طولانی جهت انتقال برق ندارند و نیاز به هزینه زیاد احداث شبکه‌های انتقال نمی‌باشد.

#### **استهلاک کم و عمر زیاد**

نیروگاه‌های خورشیدی بدلیل فنی و نداشتن استهلاک زیاد دارای عمر طولانی می‌باشند در حالی که عمر نیروگاه‌های فسیلی بین ۱۵ تا ۳۰ سال محاسبه شده‌است.

#### **عدم احتیاج به متخصص**

نیروگاه‌های خورشیدی احتیاج به متخصص عالی ندارند و میتوان آنها را بطور اتوماتیک بکار انداخت، در صورتی که در نیروگاه‌های اتمی وجود متخصصین در سطح عالی ضروری بوده و این دستگاهها احتیاج به مراقبت‌های دائمی و ویژه دارند

سلول های خورشیدی از نیمه رساناها تشکیل شده‌اند. این سلول‌ها در اندازه‌ها و اشکال گوناگون تولید می‌شوند. هر سلول خورشیدی تنها ۱ تا ۲ وات انرژی الکتریسیته تولید می‌کند. معمولاً این سلول‌های خورشیدی به هم متصل می‌شوند تا یک سیستم خورشیدی بزرگ را به وجود آورند. یک سلول خورشیدی علاوه بر تولید الکتریسیته، دارای یک باتری نیز می‌باشد که انرژی الکتریسیته بدست آمده را برای شب و یا روزهای ابری ذخیره می‌کند، سیستم فتوولتائیک می‌تواند در هر آب و هوایی کار کند. درست است که در آب و هوای ابری و یا بارانی میزان تولید انرژی الکتریسیته کاهش پیدا می‌کند، ولی به هر حال این میزان هیچ وقت در هنگام روز از ۲۵٪ میزان حداکثر ظرفیت تولید انرژی سیستم کمتر نخواهد بود. این در حالی است که در شرایط معمولی تا ۸۰٪ میزان تولید حداکثر سیستم، انرژی الکتریسیته تولید خواهد شد. نگه داری سیستم های فتوولتائیک بسیار راحت است، نیازی به جابجایی قطعات نیست. در یک سیستم فتوولتائیک هیچ گونه حرکت مکانیکی وجود ندارد، وقتی قطعات حرکتی نداشته باشند در نتیجه استهلاکی وجود نخواهد داشت.

سلول‌های خورشیدی امروزی حتی می‌توانند به عنوان شیشه پنجره کار کنند. این سلول‌ها این قابلیت را دارند که بین ۸۰٪ تا ۹۰٪ نور خورشید را از خود عبور دهند. این کیفیت باعث می‌شود که پنجره‌هایی مجهز به سلول‌های خورشیدی بتوانند به خنک ماندن هوای داخل خانه در تابستان کمک کنند و همچنین ساختمان را هم زیباتر نمایان کنند و هم انرژی الکتریسیته مورد نیاز ساختمان را تهیه کنند.

### مصارف و کاربردهای فتوولتائیک

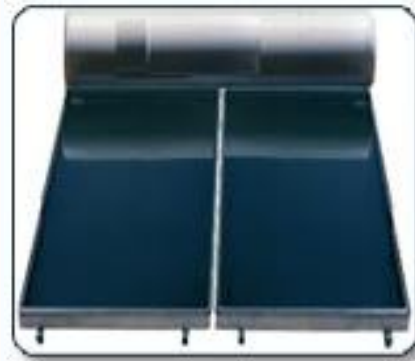
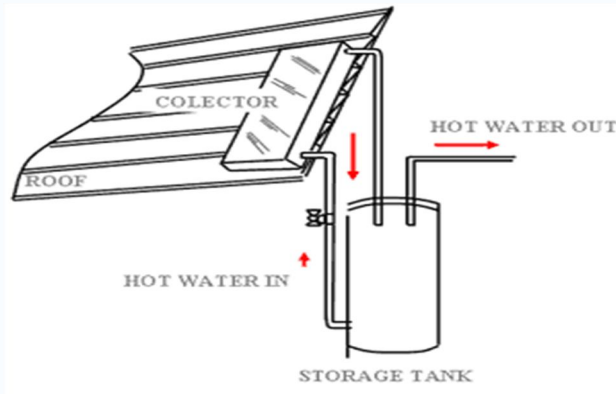
- مصارف فضانوردی و تأمین انرژی مورد نیاز ماهواره‌ها جهت ارسال پیام
- روشنایی خورشیدی
- **آبگرمکن‌های عمومی خورشیدی**
- این نوع آبگرمکن‌ها در کلیه اماکن عمومی فاقد لوله کشی گاز طبیعی می‌باشد
- بخش اصلی یک آبگرمکن خورشیدی کلکتور آن است که خود شامل یک ورق است که به وسیله تابش کلی خورشید حرارت یافته و حرارت خود را به یک سیال جذب کننده (مانند آب) که داخل لوله در حال جریان است، منتقل می‌کند. رنگ این ورق همیشه تیره انتخاب می‌شود و دارای پوشش خاصی است که بتواند ضریب جذب انرژی را به حداکثر و ضریب پخش را به حداقل برساند. برای رسیدن به دمای بالا، مجموعه ورق و لوله‌ها را در داخل یک جعبه عایق با روکش شیشه قرار می‌دهند تا از اثر گلخانه‌ای بتوان استفاده کرد.
- آبی که با این روش گرم می‌شود، بر اثر اختلاف دما و با گردش طبیعی وارد یک تانک دوجداره شده و آب مخزن را گرم می‌کند. این آب گرم شده یا به طور مستقیم به مصرف گرمایش خانوار می‌رسد و یا توسط یک مبدل حرارتی دمای آب مصرفی خانواده را افزایش می‌دهد



•



• حمام خورشیدی

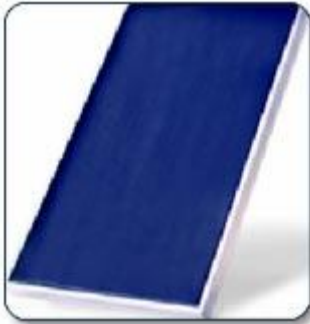


•

• انواع کلکتورهای خورشیدی

کلکتورهای تخت Flat-plate collectors

این کلکتور ساده‌ترین و پر استفاده‌ترین نوع کلکتور به‌شمار می‌رود. ساختار آن به شکل یک جعبه مستطیل شکل بوده که در داخل آن یک صفحه جاذب فلزی از جنس مس یا آلومینیوم با پوششی به رنگ‌های خاص است. این صفحه، جاذب انرژی حرارتی خورشید است. در زیر صفحه، لوله‌های کوچکی قرار گرفته که آب یا سیال انتقال حرارت در آن‌ها جریان دارد. اطراف کلکتور به منظور کاهش اتلاف حرارتی عایق بندی شده است. روی سطح جعبه نیز از پلاستیک شفاف یا شیشه پوشیده شده است.



### کلکتورهای تحت خلا Evacuated-tube collectors

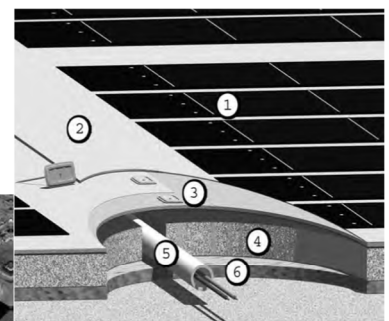
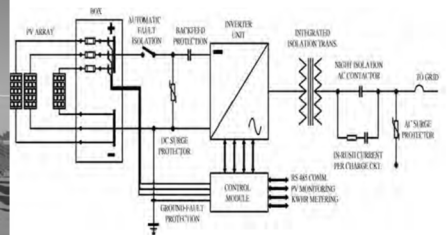
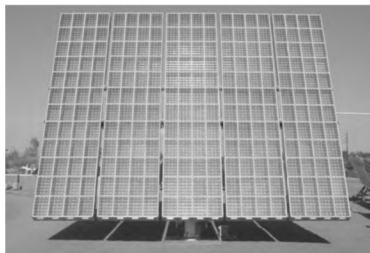
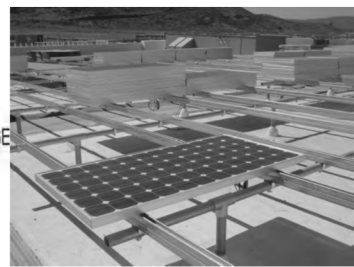
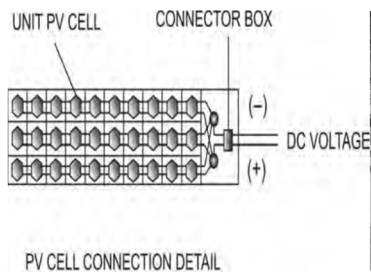
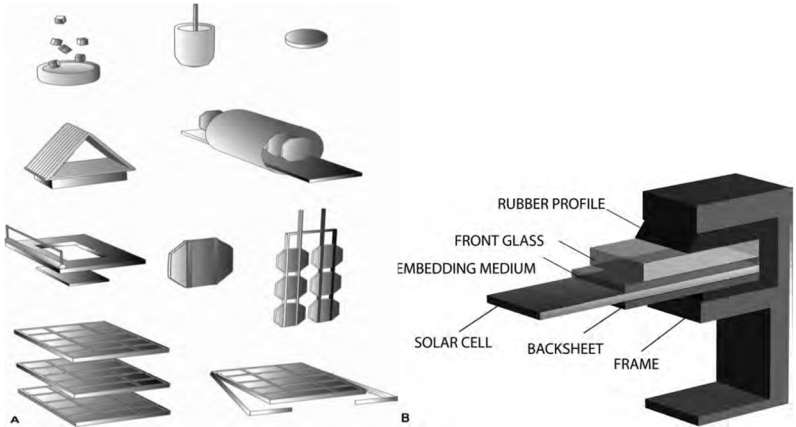
این کلکتور از تعدادی لوله دو جداره شفاف موازی تشکیل شده است که در داخل آن یک تیوب با پوششی از ماده جاذب قرار دارد. هوا از فضای بین دو جداره خارج گردیده و خلا ایجاد شده از اتلاف حرارت جلوگیری می‌کند. مزیت این نوع کلکتور توانایی در ایجاد دمای بالاتر می‌باشد.



### کلکتورهای سهموی Concentrating collectors

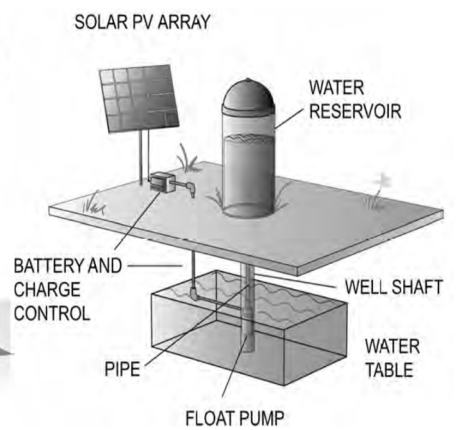
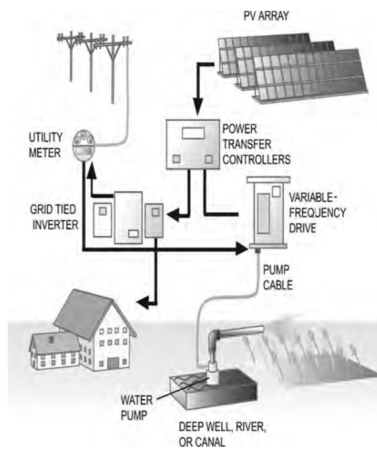
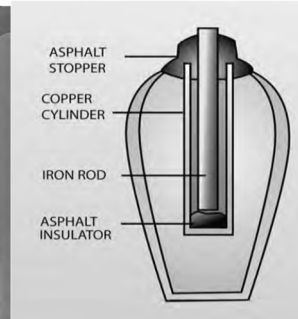
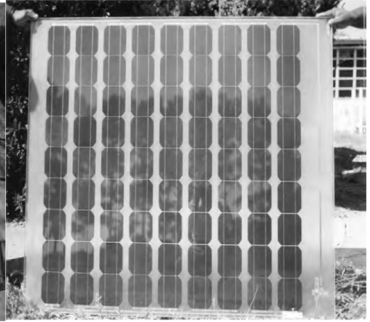
این کلکتورها سطح آینه‌ای داشته و برای تجمع انرژی خورشیدی بر روی تیوب جاذب که شامل سیال انتقال حرارت است، به کار می‌رود.

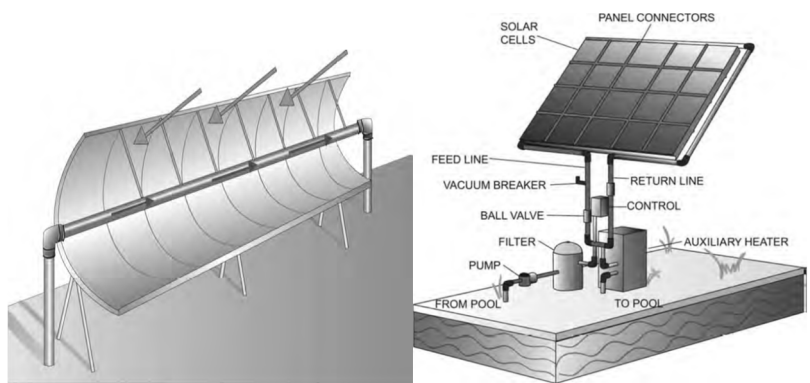
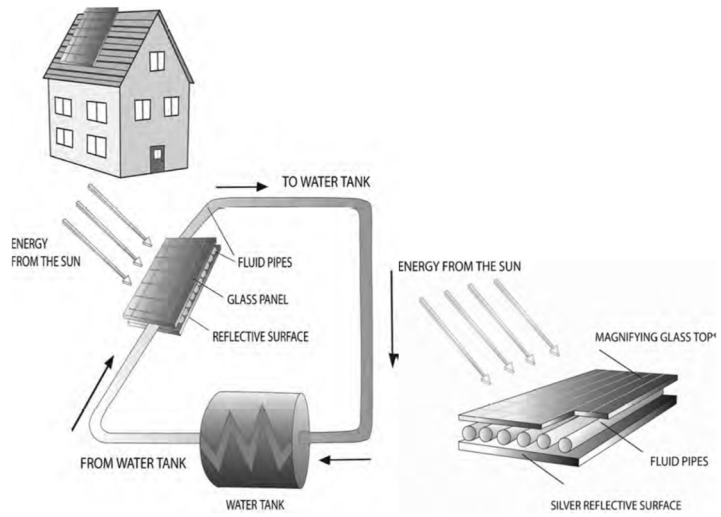
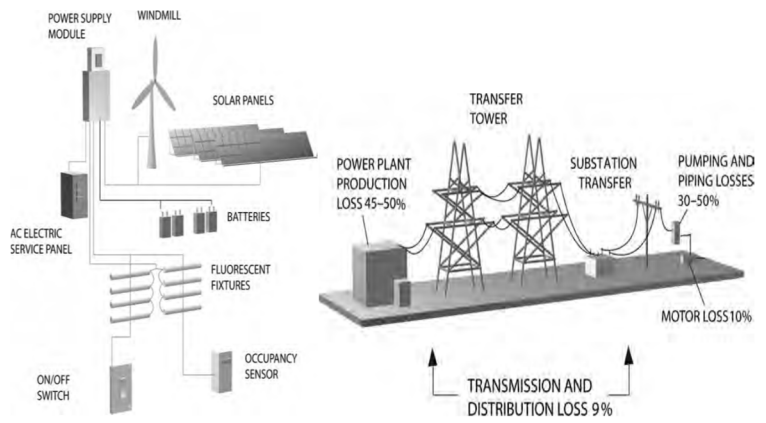


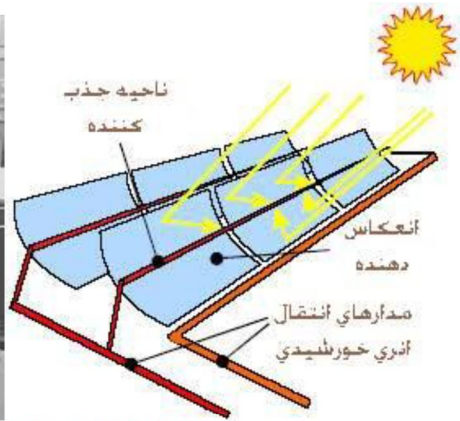
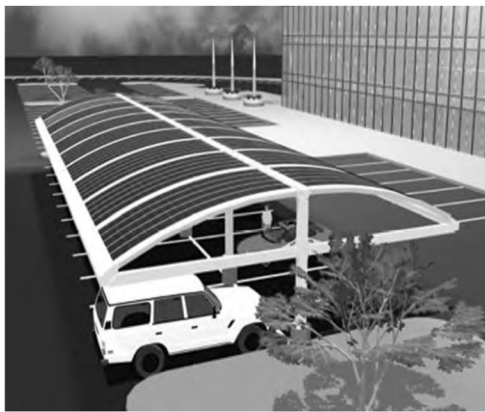
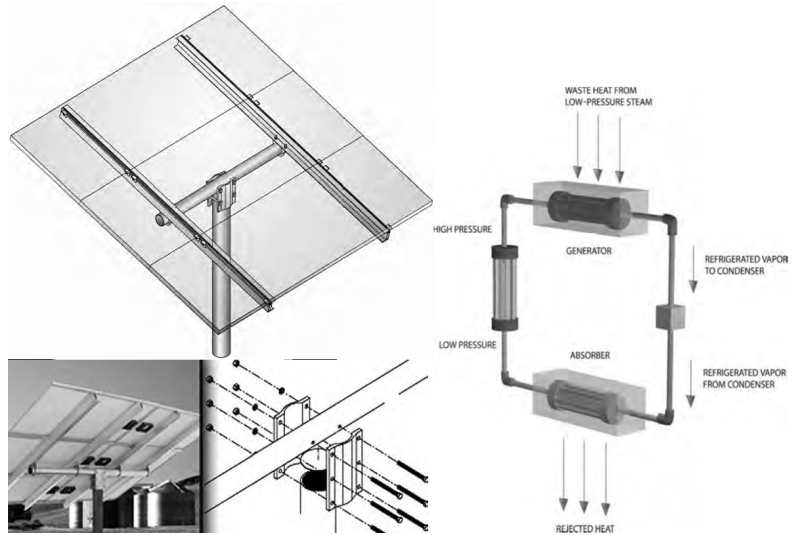


- ① Flexible PhotoVoltaic Module
- ② BIPV Roofing System
- ③ Gypsum Board
- ④ Rigid Foam Insulation
- ⑤ Electrical Wiring Conduit
- ⑥ Existing Roof Deck

