

# تأثیر پوشش محافظ کج باران بر میزان انرژی ساختمان در اقلیم معتدل و مرطوب

سارا زهری\*، سعید عظمتی\*\*

۱۳۹۸/۰۶/۲۶

تاریخ دریافت مقاله:

۱۳۹۸/۱۲/۰۴

تاریخ پذیرش مقاله:

چکیده

پژوهش حاضر راهکارهای جدید و سستی محافظت از دیوار غربی ساختمان را در اقلیم معتدل و مرطوب ایران با هدف دستیابی به راهکار بهینه از نظر عملکرد حرارتی مورد بررسی قرار می‌دهد. براین مبنای پس از مطالعه کتابخانه‌ای و اسنادی به روش تحلیل محتوا، مؤلفه‌های شاخص جهت مقابله با کج باران در منطقه گیلان به دست آمد. سپس مصاحبه‌ای بازپاسخ با ۱۰ نفر از متخصصان معماری صورت گرفت و از روش نظریه زمینه‌ای با تکنیک کدگذاری باز به تحلیل مصاحبه‌ها پرداخته شد. در ادامه از کدگذاری محوری جهت تولید ابزار پژوهش (تولید جدول هدف محتوا و پرسش‌نامه) بهره گرفته شد. تحلیل نتایج پرسش‌نامه به جهت به دست آوردن اولویت‌های شاخص در معماری از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) انجام شد و مشخص گردید مؤلفه‌ی «امتداد سقف تا روی ایوان و ایجاد سایبان» با وزن ۰.۱۷۶۷۵۲ بیشترین تأثیر را در راهکار مقابله با کج باران دارا می‌باشد. برای بررسی تأثیر پوشش محافظ باران در جداره غربی بر میزان مصرف انرژی، یک ساختمان مسکونی در سه حالت شامل پوشش حلبی جداره غربی، افزایش شیب و سایبان، نصب سلول‌های فوتولتائیک بر روی بام به روش شبیه‌سازی بررسی و نتایج به دست آمده مورد مقایسه و تحلیل قرار می‌گیرند. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که پوشش دیوار غربی با استفاده از حلب باعث افزایش بار گرمایش و سرمایش و افزایش بار کل ساختمان به میزان ۲/۹٪ می‌شود. افزایش شیب بام با سایبان موجب افزایش مصرف انرژی گرمایش ساختمان به میزان ۰/۲۴ درصد، کاهش بار سرمایش ساختمان به میزان ۴/۸٪ و کاهش بار کل ساختمان به میزان ۰/۵۶٪ می‌شود. افزودن سلول فوتولتائیک بر روی بام میزان مصرف انرژی را به میزان ۰/۷ درصد کاهش می‌دهد.

**کلمات کلیدی:** پوشش جداره غربی، محافظت در برابر باران، راهکارهای بومی، میزان مصرف انرژی، اقلیم معتدل و مرطوب.

\*\* استادیار، گروه معماری، واحد تهران شرق، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

\*\* استادیار، گروه معماری، واحد تهران شرق، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. Azemati@iauet.ac.ir

## مقدمه

مصرف انرژی به طور عمده در چهار بخش صورت می‌گیرد: صنعتی، ساختمان (صنعتی / تجاری)، حمل و نقل و کشاورزی. در این میان بخش ساختمان پرمصرف‌ترین بخش است (Mishra et al, 2012, 128). با افزایش بهای انرژی در دنیا در سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ در اکثر نقاط جهان، مهندسين به فکر ساخت خانه‌هایی به مصرف انرژی کم افتادند. ولی هنوز ساخت خانه‌هایی با مصرف انرژی صفر در حیطه مطالعات و تحقیقات بود. متوسط مصرف انرژی در بخش مسکونی در ایران بیش از ۴۰٪ مصرف انرژی کل کشور می‌باشد که بیش از مصرف متوسط جهانی در بخش انرژی مسکونی و تقریباً ده برابر کشورهای پیشرفته در زمینه‌ی انرژی همچون ایالات متحده و برخی کشورهای اروپایی می‌باشد. ارتقای راندمان انرژی ساختمان‌ها می‌تواند مصرف سالیانه بخش مسکونی را کاهش داده و هزینه‌ی انرژی خانواده‌ها را کاهش دهد. در مصرف بهینه انرژی، دو رویکرد کلی وجود دارد: تکنیک‌های فعال و تکنیک‌های غیرفعال. تکنیک‌های غیرفعال شامل رویکردهای ساده‌تر و معمولاً غیرمکانیکی می‌شود، درحالی‌که تکنیک‌های فعال به تکنولوژی‌های پیشرفته‌تری نیاز دارد. در برخی رویکردهای غیرفعال نیاز به مشارکت فعال است (مثل بازوبسته کردن پنجره‌ها یا پوشش بدنه)، درحالی‌که برخی از رویکردهای کاملاً فعال (مثل صفحات فتوولتائیک یا لامپ‌های خودکار کنترل) اصلاً نیازی به دخالت انسان ندارد (Alipouryani, 2011, 207).

پیشینه تحقیق در زمینه تأثیر تکنیک غیرفعال در سال ۲۰۱۴ تیم طراحی از مؤسسه فنی ماساچوست (MIT) یک تحلیل شبیه‌سازی CFD بر طراحی سه ساختمان با تعداد طبقات کم در پروژه توسعه مجتمع مسکونی در

شانگهای چین دادند تا طرح تهویه متقابل که شامل کنترل دستاوردهای خورشیدی اولیه با استفاده از سیستم‌های سایه‌انداز برآمده (سایبان) ثابت و بازشو و همچنین از بین بردن رطوبت بیش از حد با تقویت جریان هوای متقابل برای خنک‌سازی را ارزیابی کنند و نتایج ارزیابی بالابردن کیفیت هوای داخلی از طریق تهویه منجر شد (Philokyprou, M, 2014, 141).

طراحی آگاهانه ساختمان‌ها و سکونتگاه‌های بشر به‌ویژه مسکن، به لحاظ مسئله انرژی، قطعاً از میزان وابستگی به مصرف انرژی جهت گرمایش و سرمایش و ساخت و ساز تا حدود قابل توجهی می‌کاهد، شاهد آن هم شیوه سکونت پیشینیان است که قادر بوده‌اند بدون به‌کارگیری ابزار مکانیکی پیشرفته و فنون پیچیده، در اقلیم‌های گوناگون، شرایط مناسب زندگی را برای خود فراهم می‌کند (Muhaisen, 2015, 109). بنابراین وظیفه معماران ارائه راهکارهایی است که با شرایط اقلیمی سازگار بوده و در عین تأمین آسایش ساکنین، مصرف انرژی را نیز تقلیل دهند.

امروزه عدم توجه به ویژگی‌های اقلیمی منطقه و تقلید از دیگر نقاط کشور در تفکیک اراضی، انتخاب فرم و مصالح بنا علاوه بر دگرگون کردن چهره ساختمان‌ها و شهر و دوری از هویت بومی منطقه موجب صلب آسایش از ساکنین شده است. استفاده از بلوک‌های سیمانی و اجرای سقف توسط ورق‌های فلزی و به‌کارگیری عایق‌های رطوبتی و ورق‌های فلزی به‌طور عیان در نما و همچنین زنگ‌زدگی ناشی از کج باران سیمای شهری را از بین برده است. جداره‌های ساختمان، به‌عنوان مرز میان فضای داخل و خارج از ساختمان، نقش به‌سزایی در تأمین شرایط آسایش حرارتی ساختمان ایفا می‌کند. ۳۵٪ از اتلاف حرارت در ساختمان از طریق دیوارها صورت می‌گیرد (طاهباز، ۱۳۹۲، ۴۷).

