بررسی پتانسیل های استفاده ازفناوری تولید همزمان سرما، گرما و توان در مقیاس میکرو در بخش ساختمان ایران

مسعود ابراهیمی

۱- استادیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه کردستان، سنندج، ma.ebrahimi@uok.ac.ir

چکیده

برتری های سیستم های تولید همزمان سرما، گرما و توان در مقیاس میکرو (micro-CCHP) نسبت به سیستم های مرسوم تولید جداگانه سرما، گرما و توان (SCHP) باعث شده است که سیستم های micro-CCHP در سال های اخیر مورد توجه بسیاری از پژوهشگرها قرار بگیرند. برخی از برتری های سیستم های micro-CCHP شامل کاهش مصرف سوخت، کاهش آلاینده های زیست محیطی، تقویت پدافند غیرعامل، ایجاد ارزش افزوده اقتصادی، و دوره بازگشت سرمایه کوتاه مدت می باشد. با توجه به برتری های ذکر شده، بررسی پتانسیل های استفاده از سیستم های micro-CCHP در ایران از اهمیت ویژه ای برخوردار است. لذا در این مقاله به بررسی پتانسیل های موجود در بخش ساختمان کشور جهت بهره برداری از این فناوری پرداخته ایم. در این بررسی به معیارهای انرژی، پدافند غیرعامل، اقلیم و قابلیت استفاده از منبع انرژی تجدیدپذیر خورشیدی بصورت ویژه توجه شده است. بررسی ها نشان می دهد که مصرف انرژی در بخش ساختمان قسمت عمده مصرف انرژی در کشور را به خود اختصاص داده است و از سوی دیکر شاخص مصرف انرژی در این بخش نسبت به معیارهای جهانی فاصله فراوان دارد. همچنین اقلیم های آب و هوایی مختلف کشور در بیشتر زمانهای سال نیاز به سرمایش و یا گرمایش دارند. براساس این ارزیابی ها کشور ایران از نظر وضعیت استفاده از انرژی سوخت، نیاز به تقویت پدافند غیرعامل، نیاز به استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و از نظر اقلیمی یکی از مکانهای با پتانسیل بسیار بالا جهت استفاده از فناوری سیستم های micro-CCHP می باشد.

کلیدواژگان: تولید همزمان، micro-CCHP، اقلیم، انرژی، پدافند غیرعامل

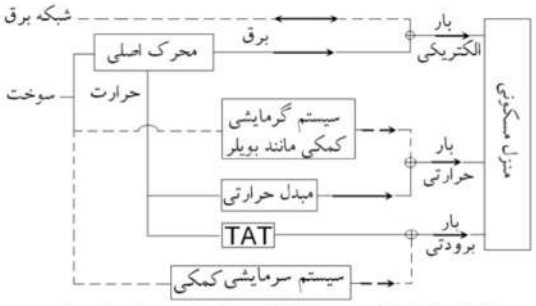
۱- مقدمه

سیستم‌های CCHP به سیستم‌های تبدیل انرژی گفته می شوند که قادر هستند انرژی سوخت را به سرما، گرما و توان برحسب نیاز مصرف کننده تبدیل کنند. فلسفه اصلی سیستم‌های CCHP بازیافت انرژی هدر رفته در تجهیزات تولید توان می‌باشد. انرژی بازیافت شده که بصورت گرما می‌باشد، می‌تواند برای تامین آبگرم مصرفی، گرمایش فضا، تولید بخار فرآیندی (در صنایع و بیمارستان‌ها)، تولید سرما، یا گرمای مورد نیاز آب‌شیرین‌کن‌های گرمایی استفاده شود.

سیستم‌های CCHP تولید توان در بازه ۱ kW تا ۵۰۰ MW را پوشش می دهند. بسیاری از نیروگاه‌های متمرکز و صنایعی که از تولید همزمان استفاده می‌کنند دارای نیاز به بیش از ۱ MW می‌باشند. ظرفیت سیستم‌های CCHP از حدود کمتر از یک kW ۱در خانه‌های کوچک تا حدود بیش از ۱۰ MW در بیمارستان‌ها و مجموعه‌های دانشگاهی و حتی در حدود ۳۰۰MW برای تغذیه یک ناحیه از یک شهر را پوشش میدهد. اگر توان تولیدی CCHP زیر ۱ MW باشد به آن "مقیاس کوچک[1]"، اگر کمتر از ۵۰۰ kW باشد به آن "مینی[2]" و در صورتی که کمتر از ۲۰ kw باشد به آن "میکرو[3]" گفته می شود [۱].

با توجه به اینکه تمرکز مقاله پیش‌رو بر روی سیستمهای CCHP در مقیاس میکرو می‌باشد، لذا مصرف کننده‌های هدف نیز آنهایی هستند که نیاز برقی آنها کمتر از ۲۰ kW می‌باشد. این مقدار برق می‌تواند بوسیله موتورهای رفت‌وبرگشتی احتراق داخلی، میکرو توربین‌های گازی، میکروتوربین‌های بخار، موتور استرلینگ، و پیل‌های سوختی تولید شود. لذا هر یک از این تولیدکننده‌های برق می توانند موتور محرک سیستم micro-CCHP باشند.

شکل ۱ شماتیک یک سیستم CCHP را نشان می‌دهد که برای تامین همزمان سرما، گرما و برق مورد نیاز یک ساختمان مسکونی استفاده شده است.