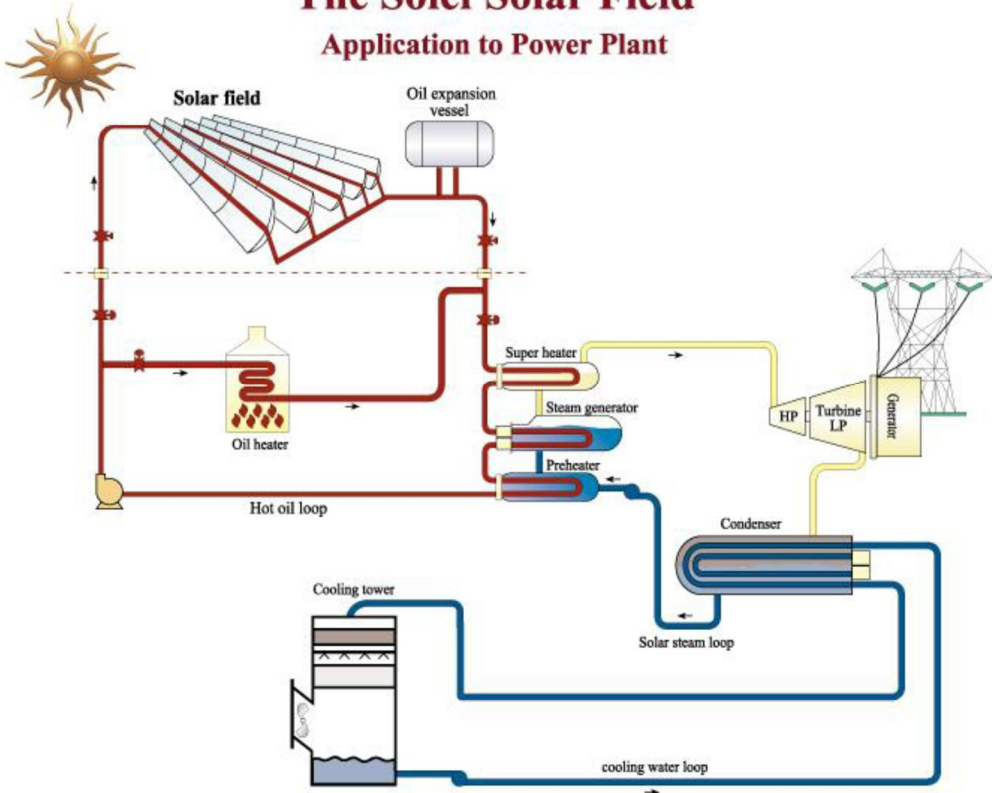


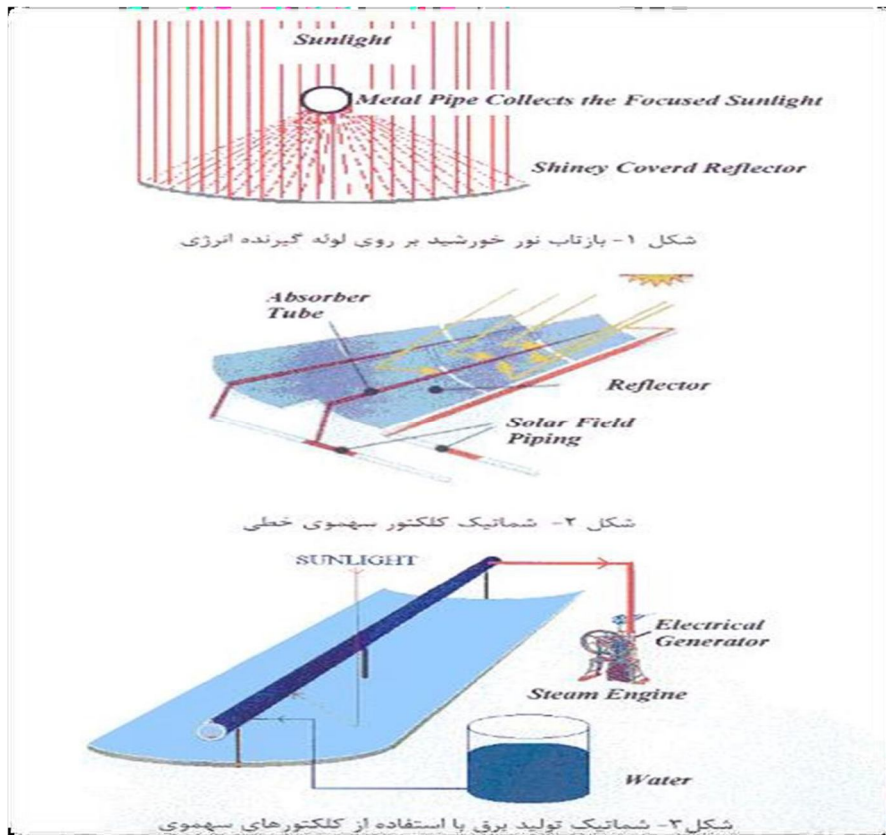


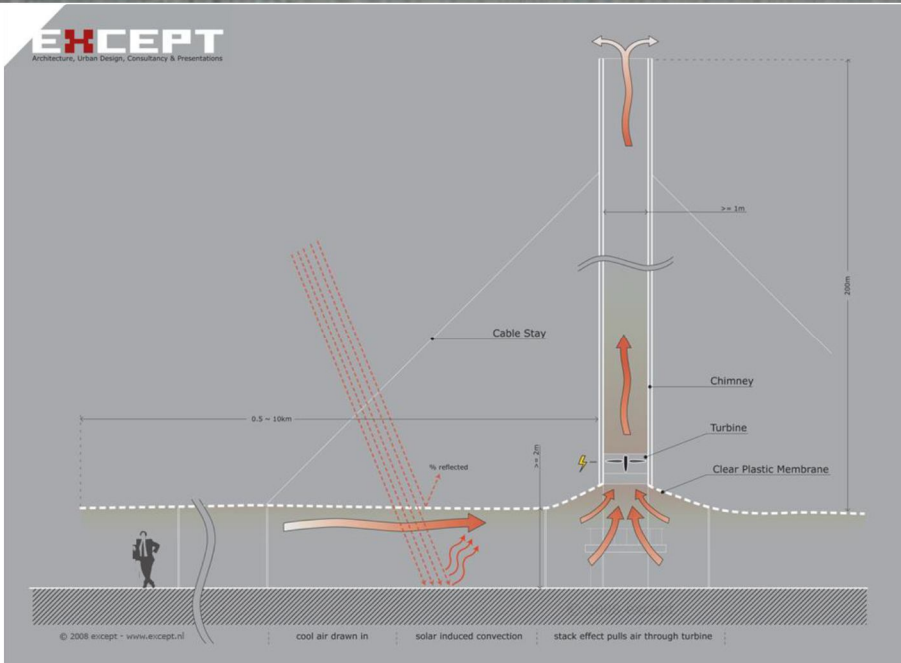




## The Solel Solar Field Application to Power Plant



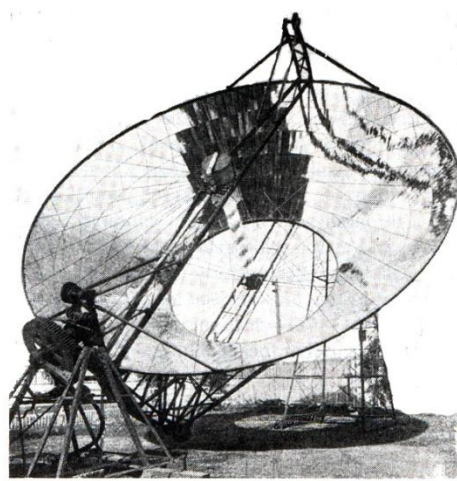




دودکش خورشیدی



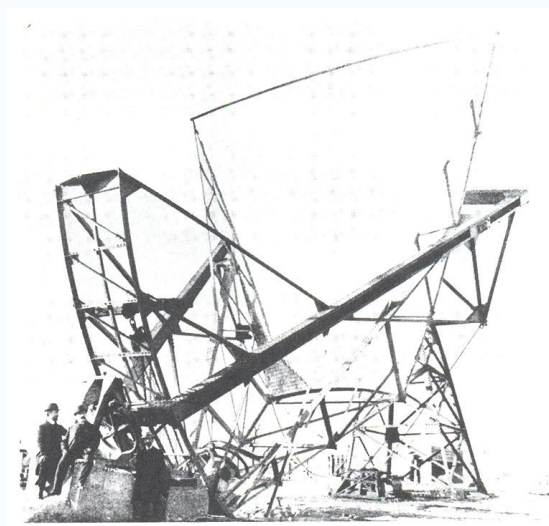
نیروگاه خورشیدی ساخته شده بوسیله فرانک شومن در مصر ۱۹۱۳



موتور خورشیدی

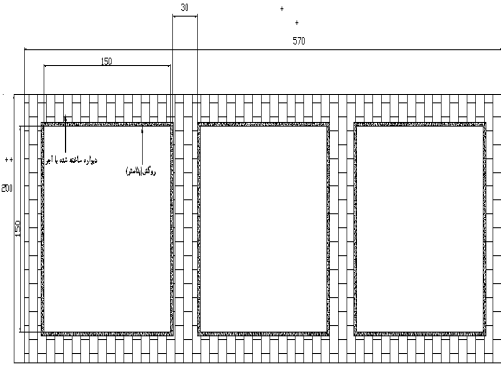


دستگاه هیلوگراف (تلگراف خورشیدی)

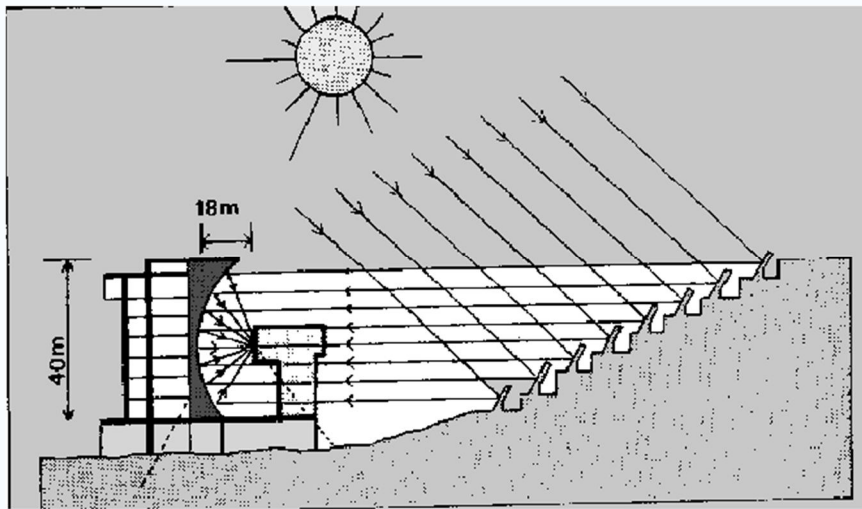


کوره خورشیدی برای ذوب فلزات

باقیمانده ها و پسماندها یکی از معضلاتی است که محیط زیست از آن دائماً آسیب می بیند. در ابتدا به دلیل سادگی عملیات تصفیه، عدم مصرف مواد شیمیایی، پاک بودن منابع آبی و مصرف کم، لجن به مقداری نبود که دفع آن در محیط پیرامون انسان چندان مسأله ساز باشد اما در سالهای اخیر با روند بسیار سریع رشد جمعیت و شهرنشینی و همچنین ورود انواع آلاینده های طبیعی و مصنوعی، لجن حاصل از تصفیه آب به عنوان آلاینده محیط زیست مطرح شده است. در ابتدا مشکل دفع مواد زائد حاصل از تصفیه آب از اهمیت چندانی برخوردار نبود و عملاً لجن حاصل از فیلترها و انعقاد به آبهای پذیرنده تخلیه می گردید



پلان طراحی پایلوت بسترهای لجن خشک کن ماسه ای



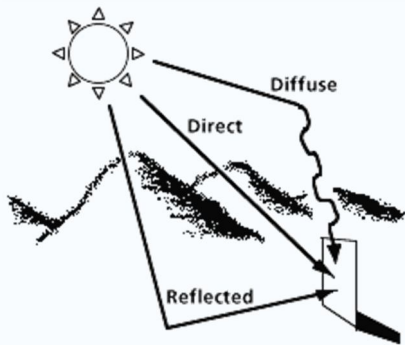
نحوه بازتاب از آینه های تخت به محدب برای تمرکز نور در کانون آن



دستگاه تقطیر

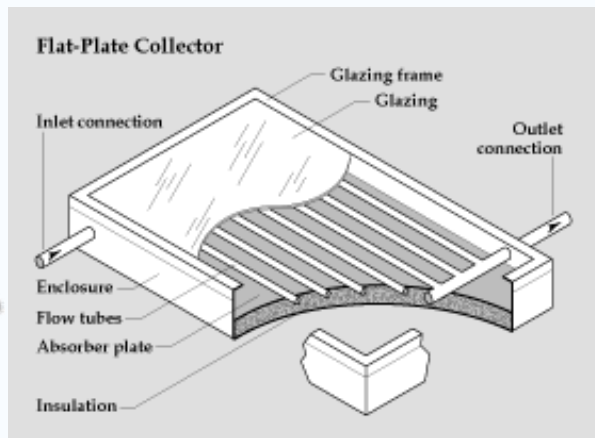
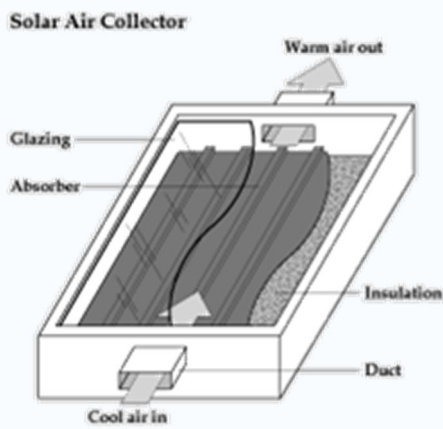


کوره خورشیدی

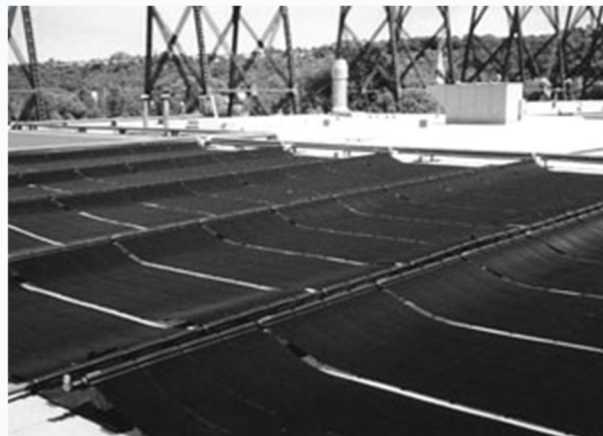
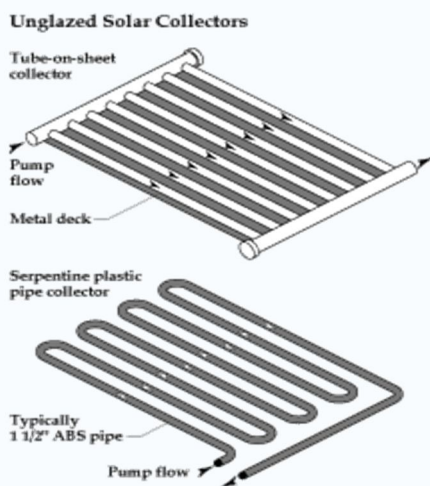


انواع تابش (تابش مستقیم . بخشی و انعکاسی)

ماهواره تل استار با منبع نیروی سلول خورشیدی



کلکتور تخت بارپوش شیشه ای



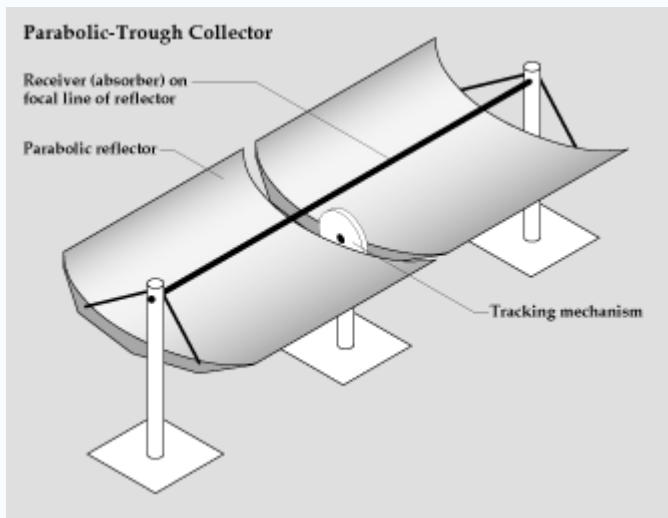
دو نمونه از کلکتور تخت بدون روپوش شیشه ای





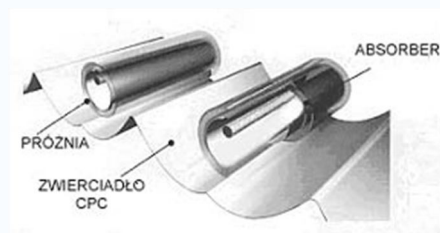
نمونه ای از دیش سهموی و جذب کننده آن که برای تولید برق

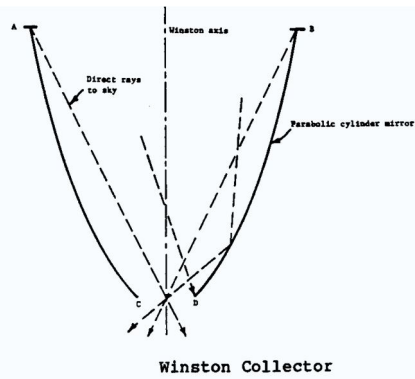
کلکتور مخزنی که از ساده ترین انواع کلکتور



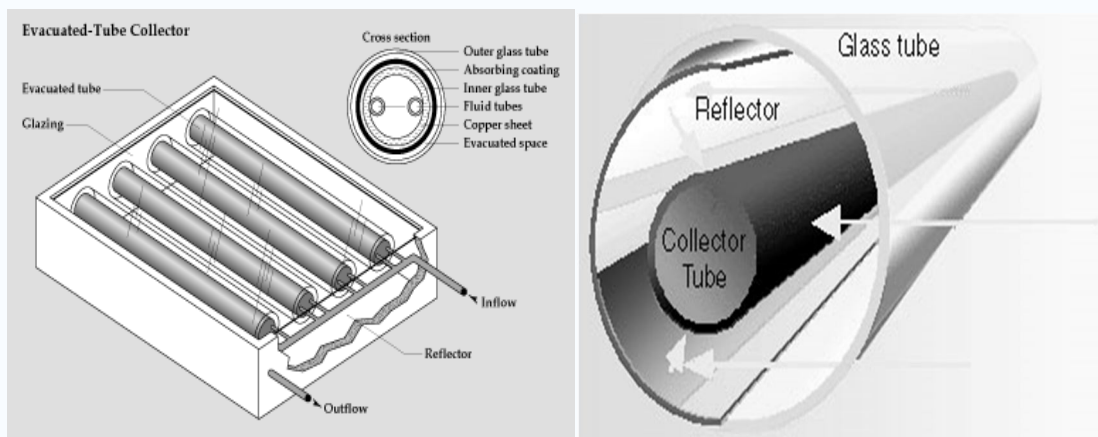
کلکتور سهموی لا شکل

برج نیرو

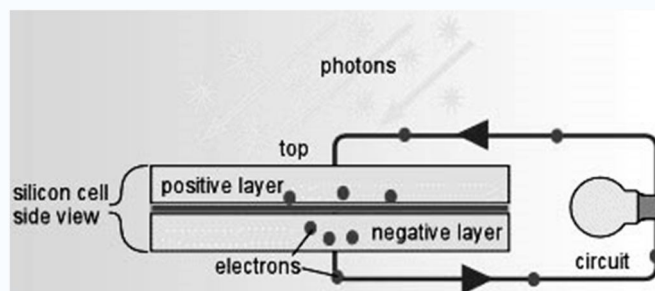




دو نوع کلکتور متمرکز کننده سهموی مرکب (CPC)



نحوه بازتاب و جذب نور در کلکتور بالوله خلأ



نحوه ایجاد جریان در سلول خورشیدی

کاربردهای حال حاضر انرژی خورشید عبارت است از:

- ۱- گرمایش ساختمانها
- ۲- سرمایش ساختمانها
- ۳- گرمایش آب و گرمایش هوا

- ۳- استفاده از حوض های خورشیدی ۱
- ۴- استفاده در گلخانه های خورشیدی ۲
- ۵- تقطیر آب برای مقیاسهای کوچک
- ۶- خشک کردن محصولات کشاورزی
- ۷) خوراک پزهای خورشیدی ۳.
- ۸ - موتورهای خورشیدی برای پمپ آب
- ۹- منجمد کردن مواد غذایی
- ۱۰- کاربرد در سلولهای فوتو ولتائیک
- ۱۱- کوره های خورشیدی
- ۱۲- تولید نیرو(برق)
- ۱۳- گرمایش در فرآیندهای صنعتی ۴
- ۱۴- تولید نمک توسط تبخیر آب دریا و یا تبخیر آب نمک در مناطق دور از دریا

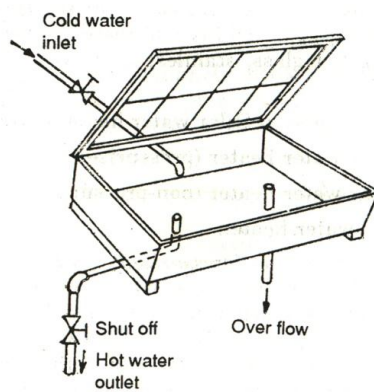


Fig. 11.2.1. Shallow trough of water.

آبگرمکن جعبه ای

- 1 Solar ponds
- 2 Solar green houses
- 3 Solar cookers
- 4 Industrial process heat

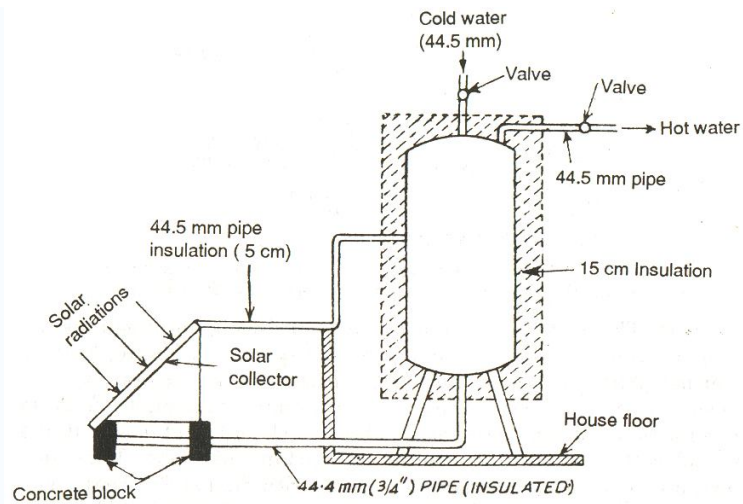
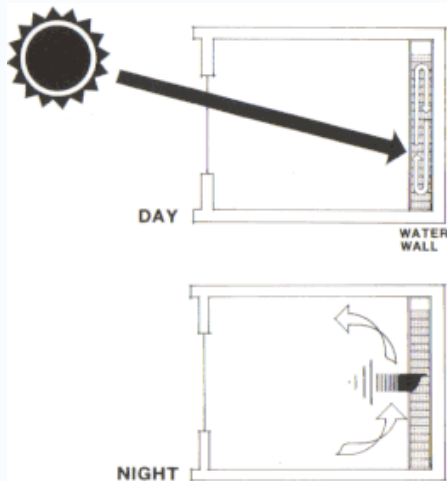


Fig. 11.2.6. (b) A typical solar water heater.

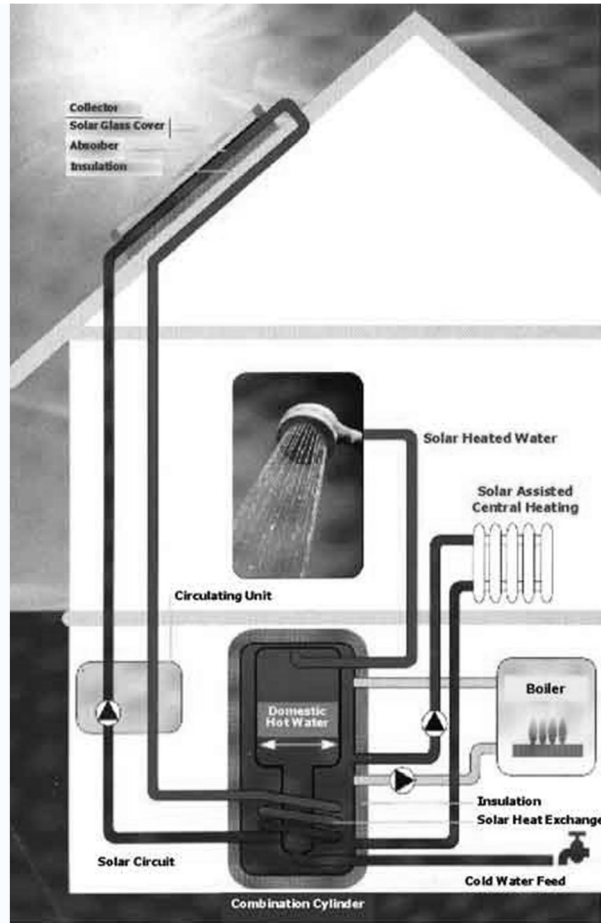
یک آبگرمکن با کاتورتخت و جزئیات آن که از خاصیت ترموسیفون برای انتقال جریان استفاده می کند



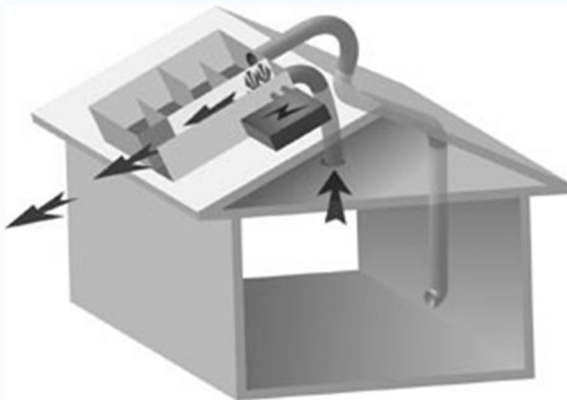
دیوار آبی



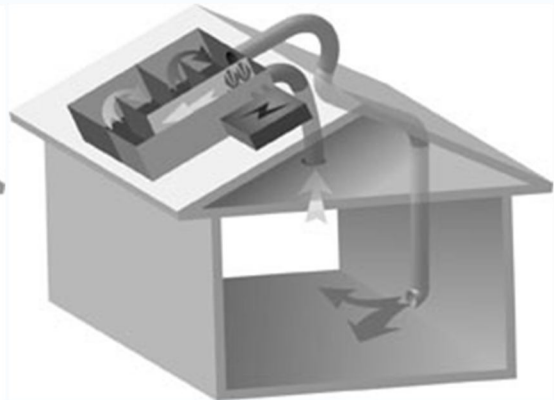
خانه خورشیدی



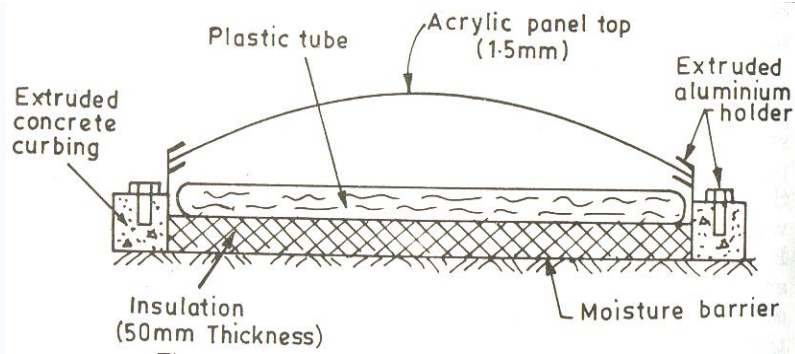
سیستم فعال شامل آب گرمکن و فضای داخلی با کلکتور تخت و سیال آب



