مجله پژوهش و کاربرد در مکانیک دوره ۱۳ شماره ۲ سال ۱۴۰۲ (۲۰۲۳) ۶۴-۵۶

بررسی عملکرد فتوولتائیک یکپارچه با سیستم سایبان ادغامی در بهینه سازی مصرف انرژی ساختمان

[1]فردین بابازاده : دکتر اباذر وحدت آزاد

دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب : دانشکده فنی : گروه مهندسی مکانیک - تبدیل انرژی

استادیار گروه مکانیک : دانشکده فنی و مهندسی : دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب : تهران - ایران

چکیده:

امروزه مشغله فکری بسیاری از طراحان و مهندسین ساختمان و مدیران منابع انرژی، افزایش مصرف و خطر اتمام سریع منابع فسیلی می باشد. بحران های زیست محیطی و انرژی به عنوان مسئله ای اساسی در زندگی بشر مطرح شده است.معماری نیز از این پدیده مهم مستثنا نبوده است، زیرا میزان مصرف انرژی در ساختمان ها تاثیر بسیار زیادی بر روی محیط زیست دارد. نمای ساختمان به عنوان حد فاصل فضای درون و بیرون، دارای توان بالقوه ای در جهت مصرف بهینه انرژی از یک سو و ابزار بهره مندی از انرژی های طبیعی تجدید پذیر از سوی دیگر است. در بناهای سنتی، نما به صورتی ثابت و غیرقابل تغییر در فرم کلی و نقاط پر و خالی آن اندیشه می شد که انطباق با ساعات مختلف روز و فصول مختلف در آن وجود نداشت. از اینرو استفاده از عناصر متحرک و فناوری های نوین در زمینه معماری به دلیل انطباق با شرایط مختلف محیطی میتواند باعث کاهش مصرف انرژی در ساختمان ها شود. این نماها می توانند در پاسخ به شرایط مختلف جوی مانند وزش باد، گرما و سرمای بیش از حد و تغییر تابش نور خورشید عکس العمل نشان دهند. مطابق آنچه در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان ذکر گردیده، الزامی بر تعیین کاربری بخش هایی از ساختمان که متراژ کمتر از ۱۵۰ مترمربع دارند، نمی باشد این در حالی است که هم اکنون نیز در برخی ساختمان های دولتی، تاسیسات گرمایش و سرمایش به صورت مرکزی است و واحدهای سرایداری و نگهبانی در قسمتی از ساختمان سکونت دارند و از عوامل مصرف بالا این ساختمان ها هستند. این در حالی است که مصوبه هیئت وزیران مبنی بر این که موسسات و شرکت های دولتی و نهادهای عمومی غیردولتی، بانک ها و ... حداقل ۲۰ درصد تقاضای برق خود را با انرژی تجدیدپذیر تامین کنند تاکنون اجرا نشده است و شاید یکی از دلایل آن محدودیت های فضایی برای اجرایی شدن در بسیاری از این ساختمان ها می باشد. در این پژوهش به لحاظ رعایت ساختار اصلی مقاله مرجع ، ساختمان هنرستان دولتی در استان ایلام که شرایط مشابهی دارد ، مورد بررسی قرار گرفت و با

[1]babazadfardin1370@gmail.com
Abazar.vahdat@gmail.com
Ab.vahdat@iau.ac.ir
Info_fanni@azad.ac.ir

ارزیابی و شبیه سازی فنی و اقتصادی یک نیروگاه فتوولتاییک ۱۰ کیلووات یکپارچه با سایبان و تامین تقاضای برق واحد سرایداری داخل ساختمان با استفاده از این نیروگاه، نشان داده می شود.نتایج نشان می دهد که با تامین برق این بخش و تفکیک آن که ۴.۶ درصد تقاضای برق کل ساختمان را دارد میتوان ۱۶.۳ و ۲۹.۵ درصد در مصرف برق و گاز کل ساختمان صرفه جویی کرد.

