وزارت نیرو
سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر
بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)

پژوهشگاه نیرو

بروندادتخصصی

انرژی‌های تجدیدپذیر

شماره ۲ – امرداد ۱۴۰۲

برونداد تخصصی

انرژی‌های تجدیدپذیر

ویژه‌نامه انرژی خورشیدی - حرارتی

عنوان پروژه: رصد فن‌آوری به‌منظور شناخت جدیدترین دستاوردها و فناوری‌های مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر

کارفرما: سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق ایران (ساتبا)

پژوهشگر: پژوهشگاه نیرو

گروه پژوهشی پشتیبان: گروه انرژی‌های تجدیدپذیر

پژوهشکده پشتیبان: پژوهشکده انرژی و محیط‌زیست

مدیر پروژه: مهندس ثریا رستمی

مجری پروژه: دکتر حمیدرضا لاری

ناظر کارفرما: دکتر اکبر شعبانی‌کیا

همکاران این گزارش:

مهندس ثریا رستمی - مهندس سارا جوکار – مهندس امیررضا خالقیان - مهندس مصطفی ربیعی

شماره ۲– امردادماه ۱۴۰۲

فهرست مطالب

اهداف پژوهشی و نوآورانه ساتبا برای انرژی‌های تجدیدپذیر ٤

رویکرد دبیرکل سازمان ملل برای تحولات سریع در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر ٦

سبد انرژی تجدیدپذیر ایالات‌متحده ۲۰۲۱-۲۰۲۲ ..... ۹

تحلیل روند و ارزیابی اقتصادی *CSP* طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۲ ..... ۱۱

بازار حرارت خورشیدی جهان در سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۲۲ ..... ۲۲

نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی، مسیر حال و آینده ۲۵

اکسیونای اسپانیا، از پیشتازان صنعت تجدیدپذیر در دنیا ۳٦

نرم‌افزار شبیه‌سازی سیستم حرارتی خورشیدی ٤۲

هیبرید فتوولتاییک و حرارت خورشیدی در یک سیستم ٤٥

آخرین‌های پژوهشی فناوری خورشیدی ٥۳

طراحی مخازن ذخیره حرارتی خورشیدی ٥٤

نصب و نگهداری سیستم حرارتی خورشیدی ٥٦

برترین‌های فناوری خورشیدی حرارتی ٥۸

نیروگاه خورشیدی حرارتی منحصربه‌فرد هند ٦۱

برپایی ۳۰ پروژه *CSP* در چین تا سال ۲۰۲٤ ..... ٦٤

سیستم نمک‌زدایی خورشیدی کارآمد محققان مؤسسه علوم هند ٦٦

نیروگاه خورشیدی سقفی مپنا ٦۸

تالار برق سبز اتفاق خوب در بخش انرژی ٦۹

سخن آغازین

اهداف پژوهشی و نوآورانه ساتبا برای انرژی‌های تجدیدپذیر

امروزه دنیا برای انرژی‌های تجدیدپذیر برنامه‌ریزی جدی دارد و با توجه به اقتصادی شدن فناوری‌ها در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر، بازار رقابتی بزرگی ایجاد شده است. این فناوری‌ها به‌طور جدی قابلیت رقابت با منابع انرژی فسیلی دارند و فاقد آسیب‌های زیست‌محیطی هستند. در کشور ما نیز استعدادها و ظرفیت‌های بی‌نظیری در خصوص تولید انرژی‌های تجدیدپذیر وجود دارد که با حمایت همه‌جانبه می‌توانیم این مهم را محقق کنیم. به‌بیان‌دیگر با توجه به‌موقعیت حساس کشور در انتقال منابع تولید انرژی برق از سوخت‌های فسیلی و آلاینده‌های محیطزیست به انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک، مجموعه اقدامات و هدف‌گذاری‌هایی که در کشور برای این امر انجام شده دارای برنامه و جذابیت لازم می‌باشد تا بتوان انرژی برق کشور را با اتکا به ظرفیت‌ها و توان داخلی از منابع تجدیدپذیر تأمین کرد.

هم‌اکنون تلاش همکاران ساتبا این است که بتواند مجموعه ظرفیت‌ها و نیازهای کشور در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر را سرشماری کند و بر همین اساس بستر مناسبی را برای رفع این نیازها با تکیه بر ظرفیت‌ها و توان مراکز پژوهشی، دانشگاه‌ها، انجمن‌های تخصصی و شرکت‌های دانش‌بنیان ایجاد کند. از جمله تحلیل جذابیت و توانمندی کشور در زنجیره تأمین تجهیزات و نیازمندی‌های نیروگاه‌های تجدیدپذیر برای توانمندسازی کشور در حوزه انرژی در دستور کار همکاران دفتر پژوهش و نوآوری ساتبا قرار دارد.

همچنین در راستای برگزاری دوره‌های آموزش تخصصی و مهارت محور برای توسعه منابع انسانی متخصص، دفتر پژوهش، فناوری و نوآوری ساتبا هم‌اکنون سه مرکز توسعه فناوری دارد: مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی در شیراز،

مرکز توسعه فناوری زیست‌توده در ساوه و مرکز توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر در طالقان که در حال حاضر با راهبری دفتر پژوهش، فناوری و نوآوری خدمات آموزشی، تحقیقاتی و مطالعاتی به فعالان و علاقه‌مندان این حوزه ارائه می‌کنند. همچنین آینده‌پژوهی و دیده‌بانی فناوری، تدوین اولویت‌های پژوهشی و شناسایی و تعریف طرح‌های کلان و پیشران را از برنامه‌های جاری دفتر پژوهش، فناوری و نوآوری ساتبا است. به‌عنوان مثال تدوین سند ملی توسعه فناوری و صنعت در حوزه زنجیره سیلیکونی از مبدأ تا پنل در دستور کار ماست که هم‌اکنون پیش‌نویس این سند تنظیم و در مراحل رایزنی برای تصویب قرار دارد.

در همین راستا ارزیابی و ساماندهی پیمانکاران و مشاوران حوزه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر دیگر برنامه این دفتر است و با توجه به پروژه‌های جاری کشور در حوزه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر، تدوین مقررات فنی و به‌روزرسانی استانداردها و دستورالعمل‌های مناسب برای ساماندهی کلیه مراحل ساخت تا بهره‌برداری نیروگاه‌های تجدیدپذیر از نیازهای ضروری است که در دستور کار دفتر پژوهش، فناوری و نوآوری می‌باشد.

در حقیقت چشم‌انداز روشن صنعت برق کشور در حوزه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر را ناظر به مجموعه‌ای از اقدامات خردمندانه‌ای دانست که منجر به توسعه پایدار کشور در حوزه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر می‌شود و می‌توان مطمئن بود که توسعه پایدار به‌واسطه‌ی بازار مطمئن برای نیروگاه‌های تجدیدپذیر، زنجیره مطمئن برای تأمین تجهیزات موردنیاز این بازار و ایجاد واحدهای پشتیبانی پژوهشی و فناوری به‌تناسب توسعه صنایع کشور در این حوزه محقق می‌شود.

اکبر شعبانی‌کیا
مدیر دفتر پژوهش، فناوری و نوآوری ساتبا

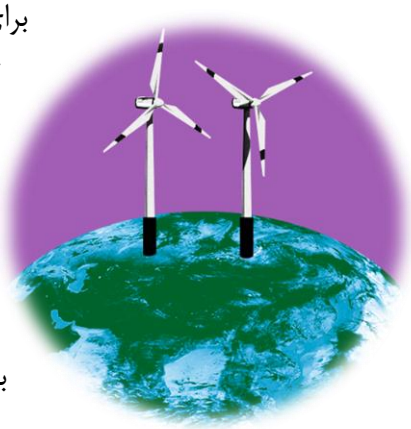
تحولات راهبردی

رویکرد دبیرکل سازمان ملل برای تحولات سریع در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر

چهار شاخص کلیدی تغییر آب و هوا، غلظت گازهای گلخانه‌ای، افزایش سطح دریا، گرمای اقیانوس‌ها و اسیدی شدن اقیانوس‌ها، رکوردهای جدیدی را در سال پیش به ثبت رساندند. این امر نشان می‌دهد که فعالیت‌های انسانی باعث تغییراتی در مقیاس سیاره‌ای[1] در خشکی، اقیانوس و جو می‌شوند که پیامدهای چشمگیر و طولانی‌مدتی دارد. کلید مقابله با این بحران، پایان دادن به اتکا به انرژی‌های تولیدشده از سوخت‌های فسیلی، عامل اصلی تغییرات آب و هوا، است.

آنتونیو گوترش[2]، دبیر کل سازمان ملل متحد، پنج اقدام حیاتی را که باید اکنون در اولویت قرار داده شود تا سیستم‌های انرژی را متحول ساخته و سرعت حرکت به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر را تسریع بخشد، تشریح می‌کند. چرا که بدون انرژی‌های تجدیدپذیر، آینده‌ای وجود نخواهد داشت.

❖ تبدیل فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر به یک کالای عمومی جهانی

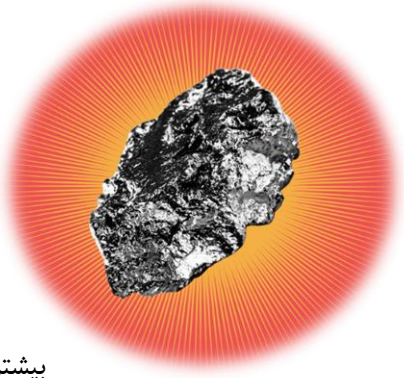


برای اینکه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر یک کالای عمومی جهانی باشد، به این معنی که برای همه، و نه فقط برای ثروتمندان، در دسترس قرار گیرد، حذف موانع برای اشتراک دانش و انتقال فناوری و حقوق مالکیت معنوی، ضروری است. فن‌آوری‌های ضروری مانند سیستم‌های ذخیره‌سازی باتری به انرژی‌های تجدیدپذیر مانند خورشید و باد اجازه می‌دهند تا زمانی که مردم، جوامع و مشاغل به برق نیاز دارند، ذخیره و استفاده شود. آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر می‌گوید، این فناوری‌ها به دلیل قابلیت منحصربه‌فردشان در جذب سریع، نگهداری و تزریق مجدد برق به افزایش

1 Planetary-scale
2 António Manuel de Oliveira Guterres

انعطاف‌پذیری سیستم انرژی کمک می‌کنند. علاوه بر این، هنگامی‌که فناوری‌های ذخیره‌سازی باتری با منابع تولید تجدیدپذیر همراه می‌شود، می‌توانند برق قابل‌اعتماد و ارزان‌تری را در شبکه‌های منفرد و جوامع خارج از شبکه در مکان‌های دوردست فراهم کنند.

❖ بهبود دسترسی جهانی به تجهیزات و مواد خام



تأمین سریع اجزای انرژی تجدیدپذیر و مواد خام ضروری است. دسترسی گسترده‌تر به تمام اجزا و مواد کلیدی، از مواد معدنی موردنیاز برای تولید توربین‌های بادی و شبکه‌های برق گرفته تا وسایل نقلیه الکتریکی مهم خواهد بود.

برای گسترش و تنوع بخشیدن به ظرفیت تولید در سطح جهانی، هماهنگی بین‌المللی قابل‌توجهی لازم است. علاوه بر این، سرمایه‌گذاری‌های بیشتری برای اطمینان از یک گذار عادلانه موردنیاز است؛ از جمله در آموزش مهارت‌های افراد، تحقیق و نوآوری و انگیزه‌هایی برای ایجاد زنجیره‌های تأمین از طریق شیوه‌های پایدار که از اکوسیستم‌ها و فرهنگ‌ها محافظت می‌کند.

❖ هموارسازی زمینه فعالیت برای فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر

درحالی‌که همکاری و هماهنگی جهانی حیاتی است، چارچوب‌های سیاست داخلی باید فوراً اصلاح شوند تا پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر ساده‌تر و سریع‌تر پیشرفت کنند و سرمایه‌گذاری‌های بخش خصوصی را تسریع کنند. فناوری، ظرفیت و بودجه برای تحول انرژی‌های تجدیدپذیر وجود دارد، اما باید سیاست‌ها و فرآیندهایی برای کاهش ریسک بازار و امکان و تشویق سرمایه‌گذاری وجود داشته باشد. از جمله این فرآیندها می‌توان به ساده‌سازی فرآیندهای برنامه‌ریزی، مجوزها و نظارت، و جلوگیری از موانع و تشریفات اداری اشاره نمود. این امر حتی می‌تواند شامل تخصیص فضا برای فعال کردن ساخت‌وسازهای بزرگ در مناطق ویژه انرژی‌های تجدیدپذیر باشد. مشارکت‌های تعیین‌شده ملی، برنامه‌های اقدام اقلیمی انفرادی کشورها برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و انطباق با اثرات آب‌وهوایی، باید اهداف انرژی‌های تجدیدپذیر ۱.۵ درجه سانتی‌گراد را محقق کنند و سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق جهانی باید از ۲۹ درصد کنونی به ۶۰ درصد تا سال ۲۰۳۰ افزایش یابد. سیاست‌های شفاف و قوی، فرآیندهای شفاف، حمایت عمومی و در دسترس بودن سیستم‌های انتقال انرژی مدرن، کلیدی برای تسریع جذب فناوری‌های انرژی بادی و خورشیدی هستند.

❖ تغییر یارانه انرژی از سوخت‌های فسیلی به انرژی‌های تجدیدپذیر

یارانه‌های سوخت‌های فسیلی یکی از بزرگ‌ترین موانع مالی است که مانع تغییر جهان به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر می‌شود. صندوق بین‌المللی پول[3] می‌گوید که تنها در سال ۲۰۲۰ حدود ۵.۹ تریلیون دلار برای پرداخت یارانه به صنعت سوخت‌های فسیلی، از جمله از طریق یارانه‌های صریح، معافیت‌های مالیاتی و آسیب‌های بهداشتی و زیست‌محیطی (که در هزینه سوخت‌های فسیلی محاسبه نشده)، هزینه شده است. این مقدار تقریباً ۱۱ میلیارد دلار در روز است. یارانه سوخت‌های فسیلی هم ناکارآمد و هم ناعادلانه است. طبق گزارش صندوق بین‌المللی پول، در سراسر کشورهای درحال‌توسعه، حدود نیمی از منابع عمومی صرف شده برای حمایت از مصرف سوخت فسیلی به نفع ۲۰ درصد ثروتمندترین مردم است. تغییر یارانه‌ها از سوخت‌های فسیلی به انرژی‌های تجدیدپذیر نه‌تنها انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش می‌دهد، بلکه به رشد اقتصادی پایدار، ایجاد شغل، سلامت عمومی بهتر و برابری بیشتر، به‌ویژه برای جوامع فقیر و آسیب‌پذیر در سراسر جهان کمک می‌کند.

❖ سرمایه‌گذاری سه‌گانه در انرژی‌های تجدیدپذیر

حداقل ۴ تریلیون دلار در سال باید تا سال ۲۰۳۰ در انرژی‌های تجدیدپذیر سرمایه‌گذاری شود. از جمله سرمایه‌گذاری در فناوری و زیرساخت‌ها. به این ترتیب و با سرمایه‌گذاری‌های موثر، تا سال ۲۰۵۰ به انتشار خالص صفر خواهیم رسید. کاهش آلودگی و تأثیر آب‌وهوا به‌تنهایی می‌تواند تا سال ۲۰۳۰ تا ۴.۲ تریلیون دلار در سال صرفه‌جویی در جهان را به همراه داشته باشد.

بودجه مالی همواره وجود دارد. آنچه موردنیاز است تعهد و مسئولیت‌پذیری است، به‌ویژه از سوی سیستم‌های مالی جهانی، از جمله بانک‌های توسعه چندجانبه و سایر مؤسسات مالی دولتی و خصوصی، که باید سبد وام‌های خود را در جهت تسریع گذار انرژی‌های تجدیدپذیر هماهنگ کنند.

به گفته دبیرکل، «تجدیدپذیرها تنها راه امنیت واقعی انرژی، قیمت پایدار برق و فرصت‌های شغلی پایدار هستند».

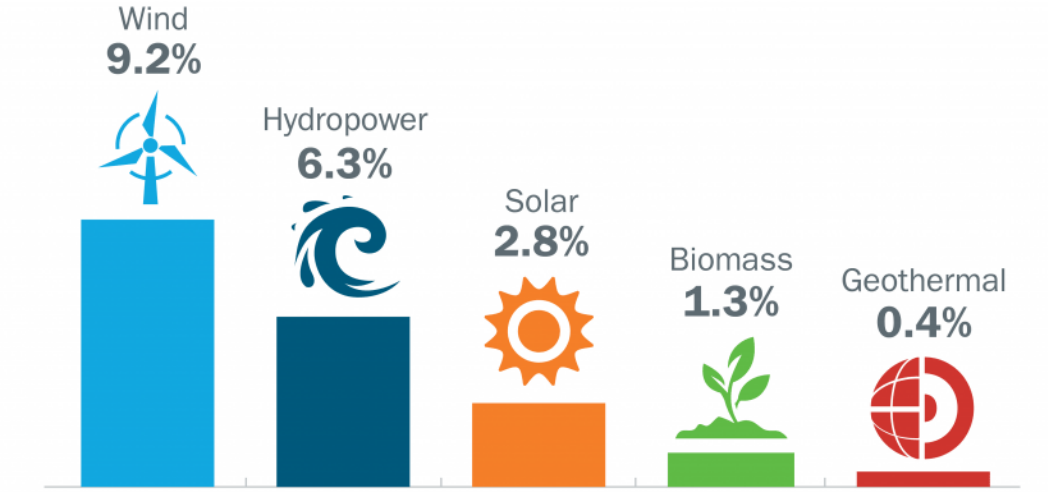
منبع : *un.org*

[3] IMF

تحولات راهبردی

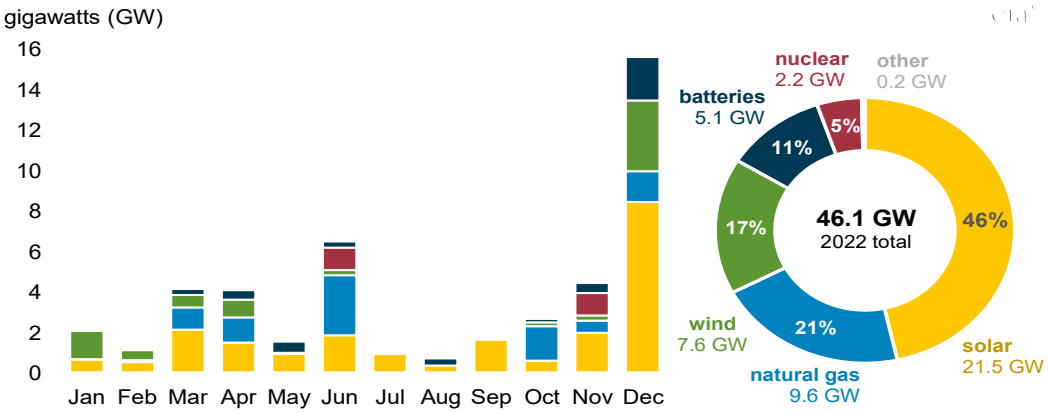
سبد انرژی تجدیدپذیر ایالات‌متحده ۲۰۲۱–۲۰۲۲

انرژی‌های تجدیدپذیر حدود ۲۰ درصد از کل برق ایالات‌متحده را تولید می‌کند و این درصد همچنان در حال رشد است. نمودار زیر سهم کل تولید برق در سال ۲۰۲۱ را در میان انواع انرژی‌های تجدیدپذیر نشان می‌دهد:



ترکیب انرژی در ایالات متحده ۲۰۲۱

در سال آتی، انتظار می‌رود که انرژی خورشیدی و بادی بیش از ۶۰ درصد از ظرفیت تولید در مقیاس شهری را به شبکه برق ایالات‌متحده اضافه نمایند (۴۶ درصد از انرژی خورشیدی، ۱۷ درصد از بادی).



افزایش ظرفیت برنامه‌ریزی شده تولید برق در مقیاس کاربردی ایالات متحده (۲۰۲۲)

ایالات‌متحده یک کشور غنی از منابع با منابع فراوان انرژی تجدیدپذیر است. مقدار موجود ۱۰۰ برابر نیاز سالانه این کشور به برق است.

❖ پیشرفت انرژی‌های تجدیدپذیر در ایالات‌متحده

دفتر کارایی انرژی و انرژی‌های تجدیدپذیر[4] در وزارت انرژی ایالات‌متحده [5] مرکز فعالیت‌های تحقیقاتی، توسعه و نمایش کاربردی انرژی‌های تجدیدپذیر در ایالات‌متحده است. EERE دارای سه رکن است:

- انرژی‌های تجدیدپذیر
- حمل‌ونقل پایدار
- بهره‌وری انرژی

انرژی‌های تجدیدپذیر شامل چهار دفتر فناوری است: دفتر فناوری زمین‌گرمایی، دفتر فناوری انرژی خورشیدی، دفتر فناوری برق‌آبی، دفتر فناوری انرژی بادی.

دفتر فناوری‌های انرژی زیستی EERE و دفتر فناوری‌های هیدروژن و سلول‌های سوختی، فعالیت‌های تحقیق و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر را تحت رکن حمل‌ونقل پایدار انجام می‌دهند و دفاتر فناوری در بخش بهره‌وری انرژی، انرژی‌های تجدیدپذیر را در کار خود ادغام می‌کنند.

EERE بودجه‌ای را برای تحقیق و توسعه برای پیشرفت فناوری‌های انرژی پاک ارائه می‌دهد. ۱۷ آزمایشگاه ملی وزارت انرژی ایالات‌متحده تحقیقات لازم را انجام می‌دهند و به عرضه فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر به بازار کمک می‌کنند.

منبع: energy.gov

4 Office of Energy Efficiency and Renewable Energy
5 U.S. Department of Energy

تحولات اقتصاد و بازار

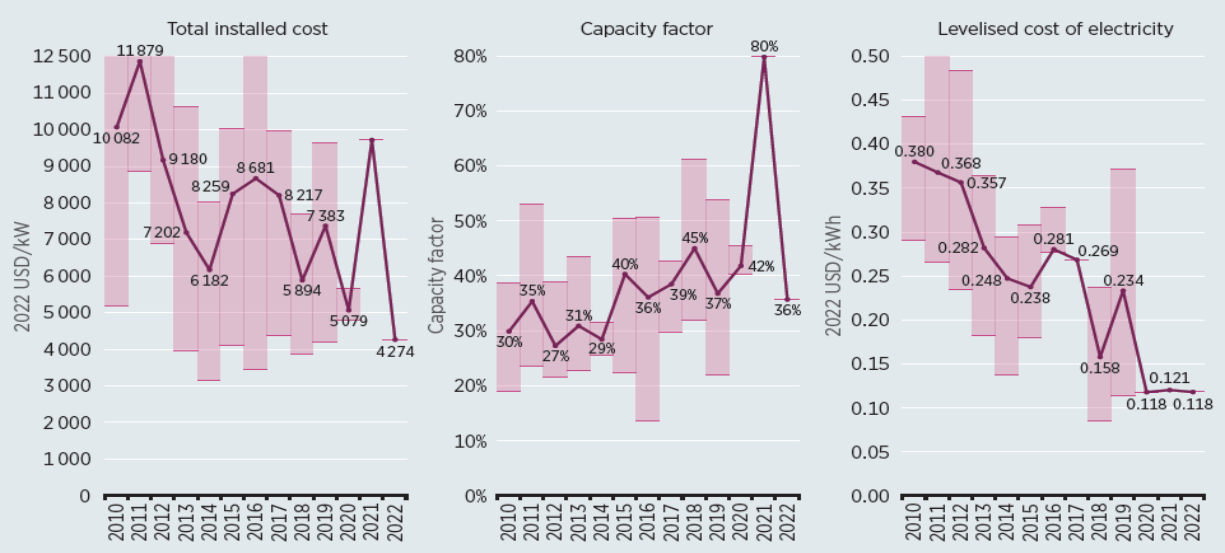
تحلیل روند و ارزیابی اقتصادی CSP طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۲

سیستم‌های برق خورشیدی متمرکز[۶] در مناطقی با تابش شدید و مستقیم خورشیدی[۷] (بیش از ۲۰۰۰ کیلووات ساعت بر متر مربع در سال) بهترین عملکرد را دارند و از نظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه هستند. این سیستم‌ها از آینه‌ها برای متمرکز کردن پرتوهای خورشید و تولید گرما استفاده می‌کنند که سپس به محیطی مثل روغن حرارتی[۸] یا نمک مذاب[۹] منتقل می‌شود و از آن برای تولید برق از طریق چرخه‌های ترمودینامیکی بهره می‌برند.

نیروگاه‌های برق خورشیدی متمرکز معمولاً دارای سیستم‌های ذخیره‌سازی حرارتی کم‌هزینه و طولانی‌مدت هستند که قابلیت انعطاف‌پذیری و توانایی هدف‌گذاری خروجی در دوره‌های پرهزینه بازار برق را به نیروگاه می‌افزاید. سیستم‌های برق خورشیدی متمرکز بر اساس مکانیزم تمرکز پرتوهای خورشیدی به دو نوع «متمرکزکننده خطی»[۱۰] و « متمرکزکننده نقطه‌ای»[۱۱] طبقه‌بندی می‌شوند. اکثر پروژه‌های برق خورشیدی متمرکز امروزی از کلکتورهای سهموی[۱۲] استفاده می‌کنند که شامل آینه‌های منحنی و لوله‌های جاذب گرما هستند. نوع دیگری از سیستم‌های متمرکز کننده خطی، کلکتورهای فرنل[۱۳] است که از آینه‌های مسطح برای تمرکز پرتوهای خورشید روی یک گیرنده خطی استفاده می‌کنند.

[6] CONCENTRATING SOLAR POWER(CSP)
[7] Direct Normal Irradiation (DNI)
[8] Thermal oil
[9] Molten salt
[10] Line concentrating
[11] Point concentrating
[12] Parabolic Trough Collectors (PTCs)
[13] Fresnel Collectors

برج‌های خورشیدی[۱۴] که «برج‌های توان»[۱۵] نیز نامیده می‌شوند، متداول‌ترین فناوری برق خورشیدی متمرکز در حوزه تمرکز نقطه‌ای هستند و در آن‌ها هزاران هلیواستات[۱۶] پرتوهای خورشید را به یک گیرنده مرکزی در بالای برج هدایت می‌کنند. سیستم‌های برج خورشیدی می‌توانند به تمرکز بسیار بالایی دست یابند و در دماهای بالاتری نسبت به کلکتورهای سهموی کار کنند، که این امر منجر به بازدهی بیشتر و هزینه‌های تولید کمتر می‌شود. در سال‌های آینده، با توجه به توسعه‌های جدید در چین، انتظار می‌رود که سهم برج‌های خورشیدی در پروژه‌های جدید افزایش یابد.



