



دانشگاه ارومیه

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد گرایش تبدیل انرژی

تحلیل ترمودینامیکی یک سیستم خورشیدی صفحه تخت برای یک واحد گلخانه

نگارش:

محمد جوادی شندی

استاد راهنمای اول:

دکتر ایرج میرزایی

استاد راهنمای دوم:

دکتر عطا چیت‌ساز خویی

شهریور ۹۸



دانشگاه ارومیه
دانشکده فنی و مهندسی

تحلیل ترمودینامیکی یک سیستم خورشیدی صفحه تخت برای یک واحد گلخانه

دانشجو:

محمد جوادی شندی

این پایان نامه به عنوان بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی مقطع کارشناسی ارشد مهندسی مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی در تاریخ توسط هیئت داوران ذیل مورد پذیرش قرار گرفت.

استاد راهنمای اول : دکتر ایرج میرزایی

استاد راهنمای دوم : دکتر عطا چیت ساز خوبی

داور خارجی: دکتر مرتضی خلیلیان

داور داخلی: دکتر مجید عباسعلیزاده

کلیه حقوق این اثر متعلق به دانشگاه ارومیه است.



دانشگاه ارومیه

دانشکده فنی و مهندسی

تعهد نامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه های تحصیلی دانشجویان دانشگاه ارومیه مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشجو می باشد که با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می شود، برای آگاهی دانشجو و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان گرامی نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

۱. قبل از چاپ پایان نامه خود، مراتب را بطور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع و کسب اجازه نمایند.
۲. در انتشار نتایج پایان نامه در قالب مقاله، همایش، اختراع، اکتشاف و سایر موارد ذکر نام دانشگاه ارومیه الزامی است.
۳. انتشار نتایج پایان نامه باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب **محمد جوادی شندی** دانشجوی گرایش **تبدیل انرژی مقطع کارشناسی ارشد تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می شوم.**

تاریخ و امضا دانشجو

تقدیر و تشکر

پاسگذار کسانی، بسم که سرافراز تولد من هستند. از یکی زاده میثوم و از دیگری جادوانه. اسادی که سپیدی را برتخته سیاه زندگیم شکست و مادری که تاریکی را از او پایی من سیاه نماد. بر خود لازم میدانم از بهی اساتید فرهیخته‌ی گروه مهندسی مکانیک، دانشکده‌ی فنی و مهندسی دانشگاه ارومیه، که زحماتی زیادی را جهت آموزش دانشجویان تحمل میکنند، تشکر کنم. از اساتید ارجمندم پروفور ایرج میرزایی و دکتر عطا پست ساز خوبی که به راستی استاد اخلاق و علم هستند، و بایان نکته‌های دلاویز نگاه تازه‌ای از علم را به ما نشان دادند تشکر می‌نمایم. از اساتید گرامی دکتر حمید عباسعلی زاده و مرتضی خلیلیان به دلیل یاری‌ها و راهنمایی‌های بی‌چشمداشت ایشان که به‌عنوان روشنی‌بخش راهم بود، نهایت سپاس را دارم.

چکیده :

امروزه جامعه بشری با دو چالش مرتبط با هم روبه روست: یکی کاهش منابع سوخت‌های هیدروکربنی به دلیل افزایش دائمی مصرف این نوع سوخت‌ها و دیگری آلودگی محیط زیست و تغییرات آب و هوا به دلیل انتشار گاز CO₂ ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی. بکارگیری ساده فناوری‌های نوین جهت استفاده از انرژی خورشیدی، به عنوان یک منبع مفید، سالم و بی‌خطر انرژی برای گرمایش گلخانه‌های کشاورزی، علاوه بر کاهش قابل توجه مشکلات گلخانه‌داران و مسئولین ذیربط در رابطه با سوخت، گامی مهم در صرفه‌جویی مصرف سوخت‌های فسیلی کشور و حفظ ذخایر آنها برای آیندگان و جلوگیری از آلودگی هوا و محیط زیست خواهد بود. در این تحقیق ما به شبیه‌سازی سیستم گرمایش خورشیدی شامل کلکتور صفحه تخت، منبع ذخیره آب گرم، پمپ، فایل اطلاعات آب و هوایی برای گلخانه ۱۰۰ متر مربعی برای پرورش گل رز هلندی واقع در شهرستان شبستر در استان آذربایجان شرقی با نرم‌افزار Tnsys می‌باشد. بهینه ترین حالت برای سیستم گرمایش دبی پمپ ۱۰۰۰ kg و حجم مخزن ۴۰۰۰ و مساحت کلکتور ۳۰ و زاویه کلکتور ۶۰ درجه بدست آورده شد. با افزایش حجم میانگین دمای داخل در طول روز کاهش می‌یابد ولی در طول شب افزایش پیدا می‌کند و با افزایش دبی دمای داخل گلخانه چه در روز و چه در شب افزایش می‌یابد. با سیستم گرمایشی توانسته‌ایم دمای داخل گلخانه را ۱۰ C نسبت به حالت اولیه افزایش دهیم و میانگین دمای داخل گلخانه را از ۸.۳C به ۱۸.۶C برسانیم که برای گل مورد نظرمان دمای مناسبی می‌باشد و بازده کلکتور ۵۶ درصد بدست آورده شد.

کلمات کلیدی : تحلیل ترمودینامیکی، انرژی، کلکتور خورشیدی، ترنسیس

فهرست

۱ فصل اول: مقدمه و بیان مسأله	۱
۱-۱ مقدمه	۲
۲-۱ انرژی خورشیدی	۳
۱-۲-۱ میزان تابش خورشید در نقاط مختلف جهان	۴
۱-۳ کلکتور خورشیدی	۵
۱-۴ انواع کلکتورهای خورشیدی	۵
۱-۴-۱ کلکتورهای خورشیدی ثابت	۵
۱-۴-۲ کلکتورهای متمرکزکننده ردیاب خورشیدی	۹
۱-۵ گلخانه	۱۴
۱-۶ ذخیره‌سازی گرمای خورشید	۱۶
۱-۷ بیان مسأله	۱۹
۲ فصل دوم: پیشینه‌ی تحقیق	۲۰
۲-۱ مقدمه	۲۱
۳ فصل سوم: مدل‌سازی و معادلات حاکم	۲۸
۳-۱ مقدمه	۲۹
۳-۲ معادلات حاکم	۲۹
۳-۲-۱ جریانهای انرژی گلخانه	۲۹
۳-۲-۲ بررسی نظری مبدل حرارتی پلیپروپیلن	۳۰
۳-۳ معرفی نرم‌افزار Meeonorm	۳۲
۴-۳ معرفی نرم‌افزار ترنسیس	۳۳

۳۵	۳-۵ مدلسازی
۳۶	۳-۵-۱ مشخصات گلخانه
۳۸	۳-۵-۲ پارامترهای کلکتور خورشیدی
۳۹	۳-۵-۳ پارامترهای مخزن ذخیره
۴۰	۳-۵-۴ پارامترهای پمپ
۴۱	۳-۵-۵ فایل های آب و هوایی
۴۵	۴ فصل چهارم: نتایج و بحث
۴۶	۴-۱ مقدمه
۴۶	۲-۴ اطلاعات آب و هوایی محل مورد نظر گلخانه
۴۶	۱-۲-۴ دمای محیط گلخانه
۴۷	۴-۲-۲ میزان تابش خورشید در محل گلخانه
۴۸	۴-۳ میزان تقاضای انرژی گلخانه
۴۹	۴-۴ بررسی و بهینه سازی پارامترهای اجزای اصلی سیستم خورشیدی
۵۰	۴-۴-۱ بهینه سازی شیب کلکتور
۵۲	۴-۴-۲ بهینه سازی دبی پمپ، حجم مخزن ذخیره و مساحت کلکتور
۵۹	۵ فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۶۰	۱-۵ نتیجه گیری
۶۱	۲-۵ پیشنهادات
۶۲	۶ منابع و مأخذ

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱: شدت تابش خورشید در نقاط مختلف جهان [۵]..... ۴
- شکل ۱-۲: کلکتور صفحه تخت و اجزای تشکیل دهنده آن ۶
- شکل ۱-۳: نمایی دیگر از کلکتور صفحه تخت و اجزای آن [۶] ۷
- شکل ۱-۴: تمایی از کلکتور لوله خلأ [۷] ۸
- شکل ۱-۵: نمایی از کلکتور سهموی مرکب [۷]..... ۹
- شکل ۱-۶: نمایی از کلکتور ناودانی [۹] ۱۰
- شکل ۱-۷: نمایی از طرز عملکرد کلکتور فرنسل [۷]..... ۱۱
- شکل ۱-۸: تمایی از کلکتور فرنسل خطی [۹] ۱۲
- شکل ۱-۹: کلکتور بازتاب کننده بشقابک سهموی [۱۰] ۱۳
- شکل ۱-۱۰: نمایی از طرز عملکرد کلکتور میدان هیلوستات [۱۰] ۱۴
- شکل ۱-۱۱: انواع ساختار معماری گلخانه‌ها ۱۵
- شکل ۱-۱۲: شماتیک استفاده از انرژی خورشیدی [۱۴] ۱۷
- شکل ۲-۱: شماتیک فضای ساختمان کار شده در پژوهش میهالاکاکو [۱۹] ۲۲
- شکل ۲-۲: بالانس انرژی گلخانه بروق [۲۱] ۲۳
- شکل ۲-۳: تغییر ساعتی دمای هوای بیرون، گیاهان، کاور و هوای داخل گلخانه بروق [۲۱] ۲۳
- شکل ۲-۴: شماتیک سیستم علیرضا حبی [۲۲] ۲۴
- شکل ۲-۵: تغییرات ماهانه کسر خورشیدی برای مساحت های کلکتور مختلف [۲۲] ۲۵
- شکل ۲-۶: نمایی از ساختمان مورد استفاده سربان [۲۳] ۲۵
- شکل ۲-۷: نمایی از سیستم مورد استفاده عطار [۲۷] ۲۷
- شکل ۳-۱: شماتیک استراتژی حل برای تحلیل مسئله در نرم افزار ترنسیس [۳۳] ۳۴
- شکل ۳-۲: شماتیک سیستم گرمایش خورشیدی برای گلخانه [۲۷] ۳۵
- شکل ۳-۳: نمایی از فضای گلخانه مورد مطالعه ۳۷

- شکل ۳-۴: شماتیک مخزن ذخیره مدل شده در این پژوهش ۳۹
- شکل ۳-۵: لینک کردن پارامتر آب و هوا به پارامتر کلکتور خورشیدی ۴۳
- شکل ۳-۶: مدل گلخانه خورشیدی با کلکتور صفحه تخت ۴۴
- شکل ۴-۱: نمودار تغییرات دمای محیط در طول سال ۴۷
- شکل ۴-۲: میزان تابش خورشید بر شهرستان شبستر در طول سال ۴۸
- شکل ۴-۳: میزان تقاضای انرژی مورد نیاز گلخانه به صورت ساعتی در طول یک سال ۴۹
- شکل ۴-۴: میزان انرژی دریافتی کلکتور صفحه تخت به ازای زوایای مختلف ۵۱
- شکل ۴-۵: میزان انرژی دریافتی کلکتور صفحه تخت به ازای زوایای مختلف ۵۱
- شکل ۴-۶: نمودار مساحت بهینه برای دبی 1 - kgh و حجم مخزن 1000 L ۵۳
- شکل ۴-۷: نمودار مساحت بهینه برای دبی 1 - kgh و حجم مخزن 2000 L ۵۴
- شکل ۴-۸: نمودار مساحت بهینه برای دبی 1 - kgh و حجم مخزن 1000 L ۵۵
- شکل ۴-۹: نمودار انتخاب بهینه ترین پارامترها برای گلخانه ۵۶
- شکل ۴-۱۰: نمودار دمای خروجی کلکتور برای حالت بهینه سیستم ۵۶
- شکل ۴-۱۱: نمودار انرژی مفید دریافتی توسط کلکتور برای حالت بهینه سیستم ۵۷
- شکل ۴-۱۲: نمودار مجموع انرژی مفید دریافتی توسط کلکتور برای حالت بهینه سیستم ۵۷
- شکل ۴-۱۳: نمودار دمای داخل گلخانه در بدون سیستم گرمایشی و در موقع با سیستم گرمایشی ۵۸

فهرست جداول

- جدول ۳-۱: مشخصات لایه‌های دیوارهای گلخانه ۳۸
- جدول ۳-۲: پارامترهای کلکتورهای خورشیدی ۳۸
- جدول ۳-۳: پارامترهای مخزن ذخیره ۴۰
- جدول ۳-۴: پارامترهای پمپ ۴۱

فهرست علائم و اختصارات

Q_{inf}	تلفات ناشی از نفوذ هوا (W)	A	مساحت کلکتور (m^2)
Q_c	حرارت بدست آمده به وسیله کلکتور (W)	A_{gr}	مساحت زمین (m^2)
R	قابلیت رسانایی حرارتی ($m^2 K W^{-1}$)		
R_{in}	قابلیت رسانایی سطح داخلی گلخانه ($m^2 K W^{-1}$)		
R_o	قابلیت رسانایی سطح خارجی گلخانه ($m^2 K W^{-1}$)		
T_{in}	دمای مایع ورودی به کلکتور ($^{\circ}C$)	C_p	ضریب حرارت ویژه مایع کلکتور ($kJ kg^{-1} k^{-1}$)
T_o	دمای مایع خروجی از کلکتور ($^{\circ}C$)	G	تابش جهانی روی کلکتور خورشیدی ($kJ h^{-1} m^{-2}$)
T_a	دمای هوای محیط ($^{\circ}C$)	e	ضخامت دیوار (m)
T_{water}	دمای آب ($^{\circ}C$)	K_e	ضریب همرفتی ($W m^{-2} ^{\circ}C^{-1}$)
T_{exe}	دمای محیط بیرون ($^{\circ}C$)	n	تعداد تعویض هوای داخل گلخانه (h^{-1})
U	ضریب انتقال حرارت کلی ($W m^{-2} k^{-1}$)	N	تعداد بخش بندی
U_i	ضریب انتقال حرارت محلی ($W m^{-2} k^{-1}$)	Q	نرخ انتقال حرارت بوسیله لوله‌های پلی‌پروپیلن (W)
V	حجم گلخانه (m^3)	Q_w	تلفات حرارتی ناشی از پوشش (W)
		Q_{gr}	تلفات حرارتی ناشی از زمین (W)

فهرست علائم یونانی

η	راندمان حرارتی کلکتور
Λ	هدایت حرارتی ($W m^{-3} k^{-3}$)
Γ	ضریب جذب گلخانه
Φ_p	شار حرارتی در طول روز (W)
Φ_n	شار حرارتی در طول شب (W)
Φ_{total}	شار حرارتی کل (W)

مقدمه و بیان مسأله

۱-۱ مقدمه

نگرانی ناشی از پایان سوخت‌های تجدیدناپذیر و آلودگی‌های زیست محیطی، کشورهای مختلف جهان را برآن واداشته تا به دنبال منابع انرژی جایگزین برای این سوخت‌ها باشند، که از لحاظ تکنولوژیکی قابل دستیابی باشد، استانداردهای زیست محیطی حداکثر تطابق را داشته باشد و در عین حال همه کشورها را در تامین مصرف داخلی برای تولید انرژی الکتریکی، انرژی گرمایی و حمل و نقل تضمین کند، همواره در راستای یکی از مسائل مهمی بوده است که تفکر جمعی کشورهای مختلف را مشغول خود کرده است و در سال‌های اخیر چشم انداز این کشورها را در سطح جهان تحت تاثیر داده است. و کشورهای مختلف جهان را به تحقیقات بزرگی با هزینه های بالا در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی، انرژی باد، انرژی دریایی، انرژی گرمایی و زیست توده واداشته است.

این نوع انرژی‌ها معایب سوخت‌های فسیلی مانند افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و در نتیجه افزایش دمای کره زمین و تغییرات آب و هوایی و آلودگی زیست محیطی را ندارد. علاوه بر این منابع تولید آن‌ها تمام ناشدنی و نامحدود است.

انرژی خورشیدی یکی از مهمترین منابع جایگزین برای منابع انرژی‌های تجدیدناپذیر و پایدار در میان منابع انرژی بالقوه مختلف می باشد. انرژی خورشیدی به عنوان منبع انرژی برای فتوسنتز و تبخیر و تعرق، یک ورودی مهم در تولیدات کشاورزی است که مدل رشد محصولات را تحت تاثیر قرار می دهد [۱].

در سال‌های اخیر استفاده از انواع گلخانه‌ها امکان تولید انواع محصولات کشاورزی و باغی و گل را در تمام طول سال فراهم آورده است. گلخانه به عنوان یک ساختاری است که مناسب‌ترین شرایط محیطی را برای بیشینه رشد و نمو گیاه در زمانی که در محیط آزاد امکان رشد و نمو گیاه وجود ندارد، فراهم می‌آورد. دمای هوای داخل

گلخانه، یکی از مهم ترین پارامترهای موثر بر رشد و نمو گیاه است. پوشش گلخانه نسبت به طول موج های کوتاه شفاف بوده که اجازه عبور این امواج به محیط گلخانه را می دهد، اما تا حدی نسبت به طول موج های بلند مات است و پرتوهای خورشیدی در برخورد به عناصر داخل گلخانه به صورت امواج با طول موج بلند در می آیند، در داخل گلخانه به دام افتاده و باعث بالا رفتن دمای گلخانه می شوند. در مناطق سردسیر دمای بالای داخل گلخانه در تمام ساعات شبانه روز برای بیشینه رشد گیاه لازم است که این با بسته نگه داشتن درهای گلخانه و یا سیستم های گرمایش مناسب میسر می گردد [۲].

به منظور گرمایش گلخانه ها، استفاده از انرژی خورشیدی برای گرمایش آنها در فصل های سرد سال موضوع بسیار مهمی است. منقطع بودن این منبع انرژی، ضرورت استفاده از سیستم های ذخیره انرژی را ایجاب می کند [۳].

گلخانه ها در سراسر جهان به طور گسترده ای استفاده شده است و موفقیت های بزرگی به دست آورده است، زیرا می تواند دوره رشد را طولانی کند و خروجی محصولات را افزایش دهد [۴].

استفاده از گلخانه های خورشیدی در اروپا محبوب تر از دیگر گلخانه ها می باشد در برخی از کشورهای آسیا مانند ایران سرمایه گذاری روی پروژه های تجدیدپذیر بسیار محدود است و دلیل آن سوخت های فسیلی ارزان می باشد، ولی به دلیل مشکلات ایجاد شده توسط سوخت های فسیلی دولت ایران نیز باید در گسترش انرژی خورشیدی سرمایه گذاری کند.

۲-۱ انرژی خورشیدی

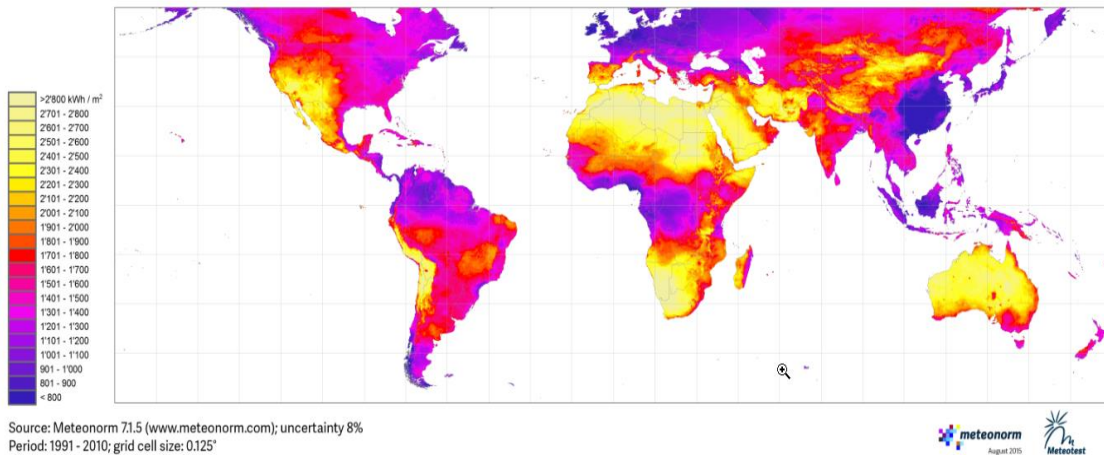
زمین به طور مداوم از تابش خورشید در سطح بیرونی اتمسفرش توان زیادی را دریافت می کند. بخشی از این توان به فضا منعکس می شود، در حالی که بقیه توسط اتمسفر، اقیانوس ها و زمین جذب می شود. انرژی جذب شده خورشیدی جریان های همرفتی و تبخیر آب اقیانوس ها را ناشی می شود، که به این ترتیب باد و چرخه آب را

به وجود می‌آورد. علاوه بر این، انرژی خورشیدی به انرژی شیمیایی از طریق فتوسنتز تبدیل شده که منجر به ایجاد فرایند زیست توده و در نتیجه تولید تمام سوخت‌های فسیلی می‌شود.