شکل ۱ شماتیک یک سیستم CCHP جهت استفاده در ساختمان مسکونی

همانگونه که در شکل ۱ دیده می‌شود محرک اصلی که همان موتور تولید توان می باشد یک ورودی سوخت، و دو خروجی برق و حرارت دارد. اما مصرف کننده نهایی که یک ساختمان مسکونی می‌باشد نیاز به برق، گرما و سرما دارد. از آنجایی که ممکن است برق تولیدی CCHP کمتر از نیاز مصرف کننده باشد، لذا در این صورت کمبود برق با خرید آن از شبکه جبران می‌شود. همچنین در صورتیکه برق تولیدی CCHP بیشتر از نیاز مصرف‌کننده باشد برق مازاد به شبکه فروخته می‌شود. جهت تامین بار گرمایشی ساختمان نشان داده شده در شکل ۱، گرمایی که در حالت عادی از موتور هدر می رود مانند گرمای گازهای اگزوز، گرمای آب خنک‌کن در موتورهای رفت و برگشتی، گرمای خنک‌کن روغن موتور محرک بایستی به وسیله یک مجموعه از انواع مبدلهای حرارتی بازیافت شود این گرما ممکن است تمام یا بخشی از نیازهای گرمایی ساختمان را تامین نماید. در صورتیکه گرمای بازیافت شده کمتر از نیاز ساختمان باشد یک سیستم گرمایشی کمکی مانند یک بویلر کمبود گرمایش را جبران می‌کند. در صورتیکه گرمای بازیافت شده بیشتر از نیاز گرمایی ساختمان باشد، این گرما می تواند در یک سیستم ذخیره گرما (TES[4]) مانند شن و ماسه، آب، روغن و یا مواد تغییر فاز دهنده (PCM[5]) ذخیره شود و در زمان نیاز دوباره استفاده شود. قسمت مربوط به TES در شکل ۱ نشان داده نشده است. در زمانهایی از سال که ساختمان نیاز به سرمایش دارد، گرمای بازیافت شده از هدر رفت گرمای موتور در یک سیستم سرمایشی با فناوری گرما فعال (TAT[6]) برای تولید سرما استفاده می شود. این سیستم سرمایشی با توجه به دمای گرمای بازیافت شده می‌تواند چیلر جذب سطحی، چیلر جذبی تک اثره یا دو اثره[7] نیز باشد. در صورت کم بودن سرمایش تولید شده توسط TAT می توان از یک سیستم سرمایش کمکی دیگر نیز استفاده نمود. این سیستم می تواند یک چیلر تراکمی باشد که از برق CCHP یا برق شبکه تغذیه می‌شود، و یا یک سیستم TAT دیگر باشد که از گرمای تولیدی سیستم گرمایش کمکی استفاده کند و یا مستقیماً[8] از سوخت استفاده کند.

سیستم CCHP ویژگیهای چشمگیری دارد، از جمله می توان به کاهش مصرف سوخت، کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی، ایجاد ارزش افزوده، دوره بازگشت کوتاه مدت و قابلیت بالاتر در شرایط بحرانی اشاره نمود[۲] .

نتایج تحقیقات انجام شده نشان داده‌اند که استفاده از سیستم‌های CCHP می‌تواند کاهش حدود ۳۰ درصد در متوسط مصرف سالیانه سوخت را بدنبال داشته باشد و از سوی دیگر تولید آلاینده دی اکسید کربن را نیز حدود ۵۰ درصد کاهش دهد. این مزایا در حالی اتفاق می‌افتد که دوره بازگشت سرمایه حدود ۵ سال می باشد [۳] . این سیستم همچنین باعث تقویت پدافندغیر عامل می شود زیرا چه در حوادث طبیعی مانند زلزله و توفان و چه درحوادث غیر طبیعی مانند جنگ و تروریسم تعداد زیادی از سیستم‌های CCHP به کار خود ادامه می‌دهند که این امر باعث می شود تلاش‌های گروههای نجات به افرادی معطوف شود که نیازهای اولیه انرژی آنها از دست رفته است. بعبارت دیگر گروههای نجات از انرژی و زمان خود بصورت بهینه‌تری استفاده می کنند. یک تحقیق [۴] که بعد از حملات ۱۱ سپتامبر انجام شده است ثابت می کند که حساسیت سیستم‌های تولید پراکنده انرژی[9] که سیستمهای CCHP نمونه بارز آن می باشد، به حملات تروریستی فقط یک پنجم سیستم‌های تولید متمرکز انرژی[10] مانند نیروگاههای بزرگ می‌باشد.

سیستم‌های CCHP قابلیت اتصال به سیستمهای خورشیدی را نیز دارند. بعبارت دیگر در حالیکه از ویژگیهای مثبت مانند بازدهی بالای تولید همزمان سرما، گرما و برق بهره می‌برند از انرژی پاک تجدیدپذیر خورشیدی نیز استفاده می کنند [۵-۹]. انرژی خورشیدی می تواند در کلکتورهای جاذب

1 Small scale
2 Mini
3 Micro

4 Thermal energy storage
5 Phase change material
6 Thermally activated technology
7 Adsorption chiller, single-, double-effect absorption chiller
8 Direct fire absorption chiller
9 Distributed energy production
10 Centralized energy production

گرما برای تامین قسمتی از نیاز گرمایشی، و یا اینکه در سلولهای فوتوولتایک برای تولید برق استفاده شود.