مقدمه

در شهریور سال ۱۳۹۵ مصوبه ای از سوی هیئت وزیران به تصویب رسید که بر اساس این مصوبه موسسات و شرکت های دولتی و نهادهای عمومی غیردولتی، بانک ها، شهرداری ها و ... بر اساس فهرستی که وزارت نیرو تعیین و اعلام نموده است موظف هستند طی دو سال حداقل ۲۰ درصد از برق مصرفی ساختمان های خود را از انرژی های تجدید پذیر تامین نمایند. اما متاسفانه بعد از گذشت چندین سال هم اکنون در سال ۱۴۰۲ نیز کماکان خبری از اجرای این مصوبه نیست و سندیکای صنعت برق در اردیبهشت ۹۹ خواستار پیگیری و الزام این مصوبه از وزارت نیرو شد.

ساختمان های دولتی و عمومی عموما ساختمان هایی با میزان مصرف انرژی بالا و کاربری اداری هستند. در تعیین گونه بندی کاربری ساختمان، در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان آمده است که بخش هایی از ساختمان که مساحت بیش از ۱۵۰ مترمربع دارند، باید کاربری آنها تعیین گردد ولی آیا فضاهای با مساحت کمتر از این مقدار مانند بخش سرایداری نیاز به تعیین کاربری ندارند؟ و اینکه تفکیک این بخش ها، از کاربری اصلی چه میزان می تواند صرفه انرژی داشته باشد؟ سوالاتی هستند که در ادامه این پژوهش و مطالعه موردی، بررسی خواهد شد. انرژی مطمئنا نقش حیاتی در توسعه فعالیت های انسانی ایفا می کند و برق یکی از اصلی ترین نگرانی ها برای آینده روبه رشد هر ملت است. بین پیشرفت فعالیت های انسانی و مصرف انرژی ارتباط مستقیمی وجود دارد. توسعه پایدار اجتماعی و اقتصادی به ظرفیت تولید انرژی یک کشور بستگی دارد. سیستم های فتوولتاییک در اندازه و ظرفیت های مختلف در سال های اخیر در سراسر جهان نصب شده اند. فتوولتاییک ها به دو نوع طبقه بندی می شوند: سیستم های متصل به شبکه و سیستم مستقل از شبکه. بهره مندی از سیستم فتوولتاییک مستقل در پشت بام، مستقیما در کاهش پیک بار، به ویژه در شرکت های کوچک و متوسط و کارخانه ها مفید است. از دیگر مزایای سیستم خورشیدی پشت بام کاهش تلفات در خط تولید، انتقال و توزیع است زیرا از برق در محل تولید استفاده می شود (۱و۲و۳).

روش تحقیق:

در این مقاله، هدف ارزیابی و بررسی عملکرد طراحی یک نیروگاه فتوولتاییک برای یک ساختمان دولتی (هنرستان)، متناسب با شرایط و محدودیت های موجود می باشد و اینکه میزان تقاضا در بخش های کمتر از ۱۵۰ مترمربع، چه تاثیری بر مصرف انرژی کل داشته و تفکیک این بخش ها و مهیا کردن تقاضای آن ها با استفاده از سیستم فتوولتاییک، در راستای اجرایی کردن مصوبه ۲۰ درصدی انرژی تجدیدپذیر چگونه و چه میزان خواهد بود .ساختمان مورد بررسی، ساختمان هنرستان دولتی استان ایلام بوده که با استفاده از نرم افزار دیزاین بیلدر شبیه سازی شده و برای طراحی سیستم فتوولتاییک از نرمافزار PVsyst استفاده شده است.

