فصلنامه علمی-پژوهشی
نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی
سال سیزدهم، شماره سوم، تابستان ۱۴۰۰

تبیین تاثیر طراحی ساختمان بر کاهش انرژی نهفته در موقعیت جغرافیایی و اقلیمی بندرعباس [1]

آذر زینلی خراجی

گروه معماری، واحد بین الملل کیش، دانشگاه آزاد اسلامی ،جزیره کیش، ایران.

نیلوفر نیک قدم [2]

استادیار، گروه معماری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

سید مجید مفیدی شمیرانی

استادیار، گروه معماری، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۲

چکیده

ساختمان‌های مسکونی مسئول بخش قابل توجهی از مصرف انرژی در سراسر جهان هستند. در ساختمان‌ها از مصالح متفاوتی استفاده می شود و ساخت هر مصالح و کاربرد آن در اجرای ساختمان انرژی مصرف می کند. این انرژی مصرف شده همان انرژی نهفته است که در کشور ما کمتر به آن پرداخته می‌شود. هدف این تحقیق کاهش مصرف انرژی نهان در ساختمان در راستای حفظ محیط زیست وتغییرات اقلیمی می باشد. در این مقاله با استناد به پیشینه تحقیق به کاهش انرژی نهفته با راهکارهای طراحی معماری پرداخته خواهد شد. ابتدا با توجه به مبانی نظری تحقیق متغیرهای مستقل تاثیر گذار تبیین می شوند. سپس انرژی نهفته یک ساختمان ۶ طبقه دراقلیم گرم ومرطوب شهر بندر عباس پس از مدل سازی مولفه های تاثیر گذار در قالب متغیرهای مستقل، متناسب با نوع ساختمان وخروجی های مقدار مصالح در نرم افزار اکسل محاسبه می‌گردد. نتایج در این مقاله شامل دو بخش نتایج نظری که محصول بررسی متون است و نتایج تجربی که از محاسبات حاصل شده و تحلیل گردیده است. دستاوردهای این پژوهش نشان می‌دهد که انرژی نهفته هر متر مربع ساختمان نمونه در موقعیت جغرافیایی و اقلیمی بندرعباس در بخش معماری ۱,۹ مگا ژول در هر متر مربع است که با تغییر متغیرهای طراحی تا ۱۸,۵ مگا ژول در هر متر مربع قابل تغییر می‌باشد؛ همچنین بیشترین درصد انرژی نهفته مربوط به دیوارها و کف‌ها است. نتایج این تحقیق الزام محاسبات و توجه به راهکارهای کاهش انرژی نهفته را در اقلیم گرم و مرطوب (بندرعباس) که نیاز به مصرف انرژی بیشتر دارند را برای دست اندرکاران ساختمان تاکید می کند .

واژگان کلیدی: انرژی نهفته، طراحی معماری، مصالح ساختمانی، راهکارهای معماری، اقلیم بندرعباس

۱این مقاله مستخرج از پایان نامه دکترای معماری با عنوان ((تبیین راهکارهای معماری موثر بر کاهش انرژی نهفته در ساختمان های مسکونی بندر عباس)) در دانشگاه آزاد اسلامی واحد بین الملل کیش (تهران جنوب) توسط دانشجو آذر زینلی خراجی ونیلوفرنیک قدم به عنوان استاد راهنما وسید مجید مفیدی شمیرانی به عنوان استاد مشاور این پایان نامه می باشند

[2] نویسنده مسئول: n_nikghadam@azad.ac.ir

۱-مقدمه

انرژی نهفته فاز ساخت ٤٠ تا٦٠ درصد از کل انرژی مصرفی ساختمان را بـه خوداختصـاص داده اسـت کـل انـرژی چرخه عمر ساختمان شامل انژی عملیاتی وانرژی نهفته می باشد (Dixit،۲۰۱۰). انرژی نهفته ساختمان شامل مراحـل تولید، ساخت و تخریب است. تولید، استخراج مواد اولیه، حمل و نقل مواد اولیه، تولیـد مصـالح، حمـل مصـالح از کارخانه به محل ساخت را شامل می شود. فاز ساخت شامل انرژی مصرف شده برای ساخت و ساز ساختمان‌ها و همچنین فعالیت‌های مورد نیاز برای تعمیر و نگهداری سـاختمان هـا نیـز مـی‌گـردد. آخـرین مرحلـه انـرژی نهفتـه ساختمان فاز تخریب است. فرایندهای مرتبط با این مرحله عبارتند از: تخریب ساختمان و حمل زباله‌های ساختمانی و انرژی عملیاتی شامل: فعالیت‌هایی است که برای حفظ محیط داخلی مانند گرمایش، سـرمایش و تهویـه مطبـوع و وسایل الکتریکی مصرف می شود (Ding،۲۰۰٤). در ایران تحقیقات در ارتباط با انرژی نهفته کمتـر صـورت گرفتـه است در بیشتر موارد انرژی مصرفی ساختمان پس از بهره برداری مورد توجه قرار گرفته اسـت. ایـن تحقیـق بـدنبال پاسخ به این پرسش است که معماران با چه راهکارهایی در مرحله طراحی می‌توانند انرژی نهفته ساختمان را کـاهش دهند؟

پیامدهای زیست محیطی مرتبط با انرژی نهفته مانند کاهش منابع، تولید گازهای گلخانه ای ، نگهداری تنـوع زیسـتی و تخریب محیط زیست در اندازه گیری انرژی نهفته جاسازی شده است. انرژی در واحد مگـا ژول (MJ) یـا گیگـا ژول (GJ) به ازای هر واحد وزن (کیلوگرم یا تن) یا مساحت (متر مربع) بیان می شود. رونـد محاسـبه انـرژی نهفتـه بسیار پیچیده است و با توجه به پیچیدگی چنین محاسباتی ، از منابع متنوعی استفاده می شود. عواملی ماننـد فنـاوری موقعیت جغرافیایی به کار رفته در فرآیند تولید و روش‌های تولید نقش زیادی در انرژی نهفتـه مـواد دارنـد (۲۰۰۷، Holtzhausen).

نوع پژوهش در این تحقیق کاربردی و روش گرداوری داده ها از طریق روش میدانی و موردی است که محقـق طـی مشاهده و بررسی نمونه ها انجام داده است. روش تحلیل داده‌ها کمی و مبتنی بر آمـار و جـداول اسـت کـه پـس از تحلیل، راهکارهایی تبیین می‌شود. در این تحقیق نحوه محاسبه انرژی نهفته مصالح و محاسبه انـرژی نهفتـه جزئیـات اجرایی و انتخاب متغیرها از بررسی ادبیات پژوهش استفاده شده است. راهبرد این پژوهش علت و معلـولی اسـت و با توجه به متغیرهای پژوهش مدل سازی انجام می گردد. سپس با کمـک نـرم افـزار اکسـل انـرژی نهفتـه سـاختمان طراحی ساختمان محاسبه می گردد. مولفه های طراحی معماری که بر اساس ادبیات تحقیق به عنوان مولفه های تاثیر گذار در مجموع انرژی نهان ساختمان شناخته شده اند و در این تحقیق به عنوان متغیر مستقل عمل می کننـد معرفـی و انرژی نهفته به عنوان متغیر وابسته بر اساس تغییر این متغیرها مجددا محاسبه می شوند. سایر عوامل مانند طراحـی سازه و تاسیسات متغیر کنترل می باشند. با توجه به تغییر متغیرهای مستقل در برنامه تدوین شده برای محاسبه انرژی نهفته کل در دفعات محاسبه و نتایج تحلیل می شوند. پس از تحلیل نتایج راهکارهـای معمـاری ارائـه خواهـد شـد. دراین تحقیق واحد انرژی نهفته گیگا ژول می باشد.

۲- محدوده مطالعه

۲-۱: اطلاعات جغرافیایی استان هرمزگان

استان هرمزگان یکی از استانهای کشور جمهوری اسلامی ایران است که در جنوب آن، بین مختصات جغرافیایی ۲۵ درجه و ٢٤ دقیقه تا ۲۸ درجه و ۵۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ٤١ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است.این استان حدود ٦٨ هزار کیلومتر مربع مساحت دارد که از این نظر هشتمین استان کشور می باشد. هرمزگان از جهت شمال و شمال شرقی با استان کرمان، غرب و شمال غربی با استان های فارس و بوشهر از شرق با سیستان و بلوچستان همسایه بوده و جنوب آنرا آبهای گرم خلیج فارس و دریای عمان در نواری به طول تقریبی ۹۰۰ کیلومتر دربرگرفته است. هرمزگان دارای ۸ شهرستان به نامهای بندرعباس، میناب، بندرلنگه، رودان، جاسک، قشم، حاجی آباد، ابوموسی ١٦ شهر، ۲۱ بخش و ۷۱ دهستان و ۲۱۷۰ آبادی دارای سکنه است و بنا به سرشماری بعمل آمده در سال ۱۳۷۵ جمعیت استان هرمزگان ۱۰٦۲۱۵۵ نفر می باشد (سایبانی،۱۳۷۷، ٧٤).

مرکز استان هرمزگان شهر تاریخی بندرعباس می باشد که امروزه یکی از ۲۰ شهر بزرگ ایران و مرکز فعالیتهای مهم اقتصادی و تجاری کشور محسوب می گردد. بندرعباس بعنوان بزرگترین مبادی ورودی و خروجی کشور نقش بسیار ارزنده ای در دوران جنگ تحمیلی عراق علیه ایران که بنادر مهم آبادان و خرمشهر مورد تعدی دشمن قرار گرفته بودند، در زمینه نیازهای وارداتی کشور ایفا نمود.این شهر در فصل مشترک خلیج فارس و دریای عمان روبروی جزایر قشم، هرمز و لارک در فاصله نزدیک تنگه استراتژیک هرمز واقع شده و دارای ظرفیت های درخور توجهی از نظر تاسیسات پیشرفته خدماتی، زیربنایی و اقتصادی می باشد (سایبانی،۱۳۷۷، ٧٤).

