بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی مکانیک و مکاترونیک

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی سیستم‌های انرژی

مدل‌سازی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر برای یک گلخانه نمونه در اقلیم‌های مختلف ایران

نگارنده: سعیده صفاری

اساتید راهنما

دکتر علی عباس نژاد

دکتر محمدحسین احمدی

بهمن ۱۳۹۷

شماره: ۳/۲۹۷/۱۵۵
تاریخ: ۹۷/۱۲/۴

باسمه‌تعالی

دانشگاه صنعتی شاهرود

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم **سعیده صفاری** با شماره دانشجویی **۹۵۰۹۳۷۴** رشته **مهندسی مکانیک** گرایش **سیستم‌های انرژی** تحت عنوان **مدل‌سازی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر برای یک گلخانه نمونه در اقلیم‌های مختلف ایران** که در تاریخ **۹۷/۱۱/۹** با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می‌گردد:

قبول (با درجه: خیلی خوب) ☑ **مردود** ☐

نوع تحقیق: **نظری** ☑ **عملی** ☐

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استادراهنمای اول	دکتر علی عباس نژاد	استادیار	
۲- استادراهنمای دوم	دکتر محمدحسین احمدی	استادیار	
۳- استاد مشاور	---	---	---
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر علی سررشته داری	استادیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر محمد ضامن	استادیار	
۶ـ استاد ممتحن دوم	دکتر سید مجید هاشمیان	استادیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: دکتر محمد محسن شاه‌مردان

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

تبصره: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

تقدیم اثر

تقدیم به پدر و مادرم که اسوه‌های صبر و بردباری‌اند

پس از حمد و ثنای یگانه خالق هستی، بر خود لازم می‌بینم که از اولین و بزرگترین معلمان زندگی‌ام، پدر و مادر عزیزم که همچون دو فرشته سبکبال، بال‌های پرمهر خود را بر لحظه لحظه زندگی من گستردند و بعد از خدای مهربان در تنگنای زندگی یگانه حامی من بودند، از صمیم قلب تشکر و قدردانی نمایم.

و به همسر مهربانم و دختر عزیزم

از همسر مهربانم که از حمایت‌های بی‌دریغ، بزرگواری و محبت‌های ایشان همواره بهره برده‌ام و از دختر عزیزم که امید رسیدن به آینده‌ای روشن و پر فروغ را در دلم شکوفا ساختند، از صمیم قلب تشکر و قدردانی می‌کنم.

تشکر و قدردانی

بر خود لازم می‌دانم از اساتید شایسته، آقایـان **دکتر علی عباس‌نژاد** و **دکتر محمدحسین احمـدی** که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بـر مـن دریـغ ننمودنـد و زحمت راهنمایی این پایان نامه را بر عهده گرفتند، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

تعهدنامه

اینجانب **سعیده صفاری** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **مهندسی مکانیک** گرایش **سیستم‌های انرژی** دانشکده **مهندسی مکانیک** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه **مدل‌سازی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر برای یک گلخانه نمونه در اقلیم‌های مختلف ایران** تحت راهنمایی **آقایان دکتر علی عباس‌نژاد و دکتر محمدحسین احمدی** متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط این‌جانب انجام‌شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورداستفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود است و مقالات مستخرج بانام "دانشگاه صنعتی شاهرود" و یا " **Shahrood University of Technology** " به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آن‌ها) استفاده‌شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده‌شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .

استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

توسعه پایدار، مفهومی کلی در همه ابعاد زندگی بشر شامل بخش‌های اجتماعی، اقتصادی، محیط زیست و... می‌شود. از آنجایی‌که یکی از محورهای رسیدن به توسعه پایدار، بهینه‌سازی مصرف انرژی است، بنابراین ارائه راهکارهایی که با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بتواند مصرف انرژی را در گلخانه کاهش دهد، اهمیت فراوانی دارد. در این پژوهش با هدف بررسی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، نمونه‌هایی در اقلیم‌های مختلف ایران انتخاب شده و راهکارهای مؤثر با توجه به هر اقلیم شناسایی می‌شود و جهت جایگزین نمودن با سوخت‌های فسیلی به‌کار برده می‌شود. برای شبیه‌سازی و به‌دست آوردن بار گرمایشی و سرمایشی هر گلخانه، از نرم‌افزار دیزاین بیلدر استفاده شده است. در مرحله بعدی، پس از شبیه‌سازی شرایط موجود، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر نظیر انرژی خورشیدی و ترکیب آن با سیستم تولید همزمان برای تأمین بار گلخانه، مورد بررسی قرار گرفت. برای شبیه‌سازی انرژی‌های تجدیدپذیر از نرم‌افزار هومر استفاده شده است. بعد از بهینه‌سازی مشاهده گردید که در اقلیم‌های ساری، تهران و تبریز ترکیب سیستم‌های تولید همزمان با انرژی خورشیدی، راهکاری از لحاظ اقتصادی به‌صرفه نمی‌باشد. به‌دلیل هزینه بالای استفاده از سیستم‌های انرژی خورشیدی و قیمت پایین حامل‌های انرژی در ایران، عملاً استفاده از ترکیب سیستم‌های تولید همزمان با انرژی خورشیدی، تنها در اقلیم بندرعباس و استفاده از سیستم‌های تولید همزمان در اقلیم‌های ساری، تهران و تبریز پیشنهاد گردید. در اقلیم بندرعباس استفاده از پنل خورشیدی ۴.۱ کیلووات و ژنراتور ۱۴۰ کیلووات پیشنهاد شد. سایز ژنراتور در اقلیم‌های ساری، تبریز و تهران به‌ترتیب ۷۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلووات پیشنهاد گردید.

کلمات کلیدی: بهینه‌سازی مصرف انرژی، سیستم‌های تولید همزمان، سیستم‌های خورشیدی، دیزاین بیلدر، هومر.

فهرست موضوعی

فصل ۱: مقدمه ۱

۱-۱ مقدمه ۲
۱-۲ برخی از انرژی‌های تجدیدپذیر رایج ۲
۱-۲-۱ انرژی برق آبی ۳
۱-۲-۲ انرژی خورشیدی ۳
۱-۲-۳ انرژی زمین‌گرمایی ٤
۱-۲-۴ انرژی زیست‌توده ٥
۱-۲-۵ انرژی بادی ٦
۱-۳ گلخانه ۷
۱-۳-۱ مکان گلخانه ۸
۱-۳-۲ جهت گلخانه ۸
۱-۳-۳ مزیت‌های کشت گلخانه‌ای ۹
۱-۳-۴ معایب کشت گلخانه‌ای ۱۰
۱-۳-۵ شکل‌های مختلف گلخانه ۱۰
۱-۳-۶ مواد پوشاننده گلخانه‌ها ۱۰
۱-۳-۶-۱ گلخانه‌های شیشه‌ای ۱۰
۱-۳-۶-۲ گلخانه‌های ساخته شده از ورقه‌های پلاستیکی ۱۱
۱-۳-۶-۳ گلخانه‌های ساخته شده از صفحات FRP ۱۱
۱-۳-۶-۴ گلخانه‌های تقویت شده با صفحات اکریلیک و پلی‌کربنات دو لایه‌ای ۱۲
۱-۳-۷ اتلاف گرما در گلخانه‌ها ۱۲
۱-۳-۸ گرم کردن گلخانه ۱۳
۱-۳-۹ روش‌های کاهش گرمای لازم برای گلخانه‌ها ۱۳
۱-۳-۱۰ خنک کردن گلخانه ۱٤
۱-۴ تقسیمات اقلیمی در ایران ۱۶

۱-۴-۱ اقلیم گرم و خشک ۱۶
۱-۴-۲ اقلیم معتدل و مرطوب ۱۷
۱-۴-۳ اقلیم سرد ۱۷
۱-۴-۴ اقلیم گرم و مرطوب ۱۸
۱-۵ فناوری‌های تولید همزمان برق و حرارت ۱۹

فصل ۲: پیشینه پژوهش ۲۳

۲-۱ بررسی سوابق ۲۴
۲-۲ هدف و بیان مسأله ۲۹
۲-۳ نوآوری ۳۰

فصل ۳: شبیه‌سازی ۳۱

۳-۱ انتخاب نرم‌افزار شبیه‌ساز ۳۲
۳-۲ نرم‌افزار دیزاین بیلدر ۳۳
۳-۲-۱ قابلیت‌های دیزاین بیلدر ۳۶
۳-۳ مدیریت حل یکپارچه ۳۶
۳-۴ پایگاه داده‌های مدل ۳۷
۳-۵ مدل‌سازی ساختمان در نرم‌افزار دیزاین بیلدر ۳۸
۳-۶ طراحی ترکیب سیستم‌های تولید همزمان و انرژی خورشیدی ۳۹
۳-۷ جمع‌بندی ۴۰

فصل ۴: نتایج ۴۱

۴-۱ مقدمه ۴۲
۴-۲ شهر و کاربری نمونه‌های موردی ۴۲
۴-۳ مشخصات گلخانه ۴۲
۴-۴ شبیه‌سازی گلخانه در نرم‌افزار دیزاین بیلدر ۴۴
۴-۴-۱ تهیه نقشه ساختمان ٤٤
۴-۴-۲ تعریف کاربری هر بخش ٤٥
۴-۴-۳ تعریف جنس دیوارها ٤٥
۴-۴-۴ تأسیسات گلخانه ٤٧
۴-۵ نتایج مصرف انرژی گلخانه ۴۷
۴-۵-۱ نتایج مصرف انرژی سالانه گلخانه ٤٧
۴-۵-۲ نتایج مصرف روزانه گلخانه ٥٠
۴-۶ نتایج شبیه‌سازی سیستم‌های انرژی نو و تولید همزمان ۵۲
۴-۶-۱ نتایج نرم‌افزار هومر برای شهر ساری ٥٦
۴-۶-۲ نتایج نرم‌افزار هومر برای شهر تهران ٦٢
۴-۶-۳ نتایج نرم‌افزار هومر برای شهر تبریز ٦٦
۴-۶-۴ نتایج نرم‌افزار هومر برای شهر بندرعباس ۷۱

فصل ۵: نتیجه گیری و پیشنهادات ۷۹

۵-۱ نتیجه‌گیری ۸۰
۵-۲ پیشنهادات ۸۲

مراجع ۸۲

فهرست جداول

جدول ۳-۱: مقایسه نرم‌افزار دیزاین بیلدر با سایر نرم‌افزارهای شبیه‌ساز انرژی ۳۵

جدول ۴-۱: حداقل و حداکثر دمای گلخانه در تابستان و زمستان ۴۳

جدول ۴-۲: ابعاد گلخانه (m) ۴۴

جدول ۴-۳: انتخاب جنس مصالح در نرم‌افزار دیزاین بیلدر ۴۶

جدول ۴-۴: فرضیات اقتصادی پروژه [۵۷] ۵۳

جدول ۴-۵: قیمت پنل خورشیدی در توان‌های مختلف [۵۸] ۵۵

جدول ۴-۶: سایز پیشنهادی سیستم تولید همزمان ۵۶

جدول ۴-۷: قیمت کلی بخش‌های مختلف سیستم به تفصیل نسبت به سال پایه ۵۸

جدول ۴-۸: مشخصات ژنراتور با جزئیات ۶۰

جدول ۴-۹: مصرف سوخت ژنراتور ۶۰

جدول ۴-۱۰: مشخصات عمر کارکرد ژنراتور ۶۱

جدول ۴-۱۱: میزان تولید آلودگی‌های زیست محیطی ۶۱

جدول ۴-۱۲: ۴ عدد از بهترین ترکیب‌های سیستم تولید همزمان و انرژی خورشیدی برای شهر ساری ۶۲

جدول ۴-۱۳: سایز پیشنهادی سیستم تولید همزمان ۶۳

جدول ۴-۱۴: قیمت کلی بخش‌های مختلف سیستم به تفصیل نسبت به سال پایه ۶۴

جدول ۴-۱۵: مشخصات ژنراتور با جزئیات ۶۴

جدول ۴-۱۶: مصرف سوخت ژنراتور ۶۵

جدول ۴-۱۷: مشخصات عمر کارکرد ژنراتور ۶۵

جدول ۴-۱۸: میزان تولید آلودگی‌های زیست محیطی ۶۶

جدول ۴-۱۹: ۴ عدد از بهترین ترکیب‌های سیستم تولید همزمان و انرژی خورشیدی برای شهر تهران ۶۶

جدول ۴-۲۰: سایز پیشنهادی سیستم تولید همزمان ۶۷
جدول ۴-۲۱: قیمت کلی بخش‌های مختلف سیستم به تفصیل نسبت به سال پایه ۶۸
جدول ۴-۲۲: مشخصات ژنراتور با جزئیات ۶۹
جدول ۴-۲۳: مصرف سوخت ژنراتور ۶۹
جدول ۴-۲۴: مشخصات عمر کارکرد ژنراتور ۷۰
جدول ۴-۲۵: میزان تولید آلودگی‌های زیست محیطی ۷۰
جدول ۴-۲۶: ۴ عدد از بهترین ترکیب‌های سیستم تولید همزمان و انرژی خورشیدی برای شهر تبریز ۷۱
جدول ۴-۲۷: سایز پیشنهادی سیستم ۷۲
جدول ۴-۲۸: قیمت کلی بخش‌های مختلف سیستم به تفصیل نسبت به سال پایه ۷۳
جدول ۴-۲۹: مشخصات ژنراتور با جزئیات ۷۴
جدول ۴-۳۰: مصرف سوخت ژنراتور ۷۵
جدول ۴-۳۱: مشخصات پنل خورشیدی انتخابی ۷۵
جدول ۴-۳۲: مشخصات کانورتر ۷۶
جدول ۴-۳۳: میزان تولید آلودگی‌های زیست محیطی ۷۶
جدول ۴-۳۴: ۴ عدد از بهترین ترکیب‌های سیستم تولید همزمان و انرژی خورشیدی برای شهر بندرعباس ۷۷

فهرست اشکال

شکل ۱-۱: مقادیر خروجی به ازای مقدار مشخص انرژی ورودی از سیستم تولید همزمان [۱۶] ۲۱
شکل ۱-۲: مقادیر خروجی به ازای مقدار مشخص انرژی ورودی از سیستم تولید جداگانه [۱۵] ۲۱
شکل ۴-۱: گلخانه شمعدانی ۴۳
شکل ۴-۲: مصرف سالانه انرژی گلخانه در شهر تهران ۴۸
شکل ۴-۳: مصرف سالانه انرژی گلخانه در شهر بندرعباس ۴۸
شکل ۴-۴: مصرف سالانه انرژی گلخانه در شهر تبریز ۴۹
شکل ۴-۵: مصرف سالانه انرژی گلخانه در شهر ساری ۴۹
شکل ۴-۶: میانگین مصرف روزانه انرژی گلخانه در شهر ساری جهت تأمین گرمایش و سرمایش در روزهای مختلف سال ۵۰
شکل ۴-۷: میانگین مصرف روزانه انرژی گلخانه در شهر بندرعباس جهت تأمین گرمایش و سرمایش در روزهای مختلف سال ۵۱
شکل ۴-۸: میانگین مصرف روزانه انرژی گلخانه در شهر تبریز جهت تأمین گرمایش و سرمایش در روزهای مختلف سال ۵۱
شکل ۴-۹: میانگین مصرف روزانه انرژی گلخانه در شهر تهران جهت تأمین گرمایش و سرمایش در روزهای مختلف سال ۵۲
شکل ۴-۱۰: نحوه ارتباط سیستم ۵۴
شکل ۴-۱۱: قیمت‌های پروژه نسبت به سال پایه ۵۷
شکل ۴-۱۲: قیمت‌های پروژه نسبت به سال پایه ۶۳
شکل ۴-۱۳: قیمت‌های پروژه نسبت به سال پایه ۶۸
شکل ۴-۱۴: قیمت‌های پروژه نسبت به سال پایه ۷۳

فصل ۱: مقدمه

۱-۱ مقدمه

محدودیت آب، خاک و ازدیاد جمعیت، توجه دانشمندان را به این نکته معطوف ساخت تا کمبود غذا را با افزایش محصول در واحد سطح جبران کنند. یکی از این تکنیک‌ها، بهره‌برداری از گلخانه‌ها است. امکان کنترل عوامل محیطی، امکان کشت هر محصول در هر منطقه آب و هوایی، کنترل آفات و بیماری‌ها، مصرف کمتر آب، راندمان بالای تولید، دوام محصول پس از برداشت، قیمت بالاتر محصول برای فروش در خارج از فصل کشت، مزایای استفاده از گلخانه‌ها هستند. کشت‌های گلخانه‌ای به‌دلیل ماهیت تولید خارج از فصل، یکی از پرمصرف‌ترین بخش‌های مصرف‌کننده انرژی در بخش کشاورزی هستند که منبع عمده تأمین کننده انرژی آنها، سوخت‌های فسیلی هستند.

معایب ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی عبارتند از:

۱) بیماری‌های مجاری تنفسی، سرفه، سردرد، ناراحتی‌های قلبی و گردش خون

۲) تولید اکسیدهای گوگرد، اکسیدهای نیتروژن، مونواکسیدکربن و باران‌های اسیدی

۳) گرم شدن کره زمین

۴) از بین رفتن مناطق سبز و گونه‌های گیاهی و جانوری

۵) رو به زوال رفتن سوخت‌های فسیلی

۶) هزینه بالای سوخت‌های فسیلی

۷) عدم دسترسی کافی به سوخت‌های فسیلی

با توجه به معایب سوخت‌های فسیلی، در این تحقیق جهت مدل‌سازی گلخانه در اقلیم‌های مختلف ایران، از انرژی‌های تجدیدپذیر استفاده می‌کنیم.

۱-۲ برخی از انرژی‌های تجدیدپذیر رایج

انرژی برق آبی، انرژی خورشیدی، انرژی بادی، انرژی زمین‌گرمایی و زیست‌توده.

۱-۲-۱ انرژی برق آبی

انرژی برق آبی با استفاده از انرژی مکانیکی جریان آب تولید می‌شود [۱].

مزایای انرژی برق آبی عبارتند از:

۱) قابلیت اطمینان بالا

۲) فن آوری اثبات شده

۳) راندمان بالا

۴) هزینه‌های عملیاتی و نگهداری بسیار کم

۵) توانایی تطبیق با تغییر بار

۶) نیروگاه آبی باعث باران اسیدی و گازهای گلخانه‌ای نمی‌شود [۱].

معایب انرژی برق آبی عبارتند از:

۱) هزینه‌های راه‌اندازی تأسیسات بالا

۲) وابسته به بارش می‌باشد [۱].

۱-۲-۲ انرژی خورشیدی

مزایای انرژی خورشیدی عبارتند از:

۱) جریان الکتریسته‌ای که از انرژی خورشیدی تولید می‌شود هزینه عملیاتی کم و راندمان بالایی دارد.

۲) انرژی خورشیدی غیر آلاینده است.

۳) انرژی خورشیدی، گازهای گلخانه‌ای ایجاد نمی‌کند.

۴) پنل‌های خورشیدی دارای قطعات متحرک نیستند و نیاز به تعمیر و نگهداری بیش از حد ندارند.

معایب انرژی خورشیدی عبارتند از:

۱) پنل‌های خورشیدی تقریباً گران هستند.

۲) جمع‌آوری کارآمد انرژی خورشیدی وابسته به آفتاب است. حتی چند روز ابری می تواند تأثیر بزرگی بر روی یک سیستم انرژی داشته باشد [۱].

۱-۲-۳ انرژی زمین‌گرمایی

انرژی زمین‌گرمایی، از انرژی خورشیدی که در طول هزاران سال در داخل زمین ذخیره شده و همچنین از فروپاشی عناصر رادیواکتیو مانند پتاسیم و اورانیوم در عمق زمین نشأت گرفته است [۲]. در حقیقت انرژی زمین‌گرمایی، حرارت داخلی زمین است که به‌وسیله یک سیال مانند بخار یا آب داغ یا هر دو به سطح زمین انتقال می‌یابد [۳]. گرمای زمین با رفتن به عمق زمین افزایش می‌یابد. تقریباً به ازای ۱۰۰ متر حدود ۳ درجه به دمای زمین اضافه می‌شود [۲]. در ضمن این گرما باید به سطح نزدیک باشد و معمولاً مناطقی که در آن آتشفشان یا زمین لرزه مستمر وجود دارد چنین خصوصیاتی دارند. برای رسیدن به انرژی زمین‌گرمایی، محیط باید دارای شرایط زمین شناختی ویژه‌ای باشد و در هر مکان نمی‌توان به انرژی زمین‌گرمایی دست یافت. برخی از این ویژگی‌ها عبارتند از:

۱) آب به میزان کافی در این مناطق وجود داشته باشد.

۲) در نزدیکی سفره‌های آب زیرزمینی منبع گرمایی وجود داشته باشد.

۳) منافذ مناسبی بر روی پوسته زمین برای خروج آب گرم باشد [۲].

به‌طورکلی مزیت‌های انرژی زمین‌گرمایی را می‌توان به دو دسته کلی و کاربردی تقسیم‌بندی کرد [۲]. مزیت‌های کلی انرژی زمین‌گرمایی عبارتند از:

۱) عدم آلودگی هوا [۱]

۲) عدم آلودگی آب‌های زیرزمینی

۳) عدم نیاز به زمین وسیع

۴) تجدیدپذیر بودن و بدون محدودیت بودن این انرژی [۱].

مزیت‌های کاربردی انرژی زمین‌گرمایی عبارتند از:

۱) صرفه‌جویی در سوخت‌های فسیلی

۲) گستردگی موارد کاربرد

۳) طولانی‌بودن زمان دسترسی

۴) مستقل بودن از شرایط جوی

۵) درآمدزایی بسیار مفید برای کشورها

از مزایای دیگر انرژی زمین‌گرمایی می‌توان گفت که میزان گازهای نامطلوب تولید شده در این نیروگاه‌ها اندک بوده و میزان انرژی استخراج شده در تمامی فصول سال ثابت می‌باشد و این نیروگاه‌ها می‌توانند به صورت ۲۴ ساعته فعال باشند. از دیدگاه اقتصادی، استفاده از منابع زمین‌گرمایی میزان وابستگی قیمت برق تولیدی به قیمت سوخت‌های فسیلی را هم کاهش می‌دهد [۴].

از دیدگاه مهندسی باید به این نکته اشاره کرد که سیال مورد استفاده در نیروگاه‌های زمین‌گرمایی دارای خاصیت خورندگی در فلزات است و از جهت دیگر پایین بودن دمای سیال (نسبت به سیال در بقیه نیروگاه‌های حرارتی) در طول مسیر انتقال سیال، موجب افزایش این خاصیت خورندگی می‌شود. بر طبق اصول ترمودینامیک پایین بودن دمای سیال همچنین موجب محدود شدن بهره‌وری نیروگاه می‌شود که از معایب انرژی زمین گرمایی می‌باشد [۴].

۱-۲-۴ انرژی زیست‌توده

برای زیست‌توده تعاریف مختلفی در جهان مطرح می‌باشد. به‌عنوان یک تعریف ساده می‌توان گفت: زیست‌توده شامل کلیه موادی در طبیعت می‌شود که در گذشته نزدیک جاندار بوده، از موجودات زنده به‌عمل آمده و یا زائدات و ضایعات آنها می‌باشند [۵]. اتحادیه اروپا جهت توسعه استفاده از زیست‌توده

در تولید برق در بازار داخلی اروپا تعریف زیست‌توده را به این صورت مطرح نمود: زیست‌توده کلیه اجزاء قابل تجزیه زیستی از محصولات، فاضلاب‌ها و زائدات کشاورزی (شامل مواد گیاهی و حیوانی)، صنایع جنگلی و سایر صنایع مرتبط، فاضلاب‌ها و زباله‌های تجزیه‌پذیر زیستی شهری و صنعتی می‌باشد [۵].

از مزایای انرژی زیست‌توده می‌توان گفت که میزان نشر آلاینده‌های ناشی از احتراق زیست‌توده، معمولاً کمتر از سوخت‌های فسیلی است. به‌علاوه استفاده و بهره‌برداری تجاری از زیست‌توده می‌تواند مشکلات مربوط به انهدام ضایعات و زباله در سایر صنایع از جمله جنگل‌داری و تولیدات چوب، فرآوری مواد غذایی و به‌خصوص ضایعات جامد شهری در مراکز شهری را حذف نماید.

از معایب انرژی زیست‌توده می‌توان گفت که استفاده از زیست‌توده به‌عنوان شکلی از انرژی با نگرانی زیست‌محیطی همراه است. اگر تولید زیست‌توده پایدار نباشد، باعث اخلال در نظام اکولوژی و آلودگی محیط زیست خواهد شد. در آمریکا حدود نیمی از گاز متان منتشره، از منابع زیست‌توده رها شده در طبیعت ناشی می‌شود [۵].

۱-۲-۵ انرژی بادی

انرژی باد، انرژی حاصل از هوای متحرک می‌باشد. هنگامی‌که تابش خورشید به‌طور نامساوی به سطوح ناهموار زمین می‌رسد سبب ایجاد تغییرات دما و فشار می‌گردد و در اثر این تغییرات باد به‌وجود می‌آید. همچنین اتمسفر کره زمین به‌دلیل حرکت وضعی زمین، گرما را از مناطق گرمسیری به مناطق قطبی انتقال می‌دهد که این امر نیز باعث به‌وجود آمدن باد می‌گردد. توربین بادی انرژی جنبشی باد را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند که برای تولید برق استفاده می‌شود [۱]. انرژی باد در بین انرژی‌های تجدیدپذیر یکی از بهترین و اقتصادی‌ترین روش‌های تولید برق می‌باشد که آلودگی زیست محیطی در پی نداشته و پایان ناپذیر نیز می‌باشد [۴]. به‌طورکلی با جایگزینی انرژی برق بادی به جای انرژی برق تولیدی از نیروگاه‌های سوخت فسیلی، می‌توان از انتشار گازهای گلخانه‌ای کاست.