پژوهش های انجام شده:

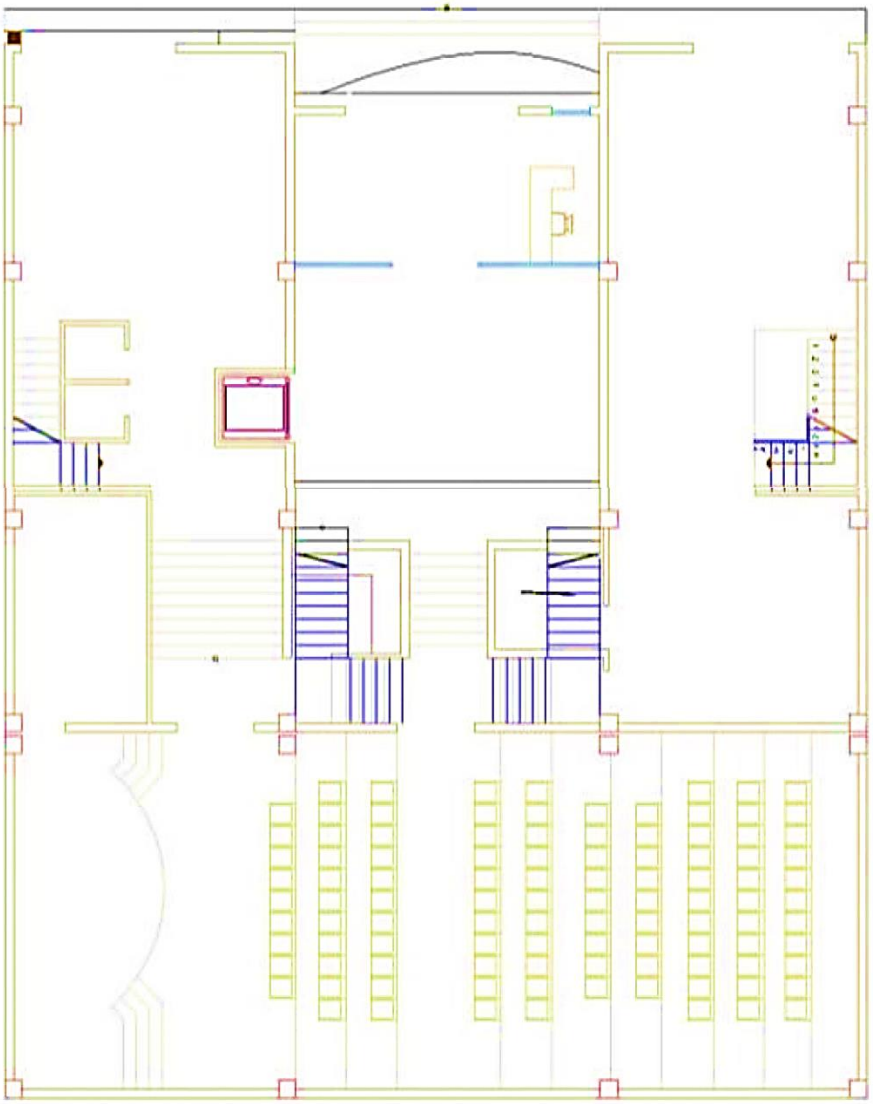
رتوری و همکاران (۴) به بررسی سیستم های خورشیدی متصل به شبکه در کشورهای اقیانوسی پرداختند. سیستم مورد بررسی ظرفیت ۴۵ کیلووات و در کشور فیجی است. سیستم سالانه ۵۴ مگاوات ساعت تولید دارد که تامین کننده ۱۰ درصد برق مورد نیاز منطقه می باشد. این سیستم با عث کاهش ۲۷ تن تولید دی اکسیدکربن بصورت سالانه می شود .بخشی و همکاران (۵) در سال ۲۰۱۶ به تحلیل اقتصادی استفاده از انواع استراکچرهای ثابت، تک محوری و دو محوری در سیستم های خورشیدی متصل به شبکه پرداخته اند. اصلی ترین عامل برای انتخاب نوع استراکچر، میزان برق تولیدی توسط سیستم است. نتایج خروجی نشان می دهد که سیستم دنبال کننده محور عمودی بهترین انتخاب است. ولی برحسب میزان تشعشع و آب و هوا نتایج می تواند جابجا شود. ویرا و همکاران (۶) در سال ۲۰۱۷ استفاده از سیستم ذخیره سازی در کنار سیستم فتوولتاییک خورشیدی در کشور پرتغال را بررسی کردند. جهت کاهش هزینه ها از باتری لیتیومی استفاده شده است. نتایجی که بدست آمد نشان دهنده این است که استفاده از این سیستم، می تواند ۷۶ درصد انرژی تولید شده را در باتری ذخیره کند و استفاده از برق شهری را ۷۸.۳ درصد کاهش دهد. و صورت حساب برق را نیز ۸۷.۲ درصد نیز کاهش پیدا میکند .کو و همکاران (۷) در سال ۲۰۱۷ بررسی فنی و اقتصادی استفاده از سیستم های هوشمند خورشیدی و ساختمان های انرژی صفر به کمک سیستم فتوولتاییک را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که استفاده از سیستم دنبال کننده دو محوری ۱.۲۵ تا ۱.۳۱ برابر، انرژی را از موارد دیگر بیشتر می کند. و ارزیابی اقتصادی نیز بهبود ۱.