۱-۲-۱ میزان تابش خورشید در نقاط مختلف جهان

شرایط جغرافیایی مانند طول جغرافیایی^۱ و عرض جغرافیایی^۲ هر منطقه مشخص کننده شدت تابش خورشیدی در آن منطقه خواهد بود. با توجه به شکل (۱-۱) مشاهده می‌شود که در برخی نقاط شدت تابش انرژی خورشیدی زیاد و در برخی نقاط این شدت کم است با این حال استفاده درست از انرژی خورشیدی در هر نقطه از جهان می‌تواند به کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و کاهش آلودگی محیط زیست بسیار کمک کند.

Yearly sum of Direct Normal Irradiation (DNI)



شکل ۱-۱: شدت تابش خورشید در نقاط مختلف جهان [۵]

نفوذ گسترده تابش خورشیدی بر روی زمین را می‌توان برای مقاصد مختلف زندگی استفاده کرد. کاربردهای اثبات شده تولید برق، گرمایش آب، پخت و پز و خشک کردن محصولات کشاورزی و شیرین‌سازی آب و... با

¹Longitude

²latitude

انرژی خورشیدی امکان پذیر می‌باشند

۱-۳ کلکتور خورشیدی

برای جذب انرژی خورشیدی و تبدیل آن به انرژی حرارتی، کلکتورهای خورشیدی استفاده می‌شوند که کلکتور به عنوان قلب سیستم‌های خورشیدی وظیفه جذب انرژی خورشید را بر عهده دارد. کلکتورهای انرژی خورشیدی انواع خاصی از مبدل‌های حرارتی هستند که انرژی تشعشعی خورشید را به انرژی داخلی محیط انتقال، تبدیل می‌کنند. جزء اصلی هر سیستم خورشیدی بخش کلکتور آن است. این جزء وسیله‌ای است که تشعشع ورودی خورشید را جذب و آن را به گرما تبدیل می‌کند و این گرما را به سیالی (معمولاً هوا، آب، یا روغن) که درون کلکتور در جریان است، انتقال می‌دهد. انرژی خورشیدی جمع شده از طریق سیال در گردش یا به طور مستقیم برای گرم کردن آب یا تجهیزات تهویه محیط استفاده می‌شود و یا به مخزن ذخیره‌سازی انرژی حرارتی که در شب یا روزهای ابری استفاده می‌شود، انتقال می‌یابد.

۱-۴ انواع کلکتورهای خورشیدی

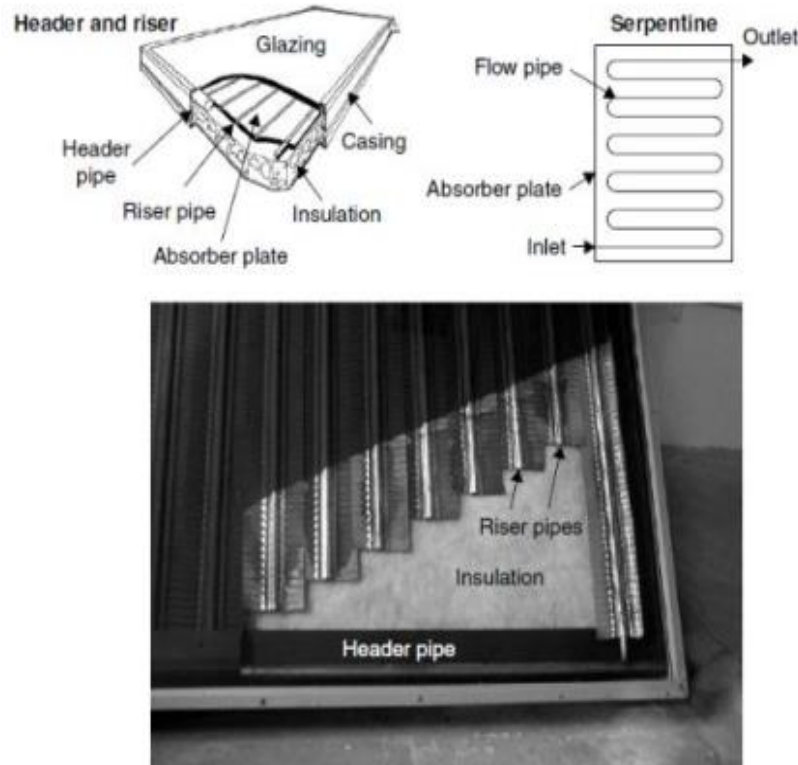
حالت کلی کلکتورهای خورشیدی به دو دسته کلکتورهای ثابت و کلکتورهای متمرکز کننده ردیاب خورشیدی تقسیم بندی می‌شوند.

۱-۴-۱ کلکتورهای خورشیدی ثابت

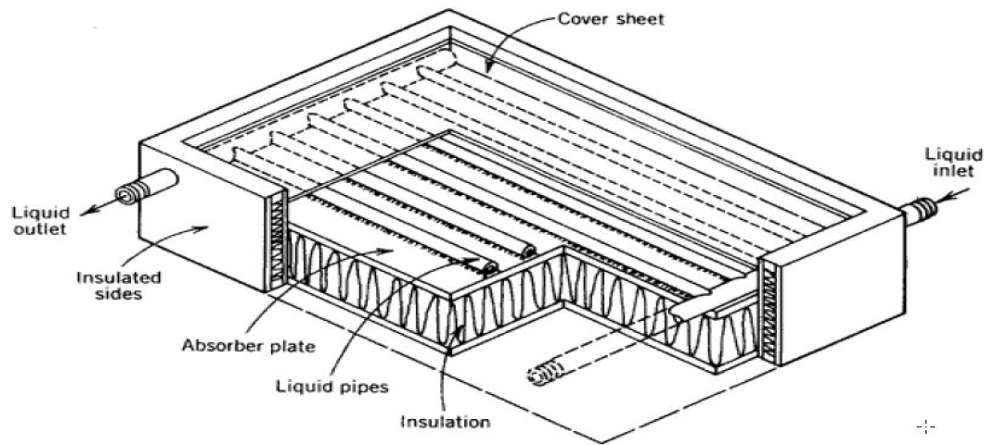
همان گونه که از نام آنها پیداست، این نوع کلکتور ها در جای خود ساکن هستند به مسیر ظاهری حرکت خورشیدی را ردیابی نمی‌کند و به سه نوع متداول کلکتورهای صفحه تخت، کلکتورهای ساکن سهموی مرکب و کلکتورهای لوله خلا طبقه‌بندی می‌شوند.

۱-۴-۱-۱ کلکتورهای صفحه تخت

کلکتور صفحه تخت ساده‌ترین و متداول‌ترین وسیله تبدیل خورشیدی به گرمای مفید است. نمونه شاخصی از کلکتور صفحه تخت در شکل (۱-۲) و (۱-۳) نشان داده شده است. تابش خورشیدی از پوشش‌های شفاف می‌گذرد و پس از برخورد با رویه سیاه جذب‌کننده در آنجا جذب و به انرژی حرارتی یا گرمایی تبدیل می‌شود



شکل ۱-۲: کلکتور صفحه تخت و اجزای تشکیل دهنده آن



شکل ۳-۱: نمایی دیگر از کلکتور صفحه تخت و اجزای آن [۶]

کلکتورهای صفحه تخت در انواع گسترده‌ای از طراحی‌ها و از مواد مختلفی ساخته می‌شوند. این کلکتورها برای گرم کردن سیالات مانند آب، آب همراه با مواد ضد یخ و یا هوا استفاده می‌شوند. هدف اصلی این کلکتورها گردآوری حداکثری انرژی خورشیدی در کمترین قیمت کل ممکن، می‌باشد.

مزیت‌های عمده کلکتورهای صفحه تخت:

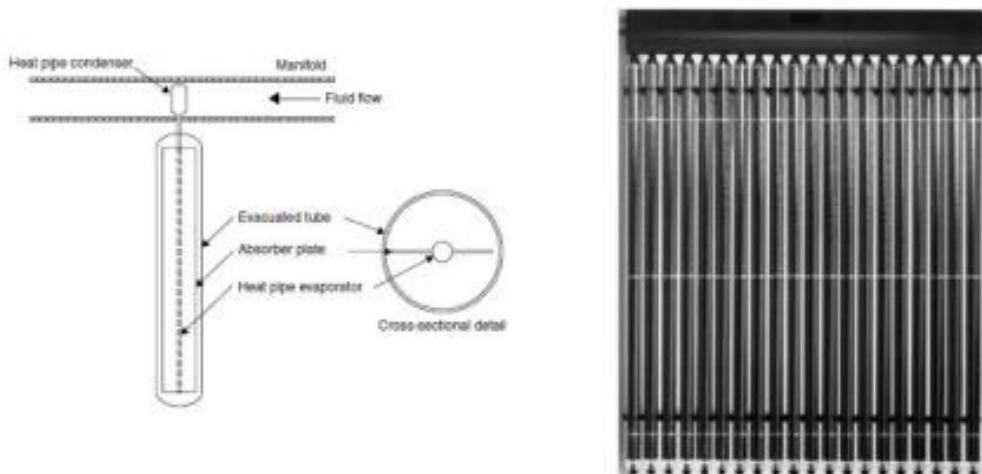
- برای تولید ارزان قیمت هستند.
- هردو تشعشع پرتوی و پراکنده را دریافت و جمع می‌کنند.
- به طور دائم در موقعیت شان ثابت هستند، بنابراین به هیچ ردیاب خورشیدی نیاز ندارند [۷].

کلکتورهای خورشیدی صفحه تخت در نیمکره شمالی به سمت جنوب و در نیمکره جنوبی به سمت شمال نصب می‌شوند. زاویه شیب نصب این کلکتورها تقریباً ۱۵ درجه با عرض جغرافیایی منطقه متفاوت است که در

فصل تابستان ۱۵ درجه کمتر از عرض جغرافیایی و در فصل زمستان ۱۵ درجه بیشتر از عرض جغرافیایی منطقه است [۸].

۱-۴-۱-۲ کلکتورهای لوله خلأیی

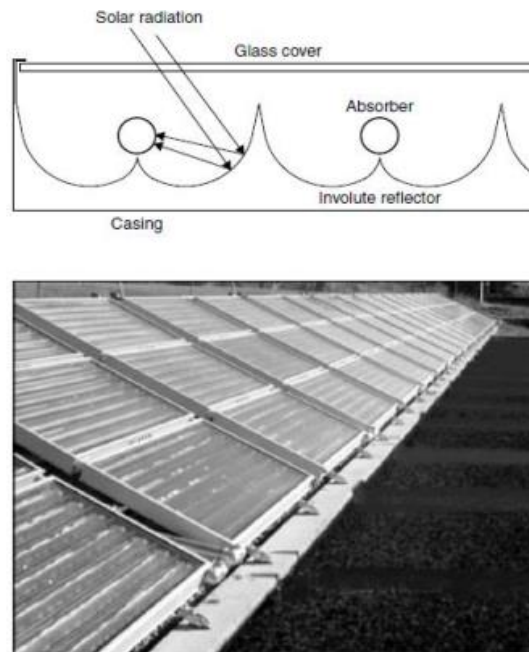
طرز عملکرد این نوع کلکتورها با بقیه کلکتورها متفاوت است مطابق شکل (۱-۴) این نوع کلکتورها از یک لوله حرارتی که یک صفحه جاذب به آن متصل شده و کل آن داخل یک محفظه شیشه‌ای قرار داده شده است تشکیل می‌شود. قسمت بالایی لوله حرارتی که کندانسور است داخل یک مینی‌فولد قرار داده شده است که گرمای مورد نیاز از آنجا گرفته می‌شود. این نوع کلکتورها بر اساس چگالش و بخار شدن سیال کار می‌کنند. در قسمت خورشیدی کلکتور سیال با گرفتن گرما بخار می‌شود و با بالا رفتن سیال بخار شده در قسمت کندانسور گرمای خود را به سیال عامل دیگر می‌دهد. کلکتورهای لوله خلأ در اندازه‌های مختلفی با محدوده قطر بیرونی از ۳۰ میلیمتر تا حدود ۱۰۰ میلی‌متر تولید می‌شوند. طول معمول این کلکتورها حدود دو متر است [۷].



شکل ۱-۴: تمایی از کلکتور لوله خلأ [۷]

۱-۴-۱-۳ کلکتورهای ساکن سهموی مرکب

این نوع متمرکز کننده‌ها از دو منعکس کننده سهموی تشکیل شده‌اند که فاصله کانونی آنها متفاوت از هم است. در این نوع متمرکز کننده‌ها بیشتر از رسیور استوانه‌ای همان گونه که در شکل (۱-۵) آمده است برای دریافت انرژی خورشیدی استفاده می‌شود.



شکل ۱-۵: نمایی از کلکتور سهموی مرکب [۷]

۱-۴-۲ کلکتورهای متمرکز کننده ردیاب خورشیدی

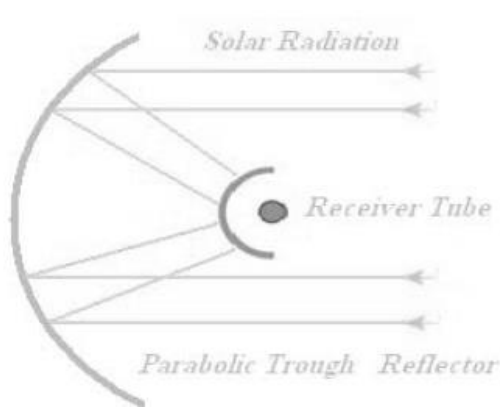
یک کلکتور متمرکز کننده دارای ردیابی خورشیدی است و معمولاً دارای یک سطح بازتاب کننده مقعری می‌باشد که تشعشع پرتو خورشید را به یک سطح دریافت کننده کوچک متمرکز می‌کند، بنابراین شار تشعشعی را افزایش می‌دهد. کلکتورهای متمرکز کننده برای کاربردهای دما بالا مناسب هستند. و به چهار نوع متداول کلکتورهای ناودانی سهموی، کلکتورهای فرنسل، کلکتورهای بازتاب کننده‌های بشقابک سهموی و کلکتورهای میدان

هلیوستات طبقه بندی می شوند.

۱-۴-۲-۱ کلکتورهای ناودانی سهموی

برای رسیدن به دماهای بالا با بازده خوب، یک کلکتور خورشیدی با عملکرد بالا مورد نیاز است. سیستم‌هایی با ساختار سبک و تکنولوژی کم هزینه برای کاربردهای فرایند حرارتی تا دمای ۴۰۰ درجه سلسیوس را می توان با کلکتور ناودانی سهموی به دست آورد.

شکل (۱-۶) این کلکتورها با خمش به شکل سهمی یک ورقه از ماده بازتاب کننده ساخته می شوند. یک لوله فلزی سیاه، که با یک لوله شیشه‌ای برای کاهش تلفات حرارتی پوشیده شده، در امتداد خط کانونی دریافت کننده قرار می گیرد [۹].



شکل ۱-۶: نمایی از کلکتور ناودانی [۹]

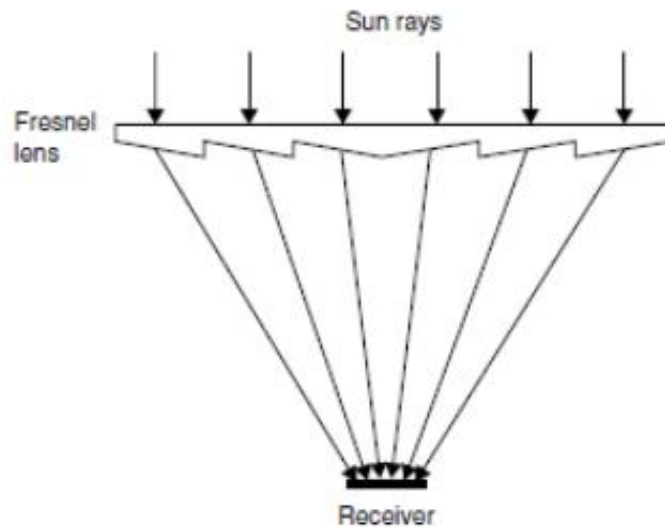
۱-۴-۲-۲ کلکتورهای فرنسل^۱

این کلکتور به دو نوع کلکتور لنز فرنسل و کلکتور بازتاب‌کننده خطی فرنسل تقسیم می‌شود.

¹ Fresnel collector

• کلکتور لنز فرنسل

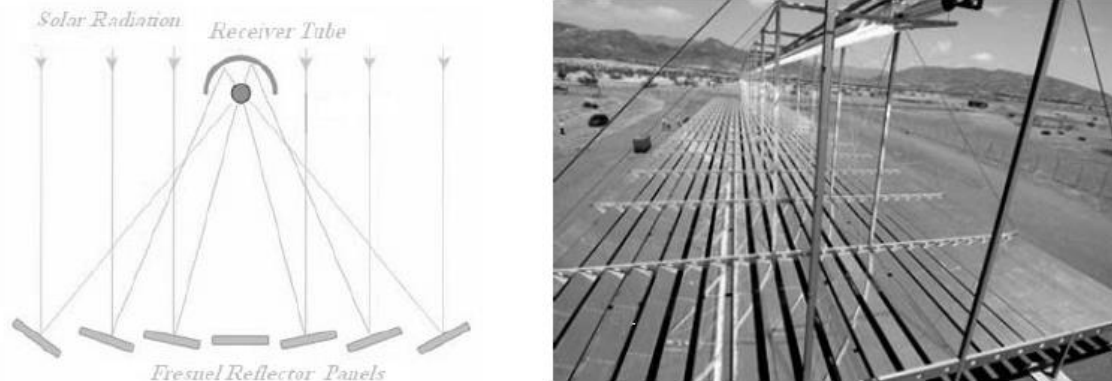
کلکتور لنز فرنسل از یک ماده پلاستیکی ساخته شده است و طوری شکل داده می‌شود تا اشعه‌های خورشیدی را به یک دریافت‌کننده نقطه‌ای متمرکز کند [۷]. شکل (۷-۱) مربوط به کلکتور لنز فرنسل می‌باشد.



شکل ۷-۱: نمایی از طرز عملکرد کلکتور فرنسل [۷]

• کلکتور بازتاب کننده خطی فرنسل

بازتاب کننده خطی فرنسل به اشعه‌ای از نوارهای آینه‌ای خطی متکی است، که نور را بر روی دریافت‌کننده خطی متمرکز می‌کند. اما برخلاف ناودانی‌های سهموی، نوارهای تکی نیاز ندارند به شکل سهمی باشند. این نوارها همچنین می‌تواند بر روی زمین تخت نصب شوند و نور را بر روی یک دریافت‌کننده ثابت خطی نصب شده بر روی یک برج متمرکزکنند [۹]. شکل (۸-۱) این نوع کلکتور را نشان می‌دهد.

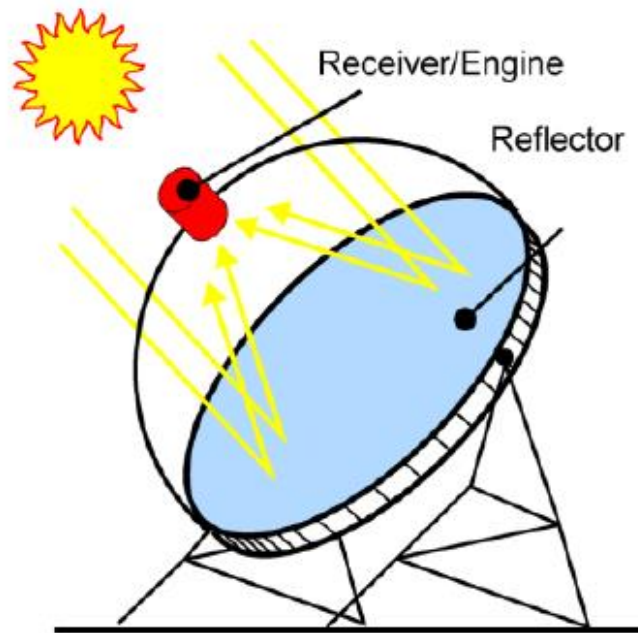


شکل ۸-۱: تمایی از کلکتور فرنسل خطی [۹]

۳-۲-۴-۱ کلکتورهای بازتاب کننده بشقابک سهموی^۱

بازتاب کننده های بشقابک سهموی یک کلکتور تمرکز نقطه ای می باشد که خورشید را در دو محور ردیابی کرده و انرژی خورشید را بر روی یک دریافت کننده واقع در نقطه کانونی بشقابک متمرکز می کند. بشقابک باید به طور کامل خورشید را برای بازتاب پرتو نور به سمت دریافت کننده حرارتی ردیابی کند. مکانیزم های ردیابی به صورت دوپل به کار می رود، طوری که کلکتور در دو محور ردیابی می کند. و به خاطر اینکه همیشه در جهت خورشید هست، بالاترین کارایی را نسبت به تمام کلکتورهای دیگر دارد. شکل (۱-۹) مربوط به این نوع کلکتور می باشد [۱۰].

