

ساختمان های انرژی صفر یا صفر کربن حرکتی در راستای معماری اکولوژیکی

میترا خرازی صنعت شتریان*، کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بناب، ایران

M51_arch@yahoo.com

چکیده

امروزه یکی از مسائل مهم روزمره مطرح در صنعت ساختمان، مبحث انرژی و توسعه پایدار و به دنبال آن تشویق طراحان به حفاظت از انرژی و طراحی و معماری پایدار است. بی تردید گرم شدن کره زمین، تخریب لایه اوزن، افزایش آلودگی محیط زیست، انقراض گونه های زیستی، آلاینده های کربنی، مصرف بی رویه منابع تجدید ناپذیر و سوخت های فسیلی و برگشت ناپذیری آنها همگی باعث دو بحران زیست محیطی و انرژی شده است. در این میان بخش ساختمان، حدود ۴۰٪ کل انرژی مصرفی و ۲۴٪ از انتشار گازهای گلخانه ای را به خود اختصاص داده است و این درحالیست که نزدیک به نیمی از منابع انرژی های برگشت ناپذیر جهان مصرف شده اند، همین امر لزوم توجه بیشتر به این مساله و تلاش برای رسیدن به معماری پایدار را تایید می کند. تاریخچه ی بکارگیری از این نوع ساختمان های سبز به سالهای بعد از جنگ جهانی دوم برمی گردد که منابع انرژی محدود شد و مهندسان به تامین انرژی از طریق سیستم های گرمایش خورشیدی روی آوردند. در اوایل قرن بیستم در راستای کاهش آلودگی های زیست محیطی و مطرح شدن بحران انرژی، تغییر نگرشی اساسی در فناوری ساختمان و بهینه سازی مصرف انرژی صورت گرفت که نهایتاً در تکامل این روند ساختمان های سبز و انرژی صفر پیشنهاد و نمونه های اولیه آن ساخته شد. مقاله تحقیقی حاضر به بیان چگونگی بهره گیری از انرژی های تجدیدپذیر در طراحی یک ساختمان کربن صفر با هدف حل بحران آلودگی های زیست محیطی ناشی از ساختمان ها می پردازد کلیت این پژوهش و تحقیق کاربردی بوده و روش تحقیق توصیفی تحلیلی می باشد و بررسی منابع علمی و اسناد و مدارک کتابخانه ای در چهارچوب بحث انجام گرفته است. هم اکنون ساختمان انرژی صفر یا ساختمان برابند صفر یا ساختمان مستقل از انرژی یک ایده انرژی محور خلاقانه است که محققان توانسته اند پس از سالها تلاش به اصول طراحی پایدار یا اکولوژیکی آگاهی یافته و با استفاده علوم و تکنولوژی های مدرن در جهت رفع نگرانی های مربوط به انرژی در عصر حاضر بر قسمت عمده ای از تکنولوژی آن دست یابند. نتایج این تحقیق نشان می دهد که با طراحی مناسب ساختمان با توجه به پارامترهای اقلیمی و استفاده حداکثری از سیستم های سرمایش و گرمایش طبیعی، استفاده از سیستم های غیرفعال خورشیدی، توربین های بادی و پانل های فتوولتائیکی می توان به دو هدف اصلی که همان تحقق ساختمان با آلاینده صفر و انرژی صفر می باشد دست یافت. نتایج بدست آمده از این پژوهش گامی در جهت استفاده انسان از فناوری های همگون با محیط طبیعی و حرکتی در راستای معماری بیولوژیکی خواهد بود.

واژه های کلیدی: انرژی های تجدید پذیر، ساختمان سبز، پایداری، ساختمان صفرانرژی، ساختمان صفر کربن

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

با روی آوردن انسان به کشاورزی و بعد از آن شروع انقلاب صنعتی، بشر شروع به تخریب پوشش گیاهی و تبدیل جنگها به مزارع و سایت‌های شهری و مسکونی نموده است. استفاده از سوخت‌های فسیلی باعث کند شدن چرخه بازیافت گازهای کربن دار شده، و این پدیده منجر به نازک شدن لایه ازن و افزایش قطر لایه بازتابنده انرژی خورشیدی شده است. سال‌ها بی توجهی به روند تغییر چهره کره زمین و پخش انواع آلاینده‌ها در کره زمین و هوا، باعث گرمایش زمین و پدیده وارونگی یا اینورژن شده است. در ادامه این چرخه زنجیروار از عوامل تخریب کننده و آلاینده کره زمین، یخ‌های قطبی آب شده که خود عامل ایجاد تغییرات بنیادی در وضعیت آب و هوای زمین می باشد. بنابراین مجموعه عوامل فوق با برهم زدن تعادل اکولوژیکی و ... همگی باعث انواع بحران های زیست محیطی شده اند. بحرانی که در اواسط دهه ی ۱۹۶۵ با افزایش میزان آلودگی محیط زیست، هشدار به جهانیان محسوب شد و سبب تشکیل گروه های طرفدار محیط زیست در جاهای مختلف دنیا گردید و بیانه ها و مقالات متعددی در زمینه اصول معماری سبز و پایدار توسط محققان مختلف در سراسر دنیا به رشته تحریر درآمد.

اصطلاح پایداری "sustainability" برای نخستین بار در سال ۱۹۸۶ توسط کمیته جهانی گسترش محیط زیست، تحت عنوان "روایبی با نیازهای عصر حاضر بدون به مخاطره انداختن منابع نسل آینده" مطرح شد. مفهوم طراحی پایدار یک مفهوم عام بوده و در بسیاری از زمینه ها از جمله معماری، طراحی گرافیک، کشاورزی، ماشین آلات و هر آنچه که با محیط زندگی انسان سروکار دارد، به کار برده می شود. از آنجایی که طراحی اکثر فضاهای معماری توسط معماران صورت می پذیرد از اینرو معماران نیز همسو با سایر دست اندرکاران در پی یافتن راه های جدیدی برای تامین زندگی مطلوب برای انسان ها بوده اند.

مطالعات در این زمینه نشانگران است که صنعت ساختمان و ساخت و ساز نیز یک سوم از کل مصرف منابع انرژی، آب پاک و مصالح را به خود اختصاص داده است. لذا رویکرد به طراحی ساختمان های انرژی محوری صفر انرژی، بی شک گامی مهم در جهت نزدیک شدن به اهداف توسعه پایدار در مقابله با بحران های انرژی و زیست محیطی موجود و هماهنگی هر چه بیشتر با طبیعت می باشد. کلیت مقاله و تحقیق کاربردی و روش تحقیق توصیفی تحلیلی بوده و در این راستا از منابع علمی و کتابخانه ای نیز در چهارچوب بحث استفاده شده است. بدین منظور نمونه های موردی از ساختمان های صفر انرژی و تحلیل عملکرد این ساختمان ها مورد بررسی قرار گرفته اند، که در ذیل به نمونه های برجسته اشاره می شود. این مقاله و تحقیق در پی آن است که تعاریف، مزایا و اصول حاکم بر طراحی این ساختمان ها را نشان دهد که با استفاده هوشمندانه از تکنولوژی انرژی های تجدیدپذیر می توانند با بهبود کیفیت محیطی، میان چرخه تولید و مصرف انرژی نیز تعامل برقرار کنند. نتایج این تحقیق نشان می دهد که با طراحی ساختمان انرژی محور (ساختمان انرژی صفر یا ساختمان برابری صفر یا ساختمان مستقل از انرژی) با توجه به پارامترهای اقلیمی و استفاده حداکثری از سیستم های سرمایش و گرمایش طبیعی، استفاده از سیستم های غیرفعال خورشیدی و پانل های فتوولتائیکی، می توان در ساختمان ها آلاینده گی و مصرف انرژی را به صفر رساند. نتایج بدست آمده از این پژوهش گامی در جهت استفاده انسان از فناوری های همگون با محیط طبیعی و حرکتی در راستای معماری بیولوژیکی خواهد بود.

