فصلنامه معماری سبز
سال هشتم، شماره ۱ (پیاپی: ۲۸)، بهار ۱۴۰۱، جلد دو
ISSN:2476-5368

تأثیر بلوک‌های بتنی گازدار در صرفه‌جویی مصرف انرژی ساختمان؛ نمونه مورد مطالعاتی: ساختمان‌های مسکونی شهر اردبیل

هدایت شهبازی[1]*، عمار حسن‌پور[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۲۸
کد مقاله: ۹۳۹۴۶

چکـیده

در کشور ما حدود ۴۰ درصد از اتلاف انرژی در بخش ساختمان به دلایل مختلف مخصوصاً استفاده از مصالح غیراستاندارد انجام می‌گیرد. هدف از اجرای این تحقیق بررسی تأثیر بلوک‌های گازدار بتنی در صرفه‌جوئی مصرف انرژی ساختمان‌ها می‌باشد. بر این اساس توجه به اهمیت مقوله انرژی و لزوم صرفه‌جوئی در آن در ساختمان‌ها، می‌توان با استفاده از این نوع بلوک‌ها و تأثیرات آن در رسیدن به ساختمان‌های پایدار دست یافت. نوع روش تحقیق اتخاذ شده در به انجام رسانیدن پژوهش حاضر روش تحقیق توصیفی، تحلیلی می‌باشد که با استفاده از سه استراتژی تبیینی، توصیفی و اکتشافی به معرفی ابعاد مختلف تحقیق پرداخته شده است. برای دستیابی کاربردی به نتایج و یافته‌های تحقیق، دو پرسشنامه در بین مهندسین ناظر معماری با حجم نمونه ۱۵۰ نفر و سازندگان و استفاده‌کنندگان ساختمان‌ها با حجم نمونه ۲۰۰ نفر توزیع که روش نمونه‌گیری به‌صورت تصادفی و ابزار پرسشنامه با استفاده از مقیاس لیکرت ۵ درجه‌ای انجام شده است. کاهش آلودگی‌های محیطی، افزایش کارایی و پایداری حرارتی، به حداقل رسیدن تبادل گرما و سرما به دلیل داشتن ضریب حرارتی بالا، کاهش هزینه‌های ساخت و انرژی در ساختمان‌ها در حدود ۲۵ درصد از مهم‌ترین دلایل استفاده از بلوک‌های بتنی گازدار در ساختمان‌ها می‌باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

واژگـان کلـیدی: بلوک بتنی گازدار، صرفه‌جویی، انرژی، معماری پایدار، ظرفیت حرارتی

۱- مدرس گروه معماری، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران (نویسنده مسئول) *Shahbazi.hedayat@gmail.com*
۲- دکترای مهندسی مکانیک، گروه فنی و مهندسی، وزارت راه و شهرسازی، اردبیل، ایران

۱- مقدمه

رشد سریع جمعیت جهانی منجر به افزایش سریع تقاضای جهانی برای انرژی شده است. ازاین‌رو برای حفظ استاندارد زندگی در کشورهای صنعتی و بهبود موقعیت در کشورهای درحال‌توسعه، نمی‌توان جلوی مصرف انرژی را گرفت، بلکه باید منابع انرژی موجود خیلی کاراتر مورد استفاده قرار گیرند (هادی و همکاران، ۱۳۹۵، ۴۸). مهم‌ترین بخش از استراتژی انرژی هر کشوری صرفه‌جوئی در مصرف انرژی است و به دلیل منابع محدود انرژی و افزایش آلودگی محیطی ناشی از استفاده از سوخت‌های فسیلی، صرفه‌جوئی در انرژی امری لازم و ضروری است (نصراللهی و ابرقوئی، ۱۳۹۵، ۴۱). حدود ۴۰ درصد منابع مختلف انرژی کشور در ساختمانهای مختلف مصرف می شود. به علت طراحی و استفاده نامناسب این ساختمان‌ها و عدم نگهداری مناسب دستگاه های گرمایشی و سرمایشی آنها، مقدار زیادی از انرژی ورودی به این ساختمان ها تلف می گردد (جاجرمی و همکاران، ۱۳۹۶، ۶۷) . از چند سال قبل فعالیت گسترده ای در کشور توسط سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور در صرفه‌جوئی مصرف انرژی در تمام بخشهای اقتصادی و بویژه در ساخت و بهره برداری از ساختمان‌ها شروع شده است (باقرصاد، ۱۳۹۳). استفاده غیر بهینه از حامل های انرژی علاوه بر آنکه عمر ذخایر تجدید ناپذیر نفت و گاز را کاهش می دهد خسارتهای جدی نیز به محیط زیست و صدمات جبران ناپذیری به فرایند توسعه پایدار، افزایش درآمدهای ارزی و گسترش زیر ساختهای اقتصادی ایران وارد می نماید (مهدیزاده و همکاران، ۱۳۹۴، ۸۷) . استفاده از نرم افزارهای تخصصی در زمینه انرژی، فرهنگ سازی در زمینه استفاده بهینه انرژی، آموزش عمومی از طریق رسانه های شنیداری و دیداری و به کارگیری افراد مجرب و متخصص در زمینه انرژی از جمله راهکارهائی است که می تواند در رفع مشکل مفید باشد. در ایران از سال ۱۳۷۰ با تصویب مبحث ۱۹ توسط هئیت وزیران گام بزرگی در زمینه صرفه‌جوئی در مصرف انرژی در ساختمان‌ها برداشته شد و اعمال آن برای ساختمانهای دولتی از سال ۱۳۸۴ اجباری شد. اجرای این مبحث، در بعضی بخشها هزینه های ساختمان را افزایش میدهد ولی در مقابل، ظرفیت سیستمهای گرمایش و سرمایش را تا ۴۰ ٪ کاهش می دهد (شاه حسینی و همکاران، ۱۳۹۳ ، ۴۵). از عوامل مهم در کاهش مصرف انرژی نوع مصالح انتخابی در ساخت ساختمان است. استفاده از مصالح مانند بلوک های گازدار بتنی در ساخت ساختمان‌ها به دلیل اینکه ظرفیت گرمایی بالایی دارند می توانند در کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها بسیار تأثیر گذار باشد. بنابر این برای جلوگیری از هدر رفت انرژی در ساختمان ها بهتر است تا جایی که ممکن است از مصالحی استفاده شود که گرما را بیشتر در خود نگه دارند و از تغییرات ناگهانی دما جلوگیری نمایند. استفاده از مصالح ساختمانی مناسب تاثیر فراوانی بر کاهش مصرف انرژی در ساختمان دارد. (ضرغامی و همکاران، ۱۳۹۵، ۱۵) استفاده از بلوک های گازی بتنی باعث می‌شود پایداری حرارتی خانه افزایش یابد. هدف از اجرای این پروژه بررسی تاثیر بلوک‌های گازدار بتنی در بناهای مسکونی اردبیل می‌باشد که بر این اساس می‌توان به الگوئی مناسب برای استفاده از این نوع بلوک‌ها و تأثیرات آن در ساختمان‌ها رسید. با توجه به اینکه مجتمع های مسکونی حجم وسیعی از ساختمان‌ها را در بر گرفته است، رعایت نکات مربوط به بهینه سازی انرژی در طراحی این ساختمان‌ها از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد تا به این وسیله هم کاربران در محیطی با آرامش و پایدار باشند و هم از اتلاف انرژی جلوگیری شود و مصرف انرژی به حداقل برسد.

