نشریه علمی (فصلنامه) «انرژی ایران»
دوره ۲۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸، صفحه ۱۵۷ – ۱۴۳

۰۷ تأثیر گودال باغچه در تعدیل دمای محیطی و مصرف انرژی در اقلیم گرم و خشک

[۱] مهرداد شب خیز فردوئی، [۲] ایرج اعتصام *

چکیده

ساختمان به عنوان یکی از عوامل موثر در تغییر محیط زیست به شمار می‌آید و با استناد به ترازنامه انرژی از سال ۱۳۸۴ تا سال۱۳۹۱، به صورت میانگین در هر سال ۱۷/۳۸ درصد از انرژی کل کشور در ساختمان‌ها مصرف می‌شود؛ لذا با دستیابی به بخشی از دانش کاربردی و برای پاسخگویی به نیازهای اساسی و محیطی، به شناسایی و بررسی المان گودال باغچه در خانه‌های سنتی اقلیم گرم و خشک می‌پردازیم تا ضمن تدوام ارزش‌های معماری گذشته، معیارهای معماری سازگار با نیازهای اساسی انسان را تبیین کنیم. از این رو روش تحقیق، کمی -کیفی و توصیفی- تحلیلی است که با استفاده از دوربین حرارتی مدل DT-982 و برداشت چندین سطح از طبقات بنا به این نتیجه می‌رسیم که بنای سنتی خواجه خضر در شهر یزد با بهره‌گیری از گودال باغچه دارای شرایطی چون تعدیل دمای محیطی تا ۱۵/۲ درجه سلسیوس است. با تجزیه و تحلیل یافته‌ها و شبیه‌سازی دو بنا که یک نمونه از بناها فاقد گودال باغچه و دیگری دارای گودال باغچه است، در برنامه دیزاین بیلدر اثبات می‌کنیم که به‌وسیله گودال باغچه امکان صرفه‌جوئی در مصرف انرژی برق جهت تأمین روشنایی، سیستم سرمایش و گرمایش به میزان ۲۷ درصد وجود دارد.

تاریخ دریافت:
۱۳۹۸ / ۰۳ / ۲۸

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۸ / ۰۶ / ۲۸

کلمات کلیدی:
گودال باغچه،
انرژی،
اقلیم گرم و خشک،
دیزاین بیلدر/

۱. کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه آزاد تهران شمال، تهران، ایران shabkhizmehrdad@yahoo.com
۲. استاد گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران (نویسنده مسئول)
ietessam@hotmail.com

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]

۱. مقدمه

در شرایط کنونی آلودگی اکوسیستم محیط زمین و استفاده بیش از حد از سوخت‌های فسیلی، باعث شرایط گلخانه‌ای زمین شده است. لذا باید از راه‌های جایگزین که با تمهیداتی جهت همگام‌سازی معماری با اقلیم به صورت معماری پایدار وجود دارد مورد توجه و استفاده قرار گیرد. [۱]

فاکتورهای متعدد و تاثیرگذار بر رفتار مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی، مسئله پیش‌بینی و ممیزی مصرف انرژی را به چالشی مهم در موسسات بهینه‌سازی مصرف تبدیل نموده است. احتیاجات انرژی جهان به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است و منابع انرژی‌های فسیلی درقرن‌های آینده، دیگر جوابگوی نیاز انرژی جهان برای بقا، تکامل و توسعه نخواهد بود. [۲]

با توجه به سهم بالای مصرف انرژی در واحدهای مسکونی و دارا بودن بالاترین اولویت برای کاهش مصرف، توجه به عوامل گوناگونی که در میزان مصرف انرژی ساختمان نقش دارند، در ارائه راهکارهای صرفه جویی در بخش خانگی، تاثیر فراوانی میگذارد. [۳]

در این پژوهش به بررسی نقش گودال باغچه به عنوان یک فضای زیرزمینی می‌پردازیم که قدیمی‌ترین نوع سرپناه بشر محسوب می‌شود. استفاده از فضاهای زیرزمینی در دزفول به زمان شکل‌گیری اولیه شهر با قدمت بیش از ۱۵۰۰ سال محتمل است. اگرچه در برخی از پژوهش‌های انجام شده، کاربرد فضاهای زیرزمینی به عنوان فضای زندگی محسوب نشده و زیرزمین را اختراعی امروزی می‌دانند، اما وجود چندین نمونه از خانه‌هایی با حیاط‌های گودال باغچه درون زمین در معماری بومی روستای ماتماتا در جنوب تونس متعلق به ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد، کاربرد فضاهای زیرزمینی را تأیید می‌کند [۴] و دلیل استفاده از فضای زیر زمینی بدینسان است که زمین دارای منبع گرمایی تقریباً نامحدودی است که میزان ظرفیت حرارتی بالای آن امکان ذخیره‌سازی فصلی گرما را فراهم می‌آورد.

