

## طبیعت انرژی خورشید

خورشید، گوی غول پیکر درخشانی در وسط منظومه شمسی و تامین کننده نور، گرما و انرژی های دیگر زمین است. تقریباً تمامی منابع انرژی روی زمین بوسیله خورشید تامین می گردد. فقط انرژی اتمی، انرژی داخل زمین و انرژی جذر و مد که بوسیله نیروی جاذبه ماه می باشد بوسیله خورشید تامین نمی شود.

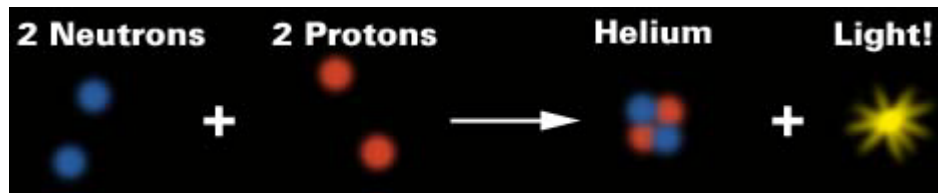


انرژی خورشید به واسطه واکنش های ترکیبی اتمی در اعماق هسته آن تامین می شود. در یک واکنش ترکیبی، دو هسته اتم با یکدیگر همراه شده و هسته ای جدید را به وجود می آورند.

ترکیب هسته ای در مرکز خورشید به دلیل دما و تراکم فوق العاده زیاد می تواند صورت پذیرد. از آنجائیکه بار ذرات مثبت است، تمایل به دفع یکدیگر دارند اما دما و تراکم هسته خورشید به قدری زیاد است که می تواند آنها را در کنار یکدیگر نگاه دارد.

رایج ترین ترکیب هسته ای در مرکز خورشید زنجیره پروتون-پروتون نام دارد. این فرایند زمانی انجام می گیرد که ساده ترین شکل از هسته های هیدروژن (دارای یک پروتون) در یک آن کنار هم قرار می گیرند. نخست، هسته ای متشکل از دو ذره به وجود می آید، سپس هسته ای با سه ذره و در نهایت هسته ای با چهار ذره شکل می گیرد. در این فرایند همچنین یک ذره الکتریکی خنثی به نام نوترینو پدیدار می گردد.

هسته نهایی شامل دو پروتون و دو نوترون است که در واقع هسته هلیوم می باشد. جرم این هسته به مقدار بسیار اندکی کمتر از جرم چهار پروتونی ست که هسته از آن تشکیل شده است. جرم از دست رفته به انرژی تبدیل شده است. این مقدار از انرژی به کمک فرمول مشهور فیزیکدان آلمانی، آلبرت اینشتین،  $E=mc^2$  قابل محاسبه است. در این معادله E به معنای انرژی، m به معنای جرم و c به معنای سرعت نور می باشد.



خورشید کره ای است که به طور کامل از گاز تشکیل شده و بخش بیشتر این گاز از نوعی می باشد که به نیروی مغناطیسی حساس است که دانشمندان به آن پلازما می گویند.

شعاع خورشید (فاصله بین مرکز تا سطح آن) حدود ۶۹۵,۵۰۰ کیلومتر، تقریباً ۱۰۹ برابر شعاع زمین است.

دمای سطح خورشید ۵۸۰۰ درجه کلوین و دمای هسته خورشید بیش از ۱۵ میلیون درجه کلوین می باشد.

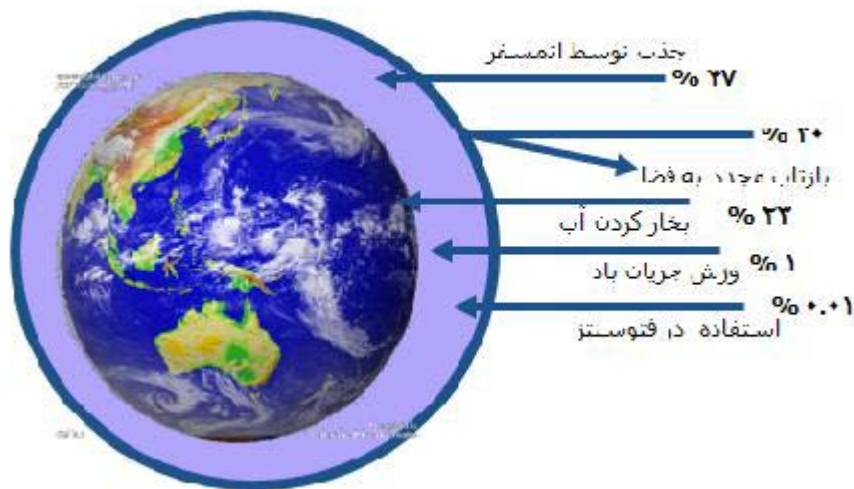
جرم خورشید ۹۹,۸ درصد از جرم کل منظومه شمسی و ۳۳۳,۰۰۰ برابر جرم زمین است.

میانگین چگالی آن حدود ۹۰ پوند در هر فوت مکعب و یا ۱,۴ گرم در هر سانتیمتر مکعب می باشد. این مقدار تقریباً معادل ۱,۴ برابر چگالی آب و کمتر از یک سوم میانگین چگالی زمین است.

بیشتر اتمهای خورشید، مانند اغلب ستارگان، اتمهای عنصر شیمیایی هیدروژن می باشند. بعد از هیدروژن، عنصر هلیوم در خورشید بسیار یافت می شود و بقیه جرم خورشید از اتمهای هفت عنصر دیگر تشکیل شده است. به ازای هر ۱ میلیون اتم هیدروژن در کل خورشید، ۹۸,۰۰۰ اتم هلیوم، ۸۵۰ اتم اکسیژن، ۳۶۰ اتم کربن، ۱۲۰ اتم نئون، ۱۱۰ اتم نیتروژن، ۴۰ اتم منیزیم، ۳۵ اتم آهن و ۲۵ اتم سیلیکون وجود دارد. بنابراین حدوداً ۹۴ درصد از اتمها، هیدروژن و حدود ۰,۱ درصد اتمهایی غیر از هیدروژن و هلیوم می باشند.

و اما از لحاظ جرمی هیدروژن که سبک ترین عنصر است ۷۳,۴۶ درصد، هلیوم ۲۴,۸۵ درصد، اکسیژن ۰,۷۷ درصد، کربن ۰,۲۹ درصد، آهن ۰,۱۶ درصد، گوگرد ۰,۱۲ درصد، نئون ۰,۱۲ درصد، نیتروژن ۰,۰۹ درصد، سیلیکون ۰,۰۷ درصد و منیزیم ۰,۰۵ درصد از کل جرم خورشید را به خود اختصاص داده اند.

طبق برآوردهای علمی در حدود ۴,۵ بیلیون سال از تولد این گوی آتشین می گذرد و تا ۵ میلیارد سال آینده همچنان می توان آن را به عنوان یک منبع عظیم انرژی به حساب آورد.



در هر ثانیه تقریباً ۱/۱ در ۱۰ به توان ۲۰ کیلووات ساعت انرژی از خورشید ساطع می شود.

تنها یک دو میلیاردم این انرژی به سطح بیرونی جو زمین برخورد می کند.

این انرژی معادل ۵/۱ در ۱۰ به توان ۱۸ کیلووات ساعت در سال است.

بدلیل بازتاب، تفرق و جذب توسط گازها و ذرات معلق در جو تنها ۴۷% از این انرژی به سطح زمین می رسد.

بدین ترتیب انرژی تابیده شده به سطح زمین سالانه حدوداً معادل ۷ در ۱۰ به توان ۱۷ کیلووات ساعت است.

## تاریخچه انرژی خورشیدی

کاربرد انرژی خورشیدی به قرن هفتم قبل از میلاد مسیح باز می‌گردد. از انرژی خورشیدی برای گرمایش، پخت و یز، روشنایی و روشن نمودن آتش استفاده می‌کردند. یونانیان و رومیان باستان معماری‌هایی را برای استفاده از نور و گرمایش انرژی خورشیدی در داخل ساختمان خود داشته‌اند.



**قرن هفتم قبل از میلاد مسیح:** مردمان باستان از ذره بین برای تمرکز نور خورشید جهت روشن نمودن آتش استفاده می‌کردند.

**قرن سوم قبل از میلاد مسیح:** رومیان و یونانیان با استفاده از آینه مشعل‌های خود را روشن می‌نمودند.

**قرن دوم پیش از میلاد مسیح:** ارشمیدس دانشمند یونانی با استفاده از بازتابش نور خورشید از سپری برنزی و متمرکز نمودن نور خورشید توانست کشتی‌های چوبی دشمنان را آتش بزند.

**بیست سال بعد از میلاد مسیح:** مردمان چین از آینه برای روشن نمودن مشعل‌های خود استفاده کردند.

**قرن یک تا چهارم میلادی:** رومیان حمام‌های خانه‌های خود را به گونه‌ای طراحی نمودند که از نور خورشید برای گرم شدن آب بهره ببرند.

**قرن سیزدهم میلادی:** اجداد یوئیلو در آمریکای شمالی خانه‌های صخره‌ای خود را رو به جنوب ساختند تا از گرمای خورشید در زمستان بیشتر بهره ببرند.

**در سال ۱۷۶۷ میلادی:** دانشمندی سوئیسی اولین کلکتور خورشیدی را ساخت.

**در سال ۱۸۱۶ میلادی:** رابرت استرلینگ وزیر اسکاتلندی اختراع خود را برای پیش گرمکن موتور حرارتی به ثبت رساند. بعدها از این اختراع او در تولید الکتریسیته بوسیله حرارت انرژی خورشیدی بهره گرفتند.

**در سال ۱۸۳۹ میلادی:** ادموند بکرل دانشمند فرانسوی اثر فتوولتائیک را کشف نمود. او هنگام کار با پیل الکترولیز که با دو الکترود فلزی در محلول الکترولیت خود بود به این نتیجه رسید که وقتی در معرض نور خورشید قرار می‌گیرد میزان تولید برق افزایش می‌یابد.

**در سال ۱۸۶۰ میلادی:** ریاضیدان فرانسوی August Mouchet کار بر روی موتور بخار خورشیدی را آغاز کرد. بعد از ۲۰ سال او و دستیارش Abel Pifre موتورهایی را ساختند که نمونه های مدرن آن در حال حاضر در کلکتورهای سهموی خطی استفاده می گردد.

**سال ۱۸۷۳ میلادی:** Willoughby Smith قابلیت هدایت نور سلنیوم را کشف نمود.

**سال ۱۸۷۶ میلادی:** William Grylls Adams و Richard Evans Day کشف کردند که وقتی سلنیوم در مقابل نور خورشید قرار می گیرد برق تولید می کند.

**سال ۱۸۸۰ میلادی:** Samuel P. Langley بولومتر را اختراع نمود که نور ستاره های دور دست را به خوبی اشعه های حرارتی خورشید اندازه گیری می نمود.

**سال ۱۸۸۲ میلادی:** Charles Fritts آمریکایی به ایده ساخت سلولهای خورشیدی از ویفر سلنیوم فکر کرد.

**سال ۱۸۸۷ میلادی:** هاینریش هرتز کشف کرد که اشعه ماورا بنفش کمترین ولتاژ را برای جرقه زدن بین دو الکتروود لازم دارد.

**سال ۱۸۹۱ میلادی:** اولین آب گرمکن خورشیدی توسط کلارنس آمریکایی ثبت اختراع گردید.

**سال ۱۹۰۴ میلادی:** Wilhelm Hallwachs کشف کرد که مس و اکسید مس در کنار یکدیگر حساسیت نسبت به نور نشان می دهند.

**سال ۱۹۰۵ میلادی:** آلبرت انیشتین همراه با تئوری نسبیت خود اثر فوتوالکتریک را مطرح نمود.

**سال ۱۹۰۸ میلادی:** ویلیام جی بیلی یک کلکتور با سیم پیچ مسی و یک جعبه عایق ساخت. این طرح تقریباً شبیه همان طرحی است که امروزه برای کلکتورهای خورشیدی استفاده می شود.

**سال ۱۹۱۴ میلادی:** دانشمندان متوجه یک بند الکترونی در دستگاههای فتوولتائیک شدند.

**سال ۱۹۱۶ میلادی:** دانشمندان اثر فوتوالکتریک را به صورت تجربی اثبات کردند.

**سال ۱۹۱۸ میلادی:** دانشمند لهستانی Jan Czochralski کشف نمود که چگونه یک تک کریستال سیلیکون را رشد دهد.

**سال ۱۹۲۱ میلادی:** آلبرت انیشتین به خاطر نظریه اثر فوتوالکتریک جایزه نوبل را دریافت کرد.

**سال ۱۹۲۲ میلادی:** اثر فتوولتائیک در سولفید کادمیوم کشف شد.

**سال ۱۹۴۷ میلادی:** ساختمانهای خورشیدی در طول جنگ جهانی دوم بسیار نادر شدند.

**سال ۱۹۵۴ میلادی:** سه دانشمند آمریکایی اولین سلول فتوولتائیک سیلیکونی را توسعه دادند، اولین سلول خورشیدی توانائی این را داشت که برق کافی را از طریق خورشید برای تجهیزات الکترونیکی فراهم نماید.

**اواسط دهه ۱۹۵۰ میلادی:** اولین ساختمان اداری تجاری در جهان که با آبگرمکن خورشیدی کار می کرد طراحی شد.

**سال ۱۹۵۸ میلادی:** سلولهای فتوولتائیک جدید در مقابل اشعه خورشید مقاوم تر شدند و این ویژگی برای استفاده سلولهای فتوولتائیک در فضا بسیار حائز اهمیت بود.

