



امکان سنجی تولید انرژی در گلخانه با استفاده از تکنولوژی های مختلف خورشیدی

فاطمه حسینی فشمی^۱؛ علی متولی سید زین العابدینی^۲؛ جلال کربلایی آقاملکی^۳؛ اشکان نبوی پله سرائی^۴

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری؛ ffashami@ut.ac.ir

^۲استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری؛ motevali62@gmail.com

^۳دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه تهران jalal.maleki@ut.ac.ir

^۴دکتری مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه تهران؛ ashkan.nabavi@ut.ac.ir

چکیده

امروزه با رشد جمعیت نیاز به تولید غذا در تمامی فصول بیش از پیش احساس شده و یکی از روش های تولید انواع محصولات کشاورزی در فصول غیر قابل کشت، استفاده از کشت گلخانه ای می باشد. کشت گلخانه ای نیاز به انرژی بالایی برای گرمایش و روشنایی داشته که در حال حاضر این انرژی بر مبنای فسیلی تأمین می گردد. پژوهش حاضر به بررسی پتانسیل سنجی تولید برق و تولید همزمان برق و حرارت با استفاده از دو سامانه فتوولتائیک و فتوولتائیک-حرارتی با استفاده از نرم افزار Trnsys برای سه شهر با اقلیم متفاوت (ساری، کرمان و تهران) پرداخته است. نتایج نشان داد که استفاده از سامانه فتوولتائیک برای تولید الکتریسیته در گلخانه ها، برای شهر کرمان به طور قابل توجهی بالاتر از دو شهر دیگر می باشد. همچنین استفاده از سامانه ترکیبی فتوولتائیک-حرارتی در هر سه شهر مورد نظر سبب افزایش تولید الکتریسیته نسبت به سامانه فتوولتائیک گردید. همچنین دمای آب خروجی از سامانه ترکیبی فتوولتائیک-حرارتی در شهر کرمان به طور چشمگیری بالاتر از دو شهر دیگر بود که به دلیل شدت تابش بالاتر در این شهر بود.

کلمات کلیدی: شبیه سازی، فتوولتائیک، فتوولتائیک-حرارتی، Trnsys

The feasibility of producing energy in the greenhouse, using various solar technologies

Fatemeh Hoseini Fashami¹, Ali Motavali Seyyed Zeynolabedini², Jalal Karbalaei Aghamaleki³, Ashkan Nabavi-Pelesarai⁴

¹Master student of Biosystem Engineering at Sari Agriculture and Natural Resource University,

ffashami@ut.ac.ir

²Assistant professor at Sari Agriculture and Natural Resource University, motevali62@gmail.com

³Master student of Biosystem Engineering at University of Tehran, jalal.maleki@ut.ac.ir

⁴Ph.D of Mechanization Engineering at University of Tehran, ashkan.nabavi@ut.ac.ir

ABSTRACT

Nowadays, with the growth of population, the need to produce food in all seasons is felt more than once and one of the methods of producing agricultural products in uncultivated seasons is the use of greenhouse crops. Greenhouse crops need high energy for heating and lighting, which is currently based on fossil fuels. The present study investigates the potential of electric power generation and simultaneous generation of electricity and heat using two photovoltaic and photovoltaic-thermal systems using Trnsys software for three cities with different climates (Sari, Kerman and Tehran). The results showed that the use of the photovoltaic system for the production of electricity in greenhouses was higher for Kerman than the other two cities, significantly. Moreover, the use of photovoltaic-thermal composite system in all three cities increased electricity generation compared to photovoltaic system. In addition, the temperature of the exhaust water of the photovoltaic-thermal composite system in Kerman was higher than the other two cities significantly due to the higher radiation intensity in the city.

Keywords: Simulation, Photovoltaic, Photovoltaic-Thermal, Trnsys



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



۱- مقدمه

بحران‌های سیاسی، اقتصادی و مسائلی نظیر محدودیت دوام ذخایر فسیلی، نگرانی‌های زیست‌محیطی، ازدیاد جمعیت، رشد اقتصادی و ضریب مصرف سوخت از مباحثی هستند که چالش‌های فراوانی برای تأمین انرژی در هر کشوری ایجاد کرده است علاوه بر آن با رشد جمعیت جهان، تأمین غذا برای انسان‌ها مسئله دیگری است که به‌عنوان دیگر نگرانی بشر قابل عنوان است. چرا که انسان‌ها با فشار بیش‌ازحد بر منابع طبیعی و زمین‌های کشاورزی باعث بروز خسارات جبران‌ناپذیر زیست‌محیطی و کاهش کیفیت و سلامت آب خاک و هوا در بسیاری از نقاط جهان شده‌اند (Conforti & Giampietro 1997).

