

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



**موسسه آموزش عالی انرژی**  
**دانشکده انرژی**

**پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد**  
**در رشته مهندسی سیستم های انرژی – تکنولوژی**

**عنوان :**

**کاهش مصرف سوخت در فرآیند کاهش فشار گاز در ایستگاههای تقلیل  
فشار گاز (CGS) با استفاده از آبگرمکن خورشیدی**

**استاد راهنما**  
**دکتر مجتبی میرزایی**

**نگارش**  
**سپیده اصبری**

**پاییز ۱۳۹۷**



کد فرم: RES-10-01

موسسه آموزش عالی انرژی

بسمه تعالی

## فرم صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عجل الله تعالی فرجه الشریف)

جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم/ آقای ..... شماره دانشجویی ..... در  
رشته: ..... گرایش ..... تحت عنوان: .....  
.....

با حضور هیأت داوران در محل ..... مؤسسه آموزش عالی انرژی در تاریخ ..... تشکیل گردید.

در این جلسه، پایان نامه با نمره به عدد ..... به حروف ..... مورد قبول ☐ مردود ☐  
تمدید مهلت دفاع (طبق صورت جلسه) ☐ و با درجه عالی ☐ بسیار خوب ☐ خوب ☐ قابل قبول ☐ غیر قابل قبول ☐  
مورد دفاع قرار گرفت.

نام و نام خانوادگی	سمت	مرتبه علمی	امضاء
	استاد راهنمای اول		
	استاد راهنمای دوم		
	استاد مشاور		
	داور داخلی پایان نامه		
	داور خارجی پایان نامه		
	نماینده تحصیلات تکمیلی		

دفاع مطابق مجوز اخذ شده و ضوابط و آیین نامه دوره کارشناسی ارشد صورت پذیرفته است و نتیجه آن مورد تأیید است.

تحصیلات تکمیلی موسسه عالی انرژی

توجه: این فرم بدون امضای مسئولین ذیربط و مهر موسسه فاقد اعتبار است.



## موسسه آموزش عالی انرژی

به نام خدا

### منشور اخلاق پژوهش

با یاری از خداوند سبحان و اعتقاد به این که عالم محضر خداوند است و همواره ناظر به اعمال انسان و به منظور پاس داشت مقام بلند دانش و پژوهش و نظر به اهمیت جایگاه دانشگاه در اعتلای فرهنگ و تمدن بشری ما دانشجویان دانشکده های موسسه آموزش عالی انرژی متعهد می گردیم اصول زیر را در انجام فعالیت های پژوهشی مد نظر قرار داده و از آن تخطی نکنیم:

- ۱- اصل حقیقت جوئی: تلاش در راستای پی جویی حقیقت و وفاداری به آن و دوری از هرگونه پنهان سازی حقیقت،
- ۲- اصل رعایت حقوق: التزام به رعایت کامل حقوق پژوهشگران و پژوهیدگان (انسان، حیوان و نبات) و سایر صاحبان حق،
- ۳- اصل مالکیت مادی و معنوی: تعهد به رعایت کامل حقوق مادی و معنوی دانشگاه و کلیه همکاران پژوهش،
- ۴- اصل منافع ملی: تعهد به رعایت مصالح ملی و در نظر داشتن پیشبرد و توسعه کشور در کلیه مراحل پژوهش،
- ۵- اصل رعایت انصاف و امانت: تعهد به اجتناب از هرگونه جانب داری غیر علمی و حفاظت از اموال، تجهیزات و منابع در اختیار،
- ۶- اصل رازداری: تعهد به صیانت از اسرار و اطلاعات محرمانه افراد، سازمان ها و کشور و کلیه افراد و نهادهای مرتبط با تحقیق،
- ۷- اصل احترام: تعهد به رعایت حریم ها و حرمت ها در انجام تحقیقات و رعایت جانب نقد و خودداری از هرگونه حرمت شکنی،
- ۸- اصل ترویج: تعهد به رواج دانش و اشاعه نتایج تحقیقات و انتقال آن به همکاران علمی و دانشجویان به غیر از مواردی که منع قانونی دارد،
- ۹- اصل برائت: التزام به برائت جوئی از هرگونه رفتار غیر حرفه ای و اعلام موضع نسبت به کسانی که حوزه علم و پژوهش را به شائبه های غیر علمی می آلاینند.

نام و نام خانوادگی: سپیده اصبری

تاریخ و امضاء:

## فرم تعهدنامه اصالت پایان نامه

اینجانب **سپیده اصری** دانش‌آموخته مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته در رشته سیستم های انرژی -  
تکنولوژی که در تاریخ ۹۷/۰۸/۳۰ از پایان‌نامه خود با عنوان **کاهش مصرف سوخت در فرآیند کاهش فشار  
گاز در ایستگاههای تقلیل فشار گاز (CGS) با استفاده از آبگرمکن خورشیدی**  
با کسب نمره ..... و درجه ..... دفاع نموده‌ام بدینوسیله اعلام می‌کنم:

(۱) این پایان‌نامه حاصل تحقیق و پژوهش اینجانب بوده و در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی  
دیگران (اعم از پایان‌نامه، کتاب، مقاله و ....) استفاده کرده‌ام، مطابق ضوابط موجود، نام منبع مورد استفاده و  
سایر مشخصات آن را در فهرست منابع ذکر و درج نموده‌ام.

(۲) این پایان‌نامه قبلاً برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی (هم سطح، پایین‌تر یا بالاتر) در سایر دانشگاه‌ها و  
مؤسسات آموزش عالی داخلی و خارجی ارائه نشده است.  
ضمناً متعهد می‌شوم:

(۳) چنانچه بعد از فراغت از تحصیل، قصد استفاده و هر گونه بهره‌برداری اعم از چاپ مقاله، کتاب، ثبت اختراع  
و ... از این پایان‌نامه را داشته باشم، از استاد محترم راهنما، گروه آموزشی مربوطه و معاونت پژوهشی مجوزهای  
لازم را اخذ نمایم.

(۴) چنانچه در هر مقطع زمانی خلاف موارد فوق ثابت شود، عواقب ناشی از آن را بپذیرم و موسسه آموزش عالی  
انرژی مجاز است با اینجانب مطابق ضوابط و مقررات رفتار نموده و در صورت ابطال مدرک تحصیلی‌ام،  
هیچگونه ادعایی نخواهم داشت.

نتایج تحقیقات مندرج در این پایان‌نامه و دستاوردهای مادی و معنوی ناشی از آن (شامل فرمول‌ها، توابع  
کتابخانه‌ای، نرم افزارها، سخت افزارها و مواردی که قابلیت ثبت اختراع دارد) متعلق به موسسه آموزش عالی  
انرژی است. هیچ شخصیت حقیقی یا حقوقی بدون کسب اجازه از موسسه آموزش عالی انرژی حق فروش و  
ادعای مالکیت مادی یا معنوی بر آن یا ثبت اختراع از آن را ندارد. همچنین کلیه حقوق مربوط به چاپ، تکثیر،  
نسخه برداری، ترجمه، اقتباس و نظائر آن در محیط‌های مختلف اعم از الکترونیکی، مجازی یا فیزیکی برای  
موسسه آموزش عالی انرژی محفوظ است. نقل مطالب با ذکر ماخذ بلامانع است.

نام و نام خانوادگی: سپیده اصری

تاریخ و امضاء:

سپاسگزاری:

وظیفه خود میدانم از مسئولین و دست اندرکاران دانشگاه و اساتید ارجمندم جناب دکتر مجتبی میرزایی که در طول تحصیل دوره کارشناسی ارشد، راهنمایی ها و ارشادات دلسوزانه استاد معظم دکتر مجتبی میرزایی که در تدوین و تکمیل این پایان نامه به عنوان استاد راهنما بنده را مورد لطف قرار داده که با محبت و صبر مشاوری لازم را به اینجانب ارائه فرمودند صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم

تقديم به:

## پدر بزرگوار و مادر مهربانم

که از نگاهشان صلابت، از رفتارشان محبت و ادب  
و از صبرشان ایستادگی و مقاومت را آموختم

## چکیده:

### کاهش مصرف سوخت در فرآیند کاهش فشار گاز در ایستگاههای تقلیل فشار گاز (CGS) با استفاده از آبگرمکن خورشیدی

**مقدمه:** استفاده از انرژی گرمایی خورشیدی نسبت به دیگر سیستم های موجود از آن جای حائز اهمیت است که بجز صرف هزینه جهت تجهیزات اولیه و نصب و نگهداری سیستم، هزینه ای پرداخت نخواهد شد و یا به عبارت دیگر سیستم های گرمایش خورشیدی اصولاً فاقد هرگونه هزینه جهت انرژی مصرفی می باشد. پس با توجه به هزینه بسیار کمتر می توان از آن ها در کاربرد های صنعتی (CGS & TBS) استفاده کرد. یکی از این کاربردها، بحث گرمایش جریان گاز در ایستگاه های تقلیل فشار گاز میباشد. این مطالعه به بررسی سیستم های آبگرمکن خورشیدی از لحاظ فنی و اقتصادی میپردازد. هدف، بهینه کردن حجم مخزن، تعداد کلکتور و همچنین طراحی مناسب سطح کلکتور کاربردی در سیستم های آبگرمکن خورشیدی برای به دست آوردن بیشترین میزان آبگرم با استفاده از نرم افزار T\*SOL انجام پذیر است.

**مواد و روشها:** در این مقاله شبیه سازی انجام شده توسط نرم افزار در اندازه حجم مخزن بهینه، تعداد کلکتور و همچنین طراحی مناسب سطح کلکتور مورد بررسی قرار گرفته است. و در خصوص طراحی هیتر مطالعه ایی صورت نگرفته است.

**نتایج:** بدین منظور در مرحله نخست طراحی سیستم آبگرمکن خورشیدی انجام گرفته و سپس عوامل آب و هوایی تاثیر گذار و همچنین آنالیز اقتصادی سیستم آبگرمکن خورشیدی برای تامین آبگرم در محیط نرم افزار T\*SOL شبیه سازی شده است.

**بحث:** میزان بازگشت سرمایه در این سیستم حدوداً ۳-۴ سال است. اجزاء این سیستم را گردآورنده (کلکتور)، مخزن ذخیره، مبدل گرمایی، کنترل کننده ها و شیرآلات تشکیل می دهند، مهمترین بخش یک سیستم آبگرمکن خورشیدی، کلکتور و مخزن بوده و کار اصلی کلکتور جذب تابش خورشید و تبدیل آن به گرما و انتقال آن به سیال جاری داخل لوله و همچنین کار مخزن مربوط به ذخیره حرارت می باشد. ضمناً قابل ذکر است.

**کلمات کلیدی:** سیستم آبگرمکن خورشیدی - بهینه سازی مصرف سوخت - بازگشت سرمایه



## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
<b>فصل اول: کلیات تحقیق</b>	
۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- بیان مسئله	۲
۳-۱- اهمیت موضوع	۳
۴-۱- اهداف تحقیق	۴
۵-۱- فرضیه های تحقیق	۴
۶-۱- خلاصه پروژه	۵
۷-۱- پتانسیل انرژی خورشیدی در ایران	۵
شکل ۱-۱- پتانسیل تابش خورشیدی در ایران (سایت ساتبا)	۷
۸-۱- مقدار ثابت خورشیدی	۷
۹-۱- تابش در روی سطح زمین	۸
۱۰-۱- ایستگاه تقلیل فشار گاز (CGS)	۸
۱۱-۱- آبگرمکن خورشیدی	۸
۱-۱۱-۱- طرز کار آبگرمکن خورشیدی	۹
۲-۱۱-۱- ساختار یا ساختمان آب گرمکن خورشیدی	۹
۱۲-۱- انواع سیستم های آبگرمکن خورشیدی	۹
۱۳-۱- سیستم پیشنهادی برای کاربرد انرژی خورشیدی	۱۱
<b>فصل دوم: مروری بر ادبیات گذشته</b>	
۱-۲- مقدمه	۱۳
۲-۲- تاریخچه استفاده کلکتور خورشیدی	۱۳
۳-۲- بررسی مقالات	۱۵
<b>فصل سوم: روش شناسی تحقیق</b>	
۱-۳- مقدمه	۲۷
۲-۳- ایستگاه اندازه گیری و تقلیل فشار گاز	۲۷
۳-۳-۱- اسکرابر	۲۸
۴-۳-۳- فیلتر سیراتور	۳۰

۳۱	..... ۵-۳-۳- فیلتر گاز خشک
۳۲	..... ۶-۳-۳- گرم کن گازی (هیتر)
۳۳	..... ۷-۳-۳- بودار کننده (بای پس)
۳۵	..... ۸-۳-۳- بودار کننده (تزریقی)
۳۶	..... ۴-۳-۳- کلکتور های خورشیدی
۳۷	..... ۱-۴-۳- کلکتور های ساکن
۳۷	..... ۲-۴-۳- شار خورشیدی و آنالیز گردآورنده های تخت
۳۸	..... ۳-۴-۳- ساختار کلکتور مسطح
۴۱	..... ۵-۴-۳- مواد جداره شیشه ای
۴۲	..... ۶-۴-۳- صفحات جذب کننده کلکتور
۴۳	..... ۷-۴-۳- ساختار کلکتور مسطح
۴۴	..... ۸-۴-۳- معادلات اصلی کلکتور مسطح
۴۶	..... ۸-۴-۳- توزیع دما در کلکتورهای مسطح
۴۸	..... ۹-۴-۳- ضریب تلفات گرمای کلی کلکتور
۴۹	..... ۱۰-۴-۳- توزیع دمایی بین لوله ها و فاکتور بازدهی کلکتور
۶۳	..... ۵-۳-۵- مخازن ذخیره سازی
۶۴	..... ۶-۳-۶- مکانیزم عایق بندی آبگرمکن خورشیدی
۶۵	..... ۶-۳-۶- اصول طراحی سیستم
۷۱	..... ۷-۳-۷- نرم افزار تی سول T*SOL
۷۱	..... ۱-۷-۳- منطقه مورد مطالعه شهر اهواز

#### فصل چهارم: نتایج و بحث و بررسی

۹۴	..... ۱-۴-۱- کلکتورهای صفحه تخت (مسطح)
۹۷	..... ۲-۴-۲- مطالعه تکنولوژی - اقتصادی در سیستم آبگرمکن خورشیدی
۹۹	..... ۳-۴-۳- مقایسه نتایج هزینه های پرداختی و بازگشت سرمایه توسط آبگرمکن خورشیدی
۹۹	..... ۱-۳-۴- آلاینده‌گی
۱۰۲	..... ۲-۳-۴- محاسبات گازی
۱۰۴	..... ۴-۴-۴- تابع هدف و قیود مساله
۱۰۴	..... ۱-۴-۴- تابع هدف هزینه خالص فعلی

۴-۴-۲- محاسبه زمان بازگشت سرمایه ..... ۱۰۷

## فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری

۵-۱- نتیجه گیری ..... ۱۰۹

منابع و مأخذ ..... ۱۱۱

## فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۳- کلکتور های انرژی خورشیدی [۱۳].....	۳۷
جدول ۱-۴- حجم، تعداد کلکتور و هزینه کلکتور استفاده شده .....	۹۸
جدول ۲-۴- مطالعات تانک های قابل استفاده به لحاظ اقتصادی .....	۹۸
جدول ۳-۴- تولید گاز دی اکسید کربن در سولار فراكشن ۷۰٪.....	۱۰۲
جدول ۴-۴- سولار فراكشن ۷۰٪ به لحاظ صرفه جویی در مصرف گاز .....	۱۰۴
جدول ۴-۵- محاسبات هزینه ها و بازگشت سرمایه ای که در قبال استفاده از انرژی خورشیدی	
سولار فراكشن ۷۰٪.....	۱۰۷

## فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- پتانسیل تابش خورشیدی در ایران (سایت ساتبا).....	۷
شکل ۲-۱- طرح پیشنهادی برای کاربرد انرژی خورشیدی در ایستگاه CGS.....	۱۱
شکل ۱-۳- اسکرابر در ایستگاه تقلیل فشار (www.nigc.ir).....	۲۹
شکل ۲-۳- فیلتر سیراتور (www.nigc.ir).....	۳۰
شکل ۳-۳- فیلتر گاز خشک (www.nigc.ir).....	۳۱
شکل ۳-۴- گرم کن گازی (هیتر) (www.nigc.ir).....	۳۲
شکل ۳-۵- نمایی از یک هیتر خطی رایج در ایستگاه های CGS.....	۳۳
شکل ۳-۶- بودار کننده (بای پس) (www.nigc.ir).....	۳۴
شکل ۳-۷- بودار کننده (تزریقی) (www.nigc.ir).....	۳۵
شکل ۳-۸- انواع مختلف آرایش های جذب کننده کلکتور خورشیدی صفحه تخت برای آب و هوا [۱۳].....	۴۰
شکل ۳-۹- کلکتورهای پانلی پلاستیکی [۱۳].....	۴۱
شکل ۳-۱۰- لوله و صفحه کلکتور خورشیدی [۱۳].....	۴۶
شکل ۳-۱۱- توزیع دما بر روی صفحه جذب کننده [۱۳].....	۴۷
شکل ۳-۱۲- شبکه حرارتی برای یک کلکتور مسطح با دو پوشش (a) به صورت مقاومت هدایت، جابجایی و مقاومت تابشی (b) به صورت مقاومت بین صفحات [۱۳].....	۴۸
شکل ۳-۱۳- شبکه معادل حرارتی کلکتور مسطح [۱۳].....	۴۹
شکل ۳-۱۲- ابعاد صفحه و لوله [۱۳].....	۵۰
شکل ۳-۱۳- بالانس انرژی المان پره [۱۳].....	۵۰
شکل ۳-۱۳- بازدهی پره برای کلکتور خورشیدی لوله و صفحه [۱۳].....	۵۳
شکل ۳-۱۷- عدد ناسلت بعنوان تابعی از عدد ریلیبرای انتقال حرارت جابجایی آزاد بین صفحات تخت موازی در شیب های گوناگون [۱۳].....	۵۷
شکل ۳-۱۸- ضریب های تصحیح ویژگی هوا F1 و F2 برای استفاده با شکل [۱۳].....	۵۷
شکل ۳-۱۹- دمای پوشش و اتلاف گرمایی به بالا برای کلکتورهای مسطح [۱۳].....	۵۹
شکل ۳-۲۰- ضریب اتلاف از بالا برای شیب ۴۵ درجه و فاصله صفحات ۲۵ mm [۱۳].....	۵۹
شکل ۳-۲۱- ضریب اتلاف از بالا برای شیب ۴۵ درجه و فاصله صفحات ۲۵ mm [۱۳].....	۶۰

- شکل ۳-۲۲- ضریب اتلاف از بالا برای شیب ۴۵ درجه و فاصله صفحات ۲۵ mm [۱۳] ۶۱
- شکل ۳-۲۳- تغییرات معمول ضریب تلفات از بالا با تغییر فاصله صفحات [۱۳] ..... ۶۱
- شکل ۳-۲۴- وابستگی ضریب تلفات از بالا بر حسب شیب [۱۳] ..... ۶۲
- شکل ۳-۲۵- شماتیک ایستگاه های تقلیل فشار گاز دروازه شهری ..... ۶۶
- شکل ۳-۲۷- طرح پیشنهادی برای کاربرد انرژی خورشیدی در ایستگاه های CGS [۱۲] .. ۶۸
- شکل ۳-۲۸- تعیین اندازه مخازن و گرمای کمکی برای طراحی را انتخاب شده ..... ۷۲
- شکل ۳-۲۹- نمودار مربوط به نتایج محاسبات ..... ۷۲
- شکل ۳-۳۰- نمودار نتایج بر اساس حجم مخازن ..... ۷۳
- شکل ۳-۳۱- نمودار مربوط به میزان انرژی دریافتی از انرژی حرارتی خورشیدی ..... ۷۳
- شکل ۳-۳۳- میزان انرژی که توسط گرمای کمکی دریافت می گردد ۵۳۵ کیلووات ساعت در ماه خرداد(ژوئن) میباشد ..... ۷۴
- شکل ۳-۳۴- نمودار مربوط به میزان انرژی دریافتی از انرژی حرارتی خورشیدی ..... ۷۵
- شکل ۳-۳۶- میزان انرژی که توسط انرژی کمکی دریافت میشود ۱۰۵۰ کیلووات ساعت در طی ماه دی(ژانویه) میباشد ..... ۷۵
- شکل ۳-۳۷- تعیین اندازه مخازن و گرمای کمکی برای طراحی را انتخاب میکنیم ..... ۷۶
- شکل ۳-۳۸- نمودار مربوط به نتایج محاسبات ..... ۷۶
- شکل ۳-۳۹- نتایج بر اساس حجم مخازن ..... ۷۷
- شکل ۳-۴۰- نمودار مربوط به میزان انرژی دریافتی از انرژی حرارتی خورشیدی ..... ۷۷
- شکل ۳-۴۲- میزان انرژی که توسط انرژی کمکی دریافت میشود ۲۶۲ کیلووات ساعت در طی ماه خرداد(ژوئن) میباشد ..... ۷۸
- شکل ۳-۴۳- نمودار مربوط به میزان انرژی دریافتی از انرژی حرارتی خورشیدی ..... ۷۸
- شکل ۳-۴۵- میزان انرژی که توسط انرژی کمکی دریافت میشود ۲۰۵۹ کیلووات ساعت در طی ماه دی(ژانویه) میباشد ..... ۷۹
- شکل ۳-۴۶- تعیین اندازه مخازن و گرمای کمکی برای طراحی را انتخاب میکنیم ..... ۸۰
- شکل ۳-۴۷- نمودار مربوط به نتایج محاسبات ..... ۸۱
- شکل ۳-۴۸- نتایج بر اساس حجم های مخازن ..... ۸۲
- شکل ۳-۴۹- نمودار مربوط به میزان انرژی دریافتی از انرژی حرارتی خورشیدی ..... ۸۲

- شکل ۳-۵۱- میزان انرژی که توسط انرژی کمکی دریافت میشود ۳۷۶ کیلووات ساعت در طی ماه خرداد (ژوئن) میباشد. .... ۸۳
- شکل ۳-۵۲- نمودار مربوط به میزان انرژی دریافتی از انرژی حرارتی خورشیدی..... ۸۴
- شکل ۳-۵۴- میزان انرژی که توسط انرژی کمکی دریافت میشود ۳۰۶۷ کیلووات ساعت در طی ماه دی (ژانویه) میباشد. .... ۸۴
- شکل ۳-۵۵- تعیین اندازه مخازن و گرمای کمکی برای طراحی را انتخاب میکنیم. .... ۸۵
- شکل ۳-۵۶- نمودار مربوط به نتایج محاسبات ..... ۸۵
- شکل ۳-۵۷- نتایج بر اساس حجم های مخازن ..... ۸۶
- شکل ۳-۵۸- نمودار مربوط به میزان انرژی دریافتی از انرژی حرارتی خورشیدی..... ۸۷
- شکل ۳-۶۰- میزان انرژی دریافتی از گرمای کمکی در ماه خرداد (ژوئن) ۴۲۴ کیلووات ساعت است. .... ۸۷
- شکل ۳-۶۱- نمودار مربوط به میزان انرژی دریافتی از انرژی حرارتی خورشیدی..... ۸۸
- شکل ۳-۶۳- میزان انرژی دریافتی از گرمای کمکی در ماه دی (ژانویه) ۴۰۳۹ کیلووات ساعت است. .... ۸۸
- شکل ۳-۶۴- تعیین اندازه مخازن و گرمای کمکی برای طراحی را انتخاب میکنیم. .... ۸۹
- شکل ۳-۶۵- نمودار مربوط به نتایج محاسبات ..... ۸۹
- شکل ۳-۶۶- نتایج بر اساس حجم های مخازن ..... ۹۰
- شکل ۳-۶۷- نمودار مربوط به میزان انرژی دریافتی از انرژی حرارتی خورشیدی..... ۹۱
- شکل ۳-۶۹- میزان انرژی دریافتی از گرمای کمکی در ماه خرداد (ژوئن) ۵۳۵ کیلووات ساعت است ..... ۹۱
- شکل ۳-۷۰- نمودار مربوط به میزان انرژی دریافتی از انرژی حرارتی خورشیدی..... ۹۲
- شکل ۳-۷۲- میزان انرژی دریافتی از گرمای کمکی در ماه دی (ژانویه) ۵۰۸۲ کیلووات ساعت است. .... ۹۲
- شکل ۴-۱- کلکتور صفحه تخت (الف) نمای تجسمی از یک کلکتور صفحه تخت (ب) عکس یک برش از یک کلکتور صفحه تخت با لوله های قائم و زهکشی [۱۳] ..... ۹۵
- شکل ۴-۳- نمایی از جزئیات جذب کننده کلکتور صفحه تخت [۱۳] ..... ۹۶
- شکل ۴-۴- تولید دی اکسید کربن در حجم ۱۰۰۰ لیتر در طی یکسال ..... ۱۰۰
- شکل ۴-۵- تولید دی اکسید کربن در حجم ۲۰۰۰ لیتر در طی یکسال ..... ۱۰۰

- شکل ۴-۶- تولید دی اکسید کربن در حجم ۳۰۰۰ لیتر در طی یکسال..... ۱۰۱
- شکل ۴-۷- تولید دی اکسید کربن در حجم ۴۰۰۰ لیتر در طی یکسال..... ۱۰۱
- شکل ۴-۸- تولید دی اکسید کربن در حجم ۵۰۰۰ لیتر در طی یکسال..... ۱۰۱
- شکل ۴-۹- ذخیره گاز طبیعی در حجم ۱۰۰۰ لیتر در طی یکسال..... ۱۰۲
- شکل ۴-۱۰- ذخیره گاز طبیعی در حجم ۲۰۰۰ لیتر در طی یکسال..... ۱۰۳
- شکل ۴-۱۱- ذخیره گاز طبیعی در حجم ۳۰۰۰ لیتر در طی یکسال..... ۱۰۳
- شکل ۴-۱۲- ذخیره گاز طبیعی در حجم ۴۰۰۰ لیتر در طی یکسال..... ۱۰۳
- شکل ۴-۱۳- ذخیره گاز طبیعی در حجم ۵۰۰۰ لیتر در طی یکسال..... ۱۰۴



## **فصل اول:**

### **کلیات تحقیق**

## ۱-۱- مقدمه

امروزه جهان و بخصوص صنعت گرایش قابل توجهی به سمت انرژی های نوآورده است. دلایل اصلی این امر آنست که اولاً ذخایر عظیم سوخت های فسیلی که در طول قرون متمادی در لایه های زیرین زمین انباشته شده اند، بدلیل مصرف بی رویه بشر رو به زوال است، ثانیاً به دلیل مشکلات بسیار زیاد موجود بر سر راه پالایش و استخراج مواد قیمت تمام شده این نوع سوخت ها برای مصرف کننده بسیار بالا است و بعنوان دلیل سوم میتوان به پیامدهای بسیار زیان بار حاصل از احتراق این سوخت ها بر روی محیط زیست اشاره کرد. از این رو است که امروزه بکارگیری انرژی های نو در کانون توجه مهندسين طراح در بخش صنعت قرار گرفته است. انرژی خورشیدی نیز زیر مجموعه ای از خانواده انرژی های نو میباشد و مطالعات بسیار گسترده ای بر روی پتانسیل استفاده از آن در نقاط مختلف جهان و سیستم های بهینه برای بکارگیری این نوع انرژی صورت پذیرفته است تا بتوان در حد امکان مصرف سوخت های فسیلی کاهش داد. در این پایان نامه پیشنهاد استفاده از انرژی خورشیدی در ایستگاه های تقلیل فشار گاز دروازه شهری (CGS) با مصرف انرژی بالا ارائه گردیده و طرح ارائه شده مورد تحلیل اقتصادی قرار میگیرد.

## ۱-۲- بیان مسئله

به دنبال بحران نفت در دهه هفتاد میلادی و افزایش قیمت سوخت های فسیلی، استفاده از انرژی های تجدیدپذیر رونق گرفت. به دنبال کشف مشکلات و موارد زیست محیطی پدیده گرمایش جهانی و تغییرات آب و هوایی، مسأله حفاظت از محیط زیست و تامین انرژی پایدار و پاک جوامع حائز اهمیت است. به کارگیری انرژی های نو و تجدیدپذیر به ویژه انرژی خورشید، این منبع لایزال الهی به دلیل دریافت آسان تر و در دسترس بودن آن، در طی سال های اخیر بیش تر مورد توجه دانشمندان و دانشجویان مرتبط با رشته های انرژی قرار گرفته است. روش های گوناگونی برای استفاده از این انرژی پاک و لایزال الهی وجود دارد، اما گرم کردن

آب با استفاده از آبگرمکن‌های خورشیدی، شاید از آسان‌ترین و اقتصادی‌ترین روش‌های موجود باشد.

کشور ایران یکی از بزرگترین دارندگان ذخایر نفت و گاز (بویژه گاز) بوده و همچنین از نظر وجود ذخایر گازی در سطح جهانی دارای رتبه دوم می‌باشد. گاز پس از استخراج از چاه‌های تولید و سپس بعد از عملیات تصفیه سازی از پالایشگاه به مناطق مربوطه توسط خطوط انتقال می‌آید در شبکه اصلی، فشار گاز در حدود  $1000 \text{ Psi}$  است که به دلیل بالا بودن فشار نمیتوان آنرا بطور مستقیم عرضه نمود. گاز در طی فرآیند کاهش فشار توسط شیر فشار انبساط دچار افت دما شده حال اگر میزان کاهش دما، از دمای هیدراته شدن گاز بیشتر باشد، در این خطوط موجب معیان و حتی یخ زدگی رخ می‌دهد و برای جلوگیری از وقوع چنین اتفاقی دمای گاز قبل از کاهش فشار در ایستگاه باید افزایش یابد. اما افزایش دما بوسیله هیتر باعث افزایش مصرف سوخت و همچنین افزایش آلایندگی‌ها و مسایل زیست محیطی رادر پی دارد.

یکی از تمهیدات ارائه شده در سال‌های اخیر استفاده از انرژی تجدید پذیر از جمله انرژی خورشیدی به منظور کاهش مصرف از انرژی‌های فسیلی و همچنین کنترل انتشار آلایندگی‌ها با استقبال فراوانی روبه رو شده است. هدف از این مطالعه کاربرد آبگرمکن خورشید برای افزایش دمای لوله‌های خطوط انتقال گاز که به دلیل افت فشار کاهش یافته، را جبران کند. پس مناسب سازی حجم کنترل مخزن و طراحی مناسب سطح کلکتور مطابق با مناطق مورد مطالعه و تعداد کلکتور قابل استفاده و نوع کلکتوری که بلحاظ اقتصادی مقرون به صرفه و دارای راندمان قابل توجهی باشد. همچنین با طراحی و بهینه سازی محصول فرآیند ورود ارزیابی شامل تست کامل محصول می‌باشد انجام آزمایشات در واقع به دلیل طولانی بودن زمان مقرون به صرفه نیست و استفاده از نرم افزار  $T^*Sol$  بعنوان شبیه سازی فرآیند میتواند پیشنهاد داد.

### ۱-۳- اهمیت موضوع

با توجه به اهمیت استفاده از منابع انرژی‌های تجدید پذیر در تامین انرژی استفاده از این منابع به سرعت در حال افزایش است همچنین بواسطه انتشار آلایندگی‌های حاصل از عمل احتراق، افزایش دی اکسید کربن و پسماند‌های آن در اتمسفر از جمله افزایش دمای زمین، تغییرات آب و هوا، بالا آمدن سطح دریاها و همچنین غیر قابل تجدید پذیر بودن سوخت‌های فسیلی ضرورت استفاده از انرژی حرارتی و گرمایشی خورشید میتواند کمکی برای تامین نیروی لازم باشد.

## ۴-۱- اهداف تحقیق

طبق بررسی های انجام شده استفاده از انرژی حرارتی خورشیدی مناسب ترین طرح در خصوص کاهش مصرف گاز گرمکن ایستگاه تقلیل فشار گاز میباشد. همچنین استفاده همزمان از انرژی خورشیدی و گرمکن گازی جهت گرم کردن گاز عبوری میباشد باطراحی چنین سیستمی علاوه بر استفاده از ظرفیت انرژی خورشیدی در کاهش گاز مصرفی میتوان از قابلیت بالای سیستم و انجام صحیح فرآیند کاهش فشار، بدون ایجاد یخ زدگی نیز اطمینان داشت سیستم خورشیدی طراحی شده برای کمک به کاهش مصرف گاز طبیعی در گرمکن ایستگاه CGS نقش تعیین کننده را تعداد کلکتور، حجم مخزن و طراحی مناسب سطح کلکتور از لحاظ فنی و اقتصادی مورد بررسی قرار میدهد. که در نهایت برای تعیین هزینه کلکتور بهینه، حجم مخزن و همچنین ارزش فعلی هزینه مصرف گاز را مقایسه میکند.

با توجه به آنالیز اقتصادی بر اساس پارامترهای تولید حرارت توسط آبگرمکن خورشیدی و نیز تاثیرات بالای زیست محیطی آن، الگوی پیشنهادی مطرح شده را میتوان برای کلیه مناطق صنعتی و مصارف خانگی پیشنهاد شود.

استفاده از آبگرمکن خورشیدی علاوه بر صرفه جویی در مصرف گاز و همچنین کاهش مصرف آلاینده مزایای دیگری هم دارند:

۱. این سیستم تقریباً در هر اقلیمی قابل استفاده است.
۲. یک منبع انرژی مستقل است و انرژی مورد نیاز آن به راحتی در دسترس است
۳. پس از خرید و نصب هزینه تامین سوخت ندارد
۴. مطالعه عملکرد حرارتی و مطالعه اقتصادی و مزایای زیست محیطی
۵. تعمیر و نگه داری آسان است
۶. هزینه تعمیرات و نگه داری پایین است
۷. دارای عمر مفید طولانی است.

## ۵-۱- فرضیه های تحقیق

- منطقه مورد مطالعه ایستگاه تقلیل فشار گاز CGS شهر سفید اهواز در نظر گرفته شده است.
- در این پایان نامه کلکتور صفحه تخت در نظر گرفته شده است.
- پرتوهای تابش بصورت موازی در نظر گرفته شده است.

- از عوامل محیطی صرف نظر شده است.
- فرض بر اینست مقدار گازی که در این سیستم توسط آبگرمکن خورشیدی صرفه جویی شده بعنوان گاز صادراتی در نظر گرفته و میتوان از انتشار مازاد دی اکسید کربن به اتمسفر جلوگیری کرد.

## ۱-۶- خلاصه پروژه

ابتدا تحقیقات گذشته درحوزه کاربرد انرژی خورشیدی در این نوع فرآیند ها مورد بررسی قرار میگیرد در مرحله بعد فرآیند تقلیل فشار گاز و مصارف انرژی فرآیند مورد بررسی و تعیین میگردد در مرحله بعد آبگرمکن خورشیدی برای تامین حرارت مورد نیاز فرآیند طراحی میگردد در مرحله بعدی سیستم مورد نظر سناریوهای مختلفی در نظر گرفته میشود در نهایت با توجه به شرایط فنی و اقتصادی راهکار مناسب ارائه میگردد سپس گزارش نهایی و مقاله استخراج میشود.

## ۱-۷- پتانسیل انرژی خورشیدی در ایران

خورشید یکی از ستارگان کهکشان راه شیری و تنها ستاره سامانه خورشیدی است که در مرکز آن جای دارد. خورشید یک گُرهِ کامل است که از پلاسمای داغ ساخته شده است و در میانه آن میدان مغناطیسی برقرار است. [۱-۲] این ستاره که قطری نزدیک به ۱,۳۹۲,۰۰۰ کیلومتر دارد سرچشمه اصلی نور، انرژی، گرما و زندگی بر روی زمین است. قطر خورشید نزدیک به ۱۰۹ برابر قطر زمین و جرم آن ۳۳۰ هزار برابر جرم زمین برابر با  $2 \times 10^{30}$  کیلوگرم است. این مقدار  $99/86\%$  کل جرم سامانه خورشیدی است. [۳]

از نظر شیمیایی سه-چهارم جرم خورشید را هیدروژن و باقی مانده آن را بیشتر هلیوم می سازد. پس از هیدروژن و هلیوم، عنصرهای سنگین از سازندگان دیگر خورشید عبارتند از: اکسیژن، کربن، نئون و آهن و... این عنصرها، سازنده ۱,۶۹٪ از جرم خورشید اند که این مقدار خود ۵,۶۲۸ برابر جرم زمین است. [۴]

فاصله متوسط خورشید از زمین نزدیک به ۱۴۹,۶ میلیون کیلومتر است (یک واحد نجومی) است البته این فاصله در هنگامه های گوناگون حرکت زمین به گرد خورشید (در نقطه های اوج و حضیض) در ماه های ژانویه تا ژوئیه فرق می کند. همواره نخستین منبع انرژی در زمین، نور خورشید بوده است. ثابت خورشید مقدار توانی است که خورشید در یکای سطح، در زمین آزاد می کند که ارتباط مستقیم با نور سفید دریافتی از خورشید دارد. ثابت خورشید در

فاصله یک واحد نجومی از خورشید (برابر با فاصله‌ای که زمین یا نزدیکی آن تا خورشید دارد) تقریباً برابر با  $1,496 \times 10^8$  m است. نور خورشید با گذر از جو زمین ضعیف تر می‌شود و توان کمتری را به سطح می‌رساند. در شرایطی که آسمان شفاف، و خورشید نزدیک سرسو باشد، توانی نزدیک به ۱۰۰۰ وات بر مترمربع بدست می‌آید.

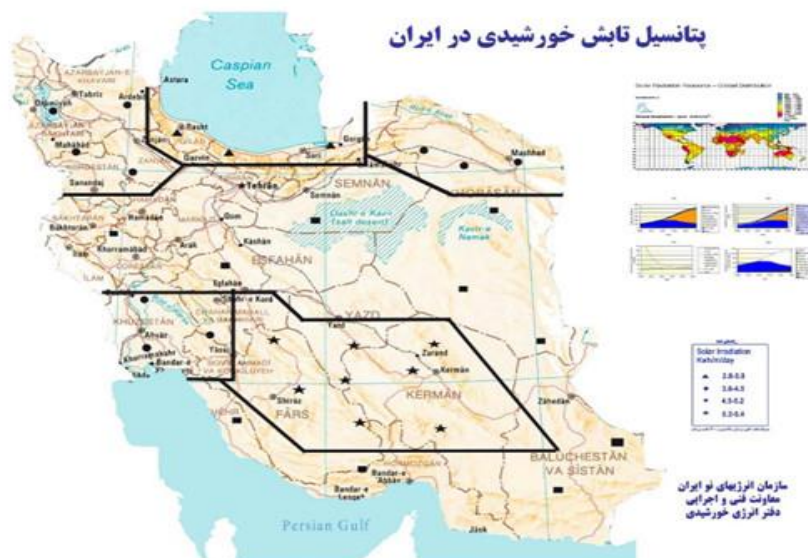
نور خورشید را می‌توان با کمک فرایندهای طبیعی و ساخت انسان مهار کرد. فرایند نورساخت در اندام‌های گیاهان انرژی نور خورشید را جذب می‌کند و آن را به صورت شیمیایی اکسیژن و ترکیب‌های کاهش یافته کربن آزاد می‌کند. همچنین انرژی انبار شده در نفت خام و سوخت‌های سنگواره‌ای، خود غیر مستقیم به انرژی خورشید و فرایند نورساخت وابسته است. علاوه بر روش‌های طبیعی با کمک ابزارهای ساخت انسان هم می‌توان یا مستقیم از گرمای خورشید بهره برد یا با کمک آبگرمکن خورشیدی، نور خورشید را به انرژی گرمایی دگرگون کرد. [۵]

اطلاعات درست درباره تابش خورشید نخستین و مهمترین نیاز در طراحی کاربرد انرژی حرارتی خورشید است بنابراین برای تعیین میانگن واقعی انرژی دریافتی از خورشید بر هر سطح باید از سنجش دقیق تابش خورشید در بازه زمانی طولانی مدت استفاده کرد متأسفانه ایستگاه‌های سنجش تابش خورشیدی در بسیاری از مناطق وجود ندارد و در برخی از تابش سنجی‌های موجود هم خطای اندازه‌گیری وجود دارد و از دقت کافی برخوردار نیست بنابراین برآورد میزان انرژی دریافتی در هر منطقه با استفاده از داده‌ها و بکار بردن مدلی که بهترین نتیجه را در برداشته امری بسیار ضروری می‌باشد مطالعه وسیع و قابل توجه درباره تعیین انرژی خورشید بصورت جدی مطرح و در اقصی نقاط جهان مدل‌های مناسبی با توجه به شرایط جغرافیایی و اقلیمی مناطق مختلف ارائه گردیده است تفاوت عرض جغرافیایی زیاد در کشور ما عامل مهمی در تغییرات میزان دریافت انرژی تابشی خورشید را بین شمال و جنوب کشور موجب می‌شود تا با مدلسازی مناسب به منظور برآورد میانگین ماهانه انرژی خورشیدی که روزانه در سطح افقی دریافت می‌شود برای مناطق مختلف کشور و در نتیجه استفاده صحیح و کارآمد نقش مهمی در تامین انرژی مورد نیاز کشور و حداقل مصرف انرژی‌های فسیلی و همچنین آلودگی زیست محیطی ایفا خواهد شد.

کشور ایران به لحاظ میزان دریافت انرژی خورشیدی و متوسط ساعت آفتابی سالانه بیش از ۲۹۰۰ ساعت، یکی از کشورهای مناسب جهان می‌باشد و انرژی خورشیدی در آینده سهم قابل توجهی از انرژی مصرفی کشور را به خود اختصاص خواهد داد. توسعه کاربرد

انرژی خورشید در کشور و مخصوصاً توسعه احداث نیروگاه های خورشیدی بدون پتانسیل سنجی تابش خورشیدی و شناسایی دقیق مناطق با پتانسیل تابش مناسب واستخراج داده های معتبر میتوان میزان توزیع این انرژی را در استانهای مختلف کشور مورد مطالعه قرار دهد. از اینرو تهیه نقشه های تابش خورشیدی کشور و شناسایی مناطق با تابش مناسب، اطلاعات مورد نیاز جهت تصمیم سازی بخش دولتی از یک سو و همچنین داد های مورد نیاز مطالعات فنی و اقتصادی سرمایه گذاران را از سوی دیگر و در نتیجه امکان توسعه این صنعت را فراهم می آورد. (سایت ساتبا)

در ایران سازمان بهینه سازی سوخت کشور در شهرها و روستاهایی که دارای شرایط اقلیمی مناسب برای نصب آبگرمکن خورشیدی هستند استفاده از این پروژه را در دست اقدام دارد.



شکل ۱-۱- پتانسیل تابش خورشیدی در ایران (سایت ساتبا)

## ۸-۱- مقدار ثابت خورشیدی

مقدار تابش خورشیدی دریافتی توسط یک سیاره، به فاصله ی آن از خورشید بستگی دارد. فاصله ی زمین از خورشید  $149.6 \times 10^6 \pm 1\%$  km است. شار انرژی تابشی دریافتی زمین در خارج از جو زمین به ازای یک متر مربع در جهت عمود بر جهت تابش، ثابت خورشیدی نام دارد. این پارامتر با توجه به فاصله ی تقریباً ثابت زمین از خورشید و وجود خلأ در مسیر پرتوها تا رسیدن به جو، مقداری ثابت و برابر  $1376 \text{ W/m}^2$  است. این مقدار توسط اندازه گیری های واقعی به دست آمده است. [۶]

## ۹-۱- تابش در روی سطح زمین

نور خورشید پس از عبور از حدود ۱۵۰ میلیون کیلومتر و گذشتن از لایه های متعدد جو زمین و (ابر، آلودگی، خاک و دیگر ذرات) حدود نیمی از انرژی خود را به جذب زمین و اقیانوسها میرساند و نیمی دیگر دوباره به فضا منعکس و برگردانده می شود. انرژی ای که در اقیانوسها، سطح زمین و گیاهان جذب شده در اقیانوس ها تولید گرما و جریان آب، در هوا حرکت باد ایجاد می کند. در سطح زمین، حاصل این فرایند گرمایی عمل فتوسنتز گیاهان است. منبع انرژی خورشید در هسته ی آن است، جایی که هیدروژن با واکنش های گرما هسته ای به هلیوم تبدیل می شود. این انرژی به دو صورت نور و گرما به زمین می رسد. بنا به گفته وزارت نیروی ایالات متحده امریکا در هر ساعت، انرژی نور خورشیدی به اندازه تامین کل نیاز انرژی دنیا به مدت یکسال می -باشد.