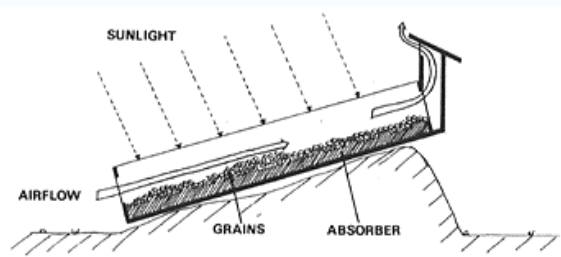
عملکرد در زمستان



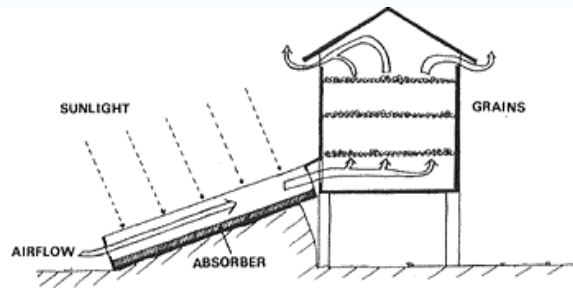
عملکرد در تابستان



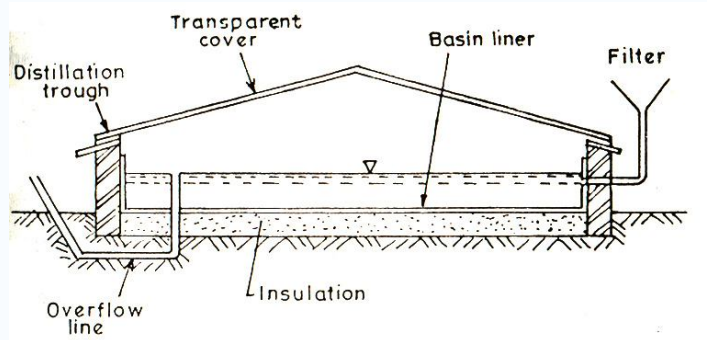
حوض خورشیدی بصورت تیوپ پلاستیکی پر آب



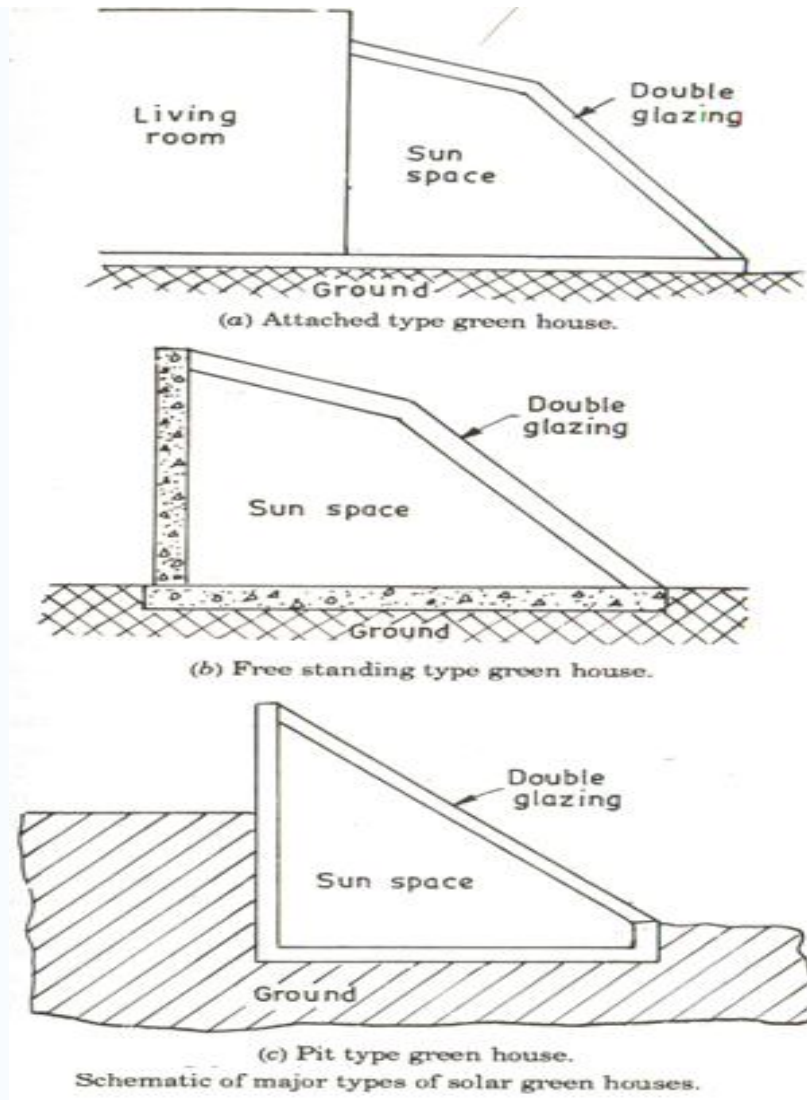
خشک کردن به روش غیر مستقیم



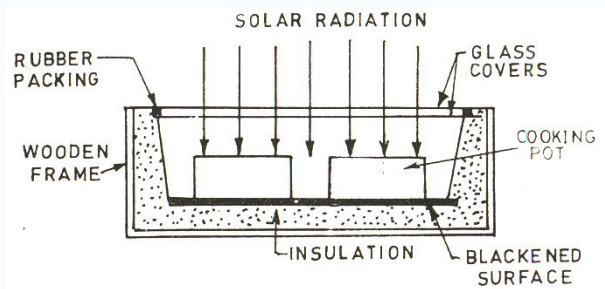
خشک کردن به روش مستقیم



دستگاه تقطیر حوضچه ای



انواع مختلف گلخانه های خورشیدی



ب: نحوه بازتاب نور در نوع جعبه ای تخت

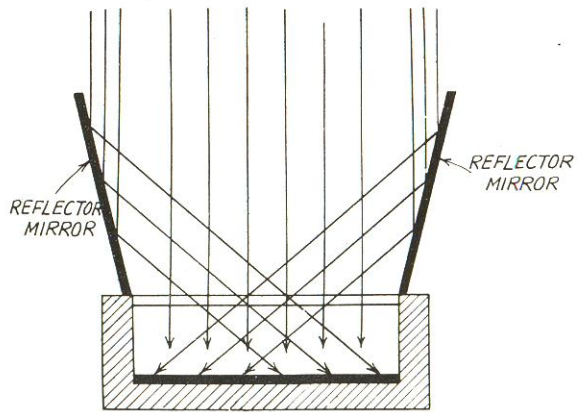


الف: خوراک پز جعبه ای تخت

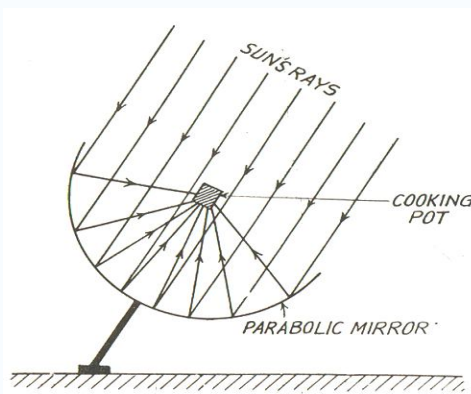


SOLAR WATER PUMPS (AQUA SOL)

استفاده از سلولهای خورشیدی برای به کار انداختن پمپ

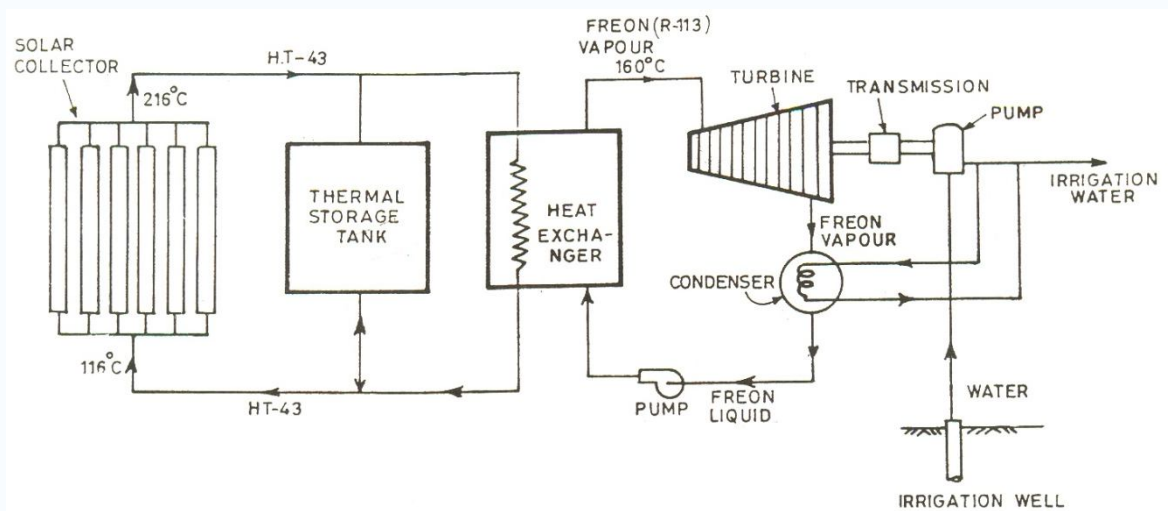


بازتاب نور در اجاق خورشیدی با چند بازتابنده



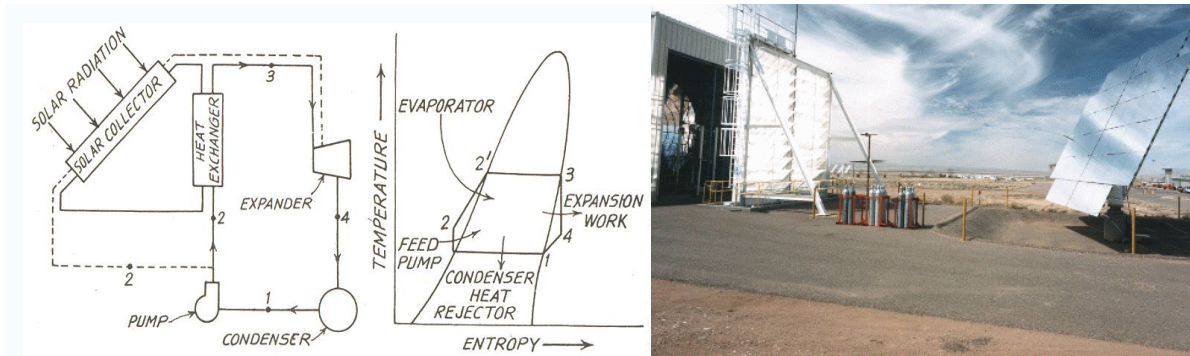
ب: نحوه بازتاب نور در این نوع بازتابنده

الف: خوراک پز با بازتابنده سهموی

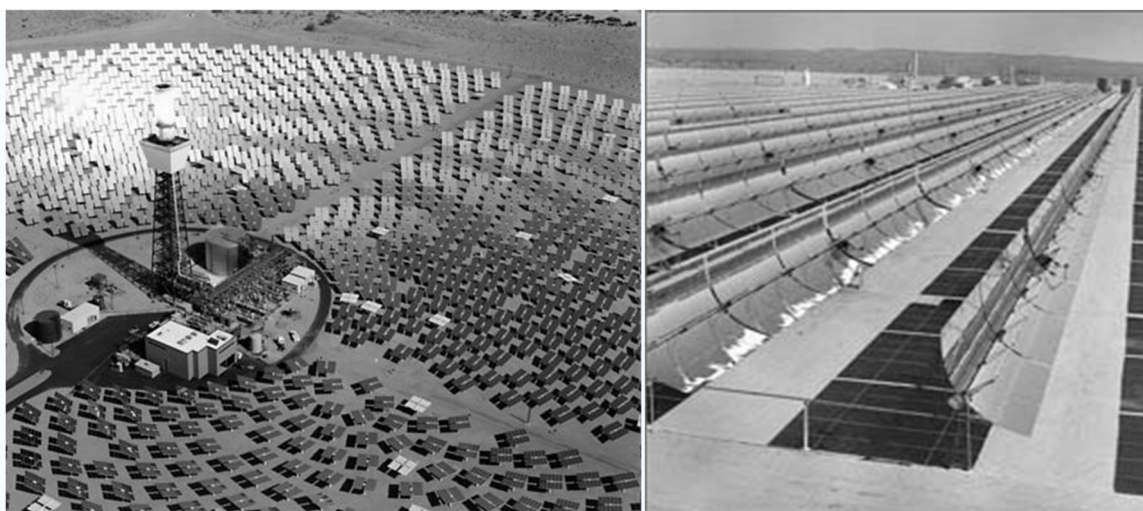


پمپ خورشیدی شامل یک سیکل موتور گرمایی



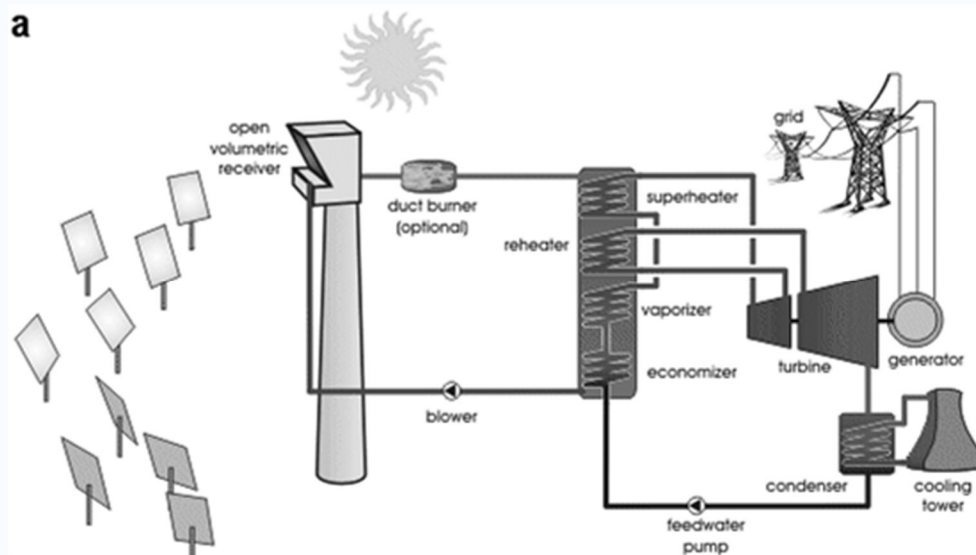


نمای یک کوره خورشیدی با هلیوستات آن-بند تولید نیرو از انرژی خورشیدی

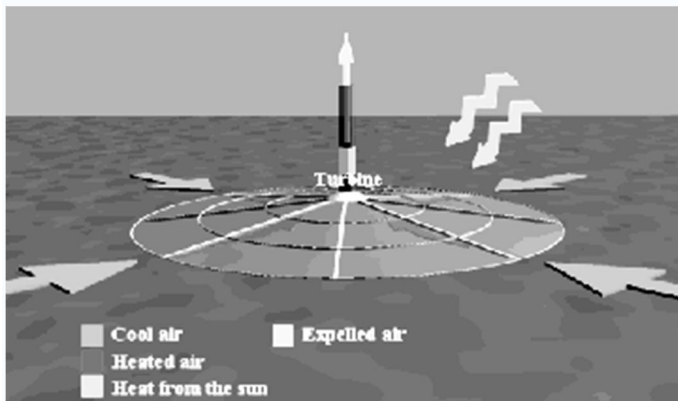


برج نیرو

استفاده از کلکتور U شکل برای تولید برق، سیال انتقال دهنده گرما روغن است



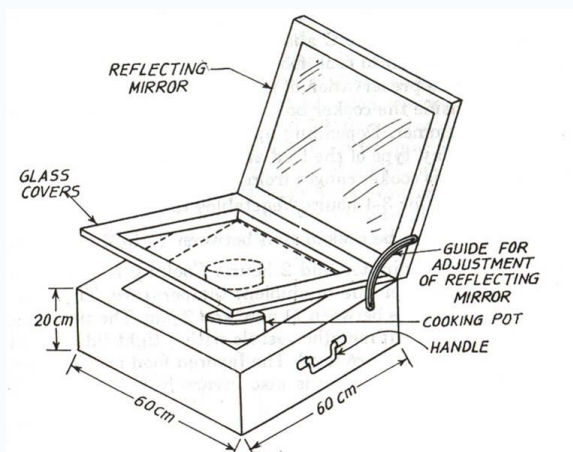
شمایی از سیکل مورد استفاده در برج نیرو



برج نیرو باهوای گرم



نحوه کابرج نیرو باهوای گرم



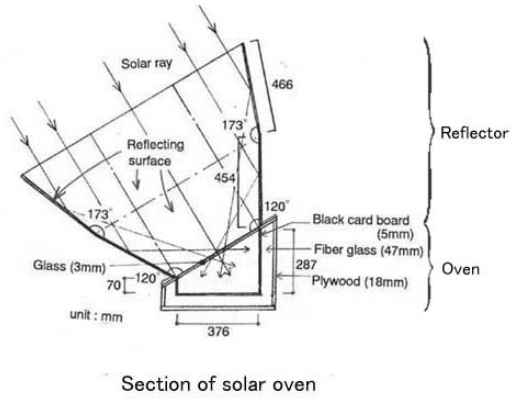
یک خشک کن خورشیدی که برای خشک کردن چوب به کار می رود - جزییات اجاق خورشیدی از نوع جعبه ای



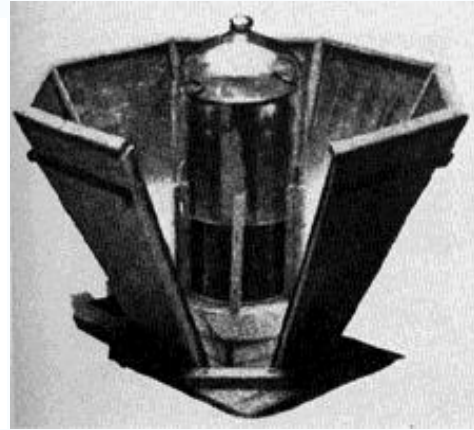
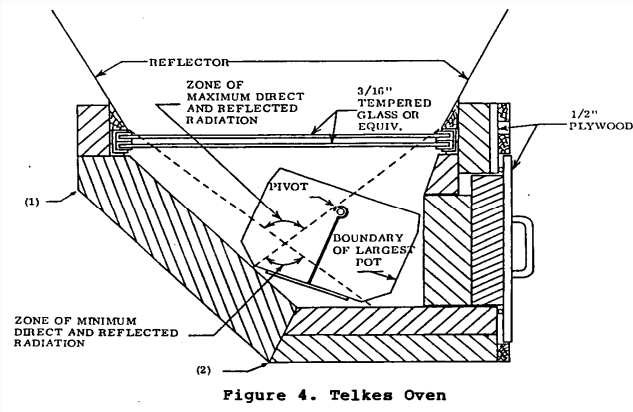
خوراک پز تمرکز مستقیم با بازتابنده پره ای



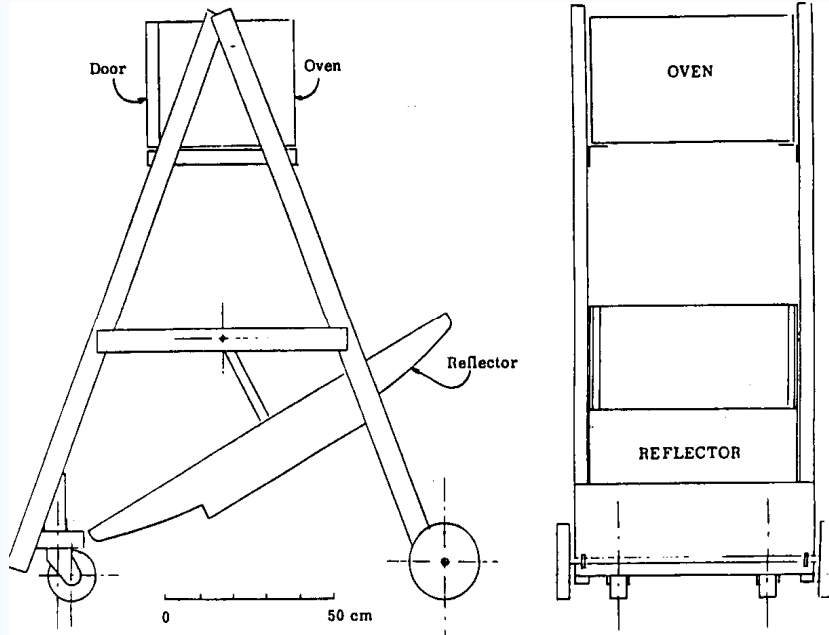
نمونه ای از خوراک پز تمرکز مستقیم



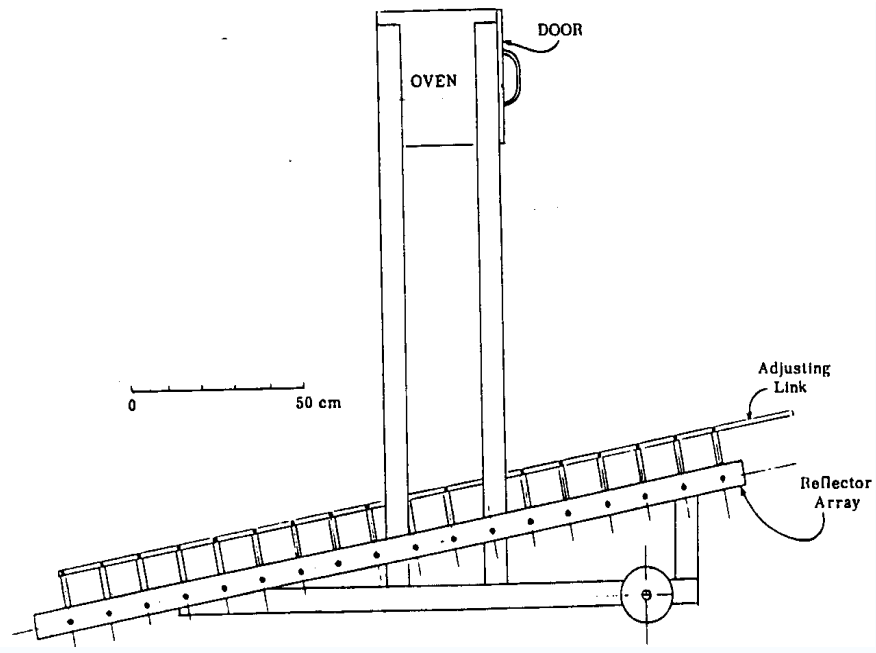
یک اجاق خورشیدی و جزئیات آن



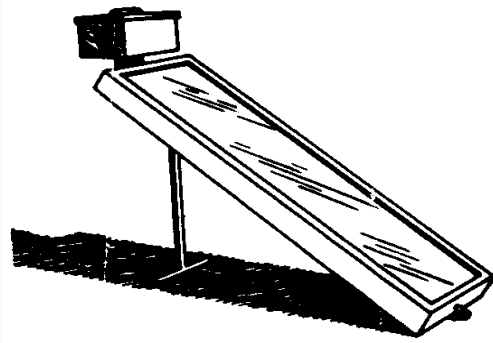
اجاق نوع آدامز، نوع تلکس



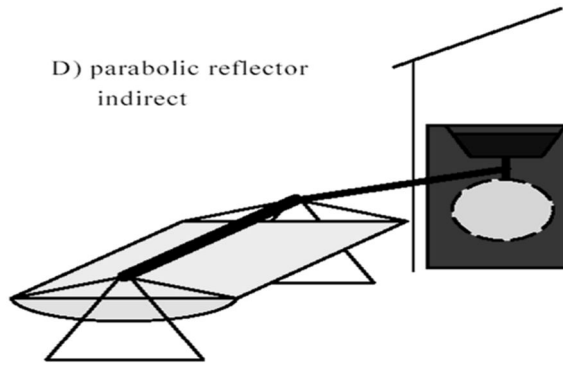
اجاق بانسبت تمرکز بالا، بازتابنده یک تگه است