۴ تا ۳ برابر، نسبت به سایر روش ها را نشان داد. شوکال و همکاران (۸) در سال ۲۰۱۶ به بررسی بکارگیری از سیستم های فتوولتاییک یکپارچه ساختمان پرداختند. این روش جایگزینی برای مصالح ساختمانی می باشد که عملکردی دو جانبه دارد از یک طرف پوششی برای ساختمان و از طرفی تولید برق نتایج نشان می دهد که با این روش هزینه معمول مصالح بالاتر است ولی در عوض بار سیستم تهویه مطبوع را کاهش خواهد داد .الیویری و همکاران (۹) از سیستم های فتوولتاییک یکپارچه ساختمان برای ذخیره انرژی استفاده کردند که قابلیت بالایی برای بالانس کلی انرژی ساختمان نشان می دهد. یکپارچه کردن ساختمان با سیستم های فتوولتاییک نیمه شفاف بر انرژی کلی ساختمان به خصوص در بخش های سرمایش، گرمایش و روشنایی تاثیر می گذارد. در این مقاله با استفاده از نرم افزار دیزاین بیلدر ارزیابی های مختلفی برای نسبت شیشه به دیوار متفاوت و ۵ حالت از سیستم فتوولتاییک نیمه شفاف انجام شده است. بر طبق نتایج محدوده ذخیره انرژی برای حالت های متفاوت می تواند بین ۱۸ تا ۵۹ درصد افزایش یابد .غلامی و همکاران (۱۱) در سال ،۲۰۲۰ به تجزیه و تحلیل هزینه چرخه زندگی نمای BIPV یکپارچه ساختمان ۲ سولسماراگدن ، که یک ساختمان تجاری در نروژ است، در طی یک دوره ۴ ساله پرداختند. حداکثر توان فتوولتاییک این ساختمان ۱۲۷.۵ کیلووات می باشد. نتایج حاصل از عملکرد تحت نظارت میدانی حاصل شد نشان داد که ارزش خالص فعلی، دوره بازگشت سرمایه با تخفیف، نرخ بازده داخلی و هزینه تراز شده سیستم به ترتیب ۴۷۸۹۳۴ کرون نروژ، ۲۲ سال، ۶درصد و ۱.۲۸ کرون برکیلووات ساعت است