آن که ارتفاعشان از سطح دریا کمتر از ۴۷۵ متر است، درصد بسیار کمی از سطح کل کشور را تشکیل می‌دهند. سواحل دریای خزر با آب‌وهوای معتدل و بارندگی فراوان، از جمله مناطق معتدل محسوب می‌شود. این منطقه که به‌صورت نواری بین رشته‌کوه‌های البرز و دریای خزر محصور شده، از جلگه‌های پستی تشکیل شده است که هرچه به‌طرف شرق پیشروی می‌کند، رطوبت و اعتدال هوای آن کاهش می‌یابد. از جمله ویژگی‌های این اقلیم رطوبت زیاد هوا و اعتدال درجه حرارت آن است. دمای هوا در روزهای تابستان معمولاً بین ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و شب‌ها بین ۲۰ تا ۲۳ درجه سانتی‌گراد و در زمستان معمولاً بالای صفر است. در این منطقه، بارندگی بسیار زیاد و در تابستان به‌صورت رگبار است. شهرهای رشت، بندر انزلی، بابلسر و گرگان و آمل در این منطقه قرار دارند (کسمایی، ۱۳۹۲، ۳۰).

#### ویژگی‌های معماری بومی مناطق معتدل و مرطوب

معماری بومی این مناطق که بیشتر کرانه‌های دریای خزر و دامنه‌های شمالی کوه‌های البرز را شامل می‌شود، به‌طور کلی دارای ویژگی‌های زیر است همچنین در جدول شماره ۱ جمع‌بندی اصول رعایت شده در معماری بومی منطقه معتدل و مرطوب ذکر گردیده است (رهسپار منفرد، ۱۳۹۸، ۲۱).

ویژگی‌های حرارتی دیوارهای ساختمان‌ها، نقش اساسی در تعیین رفتار حرارتی آن‌ها دارد. بنابراین، انتخاب اجزای مناسب دیوار دارای اهمیت قابل‌توجهی در خلق ساختمان‌هایی با بهره‌وری انرژی است، که انرژی کمتری را برای تأمین شرایط آسایش در فضاهای بسته مصرف می‌کند. آشکار است که این رویکرد طراحی ساختمان، در خلق محیط مصنوع پایدارتر با حداقل تأثیرات منفی بر محیط‌زیست نقش عمده‌ای دارد (design builder,uk,2018).

تأثیر نوع پوشش بدنه غربی بر میزان اتلاف انرژی از جداره، تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است. بنابراین مقایسه راهکارهای موجود و انتخاب راهکار بهینه از دیدگاه عملکرد حرارتی جداره ضروری به‌نظر می‌رسد. در این بخش راهکارهای استفاده‌شده در ساختمان‌های موجود، در دو بخش راهکارهای بومی و جدید بررسی می‌شوند و در مرحله بعد تأثیر هر یک از این روش‌ها بر میزان مصرف انرژی ساختمان بررسی و با یکدیگر مقایسه می‌شود. مقایسه راهکارها در دو بخش ویلایی و آپارتمانی انجام می‌شود.

#### اقلیم و سایت

ایران با قرارگرفتن بین ۲۵ و ۴۰ درجه عرض جغرافیایی شمالی در منطقه گرم قرار دارد و از نظر ارتفاع نیز، فلات مرتفعی است که مجموع سطوحی از

نوع اقلیم	نوع مصالح	نوع بام	جهت‌گیری	نحوه ارتباط ساختمان با زمین	سطح و تعداد پنجره	میزان استفاده از تهویه طبیعی	بافت مجموعه
معتدل و مرطوب	ظرفیت حرارتی کم	شیب‌دار	شرق تا غرب	روی پایه‌های چوبی یا کرسی چینی بنایی	زیاد	زیاد	پراکنده

ج ۱. جمع‌بندی اصول رعایت‌شده در معماری بومی منطقه معتدل و مرطوب (رهسپار منفرد، ۱۳۹۸، ۲۱).

- در نواحی بسیار مرطوب کرانه های نزدیک به دریا برای حفاظت ساختمان از رطوبت بیش از حد زمین، خانه ها بر روی پایه های چوبی ساخته شده اند. ولی در دامنه ی کوه ها که رطوبت کمتر است. معمولاً خانه ها بر روی پایه هایی از سنگ و گل و در پاره ای موارد بر روی رطوبت کمتر است. معمولاً خانه ها گربه روها بنا شده اند.

- برای حفاظت اتاق ها از باران، ایوانک های عریض و سرپوشیده ای در اطراف اتاق ها ساخته اند. این فضاها در بسیاری از ماه های سال برای کار و استراحت و در پاره ای موارد برای نگهداری محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرد.

- ساختمان ها با مصالحی با حداقل ظرفیت حرارتی بنا شده اند و در صورت استفاده از مصالح ساختمانی سنگین، ضخامت آن ها در حداقل میزان ممکن حفظ شده است. در این مناطق بهتر است از مصالح ساختمانی سبک استفاده شود.

- زمانی که نوسان دمای روزانه ی هوا کم است، ذخیره ی حرارت هیچ اهمیتی ندارد و علاوه بر این، مصالح ساختمانی سنگین تا حدود زیادی تأثیر تهویه و کوران را که یکی از ضروریات در این منطقه است کاهش می دهند.

- در تمام ساختمان های این مناطق، بدون استثنا از کوران و تهویه ی طبیعی استفاده می شود. به طور کلی، پلان ها گسترده و باز و فرم کالبدی آن ها بیشتر شکل های هندسی، طویل و باریک است. به منظور حداکثر استفاده از وزش باد در ایجاد تهویه ی طبیعی در داخل اتاق ها جهت قرارگیری ساختمان ها با توجه به جهت وزش نسیم های دریا تعیین شده است. در نقاطی که بادهای شدید و طولانی می وزد، قسمت های روبه باد ساختمان ها کاملاً بسته است. همچنین به دلیل فراوانی

آب و امکان دسترسی به آن در هر نقطه، ساختمان ها به صورت غیر متمرکز و پراکنده در مجموعه سازمان دهی شده است.

- به دلیل بارندگی زیاد در این مناطق، بام ها شیب دار است و شیب بیشتر آن ها تند است (رهسپار منفرد، ۱۳۹۸، ۲۱).

در پهنه جغرافیایی گیلان که رطوبت هوا و بارش باران زیاد است مسکن نه تنها باید جوابگوی نیاز انسان به سرپناه باشد، بلکه باید آسایش اقلیمی را به طور نسبی به همراه داشته باشد، بدین لحاظ بنای مسکونی باید به گونه ای ساخته شود که حتی تا جایی که امکان دارد رطوبت بیش از حد تحمل انسان را در محیط زیست کاهش دهد، تا شرایط دما و رطوبت، در حد آسایش قرار گیرد. آسایش در تابستان ها، به علت رطوبت نسبی زیاد هوا در تمام اوقات شبانه روز است. بنابراین امکان حرکت راحت باد به منظور دفع رطوبت اطراف بدن و محیط انسان مطرح می گردند. این نیاز موجب شده تا بناهای مسکونی گیلان دارای لایه های شفاف مسقف و با بازشوهای بسیار زیاد در جداره های خارجی باشند به گونه ای که گاه دورتادور بنا را یک لایه فضای زیستی نیمه محصور و بدون جداره، یعنی ایوان های چهار طرفه، احاطه کرده است (دلشاد، ۱۳۹۷، ۶).

**بررسی راهکارهای حفاظت از جداره غربی در برابر کج باران**

در ایران ۹ پهنه اقلیمی قابل مشاهده است و چهره معماری هر کدام از این اقلیم های گوناگون متفاوت بوده و در پاسخ به شرایط مکانی است، لیکن اصول تمامی آن ها ثابت و برگرفته از عوامل چندگانه ای است که از شاخص ترین آن ها اقلیم است. چنانکه عنصر بام در معماری سنتی در منطقه گرم و خشک کویری به صورت محدب درآمده تا از تندی آفتاب سوزان بکاهد.

