

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۲۸

کد مقاله: ۹۳۹۴۶

هدایت شهبازی^{۱*}، عمار حسن‌پور^۲

چکیده

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 صرفه‌جویی مصرف انرژی ساختمان‌ها می‌باشد. بر این اساس توجه به اهمیت مقوله انرژی و لزوم صرفه‌جویی 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 به صورت 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.

واژگان کلیدی: 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. از این رو برای حفظ استاندارد زندگی در کشورهای صنعتی و بهبود موقعیت در کشورهای در حال توسعه، نمی‌توان جلوی مصرف انرژی را گرفت، بلکه باید منابع انرژی موجود خیلی کارتر مورد استفاده قرار گیرند (هادی و همکاران، ۱۳۹۵، ۴۸). مهم‌ترین بخش از استراتژی انرژی هر کشور صرفه‌جویی در مصرف انرژی است و به دلیل منابع محدود انرژی و افزایش آلودگی محیطی ناشی از استفاده از سوخت‌های فسیلی، صرفه‌جویی در انرژی امری لازم و ضروری است (نصراللهی و ابرقوئی، ۱۳۹۵، ۴۱). حدود ۴۰ درصد منابع مختلف انرژی کشور در ساختمان‌های مختلف مصرف می‌شود. به علت طراحی و استفاده نامناسب این ساختمان‌ها و عدم نگهداری مناسب دستگاه‌های گرمایشی و سرمایشی آنها، مقدار زیادی از انرژی ورودی به این ساختمان‌ها تلف می‌گردد (جاجرمی و همکاران، ۱۳۹۶، ۶۷). از چند سال قبل فعالیت گسترده‌ای در کشور توسط سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور در صرفه‌جویی مصرف انرژی در تمام بخش‌های اقتصادی و بویژه در ساخت و بهره‌برداری از ساختمان‌ها شروع شده است (باقرصاد، ۱۳۹۳). استفاده غیر بهینه از حامل‌های انرژی علاوه بر آنکه عمر ذخایر تجدیدناپذیر نفت و گاز را کاهش می‌دهد خسارتهای جدی نیز به محیط زیست و صادرات جبران‌ناپذیری به فرایند توسعه پایدار، افزایش درآمدهای ارزی و گسترش زیر ساخت‌های اقتصادی ایران وارد می‌نماید (مهدیزاده و همکاران، ۱۳۹۴، ۸۷). استفاده از نرم افزارهای تخصصی در زمینه انرژی، فرهنگ سازی در زمینه استفاده بهینه انرژی، آموزش عمومی از طریق رسانه‌های شنیداری و دیداری و به کارگیری افراد مجرب و متخصص در زمینه انرژی از جمله راهکارهایی است که می‌تواند در رفع مشکل مفید باشد. در ایران از سال ۱۳۷۰ با تصویب میحث ۱۹ توسط هیئت وزیران گام بزرگی در زمینه صرفه‌جویی در مصرف انرژی در ساختمان‌ها برداشته شد و اعمال آن برای ساختمان‌های دولتی از سال ۱۳۸۴ اجباری شد. اجرای این میحث، در بعضی بخش‌ها هزینه‌های ساختمان را افزایش می‌دهد ولی در مقابل، ظرفیت سیستم‌های گرمایش و سرمایش را تا ۴۰٪ کاهش می‌دهد (شاه حسینی و همکاران، ۱۳۹۳، ۴۵). از عوامل مهم در کاهش مصرف انرژی نوع مصالح انتخابی در ساخت ساختمان است. استفاده از مصالح مانند بلوک‌های گازدار بتنی در ساخت ساختمان‌ها به دلیل اینکه ظرفیت گرمایی بالایی دارند می‌توانند در کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها بسیار تأثیر گذار باشد. بنابر این برای جلوگیری از هدر رفت انرژی در ساختمان‌ها 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 تأثیر فراوانی بر کاهش مصرف انرژی در ساختمان دارد. (ضرغامی و همکاران، ۱۳۹۵، ۱۵) استفاده از بلوک‌های گازی بتنی باعث می‌شود پایداری حرارتی خانه افزایش یابد. هدف از اجرای این پروژه بررسی تأثیر بلوک‌های گازدار بتنی در بناهای مسکونی اردبیل می‌باشد که بر این اساس می‌توان به الگویی مناسب برای استفاده از این نوع بلوک‌ها و تأثیرات آن در ساختمان‌ها رسید. با توجه به اینکه مجتمع‌های مسکونی حجم وسیعی از ساختمان‌ها را در بر گرفته است، رعایت نکات مربوط به بهینه‌سازی انرژی در طراحی این ساختمان‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد 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

