تحلیل تخنیکی اقتصادی سیستم حرارتی آفتابی برای منازل مسکونی در شهر کابل افغانستان

پوهنیار ساربان مختار[۱]، پوهنیار مسیح‌الله احمدی [۲]

[۱،۲] دیپارتمنت انجنیری میخانیک، پوهنځی انجنیری، پوهنتون کابل، کابل، افغانستان

ایمیل: Sarban.780@ku.edu.af

چکیده

کابل یکی از آلوده‌ترین شهرهای جهان از نظر کیفیت هوا است. این به دلیل استفاده بیش از حد از انرژی‌های فسیلی به جای انرژی‌های تجدیدپذیر است. در این مقاله سعی شده است تا با استفاده از شبیه‌سازیT-Sol، نیاز حرارتی شهر توسط انرژی حرارتی آفتابی تأمین شود. برای درک بهتر، تحلیل تکنیکال دو سیستم دیگ گاز و پمپ حرارتی هر دو با استفاده از انرژی حرارتی آفتابی انجام شده است. مساحت ۳۵ متر مربع برای کلکتورهای آفتابی برای پوشش نیاز گرمایشی یک خانه مسکونی ۱۵ نفره با مساحت ۲۰۳,۲۹ متر مربع استفاده شده است. یافته‌های ما نشان می‌دهد که با استفاده از انرژی حرارتی خورشیدی در شهر کابل سالانه می‌توانیم ۲۵۳۳,۱ مترمکعب گاز برای دیگ‌ها و ۱٦٤٤۳,۷ کیلووات ساعت برق برای پمپ‌های حرارتی در کنار کاهش ۵ تا ۱۰ تنی انتشارات CO2 صرفه‌جویی نماییم.

اصطلاحات کلیدی :گرمایش حرارتی آفتابی؛ سوخت‌های فسیلی؛ بایلر گازی؛ پمپ حرارتی؛ بخاری‌های حرارتی؛ نرم افزار T-*Sol؛ آلودگی هوا

Techno-Economic Analysis of Solar Thermal Heating System in Kabul Afghanistan for Residential House

Sarban Mukhtar[1], Masihullah Ahmadi[2]

[1.2] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Kabul University, Kabul, Afghanistan

Email: Sarban.780@ku.edu.af

Abstract

Kabul is one of the most polluted cities in the world in terms of air quality. This is due to the excessive use of fossil fuels instead of renewable energies. In this article, we have tried to provide the heating demand of the city by solar thermal energy using T-Sol simulation. For a better understanding, a technical analysis of two gas boiler and heat pump systems, both using solar thermal energy, has been performed. An area of 35 square meters for solar collectors has been used to cover the heating demand of a 15-person residential house with an area of 203.29 square meters. Our findings show that by using solar thermal energy in Kabul city, we can save 2533.1 cubic meters of gas for boilers and 16443.7 kilowatt hours of electricity for heat pumps annually, along with reducing 5 to 10 tons of CO2 emissions.

Keywords: Solar Thermal Heating; Fossil Fuels; Gas Boiler; Electrical Heaters; T-*Sol Software Simulations

مقدمه

یکی از منابع اصلی معضل آلودگی هوا، سوزاندن انرژی‌های فسیلی در شهر کابل است، جایی‌که نیاز زیادی به انرژی گرمایشی وجود دارد یکی از مشکلات مهم در مطالعه انرژی، تولید انرژی حرارتی برای گرمایش فضا در شهر کابل است. گرمایش خانه‌ها در طول زمستان، سیستم‌های گرمایشی با سوخت زغال سنگ باعث ایجاد مشکلات محیط‌زیستی و مالی متعددی شده است(۱). مردم کابل به‌خصوص در فصل زمستان، از انرژی‌های فسیلی به‌ویژه زغال سنگ برای گرم کردن خانه‌های خود استفاده می‌کنند که باعث آلودگی آب و هوا می‌شود که خطرات جانی بسیاری را به دنبال دارد. بر اساس گزارش‌های اداره ملی محیط‌زیست افغانستان، شمار زیادی از هم‌وطنان ما در معرض خطر آلودگی هوا قرار گرفته‌اند و به‌طور متوسط سالانه ۱۸۰۰ تا ۳۰۰۰ نفر تنها در شهر کابل جان خود را از دست می‌دهند(۲). بر اساس گزارش‌های دریافتی از شبکه‌های تلویزیونی محلی مانند شبکه خبری طلوع، یک خانواده هفت نفره بر اثر نشر گاز اوکرینا (بخاری گازی) جان خود را از دست دادند. نثار احمد رحمانی در مورد تأثیر نصب فن‌آوری گرمایش آفتابی بر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در شهر کابل بحث کرده است(۳). علاوه‌براین، تحقیقات کمی در مورد استفاده و تجزیه و تحلیل انرژی‌های فسیلی در شهر کابل انجام شده است، از جمله مقاله‌های استادان پوهنتون کابل که راه جایگزینی برای سیستم مرکزی زغال سنگ که سیستم مرکزی آفتابی محسوس فصلی است، در نظر گرفته‌اند. ذخیره انرژی این نوع سیستم به سرمایه اولیه عظیم با دوره بازپرداخت بسیار طولانی مدت نیاز دارد(٤).