سیستم‌های CCHP همچنین می توانند از منابع سوختی تجدیدپذیر مانند LFG۱ نیز استفاده کنند. تحقیق [۱۰] به پیشنهاد یک سیستم LFG-CCHP می‌پردازد که دارای سه زیرسیستم جمع‌آوری، فرآیند۲، و خود سیستم CCHP می‌باشد. اجزای LFG حدوداً شامل ۵۰ درصد متان، ۴۵ درصد دی اکسید کربن، ۵ درصد نیتروژن و کمتر از یک درصد نیتروژن می باشد. سایر اجزا ممکن است شامل سولفید هیدروژن، هالیدها، و ترکیبات غیرمتانی ارگانیک نیز باشد.

در این تحقیق به بررسی پتانسیل‌ها و زمینه‌های موجود درایران جهت استفاده از سیستم‌های micro-CCHP می‌پردازیم. در این بررسی چند پارامتر اصلی از جمله وضعیت مصرف انرژی در ایران، تنوع اقلیمی، امکان استفاده از انرژی خورشیدی، و لزوم تقویت پدافند غیر عامل در زمینه تامین انرژی رد بخش ساختمان می‌باشند.

۲- بررسی پتانسیل استفاده از micro-CCHP از جنبه های مختلف درایران

۲-۱ پتانسیل استفاده از micro-CCHP از نظر وضعیت تولید سرما، گرما و برق:

مصرف‌کننده‌های مسکونی و ساختمانها که عمدتاً مصرف برق آنها کمتر از ۲۰ kW است، پرمصرف‌ترین بخش کشور در زمینه انرژی (برق، گرما و سرما) می‌باشند. بخش خانگی و تجاری در ایران به تنهایی حدود۴۱ درصد از کل انرژی مصرفی کشور را به خود اختصاص داده است. این کسر قابل توجه از مصرف انرژی زمانی بیشتر اهمیت پیدا می‌کند که بدانیم بدلیل ارزان بودن انرژی در سالهای گذشته، مردم حاضر نشده‌اند جهت کاهش مصرف انرژی در ساختمانهایی که می سازند هزینه کنند. بعبارت دیگر هزینه جهت کاهش مصرف انرژی برای آنها توجیه اقتصادی نداشته است.

نتایج آمارگیری از مصرف حامل‌های انرژی در بخش خانوار در نقاط شهری در سال ۱۳۹۰ نشان می دهد که، "در میان وسایل گرمایشی، بخاری گازی با ۸۰/۵ درصد سهم عمده‌ای از وسایل و امکانات گرمایشی را در بین خانوارهای شهری که واحد خود را گرم می‌کنند داراست سهم شوفاژ از وسایل و امکانات گرمایشی در بین خانوارهای شهری که واحد خود را گرم می‌کنند ۹/۳ درصد است" [۱۱].

نکته جالبتر این است که ۶۴/۱ درصد از بخاریهای نصب شده هیچ‌گونه برچسب انرژی ندارند و تنها ۲/۵ درصد برچسب با رتبه A، ۴/۶ درصد برچسب با رتبه B، ۴/۱ درصد برچسب با رتبه C، ۳/۳ درصد برچسب با رتبه D، ۲/۴ درصد برچسب با رتبه E، ۰/۲ درصد برچسب با رتبه F، و ۰/۲ درصد برچسب با رتبه G دارند [۱۱].

بازدهی بخاریهای گازسوز با رتبه انرژی G بین ۵۰ تا ۶۰ درصد است. بعبارت دیگر بخاری‌های بدون برچسب انرژی بازدهی زیر ۵۰ درصد دارند. یعنی اینکه ۶۴/۱ درصد از بخاریهای نصب شده بازدهی کمتر از ۵۰ درصد دارند.

همچنین نتایج این آمارگیری نشان می‌دهد که ۷۰/۹ درصد از خانوارهای شهری از کولر آبی برای خنک کردن واحد مسکونی در فصل تابستان استفاده می‌کنند. با توجه به اطلاعات این آمارگیری متوسط ساعت استفاده از وسایل و امکانات سرمایشی در یک شبانه روز ۱۲ ساعت است. همچنین فقط ۱۷/۹ درصد از کل کولرهای آبی نصب شده برچسب انرژی A تا G دارند (۳/۲ درصد A، ۳/۸ درصد B، ۴/۶ درصد C، ۳ درصد D، ۱/۵ درصد E، ۰/۵ درصد F، و ۱/۳ درصد G) و سایر کولرهای آبی بدون برچسب انرژی و یا وضعیت نامعلوم مصرف انرژی هستند[۱۱]. بعبارت دیگر حدود ۸۲/۱ درصد از کولرهای آبی کشور زیر رتبه انرژی G قرار دارند.

در حال حاضر تقریباً صددرصد واحدهای مسکونی برق مورد نیاز خود را از شبکه خریداری می‌کنند. براساس آمارهای منتشر شده در سال ۱۳۹۰ از کل برق تولیدی در کشور۸۶/۸ درصد توسط وزارت نیرو (بخش دولتی)، ۹/۱ درصد توسط بخش خصوصی و ۴/۱ درصد توسط صنایع بزرگ تامین شده است. میانگین راندمان نیروگاههای حرارتی کشور در سال ۱۳۹۰ با ۰/۳ درصد افزایش به ۳۶/۹ درصد رسید. تلفات شبکه انتقال و توزیع برق در همین سال ۱۵ درصد می‌باشد [۱۲].

با بررسی اطلاعات و آمار فوق وضعیت مصرف انرژی جهت تولید سرما، گرما، و برق در بخش ساختمان کشور مشخص می‌شود.