میانگین وزنی کل هزینه های نصب، ضریب ظرفیت و هزینه ترازشده برای برق خورشیدی متمرکز، ۲۰۱۰–۲۰۲۲

در سطح جهانی، ظرفیت نصب شده برق خورشیدی متمرکز بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ بیش از پنج برابر شد و تا پایان این دوره به حدود ۶.۵ گیگاوات رسید. در پنج سال آخر این دوره، پس از افت در سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷، با افزایش سالانه حدود ۱۰۰ مگاوات، بازار جهانی برق خورشیدی متمرکز در سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ رشد کرد. در این سال‌ها، تعداد فزاینده‌ای از پروژه‌ها در چین، مراکش و آفریقای جنوبی آنلاین شدند. با این حال، در مقایسه با سایر فناوری‌های تولید برق تجدیدپذیر، ظرفیت‌های جدید همچنان کم بود (۸۶۰ مگاوات در سال ۲۰۱۸ و ۵۵۰ مگاوات در سال ۲۰۱۹). در سال ۲۰۲۰، تنها ۱۵۰ مگاوات در سراسر جهان راه‌اندازی شد و همه این ظرفیت‌ها در چین به بهره‌برداری رسید. امیدها برای رشد در سال ۲۰۲۱ محقق نشد؛ هرچند ۱۱۰ مگاوات (همه از پروژه سرودومینادور[۱۷] در شیلی) به بهره‌برداری رسید. در همان زمان، حدود ۲۶۵ مگاوات از نیروگاه‌های سیستم تولید انرژی خورشیدی[۱۸] در ایالات متحده ازمدار خارج شد. پس از نصب و راه‌اندازی محدود در سال ۲۰۲۲، مجموع ظرفیت نصب شده جهانی برق خورشیدی متمرکز در پایان

[14] Solar Towers (STs)
[15] Power towers
[16] Heliostats
[17] Cerro Dominador
[18] Solar Energy Generating Systems (SEGS)

سال ۲۰۲۲ حدود ۶.۵ گیگاوات باقی ماند. برنامه‌های چین برای افزایش این فناوری می‌تواند به رشد صنعت کمک کند. اما پیشرفت در سیاست‌های چین برای ایجاد چندین نیروگاه در مقیاس تجاری به منظور افزایش مقیاس راه‌حل‌های فناوری و توسعه زنجیره‌های تامین، چالش‌برانگیزتر از آنچه پیش‌بینی می‌شد، بوده است. برخی پروژه‌ها عقب مانده‌اند و تکمیل برخی دیگر دور از انتظار است. چشم‌انداز سال‌های آتی، به ویژه با عملیاتی شدن یک پروژه ۱۰۰ مگاواتی در امارات و احتمال افزایش ظرفیت در چین روشن‌تر است. اسپانیا و برخی کشورهای اروپایی نیز برنامه‌هایی برای توسعه برق خورشیدی متمرکز دارند.

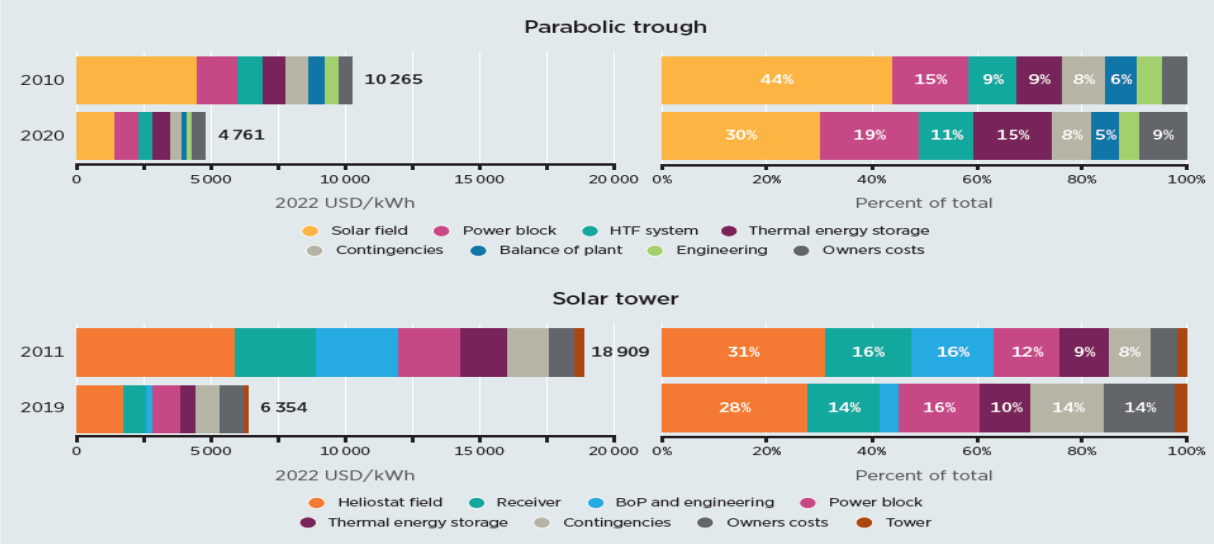
❖ کل هزینه های احداث

در سال‌های اولیه توسعه نیروگاه‌های برق خورشیدی متمرکز، افزودن ذخیره‌سازی انرژی حرارتی غالباً اقتصادی نبود و ضروری به نظر نمی‌رسید. بنابراین استفاده از آن محدود بود. درصورتیکه، از سال ۲۰۱۵ به بعد، تقریباً هیچ پروژه‌ای بدون ذخیره‌سازی انرژی حرارتی ساخته یا برنامه‌ریزی نشده است. افزودن این سیستم اکنون یک روش اقتصادی برای افزایش ضریب ظرفیت محسوب می‌شود و باعث کاهش هزینه ترازشده و افزایش انعطاف‌پذیری در توزیع برق در طول روز نیز می‌شود. ظرفیت ذخیره‌سازی حرارتی متوسط برای نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی در پایگاه داده هزینه تجدیدپذیر ایرِنا[19] بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ از ۳.۵ ساعت به ۱۱ ساعت افزایش یافته است. پروژه ۱۱۰ مگاواتی سرودومینادور که در سال ۲۰۲۱ در صحرای آتاکامای شیلی راه‌اندازی شد، دارای ظرفیت ذخیره‌سازی ۱۷.۵ ساعت است. در سال ۲۰۲۲، ظرفیت نصب‌شده در چین به‌طور میانگین ۹ ساعت ذخیره‌سازی داشت. احتمالاً همه پروژه‌های جدید برق خورشیدی متمرکز که در سراسر جهان توسعه می‌یابند، شامل ذخیره‌سازی حرارتی خواهند بود.

کل هزینه نصب‌شده برای نیروگاه‌های کلکتور سهموی و برج‌های خورشیدی بیشتر تحت تأثیر هزینه اجزای تشکیل‌دهنده میدان خورشیدی است. در سال ۲۰۱۰، هزینه میدان خورشیدی یک نیروگاه کلکتورهای سهموی حدود ۴۵۰۳ دلار به ازای هر کیلووات (۴۴ درصد از کل هزینه نصب) بود، اما تا سال ۲۰۲۰ این رقم با ۶۸ درصد کاهش به ۱۴۴۰ دلار به ازای هر کیلووات (۳۰ درصد از کل) رسید. با چنین کاهش چشمگیری در هزینه‌های میدان خورشیدی، سایر بخش‌ها سهم بیشتری از کل هزینه‌های نصب شده را به خود اختصاص دادند. به عنوان مثال، سهم بلوک توان[20] از ۱۵ درصد در سال ۲۰۱۰ به ۱۹ درصد در سال ۲۰۲۰ افزایش یافت. این موضوع علیرغم کاهش ۴۰ درصدی هزینه آن از ۱۴۹۹ دلار به ۸۹۲ دلار در هر کیلووات، اتفاق افتاد. همین مورد در خصوص سیستم سیال انتقال حرارت[21] نیز صادق بود که سهم آن از ۹ درصد به ۱۱ درصد افزایش یافت. این افزایش علیرغم کاهش ۴۷ درصدی هزینه آن از ۹۴۸ دلار به ۵۰۳ دلار در هر کیلووات در دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ رخ داد. همچنین، سهم ذخیره‌سازی انرژی حرارتی[22] از ۹ درصد به

[19] IRENA
[20] Power block
[21] Heat transfer fluid system
[22] Thermal energy storage

۱۵ درصد افزایش یافت (با وجود کاهش هزینه از ۸۷۳ دلار به ۷۰۶ دلار در هر کیلووات). در همان زمان، سهم هزینه سرمایه‌گذار از ۵ درصد به ۹ درصد رسید.



تفکیک کل هزینه احداث نیروگاه های برق خورشیدی متمرکز بر اساس فناوری (۲۰۱۰–۲۰۱۱ و ۲۰۱۹–۲۰۲۰)

بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰، هزینه‌های ترازشده نیروگاه[۲۳]، مهندسی و هزینه‌های احتمالی[۲۴] برای نیروگاه‌های کلکتور سهموی به ترتیب ۶۰٪، ۶۴٪ و ۵۷٪ کاهش یافت. سهم تراز نیروگاه از کل هزینه‌های نصب‌شده از ۶۲۶ دلار به ۲۵۲ دلار به ازای هر کیلووات و هزینه‌های مهندسی از ۵۰۷ دلار به ۱۸۰ دلار به ازای هر کیلووات کاهش یافت. هزینه‌های میدان خورشیدی در سال ۲۰۱۰ تنها ۵٪ کمتر از میانگین وزنی کل هزینه نصب‌شده در سال ۲۰۲۰ بود.

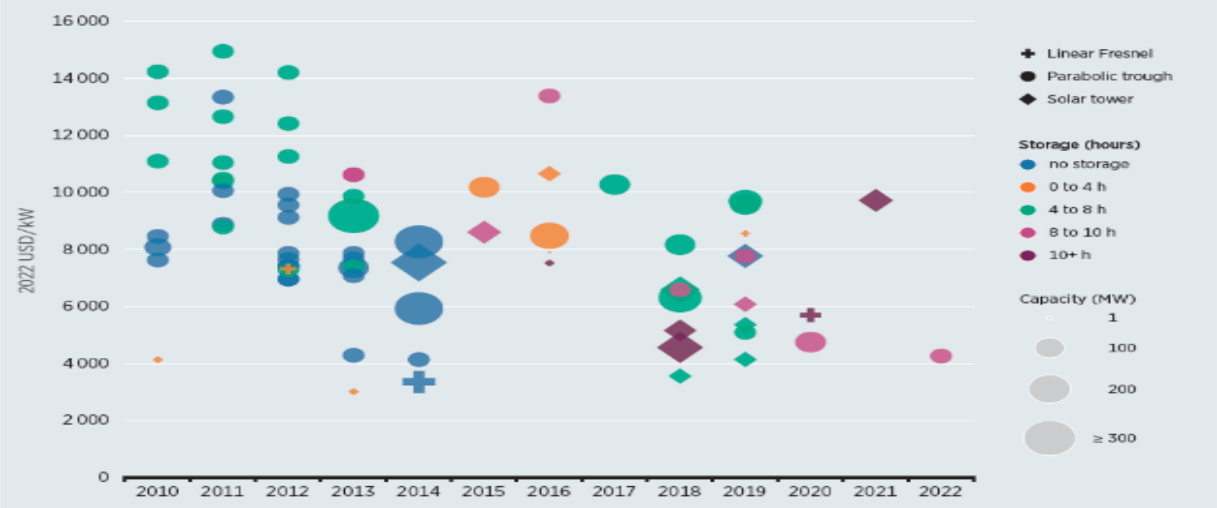
برای نیروگاه‌های برج خورشیدی، هزینه‌های میدان هلیواستات در سال ۲۰۱۰ تنها ۷٪ کمتر از میانگین وزنی کل هزینه نصب‌شده در سال ۲۰۱۹ بود. بین سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۹، هزینه‌های میدان هلیواستات ۷۰٪ کاهش یافت و از ۵۹۱۶ دلار به ۱۷۶۸ دلار به ازای هر کیلووات رسید. هزینه گیرنده نیز ۷۱٪ کاهش یافت و از ۳۰۶۹ دلار به ۸۷۶ دلار به ازای هر کیلووات رسید. هزینه تراز کارخانه و مهندسی بیشترین کاهش را داشتند و ۹۳٪ کاهش یافتند. این امر باعث شد سهم این عوامل از کل هزینه‌ها از ۱۶٪ به ۳٪ کاهش یابد.

هزینه‌های احتمالی[۲۵] همچنان بخش مهمی از هزینه‌های کلی برج‌های خورشیدی را تشکیل می‌دهند. این هزینه‌ها بین سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۹ به میزان ۴۲٪ کاهش یافت و از ۱۵۲۰ دلار بر کیلووات به ۸۷۸ دلار بر کیلووات رسید. در سال ۲۰۱۹، هزینه‌های احتمالی برای برج‌های خورشیدی ۱۴٪ از هزینه‌های کلی را تشکیل می‌داد، در حالی که برای

[23] Costs of the balance of plant
[24] Contingencies
[۲۵] احتمال نقص یا خرابی بخش کوچکی از سیستم برق یا از دست دادن / خرابی تجهیزات مانند ژنراتور یا ترانسفورماتور است. به این حالت قطع برنامه ریزی نشده نیز می گویند.

کلکتورهای سهموی در سال ۲۰۲۰ این سهم ۸٪ بود. هزینه‌های بالاتر احتمالی برای برج‌های خورشیدی به دلیل تجربه کمتر و عدم اطمینان بیشتر در فرآیندهای توسعه و ساخت نسبت به کلکتورهای سهموی است. نیروگاه‌های کلکتور سهموی دارای سابقه تجاری طولانی‌تر و تعداد پروژه‌های نصب‌شده بیشتری هستند. به همین دلیل، هزینه‌های مالک برای برج‌های خورشیدی بین سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۹ تنها ۱۲٪ کاهش یافت و سهم آن‌ها از هزینه‌های کلی به ۱۴٪ در سال ۲۰۱۹ افزایش یافت (در مقایسه با ۵٪ در سال ۲۰۱۰).

بین سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰، میانگین وزنی کل هزینه نصب برای نیروگاه‌های برق خورشیدی متمرکز در پایگاه داده هزینه تجدیدپذیر ایرنا حدود ۵۰٪ کاهش یافت و به ۵۰۷۹ دلار به ازای هر کیلووات رسید. این رقم در سال ۲۰۲۲ به ۲۷۴ دلار به ازای هر کیلووات کاهش یافت که نشان‌دهنده کاهش ۵۸٪ نسبت به سال ۲۰۱۰ است.



کل هزینه های احداث برق خورشیدی متمرکز بر اساس اندازه پروژه، نوع کلکتور و مقدار ذخیره سازی، ۲۰۱۰–۲۰۲۲

در سال ۲۰۲۱، کل هزینه‌های احداث به ۹۷۲۸ دلار به ازای هر کیلووات افزایش یافت، اما در سال ۲۰۲۲ به ۴۲۷۴ دلار به ازای هر کیلووات کاهش یافت. این افزایش در سال ۲۰۲۱ به دلیل افتتاح اولین نیروگاه خورشیدی در آمریکای لاتین بود. با در نظر گرفتن این مقدار، کاهش کل هزینه نصب‌شده بین سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۱، ۴٪ بوده است.

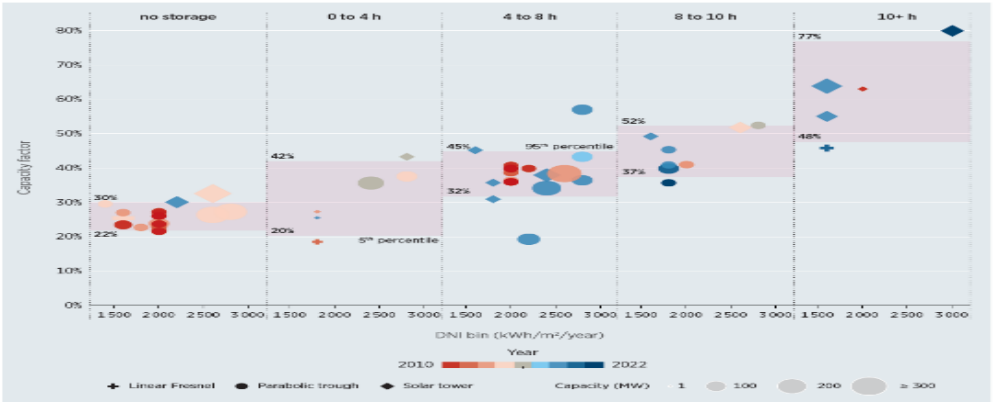
با توجه به ضریب ظرفیت بالای پروژه سرودومینادور در شیلی با ۱۷.۵ ساعت ذخیره‌سازی، کاهش هزینه ترازشده در این دوره، مشابه دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۱ باقی ماند. در سال ۲۰۲۲، احداث و راه اندازی پروژه‌ها به چین منتقل شد و با کاهش هزینه‌ها، میانگین وزنی کل هزینه نصب‌شده به ۴۲۷۴ دلار به ازای هر کیلووات رسید.

داده‌های پایگاه داده هزینه تجدیدپذیر ایرنا نشان می‌دهد که کل هزینه‌های نصب‌شده برای نیروگاه‌های برق خورشیدی متمرکز در دهه گذشته (حتی با افزایش اندازه سیستم‌های ذخیره انرژی حرارتی این پروژه‌ها)، ۵۰٪ کاهش یافته است. در سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹، هزینه‌های نصب نیروگاه‌های برق خورشیدی متمرکز دارای ذخیره‌سازی، برابر یا کمتر از نیروگاه‌های بدون ذخیره‌سازی در دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴ بود. پروژه‌های این دوره به‌طور میانگین ۷.۴ ساعت ذخیره‌سازی داشتند که ۲.۸ برابر بیشتر از میانگین پروژه‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴ بود. ذخیره‌سازی همچنان رشد کرد و میانگین وزنی

برای پروژه‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۲۱ به ۱۳.۸ ساعت رسید که ۸۵٪ بیشتر از سطح ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ بود. هزینه‌های سرمایه‌ای پروژه‌های برق خورشیدی متمرکز در سال ۲۰۲۰ بین ۴۷۶۱ تا ۵۷۱۳ دلار به ازای هر کیلووات بود. در آن سال، تنها دو پروژه در چین با ظرفیت ۱۵۰ مگاوات تکمیل شد که بخشی از برنامه‌ی ۲۰ پروژه‌ای برای آزمایش فناوری‌های مختلف بودند. این برنامه با هدف توسعه ۱.۳۵ گیگاوات ظرفیت در سال ۲۰۱۶ آغاز شد اما تکمیل آن به تعویق افتاد. میانگین وزنی هزینه‌های نصب‌شده در سال ۲۰۲۰ برابر با ۵۰۷۹ دلار به ازای هر کیلووات بود که ۳۱٪ کمتر از میانگین وزنی ۷۳۸۲ دلار در سال ۲۰۱۹ بود. در سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹، هزینه سرمایه‌ای پروژه‌های برق خورشیدی متمرکز با ظرفیت ذخیره‌سازی ۴ تا ۸ ساعت بین ۳۵۷۱ تا ۹۶۹۹ دلار و برای پروژه‌هایی با بیش از ۸ ساعت ذخیره‌سازی بین ۴۵۷۴ تا ۷۷۷۴ دلار به ازای هر کیلووات بود.

❖ ضرایب ظرفیت

در طی دهه گذشته، توسعه نیروگاه‌های برق خورشیدی متمرکز همراه با ذخیره‌سازی بهبود قابل توجهی داشته است. عوامل مهمی که ضریب ظرفیت این نیروگاه‌ها را تعیین می‌کنند، شامل کیفیت منبع خورشیدی و پیکربندی فناوری است. استفاده از ذخیره‌سازی انرژی حرارتی با کمترین هزینه می‌تواند ضریب ظرفیت را افزایش داده و هزینه تولید برق (هزینه ترازشده) را کاهش دهد. بهینه‌سازی طراحی این نیروگاه‌ها نیازمند شبیه‌سازی‌های دقیق است که با استفاده از ابزارهای نرم‌افزاری پیشرفته صورت می‌گیرد. در دهه گذشته، کاهش هزینه‌های ذخیره‌سازی انرژی حرارتی و افزایش دمای عملیاتی، بهبود قابل ملاحظه‌ای در اقتصاد برق خورشیدی متمرکز را به دنبال داشته است. این تحولات همچنین باعث افزایش ضریب ظرفیت نیروگاه‌ها شده است و این شاخص از ۳۰٪ در سال ۲۰۱۰ به ۴۲٪ در سال ۲۰۲۰ افزایش یافته است. اندازه ذخیره‌سازی انرژی تأثیر مستقیمی بر ضریب ظرفیت دارد. در سال ۲۰۲۰، دامنه ضریب ظرفیت پروژه‌ها بین ۴۰٪ تا ۴۶٪ بود. منبع خورشیدی عالی در صحرای آتاکامای شیلی، محل پروژه سرودومینادور، به معنای ضریب ظرفیت بسیار بالا در حدود ۸۰٪ است. در سال ۲۰۲۲، پروژه‌ای در چین با ۹ ساعت ذخیره‌سازی، ضریب ظرفیت را به ۳۶ درصد رساند.



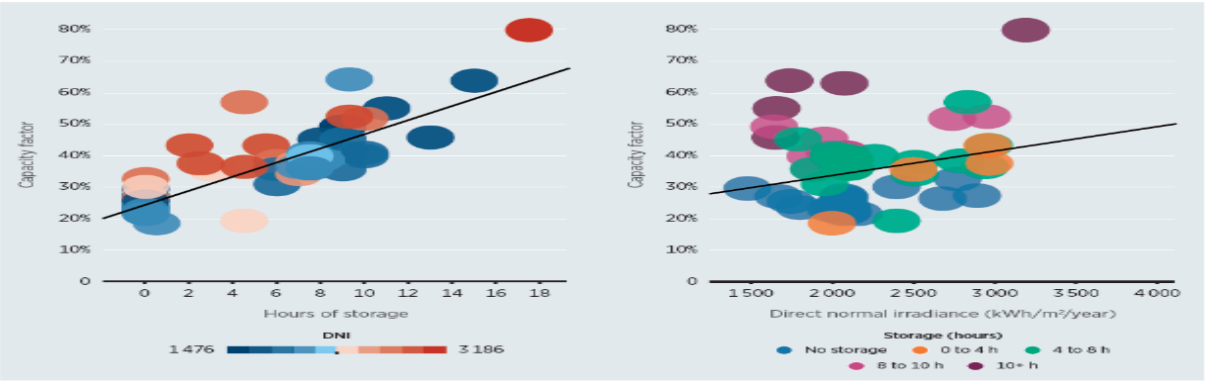
روند ضریب ظرفیت برای نیروگاه‌های برق متمرکز خورشیدی بر اساس تابش مستقیم خورشیدی و مدت زمان ذخیره سازی، ۲۰۱۰–۲۰۲۲

عوامل افزایش ضریب ظرفیت نیروگاه‌های برق خورشیدی متمرکز به دلیل افزایش ظرفیت ذخیره‌سازی در شکل فوق به وضوح قابل مشاهده است. از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۰، حدود ۸۰ درصد از نیروگاه‌ها حداقل چهار ساعت و ۳۹ درصد آنها هشت ساعت یا بیشتر ذخیره‌سازی داشتند. نیروگاه‌های تازه راه‌اندازی شده در سال ۲۰۲۰ میانگین وزنی ضریب ظرفیت ۴۲درصد و میانگین تابش خورشیدی کمتر از نیروگاه‌های دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳ داشتند. در آن دوره میانگین وزنی ضریب ظرفیت بین ۲۷ تا ۳۵ درصد بود. اکنون نیروگاه‌های برق خورشیدی متمرکز به طور معمول برای پاسخگویی به پیک‌های عصر و تقاضای شبانه طراحی می‌شوند. برق خورشیدی متمرکز با ذخیره‌سازی انرژی حرارتی کم‌هزینه می‌توانند سهم بیشتری از انرژی خورشیدی و بادی متغیر را در شبکه یکپارچه کنند. به این معنی که اگرچه برق خورشیدی متمرکز اغلب فاقد اهمیت پنداشته می‌شود، اما می‌تواند نقش مهمی در آینده ایفا کند. افزایش ظرفیت ذخیره‌سازی نیز به دلیل کاهش هزینه‌های ذخیره‌سازی انرژی حرارتی در پی بلوغ بازار بوده است. میانگین وزنی تعداد ساعات ذخیره‌سازی از ۳.۵ ساعت در سال ۲۰۱۰ به ۱۱ ساعت در سال ۲۰۲۰ افزایش یافته است. پروژه سرودومینادور در شیلی با ۱۷.۵ ساعت ذخیره‌سازی، بالاترین ظرفیت را در دنیا دارد. در سال ۲۰۲۲، میانگین ظرفیت ذخیره‌سازی به ۹ ساعت رسید که نزدیک به سطح ۲۰۱۹ بود. تأثیر اقتصادی سطوح بالاتر ذخیره‌سازی انرژی از این جهت مشهود است که در سال ۲۰۲۰، نیروگاه‌های تازه راه‌اندازی شده دارای میانگین وزنی ضریب ظرفیت ۴۲ درصدی با میانگین تابش مستقیم خورشیدی کمتر از نیروگاه‌های راه‌اندازی شده در دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳ بود. در واقع، در آن دوره، میانگین وزنی ضریب ظرفیت برای نیروگاه های تازه راه اندازی شده بین ۲۷ تا ۳۵ درصد بود.

میانگین اندازه پروژه و میانگین ساعات ذخیره سازی پروژه های برق خورشیدی متمرکز، ۲۰۱۰-۲۰۲۲

اگرچه، در شرایط برابر، تابش مستقیم خورشیدی بالاتر به ضریب ظرفیت بالاتر منجر می‌شود و ارتباط بسیار قوی‌تری بین ضرایب ظرفیت و ساعات ذخیره‌سازی وجود دارد. با این حال، این موضوع تنها بخشی از اقتصاد نیروگاه‌ها در مکان‌های با تابش مستقیم خورشیدی بالاتر است و تابش مستقیم خورشیدی.بالاتر همچنین اندازه میدان مورد نیاز برای ظرفیت یک پروژه معین را کاهش می‌دهد و در نتیجه میزان سرمایه‌گذاری را نیز کاهش می‌دهد.