دمای خاک در عمق‌های پایین‌تر از ۶ متر، تقریباً پایدار و برابر با میانگین سالانه دمای سطح می‌باشد و به‌دلیل تابش خورشید و دمای بسیار زیاد هسته زمین، معمولاً دو یا سه درجه گرم‌تر از میانگین سالانه دمای هوا می‌باشد. در عمق کم با افزایش عمق نوسانات سالانه، دمای خاک کاهش یافته و با افزایش عمق، تأخیر زمانی در دماها ایجاد خواهد شد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]

ویژگی‌های حرارتی خاک، بسته به نوع خاک (ثابت)، فشردگی آن (نسبتاً ثابت) و رطوبت (که با شرایط باران و آب‌های زمینی تغییر می‌کند) متفاوت می‌باشد. در ساختمان‌های زیرزمینی، جرم حرارتی افزایش یافته و خاک دمای نسبتاً پایداری را در سال فراهم می‌آورد که منجر به ذخیره‌سازی فصلی گرما می‌شود. بنابراین گرمای جذب شده سطوح زمین در تابستان، چندین ماه ذخیره شده و دمای فضای زیرزمینی را در فصول دیگر متعادل می‌سازد. در تابستان خاک خنک با دمای کمتر از دمای هوا منبع مناسب سرمایش است. [۵]

۲. داده‌ها و روش تحقیق

در این پژوهش با مطالعه اسناد کتابخانه ای از کتب و مقالات مرتبط با مباحث پژوهش، نمونه فضاهای مشابه با عملکرد و رویکرد پروژه، در صورت در دسترس بودن مورد بازدید قرار گرفته و با استفاده از علوم کامپیوتری به بررسی داده ها و تحلیل آنها پرداخته شده است. مهمترین داده هایی که در این تحقیق مورد نیاز می‌باشند، داده‌های جوی، خصوصیات سطح زمین و نقشه‌های کاربری سطح زمین می‌باشد. داده‌های جوی شامل داده‌های ساعت آفتابی، میزان ابری بودن آسمان، سرعت، جهت و فراوانی باد بوده که از سازمان هواشناسی و داده‌های تابش کلی از ایستگاه تابش سنجی (یزد، نایین وکاشان) تهیه شده است، همچنین با استفاده از نرم افزار design builder به شبیه سازی و تعیین میزان مصرف انرژی دو واحد مسکونی مجزا در شهر یزد پرداخته شده است.

۳. اهداف تحقیق

مطالعه نقش گودال باغچه در معماری بومی هدف تحقیق پیش رو می‌باشد و مشخصاً به این پرسش پاسخ داده می‌شود که گودال باغچه چه نقشی در مصرف انرژی ساختمان دارد؟

۴. تعاریف

۴-۱. انرژی

خاصیت کمیتی یک جسم است که قابل اندازه‌گیری و انتقال به اشیای دیگر یا قابل تبدیل به حالت‌ها و شکل‌های مختلف است. انرژی،کمیتی بنیادین است که برای توصیف وضعیت یک ذره، شیء یا سامانه به آن نسبت داده می‌شود.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]

۴-۲. اقلیم گرم و خشک

در مناطق تحت نفوذ اقالیم خشک، میزان تبخیر و تعرق حاصل از سطوح آبها و پوشش رویشی و خاک، بیش از میزان بارندگی می‌باشد. از این رو نیاز به آب در محیط از طریق بارندگی تأمین نمی‌گردد. ذخیره همیشگی آبهای زیر زمینی نیز نیاز آبیاری را تامین نمی‌کند [۶].

۴-۳. گودال باغچه

گودال باغچه در معماری سنتی ایرانی، در وسط حیاط مرکزی و یک طبقه در داخل زمین قرار می‌گیرد. نمونه‌های این فضا در اقلیم‌های خشک کویری از جمله در کاشان، نائین و یزد دیده می‌شود. گودال باغچه علاوه بر تأمین خاک مورد نیاز خشت‌های استفاده شده در بنا، امکان دسترسی به آب قنات را نیز فراهم می‌کند [۷]. استاندارد گودال باغچه در فضای مسکونی طبق مبحث ۴ مقررات ملی ساختمان، بند۴-۵-۸-۴-۱ بدین شرح است: اگر گودال باغچه جهت تامین نور و تهویه در فضای مسکونی طراحی شده است، باید دارای حداقل ۲۰ مترمربع مساحت و حداقل ۵/۴ متر عرض باشد [۸].