ازآنجایی که بخش خانگی بیشترین سهم از مصرف انرژی کشور را به خود اختصاص داده است، و از سوی دیگر این بخش هم به سرمایش، گرمایش و هم برق نیاز دارد لذا دستگاههای micro-CCHP می توانند در این بخش کارایی بالایی داشته باشند زیرا:

- در بخش گرمایش، هنوز ۸۰/۵ درصد از خانه های مسکونی از بخاریهای با بازدهی پایین استفاده می‌کنند، بصورتی که بازدهی ۶۴/۱ درصد از این بخاریها زیر ۵۰ درصد است.
- در بخش سرمایش، ۷۰/۹ درصد از ساختمانهای مسکونی از کولر آبی استفاده می‌کنند که بازدهی۸۲/۱ درصد از این کولرها زیر ۵۰ درصد است.
- در بخش برق، بازدهی متوسط نیروگاههای کشور ۳۶/۹ درصد است که بعد از احتساب تلفات ۱۵ درصدی شبکه انتقال و توزیع برق، بازدهی تولید برق در محل تحویل به مصرف کننده نهایی ۳۱/۴ درصد خواهد شد.

با بررسی ساده سه مورد فوق مشخص است که بازدهی کلی تولید سرما، گرما و برق در بخش مسکونی کشور در بهترین حالت به ۵۰ درصد هم نخواهد رسید. این در حالی است که سیستمهای micro-CCHP می توانند با بازدهی کلی نزدیک به ۸۰ درصد، سالیانه از ۳۰ تا ۳۵ درصد در مصرف سوخت صرفه‌جویی ایجاد کنند. ایجاد صرفه‌جویی بسیار بالا به تنهایی یک پتانسیل و انگیزه بسیار قوی برای استفاده از سیستمهای micro-CCHP در بخش مسکونی کشور خواهد بود، بویژه اگر با اجرای قانون هدفمند نمودن یارانه‌ها، قیمت حامل‌های انرژی به قیمت واقعی آن نزدیک شود. همچنین استفاده از micro-CCHP باعث کاهش تولید آلاینده CO_2 از ۴۰ تا ۵۰ درصد خواهد شد که این مقدار کاهش قابل‌توجه تاثیر زیادی در کاهش اثرات منفی زیست محیطی این گاز نیز خواهد داشت [۲، ۳].

کاهش ۳۰ درصدی مصرف سوخت می‌تواند باعث کاهش قابل توجه قبض انرژی مصرف کننده شود که این مسئله در کنار درآمد ناشی از فروش برق مازاد به شبکه، باعث می‌شود دوره بازگشت سرمایه کوتاه مدت کمتر از ۵ سال برای micro-CCHP قابل دسترسی باشد[۲، ۳].

همچنین براساس آمارهای منتشر شده توسط شرکت نفت چنانچه روند رشد مصرف انرژی در کشور تغییر نکند و با نرخ رشد مصرف انرژی ۵/۵

1 Land fill gases
2Collection and process sub-systems

درصد ادامه پیدا کند، ایران تا سال ۱۴۰۴ به وارد کننده انرژی تبدیل خواهد شد.

این مسئله لزوم انجام اقداماتی را که تاثیر محسوسی در کاهش مصرف انرژی دارند بیش از پیش نمایان می‌کند. در این راستا نیز سیستم‌های micro-CCHP با کاهش بیش از ۳۰ درصد مصرف انرژی می‌توانند نقش بسیار مهمی در کاهش روند رشد مصرف انرژی در کشور ایفا کنند.

۲-۲- پتانسیل استفاده از micro-CCHP از نظر اقلیم‌های آب و هوایی:

اقلیم آب وهوایی بر مقدار بارهای گرمایشی و سرمایشی مورد نیاز یک ساختمان تاثیر بسیار زیادی دارد. اقلیم همچنین در انتخاب نوع سیستمهای مرسوم گرمایشی و سرمایشی تاثیر دارد. از مهمترین پارامترهای تاثیرگذار بر اقلیم، وجود دریا، کوه، کویر و ارتفاع از سطح دریا می‌باشد. ایران کشوری است در منطقه معتدل شمالی که از شمال و جنوب با دریا ارتباط دارد، دو رشته کوه بزرگ زاگرس در غرب و البرز در شمال و دو کویر شوره‌زار در شرق نیز باعث تنوع اقلیمی در ایران شده‌اند، بصورتی که اختلاف دمای همیشگی در حدود $50^{\circ}C$ بین گرمترین و سردترین نقاط آن وجود دارد. تقسیم بندی اقلیمی مناطق را می‌توان براساس دو پارامتر از سه پارامتر دمای حباب خشک (T_{db})، دمای حباب مرطوب (T_{wb}) و رطوبت نسبی (RH) انجام داد.

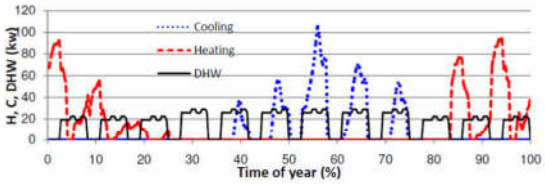
در یک تقسیم‌بندی کلی سرزمین ایران را می‌توان به ۵ اقلیم تابستانی-زمستانی تقسیم نمود که این تقسیم بندی در جدول ۱ به همراه شهر نمونه ذکر شده است[۱۳].