همچنین استفاده از مصالح بوم آورد نظیر خشت باعث کاهش تبادل حرارتی شده و استفاده حجیم از آن به عنوان منبع حرارتی غیرفعال با جذب انرژی خورشید در طول روز، در شب گرما آزاد و خنکی شب را در روز به فضا می‌بخشد. لیکن در اقلیم معتدل و مرطوب حاشیه دریای خزر که از نعمت باران بهره‌مند است، فرم سقف از حالت محدب یا تخت خارج و سقف‌های شیب‌دار با شیب نسبتاً زیاد مورد بهره‌برداری و همچنین مصالح بوم آورد منطقه نظیر شاخه‌های درختان و ساقه‌های شالی در پوشش بناها استفاده می‌شده‌اند. علاوه بر فرم عناصر بنا و مصالح به‌کاررفته در بنا، جهت‌گیری بنا در جهت‌گیری بنا در جهت اقلیمی موجب بهره‌مندی هر چه بیشتر از عوامل مفید مؤثر محیطی و دوری از عوامل مزاحم می‌شده است (یاران، ۱۳۹۲، ۷۳).

#### راهکارهای معماری جدید

امروزه برای جلوگیری از بروز آسیب‌های ناشی از کج باران در جداره ساختمان، از راه‌حل‌های دیگری نظیر عایق رطوبتی (قیر با روکش مواد بازتابنده) و روکش حلبی یا استیل در جبهه غربی استفاده می‌شود. این راهکارها در خانه‌های روستایی با مصالح جدید نیز دیده می‌شوند. در برخی از موارد جداره غربی فاقد باز شو بوده و به‌صورت سراسری با مصالح ذکر شده پوشانده می‌شود.

#### ارائه راهکارهای پیشنهادی

همان‌گونه که بیان شد، در حال حاضر در اغلب ساختمان‌های شهری و روستایی در منطقه معتدل و مرطوب از پوشش حلب در جداره غربی برای محافظت از ساختمان در مقابل کج باران استفاده می‌شود، اما از آنجاکه حلب ضریب هدایت گرمایی بالا دارد، به‌نظر می‌رسد که راهکار بومی عملکرد مناسب‌تری داشته و مصرف انرژی کل ساختمان را نسبت به حلب کاهش دهد. از سوی دیگر با امتداد یافتن سقف، مساحت ضلع غربی بام افزایش می‌یابد و با افزایش شیب سقف، بهره‌گیری از تابش خورشید در فصول سرد افزایش

در استان گیلان به دلیل بارش فراوان باران و وزش باد در فصول سرد سال از جهت غرب، جداره غربی ساختمان اغلب پوشانده می‌شود، تا از برخورد شدید باران و آسیب‌های ناشی از آن به جداره غربی و ورود آب باران به داخل ساختمان جلوگیری شود (Khakpour et al, 2005, 63).

#### راهکارهای معماری بومی

معماری بومی در جهت بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر و مصرف کمتر انرژی‌های فسیلی برای تأمین آسایش ساکنان، عملکرد مطلوبی داشته است و استفاده از روش‌های ساخت محلی توسط افراد بومی، باعث انطباق آن‌ها با شرایط منطقه شده است. شناخت، حمایت و حفاظت از این آموزه‌ها در شهرهای امروزی که به‌سرعت در حال تغییر است، برای حفظ ارزش‌های مربوط به پایداری ضروری است (محمد، ۱۳۹۲، ۷۳). یکی از راهکارهایی که در خانه‌های روستایی بومی

می‌یابد. در نتیجه به نظر می‌رسد که با بهره‌گیری از سلول‌های فوتوولتائیک در جبهه غربی بام امکان بهره‌گیری از تابش خورشید به صورت مؤثر وجود دارد. در ادامه راهکارهای موجود و پیشنهادی از نظر تأثیر آن‌ها بر عملکرد حرارتی جداره و میزان مصرف انرژی ساختمان مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

### روش‌شناسی تحقیق

در هنگام محاسبه کارایی انرژی ساختمان، تعیین دقیق هدایت حرارتی دیوارها اهمیت زیادی دارد. برای بررسی عملکرد حرارتی پوشش جبهه غربی ساختمان و مقایسه راهکارهای بومی و جدید، بررسی تأثیر پوشش‌های مختلف بر میزان مصرف انرژی ساختمان ضروری است. به منظور بررسی تأثیر نوع محافظ دیوار غربی بر میزان مصرف انرژی ساختمان، در ابتدا با روش تحلیل محتوا مؤلفه‌های مؤثر در معماری بومی منطقه گیلان استخراج گردید و به جهت تکمیل اطلاعات از روش تحقیق میدانی با تکنیک مصاحبه باز پاسخ استفاده شد، به طوری که با ۱۰ نفر از متخصصان معماری در

حوزه انرژی مصاحبه صورت گرفت تا جنبه‌های تکمیلی اطلاعات به دست آیند. در مرحله دوم از روش نظریه زمینه‌ای با تکنیک کدگذاری باز به تحلیل مصاحبه‌ها پرداخته شد تا تمامی جوانب موضوع بررسی و مؤلفه‌های تأثیرگذار در تحقیق به دست آمد. در مرحله بعد از کدگذاری محوری و ایجاد پیوستار جهت تولید ابزار پژوهش (تولید جدول هدف محتوا و پرسش‌نامه) بهره گرفته شد. در این مرحله متخصصان پیوستارها را کنترل کرده و پس از تأیید به ایجاد پرسش‌نامه محقق ساخته به جهت بررسی مؤلفه‌ها و تحلیل نتایج پرسشنامه منجر شد. هدف از ایجاد این پرسش‌نامه بررسی مفاهیم و مؤلفه‌های تأثیرگذار در کج باران بود.

آنالیز پرسش‌نامه از طریق روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) انجام شد (جدول شماره ۲) تا ترتیب بررسی و اهمیت مؤلفه‌ها مشخص شود. بر همین اساس مؤلفه‌ی «امتداد سقف تا روی ایوان و ایجاد سایبان» با وزن ۰.۱۷۶۷۵۲ بیشترین تأثیر را در راهکار مقابله با کج باران دارا می‌باشد.

ردیف	مؤلفه‌های تأثیرگذار در برابر کج باران	شاخص ضریب انتقال حرارتی (۰.۴)	شاخص کاهش رطوبت (۰.۶)	میانگین نهایی (۰.۵)	Normalize
۱	امتداد سقف تا روی ایوان و ایجاد سایبان (الگوی معماری بومی)	۰.۱۲۷۵۴۱	۰.۰۴۹۲۱۱	۰.۰۶۶۶۵۵	۰.۱۷۶۷۵۲
۲	پوسته دو جداره	۰.۰۵۱۵۴۴	۰.۰۳۱۵۶۳	۰.۰۴۳۸۸۷	۰.۰۸۷۱۲۱
۳	استفاده از مصالح نوین و عایق رطوبتی	۰.۰۳۲۵۶۹	۰.۰۴۱۲۵۶	۰.۰۴۳۲۰۳	۰.۰۸۵۸۹۶
۴	پوشاندن ایوان غربی به وسیله دیواره از جنس مصالح بومی	۰.۰۴۷۱۲۱	۰.۰۴۰۹۱۶	۰.۰۴۱۷۷۲	۰.۰۸۳۱۰۸
۵	استفاده از روکش‌هایی از جنس حلبی و استیل	۰.۰۶۴۸۰۹	۰.۰۲۴۱۵۱	۰.۰۱۰۰۰۱	۰.۰۷۳۸۲۵
۶	استفاده از بام شیب‌دار	۰.۰۰۸۲۱	۰.۰۳۴۵۹۶	۰.۰۳۱۶۰۸	۰.۰۴۲۸۰۶

### ج ۲. شناسایی و اولویت‌بندی مؤلفه‌های تأثیرگذار در برابر کج باران به روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) مأخذ: نگارندگان.

