

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی مکانیک

رشته تبدیل انرژی-گرایش سیستم‌های انرژی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

## استفاده از انرژی خورشیدی جهت گرمایش فضا

نگارنده:

فاطمه عرب‌احمدی

استاد راهنما:

دکتر سید مجید هاشمیان

استاد مشاور:

ماشاله رضا کاظمی

۱۳۹۷

تقدیم

تقدیم به روح پاک پدرم که عالمانه به من آموخت تا چگونه در عرصه زندگی، ایستادگی را تجربه نمایم و مادر عزیز و مهربانم که در سختی‌ها و دشواری‌های زندگی همواره یآوری دلسوز و فداکار و پشتیبانی محکم و مطمئن برایم بوده است.

## سپاس‌گزاری

سپاس‌نثار ایزد منان که توفیق را رفیق راهم ساخت تا این مرحله از تحصیل را به پایان برسانم. همچنین از استاد فاضل و اندیشمند جناب آقای دکتر هاشمیان که همواره بنده را در تهیه این پایان‌نامه، مورد لطف و محبت خود قرار داده‌اند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.



## تعهدنامه

اینجانب فاطمه عرب‌احمدی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک-گرایش سیستم‌های انرژی دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه با عنوان " استفاده از انرژی خورشیدی جهت گرمایش یک فضا"، تحت راهنمایی جناب آقای دکترهاشمیان متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده 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 می‌باشد و مقالات مستخرج با نام «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 آن) استفاده شده 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 استفاده شده 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، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته‌شده) 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

از جمله مشکلات جهان امروز، کاهش سوخت‌های فسیلی و آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از سوخت-های فسیلی در راستای تأمین توان، سرمایه‌ش و گرمایش جهت فراهم نمودن شرایط آسایش افراد است. از این رو سیستم‌های خورشیدی به منظور کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و کاهش میزان تولید آلاینده-ها یکی از روش‌های مؤثر جهت تأمین این نیازها است. از سوی دیگر انرژی خورشیدی، انرژی پاک و فراوانی است که می‌تواند در تأمین بخشی از این نیازها نقش مفیدی ایفا کند. ترکیب سیستم‌های گرمایشی و سیستم‌های خورشیدی می‌تواند تأثیری دوچندان بر زندگی انسان و محیط‌زیست داشته باشد. از این رو در این پژوهش برای یک ساختمان اداری در شهر گرگان از کلکتورهای خورشیدی صفحه تخت به منظور تأمین بارحرارتی ساختمان مورد آنالیز انرژی قرار گرفته است. ظرفیت مورد بررسی در این پژوهش برابر ۶۴۷۰۰۰ کیلووات ساعت بار گرمایشی در سال ۱۳۹۶ براساس قبوض مصرف انرژی می‌باشد. میزان تابش و انرژی جذب شده توسط کلکتور به کمک کد نویسی در محیط نرم‌افزار متلب مورد بررسی قرار گرفته است. مجموعه تحت ۴ سناریو متفاوت ارائه گردیده است که نتایج نشان می‌دهد تأمین بخشی از بار حرارتی با سیستم خورشیدی و بخش دیگر با بویلر پشتیبان بهترین سناریو بوده است.

**کلمات کلیدی:** سیستم گرمایش خورشیدی، ممیزی انرژی، برچسب انرژی ساختمان غیرمسکونی، کلکتور صفحه تخت.

## فهرست مطالب

فصل اول .....	۱
۱-۱- مقدمه .....	۲
۱-۲- ممیزی انرژی .....	۴
۱-۳- برچسب انرژی .....	۵
۱-۴- ترموگرافی .....	۵
۱-۵- انرژی خورشیدی .....	۶
۱-۵-۱- انرژی خورشیدی؛ فراوان‌ترین انرژی در جهان .....	۷
۱-۵-۲- انواع فناوری‌های استفاده از انرژی خورشیدی .....	۹
۱-۶- کلکتورهای خورشیدی .....	۱۰
۱-۶-۱- کلکتورهای صفحه تخت .....	۱۱
فصل دوم: مروری بر کارهای گذشته .....	۱۵
۲-۱- ادبیات و پیشینه تحقیق .....	۱۶
۲-۱-۱- پیشینه سیستم گرمایش خورشیدی و استفاده آن در ساختمان .....	۱۶
۲-۱-۲- پیشینه ممیزی انرژی .....	۱۹
۲-۱-۳- پیشینه برچسب انرژی ساختمان .....	۲۱
۲-۱-۳-۱- برچسب انرژی ساختمان در ایران .....	۲۱
فصل سوم: مباحث لازم در محاسبه و استفاده از انرژی خورشیدی .....	۲۳
۳-۱- محاسبه شار خورشیدی .....	۲۴
۳-۱-۱- تعاریف .....	۲۴
۳-۱-۲- عوامل موثر بر تابش .....	۳۰



- ۳۲-۱-۳- تابش آسمان ..... ۳۲
- ۳۲-۱-۴- برآورد تابش خورشیدی با استفاده از سایر متغیرهای هواشناسی ..... ۳۲
- ۳۴-۲- انواع کلکتورهای خورشیدی ..... ۳۴
- ۳۴-۱-۲- کلکتورهای متمرکز کننده ..... ۳۴
- ۳۸-۲-۲- کلکتورهای مسطح خورشیدی ..... ۳۸
- ۴۰-۳- شار جذب شده توسط کلکتور تخت ..... ۴۰
- ۴۴-۴- انرژی دریافتی از کلکتورهای تخت ..... ۴۴
- ۴۴-۱-۴- ساختمان کلکتور تخت ..... ۴۴
- ۴۵-۲-۴- تلفات حرارتی کلکتور ..... ۴۵
- ۵۳-۳-۴- عوامل مهم در بازدهی گردآورنده‌های تخت خورشیدی ..... ۵۳
- ۵۷-۴-۴- انرژی مفید برای یک گردآورنده تخت خورشیدی ..... ۵۷
- ۵۹-۵-۴- ضریب بازده گردآورنده صفحه تخت مایع ..... ۵۹
- ۶۳-۶-۴- ضریب برداشت حرارت گردآورنده ..... ۶۳
- ۶۵-۷-۴- تعیین بازده لحظه‌ای گردآورنده ..... ۶۵
- ۶۶-۵-۳- آنالیز انرژی سیستم متمرکز ..... ۶۶
- ۶۹- فصل چهارم: روند مصرف انرژی ساختمان ..... ۶۹
- ۷۰-۱-۴- انتخاب ساختمان نمونه ..... ۷۰
- ۷۲-۲-۴- تعیین وضعیت ساختمان ..... ۷۲
- ۷۲-۱-۲-۴- مشخصات ساختمان و وضعیت مصرف انرژی ..... ۷۲
- ۷۵-۲-۲-۴- منابع تامین انرژی و میزان مصرف در دوره‌های مختلف ..... ۷۵

۷۵	۳-۲-۴- بررسی نقاط قوت و فرصت‌های قابل بهبود ساختمان.....
۷۷	۴-۲-۴- تصاویر ترموگرافی.....
۷۸	۳-۴- رفتار ساختمان از لحاظ تغییرات هزینه انرژی .....
۷۹	۱-۳-۴- هزینه هر واحد انرژی.....
۷۹	۴-۴- رفتار ساختمان از لحاظ تغییرات مصرف انرژی .....
۸۲	۵-۴- سرانه مصرف برق و گاز طبیعی .....
۸۴	۶-۴- رابطه مصرف با شرایط جوی.....
۸۴	۱-۶-۴- رابطه انرژی الکتریکی با CDD .....
۸۵	۲-۶-۴- رابطه انرژی فسیلی ( گاز طبیعی) با HDD .....
۸۶	۷-۴- میزان انتشار گازهای گلخانه ای .....
۸۶	۸-۴- نتایج ارزیابی موتورخانه .....
۸۷	۸-۴- بار حرارتی بدست آمده از قبوض.....
۸۸	۹-۴- بار حرارتی بدست آمده از استاندارد معاینه فنی ۱۶۰۰۰.....
۸۹	فصل پنجم : نتایج .....
۹۰	۱-۵- مقدمه .....
۹۱	۲-۵- نتایج محاسبات خورشیدی .....
۹۶	۳-۵- نتایج محاسبات ممیزی انرژی .....
۹۸	۴-۵- نتایج آنالیز انرژی .....
۱۰۷	فصل ششم: نتیجه گیری .....
۱۰۸	۱-۶- مقدمه .....
۱۰۸	۲-۶- جمع بندی نتایج .....

- ۱۰۹-۳-۶-ارائه پیشنهادها.....
- ۱۱۱-پیوست یک.....
- ۱۱۲-۱-۱-نحوه محاسبه شاخص‌ها و پارامترها.....
- ۱۱۲-۱-۱-۱-مصرف انرژی.....
- ۱۱۳-۱-۱-۲-هزینه و مصرف برق و گاز طبیعی در دوره‌های مختلف.....
- ۱۱۴-۱-۱-۳-حداقل مصرف، حداکثر مصرف، متوسط مصرف.....
- ۱۱۴-۱-۱-۴-سرانه مصرف و هزینه.....
- ۱۱۵-۱-۱-۵-سهام انواع انرژی از لحاظ ارزش انرژی (و ضریب واقعی) و از لحاظ هزینه.....
- ۱۱۶-۱-۱-۶-خط مبنا.....
- ۱۱۷-۱-۱-۷-روز درجه گرمایش (HDD).....
- ۱۱۸-۱-۱-۸-روز درجه سرمایش (CDD).....
- ۱۱۸-۱-۱-۹-مقدار مصرف مجاز در هر روز بر حسب دما.....
- ۱۱۸-۱-۱-۱۰-مقدار انرژی مصرف ایده ال در هر ساختمان (بر حسب روز کاری و ساعت کاری).....
- ۱۱۹-۱-۱-۱۱-شاخص مصرف رده مصرف انرژی در هر ساختمان (زیر بنا مفید و کل).....
- ۱۱۹-۱-۱-۱۲-پتانسیل کاهش مصرف انرژی.....
- ۱۲۰-۱-۱-۱۳-مقدار انتشار گازهای گلخانه ای.....
- ۱۲۵-۱-۱-۱۴-اطلاعات محیطی و آب و هوایی.....
- ۱۲۶-۲-۱-استاندارد مصرف انرژی در ساختمانهای غیر مسکونی (۱۴۲۵۴).....
- ۱۲۶-۱-۲-۱-اصطلاحات و تعاریف.....
- ۱۲۶-۱-۱-۱-۲-ساختمان اداری.....
- ۱۲۶-۱-۱-۲-۲-ساختمان اداری خصوصی.....
- ۱۲۷-۱-۱-۲-۳-ساختمان اداری دولتی.....
- ۱۲۷-۱-۱-۲-۴-سطح زیربنای مفید.....

- ۱۲۷..... ۲-۱-۱-۵ پ ساختمان ایده آل
- ۱۲۷..... ۲-۱-۱-۶ پ نسبت انرژی
- ۱۲۷..... ۲-۱-۱-۷ پ روش محاسباتی عملکردی
- ۱۲۷..... ۲-۱-۱-۸ پ شاخص مصرف انرژی
- ۱۲۸..... ۲-۱-۲ پ نحوه تعیین معیار مصرف انرژی ساختمان
- ۱۲۸..... ۲-۱-۲ پ شرایط اقلیمی
- ۱۳۰..... ۲-۱-۳ پ روش محاسبه و تعیین برچسب انرژی ساختمان
- ۱۳۱..... ۲-۱-۴ پ تعیین نسبت انرژی ساختمان‌های غیر مسکونی
- ۱۳۲..... ۲-۱-۵ پ تعیین رده مصرف انرژی
- ۱۲۸..... ۳-۱ پ -استاندارد معاینه فنی موتور خانه
- ۱۲۸..... ۳-۱-۱ پ هدف و دامنه کاربرد
- ۱۲۸..... ۳-۱-۲ پ اصطلاحات و تعاریف
- ۱۳۱..... ۳-۱-۲ پ دو: مصرف انواع انرژی، روند تغییرات آن
- ۱۳۳..... ۲-۱ پ روند تغییرات مصرف انرژی سال ۱۳۹۶
- ۱۳۵..... مراجع

## فهرست اشکال

- شکل (۱-۱) تراز تابش در ایران [۳] ..... ۷
- شکل (۲-۱) منابع انرژی در دسترس در مقابل مصرف انرژی یکسال جهان [۴] ..... ۸
- شکل (۳-۱) میزان کاهش انتشار کربن در سال ۲۰۵۰ به تفکیک بخشهای مختلف ..... ۹
- شکل (۴-۱) نمای کلی از کلکتور صفحه تخت [۵] ..... ۱۱
- شکل (۵-۱) اجزای تشکیل دهنده کلکتور صفحه تخت [۵] ..... ۱۲
- شکل (۶-۱) اجزای تشکیل دهنده کلکتور صفحه تخت، جریان عبوری سیال و نحوه عملکرد آن ..... ۱۳
- شکل (۷-۱) اجزای تشکیل دهنده کلکتور صفحه تخت [۷] ..... ۱۳
- شکل (۱-۲) نمونه برجسب انرژی در ایران ..... ۲۲
- شکل (۱-۳) زاویه سمت الراس و فراز خورشید ..... ۲۶
- شکل (۲-۳) زاویه میل خورشید ..... ۲۷
- شکل (۳-۳) نمونه‌های از کلکتورهای متمرکزکننده ..... ۳۵
- شکل (۴-۳) کلکتورهای تحت خلاء ..... ۳۶
- شکل (۵-۳) شمای نیروگاه خورشیدی با دریافتکننده مرکزی + ..... ۳۸
- شکل (۶-۳) شکل برش خورده ای از یک کلکتور تخت ..... ۳۹
- شکل (۷-۳) تلفات از بالای کلکتور ..... ۴۶
- شکل (۸-۳) مقاومت‌های حرارتی بین کلکتور و محیط ..... ۵۱

- شکل (۳-۹) (الف) هنگامی که سیال با تمام سطح صفحه جذبکننده در تماس است، گرما در جهت عمود بر سطح جذبکننده هدایت می‌شود. (ب) هنگامی که، گرما در جهت موازی با سطح جذبکننده به سیال جاری در لوله‌ها هدایت می‌شود. .... ۵۶.....
- شکل (۳-۱۰) مقطع عرضی گردآورنده مایع ..... ۶۰.....
- شکل (۳-۱۱) حجم کنترل در مسیر حرکت سیال ..... ۶۳.....
- شکل (۴-۱) نمایی از پایش گازهای خروجی دودکش موتورخانه ..... ۷۵.....
- شکل (۴-۲) تصویر واقعی و ترموگرافی از پنجره ساختمان ..... ۷۷.....
- شکل (۴-۳) تصویر واقعی و ترموگرافی از نمای شیشه‌های ساختمان ..... ۷۷.....
- شکل (۴-۴) درصد سهم هزینه و مصرف برق و گاز سال ۱۳۹۶ ..... ۷۸.....
- شکل (۴-۵) مصرف برق ماهانه سال ۱۳۹۶ ..... ۸۱.....
- شکل (۴-۶) مصرف گاز ماهانه سال ۱۳۹۶ ..... ۸۲.....
- شکل (۴-۷) رابطه مصرف انرژی الکتریکی با CDD سال ۱۳۹۶ ..... ۸۴.....
- شکل (۴-۸) رابطه مصرف انرژی فسیلی با متوسط HDD در سال ۱۳۹۶ ..... ۸۵.....
- شکل (۵-۱) میزان تابش خورشیدی جذب شده کلکتور ( $\text{kJ/h}$ ) در فصل بهار و تابستان بدون ردیاب ..... ۹۲.....
- شکل (۵-۲) میزان تابش خورشیدی جذب شده کلکتور ( $\text{kJ/h}$ ) در فصل پاییز و زمستان بدون ردیاب ..... ۹۳.....
- شکل (۵-۳) میزان تابش خورشیدی جذب شده روی کلکتور ( $\text{kJ/h}$ ) در فصل بهار و تابستان با ردیاب دو محوره ..... ۹۳.....
- شکل (۵-۵) متوسط ماهیانه ساعات آفتابی در گرگان ..... ۹۵.....
- شکل (۵-۶) میزان توان تولیدی از کلکتور خورشیدی ..... ۹۵.....

- شکل (۷-۵) میزان مصرف انرژی واقعی و بار حرارتی موردنیاز ساختمان..... ۹۶
- شکل (۸-۵) رابطه مصرف انرژی با HDD ..... ۹۷
- شکل (۹-۵) رابطه انرژی تولیدی کلکتور با ردیاب با HDD ..... ۹۸
- شکل (۱۰-۵) رابطه انرژی تولیدی کلکتور بدون ردیاب با HDD ..... ۹۹
- شکل (۱۱-۵) تعداد کلکتور مورد نیاز برای تامین بار کل ساختمان ..... ۹۹
- شکل (۱۳-۵) مشخصات بویلر فایرباکس انتخابی ..... ۱۰۱
- شکل (۱۴-۵) میزان بار حرارتی موردنیاز بویلر با طراحی سیستم خورشیدی برای بار پایه ساختمان ..... ۱۰۱
- شکل ۵-۱۵- تعداد کلکتور مورد نیاز برای تامین بار پایه ساختمان ..... ۱۰۲
- شکل (۱۶-۵) میزان بار حرارتی موردنیاز بویلر با طراحی سیستم خورشیدی برای بار متغیر ساختمان ..... ۱۰۳
- شکل (۱۷-۵) تعداد کلکتور مورد نیاز برای تامین بار متغیر ساختمان ..... ۱۰۳
- شکل (۱۸-۵) میزان بار حرارتی موردنیاز بویلر با طراحی سیستم خورشیدی برای بخشی از بار حرارتی ..... ۱۰۴
- شکل (۱۹-۵) تعداد کلکتور مورد نیاز برای تامین بخشی از بار حرارتی ساختمان ..... ۱۰۵

## فهرست جداول

- جدول ۱-۳-۱ مقدار  $\eta$  برای هر ماه ..... ۲۸
- جدول ۲-۳-۲ ضرایب انگستروم برای گلستان ..... ۳۳
- جدول ۳-۳-۳: مشخصات کلکتور صفحه تخت [۶] ..... ۴۳
- جدول ۱-۴-۱ اطلاعات عمومی ساختمان ..... ۷۳
- جدول ۲-۴-۲ اطلاعات مربوط به معماری و مشخصات فیزیکی ..... ۷۳
- جدول ۳-۴-۳ اطلاعات سامانه گرمایش و سرمایش، آب گرم ..... ۷۴
- جدول ۴-۴-۴ آنالیز گازهای خروجی از دودکش ..... ۷۴
- جدول ۶-۴-۶ حداقل، حداکثر و متوسط هزینه سال ۱۳۹۶ ..... ۷۸
- جدول ۷-۴-۷ هزینه هر واحد انرژی ..... ۷۹
- جدول ۸-۴-۸ مصرف انرژی واقعی سال ۱۳۹۶ ..... ۷۹
- جدول ۹-۴-۹ حداقل، حداکثر و متوسط مصرف سال ۱۳۹۶ ..... ۸۰
- جدول ۱۰-۴-۱۰ سرانه مصرف برق و گاز طبیعی سال ۱۳۹۶ ..... ۸۳
- جدول ۱۱-۴-۱۱ برچسب انرژی در سال ۱۳۹۶ ..... ۸۳
- جدول ۱۲-۴-۱۲ میزان انتشار گازهای آلاینده ..... ۸۶
- جدول ۱۳-۴-۱۳ نتایج ارزیابی موتورخانه ..... ۸۶
- جدول ۱۴-۴-۱۴ بار حرارتی بدست آمده از خط مبنا براساس مصرف ساختمان ..... ۸۷
- جدول ۱۵-۴-۱۵ بار حرارتی مورد نیاز براساس معاینه فنی ۱۶۰۰۰ ..... ۸۸
- جدول ۱-۵-۱ میزان مصارف واقعی و نتایج بدست آمده از استاندارد ..... ۹۰



# فصل اول

مقدمه

## ۱-۱- مقدمه

انرژی خورشیدی عظیم‌ترین منبع انرژی در جهان است. این انرژی پاک و بی‌پایان، در بیشتر مناطق زمین قابل استحصال می‌باشد. محدودیت منابع فسیلی و پیامدهای حاصل از تغییرات زیست محیطی و آب و هوای جهانی، فرصت‌های مناسبی برای رقابت انرژی خورشیدی با انرژی‌های فسیلی خصوصاً در کشورهایی با پتانسیل بالای تابش ایجاد کرده است. سیستم‌های انرژی خورشیدی، فناوری‌های جدیدی هستند که برای تأمین گرما، آب گرم، الکتریسیته و حتی سرمایش منازل مسکونی، مراکز تجاری و صنعتی به کار می‌روند. گرمایش ساختمان توسط خورشید، نخستین و اصلی‌ترین کاربرد انرژی خورشیدی بخش ساختمان است. سیستم‌های گرمایش خورشیدی بر مبنای نوع سیال هوا یا مایع، که در کلکتورهای خورشیدی گرم می‌شود، به دو نوع عمده تقسیم‌بندی می‌شوند. هر دو نوع از این سیستم‌ها تابش خورشید را جمع‌آوری و جذب کرده و حرارت به دست آمده از خورشید را جهت تأمین بار گرمایش مستقیماً به فضاهای داخلی ساختمان‌ها انتقال می‌دهند.

در این پژوهش میزان تابش در شهر گرگان تعیین گردیده و روند مصرف و میزان بارحرارتی ساختمان با ممیزی و تعیین برچسب انرژی تعیین گردیده است. لذا سناریوهای مختلفی مبنی بر میزان درصد استفاده از انرژی خورشید به منظور تأمین بار حرارتی ساختمان و برآورد تعداد کلکتور برای یک ساختمان اداری در استان گلستان، شهرستان گرگان انجام شده است. انتخاب ساختمان اداری به عنوان یک ساختمان نمونه از دو جهت حائز اهمیت بوده است. اول اینکه الگوی مصرف در ساعات اداری بسیار شبیه به الگوی تولید خورشیدی است. یعنی درست در ساعاتی که نیاز به مصرف گرمایشی در ساختمان هست، امکان تولید انرژی گرمایی از منبع خورشیدی فراهم است. ثانیاً در ساختمان اداری معمولاً سهم گرمایش فضا تقریباً تمامی نیاز گرمایشی ساختمان را به خود اختصاص می‌دهد و مصارف گرمایشی دیگری نظیر آبگرم

مصرفی، بسیار ناچیز و قابل صرف نظر کردن است. از این رو می توان چنین فرض کرد که در تمامی ساعات کار اداری، میزان گرمایش تولید شده از منبع خورشیدی، تماما به مصرف گرمایش فضای ساختمان می-رسد.

در بهینه سازی مصرف انرژی و تعیین راهکارهای کاهش تلفات یا بعبارتی ممیزی انرژی به معنی تحلیل و پردازش اطلاعات انرژی و یافتن گلوگاه های مصرف و اتلاف انرژی می باشد. ممیزی انرژی ساختمان میتواند بعنوان روش اندازه گیری و ثبت مصرف انرژی واقعی در یک مجموعه ساختمانی و اساسا به جهت کاهش و کمینه کردن مصرف انرژی شناخته شود. در این روش حیطه هایی که در آن انرژی بطور موثر استفاده می شود و یا هدر می رود شناسایی می شوند. در حقیقت می توان گفت ممیزی انرژی درک چگونگی مصرف انرژی در ساختمان و چگونگی ارتباط اجزاء سیستم با یکدیگر و نحوه اثر گذاری محیط خارجی بر ساختمان از لحاظ انتقال حرارت می باشد و بجز هدف صرفه جویی می تواند بعنوان یک ابزار کمکی در پیش بینی هزینه های انرژی و بیان الگوی مصرف بکار گرفته شود.

هدف از این تحقیق استفاده از انرژی های تجدیدپذیر به منظور کاهش مصرف سوخت های فسیلی و آلاینده های ناشی از آن و کاهش هزینه های جاری انرژی می باشد و همچنین در این تحقیق تلاش شده است اثربخشی ممیزی انرژی به منظور مدیریت مصرف انرژی در ساختمان های اداری و تعیین تلفات انرژی و میزان پتانسیل کاهش را نشان دهد.

نظر به اهمیت کاهش مصرف انرژی، به دلایل زیست محیطی و دستیابی به اهداف توسعه پایدار و همچنین به منظور کاهش هزینه های دوره بهره برداری به ویژه با افزایش سریع قیمت انرژی در کشور، باید به دنبال راهکارهایی برای کاهش مصرف سوخت های فسیلی بود. مطابق داده های ترازنامه انرژی ایران، در سال ۱۳۹۰، سهم بخش ساختمان ( خانگی، عمومی و تجاری) از کل مصرف نهایی انرژی در

کشور، ۳۶ درصد بوده است. [۱]

محدودیت منابع انرژی و افزایش آلاینده‌های زیست محیطی از چالش‌های پیش روی جامعه امروز است. بهره‌گیری از سیستم‌های خورشیدی پاسخ مناسبی برای کاهش مصرف انرژی و مشکلات زیست محیطی است. آنجایی که تابش خورشید در کشور ما در حد مطلوبی وجود دارد، به این دلیل مدیریت، بهینه سازی و بهبود روش‌های بهره برداری از منابع انرژی علاوه بر ضرورت انکارناپذیر به عنوان یک هدف مهم در توسعه پایدار کشور محسوب می‌شود. از طرفی مدیریت انرژی در بخش اداری با عنایت به الگو بودن برای سایر مراکز مصرف انرژی، بازتاب و گسترش فرهنگ صرفه جویی از اهمیت بسزائی برخوردار است. در این پژوهش استفاده از انرژی خورشیدی برای گرمایش فضا در یک ساختمان اداری در شهر گرگان مورد مطالعه قرار گرفته است. به منظور برآورد تعداد کلکتور برای طراحی سیستم خورشیدی، ممیزی انرژی ساختمان براساس استاندارد ۱۴۲۵۴ انجام می‌شود و برچسب انرژی ساختمان به منظور تعیین میزان پتانسیل کاهش مصرف انرژی ساختمان تعیین می‌گردد و سیستم گرمایش خورشیدی برای تامین نیاز بار حرارتی ساختمان در سناریوهای مختلف مطرح می‌شود. در ادامه توضیحات اجمالی از علوم مورد استفاده در پژوهش ارائه می‌شود.

## ۱-۲- ممیزی انرژی

ممیزی انرژی در ساختمان شامل یک معاینه دقیق به منظور تعیین چگونگی مصرف انرژی واحد، برآورد میزان هزینه‌های اولیه و در نهایت ارائه یک برنامه پیشنهادی جهت کاهش مصرف انرژی ساختمان می‌باشد.

برای آنکه قادر باشید کارایی انرژی مصرفی سازمان اداری/ تجاری خود را بهبود ببخشید، ابتدا باید بدانید که در چه وضعیتی از نظر مصرف انرژی قرار دارد. به این منظور ساده‌ترین راه آن است که صورت حساب انواع انرژی‌های مصرفی شامل گاز، سوخت و برق را در طول یک سال جمع‌آوری کنید.

## ۱-۳- برچسب انرژی

برچسب انرژی نشانی است که روی محصولاتی که مصرف کننده انرژی هستند نصب می‌شود و نشان-دهنده‌ی کیفیت محصولات از نظر میزان مصرف انرژی است [۲]. در صنعت ساختمان یکی از ابتدایی‌ترین و مهم‌ترین اقدامات در زمینه‌ی مدیریت مصرف انرژی، تهیه و تدوین معیار مصرف انرژی جهت تعیین چارچوب مناسب برای اعمال قوانین و دستورالعمل‌ها و پیش‌بینی‌های مربوط به تقاضا و برنامه‌ریزی جهت تولید انرژی می‌باشد. با اجرای طرح برچسب انرژی می‌توان تا حد بسیار زیادی میزان مصرف انرژی در ساختمان‌ها را کاهش داد.

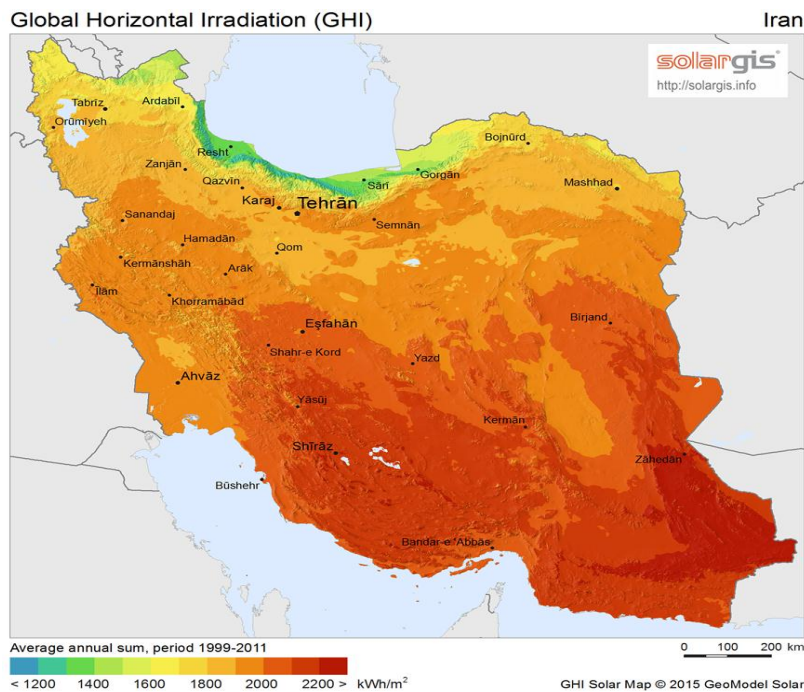
## ۱-۴- ترموگرافی

ترموگرافی کاربردهای فراوانی دارد اما یکی از پر طرفدارترین کاربردهای آن استفاده به عنوان یک تکنیک پایش وضعیت در تشخیص زود هنگام عیوب تجهیزات مختلف است گروهی معتقد هستند که این روش برای تشخیص عیب کاربرد دارد و نه تشخیص علت آن اما تجارب نگارنده اثبات‌کننده این مدعا است که در صورت به کارگیری صحیح روش ترموگرافی می‌توان علل عیوب را نیز کشف کرد. اصول کار این روش ساده است و براین اساس بنیان‌گزاری شده‌است که اجزاء یک سیستم، هنگامیکه به طرز صحیح کار نکنند، باعث افزایش دما می‌شوند. افزایش دما در یک مدار الکتریکی می‌تواند ناشی از اتصالات ناصحیح با مقاومت بالا باشد. قطعی مدار نیز می‌تواند به صورت نقاط سرد ناشی از عدم جریان در مدار ظاهر شود. توزیع دما در سطح تجهیزات مکانیکی نیز وقتی این تجهیزات در شرایط ایده‌آل کار می‌کنند دارای امضای حرارتی خاص است که با تغییر آن می‌توان به وجود عیب در تجهیز مظنون شد. جدیدترین ابزارهای ترموگرافی مورد استفاده در بازرسی ماشین آلات و تجهیزات حین کار دماسنج‌های مادون قرمز و دوربین‌های مادون قرمز *Infrared cameras*، که مکانیزم عملکرد هر دو استفاده از طیف مادون قرمز

گسیل شده از جسم هدف برای اندازه‌گیری دمای سطح آن جسم می‌باشد. با استفاده از این ابزارها، نیازی به تماس فیزیکی با ماشین نیست و می‌توان اندازه‌گیری‌ها را در شرایط کامل عملیاتی انجام داد و از کاهش تولید یا از کار افتادن دستگاه‌ها جلوگیری نمود. در گذشته نه چندان دور از دماسنج‌های مادون قرمز که به خاطر داشتن یک پوینتر لیزر به ترمومتر لیزری نیز معروف بودند برای این اندازه‌گیری‌ها استفاده می‌شد.

## ۱-۵- انرژی خورشیدی

در ایران روزانه به طور متوسط ۵/۵ کیلووات ساعت انرژی خورشیدی بر هر متر مربع از سطح زمین می‌تابد و ۳۰۰ روز آفتابی در ۹۰٪ خاک کشور ایران وجود دارد. مساحت ایران تقریباً ۱۶۰۰۰۰۰ کیلومتر مربع یعنی حدود  $۱۰۱۲ \times ۱/۶$  متر مربع است. میزان تابش روزانه انرژی خورشید در ایران برابر است با  $۱۰۱۲ \times ۵/۵ \times ۱/۶$  کیلو وات ساعت. میزان کل تابش خورشید در طول روز برای ایران تقریباً برابر است با  $۹ \times ۱۰^۹$  مگاوات ساعت. اگر تنها از ۱٪ مساحت ایران انرژی خورشیدی را دریافت کرده و راندمان سیستم دریافت انرژی تنها ۱۰٪ باشد، باز هم روزانه  $۹ \times ۱۰^۶$  مگاوات ساعت انرژی از خورشید دریافت می‌شود [۳].



شکل (۱-۱) تراز تابش در ایران [۳]

### ۱-۵-۱- انرژی خورشیدی؛ فراوان ترین انرژی در جهان

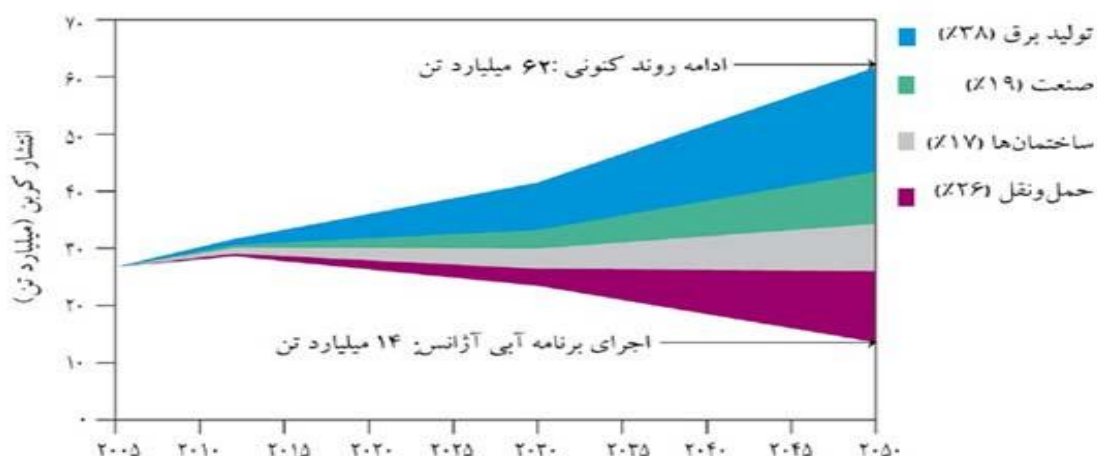
میزان انرژی‌ای که خورشید در مدت زمان یک ساعت به زمین ارزانی می‌دارد، معادل انرژی مورد نیاز تمام انسان‌ها در طول یک سال است. باور این واقعیت که انرژی مورد نیاز سالیانه ۷ میلیارد انسان برای گرمایش، سرمایش، حمل‌ونقل و ... در طی یک ساعت از خورشید به زمین می‌رسد، اما برای تامین انرژی، زمین را در جستجوی سوخت‌های فسیلی کاویده، سخت و تاسف‌بار است. شکل زیر این واقعیت را به خوبی به تصویر می‌کشد. میزان انرژی که زمین در طول یکسال از خورشید دریافت می‌کند با رنگ نارنجی و میزان انرژی مصرفی سالانه جهان با رنگ آبی نشان داده شده است که به نوعی تصدیق‌کننده همان جمله ابتدای پاراگراف است. از طرف دیگر مکعب‌های سبز، قرمز، خاکستری و زرد کل ذخایر فسیلی موجود در جهان را نشان می‌دهد. که مجموع آن‌ها حتی کمتر از انرژی یک‌سال خورشید است. به علاوه در میان انرژی‌های تجدیدپذیر نیز، انرژی خورشیدی فراوان‌ترین انرژی محسوب می‌شود.



شکل (۲-۱) منابع انرژی در دسترس در مقابل مصرف انرژی یکسال جهان [۴]

مسئله دیگری که لزوم بهره‌گیری از انرژی خورشیدی را دوچندان می‌کند، پیامدهای زیست محیطی حاصل از به‌کارگیری انبوه سوخت‌های فسیلی و انتشار کربن است. بر اساس دورنمای فناوری انرژی (ETP۲۰۰۸)، ۳۸ درصد از کاهش انتشار کربن در سال ۲۰۵۰، از طریق اصلاح سبد تولید برق جهان صورت می‌گیرد. برای دستیابی به این مهم، نقشه‌راه آبی آژانس بین‌المللی انرژی (Blue Map) باید اجرایی شود که در آن سهم تولید برق خورشیدی ۱۱ درصد در نظر گرفته شده است. هدف نقشه‌راه آبی آژانس، رساندن سطح انتشار کربن سال ۲۰۵۰ به نصف مقدار حال حاضر، یعنی ۱۴ میلیارد تن در سال است. در صورتی که ۱۱ درصد تولید برق از انرژی خورشیدی در سال ۲۰۵۰ محقق شود، سالانه ۲,۵ میلیارد تن کربن کمتر به محیط‌زیست تحمیل خواهد شد.





شکل (۳-۱) میزان کاهش انتشار کربن در سال ۲۰۵۰ به تفکیک بخشهای مختلف

### ۱-۵-۲- انواع فناوری‌های استفاده از انرژی خورشیدی

برای استفاده از منبع همیشگی انرژی خورشیدی، سه روش وجود دارد که در زیر فهرست شده‌اند.

بهره‌گیری از سلول‌های خورشیدی : (PV) تبدیل انرژی خورشید به ولتاژ DC از طریق سلول‌های خورشیدی

استفاده از انرژی حرارتی خورشید : (CSP) متمرکز نمودن انرژی خورشید و استفاده از انرژی حرارتی آن برای به حرکت درآوردن توربین و تولید برق

سرمایش و گرمایش خورشیدی : (SHC) سیستم‌های که از انرژی مستقیم خورشید و بدون تبدیل آن به برق، برای تولید گرما و سرما استفاده می‌کنند (مانند آبگرمکن خورشیدی)

فناوری‌های PV و CSP به خاطر ساختار متفاوت و کارکردهای مختلفی که دارند، در برخی مناطق و برای پاره‌ای از کاربردهای ویژه، ممکن است هر کدام از آن‌ها نسبت به دیگری ارجحیت داشته باشند. مهم‌ترین تفاوت‌های این دو فناوری در زیر عنوان شده است.

- نصب آسان سلول‌های خورشیدی در تمامی مناطق و امکان استفاده از آن‌ها به عنوان منابع تولید پراکنده

- عدم نیاز به آب برای خنک‌سازی سلول‌های خورشیدی بر خلاف نیروگاه‌های CSP
- امکان استفاده سلول‌های خورشیدی از اشعه غیرمستقیم آفتاب و تولید برق حتی در روزهای ابری

بر اساس آمار منتشر شده از سوی اتحادیه انرژی خورشیدی (SEIA)، ۲۱۵۰۰ مگاوات ظرفیت انرژی خورشیدی تا پایان سال ۲۰۰۹ در جهان نصب شده است که ۱۰ هزار مگاوات آن به کشور آلمان اختصاص دارد. اسپانیا و ژاپن با حدود ۳۶۰۰ و ۲۶۰۰ مگاوات رتبه‌های دوم و سوم جهان را در اختیار دارند.

## ۱-۶- کلکتورهای خورشیدی

کلکتورهای حرارتی خورشیدی به دو دسته متمرکز کننده<sup>۱</sup> و غیر متمرکز کننده<sup>۲</sup> تقسیم‌بندی می‌شوند.

کلکتورهای متمرکز کننده از سهمیه‌هایی تشکیل شده‌اند که نور خورشید را بر نقطه کانونی خود منعکس می‌کنند. با کنار هم قرار دادن این سهمیه‌ها و حرکت دادن یک سیال از روی نقطه کانونی آن‌ها

---

<sup>۱</sup> Concentrator

<sup>۲</sup> None Concentrator

می‌توان گرمای تابشی خورشید را جذب کرد و برای گرمایش و یا تولید برق استفاده کرد. کلکتورهای غیر متمرکز کننده شامل کلکتورهای صفحه تخت<sup>۳</sup> و کلکتورهای لوله خلأ هستند [۴, ۵].