- بلوک‌های گازدار بتنی چگونه می‌توانند در کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها موثر باشند؟
- چگونه می‌توان با بلوک‌های گازدار بتنی تبادل حرارتی بین داخل و خارج را به حداقل رساند؟
- بلوک‌های گازدار بتنی چه میزان می‌توانند در کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها موثر باشند؟
- تأثیر بلوک‌های 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 بالایی 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 فعالیت‌های بشری در داخل ساختمان‌ها 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 می‌توان از اتلاف مقدار قابل توجهی از انرژی سرمایش در ساختمان‌ها جلوگیری کرد.

۴- روش پژوهش

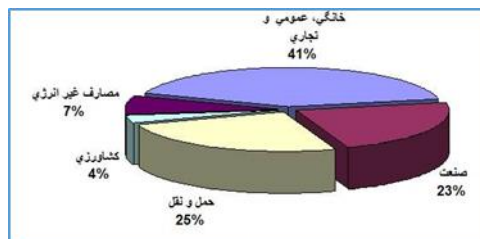


شکل ۱- روند انجام تحقیق
(ماخذ: براساس پردازش نگارنده)

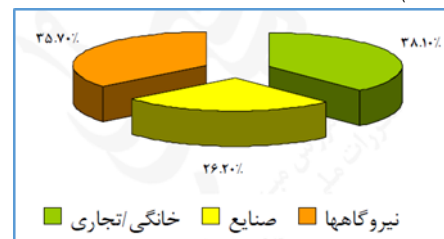
نوع روش تحقیق اتخاذ شده در به انجام رسانیدن پژوهش حاضر روش تحقیق توصیفی، تحلیلی می باشد، که با استفاده از سه استراتژی تبیینی، توصیفی و اکتشافی استفاده می شود. با استفاده از روش شناسی و متدولوژی تحقیق به کشف جنبه های مبهم و مجهول موضوع در دو زمینه مباحث نظری و تاثیر بلوک های بتنی گازدار در کاهش مصرف انرژی و بررسی در ساختمانهای اجرا شده در اردبیل پرداخته شده است تا میزان صرفه جویی در مصرف انرژی به عنوان موضوع اصلی مثل سازگاری با محیط، نقش عایقها در بهبود کارایی این بلوکها، حداقل رسیدن تبادل حرارتی، سبک سازی مورد بررسی قرار گیرد. دو پرسشنامه در بین متخصصان (مهندسين 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 درجه ای 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 قرار گرفت.

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. بهره گیری 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 ساختمان ها و تاسیسات، جانمایی نامناسب فضاها، استفاده از مصالح و تجهیزات غیر استاندارد، علاوه بر اینکه هزینه جاری مصرف انرژی ساختمان را به شدت بالا می برد، هزینه های تعمیر و نگهداری هنگفتی را نیز تحمیل می کند (مهدوی نژاد و بهرامی، ۱۳۹۵، ۴۳).



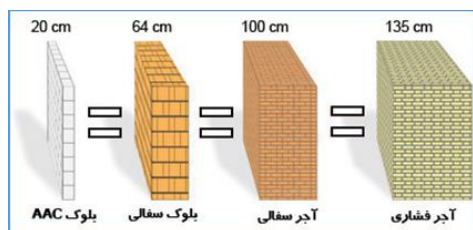
عکس ۳- سهم مصرف انرژی در هر بخش
(ماخذ: شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۸۴)



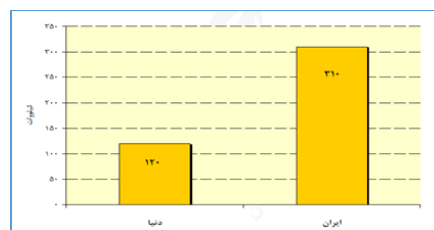
عکس ۲- مصرف گاز طبیعی در بخش های مختلف
سال ۱۳۸۴

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 مصرف 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 ساختمان ها نقش عمده ای را ایفا نمایند.