¹ Parabolic dish collector

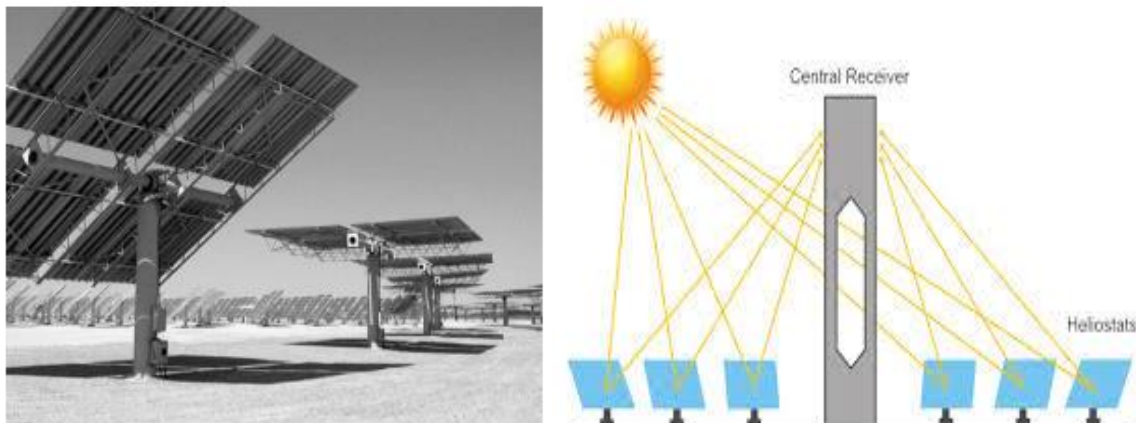


شکل ۹-۱: کلکتور بازتاب کننده بشقابک سهموی [۱۰]

۱-۴-۲-۴ کلکتورهای میدان هلیوستات

برای ورودی انرژی‌های تشعشعی به شدت بالا، یک تعداد آینه تخت، یا هلیوستات‌ها می‌توانند برای بازتاب اشعه خورشیدی مستقیم برخوردی بر یک نقطه مشخص مورد استفاده قرار گیرند.

این سیستم‌ها میدان هلیوستات یا کلکتور دریافت کننده مرکزی نامیده می‌شوند. با استفاده از قطعه‌های کوچک آینه مقعر بر روی هلیوستات‌ها، می‌توان مقادیر زیادی انرژی حرارتی را به سمت محفظه توخالی یک ژنراتور بخار در فشار و دمای بالا هدایت کرد [۱۰]. شکل (۱-۱۰) این نوع کلکتور را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰-۱: نمایی از طرز عملکرد کلکتور میدان هیلوستات [۱۰]

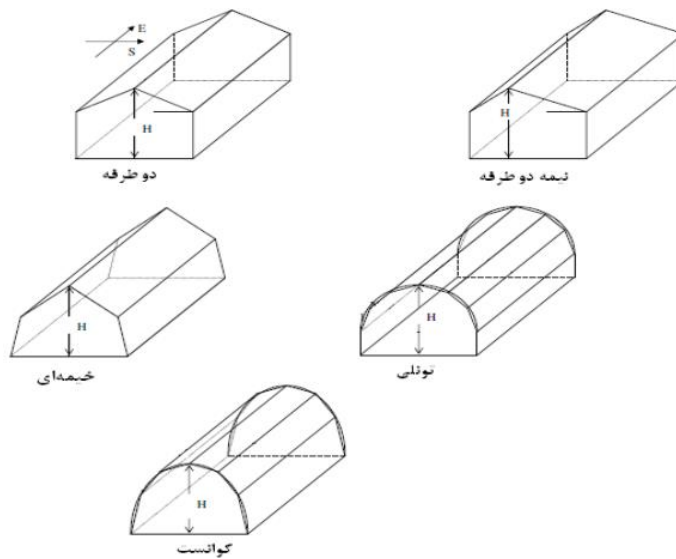
۱-۵ گلخانه

کشت‌های گلخانه‌ای به دلیل ماهیت تولید خارج از فصل، یکی از پرمصرف‌ترین بخش‌های مصرف‌کننده انرژی در بخش کشاورزی می‌باشند [۱۱].

شروع کشت‌های گلخانه‌ای در ایران در حدود سه دهه پیش شروع شده و با سرعت در حال رشد است. محصولاتی مانند خیار، گوجه فرنگی، فلفل، توت فرنگی، سبزی‌ها، نشا و گل‌های زینتی گلخانه‌های ایران تولید می‌شوند. کشت محصولات گلخانه‌ای تقریباً در هر جا مقدور است، چون هر جایی که شرایط محیطی مساعد نباشد می‌توان شرایط مطلوب را به صورت کنترل شده برای رشد گیاه فراهم نمود. با این وجود، برای احداث گلخانه تجاری بایستی به عوامل اقتصادی نظیر هزینه تولید و کمیت محصول نیز توجه کرد. یکی از پارامترهایی که برای تولید محصول کافی در گلخانه بایستی کنترل شود، دمای مطلوب گیاه است که برای هر گیاه مشخص شده است. لذا، برای آنکه گلخانه دمای مطلوب داشته باشد باید با همان سرعتی که گرما از دست می‌دهد فضای آن را گرم نمود مصرف عمده انرژی در خانه‌های ایران صرف گرمایش گلخانه می‌گردد که اغلب با استفاده از

سوخت‌های فسیلی است. از طرف دیگر ترازنامه انرژی ایران نشان می‌دهد که مصرف سوخت‌های فسیلی در کشور از اواخر پاییز رو به فزونی می‌گذارد. این نکته باعث می‌شود تا اوج مصرف در گلخانه باعث مصرف در کشور بر هم منطبق گردد. از طرف دیگر، مسائل زیست محیطی مصرف سوخت‌های فسیلی، قوانین و پروتکل‌های بازدارنده، محدود بودن منابع و عمر ذخایر سوخت‌های فسیلی و گران شدن سوخت باعث شده ضرورت توجه به انرژی‌های تجدیدپذیر بیش از گذشته اهمیت یابد [۱۲].

گلخانه‌ها را می‌توان بر اساس شکل آنها به دو طرفه، نیم‌دو طرفه، خیمه‌ای، یک طرفه، تونلی و کوانست^۱ تقسیم‌بندی نمود [۱۳]. در شکل (۱-۱۱) شماتیکی از ساختار معماری گلخانه‌ها که به طور عمده به کار گرفته می‌شوند، آورده شده است.



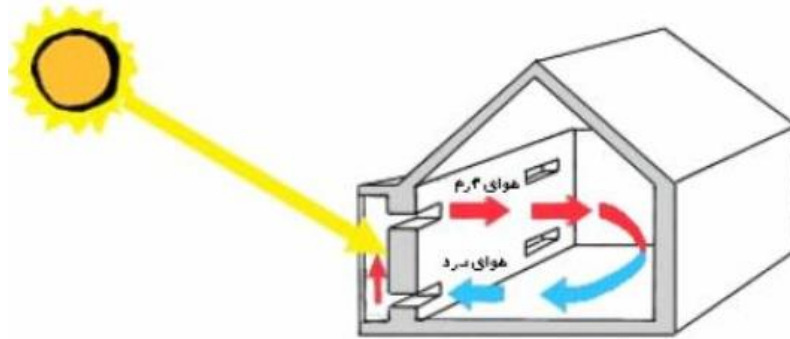
شکل ۱-۱۱: انواع ساختار معماری گلخانه‌ها

^۱Quonset

۱-۶ ذخیره‌سازی گرمای خورشید

برای گرم نگه‌داشتن گلخانه‌های خورشیدی در طول شب‌های سرد یا طی روزهای ابری، باید گرمای خورشیدی که در روزهای آفتابی وارد گلخانه می‌شود را برای استفاده‌های بعدی ذخیره نمود. رایج‌ترین روش برای جذب و انبارکردن انرژی خورشیدی استفاده از تخته سنگ، بتون یا آب درمقابل تابش مستقیم آفتاب می‌باشد.

ترامب یک روش ابتکارانه برای جذب و ذخیره گرما بوده و مطابق شکل (۱-۱۲) شامل دیوارهای کوتاهی در داخل گلخانه و نزدیک به پنجره‌های رو به جنوب می‌باشد. این دیواره‌ها از طرف جلوی خود (رو به جنوب) گرما را جذب می‌کنند، سپس این گرما را از طرف پشت خود (رو به شمال) درگلخانه ساطع می‌نمایند. یک دیوار ترامب از دیوار سنگ کاری به قطر ۸ تا ۴۶ اینچ با روکشی از یک ماده تیره رنگ و جذب‌کننده گرما با یک ۳ تا ۶ اینچ برای ایجاد یک فضای کوچک هوا می‌باشد. گرمای خورشیدی از یک یا دو لایه شیشه به فاصله ۴ شیشه عبور کرده و جذب روکش تیره رنگ می‌گردد. این گرما در دیوار ذخیره شده و به آرامی از قسمت سنگی به سمت داخل هدایت می‌شود. با اضافه کردن یک ورقه فویل فلزی و یا یک ماده براق دیگر به قسمت بیرونی دیوار، مقدار جذب گرمای خورشیدی ۳۱ تا ۶۱ درصد بسته به شرایط آب و هوایی افزایش یافته و پرت حرارت از طریق تابش بیرونی کاهش می‌یابد [۱۴].



شکل ۱۲-۱: شماتیک استفاده از انرژی خورشیدی [۱۴]

برای ذخیره گرما می‌توان به جای آب یا سنگ از "مواد تغییر فاز" استفاده نمود. با وجود اینکه مواد تغییر فاز معمولاً گرانتز از مواد عادی می‌باشند ولی ۵ تا ۱۴ بار بهتر گرما را نسبت به آب و سنگ در خود ذخیره می‌کنند. بدین ترتیب، وقتی فضای موجود محدود باشد استفاده از این مواد بسیار مفید است. مواد تغییر فاز دهنده عبارتند

از:

- فسفات سدیم دودکاهیدرات
- تیوسولفات سدیم پنتاهیدرات
- پارافین
- سولفات سدیم دکاهیدرات
- کلرید کلسیم هگزاهایدرات
- اسیدهای چرب

بیشتر تحقیقات در زمینه استفاده از مواد تغییر فاز در گلخانه‌ها در اروپا، اسرائیل، ژاپن و استرالیا انجام گرفته است. در اسرائیل با وارد کردن مواد تغییر فاز درون پوشش‌های شفاف گلخانه باعث افزایش جذب، ذخیره و ماندگاری گرما در گلخانه‌ها شده‌اند از طرفی با این کار در روزهای ابری که مواد تغییر فاز به مایع تبدیل نمی‌شوند، میزان شفافیت پوشش گلخانه کاهش می‌یابد. در حال حاضر برخی شرکت‌های آمریکایی و استرالیایی سیستم‌های گرمایش تحت الارضی را با کمک مواد تغییر فاز طراحی و پیاده سازی می‌کنند [۱۵].

استفاده از خاصیت گرمای نهان مواد، به علت توانایی آن در ظرفیت ذخیره‌سازی بیشتر انرژی و ویژگی آن در ذخیره‌سازی گرما در دمای ثابت در حین تغییر فاز مواد در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته‌است [۱۶].

تغییر فاز می‌تواند به صورت جامد-جامد، مایع و برعکس، جامد-گاز و برعکس و یا مایع-گاز و برعکس باشد. تاکنون استفاده بیش از ۲۰۰ نوع ماده تغییر فاز دهنده در مقالات گزارش شده است که برای استفاده از آن‌ها، علاوه بر خواص ترمودینامیکی، فیزیکی و شیمیایی، قیمت و در دسترس بودن نیز باید در نظر گرفته شود. از جمله این خواص می‌توان به داشتن مواردی مانند نقطه ذوب مناسب، گرمای نهان کافی در فاز انتقال، انتقال حرارت خوب، دانسیته زیاد، تغییر حجم کم و فشار بخار کم در زمان تغییر فاز، نداشتن حالت خیلی سرد (super cooling)، نرخ تبلور کافی، پایداری شیمیایی، سازگاری با مواد دیگر، غیر سمی بودن، آتش‌زا نبودن، در دسترس بودن قیمت مناسب اشاره کرد. یکی از مواد تغییر فاز دهنده پارافین است که یک هیدروکربن اشباع شده با فرمول C_nH_{2n+2} می‌باشد. با توجه به خواص خوبی مانند غیر سمی بودن، سازگاری با اکثر فلزات، سهولت کاربرد، نداشتن حالت خیلی سرد، تغییر حجم کم، تبلور خوب و عدم تمایل به واکنش شیمیایی که در پارافین گرانوله وجود دارد، استفاده از آن به عنوان ماده تغییر فاز دهنده مورد استفاده بسیاری از محققین قرار گرفته است. تنها ایراد وارده به آن، خاصیت اشتعال‌پذیری است که بایستی مدنظر قرار داده شود [۱۷].

۱-۷ بیان مسأله

کشت های گلخانه‌ای به دلیل ماهیت تولید خارج از فصل، یکی از پرمصرف‌ترین بخش‌های مصرف‌کننده انرژی در بخش کشاورزی می‌باشند که منبع عمده تامین‌کننده انرژی آنها، سوخت‌های فسیلی است. با توجه به معایب مصرف سوخت‌های فسیلی و قوانین بازدارنده مصرف آن در سال‌های آینده بایستی در خصوص جایگزینی تدریجی آنها با انرژی‌های تجدیدپذیر مطالعات لازم صورت گیرد در این تحقیق ما به بررسی یک سیستم گرمایش خورشیدی برای یک واحد گلخانه واقع در شهرستان شبستر در استان آذربایجان شرقی پرداخته ایم. ابتدا داده‌های آب و هوایی محل گلخانه را توسط نرم افزار *Meteonorm* بدست آوردیم و با بازخوانی اطلاعات آب و هواشناسی توسط نرم افزار *Tmsys* سیستم گرمایش خورشیدی برای گلخانه مورد نظر شبیه‌سازی شده است و در طول شبیه‌سازی حالت‌های سری و موازی کلکتورها و پارامترهای دیگر که روی سیستم تأثیر دارند مانند نرخ جریان ورودی، حجم تانک و مساحت کلکتور نیز بررسی شده و حالت‌های بهینه آنها مشخص شده است.

پیشینه‌ی تحقیق

۲-۱ مقدمه

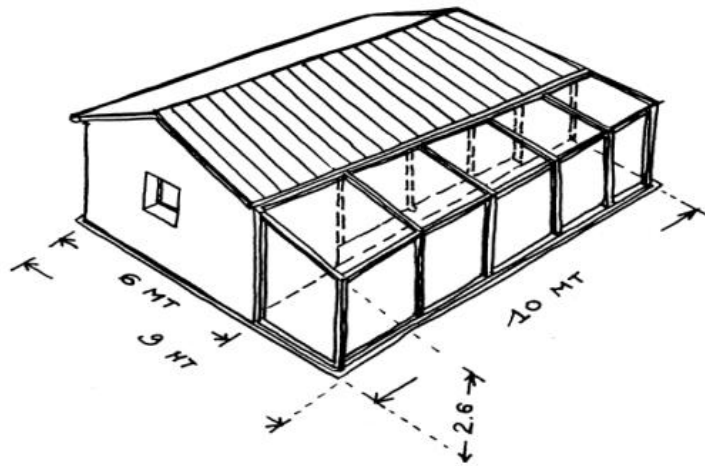
در این فصل به مرور تحقیقات صورت گرفته می‌پردازیم

المینیر^۱ و همکارانش جنبه های نظری انتخاب زاویه انحراف را برای کلکتورهای صفحه تخت مورد استفاده در مصر را بررسی کردند و پیشنهاداتی در مورد اینکه جمع آوری انرژی به چه صورت می‌تواند با زوایای انحراف مختلف افزایش یابد ارائه کردند نتایج نشان داد که طی ماه‌های زمستان حداکثر تشعشعات تایید شده روی سطح کلکتور رو به جنوب با زاویه انحراف حدود ۴۳.۳۳ می‌باشد، درحالی که در تابستان حداکثر تشعشعاتی تهیه شده روی سطح تقریباً افقی روی می‌دهد. البته می‌توان با دادن زوایای انحرافی تقریباً همسان با عرض جغرافیایی یک مکان به حداکثر تابش خورشیدی در هر سال در دست یافت [۱۸].

می‌هالاکاکو^۲ و همکاران سال ۲۰۰۰ میلادی به بررسی تاثیر عواملی مانند جهت‌گیری، مصالح پوشش، شرایط مرزی کف گلخانه سیستم لوله‌های زیرزمینی بر عملکرد حرارتی آن بر یک ساختمان نمونه (که در شکل زیر نشان داده شده است) در چهار شهر اروپایی با استفاده از برنامه شبیه سازی ترنسیس پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان داد، گلخانه متصل به ساختمان به میزان قابل توجهی دمای فضای داخلی را در اوقات سرد سال افزایش می‌دهد. اما از سوی دیگر در اغلب مواقع موجب بیش از حد گرم شدن فضای داخل در اوقات گرم سال می‌شود. البته این پدیده زمانی رخ می‌دهد که عملکرد گلخانه در اوقات سرد و گرم سال یکسان باشد و هیچ گونه تمهیداتی برای خروج هوای گرم در اوقات گرم سال در نظر گرفته نشده باشد [۱۹].

¹ Elminir

² Mihalakako



شکل ۱-۲: شماتیک فضای ساختمان کار شده در پژوهش میهالاکاکو [۱۹]

وانگ^۱ و همکاران در سال ۲۰۰۶ در شهر گوانگ ژو چین آنالیز اقتصادی به کارگیری آبگرمکن خورشیدی در این شهر را بررسی کردند هزینه اولیه و هزینه تعمیر و نگهداری سه نوع آبگرمکن برقی، گازی و خورشیدی را باهم مقایسه کردند. بررسی‌های آنها نشان داد آبگرمکن خورشیدی علیرغم هزینه اولیه زیاد، به خاطر طول عمر مفید زیاد و تامین مناسب تقاضا دارای صرفه اقتصادی بیشتری می‌باشد [۲۰].

بروق^۲ و همکاران استفاده از یک مدل پویا برای عملکرد حرارتی گلخانه ای با دیوار شمالی و مواد تغییر فاز دهنده را مورد مطالعه قرار دادند. عملکرد حرارتی یک دیوار شمالی ساخته شده با مواد تغییر فاز (PCM)^۳ به عنوان یک وسیله ذخیره‌سازی در گلخانه با جهت‌گیری شرقی و غربی مورد بررسی و بحث قرار دادند. یک مدل حرارتی عددی با در نظر گرفتن مؤلفه‌های مختلف گلخانه (پوشش، گیاهان، هوای داخل و PCM دیوار شمالی) و بر اساس گرما و تعادل جرم گلخانه، برای اهمیت تأثیر PCM بر دما و رطوبت گلخانه ارائه کردند.