### ۱-۶-۱- کلکتورهای صفحه تخت

کلکتورهای صفحه تخت از ساده‌ترین و پرستفاده‌ترین نوع کلکتورها به شمار می‌رود. شکل (۱-۱)

نمونه‌ای از کلکتورهای صفحه تخت را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۴) نمای کلی از کلکتور صفحه تخت/۵

کلکتورهای صفحه تخت، جذب‌کننده‌های انرژی خورشیدی هستند که در آن‌ها انرژی تشعشعی خورشیدی به انرژی حرارتی تبدیل می‌شود. از مهم‌ترین ویژگی‌های این کلکتورها، می‌توان به توانایی جذب تشعشع پخش شده و مستقیم به‌طور همزمان اشاره نمود. از جمله مزایای دیگر این کلکتورها عدم نیاز به دنبال‌کننده‌ی خورشیدی و تعمیرات و نگهداری آسان آن‌ها است.

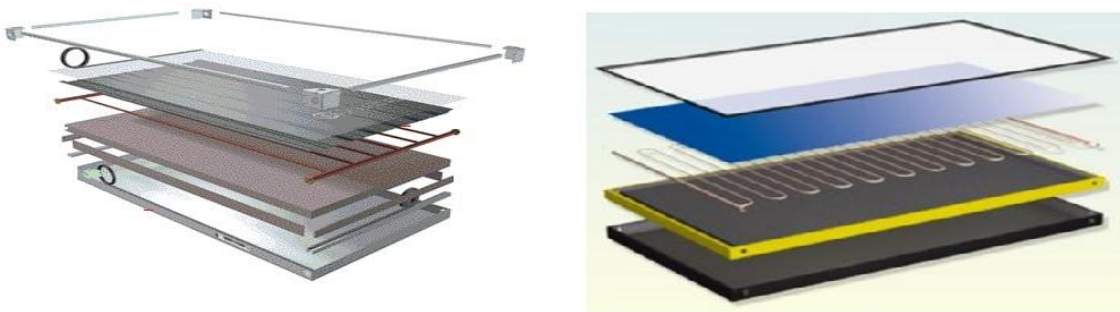
ساختار آن به شکل یک جعبه مستطیل شکل بوده که در داخل آن یک صفحه جاذب فلزی از جنس مس یا آلومینیوم با پوششی به رنگ‌های خاص قرار گرفته است. این صفحه، جاذب انرژی حرارتی خورشید

---

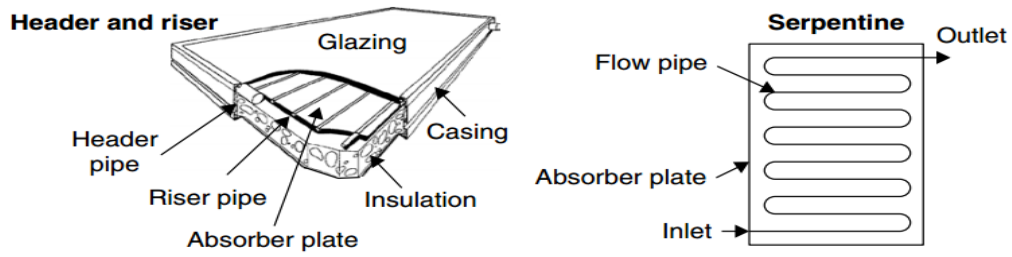
<sup>۳</sup> flat plate collector

است. در زیر صفحه، لوله‌های کوچکی قرار گرفته که آب یا سیال انتقال حرارت در آن‌ها جریان دارد. اطراف کلکتور به منظور کاهش اتلاف حرارتی نیز عایق‌بندی شده و روی سطح جعبه با پلاستیک شفاف یا شیشه پوشیده شده است.

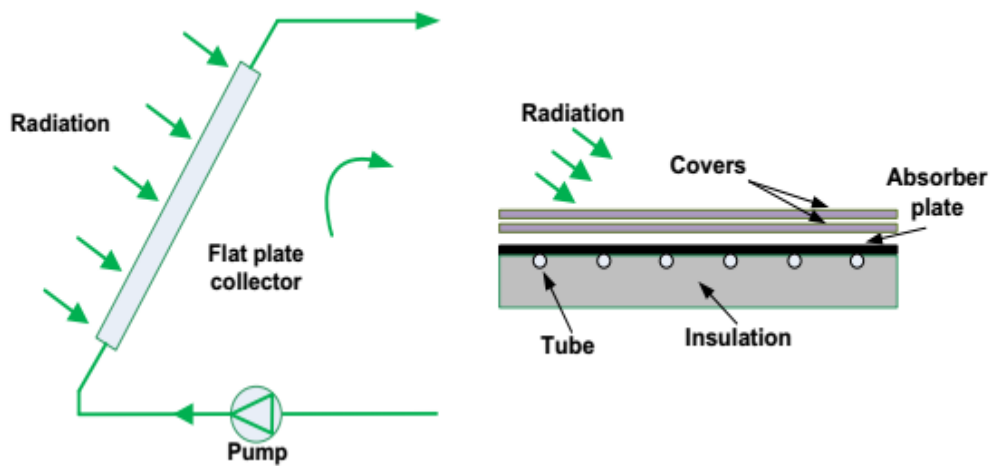
کلکتورهای صفحه تخت که در سال ۱۹۵۰ توسط هتل و ویلیر توسعه داده شدند از رایج‌ترین کلکتورها هستند. این کلکتورها شامل یک جاذب انرژی خورشیدی از نوع صفحه تخت به رنگ تیره، یک پوشش شفاف جهت عبور انرژی خورشید، یک سیال انتقال دهنده گرما (هوا، ضد یخ یا آب) برای انتقال گرما از جاذب و یک عایق حرارتی در پشت خود هستند. جاذب شامل یک ورقه‌ی جاذب نازک (پلیمری پایدار در برابر حرارت، آلومینیوم، فولاد یا مس که یک پوشش سیاه یا ویژه در آن به کار رفته) است که اغلب بر آن شبکه یا کویلی از اتصالات سیال در یک چهارچوب عایق شده با شیشه یا کاور پلی کربنات قرار می‌گیرد. در پنل‌های گرمایش آب سیال معمولاً از طریق لوله‌ها سیرکوله می‌شود تا حرارت را از طریق جاذب به مخزن آب عایق شده منتقل کند. مبنای سنجش کیفیت کلکتورهای خورشیدی میزان راندمان آن‌ها است که رابطه مستقیم با کیفیت صفحات جاذب دارد. شکل‌های (۱-۲) تا (۱-۴) اجزای تشکیل‌دهنده‌ی کلکتورهای صفحه تخت را نشان می‌دهند [۵، ۶].



شکل (۱-۵) اجزای تشکیل‌دهنده‌ی کلکتور صفحه تخت [۵]



شکل (۶-۱) اجزای تشکیل دهنده‌ی کلکتور صفحه تخت، جریان عبوری سیال و نحوه‌ی عملکرد آن [۶]



شکل (۷-۱) اجزای تشکیل دهنده‌ی کلکتور صفحه تخت [۷]



## فصل دوم

### مروری بر کارهای گذشته

یکی از مهمترین موضوعاتی که در چند دهه‌ی اخیر مورد توجه اکثر کشورهای صنعتی و پیشرفته بوده، بحث جلوگیری از اتلاف انرژی است. اهمیت این بحث همزمان با ظهور بحران انرژی در سال‌های نخست دهه‌ی ۱۹۷۰ زمانی که تقاضا برای منابع انرژی افزایش چشمگیری یافت، روشن شد. البته این نگاه به کاهش مصرف انرژی با تاکید بر بهره‌وری انرژی در ساختمان‌های بلند مرتبه از قبیل ساختمان‌های اداری همراه بود [۸]. در این فصل به پیشینه استفاده از انرژی خورشیدی در تامین انرژی مورد نیاز ساختمان و ممیزی انرژی و برچسب انرژی ساختمان به منظور کاهش مصرف انرژی فسیلی و کاهش هزینه‌های ناشی از آن پرداخته می‌شود.

## ۱- ادبیات و پیشینه تحقیق

### ۲-۱-۱- پیشینه سیستم گرمایش خورشیدی و استفاده آن در ساختمان

مکدونانیل و لاوندس نشان دادند که استفاده از بازتابنده‌ها راهی ارزان و کارآمد برای افزایش تشعشع خورشیدی برخوردی به روی صفحه جاذب به شمار می‌رود [۹]. بیکر و همکاران با انجام مطالعه عددی نشان دادند در صورتی که کلکتورها در شیبی بیشتر از عرض جغرافیایی محل قرار گیرند، با قرار دادن سطحی برای بازتاب تشعشع در پایین کلکتور، عملکرد کلکتور در تابستان بهبود می‌یابد [۱۰]. پوکار و دسپیک نیز نشان دادند که هرگاه از بازتابنده با زاویه‌ی ثابت در بالای کلکتور استفاده شود، تنها در بازه زمانی کوتاهی سطح کلکتور به صورت یکنواخت تشعشع بازتابیده را دریافت می‌کند و در بقیه زمان‌ها قسمتی از تشعشع بازتابیده از روی سطح کلکتور به سمت زمین بازتاب شده و به هدر می‌رود. عظیمی نیز در یک مطالعه‌ی تحلیلی و آزمایشگاهی، آثار استفاده از بازتابنده‌های تخت در چهار طرف کلکتور و همچنین عدسی‌ها را بر روی عملکرد کلکتور صفحه تخت خورشیدی بررسی نمود. او نشان داد که کاربرد بازتابنده‌ها با زاویه‌ی ثابت، موجب افزایش بازده انرژی می‌شود [۱۱].



جوشی و تیواری به بررسی انرژی، انرژی و اقتصادی یک سیستم خورشیدی برای ۴ نوع آب و هوای مختلف و چندین نوع کلکتور خورشیدی پرداختند. آن‌ها هزینه‌های تولید آب و برق را برای هر نوع سیستم مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد ترکیب صفحات فتوولتائیک با آبگرمکن‌های خورشیدی صفحه تخت مناسب‌ترین نوع ترکیب خورشیدی برای تأمین آبگرم و برق است [۱۲].

وانگ و همکاران در پژوهشی یک مبدل گرمایی جذب انرژی خورشیدی<sup>۴</sup> (SDAHT) که با محلول LiBr-H<sub>2</sub>O کار می‌کند، برای تأمین انرژی با درجه حرارت بالا پیشنهاد دادند. آن‌ها از کلکتورهای صفحه تخت برای تأمین ورودی مورد نیاز حرارت در پیکربندی سیستم پیشنهادی استفاده نمودند که به طرز چشمگیری گستره کاربرد کلکتورهای صفحه تخت را گسترش می‌دهد. آن‌ها از مفهوم ترمواکونومیک به کمک نرم‌افزار EES برای ارزیابی و بهینه‌سازی SDAHT به منظور کمینه کردن هزینه‌های سرمایه سالانه در هر کیلووات حرارتی (CPK) و دوره بازگشت سرمایه<sup>۵</sup> (PP) استفاده نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که یک دمای جذب‌کننده اواپراتور مطلوب وجود دارد که CPK و PP می‌توانند حداقل مقادیر را به دست آورند. با شدت تابش خورشیدی در ۶۰۰ وات/مترمربع، دمای تولید (تبخیر) در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد، دمای تراکم در ۳۸ درجه سانتی‌گراد، دمای جذب در ۱۳۵ درجه سانتی‌گراد و بازده اقتصادی به ۰/۸ رسید. دمای مطلوب جذب‌کننده و CPK مربوط به این دما ۱۰۴ درجه سانتی‌گراد و CPK برابر ۹۲۸ یورو/کیلووات و بازگشت سرمایه برابر ۴ سال خواهد بود [۱۳].

ستینو و همکاران استفاده مؤثر از منابع انرژی تجدیدپذیر را عامل اصلی برای رسیدن به اهداف اتحادیه اروپا در زمینه تغییرات اقلیمی و انرژی‌های تجدیدپذیر دانستند. آن‌ها فن‌آوری‌های موجود برای تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی و حرارتی را مورد بررسی قرار دادند. پنل‌های فتوولتائیک،

<sup>۴</sup> solar double absorption heat transformer

<sup>۵</sup> Payback period

کلکتورهای حرارتی، پمپ‌های حرارتی، سیستم‌های خنک‌کننده و ذخیره انرژی با توجه به دسترسی به برنامه‌های کاربردی در مقیاس کوچک مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و روش‌های مختلفی برای تهیه گرمایش، سرمایش و آبگرم بهداشتی از منبع خورشیدی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و از دیدگاه راندمان، آنالیز اقتصادی و آنالیز زیست‌محیطی مورد مقایسه گرفت. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد انتخاب بهترین نوع سیستم وابسته به عوامل مختلفی است که بایستی متناسب با نوع اقلیم و کاربری انتخاب گردد [۱۴].

راجو و نارایانا تأثیر کلکتورهای صفحه تخت را بر روی خروجی سیستم در حالت فعال خورشیدی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که سیستم با دو کلکتور صفحه تخت در حالت سری دارای راندمان بیشتری در مقایسه با یک کلکتور صفحه تخت است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که سری نمودن تعداد بیشتری از کلکتورهای صفحه تخت خورشیدی باعث بالا رفتن دمای سیال داخل سیستم می‌شود [۱۵].

سخن‌صفت و همکاران یک تحلیل ترموآکونومیک برای دو سیستم مختلف خورشیدی مبتنی بر دو نوع کلکتور صفحه تخت و کلکتور لوله خلأ در شرایط آب و هوایی سرد ایران مورد مطالعه قرار دادند. تولید انرژی خورشیدی سالانه و دمای خروجی کلکتور با استفاده از نرم‌افزار TRNSYS<sup>۱۶</sup> محاسبه گردید. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که دمای ورودی و شرایط آب و هوایی دو متغیر عمده است که بر عملکرد کلکتور اثر می‌گذارد. در نهایت، با توجه به تجزیه و تحلیل حرارتی و اقتصادی، عملکرد سیستم با کلکتورهای لوله خلأ ۴۱٪ بهتر از سیستم با کلکتورهای صفحه تخت است و سود انرژی سالانه کلکتورهای لوله خلأ، ۳۰٪ بیشتر از کلکتورهای صفحه تخت در آب و هوای سرد است؛ بنابراین، استفاده از کلکتورهای لوله خلأ در آب و هوای سرد توصیه می‌شود [۱۶].

علی‌رضا جعفری به بررسی و طراحی کلکتورهای هوایی خورشیدی جهت گرمایش پرداخته و نتیجه گرفته است که افزایش تعداد پوشش‌های شیشه‌ای و دبی هوای ورودی و وضامت عایق سبب کاهش مساحت مورد نیاز کلکتور و در نتیجه افزایش راندمان آن می‌شود [۱۷].

مرتضی خلجی اسدی و همکاران مطابق با نیاز انرژی ساختمان و بررسی منحنی هزینه - بازده سیستم ترکیبی خورشیدی، تعداد گردآورنده‌های تخت خورشیدی محاسبه کردند و با توجه به تاثیر سایه ردیف کلکتورها بر یکدیگر و محدودیت فضای پشت بام، یک سیستم هیبرید (خورشیدی - فسیلی) پیشنهاد شد. با توجه به نتایج به دست آمده میزان متوسط انرژی خورشیدی قابل بهره برداری در حالت‌های مختلف از ۱۵ تا ۴۵ % در ماه‌های سرد سال تغییر می‌کند. با توجه به صرفه جویی سالیانه در مصرف سوخت و نیز کاهش هزینه‌های اجتماعی در منطقه سردسیر با استفاده از سیستم ترکیبی خورشیدی و با در نظر گرفتن قیمت جهانی سوخت، سالانه حدود ۴۳ میلیون ریال در هزینه سوخت صرفه جویی می‌شود [۱۸].

## ۲-۱-۳ - پیشنهاد ممیزی انرژی

در سال‌های اخیر با توجه به اهمیت بهینه سازی مصرف انرژی، مطالعاتی در این زمینه صورت گرفته است.

گروه مطالعات انرژی شرکت مهندسی و ساختمان صنایع نفت، با مروری بر وضعیت اتلاف گاز طبیعی در ایران، با قرار دادن سال ۱۳۷۶ به عنوان سال مبنا و با توجه به اینکه میزان اتلاف گاز در بخش تولید و فرآورش گاز حدود ۱۳/۷ میلیارد مترمکعب بوده است حداقل امکان صرفه‌جویی در بخش خانگی - تجاری، صنعتی و نیروگاه‌ها به ترتیب ۱/۶، ۱/۵ و ۱/۵ میلیارد مترمکعب در سال محاسبه کرده است..

کریمی و همکاران (۱۳۸۵) به بیان دستورالعمل ممیزی و روش بررسی عملکرد دیوارهای خارجی ساختمان پرداختند در این تحقیق دستورالعمل ممیزی انرژی با استفاده از اطلاعات مندرج در قبض‌های انرژی ساختمان و همچنین داده‌های هواشناسی، به منظور تعیین ضریب انتقال حرارت عملکردی دیواره‌های خارجی ساختمان و مقایسه آن با مقادیر مجاز و استاندارد ارائه شده است [۱۹].

توان کیخاونی (۱۳۸۸) به تشریح مراحل ممیزی انرژی و اهمیت آن در کاهش تلفات انرژی در ساختمان پرداخت و مراحل چهارگانه ممیزی انرژی و روشهای محاسبه ضریب بار ساختمان بررسی گردید. بعنوان یک مطالعه موردی ممیزی انرژی در ساختمان اداری شرکت ملی پخش منطقه ایلام بررسی شد. در محاسبات اولیه مشخص شد که مبحث ۱۹ مقررات ملی در ساختمان رعایت نشده و انجام ممیزی انرژی ضروری می باشد. و راهکارها به همراه هزینه سرمایه گذاری و میزان صرفه‌جویی و زمان برگشت سرمایه ارائه شده است. به کمک شبیه سازی ساختمان مشاهده می شود که بعد از اجرای راهکارهای پیشنهاد شده ضریب انتقال حرارت ساختمان (BLC) از  $67.07/8$  به  $54.30/97$  کاهش می‌یابد [۲۰].

نوفرستی، ج (۱۳۸۸)، اصلاح الگوی مصرف در سیستم‌ها و وسایل تامین کننده گرمایش واحد مسکونی را در بالاترین اولویت دانسته و با توجه به نقش مشترک سیستم‌های گرمایش مرکزی در تامین گرمایش و آب‌گرم بهداشتی و نیاز به آب گرم در تمام روزها با هدف صرفا کاهش مصرف و اتلاف گار طبیعی، اولویت اول در اصلاح الگوی مصرف، را سیستم حرارت مرکزی با همان موتورخانه مرکزی می‌داند. و با تاکید بر اینکه بدون اصلاح قیمت حامل‌های انرژی که در طرح هدفمند کردن یارانه‌ها دنبال می‌شود، موفقیت برنامه‌های بهینه‌سازی، اصلاح الگوی مصرف دور از انتظار است. پیشنهاداتی را برای دستیابی به این هدف ارائه میدهد [۲۱].

چوردهاردی (۳۰۱۵) به انجام ممیزی انرژی با استفاده از نرم‌افزار دیزاین بیلدر پرداخته است که موجب کاهش مصرف انرژی سالانه از ۷۲/۷۳۶ به ۵۲/۷۱۰ مگاوات ساعت شده است [۲۲].

جینگوا و همکاران با استفاده از نرم‌افزار EQUEST به تجزیه و تحلیل اثرات راهکارهای کاهش مصرف انرژی در اتاق‌هایی با جهت‌های مختلف در چین پرداخته‌اند. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که سایبان و عایق‌بندی دیوارهای خارجی با کاهش ۱۱/۳۱ و ۱۱/۵۱ درصدی بهترین راهکار برای کاهش مصرف انرژی است. بهینه‌سازی با راهکارهای مختلف می‌توان مصرف سالانه برق را تا ۲۵/۹۲ درصد و مصرف انرژی برای سرمایش و گرمایش را نیز به ترتیب تا ۲۱/۰۸ و ۳۴/۷۷ درصد کاهش داد [۲۴].

در نهایت تمام مطالعات صورت گرفته بیانگر این امر می‌باشند که بررسی و مطالعه در زمینه ممیزی و بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان‌ها به ویژه در ایران هنوز جای کار دارد. این پژوهش نیز در همین راستا و با هدف کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری ایران شکل گرفته است.

### ۲-۱-۳- پیشینه برچسب انرژی ساختمان

اولین رتبه‌بندی انرژی ساختمان در سال ۱۹۹۷ م در دانمارک صورت گرفت. پس از آن در سال ۲۰۰۲ م دستورالعمل کاهش و بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان در اتحادیه اروپا به تصویب رسید و از آن پس به مرور در کشورهای مختلف اجرایی شد.

### ۲-۱-۳-۱- برچسب انرژی ساختمان در ایران

در ایران، معیار و استانداردهای مصرف انرژی ساختمان و تدوین برچسب انرژی ساختمان که توسط وزارت نفت و شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت تهیه شد در مورخ ۱۳۹۰/۱۱/۱۲ توسط سازمان ملی استاندارد ایران منتشر گردید. این استاندارد در دو بخش مجزا برای ساختمان‌های مسکونی و ساختمان‌های غیرمسکونی تدوین شده است که برای ساختمان‌های موجود و در حال ساخت کاربرد دارد.

برچسب انرژی ساختمان‌های غیر مسکونی		انرژی
<p>بازدهی بیشتر</p> <p>بازدهی کمتر</p>		
R=	(میزان مصرف انرژی ساختمان نسبت به ساختمان ایده‌آل)	نسبت انرژی
	(برحسب کیلو وات ساعت بر مترمربع در سال)	شاخص مصرف انرژی
اداری عمومی		کاربری
تهران		شهر
نیمه خشک	(بر اساس تقسیم بندی منطقه A)	اقلیم
	بر حسب $m^2$	زیربنای مفید
		کد پستی
		آدرس

شکل (۱-۲) نمونه برچسب انرژی در ایران

با توجه به مقالات مورد بررسی و اینکه در تحقیقاتی که تاکنون انجام شده به بررسی چرایی عدم امکان استفاده از انرژی خورشیدی پرداخته نشده است و در این پژوهش سعی شده است با استفاده از ممیزی انرژی و تعیین رده مصرف انرژی ساختمان به این مهم که چرا استفاده از سیستم‌های خورشیدی در ایران توجیه اقتصادی ندارد و آیا عملکرد مصرف-کننده‌های انرژی و نوع تجهیزات مورد استفاده و ..... دخیل هستند یا خیر.

فصل سوم  
مباحث لازم در محاسبه و استفاده از انرژی  
خورشیدی

در این فصل به بررسی و طراحی یکی از سیستم‌های پرکاربرد انرژی خورشیدی؛ یعنی کلکتورهای هوایی خورشیدی جهت گرمایش فضا پرداخته شده و محاسبات لازم و پارامترهای مؤثر بر بازده و مساحت کلکتورها مورد تحلیل قرار گرفته است.

### ۳-۱- محاسبه شار خورشیدی

#### ۳-۱-۱- تعاریف

در کاربرد انرژی خورشیدی غالباً از واژه‌هایی استفاده می‌شود که در زیر توضیح داده شده‌اند. تابش خورشیدی در نتیجه عبور از جو زمین به دو جزء تابش مستقیم و پخش تقسیم می‌شود. تابش مستقیم: تابش مستقیم قسمتی از تابش خورشیدی است که بدون تغییر جهت ناشی از پراکندگی به وسیله جو، در سطح زمین دریافت می‌شود، این تابش می‌تواند سایه قابل تشخیصی در زمین ایجاد نماید.

تابش پخش (پراکنده): تابش پخش قسمتی از تابش خورشید است که بعد از تغییر جهت یافتن ناشی از پراکنده شدن به وسیله جو، در سطح زمین دریافت می‌گردد.

تابش کل: مجموع تابش مستقیم و تابش پخش را تابش کل گویند.

برای سهولت درک مطلب علائمی را که جامعه بین‌المللی انرژی خورشیدی برای نشان دادن چگونگی تابش خورشیدی در نظر گرفته اند، توضیح می‌دهیم.

۱ - میزان انرژی تابشی که بر واحد سطح یک رویه تابیده می‌شود (انرژی لحظه‌ای بر واحد سطح) با علامت  $G$  نشان داده می‌شود و بر حسب  $W/m^2$  بیان می‌گردد.



۲ - انرژی تابشی خورشید را که در یک فاصله زمانی معین به واحد سطح رویه تابیده می‌شود، بر حسب  $J/m^2$  بیان می‌کنند. به طور قراردادی چنانچه فاصله زمانی معین یک روز و یا یک ساعت باشد به ترتیب علائم  $I$  و  $H$  مورد استفاده قرار می‌گیرد. چنانچه  $I$  و  $H$  برای فواصل زمانی دیگری نیز مورد استفاده قرار گیرند باید در کنار آنها فاصله زمانی قید گردد.

۳ - علائم  $G$  و  $H$  و  $I$  می‌توانند برای نشان دادن تابش مستقیم، پخش و یا کل با استفاده از اندیس‌های مناسب زیر به کار روند.

الف - اندیس (0) نشان می‌دهد که تابش به سطح خارجی جو می‌تابد (یا بر روی سطح زمین در صورت فقدان جو).

ب - اندیس (b) نشان می‌دهد که تابش از نوع تابش مستقیم است.

ج - اندیس (d) نشان می‌دهد که تابش از نوع تابش پخش است.

د - اندیس (T) نشان می‌دهد که تابش بر سطح شیبدار می‌تابد.

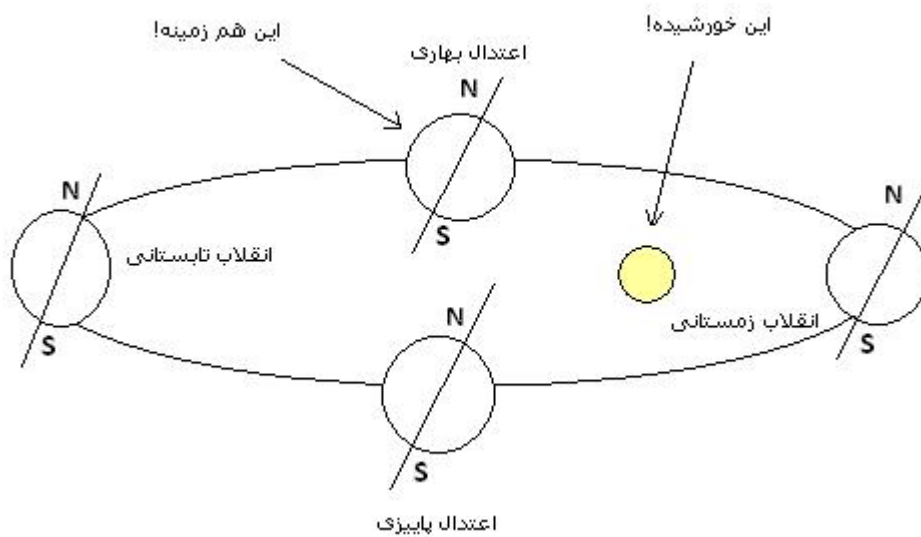
ه - اندیس (n) نشان می‌دهد که تابش بر صفحه عمود بر راستای تابش می‌تابد.

و - چنانچه اندیس (n) و (T) به کار نروند، بدان معنی است که تابش بر سطح افق می‌تابد.

۴ - وقتی علامت (-) در بالای یکی از علائم فوق قرار می‌گیرد بدان معنی است که مقدار متوسط ماهانه کمیت مورد نظر است. چنانچه علامت فوق نشان‌دهنده مقدار متوسط کمیت در مدت زمانی غیر از ماه باشد، باید فاصله زمانی قید گردد.

زاویه سمت الراس ( $\theta_z$ ): زاویه بین راستای تابش مستقیم خورشیدی و راستای عمود بر صفحه افق می‌باشد.





شکل (۲-۳) زاویه میل خورشید

لازم به ذکر است که زاویه انحراف خورشید در طول سال‌های متوالی به اندازه ناچیزی با یکدیگر تفاوت دارند و هر ۴ سال یک بار به علت واقع شدن سال کبیسه، مجدداً تکرار می‌شوند. تا کنون روابط تجربی گوناگونی جهت محاسبه زاویه انحراف ارائه گردیده است که رابطه زیر یکی از آنها می‌باشد.

$$\delta = 23.45 \times \sin\left(360 \times \left(\frac{284+n}{365}\right)\right) \quad (2-3)$$

در این رابطه  $n$  شماره روز می‌باشد. برای محاسبه مقدار  $n$  روابطی موجود است که این روابط در جدول (۱-۳) متناسب با ماه میلادی آورده شده است، این جدول شامل مقادیر  $n$  برای سال‌های کبیسه نمی‌باشد. برای سال کبیسه به مقدار  $n$  از ماه مارس به بعد باید یک واحد اضافه کرد و بدین ترتیب مقادیر  $\delta$  نیز مختصر تغییر خواهد کرد.

جدول (۳-۱) مقدار  $\Pi$  برای هر ماه

ماه میلادی	$\Pi$ برای روز $i$ ام ماه میلادی
January (ژانویه)	$i$
February (فوریه)	$31+i$
March (مارس)	$59+i$
April (آوریل)	$90+i$
May (مه)	$120+i$
June (ژوئن)	$151+i$
July (ژوئیه)	$181+i$
August (آگوست)	$212+i$
September (سپتامبر)	$243+i$
October (اکتبر)	$273+i$
November (نوامبر)	$304+i$
December (دسامبر)	$334+i$

از دیگر زوایایی که در کاربرد انرژی خورشیدی دارای اهمیت هستند، می توان زاویه شیب صفحه مورد نظر ( $\beta$ ) و زاویه سمت صفحه ( $\gamma$ ) و زاویه برخورد تابش مستقیم با صفحه ( $\theta$ ) را نام برد. زاویه شیب عبارت است از زاویه بین سطح صفحه مورد نظر و سطح افق. زاویه سمت صفحه عبارتست از انحراف تصویر عمود بر صفحه در یک سطح افقی با نصف النهار محلی. در نیمکره شمالی هنگامی که  $\gamma = 0$  باشد، صفحه کاملاً به سمت بوده و هنگامی که صفحه به سمت جنوب شرقی باشد، زاویه سمت صفحه منفی و هرگاه به سمت جنوب غربی باشد مقدار آن مثبت است. این زاویه به طور کلی بین  $+180$  تا  $-180$  تغییر می کند.

طلوع و غروب نجومی: از دیگر پارامترهایی که در تعیین تابش خورشید لازم است تا محاسبه شود، طلوع و غروب خورشید به صورت زاویه ساعتی می باشد. محاسبه این زمانها از روابط زیر امکان پذیر است.

$$\omega_s = \text{ArcCos}(-\text{tg}\phi \times \text{tg}\delta) \quad (3-3)$$

که در این رابطه  $\omega_s$  زاویه ساعتی خورشید در لحظه غروب نجومی بر حسب درجه،  $\phi$  عرض جغرافیایی بر حسب درجه و  $\delta$  زاویه انحراف (میل) خورشید بر حسب درجه می باشد. زاویه ساعتی خورشید در لحظه طلوع نجومی از رابطه زیر بدست می آید.

$$\omega_s = -\omega_r \quad (4-3)$$

**زاویه برخورد: زاویه برخورد عبارتست از زاویه بین راستای تابش مستقیم بر روی یک صفحه و راستای عمود بر آن صفحه.**

زاویه برخورد تابش مستقیم به صفحات ثابت: زاویه برخورد تابش مستقیم را برای هر صفحه تخت با هر زاویه شیب و زاویه سمت در هر نقطه از کره زمین، در هر روز و هر زمانی می توان از رابطه زیر محاسبه نمود.

$$\begin{aligned} \cos\theta = & (\sin\delta \times \sin\phi \times \cos\beta) - (\sin\delta \times \cos\phi \times \sin\beta \times \cos\gamma) + (\cos\delta \times \cos\phi \times \cos\beta \times \cos\gamma) \\ & + (\cos\delta \times \sin\phi \times \sin\beta \times \cos\gamma \times \sin\omega) + (\cos\delta \times \sin\beta \times \sin\gamma \times \sin\omega) \end{aligned} \quad (5-3)$$

در برخی از موارد می توان رابطه فوق را ساده نمود و سپس مورد استفاده قرار داد. به عنوان مثال برای صفحات عمودی ( $\gamma = 0$ ) رابطه را می توان به صورت زیر نوشت.

$$\text{Cos}\theta = \text{Cos}(\phi - \beta)\text{Cos}\delta\text{Cos}\omega + \text{Sin}(\phi - \beta)\text{Sin}\delta \quad (6-3)$$

### ۳-۱-۲- عوامل موثر بر تابش

میزان انرژی تابشی که از جانب خورشید به سطح زمین می‌رسد توسط دو سری از فاکتورها تحت تاثیر قرار می‌گیرد.

الف) فاکتورهایی که روی تابش رسیده به بیرون جو و یا به عبارت دیگر روی میزان تابش تاثیر می‌گذارد. این دسته شامل عوامل نجومی و لکه‌های خورشیدی می‌باشند.

ب) عوامل جوی که بر روی توزیع طیفی تابش و یا به اصطلاح کیفیت تابش تاثیر می‌گذارد.

تابش رسیده به بیرون جو زمین یا تابش فراجوی روزانه ( $H_0$ ) برابر تابشی است که در صورت عدم وجود جو به سطح زمین می‌رسید. اسپیتزر و همکارانش ۱۹۸۶ پیشنهاد کردند که برای بدست آوردن تابش فرا جو روزانه باید از رابطه زیر استفاده شود.

$$H_0 = \frac{24 \times 3600 \times G_{sc}}{\Pi} \times \left\{ \cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + \left[ \frac{\Pi \times \omega_s}{180} \times \sin \phi \sin \delta \right] \right\} \times \left( \frac{d}{\bar{d}} \right)^2, \quad (7-3)$$

بر اساس معادله فوق، عوامل موثر بر تابش فرا جوی شامل فاصله زمین - خورشید، ثابت خورشیدی، زاویه ارتفاعی خورشید، عرض جغرافیایی و زاویه میل خورشید می‌باشند. در ادامه هر کدام از این عوامل به صورت جداگانه توضیح داده می‌شوند.

فاصله زمین - خورشید: مقدار  $(d/\bar{d})^2$  یا نسبت فاصله متوسط زمین - خورشید به فاصله واقعی زمین - خورشید می‌تواند با دقت خوبی از رابطه زیر بدست آید.

$$\left( \frac{d}{\bar{d}} \right)^2 = 1 + \left\{ 0.033 \cos \frac{360n}{365} \right\} \quad (8-3)$$

زاویه ارتفاعی خورشید: همان طور که قبلا بیان شد زاویه ارتفاعی خورشید نسبت به سطح افق، وابسته به عرض جغرافیایی و زاویه میل خورشید می‌باشد. در روزهای بهار و تابستان، زاویه ارتفاعی خورشید زیاد و میزان تابش دریافتی از خورشید بیشتر از روزهای پاییز و زمستان است. کاهش زاویه ارتفاعی خورشید موجب افزایش طول مسیر نور در درون جو و تضعیف بیشتر تابش می‌گردد.

زاویه میل خورشیدی: زاویه میل خورشیدی بر روی زاویه ارتفاعی خورشید و طول روز موثر است. در روزهای بهاری و تابستان به دلیل مثبت بودن زاویه میل، زاویه ارتفاع خورشید و طول روز بیشتر بوده و میزان تابش دریافتی بیشتر است.

عرض جغرافیایی: عرض جغرافیایی بر روی طول روز و زاویه ارتفاعی خورشید موثر می‌باشد. هر چند در نیمکره شمالی در روزهای تابستان و بهار، در عرض‌های قطبی نسبت به استوا طول روز بیشتر است، ولی به علت ارتفاع کمتر خورشید در مناطق قطبی، میزان تابش دریافتی در عرض‌های نزدیک استوا نسبت به مناطق قطبی بیشتر است.

طول روز: طول روز با افزایش میزان ساعات دریافت تابش، باعث افزایش میزان تابش دریافتی از خورشید می‌گردد.

ثابت خورشیدی: انرژی رسیده به خارج جو زمین روی واحد سطح عمود بر جهت تابش در فاصله متوسط زمین\_خورشید، ثابت خورشیدی نامیده می‌شود. در سال‌های اخیر اندازه‌گیری دقیق ثابت خورشیدی مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. که مرکز جهانی تابش مقدار  $1367 \text{ W/m}^2$  را برای ثابت خورشیدی پیشنهاد کرده است.

### ۳-۱-۳- تابش آسمان

برای پیش بینی اثرات خورشیدی لازم است تبادل تابش بین رویه و آسمان را ارزیابی نماییم. آسمان را می‌توان یک جسم سیاه در دمایی معادل دمای آسمان فرض کرد و بنابراین می‌توان تابش خالص موجود بین یک صفحه تخت افقی و آسمان را از رابطه زیر بدست آورد.

$$Q = \varepsilon \cdot A \cdot \sigma (T_{sky}^4 - T^4) \quad (۹-۳)$$

جسم سیاه در دمایی معادل دمای آسمان در رابطه فوق مبین آن است که جو دارای دمای یکنواخت نبوده و در طول موج‌های معینی تابش می‌کند. جو اصولاً در ناحیه طول موج‌های بین ۸ الی ۱۴ μm شفاف می‌باشد و روابط متعددی برای نسبت دادن دمای آسمان صاف به سایر متغیرهای اندازه‌گیری شده هواشناسی وجود دارد. یکی از آنها، رابطه ساده زیر می‌باشد که دمای آسمان را به دمای هوای محلی ربط می‌دهد.

$$T_{sky} = 0.0552 T_o^{1.5} \quad (۱۰-۳)$$

در رابطه فوق هر دو دما بر حسب کلوین می‌باشند.

### ۳-۱-۴- برآورد تابش خورشیدی با استفاده از سایر متغیرهای هواشناسی

روابطی که برای محاسبه تابش خورشیدی استفاده می‌شوند همواره وابسته به متغیرهای هواشناسی می‌باشند، این متغیرها شامل: ساعات آفتابی، دمای هوا، ابری بودن، بارندگی، رطوبت نسبی، ترکیب، غلظت و اندازه ذرات موجود در جو (آئروسول‌ها) و آب قابل بارش می‌باشند. این متغیرها به تنهایی یا همراه با هم در روابط مختلف به کار گرفته می‌شوند. قبلاً روش‌های مختلف تخمین تابش مورد مطالعه قرار گرفته است و نتایج بدست آمده حاصل از آن که بهترین تخمین برای ضریب گذرایی جو آسمان ایران را روش انگستروم دارا می‌باشد. رابطه پیشنهادی انگستروم بصورت زیر می‌باشد.



$$s_o = N = \frac{\omega_s - \omega_r}{15}, \quad (11-3)$$

$$K_T = a + b \frac{s}{s_o}$$

در رابطه انگستروم ضریب  $a$  بیانگر میزان تابش دریافتی در یک روز کاملاً ابری (  $s = 0 \rightarrow a + b.(s/s_o) = a$  ) و برای  $a+b$  بیانگر مقدار تابش دریافتی در یک روز کاملاً صاف (  $s = s_o \rightarrow a + b.(s/s_o) = a + b$  ) می‌باشد. جدول (۲-۳) ضرایب معادله انگستروم را برای استان گلستان نمایش می‌دهد.

جدول (۲-۳) ضرایب انگستروم برای گلستان

	A	B
بهار-تابستان	۰,۲۷	۰,۴۶
پاییز-زمستان	۰,۲۹	۰,۴۲

با مشخص شدن روش معتبر برای ضریب گذرایی جو، میتوان شار گذشته از جو را از روی شار خارج از جو محاسبه کرد.  $I_o$  (j/m<sup>2</sup>.h) ، شار ساعتی خورشید بر صفحه ای عمود بر جهت تابش در بیرون از جو زمین میباشد و از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$I_o = \frac{12 \times 3600}{\pi} \times G_{sc} (1 + 0.033 \cos \frac{360n}{365}) \left[ \cos \phi \cos \delta (\sin \omega_2 - \sin \omega_1) + \frac{\pi(\omega_2 - \omega_1)}{180} \times \sin \phi \sin \delta \right] \quad (12-3)$$

در این رابطه  $\omega, \phi$  به ترتیب، همان عرض جغرافیایی محل و زاویه ساعتی در لحظه مورد نظر می‌باشند

که:

$$\omega = (Time - 12) \times 15^\circ \quad (13-3)$$

$\omega_1$  زوایه ساعتی مربوط به شروع بازه زمانی یک‌ساعته و  $\omega_2$  بازه زمانی مربوط به پایان بازه زمانی یک-ساعته است.