در ضمن از سطح زمینی که برای احداث مزرعه برق بادی اختصاص می‌یابد، ۹۹ درصد آن می‌تواند مورد استفاده فعالیت‌های کشاورزی و دامپروری قرار گیرد و تنها حدود یک درصد از کل سطح مزارع برق بادی توسط توربین‌ها استفاده می‌گردد [۴].

مزایای استفاده از انرژی بادی عبارتند از:

۱) عدم نیاز توربین‌های بادی به سوخت، که در نتیجه از میزان مصرف سوخت‌های فسیلی می‌کاهد.

۲) رایگان بودن انرژی باد

۳) توانایی تأمین بخشی از تقاضای انرژی برق

۴) کمتر بودن نسبی قیمت انرژی حاصل از باد در بلند مدت

۵) تنوع بخشیدن به منابع انرژی و ایجاد سیستم پایدار انرژی

۶) قدرت مانور زیاد جهت بهره‌برداری در هر ظرفیت و اندازه (از چند وات تا چندین مگاوات)

۷) عدم نیاز به آب

۸) عدم نیاز به زمین زیاد برای نصب

۹) نداشتن آلودگی زیست محیطی [۴].

معایب استفاده از انرژی بادی عبارتند از:

۱) بسیاری از مناطق پر از باد در سراسر جهان از مراکز جمعیت دور هستند.

۲) محدودیت‌های محیطی، مانند حضور جنگل‌ها و مناطق حفاظت شده، مکان توربین‌های بادی را محدود می‌کند.

۱-۳ گلخانه

گلخانه به فضای محدودی اطلاق می‌شود که قابلیت کنترل شرایط محیطی مناسب را برای رشد گیاهان از نواحی مختلف در طی فصول مختلف یک سال داشته باشد.

۱-۳-۱ مکان گلخانه

در انتخاب محل گلخانه باید عوامل زیر را در نظر داشت:

۱) فضای لازم برای توسعه

۲) محل مسطح با زهکشی مناسب

۳) میزان پرداخت مالیات در حال و آینده

۴) آب و هوای مناسب برای محصول مورد نظر

۵) موجود بودن نیروی کار

۶) دسترسی به وسایل و راه‌های ارسال

۷) منبع غنی آب با کیفیت خوب [۶].

۱-۳-۲ جهت گلخانه

اسکلت گلخانه‌ها سایه ایجاد می‌کند که اندازه سایه به زاویه تابش نور خورشید و فصل سال بستگی دارد. تأثیر سایه بر رشد گیاهان در زمستان (زمانی که اغلب شدت نور کم است) زیاد می‌باشد. گلخانه‌های تک واحدی که در عرض بالاتر از ۴۰ درجه شمالی واقع‌اند باید در امتداد شرق به غرب ساخته شوند تا بتوانند نور آفتاب زمستانی که زاویه تابش پایینی دارد را به‌نحو مناسبی دریافت کنند. در عرض‌های پایین‌تر از ۴۰ درجه شمالی، امتداد گلخانه‌ها باید شمالی- جنوبی باشد زیرا زاویه تابش نور خورشید به مراتب بیشتر است. گلخانه‌هایی که در امتداد طولشان به‌هم متصلند، در تمامی عرض‌های جغرافیایی باید در جهت شمال به جنوب باشند تا بتوانند اثر سایه را در قسمت شمالی گلخانه کاهش دهند. جهت شمال به جنوب باعث می‌شود که سایه در طول روز در عرض کف گلخانه حرکت کند، درحالی‌که در جهت شرق به غرب این امر ممکن نیست [۶].

۱-۳-۳ مزیت‌های کشت گلخانه‌ای

۱) افزایش تولید در واحد سطح (کمینه ۱۰ برابر هوای آزاد)، در مورد خیار تولید ۲۰ کیلوگرم در متر مربع در گلخانه، به‌جای ۲ کیلوگرم در متر مربع در هوای آزاد.

۲) تولید بیش از یک محصول در سال.

۳) افزایش کیفیت محصول تولیدی (کنترل بهتر آفات و بیماری‌ها با روش‌های کنترل بیولوژیکی و کاهش مصرف سموم که باعث افزایش کیفیت محصول، افزایش صادرات و حفظ محیط زیست می‌شود).

۴) صرفه‌جویی در مصرف آب (با آبیاری تحت فشار).

۵) استفاده از اراضی غیر قابل کشت با روش آبکشت (مانند گلخانه‌های پرورش سبزی در جزیره کیش).

۶) عدم وابستگی تولید به شرایط محیطی و امکان بازاریابی مناسب و تنظیم برنامه کشت مطابق نیاز بازار، مثلاً تاریخ کاشت خیار گلخانه‌ای طوری تنظیم شود که زمان برداشت اواخر اسفند باشد.

۷) تداوم کار و تولید محصول در تمام فصل‌های سال با توجه به امکان کنترل عوامل محیطی و تنظیم شرایط مورد نیاز گیاه (استفاده از اوقات بیکاری کشاورزان در پاییز و زمستان).

۸) آزاد سازی مزارع برای گیاهان استراتژیک مانند گندم.

۹) کاهش جذب فلزات سنگین توسط گیاهان و حفظ سلامت جامعه با روش آبکشت که امکان جذب کمتر این عناصر را فراهم می‌سازد.

۱۰) جلوگیری از مهاجرت روستاییان به شهر؛ با احداث گلخانه و کشت در محیط‌های کنترل شده، روستاییان با آب و زمین محدود قادر به کسب درآمد می‌شوند.

۱۱) ایجاد فرصت‌های شغلی برای جوانان، زنان روستایی و دانش‌آموختگان کشاورزی [۷].

۱-۳-۴ معایب کشت گلخانه‌ای

۱) هزینه اولیه کشت گلخانه‌ای زیاد است و قسمت اعظم این هزینه صرف احداث گلخانه می‌شود. البته در صورت سودمند بودن محصول تولیدی، این هزینه بیشینه در مدت سه سال برگشت داده می‌شود.

۲) کشت گلخانه‌ای نیاز به مراقبت دائمی دارد. بر خلاف کشت در هوای آزاد که با مراقبت کمتر نیز می‌توان به سود قابل قبولی دست‌یافت، در کشت‌های گلخانه‌ای حتی لحظه‌ای غفلت می‌تواند خسارت جبران‌ناپذیری وارد کند. مثلاً کاهش شدید دما در گلخانه در یک شب سرد زمستان می‌تواند باعث نابودی کامل خیار گلخانه‌ای شود [۷].

۱-۳-۵ شکل‌های مختلف گلخانه

شکل‌های مختلف گلخانه شامل گلخانه‌های دوطرفه (A شکل)، گلخانه‌های کوانست و گلخانه‌هایی که سقف‌های آنها از کنار به‌هم متصل است، می‌باشد [۶].

۱-۳-۶ مواد پوشاننده گلخانه‌ها

مواد پوشاننده شفاف گلخانه‌ها بسیار گوناگون هستند. در آغاز شیشه به‌عنوان پوشش گلخانه به‌کار می‌رفت ولی اکنون ورقه‌های نازک پلاستیک، پلاستیک‌های تقویت شده با فایبرگلاس، صفحات اکریلیک و صفحات پلی‌کربنات نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند [۶].

۱-۳-۶-۱ گلخانه‌های شیشه‌ای

در گلخانه‌های شیشه‌ای هزینه مواد و کارگر مورد نیاز برای جایگزینی دوباره این مواد به‌دلیل شیشه‌ای بودن، بسیار کاهش می‌یابد ولی هزینه‌های ساخت گلخانه‌های شیشه‌ای بالاتر است.

عموماً دو نوع گلخانه وجود دارد:

۱) گلخانه‌های تمام شیشه‌ای آمریکایی که می‌تواند به سبک مجزا یا پیوسته یعنی به‌صورت جوی و پشته‌ای باشند.

۲) گلخانه‌های نیمه شیشه‌ای به سبک هلندی که به‌صورت جوی و پشته‌ای تنها به‌دلیل عرض کمشان ساخته می‌شوند [۶].

۱-۳-۶-۲ گلخانه‌های ساخته شده از ورقه‌های پلاستیکی

گلخانه‌های ساخته شده از ورقه‌های پلاستیکی کمترین هزینه ساخت را دارند که می‌توان به‌طور موقتی یعنی فقط در یک فصل سال از آنها استفاده کرد و در جاهایی که مزیت مالیاتی برای ساختمان‌های غیردائمی وجود دارد نیز ساخته می‌شوند. این نوع گلخانه‌ها روش‌های کم‌خرجی را برای وارد شدن به حرفه پرورش گل ارائه می‌دهند. به هرحال می توان گلخانه‌های پلاستیکی را با اسکلت‌های دائمی (فلزی) به‌صورت جوی و پشته‌ای ساخت که با این اسکلت‌ها می‌توان اتوماسیون را اجرا کرد و کارآیی این گلخانه همانند گلخانه‌های ساخته شده از FRP یا شیشه‌ای است.

پلی‌اتیلن رایج‌ترین پلاستیک مورد استفاده است و معمولاً به‌صورت دو لایه حاوی لایه‌ای از هوا به‌کار برده می‌شود. خاصیت عایقی پوشش دولایه، مصرف سوخت را حدوداً ۴۰ درصد در مقایسه با پوشش یک لایه‌ای، شیشه، یا FRP کاهش می‌دهد و موجب کمترشدن هزینه خرید مواد پوششی و هزینه جایگزینی دوره‌ای پلاستیک‌ها، هزینه نصب و برپایی می‌شود. گلخانه‌های جدید بیشتر از ورقه‌های پلاستیکی ساخته می‌شوند [۶].

۱-۳-۶-۳ گلخانه‌های ساخته شده از صفحات FRP

صفحات FRP (پلاستیک تقویت شده با فایبر گلاس) را می‌توان خم‌کرد که برای اسکلت گلخانه‌های ساخته شده از ورقه‌های پلاستیکی نیز مناسب است. استفاده از FRP باعث کاهش کارگر مورد نیاز برای جایگزینی ورقه‌های پلاستیکی می‌شود زیرا با توجه به کیفیت آن، می‌تواند ۵ تا ۲۰

سال دوام بیاورد. همچنین FRP روی گلخانه‌های دائمی (اسکلت فلزی) به‌کار می‌رود. در این نوع گلخانه‌ها، هزینه ساخت تقریباً برابر با هزینه ساخت گلخانه‌های شیشه‌ای است. پوشش FRP به‌اندازه شیشه دوام نمی‌آورد ولی در مقابل شکستگی مقاوم‌تر و برای خنک‌کردن در تابستان هزینه کمتری را موجب شده و در سرتاسر گلخانه شدت نور یکنواخت‌تری ایجاد می‌کند. گلخانه‌های FRP در اواخر دهه ۱۹۷۰ و اوایل ۱۹۸۰ از رونق افتاد ولی در حال‌حاضر FRP هنوز در بازار به فروش می‌رسد. مرکز عمده استفاده از آنها در کالیفرنیاست [۶].

۱-۳-۶-۴ گلخانه‌های تقویت شده با صفحات اکریلیک و پلی‌کربنات دو لایه‌ای

صفحات اکریلیک و پلی کربنات دو لایه ای به‌تدریج دارای کاربرد بیشتری می‌شوند. صفحات ضخیم ۱۶ میلیمتری می‌توانند اتلاف گرما را تا ۵۰ درصد در مقایسه با شیشه تک لایه‌ای کاهش دهند. صرفه‌جویی در گرما توسط صفحات نازک‌تر نسبتاً قابل توجه است. هزینه زیاد، پایین‌بودن عمر مفید و قابلیت احتراق اکریلیک، قابلیت پذیرش آنها را با مشکل مواجه کرده است [۶]. صفحات نازک‌تر ۶ و ۸ میلیمتری را می‌توان خم‌کرد تا مناسب طرح گلخانه‌های کوانست شوند. این صفحات به میزان زیادی برای پوشاندن دیواره‌های جانبی و انتهایی و گلخانه‌های ساخته شده از ورقه‌های پلاستیکی و تعمیر دوباه گلخانه‌های شیشه‌ای کهنه و گلخانه‌های FRP به‌کار می‌روند [۶].

۱-۳-۷ اتلاف گرما در گلخانه‌ها

برای آنکه گلخانه دمای مطلوبی داشته باشد باید با همان سرعتی که گرما از دست می‌رود، محیط گلخانه را گرم‌کنیم. گرما به سه روش هدایت یا رسانایی، نفوذ تدریجی و تابش یا تشعشع اتلاف می‌شود. در روش هدایت، گرما مستقیماً از طریق پوشش گلخانه منتقل می‌شود. در روش نفوذ تدریجی، هوای گرم از طریق شکاف‌های موجود در پوشش گلخانه خارج می‌شود. در روش تابش، گرما از اجسام گرم داخل گلخانه و از طریق پوشش آن به اجسام سردتر خارج گلخانه تشعشع می‌شود [۶].

۱-۳-۸ گرم کردن گلخانه

برای گرمایش گلخانه می‌توانیم از یک منبع گرمایی مرکزی یا موضعی بهره گیریم. در سیستم حرارت مرکزی، یک یا چند دیگ بخار در یک محل واقعند و بخار آب یا آب داغ تولیدشده، از طریق لوله‌هایی به نقاط مختلف گلخانه منتقل می‌شوند. در گلخانه‌های زنجیره‌ای، یک سیستم حرارت مرکزی کارآمدتر از بخاری‌های موضعی است. در گلخانه‌های اروپایی مشهورترین سیستم، سیستم‌های حرارت مرکزی هستند [۶]. در سیستم حرارت موضعی از بخاری‌های متعددی استفاده می‌شود که در نقاط مختلف قرار داده شده‌اند و فقط محیط اطراف خود را گرم می‌کنند. سیستم حرارت موضعی نیازمند سرمایه‌گذاری ابتدایی پایینی است که از این نظر مناسب گلخانه‌هایی است که در آغاز کوچک بوده و به‌طور پیوسته گسترش می‌یابند و بنابر نیاز، بخاری‌های جدید خریداری می‌شوند. سیستم حرارت موضعی در مقایسه با سیستم حرارت مرکزی، مستلزم هزینه بالاتری برای نگهداری است [۶].

۱-۳-۹ روش‌های کاهش گرمای لازم برای گلخانه‌ها

۱) استفاده از دو پوشش برای گلخانه

۲) طراحی گلخانه به‌طوری‌که سطح آن به حداقل برسد.

۳) استفاده از پرده‌های محافظ حرارت

۴) ترمیم شیشه‌های شکسته

۵) محکم کردن شیشه‌های موجود در جای خود

۶) استفاده از درختان به‌عنوان بادشکن و برای کاهش سرعت باد

۷) استفاده از بخاری‌ها و دیگ‌های بخار با کارآیی بالا

۸) تمیز کردن بخاری‌ها، دیگ‌های بخار و ترموستات‌ها

۹) استفاده از واریته‌های مقاوم به سرما [۶].

۱-۳-۱۰ خنک کردن گلخانه

گلخانه‌ها به دو سیستم کاملاً متفاوت خنک‌کننده، یکی برای تابستان و دیگری برای زمستان نیاز دارند. تفاوت اساسی بین سیستم‌های خنک‌کننده تابستانی و زمستانی، در دمای هوای محیط خارج گلخانه است. در طول تابستان لازم است هوا پیش از عبورکردن از روی گیاهان خنک شود. هوای خنک‌شده در حجم‌های وسیع مستقیماً و به‌طور یکنواخت در اختیار همه گیاهان قرار می‌گیرد. در زمستان هوای سرد خارجی باید به‌طور غیرمستقیم وارد شده و با هوای گرم ناخواسته موجود در گلخانه مخلوط شود. سپس در تماس با گیاهان قرارگیرد، تا از ایجاد نقاط سرد متمرکز در ارتفاع گیاهان جلوگیری شود. برای رسیدن به بهترین نتایج، جریان هوای ورودی باید در تابستان ملایم و در زمستان شدید (فورانی) باشد تا عمل مخلوط‌شدن به‌سرعت انجام شود [۶].

سیستم‌های خنک‌کننده تبخیری تابستانی گلخانه به دو صورت سیستم خنک‌کننده تبخیری پنکه و تشک[1] و سیستم خنک‌کننده تبخیری مه[2] هستند [۶]. از سال ۱۹۵۴ سیستم خنک‌کننده تبخیری پنکه و تشک موجود بوده و هنوز هم به‌عنوان متداول‌ترین سیستم خنک‌کننده تابستانی گلخانه‌ها به‌شمار می‌رود. سیستم خنک کننده تبخیری مه در سال ۱۹۸۰ به گلخانه‌ها راه یافت. هر دو سیستم خنک‌کننده تبخیری تابستانی به‌خوبی دمای هوای گلخانه را به‌میزان ۱۴ درجه سانتی‌گراد یا بیشتر نسبت به دمای محیط بیرون کاهش می‌دهند [۶].

در سیستم خنک‌کننده تبخیری پنکه و تشک، در طول یکی از دیوارهای گلخانه یک تشک سراسری به صورت ایستاده قرار می‌گیرد و آب از میان آن عبور داده می‌شود. انواع قدیمی این تشک‌ها، از تراشه‌های نجاری (خرده چوب) تهیه می‌شدند، ولی امروزه این تشک‌ها معمولاً از مواد سلولزی که دارای شیارهای عرضی است و از نظر ظاهری شبیه مقوای شیاردار است ساخته می‌شوند. پنکه‌های

[1] fan and pad evaporative cooling system
[2] fog evaporative cooling system

هواکش در دیوار مقابل قرار داده می‌شوند. هوای گرم بیرون از میان تشک به داخل کشیده می‌شود. آب داخل تشک از طریق پروسه تبخیر، گرمای تشک، قاب فلزی و همچنین هوایی که از میان تشک می‌گذرد را جذب می‌کند [۶].

سیستم خنک‌کننده تبخیری مه بر اساس همان اصل سیستم خنک‌کننده تشک و پنکه عمل می‌کند ولی ترتیب آن کاملاً متفاوت است. یک دستگاه پمپ فشار بالا، ایجاد مه می‌کند. این مه از قطرات کوچک آب به اندازه میانگین کمتر از ۱۰ میکرون تشکیل یافته است. این قطرات به قدری کوچک هستند که در حین تبخیر شدن به حالت معلق در هوا باقی می‌مانند. مه در سرتاسر گلخانه پخش شده و موجب خنک‌شدن هوا می‌شود. در این پروسه گیاهان و افراد موجود در گلخانه خشک باقی می‌مانند [۶].

یکی از سیستم‌های خنک کننده زمستانی گلخانه، سیستم تهویه تیوب-پنکه است. در سیستم تهویه تیوب-پنکه، دمای مورد نظر برای تهویه زمستانی روی یک ترموستات که به‌طور همزمان سه عمل را فعال می‌سازد، تنظیم می‌شود. یک پنکه هواکش که در نقطه‌ای از گلخانه مستقر شده است، برای ایجاد خلأ به‌کار انداخته می‌شود. یک دریچه کرکره ای (ورودی) در دیوار انتهایی و زیر شیروانی باز می‌شود و به‌علت خلأ ایجاد شده، هوای سرد از میان آن وارد می‌شود [۶]. یک پنکه ایجادکننده فشار در ابتدای لوله توزیع پلی‌اتیلنی شفاف به‌کار می‌افتد تا هوای خنک واردشده را بمکد، چرا که ابتدای لوله توزیع از دریچه کرکره ای به اندازه ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر فاصله دارد. هوای سرد تحت فشار در لوله توزیع از سوراخ‌هایی که در دو سمت لوله توزیع قرار دارند با فشار بیرون می‌زند. هوای سرد با هوای گرم بالای گلخانه مخلوط می‌شود. مخلوط هوای خنک‌شده به‌علت سنگین‌بودن به آرامی پایین می‌آید و محیط گیاهان را خنک می‌کند [۶]. پنکه ایجاد کننده فشار که هوای سرد ورودی را به داخل لوله توزیع هدایت می‌کند، باید حداقل معادل پنکه هواکش (خارج‌کننده هوا) باشد. در صورت کوچکتر بودن، هوای سرد ورودی اضافه در محل ورود به پایین می‌آید و نقطه سردی را به‌وجود می‌آورد.

چنانچه نیازی به خنک‌کردن نباشد، کرکره ورودی بسته می‌شود و پنکه تولیدکننده فشار، هوای داخل گلخانه را به گردش می‌اندازد. این مرحله، جایگزین سیستم گردش هوای افقی است ولی قدرت بیشتری نیاز دارد [۶].

۱-۴ تقسیمات اقلیمی در ایران

ایران به چهار منطقه اصلی تقسیم می‌شود:

۱) اقلیم معتدل و مرطوب (سواحل جنوبی دریای خزر)

۲) اقلیم سرد (کوهستانی غربی)

۳) اقلیم گرم و خشک (فلات مرکزی)

۴) اقلیم گرم و مرطوب (سواحل جنوبی ایران)

هر یک از اقلیم‌های چهارگانه دارای ویژگی‌های خاصی هستند که اقلیم مورد نظر را از سایر اقلیم‌ها متمایز می‌کند.

۱-۴-۱اقلیم گرم و خشک

محدوده جغرافیایی این پهنه اقلیمی، عمدتاً در بخش‌های مرکزی کشور و به‌صورت نوار باریکی در جنوب غربی کشور (دامنه‌های جنوب غربی رشته کوه‌های زاگرس) گسترش یافته است. تنوع عرض جغرافیایی و ارتفاع نقاط مختلف واقع در این پهنه اقلیمی بسیار زیاد است. در این اقلیم در شمالی‌ترین و جنوبی‌ترین نقطه کشور شرایط آب و هوایی مشابهی ایجاد شده است. شرایط آب و هوایی کلیه زیرگروه‌های اقلیمی این گروه در زمستان نسبتاً سرد و در تابستان نیمه گرم و خشک است. شرایط حرارتی هوا در فصل زمستان، امکان بسیار زیادی را جهت استفاده از انرژی خورشیدی در گرمایش ساختمان به‌وجود می‌آورد و به همین دلیل تقریباً در کلیه زیرگروه‌های واقع در این پهنه اقلیمی، درصد سالانه امکان بهره‌گیری از انرژی خورشیدی بالاتر از درصد نیازهای دیگر است. در این

گروه به‌دلیل پایین بودن رطوبت نسبی هوا به‌خصوص در فصل گرم، در کلیه زیرگروه‌های اقلیمی می‌توان با بهره‌گیری از عملکرد مصالح ساختمانی سنگین در بخشی از فصل گرم سال، شرایط حرارتی فضاهای داخلی را کنترل نمود [۸].

۱-۴-۲ اقلیم معتدل و مرطوب

این نوع اقلیم جلگه‌های کناره دریای خزر تا کوهپایه‌های شمالی البرز را شامل می‌شود. در این نواحی به‌دلیل کمی فاصله کوهستان و دریا، رطوبت تجمع می‌یابد که به‌عنوان پیامد آن می‌توان بارش‌های قابل ملاحظه و دمای معتدل را ذکر کرد. توزیع مکانی میانگین بارندگی سالیانه در نوار ساحلی از غرب به شرق با کاهش همراه است، درحالی‌که توزیع زمانی آن وضعیتی تقریباً منظم دارد. حداکثر بارندگی در پاییز و حداقل آن در بهار اتفاق می‌افتد. در بررسی پارامتر درجه حرارت نیز مشاهده می‌شود که به‌دلیل رطوبت نسبی بالا و زیاد بودن تعداد روزهای پوشیده از ابر، دمای هوا معتدل و دامنه دمایی محدود است که این وضعیت منجر به تابستان‌های گرم و مرطوب و زمستان‌های معتدل با یخبندان‌های اتفاقی می‌شود. دمای هوا در روزهای تابستان معمولاً بین ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و شب‌ها بین ۲۰ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد و در زمستان معمولاً زیر صفر است. در این منطقه بارندگی بسیار زیاد است که در تابستان به‌صورت رگبار است و در زمستان بیشتر به‌صورت برف می‌بارد. این منطقه پرباران دارای رطوبت زیاد و هوای گرم در تابستان است. این اقلیم در خاک ایران از بندر آستارا شروع شده و به‌صورت یک نوار باریک در حاشیه جنوبی دریای خزر بعد از عبور از گرگان در استان گلستان، تا مرز کشور ترکمنستان امتداد می‌یابد [۹].

۱-۴-۳ اقلیم سرد

کوهستان‌های غربی که دامنه‌های غربی رشته کوه‌های مرکزی ایران را شامل می‌شوند، جزء مناطق سردسیر محسوب می‌گردند. در این مناطق متوسط دمای هوا در گرم‌ترین ماه سال بیش از ۱۰ درجه سانتی‌گراد و متوسط کمترین دمای هوا در سردترین ماه کمتر از ۳ درجه سانتی‌گراد زیر صفر است.

سلسله کوه‌های غربی چون سدی مانع نفوذ هوای مرطوب مدیترانه به داخل ایران شده و رطوبت هوا را در دامنه‌های خود نگه می‌دارند. از ویژگی‌های این اقلیم، گرمای شدید دره‌ها در تابستان و اعتدال آن در فصل زمستان است. در این منطقه، مقدار و شدت آفتاب در تابستان زیاد و در زمستان بسیار کم است. زمستان‌ها طولانی، سرد و سخت بوده و چندین ماه از سال، زمین پوشیده از یخ است. در سرتاسر این منطقه از آذربایجان تا فارس، زمستان‌ها بسیار سرد بوده و سرما از اوایل آذر ماه شروع شده و کم و بیش تا اواخر فروردین ماه ادامه می‌یابد. مقدار بارندگی در تابستان کم و در زمستان زیاد و اکثر قلل را پوشانده و در ارتفاعات بیش از ۳۰۰۰ متر، همواره برف دائمی وجود دارد. به‌طورکلی در این منطقه بهاری کوتاه، زمستان و تابستان را از هم جدا می‌سازد. شهرهای اردبیل، ارومیه، تبریز، سنندج و همدان در این اقلیم قرار دارند [۱۰].