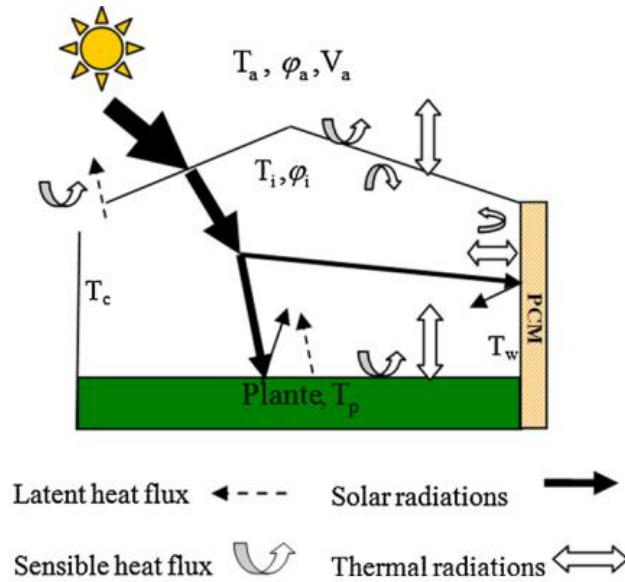
¹ Wang

² Berroug

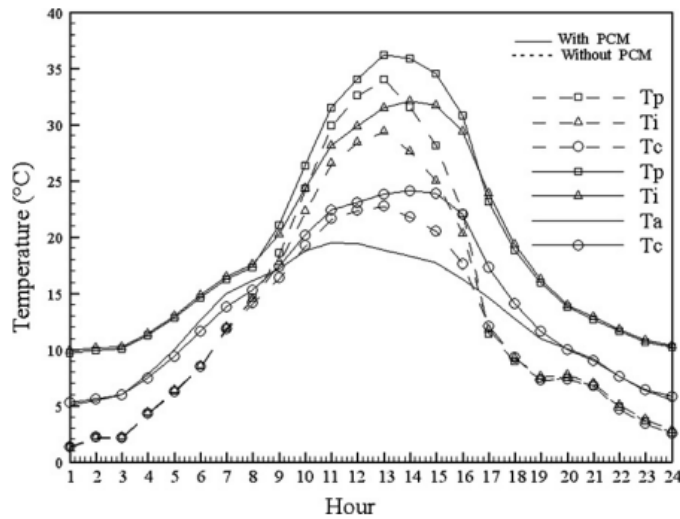
³ Phase change material

با 32.4 Kg PCM برای هر متر مربع از سطح زمین گلخانه، دمای هوای داخل در زمان شب در فصل زمستان $^{\circ}\text{C}$

۱۲- ۶ بیشتر نسبت به دمای هوای بیرون بدست آورند [۲۱].

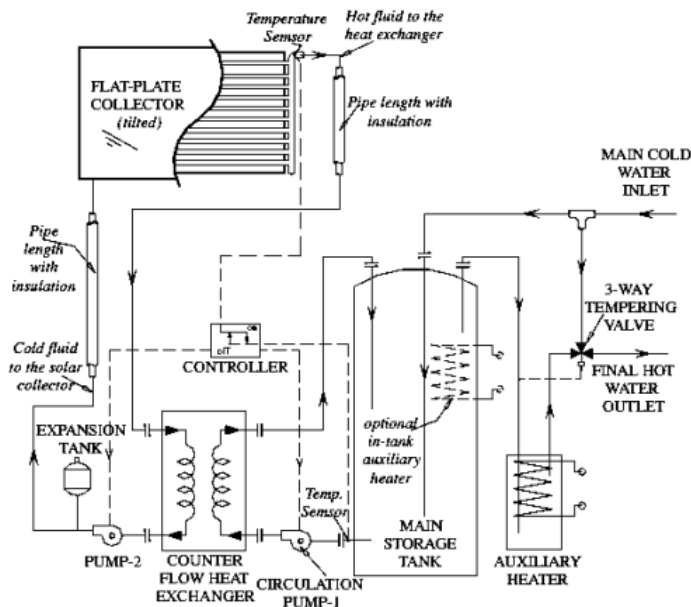


شکل ۲-۲: بالانس انرژی گلخانه بروف [۲۱]



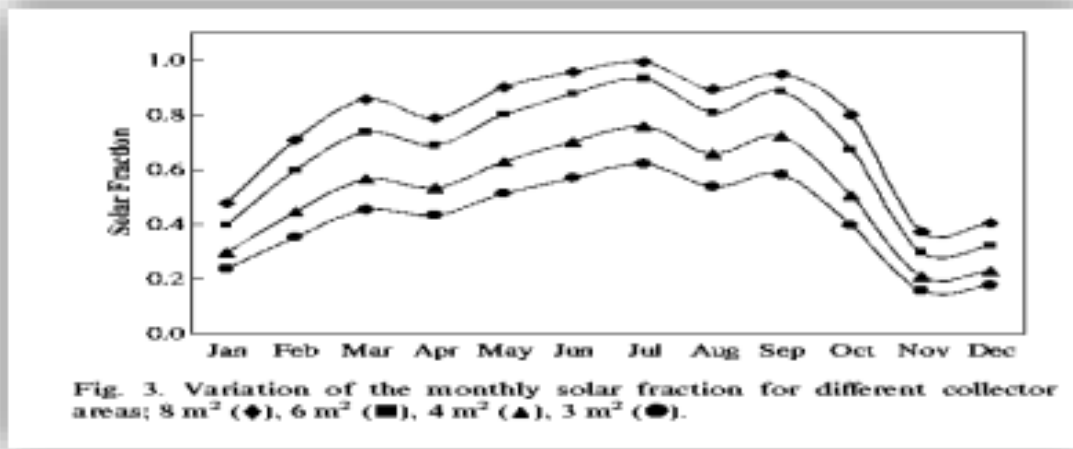
شکل ۲-۳: تغییر ساعتی دمای هوای بیرون، گیاهان، کاور و هوای داخل گلخانه بروف [۲۱]

علیرضا حبیبی و همکاران در سال ۲۰۰۸ یک سیستم گرمایش آب خورشیدی با چرخه اجباری غیرمستقیم با استفاده از کلکتور صفحه تخت برای تامین آب گرم خانگی یک منزل مسکونی در مونترال کانادا مدل کردند همه پارامترهای اصلی طراحی را مورد بررسی قرار دادند و مقادیر بهینه را توسط نرم افزار ترنسیس به دست آوردند.



شکل ۴-۲: شماتیک سیستم علیرضا حبیبی [۲۲].

پارامترهای مرتبط با کلکتور، شامل مساحت کلکتور، نوع سیال، نرخ جریان (دبی) و حجم تانک ذخیره را بهینه‌سازی کردند. نتایج نشان داد که با استفاده از انرژی خورشیدی و سیستم طراحی شده ۸۳-۹۷ درصد در تابستان ۳۰-۶۲ درصد در زمستان از میزان تقاضای آب گرم مورد نیاز تامین می‌شود. جهت برآورد کسر خورشیدی سالیانه و ماهیانه و تعیین مساحت کافی کلکتور، این مدل برای چهار مساحت متفاوت کلکتور ۳، ۴، ۶ و ۸ متر مربع مطالعه شده است. نتایج به صورت نمودار در شکل (۲-۵) آمده است [۲۲].



شکل ۳-۵: تغییرات ماهانه کسر خورشیدی برای مساحت های کلکتور مختلف [۲۲]

سربان^۱، و همکاران در سال ۲۰۰۸ به بررسی یک ساختمان خورشیدی در مقیاس کوچک در شهر در براسف کشور رومانی پرداختند. مصرف انرژی در ساختمان‌ها بخش بزرگی از انرژی مورد نیاز را در بر می‌گیرد. هدف آن‌ها آنالیز انرژی برای یک نیروگاه مدرن در مقیاس کوچک بود. آنها در نرم افزار ترنسیس انرژی خورشیدی به دست آمده از صفحات خورشیدی برای گرمایش و آب گرم مصرفی ساختمان شبیه سازی کردند [۲۳].



شکل ۳-۶: نمایی از ساختمان مورد استفاده سربان [۲۳].

¹ Şerban

کالیس^۱ و همکاران در سال ۲۰۰۹ به بهینه‌سازی سیستم انرژی خورشیدی در ابعاد مختلف پرداختند. سیستم خورشیدی موردنظر از کلکتورهای لوله خلاء تشکیل شده بود و شبیه‌سازی توسط نرم‌افزار TRNSYS انجام شد. نتایج نشان داد که با بهینه‌سازی سیستم می‌توان تأمین انرژی موردنیاز را از ۳۶/۶٪ به ۴۸٪ افزایش داد [۲۴].

یوکار^۲ و همکاران در سال ۲۰۰۸ به بررسی اقتصادی و گرمایی چند نوع سیستم گرمایش خورشیدی با ظرفیت‌های متفاوت برای خانه‌های مسکونی پرداختند. بررسی‌های آن‌ها با در نظر گرفتن سه نوع تانک ذخیره قرار گرفته در زیرزمین، تانک ذخیره روی زمین، تانک ذخیره عایق شده قرار گرفته روی زمین، صورت گرفت. نتایج آنها نشان داد که با به کارگیری سیستم کلکتورهای خورشیدی با ظرفیت‌های متفاوت، می‌توان به کسر خورشیدی در محدوده ۱۸- تا ۹۷٪ دست یافت. بهترین عملکرد را سیستم خورشیدی با تانک ذخیره قرار گرفته در زیر زمین نشان داد و بازگشت سرمایه نیز ۱۹ سال تعیین شد [۲۵].

متین^۳ و همکاران یک مطالعه موردی انجام دادند با استفاده از نرم افزار MATLAB برای یک واحد گلخانه واقع در شانلیورفا ترکیه یک سیستم کلکتور خورشیدی شبیه‌سازی کردند، که این سیستم شامل یک کلکتور لوله خلاء، یک هیتر کمکی با سوخت فسیلی، یک ذخیره کننده آب گرم، واحد کنترل و لوله کشی می‌باشد. با شبیه سازی این سیستم آنها دمای داخل تانک آب، دمای داخل گلخانه و مقدار سوخت مصرفی را بنابر اطلاعات آب و هوای منطقه، پیش بینی کردند [۲۶].

عطار^۴ و همکاران در سال ۲۰۱۳ جهت برآورده عملکرد یک سیستم گرمایش آب خورشیدی برای یک گلخانه در شرایط آب و هوایی تونس در نرم افزار ترنسیس شبیه‌سازی کردند. سیستم مورد نظر دارای دو کلکتور خورشیدی

¹ Calise

² Ucar

³ Metin

⁴ Attar

با مساحت کلی ۴ متر مربع و منبع ذخیره ۲۰۰ لیتری مبدل حرارت دارای لوله‌های بسیار باریک پلی‌پروپیلن که در گلخانه نصب شده‌اند. در طی شبیه‌سازی ترکیب‌های ممکن کلکتور خورشیدی (سری و موازی) مورد بررسی قرار می‌گیرد. پارامترهایی که روی سیستم ذخیره موثر هستند نظیر نرخ جریان ورودی، حجم منبع و مساحت کلکتور نیز بررسی می‌شوند. در شکل (۱) نمایی از سیستم مورد استفاده آمده است.



شکل ۷-۲: نمایی از سیستم مورد استفاده عطار [۲۷]

نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که به وسیله افزایش حجم منبع، دمای آب خروجی از کلکتور کاهش می‌یابد. همچنین دبی جریان بالا پدیده لایه‌بندی را کم می‌کند و بازده سیستم را کاهش می‌دهد. کاهش دبی جریان ورودی به مبدل راه حل مناسبی جهت کاهش اتلاف حرارت می‌باشد. این سیستم در کل دمای هوای داخل

گلخانه را ۵ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌دهد [۲۷]

مدلسازی و معادلات حاکم بر مسأله

۳-۱ مقدمه

در این فصل ابتدا به معادلات حاکم بر مسأله مورد مطالعه، پرداخته شده سپس به معرفی نرم افزار Meteonorm و Trnsys پرداخته شده و در ادامه به روند مدلسازی این پژوهش پرداخته شده است.

۳-۲ معادلات حاکم

۳-۲-۱ جریان‌های انرژی گلخانه

بالانس روزانه انرژی گلخانه از فرمول زیر به دست می‌آید

$$\varphi_p = \gamma \cdot R_G - K \cdot (T_j - T_0) - C \cdot \left(\frac{dT_m}{dt}\right) \quad (3-1)$$

وقتی φ_p مثبت باشد، انرژی قابل بازیابی است و وقتی φ_p منفی شود نشان دهنده این است که برای حفظ شرایط دمایی گلخانه گرما نیاز هست.

موقع شب سهم R_G صفر می‌شود و بالانس انرژی برابر است با:

$$\varphi_n = K \cdot (T_n - T_0) - C \cdot \left(\frac{dT_m}{dt}\right) \quad (3-2)$$

کل تلفات حرارتی در گلخانه سرانجام با فرمول زیر نوشته می‌شود [۲۸]

$$\varphi_{Total} = \varphi_p + \varphi_n \quad (3-3)$$

برای مطالعه تاثیر سیستم گرمایش بر گلخانه، ضروری است که از دست دادن انرژی در هر مولفه گلخانه محاسبه شود [۲۸].

- تلفات حرارتی دیواره‌های گلخانه:

$$Q_w = \frac{A_{pc} \cdot (T_{min} - T_{ext})}{R_{pc} + \frac{R}{e} + R_{in}} \quad (3-4)$$

- تلفات حرارتی از زمین:

$$Q_{qr} = A_{qr} [K_e \cdot (T_a - T_{ext})] \cdot \frac{1.2}{h_k} \cdot (T_{water} - T_{ext}) \quad (3-5)$$

- تلفات نفوذ هوا:

$$Q_{inf} = 0.5 \cdot V \cdot n \cdot (T_2 - T_{ext}) \quad (3-6)$$

$$Q_{Total} = \sum_i Q_i \quad (3-7)$$

۳-۲-۲ بررسی نظری مبدل حرارتی پلی پروپیلن

انتقال گرما درون لوله به وسیله انتقال حرارت اجباری انجام می‌شود. یک عنصر بی‌نهایت کوچک dx از یک لوله در یک جریان مستقیم را در نظر می‌گیریم. نرخ انتقال حرارت Q که توسط مبدل حرارتی بازیافت می‌شود، توسط عبارت زیر بیان می‌شود [۲۹].

$$dQ = m_i \cdot C_p \cdot dT_f(x) = U(x) [T_{f(x)} - T_g] ds \quad (3-8)$$

با پذیرش اینکه ضریب انتقال حرارت به طور کلی در سرتاسر مبدل ثابت باقی می‌ماند، $U(x) = U$ و پس از ادغام در معادله (۳-۸) معادله (۳-۹) بدست می‌آید.

$$m_i \cdot C_p \cdot \ln \frac{[T_o - T_g]}{[T_{in} - T_g]} = U \cdot S \quad (3-9)$$

حرارت جذب شده بوسیله واحد از معادله (۳-۱۰) محاسبه می‌شود.

$$Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_o - T_{in}) \quad (3-10)$$

با ترکیب دو معادله (3-9) و (3-10) معادله (3-11) بدست می‌آید.

$$Q = U \times S \cdot \frac{(T_o - T_{in})}{\ln \frac{(T_o - T_g)}{(T_{in} - T_g)}} \quad (3-11)$$

اگر به جای $\ln \frac{(T_o - T_g)}{(T_{in} - T_g)}$ که نشان دهنده اختلاف درجه حرارت است، $LMTD$ را قرار دهیم معادله انتقال حرارت از معادله (3-12) بدست می‌آید.

$$Q = U \times S \times LMTD \quad (3-12)$$

ضریب انتقال حرارت محلی به شکل زیر نوشته می‌شود .

$$U_i = \frac{1}{\frac{r_m}{h_{int} \cdot r_{int}} + \frac{e}{\lambda}} \quad (3-13)$$

$$U = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=0}^n U_i \quad (3-14)$$

مقاومت حرارتی به صورت زیر است [30]

$$R = \frac{1}{U} \quad (3-15)$$

بازده کلکتور خورشیدی از معادله زیر به دست می‌آید که بازده حرارتی کلکتور مورد استفاده در ترنسیس می‌باشد

[31].

$$\eta = \frac{Q_c}{G \cdot A} = a_0 - a_1 \cdot \frac{T_i - T_a}{G} - a_2 \cdot \frac{(T_i - T_a)^2}{G} \quad (16-3)$$

۳-۳ معرفی نرم افزار Meteonorm

Meteonorm نرم‌افزاری، کم‌نظیر جهت تولید داده‌های هواشناسی برای اقلیم‌ها و نقاط جغرافیایی مختلف دنیا است. با استفاده از این برنامه می‌توانید اطلاعات هواشناسی هر نقطه‌ای از زمین را دریافت کنید و در برنامه‌های مرتبط استفاده کنید. به عنوان مثال اطلاعاتی همچون، دمای هوا در ساعات مختلف روز و شب، شدت تابش نور خورشید، میزان رطوبت و خشکی هوا، نوع آب و هوا و اقلیم منطقه و بسیاری از پارامترهای آب و هوایی دیگر، این اطلاعات با فرمت‌های مختلفی در دسترس است. این اطلاعات را می‌توانیم در سایر نرم‌افزارهای شبیه‌سازی فتوولتائیک، انرژی خورشیدی و یا ساختمان‌سازی استفاده کرد. این برنامه اطلاعات خود را از ۸۳۲۵ ایستگاه هواشناسی معتبر، ۵ ماهواره هواشناسی و ۳۰ سال تجربه دریافت می‌کند.

یکی از ویژگی‌های مهم Meteonorm دادن اطلاعات لازم در بازه‌های زمانی در حد دقیقه است. شما می‌توانید پارامترهای هواشناسی مورد نظرتان را انتخاب کنید و نتایج را در بازه‌های زمانی ماهانه، ساعتی و یا دقیقه‌ای دریافت کنید که این نشان از دقت بالای برنامه است. نکته بعدی بخش اطلاعات آنلاین برنامه است که در این قسمت جدیدترین اطلاعات هواشناسی اقلیم مورد نظر در اختیار کاربر قرار می‌گیرد. گذشته از این کاربران قادر هستند تاریخچه اطلاعاتی یک منطقه جغرافیایی خاص را در گذر زمان مشاهده کنند. این اطلاعات جهت پیش-بینی روند تغییرات آب و هوایی بسیار کاربرد خواهد داشت. و در نهایت مزیت کلیدی این برنامه تعداد بسیار بالای فرمت‌های خروجی آن است. شما می‌توانید داده‌ها را با فرمت‌های مختلف اکسل, CSV, TMY2, TMY3, EPW, PVSol, PVSyst, Polysun و ... دریافت نمایید. این فرمت‌ها شامل تمامی موارد مورد نیاز در نرم-افزارهای مرتبط می‌باشد[۵]. ما برای نرم افزار ترنسیس فرمت TMY2 انتخاب نموده‌ایم.

۴-۳ معرفی نرم افزار ترنسیس

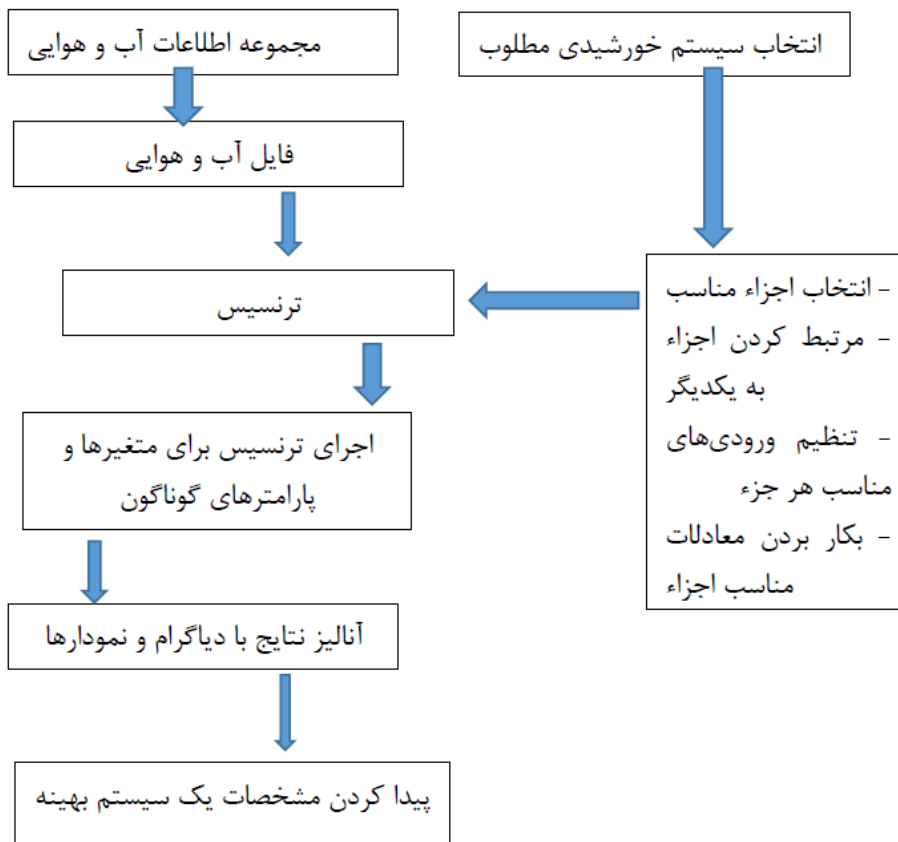
واژه TRNSYS مخفف واژه Transient System Simulation می باشد TRNSYS یک نرم افزار شبیه سازی برای حالت گذرا است. این نرم افزار که محصول همکاری مشترک کشورهای آمریکا، فرانسه و آلمان می باشد در دانشگاه ویسکانسین توسعه یافته است اولین بار در سال ۱۹۷۵ میلادی در دسترس عموم قرار گرفت. نرم افزار TRNSYS تاکنون در ۱۸ ورژن مختلف به بازار عرضه شده است که تنها تا ورژن ۱۶ آن در کشور ما در دسترس می باشد.

