فصلنامه پژوهش های سیاستگذاری و برنامه‌ریزی انرژی
سال سوم/ شماره ۸/ پاییز ۱۳۹۶/ صفحات۱۷۳-۱۴۷

طراحی بناهای خاک‌پناه بر مبنای اصول معماری پایدار جهت کاهش مصرف انرژی ساختمان در اقلیم گرم و خشک: مطالعه موردی شهر شاهرود

مریم عرب

دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گنبد کاووس
m_arab1991@yahoo.com

محمد فرخ زاد

استادیار گروه معماری، دانشگاه گلستان(نویسنده مسئول)
m.farrokhzad@gu.ac.ir

در دهه های اخیر، بحران آلودگی محیط زیست در دنیا به طور گسترده ای مطرح شده که موجب نگرانی جامعه انسانی می‌باشد و با توجه به کاهش مستمر انرژی های تجدید ناپذیر و همچنین وجود منابع مناسب انرژی های پایدار(خورشیدی، زمین گرمایی، باد و...)، لازم است معماران به عنوان بخش مهمی از اجتماع که مداخله فراوانی در محیط زیست دارند، در ساخت و سازهای خود تامل بیشتری نموده و از ایده های جدید جهت کاهش مصرف انرژی و آلودگی‌های ناشی از آن بهره گیرند. معماری خاک اصیل‌ترین و کهن‌ترین نمونه معماری ایران زمین است و استفاده از خاک با خصوصیاتی از قبیل ظرفیت حرارتی بالا و زمان تاخیر حرارتی قابل توجه، درمدیریت مصرف انرژی و رسیدن به معماری پایدار و سبز راهگشاست. این پژوهش که حاصل مشاهدات عینی، مطالعات کتابخانه‌ای و مدل‌های تجربی است، به صورت تحلیلی-توصیفی به تشریح اقلیم شاهرود با استفاده از داده های اقلیمی پرداخته و پس از طراحی مدل یک ساختمان اقامتگاه بین‌راهی به تحلیل مصرف انرژی آن می‌پردازد. نتایج حاصل بیانگر صرفه‌جویی بهینه در مصرف انرژی در صورت استفاده از مدل خاک‌پناه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: معماری خاک‌پناه، اقلیم گرم و خشک شاهرود، مدل‌سازی انرژی ساختمان، توسعه پایدار، رفتار حرارتی زمین

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶ /۲/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۶/۳

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

۱. مقدمه

در چند دهه اخیر، با توجه به خطر ناشی از پدیده دگرگونی و آلودگی اقلیم، متفکران حوزه معماری وجهی از نگرش خود را به جهان پیرامونی با اهمیت بخشیدن به مقوله اقلیم سامان بخشیدند و پیدایش نگرش اقلیمی را در جوامع مهندسی ساختمان و روش معماری پایدار را در مکاتب معماری موجب شدند. نگرش اقلیمی مانند هر نگرش دیگر معماری با کاربر خود از چگونه دیدن معماری می‌گوید و به او می‌گوید که بنا یک آسایشگاه اقلیمی است و آن را باید با شرایط محیطی اش بسنجد. سه جزو اصلی نگرش اقلیمی، انسان، سرپناه و محیط طبیعی می‌باشد. (معماریان، ۱۳۸۴)

معماری پایدار،کاربرد مفاهیم توسعه پایدار در معماری، مباحث تازه را با نام‌های معماری پایدار، معماری اکولوژیکی، معماری سبز و معماری همساز با اقلیم که همگی دارای مفاهیم یکسان و معماری سازگار با محیط زیست می‌باشند، مطرح می‌نماید. مفهوم لغوی Sustainable که به پایداری مصطلح شده، قابل تامل است. به عبارتی، معماری پایدار وظیفه احداث ساختمان‌هایی را دارد که در طبیعت قابل تحمل باشند، علاوه بر آنکه نگهدار هویت و تطبیق عینیت با تصاویر ذهنی طی لایه های تاریخی، امروز و آینده باشد(گرجی مهلبانی، ۱۳۸۹). در نتیجه، معماری در بستر طبیعت با توجه به شرایط ذکرشده، حاصل نتایج توسعه پایدار است و معماری در پناه خاک نمونه ای از این گونه معماری در بستر طبیعت محسوب می‌شود. طراحی معماری به عنوان راه‌حلی که هدف آن خلق پناهگاهی برای ایمن شدن از گزند عوامل طبیعی باشد از ابتدای تاریخ مورد توجه بشر بوده است. مردم ایران بویژه ساکنان اقلیم های گرم مبدع شیوه‌هایی برای مقابله با گرمای طاقت فرسا بوده‌اند. گرمای طاقت فرسا بویژه در فلات مرکزی ایران یکی از عواملی است که در صورت فقدان تمهیدات لازم، گاه چنان تحمل‌ناپذیر می‌شود که می‌تواند جان بسیاری را در معرض خطر قرار دهد(رحیمی مهر، ۱۳۹۲). زمین به عنوان نخستین جایگاه و مصالح ساخت سرپناه، نقش بسزایی در شکل‌گیری معماری داشته است (برزگر، ۱۳۸۹). معماری خاک‌پناه پیشتر در اقلیم گرم و خشک ایران و به جهت دوری جستن از شرایط سخت آب و هوایی استفاده می‌گردید. در روند تبدیل زمین‌های کشاورزی به مناطق شهری،

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

افزایش جمعیت شهرنشینی در جهان، گسترش نگرانی در مورد حفظ و بهبود محیط‌زیست خصوصا در مباحث مربوط به پدیده گرمایش زمین و رشد جمعیت، استفاده از فضای زیرزمینی فرصت‌هایی ارایه می‌نماید که به اصلاح و بهبود این روند کمک نماید (استرلینگ، ۱۳۸۸). توسعه زیرزمینی ابزار مهمی جهت تغییر ساختار شهرها برای مواجهه با چالش های آینده بدون تخریب میرات تاریخی و آسیب رساندن به محیط زیست در سطح زمین خواهد بود. (استرلینگ، ۱۳۸۸)

۲. روش تحقیق

این پژوهش حاصل مراجعه به منابع مکتوب، مقالات علمی و پژوهش‌های انجام شده در مورد معماری خاک‌پناه می‌باشد. لازم به ذکر است که تحلیل ساختگاه نقش مهمی در تصمیم‌گیری اینکه ساختمان زیرزمینی دارای فواید اقتصادی و انرژی نسبت به نوع معمول آن است، بازی می‌کند (خدابخشیان، ۱۳۹۲). اطلاعات اقلیمی این محدوده با استفاده از داده های علمی متئونورم[1] به صورت ساعتی از طریق اتصال به ماهواره های هواشناسی با فرمت epw استخراج شد. داده‌های هواشناسی دما از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ و داده‌های تابش از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۰ به دست آمد و سپس جهت ساخت یک ساختمان پایدار به صورت گرافیکی به تحلیل مولفه‌های اقلیمی در فصول تابستان و زمستان و مقایسه نیازهای حرارتی در مطالعات زیست اقلیمی پرداخته شد.

پس از بررسی نقاط قوت و موانع طراحی بناهای خاک‌پناه به بررسی، تحلیل و در نتیجه، استفاده از نقاط قوت و ارایه راه حل برای مشکلات و مسایل ساختمان‌های خاک‌پناه پرداخته شد و پس از به دست آوردن و تعیین الگوهای طراحی ساختمان‌های خاک‌پناه، طراحی کاربری پروژه مورد نظر با عنوان اقامتگاه بین‌راهی با رویکرد معماری خاک‌پناه و با رعایت الگوهای طراحی بدست آمده، صورت گرفت. سپس مدل‌های حرارتی ساختمان طراحی شده اقامتگاه بین‌راهی خاک‌پناه با استفاده

1.Meteonorm

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

از نرم افزار دیزاین بیلدر[1] یک مرتبه روی سطح زمین و در مرتبه دوم به صورت خاک‌پناه، شبیه‌سازی گردید.