جدول ۱ تقسیم‌بندی کلی اقلیم‌ها در ایران

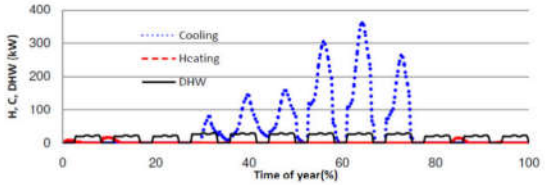
اقلیم-تابستان	اقلیم-زمستان	شهر نمونه
گرم و خشک	سرد	کرمان
گرم و نیمه مرطوب	معتدل	اهواز
گرم و مرطوب	گرم	چابهار
معتدل و خشک	خیلی سرد	کامیاران
معتدل و مرطوب	سرد	بندرانزلی

جهت مقایسه بارهای گرمایشی و سرمایشی در اقلیم‌های فوق یک ساختمان مشابه در ۵ اقلیم با مشخصات زیر در نظر گرفته شده و پس از محاسبه بارهای گرمایشی و سرمایشی (شکل‌های ۲ تا ۶) تعداد ماههایی از سال که نیاز به گرمایش (N_H) و یا سرمایش(N_C) وجود دارد، به همراه بیشینه مشخصه بار گرمایشی (H_{max}) و سرمایشی(C_{max}) بر حسب W/m^2 محاسبه گردید (جدول ۲) [۱۴].

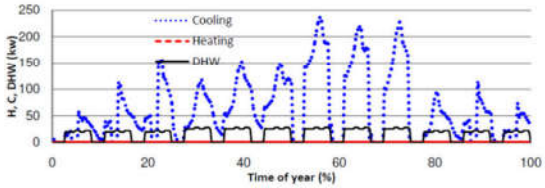
ساختمان مسکونی چهار طبقه با هشت واحد و مساحت مفیدکل $۱۲۰۰m^2$ می‌باشد. متوسط ارتفاع سقف تا کف و همچنین متوسط وزن ساختمان بترتیب ۲/۷m و $۴۶۸/۷kg/m^2$ می‌باشد. دیوارها از نظر وزن متوسط بوده و دارای ضریب انتقال حرارت متوسط$U\text{-}value=$ ۱/۵۳ $W/(m^2 K)$ می‌باشند. ضریب انتقال حرارت متوسط کف بالای فضای تهویه نشده و تهویه شده بترتیب برابر ۰/۵۶۸ $W/(m^2 K)$ و ۲/۸۳۹ $W/(m^2 K)$ می‌باشد. هر طبقه دارای ۱۴ پنجره دوجداره با ضخامت آرگن ۶mm و ابعاد ۲X۲(m) می‌باشد. کل افراد ساکن در ساختمان۳۲ نفر می‌باشند. نوع سیستم روشنایی آویز ساده بوده متوسط روشنایی مورد نیاز و ضریب بالاست به ترتیب $۲۰ W/m^2$ و ۱/۲۵ می‌باشند. جهت محاسبه بارهای گرمایشی و سرمایشی ساختمان فوق از نرم افزار کریر استفاده شده است.



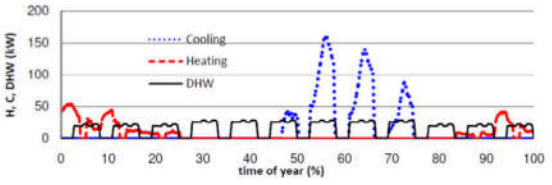
شکل ۲ بارهای گرمایشی، سرمایشی و آبگرم مصرفی در طول سال، کرمان



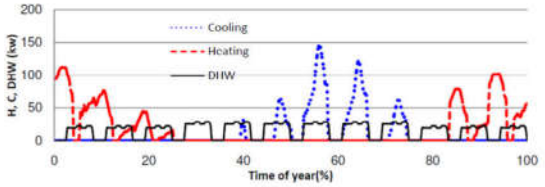
شکل ۳ بارهای گرمایشی، سرمایشی و آبگرم مصرفی در طول سال، اهواز



شکل ۴ بارهای گرمایشی، سرمایشی و آبگرم مصرفی در طول سال، چابهار



شکل ۵ بارهای گرمایشی، سرمایشی و آبگرم مصرفی در طول سال، بندرانزلی



شکل ۶ بارهای گرمایشی، سرمایشی و آبگرم مصرفی در طول سال، کامیاران

جدول ۲ مشخصه بیشینه بار سرمایشی و گرمایشی و تعداد ماههای گرمایش یا سرمایش

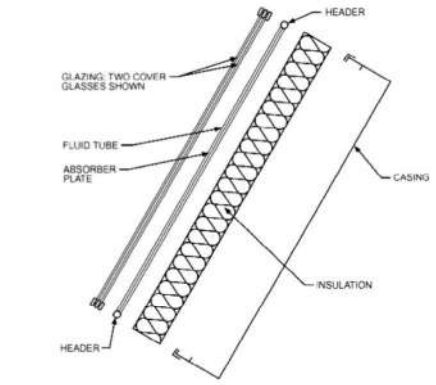
	H_{max}	C_{max}	N_H	N_C
کرمان	۷۸	۸۸	۵	۵
اهواز	۱۴	۳۰۱	۳	۶
چابهار	۰	۱۹۷	۰	۱۲
بندر انزلی	۴۵	۱۳۲	۵	۴
کامیاران	۹۳	۱۲۱	۵	۵