$I$  (ج/م<sup>2</sup>.ه) ، شار ساعتی خورشید بر صفحه ای عمود بر جهت تابش در داخل جو زمین می‌باشد و همانطور که قبلاً اشاره شد رابطه مستقیم با ضریب گذرایی جو خواهد داشت:

$$I = I_o \times K_T \quad (۱۴-۳)$$

ضریب گذرایی جو ( $K_T$ ) از رابطه (۱۱،۲) محاسبه میشود، اما باید دقت شود که ضریب  $\frac{s}{s_o}$  در اینجا کسری از یک ساعت است که آسمان بدون ابر است نه کسر روزانه.

### ۳-۲- انواع کلکتورهای خورشیدی

#### ۳-۲-۱ کلکتورهای متمرکز کننده

کلکتورهای متمرکزکننده که عموماً به جهت مصارف صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند از یک ظرف سهموی تشکیل یافته که بر روی آن آینه‌کاری می‌شود و وظیفه تمرکز انرژی خورشیدی بر روی لوله جاذب سراسری را بر عهده دارند. در متمرکزکننده‌ها بعلت کاهش سطح جذب کننده‌ها، اتلافات حرارتی کاهش می‌یابد و دمای بالاتر و حرارت بیشتری تولید می‌شود. شکل زیر چند نمونه از کلکتورهای متمرکزکننده را نشان می‌دهد.



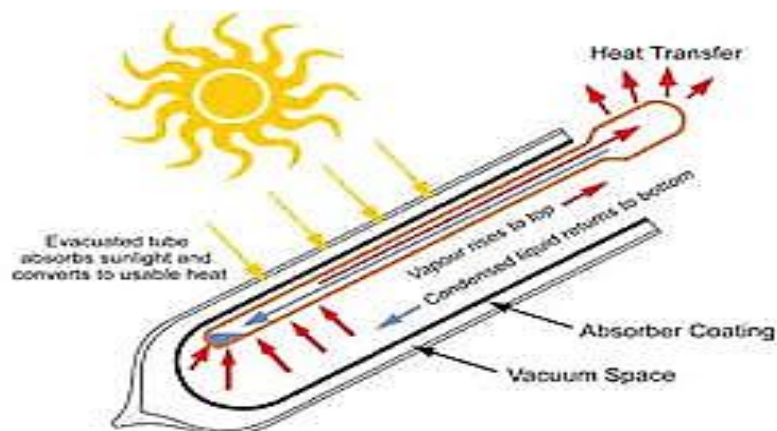
شکل (۳-۳) نمونه‌ای از کلکتورهای متمرکزکننده

این کلکتورها دارای کاربرد در دماهای بالا بوده و به طور کلی کلکتورهایی که شدت حرارتی رسیده به سطح گیرنده آنها بیشتر از شدت شار حرارتی رسیده به دهانه آنها باشد، متمرکزکننده گویند. هدف از یک متمرکزکننده عبارتست از متمرکز کردن پرتوهای خورشید از یک سطح بزرگتر به روی یک سطح کوچکتر که در نتیجه آن گیرنده گرم دارای تلفات حرارتی کمتر می‌شود. عمل تمرکز به دو طریق انجام می‌شود، یکی توسط سطوح بازتاب‌دهنده (آینه) و دیگری توسط سطوح انعکاس‌دهنده پرتوهای خورشیدی (عدسی)، بطوریکه پرتوها را روی گیرنده متمرکز می‌نمایند. متمرکز کننده‌ها خود بر چند نوع می‌باشند.

#### ✓ متمرکزکننده خطی (تحت خلاء)

در این نوع از متمرکزکننده‌ها، پرتوهای خورشیدی روی یک خط متمرکز می‌شود که این بوسیله عدسی یا آینه صورت می‌گیرد. در نوع عدسی آن پرتوهای خورشید پس از عبور از عدسی شکسته شده و روی یک گیرنده خطی متمرکز می‌گردد ولی در نوع آینه‌ای که مورد استفاده بیشتری دارد و به (Paraboloid Concentrator) معروف است، این کلکتورها از یک یا چند ردیف از آینه‌های نیم استوانه که

پرتوهای رسیده به آنها را در مرکز کانونی خود متمرکز می‌کنند تشکیل شده‌اند و در مرکز این نیم استوانه‌های منعکس کننده یک مسیر لوله سرتاسری قرار دارد که وظیفه جذب کردن انرژی حرارتی متمرکز شده روی آن را بر عهده دارد و این انرژی جذب شده را به سیال داخل لوله منتقل می‌نماید. جهت انجام عدم انتقال حرارت از این لوله به محیط اطراف، این لوله‌ها را توسط یک لوله شیشه‌ای ( که دارای قطر بیشتری از قطر لوله است) احاطه می‌نمایند و در فضای خالی بین لوله و شیشه خلأ ایجاد می‌کنند که با این عمل انتقال حرارت، منتقل شده از لوله به محیط را از طریق جابجایی (Convection) و هدایت (Cunductivity) به حداقل مقدار خود می‌رسانند. در مورد انتقال حرارت تشعشعی از لوله به محیط باید گفت در هنگام تابش خورشید، پرتوهای متمرکز شده توسط آینه‌ها، چون دارای طول‌موج کمی هستند به راحتی از شیشه محافظ عبور کرده و به لوله می‌رسند، ولی پرتوهای با تابش از روی لوله چون دارای طول موج بیشتری هستند، از داخل محفظه شیشه‌ای عبور نمی‌کنند و تحت باز تابش کلی دوباره به لوله می‌تابند. سطح گیرنده پرتوهای خورشید را معمولاً از لوله‌های استیل (Steel) با پوشش مخصوص (سرمیت) می‌سازند و گیرنده نسبت به سطح منعکس کننده ثابت بوده و همراه آن می‌چرخد.



شکل (۳-۴) کلکتورهای تحت خلأ

### ✓ متمرکز کننده نقطه ای Point – Focus dish concentrators

این کلکتورها به شکل یک عرقچین از یک کره می‌باشند. سطح دریافت کننده پرتوهای خورشید در این کلکتورها می‌تواند بصورت یکپارچه طراحی و ساخته شود و یا می‌تواند از تعبیه یکسری آینه‌های تخت کوچک در رویه داخلی یک سطح بشقابی شکل، تشکیل شده باشد که در مجموع یک سطح انعکاسی بشقابی را تشکیل می‌دهد. پرتوهای موازی رسیده از خورشید ( چون خورشید به اندازه کافی از زمین دور است و می‌توان پرتوهای رسیده از آن را بصورت موازی در نظر گرفت) توسط سطح انعکاس دهنده در مرکز بشقاب تابیده می‌شود که در این مکان سطح جذب کننده انرژی قرار دارد ( در این سطح می‌تواند یک موتور استرلینگ، جهت تولید انرژی الکتریکی قرار گیرد). در این کلکتورها نیز جهت بالا بردن راندمان و داشتن یک دمای ثابت در سطح جذب کننده انرژی، از یک سیستم ردیاب خورشیدی استفاده می‌شود.

### ✓ متمرکز کننده‌های با دریافت کننده مرکزی Receive–Central

یکی از مسائل عمده در رابطه با پخش متمرکز کننده‌های خطی در یک محوطه بزرگ آن است که برای انتقال سیال از محوطه تبدیل کننده انرژی گرمایی، به شبکه لوله‌کشی وسیعی نیاز است که این امر باعث افزایش هزینه و تلفات حرارتی می‌شود و علاوه بر آن چون سیال داخل لوله در درجه حرارت بسیار بالا منتقل می‌شود، امکان نشتی از اتصالات، بالا می‌رود. بهترین راه حل در مورد پروژه‌هایی که به قدرت زیاد نیاز دارند، آن است که به جای سیستم لوله‌کشی در محوطه از یک سیستم گیرنده مرکزی استفاده می‌شود. کلکتورهای سیستم گیرنده مرکزی از یک سری آینه‌های تخت که جهت آنها را می‌توان تنظیم نمود، تشکیل شده است. هر آینه، تشعشعات منعکس شده خود را به گیرنده‌ای که در بالای برج در وسط میدان آینه‌ها قرار دارد، منعکس می‌کند. هر یک از این آینه‌های تخت را یک هیلیوستات (Heliostat) می‌نامند. در طریقه نصب هیلیوستات‌ها باید دقت نمود که اندازه ضریب سایه و ضریب انسداد پرتوها،

کمترین مقدار خود را داشته باشند که اغلب به این منظور هیلیوستات‌ها را به صورت مثلثی، دور تا دو دریافت کننده مرکزی نصب می‌نمایند.



شکل (۳-۵) شمای نیروگاه خورشیدی با دریافت کننده مرکزی+

هیلیوستات‌ها به یک سیستم هدایت کامپیوتری جهت ردیابی خورشید در طول روز و فصول مختلف سال مجهز می‌شوند. صحت عملکرد این دستگاه مرتباً توسط بازرسی موقعیت تصویر منعکس بر روی برج کنترل می‌شود.

### ۳-۲-۲- کلکتورهای مسطح خورشیدی

کاربرد این کلکتورها در دماهای پایین بوده و بیشتر جهت مصارف خانگی نظیر سیستم تهویه مطبوع و تهیه آب گرم بکار می‌رود. این کلکتورها شامل یک صفحه عایق در قسمت زیرین و یک

بخش محافظت شده در مقابل جریان هوا هستند که در داخل آن یک صفحه جاذب تیره قرار گرفته و بر روی آن یک یا چند پوشش شفاف یا نیمه شفاف وجود دارد.



شکل (۳-۶) شکل برش خورده ای از یک کلکتور تخت

یک مقایسه اجمالی بین کلکتورهای تخت و متمرکز کننده‌ها نشان می‌دهد که، کلکتورهای متمرکزکننده برای مناطق ابری مناسب نبوده، نیازی به پوشش شیشه‌ای نداشته و از نظر راندمان در دماهای پائین، از کلکتورهای تخت ضعیف‌تر بوده ولی در دماهای بالا دارای راندمان خوبی هستند، آسیب‌پذیری این نوع کلکتورها کمتر است ولی اگر بجای آئینه از فلزات صیقل داده شده استفاده شود، امکان زنگ‌زدگی، میزان تشعشع صفحات منعکس‌کننده را کاهش می‌دهد. میزان دریافت شدت تابش خورشیدی در متمرکزکننده‌ها می‌تواند در حدود ۸۰ برابر نسبت به کلکتورهای تخت باشد. اما مساله اساسی در متمرکزکننده‌ها تکنولوژی بالایی است که ساخت و استفاده از آنها می‌طلبد، که این مطلب سبب بالا رفتن هزینه‌های ساخت و بهره‌گیری از این گردآورنده‌ها تا چندین برابر کلکتورهای تخت می‌شود. لذا برای هر

سیستمی ابتدا بایستی دمای مورد نیاز مشخص گردد، بررسی‌های اقتصادی مربوط به آن پروژه صورت پذیرد و از روی نتایج این سری آنالیزها بهترین انتخاب صورت پذیرد.

با توجه به مطالب فوق کلکتور مناسب برای طرح مورد نظر این پژوهش، کلکتورهای نوع تخت می-باشند.

### ۳-۳- شار جذب شده توسط کلکتور تخت

برای شار جذب شده ساعتی چند رابطه معتبر وجود دارد که همگی مقادیری نزدیک به هم را تخمین می‌زنند. ذیلاً یک نمونه از معتبرترین روشهای پیشنهاد شده در مراجع علمی که نسبت به دیگر روابط تخمین کمتری از شار تاییده شده را رقم می‌زنند، تشریح می‌شود. این معادله با فرض آسمان ایزوتروپیک ارائه می‌شود و به روش ایزوتروپیک مشهور است.

$$S = I_b R_b (\tau\alpha)_b + I_d (\tau\alpha)_d \left(\frac{1 + \cos\beta}{2}\right) + I \cdot \rho_g (\tau\alpha)_g \left(\frac{1 - \cos\beta}{2}\right) \quad (۱۵-۳)$$

در رابطه فوق،  $\beta$  زاویه ای که صفحه کلکتور با افق خواهد داشت که زاویه اسلاپ (Slop) نامیده می‌شود، همچنین  $R_b$  مؤلفه است که نتایج تغییر زاویه قرار گیری خورشید را بیان و نشان می‌دهد که در هر ساعت از روز زاویه‌دار کردن صفحه جاذب چقدر می‌تواند به افزایش گردآوری کمک کند و یا اینکه برای این منظور مضر باشد.

$$R_b = \frac{\cos\theta}{\cos\theta_z} \quad (۱۶-۳)$$

در این رابطه،  $\theta$  زاویه بین تابش مستقیم خورشید با راستای عمود بر صفحه تابش که به زاویه برخورد معروف است.



$$\cos \theta = \cos(\phi - \beta) \cos \delta \cos \omega + \sin(\phi - \beta) \sin \delta \quad (17-3)$$

همچنین در همان رابطه، ( $\tau\alpha$ ) مضربی است از حاصل ضرب ضریب عبور شیشه روکش و ضریب جذب صفحه جاذب در هر ساعت، با توجه به زاویه‌ای که راستای تابش مستقیم با صفحه جاذب دارد که در روش ایزوتروپیک خواهیم داشت:

$$(\tau\alpha) = 1.01 \times \tau_{glass} \times \alpha_{plate} \quad (18-3)$$

همچنین در رابطه فوق ضریب جذب صفحه جاذب نسبت به زوایای مختلف پرتو در هر لحظه می‌باشد که از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$\alpha_{plate} = \alpha_n \left\{ 1 + (2.0345 \times 10^{-3} \theta) - (1.99 \times 10^{-4} \theta^2) + (5.324 \times 10^{-6} \theta^3) - (4.799 \times 10^{-8} \theta^4) \right\} \quad (19-3)$$

که  $\alpha_n$  ضریب جذب صفحه نسبت به مؤلفه‌هایی است که به صورت عمودی بر صفحه می‌تابند و این یک عدد مشخص برای هر صفحه با جنس متفاوت است.

در رابطه (18-3)،  $\tau_{glass}$  نیز ضریب عبور شیشه روکش نسبت به زوایای متفاوت در هر لحظه می‌باشد که عبارت است از:

$$\tau = \tau_a \times \tau_r$$

$$\tau_r = 0.5 \times \left\{ \frac{1-r_{1\perp}}{1+r_{1\perp}} + \frac{1-r_{\perp}}{1+r_{\perp}} \right\} \tau_a = \frac{Kl}{\cos \theta_2} \quad (20-3)$$

همچنین در رابطه فوق:

$K$ : ضریب خاموش شیشه روکش که عددی است مشخص و ثابت.

$l$ : ضخامت روکش بر حسب متر است.

$\theta_2$ : زاویه شکست روکش می‌باشد که تابعی از زاویه تابش مستقیم می‌باشد و رابطه آن بصورت مقابل

می‌باشد:

$$\theta_2 = \text{ArcSin} \frac{\text{Sin} \theta_1}{1.536} \quad (21-3)$$

همچنین در همان معادله،  $r_{11}$  ضریب انعکاس روکش نسبت به مؤلفه تابش موازی و  $r_{\perp}$  ضریب انعکاس

نسبت به مؤلفه تابش عمودی می‌باشد:

$$r_{11} = \frac{\text{tg}^2(\theta_2 - \theta_1)}{\text{tg}^2(\theta_2 + \theta_1)} \quad (22-3)$$

$$r_{\perp} = \frac{\text{Sin}^2(\theta_2 - \theta_1)}{\text{Sin}^2(\theta_2 + \theta_1)} \quad (23-3)$$

و اما نکته بعدی حائز اهمیت، آنست که  $(\tau\alpha)_b$  با  $(\tau\alpha)_g$  و  $(\tau\alpha)_d$  چه تفاوتی دارد. در واقع اندیس  $g, d$  به ترتیب مربوط به مؤلفه‌های پخش و انعکاسی از زمین می‌باشد و برای محاسبه  $(\tau\alpha)_g$  و  $(\tau\alpha)_d$  تمام مراحل کاملاً مشابه حالت  $(\tau\alpha)_b$  می‌باشد فقط تفاوت آن در اینست که به ازای هر  $\beta$  ای که انتخاب می‌کنیم رابطه‌ای وجود دارد که از آن‌ها زوایای برخورد برای مؤلفه‌های پخشی و انعکاسی زمین بدست می‌آید، که بر خلاف  $\theta$  یا همان  $\theta_b$ ،  $\theta_g$  و  $\theta_d$  ثابت هستند و به صورت ساعتی با تغییر زاویه خورشید تغییر نمی‌کنند. با بدست آوردن  $\theta_g$  و  $\theta_d$  می‌توان تمامی مراحل ذکر شده در بخش قبل را تکرار کرد تا  $(\tau\alpha)_d$  و  $(\tau\alpha)_g$  را بدست آورد.

$$\theta_g = 90 - (0.5788 \times \beta) + (0.002693 \times \beta^2) \quad (24-3)$$

$$\theta_d = 59.7 - (0.1388 \times \beta) + (0.001497 \times \beta^2) \quad (25-3)$$

برای محاسبه شارهای مستقیم و پخشی نیز از روابط زیر استفاده می‌کنیم.

$$I_d / I = \begin{cases} 1 - 0.09K_T & \text{for } K_T \leq 0.22 \\ 0.9511 - 0.1604K_T + 4.388K_T^2 & \text{for } 0.22 \leq K_T \leq 0.8 \\ -16.638K_T^3 + 12.336K_T^4 & \\ 0.165 & \text{for } K_T \geq 0.8 \end{cases} \quad (26-3)$$

با محاسبه  $K_T$  و تعیین محدوده آن می‌توان از تابع ضابطه‌ای بالا  $I_d$  را محاسبه کرد و سپس می‌توان  $I_b$  را نیز به دست آورد:

$$I_b = I - I_d \quad (27-3)$$

$\rho_g$  نیز ضریب انعکاس زمین است که عموماً بین ۰,۳ تا ۰,۷ است که عدد ۰,۷ مربوط به زمانیست که کاملاً زمین شفاف است مثل زمین پر از برف و عدد ۰,۳ مربوط به زمین خاکی با خاک تیره می‌باشد. کلکتور مورد استفاده در طراحی‌های این تحقیق دارای مشخصات ذیر می‌باشد.

جدول (۳-۳) مشخصات کلکتور صفحه تخت [۶]

مقدار	پارامتر
۲	سطح واحد هر کلکتور ( $m^2$ )
۱	عرض کلکتور (m)
۲	طول کلکتور (m)
۲۵	سرعت باد (m/s)
۳۶	شیب کلکتور (درجه)
۲	ضخامت ورق (mm)
۰/۸۴	راندمان مؤثر عبور و جذب
۰/۹۲	ضریب انتشار از صفحه جاذب
۰/۸۸	ضریب انتشار کاور
۰/۰۸	ضخامت عایق پشت (m)
۰/۰۴	ضخامت عایق دوطرفه (m)
۳۸۴	هدایت حرارتی صفحه جذب (W/m.K)
۰/۰۵	هدایت حرارتی عایق (W/m.K)
۰/۱۵	فاصله مرکز لوله‌ها (m)
۰/۰۴	قطر داخلی لوله (m)

### ۳-۴- انرژي دريافتي از کلکتورهاي تخت

#### ۳-۴-۱- ساختمان کلکتور تخت

همانطور که از اسم این نوع پیداست از صفحه ای تخت جاذب به همراه متعلقات خاص دیگر تشکیل شده تا فرآیند جذب تشعشع تابیده شده خورشید را انجام دهد. یک کلکتور تخت از قسمت‌های زیر تشکیل شده است.

الف- صفحه تخت جاذب: که ویژگی آن این است که دارای ضریب جذب بسیار بالایی بوده و همچنین دارای ضریب هدایت حرارتی بالا بوده که جنس انتخابی در موارد صنعتی مس و یا آلومینیوم می‌باشد. لازم به ذکر است این صفحه که صفحه جاذب نامیده می‌شود باید بسیار نازک باشد تا تلفات حرارتی را به حداقل رساند.

ب- قاب کلکتور: وظیفه نگهداری صفحه جاذب و لوله‌ها و تمام تجهیزات دیگر را دارد یعنی این تجهیزات باید روی آن نصب شوند.

ج- لوله‌های حامل سیال عامل: این لوله‌ها به زیر صفحه جاذب یا جوش داده شده و یا به طریق خاصی دیگر متصل می‌شوند. این لوله‌ها نیز باید بسیار نازک باشند تا تلفات حرارتی حداقل باشد و همچنین جنس و ضخامت جوش یا اتصال استفاده شده باید به نحوی انتخاب شود که هیچ گونه صدمه‌ای به عمل انتقال حرارت بین صفحه جاذب و لوله‌ها نرساند.

د- عایق: به منظور جلوگیری از اتلاف حرارت جابجایی بین صفحه و لوله‌ها با محیط باید آنها را از تماس هوا محافظت کنیم که این محافظت هم از پشت و هم از لبه‌های کلکتور باید صورت گیرد، به همین منظور از عایق‌های مناسب با ضخامت مناسب باید استفاده شود.

و- روپوش: برای جلوگیری از تلفات جابجایی از بالای صفحه جاذب باید آنرا نیز از تماس مستقیم با محیط محافظت کنیم. با این کار می‌توانیم از اثرات گلخانه ای این روش هم به منظور بالا بردن راندمان کار بهره بگیریم، هر چند بخاطر ۱۰٪ نبودن عبور شیشه مقداری از تشعشع تابیده جذب شیشه و مقداری از آن منعکس می‌شود، ولی به هر حال این کار برای بالا بردن بازدهی الزامیست.

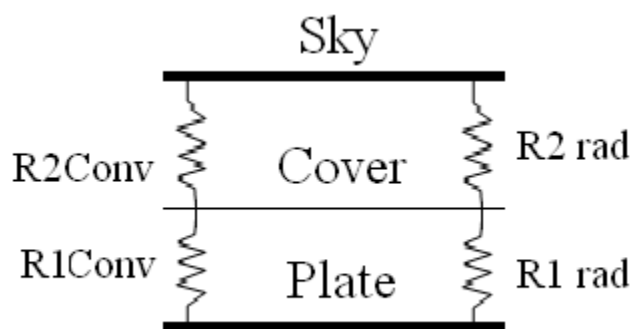
### ۳-۴-۲- تلفات حرارتی کلکتور

نکته مهم در انجام عمل جذب توسط کلکتور شناسایی و محاسبه تلفات حرارتی بوده و اقدام برای کاهش یا حذف این تلفات در اولویت می‌باشد.

تلفات در کلکتورهای تخت به سه قسمت تقسیم می‌گردند.

#### الف- تلفات از بالای کلکتور

شکل (۳-۷) نمایی از تلفات حرارتی از بالای کلکتور را با فرض یک لایه ای بودن روپوش شیشه ای (گاهی این چنین نیست، این امر قابل تأمل بوده و محاسبات خاص خود را می‌طلبد، که با توجه به جنس روکش انتخابی و همچنین وضعیت جوی ناحیه آیا تعداد یک لایه روکش بازدهی بهتری خواهد داشت یا تعداد بیشتری از لایه‌ها بازدهی بهتری برای کلکتور را رقم می‌زنند) نشان می‌دهد. بخشی از تلفات مربوط به اتلاف حرارت بین صفحه جاذب کلکتور و کاور و بخشی دیگر مربوط به اتلاف بین آسمان بعنوان جسم سیاه و کاور می‌باشد.



شکل (۷-۳) تلفات از بالای کلکتور

ابتدا به بررسی اتلاف بین صفحه جاذب و کاور می‌پردازیم. در این ناحیه با توجه به وجود هوا انتقال حرارت جابه‌جایی را قطعاً خواهیم داشت و همچنین بدون تردید انتقال حرارت تابشی نیز بین این دو جسم وجود خواهد داشت.

$R_{1Conv}$ : معرف مقاومت حرارتی جابجایی بین شیشه و صفحه جاذب می‌باشد و از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$R_{1Conv} = \frac{1}{h_{c1} \cdot A_p} \quad (28-3)$$

در رابطه فوق،  $h_{c1}$ ،  $A_p$  به ترتیب، مساحت صفحه جاذب و ضریب انتقال حرارت جابجایی بین کاور و صفحه جاذب می‌باشند. که ضریب جابجایی خود از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد.

$$\bar{h}_{c1} = \frac{\overline{NU} \times K}{\text{Length of Collector}} \quad (29-3)$$

در رابطه فوق  $K$ ،  $\overline{NU}$  به ترتیب، ضریب انتقال حرارت هدایتی هوای درون محفظه و ضریب ناسلت متوسط می‌باشند که از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد.

$$\overline{NU} = 1 + 1.44 \left[ 1 - \frac{1708(\sin 1.8\beta)^{1.6}}{Ra \cdot \cos\beta} \right] \times \left[ 1 - \frac{1708}{Ra \cdot \cos\beta} \right]^+ \times \left[ \frac{(Ra \cdot \cos\beta)^{\frac{1}{3}}}{5830} - 1 \right]^+ \quad (30-3)$$

در معادله فوق  $\beta$ ، همان زاویه قرارگیری کلکتور با زمین است، همچنین علامت مثبت بالای کروه‌ها بدین معنی است که اگر حاصل عدد داخل کروه عددی منفی شد به جای آن صفر قرار می‌دهیم.  $Ra$  عدد رایلی می‌باشد که از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$Ra = \frac{g \cdot \beta \cdot \Delta T \cdot l^3}{\nu \cdot \alpha} \quad (31-3)$$

در معادله فوق نیز به ترتیب  $g, \Delta T, l, \nu, \alpha$ ، ضریب پخش حرارتی هوا، لزجت سینماتیک هوا، فاصله فضای بین شیشه و صفحه، اختلاف دمای بین دو جسم و شتاب گرانشی زمین یعنی  $9,806$  می‌باشند. لازم به ذکر است که تمام خواص فوق در دمای متوسط دمای دو جسم از جداول مربوطه ترمودینامیکی باید استخراج شود.

$R_{1rad}$ : بیانگر مقاومت تشعشعی بین صفحه جاذب و روکش شیشه ای می‌باشد و از رابطه زیر قابل حصول است.

$$R_{1rad} = \frac{1}{h_{1rad} \cdot A_p} \quad (32-3)$$

که در رابطه فوق:

$$h_{1rad} = \frac{\sigma(T_p + T_c)(T_p^2 + T_c^2)}{\frac{1}{\varepsilon_p} + \frac{1}{\varepsilon_g} - 1} \quad (33-3)$$

در این رابطه  $\varepsilon$  بیانگر ضریب نشر جسم می‌باشد و اندیس‌های  $p, g$  به ترتیب مربوط به شیشه و صفحه جاذب می‌باشند. باید توجه داشت که در معادله فوق کلیه دماها باید بر حسب کلوین وارد معادله شوند.

$R_{2conv}$ : بیانگر مقاومت حرارتی بین شیشه و محیط اطراف می‌باشد و از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$R_{2conv} = \frac{1}{h_{2conv} \times A_p} \quad (3-34)$$

برای محاسبه  $h_{rconv}$  با توجه به زاویه‌دار بودن صفحه کلکتور چندین و چند ایده متفاوت وجود دارد. اینکروپرا در این باره می‌نویسد: در صفحات عمودی که از سیال محیط گرم‌تر یا سردتر هستند، صفحه در امتداد بردار گرانشی است و نیروی شناور تنها نیرویی است که باعث حرکت سیال در امتداد رو به بالا (یا رو به پایین) می‌شود. ولی اگر صفحه نسبت به گرانش مایل باشد، نیروی شناوری در امتداد عمود بر سطح صفحه و همچنین در امتداد موازی با آن مؤلفه دارد. با کاهش مؤلفه شناوری موازی با سطح، سرعت سیال در امتداد صفحه کاهش می‌یابد و انتقال گرمای جابجایی کم می‌شود. در حقیقت وجود این کاهش بستگی دارد به این که انتقال گرما از سطح بالایی صفحه مورد توجه است یا سطح پایینی آن.

اگر صفحه سرد باشد، مؤلفه  $Y$  نیروی شناوری، که عمود بر صفحه است، جریان سقوطی لایه مرزی را که با سطح بالایی صفحه تماس دارد حفظ می‌کند. چون مؤلفه  $X$  شتاب گرانشی تا  $g \cos \theta$  کاهش یافته است. سرعت سیال در امتداد صفحه کاهش می‌یابد و ضریب انتقال گرما در سطح بالایی کم می‌شود ولی در سطح پایینی مؤلفه  $Y$  نیروی شناوری باعث جدایی سیال از سطح می‌شود و با خروج توده‌های سیال سرد از سطح، گسترش لایه مرزی متوقف می‌شود. جریان حاصله سه بعدی است.



سیال سرد که از پایینی جدا می‌شود ، دائماً توسط سیال گرم‌تر و کاهش ضخامت لایه مرزی گرمایی ناشی از آن باعث افزایش انتقال گرمای ناشی از جریان سه بعدی عموماً بیشتر است از مقدار کاهش انتقال گرمایی که از کاهش مؤلفه X شتاب گرانشی ناشی می‌شود و در نتیجه ، انتقال گرما به سطح پایینی افزایش می‌یابد.

گرایش‌های مشابهی برای صفحه گرم وجود دارد و در اینجا جریان سه بعدی مربوط است به سطح بالایی، که توده‌های سیال گرم از آن جدا می‌شوند.

دیچ در مقاله اولیه انتقال گرما در صفحات مایل اظهار داشت ضرایب جابه‌جایی را از رابطه‌های صفحات عمودی می‌توان تعیین کرد. به شرطی که در محاسبه عدد رایلی به جای  $g \cos \theta$  استفاده شود. ولی پس از آن معلوم شد این روش فقط برای سطح بالایی صفحه سرد و سطح پایینی گرم تر قابل قبول است و برای سطح بالایی صفحه گرم و سطح پایینی صفحه سرد مناسب است.

بنابراین محققین و دانشمندان زیادی برای سطوح مایل و انتقال جابه‌جایی از آن اظهار نظر کردند که مهمترین آنها عبارتند از :

$$h_w = 8.7 + 9.4 V_w \quad \text{وقتی } V_w > 4$$

$$h_w = 0.036 + 2.2 V_w \quad \text{اگر باد از پشت به کلکتور اثابت کند:}$$

اگر زاویه صفحه ۳۵ درجه است و زاویه

$$h_w = 8.3 + 2.2 V_w \quad \text{برخورد باد با صفحه صفر درجه باشد:}$$

اگر زاویه صفحه ۳۵ درجه است و زاویه

$$h_w = 6.5 + 3.3 V_w \quad \text{برخورد باد با صفحه ۹۰ درجه باشد:}$$

اگر زاویه صفحه ۳۵ درجه است و بدون در نظر

$$h_w = 9.4 V_w^{0.5} \quad \text{گرفتن زاویه برخورد باد با صفحه :}$$

نتایج استفاده از روابط معادلات فوق چندان اختلافی با هم ندارند، اما کاربرد آخرین معادله در جوامع علمی بیشتر به چشم میخورد، لذا معادله مذکور به عنوان معادله اساسی برای محاسبه ضریب جابجایی باد از روی صفحه کلکتور مایل مورد استفاده این تحقیق قرار می‌گیرد.

$R_{2rad}$ : محاسبه مقاومت حرارتی تشعشی بین کاور و آسمان می‌باشد که خواهیم داشت:

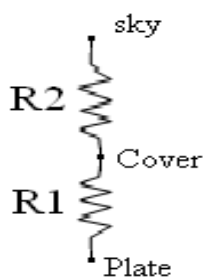
$$R_{2rad} = \frac{1}{h_{2rad} \cdot A_p}, \quad (3-35)$$

$$h_{2rad} = \sigma \varepsilon_p (T_p + T_{sky})(T_p^2 + T_{sky}^2)$$

در رابطه بالا، دمای آسمان، طبق رابطه زیر تابعی از دمای محیط می‌باشد:

$$T_{sky} = T_o [0.711 + 0.0056 T_{dp} + 0.000073 T_{dp}^2 + 0.013 \cos(15 t)]^{1.4} \quad (3-36)$$

که در این رابطه نیز  $t$  اختلاف ساعت لحظه ای از نیمه شب می‌باشد. و همچنین  $T_{dp}$  معرف دمای نقطه شبنم لحظه ای می‌باشد. البته تقریب ضعیف‌تری وجود دارد که انتخاب دمای آسمان برابر دمای محیط است ولی این تقریب با درصدی خطا همراه خواهد بود. همان‌گونه که از شکل (۳-۸) پیداست، دو مقاومت اول موازی یکدیگر و دو مقاومت بعدی نیز با هم موازیند آنگاه برآیندهای اولی و دومی با هم سری خواهند بود.



شکل (۸-۳) مقاومت‌های حرارتی بین کلکتور و محیط

$$R_1 = \frac{1}{(h_{1conv} + h_{1rad}) \cdot A_p}, \quad (37-3)$$

$$R_2 = \frac{1}{(h_w + h_{2rad}) \cdot A_p}$$

آنگاه برای محاسبه تلفات از بالای کلکتور خواهیم داشت:

$$Q_{loss} = U_{t-loss} (T_p - T_o) \quad (38-3)$$

که در این رابطه:

$$U_{t-loss} = \frac{1}{R_1 + R_2} \quad (39-3)$$

بخاطر مشکل بودن و طولانی بودن مراج فوق، یک رابطه جامع ارائه شده تا بتوان با یک حل عددی

مستقیماً  $U_{t-loss}$  را بدست آورد.

$$U_t = \left\{ \frac{N}{\frac{C}{T_{pm}} \left( \frac{T_{pm} - T_o}{N + f} \right)^e} + \frac{1}{h_w} \right\}^{-1} + \frac{\sigma(T_{pm} + T_o)(T_{pm}^2 + T_o^2)}{(\varepsilon_p + 0.00591.N.h_w)^{-1} + \frac{2N + f - 1 + 0.133\varepsilon_p}{\varepsilon_g} - N} \quad (40-3)$$

این رابطه توسط Woertz & Klein ارائه شد و زمانی کاربرد خواهد داشت که  $T_a < T_p < 200$  باشد و همچنین در این فرمول:

$N$ : number of covers

$$f = (1 + 0.089 h_w - 0.1166 h_w \varepsilon_p)(1 + 0.07866 N)$$

$$C = 520 (1 - 0.000051 \beta^2) \quad \text{when} \quad 0 < B < 70^\circ\text{C}$$

$$e = 0.43(1 - 100/T_{pm})$$

علاوه بر تلفات از بالای کلکتور تلفات از لبه‌های آن و عقب آن نیز وجود خواهد داشت:

$$Q_{loss-b} = U_{loss-b} (T_b - T_o),$$

$$U_{loss-b} = \frac{1}{R_{b1} + R_{b2}} \quad (41-3)$$

در رابطه فوق اندیس  $b$ ، نشاندهنده پشت کلکتور می‌باشد.

همچنین  $R_{b2}, R_{b1}$  به ترتیب مقاومت‌های حرارتی هدایتی در امتداد عایق پشتی کلکتور و جابجایی

بین عایق و محیط اطراف می‌باشد. از آنجا که  $R_{b1} \gg R_{b2}$ ، بنابراین:

$$U_{loss-b} \cong \frac{1}{R_{b1}} = \frac{KA}{d} \quad (42-3)$$

همچنین برای تلفات از لبه‌های کلکتور خواهیم داشت:

$$Q_{loss-e} = U_{loss-e} (T_e - T_o), \quad (43-3)$$

$$U_{loss-e} = \frac{(UA)_e}{A_c},$$

$$(UA)_e = \frac{P_c \times t_c \times K_e}{t_e} \quad (44-3)$$

در رابطه بالا  $P_c, t_c, K_e, t_e$  به ترتیب، ضخامت عایق لبه‌ها، ضریب هدایت حرارتی عایق لبه‌ها، ضخامت کلکتور و محیط کلکتور می‌باشند. همچنین اندیس‌های  $e, c$  به ترتیب مربوط به کلکتور و لبه‌های کلکتور می‌باشند.

حاصل جمع سه ضریب تلفات تشریح شده در بالا، ضریب کلی تلفات حرارتی از کلکتور را حاصل می‌-

کند و خواهیم داشت:

$$U_l = U_t + U_b + U_e$$

(45-3)

$$Q_{loss} = U_l (T_{pm} - T_a)$$

### ۳-۴-۳- عوامل مهم در بازدهی گردآورنده‌های تخت خورشیدی

بعد از آن که انرژی تابشی خورشید به وسیله صفحه جاذب، جذب گردید، گرمای کسب شده باید اخذ و به مصرف برسد. این عمل با به جریان درآوردن یک سیال انتقال دهنده گرما از داخل لوله‌ها و یا مجاری گردآورنده، صورت می‌گیرد. اگر گرمای جذب شده توسط صفحه جذب‌کننده به وسیله سیال انتقال دهنده گرما انتقال داده نشود، دما در صفحه جذب‌کننده به تدریج افزایش یافته و تا حدی خواهد رسید که

اتلاف گرما از آن به محیط اطراف برابر با گرمای جذب شده می‌گردد. انتقال نادرست گرمای گردآوری شده در صفحه جذب کننده توسط سیال انتقال دهنده گرما نیز می‌تواند منجر به اشکالات فوق الذکر گردد. مطلوب‌ترین حالت اخذ گرمای گردآوری شده در گردآورنده خورشیدی هنگامی میسر می‌گردد که دمای صفحه جذب کننده همواره در پایین‌ترین مقدار عملی ممکن حفظ شود. عوامل متعددی در تحقق بخشیدن به این حالت دخالت دارند که ذیلاً به توضیح تعدادی از آنها می‌پردازیم.

#### الف- میزان جریان سیال

دمای سیال انتقال دهنده گرما در نتیجه اخذ دما به تدریج افزایش می‌یابد. اگر میزان جریان سیال کم باشد، دما افزایش قابل توجهی در هنگام اخذ مقدار معینی گرما خواهد یافت. در چنین حالتی دمای متوسط گردآورنده حتی اگر انتقال گرما به طور کامل صورت گیرد، افزایش خواهد یافت. بنابراین، میزان جریان سیال اثر مهمی بر روی بازدهی گردآورنده داشته و باید در هنگام طراحی در نظر گرفته شود. البته از لحاظ عملی ممکن است به محدودیت‌هایی برخورد نمود.

به عنوان مثال، هنگامی که سیستمی جهت گرم کردن تنها آب مصرفی به کار می‌رود و خود آب گرم شده مستقیماً مصرف می‌شود ( مدار باز )، در این صورت، طبیعی است که باید میزان جریان سیال را محدود نمود تا دمای آب در گردآورنده به حد مطلوبی رسیده و سپس مورد مصرف قرار گیرد. اما اگر قرار باشد از گرمای سیال انتقال دهنده گرما در سیستم مدار بسته استفاده گردد، از آنجاییکه سیال گرم شده مستقیماً مورد استفاده قرار نمی‌گیرد و ابتدا گرمای آن به مخزن ذخیره گرما منتقل می‌گردد، محدودیتی در مورد میزان جریان سیال وجود نداشته و باید میزان جریان طوری طراحی شود که همیشه دمای رویه صفحه جذب کننده در پایین‌ترین مقدار ممکن که کمی بیشتر از دمای توده‌ای سیال در تانک ذخیره می‌باشد، حفظ گردد.