۲-۲: ویژگی های جغرافیایی و محیطی

منطقه ساحلی جنوب ایران به طول تقریبی ١٤٨٠ کیلومتر در مجاورت دو دریای عمان و خلیج فارس قرار دارد و تنگه هرمز در ۸ کیلومتری بندرعباس حد فاصل بین این دو دریاست.

"مناطق ساحلی جنوب ایران، زمانی به صورت باتلاق های پراکنده زیر آب قرار د اشتند. ولی بعدها به واسطه عمق کم آب و گرمای زیا د هوا، آب های باتلاق ها خشک و سرزمین های باتلاقی مبدل به سواحل و جزایر فعلی گردیده است. قسمت اعظم مناطق ساحلی، خشک، بایر و کم آب هستند. رطوبتی که در آسمان این نواحی ظاهر می شود بر اثر وزش با دهای گرم و سوزان عربستان پراکنده شده و رطوبت آن کم تر به صورت باران فرو می ریزد. به دلیل تبخیر زیاد در این مناطق، آب های روان کم تر دیده می شود و رودخانه های آن غالباً کم آب، موقتی و شور هستند" (طاهباز، ۱۳۸۱، ص ٤).

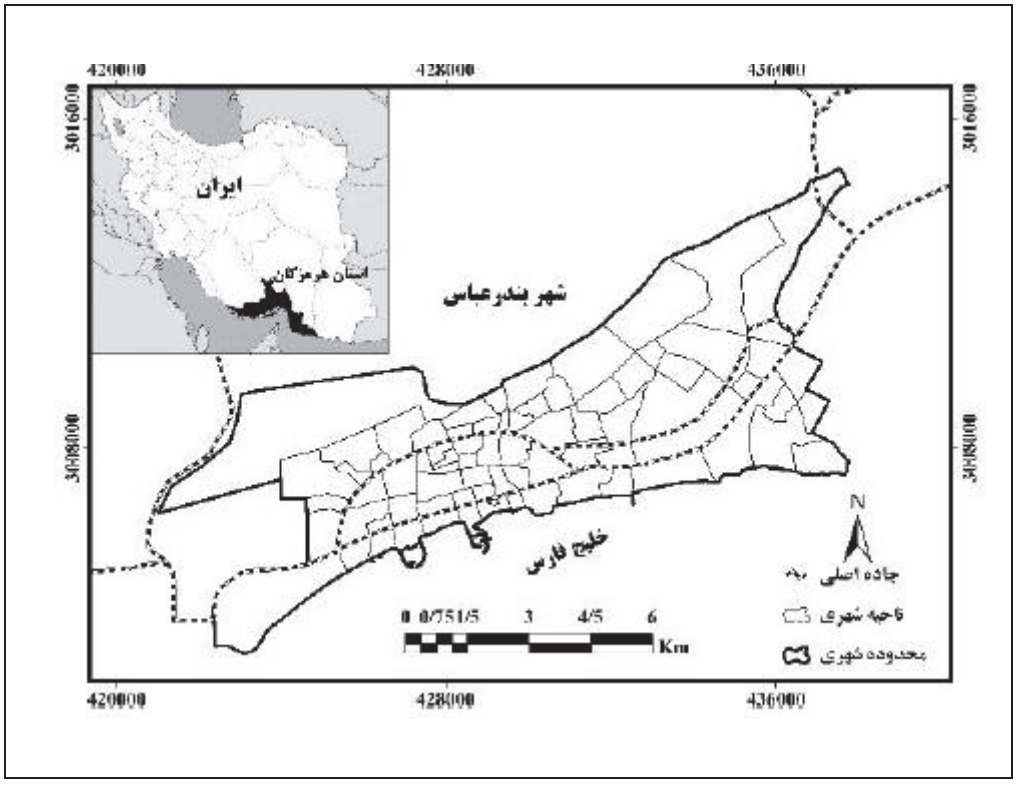
۲-۳: ویژگی های اقلیمی سواحل خلیج فارس

در این مناطق معدل دمای سالیانه ٢٤ تا ۲۷ درجه و نوسان دمای سالیانه ۱۹ تا ۳۱ درجه است. درتابستان، متوسط حداکثر دما در طی روز حدود ۲۰ تا ٢٦ درجه و متوسط حداقل دما در طی شب حدود ۱۰ تا١٦درجه است. یخبندان

هیچ وقت اتفاق نمی افتد. بارندگی سالیانه ۱۰۰ تا ۲۸۰ میلی متر است که به صورت رگبارهای شدید و غالباً طی چند روز در فاصله زمانی اواخر آذر تا اول فروردین فرو می ریزد. رطوبت نسبی هوا حداقل ۳۵ تا ۵۵ درصد و حداکثر ۷۰ تا ۸۵ درصد می باشد. زمستان ها حدود ٦۰ درصد و تابستانها حدود ۸۰ درصد مواقع روز هوا آفتابی است. از نظر آسایش این اقلیم دارای تابستان های بسیار گرم ومرطوب و زمستان های معتدل است. در این اقلیم در تمام سال، روزها به وجود سایه نیاز است. در عین حال ۷تا ۹ ماه علاوه بر سایه، بهره گیری از وسایل سرما ساز و رطوبت گیر نیز ضروری است (طاهباز، ۱۳۷۷).

۲-٤: موقعیت جغرافیایی شهر بندرعباس

شهر بندرعباس روی عرض جغرافیایی ۲۷ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ٥٦ درجه و ۱۸ دقیقه شرقی با ارتفاع ١٦ متر از سطح دریا در سواحل شمالی خلیج فارس و مشرف به تنگه هرمز قرارگرفته است (مشیری، ۱۳۸۵، ص۳).در شکل ۱ موقعیت شهر بندر عباس نشان داده شده است .



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی شهر بندر عباس

Source: Hormozgan Province Road Construction Department

۲-۵: ویژگی های اقلیمی شهر بندرعباس

با توجه به اینکه شهر بندر عباس در گروه بندی میزان مصرف انرژی (مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان ایران) در گروه نیاز به انرژی زیاد قراردارد و کاهش مصرف انرژی در این دسته از شهرها از اولویت های کشور است؛ مکان

پژوهش شهر بندر عباس انتخاب شده است. شهر بندرعباس در جنوب استان هرمزگان واقع شده و از نظر تقسیمات کشوری و سیاسی مرکز این استان است . ازعواملی که در شکل گیری اقلیم بندر عباس از اهمیت خاصی بر خوردارند، میتوان از عرض جغرافیایی نزدیک به دریا، کمی ارتفاع، نقش دریا در افزایش رطوبت، برخورداری از بادهای مدیترانه ای و موسمی، وجود دو نوع رژیم بارش و... نام برد که هر یک به نوعی بر چهره معماری و شکل گیری محیط مسکونی تآثیر میگذارند.

متوسط دمای هوای سالانه بندر عباس ۲۵/۹ درجه سانتیگراد و اختلاف دمای سالانه ۲۵ درجه سانتیگراد است و تقریباً همیشه در گروه رطوبتی سوم (۷۰٪ –۵۰٪) قرار دارد. میزان بارندگی نا منظم و کم و متوسط آن در حدود ۱۸۰ میلیمتر است. به علت قلت بارندگی و عدم ریزش آن در حدود شش ماه از سال، سطح زمین خشک بوده و به آسانی اشعه خورشید را منعکس می کند و باعث افزایش دمای هوا و مختل نمودن منطقه آسایش خواهد بود. بنابراین به مدت هفت ماه از سال بسیاری از فعالیت‌های انسانی در شرایط بسیار گرم صورت می گیرد که نتیجه آن تعریق فراوان بوده و وجود یک جریان هوای ممتد به منظور تبخیر نمودن عرق و خنک شدن بدن کاملاً ضروری به نظر می رسد.

با اندک کاهش رطوبت هوا، تقریباً در پنج ماه از سال متوسط رطوبت از ۹۵/۵ ٪ پایین تر نمی آید، مشاهده می‌شود که نیاز مبرم به یک جابجایی حرارتی وجود دارد. به طور کلی در ماه‌های فروردین، خرداد، تیر، مرداد شهریور و مهر به واسطه بالا بودن رطوبت نسبی، گردش جریان هوا ضروری ودر بهمن ماه گردش جریان هوا مطلوب است. ولی در ماههای اردیبهشت، آبان، آذر و دی به واسطه اندک خشکی هوا، انتقال حرارت کند است؛ که برای به دست آوردن منطقه آسایش شدیداً نیازمند جابجایی حرارتی می باشد. روی هم رفته در ماه‌های دی و بهمن روزها هوا در منطقه آسایش و شب‌ها خنک است. در ماه اسفند، روز و شب در منطقه آسایش است و در فروردین روزها گرم و شب، منطقه آسایش و در ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور و مهر روز و شب گرم است و در ماه آبان روز گرم و شب منطقه آسایش، ودر ماه آذر روز منطقه آسایش و شب خنک است. در این اقلیم منطقه آسایش داخلی تا حدود زیادی به چگونه استفاده کردن از جریان هوا و حفاظت در مقابل تابش اشعه گرمایی خورشید بستگی دارد.[1] در شهر بندر عباس ٤٤٩ پروانه با سطح زیر بنای ۵۷۹۸٤۷ متر مربع صادر شده است از ٤٤٩ پروانه ای که در بندر عباس صادر شده است ۳۱۷ پروانه مسکونی می باشد و۲۵۳ پروانه تعداد طبقات ۵ وبالاتر می باشد و٤٤٦ پروانه دارای اسکلت بتنی می باشند و۱۷٦ پروانه دارای ۵ واحد وبیشتر می باشند (مرکز آمار ایران، بهار ۹٦).