روش شبیه‌سازی بررسی و نتایج به دست آمده مورد مقایسه و تحلیل قرار می‌گیرند. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که پوشش دیوار غربی با استفاده از حلب باعث افزایش بار گرمایش و سرمایش و افزایش بار کل

برای بررسی تأثیر پوشش محافظ باران در جداره غربی بر میزان مصرف انرژی، یک ساختمان مسکونی در سه حالت شامل پوشش حلبی جداره غربی، افزایش شیب و سایبان، نصب سلول‌های فوتوولتائیک بر روی بام به



بیشتر موارد پوشش دیوارها در جبهه‌های شمالی، شرقی و جنوبی سنگ و در جبهه غربی اغلب حلب یا آردواز است. بنابراین نماسازی با سنگ مبنای مقایسه قرار گرفت، تا تأثیر هر یک از روش‌ها بر افزایش یا کاهش مصرف انرژی ساختمان با حالت پایه مقایسه می‌شود. معیار انتخاب این خانه همخوانی فرم بنا با معماری متداول در استان گیلان است. ساختمان ویلایی نمونه دارای دو طبقه با ارتفاع ۲/۸۰ متر با مساحت ۴۵ متر مربع در هر طبقه با بام شیروانی دارای شیب شرقی - غربی با زاویه ۳۰ درجه مورد بررسی قرار گرفت. راهکارهای مورد مطالعه پوشش حلبی جداره غربی، افزایش شیب و سایبان، نصب سلول‌های فوتولتائیک بر روی بام را دربرمی‌گیرد. با شبیه‌سازی نمونه مورد نظر در نرم‌افزار دیزاین بیلدر تأثیر این راهکارها بر میزان مصرف انرژی ساختمان مورد مقایسه قرار گرفته است.

در ساخت بناهای این منطقه، فضای زیر بام شیب‌دار توسط یک سقف مسطح پوشیده می‌شود. در بناهای بومی این پوشش از جنس چوب است، ولی در نحوه اجرای جدید، این بام مسطح بر روی کلاف بتنی و با تیرریزی بتنی اجرا می‌شود. فضای زیر سقف شیب‌دار اغلب خالی و غیرمسکونی است. بنابراین مشخصات مدل فرضی پیشنهادی نیز با این مشخصات تعریف و سپس تغییرات روی آن اعمال می‌شود. شکل سقف در نمونه‌های مورد سنجش مطابق با تصویر شماره ۵ در نظر گرفته شد.

بر اساس جدول شماره ۳ نتیجه تحلیل سلسله‌مراتبی بیشترین وزن شاخص بر امتداد سقف تا روی ایوان و ایجاد سایبان (الگوی معماری بومی) با وزن ۰.۱۷۶۷۵۲ می‌باشد. همچنین وزن مؤلفه‌های دیگر به ترتیب اولویت پوسته دوجداره ۰.۰۸۷۱۲۱، استفاده از مصالح نوین و عایق رطوبتی ۰.۰۸۵۸۹۶، پوشاندن ایوان غربی

ساختمان به میزان ۲/۹٪ می‌شود. افزایش شیب بام با سایبان موجب افزایش مصرف انرژی گرمایش ساختمان به میزان ۰/۲۴ درصد، کاهش بار سرمایش ساختمان به میزان ۴/۸٪ و کاهش بار کل ساختمان به میزان ۰/۵۶٪ می‌شود. افزودن سلول فوتولتائیک بر روی بام میزان مصرف انرژی را به میزان ۰/۷ درصد کاهش می‌دهد.

در مرحله بعدی از نرم‌افزار دیزاین بیلدر استفاده شده است، زیرا این نرم‌افزار توانایی شبیه‌سازی انواع مصالح مورد استفاده در ساختار عناصر ساختمان را دارد. در این نرم‌افزار با تکیه بر موتور آنالیز انرژی پلاس از روش عددی برای حل معادلات انرژی بهره‌گیری شده است. برای شبیه‌سازی انرژی در ساختمان، از چندین پارامتر اقلیمی (دمای هوا، میزان تابش خورشیدی، رطوبت نسبی، سرعت و جهت باد، ارتفاع از سطح دریا، فشار هوا و غیره) استفاده می‌شود. این پارامترها باید تمام روزها و همچنین تمامی ساعات سال را دربرداشته باشند (Vanderryn et al, 1996, 88).

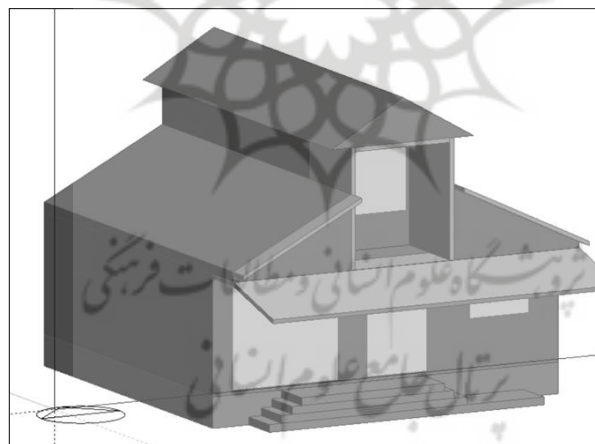
در شبیه‌سازی از فایل اقلیمی شهر رشت که با استفاده از نرم‌افزار و فایل EPW که مربوط به بازه زمانی سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۷ می‌باشد استفاده شده است. ورودی‌های نرم‌افزار بر اساس استانداردهای رایج برای یک واحد مسکونی در منطقه شبیه‌سازی شده است. سوخت مصرفی برای تأمین بار گرمایش و سرمایش به ترتیب گاز و الکتریسیته در نظر گرفته شده است.

شبیه‌سازی و مقایسه راهکارها در نمونه ویلایی برای مطالعه تأثیر نوع محافظ جداره غربی بر عملکرد حرارتی ساختمان و تعیین راهکار بهینه از نظر میزان مصرف انرژی در ساختمان‌های ویلایی، یک خانه در اطراف شهر رشت انتخاب شد. ساختمان‌های ویلایی در منطقه مورد مطالعه در حال حاضر اغلب با اسکلت بتنی و سقف شیب‌دار آردواز یا حلب اجرا می‌شوند. در

به وسیله دیواره از جنس مصالح بومی ۰.۰۸۳۱۰۸، استفاده از روکش‌هایی از جنس حلبی و استیل ۰.۰۷۳۸۲۵، استفاده از بام شیب‌دار ۰.۰۴۲۸۰۶ می‌باشد. تصویر شماره ۱ سقف مدل‌سازی شده توسط نرم‌افزار با مصالح مختلف برحسب جدول شماره ۳ را نشان می‌دهد.

ماه	نتایج کلی	نتایج کلی نرم‌افزار	اختلاف	درصد خطا
Jan	۱۰۰۸.۲۵۶	۹۸۹.۷۲۷	۱۹.۴۷	۲.۵۹
Feb	۱۲۱۰.۲۶۵	۱۰۵۴.۸۲۳	۱۵۵.۴۴	۱۰.۶۱
Mar	۸۰۷.۲۳۶	۹۳۳.۷۷	۱۲۶.۴۴	۳۹.۰۷
April	۴۵.۳۲۷	۴۲.۴۱۹	۳.۰۹	۶.۹۰
May	۵۶.۲۶۵	۲۵.۸۷۴	۳۰.۳۹	۳.۴۸
Jun	۳۲۵.۲۳۱	۲۹۶.۸۸۹	۲۸.۳۴	۲.۶۲
Jul	۴۱۵.۲۶۵	۴۰۸.۳۵۵	۷.۹۱	۴.۲۵
Aug	۵۴۲.۳۲۶	۵۰۳.۰۷۴	۳۹.۷۵	۲.۳۸
Sep	۱۲۶.۲۵۶	۱۰۰.۳۷۲	۲۶.۱۲	۴.۸۸
Oct	۴۵.۱۵۶	۵.۷۳۲	۳۹.۵۸	۲.۶۳
Now	۴۹۷.۲۶۵	۴۳۸.۰۱۹	۵۹.۲۵	۷.۵۶
Dec	۱۰۰۷.۱۹۴	۹۹۴.۲۷۶	۱۳.۹۲	۱.۶۱
	۶۰۸۶.۱۳	۵۷۹۳.۳۳	۲۹۳.۲۰	۱.۰۰
			error percent	۵%

ج ۳. تفاوت بین نتایج شبیه‌سازی و کل مصرف انرژی گزارش شده، مأخذ: نگارندگان.