نرم افزار ترنسیس از دو بخش اساسی تشکیل شده است بخش اول یک هسته مرکزی به نام Kernel می باشد که پوشه های ورودی را خوانده و مورد پردازش قرار می دهد سپس مسئله را به صورت روش تکرار عددی حل می کند و جواب همگرا شده را تخمین زده و نمودار متغیرهای مورد نظر آن را رسم می کند. بخش دوم نرم افزار ترنسیس کتابخانه وسیعی از اقلام یا المان های مختلف می باشد که هر کدام از آنها عملکرد یک بخش از سیستم را مدلسازی می کند.

ترنسیس یک محیط شبیه سازی کامل و قابل توسعه برای شبیه سازی های سیستم های سرمایش و گرمایش خورشیدی در حالت گذرا است. برای مثال شبیه سازی های ساختمان های چند منظوره را می توان نام برد. این نرم افزار توسط محققان و مهندسان به اعتبار مفاهیم جدید انرژی من جمله شبیه سازی های گرمایشی و سرمایشی ساده گرفته تا حالات بسیار پیچیده گذرا مورد استفاده قرار می گیرد. این استفاده شامل استراتژی های کنترل شبیه سازی سیستم های بادی، خورشیدی، هیدروژنی، فتوولتائیک و غیره است یکی از فاکتورهای موفقیت ترنسیس در ۲۵ سال گذشته ساختار مدولار و ارتباطات و فناوری های باز آن بوده است. مدل های مورد نیاز کاربر، در فضای ابزار این نرم افزار به وفور موجود است و در صورت عدم وجود با انواع زبان های برنامه نویسی قابلیت تعریف

دارند علاوه بر این در ترنسیس قابلیت اتصال به بسیاری از نرم افزارهای کاربردی مثل Matlab, excel, Ees و Fluent را نیز دارا است. کاربردهای ترنسیس شامل سیستم های خورشیدی، ساختمان هایی با مصرف انرژی کم و طراحی پیشرفته سیستم های انرژی تجدیدپذیر پیل های سوختی و در نهایت سیستمی که نیاز به شبیه سازی پویا و گذرا دارد می باشد [۳۲].

یک استراتژی حل برای تحلیل مسائل در ترنسیس در شکل (۳-۱) آمده است

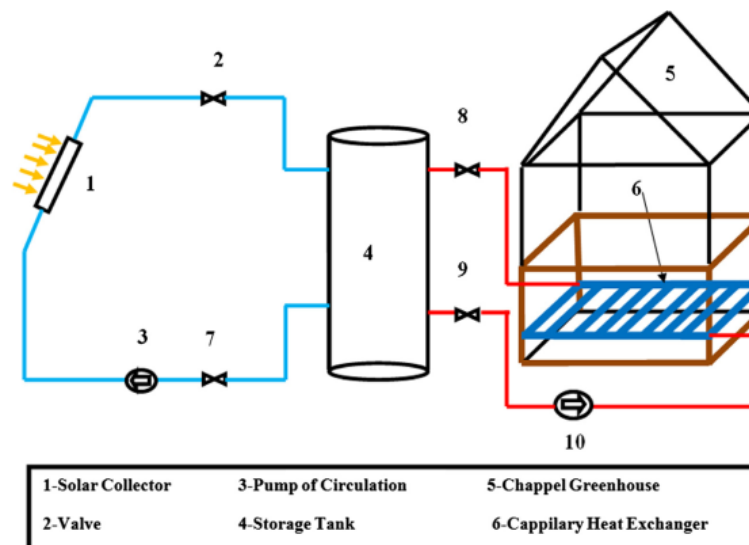


شکل ۳-۱: شماتیک استراتژی حل برای تحلیل مسئله در نرم افزار ترنسیس [۳۳]

۳-۵ مدلسازی

در این قسمت به بررسی سیستم گرمایش خورشیدی برای یک واحد گلخانه در شهرستان شبستر با آب و هوای سرد پرداخته شده است. ابتدا با استفاده از نرم افزار Meteonorm اطلاعات آب و هوایی محلی که گلخانه در آن واقع شده است را به دست می آوریم سپس به کمک نرم افزار ترنسیس سیستم مورد نظر شبیه سازی شده، و پس از آن پارامترهای مختلف سیستم بهینه شده، در پایان سیستم بهینه شده نیز تحلیل و آنالیز شده است.

سیستم مورد نظر در شبیه سازی انجام شده شامل کلکتور، منبع ذخیره آب گرم، پمپ، ساختمان و فایل اطلاعات آب و هوایی است. این سیستم در فصل سرد، آب گرم تولید شده حلقه کلکتوری را برای مصرف در تانک ذخیره می فرستد. سیال گرم به ساختمان پمپ می شود تا دمای گلخانه را حدود $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ نگه دارد. در تانک ذخیره آب گرم سیستم گرمایش خورشیدی مذکور دو عدد هیتر کمکی هر کدام به توان 9 kW تعبیه شده است. طرح شماتیک اولیه سیستم گرمایش خورشیدی در شکل (۳-۲) آمده است.



شکل ۳-۲: شماتیک سیستم گرمایش خورشیدی برای گلخانه [۲۷]

۳-۵-۱ مشخصات گلخانه

مدل سازی بخش‌های مختلف ساختمان در قسمت TRNBuild انجام می‌گیرد قسمت TRNBuild نرم‌افزار ترنسیس یک فضای مشترک برای ساختن و ویرایش کردن تمام اطلاعات غیر هندسی که برای مدلسازی یک ساختمان در ترنسیس مورد نیاز است، ایجاد می‌کند. TRNBuild برای ویرایش دیوارها و مشخصات جنس لایه-های آن، ایجاد پروفایل تهویه و نفوذ هوا، افزودن بهره، تعریف سطوح فعال برای برای سقف و کف و... انعطاف-پذیری قابل ملاحظه‌ای دارد.

برای تعریف مشخصات گلخانه از Type 56a استفاده شده است گلخانه مورد نظر واقع در آذربایجان شرقی شهرستان شبستر به عرض جغرافیایی 45.6° ، طول جغرافیایی 38.1° ، ارتفاع از سطح دریا آن 1352 m، مساحت آن 100 m² (10*10) حجم آن 400 m³ و دیواره‌های شمالی، جنوبی، غربی و شرقی آن به ارتفاع 80 cm به ترتیب از داخل به خارج از لایه‌های ایزوگام^۱ 0.5 cm، سیمان^۲ 2 cm، آجر^۳ 20 cm و سیمان^۲ 2 cm تشکیل شده و بقیه دیوار و سقف بوسیله‌ی شیشه‌ی با فرم آلومینیومی^۴ پوشانده شده است. و کف گلخانه، حرارت از کف^۵ می‌باشد. در آن باتوجه به کار عطار و همکاران [۲۷] بهترین فاصله برای لوله‌ها از یکدیگر 20 cm انتخاب شده است. و با توجه به راهنمای ترنسیس که برگرفته از اشری^۶ می‌باشد. ابتدا از پایین 2 cm پلی‌یورتان^۷ برای عایقکاری، سپس 6 cm سیمان و بعد لوله‌گذاری و دوباره 7 cm سیمان می‌باشد. نمایی از گلخانه مورد نظر در شکل (۳-۳) نشان داده شده و در جدول (۳-۱) مشخصات لایه‌های انتخاب شده برای دیوارهای گلخانه جهت مدلسازی آورده شده است

¹ Tile

² Concrete

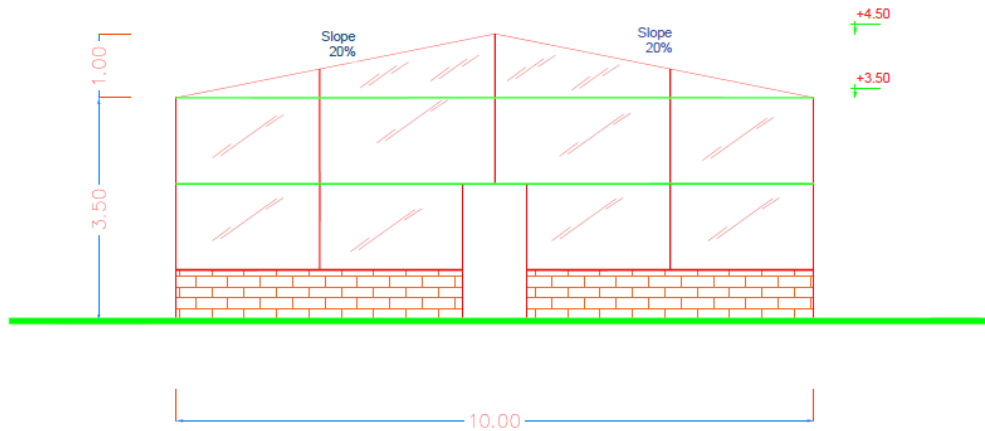
³ Bricks

⁴ Single glazing

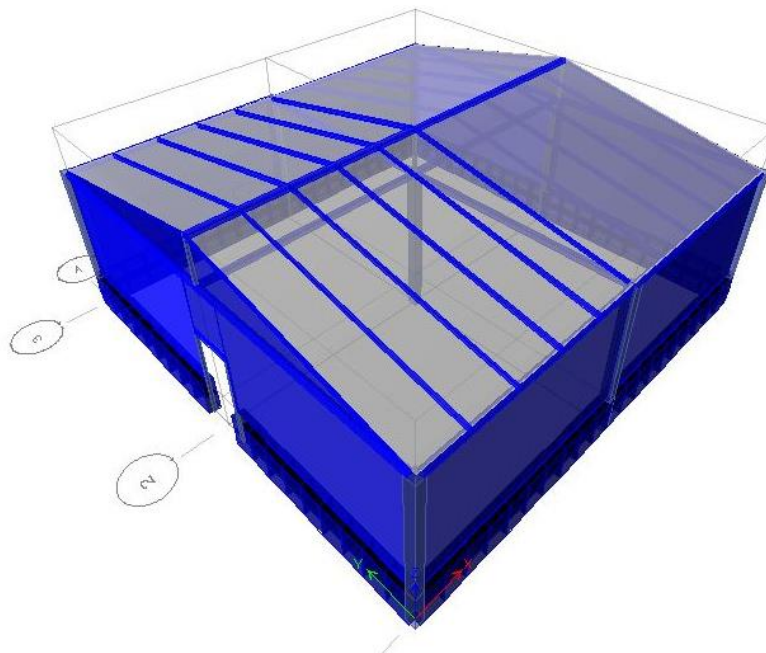
⁵ Floor heating system

⁶ Ashrae

⁷ Insulation polyurethane



نمای جنوبی



شکل ۳-۳: نمایی از فضای گلخانه مورد مطالعه

جدول ۳-۱: مشخصات لایه‌های دیوارهای گلخانه

U-Value	Thickness	Material
$5.71 \text{ W m}^{-2}\text{k}^{-1}$	0.5 cm	Tile
$5.57 \text{ W m}^{-2}\text{k}^{-1}$	2 cm	Concrete
$2.70 \text{ W m}^{-2}\text{k}^{-1}$	20 cm	Bricks
$2.83 \text{ W m}^{-2}\text{k}^{-1}$	0.5 cm	Single glazing
$1.49 \text{ W m}^{-2}\text{k}^{-1}$	2 cm	Insulation polyurethane
$5.03 \text{ W m}^{-2}\text{k}^{-1}$	6 cm	Concrete
$4.91 \text{ W m}^{-2}\text{k}^{-1}$	7 cm	Concrete

۳-۵-۲ پارامترهای کلکتور خورشیدی

برای کلکتور صفحه تخت Type 1b در نظر گرفته شده است. در این نوع کلکتور معادله‌ی درجه دوم از مرتبه دو

برای محاسبات اصلاحی زاویه برخورد استفاده شده است. که ورودی‌های داده شده به آن طبق جدول (۳-۲) می-

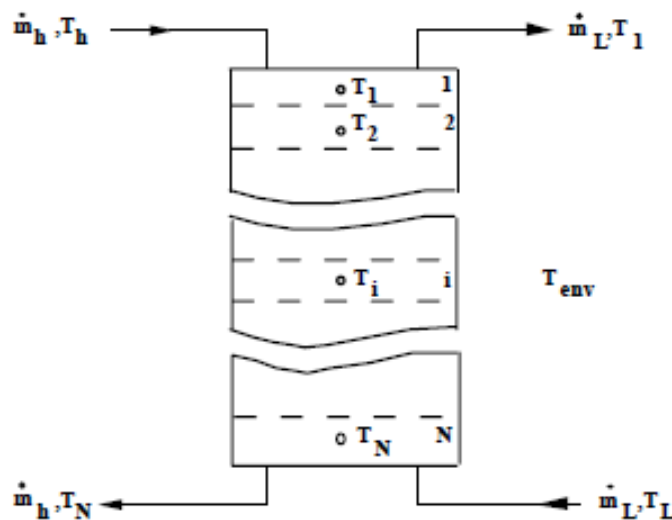
باشد

جدول ۳-۲: پارامترهای کلکتورهای خورشیدی

Parameter	Value	Unit
Number in series	1	-
Collector absorber area	10-50	m^2
Fluid specific heat	4.19	$\text{kJ kg}^{-1}\text{k}^{-1}$
Efficiency mode	1	-
Tasted flow rate	80	$\text{kg h}^{-1}\text{m}^{-2}$
Collector slope	25-80	$^\circ$
Intercept efficiency	0.755	-
Efficiency slope	13	$\text{kJ h}^{-1}\text{m}^{-2}\text{k}^{-1}$
Efficiency curvature	0.05	$\text{kJ h}^{-1}\text{m}^{-2}\text{k}^{-2}$
Optical mode 2	2	-
1st order IAM	0.2	-
2nd order IAM	0	-

۳-۵-۳ پارامترهای مخزن ذخیره

برای منبع ذخیره Type 4b انتخاب شده است که شماتیک آن در شکل () نشان داده شده است. مدلسازی توسط این المان از طریق تقسیم بندی تانک به N طبقه مختلف انجام می شود. چنانچه $N=1$ قرار گیرد، مدلسازی تانک به صورت همگن در نظر گرفته می شود و تأثیر بخش بندی در آن لحاظ نمی شود. با قرار دادن $1 < N < 15$ تانک به صورت یک مخزن طبقه بندی شده با N سطح حرارتی مدل می شود. همچنین المان Type 4a می تواند برای مدلسازی تانک با دو گرمکن ثانویه به کار رود. همچنین تأثیر هر دو هیتر ثانویه می تواند توسط تنظیمات ساده سیگنال کنترل و با قرار دادن مقدار صفر برای ورودی هر قسمت از بین برود. به طور معمول، مسیر تأمین کننده انرژی مورد نیاز بار، نزدیک بالای تانک ذخیره قرار دارد که در آنجا سیال دارای بیشترین دماست. مسیر سیال سرد رو به کلکتور، به پایین تانک متصل می شود که سیال در آنجا کمترین دما را دارد، لذا، اتلاف از تانک کم می شود. پارامترهای وروی به تانک ذخیره در جدول (۳-۳) آورده شده است.



شکل ۳-۴: شماتیک مخزن ذخیره مدل شده در این پژوهش

جدول ۳-۳: پارامترهای مخزن ذخیره

Parameter	Value	Unit
Variable inlet positions	2	-
Tank volume	1000-5000	L
Fluid specific heat	4.19	$\text{kJ kg}^{-1}\text{k}^{-1}$
Fluid density	1000	Kg m^{-3}
Tank loss coefficient	1.667	$\text{kJ h}^{-1}\text{m}^{-2}\text{k}^{-1}$
Height of node-1	0.2	M
Height of node-2	0.4	M
Height of node-3	0.6	M
Height of node-4	0.8	M
Height of node-5	1	M
Auxiliary heater mode	1	-
Node containing heating element-1	1	-
Node containing thermostat-1	1	-
Set point temperature for element-1	60	$^{\circ}\text{C}$
Dead band for heating element-1	2	Delta C
Maximum heating rate of element-1	9000	kJ h^{-1}
Node containing heating element-2	1	-
Node containing thermostat-2	1	-
Set point temperature for element-2	60	$^{\circ}\text{C}$
Dead band for heating element-2	2	Delta C
Maximum heating rate of element-2	9000	kJ h^{-1}
Not used (Flue UA)	0	W hK^{-1}
Not used (T flue)	20	$^{\circ}\text{C}$
Boiling point	100	$^{\circ}\text{C}$

۳-۵-۴ پارامترهای پمپ

برای پمپ Type 3b این پمپ خودش تک سرعتی می باشد و برای اینکه پمپ در ساعتی که کلکتور نمی تواند

حرارت جذب کند، تلفات حرارتی از کلکتور نداشته باشیم یک کنترل کننده پمپ نیاز هست که آن را روشن و خاموش نماید. با استفاده از کنترلر، که مقدار صفر یا یک اتخاذ می‌کند، نرخ دبی را محاسبه می‌کند. کنترلر مورد استفاده Type 2b است. برای کنترل کننده ورودی دمای پایین، دمای پایین مخزن ذخیره در نظر گرفته شده و برای ورودی دمای بالای آن، مای خروجی کلکتور در نظر گرفته شده است. مقدار Lower dead bands برابر با $2C^{\circ}$ و مقدار Upper dead bands را برابر با $5C^{\circ}$ در نظر گرفته شده است.