برای انجام این تحقیق در ابتدا یک ساختمان با پلان متداول در شهر بندر عباس شامل ٦ طبقه با پیلوت وزیر بنای متداول به عنوان نمونه موردی با جزئیات اجرایی مشخص انتخاب می گردد. این ساختمان که در این تحقیق محاسبه می‌گردد می تواند نتایج مطالعه را در شهر بندرعباس تا حدودی تعمیم پذیر کند. نقشه ساختمان شاهد در

[1] مطالب ارائه شده در این بخش از آمار هواشناسی استان هرمزگان تهیه شده است

زمینی به مساحت ۲۹٦,٤ متر مربع و به ابعاد ۱۲,۳۵ و۲٤ متر قرار دارد. این ساختمان دارای شش طبقه روی همکف و یک طبقه در همکف است که مساحت هر طبقه ۱۹٤,٤ متر مربع می باشد. مجموع کل مساحت ساختمان ۱۵۵۳ متر مربع و این ساختمان با دیوار بلوک سفالی و نمای سنگ وکف طبقات از سرامیک است.

۳- پیشینه

دیکس (Dixit،۲۰۱٤) در تز دکترای خود با عنوان (روش ها ودستور العمل های محاسبه انرژی نهفته) بیان می کند که مجموع انرژی نهفته موجود در مصالح مورد استفاده در ساخت ساختمان به عنوان انرژی نهفته شناخته شده است. ادول لوف در تز دکترای (Rauf, 2015) خود و کازا نیز در تحقیق خود انرژی نهفته ساختمان را با نرم افزار اکسل محاسبه کرده‌اند. در محاسبات ایشان نمونه های موردی پلان ساختمان به اجزای معماری شامل دیوار و کف و سقف و درب ها و پنجره ها تقسیم شده اند و جزئیات مصالح تشکیل دهنده هر قسمت مشخص و سپس انرژی نهفته ساختمان محاسبه شده است (۲۰۱۳ ، cabeza) . مجموع انرژی نهفته یک ساختمان ممکن است با جمع آوری انرژی نهفته در ارتباط با عناصر ساختمان تخمین زده شود، بنابراین مجموع انرژی نهفته از انرژی نهفته در ارتباط با کف، دیوارها و سقف، بدست می آید .

آبادگیری در پایان نامه خود انرژی نهفته و هزینه مصالح ساختمانی برای پنج ساختمان را مورد مطالعه قرار داده است. در پایان نامه آبادگیری انرژی نهفته برای تمام ساختمان ها در سطح مواد و سطح پروژه محاسبه شده است. در سطح مواد، کل ساختمان به مصالح ساختمانی تقسیم شده و هزینه این مواد برای محاسبه انرژی نهفته استفاده شد (Abdagiri، 2017). در مقاله باردان (Bardhan، 2011) انرژی نهفته در یک آپارتمان مسکونی معمولی چند طبقه با سازه بتن مسلح در شهر کلکته هند محاسبه و نتایج تجزیه و تحلیل شده است و یافته های گزارش با برخی تحقیقات مشابه در ژاپن و هند مقایسه شده است. مقدار ۹,۳٦ گیگا ژول انرژی نهفته برای هرمتر مربع ساختمان بدست آورده است .

کرفورد در مقاله خود مصالح ساختمانی را تقسیم کرده و در یک پلان مسکونی پس از تقسیم آن به زیر فضاهای دیوار داخلی ودیوار خارجی، کف، سقف ودرب ها و پنجره ها وتقسیم هر کدام به جزئیات مختلف انرژی نهفته کل ساختمان را محاسبه کرده است. وی مقدار ۷,۵ گیگا ژول برای هر متر مربع ساختمان را بدست آورده است. زمانی که مواد با انرژی نهفته کمتر جایگزین شد، انرژی نهفته به ٤/۵ GJ مترمربع کاهش یافت یعنی ۲۸ درصد کاهش یافت. این صرفه جویی راهی مناسب برای کاهش انرژی نهفته در بخش ساخت و ساز مسکونی خواهد بود (۲۰۱۳، Crawford).

انرژی مورد نیاز برای ساخت مصالح ساختمانی مختلف ممکن است به طور قابل توجهی متفاوت باشد، که بر انرژی اولیه نهان یک ساختمان تأثیر می گذارد. به همین ترتیب، تغییرات در مصالح مختلف می تواند منجر به تغییرات قابل ملاحظه ای در انرژی نهفته باشد. محدوده تغییرات در انرژی ساختمان با توجه به انتخاب مصالح مهم است. به وسیله انتخاب مصالح انرژی نهفته ساختمان محاسبه شده است در این تحلیل چهار عنصر اصلی خانه در نظر گرفته

شده است: سقف، دیوارهای خارجی، پنجره ها و کف تا سه مصالح جایگزین برای هر یک از این عناصر، نشان داده شده است (Rauf, 2016).

مرکز تحقیقات ساختمانی،دانشگاه ویکتوریا ولینگتون در کشور نیوزلند تحقیقاتی در ارتباط با انرژی نهفته مصالح ساختمانی انجام داده است که در بسیاری از مقالات از این جداول استفاده شده است. این مطالعات در سال ۲۰۰۱ و۲۰۰۳ و۲۰۱۰ انجام شده است. دانشگاه بت انگلیس (Hammond, 2008)مقدار انرژی نهفته مصالح را بدست آورده است که در بررسی ادبیات تحقیق داخلی وخارجی محققین برای محاسبه انرژی نهفته ساختمان از این اطلاعات استفاده کرده بودند. مرادی وهمکاران (Moradi,2012) برای محاسبه ساختمان ۷ طبقه در تهران ونرجس فروزان (Forouzan2016) در پایان نامه خود برای محاسبه انرژی نهفته از مقدار عددی گزارش های دانشگاه بت (Hammond, 2008) استفاده کرده اند.

در این تحقیق به منظور اطمینان از دقت محاسبات مقدارانرژی نهفته مصالح ساختمانی از جداول هردو استاندارد استفاده شده است و در صورت مواجه شدن با مقادیر مختلف در مورد یک مصالح از میانگین اندازه ها در تحقیق استفاده شده است. شایان ذکر است در صورت محاسبه انرژی نهفته برخی مصالح ساختمانی در کشور و در دسترس بودن اطلاعات آن، بکارگیری این اعداد به دقت محاسبات این تحقیق کمک خواهد کرد.. در بررسی داخلی انرژی نهفته مصالح ساختمانی محاسبه نشده بود اما در تحقیقات سازمان ملی استاندارد ایران و ترازنامه انرژی ایران شاخص انرژی مصرفی برای تولید مصالح ساختمانی مشخص شده است .در جدول ۱ مقدار انرژی نهفته تعدادی از مصالح که در تحقیق استفاده شده است آورده شده است .

جدول ۱: انرژی نهفته مصالح ساختمانی[1]

مصالح	انرژی نهفته نسبت به وزن MJ/kg	انرژی نهفته نسبت به حجم MJ/M3	مصالح	انرژی نهفته نسبت به وزن MJ/kg	انرژی نهفته نسبت به حجم MJ/M3
آلومینیم	191	515700	سنگ	0.04	63
کاغذ دیواری	25.5	33670	گچ	4.4	6424
پلی استایرن	117	2340	قلوه سنگ	0.1	36
سیمان	7.8	15210	سرامیک	2.5	5250
ملات سیمان	2	3200	آجر	7.2	14760
شیشه	15.9	37550	کاشی	2.5	5250
بتن سقف	0.81	2400	بتن	2	2350

[1] www.bath.ac.uk/mech-eng/sert/embodied

٤- محاسبه انرژی نهفته ساختمان شاهد

در ابتدا با توجه به اطلاعات میدانی جزئیات متداول معماری در شهر بندر عباس بدست آمد با توجه به تعریف انرژی نهفته و موضوع تحقیق در این مقاله انرژی نهفته کل ساختمان در بخش معماری با توجه به حجم مصالح مصرفی در ساختمان برای هر متر مربع ساختمان محاسبه گردیده است. سپس با تغییر متغیرهای مصالح وجزئیات مجدد مدل سازی انجام گردیده ومجاسبات انرژی نهفته بدست آمده است در جدول ۲ انرژی نهفته ساختمان شاهد آورده شده است . انرژی حمل ونقل، انرژی تخریب و انرژی نهفته بخش سازه ساختمان در این تحقیق در نظر گرفته نشده است.