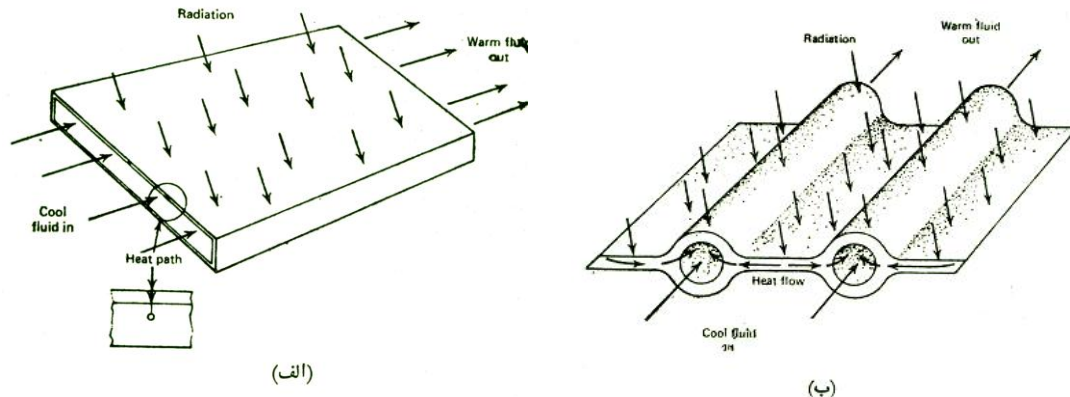
#### ب- انتقال گرما به سیال

میزان درست جریان سیال تنها عامل مهم در انتقال گرما نمی‌باشد. گرما می‌بایست به طور کامل به سیال انتقال یابد که این موضوع در مواقعی که سرعت حرکت سیال زیاد است به سهولت تحقق می‌یابد. اما در مواقعی که سرعت حرکت سیال کم باشد، از آنجائیکه سیال نمی‌تواند به طور موثر گرمای رویه لوله و یا کانال‌ها را اخذ نماید، انتقال گرما به طور کامل صورت نمی‌گیرد. به طور کلی، انتقال گرما بستگی به عوامل متعددی دارد که رژیم حرکتی سیال یکی از آنها می‌باشد. در رژیم جریان آرام (جریان لایه‌ای) لایه‌های سیال به طور آرام تمام طول لوله‌ها را طی کرده و خارج می‌شوند. با افزایش سرعت سیال، جریان از حالت آرام به حالت گذرا می‌رسد. در این حالت، گرداب‌های کوچکی در سیال ایجاد گردیده که تا حدودی باعث مخلوط شدن سیال شده و در نتیجه، انتقال گرما افزایش می‌یابد. با افزایش سرعت سیال، رژیم جریان درهم حکمفرما می‌گردد. این رژیم باعث مخلوط شدن بسیار کامل سیال گردیده و در نتیجه، انتقال گرما به طور قابل توجهی افزایش خواهد یافت. بنابراین رژیم جریان درهم بهترین رژیم، از نقطه نظر انتقال گرما می‌باشد. اما ایجاد جریان درهم همیشه مقرون به صرفه نیست. زیرا چنین جریانی مستلزم استفاده از پمپ و یا دمنده هوا می‌باشد. به طور کلی در هنگام استفاده از مایعات می‌توان جریان درهم را با صرف انرژی کمی ایجاد نمود. اما در مورد هوا و مایعات غلیظ از آنجائیکه ایجاد جریان درهم مستلزم مصرف انرژی زیادی می‌باشد، باید هنگام طراحی سیستم، رژیم حرکتی سیال را با توجه به پارامترهای اقتصادی به گونه‌ای انتخاب نمود که، در منطقه گذرا و یا در نزدیکی رژیم آرام قرار گیرد.

### ج- انتقال گرما از طریق رسانایی

گرمای جذب شده توسط صفحه جذب‌کننده برای آن که به سیال جاری در لوله‌ها و کانال‌ها منتقل گردد، نخست باید از طریق رسانایی از جداره لوله‌ها و یا کانال‌ها بگذرد. این گرما می‌تواند به دو حالت به سیال انتقال یابد. در حالت اول مطابق مدل (الف)، شکل (۳-۹) که در آن گرمای جذب شده به وسیله صفحه جذب‌کننده پس از عبور از ضخامت صفحه جذب‌کننده به سیالی که در زیر آن جریان دارد،

مستقیماً منتقل می‌گردد. در حالت دوم، مطابق مدل (ب)، شکل (۳-۹) گرمای جذب شده به وسیله صفحه جذب‌کننده نخست در طول (یا عرض) صفحه جذب‌کننده انتقال یافته و سپس به لوله‌ها یا کانال‌هایی که در فواصل معینی از یکدیگر قرار گرفته‌اند، منتقل می‌گردد.



شکل (۳-۹) (الف) هنگامی که سیال با تمام سطح صفحه جذب‌کننده در تماس است، گرما در جهت عمود بر سطح جذب‌کننده هدایت می‌شود. (ب) هنگامی که، گرما در جهت موازی با سطح جذب‌کننده به سیال جاری در لوله‌ها هدایت می‌شود. در حالت اول، گرما فقط باید ضخامت کم و ناچیز صفحه جذب‌کننده را طی کرده تا به سیال برسد و بنابراین، ضریب رسانایی گرمایی صفحه جذب‌کننده چندان مهم نخواهد بود. اما در حالت دوم، صفحه جذب‌کننده نسبت به لوله‌ها و یا کانال‌ها در حقیقت به صورت پره عمل کرده و گرمای صفحه جذب‌کننده باید از سطح مقطع صفحه جذب‌کننده بگذرد تا به جداره لوله‌ها و یا کانال‌ها و بالاخره به سیال برسد. در چنین حالتی ضریب رسانایی گرمایی و ضخامت صفحه جذب‌کننده اهمیت زیادی پیدا می‌کند که باید به وسیله طراح در هنگام انتخاب جنس صفحه در نظر گرفته شود. بسیاری از گردآورنده‌های تخت تجاری بدون در نظر گرفتن این موضوع مهم ساخته می‌شوند که در نهایت باعث می‌شود گردآورنده با بازدهی کمتری کار کند.



### ۳-۴-۴- انرژی مفید برای یک گردآورنده تخت خورشیدی

برای ارائه مدل‌های ریاضی پدیده‌های فیزیکی در گردآورنده‌های تخت خورشیدی، نخست باید یک گردآورنده نمونه را در نظر گرفت. قسمت‌های مهم یک گردآورنده، همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، عبارتند از: یک رویه سیاه جذب کننده به سیال جاری در گردآورنده، حداقل یک پوشش مناسب مانند یک شیشه که در روی گردآورنده قرار گرفته و از اتلاف‌های گرمایی جلوگیری می‌کند. گردآورنده‌های تخت در حالت کلی برای تولید آب گرم، هوای گرم و یا بخار آب در فشار پائین به کار می‌روند. گردآورنده‌های تخت را معمولاً به طور ثابت با شیب و جهت مطلوبی که بستگی به موقعیت جغرافیایی محل و نوع و زمان استفاده از گردآورنده دارد، نصب می‌کنند.

تحت شرایط ماندگار، کارایی یک گردآورنده تخت خورشیدی را می‌توان به وسیله بیلان انرژی، که در حالت کلی رابطه‌ای بین انرژی خورشیدی رسیده به گردآورنده و تبدیل آن به انرژی مفید قابل استفاده و اتلاف‌های گرمایی و تابشی می‌باشد، بیان نمود. تابش جذب شده به وسیله یک گردآورنده، برابر با تفاضل تابش خورشیدی رسیده به گردآورنده و اتلاف‌های تابشی می‌باشد. انرژی گرمایی تلف شده از طریق رسانایی، جابجایی و تابش مادون قرمز از گردآورنده را می‌توان از حاصل ضرب یک ضریب انتقال گرما،  $U_l$ ، در تفاضل دمای متوسط صفحه جذب کننده ( $T_{pm}$ ) و دمای محیط اطراف ( $T_o$ ) به دست آورد. بنابراین، انرژی مفید کسب شده از یک گردآورنده در شرایط ماندگار از تفاضل تابش خورشیدی جذب شده و اتلاف‌های گرمایی به دست می‌آید که به صورت رابطه (۳-۴۶) نشان داده می‌شود.

$$Q_u = A_c \{S - U_l(T_{pm} - T_o)\} \quad (۳-۴۶)$$

مشکل اساسی در استفاده از رابطه فوق آن است که محاسبه و یا اندازه‌گیری دمای متوسط صفحه جذب کننده که خود تابعی از چگونگی طرح گردآورنده، تابش خورشیدی رسیده به آن و شرایط ورودی سیال می‌باشد، مشکل است.

رابطه (۳-۴۶) بیان‌کننده میزان انرژی بوده و در سیستم واحدهای بین‌المللی (SI) چنانچه  $S$  برحسب وات بر مترمربع ( $W/m^2$ ) و  $U_l$  برحسب وات بر مترمربع بر درجه سانتیگراد ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ) بیان گردد، در این صورت، انرژی مفید کسب شده برحسب وات (ژول بر ثانیه) به دست خواهد آمد. در بسیاری از مواقع، متداول‌ترین و مناسب‌ترین روش اندازه‌گیری انرژی تابشی خورشید در فواصل زمانی یک ساعته است و فواصل زمانی یک ثانیه‌ای چندان مورد نظر نیست، زیرا اغلب اندازه‌گیری‌ها، عوامل آب و هوایی را نیز در فواصل یک ساعته گزارش می‌کنند.

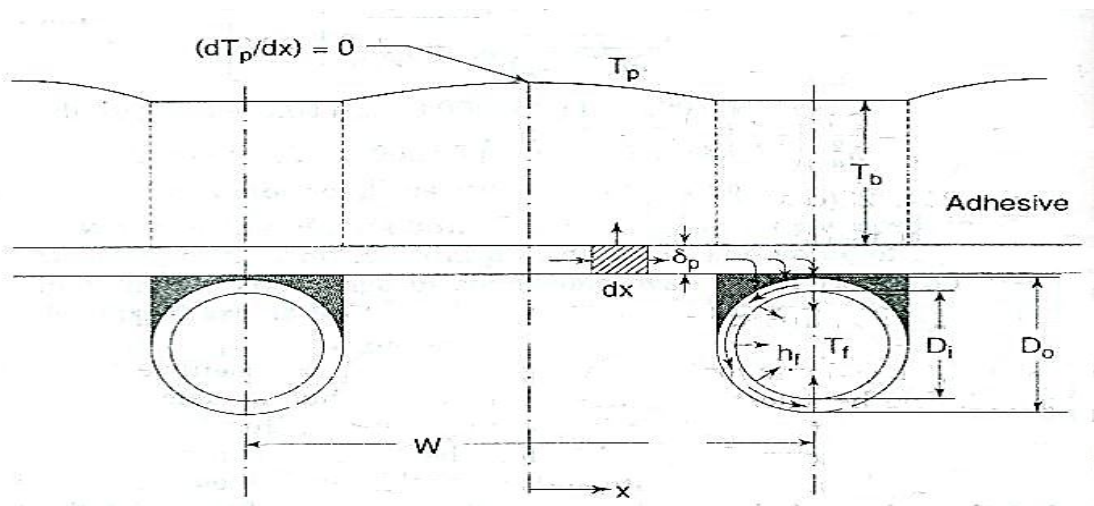
$k$  را می‌توان به عنوان میزان متوسط انرژی در عرض یک ساعت بر حسب ژول بر مترمربع در نظر گرفت که در این صورت جزء اتلاف گرما یعنی  $(T_{pm} - T_o)$ ،  $U_l$  را باید در ساعت/ثانیه  $3600$  ضرب نمود تا مقادیر عددی انرژی کسب شده مفید برحسب ژول در ساعت به دست آیند. اگرچه در سیستم واحدهای بین‌المللی استفاده از فواصل ساعتی چندان صحیح نیست، ولی این نوع استفاده در بعضی از مواقع مناسب‌تر می‌باشد. البته می‌توان رابطه (۳-۴۶) را نیز در طول زمان یک ساعت انتگرال‌گیری نمود. اما با توجه به آن‌که در اغلب موارد ارقام اندازه‌گیری شده در فواصل یک ساعته می‌باشند، نه در فواصل کوتاه‌تر، بنابراین باید فرض نمود که مقادیر  $S$ ،  $T_o$  و  $T_{pm}$  در طول یک ساعت ثابت مانده‌اند. که در نتیجه شکل رابطه مزبور بدون تغییر باقی می‌ماند و فقط باید طرفین آن را در ساعت/ثانیه  $3600$  ضرب نمود. یکی از محک‌های کارآیی گردآورنده‌ها، بازدهی گردآوری است که برابر نسبت بین انرژی مفید کسب شده به میزان انرژی خورشیدی رسیده می‌باشد.

$$\eta = \frac{\int Q_u d\tau}{A_p \int G_T d\tau} \quad (47-3)$$

### ۳-۴-۵- ضریب بازده گردآورنده صفحه تخت مایع

به منظور ساده‌سازی مسئله، روند مورد تحلیل یک بعدی در نظر گرفته می‌شود. ابتدا جریان یک بعدی حرارت در صفحه جاذب در سمت راست شکل (۳-۹) محاسبه می‌گردد. در نظر بگیرید که گردآورنده دارای ابعاد  $l_1 \times l_2$  باشد. فرض کنید که تعداد لوله‌های متصل به صفحه  $N$  باشد و فاصله میان مراکز این لوله‌ها برابر  $W = l_2 / N$  و قطر داخلی و خارجی این لوله‌ها به ترتیب  $D_o, D_i$  باشد. مطابق شکل (۳-۹) مشاهده می‌کنیم که دمای صفحه جاذب ( $T_p$ ) در راستای  $X$  به شیوه‌ای که در شکل نمایش داده شده است، تغییر می‌کند. در این شکل فرض شده که مابین هر دو لوله توزیع دمایی یکسانی برقرار می‌باشد. در بالای لوله‌ها دمای صفحه دارای مقدار ثابتی می‌باشد. در حالی که مابین دو لوله دما از یک مقدار ماکزیمم تا یک مقدار ثابت تغییر می‌کند. فاصله  $dy$  را در راستای جریان سیال در نظر بگیرید. در این راستا ما از انتقال حرارت درون صفحه جاذب صرف نظر می‌کنیم و می‌توانیم توازن انرژی را در المانی به ابعاد  $dx \times dy$  به صورت زیر بنویسیم.

$$K_p \delta_p \frac{d^2 T}{dx^2} dx dy + S dx dy = U_l dx dy (T_p - T_a) \quad (48-3)$$



شکل (۱۰-۳) مقطع عرضی گردآورنده مایع

با ساده سازی به معادله زیر می‌رسیم:

$$\frac{d^2 T_p}{dx^2} = \frac{U_l}{K_p \delta_p} \left\{ T_p - T_a - \frac{S}{U_l} \right\} \quad (۴۹-۳)$$

معادله فوق با شرایط مرزی زیر حل می‌شود:

$$X = 0, \frac{dT_p}{dx} = 0, X = \left( \frac{W - D_o}{2} \right) \quad \text{و} \quad T_p = T_{po}$$

و در نهایت حل معادله (۴۹-۳)، معادله زیر را نتیجه می‌دهد:

$$\frac{T_p - \left( T_a + \frac{S}{U_l} \right)}{T_{po} - \left( T_a + \frac{S}{U_l} \right)} = \frac{\text{Cosh} mx}{\text{Cosh} \left[ \frac{m(W - D_o)}{2} \right]} \quad \rightarrow \quad m = \left( \frac{U_l}{K_p \delta_p} \right)^{1/2} \quad (۵۰-۳)$$

توزیع دمایی بدست آمده مشابه پره‌های بلند مستطیلی شکل می‌باشد. نرخ انرژی هدایت یافته از

صفحه جاذب به یک لوله سیال،  $E_{p-t}$  نیز از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$X = \left(\frac{W - D_o}{2}\right) \text{ و } E_{p-t} = -2K_p \delta_p \left(\frac{dT_p}{dx}\right) dy \quad (51-3)$$

$$E_{p-t} = 2\left(\frac{K_p \delta_p}{U_l}\right) [S - U_l(T_{po} - T_a)] \times \operatorname{tgh}\left(\frac{m(W - D_o)}{2}\right) dy$$

علاوه بر آن نرخ حرارتی که در بالای لوله‌ها جذب می‌شود، از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\dot{q}_{top} = D_o [S - U_l(T_{po} - T_a)] dy \quad (52-3)$$

بنابراین انرژی مفید جذب شده برای تمامی  $N$  لوله گردآورنده در طول  $dy$  توسط رابطه زیر بدست

می‌آید:

$$dq_x = N \left\{ S - U_l(T_{po} - T_a) \right\} \times \left[ 2\left(\frac{K_p \delta_p}{U_l}\right)^{1/2} \times \operatorname{tgh}\left\{ \frac{m(W - D_o)}{2} + D_o \right\} dy \right] \quad (53-3)$$

معادله (53-3) با تعریف کارایی صفحه  $\varphi$ ، که به صورت نرخ حرارت هدایت شده از صفحه به سیال

عامل نسبت به حرارتی که می‌تواند انتقال یابد در صورتی که انتقال حرارت در صفحه بسیار کم باشد، به

شکل ساده‌تری نوشته می‌شود:

$$\varphi = \frac{\operatorname{tgh}[m(W - D_o)/2]}{[m(W - D_o)/2]} \quad (54-3)$$

بنابراین:

$$\frac{1}{N} \left[ \frac{dq_u}{dy} \right] = \left\{ S - U_l(T_{po} - T_a) \right\} \times \left\{ \varphi(W - D_o) \right\} + D_o \quad (55-3)$$

در گام بعد جریان حرارت از صفحه جاذب به سیال عامل را بررسی می‌کنیم. در این بین ۳ مقاومت حرارتی وجود دارد. چسبی که برای اتصال لوله و صفحه استفاده شده است، دیواره لوله و ضریب انتقال حرارت در سطح داخلی لوله. فرض کنید مقاومت حرارتی دیواره لوله قابل صرف نظر کردن می‌باشد.

$$\frac{1}{N} \left[ \frac{dq_u}{dy} \right] = \frac{(T_{po} - T_f)}{\left[ \frac{\delta}{K_a D_o} + \frac{1}{\pi D_i h_f} \right]} \quad (56-3)$$

که در این رابطه  $h_f, T_f, K_a, \delta_a$  به ترتیب، ضخامت میانگین چسب، ضریب هدایت حرارتی ماده چسب، دمای محلی سیال، ضریب انتقال حرارت در سطح داخلی لوله می‌باشند.

با ترکیب دو معادله اخیر و با حذف  $T_{po}$  نتیجه زیر حاصل می‌شود:

$$\frac{1}{N} \left[ \frac{dq_u}{dy} \right] = \frac{[S - U_l (T_f - T_a)]}{U_l \left\{ \frac{1}{U_l [(W - D_o)\phi + D_o]} + \frac{\delta_a}{K_a D_o} + \frac{1}{\pi D_i h_f} \right\}} \quad (57-3)$$

در این مرحله ضریب بازده گردآورنده  $F'$  را به شکل زیر تعریف می‌کنیم:

$$F' = \frac{1}{WU_l \left[ \frac{1}{\left( \frac{1}{U_l (W - D_o)\phi + D_o} + \frac{\delta_a}{K_a D_o} \right)^{-1} + U_l D_o} \right] + \frac{1}{\pi D_i h_f}} \quad (58-3)$$

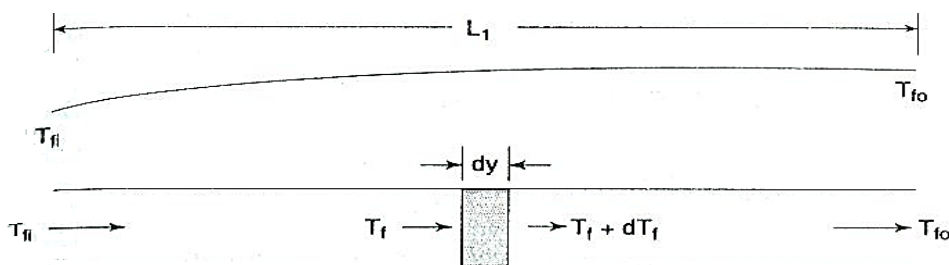
با جایگذاری این تعریف در معادله (57-3) نتیجه زیر حاصل می‌شود:

$$\frac{1}{N} \left[ \frac{dq_u}{dy} \right] = WF' [S - U_l (T_f - T_a)] \quad (59-3)$$

که  $F'$  بیان کننده نرخ مفید واقعی حرارت در واحد طول و واحد تعداد لوله نسبت به نرخ حرارتی که می توانست رخ دهد در صورتی که دمای صفحه جاذب  $T_f$  باشد.

### ۳-۴-۶- ضریب برداشت حرارت گردآورنده

آخرین بررسی یک بعدی در امتداد جریان سیال درون لوله‌ها به منظور تعیین دمای سیال انجام می‌گیرد. این بررسی از این بابت که مقدار حرارت متغیر بدست آمده را به وسیله دمای سیال ورودی بدست می‌دهد، مفید خواهد بود. حجم کنترل شکل زیر را در نظر بگیرید. - یک المان به طول  $dy$  از یک لوله (مطابق شکل ۳-۱۱). قانون اول ترمودینامیک را به کار می‌بریم.



شکل (۳-۱۱) حجم کنترل در مسیر حرکت سیال

$$\left(\frac{\dot{m}}{N}\right)C_p dT_f = \frac{1}{N}dq_u = WF'[S - U_l(T_f - T_a)]dy \quad (۳-۶۰)$$

$$\frac{dT_f}{dy} = \frac{WF'U_l}{\left(\frac{\dot{m}}{N}\right)C_p} \left[ \left(\frac{S}{U_l} + T_a\right) - T_f \right] \quad (۳-۶۱)$$

با انتگرال گیری و استفاده از شرایط مرزی ( ورودی )  $y=0, T_f = T_{fi}$  توزیع دمایی زیر بدست می‌آید.

$$\frac{\left(\frac{S}{U_l} + T_a\right) - T_f}{\left(\frac{S}{U_l} + T_a\right) - T_{fi}} = \exp\left[\frac{-l_2 F' U_l}{\dot{m} C_p} y\right] \quad (62-3)$$

دمای سیال خروجی  $T_f$  با جایگذاری  $y = L_1, T_f = T_{fo}$  در معادله (62-3) بدست می‌آید:

$$\frac{\left(\frac{S}{U_L} + T_a\right) - T_{fo}}{\left(\frac{S}{U_L} + T_a\right) - T_{fi}} = \exp\left(\frac{-F' U_L L_1 L_2}{\dot{m} c_p}\right) \quad (63-3)$$

با کم کردن هر دو سمت معادله بالا از مقدار واحد، معادله زیر حاصل می‌شود:

$$\frac{(T_{fo} - T_{fi})}{\left(\frac{S}{U_l} + T_a\right) - T_{fi}} = 1 - \exp\left[\frac{-F' U_l A_p}{\dot{m} C_p}\right] \quad (64-3)$$

بنابراین حرارت مفید جذب شده برای گردآورنده، این‌گونه بدست می‌آید:

$$q_u = \dot{m} C_p (T_{fo} - T_{fi}) = \dot{m} C_p \left[ \left(\frac{S}{U_l} + T_a\right) - T_{fi} \right] \times \left[ 1 - \exp\left(\frac{-F' U_l A_p}{\dot{m} C_p}\right) \right] \quad (65-3)$$

$$q_u = \dot{m} C_p [S - U_l (T_{fi} - T_a)] \times \left[ 1 - \exp\left(\frac{-F' U_l A_p}{\dot{m} C_p}\right) \right] \quad (66-3)$$

$$q_u = F_R A_p [S - U_l (T_{fi} - T_a)] \quad (67-3)$$

$$F_R = \frac{\dot{m} C_p}{U_l A_p} \left[ 1 - \exp\left(\frac{-F' U_l A_p}{\dot{m} C_p}\right) \right] \quad (68-3)$$



از این معادله می‌توان مشاهده نمود که  $F_R$  بیان کننده نرخ حرارت مفید واقعی بدست آمده نسبت به مقدار حرارتی که می‌توانست جذب شود، در صورتی که صفحه جاذب گردآورنده در دمای  $T_{fi}$  باشد، است. این مقدار مابین ۰ و ۱ می‌باشد.

### ۳-۴-۷- تعیین بازده لحظه‌ای گردآورنده

روش مبنا برای اندازه‌گیری کارایی گردآورنده، قرار دادن گردآورنده در معرض تابش خورشید و اندازه‌گیری دمای سیال ورودی و خروجی و دبی جرمی سیال می‌باشد. بدین ترتیب انرژی مفید جذب شده در گردآورنده به صورت زیر بدست می‌آید:

$$Q_u = \dot{m}C_p(T_o - T_i) \quad (۳-۶۹)$$

علاوه بر موارد ذکر شده، تابش روی گردآورنده، دمای محیط و سرعت باد نیز ثبت می‌گردد. بنابراین دو گروه اطلاعات در اختیار است؛ داده‌هایی راجع به خروجی حرارتی و داده‌هایی راجع به شرایطی که کارایی حرارتی را ارائه می‌دهند. این داده‌ها مشخصات گردآورنده را بوسیله پارامترهایی که چگونگی جذب انرژی و چگونگی تلفات آن به محیط اطراف را نشان می‌دهد، بیان می‌دارند. معادله زیر برای تعیین انرژی مفید جذب شده آنی ( لحظه ای ) گردآورنده به کار می‌آید.

$$Q_u = A_c F_R [I_T (\tau \alpha_n) - U_l (T_i - T_a)] \quad (۳-۷۰)$$

معادلات زیر نیز جهت تعیین کارایی حرارتی گردآورنده استفاده می‌شوند:

$$\eta_i = \frac{Q_u}{A_c I_T} = F_R \left[ \tau \alpha - \frac{F_R U_l (T_i - T_a)}{I_T} \right] \quad (۳-۷۱)$$

$$\eta = \frac{\dot{m}C_p(T_o - T_i)}{A_c I_T} \quad (۷۲-۳)$$

### ۳-۵- آنالیز انرژی سیستم متمرکز

سیستم مورد استفاده در ساختمان، انرژی الکتریکی مورد نیاز ساختمان  $E_{Grid}^{SP}$  از طریق برق شبکه تأمین می‌گردد و از رابطه‌ی (۷۳-۳) قابل محاسبه است. بار حرارتی ساختمان،  $Q_H$  از طریق بویلر گازسوز تأمین شده و به وسیله‌ی کویل حرارتی به مصرف‌کنندگان انتقال می‌یابد. همچنین بار سرمایشی،  $Q_{Ch}$  از طریق چیلر تراکمی تأمین گردد.

$$E_{Grid}^{SP} = E_{dem} + E_C \quad (۷۳-۳)$$

در رابطه‌ی (۷۸-۳)،  $E_{dem}$  انرژی الکتریکی مورد نیاز برای روشنایی و سایر تجهیزات الکتریکی است و  $E_C$  انرژی الکتریکی مورد نیاز جهت استفاده در چیلر تراکمی است که از رابطه‌ی (۷۴-۳) به دست می‌آید [۲۳]:

$$E_C = \frac{Q_{Ch}}{COP_e} \quad (۷۴-۳)$$

در رابطه‌ی (۷۹-۳)،  $COP_e$  ضریب عملکرد چیلر تراکمی است. حرارت موردنیاز برای کویل حرارتی،  $Q_H$ ، به منظور تأمین بار حرارتی ساختمان از رابطه‌ی (۷۵-۳) قابل محاسبه است [۲۴].

$$Q_{hc} = \frac{Q_H}{\eta_{hc}} \quad (۷۵-۳)$$

در رابطه‌ی (۷۵-۳)،  $\eta_{hc}$  راندمان کویل حرارتی است؛ بنابراین سوخت مصرفی در بویلر،  $F_{Boiler}^{SP}$  که حرارت مورد نیاز کویل حرارتی را تأمین می‌کند از رابطه‌ی (۷۶-۳) به دست می‌آید [۲۵].

$$F_{Boiler}^{SP} = \frac{Q_{hc}}{LHV \times \eta_{Boiler}} \quad (۷۶-۳)$$

همچنین در رابطه‌ی (۳-۷۶)،  $\eta_{Boiler}$  راندمان بویلر است.

در فصل آینده پارامترهای موثر برای انتخاب یک ساختمان نمونه برای اجرای سیستم گرمایش خورشیدی مطرح می‌گردد و یک ساختمان اداری بین ۳۰ ساختمان مورد بررسی انتخاب و به نتایج ممیزی انرژی آن به تفصیل پرداخته شده است.



## فصل چهارم

### روند مصرف انرژی ساختمان

#### ۴-۱- انتخاب ساختمان نمونه

برای انتخاب یک ساختمان که اجرای سیستم خورشیدی توجیه فنی و اقتصادی داشته باشد باید پارامترهای زیر مورد بررسی قرار گیرند:

۱. نوع کاربری و ساعات استفاده از ساختمان

برای اینکه ساختمان مورد نظر نیاز به ذخیره انرژی نداشته باشد ساختمان اداری که ساعت کاربری آن با ساعات تابش خورشید مطابقت دارد انتخاب گردیده است.

۲. ساختمانی که امکان ارزیابی مصرف آن وجود دارد.

بعضی از ساختمان‌های اداری مورد بررسی کنتور مجزا برای یک ساختمان نداشتند و امکان بررسی میزان مصرف وجود نداشت.

۳. برچسب انرژی ساختمان

ساختمان‌هایی که برچسب انرژی به آنها تعلق نمی‌گیرد و یا برچسب انرژی آنها مناسب نیست برای طراحی و اجرا سیستم‌های خورشیدی توجیه اقتصادی ندارند.

۴. آیا الزام به بهبود وضعیت مصرف انرژی دارند.

بخش‌نامه‌های ابلاغ شده از سوی دولت، ادارات را ملزم به کاهش مصرف و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر کرده است و باعث گردیده است ادارات به اجرای سیستم‌های خورشیدی توجه داشته باشند.

۵. عمر باقی مانده ساختمان.

سال بهره‌برداری ساختمان نمونه بسیار مهم است و باید عمر ساختمان از عمر سیستم‌های خورشیدی بیشتر باشد. سیستم‌های خورشیدی در حال حاضر حدود ۲۰ سال عمر مفید دارند.

بعد از بررسی‌های صورت گرفته ساختمان سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی به عنوان ساختمان نمونه انتخاب گردید که نتایج حاصل از بررسی مصرف انرژی آن در این فصل بیان شده است.

برای اینکه قادر باشید کارایی انرژی مصرفی ساختمان خود را بهبود بخشید، ابتدا باید بدانید که در چه وضعیتی از نظر انرژی قرار دارد، ساختمان نمونه از لحاظ مصرف انرژی متمایز شد و برچسب انرژی آن تعیین گردید و به منظور یافتن نقاط اتلاف انرژی ترموگرافی انجام شد که در ادامه به تشریح هرکدام و نتایج به دست آمده از آن پرداخته می‌شود.

اتلاف انرژی و هدر رفتن آن یکی از عوامل مهم در مصرف بی‌رویه انرژی می‌باشد. براساس گزارش معاونت امور برق و انرژی در سال ۱۳۹۵، به طور کلی ۳۳٫۶ درصد از کل انرژی مصرفی کشور در بخش ساختمان مصرف می‌شود.

در این فصل وضعیت ساختمان و میزان مصرف بررسی می‌گردد و با توجه به مشخصات و اطلاعات جمع‌آوری شده سال ۱۳۹۶، مقادیر مربوط به شاخص‌ها و پارامترهای ارزیابی مصرف در دوره‌های مختلف، خط مبنای انرژی الکتریکی، گاز طبیعی، وضعیت بهره‌برداری از موتورخانه و میزان تولید گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف انرژی ارائه شده است.

نحوه محاسبه هریک از شاخص‌ها بر اساس استاندارد ۱۴۲۵۴ و شرایط و ضوابط آن، برچسب انرژی و میزان پتانسیل کاهش مصرف جهت دستیابی به رده A و مصرف ایده آل و الزامات استاندارد معاینه فنی موتورخانه‌ها در پیوست یک بخش {پ ۱-۲} استاندارد مصرف انرژی در ساختمانهای غیر مسکونی (۱۴۲۵۴) و {پ ۱-۳} - استاندارد معاینه فنی موتورخانه (۱۶۰۰۰) ارائه شده است.

با توجه به مقادیر مندرج در قبوض در پیوست دوم، مقدار مصرف در ماه‌های سال تعیین می‌شود. اساس تکنیک و محاسبات در پیوست یک به تفصیل شرح داده شده است. همچنین نقاط قوت و فرصت‌های بهبود مصرف انرژی مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه به بیان هر یک از موارد مذکور پرداخته می‌شود.

مصرف انرژی بر اساس مطالب مندرج در پیوست یک با در نظر گرفتن حالت اول، مقدار کل انرژی مصرفی بر حسب کیلووات ساعت و روند تغییرات آن محاسبه شده است.

شایان ذکر است مبنای تمامی محاسبات و اعداد ارائه شده در جداول، اطلاعات مندرج در قبوض صادره از سوی شرکت برق و شرکت گاز می باشد.

#### **۴-۲- تعیین وضعیت ساختمان**

منظور از تعیین وضعیت ساختمان، اطلاعات عمومی، کاربری، معماری و مشخصات فیزیکی ساختمان، مشخصات فنی تجهیزات و تاسیسات سرمایش و گرمایش و تاسیسات الکتریکی می باشد. سوابق مربوط به مصرف انرژی اعم از تصویر قبوض مصرف انواع انرژی، مقدار مصارف انرژی در زمان های مختلف بر اساس قبوض و روند تغییرات مصرف و هزینه آن در دوره های فصلی، سالانه در پیوست دو ارائه شده است.

#### **۴-۲-۱- مشخصات ساختمان و وضعیت مصرف انرژی**

مشخصات ساختمان از دیدگاه های مختلف بر مصرف انرژی و عملکرد ساختمان بسیار موثر است. اطلاعات وضعیت موجود ساختمان در این قسمت ارائه شده است.

در جدول ۴-۱، اطلاعات عمومی ساختمان، اعم از مسئولین، آدرس و پرسنل، در جدول ۴-۲ اطلاعات مربوط به مشخصات فیزیکی بدنه ساختمان، در جدول ۴-۳، اطلاعات سیستم و سامانه گرمایش و سرمایش و در جدول ۴-۴ نتایج ارزیابی عملکرد مشعل و آنالیز گازهای خروجی از دودکش ارائه شده است.



جدول (۱-۴) اطلاعات عمومی ساختمان

۱- نام ساختمان	۲- نام مسئول تاسیسات	۳- سال احداث	۴- سال بهره برداری
سازمان مدیریت و برنامه ریزی	نصر آبادی	۱۳۸۹	۱۳۸۹
۵- آدرس		۶- تعداد افراد شاغل	۷- وضعیت ارباب رجوع روزانه
گرگان، سایت اداری، جنب شرکت گاز		۱۱۹	۵۰
۸- شماره تلفن	۹- شماره فکس	۱۰- روز کاری سالانه	۱۱- ساعت کاری
۰۱۷-۳۲۴۳۶۱۵۴	۰۱۷-۳۲۴۸۰۰۵۸	۲۹۲	۷,۵

جدول (۲-۴) اطلاعات مربوط به معماری و مشخصات فیزیکی

۱. مساحت مفید (متر مربع)	۲. مساحت غیر مفید (متر مربع)	۳. جهت جغرافیایی	۴. تعداد طبقات
۵۰۰۰	۰	شرقی-غربی	۳ طبقه + ۱ طبقه پارکینگ
۵. جنس دیوار	۶. ضخامت دیوار (سانتی متر)	۷. عایق بندی دیوار	۸. جنس سقف
روکش سنگ	۳۰	ندارد	کف بام
۹. ضخامت سقف (سانتی متر)	۱۰. عایق بندی سقف	۱۱. جنس شیشه و قاب پنجره	۱۲. وضعیت و نوع پرده
---	ایزوگام	دو جداره	کرکره ای

\*منظور از مساحت مفید: مساحت تمام فضاها به جز مساحت فضاهایی که دمای آنها کنترل نمی شود.

\*\*منظور از مساحت غیرمفید: مساحت فضاهایی که در حال بهره برداری می باشند در حالی که نیازی به گرمایش و سرمایش ندارند یا به عبارتی نیازی به کنترل دما در این فضاها نیست.

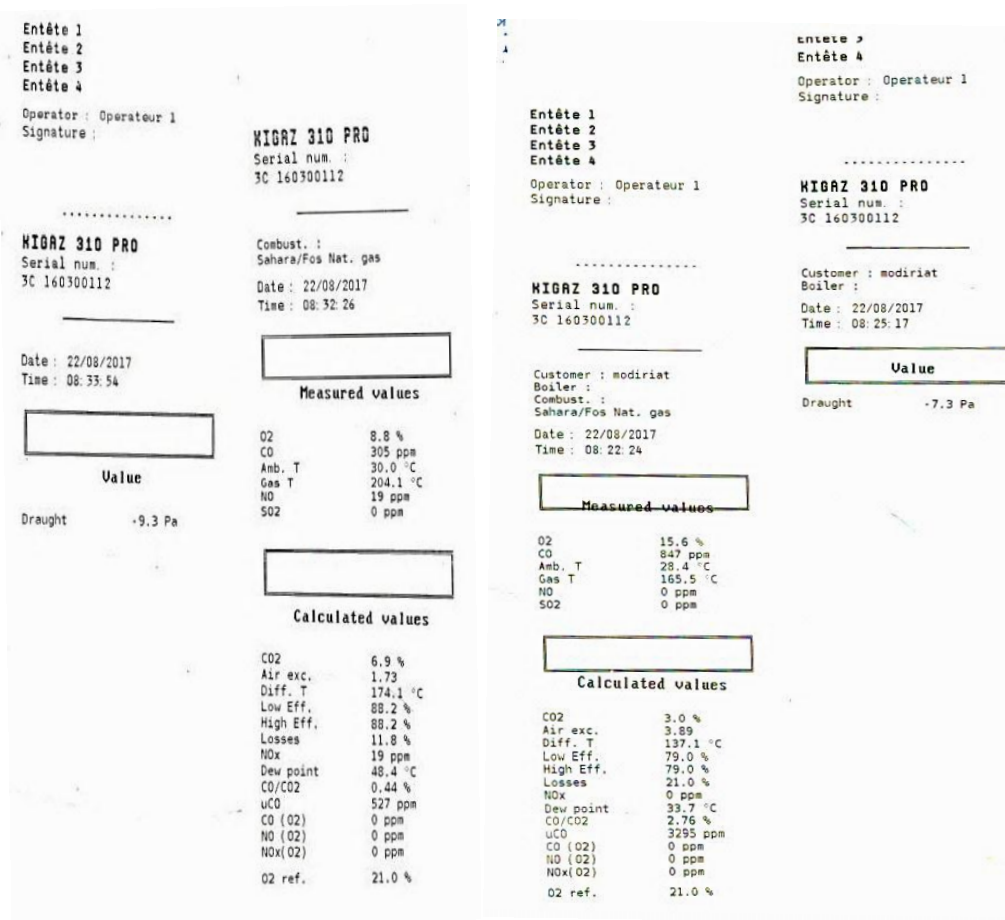
جدول (۳-۴) اطلاعات سامانه گرمایش و سرمایش، آب گرم

مشخصات موتورخانه							
سال راه اندازی	آخرین تعمیرات	تعداد و نوع مشعل	ظرفیت مشعل	زمانبندی بازدید مشعل	نوع و ظرفیت دیگها	مبدل حرارتی یا منبع دوجداره	زمانبندی بازدید سیرکولاسیون پمپ
۱۳۸۹	سالانه	۲ دمنده دار	۳۷۸ کیلووات	فصلی	دو دیگ چدنی شوفاژکار ۱۰ پره توربو	منبع دو جداره	فصلی
مشخصات خط سوخت	مشخصات دودکش	وضعیت عایق کاری و تجهیزات (دیگ و لولهها)	کنترل هوشمند	سختی گیر	وضعیت نشستی گیری دیگ و لولهها		
گاز طبیعی و گازوئیل	ارتفاع تا پشت بام ۱۵ متر طول قسمت افقی ۶،۶ متر قطر دودکش ۳۵*۳۰ سانتی متر	عایق کاری کامل Kaiflex	ندارد	دارد	نشستی گیری شده اند		
کولر گازی							
تعداد	نوع	زمان آخرین تعمیرات	برچسب انرژی				
۳	اسپیلیت	سالانه چک میشود	-				
مشخصات چیلر							
تعداد	نوع	ظرفیت	سال راه اندازی	آخرین تعمیرات	آخرین بازدید		
۱	تراکمی	۶۰ تن تبرید	۸۹	تعمیرات نداشته است	بازدید سالانه.فلوتر خراب است		

همچنین نتایج آنالیز گازهای خروجی از دودکش در معاینه فنی که در تاریخ ۱۳/۰۹/۱۳۹۷ صورت گرفت به شرح جدول ۴-۴ است:

جدول (۴-۴) آنالیز گازهای خروجی از دودکش

پارامتر	F.T.	A.T.	OO <sub>۲</sub>	CO	CO <sub>۲</sub>	NO <sub>x</sub>	Ex. Air
واحد	°C	°C	%	Ppm	%	ppm	%
مقدار اندازه گیری شده دیگ ۱	۱۶۵،۵	۲۸،۴	۱۵،۶	۸۴۷	۳	۲۲	۳،۸۹٪
مقدار اندازه گیری شده دیگ ۲	۱۷۴،۱	۳۰	۸،۸	۳۰۵	۶،۹	۲۰	۱،۷۳



شکل (۴-۱) نمایی از پایش گازهای خروجی دودکش موتورخانه

#### ۴-۲-۲- منابع تامین انرژی و میزان مصرف در دوره‌های مختلف

یکی از عوامل مهم در بررسی رفتار و عملکرد ساختمان، بررسی منابع تامین انرژی است.