۲- سوالات تحقیق

بلوک های گازدار بتنی چگونه میتوانند در کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها موثر باشند ؟
چگونه می توان با بلوک‌های گازدار بتنی تبادل حرارتی بین داخل و خارج را به حداقل رساند ؟
بلوک های گازدار بتنی چه میزان می توانند در کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها موثر باشند ؟
تاثیر بلوک های گازدار بتنی در سازگاری با محیط زیست و ترویج معماری پایدار چگونه میتواند باشد ؟

۳- ضرورت انجام تحقیق

مطالعات نشان می‌دهد که بیش از درصد بالائی از مصرف انرژی در ساختمان‌ها مربوط به سرمایش و گرمایش است. وجود محدودیت‌های انرژی در جهان و در پی آن در ایران، اهمیت صرفه‌جویی انرژی را بیش از پیش روشن می‌سازد. با توجه به اینکه بخش عمده فعالیت های بشری در داخل ساختمان ها انجام می‌شود، ایجاد شرایط مطلوب زیست محیطی در داخل ساختمان‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است. استفاده از مصالح نوین و استاندارد و کاهش تبادل هوای داخل و خارج ساختمان می توان از اتلاف مقدار قابل توجهی از انرژی سرمایش در ساختمان ها جلوگیری کرد.

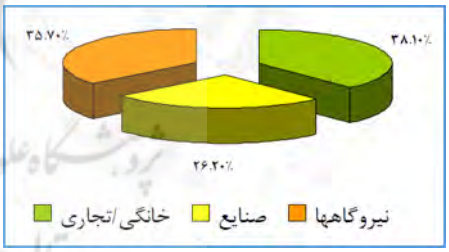
۴- روش پژوهش

نوع روش تحقیق اتخاذ شده در به انجام رسانیدن پژوهش حاضر روش تحقیق توصیفی، تحلیلی می باشد، که با استفاده از سه استراتژی تبیینی ، توصیفی و اکتشافی استفاده می شود. با استفاده از روش شناسی و متدلوژی تحقیق به کشف جنبه های مبهم و مجهول موضوع در دو زمینه مباحث نظری و تاثیر بلوک‌های بتنی گازدار در کاهش مصرف انرژی و بررسی در ساختمانهای اجرا شده در اردبیل پرداخته شده است تا میزان صرفه‌جوئی در مصرف انرژی به عنوان موضوع اصلی مثل سازگاری با محیط، نقش عایقها در بهبود کارائی این بلوک‌ها، حداقل رسیدن تبادل حرارتی، سبک‌سازی مورد بررسی قرار گیرد. دو پرسشنامه در بین متخصصان (مهندسین ناظر معماری) با حجم نمونه ۱۵۰ نفر و سازندگان و استفاده کنندگان ساختمان ها با حجم نمونه ۲۰۰ نفر قرار گرفت. روش نمونه گیری بصورت تصادفی و پرسشنامه با استفاده از مقیاس لیکرت ۵ درجه‌ای انجام و پس از بررسی روایی و پایایی آن در میان جامعه آماری توزیع شد. شماره گذاری مقیاس لیکرت برای هر دو پرسشنامه بصورت خیلی زیاد ، کم ، متوسط ، زیاد ، خیلی زیاد بود. داده ها با نرم افزار spss ، مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفت.

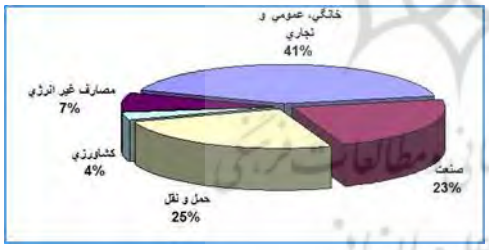
شکل ۱- روند انجام تحقیق
(ماخذ : براساس پردازش نگارنده)

۵- مصرف انرژی در بخش ساختمان

امروزه معماری و ساخت و ساز یکی از حوزه هایی است که طرفداران توسعه پایدار، برتری آن در عملکردهای زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی هستند. بهره‌گیری از انواع انرژی از الزامات زندگی بشر در حال حاضر است. بحران های زیست محیطی نقطه عطفی برای تغییر نگرش در عرصه طراحی بود. ظهور معماری سبز با بهره گیری از اصولی چون حفاظت از انرژی، کار با اقلیم، احترام به کاربران گشایش جدیدی در معماری ایجاد کرد (Martin, 2012, 34). طراحی معماری نامتناسب با اقلیم، عایق بندی ضعیف ساختمان‌ها و تاسیسات، جانمایی نامناسب فضاها، استفاده از مصالح و تجهیزات غیر استاندارد، علاوه بر اینکه هزینه جاری مصرف انرژی ساختمان را به شدت بالا می‌برد، هزینه های تعمیر و نگهداری هنگفتی را نیز تحمیل می‌کند (مهدوی نژاد و بهرامی، ۱۳۹۵، ۴۳).



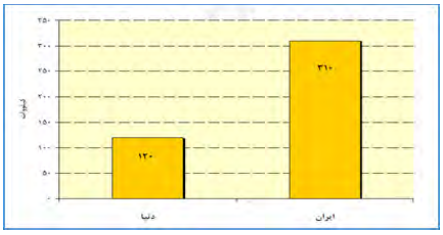
عکس ۲- مصرف گاز طبیعی در بخش‌های مختلف سال ۱۳۸٤



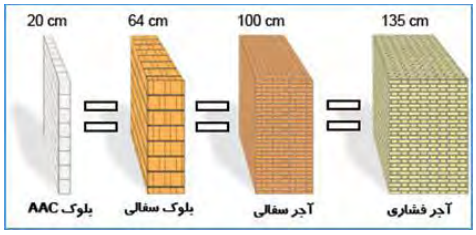
عکس ۳- سهم مصرف انرژی در هر بخش
(ماخذ : شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۸٤)

۶- اتلاف انرژی

هدر رفت انرژی در ساختمان ها یکی از مواردی است که بخش قابل توجهی از اتلاف انرژی را به خود اختصاص داده و جلوگیری از آن می تواند تاثیر بسیاری در مصرفه بهینه انرژی داشته باشد. استفاده از راه های جلوگیری از این موضوع و بهبود آنها می تواند در بهینه سازی مصرف و همچنین کاهش هزینه ها بسیار موثر باشد. در ساختمان ها بهینه سازی مصرف برای تمامی افراد می تواند حائز اهمیت باشد. چرا که کاهش هدر رفت انرژی و جلوگیری از آن موجب کاهش میزان مصرف و در نتیجه کاهش هزینه های مربوطه خواهد شد که برای خانواده ها و مدیریت مخارج زندگی می تواند مورد توجه قرار گیرد. عدم استفاده از مصالح نوین و استاندارد در ساخت و ساز، هدر رفتن انرژی از بخش های زیر در ساختمان، استفاده از وسایل سرمایشی و گرمایشی نامناسب، هدر رفت انرژی از کف خانه ها، نازک بودن دیوار ها و انتقال گرما و سرما از طریق آنها، چارچوب معیوب در و پنجره ها، استفاده از الگوی نامناسب برای گرم کردن خانه، افزایش و کاهش ناگهانی درجه وسایل سرمایشی و گرمایشی، درز در و پنجره ها، عایق نبودن درست پشت بام از جمله عواملی هستند که می تواند در اتلاف در ساختمان‌ها نقش عمده ای را ایفا نمایند.