جدول۲: انرژی نهفته ساختمان شاهد

مساحت ساختمان	انرژی نهفته MJ	انرژی نهفته GJ	نرژی نهفته GJ/M۲
۱۳۵۳	2559963.2	2560.0	1/9

(Source: Research Findings)

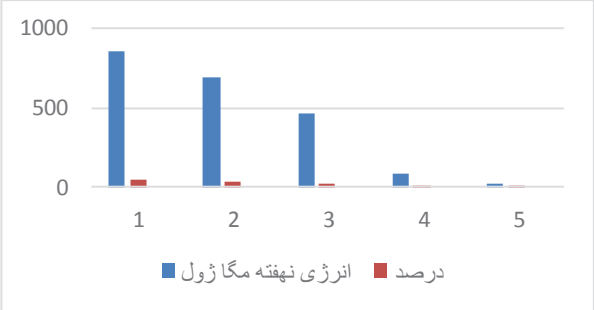
٤-۱- تحلیل جدول محاسبه انرژی نهفته کل ساختمان

با توحه محاسبات وخروجی های ساختمان مورد تحقیق ملات ماسه وسیمان بیشترین درصد انرژی نهفته را در ساختمان دارد.وپس از آن بتن کف سازی و عایق رطوبتی وکمترین انرژی نهفته را دارد . انرژی نهفته هر متر مربع ساختمان در بخش معماری در ساختمان شاهد ۱,۹ گیگا ژول برای هر متر مربع بدست آمده است

درجدول ۳ و نمودار ۱ مشخص است کف ها با ٤۰,۵ درصد و دیوارها با ۳۲,٤ درصد و نازک کاری با ۲۱ درصد بیشترین مقدار انرژی نهفته بخش معماری را شامل می شوند در مقایسه با تحقیق تومارک (Thormark, 2000)که انرژی نهفته بخش سازه ۵۵ درصد و معماری ٤۵ درصد بدست آمده است درصد دیوار با تناسب کل ۱۷ درصد وکف ها ۲٦ درصد می باشد. عدد بدست آمده در این تحقیق به نمونه های دیگر کشورها نزدیک است.

جدول ۳: مقایسه انرژی نهفته در اجزای ساختمان شاهد

	نوع فضا	درصد	انرژی نهفته مگا ژول
۱	کف	40.5	857.13
۲	دیوار	32.4	686.51
۳	نازک کاری	22.1	468.54
٤	درها وپنجره ها	4.1	87.17
۵	پله ها	0.8	16.61



نمودار ۱: مقایسه انرژی نهفته دراجزای ساختمان شاهد

(Source: Research Findings)

۵- متغیرهای موثر بر انرژی نهفته

در این تحقیق پس از مطالعات میدانی و بررسی ادبیات تحقیق عوامل طراحی موثر شامل: نوع مصالح، جزئیات اجرایی، محل قرار گیری مصالح، مصالح نما، ابعاد واندازه ها، ارتفاع ساختمان و سطح زیر بنا به عنوان متغیرهای مستقل تاثیر گذار بر انرژی نهفته کل ساختمان تعیین شده اند که در ادامه تاثیر هر کدام از متغیرها بر انرژی نهفته کل سنجیده شده است.

۵-۱- تغییرات در مصالح دیوار

با توجه به جدول ۳ انرژی نهفته دیوار ها ۳۲ درصد انرژی نهان کل می باشد. با توجه به جزئیات متداول که از مطالعات کتابخانه ایی ومیدانی بدست آمده است مصالح بکار رفته در دیوارها یا همان متغیرهای مستقل تغییر داده شده است و انرژی نهفته کل محاسبه شده است. همانطور که در جدول ٤ مشخص است دیوار آجری بیشترین و بلوک سفالی کمترین انرژی نهفته را دارد و برای هر متر مربع ساختمان اختلافی برابر با ۳,۸۵ گیگا ژول برای هر متر مربع را شامل می شود که عدد قابل توجهی است. با توجه به اینکه بیشترین مصالح دیوار در شهر بندر عباس بلوک سفالی می باشد انرژی نهفته با بلوک سفالی ۱,۹ گیگا ژول در هر متر مربع می باشد که عدد قابل قبولی می باشد .

مصالح دیوار نقشی زیادی بر تغییرات انرژی نهفته کل ساختمان دارد. نتایج کازا در تحقیق حاکی از آن بود که در حالی که نوع دیوار تاثیربسزایی درمیزان مصرف انرژی نهفته خواهد داشت. درزمینه مدیریت مصرف انرژی دیوارها درساختمان، لیو کونگ درمقاله خود، پیشنهاداتی را درخصوص تعدیل و کاهش مصالح پرمصرف در ساخت دیوارهای رایج با روش‌های سنتی مطرح نموده است و با استفاده از روش طبقه بندی آب و هوایی و تحلیل پوششی داده‌ها، به ارزیابی مصالح مختلف پرداخته است (Lee , 2011: 18).

جدول ٤ :انرژی نهفته کل با تغییر مصالح دیوار

انرژی نهفته هر متر مربع	انرژی نهفته GJ/M2	انواع دیوار
۹۱.	2491.44	بلوک سفالی
2.24	3029.70	آجر ۵*۱۰*۲۱,۵
2.56	3468.57	بلوک لیکا با پلی استایرن میانی
2.03	2745.81	بلوک لیکا
2.21	2988.03	پانل دیوار
3.06	4144.88	دیوار با بلوک سفالی وپلی استایر ن میانی
2.80	3789.36	بلوک سفالی توخالی
3.06	4144.88	دیوار با بلوک پوکه سیمانی سبک وپلی استایرن میانی
2.44	3305.35	بلوک دو لایه AAC
1.97	2664.20	بلوک AAC
3.43	4646.68	بلوک بتنی (AAC)
5.69	7691.81	دیوار آجری

(Source: Research Findings)

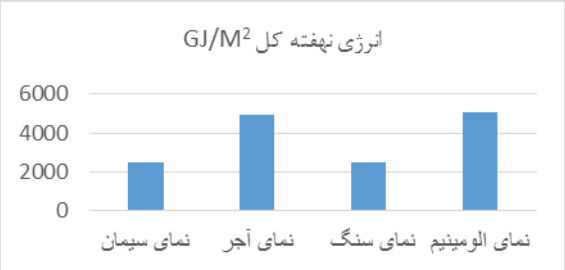
۵-۲- تغییر مصالح نمای ساختمان

با توجه به درصد انرژی نهفته دیوار ها این بار متغیر مستقل مصالح نما انتخاب شده است و انرژی نهفته کل ساختمان پس از مدل سازی ساختمان در نرم افزار محاسبه شده است . پس ازمحاسبه انرژی نهفته کل ساختمان شاهد با نمای آلومینیم، انرژی نهفته کل ۵۰٦٦ گیگا ژول و با نمای سیمان ۲۵۰٦ گیگا ژول بدست می آید که با توجه داده ها که انرژی نهفته ۲٤۹۱ گیگا ژول بدست آمده است؛ تفاوت میزان انرژی زیاد بوده و برای هر متر مربع ۱,۸۹ گیگا ژول اختلاف انرژی نهفته بدست می آید. نتیجه محاسبات نشان داد که نمای آلومینیم بیشترین و سیمان کمترین انرژی نهفته را دارد (جدول ۵ و نمودار ۲). با توجه به تحقیق گابیه (Gabbaie،۲۰۱۱) که نتایج آن در این مقاله بکاربرده شده است؛ مقدار انرژی نهان برابر ۹,۵٦ گیگا ژول برای هر متر مربع ساختمان بدست آورده است که نشان می دهد که فولاد و سیمان بیشترین سهم انرژی نهفته ساختمان را شامل می شود. نتایج تحقیق به این اعداد نزدیک است. اما در مطالعات میدانی بیشترین نمای بکار رفته در شهر بندر عباس سنگ می باشد که انرژی نهفته با نمای سنگ ۱,۸٤ گیگا ژول برای هرمتر مربع ساختمان بدست امده است. اما با تغییر نمای ساختماتن به الومینیم وبدون هیچگونه تغییری دیگر در ساختمان انرژی نهفته کل برای هر متر مربع ساختمان ۳/۷٤ گیگا ژول برای هر متر مربع بدست می آید که با توجه به مصرف برق این ساختمان که از قبص ماهانه برق بدست آمده است و پس از ۰/۵٦ مگا ژول در هر متر مربع در سال می باشد می بینیم که نمای الومینیم برابر با مصرف ۷ سال برق مصرفی می باشد .

جدول ۵ : انرژی نهفته کل با تغییر متغیرمصالح نما

انرژی نهفته	نمای سیمان	نمای آجر	نمای سنگ	نمای الومینیم
انرژی نهفته کل GJ/M۲	۲۵۰۶	۴۹۲۸	۲۴۹۱	۵۰۶۶
انرژی نهفته برای هر متر مربع	۱,۹	۳,۶۴	۱,۸۴	۳,۷۴

(Source: Research Findings)



نمودار ۲: انرژی نهفته کل با تغییر مصالح نما

(Source: Research Findings)

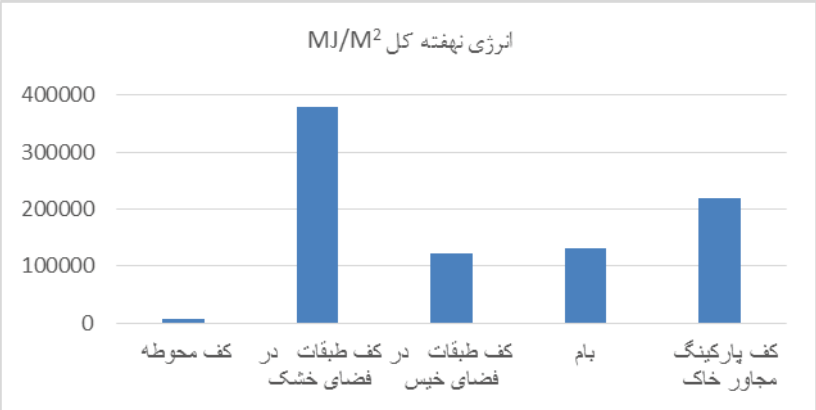
۵-۳- انرژی نهفته کف ها

همانطور که در جدول ۳ مشخص است انرژی نهفته کف ها ۴۰ درصد انرژی نهفته کل ساختمان را شامل می شود. دو عامل مساحت کف ها برای هر جزئیات و مقدار انرژی نهفته هر کدام از جزئیات کف ها عوامل موثر بر انرژی نهفته جزئیات است که این عوامل توسط معماران در زمان طراحی قابل کنترل می باشند. طبق جدول ٦ کف های طبقات در فضاهای خشک با توجه به سطح زیر بنای ۵۵,۹ درصد و کف محوطه با ٦ درصد بیشترین و کمترین مساحت را دارند در مقایسه با انرژی نهفته جزئیات کف محوطه کمترین وکف پارکینگ بیشترین انرژی نهفته را دارند. با توجه به اینکه در شهر بندر عباس بیشتر ساختمان ها ۵ تا ٦ طبقه ساخته می شوند وهمه دارای پارکینگ می باشند مصالح مناسب در پارکینگ باعث کاهش انرژی نهفته کل می گردد . همچنین سطح زیر بنای کمتر در زمان طراحی باعث کاهش انرژی نهفته می گردد.همچنین طبق جدول ٦ و نمودار ۳ با کاهش مساحت کف طبقلت در فضای خیس مانند آشپزخانه وسرویس های بهداشتی می توان انرژی نهفته را کاهش داد.