نرم افزار دیزاین بیلدر برای مدل‌سازی ساختمان از جنبه های مختلف مانند فیزیک ساختمان (مصالح ساختمانی)، معماری ساختمان، سیستم های سرمایشی وگرمایشی، سیستم روشنایی، محاسبه میزان نفوذ هوا، نوع پنجره، دهانه و روشنایی و ... کاربرد داشته و قابلیت مدل‌سازی انرژی ساختمان را دارد. موتور شبیه‌سازی نرم افزار موردنظر، نرم افزار انرژی پلاس[2] است که توسط وزارت انرژی آمریکا توسعه یافته و از دقیق‌ترین نرم افزارهای مدل‌سازی انرژی موجود در دنیا می‌باشد.

۳. مبانی نظری

مجتمع های خدماتی رفاهی بین‌راهی(اقامتگاه)

مکان‌هایی که به منظور ارایه خدمات موردنیاز رانندگان و مسافران وسایل نقلیه خارجی در طول جاده های ترانزیتی کشور احداث می‌شوند و در آن خدمات و امکانات موردنیاز مستقر می‌شوند. (وزارت راه و ترابری، ۱۳۸۶)

توسعه پایدار و معماری

ساختمان‌ها در مقایسه با سایر مصنوعات دست بشر عمر نسبتا طولانی‌تری دارند و در طول تمام مراحل نقشه‌کشی، ساختمان سازی، تجهیزکردن و تخریب یا استفاده دوباره از آن، در توسعه پایدار تاثیرگذار خواهند بود. یک ساختمان، محصول مرکبی از مصالح، مواد و ترکیبات است که متقابلا بر هم اثرگذارند. بعلاوه، ساختمان اثر قابل‌ملاحظه‌ای بر سلامت

1.Designbuilder
2.Energyplus

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

انسان دارد. برای مثال، ۹۰ درصد زمان زندگی مردم اروپا در ساختمان و فضای معماری سپری می‌شود.(WGSC, 2004)

توسعه پایدار در رابطه با فعالیت‌های ساختمانی و محیط ساخته‌شده، اغلب ساختمان پایدار یا ساختار پایدار نامیده می‌شود. بخش ساختمان یکی از بزرگترین بخش‌های اقتصادی و اجتماعی در اروپا می‌باشد و به همراه محیط ساخته شده، به طور معناداری در تغییر روی محیط طبیعی تاثیرگذار است. بخش ساختمان و محیط ساخته‌شده، به عنوان دو حوزه کلیدی در توسعه پایدار جهانی مطرح شده اند.(CIB, 1999)

معماری خاک‌پناه

بنای در پناه خاک نشانگر استفاده از زمین در طراحی ساختمان برای بهبود کیفیت مشخصه‌های انرژی، زیبایی و ایزوله شدن آن است (Carmody and Sterling, 1984). با توجه به اینکه استفاده از زمین در طراحی بنا بیشتر یک ایده کلی است، تعریف پذیرفته‌شده جهانی در مورد بنا در پناه زمین وجود ندارد و بیشتر تعاریف، این معماری را به بنایی اطلاق می‌دارند که حداقل ۵۰ تا ۸۰ درصد مساحت سقف آن با زمین یا خاک پوشیده شده باشد. (Ahrens, Ellison and Sterling, 1981)

۴. مزایای بناهای خاک‌پناه

مهمترین علت پناه بردن به زمین در گذشته و همچنین در دنیای امروز، بهره‌گیری از ثبات حرارتی زمین در جهت تعدیل هوای داخل بنا و فرار از ناملایمات اقلیمی محسوب می‌شود. لذا به نظر محققان، کارایی حرارتی این نوع ساختارها اصلی ترین مزیت آنها شناخته شده است. از دیگر مزایای مهم معماری در پناه زمین می‌توان به افزایش فضای باز،کاهش آلودگی های بصری،کاهش آلودگی صوتی،کاهش نیاز به تعمیر و نگهداری و ایمنی ساختمان از حوادث طبیعی اشاره نمود. در ادامه، مزایای اقلیمی ساختمان‌های خاک‌پناه نسبت به مدل روسطحی آن بررسی می‌گردد.

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

کارایی حرارتی

بررسی تاریخی معماری در پناه زمین و نمونه های معاصر نشان می‌دهدکه این ایده جایگزینی کارآمد در طراحی واحدهای مسکونی (به جای نمونه های رایج) در جهت کاهش مصرف انرژی بویژه در مناطق دارای اقلیم خشن می‌باشد. به دلیل خنک‌تر بودن خاک پیرامون نسبت به هوای محیط در زمان‌هایی از سال، ساختمان زیرزمینی پتانسیل کاهش انرژی سرمایشی مورد نیاز را با کاهش انتقال حرارت از جداره های خارجی فراهم می‌سازد. کارمودی و استرلینگ (Carmody and Sterling, 1928) اظهار کرده اند که حتی در اعماق کمی از زمین، در گرم‌ترین لحظات یک روز تابستانی، دمای زمین بندرت به حدی برابر با دمای محیط بیرون می‌رسد. در نتیجه،گرمای کمتری به داخل ساختمان انتقال می‌یابد.

در واقع، بسیاری از محققان به این نتیجه رسیده‌اند که ساختمان‌های زیرزمینی در مقایسه با انواع ساختارهای رایج با کاهش بارگرمایشی و سرمایشی، صرفه جویی بیشتری در انرژی خواهند داشت.کارپنتر (Carpenter, 1994) ادعا می‌کند که ساختمان‌های در پناه زمین نسبت به هر طرح دیگری بیشترین ظرفیت را در صرفه جویی انرژی دارند. در این نوع ساختمانها نه تنها اختلاف دمای بین داخل و خارج کاهش می‌یابد، بلکه ساختمان از تابش مستقیم خورشید نیز محافظت می‌شود. در نهایت، بنا برتحقیقات موجود، شکی وجود ندارد که خانه‌های در پناه زمین،کارایی حرارتی بهتری از نمونه های مشابه روی زمین دارند (Behr,1982).

کارایی حرارتی این نوع ساختمان‌ها از طریق سه مزیت افزایش می‌یابد: اول، حذف تابش خورشیدی از دیوارها و بام؛ دوم،کاهش نفوذ ناخواسته هوا که تاثیر زیادی در جذب گرما در مناطق کویری دارد و سوم، جذب گرما از طریق دیوارها و بام در پناه زمین به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد، زیرا محیط اطراف ساختمان یعنی همان زمین، در فصل گرم سال دارای دمای کمتری نسبت به هوای بیرون است. (استرلینگ، ۱۳۸۸)

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

ایمنی ساختمان از حوادث طبیعی

از دیگر خصوصیات قابل توجه ساختمان‌های زیرزمینی، مقاومت بهتری است که در مقابل حوادث طبیعی از جمله بادهای شدید، طوفان و رعد و برق نشان می‌دهند. همچنین این ساختمانها آسیب‌پذیری کمتری در هنگام وقوع زلزله دارند (Baggs, 1991). به عنوان مثال، در زلزله سال ۱۳۵۸در گناباد، بسیاری از گرمابه های قدیمی (که در زیر زمین واقع شده بودند) در روستاهای اطراف این شهر از آسیب زلزله در امان ماندند در حالی که گرمابه های نوساز با معماری جدید آسیب دیدند.