به‌جای استفاده از این سیستم مرکزی حرارتی آفتابی، از یک سیستم ترکیبی استفاده نموده که برای آب و هوای کابل مناسب می‌باشد و هنوز هم ارزان‌تر از سیستم مرکزی آفتابی است. با این کار می‌توانیم ٤۰ درصد گرمای مورد نیاز را تأمین کنیم و بقیه را با استفاده از یک منبع گاز کمکی تأمین کرد. در تجزیه و تحلیل مهندسی، محاسبات و طراحی می‌توان موضوع گرمایش ساختمان یا تحویل انرژی حرارتی مورد نیاز را به بحث گرفت(۵).

به دلیل تولید آلودگی هوا در مطالعات محیط زیستی و انرژی، تولید و ایجاد انرژی حرارتی و گرمای لازم برای انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه گاز کاربن‌دای‌اکساید بیش از حد گسترده مورد بحث قرار گرفته است(٦-۱۱).

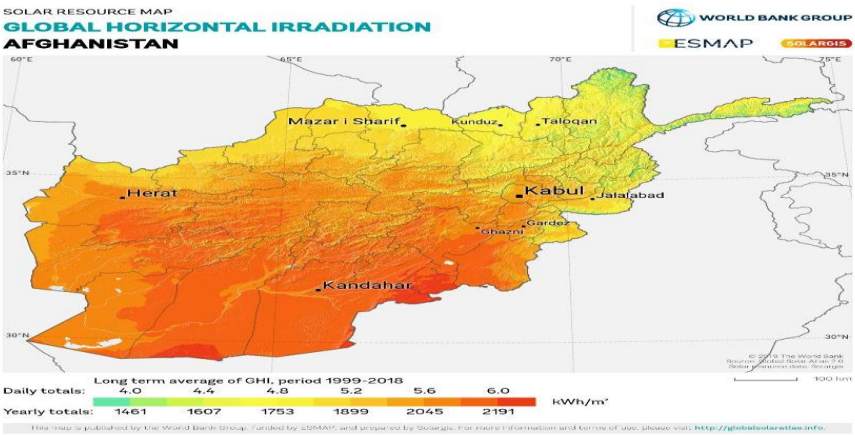
منبع اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه آکساید کاربن در شهر کابل توسعه استفاده از سوخت‌های فسیل برای سیستم حرارت مرکزی در ساختمان‌ها است. به همین دلیل، تکنیکی که به دلیل گران بودن، می‌تواند به‌عنوان سیستم جایگزین استفاده شود، باید در مورد آسیب سیستم گرمایش مرکزی توسط

سوخت دریافت شود. تنها فن‌آوری جایگزینی که می‌توان پیشنهاد کرد، گرمایش مرکزی است که از سیستم هایبرید حرارتی آفتابی استفاده می‌کند. آب‌گرم‌کن‌های آفتابی دستگاه‌هایی برای تأمین آب برای شرایط درجه‌های حرارت مختلف در کاربردهایی مانند ساختمان‌های مسکونی بوده که این سیستم‌ها در حال حاضر موجود هستند.

اخیراً مشخص شده است که استفاده از فن‌آوری آب گرمایش حرارتی برای تأمین آب گرم مورد نیاز خانگی که ساخت و ساز در بسیاری از نقاط جهان مقرون به صرفه است و این درحالیست که افغانستان به‌طور متوسط ۳۰۰ روز آفتابی دارد و می‌تواند با استفاده از فن‌آوری‌های مختلف از این مقدار عمده انرژی آفتابی بهره‌مند شود. انرژی آفتابی بیش‌ترین پتانسیل را در میان تمام منابع انرژی تجدیدپذیر در افغانستان دارد که فراوان و سازگار با محیط‌زیست می‌باشد.

افغانستان به‌طور بالقوه می‌تواند ۲۲۰۰۰۰ مگاوات انرژی آفتابی با ۳۰۰ روز آفتابی در هر سال تولید کند و هم‌چنان می‌تواند ٦,٥ کیلووات ساعت در متر مربع انرژی را تولید کند. بخش‌های جنوبی و غربی افغانستان حتی بیش‌تر از نور مستقیم آفتاب دریافت می‌کنند و به‌طور بالقوه می‌توانند با نصب نیروی آفتابی متمرکز (CSP) که در شکل ۱ نشان داده شده است، ۱۰۲۲ کیلووات بر متر مربع در سال یا بیش‌تر از آن‌را تولید کند.