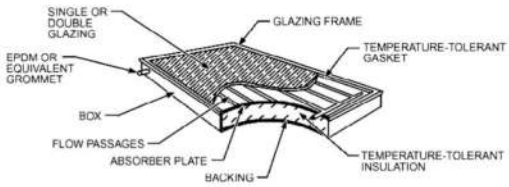
همانگونه که از نتایج جدول ۱ دیده می‌شود، در دو اقلیم اهواز و بندرانزلی در مجموع ۹ ماه از سال تقاضا برای گرمایش و سرمایش وجود دارد. در دو اقلیم کرمان و کامیاران نیز در مجموع ۱۰ ماه از سال به گرمایش

یا سرمایش نیاز داریم. در اقلیم چابهار نیز در کل ۱۲ ماه سال نیاز به سرمایش وجود دارد. این نتایج پتانسیل استفاده از گرمای بازیافت شده در سیستم‌های micro-CCHP را در اقلیم‌های مختلف نشان می‌دهد. بعبارت دیگر در دو اقلیم اهواز و بندرانزلی، سه ماه از سال که گرمایش یا سرمایش نیاز نداریم قسمتی از گرمای بازیافت شده جهت تولید آبگرم مصرفی استفاده می‌شود و باقی‌مانده گرما (در صورت وجود) هدر خواهد رفت. این مسئله در دو اقلیم کرمان و کامیاران فقط در دو ماه از سال اتفاق می‌افتد اما در چابهار در کل طول سال در کنار تامین سرمایش، می‌توان از گرمای بازیافت شده برای تامین آبگرم مصرفی نیز استفاده نمود. اگرچه پتانسیل چابهار از سایر اقلیم‌ها بیشتر به نظر می‌رسد اما مدت زمانی که در سایر اقلیم‌ها از گرمای بازیافت شده موتور محرک استفاده می‌شود بسیار قابل توجه می‌باشد. بعبارت دیگر در اقلیم‌های ایران ۷۵ درصد تا ۱۰۰ درصد از طول کل سال از گرمای بازیافتی موتور محرک سیستم micro-CCHP استفاده خواهد شد.

۲-۳- پتانسیل استفاده از انرژی خورشیدی در micro-CCHP:

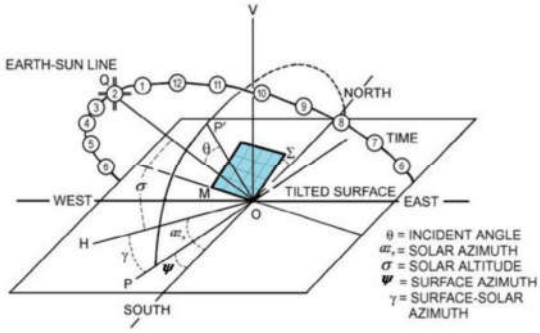
جهت بررسی پتانسیل نواحی مختلف ایران در استفاده از انرژی خورشیدی در سیستم‌های micro-CCHP، بیشینه متوسط سالیانه گرمای خورشیدی قابل دریافت در هر مترمربع از کلکتورهای مسطح مانند شکل ۷ محاسبه شده است [۲].





شکل ۷ اجزای اصلی یک کلکتور تخت[۱۵]

موقعیت کلکتور خورشیدی برای دریافت بیشترین مقدار گرما در طول سال ($Q_{s,opt}$) بوسیله زاویه Σ زاویه شیب کلکتور با سطح افق (QOP')، و زاویه گرای کلکتور ψ مشخص می‌شود (شکل ۸) .زاویه گرای کلکتور ψ یعنی زاویه بین خط جنوب به شمال با خط عمود بر سطح تماس کلکتور با سطح افقی (خط OM).



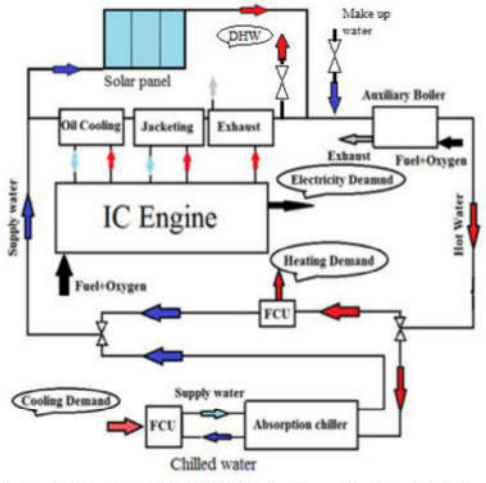
شکل ۸ نحوه قرارگیری کلکتور و مشخصات هندسی موقعیت آن

خلاصه نتایج محاسبات انجام شده در جدول ۳ برای ۵ شهر از ۵ اقلیم مختلف ایران محاسبه شده و در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول۳ زاویه بهینه قرارگیری کلکتورهای دو جداره و بیشینه متوسط سالیانه گرمای خورشیدی دریافتی **(W/m²)** کلکتور در پنج اقلیم

	$Q_{s,opt}$	ψ_{opt}	$\sum_{opt}$
کرمان	۲۸۲/۸۵	۵۳	۴۳
اهواز	۳۷۲/۰۳	۵۳	۴۴
بندرانزلی	۲۵۵/۹۵	۴۹	۴۶
چابهار	۳۲۵/۳۴	۵۷	۴۱
کامیاران	۲۷۵/۹۹	۵۱	۴۵

براساس جدول ۳ شهر اهواز با دریافت **۳۷۲/۰۳ W/m²** بیشترین پتانسیل جذب گرما در هر متربع کلکتور را دارد. بعد از اهواز، چابهار با جذب **۳۲۵/۳۴ W/m²** در رتبه دوم قرار دارد. بندرانزلی با دریافت **۲۵۵/۹۵ W/m²** کمترین دریافت گرمای خورشید را دارد. بعبارت دیگر استفاده از micro-CCHP که با کلکتور خورشیدی کوپل شده باشد در اهواز و چابهار بصرفه‌تر می‌باشد.