جدول٦ : انرژی نهفته کف های ساختمان

ردیف	جزئیات کف ها	انرژی نهفته MJ/M۲	مساحت متر مربع	انرژی نهفته کل MJ	درصد مساحت
۱	کف محوطه	87.5	87.9	7686.9	٦
۲	کف طبقات در فضای خشک	461.6	819	378009.5	55.9
۳	کف طبقات در فضای خیس	606.8	200.7	121792.8	۱۳,٦
٤	بام	625.0	209.1	130685.4	۱٤,۲
۵	کف پارکینگ مجاور خاک	1479.7	147.97	218952.2	۱۰

(Source: Research Findings)



نمودار ۳: انرژی نهفته کف های ساختمان

(Source: Research Findings)

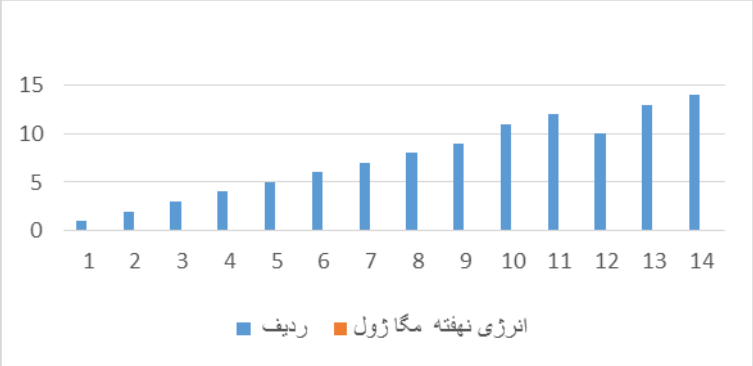
۵-٤- انرژی نهفته هر متر مربع جزئیات دیوار ساختمان

همانطور که در جدول۷ و نمودار ٤ مشخص است انرژی نهفته هرمتر دیوار جانپناه کمترین و انرژی نهفته دیوار بین فضای خشک داخل و خارج با نما بیشترین انرژی نهفته را دارد. دیوار محوطه با نما کمترین و دیوار بین فضای خشک داخل وخارج با نما بیشترین درصد مساحت کل را دارند. پس بهتر است که در انتخاب جزئیات ساختمان هم به انرژی نهفته جزئیات و هم متراژ ساختمان توجه شود. کم کردن هر متر مربع دیوارهای خارجی ۵۸۳ مگا ژول و کاهش هر متر مربع دیوار بین ۳,٦ تا ١٤٨,٦ مگاژول انرژی نهفته را کاهش می دهد. همچنین در جدول شماره۷مشخص است که انرژی نهفته کل دیوار داخلی بین دو فضای خشک و خیس با ٤١٢ متر مربع مساحت ١٣٩١٣٤,٦ مگا ژول انرژی نهفته دارد. دو عامل انرژی نهفته مصالح ساختمانی و سطح دیوارها عوامل موثر بر کاهش انرژی نهفته کل ساختمان می باشند با توجه به اینکه بیشترین ساخت وساز در شهر بندر عباس آپارتمان می باشد طراحان معماری در زمان طراحی می توانند با تغییر این دو متغیر باعث کاهش انرژی نهفته کل ساختمان گردند. همچنین طی مطالعات میدانی در شهر بندر عباس استفاده از بالکن ها با نرده های آلومینیم در جزئیات معماری متداول بود اما همانطور که در نمودار۳ مشخص است استفاده از نرده های استیل انرژی نهفته بالایی دارد .

جدول ۷: انرژی نهفته هر متر مربع جزئیات دیوار های ساختمان

ردیف	جزئیات دیوارها	انرژی نهفته مگا ژول	مساحت دیوار	درصد مساحت دیوار	انرژی نهفته کل جزئیات مگا ژول
1	دیوار جانپناه با نما	234.6	23.3	1.0	5462.5
2	دیوار بالکن با نما	234.7	41.8	1.9	9801.1
3	دیوار داخلی بین دو فضای خیس	243.4	29.6	1.3	7199.4
4	دیوارجانپناه بدون نما	246.4	14.5	0.7	3573.1
5	دیوار بین فضای خیس داخل و خارج بدون نما	247.1	54.3	2.4	13417.6
6	دیوار بین فضای خیس داخل وخارج با نما	248.4	90.0	4.0	22354.2
7	دیوار داخلی بین دو فضای خشک وخیس	337.4	412.4	18.5	139134.6
8	دیوار پله بدون نما	349.0	160.0	7.2	55836.8
9	دیوار محوطه با یک طرف نما	349.0	60.0	2.7	20938.8
11	دیوار محوطه با دو طرف نما	366.3	15.0	0.7	5493.9
12	دیوار بین فضای خشک داخل وخارج بدون نما	388.1	387.0	17.4	150175.4
10	دیوار بین فضای خشک داخل وخارج با نما	405.3	583.0	26.2	236307.4
13	دیوار داخلی بین دو فضای خشک	431.4	304.0	13.7	131145.6
14	دیوار بالکن نرده استیل	4224.0	52.0	2.3	219648.0

(Source: Research Findings)



نمودار ٤: انرژی نهفته هر متر مربع جزئیات دیوار های ساختمان

(Source: Research Findings)

۵-۵- بررسی متغیر ابعاد فضاها بر انرژی نهفته ساختمان

با توجه به اینکه برای ساخت هرمتر مربع ساختمان ۱٫۸ مگاژول انرژی در بخش معماری صرف می شود بدیهی است که افزایش هر متر مربع ساختمان تاثیر مستقیم بر انرژی نهفته دارد. همچنین در این تحقیق بدون تغییر در مساحت کل در پلان معماری ابعاد فضاها تغییر داده شده است تا از هدر رفتن مصالح کاشی و سرامیک جلوگیری شود. در کل ٦٥ متر مربع سرامیک کاهش پیدا کرد و پس از محاسبه مجدد ومدل سازی انرژی نهفته کل ٤٤ مگا ژول کاهش یافت. نتیجه گرفته شد که این متغیر بر کاهش انرژی نهفته موثر می باشد. در جدول۸ نتایج کل تغییرات

متغیرها آورده شده است. پس در طراحی معماری می شود با کاهش مساحت های غیر ضروری باعث کاهش انـرژی نهفته بود .

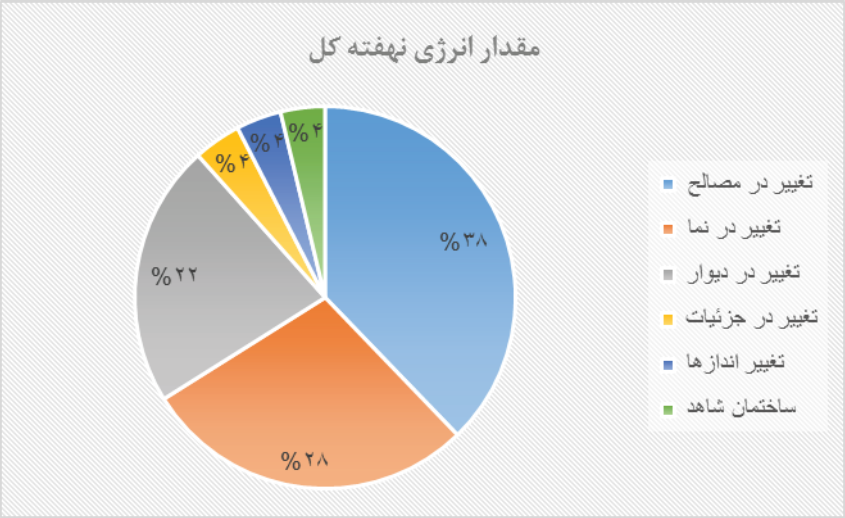
٦- نتایج و بحث

در جدول شماره ۸ و نمودار۵ تغییرات متغیرها آورده شده است. همـانظور کـه در جـداول بـالا مشـخص اسـت بـا انتخاب دو مصالح با انرژی نهفته بالا انرژی نهفته کل برای هر متر مربع سـاختمان در شـهر بنـدر عبـاس از ۱,۹ بـه ۱۸,۵ گیگا ژول برای هر متر مربع تغییر می کند. طبق جدول ۸ محاسبه انرژی نهفته کل در ساختمان شاهد ۱,۹ گیگـا ژول برای هر متر مربع ساختمان بدست آمده است؛ با تغییر در مصالح نما و دیوار ومحاسـبه انـررژی نهفتـه کـل در نرم افزار اکسل انرژی نهفته عدد ۱۸,۵ گیگا ژول برای هر متر مربع بدست آمد. با تغییر نما به آلـومینیم کـه در شـهر بندر عباس در اجرای نماها وجود دارد، این عدد ۱۳,۸ و با تغییر در دیوار ٦,۵ گیگا ژول بدست آمد که نشـان مـی-دهد انتخاب مصالح دیوار و نما در کاهش انرژی نهفته موثرتر هستند. تغییر در جزئیـات و انـدازه انـرژی نهفتـه کـل برای هر متر مربع کمتر تغییر کرده است و برای هر متر مربع به ترتیب عدد ۱,۹و ۱,۸ بدست آمد ه اسـت کـه همـین تغییر کم نیز وقتی در متر مربع ساختمان سازی دریک سال در شهر ضرب شود عدد قابل توجهی خواهد شـد. طبـق جدول ۷ انرژی نهفته هر متر مربع ساختمان در شهر بندر عباس با مصالح متداول ۱/۹ بدست مـی آیـد امـا بـا تغییـر مصالح و ابعاد وجزئیات این عدد تا ۱۸/۵ گیگا ژول قابل تغییر است که بیشترین تغییر در انتخاب مصالح است.