از آن‌جایی‌که جمعیت در حال افزایش و تقاضا برای آب‌گرم‌کن‌ها و فن‌آوری‌های گرمایش به دنبال همین روند است. مردم بیش‌تر از زغال سنگ و چوب برای گرمایش در فصل سرما استفاده می‌کنند. با این حال، کم‌تر دیده شده که نشان دهد مصرف انرژی تجدیدپذیر باعث انتشار CO_2 می‌شود. از سال ۲۰۰۰ تا به امروز، مردم تمایل به گسترش استفاده از فن‌آوری‌های انرژی تجدیدپذیر دارند، مانند فن‌آوری گرمایش آفتابی برای ساختمان‌ها در اروپا که مردم در حال توسعه ماژول‌های BIPV فتوولتائیک (۱۰) یک‌پارچه ساختمان هستند. سیستم حرارتی آفتابی مجله بین‌المللی پژوهش‌های نوآورانه و مطالعات علمی ۲۰۲۱، فن‌آوری‌های گرمایشی عمدتاً برای اهداف گرمایش آب گرم و فضایی که در پشت بام ساختمان‌ها نصب شده، استفاده می‌شوند.



شکل ۱: نقشه تابش آفتابی افغانستان

سؤالات تحقیق

برای دست‌یابی به اهداف این تحقیق باید به سؤالات تحقیقی زیر پاسخ بدهیم.

۱. سیستم حرارتی آفتابی برای سیستم گرمایش چگونه کار می‌کند؟

۲. استفاده از سیستم هایبرید سیستم حرارتی آفتابی چقدر مفید می‌تواند باشد؟

۳. سیستم حرارتی آفتابی هایبرید چقدر اقتصادی و سازگار با محیط‌زیست است؟

اهداف تحقیق

۱. آشنایی با عملکرد سیستم حرارتی آفتابی هایبرید؛

۲. برای درک مفید بودن سیستم حرارتی آفتابی هایبرید؛

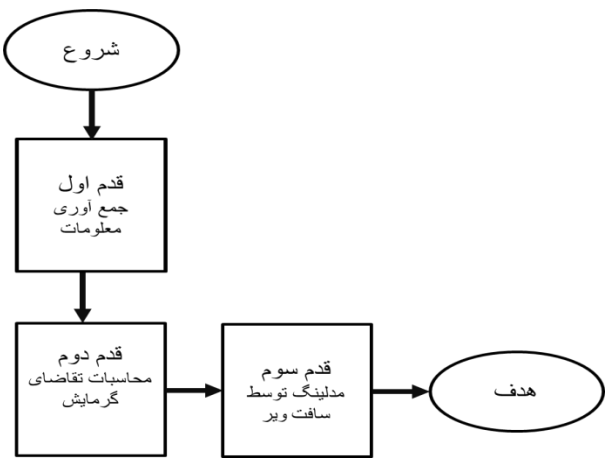
۳. برای اطلاع بیش‌تر از مزایای اقتصادی و محیط‌زیستی سیستم هایبرید حرارتی آفتابی.

روش تحقیق

این تحقیق یک تحقیق توضیحی، موردی، مقایسوی و تجربی است. برای شروع بحث مختصری از دو سیستم تحلیل تخنیکی اقتصادی حرارت آفتابی با دیگ گازسوز و حرارت آفتابی با پمپ حرارتی به‌منظور دست‌یابی به بهترین درک از سیستم گرمایش انجام شده است.

تمامی راه‌های استفاده شده کامل و کاربردی به‌صورت جامع همراه با مسائل و جهات مربوطه توضیح داده شده است و سپس در قسمت مقایسه، می‌توان با استفاده از سه روش مطالعات تخنیکی، اقتصادی و محیط‌زیستی را با هم مقایسه کرد؛ اما به دلیل این‌که تحلیل تخنیکی نیازمند دانش درون رشته‌ای و چند رشته‌ای است، باید آن‌ها را به‌صورت منطقی با تحلیل اقتصادی و محیط‌زیستی در مراحل زیر مقایسه کرده و نتیجه‌گیری معنادار را به‌دست آورد. ابتدا یک ساختمان نمونه معمولی از کابل را نظر به وسعت و