مقدار انرژی سالانه ای که از خورشید به زمین می رسد،  $1.8 \times 10^{14}$  ژول است.

$$1.8 \times 10^{14} \text{ ژول} / \text{سال} \div 365 \text{ روز} / \text{سال} = 1.8 \times 10^{16} \text{ ژول} / \text{روز}.$$

$$1.8 \times 10^{16} \text{ ژول} / \text{روز} \div 24 \text{ ساعت} / \text{روز} = 1.8 \times 10^{14} \text{ ژول} / \text{ساعت}.$$

مقدار انرژی که سالانه توسط جمعیت کره زمین مصرف می -شود حدود  $3 \times 10^{14}$  ژول

است. [۷]

## ۱۰-۱- ایستگاه تقلیل فشار گاز (CGS)

امروزه صنایع گاز عمدتاً شامل استخراج، فرآوری، انتقال و مصرف می باشد. گاز طبیعی پس از استخراج توسط شبکه جمع آوری و به واحد تصفیه گاز هدایت می شود بعد از عملیات تصفیه، گاز شیرین به داخل شبکه های هدایت گاز تزریق میگردد و چنانچه لازم باشد گاز از مسیر طولانی عبور کند، فشار آن توسط کمپرسورهای مخصوص افزایش می یابد و در نزدیکی شهرها و مراکز صنعتی، مجدداً فشار گاز تا مقدار قابل توجهی کاهش داده میشود. این افت فشار گاز توسط ایستگاه های تقلیل فشار گاز شهری (CGS) صورت میگیرد. اهمیت این ایستگاه ها به دلیل نقش آن ها در تصفیه و تقلیل فشار گاز است. این ایستگاه ها معمولاً در خارج شهرها ساخته میشوند.

## ۱۱-۱- آبرمکن خورشیدی

انرژی خورشیدی عظیم ترین منبع انرژی در جهان می باشد. این انرژی پاک، ارزان و بی پایان بوده که در تمام مناطق کشورمان و جهان قابل مصرف می باشد. آبرمکن های



خورشیدی از طریق جذب انرژی خورشید توسط صفحات جذب (کلکتور) خود عمل می نمایند و راندمان گرمایشی آنها برحسب نوع کلکتور آنها متفاوت می باشد. آبگرم، در تمام ساعات شبانه روز یعنی در شبها و روزهای ابری، در مخزن دوجداره و عایق حرارتی که دمای آب را تا سه روز بدون تغییر حفظ می کند، نگهداری می شود. با استفاده از این سیستم می توان هزینه های مصرف گاز را به طور چشمگیری کاهش داد. همچنین هزینه های نگهداری و تعمیرات آب گرمکن های خورشیدی بسیار پائین و در حد صفر است زیرا هیچ قطعه متحرکی نداشته و طول عمر کارکرد سیستمها با کیفیت فنی تا بالای ۲۰ سال می رسد. باتوجه به ظرفیت بالقوه کشورمان از نظر انرژی خورشیدی و تعداد ساعات آفتابی بالایی که در بسیاری از نقاط کشور داریم، همچنین مشکلات زیست محیطی و هزینه بالای سوختهای فسیلی، لازم است تا از این فناوری روز دنیا بهره مند شویم.

### ۱-۱۱-۱ طرز کار آبگرمکن خورشیدی

ابتدا مخزن آب گرم با آب سرد پر می‌شود و آب داخل لوله‌های کلکتور، هنگامی که خورشید روی سطح کلکتور می‌تابد به تدریج گرم شده و به کندی به طرف مخزن از طرف بالا ذخیره می‌شود، آب سرد مخزن نیز از طریق لوله دیگر به طرف قسمت پایین گردآور جریان یافته تا زمانی که تابش خورشیدی برای گرم کردن آب کفایت کند، این عمل ادامه می‌یابد. [۸]

### ۱-۱۱-۲- ساختار یا ساختمان آب گرمکن خورشیدی

ساده‌ترین آب گرمکن خورشیدی از یک گردآور تخت (کلکتور) و یک مخزن ذخیره آب تشکیل شده است. شرایط لازم نصب این آب گرمکن آن است که قسمت فوقانی گرد آور پایین‌تر از قسمت تحتانی مخزن ذخیره قرار گیرد و حداقل انحراف کلکتور نسبت به سطح افق، در حدود ۲۰ درجه رو به جنوب انتخاب شود.

## ۱-۱۲- انواع سیستم های آبگرمکن خورشیدی

الف) آبگرمکن خورشیدی کم فشار (سیستمهای چرخش طبیعی - ترموسیفون)  
با آنکه چندین دهه از ساخت نخستین آبگرمکن خورشیدی ترموسیفون می گذرد، اما با این حال یکی از تکنولوژیهای برتر برای بکارگیری انرژی خورشید استفاده از این نوع آبگرمکن ها می باشد. کارایی بالا، سهولت ساخت، عدم حضور قطعات متحرک و عدم نیاز به نگهداری، باعث برتری آبگرمکنهای ترموسیفون نسبت به سایر آبگرمکن های خورشیدی شده است. در آبگرمکنهای خورشیدی چرخش طبیعی، مخزن ذخیره در ارتفاع مشخصی ( ۳۰ تا

۶۰ سانتیمتر) نسبت به بالاترین قسمت لوله های تحت خلا قرار داده می شود تا از چرخش معکوس سیال در ساعاتی که تابش خورشید وجود ندارد، جلوگیری شود.

در اوایل صبح، تابش خورشید باعث گرم شدن آب در لوله های تحت خلا می شود. آب گرم شده آن با جابجایی طبیعی بالا رفته، به مخزن ذخیره می رسد و آب سرد مخزن از پایین آن به داخل لوله های تحت خلا جاری می گردد. به این ترتیب چرخش طبیعی براساس قانون چگالی آبگرم و سرد در جایی که تابش خورشید به اندازه کافی باشد، به خودی خود برقرار می شود. آبگرم به سمت بالا می رود و آب سرد به سمت پایین، بنابراین آبگرم در مخزن بالای آبگرمکن ذخیره می شود و امکان برداشت آبگرم از آبگرمکن خورشیدی فراهم می شود. این سیستم بسیار ساده، کارا و قابل اطمینان بوده ولی در شرایط آب و هوایی سرد و دماهای زیر صفر درجه کارایی خوبی ندارد. با این وجود می بایست حتما در قسمت مرتفع قرار گیرد تا بتواند آبگرم را تامین نماید. حداقل ارتفاع مورد نیاز جهت تامین فشار آب از موقعیت مخزن آب تا مصرف کننده آب در این سیستم باید ۵ متر باشد. مشکل عمده این سیستم پدیده یخ زدگی در فصول سرد سال می باشد.

#### ب) آبگرمکن خورشیدی تحت فشار (جابجایی اجباری)

این سیستم مدار بسته می باشد و برای جابجایی سیال از پمپ استفاده می کنند. تفاوت اصلی این نوع سیستم با آبگرمکن ترموسیفون در این است که آب داخل لوله های تحت خلا در این حالت تحت فشار به گردش در می آید. بدلیل اینکه لوله های تحت خلا از جنس شیشه هستند و تحمل فشار آب را ندارند، از لوله های هیت پایپ مسی بعنوان ناقل حرارت استفاده شده است. سر لوله های هیت پایپ در داخل مخزن آب قرار دارد، لوله های هیت پایپ که در داخل لوله های تحت خلا قرار دارند، در اثر جذب انرژی خورشید گرم شده و گرمای خود را به آب درون مخزن آب منتقل می کنند.

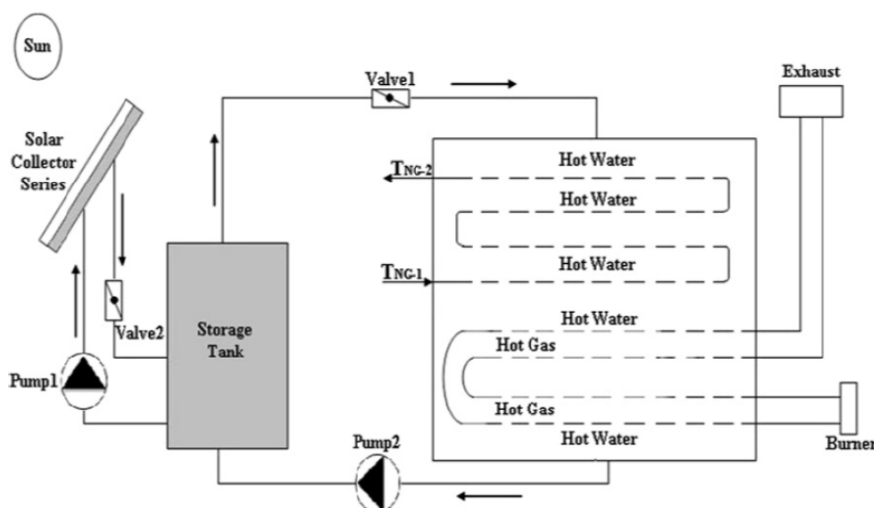
مزیت اصلی این سیستم این است که نیازی به اینکه آبگرمکن بر روی ارتفاع قرار گیرد، نیست. بعبارت دیگر برخلاف آبگرمکن های کم فشار که می بایست حتما بر روی ارتفاع قرار گیرند تا بتوانند فشار آبگرم لازم را تامین نمایند، وجود ندارد و می توان آبگرمکن را در موقعیت دلخواه و مناسب مثلا در فضای سر بسته سقف قرار گیرد. این نوع سیستمها نیز به دو دسته مخزن مجزا و یکپارچه تقسیم می شوند و می توان مخزن آبگرمکن را از کلکتورهای آبگرم جدا نمود. برای جلوگیری از یخ زدگی از ضد یخ استفاده می شود. این سیستم در مناطقی که اختلاف دمای زیادی را تجربه می کند، کارایی کمتری دارد.

ج) آبگرمکن خورشیدی برگشت ثقلی

سیستمهای برگشت ثقلی عموماً جزء سیستمهای غیرمستقیم گرمایش آب است که در آن آب در یک سیکل بسته حرارت خورشید را از کلکتور دریافت کرده و به وسیله یک مبدل حرارتی آب داخل مخزن را گرم می‌نماید. سیستم تا زمانی که انرژی خورشید به میزان کافی موجود باشد، کار می‌کند. در غیر اینصورت پمپ از کار افتاده و سیال داخل کلکتور در اثر نیروی گرانشی به داخل مخزن تخلیه می‌شود. این سیستم‌ها برای مناطقی که اختلاف دمای زیادی را تجربه می‌کنند بسیار مناسب است. سیستم برگشت ثقلی کلکتورهای SGP متناسب با شرایط کشور ایران طراحی شده و بدلیل عدم استفاده از ضد یخ، نسبت به سیستم‌های ترموسیفون و تحت فشار برتری فراوانی دارد. [۹]

### ۱-۱۳- سیستم پیشنهادی برای کاربرد انرژی خورشیدی

گردآورنده های خورشیدی شامل دودسته متمرکز کننده ها و گرد آورنده های تخت میباشند. اصولاً متمرکز کننده ها ساختمان پیچیده تری دارند و در دماهای بالا بسیار مورد استفاده قرار میگیرند و دارای قیمت بالایی می باشند. اما گردآورنده های تخت ساختمان ساده ای دارند، در دماهای پایین یعنی دماهایی در محدوده پایین تر از ۱۰۰ درجه سلسیوس مورد استفاده قرار میگیرند و همچنین از قیمت بسیار پایین تری نسبت به متمرکز کننده ها برخوردار هستند. با توجه به این مطلب و همچنین در نظر گرفتن دمای مورد نیاز ایستگاه های CGS، گرد آورنده مورد استفاده در این طراحی از نوع کلکتور صفحه تخت می باشد. شکل زیر شماتیک طرح پیشنهادی را برای کاربرد انرژی خورشیدی در ایستگاه مورد نظر نمایش میدهد.



شکل ۱-۲- طرح پیشنهادی برای کاربرد انرژی خورشیدی در ایستگاه CGS

## **فصل دوم:**

### **مروری بر ادبیات گذشته**

## ۲-۱- مقدمه

یکی از دلایل نگرانی های بشر محدود بودن منابع متداول انرژی است، که انرژی خورشیدی یکی از قدرتمندترین و همچنین سودمندترین منابع قابل دسترس می باشد، که با طراحی آبگرمکن خورشیدی و تولید آبگرم توسط انرژی حرارتی خورشید در طی بررسی های انجام شده بعلت افزایش قیمت سوخت های فسیلی و مقدار محدود این منابع مورد مطالعه قرار گرفته است.

با آنالیز عملکرد شبیه سازی و محاسبات ریاضی انجام شده در مطالعات مختلف پیشنهاد میشود کلکتور خورشیدی و مخازن ذخیره سازی دو جز اصلی پرکاربرد در این سیستم می باشد گزارش هایی با هدف بررسی کاربرد نانو سیالات و همچنین استفاده از تغییر مواد در کلکتور این سیستم انجام شده است، تکنیک های مختلف برای افزایش بازده حرارتی از قبیل کلکتور خورشیدی، مبدل حرارتی و همچنین مخازن ذخیره سازی می باشد که با اثر بخشی هزینه نیز مورد بررسی قرار گرفته است .

در شرایط آب و هوایی متفاوت بهبود طراحی و افزایش انتقال حرارت برای ایجاد کیفیت بهتر صفحات جاذب، ارتقاء مخازن ذخیره سازی در این مناطق مورد مطالعه بوده است اما مطالعات فنی برای اجرای پروژه کافی نمی باشد و مطالعات اقتصادی هم حائز اهمیت می باشد در این مقاله مطالعاتی اقتصادی در خصوص نرخ بهره، مدت بازپرداخت، ارزش فعلی و سود آن و همچنین ارزیابی آنالیز در مورد پیشرفت های اخیر برای روند کارایی بهتر امروزه میتوان از برخی نرم افزار های استفاده کرد.

## ۲-۲- تاریخچه استفاده کلکتور خورشیدی

ایده استفاده از کلکتورهای خورشیدی و به تسخیر درآوردن توان خورشید، به دوران پیش از تاریخ باز می گردد . یعنی زمانی که در سال ۲۱۲ قبل از میلاد دانشمند یونانی ارشمیدوس روشی برای به آتش کشیدن کشتی های رومی ها ابداع کرد باید به این نکته اشاره نمود که اولین کاربرد از انرژی خورشیدی به استفاده از آن در کلکتورهای متمرکز کننده بر می گردد .

در طول قرن هجدهم میلادی، صنعتگران با استفاده از کوره های خورشیدی که قابلیت ذوب آهن، مس و دیگر فلزات را داشتند به ساخت آهن روکش شده، لنز شیشه ای و آینه روی آوردند. این کوره ها در سراسر اروپا و خاورمیانه استفاده می شدند. یکی از این کوره ها توسط دانشمند فرانسوی بنام لاوژییر طراحی شد که قابلیت رسیدن به دمای ۱۷۵۰ درجه سانتی گراد را داشت. این کوره از یک عدسی اولیه به قطر ۱/۳۲ متر و یک عدسی ثانویه به قطر ۲۰ سانتی متر استفاده می کرد، تا ماکسیمم دمایی که بشر تا صد سال پس از آن به بیشتر از آن دست نیافت را تولید کند.

در طی قرن ۱۹ میلادی تلاش هایی صورت گرفت تا انرژی خورشیدی را به دیگر اشکال از جمله بخار فشار پایین برای استفاده در موتورهای بخار تبدیل کنند. آگوست مونچوت از جمله پیشگامان در تولید و استفاده از بخار تولیدی توسط توان خورشیدی بین سال های ۱۸۶۴ تا ۱۸۷۸ بود. در سال ۱۸۷۵ مونچوت نوآوری قابل توجهی در ساخت کلکتورهای خورشیدی انجام داد. نوآوری او در ساخت فرم مخلوط ناقص بازتابنده بود. کلکتورهای مونچوت شامل صفحه فلزی نقره ای بودند که قطری برابر با ۵/۴ متر داشتند و سطح جمع آوری کننده آن ها ۱۸/۶ متر مربع بود همچنین وزن قسمت متحرک برابر با ۱۴۰۰ کیلوگرم بود. در طی ۵۰ سال اخیر طراحی ها و ساختارهای مختلفی با استفاده از کلکتورهای متمرکز کننده برای انتقال حرارت به سیال کاری که توان مورد نیاز برای به حرکت در آوردن وسایل مکانیکی را فراهم می کنند، صورت گرفته است. دو تکنولوژی خورشیدی ابتدایی که معمولاً استفاده شدند شامل: دریافت کننده های مرکزی و دریافت کننده های پخشی می باشند. سیستم های دریافت کننده های مرکزی از چرخ آینه ای (دو محوره تعقیب کننده) استفاده می نمایند تا انرژی تابشی خورشید را بر روی یک دریافت کننده single tower-mounted متمرکز کند تکنولوژی دریافت کننده های پخشی، شامل بشقاب های سهموی، عدسی های فرنسل، ظرف های سهموی و کاسه های مخصوص هستند.

بشقاب های سهموی، خورشید را در دو محور با استفاده از آینه هایشان تعقیب می کنند تا انرژی تشعشعی را بر روی یک دریافت کننده نقطه ای متمرکز کنند. کمبود آب همیشه یکی از مشکلات بشر بوده است. بنابراین در میان کوشش های اولیه برای به تسخیر درآوردن انرژی خورشیدی، تلاش هایی در راستای توسعه تجهیزات مناسب برای شیرین سازی آب دریا انجام شده است. شیرین سازی آب توسط خورشید در عمل برای مدت های طولانی انجام شده است. اولین کار مکتوب شده در این زمینه را در قرن ۱۵ انجام داده اند که توسط مونچوت در سال

۱۸۶۹ گزارش شد. موجوت گزارش کرد که کیمیاگر عرب از آینه های صیقل داده شده سوریه ای برای شیرین سازی خورشیدی استفاده نموده است.

شیمیدان بزرگ فرانسوی، لاوازیه ( ۱۸۶۲ ) از عدسی های شیشه ای بزرگی که بطور استادانه ای بر روی پایه ها قرار گرفته بودند، برای متمرکز کردن انرژی خورشیدی بر روی فلاسک شیرین سازی استفاده نموده است. همچنین استفاده از منعکس کننده های شیشه ای پوشیده شده با آلومینیوم و نقره برای متمرکز کردن انرژی خورشیدی برای شیرین سازی توسط موجوت توصیف شده است. استفاده از متمرکز کننده ها در شیرین سازی خورشیدی توسط پاستیور (۱۹۲۸) گزارش شده است. پاستیور کسی است که از یک متمرکز کننده برای متمرکز کردن اشعه های خورشیدی بر روی یک بویلر مسی حاوی آب استفاده نمود. بخار تولیدی از بویلر به یک کندانسور خنک کننده آب لوله کشی شد که نهایتاً آب تقطیر شده جمع آوری می شد. خورشید هنوز هم یکی از ساده ترین انواع تجهیزات شیرین سازی می باشد که از تاثیرات گلخانه ای برای تبخیر آب شور استفاده می نماید. خورشید هنوز در مقیاس های بزرگ جهت تولید آب مقطر استفاده می شود. اولین کارخانه تولید آب مقطر در سال ۱۸۷۴ در لاس سالیناس شیلی ساخته شده استاین کارخانه ۴۷۰۰ متر مربع را پوشانده است و بالغ بر ۲۳۰۰۰ لیتر در روز آب تازه در روزهای صاف تولید می نماید. (۴/۹ لیتر بر دقیقه). [۱۱]

## ۲-۳- بررسی مقالات

با افزایش جمعیت در جهان و پیشرفت تکنولوژی تقاضا برای انرژی به سرعت رو به رشد است بنابراین مقرون به صرفه بودن و ماندگاری برای تقاضا انرژی مهم است انرژی خورشیدی در میان منابع انرژی تجدید پذیر یک منبع قابل اعتماد برای مدیریت بحران انرژی در مدت طولانی میباشد. انرژی خورشیدی بهترین گزینه برای عرضه است همچنین قابل دسترس بودن، هزینه گذاری و کارایی بالایی نسبت به سایر منابع انرژی تجدید پذیر دارد. [۱۲]

ایستگاه فشار گاز CGS یکی از مهمترین سیستم های انتقال گاز پرفشار میباشد. در CGS به دلیل بالا بودن فشار ورودی با استفاده از شیر فشار شکن باعث افت فشار و همچنین کاهش دما در جریان گاز طبیعی میشود در نتیجه با تشکیل هیدرات شدن گاز در خطوط لوله تعمیداتی ارائه شده، استفاده از آبگرمکن خورشیدی به منظور کاهش مصرف سوخت و همچنین جلوگیری از تولید آلاینده های یکی از بهترین راهکارهای ارائه شده است. [۱۳]

قابلیت استفاده از انرژی خورشیدی رایگان بودن، در دسترس بودن، محیط زیست پاک، به همین دلیل یکی از مناسبترین منابع جایگزین قابل قبول میباشد. با تبدیل انرژی خورشیدی به

انرژی حرارتی که یکی از ساده ترین و پرکاربردترین روش است و همچنین تعمیرات و نگه داری بسیار آسان می باشد. [۱۴]

استفاده از سیستم های آبگرمکن خورشیدی به دلیل بالا بودن هزینه اولیه در سراسر جهان استفاده نمیشود بازپرداخت سرمایه در سیستم آبگرمکن خورشیدی به عوامل مختلفی مانند قیمت سوخت های فسیلی، سوبسید دولت و مختصات نور و زاویه خورشید بستگی دارد. محققان طی یک آنالیز دریافتند که مسایل اقتصادی به اندازه مسایل فنی دارای اهمیت می باشد. [۱۵]

رشد سریع تکنولوژی خورشیدی یکی از راه های کلیدی افزایش استفاده از نیروی خورشیدی می باشد که با وجود موانع مختلفی مانند بازده کم سلول های خورشیدی، مشکلات اقتصادی، هزینه اولیه بالا و عدم تامین مالی، عدم زیر ساخت های ناکافی، کمبود نیروی ماهر و حتی مشکلات فنی نیز موثر می باشد. [۱۶]

کلکتورهای صفحه تخت در درجه دمای کم برای حرارت دادن به آب کاربرد دارد طبق آزمایشات انجام شده سیالات از طریق لوله های مسی استفاده شده در کلکتور صفحه تخت و همچنین دمای خروجی سیال در کمترین زمان مورد توجه قرار گرفته است. [۱۷]

پوشش پلاستیکی و کاور دولایه شیشه ایی کلکتور صفحه تخت خورشیدی براساس دبی خروجی آب با تغییرات انجام شده در زمینه مواد قابل استفاده، مواد جاذب صفحه و همچنین پوشش دو لایه طراحی شده با بیشترین دمای خروجی آب در کلکتور دو لایه نسبت به کلکتور تک لایه دریافت میشود [۱۸]

کلکتور صفحه تخت خورشیدی برای به دام انداختن انرژی حرارتی خورشید کاربرد دارد. با استفاده از تکنیک های مختلف و تغییر در طراحی صفحه جاذب برای جذب بهتر نور خورشید و همچنین کاهش اتلاف حررت با استفاده از PCM (تغییر فاز مواد) برای ایجاد حرارت در طول شب بدون وجود مخزن و تاثیر استفاده از دستگاه های افزایش دهنده برای بازتاب بهتر مورد مطالعه قرار میگیرد. [۱۹]

آنالیز سیستم آبگرمکن خورشیدی با استفاده از PCM (تغییر فاز مواد) در جنبه های فنی و اقتصادی بررسی میشود استفاده از تغییر فاز مواد در سیستم آبگرمکن خورشیدی در آب و هوای واقعی با انجام آزمایشات بلند مدت و بهینه سازی پارامترها عملیاتی و ساخت سیستم جدید و همچنین پیشنهاد استاندارد سازی سیستم جدید برای طراحی ساخت، بهره برداری و بازار یابی آنالیز اقتصادی میشود [۲۰]



عملکرد حرارتی در لوله جاذب کلکتور خورشیدی صفحه تخت خورشیدی از لحاظ تئوری با استفاده از یک روش غیر فعال به منظور کاهش مانع حرارتی دو نوع افزایش دهنده سرعت بکار برده میشود و در مقایسه لوله ها و میله ها هستند که اصطکاک مسیر جریان سیال با بکار بردن از تقویت کننده های سرعت در قسمت داخلی لوله و میله های جاذب کم شده فشار پمپاژ به حداقل رسیده و خروجی انتقال حرارت به بیشترین مقدار نسبت به وضعیت عادی دارد. [۲۱]

آنالیز دقیق کلکتور خورشیدی کار بسیار سخت پیچیده که تعداد زیادی پارامتر موثر بر عملکرد را نشان میدهد در طی ۴۰ سال گذشته چند روش دینامیکی آزمایش شده با استفاده از روش عددی، همچنین رفتار مرکز کلکتور خورشیدی به همراه انجام مجموعه ایی از آزمایشات تجربی پیچیده معمولا در حالت پایدار کاربرد دارد، علاوه بر این به لطف بهبود عملکرد محاسبات عددی ابزار های مفید برای تولید دوباره بکار میرود در حقیقت هنگامیکه منابع انرژی چندگانه برای ساخت سیستمهای یکپارچه (پمپ حرارتی خورشیدی، منبع اتصال به زمین و پمپ گرمایی خورشیدی) ایجاد میشود دینامیک هر یک از تجهیزات دارای تاثیر قابل ملاحظه ایی بر رفتار کل سیستم دارد بنابراین ابزارهای مفید مورد استفاده از لحاظ بهینه سازی و کنترل دینامیک قابل توسعه و بهره برداری میشود که این امر موجب افزایش سودآوری است. پیش بینی مدل دینامیک برای افزایش پتانسیل کلکتور خورشیدی در این زمینه تلاش های زیادی در سال های گذشته صورت گرفته است در نهایت افزایش عملکرد محاسباتی در سال گذشته عملکرد دینامیکی سیالاتی توسط ابزارهای قدرتمند برای بررسی پدیده انتقال حرارت مورد مطالعه قرار گرفته است. همچنین بررسی جنبه های مختلف مربوط به مکانیزم انتقال حرارت کلکتور خورشیدی عملکرد گرمایی کلکتور خورشیدی صفحه تخت را مورد مطالعه قرار میدهد. [۲۲]

حفاظت از سرما در اکثر تاسیسات آبگرمکن خورشیدی برای جلوگیری از شکستن کلکتور خورشیدی ضروری است بنابراین روش های مختلفی برای حفاظت در برابر انجماد کلکتور وجود دارد. یکی از مکانیزم های برای حفاظت استفاده از لوله های پراکسید سیلیکونی است که به دلیل انعطاف پذیری میتوان در کلکتور بکار برد و طی آزمایشات انجام شده تاثیر قابل ملاحظه ایی در برابر سرما و افت فشار محافظت شده میباشد. [۲۳]

آنالیز افزایش راندمان حرارتی سیستم آبگرمکن خورشیدی با ردیابی نور خورشید، قرار دادن پنل خورشیدی در طول روز با استفاده از مختصات زاویه و ارتفاع خورشید تعیین میشود

که در مقیاس آزمایشگاهی توسط سیستم مکانیکی باعث چرخش و متمایل شدن پنل خورشیدی به سمت نور و همچنین میتوان راندمان حرارتی را افزایش داد. وضعیت گرمایی سیستم آبگرمکن خورشیدی با قرار دادن موقعیت مناسب پنل، مبدل حرارتی و تانکر تعیین میشود [۲۴]

مسایل تئوری در ارتباط با تکنولوژی آبگرمکن خورشیدی باتوجه به محاسبات و استفاده از برنامه مهندسی و همچنین پتانسیل بازار آینده را میتوان پیش بینی کرد و علاوه بر این سوالات پژوهشی SWH مورد آنالیز قرار گرفته:

۱. طرح کلی ساختار و اجزای منحصر به فرد و بهینه سازی
۲. شبیه سازی و پیش بینی عملکرد حرارتی
۳. اندازه گیری بر پایه آزمایشگاهی و مقایسه در مقابل پیش بینی مدلسازی
۴. اندازه گیری ارزیابی عملکرد دینامیک در سایت
۵. صرفه جویی در انرژی، ارزیابی عملکرد اقتصادی و محیطی و همچنین آنالیز آن در جامعه

۶. استراتژی های انتشار، بازار یابی و در نهایت فرصت بیشتری برای ایجاد موقعیت کار میشود

مطالعه برای صرفه جویی در انرژی استفاده از انرژی های تجدید پذیر و همچنین موجب کاهش انتشار آلاینده میباشد. [۲۵]

تانک سیستم آبگرمکن خورشیدی یک سیستم کارآمد و ارزان قیمت نسبت به سایر دستگاه های خورشیدی است سیستم پیشنهادی واحد ذخیره سازی به شکل بشکه ای میباشد و به دو صورت مقطع عرضی و هم بصورت طولی میتوان بکار برد. [۲۶]

برنامه های کاربردی در زمینه پژوهش انرژی خورشیدی به دلیل عملکرد بالا، میزان ذخیره انرژی و همچنین تبدیل انرژی توجه بیشتری به خود جلب کرده است که کلکتور خورشیدی و سیستم ذخیره سازی دو جز اصلی میباشند. بررسی از کلکتور خورشیدی و سیستم ذخیره انرژی حرارتی و کاربرد کلکتور (در دمای بالا و دمای پایین) از نظر میزان جذب نور و کاهش اتلاف گرما مورد مطالعه قرار گرفته است [۲۷]

استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر در آینده باتوجه به کاهش سریع منابع انرژی متعارف و تخریب محیط زیست توصیه میشود. و تکنولوژی استفاده شده در منابع خورشیدی بطور قابل

ملاحظه ایی با توجه جنبه های فنی و اقتصادی و همچنین قابلیت اطمینان بالا و قابلیت تجاری یکی از کاملترین منابع در دسترس میباشد [۲۸]

طی بررسی های ده سال اخیر توسط محققین در زمینه های مختلف مانند مواد جدید بکار برده، انتقال گرما و همچنین مایعات در کلکتور صفحه تخت خورشیدی با استفاده از اطلاعات مختلف و تکنولوژی های متفاوت مقاله هایی ارائه دادند. [۲۹]

از ابتدای دهه ۱۹۸۰ بررسی جایگزینی سوختهای فسیلی با انرژیهای پاک و تجدیدپذیر در جهان آغاز شده است. بهره برداری از این منابع انرژی به دلیل ضرورتهای زیست محیطی و تنوع بخشیدن به منابع انرژی مورد استفاده، در مقیاسهای کوچک شروع شده و به طور روز افزون در حال گسترش است. در آینده ای نزدیک، انرژیهای نو و تجدید شونده سهم بیشتری در تأمین انرژی جهان را به خود اختصاص خواهند داد انرژی خورشید یکی از منابع تأمین انرژی رایگان، پاک و عاری از اثرات مخرب زیست محیطی است که از دیر باز به روشهای گوناگون مورد استفاده بشر قرار گرفته است. خورشید معادل  $10^{23} \times 3/8$  کیلووات انرژی تابشی از خود ساطع میکند که معادل  $10^{14} \times 1/8$  کیلووات آن به زمین میرسد. سیاره زمین میتواند معادل ۶۰ درصد انرژی را جذب کند.

میزان ۰/۱ درصد از این انرژی وقتی با بهره‌وری ده درصدی استحصال گردد، معادل چهار برابر نرخ ظرفیت تولید انرژی در کره زمین (۳۰۰۰ گیگاوات) خواهد بود

کشور ایران در بین مدارهای ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی قرار گرفته است و در منطقهای واقع شده که به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین نقاط جهان در بالاترین رده ها قرار دارد. میزان تابش انرژی خورشیدی در ایران بین ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال تخمین زده شده است که البته بالاتر از میزان متوسط جهانی است. در ایران به طور متوسط سالانه بیش از ۲۸۰ روز آفتابی گزارش شده است که بسیار قابل توجه است. روشهای گوناگونی برای استفاده از این انرژی پاک و لایزال الهی وجود دارد، اما گرم کردن آب با استفاده از آبگرمکن های خورشیدی، شاید آسانترین و اقتصادیترین روش باشد. برای تحقق این اهداف، مطالعه دقیق اقتصادی- اجتماعی و زیست محیطی مزایا و موانع بکارگیری این فناوری امری الزامی است. در این مورد، پژوهشهای متعددی در داخل و خارج از کشور به رشته تحریر در آمده که میتوان به موارد زیر اشاره نمود: [۳۰]

ساتکین (۱۳۸۰) به تحلیل اقتصادی- اجتماعی بکارگیری انرژی خورشیدی در تأمین آب گرم مصرفی خانواده های ۴ الی ۵ نفره به منظور توجیه اقتصادی سرمایه گذاری کلان، در

سیستم آبگرمکن خورشیدی در ایران پرداخت. ایشان میزان مصرف انرژی و آلاینده‌گی حاصل از روشهای سنتی را تعیین و دوره بازگشت سرمایه اولیه بکارگیری آبگرمکن خورشیدی را ۴/۵ سال اعلام نمود [۳۱]

عیوضی (۱۳۸۴) بکارگیری آبگرمکن خورشیدی به منظور استفاده بهینه از انرژی خورشیدی را در مناطق مختلف مورد بررسی قرار داد. ایشان همچنین میزان صدور آلاینده‌ها و در نهایت درصد صرفه جویی در میزان صدور آلاینده‌ها و هزینه های ناشی از آن را مورد بررسی قرار داده است. [۳۲]

حسینی و سینا (۱۳۸۹) در بررسی اقتصادی و فنی استفاده از آبگرمکن خورشیدی، مبادرت به مقایسه آبگرمکن خورشیدی با آبگرمکن های برقی، گازوئیلی و گاز طبیعی از نظر اقتصادی نمودند و بازگشت سرمایه در جایگزینی آبگرمکن خورشیدی به جای آبگرمکن های برقی، گازوئیلی و گاز طبیعی را به ترتیب در حدود ۳/۶، ۳/۳ سال اعلام نمودند [۳۳]

Mendieta (۱۹۹۹) در رساله خود به امکان سنجی مکانی و اقتصادی استفاده از آبگرمکن خورشیدی در شهر مکزیکوسیتی پرداخته و اقدام به برآورد مقدار کاهش گازهای آلاینده از این طریق و نیز سوخت و کاهش هزینه آن در مقایسه با آبگرمکن های معمولی نموده و زمان بازگشت سرمایه اولیه به منظور جایگزینی آبگرمکن های خورشیدی را ۳۵/۲ سال اعلام کرد [۳۴]

Ying Wang و LiHua Zhao (2006) در شهر GuangZhou چین مبادرت به محاسبه اقتصادی بکارگیری آبگرمکن خورشیدی در این شهر کرده و هزینه اولیه و هزینه نگهداری سه نوع آبگرمکن برقی، گازی و خورشیدی را باهم مقایسه کرده و آبگرمکن خورشیدی را علیرغم هزینه اولیه زیاد، به خاطر طول عمر مفید زیاد دارای صرفه اقتصادی بیان میکنند [۳۵]

در ورودی شهرها ایستگاههایی وجود دارد تا فشار بالای خطوط انتقال گاز را به فشار مصرف نزدیک کند. با توجه به ضریب ژول تامپسون گاز این کاهش فشار به معنی کاهش دمای گاز می باشد. در این ایستگاهها سیستم های گرمکنی وجود دارند که به منظور جلوگیری از افت دمای گاز تا مرحله هیدراته شدن، قبل از کاهش فشار آنرا گرم می کنند. مشکل اساسی این هیترا میزان مصرف بسیار بالای سوخت آنها می باشد. نویسندگان مقاله امکان استفاده از انرژی خورشیدی را جهت گرمایش گاز قبل از فرآیند کاهش فشار و در نتیجه کاهش میزان گاز مصرفی هیترا را بررسی نموده اند. دراین تحقیق در ابتدا با توجه به شرایط جغرافیایی و آب و هوایی شهر اهواز و همچنین با استفاده از روشهای معتبر علمی شار خورشیدی تابیده شده شهر

اهواز محاسبه میگردد. سیستم اپتیمم جهت کاربرد انرژی خورشیدی معرفی میشود، سپس با ارزیابی های اقتصادی تعداد کلکتور بهینه انتخاب میشود. در نهایت بررسی اقتصادی سیستم صورت خواهد گرفت. لازم به ذکر است که جامعه آماری این مقاله داده های هواشناسی مربوط به سال ۱۳۸۷ شهرسازی می باشد. [۳۶]

ایستگاه های تقلیل فشار گاز دروازه شهری (CGS) در مبادی ورودی شهرها قرار دارند تا فشار بالای گاز که از پالایشگاه به سمت نقاط مصرف جاری گشته است را کاهش دهد. یکی از مهم ترین بخشهای این نوع ایستگاه ها سیستم پیش گرمایش آنها میباشد که برای این منظور عموماً در ایستگاه های موجود در کشور از هیتراهای خطی استفاده میشود مشکل اساسی این نوع هیتراهای خطی استفاده میشود. مشکل اساسی این نوع هیترا مصرف بسیار بالای سوخت آنها است که عموماً این سوخت گاز طبیعی میباشد. در این پژوهش پیشنهاد استفاده انرژی خورشیدی برای این نوع ایستگاه ها به منظور کاهش مصرف سوخت هیترا مورد استفاده قرار میگیرد. در ابتدا مقدمه ای درباره انرژی خورشیدی و سایر انرژی های نو بیان میشود، شار خورشیدی قابل جذب در منطقه مورد مطالعه از روش های علمی معتبر محاسبه میشود، سپس یک سیستم خورشیدی هوشمند متشکل از یک تانک ذخیره با ظرفیت کافی و تعداد کلکتور تخت طراحی میگردد. بهترین نحوه چینش برای طرح مزبور به همراه هیترا خطی موجود در ایستگاه انتخاب میگردد و همچنین تعداد کلکتور بهینه برای کاربرد در طرح از روش های اقتصادی معتبر محاسبه میگردد. نهایتاً نتایج حاصل از پیاده سازی طرح مورد نظر نمایش داده میشوند و بصورت ترمو اکونومیکی مورد بحث قرار میگیرند. لازم به ذکر میباشد که ایستگاه تحت مطالعه این پژوهش، ایستگاه تقلیل فشار گاز نفت سفید در شهر اهواز بوده و جامعه آماری مربوط به آن داده های هواشناسی شهر اهواز و اطلاعات آماری ایستگاه اهواز میباشد. [۳۷]

یکی از زمینه های کاربرد انرژی خورشیدی، استفاده در سیستم های سرمایش و گرمایش خانگی، صنعتی و همچنین تولید الکتریسیته توسط سیستم فتوولتائیک می باشد. در این تحقیق در ایستگاه تقلیل فشار گاز منطقه تهران راندها یک مدل آبگرمکن خورشیدی ترموسیفون با دو کلکتور صفحه تخت و یک مخزن ذخیره دو جداره با ظرفیت ۲۰۰ لیتر، به صورت آزمایشگاهی بررسی شده است. آب و گلايکول (ضد یخ) به عنوان سیال عامل در آبگرمکن مذکور به صورت ترموسیفون و یا جابجایی آزاد به گردش در آمده و موجب افزایش دمای آب مصرفی می شود. آب مصرفی در طول مدت زمان آزمایش تخلیه نشده است.

در این تحقیق شدت تابش خورشید بر عملکرد سامانه، دماهای سیال عامل ورودی و خروجی کلکتورها، دمای آب شهر، دماهای آب مصرفی در نقاط مختلف داخل مخزن ذخیره و دمای محیط برای روزهای آفتابی و ابری در فصل پاییز در شهر تهران به وسیله شبیه سازی شده است.

نتایج نشان می دهند که بالاترین دمای آب مصرفی در روزهای آفتابی فصل پاییز برابر ۶۰ درجه سانتی گراد و در روزهای ابری برابر ۵۰ درجه سانتی گراد می باشد. میزان راندمان کل آبگرمکن خورشیدی ترموسیفون به طور متوسط در طول ماه مهر سال ۱۳۹۵ حدود ۴۵٪ خواهد بود که علت این امر وجود شرایط ابری و بارانی در اکثر روزهای ماه مهر و همچنین پایین بودن میزان شدت تابش خورشید و عدم گرمای مناسب می باشد. [۳۸]

با توجه به نیاز روزافزون صنایع مختلف کشور به مصرف گاز طبیعی، فرآیندهایی شامل استخراج، شیرین سازی، توزیع و انتقال این منبع تجدید ناپذیر از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. جهت انتقال گاز طبیعی به مناطق مورد نظر، از تجهیزات متفاوتی استفاده می شود. به عنوان مثال می توان از ایستگاه های تقلیل فشار گاز نام برد که در مسیر خط لوله ی گاز طبیعی ورودی به شهرها نصب می شوند. در این پایان نامه عملکرد سیستم های پیش گرمایش متداول و جایگزین در ایستگاه تقلیل فشار مورد بررسی قرار می گیرد. بدین منظور با در اختیار داشتن شرایط عملیاتی پنج ایستگاه تقلیل فشار گاز مربوط به شهرستان های گرمسیری استان فارس، شبیه سازی هر کدام از روش ها انجام شده است. نتایج شامل بار حرارتی مورد نیاز، دمای گاز خروجی از ایستگاه، مقدار گاز مصرفی در صورت استفاده از گاز به عنوان منبع انرژی در روش مورد نظر و برآورد اقتصادی هر کدام از روش ها می باشد. از این نتایج برای مقایسه کلی بین روش متداول و چهار روش پیشنهادی جایگزین استفاده می شود. تا بدین وسیله روش یا روش های بهینه به منظور جایگزینی با روش فعلی پیش گرمایش مشخص گردد. [۳۹]

در پژوهش حاضر به بررسی فنی و اقتصادی بکارگیری سیستمهای تولید همزمان برق و گرما و توربین های انبساطی در ایستگاه های تقلیل فشار گاز طبیعی پرداخته شده است. به طور معمول گاز طبیعی پر فشار قبل از استفاده در محلهای مصرف، می بایست در نقاطی از مسیر انتقال در ایستگاههای تقلیل فشار، به فشاری به مراتب پایین تر و قابل استفاده برای مصرف کننده برسد. معمولاً این افت فشار توسط شیرهای انبساطی صورت می پذیرد. بدین ترتیب بخش اعظمی از انرژی موجود در گاز که بصورت انرژی فشاری، در آن موجود

است، هدر خواهد رفت. استفاده از توربینهای انبساطی راهی مفید برای تبدیل انرژی فشاری گاز به انرژی الکتریکی می باشد. میزان افت دما در این تجهیز نسبت به شیرهای انبساطی بیشتر خواهد بود، لذا نیاز حرارتی ایستگاه بیش از وضعیت بدون توربوآکسپندر است. بدین منظور پیشنهاد گردید که بجای تأمین نیاز حرارتی از طریق هیترهاي موجود در ایستگاه، از سیستمهای تولید همزمان برق و گرما به عنوان تأمین کننده این حرارت استفاده گردد. ضمن آنکه انرژی الکتریکی تولیدی توسط این سیستم، نیز به عنوان یک محصول ثانویه، مفید و قابل توجه خواهد بود. سه طرح کلی پیشنهاد شده است، که عبارتند از سیستمی شامل توربوآکسپندر تنها، سیستمی شامل تنها تجهیزات تولید همزمان برای تأمین نیاز حرارتی و تولید برق و در نهایت سیستمی که مجموعه ای کامل از تمام این فناوریها را در کنار یکدیگر داراست. در این برنامه، با استفاده از الگوریتمی ابتکاری، به انتخاب و تعیین سایز و اندازه فنی ترین سیستم با بیشترین میزان تولید مبادرت شد. این الگوریتم چهار مرحله ای، با طی مسیری منطقی، مجموعه ای از سناریوها را برای هر کدام از سه طرح پیشنهادی در اختیار قرار خواهد داد که سایز و اندازه تجهیزات منتخب خود آن سناریوها نیز هر کدام از نظر فنی و اقتصادی بهترین گزینه برای آن سناریو هستند. ایستگاه تقلیل فشار گاز بیرجند به همراه چندین ایستگاه دیگر مورد بررسی قرار گرفتند که نتایج نشان از غیر اقتصادی بودن تمامی طرحها برای ایستگاه تقلیل فشار بیرجند داشت. با بررسی نتایج ایستگاهها و با تعریف پارامتری به نام فاکتور قابلیت، امکان پیش بینی عملکرد فنی و اقتصادی هر ایستگاهی در مواجهه با هر کدام از طرحهای پیشنهادی و با توجه به دبی متوسط عبوری از آن ایستگاه مشخص می شود. با توجه به مصرف روزانه گاز در ایران که معادل ۳۸۷ میلیون متر مکعب می باشد، و با فرض شرایط ایستگاه غرب مشهد برای سایر نقاط کشور، پتانسیل تولید هر کدام از طرحهای پیشنهادی شامل سیستم توربوآکسپندر تنها، طرح استفاده از سیستم تولید همزمان تنها و نهایتاً طرحی شامل هر دوی این تجهیزات در ایستگاه، بترتیب پتانسیل تولید برقی در حدود MW24، MW285 و MW562 خواهد بود. [۴۰]

دهه حاضر را می توان دهه انرژی نامید. شاهد این ادعا این است که بیشتر سرمایه گذاری ها به شناخت و کاربرد انرژی های نو مربوط می شود. محدودیت ذخایر سوخت های فسیلی و روش های تولید پر هزینه به علاوه افزایش بهای انرژی های فسیلی در بازار های جهانی نیز عامل دیگری برای حرکت به سمت انرژی های تجدید پذیر می باشند. امکان سنجی استفاده از انرژی های زمین گرمایی، هیدرولیک آبی، باد و بحث نسبتاً نوپای انرژی خورشیدی و

گسترش تجهیزات مورد نیاز جهت بهره برداری از آن، رویکرد های مختلف عرصه مذکور می باشد. استفاده از انرژی گرمایی خورشیدی نسبت به دیگر سیستم های موجود از آن جا حائز اهمیت است که بجز صرف هزینه جهت تجهیزات اولیه و نصب و نگهداری سیستم، هزینه ای پرداخت نخواهد شد و یا به عبارت دیگر سیستم های گرمایش خورشیدی اصولاً فاقد هرگونه هزینه جهت انرژی مصرفی می باشد. [۴۱]

گاز طبیعی با فشار بالا در خطوط انتقال گاز جریان دارد و در محل ورود به شهرها و نقاط مصرف، فشار گاز تا فشارمورد نیاز، کاهش داده میشود. این کاهش فشار در ایستگاههایی به نام ایستگاه تقلیل فشار CGS انجام میپذیرد. در این ایستگاهها از گرمکن گازی جهت افزایش دمای گاز برای جلوگیری از یخ زدن گاز طبیعی هنگام عبور از شیر فشارشکن استفاده میشود. سوخت این گرمکنها از گاز طبیعی میباشد. در این مقاله امکان استفاده از انرژی خورشید جهت گرمایش گاز طبیعی در ایستگاه تقلیل فشار بررسی شده است و استفاده از انرژی خورشید بصورت ترکیبی با سوخت فسیلی جهت بهینهسازی مصرف سوخت پیشنهاد شده است. مطالعه موردی برای یک ایستگاه تقلیل فشار به ظرفیت  $35000 \text{ m}^3/\text{hr}$  در شرایط اقلیمی شهر سلطانیه از توابع استان زنجان انجام شده و در نتیجه استفاده از تعداد ۵۳ کلکتور تخت خورشیدی بههمراه سوخت فسیلی پیشنهاد شده است. در صورت استفاده از سیستم فوق، سالانه مقدار  $3225 \text{ متر مکعب}$  گاز طبیعی صرفه جویی میشود که معادل  $5115 \%$  سوخت اولیه میباشد. [۴۲]

در ورودی شهرها، ایستگاههای تقلیل فشار گاز برون شهری (CGS)، فشار بالای گاز طبیعی که توسط خطوط انتقال از پالایشگاهها به شهرها می رسد را، از فشاری در حدود  $1000 \text{ psi}$  به حدود  $250 \text{ psi}$  کاهش می دهند. در این ایستگاه ها قسمت های مختلفی وجود دارد که قسمت گرم کننده گاز (هیتر)، یکی از بخش های مهم و حیاتی آن بشمار می آید. اهمیت هیتر از آن جهت است که، گاز طبیعی در طی فرآیند کاهش فشار توسط شیر انبساط (رگلاتور)، دچار افت دما می گردد، حال اگر این میزان کاهش دما، از دمای هیدراته شدن گاز نیز بیشتر باشد، موجب میعان و حتی یخ زدگی بخار آب موجود در گاز شده و در نتیجه احتمال مسدود شدن مجرای عبور گاز وجود خواهد داشت؛ بنابراین برای جلوگیری از وقوع چنین اتفاقی دمای گاز قبل از کاهش فشار در ایستگاه، باید افزایش یابد.