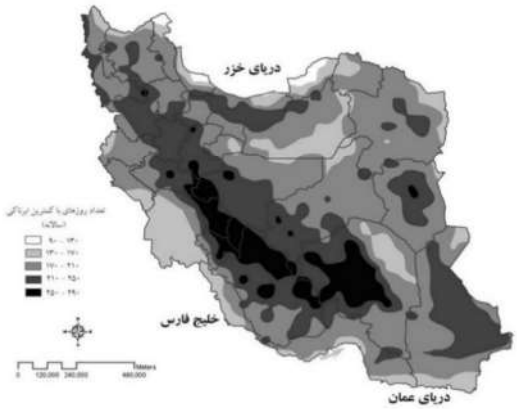
شکل ۹ شماتیک یک سیستم micro-CCHP کوپل شده با کلکتور خورشیدی

شماتیک یک micro-CCHP را که با کلکتور خورشیدی کوپل شده است در شکل ۹ نشان داده شده است. موتور محرک یک موتور احتراق داخلی می-

باشد که گرمای اگزوز، آب خنک‌کن و روغن بوسیله سه مبدل حرارتی بازیافت می‌شود.

سیستم سرمایشی micro-CCHP یک چیلر جذبی می‌باشد و از سیستم فن کویل (FCU) نیز برای انتقال گرما و سرما از آب گرم شده و یا سرد شده به فضای ساختمان استفاده می‌شود. جهت جبران کمبود گرما برای تولید سرمایش و گرمایش در سیستم micro-CCHP از یک بویلر کمکی و سیستم آبگرمکن خورشیدی در کنار سیستم بازیافت گرمایشی استفاده شده است.

یک مطالعه که وضعیت تعداد روزهای آفتابی در کشور را براساس داده‌های ۱۲۰ ایستگاه هواشناسی از سال ۱۳۶۸ تا ۱۳۸۷ بررسی نموده است، بیان می‌کند که در بیش از ۲۰۰ روز سال یعنی بیش از ۵۵ درصد از کل سال بطور متوسط در ایران آسمان صاف و آفتابی وجود دارد [۱۶] . شکل ۱۰ پهنه‌بندی سالانه مناطق پرتابش ایران براساس میانگین تعداد روزهای با کمترین ابرناکی را نشان می‌دهد[۱۶].



شکل ۱۰ پهنه‌بندی سالانه مناطق پرتابش ایران براساس میانگین تداد روزهای با کمترین ابرناکی [۱۶]

براساس شکل ۱۰ بیشتر مناطق ایران پتانسیل استفاده از انرژی خورشیدی در طول سال را دارا می باشند. این پتانسیل در بعضی مناطق مانند کهنوج در کرمان تا ۲۹۰ روز آفتابی در طول سال نیز می‌رسد.

۲-۴- بررسی پتانسیل استفاده از micro-CCHP در تقویت پدافند غیر عامل:

ایران بر روی یکی از دوکمربند زلزله‌خیز جهان قرار گرفته است، که این مسئله باعث شده است ۹۰ درصد از خاک کشور در معرض خطر وقوع زلزله باشد. ایران جزء ده کشور بلاخیز دنیا و ششمین کشور زلزله‌خیز در دنیا می‌باشد. کلان شهرهایی مانند تهران و تبریز در مجاورت و یا بر روی گسل‌های فعال ساخته شده‌اند. شکل ۱۱ گسل‌های فعال در پهنه خاک ایران را نشان می‌دهد[۱۷].

با وضعیتی که کشورمان از نظر بلاهای طبیعی دارد لزوم تقویت پدافند غیر عامل را تبدیل به امری انکارناپذیر کرده است. لذا بایستی چه برای زمان قبل از وقوع، زمان وقوع و پس از آن پیش‌بینی‌هایی صورت پذیرد که تامین نیازهای انرژی مردم را آسانتر کند.

استفاده از سیستم‌های micro-CCHP اگرچه باعث کاهش خرابی‌ها در زمان وقوع زلزله، جنگ، حملات تروریستی و ... نمی‌شود اما باعث کاهش تلفات در زمان بعد از وقوع این رخدادها می‌شود. سیستم‌های micro-CCHP چون بصورت پراکنده هستند لذا همواره ساختمانهایی که سیستم‌های CCHP آنها صدمه ندیده است به انرژی دسترسی خواهند داشت. در چنین شرایطی نیروهای امدادی می‌توانند زمان و تلاش خود را در اختیار کسانی قرار دهند که دسترسی به انرژی (برق، سرما وگرما) ندارند. همچنین سازمانهای امدادی و نیروهای امدادی برای کمک‌رسانی موثر می‌توانند با در اختیار داشتن واحدهای micro-CCHP قابل‌حمل کار کمک‌رسانی را با ضریب تاثیر بیشتری انجام دهند. بعبارت دیگر با استفاده از سیستمهای micro-CCHP در اقامتگاه‌های موقت نیاز پناه‌جویان به انرژی به آسانی برطرف خواهد شد.