اجاق بانسبت تمرکز بالا، بازتابنده چندتکه است



D) parabolic reflector indirect

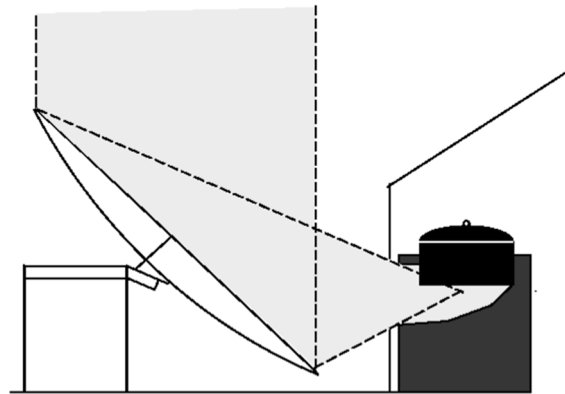


اجاق غیرمستقیم با کلکتور سهموی U شکل

اجاق غیرمستقیم با کلکتور تخت



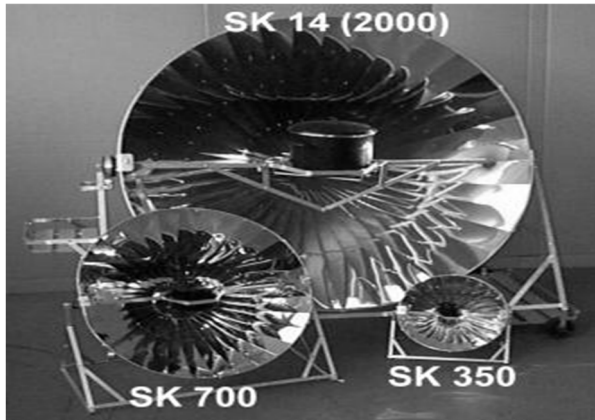
اجاق خورشیدی که از اثر گلخانه ای استفاده می کند



اجاق ترکیبی



اجاق سوسیسی پز خورشیدی



نوع ساده ای از اجاق خورشیدی

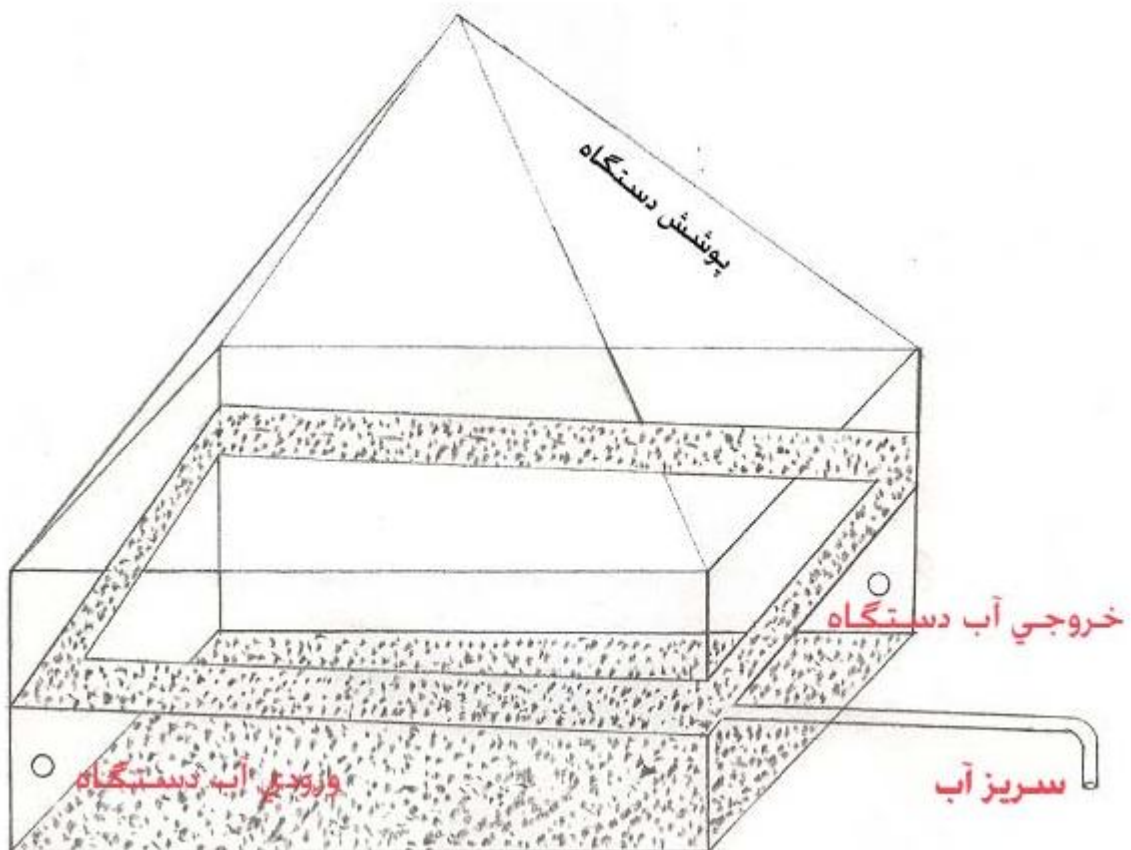
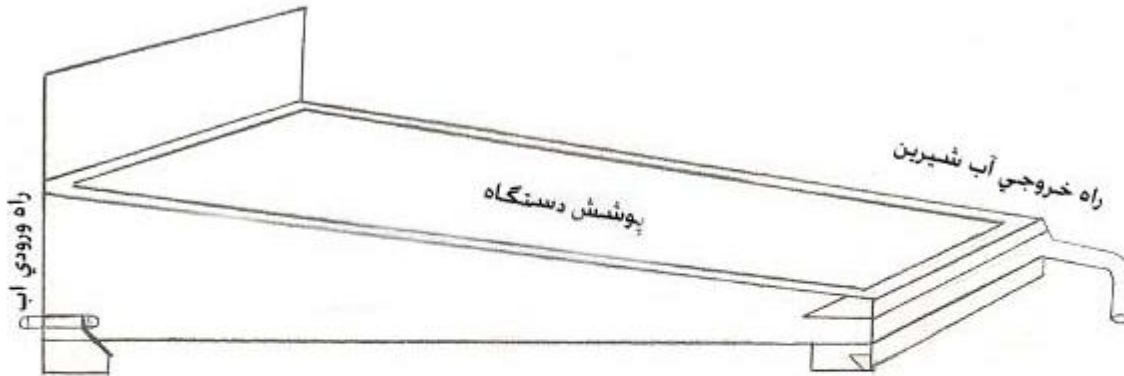


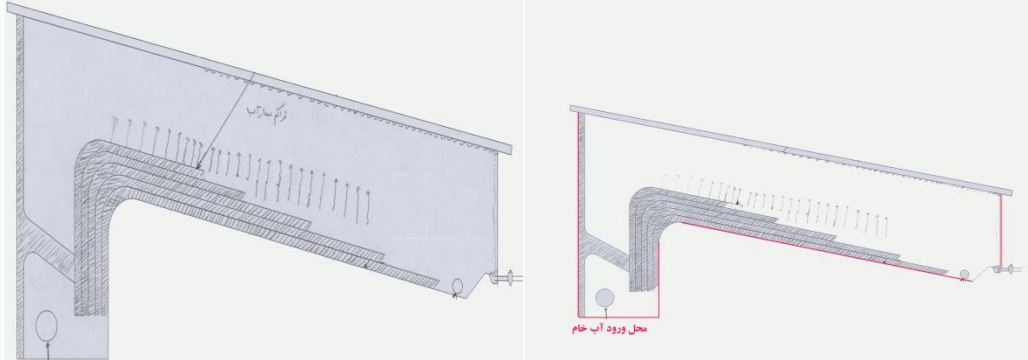
خوراک پزه های سهموی SK

## آب شیرین کن خورشیدی

انرژی خورشیدی یک از غنی ترین، پاک ترین و کاراترین صور انرژی است که به صورت نامحدود گسترده در سراسر جهان و رایگان وجود دارد. این انرژی نتیجه فرایند پیوسته هم جوشی هسته ای در خورشید است. تمام امواج الکترومغناطیسی که از سطح خورشید پخش می شوند با سرعت سیر نور فضا را می پیمایند. این دستگاه آب را تا نقطه تبخیر گرم کرده و در نتیجه بخار آب خالص و پالایش شده از سطح آب بلند می شود و در قسمت فوقانی دستگاه چگالیده شده و سپس توسط پدیده تقطیر، آب خالص بدست می آید آبی که بدین

طریق استحصال می گردد پاکتر و سالم تر از خالص ترین آب باران است. از مزیت های دیگر این دستگاه این است که هیچ قسمتی از آن متحرک نبوده تا پس از مدتی به دلیل استهلاک ، فرسوده شود و مزیت دیگر آنکه فقط و فقط از انرژی خورشیدی برای انجام عملیات استفاده می شود



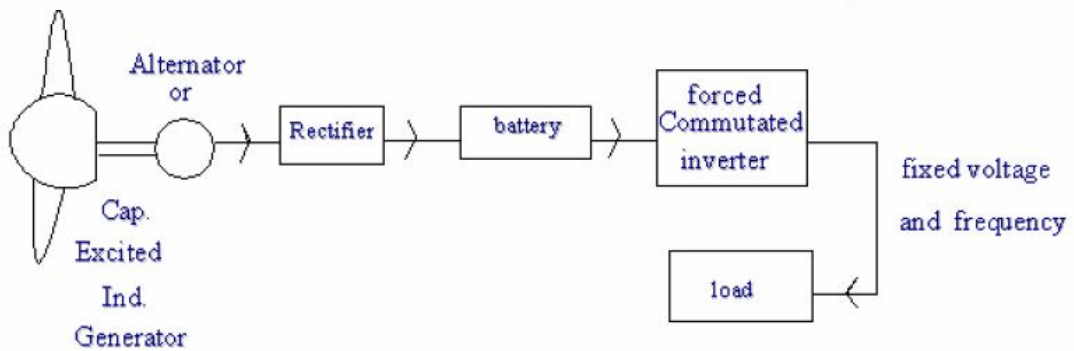
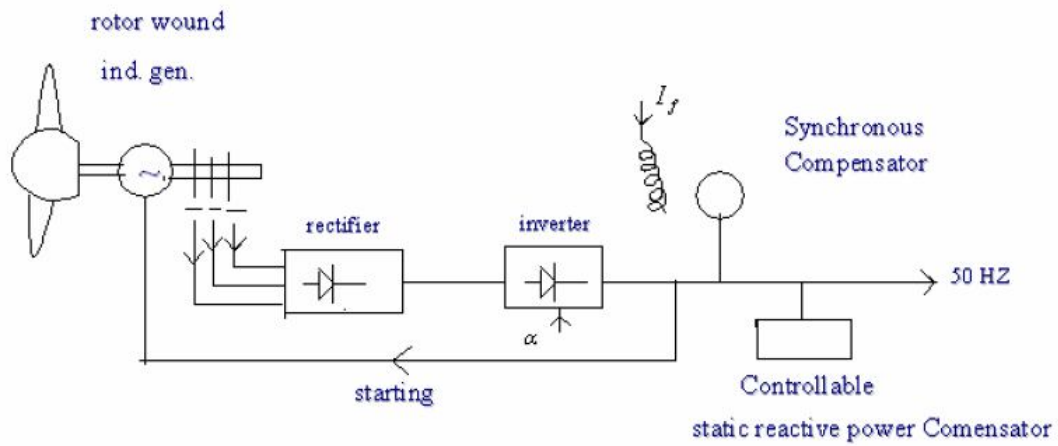


## مراجع

۱. فیزیک عمومی، استفاده از خورشید در خانه و کارخانه و مزرعه، دکتر-روشن، ۱۳۴۵
2. <http://eg-solar.com/english/products/solarcooker.htm>
3. Towards sustainable relief-assistance Applicability of the sunny solution Ralph Lindeboom and René Goverde, 2005, March 2005
- ۴- اصول و کاربرد انرژی خورشیدی، اصغر حاج سقپی، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۸۰
- ۵- آغاز عصر خورشیدی، دانیل استیون هالاسی، ترجمه حسین اجلالی، ۱۳۵۶
۶. Solar Energy Utilization , G.D.Rai, KHANA Publishers , 2001
۷. <http://www.azsolarcenter.com/arizona/modules/hotwater.html>
۸. <http://www.kolektory.pl/index.php>
۹. <http://survivalcenter.com/solarequipment.html>
۱۰. <http://www.eere.energy.gov/solar/csp.html>
۱۱. <http://sleekfreak.ath.cx:81/3wdev/VITAHTML/SUBLEV/EN1/ SOLRCONC.HTM>
۱۲. [http://www.canren.gc.ca/tech\\_appl/index.asp?CaID=5&PgID=282](http://www.canren.gc.ca/tech_appl/index.asp?CaID=5&PgID=282)
۱۳. [http://www.eere.energy.gov/solar/sh\\_basics.html](http://www.eere.energy.gov/solar/sh_basics.html)
۱۴. [http://www.irishsolar.com/howdoes/how\\_does\\_1.htm](http://www.irishsolar.com/howdoes/how_does_1.htm)
۱۵. Applied solar energy ,Aden B.minel and Marjorie P.Meinel, Optical Sciences Center, 1977
۱۶. <http://www.azsolarcenter.com/arizona/modules/living.html>
۱۷. [http://www.diggerhistory.info/pages-equip/lt\\_horse.htm](http://www.diggerhistory.info/pages-equip/lt_horse.htm)
۱۸. <http://www.garbitek.com/07.htm>
۱۹. <http://www.lucnet.com/minds/telstar/fit.html>
20. <http://www.deathvalleypizza.com>
21. [www.tlsea.com](http://www.tlsea.com)
22. <http://www.azsolarcenter.com/design/pas-2.html>
23. <http://www.azsolarcenter.com/design/passive-3.html>
24. <http://www.powerfromthesun.net/Chapter6/Chapter6.htm>
25. <http://homepage.eircom.net/~solaris/pages/products1.html>
26. <http://www4.tpgi.com.au/users/robkemp/SunLizard/SunLizard.htm>
27. [http://www.student.utwente.nl/~wot/documents/publications/1990\\_ssadc/ssadc/chapter2.htm](http://www.student.utwente.nl/~wot/documents/publications/1990_ssadc/ssadc/chapter2.htm)

28. [http://www.physicsdaily.com/physics/Solar\\_chimney](http://www.physicsdaily.com/physics/Solar_chimney)
29. <http://www.solarmissiontechnologies.com/FAQs.htm>
30. <http://juniper.oregonstate.edu/newsletter/solar.htm>
31. [http://www.sandia.gov/Renewable\\_Energy/solarthermal/NSTTF/furnaces.htm](http://www.sandia.gov/Renewable_Energy/solarthermal/NSTTF/furnaces.htm)
32. [http://www.eere.energy.gov/solar/sh\\_basics.html](http://www.eere.energy.gov/solar/sh_basics.html)
33. Solar Energy Utilization ,G.D.Rai,KHANA Publishers , 2001
34. Solar Oven Development and Testing Final Report 15 February 2002 (Rev. June 2002)  
Florida Solar Energy Center
35. Methods for the design and thermal characterisation of solar cookers  
Bernd Hafner, Christian Faber, Clemens Schwarzer Solar-Institut Juelich, Fachhochschule  
Aachen (University of Applied Science)
36. <http://www.solarcooking.org/newsletters/scrmar03.htm>
37. [http://worldwatts.com/hotdogs/solar\\_hotdog\\_cooker.html](http://worldwatts.com/hotdogs/solar_hotdog_cooker.html)
38. TECHNICAL PAPER # 36 UNDERSTANDING SOLAR COOKERS AND OVENS  
By Thomas Bowman Technical Reviewers Mikos Fabersunne , Gary Flomenhoft , John Furber  
, John Yellot, Published By VITA, 1600 Wilson Boulevard, Suite 500 ,Arlington, Virginia  
22209 USA  
1985, Volunteers in Technical Assistance
39. <http://sleekfreak.ath.cx:81/3wdev/VITAHTML/SUBLEV/EN1/SOLRCOOKIE.HTM>
40. <http://www.ecohouse.co.nz/engoven.html>
41. <http://solarcooking.org/newsletters/scrnov04.htm>
- ۴۲- حسین میسمی ، روش بستر لجن خشک کن خورشیدی، دانشگاه شهید عباسپور ، ۱۳۸۳
- ۴۳- حسین میسمی، فناوریهای خورشیدی، ۱۳۸۸
- ۴۴- محمد هادی مقربی، کاربرد انرژی خورشیدی در صنایع نیرو گازی، ماهنامه بین المللی نفت و انرژی فروردین ۱۳۸۹
- ۴۵- محسن شمسی، عباس رضایی، مهندس بابک جابری نسب، علی شیخ بهائی، آب شیرین کن خورشیدی چند وجهی همساز با  
اقلیم جنوب شرق کشور، جهاد دانشگاهی استان کرمان - گروه منابع آب، ۱۳۸۵
- ۴۶- پناهنده ، حسین ، و همکاران ، " انرژی خورشیدی " ، ۱۳۶۶ ، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۴۷- حسین زاده طاهری، ابراهیم - قرآن نویس ، محمود ، " سلول های خورشیدی " ، ۱۳۷۳ ، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی.
- ۴۸- کهربائیان ، احمد و همکاران ، " منابع انرژی تجدیدپذیر نوین " ، ۱۳۷۵ ، انتشارات وزارت نیرو ، دفتر انرژیهای نو.
- ۴۹- ترابی نژاد، مسعود، فدوی، هادی، " انرژی های جدید " ، اطلاعات علمی ، سال دهم ، شماره ۱، ۱۳۸۵
- ۵۰- آقایی میبیدی ، علیرضا ، " روشهای استفاده از انرژی " ، اطلاعات علمی ، سال دوم ، شماره ۳.
- ۵۱- رحیمی محمد ، استحصال آب از مه ، ۱۳۷۸ ، سازمان هواشناسی کشور .
- 52- Schemenauer R .& Cereceda P . 1997 , Fog Collection , Tiempo , Tssue 26 Dec
- 53-Schemenauer R .& Cereceda P . , 1994 , Fog Collections roleinwater planing for developing  
countries , Natural Sources Forum , 18 ( 2 ) , PP . 91 – 100
- 54- First Internatlonal Conference for Fog & Fog collections Announcement , 1998
- 55-Peter Gevorkian , "Solar Power in Building Design", The Engineer's Complete Design Resource, McGraw-  
Hill,2008
56. <http://www.powerfromthesun.net>
- 57-<http://www.solarpaces.org>





نیروگاه بادی

یک واحد خود از ۴ قسمت اصلی تشکیل شده است:

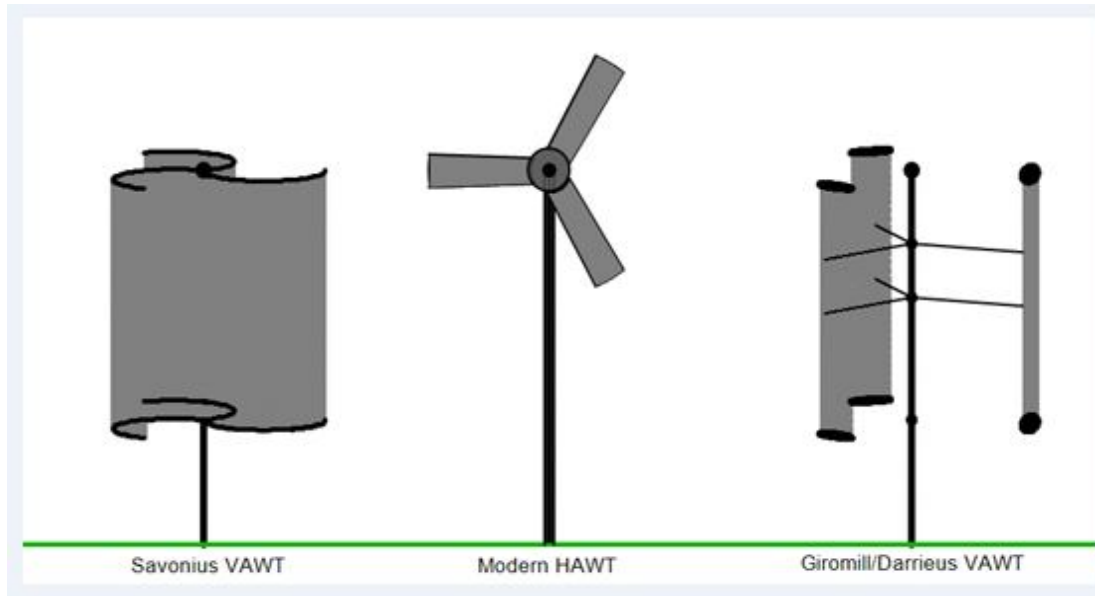
۱. امبیدر سیلندر (سیلندر مدنون)

۲. برج (تهتانی و فوقانی)

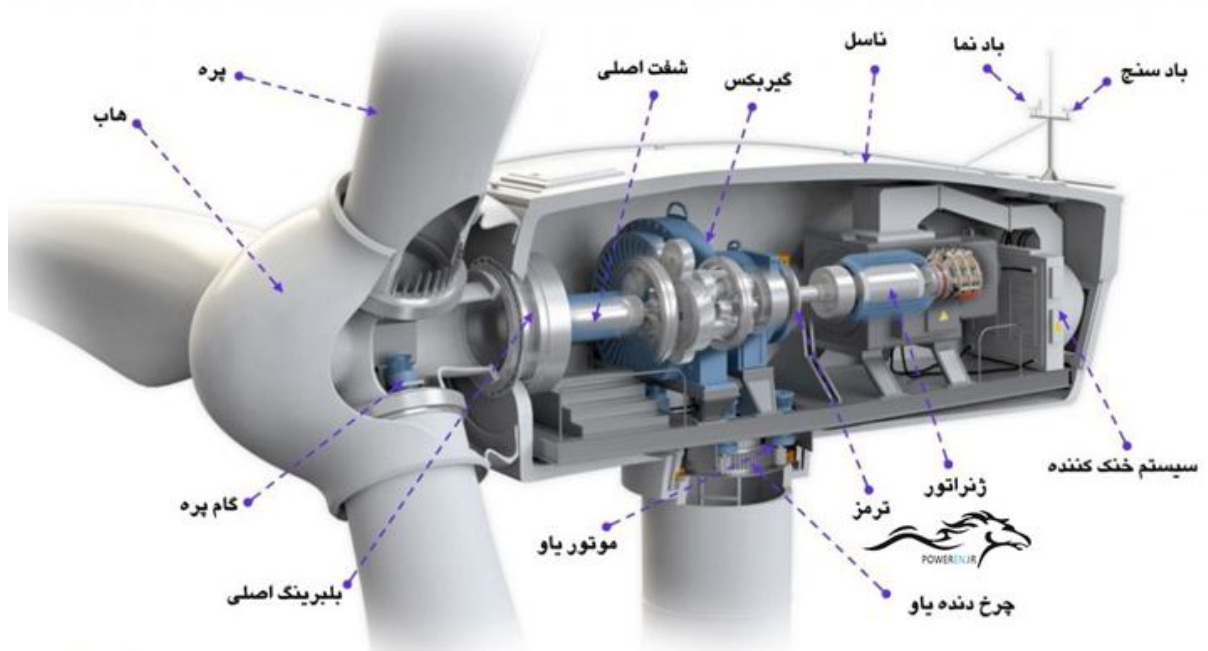
۳. ناقل (ماشین فونه)