هم اکنون این افزایش دما توسط هیترهایی که از سوخت گاز طبیعی استفاده می نمایند، صورت می پذیرد. نوع هیترهای مورد استفاده در ایستگاه های گاز، از نوع گرمکن هایی است



که گاز در داخل یک سری لوله و آب داغ در اطراف این لوله ها به صورت یک بستر یکنواخت، با درجه حرارت متعادل قرار می گیرد. در حقیقت حرارت به صورت غیر مستقیم ابتدا به آب داده می شود و آب این حرارت را به گاز در حال جریان انتقال می دهد. یکی از اصلی ترین معضلات استفاده از این گرمکن ها، میزان مصرف بالای سوخت (که گاز طبیعی است)، می باشد.

در این تحقیق جهت کاهش مصرف سوخت در این هیترها موارد ذیل بررسی گردید:

۱. محاسبه دمای بهینه خروجی از هیتر با استفاده از معادلات حالت درجه
۲. استفاده از انرژی خورشیدی جهت گرمایش گاز قبل از فرآیند کاهش فشار
۳. تحلیل اکسرژی هیتر ایستگاه تقلیل فشار مجهز به سیستم انرژی خورشیدی در این تحقیق ابتدا به شناسایی ایستگاه های تقلیل فشار گاز طبیعی و عملکرد آن ها پرداخته می شود و همانطور که اشاره گردید در جهت کاهش گاز مصرفی هیتر ایستگاه تقلیل فشار گاز، دمای بهینه گاز خروجی از هیتر، با استفاده از معادلات حالت درجه سه، محاسبه شده است؛ همچنین با مقدمه ای بر انرژی خورشیدی، به امکان سنجی طراحی سیستم خورشیدی پرداخته شده است و در نهایت آنالیز اکسرژی و انرژی برای هر دو سیستم سنتی و مجهز به انرژی خورشیدی انجام پذیرفته و مقایسه ای بین این دو ارائه می شود. [۴۳]

**فصل سوم:**  
**روش شناسی تحقیق**

### ۳-۱- مقدمه

تکنولوژی های مربوط به انرژی های تجدید پذیر تقریباً ۱۳/۳٪ از نیازهای کل جهان را می تواند تامین کند. در نتیجه در طی سال های متمادی دانشمندان زیادی بر روی تحقیق و توسعه این نوع از انرژی کار کرده اند. از جمله دلایل اصلی در اینگونه فعالیت ها می توان، عواملی چون: گرم شدن زمین، افزایش بهای حامل های انرژی و گزارش هایی که از کاهش ذخایر انرژی فسیلی خبر داد. و پژوهشگران یکی از دلایل اصلی گرم شدن کره زمین تولید و استفاده بیش از حد سوخت های فسیلی میدانند.

### ۳-۲- ایستگاه اندازه گیری و تقلیل فشار گاز

ایستگاههای تقلیل فشار گاز بخش مهمی از سیستم گازرسانی بوده که با اشکال و تجهیزات متفاوت طراحی و نصب می گردند و با پیشرفت علوم و فن آوری ساخت این تجهیزات به طور مرتبی تغییر و ارتقا می یابد.

ایستگاههای برون شهری (CGS) فشار گاز را از ۱۰۰۰ به ۲۵۰ پوند و ایستگاههای درون شهری (TBS) فشار گاز را از ۲۵۰ به ۶۰ پوند کاهش می دهند. در سایر ایستگاه ها فشارهای ورودی و خروجی با توجه به شرایط عملیاتی و نیاز مصرف کنندگان متغیر است، در تمامی ایستگاه ها علاوه بر کاهش فشار، ناخالصی موجود در گاز پالایش شده و مقدار جریان ورودی و خروجی گاز توسط تجهیزات اندازه گیری کنترل می شود.

در ایستگاههای تقلیل فشار چند هدف اصلی دنبال می شود. این اهداف عبارتند از:

➤ پالایش گاز از ناخالصی ها و جدا کردن ذرات و مایعات همراه جریان

➤ کنترل فشار ورودی به شبکه توزیع توسط رگولاتور

➤ اندازه گیری مقادیر گاز انتقال یافته

➤ بودار کردن جریان گاز جهت افزایش ایمنی در هنگام مصرف

جهت پالایش گاز از ناخالصی های ناشی از عوامل مختلف (از جمله خوردگی و فرسودگی خطوط انتقال، میعان بخار آب منتقل شده همراه گاز، هیدرو کربن های سنگین موجود در ترکیب گاز طبیعی و ...) فیلتر های گاز پیش از ورود گاز به سیستم کنترل فشار مورد استفاده قرار می گیرند. نوع و ابعاد فیلترها با توجه به شرایط عملیاتی گاز ورودی (دبی، فشار، ...) و وضعیت آلاینده های همراه آن انتخاب می شود. این فیلترها شامل فیلترهای گاز خشک (Dry Gas Filter)، جدا کننده ها (Filter Separator) و اسکرابرها (Scrubber) بوده و بنا بر نیاز کارفرما در ایستگاه تقلیل فشار مورد استفاده قرار می گیرند.

کاهش و کنترل فشار گاز اصلی ترین هدف یک ایستگاه تقلیل فشار است که توسط شیرهای کنترلی موسوم به رگولاتور انجام می پذیرد. اندازه گیری میزان جریان عبوری بسته به حساسیت و نیاز دقت مصرف کنندگان توسط انواع تجهیزات توربینی و یا التراسونیک انجام می شود. این کنتورها می توانند در جریان بالا دست و یا پایین دست یک ایستگاه تعبیه شده و میزان مصرف را گزارش نمایند.

از آنجا که گاز طبیعی بدون رنگ و بو فاقد هرگونه مشخصه قابل تشخیص در محیط است، چنانچه گاز ایستگاه جهت مصارف شهری و یا کارخانه ای در نظر گرفته شده باشد، می توان جریان خروجی را با همراه نمودن ترکیبی بسیار بودار (عموما مرکاپتان) بودار نمود تا در مواقع نشت و انتشار گاز علایم فیزیکی مشخصی مانع از وقوع انفجارات و یا فجایع دیگر شوند. این امر توسط بودار کننده های تزریقی و یا کنار گذر صورت می پذیرد. پارامترهای ذکر شده در زیر نقش اساسی در طراحی ایستگاه و استانداردهای مورد استفاده در محاسبات و ساینبدی هر یک از قطعات تشکیل دهنده آن را ایفا می کنند.

✓ فشار و دمای عملیاتی گاز ورودی

✓ فشار و دمای عملیاتی گاز خروجی

✓ فشار طراحی و تست

✓ حداکثر سرعت مجاز گاز درون لوله

✓ مقدار جریان حجمی گاز

### **۱-۳-۳- اسکرابر**

اسکرابر یکی از تجهیزاتی است که برای تصفیه و خالص سازی گاز پرفشار در مسیر ایستگاه های گاز پر مصرف قرار داده می شود. اساس کار اسکرابرها جداسازی به یکی از روش های زیر و یا ترکیبی از این روش ها است: - جداسازی بر اثر نیروی وزن - جداسازی

بر اثر برخورد ذرات - جداسازی بر اثر نیروی گریز از مرکز در ایستگاه های تقلیل فشار، اسکرابرها معمولاً در مرحله اول جداسازی و به عنوان پالایش مقدماتی ایستگاه-Pre (Filtration) با هدف پالایش ذرات و ناخالصی های بزرگ نصب می شوند. ترکیب اسکرابرها با تجهیزاتی مثل فیلتر سپراتور و فیلتر گاز خشک می تواند کارایی سیستم برای جداسازی ناخالصی ها را افزایش دهد.



شکل ۳-۱- اسکرابر در ایستگاه تقلیل فشار (www.nigc.ir)

گاز دارای ناخالصی از طریق خط متصل به نازل ورودی وارد اسکرابر شده و دسته ای از سیکلونها در مسیر عبور جریان گاز قرار می گیرند. تعداد و ابعاد این سیکلونها بر مبنای فشار و دمای طراحی و دبی ورودی محاسبه می شود. گاز تصفیه نشده داخل مجاری سیکلونها شده و ذرات سنگین آن در اثر جریان چرخشی ایجاد شده در سیکلون از جریان اصلی گاز جدا و توسط نیروی گرانشی به سمت پایین مخزن هدایت می شوند. این ذرات در حالی به مخزن تخلیه در قسمت پایین دستگاه وارد می شوند که گاز تمیز از طریق مجراهای مخصوص به محفظه بالایی هدایت شده و از طریق نازل خروجی ادامه مسیر گاز در ایستگاه را طی خواهد نمود. در قسمت پایین دستگاه و بر روی مخزن تخلیه، یک نشانگر سطح وجود دارد که در صورت رسیدن سطح ناخالصی تجمع یافته به حد مجاز، می توان با باز نمودن شیر تخلیه اقدام به خارج کردن تمامی ناخالصی ها و ذرات تصفیه شده در مخزن نمود. اسکرابرهای ساخت شرکت مهندسی آذرپژوهان اندیش مجهز به تجهیزات کاملی از جمله نشانگر دما و فشار، شیر اطمینان فشار و نشانگر سطح مواد تصفیه شده می باشند. همچنین تجهیزاتی از قبیل Level Switch و تمهیدات مورد نیاز سیستم مانیتورینگ در صورت درخواست کارفرمایان محترم قابل نصب بر روی این تجهیز است.

### ۳-۳-۴- فیلتر سپراتور



شکل ۳-۲- فیلتر سپراتور (www.nigc.ir)

در ایستگاه های تقلیل فشار گاز، جهت جلوگیری از ورود ناخالصی ها به تجهیزات حساس و حفاظت از آنها، مجموعه ای از تجهیزات پالایش گاز مورد استفاده قرار می گیرند. تعداد، چیدمان و ابعاد طراحی این فیلترها همگی تابعی از شرایط عملیاتی گاز طبیعی و درخواست کارفرمایان پروژه است. فیلتر جداکننده گاز (Filter Separator) یکی از تجهیزات پالایش موجود در ایستگاه های تقلیل فشار گاز طبیعی است که بر اساس عملکرد دو مرحله ای به تصفیه گاز می پردازد. پس از اتصال تجهیز به خط اصلی، گاز ناخالص از طریق نازل ورودی وارد محفظه کارتریجی تجهیز شده و با عبور از المنت های تعبیه شده در بدنه فیلتر پالایش می شود. کارتریج هایی که در داخل فیلتر قرار می گیرند، بسته به میزان آلودگی گاز و نوع آلاینده ها و همچنین شرایط عملیاتی (میزان گاز عبوری از سیستم، دما و فشار طراحی و ...) دارای جنس و ابعاد متفاوتی هستند که تفاوت آنها در میزان پایداری، بازدهی پالایش و قطر ذرات فیلتر شده می باشد. این کارتریج ها می توانند از جنس کاغذ، فایبر گلاس، پارچه و ... بوده و به اشکال و حالات مختلفی به صورت چین خورده و یا صاف باشند. در مرحله دوم گاز به محفظه دوم فیلتر (Vane separation Unit) هدایت شده و در حین عبور از میان صفحات فلزی موازی و غیر همراستا عمده قطرات ریز مایع همراه خود را از دست خواهد داد. آلودگی ها و ذرات پالایش شده پس از انباشته شدن در مخزن تخلیه از طریق شیر مربوطه (که برای هر دو محفظه فیلتر به طور جداگانه تعبیه گردیده است)، به بیرون هدایت خواهند

شد. بهترین معیار برای تشخیص زمان تعویض و یا بازرسی کارتریج ها، بررسی افت فشار ایجاد شده میان جریان گاز ورودی و خروجی محفظه المنت فیلتر است. تمامی فیلترهای جدا کننده ساخت شرکت مهندسی آذرپژوهان اندیش مجهز به سیستم نشانگر اختلاف فشار (DP Indicator) در قسمت محفظه کارتریجی خود می باشند.

### ۳-۳-۵- فیلتر گاز خشک

فیلتر گاز خشک (Dry Gas Filter) یکی از انواع متداول سیستم های پالایش در ایستگاه های تقلیل فشار است که بر اساس جدا کردن ناخالصی های همراه گاز در حین عبور از کارتریج های استوانه ای عمل می کند. کلیدی ترین و حساس ترین قسمت تشکیل دهنده یک فیلتر گاز خشک مربوط به کارتریج هایی است که درون آن تعبیه می گردند. کارتریج ها به شکل استوانه های توخالی بوده که پیرامون آن با صافی های مناسب پر شده و مانع از عبور ذرات آلاینده از خود می شوند. این کارتریج ها بسته به میزان نوع آلاینده های همراه گاز و همچنین شرایط عملیاتی (حجم گاز، دما و فشار طراحی و ...) دارای جنس و ابعاد متفاوتی هستند که تفاوت آنها در میزان پایداری، بازدهی پالایش و قطر ذرات فیلتر شده است. جنس کارتریج ها می تواند از کاغذ، الیاف پلی پروپیلن و یا پارچه بوده و به اشکال و حالات مختلفی چین خورده و یا صاف باشد.



شکل ۳-۳- فیلتر گاز خشک (www.nigc.ir)

بهترین و متعارف ترین معیار برای تشخیص زمان تعویض کارتریج و یا لزوم بازبینی و تمیز نمودن آنها، بررسی افت فشار ایجاد شده میان جریان ورودی به فیلتر و خروجی از آن می باشد. لذا تعبیه تجهیزاتی به منظور اندازه گیری و نمایش اختلاف فشار بر روی تمامی

فیلترهای مجهز به سیستم کارتریج ضروری است. تمامی فیلترهای خشک ساخت شرکت مهندسی آذرپژوهان اندیش مجهز به سیستم نشانگر اختلاف فشار (D.P. Indicator) می باشند.

### ۳-۳-۶- گرم کن گازی (هیتر)

در ایستگاههای تقلیل فشار گاز، از آنجا که دمای گاز در شرایط استاندارد حدود ۱۵ °C می باشد، لذا تامین این شرایط در سیستم های تقلیل فشار و در نهایت در مبادی مصرف ضروری است. با توجه به اینکه به علت افت فشار گاز بعد از رگولاتور در ایستگاه، دمای گاز را به آستانه انجماد آب رسانده و موجب ایجاد پدیده یخ زدگی و همچنین تشکیل هیدرات های گازی در رگلاتور و تجهیزات پایین دستی گردد.

در سیستم های تقلیل فشار نصب گرمکن های گاز ضروری می باشد. این دستگاه در شرایط ایمن و توسط مشعل های اتمسفریک آب داخل یک محفظه را گرم نموده و سپس گاز با عبور از لوله های مارپیچی که از درون این محفظه عبور می نماید و گرم می شود و به همین جهت به آنها گرمکن های غیر مستقیم (Water Bath indirect Heater) گاز گفته می شود. استفاده از هیترهای غیر مستقیم آبی تاریخچه طولانی در صنعت نفت و گاز دارد. آن ها در رنج ها و کاربردهای گوناگون شامل گرم کردن گاز طبیعی تا گرم کردن نفت خام بکار برده شده اند.



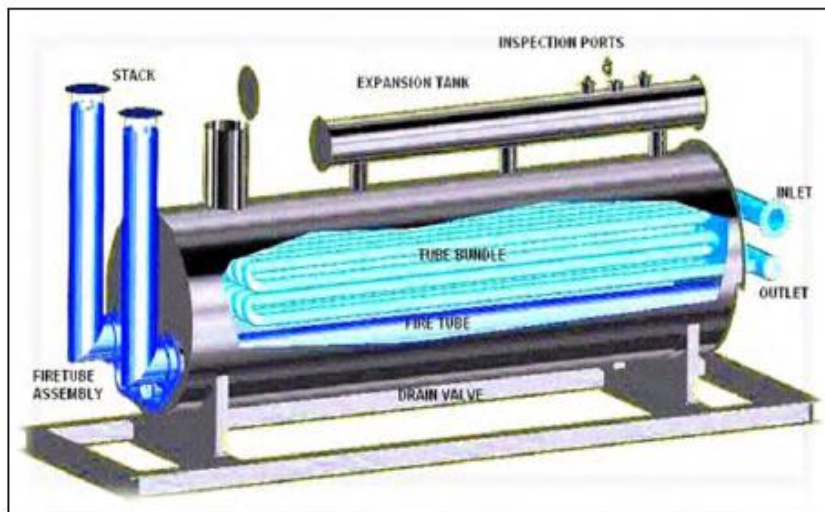
شکل ۳-۴- گرم کن گازی (هیتر) (www.nigc.ir)

هیتر از سه قسمت عمده کویل (Coil)، لوله آتش (Fire Tube) و بدنه (Shell) تشکیل شده است. بدنه هیتر با ترکیبی از آب مقطر و ضد یخ پر می شود. لوله های آتش درون بدنه جاسازی می شود و آب را گرم می کند. گاز ورودی از ایستگاه از طریق لوله های ورودی هیتر



وارد کویل شده پس از تبادل گرمایی با آب داغ موجود در اطراف کویل گرم می شود. گاز گرم شده هیتر را ترک کرده و وارد ایستگاه می گردد. سوخت مشعل هیتر توسط یک انشعاب از گاز خروجی ایستگاه تامین می شود. سیستم کنترل موجود در هیتر از طریق کنترل دمای گاز خروجی از هیتر و همچنین کنترل سطح آب موجود در بدنه هیتر، اقدام به بستن سوخت ورودی هیتر و یا ایجاد آلارم های محیطی در زمان مورد نیاز خواهد کرد.

این مخزن روی یک شاسی ثابت می گردد و جهت جلوگیری از سرریز شدن آب مقطر هنگام گرم شدن، مخزن کوچکتري بالای آن نصب می شود، لوله های گاز گرمکن که اندازه آنها متناسب با حجم گاز عبوری از گرمکن طراحی می گردد، به صورت لوله های رفت و برگشت و در چند ردیف از یک قاعده وارد مخزن گرمکن می شوند و پس از گرم شدن خارج می شوند و نشان دهنده های دما و فشار گاز روی این لوله و لوله خروجی تعبیه می گردند و کنترل کننده دمای گاز نیز روی لوله خروجی نصب می شود.



شکل ۳-۵- نمایی از یک هیتر خطی رایج در ایستگاه های CGS

### ۳-۳-۷- بودار کننده (بای پس)

یکی از خواص فیزیکی گاز طبیعی، بدون بو بودن این فرآورده سوختی است و بنابراین ضروری است تا جهت جلوگیری از وقوع خطرات و حوادث احتمالی، پیش از رسیدن به سیستم مصرف توسط مکانیزمی دارای بو گردد. این امر را می توان با تزریق یک ماده بودار به جریان گاز طبیعی انجام داد. این عمل در اصطلاح “بودار کردن” و یا (odorizing) گاز طبیعی نامیده می شود و عموماً توسط تزریق یک ماده بسیار بودار با نام مرکاپتان (Mercaptane) صورت می پذیرد. در صنعت گاز، دو شیوه برای بودار کردن گاز طبیعی متداول است و بر

حسب پارامترهای عملیاتی و نیازهای مصرف کنندگان، یکی از این دو شیوه جهت عملیات “بودار کردن” انتخاب می گردد.



شکل ۳-۶- بودار کننده (بای پس) (www.nigc.ir)

این دو شیوه عبارتند از:

بودار کردن به سیستم کنارگذر (Bypass) و بودار کردن به شیوه تزریقی (Injection). شیوه عملکرد سیستم بودار کننده Bypass بدون نیاز به هیچگونه پمپ تزریق بوده و تنها با استفاده از فشار هیدرولیکی اعمال شده از خط لوله، مخزن نگهدارنده مرکاپتان در فشاری تعادلی با جریان گاز عبوری قرار خواهد گرفت. گاز عبوری از خط لوله، با ورود به یک انشعاب در ابعادی کوچک تر از سایز خط اصلی وارد مخزن ذخیره مرکاپتان شده و مقداری از مایع را با خود همراه خواهد کرد. این گاز، پس از امتزاج با مرکاپتان به واسطه افت فشاری که توسط یک شیر پروانه ای (Butterfly Valve) در خط ایجاد شده است، قادر خواهد بود به خط لوله اصلی باز گردد مرکاپتان همراه خود را در کل جریان عبوری منتشر نماید. با استفاده از یک نشانگر سطح می توان در هر لحظه میزان مرکاپتان موجود در مخزن را بررسی نمود. پر کردن مخزن اصلی ادورایزر از طریق یک سیستم loading و با اعمال فشار تنظیم شده بر روی تانکر حاوی مرکاپتان انجام می شود و به علت خاصیت سمی مرکاپتان عوارض بسیاری در صورت نشت در محیط طبیعی ایجاد خواهد نمود، به همین دلیل شیر اطمینان این تجهیز مجهز به یک فیلتر ذغالی (Charcoal Filter) جهت جلوگیری از بروز چنین عوارضی می باشد.

### ۳-۳-۸- بودارکننده (تزریقی)

یکی از خواص فیزیکی گاز طبیعی، بدون بو بودن این فرآورده سوختی است و بنابراین ضروری است تا جهت جلوگیری از وقوع خطرات و حوادث احتمالی، پیش از رسیدن به سیستم مصرف توسط مکانیزمی دارای بو گردد. این امر را می توان با تزریق یک ماده بودار به جریان گاز طبیعی انجام داد. این عمل در اصطلاح “بودار کردن” و یا (odorizing) گاز طبیعی نامیده می شود و عموماً توسط تزریق یک ماده بسیار بودار با نام مرکاپتان (Mercaptane) صورت می پذیرد. در صنعت گاز، دو شیوه برای بودار کردن گاز طبیعی متداول است و بر حسب پارامترهای عملیاتی و نیازهای مصرف کنندگان، یکی از این دو شیوه جهت عملیات “بودار کردن” انتخاب می گردد. این دو شیوه عبارتند از: بودار کردن به سیستم کنارگذر (Bypass) و بودار کردن به شیوه تزریقی (Injection). یک بودارکننده تزریقی با استفاده از یک پمپ رفت و برگشتی، اقدام به تزریق مرکاپتان به خط لوله می نماید. تابلو کنترل با دریافت مقادیر و پارامترهای جریان (که مهمترین آنها میزان دبی عبوری در شرایط کاری است) نرخ تزریق بهینه و استاندارد پمپ را محاسبه کرده و با صدور فرمان، آن را عملیاتی خواهد نمود. لذا در هر زمان، میزان گاز عبوری در همان موقعیت مقدار میزان تزریق قرار گرفته و غلظت مرکاپتان در گاز خروجی علیرغم وجود نوسان در جریان مقداری ثابت است. پر کردن مخزن اصلی ادورایزر از طریق یک سیستم loading و با اعمال فشار تنظیم شده بر روی تانکر حاوی مرکاپتان انجام می شود. از آنجا که ماده مرکاپتان بسیار سمی بوده و عوارض بسیاری در صورت نشت در محیط طبیعی ایجاد خواهد نمود، شیر اطمینان این تجهیز مجهز به یک فیلتر ذغالی جهت جلوگیری از بروز چنین عوارضی می باشد. [۴۴]



شکل ۳-۷- بودارکننده (تزریقی) (www.nigc.ir)

### ۳-۴- کلکتورهای خورشیدی

کلکتورهای انرژی خورشیدی انواع خاصی از مبدل های حرارتی هستند که انرژی تشعشعی خورشید را به انرژی داخلی محیط انتقال، تبدیل می کنند. جز اصلی هر سیستم گرمایی خورشیدی، بخش کلکتور آن است. این جز وسیله ای است که تشعشع ورودی خورشید را جذب و آن را به گرما تبدیل می کند و این گرما را به سیالی که معمولاً هوا، آب و یا روغن است و در داخل کلکتور در جریان می باشد، انتقال می دهد. انرژی خورشیدی جمع شده از طریق سیال بصورت گردشی یا بطور مستقیم برای گرم کردن آب یا تجهیزات تهویه محیط استفاده می شود و یا جهت ذخیره سازی انرژی حرارتی قابل استفاده در شب یا روزهای ابری به مخزن مورد نظر انتقال می یابد. کلکتورهای انرژی خورشیدی دارای دو نوع اساسی هستند:

۱ کلکتورهای غیر متمرکز کننده (ساکن)<sup>۱</sup>

۲ کلکتورهای متمرکز کننده<sup>۲</sup>

یک کلکتور غیر متمرکز کننده دارای مساحت یکسانی برای دریافت و جذب تشعشع خورشیدی می باشد، در حالیکه یک کلکتور متمرکز کننده دارای ردیابی خورشیدی است و معمولاً دارای سطح بازتاب کننده مقعر می باشد که تشعشع مستقیم خورشید را به یک سطح دریافت کننده کوچک متمرکز می کند، بنابراین شار تشعشعی را افزایش می دهد. کلکتورهای متمرکز کننده برای کاربردهای دما بالا مناسب هستند. جدول (۳-۱) انواع کلکتورها را نشان می دهد.

---

<sup>۱</sup> . Non-concentrating

<sup>۲</sup> . concentrating

جدول ۳-۱- کلکتور های انرژی خورشیدی [۱۳]

محدوده دمایی	نسبت تمرکز	نوع جذب کننده	نوع کلکتور	حرکت
۳۰-۸۰	۱	تخت	کلکتور صفحه تخت <sup>۴</sup> (FPC)	ساکن
۵۰-۲۰۰	۱	تخت	کلکتور لوله خلاء <sup>۷</sup> (ETC)	
۶۰-۲۴۰	۱-۵	لوله ای	کلکتور جفت سهموی <sup>۵</sup> (CPC)	ردیابی تک محوری
۶۰-۳۰۰	۵-۱۵			
۶۰-۲۵۰	۱۰-۴۰	لوله ای	بازتاب کننده خطی فرسnel <sup>۶</sup> (LFR)	
۶۰-۳۰۰	۱۵-۵۰	لوله ای	کلکتور ناودانی استوانه ای <sup>۷</sup> (CTC)	
۶۰-۴۰۰	۱۰-۸۵	لوله ای	کلکتور ناودانی سهموی <sup>۸</sup> (PTC)	
۱۰۰-۱۵۰۰	۶۰۰-۲۰۰۰	نقطه ای	بازتاب کننده بشقابک سهموی <sup>۹</sup> (PDR)	ردیابی دو محوری
۱۵۰-۲۰۰۰	۳۰۰-۱۵۰۰	نقطه ای	کلکتور میدان هلیوستات <sup>۱۰</sup> (HFC)	

### ۳-۴-۱- کلکتور های ساکن

کلکتورهای انرژی خورشیدی بطور اساسی توسط حرکتشان (ساکن، ردیابی تک محوری و ردیابی دو محوری) و دمای بهره برداری شان متمایز می شوند. کلکتورهای ساکن بطور دائم در موقعیت خود ثابت هستند و خورشید را ردیابی نمی کنند. سه نوع اصلی این کلکتورها عبارتند از:

۱. کلکتورهای صفحه تخت (مسطح)

۲. کلکتورهای جفت سهموی ساکن

۳. کلکتورهای لوله خلاء

- 1-Flat plate collector
- 2-Evacuated tube collector
- 3- Compound parabolic collector
- 4- Linear fresnel reflector
- 5- Cylindrical trough collector
- 6- Parabolic trough collector
- 7- Parabolic dish reflector
- 8- Heliostat field collector

### ۳-۴-۲- شار خورشیدی و آنالیز گردآورنده های تخت

بدلیل فراوانی مراجع در زمینه محاسبات شار خورشیدی رسیده و قابل جذب توسط کلکتورهای تخت، به توضیح اجمالی برای این بخش اکتفا میگردد. شار خورشیدی قابل جذب توسط کلکتور های صفحه تخت در معادله زیر قابل محاسبه خواهد بود.

$$S = (\tau\alpha)_{av} \cdot I_T$$

رابطه (۱-۳)

در معادله فوق  $(\tau\alpha)_{av}$  مضربی از متوسط ضریب عبور شیشه گردآورنده و ضریب جذب صفحه جاذب نسبت به مولفه های مستقیم و پخششی تابش خورشید می باشد. شار خورشیدی تابیده شده به صفحه گردآورنده تخت مایل می باشد. نکته اساسی انتخاب زاویه مناسب قرار گیری کلکتورها نسبت به سطح افق می باشد. برای این منظور در ایران توصیه میشود تا عرض جغرافیایی محل با عددی بین ۱۰ تا ۱۵ جمع شده و بعنوان زاویه تمایل گردآورنده اتخاذ گردد. اما مسلماً این نکته تنها یک تقریب است و از دقت کافی برخوردار نمی باشد. در این پژوهش از روش سعی و خطا برای یافتن بهترین زاویه استفاده گردیده است. آن قسمت از شار خورشیدی که جذب کلکتورها می شود نیز تماماً نمیتواند مورد استفاده قرار گیرد و بخشی از این میزان انرژی نیز به سبب اتلاف حرارتی گردآورنده هنگام انتقال انرژی به سیال عامل از بین می رود. رابطه اساسی برای محاسبه میزان انرژی خورشیدی قابل اتخاذ از کلکتور تخت بصورت زیر می باشد.

$$\dot{Q}_{solar} = A_c \cdot F_R \cdot [S - U_l(T_{fi} - T_{am})]$$

رابطه (۲-۳)

در رابطه فوق  $A_c$ ،  $F_R$ ،  $T_{fi}$ ،  $T_{am}$  به ترتیب معرف مساحت صفحه جاذب، دمای محیط، دمای سیال ورودی به کلکتور و ضریب تفکیک می باشند. همچنین  $U_l$  معرف ضریب کلی تلفات از کلکتور است که بصورت مجموع تلفات از بالا و عایق های کناری و از پشت کلکتور می باشد.

### ۳-۴-۳- ساختار کلکتور مسطح

برای کلکتور های گرمایش سیال، گذرگاه ها یا باید با صفحات جذب کننده، یکپارچه باشند یا به طور محکم به آن متصل شوند. در این حالت مساله مهم بدست آوردن یک اتصال حرارتی خوب بین لوله ها و صفحات جذب کننده بدون هزینه های اضافی برای نیروی انسانی و مواد می باشد. موادی که بیشتر برای صفحات کلکتور استفاده میشوند: مس، آلومینیوم و فولاد ضد زنگ هستند. اکستروژن های پلاستیک مقاوم در برابر اشعه فرابنفش برای کاربردهای دما پایین استفاده می شوند. اگر کل مساحت کلکتور با سیال انتقال حرارت در تماس باشند، کندوکنانس حرارتی ماده مهم نیست. در فاصله بین جذب کننده و پوشش در محدوده ۱۵ تا ۴۰ میلی متر، اتلاف حرارت جابجایی در کلکتور به طور نسبی محسوس نمی باشد. عایق کلکتور تخت از پشم شیشه یا پوشش فیبری معدنی ساخته می شود. پشم شیشه

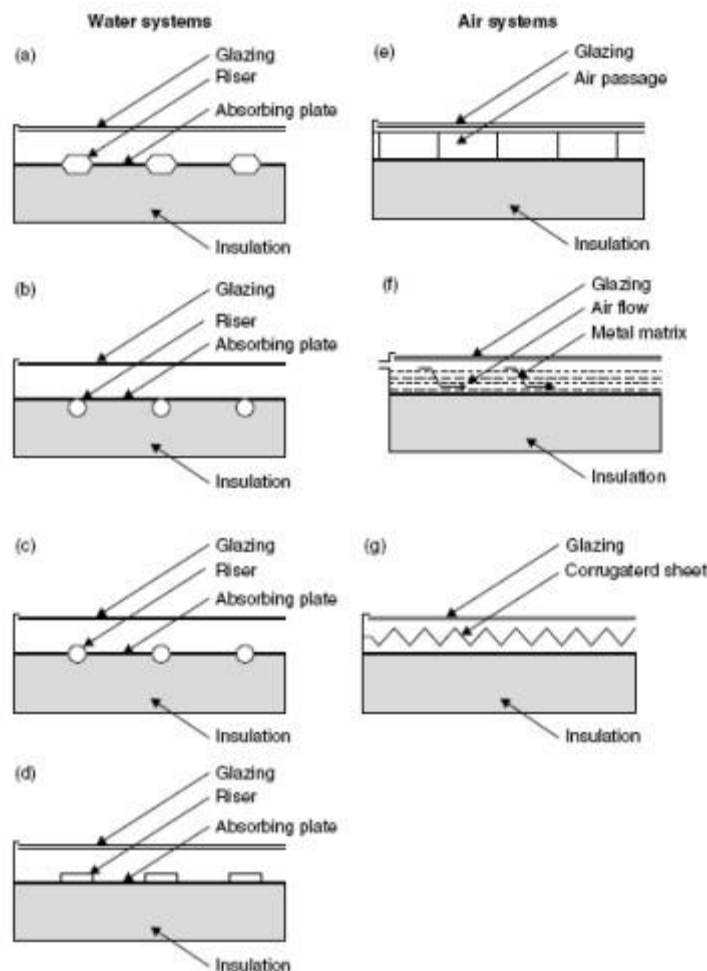
نوع ساختمانی مناسب نیست؛ زیرا الیاف آن در دمای بالا تبخیر می شوند و بر روی پوشش کلکتور چگالیده شده و ورودی تشعشع خورشیدی را مسدود می کند.

شکل (۸-۳) تعدادی از طراحی های صفحات جذب کننده برای هیتره های خورشیدی هوا و آب رانشان می دهد که برای دستیابی به درجه های مختلف استفاده می شوند. شکل (۸-۳a) یک طراحی اتصال ورقی را نشان می دهد، که در آن گذرگاه های سیال به صفحه یکپارچه شده اند تا هدایت حرارتی خوبی بین فلز و سیال برقرار شود. شکل (۸-۳b) و (۸-۳c) هیتره های سیال با لوله هایی که از طریق جوش کاری یا لحیم کاری یا سایر روش ها به سطح بالایی و پایینی ورق ها متصل شده اند را نشان می دهند. لوله های مسی به خاطر مقاومت فوق العاده شان در برابر خوردگی عمدتاً استفاده می شوند.

سیمان حرارتی، مفصل های کابلی، بست ها و یا سیم پیچ ها تلاش هایی در جهت جستجو برای روش های اتصال کم هزینه می باشند. شکل (۸-۳d) استفاده از لوله ها در قالب مستطیلی را نشان می دهد، که باعث ایجاد مساحت انتقال حرارت بزرگ تری بین لوله و صفحه می شود. فشار میکائیک، سیمان حرارتی، یا لحیم کاری ممکن است برای اتصال این مجموعه استفاده شود. از لحیم کاری نرم باید اجتناب شود؛ زیرا در شرایط ایستا، دمای بالای صفحه می تواند لحیم را ذوب کند.

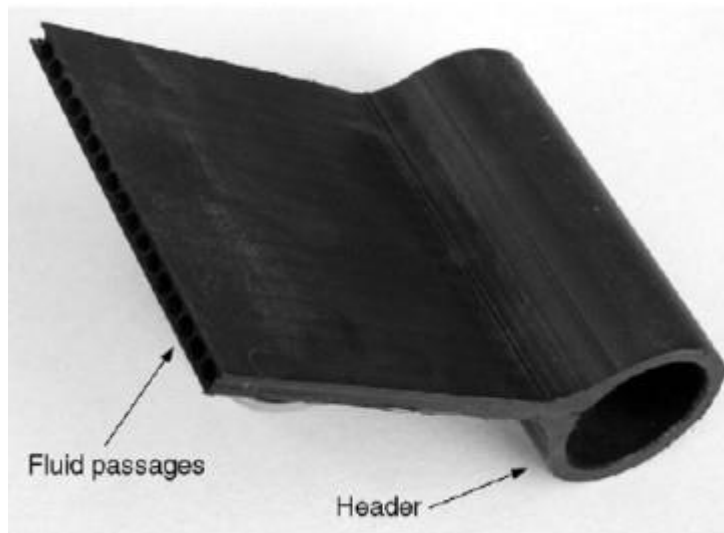
اختلاف اساسی بین کلکتور های مبتنی بر هوا و آب بر می گردد به نیاز به طراحی یک جذب کننده که کمبود انتقال حرارتی که به علت ضرایب انتقال حرارت پایین تر بین هوا و جذب کننده خورشیدی به وجود آمده است را جبران کند. هوا یا دیگر گازها می توانند با کلکتور های صفحه تخت گرم شوند، به ویژه اگر سطح بسط یافته (شکل ۸-۳e) برای خنثی کردن ضریب انتقال حرارت پایین بین فلز و هوا استفاده شود. ماتریس های پارچه ای یا فلزی (شکل ۸-۳f) و ورق های فلزی چین دار نازک (شکل ۸-۳g) یا جذب کننده های مخلخل وقتی که سطوح بالای عملکرد مورد نیاز می باشد، ممکن است استفاده شوند. نیاز اساسی این طراحی ها دارا بودن سطح تماس بالا بین سطح جذب کننده و هوا می باشند. ظرفیت حرارتی هوا خیلی کمتر از آب می باشد، از این رو نرخ های جریان حجمی بزرگ تری از هوا مورد نیاز است که قدرت پمپ بالاتری را نتیجه می دهد. کاهش تلفات حرارتی از جذب کننده را می توان یا از طریق صفحه منتخب با کاهش انتقال حرارت تشعشعی یا با منع انتقال حرارت جابجایی انجام داد.

طبقه بندی دیگری از کلکتور ها که در شکل (۳-۹) نشان داده شده است، کلکتور خورشیدی بدون جداره شیشه ای یا بدون پوشش می باشد. این کلکتور ها معمولاً واحد های کم هزینه ای هستند که میتوانند انرژی حرارتی خورشید را با هزینه هایی موثر در کاربردهایی مانند پیش گرمایش آب برای مصارف خانگی یا صنعتی، گرمایش استخرهای شنا، گرمایش فضا و گرمایش هوا برای کاربردهای صنعتی و کشاورزی عرضه کنند. عموماً این کلکتور ها در مواردی که دمای بهره برداری کلکتور نزدیک محیط می باشد، بکار می روند. این کلکتور ها معمولاً کلکتورهای پانلی نامیده می شوند که شامل یک ورقه جذب کننده پلاستیکی پهن و گذرگاه های سیال با فاصله نزدیک به هم هستند (شکل (۳-۸)) موادی که برای کلکتورهای پانلی پلاستیکی استفاده می شوند، شامل پلی پروپیلن، پلی اتیلن، اکریلیک و پلی کربنات می باشند.



شکل ۳-۸- انواع مختلف آرایش های جذب کننده کلکتور خورشیدی صفحه تخت برای آب و هوا [۱۳]





شکل ۳-۹- کلکتورهای پانلی پلاستیکی [۱۳]

### ۳-۴-۵- مواد جداره شیشه ای

شیشه به طور وسیعی برای جداره شیشه ای کلکتورهای خورشیدی استفاده می شود، زیرا شیشه می تواند ۹۰٪ تابش ورودی خورشیدی را که موج کوتاه است، انتقال دهد در حالی که تقریباً هیچ تشعشع موج بلندی را که از صفحه جذب کننده به سمت بیرون انتشار می یابد، از خود عبور ندهد. شیشه پنجره معمولاً دارای محتوای آهن زیادی است و برای استفاده در کلکتورهای خورشیدی مناسب نیست. شیشه با محتوای آهن کم به طور نسبی، ضریب عبوردهی بالایی برای تشعشع خورشیدی دارد تقریباً ۸۵٪ تا ۹۰٪ در برخورد عمود. اما این شیشه برای تشعشع حرارتی موج بلندی که توسط سطوح گرم شده صادر می شود، دارای ضریب عبوردهی صفر می باشد (۵ تا ۵۰ میکرون) ورقه ها و لایه های نازک پلاستیکی نیز دارای ضریب عبوردهی بالا برای اشعه موج کوتاه می باشند اما به خاطر اینکه بیشتر انواعی که به کار می روند دارای باند انتقال متوسطی برای طیف تشعشع حرارتی هستند، معمولاً دارای ضریب عبوردهی موج بلند به بزرگی ۰/۴ می باشند. بعلاوه، پلاستیک ها عموماً با دماهایی که بدون هیچ تغییر ابعادی یا خرابی می توانند تحمل کنند، محدود می شوند. تنها تعداد کمی از پلاستیک ها می توانند در برابر اشعه فرابنفش خورشید به مدت طولانی مقاومت کنند. با این حال، پلاستیک ها با تگرگ شکسته نمی شوند و در شکل های لایه نازک کاملاً انعطاف پذیرند و جرم کمی دارند. شیشه های پنجره تجاری و گلخانه ای به ترتیب دارای ضریب عبوردهی برخورد نرمال حدود ۸۷٪ و ۸۵٪ هستند. برای تشعشع مستقیم، ضریب عبوردهی به طور قابل ملاحظه ای با زاویه تابش تغییر می کند.