پیشرفت‌های تکنولوژی و کاهش هزینه‌های مرتبط با ذخیره‌سازی انرژی حرارتی نشان می‌دهد که ضریب ظرفیت بالاتر حتی در مناطقی با تابش مستقیم خورشیدی کم نیز قابل دستیابی است. داده‌های سال ۲۰۲۰ نشان می‌دهد که در حالی که میانگین تابش مستقیم خورشیدی در این سال کمتر از سال‌های گذشته بود، نیروگاه‌های تازه راه‌اندازی شده دارای میانگین وزنی ضریب ظرفیت ۴۲٪ بودند، که نشان از بهبود عملکرد این فناوری در شرایط مختلف می‌دهد. در دوره قبلی، میانگین وزنی ضریب ظرفیت بین ۲۷ تا ۳۵ درصد برای نیروگاه های تازه راه اندازی شده بود.



ضرایب ظرفیت، ساعات ذخیره‌سازی و منبع خورشیدی، ۲۰۱۰–۲۰۲۲

❖ هزینه‌های عملیاتی و نگهداری

هزینه‌های عملیاتی و نگهداری نیروگاه‌های برق خورشیدی متمرکز به طور قابل توجهی با فتوولتائیک خورشیدی و نیروگاه‌های باد خشکی متفاوت است و شامل هزینه‌هایی مانند بیمه و مدیریت دارایی‌ها می‌شود. این هزینه‌ها بسیار وابسته به تفاوت‌ها در تابش خورشیدی، طراحی نیروگاه، فناوری مورد استفاده، هزینه‌های نیروی کار و قیمت گذاری اجزا در هر بازار هستند. این تفاوت‌ها باعث می‌شود که هزینه‌های محلی نیز متفاوت باشند.

بزرگ‌ترین هزینه‌های عملیاتی و نگهداری برای نیروگاه‌های برق خورشیدی متمرکز مربوط به هزینه‌های تعویض گیرنده‌ها و آینه‌ها بوده است، اما با پیشرفت تکنولوژی و طراحی‌های جدید، نرخ خرابی این قطعات بهبود یافته و هزینه‌ها کاهش یافته است. علاوه بر این، هزینه‌های نیروی انسانی نیز جزء مهمی از هزینه‌های عملیاتی و نگهداری برای نیروگاه‌های برق خورشیدی متمرکز را تشکیل می‌دهد. خصوصا به این دلیل که پیچیدگی مکانیکی و الکتریکی این نوع نیروگاه‌ها نسبت به فتوولتائیک خورشیدی بیشتر است. هزینه‌های بیمه نیز هنوز نقش مهمی در هزینه‌های عملیاتی و نگهداری دارد و معمولاً بین ۰.۵٪ تا ۱٪ از هزینه سرمایه اولیه نیروگاه را به خود اختصاص می دهد. هزینه‌های عملیاتی و نگهداری برای نیروگاه‌های برق خورشیدی متمرکز ، به طور معمول در بازه ۰.۰۲ تا ۰.۰۴ دلار بر کیلووات ساعت قرار دارد. این امر می‌تواند یک تقریب خوب برای بازارهای مختلف باشد که در آن‌ها نیروگاه‌های برق خورشیدی متمرکز در دهه ۲۰۱۰ ساخته شده‌اند. تحلیل‌های انجام شده توسط ایرنا نشان می‌دهد که هزینه‌های عملیاتی و نگهداری برای نیروگاه‌های برق خورشیدی متمرکز در بازارهای گوناگون، با توجه به اقتصادی‌تر شدن آنها و بهبود در طیف وسیعی از بازارها، قابل رقابت هستند.

Country	Parabolic trough collectors (2022 USD/kWh)	Solar tower (2022USD/kWh)
Argentina	0.028	0.026
Australia	0.030	0.029
Brazil	0.022	0.022
China	0.024	0.020
France	0.035	0.030
India	0.017	0.017
Italy	0.028	0.026
Mexico	0.018	0.017
Morocco	0.014	0.013
Russian Federation	0.027	0.025
Saudi Arabia	0.013	0.012
South Africa	0.014	0.013
Spain	0.027	0.025
Türkiye	0.020	0.018
United Arab Emirates	0.020	0.022
United States of America	0.027	0.024

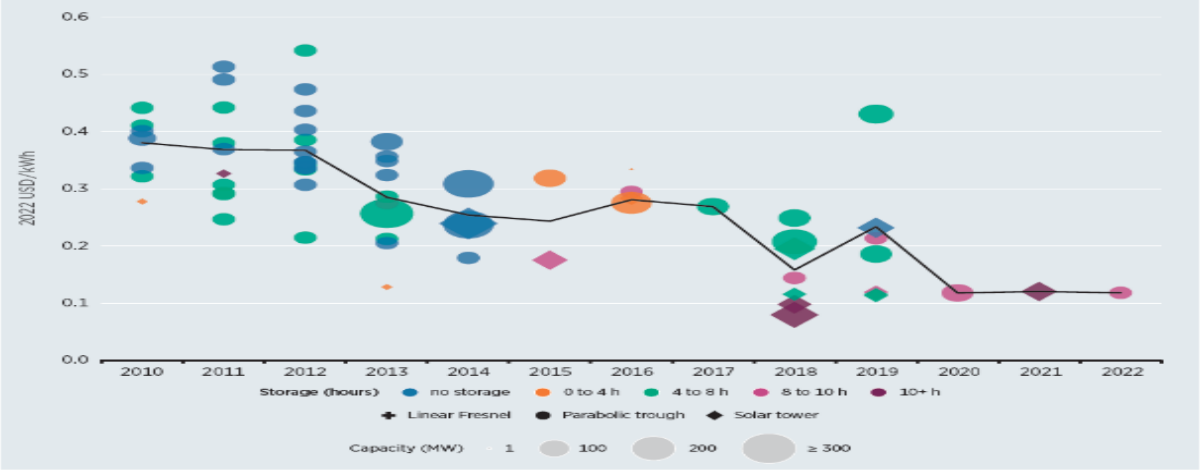
برآورد هزینه عملیاتی و نگهداری برای کارخانه های برق خورشیدی متمرکز در بازارهای منتخب، ۲۰۲۰-۲۰۱۹ (شامل بیمه)

در مقایسه با نیروگاه‌های فتوولتائیک خورشیدی و مزارع بادی خشکی، هزینه‌های عملیاتی و نگهداری برای نیروگاه‌های برق خورشیدی متمرکز به طور مطلق بالاست. با این حال، این هزینه‌ها حدود ۱۸٪ تا ۲۰٪ از هزینه ترازشده برای پروژه‌های مشابه در کشورهای گروه۲۰ را تشکیل می‌دهند. از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۲، هزینه ترازشده عملیات و نگهداری برای نیروگاه‌های برق خورشیدی متمرکز به طور متوسط ۴۱٪ کاهش یافته است (از ۰.۰۳۷ دلار بر کیلووات ساعت در سال ۲۰۱۰ به ۰.۰۲۲ دلار بر کیلووات ساعت در سال ۲۰۲۲)، که نشان از بهبود در بهره‌وری و کاهش هزینه‌های عملیاتی و نگهداری است.

❖ هزینه تراز شده برق

با کاهش هزینه‌های کل نصب، هزینه‌های عملیات و نگهداری و هزینه‌های مالی، به همراه افزایش ضریب ظرفیت، هزینه ترازشده برای نیروگاه‌های خورشیدی حرارتی متمرکز (برق خورشیدی متمرکز) به طور قابل توجهی بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۲ کاهش یافت. در واقع، در این دوره، میانگین وزنی جهانی هزینه ترازشده برای نیروگاه‌های برق خورشیدی متمرکز تازه تأسیس، ۶۹٪ کاهش یافت و از ۰.۳۸۰ دلار به ۰.۱۱۸ دلار به ازای هر کیلووات ساعت رسید.

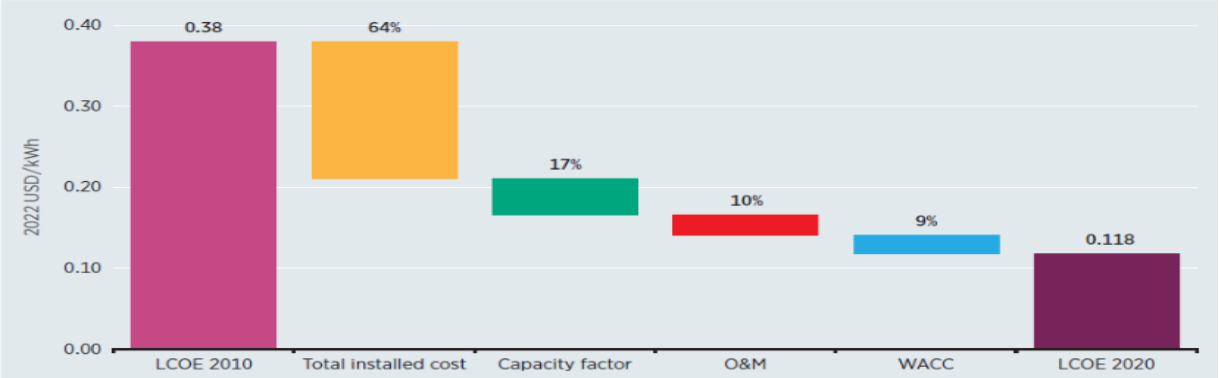
در دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۲، احداث و راه اندازی پروژه‌ها عمدتاً در اسپانیا و بیشتر شامل نیروگاه‌های کلکتور سهموی بود. در این دوره، میانگین وزنی جهانی هزینه ترازشده انرژی به ازای هر پروژه تنها به میزان کمی کاهش یافت. این وضعیت در سال ۲۰۱۳ تغییر کرد و یک روند نزولی واضح در هزینه ترازشده پروژه‌ها به وجود آمد؛ زیرا بازار گسترش یافت، تجربه بیشتری کسب شد و فرآیندهای تأمین رقابتی‌تر تأثیرگذار شدند. کاهش هزینه ترازشده پروژه‌ها از سال ۲۰۱۳ به بعد تنها به دلیل اثرات ارتقا تکنولوژی نبود، بلکه تغییر در احداث و راه اندازی پروژه‌ها به مناطقی با تابش مستقیم نوری بالاتر در دوره ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۵ نیز نقش داشت.



هزینه ترازشده برای پروژه های برق خورشیدی متمرکز بر اساس فناوری و مدت زمان ذخیره سازی، ۲۰۱۰–۲۰۲۲

در بازه زمانی ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۹، کاهش هزینه‌ها ادامه یافت و راه‌اندازی پروژه‌های جدید، به ویژه در چین، نتایج قابل ملاحظه‌ای ایجاد کرد. در مقابل، هزینه‌های پروژه‌های راه‌اندازی شده در مراکش و آفریقای جنوبی در سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ بیشتر بودند. محل قرار گرفتن پروژه‌ها در مناطق با تابش مستقیم خورشیدی بالاتر برای پروژه‌هایی که بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۷ راه‌اندازی شده‌اند، به عنوان عامل اصلی در افزایش ضریب ظرفیت و کاهش هزینه ترازشده عمل کرد. این دوره با میانگین وزنی تابش مستقیم خورشیدی حدود ۲۶۰۰ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال، (۲۸ درصد بیشتر از دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳)، همراه بود. این تحولات نشان می‌دهد که هم‌چنان تنها محرک بهبود فناوری نبوده و استراتژی احداث و راه اندازی نیز نقش مهمی در کاهش هزینه‌های نیروگاه‌های برق خورشیدی متمرکز داشته است. در سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷، تنها تعداد معدودی نیروگاه تکمیل شد و هر سال حدود ۱۰۰ مگاوات به ظرفیت اضافه می‌شد. بنابراین نتایج برای این دو سال نوسانات زیادی داشت و تحت تأثیر هزینه‌های خاص هر نیروگاه بود. در سال ۲۰۱۶، افزایش هزینه ترازشده انرژی به دلیل هزینه‌های بالاتر پروژه‌های اولیه در آفریقای جنوبی و مراکش که در آن سال به بهره‌برداری رسیدند، رخ داد. در سال ۲۰۱۷، میانگین وزنی جهانی هزینه ترازشده به سطح تعیین شده در سال های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵ بازگشت. افزایش ظرفیت جدید در سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ دوباره رونق گرفت و هر سال حداقل ۶۰۰ مگاوات به ظرفیت اضافه شد. در سال ۲۰۱۸، نیروگاه‌هایی در چین، مراکش و آفریقای جنوبی به بهره‌برداری رسیدند (با هزینه‌های ترازشده ای که از ۰.۰۸۰ دلار به ازای هر کیلووات ساعت در چین تا ۰.۲۴۹ دلار به ازای هر کیلووات ساعت در آفریقای جنوبی متغیر بود). در مقابل، سال ۲۰۱۹ شاهد هزینه ترازشده های بالاتری بود، زیرا دو پروژه اسرائیلی که با تأخیر مواجه شده بودند، آنلاین شدند. هزینه‌ها در آن سال از ۰.۱۱۳ دلار به ازای هر کیلووات ساعت برای یک پروژه در چین تا ۰.۴۳۰ دلار به ازای هر کیلووات ساعت برای پروژه کلکتورهای سهموی در اسرائیل متغیر بود. در سال ۲۰۲۰، ظرفیت نصب شده از ۱۵۰ مگاوات فراتر نرفت، هرچند هزینه‌های سرمایه‌ای پایین پروژه‌های انجام شده در چین، میانگین وزنی هزینه ترازشده برای آن سال را به ۰.۱۱۸ دلار به ازای هر کیلووات ساعت کاهش داد. در سال ۲۰۲۱،

مقدار هزینه ترازشده با ۲٪ افزایش نسبت به سال ۲۰۲۰ به ۰.۱۲۱ دلار به ازای هر کیلووات ساعت رسید؛ هرچند این مقدار هنوز ۶۸٪ کمتر از سال ۲۰۱۰ بود. با توجه به این موضوع، شکل زیر کاهش ۶۸٪ میانگین وزنی جهانی هزینه ترازشده برای نیروگاه‌های خورشیدی حرارتی در دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ را نشان می‌دهد و اجزای اصلی آن را بررسی می‌کند. بزرگترین سهم از کاهش‌ها با عدد ۶۴٪ مربوط به کاهش هزینه کل نصب نیروگاه‌های برق خورشیدی متمرکز در این دوره بود. بهبودهای فناوری و کاهش هزینه‌ها در ذخیره‌سازی انرژی حرارتی، باعث بهبود ضریب ظرفیت شدند. این امر به نوبه خود، ۱۷٪ از کاهش هزینه ترازشده را در دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ تشکیل می‌دهد. هزینه‌های عملیات و نگهداری کمتر، ۱۰٪ از کل کاهش هزینه ترازشده در آن زمان را به خود اختصاص داد، در حالی که کاهش میانگین وزنی هزینه سرمایه ۹٪ باقی‌مانده را تشکیل داد. همچنین باید به نقش توسعه‌دهندگان با تجربه بیشتر در کاهش هزینه‌ها در هر مرحله از توسعه، ساخت و راه‌اندازی اشاره کرد.



کاهش هزینه ترازشده برای پروژه های برق خورشیدی متمرکز، ۲۰۲۰–۲۰۱۰

این تحلیل برای دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۱، با توجه به ساختار هزینه نصب بالا و ضریب ظرفیت بالای پروژه سال ۲۰۲۱ در شیلی، نتایج متفاوتی را نشان می‌دهد. با در نظر گرفتن این موضوع، ضریب ظرفیت به عنوان عامل اصلی (۷۷٪) در کاهش هزینه‌ها بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۱ نقش دارد. هزینه‌های پایین‌تر عملیات و نگهداری یک دهم از کاهش را به خود اختصاص می‌دهند و کاهش در میانگین وزنی جهانی هزینه‌های نصب کل ۷٪ را تشکیل می‌دهد. بهبود در میانگین وزنی هزینه سرمایه ۶٪ از کل کاهش هزینه ترازشده در این دوره را شامل می‌شود.

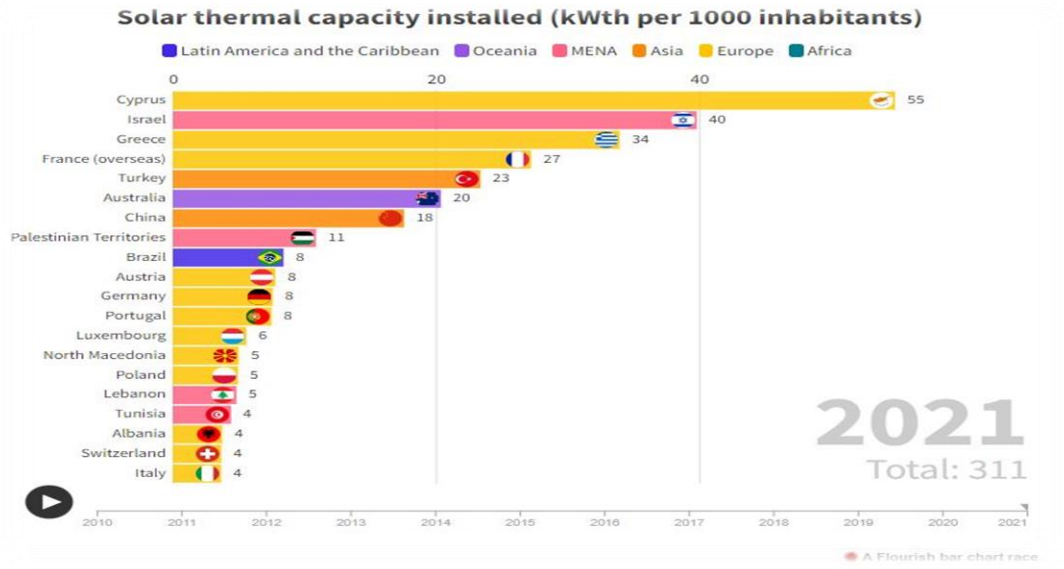
باید توجه داشت در غیاب سیاست‌های حمایتی قوی برای برق خورشیدی متمرکز، بازار کوچک باقی مانده و برنامه‌های جدید نیز جاه‌طلبانه نیستند. این امر با توجه به موفقیت چشمگیر در کاهش هزینه‌ها از سال ۲۰۱۰، علیرغم اینکه تنها ۶.۴ گیگاوات تا پایان سال ۲۰۲۱ در سطح جهانی نصب شده است، ناامیدکننده است. با توجه به رشد رقابت‌پذیری انرژی‌های تجدیدپذیر متغیر از سال ۲۰۱۰، ارزش توانایی برق خورشیدی متمرکز در ارائه برق قابل توزیع شبانه روزی تنها در مناطق با تابش مستقیم خورشیدی بالا و با هزینه معقول رو به افزایش است. سیاست حمایتی بیشتر می‌تواند در کاهش بیشتر هزینه‌ها مؤثر باشد.

منبع: IRENA_Renewable_power_generation_costs_in_2022

تحولات راهبردی

بازار حرارت خورشیدی جهان در سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۲۲

گرمای خورشیدی در جهان در مسیر رشد قرار دارد. حجم بازار کلکتورهای حرارتی خورشیدی در سال ۲۰۲۱، معادل ۲۳.۹ میلیارد دلار تخمین زده شد. پیش‌بینی می‌شود صنعت بازار کلکتورهای حرارتی خورشیدی از ۲۵.۸۴ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۲ به ۴۴.۷۳ میلیارد دلار تا سال ۲۰۳۰ رشد نماید و نرخ رشد ترکیبی سالانه[۲۶] ٪۸.۱۵ را نشان دهد و در ادامه به مروری کوتاه بر پیشرفت کشورهای مختلف و حوزه‌های قابل‌توجه حرارت خورشیدی در سال ۲۰۲۱ و ۲۰۲۲ پرداخته می‌شود.

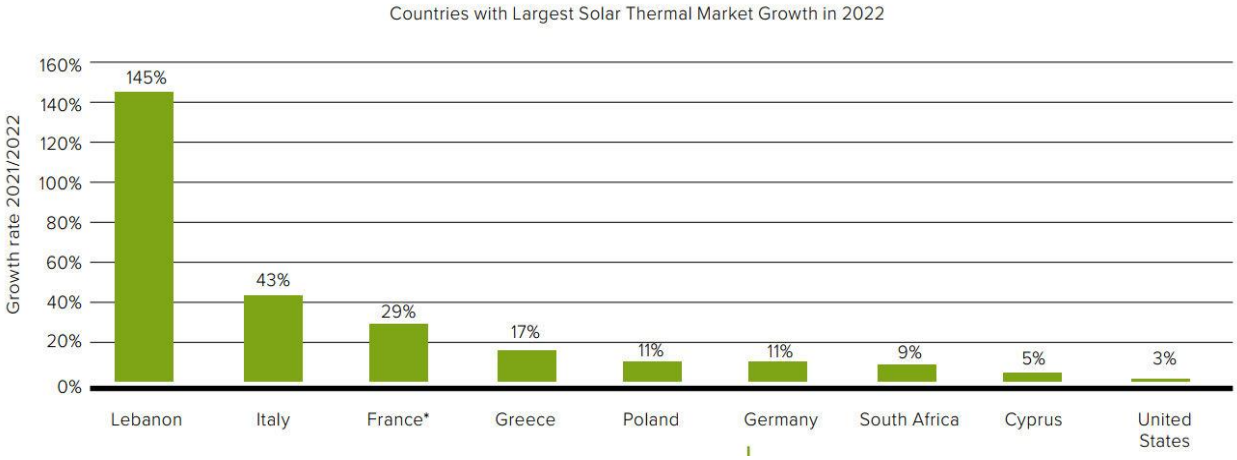


ظرفیت نصب‌شده حرارتی خورشیدی در جهان در سال ۲۰۲۱

[26] Compound Annual Growth Rate

❖ کشورهای پیشرو در نصب سیستم‌های حرارتی خورشیدی

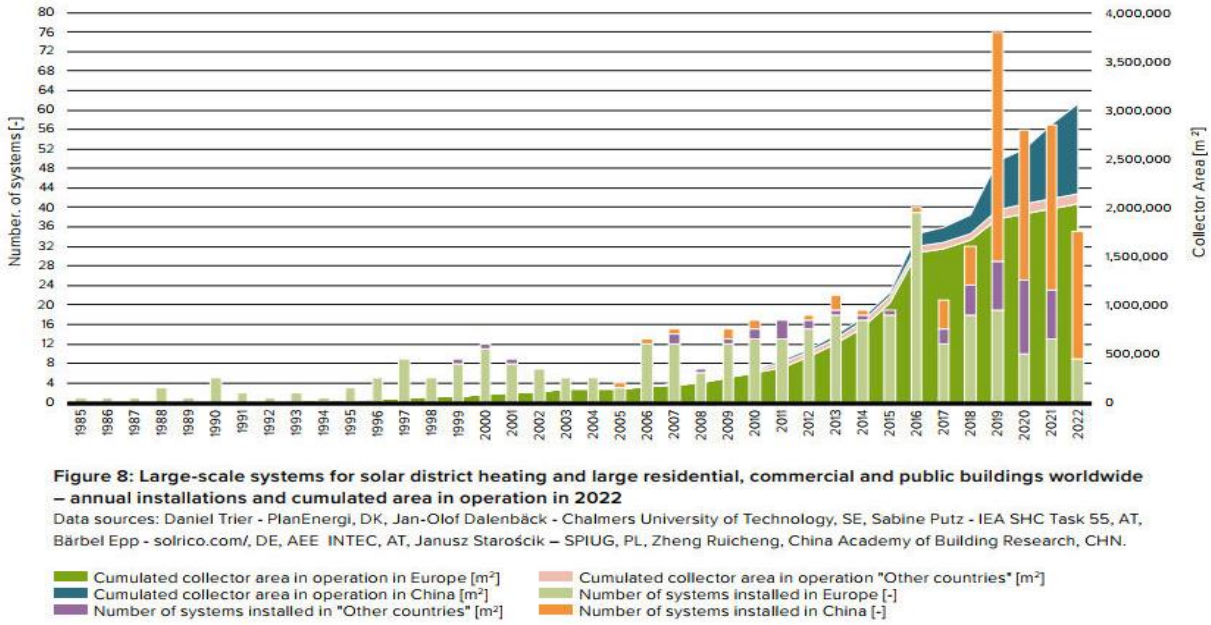
در بین کشورهای دنیا لبنان در سال ۲۰۲۲ رشد خارق‌العاده‌ی ۱۴۵ درصدی را تجربه کرد که ناشی از روی آوردن مردم به آبگرمکن‌های خورشیدی برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها به دلیل افزایش قیمت برق و سوخت و کاهش ارزش پول این کشور بود. اروپا، ایتالیا، یونان و لهستان برای دومین سال تحولات مثبتی در بازار ثبت کردند.



کشورهای با بیشترین رشد بازار حرارتی خورشیدی در سال ۲۰۲۲

❖ افزایش نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی در مقیاس بزرگ

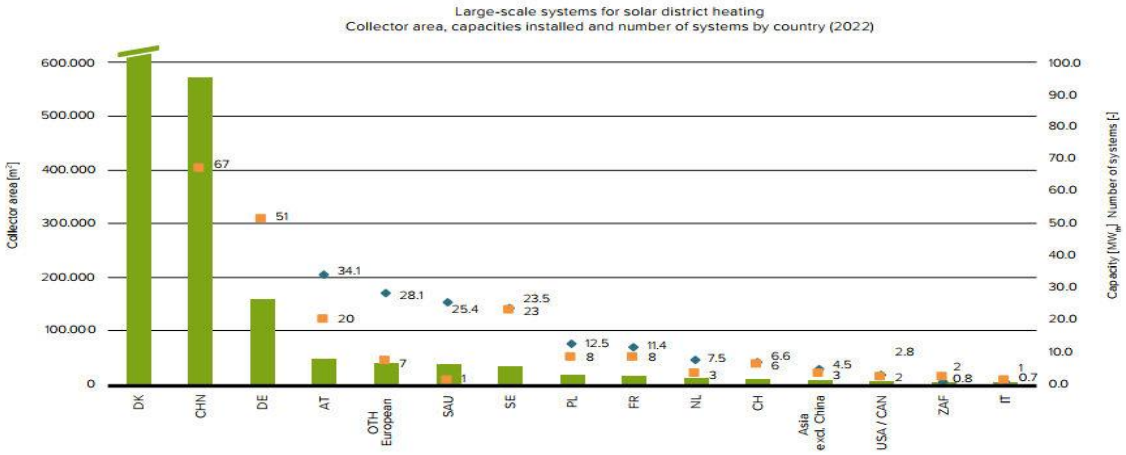
پیش‌بینی می‌شود تقاضا برای نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی در مقیاس بزرگ تا پایان سال ۲۰۲۳ رشد داشته و به ۵۷۱ نیروگاه (ظرفیت ۲.۲ گیگاوات ساعت) که امروز در حال کار هستند، افزوده شود.