مساحت آن انتخاب می‌کنیم و بعداً بار گرمایش ساختمان انتخاب شده و تقاضای (انرژی) محاسبه کردم. مجموع تابش جهانی سالانه در شهر کابل ۲۰۱۸,۵۸٦ کیلووات ساعت بر مترمربع است و هزینه ایجاد انرژی سیستم‌های گرمایشی به همراه مقدار سیستم گرمایش جایگزین در طول زمستان تعیین می‌شود.
ساختمانی که برای تحلیل انتخاب شده بود، دارای دو طبقه می‌باشد. هر طبقه دارای یک آپارتمان و آپارتمان در طبقه اول دارای سه اتاق و آپارتمان در طبقه دوم دارای شش اتاق می‌باشد. بار گرمایشی این ساختمان از پلان و دیتاهای داده شده آن محاسبه گردید. اگر سیستم از ساعت ٤ بعد از ظهر تا ۸ صبح (۱٦ ساعت) کار می‌کرد و درجه حرارت اتاق را روی ۲۱ درجه سانتی‌گراد حفظ می‌نمودیم. تقاضای روزانه ساختمان در جدول ۱ در شکل جریان به‌دست آمده است که می‌توان روند مهم این تحقیق را توسط آن نشان داد.



شکل۲: قدم‌های جریان تحقیق

جمع‌آوری معلومات

شهر کابل پایتخت افغانستان است که در طول جغرافیایی ٦۹ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳٤,۲ درجه شمالی قرار دارد. ساختمانی که برای تجزیه و تحلیل انتخاب شده است، خانه مسکونی ۲ طبقه خصوصی با مساحت کل ۳۸۳,٦۱٦ متر مربع و مساحت تهویه مطبوع ۲۰۳,۲۹ متر مربع است که در شهر کابل واقع شده. مقدار پیک مصرف حرارت ۲٦,۳۲۳ کیلووات معادل ۱۳۰ وات بر متر مربع محاسبه شده است. اگر طبقات تقاضای روزانه جمع شود و تقاضای ماهانه و فصلی ساختمان جمع شود، مجموع بارهای تقاضای ساختمان از دیتاهای داده شده در جدول ۱ حاصل می‌شود.

و هم‌چنین می‌توان قیمت برق شهر کابل را به یورو که (۰,۰۷۸۵ kWh/€) و قیمت گاز در شهر کابل (۰,۲ m^3/€) نیز تخمین زد.

محاسبات

محاسبات نظر به داتاهای که در سکشن فوق ذکر شد با استفاده از نرم‌افزار تیسول انجام یافته که نتایج تحلیل و ارزیابی‌ها در جدول ۱ لیست شده است.

جدول۱: محاسبات بارهای گرمایشی ساختمان

محاسبات بارهای گرمایشی ساختمان	
منزل اول (kw)	۱۰,۵۵
منزل دوم (kw)	۱۵,۷٦۸
ساعت گرمایش(h)	۱٦
تقاضای منزل اول (kw)	۱٦۸,۸۸
تقاضای منزل دوم (kw)	۲۵۲,۲۸۸
بار ساختمانی طبقات اول و دوم (kw)	۲٦,۳۲۳
تقاضای روزانه ساختمان (kwh)	٤۲۱,۱٦۸
تقاضای ماهانه ساختمان (kwh)	۱۲٦۳۵,۰٤
تقاضای فصلی ساختمان (kwh)	۳۷۹۰۵,۱۲

شبیه‌سازی

این نرم‌افزار(T*Sol) مدل‌های دینامیکی سالانه سیستم حرارتی آفتابی را با سیستم‌های دیگ بخار و پمپ حرارتی گاز ارائه می‌کند. T*Sol برنامه‌ای برای طراحی و شبیه‌سازی سیستم‌های حرارتی آفتابی با تأمین آب گرم، گرمایش فضای ساختمان، گرمایش فرآیند و سیستم‌های مقیاس طولانی است. T*Sol تعریف خروجی‌ها، صرفه‌جویی در مصرف سوخت CO_2 را برای طیف گسترده‌ای از متغییرها و بهینه‌سازی عملکرد سیستم حرارتی آفتابی را قادر می‌سازد. گزارش خلاصه نمایش‌های گرافیکی دقیقی از عملکرد حرارتی آفتابی، کلکتورها، درجه حرارت، تعداد کلکتورها و انتقال حرارت برای ما می‌دهد، این درحالی است که گزارش کامل جزئیات همه دیتاها و متغییرها را نشان می‌دهد و هم‌چنان به‌شکل جدولی و گرافیکی، تجزیه و تحلیل مالی عملکرد سیستم را نیز امکان‌پذیر است. این برنامه شامل اصلاح نرخ مؤثریت داخلی و یارانه انرژی با عوامل تورم است. هم‌چنین طول زنده، دوره بازپرداخت، پس‌انداز و سود را نشان می‌دهد. نتیجه شبیه‌سازی سالانه سیستم حرارتی آفتابی شهر کابل با دیگ گاز و سیستم حرارتی آفتابی با پمپ حرارتی و هم‌چنین نتایج مقایسه دو سیستم را در جدول ۲ نشان داده است.