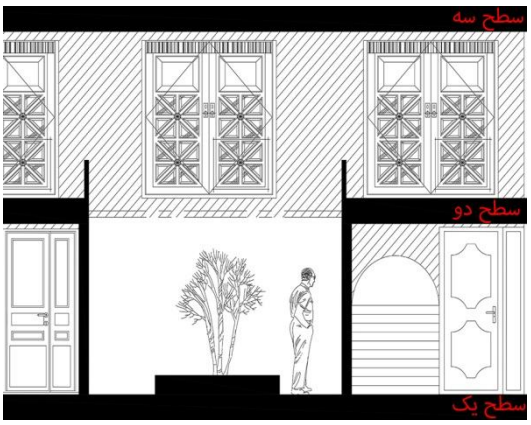
۴-۴. برداشت از اقامتگاه بوم گردی خواجه خضر در یزد

با استفاده از دستگاه ترموویژن به اندازه گیری سه سطح مختلف از این بنا پرداختیم:

سطح ۱: محیط اطراف گودال باغچه که در کد ارتفاعی منفی نسبت به ساختمان قرار دارد (تصویر ۲).

سطح ۲: قسمت همکف بنا که یک طبقه روی گودال باغچه قرار دارد (تصویر ۳).

سطح ۳: برداشت دما از قسمتی که در بام قرار دارد (تصویر ۴).



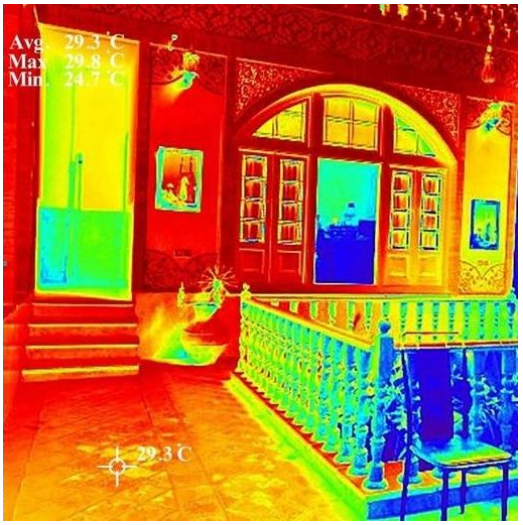
شکل ۱. برشی از قسمت گودال باغچه بنای خواجه خضر

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]



شکل ۲. تصویربرداری شده با دوربین حرارتی از بنای خواجه خضر در یزد (مأخذ: نتایج تحقیق)

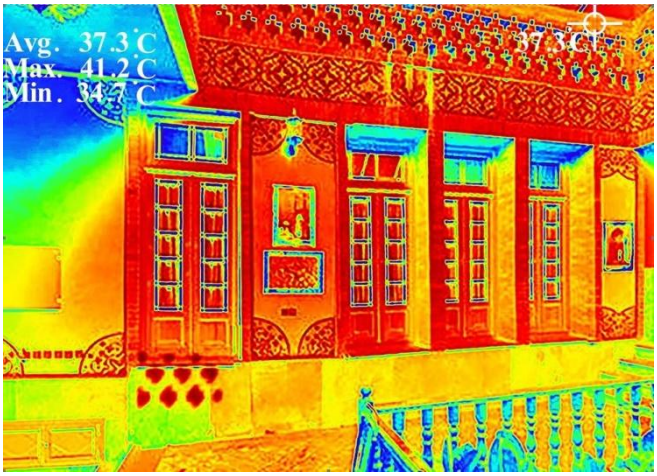
سطح ۲: قسمت همکف بنا که یک طبقه روی گودال باغچه قرار دارد.



شکل ۳. تصویربرداری شده با دوربین حرارتی از بنای خواجه خضر در یزد (مأخذ: نتایج تحقیق)

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]

سطح ۳: برداشت دما از قسمتی که در بام قرار دارد.



شکل ۴. تصویربرداری شده با دوربین حرارتی از بنای خواجه خضر در یزد (مأخذ: نتایج تحقیق)

جدول نتایج به‌دست آمده از دوربین ترموویژن:

جدول ۱. دمای برداشتی با دوربین حرارتی از بنای خواجه خضر

سطح برداشت شده	دمای تارگت دوربین	بیشترین میزان دما در فاصله دو متری تارگت	کمترین میزان دما در فاصله دو متری تارگت	نوع مصالح سطح برداشت شده
زیرزمین (سطح یک)	**۲۲/۱c**	**۲۴/۸c**	**۱۸/۲c**	سنگ
همکف (سطح دوم)	**۲۹/۳c**	**۲۹/۸c**	**۲۴/۷c**	سنگ
بام (سطح سـوم)	**۳۷/۳c**	**۴۱/۲c**	**۳۴/۷c**	آجر

مأخذ: نتایج تحقیق

با استناد به جدول فوق، دمای اطراف گودال باغچه در زیرزمین، ۱۵/۲ درجه ی سلسـیوس خنـک تر از دمای برداشت شده قسمتی از بام که نزدیک ترین فاصله به گودال باغچه را دارد، می‌باشد و دلیل آن نیز عدم تابش مستقیم خورشید و گردش هوا در قسمت گودال باغچه و ضریب خنک شدن خاک در بستر زیرین سطح زمین است. البته که این میزان از کاهش دما برای هر بنایی نسبت بـه زاویـه تـابش

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]

(ساعت برداشت دما)، موقعیت جغرافیایی بنا، نوع مصالح (ظرفیت حرارتی) متغیر است [۹]. در این پژوهش سعی گردید تا برداشت دما از مصالح همگون انجام گیرد.