اطلاعات قبوض برق و گاز و آمار مصرف و هزینه انرژی در پیوست دو موجود می‌باشد.

#### ۴-۲-۳- بررسی نقاط قوت و فرصت‌های قابل بهبود ساختمان

توجه به بازدیدهای صورت گرفته و بررسی‌های بعمل آمده، نقاط قوت ساختمان به شرح زیر می‌باشد:

۱. وجود مجراهای تهویه مناسب در ساختمان

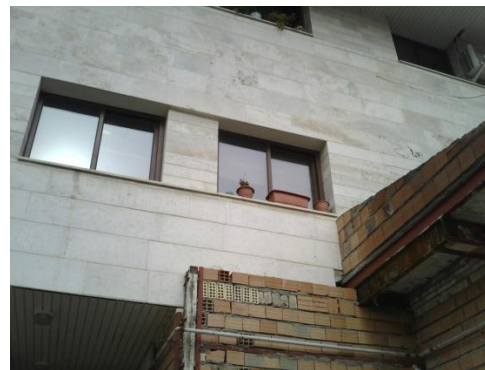
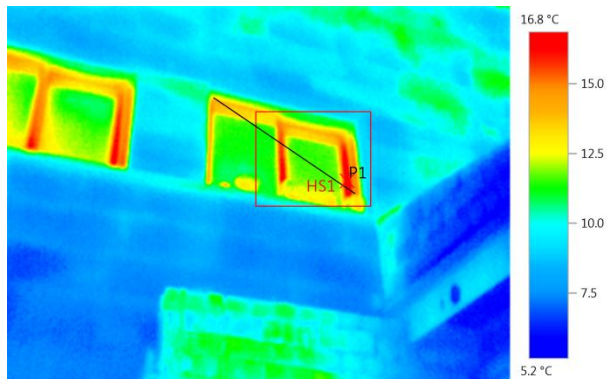
۲. استفاده از ترموستات بر روی سیستم گرمایش رادیاتوری
  ۳. استفاده مفید از روشنایی روز (تمیز کردن دوره‌ای پنجره‌ها، خاموش کردن چراغ‌های اضافه در فضاهای نورگیر و ..)
  ۴. تعمیر درها و پنجره‌هایی که درست بسته نمیشوند.
  ۵. استفاده از کلید مجزا برای روشنایی بخش‌های مختلف
  ۶. نصب سنسور حرکتی برای مدیریت روشنایی و تهویه مطبوع در سرویس بهداشتی
  ۷. سرویس دوره‌ای موتورخانه (تنظیم مشعل، درزبندی دیگ، بازبینی خط سوخت، نشت‌یابی خط سوخت، تعویض فیلتر سوخت و...)
  ۸. سرویس دوره‌ای و منظم کلیه کولرهای اسپیلت و پنجره‌ای
  ۹. سرویس دوره‌ای سیستم‌های روشنایی
  ۱۰. تعمیر درها و پنجره‌هایی که درست بسته نمی‌شوند.
  ۱۱. اطلاع کافی مسئولین فنی از مشخصات فنی ساختمان و تاسیسات آن
  ۱۲. نصب سیستم‌های درب بند کنترل اتوماتیک روی کلیه درهای ورودی و خروجی ساختمان
  ۱۳. عدم استفاده از لامپ‌های پر مصرف
  ۱۴. عایق کاری کامل تاسیسات گرمایشی با kaiflex
- همچنین فرصت‌های قابل بهبود ساختمان از دیدگاه حرارتی و الکتریکی به شرح زیر است:
۱. استقرار سیستم مدیریت انرژی ساختمان
  ۲. آموزش تخصصی در زمینه کاهش مصرف انرژی به پرسنل و کنترل میزان مصرف انرژی
  ۳. نصب سیستم‌های هوشمند برای مشعل‌های گازی و گازی

۴. آموزش به کارکنان نسبت به بهره‌برداری صحیح از ماشین آلات اداری، طرز خاموش کردن و

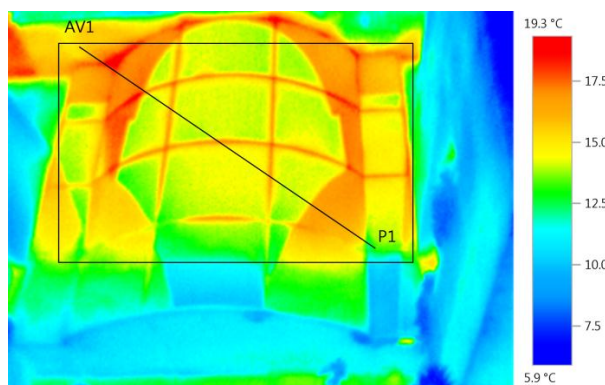
نصب تابلوها و علائم مربوط به دستورالعمل بهره‌برداری از تجهیزات

۵. در ساعات تعطیلی، فعالیتهای سیستم‌های موجود در فضاهای بلااستفاده خاموش شود.

#### ۴-۲-۴- تصاویر ترموگرافی



شکل (۲-۴) تصویر واقعی و ترموگرافی از پنجره ساختمان

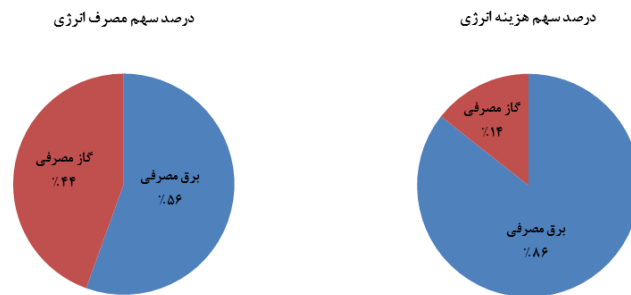


شکل (۳-۴) تصویر واقعی و ترموگرافی از نمای شیشه‌ای ساختمان

باتوجه به مشخصات و اطلاعات جمع آوری شده از قبوض مصرفی، نحوه محاسبه شاخص‌های مصرف مطابق آنچه در پیوست گفته شد، مقدار شاخص‌ها و پارامترهای ارزیابی مصرف در سال ۱۳۹۶، رابطه مصرف انرژی الکتریکی، گاز طبیعی با CDD/ HDD بر اساس اطلاعات سال ۱۳۹۶ بررسی می‌گردد.

### ۳-۴- رفتار ساختمان از لحاظ تغییرات هزینه انرژی

بر اساس قبوض مصرف انرژی در سال ۱۳۹۶ سهم انواع انرژی مصرفی از لحاظ مقدار مصرف و هزینه پرداخت سال ۱۳۹۶ در شکل ۴-۴ نشان داده شده است:



شکل (۴-۴) درصد سهم هزینه و مصرف برق و گاز سال ۱۳۹۶

شکل ۴-۴ نشان می‌دهد که:

- انرژی فسیلی (گاز طبیعی) با میزان (۴۴) درصد و انرژی الکتریکی با میزان (۵۶) درصد از کل انرژی را تامین کرده است.
- هزینه انرژی الکتریکی (۸۶) درصد و هزینه انرژی فسیلی (گاز طبیعی) (۱۴) درصد از کل هزینه‌های انرژی مصرفی ساختمان را به خود اختصاص می‌دهند.

توجه به تغییرات تعرفه و زمان مصرف در ماه‌های مختلف سال، نتایج بررسی قبوض مقدار حداقل،

حداکثر و متوسط هزینه برق و گاز طبیعی در سال ۱۳۹۶ در جدول ۴-۶ نشان داده شده است:

جدول (۴-۶) حداقل، حداکثر و متوسط هزینه سال ۱۳۹۶

	برق		گاز	
	مقدار (ریال)	ماه	مقدار (ریال)	ماه
حداقل	۱۷,۵۳۳,۳۶۱	فروردین ۹۶	۳۳۹,۷۷۹	مرداد ۹۶
متوسط	۵۸,۴۰۸,۸۰۰		۹,۸۱۷,۲۹۰	
حداکثر	۱۲۴,۳۲۸,۳۰۸	مرداد ۹۶	۲۸,۵۷۱,۸۷۹	دی ۹۶

#### ۴-۳-۱- هزینه هر واحد انرژی

علی رغم مقدار تغییرات تعرفه و هزینه انرژی در سال ۱۳۹۶، هزینه هر واحد انرژی الکتریکی و گاز طبیعی در دوره‌های مختلف در جدول ۴-۷ نشان داده شده است.

جدول ۴-۷- هزینه هر واحد انرژی

	برق مصرفی	گاز طبیعی مصرفی
	ریال / کیلو وات ساعت	ریال / متر مکعب
هزینه هر واحد انرژی	۳,۲۰۷	۱,۹۰۶

بررسی جدول ۴-۷ نشان می‌دهد که هزینه هر واحد انرژی الکتریکی تقریباً معادل ۱,۶۸ برابر هزینه هر کیلو وات ساعت انرژی فسیلی است.

#### ۴-۴- رفتار ساختمان از لحاظ تغییرات مصرف انرژی

براساس مقدار مصرف انواع انرژی در سال ۱۳۹۶، مقدار کل انرژی الکتریکی و گاز طبیعی بر حسب واحد مربوطه (kwh و  $m^3$ ) و هزینه معادل آن بر حسب ریال در جدول ۴-۸ نشان داده شده است. مقدار کل انرژی مصرفی با توجه به رابطه ۱-۱-پ، و مطالب ذکر شده در قسمت ۱-۲-۱-پ مقدار مصرف انرژی و انواع انرژی بر حسب kwh و بر اساس متن استاندارد ۱۴۲۵۴ محاسبه شده است.

جدول ۴-۸- مصرف انرژی واقعی سال ۱۳۹۶

	برق مصرفی (kwh)	گاز طبیعی مصرفی (kwh)	کل انرژی مصرفی (kwh)
مقدار انرژی مصرفی بر حسب انرژی اولیه (کیلووات نیروگاهی)	۲۱۸,۵۵۳	۶۴۷,۵۷۹	۲۸۳,۳۱۲
هزینه انرژی (Rial)	۷۰۰,۹۰۵,۶۰۱	۱۱۷,۸۰۷,۴۷۴	۸۱۸,۷۱۳,۰۷۵

بیشترین تعرفه برق پرداختی برای این ساختمان حدود ۳۰۹۰ ریال بوده که در ماه مرداد سال ۱۳۹۶ رخ داده است. مصرف در ساعات خارج از پیک مصرف (در صورت امکان) میتواند تاثیر پررنگی در کاهش هزینه الکتریکی داشته باشد.

مقدار تغییرات مصرف انواع انرژی با توجه به بررسی قبوض سال ۱۳۹۶ به شرح جدول ۴-۹ میباشد:

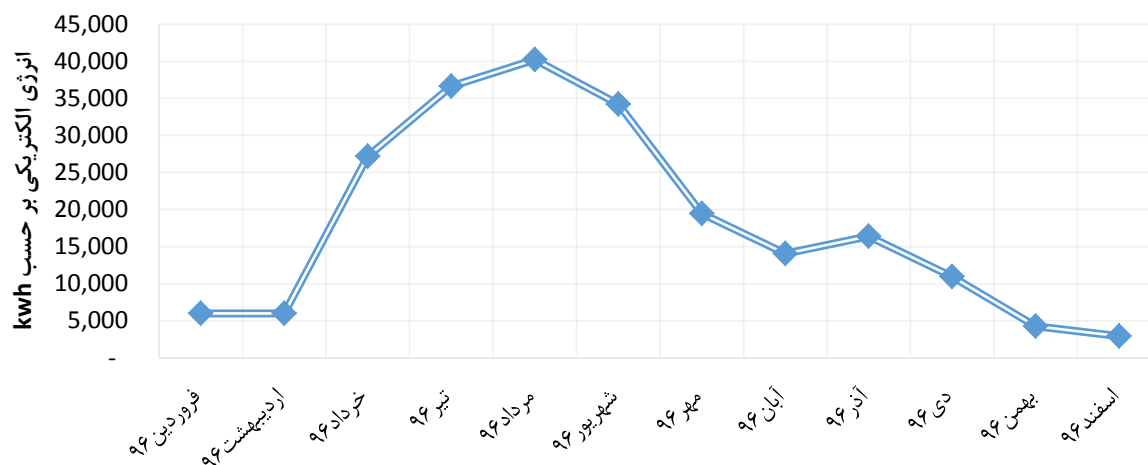
جدول ۴-۹-حداقل، حداکثر و متوسط مصرف سال ۱۳۹۶

	برق		گاز	
	مقدار (kwh)	ماه	مقدار (m <sup>3</sup> )	ماه
حداقل	۲,۹۵۶	اسفند ۹۶	۱۱۴	مرداد ۹۶
متوسط	۱۸,۲۱۳		۵,۱۵۲	
حداکثر	۴۰,۲۲۴	مرداد ۹۶	۱۴,۰۹۷	دی ۹۶

میزان کمینه مصرف بیانگر بار حرارتی پایه ساختمان است و با توجه به جدول ۴-۹ کمترین میزان مصرف انرژی الکتریکی در ماه اسفند و به میزان ۲۹۵۶ کیلووات ساعت است. کمینه مصرف الکتریکی بیانگر مقدار مصرف بخش اداری و روشنایی است. مصرف الکتریکی روشنایی و تجهیزات اداری مجموعه فوق حدود ۳۰۰۰ کیلووات ساعت در ماه می باشد.

روند مصرف انرژی الکتریکی در طی ماه و فصول مختلف سال در سال ۱۳۹۶ در شکل ۴-۵ نشان داده شده است:



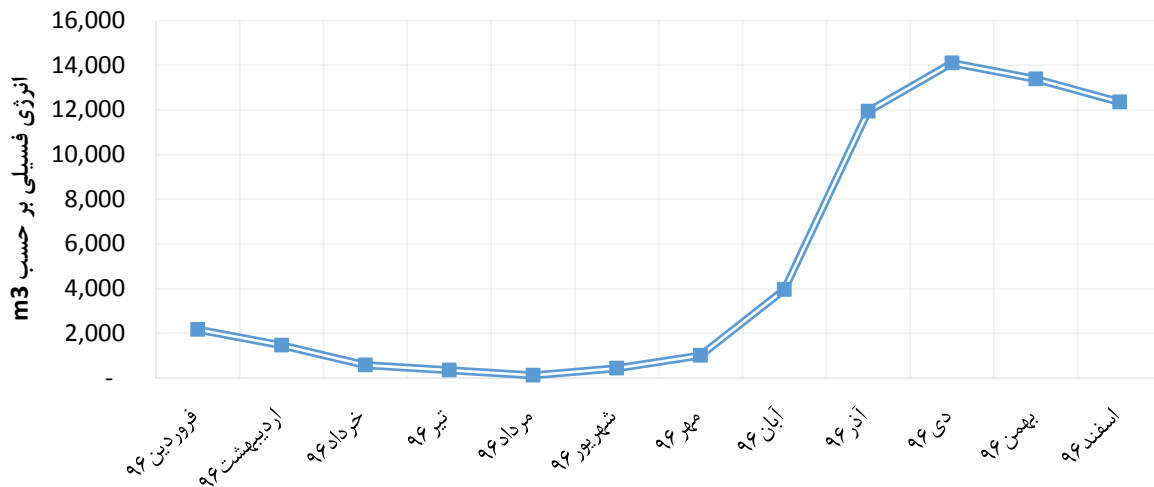


شکل (۴-۵) مصرف برق ماهانه سال ۱۳۹۶

همانطور که شکل ۴-۵ نشان میدهد:

- مقدار مصرف انرژی الکتریکی در حدود ۳۷۲۶۸ تغییر می‌نماید و مقدار ۲۹۵۶ کیلو وات ساعت در تمام ماه‌های سال به علت انرژی مصرفی تجهیزات پایه مصرف میشود.
- بیشترین مصرف در ماه‌های تیر تا شهریور اتفاق می‌افتد که این خود حاکی از استفاده تجهیزات سرمایشی الکتریکی در فصل گرم سال است.
- کمترین مصرف در ماه‌های فروردین و اسفند اتفاق می‌افتد که این خود حاکی از عدم استفاده از تجهیزات سرمایشی است.

بر اساس شکل پیوست دوم-بخش دوم روند مصرف انرژی فسیلی (گاز طبیعی) در طی ماه و فصول مختلف سال در سال ۱۳۹۶ در شکل ۴-۶ نشان داده شده است:



شکل (۴-۶) مصرف گاز ماهانه سال ۱۳۹۶

همانطور که شکل ۴-۶ نشان میدهد که :

- مقدار مصرف انرژی فسیلی در حدود ۱۳۹۸۳ تغییر می‌نماید و مقدار ۱۱۴ متر مکعب در تمام ماه‌های سال به علت انرژی مصرفی تجهیزات پایه مصرف میشود.
- بیشترین مصرف در ماه‌های دی و بهمن اتفاق می‌افتد که این خود حاکی از استفاده تجهیزات گرمایشی در فصل سرد سال است.
- کمترین مصرف در ماه تیر تا شهریور اتفاق می‌افتد که این خود حاکی از عدم استفاده از تجهیزات گرمایشی است.

#### • ۴-۵- سرانه مصرف برق و گاز طبیعی

با توجه به این که در این ساختمان انرژی الکتریکی و گاز طبیعی جهت تامین انرژی مورد نیاز به مصرف می‌رسد. سرانه مصرف به ازای هر متر مربع و تعداد پرسنل فعال و مستقر در این ساختمان در حالت‌های مختلف در جدول ۴-۱۰ ارائه شده است:

جدول (۴-۱۰) سرانه مصرف برق و گاز طبیعی سال ۱۳۹۶

		برق مصرفی (kwh)	گاز طبیعی مصرفی (m <sup>۳</sup> )	کل انرژی مصرفی (kwh)
مساحت مفید	مصرف انرژی سالانه هر متر مربع	۴۳,۷۱	۱۲,۳۶	۲۹۱,۳۵
	مصرف انرژی ساعتی هر متر مربع	۰,۰۲	۰,۰۰۶	۰,۱۴
مساحت کل	مصرف انرژی سالانه هر متر مربع	۴۳,۷۱	۱۲,۳۶	۲۹۱,۳۵
	مصرف انرژی ساعتی هر متر مربع	۰,۰۲	۰,۰۰۶	۰,۱۴
پرسنل	مصرف انرژی سالانه هر پرسنل	۱۸۳۷	۵۲۰	۱۲۲۳۷
	مصرف انرژی ساعتی هر پرسنل	۰,۹۰	۰,۲۵	۵,۹۹

همچنین با توجه به رابطه ۱-۱ پ و ۲-۱ پ مقدار کل انرژی مصرفی به ازای واحد مساحت در سال ۱۳۹۶ نسبت انرژی محاسبه شده است. در محاسبه کل انرژی مصرفی نسبت به مساحت، دو حالت مساحت و مساحت کل لحاظ شده است. سپس با توجه به جدول ۴-۱۰ برچسب انرژی ساختمان تعیین شده است. در جدول ۴-۱۱ نتایج محاسبات و رده مصرف با توجه به شرایط مختلف نشان داده شده است:

جدول (۴-۱۱) برچسب انرژی در سال ۱۳۹۶

بر اساس زیر مساحت مفید	
(Eactual) kwh/m <sup>۲</sup> /year	۲۹۱
نسبت انرژی (R)	۴,۵۵
برچسب انرژی	E

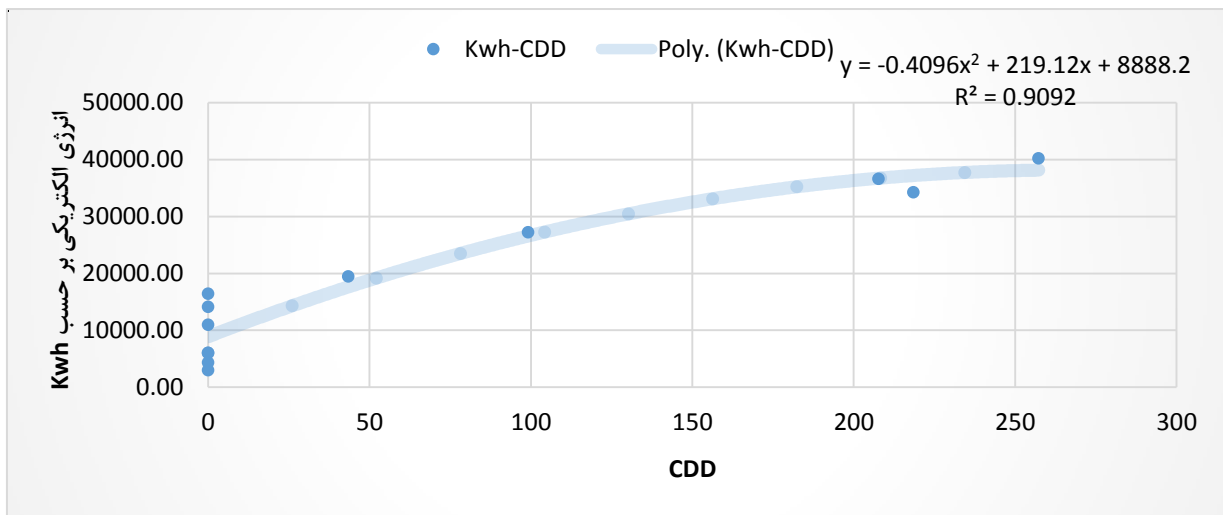
با در نظر گرفتن مساحت مفید میزان مصرف انرژی ساختمان نسبت به مصرف انرژی ساختمان ایده آل ۴,۵۵ است، طبق استاندارد ۱۴۲۵۴ برچسب انرژی E به آن تعلق میگیرد. در صورت کاهش مقدار ۹۹ کیلو وات ساعت به ازای هر متر مربع این ساختمان به برچسب انرژی C دست خواهد یافت. به عبارت دیگر ساختمان به میزان ۲۰۰ کیلووات ساعت به ازای هر مترمکعب پتانسیل کاهش مصرف دارد که نشان دهنده اتلافات در میزان مصرف انرژی ساختمان است.

#### ۴-۶- رابطه مصرف با شرایط جوی

رابطه مصرف انواع انرژی اعم از انرژی الکتریکی و فسیلی با توجه به شرایط جوی شهر گرگان و مقدار انرژی مورد نیاز جهت گرمایش و سرمایش بر اساس روند تغییرات مصرف در سال ۹۶ ارائه می‌گردد.

#### ۴-۶-۱- رابطه انرژی الکتریکی با CDD

با توجه به توضیحات ارائه شده در فصل ۲، رابطه مصرف انرژی الکتریکی و CDD در سال ۱۳۹۶ در شکل ۴-۷ نمایش داده شده است:



شکل (۴-۷) رابطه مصرف انرژی الکتریکی با CDD سال ۱۳۹۶

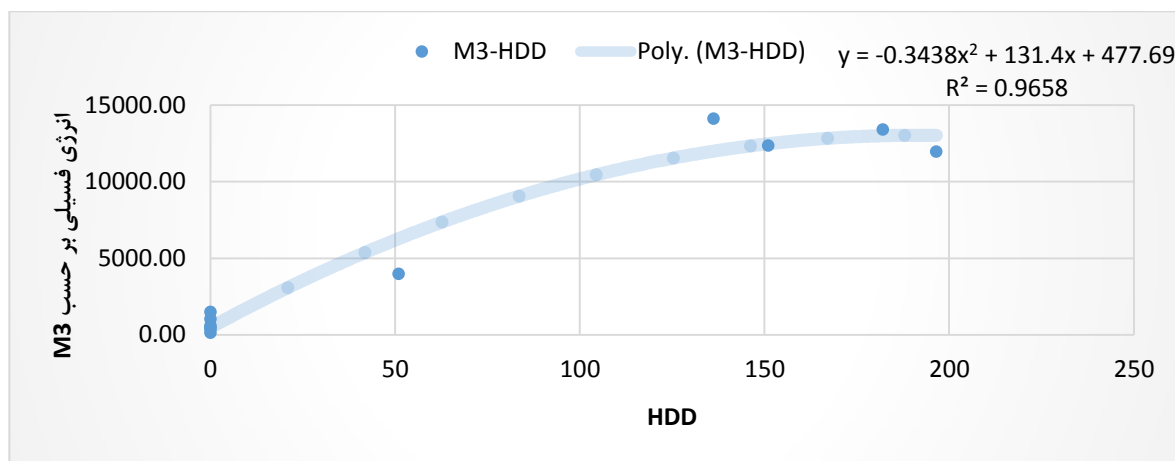
مطابق با شکل ۴-۷ رفتار مصرف انرژی الکتریکی CDD در سال ۱۳۹۶ نشان می‌دهد که:

- مقدار ۸۸۸۸,۲ کیلو وات ساعت بار پایه ناشی از تجهیزات مصرف کننده ای هستند که متاثر از تغییرات دما نمی‌باشد و در تمام فصول سال ثابت است.
- بر اساس تفاوت ماکزیمم و مینیمم معادله مقدار ۲۹۲۶۲,۷۱ کیلو وات ساعت بار ناشی از تجهیزات تولید سرمایش هستند که متاثر از تغییرات دما میباشد.

- با افزایش دما در تابستان مصرف انرژی الکتریکی و نیاز به سرمایه‌گذاری در ساختمان افزایش یافته است.

#### ۴-۶-۲- رابطه انرژی فسیلی ( گاز طبیعی) با HDD

با توجه به توضیحات ارائه شده در فصل ۲، مصرف گاز طبیعی و HDD در سال ۱۳۹۶ در شکل ۸-۴ نمایش داده شده است:



شکل (۸-۴) رابطه مصرف انرژی فسیلی با متوسط HDD در سال ۱۳۹۶

مطابق با شکل ۸-۴ رفتار مصرف انرژی فسیلی با HDD نشان می‌دهد که :

- مقدار ۴۷۷,۶۹ مترمکعب بار پایه ناشی از تجهیزات مصرف کننده ای هستند که متاثر از تغییرات دما نمی‌باشد و در تمام فصول سال ثابت است.
- بر اساس تفاوت ماکزیمم و مینیمم معادله مقدار ۱۲۵۴۵,۲۱ متر مکعب بار ناشی از تجهیزات تولید گرمایش هستند که متاثر از تغییرات دما می‌باشد.
- با کاهش دما در زمستان مصرف انرژی فسیلی و نیاز به سرمایه‌گذاری در ساختمان افزایش یافته است.

#### ۴-۷- میزان انتشار گازهای گلخانه ای

مقدار انتشار گازهای گلخانه ای ناشی از هر متر مکعب گاز و هر کیلووات ساعت برق مصرفی بر اساس تراز نامه انرژی سال ۹۲ (پیوست یک بخش ۱۳-۱-۱) ارائه شده است.

در نتیجه با توجه به مقدار انواع انرژی مصرفی و ضرایب موجود (جدول ۳-۱ پیوست یک) مقدار گازهای گلخانه ای منتشر شده از این ساختمان به شرح جدول ۴-۱۲ است.

جدول (۴-۱۲) میزان انتشار گازهای آلاینده

	برق مصرفی	گاز مصرفی	کل انرژی مصرفی
	کیلو وات ساعت	متر مکعب	کیلو وات ساعت
انرژی مصرفی	۲۱۸،۵۵۳	۶۱،۸۲۱	۲۸۰،۳۷۴
مقدار انتشار گازهای گلخانه ای بر حسب کیلو	۲۱۵،۰۵۶	۱۵۹،۵۶۰	۳۷۴،۶۱۶

#### ۴-۸- نتایج ارزیابی موتورخانه

طبق ارزیابی صورت گرفته در آذر ماه ۹۷ (معاینه فنی) بر اساس استاندارد ملی ۱۶۰۰۰، وضعیت عملکرد ساختمان موتورخانه این ساختمان به صورت زیر می باشد:

جدول (۴-۱۳) نتایج ارزیابی موتورخانه

اقدام اصلاحی مورد نیاز	عدم انطباق	انطباق	
معاير هوای موتورخانه کافی نمی باشد، فن موتورخانه فشار منفی ایجاد می کند	■	□	۱- ساختمان موتورخانه
فاصله دیگ از لبه فونداسیون کمتر از مقدار استاندارد می باشد.	■	□	۲- چیدمان اجزای موتورخانه
.....	□	■	۳- وضعیت خط سوخت
حداکثر ظرفیت مشعل ها کمتر از ظرفیت ورودی دیگ ها است.	■	□	۴- تناسب ظرفیت دیگ و
.....	□	■	۵- وضعیت عملکرد مشعل
.....	□	■	۶- وضعیت عملکرد دیگ
کلاهیک دودکش نیاز به تعمیرات دارد.	■	□	۷- وضعیت دودکش
.....	□	■	۸- عملکرد احتراقی

#### ۴-۸ - بار حرارتی بدست آمده از قبوض

بعد از محاسبات انجام شده روی میزان مصرف انرژی که براساس قبوض مصرفی گاز طبیعی به دست آمده و لحاظ شدن راندمان دیگ و مشعل و تجهیزات گرمایشی مورد استفاده در ساختمان بار حرارتی مطابق با جدول زیر بدست آمده است.

جدول (۴-۱۴) بار حرارتی بدست آمده از خط مبنا براساس مصرف ساختمان

بار حرارتی بر حسب Kwh	
فروردین	۴۳۷۸۲
اردیبهشت	۲۶۴۳
خرداد	۲۶۴۳
تیر	۲۶۴۳
مرداد	۲۶۴۳
شهریور	۲۶۴۳
مهر	۲۶۴۳
آبان	۱۹۴۱۶
آذر	۴۹۳۶۳
دی	۴۰۱۷۰
بهمن	۴۷۵۸۲
اسفند	۴۲۸۶۴

#### ۹-۴- بار حرارتی بدست آمده از استاندارد معاینه فنی ۱۶۰۰۰

بر اساس ارزیابی و محاسبات صورت گرفته بر اساس استاندارد ۱۶۰۰۰ بار حرارتی ساختمان بدست آمده است:

جدول (۴-۱۵) بارحرارتی مورد نیاز براساس معاینه فنی ۱۶۰۰۰

مساحت گرمایش	۳۰۰۰	M <sup>۲</sup>
بار حرارتی ساختمان	۳۰۰	kw/hr
تعداد طبقات	۳	-
ظرفیت بار حرارتی مخزن آبگرم	۲۱	kw/hr
بار حرارتی کل ساختمان	۳۲۱	kw/hr
بار حرارتی کل ساختمان	۲۷۶۱۹۵	Kcal/hr
مصرف سوخت مشعل	۳۸,۲۴	m <sup>۳</sup> /hr

بعد از محاسبه بار حرارتی و بررسی‌های صورت گرفته روی ساختمان و بدست آوردن توان حاصل از کلکتور منتخب، تعداد کلکتور مورد نیاز برای تامین گرمایش ساختمان در ۴ سناریو مورد بررسی قرار گرفت که به نتایج حاصل از آن در فصل آینده پرداخته می‌شود.



# فصل پنجم

## نتایج

## ۵-۱- مقدمه

در این فصل به ارائه نتایج حاصل از طراحی سیستم پیشنهادی پرداخته شده است. پژوهش حاضر، یک مطالعه موردی جهت تأمین بارحرارتی ساختمان سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی واقع در شهر گرگان می‌باشد. هدف از این پژوهش کاهش بار حرارتی بویلر و طراحی کلکتورهای خورشیدی صفحه تخت جهت تأمین بارحرارتی موردنیاز می‌باشد.

با توجه به ارزیابی روند مصرف و محاسبات صورت گرفته براساس استاندارد ۱۴۲۵۴، برچسب انرژی E به ساختمان سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی تعلق گرفته است و همچنین بارحرارتی مورد نیاز ساختمان بر اساس استاندارد ۱۶۰۰۰،  $320 \text{ kw/h}$  می‌باشد.

جدول (۵-۱) میزان مصارف واقعی و نتایج بدست آمده از استاندارد

۲۱۸,۵۵۲	مصرف انرژی الکتریکی سال (kwh)
۷۰۰,۹۰۵,۶۰۱	هزینه انرژی الکتریکی (ریال)
۶۴۷,۵۷۹	مصرف انرژی فسیلی سال (kwh)
۱۱۷,۸۰۷,۴۷۴	هزینه انرژی فسیلی (ریال)
۳۲۱	بار حرارتی مورد نیاز ساختمان در ساعت (kw/h)
<b>E</b>	برچسب انرژی ساختمان

با توجه به جدول (۵-۱) ساختمان پتانسیل کاهش مصرف انرژی دارد و پس از بررسی‌های صورت گرفته بر روند مصرف انرژی ساختمان، راهکارهای کاهش مصرف انرژی به شرح ذیل ارائه گردیده است.

- تأمین قسمتی از برق و بارحرارتی ساختمان به کمک انرژی خورشیدی
- تعویض لامپ‌های کم مصرف موجود با نوع LED و SMD
- نصب آبگرمکن خورشیدی

- نصب سنسور حرکتی در راهروها و سرویس‌های بهداشتی

- هوشمندسازی موتورخانه

در ادامه به نتایج بررسی تامین بار حرارتی ساختمان به کمک انرژی خورشیدی پرداخته خواهد شد.

که در این صورت ۴ سناریو تعریف می‌گردد.

سناریو شماره ۱: بار حرارتی کل ساختمان با سیستم خورشیدی تامین گردد.

سناریو شماره ۲: بار حرارتی پایه ساختمان با سیستم خورشیدی به همراه بویلر پشتیبان تامین گردد.

سناریو شماره ۳: بار حرارتی متغیر ساختمان با سیستم خورشیدی تامین گردد.

سناریو شماره ۴: بخشی از بار حرارتی ساختمان با سیستم خورشیدی به همراه بویلر پشتیبان تامین گردد.

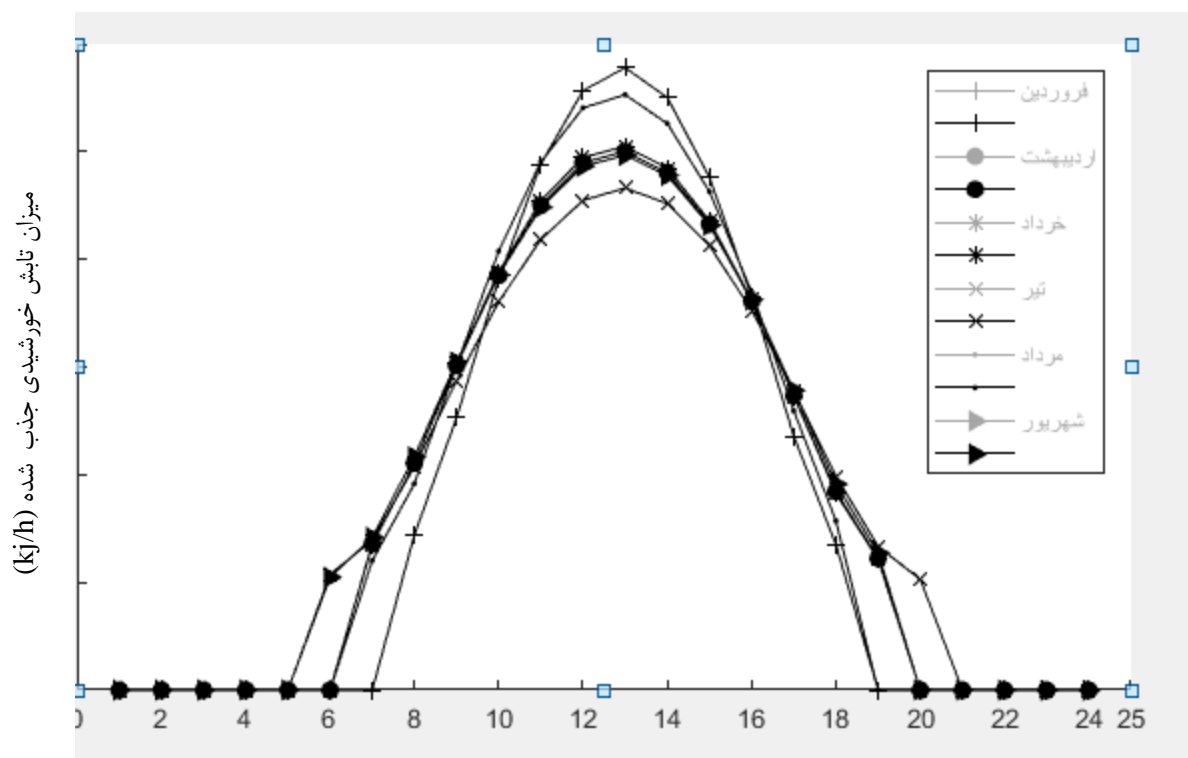
## ۵-۲- نتایج محاسبات خورشیدی

حرارتی دریافتی از خورشید وابسته به زاویه تابش خورشید است. زاویه تابش خورشید در طی یک سال نوسانات زیادی دارد. در فصل تابستان طول روز بیشتر است و در نتیجه گرما و حرارتی بیشتری تولید می‌شود و در فصل زمستان زاویه تابش خورشید کم شده و طول روشنایی روز کم و میزان حرارتی کمتری توسط کلکتور جذب می‌گردد.

شکل ۵-۱ نشان‌دهنده میزان تابش دریافتی از انرژی خورشید بر روی کلکتور خورشیدی در مختصات جغرافیایی گرگان می‌باشد.

