DOR: 20.1001.1.28209818.1401.2.2.5.2

مجله علمی
پژوهش‌های معماری نوین
دوره دوم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۱
صفحات ۳۵-۲۳
شماره پیاپی ۴

Architectural Technologies
Studies Journal
Vol. 2, No. 1, Summer 2022
Pages 23-35

مقاله پژوهشی

مقایسه مصالح آجر (سنتی) و هبلکس (جدید) در میزان مصرف انرژی و اقتصاد

سمانه فروغیان[۱]، حسن ذوالفقارزاده*[۲]

۱. پژوهشگر دکتری، گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران.

foroughian_samaneh@yahoo.com

۲. دانشیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران. (نویسنده مسئول)

zolfagharzadeh_h@ikiu.ac.ir

تاریخ دریافت: [۱۴۰۱/۱/۲۸] تاریخ پذیرش: [۱۴۰۱/۶/۱۲]

چکیده

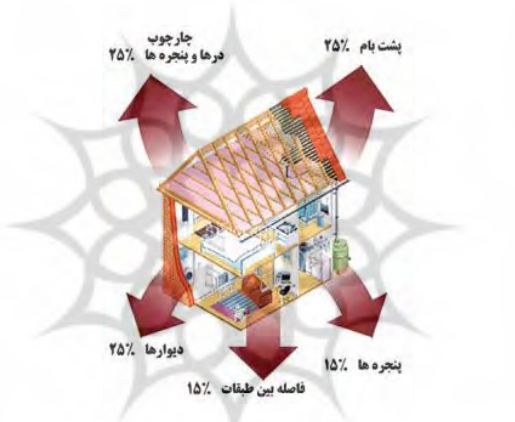
صرفه‌جویی در انرژی‌های فسیلی و استفاده از منابع پاک انرژی، موجب کاهش هزینه‌های بهره‌برداری، حفظ محیط‌زیست و سلامت انسان می‌شود. جداره‌های ساختمان و مصالح به‌کاررفته در آن، از اصلی‌ترین منابع هدر رفت انرژی محسوب می‌شوند. آجر از مصالح ساختمانی است که سابقه مصرف آن به دوران باستان بازمی‌گردد. علت استفاده از آن، پایداری، ارزان بودن و سرعت بالای ساخت می‌باشد. در سال‌های اخیر بنابر دلایلی مانند، افزایش جمعیت و به‌طبع آن افزایش تراکم ساختمانی، عایق نبودن آجر و نیاز به نیروی انسانی زیاد، استفاده از آن کمتر مورد توجه است و مصالحی همچون هبلکس، که در آن بسیاری از نواقص آجر رفع شده‌است، کاربرد بیشتری یافته‌است، اگرچه آجر همچنان کاربرد دارد. باتوجه به اهمیت مبحث انرژی در دهه‌های اخیر و تأکید مقررات ملی ساختمان بر عایق بودن ساختمان‌ها و صرفه‌جویی بناها در مصرف کمتر انرژی، با توجه بر این‌که هبلکس عایق بسیار مناسبی در برابر حرارت و صوت می‌باشد و علاوه‌براین هزینه نهایی استفاده از آن در ساختمان‌سازی بنابر دلایلی چون، زمان ساخت کمتر و نیاز به نیروی کار کمتر، پایین‌تر است، در این تحقیق سعی بر این است، این دو مصالح سنتی و جدید، از منظر میزان مصرف انرژی سرمایش و گرمایش و در پی آن مصرف سوخت برق و گاز ساختمان و همین‌طور میزان صرفه‌جویی ریالی مصرف برق و گاز، با یکدیگر مقایسه شوند. نتایج این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر به‌دست‌آمده و مدل موردبررسی، مکعبی با ابعاد ۱۰*۱۰*۴ در اقلیم مشهد انتخاب شده‌است. مدل موردبررسی در نرم‌افزار مدل‌سازی شده‌است و سپس میزان بار سرمایش، بار گرمایش و بار کل ساختمان در دو حالت، دیوارهای آجری و دیوار با مصالح هبلکس، استخراج شده و نتایج به‌صورت درصد عنوان گردیده‌است. نتایج به‌دست‌آمده بیانگر این است که با جایگزین کردن هبلکس با آجر تا ۵۵/۱۲ درصد در میزان مصرف انرژی ساختمان صرفه‌جویی می‌گردد. در ادامه باتوجه به بهای برق و گاز مصرفی و میزان صرفه‌جویی در بار کل ساختمان، مقدار ریالی بهای برق و گاز برای هر دو مدل موردبررسی، برآورد شده‌است و مشخص شد که با جایگزین کردن هبلکس با آجر، ۵۵/۵ درصد در اقتصاد خانوار، بابت پرداخت قبوض برق و گاز، صرفه‌جویی می‌گردد.

واژگان کلیدی: آجر- هبلکس- انرژی ساختمان- پایداری - اقتصاد

۱- مقدمه

هدفمندکردن مصرف انرژی متشکل است از برنامه‌ریزی (شامل: ممیزی، هدف‌گذاری، اولویت‌بندی تعریف پروژه) سازماندهی، کارگزینی، هدایت و نظارت جهت رسیدن به مصرف بهینه انرژی، به‌طوری‌که سیستم از فن‌آوری‌های جدید استفاده نموده و سطح خدمات سیستم کاهش نیابد. در ضمن باعث کاهش انرژی و هزینه‌های مربوطه گردد (مرکز مطالعات تکنولوژی،۱۳۹۱). استفاده از سیستم‌های تهویه مطبوع و یا سیستم‌های گرمایشی با سوخت‌های فسیلی و مصرف زیاد انرژی جهت تأمین شرایط آسایش در داخل فضاهای مسکونی، به‌عنوان فرآیندی ناکارآمد و در تقابل با اقلیم به‌شمار می‌آید. مشکل آلودگی زیست‌محیطی و هزینه‌های بالای انرژی، همچنین تغییرات اقلیمی و گرم‌شدن کره زمین، لزوم استفاده از طرح‌های مبتنی بر اقلیم هر منطقه را بیش‌ازپیش آشکار می‌کند (خان‌محمدی و وحیدی، ۱۴۰۱).

مناطق با اقلیم‌های متفاوت، دارای پتانسیل‌های بسیاری هستند که با استفاده از آن‌ها می‌توان تا حد زیادی مصرف انرژی را کاهش داد. یکی از موارد اتلاف انرژی در ساختمان، مربوط به فضاهای داخلی می‌باشد. با دانستن نکاتی مفید در باب نحوه چیدمان وسایل گرمایش، جدارهای نورگذر، عایق‌بندی جداره‌ها، نصب پرده و سایبان می‌توان تا حدود زیادی از اتلاف انرژی جلوگیری کرد. در شکل زیر بیشترین راه‌های اتلاف انرژی در یک ساختمان نشان داده شده‌است (عکس ۱).