پوشش ها با بافت های سطحی آنتی رفلکس می توانند ضریب عبوردهی را به طور قابل توجهی بهبود بخشند. اثر لکه و غبار بر روی جداره شیشه ای کلکتور ممکن است کاملاً کوچک باشد و اثر تمیز کردن بارش های اتفاقی باران معمولاً کفایت می کند، تا ضریب عبوردهی را در حدود ۲٪ تا ۴٪ مقدار ماکزیمم خود نگه دارد. غبار معمولاً در فصل تابستان زمانی که ریزش باران اندک است، جمع می شود، اما به خاطر تابش شدید خورشید در این فصل، غبار کلکتور را از اورهیت شدن (بیش از حد گرم شدن) محافظت میکند.

جداره شیشه ای باید مقدار زیادی از تابش خورشیدی را تا آنجا ممکن است، عبور دهد و تلفات حرارتی به بیرون را تا حد ممکن کاهش دهد. اگرچه شیشه بطور بالقوه برای اشعه های موج بلند صادر شده از صفحات کلکتور غیر شفاف است، اما جذب تشعشع دمای شیشه را افزایش داده و باعث ایجاد تلفات حرارتی به اتمسفر اطراف از طریق تشعشع و جابجایی می شود.

### ۳-۴-۶- صفحات جذب کننده کلکتور

صفحه کلکتور بیشترین تشعشعی را که از طریق جداره شیشه ای عبور کرده جذب می کند در حالی که مقدار کمی از حرارت به سمت بالا به اتمسفر و مقدار کمی به عقب به سمت محفظه به صورت تلفات انتقال داده می شود. صفحات کلکتور حرارت باقی مانده و تلف شده را به سیال انتقال حرارت منقل می کنند. برای به حداکثر رساندن جمع آوری انرژی، جذب کننده یک کلکتور باید پوششی داشته باشد که ضریب جذب بالایی برای تشعشع خورشیدی (طول موج کوتاه) و ضریب صدور کمی برای تشعشع بازتابی (طول موج بلند) داشته باشد. این صفحه منتخب نامیده می شود. ضریب جذب سطح کلکتور برای تشعشع خورشیدی موج کوتاه به ماهیت رنگ پوشش و زاویه تابش بستگی دارد. معمولاً رنگ سیاه استفاده می شود. اما عموماً به دلیل زیبایی، پوشش ها با رنگ های مختلفی پیشنهاد می شوند.

با عملیات شیمایی یا الکترولیتی مناسب، سطوحی با ضریب جذب ( $\alpha$ ) بالا برای تشعشع خورشیدی و ضریب صدور ( $\epsilon$ ) کم برای تشعشع های بازتابی موج بلند، می توان تولید کرد. اساساً، صفحه منتخب معمولی، شامل یک لایه نازک رویی است که برای تشعشع خورشیدی موج کوتاه به شدت جاذب است اما به طور نسبی برای تشعشع حرارتی موج بلند شفاف می باشد و این لایه بر روی سطحی قرار داده می شود که برای تشعشع موج بلند ضریب صدور کم و ضریب بازتاب بالایی دارد.

وقتی دمای سطح کلکتور خیلی بالاتر از دمای هوای محیط می باشد، صفحات منتخب به طور خاص اهمیت پیدا می کنند. ارزانتترین پوشش جذب کننده به رنگ سیاه مات است. با این حال این پوشش ها منتخب نیستند و عملکرد کلکتوری که به این طریق تولید می شود، به ویژه برای دماهای بهره برداری بیش از ۴۰ درجه بالاتر از دمای محیط، پایین می باشد. کلکتور خورشیدی کارآمد و موثر از لحاظ انرژی، باید تشعشع خورشیدی برخوردی را جذب کرده و آن را به انرژی حرارتی تبدیل کند و این انرژی حرارتی را به محیط انتقال حرارت با حداقل تلفات در هر مرحله انتقال دهد. ممکن است از چندین اصول طراحی و مکانیزم فیزیکی برای ایجاد صفحه منتخب جذب کننده خورشیدی استفاده شود. جذب کننده های خورشیدی که تحت عنوان جذب کننده های پشت سرهم نامیده می شوند، دارای دولایه ای هستند که خواص نوری متفاوتی دارند.

یک پوشش دی الکتریک یا نیمه رسانا با ما ضریب جذب خورشیدی بالا و ضریب عبوردهی مادون قرمز بالا بر روی یک ده غیر منتخب با ضریب بازتاب بالا مانند فلز، یک نوع جذب کننده بالا و غیر انتخابی را با یک آینه حرارتی که ضریب عبور دهی خورشیدی بالا و ضریب بازتاب مادون قرمز بالایی دارد، پوشش می دهند. امروزه، جذب کننده های خورشیدی تجاری با آبکاری الکتریکی، آنودیزاسیون، تبخیر، پراکنشی و بکارگیری رنگ کارهای منتخب خورشیدی ساخته می شوند. بیشتر انواع پوشش های منتخبی که بکار گرفته شده اند، به طور گسترده از کروم سیاه هستند. بیشتر پیشرفته ها در سال های اخیر بر اساس بکارگیری تکنیک های خلاء برای تولید جذب کننده های نوع تیغه مورد استفاده در کاربردهای دما پایین می باشد.

فرآیندهای الکتروشیمیایی که برای تجاری کردن جذب کننده ها به کار می رفتند با فرآیند صنعتی پرداخت فلز جایگزین شدند. ایجاد شرایط جذب کننده های خورشیدی که در کاربردهای دما بالا استفاده می شد (برای مثال، ضریب صدور حرارتی به شدت پایین و ثبات دمایی بالا) برای فرآیند های تر مشکل بود. بنابراین، رسوب پراکنشی مقیاس بزرگ در اواخر دهه ۱۹۷۰ توسعه یافت. امروزه تکنیک های خلاء رشد یافته است و دارای مزیت های هزینه کم و آلودگی محیطی کم نسبت به فرآیند های تر می باشد.

### ۳-۴-۷- ساختار کلکتور مسطح

برای کلکتور های گرمایش سیال، گذرگاه ها یا باید با صفحات جذب کننده، یکپارچه باشند یا به طور محکم به آن متصل شوند. در این حالت مساله مهم بدست آوردن یک اتصال

حرارتی خوب بین لوله ها و صفحات جذب کننده بدون هزینه های اضافی برای نیروی انسانی و مواد می باشد. موادی که بیشتر برای صفحات کلکتور استفاده میشوند: مس، آلومینیوم و فولاد ضد زنگ هستند. اکستروژن های پلاستیک مقاوم در برابر اشعه فرابنفش برای کاربردهای دما پایین استفاده می شوند. اگر کل مساحت کلکتور با سیال انتقال حرارت در تماس باشند، کندوکتانس حرارتی ماده مهم نیست. در فاصله بین جذب کننده و پوشش در محدوده ۱۵ تا ۴۰ میلی متر، اتلاف حرارت جابجایی در کلکتور به طور نسبی محسوس نمی باشد. عایق کلکتور تخت از پشم شیشه یا پوشش فیبری معدنی ساخته می شود. پشم شیشه نوع ساختمانی مناسب نیست؛ زیرا الیاف آن در دمای بالا تبخیر می شوند و بر روی پوشش کلکتور چگالیده شده و ورودی تشعشع خورشیدی را مسدود می کند.

### ۳-۴-۸- معادلات اصلی کلکتور مسطح

در شرایط پایدار، عملکرد کلکتور خورشیدی توسط بالانس انرژی که شامل توزیع انرژی خورشیدی برخوردی به صورت انرژی مفید دریافتی، تلفات حرارتی و نوری می باشد، بیان می شود. تابش خورشیدی جذب شده توسط یک کلکتور بر واحد سطح جذب کننده  $S$  برابر است با تفاوت بین تابش خورشیدی برخوردی و تلفات نوری. انرژی حرارتی اتلافی از کلکتور به محیط توسط هدایت، جابجایی و تابش فروسرخ را می توان به صورت حاصل ضرب انتقال حرارت ( $UL$ ) در اختلاف بین دمای متوسط صفحه جاذب  $T_{pm}$  و دمای محیط  $T_a$  نشان داد. در شرایط پایدار، انرژی مفید خروجی کلکتور با سطح  $Ac$ ، تفاوت بین تابش خورشیدی جذب شده و تلفات حرارتی می باشد:

$$Qu = Ac[s - UL (T_{pm} - T_a)] \quad \text{رابطه (۳-۳)}$$

مشکل معادله فوق این است که محاسبه یا اندازه گیری دمای متوسط صفحه جاذب مشکل است، زیرا تابعی از طراحی کلکتور، تابش خورشیدی برخوردی، و شرایط سیال ورودی می باشد

در معادله زیر انرژی مفید دریافتی، در واحد  $SI$  به صورت وات ( $J/S$ ) بیان می شود، درحالی که  $S$  با  $W/m^2$  و  $UL$  با  $W/m^2K$  نشان داده می شوند. بهترین زمان مناسب مبنا برای تابش خورشیدی به جای ثانیه ای به صورت ساعتی می باشد زیرا که مدت زمان معمول در گزارش داده های جوی، ساعتی می باشد  $S$ . نرخ میانگین انرژی در یک ساعت با واحد  $J/m^2h$  است، در شرایطی که عبارت تلفات گرمایی ( $UL (T_{pm} - T_a)$ ) باید در  $3600 s/h$  ضرب شود تا مقادیر

عددی انرژی مفید دریافتی در J/h بدست آید. معیار زمانی ساعتی برای واحد های SI مناسب نیست اما در این 8 کی 4 تحلیل اغلب مناسب به نظر می رسد به جای آن می توان از معادله (۳-۴) در مدت زمان ۱ ساعت انتگرال گرفت.

$$m_w \cdot C_{pw} \frac{dT_w}{dt} = \dot{Q}_h + \dot{Q}_{load} - \dot{Q}_{NG}$$

رابطه (۳-۴)

برای این که به ندرت داده ها در دوره زمانی کوتاه تر از ۱ ساعت در اختیار داریم، این انتگرال گیری با فرض ثابت ماندن S Tpm و Ta در طول ۱ ساعت بیان می شود. نتایج معادله (۳-۴) تغییر نمی کند به جز این که هر دو طرف در S/h ۳۶۰۰ ضرب می شود. برای اجتناب از این که این ثابت انرژی مفید دریافتی ساعتی را شامل شود، از نشانه های متفاوتی می توانیم برای کمیت های شدتی و در واحد زمان برای انتگرال گیری های ساعتی استفاده نماییم (برای مثال، Qu و Qu) در حالی که معنای مدنظر همیشه با به کارگیری G یا L در ارزیابی S مشخص است و استفاده از نشانه پا متفاوت برای انرژی دریافتی مفید کلکتور بر یه لحظه ای یا پایه انتگرال گیری ساعتی ضروری نیست از نقطه نظر محاسباتی ۳۶۰۰ هنوز باید در نظر گرفته شود چون S برای مدت زمان یک ساعت مشخص بوده اما ضریب تلفات در واحدهای SI خواهد بود.

یک معیار ارزیابی عملکرد کلکتور، بازدهی کلکتور می باشد که به صورت نسبت دریافت مفید در طول یک مدت زمان مشخص به انرژی خورشیدی برخوردی در مدت زمان مشابه می باشد:

$$\eta = \frac{\int \dot{Q}_u dt}{A_c \int G_T dt}$$

رابطه (۳-۵)

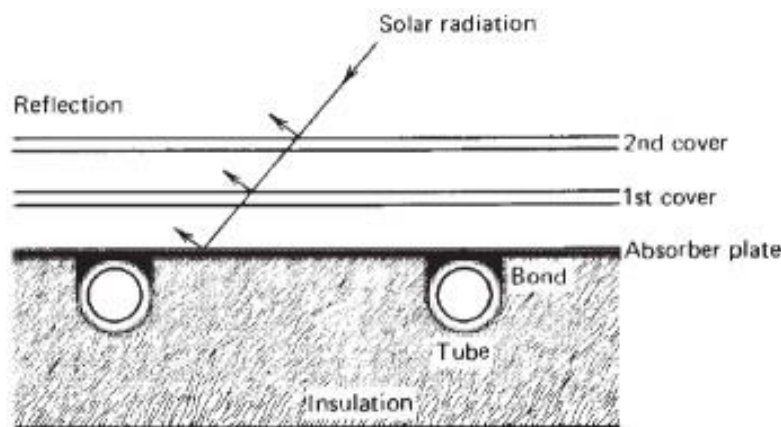
که اگر شرایط را در یک دوره زمانی ثابت در نظر بگیریم، بازدهی بصورت شکل زیر خواهد بود:

$$\eta = \frac{Q_u}{I_T A_c}$$

رابطه (۳-۶)

طراحی سیستم انرژی خورشیدی در ارتباط با بدست آوردن کمینه هزینه انرژی است. بنابراین،

طراحی کلکتوری با بازدهی پائین تر نسبت به فن آوری موجود در صورتی که هزینه، به طور اساسی کاهش یابد، مطلوب به نظر می رسد.



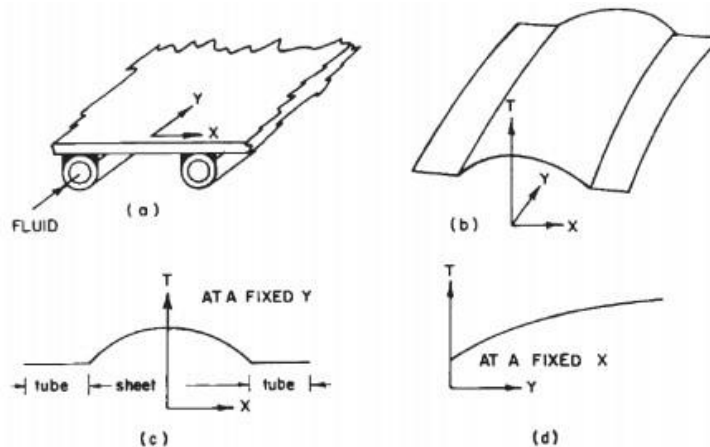
شکل ۳-۱۰- لوله و صفحه کلکتور خورشیدی [۱۳]

### ۳-۴-۸- توزیع دما در کلکتورهای مسطح

تحلیل جزییات کلکتور خورشیدی مسئله پیچیده ای است، خوشبختانه تحلیل نسبتاً ساده ای، نتایج بسیار مفیدی خواهد داد. این نتایج متغیرهای مهمی را نشان می دهد، که چگونه باهم مرتبط هستند و چگونه بر عملکرد کلکتور خورشیدی اثر میگذارد. برای به تصویر کشیدن این اصول پایه، یک کلکتور گرم کننده مایع، همان طور که در شکل (۳-۱۱) نشان داده شده ابتدا آزموده می شود. این تحلیل توسط Whilier (۱۹۷۷ و ۱۹۵۳) و Whilier (۱۹۵۸) و Hotel برای درک موضوع که در ادامه خواهد آمد دانستن توزیع دمایی ایجاد شده در کلکتور خورشیدی ساخته شده به صورت شکل (۳-۱۱) مطلوب است.

شکل (a) (۳-۱۱) منطقه بین دو لوله را نشان می دهد. قسمتی از انرژی خورشیدی جذب شده توسط صفحه باید در طول صفحه به طرف ناحیه لوله ها مبنای سیستم های انرژی خورشیدی هدایت شود بنابراین، دمای میانی بین لوله ها بیشتر از دمای مجاور لوله ها می باشد. دمای بالای لوله ها تقریباً به خاطر حضور لوله و فلز جوش یکنواخت است.

انرژی تبادل شده سیال را گرم خواهد کرد و اختلاف دمایی در جهت جریان ایجاد خواهد کرد. از آنجائی که در هر ناحیه کلکتور میزان دمای کلی با میزان دمای محل سیال کنترل می شود. شرایطی که در شکل (b) (۳-۱۱) نشان داده شده مورد انتظار خواهد بود. در هر موقعیت، توزیع دمایی کلی در جهت X در شکل (c) (۳-۱۱) نشان داده شده است و در هر موقعیت، توزیع دمایی در جهت Y شبیه شکل (d) (۳-۱۱) خواهد بود.



شکل ۳-۱۱- توزیع دما بر روی صفحه جذب کننده [۱۳]

برای مدل کردن شرایط نشان داده شده در شکل (۳-۱۲) یک سری فرضیات ساده کننده ایجاد شده که ساختاری بدون مخدوش کردن شرایط فیزیکی اساسی پایه ریزی می کند. این فرضیات عبارتند از:

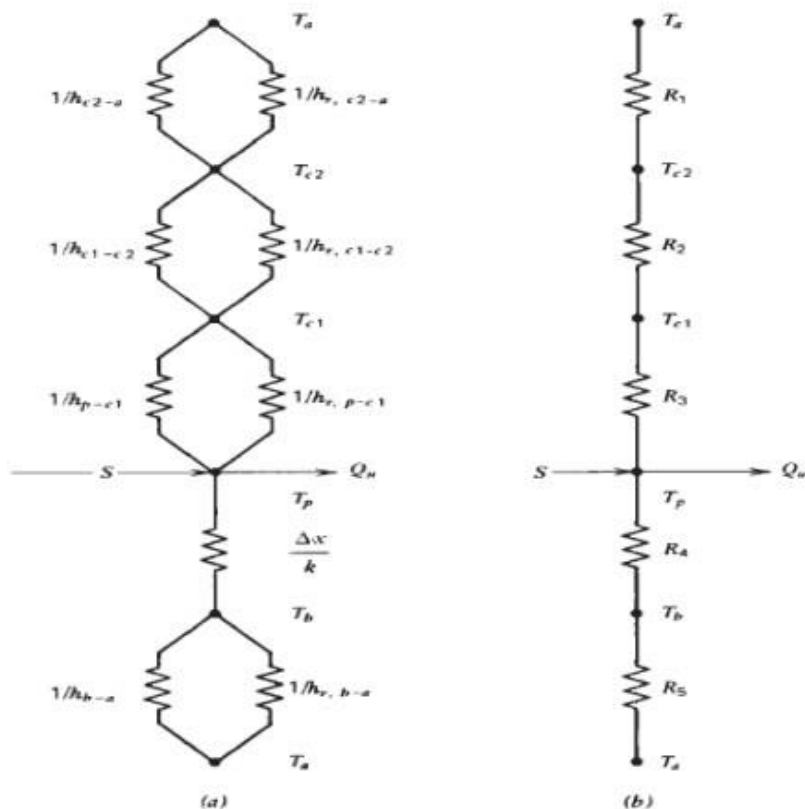
- ۱- عملکرد در حالت پایا می باشد؛
- ۲- ساختمان کلکتور از نوع صفحه و لوله های موازی باشد؛
- ۳- هدرها (جمع کننده ها) مساحت کوچکی از کل مساحت کلکتور را می پوشانند و بنابراین صرف نظر می شوند؛
- ۴- هدرها (جمع کننده ها) جریان یکنواختی در لوله ها به وجود می آورند؛
- ۵- پوشش هیچ گونه جذب انرژی خورشیدی ندارد تا حدی که بر تلفت کلکتور تاثیر میگذارد؛
- ۶- جریان گرمایی در یک پوشش، یک بعدی است؛
- ۷- در یک پوشش افت دمایی ناچیز است؛
- ۸- پوشش ها نسبت به تابش فروسرخ کدر می باشند؛
- ۹- جریان گرمایی تک بعدی در عایق پشتی وجود دارد؛
- ۱۰- آسمان را می توان به عنوان جسم سیاه برای تابش طول موج بلند در یک دمای معادل آسمان در نظر گرفت؛
- ۱۱- اختلاف دمایی در جهت جریان و بین لوله ها می تواند به صورت مجزا بررسی گردد؛
- ۱۲- از اختلاف دمایی اطراف لوله ها می توان صرف نظر کرد؛

۱۳- خواص مستقل از دما هستند؛

۱۴- تلفات از جلو و عقب، مرتبط با دمای محیط یکسان می باشد؛

۱۵- گرد و خاک بر روی کلکتور قابل صرف نظر کردن هستند؛

۱۶- سایه بر جذب کننده کلکتور قابل صرف نظر کردن است.



شکل ۳-۱۲- شبکه حرارتی برای یک کلکتور مسطح با دو پوشش (a) به صورت مقاومت هدایت، جابجایی و مقاومت تابشی (b) به صورت مقاومت بین صفحات [۱۳]

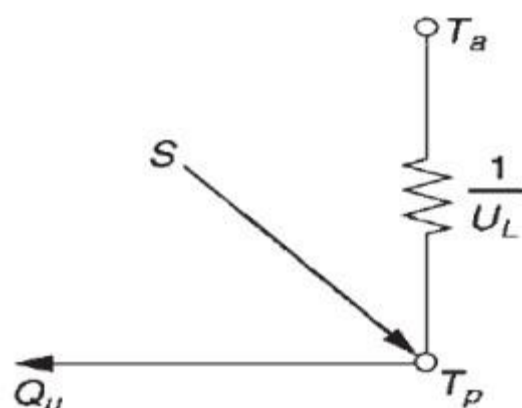
### ۳-۴-۹- ضریب تلفات گرمای کلی کلکتور

برای ساده سازی ریاضیات برای حل کلکتور خورشیدی استفاده از مفهوم ضریب تلفات کلی مفید واقع می شود. شبکه حرارتی برای یک سیستم دو پوششی در شکل (۳-۱۳) را در نظر می گیریم. در بعضی جاهای معمول در صفحه که دمای آن  $T_p$  است انرژی خورشیدی با مقدار  $S$  که توسط صفحه جذب می شود، نشان داده می شود که  $S$  برابر است با تابش خورشیدی برخوردی که توسط تلفات نوری کاهش یافته است این انرژی جذب شده بین



تلفات حرارتی از بالا و پایین و انرژی مفید دریافتی تقسیم می شود. هدف این بخش تبدیل شبکه حرارتی شکل (۳-۱۱) به شبکه حرارتی شکل (۳-۱۲) می باشد.

انرژی اتلافی از بالا، ناشی از جابجایی و تابش بین صفحات موازی است. انتقال پایای انرژی بین صفحه با دمای TP و پوشش اول در دمای TC1 مشابه به انتقال انرژی بین هر دو پوشش مجاور هم می باشند و همچنین با انرژی که به اطراف از پوشش بالایی تبادل می شود برابر است. تلفات از بالا در هر واحد سطح در این صورت برابر است با انتقال حرارت از صفحه جاذب به اولین پوشش میباشد.



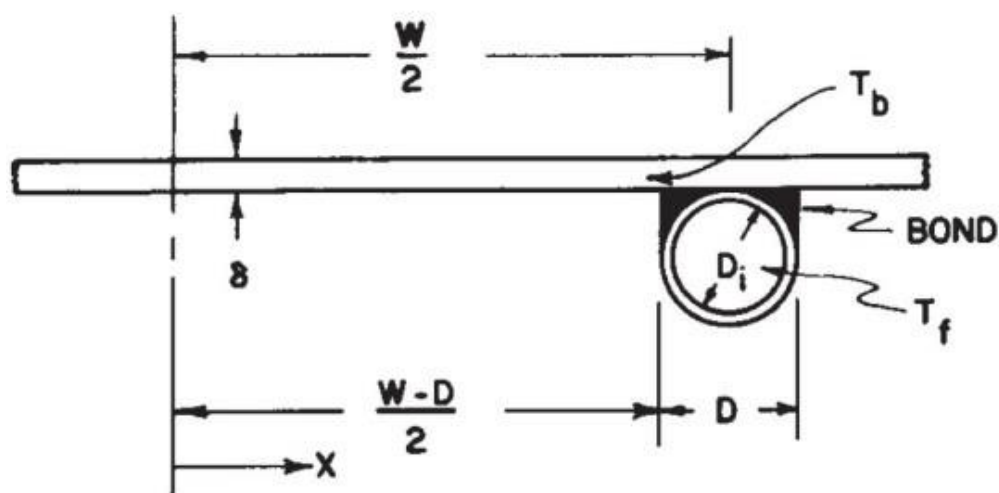
شکل ۳-۱۳- شبکه معادل حرارتی کلکتور مسطح [۱۳]

### ۳-۴-۱۰- توزیع دمایی بین لوله ها و فاکتور بازدهی کلکتور

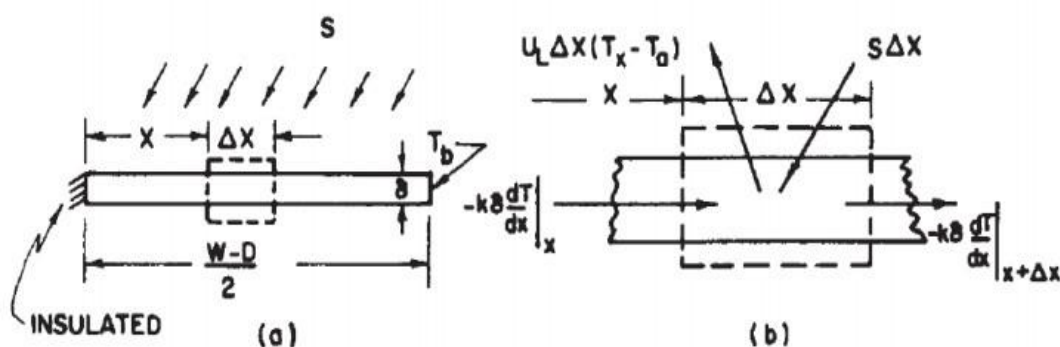
توزیع دمایی بین دو لوله اگر موقتاً فرض کنیم اختلاف دما در جهت جریان قابل صرف نظر کردن است، قابل استخراج می باشد. ساختار لوله - صفحه نشان داده شده در شکل (۳-۱۲) در نظر بگیرید. فاصله بین لوله W می باشد. قطر لوله D۱ و صفحه نازک با ضخامت  $\delta$  است.

به علت این که مواد سازنده صفحه هادی های خوبی هستند، اختلاف دمایی در ضخامت صفحه قابل صرف نظر کردن می باشد. فرض خواهیم کرد که صفحه ای که بالای قسمت جوش داده شده در دمای پایه محلی  $T_b$  قرار دارد. ناحیه بین خط مرکزی جدا کننده لوله ها و مرکز لوله را می توان به شکل یک مسئله کلاسیک پره در نظر گرفت.

پره ای که در شکل (a) (۳-۱۳) نشان داده شده است طول  $(W-D)/2$  دارد. یک ناحیه المانی با پهنای  $\Delta X$  و با طول واحد در جهت جریان در شکل (b) (۳-۱۳) نشان داده شده است.



شکل ۳-۱۲- ابعاد صفحه و لوله [۱۳]



شکل ۳-۱۳- بالانس انرژی المان پره [۱۳]

یک بالانس انرژی در این المان برابر است با:

$$S\Delta x - U_L \Delta x (T - T_a) + \left(-k\delta \frac{dT}{dx}\right)\bigg|_x - \left(-k\delta \frac{dT}{dx}\right)\bigg|_{x+\Delta x} \quad \text{رابطه (۳-۶)}$$

که در اینجا  $S$  انرژی خورشیدی جذب شده می باشد. با تقسیم به قسمت های کوچک  $\Delta x$  و یافتن حد هنگامی که  $\Delta x$  به سمت صفر میل میکند خواهیم داشت:

$$\frac{d^2 T}{dx^2} = \sqrt{\frac{U_L}{K\delta}} \left(T - T_a \frac{S}{U_L}\right) \quad \text{رابطه (۳-۷)}$$

دو مقدار مرزی که برای حل این معادله دیفرانسیل مرتبه دوم مورد نیاز است. عبارتند از تقارن در خط مرکزی و دمای معلوم پایه:

$$\frac{d^2 T}{dx^2} \Big|_{x=0} = 0, T \Big|_{x=\frac{(w-D)}{2}} = T_b$$

رابطه (۳-۸)

برای راحتی ، دو متغیر  $m$  و  $\psi$  را میتوان تعریف کرد:

$$\Psi = T - T_a - \frac{S}{U_L} \quad m = \sqrt{\frac{U_L}{K\delta}} \quad \text{رابطه (۳-۹)}$$

و معادله ی (۳-۱۰) می شود:

$$\frac{d^2 \psi}{dx^2} = m^2 - \Psi = 0$$

رابطه (۳-۱۱)

که دارای شرایط مرزی زیر است:

$$\frac{d\psi}{dx} \Big|_{x=0} = 0, \quad \Psi \Big|_{x=\frac{(w-D)}{0}} = T_b - T_a - \frac{S}{U_L} \quad \text{رابطه (۳-۱۲)}$$

حل عمومی آن برابر است:

$$\Psi = C_1 \sinh mx + C_2 \cosh mx$$

رابطه (۳-۱۳)

ثوابت  $C_1$  و  $C_2$  را میتوان با جایگزینی شرایط مرزی در حل عمومی بدست آورد که در

این صورت برابر است با :

$$\frac{T - T_a - \frac{S}{U_L}}{T_b - T_a - \frac{S}{U_L}} = \frac{\cosh mx}{\cosh m \frac{(W-D)}{0}} \quad \text{رابطه (۳-۱۴)}$$

انرژی که به ناحیه آن لوله در واحد طول در جهت جریان هدایت می شود را اکنون با

محاسبه قانون فوریه در دمای پایه پره، می توان بدست آورد:

رابطه (۳-۱۵)

$$\dot{q}_{fln} = K\delta \frac{C \cdot T}{C \cdot X} \Big|_{x=\frac{(w-D)}{2}} = (K \frac{\delta m}{U_L}) [S - U_L (T_b - T_a)] \tanh \frac{m(w-D)}{2}$$

اما  $k\delta m/U_L$  برابر است با  $1/m$ . معادله (۳-۱۶) برای انرژی است که در یک طرف لوله

جمع آوری می شود. برای هر دو طرف لوله انرژی جمع آوری شده برابر است با

رابطه (۳-۱۶)

$$\dot{q}_{fln} = (W-D) [S - U_L (T_f - T_a)] \frac{\tanh \frac{m(w-D)}{2}}{\frac{m(w-D)}{2}}$$

استفاده از مفهوم بازدهی پره برای بازنویسی معادله (۳-۱۷) برای را آسان می کند:

رابطه (۳-۱۷)

$$\dot{q}_{fn} = -(W-D)F[(S - U_L)(T_b - T_a)]$$

که در آن:

$$F = \frac{\tanh \frac{m(w-D)}{2}}{\frac{m(w-D)}{2}}$$

رابطه (۳-۱۸)

تابع  $F$  بازدهی استاندارد پره برای پره های مستقیم با پروفیل مستطیلی می باشد که در شکل (۳-۱۶) رسم شده است. دریافت انرژی مفید کلکتور شامل انرژی جمع آوری شده در ناحیه بالای لوله نیز می شود. انرژی دریافتی برای این ناحیه برابر ایت با :

$$\dot{q}_{Lape} = D[S - U_L(T_b - T_a)]$$

رابطه (۳-۱۹)

و دریافت انرژی مفید برای لوله و پره برای واحد طول در جهت جریان جمع معادله (۳-۱۶) و (۳-۱۷) است.

$$\dot{q}_U = ((W-D)F + \dot{D}) [S - U_L(T_b - T_a)]$$

رابطه (۳-۲۰)

نهایتاً انرژی مفید بدست آمده از معادله (۳-۲۰) باید به سیال انتقال یابد. مقاومت در برابر جریان گرمایی به سیال، از مقاومت لوله به سیال ناشی می شود. دریافت انرژی مفید در غالب دو مقاومت اخیر به صورت زیر می تواند بیان شود:

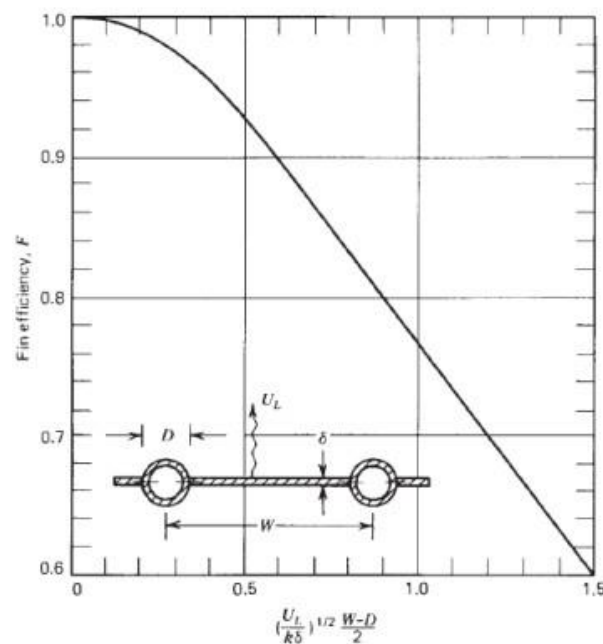
$$\dot{q}_U = \frac{T_b - T_f}{\frac{1}{h_{fi} * D_i} + \frac{1}{C_b}}$$

رابطه (۳-۲۱)

که  $D_i$  قطر داخلی لوله و  $h_{fi}$  ضریب انتقال حرارت بین سیال و دیواره لوله می باشد. ضریب هدایت جوش  $C_b$  از مشخصات هدایتی گرمایی جوش ( $k_b$ ) تخمین زده می شود. و ضخامت متوسط جوش و پهنای جوش  $b$  می باشد. بر پایه واحد طول خواهیم داشت:

$$C_b = \frac{K_b b}{Y}$$

رابطه (۳-۲۲)



شکل ۳-۱۳- بازدهی پره برای کلکتور خورشیدی لوله و صفحه [۱۳]

اکنون می‌خواهیم  $T_b$  را از معادلات حذف کنیم و عبارتی برای دریافت مفید به شکل ابعاد معین، پارامترهای فیزیکی و دمای محلی سیال بدست آوریم. با حل معادله (۳-۲۱) برای  $T_b$  و جایگزین کردن آن در معادله (۱-۴۷) با حال و عبارت حاصل برای دریافت انرژی مفید، خواهیم داشت:

$$\dot{q}_u = W\dot{F}[S - U_L(T_f - T_a)]$$

رابطه (۳-۲۳)

که  $\dot{F}$  فاکتور بازدهی کلکتور بوده و برابر است با: [۱۰]

$$\dot{F} = \frac{\frac{1}{U_L}}{W \left[ \frac{1}{U_L[D + (W-D)F]} + \frac{1}{C_b} + \frac{1}{\pi D j \eta n} \right]}$$

رابطه (۳-۲۴)

$$q_{loss,top} = h_{c,p-cl}(T_p - T_{cl}) + \frac{\sigma(T_p^4 - T_{cl}^4)}{\frac{1}{\epsilon_p} + \frac{1}{\epsilon_{cl}} - 1}$$

رابطه (۳-۲۵)

که در آن  $h_{c,p-cl}$  ضریب انتقال حرارت جابجایی بین صفحه موازی شیبدار می باشد. با تعریف ضریب انتقال حرارت تابشی تلفات گرمایی بصورت زیر بدست می آید:

$$q_{loss,top} = (h_{r,p-cl} + h_{r,p-cl})(T_p - T_{cl})$$

$$h_{r,p-cl} = \frac{\sigma(T_p + T_{cl})(T_p^2 + T_{cl}^2)}{\frac{1}{\epsilon_p} + \frac{1}{\epsilon_{cl}} - 1}$$

رابطه (۳-۲۶)

مقاومت  $R_3$  نیز به شکل زیر بیان می شود :

$$R_3 = \frac{1}{h_{c,p-cl} + h_{r,p-cl}}$$

رابطه (۳-۲۷)

مقاومت از پوشش بالایی به محیط مشابه معادله (۷-۵) است. محاسبه مقاومت تابشی از پوشش بالایی با آسمان در دمای  $T_s$  است. برای آسان نمودن، ما این مقاومت را نسبت به مرجع دمای محیط  $T_a$  بدست می آوریم، بنابراین ضریب انتقال حرارت تابشی را می توان به این شکل نوشت :

$$h_{r,c2-a} = \frac{\sigma \epsilon_c (T_{c2} + T_s)(T_{c2}^2 + T_s^2)(T_{c2} - T_s)}{T_{c2} - T_s}$$

رابطه (۳-۲۸)

مقاومت به محیط اطراف  $R_1$  برابر است با :

$$R_1 = \frac{1}{h_w + h_{r,c1-a}}$$

رابطه (۳-۲۹)

برای این سیستم دو پوشش، ضریب تلفات از بالا در یک کلکتور مسطح به محیط برابر است :

$$U_t = \frac{1}{R_1 + R_2 + R_3}$$

رابطه (۳-۳۰)

شیوه حل ضریب تلفات از بالا با استفاده از معادلات (۳-۲۶) تا (۳-۳۰) لزوماً به شکل یک پروسه تکراری می باشد. ابتدا یک حدس برای دمای نامعلوم پوشش زده می شود، که با استفاده از آن ضریب انتقال حرارت تابشی و جابجایی بین سطح های موازی محاسبه می

شوند. با این تقریبات، معادله (۳-۳۰) برای بدست آوردن ضریب تلفات بالایی را میتوان حل نمود. تلفات گرمایی بالایی برابر است با ضریب تلفات بالایی ضرب در کل اختلاف دمایی، و چون تبادل بین صفحه باید برابر با تلفات گرمایی کلی باشد، یک سری جدید دمای پوشش می تواند محاسبه گردد. با شروع از صفحه جاذب، یک دمای جدید برای اولین پوشش را می توان بدست آورد. این دمای پوشش اول جدید برای پیدا کردن دمای پوشش بعدی استفاده می شود و به همین ترتیب پیش می رود. برای دو پوشش یا صفحه کنار هم، دمای جدید صفحه یا پوشش  $j$  را می توان به شکل عبارت هایی بر حسب دمای صفحه یا پوشش  $j$  بیان کرد :

$$T_1 = T_i - \frac{U_t(T_p - T_a)}{h_{c,i-j} + h_{r,j-j}} \quad \text{رابطه (۳-۳۱)}$$

این شیوه تا موقعی که دمای پوشش به شکل زیادی در این تکرارها تغییر نکند ادامه می یابد. برای درک موضوع مثالی را مطرح می کنیم. ضریب تلفات بالایی را برای یک جاذب کننده با یک پوشش شیشه ای که فاصله صفحه تا پوشش آن ۲۵ میلیمتر ضریب گسیل صفحه ۰/۹۵، دمای هوای محیط و آسمان ۱۰ درجه سانتیگراد، ضریب انتقال حرارت باد  $W/m^2 \cdot C$  ۱۰، دمای متوسط صفحه ۱۰۰ درجه سانتیگراد، شیب کلکتور ۴۵ درجه و ضریب گسیل شیشه ۰/۸۸ باشد را محاسبه می کنیم :

حل

برای این سیستم یک پوششی ، معادله (۳-۳۰) بیان می شود :

$$U_t = \left( \frac{1}{h_{c,p-c} + h_{r,p-c}} + \frac{1}{h_w + h_{r,c-a}} \right)^{-1} \quad \text{رابطه (۳-۳۲)}$$

ضریب تابشی از صفحه به پوشش  $h_{r,p-c}$  برابر است با :

$$h_{r,p-c} = \frac{\sigma(T_p^2 + T_c^2)(T_p + T_c)}{\frac{1}{\epsilon_p} + \frac{1}{\epsilon_c} - 1} \quad \text{رابطه (۳-۳۳)}$$

ضریب تابشی برای پوشش به هوا  $h_{r,c-a}$  برابر است با :

$$h_{r,c-a} = \epsilon_c \sigma(T_c^2 + T_s^2)(T_c + T_s) \quad \text{رابطه (۳-۳۴)}$$

معادله دمای پوشش شیشه ای بر حسب معادله (۳-۴) بصورت زیر می باشد :

$$T_c = T_p - \frac{U_t(T_p - T_a)}{h_{c,p-c} + h_{r,p-c}} \quad \text{رابطه (۳-۳۵)}$$

روش کار به این شکل است که دمای پوشش را تخمین می زنیم که از آن  $h_{c,p-c}$  و  $h_{r,p-c}$  محاسبه می شوند. با این ضرایب انتقال حرارت و  $h_{w}$  ضریب تلفات از بالا محاسبه میشوند. از این نتایج برای محاسبه  $T_c$  از معادله قبلی استفاده می شود. اگر به حدس اولیه نزدیک بود محاسبات بیشتر ضروری نیست، در غیر اینصورت از  $T_c$  جدید محاسبه شده استفاده می شود و پروسه تکرار خواهد شد.

