

## تحلیل رفتار حرارتی پوسته خارجی- نمایی ساختمان با مصالح و تکنولوژی های اجرای سنتی و نوین با هدف بهینه سازی مصرف انرژی، مورد مطالعاتی: ساختمان های مسکونی شهر مشهد\*

سید مهدی مداحی<sup>۱</sup>- مهسا عباسی<sup>۲\*</sup>

۱. استادیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، موسسه آموزش عالی خاوران، مشهد، ایران.  
۲. کارشناسی ارشد مهندسی معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، موسسه آموزش عالی خاوران، مشهد، ایران (نویسنده مسئول).

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۱/۲۷ تاریخ اصلاحات: ۹۶/۱۰/۱۹ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۷/۰۲/۱۱ تاریخ انتشار: ۹۸/۱۲/۲۹

### چکیده

صرفه جویی در مصرف انرژی یکی از چالش های مهم جهان است. در سال های اخیر، نگرانی های زیادی در خصوص تبعات زیست محیطی مصرف انرژی ایجاد شده است. در کشور ما، بخش ساختمان حدود ۴۰ درصد از کل مصرف انرژی را به خود اختصاص می دهد. پوسته ساختمان به عنوان واسطه اصلی بین فضای بیرون و درون نقش اساسی در کنترل شرایط محیطی ایفا می کند. این پژوهش به بررسی رفتار حرارتی جداره های خارجی ساختمان در شهر مشهد می پردازد. روش تحقیق در این پژوهش ترکیبی بوده و از طریق مطالعات میدانی جداره های خارجی رایج در ساختمان های شهر مشهد شناسایی شده و در نرم افزار دیزاین بیلدر شبیه سازی شده است، همچنین تعدادی از جداره های خارجی جدید که زمینه اجرای آن ها در شهر مشهد محدود است نیز مورد بررسی قرار گرفته اند. نتایج نشان می دهد که ضعیف ترین دیوار از نظر پاسخ دهی حرارتی در بین دیوارهای خارجی رایج در شهر مشهد HCB1 (دیوار با بلوک سفالی ۱۵ سانتی متری) و بهینه ترین دیوار از نظر صرفه جویی انرژی حرارتی A2 (دیوار با بلوک ACC ۱۰ سانتی متری و عایق پلی استایرن) می باشد که با استفاده از این دیوار به میزان ۵۰ درصد در بار کل و ۷۳ درصد در اتلاف های دیوار صرفه جویی می شود، البته دیوار L2 (دیوار با بلوک لیکا ۱۰ سانتی متری و عایق پلی استایرن) در فصول سرد سال عملکرد بهتری دارد و به دلیل ضریب پذیرندگی<sup>۱</sup> بالاتر مانع خروج گرمای داخل به بیرون می شود، در نتیجه انرژی که برای تأمین گرمایش ساختمان لازم است نسبت به بقیه دیوارها کم تر است، همچنین در مورد اجرای سیستم نمای خشک هر کدام از دیوارها مشاهده می شود که با اجرای نمای خشک از بار کل و اتلافات حرارتی دیوار کاسته می شود.

واژگان کلیدی: آسایش حرارتی، صرفه جویی انرژی، جداره های خارجی، پوسته ساختمان، شهر مشهد.

\* این مقاله برگرفته از بخشی از پایان نامه نویسنده دوم با عنوان «طراحی مسکن اقلیمی در راستای شناسایی عملکرد حرارتی جداره های خارجی ساختمان با رویکرد کاهش مصرف انرژی، نمونه موردی بافت آبکوه شهر مشهد» با راهنمای نویسنده اول می باشد.

\*\* E\_mail: mahsa.abasi7777@gmail.com

## ۱. مقدمه

تأثیرگذار می‌باشند)، بدیهی است که نوع و جنس پوسته خارجی فضاها، جهت قرارگیری جداره‌ها و پوسته‌ها، رنگ و بافت سطح جداره‌ها نقش اساسی در رسیدن به این اهداف را به عهده دارند (Pourdeyhimi & Gosili, 2015, p. 59). پوسته ساختمان به‌عنوان واسطه اصلی بین فضای داخل و خارج نقش قابل توجهی در کاهش بارهای سرمایشی و گرمایشی دارد. میزان صرفه‌جویی از اتلاف انرژی در پوسته ساختمان به عوامل متعددی از جمله جنس مصالح، بازشوها، جرم حرارتی، عایق حرارتی و غیره وابسته است (Shaghayegh, 2013, p. 152). استفاده از عایق حرارتی در جداره‌ها یکی از روش‌های مؤثر در کاهش بار حرارتی و برودتی ساختمان است (Omidvar & Rati, 2013, p. 154). نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد برای هر مقدار از جرم حرارتی زمانی که جرم به سطح داخلی و عایق به سمت خارج نزدیک شود عملکرد حرارتی بهتر خواهد بود (Al-sanea, Zedan, & Al-hussain, 2012, p. 123). ضخامت بهینه عایق بستگی به درجه حرارت روز و مقاومت حرارتی کلی دیوار دارد (Aste, Angelott, & Buzzetti, 2009, p. 117). در پژوهشی که ضخامت بهینه عایق را بر اساس زمان تأخیر و عامل کاهش به روش تفاضل محدود در شرایط پایدار محاسبه کرده‌اند نتایج نشان می‌داد که دیوارهای شمالی نیاز به کم‌ترین مقدار عایق دارد، در حالی که جداره‌های شرقی و غربی نیاز به ضخیم‌ترین عایق‌ها دارند، بر اساس نتایج این تحقیق ساختار دیوار می‌تواند با توجه به جهت‌گیری دیوارهای مختلف بر اساس تعادل بین هزینه مقدار عایق و هزینه مصرف انرژی بهینه شود (Ozel, 2011, p. 3857). همچنین در مورد به کاربرد رنگ‌ها در نما استفاده از رنگ‌های روشن‌تر در سطوح خارجی ساختمان به‌طور مؤثری باعث کاهش نوسانات دمای داخل ساختمان خواهد شد (Cheng, 2005, p. 531).

## ۳. سؤالات پژوهش

با توجه به این که در حال حاضر صرفه‌جویی در انرژی بسیار اهمیت دارد در این پژوهش سعی شده است به سؤالات زیر پاسخ داده شود تا هدر رفت انرژی در بخش ساختمان به حداقل میزان ممکن برسد.

۱. چه عواملی بر رفتار حرارتی جداره‌های خارجی ساختمان‌های مسکونی مشهد در راستای کاهش مصرف انرژی تأثیر گذارند؟

۲. چه مصالحی از بین مصالح رایج مصرفی در جداره‌های خارجی ساختمان‌های مسکونی در شهر مشهد از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی حرارتی مناسب‌تر است؟

## ۴. روش پژوهش

این پژوهش، تحقیقی کاربردی محسوب می‌شود. روش تحقیق در پژوهش حاضر ترکیبی (توصیفی-تحلیلی)، در

بحران محیط‌زیست در نیم قرن گذشته و سالیان اخیر، زندگی بشر بر روی کره زمین را با چالش‌های جدیدی روبه‌رو ساخته است. پیامدهای ناشی از روش‌های زندگی ماشینی و صنعتی و استفاده روزافزون از سوخت‌های فسیلی به منظور دستیابی به آسایش بیشتر در زندگی روزمره، روز به روز توجه به مسائل زیست‌محیطی و مصرف بهینه سوخت را در کانون توجه اندیشمندان قرار داده است. در طراحی معماری، آسایش حرارتی از مقوله‌های بسیار مهم بوده و تأمین آسایش حرارتی ساکنین یک بنا از دغدغه‌های اصلی در طراحی فضاهای زیستی می‌باشد، امروزه در کشور ما، میزان مصرف انرژی در بخش ساختمان به نسبت استانداردهای جهانی، در حد بالایی قرار دارد. بالا بودن این میزان، مسلماً با عوامل و فاکتورهای تأثیرگذار مختلفی در ارتباط است که در این میان نباید نقش جداره‌ها و پوسته‌های خارجی بنا، نادیده گرفته شود. مصرف انرژی در ساختمان یک سوم مصرف انرژی سالانه کشور را به خود اختصاص می‌دهد که در این میان گرمایش و سرمایش بیشترین سهم را دارند، بنابراین ارائه راهکارهایی که بتواند مصرف انرژی را در این بخش کاهش دهد اهمیت فراوانی دارد. رعایت کوچک‌ترین جزئیات می‌تواند تأثیر زیادی در کاهش مصرف در ساختمان داشته باشد. بنابراین با تصحیح در روش‌های ساخت و طراحی ساختمان می‌توانیم به طراحی ایده‌آل دست یابیم. همان طور که ذکر شد بررسی ویژگی‌های جداره‌های خارجی در دریافت انرژی و رسیدن به الگو بهینه ضروری می‌باشد. در واقع بخش اعظمی از اعضای حائل بین داخل و خارج ساختمان را جداره‌ها تشکیل می‌دهند که در صورت استفاده به‌جا و صحیح از مصالح مناسب می‌توان از اتلاف انرژی به مقدار زیادی جلوگیری نمود و در صورتی که تمهیدات لازم برای کاهش انتقال حرارت از پوسته خارجی ساختمان در نظر گرفته شود، می‌توان به میزان قابل توجهی در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد.

## ۲. پیشینه پژوهش

اغلب پژوهش‌های انجام شده در حوزه تحلیل رفتار حرارتی ساختمان نشان می‌دهد که یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در صرفه‌جویی انرژی، طراحی همساز با اقلیم می‌باشد (Nasrollahi, 2010, p. 7). جداره‌هایی که در بدنه خارجی یک فضا واقع می‌شوند، (اعم از جرزهای خارجی، سقف‌ها، بازشوها و غیره) حکم پوسته‌ای را دارند که فضاهای داخلی را احاطه کرده و آن‌ها را از محیط پیرامون جدا می‌سازد، این جداسازی برای رسیدن به اهداف مختلفی از جمله تأمین امنیت جسمی و روانی در مقابل عوامل مزاحم خارجی، کنترل عوامل اقلیمی، تعریف فضای بسته معماری، ایجاد حریم‌های خصوصی افراد، و غیره صورت می‌گیرد (اهدافی که در شکل‌گیری فضاهای بسته

## ۵-۲- روز- درجه گرمایش

واحدی براساس دما و زمان، که برای برآورد مصرف انرژی و تعیین بار گرمایشی یک ساختمان در اوقات سرد سال به کار می رود. روز درجه گرمایش برابر است با مجموع اختلاف دمای متوسط روزانه نسبت به ۱۸ درجه سلسیوس، در اوقاتی از سال که دمای متوسط روزانه از ۱۸ درجه سلسیوس پایین تر است (Topic 19 National Building Regulations, 2013, p. 56).

## ۵-۳- ویژگی های دینامیک حرارتی

مقادیر حاصل از محاسبات شرایط پایدار (که منجر به ضریب هدایت حرارتی مصالح می شود)، به تنهایی معیار مناسبی برای بررسی عملکرد حرارتی مصالح نیست، به عنوان مثال دو دیوار با ضریب هدایت حرارتی یکسان، می توانند گرما را به مقدار و شیوه های مختلفی جذب و بازتابش کنند (McMullan, 2007, p. 14). در حقیقت به دلیل ویژگی هایی مانند: ظرفیت حرارتی، چگالی و ضریب هدایت حرارتی مواد و شرایط متغیر آب و هوایی، مصالح رفتار پویایی از خود نشان داده که در محاسبات شرایط پایدار لحاظ نمی شود. در محاسبات شرایط پایدار دمای دو طرف دیوار یا هر سازه ای که هدف محاسبه ضریب هدایت حرارتی آن است، ثابت در نظر گرفته می شود، حال آن که در واقعیت پوسته ساختمان در معرض دمای متغیر طی شبانه روز است.