عکس ۱. میزان اتلاف حرارتی ساختمان

بخش ساختمان در هر کشور، بیش از یک‌سوم انرژی مصرفی کشور را به خود اختصاص داده‌است (فروغیان، ۱۳۹۵). در گذشته‌های دور به علت دسترسی محدود به منابع انرژی فسیلی، معمارها سعی بر این داشتند تا با راهکارهای معمارانه باتوجه به اقلیم منطقه، استفاده از خواص خاک در حفظ انرژی، بهره‌گیری از تابش خورشید و یا سایه متناسب هر فصل، استفاده از سایه‌بان‌های متحرک، ساخت دیوارهای ضخیم و راهکارهایی از این دست، بدون بهره‌گیری از انرژی فسیلی، نیاز خود را برای رسیدن به دمای آسایش برطرف نمایند اما نگرش جامعه‌ی معماری نسبت به نحوه تأمین آسایش انسان در داخل ساختمان، از ابتدای قرن حاضر تاکنون دستخوش تغییرات چشمگیری شده‌است. از دهه‌های نخستین قرن، استفاده از وسایل مکانیکی گرمازا و سرمازا برای تنظیم دمای محیط داخل ساختمان موردتوجه معماران قرار گرفته است (رازجویان، ۱۳۹۳). این موضوع باعث افزایش مصرف انرژی در بخش ساختمان شده‌است. واضح است که امروزه موضوع محدودیت و کمبود ذخایر انرژی در کره زمین بر کسی پوشیده نیست (مارکوس و هرتل، ۱۳۹۲). انرژی فسیلی ازجمله انرژی‌های تجدیدناپذیر بوده که اگر این‌چنین مصرف آن‌ها، ادامه یابد به‌زودی پایان میابند. ازاین‌رو استفاده منطقی از انرژی، در رئوس اصلی کار کشورهای فاقد انرژی فسیلی قرار گرفت و آن‌ها را بر آن واداشت که در یکی از مراکز اصلی مصرف انرژی، یعنی ساختمان، مسئله بهینه کردن مصرف انرژی را جدی بگیرند. بدین‌ترتیب این مسئله مطرح شد و

چندین سال است که تمامی کشورها، قوانین خاصی در امر ساختمان‌سازی و بکار بردن عایق‌های حرارتی، بهبود روش گرمایش و سرمایش و ساختار کلی ساختمان در جهت بهینه کردن مصرف انرژی، تدوین نموده‌اند که لازم‌الاجرا می‌باشد (رضاپور، ۱۳۹۱).

جداره‌های خارجی ساختمان و مصالح به‌کاررفته در آن، از مهم‌ترین منابع هدررفت انرژی در ساختمان به‌حساب می‌آیند. در گذشته رایج‌ترین مصالح مورداستفاده در امر ساختمان‌سازی، آجر بوده‌است و معماران با راهکارهایی ازجمله افزایش ضخامت دیوارها، سعی در تعدیل دمایی هوای داخل ساختمان، داشتند. ساخت‌وساز به‌وسیله آجر، حداقل مقاومت در برابر زلزله، سیل و طوفان را دارند و گاهاً فقط به‌عنوان یک سرپناه مورد تأیید است (Saghi & Ghaffari, 2020). با گذشت زمان بنابر دلایلی چون ارزشمند شدن زمین، امکان ساخت جداره‌های قطور ممکن نبود ولی همچنان آجر به‌عنوان مصالح غالب در امر ساختمان‌سازی موردتوجه بوده‌است. در ساختمان‌ها با جداره‌های کم ضخامت ساخته‌شده با آجر، به‌دلیل کاهش زمان تأخیر و مقاومت حرارتی، دیگر بدون وسایل الکتریکی رسیدن به آسایش دمای داخلی ممکن نبود. به این دلیل با گذشت زمان مصالح جدیدی روی کارآمد که نسبت به آجر عایق مناسبی در برابر حرارت و صوت می‌باشند. ازجمله این مصالح جدید که در سال‌های اخیر بسیار پرکاربرد می‌باشد و تا حد زیادی جایگزین آجر شده‌است، هبلکس می‌باشد. هبلکس ازجمله مصالح جدیدی است که به‌راحتی قابل برش است، وزن آن کمتر از آجر است پس در برابر زلزله مقاوم‌تر است، در ساختمان‌های ساخته‌شده با این مصالح، نیاز به نیروی انسانی و زمان ساخت کاهش میابد و درنتیجه هزینه‌های ساخت نیز بهینه می‌گردد، مقاومت فشاری آن بسیار بیشتر از آجر است و از همه مهم‌تر باتوجه به اهمیت بهینه‌سازی مصرف انرژی که در بالا اشاره شد، هبلکس خود عایق بسیار خوبی در برابر حرارت و صوت نیز می‌باشد که درنتیجه نیاز به مصرف عایق مجزا در سازه را ندارد. باتوجه به مسئله اهمیت صرفه‌جویی انرژی، در این تحقیق دو مصالح آجر، به‌عنوان مصالح رایج سنتی و هبلکس به‌عنوان مصالح جایگزین آجر، از نظر میزان مصرف انرژی با یکدیگر مقایسه می‌شوند.

برای حصول به نتایج این پژوهش، از نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر استفاده می‌شود. این نرم‌افزار برای مدل‌سازی ساختمان از جنبه‌های مختلف مثل فیزیک ساختمان (مصالح ساختمانی)، معماری ساختمان، سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی و سیستم روشنایی کاربرد داشته و قابلیت مدل‌سازی همه جنبه‌های ساختمان را دارد. دیزاین‌بیلدر[1] بار سرمایشی و گرمایشی را بر اساس استاندارد اشری[2]، با استفاده از موازنه حرارتی که در انرژی‌پلاس[3] مورد استفاده قرار می‌گیرد، محاسبه می‌نماید. در نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر شرایط اقلیمی نیز درنظر گرفته می‌شوند (Inanici & Demirbilek, 2000). برای رسیدن به نتایج دقیق به‌وسیله نرم‌افزار شبیه‌ساز، برای ساختمان موردبررسی، از داده‌های آب‌وهوایی شهر مشهد که جزء اقلیم گرم‌وخشک است در قالب فایل apw استفاده می‌گردد. این قالب فایلی مورد تأیید تولیدکنندگان نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر است و در پایگاه‌های اینترنتی این نرم‌افزار موجود است .