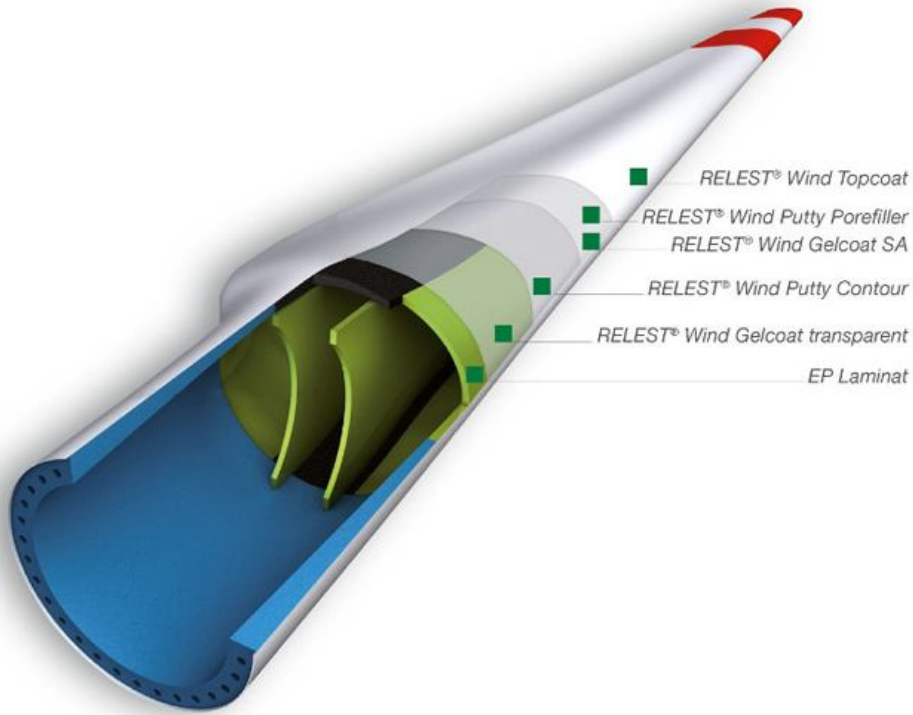
۴. نويز کون (دماغه)





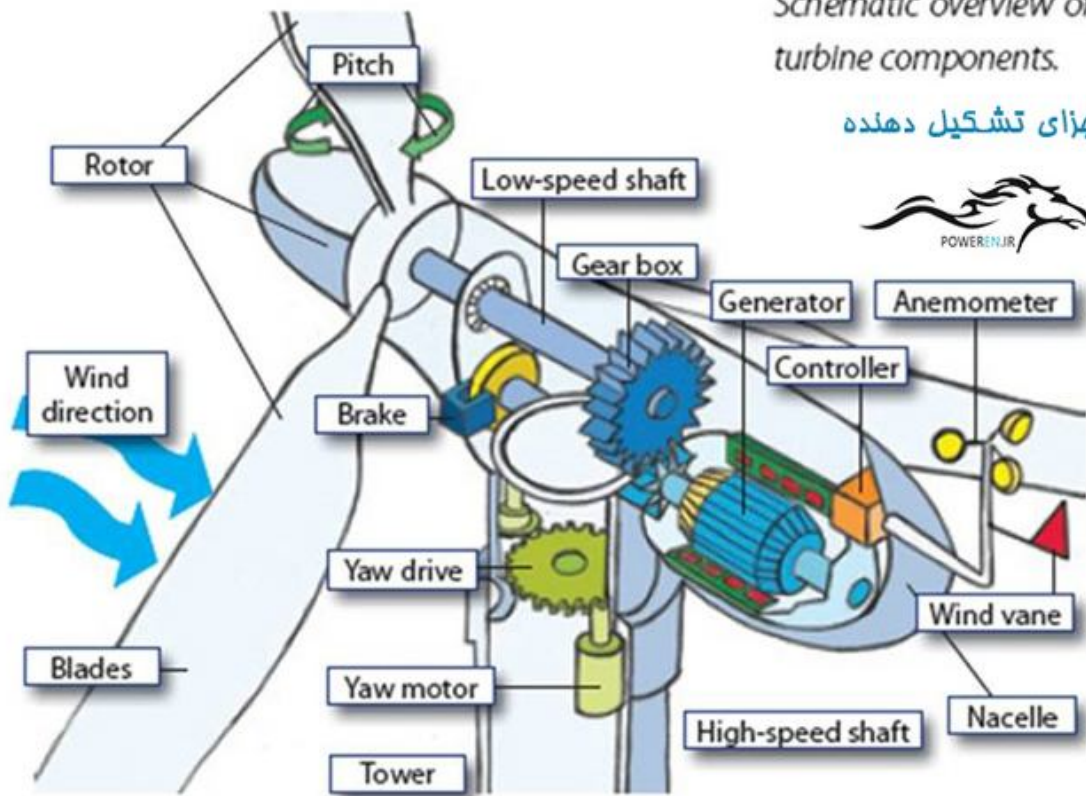
انواع مختلف توربین بادی



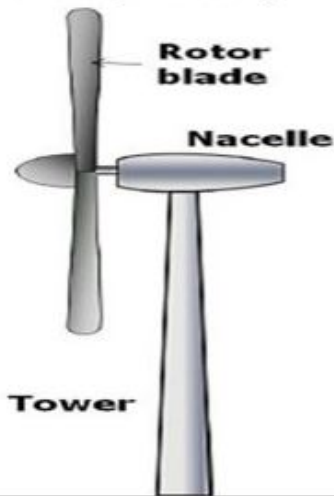


Schematic overview of wind turbine components.

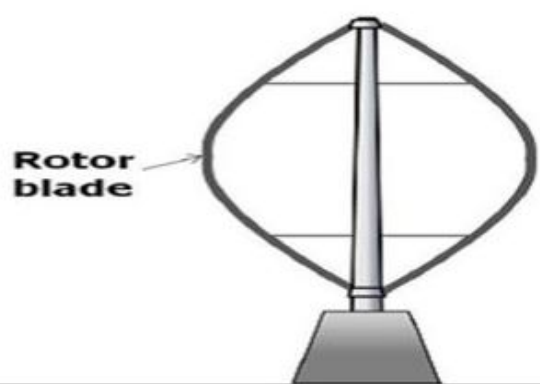
اجزای تشکیل دهنده



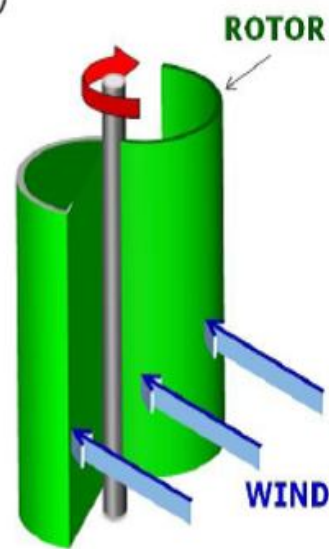
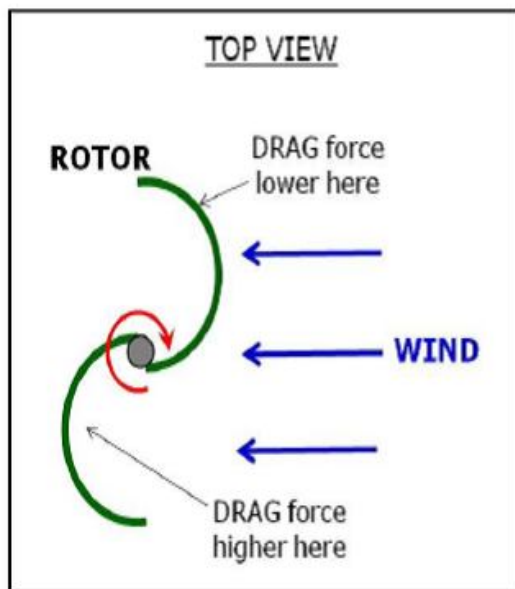
**Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)**



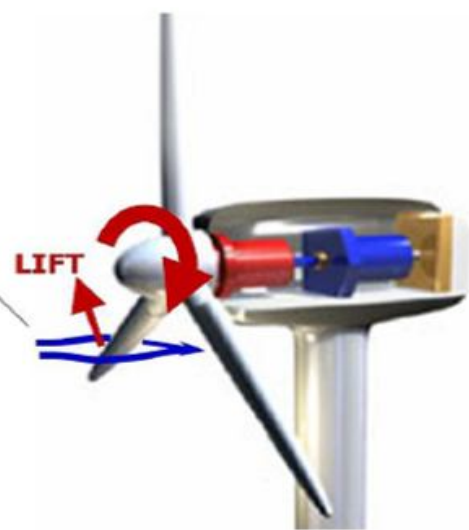
**Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) Darrieus Type**

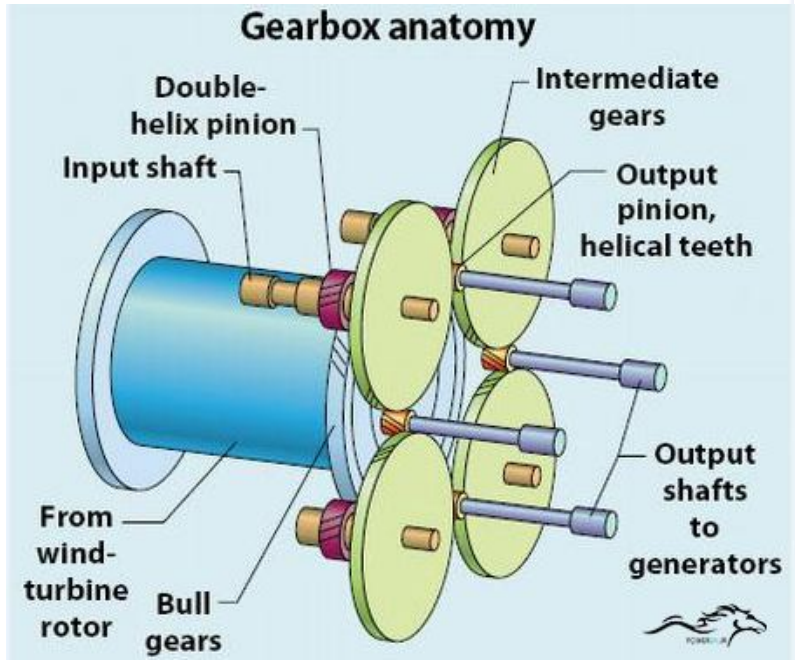
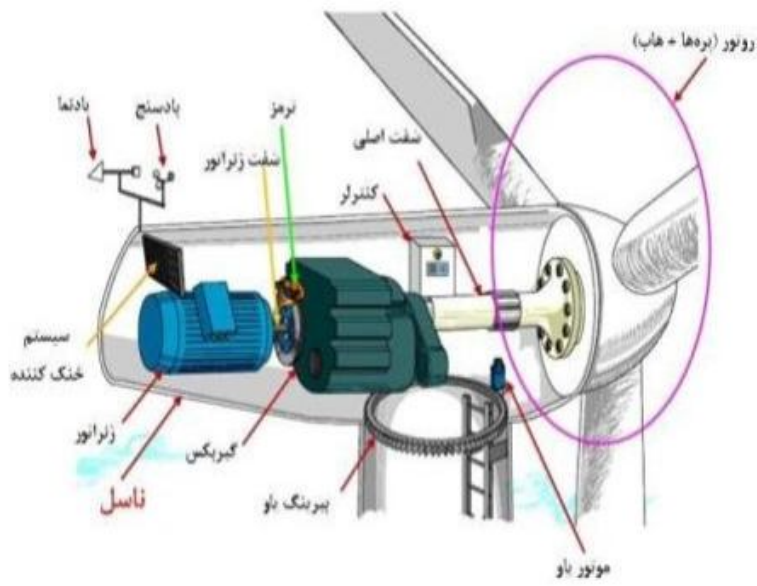


(Savonius Rotor)



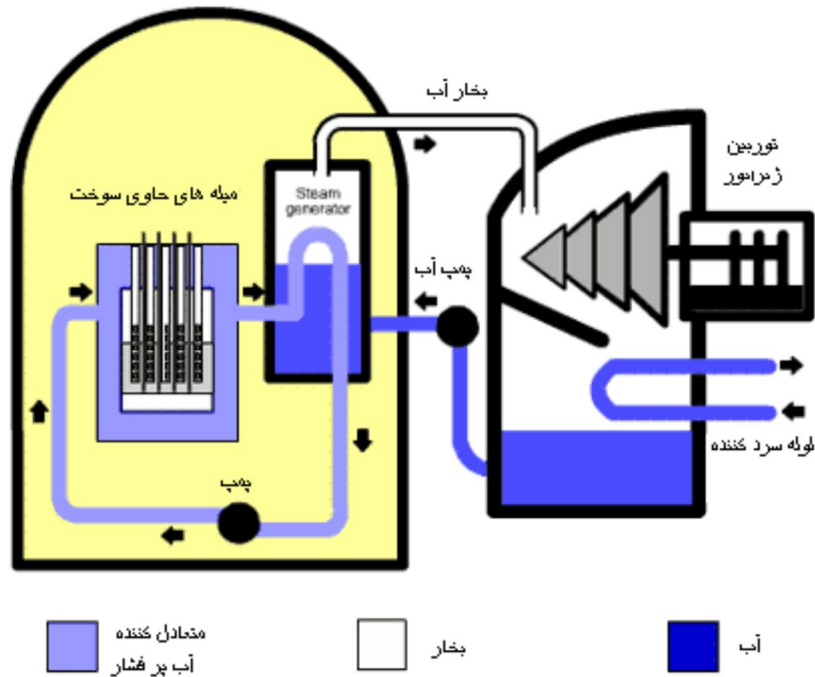
Differential pressure caused by flow over airfoil shaped body leads to net LIFT force





## مزرعه های بادی برای تولید جریان برق

با زوال و اضمحلال روز به روز ذخایر فسیلی نیروگاههای برقی باس نخت دیزل به تدریج جای هود رابایستی به انرژیهای نو و جایگزین چون انرژی باد دهند که در انتخاب محل مزرعه های بادی با توجه له آمار سرعت وزش باد و موقعیت از لحاظ ارتفاع و جهت وزش بایستی، تراکم مناطق شهری و پوشش گیاهی بایستی دقت نظر شود تا نیروگاه بادی با حداکثر راندمان فعالیت کند



### سوخت راکتورهای هسته‌ای:

ماده‌ای که به عنوان سوخت در راکتورهای هسته‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد باید شکاف پذیر باشد یا به طریقی شکاف پذیر شود.  $U^{235}$  شکاف پذیر است ولی اکثر هسته‌های اورانیوم در سوخت از انواع  $U^{238}$  است. این اورانیوم بر اثر واکنشهایی که به ترتیب با تولید پرتوهای گاما و بتا به  $Pu^{239}$  تبدیل می‌شود. پلوتونیوم هم مثل  $U^{235}$  شکافت پذیر است. به علت پلوتونیوم اضافی که در سطح جهان وجود دارد نخستین مخلوطهای مورد استفاده آنهایی هستند که مصرف در آنها منحصر به پلوتونیوم است. میزان اورانیومی که از صخره‌ها شسته می‌شود و از طریق رودخانه‌ها به دریا حمل می‌شود، به اندازه‌ای است که می‌تواند ۲۵ برابر کل مصرف برق کنونی جهان را تأمین کند. با استفاده از این نوع موضوع، راکتورهای زاینده‌ای که بر اساس استخراج اورانیوم از آب دریاها راه اندازی شوند قادر خواهند بود تمام انرژی مورد نیاز بشر را برای همیشه تأمین کنند، بی آنکه قیمت برق به علت هزینه سوخت خام آن حتی به اندازه یک درصد هم افزایش یابد.

### غلاف سوخت راکتور:

سوخته‌های هسته‌ای مستقیماً در داخل راکتور قرار داده نمی‌شوند، بلکه همواره بصورت پوشیده شده مورد استفاده قرار می‌گیرند. پوشش یا غلاف سوخت، کند کننده و یا خنک کننده از آن جدا می‌سازد. این امر از

خوردگی سوخت محافظت کرده و از گسترش محصولات شکافت حاصل از سوخت پرتو دیده به محیط اطراف جلوگیری می‌کند. همچنین این غلاف می‌تواند پشتیبان ساختاری سوخت بوده و در انتقال حرارت به آن کمک کند. ماده غلاف همانند خود سوخت باید دارای خواص حرارتی و مکانیکی بوده و از نظر شیمیایی نسبت به برهمکنش با سوخت و مواد محیط پایدار باشد. همچنین لازم است غلاف دارای سطح مقطع پایینی نسبت به برهمکنش‌های هسته‌ای حاصل از نوترون بوده و در مقابل تشعشع مقاوم باشد.

### مراحل ساخت سوخت:

مراحل ساخت سوخت پس از تبدیل مجدد و انجام فرآیند تهیه اکسید اورانیم به صورت پودر مورد نظر با مشخصات و ویژگی‌های لازم برای واکنش شکافت با راندمان موثر و ایجاد حرارت عبارتند از:

فشرده سازی پودر اکسید اورانیم

سخت کردن قرص با فرآیندهای حرارتی و متالوژی

سایش

بازدید ظواهر و ابعاد

جوشکاری سر میله

تزریق هلیم

بازدید

بازدید ابعاد

آزمون نشت هلیم

آزمون یا اشعه ایکس

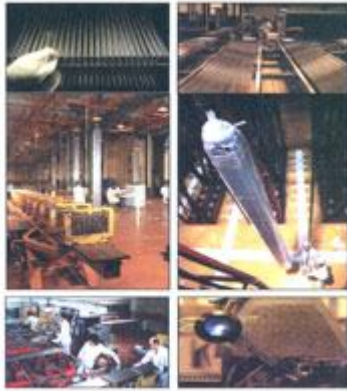
اسکن و آزمون دقیق

جوشکاری انتهایی میله

بازدید جوشکاری

### : مدیریت سوخت

در واقع در این بخش از سیکل سوخت هسته‌ای نتایج کلیه فعالیت‌ها، در اینجا به عنوان اصلی‌ترین بخش از سیکل سوخت هسته‌ای باید منجر به نتیجه گردد، در جایی که منظور اصلی از تمامی فعالیت‌های پیشین و پسین در آن تمرکز داشته و به نحوی محقق می‌شود، که همان تولید انرژی است. مسلماً در این نقطه عطف، به یک مدیریت علمی و مهندسی منضبط نیاز است که بهره‌برداری بهینه را، در تلاش‌های متمرکز شده، به عمل آورد. لذا سعی می‌شود در زیر توضیح متناسبی درباره آن داده شود.



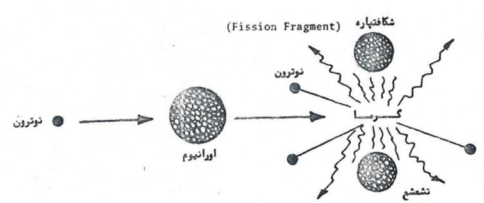
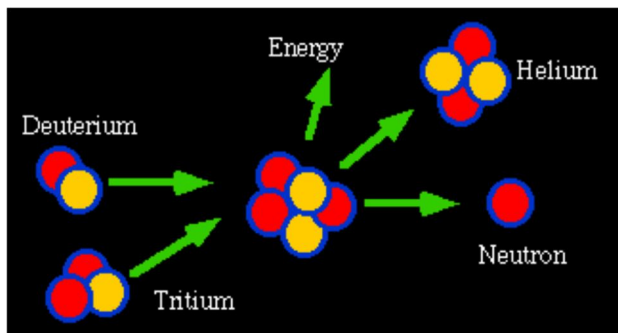
شکل ۵-۳۰-۵: فرآیند های از ساختن موتور های موشک

اصول فیزیکی راکتورها این است که در ضمن ساطع شدن تشعشع حاصل از فرآیند شکافت نوکلئیدهای اورانیوم-۲۳۵، انرژی و محصولات شکافت تولید می شوند. انرژی حاصل از نوع انرژی حرارتی می باشد. این حرارت توسط خنک کننده از اطراف مجتمع های سوخت به مدار تولید بخار که به توربین ارتباط دارد انتقال می یابد. قلب راکتور، بسته ها یا مجموعه های سوخت را که دارای درجات متفاوتی از اورانیوم غنی شده هستند در خود جای می دهد. بطور معمول آرایش و قرار گرفتن سوخت ها بدین ترتیب است که در مرکز قلب راکتور، سوخت های غنی تر و در محل های دورتر از قلب راکتور، سوخت هایی با غنای کمتر قرار می گیرند. زمان های تشعشع، میزان سوخت و سوخت گیری مجدد نوعی ارتباط نزدیک و نسبتاً پیچیده با یکدیگر دارند. و تنظیم آن ها بنحوی است که بهینه ترین بازدهی را از خود بروز دهند. مجموع زمان تشعشع و استفاده سوخت ها در راکتور حدود ۳ سال است، با تلاش برای اینکه ضریب بهره گیری هر چه بیشتر افزایش یابد. تحت چنین رژیمی یک سوم سوخت هر سال تعویض شده و دو سوم دیگر آرایش مجدد می گیرند. به عنوان مثال یک راکتور ۱۳۰۰ مگاواتی آب سبک دارای قلبی با قطر و ارتفاع حدود ۴ متر می باشد که ۲۴۰ مجموعه سوخت، هر یک شامل ۲۰۰ میله سوخت و هر میله سوخت قرص هایی با قطر حدود یک سانتی متر را درون (میله های زیر کالوی) خود جای می دهند. بطور متوسط اورانیوم طبیعی مورد نیاز حدود ۱۴۰ تن برای یک راکتور ۱۰۰۰ مگاواتی در سال می باشد. البته این نیاز بر اساس درجه میزان سوخت و برخی از امکانات، نوع راکتور و استراتژی سوخت مصرف شده، تغییر می کند سوخت مصرف شده در مدتی که سوخت های هسته ای در راکتور قرار گرفته اند، در اثر واکنش های زنجیره شکافت تولید حرارت می نمایند. در عین حال پرتوگیری بسیار زیادی نیز بر آن تحمیل شده و پس از مدتی به اصطلاح سوخته شده و رادیو اکتیویته آن کاهش می یابد. به عبارتی اورانیوم آن مصرف شده و محصولات شکافت در آن تجمع پیدا می کنند. این مواد از این پس برای اتم های اورانیوم-۲۳۵ به دلیل جاذب نوترون های حاصل از شکافت، مواد مسموم کننده محسوب شده و سبب کاهش ضریب ازدیاد نوترون و رادیو اکتیویته می شوند. لذا در این موقع مجموعه های سوخت که کمترین اکتیویته را دارند، به عنوان سوخت های مصرف شده از راکتور خارج می شوند. این سوخت های مصرف شده تقریباً غیر محتمل است که بتوانند بحرانی شوند یا واکنش زنجیره ای نگهدارنده ای را به وجود آورند. به همین دلیل از این پس حمل و نقل آنها به دلیل نزدیک هم قرار دادن آن ها به مراتب آسان تر انجام می پذیرد.