شبیه سازی ساختمان نمونه

ساختمان مورد بررسی، ساختمان هنرستان دولتی استان ایلام است. ساختمان در شهر ایلام با عرض جغرافیایی ۳۳۳۰۶۲۳۸ و طول جغرافیایی ۴۶۴۱۱۲۱۵ قرار دارد.

ساختمان ۵ طبقه با کاربری اداری و آموزشی و متراژ کل ساختمان۱۳۸۷ مترمربع است، که ۸۸ مترمربع آن واحد مسکونی سرایداری است و با توجه به این که متراژ آن کمتر از ۱۵۰ مترمربع است، جز بخش های داخلی ساختمان به حساب می آید و کاربری برای آن تعریف نشده است .سیستم گرمایش و سرمایش این ساختمان، به صورت مرکزی و با بویلر و چیلر جذبی می باشد و به خاطر

تامین آسایش واحد مسکونی، سیستم مرکزی ۲۴ ساعته فعال می باشد . نقشه دو بعدی پلان طبقه همکف ساختمان، در شکل ۲ نشان داده شده است.



دیزاین بیلدر یک نرم افزار شبیه ساز است که در زمینه مدلسازی اطلاعات ساختمان از جنبه های مختلفی مانند فیزیک ساختمان، معماری، سیستم های گرمایش و سرمایش و. .. کاربرد دارد. موتور محاسباتی این نرم افزار انرژی پالس می باشد (۱۱). مدلسازی سه بعدی ساختمان هنرستان دولتی استان ایلام در دیزاین بیلدر در شکل ۳ نشان داده شده است.

پس وارد کردن داده ها و اطلاعات ساختمان به نرم افزار دیزاین بیلدر به بررسی و اعتبارسنجی خروجی های نرم افزار با قبوض دورهای گاز و برق ساختمان از طریق سایت شرکت ملی گاز ایران و شرکت توزیع نیروی برق استان ایلام پرداخته شد(۱۲و۱۳) با توجه تغییرات آب و هوایی و بهره مند نبودن ساختمان از شیوه مدیریتی و تعمیر و نگهداری یکسان در سالیان اخیر، میانگین مصرف سالیانه قبوض گاز و برق ساختمان از سال ۹۳ الی ۹۸ محاسبه و با خروجی دیزاین بیلدر مقایسه شد در جدول ۱ این نتایج قابل مشاهده است.

جدول ۱: مصرف واقعی و شبیه‌سازی شده انرژی ساختمان

	برق	گاز طبیعی
میانگین مصرف واقعی ۶ سال گذشته (MWh)	۲۵۹.۶۲	۱۰۱۵.۶
مصرف در حالت شبیه‌سازی شده (MWh)	۲۴۳.۲۸	۹۷۷.۵۵
خطا (٪)	۶.۳	۳.۷

خطای ۳.۷ و ۶.۳ درصد برای این ساختمان که سیستم مدیریتی و نگهداری ثابت و منسجمی نداشته، قابل قبول بوده و صحت شبیه سازی تایید می شود. در این پروژه هدف بر این است، به جای طراحی سیستم فتوولتاییکی که ۲۰ درصد برق مصرفی ساختمان را تامین کند، سیستمی را شبیه سازی کرده که میزان مصرف برق بخشی از ساختمان که کاربری آن تعریف نشده ولی استفاده مسکونی دارد تامین شود و با احداث این نیروگاه ، بخش مدنظر را از لحاظ تقاضای برق بی نیاز گرداند. در جدول ۲ میزان و درصد سهم مصرف انرژی بخش سرایداری از کل ساختمان آورده شده است.

جدول ۲: انرژی مصرفی سالانه بخش سرایداری

	برق	گاز طبیعی
میزان مصرف سرایداری (MWh)	۱۱.۸۶	۷۳.۴۵
سهم مصرف از کل (٪)	۴.۶	۷.۲

شبیه سازی نیروگاه فتوولتاییک:

برای طراحی و مدلسازی نیروگاه فتوولتاییک از نرم افزار PVsyst نسخه ۶.۸.۱ استفاده شده است. باتوجه به فضای تقریبا ۳۰۰ مترمربعی پشت بام ساختمان موجود، یک نیروگاه ۱۰ کیلووات متصل به شبکه با استفاده از پنل فتوولتاییک از نوع یینگی سولار ۳۱۰ وات شبیه سازی کرده و نتایج خروجی شبیه سازی از نرم افزار به صورت جدول ۳ میباشد.