۱-۴-۴اقلیم گرم و مرطوب

سواحل جنوبی ایران که به‌وسیله رشته کوه‌های زاگرس از فلات مرکزی جدا شده‌اند، اقلیم گرم و مرطوب کشور را تشکیل می‌دهند. این ناحیه شامل نوار باریک ساحل شمالی خلیج فارس و دریای عمان، از اروندرود در جنوب غربی استان خوزستان تا خلیج گواتر در جنوب شرقی استان سیستان و بلوچستان است که آن را به‌خاطر آب و هوای گرم و طاقت‌فرسا «دروازه جهنم» نامیده‌اند. از ویژگی‌های این اقلیم تابستان‌های بسیار گرم و مرطوب و زمستان‌های معتدل است. به جز نخلستان‌ها و کشتزارهای محدود، این منطقه به‌طورکلی فاقد پوشش گیاهی است. در این مناطق، حداکثر دمای هوا در تابستان به ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد و حداکثر رطوبت نسبی به ۷۰ درصد می‌رسد. از ویژگی‌های این اقلیم، شدت زیاد تابش آفتاب است که در هوای مرطوب این ناحیه باعث خیرگی و ناراحتی چشم می‌شود. شهرهای بندرعباس، جاسک، آبادان و اهواز از جمله شهرهای این اقلیم محسوب می‌شوند. به‌خاطر فاصله‌ای که از دریا دارند، از نظر گرما، رطوبت و میزان بارندگی متفاوت می‌باشند. به‌طور مثال میزان بارندگی در سواحل خلیج فارس بیشتر و منظم‌تر و در سواحل دریای

عمان که تحت تأثیر بادهای موسمی اقیانوس هند قرار دارد، دارای باران‌های نامنظم و خشک‌سالی‌های فراوان است [۱۱].

۱-۵ فناوری‌های تولید همزمان برق و حرارت

یکی از مشکلات بخش انرژی کشور، میزان تلفات بالا در شبکه‌های توزیع و انتقال برق است، به‌طوری‌که از کل میزان برق تولید شده در سال ۱۳۹۱، ۱۴/۳٪ آن در شبکه‌های توزیع و انتقال برق اتلاف گردیده است. بنابراین یکی از چالش‌های موجود، افزایش تلفات با توجه به رشد سریع مصرف انرژی است. یکی از راه‌حل‌ها برای کاهش تلفات انتقال و توزیع، استفاده از سیستم‌های غیرمتمرکز است. سیستم‌های غیرمتمرکز به دو گروه قابل تقسیم است: دسته اول مبتنی بر انرژی‌های تجدیدپذیر و دسته دوم مبتنی بر سوخت‌های فسیلی است. یکی از مهم‌ترین سیستم‌های غیرمتمرکز مبتنی بر سوخت‌های فسیلی تولید همزمان برق و حرارت می‌باشد. تولید همزمان برق و گرما یا به اختصار تولید همزمان، عبارت از تولید همزمان و توأم حرارت و الکتریسیته از یک منبع ساده اولیه می‌باشد [۱۲]. در تولید همزمان از انرژی گرمایی تولید شده در فرآیند تولید قدرت، می‌توان به‌عنوان منبع انرژی برای بازیافت حرارت استفاده کرد. در واقع بازیافت حرارت، جمع‌آوری و استحصال سهمی از انرژی اتلافی دفع شده و استفاده از آن به شیوه‌ای اقتصادی می‌باشد [۱۳].

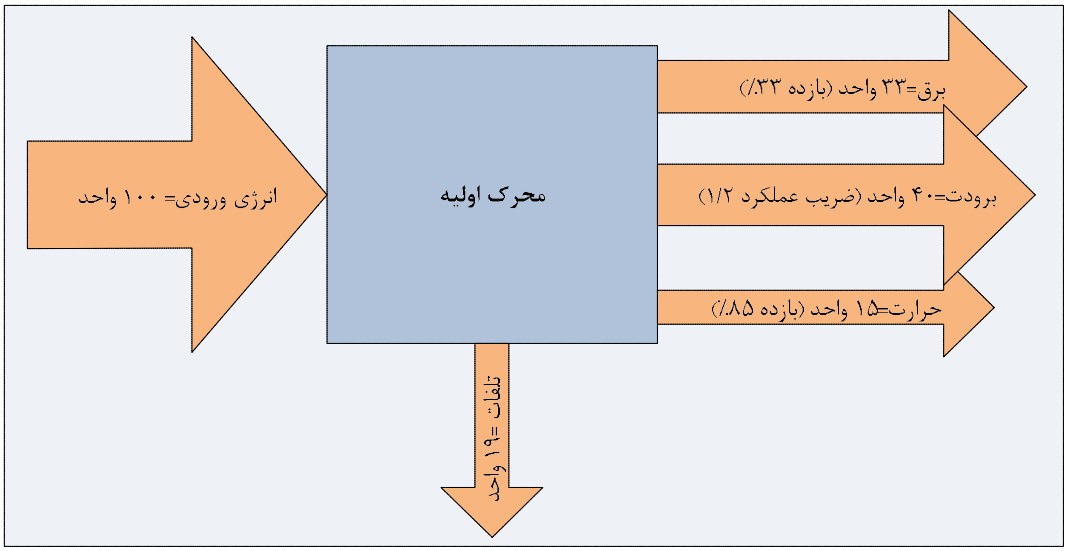
ترکیب سیستم‌های تولید همزمان برق، حرارت و سرمایش و گردآورنده‌های خورشیدی، به‌عنوان نمونه از کاربرد همزمان سیستم‌های با بازدهی بالا و کاربرد منابع انرژی تجدیدپذیر، می‌تواند برای تأمین انرژی ساختمان‌های شهری (به‌خصوص با کاربرد اداری به‌دلیل بار حرارتی بالا در طول روز در مقایسه با بار الکتریکی) مناسب واقع شود [۱۴].

بخش اصلی سیستم تولید همزمان، محرک اولیه است. با ورود انرژی به محرک اولیه، مقداری از آن به برق و مابقی به حرارت تبدیل می‌گردد. می‌توان میزانی از حرارتی را که تولید می‌شود را برای گرمایش استفاده کرد. برخلاف چیلرهای تراکمی که برای تولید سرمایش، نیاز به انرژی الکتریکی

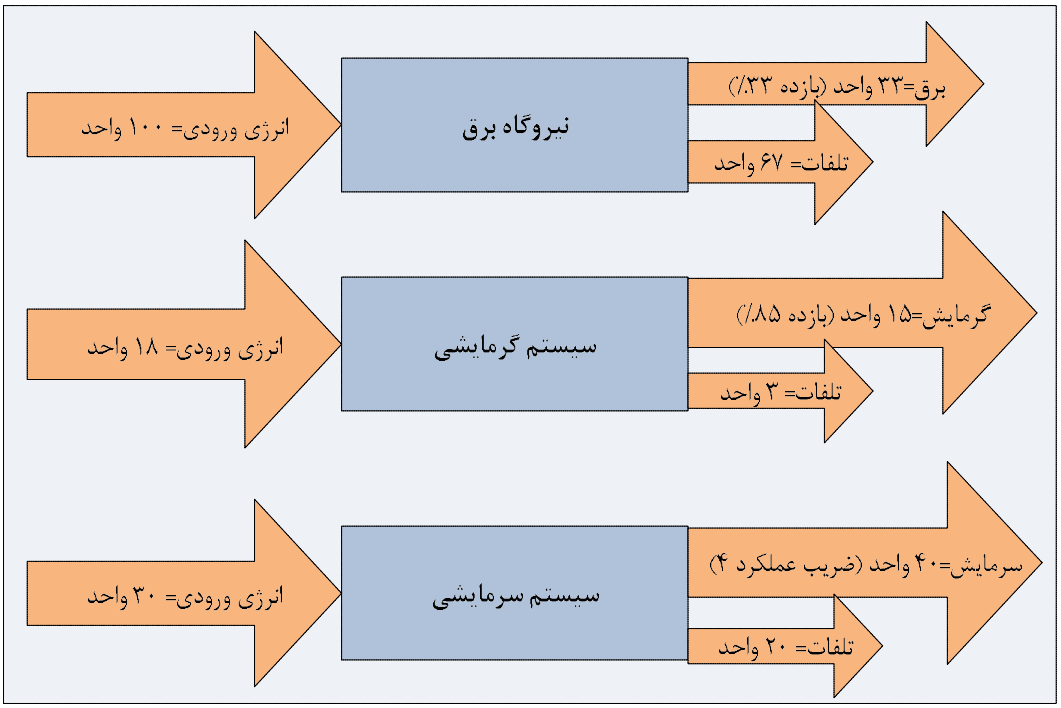
دارند، می‌توان با استفاده از چیلرهای جذبی از حرارت خروجی محرک اولیه استفاده کرد و به تقاضای انرژی سرمایشی پاسخ داد. بنابراین تمام نیازهای الکتریکی، حرارتی و برودتی را می‌توان با این سیستم‌ها برطرف نمود.

در شکل ۱-۱ و شکل ۱-۲ به‌ترتیب نمای سیستم "تولید همزمان برق، حرارت و برودت" و "تولید جداگانه برق، حرارت و برودت" نشان داده شده است. همان‌گونه که از این شکل‌ها دیده می‌شود، به ازای ۳۳ واحد تقاضای برق، ۴۰ واحد تقاضای برودت و ۱۵ واحد تقاضای حرارت، سیستم تولید همزمان برق، حرارت و برودت، نیاز به ۱۰۰ واحد و سیستم تولید جداگانه برق، حرارت و برودت نیاز به ۱۴۸ واحد انرژی ورودی دارند. بنابراین استفاده از سیستم‌های تولید همزمان برق، حرارت و برودت، می‌تواند بازده کل را تا ۵۰٪ نسبت به سیستم‌های سنتی، افزایش دهد [۱۶, ۱۵].

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت تولید همزمان برق، حرارت و سرمایش یک روش اثبات شده برای تولید و تبدیل انرژی با راندمان و قابلیت اطمینان بالا می‌باشد. اگرچه در دنیا کاربرد سیستم‌های تولید همزمان پذیرفته شده و رو به گسترش است، اما در ایران به دلیل تعرفه‌های پایین انرژی، نبود فناوری مناسب و تجربه‌های موفق، این زمینه گسترش نیافته است. در سال‌های اخیر، وزارت نیرو تسهیلات و قوانین حمایتی مناسبی را در راستای گسترش کاربرد سیستم‌های تولید همزمان، تدوین و پیاده‌سازی کرده است. اما همچنان بخش ساختمان از نبود الگوها و تجارب موفق فنی و اقتصادی در زمینه کاربرد سیستم‌های تولید همزمان رنج می‌برد. بنابراین می‌توان با توسعه الگوها و ساختارهای مناسب و موفق فنی و اقتصادی در غالب طرح‌های پایلوت و موردهای مطالعاتی مشخص به‌عنوان مرجع، برای توسعه این زمینه اقدام نمود.



شکل ۱-۱: مقادیر خروجی به ازای مقدار مشخص انرژی ورودی از سیستم تولید همزمان [۱۶]



شکل ۱-۲: مقادیر خروجی به ازای مقدار مشخص انرژی ورودی از سیستم تولید جداگانه [۱۵]

فصل ۲: پیشینه پژوهش

۲-۱ بررسی سوابق

این فصل به بررسی فعالیت‌هایی که در زمینه عرضه انرژی در گلخانه‌های ایران و سایر نقاط جهان انجام شده، می‌پردازد.

صرفه‌جویی انرژی در گلخانه‌ها با استفاده از روش انتگرال دمایی، توسط سیگریمیس و همکارانش [۱۷] در سال ۲۰۰۰ مورد بررسی قرار گرفت. افت حرارتی گلخانه‌ها که شامل افت حرارتی هدایتی، افت حرارتی همرفتی و افت حرارتی محیط گلخانه‌ها می‌باشد، توسط آزاد شهرکی و همکارانش [۱۸] در سال ۱۳۸۶مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. شاکری و همکارانش [۱۹]، روش‌های کاهش مصرف انرژی در سیستم‌های گرمایشی گلخانه‌ها را در سال ۱۳۸۸مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که فعالیت گلخانه‌ها در دمای پایین‌تر، افزایش مقاومت حرارتی پوشش گلخانه‌ها و کاهش تبادل هوای داخل و خارج از گلخانه‌ها، باعث کاهش مصرف انرژی در گلخانه‌ها می‌شوند و همچنین درزگیری شیشه‌ها، استفاده از یک لایه پلی اتیلن بر روی پوشش شیشه‌ها، عایق‌کاری زمین اطراف گلخانه‌ها، استفاده از روکش‌های متحرک در طول شب و استفاده از گرمای زمین از دیگر روش‌هایی هستند که باعث صرفه‌جویی در انرژی گرمایی می‌شوند. مصرف انرژی در ساختمان‌ها به‌ویژه سیستم‌های تهویه هوا، توسط پرز و همکارانش [۲۰] در سال ۲۰۰۸ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. اقتداری نایینی [۲۱] در سال ۱۳۸۹، به بررسی روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی برای تولید هر واحد محصول در گلخانه‌ها پرداخت و به این نتیجه رسید که انتخاب مکان مناسب از نظر درجه حرارت، سرعت باد، وجود سوخت ارزان و پاک، کاهش تلفات حرارتی، بهبود بازده تولید، بهبود بازده سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی، کاهش مصرف برق، بهبود بازده آبیاری و مدیریت مناسب گلخانه‌ها، از مناسب‌ترین روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در گلخانه‌ها هستند. آلوارز و همکارانش [۲۲]، در کشور کلمبیا رفتار حرارتی ۳ گلخانه نامتقارن را به‌وسیله روش شبیه‌سازی دینامیکی و با استفاده از نرم افزار دیزاین بیلدر در سال ۲۰۱۴ مورد مقایسه قرار دادند و نتایج به‌دست آمده نشان

داد که یک گلخانه نامتقارن با محفظه بتن و پوشش پلی کربنات، مصرف انرژی الکتریکی را کاهش و بازده حرارتی گلخانه را افزایش می‌دهد. کوک و همکارانش [۲۳] در سال ۲۰۱۶، استراتژی‌های صرفه‌جویی انرژی و تکنولوژی‌های کنترل آب و هوای گلخانه‌ها را مورد بررسی قرار دادند. نسیم سبحان و همکارانش [۲۴]، به مدل‌سازی یک ساختمان نمونه در شهر تهران به‌کمک نرم افزار دیزاین بیلدر در سال ۱۳۹۵ پرداختند و رفتار حرارتی گلخانه ساختمان را در شرایط مختلف بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند می‌توان با استفاده از تدابیر سایه اندازی و رطوبت زنی، مانع از افزایش دمای بیش از حد گلخانه شد و حتی حدود ۴ درجه از دمای هوای گلخانه کاست. طراحی یک واحد خنک‌کننده تبخیری مستقیم-غیرمستقیم برای تهویه مطبوع گلخانه، توسط الجبوری و همکارانش [۲۵] در سال ۲۰۱۷ انجام گرفت و نتایج نشان داد که با استفاده از واحد بهبود یافته آب‌های زیرزمینی خنک کننده تبخیری مستقیم- غیر مستقیم، بازده در مقایسه با خنک کننده تبخیری مستقیم افزایش می یابد.

استورم و همکارانش [۲۶] در سال ۲۰۱۴، در یک گلخانه تجاری در آلمان، استفاده از حرارت اضافی یک سیستم CHP به‌جای حرارت تولیدی از گاز طبیعی را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. چهارطاقی و همکارانش [۲۷]، با کمک نرم افزار EES به تحلیل انرژی سیستم (CCHP-ORC) در سال ۲۰۱۴ پرداختند و با توجه به مقدار انرژی حرارتی و الکتریکی مورد نیاز، سه حالت برای سیستم (CCHP-ORC) در نظر گرفتند و راندمان اگزرژی یک سیال ارگانیک خشک را برای سیکل ORC بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که سیال R141b سیالی با راندمان اگزرژی بالاتر می‌باشد. چهارطاقی و همکارانش [۲۸] در سال ۱۳۹۶، به مدل‌سازی سیستم تولید همزمان گرمایش و برق با محرک اولیه موتور استرلینگ، از دیدگاه مصرف سوخت و انتشار آلایندگی پرداختند و در نهایت درصد کاهش مصرف سوخت و انتشار آلایندگی به ترتیب برابر با ۳۷٪ و ۴۲٪ نسبت به سیستم‌های متداول تولید انرژی حاصل شدند. هاشمیان و همکارانش [۲۹]، بهترین سیستم گرمایش و سرمایش را از دیدگاه فنی و اقتصادی برای چند ساختمان با ابعاد یکسان و شرایط کاربری مختلف در شهر شیراز

در سال ۱۳۹۶بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که سیستم GHP بیشترین مطلوبیت را نسبت به سایر سیستم‌ها دارد. چهارطاقی و همکارانش [۳۰] در سال ۲۰۱۸، کارآیی یک سیستم ترکیبی خنک‌کننده، گرم‌کننده و قدرت (CCHP) با سلول سوخت PEM را بررسی کردند.

تاکورا و همکارانش [۳۱] در سال ۱۹۸۱، چندین مواد تغییر فاز دهنده را به‌عنوان مواد ذخیره‌سازی گرمایش گلخانه مورد آزمایش قرار دادند. شارما و همکارانش [۳۲] در سال ۲۰۰۳، برای دریافت آب گرم، یک واحد ذخیره‌سازی برای کاربردهای با درجه حرارت پایین با استفاده از مواد تغییر فاز دهنده، طراحی کردند. موم پارافین به‌عنوان رسانه ذخیره‌سازی مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش‌ها برای روزهای مختلف با سرعت‌های جریان آب مختلف در حلقه باز و بسته انجام شد و اثر سرعت جریان آب بر عملکرد سیستم مورد مطالعه قرار گرفت. محاسبات برای بازده حرارتی برای واحد ذخیره‌سازی با کلکتور خورشیدی نیز انجام شد. با توجه به ضریب هدایت ضعیف مواد تغییر فاز دهنده، بازده حرارتی واحد ذخیره‌سازی برای سیستم حلقه باز، پایین به‌دست آمد. بررسی ذخیره انرژی خورشیدی با استفاده از مواد تغییر فاز دهنده، توسط کنیسارین و همکارانش [۳۳] در سال ۲۰۰۷ انجام گرفت و آنها خواص حرارتی مواد تغییر فاز دهنده مختلف را با استفاده از روش سریع مانند دیفرانسیل حرارتی مورد بررسی قرار دادند. آلکان و همکارانش [۳۴] در سال ۲۰۰۸، به این نتیجه رسیدند که استفاده از ترکیبات اسیدهای چرب و پلی متیل متاکریلات به عنوان مواد تغییر فاز دهنده پایدار، باعث افزایش ذخیره انرژی حرارتی و کاهش هزینه‌های سیستم ذخیره انرژی می‌شوند. کیم و همکارانش [۳۵]، خصوصیات هدایت الکتریکی، هدایت حرارتی و ذخیره گرمای نهان مواد تغییر فاز دهنده کامپوزیتی پارافین-XGNP را در سال ۲۰۰۹ بررسی کردند. شارما و همکارانش [۳۶] در سال ۲۰۰۹، به این نتیجه رسیدند که استفاده از سیستم ذخیره‌سازی پنهان با استفاده از مواد تغییر فاز دهنده، یک روش مؤثر برای ذخیره انرژی حرارتی است و دارای مزایای استفاده از تراکم ذخیره انرژی بالا و ماهیت هم دمایی فرآیند ذخیره‌سازی است و کاربردهای مواد تغییر فاز دهنده را در سیستم‌های ذخیره حرارتی پنهان پمپ‌های حرارتی، مهندسی انرژی خورشیدی و برنامه‌های کنترل

حرارتی فضاپیماها بررسی کردند. در سال ۱۳۹۲، مؤمنی و همکارانش [۳۷]، نیاز گرمایشی شبانه یک واحد گلخانه خیار را محاسبه کردند و سیستم ذخیره حرارت را برای تأمین گرمای مورد نیاز داخل گلخانه و به‌منظور کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی در گلخانه طراحی کردند. زو و همکارانش [۳۸]، سه تکنولوژی برای ذخیره‌سازی فصلی حرارت (ذخیره‌سازی حرارت محسوس، ذخیره‌سازی حرارت پنهان و ذخیره‌سازی شیمیایی) را در سال ۱۳۹۲ بررسی کردند. سمپل و همکارانش [۳۹]، سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی حرارتی با دمای بالا و پایین را برای تأمین نیاز حرارتی سالانه یک گلخانه ۰.۴ هکتاری در جنوب غربی کانادا، با استفاده از نرم‌افزار TRNSYS در سال ۲۰۱۷ مورد مقایسه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که سیستم‌های با درجه حرارت بالا و پایین به ترتیب شامل ۲۰۰۹ و ۸۶۱ متر مربع مساحت کلکتور خورشیدی، قادر بودند که ۶۴٪ نیاز حرارتی سالانه گلخانه ۰.۴ هکتاری را تأمین کنند.

جین و همکارانش [۴۰]، یک مدل ریاضی برای مطالعه رفتار حرارتی یک گلخانه در حین گرمایش با یک کلکتور در سال ۲۰۰۲ طراحی کردند و از یک برنامه کامپیوتری مبتنی بر نرم‌افزار Matlab استفاده شد تا دماهای اتاق و گیاه را پیش‌بینی کند. طراحی بهینه سیستم ترکیبی کلکتور خورشیدی و انرژی زمین‌گرمایی برای تأمین بار حرارتی گلخانه‌ها، توسط مهرپویا و همکارانش [۴۱] در سال ۲۰۱۵ مورد بررسی قرار گرفت. حاج ملک و همکارانش [۴۲] در سال ۱۳۹۵، تأثیر استفاده از سیستم‌های غیرفعال خورشیدی در کاهش بار گرمایشی ساختمان‌های آموزشی در اقلیم گرم و خشک را مورد بررسی قرار دادند. مناسب‌ترین سامانه جذب انرژی خورشیدی برای استفاده در گلخانه در شهرستان ایذه، توسط کیانی و همکارانش [۴۳] در سال ۱۳۹۵ مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، ۵ گلخانه هر کدام با مساحت ۱۰ متر مربع در شهرستان ایذه ساخته شد و ۵ سامانه مجزا شامل سامانه‌های رایج، آبگرمکن خورشیدی، دیوار آبی، بستر سنگی و مواد تغییر فاز دهنده، هر کدام در یک واحد گلخانه پیاده‌سازی شد. در نهایت، مناسب‌ترین سامانه دیوار آبی و بعد از آن آبگرمکن خورشیدی تعیین شد. قاسمی مبتکر و همکارانش [۴۴] در سال ۲۰۱۶، حفظ انرژی خورشیدی در

گلخانه‌ها را مورد بررسی قرار دادند. عزیزیا و همکارانش [۴۵] در سال ۲۰۱۷، یک سیستم خشک‌کن خورشیدی (SGDS) برای خشک کردن فلفل قرمز را با استفاده از نرم‌افزار شبیه سازی TRNSYS مدل‌سازی کردند و اثر مساحت‌های گوناگون محصولاتی که می‌خواهند خشک شوند، سرعت جریان هوا و مساحت کلکتور را بر روی فرآیند خشک‌کردن بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که افزایش سطح محصول، باعث کم شدن تبخیر آب و کاهش سرعت خشک شدن می‌شود و در نتیجه باعث افزایش زمان خشک شدن می‌شود.

امجدی و همکارانش [۲] در سال ۱۳۹۲، به بررسی چشم انداز آینده انرژی زمین‌گرمایی در ایران پرداختند. کنعان و همکارانش [۳]، تأثیرات انرژی ژئوترمال بر محیط زیست و مزیت‌ها و معایب آن را در سال ۱۳۹۲ بررسی کردند. نظری و همکارانش [۴] در سال ۱۳۹۲، به بررسی انرژی‌های نو، پاک و تجدیدپذیر و اهمیت استفاده از آنها به‌جای سوخت‌های فسیلی پرداختند. در سال ۱۳۹۲، خاک سفیدی و همکارانش [۵]، به ارزیابی اقتصادی انرژی تجدیدپذیر زیست‌توده به‌عنوان یکی از جایگزین‌های سوخت‌های فسیلی در تأمین انرژی پرداختند. محتشم [۱] در سال ۲۰۱۵، به بررسی مزیت‌ها و معایب انرژی‌های تجدیدپذیر پرداخت.

ترانچین و همکارانش [۴۶] در سال ۲۰۰۷، برای محاسبات مصرف انرژی ساختمان‌ها در کشورهای مدیترانه، سه مدل مختلف را به‌منظور تعریف فاصله آنها از میزان واقعی مصرف انرژی، مورد تجزیه و تحلیل و مقایسه قرار دادند. آردنته و همکارانش [۴۷] در سال ۲۰۰۸، چرخه عمر عایق کناف-الیاف را مطابق با استانداردهای بین المللی سری ISO 14040 مورد ارزیابی قراردادند و بر اساس رویکرد چرخه عمر، مزیت‌ها و معایب محیط زیستی مرتبط با استفاده از آن را در ساختمان‌های مسکونی مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. چادهری و همکارانش [۴۸] در سال ۲۰۰۸، سطح آسایش حرارتی اشخاص را با استفاده از نرم افزار دیزاین بیلدر در یک ساختمان چند طبقه اداری در شهر Rock Hompton استرالیا، در فصل‌های تابستان و زمستان با استفاده از فناوری‌های خنک‌کننده مورد مقایسه قرار دادند

و نتایج شبیه‌سازی نشان دادند که سیستم‌های با استفاده از سقف سرد، بهترین شرایط آسایش حرارتی را برای ساکنان در فصل‌های تابستان و زمستان در شرایط هوای نیمه گرمسیری مهیا می‌کنند. زابالزا و همکارانش [۴۹] در سال ۲۰۰۹، چرخه عمر در ساختمان‌ها را به‌عنوان مطالعه موردی در کشور اسپانیا مورد ارزیابی قرار دادند. هروی و همکارانش [۵۰] در سال ۲۰۱۴، به ارزیابی اقدامات طراحی و ساخت و ساز در زمینه بهره‌وری انرژی در ایران پرداختند.