شبیه سازی در برنامه دیزاین بیلدر

نرم افزار دیزاین بیلدر، نرم افزارتخصصی شبیه سازی انرژی است که از پرکاربرد ترین و دقیق‌ترین نرم‌افزارهای موجود در زمینه انرژی می‌باشد و امروزه در سطح وسیع در دانشگاه‌ها و کمپانی‌های کشورهای توسعه یافته استفاده می‌گردد [۱۰]. استفاده از موتور مدلسازی energy plus از خصوصیات مهم این نرم افزار است که توسط دپارتمان انرژی آمریکا توسعه یافته و به عنوان یکی از معتبرترین نرم‌افزارهای مدلسازی انرژی می‌باشد [۱۱].

در این روش می‌توان ساختمان را از جنبه‌های مختلفی مثل فیزیک ساختمان، معماری، مصالح، پوسته، سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی، سیستم روشنایی، تهویه طبیعی و مکانیکی و سایر جوانب مدلسازی کرد. همچنین امکان مدلسازی بار گرمایشی و سرمایشی ساختمان، مصارف مختلف انرژی از قبیل انرژی گرمایشی، سرمایشی، روشنایی، لوازم خانگی، آب گرم مصرفی و غیره به صورت دینامیک در این نرم افزار وجود دارد [۱۲].

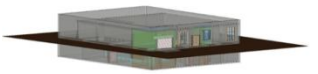
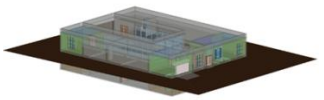
از دیگر قابلیت‌های نرم افزار دیزاین بیلدر، می‌توان به محاسبه میزان روشنایی روز، مدل‌سازی سیستم انرژی‌های نو، محاسبه آسایش حرارتی در فضاهای داخلی ساختمان، میزان اتلاف و دریافت انرژی از عناصر مختلف ساختمانی و نیز تحلیل اقتصادی پروژه ها اشاره کرد. برای بررسی تأثیر گودال باغچه در تعدیل دمای محیطی و کاهش مصرف انرژی برنامه دیزاین بیلدر با در نظر گرفتن پروژه در سایت پلان با همان موقعیت جغرافیا (شهر یزد) و با در نظر گرفتن زاویه تابش، جهت و قدرت باد مطلوب، در هر روز از سال، بهترین و دقیق ترین خروجی را ایجاد می‌کند [۱۳] و بر این اساس به تحلیل واحدهای مسکونی می‌پردازیم که یک نمونه دارای گودال باغچه است و نمونه دیگر فاقد گودال باغچه است.

با در نظر گرفتن تمام عوامل محیطی و هواشناسی به دقیق ترین داده ها می‌توان دست پیدا کرد و مدل ساختمان مورد نظر را با شرایط اقلیمی و ساعت واقعی شبیه سازی کرد تا مشخص گردد ساختمان مورد نظر در شرایط واقعی چگونه عمل می‌کند و همچنین اثرات عناصر طراحی بر روی پارامترهای کلیدی بررسی می‌شود که این عناصر، مصرف انرژی سالیانه، ساعتهای بسیار گرم و میزان

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]

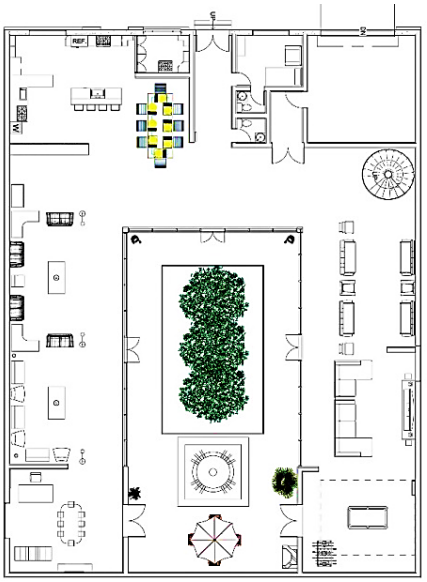
تولید دی اکسید کربن است. جدول ذیل، واحدهای مسکونی شبیه سازی شده با گودال باغچه و بـدون گودال باغچه و خصوصیات هر کدام را مشخص می‌کند:

جدول ۲. واحدهای مسکونی شبیه‌سازی شده و مشخصات آنها

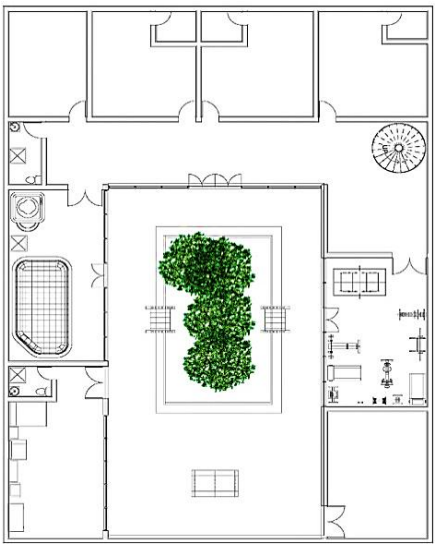
الف: واحد بدون گودال باغچه ب: واحد دارای گودال باغچه	الف 	ب 
متراژ	همکف ۳۰*۴۴ زیرزمین ۲۳*۲۲/۵	همکف ۳۰*۴۴ زیرزمین ۳۰*۴۴
موقعیت مکانی	۵۴درجه طول شرقی و ۳۲ درجه عرض شمالی (یزد)	۵۴درجه طول شرقی و ۳۲ درجه عرض شمالی (یزد)
مساحت حیاط وگوادال باغچه	حیاط جنوبی ۱۴۵ متر	گودال باغچه ۱۷۹متر
نوع محاسبه	مصرف برق جهت روشنایی، سرمایش و گرمایش	مصرف برق جهت روشنایی، سرمایش و گرمایش

مأخذ: نتایج تحقیق

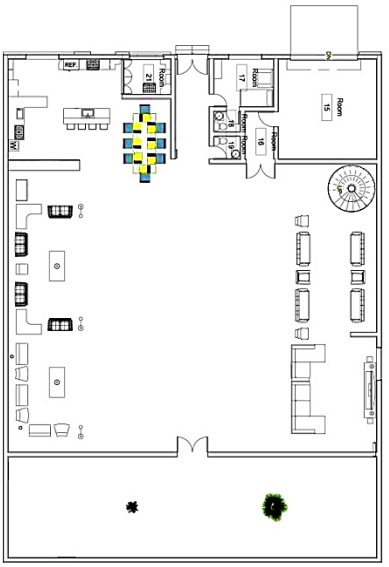
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]



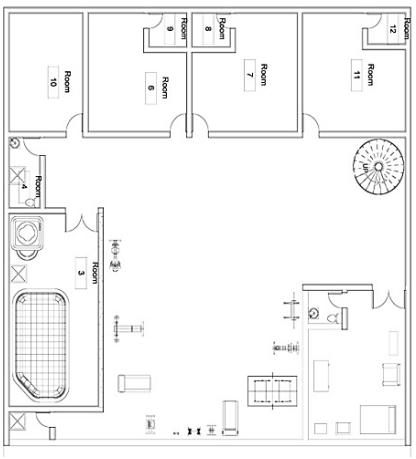
شکل ۷. پلان واحد دارای گودال باغچه طبقه همکف



شکل ۸. پلان واحد دارای گودال باغچه طبقه زیرزمین



شکل ۹. پلان زیر زمین واحد بدون گودال باغچه

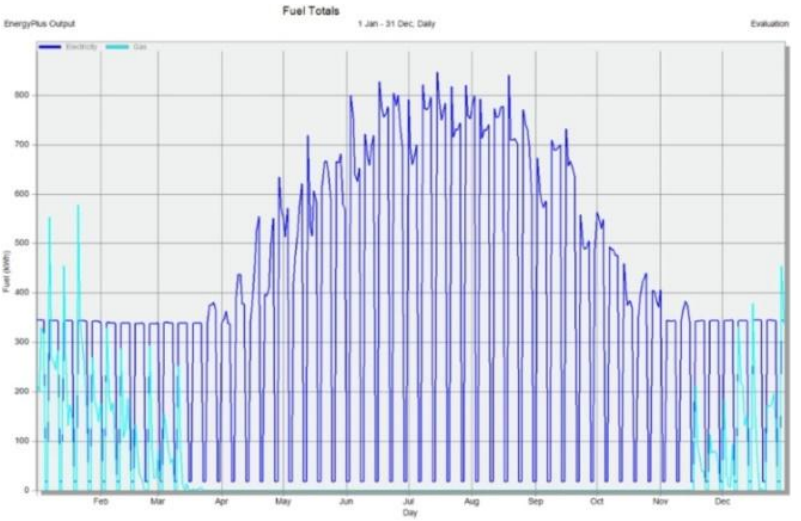


شکل ۱۰. پلان همکف واحد بدون گودال باغچه

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]