خانه‌های در پناه زمین همچنین مقاومت بیشتری در مقابل آتش‌سوزی نسبت به خانه های روی زمین از خود نشان می‌دهند. در هنگام وقوع آتش سوزی، سازه این خانه‌ها آسیب کمتری در آتش می‌بیند (Jannadi and Ghazi, 1998). در نهایت، لازم است به استفاده از زیرزمین ها به عنوان راهکاری در جهت پدافند غیرعامل به هنگام وقوع جنگها نیز اشاره کرد.

آزاد سازی فضای بام

ساخت بنا در پناه زمین علاوه بر کارایی حرارتی، مزایای دیگری نیز در پی خواهد داشت. یکی از این مزیت ها، حداقل سازی تاثیر بصری ساختمان بر محیط است. زمانی که تغییر در محیط پیرامون، مطلوب تلقی نمی‌شود، ساخت بنا در پناه زمین، کیفیت سایت های خاص را حفظ می‌نماید (Wilkes and Packard,1988). علاوه بر این، وجود خاک بر روی بام این نوع ساختارها ظرفیت ایجاد فضای باز (سبز) بیشتری را فراهم می‌سازد که نکته مهمی در طراحی خارجی ساختمان‌های زیرزمینی می‌باشد. حضور فضای سبز (به جای ساختمان های رایج) تاثیری مثبت بر محیط و انسان خواهد داشت.

همچنین برای شهرهای پرجمعیت که دچار محدودیت جا هستند، ساخت شهرها به صورت متراکم‌تر می‌تواند یک راه حل باشد. این بدان معنا نیست که تعداد افراد بیشتری در هر کیلومتر مربع

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

زندگی خواهند کرد، بلکه به معنای آن است که خط عمودی شهر با ادغام کامل فضای رو و زیر زمین، بیشتر استفاده خواهد شد. (Darmisevic, 1999)

کاهش میزان تعمیر و نگهداری

به دلیل مجاورت قسمت عمده سطوح خارجی ساختمان با زمین، پوسته ساختمان کمتر تحت تاثیر عوامل طبیعی نظیر باد، باران، تابش شدید، تگرگ، یخ زدگی و ... قرار می‌گیرد و در نتیجه، به تعمیر و نگهداری کمتری نیاز دارد. همچنین این ساختمانها از گرمای شدید و تابش ماورای بنفش خورشید (در اقلیم های گرم) که باعث رنگ پریدگی سطوح و از بین رفتن رنگ سطوح خارجی و کاهش کارایی عایق رطوبتی بام می‌شود، در امان هستند(Alison, 1975).

ساختمان در پناه زمین نسبت به سطوح ساختمان های رایج تحت تاثیر نوسانات دمایی کمتری قرار می‌گیرد. نوسان کمتر دما، انقباض و انبساط کمتری را در مصالح ساختمان به وجود آورده و در نتیجه، ترک های حرارتی را که امری معمول در بلوک های بتنی است، کاهش می‌دهد.(Lippsmeier, 1969)

۵. بررسی بستر مطالعه

طراحی اقامتگاه‌های بین‌راهی با توجه به قرارگیری در خارج از محدوده شهرها و کارکردهای خاص در نظر گرفته شده برای آن، رعایت ضوابط ویژه‌ای را طلب می‌کند. قرارگیری در مناطق اقلیمی گرم و خشک کشور برای این اماکن مستلزم تنظیم شرایط محیطی مناسب جهت تامین آسایش ساکنان توأم با کاهش مصرف انرژی می‌باشد که یکی از این روشها، پیاده سازی الگوی معماری خاک‌پناه است. در این پژوهش، شاخصه های مکانیابی چنین فضای معماری خاصی استخراج و مورد ارزیابی قرار گرفت که به عنوان نمونه موردی در استان سمنان انجام شد. مولفه‌های اصلی این پروژه، دسترسی(جاده)، مقیاس پروژه، جهت، شیب، زمین شناسی، جنس خاک و سطح تراکم آبراهه ها در مکانیابی اقامتگاه بین‌راهی با رویکرد معماری خاک‌پناه می‌باشد. بررسی این

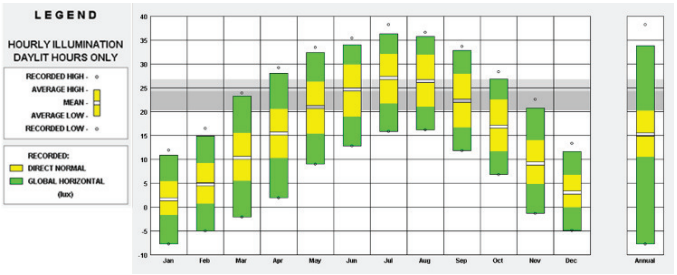
[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

مولفه ها منجر به انتخاب ساختگاهی در فا صله ۲۰ کیلومتری شرق شهر ستان شاهرود شد و نتایج حاصل از رفتار حرارتی و عملکرد ساختمان مورد نظر طراحی شده در ساختگاه منتخب مورد مطالعه قرار گرفت.

شهر ستان شاهرود در شمال شرقی ا ستان سمنان و در عرض جغرافیایی ۳۶,۴۱۷ شمالی و طول جغرافیایی ۵۵,۰۳۳ درجه شرقی واقع شده ا ست. اطلاعات اقلیمی این محدوده به صورت ساعتی با ا ستفاده از نرم افزار متئونورم از طریق ات صال به ماهواره های هوا شنا سی دریافت شد و خروجی آن توسط نرم افزار دستیار اقلیمی به صورت داده های گرافیکی ارایه و سپس مورد تحلیل قرار گرفت.

بررسی اقلیمی منطقه

شکل(۱) تغییرات ماهانه دمای هوا را در شاهرود نشان می‌دهد. بر این اساس، جدول (۱) تدوین شده که در آن وضعیت متوسط دمای هر ماه از سال نسبت به محدوده آسایش و متوسط حداقل و حداکثر دمای هر فصل سال بیان شده است. بیشینه دما در این شهرستان در اواسط تابستان ۳۸ درجه سانتی‌گراد و کمینه آن ۸- درجه سانتی‌گراد در اوایل زمستان می‌باشد.



شکل ۱. محدوده دمای ماهانه شهرستان شاهرود (درجه سانتی‌گراد)

مأخذ:داده های هواشناسی بلندمدت

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

جدول ۱.یافته‌ها و تحلیل وضعیت دمای شاهرود در ماه‌های سال

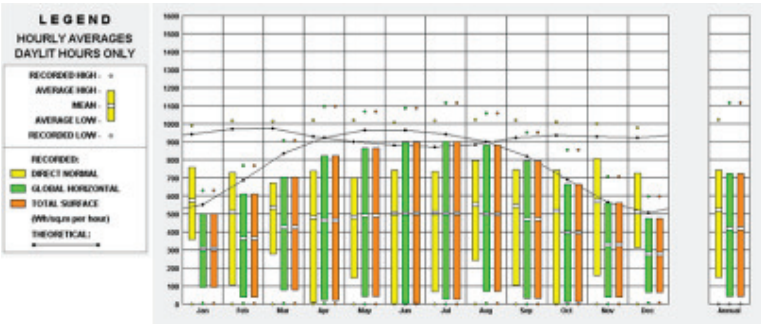
فصل	ماه	بیان وضعیت متوسط دما	حداقل و حداکثر دما	درجه سانتی‌گراد
بهار	آوریل	پایین تر از محدوده آسایش	–	۱۵
	می		حداکثر دما فصلی	۲۱
	ژوئن	در محدوده آسایش	حداقل دما فصلی	۲۴
تابستان	ژوییه	بالاتر از محدوده آسایش	حداکثر دما فصلی	۲۷
	اوت	در محدوده آسایش	–	۲۶
	سپتامبر		حداکثر دما فصلی	۲۲
پاییز	اکتبر	پایین تر از محدوده آسایش	–	۱۶
	نوامبر		حداقل دما فصلی	۹
	دسامبر		–	۳
زمستان	ژانویه	پایین تر از محدوده آسایش	حداقل دما فصلی	۱
	فوریه		حداکثر دما فصلی	۴
	مارس		حداقل دما فصلی	۱۰

مأخذ: داده های هواشناسی بلندمدت

شکل(۲) میزان تابش ماهانه خورشید در شاهرود را به نمایش می گذارد که در جدول (۲) به حداقل و حداکثر آن در هر فصل اشاره شده است.