لورمر و همکارانش [۵۱]، روند انتشار گازهای گلخانه‌ای از ساختمان‌ها را در سال ۲۰۰۸ مورد بررسی قرار دادند. استراتژی‌هایی که باعث کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی می‌شوند، توسط کوک و همکارانش [۵۲] در سال ۲۰۱۰ مورد بررسی قرار گرفت.

۲-۲ هدف و بیان مسأله

در گلخانه در تمام فصول نیاز به مصرف انرژی می‌باشد. از آنجایی‌که در گلخانه‌ها دما عامل مؤثری در رشد گیاه و سرعت انجام واکنش‌های سوخت و ساز می‌باشد و اعمال فتوسنتز و تنفس در گیاهان هر یک در محدوده دمایی مشخصی صورت می‌گیرد، لذا متعادل نگه داشتن دما توسط سیستم‌های حرارتی مناسب، امری اجتناب ناپذیر است. از آنجایی‌که تأمین انرژی حرارتی از طریق سوخت‌های فسیلی به دلیل رو به زوال رفتن آنها، قیمت بالا و عدم دسترسی کافی به آنها مشکل و پرهزینه است، باید به دنبال روش‌های مفید برای کاهش مصرف سوخت باشیم. یکی از راهکارهای کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر است؛ لذا در این تحقیق، جهت مدل‌سازی یک گلخانه نمونه در اقلیم‌های مختلف ایران، ترکیب انرژی خورشیدی و سیستم تولید همزمان را بررسی خواهیم کرد.

۲-۳ نوآوری

در مطالعات قبلی، مدل‌سازی گلخانه در اقلیم‌های متفاوت بررسی نشده بود و همچنین استفاده از انرژی خورشیدی و سیستم‌های تولید همزمان جهت مدل‌سازی گلخانه، تجزیه و تحلیل نشده بود. در این مطالعه، جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش آلودگی‌های ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی، از انرژی‌های تجدیدپذیر برای مدل‌سازی گلخانه در اقلیم‌های مختلف ایران استفاده می‌کنیم و برای هر اقلیم، راهکار مناسب ارائه می‌دهیم.

فصل ۳: شبیه‌سازی

۳-۱ انتخاب نرم‌افزار شبیه‌ساز

در انتخاب نرم‌افزار شبیه‌سازی باید به سطح پیچیدگی، هزینه و در دسترس بودن توان سخت‌افزاری محاسبات توجه نمود تا بتوان نرم‌افزار مناسب را به‌کار گرفت [۵۳]. نرم‌افزار مناسب باید قادر باشد که در کمترین زمان و با کمترین ورودی‌ها به نتیجه مورد نظر دست یابد. همچنین خروجی نرم‌افزار باید کامل و قابل اعتماد باشد. کاربر در مرحله انتخاب نرم‌افزار بایستی سه نکته را مدنظر قرار دهد:

۱) مستندات نرم‌افزار را مرور کند تا فرآیند محاسبات را دریابد.
۲) نتایج خروجی نرم‌افزار را با نتایج محاسبات دستی و برخی پارامترهای اندازه‌گیری شده در محل مقایسه کند.
۳) نمونه‌های آزمایشی و مثال‌های ساده تولید کند تا دقت محاسبات و نتایج را به‌دست آورد.

همچنین باید این مسائل را مدنظر قرار داد [۵۳]:

۱) انتخاب یک برنامه شبیه‌سازی ساختمان بیش از حد قوی، پرهزینه است و ممکن است به‌دلیل پیچیدگی خطا ایجاد کند.
۲) بودجه خرید و استفاده از آن شامل هزینه نرم‌افزار، درصورت نیاز تعمیر و نگهداری و هزینه سخت‌افزاری کامپیوتر از عوامل تأثیرگذار است.
۳) توان سخت‌افزاری جهت اجرای نرم‌افزار موجود باشد.

انتخاب بسته شبیه‌سازی مناسب که منجر به ساده‌سازی بیش از حد شرایط محیطی طراحی نشود، بسیار مهم است. نرم‌افزار شبیه‌ساز انرژی باید بتواند گرمایش، سرمایش، روشنایی و تهویه مطبوع را مدل کند. این بسته نرم‌افزاری همچنین باید قادر باشد که با بهره‌برداری از ماژول‌های مختلف،

واحدهای تأمین انرژی ساختمان را بر اساس قوانین تعادل حرارتی، شبیه‌سازی بخشی[1]، جریان هوای چندبخشی و آسایش حرارتی مدل کند. علاوه بر این باید توانایی شبیه‌سازی سیستم‌های فتوولتائیک و سایر جریان‌های انرژی در بازه‌های زمانی ساعتی را داشته باشد. در زمینه شبیه‌سازی و تحلیل انرژی ساختمان نرم‌افزارهای زیادی وجود دارد. با توجه به پیشرفت تکنولوژی‌های مربوط به مدل‌سازی و شبیه‌سازی، تعداد زیادی از این نرم‌افزارها توسعه پیدا کرده‌اند.Energy Plus، eQuest و Modelica از پراستفاده‌ترین برنامه‌های شبیه‌سازی ساختمان هستند [۵۴]. نرم‌افزارEnergy Plus یکی از قوی‌ترین این برنامه‌ها است. این نرم‌افزار نسل سوم موتورهای شبیه‌ساز دینامیک انرژی ساختمان است که در دپارتمان انرژی آمریکا توسعه یافته و اولین نسخه آن در سال ۲۰۰۱ به بازار عرضه شده است. Energy Plus یک برنامه مدولار و ترکیبی از موتورهای شبیه‌سازی BLAST و DOE-2 است [۵۵]. با وجود موتور حل قوی، یکی از محدودیت‌های اصلی این نرم‌افزار، عدم وجود محیط گرافیکی مناسب برای کاربر است. به‌همین دلیل در این پژوهش از دیزاین بیلدر به‌عنوان نرم‌افزار تحلیل انرژی ساختمان استفاده شده است. این نرم‌افزار که یک واسط گرافیکی برای Energy Plus است، می‌تواند تخمینی دینامیک از انرژی مصرفی سرمایشی و گرمایشی در فصول مختلف را به کاربر ارائه دهد.

۳-۲ نرم‌افزار دیزاین بیلدر

نرم‌افزار دیزاین بیلدر برای مدل‌سازی ساختمان از جنبه‌های مختلف مثل فیزیک ساختمان (مصالح ساختمانی)، معماری ساختمان، سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی، سیستم روشنایی و غیره کاربرد داشته و قابلیت مدل‌سازی همه جانبه ساختمان را دارد. به‌جز مدل‌سازی بار گرمایشی و سرمایشی ساختمان، مصارف مختلف انرژی ساختمان از قبیل مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی، روشنایی، لوازم خانگی، آب گرم مصرفی و غیره را به‌صورت دینامیکی مدل‌سازی می‌نماید. این نرم‌افزار همچنین قابلیت مدل‌سازی جریان و انرژی را در قالب دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) دارد. نرم‌افزار دیزاین

[1] Zone Simulation

بیلدر با استفاده از فایل اقلیمی شهرهای مختلف ایران، محاسبات دریافت، اتلاف و مصرف انرژی را دقیقاً بر اساس شرایط اقلیمی محل قرارگیری ساختمان انجام می‌دهد. نقش مؤثر این نرم‌افزار زمانی روشن‌تر می‌گردد که طی مراحل طراحی و مدل‌سازی ساختمان، با اعمال تغییرات کوچک و بزرگ در طراحی، تأثیرات این تغییرات بر میزان مصرف و یا صرفه‌جویی انرژی ساختمان و یا هر یک از فضاها مشخص می‌شود. موتور مدل‌سازی این نرم‌افزار انرژی پلاس است که توسط دپارتمان انرژی آمریکا ساخته شده و از دقیق‌ترین نرم‌افزارهای موجود در این زمینه است. نرم‌افزار دیزاین بیلدر نه تنها از دقت زیادی در محاسبات برخوردار است، بلکه در مقایسه با دیگر نرم‌افزارهای مدل‌سازی موجود از قابلیت‌های زیادی برخوردار است. جدول ۳-۱ قابلیت‌های مدل‌سازی چند نرم‌افزار را با یکدیگر مقایسه می‌نماید و نشان می‌دهد که نرم‌افزار دیزاین بیلدر، نسبت به بسیاری دیگر از نرم‌افزارها از قابلیت‌های مدل‌سازی بیشتری برخوردار است.

جدول ۳-۱: مقایسه نرم‌افزار دیزاین بیلدر با سایر نرم‌افزارهای شبیه‌ساز انرژی

	Design Builder	Ecotect	Open studio	Solar Shoebox	Vasari
انرژی	*	*	*	*	*
محیط زیست (CO_2)	*				
اقتصاد	*				
آسایش و اقلیم	*	*		*	
تجزیه و تحلیل اقلیم	*	*			*
نمایش گرافیکی آسایش حرارتی	*	*		*	
تابش خورشیدی	*	*	*	*	*
نور روز	*				
تهویه طبیعی	*				
نسبت سطح پنجره‌ها به دیوار	*				
جرم حرارتی	*				
سایبان‌ها	*	*	*		
بهره‌وری انرژی	*	*	*	*	*
عایق حرارتی	*	*	*	*	*
مشخصات و کارآیی پنجره‌ها	*	*		*	*
هوابندی ساختمان	*	*			
روشنایی مصنوعی	*				
بارهای حرارتی	*				
نرخ نشت هوا	*			*	
تهویه مکانیکی	*				
سیستم سرمایشی	*				*
سیستم گرمایشی	*				*
پنجره‌های پیشرفته	*				
نمای دو پوسته	*				

۳-۲-۱ قابلیت‌های دیزاین بیلدر

۱) می‌توان مدل ساختمان مورد نظر را با شرایط اقلیمی ساعتی واقعی شبیه‌سازی کرد تا مشخص گردد که ساختمان مورد نظر در شرایط واقعی چگونه عمل می‌کند.

۲) می‌توان اثرات عناصر طراحی را بر روی پارامترهای کلیدی از جمله مصرف انرژی سالیانه، ساعت‌های بسیار گرم و میزان تولید دی‌اکسیدکربن بررسی نمود.

۳) نتایج شبیه‌سازی در نمودارهای متفاوت در فواصل زمانی سالانه، ماهانه، روزانه، ساعتی و زیرساعتی نمایش داده می‌شود.

۴) مصرف انرژی بر حسب نوع سوخت و مصرف کل انرژی ساختمان قابل استخراج است.

۵) مقدار هوای ورودی، میانگین تابش جذب شده توسط پنجره‌ها و سطوح شفاف ساختمان، دما و رطوبت نسبی داخل ساختمان در زمان‌های مختلف محاسبه می‌شود.

۶) اطلاعات خروجی مربوط به آسایش حرارتی شامل منحنی‌های توزیع گرما بر اساس معیار آسایش محاسبه می‌گردد.

۷) اطلاعات اقلیمی مکان، انتقال حرارت از طریق عناصر ساختمان از جمله دیوارها، سقف‌ها، کف‌های مرتبط با خاک و مرتبط با هوا، نفوذ هوا، تهویه، بارهای گرمایشی و سرمایشی، میزان تولید دی‌اکسیدکربن و غیره محاسبه می‌گردد.

۳-۳ مدیریت حل یکپارچه

دیزاین بیلدر یک برنامه شبیه‌سازی یکپارچه[1] است، یعنی هر سه بخش اصلی ساختمان، تجهیز و تأسیسات باید به‌صورت همزمان حل شوند.

در برنامه‌های شبیه‌ساز ترتیبی از قبیل BLAST یا DOE-2، نواحی ساختمان، سیستم‌های هواساز و تجهیزات تأسیسات مرکزی به‌صورت پیاپی و بدون بازخورد شبیه‌سازی می‌شوند. حل ترتیبی با تعادل

[1] Integrated Simulation

حرارتی یک ناحیه شروع می‌شود که بار سرمایشی/گرمایشی ناحیه را برای تمامی گام‌های زمانی به‌روز می‌کند. سپس این نتایج به شبیه‌ساز سیستم هواساز داده می‌شود تا پاسخ سیستم به‌دست آید؛ اما این نتایج بر شرایط ناحیه اثری ندارد. به‌طور مشابه، اطلاعات سیستم بدون بازخورد به شبیه‌ساز تأسیسات فرستاده می‌شود. این روش در شرایطی که پاسخ سیستم تابع واضحی از دمای ناحیه تهویه شده باشد، بسیار مناسب است. اما در بیشتر موارد ظرفیت سیستم به شرایط بیرونی و یا پارامترهای دیگری از فضای تهویه شده بستگی دارد. به‌همین دلیل عدم وجود بازخورد می‌تواند منجر به نتایج غیرفیزیکی شود. به‌عنوان مثال، اگر سیستم سرمایش بیش از حد ایجاد نماید، اضافه آن به عنوان "سرمایش اضافی" گزارش می‌شود. این نوع گزارش‌دهی اجازه اصلاح ظرفیت‌های سیستم را می‌دهد و به کاربر اجازه می‌دهد که تأثیر این سرمایش اضافه را بر شرایط ناحیه مشاهده کند.

۳-۴ پایگاه داده‌های مدل

برای انتخاب روش‌ها و ابزار صرفه‌جویی انرژی و همچنین مقایسه آنها، پنج دسته اطلاعات مورد نیاز است [۵۶]:

- اطلاعات مربوط به طراحی ساختمان
- اطلاعات مربوط به تجهیزات صرفه‌جویی انرژی موجود
- اطلاعات شاخص‌های اندازه‌گیری
- اطلاعات بهره‌برداری
- اطلاعات رجحان (ضرایب وزن‌دهی) که برای تصمیمات لازم هستند.

توسعه پایگاه داده‌های مدل نقشی بسیار اساسی در مدل‌سازی و به‌خصوص در صحت نتایج دارد. این پایگاه شامل اطلاعات بسیار گسترده‌ای است که به اختصار به آنها اشاره می‌شود:

- جنس مصالح بخش‌های مختلف ساختمان
- تأسیسات به‌کار برده شده در ساختمان

- نوع کنترل تأسیسات
- تجهیزات رفاهی و اداری موجود
- برنامه زمان‌بندی حضور افراد و بهره‌برداری از تجهیزات
- تنظیمات دمایی تأسیسات، فضاها و شرایط آسایش
- شدت روشنایی در ساختمان
- ترموستات‌ها و کنترل‌کننده‌ها

۳-۵ مدل‌سازی ساختمان در نرم‌افزار دیزاین بیلدر

همان‌گونه که بیان شد، در این پژوهش نرم‌افزار دیزاین بیلدر به‌عنوان نرم‌افزار تحلیل انرژی مناسب جهت مدل‌سازی گلخانه در نظر گرفته شده است. ورودی‌هایی که برای شبیه‌سازی یک ساختمان در دیزاین بیلدر به نرم‌افزار داده می‌شود، شامل موارد زیر است:

- شرایط آب و هوایی[۱]: داده‌های آب و هوایی شهرها است که به صورت EPW به نرم‌افزار داده می‌شود.
- مصالح[۲]: مشخصات فیزیکی و جنس دیوارهای داخلی و خارجی ساختمان است که با توجه به جدول نازک‌کاری موجود در نقشه‌های معماری ساختمان به نرم‌افزار داده می‌شود.
- فعالیت‌ها[۳]: اطلاعات مربوط به تعداد افراد، نقطه تنظیم دماها و ... است.
- مشخصات در و پنجره‌ها[۴]: مشخصات فیزیکی و جنس درها و پنجره‌های استفاده شده در ساختمان است که مجدداً با استفاده از نقشه‌های معماری به‌دست می‌آید.
- سیستم روشنایی[۵]: اطلاعات مربوط به روشنایی ساختمان را برای نرم‌افزار تعریف می‌کند.

---

[1] Weather
[2] Construction
[3] Activity
[4] Opening
[5] Lighting

- سیستم تهویه مطبوع[1]: اطلاعات کامل مربوط به نوع و مشخصات تجهیزات سیستم تهویه مطبوع ساختمان را به نرم‌افزار می‌دهد. از مهم‌ترین بخش‌هایی است که برای دقیق‌تر شدن شبیه‌سازی، باید به درستی و با جزئیات تکمیل شود.

با وارد کردن اطلاعات بالا در نرم‌افزار دیزاین بیلدر، ساختمان مورد نظر شبیه‌سازی می‌شود و می‌توان تحلیل انرژی را برای آن انجام داد.

۳-۶ طراحی ترکیب سیستم‌های تولید همزمان و انرژی خورشیدی

مشکلات زیست محیطی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و محدودیت منابع سوخت‌های فسیلی، از جمله عواملی هستند که باعث ضرورت تغییر نگاه در تولید انرژی شده‌اند. گرایش به استفاده از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر و فناوری‌های با راندمان بالا هر روزه بیشتر می‌شود. اما گذار از فناوری‌های سنتی تولید انرژی به فناوری‌های مدرن و انرژی‌های تجدیدپذیر، با توجه به عدم وجود زیرساخت‌ها، قوانین و تعرفه‌ها و نیز فرهنگ استفاده از این فناوری‌ها، مشکلاتی دارد. از جمله این مشکلات نیاز به کاربرد ترکیبی انرژی‌های تجدیدپذیر با منابع فسیلی و نیز پیچیدگی امکان سنجی فنی و اقتصادی طرح‌های ترکیبی با منابع متغیر و گذرا است. همچنین تعیین اندازه و ترکیب بهینه تجهیزات به‌گونه‌ای که کمترین تغییرات، هزینه مقرون به‌صرفه (با توجه به تعرفه‌های انرژی موجود) و قابلیت اطمینان در تأمین انرژی را به همراه آورد، نیازمند ابزاری هوشمند برای شبیه‌سازی عملکرد، تحلیل اقتصادی و بهینه‌سازی چندهدفه سیستم‌های ترکیبی به‌صورت گذرا (ساعتی یا حتی دقیقه‌ای) می‌باشد. لذا جهت طراحی و بهینه‌سازی سیستم‌های تولید همزمان در این تحقیق، از نرم‌افزار هومر استفاده شده است. از جمله قابلیت‌های این نرم‌افزار می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

مهم‌ترین دستاوردهای این نرم‌افزار، شبیه‌سازی عملکرد، بهینه‌سازی چندهدفه و تحلیل اقتصادی دقیق (شامل تحلیل جریان‌های نقدی و بازگشت سرمایه بر مبنای تعرفه‌های ساعتی و پلکانی) برای

[1] HVAC

سیستم‌های ترکیبی شامل انواع موتورهای احتراق داخلی، میکروتوربین‌ها، پیل‌های سوختی، توربین‌های برق آبی، منابع زیست‌توده و انواع فناوری‌های انرژی خورشیدی و ذخیره‌سازی انرژی به‌صورت گذرا (ساعتی و یا هر واحد زمانی) می‌باشد. تحلیل‌های خروجی این نرم‌افزار می‌تواند باعث کمک به افزایش قابلیت اطمینان سیستم‌های مدرن تأمین انرژی و نیز منابع انرژی‌های تجدیدپذیر شود.

با توجه به قابلیت این نرم‌افزار در تعیین اندازه بهینه سیستم‌های مدرن تأمین انرژی ترکیبی و نیز تحلیل چگونگی استفاده از ذخیره‌سازهای انرژی، از این نرم‌افزار می‌توان برای طراحی سیستم‌های تأمین انرژی خانگی، برج‌ها و ساختمان‌های بزرگ، کارخانجات و صنایع، خودروهای الکتریکی و نیز حتی وسایل محرک بدون سرنشین همانند پهپادها و زیردریایی‌های خودران استفاده نمود.

برای شبیه‌سازی عملکرد سامانه تولید همزمان برق، حرارت و سرمایش ترکیبی با منابع انرژی خورشیدی، نیاز به داده‌های بارهای مصرفی الکتریکال، گرمایشی و سرمایشی به‌صورت ساعتی از یک سو و از سوی دیگر تعیین ابعاد مناسب برای هر یک از تجهیزات می‌باشد. پس از مشخص شدن بارهای مصرفی ساختمان، می‌توان ابعاد تجهیزات سامانه تولید همزمان را تعیین نمود.

۳-۷ جمع‌بندی

در این فصل ضرورت مدل‌سازی و مقایسه نرم‌افزارهای شبیه‌ساز انرژی انجام شد. از بین نرم‌افزارهای بررسی شده، نرم‌افزار دیزاین بیلدر با توجه به قابلیت‌های ذکر شده، به‌عنوان نرم‌افزار شبیه‌ساز انرژی گلخانه مورد مطالعه انتخاب گردید. شبیه‌سازی گلخانه در ادامه انجام خواهد شد و سپس مدل تجزیه و تحلیل می‌شود. همچنین در این قسمت سیستم‌های تولید همزمان و انرژی خورشیدی و روش‌های طراحی و بهینه‌سازی این سیستم‌ها بررسی شد.

فصل ۴: نتایج

۴-۱ مقدمه

در این بخش، ابتدا اقلیم‌های انتخاب شده معرفی می‌شوند و سپس گلخانه واقعی که بر اساس آن شبیه‌سازی انجام شده است، معرفی می‌شود. سپس برای هر اقلیم نتایج نرم‌افزار دیزاین بیلدر و در نهایت نتایج نرم‌افزار هومر بررسی می‌شود.

۴-۲ شهر و کاربری نمونه‌های موردی

همان‌طورکه در بخش قبل توضیح داده شد، ایران به چهار اقلیم گرم و خشک، سرد، معتدل و مرطوب و گرم و مرطوب تقسیم‌بندی می‌شود. لذا در این تحقیق از هر یک از اقلیم‌های مذکور، یک شهر انتخاب می‌شود و نمونه‌ای موردی با کاربری خاص جهت شبیه‌سازی تعیین می‌گردد. در این پژوهش شهرهای زیر برای شبیه‌سازی و به‌عنوان نماینده اقلیم‌های چهارگانه انتخاب شده‌اند:

۱) اقلیم گرم و خشک: شهر تهران

۲) اقلیم سرد: شهر تبریز

۳) اقلیم معتدل و مرطوب: شهر ساری

۴) اقلیم گرم و مرطوب: شهر بندرعباس

۴-۳ مشخصات گلخانه

گلخانه بررسی شده از نوع گلخانه شمعدانی می‌باشد. در شکل ۴-۱ نمایی از گلخانه شمعدانی مشاهده می‌شود.

جدول ۴-۱ حداقل و حداکثر دمای گلخانه در تابستان و زمستان را نشان می‌دهد. البته برای عملکرد بهتر گلخانه می‌بایست دمای مطلوب آن در دمای ۲۲ درجه تنظیم شود که برای محاسبات دمایی در نرم افزار، دمای مطلوب در این دما انتخاب شده است.

شکل ۴-۱: گلخانه شمعدانی

جدول ۴-۱: حداقل و حداکثر دمای گلخانه در تابستان و زمستان

	دمای گلخانه در زمستان (درجه سانتی‌گراد)	دمای گلخانه در تابستان (درجه سانتی‌گراد)
دمای حداقل	۱۵	۲۰
دمای حداکثر	۲۲	۳۰

قابل ذکر است که رطوبت در زمستان بین ۸۰ تا ۹۰ درصد متغیر است و این مقدار برای تابستان در حدود ۳۰ درصد می‌باشد. رطوبت مطلوب برای گلخانه از نوع شمعدانی ۶۰ درصد می‌باشد. در نرم‌افزار دیزاین بیلدر یکی از ست پوینت‌های تعریف شده مقدار رطوبت فضا برابر با ۶۰ درصد می‌باشد و سیستم‌های تهویه مطبوع طوری برنامه‌ریزی شده‌اند که بتوانند این مقدار رطوبت را تأمین کنند.

قابل ذکر است که گیاه شمعدانی بر روی دما تأثیر نداشته و رطوبت را حداکثر ۲۰ درصد افزایش می-دهد. این خاصیت در نرم‌افزار با استفاده از تعرق شبیه‌سازی شده است. در جدول ۴-۲ مشخصات ابعاد گلخانه ذکر شده است. لازم به‌ذکر است که گرمایش گلخانه با بخاری‌گازی و سرمایش با سیستم فوگر و فن تأمین می‌گردد. ضمناً جنس گلخانه گنبدی با پوشش پلاستیک uv دار نازک شبیه‌سازی شده است که مطابق واقعیت گلخانه مورد بررسی می‌باشد.

جدول ۴-۲: ابعاد گلخانه (m)

ابعاد گلخانه (m)	
طول	۴۲
عرض	۲۴
ارتفاع	۴.۵

۴-۴ شبیه‌سازی گلخانه در نرم‌افزار دیزاین بیلدر

در این بخش، نحوه شبیه‌سازی گلخانه در نرم‌افزار دیزاین بیلدر شرح داده شده است.

۴-۴-۱ تهیه نقشه ساختمان

اولین کار برای شبیه‌سازی گلخانه در نرم‌افزار دیزاین بیلدر، تهیه نقشه گلخانه و مشخص نمودن کلیه مشخصات آن است. پس از تهیه نمودن نقشه گلخانه، فایل اتوکد را وارد نرم‌افزار دیزاین بیلدر کرده و هر فضای بسته را به‌عنوان یک بخش[1] درنظر خواهیم گرفت.