شکل٤- شاخص مصرف انرژی در بخش خانگی برای گرمایش یک متر مکعب در یک سال (ماخذ : شرکت ملی نفت ایران، ١٣٨٤)



شکل ٥- مقایسه انواع در دیوارها در برابر اتلاف انرژی (ماخذ: پایگاه نظام مهندسی اردبیل، ١٣٩٩)

٧- بلوک های بتنی گازدار (AAC)[1]

بتون سبک اتوکلاوی یا بتن اسفنجی گازی یک محصول بتونی با تکنولوژی پیشرفته است که از مخلوط آهک و سیلیس به همراه پودر سیمان و پودر آلومینیوم درست می‌شود. بدلیل هوازایی در پخت در محیط اتوکلاو طی فرایند تولید، به اختصار AAC نامیده می‌شود. این نوع بتن سبک بوده و مخلوطی از سنگدانه های درشت ندارد و می توان گفت که بتن سبک هوادهی ملات بتونی است که با تزریق گاز هوادهی می شود سنگدانه های ریزی که می توان برای تولید بتن هوادهی استفاده کرد ، به عنوان شن و ماسه سیلیس ، شن کوارتزیت ، آهک و خاکستر بادی شناخته شده است (مددی و علی اکبری، ١٣٩٤، ١١)، (پایگاه کارخانه هبلکس، ١٤٠٠).

جدول١ - اطلاعات بلوک بتنی گازدار AAC (منبع : براساس یافته های نگارندگان)

سال تولید	١٩٢٤
سازندگان	جان اکسل اریکسون
ایده تولید	روش عمل آوری به روش اتوکلاو
اسم های مختلف	AAC / هبلکس / ALC / سیپورکس
مواد ساخت	سیلیس / سیمان / آهک / پودر آلومینیوم
مقاومت	٣٥ کیلو بر سانتی متر مربع
ضریب هدایت حرارت	٠,١١ الی ٠,١٣
عایق صوتی	٤٥ الی ٥٥
ابعاد	طول ٦٠ - ارتفاع ٢٠ و ٢٥ / عرض ٧,٥ – ٨ – ١٠ – ١٢ – ١٥ – ١٧,٥ – ٢٠ – ٢٥ – ٣٠

مزایا	معایب
صرفه‌جوئی بالای انرژی، سبک، ذخیره انرژی، مقاومت در برابر آتش، نصب آسان، دارای تخلخل، اقتصادی بودن، قابل برش به اندازه و شکل دلخواه، کاهش پرتی، عایق صدا و حرارت و الکتریسیته، سازگار با محیط زیست، مواد اولیه تجدید پذیر، سرعت اجرای بالا	مقاومت فشاری پایین نسبت به دیگر محصولات مشابه غیر قابل استفاده به عنوان دیوار باربر جذب آب بالا در لایه اولیه بلوک

شکل ٦ – کمترین دورریز در کنار صرفه جویی بالای مصرف انرژی در بلوک AAC از نوع هبلکس

شکل ٧ – ابعاد مختلف بلوک های AAC (ماخذ: پایگاه کارخانه هبلکس، ١٤٠٠)

1 Autoclaved Aerated Concrete

۸- ویژگی‌های شهر اردبیل برمبنای انرژی

اردبیل جز شهرهای سردسیر کشور به حساب می آید که براساس تقسیم بندی جغرافیائی نیاز سالانه انرژی و گرمائی، در حالت زیاد بوده و در بیشتر ماه‌های سال وسایل گرمایشی مورد استفاده قرار می گیرد.(مبحث ۱۹، ۱۳۹۵)

جدول۲- ویژگی‌های شهر اردبیل براساس نیاز انرژی (ماخذ : مبحث ۱۹ ، ۱۳۹۵)

نیاز سالانه انرژی (پیوست ۳ مبحث ۱۹)	شهر بزرگ / کوچک (بند ۱۹-۲-۲-۴)	گروه ساختمانی (پیوست ۴ مبحث ۱۹)	ضریب انتقال حرارت مرجع دیوار برای ساختمان غیر مستقل با استفاده مدام (U_W)
زیاد	بزرگ	گروه ۱	۰٫۸

۹- یافته‌های تحقیق

برای دستیابی دقیق و کاربردی به نتایج و یافته های تحقیق، دو پرسشنامه در بین متخصصان (مهندسین ناظر معماری عضو نظام مهندسی ساختمان استان اردبیل) با حجم نمونه ۱۵۰ نفر و سازندگان و استفاده کنندگان ساختمان ها که با بلوک های بتنی گازدار ساخته شده اند، با حجم نمونه ۲۰۰ نفر توزیع شد. روش نمونه گیری بصورت تصادفی و ابزار پرسشنامه با استفاده از مقیاس لیکرت ۵ درجه‌ای انجام و پس از بررسی روایی و پایایی آن در میان جامعه آماری توزیع شده است. شماره گذاری مقیاس لیکرت برای هر دو پرسشنامه بصورت خیلی زیاد، کم، متوسط، زیاد، خیلی زیاد بود. آزمون های بکار رفته در این پژوهش برای پرسشنامه سازندگان و استفاده کنندگان مواردی مثل میزان رضایت از آسایش حرارتی از خانه در فصل تابستان، مدت زمان گرم و سرد شدن فضای خانه، مدت زمان گرم و سرد شدن خانه بعد از روشن و خاموش کردن سیستم های سرمایشی و گرمایشی، تفاوت هزینه های گاز مصرفی در خانه های فعلی و قبلی، توجه قرار دادن نوع مصالح مصرفی در ساخت و خرید خانه های جدید، پوشیدن لباسهای جدید در داخل خانه، اهمیت بهینه سازی مصرف انرژی در خانه ها و آزمون های بکار رفته برای پرسشنامه مهندسین ناظر معماری موارد مثل شناخت از مصالح بلوک‌های بتنی گازدار، میزان توجه به ضریب انتقال حرارتی و ویژگیهای آن در پوسته ها، تلفات انرژی در پوسته ها موقع اجرای ساختمان، اهمیت به عایق کاری و درزبندی ها، انتخاب مصالح مناسب و پیشنهاد به کارفرما، ملاک قرار دادن استانداردها و تائیدیه های سازمان های مربوطه و دسته بندی ساختمان‌ها براساس برچسب انرژی بعد از اجرا بودند. دلیل انتخاب این دوگروه برای پاسخ دادن به پرسشنامه های مطروحه، ارتباط مستقیم ناظران با مقوله انتخاب درست مصالح مطابق با موازین و مقررات برای صرفه‌جوئی در انرژی و همچنین سازندگان ساختمان ها هم که به عنوان مالک ساختمان در انتخاب مصالح مناسب و عدم سرباز زدن از مقررات مرتبط با انتخاب و هزینه کرد اصولی و صحیح و همچنین همکاری با ناظرین معماری می باشد. استفاده کنندگان هم از آن جهت در این پرسشنامه مشارکت داده شدند که بتوانند براساس نوع اجرا ساختمان و جزئیات بکار رفته در آن بتوانند پاسخهای مناسب را بدهند. پاسخ های داده شده در پرسشنامه ها و داده ها با نرم افزار spss، مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفت و نتایج مربوطه با استفاده از جداول و نمودارها برای هر سوال استخراج گردید که در ادامه مهترین سوالات طرح شده در پرسشنامه همراه با جداول فراوانی آنها به همراه تجزیه و تحلیل هر کدام بیان شده است.