پیشرفت دانش و فناوری، راه‌های تولید غذا را هر روز بیشتر توسعه داده، به‌طوری‌که در آینده‌ای نه‌چندان دور ممکن است روش‌های سنتی کاملاً کنار بروند. در جوامع امروزی با حذف روش‌های سنتی و تلفیق فناوری‌های مدرن مطابق با نیاز مردم می‌توانیم در هر فصلی انواع گیاهان و میوه‌ها را تولید نماییم که این امر جایگاه ویژه‌ای در امر تولید غذا و سلامت جامعه و محیط‌زیست دارند. یکی از روش‌های تولید انواع محصولات کشاورزی در فصول غیرقابل کشت، استفاده از کشت گلخانه‌ای می‌باشد (Joanna & Ooteghem, 2007). کشت گلخانه‌ای علاوه بر فراهم ساختن زمینه اشتغال، میزان و تنوع تولید محصولات را افزایش داده و با توجه به مشکل کمبود آب راهکار مناسبی را پیش روی کشاورزان قرار می‌دهد. تولید در محیط گلخانه با بهره‌گیری از شرایط و مزایای مطلوب (درجه حرارت، رطوبت نسبی، نورپردازی) انجام‌شده، که این عملکرد صحیح نیازمند انرژی به دو صورت الکتریکی و حرارتی می‌باشد (Vanebraak et al 2005). اکثر گلخانه‌ها برای تأمین نیاز انرژی از سوخت‌های فسیلی نظیر گازوئیل و نفت استفاده کرده، که احتراق این نوع سوخت‌ها سبب انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای نظیر اکسیدهای سولفور و نیتروژن، مونواکسید کربن و دی‌اکسید کربن در می‌گردد. (اسفندیاری ۱۳۹۰).

بر همین اساس با توجه به نیاز بخش گلخانه‌ای به انرژی دو صورت حرارتی و الکتریکی و به‌منظور کاهش تولید گازهای آلاینده و تثبیت انرژی پایدار از یک سو و از سوی دیگر با توجه به تکنولوژی‌های موجود در بخش انرژی خورشیدی، می‌توان سامانه‌های فتولتائیک یا سامانه‌های ترکیبی فتولتائیک-حرارتی را در این بخش مورد استفاده قرار داد. به‌منظور تبدیل اشعه دریافتی از خورشید به انرژی الکتریکی از صفحه خورشیدی (PV) و برای تبدیل اشعه خورشیدی به انرژی الکتریکی-حرارتی از فناوری (PVT) استفاده می‌گردد. تفاوت صفحات خورشیدی نوع PVT با PV در این است که در صفحات خورشیدی نوع PVT لوله‌های با چینش خاص وجود دارد که سیال از آن‌ها عبور کرده و حرارت صفحه خورشیدی جذب می‌گردد. علاوه بر این که بازده صفحات خورشیدی به نسبت کم (معمولاً ۱۰ تا ۲۵ درصد) بوده، جذب بالای تابش خورشید منجر به افزایش دمای سطح صفحه خورشیدی شده و با افزایش دمای صفحه خورشیدی، بازده آن کم می‌شود (Dupeyrat, et al., 2014). صفحه‌های خورشیدی ۴ تا ۱۷ درصد از تابش دریافتی را به انرژی تبدیل می‌کند و بیش از ۵۰ درصد انرژی خورشیدی به گرما تبدیل می‌شود (Furtuin, et al., 2014). محققان تکنولوژی‌های مختلف انرژی خورشیدی را گسترش و در موقعیت‌های مختلف مورد ارزیابی قرار دادند. یکی از مهم‌ترین این تکنولوژی‌ها تولید برق و تولید همزمان برق و حرارت از انرژی خورشیدی است.

تقوایی و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از ترکیبی از روش کتابخانه‌ای و توصیفی و تحلیلی، اطلاعات را با استفاده از روش کتابخانه‌ای جمع‌آوری کردند و سپس با استفاده از نرم‌افزار GIS از طریق همپوشانی، بهترین پهنه‌های مناسب اقلیمی را مکان‌یابی کردند و سپس از بین این گزینه‌ها به روش تاپسیس بهترین مکان انتخاب شد.

علوی‌فر (۱۳۹۳) به محاسبه انرژی تشعشعی خورشید بر روی سطح شیب‌دار پرداخته و با استفاده از داده‌های هواشناسی سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا) شامل انرژی تشعشعی کل بر روی سطح افقی در یک دوره ۲۰ ساله (۱۹۸۵-۲۰۰۵)، زاویه‌ای که در آن بیشترین انرژی تشعشعی سطح شیب‌دار حاصل می‌شود، در استان کرمان محاسبه کرد.

مصطفایی و همکاران (۱۳۹۵) درباره‌ی روش‌های طراحی ساختمان‌های انرژی صفر در شهر جدید بینالود با استفاده از نرم‌افزارهای Energy Plus و Trnsys در مورد موضوع سیستم آبگرمکن خورشیدی و سامانه‌های گرمایشی با بهره‌بلا بحث کرده‌اند.