نتیجه شبیه سازی در برنامه دیزاین بیلدر

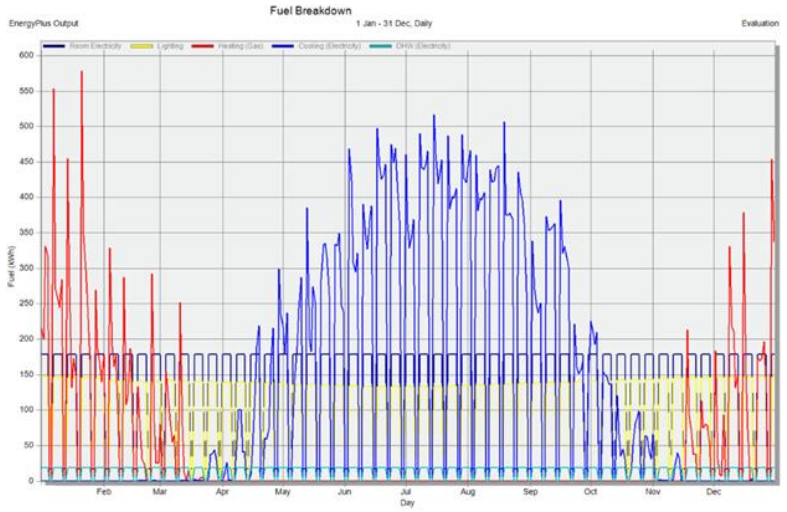
در هر دو واحد مسکونی از یک نـوع مصـالح و در یـک سـایت پـلان مشـخص اسـتفاده شـده اسـت. میزان پارامترهای Activity[۱] ,construction[۲],opening[۳],lighting[۴] برای هر دو واحد به صورت مقادیر یکسان تعیین شده است و پس از شبیه سازی نمودارهای مصرف انرژی بدین صورت است:



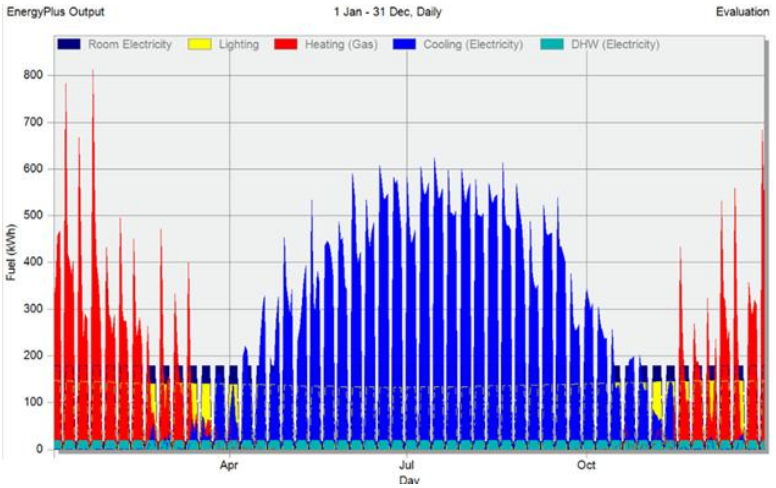
شکل ۱۱. میزان مصرف انرژی در طول یکسال در پلاک دارای گودال باغچه (الکتریسیته و گاز)

۱. قسمت فعالیت های مربوط به پروژه
۲. مصالح و نوع سازه در پروژه
۳. بازشو ها اعم از نوع شیشه و مقدار سایه‌بان‌ها
۴. تعداد و نوع المان های روشنایی

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]

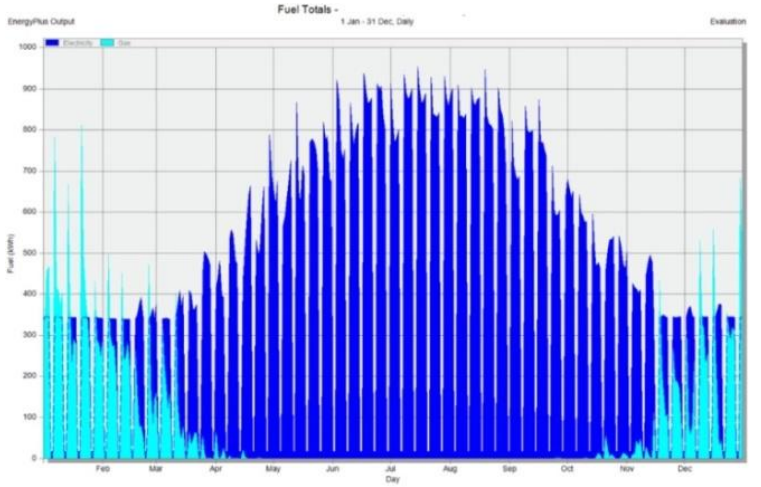


شکل ۱۲. میزان مصرف انرژی در طول یکسال در پلاک دارای گودال باغچه
(الکتریسیته مصرفی اتاق‌ها روشنایی سرمایش و آب گرم و گاز مصرفی در گرمایش)