۹-۱- شناخت از مصالح بلوک‌های بتنی گاز دار (اتوکلاو شده)

استفاده از بلوک های بتنی در دهه های اخیر خصوصا از نیمه دوم قرن بیستم گسترش چشمگیری داشته است. استفاده آسان، وزن سبک، قیمت مناسب و تنوع آنها، موجب رواج بتن سبک در پروژه های عمرانی و ساخت و ساز شده است. متخصصین ساختمان‌ها مخصوصا ناظرین معماری با آگاهی و شناخت از مصالح جدید و بکارگیری آنان مطابق با مقررات و قوانین در ساختمان‌ها می توانند گام بزرگ و مهمی در صرفه‌جوئی مصرف انرژی داشته باشد.

جدول ۱- شناخت از مصالح بلوک‌های بتنی گاز دار

مقیاس	فراوانی	درصد
خیلی کم	16	10.5
کم	32	21.1
متوسط	39	26.3
زیاد	47	31.6
خیلی زیاد	16	10.5
کل	150	100.0

با توجه به جدول هم می‌توان مشاهده کرد که درصد زیادی از ناظرین از این مصالح شناخت دارند ولی در عین حال حدود یک سوم هم گزارش داده اند که خیلی کم یا کم از این مصالح شناخت دارند که بیشتر مربوط به مهندسان کم تجربه هستند که کار نظارت را تازه شروع کردند. با این اوصاف برای دستیابی به نتایج مطلوب در صرفه‌جوئی مصرف انرژی باید سازمانهای مربوطه مثل سازمان نظام مهندسی و راه و شهرسازی، آموزش‌های لازم به مهندسان ناظر را در دستور کار خود قرار دهد.

۹-۲- توجه به ضریب انتقال حرارت و ویژگی های آن در پوسته ها موقع انتخاب مصالح

راهکارهای صرفه جویی و بهینه سازی مصرف انرژی به منظور کاهش آلودگی زیستی و بهبود شرایط محیطی، از ضروریات بخش ساختمان می باشد. یکی از بخش های ساختمان که اثر زیادی در مصرف انرژی دارد، پوسته ها هستند. به همین علت بررسی رفتار پوسته ها مخصوصا در اقلیم سرد اردبیل از اهمیت بالایی برخوردار است. هم چنین جریان حرارت از میان پوسته ها عامل اصلی تغییرات دمای هوای داخل است و به طور مستقیم بر بار گرمایشی و سرمایشی و آسایش حرارتی فضای داخلی موثر می باشد. مقاومت کل حرارتی دیوار با دیوارهای بتنی گازدار در حدود ۱,۳۷ متر می باشد که بالاتر بقیه دیوارها وهمچنین از حداقل مقاومت حرارتی دیوار در اقلیم اردبیل می باشد که حدود ۱,۲۵ می‌باشد و این عامل می تواند در کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها موثر باشد. گزارش داده شده از نمودار نشان می دهد توجه ناظران به این مساله در جایگاه نسبتا خوبی ندارد وکمتر از ۵۰ درصد جامعه آماری به این آیتم مهم توجه دارند.

جدول ۲- ضریب انتقال حرارت و ویژگی های آن

درصد	فراوانی	مقیاس
5.3	8	خیلی کم
10.5	16	کم
36.8	55	متوسط
26.3	39	زیاد
21.1	32	خیلی زیاد
100.0	150	کل

۹-۳- توجه به اتلاف انرژی در پوسته‌ها موقع اجرای ساختمان

براساس گزارشات مرکز تحقیقات ساختمان بخاطر عدم رعایت الزامات اجرایی ساختمان ها به لحاظ مصرف انرژی، وجود مصالح غیراستاندارد و غیرمنطبق با شرایط اقلیمی مناطق مختلف کشور منجر به اتلاف ۷۹ درصدی انرژی در ساختمان ها شده است که از این مقدار حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد اتلاف انرژی از دیوارها و پوسته های ساختمان می شود. در این موضوع عوامل مختلفی از جمله استاندارد نبودن ساختمان‌ها در کشور، عدم رعایت مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، عدم بکارگیری مصالح و تجهیزات ساختمانی عایق و موثر در کاهش اتلاف انرژی در یک ساختمان در خصوص رعایت مباحث مربوط به کاهش مصرف انرژی تاثیرگذار بوده است. مطابق نمودار مربوطه می‌توان مشاهد کرد که بیش از نصف جامعه آماری به اتلاف انرژی توجه می کنند و البته باید این نکته را توجه کرد که درصد بی توجهی را باید با آموزش های تخصصی برای ناظرین به حداقل رساند تا کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها به بالاترین میزان خود برسد.

جدول ۳- اتلاف انرژی در پوسته‌ها

درصد	فراوانی	مقیاس
10.5	16	خیلی کم
31.6	47	کم
31.6	47	متوسط
26.3	40	زیاد
100.0	150	خیلی زیاد
10.5	16	کل

۹-۴- برچسب مصرف انرژی ساختمان‌ها بعد از اجرا

اختصاص برچسب انرژی به ساختمان‌ها ابزار موثری جهت مقایسه وضعیت مصرف انرژی ساختمان با استانداردهای موجود و تلاش به منظور کاهش مصرف انرژی در آن و گام موثری در بهینه‌سازی مصرف آنها می باشد. به عنوان مثال، رعایت مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان باعث بهینه شدن مصرف انرژی در ساختمان شده و با صرفه جویی مصرف انرژی در ساختمان‌ها، سرانه مصرف انرژی درکل کشور کاهش می‌یابد. هر چقدر درجه برچسب یک ساختمان بالاتر و میزان تحقق اجرای مقررات ملی آن بیشتر باشد، در رتبه بندی و بالا بردن ارزش معاملاتی این ساختمان تاثیر بسزایی داشته و انگیزه کار فرمایان برای رعایت هرچه بیشتر این مبحث در ساختمان‌ها را بیشتر می‌کند.