با یک مقدار فرضی دمای پوشش ۳۵ درجه سانتیگراد، ضرایب تابشی عبارتند از :

$$h_{r,c-a} = 5.16 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} , h_{r,p-c} = 7.6 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

خواص هوا برابر است :

$$Pr = 0.7 , \nu = 1.96 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s} , h = 0.0293 \text{ w/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} , T = 340.5 \text{ K}$$

عدد رایلی برابر است با :

رابطه (۳-۳۶)

$$Ra = \frac{9/81(100-35)(0/0025)^2(0/7)}{310/5(1.96 \times 10^{-3})^2} = 5.33 \times 10^4$$

ضریب انتقال حرارت جابجا نیز بصورت زیر بیان می شود:

رابطه (۳-۳۷)

$$h = Nu \frac{k}{L} = 3.19 \frac{0.0293}{0.025} = 3.73 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

با توجه به شکل های (۳-۳۴) و (۳-۳۵) داریم :

$$F_2 h l = 78 \text{ و } F_1 \Delta T l^3 = 4.7 \times 10^5 \text{ و } F_2 = 0.84 \text{ و } F_1 = 0.46$$

پس اولین تخمین  $U_t$  برابر است با :

رابطه (۳-۳۸)

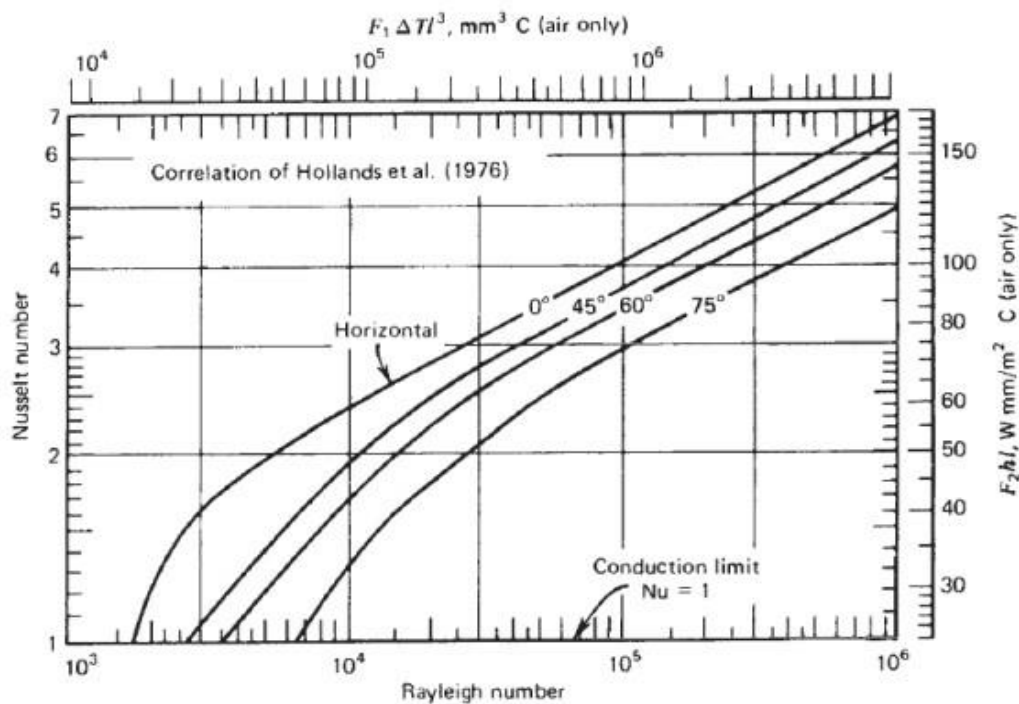
$$U_t = \left( \frac{1}{3/73 + 7/60} + \frac{1}{5/16 + 10/0} \right)^{-1} = 6/49 \frac{w}{m^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$



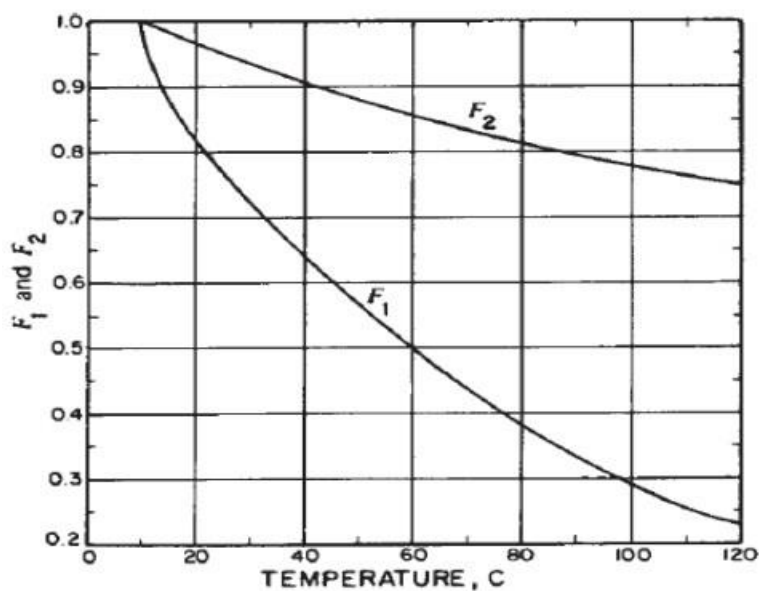
دمای پوشش می شود :

رابطه (۳-۳۹)

$$T_c = 100 - \frac{6/49 * 90}{3/73 + 7/60} = 48/5^\circ \text{C}$$



شکل ۳-۱۷- عدد ناسلت بعنوان تابعی از عدد ریلی برای انتقال حرارت جابجایی آزاد بین صفحات تخت موازی در شیب های گوناگون [۱۳]



شکل ۳-۱۸- ضریب های تصحیح ویژگی هوا F1 و F2 برای استفاده با شکل [۱۳]

با این تخمین دمای پوشش ، ضریب انتقال حرارت های مختلف عبارتند از:

رابطه ( ۳- ۴۰ )

$$hr.p-c = 8/03 \frac{w}{m^2 \cdot c} , hr.p-R = 5/53 \frac{w}{m^2 \cdot c} , hr.p-c = 3/52 \frac{w}{m^2 \cdot c}$$

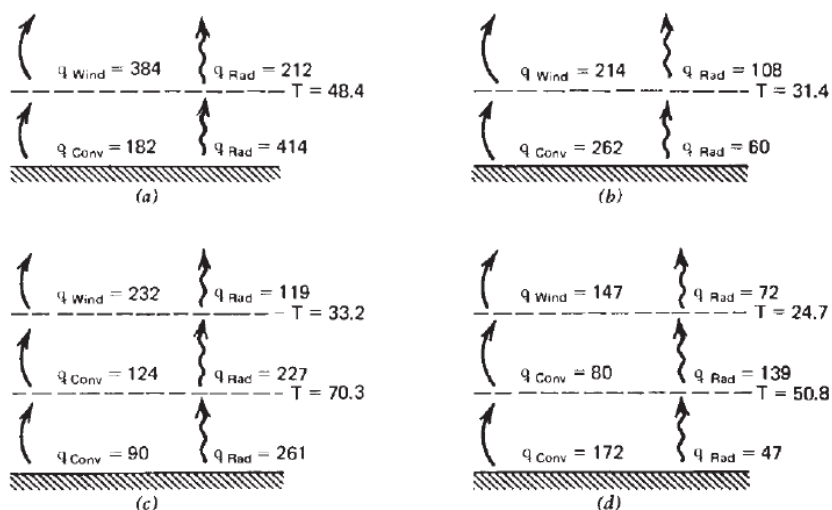
و دومین تخمین  $U_t$  می شود:

رابطه ( ۳- ۴۱ )

$$U_t = 6/62 \frac{w}{m^2 \cdot c}$$

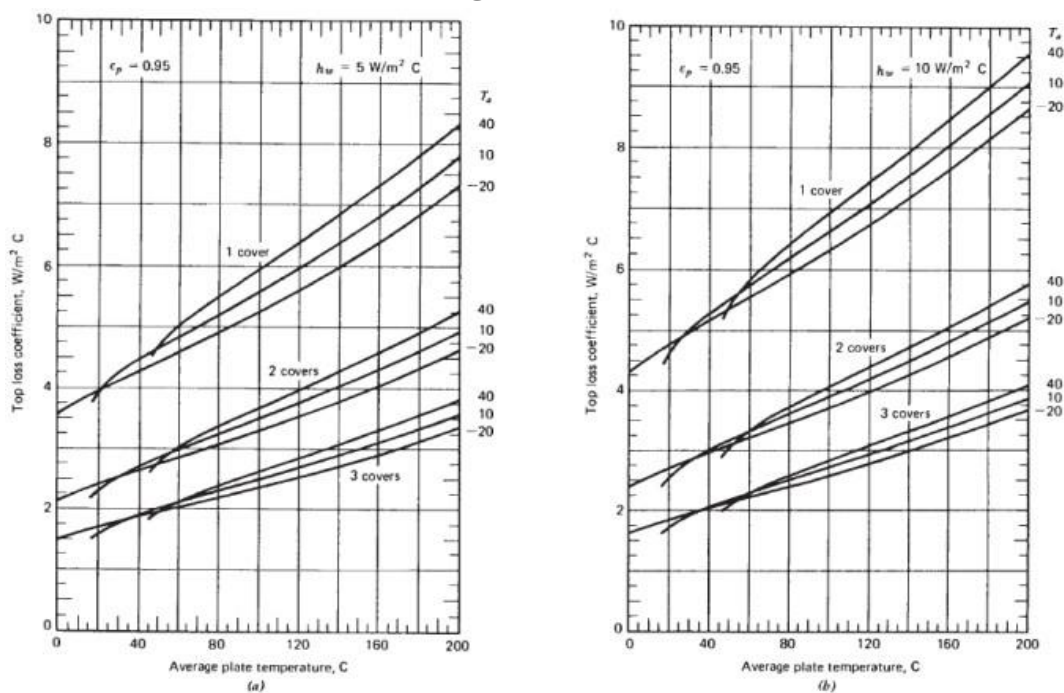
هنگامی که دمای پوشش شیشه ای با این ضرایب اتلاف از بالا جدید محاسبه میشود  $48/4$  درجه سانتیگراد می شود که اساساً برابر با تخمین  $48/5$  درجه سانتیگراد می باشد. نتایج محاسبات تلفات گرمایی برای  $4$  کلکتور مختلف که همه آنها با دمای صفحه و دمای محیط مشابه هستند در شکل (۳- ۳۵) نشان داده شده است. دمای پوشش و شار گرمایی توسط جابجایی و تابش برای یک و دو پوشش شیشه ای و همچنین برای صفحات جاذب منتخب و غیر منتخب نشان داده شده است. توجه داشته باشید که تابش بین صفحات وجه غالب بر انتقال حرارت، در نبود یک سطح منتخب می باشد. هنگامی که از یک سطح منتخب که دارای ضریب گسیل  $0/10$  استفاده شود، جابجایی انتقال حرارت وجه غالب بین سطح منتخب و پوشش می باشد، اما تابش هنوز بزرگترین عبارت بین دو پوشش شیشه ای در سیستم دو پوششی می باشد.

برای اغلب شرایط، استفاده از دمای تابش جسم سیاه آسمان که با دمای هوا برابر نیست، بر ضریب تلفات گرمایی از بالا تاثیر بسزایی نخواهد گذاشت. برای مثال، ضریب تلفات با اتلاف گرمایی از بالا بر اساس اختلاف دمای صفحه و محیط برای شرایط (a) از شکل (۳- ۱۹) هنگامی که دمای آسمان از  $10$  درجه سانتیگراد تا صفر درجه سانتیگراد کاهش یابد از  $6/62$  تا  $6/76 \text{ w/m}^2$  پیدا می کند. برای شرایط (b) ضریب تلفات از بالا از  $3/85$  تا  $3/76 \text{ w/m}^2$  افزایش می یابد.



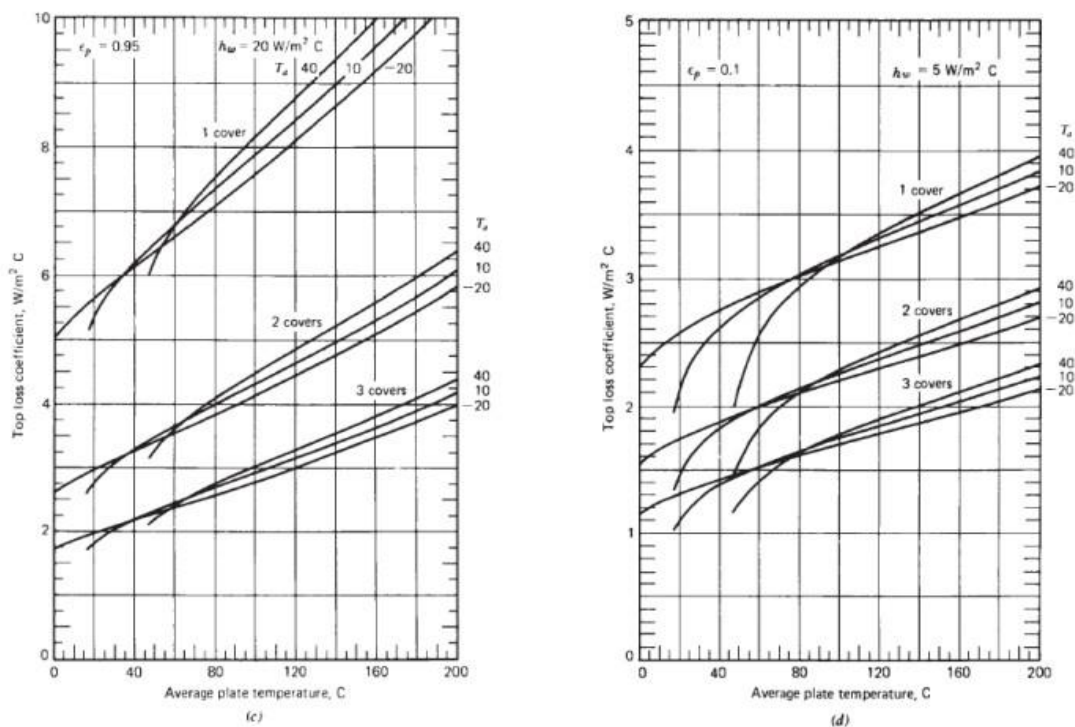
شکل ۳-۱۹- دمای پوشش و اتلاف گرمایی به بالا برای کلکتورهای مسطح [۱۳]

در ۱۰۰ درجه سانتیگراد با دمای آسمان و محیط ۱۰ درجه سانتیگراد فاصله صفحات، ۲۵mm شیب ۴۵ درجه و ضریب انتقال حرارت باد  $10 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  میباشد. یک پوشش، ضریب  $U_t = 6/6 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  یک پوشش، ضریب گسیل صفحه جاذب ۰/۹۵، (a) دو پوشش، ضریب گسیل صفحه جاذب ۰/۹۵ و  $U_t = 3/6 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  (c) و  $U_t = 2/4 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  دو پوشش، ضریب گسیل صفحه جاذب ۰/۱۰ و همه  $3/9 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  (d) عبارت‌های شار گرمایی در واحد وات بر متر مربع هستند.

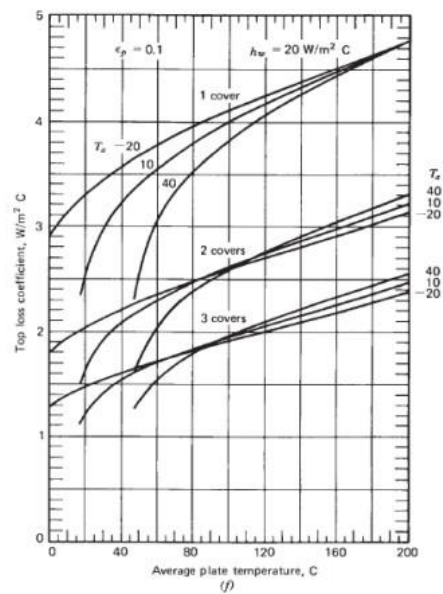
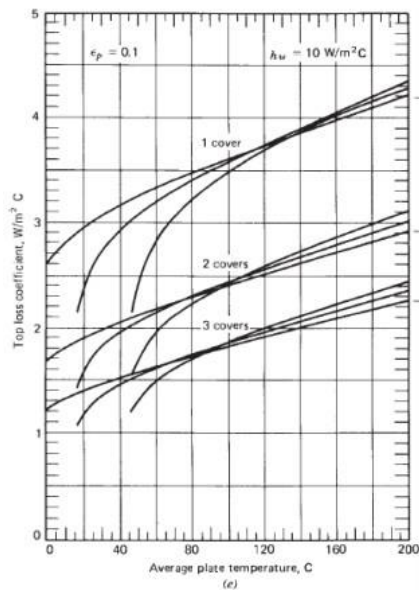


شکل ۳-۲۰- ضریب اتلاف از بالا برای شیب ۴۵ درجه و فاصله صفحات ۲۵ mm [۱۳]

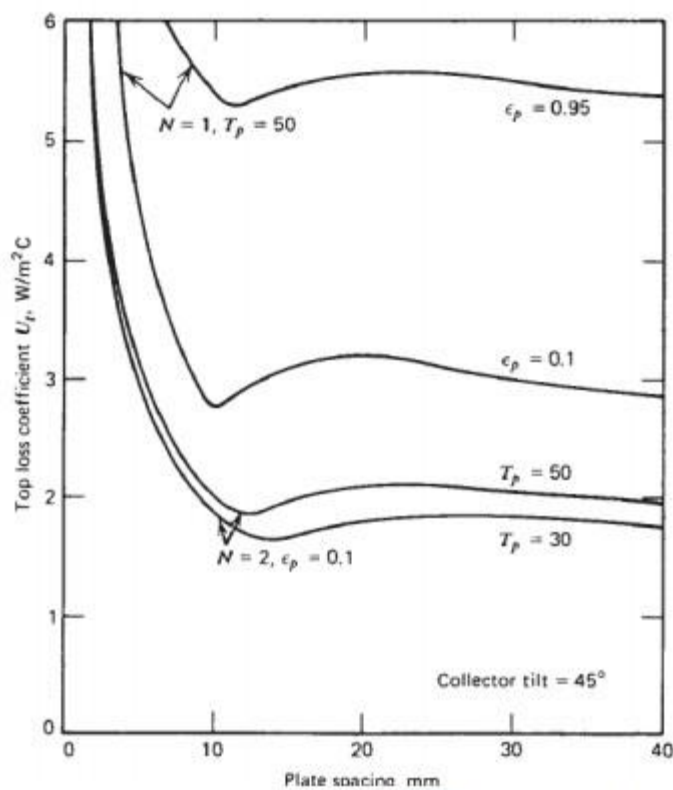
همانطور که در مثال به نمایش درآمد محاسبات ضریب تلفات از بالا فرایند خسته کننده ای است. برای ساده سازی محاسبات عملکرد کلکتور، شکل های (a-f) (۲۰-۳) آماده شده است. این شکل ها برای یک، دو و سه پوشش شیشه ای که به فاصله ۲۵ میلی متر از هم جدا شده اند و در دماهای هوای محیط ۱۰، ۴۰، ۲۰- درجه سانتیگراد ضریب تلفات از بالا را می دهند. ضریب انتقال حرارت باد برابر با ۵ و ۱۰ و  $20 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  صفحات دارای ضریب گسیل ۰/۹۵ و ۰/۱۰ و شیب ۴۵ درجه در محدوده دماهای صفحات مختلف هستند. گرچه ضریب اتلاف حرارتی از بالا شکل (۲۰-۳) برای صفحات با فاصله ۲۵ mm است، اما آنها را می توان برای فاصله های صفحات دیگر با خطای کوچک برای فواصلی که بزرگتر از ۱۵ mm است استفاده نمود.



شکل ۳-۲۱- ضریب اتلاف از بالا برای شیب ۴۵ درجه و فاصله صفحات ۲۵ mm [۱۳]

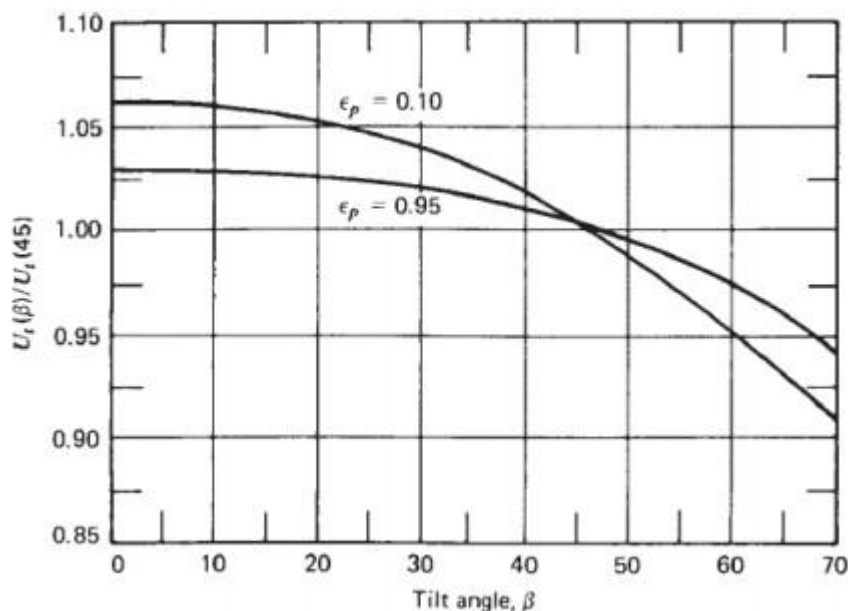


شکل ۳-۲۲- ضریب اتلاف از بالا برای شیب ۴۵ درجه و فاصله صفحات ۲۵ mm [۱۳]  
 شکل (۳-۲۱) برای شیب ۴۵ درجه آماده شده است. در شکل (۳-۲۲) نسبت ضریب تلفات از بالا در هر زاویه شیب نسبت به همان مقدار در شیب ۴۵ درجه به شکل تابعی از شیب رسم شده است.



شکل ۳-۲۳- تغییرات معمول ضریب تلفات از بالا با تغییر فاصله صفحات [۱۳]

شکل (۳-۲۴) وابستگی ضریب اتلاف از بالا به فاصله بین صفحات برای کلکتورهای یک یا دو پوششی منتخب و غیر منتخب را به نمایش می گذارد. برای صفحات با فاصله بسیار کوچک جابجایی محدود است و مکانیزم انتقال حرارت از این فاصله توسط هدایت و تابش می باشد. در این محدوده ضریب تلفات از بالا هنگامی که فاصله صفحات افزایش می یابد به سرعت کاهش می یابد تا آنجایی که کمترین مقدار آن در حدود ۱۰ تا ۱۵ mm میرسد. هنگامی که حرکت سیال در ابتدا شروع به کمک به پروسه انتقال حرارت می کند، ضریب تلفات از بالا افزایش می یابد تا جایی که بیشترین مقدار آن تقریباً به ۲۰ mm می رسد. افزایش در فاصله صفحات باعث کاهش کوچکی در ضریب تلفات از بالا می شود. رفتار مشابه در شرایط دیگر و در دیگر طرح های کلکتور اتفاق می افتد



شکل ۳-۲۴- وابستگی ضریب تلفات از بالا بر حسب شیب [۱۳]

راه حل دوم :

رابطه (۳-۴۱)

$$U_t = \left( \frac{N}{\frac{C}{T_{pm}} \left[ \frac{(T_{pm} - T_a)}{(N+f)} \right]^e} + \frac{1}{h_w} \right)^{-1} + \frac{\sigma(T_{pm} + T_a)(T_{pm}^2 + T_a^2)}{\frac{1}{\epsilon_p + 0.00591Nh_w} + \frac{2N + f - 1 + 0.133\epsilon_p - N}{\epsilon_g}}$$

که در آن:

N: تعداد پوشش شیشه ای،  $\beta$ : شیب کلکتور،  $\varepsilon g$ : ضریب گسیل شیشه  $\varepsilon p$  (۰/۸۸)  
 ضریب گسیل صفحه، Ta: دمای محیط، Tpm: دمای متوسط صفحه، hw: ضریب انتقال باد.  
 [۴۵]

رابطه (۳-۴۲)

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

$$C = 520(1 - 0.000051\beta^2) \quad 0^\circ < \beta < 70^\circ$$

$$70^\circ < \beta < 90^\circ \rightarrow \beta = 70^\circ$$

$$e = 0.430(1 - \frac{100}{T_{pm}})$$

### ۳-۵- مخازن ذخیره سازی

مخزن ذخیره ساز یکی از اجزای مهم ذخیره انرژی گرمایی که توسط کلکتور تهیه شده و برای توزیع گرما مورد نیاز است. از مواد کاربردی برای ذخیره انرژی گرمایی در داخل تانک پلاستیک، گالوانیزه، فایبرگلاس میتوان استفاده کرد. که در مخازن ذخیره یک مشکل عمده برای تلفات گرما بعلت مخلوط شدن دو آب گرم و سرد میباشد با هدف جبران کاهش تلفات پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که مطالعه در خصوص شکل هندسی از دیدگاه نظری و تجربی ارزیابی شده که با استراتژی طراحی جدید و با بهبود عملکرد سیستم آبگرمکن خورشیدی گزارش میشود. تانک قابل استفاده از جنس مخزن پلی اتیلن میباشد (پلی اتیلن یا پلی اتن یکی از ساده ترین و ارزان ترین پلیمرها است. این ماده از پلیمریازسیون اتیلن بدست می آید)

معایب و مزایای کلی پلی اتیلن ها:

مزایا:

(۱) قیمت پایین

(۲) خواص الکتریکی مطلوب

(۳) مقاومت شیمیایی بالا

(۴) شفافیت مناسب در فیلم های نازک

(۵) بدون بوی زننده و سمیت

۶) نفوذ ناپذیری خوب در برابر آب در هنگام استفاده در بسته بندی و در کاربردهای کشاورزی و ساختمانی

معایب:

۱) مورد اکسیداسیون قرار می گیرد.

۲) در حالت توده، کدر می شود.

۳) ظاهر شبیه به پارافین دارد.

۴) مقاومت کم در مقابل خراشیدن

برخی ویژگی های پلی اتیلن:

مهمترین ویژگی های ذاتی پلی اتیلن های تجاری برای کاربردهای اصلی عبارتند از:

- چگالی

- نمایه مذاب

- توزیع وزن مولکولی [۴۶]

### ۳-۶- مکانیزم عایق بندی آبگرمکن خورشیدی

بخش اصلی تشکیل دهنده آبگرمکن خورشیدی مجموعه لوله هایی است به نام کلکتور collector که از یک استوانه شیشه ای با روکشی از یک ترکیب خاص تیره رنگ که اشعه آفتاب آنرا بشدت داغ می کند. در داخل این استوانه ها آب جریان دارد و با جذب گرما استوانه گرم می شود. برای جلوگیری از هدر رفت گرمای استوانه تیره رنگ ، با در نظر گرفتن یک لایه خلاء ، استوانه را داخل استوانه ای شیشه ای و بزرگتر قرار می دهند. لایه خلاء به دلیل قابلیت بالای عایق بودن اجازه نمی دهد گرمای استوانه ی داخلی به استوانه ی خارجی رسیده و تلف شود.

در زمستان برای استفاده از سیستم های خورشیدی با سه مسئله روبرو هستیم:

- زاویه مایل تابش خورشید

- دمای پایین هوا

- روزهای کوتاه

زاویه قرارگیری تیوبها در زمستان طوری تنظیم می شود که اشعه مایل خورشید کاملاً بر آن عمود می شود و بنابراین حتی بهتر از تابستان اشعه خورشید را در واحد زمان جذب می کند. این سیستم ها به دلیل عایق بندی قوی مشکلی با دمای پایین هوا ندارند و با وجود وکیوم یا خلا بین دو جداره تیوبها و لایه پلی اتیلن جداره تانکرها تقریباً هیچ گرمایی از سیستم



خارج نمی شود. در روزهای ابری هم کلکتورها قابلیت جذب اشعه های پراکنده را دارند و با توجه به عایق بندی قوی این سیستم ها آب موجود در آنها حتی در شبهای سرد زمستان هم سرد نمی شود.

مزایای استفاده از آبگرمکن های خورشیدی عبارتند از:

- عدم وجود ادوات متحرک در سیستم یعنی اینکه کاملاً بدون صدا می باشد.
- بسیار قابل اطمینان بوده زیرا طول عمر پنل های آن پانزده الی بیست سال است.
- استفاده از مخازن برای ذخیره حرارت.
- قابلیت استفاده در تمامی فصول حتی در دمای ۳۰- درجه.
- قابلیت گرمایش آب تا بیش از ۹۰ درجه در روزهای آفتابی و تا ۵۰ درجه در روزهای نیمه ابری (در دو ساعت اولیه دمای آب مخزن به ۴۰ الی ۵۰ درجه رسیده و در عرض ۵ ساعت به بیش از ۹۰ درجه خواهد رسید). [۴۷]
- پس از طی سه الی چهار سال سرمایه اولیه شما که جهت نصب و راه اندازی سیستم پرداخته اید به شما برگشت داده می شود و تا پایان عمر کلکتورها از انرژی رایگان خورشید استفاده خواهید نمود

- کاملاً امن و بی خطر بوده و همیشه در دسترس می باشد.
- با محیط و نگهداری زیست سازگار است
- این سیستم تقریباً در هر اقلیم قابل استفاده است.
- یک منبع تأمین انرژی مستقل است و انرژی مورد نیاز آن به راحتی در دسترس می باشد.

- در زمان قطع گاز همچنان آبگرم در اختیار مصرف کننده است .
- پس از خرید و نصب هزینه تأمین سوخت ندارد..
- تعمیر و نگهداری آن آسان است .
- به راحتی به سیستمهای گرمایی غیر خورشیدی موجود اضافه میگردد.
- هزینه نگهداری و تعمیر آن پایین است. [۴۸]

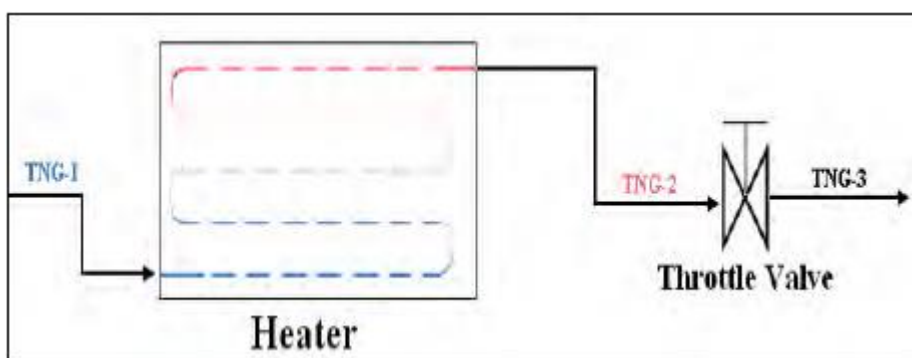
### ۳-۶- اصول طراحی سیستم

امروزه جهان و بخصوص صنعت گرایش قابل توجهی به سمت انرژی های نوآورده است. دلایل اصلی این امر آنست که اولاً ذخایر عظیم سوخت های فسیلی که در طول قرون متمادی در لایه های زیرین زمین انباشته شده اند بدلیل مصرف بی رویه بشر رویه رو به زوال

میباشند، ثانياً به دلیل مشکلات بسیار زیاد موجود بر سر راه پالایش و استخراج این مواد قیمت تمام شده این نوع سوخت ها برای مصرف کننده بسیار بالا می باشد و بعنوان دلیل سوم میتوان به پیامدهای بسیار زیانبار حاصل از احتراق این سوخت ها بر روی محیط زیست اشاره کرد. از این رو است که امروزه بکارگیری انرژی های نو در کانون توجه مهندسين طراح در بخش صنعت قرار گرفته است. انرژی خورشیدی نیز زیر مجموعه ای از خانواده انرژی های نو میباشد و مطالعات بسیار گسترده ای بر روی پتانسیل استفاده از آن در نقاط مختلف جهان و سیستم های بهینه برای بکارگیری این نوع انرژی صورت پذیرفته است تا بتوان در حد امکان مصرف سوخت های فسیلی کاهش داد. در این مقاله پیشنهاد استفاده از انرژی خورشیدی در ایستگاه های تقلیل فشار گاز دروازه شهری که مصرف انرژی بالایی دارند، ارائه گردیده و طرح مورد نظر مورد تحلیل مورد تحلیل ترمودینامیکی قرار میگیرد.

بدلیل تلفات بسیار زیاد در مسیر طولانی انتقال گاز از پالایشگاه تا نقاط مصرف لاجرم گاز با فشار بسیار بالا به خطوط انتقال تزریق میگردد. این فشار در حدود  $850-1000 \text{ PSI}$  می باشد. طبیعتاً این فشار مناسب مصرف نبوده و در طی مراحل مختلف تا فشار ایده آل برای مصرف شمسکته می شود. اولین مرحله کاهش فشار در ایستگاه های CGS صورت میپذیرد. که در این مرحله فشار گاز تا  $250-400 \text{ PSI}$  کاهش میابد. [۴۹] شکل

(۳-۲۴) شماتیکی از یک ایستگاه تقلیل فشار گاز دروازه شهری را نمایش میدهد.



شکل ۳-۲۵ - شماتیک ایستگاه های تقلیل فشار گاز دروازه شهری

با توجه به ضریب ژول تامسون گاز طبیعی، با افت فشار در این گاز، دمای آن کاهش چشمگیری خواهد داشت، تقریباً ۷ درجه فارنهایت افت دما به ازای هر  $100 \text{ PSI}$  افت فشار در گاز بوقوع میپوندد. [۵۰ و ۵۱]

در گازها ذرات معلق از آب به شکل رطوبت جزئی وجود دارد که در دمای مشخصی شروع به یخ زدگی کرده و متعاقباً موجب انسداد خطوط لوله انتقال میشوند. این دمای مشخص موسوم به دمای هیدراته می‌باشد. برای جلوگیری از نزدیک شدن دمای گاز طبیعی به دمای هیدراته پس از شیر اختناق، قبل از فرآیند کاهش فشار عمل پیش گرمایش گاز انجام می‌پذیرد. هم‌اکنون این عمل توسط هیترهای گاز سوز موسوم به هیترهای خطی صورت می‌گیرد. طریقه عملکرد این نوع هیترها بدین نحو می‌باشد که فضای درون هیتر مملو از آب بوده و کوئل‌های حامل گازهای داغ حاصل از احتراق از دورن این هیترها می‌گذرند و عمل انتقال انرژی از گازهای داغ حاصل از احتراق سوخت به آب هیتر صورت می‌پذیرد. عموماً سوخت مصرفی این نوع هیترها گاز طبیعی می‌باشد. از طرفی کوئل‌های حامل گاز طبیعی فشار بالا نیز از دورن همین آب عبور کرده و انرژی مورد نیاز گاز طبیعی برای هدف مزبور تامین می‌گردد. شکل (۳-۲۵) شماتیکی از هیترهای خطی رایج در ایستگاه‌های CGS را به تصویر میکشد. مشکل اساسی در ایستگاه‌های CGS مصرف بسیار بالای سوخت توسط هیتر خطی است که عموماً این سوخت، گاز طبیعی می‌باشد. دمای بهینه‌ای که گاز باید قبل از شیر اختناق داشته باشد از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد [۵۰]

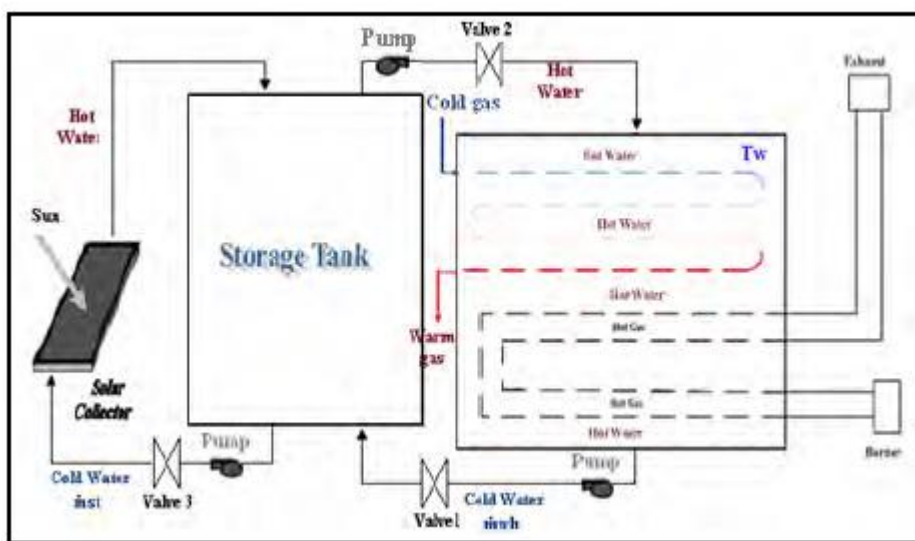
ایستگاه مورد مطالعه این مقاله، یک ایستگاه تقلیل فشار گاز در شهر نفت سفید اهواز می‌باشد و محاسبات انجام شده مربوط به یک هیتر با دبی گاز عبوری برابر با ۱۰۰۰۰۰ m<sup>3</sup>/hr می‌باشد. برای این گاز مشخص دمای هیدراته در حدود ۵ درجه سانتیگراد و همچنین افت دمای حاصل از کاهش فشار مذکور در حدود ۱۶ سانتیگراد می‌باشد.

$$T_{o-g} = T_{hyd} + \Delta T_{d-v} + \Delta T_{sec} \quad \text{رابطه (۳-۴۲)}$$

در رابطه بالا  $T_{o-g}$  دمای گاز خروجی از هیتر،  $T_{hyd}$  دمای هیدراته گاز،  $\Delta T_{d-v}$  افت دما در شیر اختناق و  $\Delta T_{sec}$  اختلاف دمایی است که بعنوان ضریب ایمنی کار اتخاذ می‌شود و بهترین میزان برای آن توسط مراجع معتبر ۵ درجه سانتیگراد گزارش شده است. با در نظر گرفتن این توضیحات، دمای گاز خروجی از هیتر، یعنی  $T_{o-g}$ ، در ایستگاه اهواز نباید از ۲۵ درجه سانتیگراد کمتر باشد. همچنین  $T_{i-g}$  دمای گاز ورودی به ایستگاه است که از لوله‌های عمق ۱/۵ متر زمین خارج می‌شود و تابع از دمای محیط می‌باشد.

$$T_{i-g} = 0.0084 T_{am}^2 + 0.318 T_{am} + 11.403 \quad \text{رابطه (۳-۴۳)}$$

لذا با توجه به اینکه که دمای مورد نیاز در محدوده پایینی می باشد و توجه به این نکته که حداکثر دمای قابل تولید توسط کلکتورهای تخت ۹۰ درجه سلسیوس می باشد، کلکتور انتخابی از نوع کلکتورهای تخت می باشد. شماتیک سیستم پیشنهاد شده را در شکل (۳-۲۶) می توان مشاهده نمود. طبقه عملکرد سیستم بدین نحو می باشد که همگام با طلوع خورشید شیر شماره (۳) باز خواهد شد و آب بین تانک ذخیره و کلکتورها به گردش مداوم خواهد افتاد و این عمل تا لحظه غروب آفتاب صورت خواهد گرفت، در طی این بازه زمانی شیرهای (۱ و ۲) هر دو بسته خواهند بود. با غروب آفتاب شیر شماره (۳) مسدود و دو شیر دیگر به حالت باز تغییر موقعیت می دهند، انرژی موجود در آب داغ درون تانک ذخیره بصورت کنترل شده و کاملاً یکنواخت از لحظه غروب خورشید تا دو ساعت ابتدایی صبحدم روز آینده، به هیتر تزریق می شود، برای این منظور از آنجا که دمای تانک ذخیره با گذشت زمان کمتر و کمتر می شود، لذا به منظور جبران انرژی باید آب داغ تزریقی با دبی جرمی بیشتر نسبت به بازه زمانی گذشته به هیتر تزریق شود و همین میزان آب پس از از دست دادن انرژی خود به تانک ذخیره باز می گردد.



شکل ۳-۲۷- طرح پیشنهادی برای کاربرد انرژی خورشیدی در ایستگاه های CGS [۱۲]

انرژی ای که گاز برای رسیدن به دمای مورد نظر دریافت میکند، از رابطه زیر بدست می آید.

$$\dot{Q}_{gh} = \dot{m}_g \cdot C_{pg} \cdot (T_{o-g} - T_{i-g}) \quad \text{رابطه (۳-۴۴)}$$

در این معادله  $\dot{m}g$  دبی جرمی گاز در هرتانیه و  $C_{pg}$  ظرفیت حرارتی ویژه گاز می باشد. رابطه میان دمای گاز خروجی از هیتر و آب هیتر بصورت زیر می باشد.

$$\frac{T_w - T_{o-g}}{T_w - T_{i-g}} = e^Y, Y = \frac{-\pi D_{oc} L_c U_c}{\dot{m}_g C_{pg}}$$

$$T_w = \frac{T_{o-g} - T_{i-g} e^Y}{(1 - e^Y)}$$

رابطه (۳-۴۵)

برای طراحی سیستم کارآمد این نکته باید مورد توجه قرار گیرد که هیترهای موجود قابلیت کنترل خودکار و پاسخ به تغییرات لحظه ای دمای گاز ورودی را ندارند، از اینرو در ابتدای هر روز توان هیتر روی یک میزان مشخص ثابت شده و این میزان تا مدت زمان ۲۴ ساعت که مصادف است با ابتدای روز خورشیدی آینده تغییری نمی کند. در فرآیند آنالیز حرارتی سیستم پیشنهادی، دو حجم کنترل باید در نظر گرفته شود. حجم کنترل اول مربوط به تانک ذخیره می باشد. بالانس انرژی برای این تانک به صورت زیر خواهد بود.

$$m_{st} \cdot C_{pw} \frac{dT_{st}}{dt} = \dot{Q}_{solar} - \dot{Q}_{load}$$

رابطه (۳-۴۶)

حجم کنترل دوم پیرامون هیتر می باشد و بالانس انرژی برای آن به صورت زیر خواهد بود.

$$m_{wh} \cdot C_{pw} \frac{dT_{wh}}{dt} = \dot{Q}_{heater} + \dot{Q}_{load} - \dot{Q}_{gh}$$

رابطه (۳-۴۷)

که در این رابطه  $m_{st} CPW$  ظرفیت حرارتی درون آب مخزن ذخیره و  $m_{wh} CPW$  ظرفیت حرارتی آب درون هیتر  $T_{st}$ ،  $T_{wh}$  به ترتیب دمای آب درون هیتر و دمای آب مخزن ذخیره میباشند. همچنین  $\dot{Q}_{hg}$ ،  $\dot{Q}_{load}$ ،  $\dot{Q}_{heater}$  به ترتیب انرژی تولیدی توسط هیتر گازی، انرژی تزریق شده از مخزن ذخیره به هیتر و انرژی کسب شده توسط گاز عبوری از هیتر میباشند. همچنین  $\dot{Q}_{solar}$  انرژی تولیدی توسط سیستم خورشیدی می باشد و از رابطه زیر قابل حصول می باشد.

$$\dot{Q}_{solar} = A_c \cdot F_R \cdot [S - U_l (T_{fi} - T_o)]$$

رابطه (۳-۴۸)

در رابطه فوق،  $U_l$ ،  $F_R$ ،  $T_{fi}$ ،  $T_o$ ،  $A_c$ ، به ترتیب معرف مساحت صفحه جاذب، دمای محیط، دمای سیال ورودی به کلکتور، ضریب تلفات از کلکتور می باشد. همچنین  $S$  شار جذب

شده خورشیدی توسط کلکتورهای خورشیدی می باشد که بدلیل وفور مراجع در زمینه شار خورشیدی در اینجا از پرداختن به آن خودداری می گردد. همچنین در رابطه زیر  $\dot{Q}_{load}$  محاسبه میشود.

$$\dot{Q}_{load} = \dot{m}_{wh} C_{pw} (T_{st} - T_{wh}) \quad \text{رابطه (۴۹-۳)}$$

با توجه به اینکه اطلاعات اساسی مورد استفاده در تحلیل حرارتی سیستم از قبیل دمای هوا و شار خورشیدی جذب شده در قالب بازه زمانی یک ساعته موجودند، لذا مبنای تغییرات دمای آب داخل تانک، که بصورت یک سیستم متمرکز حرارتی در نظر گرفته میشود، یک ساعته فرض می شود. با توجه به این نکته و همچنین در نظر گرفتن چند معادله اخیر یک دستگاه دو معادله و دو مجهول به صورت زیر ایجاد خواهد شد.

$$\begin{cases} \int_i^{i+1} [\dot{m}_{st} \cdot C_{pw} dT_{st} + (\dot{m}_{wh} C_{pw} T_{st}) dt] \\ \quad = [\dot{Q}_{solar} + \dot{m}_{wh} C_{pw} T_{wh}] \Delta t \\ \int_i^{i+1} [\dot{m}_{wh} \cdot C_{pw} dT_{wh} + (\dot{m}_{wh} C_{pw} T_{wh}) dt] \\ \quad = [\dot{Q}_{heater} + \dot{m}_{wh} C_{pw} T_{st} - \dot{Q}_{gh}] \Delta t \end{cases} \quad \text{رابطه (۵۰-۳)}$$

اندیس های (i) و (i+1) معرف بازه های زمانی یک ساعته میباشد. از حل این دستگاه معادله میزان  $\dot{Q}_{heater}$  بدست خواهد آمد.

$$\dot{Q}_{heater} = \frac{\dot{m}_{wh} C_{pw} (T_{wh(i+1)} - T_{wh(i)}) / 3600 + (\dot{Q}_{gh} - \dot{Q}_{load})_{(i)}}{\eta_h} \quad \text{رابطه (۵۱-۳)}$$

میزان سوخت مصرفی برای تولید این میزان انرژی با لحاظ کردن راندمان حرارتی هیترهای خطی از رابطه زیر بدست خواهد آمد.

$$\dot{m}_f = \frac{[\dot{m}_{wh} C_{pw} (T_{wh(i+1)} - T_{wh(i)}) / 3600 + (\dot{Q}_{gh} - \dot{Q}_{load})_{(i)}]}{LHV \eta_h} \quad \text{رابطه (۵۲-۳)}$$

نکته قابل توجه آنست که راندمان این نوع هیتر در حدود 0.4 می باشد. [۵۲]

### ۳-۷- نرم افزار تی سول T\*sol

انرژی حرارتی خورشیدی فناوری است، که برای بهره‌برداری از انرژی حرارتی (گرما) حاصل از انرژی خورشیدی بکار برده می‌شود. در سال‌های اخیر بطور چشمگیری استفاده از سیستم‌هایی که این فناوری را بکار می‌گیرند رایج شده است و همین امر باعث شده تا افراد و کمپانی‌های زیادی به طراحی، برنامه‌ریزی و پیاده‌سازی این سیستم‌ها روی آورند. نرم افزار شبیه سازی T\*SOL امکانی را فراهم نموده است تا بتوانید میزان صحت و دقت یک سیستم حرارتی خورشیدی را برای یک دوره ی یکساله و به صورت کاملاً پویا محاسبه کنید. در واقع T\*SOL برنامه شبیه سازی حرفه ای برای طراحی و برنامه ریزی سیستم های حرارتی خورشیدی است که با ارائه ی ابزارها و کامپونت های سیستم های خورشیدی و همچنین قطعات مرتبط با این سیستم ها مانند منبع آب گرم، فرآیند گرمایشی، تانک های مخازن و غیره انجام شبیه سازی و محاسبات برای این گونه سیستم ها را بسیار آسان تر نموده تا با استفاده از آن با صرف وقت و هزینه ی کمتری قادر به طراحی بهینه سیستم های حرارتی خورشیدی، شبیه سازی دما و بررسی عملکرد انرژی در آن ها باشید. (راهنمای نرم افزار تی سول)

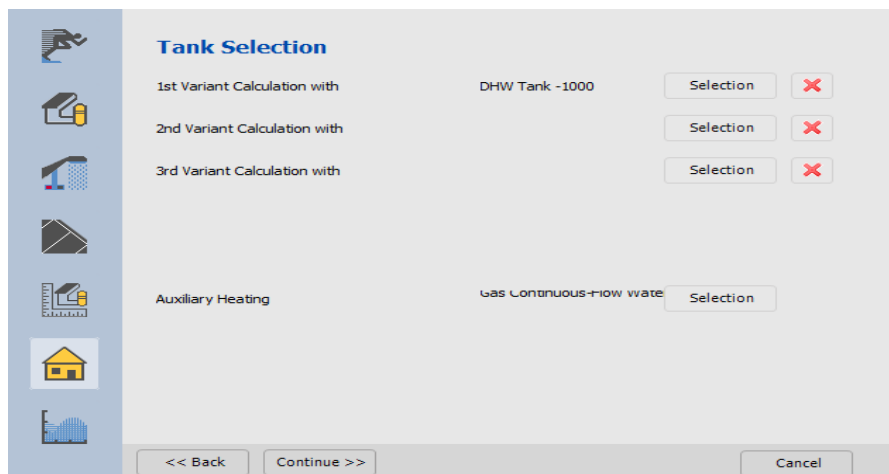
### ۳-۷-۱- منطقه مورد مطالعه شهر اهواز

شهر اهواز یکی از کلان‌های شهر و بعنوان هفتمین شهر پرجمعیت ایران، مرکز استان خوزستان در موقعیت جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۰ دقیقه ، عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۶۵ دقیقه طول شرقی و میزان انرژی آبی که از تابش سالانه به شهر اهواز میرسد ۲۰۱۰/۹۱ کیلووات ساعت می باشد.