روش تحقیق

پژوهش حاضر به دنبال بررسی راهکارهای طراحی برای دستیابی به معماری صفر انرژی و ارائه راه حل هایی با تاثیرگذاری بیشتر درنیل به این منظور بوده و هدف از تدوین این مقاله تبیین فرآیندی مهندسی برای رسیدن به یک ساختمان کارا از نظر سطح مصرف انرژی می باشد. کلیت مقاله و تحقیق کاربردی و روش تحقیق توصیفی تحلیلی بوده و بررسی منابع علمی و کتابخانه ای و اسناد و مدارک در چهارچوب بحث می باشند. بدین منظور نمونه های موردی از ساختمان های صفر انرژی و تحلیل عملکرد این ساختمان ها مورد بررسی قرار گرفته اند، که در ذیل به نمونه های برجسته اشاره می شود.

سوالات اساسی

- چگونه می توان با کاهش مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و الکتریکی بازده انرژی ساختمان را افزایش داد؟
- چگونه می توان بین تولید و مصرف انرژی در ساختمان تعامل برقرار کرد؟
- چه راهکار ثمربخشی برای مواجهه با دو بحران اساسی زیست محیطی و انرژی در صنعت ساختمان سازی پیشنهاد می شود؟

فرضیه تحقیق

به نظر می رسد ساختمان های انرژی محور (انرژی صفر یا صفر کربن) حرکتی در راستای معماری اکولوژیکی می باشند.

هدف و ضرورت انجام تحقیق

بخش ساختمان، حدود ۴۰٪ کل انرژی مصرفی و ۲۴٪ از انتشار گازهای گلخانه ای را به خود اختصاص داده است. هم اکنون ما در صنعت ساختمان سازی با دو بحران اساسی زیست محیطی و انرژی مواجه هستیم. همین امر لزوم توجه بیشتر به این مساله و تلاش برای رسیدن به معماری پایدار را تایید می کند. بهره گیری از انرژی های تجدیدپذیر در طراحی یک ساختمان کربن صفر یکی از روشهای کارآمد پیش رو در راستای حل این دو بحران مهم می باشد. ساختمان های انرژی صفر اهداف کلیدی ساختمان های سبز را به صورت کامل محقق ساخته و باعث کاهش آلاینده ها و گازهای گلخانه ای در طول مدت استفاده از ساختمان خواهند شد. یکی از مهمترین اهداف ساختمان سبز و ساختمان انرژی صفر، کاهش مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و الکتریکی و همچنین افزایش بازده انرژی ساختمان است. لذا با شناخت اصول و روشهای طراحی ساختمان های صفر انرژی میتوان به دوهدف اصلی که همان تحقق ساختمان با آلاینده گی صفر و انرژی صفر می باشد، دست یافت و علاوه بر بهبود کیفیت محیطی، میان چرخه تولید و مصرف انرژی نیز تعامل برقرار کرده و گامی در راستای رسیدن به معماری اکولوژیکی برداشت.

پیشینه تحقیق

تاریخچه ی احداث و بکارگیری ساختمان های صفر انرژی به سالهای بعد از جنگ جهانی دوم برمی گردد که دسترسی به منابع انرژی محدود شد و مهندسان برای تامین انرژی به سیستم های انرژی خورشیدی روی آوردند. در اوایل قرن بیستم در راستای کاهش آلودگی های زیست محیطی و مطرح شدن بحران انرژی، تغییر نگرشی اساسی در فناوری ساختمان و بهینه سازی مصرف انرژی صورت گرفت که نهایتا در تکامل این روند ساختمان های سبز و انرژی صفر پیشنهاد و نمونه

های اولیه آن ساخته شد. در ایران نیز در سال ۱۳۷۰ با تصویب کتاب مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان پیرامون صرفه جویی در مصرف انرژی توسط هیئت وزیران در بهینه سازی مصرف انرژی اقدامات مهمی انجام شد و از سال ۱۳۸۴ اعمال آن برای ساختمان های دولتی الزامی گردید.

تاکنون پژوهشها و مطالعات تحقیقاتی زیادی در این زمینه انجام شده است. از جمله، مقاله "ساختمان انرژی صفر" (معصومه جوانشیر سال ۱۳۹۴)، مقاله "بررسی راهکارهای تحقق پذیری ایده ساختمان های صفرانرژی گامی جهت علمی کردن اصول معماری پایدار" (سحرعباسی و داوود رضایی سال ۱۳۹۴)، مقاله "بررسی شاخصه های تاثیرگذار در طراحی ساختمانهای انرژی صفر" (نازنین رضایی و حامد کامل نیا سال ۱۳۹۵) و مقاله "رویکرد همه جانبه در طراحی ساختمانهای انرژی صفر" (حسین مددی و پریا علی اکبری سال ۱۳۹۴). همچنین صاحب نظرانی نامدار چون رونالد رایتر (۲۰۰۲) و کریستوفر الکساندر (۲۰۰۳) به تعریف معماری بومی - اقلیمی و معماری سبز پرداخته اند. عثمان اتمن (۲۰۱۲) در کتاب معماری سبز و ویژگیهای این معماری و توجه به مصالح و تکنولوژیها با اتکا به محیط و کالبد ساختمان را، مطرح نموده است. کتاب راهنمای معماری اقتصادی - طراحی ساختمان صفر انرژی به قلم توماس هوتمن (۲۰۱۲) در دوازده فصل به چگونگی ساخت یک ساختمان خودکفا که همه ی نیازهای خود را از انرژی های طبیعی می گیرد، می پردازد. لذا با تکیه بر مطالعات اسنادی، در این مقاله و تحقیق سعی بر آن است تا ضمن بررسی اصول طراحی ساختمان های انرژی صفر بتوانیم با بهبود کیفیت محیطی میان چرخه تولید و مصرف انرژی تعامل برقرار کرده و گامی در راستای رسیدن به معماری اکولوژیکی برداریم.

۱. مبانی نظری

اصولا ساختمان انرژی صفر (Zero Energy Building) به ساختمانی اطلاق می شود که مصرف سالیانه انرژی آنها صفر است (مصرف انرژی سالانه آن با تولید سالانه اش برابری می کند) و آلاینده های کربنی تولید نمی کنند. مسکن کربن صفر یا انرژی صفر (ZCH)، اصطلاحی برای مشخص کردن اقامتگاههایی با میزان راندمان انرژی بسیار بالا می باشد. در این منازل انرژی بسیار کمی برای تأمین نیاز روزانه ساکنین، مصرف می شود. مسکن کربن صفر Zero Carbon Building) به صورت مخفف ZHC یا ZHB دارای میزان کربن سالیانه خالص، صفر می باشد.