جدول ٤- برچسب مصرف انرژی ساختمان‌ها

درصد	فراوانی	مقیاس
5.3	8	خیلی کم
5.3	8	کم
15.8	24	متوسط
73.7	110	زیاد
100.0	150	خیلی زیاد
5.3	8	کل

برچسب انرژی، میزان مصرف انرژی ساختمان را با توجه به مشخصات سازه‌ای، مصالح، درب‌ها، پنجره‌ها و غیره مشخص می‌کند. طراحی و اجرای طرح برچسب انرژی ساختمان، سبب تشدید نظارت و بهبود ساخت و سازها از منظر مصرف انرژی خواهد شد. پیش‌بینی می‌شود که با اقدامات فوق، تا ۲۵ درصد ظرفیت کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های نوساز به‌وجود آید. در این

میان، سازمان ملّی استاندارد، برچسب انرژی ساختمان را طراحی نموده و در تعامل با سازمان نظام مهندسی و شهرداری ها، آن را به مرحله اجرا برساند. گزارشات نمودار نیز استقبال متخصصین و ناظرین را در این زمینه کاملا نشان می دهد.

۹-۵- میزان اهمیت به عایق کاری و درز بندی در اجرای ساختمان

عایق‌کاری به‌عنوان یکی از ضروری‌ترین اقدامات در اجرای یک پروژه ساختمانی بوده و امروزه با توجه به نیاز برای صرفه‌جویی در انرژی، ضرورت عایق‌کاری بیش از قبل حس می‌شود. ساختمان‌ها باید در عین اقتصادی بودن ساخت، به صورتی طراحی شوند که مصرف انرژی در آنها کاهش یابد. عایقکاری اصولی ساختمان مخصوصا دیوارها و پوسته های بیرونی با بلوک های بتنی گازدار، که خودشان مانع در تبادل گرما و سرما بین محیط بیرون و داخل هستند، می تواند به میزان قابل ملاحظه‌ای هزینه مصرف انرژی راکاهش می‌دهند. از آنجا که ۴۰ درصد اتلاف انرژی در ساختمان ها، از دیوارهای جانبی، ۲۵ درصد از سقف و ۱۰ درصد از کف ساختمان ها و ۲۰ الی ۲۵ درصد از پنجره ها و درها رخ می دهد، هنگام احداث ساختمان با استفاده از مصالح نوین و عایق، این مشکلات تا حد زیادی برطرف می شود.

جدول ۵- میزان اهمیت به عایق کاری

درصد	فراوانی	مقیاس
5.3	8	خیلی کم
5.3	8	کم
31.6	47	متوسط
57.9	87	زیاد
100.0	150	خیلی زیاد
5.3	8	کل

در واقع، عایق کاری مناسب ساختمان، در مجموع حدود ۷۰ درصد صرفه جویی در مصرف انرژی را موجب می شود. عایق کاری حرفه ای می تواند حدود ۳۵ درصد در اتلاف گرما و حدود ۶۵ درصد در سرمایش سالانه صرفه جویی کند.

۹-۶- انتخاب مصالح استاندارد مثل AAC برای پوسته‌ها مخصوصا دیوارها

یکی از جنبه‌هایی که اغلب در طراحی یک ساختمان نادیده گرفته می‌شود انتخاب و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی است. اهمیت انتخاب مصالح مناسب بسیار بالاست و می تواند نقش بسیار مهمی در وجوه مختلف آن مخصوصا درکاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها داشته باشد. مصالح مورد استفاده در پروژه های ساختمانی ، اجزاء تشکیل دهنده و مواد اولیه یک محصول تمام شده به نام ساختمان می باشد. با توجه به کاهش ذخایر انرژی بهره گیری از مصالح نوین که موجب کاهش مصرف انرژی در ساختمان شوند از جمله اقدامات ضروری در عرصه ساختمان سازی است و باید مصالحی انتخاب شود که بر اساس محیط قرارگیری، به جلوگیری از افزایش مصرف انرژی کمک کند.

جدول ٦- انتخاب مصالح استاندارد

درصد	فراوانی	مقیاس
10.5	16	خیلی کم
21.1	32	کم
31.6	47	متوسط
21.1	32	زیاد
15.8	23	خیلی زیاد
100.0	150	کل

استفاده از مصالح ساختمانی نوین مثل بلوک های بتنی گازدار همراه با عایق کاری مناسب موجب بهینه سازی مصرف انرژی در احداث ساختمان ها می شود ومی تواند حداقل ۵۰ درصد کاهش مصرف انرژی در ساختمان را به دنبال داشته باشد.

۹-۷- توجه به استاندارد ها و تاییدیه های سازمانها در انتخاب مصالح ساختمانی مناسب

یکی از مهمترین عوامل موثر درکیفیت ساخت و ساز این است که مصالح ساختمانی مورد استفاده در ساختمان دارای استاندارد باشد.جهت تشخیص استاندارد بودن مصالح ساختمانی باید به تائیدیه های سازمانهای مرتبط رجوع شود تا با انتخاب مصالح نوین و به روز شده بتوان گامی مهمی در جهت کیفیت ساخت و ساز مخصوصا کاهش مصرف انرژی برداشت. حتی در قانون مقررات مربوط به مصالح و فرآورده های ساختمانی مصوبه سال ۶۹ دولت هم آمده است که طراحان و مجریان ساختمان‌ها باید در نقشه‌ها یا سایر مدارک مربوط، ویژگی‌های مصالح مصرفی را بسته به موضوع، مشخص‌کند.

جدول ۷- توجه به استانداردها و تاییدیه‌ها

درصد	فراوانی	مقیاس
5.3	8	خیلی کم
5.3	8	کم
57.9	87	متوسط
31.6	47	زیاد
100.0	150	خیلی زیاد
5.3	8	کل

همچنین در تبصره ۴ این قانون بیان شده است که وزارت صمت تسهیلات و امکانات لازم را جهت انتشار استانداردهای مربوط به مصالح و فرآورده‌های ساختمانی را فراهم نماید و وزارت راه و شهرسازی برای تدوین و انتشار استاندارد مصالحی که تاکنون برای

آنها مشخصات استاندارد منتشر نشده است، اولویتهای لازم را قائل گردد. بنابراین رجوع به استانداردهای منتشر شده و آگاهی دادن به کارفرما توسط ناظران و طراحان برای انتخاب مصالح با کیفیت می تواند بسیار حائز اهمیت در وجوه مختلف مخصوصا کاهش مصرف انرژی ایفا نماید.

۹-۸- اهمیت تفاوت مقدار بهای مصرف گاز مورد استفاده در خرید خانه جدید

ایران در رتبه‌های نخستین برخورداری از نفت و گاز قرار دارد اما این وفور نعمت نباید دلیلی بر اسراف منابع و نعمت‌های طبیعی شود. در سال‌های اخیر نیز قیمت خدماتی چون لوله‌کشی آب، برق، گاز خانگی افزایش یافته است. همین مسئله موجب شده است کاربران به فکر کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها باشند تا بتوانند در هزینه‌ها صرفه‌جویی کنند. راهکارهای زیادی برای کاهش مصرف انرژی وجود دارد.