جدول ۳-۴: پارامترهای پمپ

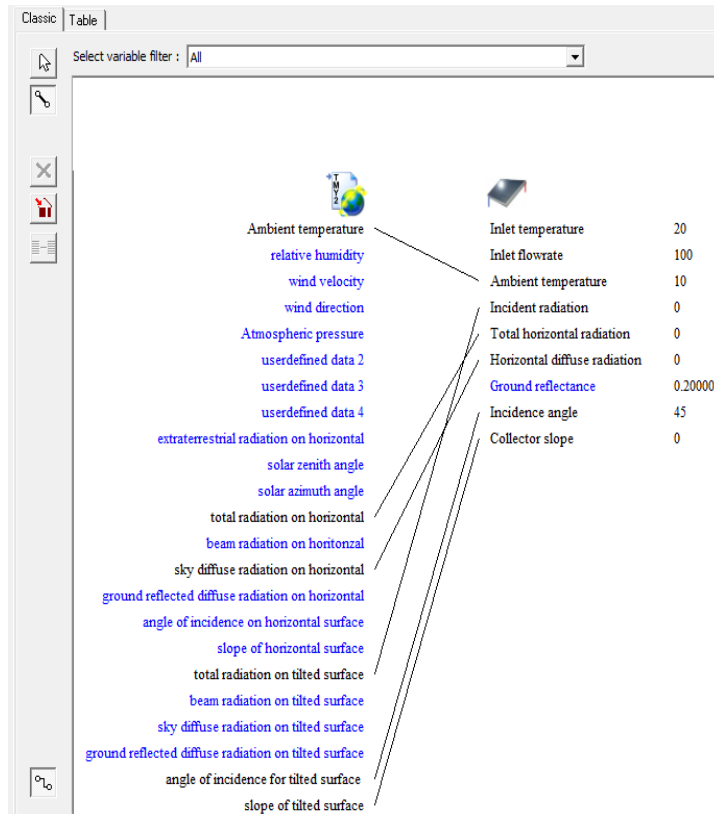
Parameter	Value	Unit
Maximum flow rate	500-2000	$kg h^{-1}$
Fluid specific heat	4.19	$kJ kg^{-1} K^{-1}$
Maximum power	1000	$kJ h^{-1}$
Conversion coefficient	0.05	-
Power coefficient	0.5	-

۳-۵-۵ فایل‌های آب‌وهوایی

این جزء وظیفه خواندن اطلاعات آب و هوایی محل مورد نظر را در فواصل زمانی منظم از یک فایل داده‌ها و تبدیل آن به یک سیستم مورد نظر از واحدها و پردازش داده‌های تابش خورشیدی برای به دست آوردن تابش روی سطح شیب‌دار زاویه برخورد برای تعداد دلخواهی از سطوح عمل می‌کند در این حالات تایپ ۱۰۹ استفاده شده است که در حقیقت یک فایل اطلاعات آب و هوایی در فرمت استاندارد TMY2 می‌باشد. فرمت TMY2 توسط پایگاه داده‌های تابش خورشیدی ملی آمریکا (USA) استفاده می‌شود چون در فرمت TMY2 نرم افزار ترنسیس اطلاعات آب و هوایی محل مورد نظر وجود نداشت فایل اطلاعات آب و هوایی فرمت TMY2 محل مورد نظر را با استفاده از نرم افزار Metaonorm ایجاد کردیم

بعد از وارد کردن اجزای مورد نظر در محیط ترنسیس بایستی اجزا به هم لینک شوند مرحله لینک کردن اجزا از

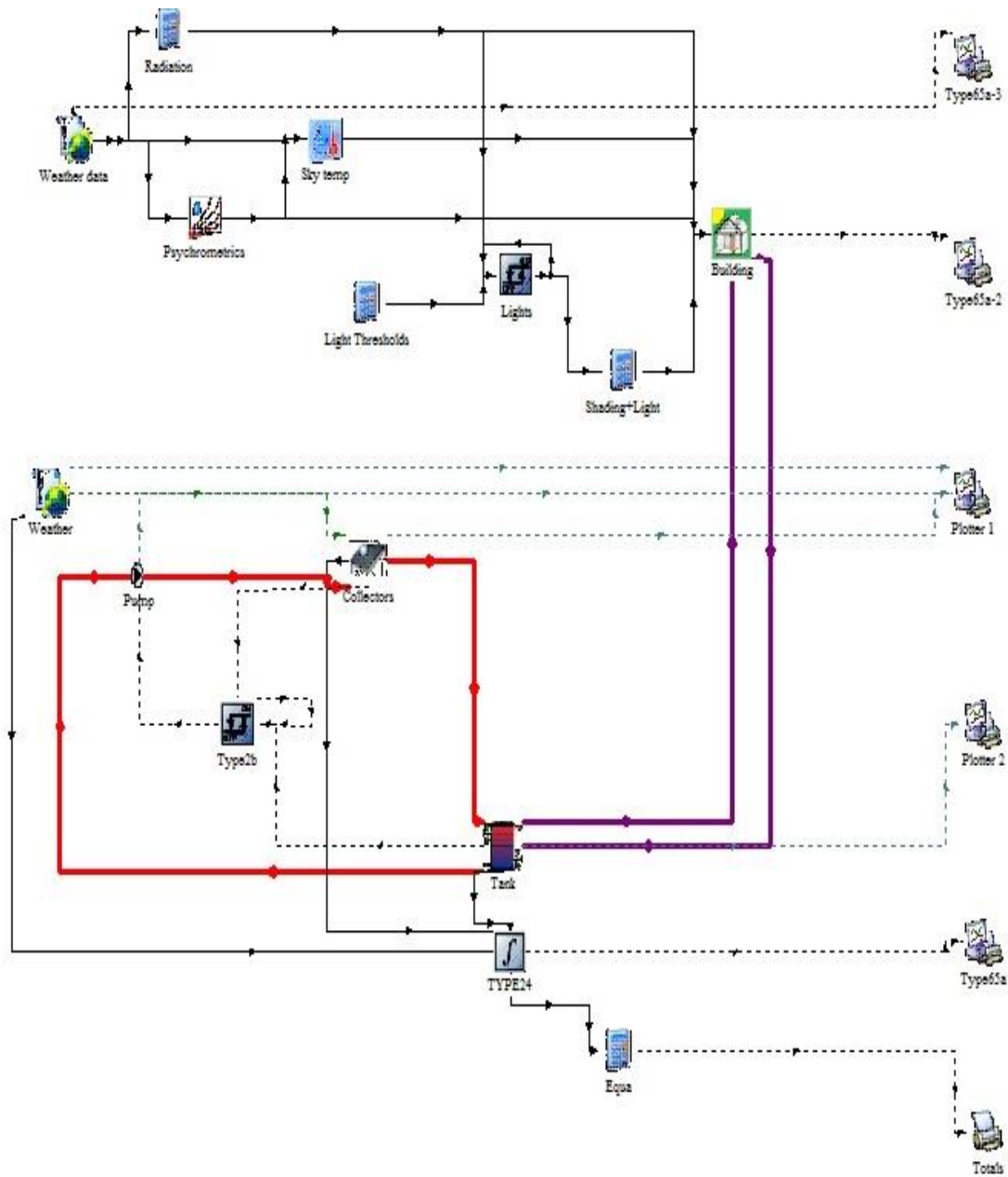
مهمترین مراحل حل مسئله در ترنسیس می‌باشد. مثلاً در پنجره لینک فایل آب و هوایی به کلکتور صفحه تخت نیاز است که پارامتر دمای محیط در جزء فایل آب و هوایی به پارامتر مشابه موجود در جزء کلکتور متصل می‌شود. تابش کلی روی سطح افقی در فایل آب و هوایی به پارامتر تابش افقی کل در جزء کلکتور متصل می‌شود. تابش دیفیوز کل آسمان در جزء فایل آب و هوایی به پارامتر تابش دیفیوز در کلکتور و همچنین تابش کل روی سطح شیب‌دار در فایل آب و هوایی به پارامتر تابش بازگشتی در کلکتور و پارامتر زاویه برخورد در سطوح شیب‌دار در فایل آب و هوایی به پارامتر زاویه برخورد در کلکتور لینک می‌شود و نهایتاً زاویه سطح شیب‌دار در فایل آب و هوایی به پارامتر شیب کلکتور در جزء کلکتور اتصال می‌یابد. در مجموع، لینک کردن پارامترهای دو جزء به درستی و به تعداد کافی برای حل معادلات بین دو جزء در ترنسیس مرحله ای الزامی می‌باشد. این موارد در شکل (۳-۵) آمده است.



شکل ۳-۵: لینک کردن پارامتر آب و هوا به پارامتر کلکتور خورشیدی

سیستم گرمایش خورشیدی مورد نظر به طور کامل برای حالتی که از کلکتور صفحه تخت استفاده شده است. در

شکل قابل () مشاهده است.



شکل ۳-۶: مدل گلخانه خورشیدی با کلکتور صفحه تخت

نتایج و بحث

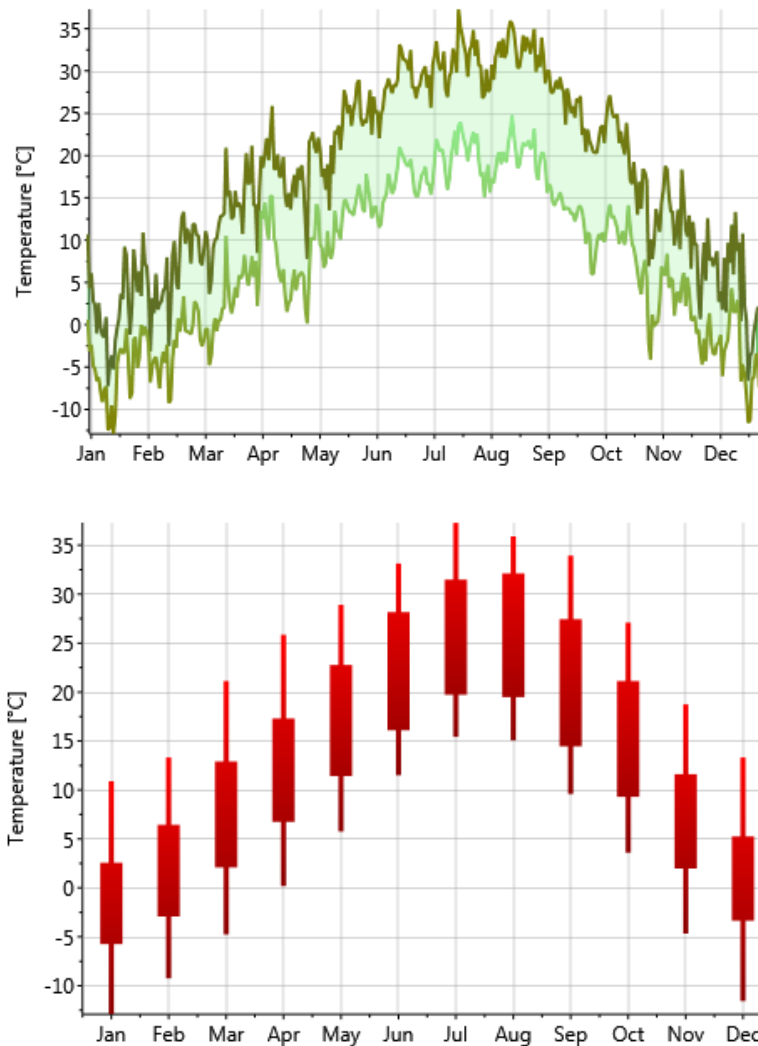
۴-۱ مقدمه

در این فصل به بررسی پارامترهای داده شده در بخش مدلسازی سیستم انتخابی، برای شبیه‌سازی در نرم‌افزار TRNSYS پرداخته‌ایم که اطلاعات آب و هوایی محل مورد نظر با استفاده از نرم افزار meteonorm به دست آورده شده است. در ادامه به بهینه ترین حالت زاویه کلکتور صفحه تخت در محل مورد نظر پرداخته و سیستم انتخابی، در دمای عملکردی گلخانه بهینه‌سازی شده و در نهایت بازده کلکتور سیستم بهینه شده بدست آورده شده است.

۲-۴ اطلاعات آب و هوایی محل مورد نظر گلخانه

۱-۲-۴ دمای محیط گلخانه

شرایط آب و هوایی منطقه احداث گلخانه اصلی ترین عامل در ساخت آن و اجرای گلخانه برای پرورش گیاه مورد نظر می‌باشد. محل مورد نظر برای مطالعه سیستم انتخابی شهرستان شبستر واقع در استان آذربایجان شرقی می‌باشد. در شکل (۱-۴) نمودار تغییرات دمای محیط برای طول سال آورده شده است که میانگین دمای پایین در ماه ژانویه اتفاق می‌افتد که پایین ترین دمای آن ۱۳- درجه سانتیگراد می‌باشد و میانگین دمای بالا در ماه جولای اتفاق می‌افتد که بالاترین دمای آن ۴۰ درجه سانتیگراد می‌باشد.

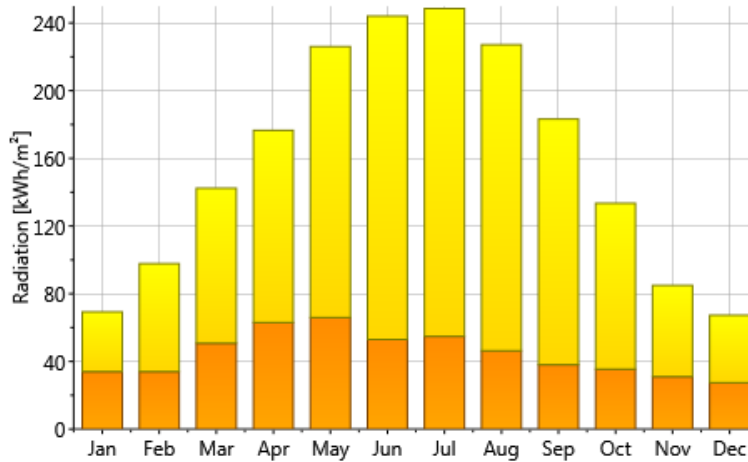
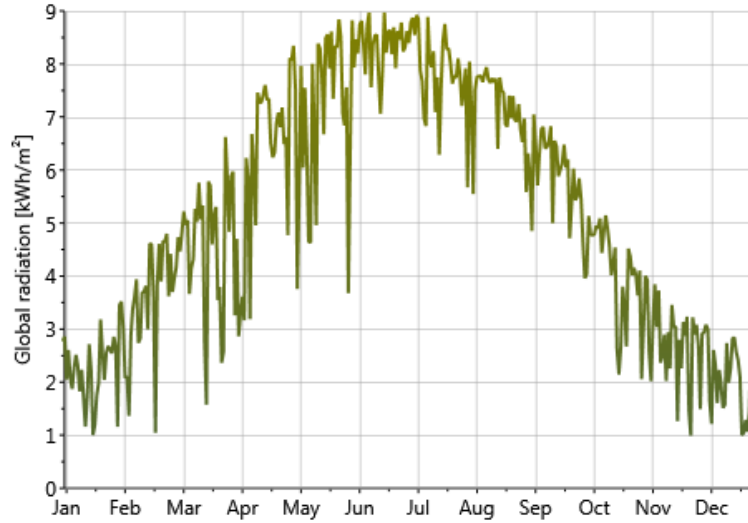


شکل ۱-۴: نمودار تغییرات دمای محیط در طول سال

۲-۲-۴ میزان تابش خورشید در محل گلخانه

شکل (۲-۴) نشان‌دهنده نمودار میزان تابش خورشیدی در محیط محل انتخابی گلخانه است که کمترین تابش برای ماه ژانویه و دسامبر هست که پایین‌ترین میزان تابش 1 kWhm^{-2} و مجموع کل تابش در هر کدام از این ماه‌ها 70 kWhm^{-2} می‌باشد و بیشترین میزان تابش برای ماه ژوئن هست که بیشترین میزان تابش 9 kWhm^{-2} و

مجموع تابش در این ماه 250 kWhm^{-2} می باشد.



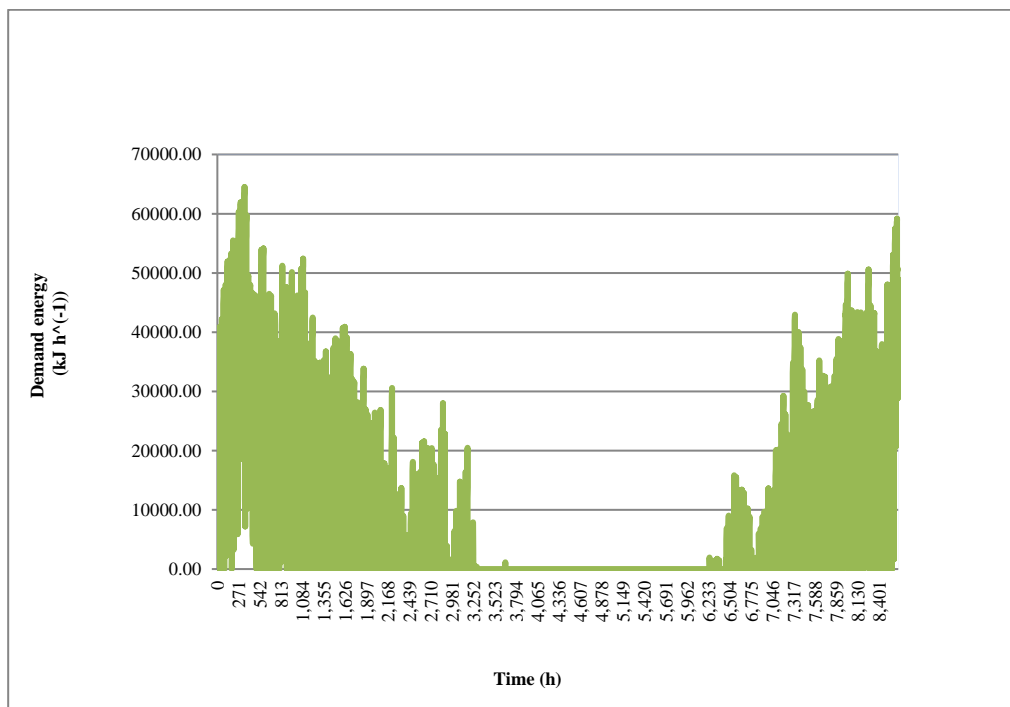
شکل ۲-۴: میزان تابش خورشید بر شهرستان شبستر در طول سال

۴-۳ میزان تقاضای انرژی گلخانه

دما در محیط داخل گلخانه پارامتر بسیار تاثیرگذار بر رشد گیاهان کشت شده، می باشد لذا تأمین دمای مناسب

برای انجام کشت گیاهان داخل گلخانه در طول سال نیازمند استفاده از سیستم های حرارتی و برودتی است. در

این پژوهش از یک سیستم گرمایشی برای تامین دمای مناسب به کار گرفته شده است در شکل (۳-۴) میزان تقاضای انرژی لازم برای گرمایش محیط گلخانه در طول سال با اعمال شرط ثابت نگهداشتن دما در ۲۰ درجه سانتیگراد بدست آورده شده. بیشترین انرژی مورد نیاز برای گرمایش گلخانه برابر با ۶۴۴۹۷ کیلوژول بر ساعت در ماه ژانویه آورده شده است.



شکل ۳-۴: میزان تقاضای انرژی مورد نیاز گلخانه به صورت ساعتی در طول یک سال

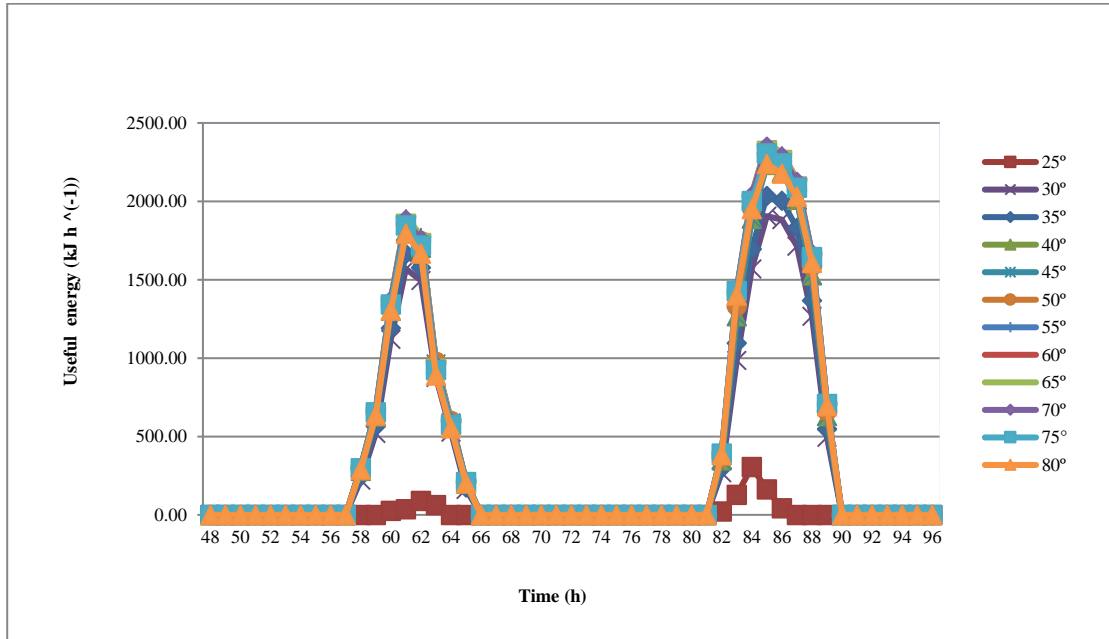
۴-۴ بررسی و بهینه‌سازی پارامترهای اجزای اصلی سیستم خورشیدی

در این قسمت از فصل بهینه‌سازی و بررسی اجزای اصلی سیستم انتخابی خورشیدی مذکور پرداخته شده است ابتدا شیب بهینه کلکتور بدست آورده شد. برای بهینه‌سازی اجزای سیستم، روش‌های مختلفی مثل روش اصیل‌زاده با تمرکز روی کسر خورشیدی و روش تمرکز روی بار گرمایی تانک وجود دارد که برای پروژه حاضر، تمرکز

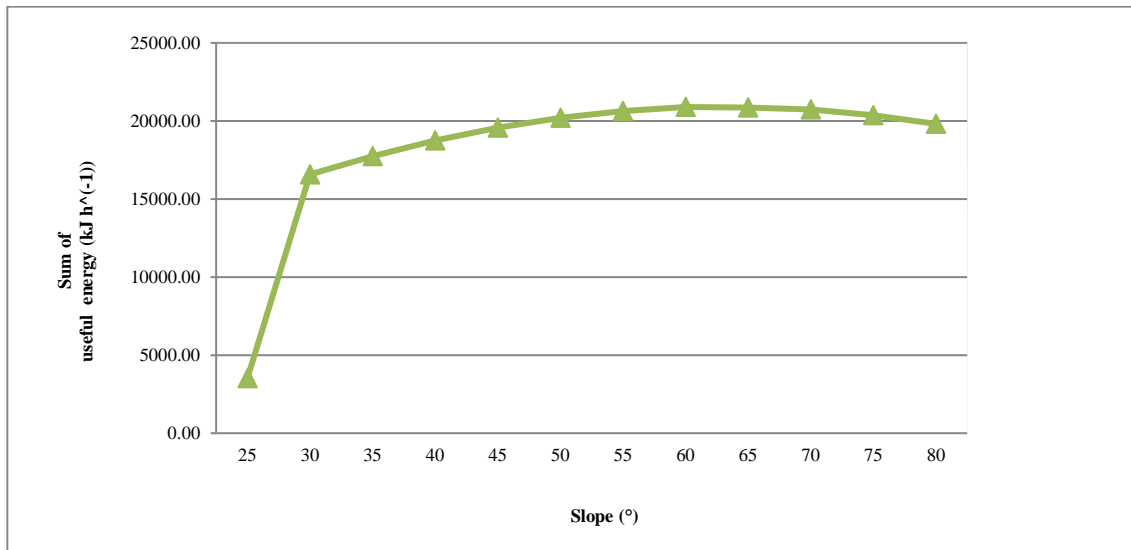
روی بار گرمایی تانک برای نگه داشتن دمای داخل گلخانه در ۲۰ درجه سانتیگراد (به عبارت بهتر بازه دمایی ۱۷-۲۳ درجه سانتیگراد) صورت پذیرفته است. پس از بهینه سازی شیب کلکتور، به ازای دبی های ثابت برای پمپ و حجم های ثابت، مساحت کلکتور بهینه بدست آورده شده که در آنجا به دمای ۲۰ درجه سانتیگراد توجه شده است و در نهایت در یک دبی ثابت و حجم ثابت، مساحت کلکتوری که در دمای داخل ۲۰ درجه سانتیگراد پذیرفته شده است. محاسبات در بازه زمانی ۴۸ تا ۹۶ ساعت گذشته از اول ژانویه (۳ و ۴ ژانویه یا ۱۳ و ۱۴ دی) انجام گرفته شده است.