جدول۲: نتایج شبیه‌سازی برای دو سیستم

نتایج شبیه‌سازی	سیستم ۲ آفتابی با برق	سیستم ۱ آفتابی بازگاز سوز
مساحت سطح آفتابی نصب شده	34 m^2	35 m^2
ذخیره سیستم	16,443.7 kWh	2,533.1 m^3
مقدار انتشار CO2 سیستم که جلوگیری شد	10,951.52 kg	5,356.52 kg
کسر آفتابی DHW	97.5 %	98.1 %
گرما کسر آفتابی	14.8 %	20.4 %
کل کسر آفتابی	36.3 %	39 %
مؤثریت یا کارایی سیستم	22 %	25 %
سطح فعال آفتابی	34 m^2	35 m^2
صرفه‌جویی سالانه سوخت	16,443.7 kWh	2,533.1 m^3
طول عمر	20 years	20 years
نرخ افزایش هزینه‌های جاری	1 %	1 %
مجموعه سرمایه‌گذاری	13,600 €	14,000 €
سرمایه باقی‌مانده	13,600 €	14,000 €
پس‌انداز در سال اول	1,447 €	1,267 €
هزینه انرژی آفتابی	0.054 €/kWh	0.047 €/kWh
زمان بازگشت سرمایه	8.7 years	10.1 years
سود یا مفاد	30,584 €	24,672 €

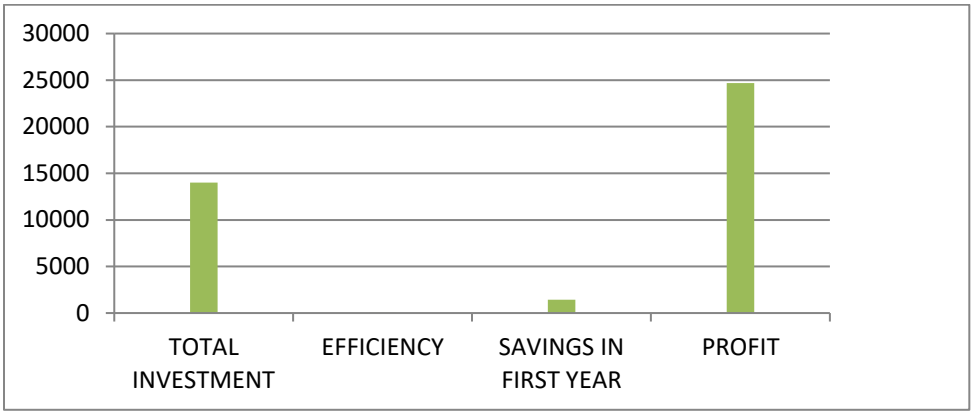
نتایج و بحث

استراتژی معمول برای استفاده از سیستم حرارتی آفتابی جهت گرمایش آب، کاهش تقاضای پیک بار است. عملکرد سیستم‌های جمع‌کننده حرارتی آفتابی ترکیبی در شهر کابل در ماه فبروری به‌صورت تجربی مورد ارزیابی قرار گرفته است. از یک کلکتور حرارتی ۳۵ متر مربع برای پوشش نیازهای آب گرم و گرمایش فضا استفاده نموده، درحالی‌که یک منطقه آفتابی تعداد کلکتور ۳۵ متر مربع برای پوشش بارهای سیستم‌های برق و گازسوز برای یک ساختمان ۲۰۳,۲۹ متر مربع و ۱۵ نفر در نظر گرفته شده است. بار انرژی حرارتی یک خانه شامل تقاضای آب گرم و گرمایش فضای آن ساختمان می‌شود. هزینه سیستم پس از ده سال با استفاده از روش بازپرداخت قابل بازیابی است. برای گرمایش منازل مسکونی بهترین گزینه استفاده از سیستم هایبرید است و در نتیجه سیستم حرارتی آفتابی را با گاز ترجیح می‌دهیم؛ زیرا که گاز ارزان است و بعد از برق آفتابی و انرژی‌های تجدیدپذیر یک انرژی پاک است. از آن‌جایی‌که می‌دانیم انرژی که از اثر تابش آفتاب به‌دست می‌آید به تنهایی نمی‌تواند ۱۰۰%گرمای مورد نظر را تأمین