جدول ۸- اهمیت تفاوت مقدار بهای مصرف گاز

درصد	فراوانی	مقیاس
14.3	29	زیاد
85.7	171	خیلی زیاد
100	200	کل

انتخاب مصالح نوین و مناسب و استاندارد برای ساخت و ساز، صرفه جویی، توجه به برچسب انرژی، کم کردن درجه از جمله این در ساختمان‌ها می باشند. علاوه بر کاهش هزینه‌ها، مسئولیت ما در برابر آیندگان یکی دیگر از دلایلی است که باید به فکر کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها باشیم. آیندگان نیز حق استفاده از این امکانات را دارند و کشور موفق کشوری است که در برنامه‌ریزی برای توسعه پایدار موفق عمل کنند. از طرفی باید به این نکته توجه کنیم که بسیاری از انرژی‌ها تمام‌شدنی هستند و سال‌های طولانی زمان می‌برد تا بازسازی شوند و گاهی ممکن است برخی از آنان بعد از پایان ذخایر زیرزمینی دیگر بازتولید نشوند. با به کارگیری برخی از راهکارها و روش‌های صرفه‌جویی، می‌توانیم کاهش مصرف انرژی خانه را به عمل برسانیم و به دنبال آن از بسیاری از هزینه‌ها کم کنیم. مطابق نمودار بالا می توان گزارش معناداری از توجه به مقدار مصرف گاز مصرفی در ساختمان‌ها موقع خرید آنها بوده است و این نشان دهنده اهمیت و توجه مصرف انرژی در بین استفاده کنندگان می باشد.

۹-۹- اهمیت نوع مصالح مورد استفاده در خانه جدید برای کاربران

در ایران بخش ساختمان بیش از یک سوم انرژی کل مصرفی را بر خود اختصاص داده است. در این میان گرمایش و سرمایش مهم ترین عوامل مصرف انرژی محسوب میشوند ، بطوریکه حدود ۷۰ درصد گاز طبیعی مصرفی در ساختمان‌ها صرف گرمایش می شود. یکی از مهمترین مواردی که باعث اتلاف انرژی حرارتی در ساختمان می شود ، جداره های ساختمان است. در واقع بخش اعظمی از اعضای حائل بین داخل و خارج ساختمان را جداره ها تشکیل می دهند که در صورت استفاده بجا و صحیح از مصالح مناسب مخصوصاً مصالح جدید می توان مقاومت حرارتی آن ها را تا حد چشم گیری افزایش داده و در نتیجه از اتلاف انرژی به مقدار زیادی جلوگیری نمود.

جدول ۹- اهمیت نوع مصالح در خانه جدید

درصد	فراوانی	مقیاس
57.1	114	زیاد
42.9	86	خیلی زیاد
100	200	کل

۹-۱۰- مدت زمان گرم شدن ساختمان در زمستان

شرایط آسایشی تابعی است از تعداد زیادی از پارامترها که تنها یکی از آنها دما می‌باشد و انتظار میرود که اگر طراحی تأسیسات گرمایشی و سرمایشی در ساختمان فقط بر اساس توجه به دما انجام پذیرد و سایر پارامترها در نظر گرفته نشوند، مشکلات مدیریت تقاضا و مصرف انرژی به وجود میآید حتی اگر تنها دما در نظر گرفته شود. مطالعات انجام شده در سطح بین المللی نشان میدهد که دمای مطلوب در داخل ساختمان برای ملیت های مختلف فرق میکند و بین ۱۴ تا ۲۱ درجه سانتیگراد متفاوت است و وابستگی به نوع و قیمت حامل های انرژی نیز دارد. استانداردهای ایران دمای راحتی بین ۱۸ تا ۲۲ درجه در فصل زمستان و ۲۲ تا ۲۵ درجه در تابستان است.

جدول ۱۰- مدت زمان گرم شدن ساختمان

درصد	فراوانی	مقیاس
14.3	29	خیلی کم
42.9	86	کم
28.6	56	متوسط
14.3	29	زیاد
100	200	خیلی زیاد
14.3	29	کل

با این فرض و حدود واقعی به دست آمده متوجه اتلاف انرژی در کشور خواهیم شد . درحالیکه دمای خنثی تا حدودی مساوی با متوسط دمای ماهیانه است، استاندارد ایران اختلافی نزدیک به ۵/۵ درجه نسبت به آن را نشان میدهد. هر درجه اختلاف مساوی ۷ درصد اتلاف انرژی است.

۱۰- نتیجه گیری

رشد سریع جمعیت جهانی منجر به افزایش سریع تقاضای جهانی برای انرژی شده است. برای حفظ استاندارد زندگی در کشورهای صنعتی و بهبود موقعیت در کشورهای در حال توسعه، نمی توان جلوی مصرف کردن انرژی را گرفت. مهمترین بخش از استراتژی انرژی هر کشوری صرفه‌جوئی در مصرف انرژی است و به دلیل منابع محدود انرژی و افزایش آلودگی محیطی ناشی از استفاده از سوخت های فسیلی، صرفه‌جوئی در انرژی اجباری شده است. بیش از ۴۰ درصد منابع مختلف انرژی کشور در بخش ساختمان مصرف می شود. به علت طراحی و استفاده نا مناسب از این ساختمان‌ها و عدم نگهداری مناسب دستگاه های گرمایشی و سرمایشی آنها، مقدار زیادی از انرژی ورودی به این ساختمان ها تلف می گردد. استفاده از نرم افزارهای تخصصی در زمینه انرژی، فرهنگ سازی در زمینه استفاده بهینه در مصرف انرژی، آموزش عمومی از طریق رسانه های شنیداری و دیداری و به کار گیری افراد مجرب و متخصص در زمینه انرژی از جمله راهکارهائی است که می تواند در رفع مشکل مفید باشد. رعایت نکات مربوط به بهینه سازی انرژی و استفاده از سیستم صفر انرژی در طراحی این ساختمان‌ها از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد تا به این وسیله هم کاربران در محیطی با آرامش و پایدار باشند و هم به مقدار قابل توجهی از اتلاف انرژی جلوگیری شود و مصرف انرژی به حداقل برسد. ارزان بودن قیمت انرژی در طول سالیان گذشته موجب وابستگی شدید خانوار ها شده است. از این رو کاهش شدت مصرف انرژی نیازمند سرمایه گذاری های کلانی در سطح ملی است. بنابراین پیشنهاد می شود از سیاست های غیر قیمتی مانند آموزش به منظور بهبود روش های استفاده از انرژی، تغییر الگو های مصرف انرژی با تاکید بر بین نسلی بودن انرژی، تشویق به استفاده از مصالح نوین ساختمانی، الزام ساخت و ساز بهینه و با توجه به مقرات وضع شده در این حوزه استفاده شود. عوامل متعددی بر هدر رفت انرژی در بخش ساختمان مخصوصا مسکونی تاثیر میگذارد که از جمله این عوامل می‌توان به نوع مصالح مصرفی در آنها اشاره کرد. عدم رعایت استانداردهای صحیح، سبب اتلاف انرژیِ ۳۰ تا ۴۰ درصدی از دیوارهای ساختمان می شود. اگر بحث صرفه جویی در مصرف انرژی باشد باید از مصالحی استفاده کرد که در کل انرژی را هدر نمی دهد و یا از هدر رفت انرژی تا درصد قابل توجهی جلوگیری میکند. از بین مصالحی که مورد مطالعه قرار گرفت بلوک های اتوکلاو شده نسبت به بقیه بلوک ها از نظر جلوگیری از هدر رفت انرژی کمک شایانی میکنند.