شکل ۵- مقایسه انواع در دیوارها در برابر اتلاف انرژی
(ماخذ: پایگاه نظام مهندسی اردبیل، ۱۳۹۹)



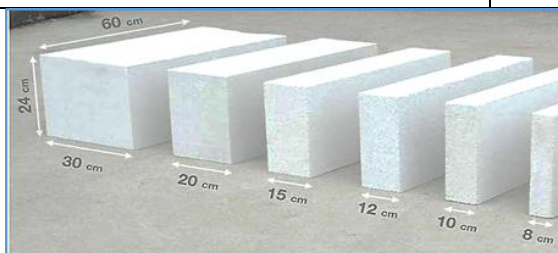
شکل ۴- شاخص مصرف انرژی در بخش خانگی برای
گرمایش یک متر مکعب در یک سال
(ماخذ: شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۸۴)

۷- بلوک های بتنی گازدار (AAC)

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 می شود. بدلیل هوازایی در پخت در محیط اتوکلاو طی فرایند تولید، به اختصار AAC نامیده می شود. 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، ۱۳۹۴، ۱۱)، (پایگاه کارخانه هبلکس، ۱۴۰۰).

جدول ۱ - اطلاعات بلوک بتنی گازدار AAC (منبع: براساس یافته های نگارندگان)

سال تولید	۱۹۲۴
سازندگان	جان اکسل اریکسون
ایده تولید	روش عمل آوری به روش اتوکلاو
اسم های مختلف	AAC / هبلکس / ALC / سپورکس
مواد ساخت	سیلیس / سیمان / آهک / پودر آلومینیوم
مقاومت	۳۵ کیلو بر سانتی متر مربع
ضریب هدایت حرارت	۰٫۱۱ الی ۰٫۱۳
عایق صوتی	۴۵ الی ۵۵
ابعاد	طول ۶۰ - ارتفاع ۲۰ و ۲۵ / عرض ۷٫۵ - ۸ - ۱۰ - ۱۲ - ۱۵ - ۱۷٫۵ - ۲۰ - ۲۵ - ۳۰
مزایا	صرفه جویی 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
معایب	مقاومت فشاری پایین نسبت به دیگر محصولات مشابه غیر قابل استفاده به عنوان دیوار باربر جذب آب بالا در لایه اولیه بلوک



شکل ۷ - ابعاد مختلف بلوک های AAC (ماخذ: پایگاه کارخانه هبلکس، ۱۴۰۰)



شکل ۶ - کمترین دورریز در کنار صرفه جویی
بالای مصرف انرژی در بلوک AAC از نوع هبلکس

۸- ویژگی‌های شهر اردبیل بر مبنای انرژی

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

جدول ۲- ویژگی‌های شهر اردبیل براساس نیاز انرژی (ماخذ: مبحث ۱۹، ۱۳۹۵)

نیاز سالانه انرژی (پیوست ۳ مبحث ۱۹)	شهر بزرگ / کوچک (بند ۱۹-۲-۴)	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 یافته‌های تحقیق، دو پرسشنامه در بین متخصصان (مهندسين ناظر معماری عضو نظام مهندسی ساختمان استان اردبیل) با حجم نمونه ۱۵۰ نفر و سازندگان و استفاده کنندگان ساختمان‌ها که با بلوک‌های بتنی گازدار ساخته شده‌اند، با حجم نمونه ۲۰۰ نفر توزیع شد. روش نمونه‌گیری 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. آزمون‌های 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 سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی، تفاوت هزینه‌های گاز مصرفی در خانه‌های فعلی و قبلی، توجه قرار دادن نوع مصالح مصرفی در ساخت و خرید خانه‌های جدید، پوشیدن لباس‌های جدید در داخل خانه، اهمیت بهینه‌سازی مصرف انرژی در خانه‌ها و آزمون‌های بکار رفته برای پرسشنامه مهندسين ناظر معماری موارد مثل شناخت از مصالح بلوک‌های بتنی گازدار، میزان توجه به ضریب انتقال حرارتی و ویژگی‌های آن در پوسته‌ها، تلفات انرژی در پوسته‌ها موقع اجرای ساختمان، اهمیت به عایق کاری و درزبندی‌ها، انتخاب مصالح مناسب و پیشنهاد به کارفرما، ملاک قرار دادن استانداردها و تأییدیه‌های سازمان‌های مربوطه و دسته‌بندی ساختمان‌ها براساس برجسب انرژی بعد از اجرا بودند. دلیل انتخاب این دو گروه برای پاسخ دادن به پرسشنامه‌های مطروحه، ارتباط مستقیم ناظران با مقوله انتخاب درست مصالح مطابق با موازین و مقررات برای صرفه‌جویی در انرژی و همچنین سازندگان ساختمان‌ها هم که به عنوان مالک ساختمان در انتخاب مصالح مناسب و عدم سرباز زدن از مقررات مرتبط با انتخاب و هزینه‌کرد اصولی و صحیح و همچنین همکاری با ناظرین معماری می‌باشد. 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. پاسخ‌های داده شده در پرسشنامه‌ها و داده‌ها با نرم افزار SPSS، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نتایج مربوطه با استفاده از جداول و نمودارها برای هر سوال استخراج گردید که در ادامه بهترین 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 بلوک‌های بتنی در دهه‌های اخیر خصوصاً از نیمه دوم قرن بیستم گسترش چشمگیری داشته است. استفاده آسان، وزن سبک، قیمت مناسب و تنوع آنها، موجب رواج بتن سبک در پروژه‌های عمرانی و ساخت و ساز شده است. متخصصین ساختمان‌ها مخصوصاً ناظرین معماری با آگاهی و شناخت از مصالح جدید و بکارگیری آنان مطابق با مقررات و قوانین در ساختمان‌ها می‌توانند گام بزرگ و مهمی در صرفه‌جویی مصرف انرژی داشته باشند.