**سال ۱۹۶۳ میلادی:** ژاپن یک پنل ۲۴ وات را بر روی یک فانوس دریایی نصب نمود.

**سال ۱۹۶۴ میلادی:** ناسا اولین ماهواره ای که با سلولهای فتوولتائیک به ظرفیت ۴۷۰ وات تغذیه می گردید توسط سفینه فضایی به فضا پرتاب نمود.

**سال ۱۹۶۹ میلادی:** کوره خورشیدی با استفاده از ۸ آینه سهموی در Odeillo فرانسه ساخته شد.

**دهه ۱۹۷۰ میلادی:** دکتر الیوت برمن و اکسون کرپ سلول خورشیدی ارزان تری را طراحی نمودند و این عامل باعث استفاده گسترده تر از سلولهای فتوولتائیک گردید.

**سال ۱۹۷۲ میلادی:** دانشگاه دلاور موسسه تبدیل انرژی را تاسیس نمود و اولین آزمایشگاه جهان را برای تحقیق و توسعه سلولهای فتوولتائیک اختصاص داد. در سال بعد این موسسه یک سیستم هیبرید حرارتی فتوولتائیک با نام Solar One را ساخت.

**سال ۱۹۷۶ میلادی:** مرکز تحقیقات لوئیس ناسا برای اولین بار شروع به نصب ۸۳ سیستم فتوولتائیک در سرتاسر جهان نمود که برای روشنائی درمانگاهها، پمپاژ آب و تلویزیون کلاس ها و موارد دیگر به کار می رفت.

**سال ۱۹۷۷ میلادی:** دولت آمریکا موسسه تحقیقات انرژی خورشیدی را راه اندازی کرد.

**سال ۱۹۸۱ میلادی:** اولین هواپیمای خورشیدی از فرانسه تا انگلستان به پرواز درآمد.

**سال ۱۹۸۲ میلادی:** یک استرالیایی اولین خودرو خورشیدی که فاصله بین سیدنی تا پرت که بالغ بر ۲۸۰۰ مایل است، پیمود.

**سال ۱۹۸۶ میلادی:** بزرگترین نیروگاه حرارتی خورشیدی آن زمان در کالیفرنیا راه اندازی شد.

**سال ۱۹۹۴ میلادی:** اولین بشقابک سهموی خورشیدی با استفاده از موتور استرلینگ با پیستون آزاد به شبکه متصل گردید.

**سال ۲۰۰۱ میلادی:** تین فیلم فتوولتائیک ساخته شد.

**سال ۲۰۰۲ میلادی:** بزرگترین سیستم خورشیدی پشت بامی در کالیفرنیا نصب گردید.

**سال ۲۰۰۸ میلادی:** بزرگترین پارک خورشیدی در آلمان بوسیله سیستمهای تین فیلم راه اندازی گردید.

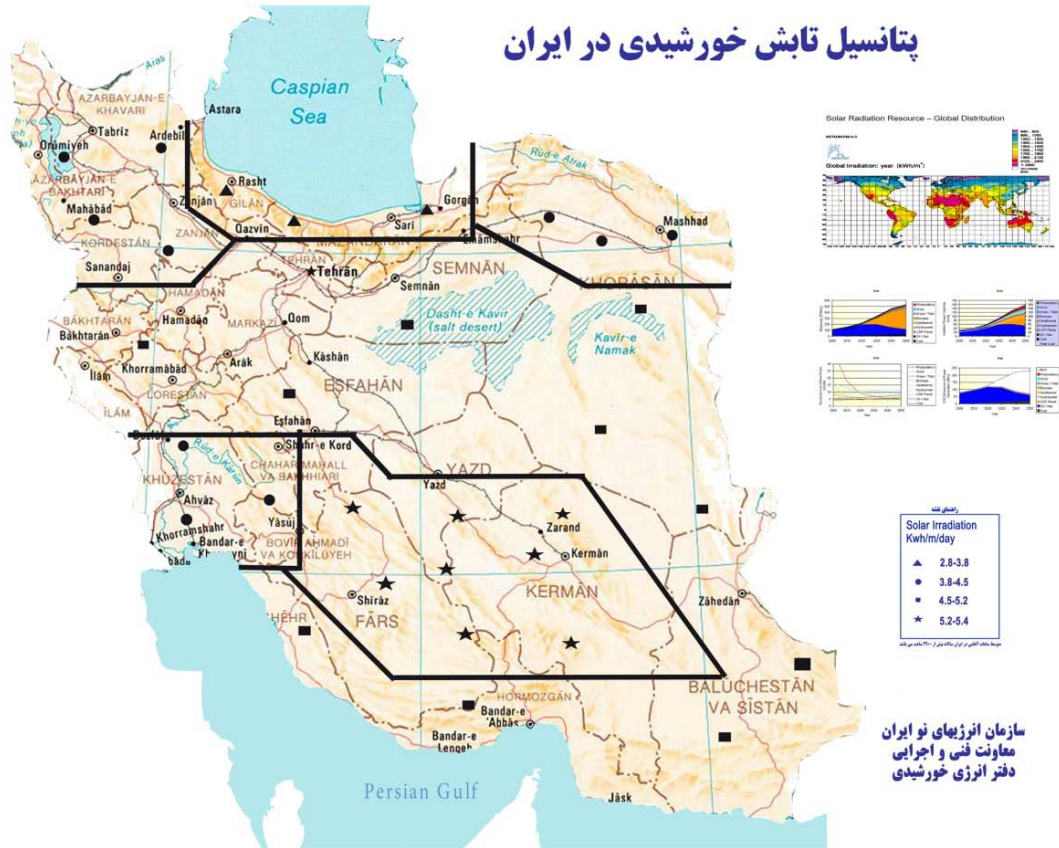
## پتانسیل تابش و نقشه تابش خورشید در ایران

انرژی خورشیدی یکی از منابع انرژیهای تجدیدپذیر و از مهمترین آنها می باشد. میزان تابش انرژی خورشیدی در نقاط مختلف جهان متغیر بوده و در کمربند خورشیدی زمین بیشترین مقدار را داراست. کشور ایران نیز در نواحی پرتابش واقع است و مطالعات نشان می دهد که استفاده از تجهیزات خورشیدی در ایران مناسب بوده و میتواند بخشی از انرژی مورد نیاز کشور را تأمین نماید.

ایران کشوری است که به گفته متخصصان این فن با وجود ۳۰۰ روز آفتابی در بیش از دو سوم آن و متوسط تابش ۵,۵ - ۶,۵ کیلووات ساعت بر متر مربع در روز یکی از کشورهای با پتانسیل بالا در زمینه انرژی خورشیدی معرفی شده است. برخی از کارشناسان انرژی خورشیدی گام را فراتر نهاده و در حالتی آرمانی ادعا می کنند که ایران در صورت تجهیز مساحت بیابانی خود به سامانه های دریافت انرژی تابشی می تواند انرژی مورد نیاز بخش های گسترده ای از منطقه را نیز تأمین و در زمینه صدور انرژی برق فعال شود.

با مطالعات انجام شده توسط DLR آلمان، در مساحتی بیش از ۲۰۰۰ کیلومترمربع، امکان نصب بیش از ۶۰۰۰۰ MW نیروگاه حرارتی خورشیدی وجود دارد.

اگر مساحتی معادل ۱۰۰×۱۰۰ کیلومترمربع زمین را به ساخت نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک اختصاص دهیم، برق تولیدی آن معادل کل تولید برق کشور در سال ۱۳۸۹ خواهد بود.



## فناوری های سیستم های حرارتی خورشیدی

سیستم های حرارتی خورشیدی شامل سیستم هائی می شود که بر پایه گردآورنده های حرارتی با دمای پایین عمل می نماید. این سیستم ها از منبع خورشیدی برای مصرف نهائی حرارتی استفاده می کنند. این سیستم ها خود شامل ۲ گروه گردآورنده های تخت (کلکتورهای تخت) و گردآورنده های با تمرکز کم (کلکتورهای متمرکز کننده) می شوند

سیستم های حرارتی دارای یک بخش ذخیره هستند تا حرارت خورشید را برای استفاده در شب ممکن نمایند. اکثر سیستم های حرارتی خورشیدی برای گرمایش آب بطور تجاری، استخرهای شنا یا آب مصرفی خانه های ویلائی، آپارتمانی و هتل ها و ... و همچنین بخش بزرگی از تقاضا برای گرمایش فضای ساختمان و برای تامین انرژی مدارهای پمپ حرارتی جذبی و نظایر آن به منظور تامین سرمایه فضای ساختمان ها نیز بکار می رود. برخی

مفاهیم اولیه در سیستمهای حرارتی به شرح زیر می باشد:

**سیال عامل :** در اغلب سیستم ها، حرارت جذب شده توسط کلکتور برای اینکه به نقاط دیگر منتقل شده و مورد استفاده مناسب قرار گیرد به یک سیال انتقال حرارت که ممکن است روغن، آب، هوا و ... باشد منتقل می شود این سیال را سیال عامل می نامند .

**سطوح جاذب :** سطوح تیره دارای قابلیت جذب بهتر اشعه های تابیده شده خورشید هستند در سیستم های خورشیدی، جایی که نور خورشید تابیده شده یا متمرکز می شود، سطوح جاذب در معرض آن قرار می گیرند. این سطوح با روشهای مختلف صنعتی ساخته می شوند که بتوانند حداکثر جذب انرژی حرارتی را داشته باشند .

**سیستم ذخیره حرارتی :** برای اینکه در طول شب یا در ساعات ابری بتوان از انرژی خورشید استفاده نمود لازم است مقداری از انرژی حرارتی خورشید در منابعی ذخیره شود. در آبگرمکنهای خورشیدی از مخازن ذخیره آب گرم استفاده می شود و در سیستم های نیروگاهی، انرژی حرارتی در مخازنی که حاوی روغن و شن هستند ذخیره می شود تا در هنگام عدم تابش خورشید، مورد استفاده قرار گیرد.

**گرد آورنده ها :** بصورت تخت یا دارای انحنا می باشند.

**انواع گردآورنده ها :** گردآورنده های تخت از جذب حرارت خورشید توسط یک ورقه فلزی تیره که حرارت را توسط یک سیال جاذب حرارت (مثل آب یا هوا) منتقل می کند استفاده می کنند. یک کلکتور تخت شامل اجزاء زیر می باشد:

۱. صفحه شفاف که ممکن است یک یا چند لایه شیشه و یا پلاستیک شفاف باشد.
۲. لوله ها و یا گذرگاههایی برای عبور سیال انتقال حرارت
۳. صفحه جاذب که می تواند صاف، موجدار، شیاردار باشد که معمولا به رنگ تیره بوده و لوله ها و گذرگاهها به آن متصل می شوند.
۴. منیفولد یا هدرهایی برای عبور و تخلیه سیال ناقل حرارت که معمولا در قسمت بالا و پائین کلکتور نصب شده اند.
۵. عایق بندی دستگاه برای کاهش اتلاف حرارتی که معمولا اطراف و پشت کلکتور و لوله ها را شامل می شود.
۶. قاب مخصوص که اجزاء کلکتور را در خود جای داده و آنها را از غبار و رطوبت و دیگر عوامل خارجی مصون می دارد.

کلکتورهای تخت از نظر نوع سیال عامل، ساختمان و عملکرد به ۲ دسته تقسیم می شوند که عبارتند از:

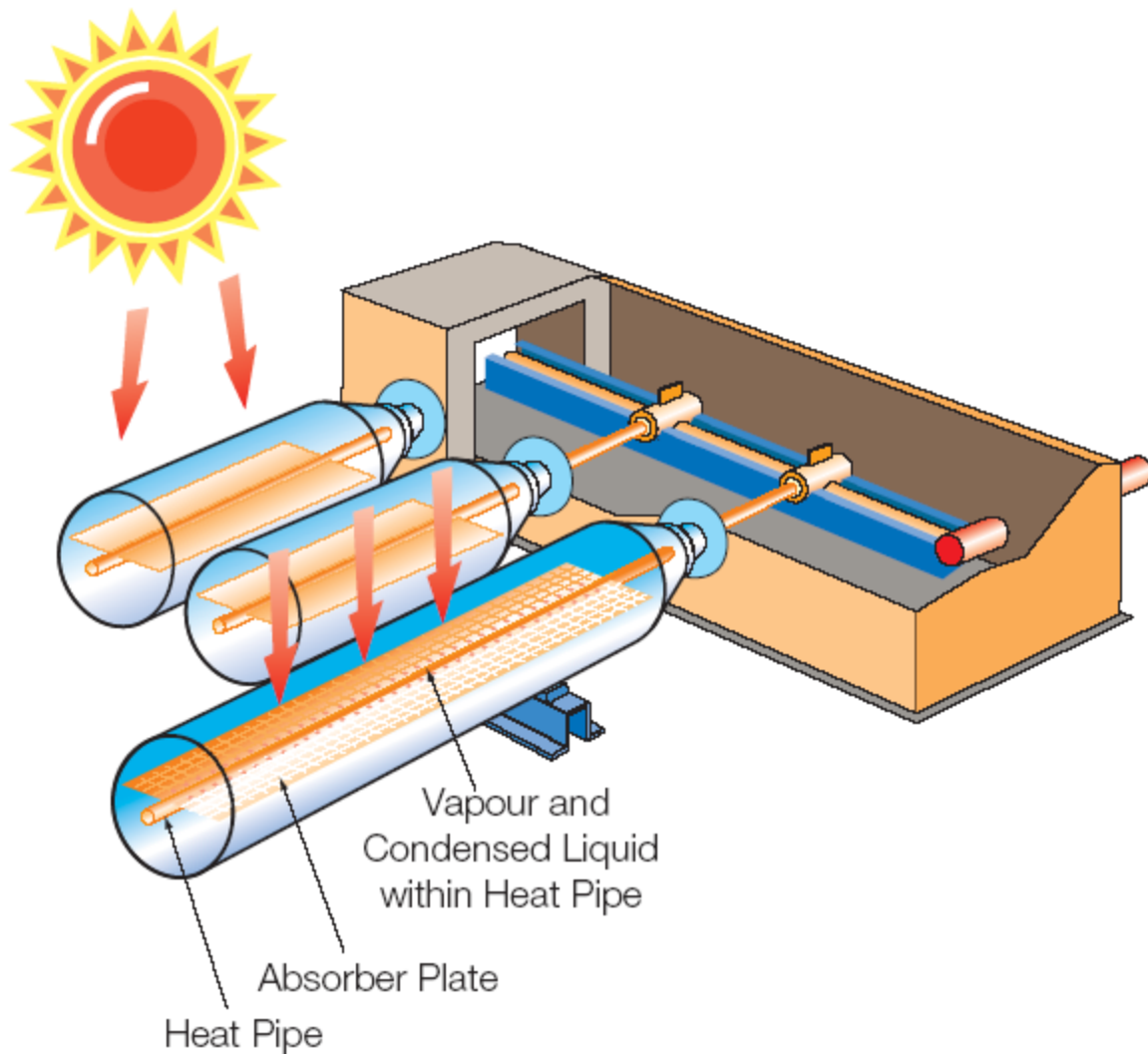
۱. کلکتور با آب چکه
۲. کلکتور با هوا
۳. کلکتور با مایع
۴. کلکتور صفحه تخت