[1] Zone

۴-۴-۲ تعریف کاربری هر بخش

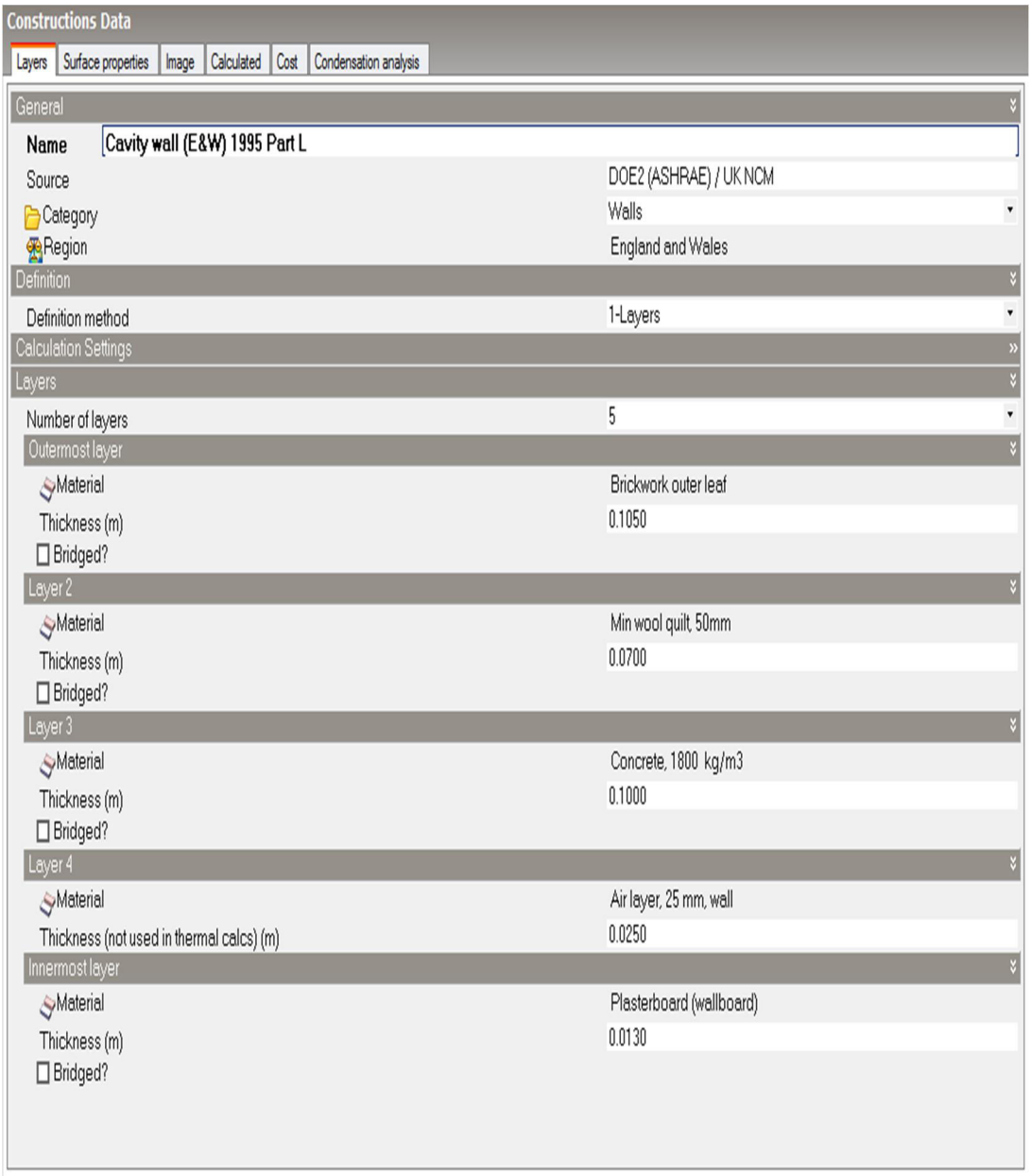
پس از تعریف کلیه بخش‌ها، نوع کاربری هر بخش باید مشخص گردد. در این بخش اطلاعات مختلفی در مورد هر بخش وارد نرم‌افزار می‌گردد. اطلاعات وارد شده به‌صورت زیر است:

- نوع کاربری
- تراکم و بازه زمانی
- در مرحله بعد، نرخ متابولیک فعالیت باید مشخص گردد.
- مقدار پارامترهای مربوط به دما، رطوبت، کمترین مقدار هوای تازه و ... در این مرحله برای هر بخش مشخص می‌گردد.
- میزان مصرف الکتریسیته توسط تجهیزات در این بخش باید وارد گردد.

۴-۴-۳ تعریف جنس دیوارها

در این بخش، جنس کلیه دیواره‌ها، پارتیشن‌ها، سقف‌ها و کف‌ها باید تعریف گردند. نرم‌افزار برای مشخص نمودن جنس دیواره‌ها دارای کتابخانه‌ای بسیار قوی بوده که می‌توان با استفاده از آن جنس مورد نظر را پیاده‌سازی نمود. در جدول ۴-۳ فضای انتخاب جنس مصالح در نرم‌افزار آورده شده است.

جدول ۴-۳: انتخاب جنس مصالح در نرم‌افزار دیزاین بیلدر



۴-۴-۴ تأسیسات گلخانه

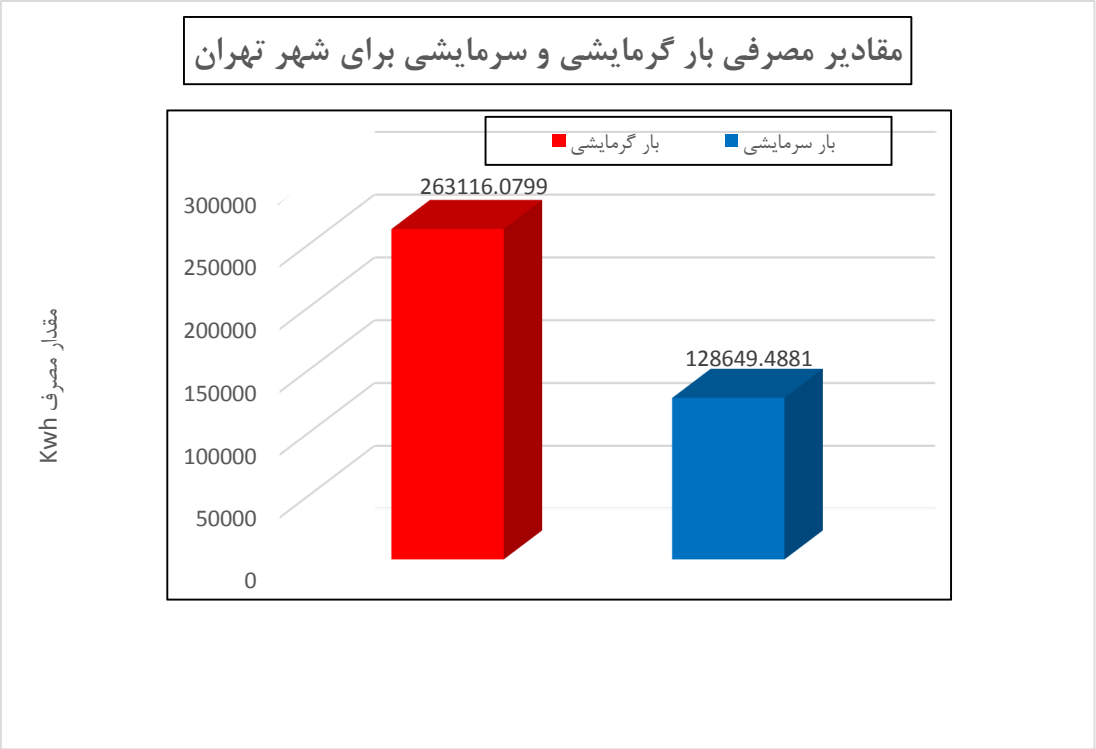
در مرحله بعدی تأسیسات گلخانه مطابق با واقعیت شبیه‌سازی شده و بازده سیستم‌ها و برنامه زمانی کاری آن تعریف شده است. همان‌طورکه ذکر شد گرمایش گلخانه با بخاری گازی و سرمایش آن با فوگر و فن تأمین شده است.

۴-۵ نتایج مصرف انرژی گلخانه

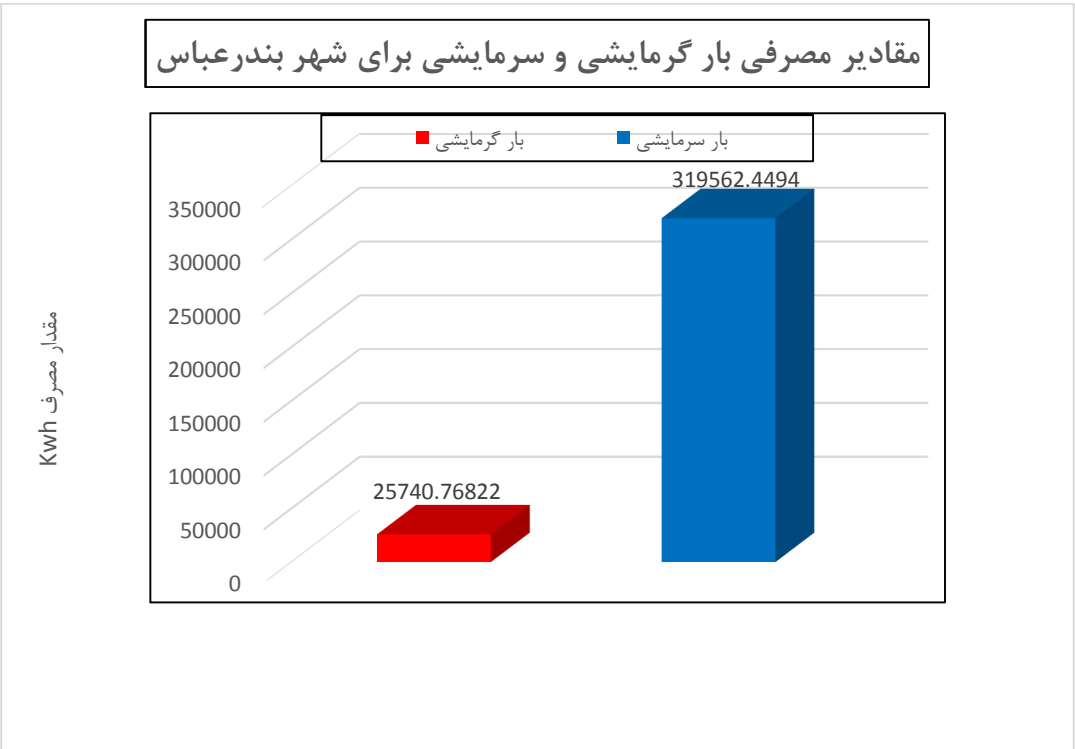
۴-۵-۱ نتایج مصرف انرژی سالانه گلخانه

میزان مصرف انرژی سالانه گلخانه برای هر اقلیم به‌دست آمده و در شکل ۴-۲، شکل ۴-۳، شکل ۴-۴ و شکل ۴-۵ نمایش داده شده است. همان‌طورکه در شکل ۴-۳ مشاهده می‌گردد نسبت بارهای سرمایشی و گرمایشی برای بندرعباس با تهران بسیار متفاوت است و این نشان‌دهنده تفاوت اقلیمی و لزوم نگرش و طراحی متفاوت برای هر اقلیم می‌باشد. در اقلیم بندرعباس بسته به شرایط اقلیمی خاص خود، بار گرمایشی مورد نیاز نسبت به بار سرمایشی بسیار کم بوده و این سبب می‌گردد که در طراحی نیازمندی این اقلیم نسبت به تهران متفاوت‌تر باشد.

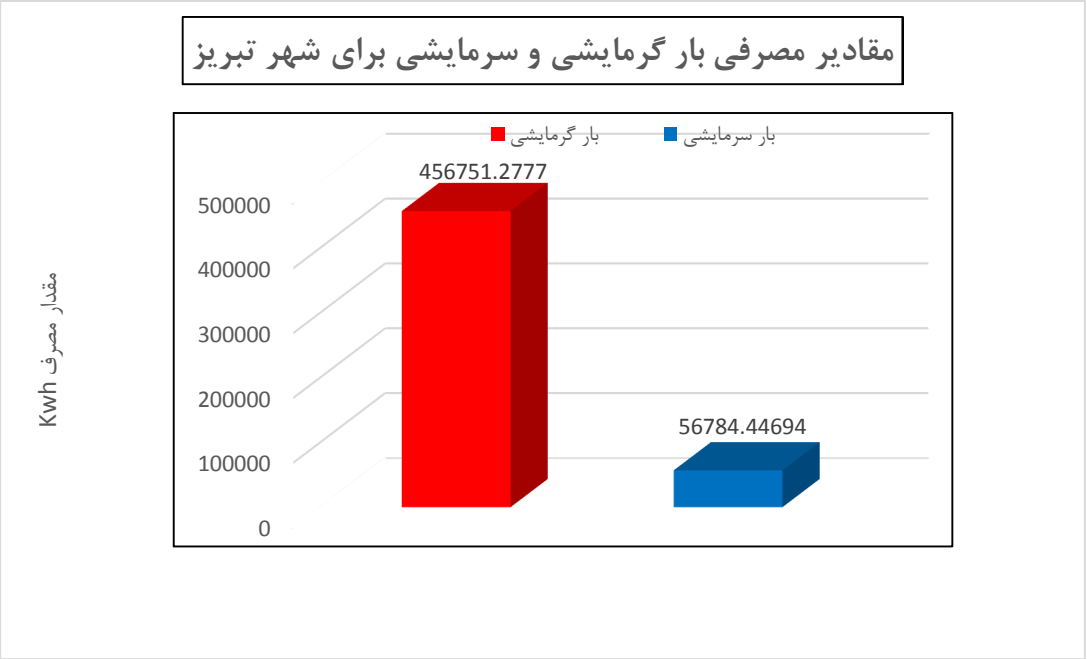
همان‌طورکه در شکل ۴-۴ مشاهده می‌گردد نسبت بارهای سرمایشی و گرمایشی برای تبریز کاملاً برعکس بندرعباس می‌باشد، بدین معنی که در اقلیم بندرعباس بیشترین بار مربوط به بار سرمایشی و در اقلیم تبریز بیشترین مقدار مربوط به بار گرمایشی می‌باشد، لذا تصمیم‌گیری‌ها برای محاسبات سیستم‌های تأمین انرژی بسیار متفاوت خواهد بود.



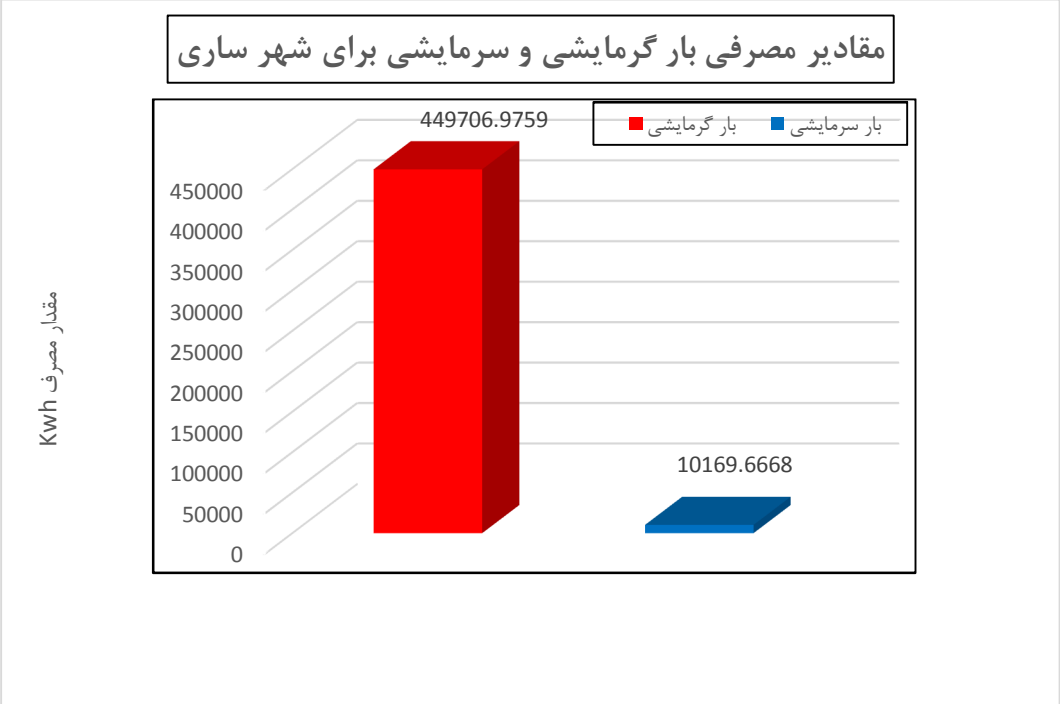
شکل ۴-۲: مصرف سالانه انرژی گلخانه در شهر تهران



شکل ۴-۳: مصرف سالانه انرژی گلخانه در شهر بندرعباس



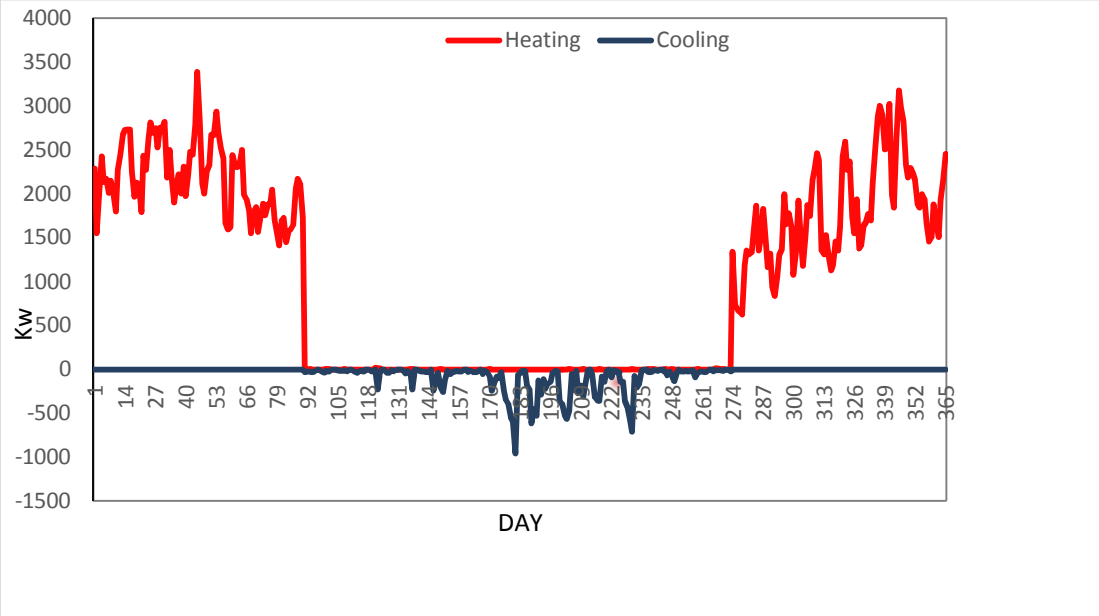
شکل ۴-۴: مصرف سالانه انرژی گلخانه در شهر تبریز



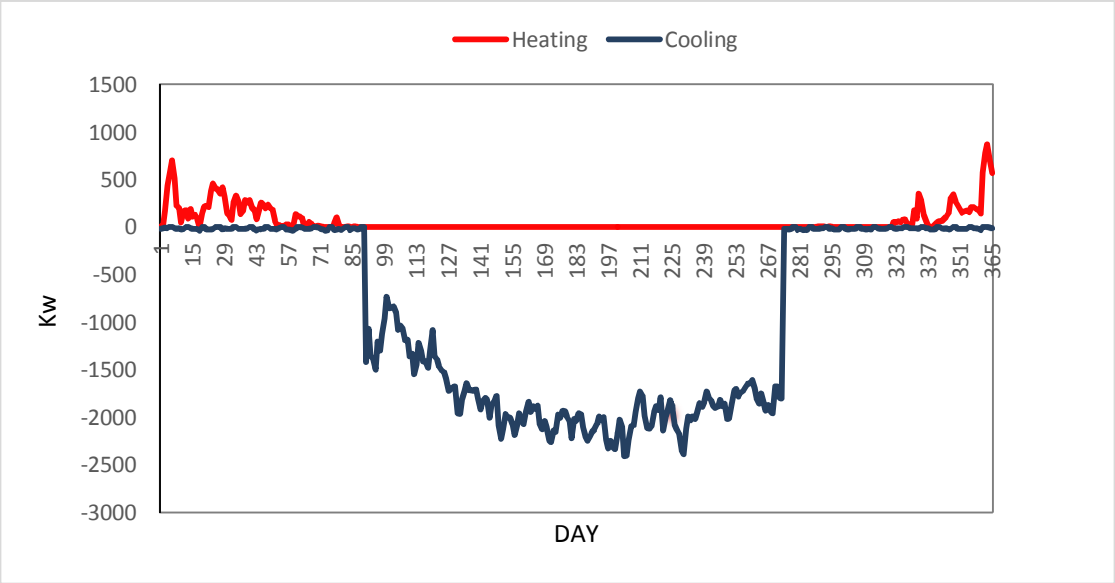
شکل ۴-۵: مصرف سالانه انرژی گلخانه در شهر ساری

۴-۵-۲ نتایج مصرف روزانه گلخانه

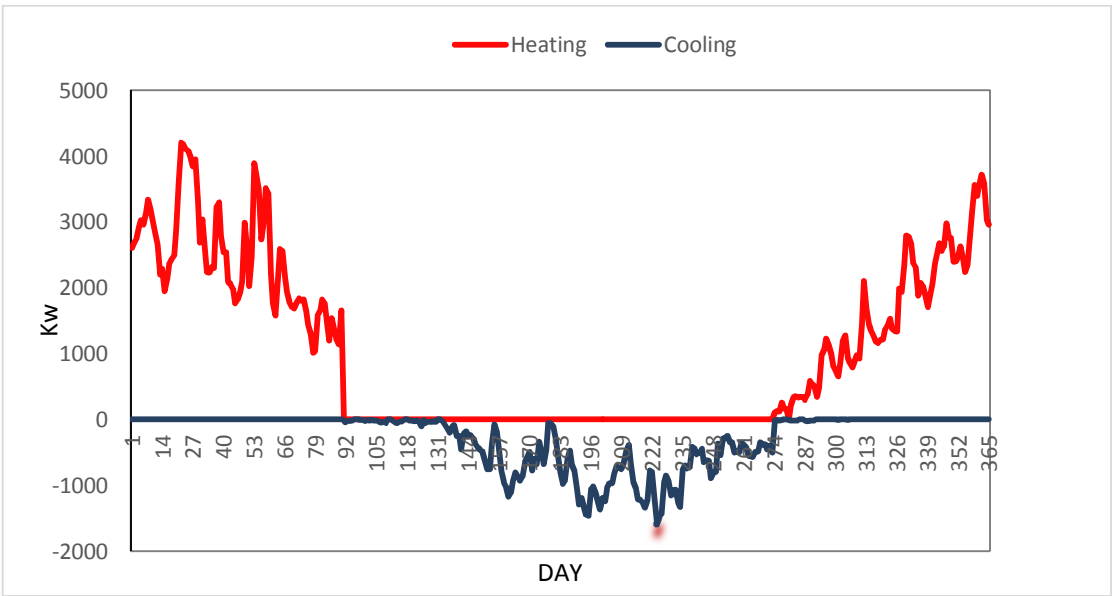
در شکل ۴-۶، شکل ۴-۷، شکل ۴-۸ و شکل ۴-۹، میزان مصرف روزانه انرژی جهت تأمین گرمایش و سرمایش برای ساختمان گلخانه مشاهده می‌شود. همان‌طورکه می‌دانیم نتایج روزانه و ساعتی برای برنامه ریزی تأمین انرژی بسیار مفید و ضروری می‌باشند و از این نتایج برای استفاده در نرم‌افزار هومر استفاده گردیده است.



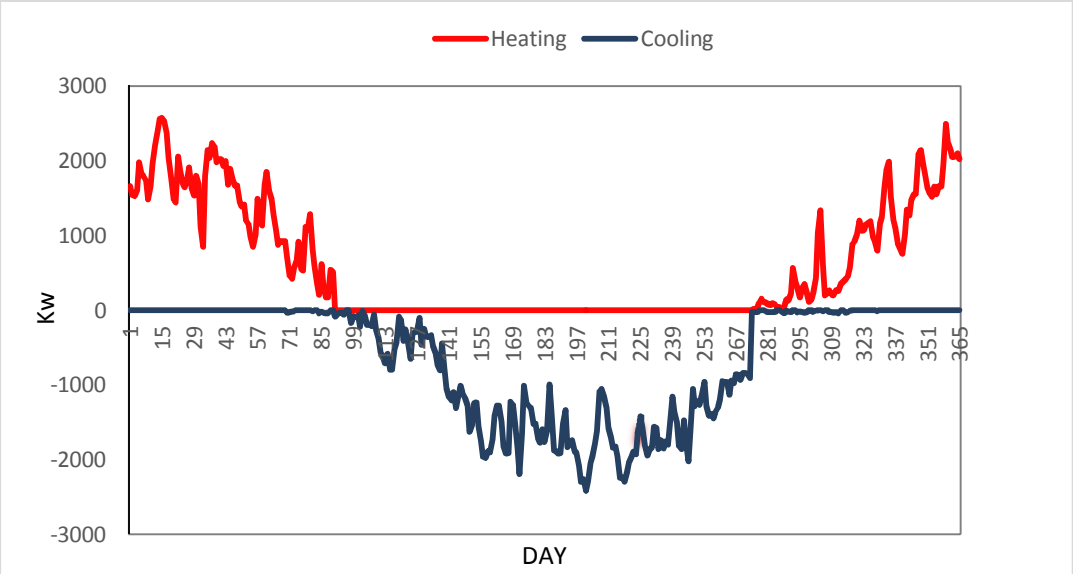
شکل ۴-۶: میانگین مصرف روزانه انرژی گلخانه در شهر ساری جهت تأمین گرمایش و سرمایش در روزهای مختلف سال



شکل ۴-۷: میانگین مصرف روزانه انرژی گلخانه در شهر بندرعباس جهت تأمین گرمایش و سرمایش در روزهای مختلف سال



شکل ۴-۸: میانگین مصرف روزانه انرژی گلخانه در شهر تبریز جهت تأمین گرمایش و سرمایش در روزهای مختلف سال



شکل ۴-۹: میانگین مصرف روزانه انرژی گلخانه در شهر تهران جهت تأمین گرمایش و سرمایش در روزهای مختلف سال

۴-۶ نتایج شبیه‌سازی سیستم‌های انرژی نو و تولید همزمان

پس از مشخص شدن بارهای مصرفی گلخانه، می‌توان مشخصات تجهیزات سامانه تولید همزمان و سایر سیستم‌ها را با ا ستفاده از نرم‌افزار هومر تعیین نمود. در این پروژه قصد بر آن است تا تأمین انرژی الکتریکی و گرمایی مورد نیاز یک گلخانه در چهار نقطه متفاوت از کشور ایران بهینه‌سازی شود. بنابراین با استفاده از نرم‌افزار Homer که یک نرم‌افزار بهینه‌سازی نحوه تأمین انرژی با توجه به بار الکتریکی و حرارتی مورد نیاز و در نظر گرفتن پارامترهای اقتصادی و محیط زیستی می‌باشد، سعی بر آن داریم که به بهترین روش برای تأمین انرژی این گلخانه دست یابیم. به‌دلیل وجود نوسانات بالا در قیمت ارز قیمت قطعات پروژه به دلار محاسبه شده است. فرضیات اقتصادی در این پروژه به‌صورت جدول ۴-۴ می‌باشد.