جدول ۸ : نتایج مرتبط با تغییر متغیرهای تحقیق

انـرژی نهفتـه هـر متـر مربـع MJ/M۲	انرژی نهفته کل MJ	تغییر متغیر ها
18.5	25010.0	تغییر در مصالح (نما و دیوار)
13.8	18715.7	تغییر در نما (آلومینیم)
6.5	14760.0	تغییر در دیوار (آجری)
2.0	2664.6	تغییر در جزئیات (نرده استیل)
1.9	2535.0	تغییر اندازها
1.9	2491.4	ساختمان شاهد

(Source: Research Findings)



نمودار ۵: نتایج مرتبط با تغییر متغیرهای تحقیق

(Source: Research Findings)

در این تحقیق به ارائه راهکارهای مرحله طراحی برای کاهش انرژی نهفته ساختمان توسط معماران پرداخته شده است به طور کلی متغیرهای بررسی شده در این تحقیق شامل ٦ دسته می باشد که در کل ۸۰ متغیر بررسی شده است که پس از بررسی و تحلیل هر کدام بر انرژی نهفته کل موثر ترین آنها نیز معرفی شده است. در ابتدا در جدول ۲، انرژی نهفته کل ساختمان مورد مطالعه در شهر بندر عباس به متراز ۱۳۵۳ متر مربع محاسبه و مقدار ۲٥٦۰ (گیگا ژول) و انرژی نهفته هر متر مربع ساختمان ۱,۹ گیگا ژول بدست امده است. نتیجه می شود که مقدار بدست آمده در این تحقیق به مقدار جهانی نزدیک و قابل قبول است.

سپس در جدول ۲ در متغیرهای تحقیق با توجه به تغییرات موثر در طراحی و بر اساس نمونه جزئیات بکار رفته در شهر بندر عباس تغییر داده شد ه و نتایج تحلیل شده اند. اولین متغیر مصالح ساختمانی بود که با تغییر مصالح انرژی نهفته برای هر متر مربع تا ۱۸,۵ گیگا ژول تغییر می کند. کرفورد در مقاله خود مصالح ساختمانی را تقسیم کرده و مقدار ۷,۵ گیگا ژول برای هر متر مربع ساختمان را بدست آورده است. زمانی که مواد با انرژی نهفته کمتر جایگزین شد، ، انرژی نهفته به ٤/٥ گیگا ژول در مترمربع کاهش یافت یعنی ۲۸ درصد کمتر شد. که معماران با انتخاب مصالح با انرژی نهفته کمتر در زمان طراحی می توانند انرژی نهفته کل ساختمان را کاهش دهند. همچنین معماران لازم است با توجه به اهمیت انتخاب مصالح برکاهش انرژی نهفته ساختمان در تمامی نقشه های ارائه شده به مراجع ذیصلاح جنس مصالح ابعاد وکارخانه سازنده را به طور کامل مشخص کرده و اگر نیاز بود انرژی نهفته ساختمان را محاسبه و با ذکر اختلاف در انرژی های نهفته مصالح پیشنهاد خود را ارئه کنند.

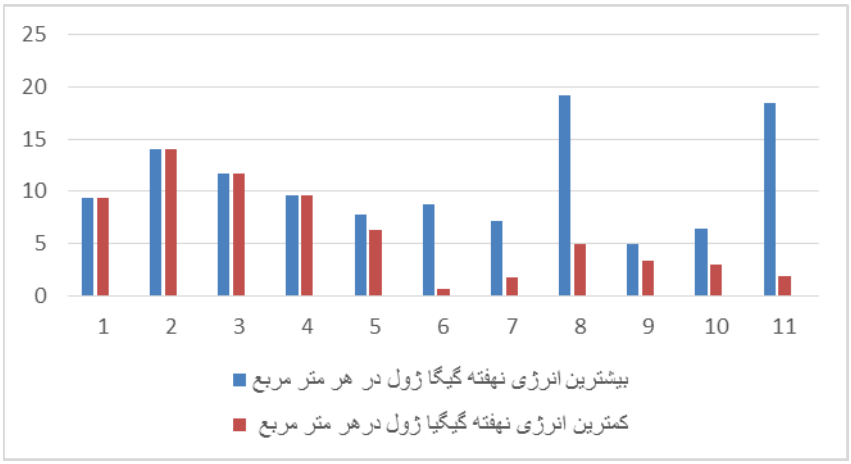
با تغییر متغیر مصالح دیوار ساختمان، طبق جدول ٤ انرژی نهفته کل بین ۱,۹ تا ٥,٦۹ گیگا ژول برای هر متر مربع ساختمان تغییر می کند. سپس با تغییر متغیر سوم، مصالح نمای ساختمان انرژی نهفته کل محاسبه گردیده است. انرژی نهفته کل بین ۱,۹ تا ۳,۷٤ گیگا ژول برای هر متر مربع ساختمان بدست آمده است. معماران برای انتخاب

مصالح با انرژی نهفته بیشتر در نما می توانند پیشنهاد مصالح بازیافتی را بدهند که در نمای آلومینیم این انرژی به طور قابل توجهی با آلومینیم بازیافتی کاهش می یابد. سپس در این مقاله درصد کف ها با توجه به جزئیات و درصد انرژی نهفته کف ها محاسبه گردید که مطابق با جدول ٦ معماران می توانند با دو گزینه انتخاب مصالح کف و سطح زیر بنای کف‌ها انرژی نهفته را کاهش دهند. برای انرژی نهفته دیوارها نیز طبق جدول ۷ مشخص است که مساحت دیوار و انرژی نهفته هر متر مربع انواع دیوار در انرژی نهفته کل ساختمان موثر می باشد که دیوار خشک بین فضای داخل و خارج بیشترین درصد دیوار ها ودیوار خارج وبالکن با نرده استیل بیشترین انرژی نهفته را دارند. در قسمت بعد ابعاد فضاها با توجه به هدر رفت مصالح تغییر داده شد که انرژی نهفته کل ٤,۰۸ گیگا ژول تغییر کرد که پیشنهاد می گردد معماران در زمان طراحی ابعاد واندازه های فضاهای ساختمانی را با توجه به ابعاد مصالح مصرفی مشخص کنند تا از پرتی مصالح جلوگیری شود و باعث کاهش انرژی نهفته شود. انرژی نهفته ساختمان شاهد در شهر بندر عباس با توجه به مصالح و جزئیات متداول که از مطالعات میدانی بدست آمد عدد ۱/۹ گیگا زول برای هرمتر مربع ساختمان بدست آمد، اما با تدابیر بکار رفته در زمان طراحی معماری می توان این عدد را کاهش داد. اما بدون توجه به محاسبات انرژی نهفته این عدد می توان تا ۱۸/۵ گیگا ژول در هر متر مربع تغییر کند. در جدول ۹ و نمودار ٦ مقاسیه بین انرژی نهفته هر متر مربع ساختمان که محقق بدست آوره است با نتایج بدست آمده از پیشینه تحقیق انجام گرفته است که اعداد بدست آمده در این تحقیق به سایر اعداد نزدیک است و همانطور که در جدول مشخص است با تغییرات در مصالح و راهکارهایی در زمینه صنعت ساختمان می شود انرژی نهفته هر متر مربع ساختمان را کاهش داد که در این تحقیق با راهکارهای طراحی معماری این کاهش صورت گرفته است .