## ۵-۴- روش پذیرندگی و تحلیل پارامترهای مؤثر در این روش

روش های گوناگونی برای مطالعه و بررسی رفتار حرارتی مصالح تحت شرایط متغیر محیطی معرفی شده است که سبب تعریف پارامترهای گوناگونی به منظور لحاظ کردن اثر جرم حرارتی در مطالعات رفتار حرارتی شده است (Balaras, 1996, p. 7). روش Admittance procedure لحاظ کردن پارامترهایی چون ضریب پذیرندگی، ضریب کاهش و ضریب سطح را علاوه بر ضریب هدایت حرارتی هنگام محاسبات الزامی می داند (CIBSE, 2006, p. 5).

## ۵-۵- ضریب پذیرندگی

توانایی یک ماده را جهت رد و بدل کردن گرما با محیط به ازای هر درجه اختلاف دمای فضا با دمای آن ماده توصیف می کند (CIBSE, 2006, p. 6). پارامترهای دخیل در تعریف این متغیر عبارتند از: ظرفیت حرارتی، چگالی، ضریب هدایت حرارتی، مقاومت سطحی و مدت زمان ممکن جهت جذب و آزاد شدن گرما توسط ماده که در حالت عادی ۲۴ ساعته در نظر گرفته می شود. مقادیر بیش تر پذیرندگی دلالت بر نوسانات کم تر دمای داخلی دارد، در نتیجه از دیدگاه جرم حرارتی برخلاف ضریب هدایت حرارتی، پذیرندگی بالاتر مطلوب تر است.

نمونه موردی شهر مشهد می باشد و در مراحل مختلف انجام تحقیق روش های توصیفی، تحلیلی و شبیه سازی و در نهایت استدلال منطقی مورد استفاده قرار می گیرد، که در آن با مطالعه مبانی نظری، چارچوب مبانی نظری تحقیق شامل مؤلفه های تأثیرگذار بر عملکرد حرارتی جداره های خارجی در ساختمان های مسکونی استخراج می شود. روش گردآوری اطلاعات بر اساس مطالعات کتابخانه ای و میدانی برای بررسی جداره های خارجی متداول در ساختمان های مسکونی مشهد می باشد. در این پژوهش تحلیل و بررسی جداره های خارجی رایج در شهر مشهد و سیستم جدید اجرای نمای خشک توسط نرم افزار دیزاین بیلدر<sup>۲</sup> به انجام خواهد رسید به این صورت که ابتدا ساختمان به کمک نرم افزار دیزاین بیلدر شبیه سازی می شود و میزان انرژی گرمایشی و سرمایشی مورد نیاز به دست می آید، سپس جداره های خارجی نمونه، در نرم افزار شبیه سازی شده و ویژگی های حرارتی مصالح به نرم افزار داده می شود. هر مصالح به صورت جداگانه مورد شبیه سازی حرارتی ماهانه و سالانه قرار می گیرد و در نهایت تمامی مصالح از نظر انرژی مقایسه می شود. مصالح دارای هدایت حرارتی، مقاومت حرارتی، چگالی و ضریب پخش متغیر می باشند که از استاندارد اشری<sup>۳</sup> آمریکا که ضرایب حرارتی مصالح مختلف را مورد محاسبه و اندازه گیری قرار می دهد، استفاده شده است. این ضرایب در نرم افزار دیزاین بیلدر که دارای موتور انرژی پلاس است مورد محاسبه عملکرد حرارتی و اندازه گیری مصرف بارهای سرمایشی و گرمایشی سالانه و ماهانه قرار می گیرد. نحوه کار این نرم افزار به این گونه است که در ابتدا به کمک دستورات ترسیمی، ساختمان مورد نظر در محیط آن ترسیم می شود، سپس با دادن مصالح دیوارها و بازشوها، تعیین سیستم تأسیساتی، تعیین کاربری ساختمان و غیره به محاسبه بار حرارتی مجموعه می پردازد. تعیین کاربری از این نظر اهمیت دارد که ساختمان ها براساس کاربری، ساعات استفاده متفاوتی دارند.

## ۵. مفاهیم و تعاریف

مفاهیم و تعاریفی که در این پژوهش به کار برده شده است و دارای اهمیت می باشد به شرح زیر است:

## ۵-۱- روز- درجه سرمایش

واحدی براساس دما و زمان، که برای برآورد مصرف انرژی و تعیین بار سرمایشی یک ساختمان در اوقات گرم سال به کار می رود. روز درجه سرمایش برابر است با مجموع اختلاف دمای متوسط روزانه نسبت به ۲۱ درجه سلسیوس، در اوقاتی از سال که دمای متوسط روزانه از ۲۱ درجه سلسیوس بالاتر است (Topic 19 National Building Regulations, 2013, p. 56).

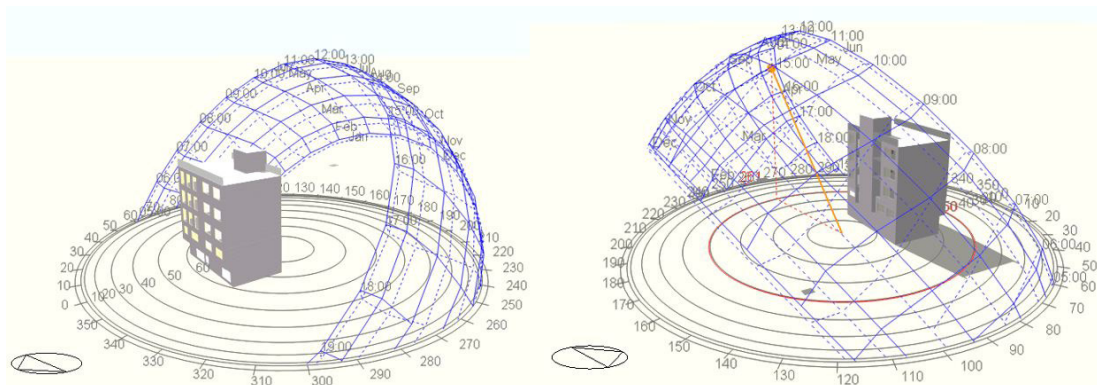
این پژوهش فراوانی بیشتر (۴ طبقه بالای پیلوت) در نظر گرفته شده است تا بیشترین تأثیر را بگذارد، همچنین با توجه به اطلاعات به دست آمده از سایت شهرداری مشهد (esup)، طرح تفصیلی خازنی که در سال ۱۳۵۸ به تصویب رسیده است بیشترین فراوانی را در شهر مشهد دارد به همین دلیل سایت مورد نظر در محدوده طرح خازنی در نظر گرفته شده است، بنابر ضوابط و مقررات معماری و شهرسازی منتشر شده، این طرح تفصیلی در کاربری مسکونی به سه منطقه شامل منطقه ۱ (برخوردار)، منطقه ۲ (نیمه برخوردار) و منطقه ۳ (کم برخوردار) تقسیم بندی شده است که ضوابط تراکم و سطح اشغال برای هر منطقه متفاوت است. بیشترین فراوانی را در بین مناطق، منطقه نیمه برخوردار دارد، به همین علت زمینی با مساحت ۳۰۰ مترمربع (بیشتر زمین‌ها در این منطقه در محدوده ۲۵۰ تا ۳۰۰ متر مربع می‌باشد) و تراکم زیاد (به علت فراوانی در شهر مشهد) در نظر گرفته شده است. سطح اشغال در این منطقه ۶۰ درصد می‌باشد، همچنین تعداد واحد مجاز از رابطه تقسیم میزان عرصه بر حداقل زمین برای هر واحد مسکونی به دست می‌آید، حداقل زمین در مناطق نیمه برخوردار با تراکم زیاد ۶۲.۵ می‌باشد. بنابراین از تقسیم ۳۰۰ بر ۶۲.۵، تعداد واحدها ۴.۸-۵ حاصل می‌شود. لذا نمونه مورد نظر ۵ واحد در ۴ طبقه، با ۱۸۰ متر زیربنا در هر طبقه می‌باشد، با توجه به این که ۲۰ متر مشاعات برای هر طبقه لحاظ می‌شود، ۳ واحد ۱۶۰ متری و دو واحد ۸۰ متری در طبقه اول در نظر گرفته شده است.

برای یک تمایز واضح تر مابین ضریب هدایت حرارتی و ضریب پذیرندگی باید متذکر شد که دو ساختار مختلف با قابلیت عایق گرما بودن یکسان می‌توانند ویژگی‌های رفتاری متفاوتی از نظر تعامل با حرارت محیط و تعدیل نوسانات هوای داخلی از خود بروز دهند (Shaghayegh, 2013, p. 74).

### ۵-۶- مدل آزمایشی

به منظور بررسی تأثیر عملکرد حرارتی جداره‌های خارجی در جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی یک ساختمان چهار طبقه، که طبقه اول آن دو واحدی می‌باشد و بر روی پیلوت احداث شده است، به عنوان ساختمان نمونه‌ای از آپارتمان‌های مسکونی شهر مشهد طراحی و در نرم‌افزار دیزاین بیلدر شبیه‌سازی شده است. با استفاده از تجزیه و تحلیل بر روی جداره‌های این ساختمان، سعی در ارائه الگوهای مناسب برای کاهش مصرف انرژی در جداره‌های خارجی ساختمان‌های شهر مشهد شده است. بر اساس آمار به دست آمده از سازمان مدیریت پژوهش و مطالعات راهبردی شهر مشهد ۸۲.۶ درصد از پلاک‌های مسکونی این شهر دارای تراکم متوسط (۳ طبقه بالای پیلوت) یا تراکم زیاد (۴ طبقه بالای پیلوت) می‌باشد که بنا به مصوبه شورای شهر در شرایط طبیعی امکان خرید یک طبقه اضافه بر روی پروانه ساختمانی امکان‌پذیر است، بنابراین درصد فراوانی تعداد طبقات آپارتمان‌های شهر مشهد چهار طبقه بالای پیلوت می‌باشد. به همین دلیل در

شکل ۱: شماتیکی از فضای نمونه



۱- بررسی عملکرد حرارتی دیوارها بدون در نظر گرفتن سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی: در این مرحله با استفاده از روش Admittance (پذیرندگی) به مطالعه رفتار حرارتی ساختار ذکر شده در شرایط ناپایدار و تأثیر آن بر روی دمای داخلی پرداخته شده است. برای بررسی تأثیر ضریب Admittance (پذیرندگی) بر روی عملکرد حرارتی نیاز به شبیه‌سازی در شرایط ناپایدار و مقایسه آن با شرایط پایدار می‌باشد. بنابراین علاوه بر بررسی عملکرد حرارتی سالانه، به بررسی عملکرد حرارتی ساختارهای دیوارهای نمونه در سردترین هفته سال که برابر است با ۲۳ دی

### ۶. پارامترهای پژوهش

در این پژوهش جرم حرارتی پوسته به عنوان اصلی‌ترین پارامتر در نظر گرفته شده است که بیشترین تأثیر را بر روی رفتار حرارتی ساختمان دارد. در جدول ۲ شش نمونه جزئیات دیوار رایج در پوسته خارجی آپارتمان‌های شهر مشهد مشاهده می‌شود و در جدول ۳، سه نمونه اجرای خشک پیشنهادی پژوهش ارائه شده است، که رفتار حرارتی آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد تا کارایی حرارتی آن‌ها مشخص شود. این بررسی شامل دو قسمت می‌باشد.