کند، لازم است از دیگ بخار گاز سوز یا پمپ حرارتی که توان ٤٨,١ کیلووات داشته است، استفاده کنیم. اگرچه سیستم‌های آفتابی با گازسوز مقرون به صرفه هستند، ارزش گرمایشی بسیار خوبی داشته و وزن کمی دارند. اما ظرفیت تولید CO_2، امکان لیکی و قابلیت انفجار را دارند که خطرناک می‌باشد و نیاز به طرح‌های ایمنی و حفاظتی بسیار بالایی دارد. جدول ۲ زیر را می‌توان برای نتیجه‌گیری در مورد موضوعات و محاسبات قبلی مورد بحث و بررسی هزینه اولیه / سرمایه مورد نیاز برای سرمایه‌گذاری، کار، هزینه نگهداری مورد نیاز برای حفاظت و کارآمد، دوره بازپرداخت، سود، پس‌انداز در سال اول و ملاحظات محیط‌زیستی (انتشارات) انرژی آفتابی با گاز. از طرف روز، کولکتورهای انرژی آفتابی با مساحت ۳۵ متر مربع تا زاویه ٤٥ درجه درج شده‌اند. از قسمت پارامتر سیستم کارایی سیستم را مشخص می‌کنیم و سپس از معلومات طراحی پارامترها را وارد کرده و در قسمت تعیین درصد ٤٠ درصد را در نظر می‌گیریم. در نتیجه سیستم متشکل از یک سیستم آفتابی و گازسوز است که در صورت کم‌بود انرژی آفتابی، سیستم گاز به‌صورت یک سیستم کمکی عمل کرده و مقدار حرارت مورد نظر را تأمین می‌کند. پس از گرم شدن آب توسط کولکتورهای آفتابی، در نتیجه به دیگ هدایت شده و توسط سیستم به رادیاتورها منتقل می‌شود. در صورتی‌که اگر از سیستم جایگزین استفاده کنیم، به‌جای دیگ گازسوز، پمپ حرارتی را به‌عنوان سیستم جایگزین انتخاب می‌کنیم. شایان ذکر است که عدم تغییر پارامترها در نتیجه نرم‌افزار نتایج زیر می‌باشد. جدول۳ را می‌توان برای نتیجه‌گیری در مورد موضوعات مورد بحث قبلی و محاسبات هزینه اولیه/سرمایه مورد نیاز برای سرمایه‌گذاری، برای حفاظت و کارآمد و ملاحظات محیط‌زیستی (انتشار گازهای گلخانه‌ای) انرژی آفتابی با گاز استفاده کرد.

جدول۳: نتایج سیستم حرارتی آفتابی با دیگ گاز سوز

حرارت آفتابی با دیگ گاز سوز	
مجموعه سرمایه‌گذاری	١٤٠٠٠ یورو
مقدار انتشار CO_2 سیستم که جلوگیری شد	٥٣٥٦,٥٢ کیلوگرام
ذخیره سیستم	٢٥٣٣,١ مترمکعب
زمان بازگشت سرمایه	٨,٧ سال
مؤثریت	%٢٥
پس انداز در سال اول	١٤٤٧ یورو
مفاد یا سود	٢٤٦٧٢ یورو

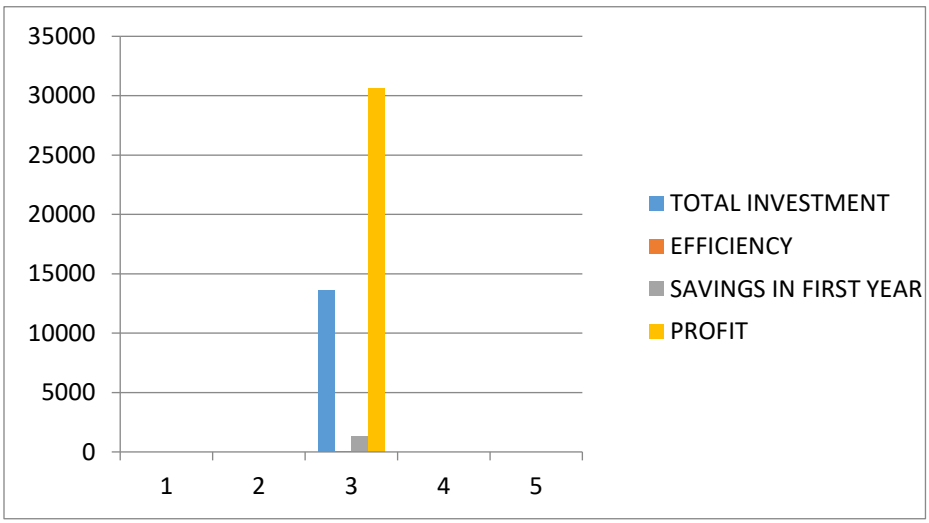


شکل۳: حرارت آفتابی با سرمایهگذاری سیستم دیگ گاز سوز، مؤثریت، صرفهجویی و سود یا مفاد