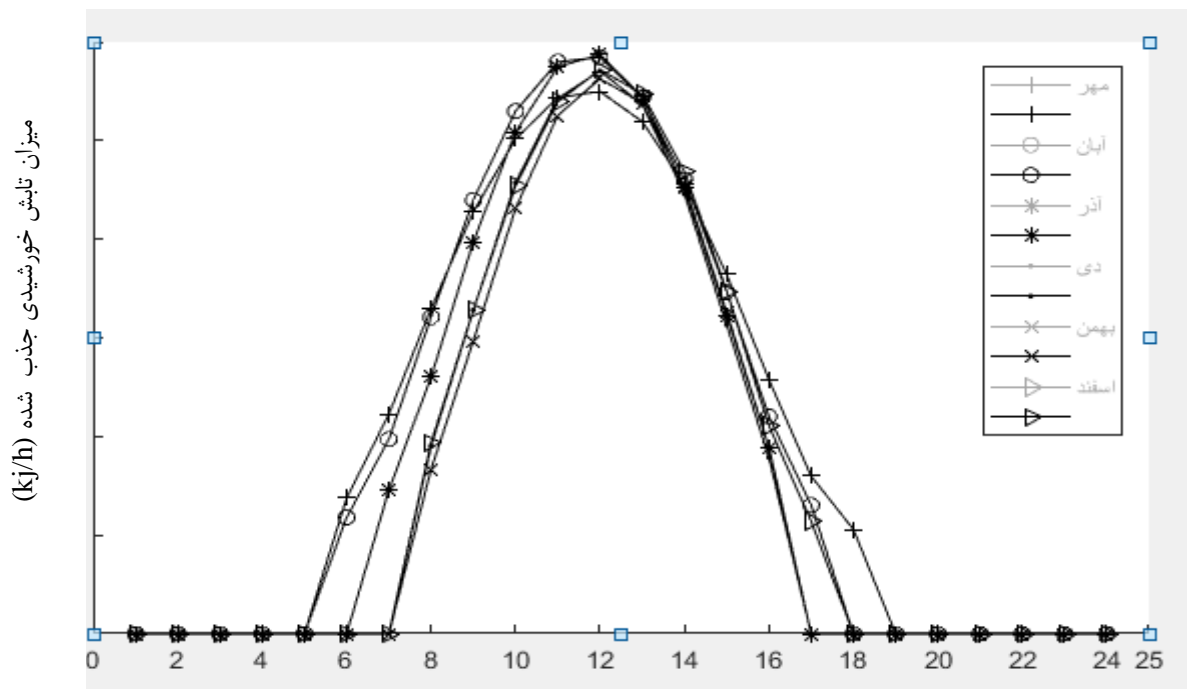
همان‌طور که مشاهده می‌شود در ساعات آغازین روز و همچنین در ساعات پایانی روزهای سال میزان دریافت انرژی خورشیدی در کمترین میزان خود خواهد بود. در میانه‌ی روز که خورشید دارای زاویه‌ی

فراز خورشیدی بیشتری است، میزان دریافت انرژی خورشید نیز بیشتر خواهد بود. این شکل میزان انرژی تابشی جذب شده خورشید بر روی کلکتورهای با زاویه ثابت (عرض جغرافیایی به علاوه پنج) را برای تمام ساعات روز در فصل بهار و تابستان نشان می‌دهد:



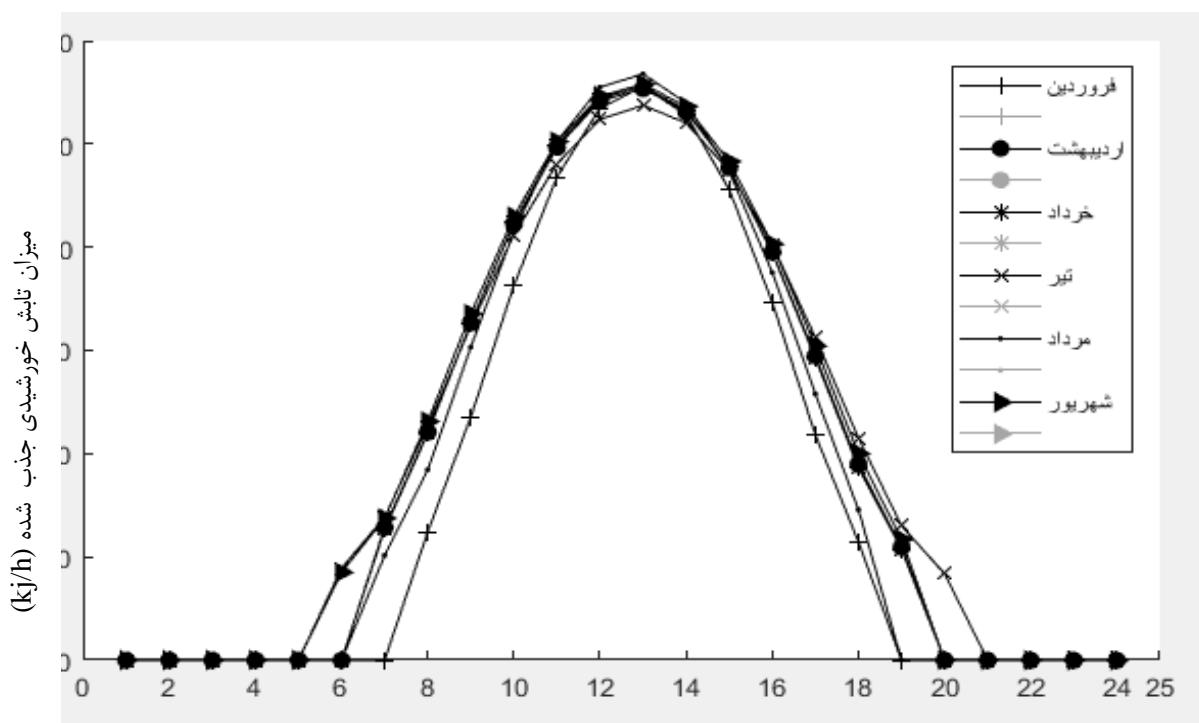
شکل (۵-۱) میزان تابش خورشیدی جذب شده کلکتور (kJ/h) در فصل بهار و تابستان بدون ردیاب

شکل ۵-۲ میزان انرژی تابشی جذب شده خورشید بر روی کلکتورهای با زاویه ثابت (عرض جغرافیایی به علاوه پنج) را برای تمام ساعات روز در فصل پاییز و زمستان را نشان می‌دهد، حداکثر تابش در ساعت ۱۲ رخ می‌دهد.

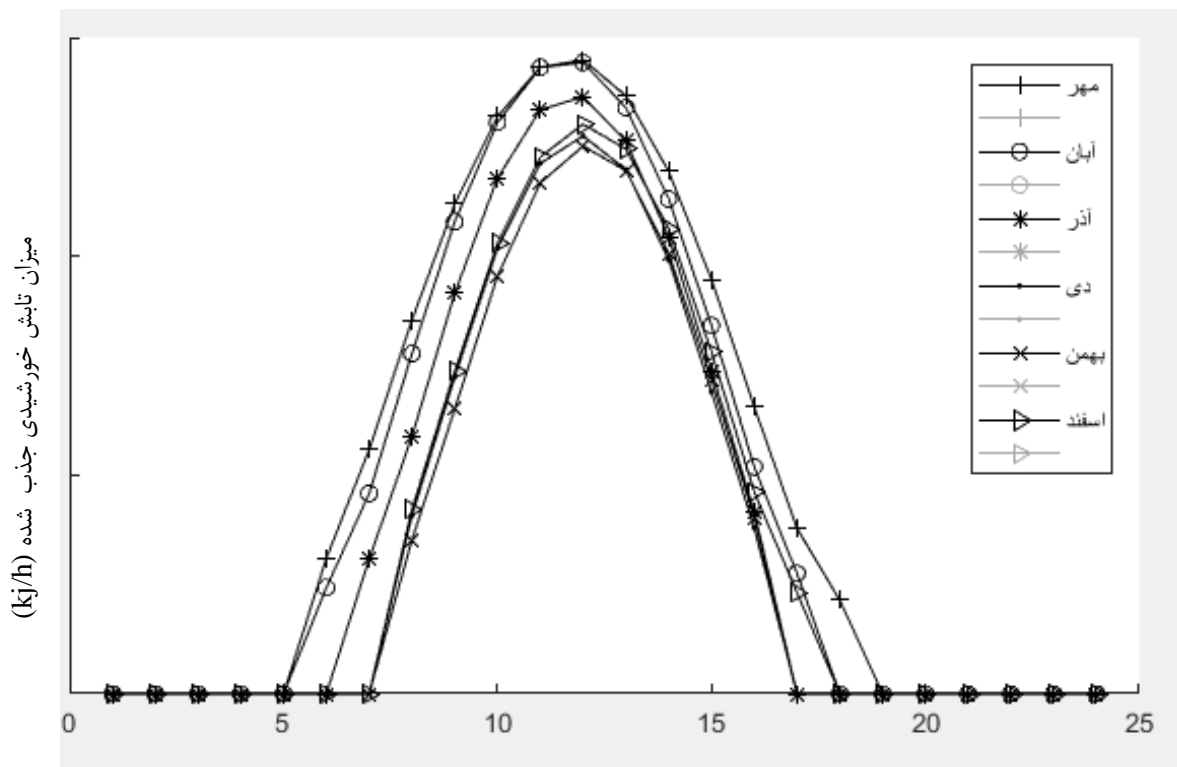


شکل (۲-۵) میزان تابش خورشیدی جذب شده کلکتور (kJ/h) در فصل پاییز و زمستان بدون ردیاب

در صورتی که از کلکتورهای خورشیدی با ردیاب دو محوره استفاده شود نتایج زیر بدست می آید:



شکل (۳-۵) میزان تابش خورشیدی جذب شده روی کلکتور (kJ/h) در فصل بهار و تابستان با ردیاب دو محوره



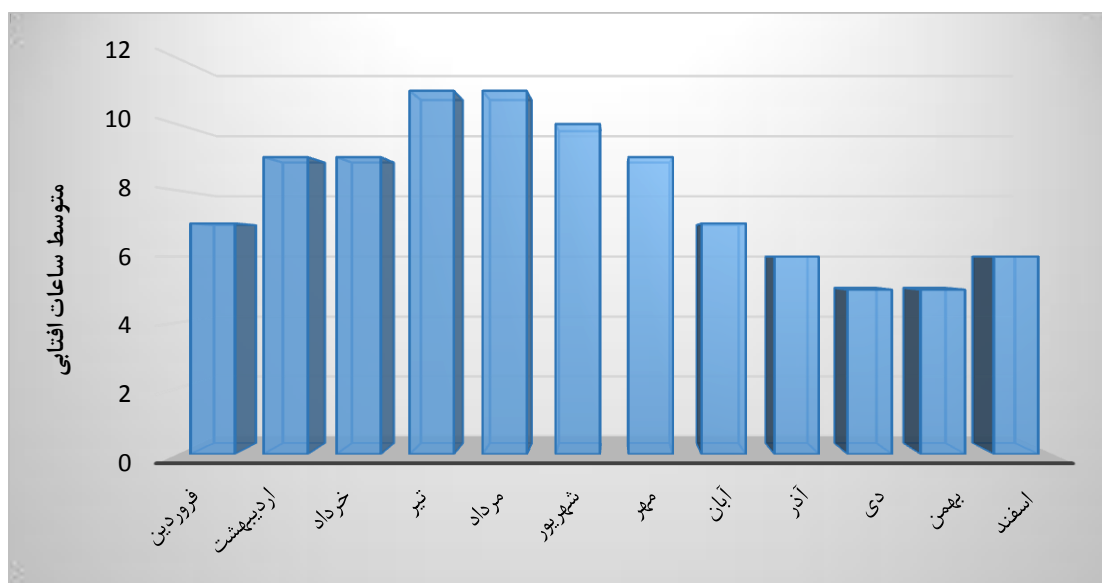
شکل (۴-۵) میزان تابش خورشیدی جذب شده روی کلکتور ( $\text{kJ/h}$ ) در فصل بهار و تابستان با ردیاب دو محوره

با توجه به اینکه استفاده از ردیاب باعث می‌شود تابش همیشه بر روی صفحه کلکتور به صورت عمود باشد، بنابراین میزان انرژی جذب شده افزایش می‌یابد.

تغییرات در گردش زمین، تغییرات در سرعت گردش زمین و زاویه‌ی قرارگیری زمین و خورشید نسبت به یکدیگر منجر به تغییر در ساعات روشنایی و تغییر در ساعت طلوع و غروب خورشید می‌گردد، همانطور که در شکل‌های تابش خورشیدی مشاهده می‌شود ساعات طلوع و غروب خورشید مشخص شده و ساعات آفتابی در شهر گرگان کاملاً مشهود است.

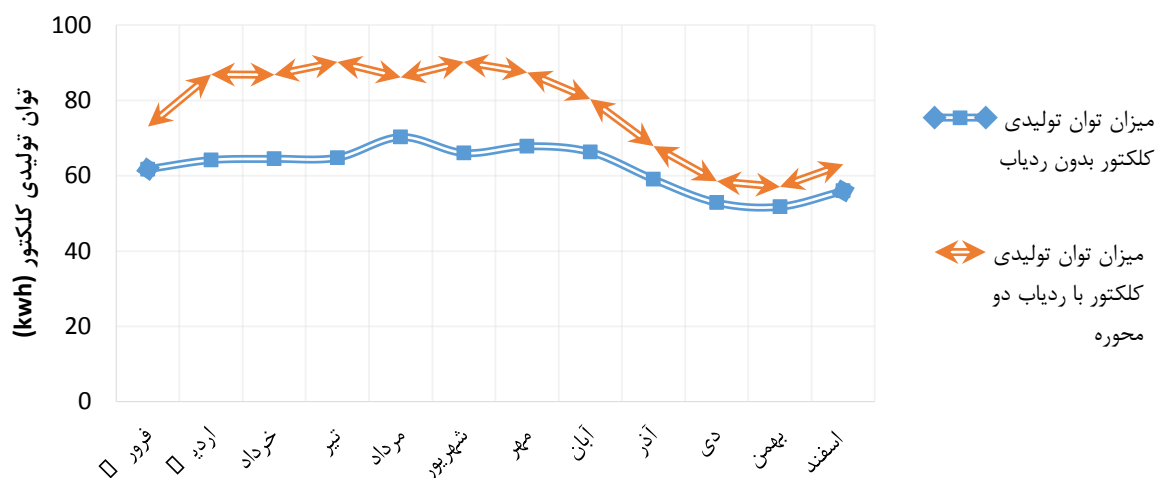
با توجه به کاربری ساختمان مورد بررسی در این پژوهش، ساعات استفاده از ساختمان از ساعت ۸ تا ۱۵ می‌باشد و با توجه به اینکه زمان استفاده از ساختمان با زمان تابش خورشید همخوانی دارد می‌توان از انرژی آن برای بهبود مصرف انرژی ساختمان استفاده کرد.

شکل ۵-۵ متوسط ساعات آفتابی شهر گرگان برای ماه‌های متفاوت سال را ارائه میکند.



شکل (۵-۵) متوسط ماهیانه ساعات آفتابی در گرگان

در ادامه با توجه به اینکه راندمان کلکتور مورد نظر حدود ۳۰ درصد می‌باشد میزان توان حرارتی بدست آمده از کلکتور خورشیدی با ردیاب دو محوره و بدون ردیاب با شیب حدود ۴۱,۸۴ درجه در ماه‌های مختلف سال مطابق شکل ۵-۶ بدست می‌آید.

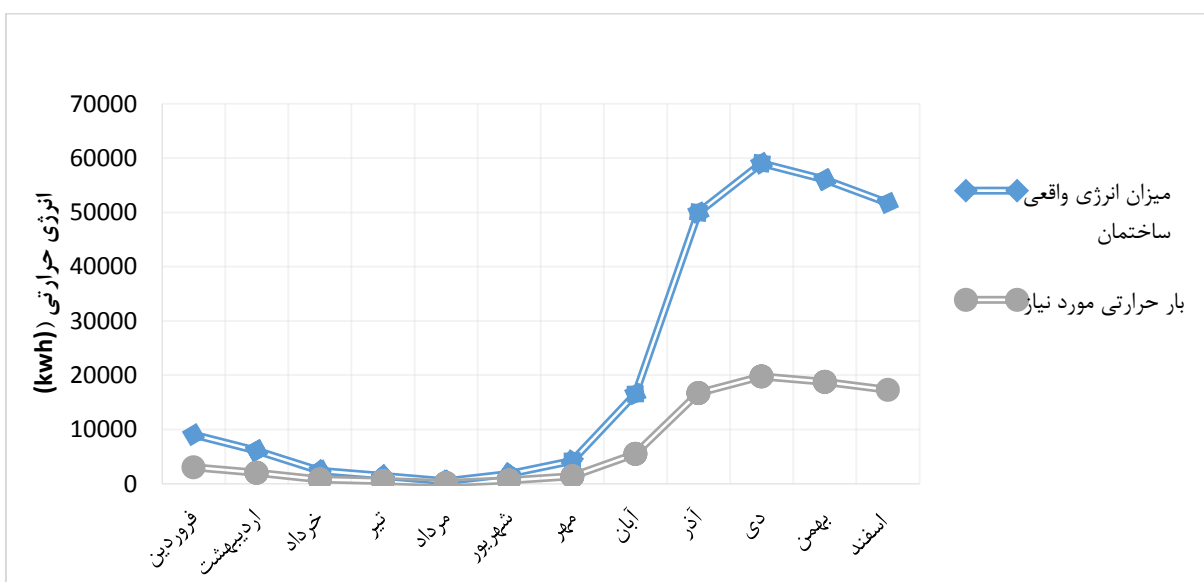


شکل (۵-۶) میزان توان تولیدی از کلکتور خورشیدی

بیشترین توان تولیدی کلکتور با توجه به زاویه فراز خورشیدی در ماه‌های تابستان می‌باشد و در فصل زمستان به دلیل مایل بودن زاویه تابش خورشیدی توان تولیدی کلکتور کمتر است.

### ۵-۳- نتایج محاسبات ممیزی انرژی

میزان توان تولیدی از مصرف گاز طبیعی توسط بویلر بر اساس قبوض مصرفی و میزان بار حرارتی مورد نیاز ساختمان بر اساس استاندارد ملی ۱۶۰۰۰ در شکل ۵-۷ نشان داده شده است: میزان مصرف انرژی در ساختمان مربوطه بیش از نیاز ساختمان است.



شکل (۵-۷) میزان مصرف انرژی واقعی و بار حرارتی مورد نیاز ساختمان

از دلایل عمده تفاوت میزان بار حرارتی مورد نیاز با بار واقعی ساختمان می‌توان به این موضوع اشاره کرد که بار حرارتی مورد نیاز ساختمان که براساس استاندارد ۱۶۰۰۰ بدست می‌آید وابسته به اقلیم، مترای، تعداد افراد و طبقات ساختمان است و به نوع مصالح به کار رفته، راندمان تجهیزات مورد استفاده و ... مرتبط نیست. با این حال دلایلی همانند عدم استفاده از عایق‌بندی مناسب، عدم بهره‌برداری مناسب نظیر باز بودن منافذ و پنجره‌ها، عدم تنظیم درست دمای داخلی و استفاده از سیستم گرمایشی در ساعات تعطیلی باعث مصرف انرژی بیش از نیاز ساختمان



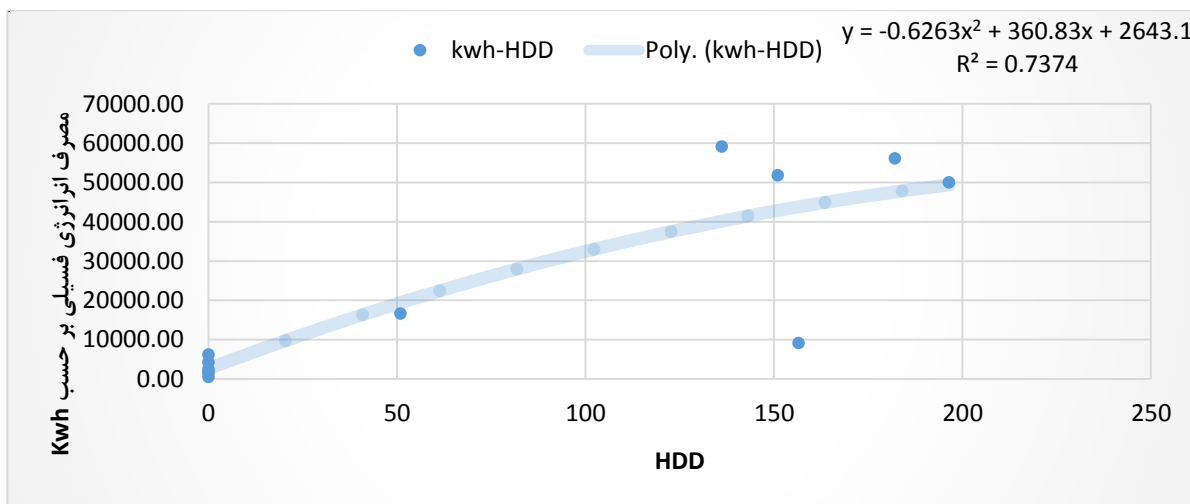
می‌باشد. می‌توان نتیجه گرفت بار حرارتی بدست آمده از استاندارد ۱۶۰۰۰، دقت کافی برای تحلیل وضعیت ساختمان ندارد.

به همین دلیل مبنای کار برای طراحی سیستم خورشیدی براساس بار واقعی ساختمان، قبوض مصارف انرژی می‌باشد.

بار حرارتی مورد نیاز ساختمان بر اساس تغییرات دما به صورت شکل ۵-۸ می‌باشد.

بر اساس اطلاعات قبوض رابطه خط مبنا را تعیین می‌کنیم و با توجه به این رابطه مقدار بار حرارتی براساس دمای روز تعیین می‌شود.

شکل زیر رابطه مصرف انرژی فسیلی را با روز درجه گرمایش نشان می‌دهد.



شکل (۵-۸) رابطه مصرف انرژی با HDD

بر اساس شکل بار پایه ساختمان حدود ۲۶۴۳ kwh می‌باشد که ناشی از تجهیزات گازسوزی است که در

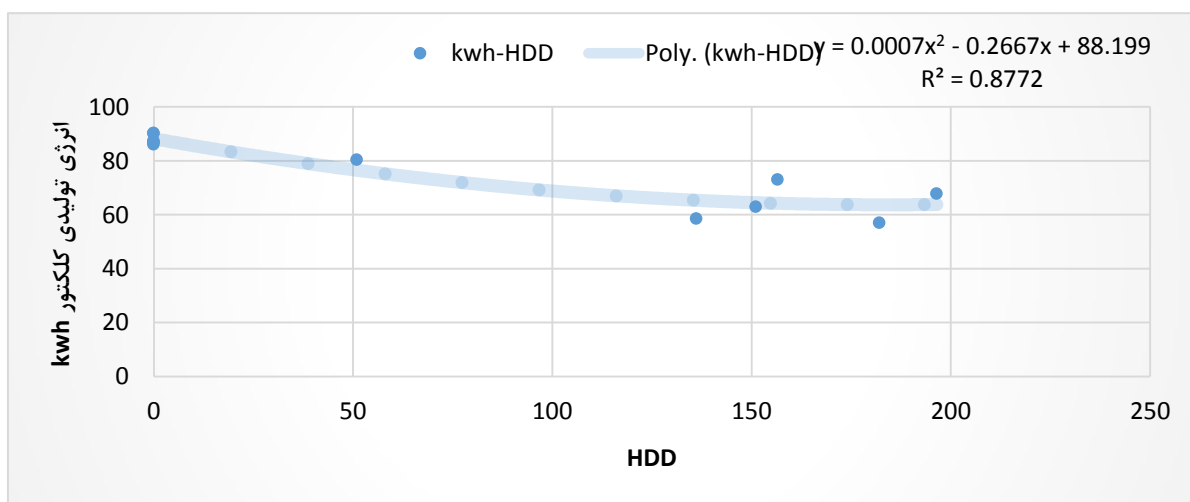
تمام سال مورد استفاده قرار می‌گیرند. و ۴۶۷۲۰ kwh برای گرمایش ساختمان در فصول سرد سال استفاده می‌گردند.

## ۴-۵ - نتایج آنالیز انرژی

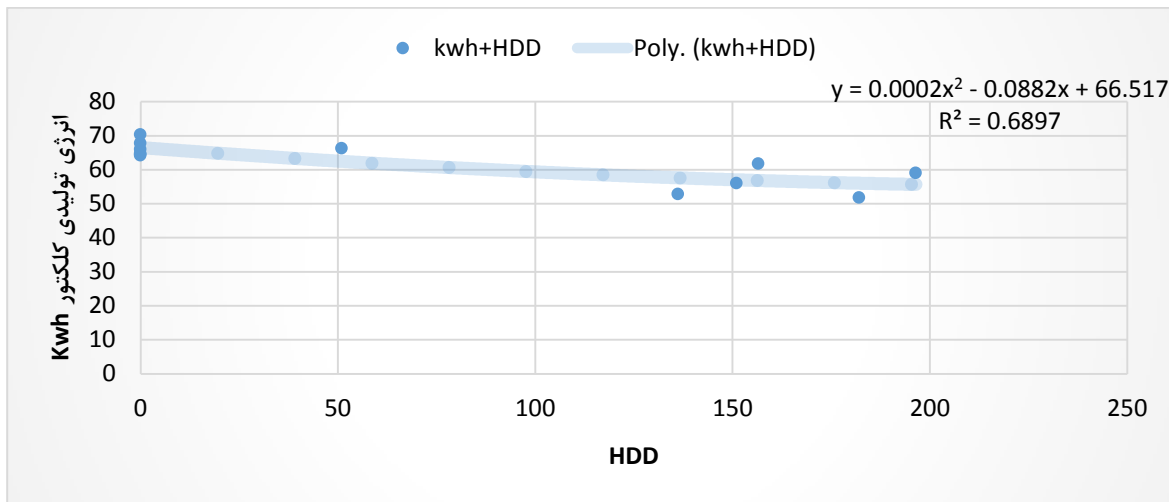
با توجه به میزان تابش بدست آمده در گرگان میزان انرژی تولیدی از کلکتور در ماه‌های مختلف سال محاسبه گردید.

راندمان کلکتور انتخابی در این پژوهش حدود ۳۰ درصد می‌باشد.

حال با توجه به رگرسیون خطی رابطه انرژی تولیدی کلکتور را با دمای هوا با ردیاب و بدون ردیاب بدست می‌آید.



شکل (۴-۵) رابطه انرژی تولیدی کلکتور با ردیاب با HDD

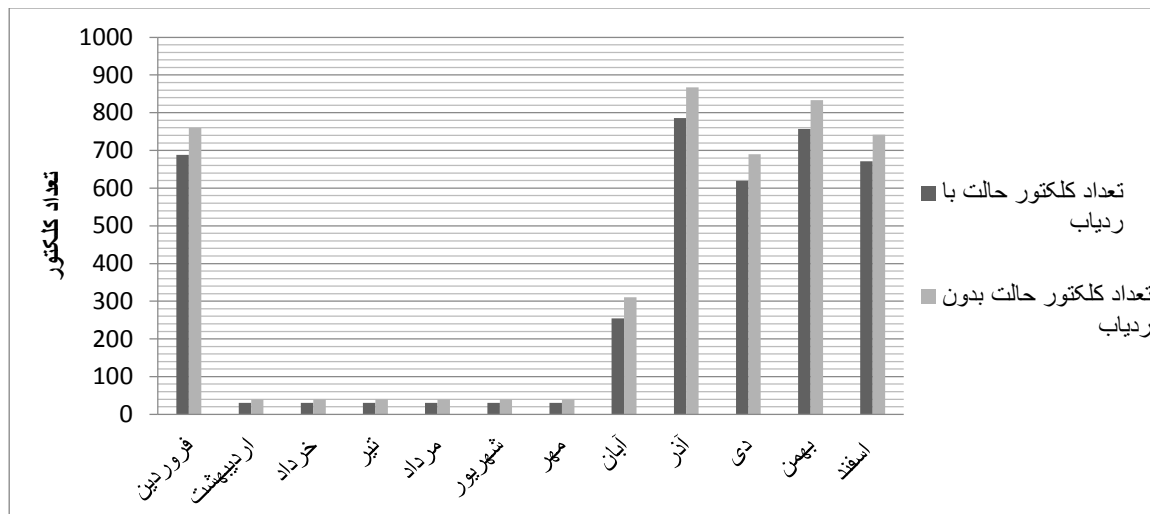


شکل (۵-۱۰) رابطه انرژی تولیدی کلکتور بدون ردیاب با HDD

شکل ۵-۹ و ۵-۱۰ نشان می‌دهد با کاهش دما میزان انرژی دریافتی از کلکتور کاهش می‌یابد.

حال با توجه به معادلات بدست آمده و با تاثیر تغییرات دما تعداد کلکتور بدست می‌آید.

سناریو ۱: بار حرارتی کل ساختمان با سیستم خورشیدی تامین گردد.



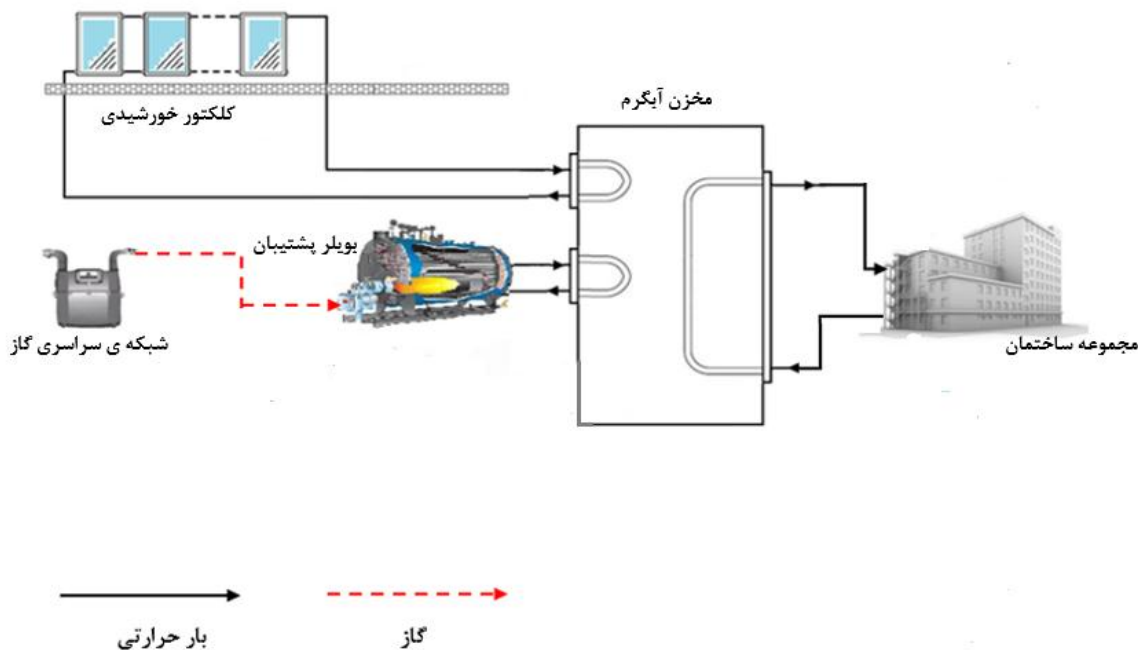
شکل (۵-۱۱) تعداد کلکتور مورد نیاز برای تامین بار کل ساختمان

شکل ۵-۱۱ نشان می‌دهد که تعداد کلکتور برای تامین بار حرارتی کل ساختمان حدود ۸۶۷ است که مساحت هر کلکتور ۲ مترمربع می‌باشد و نشان دهنده عدم وجود فضای کافی برای استقرار چنین سیستمی در پشت‌بام می‌باشد. و نکته ی مهم دیگر این است که هر چه این سیستم طول بیشتری داشته باشد اتلاف انرژی در آن بیشتر خواهد بود بنابراین سناریو شماره ۱ برای طراحی مناسب نمی‌باشد.

سناریو شماره ۲: بار حرارتی پایه ساختمان با سیستم خورشیدی تامین گردد.

بار پایه ساختمان مربوط به مصارفی همانند آبگرمکن، اجاق گاز، سماور و ... می‌باشد، تجهیزاتی که در تمام طول سال مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اگر بار پایه ساختمان مبنای طراحی قرار بگیرد برای تامین بار متغیر به یک بویلر کمکی مانند آنچه در شکل ۵-۱۱ نشان داده شده نیاز است.



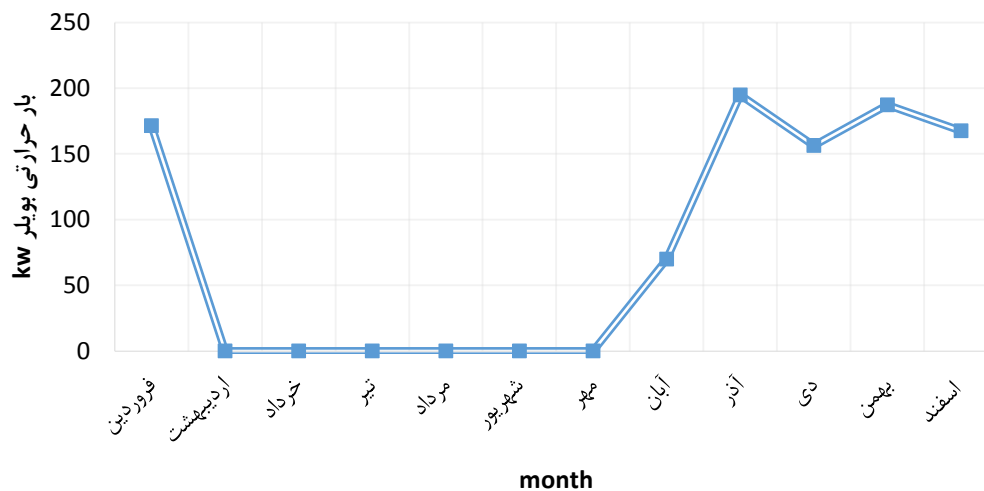
شکل ۵-۱۲- شماتیک سیستم خورشیدی با بویلر پشتیبان

Model		PHWB FB-100	PHWB FB-150	PHWB FB-200	PHWB FB-250	PHWB FB-325	PHWB FB-400	PHWB FB-500	PHWB FB-600	PHWB FB-700	PHWB FB-800	PHWB FB-1000	PHWB FB-1200
LENGTHS	Capacity (KW)	100	150	200	250	325	400	500	600	700	800	1000	1200
Overall	A1	—	—	—	—	—	—	2700	2850	3000	3150	3600	3800
	A2	1540	1690	1890	1980	2180	2360	—	—	—	—	—	—
Skid	B	1220	1360	1570	1570	1750	1950	2050	2190	2350	2500	2900	3000
Boiler Head to Water Outlet	C	900	1050	1150	1120	1320	1470	1620	1730	1800	1900	2180	2360
<b>WIDTHS</b>													
Overall	D	750	750	750	1160	1160	1160	1420	1420	1420	1420	1500	1500
External Skid Width	E	620	620	620	760	760	760	920	920	920	920	1000	1000
<b>HEIGHTS</b>													
Water Outlet FLG. to Ground	F	1310	1310	1310	1590	1590	1590	1980	1980	1980	1980	2100	2100
Skid I-Beam Size (IPN)	G	120	120	120	120	120	120	140	140	140	140	160	160
<b>CONNECTIONS</b>													
Water Return	H	3"	3"	3"	3"	3"	3"	4"	4"	4"	4"	4"	4"
Water Outlet	I	2"	2"	3"	3"	3"	3"	4"	4"	4"	4"	4"	4"
Drain	J	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1 ½"	1 ½"
Stack I.D.	K	6"	6"	1"	8"	8"	8"	10"	10"	10"	10"	10"	10"
<b>MINIMUM BOILER ROOM CLEARANCES</b>													
Front Clearance	—	1200	1320	1520	1570	1690	1970	2130	2300	2450	2600	3000	3200
Rear Clearance	—	700	700	700	800	800	800	1000	1000	1000	1000	1200	1200
Side Clearance	—	500	500	500	500	500	500	700	700	700	700	1000	1000
<b>BOILER WEIGHT</b>													
Shipping Weight (@ 10 bar)	—	890	950	1030	1420	1520	1620	2670	2790	3020	3150	3930	4140

شکل (۵-۱۳) مشخصات بویلر فایرباکس انتخابی

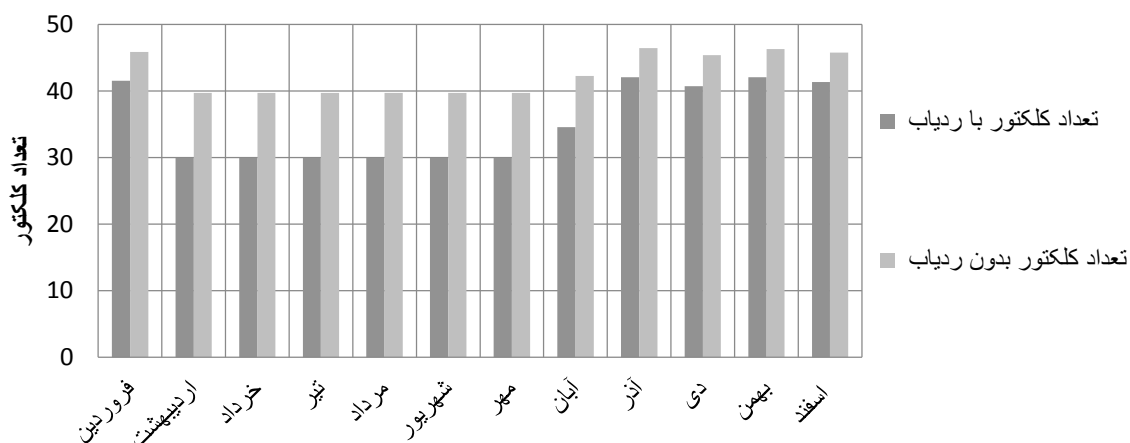
براساس محاسبات صورت گرفته میزان بار حرارتی مورد نیاز هر ماه و برآورد بار حرارتی قابل حصول از کلکتور بار

حرارتی مورد نیاز که باید از بویلر تامین گردد در شکل ۵-۱۴ نشان داده است.



شکل (۵-۱۴) میزان بار حرارتی مورد نیاز بویلر با طراحی سیستم خورشیدی برای بار پایه ساختمان

با توجه به شکل ۵-۱۴- بویلری با ظرفیت  $200 \text{ kw}$  انتخاب می شود.



شکل ۵-۱۵- تعداد کلکتور مورد نیاز برای تامین بار پایه ساختمان

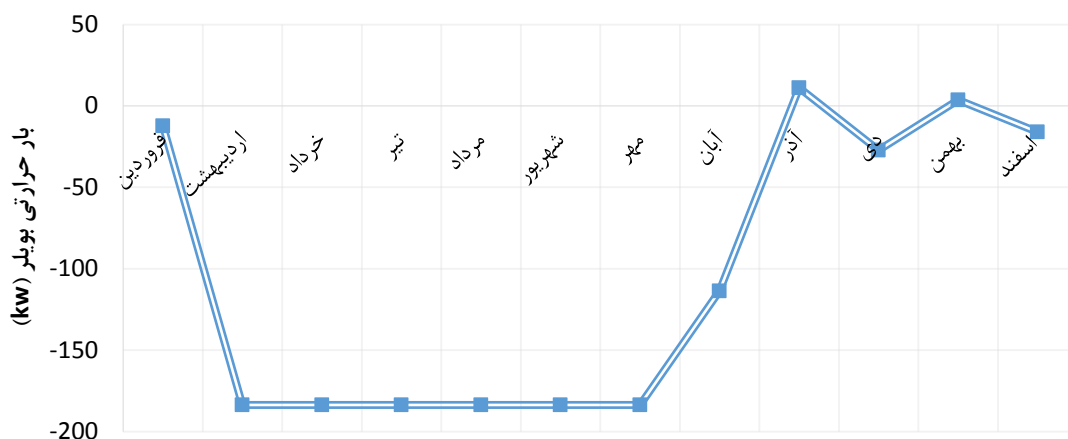
تعداد کلکتور مورد نیاز برای تامین بار پایه در حالت با رادیاب ۴۲ عدد و حالت بدون رادیاب ۴۶ عدد باید باشد.

همانطور که در نمودار ۵-۱۴ مشاهده می کنید میزان صرفه جویی گاز طبیعی در این سناریو بسیار پایین می باشد، بنابراین رد می شود.

سناریو شماره ۳: بار حرارتی متغیر ساختمان با سیستم خورشیدی تامین گردد.

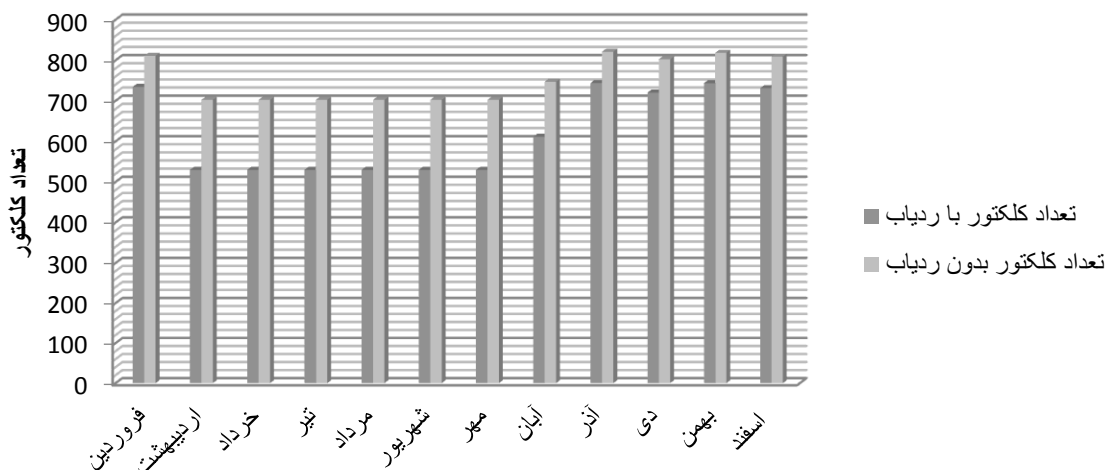
بار حرارتی متغیر ساختمان مربوط به مصارف تجهیزات حرارتی که برای گرمایش در زمستان مورد استفاده قرار می گیرند

اگر بار متغیر ساختمان مبنای طراحی قرار بگیرد برای تامین بار اضافی به یک بویلر پشتیبان مانند آنچه در شکل ۵-۱۶ نشان داده شده نیاز است.