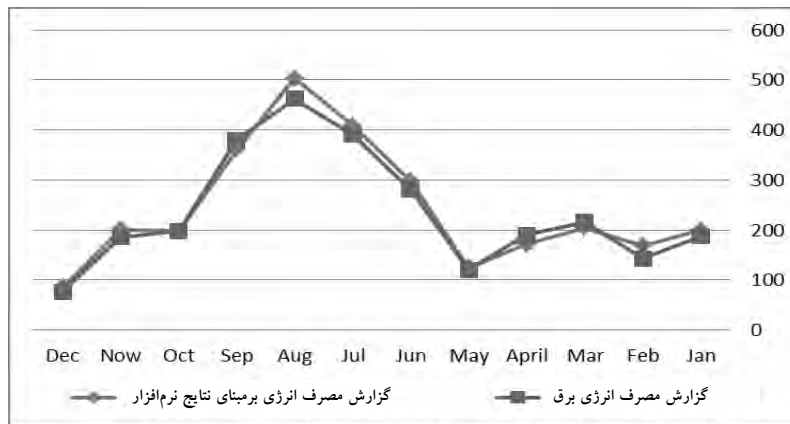


ت ۱. شماتیک ساختمان حالت پایه، مأخذ: نگارندگان.

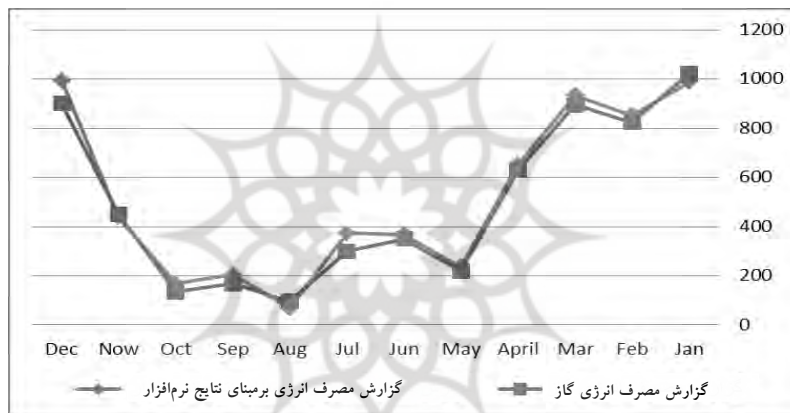
میانگین اختلاف ۱.۲۵ درصدی را می‌توان مشاهده کرد. براساس جدول ۴، به‌طور متوسط ۵ درصد خطا در محاسبات نرم‌افزار شبیه‌سازی وجود دارد که در محدوده قابل قبول است.

با مقایسه نتایج شبیه‌سازی و قبض‌های برق و گاز (نمودار ۱، ۲ و ۳)، میانگین محاسبه ۵ درصد خطا در محاسبات وجود دارد. با مقایسه اعداد گزارش شده در صورت حساب و محاسبه میزان مصرف برق و گاز،





ن ۱. آزمایش اعتبارسنجی مصرف برق، مأخذ: نگارندگان.



ن ۲. آزمایش اعتبارسنجی مصرف گاز، مأخذ: نگارندگان.



ن ۳. مقایسه بین نتایج نرم افزار و قبض دوره ای، مأخذ: نگارندگان.

## فرضیات مدل

در شبیه‌سازی این ساختمان تعداد افراد، تعداد تجهیزات و سیستم روشنایی و همچنین برنامه زمانی عملکرد آن‌ها مطابق با کاربری‌های استاندارد ساختمان وارد نرم‌افزار شده است. مصالح در نظر گرفته شده برای دیوار خارجی و سقف مطابق تصاویر زیر می‌باشد. ضریب انتقال حرارت با در نظر رفتن دولایه‌ی هوای ساکن در دو طرف جدار برای دیوار سنگی (جدول شماره ۴)  $0.639 \frac{W}{M^2K}$ ، برای دیوار حلبی (جدول شماره ۵)  $1.771 \frac{W}{M^2K}$ ، برای دیوار ایزوگام (جدول شماره ۶)  $1.746 \frac{W}{M^2K}$ ، برای سقف شیب‌دار (جدول شماره ۷)  $1.703 \frac{W}{M^2K}$ ، برای سقف صاف زیر سقف شیب‌دار (جدول شماره ۸)  $0.154 \frac{W}{M^2K}$  می‌باشد.

Outermost layer	
Material	Isogam
Thickness (m)	0.100
Bridged?	
Layer2	
Material	Cement
Thickness (m)	0.0300
Bridged?	
Layer3	
Material	Brick
Thickness (m)	0.2000
Bridged?	
Innermost layer	
Material	Plasterboard
Thickness (m)	0.0300

### ج ۶. مشخصات جدار دیوار ایزوگام.

Outermost layer	
Material	Clay Tile (roofing)
Thickness (m)	0.250
Bridged?	
Layer2	
Material	Air gap
Thickness (m)	0.200
Bridged?	
Innermost layer	
Material	Woods
Thickness (m)	0.0700

### ج ۷. مشخصات سقف شیب‌دار.

Outermost layer	
Material	Moisture Insulation
Thickness (m)	0.0200
Bridged?	
Layer2	
Material	Thermal Insulation
Thickness (m)	0.1000
Bridged?	
Layer3	
Material	Con
Thickness (m)	0.2000
Bridged?	
Innermost layer	
Material	Plasterboard
Thickness (m)	0.0300

### ج ۸. مشخصات سقف صاف زیر سقف شیب‌دار.

می‌توان با استفاده از نرم‌افزار دیزاین بیلدر، براساس رطوبت و دمای داخل و همچنین رطوبت و دمای هوای خارج در بدترین شرایط، احتمال رخ داد پدیده میعان بررسی شده و برای هر دیتیل در ادامه قرار گرفته است. در هر دیتیل تغییرات دما و فشار براساس مصالح قرار گرفته است. مطابق نتایج فقط در دیتیل سقف شیب‌دار

Outermost layer	
Material	teravertin
Thickness (not used in thermal calcs) (m)	0.0300
Layer2	
Material	Cement
Thickness (m)	0.0300
Bridged?	
Layer3	
Material	Brick
Thickness (m)	0.2000
Bridged?	
Innermost layer	
Material	Plasterboard
Thickness (m)	0.0300

### ج ۴. مشخصات جدار دیوار سنگ.

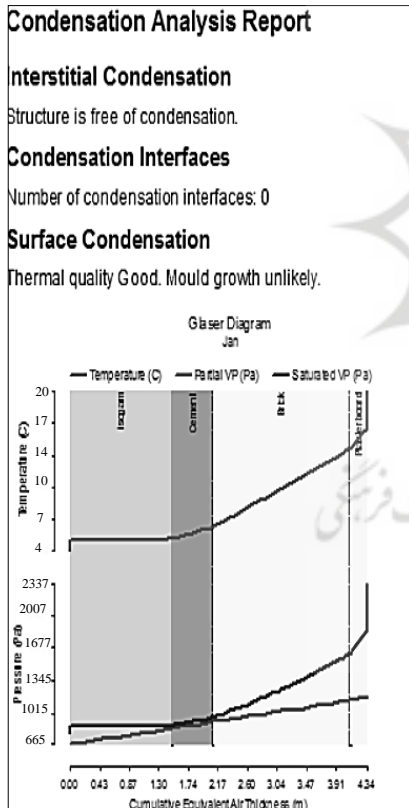
Outermost layer	
Material	Halab
Thickness (m)	0.1000
Bridged?	
Layer2	
Material	Cement
Thickness (m)	0.0300
Bridged?	
Layer3	
Material	Brick
Thickness (m)	0.2000
Bridged?	
Innermost layer	
Material	Plasterboard
Thickness (m)	0.0300