۱-۱- پرسش‌های تحقیق

۱. میزان انرژی مصرفی یک ساختمان، در دو حالت استفاده از مصالح آجر و هبلکس، چگونه تغییر می‌کند؟

۲. با جایگزین کردن هبلکس تا چه میزان در اقتصاد خانوار صرفه‌جویی می‌شود؟

۱-۲- فرضیه تحقیق

هبلکس از مصالح جدیدی می‌باشد که استفاده از آن در چند سال اخیر بسیار رایج بوده و به‌عنوان یکی از مصالح عایق شناخته شده‌است. باتوجه به ویژگی عایق بودن هبلکس، انتظار می‌رود با جایگزین کردن این مصالح با آجر تا حدودی در میزان مصرف انرژی

1. DesignBuilder
2. ASHRAE
3. Energy plus

ساختمان صرفه‌جویی گردد. هبلکس از آجر گران‌تر است اما باتوجه به ابعاد بزرگ‌تر آن و نیاز به مصالح، نیروی کار و زمان ساخت کمتر و همین‌طور صرفه‌جویی در مصرف سوخت ساختمان، انتظار می‌رود استفاده از آن مقرون‌به‌صرفه و دوره بازگشت سرمایه کوتاه باشد.

۲- مرور مبانی نظری و پیشینه

در سال‌های اخیر باتوجه به ضعف‌های مصالح سنتی در ساختمان‌سازی، همچون عدم مقاومت در برابر زلزله، افزایش وزن بنا، افزایش میزان هدررفت انرژی ساختمان و توجه به مسائل زیست‌محیطی، مقایسه‌هایی بین مصالح جدید با مصالح سنتی انجام شده‌است و سعی بر توجیه سازندگان در جایگزینی مصالحی نظیر آجر با مصالح به‌روز، مانند انواع بلوک‌های ساختمانی از قبیل هبلکس نموده‌اند. در مقاله‌ای هبلکس به‌عنوان مصالحی سبک، مقاوم در برابر زلزله و دوست‌دار محیط‌زیست با مصالح متداول ساختمانی مقایسه و برتری آن بیان شده‌است (ارشادی، ۱۳۹۴). در مقاله‌ای دیگر مزایای جایگزینی بلوک سبک بتنی هبلکس با مصالح آجر موردبررسی قرارگرفته‌است و برتری‌های آن همچون کاهش انرژی زلزله بر سازه و وزن سبک، سرعت اجرایی بیشتر، نیروی اجرایی کمتر و مصالح کمتر عنوان شده‌است (زارعیان، رئیسی وانانی و قاسمیان،۱۳۹۱). در مقاله‌ای با عنوان بررسی میزان کاهش و اتلاف انرژی در دیوارهای غیرباربر با جایگزینی بلوک سبک هبلکس بجای آجر، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که یا جایگزین هبلکس به‌جای آجر در دیوارهای باربر، علاوه بر کاهش ۳۰ درصدی وزن ساختمان تا ۳۰ درصد در کاهش اتلاف انرژی ساختمان صرفه‌جویی می‌شود (پورمحمدی و عندلیب،۱۳۹۳). در پژوهشی دیگر با استفاده از نرم‌افزار کریر، یک ساختمان نمونه استاندارد، شبیه‌سازی شده‌است و میزان صرفه‌جویی انرژی و مباحث اقتصادی در اثر عایق‌کاری موردبررسی قرارگرفته‌است. در این مقاله میزان صرفه‌جویی انرژی گرمایشی و سرمایشی محاسبه شده‌است و چنین نتیجه‌گیری شده‌است که به‌صرفه‌ترین دیوار برای عایق‌کاری، دیوار غربی با عایق پیشنهادی هبلکس است که دوره بازگشت‌پذیری سرمایه ۱۳ ماه می‌باشد (جعفریان، ذوالفقاری و نظری، ۱۳۹۵). در مقاله‌ای میزان راندمان حرارتی ساختمان، در صورت استفاده از مصالح متخلخل مانند هبلکس، موردبررسی قرار گرفته‌است و عنوان می‌دارد راندمان این مصالح به عوامل مختلفی مانند، میزان تخلخل، میزان هدایت حرارتی، ضخامت و ماهیت این مواد بستگی دارد (Rashidi, Hormozi & Doranehgard, 2021). در پژوهشی دیگر با عنوان با کمک بهینه‌سازی نمای بیرونی با استفاده از مصالح، سعی در یافتن اصولی برای صرف انرژی کمتر دارد (Shafiei Dastjerdi, Sadeghi & Rafiee, 2020). میرشک داغیان و همکاران در مقاله‌ای به تحلیل مصرف انرژی در انواع دیوارها و عایق‌های حرارتی در لایه بیرونی ساختمان‌ها، می‌پردازد و درنهایت بهترین مصالح برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی از بین ۴ مصالح انتخابی شامل، بتن سبک لیکا، هبلکس، بلوک سیمانی و بتن CLC، انتخاب می‌شود (Mirshak Daghiyan, Dehghan Toran Pashti, Shahccheraghi & Kaboli,2021). ساقی و همکاران در مقاله‌ای به‌جهت یافتن بهترین مصالح به‌کاررفته در سقف، چند سقف با مصالح متفاوت را شامل سقف بتنی، سقف با بلوک‌های هبلکس، سقف عرشه فولادی، از نظر پارامترهای بهینه‌سازی انرژی با یکدیگر مقایسه کردند (Saghi & Ghaffari, 2020). نایرز، کجتار، تومیک و نایرز[1](۲۰۱۵) در مقاله‌ای به مقایسه میزان انتقال حرارت و صرفه‌جویی اقتصادی و دوره بازگشت سرمایه، در دو حالت استفاده از عایق، در دیواری آجری پرداختند و نتیجه‌گیری کردند که استفاده از عایق در دیوار آجری بهینه بوده و بهترین ضخامت آن ۶.۸۹ سانتی‌متر می‌باشد. آکساپولوس، آکساپولوس، پانایوتو، کالوگیرو و گلگلنیس[2] (۲۰۱۵) در مقاله‌ای مشابه ضخامت اقتصادی و بهینه عایق حرارتی مختلف را برای جهت‌های مختف ساختمان، مورد آنالیز قراردادند. ضخامت ۱۵ سانتی‌متر از نوع هبلکس با دوره بازگشت‌پذیری ۵ سال، در این مقاله موردتأییداست.