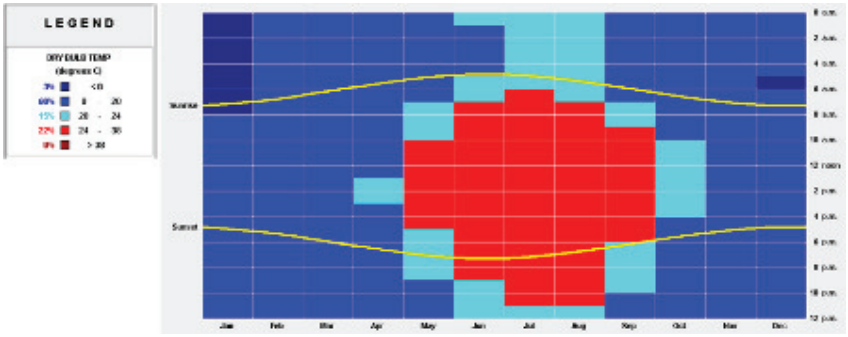
در پیش فرض محاسبه این قسمت، سطح دریافت کننده انرژی تابشی کاملا افقی و به سمت جنوب قرار گرفته است. داده های ایستگاه هواشناسی نیز به مجموع ماهانه ساعات آفتابی پرداخته که در ستون انتهایی جدول به آن اشاره شده است. بیشینه تابش در این شهرستان در ماه تیر(ژوییه) می‌باشد.

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



شکل۲. محدوده تابش(ماهانه)شهرستان شاهرود

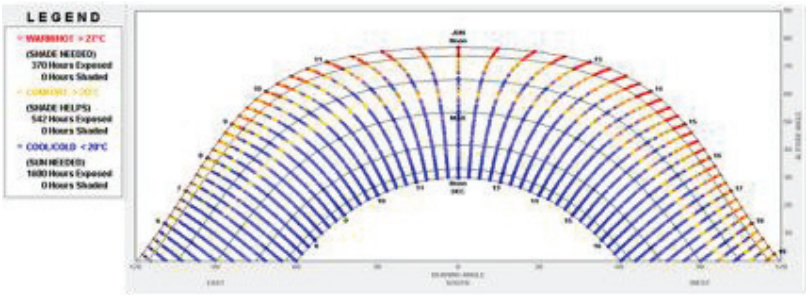
مأخذ: داده های هواشناسی بلندمدت



شکل۳. نمودار نیازهای اقلیمی سالانه بر اساس دمای هوای خشک

مأخذ: داده های هواشناسی بلندمدت

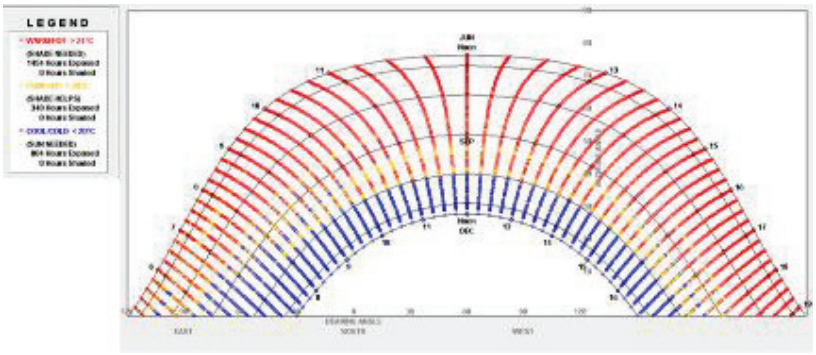
[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]



شکل۴(الف). محدوده شرایط گرم، سرد و آسایش در حد فاصل ساعات طلوع تا غروب خورشید

درشهرستان شاهرود (زمستان و بهار)

مأخذ:داده های هواشناسی بلندمدت



شکل۴(ب). محدوده شرایط گرم، سرد و آسایش در حد فاصل ساعات طلوع تا غروب خورشید

درشهرستان شاهرود (تابستان و پاییز)

مأخذ:داده های هواشناسی بلندمدت

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

جدول ۲.یافته ها و تحلیل میزان انرژی تابشی و ساعات آفتابی شاهرود در ماه‌های سال

فصل	ماه	بیان وضعیت	نعیین حداقل و حداکثر ساعات آفتابی(h)
بهار	آوریل	متوسط تابش:۴۶۵	۴۰۹
	می	حداکثر متوسط تابش: ۴۹۰	حداکثر ساعات آفتابی فصلی:۴۳۴
	ژوئن	متوسط تابش:۵۰۲	حداکثر ساعات آفتابی فصلی:۴۴۶
تابستان	ژوییه	حداکثر متوسط تابش:۵۰۳	۴۳۴
	اوت	حداقل متوسط تابش:۴۹۹	حداقل ساعات آفتابی فصلی:۴۰۹
	سپتامبر	حداکثر متوسط تابش:۴۷۲	حداکثر ساعات آفتابی فصلی:۳۵۰
پاییز	اکتبر	متوسط تابش:۳۹۷	۳۱۵
	نوامبر	حداقل متوسط تابش: ۳۲۸	حداقل ساعات آفتابی فصلی:۲۹۲
	دسامبر	حداقل متوسط تابش:۲۷۸	حداقل ساعات آفتابی فصلی:۲۸۵
زمستان	ژانویه	متوسط تابش:۳۰۶	۲۹۲
	فوریه	حداکثر متوسط تابش: ۳۶۵	حداکثر ساعات آفتابی فصلی:۳۱۵
	مارس	حداکثر متوسط تابش: ۴۲۵	حداقل ساعات آفتابی فصلی:۳۵۰

مأخذ: داده های هواشناسی بلندمدت

اطلاعات ایستگاه هواشناسی میانگین رطوبت نسبی را در سه مقطع زمانی در طول شبانه‌روز تعیین می کند.

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

در جدول (۳) میزان حداقل و حداکثر رطوبت در هر بازه زمانی و برای هر فصل براساس اطلاعات ایستگاه هواشناسی عنوان شده است.