جدول ۱- شناخت از مصالح بلوک‌های بتنی گاز دار

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

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 داده‌اند 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 صرفه‌جویی 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 و همچنین از حداقل مقاومت حرارتی دیوار در اقلیم اردبیل می باشد که حدود ۱,۲۵ می باشد و این عامل می تواند در کاهش مصرف انرژی در ساختمان ها موثر باشد. گزارش داده شده از نمودار نشان می دهد توجه ناظران به این مساله در جایگاه نسبتا خوبی ندارد و کمتر از ۵۰ درصد جامعه آماری به این آیت 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 پوسته ها موقع اجرای ساختمان

جدول ۳- اتلاف انرژی در پوسته ها

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

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 ساختمان ها 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 می توان مشاهده 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 ساختمان ها به بالاترین میزان خود برسد.

۹-۴- برچسب مصرف انرژی ساختمان ها بعد از اجرا

جدول ۴- برچسب مصرف انرژی ساختمان ها

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

اختصاص برچسب انرژی به ساختمان ها ابزار موثری جهت مقایسه وضعیت مصرف انرژی ساختمان با استانداردهای موجود و تلاش به منظور کاهش مصرف انرژی در آن و گام موثری در بهینه سازی 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 ساختمان ها، سرانه مصرف انرژی در کل کشور کاهش می یابد. 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 ساختمان ها را بیشتر می کند.

برچسب انرژی، میزان مصرف انرژی ساختمان را با توجه به مشخصات سازه ای، مصالح، درب ها، پنجره ها و غیره مشخص می کند. طراحی و اجرای طرح برچسب انرژی ساختمان، سبب تشدید نظارت و بهبود ساخت و سازها از منظر مصرف انرژی خواهد شد. پیش بینی می شود که با اقدامات فوق، تا ۲۵ درصد ظرفیت کاهش مصرف انرژی در ساختمان های نوساز به وجود آید. در این

میان، سازمان ملی 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 کاملاً نشان می دهد.

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

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

عایق کاری به عنوان یکی از ضروری ترین اقدامات در اجرای یک پروژه ساختمانی بوده و امروزه با توجه به نیاز برای صرفه جویی در انرژی، ضرورت عایق کاری بیش از قبل حس می شود. ساختمان ها باید در عین اقتصادی بودن ساخت، به صورتی طراحی شوند که مصرف انرژی در آنها کاهش یابد. عایقکاری اصولی ساختمان مخصوصاً 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 ملاحظه ای هزینه مصرف انرژی را کاهش می دهند. 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.

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 پوسته ها مخصوصاً دیوارها

جدول ۶- 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

یکی از جنبه هایی که اغلب در طراحی یک ساختمان نادیده گرفته می شود انتخاب و مصالح و فرآورده های ساختمانی است. اهمیت انتخاب مصالح مناسب بسیار بالاست و می تواند نقش بسیار مهمی در وجوه مختلف آن مخصوصاً در کاهش مصرف انرژی در ساختمان ها 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.