[1] Nyers, J., Kajtar, L., Tomić, S., & Nyers
[2] Axaopoulos, Axaopoulos, Panayiotou, Kalogirou & Gelegenis

محدود بودن منابع انرژی و لزوم صرفه‌جویی در مصرف آن، طراحی بهینه و مناسب ساختمان‌ها را از دیدگاه مصرف انرژی ضروری می‌سازد. دراین‌بین جداره‌های ساختمان از اصلی‌ترین منابع هدررفت انرژی از ساختمان به‌حساب می‌آیند. جداره‌ها از اجزای متعددی تشکیل می‌شوند که اصلی‌ترین آن عنصر اصلی دیوارچینی می‌باشد. در بناهای سنتی مصالح قالب دیوارچینی آجر می‌باشد که امروزه مصالح جدید چون هبلکس جایگزین آن شده‌است. در ادامه توضیح مختری درباره این دو مصالح داده‌شده و با یکدیگر مقایسه می‌شوند.

آجر: آجرها گروهی از مصالح هستند که به‌صورت صنعتی تولید و جایگزین سنگ شده‌اند و در حقیقت سنگی ساخته دست بشر هستند، سنگی دگرگون که از تغییر وضعیت خشت پدید می‌آید. این گروه از مصالح که اولین تولید صنعتی و انبوه مصالح ساختمانی به دست بشر به‌شمار می‌آیند براساس نوع مواد اولیه، روند تولید و محل مصرف به انواع متنوعی تقسیم می‌شوند .آجرهای رسی که اولین و فراوان‌ترین آن‌ها هستند قدمت چندهزار ساله دارند. با پیشرفت تکنولوژی و علم شیمی انواع بی‌شماری از آجرها باکیفیت‌های مختلف، ابعاد و شکل ظاهری متنوع راهی بازار مصرف شده‌اند (خورسندی کوهانستانی و قاراخانی، ۱۳۹۷). آجر (آگور) واژه‌ای بابِلی است که در گذشته برای توصیف لوح‌هایی که احکام و فرامین دولتی را روی آن می‌نوشتند و سپس آن را می‌پختند، به‌کار می‌رفت. برای نخستین بار از پخته‌شدن خاک مجاور اجاق‌های آتش به وجود آن پی برده شده‌است و اولین کوره‌های آجرپزی نیز از قراردادن لایه‌های خشت در کنار شعله‌های آتش ساخته‌شدند. می‌توان گفت آجر، سنگ دگرگونی مصنوعی است که از پخته شدن خاک رس در ابعاد و اندازه‌های دلخواه به‌دست می‌آید و اولین عنصر پیش‌ساخته با تولید انبوه بوده‌است (زمرشیدی، ۱۳۹۰). خواص آجر باعث شده‌است که به‌عنوان مصالح پرکننده دیوار و سقف ازجمله پرمصرف‌ترین مصالح باشد. خاک آجر معمولاً مخلوطی است از خاک رس، ماسه، فلدسپات، سنگ آهک، سولفات‌ها، کانی‌های آهن و برای تهیه‌ی آن به خاک رس خالص نیاز نیست. خاک رس مناسب برای آجر نباید درصد زیادی آهک داشته‌باشد، زیرا باعث از دست رفتن کیفیت آن پس از پخت می‌شود (عجم، ۱۳۹۰). در جدول زیر انواع آجر به‌اختصار آورده شده‌است.

جدول ۱. انواع آجر

انواع آجر	
جنس	لعابی–سفالی–نسوز– ماسه آهکی–رسی–غیر رسی (Vogelsang, 1990)
روش ساخت	فشاری–ماشینی (Marchetti, 2012)
نوع مصرف	معمولی–نما–مهندسی (Marchetti, 2012)
شکل	توپر–سوراخدار–توخالی–متخلخل (کیانی،۱۳۸۶)

آجر از گذشته دور به علت، پایداری، ارزان و در دسترس بودن و سرعت بالای ساخت بنا به‌عنوان مصالح ساختمانی مورد استفاده بوده‌است. جذب آب آجر معمولی بالا می‌باشد و نمک‌ها و سولفات‌های موجود در آجر سبب بروز سفیدک و شوره در آن می‌شود، حدود یک ساعت در برابر آتش مقاومت می‌کنند، معمولاً در مقابل صوت و حرارت عایق مناسبی نمی‌باشند و باید برای عایق‌شدن آن از مصالح آکوستیک و عایق حرارتی استفاده نمود اگرچه هر چه ضخامت دیوار آجری بیشتر شود خاصیت جذب صوت و حرارت در آن بیشتر می‌شود (خورسندی کوهانستانی و قاراخانی ،۱۳۹۷).

هبلکس: نوعی از بتن است که توسط حباب‌های هوا متخلخل شده و در ساختمان‌ها برای دیوار، جایگزین آجر و مصالح قدیمی می‌باشد. این مصالح در اروپا ابداء گردیده‌است و با نام‌های ytong, aac, heblex, شناخته شده‌است. پایه آن مشابه بلوک‌های سبک دیگر، سیلیس می‌باشد که این امر باعث ضد آتش و عایق‌شدن هبلکس گردیده زیرا سیلیس دمای ذوب بسیار بالایی دارد. تولید این

محصول به‌دقت بسیار بالا در تمامی مراحل فرآوری احتیاج دارد تا هبلکس تولید شده تمام مزایای اصلی، عایق‌بودن، وزن کم، مقاومت مطلوب و جذب آب پایین را داشته باشد. دلیل اصلی ساخت هبلکس دستیابی به محصولی بوده که هم سبک باشد هم ابعاد مناسبی داشته باشد که سرعت کار را بالا ببرد و دارای خواص عایق نیز باشد که حرارت و صدا به‌سختی از آن عبور نماید و دارای استحکام و پایداری بالا باشد. سیمان و ملات مصرفی مورد نیاز برای کشیدن یک دیوار با هبلکس به‌اندازه یک‌چهارم یا ۲۵٪ دیوارکشی با آجر است. درست است که مصالح دیوارچینی با آجر و هبلکس یکسان است، اما بلوک‌های هبلکس بخش اعظم دیوار را دربرمی‌گیرند و مصرف سیمان را کاهش می‌دهند. دانسیته هبلکس در حالت خشک معین می‌گردد. وزن تقریبی در هر مترمکعب هبلکس حدود ۵۵۰ کیلوگرم می‌باشد. بااینکه اجر در ساختمان نسبت به سنگ وزن کمتری دارد ولی حدود ۳/۲ برابر از هبلکس سنگین‌تر است. مقاومت هبلکس به‌مانند سنگ است، در مقابل آتش از بین نمی‌رود و در مقابل فشارهای بیرونی و زلزله مقاوم است. این مصالح باید در هنگام ساخت کاملاً خیس شده و این باعث عایق رطوبت شدن آن نیز می‌شود (حسینی و کاظمی تربقان، ۱۳۹۰).