**کلکتور با آب چکه** که از صفحات فلزی تیره رنگ کنگره ای ساخته می شود اولین بار در سال ۱۹۵۹ توسط دکتر Harry Tamason برای بام خانه ای در مرلند ساخته و نصب شد. در این نوع کلکتورها آب از لوله ای در قسمت فوقانی، بر روی شیارهای صفحه کنگره ای می چکد. آب در حین عبور با جذب حرارت از صفحه تیره رنگ کنگره ای گرم شده و در پائین جهت مصرف و یا ذخیره در یک ناودانی جمع می شود .

**کلکتور با هوا**، یکی دیگر از گردآورنده هایی هستند که در آنها از هوا یا گاز به عنوان سیال برای انتقال حرارت استفاده می شود. نگهداری آسان و عدم یخ زدگی هوا از مزایای این نوع کلکتورها نسبت به دیگر انواع مایعی آنهاست. بعلاوه در این نوع گردآورنده ها هوای گرم مستقیماً وارد ساختمان یا محفظه ذخیره می شود. از معایب آن می توان به موارد زیر اشاره کرد: مشکل گرم کردن آب مصرفی بوسیله هوای گرم تولید شده، لزوم ساخت و نصب کانالهایی با سطح مقطع مناسب که فضای زیادی از ساختمان را اشغال می کند، احتیاج به هوا رسان با قدرت الکتریکی لازم برای انتقال هوای گرم از کلکتور به محل ذخیره .

**کلکتور با مایع**، که در این نوع کلکتور، سیال عامل یک نوع مایع مثل آب، روغن و یا مایعی با نقطه انجماد پائین انتخاب می شود زیرا که یخ زدن آب در کلکتور و خوردگی از مشکلات اساسی در این نوع گردآورنده هاست. سیال عامل از قسمت پائین وارد و هنگام عبور از لوله های صفحه جذب کننده، گرم شده و از قسمت فوقانی با پمپ یا بدون آن بطرف مخزن ذخیره جریان پیدا می کند. یک نوع از این کلکتورهای مایع متشکل از چندین لوله گرمائی است که هر کدام از آنها شامل یک لوله شیشه ای، صفحه جاذب و لوله گرمائی می شود. برای جلوگیری از اتلاف حرارتی از روی سطح جاذب و حفظ خواص اپتیکی لایه برگزیده خوابانده شده بر روی سطح جاذب، داخل لوله شیشه ای خلاء ایجاد شده است.





کلکتورهای تخت پرتوهای تابش مستقیم و پراکنده خورشید را جمع آوری می کنند و احتیاج به سیستم ردیابی ندارند. کلکتورهای تخت در یک روز صاف با زاویه انحراف عرض جغرافیایی محل، قادرند ۲۵۳۴۵ کیلوژول بر مترمربع انرژی خورشیدی را جذب کنند، اتلاف حرارتی زیادی دارند و با وجود سطح جذب بزرگتر دمای پائین تر و حرارت کمتری تولید می کنند. برای گرم کردن آب و هوا مناسب هستند و هزینه کمتری نسبت به متمرکز کننده ها دارند .

### گردآورنده های متمرکز کننده

گردآورنده های متمرکز کننده تابش مستقیم خورشید و بخشی از تابش پراکنده را با کمک طراحی های هندسی پیشرفته (سه‌موی و ...) متمرکز می نمایند. در این نوع کلکتورها از سطوح منعکس کننده جهت افزایش پرتوهای خورشیدی استفاده می شود. متمرکز کردن پرتوهای خورشیدی در کانون، بمنظور دست یابی به درجه حرارت بالا می باشد .

کلکتورهای متمرکز کننده جهت دستیابی به حرارت بالا در کانون می بایستی قادر به ردیابی خورشید در مدت تابش روزانه باشند. این نوع کلکتورها در یک روز صاف ۳۶۲۵۲ کیلوژول بر مترمربع از انرژی خورشید را جمع آوری می کنند. تمرکز در ناحیه کانونی باعث افزایش انرژی دریافت شده در واحد

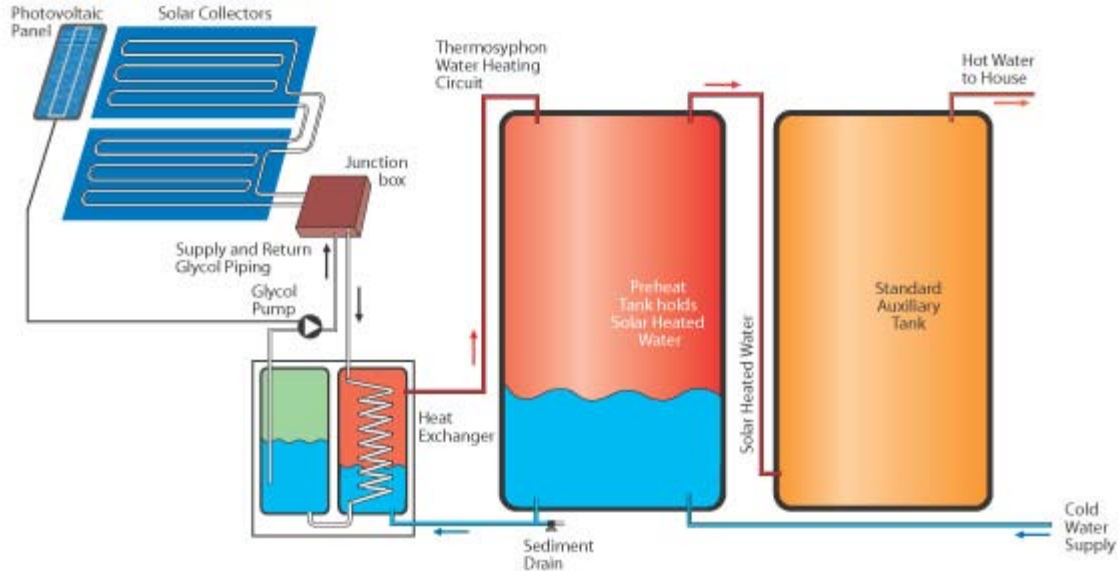
سطح می گردد. در متمرکز کننده ها بعلت کاهش سطح جذب کننده ها، اتلاف حرارتی کاهش یافته و دمای بالاتر و حرارت بیشتری تولید می شود. برای مناطق ابری مناسب نیستند و نیازی به پوشش شیشه ای ندارند. نسبت به کلکتورهای تخت هزینه بیشتری لازم دارند. از نظر راندمان در دماهای پائین از کلکتورهای تخت کم تر بوده ولی در دماهای بالا، دارای راندمان خوبی هستند. میزان دریافت شدت تابش خورشیدی در متمرکز کننده ها می تواند در حدود ۷۰-۸۰ برابر نسبت به کلکتورهای تخت باشد. نیازی به عایق بندی ندارند در صورتی که در کلکتور های تخت، عایق بندی نکته حائز اهمیتی است.

کاربرد غیر نیروگاهی حرارتی خورشید

### ۱- آب گرمکن خورشیدی (Solar Water Heater)

آبگرمکن ها اصلی ترین سیستم مورد استفاده در کاربردهای غیرنیروگاهی خورشیدی می باشند. همانطور که از نام آن پیداست برای گرم کردن آب مورد استفاده قرار می گیرد. طرز کار یک آبگرمکن خورشیدی : آبگرمکنها از سه بخش اصلی تشکیل می شوند که شامل: کلکتور، مدار لوله کشی، مخزن ذخیره حرارتی می باشند. در اغلب آبگرمکنهای امروزی سیال عامل که محلول آب و ضد یخ است در یک سیکل بسته بین مخزن و کلکتور توسط مدار لوله کشی در جریان است. کلکتور انرژی حرارتی خورشید را جذب کرده و به سیال عامل منتقل می کند. سیال گرم شده به سمت منبع ذخیره حرکت کرده و در آنجا پس از عبور از یک مبدل حرارتی، گرمای خود را به آب داخل مخزن منتقل می کند و پس از سرد شدن به کلکتور باز می گردد و بدین ترتیب بدون اینکه با آب مصرفی مخلوط شود، دائماً در یک سیکل بسته در حال حرکت است. آبگرمکنهای خورشیدی به دو دسته، آبگرمکنهای مدار باز و مدار بسته طبقه بندی می شوند که هر یک به دو صورت ترموسیفونی(جریان طبیعی) یا پمپی(اجباری) می توانند کار نمایند. بخش اصلی یک آبگرمکن خورشیدی کلکتور آن است که خود شامل ورقی است که به وسیله تابش کلی خورشید حرارت یافته و حرارت خود را به یک سیال جذب کننده که داخل لوله در حال جریان است، منتقل می کند. رنگ این ورق همیشه تیره انتخاب می شود 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 لوله ها را در داخل یک جعبه عایق با روکش شیشه قرار می دهند تا از اثر گلخانه ای بتوان استفاده کرد.

## Solar Hot Water System Schematic



### ۲- گرمایش و سرمایش ساختمان (Solar Heating & Cooling)

از آنجا که روزانه انرژی بسیاری صرف گرمایش و سرمایش ساختمان ها می شود، طراحی و اجرای ساختمانهایی که بتواند از انرژی خورشیدی حداکثر استفاده را برد بسیار حائز اهمیت و مفید است. تامین نیاز حرارتی ساختمانها با استفاده از خورشید به ۲ طریق پسیو (Passive) و فعال (Active) قابل دسترسی است. کیفیت و چگونگی معماری ساختمان به دریافت و ذخیره انرژی خورشیدی در حالت پسیو بستگی کامل دارد در صورتیکه گرمایش خورشید بصورت فعال، مستلزم استفاده از گردآورنده های خورشیدی و یک منبع انرژی دیگر جهت انتقال سیال گرم شده به داخل ساختمان می باشد.

#### • سیستم گرمایش خورشیدی پسیو

در این سیستم گرم کردن ساختمان بطور طبیعی و با استفاده از عوامل طبیعی مثل خورشید انجام می گیرد. بدین معنی که چنین سیستمی این امکان را فراهم می سازد که ساختمان بدون نیاز به انرژی فسیلی و در نهایت با مصرف انرژی بسیار کمی کار کند. در مورد سیستم های گرمایش پسیو ساختمان ها روشهای مختلفی وجود دارد:

۱. ورود مستقیم نور خورشید به داخل اتاق از طریق پنجره ها (Direct Gain Method)
۲. استفاده از دیوار ذخیره کننده انرژی خورشیدی (دیوار ترومب) و دیوار آبی (Drum Wall)
۳. استفاده از گیرنده مسطح قائم با جریان طبیعی هوا (Solar Chimney Design)
۴. استفاده از گلخانه مجاور (Attached Green House)
۵. استخر یا حوضچه روی بام

- سیستم گرمایش خورشیدی فعال (Active Solar Heating)

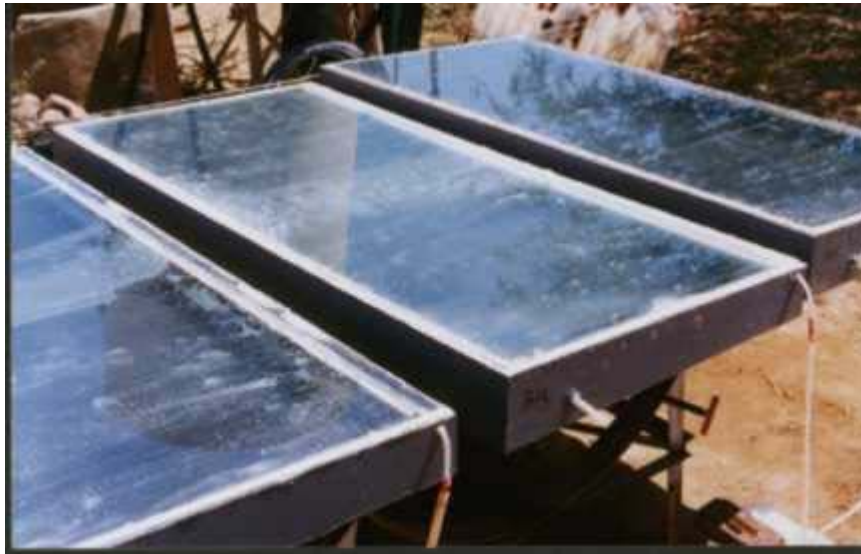
در سیستم های فعال بر خلاف سیستم های پسیو از المانهای متفاوتی برای گرمایش ساختمان استفاده می شود. اجزائی که در این سیستم ها به کار می روند عبارتند از: گردآورنده ها (کلکتورها)، سیستم ذخیره انرژی گرمائی، کانالهای عبور سیال، پمپها، لوله کشی، شیرآلات، دمپرها، سیستم های کنترل دستی یا اتوماتیک، سیستم سوخت کمکی و مبدل های حرارتی.