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 و می 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

جدول ۷- توجه به استانداردها و تاییدیه ها

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

یکی از مهمترین عوامل موثر در کیفیت ساخت و ساز این است که مصالح ساختمانی مورد استفاده در ساختمان دارای استاندارد باشد. جهت تشخیص استاندارد بودن مصالح ساختمانی باید به تاییدیه های سازمانهای مرتبط رجوع شود تا با انتخاب مصالح نوین و به روز شده بتوان گامی مهمی در جهت کیفیت ساخت و ساز مخصوصاً 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 ساختمان ها باید در نقشه ها یا سایر مدارک مربوط، ویژگی های مصالح مصرفی را بسته به موضوع، مشخص کند.

همچنین در تبصره ۴ این قانون بیان شده است که وزارت صمت تسهیلات و امکانات لازم را جهت انتشار استانداردهای مربوط به مصالح و فرآورده های 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

جدول ۸- اهمیت تفاوت مقدار بهای مصرف گاز

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

ایران در رتبه های نخستین برخورداری از نفت و گاز قرار دارد اما این وفور نعمت نباید دلیلی بر اسراف منابع و نعمت های طبیعی شود. در سال های اخیر نیز قیمت خدماتی چون لوله کشی آب، برق، گاز خانگی افزایش یافته است. همین مسئله موجب شده است کاربران به فکر کاهش مصرف انرژی در ساختمان ها باشند تا بتوانند در هزینه ها صرفه جویی کنند. راهکارهای زیادی برای کاهش مصرف انرژی وجود دارد.

انتخاب مصالح نوین و مناسب و استاندارد برای ساخت و ساز، صرفه جویی، توجه به برچسب انرژی، کم کردن درجه از جمله این در ساختمان ها می باشند. علاوه بر کاهش هزینه ها، مسئولیت ما در برابر آیندگان یکی دیگر از دلایلی است که باید به فکر کاهش مصرف انرژی در ساختمان ها باشیم. آیندگان نیز حق استفاده از این امکانات را دارند و کشور موفق کشوری است که در برنامه ریزی برای توسعه پایدار موفق عمل کنند. از طرفی باید به این نکته توجه کنیم که بسیاری از انرژی ها تمام شدنی هستند و سال های طولانی زمان می برد 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 روش های صرفه جویی، می توانیم کاهش مصرف انرژی خانه را به عمل برسانیم و به دنبال آن از بسیاری از هزینه ها کم کنیم. مطابق نمودار بالا می توان گزارش معناداری از توجه به مقدار مصرف گاز مصرفی در ساختمان ها 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

جدول ۹- اهمیت نوع مصالح در خانه جدید

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

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 ساختمان ها 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.

۹-۱۰- مدت زمان گرم شدن ساختمان در زمستان

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

شرایط آسایشی تابعی است از تعداد زیادی از پارامترها که تنها یکی از آنها دما می باشد 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 می آید 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.

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 صرفه جویی در مصرف انرژی است و به دلیل منابع محدود انرژی و افزایش آلودگی محیطی ناشی از استفاده از سوخت های فسیلی، صرفه جویی در انرژی اجباری شده است. بیش از ۴۰ درصد منابع مختلف انرژی کشور در بخش ساختمان مصرف می شود. به علت طراحی و استفاده نامناسب از این ساختمان ها 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 راهکارهایی 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 ساختمان ها 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 مقررات 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 می توان به نوع مصالح مصرفی در آنها اشاره کرد. عدم رعایت استانداردهای صحیح، سبب اتلاف انرژی 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.

بلوک های 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 می باشد. 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 می باشد 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 ساختمان ها 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 نام شرایطی که در جداول ۳ تا ۵ بند ۱۹-۳-۲ مقررات ملی ساختمان درج شده است برای دیوار ساختمان های غیر مستقل با استفاده مداوم به شرح زیر می باشد:

شهر	نیاز سالانه انرژی (پوست ۲ میحت ۱۹)	شهر بزرگ/کوچک (بند ۱۹-۳-۲-۴)	گروه ساختمانی (پوست ۴ میحت ۱۹)	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:

$$R_w = \frac{1}{U_w} = \frac{1}{0.8} = 1.25$$

مقاومت حرارتی دیوار (R) مطابق این فرمول محاسبه می گردد:

$$R = \frac{d}{\gamma} = \frac{\text{ضخامت مصالح شده (m)}}{\text{thermal conductivity ضریب هدایت حرارتی}}$$

حداقل مقاومت دیوار در اقلیم اردبیل ۱.۲۵ می باشد.