مساحت تجمعی در حال بهره‌برداری سیستم‌های بزرگ‌مقیاس

❖ تولید گرما به همراه کربن‌زدایی در مناطق شهرها

۳۲۵ سیستم خورشیدی ۱.۸ گیگاوات ساعت انرژی با هزینه بین ۲۰ تا ۵۰ یورو در مگاوات ساعت تولید می‌کنند.



سیستم‌های بزرگ‌مقیاس برای گرمایش خورشیدی منطقه‌ای – مساحت تجمعی و ظرفیت نصب‌شده و تعداد سیستم‌ها برحسب کشور در سال ۲۰۲۲

❖ تسلط سیستم‌های آب گرم خورشیدی بزرگ و کوچک بر بازار

۱۱۵ میلیون سیستم حرارتی خورشیدی در حال بهره‌برداری در سال ۲۰۲۱ هستند. سیستم‌های آب گرم خورشیدی برای منازل، گردشگری و ساختمان‌های عمومی با سهم ۸۵ درصدی از تأسیسات جدید در سال ۲۰۲۱، کاربرد غالب هستند.

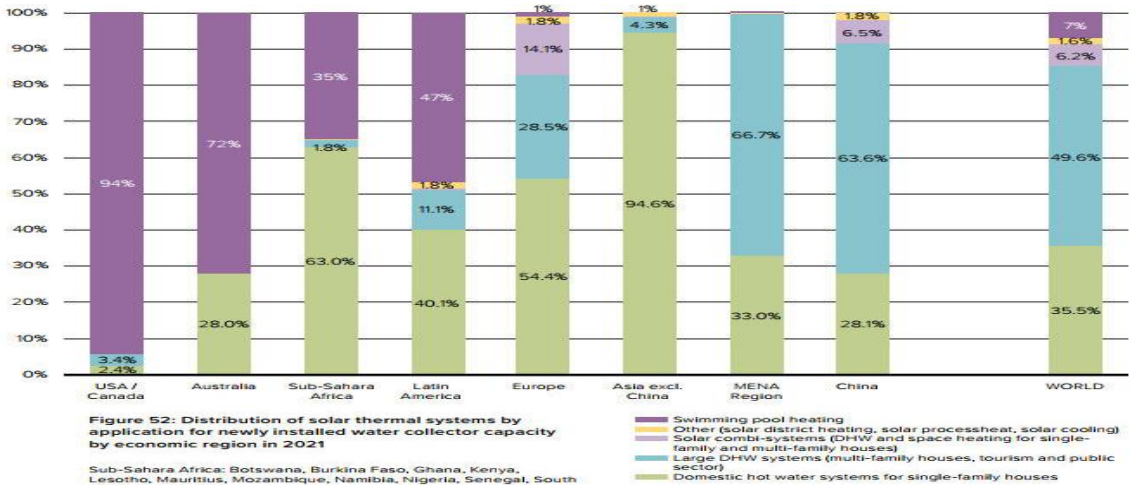


Figure 52: Distribution of solar thermal systems by application for newly installed water collector capacity by economic region in 2021

Sub-Sahara Africa: Botswana, Burkina Faso, Ghana, Kenya, Lesotho, Mauritius, Mozambique, Namibia, Nigeria, Senegal, South

توزیع سیستم‌های حرارتی خورشیدی با استفاده از ظرفیت کلکتور آب (جدیدا) نصب‌شده بر اساس منطقه اقتصادی در سال ۲۰۲۱

منبع: iea-shc.org

تحولات فناورانه

نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی، مسیر حال و آینده

در خصوص نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی، چهار زنجیره بلوک اصلی برای هر سیستم نقش اصلی را ایفا می‌کنند: ۱. تکنولوژی برق خورشیدی متمرکز ۲. سیال انتقال حرارت، ۳. مبدل حرارتی ۴. تولید توان، هر بلوک نقش بسیار مهمی در تولید برق از نیروگاه دارد:

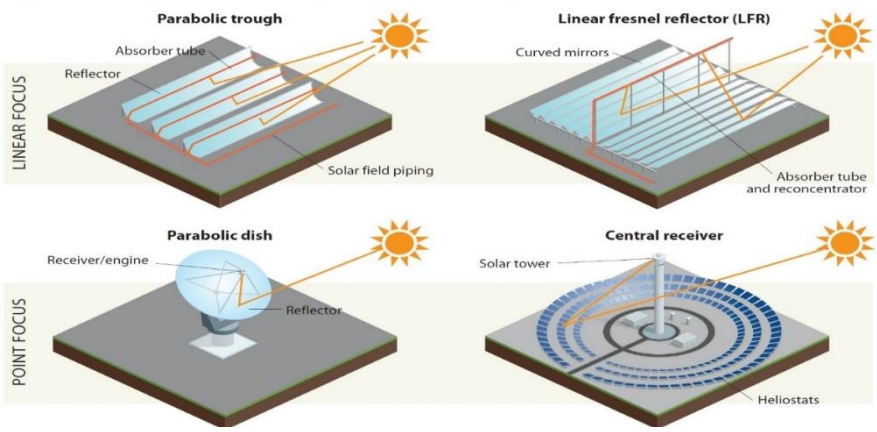
- تکنولوژی‌های برق خورشیدی متمرکز بخشی از زنجیره بلوک اول هستند، بلوک اول (سیستم کلکتور)، از چهار نوع اصلی کلکتورها تشکیل‌شده است: کلکتور فرنل خطی، کلکتور سهموی خطی، کلکتور متمرکز خورشیدی و کلکتور بشقاب سهموی. این سیستم‌ها همگی از ترکیبی از آینه‌ها برای متمرکز کردن نور خورشید در یک منطقه کوچک برای تولید گرما استفاده می‌کنند.
- بلوک دوم شامل سیال انتقال حرارت می‌شود که سیالی است که از آن برای جذب گرما از سیستم کلکتور استفاده می‌شود. می‌توان آن را خنک کرد و مجدداً در چرخه از آن استفاده کرد.
- بلوک سوم مبدل حرارتی است که امکان انتقال حرارت بین سیال انتقال حرارت و سیال ورودی به بلوک تولید توان را فراهم می‌کند.
- درنهایت، بلوک تولید توان شامل توربین و ژنراتور است که انرژی حرارتی را از سیال ورودی گرم شده به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. شکل زیر روند کلی برای سیستم‌های تولید برق خورشیدی متمرکز را نشان می‌دهد.

سیستم‌های برق خورشیدی متمرکز از انرژی خورشید به‌صورت گرما یا انرژی حرارتی استفاده می‌کنند. چهار نوع اصلی سیستم برق خورشیدی متمرکز وجود دارد که همگی از ترکیبی از آینه‌ها برای متمرکز کردن نور خورشید در یک منطقه کوچک برای تولید گرما استفاده می‌کنند. این سیال انتقال حرارت را گرم می‌کند که انرژی گرمایی را به یک سیستم قدرت مانند توربین یا موتور استرلینگ برای تولید برق منتقل می‌کند.

❖ انواع نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی متمرکز

چهار نوع سیستم برق خورشیدی متمرکز بر اساس نحوه تمرکز انرژی خورشیدی به دو گروه قابل‌طبقه‌بندی است:

- گروه اول: متشکل از متمرکز کننده‌های خطی است که شامل کلکتور سهموی خطی و کلکتور فرنل خطی است. در این دسته، نور خورشید به‌صورت یک خط یا یک ناحیه مستطیلی کوچک متمرکز می‌شود.
- گروه دوم: شامل متمرکز کننده‌های نقطه‌ای است که شامل کلکتور متمرکز خورشیدی و کلکتور بشقابی سهموی می‌شود. در این دسته، نور خورشید در یک نقطه یا منطقه کوچک متمرکز می‌شود. انواع مختلف سیستم‌ها در شکل زیر نشان داده شده است:

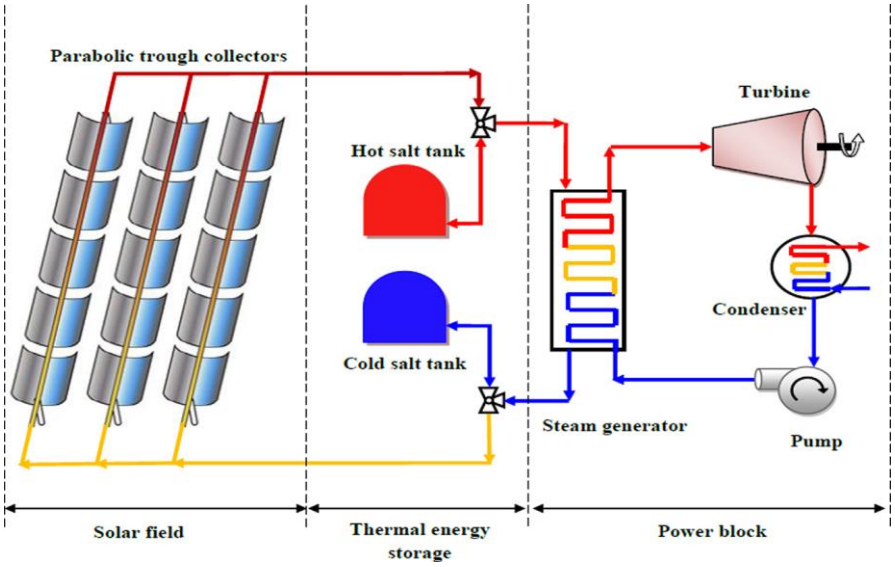


شکل ۱:انواع نیروگاه های حرارتی خورشیدی متمرکز

❖ نیروگاه حرارتی کلکتور سهموی خطی

نیروگاه خورشیدی سهموی خطی موفق‌ترین و توسعه‌یافته‌ترین فناوری انرژی خورشیدی متمرکز برای تولید برق است. در شکل زیر شماتیک یک نیروگاه خورشیدی سهموی نشان داده شده است. کلکتورهای سهموی شامل مجموعه‌ای از آینه‌های منحنی است که در داخل هر یک از فرورفتگی‌های سهمی قرار می‌گیرند. کلکتورهای خورشیدی با سیال انتقال حرارت، مانند نمک مذاب و ترمینول–VP، یا در مورد سیستم‌های تولید مستقیم، با بخار یا آب پر می‌شوند. کلکتورهای خورشیدی در یک پیکربندی سری که به‌عنوان حلقه شناخته می‌شود، مرتب‌شده و در جهت شمال–جنوب، جهت ردیابی خورشید از شرق به غرب قرارگرفته‌اند. از سیستم ذخیره انرژی حرارتی می‌توان در نیروگاه‌های خورشیدی برای اطمینان از تداوم در تولید برق استفاده کرد. به‌طورمعمول ظرفیت ذخیره انرژی حرارتی در محدوده چند ساعت است که در طول روز با سیال انتقال حرارت پر می‌شود و پس از غروب خورشید، برای حفظ تولید برق مورداستفاده قرار می‌گیرد.

انرژی حرارتی جمع‌آوری‌شده توسط میدان خورشیدی توسط بلوک قدرت برای تولید بخار با استفاده از مبدل حرارتی استفاده می‌شود. بلوک قدرتی که معمولاً در نیروگاه‌های خورشیدی استفاده می‌شود، یک چرخه رانکین است که از یک ژنراتور توربین بخار برای تولید انرژی الکتریکی استفاده می‌کند.



شکل ۲: نحوه کار نیروگاه کلکتور سهموی خطی و اجزای آن

- **اجزای نیروگاه حرارتی کلکتور سهموی خطی**

اجزای نیروگاه شامل کلکتور سهموی[۲۷]، سیال انتقال حرارت (سیال انتقال حرارت) و بلوک تولید توان است. همچنین امکان استفاده از سیستم ذخیره انرژی حرارتی نیز وجود دارد. شماتیک کلی نیروگاه و اجزای آن در شکل ۱ نشان داده شده است.

میدان خورشیدی

یک میدان خورشیدی متشکل از مجموعه‌های کلکتور خورشیدی است که به‌طور مستقل مجموعه‌های کلکتور سهموی خطی را ردیابی می‌کنند. هر کلکتور خورشیدی دارای سازه نگهدارنده فلزی، آینه‌ها، کلکتور خورشیدی و بالانس کلکتور سیستم است.

سیستم ذخیره‌ساز حرارتی

نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی را می‌توان به ذخیره انرژی حرارتی با ظرفیت ذخیره‌سازی بار کامل در محدوده چند ساعت مجهز کرد. معمولاً مشاهده می‌شود که ذخیره‌ساز در طول روز پر می‌شود و پس از غروب خورشید دوباره خالی می‌شود. به‌طوری‌که پس از غروب خورشید نیز برق تولید می‌شود.

[27] PTC

بلوک تولید توان

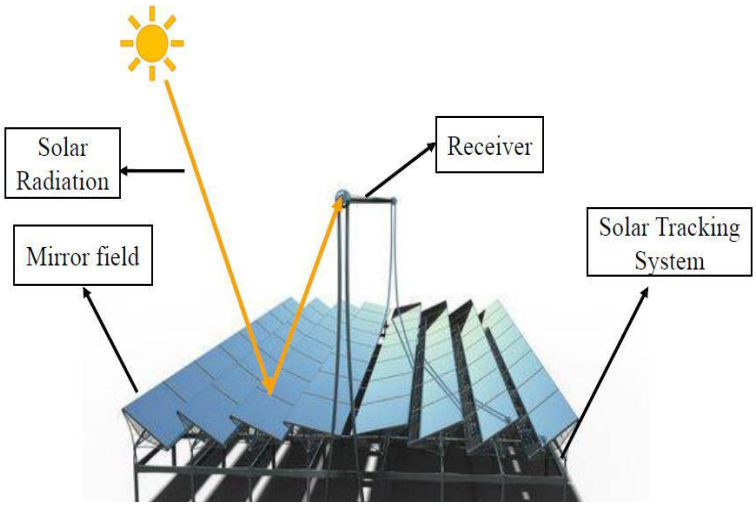
در آخرین نقطه یک نیروگاه برق خورشیدی متمرکز، بلوک تولید توان قرار دارد. بلوک تولید توان مورداستفاده در نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی متمرکز، یک چرخه رانکین تولید توان و تمام اجزای آن است. شامل مبدل حرارتی بخار است که در آن بخار تولید می‌شود و ژنراتور توربین بخار که برق تولید می‌کند. همچنین شامل کندانسور و پمپ‌ها می‌باشد.

❖ نیروگاه حرارتی کلکتور خطی فشرده فرنل

ساختار کلی یک نیروگاه خطی فرنل کاملاً شبیه به نیروگاه‌های سهموی است. تفاوت اصلی آن‌ها در کلکتورهای خورشیدی مورداستفاده در میدان خورشیدی است. یک بازتابنده فرنل خطی[۲۸] از مجموعه‌ای از نوارهای آینه خطی یا منحنی تشکیل‌شده است که مانند یک عدسی فرنل عمل می‌کند که تابش خورشید را روی یک گیرنده ثابت نصب‌شده در بالا متمرکز می‌کند. سیستم‌هایی برای افزایش نسبت غلظت درنتیجه، انرژی حرارتی جمع‌آوری‌شده برای راه‌اندازی چرخه توان معمولی استفاده می‌شود. مزیت اصلی این فناوری سادگی و کم‌هزینه بودن اجزای آن است.

- **اجزای نیروگاه حرارتی کلکتور خطی فشرده فرنل**

طبق شکل زیر، سیستم‌های کلکتور فرنل خطی تمرکز خطی دارند و از یک میدان آینه‌ای، یک سیستم ردیابی خورشیدی و یک عنصر گیرنده تشکیل‌شده‌اند.. میدان آینه‌ای از مجموعه‌ای از آینه‌ها تشکیل‌شده است که در طول روز مسیر خورشید را دنبال می‌کنند. نور خورشید به میدان آینه‌ای برخورد و آینه‌ها آن را به گیرنده منعکس می‌کنند. حرکت آینه‌ها از طریق سیستم ردیابی خورشیدی انجام می‌شود که به‌طورکلی از استپ موتور استفاده می‌کند. عنصر گیرنده دارای یک یا چند لوله جاذب و یک حفره گیرنده است که دیواره‌های داخلی آن به رنگ مشکی است.



شکل ۳: اجزای نیروگاه حرارتی کلکتور خطی فشرده فرنل

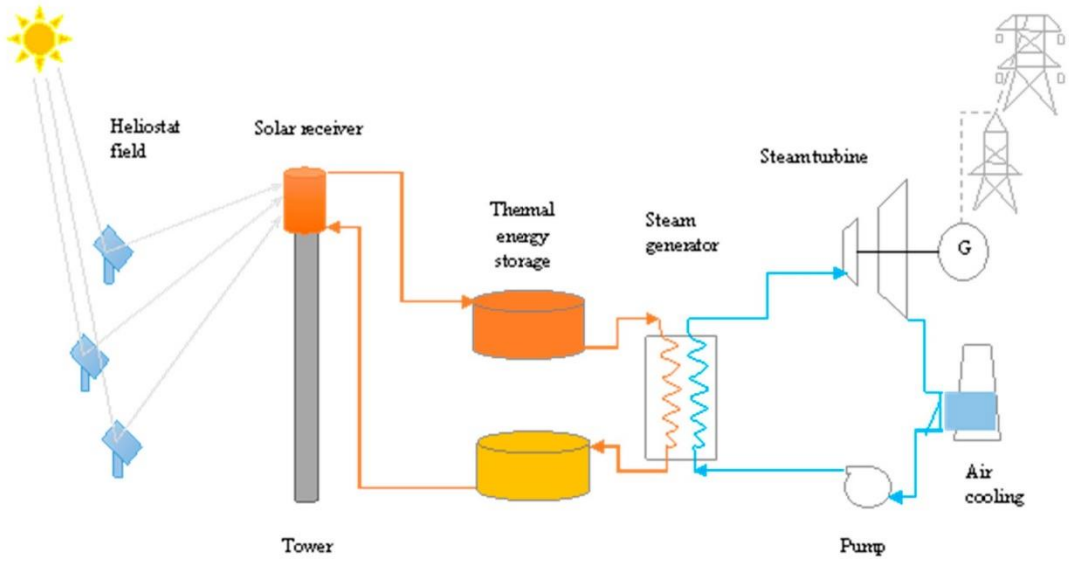
[28] LFR

فناوری کلکتور خطی فرنل می‌تواند برق تولید کند و تقاضای موردنیاز را تأمین کند. همچنین، مهم است که تأکید کنیم که حتی سیستم کلکتور خطی فشرده فرنل نیز کارآمدترین فناوری خورشیدی حرارتی نیست، زمانی که هندسه ساده‌تر، تعمیر و نگهداری ارزان‌تر و آسان‌تر و عملکرد حرارتی و نوری رضایت‌بخشی داشته باشد، رابطه‌ی هزینه و فایده خوبی دارد. فراتر از نیروگاه‌های عملیاتی کلکتور خطی فشرده فرنل، پروژه‌های کلکتور خطی فرنل زیادی در دست‌ساخت/توسعه وجود دارد و این واقعیت نشان می‌دهد که علاقه زیادی به این فناوری وجود دارد. ازآنجایی‌که یک فناوری ادغام شده با آینده امیدوارکننده است، هنوز فضای زیادی برای بهبود عملکرد آن وجود دارد.

❖ سیستم‌های دریافت‌کننده مرکزی (برج‌های خورشیدی)

برج خورشیدی یکی از دو نوع فناوری‌های متمرکز کننده نقطه‌ای است. برج خورشیدی به‌عنوان یک متمرکزکننده نقطه‌ای در نظر گرفته می‌شود زیرا نور خورشید را در یک گیرنده با یک ناحیه دایره‌ای کوچک متمرکز می‌کند. این سیستم به دلیل مقدار انرژی که تولید می‌کند، یکی از فناوری‌های برق خورشیدی متمرکز است که بیشترین تحقیقات را به خود اختصاص داده است. سیستم‌های برج خورشیدی به آینه‌های مسطح بزرگی به نام هلیواستات‌ها متکی هستند که خورشید را در طول روز دنبال می‌کنند و پرتوهای آن را روی گیرنده‌ای متمرکز می‌کنند که در بالای یک برج مرکزی و مرتفع (سیستم گیرنده مرکزی) قرار دارد. در داخل گیرنده، یک مایع انتقال حرارت، که گرما را به‌طور مؤثر حفظ می‌کند، تا حدود ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد گرم می‌شود و بخار تولید می‌کند. سپس وارد یک توربین می‌شود تا درنهایت انرژی الکتریکی تولید کند.

اولین سیستم‌های برج خورشیدی از آب به‌عنوان سیال کاری استفاده می‌کردند. آب به گیرنده در بالای برج مرکزی پمپ می‌شود، توسط انرژی گرمایی متمرکز خورشیدی به بخار تبدیل می‌شود، و سپس، اگر ذخیره‌ای موردنظر نباشد،



شکل ۴: اجزای نیروگاه حرارتی برج خورشیدی و روند کار آن

بخار مستقیماً برای به حرکت درآوردن چرخه تولید برق متداول که الکتریسیته تولید می‌کند، مورداستفاده قرار می‌گیرد. بخار فوق‌گرم را می‌توان برای استفاده بعدی در زمانی که ابرها تابش خورشید را مسدود می‌کنند یا برای تولید برق چند ساعت پس از تاریک شدن هوا، در یک مخزن ذخیره کرد. با توجه به انتقال حرارت کم و قابلیت ذخیره انرژی ضعیف آب، سیالات دیگر مانند نمک مذاب در این نوع سیستم برق خورشیدی متمرکز بر آب ترجیح داده شد.

- **عملکرد و اجزای برج‌های خورشیدی**

هلیواستات (آینه‌ها)

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، برج‌های انرژی خورشیدی، همچنین سیستم‌های گیرنده مرکزی، از یک میدان هلیواستات تشکیل‌شده‌اند که در آن تعداد متفاوتی از هلیواستات ها تابش خورشید را منعکس می‌کنند و آن را به سمت گیرنده مرکزی هدایت می‌کنند.

گیرنده

در بالای برج، تابش خورشیدی متمرکز به گیرنده خورشیدی می‌رسد. این گیرنده خورشیدی به‌عنوان جاذب تابش خورشید نیز عمل می‌کند. در مقیاس‌های تجاری، بیشتر جاذب‌ها توسط لوله‌هایی ساخته می‌شوند که می‌توانند برای تشکیل یک جاذب استوانه‌ای قرار گیرند، ازاین‌رو به آن‌ها جاذب لوله‌ای می‌گویند. بنابراین، گیرنده‌های خارجی و حفره‌ای می‌توانند از جاذب‌های لوله‌ای استفاده کنند. در جاذب‌های حجمی، گرمای خورشیدی به داخل ساختار یا حجم وارد می‌شود، جایی که توسط یک ماده متخلخل جذب می‌شود.

سیال انتقال حرارت

در گیرنده خورشیدی، یک سیال انتقال حرارت گرمای متمرکز خورشید را جذب می‌کند و می‌تواند آن را به سیال کاری چرخه ترمودینامیکی (از طریق نوعی مبدل حرارتی) منتقل کند یا می‌تواند خود به‌عنوان این سیال فعال عمل کند. عملکرد سیال انتقال حرارت را می‌توان در حال حاضر به‌وسیله آب/بخار یا نمک‌های مذاب انجام داد. علاوه بر این، استفاده از هوا به‌عنوان سیال انتقال حرارت و حتی ذرات جامد یا نانوسیال ها امروزه برای دستیابی به دمای عملیات بالاتر در گیرنده‌ها موردتحقیق قرار می‌گیرند.

❖ ۱–۴. نیروگاه حرارتی کلکتور بشقابی سهموی

یک سیستم بشقابی سهموی خورشیدی[۲۹] آرایشی شامل یک متمرکز کننده سهموی است که به شکل یک دیسک ساخته شده است. این تنظیم از یک سیستم ردیابی خورشیدی با دو محور برای ردیابی حرکت خورشید به‌طور خودکار استفاده می‌کند. همان‌طور که در شکل نشان داده شده است، سیستم با جذب تابش خورشید از طریق ظرف و انعکاس آن به گیرنده عمل می‌کند. یک سیستم بشقابی سهموی کارایی بالاتری نسبت به سایر فناوری‌های برق خورشیدی

[29] SPD

متمرکز ایجاد می‌کند. یک سیستم را می‌توان در شبکه‌های منفصل کوچک و از راه دور استفاده کرد که به‌عنوان یک مزیت نسبت به سایر فناوری‌های برق خورشیدی متمرکز عمل می‌کند. این نوع فناوری برای نیروگاه‌های برق خورشیدی متمرکز فشرده مناسب است.

این سیستم با آینه‌هایی طراحی شده است که به شکل سهموی سازمان‌دهی شده‌اند که پرتوهای نور خورشیدی را در نقطه‌ای به نام نقطه کانونی متمرکز می‌کند، جایی که گیرنده باید در آن قرار گیرد. گیرنده پرتو نور خورشیدی متمرکز را به شکل تابش جذب می‌کند و آن را به سیال عاملی که در گیرنده حفره گردش می‌کند منتقل می‌کند. خورشید به‌طور مداوم توسط بشقاب سهموی در دو محور ردیابی می‌شود. در یک بلوک قدرت ادغام شده است که از یک ژنراتور توربین بخار استاندارد تشکیل‌شده است که برق را برای شبکه برق محلی تولید می‌کند. بخار توربین قبل از پمپاژ مجدد به میدان کلکتور رسوب می‌کند. راندمان تبدیل انرژی تحت تأثیر عوامل متعددی مانند میزان تابش خورشیدی دریافتی، موقعیت دقیق سیستم ظرف و مدت‌زمان عملیات است. فاصله بین مجموعه‌های ظروف باید به‌گونه‌ای محاسبه شود که در طول سال هیچ سایه‌ای بر روی ظروف مجاور ایجاد نشود تا عملکرد مطلوبی حاصل شود. این فناوری را می‌توان هم برای نیروگاه‌های مقیاس بزرگ (با تعداد زیادی دیش در آرایه‌های گروه‌بندی‌شده) و هم برای سیستم‌های تولید برق در مقیاس کوچک (که می‌توانند برق تأسیسات از راه دور خارج از شبکه را تأمین کنند) استفاده شود.

تنها دو نیروگاه برق خورشیدی متمرکز در سطح جهان وجود دارد که از این فناوری استفاده کرده‌اند. طراحی یک سیستم کلکتور بشقابی سهموی نیازمند دقت بسیار زیاد برخی از پارامترهای حیاتی است. سطح دیسک معمولاً از نقره با روکش شیشه‌ای ساخته می‌شود. گیرنده با یک ساختار نگهدارنده نگه داشته می‌شود.