جدول ۳: خروجی شبیه‌سازی شده نیروگاه در نرم‌افزار PVsyst

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
January	84.7	36.05	4.64	124.3	119.0	1.130	1.108	0.871
February	104.9	44.02	6.78	139.1	133.1	1.251	1.226	0.861
March	139.9	62.35	10.80	164.6	156.6	1.443	1.416	0.841
April	169.5	74.44	14.90	178.1	169.2	1.522	1.491	0.818
May	216.8	79.06	20.07	209.1	199.0	1.738	1.705	0.797
June	244.4	74.56	26.74	227.4	217.0	1.821	1.786	0.768
July	245.0	73.71	29.65	232.5	222.1	1.830	1.796	0.755
August	223.4	68.77	29.53	229.5	219.9	1.799	1.765	0.752
September	190.9	54.53	24.70	221.9	213.4	1.781	1.746	0.769
October	136.5	49.47	18.32	174.7	167.7	1.461	1.432	0.802
November	91.3	39.42	10.38	130.2	124.4	1.151	1.128	0.847
December	76.9	33.45	6.47	115.8	110.5	1.033	1.013	0.854
Year	1924.2	689.82	16.97	2147.2	2052.1	17.962	17.610	0.802

در جدول ۳ ، E-GRID انرژی الکتریکی تزریق شده به شبکه از طرف این نیروگاه در طول یک سال می باشد که مقدار آن ۱۷.۶۱ مگاوات ساعت است . نرخ خرید تضمینی برق در سال ۱۴۰۲ برای نیروگاه های خورشیدی با ظرفیت کمتر از ۲۰ کیلووات، ۱۴۵۶۰ ریال به ازای هر کیلو وات ساعت است و قرارداد ۲۰ ساله بوده و نرخ خرید در ۱۰ سال دوم در عدد ۰.۷ ضرب می شود . هزینه های پیش از احداث، ساخت و راه اندازی، این نیروگاه در جدول ۴ آمده است. قیمت دلار در زمان نگارش این مقاله ۵۰۰۰۰۰ ریال می باشد.

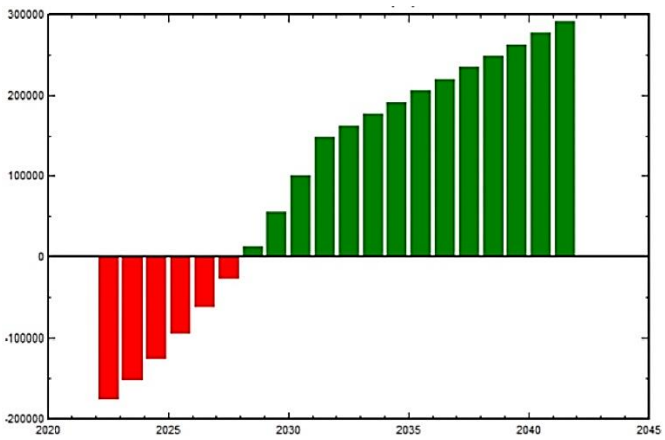
جدول ۴: هزینه‌های نیروگاه شبیه‌سازی شده

ردیف	عنوان هزینه	واحد	تعداد	قیمت واحد (میلیون ریال)	قیمت کل (میلیون ریال)
۱	پنل ۳۱۰ وات	عدد	۳۳	۳۸	۱۲۵۴
۲	اینورتر ۹ کیلووات	عدد	۱	۳۰۰	۳۰۰
۳	سازه و فونداسیون	مجموعه	۱	۱۰۰	۱۰۰
۴	کابل AC و DC و تجهیزات جانبی	مجموعه	۱	۳۰	۳۰
۵	تابلو AC و DC	مجموعه	۱	۵۰	۵۰
۶	نصب و راه‌اندازی	مجموعه	۱	۴۰	۴۰
۷	اجرای سیستم ارتینگ	مجموعه	۱	۳۰	۳۰
۸	امکان‌سنجی، طراحی و نظارت	مجموعه	۱	۱۵۰	۱۵۰