نرخ تنزیل نرخ بهره‌ای است که از بانک‌های تجاری و سایر مؤسسات سپرده‌گذاری، برای وام‌های دریافتی از بانک فدرال رزرو آمریکا گرفته می‌شود. نرخ تنزیل همچنین به نرخ بهره مورد استفاده در تحلیل جریان نقدی تنزیل یافته اشاره دارد تا ارزش فعلی جریان‌های نقدی آتی مشخص شود. نرخ

تنزیل در تحلیل جریان‌های نقدی، نه فقط ارزش زمانی پول، بلکه همچنین ریسک یا عدم قطعیت جریان‌های نقدی آتی را نیز در نظر می‌گیرد. هرچه عدم قطعیت جریان‌های نقدی آتی زیادتر باشد، نرخ تنزیل نیز بیشتر است. معنی سومی که برای اصطلاح تنزیل در نظر گرفته می‌شود نرخی است که توسط برنامه‌های حقوق بازنشستگی و شرکت‌های بیمه برای تخفیف در بدهی‌هایشان مورد استفاده قرار می‌گیرد. تورم نرخ افزایش سطح عمومی قیمت‌هاست. وقتی نرخ تورم مثبت است، قیمت کالاها و خدمات مدام افزایش پیدا می‌کند و درنتیجه قدرت خرید افراد کاهش می‌یابد. مسئولیت اصلی بانک مرکزی کنترل تورم است. به‌گونه‌ای که فعالیت‌های اقتصادی دچار اخلال نشود. در نتیجه تورم، قدرت خرید واحد پولی سقوط می‌کند. همچنان که کالاها و خدمات نیازمند پول بیشتر برای خرید هستند، ارزش ضمنی پول کاهش می‌یابد. عمر حیات پروژه اشاره شده در جدول ۴-۴ بیانگر مدت زمانی است که این پروژه بررسی می‌گردد.

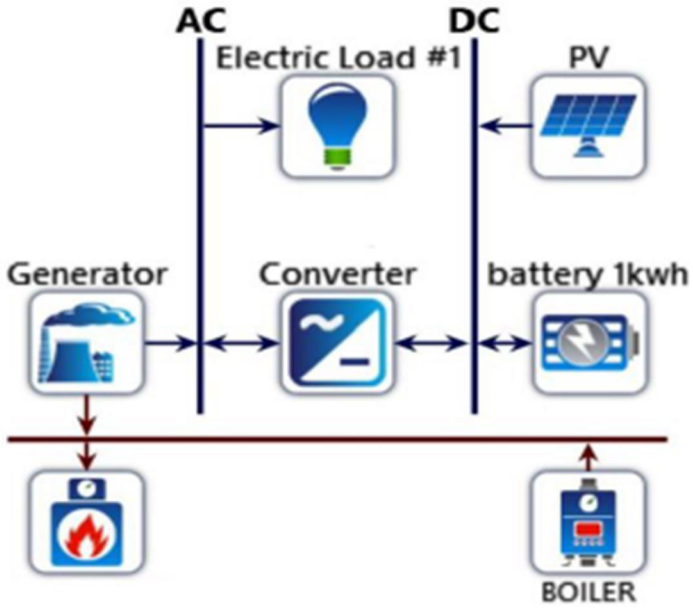
جدول ۴-۴: فرضیات اقتصادی پروژه [۵۷]

نرخ تنزیل[1] (٪)	۸
نرخ تورم[2] (٪)	۲
عمر حیات پروژه[3] (سال)	۲۰

منابع تأمین انرژی در این گلخانه ترکیبی از یک سیستم تولید همزمان، پنل‌های خورشیدی به همراه سیستم‌های ذخیره انرژی و بویلر فرض شده‌اند. بویلر در مواردی که سیستم تولید همزمان قادر به تأمین تمام انرژی مورد نیاز گرمایی نمی‌باشد، استفاده می‌گردد و در واقع به عنوان یک سیستم کمکی استفاده می‌شود. شکل ۴-۱۰ نشان‌دهنده نمای کلی سیستم می‌باشد. خروجی پنل‌های خورشیدی به‌صورت برق مستقیم بوده که می‌تواند در باتری‌ها ذخیره شود. انرژی الکتریکی مورد نیاز به‌صورت متناوب می‌باشد. بنابراین بایستی با استفاده از کانورتر برق مستقیم به

[1] Discount rate
[2] Inflation rate
[3] Project life time

متناوب تبدیل شود تا قابل استفاده گردد. بار حرارتی ما از بازیاب حرارتی ژنراتور و بویلر پشتیبان به‌دست می‌آید. بار حرارتی و بار الکتریکی مورد نیاز گلخانه از خروجی نرم‌افزار دیزاین بیلدر گرفته شده و به‌صورت ساعتی وارد نرم‌افزار هومر شده است.



شکل ۴-۱۰: نحوه ارتباط سیستم

پنل خورشیدی فرض شده در این پروژه از نوع پنل خورشیدی تخت می‌باشد و فرضیات آن عبارتند از [۵۸]:

- قیمت هر کیلووات پنل خورشیدی به‌علاوه هزینه نصب برابر با ۲۲۰۰ دلار
- عمر مفید پنل خورشیدی ۲۰ سال
- هزینه تعمیر و نگهداری برای هر کیلووات پنل خورشیدی برابر با ۱۰ دلار در سال

جدول ۴-۵ برای نمونه قرار داده شده است که بیانگر قیمت پنل خورشیدی در توان‌های مختلف می‌باشد.

جدول ۴-۵: قیمت پنل خورشیدی در توان‌های مختلف [۵۸]

سایز سیستم	میانگین قیمت (قبل از تسهیلات مالیاتی)[1]	میانگین قیمت (بعد از تسهیلات مالیاتی)[2]
۲ کیلووات	۶۲۸۰ دلار	۴۳۹۶ دلار
۳ کیلووات	۹۴۲۰ دلار	۶۵۹۴ دلار
۴ کیلووات	۱۲۵۶۰ دلار	۸۷۹۲ دلار
۵ کیلووات	۱۵۷۰۰ دلار	۱۰۹۹۰ دلار
۶ کیلووات	۱۸۸۴۰ دلار	۱۳۱۸۸ دلار
۷ کیلووات	۲۱۹۸۰ دلار	۱۵۳۸۶ دلار
۸ کیلووات	۲۵۱۲۰ دلار	۱۷۵۸۴ دلار
۱۰ کیلووات	۳۱۴۰۰ دلار	۲۱۹۸۰ دلار
۱۲ کیلووات	۳۷۶۸۰ دلار	۲۶۳۷۶ دلار
۱۵ کیلووات	۴۷۱۰۰ دلار	۳۲۹۷۰ دلار
۲۰ کیلووات	۶۲۸۰۰ دلار	۴۳۹۶۰ دلار
۲۵ کیلووات	۷۸۵۰۰ دلار	۵۴۹۵۰ دلار

باتری لیتیوم اسید به‌صورت زیر فرض شده است [۵۹]:

- قیمت هر کیلووات ساعت برابر با ۱۳۰ دلار
- عمر مفید میانگین ۷ سال
- هزینه تعمیر و نگهداری برای هر کیلووات ساعت باتری برابر با یک دلار در سال
- کمترین مقدار ممکن شارژ باطری برابر با ۴۰ درصد

کانورتر سیستم به‌صورت زیر فرض شده است [۵۹]:

- قیمت هر کیلووات برابر با ۵۵۰ دلار
- هزینه تعمیر و نگهداری هر کیلووات برابر با دو دلار در سال
- بازده کانورتر برابر با ۹۷ درصد

[1] Before tax credits
[2] After tax credits

- عمر مفید کانورتر برابر با بیست سال

سیستم تولید همزمان به‌صورت زیر درج شده است [۶۰ و۶۱]:

- هزینه هر متر مکعب گاز طبیعی برابر با ۰,۱۲۲ دلار
- مینیمم بار کارکردی ژنراتور برابر با ۵۰ درصد
- بازیابی حرارتی برابر با ۸۵ درصد
- عمر مفید برابر با صد هزار ساعت
- حداقل زمان کارکرد ژنراتور برابر ۲۰ دقیقه
- هزینه هر کیلووات سیستم تولید همزمان برابر با ۲۹۰۰ دلار
- میزان تولید مونواکسیدکربن برابر با ۷۹۴,۱۷ گرم به ازای هر متر مکعب سوخت
- هزینه تعمیر و نگهداری به ازای هر ساعت کار در هر کیلووات برابر با ۰۰۳۰,۰ دلار

سیستم تولید همزمان برای جبران بار حرارتی نیاز به بویلر دارد تا در مواقعی که سیستم تولید همزمان تقاضای بار حرارتی را نمی‌تواند برطرف کند، به‌صورت پشتیبان از آن استفاده شود. برای آنکه بتوانیم تأثیرات محیط زیستی را در نظر بگیریم، برای آلودگی‌های محیط زیستی جریمه‌هایی در نظر می‌گیریم. قابل ذکر است که نتایج نرم‌افزار هومر برای تمام اقلیم‌ها، با در نظر گرفتن هزینه‌های زیست محیطی به‌دست آمده است.

۴-۶-۱ نتایج نرم‌افزار هومر برای شهر ساری

در جدول ۴-۶ سایز پیشنهادی سیستم تولید همزمان آمده است.

جدول ۴-۶: سایز پیشنهادی سیستم تولید همزمان

جزء	اندازه	واحد
ژنراتور	۷۰	کیلووات
بویلر	۱	عدد

در شکل ۴-۱۱ قیمت‌های پروژه که نسبت به سال پایه محاسبه شده است، مشاهده می‌شود. هزینه‌های پروژه طبق شکل ۴-۱۱شامل موارد ذیل است:

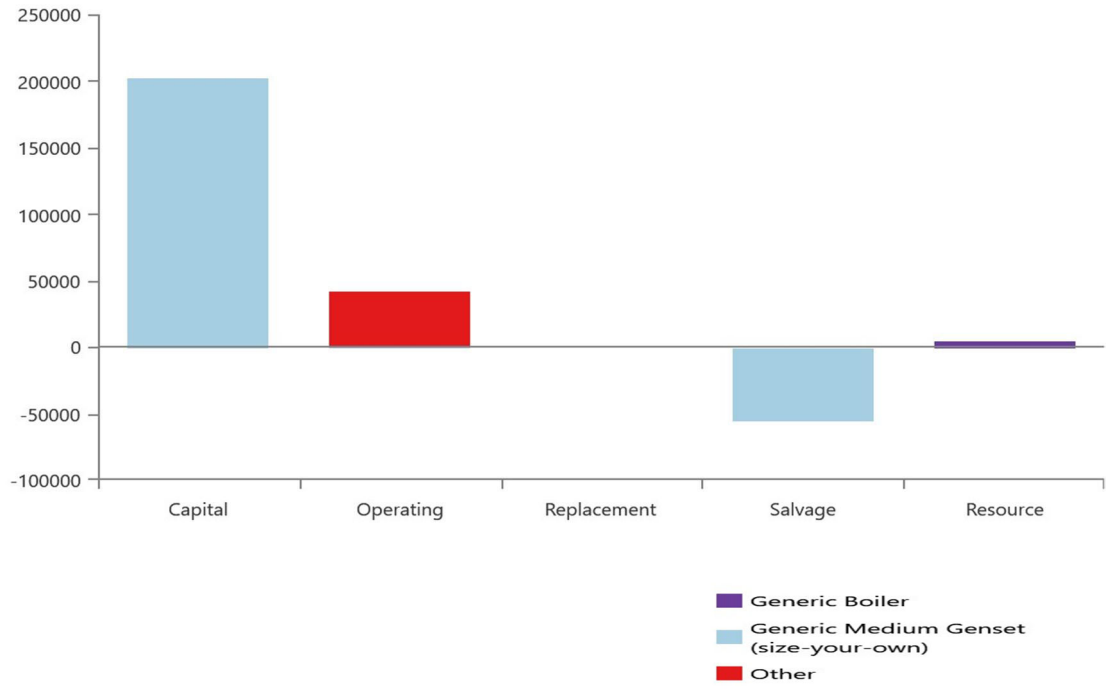
Capital: هزینه سرمایه‌گذاری اولیه پروژه است که به‌منظور راه‌اندازی اولیه سیستم مورد نظر استفاده می‌گردد.

Operating: هزینه بهره‌برداری است.

Replacement: هزینه جایگزینی است.

Salvage: دربرگیرنده هزینه اسقاط سیستم پس از اتمام پروژه می‌باشد که در واقع منفی به‌دست آمده است، یعنی تا حدودی بازگشت سرمایه دارد.

Resource: هزینه سوخت مورد استفاده در طول چرخه حیات سیستم می‌باشد.



شکل ۴-۱۱: قیمت‌های پروژه نسبت به سال پایه[1]

[1] Net Present Costs

در جدول ۴-۷ قیمت‌های پروژه که نسبت به سال پایه محاسبه شده است، مشاهده می‌شود. قابل ذکر است که قیمت بویلر به این دلیل صفر آورده شده است که عملاً قیمت آن ناچیز فرض شده است و در قیمت ژنراتور لحاظ شده است.سایر توضیحات جدول ۴-۷ مطابق توضیحات شکل ۴-۱۱می‌باشد.

جدول ۴-۷: قیمت کلی بخش‌های مختلف سیستم به تفصیل نسبت به سال پایه

نام	هزینه سرمایه‌گذاری اولیه (دلار)	هزینه بهره‌برداری (دلار)	هزینه جایگزینی (دلار)	هزینه اسقاط سیستم پس از اتمام پروژه (دلار)	هزینه سوخت مورد استفاده در طول چرخه حیات سیستم (دلار)	هزینه کل (دلار)
بویلر	۰	۰	۰	۰	۴۹۶۳	۴۹۶۳
ژنراتور	۲۰۳۰۰۰	۱۸۴۶	۰	-۵۴۸۹۴	۷۶۷.۹۴	۱۵۰۷۲۰
هزینه‌های دیگر	۰	۴۱۶۹۵	۰	۰	۰	۴۱۶۹۵
سیستم	۲۰۳۰۰۰	۴۳۵۴۱	۰	-۵۴۸۹۴	۵۷۳۱	۱۹۷۳۷۸

میزان انرژی الکتریکی اضافی تولیدی در سال برابر با ۱۶۷۱۵ کیلووات ساعت می‌باشد. این مقدار اضافه به این دلیل به‌وجود می‌آید که حداقل زمان روشن بودن ژنراتور پس از استارت را ۲۰ دقیقه فرض کرده‌ایم. بنابراین ممکن است بعد از برطرف شدن تقاضا، در پاره‌ای از زمان سیستم در حال کار بوده و انرژی الکتریکی تولید کند در حالی که تقاضایی برای آن وجود ندارد. میزان مصرف انرژی الکتریکی در سال برابر با ۱۰۱۷۰ کیلووات ساعت می‌باشد و میزان انرژی الکتریکی تولیدی در سال برابر با ۲۶۸۸۴ کیلووات ساعت می‌باشد. به‌دلیل آنکه میزان انرژی الکتریکی اضافی زیاد می‌باشد، سناریو دیگری می‌توان بررسی کرد و آن این است که انرژی اضافی تولیدی به شبکه برق فروخته شود که در این تحلیل بررسی نگردیده است. در واقع می‌توان با فروش برق اضافی تولیدی به وزارت نیرو منبع درآمدی تعیین کرد تا پروژه اقتصادی‌تر گردد.

در جدول ۴-۸ مشخصات ژنراتور با جزئیات کامل آورده شده است. طبق جدول ۴-۸ انرژی الکتریکی تولیدی در سال توسط ژنراتور حدود ۲۶۸۸۴ کیلووات ساعت می‌باشد. میانگین توان تولیدی ژنراتور در حدود ۳۵.۴ کیلووات و کمترین توان تولیدی توسط ژنراتور ۳۵ کیلووات می‌باشد. همچنین بیشترین توان تولید شده توسط ژنراتور در حدود ۶۰ کیلووات می‌باشد. انرژی حرارتی تولیدی در سال توسط ژنراتور ۴۶۷۲۷ کیلووات ساعت بوده و میانگین توان حرارتی تولیدی برابر با ۶۱.۶ کیلووات می-باشد. کمترین توان حرارتی تولیدی برابر با ۶۱ کیلووات و بیشترین توان حرارتی تولیدی برابر با ۹۲.۳ کیلووات می‌باشد. در جدول ۴-۹ مشخصات مصرف سوخت ژنراتور آورده شده است. طبق جدول ۴-۹ میزان سوخت مصرفی ژنراتور برابر با ۸۲۸۹ مترمکعب گاز می‌باشد که در واقع به ازای هر کیلووات ساعت تولیدی ۰.۳۰۸ متر مکعب گاز مصرف می‌کند. در جدول ۴-۱۰ مشخصات عمر کارکرد ژنراتور ذکر شده است. طبق جدول ۴-۱۰، تعداد ساعت کار ژنراتور در سال برابر با ۷۵۹ ساعت و تعداد استارت ژنراتور در سال برابر با ۸۱ بار می‌باشد. در ادامه میزان تولید آلودگی‌های زیست‌محیطی سیستم در سال آورده شده است. در جدول ۴-۱۱ میزان تولید آلودگی‌های زیست‌محیطی ذکر شده است.

جدول ۴-۸: مشخصات ژنراتور با جزئیات

کمیت	مقدار	واحد
انرژی الکتریکی تولیدی[۱]	۲۶۸۸۴	کیلووات ساعت در سال
میانگین توان الکتریکی خروجی ژنراتور[۲]	۳۵.۴	کیلووات
کمترین توان تولیدی توسط ژنراتور[۳]	۳۵	کیلووات
بیشترین توان تولیدی توسط ژنراتور[۴]	۵۹.۶	کیلووات
انرژی حرارتی تولیدی[۵]	۴۶۷۲۷	کیلووات ساعت در سال
میانگین توان حرارتی تولیدی[۶]	۶۱.۶	کیلووات
کمترین توان حرارتی تولیدی[۷]	۶۱	کیلووات
بیشترین توان حرارتی تولیدی[۸]	۹۲.۳	کیلووات

جدول ۴-۹: مصرف سوخت ژنراتور

کمیت	مقدار	واحد
مصرف سوخت[۹]	۸۲۸۹	m^3
مصرف ویژه سوخت[۱۰]	۰.۳۰۸	m^3/kwh
انرژی سوخت ورودی[۱۱]	۸۱۸۵۷	Kwh/yr
میانگین بازده الکتریکی[۱۲]	۳۲.۸	%

[1] Electrical Production
[2] Mean Electrical Output
[3] Minimum Electrical Output
[4] Maximum Electrical Output
[5] Thermal Production
[6] Mean thermal output
[7] Min. thermal output
[8] Max. thermal output
[9] Fuel Consumption
[10] Specific Fuel Consumption
[11] Fuel Energy Input
[12] Mean Electrical Efficiency

جدول ۴-۱۰: مشخصات عمر کارکرد ژنراتور

کمیت	مقدار	واحد
ساعت‌های کارکرد[۱]	۷۵۹	hrs/yr
تعداد استارت[۲]	۸۱	Starts/yr
عمر کارکرد[۳]	۱۳۲	yr
فاکتور ظرفیت[۴]	۴.۳۸	%
هزینه تولید ثابت[۵]	۲.۳۷	$/hr
هزینه تولید جانبی[۶]	۰.۰۱۶۷	$/kwh

جدول ۴-۱۱: میزان تولید آلودگی‌های زیست محیطی[۷]

آلودگی	مقدار	واحد
دی‌اکسیدکربن[۸]	۱۱۹۸۱۹	Kg/yr
مونواکسیدکربن[۹]	۱۴۸	Kg/yr
هیدروکربن‌های نسوخته[۱۰]	۶	Kg/yr
ذرات معلق[۱۱]	۰.۵۹	Kg/yr
دی‌اکسید سولفور[۱۲]	۰	Kg/yr
اکسیدهای نیتروژن[۱۳]	۱۱.۹	Kg/yr

[1] Hours of Operation
[2] Number of Starts
[3] Operational Life
[4] Capacity Factor
[5] Fixed Generation Cost
[6] Marginal Generation Cost
[7] Emissions
[8] Carbon Dioxide
[9] Carbon Monoxide
[10] Unburned Hydrocarbons
[11] Particulate Matter
[12] Sulfur Dioxide
[13] Nitrogen Oxides

در جدول ۴-۱۲ به‌طور خلاصه بهترین ترکیب‌های سیستم تولید همزمان و خورشیدی به‌ترتیب اولویت برای اقلیم ساری آورده شده است. قابل ذکر است که ردیف اول از جدول ۴-۱۲، بهترین و به‌صرفه‌ترین حالت در ترکیب سیستم‌ها می‌باشد و همان‌طورکه مشاهده می‌گردد به‌صرفه ترین و بهینه‌ترین سیستم، استفاده از سیستم تولید همزمان می‌باشد. در موارد بعدی می‌توان ترکیبی از سیستم تولید همزمان به همراه انرژی خورشیدی یافت. به‌طور مثال در حالت بهینه دوم، مقدار ظرفیت انرژی خورشیدی را ۰.۰۳۶۵ کیلووات و ظرفیت ژنراتور را ۷۰ کیلووات در نظر گرفته است. البته قابل ذکر است که هر ۴ حالت نشان داده شده، مقدار ظرفیت ژنراتور برابری داشته و تنها کمی ظرفیت خورشیدی به مجموعه اضافه شده است، بنابرین از لحاظ هزینه تفاوت چندانی نداشته و این نشان دهنده این است که عملاً نرم‌افزار هومر در برابر انتخاب سیستم خورشیدی، به‌دلیل هزینه بالای آن مقاومت می‌کند.

جدول ۴-۱۲: ۴ عدد از بهترین ترکیب‌های سیستم تولید همزمان و انرژی خورشیدی برای شهر ساری

پنل	سیستم تولید همزمان	باتری	کانورتر	بویلر	PV (KW)	Gen (KW)	1KWh LA	Converter (KW)	COE ($)	NPC ($)	Operation COST ($)	Initial capital ($)
	×			×		۷۰			۱.۳۳	۱۹۷۳۷۸	-۴۸۵.۴۵	۲۰۳۰۰۰
×	×		×	×	۰.۰۳۶۵	۷۰		۰.۱۱۷	۱.۳۳	۱۹۷۵۳۰	-۴۸۴.۸۵	۲۰۳۱۴۵
	×	×	×	×		۷۰	۱	۰.۴۶۰	۱.۳۳	۱۹۷۷۸۶	-۴۸۳.۷۱	۲۰۳۳۸۸
×	×	×	×	×	۰.۴۲۸	۷۰	۱	۱.۴۱	۱.۳۴	۱۹۸۸۹۲	-۵۱۴.۳۰	۲۰۴۸۴۸

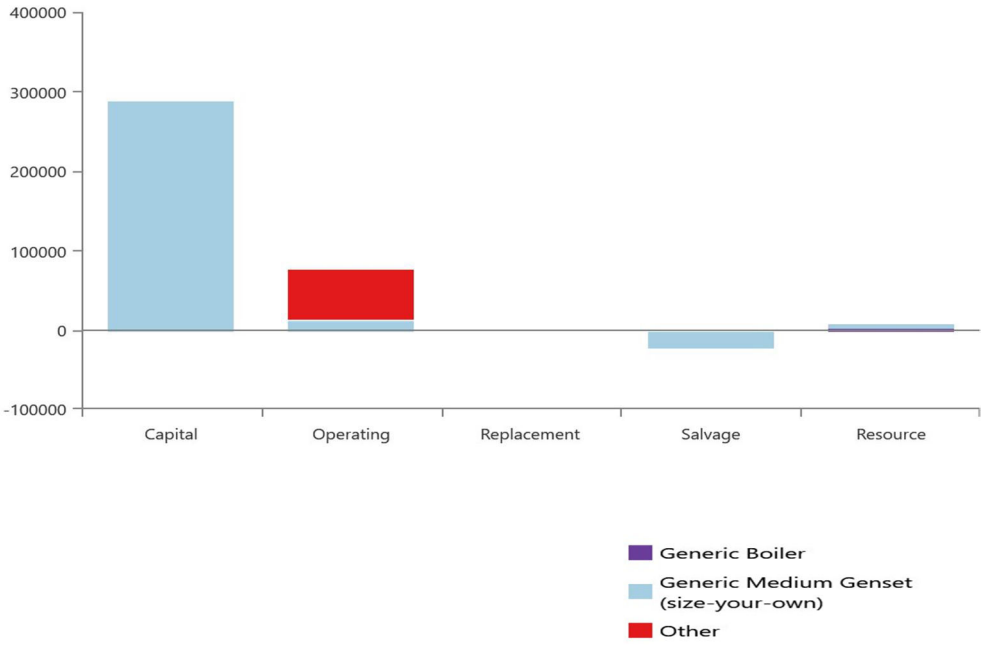
۴-۶-۲ نتایج نرم‌افزار هومر برای شهر تهران

در جدول ۴-۱۳ سایز پیشنهادی سیستم تولید همزمان ذکر شده است. همان‌طورکه از جدول ۴-۱۳ قابل مشاهده است، برای اقلیم تهران سایز پیشنهادی سیستم ژنراتور برابر با ۱۰۰ کیلووات می‌باشد و تنها از یک عدد بویلر برای تأمین انرژی استفاده شده است. همان‌طورکه مشخص است برای اقلیم تهران نیز همچون اقلیم ساری، تنها استفاده از سیستم تولید همزمان پیشنهاد شده است.