در دنیای امروز، با خطرات گرم شدن روزانه کره زمین، ازدیاد جمعیت و کاهش متعارف منابع انرژی، احداث ساختمان ها و شهرک هایی کربن صفر به عنوان یکی از راههای پیش رو در بهبود کیفیت محیطی و ایجاد تعامل میان چرخه تولید و مصرف در مسیر پایداری می باشد. ایده و چهارچوب اصلی ساختمان های صفر انرژی بر مبنای استفاده از انرژی های تجدید پذیر و حذف آلاینده ها و گازهای گلخانه ای است و به دلیل افزایش هزینه های سوخت های فسیلی و تأثیرات مخرب آنها بر روی محیط زیست و برهم زدن تعادل اکولوژیکی، امروزه طرح های معماری مرتبط با اصول انرژی صفر، کاربردی شده و طرفداران زیادی پیدا کرده است. این ساختمانها می توانند تمام نیازهای خود به انرژی را با یک روش کم هزینه و بدون آلاینده گی، با دسترسی محلی به منابع تجدید پذیر تأمین نمایند. در یک ساختمان صفر انرژی هیچ گونه سوخت فسیلی مصرف نمی شود و مصرف انرژی سالانه آن با تولید سالانه اش برابری می کند. یک ساختمان انرژی صفر ممکن است به شبکه های شهری موجود متصل باشد یا نباشد. اگر این ساختمان ها از شبکه تأمین انرژی جدا و مستقل باشند، در این صورت انرژی به صورت محلی و از طریق ترکیبی از فن آوریهای تولید انرژیهای نو از قبیل خورشیدی، بادی و بیو سوخت ها تأمین می گردد. چنین ساختمانی با عملکرد بالا بسیار اندک می باشند. معمولا در اتصال به شبکه سراسری برق در زمان های پیک تقاضا که سیستم خانه پاسخگو نیست برق از شبکه سراسری خریداری شده و در زمان هایی که تولید برق بیشتر از میزان مصرف است به شبکه فروخته می شود و به این ترتیب از نظر اقتصادی هزینه ها تعدیل می شود. در این روش، هیچ گونه محدودیتی برای طراحی خانه های با انرژی صفر وجود ندارد، میتوانند به صورت ترکیبی از استاندارد های معماری ثابت و محلی طراحی شوند. به طور مثال میزان مصرف انرژی در یک خانه معمولی به عنوان پایه و یک خانه ZCH مطابق با آنچه در گزارش مرکز تحقیقات NAHB آمریکا بیان شده، در جدول زیر (National Association of Home Builders) ارائه شده است.

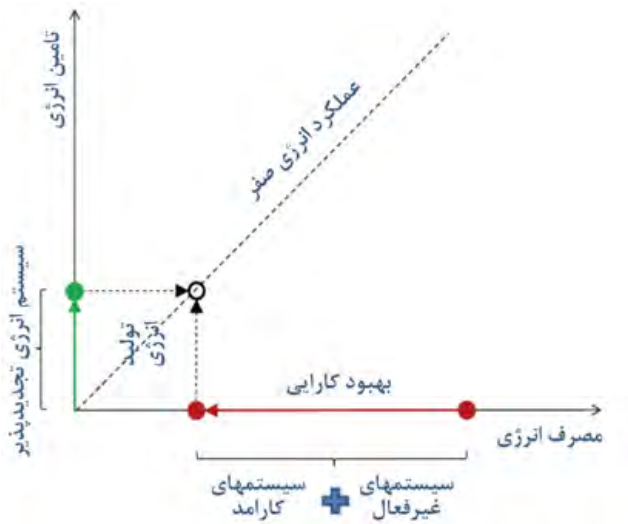
جدول ۱- میزان مصرف انرژی در بخش های مختلف یک ساختمان ZCH (ماخذ: صبا خشنود زرگر سال ۱۳۹۵)

انرژی و کاربرد	مصرف سالیانه خانه معمولی (kwh)	درصد از کل	مصرف در حالت خانه با انرژی نزدیک به صفر (kwh)	درصد از کل
گرمایش	۱۲/۷۴۹	۴۷	۲/۱۱	۲۶
سرمايش	۵/۱	۱۹	۰/۸۵	۱۱
آب گرم	۳/۶۲۷	۱۳	۰/۱۶۷	۲
هوای تهویه	۰	۰	۰/۱۷۵	۲
سایر بارها	۵/۷۳	۲۱	۴/۸۳۳	۵۹
مصرف سالیانه	۲۷/۲۰۶	۱۰۰	۸/۱۳۵	۱۰۰

بررسی های انجام شده نشان میدهد که طراحی خانه به روش ZCH تاچه اندازه توانسته میزان مصرف انرژی در بخشهای گوناگون را کاهش دهد.

۱.۴. اصول طراحی ساختمان‌های انرژی صفر

از آنجا که انرژی مصرف شده در این ساختمان باید با استفاده از انواع روش‌های ممکن تولید و تامین شود، لذا اگر در ساختمان انرژی بیشتری استفاده شود باید ظرفیت تولید انرژی ساختمان افزایش داده شود. چنانچه افزایش ظرفیت تولید انرژی از نظر فنی مقدور باشد، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نخواهد بود.



شکل ۱- رابطه بین تولید و مصرف انرژی و تاثیر پارامترهای انرژی صفر بر آن (ماخذ: فتانه کرمی، سال ۱۳۹۴)

بر این اساس در طراحی ساختمان‌های انرژی صفر جدای از رعایت موارد معمول ساختمان‌سازی اصولی به شرح زیر مورد توجه قرار می‌گیرد.

- شناخت لازم و کافی از اقلیم و موقعیت مکانی ساختمان
- بررسی دقیق محیط اطراف ساختمان (درختان، ساختمان‌ها و ...)
- تمرکز بر طراحی غیرفعال و کاهش نیاز انرژی ساختمان با استفاده از عایق کاری مناسب، سایبان، بادشکن، تهویه طبیعی و بهره‌گیری مناسب از نور روز
- بهره‌گیری از سیستم‌های کارآمد و روش‌های سیستماتیک ساخت برای دستیابی به راندمان بالاتر در سیستم‌های الکتریکی و مکانیکی، چراغ‌ها و لامپ‌های پربازده
- بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر و پاکیزه در تولید انرژی مانند انرژی باد، خورشید و ...

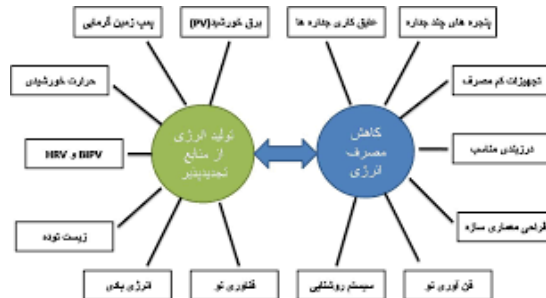


شکل ۲ - نمونه‌ای از طراحی ساختمان انرژی صفر (ماخذ: حسین مددی و پریا علی اکبری، ۱۳۹۴)

۲.۴. ساختمان سبز و ساختمان انرژی صفر

ساختمان سبز (Green Building) به دسته‌ای از ساختمان‌ها گفته می‌شود که در برابر حفظ منابع زیست محیطی در طول عمر یک ساختمان از زمان طراحی و احداث تا بهره‌برداری و بازسازی متعهد هستند. در این ساختمان‌های دوستدار طبیعت، علاوه بر اینکه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در اولویت بوده و مصرف انرژی آن ناچیز است، مصالح آن نیز از منظر زیست محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. هدف نهایی ساختمان سبز، استفاده بهینه از منابع و کاهش تأثیر منفی ساختمان بر روی محیط زیست است.