جدول ۳ .یافته ها و تحلیل میزان رطوبت نسبی و بارش در فصول سال شاهرود

فصل	ماه	حداقل و حداکثر میزان رطوبت نسبی(متوسط ماهانه)	میزان رطوبت نسبی متوسط ماهانه(درصد)		
			حداقل	متوسط	حداکثر
بهار	آوریل	حداکثر فصلی		۴۰	
	می	حداقل فصلی	۲۳	۳۶	۵۶
	ژوئن	حداکثر فصلی	۲۲	۳۴	۵۶
تابستان	ژوییه	حداقل فصلی	۲۱	۳۳	۵۴
	اوت	حداکثر فصلی	۲۳	۳۴	۵۰
	سپتامبر	حداقل فصلی	۲۵	۳۸	۵۸
پاییز	اکتبر	-	۶۰	۴۲	۵۹
	نوامبر	حداکثر فصلی	۳۴	۵۲	۶۸
	دسامبر	حداکثر فصلی	۵۲	۶۷	۸۱
زمستان	ژانویه	-	۴۴	۶۱	۵۸
	فوریه	حداقل فصلی	۳۵	۵۳	۷۰
	مارس	حداکثر فصلی	۲۳	۴۰	۵۶

مأخذ: داده های هواشناسی بلندمدت

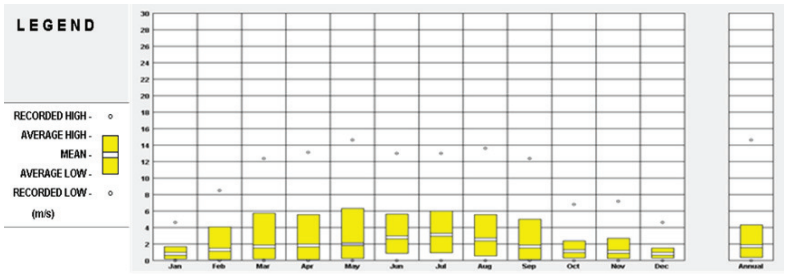
[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-11]

جدول ۴. تحلیل و بررسی میانگین وضعیت وزش بادها در شاهرود

فصل	ماه	جهت وزش باد غالب	متوسط سرعت وزش باد غالب (m/s)	دمای باد (درجه سانتی گراد)				تواتر باد غالب
				۱۰-۱۴	۲۱-۲۷	۲۷-۳۸	۳۸<	
بهار	آوریل	غرب	۱ نسیم ملایم	–	۱۰۰٪	–	–	۱۳٪
	می	شمال غرب	۱ نسیم ملایم	۳٪	۸۲,۳٪	۱۴,۷٪	–	۱۹,۵٪
	ژوئن	غرب	۲ نسیم ملایم	–	۸۷,۹٪	۱۲,۱٪	–	۱۱,۱٪
تابستان	ژوییه	جنوب غربی	۳ نسیم ملایم	–	۳۶,۷٪	۶۳,۳٪	–	۱۶,۷٪
	اوت	غرب	۲ نسیم ملایم	–	۶۲,۵٪	۳۷,۵٪	–	۱۱,۱٪
	سپتامبر	غرب	۱ نسیم ملایم	۱۴,۷٪	۸۲,۳٪	–	–	۳٪
پاییز	اکتبر	شمال غرب	۱ نسیم ملایم	۸,۳٪	۹۱,۷٪	–	–	۱۶,۷٪
	نوامبر	شمال غرب	۱ نسیم ملایم	۱۰۰٪	–	–	–	۸,۴٪
	دسامبر	جنوب شرق	۰ نسیم ملایم	۹۴,۱٪	–	–	–	۸,۴٪
زمستان	ژانویه	شمال غرب	۰ نسیم ملایم	۹۷٪	–	–	–	۱۳,۹٪
	فوریه	شرق	۱ نسیم ملایم	–	۱۰۰٪	–	–	۸,۴٪
	مارس	غرب	۱ نسیم ملایم	–	۱۰۰٪	–	–	۱۳٪

مأخذ: داده های هواشناسی بلندمدت

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



شکل۵. محدوده سرعت باد (ماهانه) در شهرستان شاهرود (m/s)

مأخذ:داده های هواشناسی بلندمدت

جدول۵. جمع بندی مشخصات اقلیمی فصل تابستان و زمستان در شهرستان شاهرود

فصل	ماه(لاتین)	متوسط دما نسبت به محدوده آسایش	محدوده دمای هوا (درجه سانتیگراد)	میزان دریافت انرژی تابشی wh/m².hr	محدوده ساعات آفتابی (در هر ماه)	محدوده رطوبت نسبی (درصد)	محدوده سرعت باد (m/s)	میزان دمای باد (D°)	تواتر باد غالب
تابستان	ژوییه / اوت / سپتامبر	نزدیک و بالاتر از محدوده آسایش	۲۲-۲۷	۵۰۳-۴۷۲	۴۳۴-۳۵۰	۵۸-۲۱	۳-۱	۲۱-۳۸	۳-۱۶,۷٪
زمستان	ژانویه / فوریه / مارس	پایین تر از محدوده آسایش	۱-۱۰	۴۲۵-۳۶۰	۳۵۰-۲۹۲	۷۰-۲۳	۱-۰	-۲۷ ۰<	۸,۴-۱۳,۹٪

مأخذ: داده های هواشناسی بلند مدت

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

تحلیل و بررسی

فصل تابستان: حدود منطقه آسایش از نظر دمای هوا برای ایران که بین ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض جغرافیایی قرار دارد، در تابستان برابر ۲۱/۵ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد و محدوده آسایش رطوبت نسبی نیز بین ۳۰ تا ۶۵ درصد در نظر گرفته می‌شود. لذا محدوده دمایی ثبت شده در بازه زمانی ۲۰۰۹ -۲۰۰۰ در تابستان نزدیک به محدوده آسایش قرار دارد. حداقل و حداکثر انرژی تابشی دریافتی، میزان بالایی است. میزان ساعات آفتابی در طول ماه نشان می‌دهد در فصل تابستان، به طور میانگین حدود ۱۴ ساعت از طول روز، تابش آفتاب برقرار است. با توجه به دمای بالای هوا، طولانی بودن ساعات آفتابی و دریافت انرژی تابشی زیاد، همچنین وزش باد گرم به صورت نسیم ملایم با محدوده دمایی ۳۸ -۲۱ درجه سانتی‌گراد و تواتر زیاد که خود سبب تشدید میزان گرمای هوا می‌شود، انتظار می‌رود میزان رطوبت نسبی موجود در هوا پایین باشد، زیرا دما و رطوبت نسبی با یکدیگر رابطه عکس دارند. برداشت‌های صورت گرفته در میانگین ۱۰ ساله نیز نشان می‌دهد میزان رطوبت نسبی در طول روز در محدوده آسایش قرار گرفته است، اما در صبحگاه با کاهش دمای هوا، میزان رطوبت نسبی هوا افزایش یافته و به بالاتر از محدوده آسایش رسیده است.

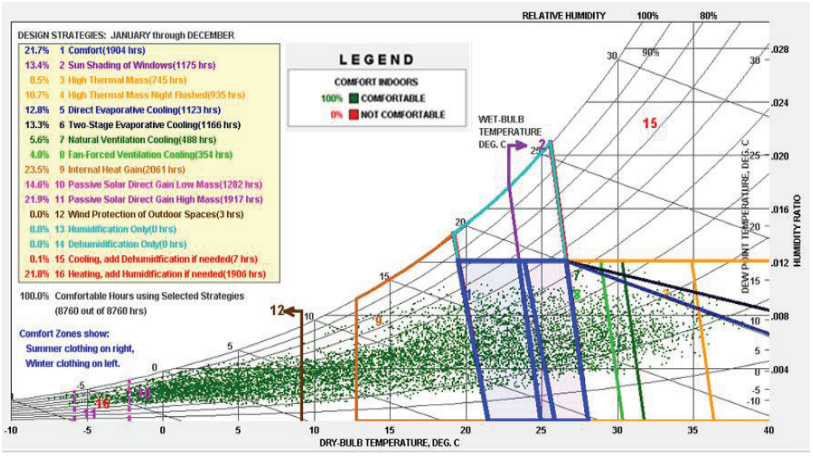
فصل زمستان: حدود منطقه آسایش از نظر دمای هوا برای ایران، در زمستان برابر ۲۰ تا ۲۵/۷ درجه سانتی‌گراد و محدوده آسایش رطوبت نسبی نیز بین ۳۰ تا ۶۵ درصد در نظر گرفته می‌شود. لذا محدوده دمایی ثبت شده در بازه زمانی ۲۰۰۹ -۲۰۰۰ در زمستان پایین تر از محدوده آسایش قرار دارد. میزان ساعات آفتابی در طول هر ماه نشان می‌دهد در روزهای فصل زمستان، میانگین حدود ۹ ساعت از طول روز، تابش آفتاب برقرار است. باد نیز به صورت نسیم ملایم و در محدوده دمایی ۲۷ -۰ درجه سانتی‌گراد، با تواتر حدود ۱۴درصد وزش دارد که سبب خنک‌تر شدن هوا می‌شود.