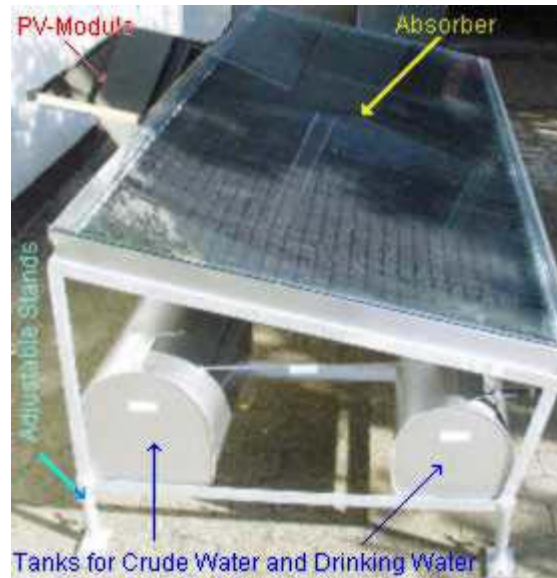
- سیستم سرمایش خورشیدی (Solar Cooling System)

برخلاف گرمایش خورشیدی که عملی نسبتاً آسان و ارزان است، تولید سرما با استفاده از انرژی خورشیدی کاری نسبتاً مشکل و گران می باشد . بطور کلی دو راه حل برای سرمایش خورشیدی وجود دارد:  
0 تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی مکانیکی و یا الکتریکی و استفاده از آنها در بکار انداختن دستگاههای تبرید تراکمی  
0 تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی حرارتی و استفاده از آن در بکار انداختن دستگاههای تبرید جذبی.

## ۲- آب شیرین کن خورشیدی (Solar desalinization)

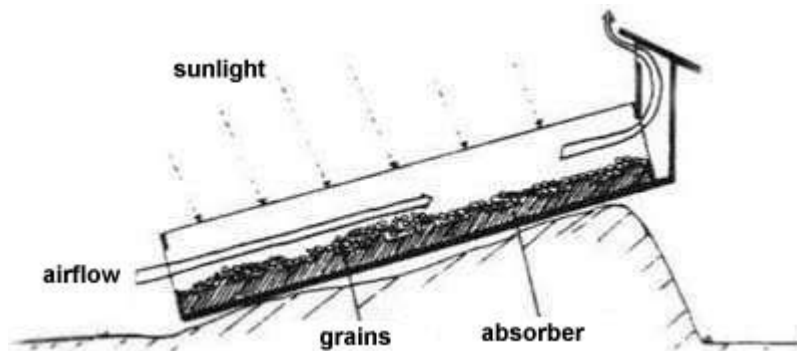
اصول کار دستگاه تصفیه آب خورشیدی ساده بوده و سرپوش پلاستیکی یا شیشه ای در سطح فوقانی دستگاه نقش عمده و کلیدی را در عملکرد سیستم ایفا می کند. با عبور اشعه خورشید کف حوضچه آب شور که معمولاً برای جذب بالاتر گرما سیاه رنگ می باشد، آب دریا یا آب شور داخل خود را گرم و درجه حرارت بالا می رود، سپس بخار آب ایجاد شده و پس از برخورد به سطح داخلی سرپوش شیشه ای که دمای آن پائین تر از دمای داخل آب شیرین کن است، شروع به تقطیر می کند که با جمع آوری این آب مقطر، آب شیرین به دست می آید. سیستم آب شیرین کن از نظر نحوه عملکرد به دو روش مستقیم و غیر مستقیم تقسیم می شود. در روش مستقیم فقط از انرژی حرارتی خورشیدی استفاده می شود در حالی که در روش غیر مستقیم از انرژی برق به عنوان انرژی کمکی استفاده می شود. طراحی آب شیرین کن های خورشیدی با توجه به شرایط اقلیمی و جوی در منطقه مورد نظر بایستی صورت پذیرد.

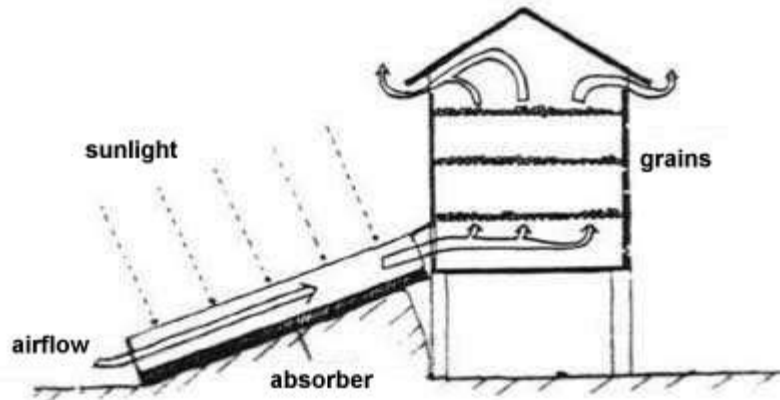




#### ۴- خشک کن خورشیدی (Solar dryer)

عملکرد خشک کن های خورشیدی بدین ترتیب است که مواد خشک شدنی بطور مستقیم و یا غیر مستقیم از انرژی حرارتی خورشید استفاده کرده و هوا نیز بطور طبیعی و یا اجباری جریان یافته و باعث خشک شدن محصول می گردد. خشک کن مستقیم: کاربرد آن آسان و ارزان است ولی در این سیستم راهی برای کنترل درجه حرارت وجود ندارد، در این روش اگر سبزی ها و میوه ها زیاد در معرض تابش خورشید باشند تغییر رنگ داده و مقدار زیادی از ویتامین های خود را از دست می دهند. خشک کن غیر مستقیم: در این روش درجه حرارت قابل کنترل است و مواد غذایی به طور مستقیم با اشعه خورشید در تماس نیستند در نتیجه رنگ آنها ثابت می ماند. این وسیله متناسب با نیاز روستاها در امر خشک کردن میوه و سبزیجات و همچنین در صنعت خشک کردن برنج و تولید سبزی خشک بوسیله انرژی خورشیدی طراحی شده است.





### ۵- اجاق خورشیدی (Solar cooker)

اجاقهای خورشیدی در ۳ نوع رایج شلجمی، لوله های حرارتی و جعبه ای ساخته شده است. نوع شلجمی آن به صورت یک بشقاب سهموی می باشد که برای پختن غذا بوسیله آن باید ماده غذایی مورد نظر را در کانون این بشقاب قرار داده و با تنظیم و متوجه نگاه داشتن (focusing) سهموی می توان غذا را پخت. چون در این نوع متمرکز کننده ها می توان دماهای بالاتر از ۱۰۰ درجه سانتیگراد بدست آورد بنابراین سرخ کردن سبزی و گوشت و... در آنها کاملا امکان پذیر است. در پخت غذا با استفاده از لوله های حرارتی می توان در گیرنده های مسطح مخصوص تولید بخار نموده و این بخار را با استفاده از مکانیسم لوله های حرارتی با برگشت طبیعی به داخل آشپزخانه (که بالاتر از گیرنده قرار دارد) منتقل نمود. بخار به محفظه ای که در آن ظرف حاوی غذا قرار دارد وارد شده و دور ظرف غذا تقطیر شده و حرارت تبخیر خود را به مواد غذایی جهت پخت غذا می دهد. بخار تقطیر شده با استفاده از نیروی ثقل به گیرنده خورشیدی بر می گردد. از این نوع سیستم نمی توان جهت سرخ کردن سبزی و گوشت استفاده نمود. در اجاق خورشیدی از نوع جعبه ای (آرام پر خورشیدی) که اولین بار توسط شخصی به نام نیکلاس ساخته شد. اجاق او شامل یک جعبه عایق بندی شده با صفحه ای سیاه رنگ و در پوش شیشه ای بود. اشعه خورشید با عبور از میان در پوش شیشه ای وارد جعبه شده و بوسیله سطح سیاه جذب می شد سپس درجه حرارت داخل جعبه را به ۸۸ درجه افزایش می داد. اصول کار اجاق خورشیدی جمع آوری پرتوهای مستقیم خورشید در یک نقطه کانونی و افزایش دما در آن نقطه می باشد.



## ۶- کوره خورشیدی (Solar Furnace)

کوره خورشیدی با استفاده از انرژی خورشید گرم می شود (در کوره‌های دیگر ، نوعی سوخت را می‌سوزانند تا گرمایش به کوره منتقل شود). معمولا با استفاده از تعداد زیادی آینه ، پرتوهای نور خورشید را جمع آوری و پرقدرت می‌کنند و مجموعه آنها را بر روی کوره می‌تابانند تا دمایش خیلی بالا رود . ذره بین وسیله‌ای است که همین کار را انجام می‌دهد. شاید دیده باشید که وقتی ذره بین را مقابل خورشید می‌گیریم و مجموعه پرتوهای آنرا به صورت یک نقطه مثلا روی پوست یا کاغذ می‌تابانیم، آن قدر حرارت ایجاد می‌شود که پوست می‌سوزد و یا کاغذ آتش می‌گیرد. متداولترین سیستم یک کوره خورشیدی متشکل از ۲ آئینه یکی تخت و دیگری کروی می باشد. نور خورشید به آینه تخت رسیده و توسط این آئینه به آئینه کروی بازتابیده می شود. طبق قوانین اپتیک هرگاه دسته پرتوی موازی با محور آئینه برخورد نماید در محل کانون متمرکز می شود، به این ترتیب انرژی حرارتی خورشید در این نقطه جمع شده و این نقطه به دمای بالایی می رسد.



### نیروگاههای حرارتی خورشیدی به ۵ دسته تقسیم بندی می گردند:

- (Parabolic Trough) نیروگاههای سهموی خطی
- (CRS) نیروگاههای دریافت کننده مرکزی
- (Parabolic Dish) نیروگاههای بشقابک سهموی
- (Solar Chimney) نیروگاههای دودکش خورشیدی
- (Fresnel Collector) نیروگاه کلکتورهای فرنل
- (Parabolic Trough) نیروگاههای سهموی خطی