به‌دلیل اهمیت مصرف انرژی و صرفه‌جویی در آن، در این تحقیق دو مصالح آجر و هبلکس که کاربرد مشابه در امر ساختمان‌سازی دارند، از نظر بهینه‌بودن مصرف انرژی با یکدیگر مقایسه شده و مشخص می‌گردد که میزان مصرف انرژی سرمایش و گرمایش و در پی آن مصرف سوخت برق و گاز ساختمان و همین‌طور میزان صرفه‌جویی ریالی مصرف برق و گاز، در صورت تغییر مصالح سنتی آجر به مصالح جدید هبلکس چگونه تغییر میابد.

جدول ۲. مقایسه خواص آجر و هبلکس

هبلکس	آجر	
۵۵۰	۱۷۵۰	وزن در مترمربع دیوار
یک‌چهارم آجر	چهار برابر هبلکس	ملات مصرفی
۱/۱	۰/۱	ضریب هدایت حرارتی ((w/m.k)
چهار برابر آجر	یک‌چهارم هبلکس	سرعت اجرا
۴۲/۸	۳۵	قابلیت عایق صوتی (db)

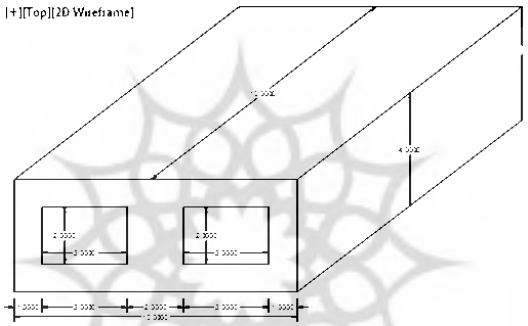
۳- روش‌شناسی

در انجام این پژوهش، به‌جهت مقایسه دو مصالح هبلکس و آجر از منظر میزان مصرف انرژی، از مدل‌سازی به کمک نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر استفاده شده‌است. نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر برای مدل‌سازی ساختمان از جنبه‌های مختلف مانند فیزیک ساختمان (مصالح ساختمانی)، معماری ساختمان، سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی، سیستم روشنایی و غیره کاربرد داشته و قابلیت مدل‌سازی تمامی جنبه‌های ساختمان را دارد. علاوه بر این بار گرمایشی و سرمایشی ساختمان، مصارف مختلف انرژی ساختمان از قبیل مصرف روشنایی، لوازم‌خانگی، آب گرم مصرفی و غیره را به‌صورت دینامیک مدل‌سازی می‌نماید. نرم‌افزار مدل‌سازی دیزاین‌بیلدر با استفاده از فایل اقلیمی شهرهای مختلف ایران، محاسبات دریافت و اتلاف و مصرف انرژی را دقیقاً بر اساس شرایط اقلیمی محل قرارگیری ساختمان انجام می‌دهد. دیزاین‌بیلدر بار سرمایشی و گرمایشی را بر اساس استاندارد اشری، با استفاده از موازنه حرارتی که در انرژی پلاس مورد استفاده قرار می‌گیرد، محاسبه می‌نماید. برای رسیدن به نتایج دقیق به‌وسیله نرم‌افزار شبیه‌ساز، برای ساختمان موردبررسی، از داده‌های آب‌وهوایی شهر مشهد که در اقلیم گرم‌وخشک واقع است در قالب فایل apw استفاده می‌گردد. این قالب فایلی مورد تأیید تولیدکنندگان نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر است و در پایگاه‌های اینترنتی این نرم‌افزار موجود است (DesignBuilder, 2020). پس از

مدل‌سازی در نرم‌افزار، میزان بار سرمایش، بار گرمایش و بار کل مدل موردبررسی، در دو حالت استفاده از دیوار آجری و هبلکس، محاسبه می‌گردد و درصد صرفه‌جویی در برق برای ماه‌های گرم و گاز برای ماه‌های سرد سال در صورت استفاده از آجر و هبلکس برای دیوارهای خارجی، عنوان می‌گردد. در ادامه به‌علت اهمیت بحث اقتصادی و برای درک راحت‌تر میزان صرفه‌جویی، اعداد حاصل از صرفه‌جویی مصرف برق و گاز، به ریال تبدیل شده‌است. برای این منظور باتوجه به نرخ برق و گاز مصرفی در دو حالت موردبررسی (آجر و هبلکس) و میزان کیلووات صرفه‌جویی در مصرف هر یک، بهای مصرفی قبض برق و گاز به‌تفکیک ماه و به‌صورت سالانه محاسبه می‌گردد و درنهایت میزان صرفه‌جویی ریالی، به‌صورت درصد بیان می‌گردد.

۳-۱- مدل موردبررسی

باتوجه به این‌که هدف از این پژوهش بررسی تأثیرات نوع مصالح جداره‌ها در میزان تبادلات انرژی است، محاسبات بر روی یک مکعب به ابعاد ۱۰*۱۰*۴ متر انجام شده‌است. این مدل در دو حالت مصالح جداره آجر و هبلکس مدل‌سازی شده و نتایج استخراج شده‌است. انتقال حرارت از سقف، کف و سایر متغیرها در هر دو حالت ثابت می‌باشد.



شکل ۲. مدل موردبررسی (مأخذ: نگارندگان)

۴- یافته‌ها

مقدار بار کل، بار سرمایش و بار گرمایش برای مدل موردبررسی در دو صورت استفاده از اجر و هبلکس به‌عنوان مصالح دیوارچینی اصلی، با استفاده از نتایج حاصل از نرم‌افزار، محاسبه گردید.

در ابتدا میزان بار سرمایش و بار گرمایش موردبررسی قرار گرفت تا میزان صرفه‌جویی در بار کل (حرارتی و برودتی) محاسبه گردد.

جدول ۳. داده‌های بار سرمایش و بار گرمایش و بار کل ساختمان

آجر	Kw/h	هبلکس	Kw/h
جمع بار سالانه سرمایش	-۵۶۶۶/۷	جمع بار سالانه سرمایش	-۲۵۴۲/۳
جمع بار سالانه گرمایش	۱۸۲۱۸/۱	جمع بار سالانه گرمایش	۸۱۷۷/۲
جمع بار کل	۲۳۸۸۴/۸	جمع بار کل	۱۰۷۱۹/۵
میزان صرفه‌جویی برابر است با ۱۳۱۶۵.۳ کیلووات ساعت			