### ج ۵. مشخصات جدار دیوار حلبی.

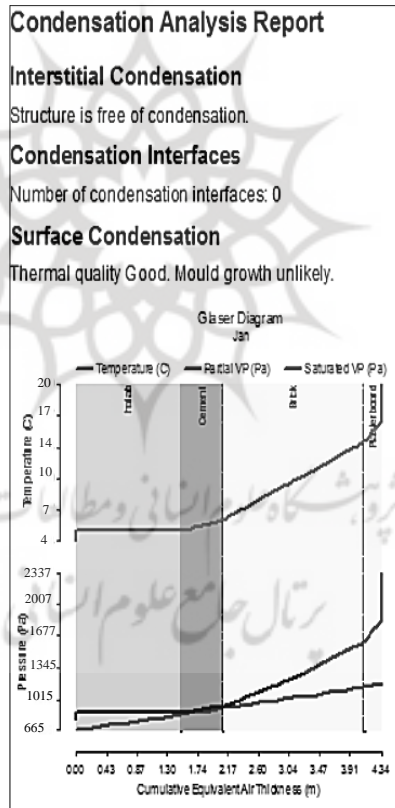
ساختمان در مقابل کج باران موجب افزایش ضریب هدایت حرارتی دیوار غربی می‌شود. بالا بودن رسانایی حرارتی فلز حلب موجب افزایش انتقال حرارتی به خارج از ساختمان در فصل زمستان همچنین افزایش بار گرمایش ساختمان می‌شود. همچنین به علت جذب بیشتر گرمایش خورشیدی در تابستان موجب انتقال حرارت به داخل ساختمان و بالا رفتن دمای فضای داخلی می‌شود. استفاده از حلب به عنوان پوشش جداره غربی موجب افزایش مصرف انرژی مربوط به بار سرمایش به اندازه ۶/۲ درصد و افزایش بار گرمایش به اندازه ۲/۲ درصد نسبت به حالت مبنای شد.

احتمال وجود میعان و رشد جلبک فراوان بوده و در مابقی دیتیل‌ها این امکان نامحتمل می‌باشد. مطابق نتایج درصد تأثیر هر پوشش جداره غربی و همچنین تأثیر سایر عوامل در جدول قرار گرفته است. پوشش حلب

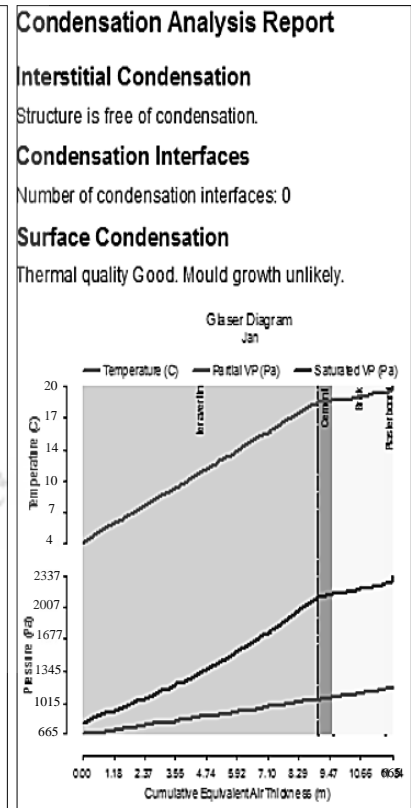
در ساختمان‌های این منطقه اغلب از سنگ به عنوان پوشش نما استفاده می‌شود. اما در جداره غربی برای محافظت در برابر کج باران به جای سنگ از حلب استفاده می‌شود. طبق اطلاعات نرم افزار دیزاین بیلدر در مورد مشخصات حرارتی دیوار (تساویر شماره ۲ الی ۶) استفاده از روکش حلبی به منظور محافظت از



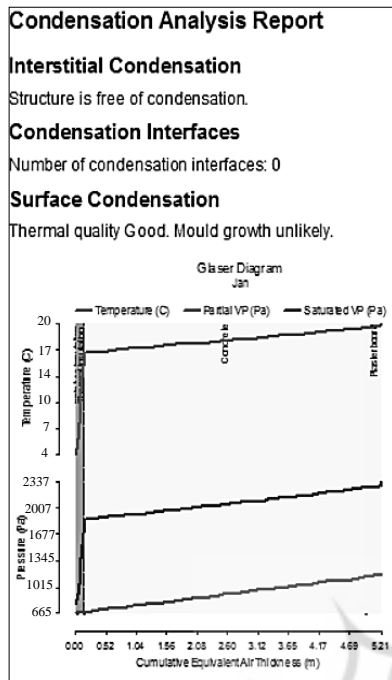
ت ۴. دیوار ایزوگام.



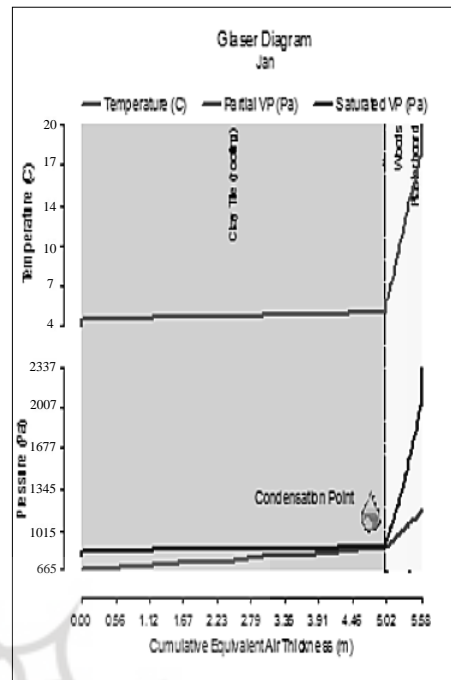
ت ۳. دیوار حلب.



ت ۲. دیوار سنگی.



ت ۶. سقف صاف ریز سقف شیب‌دار.

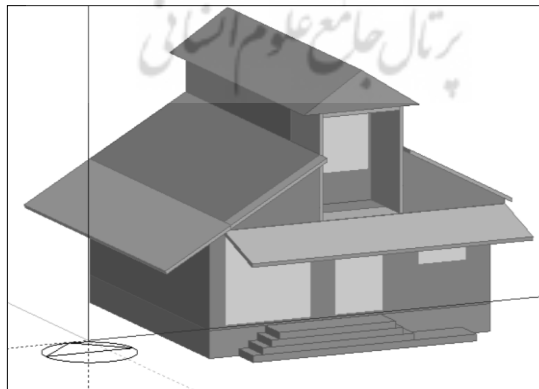


ت ۵. سقف شیب‌دار.

نیروی شناوری و حرکت هوای گرم به سمت بالا  
مصرف انرژی گرمایش ساختمان به میزان ۰/۲۴ درصد  
افزایش می‌یابد. به علت مایل بودن تابش خورشید با  
افزایش شیب بام در فصل سرد سال، میزان دریافت انرژی  
تابش خورشیدی افزایش می‌یابد. در نتیجه فضای زیر  
شیروانی نسبتاً گرم‌تر می‌شود و بار سرمایش ساختمان به  
میزان ۴/۸٪ کاهش می‌یابد (تصویر شماره ۷).