۴-۴-۱ بهینه سازی شیب کلکتور

کلکتورهای به کار گرفته شده در این پژوهش، ردیاب نبوده و به طور ثابت رو به جنوب نصب می شوند. نرم افزار ترنسیس اطلاعات کاملی از محل، شامل اطلاعات مربوط به انواع زوایای تابش خورشید به محل مورد نظر پروژه، شدت تابش خورشیدی، عرض جغرافیایی، رطوبت نسبی، سرعت باد، فشار، تابش پخشی خارج از جو و تابش پخشی پس از عبور از جو و برخی پارامترهای دیگر در اختیار کاربر در فایل آب و هوایی قرار می دهد با در نظر گرفتن سطح ثابت ۱ متر مربع برای کلکتور و یک پلاتر که میزان انرژی دریافتی از آن را ثبت می کند، انرژی دریافتی کلکتور برای ۳ و ۴ ژانویه برای شیب های ۲۵ تا ۸۰ در شکل (۴-۴) شبیه سازی گشته و در شکل (۴-۵) میزان مجموع انرژی دریافتی برای شیب های ۲۵ تا ۸۰ نشان داده شده است. با توجه به شکل (۴-۴) بیشترین انرژی دریافتی در زاویه ۶۰ درجه نسبت به افق اتفاق افتاده است، در ۳ ژانویه در ساعت ۱ بعد از ظهر برابر با kJ h^{-1} ۱۹۰۴ بدست آمده و در ۴ ژانویه در ساعت ۱ بعد از ظهر برابر با $kJ h^{-1}$ ۲۳۱۰ بدست آمده است. در شکل (۴-۵) بیشترین میزان مجموع انرژی برای زاویه 60° و برابر با $20895 kJ h^{-1}$ حاصل گشته است. پس در نتیجه زاویه 60° به عنوان زاویه بهینه انتخاب شده است.



شکل ۴-۴: میزان انرژی دریافتی کلکتور صفحه تخت به ازای زوایای مختلف



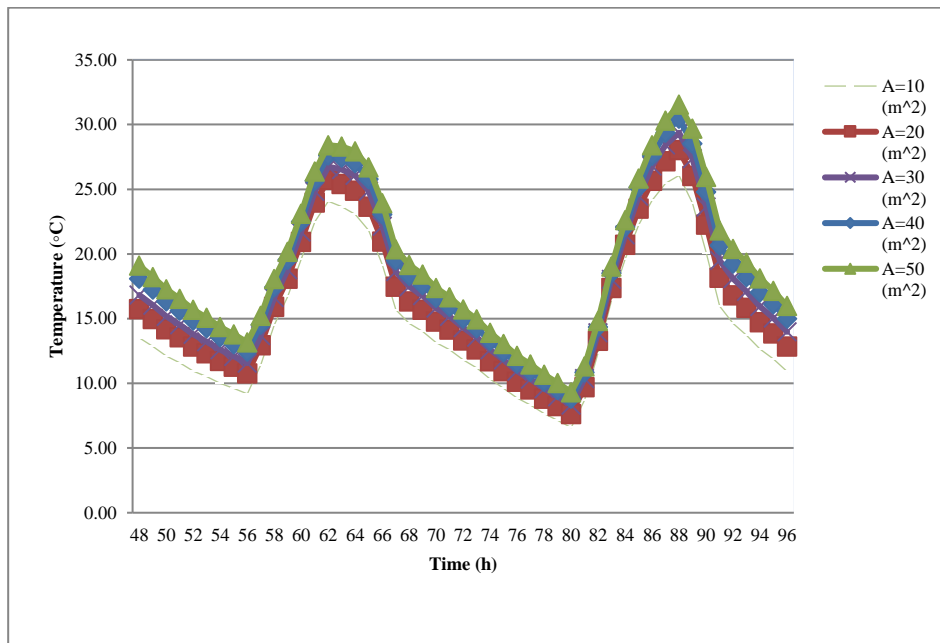
شکل ۴-۵: میزان انرژی دریافتی کلکتور صفحه تخت به ازای زوایای مختلف

۴-۴-۲ بهینه‌سازی دبی پمپ، حجم مخزن ذخیره و مساحت کلکتور

برای بهینه‌سازی دبی پمپ، حجم مخزن ذخیره و مساحت کلکتور ابتدا برای به ازای دبی‌های ثابت ۵۰۰-۱۰۰۰-۱۵۰۰-۲۰۰۰ $kg h^{-1}$ برای پمپ و حجم‌های ثابت ۱۰۰۰-۲۰۰۰-۳۰۰۰-۴۰۰۰-۵۰۰۰ L برای مخزن ذخیره و مساحت‌های $10-20-30-40-50 m^2$ برای کلکتور، مساحت بهینه حاصل شده مساحت کلکتور بهینه با توجه به تعداد ساعاتی که دمای گلخانه در آن ما بین دمای ۱۷ تا ۲۳ درجه سانتیگراد بیشترین تعداد باشد، و همچنین در طول این ۴۸ ساعت یعنی ۳ و ۴ ثانویه کمتر از ۱۰ درجه سانتیگراد و بزرگتر از ۳۰ درجه سانتیگراد باشد، بدست آورده شده است

نمودار بدست آمده در شکل (۴-۶) برای دبی $500 kg h^{-1}$ و حجم $1000 L$ به ازای مساحت‌های $10-20-30-40-50 m^2$ شبیه‌سازی شده است با توجه به نمودار (۴-۶) برای سیستم کلکتور به مساحت $10 m^2$ گلخانه به مدت ۸ ساعت در دمای مابین ۱۷ تا ۲۳ درجه سانتیگراد می‌ماند ولی در ساعات ۵۵ تا ۵۷ (۷ تا ۹ قبل از ظهر) و ۷۴ تا ۸۲ (۲ تا ۱۰ قبل از ظهر) دما به زیر ۱۰ درجه سانتیگراد می‌رسد و برای رشد گل ما مضر می‌باشد. و با افزایش مساحت میزان زمانی که گلخانه در دمای ۱۷ تا ۲۳ درجه سانتیگراد می‌ماند، افزایش پیدا می‌کند ماکزیمم میزان ساعت در مساحت $50 m^2$ اتفاق افتاده و برابر با ۱۶ ساعت شده است. ولی چون در بعضی از ساعات دما یا به زیر ۱۰ درجه سانتیگراد رسیده و یا دما به بالای ۳۰ درجه سانتیگراد رسیده است. نمی‌تواند سیستم بهینه ما باشد و در مساحت‌های دیگر به دلیل دمای زیر ۱۰ درجه سانتیگراد و دمای بالای ۳۰ درجه سانتیگراد هیچ کدام از مساحت‌ها مورد قبول نیست. و نتیجه دیگر از این نمودار این هست که با افزایش مساحت کلکتور میانگین دما افزایش یافته که مشابه نمودار تغییرات دمایی خروجی برای کلکتور در مساحت‌های مختلف سیستم عطار^۱ و همکاران می‌باشد یعنی با افزایش مساحت کلکتور دمای خروجی کلکتور افزایش می‌یابد.

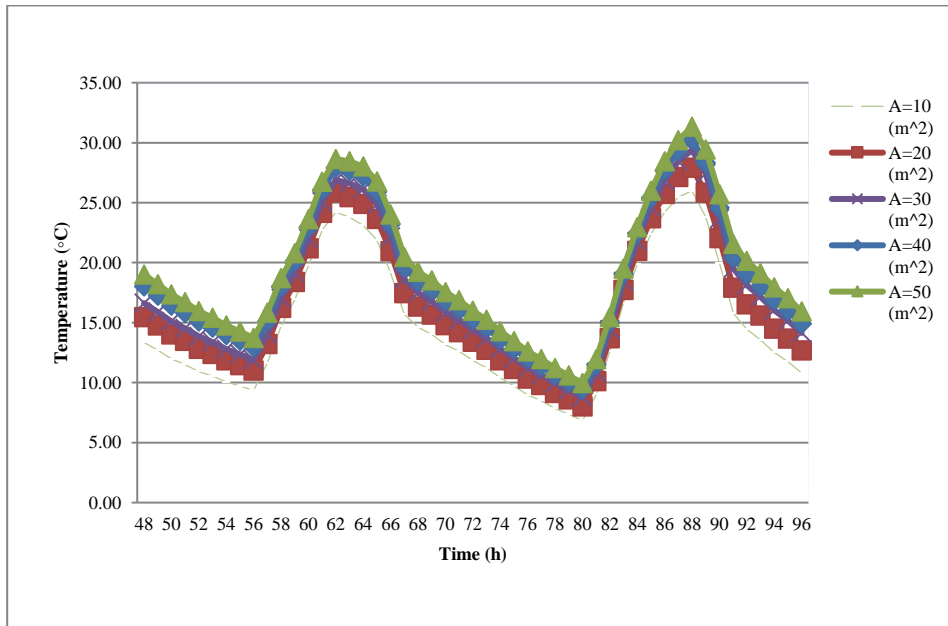
^۱ attar



شکل ۴-۶: نمودار مساحت بهینه برای دبی 500 kg h^{-1} و حجم مخزن 1000 L

نمودار، شکل (۴-۷) نتایج شبیه‌سازی برای دبی 500 kg h^{-1} و حجم 2000 L به ازای مساحت‌های 10 تا 20 m^2 نشان شده است با توجه به نمودار، شکل (۴-۶) برای سیستم کلکتور به مساحت 10 m^2 گلخانه به مدت ۷ ساعت در دمای مابین ۱۷ تا ۲۳ درجه سانتیگراد می ماند ولی در ساعات ۵۵ تا ۵۷ و ۷۵ تا ۸۲ (۳ تا ۱۰ قبل از ظهر) که دما به زیر ۱۰ درجه سانتیگراد می‌رسد. و مانند نمودار (۴-۶) در مساحت‌های دیگر با افزایش مساحت میزان زمانی که گلخانه در دمای ۱۷ تا ۲۳ درجه سانتیگراد می‌ماند، افزایش پیدا می‌کند ولی چون در بعضی از ساعات دما یا به زیر ۱۰ درجه سانتیگراد می‌رسد و یا دما به بالای ۳۰ درجه سانتیگراد می‌رسد، هیچ کدام مورد قبول نیست. در مقایسه نمودار (۴-۶) با (۴-۷) مشاهده می‌شود در سیستم با دبی مشابه و مساحت کلکتور مشابه در مساحت‌های کلکتور کمتر با افزایش حجم میانگین دمای داخل در طول روز کاهش می‌یابد و ولی در طول شب افزایش پیدا می‌کند و علت آن این هست که در دبی و مساحت ثابت سیستمی که مخزن

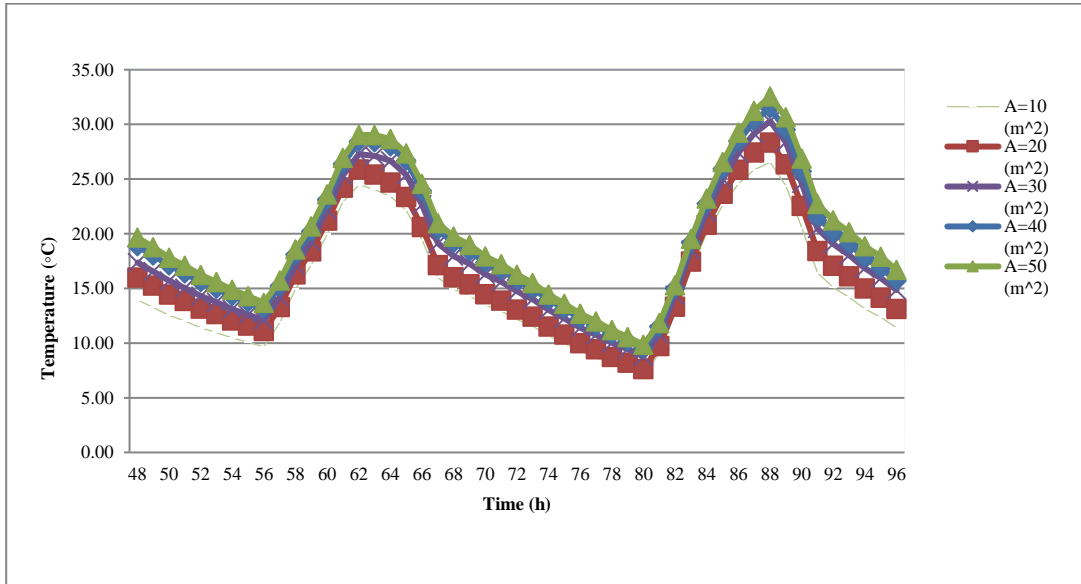
بزرگتری دارد، انرژی حرارتی بیشتری با دمای کمتر جذب می‌کند.



شکل ۷-۴: نمودار مساحت بهینه برای دبی 500 kg h^{-1} و حجم مخزن 2000 L

در ادامه برای سیستم شامل دبی 500 kg h^{-1} و حجم مخزن 3000 L - 4000 L - 5000 L و مساحت‌های 10 - 20 - 30 - 40 - 50 شبیه‌سازی انجام شده که از آوردن نمودار آنها صرف نظر شده است. در همه‌ی آنها در بعضی ساعت از روز یا شرط دمای بیشتر از 10 سانتیگراد و یا شرط دمای کمتر از 30 سانتیگراد رعایت نمی‌شود. شبیه‌سازی برای دبی 1000 kg h^{-1} ، حجم‌ها و مساحت‌های مختلف ادامه داده شده است.

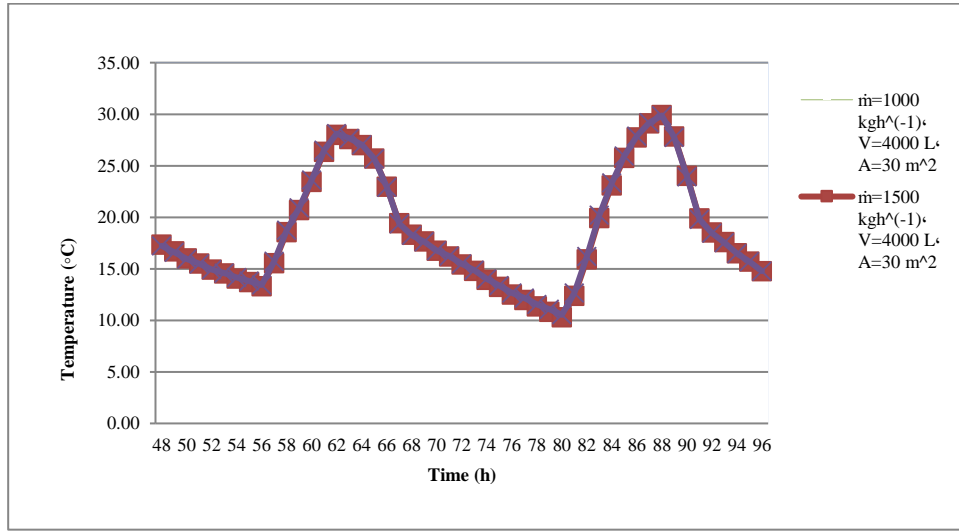
نمودار ۴-۸ برای دبی 1000 kg h^{-1} و حجم 1000 L به ازای مساحت‌های 10 - 20 - 30 - 40 - 50 m^2 شبیه‌سازی شده است ولی چون یا شرط دمای بیشتر از 10° و یا شرط دمای کمتر از 30 سانتیگراد رعایت نشده هیچ کدام مورد قبول نشده است در مقایسه با نمودارهای دبی 500 kg h^{-1} و حجم‌های ثابت مشابه برای مخزن و مساحت مشابه برای کلکتور میانگین دمای داخل گلخانه افزایش یافته است. یعنی با افزایش دبی دمای داخل گلخانه چه در روز و چه در شب افزایش می‌یابد.



شکل ۸-۴: نمودار مساحت بهینه برای دبی 1000 kg h^{-1} و حجم مخزن 1000 L

از آنجا که آوردن همه نمودارها امکان‌پذیر نیست و ملال آور می‌باشد همین روال را ادامه داده شد یعنی در دبی 1000 kg h^{-1} برای حجم‌های ۲-۳-۴-۵ و در این حجم برای مساحت‌های مختلف شبیه‌سازی انجام شد و روال انجام یافته را برای دبی‌های 1500 kg h^{-1} و 2000 kg h^{-1} تکرار شده و سیستمی که در آن هم شرط دمای بیشتر از 10° و شرط دمای کمتر از 30° درجه سانتیگراد رعایت شده و هم از لحاظ میزان ساعاتی که مابین دمای 17° تا 23° درجه سانتیگراد باشد بیشترین باشد به عنوان بهینه‌ترین حالت برای هر کدام انتخاب شده است. برای سیستم در دبی 1000 kg h^{-1} در حجم مخزن 4000 L و مساحت کلکتور 30 m^2 با تعداد ساعات ۱۲ ساعت در طول دو روز اتفاق می‌افتد. برای دبی 1500 kg h^{-1} در حجم مخزن 4000 L و مساحت کلکتور 30 m^2 به میزان ۱۱ ساعت و برای دبی 2000 kg h^{-1} در حجم مخزن 5000 L و مساحت کلکتور 30 m^2 به میزان ۱۱ ساعت اتفاق می‌افتد که نمودارهای آنها در شکل (۴-۹) نشان داده شده است. در نتیجه بهینه‌ترین حالت برای سیستم انتخابی

دبی پمپ 1000 kg h^{-1} و حجم مخزن 4000 L و مساحت کلکتور 30 m^2 می‌باشد.