شکل ۵: اجزای کلکتور بشقابی سهموی

- **اجزای دیش خورشیدی سهموی**

عناصر اساسی طراحی سیستم کلکتور بشقابی سهموی، متمرکز کننده خورشیدی، گیرنده و موتور هستند که به یک سیستم ردیابی خورشیدی نیاز دارند. موتور و گیرنده استرلینگ مبتنی بر خورشید در نقطه کانونی دیش نصب‌شده‌اند تا حداکثر تابش خورشیدی را دریافت کنند. وظیفه اصلی گیرنده حرارتی اطمینان از توزیع یکنواخت تشعشعات خورشیدی

در سمت ورودی است. گاهی اوقات، یک دینام به‌صورت مکانیکی با موتور استرلینگ برای تولید برق ادغام می‌شود. در تمام طول روز، دیش خورشیدی سهموی با استفاده از مکانیزم ردیابی خورشیدی به‌طور خودکار به سمت خورشید هدایت می‌شوند. تابش‌های خورشیدی به‌طور پیوسته به سمت نقطه کانونی متمرکز کننده، متمرکز می‌شوند.

متمرکز کننده

متمرکز کننده دستگاهی است که انرژی تابش خورشید را در یک مکان متمرکز می‌کند. این تغلیظ کننده به‌صورت نیمه جوشی بوده و با استفاده از ماده بازتابیده شده در جلوی بدنه دیش ساخته شده است. موتور استرلینگ که به انرژی خورشیدی نیاز دارد، پرتوهای خورشید را با استفاده از یک آینه سهموی بزرگ می‌چرخاند. برای قرار دادن آینه‌های بازتابنده بر روی یک چارچوب سهمی شکل از ورق فلزی مهرشده استفاده می‌شود. قطر متمرکز کننده معمولاً بین ۳ متر تا ۱۵متر نگه داشته می‌شود و دارای تعداد مختلفی از مواد بازتابنده است.

گیرنده

گیرنده، انرژی خورشیدی متمرکز را به نوع مناسبی از انرژی تبدیل می‌کند. تحقیقات قابل‌توجهی بر روی طرح‌های مختلف گیرنده در حال انجام است. برای به حداقل رساندن برخورد شدت شار بر روی سطح جاذب، اغلب در پشت ناحیه محوری متمرکز کننده نصب می‌شود. یک دیافراگم در کانون برای محدود کردن تابش و تلفات حرارتی همرفتی ساخته شده است.

موتور

یک ژنراتور الکتریکی و یک موتور استرلینگ/برایتون در سیستم یکپارچه شده‌اند تا گرمای متمرکز از تابش منعکس شده گیرنده را به انرژی الکتریکی تبدیل کنند. به دلیل این گرما، سیال عامل به دمای بالا همراه با فشار بالا می‌رسد. یک دیش جداگانه تا ۵۰۰ کیلووات برق تولید می‌کند. این نوع موتور در یک سیستم کلکتور بشقابی گرما را به روش موتورهای متداول به نیروی مکانیکی تبدیل می‌کند. این یک سیال کاری سرد را فشرده می‌کند، دمای آن را افزایش می‌دهد و آن را از طریق یک توربین منبسط می‌کند تا توان تولید کند و ژنراتور الکتریکی انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند.

سیستم استرلینگ دیش خورشیدی از سه ماژول اصلی تشکیل‌شده است:

بشقاب خورشیدی سهموی و ساختار حمایتی مکانیکی آن

گیرنده حرارتی در سمت پایین موتور استرلینگ

مکانیسم ردیابی خورشید

سیستم ردیابی خورشیدی

این نوع سیستم از موقعیت خورشید پیروی می‌کند و با گرفتن پرتوهای نور خورشیدی بیشتر، کارایی سیستم را بهبود می‌بخشد. این تکنیک برای ردیابی خورشید بر اساس روز و فصل استفاده می‌شود. دو نوع سیستم ردیابی در بازار برجسته هستند: سیستم‌های ردیابی تک‌محوره و دومحوره. یک سیستم موقعیت‌یابی خودکار وجود دارد که مکانیسم ردیابی را

کنترل می‌کند و مطمئن می‌شود که خورشید علی‌رغم موقعیت‌های مختلف، روبه‌رو باقی می‌ماند. برخی از طرح‌های اصلاح‌شده شامل یک سیستم محرکه به همراه یک سنسور است. این سنسور به سیستم ردیابی کمک می‌کند تا موقعیتی را که تشعشع در آن بالاتر است پیدا کند. سیستم محرکه سیستم ردیابی را بر این اساس حرکت می‌دهد.

سیال کاری

استفاده از سیال عامل تأثیر قابل‌توجهی بر راندمان کلکتور خورشیدی دارد. سیالات مبتنی بر روغن اغلب در فناوری برق خورشیدی متمرکز مورداستفاده قرار می‌گیرند. نمک‌های مذاب نیز به‌عنوان یک سیال کاری جایگزین برای یک سیستم برق خورشیدی متمرکز مشاهده می‌شوند. کلکتور خورشیدی همچنین می‌تواند از گازهایی از جمله هوا، هلیوم، نیتروژن، کربن دی‌اکسید و آرگون به‌عنوان سیال کاری استفاده کند. استفاده از نانوسیالات منجر به افزایش سرعت انتقال حرارت می‌شود که ضریب انتقال حرارت همرفتی، افزایش حرارت قابل‌استفاده و راندمان حرارتی کلکتور خورشیدی را افزایش می‌دهد.

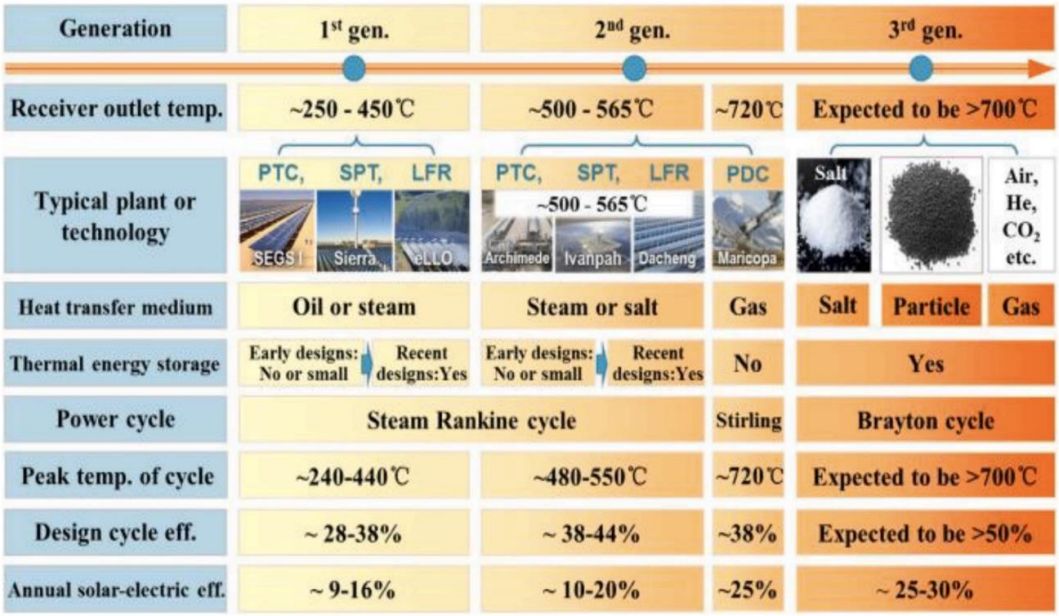
❖ وضعیت فعلی و چشم‌انداز آینده نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی

نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی بر اساس چرخه ترمودینامیکی و بازده چرخه خود به سه نسل تقسیم می‌شوند. نسل اول نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی از چرخه رانکین استفاده می‌کنند که دارای راندمان چرخه طراحی ۲۸-۳۸٪ و دمای سیکل اوج ۲۴۰ تا ۴۴۰ درجه سانتی‌گراد است و اغلب در کلکتور سهموی خطی ، برج خورشیدی و کلکتور فرنل خطی استفاده می‌شوند. ازآنجایی‌که اکثر تأسیسات حرارتی خورشیدی نسل اول فاقد ذخیره‌سازی حرارتی بودند، فقط می‌توانستند تحت هوای آفتابی در طول روز کار کنند. نسل اول حرارتی خورشیدی‌ها همچنان بخش عظیمی از ظرفیت مستقر حرارتی خورشیدی را تشکیل می‌دهند، با سیستم‌های سهموی خطی که در حال حاضر ۶۴ درصد از کل پروژه‌ها را تشکیل می‌دهند.

اکثر نیروگاه‌های نسل دوم حرارتی خورشیدی از کلکتورهای سهموی خطی، برج خورشیدی و فرنل خطی تشکیل‌شده‌اند که از چرخه رانکین استفاده کرده و راندمان چرخه رانکین آن‌ها از ۳۸ تا ۴۵ درصد و حداکثر دمای سیکل به ۵۶۵ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. تقریباً تمام نیروگاه‌های نسل دوم حرارتی خورشیدی مجهز به سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی حرارتی هستند. در مقایسه با ۹تا ۱۶٪ برای سیستم‌های حرارتی خورشیدی نسل اول، تأسیسات حرارتی خورشیدی نسل دوم ممکن است به بازده سالانه برق خورشیدی ۱۰تا ۲۰٪ به دلیل راندمان چرخه بالای آن‌ها دست یابند.

نسل سوم نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی بر افزایش حداکثر دمای سیکل با استفاده از مواد مدرن‌تر برای انتقال حرارت، ذخیره‌سازی حرارتی و سیال کاری در چرخه حرارتی تمرکز دارد. بااین‌حال، تمام فناوری‌های نسل سوم حرارتی خورشیدی هنوز در مرحله نمایش هستند و در هیچ برنامه تجاری در دسترس نیستند. هدف اصلی نسل سوم حرارتی خورشیدی، به حداقل رساندن هزینه ترازشده انرژی با افزایش بازده الکتریکی خورشیدی در زمانی که دمای عملیاتی بیش از ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد، است.

بر اساس گزارش انجمن انرژی حرارتی خورشیدی اروپا، آژانس بین‌المللی انرژی و صلح سبز، نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی ممکن است ۳ تا ۳.۶ درصد از عرضه جهانی انرژی را در سال ۲۰۳۰ و ۸ تا ۱۱.۸ درصد تا سال ۲۰۵۰ تأمین کند. این امر ضرورت افزایش ظرفیت این نیروگاه‌ها را نشان می‌دهد. پیش‌بینی‌های دیگر نشان می‌دهد که هزینه سیستم حرارتی خورشیدی ممکن است تا سال ۲۰۲۵ به ۰.۰۵ دلار در کیلووات ساعت کاهش یابد. توسعه‌دهندگان کارخانه‌های حرارتی خورشیدی با استفاده از سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی حرارتی نمک مذاب با چالش‌های متعددی از جمله کاهش هزینه نمک مذاب و کاهش خطر انجماد نمک مذاب مواجه هستند. هزینه‌های ضد یخ، و هزینه‌های پمپاژ نیز از این قبیل مسائل هستند.



شکل ۶: نسل بندی نیروگاه های خورشیدی متمرکز

کاهش هزینه سیستم‌های ذخیره‌سازی حرارتی مورداستفاده توسط نیروگاه‌ها نیز یکی از اهداف اصلی کاهش هزینه ترازشده انرژی حرارتی خورشیدی است. طبق گزارش ایرِنا[30]، سیستم‌های حرارتی خورشیدی با چهار تا هشت ساعت ظرفیت ذخیره‌سازی حرارتی، مجموع هزینه‌های نصب‌شده از ۳۱۸۳ دلار بر کیلووات تا ۸۶۴۵ دلار بر کیلووات را دارند. پروژه‌هایی که هشت ساعت یا بیشتر ظرفیت ذخیره‌سازی حرارتی دارند، محدوده باریک‌تری دارند که از ۴۰۷۷ دلار تا ۵۸۷۴ دلار در هر کیلووات متغیر است. طبق ارزیابی اخیر ایرِنا، پیشرفت قابل‌توجهی در کاهش قیمت ذخیره‌سازی حرارتی گرمای محسوس و نهان طی دو دهه آینده پیش‌بینی می‌شود. بررسی کیفیت مواد رایج و ویژگی‌های فیزیکی اصلی برای توسعه سیالات کاری جدید در آینده استفاده خواهد شد. خوردگی، اشتعال‌پذیری، سمیت، پایداری حرارتی، هزینه پایین و در دسترس بودن همگی از ویژگی‌های رایج این مواد هستند.

[30] IRENA

منابع:

[1] R. K. Imam, "Solar Power Tower: An Alternative Method to Power Egypt," Harvard University Division of Continuing Education, 2021.

[2] D. X. K. Y. X. C. J. X. Jiang K, "A comprehensive review on solid particle receivers of concentrated solar power.," *Renew Sust Energy Rev,* 2019.

[3] A. D. M. K. H. H. K.H. Kumar, "Solar Parabolic Dish Collector For Concentrated Solar Thermal Systems: a Review and Recommendations," *Springer Berlin Heidelberg,* 2022.

[4] M. Khan, "The promise of parabolic dish CSP technology," *Solarflux.*

[5] F. A. S. A.-G. M. Imran Khan, "Progress in technology advancements for next generation concentrated solar power using solid particle receivers," *Sustain. Energy Technol. Assess.,* 2022.

[6] M. A. T. A. M. M. S. A. G. P. M. Shahabuddin, "A critical review on the development and challenges of concentrated solar power technologies," *Sustain. Energy Technol. Assess,* vol. 41, 2021.

[7] R. Renewable Energy Agency, "enewable power generation costs in 2019.," 2020. [Online]. Available: www.irena.org..

غول‌های فناوری

اکسیونای اسپانیا، از پیشتازان صنعت تجدیدپذیر در دنیا

شرکت آکسیونا مستقر در مادرید اسپانیا با راه‌حل‌های متنوع خود در بخش حمل‌ونقل، خدمات انرژی تجدیدپذیر و غیره، در موقعیت ویژه‌ای در دنیای صنعت و تجارت قرار دارد. آکسیونا انرژی یکی از زیرمجموعه‌های آکسیونا، با بیش از ۳۰ سال سابقه درخشان، به عنوان یکی از پیشتازان جهانی در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر شناخته می‌شود. این شرکت در ۲۰ کشور جهان حضور دارد.

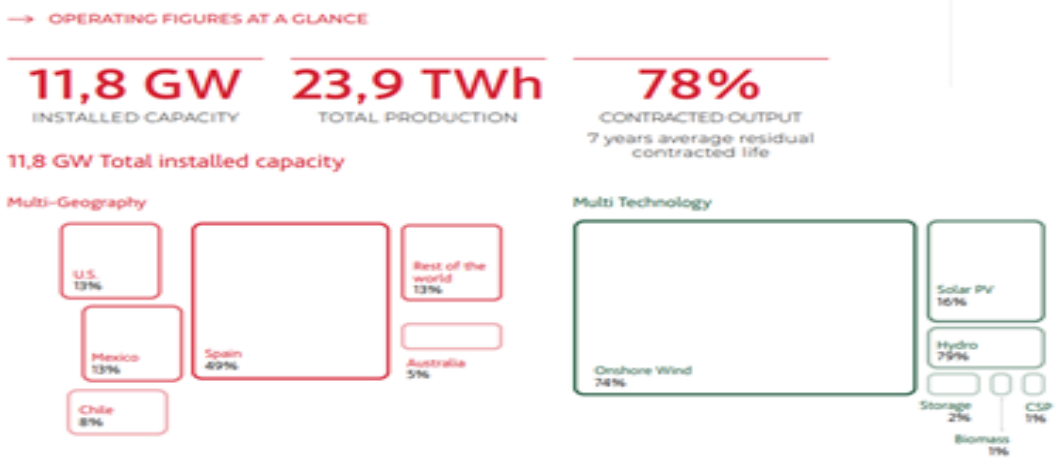
سال ۲۰۲۲ برای آکسیونا سالی استثنایی با افزایش ۳۸.۱ درصدی درآمد و افزایش ۳۹.۴ درصدی در شاخص «سود پیش از بهره، مالیات و استهلاک» نسبت به سال گذشته بوده است. تا سال ۲۰۲۲، آکسیونا، انرژی پاک معادل مصرف ۷.۶ میلیون خانه را تولید کرده است که از انتشار بیش از ۱۳ میلیون تن کربن‌دی‌اکسید جلوگیری می‌کند. ظرفیت نصب‌شده آکسیونا در سال ۲۰۲۲ به ۱۱.۸ گیگاوات رسید که نسبت به سال قبل ۵.۵ درصد افزایش یافته است. این انرژی از طریق فناوری‌های نامبرده به دست می‌آید: ۷۴ درصد باد خشکی، ۱۶ درصد خورشیدی فتوولتائیک، ۷ درصد برق‌آبی، ۳ درصد خورشیدی حرارتی و زیست‌توده. از برجسته‌ترین پروژه‌های سال ۲۰۲۲ آکسیونا می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- آغاز عملیات ساخت نیروگاه بادی مکینتایر[۳۱] در استرالیا با ظرفیت ۱ گیگاوات که آن را به یکی از بزرگ‌ترین تأسیسات انرژی تجدیدپذیر جهان تبدیل می‌کند.
- احداث بزرگ‌ترین باتری ذخیره‌ساز انرژی در تگزاس آمریکا، با ظرفیت ۱۹۰ مگاوات. آکسیونا هم‌اکنون دارای مجموعه‌ای از ۶ پروژه در این ایالات متحده با مجموع ظرفیت ۱ گیگاوات ذخیره‌سازی است.

[31] MacIntyreWind Farm

- آکسیونا فرآیند مدیریت یکپارچه آب را در وراکروز[۳۲]، مکزیک، یکی از شهرهایی که بیشترین آسیب را از کمبود آب در جهان می‌بیند، راه‌اندازی کرده است و همچنین وارد فاز ساخت کانال سازگار با اقلیم[۳۳] در فارگو[۳۴]، داکوتای شمالی شده است که نمونه‌ای از زیرساخت سازگار با اقلیم برای تاب‌آوری در برابر تغییرات آب و هوایی است.
- سال ۲۰۲۲ در زمینه حمل‌ونقل شهری[۳۵]، توسعه Silence S-04، خودروی میکرو[۳۶] با باتری قابل‌حمل[۳۷]، راه‌حلی نوآورانه برای رسیدگی به چالش‌های حمل‌ونقل الکتریکی در محیط‌های شهری ارائه می‌دهد.
- در بخش املاک و مستغلات، آکسیونا با پروژه‌های شاخصی مانند پردیس آکسیونا، پیشتازی جهانی خود را در توسعه ساختمان‌های پایدار به اثبات رسانده است. این پردیس، محیط‌های کاری سالم و سازگار با محیط‌زیست را برای کارکنان تضمین می‌کند و تمامی ساختمان‌ها از استانداردهای ساختمان‌های با انرژی تقریباً صفر[۳۸] تبعیت می‌کنند. همچنین برخی از ساختمان‌ها از انرژی فتوولتائیک و سیستم تهویه مطبوع با انرژی زمین‌گرمایی بهره می‌برند. از نظر نوآوری، از مواد جدید فتوکاتالیست و سیستم‌های کنترل هوشمند استفاده شده است.
- آکسیونا توانسته انتشار کربن‌دی‌اکسید را از رشد کسب‌وکار جدا کند و علیرغم افزایش قابل‌توجه فعالیت، انتشارات خود را ۳.۳ درصد و شدت کربن را از ۲۱ به ۱۵ تن کربن‌دی‌اکسید به ازای هر میلیون یورو درآمد کاهش دهد.
- رشد کسب‌وکار به آکسیونا امکان داد تا ۱۰ درصد نیروی کار تمام‌وقت بیشتری را در سراسر جهان استخدام نماید و شرایط اجتماعی را در کل زنجیره تأمین بهبود ببخشد.

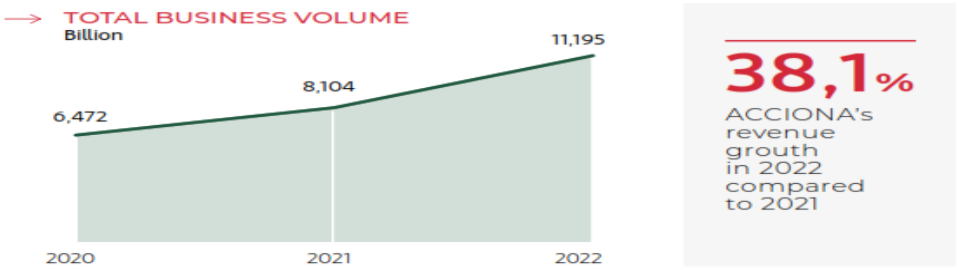
[32] Veracruz
[33] Climate Adaptation Canal
سازگاری با اقلیم به معنای انجام اقدامات لازم برای آماده شدن و تطبیق با تأثیرات فعلی و پیش‌بینی شده‌ی تغییرات اقلیمی است. ایجاد ساختمان‌ها و زیرساخت‌هایی که ایمن‌تر و پایدارتر باشد. کاشت مجدد جنگل‌ها و احیای اکوسیستم‌های آسیب‌دیده. تنوع بخشیدن به محصولات به گونه‌ای که بهتر بتوانند با آب و هوای متغیر سازگار شوند. بررسی و توسعه راه‌حل‌های نوآورانه برای پیشگیری و مدیریت بلایای طبیعی، احیای رودخانه‌ها و دشت‌های سیلابی. مدیریت جنگل‌های حساس به آب، مدیریت آب‌های زیرزمینی و ایجاد انگیزه‌های اقتصادی برای تغییر رفتار، از مصداق‌های این رویکرد هستند.
[34] Fargo
[35] Urban Mobility
[36] Microcar
خودروی میکرو اصطلاحی است که اغلب برای کوچک‌ترین اندازه خودروها، با سه یا چهار چرخ و اغلب موتورهای کوچک‌تر از ۷۰۰ سی سی استفاده می‌شود..
[37] Removable Battery
[38] Nearly-Zero Energy Buildings (NZEB)



عملکرد آکسیونا در سال ۲۰۲۲ در یک نگاه

❖ درآمد آکسیونا

درآمد آکسیونا در سال ۲۰۲۲ نسبت به سال ۲۰۲۱ با رشد ۳۸.۱ درصدی به ۱۱.۱۹۵ میلیارد یورو رسید. این افزایش درآمد به شرح زیر تقسیم می‌شود:



DIVISION	PERCENTAGE	MILLION €	VARIATION (%)
Infrastructure	53.7%	6,016	23.5%
Energy	38,.8%	4,351	76.0%
Other activities	10.5%	1,183	12.1%
Consolidation adjustments	-3%	-355	-20.8%

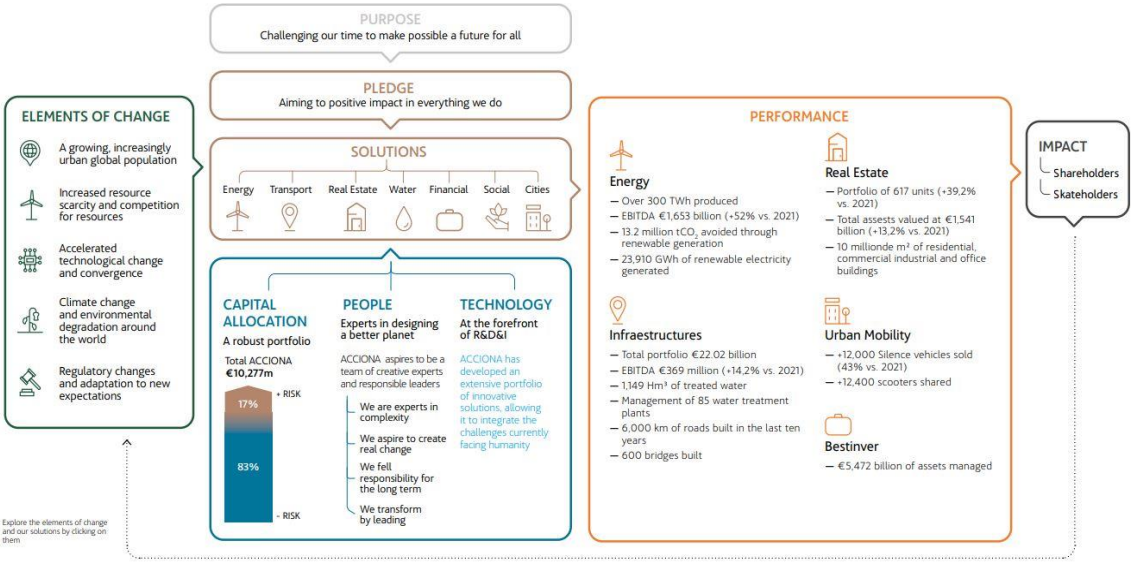
درامد آکسیونا در ۲۰۲۲ در مقایسه با ۲۰۲۱

- بخش انرژی: افزایش ۷۶ درصدی درآمد، ناشی از رشد ۴۷.۷ درصدی در بخش تولید انرژی و افزایش ۱۲۰.۹ درصدی در بخش بازاریابی و سایر کسب‌وکارها است و به مبلغ ۴.۳۵۱ میلیارد یورو رسیده است. هم‌چنین، شرکت آکسیونا‌انرژی افزایش ۵۲.۲ درصدی در شاخص «سود قبل از بهره، مالیات و استهلاک»را به مبلغ ۱.۶۵۳ میلیارد یورو گزارش کرده است. نتایج مثبت به‌دست‌آمده عمدتاً ناشی از افزایش قیمت انرژی‌های تضمینی است.
- بخش زیرساخت: افزایش ۲۳.۵ درصدی درآمد، که عمدتاً شامل رشد ۲۵.۸ درصدی در بخش ساخت‌وساز، افزایش ۲۰.۹ درصدی در بخش آب و کاهش ۱۰.۳ درصدی در خدمات شهری و محیطزیست است.

- سایر فعالیت‌ها: افزایش ۱۲.۱ درصدی درآمد در مقایسه با سال ۲۰۲۱، که به دلیل عملکرد خوب در بخش حمل‌ونقل الکتریکی شهری[۳۹]، فرودگاه‌ها و خدمات تأسیساتی حاصل شده است.

❖ مدل کسب‌وکار آکسیونا

مدل کسب‌وکار آکسیونا در تک‌تک اقدامات و پروژه‌هایی که این شرکت بر عهده می‌گیرد، منعکس شده است. این شرکت با به‌کارگیری رویکرد «کسب‌وکار به شیوه غیرمعمول برای توسعه زیرساخت‌ها»[۴۰]، با دیدگاهی بلندمدت به چالش‌های پیش روی سیاره زمین پاسخ می‌دهد و همواره به دنبال تأثیرگذاری مثبت بر مردم و کره زمین است.
موفقیت مدل کسب‌وکار آکسیونا بر مبنای برتری و نوآوری در سراسر زنجیره ارزش استوار است. آن‌ها روش‌های سنتی را به چالش می‌کشند و به دنبال راه‌حل‌های نوآورانه برای دستیابی به آینده‌ای پایدارتر هستند.