### امتداد و افزایش شیب بام

در فصل گرما با تابش خورشید، جداره حلبی بام گرم  
شده و به علت عدم وجود عایق حرارتی روی سقف  
هوای گرم به فضای زیر شیروانی منتقل می‌شود. افزایش  
شیب بام، موجب افزایش ارتفاع فضای زیر شیروانی  
شده و به علت عدم وجود عایق حرارتی روی سقف  
گرما به فضای زیر شیروانی منتقل می‌شود. با تشدید

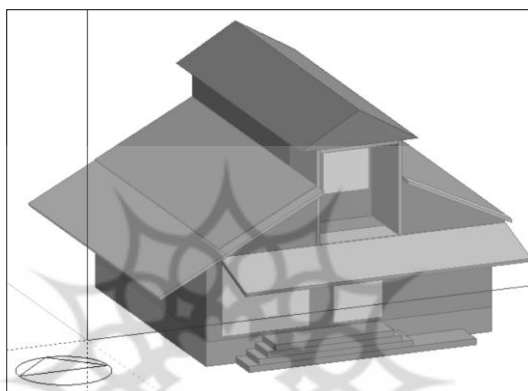


ت ۷. شماتیک ساختمان با امتداد سقف، مأخذ: نگارندگان.

### افزایش شیب و استفاده از سلول‌های خورشیدی

طبق محاسبات نرم‌افزار، با استفاده از پوشش سلول خورشیدی بر روی جهت غربی بام به مساحت ۳۲ متر مربع (کل سطح رو به غرب بام)، بیشترین کاهش در مصرف انرژی ساختمان در اثر پوشاندن بام ساختمان با سلول‌های خورشیدی اتفاق می‌افتد، زیرا این سلول‌ها علاوه بر تولید الکتریسیته، به علت افزایش بازتاب سطح بام (روکش

سلول‌های فتوولتائیک شیشه است) موجب کاهش دمای زیر سقف شیب‌دار و در نتیجه افزایش ۰/۳ درصدی بار گرمایش و کاهش ۵/۸ درصدی بار سرمایش می‌شود. براساس نتایج شبیه‌سازی میزان مصرف الکتریسیته در ساختمان نمونه ۵۷۱۸۸/۱۸ و تولید الکتریسیته توسط سلول‌های فتوولتائیک ۸۴۱۲۵/۴ کیلو وات ساعت بر متر مربع است (تصویر شماره ۸).



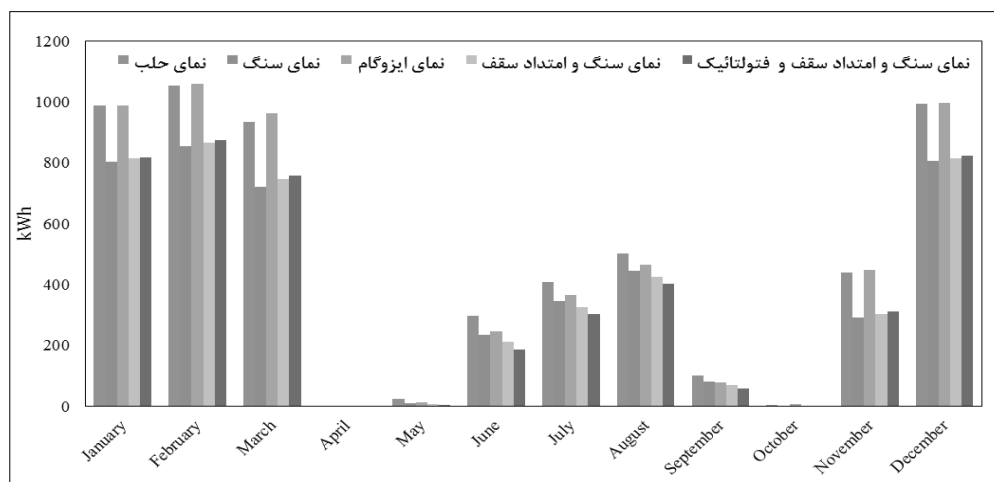
ت ۸. شماتیک ساختمان با امتداد سقف و پنل فتوولتائیک، مأخذ: نگارندگان.

در حالی که از پنل فتوولتائیک نیز استفاده گردیده، مساحت ۳۰۸ متر مربع سقف با پنل فتوولتائیک با راندمان ۲۰ درصد پوشانده شده است. این نیروگاه حدود ۵ کیلووات ظرفیت داشته است. روند تولید برق از این تعداد پنل مطابق شکل زیر (نمودار شماره ۶) می‌باشد.

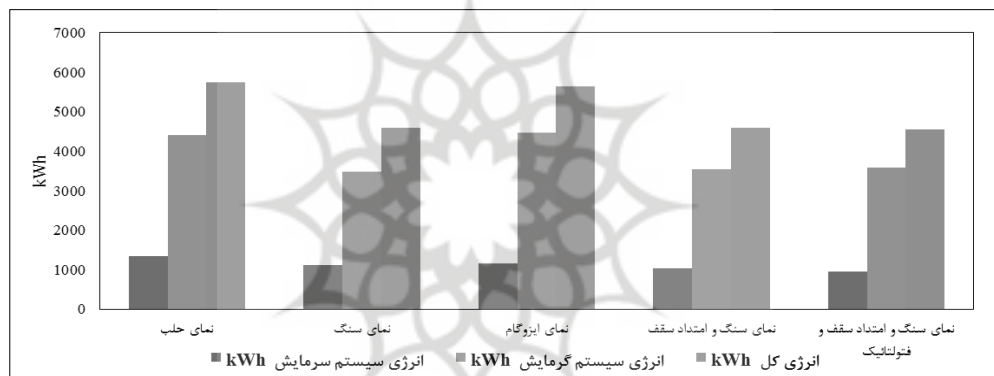
در جدول شماره ۹ خلاصه نتایج آنالیز آورده شده است، همچنین در نمودار ۴ مجموع انرژی‌های مصرفی سیستم سرمایش و گرمایش و نمودار ۵ مقایسه کامل بین مجموع انرژی مصرفی در حالت‌های مختلف قرار گرفته است.

حالت	انرژی سیستم سرمایش kWh	انرژی گرمایش kWh	انرژی کل kWh	درصد صرفه‌جویی سرمایش	درصد صرفه‌جویی گرمایش	درصد صرفه‌جویی انرژی کل
نمای حلب	۱۳۳۴	۴۴۱۶	۵۷۵۰	-	-	-
نمای سنگ	۱۱۱۸	۳۴۷۶	۴۵۹۴	٪۱۶.۲	٪۲۱.۳	٪۲۰.۱
نمای ایزوگام	۱۱۶۵	۴۴۶۷	۵۶۳۳	٪۱۲.۶	٪۱.۲-	٪۲.۰
نمای سنگ و امتداد سقف	۱۰۳۶	۳۵۴۸	۴۵۸۴	٪۲۲.۳	٪۱۹.۷	٪۲۰.۳
نمای سنگ و امتداد سقف و فتوولتائیک	۹۵۶	۳۵۸۷	۴۵۴۳	٪۲۸.۳	٪۱۸.۸	٪۲۱.۰

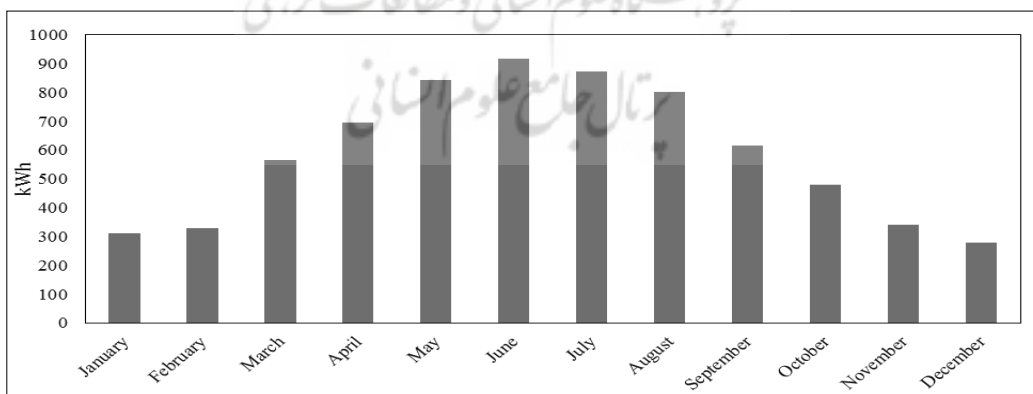
ج ۹. خلاصه نتایج، مأخذ: نگارندگان.