شکل۳ نشان میدهد که سیستم هایبرید کل سرمایهگذاری ۱٤۰۰۰ یورو، مؤثریت حدود ۲۵ درصد، پسانداز در سال اول ۱٤٤۷ یورو و سود یا مفاد ۲٤٦۷۲ یورو میباشد. جدول٤ را میتوان برای نتیجهگیری در مورد موضوعات مورد بحث قبلی و محاسبات هزینه اولیه/سرمایه مورد نیاز برای سرمایهگذاری، برای حفاظت و کارآمد و ملاحظات محیطزیستی (انتشارات) سیستم حرارتی آفتابی با برق مورد استفاده قرار داد.

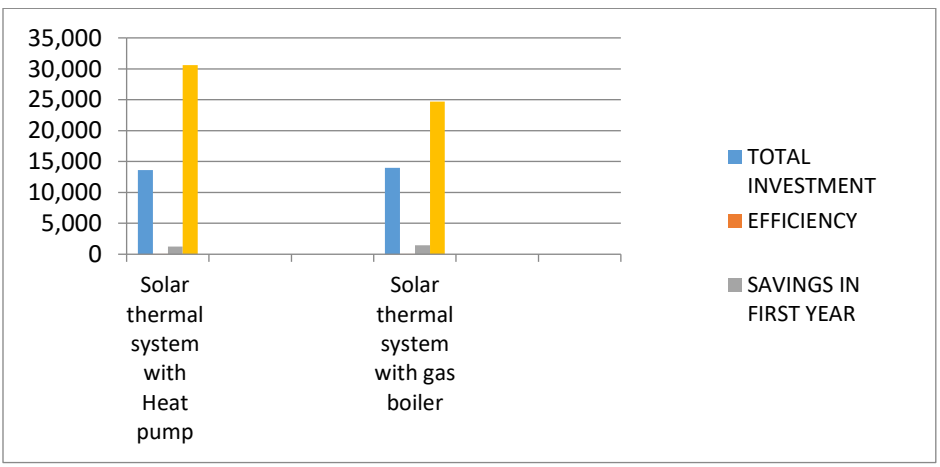
جدول٤: نتایج سیستم حرارتی آفتابی با برق

نتایج سیستم حرارتی آفتابی با برق	
مجموعه سرمایه گذاری	۱۳٦۰۰ یورو
مقدار انتشار CO_2 سیستم که جلوگیری شد	۱۰۹۵۱,۵۲ کیلوگرام
ذخیره سیستم	۱٦٤٤۳,۷کیلووات هاور
زمان بازگشت سرمایه	%۲۲
موثریت	۱۰,۱ سال
پس انداز در سال اول	۱۲٦۷ یورو
مفاد یا سود	۳۰۵۸٤ یورو



شکل٤: حرارت آفتابی با سرمایه‌گذاری در سیستم پمپ حرارتی، مؤثریت، صرفه‌جویی و سود یا مفاد

شکل٤ نشان می‌دهد که سیستم حرارتی آفتابی با کل سرمایه‌گذاری ۱۳٦۰۰ €، مؤثریت ۲۲ درصد، پس‌انداز در سال اول ۱۲٦۷ € و سود ۳۰۵۸٤ € می‌باشد.



شکل۵: مقایسه کل سرمایه‌گذاری، مؤثریت، پس‌انداز و سود یا مفاد سیستم

پارامترهای کلیدی دو سیستم در شکل ۵ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که کل سرمایه‌گذاری سیستم حرارتی آفتابی با پمپ حرارتی ۱۳٦۰۰ یورو است، درحالی‌که برای سیستم حرارتی آفتابی با دیگ گازسوز ۱٤۰۰۰ یورو است که تفاوت بین این دو سیستم را ٤۰۰ یورو نشان می‌دهد. با توجه به مؤثریت، سیستم حرارتی آفتابی با دیگ گازسوز ۳ درصد بیش‌تر از سیستم حرارتی آفتابی با پمپ حرارتی است. تفاوت صرفه‌جویی در دو سیستم ۱۸۰ یورو است که در آن سیستم حرارتی آفتابی با گاز صرفه‌جویی

بیش‌تری دارد. در نهایت سود یا مفاد سیستم حرارتی آفتابی با پمپ حرارتی حدود ۵۹۰۰ یورو است. با مقایسه این دو سیستم، تفاوت زیادی در سرمایه‌گذاری و صرفه‌جویی وجود ندارد، درحالی‌که سود سیستم حرارتی آفتابی با پمپ حرارتی قابل توجه بوده و بیش‌تر می‌باشد. اگرچه سیستم حرارتی آفتابی با گاز دارای مؤثریت بالاتری است؛ اما پمپ حرارتی به‌عنوان یک سیستم کمکی به دلیل تمیز بودن از نظر محیطی بهتر است. با این‌حال، از آن‌جایی‌که انرژی افغانستان به شدت به انرژی وارداتی با سایه بار طولانی وابسته است، ما دیگ گازسوز را به‌عنوان یک سیستم کمکی برای حرارت آفتابی ترجیح می‌دهیم.