جدول ۹: مقدار انرژی نهفته هر متر مربع در پیشینه تحقیق

ردیف	اسامی	کشور انجام تحقیق	مقدار انرژی نهفته(گیگا ژول در هر متر مربع)
۱	Bardhan	هند	9.36
۲	Fay	استرالیا	14
۳	Treloar	استرالیا	11.7
٤	Gibbie	آمریکا	9.56
٥	Crawford	هلند	6.3
٦	Ding	استرالیا	0.6
۷	Bilec	آمریکا	1.7
۸	Ding	استرالیا	5
۹	Huberman,	آلمان	3.28
۱۰	Koezjakov	دانمارک	3
۱۱	نتایج محقق	ایران	1.9

(Source: Research Findings)



نمودار ٦: مقدار انرژی نهفته هر متر مربع در پیشینه تحقیق

(Source: Research Findings)

۷-نتیجه گیری و دستاورد علمی پژوهشی

مصرف انرژی در سطح جهان به شکل روز افزونی در حال افزایش است از بین رفتن منابع انرژی وآثار مخرب محیط زیست مانند گرم شدن کره زمین ،تخریب لایه اوزون وتغییرات اقلیمی نتایج مستقیم افزایش مصرف انرژی می باشد .وبا توجه به اینکه ٤٠ درصد مصرف انرژی در صنعت ساختمان می باشد کاهش این انرژی کمک بزرگی به کاهش مصرف انرژی وتغییرات اقلیمی می کند .معماری در دنیای مدرن تمرکز بیشتری بر حفظ محیط و منابع آن دارد.. شایع ترین چیزی که معماران و مهندسان در حال تلاش برای بهبود آن هستند، مصرف انرژی ساختمان پس از ساخت یا همان انرژی مصرفی ساختمان پس از بهره برداری. می باشد اما انرژی مصرف شده در فرایند ساخت یک خانه مقدار زیادی از منابع را دریافت می کند،و مطالعات مرتبط با ساختمان ها نشان داده است که، انرژی نهفته فاز ساخت ٤٠ تا٦٠ درصد از کل انرژی مصرفی ساختمان را به خوداختصاص داده است بنابراین از طریق ارزیابی انرژی زمان ساخت (انرژی نهفته) می توان یک راه حل برای مشکل انرژی را انتخاب کرد.تجزیه و تحلیل انرژی نهفته، یک راه حل برای مشکل شناخته شده انرژی جهان و بخش ساخت و ساز است .

بنابراین این تحقیق سعی دارد تا به مطالعه کاهش مصرف انرژی نهفته در ساختمان بپردازد که معماران در زمان طراحی می توانند در کاهش آن موثر باشند و در پی آن است که استفاده از مصالح ساختمانی و جزئیات اجرایی ساختمان و ابعاد فضاها را با نگاه کاهش مصرف انرژی مورد بررسی قرار دهد. با توجه به هدف کلی این تحقیق که کاهش انتشار گازهای گلخانه ای وحفظ محیط زیست با کاهش انرژی نهفته ساختمان می باشدواز طریق اهدافی مانند کاهش انرژی نهفته ساختمان از طریق ارائه راهکارهای مناسب برای مراحل طراحی در زمان برنامه ریزی می باشد محقق شهر بندر عباس را که در گروه بندی میزان مصرف انرژی در گروه نیاز به انرژی زیاد قراردارد و

کاهش مصرف انرژی در این شهرها ازاولویت های کشور می باشد را انتخاب کرده است و مدل تحقیق یک ساختمان ٦ طبقه و٦ واحد در این شهر انتخاب شده است که قابل تعمین دادن به کل نیز می باشد . در نخستین گام دراین تحقیق انرژی نهفته مصالح ساختمانی از پیشینه پژوهش خارج کشور بدست آمده است سپس با توجه به مطالعات میدانی وکتابخانه ای مصالح متداول در شهر بندر عباس وجزئیات اجرایی از مطالعات میدانی وکتابخانه ای بدست آمده است سپس در برنامه اکسل انرژی نهفته کل ساختمان مدل تحقیق با تغییر مصالح مختلف وجزئیات بررسی ودر جداول ونمودارها نتایج تحلیل گردیده است .

همچنین در این مقاله پس از محاسبه انرژی نهفته هر متر مربع ساختمان در شهر بندر عباس و محاسبات انرژی نهفته همان ساختمان با تغییرات متغیرهای طراحی که بیش از ۸۰ متغییر می باشدانرژی نهفته ساختمان بین ۱/۹ تا ۱۸/۵ مگا ژول برای هر متر مربع ساختمان متغییر بود که این تغییر ثابت می کند که فرضیه تحقیق که برخی راهکارها در مرحله طراحی ساختمان می توانند بر کاهش انرژی نهفته ساختمان در بندرعباس موثر باشند. درست می باشد وبا توجه به تغییرات متغیرهای تحقیق در زمان طراحی مانند مصالح نما وجزئیات نما ومصالح دیوارها وکف ها وجزئیات دیوارها وکف ها می توان به این سوال تحقیق که معماران چگونه می توانند انرژی نهفته ساختمان را کاهش دهند؟ پاسخ داد ه شده است . راهکارهای ارائه شده در این تحقیق در ساختمان های دیگر بر اساس محاسبه انرژی نهفته هر ساختمان قابل تعمیم است. این مقاله نشان داد که در شهرهای با اقلیم گرم ومرطوب که دارای مصرف انرژی بالایی هستند مانند شهر بندر عباس می توان با کاهش انرژی نهفته مصرف انرژی را در صنعت ساختمان کاهش داد. در زیر تعدادی از این راهکارها ارائه شده است.

۱- در طراحی معماری اقلیمی گرم و مرطوب شهر بندرعباس، استفاده از حیاط مرکزی و بالکن در جبهه های ساختمان پیشنهاد می شود؛ اما با توجه به محاسبات انرژی نهفته و با توجه به تحلیل اقلیمی شهر بندرعباس که سه ماه از سال می توان از تهویه طبیعی استفاده کرد و بیشتر ماه-های سال باید از خنک کننده‌ها استفاده کنند سقف ها و دیوار های اضافه در ساختمان باعث افزایش انرژی نهفته می گردد.

۲- با توجه به انرژی نهفته بالای نرده های استیل و نماهای آلومینیم در شهر بندرعباس سازمان های مرتبط با طراحی ساختمان دستورالعمل هایی را صادر نمایند که استفاده از مصالح با انرژی نهفته بالا کمتر استفاده شوند یا از مصالح بازیافتی استفاده شود.

۳- ابعاد و اندازه ها در طراحی معماری با توجه به ابعاد مصالح طراحی شود تا از هدر رفتن مصالح جلوگیری شود.

٤- با توجه به این تحقیق، انتخاب مصالح دیوار و نما بیشترین تاثیر را در افزایش انرژی نهفته دارد. که با توجه به درصد بالای مصالح دیوار در ساختمان معماران در طراحی دیوارها، انتخاب مصالح با انرژی نهفته کمتر در دیوار، انتخاب مصالح با جرم حجمی کمتر وجلوگیری از طراحی دیوارهای غیر ضروری نقش مهمی در کاهش انرژی نهفته ساختمان دارند .

۵- با توجه به اهمیت نقش انتخاب مصالح در کاهش انرژی نهفته ساختمان و انرژی کل ساختمان لازم است معماران در انتخاب مصالح، جزئیات و ابعاد و فضاها، محاسبات انرژی نهفته را انجام دهند و در نقشه های طراحی شده برای سازمان های زیربط نقشه های جزئیات ساختمان با مشخصات مصالح شامل ابعاد و مشخصات سازنده را مشخص نمایند و همچنین جدول نازک کاری مصالح با مشخصات کامل را ارئه نمایند.

٦- با توجه به کاربردی بودن تحقیق در مطالعه میدانی محقق در ساختمان شاهد، مصرف سالانه با توجه به قبوض برق را بدست آورده است که ٥٦/. مگا ژول برای هرمتر مربع در سال می باشد که با توجه به محاسبات انرژی نهفته ساختمان شاهد در شهر بندر عباس ۱/۹ مگا ژول برای هر متر مربع بدست آمده است که همانطور که مشخص است انرژی نهفته زمان ساخت یک ساختمان با متراژ ۱۵۳۰ متر مربع برابر با مصرف سه سال برق مصرفی یک ساختمان می باشد و در صورت نادیده گرفتن انرژی نهفته در زمان طراحی در ساختمان این انرژی نهفته می تواند تا ۱۸/۵ گیگا ژول در هر متر مربع هم افزایش یابد که برابر با مصرف حدود ۳۰ سال مصرف برق همان ساختمان است. پس محاسبه انرژی نهفته ساختمان باید برای معماران در اولویت توجه قرار گیرد.

با بررسی دقیق تر در انرژی نهفته در یک ساختمان و مواد مورد استفاده در ساخت و استفاده از مصالح با انرژی نهفته مناسب و تصمیم صحیح در نگرش کلی به طراحی می توان تا حدودی راه گشای مشکلات زیست محیطی بود. بخش مهمی از مصرف انرژی می تواند با برنامه ریزی و پیش بینی روند ساخت یک ساختمان و تمام فعالیت های مرتبط با آن کاهش یابد. هدف کاربردی این پژوهش بر آن است که دست اندرکاران ساخت و ساز را ملزم کند که دستورالعمل هایی را برای محاسبات انرژی نهفته ساختمان در نقشه های مرحله طراحی در دستور کارخود قرار دهند و به سازندگان، طراحان و از جمله معماران کمک کند پس از محاسبات انرژی نهفته کل ساختمان انتخابی را در مصالح ساختمانی انجام دهند که باعث کاهش انرژی ساختمان و در نتیجه جلوگیری از تغییر اقلیم گردد.