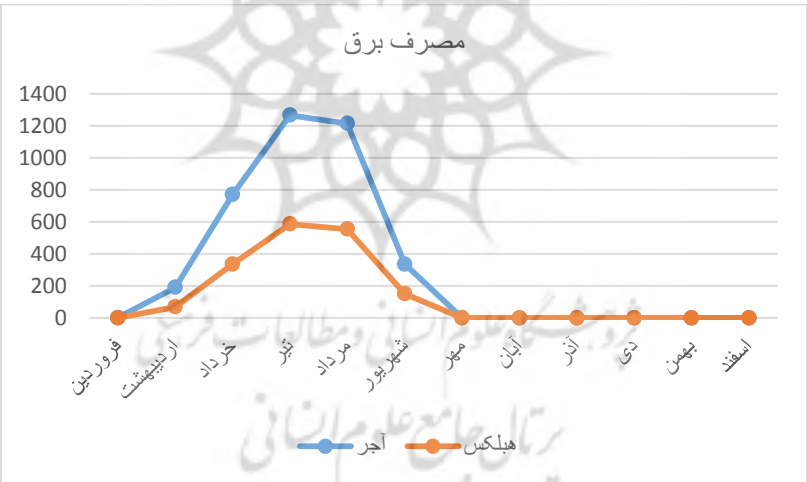
باتوجه‌به فرمول درصد صرفه‌جویی، مقدار درصد صرفه‌جویی در بار کل ساختمان درصورت استفاده از هبلکس برابر است با: ۵۵/۱۲٪

میزان مصرف برق و گاز برحسب کیلووات ساعت در صورت استفاده از دو مصالح آجر و هبلکس در جدول زیر آورده شده‌است.

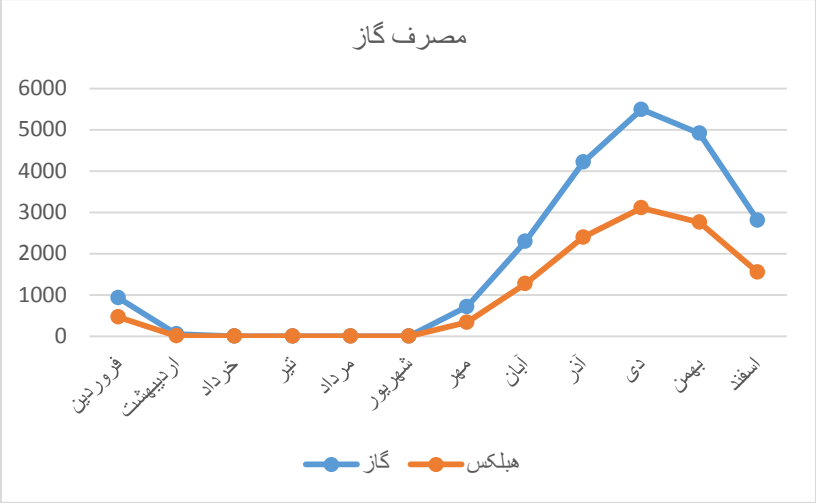
جدول ۴. میزان مصرف برق و گاز برحسب کیلووات ساعت به تفکیک ماه

مصالح	انرژی مصرفی	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
آجر	برق	۱	۱۹۱	۷۷۰	۱۲۶۶	۱۲۱۴	۳۳۵	۱	۰	۰	۰	۰	۰
	گاز	۹۳۱	۵۵	۰	۰	۰	۰	۷۱۹	۲۲۹۶	۴۲۱۷	۵۴۹۳	۴۹۱۵	۲۸۰۷
هبلکس	برق	۰	۶۹	۳۳۵	۵۸۶	۵۵۴	۱۵۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	گاز	۴۶۷	۱۰	۰	۰	۰	۰	۳۳۷	۱۲۷۱	۲۴۰۱	۳۱۱۰	۲۷۶۱	۱۵۵۰

در ادامه برای درک راحت‌تر نتایج به‌صورت نمودار بیان شده‌است.



شکل ۲. میزان مصرف برق در دو حالت استفاده از مصالح آجر و هبلکس (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۳. میزان مصرف گاز در دو حالت استفاده از مصالح آجر و هبلکس (مأخذ: نگارندگان)

همان‌طور که از نمودارها مشخص است، جایگزین کردن هبلکس با آجر در میزان مصرف برق تأثیر بیشتری از میزان مصرف گاز دارد و میزان این تأثیر در تیرماه بیشتر است. میزان تأثیر آن در صرفه‌جویی گاز ۴۴/۴۵ درصد و در مصرف برق ۵۵/۱۴ درصد می‌باشد.

در ادامه بحث، مجموع مصرف گاز و برق سالانه آورده شده‌است و مصرف برق و گاز به کیلووات‌ساعت با یکدیگر جمع شده و در انتها میزان مصرف کل در دو حالت استفاده از مصالح آجر و هبلکس با یکدیگر مقایسه می‌شود.

جدول ۵. جمع مصرف برق و گاز به کیلووات ساعت

آجر		هبلکس	
جمع مصرف سالانه برق	۳۷۷۷/۸	جمع مصرف سالانه برق	۱۶۹۴/۹
جمع مصرف سالانه گاز	۲۱۴۳۳/۱	جمع مصرف سالانه گاز	۱۱۹۰۷
جمع کل	۲۵۲۱۰/۹	جمع کل	۱۳۶۰۱/۹
میزان صرفه‌جویی برابر است با ۱۱۶۰۹ کیلووات ساعت			

با جایگزین کردن هبلکس با اجر به میزان ۴۶ درصد در مصرف برق و گاز ساختمان صرفه‌جویی می‌شود.

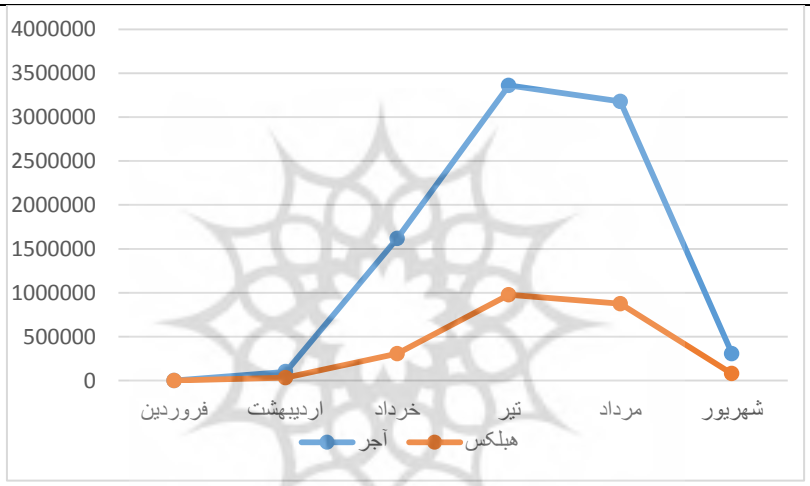
از اساسی‌ترین مباحث در راهکارهای صرفه‌جویی انرژی، اقتصاد می‌باشد. در جداول زیر مقدار مصرف برق و گاز در صورت استفاده از دو مصالح آجر و هبلکس به ریال تبدیل شده‌است.