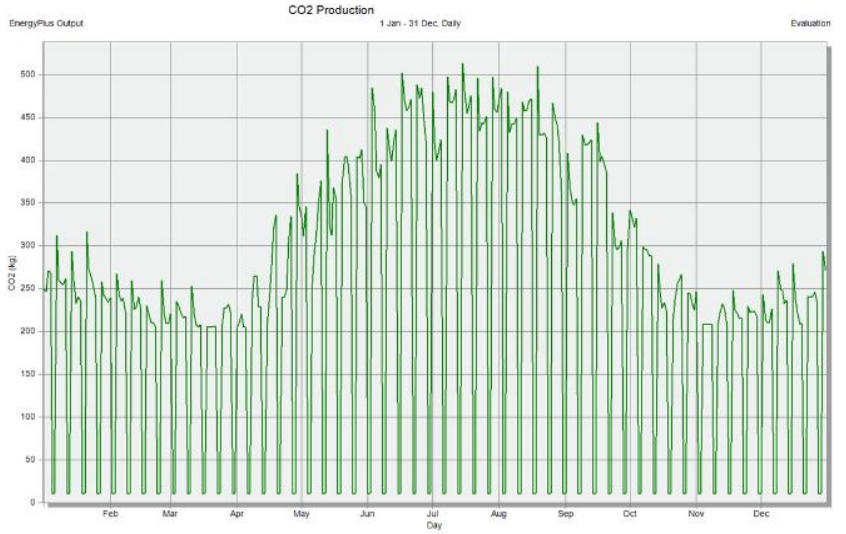


شکل ۱۳. میزان مصرف انرژی در طول یکسال در پلاک فاقد گودال باغچه
(الکتریسیته مصرفی اتاق‌ها روشنایی سرمایش و آب گرم و گاز مصرفی در گرمایش)

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]

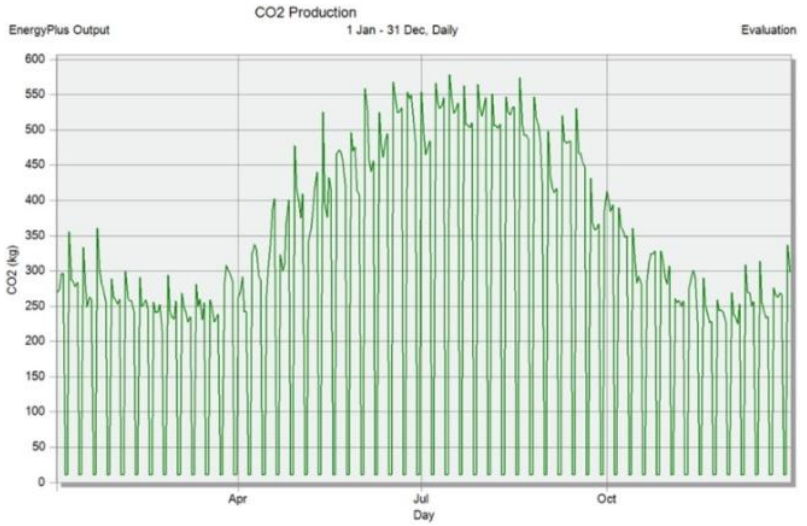


شکل ۱۴. میزان مصرف انرژی در طول یکسال در پلاک فاقد گودال باغچه (الکتریسیته و گاز)



شکل ۱۵. میزان تولید گاز CO_2 در طول یکسال بر حسب کیلوگرم در پلاک دارای گودال باغچه

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]



شکل ۱۶. میزان تولید گاز CO_2 در طول یکسال بر حسب کیلوگرم در پلاک فاقد گودال باغچه

تحلیل داده‌های برنامه دیزاین بیلدر:

جدول ۳. مصرف انرژی در واحدهای شبیه‌سازی شده

	بیشترین میزان مصرف برق در یک دوره یک ماهه برای روشنایی	بیشترین میزان مصرف برق در یک دوره یک ماهه برای سیستم سرمایش در ماه july	بیشترین میزان مصرف گاز برای سیستم گرمایش در ماه january	میزان تولید گاز co^2 در یکسال
ساختمان دارای گودال باغچه	120 kwh	530 kwh	570 m^3	530 kg
ساختمان فاقد گودال باغچه	150 kwh	630kwh	610 m^3	560 kg

مأخذ: نتایج تحقیق

۴. نتیجه‌گیری

معماری بومی و درونگرا در بناهای سنتی اقلیم گرم و خشک کـــه بهـــره منـــد از عنصرگودال باغچه هســـــتند، با دریافت انرژی خورشیدی بیشتر در زمستان و حداکثر سایه در تابستان، تهویه و روشنایی طبیعی، فرورفتن در دل زمین برای تعدیل هوا، ایجاد رطوبت به کمک گیاهان و حوض آب ، ســـــبب