مدل کسب‌وکار آکسیونا

❖ حوزه‌های فعالیت آکسیونا

دسترسی به حمل‌ونقل، ارتباطات، برق، آب شرب، فاضلاب، زهکشی و سایر امکانات اولیه، کیفیت زندگی و رفاه مردم را متحول می‌کند. آکسیونا معتقد است زیرساختی که امروز توسعه می‌دهیم، نقش اساسی در تعیین توانایی پیشرفت جامعه دارد و مسیر آینده را تا حد زیادی شکل می‌دهد. شرکت آکسیونا زیرساخت‌های اساسی را توسعه و راه‌اندازی می‌کند که به برخی از چالش‌های کلیدی پیش روی جوامع امروزی می‌پردازد:

- انرژی: مالکیت و بهره‌برداری از دارایی‌های انرژی تجدیدپذیر مانند انرژی‌های بادی فراساحلی، فتوولتائیک، زیست‌توده، برق‌آبی و خورشیدی حرارتی.

[39] Urban Electric Mobility
[40] Business as Unusual approach to Infrastructure Development

- حمل‌ونقل: ساخت و بهره‌برداری از زیرساخت‌های حمل‌ونقل مسافر و کالا (جاده‌ها، پل‌ها، راه‌آهن‌ها و تونل‌ها).
- آب: طراحی، ساخت و بهره‌برداری از تصفیه‌خانه‌های آب آشامیدنی، تأسیسات تصفیه فاضلاب، فرآیندهای تصفیه پیشرفته برای استفاده مجدد و کارخانه‌های آب‌شیرین‌کن اسمز معکوس.
- شهرها: پاسخ به چالش‌های مختلفی که شهرها با آن‌ها مواجه هستند، مانند مدیریت پسماند، حمل‌ونقل الکتریکی، احیای فضاهای شهری و گسترش فضای سبز.
- امور اجتماعی: توسعه راه‌حل‌هایی برای زیرساخت‌های بهداشتی، آموزشی و فرهنگی، و همچنین برای حفاظت و پاک‌سازی محیط‌زیست طبیعی.
- املاک و مستغلات: فعالیت‌های املاک و مستغلات آکسیونا بر توسعه و مدیریت مجتمع‌های املاک متمرکز است.

❖ انرژی تجدیدپذیر خورشیدی حرارتی

آکسیونا یک شرکت جهانی انرژی‌های تجدیدپذیر با حضور چشمگیر در انرژی حرارتی خورشیدی است. این شرکت مطابق اعلام سایت سولاراندااستوریج‌اکسترا[۴۱]، چهارمین شرکت برتر در حوزه حرارت خورشیدی است. راهکارهای انرژی تجدیدپذیر حرارتی آکسیونا شامل تولید برق از نیروگاه‌های خورشیدی حرارتی در ایالات‌متحده و نیروگاه‌های زیست‌توده در اسپانیا می‌شود. این شرکت نقش پیشرو در توسعه این فناوری‌ها ایفا می‌کند.

آکسیونا انرژی در سال ۲۰۰۷ با راه‌اندازی نیروگاه نوادا سولار وان[۴۲]، پیشگام احیای انرژی خورشیدی حرارتی شد. این فناوری از زمان ایجاد در کالیفرنیا در سال ۱۹۹۱، راکد مانده بود. از آن زمان، آکسیونا تجربه گسترده خود را در مهندسی، ساخت و بهره‌برداری از نیروگاه‌های خورشیدی حرارتی به مشتریان ارائه می‌دهد.

برجسته‌ترین پروژه‌های انجام‌شده تا به امروز، نیروگاه‌های کاتهو[۴۳](۱۰۰ مگاوات) و بوکپورت[۴۴](۵۰ مگاوات) در آفریقای جنوبی (هر دو با فناوری سهموی خطی[۴۵]) هستند و نیروگاه سرو دمینادور[۴۶](۱۱۰ مگاوات) در حال حاضر در صحرای آتاکاما[۴۷] (شیلی) در حال ساخت است. همه این نیروگاه‌ها دارای سیستم ذخیره‌سازی انرژی هستند.

❖ خانه هوشمند[۴۸]

آکسیونا با اولویت قرار دادن راه‌حل‌های خانه هوشمند، از طریق فناوری، مدیریت انرژی کارآمد، ایمن و راحت را در خانه‌ها فراهم می‌کند. ویژگی‌های کلیدی خانه‌های آکسیونا عبارت است از:

41 Solarstoragextra
42 Nevada Solar One
43 Kathu
44 Bokpoort
45 Parabolic trough technology
46 Cerro Dominador
47 Atacama Desert
48 Smart Homes

- سیستم‌های تهویه مطبوع با بازده بالا بر پایه سیستم‌های آئروترمال[49] یا ژئوترمال[50]
- سیستم‌های تولید انرژی فتوولتائیک
- تهویه با استفاده از دستگاه‌های بازیاب دو جریانی[51]
- سیستم‌های کنترل مصرف، آسایش و مانیتورینگ

❖ مشخصات گروه انسانی اکسیونا

در سال ۲۰۲۲، آکسیونا سال را با ۴۵۸۹۲ کارمند به پایان رساند که ۲۷ درصد آن‌ها را کارمندان زن تشکیل داده بودند. به‌طورکلی، نیروی کار این شرکت شامل ۱۴۰ ملیت است که در بیش از ۴۰ کشور کار می‌کنند. آکسیونا از فرآیند ارزیابی سالانه عملکرد و پتانسیل به عنوان ابزاری برای ارائه دیدی جامع از استعدادهای داخلی استفاده کرده است. ابزارهای دیجیتال، سیستم ردیابی و گزارش‌دهی به آکسیونا اجازه می‌دهد تا به‌طور مداوم در شناسایی شاخص‌های تنوع پیشرفت کرده و اطلاعات آنی مرتبط با اهداف افراد خود را به مدیران ارائه دهد. آکسیونا مشارکت کامل زنان و رهبری آن‌ها را ترویج می‌کند. یادآوری این نکته مهم است که این شرکت در فعالیت‌های تجاری که عموماً حضور کمتری از زنان دارند، فعالیت می‌کند و بنابراین، ابتکاراتی را توسعه می‌دهد که هدف آن تضمین برابری جنسیتی بیشتر در محیط کار است.

❖ آماده برای تحول آینده و برنامه توسعه جاه‌طلبانه

سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر و زیرساخت‌های هوشمند، ستون اصلی گذار به الگوی توسعه پایدارتر است. هیدروژن سبز، ذخیره‌سازی انرژی، حمل‌ونقل شهری الکتریکی، آب‌شیرین‌کن بدون انتشار و مسکن با تراز انرژی مثبت، زمینه‌های کلیدی هستند که آکسیونا نقش مهمی در آن‌ها ایفا خواهد کرد. آکسیونا‌انرژی اهداف رشدی را تعیین کرده است که تقریباً به‌طور مساوی بین انرژی باد و خورشیدی فتوولتائیک تقسیم می‌شود. این امر شرکت را قادر می‌سازد تا همچنان در چهار بازار کلیدی خود یعنی اسپانیا، ایالات‌متحده، استرالیا و آمریکای لاتین به رشد خود ادامه دهد. هم‌چنین بر اساس اهداف بلندپروازانه، آکسیونا‌انرژی قصد دارد ظرفیت خود را تا سال ۲۰۲۵ نسبت به سال ۲۰۲۰ دو برابر و تا سال ۲۰۳۰ سه برابر کند. علاوه بر آن، آکسیونا انرژی قصد دارد سرمایه‌گذاری خود را در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر به میزان قابل‌توجهی افزایش دهد، به‌طوری‌که ظرفیت نصب‌شده خود را از ۱۲ گیگاوات در سال ۲۰۲۲ به ۳۰ گیگاوات تا سال ۲۰۳۰ برساند.

منبع:ACCIONA INTEGRATED ANNUAL REPORTS 2022

[49] Aerothermal
[50] Geothermal
[51] Double-flow Recuperators

تحولات دیجیتال

نرم‌افزار شبیه‌سازی سیستم حرارتی خورشیدی

انرژی حرارتی خورشیدی فناوری است، که با هدف بهره‌برداری از گرمای حاصل از انرژی خورشیدی به کار برده می‌شود. در سال‌های اخیر استفاده از سیستم‌هایی که این فناوری را به کار می‌گیرند، به‌طور چشم‌گیری رواج یافته است و همین امر باعث شده تا افراد و شرکت‌های زیادی به طراحی، برنامه‌ریزی و پیاده‌سازی این سیستم‌ها روی‌آورند.

«تی‌سول»[۵۲] یک نرم‌افزار شبیه‌سازی پویا برای طراحی، بهینه‌سازی و محاسبه سیستم‌های حرارتی خورشیدی است. تی‌سول امکانی را فراهم نموده است تا بتوان میزان صحت و دقت و بازده یک سیستم حرارتی خورشیدی را برای یک دوره یک‌ساله و به‌صورت کاملاً پویا محاسبه نمود. این نرم‌افزار با ارائه ابزارها و اجزای سیستم‌های خورشیدی انجام شبیه‌سازی و محاسبات برای این‌گونه سیستم‌ها را بسیار آسان نموده تا با استفاده از آن، با صرف وقت و هزینه کمتر به طراحی بهینه سیستم‌های حرارتی خورشیدی، شبیه‌سازی دما و بررسی عملکرد انرژی در آن‌ها پرداخته شود. به‌بیان‌دیگر، تی‌سول می‌تواند سیستم حرارتی خورشیدی برنامه‌ریزی‌شده، ابعاد مخزن ذخیره‌سازی و آرایه‌های کلکتور (همچنین سقف‌های شرقی/غربی) را به‌طور بهینه طراحی و کارایی اقتصادی آن را تعیین نماید.

در شروع فرآیند طراحی، مجموعه زیادی از تمام سیستم‌های مربوطه برای گرمایش آب گرم خانگی و پشتیبانی گرمایش و همچنین برای استخرهای شنا و گرمای فرآیند در اختیار کاربر قرار می‌گیرد. در طول طراحی، پیشنهادهایی برای ابعاد به کاربر ارائه می‌شود و می‌توان از تغییر پارامتر برای یافتن ترکیب بهینه استفاده نمود، به‌عنوان مثال اندازه مخزن و موقعیت کلکتور. پس از شبیه‌سازی، یک گزارش پروژه جامع و جذاب با تمام داده‌های سیستم و هم‌چنین نتایج شبیه‌سازی و میزان سودآوری قابل دریافت خواهد بود

[52] T*SOL

قابلیت‌های کلیدی نرم‌افزار Valentin T*SOL Pro

- شبیه سازی سیستم‌های دینامیک حرارتی خورشیدی
- شامل اجزای مرتبط مانند منبع آب گرم، بافر تانک‌ها، منابع ذخیره سازی و سایر
- ارائه ابعاد مناسب برای ایجاد سیستم حرارتی خورشیدی بر روی پشت بام
- فراکسیون خورشیدی برای گرمایش و آب گرم خانگی
- آنالیز مدل طراحی شده
- ارائه مدل‌ها و ابزارهای از پیش تعریف شده
- امکان تعیین نوع آب و هوا و منطقه مکانی مدل
- نمایش نتایج به صورت نمودار گرافیکی
- نمایش تعداد کلکتورهای مورد نیاز، بازده سیستم و درصد انرژی کل که توسط خورشید تامین می شود.

حداقل مشخصات سیستم مورد نیاز جهت نصب برنامه

•Processor: 1.5 GHz Pentium PC
•RAM: 512 MB
•Free hard disk space: 820 MB
•Monitor resolution: 1,024 x 768 pixels
•Operating systems: Windows 8.1, Windows 10
•Graphics: 64 MB, OpenGL support (Photo Plan)
•Miscellaneous: Microsoft .Net Framework 4.7.2 Redistributable Package

❖ طراحی و شبیه‌سازی سیستم‌های حرارتی خورشیدی به‌صورت حرفه‌ای

بهینه‌سازی سیستم‌های حرارتی خورشیدی به پارامترهای زیادی بستگی دارد. تی‌سول به یافتن بهترین ترکیب ممکن از مخازن ذخیره‌سازی[۵۳]، ژنراتورهای حرارتی[۵۴] و موقعیت کلکتورها[۵۵] کمک می‌کند. ازآنجایی‌که کنترل نیز تأثیر زیادی بر کارایی سیستم حرارتی خورشیدی دارد، می‌توان پارامترهای کنترلی مانند دماهای سوئیچینگ[۵۶] و ارتفاع سنسور را

[53] Storage tanks
[54] Heat generators
[55] Collector areas
[56] Switching temperatures

دقیقاً تنظیم نمود. امکان شبیه‌سازی دقیقه‌به‌دقیقه[۵۷] کاربر را قادر می‌سازد تا بازده خورشیدی و همچنین نیازهای دقیق وسایل را تعیین نماید.

❖ سایر مزایای نرم‌افزار:

- **مقایسه انواع ویژگی‌ها و پارامترها**

امکان مقایسه حداکثر ۶ نوع متغیر در ویژگی‌ها و پارامترهای اساسی فراهم است.

- **گزارش پروژه قابل تنظیم**

محتوای گزارش می‌تواند از یک گزارش کوتاه تا یک گزارش پروژه مفصل و دقیق با نتایج شبیه‌سازی متغیر باشد.

- **تجزیه و تحلیل سودآوری**

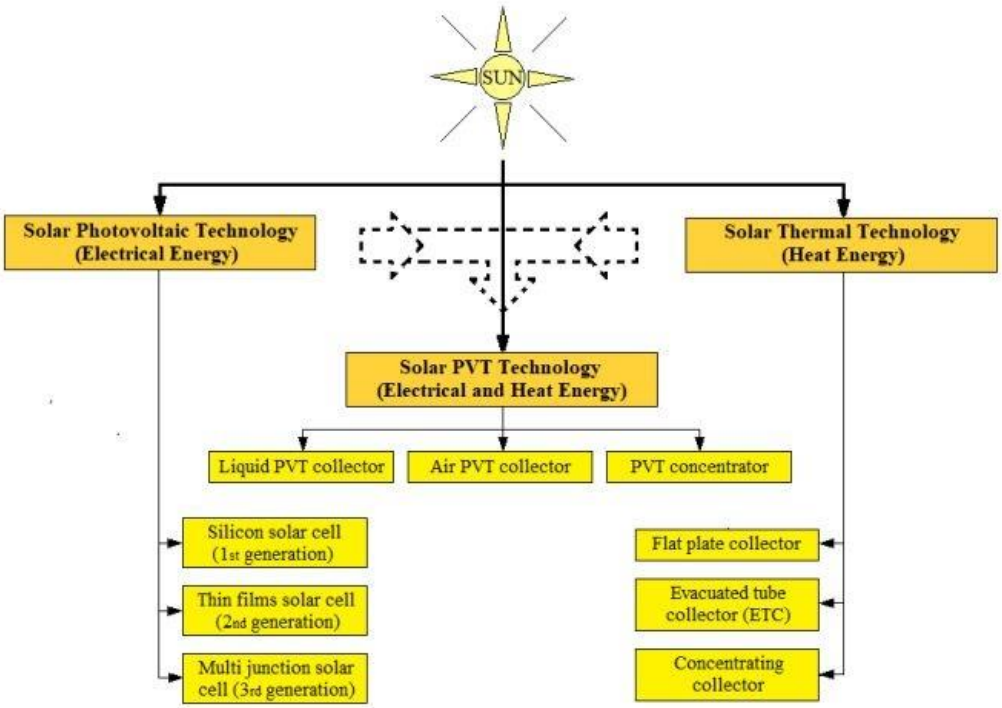
تی‌سول سودآوری را بر اساس توصیه انجمن صنعت خورشیدی آلمان[۵۸] با در نظر گرفتن هرگونه بودجه محاسبه می‌نماید.

منبع:valentin-software.com

[57] Minute-by-minute simulation
[58] The German Solar Industry Association(BSW)

تحولات فناورانه

هیبرید فتوولتاییک و حرارت خورشیدی در یک سیستم

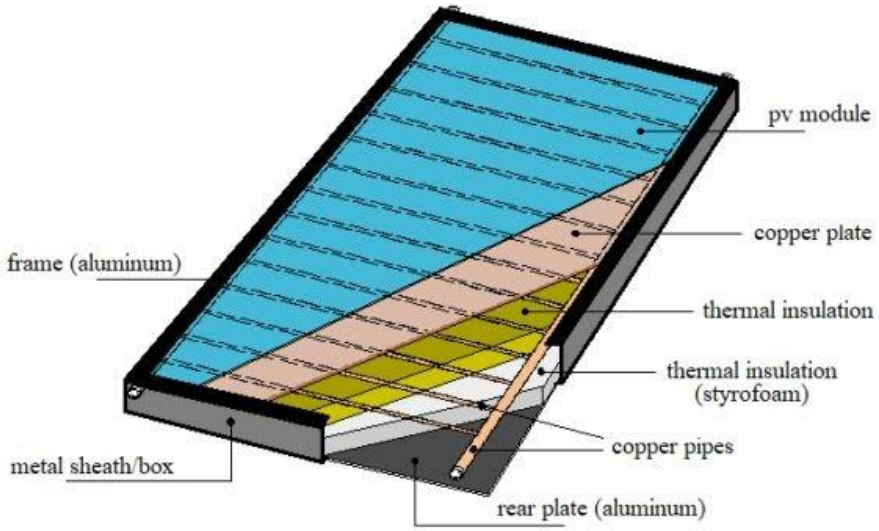


انواع فناوری‌های خورشیدی

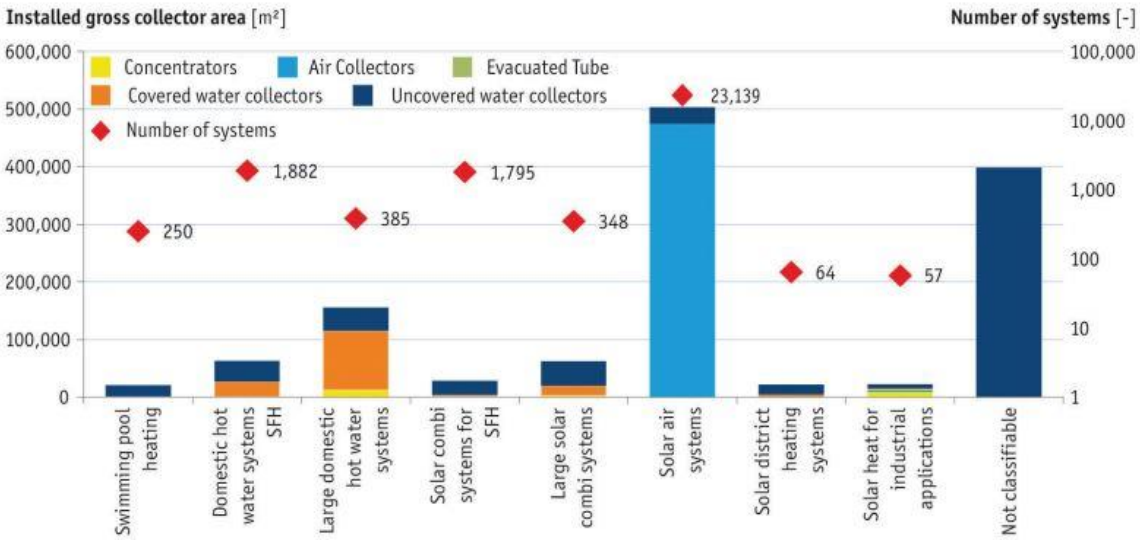
امروزه فناوری خورشیدی، انرژی خورشیدی را به‌طور جداگانه به برق یا گرما تبدیل می‌نماید. برای تولید برق، مانع اصلی این است که سلول‌های فتوولتائیک با افزایش دما انرژی کمتری تولید می‌کنند. برای غلبه بر این مشکل، از تکنیک‌های خنک‌کننده برای بالابردن بازدهی سلول‌های خورشیدی استفاده می‌شود تا تولید برق افزایش یابد. کلکتور خورشیدی هیبریدی فتوولتائیک گرمایی[۵۹] تجهیزاتی است که یک ماژول فتوولتائیک را برای تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی و یک ماژول با راندمان تبدیل حرارتی بالا که از یک سیال حرارتی[۶۰] استفاده می‌کند، ادغام می‌نماید. این بهینه‌سازی فناوری خورشیدی، از هدف اصلی خنک‌کردن سلول‌های فتوولتائیک با هدف افزایش تولید الکتریسیته، برای دریافت انرژی گرمایی مفید از سیال بهره می‌برد. به‌این‌ترتیب، یک سیستم تولید هم‌زمان برق و گرمای مفید

[59] Photovoltaic-Thermal (PVT) hybrid solar collector
[60] Thermal Fluid

تشکیل می‌دهد. این راه‌حل پیشرفته، ترکیبی مؤثر از بهره‌وری انرژی و پایداری است که منبع قابل‌اعتمادی از انرژی پاک را ارائه می‌دهد.



ساختار کلکتور فتوولتائیک گرمایی



مساحت کلکتورهای نصب شده و تعداد آن‌ها به تفکیک نوع سیستم‌ها

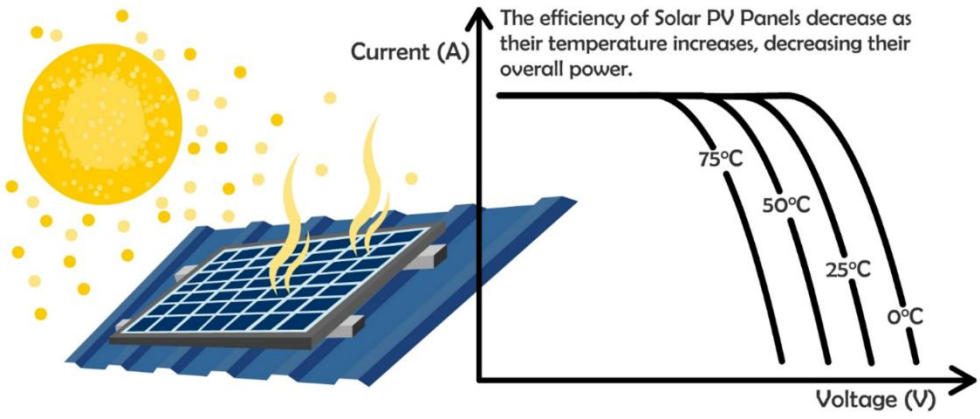
در مقایسه با پنل‌های فتوولتائیک خورشیدی معمولی، پنل‌های فتوولتائیک گرمایی خورشیدی هیبریدی عمدتاً برای ۴ برنامه استفاده می‌شوند:

می توان از آن برای پروژه هایی استفاده کرد که عمدتاً به ظرفیت بزرگ آب گرم و همچنین به مقداری برق نیاز دارند. به عنوان مثال، استخر عمومی یا حمام عمومی و غیره.

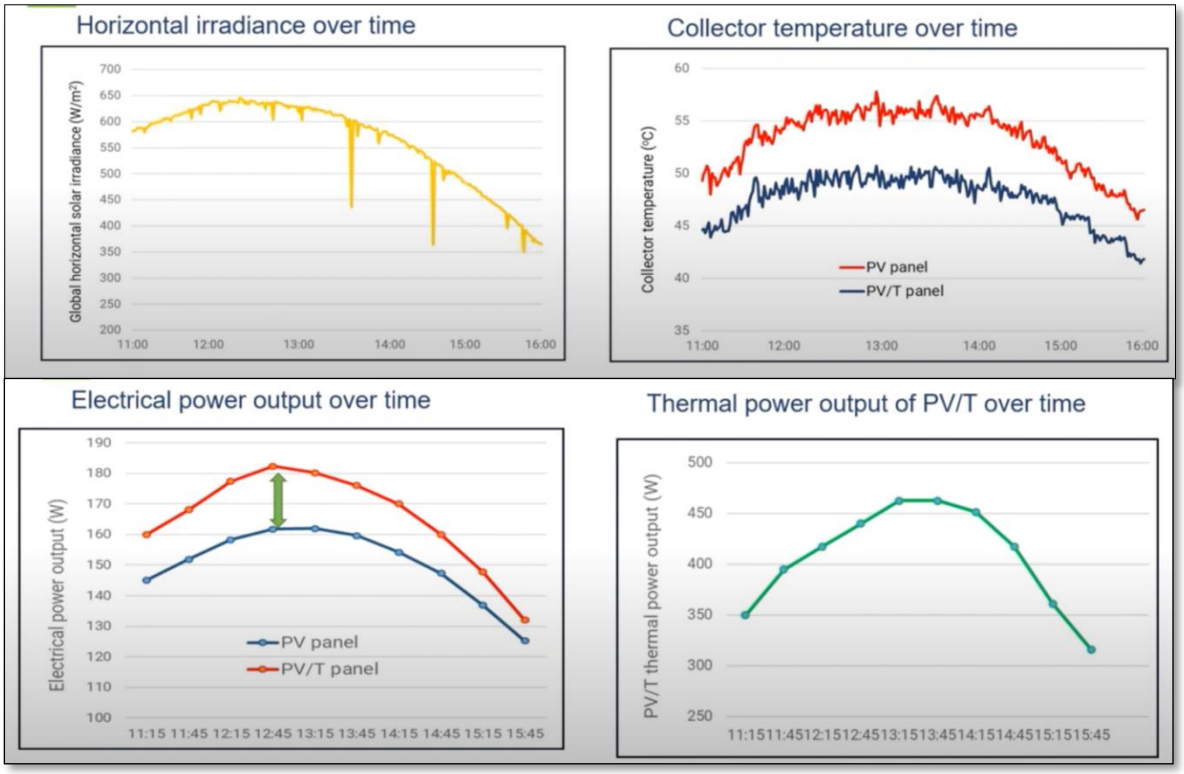
برای پروژه‌هایی که هم به برق و هم آب گرم نیاز دارند و همچنین به دلیل محدود بودن مساحت سقف، نمی‌توانند هم پنل های خورشیدی PV و هم کلکتورهای آب گرم خورشیدی را نصب کنند، توصیه می‌شود. به عنوان مثال، هتل‌های مرتفع، که دارای اتاق‌های زیادی هستند، اما تنها قسمت‌های کوچکی از سقف دارند.

برای پروژه هایی که در یک منطقه بسیار گرم مانند منطقه خاورمیانه، قابل نصب است. در این حالت به دلیل دمای زیاد هوا. دمای معمولی پنل PV خورشیدی به سرعت و به سطح بسیار بالایی افزایش می یابد. هر چه دمای پنل‌های PV بیشتر باشد، بازده PV کمتر می‌شود. بنابراین در مناطق گرم، راندمان پنل PV به سرعت کاهش می‌یابد، بنابراین در برخی موارد، باید از یک سیستم خنک کننده اضافی برای خنک کردن دمای پنل‌های PV خود استفاده نمود. در این صورت، پنل PVT خورشیدی هیبریدی بهترین انتخاب خواهد بود.

