ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

شماره مجوز مجله:۸۰۴۰۰ زمان چاپ:۱۴۰۱/۰۴/۱۰

بررسی شاخص های معماری صفر انرژی در صنعت ساختمان

سپیده صمد زاده یزدی[۱]، پریسا کرمی[۲]

۱- استادیار معماری – معماری منظر ، دانشگاه خاتم، تهران، ایران

۲- کارشناس ارشد معماری، دانشگاه خاتم، تهران، ایران

p.karami@khatam.ac.ir

چکیده

بزرگ ترین چالش جوامع بشری در قرن بیست و یکم، بحران های زیست محیطی و انرژی است. از آن جا که ساختمان ها، درصد بالایی از مصرف انرژی را به خود اختصاص داده اند، به جهت کاهش بحران انرژی باید به سمت پایداری و کاهش مصرف انرژی گرایش پیدا کنند. از این رو معماری صفر انرژی بر اساس ایجاد تعادل مناسب بین بهره وری انرژی، تولید انرژی تجدید پذیر، آسایش انسان و انتشار کربن، پاسخگو است. هدف از این تحقیق، بررسی شاخص های معماری صفر انرژی و معرفی مصادیق آن در صنعت ساختمان است و روشی که برای استنتاج هدف ذکر شده مورد استفاده قرار گرفته است، از نوع توصیفی - تحلیلی و از لحاظ هدف کاربردی است، که به کمک آن می توان در متون تخصصی به استخراج محورها و موضوعات در رابطه با منابع تجدیدپذیر، در جهت نیل به طراحی و احداث ساختمان ها در راستای صفر انرژی پرداخت. یافته های پژوهش حاکی از آن است که ساختمان های صفر انرژی می توانند تمام نیازهای خود به انرژی را با یک روش کم هزینه، با دسترسی محلی به منابع تجدید پذیر و بدون آلایندگی و آسیب به محیط زیست، بر طرف نمایند و همچنین موجب، تعادل در مصرف انرژی با درخواست انرژی، نیاز به انرژی کمتر و کاهش مصرف الکتریسیته، حذف سیستم های زائد مصرف کننده انرژی، کاهش هزینه نگهداری و هزینه های کلی ماهیانه زندگی به علت بالا بودن کارایی سیستم های انرژی و ... می شوند.

کلمات کلیدی: معماری صفر انرژی، پایداری، محیط زیست، منابع طبیعی، انرژی

۱- مقدمه

هزینه های انرژی، گرم شدن کره زمین و تغییرات آب و هوایی در طی چند دهه اخیر در حال افزایش است و سوخت ها در حال اتمام است. ساخت و ساز و نحوه بهره برداری و نگهداری از آن ها، تأثیر قابل توجهی در مصرف کل منابع انرژی در مقیاس جهانی دارد. ساختمان ها مصرف کنندگان اصلی انرژی هستند که ساختمان های تجاری و مسکونی بخش عمده ای از مصرف انرژی را به خود اختصاص داده اند و ساختمان سازی، از نظر مصرف انرژی، نسبت به صنعت و حمل و نقل در بسیاری از کشورهای پیشرفته، سهم بیش تری دارد که سالانه به دلیل افزایش نیازها و ارائه خدماتی در جهت آسایش انسان، به طور قابل

توجهی افزایش می یابد. (Shehadi, 2020: 45) از این رو بسیاری از کشورها اقدامات احتیاطی را برای کاهش مصرف انرژی در بخش ساختمان از طریق سیاست های انرژی خود انجام می دهند؛ چرا که ۶۱٪ از انتشار گازهای دی اکسید کربن، مربوط به ساختمان های مسکونی است. نگرانی برای استفاده از انرژی در ساختمان های مسکونی پس از بحران انرژی در دهه ۱۹۷۰ در (تصمیم سازمان کشورهای صادر کننده نفت، بر افزایش ۷۰ درصدی قیمت صادرات نفت) آغاز شد و منجر به اقدامات و برنامه هایی با هدف منطقی سازی مصرف انرژی خانه ها شد. (Gönülol, Tokuç, 2018: 39) در نتیجه در دنیای امروز و عصر تکنولوژی، با توجه به روند رو به رشد جمعیت جهان و افزایش سطح رفاه جوامع که در بسیاری از مواقع منجر به افزایش مصارف انرژی می شود، بحران تامین انرژی مورد نیاز به نحوی که با توسعه پایدار هماهنگ باشد یکی از مهم ترین دغدغه های کشور ها است.

۲- مواد و روش تحقیق

۲-۱- هدف تحقیق

- بررسی شاخص های معماری صفر انرژی و معرفی مصادیق آن در صنعت ساختمان

۲-۲- پرسش های تحقیق

- راهبرد و راهکارهایی که می توان از شاخص های صفر انرژی در طراحی و احداث ساختمان ها استفاده نمود، چیست؟
- چه رابطه ای میان به کار گیری استفاده از انرژی های نو و کنترل کربن تولیدی وجود دارد؟

۲-۳- روش تحقیق و گردآوری اطلاعات

این پژوهش بر اساس هدف، کاربردی است و به منظور دستیابی به اهداف تحقیق و پاسخ گویی به پرسش های تحقیق از روش، توصیفی- تحلیلی استفاده شده است و گردآوری داده ها و اطلاعات، روش کتابخانه ای می باشد.

۳- ادبیات موضوع

۳-۱- انرژی های تجدیدپذیر

انرژی های تجدید پذیر از نظر فنی شامل زیست توده[۱] آب، زمین گرمایی، خورشیدی، باد، گرمای اقیانوس، حرکت موج و عمل جزر و مدی هستند؛ اما تقریباً برای همه ساختمان ها، انرژی های تجدید پذیر در محل، فقط شامل باد و خورشید خواهد بود. ممکن است برای سایت های بزرگ در ساحل، بتوانند از روش های گرمایی، موجی یا جزر و مدی اقیانوس ها استفاده کنند، اما جزء شرایط نادری است که در محل در نظر گرفته شود. همچنین، ممکن است برای مکان های بزرگ بتواند یک نیروگاه کوچک برق آبی داشته باشد، اما این امر نادر است. برای اینکه زیست توده به عنوان انرژی تجدید پذیر در محل حساب شود، لازم است که زیست توده در سایت به صورت پایدار موجود باشد. اگر زیست توده از مکان دیگری به سایت تحویل داده شود، همانند انرژی الکتریکی یا گاز طبیعی، به عنوان انرژی، تحویل داده می شود. (Eley, 2016: 154) معرفی سوخت های

[۱] زیست توده عبارت است از اجزای قابل تجزیه زیستی از محصولات، پسماندها و زائدات کشاورزی (شامل مواد گیاهی و دامی)، جنگل ها و صنایع وابسته و همچنین زائدات صنعتی و شهری قابل تجزیه. بر اساس تعریف علمی، زیست توده به سوخت هایی اطلاق می گردد که از جرم توده فیتوپلانکتون ها و جرم توده زئوپلانکتون ها ساخته می شوند.

جایگزین، و مطالعه در خصوص امکان استفاده و بهره برداری از آن ها، با توجه به ملاحظات فنی- اقتصادی و منابع گسترده ی موجود در جهان، همچنین به دلیل روند رو به رشد مصرف سوخت های فسیلی که هر ساله موجب ضرر و زیان هنگفت به بودجه ی عمومی و محیط زیست می شود، از اهمیت قابل توجهی برخوردار شده است.

۳-۲- منابع انرژی احیا کننده

انرژی باد و خورشید پایان ناپذیرند و با چرخاندن توربین ها یا استفاده از صفحات فتوولتاییک به برق تبدیل می شود و این کار تا زمانی انجام پذیر است که خورشید می درخشد یا باد می وزد؛ اما چوب و زیست توده متفاوت است. این آشکال انرژی، به طور بالقوه قابل تجدید هستند، اما تنها در صورت تحقق برخی شرایط. برای توصیف چوب و زیست توده، برخلاف تجدیدپذیر، ترجیحا از کلمه احیا کننده استفاده می کنیم. احیای زیست توده و جنگل ها باید به درستی مدیریت شوند تا پایدار باشند که کاملاً امکان پذیر است و تاریخ ثابت کرده است که حتی احتمال دارد که چوب با سرعت بیش تری نسبت به بازسازی استخراج شود. در مقیاس جهانی، در حال برداشت محصولات چوبی از جنگل ها هستیم که بسیار بیش تر از توانایی جنگل ها برای بازسازی هستند. (Eley, 2016: 154) با توجه به این نکات، در صورت تولید انرژی برای ساختمان های صفر انرژی، از منبع زیست توده، مستلزم این است که چوب یا زیست توده در محل، کشت و فرآوری شود. نهایتا، انتشار گازهای حاصل از احتراق چوب یا زیست توده نباید باعث بدتر شدن کیفیت هوا شود. مادامی که به طور مناسب از زیست توده، به ویژه پوشش گیاهی، استفاده شود، یک منبع انرژی تجدید شدنی است و برخلاف منابع انرژی دیگر، به طور یکنواخت در سطح زمین توزیع شده است و فرصتی برای مناطق در سطح محلی، منطقه ای و ملی فراهم می کند تا در سطح جهانی، خودکفا شوند.