ن ۴. مجموع انرژی مصرفی سیستم سرمایش و گرمایش، مأخذ: نگارندگان.



ن ۵. مجموع انرژی مصرفی، مأخذ: نگارندگان.



ن ۶. برق تولیدی، مأخذ: نگارندگان.



با توجه به نتایج شبیه‌سازی، همان‌گونه که در جدول شماره ۵ مشخص است، به‌طور کلی مشاهده می‌شود که بار گرمایش ساختمان بسیار بیشتر از میزان انرژی موردنیاز جهت سرمایش است. این امر با توجه به اقلیم منطقه نیز قابل توجیه است، زیرا در استان گیلان در ماه‌های گرم سال به‌جز تیر و مرداد سرمایش از طریق تهویه طبیعی انجام می‌شود و به‌جز این دو ماه نیازی به استفاده از تجهیزات مکانیکی جهت سرمایش نیست درحالی‌که در فصول سرد سال در تمام پاییز و زمستان نیاز به استفاده از تجهیزات مکانیکی جهت گرمایش وجود دارد. بنابراین تمرکز اصلی در کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های این منطقه باید بر کاهش بار گرمایش ساختمان باشد.

مقایسه مجموع بار سرمایش و گرمایش در حالت‌های مختلف نشان می‌دهد که پوشش حلب در جداره غربی سبب افزایش بار سرمایش به میزان  $7/6\%$  و افزایش بار گرمایش به میزان  $2/2\%$  می‌شود. زیرا در فصول گرم سال تابش خورشید بر سطح حلب و جذب گرما توسط آن و هدایت گرمایی توسط حلب به داخل ساختمان موجب افزایش دمای داخل شده و بار سرمایش افزایش می‌یابد. از سوی دیگر ضریب انتقال حرارت بالای حلب در فصول سرد سبب اتلاف گرمای ساختمان و افزایش بار گرمایش می‌شود. استفاده از حلب باعث افزایش بار کل ساختمان به میزان  $2/9\%$  می‌شود. این نوع روکش علی‌رغم جلوگیری از صدمات ناشی از بارش باران، به دلیل افزایش اتلاف حرارت و انرژی مصرفی کلی ساختمان از دیدگاه انرژی مناسب نیست. افزایش شیب بام با سایبان به‌عنوان حائل باران موجب افزایش مصرف انرژی گرمایش ساختمان به میزان  $0/24\%$  درصد، کاهش بار سرمایش ساختمان به میزان  $4/8\%$  و کاهش بار کل

ساختمان به میزان  $5/6\%$  می‌شود. اضافه کردن سایبان علاوه بر مقابله با باران موجب کاهش مصرف انرژی ساختمان می‌شود. کمترین میزان انتقال حرارت مربوط به عایق حرارتی به‌همراه عایق رطوبتی است، که نسبت به نماسازی با سنگ نیز انتقال حرارتی کمتری دارد. در صورت استفاده از عایق رطوبتی، به‌کارگیری عایق حرارتی نیز برای جلوگیری از اتلاف حرارت در این جداره ضروری است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهند، که در صورت وجود عایق حرارتی و عایق رطوبتی مصرف انرژی ساختمان افزایش نمی‌یابد با افزایش شیب و بهره‌گیری از سلول‌های فوتوولتائیک بر روی بام علاوه بر تأمین بار الکتریسته مربوط به بار سرمایش و روشنایی، انرژی الکتریکی قابل توجهی ذخیره می‌شود. و بار کل ساختمان به میزان  $0/7\%$  کاهش می‌یابد.

### فهرست منابع

- طاهباز؛ منصوره. دانش اقلیمی طراحی معماری، تهران، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۹۲.
- کسمایی، مرتضی، اقلیم و معماری، تهران، انتشارات خانه‌سازی ایران، ۱۳۹۲.
- Alipouryani, T., Nouri, M. (2011). Formation of Modernity and Post-Modernity. Journal of Political Studies, 3(11), 207-232.
- رهسپار منفرد؛ رضا و همکاران. تحلیل رفتار باد در تهویه طبیعی و کاهش مصرف انرژی در بنای مسکونی اقلیم معتدل و مرطوب مبتنی بر معماری بومی، نشریه معماری و شهرسازی ایران، پذیرش شده، ۱۳۹۸.
- دلشاد؛ مهسا و همکاران. تطبیق ویژگی‌های معماری ایرانی در معماری بومی گیلان (نمونه موردی: خانه صوفی املش و خانه آیت‌الله بروجردی)، معماری شناسی، سال اول شماره ۵ بهمن ۱.
- دربندی؛ مریم و همکاران. بهبود عملکرد عناصر معماری زمینه‌گرا در معماری گیلان و بازآفرینی آن در ساختارهای امروزی با استفاده از تکنولوژی نانو، نشریه علمی- پژوهشی

انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران، شماره ۱۰، پاییز و زمستان، ۱۸-۵، ۱۳۹۴.

- مشیری؛ شهریار. طراحی پایدار بر مبنای اقلیم گرم و مرطوب، هویت شهر، پاییز و زمستان ۱۳۸۸، دوره ۳، شماره ۵؛ از صفحه ۳۹ تا صفحه ۴۶.

-Khakpour, M. (2005). Vernacular Habitation in Rural Societies of Gilan. HONAR-HA-YE-ZIBA, 22, 63-72.

- یاران؛ علی و همکاران. تطابق شاخصه های مسکن بومی گیلان با معماری مدرن غرب، معماری و شهرسازی آرمان شهر، شماره ۱۵، پاییز و زمستان ۱۳۹۲.

- محمد؛ شقایق. مطالعه رفتار حرارتی مصالح رایج در ساخت دیوار، مطالعه موردی: ساختمان های مسکونی شهر تهران، نشریه هنرهای زیبا، دوره ۱۸، شماره ۱، ۷۸-۶۹، ۱۳۹۲.

- گرجی مهلبانی؛ یوسف، دانشور؛ کیمیا. (۱۳۸۹) تأثیر اقلیم بر شکل گیری عناصر معماری سنتی گیلان. تهران: نشریه معماری و شهرسازی آرملان شهر دوره ۳ شماره ۴.

- Mishra, Subhash, Usmani, J A, Varshney Sanjeev, Energy saving analysis in building walls through Thermal Insulation System, International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA) ISSN: 2248-9622, Vol. 2, Issue 5, pp.128-135, 2012.

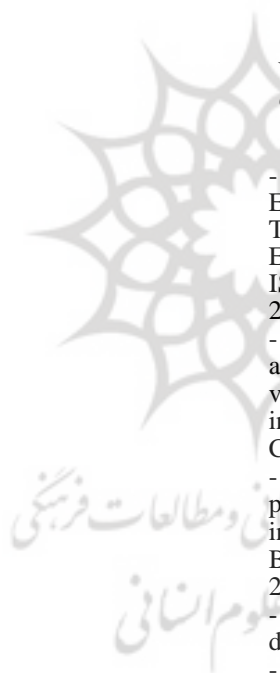
- Philokyrou, M. et al, Examination and assessment of the environmental characteristics of vernacular rural settlements in varying topographies in Cyprus, World sustainable Building Barcelona Conference, 2014.

- Muhaisen, Ahmed, Effect of wall thermal properties on the energy consumption of buildings in the Gaza strip, 2nd International Sustainable Buildings Symposium, Ankara – Turkiye, pp. 1019, 2015.

- Van Der Ryn, Sim & Cowan, Stuart, Ecological design, Island Press, pp. 88-89, 1996.

- <http://www.designbuilder.co.uk>

-<https://doi.org/10.22034/38.168.3>



مطالعات فرسنگی  
علوم انسانی