فضای نمونه دارای سیستم تهویه مطبوع در بازه آسایش حرارتی افراد می‌باشد. از آن جایی که بررسی این پژوهش بر روی فضاهای مسکونی می‌باشد قسمت فضاهای مسکونی نرم‌افزار انتخاب شده است و برنامه زمانی و تعداد افراد نیز بر مبنای پیش فرض نرم‌افزار برای فضاهای مسکونی می‌باشد. در این شبیه‌سازی تمامی عواملی که در رفتار حرارتی خالص پوسته ساختمان مداخله می‌کنند مانند: منابع تولید کننده حرارت در فضای داخلی (لوازم برقی، اجاق گاز و فر و سایر لوازم تولید کننده حرارت) از عملکرد سیستم حذف شده‌اند. در مرحله نخست سیستم سرمایشی و گرمایشی تعریف نشده و در شبیه‌سازی لحاظ نشده است. دلیل این امر ارزیابی خالص و واضح از رفتار سیستم انرژی پوسته ساختمان است، هنگامی که در معرض شرایط آب و هوایی متغیر قرار دارد. در مرحله دوم به منظور ارزیابی مصرف انرژی، سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی روشن در نظر گرفته شده است و داده‌های حاصل از شبیه‌سازی، برای به دست آوردن سیستم‌های بهینه در کاهش مصرف انرژی با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. دمای نقطه آسایش برای گرمایش ۲۰ و برای سرمایش ۲۴.۵ در نظر گرفته شده است این اعداد بر مبنای جدول آسایش حرارتی زیر انتخاب شده‌اند.

تا ۲۹ دی به‌عنوان ایجاد شرایط نسبتاً پایدار و گرم‌ترین هفته سال که برابر است با ۲۹ تیرماه تا ۴ مرداد ماه به منظور ایجاد شرایط نسبتاً ناپایدار پرداخته شده است. ۲- به بررسی عملکرد حرارتی ساختار دیوارهای نمونه با در نظر گرفتن سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی و مقایسه عملکرد ساختارها با یکدیگر از جهت صرفه‌جویی انرژی گرمایش و سرمایش پرداخته شده است.

## ۷. سناریوی شبیه سازی

برای تحلیل و ارزیابی جداره‌های خارجی ساختمان پروژه‌ای در شهر مشهد به‌عنوان نمونه در نظر گرفته شده است که مشخصات آن به شرح زیر است:

### ۷-۱- موقعیت

موقعیت جغرافیایی فضای نمونه در شهر مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶.۲۷ و طول جغرافیایی ۵۹.۳۶ و ارتفاع از سطح دریا ۹۹۹ متر در نظر گرفته شده است. داده‌های آب و هوایی مورد استفاده بر اساس داده‌های هوایی اشری می‌باشد.

### ۷-۲- فعالیت‌ها

جدول ۱: محدوده آسایش حرارتی

_____	DEC	NOV	OCT	MAR	FEB	JAN	میانگین
حد پایین آسایش	۱۷.۵۰۹	۱۹.۲۴۷	۲۱.۲۲۷	۱۸.۵۰۹۵	۱۷.۳۰۸	۱۶.۶۴۵	۱۸.۴۰۷۸
بهترین شرایط	۱۹.۲۵۹	۲۰.۹۹۷	۲۲.۹۷۷	۲۰.۲۵۹۵	۱۹.۰۵۸	۱۸.۳۹۵	۲۰.۱۵۷۸
حد بالای آسایش	۲۱.۰۰۹	۲۲.۷۴۵	۲۴.۷۲۷	۲۲.۰۰۹۵	۲۰.۸۰۸	۲۰.۱۴۵	۲۱.۹۰۷۸
_____	SEP	AUG	JULY	JUN	MAY	APR	میانگین
حد پایین آسایش	۲۲.۴۷۱	۲۴.۰۲۰۵	۲۴.۲۱۸۵	۲۳.۴۳۲۵	۲۲.۰۳۷۵	۲۰.۱۵۵	۲۲.۷۲۲۵
بهترین شرایط	۲۴.۲۲۱	۲۵.۷۷۰۵	۲۵.۹۶۸۵	۲۵.۱۸۲۵	۲۳.۷۸۷۵	۲۱.۹۰۵	۲۴.۴۷۲۵
حد بالای آسایش	۲۵.۹۷۱	۲۷.۵۲۰۵	۲۷.۷۱۸۵	۲۶.۹۳۲۵	۲۵.۵۳۷۵	۲۳.۶۵۵	۲۶.۲۲۲۵

(Sabeti, 2014, p. 17)

### ۷-۳- بازشوها

در این سربرج تنظیمات مربوط به بازشوها انجام می‌شود. پنجره‌ها دو جداره از نوع آلومینیوم ترمال بریک و شیشه‌های آن طلائی دارای ضخامت ۴ میلی‌متر و گاز محبوس بین شیشه‌ها گاز آرگون با ضخامت ۱۳ میلی‌متر می‌باشد. قبل از رواج پنجره‌های UPVC، پنجره‌های آلومینیومی بسیار پرکاربرد بودند. مشکل اصلی آلومینیوم، رسانا بودن آن است. برای حل این مشکل قاب‌های ترمال بریک معرفی شدند. پروفیل‌های سیستم ترمال بریک، از دو مقطع پروفیل

آلومینیومی مجزا تشکیل شده که به وسیله تیغه‌های پلی آمید به هم متصل می‌شوند. تیغه‌های پلی آمید مانع انتقال حرارت از سطحی به سطح دیگر می‌شود و از ایجاد پل حرارتی و هدر رفت انرژی جلوگیری می‌کند. آلومینیوم در مقایسه با UPVC استحکام و مقاومت خمشی بیشتری دارد، در مقابل آتش‌سوزی مقاومت است و همچنین آلومینیوم یک کالای سرمایه‌ای است و قابل بازیافت است برای کاستن از مشکلات پنجره‌های تک جداره نیز می‌توان از شیشه دو جداره به همراه یک

مصالح بر عملکرد حرارتی جداره‌های خارجی می‌باشد، سازه سقف و کف و نیز پنجره‌ها در تمامی مدل‌ها ثابت در نظر گرفته شده است و تنها جنس دیوارهای خارجی تغییر داده شده است. با توجه به اجباری شدن اجرای مبحث ۱۹ برای ساختمان‌های گروه‌های (ب، ج، د) در شهر مشهد توسط سازمان نظام مهندسی، همه سازندگان موظفند حداقل‌ها را در پروژه اجرایی خود رعایت کنند.

کف طبقات<sup>۴</sup> از نوع کامپوزیت که در طبقه زیرین با گچ و در طبقه فوقانی با سرامیک مفروش شده است.

کف طبقه متصل به پیلوت<sup>۵</sup> از نوع کامپوزیت که در طبقه زیرین با گچ و در طبقه فوقانی با سرامیک مفروش شده است و عایق حرارتی (یونولیت) به ضخامت ۵ سانتی‌متر نیز استفاده شده است.

دتایل کف بام<sup>۶</sup> از نوع کامپوزیت که در طبقه زیرین با گچ و در طبقه فوقانی با سنگ مفروش شده است، عایق حرارتی (یونولیت) به ضخامت ۵ سانتی‌متر و عایق رطوبتی (ایزوگام و قیر) نیز استفاده شده است.

کف پیلوت<sup>۷</sup> به ترتیب شامل: فونداسیون، بلوکاز، گراویه، بتن مگر، ملات ماسه سیمان و سنگ می‌باشد.

دیوارهای داخلی<sup>۸</sup> که با سفال ۱۵ سانتی‌متری و از هر دو سمت خاک گچ و گچ شده‌اند در نظر گرفته شده است.

همچنین از طریق مطالعات میدانی، مشاهده و مراجعه به انجمن انبوه‌سازان و انجمن صنفی پیمانکاران و مجریان ساختمانی تمامی مصالح مورد استفاده در پوسته خارجی ساختمان‌های مسکونی شهر مشهد شناسایی و در جدول ۲ دسته بندی شده اند.

با توجه به این جدول که درصد فراوانی مصالح مورد استفاده در جداره‌های خارجی ساختمان‌های مسکونی شهر مشهد را نشان می‌دهد و مباحث مقررات ملی ساختمان از جمله مبحث ۱۸ و ۵ و ۱۹ که بحث عایق‌بندی و تنظیم صدا و بحث سبک‌سازی ساختمان‌ها و همچنین صرفه‌جویی در مصرف انرژی را مطرح می‌نمایند مصالحی که در شهر مشهد رایج‌تر هستند و استانداردهای اولیه مقررات ملی ساختمان را دارا می‌باشند مورد بررسی نهایی قرار گرفته‌اند.

لایه هوای ساکن در میان آن‌ها استفاده کرد. با این کار ضریب انتقال حرارت شیشه از  $2/3 \text{ w/m}^2\text{c}$  حدود به  $6 \text{ w/m}^2\text{c}$  کاهش می‌یابد. نوع گازی که بین دو جداره شیشه قرار می‌گیرد نیز در میزان انتقال حرارت مؤثر است. استفاده از گازهای بی‌اثر مانند کریپتون و آرگون در بین جداره‌ها، ضریب انتقال حرارت را حدود ۱۰ درصد کاهش می‌دهد (Namazian & Sepehri, 2016, p. 94). به همین دلایل در پژوهش فریم برای پنجره آلومینیوم ترمال بریک شیشه دو جداره انتخاب شده است.

#### ۷-۴- سیستم سرمایش و گرمایش

در مرحله نخست همان طور که ذکر شد سیستم‌های سرمایش و گرمایش خاموش در نظر گرفته می‌شود، در مرحله دوم با استفاده از سیستم سرمایشی و گرمایشی به بررسی مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی ساختار دیوارهای نمونه پرداخته می‌شود. نوع سیستم در نظر گرفته شده به علت جدید بودن و رایج بودن در شهر مشهد، فن کوئل می‌باشد. سوخت سیستم سرمایشی برق و گرمایشی گاز طبیعی در نظر گرفته شده است. استفاده از سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی به منظور رساندن دمای فضای شبیه‌سازی شده به دمای آسایش که در اینجا ۲۰ برای تابستان و ۲۴.۵ برای زمستان می‌باشد. برنامه زمان‌بندی برای روشن و خاموش بودن سیستم و گرمایش با استفاده از داده‌های آب و هوایی مشهد و در نظر گرفتن ساعت استفاده از فضا برای یک محیط مسکونی وارد شده است، نرم‌افزار با استفاده از داده‌های آب و هوایی مشهد و زمان‌هایی که در فضاهای مسکونی نیاز به استفاده از سیستم سرمایشی و گرمایشی دارد تا به آسایش حرارتی برسد را در محاسبات لحاظ می‌کند.