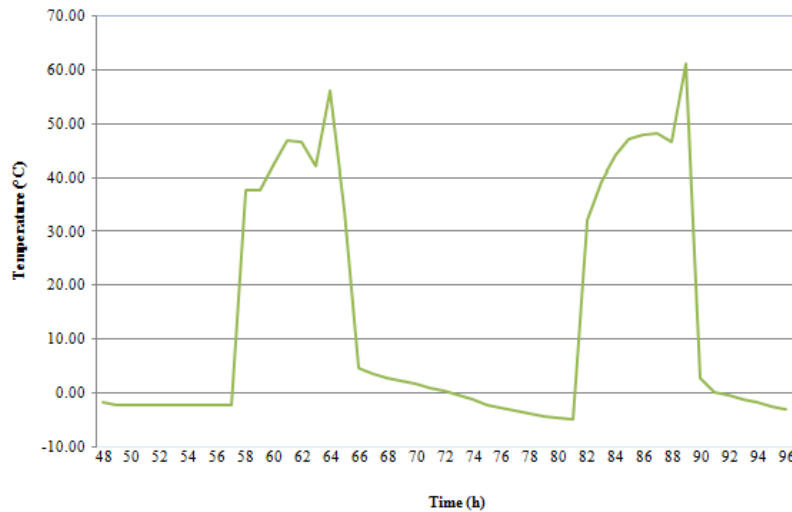


شکل ۹-۴: نمودار انتخاب بهینه ترین پارامترها برای گلخانه

در نمودار (۴-۱۰) دمای خروجی کلکتور در طول ۴۸ ساعت ۳ و ۴ ژانویه نشان داده شده است، در روز ۳ ژانویه

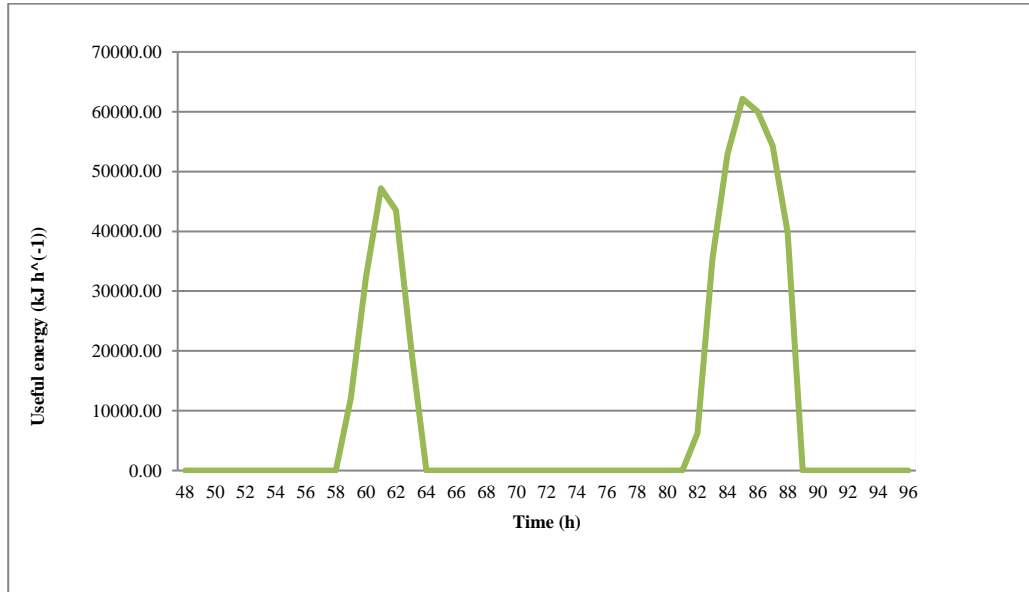
بشترین دمای خروجی کلکتور برابر با 56.1° و برای ۴ ژانویه بیشترین دمای خروجی از کلکتور برابر با ۶۱ می-

باشد.

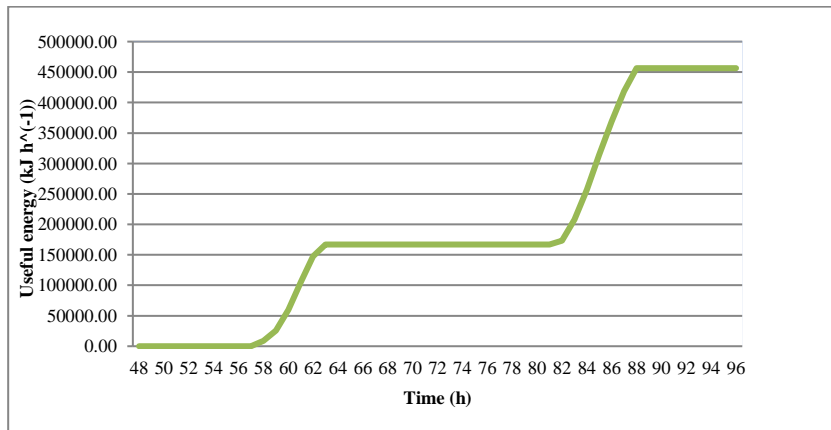


شکل ۱۰-۴: نمودار دمای خروجی کلکتور برای حالت بهینه سیستم

نمودار (۴-۱۱) انرژی مفید جذب شده توسط کلکتور سیستم بهینه را نشان می دهد ماکزیمم انرژی جذب شده ۳ ژانویه برابر 47204 kJ h^{-1} و برای ۴ ژانویه برابر با 62170 kJ h^{-1} می باشد و نمودار (۴-۱۲) مجموع انرژی مفید را طی دو روز را نشان می دهد.

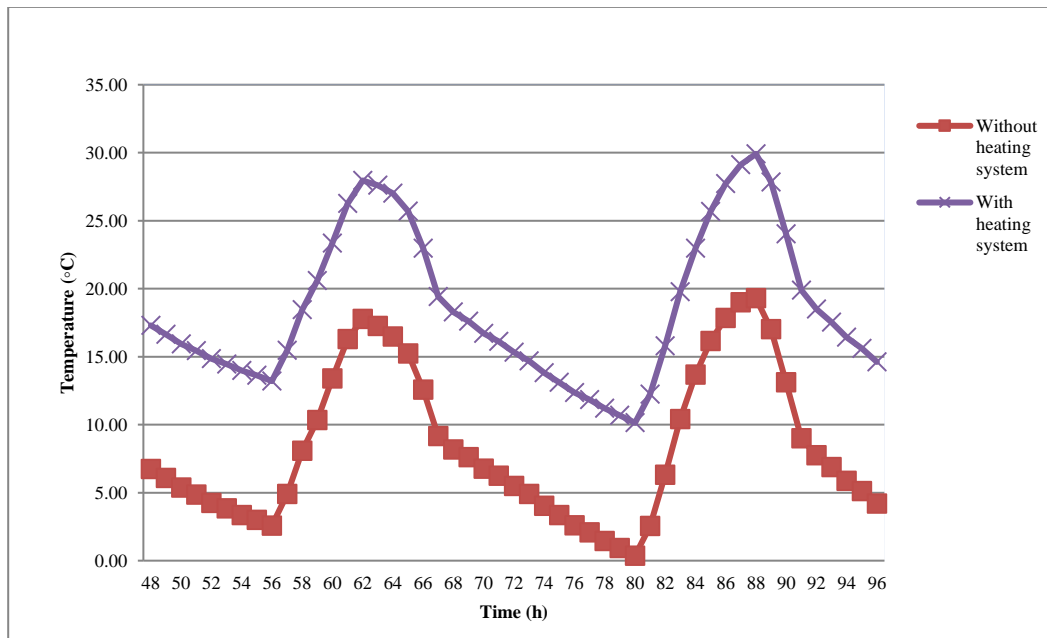


شکل ۴-۱۱: نمودار انرژی مفید دریافتی توسط کلکتور برای حالت بهینه سیستم



شکل ۴-۱۲: نمودار مجموع انرژی مفید دریافتی توسط کلکتور برای حالت بهینه سیستم

در نمودار (۴-۱۳) دمای داخل گلخانه را در حالتی که گلخانه سیستم گرمایشی نداشته باشد و در حالتی که سیستم گرمایشی داشته باشد را نشان می‌دهد. همان طور که از نمودار پیداست با سیستم گرمایشی توانسته‌ایم دمای داخل گلخانه را ۱۰ سانتیگراد نسبت به حالت اولیه افزایش دهیم و میانگین دمای داخل گلخانه را از ۸.۳ سانتیگراد به ۱۸.۶ سانتیگراد برسانیم که برای گل مورد نظرمان دمای مناسبی می‌باشد. بازده کلکتور خورشیدی را ۵۶ درصد بدست آورده شده است



شکل ۴-۱۳: نمودار دمای داخل گلخانه در بدون سیستم گرمایشی و در موقع با سیستم گرمایشی

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱-۵ نتیجه گیری

در این مطالعه ابتدا اطلاعات آب و هوایی محل مورد نظر با استفاده از نرم افزار Meteonorm بدست آورده شده است. کمترین دمای سال برابر با منفی ۱۳ درجه سانتیگراد در ماه ژانویه اتفاق می افتد و بیشترین دما برابر با ۴۰ درجه سانتیگراد در ماه جولای اتفاق می افتد. کمترین تابش برای ماه ژانویه و دسامبر هست که پایین ترین میزان تابش 1 kWhm^{-2} و مجموع کل تابش در هر کدام از این ماهها 70 kWhm^{-2} می باشد و بیشترین میزان تابش برای ماه ژوئن هست که بیشترین میزان تابش 9 kWhm^{-2} و مجموع تابش در این ماه 250 kWhm^{-2} می باشد.

بعد از استخراج اطلاعات آب و هوایی با استفاده از نرم افزار Tmsys، تقاضای انرژی لازم برای گرمایش محیط گلخانه در طول سال با اعمال شرط ثابت نگهداشتن دما در 20°C بدست آورده شده، بیشترین انرژی مورد نیاز برای گرمایش گلخانه برابر با 64497 kJh^{-1} در ماه ژانویه آورده شده است.

بیشترین انرژی دریافتی در زاویه ۶۰ درجه نسبت به افق، اتفاق افتاده است که در ۳ ژانویه در ساعت ۱ بعد از ظهر برابر با 1904 kJ h^{-1} بدست آمده و در ۴ ژانویه در ساعت ۱ بعد از ظهر برابر با 2310 kJ h^{-1} بدست آمده است. بیشترین میزان مجموع انرژی در طول دو روز برای زاویه ۶۰ درجه و برابر با 20895 kJ h^{-1} حاصل گشته است. پس در نتیجه زاویه ۶۰ به عنوان زاویه بهینه انتخاب شده است.

سیستمی که در آن هم شرط دمای بیشتر از ۱۰ درجه سانتیگراد و شرط دمای کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد رعایت شده و هم از لحاظ میزان ساعاتی که مابین دمای ۱۷ تا ۲۳ درجه سانتیگراد بیشترین باشد، به عنوان بهینه ترین حالت برای هر یک از انتخاب شده است. برای سیستم در دبی 500 kgh^{-1} شرایط بالا برقرار نمی شود، برای سیستم در دبی 1000 kgh^{-1} در حجم مخزن 4000 L و مساحت کلکتور 30 m^2 با تعداد ساعات ۱۲ ساعت در طول دو روز اتفاق می افتد، برای دبی 1500 kgh^{-1} در حجم مخزن 4000 L و مساحت کلکتور 30 m^2 به میزان

۱۱ ساعت و برای دبی 2000 kg h^{-1} در حجم مخزن 5000 L و مساحت کلکتور 30 m^2 به میزان ۱۱ ساعت اتفاق می افتد. در نتیجه بهینه ترین حالت برای سیستم انتخابی دبی پمپ 1000 kg h^{-1} و حجم مخزن 4000 L و مساحت کلکتور 30 m^2 می باشد.

برای بهینه ترین سیستم در روز ۳ ژانویه بیشترین دمای خروجی کلکتور برابر با 56.1 درجه سانتیگراد و برای ۴ ژانویه بیشترین دمای خروجی از کلکتور برابر با 61 درجه سانتیگراد می باشد.

برای بهینه ترین سیستم ماکزیمم انرژی جذب شده ۳ ژانویه برابر 47204 kJ h^{-1} و برای ۴ ژانویه برابر با kJ h^{-1} 62170 می باشد.

بازده کلکتور صفحه تخت هم 56 درصد بدست آورده شد

۲-۵ پیشنهادات

- ارزیابی اقتصادی و ساخت طرح حاضر در مقیاس کوچک و بررسی نتایج در شرایط واقعی
- طراحی سیستم سرمایش خورشیدی جهت تامین دمای مطلوب گلخانه ها در تابستان
- امکان سنجی استفاده از سیستم های خورشیدی جهت گرمایش فضا در یک موقعیت جغرافیایی خاص
- کوپل کردن سیستم هایی شبیه سازی شده بانرم افزار EES با سیستم مورد نظر در نرم افزار Tmsys
- استفاده از سیستم کمکی دیزلی برای سیستم گرمایش
- طراحی سیستم گرمایش خورشیدی آب مصرفی به صورت کوپل با سیستم گرمایش یا سرمایش فضا

منابع و مأخذ

- [۱] Podestá, Guillermo P., et al. "Estimating daily solar radiation in the Argentine Pampas." *Agricultural and Forest Meteorology* 123.1-2 (2004): 41-53.
- [۲] Sethi, V. P., and S. K. Sharma. "Survey and evaluation of heating technologies for worldwide agricultural greenhouse applications." *Solar energy* 82.9 (2008): 832-859.
- [۳] Zhou, Naijun, et al. "A study on thermal calculation method for a plastic greenhouse with solar energy storage and heating." *Solar Energy* 142 (2017): 39-48
- [۴] Alipoor, Ahmad, and Reza Nasiri. "Experimental investigation of temperature gradient in a greenhouse bed soil containing phase change material." *Modares Mechanical Engineering* 16.13 (2016): 113-118..
- [۵] <http://www.meteonorm.com>
- [۶] Farahat, S., F. Sarhaddi, and H. Ajam. "Exergetic optimization of flat plate solar collectors." *Renewable energy* 34.4 (2009): 1169-1174.
- [۷] Kalogirou, Soteris A. *Solar energy engineering: processes and systems*. Academic Press, 2013.
- [۸] Stanciu, Camelia, and Dorin Stanciu. "Optimum tilt angle for flat plate collectors all over the World—A declination dependence formula and comparisons of three solar radiation models." *Energy Conversion and Management* 81 (2014): 133-143.
- [۹] El Gharbi, Najla, et al. "A comparative study between parabolic trough collector and linear Fresnel reflector technologies." *Energy Procedia* 6 (2011): 565-572.
- [۱۰] Segal, A. *Optics of solar concentrators*. Weizmann Institute of Science. (2010).
- [۱۱] مؤمنی، د. ۱۳۸۴. سیستمهای مناسب در طراحی و ساخت گلخانههای سبزی و صیفی. مجموعه مقالات اولین همایش ملی محصولات گلخانه‌ای، اردیبهشت، ساری
- [۱۲] مؤمنی، د. ۱۳۸۵. سیستمهای مناسب در طراحی و ساخت گلخانه‌های گل و گیاهان زینتی. سمپوزیوم ملی راهکارهای بهبود تولید و توسعه صادرات گل و گیاهان زینتی، مرکز ملی تحقیقات گل و گیاهان زینتی ایران، محلات، استان مرکزی
- [۱۳] Sethi, Veerparkash P. "On the selection of shape and orientation of a greenhouse: Thermal modeling and experimental validation." *Solar Energy* 83.1 (2009): 21-38.
- [۱۴] Pin, Nick. "Solar closets in a nutshell." *Listserv message. Archived at: www. ibiblio. org/london/renewable-energy/solar/Nick. Pine/msg00026. html* (1995).

- [۱۵] Korin, E., et al. "A novel passive solar greenhouse based on phase-change materials." *International Journal of Solar Energy* 5.3 (1987): 201-212.
- [۱۶] Chen, Keping, et al. "Preparation and characterization of form-stable paraffin/polyurethane composites as phase change materials for thermal energy storage." *Energy conversion and management* 77 (2014): 13-21.
- [۱۷] El-Kotb, M., et al. "Thermal characteristics of paraffin wax for solar energy storage." *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects* 28.12 (2006): 1113-1126.
- [۱۸] Elminir, Hamdy K., et al. "Optimum solar flat-plate collector slope: case study for Helwan, Egypt." *Energy Conversion and Management* 47.5 (2006): 624-637.
- [۱۹] Mihalakakou, G., and A. Ferrante. "Energy conservation and potential of a sunspace: sensitivity analysis." *Energy Conversion and Management* 41.12 (2000): 1247-1264.
- [۲۰] Wang, Liping, Julie Gwilliam, and Phil Jones. "Case study of zero energy house design in UK." *Energy and buildings* 41.11 (2009): 1215-1222.
- [۲۱] Berroug, F., et al. "Thermal performance of a greenhouse with a phase change material north wall." *Energy and Buildings* 43.11 (2011): 3027-3035.
- [۲۲] Hobbi, Alireza, and Kamran Siddiqui. "Optimal design of a forced circulation solar water heating system for a residential unit in cold climate using TRNSYS." *Solar Energy* 83.5 (2009): 700-714.
- [۲۳] Şerban, C., E. Eftimie, and L. Coste. "Simulation Model In Trnsys Of A Solar House From Braşov, Romania." *Renewable Energy and Power Quality Journal* 9 (2011).
- [۲۴] Calise, F., M. Dentice d'Accadia, and A. Palombo. "Transient analysis and energy optimization of solar heating and cooling systems in various configurations." *Solar Energy* 84.3 (2010): 432-449.
- [۲۵] Ucar, Aynur, and Mustafa Inalli. "Thermal and economic comparisons of solar heating systems with seasonal storage used in building heating." *Renewable Energy* 33.12 (2008): 2532-2539.
- [۲۶] Kıyan, Metin, et al. "Modelling and simulation of a hybrid solar heating system for greenhouse applications using Matlab/Simulink." *Energy Conversion and Management* 72 (2013): 147-155.
- [۲۷] Attar, I., et al. "Parametric and numerical study of a solar system for heating a greenhouse equipped with a buried exchanger." *Energy conversion and management* 70 (2013): 163-173.
- [۲۸] Laz, M., et al. "Comparison between a solar system and a fuel boiler for greenhouse air-conditioning." *Desalination* 168 (2004): 391-396.
- [۲۹] Hazami, Mejdi, et al. "Thermal performance of a solar heat storage accumulator used for greenhouses conditioning." *American Journal of Environmental Sciences* 1.4 (2005): 270-277.

[۳۰] Hossain, R. A., M. A. K. Chowdhuri, and C. M. Feroz. "Design, Fabrication and Experimental Study of Heat Transfer Characteristics of a Micro Heat Pipe." *Jordan Journal of Mechanical & Industrial Engineering* 4.5 (2010).

[۳۱] Duffie JA, Beckman WA. Solar engineering of thermal processes. 2nd ed.. New York: Wiley-Interscience; 1991.

[۳۲] راهنمای ترنسیس ۱۶، ۲۰۰۴.

[۳۳] Assilzadeh, F., et al. "Simulation and optimization of a LiBr solar absorption cooling system with evacuated tube collectors." *Renewable Energy* 30.8 (2005): 1143-1159.

Thermodynamic analysis of a flat plate solar system for a greenhouse

Abstract

Today, human society faced two challenges: The first is the reduction of hydrocarbon fuel sources due to the increasing consumption of these types of fuels and, another environmental pollution and climate change due to CO₂ emissions from fossil fuels. Using simple and new technologies for solar energy, as a useful and safe source of energy for agricultural greenhouse heating, in addition to a significant reduction in the problems of greenhouse owners and relevant fuel authorities, it will be an important step in saving the country's fossil fuel and preserving its reserves for future generations and preventing climate and environment from pollution. In this research, we simulate solar heating system including flat plate collector, hot water source, pump, the weather data file, for 100 square meter greenhouse for Dutch rose cultivation located in Shabestar city in East Azerbaijan province with Trnsys software. the heating system optimum case was obtained for 1000 kg h^{-1} pump mass flow rate, tank volume 4000L, collector area 30 m^2 and collector angle 60°. As the volume increases, the average temperature decreases throughout the day, but it increases during the night. With the increases in mass flow rate, the inside temperature of the greenhouse increases for day or night. The heating system increase the inside temperature of the greenhouse by 10 ° C compared to the initial state. Also increases the average inside temperature of the greenhouse from 8.3 ° C to 18.6 ° C. that is a suitable temperature for our flower. finally, collector efficiency obtained 56%.

Keyword: Thermodynamic analysis, solar Energy, flat plate collector, greenhouse



Urmia University

Faculty of Engineering

Mechanical Engineering Department

Master of Science Thesis in Energy Conversion

Thermodynamic analysis of a flat plate solar system for a greenhouse

By

Mohammad javadi shendi

Supervisors

Dr. iraj mirzaee

Dr. Ata chitsaz

September, 2019