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

نیازهای حرارتی

در این بخش به تحلیل اطلاعات زیست اقلیمی در بازه زمانی ۲۰۰۹ -۲۰۰۰ پرداخته شده است. شکل(۶) پیاده سازی شرایط کلیه ماه های سال را بر روی نمودار زیست اقلیمی سایکرومتریک نمایش می‌دهد.

خلاصه شرایط آسایش و نیازهای گرمایشی و سرمایشی منتج از این نمودار بر اساس استاندارد ۵۵ موسسه اشری در جدول(۶) جمع بندی شده است. در سطر آخر جدول، مجموع حداکثر مقادیر توصیه شده آورده شده است.



شکل۶.توصیه های طراحی بر اساس نیازهای حرارتی برودتی و آسایش در نمودار

زیست اقلیمی شهر شاهرود (استاندارد آسایش اشری۵۵)

مأخذ: داده های هواشناسی بلندمدت

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

جدول۶. محدوده نیازهای حرارتی در شهر شاهرود (سالانه)

نیاز آسایش		توصیه های طراحی	میزان توصیه شده بر اساس نمودار زیست اقلیمی	
			(درصد)	زمان(ساعت)
ندارد		شرایط آسایش به صورت طبیعی برقرار است	۲۱,۷	۱۹۰۴
گرمایش		استفاده از سیستم های مکانیکی	۲۱,۸	۱۹۰۶
		بهری گیری از انرژی خورشیدی	۳۶,۵	۳۱۹۹
		ذخیره گرما درون ساختمان	۲۳,۵	۲۰۶۱
سرمایش	طبیعی	ایجاد کوران در فضای داخلی	۵,۶	۴۸۸
		استفاده از مصالح ساختمانی سنگین	۱۹,۲	۱۶۸۰
	مکانیکی	کولر آبی	۱۲,۸	۱۱۲۳
		کولر گازی-سیستم تهویه مطبوع	۳۰,۱	۲۶۴۳
		نیاز به سایه بان برای پنجره ها	۱۳,۴	۱۱۷۵

مأخذ: نگارندگان، استخراج از نمودار زیست اقلیمی

تحلیل و بررسی داده‌های هواشناسی شهر شاهرود نشان می‌دهد به علت وجود زمستان های سرد و تابستان های گرم باید از تبادل حرارت میان داخل و خارج ساختمان پیشگیری شود.

نمودار شکل (۶) و جدول زیست اقلیمی (جدول۶) نشاندهنده شرایط حاد در زمستان و وجود فصل های سرد سال است که با استفاده از تابش خور شید و نگهداری گرما در داخل ساختمان به وسیله مصالحی که به عنوان خازن حرارت عمل می‌کنند می‌توان شرایط آسایش را فراهم نمود. هر اندازه بتوان میزان انتقال حرارت را کاهش داد وآن را طولانی مدت ذخیره نمود، شرایط آسایش حرارتی مطلوبی در درون ساختمان فراهم می‌گردد.

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

۶. مدل‌سازی

با توجه به نتایج حاصل از تحلیل داده های آب و هوایی و نیازهای حرارتی شهر شاهرود، تصمیم گرفته شـد برای دسـت‌یابی به راهکار اسـتفاده از مصـالحی که به عنوان خازن حرارتی عمل کنند با بهره‌گیری از ثبات حرارتی زمین در قالب معماری خاک‌پناه، نسبت به طراحی اقدام گردد.

در این معماری، زمین مجاور دیوارهای سـاختمان به عنوان جرم حرارتی خارجی جهت کاهش اتلاف حرارتی و ثابت نگهداشـتن دمای هوای داخلی مورد اسـتفاده قرار می‌گیردکه باعث کاهش انتقال حرارت از داخل سـاختمان به بیرون و بالعکس می‌گردد و در نتیجه می‌توان از این طریق، شرایط آسایش حرارتی را در داخل ساختمان در تابستان و زمستان فراهم کرد.

اطلاعات ورودی برای مدل‌سازی ساختمان

نتایج و اعتبار خروجی هر نرم افزار مدل‌سازی مستقیما متاثر از اطلاعات ورودی برای مدل‌سازی ساختمان است و هر چه دقت و صحت اطلاعات ورودی بیشتر بوده و با مقادیر واقعی انطباق بیشتری داشته باشد، نتایج خروجی مدل‌سازی دقیق‌تر بوده و به واقعیت نزدیک تر است. در مدل‌سازی‌های مربوط به این مطالعه و گزارش تلاش شده از تمام جزییات در طراحی استفاده گردد. در مدل‌سازی ساختمان اقامتگاه از این اطلاعات استفاده شده است: تراکم کاربران ساختمان(۱۸۳/. نفر در مترمربع)؛ دمای گرمایش(۲۲ درجه سانتی‌گراد و حداقل ۱۸ درجه سانتی‌گراد)؛ دمای سرمایش(۲۴ درجه سانتی‌گراد و حداکثر ۲۶ درجه سانتی گراد)؛ میزان نور مورد نیاز در فضاها(۳۰۰ لوکس)؛ تنظیم روشنایی مصنوعی با استفاده از میزان نور روز دریافتی فضاها(با استفاده از سیستم کنترل خطی)؛ نوع لامپ(لامپ LED همراه با سیستم کنترل خطی)؛ نرخ تعویض ناخواسته هوا (۰/۷ تعویض در ساعت)؛ مقدار آب گرم مصرفی(۶/. مترمکعب در روز)؛ سیستم گرمایشی(موتورخانه مرکزی با رادیاتور شوفاژ، همراه با تهویه طبیعی)؛ سیستم سرمایشی(سیستم خنک کننده موضعی، همراه با تهویه طبیعی)؛ سوخت سیستم سرمایش(برق)؛ سوخت سیستم گرمایش و آب گرم مصرفی(گاز طبیعی)؛

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

برنامه زمانبندی برای سیستم سرمایش و گرمایش کل ساعات روزهای سال می‌باشد؛ تهویه طبیعی (در تابستان سیستم به صورت ۱۰۰ درصد فعال می‌باشد و در زمستان بین ساعات ۸ صبح تا ۱۸ عصر، سیستم تهویه طبیعی ۳۰ درصد فعال و در ساعات ۱۸ عصر تا ۸ صبح، سیستم تهویه طبیعی ۱۰ درصد فعال می‌باشد).

مشخصات جداره‌های ساختمان‌ها

در انتخاب جداره های ساختمانی سعی شده از مصالح معمول و متداول ساختمانی و فقط با در نظرگرفتن عایق رطوبت استفاده شود که در جدول (۷) به جزییات ساختار ساختمان پرداخته شده است.