#### ۷-۵- سازه

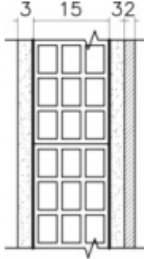
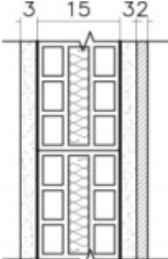
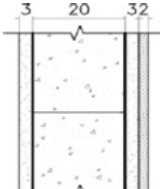
در این پژوهش مصالح به کار برده شده در شبیه‌سازی از آن جایی که هدف پژوهش بررسی تأثیر جنس و ضخامت

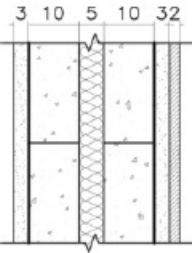
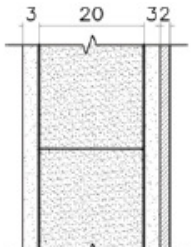
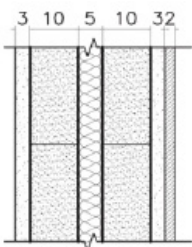
جدول ۲: لیست مصالح موجود در جداره‌های خارجی ساختمان‌های مسکونی شهر مشهد

درصد فراوانی	مصالح مورد استفاده در جداره‌های خارجی ساختمان‌های مسکونی شهر مشهد	درصد فراوانی	مصالح مورد استفاده در جداره‌های خارجی ساختمان‌های مسکونی شهر مشهد
۱۵ درصد	دیوار با بلوک سفالی به ضخامت ۱۵ سانتی‌متر، آندود گچ و خاک و گچ به ضخامت ۴ سانتی‌متر، و ملات ماسه سیمان و سنگ با ضخامت ۵ سانتی‌متر	۶ درصد	دیوار آجر فشاری ۱۱ سانتی‌متری با آندود گچ و خاک و گچ به ضخامت ۴ سانتی‌متر، و ملات ماسه سیمان و سنگ با ضخامت ۵ سانتی‌متر
۱۴ درصد	دیوار با بلوک لیکا به ضخامت ۲۰ سانتی‌متر، آندود گچ و خاک و گچ به ضخامت ۴ سانتی‌متر، و ملات ماسه سیمان و سنگ با ضخامت ۵ سانتی‌متر	۷ درصد	دیوار آجر فشاری ۲۲ سانتی‌متری با آندود گچ و خاک و گچ به ضخامت ۴ سانتی‌متر، و ملات ماسه سیمان و سنگ با ضخامت ۵ سانتی‌متر

دیوار با بلوک سفالی و عایق پلی استایرن به ضخامت ۱۵ سانتی متر، اندود گچ و خاک و گچ به ضخامت ۴ سانتی متر، و ملات ماسه سیمان و سنگ با ضخامت ۵ سانتی متر	۶ درصد	دیوار آجرسفالی ۱۰ سانتی متری با اندود گچ و خاک و گچ به ضخامت ۴ سانتی متر، و ملات ماسه سیمان و سنگ با ضخامت ۵ سانتی متر	۵ درصد
دیوار با بلوک لیکا و عایق پلی استایرن به ضخامت ۲۵ سانتی متر، اندود گچ و خاک و گچ به ضخامت ۴ سانتی متر، و ملات ماسه سیمان و سنگ با ضخامت ۵ سانتی متر	۷ درصد	دیوار آجربتنی ۷.۵ سانتی متری با اندود گچ و خاک و گچ به ضخامت ۴ سانتی متر، و ملات ماسه سیمان و سنگ با ضخامت ۵ سانتی متر	۳ درصد
دیوار با بلوک هبلکس به ضخامت ۲۰ سانتی متر، اندود گچ و خاک و گچ به ضخامت ۴ سانتی متر، و ملات ماسه سیمان و سنگ با ضخامت ۵ سانتی متر	۱۷ درصد	دیوار با بلوک بتن سبک به ضخامت ۱۰ سانتی متری با اندود گچ و خاک و گچ به ضخامت ۴ سانتی متر، و ملات ماسه سیمان و سنگ با ضخامت ۵ سانتی متر	۴ درصد
دیوار با بلوک هبلکس و عایق پلی استایرن به ضخامت ۲۵ سانتی متر، اندود گچ و خاک و گچ به ضخامت ۴ سانتی متر، و ملات ماسه سیمان و سنگ با ضخامت ۵ سانتی متر	۸ درصد	دیوار با ساختار قالب های بلوکی عایق ماندگار بتنی (ICF) به ضخامت ۲۵ سانتی متر پر شده با بتن مسلح، اندود گچ و خاک و گچ به ضخامت ۴ سانتی متر، و ملات ماسه سیمان و سنگ با ضخامت ۵ سانتی متر	۲ درصد
سایر دیوارها	۳ درصد	دیوار با صفحات روکش دار گچی به ضخامت ۱،۲۵ سانتی متر و وادارهای ۵ سانتی متری در فواصل ۶۲،۵ سانتی متری و الیاف های معدنی به ضخامت ۴ سانتی متر در وسط و ملات ماسه سیمان و سنگ با ضخامت ۵ سانتی متر	۳ درصد

جدول ۳: ویژگی های ترموفیزیکی مصالح به کار برده شده در شش دیوار نمونه رایج در شهر مشهد

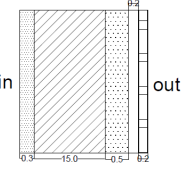
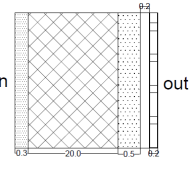
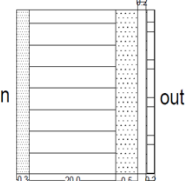
جزئیات	گونه دیوار	ضخامت (m)	چگالی (kg/m <sup>3</sup> )	ظرفیت گرمایی (J/kg-k)	ضریب هدایت حرارتی (w/mk)	مصالح از داخل به خارج
	HCB1	۰.۰۳	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۰.۴	ملات خاک گچ و گچ
	بلوک سفالی	۰.۱۵	۱۳۰۰	۸۴۰	۰.۵	بلوک سفالی
	توخالی ۱۵	۰.۰۳	۱۸۶۰	۷۸۰	۰.۷۲	ملات ماسه سیمان
		۰.۰۲	۲۰۰۰	۹۵۰	۱.۴	سنگ نما (تراورتن)
	HCB2	۰.۰۳	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۰.۴	ملات خاک گچ و گچ
	بلوک سفالی	۰.۰۶۵	۱۳۰۰	۸۴۰	۰.۵	بلوک سفالی
	عایق	۰.۰۲	۳۰	۱۲۰۰	۰.۰۳۳	عایق پلی استایرن
	بلوک سفالی با عایق	۰.۰۶۵	۱۳۰۰	۸۴۰	۰.۵	منبسط شده بلوک سفالی
		۰.۰۳	۱۸۶۰	۷۸۰	۰.۷۲	ملات ماسه سیمان
		۰.۰۲	۲۰۰۰	۹۵۰	۱.۴	سنگ نما (تراورتن)
	L1	۰.۰۳	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۰.۴	ملات خاک گچ و گچ
	بلوک لیکا ۲۰	۰.۲۰	۹۰۰	۱۰۰۰	۰.۲۳	بلوک لیکا ۲۰
		۰.۰۳	۱۸۶۰	۷۸۰	۰.۷۲	ملات ماسه سیمان
		۰.۰۲	۲۰۰۰	۹۵۰	۱.۴	سنگ نما (تراورتن)

	L2	۰.۰۳	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۰.۰۴	ملات خاک گچ و گچ
	بلوک لیکا	۰.۱۰	۹۰۰	۱۰۰۰	۰.۲۳	بلوک لیکا ۱۰
	۱۰ با عایق	۰.۰۵	۳۰	۱۲۰۰	۰.۰۳۳	عایق پلی استایرن
		۰.۱۰	۹۰۰	۱۰۰۰	۰.۲۳	منبسط شده
		۰.۰۳	۱۸۶۰	۷۸۰	۰.۷۲	بلوک لیکا ۱۰
	۰.۰۲	۲۰۰۰	۹۵۰	۱.۴	ملات ماسه سیمان سنگ نما (تراورتن)	
	A1	۰.۰۳	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۰.۰۴	ملات خاک گچ و گچ
	بلوک	۰.۲۰	۱۰۰۰	۷۰۰	۰.۱۷	بلوک AAC 20
	ACC 20	۰.۰۳	۱۸۶۰	۷۸۰	۰.۷۲	ملات ماسه سیمان
		۰.۰۲	۲۰۰۰	۹۵۰	۱.۴	سنگ نما (تراورتن)
	A2	۰.۰۳	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۰.۰۴	ملات خاک گچ و گچ
	بلوک	۰.۱۰	۱۰۰۰	۷۰۰	۰.۱۷	بلوک AAC 10
	با ACC 10	۰.۰۵	۳۰	۱۲۰۰	۰.۰۳۳	عایق پلی استایرن
	عایق	۰.۱۰	۱۰۰۰	۸۴۰	۰.۱۷	منبسط شده
		۰.۰۳	۱۸۶۰	۷۰۰	۰.۷۲	بلوک AAC 10
	۰.۰۲	۲۰۰۰	۹۵۰	۱.۴	ملات ماسه سیمان سنگ نما (تراورتن)	

سازه نگهدارنده، و یک لایه پوشش نما که توسط سیستم اتصال مناسبی به ساختمان بسته شده، تشکیل یافته است. مابین لایه عایق و پوشش نما فضایی برای هوا وجود دارد که به دلیل «پدیده دودکش» جریان هوای طبیعی مؤثری با مزایایی قابل ملاحظه، برای کل سیستم به وجود می‌آید، که از اتلاف انرژی جلوگیری می‌کند.

جدارهای خارجی دیگری که در این پژوهش بررسی شده‌اند اجرای نمای خشک سنگ با سه نمونه مصالح بلوک لیکا، سفال و بلوک ACC می‌باشد. نمای خشک همراه با گردش جریان هوا یک سیستم ساختمانی است که در دهه‌های اخیر در اکثر کشورها به خاطر بهینه‌سازی مصرف انرژی در حال استفاده روز افزون قرار گرفته است این سیستم از داخل به بیرون، از یک لایه عایق متصل به

جدول ۴: ویژگی‌های ترموفیزیکی مصالح به کار برده شده در سه نوع دیوار با اجرای خشک

جزئیات	گونه دیوار	ضخامت (m)	چگالی (kg/m <sup>3</sup> )	ظرفیت گرمایی (J/kg-k)	ضریب هدایت حرارتی (w/mk)	مصالح از داخل به خارج
	اجرای خشک	۰.۰۳	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۰.۰۴	ملات خاک گچ و گچ
	بلوک سفالی	۰.۱۵	۱۳۰۰	۸۴۰	۰.۰۵	بلوک سفالی
	توخالی	۰.۰۵	۳۰	۱۲۰۰	۰.۰۳۳	عایق پلی استایرن
	۱۵ سانتی متری	۰.۰۲۵	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۰.۰۳	لایه هوا
	۰.۰۲	۲۰۰۰	۹۵۰	۱.۴	سنگ نما (تراورتن)	
	اجرای خشک	۰.۰۳	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۰.۰۴	ملات خاک گچ و گچ
	بلوک لیکا ۲۰	۰.۲۰	۹۰۰	۱۰۰۰	۰.۲۳	بلوک لیکا
	سانتی متری	۰.۰۵	۳۰	۱۲۰۰	۰.۰۳۳	عایق پلی استایرن
		۰.۰۲۵	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۰.۰۳	لایه هوا
	۰.۰۲	۲۰۰۰	۹۵۰	۱.۴	سنگ نما (تراورتن)	
	اجرای خشک	۰.۰۳	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۰.۰۴	ملات خاک گچ و گچ
	بلوک ACC 20	۰.۲۰	۱۰۰۰	۷۰۰	۰.۱۷	بلوک ACC
	سانتی متری	۰.۰۵	۳۰	۱۲۰۰	۰.۰۳۳	عایق پلی استایرن
		۰.۰۲۵	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۰.۰۳	لایه هوا
	۰.۰۲	۲۰۰۰	۹۵۰	۱.۴	سنگ نما (تراورتن)	