زمانی که سوخت های مصرف شده از راکتور خارج می شوند به دلیل تشعشعات یا پرتوهای ناشی از پاره های شکافت و حرارت زیاد، قرار دادن آن در نزدیکی راکتور درون استخر آب برای مدتی اجتناب ناپذیر است. در یک مدت معقولی، از سطح این تشعشعات و حرارت به میزان قابل توجهی کاسته می شود. محل های نگهداری یا داخل راکتور است که اصطلاحاً به AR و یا بیرون از راکتور است که به AFR موسوم است. این امکانات چه در داخل و یا خارج از راکتور باشند. شامل یک استخر بزرگ آب است. آب هم به عنوان یک محافظ در مقابل پرتوها و هم به عنوان جذب کننده حرارت ساطع شده از سوخت عمل می کند .



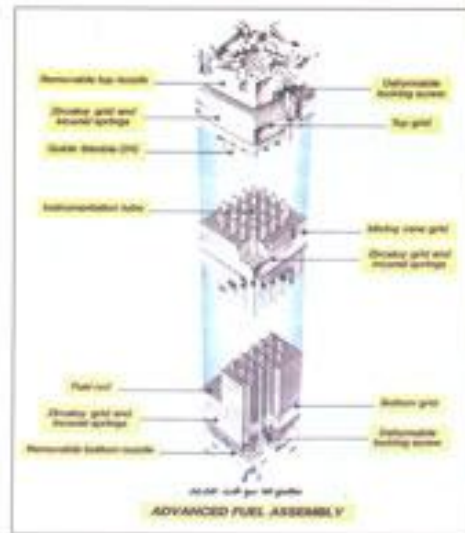
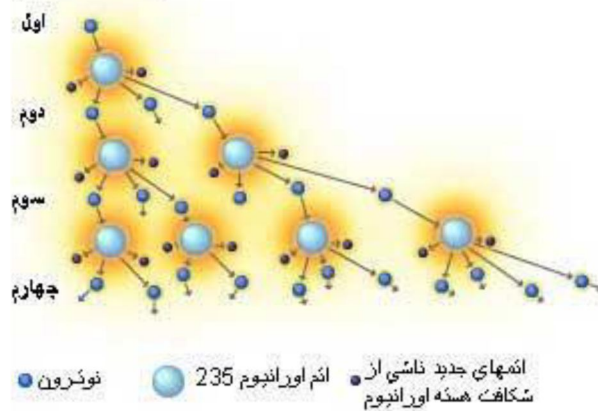
معمولاً برای نگهداری های طولانی تر از امکانات بیرون از راکتور استفاده می شود که ممکن است، همان استخر بزرگ آب باشد یا احتمالاً در انبارهای خشک نگهداری شوند. مثلاً این نیازها از هر نوعی که باشند ( تر یا خشک) علاوه بر خنک کردن و ایمنی ناشی از پرتوها باید امکان بررسی هایی نظیر تغییراتی که ممکن است در انبار پیش آید و در نظر گرفتن آن نسبت به مرفولوژی سطح زمین، بازدید روزمره و انتقال و استفاده مجدد آن ها امکان پذیر باشد. نهایتاً پس از گذشت زمان کافی در این انبارهای واسطه ای این سوخت ها برای بازفرآوری یا دفن دائمی به مراکز مربوطه انتقال می یابند.



شکل ۱-۵ فرایند شکافت

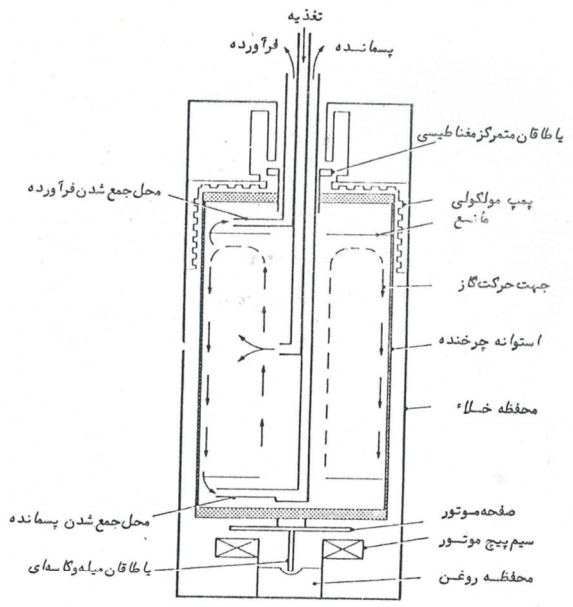
### واکنش زنجیره ای شکافت هسته

حلقه های واکنش زنجیره ای



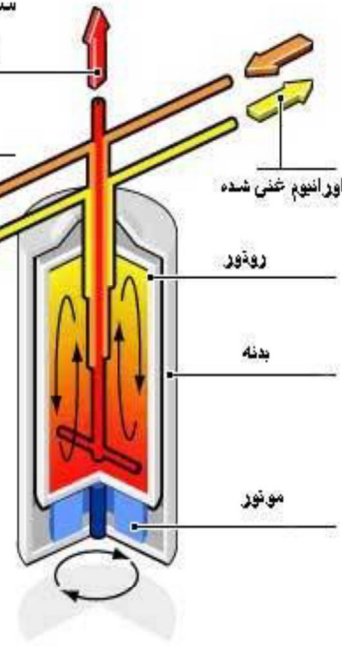
شکل ۱-۶ مقطع عرضی از یک اورانیوم 235 سوخت هسته ای

### سائتریفوژ گازی

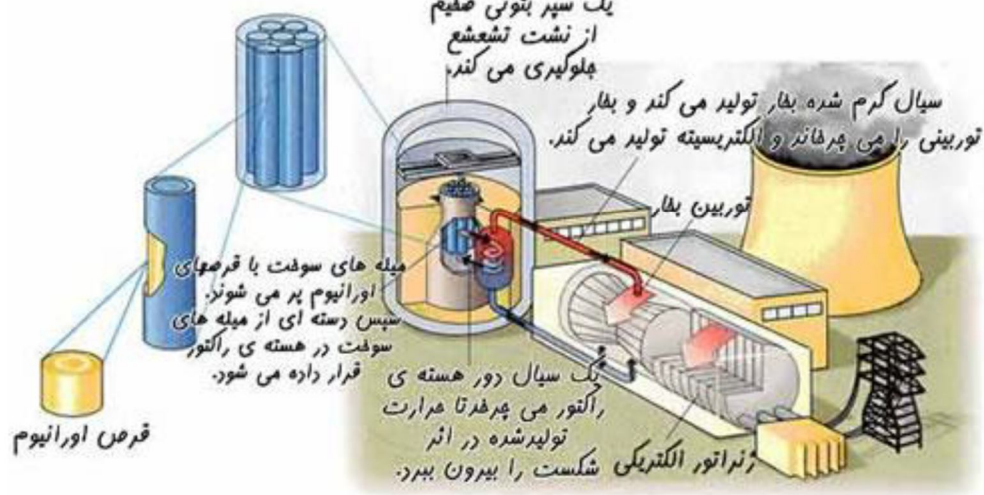


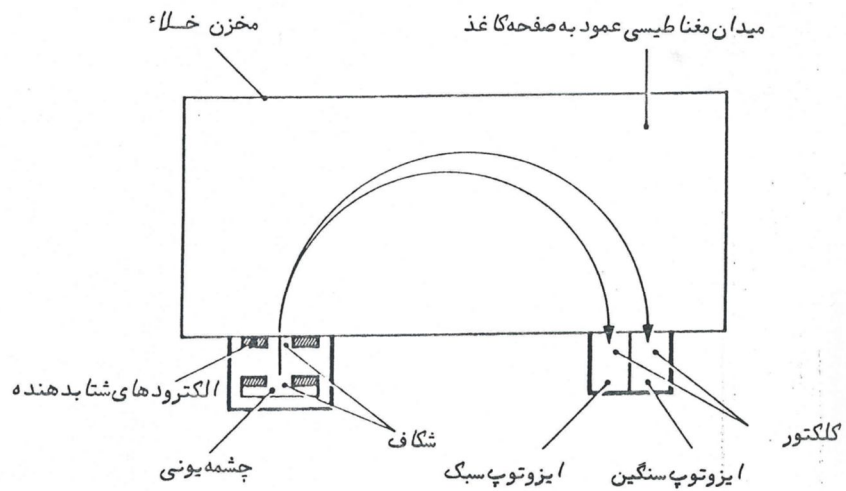
اورانیوم خالی با فنیل شده

هنگام نشوینورید اورانیوم

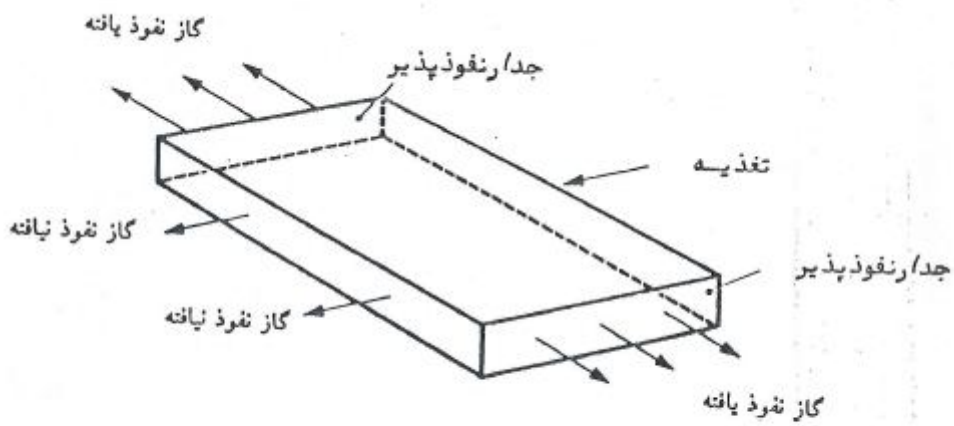


### یک سپر بتونی ضمیم از نشت تشعشع جلوگیری می کند

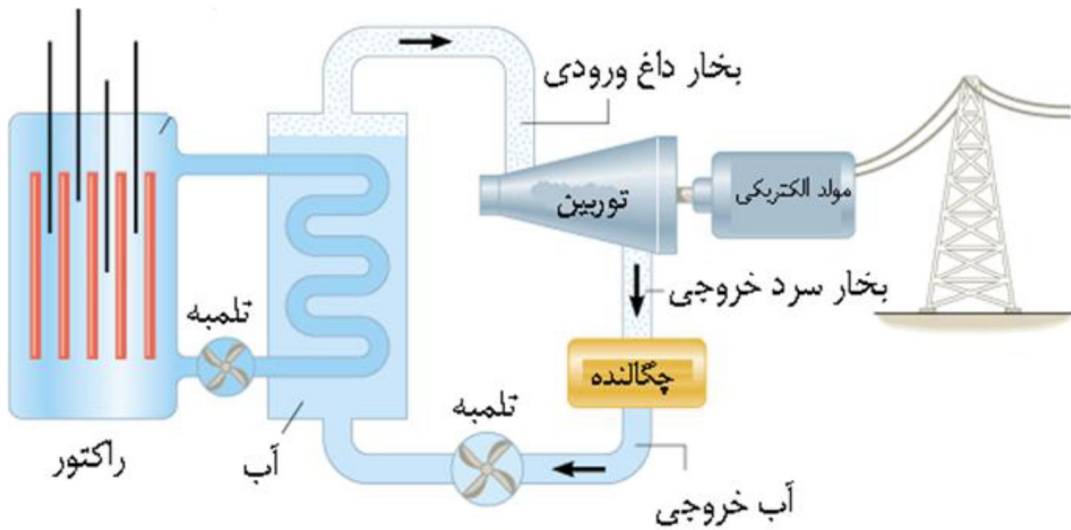


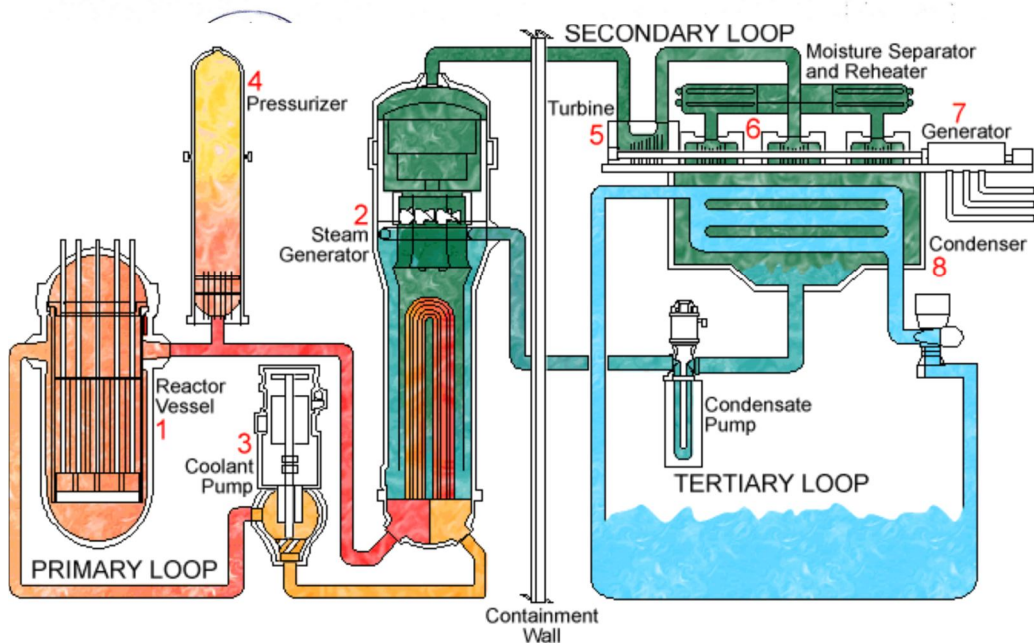
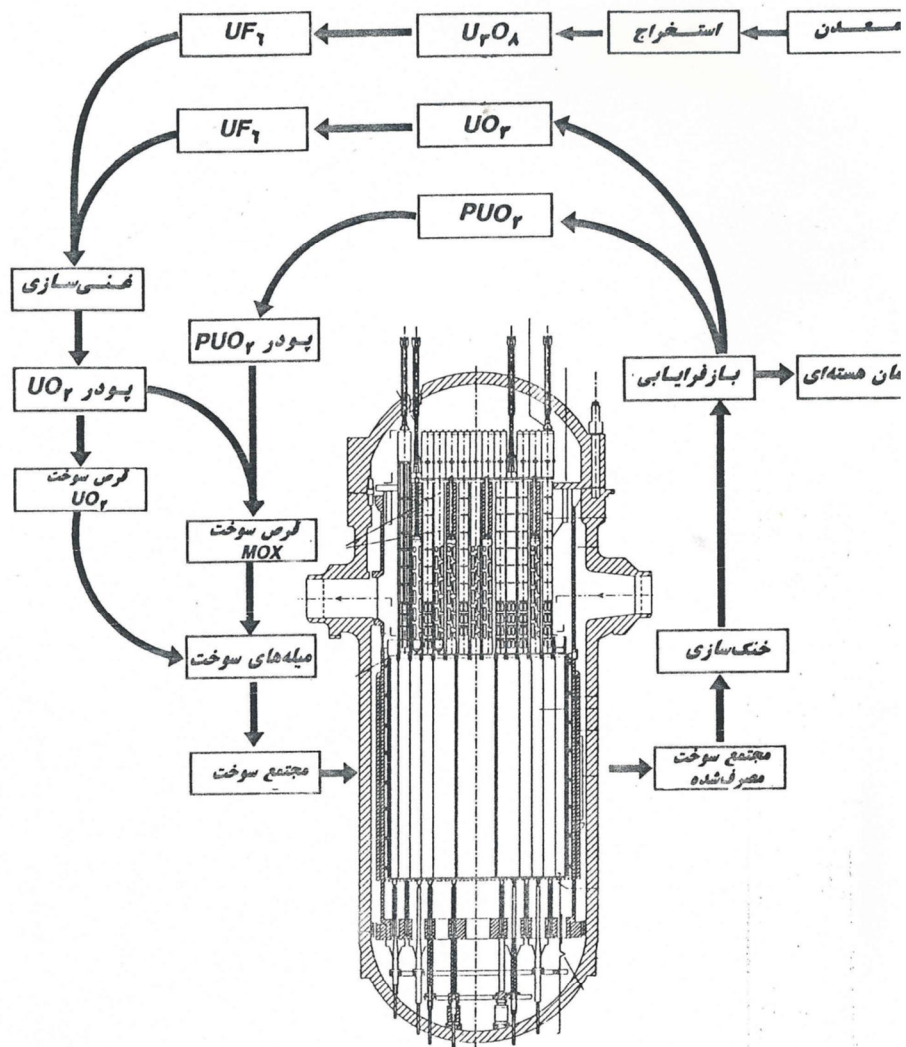


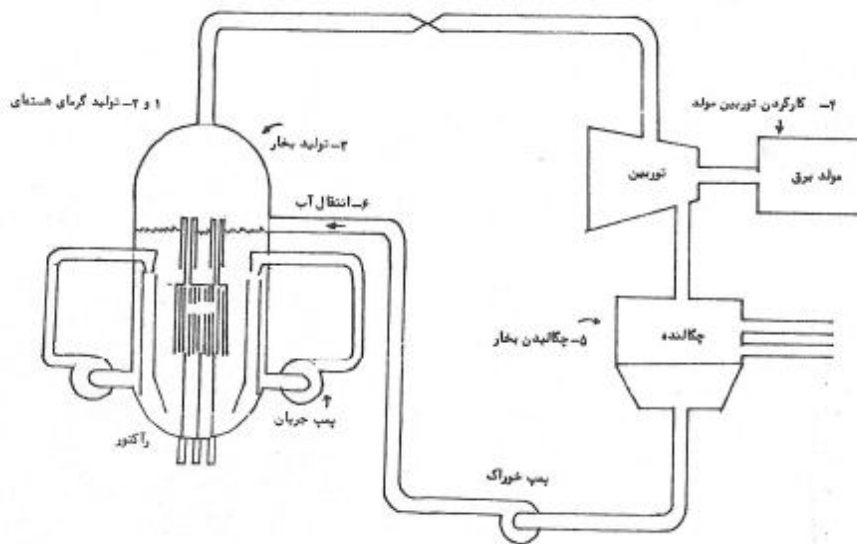
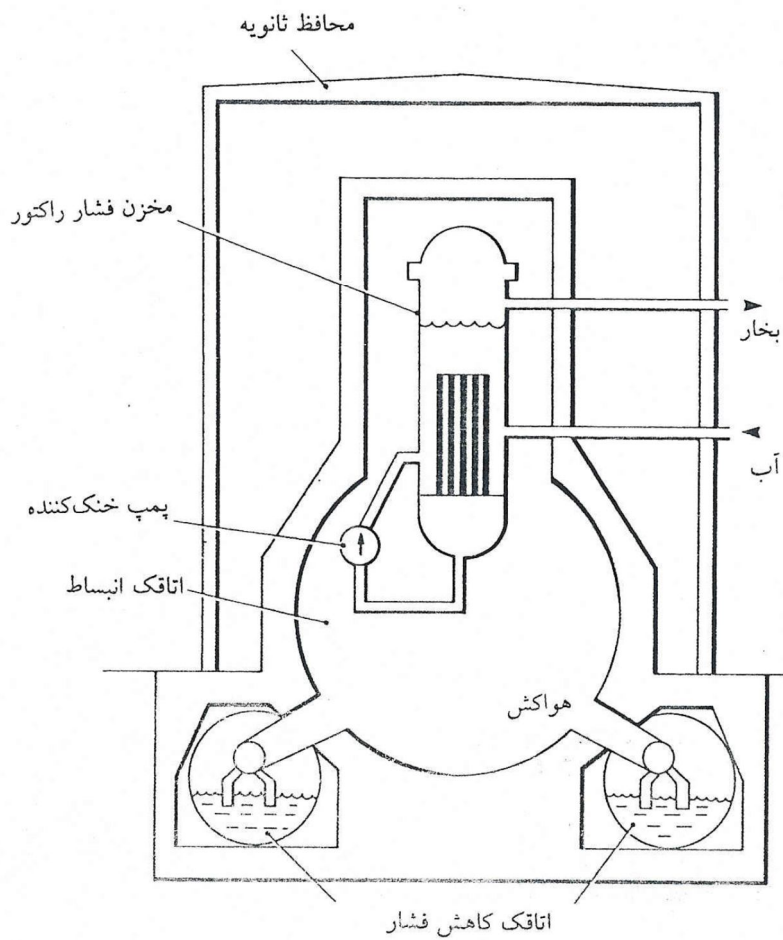
شکل ۴۲ - اصول فرایند الکترومغناطیس برای جداسازی ایزوتوپها



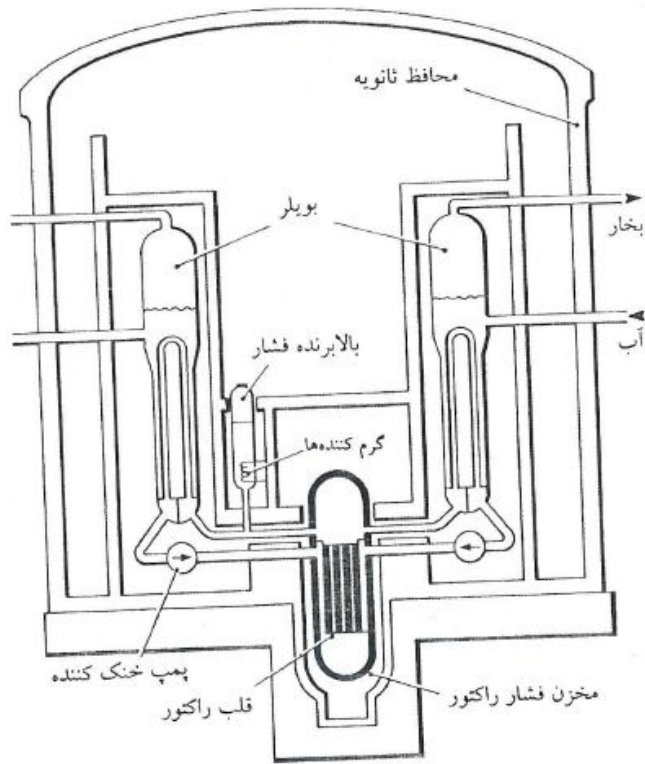
نفوذ گاز از یک جفت پرده نفوذ پذیر (Membrane)