ساختمان‌های انرژی صفر یکی از اهداف کلیدی ساختمان‌های سبز را به صورت کامل محقق ساخته و باعث کاهش آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای در طول مدت استفاده از ساختمان خواهند شد. یکی از مهمترین اهداف ساختمان سبز و ساختمان انرژی صفر، کاهش مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و الکتریکی و همچنین افزایش بازده انرژی ساختمان است. به منظور کاهش مصرف انرژی و ایجاد ساختمان سبز، بایستی طراحان ساختمان، اتلاف انرژی موجود در ساختمان را کاهش دهند. در نتیجه راهکار موجود استفاده از درب و پنجره‌هایی با عملکرد بسیار بالا و عایقکاری دیوارها، بام و کف ساختمان پیشنهاد می‌شود. ساختمان انرژی صفر به عنوان یک ساختمان بهره‌ور انرژی قادر به تولید برق، یا دیگر حامل‌های انرژی از منابع تجدید پذیر بوده و این حامل‌های انرژی به منظور برطرف ساختن نیاز انرژی در خود ساختمان است.



شکل ۳ - دیاگرام راهکارها و تکنیک های کاهش مصرف انرژی در ساختمان (ماخذ: صبا خشنود زرگر سال ۱۳۹۵)

افزایش کیفیت آسایش محیط داخل ساختمان نیز یکی از اهداف قابل توجه در ساختمان سبز می باشد. کیفیت آسایش محیط داخل (IEQ) شامل سه بخش عمده زیر می باشد.

- کیفیت هوای داخل ساختمان (IAQ)
- کیفیت حرارتی ساختمان (TQ)
- کیفیت روشنایی ساختمان (LQ)

کیفیت هوای داخل ساختمان: شامل پاک بودن هوا از آلاینده های هوا و آلاینده های میکروبی است. نیازمند سیستم‌های تهویه مطبوع مجهز به فیلترهای هوا و درزبندی مناسب ساختمان است. همچنین کنترل رطوبت هوا ضمن اهمیت در آسایش حرارتی از رشد میکروبی و قارچ‌ها جلوگیری می‌کند.

کیفیت حرارتی ساختمان: دمای مطلوب ساکنین ساختمان، سرعت جریان هوای تهویه مطبوع نیز از جمله مواردی است که در کیفیت حرارتی ساختمان نقش بسزایی دارد.

کیفیت روشنایی ساختمان: تامین شدت روشنایی محیط، کیفیت و رنگ نور در ساختمان سبز حائز اهمیت است.



شکل ۴ - نمودار ارتباطی عملکردها در خانه انرژی صفر (ماخذ: حسین مددی و پریا علی اکبری سال ۱۳۹۴)

۳.۴. مزایای استفاده از ساختمان‌های انرژی صفر

از مزایای طراحی ساختمان انرژی صفر می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- رایگان بودن هزینه های تامین انرژی
- پایین بودن هزینه نگهداری سیستم های انرژی به دلیل بالا بودن کارایی آنها
- عدم تولید آلاینده های کربنی
- ایجاد آسایش برای ساکنین به علت وجود درجه حرارت یکنواخت در داخل ساختمان
- کاهش هزینه های مربوط به مصرف انرژی در ساختمان

- افزایش اعتبار سیستم‌های تولید و مصرف انرژی، مثلاً سیستم‌های فتوولتائیک دارای گارانتی‌های طولانی مدت هستند و به ندرت بدلیل مشکلات آب و هوایی خراب می‌شوند.
- کاهش هزینه‌های اضافی ساخت و ساز در ساختمان با تغییر یا بهینه‌سازی یا اضافه کردن تکنولوژی جدید
- استفاده بهینه از ضایعات چوبی و تولید زیست سوخت (بیوماس)
- تعادل میان تولید و مصرف انرژی
- کاهش مصرف الکتریسیته
- حذف سیستم‌های زائد مصرف کننده انرژی
- کاهش پنجاه درصدی مصرف آب آشامیدنی
- عدم نیاز به وسایل مکانیکی برای تهویه هوا

۴.۴. معایب ساختمان‌های انرژی صفر

از معایب ساختمان انرژی صفر می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- هزینه اولیه ساخت این ساختمان‌ها نسبت به ساختمان‌های معمولی بالاتر است.
- هر ساختمان در طول سال از انرژی صفر شبکه به طور متوسط استفاده می‌کند اما در زمان اوج مصرف به انرژی بیشتری نیاز دارد. در این موارد شبکه باید از ظرفیت لازم برای تولید برق مورد نیاز برای تمام بارها برخوردار باشد.
- تعداد افرادی که مهارت و تجربه لازم برای طراحی ساختمان‌های انرژی صفر را دارند محدود است.
- قیمت تجهیزات مربوط به سلول‌های خورشیدی فتوولتائیک به کاررفته در ساختمان هر سال کاهش می‌یابد؛ بنابراین میزان سرمایه در سیستم‌های تولید برق خورشید نیز کم می‌شود.
- تولید انبوه فتوولتائیک باعث کاهش قیمت شده و در نتیجه از میزان کمک‌های مالی منحصر به این طرح تدریجاً کاسته می‌شود.

۵.۴. دسته‌بندی ساختمان‌های انرژی صفر

جامعه جهانی پس از بررسی جنبه‌های مختلف ساختمان‌های انرژی صفر، به ۴ دسته کلی از معایب این نوع ساختمانها دست یافته است.

• انرژی صفر خالص سایت (Net Zero Site Energy)

این نوع از ساختمان‌های انرژی صفر، همان مقدار انرژی را که در طول یک سال مصرف می‌کند که در محوطه سایت خود تولید می‌کند.

• انرژی صفر خالص منبع (Net Zero Source Energy)

منبع ساختمان انرژی صفر حداقل همان مقدار انرژی که در یک سال مصرف می‌کند، همان قدر هم تولید می‌کند. منبع انرژی اشاره دارد به انرژی‌های ابتدایی که برای تولید و تحویل انرژی به سایت استفاده می‌شود.

• انرژی صفر خالص هزینه‌ها (Net zero Cost Energy)

در هزینه‌های ساختمان صفر انرژی، مقدار پولی که صاحب ساختمان برای ابزار (تاسیسات) و خدمات انرژی پرداخت می‌کند برابر است با حداقل مقدار پولی که مالک به علت صرفه‌جویی در مصرف انرژی در ساختمان ذخیره می‌کند.

• انرژی صفر خالص انتشار (Net zero Emission Energy)

یک ساختمان انرژی صفر همان قدر که از منابع انرژی دارای انتشار و آلودگی استفاده می‌کند، همان قدر هم انرژی از طریق انرژی‌های تجدیدپذیر بدون انتشار آلودگی تولید می‌کند.