استفاده از انرژی خورشیدی به‌عنوان یک منبع نامحدود و قابل دسترس و همچنین یک انتخاب سبز و پایدار در گلخانه‌ها باعث کاهش قابل توجه آلاینده‌ها در جو می‌گردد و ما را در دستیابی به توسعه پایدار یاری خواهد کرد. بنا به موقعیت جغرافیایی و پتانسیل بالای تابش در مناطق وسیعی از کشور ایران، این زمینه فراهم شد تا تأمین انرژی گلخانه را توسط نرم‌افزار Trnsys در این مقاله شبیه‌سازی کنیم. هدف از این پژوهش پتانسیل استفاده از صفحه خورشیدی PVT و PV به‌عنوان منبع تأمین برق مصرفی گلخانه ۱۰۰۰ مترمربعی را در سه شهر تهران، ساری و کرمان می‌باشد. در این راستا به دلیل وجود هزینه‌های بالا در ساخت و ارزیابی این سامانه‌ها، به شبیه‌سازی و پتانسیل سنجی انرژی خورشیدی با استفاده از نرم‌افزار Trnsys در گلخانه‌های این سه شهر پرداخته شد.

۲- بخش مواد و روش‌ها

نرم افزار Trnsys که توسط دانشگاه ویسکانسین ایالات متحده ارائه شده است، از معتبرترین نرم افزارهای تحلیل دینامیکی گذرای سامانه‌های انرژی تجدید پذیر می‌باشد این نرم افزار به صورت منبع باز بوده و در نتیجه امکان مایکرونویسی با زبان‌های C++ و فرترن را دارد. امروزه با توسعه این نرم افزار توسط محققانی از سراسر جهان، این نرم افزار یکی از بهترین‌ها برای شبیه‌سازی سامانه‌های مینی بر انرژی‌های تجدید پذیر است. این نرم افزار با دریافت یکسری اطلاعات از کاربر و با استفاده از پارامترهای از پیش تعیین شده با اعمال ریاضی بر روی آن خروجی مورد نظر را به صورت تجمعی و لحظه‌ای می‌دهد.

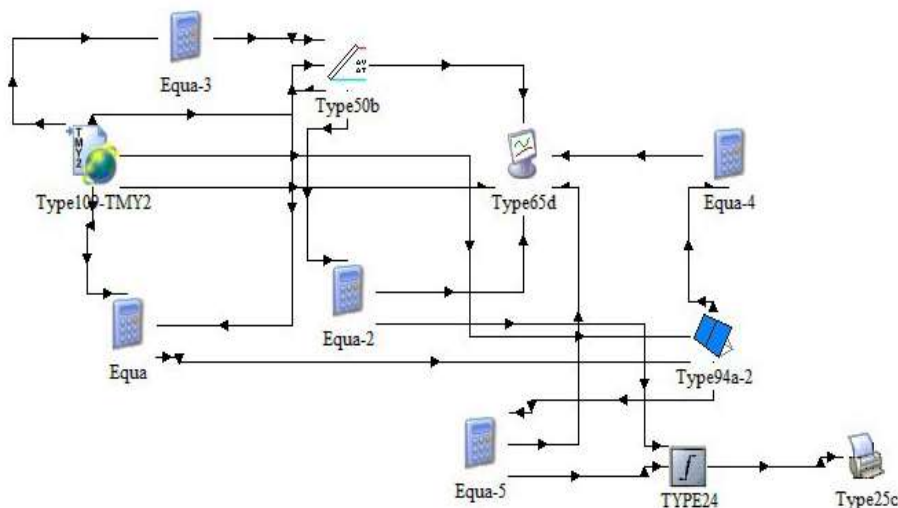


Figure 1. Simulated greenhouse electricity supply system by Trnsys
شکل ۱- سیستم شبیه‌سازی شده تأمین برق مصرفی گلخانه در Trnsys

در این شبیه‌سازی ابتدا در نرم افزار، مدار مورد نظر با استفاده از آیتم‌های نرم افزار رسم شد (شکل ۱). همان طور که در شکل ۱ مشخص است در این شبیه‌سازی، ۲ حالت، استفاده از صفحه خورشیدی PV و استفاده از صفحه خورشیدی PVT برای تأمین برق مصرفی گلخانه مورد استفاده قرار گرفت. در هر دو حالت از صفحه خورشیدی ساخت شرکت Sharp مدل ND-AH325 | 325W استفاده شد با این تفاوت که در PVT جریان آب گذرنده از لوله‌های زیر صفحه خورشیدی وجود دارد. اطلاعات مورد نیاز نرم افزار Trnsys برای هر دو صفحه خورشیدی بر اساس کاتالوگ سازنده صفحه خورشیدی وارد نرم افزار گردید. برای گلخانه ۱۰۰۰ مترمربعی، محل نصب صفحات خورشیدی در هر دو حالت زیر سقف گلخانه و به تعداد ۱۰۰ عدد صفحه خورشیدی (با عرض ۳۰ سانتی‌متر) بافاصله مناسب به دلیل عدم سایه‌اندازی روی محصولات در نظر گرفته شد که در مجموع ۱۷۶٫۹ مترمربع صفحه خورشیدی با توان ۳۲٫۵ کیلووات در شبیه‌سازی در نظر گرفته شد. تعداد صفحات خورشیدی سری ۵ عدد و موازی ۲۰ عدد قرار داده شد.

اطلاعات هواشناسی مورد نیاز شبیه‌سازی برای سه شهر ساری، کرمان و تهران با استفاده از نرم افزار Meteonom7 به دست آمد. این نرم افزار، نرم افزار بسیار کارآمد برای تولید داده‌های هواشناسی برای اقلیم‌ها و نقاط جغرافیایی مختلف دنیاست. با استفاده از این نرم افزار می‌توان اطلاعات هواشناسی مانند شدت تابش، ساعات آفتابی و ابری، دمای هوا و ... به صورت ساعتی برای هر نقطه‌ای از زمین را دریافت کرد. اطلاعات ساعتی تابش بر اساس میانگین دوره زمانی ۲۰ ساله از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۰ و اطلاعات ساعتی دما و دیگر پارامترهای مورد نیاز بر اساس میانگین دوره زمانی ۱۰ ساله از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۰۹ برای هر سه شهر به وسیله نرم افزار Meteonom7 به دست آمد و از طریق آیتم اطلاعات آب و هوا به صورت ساعتی وارد نرم افزار Trnsys شد.

منبع آب ورودی برای حالت استفاده از صفحه خورشیدی PVT آب چاه در نظر گرفته شد و دمای آب برای راحت‌تر شدن محاسبات با توجه به اندازه‌گیری‌های انجام شده برای فصل‌های بهار و پاییز ۱۰ درجه سلسیوس و برای فصل زمستان ۵ درجه سلسیوس و برای فصل تابستان ۱۳ درجه سلسیوس در نظر گرفته شد.

برنامه Trnsys با شرایط فوق‌الذکر برای هر یک از شهرها به صورت جداگانه و به تفکیک هر ماه میلادی اجرا شد و خروجی‌های توان الکتریکی خروجی از صفحه خورشیدی هم به صورت لحظه‌ای و هم به صورت تجمعی (ماه به ماه) و دمای لحظه‌ای صفحه خورشیدی در هر دو حالت PV و PVT به دست آمد.



اطلاعات به دست آمده از نرم افزار Meeonorm7 نشان داد که میانگین شدت تابش سالانه برای سه شهر تهران، کرمان و ساری به ترتیب ۱۸۴۴، ۲۱۰۶ و ۱۵۳۱ کیلووات ساعت بر مترمربع است که به تفکیک ماه برای هر شهر در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- متوسط تابش افقی.

Table 1. Mean horizontal radiation

Months	Radiation (kWh/m ²)		
	Tehran	Kerman	Sari
January	87	111	80
February	101	118	89
March	143	161	121
April	174	187	154
May	210	230	183
June	223	235	179
July	223	234	181
August	209	239	154
September	173	197	130
October	131	168	109
November	95	122	82
December	77	106	70
Year	1844	2106	1531

همان طور که از جدول ۱ مشخص است شهر کرمان دارای بیشترین شدت تابش دریافتی است و شهر ساری در مقایسه با دو شهر دیگر دارای کمترین شدت تابش دریافتی است. همچنین در ماه های May June July برای هر سه شهر شدت تابش بیشترین مقدار است و در ماه August شدت تابش در شهر ساری افت قابل توجه ۲۷ کیلووات ساعت بر مترمربع دارد در صورتی که در شهر کرمان شدت تابش ۵ کیلووات ساعت بر ماه مترمربع نسبت به ماه July افزایش پیدا کرده است ولی در همین شرایط در شهر تهران ۱۴ کیلووات بر مترمربع کاهش داشته است. میانگین ماهانه میزان ساعات آفتابی برای هر کدام از شهرهای تهران، کرمان و ساری به ترتیب در شکل های ۲، ۳ و ۴ نشان داده شده است.

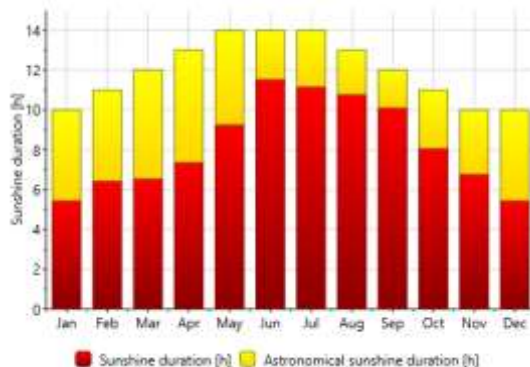


Figure 2. Tehran sunshine duration.

شکل ۲- ساعات آفتابی شهر تهران.

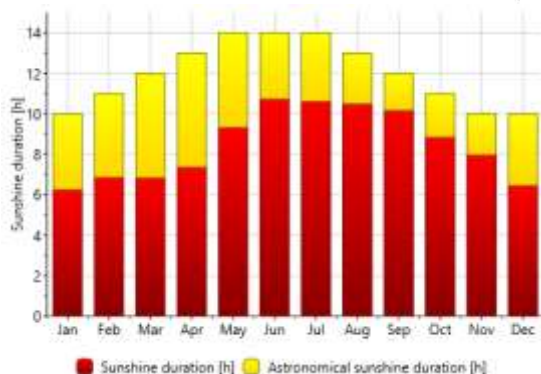


Figure 3. Kerman sunshine duration.

شکل ۳- ساعات آفتابی شهر کرمان.

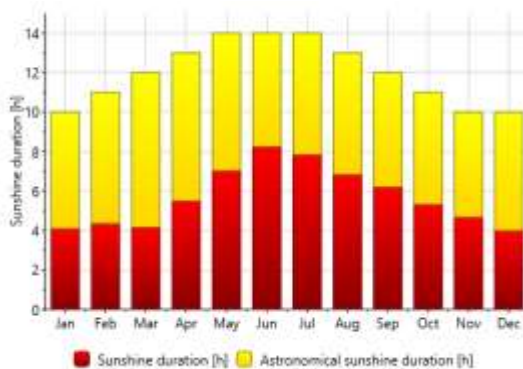


Figure 4. Kerman sunshine duration.

شکل ۴- ساعات آفتابی شهر ساری.

شکل‌های ۲، ۳ و ۴ نشان می‌دهند که میزان ساعات آفتابی در شهر کرمان در مقایسه با دو شهر دیگر بیشترین است و شهر تهران اندکی کمتر از شهر کرمان ساعات آفتابی دارد و شهر ساری کمترین میزان ساعات آفتابی را دارا می‌باشد. با اجرای نرم‌افزار Trnsys، در هر دو حالت استفاده از صفحه خورشیدی PV و صفحه خورشیدی PVT برای هر سه شهر میزان توان الکتریکی خروجی به تفکیک ماه به دست آمد.

جدول ۲- توان الکتریکی خروجی از صفحات خورشیدی در دو حالت PV و PVT.

Table 2. Electrical power output from PV and PVT photovoltaic panels.

Months	Power (kW)					
	Tehran		Kerman		Sari	
	PV	PVT	PV	PVT	PV	PVT
January	4328.59	4455.44	5217.11	5380.12	3956.40	4066.42
February	4481.13	4610.63	4933.25	5073.14	3852.40	3955.34
March	5480.24	5635.83	5925.15	6093.56	4559.25	4687.53
April	5934.87	6089.51	6119.50	6275.67	5250.49	5392.50
May	6482.06	6645.44	6730.80	6903.12	5718.10	5875.35
June	6499.88	6660.00	6609.19	6770.13	5333.04	5475.53
July	6544.38	6685.56	6662.86	6806.63	5453.84	5596.05
August	6597.77	6741.64	7327.10	7498.71	4910.08	5039.20
September	6217.61	6346.95	6812.93	6969.80	4615.18	4735.93
October	5327.81	5458.64	6813.63	6991.69	4392.75	4503.74
November	4591.52	4700.76	5485.10	5631.83	3810.62	3909.27
December	3929.26	4039.27	5190.06	5327.42	3560.71	3656.27
Year	66415.10	68069.67	73826.68	75721.81	55412.87	56893.11



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



جدول ۲ نشان می‌دهد که توان الکتریکی خروجی از صفحه‌های خورشیدی در هر دو حالت PV و PVT برای شهر کرمان بیشترین مقدار و برای شهر ساری کمترین مقدار است و در حالت PVT در تمامی ماه‌های سال برای هر سه شهر بیشتر از حالت PV بوده است. برای شهر کرمان در ماه‌های May, June, July, August, September و October و برای تهران ماه‌های May, June, July, August, September و October و برای ساری در ماه‌های August, September و October بیشترین مقدار بوده است و در هر دو حالت PV و PVT به دلیل افزایش ساعات آفتابی و شدت تابش نسبت به ماه‌های دیگر مقدار بیشتری بوده است و در هر دو حالت PV و PVT بیشترین مقدار بوده است، اما برای شهر ساری به دلیل کاهش ساعات آفتابی در ماه August و September، توان الکتریکی خروجی در هر دو حالت PV و PVT افت کرده و در ماه‌های May, June و July نسبت به ماه‌های دیگر در هر دو حالت PV و PVT بیشتر بوده و در ماه May بیشترین مقدار در هر دو حالت PV و PVT بوده است.

نمودار تغییرات توان الکتریکی خروجی از صفحات خورشیدی برای هر دو حالت PV و PVT در هر سه شهر به ترتیب در شکل ۵ و ۶ نمایش داده شده است که بر اساس هر کدام از ماه‌های سال است.

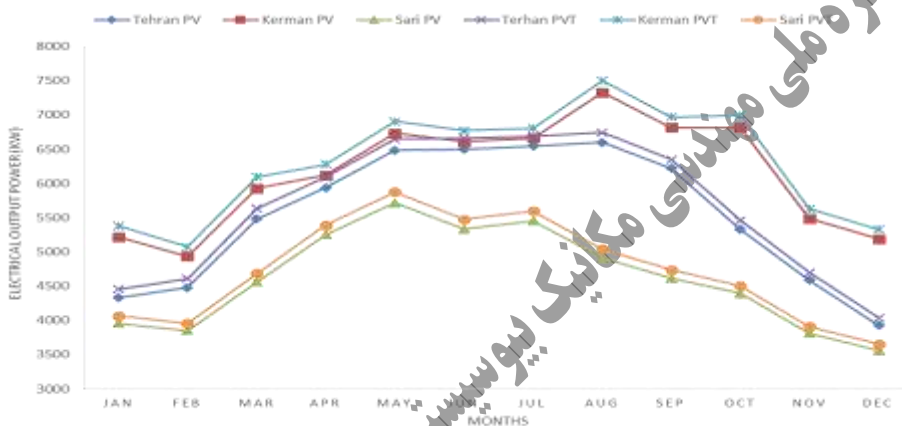


Figure 5. Electrical power output from PV and PVT panels in all three cities.

شکل ۵- توان الکتریکی خروجی از صفحات خورشیدی PV و PVT در هر سه شهر.

در شکل ۵ در تمام ماه‌های سال حالت PVT دارای توان الکتریکی خروجی بیشتری نسبت به حالت PV در هر سه شهر است که دلیل این امر خنک‌کنندگی صفحات فتوولتائیک و تولید انرژی الکتریکی بیشتر توسط این صفحات است. در بررسی دمای آب خروجی از صفحات خورشیدی PVT که برای هر سه شهر به وسیله نرم‌افزار Trnsys به دست آمد، به دلیل افزایش توان الکتریکی خروجی از صفحات خورشیدی PVT جریان آب‌خنک‌کننده صفحات خورشیدی به صورت مدار باز در نظر گرفته شد. نمودار دمای آب خروجی از صفحات خورشیدی PVT برحسب زمان برای ماه‌های February, May, August و November برای هر سه شهر به ترتیب در شکل‌های ۶، ۷، ۸ و ۹ نشان داده شده است.

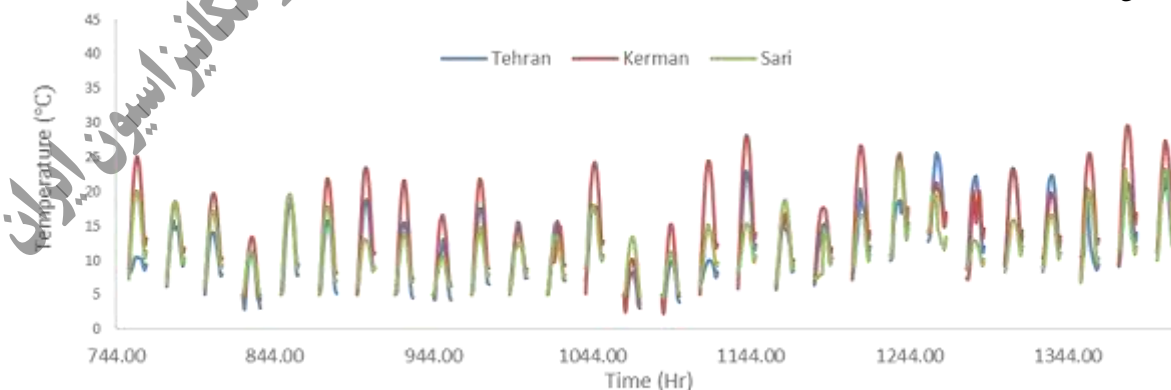


Figure 6. Outlet water temperature from PVT panels on February.

شکل ۶- دمای آب خروجی از صفحات خورشیدی PVT در ماه February در هر سه شهر.

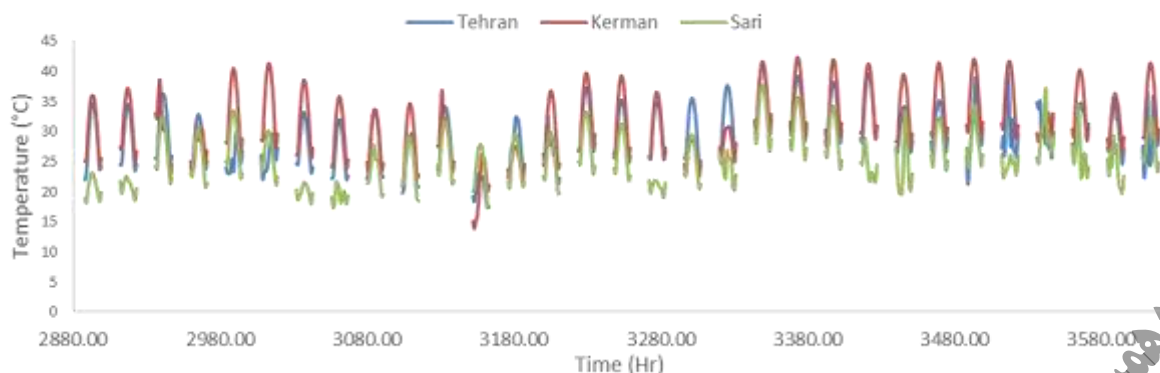


Figure 7. Outlet water temperature from PVT panels on May.

شکل ۷- دمای آب خروجی از صفحات خورشیدی PVT در ماه May در هر سه شهر.

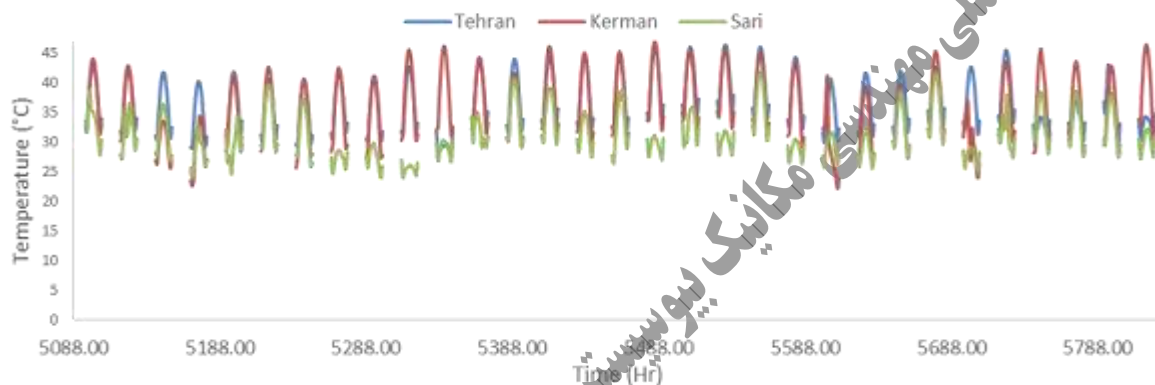


Figure 8. Outlet water temperature from PVT panels on August.

شکل ۸- دمای آب خروجی از صفحات خورشیدی PVT در ماه August در هر سه شهر.

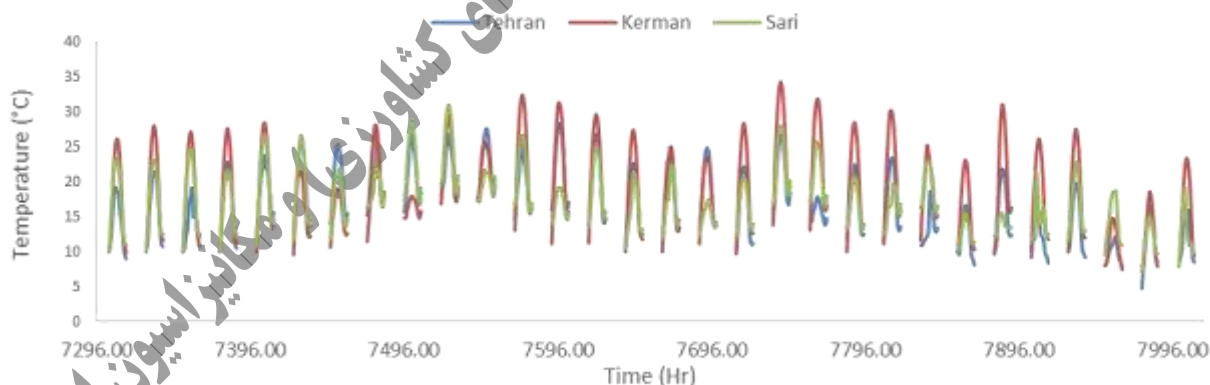


Figure 9. Outlet water temperature from PVT panels on November.

شکل ۹- دمای آب خروجی از صفحات خورشیدی PVT در ماه November در هر سه شهر.

در شکل ۶ که مربوط به فصل زمستان است، آب خروجی از صفحات خورشیدی PVT در شهر کرمان در اکثر روزها دارای بیشترین دماست و در برخی از روزها به ۳۰ درجه سلسیوس هم می‌رسد ولی برای دو شهر دیگر این مقدار کمتر است. شکل ۷ که مربوط به فصل بهار است نشان می‌دهد که آب خروجی از صفحات خورشیدی PVT در شهر ساری به دلیل بارش‌های بهاری کاهش ساعات آفتابی در برخی از روزها افزایش دمای قابل توجهی ندارد همچنین در شهر کرمان دمای آب بیشترین مقدار است و دمای آب در شهر تهران بیشتر از شهر ساری است. در شکل ۸ که مربوط به فصل تابستان است، دمای آب خروجی از صفحات خورشیدی PVT در شهرهای تهران و کرمان به دلیل افزایش دمای هوا در اکثر روزها به بالای ۴۰ درجه سلسیوس می‌رسد اما دمای آب در شهر ساری در محدوده ۲۵ تا ۴۰ درجه سلسیوس است. شکل ۹ که مربوط به فصل پاییز می‌شود، نشان



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



می‌دهد که دمای آب خروجی از صفحات خورشیدی PVT در شهر کرمان بیشترین مقدار است و در اکثر روزها به بالای ۲۵ درجه سلسیوس می‌رسد و دمای آب در شهرهای ساری و تهران در بیشتر روزها در محدوده ۲۰ تا ۲۵ قرار می‌گیرد.

۴- نتیجه‌گیری

نتایج این مقاله نشان داد که در هر سه شهر تهران، کرمان و ساری توان خروجی از صفحات خورشیدی PVT بیشتر از صفحات خورشیدی PV در تمام ماه‌های سال است که علت این امر، جریان آب‌خنک کننده صفحات خورشیدی PVT بوده است که باعث خنک شدن دمای صفحات خورشیدی PVT شده و بازده آن را بالا می‌برد. همچنین شهر کرمان مناسب‌ترین شهر برای احداث گلخانه دارای صفحات خورشیدی برای تأمین برق موردنیاز گلخانه است و پس از آن شهر تهران است. توان الکتریکی خروجی از صفحات خورشیدی در شهر کرمان در فصول بهار، تابستان و پاییز به علت بیشتر بودن ساعات آفتابی کرمان نسبت به شهر تهران بیشتر است ولی در فصل زمستان این اختلاف توان الکتریکی خروجی بسیار کم می‌شود. شهر ساری به دلیل کم بودن ساعات آفتابی و روزهای ابری زیاد نسبت به دو شهر دیگر توان الکتریکی خروجی از صفحات خورشیدی بسیار کمتری دارد. آب خروجی از صفحات خورشیدی PVT در شهر کرمان نسبت به شهرهای دیگر بیشترین مقدار درجه حرارت را در تمام ماه‌های سال داشته است و پس از آن شهر تهران است همچنین شهر ساری کمترین مقدار درجه حرارت را داشته است.

۵- مراجع

- Alavifar, M. (2014). *Solar Energy Radiation Potentiometer on the Ridge and Optimal Viewing Angles for Installing the Photovoltaic Panel in Kerman Province*, Esfahan, IRI. (Persian)
- Mostafaei M. (2016). *Feasibility of Designing and Building a Zero Energy Home in Binalood New City*, Tehran, IRI. (Persian)
- Esfandiar A. (2009). *Potentiometric Analysis of Solar Power Plants by Investigating Climate Parameters in the Khuzestan Province Using GIS*. Geomatics National Conference, Tehran, IRI. (Persian)
- Conforti, P., & Giampietro, M. (1997). Fossil energy use in agriculture: An international comparison. *Agriculture, Ecosystems and Environ.* 65(4), 231-243.
- van Ooteghem, R. J. C. (2010). Optimal Control Design for a Solar Greenhouse. *IFAC Proceedings Volumes*, 43(26), 304-309.
- Taghvaei S., Sobohi E. (2015). Zoning and locating of solar power plants in Isfahan province. *Urban Research and Planning*. 8(28), 61-82 (Persian)
- Bot, G.P.A., Braak, N.J. van de., Challa, H., Hemming, S., Rieswijk, Th., Straten, G. van., Verlodt, I. (2005). The Solar Greenhouse: state of the art in energy saving and sustainable energy supply. *Acta Horticultural*. 2, 501-508
- Dupeyrat, P., C. Menezo and S. Fortuin (2014). Study of the thermal and electrical performances of PVT solar hot water system. *Energy and Buildings* 68, 751-755.
- Fortuin, S., M. Hermann, G. Stryi-Hipp, P. Nitz and W. Platzer (2014). Hybrid PV-thermal Collector Development: Concepts, Experiences, Results and Research Needs. *Energy Procedia*. 48, 37-47.