بلوک‌های بتنی گازدار AAC به علت پایین بودن وزن مخصوص اش یک عایق مؤثر در برابر گرما، سرما و صدا است که با توجه به عدم نیاز به عایق کاری اضافی ساختمان این امر سبب کاهش هزینه ساخت و جلوگیری از اتلاف سرمایه های ملی و شخصی می شود. با توجه به مطالب و نتایج پرسشنامه ها، اردبیل طبق پیوست ۳ مبحث ۱۹ جزو ساختمان های با نیاز سالانه انرژی بالایی قرار دارد، در نتیجه بیشترین هدر رفت انرژی در این منطقه اتفاق می افتد زیرا نیاز به تامین گرمایش محیط زندگی از الویت های اصلی این منطقه می‌باشد. ضریب انتقال حرارت مرجع دیوار برای ساختمان غیر مستقل با استفاده مدام در این منطقه ۰،۸ تعیین شده که مصالح استفاده شده در این منطقه نباید هدایت حرارتی بالاتر از ۰،۸ داشته باشند. از بین بلوک های بتنی سبکی که مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته شده بود، بلوک اتوکلاو شده AAC بیشترین و بهترین مصالحی هستند که در اقلیم سرد مخصوصا اردبیل از هدر رفت انرژی جلوگیری میکنند به شرط اینکه هنگام ساخت اصولی ساخته شده و درز حرارتی نداشته باشند. تهیه و استفاده از این نوع بلوک ها اگر چه هنگام خرید نسبت به بلوک های سفالی و یا بتنی عادی برای کارفرما گران تر می‌باشد اما در طولانی مدت از طریق جلوگیری از هدر رفت انرژی ساختمان علاوه بر کاهش چشم گیری هزینه مصرفی سالانه انرژی در خانه، کاهش هزینه های مصرفی حفظ محیط زیست و همچنین سیو انرژی برای نسل های بعدی را به دنبال دارد. با توجه جدول مقایسه ای مقاومت حرارتی برای مصالح مختلف، بلوک های بتنی گازدار بیشترین مقاومت حرارتی را در بین مصالح دیگر دارد و مناسبترین مصالح برای جداره های بیرونی ساختمان‌ها در شهر اردبیل می باشد که با توجه به ارزیابیهای انجام شده می تواند حدود ۲۵ درصد در کاهش مصرف انرژی در ساختمانهای مسکونی شود.

ضریب انتقال حرارت مرجع عناصر پوسته خارجی بر اساس تمام شرایطی که در جداول ۳ تا ۵ بند ۱۹-۳-۱-۲ مقررات ملی ساختمان درج شده است برای دیوار ساختمان های غیر مستقل با استفاده مداوم به شرح زیر می باشد:

شهر	نیاز سالانه انرژی (پیوست۳مبحث۱۹)	شهر بزرگ/کوچک (بند ۱۹-۲-۳-۴)	گروه ساختمانی (پیوست۴مبحث۱۹)	ضریب انتقال حرارت مرجع دیوار برای ساختمان غیرمستقل با استفاده مداوم (U_W)
اردبیل	زیاد	بزرگ	گروه ۱	۰.۸
تبریز	زیاد	بزرگ	گروه ۱	۰.۸
تهران	متوسط	بزرگ	گروه ۲	۱.۰۱

مقاومت حرارتی مرجع (R_W) طبق این فرمول برای اردبیل محاسبه می گردد: R_Wمرجع $= \frac{1}{U_W} = \frac{1}{0.8} = 1.25$

مقاومت حرارتی دیوار (R) مطابق این فرمول محاسبه می گردد: Rدیوار $= \frac{d}{\gamma} = \frac{\text{ضخامت مصالح استفاده شده (m)}}{\text{ضریب هدایت حرارتی } \textit{thermal conductivity}}$

حداقل مقاومت دیوار در اقلیم اردبیل ۱.۲۵ می باشد.

ضخامت (cm)	وضعیت	مقاومت کل دیوار (R)	مقاومت حرارتی R	ضخامت مصالح d	هدایت حرارتی γ	عنوان / مصالح دیوار	طرح عایقکاری
			$\frac{d}{\gamma}$		مطابق جداول مبحث ۱۹	محاسبه	
			K.m2/W	cm	W/m.k	واحد	
۱۷,۳	OK +٪۱۰	۱,۳۷	۱,۳۵۱	۱۵	۰,۱۱۱	بلوک AAC	بلوک اتوکلاوی AAC
			۰,۰۰۹	۱	۱,۱	اندود گچ و خاک	
			۰,۰۰۵	۰,۳	۰,۵۷	اندود گچ داخلی(مرده یا زنده)	
			۰,۰۰۶	۱	۱,۸	اندود سیمانی	
۲۹,۳	OK +٪۷	۱,۳۳	۰,۴	۲×۲/۲	۵	آجر سفالی ۱۰ سانتی	دیوار دوجداره
			۰,۰۱۸	۲	۱,۱	اندود گچ و خاک	
			۰,۰۰۵	۰,۳	۰,۵۷	اندود گچ داخلی(مرده یا زنده)	
			۰,۰۱۱	۲	۱,۸	اندود سیمانی	
			۰,۸۹۳	۵	۰,۰۵۶	پلی استایرن	
۱۹,۳	NOT OK -٪۳۸	۰,۷۸	۰,۳	۱۵	۵	آجر سفالی ۱۵ سانتی	سفال فوم‌دار
			۰,۰۱۸	۲	۱,۱	اندود گچ و خاک	
			۰,۰۰۵	۰,۳	۰,۵۷	اندود گچ داخلی(مرده یا زنده)	
			۰,۰۱۱	۲	۱,۸	اندود سیمانی	
			۰,۴۴۶	۲,۵	۰,۰۵۶	یونولیت (درون سفال)	
۱۹,۳	NOT OK -٪۸۵	۰,۱۸	۰,۱۴	۱۵	۵۵	بلوک سیمانی با بتن سبکدانه	بلوک سیمانی پوکه‌ای سبکدانه
			۰,۰۱۸	۲	۱,۱	اندود گچ و خاک	
			۰,۰۰۵	۰,۳	۰,۵۷	اندود گچ داخلی(مرده یا زنده)	
			۰,۰۱۱	۲	۱,۸	اندود سیمانی	

* در پیوست شماره ۸ بند ۸-۳-۴ مبحث۱۹ ، مقاومت حرارتی سفال ۱۰سانتی ۰.۲ و سفال ۱۵ سانتی ۰.۳ درج شده است.

** در پیوست شماره ۸ بند ۸-۳-۵ مبحث۱۹ ، مقاومت حرارتی بلوک سیمانی ۱۵ سانتی ۰.۱۴ درج شده است.

مقادیر ضریب هدایت حرارتی γ برای مصالح جدول فوق از جداول مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان و گواهی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی استخراج شده است.