طرح عایقکاری	ضخامت (cm)	وضعیت	مقاومت کل دیوار (R)	مقاومت حرارتی		
				R	d	γ
پلوک	۱۷.۳	OK +۱.۰٪	۱.۳۷	۱.۳۵۱	۱۵	۰.۱۱۱
				۰.۰۰۹	۱	۱.۱
				۰.۰۰۵	۰.۳	۰.۵۷
				۰.۰۰۶	۱	۱.۸
دیوار دو جداره AAC	۲۹.۳	OK +۰.۷٪	۱.۳۳	۰.۴	۲۸۲/۲	۵
				۰.۰۱۸	۲	۱.۱
				۰.۰۰۵	۰.۳	۰.۵۷
				۰.۰۱۱	۳	۱.۸
سفال فوم دار	۱۹.۳	NOT OK -۳.۸٪	۰.۷۸	۰.۳	۱۵	۵
				۰.۰۱۸	۳	۱.۱
				۰.۰۰۵	۰.۳	۰.۵۷
				۰.۰۱۱	۳	۱.۸
پلوک سیمانی پوکه ای سبکدانه	۱۹.۳	NOT OK -۸.۵٪	۰.۱۸	۰.۱۴	۱۵	۵
				۰.۰۱۸	۲	۱.۱
				۰.۰۰۵	۰.۳	۰.۵۷
				۰.۰۱۱	۳	۱.۸

⊕ در پوست شماره ۸ بند ۳-۴-۳ میحت ۱۹، مقاومت حرارتی سفال ۱۰ سانتی ۰.۲ و سفال ۱۵ سانتی ۰.۳ درج شده است.

⊕⊕ در پوست شماره ۸ بند ۳-۴-۵ میحت ۱۹، مقاومت حرارتی پلوک سیمانی ۱۵ سانتی ۰.۱۴ درج شده است.

مقادیر ضریب هدایت حرارتی γ برای مصالح جدول فوق از جداول میحت 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 صرفه جویی مصرف انرژی ساختمان می باشد 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، دین 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؛ تکتیم؛ کوشکی؛ علی (۱۳۹۶)، استفاده از انرژی های طبیعی تجدید پذیر در معماری ساختمان، رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی.
۵. رامین؛ هادی؛ حنفی زاده؛ پدram؛ اخوان بهابادی؛ محمدعلی (۱۳۹۵)، اثر رفتار ساکنین در میزان مصرف انرژی در ساختمان ها، مجله مهندسی مکانیک مدرس، دوره شانزدهم، شماره سیزدهم، صفحه ۴۷-۵۰

۶. شاه حسینی؛ رویا؛ افلاطونیان؛ زین العابدین (۱۳۹۳)، اهمیت بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان، چهارمین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی.
۷. شایانفر؛ محسنعلی؛ مفیدی شمیرانی؛ مجید؛ سید عبدالهی؛ احسان، مصالح ساختمانی با انرژی نهفته و کربن نهفته کم، اینیه پایدار سبز، بهمن ماه ۹۵
۸. ضرغامی، اسماعیل؛ خاکی، علی، سادات، سیده اشرف (۱۳۹۵)، بررسی تطبیقی معماری پایدار و مطابقت آن با معماری بومی خانه های سنتی در شهر ایرانی-اسلامی، مجله معماری شهری پایدار، سال چهارم، شماره اول، بهار و تابستان ۹۵، صفحه ۱۵.
۹. صادقی؛ سیدکمال؛ ابراهیمی؛ سعید (۱۳۹۲)، تاثیر توسعه مالی تولید ناخالص داخلی و مصرف انرژی، فصلنامه اقتصاد انرژی ایران، سال دوم، شماره هفتم، تابستان ۹۲، صفحه ۴۳، 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 مهربلانی؛ یوسف؛ حاج ابوطالبی؛ الناز (۱۳۸۸)، مصالح هوشمند و نقش آن در معماری، مسکن و محیط روستا، مهرماه، صفحه ۶۶، 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؛ دادرسی؛ 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 ساختمانهای خا کپناه در کاربریهای 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 و تکنولوژیهای 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 IJETS, April 2018.
22. Martina, mandiola+andrea, penna+guido, magenes+maria, rota(2012), EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF THE SHEAR RESPONSE OF AUTOCLAVED AERATED CONCRETE (AAC) MASONRY WITH FLAT TRUSS BED-JOINT REINFORCEMENT, Florianópolis – Brazil.