۶.۴. مقایسه انواع ساختمان‌های انرژی نزدیک صفر

جدول ۲- مقایسه انواع ساختمان‌های انرژی صفر (ماخذ: گروه مهندسی مهرآز)

ملاحظات	معایب	مزایا	نوع ساختمان
	<ul style="list-style-type: none"> • نیازمند سلولهای خورشیدی بیشتر برای حذف گاز طبیعی • هزینه‌های مصرف متغیر • عدم امکان محاسبه تفاوت در تهیه، دستیابی و آلودگی انواع سوختها 	<ul style="list-style-type: none"> • اجرای آسان براساس اندازه سایت • عدم تأثیرگذاری عوامل خارجی در طی زمان • درک راحت سیستم 	انرژی صفر خالص سایت

<ul style="list-style-type: none"> • امکان برابری ارزش انواع سوختهای بکاررفته در سایت • مدل مناسب برای سامانه انرژی ملی • دست یابی به اهداف صفر آسان 	<ul style="list-style-type: none"> • عدم امکان محاسبه تفاوت در تهیه، دستیابی و آلودگی انواع سوختها • منبع محاسبات بسیار گسترده • دشواری محاسبه منبع انرژی و انتقال سوخت از فناوریهای دیگر • عدم محاسبه تمام هزینه ها 	<ul style="list-style-type: none"> • وجود اطلاعات مهم فراوان بمنظور تشریح راه حل تبدیل منبع انرژی در توسعه سایت
<ul style="list-style-type: none"> • اندازه گیری و اجرای آسان • قابل پاسخگو در برابر تقاضا • صورت رقابت با انواع سوختها در بازار • حساب های مصرفی گویا 	<ul style="list-style-type: none"> • کاهش میزان تقاضا در جایگزینی با شبکه ملی • نیازمند موافقت نامه محاسبه شبکه ملی • نرخ بالای اتلاف انرژی در طول زمان 	<ul style="list-style-type: none"> • عدم محاسبه هزینه خدمات ماهانه و فراساختاری در هزینه های انرژی
<ul style="list-style-type: none"> • مدل مناسب انرژی سبز • امکان محاسبه تفاوت های غیر انرژی • دسترسی آسان به سیستم انرژی صفر 	<ul style="list-style-type: none"> • ندارد 	<ul style="list-style-type: none"> • نیازمند راهکای خروجی مناسب

۷.۴. جلوگیری از اتلاف انرژی

به طور کلی انرژی مصرفی یک ساختمان به دو بخش عمده تقسیم می شود.

بخش اول: انرژی مصرفی جهت ساخت بنا (حدود 20٪)

بخش دوم: انرژی مصرفی در استفاده از بنا (حدود 80٪)

در طراحی ساختمان های صفر انرژی، جلوگیری از اتلاف انرژی مهمترین عامل صرفه جویی در مصرف انرژی است. بیشترین اتلاف انرژی در ساختمان عموماً از جداره ها و دیوارها و کف صورت می گیرد. بنابراین تمامی جداره حرارتی یا به عبارت دیگر مرز فضاهای تهویه شده با فضاهای تهویه نشده باید در پلان و مقطع مشخص شده و به صورت کامل و پیوسته عایق شوند. نکته بسیار مهم در طراحی جداره حرارتی ساختمان ها عایقاری دیوارها و کف با عایقهای متناسب و حذف پله های حرارتی است. پله های حرارتی محل اتصال اجزاء ساختمان (عموماً سازه) از داخل بخش های تهویه شونده به خارج از این محدوده هستند. این اتصال در صورت عدم ایزولاسیون و ایجاد شکست حرارتی صحیح، باعث اتلاف انرژی از طریق رسانایی خواهد بود.



شکل ۵ - سهم بخش های هدر رفت و اتلاف انرژی (ماخذ: سایت kilid)

۵. یافته ها

در این مقاله به منظور تحلیل رویکرد همه جانبه در ساختمانهای انرژی صفر، با چند نمونه از ساختمان های سبز یا کربن صفر راهبردهای بکاررفته در آنها آشنا می شویم.

۵.۱ . ساختمان TCI



شکل ۶- ساختمان TCI (ماخذ: <http://www.energyenergy.ir>)

ساختمان " ابتکار دگرگونی " (TCL) یا The Change Initiative در دبی بعنوان پایدارترین ساختمان تجاری جهان شناخته شد . ساختمان شرکت " ابتکار دگرگونی " واقع در امارات متحده عربی توانسته ۱۰۷ امتیاز از مجموع ۱۱۰ امتیاز ممکن سیستم LEED را از کمیته ساختمان‌های سبز آمریکا دریافت کند که این موضوع باعث می‌شود تا از نقطه نظر فنی به عنوان پایدارترین ساختمان شناخته شود. TCI اولین ساختمان دبی نیست که امتیاز بالایی از LEED دریافت می‌کند. این ساختمان راه‌حل‌های زیست محیطی زیادی را در نظر گرفته است. ۲۶ استراتژی زیست محیطی مختلف در این ساختمان لحاظ شده‌اند. از جمله پنل‌های خورشیدی، رنگ آمیزی بازتابنده، عایق کاری سه برابر بیشتر از یک ساختمان معمولی، مصرف دوباره آب و بازیافت مواد. پنل‌های خورشیدی، ۴۰ درصد انرژی مورد نیاز ساختمان را تأمین می‌کنند.

۵.۲ . برج بادی تایوان



شکل ۷- ساختمان TCI (ماخذ: <http://www.energyenergy.ir>)

یک شرکت پکنی به نام Decode Urbanism Office یک برج مفهومی طراحی کرده است که نمای خارجی آن متشکل از صدها توربین بادی کوچک است که قادرند برق کافی برای کل ساختمان را تولید کنند. در طول شب، ژنراتورهای شبیه به الماس با صدها چراغ LED کوچک نورانی می‌شوند. این ساختار ۳۵۰ متری برای وزارت اکتشافات شهری شهر تایچونگ تایوان در نظر گرفته شده است ولی برای مقاصد تجاری مانند فضاهای نمایشگاه، موزه و نواحی خرده فروشی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. در واقع نمای خارجی این ساختمان با الهام از شکوفه‌ی آلو، گل ملی تایوان و چین طراحی شده است به طوری که متناسب با جهت و شدت باد عکس‌العمل نشان می‌دهد. ژنراتورهایی که به منظور استفاده از انرژی باد تعبیه می‌شوند، با شبکه‌ی بیرونی ساختمان یکپارچه سازی شده و توسط باد به گردش در می‌آیند. هر توربین دارای چراغ LED منحصر بفرد خود می‌باشد. چراغ LED مذکور متناسب با انرژی تولید شده توسط توربین مربوط به خود، قسمت کوچکی از نمای خارجی ساختمان را روشن می‌کند. این ایده‌ی طراحی به تولید یک جریان پالسی نور که در طول نمای خارجی ساختمان به جریان در می‌آید منجر می‌شود. همان طور که میزان نور تولید شده LED ها متناسب با سرعت گردش توربین است، رنگ تولید شده توسط چراغ‌ها نیز متناسب با دمای هوا و فصل‌ها می‌باشد.

۵.۳. ساختمان آل بهار ابوظبی



شکل ۸- ساختمان آل بهار ابوظبی (ماخذ: <http://www.energyenergy.ir>)

صدها سال پیش در خاور میانه از وسایلی برای ایجاد سایه و پناهگاه در مقابل تابش خورشید استفاده می‌شد که به آن‌ها مشربیه یا پرده‌ی معماری می‌گویند. اکنون آن سایه‌بان‌ها باز هم به عرصه‌ی معماری برگشته‌اند ولی با تلفیقی از تکنولوژی روز به طوری که علاوه بر دفع گرمای ساختمان، زیبایی خاصی به آن می‌بخشند. Aedas معمار بزرگ برج‌های آل بهار در ابوظبی را با قطعات کوچک مثلثی زیبا طراحی کرده است به طوری که این قطعات، به گونه‌ای با کامپیوتر کنترل می‌شوند تا در مواقع مورد نیاز، بر فضای داخل ساختمان و پنجره‌ها سایه بیفکنند. معماری کریس ویلکینسون که یک داور برای جوایز نوآوری ساختمان‌ها بلند می‌باشد، این سازه را این‌گونه توصیف می‌کند: " قطعات دینامیک بر روی آل بهار، با کامپیوتر کنترل می‌شوند تا شرایط تابش نور خورشیدی بهینه را فراهم کنند. نمونه‌ی چنین چیزی در هیچ جا دیده نشده است. علاوه بر این، شکل ظاهری پوسته‌ی این ساختمان به خوبی با زمینه‌های فرهنگی این مکان هم‌خوانی دارد و طرح زنبور عسلی نامیده شده است. سقف هر دو برج شیب دار و مجهز پنل‌های فوتوولتائیک است که ۵٪ انرژی ساختمان را تامین می‌کند."