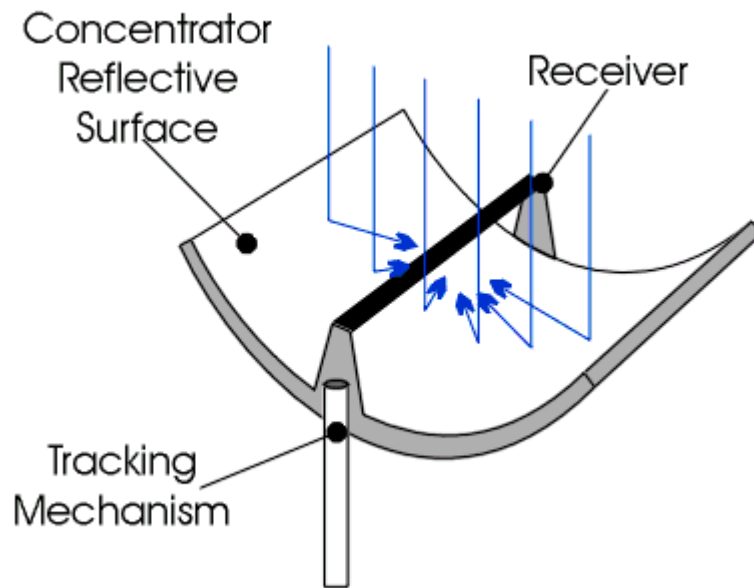
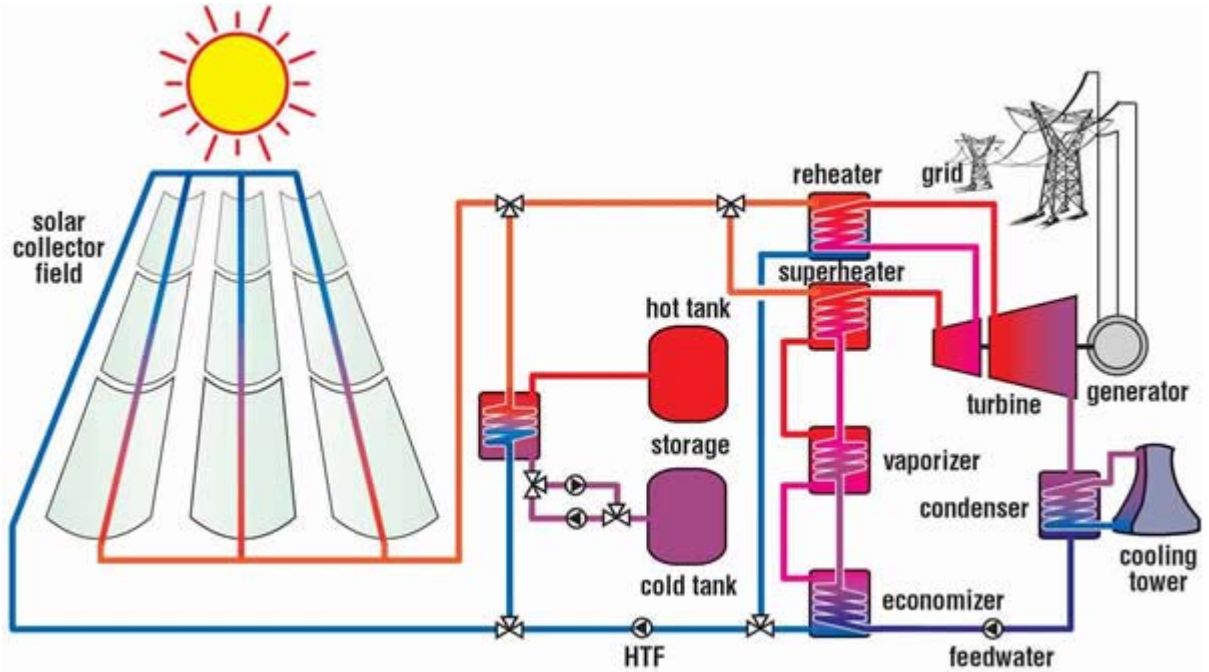
نیروگاههای حرارتی خورشیدی از نوع سیستم کلکتور سهموی خطی شامل ردیفهای موازی و طولانی از متمرکز کننده-ها می باشند. بخش متمرکز کننده شامل سطوح انعکاسی سهموی است که از جنس آینه های شیشه ای تشکیل شده و روی یک ماده سازه نگهدارنده قرار می-گیرند. دریافت کننده از لوله های جاذب با پوشش مخصوص تشکیل شده که بوسیله شیشه پیرکس پوشانده می شوند و در طول خط کانونی قرار می گیرند. بخش دریافت کننده در قسمتهای انتهایی روی دو تکیه گاه، قرار گرفته اند که این مجموعه روی تیرکهای اصلی سازه سوار است. سیستم ردیابی خورشید در این دستگاهها تک محوره بوده و ردیابی خورشید از شرق به غرب انجام می گیرد. بگونه ای که پرتوهای خورشید در تمام مدت ردیابی بر روی لوله های جاذب منعکس شوند. یک سیال انتقال حرارت روغن با دمای حدود ۴۰۰ درجه سانتیگراد از میان لوله های جاذب در جریان می باشد و روغن داغ در مبدلهای حرارتی آب را به بخار تبدیل و بخار سوپرهیت طی عبور از توربین ژنراتور، انرژی الکتریکی تولید می کند. این نوع نیروگاهها با ذخیره حرارت قابلیت تولید برق را حتی در مواقعی که خورشید غروب نموده است را دارا هستند.

### اجزاء اصلی نیروگاههای سهموی خطی

- منعکس کننده از نوع آینه های سهموی
- دریافت کننده تابش خورشیدی که پرتوهای منعکس شده را جذب کرده و موجب گرمایش سیال انتقال دهنده گرما می شود
- مکانیزم حرکت دهنده (تک محوری) کلکتورهای سهموی به منظور ردیابی خورشید و کنترل کننده ها
- اسکلت فلزی نگهدارنده و فونداسیون
- سیستمهای مربوط به تولید قدرت الکتریکی



- تجهیزات مربوط به انتقال گرما
- تجهیزات مربوط به تولید الکتریسیته و دفع گرمای تلف شده به محیط خارج



### نیروگاههای دریافت کننده مرکزی (CRS)

این سیستم شامل مجموعه ای از آینه هایی است (هلیوستات) که هر یک بطور جداگانه انرژی خورشید را متمرکز و به برج دریافت کننده مرکزی منتقل می کنند. انرژی توسط یک مبدل حرارتی که در روی یک برج نصب

شده است و گیرنده نامیده می شود جذب می شود. در آن جا آب به بخار سوپر هیت تبدیل شده و این بخار توربین ژنراتور را که در پائین برج نصب شده به حرکت در آورده و تولید برق می نماید.

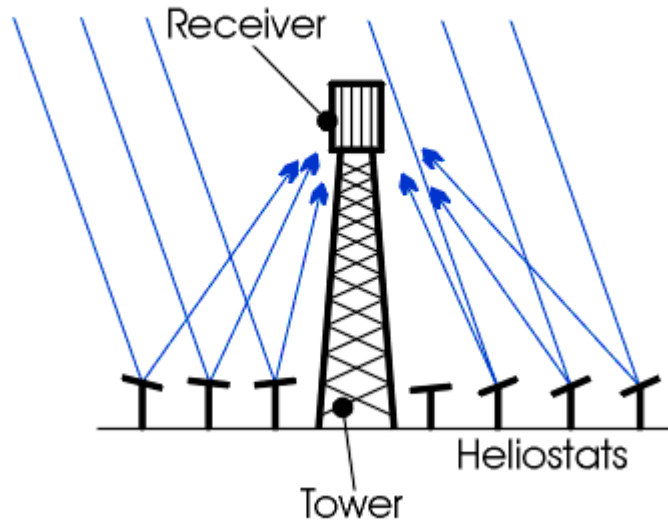
### اجزاء اصلی نیروگاههای دریافت کننده مرکزی

**هلیوستات:** سیستم گردآورنده پرتوهای خورشیدی شامل مزرعه ای از **هلیوستات** ها از نوع شیشه ای یا غشایی

**دریافت کننده مرکزی:** که گرمای پرتوهای خورشیدی را جذب و قابل استفاده می نماید.

**سیستم انتقال انرژی گرمایی:** که گرمای وارده به گیرنده را جذب نموده و به گردش وا می دارد. در طرحهای اولیه از آب و بخار بعنوان سیال جذب کننده و انتقال دهنده انرژی گرمایی استفاده می گردید و در طرحهای توسعه یافته تر از سیالاتی چون نمکهای سدیم و پتاسیم مذاب استفاده می گردد.

### سیستم ذخیره انرژی



## نیروگاههای بشقاب سهموی (Parabolic Dish)

پرتوهای خورشید تابیده شده بر روی سطح متمرکز کننده سهموی در کانون آن جمع می شود. برای اینکه چنین سیستمی پر بازده باشد لازم است که این گردآورنده همواره بطرف خورشید ردیابی شود و در نتیجه به یک مکانیسم ردیابی دو محوره نیاز دارد. در این سیستم، نور خورشید در یک نقطه کانونی متمرکز می شود و یک موتور استرلینگ انرژی حرارتی این تشعشع تمرکز یافته را به انرژی مکانیکی تبدیل می کند و به کمک یک آلترناتور از این انرژی مکانیکی، الکتریسیته تولید می گردد.

### اجزاء اصلی نیروگاههای بشقاب سهموی

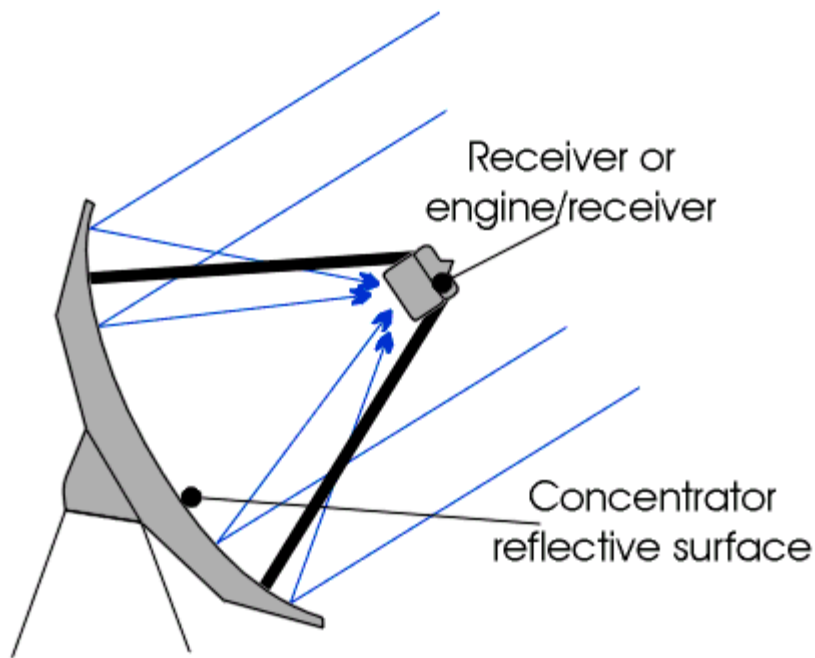
**سطح متمرکزکننده :** وظیفه آن متمرکز کردن شعاعهای نور خورشید در نقطه کانونی است.

**موتور استرلینگ:** انرژی گرمایی تمرکز یافته نور را به انرژی مکانیکی تبدیل کرده که توسط یک آلترناتور از آن الکتریسیته تولید میگردد. این موتورها با سیستمهای دما بالا و پرفشار با انتقال حرارت خارجی هستند که گاز هلیوم یا هیدروژن بعنوان سیال عامل آنها عمل می کند. بهترین عملکرد انواع این موتورها در دماهای بالای ۷۰۰ درجه سانتی گراد و فشارهایی تا ۲۰ مگاپاسکال انجام می شود.

**ردیاب و سیستم کنترل :** سیستم ردیاب همواره سطح متمرکز کننده را در مقابل خورشید قرار می دهد تا نور دقیقاً در دریافت کننده موتور استرلینگ تمرکز یابد. بعلاوه سیستم کنترل با دریافت اطلاعات از سنسورهای مختلف و همچنین موتور استرلینگ، در هر وضعیت فرمان مناسبی برای کنترل سیستم ارسال می نماید.

**سازه و فونداسیون:** برای نگه داشتن سطح متمرکزکننده، موتور استرلینگ و سایر اجزاء سیستم و تحمل بارهای اینرسی، باد و زلزله وجود یک فونداسیون و سازه ای سبک و با استحکام ضروریست.





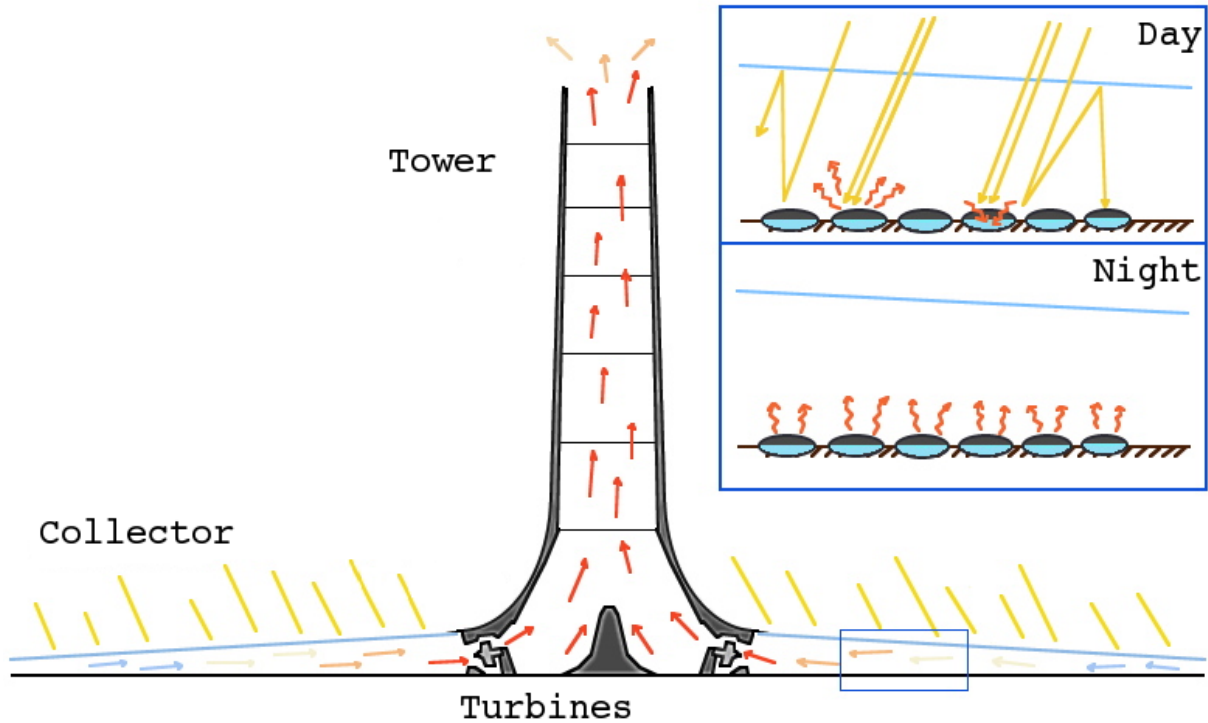
### نیروگاه‌های دودکش خورشیدی (Solar Chimney)

نیروگاه دودکش خورشیدی، یک نیروگاه خورشیدی است که از ترکیب کلکتورهای هوای خورشیدی و برج هدایت کننده هوا برای تولید جریان هادی القائی هوا استفاده می‌کند و این جریان هوا موجب چرخش توربین‌های پله‌ای فشار و در نهایت تولید برق توسط ژنراتور می‌شود.