نیروگاه خورشیدی پشت بام، هزینه های استهلاکی، تعمیر و نگهداری ندارد و فارغ از تعمیرات خاصی است فقط در مناطق آلوده و دارای گرد و غبار با توجه به شرایط بصورت ماهانه یا دو هفته ای، پنل ها باید شستشوی شوند. نتایج تحلیل اقتصادی این نیروگاه در جدول ۵ آمده است. نرخ استهلاک پنل ها ۱ درصد، نرخ بهره سالانه ۲۰ درصد و نرخ تعدیل ۱۵ درصد در نظر گرفته شده است و بازگشت سرمایه در این مقطع اقتصادی ایران، ۶.۸ سال به دست آمد. شکل ۴ جریان نقدینگی نیروگاه شبیه سازی شده را نشان می دهد،

جدول ۵: نتایج اقتصادی نیروگاه در نرم‌افزار PVsyst

Year	Sold Energy	Running Costs	Taxable income	Tax 0.00%	After-tax profit	Dividends 20.00%	Cumul. profit	% amortized
2022	25641	0	15871	0	25641	5128	20513	10.5%
2023	29192	0	19422	0	29192	5838	43866	22.4%
2024	32666	0	22896	0	32666	6533	69999	35.8%
2025	36064	0	26294	0	36064	7213	98850	50.6%
2026	39384	0	29614	0	39384	7877	130357	66.7%
2027	42628	0	32858	0	42628	8526	164459	84.2%
2028	45794	0	36024	0	45794	9159	201095	102.9%
2029	48884	0	39114	0	48884	9777	240202	122.9%
2030	51897	0	42127	0	51897	10379	281719	144.2%
2031	54833	0	45063	0	54833	10967	325585	166.6%
2032	16154	0	6384	0	16154	3231	338508	173.2%
2033	15974	0	6204	0	15974	3195	351287	179.8%
2034	15795	0	6025	0	15795	3159	363923	186.2%
2035	15615	0	5845	0	15615	3123	376415	192.6%
2036	15436	0	5666	0	15436	3087	388764	199.0%
2037	15256	0	5486	0	15256	3051	400969	205.2%
2038	15077	0	5307	0	15077	3015	413030	211.4%
2039	14897	0	5127	0	14897	2979	424948	217.5%
2040	14718	0	4948	0	14718	2944	436722	223.5%
2041	14538	0	4768	0	14538	2908	448353	229.5%
Total	**560441**	**0**	**365041**	**0**	**560441**	**112088**	**448353**	**229.5%**



شکل ۴: جریان نقدی نیروگاه شبیه‌سازی شده

تحلیل خروجی های شبیه سازی شده

همان طور که از خروجی های شبیه سازی شده مشخص است، واحد سرایداری برای تفکیک و جداسازی مصرف انرژی از ساختمان، به ۱۱.۸۶ مگاوات ساعت برق در سال نیاز دارد و این در حالی است که میزان تولیدی نیروگاه۱۷.۶۱ مگاوات ساعت در سال می باشد و با جداسازی ساختمان از بخش سرایداری، زمان آغاز و پایان کار تاسیسات مرکزی ساختمان به صورت اداری در نظر گرفته شد و مجددا ساختمان را شبیه سازی کرده و نتایج میزان مصرف ساختمان به صورت جدول ۶ می باشد.

جدول ۶: مصرف کل ساختمان در حالت تفکیک‌شده

	برق	گاز طبیعی
مصرف ساختمان با جداشدن از سرایداری (MWh)	۲۰۳.۶۴	۶۸۹.۴۲
کاهش مصرف ساختمان (٪)	۱۶.۳	۲۹.۵

مشاهده می شود با جداکردن بخش سرایداری، که ۴.۶ درصد سهم از مصرف برق کل ساختمان را دارد، میزان ۱۶.۳ درصد کاهش مصرف برق در ساختمان ایجاد می شود.