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]

کاهش نیاز به انرژی می‌شوند و به دلیل مصرف انرژی بالا در ایران و به تبع آن آلودگی محیط زیست و دلایلی از این قبیل، استفاده از عناصر معماری سنتی مانند گودال باغچه ضروری می‌باشد. گودال باغچه به دلیل پاسخ مناسب و بلند مدت به مسائل زیست محیطی، الگوی مناسبی برای طراحان معماری به شمار می‌آید. تأثیرات ثابت شده در بخش اقتصادی گودال باغچه‌ها مانند نیاز کمتر به سوخت‌های فسیلی، کاربرد بیشتر استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر (خورشید و باد) است. با پژوهش انجام شده در این مقاله، به این نتیجه رسیدیم که واحد مسکونی که در طراحی از گودال باغچه بهره‌برده است، نسبت به واحد مسکونی که دارای حیاط و به صورت جنوبی است، در روشنایی، سیستم سرمایش و گرمایش، ۲۷درصد برق کمتر مصرف نموده است. بدین صورت که کل مصرف برق بنایی که فاقد گودال باغچه شبیه‌سازی شده ۲۱۴۴۵۰/۷۶ kWh است اما این عدد برای بنایی که همراه با گودال باغچه بوده ۱۵۲۳۹۲/۳۸ kWh است. دلیل اصلی این کاهش مصرف انرژی کاهش دمای محیطی است که در تابستان، دمای محیطی بنا کاهش می‌یابد و این میزان تعدیل دما در شهریور سال۱۳۹۷ در بنای بوم‌گردی خواجه خضر تا ۱۵/۲ درجه سلسیوس بوده است و به همین صورت در زمستان با افزایش نورگیری، دمای محیطی بنا گرم‌تر می‌شود.

منابع

[۱] موسوی،روح الله؛ فرشاد غیبی، حمید اسکندری(۱۳۹۶) "بررسی عددی و تجربی برافروختگی نماهای شیشه‌ای در ساختمان‌های اداری در اقلیم گرم و خشک"، نشریه انرژی ایران.۲۱(۳)، صص۲۵-۴۵.

[۲] آژانس بین المللی انرژی (https://www.iea.org/)

[۳] جهانیان، امید؛ کوروش صدیقی، بهنام؛ پورآهنگر، قاسم و مرتضی عباسی (۱۳۹۷) "شبیه‌سازی اتلاف انرژی در ساختمان به منظور بهینه‌سازی گرمایش و کاهش مصرف گاز در اقلیم‌های مختلف استان مازندران"، نشریه انرژی ایران. ۲۱(۳)، صص ۴۵-۲۵ .

[۴] دهقان، ن. و س مفیدی شمیرانی (۱۳۸۷) "زمین پناهگاهی برای بنا"، فصلنامه معماری وساختمان، ۳۸(۷)۱۶ .

[۵] قبادیان، وحید (۱۳۷۷). *بررسی اقلیمی ابنیه سنتی ایران دانشگاه تهران*، تهران: موسسه انتشارات و چاپ.

[۶] فرامرز، پارسی (۱۳۸۷)، "آشنایی با خانه های سنتی ایران"، مجله معمار، شماره ۴۸ فروردین و اردیبهشت، صص ۶-۷ .

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]

[۷] دفتر مقررات ملی ساختمان (http://inbr.ir).

[۸] جهانبخش، حیدر و آزیتا غفار زاده (۱۳۹۶). "برسی رابطه و میزان تأثیر تابش خورشیدی بر بدنـه ساختمان در تایین جهت‌گیری بنا با هدف کاهش مصرف انرژی نمونه موردی: ساختمان مسکونی در اصفهان". *نشریه انرژی ایران*،۲۰(۲)، صص۸۵-۱۰۱.

[9] Talib k. (1984). "Shelter in Saudi Arabia". Academy Editions st. martin press, vol.42, pp138-140 .

[10] Zaid Romani, Abdeslam Draoui,Francis Allard (2015), Metamodeling the Heating and Cooling Energy needs and Simultaneous Building Envelope Optimization for low Energy Building Design in Morocco, Energy and Buildings, vol 102, pp.127.

[11] Garg,V. and Bhatia A., Tetali s. and J. Mathur (2018), "Building Energy Simulation: A Workbook Using DesignBuilder". No.1, pp.249-250.

[12] Kanoğlu M. and Y. Cenğel (2017), "Energy Efficiency and Management for Engineers". No.1, pp.610.

[13] Li-bo Z. and Y. Tao (2014). "The Evaluation and Selection of Renewable Energy Technologies in China", Energy Procedia, No. 61, pp. 245-246.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-19]