جدول ۶. هزینه مصرف برق در ماه‌های گرم سال به ریال

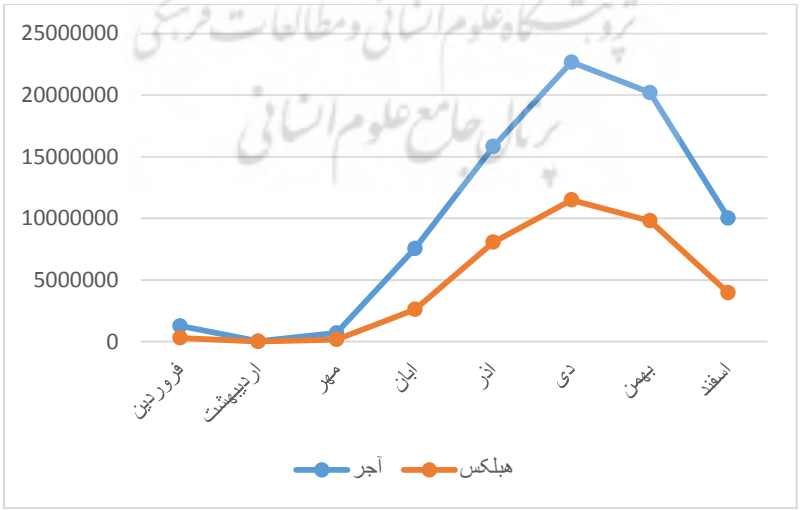
مصالح هبلکس	مصالح آجر	
۰	۴۹۰	فروردین
۳۳۸۱۰	۱۰۰۹۶۱	اردیبهشت
۳۰۶۶۰۵	۱۶۱۸۱۷۰	خرداد
۹۷۶۷۲۴	۳۳۵۹۶۲۶	تیر
۸۷۴۸۳۶	۳۱۷۷۰۵۴	مرداد
۷۸۱۲۱	۳۰۶۶۰۵	شهریور
۰	۴۹۰	مهر
۲۲۷۰۰۹۶	۸۵۶۲۹۰۶	جمع هزینه سالانه

جدول ۷. هزینه مصرف گاز در ماه‌های سرد سال به ریال

	مصالح آجر	مصالح هبلکس
فروردین	۱۲۷۴۰۱۶	۲۹۰۱۴
اردیبهشت	۲۲۷۷۰	۴۱۴۰
مهر	۶۹۷۴۵۲	۱۶۳۵۳۰
آبان	۷۵۵۶۸۸۰	۲۶۰۶۱۳۰
آذر	۱۵۸۲۹۹۸۰	۸۰۶۴۰۳۰
دی	۲۲۶۶۷۷۴۲	۱۱۴۸۸۵۰۰
بهمن	۲۰۲۰۶۶۵۰	۹۸۰۲۸۳۰
اسفند	۱۰۰۲۵۰۱۰	۳۹۵۳۷۰۰
جمع هزینه سالانه	۷۸۲۸۰۵۰۰	۳۶۳۷۳۰۷۴



شکل ۴. ریالی مصرف برق در دو حالت مصالح آجر و هبلکس (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۵. ریالی مصرف گاز در دو حالت مصالح آجر و هبلکس (مأخذ: نگارندگان)

مقدار صرفه‌جویی ریالی برق در یک سال ۶۲۹۲۸۱۰ ریال و گاز ۲۴۱۹۰۷۴۲۶ ریال می‌باشد. درنتیجه درصد صرفه‌جویی ریالی سالانه در مصرف برق،۷۳/۵ درصد و درصد صرفه‌جویی ریالی سالانه گاز، ۳۶/۴ درصد می‌باشد.

مقدار صرفه‌جویی ریالی کل مصرف برق و گاز در صورت استفاده از هبلکس به‌جای آجر ۴۸۲۰۰۲۳۶ ریال و درصد صرفه‌جویی ریالی کل سالانه، ۵۵/۵ درصد می‌باشد.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش به بررسی تأثیر جایگزینی مصالح هبلکس با مصالح آجر در میزان مصرف انرژی ساختمان و در پی آن مقدار صرفه‌جویی در اقتصاد خانوار در اقلیم مشهد، پرداخته است. نتایج نشان داد که با جایگزینی هبلکس با آجر ۵۵/۱۲ درصد در بار کل ساختمان صرفه‌جویی می‌شود. همین‌طور ۴۴/۴۵ درصد در میزان مصرف گاز و ۵۵/۱۴ درصد در میزان مصرف برق و ۴۶ درصد در مصرف کل برق و گاز ساختمان صرفه‌جویی می‌شود. در ادامه با بررسی اقتصادی و تبدیل مصرف برق و گاز مدل موردبررسی به ریال، باتوجه‌به جدیدترین تعرفه‌های هزینه برق و گاز در سال ۱۴۰۰، مقدار ۷۳/۵ درصد در هزینه سالانه برق و ۳۶/۴ درصد در هزینه سالانه برق و در حالت کلی ۵۵/۵ درصد درمجموع هزینه‌های پرداختی قبض برق و گاز ساختمان، صرفه‌جویی می‌شود.

۶- تقدیر و تشکر

با تقدیر و تشکر شایسته از استاد فرهیخته جناب آقای دکتر حسن ذوالفقارزاده که با نکته‌های دلاویز و گفته‌های بلند، صحیفه‌های سخن را علم پرور نمود و همواره راهنما و راه گشای نگارنده در اتمام و اکمال پایان نامه بوده است.

و با تشکر خالصانه از خانواده و دوستانی که به نوعی مرا در به انجام رساندن این مهم یاری نموده‌اند.

۷- منابع

۱- ارشادی، ر. (۱۳۹۴). مقایسه بلوک سبک (هبلکس) با مصالح متداول ساختمانی. سومین همایش ملی مصالح ساختمانی و فناوری‌های نوین در صنعت ساختمان.

۲- پورمحمدی، م.، و عندلیب، س. (۱۳۹۳). بررسی میزان کاهش و اتلاف انرژی در دیوارهای غیر باربر با جایگزینی بلوک سبک هبلکس بجای آجر، کنفرانس مهندسی عمران، معماری و مدیریت پایدار شهری، گرگان.

۳- جعفریان، ک.، ذوالفقاری، ع.، و نظری، ع. (۱۳۹۵). بررسی توجیه‌پذیری اقتصادی استفاده از عایق‌های متداول در جدار خارجی یک ساختمان نمونه در اقلیم تهران، مجله مهندسی مکانیک مدرس، ۱۶(۳)، ۱۸۵-۱۸۸.