هم اکنون به بررسی جزییات آبگرمکن خورشیدی با سولار فراكشن ۷۰٪ در ماه خرداد (ژوئن) ماه دی (ژانویه) میپردازیم:

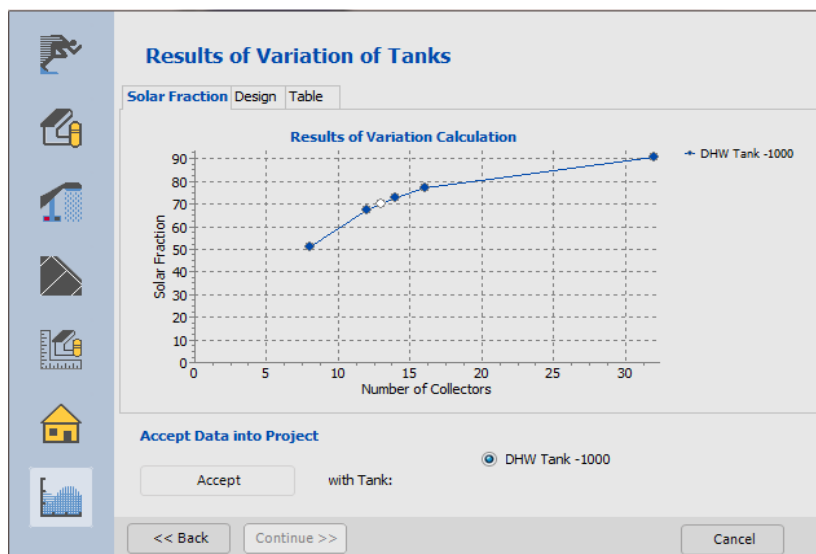
بررسی جزییات حجم ۱۰۰۰ لیتر:

تعیین اندازه مخازن و گرمای کمکی برای طراحی را انتخاب میکنیم. در اینجا با انتخاب حجم ۱۰۰۰ لیتر و همچنین انتخاب آبگرمکن گازی بعنوان گرمای کمکی



شکل ۳-۲۸- تعیین اندازه مخازن و گرمای کمکی برای طراحی را انتخاب شده

نتایج تغییرات انجام شده را در شکل ذیل مشاهده میکنیم. در جدول نمودار قسمت عمودی مربوط اندازه سولار فراكشن و نمودار قسمت افقی تعداد کلكتور را نشان میدهد. شکل (۳-۳۳)

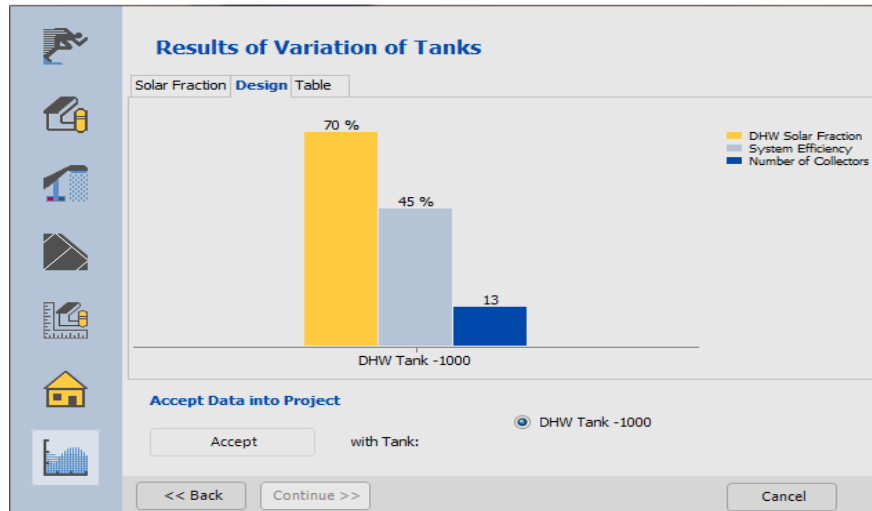


شکل ۳-۲۹- نمودار مربوط به نتایج محاسبات

نتایج بر اساس حجم مخازن ارائه شده است:  
نمودار میله ای اولی (رنگ زرد) مربوط به درصد سولار فراكشن را نشان میدهد.  
نمودار میله ای دومی (رنگ طوسی) مربوط به بازده ای که میتوان از سیستم گرفت را نمایش میدهد.



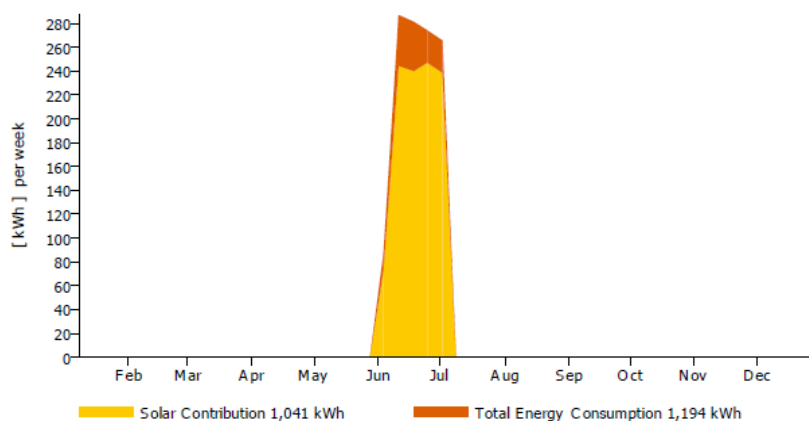
نمودار میله ای (رنگ آبی) مربوط به تعداد کلکتور مورد نیاز برای سیستم مربوط را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۳۰- نمودار نتایج بر اساس حجم مخازن

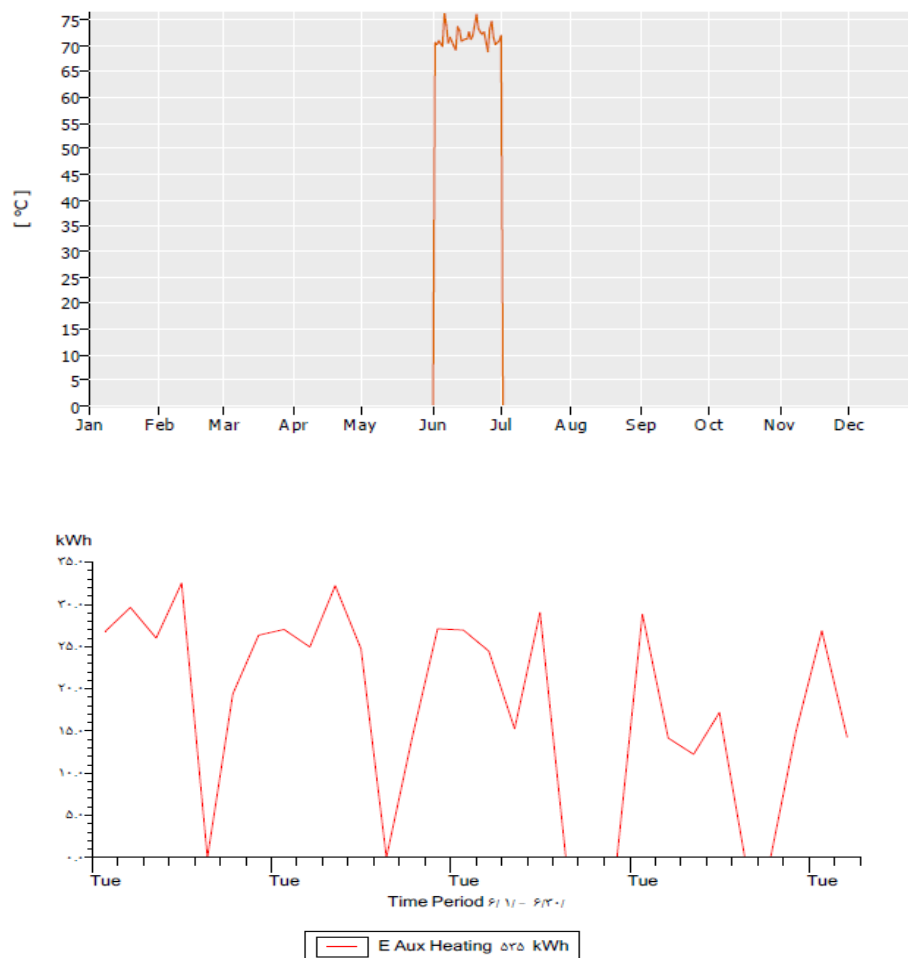
طبق نتایج شکل (۳-۳۰) در حجم های مخازن به ترتیب حجم ۱۰۰۰ لیتری میزان سولار فراکشن (نمودار رنگ زرد) ۷۰٪، بازده سیستم (نمودار رنگ طوسی) ۴۵٪ و تعداد کلکتور کاربردی ۱۳ می باشد.

همچنین انرژی ایی که در طی یک هفته در ماه خرداد (ژوئن) نیاز است ۱۱۹۴ کیلووات ساعت می باشد که ۱۰۴۱ کیلووات آن از خورشید تامین میشود.



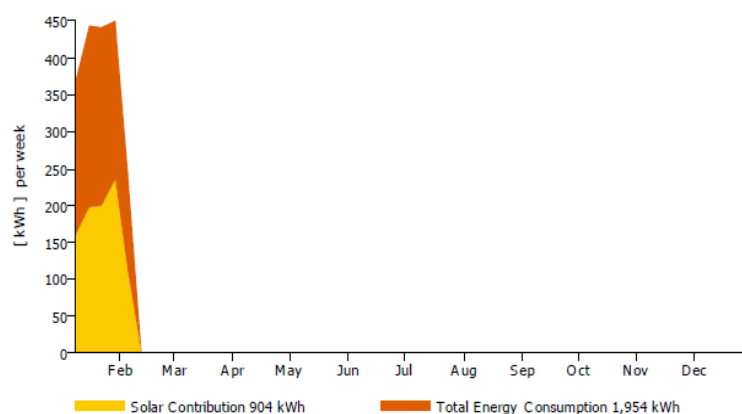
شکل ۳-۳۱- نمودار مربوط به میزان انرژی دریافتی از انرژی حرارتی خورشیدی

بیشترین بهره وری روزانه در ماه خرداد توسط کلکتورها بیش از ۷۵ درجه سانتیگراد است.  
 شکل (۳-۳۲)



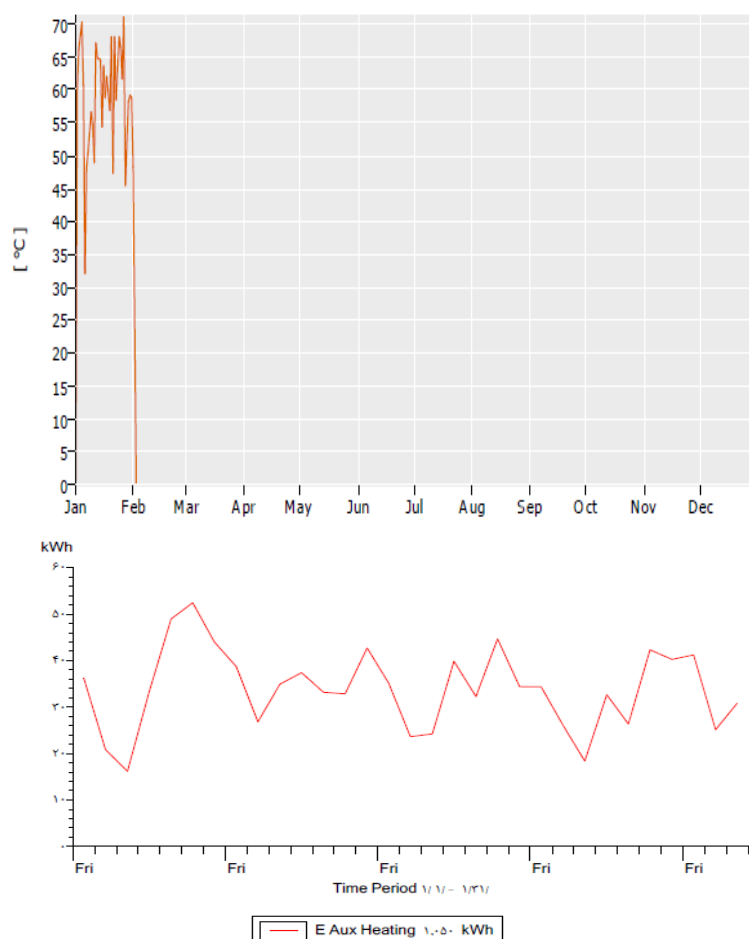
شکل ۳-۳۳- میزان انرژی که توسط گرمای کمکی دریافت میگردد ۵۳۵ کیلووات ساعت در ماه خرداد(ژوئن) میباشد

همچنین انرژی ایی که در طی یک هفته در ماه دی (ژانویه) نیاز است ۱۹۵۴ کیلووات ساعت میباشد که ۹۰۴ کیلووات آن از خورشید تامین میشود.



شکل ۳-۳۴- نمودار مربوط به میزان انرژی دریافتی از انرژی حرارتی خورشیدی

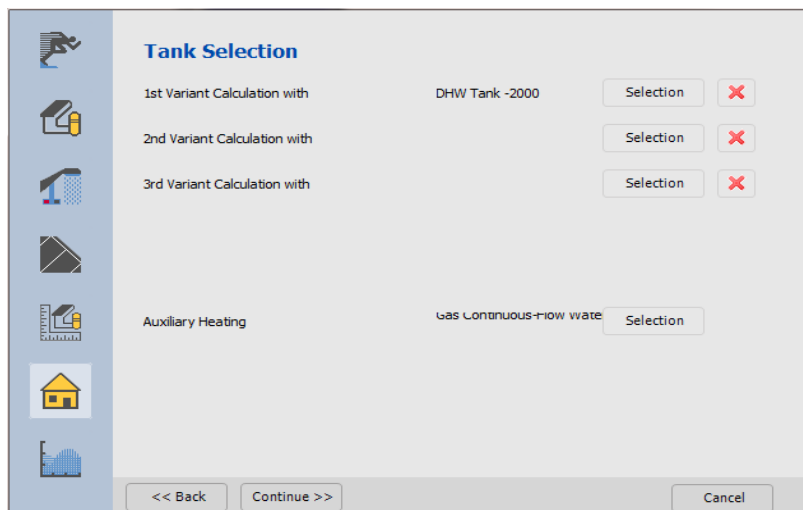
بیشترین بهره وری روزانه در ماه دی (ژانویه) توسط کلکتورها بیش از ۷۰ درجه سانتیگراد است. شکل (۳-۳۵)



شکل ۳-۳۶- میزان انرژی که توسط انرژی کمکی دریافت میشود ۱۰۵۰ کیلووات ساعت در طی ماه دی (ژانویه) میباشد.

بررسی جزییات حجم ۲۰۰۰ لیتر:

تعیین اندازه مخازن و گرمای کمکی برای طراحی را انتخاب میکنیم. در اینجا با انتخاب حجم ۲۰۰۰ لیتر و همچنین انتخاب آبگرمکن گازی بعنوان گرمای کمکی

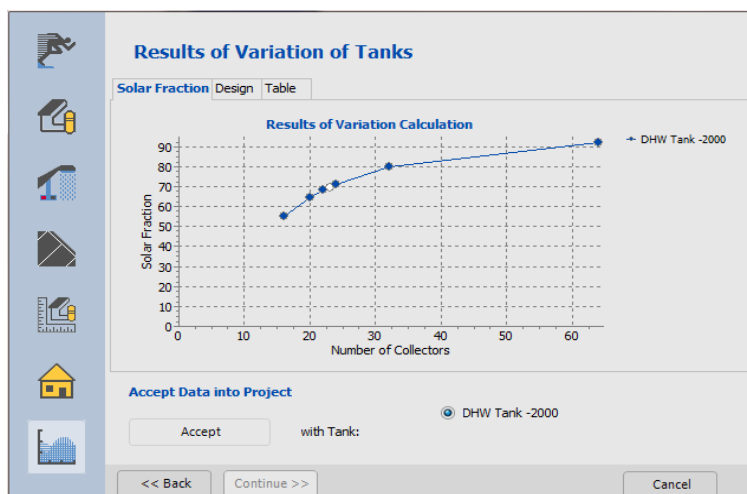


شکل ۳-۳۷- تعیین اندازه مخازن و گرمای کمکی برای طراحی را انتخاب میکنیم.

نتایج تغییرات انجام شده را در شکل ذیل مشاهده میکنیم

در جدول نمودار قسمت عمودی مربوط اندازه سولار فراكشن و نمودار قسمت افقی

تعداد کلکتور را نشان میدهد. شکل (۳-۳۸)



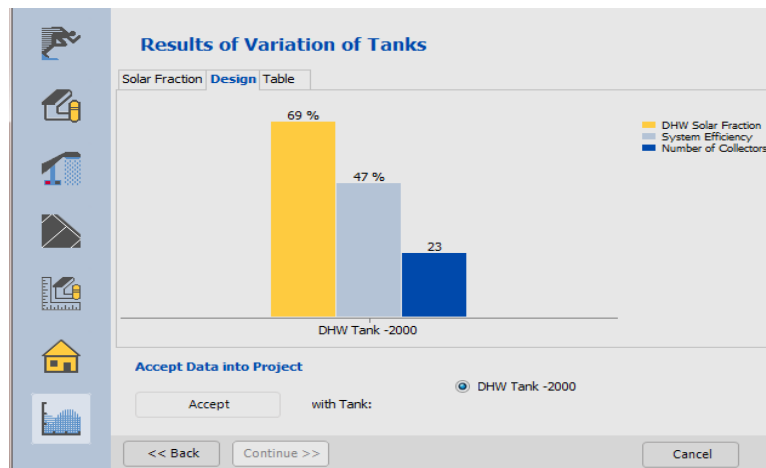
شکل ۳-۳۸- نمودار مربوط به نتایج محاسبات

نتایج بر اساس حجم مخازن ارائه شده است:

نمودار میله ای اولی (رنگ زرد) مربوط به درصد سولار فراکشن را نشان می‌دهد.

نمودار میله ای دومی (رنگ طوسی) مربوط به بازده ای که میتوان از سیستم گرفت را نمایش می‌دهد.

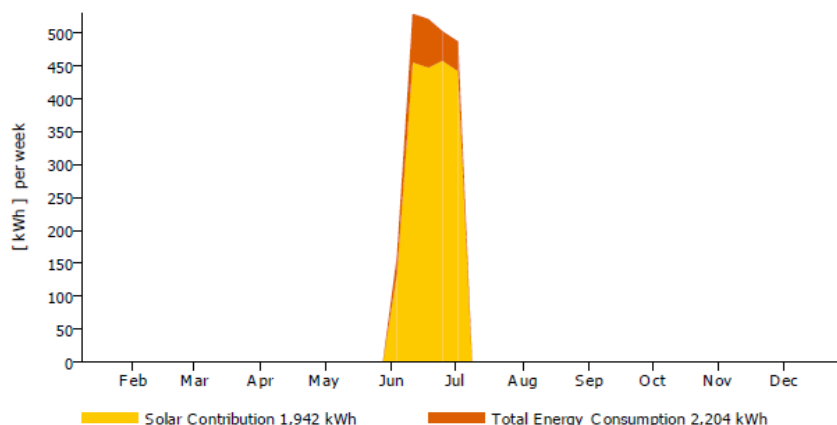
نمودار میله ای (رنگ آبی) مربوط به تعداد کلکتور مورد نیاز برای سیستم مربوط را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۳۹- نتایج بر اساس حجم مخازن

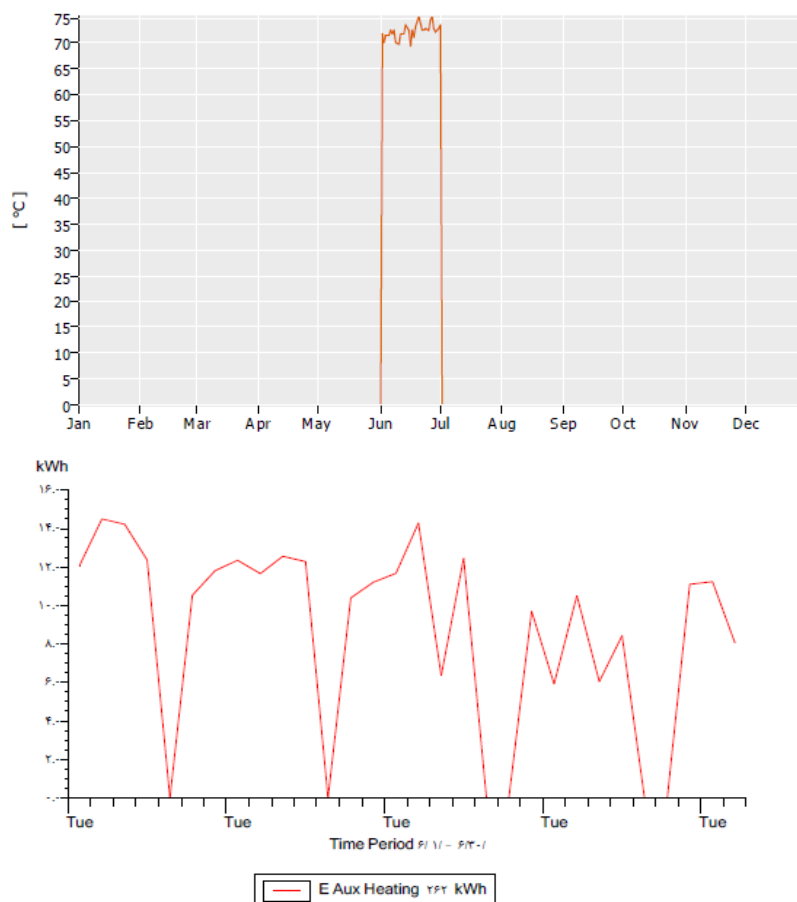
طبق نتایج شکل (۳-۳۹) در حجم های مخازن به ترتیب حجم ۲۰۰۰ لیتری میزان سولار فراکشن (نمودار رنگ زرد) ۶۹٪، بازده سیستم (نمودار رنگ طوسی) ۴۷٪ و تعداد کلکتور کاربردی ۲۳ می‌باشد.

همچنین انرژی ایی که طی یک هفته در ماه خرداد نیاز است ۲۲۰۴ کیلووات ساعت می‌باشد که ۱۹۴۲ کیلووات آن از خورشید تامین میشود.



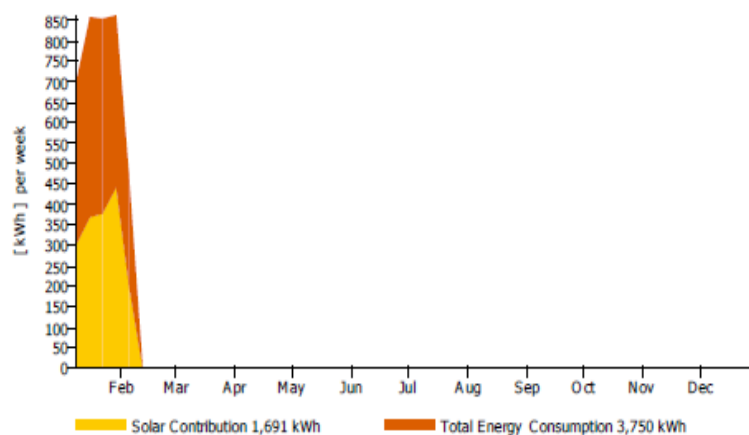
شکل ۳-۴۰- نمودار مربوط به میزان انرژی دریافتی از انرژی حرارتی خورشیدی

بیشترین حداکثر بهره وری روزانه کلکتورها بیش از ۷۵ درجه سانتیگراد است. شکل (۳-۴۱)



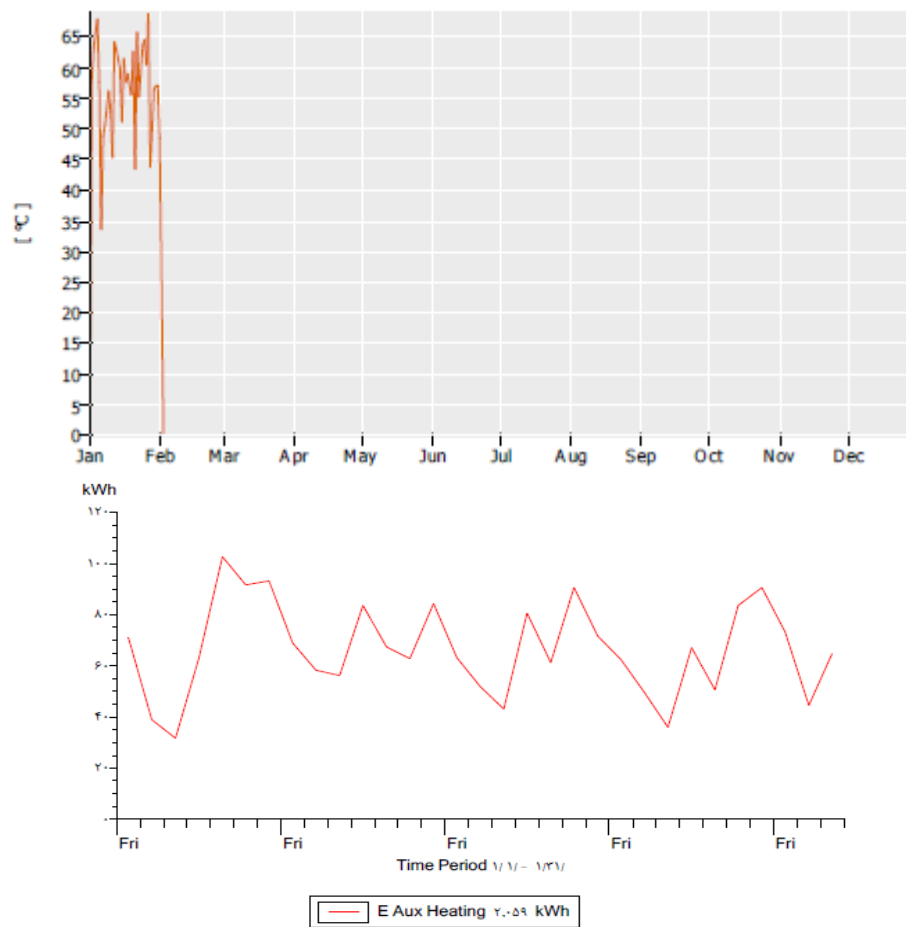
شکل (۳-۴۲) - میزان انرژی که توسط انرژی کمکی دریافت میشود ۲۶۲ کیلووات ساعت در طی ماه خرداد (ژوئن) میباشد.

همچنین انرژی ایی که طی یک هفته در ماه دی (ژانویه) نیاز است ۳۷۵۰ کیلووات ساعت میباشد که ۱۶۹۱ کیلووات آن از خورشید تامین میشود.



شکل (۳-۴۳) - نمودار مربوط به میزان انرژی دریافتی از انرژی حرارتی خورشیدی

بیشترین حداکثر بهره وری روزانه کلکتورها بیش از ۶۵ درجه سانتیگراد است. شکل (۳-۴۴)



شکل ۳-۴۵- میزان انرژی که توسط انرژی کمکی دریافت میشود ۲۰۵۹ کیلووات ساعت در طی ماه دی (ژانویه) میباشد.

بررسی جزییات حجم ۳۰۰۰ لیتر:  
 تعیین اندازه مخازن و گرمای کمکی برای طراحی را انتخاب میکنیم. در اینجا با انتخاب  
 حجم ۳۰۰۰ لیتر و همچنین انتخاب آبگرمکن گازی بعنوان گرمای کمکی

**Tank Selection**

1st Variant Calculation with	DHW Tank -3000	Selection	✗
2nd Variant Calculation with		Selection	✗
3rd Variant Calculation with		Selection	✗

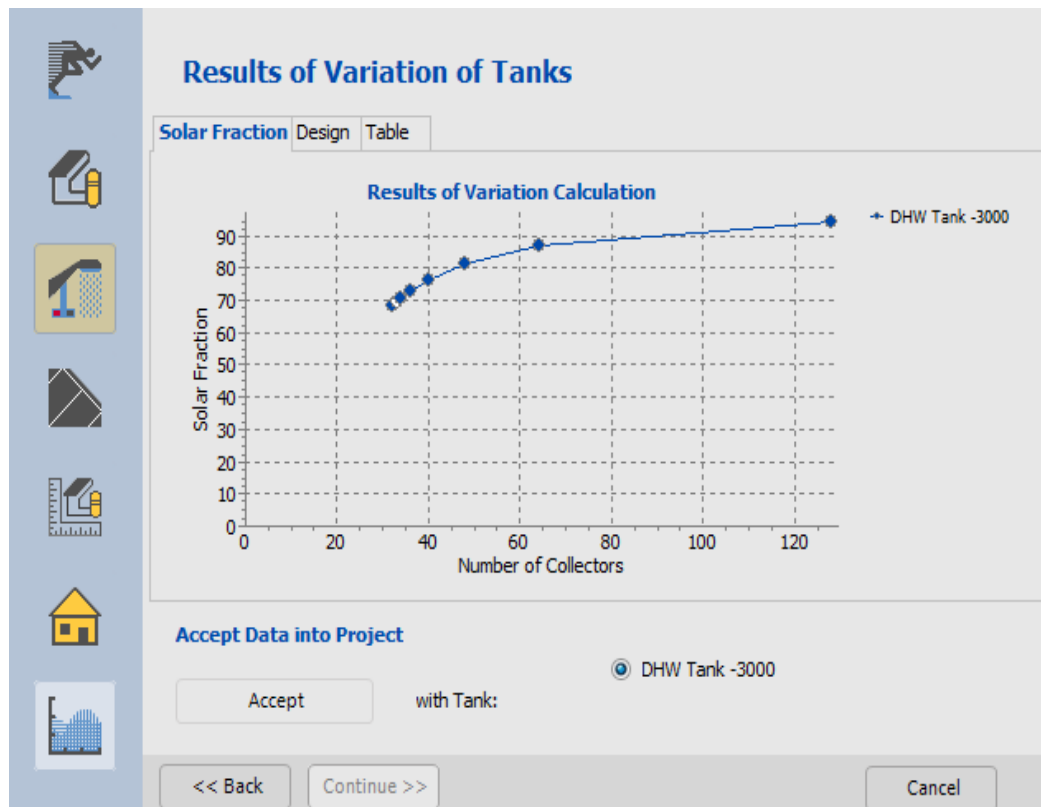
Auxiliary Heating: Gas Continuous-flow water    Selection

<< Back    Continue >>    Cancel

شکل ۳-۴۶- تعیین اندازه مخازن و گرمای کمکی برای طراحی را انتخاب میکنیم.

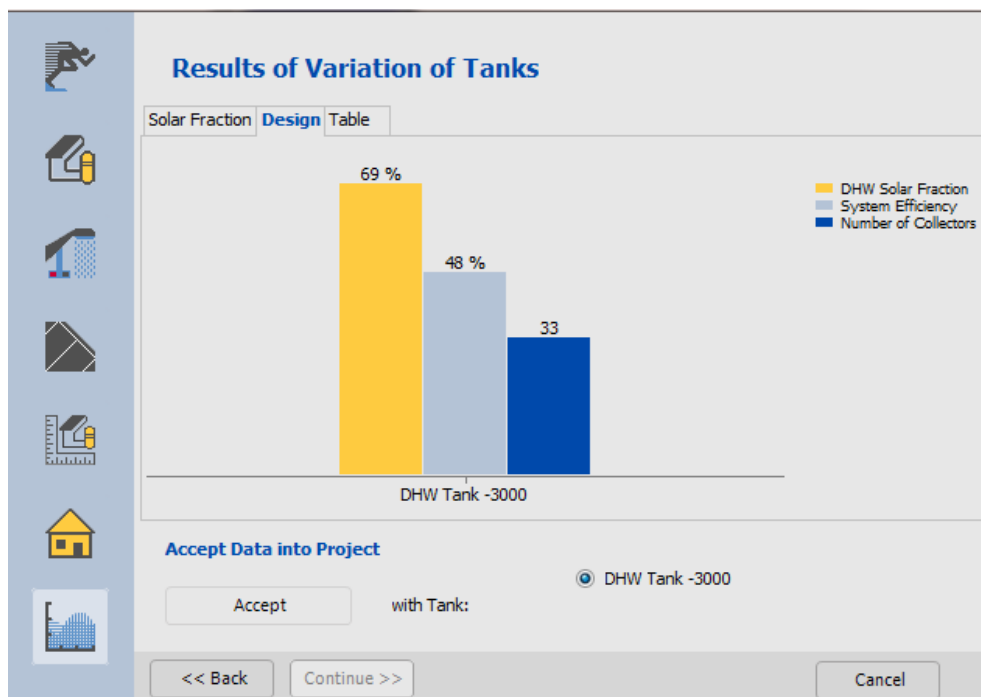


نتایج تغییرات انجام شده را در شکل ذیل مشاهده میکنیم  
در جدول نمودار قسمت عمودی مربوط اندازه سولار فراكشن و نمودار قسمت افقی  
تعداد کلکتور را نشان میدهد. شکل (۳-۴۲)



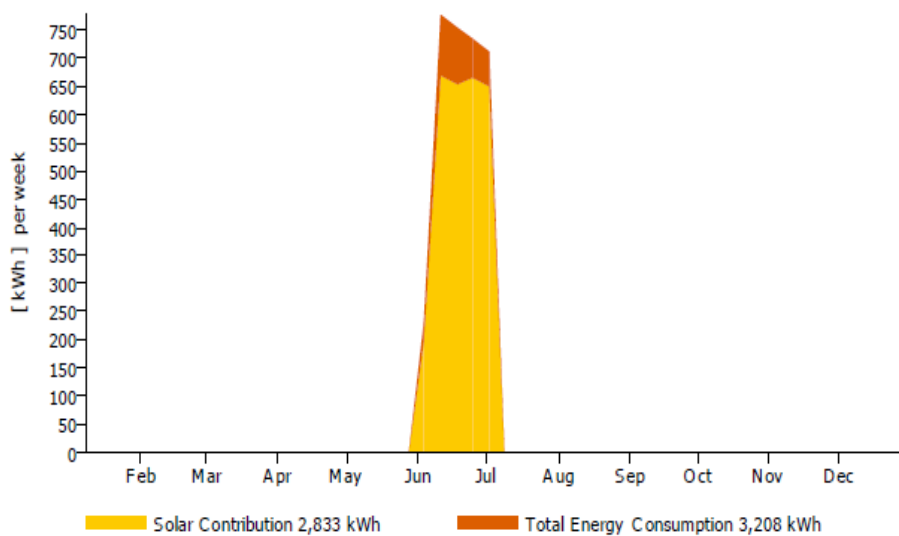
شکل ۳-۴۷- نمودار مربوط به نتایج محاسبات

نتایج بر اساس حجم مخازن ارائه شده است:  
نمودار میله ای اولی (رنگ زرد) مربوط به درصد سولار فراكشن را نشان میدهد.  
نمودار میله ای دومی (رنگ طوسی) مربوط به بازده ای که میتوان از سیستم گرفت را نمایش  
میدهد.  
نمودار میله ای (رنگ آبی) مربوط به تعداد کلکتور مورد نیاز برای سیستم مربوط را نشان  
میدهد.



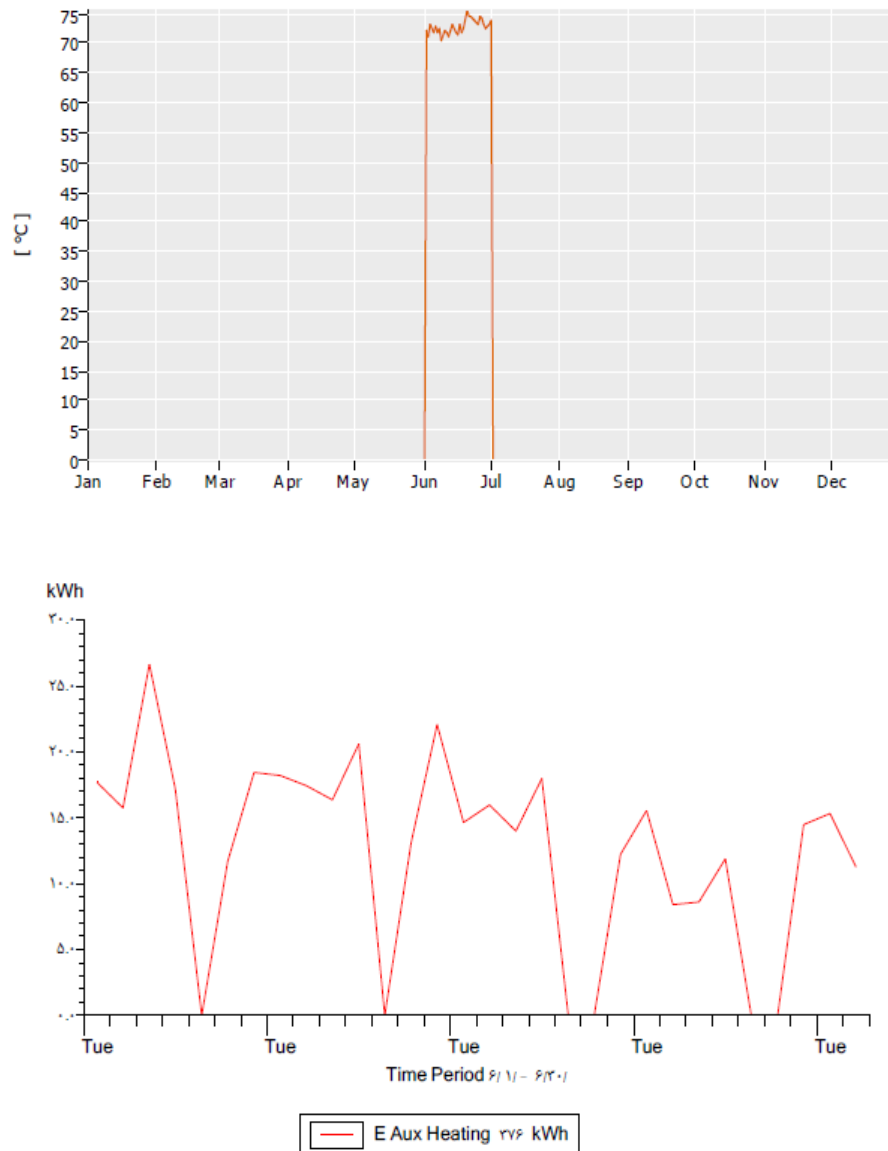
شکل ۳-۴۸- نتایج بر اساس حجم های مخازن

طبق نتایج شکل (۳-۴۸) در حجم های مخازن به ترتیب حجم ۳۰۰۰ لیتری میزان سولار فراکشن (نمودار رنگ زرد) ۶۹٪، بازده سیستم (نمودار رنگ طوسی) ۴۸٪ و تعداد کلکتور کاربردی ۳۳ می باشد. همچنین انرژی ایی که طی یک هفته در ماه خرداد (ژوئن) نیاز است ۳۲۰۸ کیلووات ساعت می باشد که ۲۸۳۳ کیلووات آن از خورشید تامین می شود.



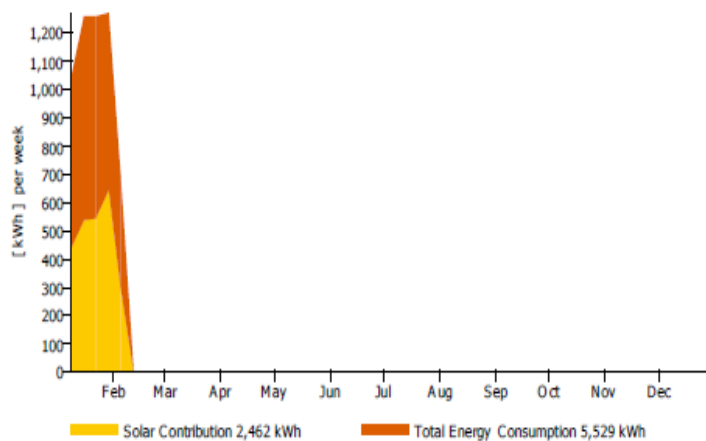
شکل ۳-۴۹- نمودار مربوط به میزان انرژی دریافتی از انرژی حرارتی خورشیدی

بیشترین حداکثر بهره وری روزانه در ماه خرداد (ژوئن) کلکتورها در حدود ۷۵ درجه سانتیگراد است. شکل (۳-۵۰)



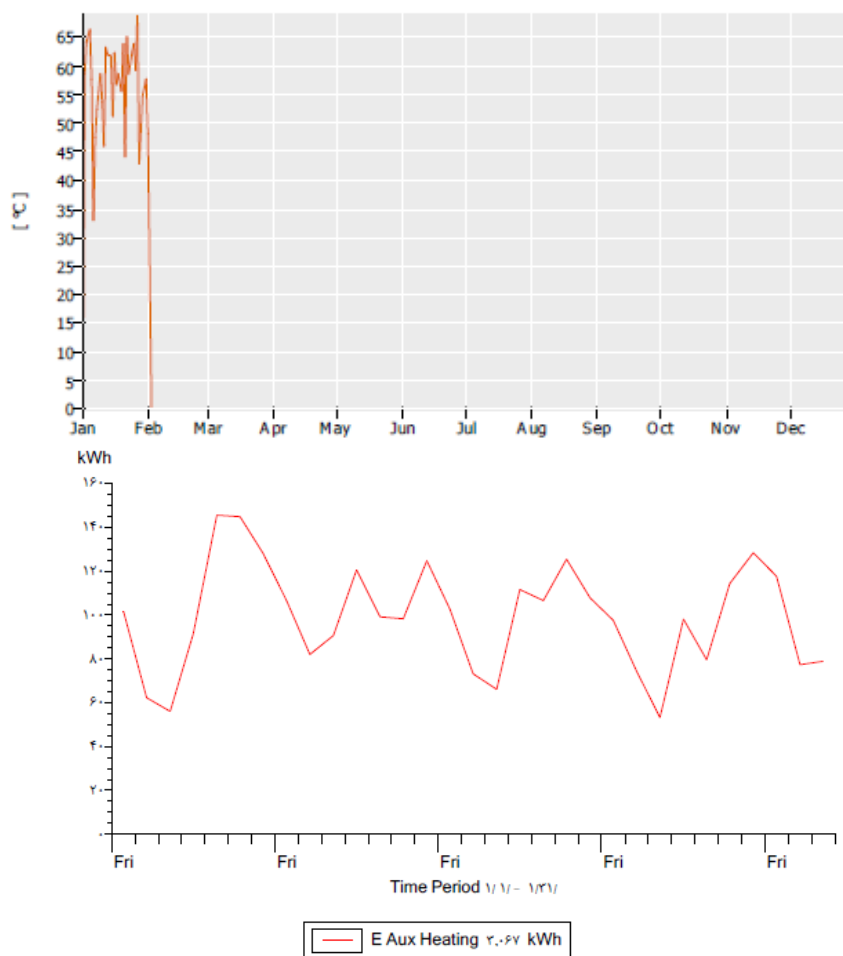
شکل ۳-۵۱- میزان انرژی که توسط انرژی کمکی دریافت میشود ۳۷۶ کیلووات ساعت در طی ماه خرداد (ژوئن) میباشد.

همچنین انرژی ایی که طی یک هفته در ماه دی (ژانویه) نیاز است ۵۵۲۹ کیلووات ساعت میباشد که ۲۴۶۲ کیلووات آن از خورشید تامین میشود.



شکل ۳-۵۲- نمودار مربوط به میزان انرژی دریافتی از انرژی حرارتی خورشیدی

بیشترین حداکثر بهره وری روزانه در ماه خرداد (ژوئن) کلکتورها بیش از ۶۵ درجه سانتیگراد است. شکل (۳-۵۳)



شکل ۳-۵۴- میزان انرژی که توسط انرژی کمکی دریافت میشود ۳۰۶۷ کیلووات ساعت در طی ماه دی (ژانویه) میباشد.