جدول ۴-۱۳: سایز پیشنهادی سیستم تولید همزمان

جزء	اندازه	واحد
ژنراتور	۱۰۰	کیلووات
بویلر	۱	عدد

در شکل ۴-۱۲ قیمت‌های پروژه که نسبت به سال پایه محاسبه شده است، نشان داده شده است. همان‌طورکه از شکل ۴-۱۲ قابل مشاهده است، هزینه اولیه راه‌اندازی سیستم‌های تولید همزمان بالا بوده، لذا برای راه‌اندازی چنین سیستم‌هایی نیاز به هزینه سرمایه‌گذاری بالایی می‌باشد. همان‌طورکه مشاهده می‌شود، هزینه سوخت مصرفی مقداری بسیار پایین را به‌خود اختصاص داده است.



شکل ۴-۱۲: قیمت‌های پروژه نسبت به سال پایه

قیمت کلی بخش‌های مختلف سیستم به تفصیل نسبت به سال پایه در شکل۴-۱۴قابل مشاهده است. قابل ذکر است که قیمت بویلر به این دلیل صفر آورده شده است که عملاً قیمت آن ناچیز فرض شده است و در قیمت ژنراتور لحاظ شده است. در جدول ۴-۱۵ مشخصات ژنراتور با جزئیات کامل آورده

شده است. طبق جدول ۴-۱۵، انرژی الکتریکی تولیدی در سال توسط ژنراتور حدود ۲۰۱۴۷۱ کیلووات ساعت می‌باشد. میانگین توان تولیدی ژنراتور در حدود ۵۳.۴ کیلووات و کمترین توان تولیدی توسط ژنراتور ۵۰ کیلووات می‌باشد. همچنین بیشترین توان تولید شده توسط ژنراتور در حدود ۹۷ کیلووات می‌باشد.

جدول ۴-۱۴: قیمت کلی بخش‌های مختلف سیستم به تفصیل نسبت به سال پایه

نام	هزینه سرمایه‌گذاری اولیه (دلار)	هزینه بهره‌برداری (دلار)	هزینه جایگزینی (دلار)	هزینه اسقاط سیستم پس از اتمام پروژه (دلار)	هزینه سوخت مورد استفاده در طول چرخه حیات سیستم (دلار)	هزینه کل (دلار)
بویلر	۰	۰	۰	۰	۲۹۰۴	۲۹۰۴
ژنراتور	۲۹۰۰۰۰	۱۳۱۱۸	۰	-۲۲۶۳۳	۵۷۰۲	۲۸۶۱۸۷
هزینه‌های دیگر	۰	۶۲۵۰۳	۰	۰	۰	۶۲۵۰۳
سیستم	۲۹۰۰۰۰	۷۵۶۲۱	۰	-۲۲۶۳۳	۸۶۰۶	۳۵۱۵۹۴

جدول ۴-۱۵: مشخصات ژنراتور با جزئیات

کمیت	مقدار	واحد
انرژی الکتریکی تولیدی	۲۰۱۴۷۱	کیلووات ساعت در سال
میانگین توان تولیدی توسط ژنراتور	۵۳.۴	کیلووات
کمترین توان تولیدی توسط ژنراتور	۵۰	کیلووات
بیشترین توان تولیدی توسط ژنراتور	۹۶.۵	کیلووات
انرژی حرارتی تولیدی	۳۴۵۳۴۳	کیلووات ساعت در سال
میانگین توان حرارتی تولیدی	۹۱.۵	کیلووات
کمترین توان حرارتی تولیدی	۸۷.۲	کیلووات
بیشترین توان حرارتی تولیدی	۱۴۶	کیلووات

در جدول ۴-۱۶ مشخصات مصرف سوخت ژنراتور آورده شده است. طبق جدول ۴-۱۶، میزان سوخت مصرفی ژنراتور برابر با ۶۱۵۴۵ مترمکعب گاز می‌باشد که در واقع به ازای هر کیلووات ساعت تولیدی ۰.۳۰۵ متر مکعب گاز مصرف می‌کند. در اقلیم قبلی این مقدار برابر ۰.۳۰۸ متر مکعب بود. در جدول ۴-۱۷ مشخصات عمر کارکرد ژنراتور آورده شده است. طبق جدول ۴-۱۷، تعداد ساعت کار ژنراتور در سال برابر با ۳۷۷۶ ساعت می‌باشد. تعداد استارت ژنراتور در سال برابر با ۵۱ بار می‌باشد. در جدول ۴-۱۸ میزان تولید آلودگی‌های زیست محیطی سیستم در سال آورده شده است.

جدول ۴-۱۶: مصرف سوخت ژنراتور

کمیت	مقدار	واحد
مصرف سوخت	۶۱۵۴۵	m^3
مصرف ویژه سوخت	۰.۳۰۵	m^3/kwh
انرژی سوخت ورودی	۶۰۷۷۵۶	Kwh/yr
میانگین بازده الکتریکی	۳۳.۱	%

جدول ۴-۱۷: مشخصات عمر کارکرد ژنراتور

کمیت	مقدار	واحد
ساعت‌های کارکرد	۳۷۷۶	hrs/yr
تعداد استارت	۵۱	Starts/yr
عمر کارکرد	۲۶.۵	yr
فاکتور ظرفیت	۲۳	%
هزینه تولید ثابت	۳.۳۸	$/hr
هزینه تولید جانبی	۰.۰۱۶۷	$/kwh

جدول ۴-۱۸: میزان تولید آلودگی‌های زیست محیطی

آلودگی	مقدار	واحد
دی‌اکسیدکربن	۱۷۸۴۵۱	Kg/yr
مونواکسیدکربن	۱۰۹۶	Kg/yr
هیدروکربن‌های نسوخته	۴۴.۳	Kg/yr
ذرات معلق	۴.۳۸	Kg/yr
دی‌اکسید سولفور	۰	Kg/yr
اکسیدهای نیتروژن	۸۷.۷	Kg/yr

در جدول ۴-۱۹ به‌طور خلاصه بهترین ترکیب‌های سیستم تولید همزمان و خورشیدی به‌ترتیب اولویت برای اقلیم تهران آورده شده است. همان‌طورکه از جدول ۴-۱۹ مشاهده می‌گردد، بهترین ترکیب بدون استفاده از سیستم خورشیدی و تنها استفاده از سیستم تولید همزمان را پیشنهاد داده است. حتی در اولویت‌های بعدی نیز سهم سیستم خورشیدی بسیار ناچیز می‌باشد.

جدول ۴-۱۹: ۴ عدد از بهترین ترکیب‌های سیستم تولید همزمان و انرژی خورشیدی برای شهر تهران

پنل	سیستم تولید همزمان	باتری	کانورتر	بویلر	PV (KW)	Gen (KW)	1KWh LA	Converter (KW)	COE ($)	NPC ($)	Operation COST ($)	Initial capital ($)
	×			×		۱۰۰			۰.۲۲۰	۳۵۱۵۹۴	۵۳۱۹	۲۹۰۰۰۰
	×	×	×	×		۱۰۰	۱	۰.۱۸۹	۰.۲۲۰	۳۵۱۷۴۷	۵۳۱۲	۲۹۰۲۳۴
×	×		×	×	۰.۰۰۰۲۹۲	۱۰۰		۱.۴۸	۰.۲۲۰	۳۵۲۴۴۳	۵۳۲۲	۲۹۰۸۱۵
×	×	×	×	×	۰.۵۸۰	۱۰۰	۱	۰.۳۵۷	۰.۲۲۱	۳۵۲۹۳۸	۵۲۹۵	۲۹۱۶۲۳

۴-۶-۳ نتایج نرم‌افزار هومر برای شهر تبریز

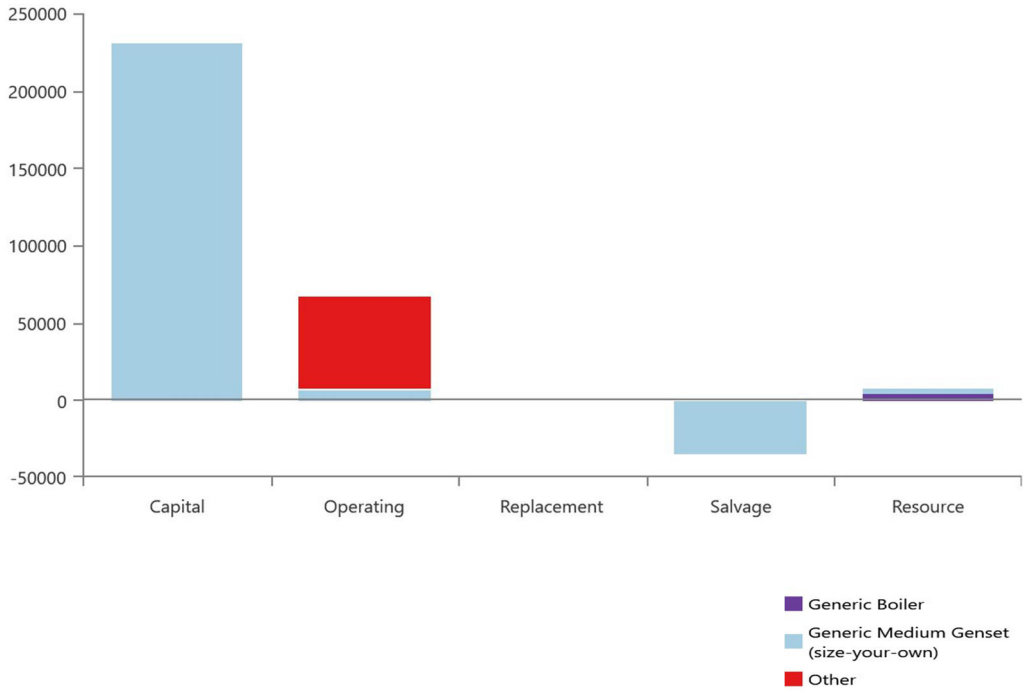
سایز پیشنهادی سیستم تولید همزمان در جدول ۴-۲۰ قابل مشاهده است. همان‌طورکه از جدول ۴-۲۰ قابل مشاهده است، برای اقلیم تبریز سایز پیشنهادی ژنراتور برابر با ۸۰ کیلووات می‌باشد و تنها

از یک عدد بویلر برای تأمین انرژی استفاده شده است. همان‌طورکه مشخص است برای اقلیم تبریز نیز همچون اقلیم‌های تهران و ساری، تنها استفاده از سیستم تولید همزمان پیشنهاد گردیده است.

جدول ۴-۲۰: سایز پیشنهادی سیستم تولید همزمان

جزء	اندازه	واحد
ژنراتور	۸۰	کیلووات
بویلر	۱	عدد

در شکل ۴-۱۳ قیمت‌های پروژه که نسبت به سال پایه محاسبه شده است، بیان می‌گردد. طبق شکل ۴-۱۳ هزینه سوخت در طول کار این پروژه مقدار بسیار ناچیزی را به‌خود اختصاص داده است. قیمت کلی بخش‌های مختلف سیستم به تفصیل نسبت به سال پایه در جدول ۴-۲۱ قابل مشاهده است. قابل ذکر است که قیمت بویلر به این دلیل صفر آورده شده است که عملاً قیمت آن ناچیز فرض شده است و در قیمت ژنراتور لحاظ شده است.



شکل ۴-۱۳: قیمت‌های پروژه نسبت به سال پایه

جدول ۴-۲۱: قیمت کلی بخش‌های مختلف سیستم به تفصیل نسبت به سال پایه

نام	هزینه سرمایه‌گذاری اولیه (دلار)	هزینه بهره‌برداری (دلار)	هزینه جایگزینی (دلار)	هزینه اسقاط سیستم پس از اتمام پروژه (دلار)	هزینه سوخت مورد استفاده در طول چرخه حیات سیستم (دلار)	هزینه کل (دلار)
بویلر	۰	۰	۰	۰	۵۰۴۱	۵۰۴۱
ژنراتور	۲۳۲۰۰۰	۷۵۲۶	۰	-۳۳۹۰۵	۳۱۷۸	۲۰۸۷۹۹
هزینه‌های دیگر	۰	۵۹۷۴۵	۰	۰	۰	۵۹۷۴۵
سیستم	۲۳۲۰۰۰	۶۷۲۷۱	۰	-۳۳۹۰۵	۸۲۱۹	۲۷۳۵۸۵

در جدول ۴-۲۲ مشخصات ژنراتور با جزئیات کامل آورده شده است. طبق جدول ۴-۲۲، انرژی الکتریکی تولیدی در سال توسط ژنراتور حدود ۱۱۱۶۰۴ کیلووات ساعت می‌باشد. بیشترین توان

الکتریکی حدود ۷۵ کیلووات و کمترین مقدار آن برابر با ۴۰ کیلووات است. میانگین توان تولیدی ژنراتور ۴۱.۲ کیلووات می‌باشد.

جدول ۴-۲۲: مشخصات ژنراتور با جزئیات

کمیت	مقدار	واحد
انرژی الکتریکی تولیدی	۱۱۱۶۰۴	کیلووات ساعت در سال
میانگین توان تولیدی توسط ژنراتور	۴۱.۲	کیلووات
کمترین توان تولیدی توسط ژنراتور	۴۰	کیلووات
بیشترین توان تولیدی توسط ژنراتور	۷۵	کیلووات
انرژی حرارتی تولیدی	۱۹۳۰۵۷	کیلووات ساعت در سال
میانگین توان حرارتی تولیدی	۷۱.۳	کیلووات
کمترین توان حرارتی تولیدی	۶۹.۷	کیلووات
بیشترین توان حرارتی تولیدی	۱۱۴	کیلووات

در جدول ۴-۲۳ مشخصات مصرف سوخت ژنراتور آورده شده است. طبق جدول ۴-۲۳، میزان مصرف سوخت ژنراتور برابر با ۳۴۳۰۲ مترمکعب گاز می‌باشد و به ازای هر کیلووات ساعت تولیدی، ۰.۳۰۷ متر مکعب گاز مصرف می‌کند. در اقلیم‌های قبلی این مقدار برابر با ۰.۳۰۸ و ۰.۳۰۵ متر مکعب به ازای هر کیلووات ساعت بود که تقریباً می‌توان گفت که در یک محدوده قرار دارند.

جدول ۴-۲۳: مصرف سوخت ژنراتور

کمیت	مقدار	واحد
مصرف سوخت	۳۴۳۰۲	m^3
مصرف ویژه سوخت	۰.۳۰۷	m^3/kwh
انرژی سوخت ورودی	۳۳۸۷۲۹	Kwh/yr
میانگین بازده الکتریکی	۳۲.۹	%

در جدول ۴-۲۴ مشخصات عمر کارکرد ژنراتور ذکر شده است. طبق جدول ۴-۲۴، تعداد ساعت کار ژنراتور در سال برابر با ۲۷۰۸ ساعت می‌باشد. تعداد استارت ژنراتور در سال برابر با ۸۵ بار می‌باشد. در جدول ۴-۲۵ میزان تولید آلودگی‌های زیست محیطی سیستم در سال آورده شده است.

جدول ۴-۲۴: مشخصات عمر کارکرد ژنراتور

کمیت	مقدار	واحد
ساعت‌های کارکرد	۲۷۰۸	hrs/yr
تعداد استارت	۸۵	Starts/yr
عمر کارکرد ژنراتور	۳۶.۹	yr
فاکتور ظرفیت	۱۵.۹	%
هزینه تولید ثابت	۲.۷۱	$/hr
هزینه تولید جانبی	۰.۰۱۶۷	$/kwh

جدول ۴-۲۵: میزان تولید آلودگی‌های زیست محیطی

آلودگی	مقدار	واحد
دی‌اکسیدکربن	۱۷۱۱۵۹	Kg/yr
مونواکسیدکربن	۶۱۱	Kg/yr
هیدروکربن‌های نسوخته	۲۴.۷	Kg/yr
ذرات معلق	۲.۴۴	Kg/yr
دی‌اکسید سولفور	۰	Kg/yr
اکسیدهای نیتروژن	۴۸.۹	Kg/yr

در جدول ۴-۲۶ به طور خلاصه بهترین ترکیب‌های سیستم تولید همزمان و خورشیدی به ترتیب اولویت برای اقلیم تبریز آورده شده است. همان‌طورکه در جدول ۴-۲۶ مشاهده می‌گردد، بهترین

ترکیب بدون استفاده از سیستم خورشیدی و تنها استفاده از سیستم تولید همزمان پیشنهاد شده است. حتی در اولویت‌های بعدی نیز سهم سیستم خورشیدی بسیار ناچیز می‌باشد.

جدول ۴-۲۶: ۴ عدد از بهترین ترکیب‌های سیستم تولید همزمان و انرژی خورشیدی برای شهر تبریز

Initial capital ($)	Operation COST ($)	NPC ($)	COE ($)	Converter (KW)	1KWh LA	Gen (KW)	PV (KW)	بویلر	کانورتر	باتری	سیستم تولید همزمان	پنل
۲۳۲۰۰۰	۳۵۹۱	۲۷۳۵۸۵	۰.۳۵۳			۸۰		×			×	
۲۳۲۱۷۸	۳۵۸۳	۲۷۳۶۷۳	۰.۳۵۳	۰.۰۸۷۲	۱	۸۰		×	×	×	×	
۲۳۲۱۶۲	۳۵۹۲	۲۷۳۷۵۶	۰.۳۵۳	۰.۱۳۳		۸۰	۰.۰۴۰۵	×	×		×	×
۲۳۴۷۳۱	۳۵۶۳	۲۷۵۹۹۲	۰.۳۵۶	۰.۱۹۹	۲	۸۰	۱.۰۷	×	×	×	×	×

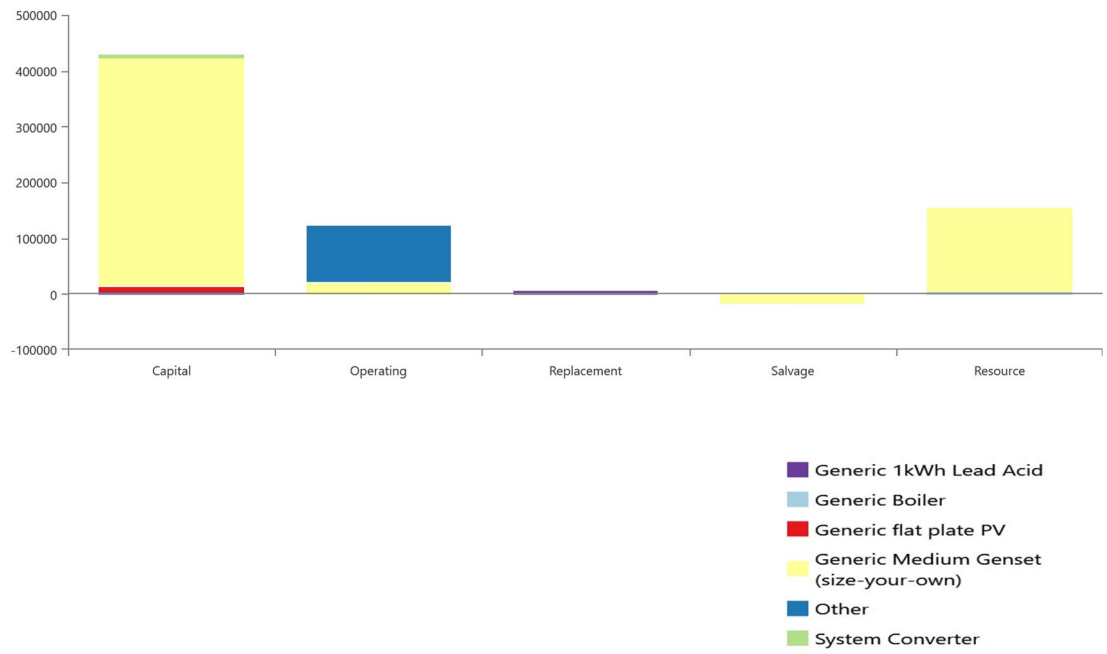
۴-۶-۴ نتایج نرم‌افزار هومر برای شهر بندرعباس

در جدول ۴-۲۷ سایز پیشنهادی سیستم برای اقلیم بندرعباس آورده شده است. همان‌طورکه از جدول ۴-۲۷ قابل مشاهده است، برای اقلیم بندر عباس سایز پیشنهادی ژنراتور برابر با ۱۴۰ کیلووات می‌باشد و تنها از یک عدد بویلر برای تأمین انرژی استفاده شده است. همان‌طور که مشخص است برای اقلیم بندرعباس استفاده از پنل خورشیدی به سایز ۴.۱ کیلووات پیشنهاد گردیده است. همچنین استفاده از کانورتر ۱۲ کیلوواتی در کنار سیستم خورشیدی مورد نیاز می‌باشد. به دلیل اینکه در اقلیم بندرعباس حرارت دریافتی از خورشید بالا بوده و با توجه به پروفیل بار حرارتی، استفاده از پنل خورشیدی در کنار سیستم تولید همزمان پیشنهاد گردیده است.

جدول ۴-۲۷: سایز پیشنهادی سیستم

جزء	اندازه	واحد
ژنراتور	۱۴۰	کیلووات
پنل خورشیدی (flat plate PV)	۴.۱	کیلووات
باتری (1 KWh Lead Acid)	۴۸	عدد
کانورتر	۱۲	کیلووات
بویلر	۱	عدد

در شکل ۴-۱۴ قیمت‌های پروژه که نسبت به سال پایه محاسبه شده است، بیان می‌گردد. همان‌طور که از شکل ۴-۱۴ قابل مشاهده است هزینه اولیه این سیستم بسیار بالا می‌باشد و عملاً اگر حمایت-های دولتی و نیز گسترش دانش نباشد، استفاده از این سیستم‌ها عملی نخواهد بود. تنها در حالتی می‌توان از این سیستم‌ها استفاده نمود که اولاً دانش تولید آن بومی شده باشد تا هزینه اولیه پایین بیاید، ثانیاً حمایت‌های دولتی موجود باشد تا این قبیل سیستم‌ها اقتصادی‌تر شوند و از طرفی هزینه حامل‌های انرژی واقعی گردد. تنها در این صورت است که استفاده از این سیستم‌ها از لحاظ اقتصادی به‌صرفه می‌گردند و با استفاده از آنها می‌توان منابع انرژی تجدید ناپذیر را کمتر مصرف نموده و در کاهش تولید آلودگی نقش بسزایی داشته باشیم. قیمت کلی بخش‌های مختلف سیستم به تفصیل نسبت به سال پایه در جدول ۴-۲۸ قابل مشاهده است. قابل ذکر است که قیمت بویلر به این دلیل صفر آورده شده است که عملاً قیمت آن ناچیز فرض شده است و در قیمت ژنراتور لحاظ شده است.



شکل ۴-۱۴: قیمت‌های پروژه نسبت به سال پایه

جدول ۴-۲۸: قیمت کلی بخش‌های مختلف سیستم به تفصیل نسبت به سال پایه

نام	هزینه سرمایه‌گذاری اولیه (دلار)	هزینه بهره‌برداری (دلار)	هزینه جایگزینی (دلار)	هزینه اسقاط سیستم پس از اتمام پروژه (دلار)	هزینه سوخت مورد استفاده در طول چرخه حیات سیستم (دلار)	هزینه کل (دلار)
باتری (1 KWh Lead Acid)	۶۲۴۰	۵۵۵.۸۵	۶۹۸۶	-۲۸۴.۱۹	۰	۱۳۴۹۷
بویلر	۰	۰	۰	۰	۴۳۳۳	۴۳۳۳
پنل خورشیدی صفحه تخت	۹۰۲۵	۴۷۵.۰۵	۰	۰	۰	۹۵۰۰
ژنراتور	۴۰۶۰۰۰	۲۱۲۳۵	۰	-۱۶۴۱۲	۱۵۲۳۱۸	۵۶۳۱۴۱
هزینه‌های دیگر	۰	۹۹۳۰۶	۰	۰	۰	۹۹۳۰۶
کانورتر	۶۶۰۴	۲۷۸.۰۹	۰	۰	۰	۶۸۸۲
سیستم	۴۲۷۸۶۹	۱۲۱۸۵۰	۶۹۸۶	-۱۶۶۹۷	۱۵۶۶۵۱	۶۹۶۶۵۸

در جدول ۴-۲۹ مشخصات ژنراتور با جزئیات کامل آورده شده است. همان‌طورکه در جدول قابل مشاهده است، مقدار انرژی الکتریکی سالانه تولیدی این سیستم برابر با ۳۵۸۴۹۳ کیلووات ساعت در سال می‌باشد، که تقریباً با انرژی سالانه مورد نیاز گلخانه اقلیم بندر عباس برابر می‌باشد. نکته حائز اهمیتی که باید به آن اشاره نمود این است که اگر به پروفیل‌های سالانه اقلیم‌های مختلف نگاه کنیم، متوجه می‌شویم که اقلیم بندرعباس کمترین تقاضای انرژی سالیانه را دارا بوده است ولی اگر به جدول سایز ژنراتور توجه کنیم، متوجه خواهیم شد که در اقلیم بندرعباس، ژنراتور بیشترین سایز را به‌خود اختصاص داده است و اینجا اهمیت توجه به پروفیل‌های بار ساعتی مشخص می‌گردد، لذا عاملی که باعث شد سایز سیستم پیشنهادی در بندرعباس بزرگتر شود، بیشتر بودن تقاضای سالانه نبود بلکه دلیل آن بیشتر بودن تقاضای ساعتی یا همان پیک مصرف بوده است. به عبارت ساده تر می‌توان گفت نمودار تقاضای بار ساعتی بندرعباس به دلیل نوسانات بالای خود سبب شده است که سایز ژنراتور در اقلیم بندرعباس بزرگ شود. می‌توان برق اضافی تولیدی توسط سیستم را به شبکه برق سراسری فروخت تا از این طریق هم تولید سرمایه شود و هم بازگشت سرمایه را کمی منطقی‌تر کنیم.