شکل (۵-۱۶) میزان بار حرارتی مورد نیاز بویلر با طراحی سیستم خورشیدی برای بار متغیر ساختمان

همانطور که در شکل ۵-۱۶ مشاهده می شود در صورتی که بار متغیر مبنای طراحی سیستم خورشیدی قرار گیرد، در بیش از هشت ماه در سال حرارت دریافتی از کلکتور بیش از نیاز ساختمان می باشد. و در ماه های سرد سال میزان بار حرارتی که نیاز است بویلر تامین کند بسیار ناچیز است و بویلری با این ظرفیت وجود ندارد.

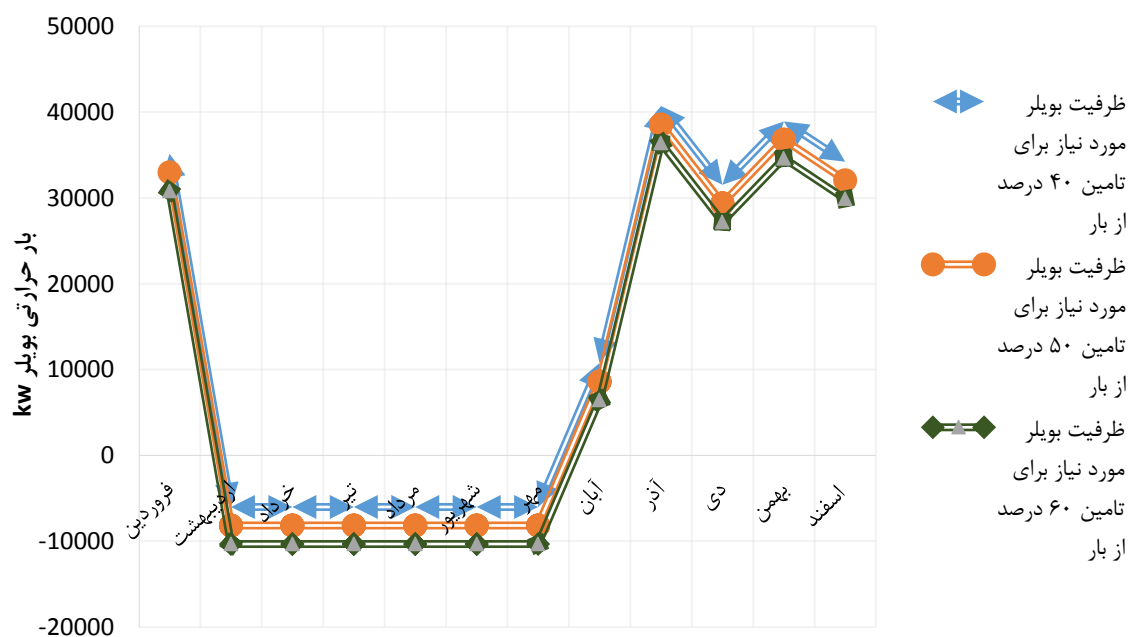


شکل (۵-۱۷) تعداد کلکتور مورد نیاز برای تامین بار متغیر ساختمان

تعداد کلکتور مورد نیاز برای تامین بار متغیر ساختمان در حالت بار دیاب ۷۴۴ عدد و حالت بدون ردیاب ۸۲۱ عدد بدست آمده است.

سناریو شماره ۴: بخشی از بار حرارتی ساختمان با سیستم خورشیدی تامین گردد.

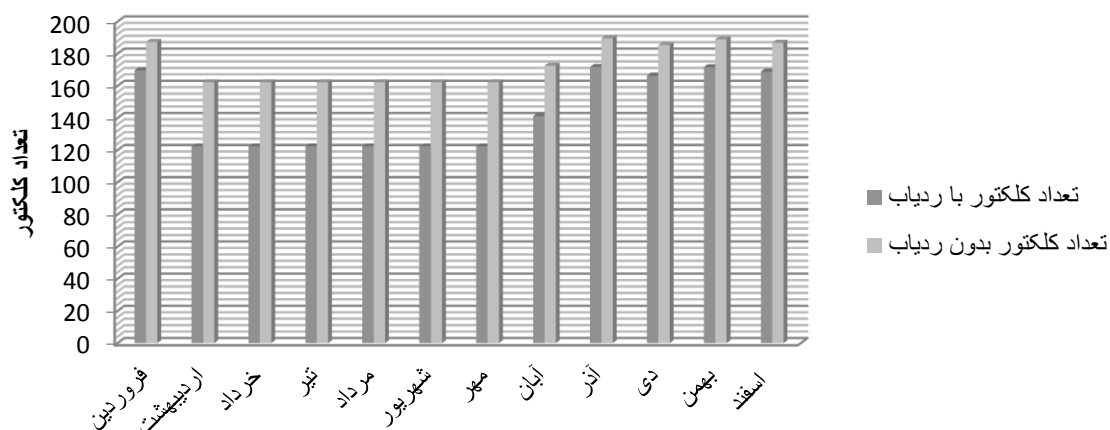
در صورتی که بخشی از بار حرارتی ساختمان مبنای طراحی قرار بگیرد برای تامین بخش دیگر بار حرارتی به یک بویلر کمکی مانند آنچه در شکل ۵-۱۸ نشان داده شده نیاز است.



شکل (۵-۱۸) میزان بار حرارتی مورد نیاز بویلر با طراحی سیستم خورشیدی برای بخشی از بار حرارتی ساختمان

با توجه به شکل (۵-۱۸) بویلری با ظرفیت **kw ۱۵۰** انتخاب می شود.





شکل (۵-۱۹) تعداد کلکتور مورد نیاز برای تامین بخشی از بار حرارتی ساختمان

تعداد کلکتور مورد نیاز در حالت با رادیاب ۱۷۲ عدد و حالت بدون رادیاب ۱۹۰ عدد بدست آمده است.

با توجه به تعداد کلکتور بدست آمده در این سناریو مناسبترین سناریو می باشد و امکان استقرار آن در پشت بام وجود

دارد.

محاسبات برای تامین ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درصد از بار حرارتی انجام شده است.



## فصل ششم: نتیجه گیری

## ۶-۱-مقدمه

در این فصل نتایج کلی به صورت جمع‌بندی شده ارائه می‌گردد. همان‌طور که بیان گردید سیستم‌های خورشیدی دارای مزایای عمده هستند؛ به همین دلیل استفاده از این سیستم‌ها در راستای تأمین برق، گرمایش و سرمایش ساختمان‌های تجاری، اداری و مسکونی در سال‌های اخیر به شدت افزایش یافته است. در پژوهش پیش رو، بار حرارتی مورد نیاز برای یک ساختمان اداری با استفاده از کلکتورهای خورشیدی صفحه تخت مورد بررسی قرار گرفت که در ادامه به نتایج جمع‌بندی آن پرداخته می‌شود.

## ۶-۲-جمع‌بندی نتایج

هدف از این تحقیق طراحی یک سیستم حرارت خورشیدی برای تأمین بار حرارتی ساختمان سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی در شهر گرگان با استفاده از کلکتورهای صفحه تخت خورشیدی می‌باشد. طراحی و استفاده از سیستم خورشیدی در کنار بویلر، علاوه بر افزایش راندمان سیستم، باعث کاهش هزینه‌های عملکردی و همچنین کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی می‌گردد. محاسبات براساس بار واقعی ساختمان صورت گرفته است و درنهایت تعداد کلکتور خورشیدی با توجه به بار حرارتی ساختمان محاسبه گردید.

سناریو ۱: بار حرارتی کل ساختمان با سیستم خورشیدی تأمین گردد.

طراحی بر اساس سناریو شماره ۱ مشکلاتی را به وجود می‌آورد. هزینه بالای سرمایه‌گذاری بسیار بالایی دارد و عدم پاسخگویی به نیاز بار حرارتی ساختمان در روزهای بارانی و عدم وجود فضای کافی جهت استقرار و به وجود آمدن تلفات انرژی از دلایل رد این سناریو می‌باشد.

سناریو شماره ۲: بار حرارتی پایه ساختمان با سیستم خورشیدی تأمین گردد.

تامین بار حرارتی پایه به وسیله کلکتورهای خورشیدی نیاز آب گرم ساختمان و درصد پایینی از بار حرارتی مورد نیاز ساختمان مورد نظر را تامین می کند و درصد بیشتری از بار به وسیله بویلر با توان  $200 \text{ kw}$  تامین می گردد. در واقع میزان صرفه جویی گاز طبیعی بسیار ناچیز می باشد.

سناریو شماره ۳: بار حرارتی متغیر ساختمان با سیستم خورشیدی تامین گردد.

در صورتی که بار متغیر مبنای طراحی سیستم خورشیدی قرار گیرد، در بیش از هشت ماه در سال حرارت دریافتی از کلکتور بیش از نیاز ساختمان می باشد. و در ماه های سرد سال میزان بار حرارتی که نیاز است بویلر تامین کند بسیار ناچیز است و بویلری با این ظرفیت وجود ندارد و همچنین مشکلات سناریو شماره ۱ را نیز دارا می باشد.

سناریو شماره ۴: بخشی از بار حرارتی ساختمان با سیستم خورشیدی تامین گردد.

در صورتی که مبنای طراحی تامین بخشی از بار حرارتی ساختمان به وسیله کلکتور خورشیدی باشد. هزینه سرمایه گذاری کمتری نسبت به سناریو ۱ و ۳ دارد و همچنین با توجه به بررسی همه جوانب و مشکلات در سناریو ۱ و ۳، سناریو شماره ۴ مناسبترین طراحی برای ساختمان مورد نظر است.

پس از انجام ممیزی انرژی و ترموگرافی و لوکس متری نتیجه گرفته شد که استفاده از تجهیزات با راندمان پایین و عدم عایق بندی مناسب لوله کشی ساختمان و دیواره های خارجی و استفاده از سیستم روشنایی با مصرف انرژی بالا و میزان لوکس پایین باعث گردیده مصرف انرژی ساختمان بیش از مقدار استاندارد باشد و این دلایل اساسی برای توجیه ناپذیری استفاده از سیستم های خورشیدی در ساختمان های ایران می باشد و پیشنهاد می گردد که قبل از اجرای سیستم های خورشیدی اعم از گرمایش خورشیدی و برق خورشیدی ابتدا با اجرای راهکارهای کاهش مصرف، ردهی مصرف انرژی به مقدار استاندارد نزدیک تر شود.

### ۳-۶-ارائه پیشنهادها

با توجه به ممیزی انجام شده و تعیین برچسب انرژی (E)، ساختمان مورد نظر  $200 \text{ kwh}$  پتانسیل کاهش مصرف انرژی دارد و با توجه به بررسی وضعیت ساختمان و محاسبات انجام شده راهکارهایی برای

کاهش مصرف ساختمان ارائه گردید که با اجرای آن‌ها میتوان وضعیت ساختمان را از نظر مصرف انرژی بهبود بخشید. بنابراین میتوان گفت به دلیل هزینه سرمایه گذاری سیستم‌های خورشیدی ابتدا راهکارهای کم هزینه برای کاهش مصرف اجرا گردند تا برچسب انرژی ساختمان بهبود یابد و اجرای سیستم‌های خورشیدی صرفه اقتصادی داشته باشند.

استفاده از کلکتورهایی با مواد ذخیره‌ساز حرارتی مانند PCM در طراحی سیستم گرمایشی خورشیدی که در روزهایی بارانی نیز بتوان از آنها استفاده کرد.

استفاده از صفحات خورشیدی PVT که بتوان بخشی از حرارت و برق ساختمان را تامین کرد.

# پیوست یک

استانداردهای تعیین معیار و شاخص‌های ارزیابی مصرف انرژی در ساختمانهای غیر مسکونی و

استاندارد معاینه فنی موتورخانه

## پ ۱-۱ نحوه محاسبه شاخص‌ها و پارامترها

در این قسمت نحوه محاسبه هر یک از پارامترهای ارزیابی عملکرد ساختمان‌های اداری ارائه می‌شود.

### ۱-۱-۱-۱-۱-۱ مصرف انرژی

مصرف انرژی را می‌توان براساس مصرف انرژی الکتریکی، مصرف انواع سوخت‌های فسیلی و یا مصرف انرژی کل محاسبه نمود. برای تعیین مصرف انرژی کل، ابتدا باید مصرف انرژی الکتریکی و فسیلی به یک واحد اندازه‌گیری یکسان تبدیل شوند تا بتوان مجموع آنها را محاسبه نمود. در متن استاندارد ۱۴۲۵۴ مربوط به تعیین معیار مصرف انرژی در ساختمانهای غیرمسکونی، واحد انرژی کیلووات ساعت در نظر گرفته شده است. در این گزارش به منظور بیان مصرف انرژی کل با توجه به ضرایب تبدیل انواع انرژی به انرژی اولیه برحسب kWh، دو حالت مختلف در نظر گرفته شده است:

- حالت اول: با لحاظ نمودن ضرایب تبدیل انواع انرژی به انرژی اولیه براساس متن استاندارد. در این حالت طبق روابط مندرج در متن استاندارد (بند ۱-۱-۳) انرژی اولیه معادل با انرژی الکتریکی با احتساب راندمان متوسط تولید و توزیع برق در کشور (معادل ۲۷ درصد) ۳/۷ کیلووات به ازای هر کیلووات مندرج در قبوض است و انرژی اولیه معادل با مصرف هر متر مکعب گاز طبیعی ۱۰/۴۷۵ کیلووات می‌باشد.
- حالت دوم: با توجه به ارزش حرارتی اعلامی شرکت گاز استان و مصرف برق شده در قبوض. در این حالت انرژی اولیه معادل با، انرژی الکتریکی مصرفی برحسب کیلووات مطابق با اطلاعات مندرج در قبوض لحاظ شده و انرژی فسیلی نیز طبق ارزش حرارتی اعلامی از طرف شرکت گاز استان گلستان و شرکت پخش و پالایش فرآورده‌های نفتی برای هر یک از حامل‌های انرژی به شرح جدول ۱-۱ در نظر گرفته شده است.



جدول ۱-۱ ارزش حرارتی سوخت‌های مختلف

سوخت	واحد مصرف	ارزش حرارتی واحد مصرف (MJ)
گاز طبیعی	Nm <sup>۳</sup>	۳۴,۴۳
گازوییل	Lit	۳۶,۲۹
مازوت	Lit	۳۷,۹۸

### ۱-۱-۲- هزینه و مصرف برق و گاز طبیعی در دوره‌های مختلف

جهت تعیین مقدار هزینه و انرژی معادل با مصرف انواع انرژی، ابتدا شدت مصرف و هزینه روزانه هر یک از انواع انرژی با توجه به اطلاعات مندرج در قبوض محاسبه می‌شود:

شدت مصرف یا هزینه روزانه

$$(۱-۱پ) \quad = \frac{\text{تقسیم مصرف یا هزینه در یک دوره}}{\text{تعداد روز آن دوره}}$$

از آنجایی که قبوض صادر شده از سوی شرکت گاز و شرکت توزیع برق استان دقیقا با زمان شروع ماه‌های سال شمسی تطابق ندارد، به منظور تعیین مقدار مصرف ماهانه و هزینه متناظر آن، مراحل ذیل انجام می‌شود:

۱- ابتدا شدت مصرف و هزینه روزانه هر یک از انواع انرژی با توجه به اطلاعات مندرج در قبوض

محاسبه می‌شود؛

۲- روزهای ماه قبل، جاری و بعد در هر دوره قبض تفکیک شده؛

۳- مصرف هر ماه از جمع شدت مصرف روزانه‌ی روزهای متعلق به ماه مورد نظر محاسبه شده است:

مصرف و هزینه هر ماه

$$(۱-۲پ) \quad = \sum_{i=1}^{\text{تعداد روزهای ماه}} \text{شدت مصرف و هزینه روز } i \text{ ام}$$

شدت مصرف و هزینه فصلی نیز به همین ترتیب، از جمع شدت مصرف ماهانه مربوط به فصل مورد نظر محاسبه می‌شود:

مصرف و هزینه هر فصل

$$\text{شدت مصرف و هزینه ماه } i\text{ام} = \sum_{i=1}^3 \text{ (۳-۱پ)}$$

در نهایت مصرف کل سال برابر مجموع مصرف چهار فصل مختلف سال می‌باشد:

$$\text{شدت مصرف و هزینه فصل } i\text{ام} = \sum_{i=1}^4 \text{ (۴-۱پ)}$$

شایان ذکر است با توجه به بررسی‌های صورت گرفته بر روی روزهای کاری و تعطیل سالهای مختلف، مقدار روزهای کاری در سالهای ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۵ به شرح جدول زیر است:

۱-۲ تعداد روزهای کاری در حالت‌های مختلف

تعداد روزهای کاری	حالت‌های مختلف
۳۴۴	کسر کل تعطیلات رسمی
۲۹۲	کسر تعطیلات رسمی و جمعه‌ها
۲۴۰	کسر تعطیلات رسمی، جمعه‌ها و پنج شنبه‌ها

### ۱-۱-۳-۱ - حداقل مصرف، حداکثر مصرف، متوسط مصرف

مصرف ماه‌ها و فصل‌های مختلف در سه سال مورد مطالعه مقایسه و حداقل، حداکثر و متوسط مصرف ماهانه و فصلی تعیین می‌شود.

### ۱-۱-۴-۱ - سرانه مصرف و هزینه

بررسی تحقیقات صورت گرفته در سطح جهان و کشورمان نشان می‌دهد که به دلیل تناسب مصرف انرژی یک ساختمان با پارامترهایی نظیر مساحت زیربنا و تعداد نفرات و به منظور ایجاد امکان مقایسه ساختمان‌های با ابعاد مختلف با یکدیگر، معیارهای مصرف بر حسب یکی از این پارامترها نرمالیزه می‌گردند.

در این مطالعه، چهار پارامتر هزینه و مصرف انرژی نسبت به مساحت زیربنا و تعداد نفرات شاغل در هر ساختمان در نظر گرفته شده است. از طرفی با توجه به تنوع استفاده از فضاهای مختلف و کنترل آنها، مقدار هزینه و مصرف انرژی نسبت به زیربنا در دو حالت زیربنا مفید و زیربنا کل در نظر گرفته شده است. نحوه محاسبه هر یک از پارامترها به صورت روابط ۱-۷ تا ۱-۱۰ می باشد:

$$(۱-۵پ) \quad \text{مصرف و هزینه انرژی سالانه} = \frac{\text{مصرف و هزینه انرژی سالانه هر متر مربع}}{\text{زیربنای مفید یا کل}}$$

$$(۱-۶پ) \quad \text{مصرف و هزینه انرژی سالانه هر متر مربع} = \frac{\text{مصرف و هزینه انرژی ساعتی هر متر مربع}}{\text{تعداد ساعت کاری} \times \text{تعداد روز کاری}}$$

$$(۱-۷پ) \quad \text{مصرف و هزینه انرژی سالانه} = \frac{\text{مصرف و هزینه انرژی سالانه هر پرسنل}}{\text{افراد تعداد شاغل}}$$

$$(۱-۸پ) \quad \text{مصرف و هزینه انرژی سالانه هر پرسنل} = \frac{\text{مصرف و هزینه انرژی ساعتی هر پرسنل}}{\text{تعداد ساعت کاری} \times \text{تعداد روز کاری}}$$

### ۱-۱-۵پ- سهم انواع انرژی از لحاظ ارزش انرژی (و ضریب واقعی) و از لحاظ هزینه

با توجه به مطالب ذکر شده در بند ۱-۱-۲ مبنی بر نحوه محاسبه انرژی کل، مقدار سهم انواع انرژی نیز برای هر دو حالت محاسبه می شود:

- حالت اول: با لحاظ نمودن ضرایب تبدیل انواع انرژی به انرژی اولیه براساس متن استاندارد.

$$(۱-۹پ) \quad \text{ارزش انرژی مصرفی ناشی از گاز طبیعی} = \frac{\text{ارزش واقعی کل انرژی مصرفی}}{\text{سهم گاز طبیعی از لحاظ ارزش}}$$

$$(۱-۱۰پ) \quad \text{ارزش انرژی اولیه مصرفی ناشی از انرژی الکتریکی} = \frac{\text{ارزش واقعی کل انرژی مصرفی}}{\text{سهم انرژی الکتریکی از لحاظ ارزش}}$$

- حالت دوم: با توجه به ارزش حرارتی اعلامی شرکت گاز استان و مصرف برق درج شده در قبوض.

$$\text{ارزش انرژی مصرفی ناشی از گاز طبیعی} = \frac{\text{ارزش واقعی کل انرژی مصرفی}}{\text{سهم گاز طبیعی از لحاظ ارزش}} \quad (1-11\text{پ})$$

$$\text{ارزش انرژی الکتریکی} = \frac{\text{ارزش واقعی کل انرژی مصرفی}}{\text{سهم انرژی الکتریکی از لحاظ ارزش}} \quad (1-12\text{پ})$$

از طرفی با توجه به این که ضرایب تبدیل بر روی هزینه مصرف انواع انرژی لحاظ نمی‌شود، برای تعیین سهم هر نوع حامل انرژی از لحاظ هزینه از روش زیر استفاده می‌شود:

$$\text{هزینه گاز طبیعی} = \frac{\text{سهم هزینه گاز طبیعی}}{\text{کل هزینه انرژی}} \quad (1-13\text{پ})$$

$$\text{هزینه انرژی الکتریکی} = \frac{\text{سهم هزینه انرژی الکتریکی}}{\text{کل هزینه انرژی}} \quad (1-14\text{پ})$$

### ۱-۱-۶- خط مبنا

دوره زمانی خط مبنا طوری تعیین می‌شود که:

۱- بیانگر تمامی مدهای عملیاتی سایت باشد. این دوره زمانی باید یک چرخه عملیاتی کامل از حداکثر تا حداقل مصرف انرژی را در برگیرد. (مصرف انرژی کل ساختمان بطور بارزی تحت تاثیر شرایط آب و هوایی است. معمولاً برای تعریف یک چرخه عملیاتی کامل، داده‌های خط مبنا برای کل یک سال مورد نیاز است.)

۲- بطور مناسب همه شرایط عملیاتی یک چرخه عملیاتی معمول را ارائه دهد. به عنوان مثال اگر یک سال به عنوان دوره خط مبنا انتخاب شود، اگر در طی سال انتخاب شده، داده‌های یک ماه موجود نباشد، داده‌های قابل قیاس برای ماه مشابه در یک سال متفاوت باید بتواند به جای آن استفاده شود تا اطمینان حاصل شود که سابقه خط مبنا، دارای کاستی در خصوص نمایش شرایط عملیاتی ماه مفقود شده نیست.

۳- تنها دوره‌های زمانی را شامل شود که در آن همه عوامل ثابت و متغیر حاکم بر انرژی در مورد مایملک، شناخته شده باشند. در صورتی که دوره خط مبنا طولانی تر شود تا چندین چرخه ی عملیاتی قبلی را شامل شود، اطلاعات مشابه از همه عوامل حاکم بر انرژی در طول این دوره مورد نیاز خواهد بود تا بتوان تصحیحات معمول و غیرمعمول بعد از نصب راهکار را به طور مناسب تعیین کرد.

۴- با دوره زمانی بلافاصله قبل از تعهد به انجام اصلاح منطبق باشد. دوره‌هایی که خیلی عقب برگردند نمی‌توانند شرایط قبل از اصلاح را منعکس کنند و بنابراین ممکن است که خط مبنای مناسبی برای اندازه گیری تاثیر مستقیم خود راهکار را ارائه ندهند.

مصرف انرژی کل ساختمان بطور بارزی تحت تاثیر شرایط آب و هوایی، پوسته ساختمان، جهت ساختمان، فاصله از ساختمان‌های مجاور، تعداد افراد شاغل و تعداد ارباب رجوع می‌باشد. با توجه به اینکه از میان متغیرهای ذکر شده، همه در ساختمان‌های مورد بررسی ثابت می‌باشند، تنها تاثیرات دما بر مصرف در نظر گرفته شده است. تاثیرات دما بر مصرف انرژی با دو متغیر روز درجه گرمایش (HDD) و روز درجه سرمایش (CDD) لحاظ شده است.

#### ۱-۱-۷ پ- روز درجه گرمایش (HDD)

واحدی بر اساس دما و زمان، که برای برآورد مصرف انرژی و تعیین بار گرمایشی یک ساختمان در اوقات سرد سال به کار می‌رود. روز درجه گرمایش برابر است با مجموع اختلاف دمای متوسط روزانه نسبت به یک درجه مبنا (مثلا ۱۸ درجه سلسیوس) مربوط به دوره ای از سال که دمای متوسط روزانه از آن درجه پایین تر است.

### ۱-۱-۸ پ- روز درجه سرمایش (CDD)

واحدی بر اساس دما و زمان، که برای برآورد مصرف انرژی و تعیین بار سرمایش یک ساختمان در اوقات گرم سال به کار می‌رود. روز درجه سرمایش برابر است با مجموع اختلاف دمای متوسط روزانه نسبت به یک درجه مینا (مثلاً ۲۱ درجه سلسیوس) مربوط به دوره ای از سال که دمای متوسط روزانه از آن درجه بالاتر است.

### ۱-۱-۹ پ- مقدار مصرف مجاز در هر روز بر حسب دما

با توجه به خط مینا رابطه‌ای بین مصرف و روز درجه گرمایش یا روز درجه سرمایش بدست می‌آید. در نتیجه در هر روز مشخص با داشتن دمای روز مورد نظر و محاسبه روز درجه گرمایش یا سرمایش مربوط به آن روز، می‌توان میزان مصرف را از رابطه مربوطه محاسبه نمود.

### ۱-۱-۱۰ پ- مقدار انرژی مصرف ایده ال در هر ساختمان (بر حسب روز کاری و ساعت کاری)

از آنجا که مقدار انرژی مجاز مصرفی (ایده آل) در هر ساختمان وابسته به شاخص مصرف و مساحت ساختمان می‌باشد. در این قسمت مقدار ایده آل مصرف انرژی در هر ساختمان در دوره‌های سالیانه و ساعتی به صورت مجزا محاسبه می‌گردد.

- مقدار انرژی مجاز مصرفی در کل سال:

$$\text{مساحت ساختمان} \times \text{شاخص مصرف} = \text{مقدار انرژی مجاز مصرفی در کل سال} \quad (۱۷-۱ \text{ پ})$$

- مقدار انرژی مجاز مصرفی در هر ساعت:

$$\text{مقدار انرژی مجاز مصرفی در کل سال} = \frac{\text{مقدار انرژی مجاز مصرفی در کل سال}}{\left( \text{تعداد ساعتهای کاری} \times \text{تعداد روزهای کاری} \right)} \quad (۱۸-۱ \text{ پ})$$

## ۱-۱-۱۱- شاخص مصرف رده مصرف انرژی در هر ساختمان (زیر بنا مفید و کل)

مساحت هر ساختمان اداری به دو بخش مفید (تحت سرمایش و گرمایش) و کل تقسیم شده و شاخص مصرف و رده مصرف انرژی برای هر یک مجزا محاسبه می‌شود.

## ۱-۱-۱۲- پتانسیل کاهش مصرف انرژی

پتانسیل کاهش بیانگر اختلاف بین مقدار انرژی مصرف شده با انرژی مجاز مصرفی می‌باشد. از این رو، ابتدا باید مقدار انرژی مجاز مصرفی جهت دستیابی به هر رده انرژی را محاسبه نمود.

مقدار انرژی مجاز مصرفی جهت دستیابی به هر رده به کمک روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{مساحت ساختمان} \times \text{شاخص رده} = \text{مقدار انرژی مجاز مصرفی جهت دستیابی به هر رده} \quad (۱-۱۹\text{پ})$$

$$\begin{aligned} &\text{مقدار انرژی برق مجاز مصرفی جهت دستیابی به هر رده} \\ &\text{سهام مصرف برق} \times \text{مقدار انرژی مجاز مصرفی جهت دستیابی به هر رده} \\ &= \frac{\quad}{3.7} \quad (۱-۲۰\text{پ}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{مقدار انرژی گاز طبیعی مجاز مصرفی جهت دستیابی به هر رده} \\ &\text{سهام مصرف گاز طبیعی} \times \text{مقدار انرژی مجاز مصرفی جهت دستیابی به هر رده} \\ &= \frac{\quad}{10.5} \quad (۱-۲۱\text{پ}) \end{aligned}$$

در نهایت مقدار انرژی اضافه مصرف شده جهت دستیابی به هر رده انرژی برابر است با:

$$\begin{aligned} &\text{مقدار انرژی اضافه مصرف شده جهت دستیابی به هر رده} \\ &\text{مقدار انرژی مجاز مصرفی جهت دستیابی به هر رده} - \text{مقدار انرژی مصرف شده} = \quad (۱-۲۲\text{پ}) \end{aligned}$$

همچنین مقدار کاهش هزینه جهت دستیابی به رده مصرف انرژی مورد نظر، در نتیجه کاهش انرژی مصرفی به کمک رابطه زیر محاسبه می‌شود:

هزینه پرداختی = مقدار کاهش هزینه

(۱-۲۲پ)

(هزینه هر واحد انرژی  $\times$  مقدار انرژی اضافه مصرف شده) -

### ۱-۱-۱۳پ- مقدار انتشار گازهای گلخانه ای

گاز گلخانه ای به گازی در جو یک سیاره گفته می‌شود که در محدوده مادون قرمز به جذب و انتشار پرتوها می‌پردازد.

انواع گازهای گلخانه‌ای موجود در جو زمین که به طور طبیعی در آن وجود دارند شامل کربن دی‌اکسید، متان، دی‌نیتروژن مونوکسید و ازون می‌باشند اما فعالیت‌های بشری، بر سطوح بسیاری از این گازها در جو افزوده است. گازهای گلخانه‌ای، نور خورشید را هم به سمت سطح زمین و هم به سمت خارج از سطح زمین می‌تابانند. به فرایند بازتابش این نور به سمت سطح زمین که توسط جو انجام می‌شود، اثر گلخانه ای می‌گویند.

زمانی که نور خورشید به سطح زمین می‌رسد، مقداری از آن جذب شده و زمین را گرم می‌کند. چون زمین از خورشید سردتر است، آن انرژی را با طول موج‌های بلندتری نسبت به خورشید از خود می‌تاباند. پیش از آنکه آنها در فضا از بین بروند، مقداری از این طول موج‌های بلندتر توسط گازهای گلخانه ای در جو زمین جذب می‌شوند. جذب این انرژی تابشی باعث گرم شدن جو می‌شود در نتیجه جو زمین در اثر انتقال گرمای محسوس و گرمای نهفته حاصل از سطح نیز گرم می‌شود.

در کشور ایران با توجه به آمار منتشره از سوی وزارت نیرو، ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۲، مقدار انتشار گازهای گلخانه ای ناشی از تولید و مصرف انرژی کشور به صورت زیر می‌باشد:



جدول ۱-۳ میزان انتشار گازهای آلاینده و گلخانه ای ناشی از تولید و مصرف انرژی کشور در سال ۱۳۹۲ (تن)\*

بخش/گاز	NO <sub>x</sub>	SO <sub>۲</sub>	SO <sub>۲</sub>	CO	SPM	CO <sub>۲</sub>	CH <sub>۴</sub>	N <sub>۲</sub> O
مصرف نهایی انرژی	۵/۹۹	۳/۱۴	۳/۹۵	۰/۵۱	۲/۷۶	۲۳/۵۳	۷/۱۵	۴/۵۲
خانگی، تجاری و عمومی	۸/۳۷	۱۰/۶۶	۱۷/۲۱	۰/۱۷	۴/۱۲	۱۵/۹۱	۳/۴۲	۲/۲۵
صنعت	۴۷/۷۳	۲۵/۹۲	۳۱/۳۰	۹۷/۳۸	۷۷/۹۴	۲۳/۱۵	۷۹/۴۶	۵۱/۵۸
حمل و نقل	۳/۰۹	۳/۸۲	۲/۵۷	۰/۱۵	۶/۳۹	۲/۲۰	۱/۰۹	۳۴/۳۸
کشاورزی								
مصرف بخش انرژی								
پالایشگاهی	•	•	•	•	•	۴/۶۱	۰/۹۰	۰/۵۲
نیروگامی	۳۴/۸۳	۵۶/۴۶	۴۴/۹۷	۱/۷۸	۸/۸۰	۳۰/۶۱	۷/۹۸	۶/۷۵
جمع	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰

\* رجوع شود به ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۲، صفحه ۲۵۱، جدول ۲۲۸-۱

همچنین متناظرا مقدار مصرف انرژی در بخشهای مختلف به تفکیک حامل های انرژی در سالهای ۱۳۸۴

تا ۱۳۹۲ به صورت زیر می باشد:

جدول (۱-۴) مصرف انرژی بخش‌های مختلف به تفکیک حامل‌های انرژی (میلیون بشکه معادل نفت خام)\*

شرح	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲
<b>خانگی، عمومی و تجاری</b>									
فرآورده‌های نفتی	۹۱/۳	۹۰/۵	۹۲/۰	۸۲/۸	۷۵/۵	۶۵/۷	۵۵/۵	۵۲/۸	۵۱/۶
گاز طبیعی	۲۲۵/۵	۲۶۳/۶	۲۸۹/۰	۳۷۷/۱	۲۹۶/۶	۲۹۴/۸	۳۱۸/۱	۲۹۰/۲	۳۲۲/۳
زغال‌سنگ	-/۰۷	-/۰۷	-/۰۷	-/۰۷	-/۰۷	-/۰۷	-/۰۷	-/۰۷	-/۰۷
منابع تجدیدپذیر قابل احتراق برق <sup>(۱)</sup>	۱۱/۸	۱۱/۸	۵/۶	۵/۶	۵/۶	۵/۶	۵/۹	۸/۳	۸/۳
کل مصرف انرژی	۳۷۱/۷	۴۱۳/۲	۴۳۶/۵	۴۱۷/۴	۴۳۱/۹	۴۲۴/۱	۴۳۲/۴	۴۰۷/۵	۴۴۰/۷
<b>صنعت</b>									
فرآورده‌های نفتی	۶۰/۶	۶۰/۷	۶۵/۰	۷۳/۰	۶۴/۵	۵۷/۲	۳۸/۵	۳۹/۳	۳۵/۵
گاز طبیعی	۹۳/۶	۱۰۴/۷	۱۲۰/۳	۱۳۷/۳	۱۵۹/۰	۱۸۷/۲	۲۱۴/۳	۲۱۱/۸	۲۲۳/۸
زغال‌سنگ	-/۳	-/۳	-/۳	-/۳	-/۲	-/۱	-/۱	-/۱	-/۳
برق	۲۶/۸	۲۸/۶	۳۰/۵	۳۲/۲	۳۴/۳	۳۷/۱	۴۰/۷	۴۲/۳	۴۲/۲
کل مصرف انرژی	۱۸۱/۳	۱۹۴/۳	۲۳۶/۰	۲۵۲/۷	۲۵۸/۰	۲۸۱/۵	۲۹۳/۶	۳۰۳/۵	۳۰۱/۹
<b>حمل و نقل</b>									
فرآورده‌های نفتی	۲۳۵/۰	۲۵۹/۷	۲۵۵/۱	۲۶۲/۲	۲۷۸/۶	۲۳۸/۱	۲۳۸/۷	۲۵۷/۱	۲۶۸/۹
گاز طبیعی	۱/۹	۳/۳	۶/۶	۱۱/۶	۲۱/۷	۳۴/۹	۲۹/۳	۳۳/۶	۳۲/۰
برق	-/۰۶	-/۰۸	-/۱۰	-/۱۲	-/۱۷	-/۱۸	-/۲۰	-/۲۲	-/۱۹
کل مصرف انرژی	۲۳۷/۰	۲۶۳/۰	۲۶۱/۷	۲۷۴/۰	۳۰۰/۵	۲۸۳/۲	۲۸۸/۲	۳۰۰/۹	۳۱۱/۰
<b>کشاورزی</b>									
فرآورده‌های نفتی	۲۴/۰	۲۶/۱	۲۶/۱	۲۷/۹	۲۸/۲	۲۸/۳	۲۴/۳	۲۴/۱	۲۳/۵
گاز طبیعی	-	-/۳	۱/۱	۱/۵	۲/۵	۳/۰	۳/۹	۴/۸	۶/۶
برق	۹/۷	۱۰/۴	۱۰/۴	۱۲/۵	۱۲/۶	۱۴/۲	۱۷/۷	۱۸/۶	۱۹/۵
کل مصرف انرژی	۳۳/۷	۳۶/۸	۳۷/۶	۴۱/۹	۴۳/۳	۴۵/۵	۴۵/۸	۴۷/۶	۴۹/۶
<b>مصارف غیر انرژی</b>									
فرآورده‌های نفتی	۳۵/۳	۵۱/۵	۷۰/۷	۷۹/۹	۸۲/۹	۵۸/۹	۴۶/۱	۴۹/۹	۵۵/۰
گاز طبیعی	۲۳/۰	۲۷/۲	۳۴/۱	۳۷/۷	۳۹/۹	۴۰/۰	۴۶/۴	۷۰/۸	۶۷/۶
زغال‌سنگ	۲/۴	۲/۰	۲/۴	۲/۶	۱/۷	۱/۷	۲/۱	۱/۹	۳/۹
کل مصرف انرژی	۶۲/۸	۸۲/۷	۱۰۹/۲	۱۲۰/۲	۱۲۴/۵	۱۰۰/۶	۱۲۴/۶	۱۲۲/۶	۱۲۶/۵
کل مصرف نهایی	۸۹۶/۶	۹۹۰/۱	۱۰۸۱/۱	۱۱۰۶/۳	۱۱۵۸/۳	۱۱۳۴/۹	۱۱۸۴/۶	۱۱۸۲/۱	۱۲۲۹/۷
کل مصرف نهایی انرژی	۸۳۳/۸	۹۰۷/۴	۹۷۱/۹	۹۸۶/۰	۱۰۳۳/۸	۱۰۳۴/۳	۱۰۶۰/۱	۱۰۵۹/۵	۱۱۰۳/۳
کل مصرف نهایی غیر انرژی	۶۲/۸	۸۲/۷	۱۰۹/۲	۱۲۰/۲	۱۲۴/۵	۱۰۰/۶	۱۲۴/۶	۱۲۲/۶	۱۲۶/۵

■ مقادیر مذکور مقدماتی می‌باشند.

(۱) شامل سایر مصارف برق نیز می‌گردد.