### نحوه عملکرد نیروگاه‌های حرارتی دودکش خورشیدی

تابش خورشید موجب گرم شدن هوا در زیر سقف هادی نور (شفاف) که برج مرکزی را احاطه کرده است، می‌شود. در مرکز این سقف یک برج عمودی با دهانه ورودی عریض واقع شده است. محل اتصال این برج با سقف شیشه‌ای باید به نحوی ساخته شود که در مقابل نفوذ هوا مقاوم باشد. هوای گرم سبک‌تر از هوای سرد است لذا از برج بالا خواهد رفت. با مکش هوای گرم به بالای برج، هوای سرد مجدداً از فضای خارجی سقف وارد آن خواهد شد. این جریان مداوم هوا را با استفاده از توربین‌های پله‌ای فشار تبدیل به انرژی مکانیکی و سپس توسط ژنراتورهای مرسوم برق تولید می‌کند. شکل ۱ نمایی از شماتیک عملکرد این نوع نیروگاه‌های خورشیدی را نشان می‌دهد. برای تولید ۲۴ ساعته برق در این نیروگاه می‌توان از لوله‌های حاوی آب و یا محفظه‌های آب در زیر سقف استفاده نمود. این لوله‌ها یا محفظه‌ها تنها یک بار از آب پر می‌شوند و هیچ نیازی به آب‌گیری مجدد ندارند.

## شماتیک عملکرد نیروگاه‌های حرارتی دودکش خورشیدی



### اجزاء اصلی یک دودکش خورشیدی

- سقف نیمه شفاف (مثلاً شیشه‌ای) که در ارتفاع چندمتری زمین نصب می‌گردد.
- دودکش مرتفع که در مرکز سقف شیشه‌ای قرار می‌گیرد.
- توربین‌های بادی که در پایه دودکش قرار می‌گیرند.
- زمین که با روکش مناسبی پوشانده می‌شود.

## نیروگاه کلکتورهای فرنل Fresnel Collector

در این گونه نیروگاهها از کلکتور فرنل برای متمرکز کردن نور خورشید روی لوله گیرنده استفاده می شود.

در این نیروگاه همانند نیروگاههای سهموی خطی، کلکتورها به صورت خطی و در جهت شمال جنوب نصب می شوند. کلکتورهای آن تعداد زیادی آینه تخت با پهنای کم و طول زیاد هستند که کنار هم دیگر قرار می گیرند. زاویه قرار گیری هر کدام از آینه ها بصورتی است که بازتاب نور خورشید را روی بخش دریافت کننده متمرکز کنند.

در بخش دریافت کننده یک بازتاب دهنده ثانویه از نوع جفت سهموی قرار دارد که بازتاب آینه ها را جمع آوری کرده و روی لوله گیرنده می تاباند با گرم شدن لوله گیرنده سیال داخل آن گرم می شود.

برای نیروگاههای خورشیدی از این دست عملکرد ممکن است به دو صورت باشد در سیستم های متداول سیال عامل داخل لوله گیرنده روغن است که پس از داغ شدن به مبدلهای حرارتی منتقل شده و سپس موجب تولید بخار می شود اما در نوع دیگر که نوع بخار مستقیم (direct steam) نامیده می شود طول کلکتورها بیش از یکصد متر می باشد. از یک طرف لوله دریافت کننده آب وارد شده و از طرف دیگر بخار خارج می شود و نیازی به سیستم های جانبی اضافی نیست.



## فناوری های سیستمهای فتوولتائیک

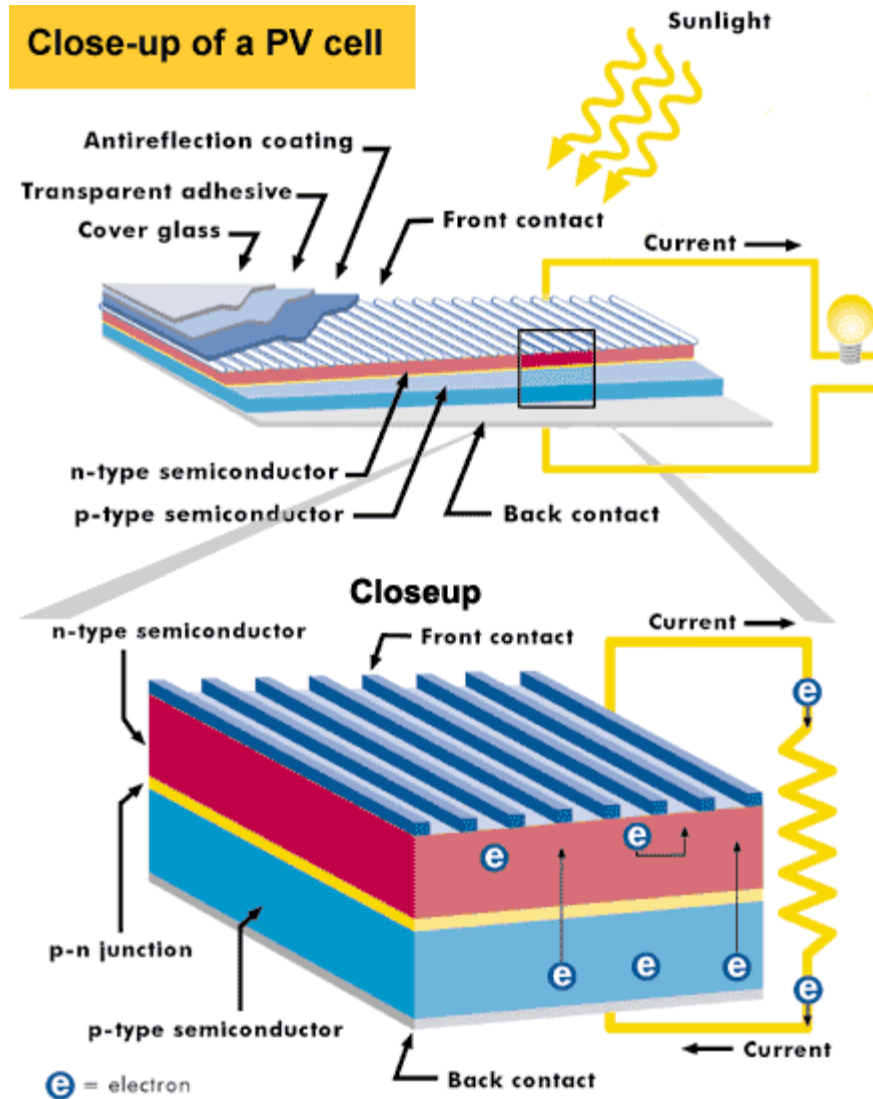
سلول فتوولتائیک نور خورشید را مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می کند. اصل مقدماتی در این تکنولوژی پدیده " فتوالکتریک " است که اولین بار توسط انیشتین مطرح گردید. "فتو" به معنای نور و "ولتائیک" به معنای الکتریسیته می باشد. عنصر اصلی در ساخت سلولهای خورشیدی، نیمه هادیهایمانند سیلیکون و گالیم آرسناید می باشد. اساس کار سلولهای خورشیدی بر مبنای تئوری الکترونهای مدارات اتم قابل توجیه است.

در سطح خارجی تراز انرژی اتم دو سطح تراز مشخص وجود دارد. سطح تراز ظرفیت اتم (والانس) که در عملیات شیمیایی دخالت دارد و سطح تراز هدایت اتم (لایه هدایت) که در هدایت الکتریکی نقش دارد. همان طور که میدانید هر اتم برای اینکه از تراز ظرفیتی خود به تراز هدایت انتقال یابد، احتیاج به مقدار مشخصی انرژی دارد که به آن انرژی گپ می گویند. علت استفاده از نیمه هادی های هم دقیقاً به این خاطر است که این عناصر نیاز به انرژی گپ بسیار پائین دارند تا به تراز هدایت منتقل گردند و با حرارتی کم در حد حرارت محیط می توانند این انرژی را تامین نمایند. در نیمه هادیها با اضافه کردن ناخالصی به کریستال خالص آنها می توان میزان انرژی

گپ را بیش از پیش کاهش داد. اگر به سیلیسیم که یک نیمه هادی است فسفر اضافه شود دارای بار منفی و اگر ( بر ) اضافه شود دارای بار مثبت می گردد.

حال اگر به الکترونی که در تراز ظرفیت است انرژی بیش از مقدار انرژی گپ داده شود به تراز هدایت منتقل شده و باعث ایجاد الکترون و حفره ای آزاد می گردد. لذا از همین خاصیت برای ساخت نیمه هادی های نوع P و N استفاده می گردد.

در اثر برخورد نور به سطح نیمه هادی نوع PN و کسب انرژی گپ، حاملهای بار(الکترون - حفره) بوجود آمده که می توانند در داخل نیمه هادی حرکت نموده و تولید الکتریسیته نمایند.



مواد گوناگونی تاکنون در ساخت سلول های خورشیدی استفاده شده اند که بازده و هزینه های ساخت متفاوتی دارند. در واقع این سلول ها باید طوری طراحی شوند که بتوانند طول موج های نور خورشید را که به سطح زمین می رسد با بازده بالا به انرژی مفید تبدیل کنند. موادی که برای ساخت سلول های خورشیدی استفاده می شوند را می توان در سه نسل طبقه بندی نمود.

## نسل اول فناوریهای فتوولتائیک: سلولهای کریستالی

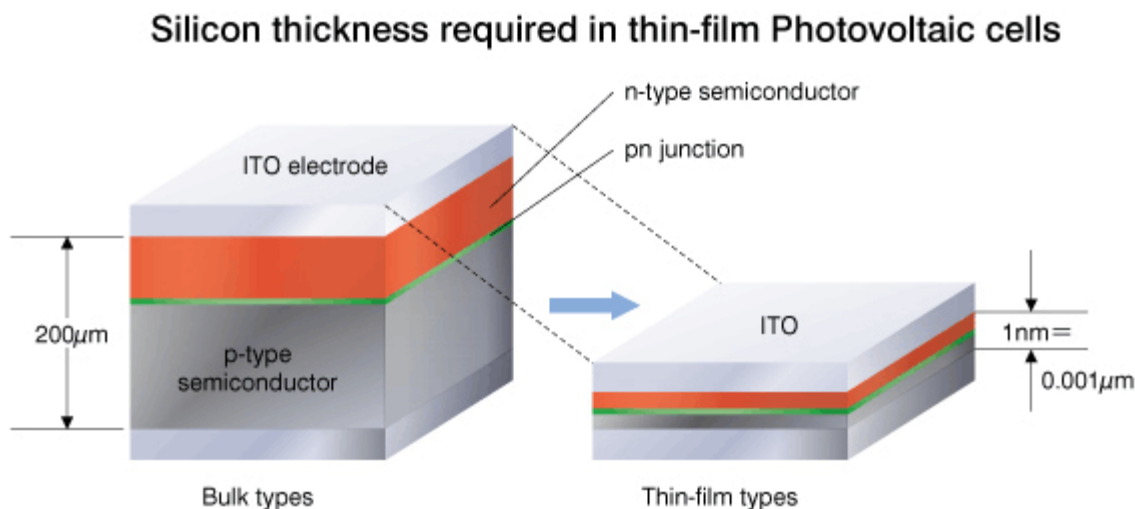
سیلیکون یکی از فراوان ترین عناصر حال حاضر کره زمین می باشد. این عنصر یک نیمه هادی بسیار مناسب برای استفاده در سیستمهای فتوولتائیک می باشد. سلولهای کریستالی سیلیکون بسته به این که ویفرهای سیلیکونی به چه روش ساخته می شوند به ۲ دسته کلی تقسیم بندی می شوند: مونو کریستال سیلیکونی و پلی کریستال سیلیکونی. دسته دیگر از سلولهای کریستالی شامل گالیم آرسناید می باشد.

## نسل دوم فناوریهای فتوولتائیک: سلولهای خورشیدی تین فیلم

پس از بیش از ۲۰ سال تحقیق و توسعه، سلولهای خورشیدی تین فیلم شروع به گسترش نمودند. تین فیلم ها به طور قابل ملاحظه ای در هزینه تولید الکتریسیته نسبت به ویفرهای سیلیکونی کاهش ایجاد نمودند.