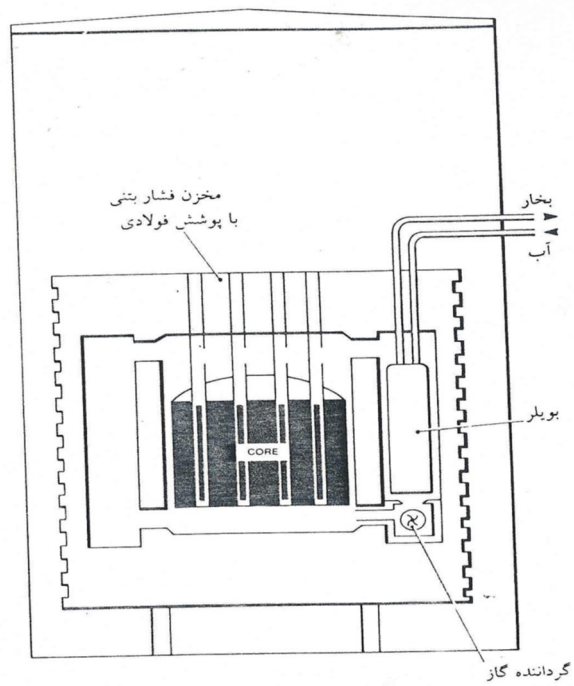


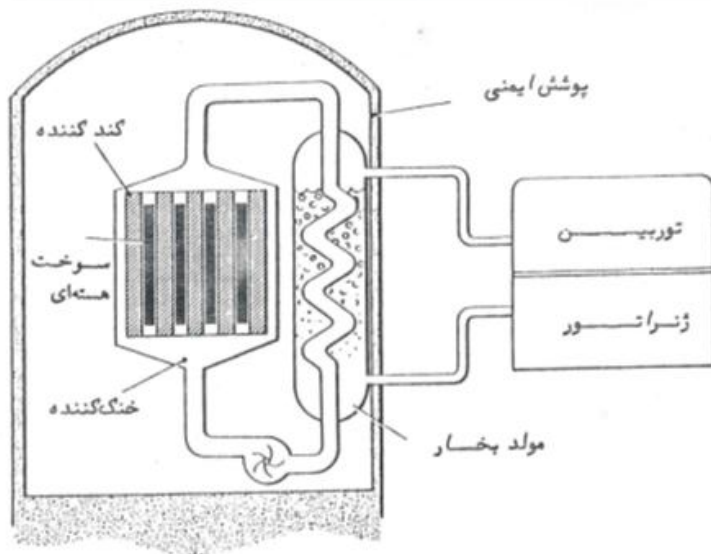
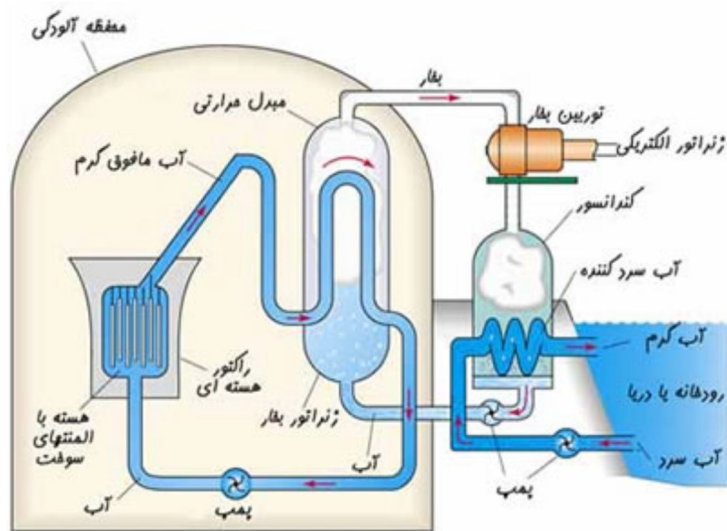


طرح ساده راکتور با آب جوشان (B.W.R)



طرح راکتور و سیستم محافظ BWR





حدود سه قرن قبل از میلاد مسیح، دموکریت با مطالعه بر اشیای پیرامونش، به این نتیجه رسید که اشیا به رغم شکل ظاهری متفاوتی که دارند، از ذرات بسیار ریز و غیر قابل تجزیه ای تشکیل شده اند. وی اسم این ذرات را اتم نهاد که در زبان یونانی به معنی نشکن است. دو هزار سال بعد، جان دالتون به این نتیجه رسید که اتم قابل تجزیه و شکستن است. این مساله به صورت نظریه باقی ماند تا در سال ۱۹۲۷ میلادی، آلبرت انیشتن اذعان داشت که با شکافته شدن اتم، انرژی عظیمی ایجاد می شود.

فرمولی که انیشتن برای این مطلب مطرح کرد به صورت  $E = MC^2$  رو به رو است.

### شکافت هسته ای

شکافت هسته ای فرآیندی است که بسیار سخت قابل کنترل است. در اواخر دهه ۳۰ و اوایل دهه ۴۰ میلادی بود که برای نخستین مرتبه دانشمندان موفق به ساخت و تولید انرژی هسته ای شدند. طولی نکشید که از بمب اتمی در جنگ جهانی دوم استفاده شد. در واقع می توان هسته ی یک اتم را با یک نوترون به دو جزء کوچکتر تقسیم کرد. این همان شیوه ای است که در مورد ایزوتوپ اورانیوم-۲۳۵ به کار می رود.

### گداخت هسته ای

گداخت هسته ای فرآیندی است که در آن دوتریوم و تریوم ترکیب شده و تبدیل به هلیوم می شوند. در اینجا می توان با استفاده از دو اتم کوچکتر که معمولاً هیدروژن با ایزوتوپ های آن هستند، یک اتم بزرگ مثل هلیوم یا ایزوتوپ های آن را تشکیل داد. این همان شیوه ای است که در خورشید و ستارگان برای تولید انرژی به کار می رود. ادوارد تلر را می توان از بنیانگذاران این رشته از فناوری دانست.

## غنی سازی اورانیوم

غنی سازی اورانیوم عملی است که به واسطه ی آن در یک توده ی اورانیوم طبیعی مقدار ایزوتوپ اورانیوم-۲۳۵ بیشتر شود و مقدار ایزوتوپ اورانیوم-۲۳۸ کمتر گردد. غنی سازی اورانیوم یکی از مراحل چرخه ی سوخت هسته ای است. اورانیوم طبیعی که به شکل اکسید اورانیوم است شامل ۹۹ درصد از ایزوتوپ اورانیوم-۲۳۸ است و ۷/۰ درصد از اورانیوم-۲۳۵ است. اورانیوم-۲۳۵ قابل شکافت و مناسب برای بمب ها و نیروگاه های هسته ای است. اورانیوم-۲۳۸ باقی مانده را اورانیوم ضعیف شده می نامند و نوعی زباله ی اتمی است. به خاطر سختی زیاد آتش گیری و ویژگی های دیگر، از آن در ساختن گلوله های ضد زره استفاده می کنند. اورانیوم ضعیف شده نیز همچنان پرتوزاست.

## راکتور هسته ای

راکتور هسته ای وسیله ایست که در آن فرآیند شکافت هسته ای به صورت کنترل شده انجام می گیرد. انرژی حرارتی به دست آمده از این طریق را می توان در بخار کردن آب و به گردش در آوردن توربین های بخار ژنراتورهای الکتریکی، مورد استفاده قرار داد. اورانیوم غنی شده بصورت قرص هایی که سطح مقطعشان به اندازه ی یک سکه معمولی و ضخامتشان در حدود ۵/۲ سانتی متر است در راکتورها به مصرف می رسند. این قرص ها روی هم قرار داده شده و میله هایی را تشکیل می دهند که به میله ی سوخت موسوم است. میله های سوخت سپس در بسته های چندتایی دسته بندی شده و تحت فشار و در محیط عایق بندی شده نگهداری می شوند. در بسیاری از نیروگاه های هسته ای برای جلوگیری از گرم شدن بسته های سوخت در داخل راکتور، این بسته ها را در داخل آب سرد فرو می برند. در نیروگاه های دیگر برای خنک نگه داشتن هسته ی راکتور، یعنی جایی که فرآیند شکافت هسته ای در آن رخ می دهد، از فلز مایع سدیم یا گاز کربن دی اکسید استفاده می شود. برای تنظیم و کنترل فرآیند شکافت هسته ای در یک راکتور از میله های کنترلی که معمولا از جنس کادمیم هستند استفاده می شود. این میله ها با جذب نوترونهای آزاد در داخل راکتور باعث کاهش تعداد واکنشهای زنجیره ای می شوند. با وجود تنوع در راکتورها، تقریبا همه ی آنها از اجزای یکسانی ساخته شده اند. این اجزا شامل سوخت، پوشش برای سوخت، کند کننده ی نوترونهای حاصل از شکافت، خنک کننده ای برای حمل انرژی حرارتی و ماده کنترل کننده برای کنترل میزان شکافت می باشد.

## سوخت هسته ای

سوخت راکتورهای هسته ای باید به گونه ای باشد که متحمل شکافت حاصل از نوترون بشود. پنج نوکلئید شکافت پذیر وجود دارند که در راکتورها بکار می روند: توریم-۲۳۲ و اورانیوم-۲۳۵ و اورانیوم-۲۳۳ و اورانیوم-۲۳۸ و پلوتونیم-۲۳۹. در کنار قابلیت شکافت، سوخت به کار رفته در راکتور هسته ای باید بتواند نیازهای دیگری را نیز تامین کند. سوخت باید از نظر مکانیکی قوی، از نظر شیمیایی پایدار و در مقابل تخریب تشعشعی مقاوم باشد، تا تحت تغییرات فیزیکی و شیمیایی راکتور قرار نگیرد. هدایت حرارتی ماده باید بالا باشد به طوری که بتواند حرارت را خیلی راحت جابجا کند. همچنین امکان به دست آوردن، ساخت راحت، هزینه ی نسبتا پایین و خطرناک نبودن از نظر شیمیایی از دیگر ویژگی های سوخت است.

## غلاف سوخت راکتور

سوخت های هسته ای مستقیما در داخل راکتور قرار داده نمی شوند، بلکه همواره به صورت پوشیده مورد استفاده قرار می گیرند. پوشش یا غلاف سوخت، خنک کننده را از آن جدا می سازد. این امر از خوردگی سوخت محافظت کرده و از گسترش محصولات پرتو دیده به محیط اطراف جلوگیری می کند. همچنین این غلاف می تواند پشتیبان ساختاری سوخت بوده و در انتقال حرارت به آن کمک کند. جنس غلاف باید همانند خود سوخت دارای خواص خوب حرارتی و مکانیکی بوده و از نظر شیمیایی نسبت به برهمکنش با سوخت و مواد محیط پایدار باشد. همچنین لازم است غلاف در مقابل تشعشع مقاوم باشد.

## مواد کند کننده ی نوترون ها

یک کند کننده ماده ای است که برای کند کردن نوترونهای سریع به کار می رود. هسته هایی که دارای جرمی نزدیک به جرم نوترون هستند، بهترین کند کننده می باشند. چند ماده هستند که می توان از آنها به عنوان کند کننده استفاده کرد: هیدروژن، دوتریم، بریلیوم و کربن چند نمونه از کند کننده ها می باشند. از آنجا که بریلیوم سمی است، این ماده خیلی کم به عنوان کند کننده در راکتور مورد استفاده قرار می گیرد. آب سنگین در بعضی از انواع راکتورهای هسته ای نیز به عنوان کند کننده ی نوترون به کار می رود. نوترون های کند بهتر می توانند با اورانیوم واکنش بدهند. از آب سبک یا آب معمولی هم



می توان به عنوان کند کننده استفاده کرد، اما از آنجایی که آب سبک نوترون های بیشتری را جذب میکند، راکتورهای آب سبک باید از اورانیوم با در صد غنی سازی بالاتری استفاده کنند، اما آب سنگین می تواند از اورانیوم معمولی یا غنی نشده هم استفاده کند.

### خنک کننده ها

گرمای حاصله از شکافت در محیط راکتور یا باید از سوخت زدوده شود و یا در نهایت این گرما به قدری زیاد شود که میله های سوخت را ذوب کند. از ویژگیهایی که ماده ی خنک کننده باید داشته باشد، هدایت حرارتی آن است برای اینکه بتواند در انتقال حرارت موثر باشد. نکته ی دیگر این است که این ماده نباید در اثر واکنشهای گاما دهنده، رادیو اکتیو شود. از مایعات و گازها به عنوان خنک کننده استفاده شده است، مانند گازهای کربن دی اکسید و هلیوم. هلیوم پر هزینه بوده و تهیه ی مقادیر زیادی از آن مشکل است. خنک کننده های مایع شامل آب، آب سنگین و فلزات مایع هستند.

### مواد کنترل کننده ی شکافت

برای دستیابی به فرآیند شکافت کنترل شده، لازم است که موادی قابل دسترس باشند که بتوانند نوترون های اضافی را جذب کنند. این مواد بر خلاف مواد دیگر مورد استفاده در راکتور باید سطح مقطع جذب بالایی نسبت به نوترون داشته باشند. مواد زیادی وجود دارند که سطح مقطع جذب آنها نسبت به نوترون بالاست، ولی ماده ی مورد استفاده باید دارای چند خاصیت مکانیکی و شیمیایی باشد که برای این کار مفید واقع شود، مانند: کادمیم

اورانیوم فلزی رادیواکتیو و پرتوزاست که در سراسر پوسته سخت زمین موجود است. این فلز حدوداً ۵۰۰ بار از طلا فراوان تر و به اندازه قوطی حلبی معمولی و عادی است. اورانیوم اکنون به اندازه ای در صخره ها و خاک و زمین وجود دارد که در آب رودخانه ها، دریاها و اقیانوس ها موجود است. برای مثال این فلز با غلظتی در حدود ۴ قسمت در هر میلیون (ppm4) در گرانیات وجود دارد که ۶۰ درصد از کره زمین را شامل می شود، در کودها با غلظتی بالغ بر 400ppm و در ته مانده زغال سنگ با غلظتی بیش از 100ppm موجود است. اکثر رادیو اکتیویته مربوط به اورانیوم در طبیعت در حقیقت ناشی از معدن های دیگری است که با عملیات رادیواکتیو به وجود آمده اند و در هنگام استخراج از معدن و آسیاب کردن به جا مانده اند. چند منطقه در سراسر دنیا وجود دارد که غلظت اورانیوم موجود در آنها به قدر کافی است که استخراج آن برای استفاده از نظر اقتصادی به صرفه و امکان پذیر است. این نوع مواد غلیظ، سنگ معدن یا کانه نامیده می شوند.

### استخراج اورانیوم:

هر دو نوع حفاری و تکنیک های موقعیتی برای کشف کردن اورانیوم به کار می روند، حفاری ممکن است به صورت زیرزمینی یا چال های باز و روی زمین انجام شود.

در کل، حفاری های روزمینی در جاهایی استفاده می شود که ذخیره معدنی نزدیک به سطح زمین و حفاری های زیرزمینی برای ذخیره های معدنی عمیق تر به کار می رود. به طور نمونه برای حفاری روزمینی بیشتر از ۱۲۰ متر عمق، نیاز به گودال های بزرگی بر سطح زمین است؛ اندازه گودال ها باید بزرگتر از اندازه ذخیره معدنی باشد تا زمانی که دیواره های گودال محکم شوند تا مانع ریزش آنها شود. در نتیجه، تعداد موادی که باید به بیرون از معدن انتقال داده شود تا به کانه دسترسی پیدا کند زیاد است.

حفاری های زیرزمینی دارای خرابی و اخلاص های کمتری در سطح زمین هستند و تعداد موادی که باید برای دسترسی به سنگ معدن یا کانه به بیرون از معدن انتقال داده شوند به طور قابل ملاحظه ای کمتر از حفاری نوع روزمینی است. مقدار زیادی از اورانیوم جهانی از (ISL) می آید. جایی که آب های اکسیژنه زیرزمینی در معدن های کانه ای پرمفد به گردش می افتند تا اورانیوم موجود در معدن را در خود حل کنند و آن را به

سطح زمین آورند (ISL). شاید با اسید رقیق یا با محلول‌های قلیایی همراه باشد تا اورانیوم را محلول نگهدارد، سپس اورانیوم در کارخانه‌های آسیاب‌سازی اورانیوم، از محلول خود جدا می‌شود. در نتیجه انتخاب روش حفاری برای تهنشین کردن اورانیوم بستگی به جنس دیواره معدن کانه سنگ، امنیت و ملاحظات اقتصادی دارد. در غالب معدن‌های زیرزمینی اورانیوم، پیشگیری‌های مخصوصی که شامل افزایش تهویه هوا می‌شود، لازم است تا از پرتوافشانی جلوگیری شود.

### آسیاب کردن اورانیوم:

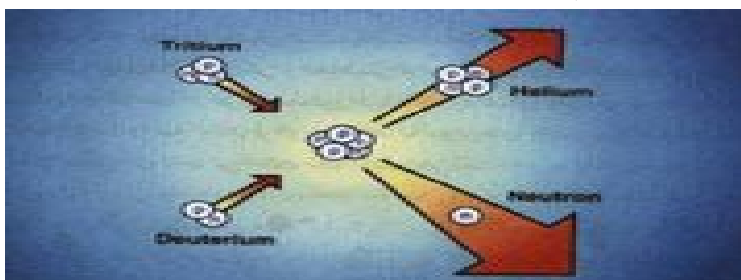
محل آسیاب کردن معمولاً به معدن استخراج اورانیوم نزدیک است. بیشتر امکانات استخراجی شامل یک آسیاب می‌شود. هرچه جایی که معدن‌ها قرار دارند به هم نزدیک‌تر باشند یک آسیاب می‌تواند عمل آسیاب‌سازی چند معدن را انجام دهد. عمل آسیاب‌سازی اکسید اورانیوم غلیظی تولید می‌کند که از آسیاب حمل می‌شود. گاهی اوقات به این اکسیدها کیک زرد می‌گویند که شامل ۸۰ درصد اورانیوم می‌باشد. سنگ معدن اصل شاید دارای چیزی در حدود ۰/۱ درصد اورانیوم باشد. در یک آسیاب، اورانیوم با عمل سنگ‌شویی از سنگ‌های معدنی خرد شده جدا می‌شود که یا با اسید قوی و یا با محلول قلیایی قوی حل می‌شود و به صورت محلول در می‌آید. سپس اورانیوم با تهنشین کردن از محلول جدا می‌شود و بعد از خشک کردن و معمولاً حرارت دادن به صورت اشباع شده و غلیظ در استوانه‌های ۲۰۰ لیتری بسته‌بندی می‌شود. باقیمانده سنگ معدن که بیشتر شامل مواد پرتوزا و سنگ معدن می‌شود در محلی معین به دور از محیط معدن در امکانات مهندسی نگهداری می‌شود. (معمولاً در گودال‌هایی روی زد. پس مانده‌های دارای مواد رادیواکتیو عمری طولانی دارند و غلظت آنها کم خاصیتی سمی دارند. هرچند مقدار کلی عناصر پرتوزا کمتر از سنگ معدن اصلی است و نیمه عمر آنها کوتاه خواهد بود اما این مواد باید از محیط زیست دور بمانند.

### تبدیل و تغییر:

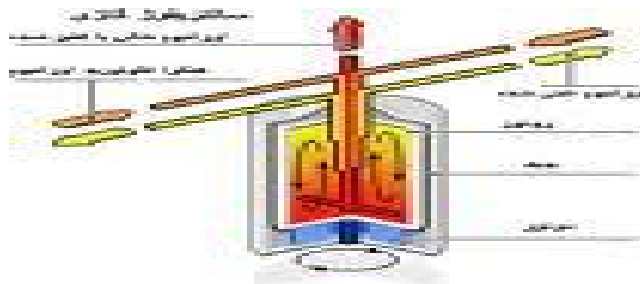
محلول آسیاب شده اورانیوم مستقیماً قابل استفاده به‌عنوان سوخت در راکتورهای هسته‌ای نیست. پردازش اضافی به غنی‌سازی اورانیوم مربوط است که برای تمام راکتورها لازم است. این عمل اورانیوم را به نوع گازی تبدیل می‌کند و راه به‌دست آوردن آن تبدیل کردن به هگزا فلورید است که در دمای نسبتاً پایین گاز است. در وسیله‌ای تبدیل‌گر، اورانیوم به اورانیوم دی‌اکسید تبدیل می‌شود که در راکتورهایی که نیاز به اورانیوم غنی شده ندارند استفاده می‌شود. بیشتر آنها بعد از آن که به هگزا فلورید تبدیل شدند برای غنی‌سازی در کارخانه آماده هستند و در کانتینرهایی که از جنس فلز مقاوم و محکم است حمل می‌شوند. خطر اصلی این طبقه از چرخه سوختی اثر هیدروژن فلورید (Hydrogen Fluoride) است. اورانیوم که ماده خام اصلی مورد نیاز برای تولید انرژی در برنامه‌های صلح آمیز یا نظامی هسته‌ای است، از طریق استخراج از معادن زیرزمینی یا سر باز بدست می‌آید. اگر چه این عنصر بطور طبیعی در سرتاسر جهان یافت می‌شود اما تنها حجم کوچکی از آن بصورت متراکم در معادن موجود است. هنگامی که هسته اتم اورانیوم در یک واکنش زنجیره‌ای شکافته شود مقداری انرژی آزاد خواهد شد. برای شکافت هسته اتم اورانیوم، یک نوترون به هسته آن شلیک می‌شود و در نتیجه این فرایند، اتم مذکور به دو اتم کوچکتر تجزیه شده و تعدادی نوترون جدید نیز آزاد می‌شود که هر کدام به نوبه خود میتوانند هسته‌های جدیدی را در یک فرایند زنجیره‌ای تجزیه کنند. مجموع جرم اتم‌های کوچکتری که از تجزیه اتم اورانیوم بدست می‌آید از کل جرم اولیه این

اتم کمتر است و این بدان معناست که مقداری از جرم اولیه که ظاهراً ناپدید شده در واقع به انرژی تبدیل شده است، و این انرژی با استفاده از رابطه  $E=MC^2$  یعنی رابطه جرم و انرژی که آلبرت اینشتین نخستین بار آنرا کشف کرد قابل محاسبه است. اورانیوم به صورت سه ایزوتوپ مختلف در طبیعت یافت میشود. دو گونه اصلی آن اورانیوم  $^{235}\text{U}$  و  $^{238}\text{U}$  است که هر دو دارای تعداد پروتون یکسانی بوده و تنها تفاوتشان در سه نوترون اضافه ای است که در هسته  $^{238}\text{U}$  وجود دارد. اعداد  $^{235}\text{U}$  و  $^{238}\text{U}$  بیانگر مجموع تعداد پروتونها و نوترونها در هسته هر کدام از این دو ایزوتوپ است. برای بدست آوردن بالاترین بازدهی در فرایند زنجیره ای شکافت هسته باید از اورانیوم  $^{235}\text{U}$  استفاده کرد که هسته آن به سادگی شکافته میشود. هنگامی که این نوع اورانیوم به اتمهای کوچکتر تجزیه میشود علاوه بر آزاد شدن مقداری انرژی حرارتی دو یا سه نوترون جدید نیز رها میشود که در صورت برخورد با اتمهای جدید اورانیوم بازهم انرژی حرارتی بیشتر و نوترونهای جدید آزاد میشود. اما بدلیل "نیمه عمر" کوتاه اورانیوم  $^{235}\text{U}$  و فروپاشی سریع آن، این ایزوتوپ در طبیعت بسیار نادر است بطوری که از هر ۱۰۰۰ اتم اورانیوم موجود در طبیعت تنها هفت اتم از نوع  $^{235}\text{U}$  بوده و مابقی از نوع سنگینتر  $^{238}\text{U}$  است.