\* رجوع شود به ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۲، صفحه ۱۰۰، جدول ۱-۲۴

با توجه به اینکه در این پروژه ساختمانهای عمومی و دولتی استان مورد بررسی قرار گرفته است، با توجه به جداول بالا مقدار انتشار گازهای گلخانه ای ناشی از مصرف یک مترمکعب گاز طبیعی به صورت زیر می باشد:

جدول (۱-۵) میزان انتشار گازهای آلاینده و گلخانه ای ناشی از مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی، تجاری و عمومی

مقدار تولید گازهای گلخانه ای (کیلوگرم)		میلیون بشکه نفت خام	گاز طبیعی (مترمکعب)
Total	CO <sub>2</sub>		
۱۳۸۴۳۵۴۹۰۰۰۰	۱۳۸۲۰۵۰۵۵۰۰۰	۳۲۲۳۰۰۰۰۰	۵۲۹۱۵۰۹۲۷۹۰
۲.۵۸۱	۲.۶۱۱	۰.۰۰۶۰۸۹	۱

علاوه بر آن، میانگین شاخص انتشار گازهای آلاینده و گلخانه ای بخش نیروگاهی کشور طی سالهای ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۲، در جدول زیر آورده می شود:

جدول (۱-۶) شاخص انتشار گازهای آلاینده و گلخانه ای بخش نیروگاهی کشور طی سالهای ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۲ (گرم به کیلووات ساعت)\*

C	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	SPM	CO	SO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	نوع نیروگاه
۲۵۹/۰۱۷	-/۰۰۵	-/۰۲۶	۹۴۹/۷۲۹	-/۲۰۵	۲/۳۹۵	-/۰۴۴	۹/۷۵۴	۲/۳۵۶	وزارت نیرو
۲۳۷/۴۱۷	-/۰۰۳	-/۰۱۹	۸۷۰/۵۳۰	-/۱۴۵	-/۰۹۶	-/۰۲۰	-/۷۹۲	۲/۶۷۱	بخاری
۱۳۵/۴۹۹	-/۰۰۲	-/۰۱۳	۴۹۶/۸۳۱	-/۰۹۶	-/۰۸۲	-/۰۱۴	-/۴۵۷	۳/۰۳۰	گازی
۲۶۱/۶۱۷	-/۰۱۵	-/۰۴۶	۹۵۹/۲۶۲	-/۳۶۴	-/۰۰۱	-/۰۹۱	۵/۶۸۷	۱/۸۸۴	سیکل ترکیبی
									دیزلی
۲۷۴/۶۷۷	-/۰۰۶	-/۰۳۱	۱۰۰۷/۱۴۹	-/۲۳۹	-/۲۰۵	-/۰۵۳	۱۰/۶۷۰	۳/۴۴۸	بخش خصوصی
۲۱۹/۲۳۹	-/۰۰۳	-/۰۲۱	۸۰۳/۸۷۶	-/۱۶۰	-/۰۸۲	-/۰۲۷	۱/۲۷۰	۲/۸۹۴	بخاری
۱۴۰/۱۷۹	-/۰۰۲	-/۰۱۴	۵۱۳/۹۸۹	-/۱۰۸	-/۰۵۳	-/۰۱۷	-/۴۱۸	۳/۳۰۵	گازی
۳۱۱/۵۳۲	-/۰۰۱	-/۰۱۲	۱۱۴۲/۲۸۳	-/۰۶۸	-/۴۷۵	-/۰۰۱	-/۰۵۳	۲/۴۵۳	سیکل ترکیبی
۲۰۹/۳۱۳	-/۰۰۳	-/۰۲۰	۷۶۷/۴۸۱	-/۱۵۴	-/۶۹۴	-/۰۲۸	۳/۸۸۷	۲/۸۹۴	صنایع بزرگ
									میانگین کل

\* رجوع شود به ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۲، صفحه ۲۶۰، جدول ۲۵۵-۱

در نتیجه بصورت خلاصه میزان انتشار گازهای آلاینده و گلخانه ای را به ازای هر مترمکعب گاز طبیعی و هر کیلووات ساعت برق مصرفی به صورت جدول ذیل است:

جدول (۱-۷) میزان انتشار گازهای آلاینده و گلخانه ای ناشی از مصرف گاز طبیعی و انرژی الکتریکی در بخش خانگی، تجاری و عمومی

مقدار انتشار گازهای گلخانه ای (کیلوگرم)	به ازای هر کیلو وات ساعت	هر متر مکعب گاز مصرفی	به ازای کل انرژی مصرفی
	۰,۹۸۴	۲,۵۸۱	۳,۵۶۵

## ۱-۱-۱۴ - اطلاعات محیطی و آب و هوایی

با توجه به اطلاعات اخذ شده از سازمان هواشناسی استان گلستان در سال ۹۶، اطلاعات مورد نیاز جهت تعیین گروه اقلیمی در جدول ۱-۸ بیان می‌شود:

جدول (۱-۸) اطلاعات آب و هوایی

سال	میانگین رطوبت نسبی در زمستان (%)	میانگین رطوبت نسبی در تابستان (%)	میانگین حداقل دما در زمستان (درجه سانتیگراد)	میانگین حداکثر دما در تابستان (درجه سانتیگراد)
۱۳۹۶	۷۶	۶۳	۴,۳	۳۴,۱

با توجه به این اعداد، شهرستان گرگان جزو گروه اقلیمی نیمه معتدل و بارانی قرار می‌گیرد. در نتیجه با توجه به جدول ۱-۳، شاخص مصرف انرژی ساختمانهای غیرمسکونی ایده آل در استان گلستان  $64 \text{ kwh/m}^2/\text{year}$  می‌باشد.

همچنین میزان تغییرات دما در ماههای مختلف از سال ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۵ و میزان HDD و CDD مربوط به آنها در جدول ۱-۹ ارائه شده است:

جدول (۱-۹) میانگین دمای ماهانه، روز درجه گرمایش و روز درجه سرمایش

	۱۳۹۱			۱۳۹۲			۱۳۹۳			۱۳۹۴			۱۳۹۵		
	میانگین درجه سانتیگراد	HD D	CD D	میانگین درجه سانتیگراد	HD D	CD D	میانگین درجه سانتیگراد	HD D	CD D	میانگین درجه سانتیگراد	HD D	CD D	میانگین درجه سانتیگراد	HD D	CD D
فروردین	۱۵,۵	۷۸	۰	۱۵,۱	۹۰	۰	۱۴,۶	۱۰,۵	۰	۱۳,۹	۱۲۷	۰	۱۳,۵۵	۱۳۸	۰
اردیبهشت	۲۱,۹	۰	۲۸	۱۹,۷	۰	۰	۲۲	۰	۳۱	۲۰,۴	۰	۰	۱۸,۶	۰	۰
خرداد	۲۶,۶	۰	۱۷۴	۲۵,۶	۰	۱۴۳	۲۶,۸	۰	۱۸۰	۲۷,۳	۰	۱۹۵	۲۴,۲	۰	۹۹
تیر	۲۷,۳	۰	۱۹۵	۲۸,۲	۰	۲۲۳	۲۸,۸	۰	۲۴۲	۲۹,۱	۰	۲۵۱	۲۷	۰	۱۸۶
مرداد	۲۹,۶	۰	۲۶۷	۲۷,۵	۰	۲۰۲	۲۹,۳	۰	۲۵۷	۲۹,۷	۰	۲۷۰	۲۸,۶۵	۰	۲۳۷
شهریور	۲۶,۸	۰	۱۸۰	۲۷,۹	۰	۲۱۴	۲۸,۶	۰	۲۳۶	۲۵,۹	۰	۱۵۲	۲۶,۵۵	۰	۱۷۲
مهر	۲۳,۲	۰	۶۶	۲۲,۳	۰	۳۹	۲۰,۶	۰	۰	۲۱,۷	۰	۲۱	۲۰,۸	۰	۰
آبان	۱۸	۰	۰	۱۵,۶	۷۲	۰	۱۴,۱	۱۱۷	۰	۱۴,۲	۱۱۴	۰	۱۸,۳۵	۰	۰
آذر	۱۱,۳	۲۰۱	۰	۱۰,۸	۲۱۶	۰	۹,۶	۲۵۲	۰	۹,۶	۲۵۲	۰	۸,۶	۲۸۲	۰
دی	۷,۷	۳۰۹	۰	۷,۶	۳۱۲	۰	۹,۵	۲۵۵	۰	۸,۲	۲۹۴	۰	۱۴,۴	۱۰۸	۰
بهمن	۱۰,۸	۲۱۶	۰	۶,۴	۳۴۸	۰	۹,۲	۲۶۴	۰	۸,۵	۲۸۵	۰	۶,۴۵	۳۴۷	۰
اسفند	۱۱,۸	۱۸۶	۰	۱۰,۸	۲۰۹	۰	۸,۷	۲۷۰	۰	۱۰,۱۵	۲۲۸	۰	۸,۶	۲۸۲	۰

## پ ۲-۱ استاندارد مصرف انرژی در ساختمانهای غیر مسکونی (۱۴۲۵۴)

در این قسمت به بررسی استانداردهای معیار مصرف انرژی در ساختمانهای غیر مسکونی (اداری) به شماره ۱۴۲۵۴ پرداخته می‌شود. این استاندارد در کمیسیونهای مربوطه توسط وزارت نفت - شرکت بهینه سازی مصرف سوخت تهیه و تدوین شده و در کمیته تصویب معیارهای مصرف انرژی وزارت نفت در تاریخ ۱۳۹۰/۱۱/۱۲ مطابق با قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی مصوب ۱۳۸۹/۱۲/۴ مجلس شورای اسلامی به تصویب رسیده است.

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین معیار مصرف انرژی و ارائه دستورالعمل برچسب انرژی برای ساختمانهای غیر مسکونی می‌باشد. در این استاندارد نحوه ارزیابی و تعیین رده مصرف انرژی برای ساختمانهای غیر مسکونی بیان می‌شود. این استاندارد برای ساختمانهای غیر مسکونی موجود و در حال ساخت با کاربری اداری کاربرد دارد.

در ادامه پس از جمع بندی اطلاعات و تعاریف مورد استفاده، به بررسی قسمت‌های مهم و کاربردی این استاندارد پرداخته می‌شود.

### ۲-۱-۱-۲ اصطلاحات و تعاریف

#### ۲-۱-۱-۱-۲-۱-۱-۲ ساختمان اداری

ساختمان با کاربری غیر مسکونی که اتاق‌هایی برای کار کردن افراد در آن فراهم می‌باشد.

#### ۲-۱-۱-۱-۲-۲-۱-۱-۲-۲ ساختمان اداری خصوصی

ساختمان اداری که تحت مالکیت بخش خصوصی قرار دارد.

## ۲-۱-۱-۳ پ ساختمان اداری دولتی

ساختمان اداری که مالکیت آن در اختیار بخش خصوصی قرار ندارد.

## ۲-۱-۱-۴ پ سطح زیربنای مفید

مجموع سطح زیر بنای فضاهای کنترل شده در یک ساختمان است.

## ۲-۱-۱-۵ پ ساختمان ایده آل

در این استاندارد ساختمان ایده آل به ساختمانی اطلاق می‌شود که کلیه راهکارها و الزامات مربوط به مصرف انرژی در آن لحاظ شده باشد.

## ۲-۱-۱-۶ پ نسبت انرژی

مشخص کننده نسبت میزان انرژی مصرفی ساختمان به میزان مصرف انرژی ساختمان ایده آل می‌باشد.

## ۲-۱-۱-۷ پ روش محاسباتی عملکردی

یک روش محاسباتی جهت تعیین گرید مصرف انرژی ساختمان است. در روش عملکردی، محاسبات بر اساس بازخورد انرژی ساختمان و با توجه به قبوض انرژی صورت می‌گیرد. این روش‌ها از دقت بالایی برخوردار بوده، لیکن برای ساختمان‌های در حال ساخت قابل استفاده نمی‌باشند.

## ۲-۱-۱-۸ پ شاخص مصرف انرژی

بصورت میزان انرژی اولیه مصرفی سالیانه ساختمان بر حسب واحد زیر بنای مفید و در واحد  $\text{kwh/m}^2/\text{year}$  تعریف می‌شود. گرید مصرف انرژی ساختمان‌های مسکونی با توجه به نسبت شاخص مصرف انرژی ساختمان مورد بررسی به شاخص مصرف انرژی ساختمان ایده آل تعریف می‌گردد.

## ۲-۱-۲ نحوه تعیین معیار مصرف انرژی ساختمان

معیار محاسبه مصرف انرژی ساختمان می‌تواند از معیارهای ساده مانند ضریب انتقال حرارت پوسته خارجی ساختمان تا معیارهای پیچیده مانند میزان مصرف انرژی ساختمان، متغیر باشد. در ادامه به مجموعه اقدامات جهت تعیین معیار مصرف انرژی در هر ساختمان پرداخته می‌شود.

### ۲-۱-۲-۱-۲ پ شرایط اقلیمی

یکی از مهمترین عوامل تاثیرگذار در میزان مصرف انرژی ساختمان شرایط اقلیمی و آب و هوایی منطقه جغرافیایی محل استقرار ساختمان است. عواملی مانند دمای هوا، رطوبت نسبی، تابش خورشید، سرعت باد و میزان ارتفاع از سطح دریا بر مصرف انرژی ساختمان اثرگذار می‌باشند.

با توجه به گستردگی اقلیمی کشور و وجود مناطق با شرایط مختلف آب و هوایی وجود تقسیم بندی اقلیمی برای تعیین میزان مصرف انرژی الزامی است. در حال حاضر کامل ترین تقسیم بندی اقلیمی، تقسیم بندی هشت گانه رسمی است که با تطبیق تقسیم بندی اقلیمی زمستانی و تابستانی کشور به دست آمده و در آن مناطق مختلف بر اساس شرایط سالیانه دما و رطوبت طبقه بندی می‌شوند. در جدول ۰-۱-۱ تقسیم بندی اقلیم‌های مختلف کشور ارائه شده است.





## ۲-۱-۳- روش محاسبه و تعیین برچسب انرژی ساختمان

جهت تعیین رده مصرف انرژی ساختمان در هر اقلیم در ابتدا بایستی میزان مصرف انرژی اولیه ساختمان مورد نظر را مشخص نمود. در ساختمان‌های موجود قبوض مصرف انرژی روشی برای تعیین میزان مصرف انرژی ساختمان می‌باشد لیکن در مورد ساختمان‌های در حال ساخت با محاسبه میزان مصرف انرژی تعیین می‌شود.

در ساختمان‌های موجود می‌توان مصرف انرژی ساختمان را با استفاده از قبوض مصرف انرژی محاسبه نمود. به این منظور به دریافت اطلاعات مصرف سوخت و برق یک ساختمان طی ۳ سال گذشته و از رابطه ۱-۱ میزان مصرف اولیه ساختمان مشخص می‌گردد. به این ترتیب در صورتی می‌توان از روش عملکردی برای ساختمان استفاده نمود که حداقل ۳ سال از عمر ساختمان گذشته باشد:

$$E_{actual} = ((\sum(QF_i \times HV_i \times 0.278) + Q_E \times F_C) / A_F) \quad (1-23 \text{ پ})$$

که در آن:

$E_{actual}$ : میزان مصرف انرژی سالیانه ساختمان موجود بر حسب واحد زیربنای مفید ( $\text{kwh/m}^2/\text{year}$ )

$QF_i$ : مجموع مصرف حامل انرژی  $i$ ام که در هر مورد واحد آن در جدول ۱-۲ مشخص شده است.

$Q_E$ : مجموع میزان مصرف برق.

$F_C$ : ضریب تبدیل برق به انرژی اولیه (با احتساب راندمان متوسط تولید و توزیع برق در کشور معادل ۲۷ درصد برای تبدیل انرژی الکتریکی مصرفی به معادل انرژی اولیه براساس ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۷) مقدار آن معادل ۳,۷ در نظر گرفته شده است.

$A_F$ : مساحت زیربنای مفید بر حسب ( $\text{m}^2$ )

$HV_i$ : ارزش حرارتی حامل انرژی  $i$ ام که در مورد هر نوع سوخت، مقدار آن در جدول زیر مشخص شده است.

جدول (۱-۱) ارزش حرارتی سوخت‌های مختلف

سوخت	واحد مصرف	ارزش حرارتی واحد مصرف (MJ)
گاز طبیعی	$\text{Nm}^3$ *	۳۷,۶۸
گازوئیل	Lit	۳۷,۳
مازوت	Lit	۴۱

\* حجم گاز طبیعی در شرایط نرمال  $0\text{ C}$  و  $1\text{ atm}$ .

## ۲-۱-۴ پ- تعیین نسبت انرژی ساختمان‌های غیر مسکونی

رده مصرف انرژی ساختمان بر اساس نسبت انرژی (R) که در این استاندارد از حاصل قسمت شاخص مصرف انرژی ساختمان در وضعیت موجود به مصرف انرژی ساختمان در حالت ایده آل تعیین می‌شود.

$$R = E_{\text{act}} / E_{\text{ideal}} \quad (1-24\text{ پ})$$

که در آن:

$E_{\text{act}}$ : شاخص مصرف انرژی سالیانه ساختمان موجود برحسب واحد زیر بنای مفید ( $\text{kwh/m}^2/\text{year}$ )

$E_{\text{ideal}}$ : شاخص مصرف انرژی اولیه سالیانه ساختمان ایده آل (رده مصرف انرژی A)

شاخص مصرف انرژی با توجه به اقلیم‌های مختلف تقسیم بندی شده در جدول ۱-۱، به شرح جدول ۱-۱۲ می‌باشد:

جدول (۱-۱۲) شاخص مصرف انرژی ساختمانهای غیرمسکونی ایده آل در اقلیم‌های مختلف برحسب ( $\text{kwh/m}^2/\text{year}$ )

شاخص		اقلیم
ساختمان خصوصی	ساختمان دولتی	
۱۲۰	۸۰	۲,۱
۱۵۲	۶۴	۴,۳
۱۲۴	۷۴	۵
۱۱۷	۶۴	۶
۱۲۱	۸۶	۷
۱۹۷	۹۱	۸

## ۲-۱-۵- تعیین رده مصرف انرژی

رده مصرف انرژی ساختمان با استفاده از نسبت انرژی با انجام مراحل زیر تعیین می‌شود:

- تعیین اقلیم ساختمان بر اساس شرایط محیطی
- محاسبه شاخص مصرف انرژی ایده آل ساختمان موجود با استفاده از جدول
- تعیین نسبت انرژی ساختمان با استفاده از معادله ۱-۲
- تعیین رده مصرف انرژی با استفاده از جدول زیر

جدول (۱-۱۳) تعیین رده مصرف انرژی ساختمان غیر مسکونی بر اساس نسبت انرژی (R)

رده مصرف انرژی	ساختمان اداری دولتی	ساختمان اداری خصوصی
A	$R < 1$	$R < 1$
B	$1 \leq R < 2$	$1 \leq R < 2,2$
C	$2 \leq R < 3$	$2,2 \leq R < 3,2$
D	$3 \leq R < 4$	$3,2 \leq R < 4$
E	$4 \leq R < 5$	$4 \leq R < 4,6$
F	$5 \leq R < 6$	$4,6 \leq R < 5,2$
G	$6 \leq R < 7$	$5,2 \leq R < 5,5$
برچسب تعلق نمی‌گیرد	$7 \leq R$	$5,5 \leq R$



### ۳-۱-۳- استاندارد معاینه فنی موتور خانه

#### ۳-۱-۱-۳ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین مقررات عمومی و روش معاینه فنی (بازرسی دوره‌های و بهینه سازی مصرف انرژی) موتورخانه‌های آب گرم و آب داغ ویژه تاسیسات گرمایشی و تهیه آب گرم مصرفی ساختمان‌ها به منظور کاهش آلودگی هوا و ارتقای سطح سلامت، ایمنی و رفاه ساکنان، صرفه جویی در مصرف انرژی، کمک به اجرای ضوابط و استانداردهای مربوط به مصرف انرژی در ساختمان‌های کشور می باشد.

#### ۳-۱-۲-۳ اصطلاحات و تعاریف

اهم اصطلاحات و تعاریف در استاندارد بازرسی فنی موتورخانه عبارتند از:

۱- ارزش انرژی معادل

۲- بار حرارتی ساختمان

در ادامه، تعریف و نحوه محاسبه هر یک از اصطلاحات مربوطه ارائه خواهد شد.

#### ارزش انرژی معادل

روشی برای یکسان سازی انواع انرژی‌های مصرف شده در یک ساختمان می باشد که نحوه محاسبه آن در استاندارد ۱۶۰۰۰ ویرایش اول به صورت زیر می باشد:

جدول (۱-۱۴) پ

واحد	ضریب تبدیل به گیگا ژول
ارزش حرارتی گاز طبیعی	۰,۰۳۱۸
الکتریکی kWh	۰,۰۰۳۶
کالری	۰,۰۰۰۰۰۴۱۸۷

## بار حرارتی ساختمان

با توجه به بار حرارتی ساختمان تناسب ظرفیت حرارتی سیستم گرمایشی و بار حرارتی ساختمان مقایسه میگردد. ظرفیت دیگ میبایست حداکثر ۱,۳ برابر بار حرارتی ساختمان باشد.

بار حرارتی مورد نیاز ساختمان به صورت تقریبی از مجموع بار حرارتی مورد نیاز برای گرمایش (جدول ۴) و انرژی مورد نیاز برای تأمین آب گرم مصرفی (جدول ۵) به دست میآید.

جدول (۱-۱۸ پ) بار حرارتی تقریبی برای گرمایش

تیپ بندی	نوع اقلیم	بار حرارتی به ازای هر متر مربع مساحت مفید ساختمان (kcal /hr.m)
۱	سرد و خشک	۱۳۰
۲	معتدل	۹۵
۳	گرم	۷۲
۴	خیلی سرد	۱۶۰
۵	سرد و معتدل	۱۱۳

جدول (۱-۱) انرژی مورد نیاز برای تأمین آب گرم مصرفی

نوع کاربری	اندازه	مقدار آب گرم به ازای هر واحد آپارتمان به لیتر	بار حرارتی مخزن (kcal /hr)lit
واحد ویلایی	کوچکتر از ۳۰۰ متر مربع	۳۰۰	۳۰
	۳۰۰ الی ۴۰۰ مترمربع	۴۰۰	
	بزرگتر از ۴۰۰ متر مربع	۵۰۰	
مجتمع آپارتمانی لوکس	۱ خوابه	۱۵۰	۳۰
	۲ خوابه	۲۰۰	
	۳ خوابه	۲۵۰	
	۴ خوابه	۳۰۰	
مجتمع آپارتمانی معمولی	۱ خوابه	۱۰۰	۳۲
	۲ خوابه	۱۵۰	
	۳ خوابه	۲۰۰	
	۴ خوابه	۲۵۰	
اداری خصوصی	کوچکتر از ۶۰ مترمربع	۸۰	۳۰
	۶۰ الی ۲۰۰ متر مربع	۱۵۰	
	بزرگتر از ۲۰۰ متر مربع	۲۰۰	





پیوست دو

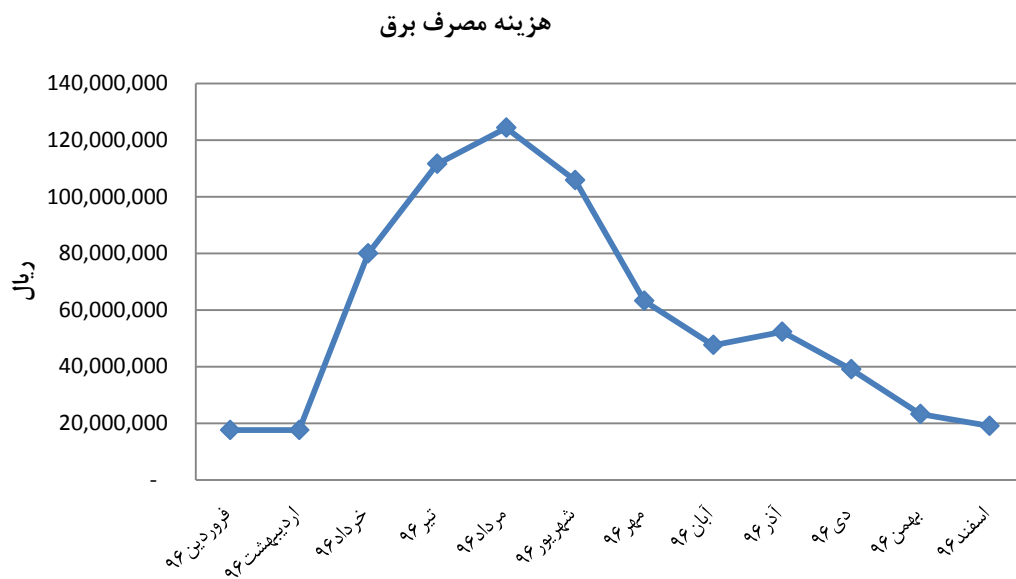
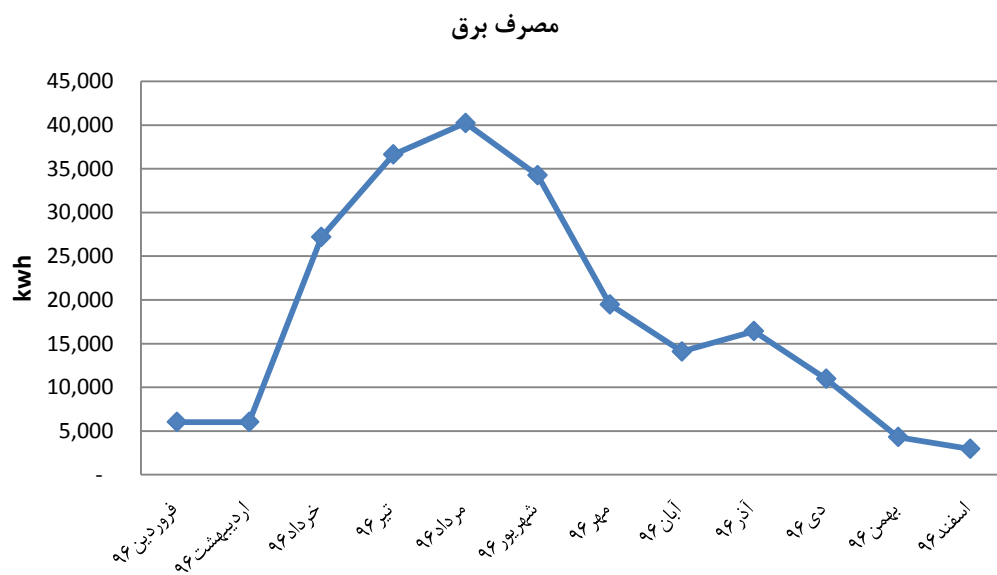
مصرف انواع انرژی، روند تغییرات آن

پیوست دو : قبوض مصرف انرژی و مقدار مصرف ماهیانه سال ۱۳۹۶

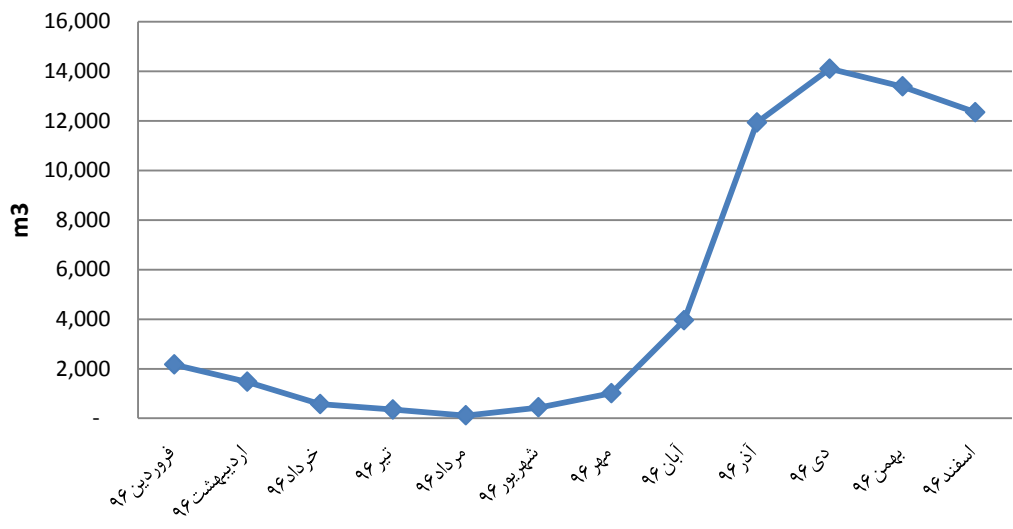
اطلاعات قبوض برق				
قرائت پیشین	قرائت فعلی	تعداد روز دوره	کل مصرف (kwh)	بهای برق
۱۳۹۵/۱۲/۳۰	۱۳۹۶/۰۳/۰۴	۶۶	۱۲۸۲۲	۳۷۳۲۹۰۹۱
۱۳۹۶/۰۳/۰۴	۱۳۹۶/۰۳/۱۶	۱۲	۹۳۰۶	۲۷۰۹۲۲۳۹
۱۳۹۶/۰۳/۱۶	۱۳۹۶/۰۴/۱۵	۳۰	۳۲۴۲۴	۹۵۹۵۴۰۴۳
۱۳۹۶/۰۴/۱۵	۱۳۹۶/۰۵/۱۶	۳۲	۴۰۴۶۴	۱۲۵۶۶۹۰۳۱
۱۳۹۶/۰۵/۱۶	۱۳۹۶/۰۶/۱۶	۳۱	۴۱۱۸۴	۱۲۶۷۵۳۰۹۱
۱۳۹۶/۰۶/۱۶	۱۳۹۶/۰۷/۱۵	۳۰	۲۶۸۳۸	۸۳۳۸۲۹۵۹
۱۳۹۶/۰۷/۱۵	۱۳۹۶/۰۸/۱۵	۳۰	۱۳۰۳۲	۴۵۴۴۰۲۷۸
۱۳۹۶/۰۸/۱۵	۱۳۹۶/۰۹/۱۵	۳۰	۱۵۰۲۴	۴۹۴۵۵۳۸۹
۱۳۹۶/۰۹/۱۵	۱۳۹۶/۱۰/۱۶	۳۱	۱۸۲۴۰	۵۶۵۶۳۳۵۰
۱۳۹۶/۱۰/۱۶	۱۳۹۶/۱۲/۱۵	۵۹	۸۴۶۶	۴۵۶۴۶۴۰۶
۱۳۹۶/۱۲/۱۵	۱۳۹۶/۱۲/۲۶	۱۱	۷۶۴	۶۱۶۳۰۷۳
۱۳۹۶/۱۲/۲۶	۱۳۹۷/۰۱/۲۷	۳۰	۱۳۷۲	۱۵۱۶۶۸۲۵

اطلاعات قبوض گاز				
قرائت پیشین	قرائت فعلی	تعداد روز	مصرف M <sup>۳</sup>	گاز بها
۱۳۹۵/۱۲/۳۰	۱۳۹۶/۰۱/۱۷	۱۷	۱۵۴۴	۲.۴۴۴.۰۶۲
۱۳۹۶/۰۱/۱۷	۱۳۹۶/۰۳/۰۱	۴۶	۲۱۷۶	۶.۵۰۶.۲۴۰
۱۳۹۶/۰۳/۰۱	۱۳۹۶/۰۴/۱۸	۴۸	۸۸۶	۲.۶۴۹.۱۴۰
۱۳۹۶/۰۴/۱۸	۱۳۹۶/۰۵/۲۹	۴۲	۱۰۷	۳۱۹.۹۳۰
۱۳۹۶/۰۵/۲۹	۱۳۹۶/۰۷/۲۶	۵۹	۸۳۲	۲.۴۸۷.۶۸۰
۱۳۹۶/۰۷/۲۶	۱۳۹۶/۰۹/۰۸	۴۲	۵۵۳۸	۱۲.۲۲۱.۸۳۷
۱۳۹۶/۰۹/۰۸	۱۳۹۶/۱۰/۲۳	۴۵	۲۱.۵۳۸	۴۷.۵۳۲.۳۰۹
۱۳۹۶/۱۰/۲۳	۱۳۹۶/۱۲/۰۳	۴۰	۱۷۸۳۹	۲۶.۶۶۹.۳۰۵
۱۳۹۶/۱۲/۰۳	۱۳۹۶/۱۲/۲۹	۲۷	۱۱۴۵۲	۱۷.۱۲۰.۷۴۰

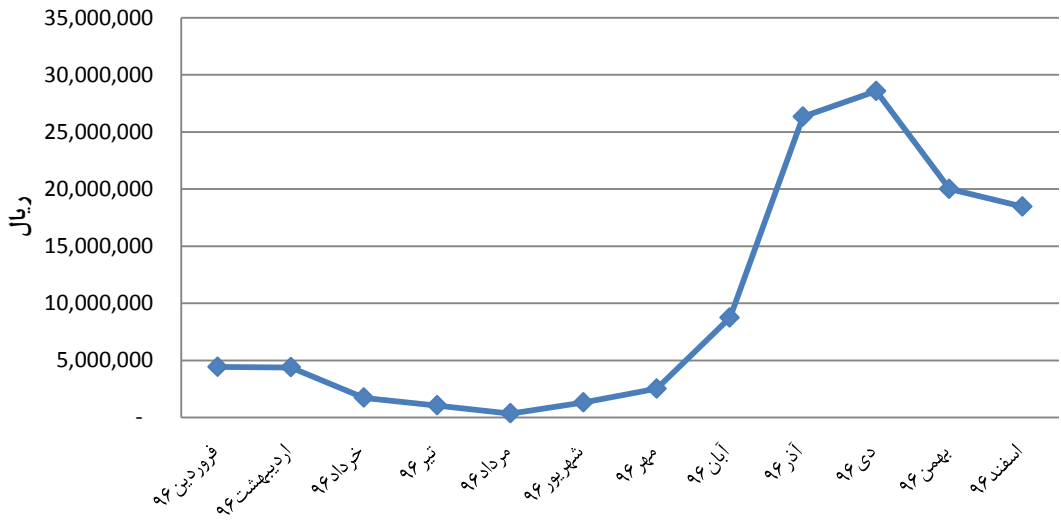
## ۲-۱ روند تغییرات مصرف انرژی سال ۱۳۹۶



مصرف گاز



هزینه مصرف گاز



## مراجع

- [۱] (Secretariat Of Energy And Electricity, ۲۰۱۳:۴۴)
- [۲] مقررات ملی ساختمان، مبحث اول، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، ۱۳۸۱.
- [۳] بهادری نژاد، مهدی، "جایگاه انرژی خورشیدی در ایران"، مجله مهندسی مکانیک، زمستان ۱۳۷۱.
- [۴] م، سلیمی فر. م، مهدوی عادل. فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران. ارزیابی اقتصادی انرژی برق خورشیدی (فتوولتائیک) و برق فسیلی در یک واحد خانگی در شهرستان مشهد. ۱۳۹۲
- [۵] <http://www.solarkar.ir>.
- [۶] Kalogirou, S.A., *Solar energy engineering processes and systems*. ۲۰۱۳: Academic Press.
- [۷] Hajabdollahi, Z. and H. Hajabdollahi, *Thermo-economic modeling and multi-objective optimization of solar water heater using flat plate collectors*. Solar Energy, ۲۰۱۷. ۱۵۵: p. ۱۹۱-۲۰۲.
- [۸] Zhou, L. and Haghghat, H., "*Optimization of Ventilation System Design and Operation in Office Environment, Part I: Methodology*", Building and Environment, Vol. ۴۴, No. ۴, pp. ۶۵۱-۶۵۶, ۲۰۰۵.
- [۹] McDaniels, D., et al., *Enhanced solar energy collection using reflector-solar thermal collector combinations*. Solar energy, ۱۹۷۵. ۱۷(۵): p. ۲۷۷-۲۸۳.
- [۱۰] Baker, S., et al., *Time integrated calculation of the insolation collected by a reflector-collector system*. Solar energy, ۱۹۷۸. ۲۰: p. ۴۱۵-۴۱۷.

[۱۱] Pucar, M. and A. Despic, *The enhancement of energy gain of solar collectors and photovoltaic panels by the reflection of solar beams*. Energy, ۲۰۰۲. ۲۷(۳): p. ۲۰۵-۲۲۳.

[۱۲] Joshi, P. and G. Tiwari, *Energy matrices, exergo-economic and enviro-economic analysis of an active single slope solar still integrated with a heat exchanger: A comparative study*. Desalination, ۲۰۱۸. ۴۴۳: p. ۸۵-۹۸.

[۱۳] Wang, L., et al., *Thermoeconomic evaluation and optimization of LiBr-H<sub>2</sub>O double absorption heat transformer driven by flat plate collector*. Energy Conversion and Management, ۲۰۱۸. ۱۶۲: p. ۶۶-۷۶.

[۱۴] Settino, J., et al., *Overview of solar technologies for electricity, heating and cooling production*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, ۲۰۱۸. ۹۰: p. ۸۹۲-۹۰۹.

[۱۵] Raju, V.R. and R.L. Narayana, *Effect of flat plate collectors in series on performance of active solar still for Indian coastal climatic condition*. Journal of King Saud University-Engineering Sciences, ۲۰۱۶.

[۱۶] Sokhansefat, T., et al., *Thermoeconomic and environmental analysis of solar flat plate and evacuated tube collectors in cold climatic conditions*. Renewable energy, ۲۰۱۸. ۱۱۵: p. ۵۰۱-۵۰۸.

[۱۷] علیرضا جعفری بیناباج، تحلیل و بررسی کلکتورهای‌هایی خورشیدی برای پنج ماه آخر سال در شهر قائن. مجله علمی ترویجی انجمن مهندسان مکانیک ایران. صفحه ۶۹-۸۰. ۱۳۹۶.

[۱۸] مرتضی خلجی اسدی، سیستم‌های ترکیبی خورشیدی راه حلی نوین برای گرمایش در ساختمان‌ها، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره یازدهم، شماره سه، پاییز ۸۸.

[۱۹] کریمی، آ و خستو، ب، ۱۳۸۵. دستورالعمل ممیزی انرژی و روش بررسی عملکرد دیواره‌های خارجی ساختمان، پنجمین همایش بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان.

[۲۰] کیخانی، ت، ۱۳۸۸، ممیزی انرژی ساختمان، شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی، هفتمین همایش ملی انرژی.

[۲۱] نوفرستی، ج، ۱۳۸۸، راهکارهای اصلی اصلاح الگوی مصرف گاز در ساختمان، نشریه اقتصاد انرژی، شماره ۱۲۱.

صفحات ۵۸-۵۲.

[۲۲] S, Choudhary Reader, S, Keshvanand (۲۰۱۵) “Institute of Technology”, Management and Gramothan, Jaipur, ANALYSIS OF ENERGY CONSERVATION OF AN INSTITUTIONAL BUILDING USING DESIGN BUILDER SOFTWARE, International Journal of Recent advances in Mechanical Engineering (IJMECH) Vol.۴, No.۱,

[۲۳]. Yu, Jinghua, C, Yanga, L. Tiana., (۲۰۰۸) “Low-energy envelope design of residential building in hot summer and cold winter zone in China”, Energy and Buildings, N.۴۰ (۸), pp. ۱۵۳۶-۱۵۴۶.

[۲۴] Jiang-Jiang, W., Z. Chun-Fa ,and J. You-Yin, *Multi-criteria analysis of combined cooling, heating and power systems in different climate zones in China*. Applied Energy, ۲۰۱۰. ۸۷(۴): p. ۱۲۴۷-۱۲۵۹.

[۲۵] Sanaye, S., M.M. Ghafurian, and F.T. Dastjerd, *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*. Journal of Natural Gas Science and Engineering, ۲۰۱۶. ۳۴: p. ۳۰۵-۳۱۷.

[۲۶] معرفت، شفیعی، and پیام، ارزیابی چندمعیاره سیستم *CCHP* تحت استراتژی‌های عملکرد مختلف برای یک

ساختمان اداری در تهران با تکنیک *AHP* مهندسی مکانیک مدرس، ۲۰۱۴. ۱۴(۸): ۳۷-۴۸. p.

[۲۷] استاندارد ملی ایران ۱۴۲۵۴ ISIRI ، تعیین معیار مصرف انرژی و دستورالعمل برچسب انرژی ساختمان‌های غیر-مسکونی، سازمان ملی استاندارد ایران، چاپ اول.

[۲۸] استاندارد ملی ایران ۱۶۰۰۰، معاینه فنی موتورخانه، سازمان ملی استاندارد.

[۲۹] Duffie, J.A. and W.A. Beckman, *Solar engineering of thermal processes*. ۲۰۱۳:  
John Wiley & Sons.



## **Abstract**

One of the problems of today's world is the reduction of fossil fuels and environmental pollution caused by fossil fuels in order to provide power, cooling and heating to provide people with comfort. Therefore, solar systems are one of the effective ways to meet these needs, in order to reduce fossil fuel consumption and reduce pollutant emissions. On the other hand, solar energy is a clean and abundant energy that can play a useful role in providing part of these needs. The combination of heating systems and solar systems can have a profound effect on human life and the environment. Therefore, in this research, a flat panel solar collector is being used for energy analysis in an office building in Gorgan city. The capacity of the study is 74000 kWh of heating in 2012 based on energy bills. The amount of radiation and energy absorbed by the collector through coding in the software environment of MATLAB has been studied. The set has been presented in four different scenarios, the results of which indicate that half of the thermal load with the solar system and the other half with boiler support the best scenario.

## **Keywords:**

solar heating system, energy audit, non-residential building energy label, flat panel collector.



**Shahrood University of Technology**

**Faculty of Mechanical Engineering**

MSc Thesis in Energy Systems Engineering

**Use of solar energy to heat a space**

*By: Fateme Arabahmadi*

Supervisors:

Dr Majid Hashemian

Advisor:

Dr mashalla raza kazemi

December ۲۰۱۸