جدول ۴-۲۹: مشخصات ژنراتور با جزئیات

کمیت	مقدار	واحد
انرژی الکتریکی تولیدی	۳۵۸۴۹۳	کیلووات ساعت در سال
میانگین توان تولیدی توسط ژنراتور	۸۲.۱	کیلووات
کمترین توان تولیدی توسط ژنراتور	۷۰	کیلووات
بیشترین توان تولیدی توسط ژنراتور	۱۴۰	کیلووات
انرژی حرارتی تولیدی	۶۰۰۲۴۰	کیلووات ساعت در سال
میانگین توان حرارتی تولیدی	۱۳۷	کیلووات
کمترین توان حرارتی تولیدی	۱۲۲	کیلووات
بیشترین توان حرارتی تولیدی	۲۱۱	کیلووات

در جدول ۴-۳۰ مشخصات مصرف سوخت ژنراتور آورده شده است. طبق جدول ۴-۳۰، میزان سوخت مصرفی ژنراتور برابر با ۱۰۷۸۱۳ مترمکعب گاز می‌باشد که در واقع به ازای هر کیلووات ساعت تولیدی ۰.۳۰۱ متر مکعب گاز مصرف می‌کند. در جدول ۴-۳۱ مشخصات سیستم خورشیدی شبیه‌سازی شده ذکر شده است. طبق جدول ۴-۳۱ حداکثر خروجی سیستم پنل خورشیدی برابر با ۴.۱۱ کیلووات می‌باشد. تعداد ساعت کار این سیستم برابر با ۴۳۸۷ ساعت در سال می‌باشد. هزینه تولید هر کیلووات ساعت انرژی خورشیدی برابر با ۰.۱۱۸ دلار است که به نسبت عدد بزرگی می‌باشد.

جدول ۴-۳۰: مصرف سوخت ژنراتور

کمیت	مقدار	واحد
مصرف سوخت	۱۰۷۸۱۳	m^3
مصرف ویژه سوخت	۰.۳۰۱	m^3/kwh
انرژی سوخت ورودی	۱۰۶۴۶۵۸	Kwh/yr
میانگین بازده الکتریکی	۳۳.۷	%

جدول ۴-۳۱: مشخصات پنل خورشیدی انتخابی

کمیت	مقدار	واحد
حداقل خروجی[1]	۰	KW
حداکثر خروجی[2]	۴.۱۱	KW
نفوذ خورشیدی[3]	۲.۱۷	%
تعداد ساعت کارکرد[4]	۴۳۸۷	hrs/yr
هزینه تولید هر کیلووات ساعت[5]	۰.۱۱۸	$/KWh

[1] Minimum Output
[2] Maximum Output
[3] PV Penetration
[4] Hours of Operation
[5] Levelized Cost

مشخصات کانورتر سیستم در جدول ۴-۳۲ ذکر شده است. طبق جدول ۴-۳۲، تعداد ساعت کارکرد کانورتر برابر با ۱۶۰۰ ساعت در سال می‌باشد. انرژی خروجی از آن برابر با ۲۸۸۶ و انرژی ورودی به آن برابر با ۲۹۷۶ کیلووات ساعت در سال می‌باشد. بنابرین می توان نتیجه گرفت که این سیستم در حدود ۸۹.۳ کیلووات ساعت در سال هدر رفت انرژی دارد. در جدول ۴-۳۳ میزان تولید آلودگی‌های زیست محیطی سیستم در سال آورده شده است. همان‌طورکه در جدول ۴-۳۳ مشخص است ترکیب سیستم کلی، ۲۱۱۹۸۷ کیلوگرم در سال تولید دی‌اکسیدکربن دارد. همچنین این سیستم سالانه ۱۹۱۸ کیلوگرم مونواکسیدکربن تولید می‌کند.

جدول ۴-۳۲: مشخصات کانورتر

کمیت	مقدار	واحد
تعداد ساعت کارکرد[1]	۱۶۰۰	hrs/yr
انرژی خروجی[2]	۲۸۸۶	KWh/yr
انرژی ورودی[3]	۲۹۷۶	KWh/yr
تلفات[4]	۸۹.۳	KWh/yr

جدول ۴-۳۳: میزان تولید آلودگی‌های زیست محیطی

آلودگی	مقدار	واحد
دی‌اکسیدکربن	۲۱۱۹۸۷	Kg/yr
مونواکسیدکربن	۱۹۱۸	Kg/yr
هیدروکربن‌های نسوخته	۷۷.۶	Kg/yr
ذرات معلق	۷.۶۸	Kg/yr
دی‌اکسید سولفور	۰	Kg/yr
اکسیدهای نیتروژن	۱۵۳	Kg/yr

[1] Hours of Operation
[2] Energy Out
[3] Energy In
[4] Losses

در جدول ۴-۳۴ به‌طور خلاصه بهترین ترکیب‌های سیستم تولید همزمان و خورشیدی به‌ترتیب اولویت برای اقلیم بندرعباس آورده شده است. همان‌طورکه از جدول ۴-۳۴ مشاهده می‌گردد، در بهترین حالت، ترکیب استفاده از سیستم خورشیدی و سیستم تولید همزمان پیشنهاد شده است. در اولویت‌های بعدی نیز سهم سیستم خورشیدی بسیار ناچیز می‌باشد. هر چند که عملاً سیستم‌های تولید همزمان بسیار گران بوده و هزینه سرمایه‌گذاری اولیه بالایی دارند، اما در مقایسه با سیستم‌های خورشیدی به‌صرفه‌تر و کاربردی‌تر می‌باشند. لذا باید توجه کرد که از آن‌جا که سیستم‌های انرژی نو در ایران، بومی‌سازی نشده و برای استفاده از آنها، نیاز به خرید از سایر کشورها می‌باشد، عملاً استفاده از آنها گران بوده و عملی و اقتصادی نمی‌باشد.

جدول ۴-۳۴: ۴ عدد از بهترین ترکیب‌های سیستم تولید همزمان و انرژی خورشیدی برای شهر بندرعباس

Initial capital ($)	Operation COST ($)	NPC ($)	COE ($)	Converter (KW)	1KWh LA	Gen (KW)	PV (KW)	بویلر	کانورتر	باتری	سیستم تولید همزمان	پنل
۴۲۷۸۶۹	۲۳۲۱۱	۶۹۶۶۵۸	۰.۱۸۶	۱۲.۰	۴۸	۱۴۰	۴.۱۰	×	×	×	×	×
۴۳۵۰۰۰	۲۳۶۸۸	۷۰۹۳۱۶	۰.۱۹۰			۱۵۰		×			×	
۴۳۵۰۳۸	۲۳۶۸۸	۷۰۹۳۵۲	۰.۱۹۰	۰.۰۳۲۹		۱۵۰	۰.۰۰۸۸۹	×	×		×	×
۴۳۵۴۱۶	۲۳۷۱۵	۷۱۰۰۴۱	۰.۱۹۰	۰.۲۸۴	۲	۱۵۰		×	×	×	×	

فصل ۵: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱ نتیجه‌گیری

در این پژوهش با هدف شبیه‌سازی مصرف انرژی در گلخانه در اقلیم‌های مختلف ایران، ابتدا گلخانه مورد نظر در نرم‌افزار دیزاین بیلدر مدل‌سازی شدن و بارهای ساعتی گرمایشی و سرمایشی استخراج شد. در این پژوهش چهار اقلیم گرم و خشک، معتدل و مرطوب، سرد و گرم و مرطوب به‌عنوان اقلیم‌های چهارگانه ایران مدنظر قرار گرفت. برای اقلیم گرم و خشک تهران، برای اقلیم معتدل و مرطوب ساری، برای اقلیم سرد تبریز و برای اقلیم گرم و مرطوب بندرعباس انتخاب گردید.

پس از مشخص شدن بارهای مصرفی گلخانه، می‌توان مشخصات تجهیزات سامانه تولید همزمان و خورشیدی را تعیین نمود. در این تحقیق از روش تعیین ابعاد بر اساس بهینه‌سازی اقتصادی، زیست محیطی و راندمان انرژی استفاده شده است. جهت تعیین و بهینه‌سازی ابعاد سیستم تولید همزمان از نرم‌افزار هومر استفاده شده است. نتایج سناریو مدل بهینه‌سازی چند هدفه، نشان‌دهنده کمترین میزان انتشار گاز کربنیک، بیشترین راندمان متوسط سیستم و کوتاه‌ترین دوره بازگشت سرمایه طرح بود.

در نهایت برای اقلیم‌های تهران، ساری و تبریز تنها استفاده از سیستم تولید همزمان و در اقلیم بندرعباس استفاده از ترکیب سیستم خورشیدی و سیستم تولید همزمان پیشنهاد شد. در اقلیم بندرعباس استفاده از پنل خورشیدی ۴.۱ کیلووات و ژنراتور ۱۴۰ کیلووات پیشنهاد شد. سایز ژنراتور در اقلیم‌های ساری، تبریز و تهران به‌ترتیب ۷۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلووات پیشنهاد گردید.

۵-۲ پیشنهادات

- با توجه به اینکه بارهای گرمایشی و سرمایشی دارای تغییرات زیادی در ساعات روز هستند، پیشنهاد می‌گردد از مخزن ذخیره حرارت که منجر به افزایش راندمان سیستم و کاهش مصرف انرژی خواهد شد، استفاده شود.

- پیشنهاد می‌گردد انرژی‌های تجدیدپذیر دیگر از جمله انرژی زمین گرمایی و زیست‌توده جهت مدل‌سازی گلخانه بررسی شود.
- پیشنهاد می‌شود ساختارهای دیگر گلخانه متناسب با هر اقلیم، بررسی گردد.

مراجع

[1] Mohtasham J. (2015),"Review Article-Renewable Energies", **J.of.Energy Procedia**, vol.74, pp. 1289 – 1297.

[۲] امجدی ع. و قدمی م. و احمدی مسعود ن. و ناجی ج، (۱۳۹۲)، " انرژی زمین‌گرمایی و چشم‌انداز آینده آن در ایران"، اولین همایش ملی انرژی‌های نو و پاک، همدان.

[۳] کنعان ش. و مرادی کل بلندی م. و علاسوند گ، (۱۳۹۲)، " انرژی ژئوترمال و تأثیرات آن بر محیط زیست"، اولین همایش ملی انرژی‌های نو و پاک، همدان.

[۴] نظری ف. و کشوری ع. و رضایی س. و صفری م، (۱۳۹۲)، " بررسی انرژی‌های نو، پاک و تجدیدپذیر و اهمیت استفاده از آنها "، اولین همایش ملی انرژی‌های نو و پاک، همدان.

[۵] خاک سفیدی ع. و گنجعلی ع، (۱۳۹۲)، " ارزیابی اقتصادی انرژی تجدیدپذیر زیست‌توده"، اولین همایش ملی انرژی‌های نو و پاک، همدان.

[۶] نلسون پ، (۱۳۷۴)،"مدیریت گلخانه"، جلد اول، واحد انتشارات سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر تهران، چاپ اول، سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر تهران، تهران.

[۷] جوادی کیا پ، (۱۳۸۸)، رساله دکتری: "طراحی، پیاده‌سازی و ارزیابی سیستم کنترل هوشمند مبتنی بر منطق فازی برای اتوماسیون گلخانه مدل"، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران.

[۸] رضایی ش. و اربابان اصفهانی آ، (۱۳۹۴)، "بررسی اقلیم گرم و خشک و چالش‌های تغییر اقلیمی بر معماری.مسکن. شهرسازی"، نخستین همایش ملی انرژی ساختمان و شهر، ساری.

[۹] حقانی م، (۱۳۹۲)، "مصادیق معماری پایدار در طراحی اقلیمی بناهای منطقه معتدل و مرطوب (نمونه موردی: مازندران)"، اولین کنفرانس معماری و فضاهای شهری پایدار، مشهد.

[۱۰] میکائیل زاده م. و وزیری و. و باقری م، (۱۳۹۲)، "بررسی عوامل مؤثر بر خلق پایداری اجتماعی در مجتمع‌های مسکونی با تکیه بر مفهوم سرزندگی (مطالعه موردی: مجتمع‌های مسکونی در اردبیل)"، اولین همایش ملی معماری، مرمت، شهرسازی و محیط زیست پایدار، همدان.

[۱۱] فرهادیان م، (۱۳۹۵)، "راهکارهای طراحی اقلیمی در منطقه گرم و مرطوب، نمونه موردی: بوشهر"، دومین کنفرانس سالانه پژوهش‌های معماری، شهرسازی و مدیریت شهری، تهران.

[۱۲] پارسا مقدم م، (۱۳۹۱)، **"فناوری‌ها، اصول طراحی و بهره‌برداری از سامانه‌های تولید همزمان برق و گرما (CHP) (راهنمای مولدهای مقیاس کوچک)"**، سازمان بهره‌وری انرژی ایران.

[13] Petchers N. (2003), "**Combined heating, cooling & power handbook: technologies & applications: an integrated approach to energy resource optimization**", Fairmont Press.

[14] Napolitano A. (2009), "**Trigeneration systems assisted by solar energy: design criteria and off design simulations**".

[15] DoE U. (2008), "**Waste heat recovery: technology and opportunities in U.S Industry**," Washington DC: U.S Department of Energy, Industrial Technologies Program.

[16] Wang J. J.and Wang Y. J.and Zhang C. F. (2010), "Optimization of capacity and operation for CCHP system by genetic algorithm", **J.of.Applied Energy**, vol. 87, pp. 1325-1335.

[17] Sigrimis N. and Anastasiou A. and Rerras N. (2000), "Energy saving in greenhouses using temperature integration: a simulation survey", **J.of.Computers and Electronics in Agriculture**, vol. 26, pp. 321-341.

[۱۸] آزاد شهرکی ف. و کوهی ن، (۱۳۸۶)، " سیستم‌های گرمایش، برودتی و تهویه گلخانه"، اولین کارگاه فنی ارتقاء کارآیی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای.

[۱۹] شاکری م. و طاهری ز، (۱۳۸۸)، "بهینه‌سازی انرژی در سیستم‌های گرمایشی گلخانه‌ها"، اولین کنگره ملی هیدروپونیک و تولیدات گلخانه‌ای، ص ۳۴۶، اصفهان.

[20] Pe´rez-Lombard L. and Ortiz J. and Pout C. (2008), "A review on buildings energy consumption information", **J.of.Energy and Buildings**, vol.40, pp. 394-398.

[۲۱] اقتداری نایینی ع، (۱۳۸۹)، "کاهش مصرف انرژی در گلخانه‌ها"، پنجمین همایش ملی ایده‌های نو در کشاورزی، اصفهان.

[22] Alvarez E.and Leyva G.and Portilla E.and Lopez A. (2014), "Evaluation of thermal behavior for an asymmetric greenhouse by means of dynamic simulations", **J.of. Universidad Nacional de Colombia**, vol. 81, 188, pp. 152-159.

[23] Cuce E. and Harjunowibowo D. and Mert Cuce P. (2016), "Renewable and sustainable energy saving strategies for greenhouse systems: A comprehensive review**", J.of. Renewable and Sustainable Energy Reviews**, vol. 64, pp. 34-59.

[۲۴] نسیم سبحان ل. و یزدان فر س.ع، (۱۳۹۵)، "بررسی رفتار حرارتی آتریم و گلخانه در ساختمان‌های مسکونی مرتفع با استفاده از نرم‌افزار دیزاین بیلدر"، سومین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های نوین در عمران، معماری و شهرسازی، برلین.

[25] Aljubury I.M.A. and Ridha H.D. (2017), "Enhancement of evaporative cooling system in a greenhouse using geothermal energy**", J.of. Renewable Energy**.

[26] Sturm B.and Maier M.and Royapoor M.and Joyce S. (2014), "Dependency of production planning on availability of thermal energy in commercial greenhouses-A case study in Germany", **J.of. Applied Thermal Engineering,** vol.71, pp. 239-247.

[۲۷] چهارطاقی م. و هاشمیان س.م. و ملکیان ع، (۲۰۱۴)، "بررسی و بهبود عملکرد CCHP-ORC با استفاده از تحلیل انرژی و اگزرژی"، کنفرانس ملی بهینه‌سازی مصرف انرژی در علوم مهندسی، مازندران.

[۲۸] چهارطاقی م. و شیخی م، (۱۳۹۶)، "مدل‌سازی سیستم تولید همزمان گرمایش و برق با محرک اولیه موتور استرلینگ از دیدگاه مصرف سوخت و انتشار آلایندگی"، **مجله مهندسی مکانیک مدرس**، شماره ۱۰، دوره ۱۷، ص ۳۱۱-۳۰۱.

[۲۹] هاشمیان س.م. و خادمی گزنک م. و چهارطاقی م، (۱۳۹۶)، " انتخاب بهینه سیستم سرمایش و گرمایش چند ساختمان با شرایط کاربری متفاوت از دیدگاه فنی و اقتصادی"، هفدهمین کنفرانس دینامیک شاره‌ها، شاهرود.

[30] Chahartaghi M. and Alizadeh Kharkeshi B. (2018), "Performance analysis of a combined cooling, heating and power system with PEM fuel cell as a prime mover", **J.of. Applied Thermal Engineering,** 128, pp. 805-817.

[31] Takakura T. and Nishina H. (1981), "A solar greenhouse with phase change energy storage and a microcomputer control system**", J.of.Acta Hort (Energy in Protected Cultivation).**

[32] Sharma A.and Pradhan N.and Kumar B. (2003), "Performance evaluation of a solar water heater having built in latent heat storage unit", **J.of. IEA, ECESIA Annex 17**.

[33] Kenisarin M. and Mahkamov K. (2007), "Solar energy storage using phase change materials", **J.of. Renewable and Sustainable Energy Reviews**, vol. 11, pp. 1913–1965.

[34] Alkan C. and Sari A. (2008)," Fatty acid/poly (methyl methacrylate) (PMMA) blends as form-stable phase change materials for latent heat thermal energy storage"**, J.of. Solar Energy,** vol.82, pp. 118-124.

[35] Kim S. and Drzal L.T. (2009), "High latent heat storage and high thermal conductive phase change materials using exfoliated graphite nanoplatelets", **J.of. Solar Energy Materials & Solar Cells**, vol. 93, pp. 136-142.

[36] Sharma A. and Tyagi V.V. and Chen C.R. and Buddhi d. (2009), "Review on thermal energy storage with phase change materials and applications", **J.of.Renewable and Sustainable Energy Reviews**, vol.13, pp. 318-345.

[۳۷] مؤمنی د. و بناکار ا. وقبادیان ب. ومینایی س، (۱۳۹۲)، "طراحی و ساخت سیستم ذخیره حرارت به منظور کاهش مصرف انرژی فسیلی درگلخانه"، هشتمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی (بیوسیستم) و مکانیزاسیون ایران، مشهد.

[38] Xu J.and Wang R.Z.and Li Y. (2013), "A review of available technologies for seasonal thermal energy storage**″, J. of.Solar Energy.**

[39] Semple L.and Carriveau R.and Ting D. (2017), "A Techno-Economic Analysis of Seasonal Thermal Energy Storage for Greenhouse Applications"**, J.of.Energy and Buildings**.

[40] Jain D.and Tiwari G.N. (2003), "Modeling and Optimal Design of Ground Air Collector for Heating in Controlled Environment Greenhouse**", J.of. Energy Conversion and Management**, vol.44, pp. 1357–1372.

[41] Mehrpooya M.and Hemmatabady H.and Ahmadi M.H. (2015), "Optimization of Performance of Combined Solar Collector-Geothermal Heat Pump Systems to Supply Thermal Load Needed for Heating Greenhouses", **J.of.Energy Conversion and Management**, vol. 97, pp. 382 – 392.

[۴۲] حاج ملک ح. و رشیدی شریف آباد س، (۱۳۹۵)، " تأثیر استفاده از سیستم‌های غیرفعال خورشیدی (روش گلخانه‌ای) در کاهش بار گرمایشی ساختمان‌های آموزشی در اقلیم گرم و خشک"، سومین کنفرانس بین‌المللی دستاوردهای نوین پژوهشی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری، تهران.

[۴۳] کیانی ش. و بهرامی ه. و الماسی م. شیخ داودی م، (۱۳۹۵)، "مناسب‌ترین روش ذخیره‌سازی انرژی خورشیدی در گلخانه با توجه به عوامل فنی، اقتصادی و زیست محیطی"، **نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی**، شماره ۲، جلد ۵، صفحه ۱۷-۹.

[44] Ghasemi Mobtaker H. and Ajabshirchi Y. and Ranjbar S.F.and Matloobi M. (2016), "Solar energy conservation in greenhouse: Thermal analysis and experimental validation"**, J.of. Renewable Energy**, vol. 96, pp. 509-519.

[45] Azaizia z. and Kooli S. and Elkhadraoui A. and Hamdi I. and Guizani A.A. (2017), "Investigation of a new solar greenhouse drying system for peppers", **J.of.Hydrogen Energy**, pp. 1-9.

[46]Tronchin L. and Fabbri K. (2007), "Energy performance building evaluation in Mediterranean countries: Comparison between software simulations and operating rating simulation**", J.of.Energy and Buildings.**

[47] Ardente F. and Beccali M. and Cellura M. and Mistretta M. (2008), "Building energy performance: A LCA case study of kenaf-fibres insulation board", **J.of.Energy and Buildings**, vol. 40, pp. 1-10.

[48] Chowdhury A.A. and Rasul M.G. and Khan M.M.K. (2008), "Thermal-comfort analysis and simulation for various low-energy cooling-technologies applied to an office building in a subtropical climate", **J.of.Applied Energy**, vol.85, pp.449-462.

[49] Zabalza Bribia´n I. and Aranda Uso´ n A. and Scarpellini S. (2009), "Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification", **J.of. Building and Environment**, vol. 44, pp. 2510-2520.

[50] Heravi G. and Qaemi M. (2014), "Energy performance of buildings: The evaluation of design andconstruction measures concerning building energy efficiency in Iran", **J.of.Energy and Buildings**, vol. 75, pp. 456-464.

[51] Levermore G.J. (2008), "A review of the IPCC Assessment Report Four, Part 1: the IPCC process and greenhouse gas emission trends from buildings worldwide", **J.of. Building Serv. Eng. Res. Technol**, vol. 29, 4, pp. 349–361.

[52] Kwok A.G. and Rajkovich N.B. (2010), "Addressing climate change in comfort standards", **J.of.Building and Environment**, vol. 45, pp. 18-22.

[53] Hong T. and Chou S. and Bong T. (2000), "Building simulation: an overview of developments and information sources," **J.of.Building and environment**, vol. 35, pp. 347-361.

[54] Crawley D.B. and Hand J.W. and Kummert M. and Griffith B.T. (2008), "Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs", **J.of.Building and environment,** vol. 43, pp. 661-673.

[55] Crawley D.B. and Lawrie L.K. and Pedersen C.O. and Winkelmann F.C. (2000), "Energy plus: energy simulation program", **ASHRAE journal**, vol. 42, pp. 49-56.

[56] Wilde P. de and Van Der Voorden M. (2004), "Providing computational support for the selection of energy saving building components", **J.of.Energy and Buildings**, vol. 36, pp. 749-758.

[57] https://www.federalreserve.gov

[58] https://www.energysage.com

[59] https://www.amazon.com

[60] https://betterbuildingssolutioncenter.energy.gov/chp

[61] Sanaye S. and Ghafurian M.M. and Tavakoli Dastjerd F. (2016), "Applying Relative Net Present or Relative Net Future Worth Benefit and exergy efficiency for optimum selection of a natural gas engine based CCHP system for a hotel building", **j.of. natural Gas Science and Engineering**, vol. 34, pp. 305-317.

Abstract

Sustainable development is a general concept which impact upon almost all aspect of human life like social, economic, environmental sectors and so on. For achieving to this, major alternative is optimal energy consumption. Since greenhouse consumes a significant proportion of energy, consequently it would be important either to represent a practical alternative for energy consumption reduction or to substitute renewable sources for fossil fuel as much as possible.

In this thesis, with the aim of expansion of the use of renewables, different climates are chosen and then it is investigated thoroughly which type of renewables would be suitable for each climate. Simulation, optimization and greenhouse's cooling and heating load calculation of are implemented in Design Builder software.

In the next step, after simulation of existing condition, the use of renewables such as solar energy combining with CHP systems in order to supply load for greenhouse is examined. Homer software is used for renewables simulations.

Finally it is obtained for optimization that it is not economically profitable to use solar energy combining with a CHP system in climates of Tehran, Sari and Tabriz. Because of high cost of energy coming from a solar system; on the contrary the low cost of fossil fuel in Iran, the use of the combination of solar and CHP systems is practically feasible only in Bandar Abbas. In the Climates such as Tehran, Sari and Tabriz is proposed to generate energy only by CHP systems so as to be economically acceptable. Also, regarding to optimization results, 4.1KW solar panel and 140KW generator are suggested for Bandar Abbas. However, 70 KW, 80 KW and 100 KW generators are suggested to be sutible for Sari, Tabriz and Tehran, respectively.

Keywords: Optimization Energy, CHP, PV, Design Builder, Homer.

Shahrood University of Technology

Faculty of Mechanical and Mechatronics Engineering
M.Sc. Thesis in Energy Systems Engineering

Modeling a Typical Greenhouse using Renewable Energy for the Different Climates of Iran

By:
Saeedeh Saffari

Supervisor:
Dr. Ali Abbas Nezhad
Dr. Mohammad Hossein Ahmadi

January 2019