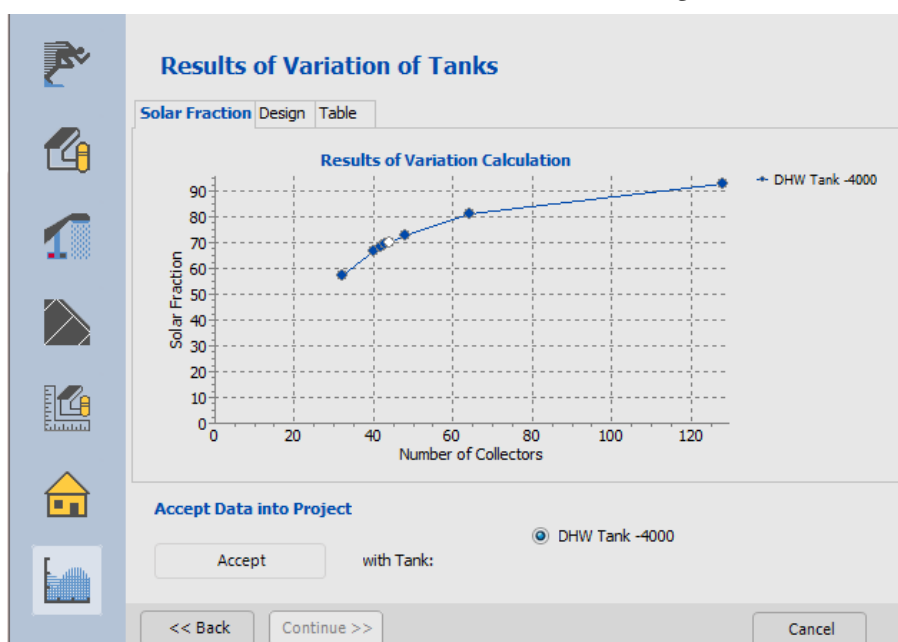
بررسی جزییات حجم ۴۰۰۰ لیتر:

تعیین اندازه مخازن و گرمای کمکی برای طراحی را انتخاب میکنیم. در اینجا با انتخاب حجم ۴۰۰۰ لیتر و همچنین انتخاب آبگرمکن گازی بعنوان گرمای کمکی

شکل ۳-۵۵- تعیین اندازه مخازن و گرمای کمکی برای طراحی را انتخاب میکنیم.

نتایج تغییرات انجام شده را در شکل ذیل مشاهده میکنیم

در جدول نمودار قسمت عمودی مربوط اندازه سولار فراکشن و نمودار قسمت افقی تعداد کلکتور را نشان میدهد. شکل (۳-۴۷)



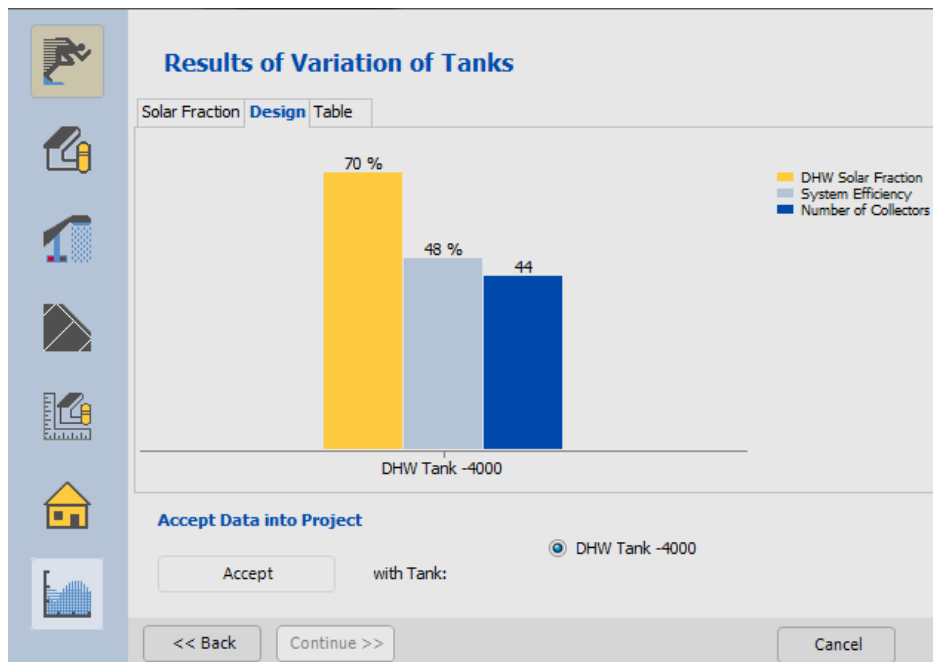
شکل ۳-۵۶- نمودار مربوط به نتایج محاسبات

نتایج بر اساس حجم مخازن ارائه شده است:

نمودار میله ای اولی (رنگ زرد) مربوط به درصد سولار فراکشن را نشان میدهد.

نمودار میله ای دومی (رنگ طوسی) مربوط به بازده ای که میتوان از سیستم گرفت را نمایش میدهد.

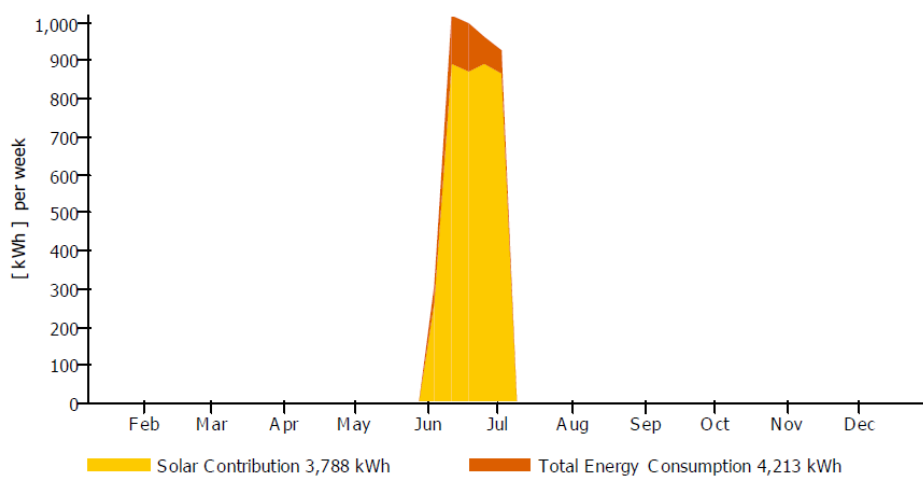
نمودار میله ای (رنگ آبی) مربوط به تعداد کلکتور مورد نیاز برای سیستم مربوط را نشان میدهد.



شکل ۳-۵۷- نتایج بر اساس حجم های مخازن

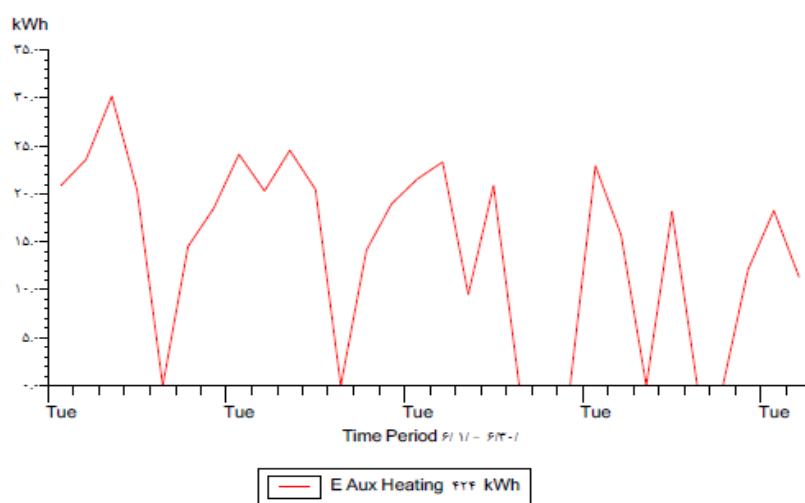
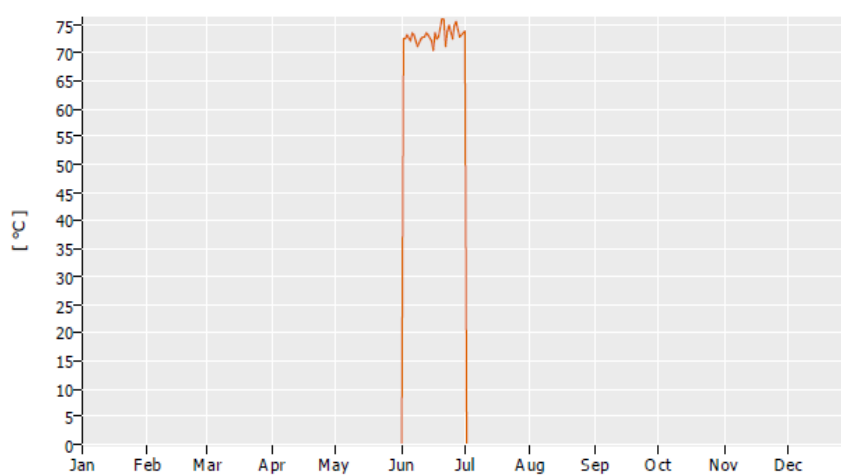
طبق نتایج شکل (۳-۵۷) در حجم های مخازن به ترتیب حجم ۴۰۰۰ لیتری میزان سولار فراکشن (نمودار رنگ زرد) ۷۰٪، بازده سیستم (نمودار رنگ طوسی) ۴۸٪ و تعداد کلکتور کاربردی ۴۴ میباشد.

همچنین انرژی ایی که طی یک هفته در ماه خرداد (ژوئن) نیاز است ۴۲۱۳ کیلووات ساعت میباشد که ۳۷۸۸ کیلووات آن از خورشید تامین میشود.



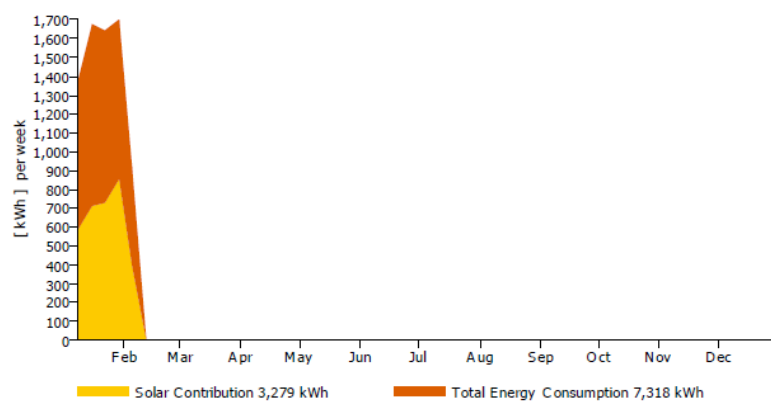
شکل ۳-۵۸- نمودار مربوط به میزان انرژی دریافتی از انرژی حرارتی خورشیدی

بیشترین حداکثر بهره وری روزانه کلکتورها بیش از ۷۵ درجه سانتیگراد است. شکل (۳-۵۹)

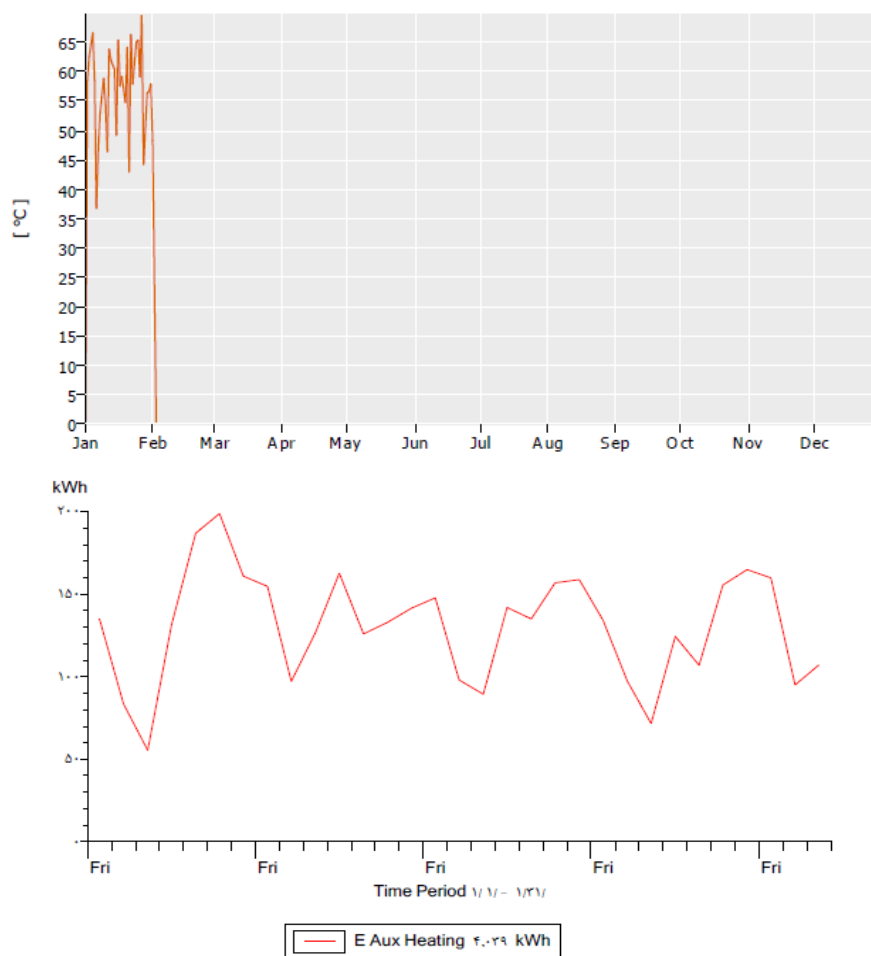


شکل ۳-۶۰- میزان انرژی دریافتی از گرمای کمکی در ماه خرداد (ژوئن) ۴۲۴ کیلووات ساعت است.

همچنین انرژیایی که طی یک هفته در ماه دی (ژانویه) نیاز است ۷۳۱۸ کیلووات ساعت می باشد که ۳۲۷۹ کیلووات آن از خورشید تامین میشود.



شکل ۳-۶۱- نمودار مربوط به میزان انرژی دریافتی از انرژی حرارتی خورشیدی  
بیشترین حداکثر بهره وری روزانه کلکتور بیش از ۶۵ درجه سانتیگراد ماه دی (ژانویه)  
است. (۳-۶۲)



شکل ۳-۶۳- میزان انرژی دریافتی از گرمای کمکی در ماه دی (ژانویه) ۴۰۳۹ کیلووات ساعت است.



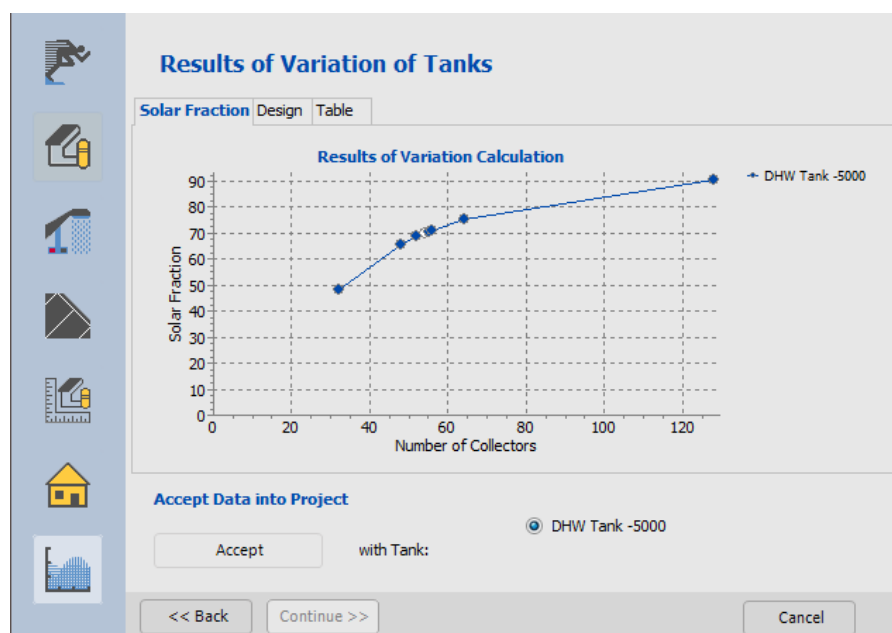
بررسی جزییات حجم ۵۰۰۰ لیتر:

تعیین اندازه مخازن و گرمای کمکی برای طراحی را انتخاب میکنیم. در اینجا با انتخاب حجم ۵۰۰۰ لیتر و همچنین انتخاب آبگرمکن گازی بعنوان گرمای کمکی

شکل ۳-۶۴- تعیین اندازه مخازن و گرمای کمکی برای طراحی را انتخاب میکنیم.

نتایج تغییرات انجام شده را در شکل ذیل مشاهده میکنیم

در جدول نمودار قسمت عمودی مربوط اندازه سولار فراكشن و نمودار قسمت افقی تعداد کلكتور را نشان میدهد. شکل (۳-۵۳)



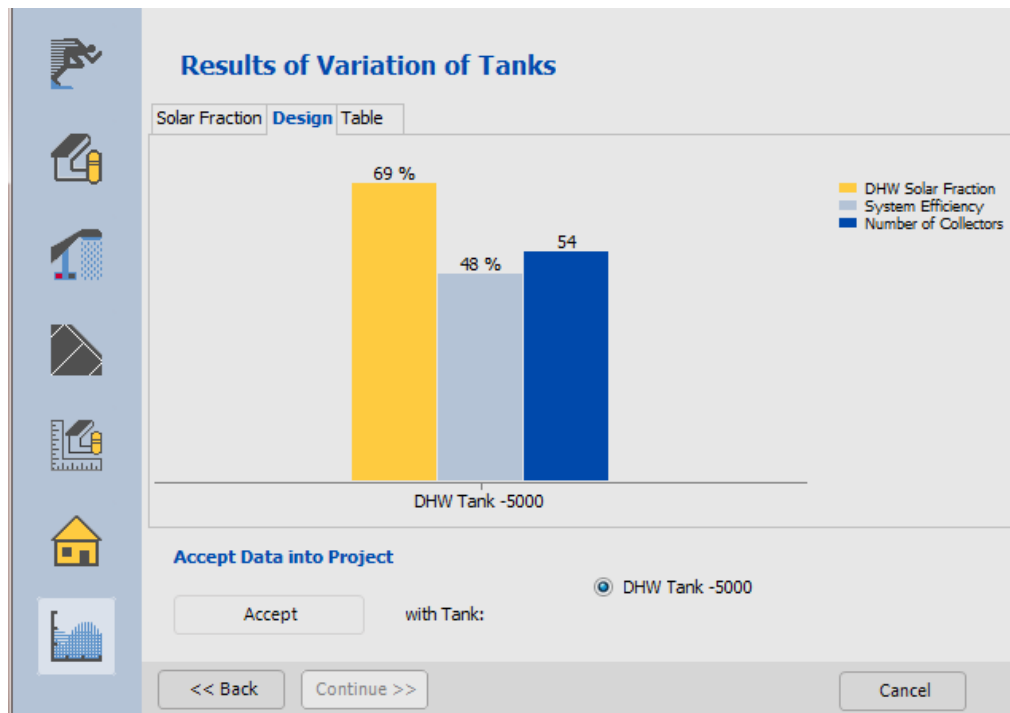
شکل ۳-۶۵- نمودار مربوط به نتایج محاسبات

نتایج بر اساس حجم مخازن ارائه شده است:

نمودار میله ای اولی (رنگ زرد) مربوط به درصد سولار فراکشن را نشان میدهد.

نمودار میله ای دومی (رنگ طوسی) مربوط به بازده ای که میتوان از سیستم گرفت را نمایش میدهد.

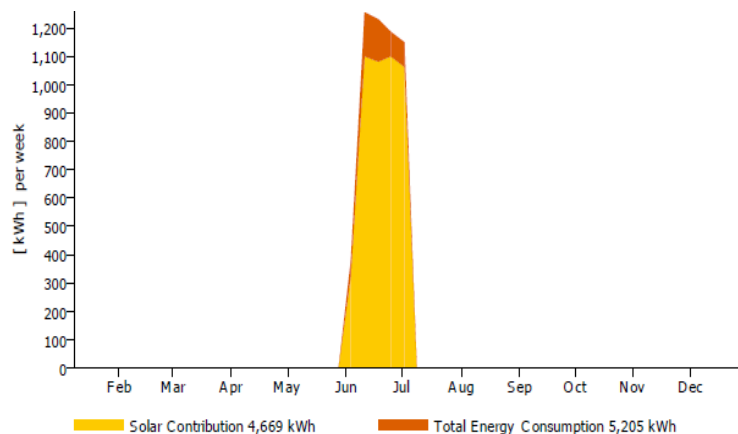
نمودار میله ای (رنگ آبی) مربوط به تعداد کلکتور مورد نیاز برای سیستم مربوط را نشان میدهد.



شکل ۳-۶۶- نتایج بر اساس حجم های مخازن

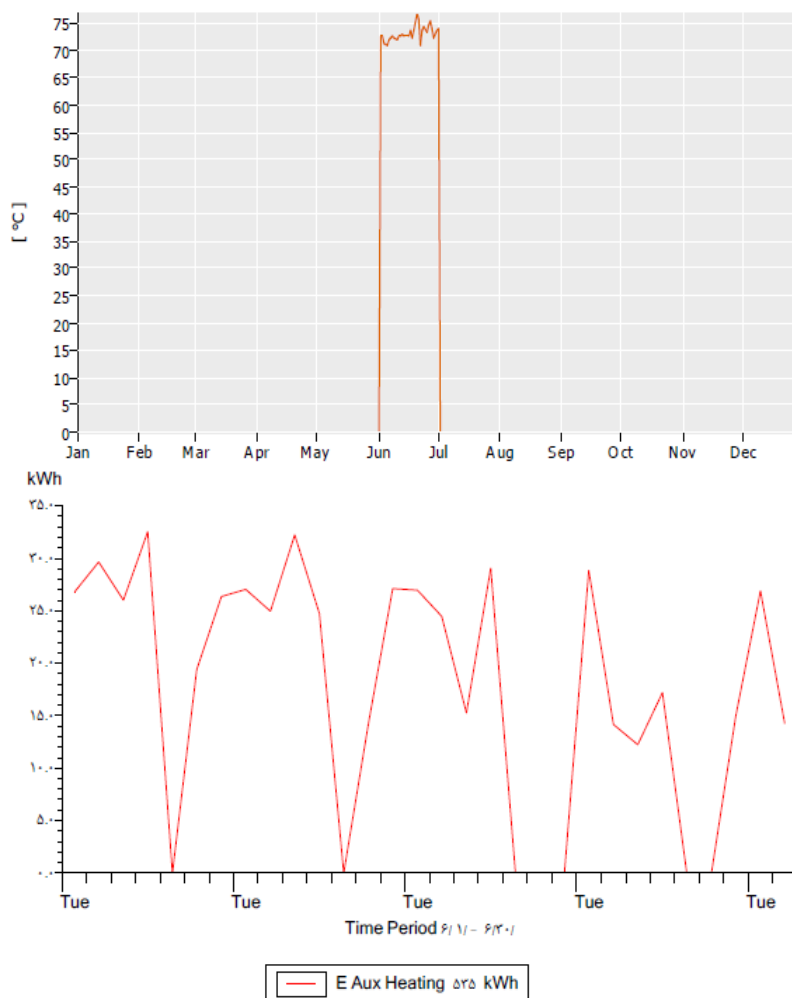
طبق نتایج شکل (۳-۶۶) در حجم های مخازن به ترتیب حجم ۵۰۰۰ لیتری میزان سولار فراکشن (نمودار رنگ زرد) ۶۹٪، بازده سیستم (نمودار رنگ طوسی) ۴۸٪ و تعداد کلکتور کاربردی ۵۴ میباشد.

همچنین انرژی ایی که طی یک هفته در ماه خرداد (ژوئن) نیاز است ۵۲۰۲ کیلووات ساعت میباشد که ۴۶۶۹ کیلووات آن از خورشید تامین میشود



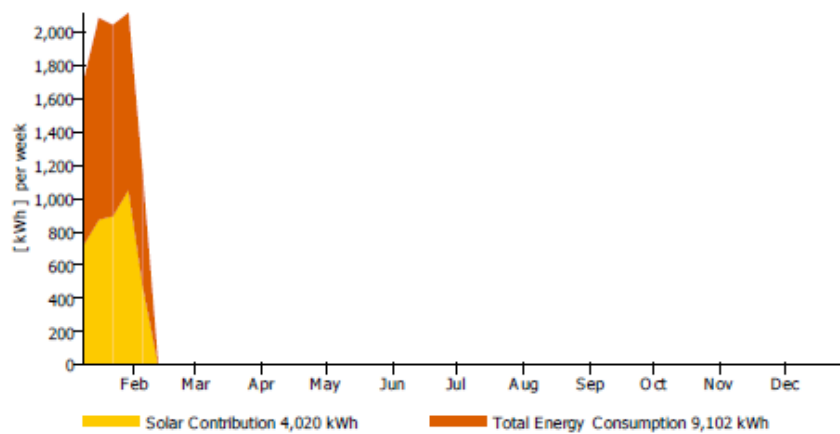
شکل ۳-۶۷- نمودار مربوط به میزان انرژی دریافتی از انرژی حرارتی خورشیدی

بیشترین حداکثر بهره وری روزانه کلکتورها بیش از ۷۵ درجه سانتیگراد است. شکل (۳-۶۸)



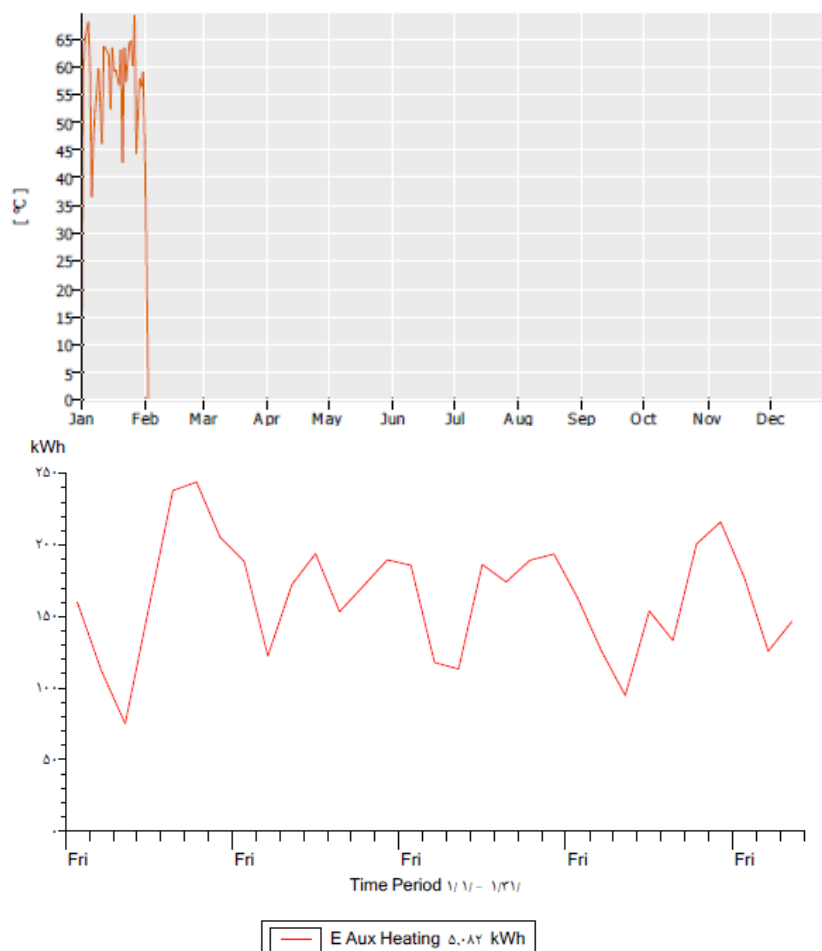
شکل ۳-۶۹- میزان انرژی دریافتی از گرمای کمکی در ماه خرداد (ژوئن) ۵۳۵ کیلووات ساعت است

همچنین انرژی ایی که طی یک هفته در ماه خرداد (ژوئن) نیاز است ۹۱۰۲ کیلووات ساعت میباشد که ۴۰۲۰ کیلووات آن از خورشید تامین میشود



شکل ۳-۷۰- نمودار مربوط به میزان انرژی دریافتی از انرژی حرارتی خورشیدی

بیشترین حداکثر بهره وری روزانه کلکتور بیش از ۶۵ درجه سانتیگراد ماه دی (ژانویه) است. شکل (۳-۷۱)



شکل ۳-۷۲- میزان انرژی دریافتی از گرمای کمکی در ماه دی (ژانویه) ۵۰۸۲ کیلووات ساعت است.

## **فصل چهارم:**

### **نتایج و بحث و بررسی**

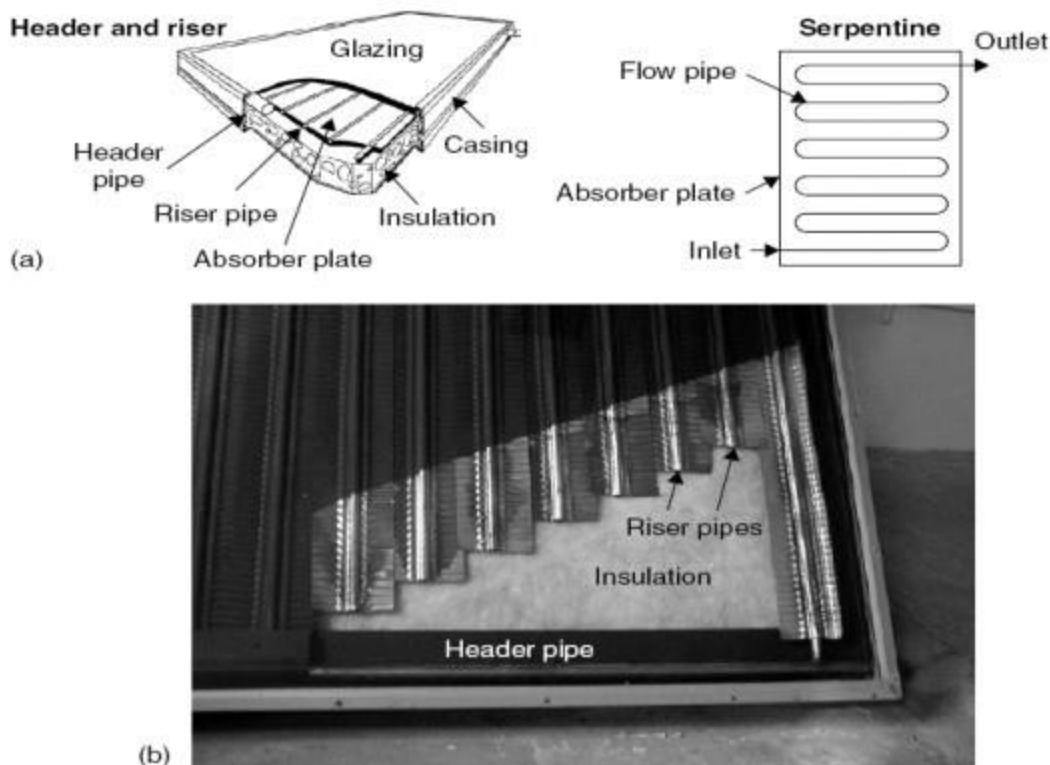
## ۴-۱- کلکتورهای صفحه تخت (مسطح)

کلکتور خورشیدی نوع خاصی از مبدل حرارتی است که انرژی تابشی خورشیدی را به گرما تبدیل میکند. کلکتور خورشیدی از چندین لحاظ با مبدل های حرارتی متداول تفاوت می کند. مبدل های حرارتی معمولاً تبادل مایع با مایع را انجام می دهند که این تبادل با نرخ انتقال حرارت بالایی انجام می پذیرد و در آن تابش عامل غیر مهمی است. در کلکتور خورشیدی، انرژی تبادل شده از منبع با فاصله زیاد به صورت انرژی تابشی سیال منتقل می شود. شار تابش برخوردی در بهترین حالت تقریباً  $1100 \text{ W/m}^2$  (بدون تمرکز نوری) بوده و متغیر می باشد. محدوده طول موج از  $0.3$  تا  $3 \mu\text{m}$  است که به طور قابل ملاحظه ای کوچکتر از تابش گسیل شده از بسیاری از سطوح جاذب انرژی می باشد.

بنابراین، تحلیل کلکتور های خورشیدی مسائل منحصر به فردی از شارهای انرژی پائین، متغیر و با اهمیت نسبتاً بالای تابش، ارائه می کند. کلکتورهای مسطح برای کاربردهایی که نیازمند تحویل انرژی در دمای متوسط شاید تا  $100$  درجه با سانتیگراد لاتر از دمای محیط هستند، طراحی می شوند. آنها از هر دو تابش خورشیدی مستقیم و پراکنده استفاده می کنند و نیازمند ردیابی خورشید نبوده و نگهداری ناچیزی نیاز دارند و از نظر میکائیکی نسبت به کلکتورهای متمرکز کننده ساده ترند. اصلی ترین کاربرد این واحد در آبگرمکن های خورشیدی، گرمایش ساختمان، تهویه مطبوع و پروسه های گرمایش صنعتی می باشد. گرمایش غیر فعال ساختمان را می توان به صورت موارد خاص کلکتورهای مسطح، جاذب هایی مثل اتاق یا دیوار ذخیره ای در نظر گرفت.

اهمیت کلکتورهای مسطح در پروسه های حرارتی به صورتی است که عملکرد حرارتی آنها بصورت قابل ملاحظه ای با جزئیات بیان می شود. این امر برای شناخت چگونگی کارکرد اجزا انجام شده است. در موارد عملی محاسبات طراحی و معادلات بازدهی کلکتور به صورت روابط نسبتاً ساده ای کاهش یافته اند. وقتی تشعشع خورشید از درون پوشش شفاف عبور می

کند و به سطح جذب کننده سیاه با ضریب جذب بالا برخورد میکند، بخش زیادی از این انرژی توسط این سطح جذب شده و به محیط انتقال در لوله های سیال برای استفاده یا ذخیره منتقل می شود. سطح پایینی صفحه جذب کننده و کناره ها برای کاهش تلفات هدایت به خوبی عایق می شوند. لوله های مایع می توانند به صفحه جذب کننده جوش شوند یا با صفحه به صورت یکپارچه باشند. لوله های مایع در دو طرف به لوله های زهکشی با قطر بزرگ تر متصل می شوند.



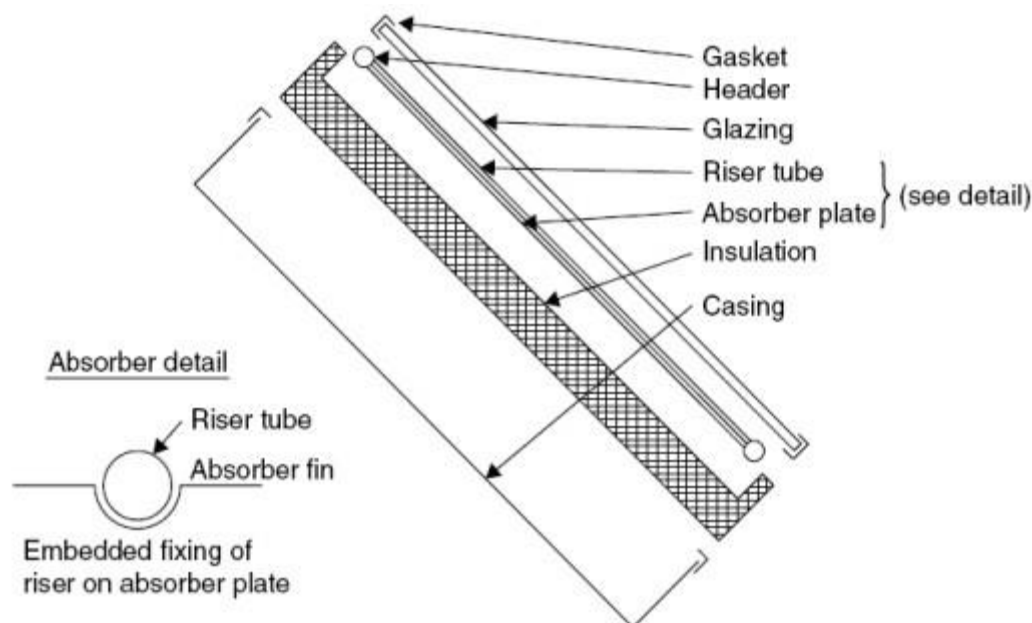
شکل ۴-۱- کلکتور صفحه تخت (الف) نمای تجسمی از یک کلکتور صفحه تخت

(ب) عکس یک برش از یک کلکتور صفحه تخت با لوله های قائم و زهکشی [۱۳]

کلکتور با لوله های قائم و زهکشی، طراحی معمول برای کلکتور های صفحه تخت می باشد. یک طراحی دیگر، طراحی مارپیچی است، که در سمت راست شکل (۴-۱الف) نشان داده شده است.

کلکتور مارپیچی نمی تواند به طور موثر در حالت ترموسیفون (گردش طبیعی) کار کند و به یک پمپ برای گردش سیال انتقال حرارت، نیاز دارد. صفحه جذب کننده می تواند یک ورقه باشد که به آن لوله های قائم ثابت شده اند یا هر لوله قائم می تواند به یک تیغه جدا ثابت شود، همانطور که در شکل (۴-۱ب) نشان داده شده است. یک پوشش شفاف برای

کاهش تلفات جابجایی از صفحه جذب کننده استفاده می شود که با این کار لایه های هوای ایستا بین صفحه جذب کننده و شیشه حبس می شوند.



شکل ۴-۳- نمایی از جزئیات جذب کننده کلکتور صفحه تخت [۱۳]

همچنین این پوشش تلفات تشعشعی کلکتور را کاهش می دهد، زیرا شیشه برای اشعه های موج کوتاه دریافتی از خورشید شفاف است اما برای اشعه های حرارتی موج بلند ساطع شده از صفحه جذب کننده تقریباً غیر شفاف می باشد (اثر گلخانه ای). مزیت کلکتور های صفحه تخت این است که برای تولید ارزان قیمت هستند، هر دو تشعشع مستقیم و پراکنده را دریافت و جمع می کند و به صورت دائم در موقعیتشان ثابت هستند. بنابراین به هیچ ردیابی خورشیدی نیاز ندارد. این کلکتورها باید مستقیماً نسبت به خط استوا، در نیمکره شمالی رو به جنوب و در نیمکره جنوبی رو به شمال جهت دهی شوند.

زاویه شیب بهینه این کلکتور برابر با عرض جغرافیایی محل، با اختلاف زاویه ۱۰ تا ۱۵ درجه یا کمتر می باشد که بستگی به کاربرد مورد نظر دارد. در کاربردهای سرمایش خورشیدی، زاویه بهینه برابر عرض جغرافیایی منهای ۱۰ درجه می باشد. بنابراین خورشید نسبت به کلکتور در طول تابستان زمانی که این انرژی به صورت حداکثری مورد نیاز است، به صورت عمودی خواهد بود. در کاربردهای گرمایش محیط، زاویه بهینه برابر عرض جغرافیایی بعلاوه ۱۰ درجه می باشد. در حالی که برای تولید آب گرم سالیانه این مقدار برابر با عرض جغرافیایی بعلاوه ۵ درجه خواهد بود تا در زمستان یعنی زمانی که آب گرم بیشتری مورد نیاز



است، به طور نسبی بهترین عملکرد را داشته باشد. اجزا مهم کلکتور صفحه تخت همانطور که در شکل (۴-۳) نشان داده شده است، به شرح زیر می باشد:

- ✓ پوشش: یک یا چند ورق شیشه ای یا هر ماده شفاف تشعشعی دیگر.
- ✓ گذرگاه های سیال برای انتقال گرما: لوله ها، تیغه ها یا گذرگاه هایی که سیال انتقال حرارت را از ورودی به خروجی هدایت می کنند.
- ✓ صفحه جذب کننده: صفحات تخت، چین دار و یا شیاردار هستند که به لوله ها، تیغه ها یا گذرگاه ها متصل می شوند. یک روش اتصال، ثابت کردن به صورت محاطی می باشد، که در شکل (۱-۱۳) با جزئیات نشان داده شده است. صفحه معمولاً با لایه با ضریب جذب بالا و ضریب صدور پایین پوشانده می شوند.
- ✓ زهکش ها: لوله ها و مجراهایی که سیال را جمع و تخلیه می کنند.
- ✓ عایق: برای به حداقل رساندن تلفات حرارتی از عقب و کناره های کلکتور استفاده می شود.

✓ محفظه: محفظه ای که اجزای گفته شده را در بر میگیرد و از آن در برابر ذرات، رطوبت و هر ماده دیگری محافظت می کند.