جدول ۵: ویژگی های دینامیک حرارتی دیوارهای معرفی شده

نمونه	u-value w/m <sup>2</sup> k	Admittance w/m <sup>2</sup> k	ضخامت (m)
HCB1	۱.۳۰	۳.۵۲	۰.۲۱
HCB2	۱.۰۸	۳.۶۳	۰.۲۱
L1	۱.۳۴	۳.۵۷	۰.۲۸
L2	۰.۴۱	۴.۰۱	۰.۳۳
A1	۰.۷۱	۳.۷۷	۰.۲۸
A2	۰.۳۷	۳.۸۵	۰.۳۳
سفال ۱۵ سانتی با اجرای نمای خشک	۰.۵۱	۳.۸۲	۰.۲۷
بلوک لیکا ۲۰ سانتی با اجرای نمای خشک	۰.۳۹	۴.۰۵	۰.۳۲
بلوک ACC 20 سانتی با اجرای نمای خشک	۰.۳۵	۳.۹۸	۰.۳۲

به نسبت تابستان دیوارها بیشتر بر اساس آنچه از ظرفیت حرارتی شان انتظار می رود، رفتار می کنند. این امر به این دلیل صورت می گیرد که ظرفیت حرارتی بیشتر زمانی سودمند است که شرایط حرارتی محیط در حال تغییر است (شرایط ناپایدار) به عبارت دیگر در فصل زمستان دمای داخل همواره بیشتر از دمای بیرون است. جریان حرارت همواره در یک جهت (از درون به بیرون) صورت می گیرد، در حالی که در ماه های تابستان پوسته ساختمان در معرض جریان حرارت در دو جهت، از خارج به داخل و از داخل به خارج قرار دارد، و این پدیده ای است که پیش بینی های اولیه حاصل از مطالعات شرایط پایدار را به چالش می کشد. برای این منظور بر طبق داده های آب و هوایی از که ۲۳ تا ۲۹ دی به عنوان سردترین هفته و از ۲۹ تیر تا ۴ مرداد به عنوان گرم ترین هفته انتخاب شد و دیوارها در این بازه زمانی نیز مورد بررسی قرار گرفتند.

#### ۸. نتایج و تحلیل تأثیر جنس و ضخامت مصالح بر عملکرد حرارتی جداره های خارجی

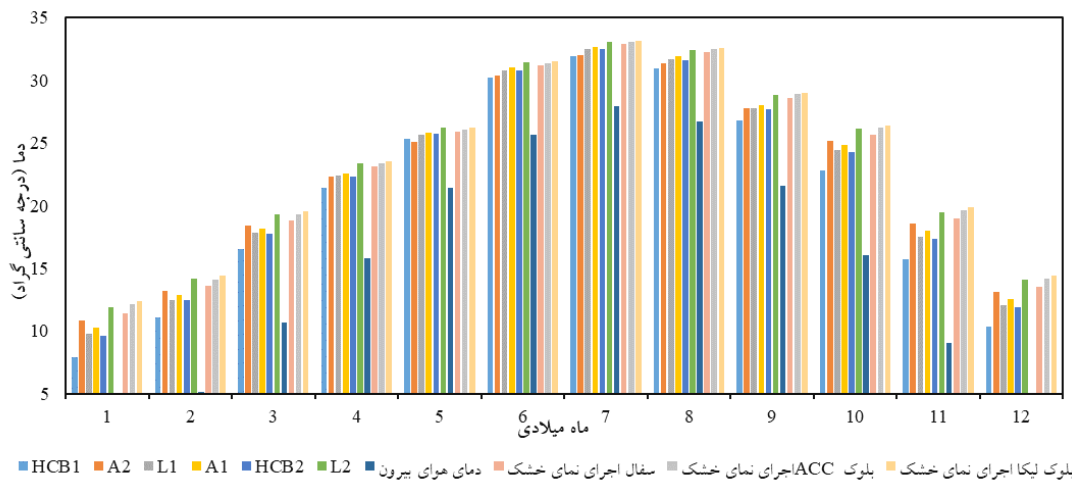
حالت اول: عملکرد حرارتی دیوارهای نمونه بدون در نظر گرفتن عملکرد سیستم های سرمایشی و گرمایشی نتایج شبیه سازی دینامیک نشان می دهد که تیپ های ارائه شده دیوارهای متفاوت از آنچه بر اساس ضریب هدایت حرارتی آن ها انتظار می رود رفتار می کنند. با توجه به دیدگاه کم ترین عامل کاهندگی و بیشترین تأخیر زمانی پیش بینی می شود که با هندسه و ساختار یکسان بین مصالحی که قبلاً ذکر شد لیکا و ACC رفتار حرارتی بهتری نسبت به بلوک سفال از خود نشان دهند. بر طبق محاسبات شرایط پایدار دیوار<sup>۹</sup> A2 با کم ترین ضریب هدایت حرارتی مناسب ترین رفتار حرارتی را دارد و به دلیل ضریب کاهش پایین بالاترین قابلیت را در زمینه تعدیل نوسانات دمای داخلی نسبت به نوسانات بیرون دارد. در ماه های زمستان

جدول ۶: مقایسه درجه حرارت سالانه دمای داخل با درجه حرارت دمای خارج در جداره های نمونه بدون در نظر گرفتن سیستم های سرمایشی و گرمایشی (خروجی دیزاین بیلدر)

Date/Time	A1	A2	HCB1	HCB2	L1	L2	سفال ۱۵ سانتی با اجرای نمای خشک	بلوک ACC 20 سانتی متری با اجرای نمای خشک	بلوک لیکا ۲۰ سانتی با اجرای نمای خشک	Outside Dry- Bulb Temperature
							(C°)	(C°)	(C°)	(C°)
January	۱۰.۲۵	۱۰.۸۶	۷.۹۲	۹.۵۷	۹.۷۴	۱۱.۹۲	۱۱.۳۸	۱۲.۱۵	۱۲.۳۷	۱.۵۶
February	۱۲.۸۷	۱۳.۲۲	۱۱.۱۰	۱۲.۴۲	۱۲.۵۰	۱۴.۱۴	۱۳.۵۹	۱۴.۰۹	۱۴.۴۰	۵.۱۵
March	۱۸.۱۸	۱۸.۳۷	۱۶.۵۶	۱۷.۷۷	۱۷.۸۵	۱۹.۳۰	۱۸.۸۵	۱۹.۲۶	۱۹.۵۴	۱۰.۶۴
April	۲۲.۵۸	۲۲.۳۴	۲۱.۴۵	۲۲.۳۱	۲۲.۳۸	۲۳.۴۰	۲۲.۱۰	۲۳.۴۱	۲۳.۵۷	۱۵.۷۶
May	۲۵.۸۱	۲۵.۰۸	۲۵.۲۹	۲۵.۷۰	۲۵.۶۷	۲۶.۱۹	۲۵.۹۴	۲۵.۰۵	۲۶.۲۲	۲۱.۴۳

June	۳۱.۰۰	۳۰.۳۶	۳۰.۴۸	۳۰.۷۸	۳۰.۸۱	۳۱.۴۴	۳۱.۲۲	۲۹.۹۸	۳۱.۵۰	۲۵.۶۲
July	۳۲.۷۰	۳۲.۰۰	۳۲.۰۴	۳۲.۴۸	۳۲.۴۹	۳۳.۱۰	۳۲.۸۹	۳۱.۹۲	۳۳.۱۷	۲۷.۹۴
August	۳۱.۹۱	۳۱.۳۵	۳۱.۴۴	۳۱.۶۳	۳۱.۶۷	۳۲.۴۴	۳۲.۲۳	۳۱.۱۰	۳۲.۵۶	۲۶.۷۵
September	۲۸.۰۱	۲۷.۷۵	۲۶.۷۷	۲۷.۶۸	۲۷.۷۷	۲۸.۸۳	۲۸.۵۸	۲۶.۹۳	۲۹.۰۳	۲۱.۵۵
October	۲۴.۸۴	۲۵.۱۷	۲۲.۷۷	۲۴.۲۸	۲۴.۴۲	۲۶.۱۳	۲۵.۶۴	۲۶.۲۱	۲۶.۴۱	۱۶.۰۵
November	۱۷.۹۷	۱۸.۵۸	۱۵.۷۴	۱۷.۳۵	۱۷.۵۱	۱۹.۵۰	۱۸.۹۷	۱۹.۴۶	۱۹.۸۷	۹.۰۰
December	۱۲.۵۱	۱۳.۱۵	۱۰.۳۰	۱۱.۹۰	۱۲.۰۴	۱۴.۰۶	۱۳.۵۲	۱۴.۲۰	۱۴.۴۴	۴.۰۳

شکل ۲: نمودار مقایسه درجه حرارت سالانه دمای داخل با درجه حرارت دمای خارج در شش نمونه دیوار بدون در نظر گرفتن سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی (خروجی دیزاین بیلدر)



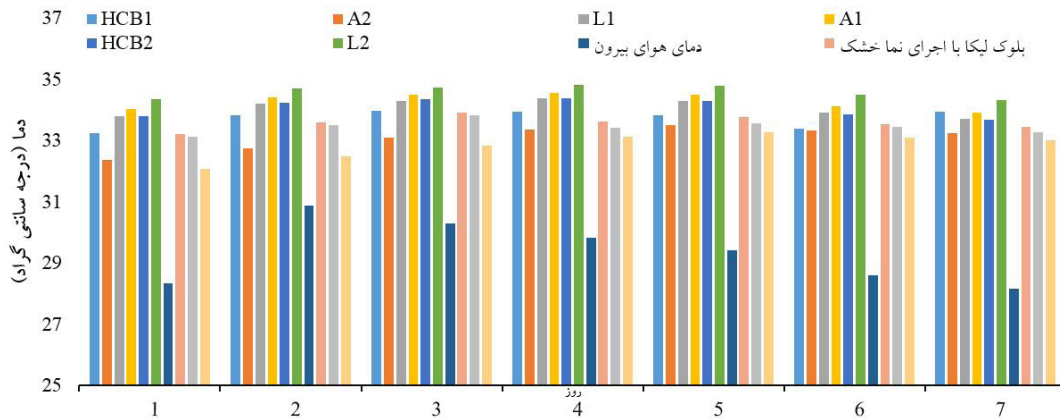
بهتری نسبت به سایر دیوارها دارند اما در ماه‌های گرم سال L2 عملکرد ضعیفی دارد و A2 و HCB1 دمای داخل را در سطح پایین‌تری نگه می‌دارند و در مورد اجرای خشک هر دیوار مشاهده می‌شود در تمام فصول عملکرد بهتری نسبت به اجرای رایج در شهر مشهد از خود نشان می‌دهند.