شکل ۸- جدول ضریب حرارتی و مقاومت در مصالح مختلف برای اقلیم اردبیل (ماخذ: سازمان نظام مهندسی اردبیل، ۱۳۹۹)

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی با عنوان تاثیر بلوک های بتنی گازدار در صرفه‌جوئی مصرف انرژی ساختمان می‌باشد که طی قرارداد شماره ۳۹۵۵۷ / ۰۰ مورخه ۲۷ / ۹ / ۱۴۰۰ در اداره کل راه و شهرسازی استان اردبیل به انجام رسیده است. همچنین از همکاران محترم طرح خانم ها مهسا شکوری مقدم و لیلا شهبازی که در مراحل مختلف طرح همکاری و کمک های زیادی کردند، تشکر و سپاسگزاری می شود.

منابع

۱. اکرمی؛غلامرضا؛علی پور؛لیلا (۱۳۹۵)، نقش مصالح بومی در معماری پایدار از دیدگاه زیست محیطی،مسکن و محیط روستا،شماره ۱۵۶, صفحه ۲۹

۲. باقرصاد؛احسان (۱۳۹۳)، استفاده از تکنولوژیهای نوین در سازمانها در جهت بهینه سازی مصرف انرژی،دوین همایش ملی اقلیم ساختمان و بهینه سازی مصرف انرژی.

۳. خشنود زرگر؛ صبا؛ فیلی؛ لیدا؛ زیران؛ حمید (۱۳۹۵)، بررسی روش های طراحی واحدهای مسکونی براساس معماری کربن صفر.

۴. جاجرمی؛حسن؛به نیا؛بهنام؛مظفری؛تکتم؛کوشکی؛علی (۱۳۹۶)، استفاده از انرژی های طبیعی تجدید پذیر در معماری ساختمان،رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی.

۵. رامین؛ هادی ؛حنفی‌زاده؛ پدرام؛ اخوان بهابادی؛ محمدعلی (۱۳۹۵)، اثر رفتار ساکنین در میزان مصرف انرژی در ساختمان‌ها، مجله مهندسی مکانیک مدرس،دوره شانزدهم،شماره سیزدهم،صفحه ۴۷-۵۰مهر

۶. شاه حسینی؛رویا؛افلاطونیان؛زین العابدین(۱۳۹۳)، اهمیت بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان, چهارمین کنفرانس بین‌المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی.
۷. شایانفر؛ محسنعلی؛ مفیدی شمیرانی؛ مجید؛ سید عبدالهی؛احسان,مصالح ساختمانی با انرژی نهفته و کربن نهفته کم,ابنیه پایدار سبز,بهمن ماه ۹۵
۸. ضرغامی، اسماعیل؛ خاکی، علی، سادات، سیده اشرف (۱۳۹۵)، بررسی تطبیقی معماری پایدار و مطابقت آن با معماری بومی خانه‌های سنتی در شهر ایرانی–اسلامی، مجله معماری شهری پایدار، سال چهارم، شماره ائل، بهار و تابستان ۹۵، صفحه ۱۵.
۹. صادقی؛سیدکمال؛ابراهیمی؛سعید (۱۳۹۲)، تاثیر توسعه مالی تولید ناخالص داخلی ومصرف انرژی,فصلنامه اقتصاد انرژی ایران,سال دوم,شماره هفتم,تابستان۹۲,صفحه۴۳، تهران.
۱۰. قنبران؛عبدالحمید؛حسین پورامین (۱۳۹۴)، بررسی رفتار حرارتی نماهای دو پوسته در اقلیم شهر تهران,معماری شهری پایدار,سال اول,شماره دوم,پاییز و زمستان ۹۴,صفحه ۴۳، تهران.
۱۱. کامران کسمایی؛حدیثه؛براتی فرد؛علیرضا؛غفاری؛پریچهر (۱۳۹۰)، نگرشها و اصول در معماری پایدار,همایش ملی عمران معماری و شهرسازی و مدیریت انرژی,تهران.
۱۲. گرجی مهلبانی؛یوسف؛حاج ابوطالبی؛الناز (۱۳۸۸)، مصالح هوشمند و نقش ان در معماری,مسکن و محیط روستا,مهرماه ,صفحه۶۶ تهران.
۱۳. مددی؛حسین؛علی اکبری؛پریا (۱۳۹۴)، رویکرد همه جانبه در طراحی ساختمان های انرژی صفر,فصلنامه علمی–ترویجی انرژی های تجدید پذیر و نو,سال دوم,شماره اول,تابستان ۹۴,صفحه ۱۱، تهران.
۱۴. مهدیزاده؛بهاره؛دادرس؛حسن؛سعیدی؛سیدمهدی؛ظفری؛فاطمه؛گودرزی پور؛محدثه(۱۳۹۴)، انرژیهای نو در معماری,همایش ملی عمران و معماری.
۱۵. مهدوی نژاد؛محمدجواد؛بهرامی؛منیره (۱۳۹۵)، نسبت یادمانگرایی و پایداری در معماری معاصر ایران,معماری شهری پایدار,سال دوم، شماره اول، بهار و تابستان ۹۵، صفحه ۴۳
۱۶. نصراللهی؛نازنین؛اکرمی ابرقویی؛فاطمه؛ارزیابی(۱۳۹۵)، اثر بهره وری انرژی ساختما نهای خا کپناه در کاربر یهای مختلف,معماری مرمت ایران,سال ششم,شماره یازدهم,بهار و تابستان ۱۳۹۵,صفحه ۴۱.
۱۷. مداحی؛سیدمهدی؛عباسی؛مهسا (۱۳۹۸)، تحلیل رفتار حرارتی پوسته خارجی _نمایی ساختمان با مصالح وتکنولوژ یهای اجرای سنتی و نوین با هدف بهینه سازی مصرف انرژی،تحلیل رفتار حرارتی پوسته خارجی,صفحه ۱۶۷.
۱۸. مصطفائی؛مهدی؛ریاحی دهکردی؛غلامحسین؛عابدی؛مهرداد (۱۳۹۵)، امکان سنجی طراحی و ساخت انرژی صفر در شهر جدید بینالود.
۱۹. مقصدی؛محمدامین (۱۳۹۵)، عملکرد ساختمان با مصرف انرژی صفر با رویکرد پایدار,تابستان ۹۵
۲۰. مداحی؛مهدی،عباسی؛ مهسا (۱۳۹۶)، تحلیل رفتار حرارتی پوسته خارجی – نمایی ساختمان با مصالح و تکنولوژی های اجرای سنتی و نوین با هدف بهینه سازی مصرف انرژی، معماری و شهرسازی آرمانشهر، شماره ۲۲،صص ۱۶۷ تا ۱۸۳.
21. Sethy, Dr. Kaliprasanna؛Sankar Nayak, Mr. Girija؛Rojalin Nanda, Ms. Sushri(2018),Aerated Concrete: A Revolutionary Construction Material, International Journal of Engineering Technology Science and Research IJETSR,April 2018.
22. Martina,mandirola؛andrea,penna؛guido,magenes؛maria,rota(2012),EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF THE SHEAR RESPONSE OFAUTOCLAVED AERATED CONCRETE (AAC) MASONRY WITH FLAT TRUSS BED-JOINT REINF ORCEMENT, Florianópolis – Brazil.