برای مصارف خانگی که هم به برق و هم آب گرم نیاز دارد و همچنین دارای استخر شنا یا سیستم گرمایش از کف است، قابل استفاده است. با توجه به اینکه پنل هیبریدی می تواند بسته به شرایط آب و هوایی محلی ۵۰-۱۰۰ لیتر آب گرم در روز تولید کند، در صورت نصب یک پروژه PVT برای خانه، آب گرم با ظرفیت بزرگ می‌تواند برای حمام، شستشو، همچنین استخر و گرمایش از کف تامین شود.



کاهش چشم‌گیر کارایی پنل با افزایش دما در سیستم فتوولتائیک سنتی



بررسی عملکرد سیستم‌های هیبریدی در طول روز

❖ نمونه‌هایی از فتوولتائیک گرمایی هیبریدی در سراسر جهان:

- **PV-T در چین محصول شرکت سولارمستر[۶۱]**

پنل خورشیدی هیبریدی سولارمستر یک فناوری نوآورانه خورشیدی است که اولین طراحی در چین محسوب می‌شود و راه‌حلی بسیار کارآمد و پایدار برای تولید انرژی است. پنل فتوولتائیک گرمایی هیبریدی خورشیدی با عملکرد خود در تمام طول سال، امکان تولید انرژی پایدار را حتی در شرایط آب‌وهوایی چالش‌برانگیز فراهم می‌کند. توانایی این محصول در تولید برق و گرما به‌طور هم‌زمان به این معنی است که در مقایسه با پنل‌های خورشیدی سنتی، صرفه‌جویی قابل‌توجهی در هزینه و کاهش اثرات زیست‌محیطی دارد. در مرحله اول، پنل فتوولتائیک نور خورشید را جذب کرده و آن را به برق تبدیل می‌کند. سپس قسمت حرارتی که در پشت پنل فتوولتائیک گرمایی قرار دارد، انرژی گرمایی را که در حین کار پنل ایجاد شده است جذب می‌کند.

پنل خورشیدی هیبریدی سولارمستر می‌تواند راندمان فتوولتائیک را حداکثر ۵۰٪ افزایش دهد و درعین‌حال، آب گرم را برای استفاده تجاری و مسکونی تولید نماید.

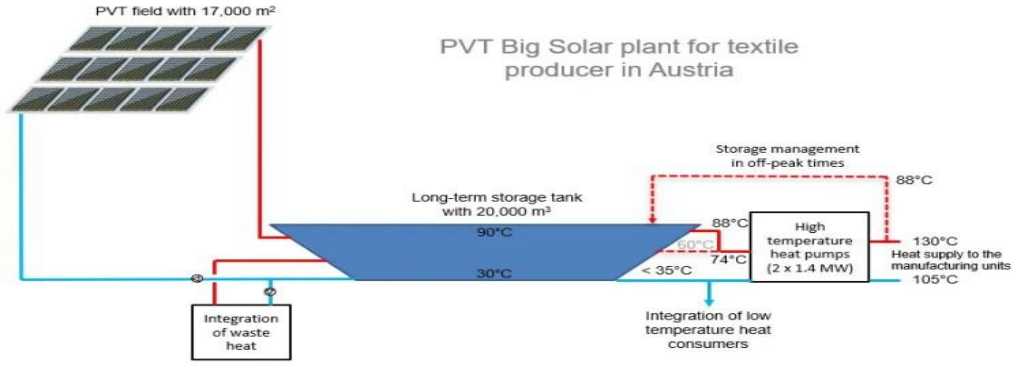
[61] SolarMaster

ویژگی‌های کلیدی فتوولتائیک گرمایی هیبریدی سولارمستر :

- ادغام فتوولتاییک خورشیدی و حرارتی خورشیدی در یک سیستم یکپارچه
- افزایش راندمان فتوولتائیک خورشیدی به میزان ۲۰ تا ۵۰ درصد
- افزایش طول عمر فتوولتائیک، به دلیل سیستم خنک‌کننده داخلی منحصر به فرد
- تولید آب گرم در دمای ۷۰–۴۰ درجه سانتی‌گراد
- ساختار ساده، تعمیر و نگهداری کمتر
- قدرت بار باد (wind load strength) بالا و قدرت بار برف (snow load strength) بالا
- نصب آسان

سیستم فتوولتائیک گرمایی هیبریدی سولارمستر

- **پروژه‌های فتوولتائیک گرمایی هیبریدی بیگ‌سولار[۶۲] برای مشتریان صنعتی در اتریش**



دو تیم برنامه‌ریزی اتریشی[۶۳]، اکنون درحال‌توسعه پروژه‌های فتوولتائیک گرمایی هیبریدی بیگ‌سولار برای مشتریان صنعتی است. بیگ‌سولار به سیستم‌های حرارتی خورشیدی اطلاق می‌شود که انرژی خورشیدی مازاد را از تابستان در ذخیره‌سازی فصلی ذخیره می‌کنند تا نیازهای انرژی در زمستان را پوشش دهند. این اصطلاح قبلاً برای میدان‌های کلکتور بزرگ در پروژه‌های گرمایش منطقه‌ای خورشیدی استفاده می‌شد، اما اکنون برای میدان‌های فتوولتائیک گرمایی هیبریدی و مصرف‌کنندگان حرارت صنعتی نیز به کار می‌رود. پمپ‌های حرارتی با دمای بالا نقش ویژه‌ای در استفاده از گرمای ذخیره‌شده خورشیدی ایفا می‌کنند و دمای آن را به میزان موردنیاز فرآیند تولید افزایش می‌دهند. یک مؤسسه اتریشی[۶۴] نیز در توسعه این مفهوم مشارکت داشت و نمودار بالا را برای نشان دادن مسیر کربن‌زدایی فرآیندهای صنعتی بین ۷۰ تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد ایجاد کرد. صندوق اقلیم و انرژی اتریش به اولین مطالعه امکان‌سنجی برای اعمال این مفهوم به یک تولیدکننده نساجی اتریشی یارانه پرداخت. تولید موازی برق و گرما از یک میدان فتوولتائیک گرمایی هیبریدی کارآمدتر از نصب جداگانه فتوولتائیک و کلکتورها است.

مرکز توزیع پست در پرنیتز اتریش با یک میدان فتوولتائیک گرمایی هیبریدی در پشت‌بام و یک رجیستر پلیمری مستقر روی زمین بتنی

[62] Big solar
[63] Simona Alexe و greenixcloud
[64] AEE INTEC

- **پروژه هیبریدی خورشیدی فتوولتائیک گرمایی هیبریدی همراه با پمپ حرارتی زمین‌گرمایی در تبت، چین**

پروژه فتوولتائیک گرمایی هیبریدی در تبت، چین، با قدرت الکتریکی ۶۰ کیلووات و سیستم خورشیدی هیبریدی با توان حرارتی ۱۸۰ کیلووات همراه با پمپ حرارتی زمین‌گرمایی توسط شرکت سولارمستر تأسیس شده است.

ویژگی‌های کلیدی این پروژه عبات‌اند از:

۱. به‌منظور گرمایش اتاق مدرسه، تأمین آب گرم و برق احداث شده است.

۲. محل پروژه در تبت در ارتفاع ۳۵۰۰ متری است.

۳. مساحت منطقه موردنظر ۱۶۶۷ مترمربع و مدرسه با ۵۰۰ دانش‌آموز و معلم است.

۴. همراه با پمپ حرارتی زمین‌گرمایی ۲۰۰ کیلووات، گرمایش کف تأمین می‌گردد.

۵. این پروژه سالانه بیش از ۹۰۰۰۰ کیلووات ساعت برق و بیش از ۲۵۰۰۰۰ کیلووات ساعت انرژی حرارتی تأمین می‌کند.

۶. این تأسیسات ۲۸۷.۱ تن کربن را کاهش می‌دهد.

پروژه هیبریدی خورشیدی فتوولتائیک گرمایی هیبریدی برای یک هتل – شرکت سولارمستر

- **سیستم PVT در سوئیس**

این سیستم فتوولتائیک گرمایی هیبریدی در سوئیس از ۱۷۸ پنل فتوولتائیک گرمایی هیبریدی بدون پوشش و ۶۹۹ ماژول فتوولتائیک برای تولید ۲۳۷ کیلووات‌پیک استفاده می‌کند. گرما، ذخیره آب زیرزمینی را گرم می‌کند و سپس مستقیماً به پمپ حرارتی و حوضچه‌های سرریز استخرها منتقل می‌نماید. پمپ حرارتی برای استخرها، گرمایش فضا و آب گرم خانگی گرما تولید می‌کند. یک دیگ بخار گاز، پمپ حرارتی را برای زمان اوج پشتیبانی می‌نماید. برق تولیدی این مجموعه برای مصرف داخلی[۶۵] و شبکه مصرف می‌شود.

پنل‌های فتوولتائیک گرمایی هیبریدی در سوئیس

منابع:

- bes-eu.com
- AEE INTEC
- Simona Alexe – greenixcloud / Building Energy Solutions
- sunmaxx-pvt.com
- klimafonds.gv.at
- solarmastertech.com
- C A F Ramos *et al* 2019 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **354** 012048
- PVT Systems: Heat or Electricity From Solar – Why Only One When You Can Have Both?

[65] self consumption

تحولات فناورانه

آخرین‌های پژوهشی فناوری خورشیدی

پیشرفت‌های فناوری خورشیدی امکان کارایی بیشتری نسبت به گذشته فراهم کرده است. همان‌طور که فناوری ادامه می‌یابد، می‌توانیم انتظار پیشرفت‌های هیجان‌انگیز دیگری در این حوزه را داشته باشیم.

فناوری حرارت خورشیدی:

فناوری حرارت خورشیدی شامل استفاده از گرمای خورشید برای تولید برق است. پژوهشگران در حال بررسی قابلیت استفاده این فناوری برای تولید بخار با دمای بالا برای فرآیندهای صنعتی هستند که می تواند به طور قابل‌توجهی وابستگی به سوخت‌های فسیلی در صنعت را کاهش دهد.

فتوسنتز مصنوعی:

فتوسنتز مصنوعی شبیه‌سازی فرآیند طبیعی فتوسنتز برای تولید انرژی تمیز از نور خورشید و آب است. پژوهشگران در حال پژوهش بر روی توسعه سیستم‌های فتوسنتز مصنوعی هستند که می توانند سوخت هیدروژن یا منابع انرژی تمیز دیگری را تولید نمایند.

حمل‌ونقل با انرژی خورشیدی:

پژوهشگران در حال بررسی پتانسیل استفاده از انرژی خورشیدی برای تأمین انرژی وسایل نقلیه مانند ماشین‌ها، اتوبوس‌ها و قطارها هستند. حمل‌ونقل با انرژی خورشیدی می‌تواند به طور قابل توجهی وابستگی به سوخت های فسیلی را کاهش دهد و به مبارزه با تغییرات آب و هوایی کمک کند.

منبع : Scientific Insights

کاربردی

طراحی مخازن ذخیره حرارتی خورشیدی

سیستم‌های حرارتی خورشیدی از انرژی خورشید به جهت گرم کردن آب یا سایر سیالات برای مصارف خانگی یا صنعتی استفاده می‌کنند. یکی از اجزای کلیدی این سیستم‌ها «مخزن ذخیره» است که سیال داغ را تا زمانی که موردنیاز باشد، ذخیره می‌نماید. طراحی مخزن ذخیره بر عملکرد، کارایی و قابلیت اطمینان سیستم حرارتی خورشیدی تأثیرگذار است. در این مقاله، برخی از ملاحظات اصلی طراحی مخازن ذخیره‌سازی حرارتی خورشیدی، مانند اندازه و شکل، عایق، لایه‌بندی و یکپارچه‌سازی را موردبحث قرار خواهیم داد.

❖ اندازه و شکل[۶۶]

اندازه و شکل مخزن ذخیره به میزان عرضه و تقاضای آب گرم یا سیال در سیستم بستگی دارد. مخزن باید به‌اندازه‌ای بزرگ باشد که سیال داغ را برای دوره‌های اوج تقاضا ذخیره نماید، اما برای جلوگیری از هزینه و تلفات حرارتی، بیش‌ازحد بزرگ نباشد. شکل مخزن هم‌چنین می‌تواند بر انتقال حرارت و طبقه‌بندی[۶۷] سیال تأثیرگذار باشد. به‌طورکلی، مخازن استوانه‌ای[۶۸] بر مخازن مستطیلی[۶۹] یا کروی[۷۰] ترجیح داده می‌شوند، زیرا نسبت سطح به حجم[۷۱] کمتر و توزیع دمای یکنواخت‌تری دارند.

[66] Size and shape
[67] Stratification
[68] Cylindrical tanks
[69] Rectangular tanks
[70] Spherical tanks
[71] Surface-to-volume ratio

❖ عایق و تلفات حرارتی[۷۲]

تلفات حرارتی مخزن ذخیره از عوامل حیاتی برای کارایی و عملکرد سیستم حرارتی خورشیدی است. مخزن باید به‌خوبی عایق‌بندی شده باشد تا تلفات حرارتی به محیط، به‌خصوص در طول شب یا فصول سرد، کاهش یابد. مواد عایق و ضخامت آن باید با توجه به آب‌وهوای محلی و دمای عملیاتی مخزن انتخاب شود. تلفات گرما را می‌توان با استفاده از یک پوشش انتخابی روی سطح مخزن که تابش مادون‌قرمز را منعکس و تابش خورشید را جذب می‌نماید، به حداقل رساند.

❖ طبقه‌بندی و اختلاط[۷۳]

طبقه‌بندی و اختلاط سیال در مخزن ذخیره، بر دما و کیفیت آب گرم یا سیال تحویل‌داده‌شده به مصرف‌کننده نهایی تأثیرگذار است. طبقه‌بندی به این معنی است که سیال به لایه‌هایی با دماهای مختلف تقسیم می‌شود که گرم‌ترین لایه در بالا و سردترین لایه در پایین قرار دارد. لایه‌بندی می‌تواند کارایی و عملکرد سیستم حرارتی خورشیدی را بهبود بخشد، زیرا امکان استخراج داغ‌ترین سیال از بالای مخزن و تزریق سردترین سیال از پایین را فراهم می‌سازد. اختلاط نیز به این معنی است که سیال همگن‌شده[۷۴] و دمای یکنواختی در سرتاسر مخزن دارد. اختلاط می‌تواند کارایی و عملکرد سیستم حرارتی خورشیدی را کاهش دهد، زیرا دمای متوسط سیال را کاهش و تلفات حرارتی را افزایش می‌دهد. طراحی مخزن ذخیره‌سازی باید با هدف افزایش لایه‌بندی و جلوگیری از اختلاط سیال صورت پذیرد.

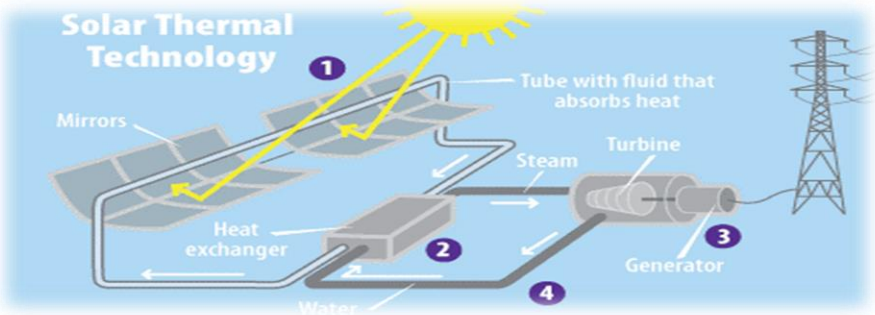
❖ یکپارچه‌سازی و کنترل[۷۵]

ادغام وکنترل مخزن ذخیره‌سازی با سایر اجزای سیستم حرارتی خورشیدی، به‌منظور تضمین قابلیت اطمینان و عملکرد سیستم ضروری است. مخزن ذخیره باید با کلکتور خورشیدی[۷۶]، بخاری پشتیبان[۷۷]، سیستم توزیع[۷۸] و سنسورها و کنترل‌گرها[۷۹] یکپارچه شود. ادغام باید سرعت جریان، فشار و دمای مناسب سیال در سیستم و همچنین تعادل بین عرضه و تقاضای آب گرم یا سیال را تضمین نماید. کنترل باید عملکرد پمپ‌ها، شیرها و گرم‌کننده‌ها را تنظیم و همچنین عملکرد و ایمنی سیستم را کنترل کند. بسته به پیچیدگی و نیاز سیستم، کنترل می‌تواند به‌صورت دستی یا اتوماتیک انجام شود.

[72] Insulation and heat losses
[73] Stratification and mixing
[74] Homogenized
[75] Integration and control
[76] Solar collector
[77] Backup heater
[78] Distribution system
[79] sensors and controllers

کاربردی

نصب و نگهداری سیستم حرارتی خورشیدی



نصب و نگهداری سیستم‌های حرارتی خورشیدی به ابزار و تجهیزات خاص و همچنین دانش و مهارت نیاز دارد که در این مقاله نحوه انتخاب و استفاده از ابزار و تجهیزات مناسب برای این منظور شرح داده می‌شود.

❖ ابزار و تجهیزات ایمنی

نصب و نگهداری سیستم حرارتی خورشیدی شامل کار با دما، فشار، ولتاژ و ارتفاع بالا است. بنابراین، ایمنی در درجه اول اهمیت قرار دارد. باید از تجهیزات حفاظت فردی مناسب[80] مانند دستکش، عینک، کلاه ایمنی، چکمه و مهار (harness) استفاده شود. هم‌چنین به ابزارها و تجهیزاتی نیاز است که برای کاربردهای حرارتی خورشیدی طراحی‌شده‌اند، مانند آچارهای عایق (insulated wrenches)، مولتی‌متر (multimeter)، گیره (clamp) و نردبان (ladder). همواره دستورالعمل‌های سازندگان، کدهای محلی و استانداردها می‌بایست موردمطالعه قرار گیرند.

❖ کلکتورهای حرارتی خورشیدی

کلکتورهای حرارتی خورشیدی گرمای خورشید را جذب کرده و به سیالی مانند آب یا ضدیخ منتقل می‌نمایند. انواع مختلفی از آن‌ها مانند کلکتورهای صفحه تخت[81]، لوله تخلیه شده[82] و کلکتورهای متمرکز[83] وجود دارد. هر سیستم بسته به آب‌وهوا، طراحی سیستم و کاربرد موردنظر، مزایا و معایب خاصی دارد. بنابراین کلکتوری می‌بایست انتخاب گردد که متناسب با نیاز و بودجه پروژه و هم‌چنین فضای موجود و جهت آن باشد.. همچنین باید از ابزارها و تجهیزات مناسب برای نصب و نگهداری کلکتورها مانند براکت‌های نصب (mounting brackets)، بست‌ها (fasteners)، درزگیرها (sealants)، لوله‌ها (pipes)، شیرها (valves)، پمپ‌ها (pumps) و سنسورها (sensors) استفاده شود.

[80] Personal Protective Equipment (PPE)
[81] Flat-Plats Collectors
[82] Evacuated Tube Collectors
[83] Concentrating Collectors

❖ ذخیره‌ساز حرارتی خورشیدی

ذخیره‌سازی حرارتی خورشیدی جزئی است که سیال گرم شده از کلکتورها را برای استفاده‌های بعدی ذخیره می‌نماید. ذخیره‌ساز می‌تواند یک مخزن (tank)، یک مبدل حرارتی (heat exchanger) یا یک ماده تغییر فاز(phase change material) باشد. اندازه و نوع ذخیره‌ساز به پیکربندی سیستم، نمایه بارگذاری (load profile) و منبع پشتیبان (backup source) بستگی دارد. در انتخاب فضای ذخیره‌سازی توجه به تطابق عملکرد و قابلیت اطمینان سیستم و همچنین فضای موجود و عایق حرارتی امری ضروری است. شایان ذکراست، استفاده از ابزار و تجهیزات مناسب برای نصب و نگهداری ذخیره‌ساز مانند مخازن انبساط، فشار سنج، دماسنج، شیرهای کمکی و آند نیز لازم و قابل‌توجه است.

❖ کنترل‌کننده‌های حرارتی خورشیدی

کنترل‌کننده‌های حرارتی خورشیدی دستگاه‌هایی هستند که عملکرد سیستم را تنظیم می‌نمایند، مانند روشن و خاموش کردن پمپ‌ها، شیرها و گرم‌کننده‌های پشتیبان. بسته به پیچیدگی سیستم و ترجیحات کاربر، کنترل‌گرها می‌توانند ساده یا پیچیده باشند. بنابراین کنترل‌گری می‌بایست انتخاب گردد که با عملکرد سیستم و نیازهای پروژه و همچنین بودجه و سهولت استفاده مطابقت داشته باشد. برای نصب و نگهداری کنترل‌گر استفاده از ابزارها و تجهیزات مناسب مانند سیم‌کشی (wiring)، اتصال‌دهنده‌ها (connectors)، پایانه‌ها (terminals)، سوئیچ‌ها (switches) و نمایشگرها (displays) توصیه می‌شود.

❖ عیب‌یابی سیستم حرارتی خورشیدی

عیب‌یابی سیستم حرارتی خورشیدی فرآیند شناسایی و رفع هرگونه مشکلی است که ممکن است بر عملکرد یا ایمنی سیستم تأثیر بگذارد. این مشکل می‌تواند شامل بررسی سطوح سیال، فشار، دما، جریان و ولتاژ و همچنین بازرسی کلکتورها، ذخیره‌ساز، کنترل‌کننده و منبع پشتیبان برای هرگونه نشتی[۸۴]، ترک[۸۵]، خوردگی[۸۶] یا آسیب[۸۷] باشد. به‌منظور عیب‌یابی سیستم از ابزارها و تجهیزات مناسب مانند تسترها، مترها ، دوربین‌ها و نرم‌افزارها استفاده می‌شود. با استفاده از روش‌های مناسب، مانند تخلیه[۸۸]، شستشو[۸۹]، پر کردن مجدد[۹۰] یا تعویض[۹۱] سیستم تعمیر می‌گردد.

[84] Leaks
[85] Cracks
[86] Corrosion
[87] Damage
[88] Draining
[89] Flushing
[90] Refilling
[91] Replacing

غول‌های فناوری

برترین‌های فناوری خورشیدی حرارتی

فناوری انرژی متمرکز خورشیدی تاکنون از محبوبیت کمتری نسبت به فتوولتاییک خورشیدی برخوردار بوده است. این فناوری در بسیاری از کاربردهای جدید از جمله فرآیندهای صنعتی وارد شده است و انرژی خورشیدی در طیف وسیعی از صنایع، از مقیاس کوچک تا پروژه‌های بزرگ، قابل مشاهده است. انرژی خورشیدی متمرکز در مقایسه با سایر فناوری‌های انرژی پاک بسیار جدید است. این فناوری به‌اندازه نزدیک‌ترین رقیب خود (فناوری فتوولتائیک خورشیدی) گسترده نیست. یکی از دلایلی که CSP تا همین اواخر به‌طور گسترده شناخته‌نشده بود، گران بودن نسبی آن است اما هم‌اکنون در سرتاسر جهان، رایج، بسیار کارآمد و مقرون‌به‌صرفه است.

چند نوع سیستم حرارتی خورشیدی وجود دارد. در همه آن‌ها، گیرنده‌ها انرژی خورشید را برای تولید بخار گرفته و از آن برای تغذیه توربین‌ها استفاده می‌کنند. یک نیروگاه CSP را می‌توان با یک سیستم ذخیره انرژی ترکیب کرد که امکان تولید برق را در دوره‌های اوج تقاضا پس از غروب خورشید فراهم می‌کند.

آنچه حرارت خورشیدی را با فتوولتاییک خورشیدی به‌طور مطلوب متفاوت می‌کند، گرمای تولیدشده در نیروگاه‌های CSP برای کاربردهایی غیر از تولید برق است. حدود سه‌چهارم انرژی مصرفی جهانی گرمای تولیدشده از طریق احتراق سوخت‌های فسیلی است. فناوری حرارتی متمرکز خورشیدی می‌تواند بخش بزرگی از آن را با گرمای حاصل از خورشید جایگزین کند. این امر اثرات نامطلوب زیست‌محیطی را به میزان قابل‌توجهی کاهش می‌دهد.

در سال ۲۰۱۸، پیش‌بینی شد که ظرفیت نصب‌شده حرارتی خورشیدی جهانی در سال ۲۰۲۲ به ۲۰ گیگاوات برسد. در آن زمان، بازار CSP ، ۳۰.۱۱ میلیارد دلار ارزیابی شد. پیش‌بینی می‌شود این نرخ تا سال ۲۰۲۶ به ۶۲.۸۷ میلیارد دلار افزایش یابد. نرخ رشد مرکب سالانه پیش‌بینی شده ۸.۱ درصد است.

❖ چهره‌های کلیدی فناوری CSP

در آینده شرکت‌های CSP نامبرده در زیر برای سرمایه‌گذاران در بازار سهام جالب خواهند بود:

Abengoa Solar, Acciona, GE Renewable Energy, BrightSource Energy, Chiyoda, Heliogen, Siemens, Shams Power LTD, Eastman, SolarReserve, Trivelli Energia, Abros Green, Solar Millennium, Orano (ex Areva), eSolar, Schott, Parvolen CSP Technologies, Sener, Lointek, Rioglass

- **Abengoa Solar**

Abengoa Solar یکی از شرکت‌های تابعه Abengoa است. فعالیت‌های اولیه آن شامل طراحی، ارتقاء، تأمین مالی، ساخت و بهره‌برداری از نیروگاه‌های خورشیدی است که از فتوولتائیک، فتوولتائیک متمرکز[۹۲]، یا فناوری‌های حرارتی خورشیدی متمرکز[۹۳] استفاده می‌کنند. در ۲۴ ژانویه ۲۰۲۲، Abengoa Solar ساخت سه میدان خورشیدی متمرکز ۲۰۰ مگاواتی (*CSP*) را در پارک خورشیدی محمد بن راشد در دبی به پایان رساند.

- **Acciona, S.A.**

Acciona، یک شرکت چندملیتی مستقر در اسپانیا است که زیرساخت‌ها و انرژی‌های تجدیدپذیر را توسعه و مدیریت می‌کند. شبکه برق Acciona، Nevada Solar One را به یک تأسیسات سیلندر سهموی ۶۴ مگاواتی واقع در صحرای نوادا (ایالات‌متحده) متصل کرد. این اولین شرکت در جهان بود که یک کارخانه CSP را بین سال‌های ۱۹۸۵ تا ۱۹۹۱ راه‌اندازی کرد که منجر به تولد دوباره این فناوری شد.