۴- حسینی، ح.، و کاظمی تربقان، م. (۱۳۹۰). اثرات عایق سازی حرارتی جداره‌های ساختمانی ساخته‌شده با مصالح جدید در کاهش مصرف سوخت. همایش منطقه‌ای عمران و معماری (با رویکرد اصلاح الگوی مصرف)، آمل.

۵- خان محمدی، م.، و وحیدی، م. (۱۴۰۱). معرفی روش‌های خلاقانه به‌منظور بهره‌گیری از شرایط اقلیمی جهت کاهش مصرف انرژی در ساختمان. *پژوهش‌های معماری نوین*، ۲ (۱)، ۷۳-۸۶

۶- خورسندی کوهانستانی، ا.، و قاراخانی، ع. (۱۳۹۷). بهره‌گیری از مصالح نوین در معماری: انواع آجر از آغاز تاکنون. اولین کنگره بین‌المللی صنعت ساختمان با محوریت تکنولوژی‌های نوین در صنعت ساختمان، تبریز.

۷- رازجویان، م. (۱۳۹۳). *آسایش در پناه باد*. مرکز چاپ و انتشار دانشگاه شهید بهشتی. تهران.

۸- رضاپور، ک. (۱۳۹۱). *مبانی صرفه‌جویی و اصول مدیریت انرژی. سازمان بهره‌وری انرژی ایران*. تهران.

۹- زارعیان، ر.، رئیسی وانانی، ا.، و قاسمیان، م. (۱۳۹۱). بررسی عملکرد و مقایسه بلوک سبک بتنی هبلکس به‌عنوان جایگزین آجر. دومین کنفرانس ملی یافته‌های نوین در مهندسی عمران، نجف‌آباد.

۱۰- زمرشیدی، ح. (۱۳۹۰). *مصالحشناسی سنتی*. نشر زمرد.

۱۱- عجم، م. (۱۳۹۰). *آخرین روزهای آجر دستی ایران*. موسسه آفتاب.

۱۲- فروغیان، س. (۱۳۹۵). مسکن سبز و اقتصاد (ارزیابی عملکرد پنجره‌های ساختمان در صرفه‌جویی انرژی و اقتصاد خانوار). پایان‌نامه دانشگاه صنعتی شاهرود

۱۳- کیانی، ی. (۱۳۸۶). *تزیینات وابسته به معماری دوره اسلامی*. انتشارات دانش و فن.

۱۴- مارکوس، د. و هرتل، ه. (۱۳۹۲). *مدیریت انرژی در ساختمان*. ترجمه گل‌شیرازی، ح. انتشارات ذره.

۱۵- مرکز مطالعات تکنولوژی. (۱۳۹۱). مرجع کاربردی مدیریت انرژی. دانشگاه صنعتی شریف.

16- Axaopoulos, I., Axaopoulos, P., Panayiotou, G., Kalogirou, S., & Gelegenis, J. (2015). Optimal economic thickness of various insulation materials for different orientations of external walls considering the wind characteristics. *Energy*, *90*, 939-952.

17- Inanici, M. N., & Demirbilek, F. N. (2000). Thermal performance optimization of building aspect ratio and south window size in five cities having different climatic characteristics of Turkey. *Building and environment*, *35*(1), 41-52.

18- Marchetti, N. (2012). Karkemish on the Euphrates: excavating a city's history. *Near Eastern Archaeology*, *75*(3), 132-147.

19- Mirshak Daqiyan, M., Dehghan Toran Pashti, A., Shahcheraqi, A., & Kaboli, H. (2021). Analysis of energy consumption in different types of walls and thermal insulations in the exterior layer of the base building. *Geography (Regional Planning)*.

20- Nyers, J., Kajtar, L., Tomić, S., & Nyers, A. (2015). Investment-savings method for energy-economic optimization of external wall thermal insulation thickness. *Energy and Buildings*, *86*, 268-274.

21- Rashidi, S., Hormozi, F., & Doranehgard, M. H. (2021). Abilities of porous materials for energy saving in advanced thermal systems. *Journal of thermal analysis and calorimetry*, *143*(3), 2437-2452.

22- Shafiei Dastjerdi, M., Sadeghi, N., & Rafiee, M. (2020). Minimizing Energy Consumption by Optimizing the Exterior Skin Materials on the Scale of Urban Block A Case Study of a Deteriorated Area (Hemmat Abad, District 6 of Isfahan Province of Iran). *The Monthly Scientific Journal of Bagh-e Nazar*, *17*(91), 95-110.

23- Saghi, H., & Ghaffari, A. R. (2020). Studying the effect of modern construction technologies on time, cost, and quality of Iran mass housing projects. *Journal of Civil Engineering and Materials Application*, *4*(4), 233-242.

24- Vogelsang, W. (1990). The Achaemenids and India. *Sancisi-Weerdenburg, in H. Kuhrt and A. Kuhrt (eds.), Achaemenid History*, *4*, 93-110.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Comparing the two materials, brick (traditional material) and Heblex Block (new material), in relation to energy consumption and economy

Samaneh Foroughian[1], Hasan Zolfagharzadeh*[2]

1. Doctoral Researcher, Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
foroughian_samaneh@yahoo.com

2. Associate Professor, Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran. (Corresponding Author).
zolfagharzadeh_h@ikiu.ac.ir

Abstract

Saving fossil fuels and using clean energy sources leads to utilization costs reduction and the environment & human well-being protection. Building walls and used materials are considered the main sources of energy waste. Brick is a building material that backs to ancient history; the reason for using it is its stability, cheapness, and high manufacturing speed. Now, its use is less considered for some reasons, such as increasing population density, the construction of multi-story buildings, overweight, the requirement of higher labor, and the lack of insulation. Likewise, Heblex blocks have become more widely used as they eliminated many defects of bricks, although brick is still being used. Considering the importance of energy in recent decades and the emphasis of national building regulations on the insulation of buildings and less energy consumption, this study focuses on comparing two materials, bricks and Heblex blocks, with each other in terms of energy cooling and heating consumption, and the building gas and electricity fuel consumption, as well as the amount of financial saving in electricity and gas consumption. This research was conducted by Design Builder software, and the studied model was selected as a cube with dimensions of 4 * 10 * 10 in the Mashhad climate. The investigated model has been modeled in the software. Then, the amount of cooling, heating, and the total load of the building in two cases, brick walls and Hablex materials, have been extracted, and the results have been stated as a percentage. The obtained results show that replacing bricks wall with Heblex blocks will save the energy consumption of the building up to 55.12%. In the next step, the electricity and gas price for both models has been estimated. And it was found that replacing the brick with Heblx Blocks could assist the household economy by almost 55.5% by saving from paying electricity and gas bills .

Keywords: Building Energy, Sustainability, Economy Heblex Block

This Journal is an open access Journal Licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License

(CC BY 4.0)