از آنجایی که سیستم‌های CCHP معمولاً هم با سوختهای گازی و هم سوختهای مایع که قابل ذخیره‌سازی نیز هستند کار می‌کنند، این تجهیز بویژه برای مجتمع‌های مسکونی، و اماکن حساس مانند بیمارستانها، پناه‌گاهها، معادن زیرزمینی، روستاهای دورافتاده و ... بسیار مهم و کاربردی می‌باشد.

شکل ۱۱ نقشه گسل‌های فعال در خاک ایران [۱۷]

۳- نتیجه گیری

براساس بررسی‌های مختلف انجام شده در این مقاله ، پتانسیل بالایی برای استفاده از سیستمهای micro-CCHP در کشورمان وجود دارد. از جنبه وضعیت مصرف انرژی در کشور، استفاده از micro-CCHP می‌تواند در حدود ۳۰ تا ۳۵ درصد از مصرف انرژی بخش خانگی بکاهد که در مجموع به معنی کاهش ۱۲ تا ۱۴ درصدی مصرف سوخت کشور خواهد بود، در عین حال تولید دی اکسید کربن در بخش خانگی را می‌تواند تا ۵۰ درصد کاهش دهد. از ۵ اقلیم کشور، بیش از ۷۵ درصد از ایام سال نیاز به گرمایش یا سرمایش در ساختمانهای مسکونی وجود دارد. این به معنی نیاز به استفاده از توانایی‌های سیستم‌های micro-CCHP در تولید همزمان سرما، گرما و برق می‌باشد. سیستمهای micro-CCHP قابلیت کوپل شدن با سیستمهای خورشیدی را نیز دارند و خوشبختانه ایران از نظر دریافت حرارت خورشیدی در موقعیت مناسبی قرار دارد، بطور متوسط بیش از ۵۵ درصد سال آسمان کشور صاف و آفتابی می‌باشد و متوسط دریافت گرما در هر متر مربع از کلکتورهای خورشیدی با پوشش شیشه دوجداره از ۲۵۵ تا ۳۷۲ وات در ۵ شهر نمونه از ۵ اقلیم کشور متغیر می‌باشد. سیستم micro-CCHP از نظر توانایی در تامین انرژی در شرایط اضطراری و یا در ساختمانهای خاص، با توجه به قابل‌حمل

بودن و چند سوخته بودن یکی از بهترین گزینه‌ها می‌باشند و می‌توانند در تقویت پدافندغیرعامل در کشور یک گام اساسی باشند.

۴- مراجع

[1] D.W. Wu and R.Z. Wang, Combined Cooling, Heating And Power: A Review, *Progress In Energy And Combustion Science* 32, 459–495, 2006

[2] M. Ebrahimi, A. Keshavarz, *Combined Cooling, Heating and Power, Decision-making, Design and Optimization*, Elsevier, 2014

[3] M. Ebrahimi, A. Keshavarz, Sizing the prime mover of a residential micro-CCHP system by multi-criteria sizing method for different climates, *Energy* 54,291-301, 2013

[4] WADE (www.localpower.org). World survey of decentralized energy. 2004.

[5] A.C. Oliveira, C. Afonso, J. Matos, S. Riat, M. Nguyen and P. Doherty, A combined heat and power system for buildings driven by solar energy and gas, *Applied Thermal Engineering* 22, 587–593, 2002

[6] W. Yagoub, P. Doherty and S.B. Riffat, Solar energy-gas driven micro-CHP system for an office building, *Applied Thermal Engineering* 26, 1604–1610, 2006

[7] J. Wang, Y. Dai, L. Gao and S. Ma, A new combined cooling, heating and power system driven by solar energy, *Renewable Energy* 34, 2780–2788, 2009

[8] G. Fraisse, Y. Bai A, N. Le Pierre`S and T. Letz, Comparative study of various optimization criteria for SDHWS and a suggestion for a new global evaluation, *Solar Energy* 83, 232–245, 2009

[9] II. Luo A, R. Wangb and Y. Dai, The effects of operation parameter on the performance of a solar-powered adsorption chiller, *Applied Energy* 87, 3018–3022 , 2010

[10] X. Hao, H. Yang and G. Zhang, Trigeneration: a new way for landfill gas utilization and its feasibility in Hong Kong, *Energy Policy* 36, 3662– 3673, 2008

[11] ریاست جمهوری، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی، مرکز آمار ایران، نتایج آمارگیری از مصرف حامل‌های انرژی در بخش خانوار در نقاط شهری سال ۱۳۹۰

[12] معاونت امور برق و انرژی، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی، ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۰

[13] توانیر، معاونت تحقیقات و تکنولوژی، استاندارد طراحی بهینه پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت، معیارهای طراحی و مهندسی سیستم سرمایش و گرمایش (جلد ۲۲۶)، تدوین کننده: مهندسین مشاور نیرو، سال ۱۳۷۷

[14] M. Ebrahimi, A. Keshavarz, Climate impact on the prime mover size and design of a CCHP system for the residential building, Energy and Buildings 2012; 54;283–289

[15] ASHRAE, chapter 33, solar energy use

[16] M. Mousavi Baygi, B. Ashraf, Identification of low cloudiness areas to mapping of regions with high radiation across the country, *Journal of water and soil*, 25, 665-675, 2011

[17] خ. حسامی، ف. جمالی، م. طبی، *نقشه گسل‌های فعال ایران*، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله