تاریخ دریافت: ۲۸ بهمن ۱۴۰۱ تاریخ پذیرش: ۲۵ فروردین ۱۴۰۲ صفحات ۶۵ الی ۹۴

طراحی ساختمان انرژی صفر با استفاده از نرم افزار PVsyst و Energy Plus

الناز براتی

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی انرژی تجدید پذیر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیراز، ایران

elnazbrt۱@gmail.com

سامان تشکر

استادیار، گروه مهندسی انرژی تجدید پذیر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیراز، ایران

saman.tashakor@yahoo.com

امیر شمس نیا

استادیار، گروه RS&GIS، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیراز، ایران shamsnia_۸۲@yahoo.com

چکیده: این پژوهش سعی دارد تا با مطالعه و بررسی یک ساختمان مسکونی نمونه در شهر شیراز و مصالح متداول به کار رفته در آن، تاثیر روش های غیر فعال در زمینه ذخیره سازی انرژی و همچنین تولید انرژی با استفاده از انرژی های تجدید پذیر را مورد مطالعه قرار دهد. یک روش برای به حداقل رساندن مصرف انرژی در ساختمان های مسکونی و اداری، بهره‌گیری از ساختمان‌های انرژی صفر است. این ساختمان‌ها، یک راه حل فنی ممکن برای مصرف کمتر انرژی در ساختمان ها را از طریق ترکیب صرفه جویی انرژی و بهره گرفتن از فن آوری انرژی های تجدیدپذیر فراهم می آورند. در این تحقیق برای دستیآبی به بهینه‌ترین شرایط مصرف انرژی در شرایط اقلیمی شیراز، هر کدام از عناصر بنای مسکونی بهینه سازی شده است. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که می توان با استفاده از مصالح و طراحی های غیر فعال ساختمان از جمله شیشه های دو جداره، عایق کاری دیوارها، میزان مصرف انرژی ساختمان را کاهش داد. همچنین با بهره گیری از انرژی خورشیدی و شبیه سازی با استفاده از نرم افزار PVsyst می توان انرژی مورد نیاز ساختمان را تامین کرد.

واژه‌های کلیدی: ساختمان انرژی صفر، انرژی های تجدیدپذیر، صرفه جویی انرژی، نرم افزار PVsyst، نرم افزار Energy Plus

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

۱. مقدمه

امروزه با توجه به محدود بودن منابع انرژی، آلودگی های ناشی از مصرف انرژی های فسیلی و برخی دلایل دیگر، توجه به مصـرف بهینه انرژی و همچنین بهره‌گیری از انرژی طبیعی مثل خورشـید و باد در بخش های مختلف مصـرف را بیش از پیش ضـروری اسـت. در کشـور ما بیشترین میزان مصرف انرژی در بخش ساختمان است. در بسیاری از کشورها مصرف سرانه انرژی بخش ساختمان سـهم بزرگی در مصـرف انرژی کل دارد. با توجه به هزینه بالای تامین انرژی و محدود بودن منابع و در راسـتای اجرایی کردن اصـول توسـعه پایدار، طراحان و سـازندگان فعال در صـنعت سـاختمان و دولتمردان به فکر سـاخت سـاختمان هایی شـدند که مصـرف انرژی درآنها بهینه باشـد. سـاختمان با تبادل انرژی سـالیانه صـفر با شـبکه، تمام یا بیشـتر نیـازهـای انرژی را خود تـامین می‌کنـد. در این پژوهش از منـابع انرژی هـای تجـدیـدپـذیر در سـاختمان بصـورت حداکثری اسـتفاده می گردد. برای این منظور از فضـای بیرونی سـاختمان برای جذب انرژی استفاده می شود.

۱-۱ پیشینه تحقیق

اقبال (۲۰۰۴) بیان می کند بنای انرژی صـفر بنایی اسـت که به صـورت بهینه و اقتصـادی ترکیبی از فناوری انرژی تجدیدپذیر با فناوری سـاخت و سـاز بهینه از لحاظ انرژی را فراهم می آورد. در این پژوهش اقبال بیان می کند استفاده از تجهیزات بهینه در ساخت بنا به اندازه استفاده از سیستم های تجدیدپذیر مهم می باشد [۱].

اینالی (۲۰۰۶) در موقعیت آب و هوایی سرد برای یک ساختمان فرضی مطالعه داشته که با تغییر جهات تابش خورشید و جنس مصالح ساختمان توانسته در ساختمان سبز مقدار کاهش و یا افزایش مصرف انرژی را تحلیل نماید. با تحلیل داده ها و محاسبات صورت گرفته نتیجه گیری می گردد که مصرف انرژی را تا ۳۶ درصد کاهش داده است[۲].

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

تورسلینی و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیقی بیان می کند بنای انرژی صفر یک بنای مسکونی یا عمومی با کاهش عمده ای در مصرف انرژی با استفاده از بهره وری است به گونه ای که نیازهای تعادل انرژی با استفاده از انرژی تجدیدپذیر مرتفع گردد[۳].

پلاتل و دادزیک (۲۰۰۷) در یک نمونه از تعریف بیان کردند بنای انرژی صفر متصل به شبکه ،بنایی است که در طول سال به صورت خنثی عمل کند بدین صورت که میزان انرژی که از شبکه دریافت می کنند برآبر با میزانی انرژی باشد که به شبکه تزریق می کند[۴].

وانگ و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی عنوان کردند طبق امارهای اعلام شده در ساختمان های انرژی صفر میزان مصرف انرژی از ساختمان های مشآبه معمولی بسیار کمتر است. این میزان در امریکا ٪۷۵ در انگلستان ٪۷۷ در ایرلند ٪۸۵ می باشد. از سوی دیگر هنوز استاندارد معین و واحدی برای ساخت یک ساختمان انرژی صفر وجود ندارد و کشورها با توجه به اقلیم و منابع تجدیدپذیر در دسترس قوانینی را وضع کرده اند[۵].

هرناندز و کنی (۲۰۱۰) در تحقیق خود اذعان می کنند در ساختمان های انرژی صفر دوره تعادل سالیانه فراگیرترین دوره تعادل است و برای تعادل انرژی بررسی دوره کامل حیات یک بنا مناسب تر است. با در نظر گرفتن این نوع از تعادل تنها بررسی مصرف انرژی مطرح نیست بلکه بررسی انرژی نهان در مصالح مصرفی در بنا، ساخت و ساز ، تخریب و نصب تجهیزات نیز مطرح می گردد که بررسی همه این موارد امکان ارزیابی تاثیر واقعی بنا بر محیط را فراهم می کند. از این رو بررسی دوره ۵۰ ساله حیات بنا را دقیق تر می دانند[۶].

۲-۱ ساختمان انرژی صفر

برای تحقق اهداف معماری انرژی صفر و ساخت بنایی که انرژی های مورد نیاز خود را خودش تامین کند گزینه های متفاوتی وجود دارد که بسته به شرایط محل و نحوه طراحی

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

می‌تواند طیف گسترده ای از روش ها را در برگیرد. از این منابع می توان به انرژی خورشید، انرژی باد، انرژی آبی، انرژی امواج، انرژی زمین گرمایی، و انواع دیگر اشاره کرد. برای هر منطقه با توجه به منابع در دسترس طراح روش مناسبی را جهت تامین انرژی انتخاب می کند. برای ایران با توجه به گسترده بودن تنوع اقلیمی و شرایط محیطی نمی توان روش و یا منبع خاصی را به صورت کلی معرفی کرد اما با توجه به قرار گرفتن ایران در کمربند گرم و خشک زمین و میزان تابش مناسب خورشید در طول روز، انرژی خورشید می تواند منبع مناسب انرژی باشد. یکی از مهمترین شاخص های مورد توجه در مبحث مدیریت مصرف انرژی در ساختمان های با کاربری های مختلف معیار مصرف انرژی می باشد، که به عنوان محکی قابل قبول جهت برآورد وضعیت مصرف انرژی موجود و حتی شاخص های قابل حصول از طریق بهینه سازی مصرف مورد استفاده قرار می گیرد. یک ساختمان انرژی صفر می تواند منفصل از شبکه یا متصل به شبکه و زیرساخت های انرژی باشد. در ساختمان های متصل به شبکه، ساختمان می تواند به صورت تعاملی با شبکه تبادل انرژی داشته باشد و در صورت نیاز به انرژی برق بیشتر از شبکه سراسری برق دریافت کند و در صورتی که ساختمان توان بیشتری از نیاز خود تولید کند ان را به شبکه سراسری تزریق کند. اما در ساختمان های منفصل از شبکه امکان تبادل انرژی با شبکه سراسری وجود ندارد و ساختمان باید به صورت خودکفا تمام نیاز انرژی خود را تامین کند[۷].

۳-۱ تقسیم بندی ساختمان های انرژی صفر

انواع ساختمان های انرژی صفر بر حسب میزان انرژی مصرفی و تولیدشان در طول یک سال دسته بندی می شوند. در جدول (۱) این تقسیم بندی نشان داده شده است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

جدول ۱. انواع ساختمان های انرژی صفر

انواع ساختمان های انرژی صفر	ویژگی ساختمان
ساختمان های انرژی مثبت (صفر) یا ZEB	ساختمان هایی که انرژی تولیدیشان بیش از انرژی مصرفیشان در طول یک سال است
ساختمان های انرژی نزدیک به صفر یا near-ZEB	ساختمان هایی که انرژی مصرفیشان کمی بیش تر از انرژی تولیدیشان در طول یک سال است.
ساختمان هایی با انرژی تبادلی صفر یا net-ZEB	ساختمان هایی که در آن میزان تولید انرژی سالانه برابر یا بیشتر از میزان مصرف آن است.

در این پژوهش یک ساختمان انرژی مثبت (صفر) برای اقلیم شهر شیراز مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

٤-١ منطقه مورد مطالعه

شهر شیراز به عنوان یکی از شهرهای بزرگ ایران، که در جنوب غربی ایران و در مرکز استان واقع شده است. ارتفاع آن از سطح دریاهای آزاد بین ۱۴۸۰تا ۱۶۷۰ متر و در مختصات جغرافیایی بین ۲۹ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و ۵۲ درجه و ۳۲ دقیقه واقع شده است. شهر شیراز از طرف غرب به کوه دراک، از شمال به کوههای بمبو، سبز پوشان، چهل مقام و بآبا کوهی محدود شده است. شیراز پنجمین کلان شهر ایران و شامل یازده منطقه شهرداری بوده و مساحت آن در حدود ۱۲۶۸ کیلومترمربع به شکل مستطیل است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

۵-۱ طراحی و ساخت

استراتژی که در احداث ساختمان انرژی صفر توسط مهندسین انرژی بکار برده می شود، طراحی ساختمان با دیدگاه استفاده از انرژی خورشید است. حدود ٪۵۲ از انرژی خانه‌های معمولی توسط سیستم های سرمایشی و گرمایشی مصرف شده و سهم روشنایی غیرطبیعی حدود ٪۲۰ از کل انرژی مصرفی است. استفاده حداکثری از انرژی خورشید در جهت سرمایش و گرمایش و بکارگیری نور طبیعی جهت روشنایی منازل اجتناب ناپذیر است. طبق استانداردهای تدوین شده در طراحی انرژی و محیط، ٪۲۰ از فضای اشغال شده خانه ها باید دارای نور و منظر طبیعی باشد. در این راستا طراحان باید به ضریب نور طبیعی توجه ویژه‌ای داشته باشند. حداقل میزان نور طبیعی برای فضاهای منازل مسکونی ٪۲ است [۷]، که اغلب در ساختمان های با مصرف بهینه انرژی رعایت می گردد. در این ساختمان ها موقعیت پنجره ها، دیوارها، ایوان ها، سایبان ها و درخت ها بایستی طوری جهت یابی شود که موجب ایجاد سایه در تابستان و بیشترین بهره خورشیدی در زمستان گردد. علاوه بر آن مکان مناسب پنجره می‌تواند باعث افزایش میزان نور روشنایی روز (Day lighting) و کاهش مصرف انرژی الکتریکی روشنایی در طول روز گردد. استفاده از تکنولوژی های انرژی خورشیدی فعال (Active solar) و غیر فعال (Passive solar) (تکنولوژی های فعال شامل سیستم های مکانیکی و الکتریکی می باشند که جهت بهره گیری و تبدیل انرژی خورشیدی به توان مصرفی مورد استفاده قرار می گیرند و تکنولوژی های غیر فعال بهره گیری از انرژی خورشید بدون استفاده از تجهیزات خاص مانند تامین روشنایی روز یا تامین گرمایش محیط و... می باشد)، انرژی الکتریکی توسط نور خورشیدی (Photovoltaic)، استفاده از فضای سبز بر روی پشت بام ساختمان (Roof garden) از جمله راهکارهای موثر در این بخش محسوب می شود[۸].

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

۲- مواد و روش کار

جامعه آماری این تحقیق شامل یک واحد مسکونی انرژی صفر و دو نیروگاه فتوولتائیک واقع در پشت بام و بدنه ساختمان صفر انرژی در شهر شیراز می باشد. تجزیه و تحلیل های مربوط به بهینه سازی انرژی در این بنا با استفاده از نرم افزار Energy Plus و PVsyst انجام می شود. در ساختمان انرژی صفر برای تامین آب گرم مصرفی نیز از یک آبگرمکن خورشیدی استفاده شده است. در نهایت میزان انرژی تولیدی ساختمان و میزان انرژی مصرفی ساختمان با یکدیگر مقایسه می گردد.

۲-۱ نرم افزارهای مورد استفاده

در این بخش تاثیر عوامل مختلف از جمله اثر نماهای گوناگون بر میزان مصرف انرژی مورد بررسی قرار گرفته است. نرم افزارهای شبیه سازی در مبحث ساختمان، نرم افزارهایی هستند که برای محاسبه میزان مصرف انرژی در ساختمان ها استفاده می شود. برای این منظور در این پژوهش از نرم افزارEnergy Plus و PVsyst جهت مدلسازی و انجام محاسبات استفاده شده است که در ادامه به آنها پرداخته می شود.

۲-۲ نرم افزار Energy Plus

انرژی پلاس یک نرم افزار شبیه سازی بسیار قدرتمند ، برای ساختمان است. با استفاده از این نرم افزار می توان انواع مصالح ساختمانی، پنجره های چند جداره، مواد تغییر فاز دهنده (PCM)، سایه بان ها، شیشه های الکترومیک ، انواع سیستم های تهویه مطبوع ، کلکتورهای خورشیدی،پانل های فتوولتاییک و... را مدل کنیم. در شبیه سازی حرارتی یک ساختمان توسط نرم افزار انرژی پلاس می توان تمام تبادل حرارتی بنا با محیط اطراف، بناهای دیگر و

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

ZONE های حرارتی که با بنا تبادل حرارتی دارند را مورد ارزیابی قرار داد. در هر ZONE حرارتی می توان تمام بارهای مصرفی به همراه توان مصرفی و ساعت کارکرد در طول روز بصورت سالانه، نوع عایق حرارتی دیواره ها، نوع مصالح بکار رفته در بنا و ضریب انتقال حرارت مصالح ، نوع درب و پنجره ها و اتلاف حرارتی هر کدام، میزان تابش خورشیدی رسیده به بنا، سیستم های غیر فعال روشنایی، سیستم های اسایش حرارتی، برنامه‌های زمان بندی استفاده از تجهیزات و بسیاری از پارامترها و تنظیمات دیگر را لحاظ کرد[۸].

۳-۲ نرم افزار PVsyst

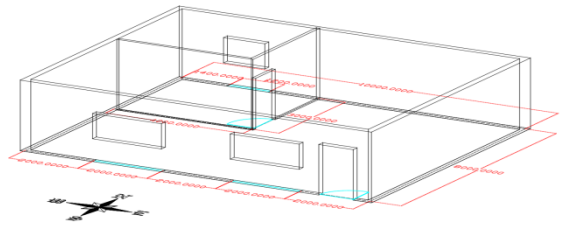
PVsyst یک نرم افزار جامع وکاربردی در زمینه طراحی سیستم های فتوولتائیک می باشد که شامل مجموعه ابزارهای لازم برای مطالعه و تحقیق، طراحی و شبیه سازی و آنالیز داده‌های انواع سیستم های فتوولتائیک می باشد که توسط دانشگاه ژنو سوئیس طراحی و هرساله بروز رسانی می‌گردد. این نرم افزار دارای یک کتابخانه کامل از تجهیزات و طیف وسیعی از امکانات طراحی می باشد که ابزار سه بعدی برای سایه توسعه یافته، توانایی وارد کردن داده‌ها برای اندازه گیری مستقیم، مقایسه مقادیر شبیه سازی شده، جعبه ابزار برای تعیین هندسه خورشیدی، هواشناسی و رفتار عملیاتی سیستم های فتوولتائیک از آن دسته اند. همچنین از این نرم افزار برای طراحی نیروگاه های متصل به شبکه، منفصل از شبکه در سطوح کیلوواتی ومگاواتی و همچنین طراحی پمپ آب خورشیدی استفاده می گردد[۹].

قابلیت های نرم افزار PVsyst :

انتخاب ماژول PV از پایگاه داده داخلی، انتخاب معکوس کننده از پایگاه داده داخلی، پیشنهاد یک آرایه و پیکر بندی سیستم برای انجام یک شبیه سازی مقدماتی، نشان دادن

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

منحنی I/V از آرایه PV ، همراه با محدوده MPPT ، ولتاژ و توان، نمایش توزیع سالانه قدرت آرایه، ارائه آبزار های تخصصی برای ارزیابی خسارات سیم کشی (و ضرر و زیان های دیگر مانند کیفیت ماژول) ، عدم تطآبق بین ماژول ، رفتار حرارتی با توجه به نصب مکانیکی، در دسترس نبودن سیستم و...، تولید کل انرژی MWh/y برای ارزیابی سودآوری سیستم PV، انرژی خاص kWh/kWp شاخص تولید بر اساس پرتو افکنی در دسترس (محل و جهت گیری)، نشان دادن انرژی اصلی و دستاورد ها، تلفات گرفتار در شبیه سازی، آبزار قدرتمند برای تجزیه و تحلیل سریع رفتار سیستم و بهبود بالقوه در طراحی.در شکل (۱) شماتیک کلی ساختمان طراحی شده در این تحقیق به متراژ ۸۰ متر در جهت جنوب قابل مشاهده می باشد.



شکل(۱) شماتیک ساختمان انرژی صفر طراحی شده

۳- تحلیل نتایج

در یک ساختمان انرژی صفر علاوه بر تولید انرژی توسط ساختمان، بهینه سازی مصرف انرژی و جلوگیری از هدر رفت انرژی نیز باید مورد توجه قرار گیرد. در این پژوهش در ساختمان انرژی صفر جهت جلوگیری از هدر رفت انرژی از عایق کاری در سطوح مختلف بنا استفاده شده است تا تبادل حرارت با محیط بیرون به کمترین میزان برسد دمای ساختمان انرژی صفر توسط ترموستات در هر لحظه محاسبه و توسط سیستم های هوشمند تحلیل می‌گردد و در صورت لزوم فرمان خاموش یا روشن شدن تجهیزات سرمایشی و گرمایشی

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

صـادر می گردد. بار مصـرفی سـاختمان در جدول (۳) قابل مشـاهده می باشـد. پس از وارد کردن توان، تعداد و سـاعت مصـرفی تجهیزات، شـبیه سـازی انرژی مصـرفی کل بنای انرژی صـفر توسـط نرم افزار صـورت می گیرد. پارامترهای محاسـباتی نرم افزار را برحسـب نیاز می‌توان بصـورت روزانه، ماهانه یا سـالانه از نرم افزار اسـتخراج کرد. برآیند انرژی مصـرفی سـاختمان انرژی صـفر و همچنین میزان دی اکسـید کربن تولیدی که به صـورت ماهانه توسـط نرم افزار انرژی پلاس محاسبه گردیده است در جدول (۴) به صورت پارامترهای عددی قابل مشاهده است.

جدول(۲) متریال و عایق قسمت های مختلف ساختمان انرژی صفر و ساختمان معمولی

ساختمان	پارتیشن	لایه اول (بیرونی)	لایه دوم	لایه سوم	لایه چهارم(داخلی)
ساختمان zeb	دیوارهای بیرونی	100mm brick	50mm insulation board	Wall air space resistance	19mm gypsum board
	سقف	100mm heavyweight concrete	Ceiling air space resistance	50m insulation board	19mm gypsum board
	پارتیشن داخلی	19mm gypsum board	50m insulation board	19mm gypsum board	–
	کف	100mm heavyweight concrete	50m insulation board	Acoustic tile	–
	پنجره ها	CLEAR 3MM	AIR 6MM	CLEAR 3MM	–
	درب ساختمان	Wood siding	Wood shingles	–	–
ساختمان معمولی	دیوارهای بیرونی	100mm brick	19mm gypsum board	–	–
	سقف	100mm lightweight concrete	19mm gypsum board	–	–
	پارتیشن داخلی	19mm gypsum board	50m insulation board	19mm gypsum board	–
	کف	Wood shingles	150mm lightweight concrete block	–	–
	پنجره ها	CLEAR 3MM	–	–	–
	درب ساختمان	Wood siding	–	–	–

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

جدول(۳) توان مصرفی تجهیزات ساختمان

ردیف	نوع تجهیز	تعداد	توان مصرفی	ساعت مصرفی در روز
1	تلویزیون	1	50	2
2	یخچال	1	350	24
3	کولر	1	1200	12
4	تهویه	1	50	2
5	اتو	1	2000	0.5
6	ماشین لباسشویی	1	2100	0.5
7	لپ تاپ	1	50	1
8	سشوار	1	1800	0.25
9	جارو برقی	1	1800	0.25
10	روشنایی داخلی	4	20	6
11	روشنایی بیرونی	1	50	6
12	اجاق گاز	1	2000	3.5
13	پکیج حرارتی	1	3000	12

در جدول (۴) انرژی مصرفی ساختمان انرژی صفر در ماه های مختلف سال بر حسب کیلوژول قابل مشاهده است. بر اساس جدول بالا میزان مصرف انرژی الکتریکی در ماهای گرم سال به دلیل استفاده از تجهیزات سرمایشی بیشتر از ماهای سرد سال می باشد و در ماهای سرد سال نیز میزان مصرف انرژی گازی به دلیل استفاده از تجهیزات گرمایشی بیشتر از ماهای گرم سال می باشد. بیشترین انرژی الکتریکی مصرفی ماهانه با بیش از ۲/۵میلیون کیلوژول در مرداد ماه می باشد. میزان دی اکسید کربن تولیدی بنا در ماهای سرد سال به دلیل استفاده از تجهیزات گاز سوز و راندمان پایین این تجهیزات، بیشتر از ماهای گرم سال است. در ماه دی که سرد ترین ماه سال می باشد میزان انرژی گازی مصرفی به بالای ۴۱۲۹۲۰۰ کیلوژول می رسد و میزان دی اکسید کربن تولیدی نیز در این ماه به بالای ۲۰۷ کیلوگرم می‌رسد که بیشترین میزان ماهانه می باشد. کمترین میزان انتشار دی اکسید کربن در خرداد

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

ماه می باشـد که برابر با ۳۷/۹ کیلوگرم در ماه می باشـد. در جدول (۵) میزان انرژی مصـرفی ساختمان معمولی برای ماهای مختلف سال قابل مشاهده می باشد. تجهیزات و توان مصـرفی انها در ساختمان انرژی صفر و ساختمان معمولی یکسان می باشد. ساختمان معمولی فاقد عایق هایی می باشـد که در سـاختمان انرژی صـفر استفاده گردیده اسـت. تفاوت نوع عایق ومتریال در قسمت های مختلف ساختمان انرژی صفر و معمولی در جدول(۲) قابل مشاهده می باشد.

جدول (٤) محاسبات انرژی مصرفی ساختمان انرژی صفر توسط نرم افزار انرژی پلاس

	Electricity [kJ](Monthly)	Natural Gas [kJ](Monthly)	CO2 [kg](Monthly)
January	956448	3861360	193.9730642
February	861264	3487680	175.2014773
March	947448	3861360	193.9730642
April	932940	3736800	187.7158686
May	2295288	1278000	64.19955042
June	2473920	756000	37.97719884
July	2568708	781200	39.24310547
August	2554488	781200	39.24310547
September	2479140	756000	37.97719884
October	2356128	1213200	60.94436195
November	918720	3996000	200.7366224
December	961668	4129200	207.4278432
	20306160	28638000	1438.612461

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

جدول(۵) مصرف انرژی ساختمان معمولی در ماهای مختلف سال

Date/Time	Electricity [kJ](Monthly)	Natural Gas [kJ](Monthly)
January	954828	4798260
February	861264	4330080
March	949068	4768560
April	927720	4681800
May	2570076	1623600
June	2784960	993600
July	2884896	1078200
August	2881116	1018800
September	2790180	1023300
October	2634444	1601460
November	920340	5140800
December	956448	5363640
annual	22115340	36422100

در جدول (۶) انرژی مصـرفی سـاختمان انرژی صـفر (zeb) که شـامل مجموع انرژی های الکتریکی و گازی می گردد قابل مشاهده است. بر اساس این جدول انرژی مصرفی ساختمان انرژی صفر در ماه آذر به بیشترین حد خود معادل ۵۰۹۰۸۶۸ کیلو ژول می رسد، در اذر ماه به دلیل استفاده از تجهیزات گاز سوز مصرف انرژی ساختمان در بالاترین حد خود می باشد. در ماه خرداد که مصـرف انرژی سـاختمان در کمترین مقدار خود می باشـد که دلیل این امر خاموش بودن تجهیزات گرمایشی گاز سوز می باشد که مصرف بالایی دارند. انرژی مصرفی ساختمان انرژی صفر در سال برآبر با ۴۸۹۴۴۱۶۰ کیلوژول می باشد. در مقابل انرژی مصرفی ساختمان معمولی در سال برآبر با ۵۸۵۳۷۴۴۰ کیلوژول می باشد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

۳-۱ میزان دی اکسید کربن تولیدی

در یک ساختمان انرژی صفر میزان دی اکسید کربن کمتری نسبت به سایر بناهای هم متراژ تولید می شود. کاهش انتشار گاز دی اکسید کربن به فضا در کنار کاهش میزان مصرف انرژی دو عامل مهم احداث ساختمان های انرژی صفر می باشند. در جدول (۷) میزان انتشار گاز دی اکسید کربن در ماهای مختلف سال را برای ساختمان انرژی صفر بر حسب کیلو گرم در ماه را می توان مشاهده کرد.

جدول(٦) مصرف انرژی در ساختمان انرژی صفر و معمولی در ماهای مختلف سال

month	Zeb [KJ]	Building [KJ]
January	4817808	5753088
February	4348944	5191344
March	4808808	5717628
April	4669740	5609520
May	3573288	4193676
June	3229920	3778560
July	3349908	3963096
August	3335688	3899916
September	3235140	3813480
October	3569328	4235904
November	4914720	6061140
December	5090868	6320088
annual	48944160	58537440

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

جدول (۷) میزان انتشار سالانه گاز دی اکسید کربن در ساختمان انرژی صفر و ساختمان معمولی

Date/Time	CO_2 zeb[kg](Monthly)	CO_2 building [kg](Monthly)
January	193.9730642	241.0376642
February	175.2014773	217.5189275
March	193.9730642	239.5457028
April	187.7158686	235.1873671
May	64.19955042	81.5605556
June	37.97719884	49.9128899
July	39.24310547	54.1627193
August	39.24310547	51.17879653
September	37.97719884	51.40485129
October	60.94436195	80.44836621
November	200.7366224	258.2449521
December	207.4278432	269.4391836
annual	1438.612461	1829.641976

بر اساس جدول (۷) میزان دی اکسید کربن تولیدی بنای انرژی صفر در ماه آذر با ۲۰۷/۴۲ کیلوگرم بیشترین میزان انتشار دی اکسید کربن در جو می باشد و در ماه خرداد و شهریور با ۳۷/۹۷ kg کمترین میزان انتشار گاز دی اکسید کربن است. در ساختمان معمولی نیز در ماه آذر با ۲۶۹/۴۳ kg بیشترین میزان انتشار گاز دی اکسید کربن و در ماه تیر با ۴۹/۹۱ kg کمترین میزان انتشارگاز دی اکسید کربن در فضا را اتفاق می افتد. انتشار سالانه گاز دی اکسید کربن در یک ساختمان انرژی صفر در سال معادل ۱۴۳۸/۶۱ kg می باشد و برای ساختمان معمولی برآبر با ۱۸۲۹/۶۴ kg می باشد. در مجموع در این ساختمان انرژی صفر به میزان ۳۹۰/۳۹ kg معادل٪ ۲۱/۳ از انتشار گاز دی اکسید کربن به جو نسبت به ساختمان معمولی کاسته شده است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

۲-۳ محاسبه انرژی آبگرمکن خورشیدی

در ساختمان انرژی صفر تامین آب گرم ساختمان توسط آبگرمکن خورشیدی صورت می‌گیرد که این امر باعث کاهش انتشار گاز CO_2 به جو زمین می گردد. البته در بررسی دقیق‌تر باید میزان دی اکسید تولیدی تجهیزات الکتریکی را با توجه به توان مصرفی هر تجهیز بر اساس کیلووات و میزان دی اکسید تولید شده در نیروگاه های برق به ازای تولید هر کیلووات توان بررسی گردد.

آبگرمکن خورشیدی واقع در بنای انرژی صفر دارای یک مخزن ذخیره سازی ۳۰۰ لیتری و در ضلع جنوبی پشت بام با زاویه شیب ۳۰ درجه و زاویه آزیموثی صفر درجه (سمت جنوب مطلق جغرافیای) نصب گردیده است. آبگرمکن های خورشیدی با توجه به حجم مخزن و میزان تابش محیطی خورشید توانای پر و خالی شدن مخزن با ورودی آب سرد و خروجی آب گرم برای یک الی سه سیکل در روز را دارا می باشند.در ساختمان انرژی صفر این پژوهش برای تامین آب گرم مصرفی متوسط نیاز مصرفی ساکنین ۱۵۰ لیتر در روز در نظر گرفته شده است. در جدول (۸) میزان انرژی تولیدی برای آب گرم توسط آبگرمکن خورشیدی در ساختمان انرژی صفر و میزان انتشار گاز CO_2 برای تولید این مقدار انرژی توسط سوخت گازی با استفاده از نرم افزار انرژی پلاس قابل مشاهده است. بر اساس جدول(۸) با استفاده از آبگرمکن خورشیدی در سال معادل ۸۱۴۶۸۰۰ کیلوژول در مصرف انرژی الکتریکی صرفه جویی می شود و همچنین از انتشار۱۳۶۴/۱۶کیلوژول گازCO_2 به جو زمین جلوگیری می گردد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

جدول(۸) انرژی تولیدی ابگرمکن خورشیدی ساختمان صفر انرژی و گاز CO_2 تولیدی برای این مقدار انرژی توسط سوخت گاز

Date/Time	Electricity [kJ](Monthly)	CO_2[kg](Monthly)
January	691920	115.8605971
February	624960	104.6482812
March	691920	115.8605971
April	669600	112.1231585
May	691920	115.8605971
June	669600	112.1231585
July	691920	115.8605971
August	691920	115.8605971
September	669600	112.1231585
October	691920	115.8605971
November	669600	112.1231585
December	691920	115.8605971
annual	8146800	1364.165095

۳-۳ انرژی تولیدی توسط ساختمان انرژی صفر

سیستم های فتوولتائیک دارای عمر طولانی (حدود ۲۰)سال، قابلیت نصب و راه اندازی در شرایط جغرافیایی ویژه مانند مناطق صعب العبور و کوهستانی، قابلیت استفاده درسیستم های متحرک، نگهداری آسان، عدم وابستگی به شبکه در نقاط دور دست، قابلیت استفاده به صورت متصل و منفصل از شبکه هستند که آینده درخشانی را برای استفاده از سیستم های فتوولتائیک ترسیم می کنند. ماژول و اینورتر مهم ترین اجزای نیروگاه خورشیدی متصل به شبکه هستند. با توجه به بالا بودن هزینه اولیه این نیروگاه ها، طراحی بهینه اجزای اصلی

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

نیروگاه ها با در نظر گرفتن مسایل مالی، قابلیت اطمینان و استفاده بهینه از فضای محل نصب نیروگاه ها امری ضروری است.

۱-۳-۳جهت‌گیری پانل ها (ماژول)

برای دریافت بیشترین تابش جهت گیری پانل ها باید به سمت جنوب جغرافیایی (آزیموث صفر) باشد.[۱۰] تولید انرژی این ساختمان توسط پانل های فتوولتائیک که در پشت بام ساختمان با شیب ۲۹ درجه و اختلاف زاویه صفر نسبت به جنوب نصب شده است و هم چنین پانل هایی که در بدنه ساختمان به صورت تلفیق شده با ساختمان یا نصب شده در بدنه بنا (BIPV-building integrated photovoltaic) در ضلع جنوبی ساختمان قرار دارند تامین می گردد. استفاده از سیستم BIPV به منظور استفاده حداکثری از فضای در دسترس بصورت تلفیق شده با ساختمان برای تامین انرژی می باشد و این امر می تواند ساختمان را هرچه بیشتر به یک بنای انرژی صفر نزدیک تر کند. زاویه نصب شده پانل های BIPV ۹۰ درجه می باشد (به صورت نصب در بدنه بنا) و در جهت جنوب مطلق (آزیموث صفر) قرار دارد، لازم به ذکر است سایه اندازی یک درخت که در ضلع جنوبی ساختمان واقع شده است و باعث ایجاد تلفات می‌گردد با توجه به مسیر حرکت خورشیدی توسط نرم افزار محاسبه گردیده است. شبیه سازی پانل های واقع در پشت بام و پانل هایی که به صورت BIPV در بدنه نصب شده اند به صورت مجزا توسط نرم افزار PVsyst صورت گرفته است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

۲-۳-۳ ماژول و اینورتر مورد استفاده

در انتخاب ماژول علاوه بر تطابق اینورتر و ماژول باید به این نکته هم توجه کنیم که در بازار ایران باید برندهای انتخابی موجود باشند. ماژول انتخابی از مونو کریستال از مدل suntech و ۳۵۰ وات می باشد. در جدول ۹ مشخصات ماژول انتخابی قابل مشاهده می باشد.

جدول(۹)مشخصات ماژول انتخابی

پارامتر	نماد	واحد	مقدار
توان خروجی	P_{max}	وات (W)	350
ولتاژ در توان بیشینه	V_{mpp}	ولت(V)	36.2
جریان در توان بیشینه	I_{mpp}	آمپر(A)	9.7
ولتاژ مدار باز	V_{oc}	ولت(V)	46.2
جریان اتصال کوتاه	I_{sc}	آمپر(A)	10.17
راندمان ماژول	η	%	23.01

در انتخاب اینورتر برای نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک متصل به شبکه علاوه بر توجه به پارامترهای اقتصادی و راندمان دستگاه باید به مسایل حفاظتی دستگاه نیز توجه داشت. از جمله این حفاظت ها سیستم حفاظت جزیره ای می باشد که در صورت قطع شدن برق شبکه به منظور تعمیرات یا مانور در شبکه از تزریق توان به شبکه برای حفظ ایمنی نفرات جلوگیری کند. در جدول (۱۰) مشخصات اینورتر انتخابی قابل مشاهده می باشد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

جدول(۱۰) مشخصات اینورتر انتخابی

پارامتر		واحد	مقدار
ماکزیمم توان DC	Max DC power	وات(w)	7300
ماکزیمم ولتاژDC	Max DC voltage	ولت(v)	600
ولتاژنامی DC	voltage nominal DC	ولت(v)	480
محدوده ولتاژMPP	range voltage MPP	ولت(v)	480
کمترین ولتاژ DC –ولتاژآغازین	voltage start–voltage DC Min	ولت(v)	245
ماکزیمم جریان ورودی	current input Max	آمپر(A)	14.8
توان نامی AC	AC nominal power	وات(w)	7000
ولتاژنامی AC	AC nominal voltage	ولت(v)	240
محدوده ولتاژ AC	AC voltage range	ولت(v)	110-260
ماکزیمم جریان خروجی	current output Max	آمپر(A)	29.2
ماکزیمم راندمان	efficiency Max	%	96.8

۳-۳-۳ طراحی نیروگاه فتوولتائیک نصب شده در پشت بام

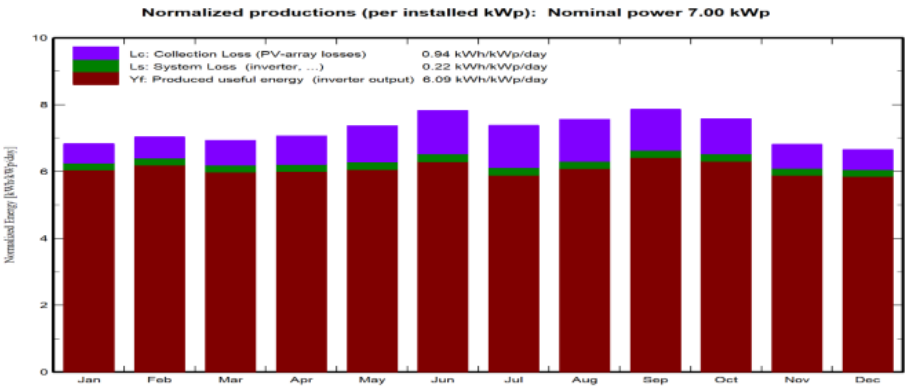
در این پژوهش با توجه به فضای در دسترس در پشت بام بنا یک نیروگاه فتوولتائیک روی پشت بام به ظرفیت ۷ کیلووات در نظر گرفته شده است. بدین منظور از پانل های ۳۵۰ واتی مونو کریستال از برند suntech به تعداد ۲۰ عدد استفاده شده است که نحوه قرارگیری پانل ها نصب شده روی پشت بام به دلیل فضای قابل استفاده با دو آرایه هم بندی شده است. هر آرایه شامل ۱۰ عدد پانل می باشد که به صورت سری متصل می باشند.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

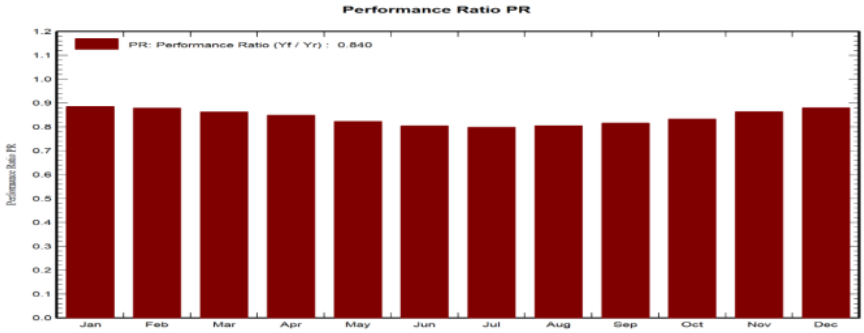
٤-۳-۳ نتایج حاصل از شبیه سازی

شکل(۳) نشان دهنده تلفات ماهیانه دریافت انرژی و تجهیزات سیستم به نسبت انرژی تولید شده توسط نیروگاه می باشد. همانطور که مشاهده می شود در نمودار دو دسته از افت ها نمایش داده شده است. قسمت سبز رنگ مربوط به افت سیستم (اینورتر و....) می باشد. قسمت بنفش مربوط به افت جمع آوری تابش است که در آرایه هایpv رخ می دهد. افت حاصل از سیستم در طول سال تغییرات کمی دارد در حالیکه افت حاصل از آرایه ها در فصول گرم سال افزایش می یابد و گرما باعث کاهش راندمان سلول های خورشیدی می باشد.در ماهای گرم سال به دلیل طولانی بودن طول روز و افزایش ساعات تابش نسبت به ماهای سرد سال انرژی بیشتری در طول روز توسط نیروگاه فتوولتائیک تولید می شود. در شکل (۳) همانطور که قابل مشاهده است میزان تولید توان در ماهای مختلف سال با نوسان همراه است که دلیل این امر وجود سایه یک درخت در ضلع جنوبی ساختمان به ارتفاع ۱۰ متر و در فاصله ۴ متری از ساختمان می باشد که به دلیل متغیر بودن ارتفاع خورشید در ماهای مختلف سال این نوسان در نمودار میله ای تولید انرژی ایجاد شده است. تلفات AC سیستم ۰/۲۲ کیلووات ساعت در روز می باشد و تلفات DC سیستم ۰/۹۴ کیلووات ساعت در روز می باشد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]



شکل (۳)تلفات ماهانه دریافت انرژی وتجهیزات سیستم به نسبت انرژی تولید شده توسط اینورتر



شکل (٤) ضریب عملکرد ماهانه نیروگاه در طول یکسال

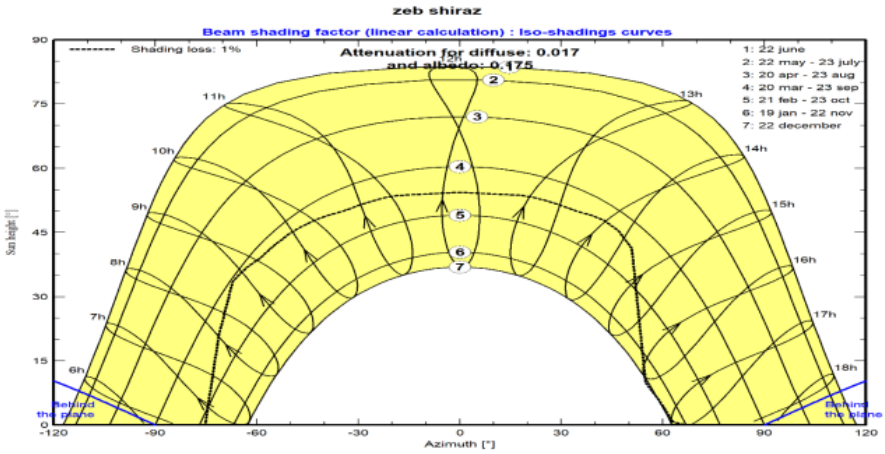
شکل(۴) ضریب عملکرد ماهانه نیروگاه در طول یک سال می باشد. که در این بررسی میانگین سالانه به۸۴ درصد رسیده و در حالت کلی، بهترین وضعیت آن بین ۸۰ تا ۸۸ درصد می باشد که از تقسیم میزان انرژی تزریق شده به شبکه به میزان انرژی دریافتی از سوی پانل‌ها بدست می آید. بیشترین ضریب عملکرد نیروگاه ۸۹ درصد می باشد که این ضریب عملکرد در ماهای سرد سال اتفاق می افتد و کمترین ضریب عملکرد ۸۱ درصد می باشد که مربوط به ماه گرم سال می باشد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

جدول (۱۱) جدول میزان تابش و انرژی تزریقی به شبکه بصورت ماهیانه و سالیانه

Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR ratio
January	136.6	19.56	6.18	211.8	202.5	1359	1314	0.886
February	144.9	25.84	8.80	197.2	189.6	1257	1215	0.880
March	183.5	43.15	13.41	215.0	207.5	1345	1299	0.863
April	205.5	56.43	18.02	212.1	204.1	1307	1262	0.850
May	245.1	53.70	24.56	228.6	219.8	1365	1317	0.823
June	264.0	46.33	28.91	234.8	226.0	1372	1323	0.805
July	251.6	52.14	31.39	228.8	220.0	1326	1279	0.799
August	237.4	46.36	29.91	234.6	226.3	1369	1322	0.805
September	210.3	33.23	25.71	235.7	227.9	1395	1347	0.816
October	181.4	28.07	20.24	235.0	226.5	1418	1370	0.833
November	138.7	25.02	11.78	204.6	196.0	1281	1238	0.864
December	128.7	20.71	7.54	206.4	197.2	1316	1272	0.880
Year	2327.7	450.55	18.93	2644.6	2543.3	16109	15557	0.840



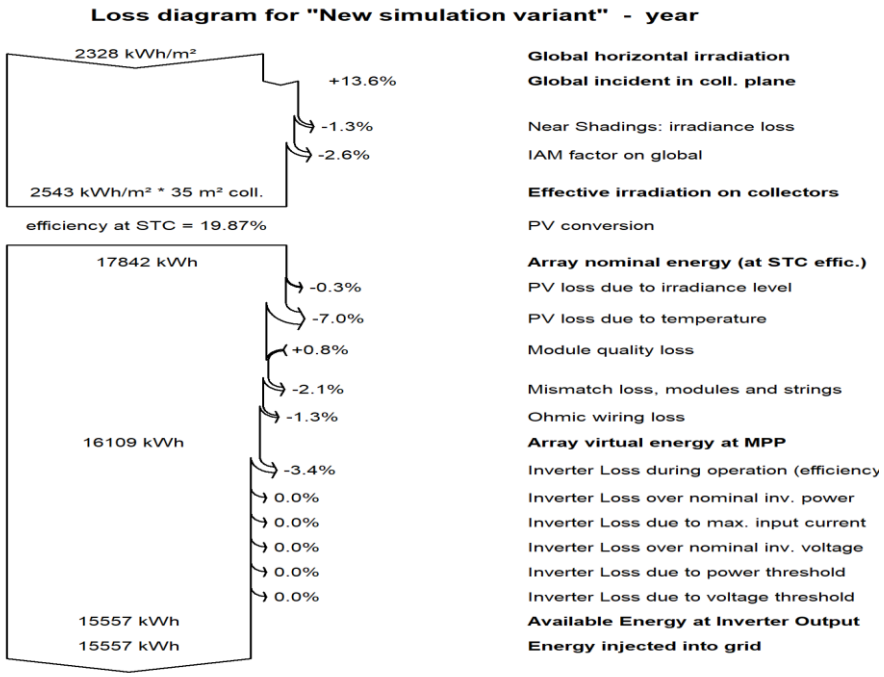
شکل (۵) مسیر حرکتی خورشید و تلفات سایه اندازی

در شکل (۶) خطوط سایه درخت که باعث افت راندمان نیروگاه می باشد بصورت خط چین قابل مشاهده می باشد. همانطور که درشکل مشخص است زمانی که زاویه ارتفاع خورشید به بالای ۵۰ درجه می رسد دیگر سایه درخت بر روی نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک واقع در در پشت بام وجود ندارد اما همچنان بر روی نیروگاه فتوولتائیک BIPV واقع در بدنه ساختمان

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

سایه اندازی دارد. این درخت ارتفاع ۱۰ متر،عرض ۲.۵ متر و در فاصله ۴ متری از ساختمان و در ضلع جنوبی ساختمان واقع شده است. بر اساس شکل ۶ تابش افقی در منطقه نصب نیروگاه برابر kWh/m^2 ۲۳۲۸ در سال می باشد، مجموع تابش های diffuse و reflect نیز باعث افزایش ۱۳/۶ ٪ توان رسیده به سطح پانل ها می گردد. از این میزان توان تابشی رسیده به سطح پانل ها به دلیل بازتابش از سطح پانل ها به میزان ۲/۶٪ تلفات ایجاد می شود و در نهایت به میزان kWh/m^2 ۲۵۴۳ توان تابشی به سطح پانل ها می رسد و با راندمان ۱۹/۸۷ ٪ پانل ها توان تولیدی نیروگاه که به صورتDC می باشد معادل ۱۷۸۴۲MWh در سال می باشد. پس از کسر تلفات از توان تولیدی که شامل تلفات ناشی پانل، اینورتر و وایرینگ می شود ۱۵۵۵۷ MWh توان به صورت سالانه به شبکه تزریق می گردد. بیشترین تلفات مربوط به اثر دمای پانل می باشد که موجب افت راندمان ۷ درصدی می گردد. مجموع تلفات dc سیستم ۱۰/۷ درصد می باشد و مجموع تلفات ac سیستم ۳/۴ درصد می باشد که مربوط به اینورتر می باشد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]



شکل(٦) نمودار تلفات کل نیروگاه و میزان تابش و تزریق به شبکه در سال برای نیروگاه خورشید

۳-۳-۳ طراحی نیروگاه تلفیق شده با ساختمان BIPV

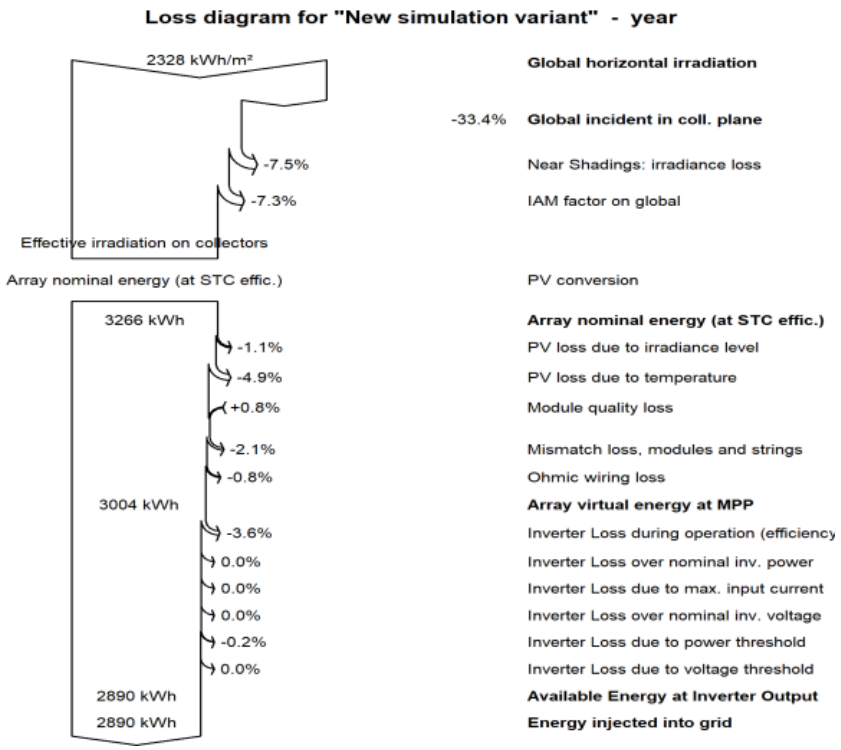
به منظور استفاده حداکثری از فضای موجود در قسمت بیرونی ساختمان جهت تامین انرژی علاوه بر فضای پشت بام، از بدنه ساختمان نیزجهت نصب پانل های فتوولتائیک استفاده می کنیم. با توجه به کاهش هزینه احداث نیروگاه های فتوولتائیک در سال های اخیر، احداث نیروگاه ها به صورت BIPV با وجود میزان تابش دریافتی کمتر نسبت به پشت بام با توجیه اقتصادی همراه است.پانل های مورد استفاده در نیروگاه BIPV از نوع مونو کریستال ۳۵۰

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

وات از برند suntech می باشد. برای احداث این نیروگاه از ۷ عدد پانل ۳۵۰ وات استفاده گردیده است.