کلکتور های صفحه تخت در انواع گسترده ای از طراحی ها و از مواد مختلفی ساخته می شوند. این کلکتور ها برای گرم کردن سیالاتی مانند آب، آب همراه با مواد ضد یخ و یا هوا استفاده می شوند. هدف اصلی این کلکتور ها گردآوری حداکثری انرژی خورشیدی در کمترین قیمت کل ممکن، می باشد. این کلکتورها همچنین به رغم اثرات ناسازگار اشعه فرابنفش خورشید، خوردگی و گرفتگی به علت اسیدی، بازی یا سختی مایع انتقال حرارت، یخ زدگی آب، یا رسوب گیری مجرا یا رطوبت روی جداره شیشه ای و شکستگی شیشه به علت انبساط حرارتی، تگرگ و یا سایر علت ها باید عمر موثر طولانی داشته باشند. این عوامل را می توان با استفاده از شیشه سکوریت به حداقل رساند. [۴۵]

## **۴-۲- مطالعه تکنولوژی - اقتصادی در سیستم آبگرمکن خورشیدی**

فرآیند استفاده از انرژی گرمایی خورشید با حداقل هزینه عملیاتی سیستم آبگرمکن خورشیدی در مقایسه با سایر سیستم ها بررسی میکنیم. که باید تمام هزینه هایی نصب سیستم آبگرمکن خورشیدی در نظر گرفته شود. برای اجرای مراحل این سیستم نمیتوان فقط مسایل فنی را ارزیابی کرد بلکه باید از نظر اقتصادی هم، بررسی شود که با آنالیز تکنولوژی - اقتصادی و توجه به پارامترهای بهینه کردن عمر، دوره بازپرداخت، نرخ بهره و هزینه اولیه با

بررسی سودمند بودن اقتصادی یک پروژه به دو شاخه اصلی شامل محاسبات هزینه ها سرمایه گذاری و محاسبات هزینه های تولید تقسیم بندی میگردد. پس از انجام این محاسبات و بررسی فاکتورهای آن، اقتصادی یا غیر اقتصادی بودن طرح مشخص میشود در صورت اقتصادی بودن طرح و سود آوری مناسب آن مراحل بعدی برای اجرای پروژه انجام خواهد شد. اولین مرحله ای که در هنگام تعیین هزینه یک دستگاه باید مورد توجه قرار بگیرد اندازه دستگاهی است که باید خریداری شود. لذا در این مقاله پس از شبیه سازی انجام شده در جدول زیر سایز و اندازه تک تک دستگاه ها و ادوات استفاده شده در آبگرمکن خورشیدی بر اساس اطلاعات سازنده تعیین و قیمت های آنها با استفاده از ضریب قیمت جدید برای سال جاری محاسبه گردید. تخمین سرمایه گذاری ثابت براساس قیمت تجهیزات فرآیندی صورت میگیرد که خلاصه نتایج در جدول زیر نشان داده میشود

\* لازم به ذکر است قیمت هر کلکتور ۲۵/۰۰۰/۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده:

هم اکنون بررسی های هزینه های اقتصادی کلکتور با سولار فراكشن ۷۰٪ میپردازیم:

جدول ۴-۱- حجم، تعداد کلکتور و هزینه کلکتور استفاده شده

هزینه کلکتور (ریال)	تعداد کلکتور	حجم (لیتر)
۳۲۵/۰۰۰/۰۰۰	۱۳	۱۰۰۰
۵۷۵/۰۰۰/۰۰۰	۲۳	۲۰۰۰
۸۲۵/۰۰۰/۰۰۰	۳۳	۳۰۰۰
۱/۱۰۰/۰۰۰/۰۰۰	۴۴	۴۰۰۰
۱/۳۵۰/۰۰۰/۰۰۰	۵۴	۵۰۰۰

جدول ۴-۲- مطالعات تانک های قابل استفاده به لحاظ اقتصادی

هزینه تانک ها (ریال)	حجم تانک	حجم (لیتر)
۱۰/۰۰۰/۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
۱۷/۰۰۰/۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰
۲۸/۰۰۰/۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰
۳۷/۰۰۰/۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰
۴۵/۰۰۰/۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰

## ۴-۳- مقایسه نتایج هزینه های پرداختی و بازگشت سرمایه توسط

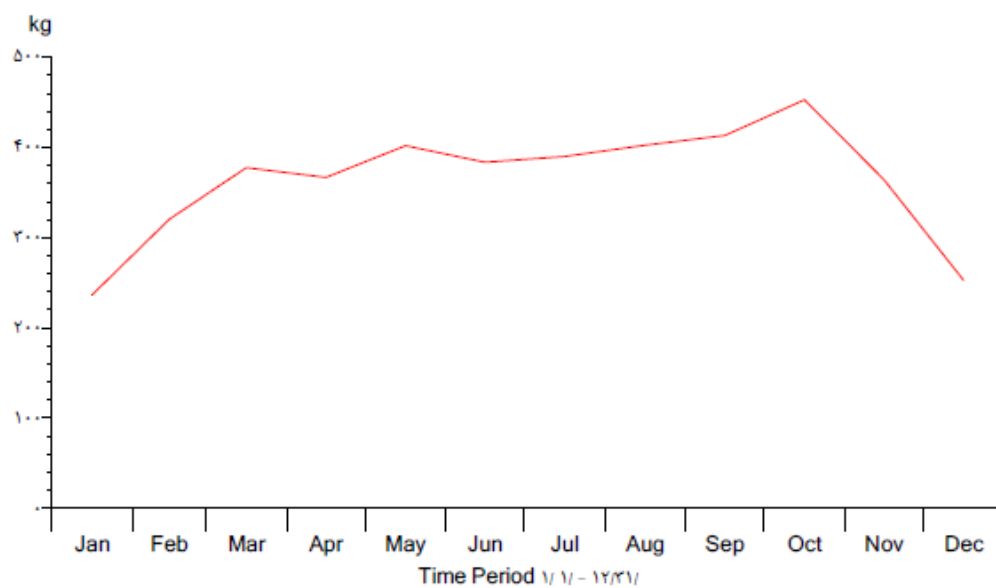
### آبگرمکن خورشیدی

#### ۴-۳-۱- آلاینده‌گی

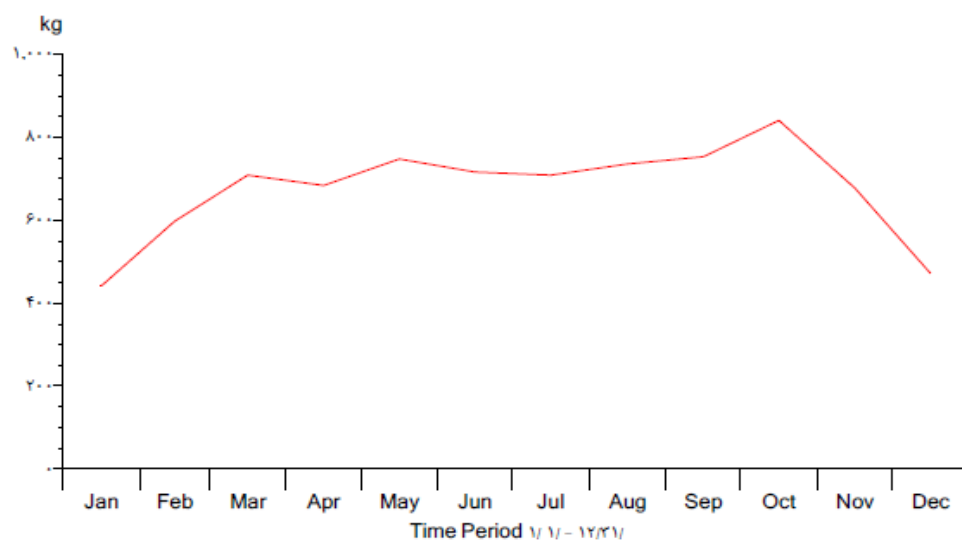
آلاینده های هوا ناشی از مصرف سوختهای فسیلی مهمترین شکل اثرات مخرب زیست محیطی منتج از بخش انرژی است که میتواند سلامتی انسان و موجودات زنده و محیط انسانی را به مخاطره بیندازند. علیرغم اینکه در ایران اکثر آبگرمکن های خانگی از گاز طبیعی استفاده میکنند و گاز طبیعی در مقایسه با سایر سوختهای فسیلی، سوختی پاک به شمار میرود و کمترین مقدار آلودگی را داراست. با این وجود، ۵۰ درصد از کل انتشار دی اکسید کربن بخش انرژی کشور مربوط به گاز طبیعی است که از نظر مسأله تغییرات اقلیم قابل توجه میباشد. براساس پیمان کیوتو، بین کشورهای عضو توافقی به منظور کاهش صدور گازهای گلخانه ای صورت پذیرفت. گازهای گلخانه ای نظیر متان،  $CO_2$  و بخار آب و اکسید نیتروژن در جو زمین دمای کره زمین را بالا برند که این امر باعث ایجاد تغییرات ناخوشایند در محیط زیست خواهد شد. اخیراً کنفرانس بین المللی دیگری در روبان آفریقای جنوبی در این زمینه صورت پذیرفت که مفاد آیین نامه را تا ۵ درصد کاهش میدهند. و از کشورهای در حال توسعه در بکارگیری انرژی های تجدید پذیر حمایت کنند. از مسائل عمده مربوط به استفاده از سوختهای فسیلی بحث تولید گازهای  $CO_2$  است و یکی از اهداف جایگزینی حاملهای انرژی تجدید پذیر کاهش تولید گازهای مذکور بخصوص گاز  $CO_2$  و اثر گلخانه ای آن است. با افزایش رشد اقتصادی همواره صدمات و ضایعاتی متوجه محیط زیست میشود. در نگاه اول، مفهوم توسعه پایدار همان افزایش سطح استاندارد زندگی همراه با حفظ محیط زیست است. با توجه به این امر اساسی ترین ابزار جهت ورود و حضور مباحث مرتبط با محیط زیست در بخش انرژی، تبیین اثرات اقتصادی انرژی بر محیط زیست کشورمان میباشد. [۴۴]

برای بدست آوردن هزینه های هر تن  $CO_2$  که به جامعه جهانی بابت جریمه ها پرداخت شود هر تن را در ۶۵ دلار محاسبه کرده. هم اکنون به بررسی تولید سالانه دی اکسید کربن و همچنین مسایل اقتصادی ناشی از تولید دی اکسید کربن میپردازیم:

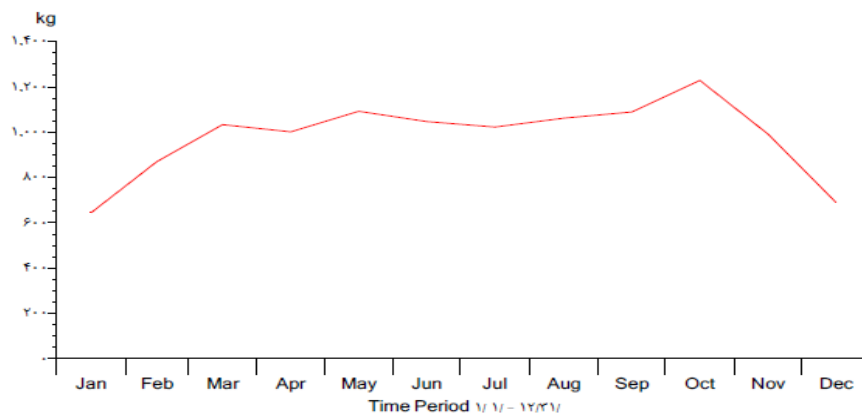
### نمودارهای مربوط به تولید دی اکسید کربن در طی یکسال



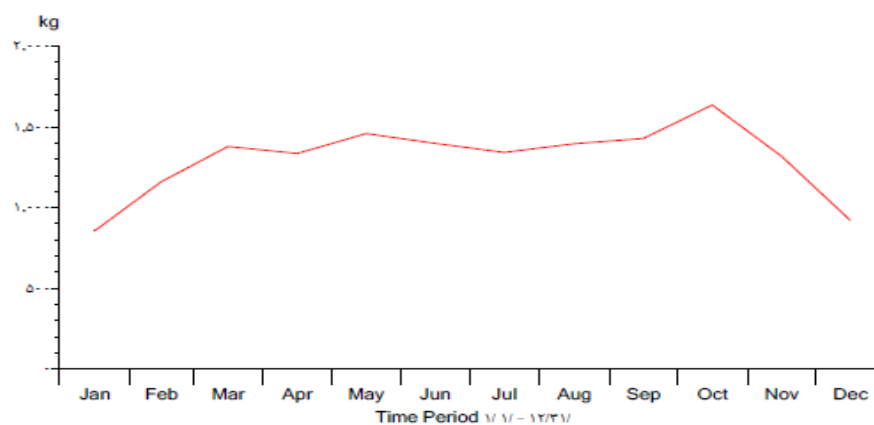
شکل ۴-۴- تولید دی اکسید کربن در حجم ۱۰۰۰ لیتر در طی یکسال



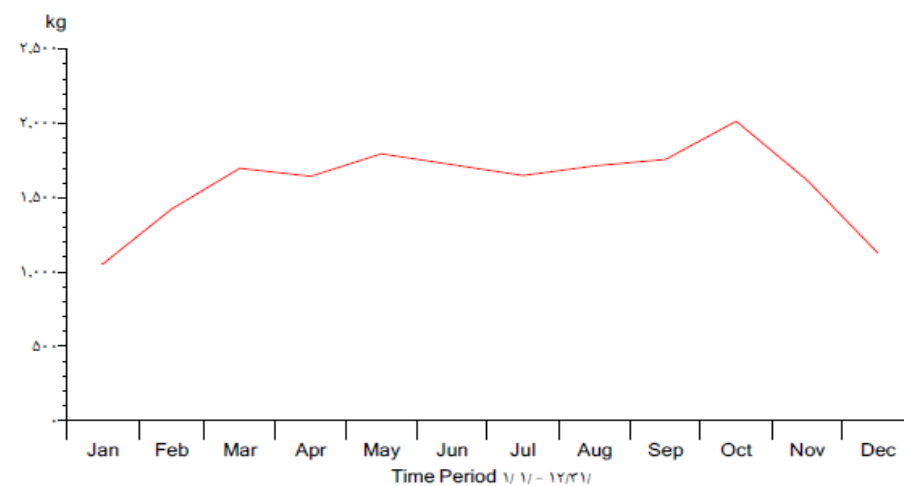
شکل ۵-۴- تولید دی اکسید کربن در حجم ۲۰۰۰ لیتر در طی یکسال



شکل ۴-۶- تولید دی اکسید کربن در حجم ۳۰۰۰ لیتر در طی یکسال



شکل ۴-۷- تولید دی اکسید کربن در حجم ۴۰۰۰ لیتر در طی یکسال



شکل ۴-۸- تولید دی اکسید کربن در حجم ۵۰۰۰ لیتر در طی یکسال

جدول ۳-۴ تولید گاز دی اکسید کربن در سولار فراکشن ۷۰٪

درآمد ناشی از دی اکسید کاهش یافته (ریال)	دی اکسید کربن کاهش یافته (ton)	حجم تانک	حجم (لیتر)
۲۲/۸۸۰/۰۰۰	۴/۴	۱۰۰۰	۱۰۰۰
۴۳/۱۶۰/۰۰۰	۸/۳	۲۰۰۰	۲۰۰۰
۶۱/۳۶۰/۰۰۰	۱۱/۸	۳۰۰۰	۳۰۰۰
۸۱/۶۴۰/۰۰۰	۱۵/۷	۴۰۰۰	۴۰۰۰
۱۰۰/۳۶۰/۰۰۰	۱۹/۳	۵۰۰۰	۵۰۰۰

### ۲-۳-۴- محاسبات گازی

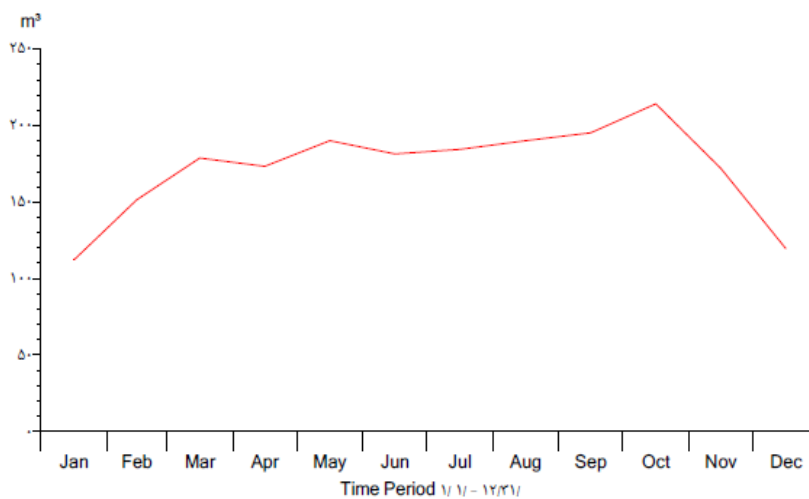
محاسبه هزینه گازی که در سولار فراکشن ۷۰٪ با حجم آب ۵۰۰۰ لیتر میزان ۹۰۹۱/۸ متر مکعب در طی یکسال میتوان ذخیره کرد. (هزینه هر متر مکعب گاز صادراتی معادل ۳۰ سنت در نظر گرفته شده) همچنین هدف از ذخیره گاز صادر کردن و افزایش درآمد کشور میشود. برای بدست آوردن هزینه گاز صادراتی بصورت زیر عمل کرده: (تمامی قیمت ها به ریال میباشد)

رابطه ۴-۱: مقدار گاز صرفه جویی شده  $\times ۰/۳ \text{ دلار} (۳۰ \text{ سنت}) \times ۸۰/۰۰۰ \text{ ریال}$  که میتوان با این رابطه مقدار گاز صادراتی را به ریال تبدیل کرد.

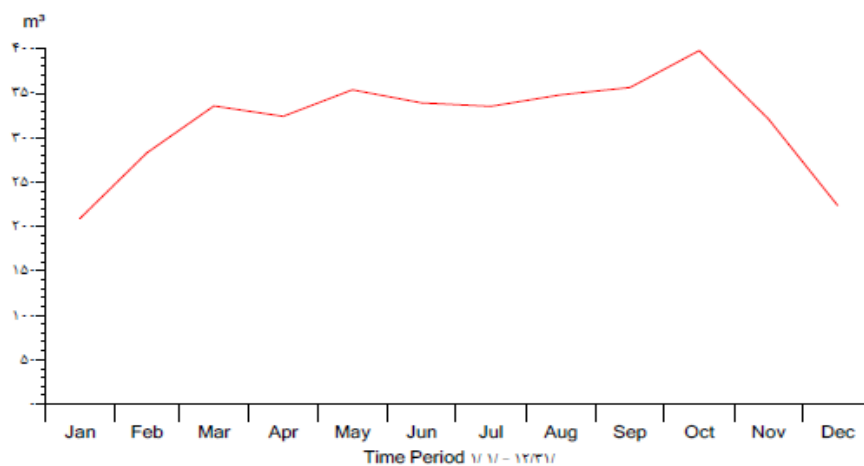
قیمت گاز صادراتی به ریال در طی یکسال با سولار فراکشن ۷۰٪

$$۹۰۹۱/۸ \times ۲۷۰۰۰ = ۲۴۵۴۷۵۶۰۰ \quad (۲-۴)$$

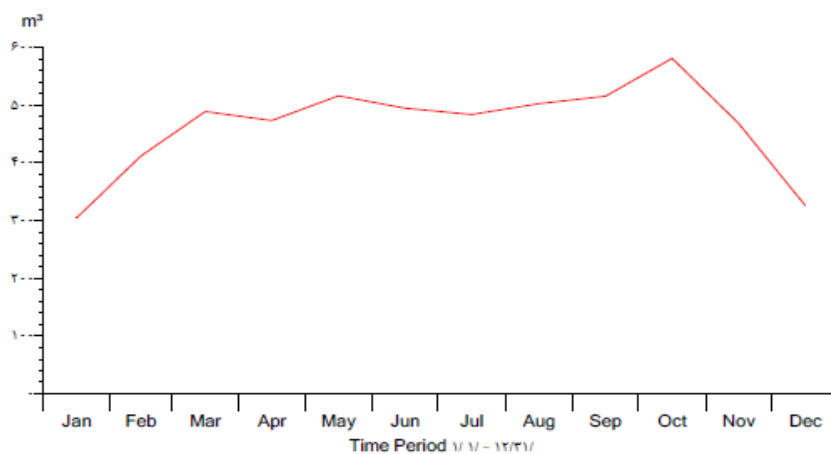
### نمودارهای مربوط به محاسبات تولید گاز طبیعی



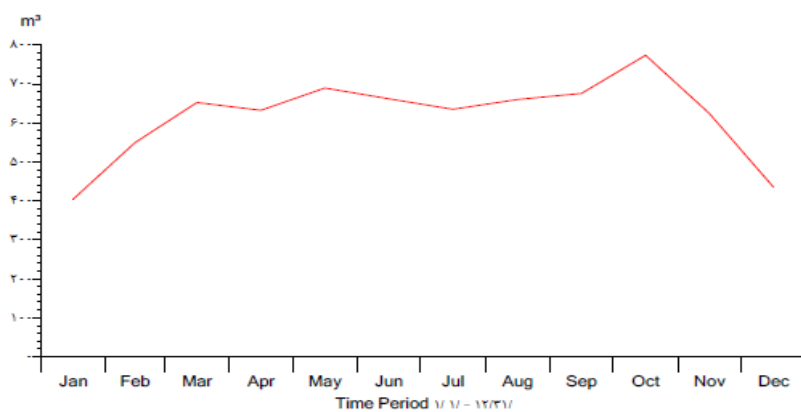
شکل ۴-۹- ذخیره گاز طبیعی در حجم ۱۰۰۰ لیتر در طی یکسال



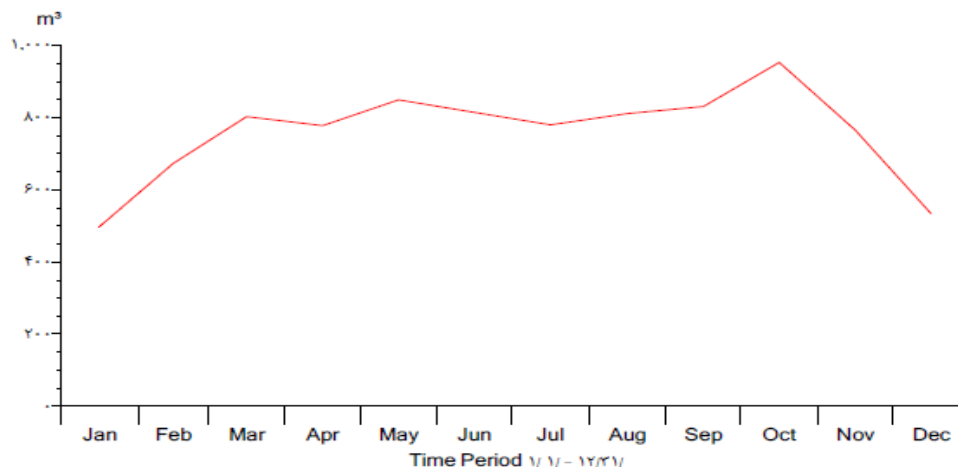
شکل ۴-۱۰- ذخیره گاز طبیعی در حجم ۲۰۰۰ لیتر در طی یکسال



شکل ۴-۱۱- ذخیره گاز طبیعی در حجم ۳۰۰۰ لیتر در طی یکسال



شکل ۴-۱۲- ذخیره گاز طبیعی در حجم ۴۰۰۰ لیتر در طی یکسال



شکل ۴-۱۳- ذخیره گاز طبیعی در حجم ۵۰۰۰ لیتر در طی یکسال

جدول ۴-۴- سولار فراكشن ۷۰٪ به لحاظ صرفه جویی در مصرف گاز

درآمد ناشی از صرفه جویی گاز طبیعی (ریال)	حجم گاز طبیعی ذخیره شده (m³)	حجم تانک	حجم (لیتر)
۵۵/۷۱۷/۲۰۰	۲۰۶۳/۶	۱۰۰۰	۱۰۰۰
۱۰۳/۲۵۰/۷۰۰	۳۸۲۴/۱	۲۰۰۰	۲۰۰۰
۱۵۰/۳۱۱/۷۰۰	۵۵۶۷/۱	۳۰۰۰	۳۰۰۰
۱۹۹/۴۹۷/۶۰۰	۷۳۸۸/۸	۴۰۰۰	۴۰۰۰
۲۴۵/۴۷۸/۶۰۰	۹۰۹۱/۸	۵۰۰۰	۵۰۰۰

## ۴-۴- تابع هدف و قیود مساله

### ۴-۴-۱- تابع هدف هزینه خالص فعلی

تابع هدف هزینه خالص فعلی  $NPC(x)$  بر حسب دلار است که معادل جمع هزینه سرمایه گذاری کل  $(C_T(x))$ ، هزینه تعمیر و نگهداری  $(C_M(x))$  هزینه جایگذاری  $(C_R(x))$  در طی طول عمر سیستم که ۲۰ سال فرض شده اند. تابع هدف برای کمینه سازی بصورت زیر بیان می شود:

$$(4-3)$$

3. Net present cost



$$NPC(x) = N \times \{ [CC + RC \times K(ir, L, y)] \times CRF(ir, R) + C_M \}$$

که  $N$  تعداد یا ظرفیت تجهیز،  $C_T$  هزینه سرمایه گذاری اولیه،  $C_R$  هزینه هر بار جایگذاری و  $C_M$  هزینه تعمیر و نگهداری سالیانه تجهیز می باشد.  $R$  طول عمر پروژه (در این پایان نامه ۲۰ سال) بوده و  $i_r$  نرخ سود بانکی (در این پایان نامه ۲۵ درصد) بوده که بر حسب بهره نامی ( $i_{r,nominal}$ ) و نرخ تورم سالیانه ( $f_r$ ) طبق رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$i_r = \frac{(i_{r,nominal} - f_r)}{1 + f_r} \quad (4-4)$$

$CRF$  و  $K$  نیز به ترتیب فاکتور ارزش فعلی پرداخت‌های سالیانه و ثابت بوده که بصورت زیر تعریف می شوند

$$CRF(i_r, R) = \frac{(1 + i_r)^R - 1}{(1 + i_r)^R i_r} \quad (5-4)$$

$$K_i = \sum_{n=1}^{y_i} \frac{1}{(1 + i_r)^R} \quad (6-4)$$

$y$  و  $L$  به ترتیب تعداد جایگذاری‌ها و طول عمر مفید تجهیز مربوطه می باشد.

$$ACS = C_{acap}(PV) + C_{arep}(Bat) + C_{amain}(PV) + Tower + Others \quad (7-4)$$

هزینه سرمایه گذاری سالیانه هر (کلکتور خورشیدی) به عنوان هزینه نصب در نظر گرفته می شود و آنها محاسبه نمی شوند توسط

$$C_{acap} = C_{cap} CRF(i - Y_{proj}) \quad (8-4)$$

که  $C_{cap}$  هزینه سرمایه گذاری هم ترکیب می باشد.  $Y_{proj}$  طول عمر ترکیب (سال)  $CRF$  فاکتور بازگشت سرمایه گذاری است که یک نرخ برای محاسبه کردن ارزش حال حاضر یک سال (یک سری از جریان‌های نقدی سالیانه معادل) می باشد، معادله برای فاکتور بازگشت سرمایه گذاری به صورت زیر است.

$$CRF / (i \cdot Y_{proj}) = \frac{i \cdot (1 + i)^{Y_{proj}}}{(L + i)^{Y_{proj} - 1}} \quad (9-4)$$

که نرخ بهره واقعی سالیانه  $i$  مربوط می شود به نرخ بهره اسمی  $i'$  (نرخ می که شما می - توانید وام بگیرید) و نرخ تورم سالیانه  $f$  توسط معادله زیر داده می شود.

$$i = \frac{i' - f}{I + f} \quad (10-4)$$

هزینه جایگزینی سالیانه یک ترکیب، مقدار سالیانه همه هزینه‌های جایگزینی است که در طول عمر پروژه اتفاق می‌افتند.

$$C_{arep} = C_{rep} \cdot SFF(i, Y_{rep}) \quad (11-4)$$

که  $C_{rep}$  هزینه جایگزینی است  $Y_{rep}$  US\$؛ طول عمر (سال) است.  $SFF$  فاکتور نشت است. که یک نرخ برای محاسبه ارزش آینده یک سری از جریان‌های نقدی سالیانه معادل می‌باشد معادله فاکتور نشت:

$$SFF(i, Y_{rep}) = \frac{i}{(I + i)^{Y_{rep}} - 1} \quad (12-4)$$

هزینه نگهداری

هزینه نگهداری سیستم با احتساب نرخ تورم داده شده بدست می‌آید به عنوان:

$$C_{amain}(a) = C_{amain}(1 + f)^n \quad (13-4)$$

که  $C_{amain}(n)$  هزینه نگهداری سال  $n$  ام است. ترکیب با کمترین هزینه سالیانه است (ACS) به عنوان یکی از ترکیب‌های بهینه که می‌تواند قابلیت اطمینان عرضه توان مورد نیاز را تضمین کند در نظر گرفته می‌شود.

در نهایت تابع هدف مساله به صورت زیر تعریف می‌شود

$$STC(x) = \min \{ \sum_i NPC_i + C_{fuel} \} \quad (14-4)$$

که  $i$  نشانگر تجهیز مورد نظر و  $x$  بردار متغیرهای بهینه سازی می‌باشد. کمینه سازی تابع هدف با توجه به قیود اصلی زیر، انجام می‌شود.

$$\begin{cases} P_p \geq P_l \\ SOC_{min} \leq SOC \leq SOC_{max} \end{cases} \quad (15-4)$$

که  $P_p$  توان تولیدی توسط سیستم به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$P_p = P_{RE} + P_D - P_B \quad (16-4)$$

بنابراین مدل طراحی بهینه سیستم خورشیدی بصورت زیر بیان می‌شود:

$$STC(x) = \min \{ \sum_i NPC_i \} \quad (17-4)$$

$$\text{where } x = \{N_{PV,P}, N_{Bat,P}\} \quad (18-4)$$

$$P_p(t) \leq P_L(t) \quad (19-4)$$

$$SOC_{\min}(t) \leq SOC(t) \leq SOC_{\max}(t) \quad (20-4)$$

$$0 \leq N_{PV,P} \leq N_{PV,P\max} \quad (22-4)$$

#### ۴-۲- محاسبه زمان بازگشت سرمایه

$$PBT = \frac{NPC}{INCOME} \quad (23-4)$$

در این رابطه NPC کل سرمایه گذاری در پروژه و Income درآمد پروژه میباشد.  
مقایسه محاسبات هزینه ها و بازگشت سرمایه ای که در قبال استفاده از انرژی خورشیدی سولار فراكشن ۷۰٪ میپردازیم:  
جدول ۴-۵- محاسبات هزینه ها و بازگشت سرمایه ای که در قبال استفاده از انرژی خورشیدی سولار فراكشن ۷۰٪

\* لازم به ذکر است هزینه پمپ ۲۰/۰۰۰/۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است.

مدت زمان بازگشت سرمایه	کل در آمد ناشی از مصرف دی اکسید کربن و گاز (ریال)	کل هزینه کلکتور و تانک و پمپ (ریال)	حجم (لیتر)
۴/۲	۷۸/۵۹۷/۲۰۰	۳۳۷/۰۰۰/۰۰۰	۱۰۰۰
۴	۱۴۶/۴۱۰/۷۰۰	۵۹۴/۰۰۰/۰۰۰	۲۰۰۰
۴/۳	۲۱۱/۶۷۱/۷۰۰	۸۵۵/۰۰۰/۰۰۰	۳۰۰۰
۴/۵	۲۸۱/۱۳۷/۶۰۰	۱/۱۳۹/۰۰۰/۰۰۰	۴۰۰۰
۴/۴	۳۴۵/۸۳۸/۶۰۰	۱/۳۹۷/۰۰۰/۰۰۰	۵۰۰۰

**فصل پنجم:**  
**بحث و نتیجه گیری**

## ۵-۱- نتیجه گیری

امروزه نگرانی از افزایش گازهای گلخانه ای و همچنین هزینه بالای سوخت های فسیلی موجب استفاده از منابع تجدید پذیر کمک به طراحی و ساخت سیستم های تولید انرژی شده است. سیستم آبگرمکن خورشیدی یکی از این موارد می باشد که با توجه به هزینه نسبتا بالای این منبع انرژی در مقایسه با سایر موارد در این تحقیق شهر نفت سفید اهواز مورد مطالعه قرار گرفته است.

در طی بررسی های اخیر و به منظور بهینه کردن، و افزایش کارایی سیستم آبگرمکن خورشیدی، با توجه به وابستگی شدید سیستم های خورشیدی به گرمای خورشید با طراحی و ساخت سیستم هایی که بتواند متناسب با تغییرات به حداکثر بهره وری از گرمای خورشید به دست آورند باید مورد مطالعه قرار گیرد و تا به امروز مطالعات انجام شده در این زمینه و نتایج قابل قبولی که بدست می آید. یکی از مهمترین موضوعات مطرح شده طراحی آبگرمکن خورشیدی می باشد که با مناسب سازی سطح کلکتور، اندازه مخزن و همچنین تعداد کلکتور میتوان بیشترین بهره وری را از انرژی گرمایی خورشیدی دریافت کرد. با مطالعه دقیق با تخمین سرمایه گذاری پتانسیل استفاده از سیستم آبگرمکن خورشیدی در ایران وجود دارد سیستم آبگرمکن خورشیدی در مقایسه با نفت و گاز از نظر اقتصادی و تولید حرارت قادر به رقابت نیست مطرح کردن مسایل اقتصادی بیانگر این مطلب است که استفاده از سیستم های خورشیدی می تواند برای شهر اهواز طبق نتایج ارائه شده نیز سودمند می باشد. روند کنونی حاکم در ایستگاههای CGS به هیچ وجه روند صحیح و بهینه ای نمی باشد. که با استفاده از این سیستم پیشنهادی کمک شایانی به کاهش مصرف سوخت های فسیلی که ذخایر رو به اتمام انرژی محسوب میشوند خواهد شد. و بازگشت سرمایه با هزینه اولیه نسبتا بالا بطور کلی در حدود ۳ تا ۴/۵ سال بطول می انجامد. در این پایان نامه ایده آل ترین حالت برای منطقه مورد مطالعه حجم ۵۰۰۰ لیتر با سولار فراکشن ۷۰٪ می باشد که در طی یک سال ۹۰۹۱/۸ متر

مکعب گاز صرفه جویی میشود و به میزان ۱۹/۳ از انتشار دی اکسید کربن جلوگیری میشود که در حدود ۳۴۵/۸۳۸/۶۰۰ (سیصد و چهل و پنج میلیون و هشتصد و سی و هشت هزار و ششصد میلیون) ریال و همچنین بازگشت سرمایه در حدود ۴ سال میشود.

## منابع و مأخذ

1. "How Round is the Sun?". NASA. 2 October 2008. Retrieved 7 March 2011.
2. "First Ever STEREO Images of the Entire Sun". NASA. 6 February 2011. Retrieved 7 March 2011
3. Woolfson, M (2000). "The origin and evolution of the solar system". *Astronomy & Geophysics*. 41(1): 1-12. doi:10.1046/j.1468-4004.2000.00012.x.
4. Basu, S.; Antia, H. M. (2008). "Helioseismology and Solar Abundances". *Physics Reports*. 45(5-6): 217Bibcode:2008PhR...457..217B.
5. "Equinoxes, Solstices, Perihelion, and Aphelion, 2000–2020". *United States Naval Observatory*. 31 January 2008. Retrieved 17-07-2009.
6. "Construction of a Composite Total Solar Irradiance (TSI) Time Series from 1978 to present". Retrieved 05-10-2005.
7. Phillips, Kenneth J. H. (1995). *Guide to the Sun*. Cambridge University Press. pp.319-321.
۸. اشرف، زهرا و احمد خرم، ۱۳۹۶، معرفی کارکرد های متفاوت انرژی خورشیدی به عنوان یک انرژی پاک و تجدید پذیر، دومین همایش ملی مهندسی عمران و توسعه پایدار، استهبان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد استهبان
۹. بابک دلخون "طرز کار سیستم های خورشیدی"
۱۰. مشایخی، غلامرضا و مهرداد خامفروش، ۱۳۹۵، بررسی عملکرد دمایی ابگرمکن خورشیدی ترموسیفونی صفحه تخت، کنگره بین المللی نوآوری در مهندسی و توسعه تکنولوژی، تبریز، دبیرخانه دایمی کنگره، دانشگاه تبریز،
۱۱. جعفر کاظمی، فرزاد و آرش اسدزاده زرگر، ۱۳۹۷، بررسی پارامترهای تاثیرگذار بر بازده حرارتی کلکتورهای خورشیدی صفحه تخت، دوفصلنامه انرژی های تجدید پذیر و نور
۱۲. مانی کوهسار و همکاران " بهینه سازی مصرف انرژی ایستگاه های CGS بوسیله سیستم هوشمند خورشیدی"
۱۳. شامل، علی، علایی، رضا و معرفتی محمد "مبانی سیستم های انرژی خورشیدی" انتشارات یاوریان ۱۳۹۵
۱۴. مجید بوجارزاده " ماهنامه ندای شرکت ملی گاز ایران" nedayegas@nigc.ir
۱۵. احمد عرب کوهسار، محمود فرزانه گرد، مهدی دیمی دشتیاض، علی خسروی " امکان سنجی استفاده از انرژی خورشیدی بعنوان جایگزینی برای هیتراهای غیرهوشمند در ایستگاه تقلیل فشار گاز" اردیبهشت ۱۳۹۰
۱۶. کامل میلانی شیروان، مجتبی ماموریان " مروری بر مقالات انجام شده بر روی کلکتورهای خورشیدی صفحه تخت"

17. Nidhal Ben Khedher, "Experimental Evaluation of a Flat Plate Solar Collector Under Hail City Climate" Engineering, Technology & Applied Science Research Vol. 8, No. 2, 2018, 2750-2754
18. rishna MurariPandey n, RajeshChaurasiya , "A reviewonanalysisanddevelopmentofsolar flat platecollector" RenewableandSustainableEnergyReviews67(2017)641–650
19. Abhishek Gautama , Sunil Chamolib, Alok Kumara, Satyendra Singhc "A review on technical improvements, economic feasibility and world scenario of solar water heating system" Renewable and Sustainable Energy Reviews 68 (2017) 541–562
20. Vera-Medina, J, Lillo-Bravo,I, Hernández, J., Larrañeta M. "EXPERIMENTAL AND NUMERICAL STUDY ON A FREEZE PROTECTION SYSTEM FOR FLAT-PLATE SOLAR COLLECTORS WITH SILICONE PEROXIDE TUBES." S1359-4311(17)31488-6
21. Mr. T. Maheshwar Rao, Mr. Aditya Kumar Verma, Mr. Sushil Kumar Sharma , "Experimental Investigation of Outlet Water Temperature of Solar Flat Plate Collector & Comparison of efficiency of Single Glass Cover with Double Glass Cover"
22. Volume: 05 Issue: 05 | May-2018
23. Ehsanul Kabira, Pawan Kumarb, Sandeep Kumarc, Adedeji A. Adelodund, Ki-Hyun Kime, "Solar energy: Potential and future prospects" , Renewable and Sustainable Energy Reviews 82 (2018) 894–900
24. K. Balajia, S. Iniyana, Ranko Goicb "Thermal performance of solar water heater using velocity enhancer" , Renewable Energy 10.1016/j.renene.2017.09.014
25. NadarajahKannan n, DivagarVakeesan "Solar energy for future world: - A review" RenewableandSustainableEnergyReviews62(2016)1092–1105
26. M.A. Abdelghani-Idrissi, S. Khalfallaoui, D. Seguin L. Verni\_eres-Hassimi, S. Leveneur, "Solar tracker for enhancement of the thermal efficiency of solar water heating system" , Renewable Energy 119 (2018) 79e94
27. S. Sadhishkumar,n, T.Balusamy "Performance improvementin solar water heating systems —A review" Renewable and Sustainable Energy Reviews37(2014)191–198
28. Luca A.Tagliafico, FedericoScarpa n, MattiaDeRosa "Dynamic thermalmodelsandCFDanalysisfor flat-platethermalsolar collectors – A review" RenewableandSustainableEnergyReviews30(2014)526–537
29. Siddharth Suman,Mohd.KaleemKhan, ManabendraPathak "Performance enhancement of solar collectors — A review" , Renewable and Sustainable Energy Reviews 49(2015)192–210
30. Y. Tian, C.Y. Zhao "A review of solar collectors and thermal energy storage in solar thermal Applications", Applied Energy 104 (2013) 538–553
31. Zhangyuan Wang,n, WanshengYang, FengQiu, XiangmeiZhang, XudongZhao "Solar water heating: From theory, application, marketing and research" , RenewableandSustainableEnergyReviews41(2015)68–84
32. Zhangyuan Wang ,n, FengQiu, WanshengYang, XudongZhao, "Applications of solar water heating system with phase change material" , RenewableandSustainableEnergyReviews52(2015)645–652



33. Gianpiero Colangelo, Ernani Favale, Paola Miglietta, Arturo de Risi "Innovation in flat solar thermal collectors: A review of the last ten years experimental results", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 57(2016)1141–1159
34. Behrooz M. Ziapour, Azad Aghamiri, "Simulation of an enhanced integrated collector-storage solar water heater", *Energy Conversion and Management* 78 (2014) 193–203
35. A. Arabkoohsar M. Farzaneh-Gord, M. Deymi-Dashtebayaz L. Machado d, R.N.N. Koury "A new design for natural gas pressure reduction points by employing a turbo expander and a solar heating set " *Renewable Energy* 81 (2015) 239e250
۳۶. پاکیزه سرشت، محسن؛ حسین نوعی؛ میترا مقصودی و آرش زردست، ۱۳۸۵، بررسی تجربی عملکرد حرارتی آبگرمکن خورشیدی لوله گرمایی برای مصارف خانگی، پنجمین همایش بین المللی بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران، سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور،
۳۷. ساتکین، محمد، ۱۳۸۰، تحلیل اقتصادی - اجتماعی بکارگیری انرژی خورشیدی در تأمین آبگرم مصرفی در ایران، سومین همایش ملی انرژی، تهران، کمیته ملی انرژی جمهوری اسلامی ایران، معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو،
۳۸. عیوضی، زهرا (۱۳۸۴)، استفاده از آبگرمکن خورشیدی در مناطق مسکونی - تجاری منطقه ۲۲
۳۹. حسنی، عبدالمجید، سینا، علیرضا (۱۳۸۹)، کاهش مصرف انرژی الکتریکی با جایگزینی آبگرمکن خورشیدی به جای آبگرمکن برقی، دومین کنفرانس سراسری اصلاح الگوی مصرف انرژی الکتریکی، اهواز.
40. Mendieta, Minerva Ferrel.(1999). The use of solar water heaters in Mexico City. School of Architecture McGill University Quebec Montreal, Canada.
41. Ying ,Wang . LiHua Zhao.(2006). Economic Analysis of Solar Water Heaters in Guang Zhou. Policy for Energy Efficiency and Comfort, Vol.VII-4-4.
۴۲. مهندس حسین کاردری " آشنایی با تقویت فشار ایستگاه های انتقال گاز " ۱۳۸۷
۴۳. "مبانی طراحی ایستگاه های تقلیل فشار و اندازه گیری گاز " شرکت ملی گاز ایران ۱۳۸۴
۴۴. مانی کوهسار "بهینه سازی مصرف انرژی ایستگاه های CGS بوسیله سیستم خورشیدی هوشمند"
45. Sepehr Sadighi, "Energy Recovery in Gas Pressure Reduction Stations to Produce Liquefied Natural Gas (LNG)" Conference Paper · March 2014, 10.13140/2.1.4548.7685

۴۶. جمادی، فرناز، ۱۳۹۵، مطالعه تجربی عملکرد کلکتور متمرکزکننده خورشیدی، دومین کنفرانس ملی مهندسی و مدیریت محیط زیست، تهران، مرکز تحقیقات مهندسی محیط زیست
۴۷. پلی اتیلن "شرکت پارس اتیلین کیش"
۴۸. علیرضا جبارپور، استاد راهنما: جعفر جوانمردی جعفر جوانمردی، بررسی امکان پذیری حذف یا جایگزینی گرمکن های موجود در ایستگاه های ورودی گاز شهری مناطق گرمسیر استان فارس وزارت علوم، تحقیقات و فناوری - دانشگاه صنعتی شیراز - ۱۳۹۰
۴۹. استاد راهنما: محمد محسن شاه مردان. محمود فرزانه گرد | استاد مشاور: مهدی دیمی دشت بیاض | پدیدآور: محسن خطیب "بکارگیری سیستم تولید یکپارچه برق و پیش گرمایش گاز طبیعی در ایستگاه تقلیل فشار بیرجند" پایان نامه. دولتی - وزارت علوم، تحقیقات، و فناوری - دانشگاه صنعتی شاهرود. ۱۳۹۰. کارشناسی ارشد.
۵۰. هنرور، بیژن؛ سعید سمیع پور و محمد یکتا، ۱۳۸۸، کاربرد گرمکن خورشیدی در ایستگاه های تقلیل فشار گاز طبیعی، سومین همایش ملی گاز ایران، تهران، شرکت ملی گاز ایران
۵۱. بیات، ابوالفضل؛ کمال عباسپورثانی؛ فریدون حیدری و محمد وثوق، ۱۳۹۵، سیستم ترکیبی خورشیدی راهحلی نوین برای گرمایش گاز طبیعی در ایستگاه تقلیل فشار، اولین کنفرانس بین المللی دستاوردهای نوین پژوهشی در مکانیک، مکاترونیک و بیومکانیک، تهران، کنفدراسیون بین المللی مخترعان جهان (IFIA)، دانشگاه جامع علمی کاربردی.
۵۲. وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، دانشگاه سمنان، دانشکده مهندسی مکانیک، ۱۳۹۲ [کارشناسی ارشد] تحلیل اکسرژی و بهینه سازی هیتر ایستگاه تقلیل فشار گاز طبیعی مجهز به سیستم انرژی خورشیدی

## **Abstract:**

### **Reduction of fuel consumption in the process of reducing gas pressure at gas pressure reducer stations (CGS) using solar water heater**

**Introduction:** The use of solar thermal energy compared to other existing systems is important, except for the cost of the initial equipment and the installation and maintenance of the system will not be paid, or, in other words, solar heating systems, in principle, have no cost for energy Consumable.

**Material and Methods:** It should also be noted that in this paper simulation carried out by software in optimum tank size, collector number and also appropriate design of the collector surface have been investigated. And there is no study on the design of the heater.

**Results:** Therefore, due to their lower cost, they can be used in industrial profit applications (CGS & TBS). One of these applications is the gas heating flow discussion at gas pressure stations. This study examines the technical and economical solar water heater systems and aims to optimize the reservoir volume, collector number and also the level of collector utilization in solar water heater systems in order to obtain the highest amount of spa using the T \* SOL software. For this purpose, solar water heater design has been initiated in the first stage, and then the effective climate factors as well as the economic analysis of the solar water heater system are simulated to provide the spa in the T \* SOL software environment, with a return on investment of about 3-4 A year.

**Discusion:** The components of this kind of water heaters are collector, storage tank, heat exchanger, controllers and valves. The most important part of a solar water heater, collector and reservoir, and the main task of the collector is to absorb the sun and convert it to heat and transfer it to the fluid of the current agent inside the pipe, as well as the work of the reservoir for the storage of heat.

**Keywords :**Solar Water Heater, Fuel Consumption Optimization, Return on Capital



Energy Institute For Higher Education  
Faculty of Engineering

Department of Energy System Engineering- Technology  
Thesis For  
Degree of Master of Science (M.Sc)

Title:

Reduction of fuel consumption in the process  
of reducing gas pressure at gas pressure  
reducer stations (CGS) using  
solar water heater

Supervisor:

Dr. Mojtaba Mirzaei

BY:

Sepideh Asbari

Autumn 2018