References

1. Abdagiri, P. V. (2017). *Relationship Between Embodied Energy and Cost of Building Materials: A Case Study* (Doctoral dissertation).51
2. Akrami, & Alipour. (2017). The role of indigenous materials in sustainable architecture from an environmental perspective. Housing and the environment of the village, 35 (156), 29-48(.In Persian)
3. Aktas, C. B., & Bilec, M. M. (2012). Impact of lifetime on US residential building LCA results. The International Journal of Life Cycle Assessment, 17(3), 337-349.
4. Ali Soltani Lorgani, A Reflection of the Energy Behavior in the Process of Sustainable Design of Zero-End Energy Buildings(...In Persian)
5. Amini Tusi Hashem, (95) Guidelines for evaluating the life cycle of a building in the process of architectural design, dissertation for a master's degree, University of Tehran, Faculty of Fine Arts, Faculty of Architecture(,In Persian)
6. Atkinson, C., Hobbs, S., West, J., and Edwards, S., 1996. _Life cycle embodied energy and carbon dioxide emissions in buildings. 'UNEP Construction Industry & Environment 19(2): 29-31.
7. Azari, Rahman, and Narjes Abbasabadi. (2018)"Embodied energy of buildings: A review of data, methods, challenges, and research trends." Energy and Buildings 168: 225-235.
8. Bardhan, S. (2011). Embodied energy analysis of multi storied residential buildings in urban India. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, *143*, 411-421
9. Cabeza, L. F., Barreneche, C., Miro, L., Martínez, M., Fernández, A. I., & Urge-Vorsatz, D. (2013). Affordable construction towards sustainable buildings: review on embodied energy in building materials. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, *5*(2), 229-236.
10. Cabeza, L. F., Barreneche, C., Miró, L., Morera, J. M., Bartolí, E., & Fernández, A. I. (2013). Low carbon and low embodied energy materials in buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *23*, 536-542.
11. Crawford, R. H., & Stephan, A. (2013, January). The significance of embodied energy in certified passive houses. In Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology (No. 78, p. 453). World Academy of Science, Engineering and Technology (WASET).
12. Crawford, R. H., Czerniakowski, I., & Fuller, R. J. (2010). A comprehensive framework for assessing the life-cycle energy of building construction assemblies. Architectural science review, 53(3), 288-296
13. Crowther, P., 1999. ‹Design for disassembly to recover embodied energy. 'In the 16th annual conference on passive and low energy architecture, , Melbourne-Brisbane-Cairns, September, 1999,
14. Ding, G., 2004. The development of a multi-criteria approach for the measurement of sustainable performance for built projects and facilities. PhD Thesis, University of technology, Sydney.
15. Dixit, M. K., Culp, C. H., Lavy, S., & Fernandez-Solis, J. (2014). Recurrent embodied energy and its relationship with service life and life cycle energy: a review paper. Facilities, 32(3-4), 160-181.
16. Dixit, M. K., Fernández-Solís, J. L., Lavy, S., & Culp, C. H. (2010). Identification of parameters for embodied energy measurement: A literature review. *Energy and buildings*, *42*(8), 1238-1247
17. Energy Balance Sheet in 2006, Section 9(.In Persian)
18. Ezema, I. C., Olotuah, A. O., & Fagbenle, O. I. (2015). Estimating embodied energy in residential buildings in a Nigerian context. *International Journal of Applied Engineering Research*, *10*(24), 44140-44149
19. Forouzan, Narjes, Hajipour, Khalil, & Soltani. (2016). Investigation of energy consumption hidden in residential tissues Case study: Shiraz city. The Role of the World, 6 (1), 42-52. (In Persian)
20. Golzadeh, Pouya, Ramezanianpour, Amir Mohammad, 2015, Investigation of the role of building walls in energy consumption and carbon dioxide emission using life cycle assessment method, 3rd International Congress of Civil Engineering, Architecture and Urban Development, Tehran,

Permanent Secretariat Shahid Beheshti University International Congress of Civil Engineering, Architecture and Urban Development(In Persian)
21. Hammond, G., Jones, C., Lowrie, E. F., & Tse, P. (2011). Embodied carbon. *The inventory of carbon and energy (ICE)*.
22. Hammond, G., Jones, C., Lowrie, F., & Tse, P. (2008). *Inventory of carbon & energy: ICE* (Vol. 5). Bath: Sustainable Energy Research Team, Department of Mechanical Engineering, University of Bath
23. Haynes, R. (2010). Embodied energy calculations within life cycle analysis of residential buildings. Etet1812. Staging-Cloud. Netregistry, 1-16.
24. https://www.victoria.ac.nz/architecture/centres/.../ee-coefficients.pdf
25. Huberman, N., & Pearlmutter, D. (2008). A life-cycle energy analysis of building materials in the Negev desert. *Energy and Buildings*, *40*(5), 837-848.
26. Karim Pourali Reza, The Impact of Architectural Design Components on Energy Consumption in Residential Buildings Using Simulation Models (Case Study: Tehran) 2015 Thesis for PhD, Islamic Azad University, Central Tehran Branch(.In Persian)
27. Koezjakov, A., Urge-Vorsatz, D., Crijns-Graus, W., & Van den Broek, M. (2018). The relationship between operational energy demand and embodied energy in Dutch residential buildings. *Energy and Buildings*, *165*, 233-245
28. Lee, B., Trcka, M., & Hensen, J. L. (2011). Embodied energy of building materials and green building rating systems—a case study for industrial halls. *Sustainable Cities and Society*, *1*(2), 67-71
29. Mamqani Ghazi Jahani, Mahsa; Habib, Farah; Mofidi Shemirani, Seyed Majid; 2011, Energy Evaluation Structure for Sustainable Buildings, National Conference on Civil Engineering, Architecture, Urban Planning and Energy Management, Ardestan, Ardestan Branch.(In Persian)
30. Mofidi Shemirani, Seyed Majid, Tahabaz, Mehraban, & Aida. (2019). Comparison of evaluation criteria in environmental ranking and building sustainability systems; (Example: BREEAM, LEED, CASBEE, DGNB and HQE systems). Journal of Environmental Science and Technology, 20 (6), 297-333(In Persian)
31. Monteiro, A. C. S. (2015). *Assessing initial embodied energy in building structures using LCA methodology* (Doctoral dissertation).
32. Moradi Mohammad, Asghar, Hosseini, Seyed Baqer, 2012, Controlling the environmental effects of the building by measuring and reducing the hidden energy of the surface unit in the construction phase (Case study: 7-storey residential building in the north(.In Persian)
33. Myer, F., Fuller, R., & Crawford, R. H. (2012, January). The potential to reduce the embodied energy in construction through the use of renewable materials. In *ASA 2012: Building on knowledge, theory and practice: Proceedings of the 46th Annual Conference of the Architectural Science Association* (pp. 1-8). Architectural Science Association
34. Petrov, L. P. (2011). Low embodied energy materials in sustainable design. *Bachelor of Architectural Technology and Construction Management*.
35. Rauf, A. (2015). *The effect of building and material service life on building life cycle embodied energy* (Doctoral dissertation). Faculty of Architecture, Building & Planning ،The University of Melbourne،189
36. Rauf, A., & Crawford, R. H. (2015). Building service life and its effect on the life cycle embodied energy of buildings. Energy, 79, 140-148.
37. Surekha, B., Hegde, M. N., & Jagadish, K. S. (2016). Energy and Building Materials. *International Journal of Civil Engineering*, *5*, 13-24.
38. Thormark, Catarina. (2000)"Environmental analysis of a building with reused building materials." *International Journal of Low Energy & Sustainable Building* 1
39. Treloar GJ, Fay R, Ilozor B, P.E.D.Love. 2001 An analysis of the embodied energy of office buildings by height. Facilities; 19: 204-214.

40. Treloar, G. J. (1998). *Comprehensive embodied energy analysis framework* (No. Ph. D.). Deakin University.Deakin University, Victoria; 311
41. www.yourhome.gov.au/.../YOURHOME-3-Materials-1-EmbodiedEnergy
42. Yeo, D., & Gabbai, R. D. (2011). Sustainable design of reinforced concrete structures through embodied energy optimization. *Energy and buildings*, *43*(8), 2028-2033
43. Yousefi, Gholipour, & Yaghoub. (2018). Evaluating the energy consumption of a real residential building in Tehran. Journal of Fine Arts-Architecture and Urban Planning, 23 (1), 81-92(.In Persian)

Quarterly of New Attitudes in Human Geography (Summer) 2021, Vol. 13. No 3

Architectural Strategies Building Design to Reduce Embodied Energy in the Geographical and Climatic Location of Bandar Abbas

Azar Zinali kharagy
Department of Architecture, Kish International Branch, Islamic Azad University, Kish Island, Iran.
Niloufar Nikghadam *
Department of Architecture, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran .
Seyed Majid Mofidi Shamirani
Department of Architecture, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

Abstract
Residential buildings are responsible for a significant portion of energy consumption worldwide. Different materials are used in buildings and the construction of each material and its application in the construction of the building consumes energy. This energy consumption is the Embodied Energy that is less paid for in our country. The purpose of this study is to reduce the consumption of Embodied Energy in the building in order to protect the environment and climate change. In this article, based on the research background, the Embodied Energy will be reduced with architectural design solutions. First, according to the theoretical foundations of the research, the effective independent variables are explained. Then, the Embodied Energy of a 6-storey building in the hot and humid climate of Bandar Abbas, after modeling the effective components in the form of independent variables, is calculated in proportion to the type of building and the amount of material output in Excel software. The results in this article include two parts: theoretical results that are the product of text review and experimental results that are obtained from calculations and analyzed. The results of this study show that the Embodied Energy per square meter of the sample building in the geographical and climatic location of Bandar Abbas in the architectural department is 1.9 MPA per square meter, which can be changed by changing the design variables up to 18.5 MPA per square meter. ; Also, the highest percentage of Embodied Energy is related to walls and floors. The results of this study emphasize the need for calculations and attention to solutions to reduce the Embodied Energy in hot and humid climates (Bandar Abbas) that need to consume more energy for those involved in the building.

Keywords: Embodied Energy, architectural design, building materials, architectural solutions, Bandar Abbas climate

* (Corresponding Author) n_nikghadam@azad.ac.ir