کشورهای اصلی تولید کننده اورانیوم \*استرالیا\* \*چین\* \*کانادا\* \*قزاقستان\* \*نامیبیا\* \*نیجر\* \*روسیه\* \*ازبکستان



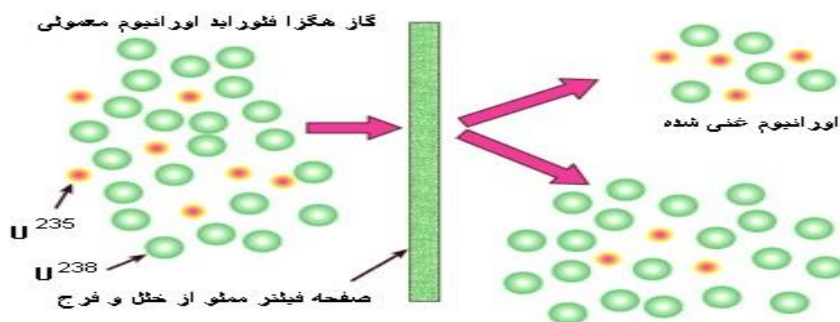
غنی سازی اورانیوم:



سنگ معدن اورانیوم موجود در طبیعت از دو ایزوتوپ  $^{235}\text{U}$  به مقدار ۰/۷ درصد و اورانیوم  $^{238}\text{U}$  به مقدار ۹۹/۳ درصد تشکیل شده است. سنگ معدن را ابتدا در اسید حل کرده و بعد از تخلیص فلز، اورانیوم را به صورت ترکیب با اتم فلئور (F) و به صورت مولکول اورانیوم هکزا فلوراید  $\text{UF}_6$  تبدیل می کنند که به حالت گازی است. سرعت متوسط مولکول های گازی با جرم مولکولی گاز نسبت عکس دارد این پدیده را گراهان در سال ۱۸۶۴ کشف کرد. از این پدیده که به نام دیفیوزیون گازی مشهور است برای غنی سازی اورانیوم استفاده می کنند. در عمل اورانیوم هکزا فلوراید طبیعی گازی شکل را از ستون هایی که جدار آنها از اجسام متخلخل (خلل و فرج دار) درست شده است عبور می دهند. منافذ موجود در جسم متخلخل باید قدری بیشتر از شعاع اتمی یعنی در حدود ۲/۵ انگشترم (۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۲۵ سانتیمتر) باشد. ضریب جداسازی متناسب با اختلاف جرم مولکول ها است. روش غنی سازی اورانیوم تقریباً مطابق همین اصولی است که در

اینجا گفته شد. با وجود این می توان به خوبی حدس زد که پرخرج ترین مرحله تهیه سوخت اتمی همین مرحله غنی سازی ایزوتوپ ها است زیرا از هر هزاران کیلو سنگ معدن اورانیوم ۱۴۰ کیلوگرم اورانیوم طبیعی به دست می آید که فقط یک کیلوگرم اورانیوم ۲۳۵ خالص در آن وجود دارد. برای تهیه و تغلیظ اورانیوم تا حد ۵ درصد حداقل ۲۰۰۰ برج از اجسام خلل و فرج دار با ابعاد نسبتاً بزرگ و پی در پی لازم است تا نسبت ایزوتوپ ها تا از برخی به برج دیگر به مقدار ۰/۰۱ درصد تغییر پیدا کند. در نهایت موقعی که نسبت اورانیوم ۲۳۵ به اورانیوم ۲۳۸ به ۵ درصد رسید باید برای تخلیص کامل از سانتریفوژهای بسیار قوی استفاده نمود. برای ساختن نیروگاه اتمی، اورانیوم طبیعی و یا اورانیوم غنی شده بین ۱ تا ۵ درصد کافی است. ولی برای تهیه بمب اتمی حداقل ۵ تا ۶ کیلوگرم اورانیوم ۲۳۵ صددرصد خالص نیاز است. عملاً در صنایع نظامی از این روش استفاده نمی شود و بمب های اتمی را از پلوتونیوم ۲۳۹ که سنتز و تخلیص شیمیایی آن بسیار ساده تر است تهیه می کنند. عنصر اخیر را در نیروگاه های بسیار قوی می سازند که تعداد نوترون های موجود در آنها از صدها هزار میلیارد نوترون در ثانیه در سانتیمتر مربع تجاوز می کند. عملاً کلیه بمب های اتمی موجود در زراد خانه های جهان از این عنصر درست می شود. روش ساخت این عنصر در داخل نیروگاه های اتمی به صورت زیر است: ایزوتوپ های اورانیوم ۲۳۸ شکست پذیر نیستند ولی جاذب نوترون کم انرژی (نوترون حرارتی) هستند. تعدادی از نوترون های حاصل از شکست اورانیوم ۲۳۵ را جذب می کنند و تبدیل به اورانیوم ۲۳۹ می شوند. این ایزوتوپ از اورانیوم بسیار ناپایدار است و در کمتر از ده ساعت تمام اتم های به وجود آمده تخریب می شوند. در درون هسته پایدار اورانیوم ۲۳۹ یکی از نوترون ها خودبه خود به پروتون و یک الکترون تبدیل می شود. بنابراین تعداد پروتون ها یکی اضافه شده و عنصر جدید را که ۹۳ پروتون دارد نپتونیم می نامند که این عنصر نیز ناپایدار است و یکی از نوترون های آن خود به خود به پروتون تبدیل می شود و در نتیجه به تعداد پروتون ها یکی اضافه شده و عنصر جدید که ۹۴ پروتون دارد را پلوتونیوم می نامند. این تجربه طی چندین روز انجام می گیرد.

#### روش Gaseous Diffusion برای غنی سازی



#### نیروگاههای شکافت هسته‌ای :

با وجود تنوع در راکتورها، تقریباً همه آنها از اجزای یکسانی تشکیل شده‌اند. این اجزا شامل سوخت، پوشش برای سوخت، کند کننده نوترونهای حاصله از شکافت، خنک کننده‌ای برای حمل انرژی حرارتی حاصله از فرآیند شکافت ماده کنترل کننده برای کنترل نمودن میزان شکافت می‌باشد. در این نوع نیروگاهها هسته یک اتم توسط یک نوترون به دو بخش کوچکتر تقسیم می‌شود. در این روش غالباً از عنصر اورانیوم استفاده می‌شود. اگر نوترون منفردی به یک قطعه ایزوتوپ  $U^{235}$  نفوذ کند در اثر برخورد به هسته

اتم  $U^{235}$ ، اورانیوم به دو قسمت شکسته می‌شود. مقادیر زیادی نیز انرژی آزاد می‌گردد در حدود  $(200\text{MEV})$ . اما مسئله مهمتر اینکه نتیجه شکستن هسته  $U^{235}$  آزادی دو نوترون است که می‌تواند دو هسته دیگر را شکسته و چهار نوترون را بوجود آورد. این چهار نوترون نیز چهار هسته  $U^{235}$  را می‌شکند. چهار هسته شکسته شده تولید هشت نوترون می‌کنند که قادر به شکستن همین تعداد هسته اورانیوم می‌باشند. سپس شکست هسته‌ای و آزاد شدن نوترونها بصورت زنجیروار به سرعت تکثیر و توسعه می‌یابد. در هر دوره تعداد نوترونها دو برابر می‌شود، در یک لحظه واکنش زنجیری خود به خودی شکست هسته‌ای شروع می‌گردد. در واکنشهای کنترل شده تعداد شکست در واحد زمان و نیز مقدار انرژی به تدریج افزایش یافته و پس از رسیدن به مقداری دلخواه ثابت نگهداشته می‌شود.



#### مواد شکافتنی:

مواد ناپایدار برای اینکه به پایداری برسند، انرژی گسیل می‌کنند تا به حالت پایدار برسند. معمولاً عناصری شکافت پذیر هستند که جرم اتمی آنها بالای ۱۵۰ باشد،  $U^{235}$  و  $U^{238}$  در معادن یافت می‌شود. ۹۹٫۳ درصد اورانیوم معادن  $U^{238}$  می‌باشد و تنها ۰٫۷٪ آن  $U^{235}$  می‌باشد. از طرفی  $U^{235}$  با نوترونهای کند پیشرو واکنش نشان می‌دهد.  $U^{238}$  تنها با نوترونهای تند کار می‌کند، البته خوب جواب نمی‌دهد. بنابر این در صنعت در نیروگاههای هسته‌ای  $U^{235}$  به عنوان سوخت محسوب می‌شود. ولی به دلایل اینکه در طبیعت کم یافت می‌شود. بایستی غنی سازی اورانیوم شود، یعنی اینکه از ۷ درصد به ۱ الی ۳ درصد برسانند.

#### شکافت $U^{235}$ :

در این واکنش هسته‌ای وقتی نوترون کند بر روی  $U^{235}$  برخورد می‌کند به  $U^{236}$  تحریک شده تبدیل می‌شود. نهایتاً تبدیل به باریوم و کریپتون و ۳ تا نوترون تند و  $177\text{Mev}$  انرژی آزاد می‌شود. پس در واکنش اخیر به ازای هر نوکلئون حدود  $1\text{Mev}$  انرژی آزاد می‌شود. در واکنشهای شیمیایی مثل انفجار به ازای هر مولکول حدود  $30\text{Mev}$  انرژی ایجاد می‌شود. لازم به ذکر است در راکتورهای هسته‌ای که با نوترون کار می‌کند، طبق واکنشهای به عمل آمده ۲ الی ۳ نوترون سریع تولید می‌شود. حتماً این نوترونهای سریع باید کند شوند.

#### نیروگاههای جوش (گداخت) هسته‌ای :

تحقیقات اساسی برای ساخت راکتورهای جوش هسته‌ای با ظرفیت بالای هزار مگاوات از سالهای قبل ادامه دارد. سوخت پایه‌های این راکتورهای جوش هسته‌ای، ایزوتوپهای اتم هیدروژن می‌باشد. در راکتور این نیروگاهها بوسیله میدانهای مغناطیسی قوی و پالسهای با فرکانس رادیویی و روشهای دیگر ایجاد حلقه

پلاسمای کنترل شده با دمای بسیار بالا حدود حتی سیصد میلیون درجه کلوین را می‌نمایند. با استفاده از این درجه حرارت بالا که در حلقه پلازما بخاطر واکنشهای جوش هسته‌ای ایجاد می‌شود. در اطراف محفظه پلازما بوسیله مبدل‌های حرارتی مختلف می‌توان آب را بصورت بخار مناسب توربین‌های بخار تربو ژنراتور بخاری در آورد و بوسیله آن تولید قدرتهای زیاد نمود. البته تا کنون دانشمندان موفق به تولید انرژی بطور مداوم با این راکتورها نشده‌اند.

### راکتور هسته‌ای:

همه راکتورهای هسته‌ای تجاری از طریق شکافت هسته‌ای گرما تولید می‌کنند. همانطور که می‌دانید، شکافت اورانیوم نوترون‌های زیادی آزاد می‌کند، بیشتر از آنکه لازم باشد. اگر شرایط واکنش مساعد باشد فرآیند به طور خود به خودی انجام می‌شود و یک زنجیره از شکافت‌های هسته‌ای به وجود می‌آید. نوترونهایی که از فرآیند شکافت آزاد می‌شوند، بسیار سریعند و هسته‌های دیگر نمی‌توانند آنها را به راحتی جذب کنند. از این رو در اکثر راکتورها قسمتی به نام کند کننده نوترون وجود دارد که در آن از سرعت نوترونها کاسته می‌شود و در نتیجه نوترونها به راحتی جذب می‌شوند. چنین نوترونهایی آن قدر کند می‌شوند تا با هسته راکتور به تعادل گرمایی برسند. نام گذاری این نوترونها به نوترونهای گرمایی یا نوترونهای کند هم از همین رو است. انرژی گرمایی که در یک راکتور پارامتر بحرانی است و با کنترل آن می‌توان راکتور را در حالت عادی نگاه داشت. این کار با تنظیم تعداد میله‌های کنترل درون راکتور صورت می‌گیرد. میله کنترل از مواد جذب کننده نوترون ساخته شده است و با افزایش یا کاهش جذب نوترون، می‌توان گسترش واکنش زنجیره‌ای را کاهش یا افزایش داد. البته با استفاده از کند کننده‌های نوترون یا تغییر دادن نحوه قرار گیری میله‌های سوخت هم می‌توان انرژی خروجی راکتور را کنترل کرد.



### طراحی یک راکتور:

راکتورهای هسته‌ای برای انجام واکنش‌های هسته‌ای در مقیاس وسیع طراحی می‌شوند. گرما، اتم‌های جدید و تابش بسیار شدید نوترون، محصولات واکنش انجام شده در راکتور هستند و بسته به استفاده‌ای که از راکتور می‌شود، از یکی از محصولات استفاده می‌شود. در یک نیروگاه هسته‌ای تولید برق از انرژی گرمایی تولید شده برای چرخاندن توربین و در نهایت تولید انرژی الکتریکی استفاده می‌شود. در برخی راکتورهای نظامی و آزمایشی بیشتر از باریکه نوترون پر انرژی استفاده می‌شود تا مواد ساده را به عناصر کم‌یاب و جدیدی تبدیل کنند. هدف از راکتور هر چه باشد، برای به دست آوردن این محصولات لازم است یک واکنش هسته‌ای زنجیره‌ای به طور پیوسته ادامه یابد. برای ادامه یک واکنش زنجیره‌ای هم راکتور باید در حالت بحرانی یا فوق بحرانی قرار داشته باشد. کند کننده و وسیله کنترل در فراهم آوردن چنین شرایطی نقش بسیار مهمی برعهده دارند. راکتوری که از کند کننده استفاده می‌کند، راکتور گرمایی یا راکتور کند

نامیده می شود. این رآکتورها با توجه به نوع کند کننده ای که مورد استفاده قرار می گیرد طبقه بندی می شوند. آب معمولی ( آب سبک )، آب سنگین و گرافیت، مواد رایج کند کننده هستند. البته گرافیت مشکلات فراوانی را به وجود می آورد و بسیار خطرآفرین است، مانند حادثه انفجار چرنوبیل یا آتش سوزی وانیدسکیل. رآکتورهایی که از کند کننده ها استفاده نمی کنند، رآکتورهای سریع خوانده می شوند. در این نوع رآکتورها فشار ذرات نوترون بسیار بالا است و از این رو می توان برخی واکنش های هسته ای را در آنها انجام داد که ترتیب دادن آنها در رآکتور کند بسیار مشکل است. شرایط خاصی که در رآکتورهای سریع وجود دارد، سبب می شود بتوان هسته اتم توریوم و برخی ایزوتوپ های دیگر را به سوخت هسته ای قابل استفاده تبدیل کرد. چنین رآکتوری می تواند سوختی بیش از حد نیاز خود را تولید کند و به همین دلیل به آن رآکتور سوخت ساز هم گفته می شود. در همه رآکتورها، قلب رآکتور که دمای بسیار زیادی دارد باید خنک شود. در یک نیروگاه هسته ای، سیستم خنک ساز به نوعی طراحی می شود که از گرمای آزاد شده به بهترین شکل ممکن استفاده شود. در اغلب این سیستمها از آب استفاده می شود. اما آب نوعی کند کننده هم محسوب می شود و از این رو نمی تواند در رآکتورهای سریع مورد استفاده قرار گیرد. در رآکتورهای سریع از سدیم مذاب یا نمک های سدیم استفاده می شود و دمای عملیاتی خنک ساز بالاتر است. در رآکتورهایی که برای تبدیل مورد طراحی شده اند، به راحتی گرمای آزاد شده را در محیط آزاد می کنند. در یک نیروگاه هسته ای، رآکتور کند منبع آب را گرم می کند و آن را به بخار تبدیل می کند. بخار آب توربین بخار را به حرکت در می آورد، توربین نیز ژنراتور را می چرخاند و به این ترتیب انرژی تولید می شود. این آب و بخار آن در تماس مستقیم با راکتور هسته ای است و از این رو در معرض تابش های شدید رادیواکتیو قرار می گیرند. برای پیشگیری از هر گونه خطر مرتبط با این آب رادیواکتیو، در برخی رآکتورها بخار تولید شده را به یک مبدل حرارتی ثانویه وارد می کنند و از آن به عنوان یک منبع گرمایی در چرخه دومی از آب و بخار استفاده می کنند. بدین ترتیب آب و بخار رادیواکتیو هیچ تماسی با توربین نخواهند داشت. در در رآکتورهای گرمایی علاوه بر کند کننده، سوخت هسته ای ( ایزوتوپ قابل شکافت القایی)، مخزن بخار و لوله های منتقل کننده آن، دیواره های حفاظتی و تجهیزات کنترل و مشاهده سیستم رآکتور نیز وجود دارند. البته بسته به این که این رآکتورها از کانالهای سوخت فشرده شده، مخزن بزرگ بخار یا خنک کننده گازی استفاده کنند، می توان آنها را به سردسته تقسیم کرد.

الف - کانالهای تحت فشار در رآکتورهای RBMK و CANDU استفاده می شوند و می توان آنها را در حال کارکردن رآکتور، سوخت رسانی کرد. ب - مخزن بخار پرفشار داغ، رایج ترین نوع رآکتور است و در اغلب نیروگاههای هسته ای و رآکتورهای دریایی ( کشتی، ناو هواپیمابر یا زیردریایی ) از آن استفاده می شود. این مخزن می تواند به عنوان لایه حفاظتی نیز عمل کند.

ج - خنک سازی گازی: در این رآکتورها به جای آب، از یک سیال گازی شکل برای خنک کردن رآکتور استفاده می شود. این گاز در یک چرخه گرمایی با منبع حرارتی راکتور قرار می گیرد و معمولاً از هلیوم برای آن استفاده می شود، هر چند که نیتروژن و دی اکسید کربن نیز کاربرد دارند. در برخی رآکتورهای جدید، رآکتور به قدری گرما تولید می کند که گاز خنک کن می تواند مستقیماً یک توربین گازی را

بچرخاند، در حالی که در طراحی های قدیمی تر گاز خنک کن را به یک مبدل حرارتی می فرستادند تا در یک چرخه دیگر، آب را به بخار تبدیل کند و بخار داغ، یک توربین بخار را بگرداند.

### بقیه اجزای نیروگاه هسته ای:

غیر از رآکتور که منبع گرمایی است، تفاوت اندکی بین نیروگاه هسته ای و یک نیروگاه حرارتی تولید برق با سوخت فسیلی وجود دارد. مخزن بخار تحت فشار معمولاً درون یک ساختمان بتونی تعبیه می شود که این ساختمان به عنوان یک سد حفاظتی در برابر تابش رادیواکتیو عمل می کند. این ساختمان هم درون یک مخزن بزرگتر فولادی قرار می گیرد. هسته رآکتور و تجهیزات مرتبط با آن درون این مخزن فولادی قرار گرفته اند و کارکنان می توانند رآکتور را تخلیه یا سوخت رسانی کنند. وظیفه این مخزن فولادی، جلوگیری از نشت هر گونه گاز یا مایع رادیواکتیو از درون سیال است. در نهایت این مخزن فولادی هم به وسیله یک ساختمان بتونی خارجی محافظت می شود. این ساختمان به قدری محکم است که در برابر اصابت یک هواپیمای جت مسافربری ( مشابه حادثه یازده سپتامبر ) هم تخریب نمی شود. وجود این ساختمان حفاظتی دوم برای جلوگیری از انتشار مواد رادیواکتیو در اثر هرگونه نشت از حفاظ اول ضروری است. در حادثه انفجار چرنوبیل، فقط یک ساختمان حفاظتی وجود داشت و همان موجب شد مواد رآکتیو در سطح اروپا پخش شود .

### رآکتورهای هسته ای طبیعی :

در طبیعت هم می توان نشانه هایی از رآکتور هسته ای پیدا کرد، البته به شرطی که تمام عوامل مورد نیاز به طور طبیعی در کنار هم قرار گرفته باشند. تنها نمونه شناخته شده یک رآکتور هسته ای طبیعی دو میلیارد سال پیش در منطقه اوکلو در کشور گابون ( قاره آفریقا ) فعالیتش را آغاز کرده است. البته دیگر چنین رآکتورهایی روی زمین شکل نمی گیرند، زیرا واپاشی رادیواکتیو این مواد ( به خصوص U-235 در این زمان طولانی ۴/۵ میلیارد ساله ( سن زمین )، فراوانی U-235 را در منابع طبیعی این رآکتورها بسیار کاهش داده است، به طوری که مقدار آن به پایین تر از حد مورد نیاز آغاز یک واکنش زنجیره ای رسیده است . این رآکتورهای طبیعی زمانی شکل گرفتند که معادن غنی از اورانیوم به تدریج از آب زیرزمینی یا سطحی پر شدند. این آب به صورت کند کننده عمل کرد و واکنش های زنجیره ای شدیدی به وقوع پیوست. با افزایش دما، آب کند کننده بخار می شد و رآکتور خاموش شد. پس از مدتی، این بخارها به مایع تبدیل می شدند و دوباره رآکتور به راه می افتاد. این سیستم خودکار و بسته، یک رآکتور را کنترل می کرد و برای صدها هزار سال، این رآکتور را فعال نگاه می داشت. مطالعه و بررسی این رآکتورهای هسته ای طبیعی بسیار ارزشمند است، زیرا می تواند به تحلیل چگونگی حرکت مواد رادیواکتیو در پوسته زمین کمک کند. اگر زمین شناسان بتوانند از این حرکت ها را شناسایی کنند، می توانند راه حل های جدیدی برای دفن زباله های هسته ای پیدا کنند تا روزی خدای ناکرده، این ضایعات خطرناک به منابع آب سطح زمین نشت نکنند و فاجعه ای بشری به بار نیاورند.



**انواع رآكتورهای گرمایی**

الف - کندانس سازی با آب سبک

a- رآكتور آب تحت فشار (PWR) Pressurized Water Reactor

b- رآكتور آب جوشان (BWR) Boiling Water Reactor

c- رآكتور D2G

ب- کندانس سازی با گرافیت

a- ماگنوس Magnox

b- رآكتور پیشرفته با خنک کننده گازی (AGR) Advanced Gas-Cooled Reactor

c- RBMK

d- PBMR

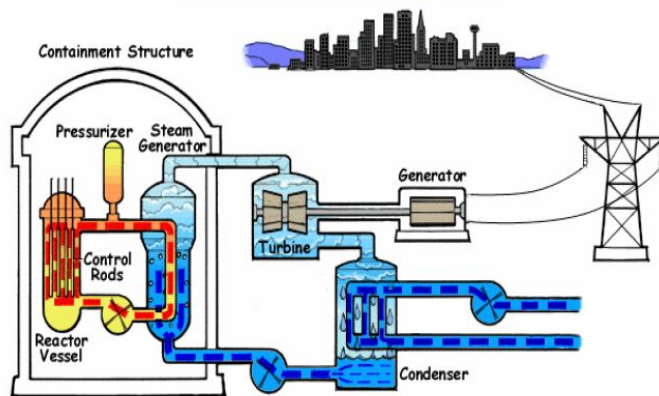
ج- کندانس کننده با آب سنگین

a- SGHWR

b- CANDU

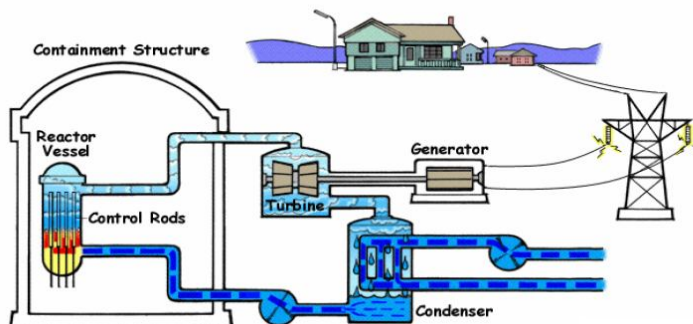
۱- PWR یا رآكتور با فشارده سازی آب

**The Pressurized Water Reactor (PWR)**



۲- BWR یا رآكتور جوشاننده آب

**The Boiling Water Reactor (BWR)**



مقدمه ای بر سیستم های تولید مشترک برق و حرارت (CHP) کاری از وزارت نیرو (سازمان بهره‌وری انرژی ایران - سابا)