سه نوع اصلی سلولهای خورشیدی تین فیلم که در حال حاضر تجاری شده اند شامل:

- سیلیکونهای آمورف (a-Si) و (a-Si/ $\mu$ c-Si)
- کادمیوم تلورید (Cd-Te)
- مس- ایندیم- سلنید (CIS) و مس - ایندیم - گالیم- دیسلنید (CIGS)



مقایسه ای از ضخامت سیلیکون مورد نیاز در تین فیلم ها و سلولهای کریستالی

## نسل سوم فناوریهای فتوولتائیک

فناوری های این نسل در مرحله پیش از تجاری سازی به سر می برند. فناوری های نسل سوم به دسته های زیر تقسیم می شوند:



- CPV
- سلول های خورشیدی ارگانیک
- سلول های خورشیدی حساس به رنگ
- سلول های خورشیدی پلیمری
- سلول های خورشیدی مبتنی بر کریستال های مایع

## کاربردها و چگونگی بکارگیری سیستم های فتوولتائیک

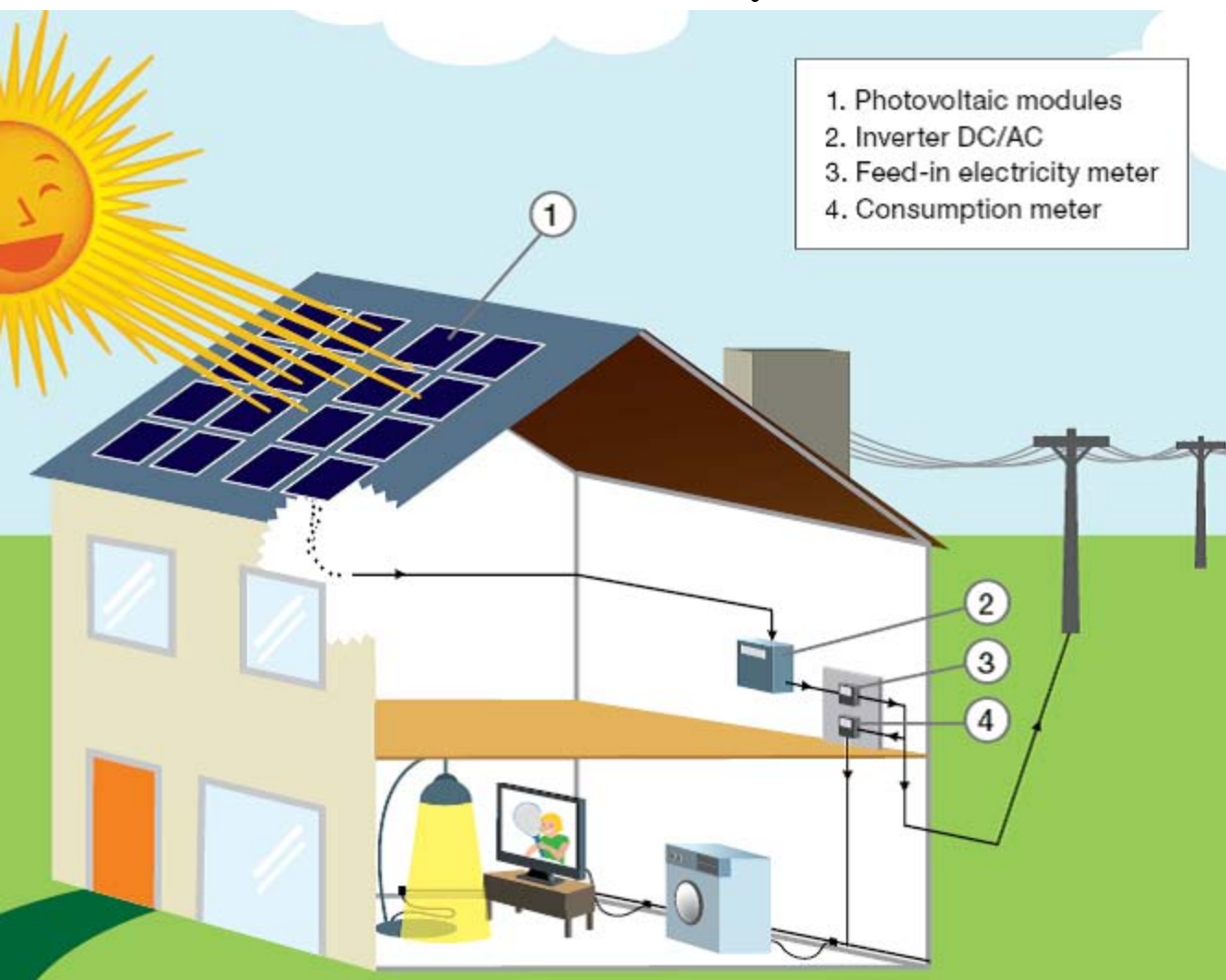
سیستم های فتوولتائیک جهت مصارف عمومی و کشاورزی، بصورت نیروگاه های مستقل از شبکه سراسری یا سیستم های متصل به شبکه سراسری با ساختار نصب ثابت و یا متحرک در واحدهای کوچک باتوان پائین جهت تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز ماشین حساب های کوچک تا سیستم های بزرگ نیروگاهی، به کار می رود.

در خصوص سیستم های متحرک می بایست متذکر شد که، مزیت آن امکان ردیابی خورشید و افزایش انرژی الکتریکی حاصل از تابش خورشید در طی روز می باشد. باوجود این مطلب، بدلیل افزایش احتمال خرابی در سیستم مکانیکی، نیاز به انرژی الکتریکی جهت به حرکت درآوردن سازه در کاربردهای کوچک و پراکنده توصیه نمی گردند. تنها در تعدادی از نیروگاه های برق خورشیدی (فتوولتائیک) در جهان از این نوع سازه استفاده شده است.

## روش های بکارگیری سیستم های فتوولتائیک

### ۱- متصل به شبکه سراسری برق ( Grid Connected )

در این روش، انرژی الکتریکی حاصل از سیستم فتوولتائیک (با استفاده از تجهیزات الکتریکی مبدل جریان مستقیم به جریان متناوب، همچون اینورترهای متصل به شبکه و ...) ضمن تغییر شکل و تطبیق سطح ولتاژ و فرکانس انرژی الکتریکی حاصل از سیستم فتوولتائیک، با مشخصات سطح ولتاژ، اختلاف فاز، فرکانس و ... شبکه سراسری به شبکه سراسری برق تزریق می گردد. با استفاده از نیروگاه های فتوولتائیک متصل به شبکه سراسری بصورت متمرکز و یا غیرمتمرکز (ضمن تقویت انرژی جاری در شبکه توزیع)، بدلیل تزریق ولتاژ و جریان مانع افت ولتاژ شبکه توزیع گردیده و در نتیجه از فشار بر روی نیروگاه ها در طی روز جلوگیری نمود. این امر به مثابه این است که هر مشترک شبکه سراسری برق، با نصب سیستم متصل به شبکه، خود بعنوان یک تولید کننده پراکنده کوچک (DG) ، بصورت نیروگاهی کوچک عمل نماید. در این روش علاوه بر تامین بخشی از انرژی الکتریکی مورد نیاز مصرف کننده، انرژی الکتریکی (مازاد بر مصرف) به شبکه سراسری برق تزریق می شود.



### - مستقل از شبکه سراسری برق سیستم‌های مستقل از شبکه ( Stand Alone )

تأمین انرژی الکتریکی ایستگاه‌های مخابراتی و تلویزیونی، خانه‌های مسکونی، چادرهای عشایری، کلبه‌های روستایی و بصورت کلی رفع نیاز انرژی الکتریکی مناطقی که فاقد شبکه سراسری برق می‌باشند. این بخش سهم بالایی از سیستم‌های مستقل از شبکه را در جهان به خود اختصاص داده است. در بسیاری از کشورهای جهان (بویژه در حال توسعه جهت تأمین انرژی الکتریکی مورد نیاز روستاهای فاقد برق از این سیستم استفاده می‌گردد، بطور مثال در سال ۲۰۰۷ کشور اندونزی برق رسانی به ۱۵۰۰۰ خانوار روستایی را از این طریق آغاز نموده است). عدم نیاز به سوخت و مشکلات سوخت رسانی بویژه در مناطق صعب العبور عدم نیاز به تعمیر و نگهداری مداوم و طول عمر مناسب از جمله عمده مزایای است که در رشد و توسعه این سیستم‌ها بویژه در نقاط محروم کشور نقش عمده و بسزایی دارد.

### اهم کاربردهای سیستم‌های فتوولتائیک

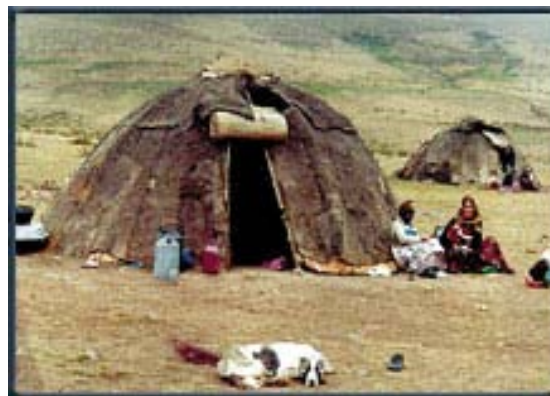
۱- سیستم‌های تأمین برق مستقل از شبکه (تأمین برق خانه‌های مسکونی، چادرهای عشایری، کلبه‌های روستایی و بصورت کلی رفع نیاز الکتریکی مناطق فاقد شبکه سراسری برق می‌باشند)

۲- پمپاژ خورشیدی (آب شرب، آبیاری، دامپروری، پرورش ماهی، جنگلها، مراتع، آبشخور حیوانات، آبناها و...) یکی از کاربردهای موفق سیستم های فتوولتائیک، پمپاژ آب خورشیدی می باشد. افزایش تقاضا در این بخش نشان گر توانمندی و قابلیت کارکرد این سیستم میباشد. بطورمثال در سال ۲۰۰۶ در کشور مکزیک بیش از ۸۰۰ عدد پمپ با توان تجمعی ۳۳ کیلووات و در بنگلادش بیش از ۵۰۰۰ عدد پمپ در سال ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶ با مبلغ تجمعی ۲۱ میلیون دلار نصب و راه اندازی گردید و یا ۶/۶٪ از سیستم های فتوولتائیک نصب شده در کشور هند را سیستم های پمپ فتوولتائیک تشکیل می دهد.



۳- روشنایی خورشیدی (منازل مسکونی و مدارس، ایستگاههای بین راهی، تونلها، فانوسهای دریایی، چراغ های پارکی و ...) میزان روشنایی در شب یک امتیاز برای شهرهای بزرگ و صنعتی می باشد و بدون دسترسی به برق، تامین روشنایی به لامپ های دینامی و یا چراغ های نفتی محدود می گردد. یکی از راه حل های مناسب جهت تامین روشنایی مناسب جهت مناطق فاقد دسترسی به برق، استفاده از چراغ های خورشیدی می باشد که سالانه ده ها هزار نمونه از این سیستم در سراسر جهان نصب و راه اندازی می گردد. این سیستم در تامین روشنایی منازل مسکونی و مدارس، ایستگاههای بین راهی، چراغ های راهنمایی و رانندگی، فانوس های دریایی و ... موثر واقع شده است. بگونه ای که تعداد بسیار زیادی از آن ها در کشور ما نیز در شهرها (بویژه تهران) و جاده های کشور نصب گردیده است.

۴- سیستم تغذیه کننده پرتابل (قابل حمل و نقل) همچون خودروهای خورشیدی، مصارف الکتریکی غیرصنعتی در ابزارهایی مانند، اسباب بازی ها، ماشین حساب های خورشیدی و ... قابلیت حمل و نقل سهولت در نصب و راه اندازی از جمله مزایای این سیستمها می باشد که در رشد و توسعه آن نقش بسزایی دارد.



### حفاظت کاتدیک

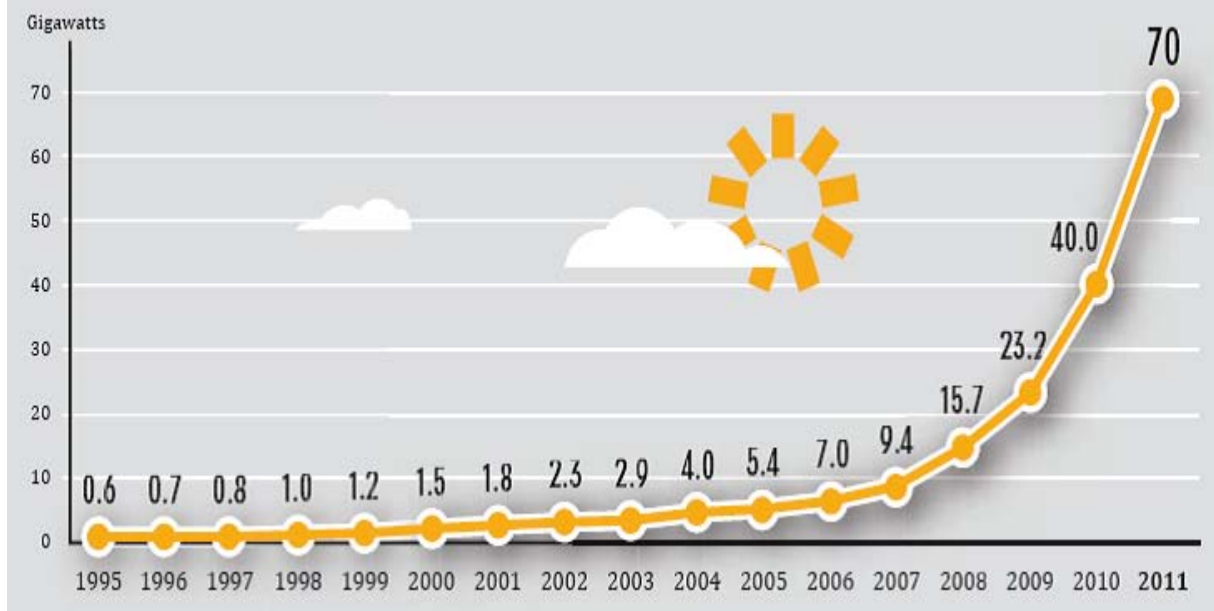
بمنظور جلوگیری از پوسیدگی لوله های انتقال مواد اولیه، شیمیایی، نفت و گاز، نشت مواد مذکور از لوله ها و جلوگیری از آلودگی محیط زیست استفاده از حفاظت کاتدیک فتوولتائیک یک راه حل مناسب و ساده جهت جلوگیری از این مسئله می باشد .

### آمار جهانی انرژی خورشیدی

#### سیستمهای فتوولتائیک

حدود ۳۰ گیگاوات از ظرفیت فتوولتائیک جدید در سراسر جهان در سال ۲۰۱۱ عملیاتی شده است و با افزایش ۷۴ درصدی در کل دنیا به میزان ۷۰ گیگاوات رسیده است. نصب و راه اندازی واقعی در طول سال ۲۰۱۱ نزدیک به ۲۵ گیگاوات بوده است چراکه بعضی از ظرفیتهای متصل شده به شبکه در سال ۲۰۱۰ نصب شده بوده اند.