۵.۴. خانه خورشیدی شناور



شکل ۹- خانه خورشیدی شناور (ماخذ: <http://www.energyenergy.ir>)

یک معمار ایتالیایی به نام Giancarlo یک خانه شناور سازگار با محیط زیست طراحی نموده است. این خانه با مساحتی حدود ۱۰۰ متر مربع (۱۰۷۶ فوت مربع) می‌باشد. ۹۸٪ از ساختار این خانه از مواد برگشت پذیر استفاده شده است ضمن بیان این نکته که سقف آن به طور کامل از سلول‌های خورشیدی تشکیل شده

است. محل استقرار این خانه بر روی رودخانه ها، دریاچه ها، خلیج ها، و دریاها طراحی شده است. ساختار منحنی شکل پر زرق و برق این خانه با ابعاد ۱۲ متر (۳۹ فوت) در عرض و ۴ متر (۱۳ فوت) ارتفاع است. بدنه از آلومینیوم بازتابی با یک قاب روکش چوبی و قسمتی فلزی و دیواره مقاوم در برابر آب و هواست برق تولیدی از طریق یک سلول خورشیدی یکپارچه با مساحت ۶۰ متر مربع (۶۴۶ فوت مربع) است که در پشت بام تولید می شود. پانل های خورشیدی از نوع مات Amorphous استفاده می شود، که شکل آن با سقف منحنی شکل ساختمان مطابقت دارد. توان پیک تولیدی ۴ کیلووات می باشد. علاوه بر این، یک سیستم تهویه کوچک با مصرف انرژی کم و هزینه پایین سرویس و نگهداری با سیستم کنترل درجه حرارت خودکار برای تنظیم هوا استفاده شده است. با استفاده از انرژی ذخیره شده نمای این خانه در شب با روشنایی مورد استفاده بسیار خیره کننده است. فضای داخل این خانه را میتوان بطور دلخواه طراحی و پارتیشن بندی نمود. در حالت کلی برای یک خانواده چهار نفری فضای مناسب با دو اتاق خواب قابل استفاده خواهد بود. جدا از این مساله میتوان برای رستوران و فروشگاه و موارد دیگر نیز معماری داخل را تغییر داد. همچنین در این خانه از سیستم اتوماسیون و روشنایی هوشمند استفاده می شود.

۵.۵. خانه انرژی پلاس Mock up در کره جنوبی



شکل ۱۰- خانه انرژی پلاس Mock up در کره جنوبی (ماخذ: <http://www.energyenergy.ir>)

خانه Mock up با مساحت ۵۵/۶ متر مربع به عنوان یک بنای energy plus در کره جنوبی به منظور یادگیری و کسب تجربه در زمینه تکنولوژی ساخت، بنا گردیده است. با مساحت ۵۵/۶ متر مربع به عنوان یک بنای energy plus در کره جنوبی به منظور یادگیری و کسب تجربه در زمینه تکنولوژی ساخت، بنا گردیده است. این ساختمان با کنترل هدر رفت انرژی از طریق بازشوها و جداره ها با اعمال عایق های مناسب در مقایسه با خانه های معمول کره جنوبی مصرف انرژی را به حدود ۶۸ درصد کاهش داده است. این ساختمان حدود ۵۰/۶٪ انرژی را از طریق دیگ بخار و ۵۶/۴٪ از طریق پنل های فتوولتائیک تولید میکند که حدوداً ۴۰۷۶ کیلووات ساعت سالانه مازاد بر نیاز ساختمان است.

۵.۶. ساختمان "evolve1"



شکل ۱۱- ساختمان "evolve1" (ماخذ: <http://www.energyenergy.ir>)

شورای ساختمان های سبز کانادا (CaGBC) نخستین ساختمان اداری "کربن صفر" این کشور موسوم به "evolve1" را به عنوان الگویی برای بناهای سبز کانادا برشمرد. این ساختمان اداری ۱۰ هزار مترمربعی که برای کارکنان خدمات تکنولوژی طراحی و در نزدیکی یک ایستگاه راه آهن جدید ساخته شده است، در شهر "واترلو" واقع در جنوب استان "انتاریو" قرار دارد. شهر واترلو سرچشمه آغاز استارت آپ های تکنولوژی و توسعه آن ها در کانادا است. ایجاد یک ساختمان کربن صفر در این شهر، گام ارزشمندی در راستای پیشگامی پروژه های دوستدار محیط در دنیای پیشرفته امروزی است؛ چرا که اگر یک زیرساخت یک بنا، کربن صفر نباشد تنها می توان نسبت به افزودن پانل های خورشیدی یا خرید انرژی های دوستدار محیط برای آن اقدام کرد درحالی که ایجاد یک ساختمان کربن صفر مزایای فراوانی دارد.

۵.۷ . برج Agora Garden تایوان



شکل ۱۲- برج Agora Garden تایوان (ماخذ: <http://www.energyenergy.ir>)

برج Agora Garden واقع در تایپه ، پایتخت کشور تایوان، ساختمانی بسیار لوکس است که ۲۰ طبقه را در بر گرفته است. این برج اعجاب‌انگیز سازه‌ای دوستدار محیط زیست است و در هر طبقه از آن یک باغ سرسبز بسیار رویایی قرار گرفته شده است. طراح این برج، وینست کالبو، با الهام از شکل ظاهری DNA سازه‌ای طراحی کرده است که مشابه آن در هیچ جای دنیا یافت نخواهد شد. طبقات ساختمان از پایین به بالا حالتی چرخشی دارد به طوری که از طبقه همکف تا بالاترین طبقه یک چرخش ۹۰ درجه به چشم می‌خورد. این برج سازه‌ای کاملاً خودکفا است و تمام انرژی مورد نیاز خود را از دو پنل خورشیدی عظیم، که در پشت‌بام تعبیه شده است، تامین می‌کند. در ساخت این برج از عناصر قابل بازیافت استفاده شده است و تمام قطعات آن را می‌توان از هم جدا کرد و برای احداث سازه‌های آتی به کار برد.

۵.۸ . خانه گردان خورشیدی (خانه آفتابگردان)



شکل ۱۳- خانه گردان خورشیدی (خانه آفتابگردان) (ماخذ: <http://www.energyenergy.ir>)

این اولین خانه‌ی مدرن انرژی مثبت در دنیا است که حدود ۵ برابر انرژی مورد نیاز خود را تولید می‌کند و زائیده‌ی افکار آقای رالف دیچ (Ralph Disch) است . این خانه ، بطور کامل از مزیت انرژی خورشیدی بهره‌مند می‌شود زیرا متناسب با زاویه‌ی تابش نور خورشید ، می‌چرخد. این منجر می‌شود تا فضای داخلی خانه نیز از طریق پنجره‌های سه‌گانه به بهترین شکل ممکن از نور طبیعی خورشیدی بهره‌مند شود. بنابراین، پنل‌های خورشیدی و لوله‌های گرمایشی خورشیدی که در بام خانه نصب شده‌اند به خوبی با گرمای خورشیدی تغذیه می‌شوند. این خانه به طوری زمان‌بندی شده تا در طول روز، همراه با خورشید، ۱۸۰ درجه بچرخد. پنل‌های

خورشیدی ۶۶ کیلوواتی بر روی بام، با تولید مازاد انرژی مورد نیاز خانه، آن را تبدیل به یک خانه‌ی انرژی-مثبت کرده است. یک سیستم ریلی بر روی بام، گرمای حاصل شده در لوله‌های حرارتی جهت گرمایش آب مصرفی و رادیاتورها را دو برابر افزایش می‌دهد. ساختمان گل آفتابگردان برای اولین بار در جهان برای تولید انرژی کاملاً تجدید-پذیر و انتشار رایگان مورد استفاده قرار گرفت.