همان‌طور که در شکل ۲ و جدول ۶ مشاهده می‌شود زمانی که سیستم سرمایش و گرمایش فعال نباشد عملکرد خود دیوارها به این شرح است که در ماه‌های سرد سال که دما در پایین‌ترین حد خود قرار دارد در بین دیوارهای رایج در شهر مشهد دیوار L2<sup>۱</sup> و بعد از آن A2 دمای داخل را در سطح بالاتری نگه می‌دارند و در نتیجه عملکرد

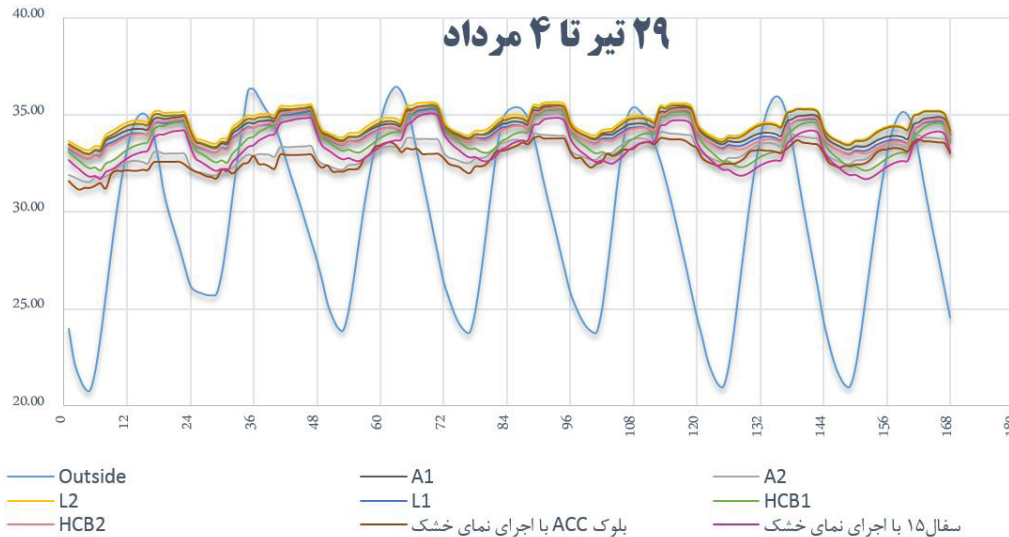
جدول ۷: مقایسه درجه حرارت سالانه دمای داخل با درجه حرارت دمای خارج در شش نمونه دیوار بدون در نظر گرفتن سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی از ۲۹ تیر تا ۴ مرداد (خروجی دیزاین بیلدر)

Date/Time	A1	A2	HCB1	HCB2	L1	L2	سفال ۱۵ سانتی با اجرای نمای خشک	بلوک ACC 20 سانتی متری با اجرای نمای خشک	بلوک لیکا ۲۰ سانتی با اجرای نمای خشک	Outside Dry-Bulb Temperature
	(C°)	(C°)	(C°)	(C°)	(C°)	(C°)	(C°)	(C°)	(C°)	(C°)
۱۳۹۴/۴/۲۹	۳۴.۰۲	۳۲.۳۸	۳۳.۲۳	۳۳.۸۰	۳۳.۸۰	۳۴.۳۴	۳۳.۱۳	۳۲.۰۸	۳۳.۲۳	۲۸.۳۴
۱۳۹۴/۴/۳۰	۳۴.۴۱	۳۲.۷۴	۳۳.۸۱	۳۴.۲۴	۳۴.۲۰	۳۴.۶۹	۳۳.۵۰	۳۲.۴۹	۳۳.۶۰	۳۰.۸۷
۱۳۹۴/۴/۳۱	۳۴.۴۹	۳۳.۰۸	۳۳.۹۷	۳۴.۳۴	۳۴.۲۹	۳۴.۷۲	۳۳.۸۲	۳۲.۸۳	۳۳.۹۲	۳۰.۲۹
۱۳۹۴/۵/۱	۳۴.۵۶	۳۳.۳۷	۳۳.۹۴	۳۴.۳۸	۳۴.۳۸	۳۴.۸۱	۳۳.۴۲	۳۳.۱۳	۳۳.۶۲	۲۹.۸۳
۱۳۹۴/۵/۲	۳۴.۴۹	۳۳.۴۹	۳۳.۸۲	۳۴.۳۰	۳۴.۳۰	۳۴.۷۹	۳۳.۵۶	۳۳.۲۶	۳۳.۷۶	۲۹.۴۳
۱۳۹۴/۵/۳	۳۴.۱۱	۳۳.۳۲	۳۳.۳۷	۳۳.۸۵	۳۳.۹۱	۳۴.۵۰	۳۳.۴۴	۳۳.۰۹	۳۳.۵۳	۲۸.۶۰
۱۳۹۴/۵/۴	۳۳.۹۲	۳۳.۲۴	۳۳.۳۴	۳۳.۶۸	۳۳.۷۱	۳۴.۳۳	۳۳.۲۸	۳۳.۰۱	۳۳.۴۶	۲۸.۱۷

شکل ۳: مقایسه درجه حرارت سالانه دمای داخل با درجه حرارت دمای خارج در شش نمونه دیوار بدون در نظر گرفتن سیستم های سرمایشی و گرمایشی از ۲۹ تیر تا ۴ مرداد (خروجی دیزاین بیلدر)



شکل ۴: بررسی رفتار حرارتی شش نمونه دیوار رایج در شهر مشهد دیوار بدون در نظر گرفتن سیستم های سرمایشی و گرمایشی از ۲۹ تیر تا ۴ مرداد (خروجی دیزاین بیلدر)



و دیوار L2 ضعیف ترین عملکرد را از خود نشان می دهد و در مورد اجرای خشک هر دیوار مشاهده می شود در هفته گرم سال این نوع اجرا دمای داخل را به مقدار قابل توجهی کاهش داده است.

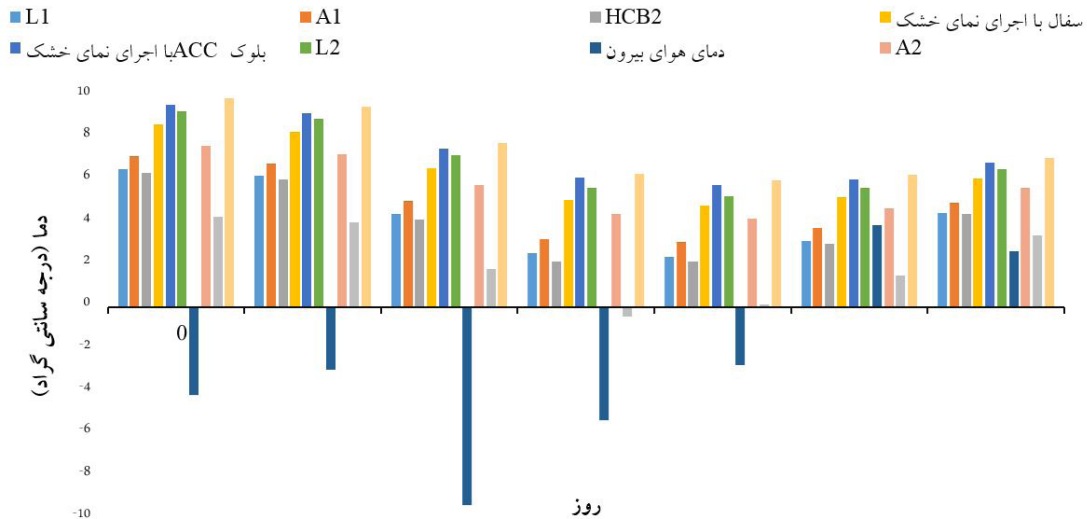
با توجه به جدول ۷ و شکل های ۳ و ۴ مشاهده می شود زمانی که سیستم سرمایش و گرمایش فعال نباشد در گرم ترین هفته سال دیوار A2 و HCB1 دمای داخل را در سطح پایین تری نگه می دارند و بهترین عملکرد را دارند

جدول ۸: مقایسه درجه حرارت سالانه دمای داخل با درجه حرارت دمای خارج در شش نمونه دیوار بدون در نظر گرفتن سیستم های سرمایشی و گرمایشی از ۲۳ دی تا ۲۹ دی (خروجی دیزاین بیلدر)

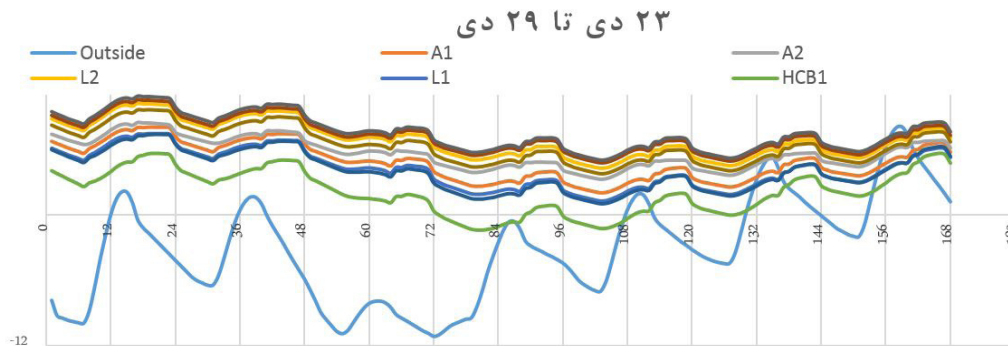
Date/Time	A1	A2	HCB1	HCB2	L1	L2	سفال ۱۵ با اجرای نمای خشک	بلوک لیکا ۲۰ سانتی با اجرای نمای خشک	بلوک ACC 20 سانتی متری با اجرای نمای خشک	Outside Dry- Bulb Tempera- ture
	(C°)	(C°)	(C°)	(C°)	(C°)	(C°)	(C°)	(C°)	(C°)	(C°)
۱۳۹۴/۱۰/۲۳	۷.۱۱	۷.۶۲	۴.۲۳	۶.۳۱	۶.۵۱	۹.۲۵	۸.۶۴	۹.۸۶	۹.۵۶	-۴.۱۵
۱۳۹۴/۱۰/۲۴	۶.۷۸	۷.۲۰	۴.۰۰	۶.۰۰	۶.۱۸	۸.۸۷	۸.۲۷	۹.۴۶	۹.۱۷	-۲.۹۹
۱۳۹۴/۱۰/۲۵	۵.۰۲	۵.۷۶	۱.۷۸	۴.۱۰	۴.۴۰	۷.۱۶	۶.۵۵	۷.۷۴	۷.۴۹	-۹.۳۶
۱۳۹۴/۱۰/۲۶	۳.۲۱	۴.۳۷	۰.۴۶	۲.۱۳	۲.۵۱	۵.۶۰	۵.۰۵	۶.۳۰	۶.۱۰	-۵.۳۸

۱۳۹۴/۱۰/۲۷	۳.۰۵	۴.۱۴	۰.۱۱	۲.۱۵	۲.۳۷	۵.۲۴	۴.۸۰	۵.۹۷	۵.۷۷	-۲.۷۴
۱۳۹۴/۱۰/۲۸	۳.۷۲	۴.۶۴	۱.۴۶	۲.۹۹	۳.۰۹	۵.۶۰	۵.۱۹	۶.۲۵	۶.۰۴	۳.۸۵
۱۳۹۴/۱۰/۲۹	۴.۹۴	۵.۶۱	۳.۳۹	۴.۴۰	۴.۴۱	۶.۴۹	۶.۰۹	۷.۰۴	۶.۷۹	۲.۶۲

شکل ۵: مقایسه درجه حرارت سالانه دمای داخل با درجه حرارت دمای خارج در شش نوع دیوار بدون در نظر گرفتن سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی از ۲۳ دی تا ۲۹ دی



شکل ۶: بررسی رفتار حرارتی شش نمونه دیوار رایج در شهر مشهد دیوار بدون در نظر گرفتن سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی از ۲۳ دی تا ۲۹ دی



حرارتی مصالح در محاسبات پوسته ساختمان با محیط اطراف به ویژه در ماه‌های گرم و شرایط متغیر آب و هوایی است.