- **GE Renewable Energy**

GE Renewable Energy یک بخش سازنده توربین بادی در فرانسه از جنرال الکتریک است که بر تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر تمرکز دارد. مجموعه محصولات آن شامل تولید برق بادی، برق‌آبی و خورشیدی است. رندر سه‌بعدی این شرکت از نیروگاه‌های CSP و از فناوری نمک مذاب[۹۴] برای ذخیره انرژی، بر اساس انرژی حرارتی خورشیدی (با استفاده از آینه‌های بازتابی[۹۵]، دیگ برج مرکزی[۹۶]، توربین بخار[۹۷] و ژنراتور) استفاده می‌کند.

[92] concentrated photovoltaics
[93] concentrated solar thermal technologies
[94] molten salt
[95] reflecting mirrors
[96] central tower boiler
[97] steam turbine

- **BrightSource Energy, Inc**

BrightSource Energy، یک شرکت مستقر در ایالات‌متحده است که فناوری حرارتی خورشیدی را برای تولید برق و بخار با ارزش بالا برای بازارهای برق، نفت و فرآیندهای صنعتی در سراسر جهان طراحی، توسعه و به کار می‌گیرد. این شرکت پروژه‌های مختلف CSP را اجرا می‌کند، از جمله Ivanpah در ایالات‌متحده، Ashalim در اسرائیل، Noor Energy1 در دبی و Redstone در آفریقای جنوبی.

- **Chiyoda**

شرکت Chiyoda یک شرکت مهندسی جهانی مستقر در ژاپن است که متخصص در جریان نفت و گاز برای پردازش گاز و گاز طبیعی مایع[۹۸] (LNG)، طراحی و ساخت تأسیسات پالایشگاهی و پتروشیمی است. این شرکت نیروگاه فتوولتائیک CIS (روی زمین[۹۹]) خود را در ناکازاکی ژاپن راه‌اندازی نموده است.

- **Shams Power LTD**

Shams Power LTD یک سرمایه‌گذاری مشترک از دو شرکت انرژی در پاکستان (PITCO و Orient Operating Company) است که انرژی خورشیدی با قیمت اقتصادی را ارائه می‌دهد. این شرکت طیف کاملی از خدمات انرژی خورشیدی را به مشتریان بخش تجاری و صنعتی در سراسر پاکستان ارائه می‌دهد و هر جنبه‌ای از تأسیسات برق خورشیدی، از جمله تأمین مالی، ارزیابی فناوری، مهندسی و طراحی، ساخت‌وساز، نظارت و تعمیر و نگهداری مداوم را انجام می‌دهد. پروژه شمس شامل طراحی، ساخت، بهره‌برداری و نگهداری یک کارخانه CSP واقع در ابوظبی بر اساس ساخت، مالکیت، بهره‌برداری (BOO) است.

- **Eastman**

Therminol یک سیال انتقال حرارت مصنوعی است که توسط شرکت شیمیایی Eastman تولید می‌شود. Eastman طیف وسیعی از سیالات پایدار حرارتی ترمینول را ارائه می‌دهد که به‌طور خاص برای انتقال غیرمستقیم حرارت توسعه‌یافته‌اند. سیالات انتقال حرارت Eastman Therminol می‌توانند نیازهای عملیاتی هر سیستم گرمایی تک یا چند ایستگاهی را برآورده کنند و برای ارائه کنترل دقیق دما در طیف گسترده‌ای از کاربردها ساخته‌شده‌اند. کاربردهای ترکیبی CSP ترکیبی از فناوری CSP و چرخه رانکین آلی[۱۰۰] و کاربردهای ترکیبی CSP و نمک‌زدایی تنها دو پیشرفت جدید در انرژی و فناوری‌های جایگزین هستند که سیالات انتقال حرارت ترمینول می‌توانند به آن‌ها کمک کنند.

منبع:reportsanddata.com – آگوست ۲۰۲۲

[98] Liquefied Natural Gas
[99] On Ground
[100] Organic Rankine Cycle

تحولات فناورانه

نیروگاه خورشیدی حرارتی منحصربه‌فرد هند

نیروگاه حرارتی خورشیدی ۱ مگاواتی ایندیاوان

به‌منظور ایجاد انگیزه قوی به سمت توسعه فناوری‌های پاک و جامعه پایدار، دانشگاه معنوی جهانی برهما کوماریس[۱۰۱] به مدت ۲۵ سال به‌طور فعال در تحقیق و نمایش مفاهیم انرژی‌های تجدیدپذیر جایگزین مشارکت داشته است.

نیروگاه حرارتی خورشیدی ایندیاوان[۱۰۲] با موفقیت در ابتدای سال ۲۰۱۷ راه‌اندازی شد. این نیروگاه نمونه خوبی برای نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی همراه با ذخیره‌سازی در جهان است. ایندیاوان یک نیروگاه برق خورشیدی حرارتی ۱ مگاواتی با ذخیره‌سازی انرژی حرارتی ۱۶ ساعته است که امکان عملکرد شبانه‌روزی را فراهم می‌کند. این نیروگاه، برق برهما کوماریس در جاده ابو، راجستان را با ظرفیت کل ۲۵۰۰۰ نفر تأمین می‌کند.

ایندیاوان توسط وزارت محیطزیست، حفاظت از طبیعت، ساختمان و ایمنی هسته‌ای[۱۰۳]، دولت آلمان در قالب طرح دوجانبه کوم‌سولار[۱۰۴] اجرا شده و توسط آژانس توسعه گیز[۱۰۵] و وزارت انرژی‌های نو و تجدیدپذیردولت هند[۱۰۶] تأمین مالی گردیده است.

علاوه بر این، این پروژه از پشتیبانی و مشاوره مؤسسات زیر برخوردار است:

[101] Brahmakumaris
[102] India One
[103] BMUB
[104] ComSolar
[105] Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
[106] Ministry of New and Renewable Energy, Government of India

- موسسه فرانهوفر در فرایبورگ، آلمان که کارخانه را شبیه‌سازی نموده و طراحی سیستم نظارت و ارزیابی عملکرد را برعهده دارد.
- ایندیا آف برلین[۱۰۷]، از این پروژه پشتیبانی و همچنین فعالیت‌ها را با مؤسسات و شرکت‌های تحقیق و توسعه آلمانی هماهنگ می‌کند.

ویژگی‌های کلیدی به‌علاوه دستاوردهای تحقیق و توسعه در نیروگاه خورشیدی ایندیاوان به شرح زیر است:

- ۷۷۰ عدد بازتابنده سهموی ۶۰ مترمربعی با طراحی منحصربه‌فرد فوکوس ایستا[۱۰۸]، با استفاده از آینه‌های مخصوص خورشیدی با بازتاب ۹۳٪ و مجهز به مکانیزم ردیابی دومحوره تمام اتوماتیک برای تنظیم روزانه و فصلی با موقعیت خورشید.
- ۷۷۰ عدد گیرنده حفره‌ای چدنی با طراحی بومی، که مستقیماً بخار فوق گرم تا دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۴۲ بار تولید می‌کند. به دلیل طراحی استاتیک، گیرنده‌ها مقرون‌به‌صرفه هستند و طول عمر طولانی با حداقل تعمیر و نگهداری موردنیاز دارند.
- بازتابنده سهموی ۶۰ مترمربعی با ردیابی خورشید، پرتوهای خورشیدی را در گیرنده چدن ساکن متمرکز می‌کند. هر گیرنده که از ۳ تن چدن ساخته‌شده است به‌عنوان ذخیره‌کننده انرژی حرارتی برای شب یا شرایط نیمه‌ابری عمل می‌کند. هسته چدنی توسط سیم‌پیچ بخار[۱۰۹] احاطه شده است که با تبادل گرما از هسته آهنی به آب به‌عنوان مولد بخار عمل می‌کند. بخار با دمای بالا از طریق توربین متصل به ژنراتور عبور کرده و برق تولید می‌کند. ایندیاوان یک نیروگاه خارج از شبکه است که برق مجتمع شانتیوان در جاده ابو را تأمین می‌کند. این فناوری نمونه خوبی از ابتکار ساخت داخلی در هند است.

❖ اولین‌ها در دنیا در ایندیاوان

- بازتابنده سهموی ۶۰ مترمربعی طراحی‌شده با سازه فضایی که امکان فوکوس ثابت دمای بالا را فراهم می‌کند.
- گیرنده چدن ایستا که می‌تواند روی زمین در مکانی ثابت نصب شود.
- گیرنده چدنی که ظرفیت ذخیره‌سازی ۲۴ ساعته گرما را فراهم می‌سازد.
- بازتابنده ۱۰۰ ٪ خودکار برای ردیابی روزانه و فصلی خورشید و برای تنظیم تغییرات فصلی از طریق مکانیسم ردیابی مبتنی بر دوربین نوری.
- تولید مستقیم بخار فوق گرم بدون هیچ‌گونه سیال انتقال حرارت (مانند سیالات حرارتی، نمک مذاب) یا هرگونه مبدل حرارتی.

[107] IndiaCare of Berlin
[108] Static focus
[109] Steam coil

❖ نمایش ترکیبی از فناوری‌ها

به‌غیراز نیروگاه حرارتی خورشیدی ایندیاوان در پایان سال ۲۰۱۸، برهما کوماریس با موفقیت «نیروگاه فتوولتائیک خورشیدی ۱ مگاواتی» متصل به شبکه را نصب و راه‌اندازی نمود. خروجی این نیروگاه به شبکه سراسری تغذیه می‌شود.

نیروگاه فتوولتاییک خورشیدی ۱ مگاواتی ایندیاوان

❖ کل واحدهای الکتریکی تولیدشده از طریق ایندیاوان

- میانگین ۳ میلیون کیلووات ساعت در سال (این مقدار شامل هر دو حرارت خورشیدی و فتوولتائیک خورشیدی در ایندیاوان است)
- نیروگاه خورشیدی از ۴ سال گذشته با موفقیت کار می‌کند. بنابراین به طور میانگین ۱۲ میلیون کیلووات ساعت تا سال ۲۰۲۱ تولید نموده است.

❖ کل صرفه‌جویی خالص از طریق ایندیاوان

- به‌طور متوسط صرفه‌جویی خالص تولید برق ایندیاوان حدود ۱۵۰۰۰۰ دلار در سال است.
- میانگین پس‌انداز از ۴ سال گذشته تقریباً ۶۰۰۰۰۰ دلار تا به امروز می‌باشد.

❖ کل صرفه‌جویی در انتشار کربن از ایندیاوان

- به‌طور متوسط، کاهش انتشار کربن از تولید برق ایندیاوان حدود ۲۵۵۰ تن کربن است.
- میانگین صرفه‌جویی در انتشار کربن از ۴ سال گذشته تقریباً ۱۰۲۰۰ تن کربن می‌باشد.

منابع:

- brahmakumaris.org
- india-one.net

خبر خارجی

برپایی ۳۰ پروژه CSP در چین تا سال ۲۰۲۴

پروژه آزمایشی برج CSP در دلینگا، استان چینگهای توسط Supcon (اکنون Cosin Solar)

تا سال ۲۰۲۴، چین در حال ساخت ۳۰ پروژه CSP[110] به‌عنوان بخشی از مجتمع‌های انرژی تجدیدپذیر در مقیاس گیگاواتی در هر استان است که به‌طور مناسب منعکس‌کننده فوریت و مقیاس موردنیاز برای اقدامات اقلیمی است.

توسعه CSP در سال ۲۰۲۲ در چین وارد مسیر جدیدی شده است. در مجتمع‌های Multi-Energy RE که با PV و یا باد ترکیب می‌شوند، CSP نقش تثبیت‌کننده و تنظیم‌کننده بازی می‌کند و از طریق ذخیره‌سازی انرژی حرارتی خود، نوسانات برق و محدودیت PV و باد را کاهش می‌دهد.

در حدود ۳۰ پروژه "Wind/PV + CSP" در چینگهای، گانسو، جیلین، سین کیانگ و تبت و غیره به‌تازگی اعلام شده است. اکثر این پروژه‌ها شروع شده و مناقصه‌ها[111] صادر شده و اخیراً در بازار عرضه شده است. طبق برنامه زمان‌بندی هر پروژه پیچیده CSP باید تا پایان سال ۲۰۲۳ یا حداکثر تا اواسط ۲۰۲۴ تکمیل شود.

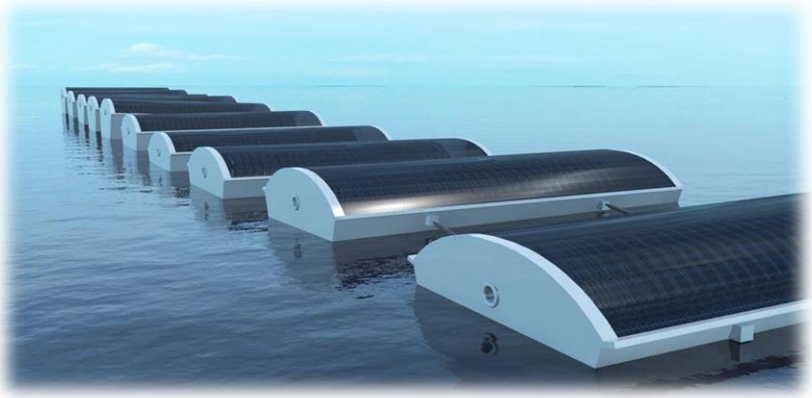
[110] Concentrated Solar Power
[111] Auction

پروژه	نصب پروژه	تاریخ بهره‌برداری
China Energy Investment 1000MW CSP+PV Project	100MW CSP + 900MW PV	Dec 31 2023
Huanghe Hydro Power 1000MW CSP+PV Project	100MW CSP + 900MW PV	Dec 31 2023
Three Gorges Energy Qingyu DC 1000MW CSP + PV Project	100MW CSP + 900MW PV	Dec 31 2023
Three Gorges Energy Golmud 1100MW CSP + PV Project	100MW CSP + 1000MW PV	Dec 31 2023
Akesai Huidong New Energy CSP + PV Pilot Project	110MW CSP + 640MW PV	Dec 31 2023
Dunhuang 700MW CSP+PV Project	100MW CSP + 600MW PV	Dec 31 2023
Yumen Xinao 700MW PV+CSP+Wind Project	100MW CSP + 400MW PV + 200MW Wind	Dec 31 2023
Three Gorges Henderson Energy Pulse Guazhou 700MW Project	100MW CSP + 200MW PV + 400MW Wind	Dec 31 2023
Tongyu 700MW PV+CSP+Wind Project (Jixi Base Lugu DC Unit 1)	100MW CSP + 100MW PV + 200MW Wind	Dec 31 2023
Daan 700MW PV+CSP+Wind Project (Jixi Base Lugu DC Unit 2)	100MW CSP + 100MW PV + 200MW Wind	Dec 31 2023
Huaneng Akesai 700MW PV+CSP Project	100MW CSP + 200MW PV + 400MW Wind	Dec 31 2023
Jinta Zhongguang Solar Energy CSP+PV Project	100MW CSP + 600MW PV	Dec 31 2023
Zhongkong Delingha 135MW CSP Project	135MW CSP	Sept 30 2023
Huadian Tibet 170MW PV+CSP Project	50MW CSP + 120MW PV	-
Huaneng Gaotai 700MW PV+CSP Project	100MW CSP + 600MW PV	-
Fukang Luneng 1GW Green Energy Project	100MW CSP + 900MW PV	Sept 20 2024
POWERCHINA Ruoqiang 100MW CSP + 900MW PV Project	100MW CSP + 900MW PV	July 30 2024
POWERCHINA Tuokexun 100MW CSP + 900MW PV Project	100MW CSP + 900MW PV	July 30 2024
SDIC Ruoqiang 100MW CSP + 900MW PV Project	100MW CSP + 900MW PV	July 30 2024
Energy China Hami 1.5GW Solar & Storage Project	150MW CSP + 1.35GW PV	July 30 2024
Xinhua Hydropower Bozhou 100MW CSP+900MW PV Project	100MW CSP + 900MW PV	July 30 2024
Xinhua Hydropower Jinghe 100MW CSP+900MW PV Project	100MW CSP + 900MW PV	July 30 2024
Energy China Shanshan 1GW CSP+PV Project	100MW CSP + 900MW PV	July 30 2024
SPIC Shanshan 1GW CSP+PV Project	100MW CSP + 900MW PV	July 30 2024
SPIC Hami 1GW CSP+PV Project	100MW CSP + 900MW PV	June 30 2023
Datang Shichengzi 1GW CSP+PV Demonstration Project	100MW CSP + 900MW PV	Sept 24 2024
CGN Delingha 2GW CSP+PV Projects	200MW CSP + 1800MW PV	-
POWERCHINA Gonghe 1GW CSP + PV Project	100MW CSP + 900MW PV	Dec 31 2023

منبع: solarpaces.org / اکتبر ۲۰۲۲

خبر خارجی

سیستم نمک‌زدایی خورشیدی کارآمد محققان مؤسسه علوم هند

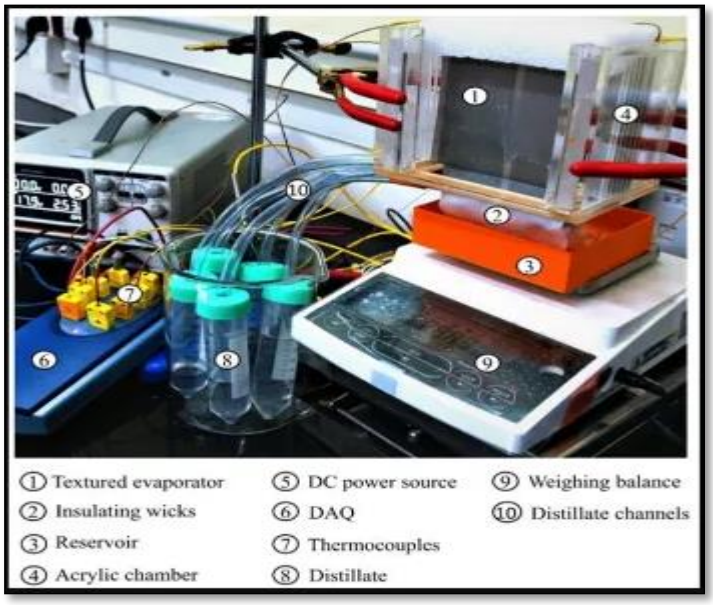


محققان مؤسسه علوم هند[۱۱۲]، بنگالورو[۱۱۳]، یک سیستم نمک‌زدایی حرارتی جدید ایجاد کرده‌اند که با استفاده از انرژی خورشیدی کار می‌کند. محققان معتقدند که این واحد از نظر انرژی کارآمد، مقرون‌به‌صرفه و قابل‌حمل است که راه‌اندازی آن را در مناطق با دسترسی محدود به برق مداوم تسهیل می‌سازد. هدف اصلی از این تحقیق افزایش دسترسی به آب تمیز و آشامیدنی است. رایج‌ترین روش برای نمک‌زدایی، نمک‌زدایی حرارتی[۱۱۴] است. محققان توضیح دادند:«در این فرآیند، آب شور به بخار تبدیل می‌شود. این بخار فاقد نمک و مواد معدنی موجود در آب شور است. بخار، هنگامی که متراکم شود، آب شیرین حاصل می‌شود.» مؤسسه علوم هند، در بیانیه‌ای اعلام نمود که نمک‌زدایی حرارتی انرژی زیادی مصرف می‌کند. سیستم‌های نمک‌زدایی حرارتی با گرم کردن آب شور و سپس متراکم کردن بخار حاصل برای به دست آوردن آب شیرین کار می‌کنند. اما انرژی مورد نیاز برای تبخیر معمولاً از طریق الکتریسیته یا احتراق سوخت‌های فسیلی به دست می‌آید. یک جایگزین سازگار با محیط‌زیست، استفاده از دستگاه‌های ثابت خورشیدی[۱۱۵] است که در آن از انرژی خورشیدی برای تبخیر آب شور در مخازن بزرگ استفاده می‌شود. درنهایت بخاری که روی سقف شفاف متراکم می‌گردد، جمع‌آوری می‌شود.

سوسمیتا دش[۱۱۶]، استادیار دپارتمان مهندسی مکانیک و نویسنده مسئول این مطالعه، گفت: «به عنوان جایگزینی برای دستگاه‌های خورشیدی، تیم موسسه علوم هند طرح جدیدی را برای یک واحد نمک‌زدایی با انرژی خورشیدی ایجاد کرده است که از نظر انرژی کارآمدتر و مقرون به‌صرفه‌تر و قابل‌حمل است. این دستگاه شامل یک مخزن آب شور، یک

[112] Indian Institute of Science (IISc)
[113] Bengaluru
[114] Thermal Desalination
[115] Solar Stills
[116] Susmita Dash

اواپراتور [۱۱۷]و یک کندانسور[۱۱۸] است که در یک محفظه عایق محصور شده است تا از اتلاف گرما به هوای محیط جلوگیری نماید.



سیستم نمک‌زدایی خورشیدی طراحی‌شده توسط محققان موسسه علوم هند

این محصول توسط دش و دانشجوی دکترای او نباجیت دکا[۱۱۹] طراحی شده است. به غیر از آب دریا، این سیستم می‌تواند با آب‌های زیرزمینی حاوی نمک‌های محلول و همچنین آب تا حدودی شور [۱۲۰]نیز کار کند. هم‌چنین می‌توان آن را به‌گونه‌ای تنظیم کرد که با موقعیت‌های جابه‌جایی خورشید در طول روز هماهنگ شود. محققان در حال حاضر در حال کار بر روی افزایش مقیاس سیستم و بهبود دوام آن و افزایش حجم آب آشامیدنی تولیدی هستند تا بتوان آن را برای مصارف خانگی و تجاری مستقر نمود.

منبع:

IISc researchers develop energy efficient solar desalination system for areas which do not have continuous supply of electricity " 2023

[117] Evaporator
[118] Condenser
[119] Nabajit Deka
[120] Brackish Water

این اصطلاح به عنوان "تا حدودی شور" شناخته می‌شود و به منبع آبی اطلاق می شود که تا حدودی شور است (بیشتر از آب شیرین) اما به اندازه آب دریا شور نیست. مقدار دقیق شوری بسته به عوامل محیطی متفاوت خواهد بود و نمی توان به طور دقیق آن را تعریف کرد.

خبر داخلی

نیروگاه خورشیدی سقفی مپنا

با تلاش متخصصان، فاز اول نخستین نیروگاه خورشیدی سقفی مپنا در کل با ظرفیت ۵/۲ مگاواتی واقع در کارخانه توگا به ظرفیت ۲۵۰ کیلووات، در تاریخ سوم مردادماه ۱۴۰۲ با موفقیت سنکرون گردید.

تحقق این موفقیت بزرگ به دست توانمند متخصصان و تلاشگران شرکت نصب نیرو به‌عنوان پیمانکار EPC پروژه و با همکاری شرکت‌های مهندسی و ساخت توربین مپنا (توگا)، مهندسی و ساخت برق و کنترل مپنا (مکو) و صنایع تولید انرژی پاک آتیه به ثمر رسیده است. این نیروگاه با راندمان ۷۵ درصد که در سقف سالن توربوکمپرسور شرکت توگا احداث شده است، با موفقیت وارد مدار شد. احداث این نیروگاه، گامی کوچک برای توسعه انرژی‌های پاک در گروه مپنا و اقدامی مؤثر برای صنعت برق تجدیدپذیر کشور می‌باشد.

منبع :

- Nasb Niroo (MAPNA Group)
- mapnaturbine.com

خبر داخلی

تالار برق سبز اتفاق خوب در بخش انرژی

مدیرکل دفتر مدیریت طرح‌های تجدیدپذیر ساتبا، آقای دکتر جعفر محمدنژاد با بیان اینکه در حال حاضر شاهد ناترازی برق در مقایسه تولید و تأمین در کشور هستیم، اظهار کرد: وزارت نیرو بحث ناترازی برق را مطرح می‌کند و برای کنترل این ناترازی مجبور به قطع برق صنایع به‌صورت یک روز در هفته می‌شود.

وی افزود: در حال حاضر از طریق خاموشی و محدودیت در برق صنایع، بحران کمبود برق در حال جبران است، درصورتی‌که این راهکار در طی بلندمدت نمی‌تواند پاسخ مناسبی برای صنعتگرانی باشد که نیازمند تأمین برق هستند، درصورتی‌که تنها راه جبران این ناترازی ایجاد نیروگاه‌های تجدیدپذیر است.

مدیرکل طرح‌های تجدیدپذیر ساتبا با بیان اینکه رویکرد دنیا در تأمین برق تغییر کرده است، گفت: سرمایه‌گذاری روی نیروگاه‌های تجدیدپذیر دو برابر بیشتر از سرمایه‌گذاری بر نیروگاه‌های برق است. تجاری‌سازی تجهیزات نیروگاهی به‌ویژه نیروگاه خورشیدی و بادی همچنین ارزان شدن برق نیروگاه‌های تجدید پذیر از عواملی است که سرمایه‌گذاران را متقاعد می‌کند تا در این حوزه سرمایه‌گذاری کنند.

محمدنژاد ادامه داد: علاوه بر محدودیت‌هایی که درزمینه نیروگاه‌های فسیلی در کشور وجود دارد، منابع آبی شهرها از جمله اصفهان نیز با محدودیت‌هایی مواجه است. در واقع حتی اگر سوخت نیروگاه‌های فسیلی نیز به‌خوبی تأمین شود، امکان تولید وجود ندارد و این هشدار بزرگی است.

وی تأکید کرد: اگر متولیان کشور زودتر به فکر راه انداختن نیروگاه‌های تجدید پذیر می‌افتادند تا به امروز بیش از ۱۰ هزار مگاوات نیروگاه تجدیدپذیر در کشور وجود داشت و درنتیجه ناترازی امروز کشور نیز وجود نداشت.

مدیرکل طرح‌های تجدیدپذیر ساتبا با بیان اینکه احداث نیروگاه تجدیدپذیر روی سقف سوله شرکت‌ها وجود دارد، گفت: بر اساس ماده ۶۱ به‌صورت تضمینی برق تولیدی صنایع خریداری می‌شود.

محمدنژاد خاطرنشان کرد: وعده تابلوی سبز در بورس انرژی از اتفاقات خوبی بود که برای متولیان در بخش انرژی ایجاد شد، در واقع فارغ از تعهداتی که برای آن‌ها وجود دارد، امکان عرضه برق تولیدی صنایع در بورس انرژی برای صنعتگران دیده شده است؛ در ماه گذشته به ازای هر کیلووات ساعت در بورس انرژی نرخ سه هزار تومانی وجود داشت.

وی افزود: علاوه بر این وزارت نیرو به خریداران برق تجدیدپذیر این تعهد را می‌دهد که در ساعات پیک مصرف، شرکت خاموشی برق نداشته باشد.

رویداد تخصصی

انرژی‌های تجدیدپذیر

شماره ۲ – امرداد ۱۴۰۲