نتیجه‌گیری

این مقاله بهینه سیستم گرمایش آب‌گرم‌کن آفتابی ۱۵ نفره را برای یک ساختمان مسکونی در شهر کابل افغانستان نشان می‌دهد. واحدهای طراحی شده با استفاده از مخزن ذخیره‌سازی ۱۲ متر مکعب با مساحت کلکتور ۳۵ متر مربع می‌باشد. تجزیه و تحلیل عددی با استفاده از نرم‌افزار T*Sol انجام شده که ما می‌توانیم نتایج زیر را استنباط کنیم.

۱. صرفه‌جویی سالانه انرژی شهر کابل توسط سیستم آفتابی با دیگ گازسوز و پمپ حرارتی به ترتیب ۲۵۳۳,۱ متر مکعب و ۱٦٤٤۳,۷ کیلووات ساعت می‌باشد.
۲. کسر آفتابی سالانه شهر کابل توسط سیستم حرارتی آفتابی با دیگ گازسوز و پمپ حرارتی به ترتیب ۳۹ درصد و ۳٦,۳ درصد است.
۳. کاهش سالانه سیستم در انتشار CO_2 توسط سیستم حرارتی آفتابی با دیگ گازسوز و پمپ حرارتی به ترتیب ۵۳۵٦,۵ کیلوگرام و ۱۰۹۵۱,۵۲ کیلوگرام است.
٤. صرفه‌جویی سیستم در سال اول در شهر کابل توسط سیستم حرارتی آفتابی با دیگ گازسوز و پمپ حرارتی به ترتیب ۱۲٦۷ یورو و ۱٤٤۷ یورو می‌باشد.
۵. این سیستم می‌تواند آب را در خانه‌ها، ساختمان‌ها و جاهای دیگر گرم کند که نشان‌دهنده پشتیبان‌گیری انرژی و در نتیجه صرفه‌جویی در هزینه برای مدت طولانی است.

منابع

1. Lei Y, Tan H, Wang L, editors. Post-evaluation of a ground source heat pump system for residential space heating in Shanghai China. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science; 2017: IOP Publishing.
2. Zhou L, Bao H, Jin K, Zhang H, Chen Z ,Hou B, et al., editors. Application and Analysis of Air Source Heat Pumps in Countryside Home Heating with Substituting Electricity for Coal. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science; 2018: IOP Publishing.
3. Waseel AM, Sabory NR, Zaheb H, Waseel AK. Central heating by seasonal sensible heat storage of solar thermal energy. International Journal of Innovative Research and Scientific Studies. 2021;4(2):100-10.
4. Antoniadis C, Martinopoulos G. Simulation of solar thermal systems with seasonal storage operation for residential scale applications. Procedia environmental sciences. 2017;38:405-12.
5. Mohammed AK, Hamakhan IA. Analysis of energy savings for residential electrical and solar water heating systems. Case Studies in Thermal Engineering . ۲۰۲۱;۱۰۱۳٤۷:۲۷.
6. Fernandes M, Gaspar A, Costa V, Costa J, Brites G. Optimization of a thermal energy storage system provided with an adsorption module–A GenOpt application in a TRNSYS/MATLAB model. Energy Conversion and Management. 2018;162:90-7.
7. Nhut LM, Raza W, Park YC. A Parametric Study of a Solar-Assisted House Heating System with a Seasonal Underground Thermal Energy Storage Tank. Sustainability. 2020;12(20):8686.
8. Taher MB, Benseddik Z, Afass A, Smouh S, Ahachad M, Mahdaoui M. Energy life cycle cost analysis of various solar water heating systems under Middle East and North Africa region. Case Studies in Thermal Engineering. 2021;27:101262.
9. Tang J, Gong G, Su H, Wu F, Herman C. Performance evaluation of a novel method of frost prevention and retardation for air source heat pumps using the orthogonal experiment design method. Applied Energy. 2016;169:696-708.
10. Wang C, Gong G, Su H, Yu CW. Efficacy of integrated photovoltaics-air source heat pump systems for application in Central-south China. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015;49:1190-7.
11. Yang T, Liu W, Kramer GJ, Sun Q. Seasonal thermal energy storage: A techno-economic literature review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2021;139:110732.