حالت دوم: عملکرد حرارتی دیوارها با در نظر گرفتن عملکرد سیستم سرمایش و گرمایش: با توجه به داده‌های آب و هوایی سیستم‌های سرمایشی برای ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور تعریف شده است و سیستم گرمایشی برای ماه‌های فروردین، آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند تعریف شده است و ماه‌های مهر و اردیبهشت تقریباً دارای آسایش حرارتی است و برای این دو ماه سیستم سرمایش و گرمایش تعریف نشده است. با توجه به داده‌های آب و هوای و انتخاب کاربری فضاهای مسکونی پیش فرض نرم‌افزار هر ساعتی که آسایش حرارتی برقرار نباشد و نیاز به استفاده از سیستم سرمایش و گرمایش در یک

با توجه به جدول ۸ و شکل‌های ۵ و ۶ مشاهده می‌شود زمانی که سیستم سرمایش و گرمایش فعال نباشد در سردترین هفته سال دیوار L2 و بعد از آن A2 دمای داخل را در سطح بالاتری نگه می‌دارند و بهترین عملکرد را دارند و دیوار HCB1 ضعیف‌ترین عملکرد را از خود نشان می‌دهد و در مورد اجرای خشک هر دیوار مشاهده می‌شود در هفته سرد سال این نوع اجرا دمای داخل را به مقدار قابل توجهی افزایش داده است. همچنین برای مقایسه بهتر، دیوارهای A2 و L2 را مورد بررسی بیشتر قرار گرفته است. A2 و L2 با ضریب حرارتی نزدیک به هم در زمستان رفتار مشابهی دارند و عملکرد بهتری در تعدیل هوای داخل نسبت به هوای خارج دارند؛ در حالی که برخلاف زمستان رفتاری کاملاً متفاوت در تابستان با هم دارند و دلیل این امر دخیل شدن جرم

سرمای زمستان و گرمای تابستان به داخل ساختمان نفوذ کرده و مصرف انرژی بیشتر شود. سه گونه دیوار یعنی HCB1، L1 و HCB2<sup>۱۴</sup> با وجود رفتار حرارتی نامناسب در زمستان به دلیل توانایی بهتر در عبور گرما و رهایی سریع تر از حرارت انباشته در فضای داخل، در مجموع عملکرد بهتری در تابستان از خود نشان می دهند با این حال قابل ذکر است که این سه ساختار به دلیل ظرفیت حرارتی کم تر و در نتیجه ضریب کاهش بیشتر سبب نوسانات بیشتر دمای داخل می شوند که امری نامطلوب است. همچنین در مورد سیستم جدید اجرای نمای خشک مشاهده می شود اجرای خشک هر یک از دیوارها به میزان قابل توجهی در صرفه جویی انرژی مؤثر است.

فضای مسکونی باشد را روشن در نظر می گیرد و در محاسبات لحاظ می کند. تصویر کردن جمع کلی بار سرمایشی و گرمایشی برای هر گونه از دیوار نشان دهنده میزان توانایی هر ساختار در مصرف انرژی است. همان طور که در نمودار دیده می شود از بین مصالح رایج در شهر مشهد ساختار A2 و L2 (همان طور که از ضریب هدایت حرارتی آن ها انتظار می رود) به میزان بیشتری در کاهش مصرف انرژی مؤثرند. در مورد ساختار A1<sup>۱۴</sup> با وجود ضریب هدایت حرارتی پایین دارای مصرف انرژی بالاتری نسبت به ساختارهای L2 و A2 است که این ناتوانی در کاهش مصرف انرژی به علت داشتن زمان تأخیر کم تر، انرژی ذخیره شده در جرم حرارتی خود را سریع تر از زمان مناسب رها می کند و باعث می شود

جدول ۹: مصرف بار سرمایشی سالیانه در جداره های خارجی مورد بررسی (Total Cooling)

Date/Time	A1	A2	HCB1	HCB2	L1	L2	سفال ۱۵ سانتی با اجرای نمای خشک	بلوک ACC 20 سانتی متری با اجرای نمای خشک	بلوک لیکا ۲۰ سانتی با اجرای نمای خشک
	KW/h	KW/h	KW/h	KW/h	KW/h	KW/h	KW/h	KW/h	KW/h
January	0	0	0	0	0	0	0	0	0
February	0	0	0	0	0	0	0	0	0
March	0	0	0	0	0	0	0	0	0
April	0	0	0	0	0	0	0	0	0
May	0	0	0	0	0	0	0	0	0
June	3135.39	2819.69	4023.27	3409.33	3299.01	2984.23	2968.55	2695.71	2839.63
July	4271.19	3661.84	5903.92	4763.35	4571.17	3889.68	3935.79	3538.99	3708.37
August	3456.02	3029.51	4649.83	3817.89	3681.76	3200.25	3207.36	2875.43	3046.42
September	908.151	913.425	1028.98	934.21	917.05	921.53	915.68	913.133	918.78
October	0	0	0	0	0	0	0	0	0
November	0	0	0	0	0	0	0	0	0
December	0	0	0	0	0	0	0	0	0
بار کل سرمایشی	11771	10425	15606	12925	12469	10995	11027	10023	10513

جدول ۱۰: مصرف بار گرمایشی سالیانه در جداره های خارجی مورد بررسی (Zone Heating)

Date/Time	A1	A2	HCB1	HCB2	L1	L2	سفال ۱۵ سانتی با اجرای نمای خشک	بلوک ACC 20 سانتی متری با اجرای نمای خشک	بلوک لیکا ۲۰ سانتی با اجرای نمای خشک
	KW/h	KW/h	KW/h	KW/h	KW/h	KW/h	KW/h	KW/h	KW/h
January	8314.04	6580.1	13534.2	9813.91	9312.62	6383.07	7291.77	6423.63	6326.25
February	5253.1	4108.11	8852.55	9272.96	5944.79	4101.2	4581.29	3965.60	3922.33
March	2231.23	1664.44	4022.26	2740.09	2572.57	1700.24	1889.34	1606.38	1576.63
April	477.92	255.72	1086.26	658.56	577.68	297.48	344.347	263.80	242.606
May	0	0	0	0	0	0	0	0	0

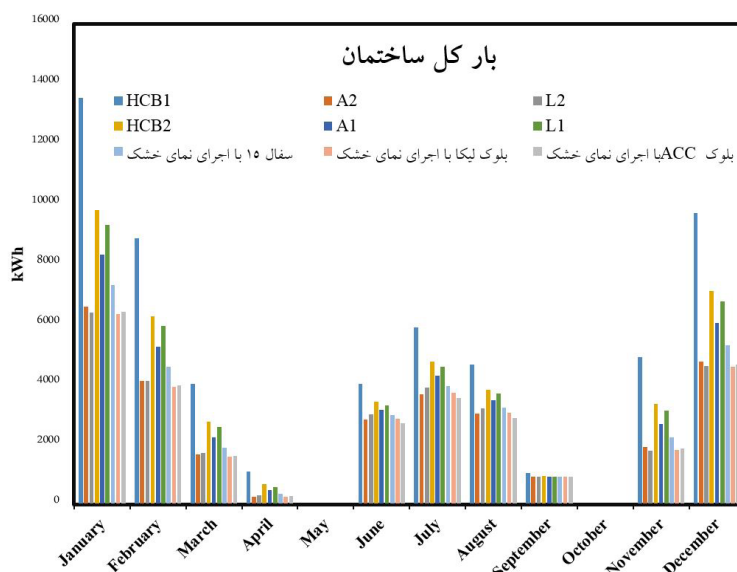


June	0	0	0	0	0	0	0	0	0
July	0	0	0	0	0	0	0	0	0
August	0	0	0	0	0	0	0	0	0
September	0	0	0	0	0	0	0	0	0
October	0	0	0	0	0	0	0	0	0
November	2685.73	1906.03	4890.37	3331.64	3115.07	1791.74	2236.35	1846.66	1804.71
December	6040.01	4744.35	9703.6	7106.34	6770.1	4598.57	5301.63	4643.01	4580.86
بار کل گرمایشی	25002	19259	42089	29923	28293	18872	21645	18749	18453

جدول ۱۱: مصرف بار کل سالیانه در در جداره‌های خارجی مورد بررسی (جمع بار گرمایشی و سرمایشی)

Date/ Time	A1	A2	HCB1	HCB2	L1	L2	سفال ۱۵	بلوک لیکا	بلوک
							سانتی با اجرای نمای خشک	۲۰ سانتی با اجرای نمای خشک	ACC 20 سانتی‌متری با اجرای نمای خشک
	KW/h	KW/h	KW/h	KW/h	KW/h	KW/h	KW/h	KW/h	KW/h
بار کل	36772	29648	57695	42848	40762	29867	32672	28966	28772

شکل ۷: مصرف بار کل سالیانه در شش نوع دیوار رایج در شهر مشهد (جمع بار گرمایشی و سرمایشی)



خارج، نقش قابل توجهی در تعدیل شرایط آب و هوایی و تأمین آسایش ساکنین و در نتیجه کاهش بارهای سرمایشی و گرمایشی دارد و طراحی و اجرای پوسته‌های ساختمانی که بتوانند با رفتار حرارتی مناسب بالاترین میزان آسایش حرارتی را در فضای داخل بدون کمک تجهیزات مکانیکی تأمین کنند، می‌توانند تا حدود زیادی سبب صرفه‌جویی در مصرف انرژی شوند. نتایج شبیه‌سازی دینامیک نشان می‌دهد که تیپ‌های ارائه شده دیوارهای متفاوت از آنچه بر اساس ضریب هدایت حرارتی آن‌ها انتظار می‌رود رفتار می‌کنند. این امر به دلیل پاسخ دوره‌ای پوسته ساختمانی به شرایط آب و هوایی (رفتار متناوب پوسته ساختمانی

با توجه به شکل ۷ و جداول ۹، ۱۰ و ۱۱ مشاهده می‌شود زمانی که سیستم سرمایش و گرمایش فعال باشد میزان مجموع بار سرمایشی و گرمایشی که بار کل تعریف می‌شود در دیوار A2 و بعد از آن L2 کم‌ترین مقدار خود را دارد در نتیجه هدر رفت انرژی در این دو دیوار کم‌تر است. و دیوار HCB1 ضعیف‌ترین عملکرد را از خود نشان می‌دهد و در مورد اجرای خشک هر دیوار مشاهده می‌شود این نوع بار کل را به مقدار قابل توجهی کاهش داده است.

### ۹. نتیجه‌گیری

پوسته ساختمانی به‌عنوان واسطه اصلی بین فضای داخل و

گیرد در زمستان با توجه به داشتن شرایط نسبتا پایدار مصالح بیشتر بر اساس ضریب هدایت حرارتی شان عمل می کنند، مشاهده می شود که گونه دیوار L2 و A2 رفتار حرارتی بهتری نسبت به سایر گونه های دیوار دارند. با توجه به این که این دو دارای ضریب هدایتی های نزدیک به یکدیگر هستند اما در تابستان با توجه به این که در شرایط ناپایدار مصالح متفاوت از حالت شرایط پایدار عمل می کنند و جرم حرارتی به عنوان فاکتور مهمی در نتیجه گیری ها دخالت می کند، رفتارشان متفاوت یکدیگر است. در جدول زیر درصد کاهش بار و اتلافات از دیوار برای شش نمونه دیوار رایج در شهر مشهد و اجرای نمای خشک سه نمونه دیوار بررسی شده است، نتایج بر اساس ضعیف ترین دیوار از نظر عملکرد حرارتی که HCB1 می باشد آنالیز شده اند و درصدها بر اساس کاهش نسبت به HCB1 بیان شده اند. نتایج جدول با فرض روشن بودن سیستم سرمایش و گرمایش می باشد.