جدول۷.جزییات ساختار ساختمان‌ها

جداره	مصالح اصلی بکار رفته	ضخامت نهایی	ضریب هدایت حرارتی $w/m^2.k$	مقاومت حرارتی $m^2.k/w$
دیوار خارجی حائل	دیوار بتنی با عایق رطوبتی و پوشش گچ برگ در داخل	۰,۵	۱,۴۰۱	۰,۷۱۴
دیوار خارجی گودال باغچه و دیوار خارجی جداره جنوبی	آجر هوادهی شده با پوشش گچ برگ داخلی و آجر نما در دیوار خارجی	۰,۲	۱,۱۳۶	۰,۸۸
دیوار داخلی	آجر هوادهی شده با پوشش گچ برگ	۰,۱۵	۱,۱۸	۰,۸۴۷
سقف طبقه همکف	بتن به همراه عایق رطوبتی و پوشش گچ برگ در داخل	۰,۳	۱,۹۷۴	۰,۵۰۷
سقف طبقه اول	بتن به همراه عایق رطوبتی و پوشش گچ برگ در داخل	۰,۴	۱,۶۸۱	۰,۵۹۵

مأخذ: نگارندگان

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

۷. مدل طراحی شده (اقامتگاه بین‌راهی)

طراحی یک اقامتگاه بین‌راهی دو طبقه با معماری خاک‌پناه و با زیربنای (متر مربع) در اقلیم شهرستان شاهرود انجام گرفت. برای استفاده از نور و تابش آفتاب، گودال باغچه ای در مرکز اقامتگاه طراحی گردید و در جداره جنوبی آن نیز سعی شد این نیاز با استفاده از حداکثر سطح شیشه تامین شود. سپس مدل سازی حرارتی ساختمان طراحی شده در نرم افزار شبیه سازی انرژی دیزاین بیلدر انجام شد، بدین ترتیب که میزان مصرف انرژی ساختمان در فصول مختلف سال در شهرستان شاهرود در دو حالت اندازه‌گیری شد.

در مرحله اول، ساختمان مورد نظر روی سطح زمین و در مرحله دوم همان ساختمان بدون هیچ تغییری به طوری که سقف و جداره های شمالی، شرقی و غربی آن در تل خاک به عمق ۶ متر پوشیده شده بود، شبیه سازی گردید.

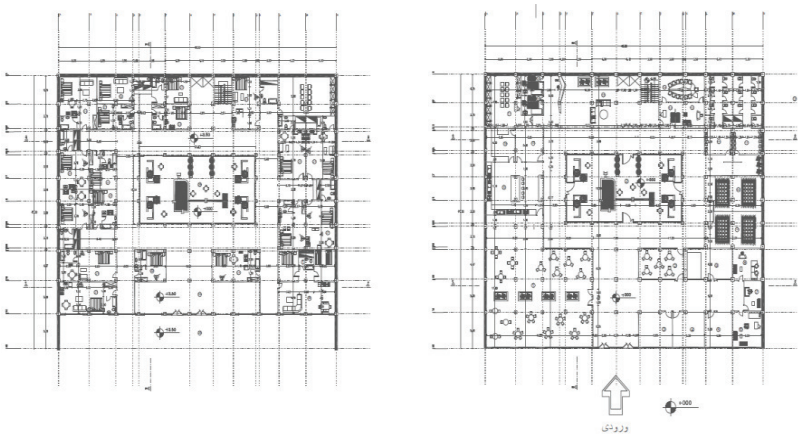




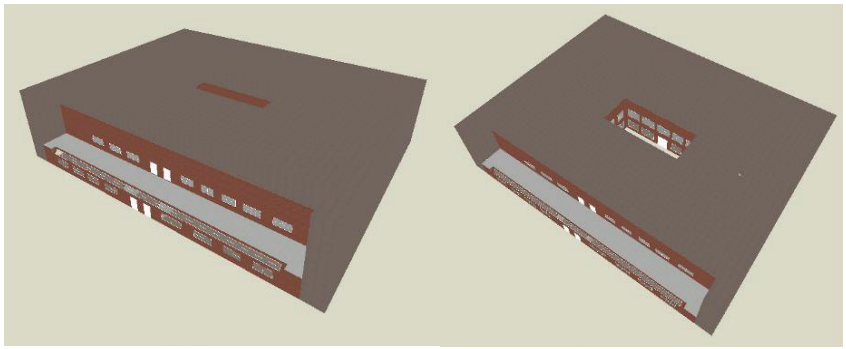
شکل۷.(سمت راست پایین) نما رو به جنوب اقامتگاه بین‌راهی. (سمت چپ بالا) گودال باغچه ساختمان اقامتگاه بین‌راهی

مأخذ: نگارندگان

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



شکل۸. (سمت راست) پلان اقامتگاه بین‌راهی طبقه همکف، (سمت چپ) پلان اقامتگاه بین‌راهی طبقه اول
مأخذ: نگارندگان



شکل۹.پرسپکتیو مدل‌سازی ساختمان اقامتگاه بین‌راهی خاک‌پناه در نرم افزار دیزاین بیلدر
مأخذ: نگارندگان

۸.یافته های تحقیق

جدول (۸) میزان مصرف انرژی سالانه دو ساختمان مدل‌سازی شده را به تفکیک موارد مصرف و همچنین میزان مصرف سالانه ساختمان اقامتگاه بین راهی مدل طراحی شده در سطح زمین و با مدل خاک‌پناه، برای تامین گرمایش، سرمایش و روشنایی مصنوعی ساختمان نشان می‌دهد.

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

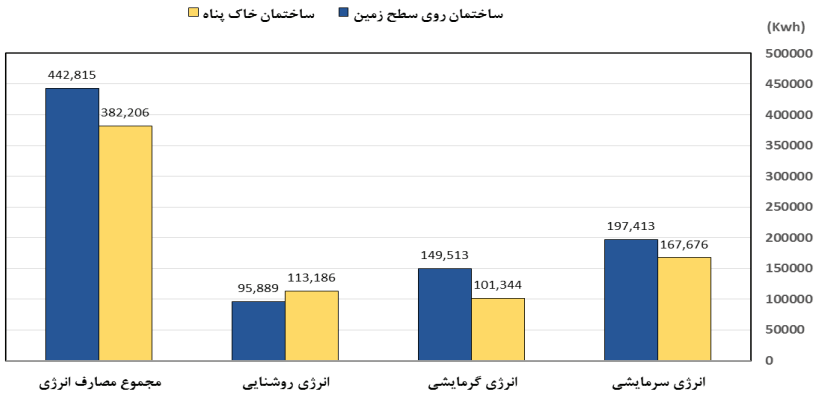
جدول۸. میزان مصرف انرژی سالانه در ساختمان اقامتگاه بین‌راهی
مدل خاک‌پناه و روی سطح زمین آن

نوع ساختمان	انرژی سرمایشی (Kwh)	انرژی گرمایشی (Kwh)	انرژی روشنایی (Kwh)	مجموع مصارف انرژی (Kwh)
ساختمان خاک‌پناه	۱۶۷۶۷۶,۲	۱۰۱۳۴۳,۷	۱۱۳۱۸۶,۱	۳۸۲۲۰۶
ساختمان روی سطح زمین	۱۹۷۴۱۳,۲	۱۴۹۵۱۳	۹۵۸۸۸,۶۲	۴۴۲۸۱۴,۸۲
کاهش مصرف انرژی(٪)	۱۵,۰۶٪	۳۲,۲۲٪	٪-۱۸,۰۴	۱۳,۶۹٪

مأخذ: نگارندگان

بر اساس نتایج مدل‌سازی، ساختمان خاک‌پناه سالانه دارای ۱۶۷۶۷۶.۲ کیلووات‌ساعت مصرف انرژی سرمایشی، ۱۰۱۳۴۳,۷ کیلووات ساعت مصرف انرژی گرمایشی (تقریبا معادل ۹,۶۵ هزار مترمکعب گاز طبیعی) و ۱۱۳۱۸۶,۱ کیلووات ساعت انرژی الکتریکی برای تامین روشنایی می‌باشد. در ساختمان احداث شده بر روی سطح زمین سالانه ۱۹۷۴۱۳,۲ کیلووات‌ساعت مصرف انرژی سرمایشی، ۱۴۹۵۱۳ کیلووات ساعت مصرف انرژی گرمایشی (تقریبا معادل ۱۴,۲۴ هزار مترمکعب گاز طبیعی) و ۹۵۸۸۸,۶۲ کیلووات ساعت انرژی الکتریکی برای تامین روشنایی مصرف می‌شود.