بحث و نتیجه گیری

در نتایجی که از خروجی های شبیه سازی مشاهده شد، نشان می دهد که با تفکیک بخش مسکونی موجود در ساختمان های دولتی آموزشی و اداری که متراژ آنها کمتر از ۱۵۰ مترمربع می باشد و در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، الزامی برای تعیین کاربری آنها نمی باشد، می توان مقدار قابل توجه ای کاهش مصرف انرژی ساختمان را داشت که در این مطالعه موردی ۱۶.۳ درصد در مصرف برق و ۲۹.۵ درصد در مصرف گاز صرفه جویی شده است. در شرایط کنونی اقتصادی ایران احداث نیروگاه فتوولتاییک بازگشت سرمایه ای بین ۶ تا ۷ خواهد داشت ولی اگر به جای الزام تامین ۲۰ درصدی مصرف برق ساختمان های آموزشی دولتی با انرژی تجدیدپذیر، الزامی بر تفکیک واحدهای کمتر از ۱۵۰ مترمربع ساختمان های دولتی و تامین

بـرق آنهـا بـا انـرژی تجدیدپذیر، باشد بی شک افت چشمگیر این میزان کاهش مصرف انرژی می تواند بازگشت سرمایه را به کمتر از یکی دوسال برساند.

منابع

[1] Shukla, K. N., Sudhakar, K., & Rangnekar, S. (2015). Estimation and validation of solar radiation incident on horizontal and tilted surface at Bhopal, Madhya Pradesh, India. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences, 15(1), 129-139.

[2] Shukla, K. N., Rangnekar, S., & Sudhakar, K. (2015). Comparative study of isotropic and anisotropic sky models to estimate solar radiation incident on tilted surface: A case study for Bhopal, India. Energy Reports, 1, 96-103.

[3] Ma, T., Yang, H., & Lu, L. (2013). Performance evaluation of a stand-alone photovoltaic system on an isolated island in Hong Kong. Applied Energy, 112, 663-672.

[4] Raturi, A., Singh, A., & Prasad, R. D. (2016). Grid-connected PV systems in the Pacific Island Countries. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 58, 419-428.

[5] Bakhshi, R., & Sadeh, J. (2016). A comprehensive economic analysis method for selecting the PV array structure in grid–connected photovoltaic systems. Renewable Energy, 94, 524-536.

[6] Vieira, F. M., Moura, P. S., & de Almeida, A. T. (2017). Energy storage system for self-consumption of photovoltaic energy in residential zero energy buildings. Renewable energy, 103, 308-320.

[7] Koo, C., Hong, T., Jeong, K., Ban, C., & Oh, J. (2017). Development of the smart photovoltaic system blind and its impact on net-zero energy solar buildings using technical-economic-political analyses. Energy, 124, 382-396.

[8] Shukla, A. K., Sudhakar, K., & Baredar, P. (2016). A comprehensive review on design of building integrated photovoltaic system. Energy and Buildings, 128, 99-110.

[9] Olivieri, L., Caamaño-Martín, E., Moralejo-Vázquez, F. J., MartínChivelet, N., Olivieri, F., & Neila-Gonzalez, F. J. (2014). Energy saving potential of semi-transparent photovoltaic elements for building integration. Energy, 76, 572-583.

[10] Gholami, H., Røstvik, H. N., Kumar, N. M., & Chopra, S. S. (2020). Lifecycle cost analysis (LCCA) of tailor-made building integrated photovoltaics (BIPV) façade: Solsmaragden case study in Norway. Solar Energy, 211, 488-502.

[11] https://designbuilder.co.uk//

[12] http://billing.nigc.ir/billing/gasAll.aspx

[13] http://80.191.237.236:9988/Home/Login#