در مقابل شرایط متغیر آب و هوایی) است که به کمک ویژگی های دینامیک حرارتی و میزان جرم حرارتی موجود در سازه ساختمان قابل تفسیر است. جرم حرارتی، مهم ترین عامل در رفتار حرارتی در شرایط غیر پایدار، به سه ویژگی اولیه مصالح وابسته است: چگالی، ظرفیت حرارتی و ضریب هدایت حرارتی، به این صورت که ۱- ظرفیت حرارتی بالاتر مقدار حرارت قابل جذب در هر کیلوگرم ماده را افزایش می دهد. ۲- مصالح با چگالی بیشتر حرارت بیشتر جذب می کنند. ۳- ضریب هدایت حرارتی متوسط کمک می کند تا ظرفیت حرارتی یک ماده کارآمد شود محاسبات شرایط پایدار که منجر به محاسبه ضریب هدایت حرارتی شده و در شرایط ثابت آزمایشگاهی صورت می گیرد، روش جامعی برای ارزیابی رفتار حرارتی پوسته ساختمان نیست. عایق حرارتی و جرم حرارتی نقش های متفاوتی در رفتار حرارتی کل پوسته ساختمان بازی می کنند و شایسته است در محاسبات به منظور تحلیلی جامع از رفتار حرارتی پوسته ساختمان نقش هر دو به صورت جداگانه مورد بررسی قرار

جدول ۱۲: مقایسه درجه حرارت سالانه دمای داخل با درجه حرارت دمای خارج در جداره های نمونه بدون در نظر گرفتن سیستم های سرمایشی و گرمایشی (خروجی دیزاین بیلدر)

حالت	بار کل	انتقال حرارت از دیوار	درصد کاهش بار کل	درصد کاهش اتلافات از دیوار
HCB1	۵۷۶۹۵	۴۳۸۵۲	-	-
A1	۳۶۷۷۳	۲۰۷۴۱	۳۶ درصد	۵۳ درصد
A2	۲۹۶۸۴	۱۲۹۹۹	۴۹ درصد	۷۰ درصد
L2	۲۹۸۶۷	۱۳۳۹۹	۴۸ درصد	۶۹ درصد
L1	۴۰۷۶۲	۲۵۲۶۲	۲۹ درصد	۴۲ درصد
HCB2	۴۲۸۴۸	۲۷۵۵۵	۲۶ درصد	۳۷ درصد
اجرای نما خشک (سفال)	۳۲۶۷۲	۱۵۲۷۱	۴۳ درصد	۶۵ درصد
اجرای نما خشک (لیکا)	۲۸۹۶۶	۱۲۸۹۴	۵۰ درصد	۷۱ درصد
اجرای نما خشک (ACC)	۲۸۷۷۲	۱۱۶۵۶	۵۱ درصد	۷۳ درصد

جدول نشان داده شده است سیستم اجرای خشک دیوارها کمک زیادی به ذخیره انرژی می کند. دلیل این امر وجود فاصله بین نما و ساختمان است که با لایه هوا پر می شود و علاوه بر این که لایه هوا مانند یک عایق عمل می کند، از تبادل حرارتی بین محیط بیرون و فضای داخلی ساختمان جلوگیری کرده و استفاده از عایق های حرارتی در پشت نما را نیز امکان پذیر می کند همچنین امکان نفوذ رطوبت از طریق مصالح نما به دیوارهای ساختمان بسیار کاهش می یابد. از مزایای دیگر این سیستم ها می توان به اجرای سریع آن، کم شدن وزن ساختمان، امکان بازیافت مصالح و غیره اشاره کرد. با بررسی تمامی این مزیت ها این نتیجه حاصل می شود که بهتر است به جای استفاده از دیوارهای رایج در شهر مشهد از سیستم نمای خشک استفاده شود تا به ذخیره انرژی و مصالح کمک شود.

همان طور که در جدول ۱۲ مشاهده می شود با فرض روشن بودن سیستم سرمایش و گرمایش ضعیف ترین دیوار از نظر پاسخ دهی حرارتی در بین دیوارهای خارجی رایج در شهر مشهد سفال ۱۵ سانتی (HCB1) و بهینه ترین دیوار از نظر صرفه جویی انرژی و پاسخ دهی مناسب حرارتی (A2) می باشد و اگر در شهر مشهد از دیوار A2 استفاده شود ۴۹ درصد در بار کل و ۷۰ درصد در اتلاف های دیوار صرفه جویی می شود و با فرض خاموش بودن سیستم سرمایش مشاهده می شود که در تابستان دیوار (A2) بهترین عملکرد یعنی کم ترین دمای داخلی را دارد و در فصل زمستان به ترتیب (L2) و بعد از آن (A2) دارای بهترین عملکرد حرارتی یعنی بیشترین دمای داخلی نسبت به دمای بیرون هستند. همچنین در مورد اجرای نمای خشک هر کدام از دیوارها مشاهده می شود که با اجرای نمای خشک از بار کل و اتلافات حرارتی دیوار کاسته می شود. همان طور که در

دیگر ساختمان که در هدر رفتن انرژی تأثیر گذارند از جمله سقف، ابعاد بازشوها و غیره را در اقلیم شهر و سایت مورد نظر با استفاده از نرم‌افزارهای اقلیمی مانند: نرم‌افزار دیزاین بیلدر مورد ارزیابی قرار دهند و با استفاده از این نتایج انتخابی صحیح داشته باشند و میزان اتلاف انرژی را در فضای مورد نظر به حداقل برسانند.

با توجه به یافته‌های این پژوهش پیشنهاد می‌شود در پروسه طراحی، طراحان سیستم‌های نوین اجرا و دتایل‌های به روز در کشورهای پیشرفته را شناسایی و آن‌ها را با در نرم‌افزار دیزاین بیلدر از نظر حرارتی مورد ارزیابی قرار دهند تا با بررسی دتایل‌های جدید و متفاوت و با توجه به کاربری هر فضا بتوان قدمی کوچک در صرفه‌جویی سوخت و انرژی برداشت. همچنین پیشنهاد می‌شود طراحان قسمت‌های

### پی‌نوشت

1. Admittance
2. Design Builder
3. Ashrae
4. Internal Floor
5. External Floor
6. Flat Roof
7. Ground Floor
8. Internal Partition

۹. بلوک ACC با عایق پلی استایرن.
۱۰. بلوک لیکا با عایق پلی استایرن.
۱۱. بلوک سفالی ۱۵ سانتی‌متری.
۱۲. بلوک ACC ۲۰ سانتی‌متری.
۱۳. بلوک لیکا ۲۰ سانتی‌متری.
۱۴. بلوک سفالی با عایق پلی استایرن.

## REFERENCES

- Al-sanea, S.A., Zedan, M.F., & Al-hussain, S.N. (2012). Effect of Thermal Mass on Performance of Insulated Building Walls and the Concept of Energy Savings Potential. *Applied Energy*, 89(1), 430-442. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261911005058>
- Ashrea Handbook. (2005). Fundamentals, American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers.
- Aste, N., Angelotti, A., & Buzzetti, M. (2009). The Influence of the External Walls Thermal Inertia on the Energy Performance of Well Insulated Buildings. *Energy and Buildings*, (11)41, 118-125. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037877880900125X>
- Balarase, CA. (1996). The Role of Thermal Mass on the Cooling Load of Buildings, an Overview of Computation Methods. *Energy and Building*, 24(1), 1-10. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0378778895009566.html>
- Cheng, V.E.N.G. (2005). Effect of Envelope Coular and Thermal Mass on Indoor Temperature in Hot Hamid Climate. *Solar Energy*, 78(4), 528-534. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X04001100.html>
- CIBSE. (2006). Environmental Design: CIBSE Guide a 7th Ed. Great Britain, Page Bros.D.W Yarthrough, R&D Services Inc, USA (2010) Reflective Materials and Radiabriers for Insulation of Building, 8-13.
- McMullan, R. (2007). Environmental Science in Building 6th Ed, New York, Palgrave Macmillan, 13-15.
- Namazian, A., & Sepehri, Y. (2016). Fenestration through the Ages and Its Role in Today's Energy Dilemma. *Housing and Rural Environment*, 34(152), 92-96. <http://jhre.ir/article-1-650-en.html>
- Nasrollahi, F. (2010). Energy Efficiency in the Building and Housing Sectors, Energy Conservation Optimization Conference, 5-7. [https://www.civilica.com/Paper-EMX2010-EMX2010\\_093.html](https://www.civilica.com/Paper-EMX2010-EMX2010_093.html)
- Omidvar, A., & Rosti, B. (2013). Effect of Moisture Content of Building Materials on Thermal Performance of Exterior Building Walls "Research Note. *Modares Technical and Engineering*, 13(10), 152-155. <https://www.sid.ir/en/journal/JournalList.aspx?ID=13470>
- Ozel, M. (2011). Thermal Performance and Optimum Insulation Thickness of Building Walls with Different Structure Materials. *Applied Thermal Engineering*, 3(18), 3854-3863. [https://www.researchgate.net/publication/251668087\\_Thermal\\_performance\\_and\\_optimum\\_insulation\\_thickness\\_of\\_building\\_walls\\_with\\_different\\_structure\\_materials](https://www.researchgate.net/publication/251668087_Thermal_performance_and_optimum_insulation_thickness_of_building_walls_with_different_structure_materials)
- Pourdeyhimi, Sh., & Gosili, B. (2015). A Study on the Thermal Indexes of Membranes in Building Envelope (The Case of Rural Areas of Ardebil). *Housing and Rural Environment*, 34(150), 58-60. <https://www.sid.ir/En/Journal/ViewPaper.aspx?ID=462498>
- Sabeti, Sh. (2014). Design of Residential Complex in Mashhad with Sustainable Environmental Approach and Attention to Building Shells, Master Thesis, University of Science and Industry, 12-27.
- Shaghayegh, M. (2013). Study of Thermal Behavior of Common Materials in Wall Construction (Case Study: Residential Buildings in Tehran). *HONAR-HA-YE-ZIBA Journal*, 18(1), 72-74. [10.22059/jfaup.2013.36358](https://doi.org/10.22059/jfaup.2013.36358)
- Topic 19 National Building Regulations, Energy Saving. (2013). 56-60.

### نحوه ارجاع به این مقاله

مداحی، سید مهدی و عباسی، مهسا. (۱۳۹۸). تحلیل رفتار حرارتی پوسته خارجی-نمایی ساختمان با مصالح و تکنولوژی های اجرای سنتی و نوین با هدف بهینه سازی مصرف انرژی، مورد مطالعاتی: ساختمان های مسکونی شهر مشهد. نشریه معماری و شهرسازی آرمان شهر، ۱۲(۲۹)، ۱۶۷-۱۸۳.

DOI: 10.22034/AAUD.2020.102374

URL: [http://www.armanshahrjournal.com/article\\_102374.html](http://www.armanshahrjournal.com/article_102374.html)