در شکل (۷) دیاگرام کلی توان تولیدی و تلفات نیروگاه نصب شده در بدنه ساختمان قابل مشاهده است. بر اساس داده های شکل (۷) تابش افقی نصب نیروگاه kWh/m^2 ۲۳۲۸ می‌باشد، از این میزان توان تابشی رسیده به سطح پانل ها به دلیل تلفات سایه ی نزدیک به میزان ۷/۵٪ تلفات ایجاد می شود و تلفات IAM نیز باعث ایجاد تلفات ۷/۳٪ می گردد. به دلیل موقعیت نصب پانل ها به میزان ۳۳/۴٪ نیز از میزان تابش قابل دریافت توسط پانل ها کاسته می گردد. پس از کسر سایر تلفات شامل تلفات ناشی پانل اینورتر و وایرینگ می شود kwh/m^2 ۲۸۹۰ توان به صورت سالانه به شبکه تزریق می گردد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]



شکل (۷) نمودار تلفات کل نیروگاه BIPV و میزان تابش و تزریق به شبکه در سال برای نیروگاه خورشیدی

٤. نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی های انجام شده، ساختمان طراحی شده یک ساختمان انرژی صفر متصل به شبکه می باشد. میزان تولید انرژی در این ساختمان توسط نیروگاه فتوولتائیک نصب شده در پشت بام معادل ۵۶۰۰۵۲۰۰ kJ و نیروگاه BIPV نصب شده در بدنه ساختمان معادل ۱۰۴۰۴۰۰ kJ در سال می باشد که در مجموع انرژی تولید شده توسط نیروگاه های فتوولتائیک به ۶۶۴۰۹۲۰۰ kJ در سال می رسد. در این بنا برای تامین آب گرم مصرفی از

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

یک آبگرمکن خورشیدی استفاده شده است که ظرفیت مخزن ان ۳۰۰ لیتر می باشد. با توجه به ظرفیت گرمای ویژه اب که معادل ۴/۲ کیلو ژول بر درجه سلسیوس بر کلیوگرم می باشد و با فرض مصرف متوسط روزانه ۱۵۰ لیتر اب گرم در ساختمان و افزایش دمای اب از ۲۵ درجه سانتی گراد بعنوان دمای متوسط محیط به ۶۰ درجه سانتی گراد که با افزایش ۳۵ درجه ای دما همراه است می توان نتیجه گرفت در سال ۸۰۴۸۲۵۰ kJ در مصرف انرژی صرفه جویی شده است.

در مجموع می توان نتیجه گرفت که انرژی تولید شده و صرفه جویی شده سالانه در بنای انرژی صفر این پژوهش معادل ۷۴۴۵۷۴۵۰ kJ می باشد. در مقابل، انرژی مصرفی این ساختمان انرژی صفر در سال معادل ۴۹۴۰۷۸۴۰ kJ می باشد. در نتیجه این ساختمان انرژی صفر با مازاد تولید انرژی قابل توجه معادل ۲۵۰۴۹۶۱۰ kJدر سال یک بنای انرژی صفر مطلق یا انرژی صفر مثبت می باشد. در راستای بهینه سازی مصرف انرژی با استفاده از نرم افزار Energy Plus ساختمانی طراحی شده است که در مقایسه با ساختمان معمولی کاهش چشمگیری در مصرف انرژی و تولید دی اکسید کربن دارد که گام مهمی در کاهش آلودگی های زیست محیطی برداشته می شود. این ساختمان انرژی صفر باعث انتشار سالانه ۶۱/۱۴۳۸ kg دی اکسید کربن در جو کره زمین می شود. میزان دی اکسید کربنی که به ازای هر کیلووات برق تولیدی به جو زمین منتشر می شود به نوع سوخت مصرفی وابسته است. در ایران با توجه به نوع سوخت فسیلی مصرفی نیروگاه های تولید کننده انرژی الکتریکی، طبق گزارش وزارت نیرو به ازای هر کیلووات انرژی الکتریکی تولیدی ۵۳۷/۹۳ گرم کربن دی اکسید وارد جو کره زمین می شود. بر این اساس و با توجه به تولید ۱۸۴۴۷ MWh انرژی الکتریکی سالانه توسط نیروگاه نصب شده در بنا سالانه از انتشار ۹۹۲۳/۱۹ کیلو گرم دی

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

اکسید کربن به جو کره زمین کاسته خواهد شد. با توجه به عملکرد ابگرمکن خورشیدی این بنا در کل ۱۱۱۲۵/۸ کیلو گرم سالانه از انتشار کربن دی اکسید جلوگیری می کند و باتوجه به تولید ۱۴۳۸/۶ کیلوگرمی دی اکسید کربن توسط بنا، برایند تولید دی اکسید کربن در این بنا با کاهش ۹۶۸۷/۲ کیلوگرمی همراه می باشد. بر اساس استانداردهای سازمان محیط زیست کانادا هر درخت بالغ در سال می تواند ۱۱۸ کیلوگرم دی اکسید کربن جذب کند که بر این اساس احداث این ساختمان انرژی صفر معادل ۹۵ درخت در سال در کاستن از دی اکسید کربن جو کره زمین عملکرد دارد.

استفاده از پانل‌های فتوولتائیک در ساختمان امکان استفاده از انرژی تجدید پذیر همچون انرژی خورشیدی را میسر می کند و با جذب انرژی خورشیدی و تولید برق ساختمان مورد نظر به یک ساختمان خودکفا در تولید انرژی رسیده است. لازم به ذکر است پانل ها از نوع مونو کریستال، باعث افزایش راندمان می شوند. نتایج به دست آمده نشان می دهد که میزان مصرف انرژی در ساختمان مورد بررسی در فصل زمستان بیشتر از تابستان است که به دلیل شرایط آب و هوایی و پایین بودن راندمان تجهیزات گازی این امر صورت می گیرد.

۵. منابع

[۱] M.T. Iqbal, A feasibility study of a zero energy home in Newfoundland, Renewable Energy ۲۹ (۲) (۲۰۰٤).

[۲] Aksoy, U.T. & Inalli, M.(۲۰۰٦). "Impacts of some building passive design parameters on heating demand for a cold region",.pp.۲٤٥-۲۷۰

[۳] P. Torcellini, S. Pless, M. Deru, D. Crawley, Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition, in: ACEEE Summer Stud, Pacific Grove, California, USA, ۲۰۰٦.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]

[٤] P. Platell, D.A. Dudzik, Zero Energy Houses Geoexchange, Solar CHP, and Low Energy Building Approach, in: Energy Sustainability Conference, Long Beach, California, ٢٠٠٧.

[٥] Wang, L., Gwilliam, J., and Jones, P., ٢٠٠٩. "Casestudy of zero energy house design in UK". Energyand Buildings, ٤١, pp. ١٢١٥-١٢٢٢.

[٦] P. Hernandez, P. Kenny, From net energy to zero energy buildings: defining life cycle zero energy buildings (LC-ZEB) Energy and Buildings ٤٢ (٦) (٢٠١٠)٨١٥–٨٢١.

[٧] U.S. Department of Energy(٢٠٢٢) ,energy plus Engineering Reference

[٨] D. Crawley, S. Pless, P. Torcellini, Getting to net zero, ASHRAE Journal ٥١ (٩)(٢٠٠٩) ١٨

[٩] www.pvsyst.com

[١٠] Duffie, J.A. and Beckman, W.A.,١٩٩٢ "Solar Energy Engineering", John Wiley, U.S.A.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-22]