۵.۹. ساختمان سبز



شکل ۱۴ - خانه گردان خورشیدی (خانه آفتابگردان) (ماخذ: <http://www.energyenergy.ir>)

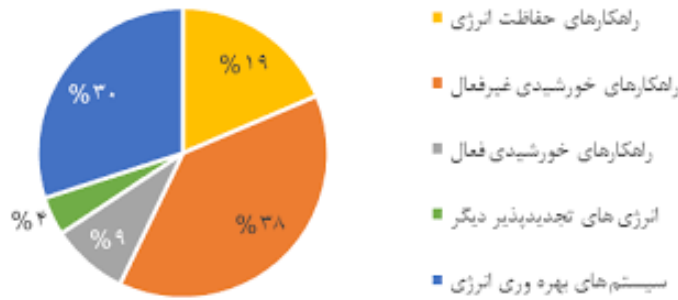
"ساختمان سبز" اولین ساختمان انرژی صفرایران است که در سال ۱۳۹۱ از سوی پژوهشگاه مواد و انرژی تعریف شده و طراحی و اجرای آن در قالب EPC به شرکت مشاوران بهسازی نوسازی انرژی (مینا) واگذار گردید. ساختمان انرژی صفر پژوهشگاه مواد و انرژی در شهرستان کرج با دیدگاه کاهش مصارف انرژی اولیه و جبران انرژی مصرف شده از طریق تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر و پاک، به عنوان اولین ساختمان انرژی صفر در ایران طراحی گردید و در سال ۱۳۹۳ به بهره برداری رسید. ساختمان مذکور با زیربنای ۲۰۰۰ مترمربع در دو طبقه و با کاربری آموزشی - پژوهشی می باشد. در این ساختمان سعی گردیده تا با استفاده از معماری ساختمان و عواملی مانند بادگیر و گلخانه نیاز انرژی ساختمان تا حد ممکن کاهش یافته و بخشی از نیازهای انرژی ساختمان نیز با استفاده از انرژی خورشیدی تامین گردد.

بکارگیری مواردی مانند طراحی غیر فعال خورشیدی، جهت گیری ساختمان، جانمایی فضاها و عایقکاری در طراحی معماری ساختمان و به کارگیری استانداردهای نوین طراحی سبب گردیده مصرف انرژی این ساختمان نسبت به یک ساختمان معمولی تا ۹۰٪ کاهش یافته و به ۲۸۷ kWh/m برسد که همین مقدار مصرف انرژی نیز با استفاده از تجهیزات خورشیدی جبران می گردد. در کنار استفاده از رویکرد انرژی در طراحی معماری ساختمان، المان های متنوعی نظیر بادگیر و گلخانه نیز در ساختمان به کار برده شده که علاوه بر بازنمایی ایده های معماری سنتی، تلفیق آن با جنبه های مدرن ساختمان در خورتوجه است. همچنین استفاده از بادگیر در ساختمان سبب کاهش مصرف انرژی ساختمان در فصول میانی گردیده است. استفاده از سیستم های مدرن کنترلی و BMS در ساختمان نیز سبب گردیده تا کنترل مناسبی بر مصرف انرژی ساختمان ایجاد گردد. در نهایت استفاده از سیستم های آب گرم خورشیدی و فوتوولتاییک برای تولید انرژی از منابع بازگشت پذیر و پاک سبب گشته تا ساختمان فوق به یک ساختمان انرژی صفر تبدیل گردد.

۶- تحلیل یافته ها

در اکثر نمونه های موردی که مطرح گردید طراحی و اجرای ساختمانها با دیدگاه استفاده از انرژی خورشید و با هدف تولید و مصرف بهینه انرژی همراه است. بکارگیری مواردی مانند طراحی غیر فعال خورشیدی، جهت گیری ساختمان، جانمایی فضاها و عایقکاری در طراحی معماری ساختمان و به کارگیری استانداردهای نوین طراحی کارایی این ساختمان ها را افزون کرده و مکمل سیستم تامین انرژی به روش خورشیدی می باشد. با توجه به فراوانی راهکارها و تکرار آنها درنمونه های موردی، راهکارهای پیشنهادی در ۵ گروه طبقه بندی گردید.

- راهکارهای حفاظت انرژی
- راهکارهای خورشیدی غیر فعال
- راهکارهای خورشیدی فعال
- انرژی های تجدید پذیر دیگر
- سیستم های بهره وری انرژی



شکل ۱۵ - سهم هر کدام از راهکارهای طراحی ساختمان‌های صفر انرژی (ماخذ: سایت kilid)

برای تحقق اهداف معماری انرژی صفر گزینه‌های متفاوتی با توجه به شرایط محل و نحوه طراحی وجود دارد. انرژی خوردشیدی، باد، آب، امواج، زمین گرمایی و دیگر انواع انرژی روش‌هایی هستند که در صنعت ساختمان‌سازی می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. برای هر منطقه با توجه به پتانسیل‌های موجود، روش مناسبی جهت تامین انرژی انتخاب می‌شود. درمورد کشور ایران با توجه به گستردگی تنوع اقلیمی و شرایط محیطی نمی‌توان روش و منبع خاصی را به صورت کلی در نظر گرفت. همچنین استفاده از انرژی‌های زمین گرمایی و باد و آب محدود می‌باشد اما به دلیل قرار گرفتن ایران در کمربند زرد گرم و خشک زمین که متوسط روزهای آفتابی کشور ۳۰۰ روز است (شش برابر کشورهای اروپایی) و متوسط تابش خوردشید در ایران ۵ کیلو وات ساعت بر متر مربع در روز می‌باشد استفاده از انرژی خوردشیدی را می‌توان منبع مناسب تری برای کسب انرژی در نظر گرفت.

۷- نتیجه گیری

امروزه بحث انرژی مورد توجه همه جوامع قرار دارد زیرا سوخت‌های فسیلی روزی به اتمام خواهند رسید و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بهترین راه برای حفظ محیط زیست و صرفه جویی در مصرف انرژی و حفظ سوخت‌های فسیلی و دیگر منابع تجدیدناپذیر برای آیندگان است. امروزه بحث ساختمان‌های انرژی صفر در جهان بسیار مورد توجه واقع شده است. در این فرآیند نه تنها ساختمان باید به تمامی نیازهای انرژی خود تا حد امکان پاسخ دهد بلکه این امکان با مشارکت همه عوامل ساخت و اجراء و تامین نظرات مهندسان با توجه به کاهش هزینه‌ها و اتلاف منابع محیطی میسر خواهد شد. مهمترین گام در هماهنگی راهبردها در مراحل اولیه طراحی، اسکیس‌ها و برنامه ریزی بدست طراحان معماری رقم می‌خورد.

نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از نقش محوری طراحی در خلق معماری پایدار و اکولوژیکی است. این مقاله با روش تحلیلی توصیفی و با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای پس معرفی اصول و اهداف معماری سبز در ساختمان‌های صفر انرژی و بررسی نمونه‌های موردی در جهان به ارائه راهکارهای موثر جهت کاهش آسیب‌های زیست محیطی و تامین آسایش حرارتی و بهبود کیفیت محیطی و ایجاد تعامل در چرخه تولید و مصرف انرژی در ساختمان می‌پردازد. لذا با توجه به پتانسیل عظیم انرژی‌های تجدیدپذیر بویژه انرژی خوردشیدی در کشور ما، ضرورت رویکرد به احداث ساختمان‌های سبز و صفر انرژی با استفاده از تکنولوژی‌های نوین احساس می‌شود.

منابع:

۱. خشنود زرگر، صبا و فیلی، لیدا و زیران، حمید، (۱۳۹۵)، بررسی روش‌های طراحی واحدهای مسکونی، سومین کنفرانس بین‌المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی، برلین-آلمان
۲. جوانشیر، معصومه، (۱۳۹۴)، ساختمان انرژی صفر، اولین همایش علمی پژوهشی افق‌های نوین در علوم جغرافیا و برنامه ریزی، معماری و شهرسازی ایران
۳. عباسی، سحر و رضایی، داوود، (۱۳۹۴)، بررسی راهکارهای تحقق‌پذیری ایده ساختمان‌های صفرانرژی گامی جهت علمی کردن اصول معماری پایدار، کنفرانس ملی مهندسی معماری، عمران و توسعه کالبدی
۴. رضایی، نازنین و کامل‌نیا، حامد، (۱۳۹۵)، بررسی شاخصه‌های تاثیرگذار در طراحی ساختمان‌های انرژی صفر، سومین کنگره بین‌المللی افق‌های جدید در معماری و شهرسازی
۵. مددی، حسین و علی‌اکبری، پریا، (۱۳۹۴)، رویکرد همه‌جانبه در طراحی ساختمان‌های انرژی صفر، فصلنامه علمی ترویجی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو، سال دوم، شماره اول، صفحات ۱۱-۱۶
۶. کرمی، فتنه، (۱۳۹۴)، طراحی ساختمان‌های انرژی صفر با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، کنفرانس بین‌المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی
۷. هومن، توماس، (۲۰۱۲)، راهنمای معماری اقتصادی - طراحی ساختمان صفرانرژی، ترجمه دکترمقدی خدابخشیان، نگارمین‌الرعایایی، سوگل خسروی شاد و مجید موزون، چاپ اول، تهران: دانشگاه آزاد اسلامی (خوارسگان)، اندیشه گویا
۸. قربانعلی افجه، محسن، (۱۳۹۵)، ساختمان انرژی صفر با منابع انرژی تولید پراکنده، مشهد: ناشرمینوفر
۹. اتمن، عثمان، (۲۰۱۲)، معماری سبز: مواد و تکنولوژی‌های پیشرفته، ترجمه فرشته صادقی، چاپ اول، تهران: ناشر اول و آخر
۱۰. علی‌اکبری، پریا، (۱۳۹۶)، آشنایی با ساختمان‌های صفرانرژی، چاپ اول، تهران: ناشر آرمان شهر

۱۱. لی ایکنس ، نانسی و گریت هستنس ، آنا ، (۱۳۹۶) ، ساختمان های آلاینده صفر (ساختمان های سبز) ، ترجمه محمد حیدری ، احسان مجتهدین یزدی ، چاپ اول . تهران : ناشر تهران
۱۲. آتینیتیس ، اندریاس و ابرین ، ویلیام ، (۱۳۹۷) ، مدل سازی، طراحی و بهینه سازی ساختمان با مصرف انرژی خالص صفر، ترجمه دکتر هادی غایبی ، مهندس جواد جنت خواه ، مهندس هاله کریم مسلک ، چاپ اول . اردبیل : ناشر انتشارات جهاددانشگاهی
۱۳. فاروقی ، علی ، (۱۳۹۹) ، نگرشی بر معماری ساختمان مسکونی با رویکرد معماری انرژی صفر (ZEB) (معماری پایدار) ، چاپ اول . شیراز : کتبه نوین
۱۴. دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان ، (۱۳۹۹) ، مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان ، صرفه جویی در مصرف انرژی ، تهران : ناشر توسعه ایران
۱۵. نیک فطرت ، مرتضی و امان پور، مریم ، (۱۳۹۲) ، ساختمان صفر انرژی (ZEB) الگوی پایداری در ساختمان های آینده ، اولین همایش ملی معماری، مرمت، شهرسازی و محیط زیست پایدار
۱۶. حیدری ، رضا و قاسمی سیجانی ، مریم و خدابخشیان کنارکی ، مقدی ، (۱۳۹۵) ، طراحی خانه با تئوری انرژی صفر (Zero Energy) نمونه مورد مطالعه : شهر اصفهان ، کنفرانس دو سالانه جامعه و معماری معاصر
۱۷. اسدی زارچ ، ابوالفضل و خانقایی زارچ ، سید مهدی ، (۱۳۹۷) ، طراحی، ساخت نظارت بر ساختمان های با انرژی خالص صفر با هدف پایداری در منابع انرژی ، پانزدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع
۱۸. دهقان ، الهام و افهمی ، رضا ، (۱۳۹۶) ، بررسی راهکارهای طراحی ساختمان کربن صفر با بهره گیری از انرژی های نو ، کنفرانس بین المللی عمران، معماری و شهرسازی ایران معاصر
۱۹. چرکزی ، گزل و فرخ زاد ، محمد و سالاریان ، حسام الدین ، (۱۳۹۳) ، طراحی ساختمان با مبحث انرژی صفر، چهارمین کنفرانس بین - المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی
۲۰. تقی زاده ، فرید و بهاروند ، محمد ، (۱۳۹۴) ، بررسی ساختمانهای با مصرف انرژی صفر، پنجمین کنفرانس بین المللی توسعه پایدار و عمران شهری
۲۱. شاکری جنتی ، محترم و میرزایی ، رضا ، (۱۳۹۷) ، استراتژی های دستیابی به ساختمان صفر انرژی ، سومین کنفرانس بین المللی عمران، معماری و طراحی شهری
۲۲. حیدری ، علی ، (۱۳۹۹) ، مبانی و اصول طراحی ساختمان با خالص انرژی صفر، چاپ اول . سنمان : ناشر دانشگاه آزاد اسلامی واحد سمنان
۲۳. عظیمی ، امیر و شریعت مداری ، آیدا ، (۱۳۹۸) ، مدیریت انرژی های زیستی با مصرف کم کربن در راستای توسعه پایدار (مطالعه موردی انرژی الکتریکی حاصل از انرژی های نو) ، چهارمین کنفرانس ملی کیفیت و بهره وری
۲۴. صابونی ، مینا و هدایتی مرزبالی ، معصومه ، (۱۳۹۷) ، بررسی راهکارهای استفاده از انرژی خورشیدی جهت رسیدن به ساختمان انرژی صفر، سومین کنفرانس بین المللی عمران ، معماری و طراحی شهری
25. James , Mary , (2015) , Net Zero Energy Building Passive House + Renewables , Published by Low Carbon Productions.
26. Ming , HU, (2019), Net Zero Energy Building: Predicted and Unintended Consequences , University of Maryland, College Park .
27. William , Maclay , (2014) , The New Net Zero , Published by Chelsea Green Publishing Company .