FIGURE 11. SOLAR PV TOTAL WORLD CAPACITY, 1995–2011



ظرفیت عملیاتی سیستم‌های فتوولتائیک در آخر سال ۲۰۱۱ در حدود ۱۰ برابر میزان کل نصب شده جهانی در ۵ سال قبل بوده است و بدین وسیله به طور متوسط نرخ رشد سالانه ۵۸ درصدی را در بازه زمانی ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۱ به ارمغان آورده است. سهم بازار تین فیلم از ۱۶٪ در سال ۲۰۱۰ به ۱۵٪ در سال ۲۰۱۱ افت داشته است.

کشورهای پیشرو در بیشترین ظرفیت نصب شده تا انتهای سال ۲۰۱۱ آلمان، ایتالیا، ژاپن، اسپانیا و آمریکا بوده اند.

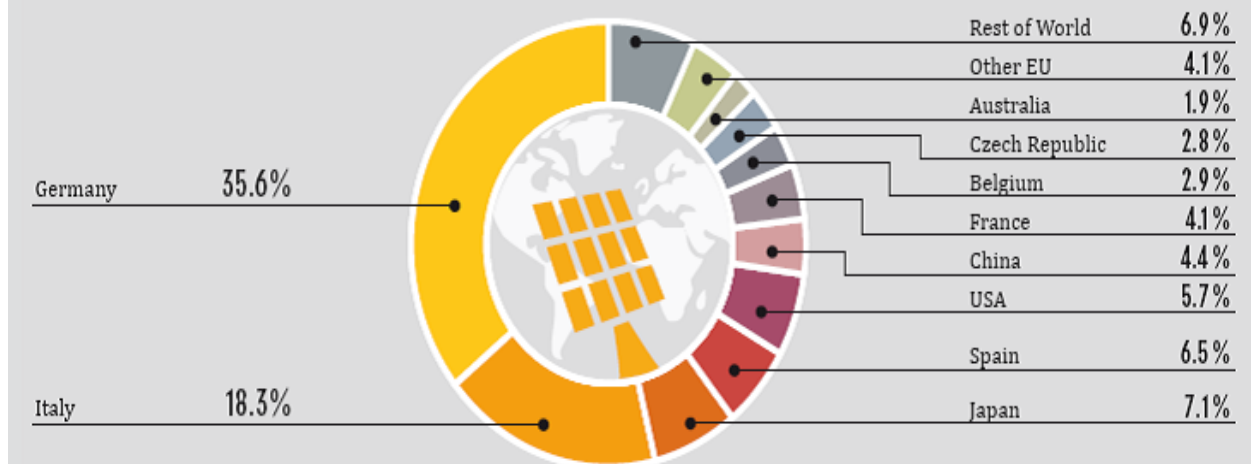
بار دیگر اتحادیه اروپا به خاطر وجود کشورهای آلمان و ایتالیا بازار سیستم‌های فتوولتائیک را در دست خود گرفت. این دو کشور با هم ۵۷٪ از ظرفیت عملیاتی جدید را در سال ۲۰۱۱ به خود اختصاص دادند. اتحادیه اروپا تقریباً ۱۷ گیگاوات ظرفیت نصب شده داشته و نزدیک به ۲۲ گیگاوات ظرفیت را متصل به شبکه نموده است. مجموع ظرفیت نصب شده سیستم‌های فتوولتائیک تا انتهای سال ۲۰۱۱ در اتحادیه اروپا ۵۱ گیگاوات بوده که این میزان در حدود سه چهارم از کل ظرفیت نصب شده جهانی می باشد. این میزان تقاضای برق بیش از ۱۵ میلیون خانوار اروپایی را پاسخ گو خواهد بود.

در کشور آلمان کل ظرفیت نصب شده به میزان ۲۴,۸ گیگاوات رسیده که میزان ۳,۱٪ از برق تولیدی کشور آلمان را به خود اختصاص می دهد(در سال ۲۰۱۰ این میزان ۱,۹٪ بوده است).

ایتالیا رکورد جدیدی را ثبت نموده است، ۹,۲ گیگاوات سیستم فتوولتائیک وارد شبکه نمود که تا آخر سال به میزان ۱۲,۸ گیگاوات رسید.

از دیگر بازارهای برتر در اروپا می توان به بلژیک(نزدیک ۱ گیگاوات)، انگلستان(۰,۹ گیگاوات)، یونان(بیشتر از ۰,۴ گیگاوات)، اسپانیا(نزدیک به ۰,۴ گیگاوات که از مقام دوم جهانی به مقام چهارمی نزول کرد)، اسلواکی(۰,۳ گیگاوات) اشاره نمود.

FIGURE 12. SOLAR PV OPERATING CAPACITY, TOP 10 COUNTRIES, 2011



در زمینه سیستم‌های BIPV جذابیتها رو به افزایش می باشد. در حدود ۱,۲ گیگاوات در طول سال ۲۰۱۰ ظرفیت اضافه شده است به گونه ای که بازار جهانی در حال تجربه یک رشد متوسط سالانه ۵۶ درصدی می باشد.

امروزه اکثریت قریب به اتفاق ظرفیت نصب شده سیستم‌های فتوولتائیک، متصل به شبکه می باشند به طوری که بخش مستقل از شبکه در حدود ۲٪ از ظرفیت جهانی را به خود اختصاص داده است. با این وجود جذابیتها در سیستمها مستقل از شبکه و سیستمهای مقیاس کوچک در کشورهای در حال توسعه به چشم می خورد(در بخش برق‌رسانی روستائی).

سیستمهای فتوولتائیک متمرکز هنوز بازار بسیار کوچکی را به خود اختصاص داده است. بیشتر پروژه های CPV در مرحله پایلوت یا نمونه اولیه می باشند. اما اولین پروژه جهانی چند مگاواتی در سال ۲۰۱۱ نصب شده است و در حدود ۳۳ مگاوات در اوایل سال ۲۰۱۲ تخمین زده شده که به بهره برداری برسد. اسپانیا و آمریکا (که در آنها ۱۰ پروژه جدید به ظرفیت کل ۱۲ مگاوات در سال ۲۰۱۱ وارد شبکه شده اند) بزرگترین بازارهای بروز شده را به خود اختصاص داده اند. هر چند پروژه های CPV در حداقل ۲۰ کشور از استرالیا گرفته تا عربستان سعودی، عملیاتی شده اند.

### سیستمهای CSP

رشد سیستمهای CSP در سال ۲۰۱۱ مانند چند ساله گذشته، همچنان ادامه داشته است. بیش از ۵۰ مگاوات از ظرفیت CSP در این سال نصب شده که ظرفیت کل جهانی را نزدیک به ۳۵٪ افزایش داده و میزان آن را به ۱۷۶۰ مگاوات رسانده است. در بازه زمانی سالهای ۲۰۰۶-۲۰۱۱ کل ظرفیت جهانی سالانه به طور متوسط نرخ رشدی معادل ۳۷٪ داشته است.

سیستمهای سهموی خطی همچنان تسلط بازار را در دست داشته و در حدود ۹۰٪ از نیروگاههای جدید و عملیاتی شده از این نوع می باشند ولی رشد سرمایه گذاری بیشتر بر روی انواع دیگری از تکنولوژیهای حرارتی خورشیدی بوده است. در آمریکا و اسپانیا نیروگاههای دریافت کننده مرکزی و فرنل جدیدی دایر گردیده و انواع دیگر نیروگاههای حرارتی خورشیدی نیز در دست ساخت می باشند.

بیشتر ظرفیت سیستم‌های CSP در کشور اسپانیا می باشد که این کشور بازار جهانی سال ۲۰۱۱ را در دست خود داشته است. این کشور در سال ۲۰۱۱ در حدود ۴۲۰ مگاوات به ظرفیت خود افزوده و تا انتهای این سال کل ظرفیت عملیاتی خود را به میزان ۱۱۵۰ مگاوات رسانیده است.

طبق آمارهای جهانی، کشور اسپانیا نقش حاکمیت سیستم‌های سهموی خطی را در جهان بر عهده داشته است. در حال حاضر تا به امروز کشور اسپانیا تنها کشوری است که بازار تکنولوژی دریافت کننده مرکزی در مقیاس نیروگاهی را عملیاتی نموده است. نیروگاه Gemasolar به ظرفیت ۱۹,۹ مگاوات در سال ۲۰۱۱ به بهره برداری رسید که آخرین نیروگاه از مجموع سه نیروگاه دریافت کننده مرکزی به شبکه وارد شده می باشد.

همچنین این نیروگاه، اولین نیروگاه CSP است که قابلیت تولید ۲۴ ساعته را در شرایط خاص داشته و قابلیت ذخیره سازی تا ۱۵ ساعت را دارا می باشد.

در اسپانیا ۱,۱ گیگاوات از ظرفیت اضافه شده CSP تا آخر سال در مرحله ساخت بوده که پیش بینی می گردد که بیشتر آن در سال ۲۰۱۲ وارد شبکه گردد.

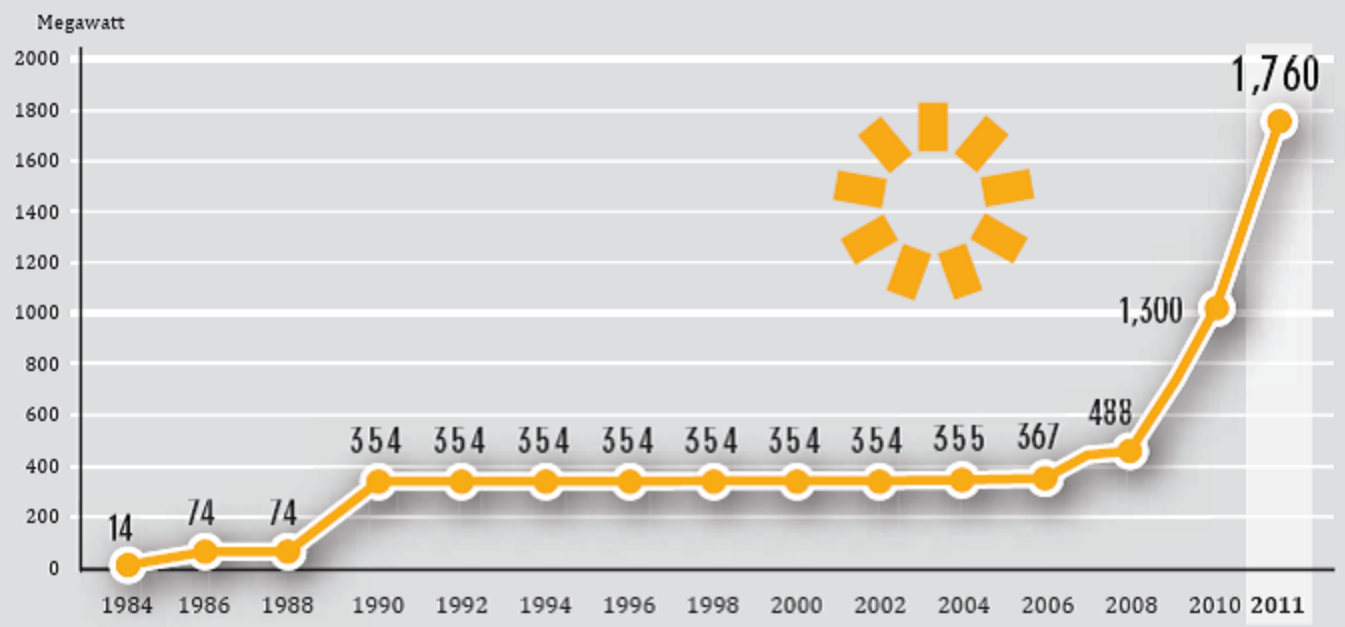
آمریکا با ۵۰۷ مگاوات ظرفیت عملیاتی تا پایان سال ۲۰۱۱ در مقام دوم بیشترین ظرفیت نصب شده قرار گرفته است. با وجود اینکه ظرفیت نصب شده جدیدی در این سال نداشته ولی در حدود ۱,۳ گیگاوات تا انتهای سال در دست ساخت داشته است.

در سراسر دنیا حداقل ۱۰۰ مگاوات تا انتهای سال ۲۰۱۱ به بهره برداری رسیدند. مصر مانند کشور مراکش در حدود ۲۰ مگاوات تا انتهای سال ۲۰۱۰ وارد شبکه نموده است. الجزایر در حدود ۲۵ مگاوات، تایلند ۹,۸ مگاوات و هند ۲,۵ مگاوات که همه آنها برای اولین بار نیروگاه CSP را در سال ۲۰۱۱ راه اندازی کرده اند.

تمامی برنامه ها در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا (MENA) روی سیستم‌های سیکل ترکیبی با خورشیدی (ISCC) و یا ادغام شده خورشیدی با نیروگاههای فسیلی می باشد.

کشور هند اولین نیروگاه دریافت کننده مرکزی را در راجستان به ظرفیت نهایت ۱۰ مگاوات در دستور ساخت دارد که انتظار می رود تا اوایل سال ۲۰۱۳ به بهره برداری برسد. بقیه کشورها از جمله ایتالیا، ایران و استرالیا در زمینه CSP در طول سال ۲۰۱۱ ظرفیتی اضافه نموده اند.

FIGURE 14. CONCENTRATING SOLAR THERMAL POWER, TOTAL WORLD CAPACITY, 1984–2011



انتظار می رود رشد CSP با پروژه های در دست ساخت یا توسعه پروژه ها در چندین کشور از جمله استرالیا (۲۵۰ مگاوات)، چین (۵۰ مگاوات)، هند (۴۷۰ مگاوات) و ترکیه و حداقل ۱۰۰ مگاوات ظرفیت در دست ساخت در منطقه MENA، سرعت بخشی زیادی در سطح بین المللی داشته باشد.