تفاوت مصرف انرژی میان دو ساختمان در نمودار شکل (۱۰) قابل ملاحظه است.



شکل۱۰. مقایسه مصرف انرژی سالانه در اقامتگاه بین‌راهی مدل خاک‌پناه و روی سطح زمین

مأخذ: نگارندگان

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

۹. نتیجه گیری

نتایج مدل‌سازی‌ها و تحلیل‌های انجام شده برای کل ساختمان اقامتگاه بین‌راهی با ساختار خاک‌پناه و همچنین مقایسه حرارتی ساختمان مذکور با تمام ویژگی‌ها با نمونه شبیه‌سازی شده آن بر روی زمین نشان می‌دهد مصرف انرژی گرمایشی این ساختمان بسیار بیشتر از انرژی سرمایشی می‌باشد که به علت زمستان های بسیار سرد شاهرود می‌باشد.

در نمونه خاک‌پناه این ساختمان در مصرف انرژی سالانه در بخش گرمایش حدود ۳۲ درصد و در بخش سرمایش نیز ۱۵ درصد صرفه جویی شده است. در بخش روشنایی با توجه به اینکه ساختار معماری هر دو مدل یکسان بوده، اما در نمونه بررسی شده مدل خاک‌پناه با توجه به حجم خاک ۶ متری بالای سقف ساختمان، میزان نورگیری از طریق گودال باغچه کمتر از مدل ساختمان روی سطح زمین می‌باشد که باعث افزایش ۱۸ درصدی مصرف انرژی روشنایی در بخش مدل خاک‌پناه گردید. در نتیجه، مجموع مصارف انرژی در نمونه خاک‌پناه نسبت به نمونه روی سطح زمین آن ۱۳/۷ درصد صرفه جویی را نشان می‌دهد.

لازم به ذکر است که با بررسی ارقام انرژی مصرف شده و با توجه به نوع کاربری ساختمان طراحی شده که اقامتگاه بین‌راهی از نوع الف می‌باشد، میزان مصرف انرژی مجموعه، میزان کاهش مصرف انرژی سالانه ساختمان خاک‌پناه نسبت به مدل روی سطح زمین آن رقم بالایی در صرفه جویی انرژی را به وجود آورده که معادل ۶۰۶۰۸,۶۲ کیلووات‌ساعت به طور سالانه می‌باشد که مقدار قابل توجهی است.

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

در مدل اصلی طراحی شده، به دلیل کاهشی که در دریافت نور طبیعی روز حاصل می‌شد، در ساختمان خاک‌پناه از سیستم لوله‌های نور طبیعی سقفی[1] استفاده شده بود که به دلیل محدودیت نرم‌افزار، امکان مدل سازی آن در محاسبات صرفه جویی انرژی ساختمان وجود نداشت. چنانچه این مورد نیز در نظر گرفته شود، بخشی از افزایش مصرف انرژی الکتریکی جهت تامین روشنایی تعدیل خواهد شد.

نتایج حاصل از این ارزیابی در اقلیم منطقه مورد مطالعه (شاهرود) نشان می‌دهد از آنجا که در مواقع سرد سال میانگین دمای هوا بسیار کمتر از محدوده آسایش حرارتی می‌باشد و این در حالی است که میانگین دمای هوا در مواقع گرم سال، به محدوده آسایش انسان نزدیک‌تر است. در نتیجه، مدل های ساختمان خاک‌پناه در مواقع سرد سال اتلاف حرارتی بسیار کمتری نسبت به مدل های روی زمین دارند.

با توجه به میزان هزینه اولیه این نوع معماری که برای کمک به افزایش آسایش حرارتی کاربران ساکن در آن به صورت طبیعی اتخاذ می‌گردد و با در نظر گرفتن نتایج مدل‌سازی و پژوهش صورت گرفته، پیشنهاد می‌شود برای مناطق و اقلیم‌های دارای آب و هوای سخت و دارای اختلاف دمای نسبتا بالا با دمای سطح آسایش، از احداث ساختمان ها در پناه خاک و پوشش بدنه های خارجی با مصالح طبیعی زمین استفاده گردد.

1.Natural Light Pipe System

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

منابع

ا سترلینگ، ریموند و جان کارمودی (۱۳۸۸)، *طراحی فضاهای زیرزمینی*، ترجمه وحیدر ضا ابراهیمی، م شهد: نشر مرندیز، چاپ اول.

برزگر، زهرا و مجید مفیدی شمیرانی (۱۳۸۹)، "چگونگی بهره‌گیری از توده زمین در معماری بومی جهان"، *فصلنامه علمی پژوهشی باغ نظر*، شماره ۱۵.

خدابخشیان، مقدی (۱۳۹۲)، "بنای خاک‌پناه ایده‌ای برای شهر پایدار، همایش ملی معماری پایدار و توسعه شهری"، بوکان، شرکت سازه کویر.

رحیمی مهر، وحیده (۱۳۹۲)، "نگاهی به توسعه پایدار در معماری خاک‌پناه، اولین همایش ملی معماری، مرمت، شهرسازی و محیط زیست پایدار"، همدان، انجمن ارزیابان محیط زیست هگمتانه.

گرجی مهلبانی، یوسف (۱۳۸۹)، "معماری پایدار و نقد آن در حوزه محیط زیست"، *نشریه علمی-پژوهشی انجمن علم معماری و شهرسازی ایران*، شماره۱.

معماریان، غلامحسین، (۱۳۹۳)، *سیری در مبانی نظری معماری*، تهران: انتشارات سروش دانش، چاپ نهم.

وزارت راه و ترابری، (۱۳۸۶)، "احداث مجتمع‌های خدماتی رفاهی و تیر پارک‌ها"، سازمان حمل و نقل و پایانه‌های خراسان شمالی.

Ahrens. D; Ellison. T. and R. Ster1ing (1981), *Earth Sheltered Homes, Plans & Designs*, New York: University of Minnesota.

Allison, T. (1975),"Building in the Kuwait CJimate", Kuwait Institute Scientific Research.

Al-Momin. Adil, A. (2001) , "Suitability of sunken courtyards in the desert climate of Kuwait", Energy and Buildings 33, pp.103-111

Behr, R.A. (1982), *Suitable Thin Shell Structural Configurations for Earth Sheltered Housing*, ph.D. Thesis, Texas Tech University.

Baggs, Sydney. A; Baggs, Joan. C. and David W. Baggs (1991), *Australian Earth-Covered Building,* New South Wales University Press, NSW Aus.

Carmody. J. and R. Sterling (1984), Earth Sheltered Housing Design, second edition, New York, University of Minnesota, Space.

CIB.(1999), Agenda 21 on Sustainable Construction, Rotterdam: CIB Report Publication 237.s

Durmisevic, S. (1999) , The future of the Underground Cities, Vol.16, 4, pp. 233-245

Jannadi, M.O. and S. Ghazi (1998), Earth-Sheltered Housing: The Way of the Future, *Journal of Urban Planning & Development*.

Lippsmeier, G. (1969), Building in the Tropics, Verlag, Munich.

WGSC, (2004), Working Group for Sustainable Construction (WGSC), Working Group Sustainable Construction Methods and Techniques, Final Report.

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