۳-۳- مفهوم ساختمان صفر انرژی[1]

نشریات دهه ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ را می توان به عنوان اولین تلاش ها برای ساختمان های صفر انرژی در نظر گرفت. در آن زمان که بیش ترین مصرف انرژی در ساختمان ها، به دلیل انرژی حرارتی (گرمایش فضا و یا آب گرم خانگی یا سرمایش) بود، ساختمان های صفر انرژی در واقع ساختمان های حرارتی صفر بودند. (Marszala et al, 2011: 974) ساختمان صفر انرژی پیچیده است و برای ساده سازی طراحی، عملکرد و نظارت آن ها، نیاز به تعریف دارد. اصول بنیادی برای هر تعریف ساختمان صفر انرژی، بر اساس ایجاد تعادل مناسب بین بهره وری انرژی، تولید انرژی تجدید پذیر، آسایش انسان و انتشار کربن است. (Attia, 2018: 48) تنظیم و قالب بندی تعاریف ساختمان صفر انرژی، درک، شناخت، ایجاد اصول و مفاهیم اساسی در طراحی آن ها را آسان تر می کند و یک ورودی اساسی برای دستیابی به شناخت و تصمیم گیری آگاهانه است.

طبق تعریف وزارت انرژی ایالات متحده، یک ساختمان صفر انرژی به ساختمانی اطلاق می شود که به اندازه کافی انرژی تجدید پذیر تولید کند تا نیازهای سالانه مصرف انرژی خود را تأمین کند. طبق تعریف اتحادیه اروپا، ساختمان نزدیک به صفر انرژی، ساختمانی است که دارای عملکرد انرژی بسیار بالایی می باشد و برای آن انرژی کمتری مورد نیاز است و تا حد قابل توجهی از منابع باید تجدید پذیر در محل یا نزدیکی آن باشد. (Shehadi, 2020: 2) در واقع، ساختمان صفر انرژی، امکانات زندگی و کار، در یک فضای بدون سوخت فسیلی را ممکن می سازد که در طول سال بر اساس مصرف انرژی خود، انرژی تولید می کنند که در تعاریف مرتبط با ساختمان های صفر انرژی باید به نکات زیر توجه نمود:

- ساختمان صفر انرژی به معنای مصرف انرژی صفر نیست.

[1] Zero Energy Buildings

- این ساختمان ها مستقل از وسایل رفاهی نیستند.
- کاربرد این ساختمان ها به معنای جیره بندی انرژی نیست.
- انرژی در این ساختمان ها، انرژی نامتناهی نیست.
نهایتا صفر انرژی دو جهت گیری مشخص دارد:
۱- نیاز به انرژی را کاهش می دهند.
۲- از منابع قابل بازگشت، انرژی تولید می کنند.

۳-۴- انواع ساختمان صفر انرژی

- **ساختمان صفر انرژی سایت**[1]: در این نوع ساختمان، میزان انرژی عرضه شده توسط منبع انرژی تجدید پذیر در داخل سایت، برابر با انرژی استفاده شده توسط ساختمان در مدت یک سال، می باشد. در آمریکا عبارت " ساختمان هایِ صفر انرژی" به این نوع از ساختمان ها اطلاق می شود. (Torcellini et al, 2006: 5) سیستم های احتمالیِ تولید انرژی تجدیدپذیر، شامل صفحات خورشیدی و توربین های بادی است. صرف نظر از منبع برق مورد استفاده در محل، اگر همان مقدار برق تولید شده در محل بتواند میزان مصرف را در محدوده ساختمان متعادل کند، در این صورت هدف صفر انرژی برآورده شده است. (Hu, 2019: 17)

- **ساختمان صفر انرژی منبع**[2]: این نوع ساختمان، به اندازه مصرفش، انرژی تولید می کند که شامل انرژی مصرف شده جهت انتقال انرژی به ساختمان نیز می شود. در حقیقت، تلفات برای انتقال الکتریسیته هم محاسبه می شود؛ بنابراین این نوع از ساختمان ها نیازمند تولید الکتریسیته بیش تری نسبت به نوع اول می باشند.
(Torcellini et al, 2006: 5) برای محاسبه کل انرژی منبع ساختمان، هم انرژی وارد شده و هم منتقل شده، در محل منبع ضرب می شود. برای انجام این محاسبه، عوامل تولید و انتقال نیرو مورد نیاز است. (Ibid: 7)

- **ساختمان صفر انرژی در هزینه**[3]: در این نوع ساختمان، میزان پولی که شرکت برق، بابت انرژیِ مازادِ منتقل شده از ساختمان به شبکه، به صاحب ساختمان می پردازد، حداقل معادل مبلغی است که مالک برای خدمات و انرژی مورد استفاده در طول یک سال، پرداخت می کند. (Ibid: 5) اعتبار دریافتی برای برقِ انتقالی باید انرژی، توزیع، حداکثر تقاضا، مالیات و هزینه های اندازه گیری مربوط به مصرف برق و گاز را جبران کند؛ بنابراین در دسترس بودن انرژی در محل و هزینه های سوخت متقابل، راه حل های بهینه را تعیین می کند. (Ibid: 8) اگرچه ساختمان دارای انتقالیِ نسبتاً ثابتی است، اما نرخ خدمات متغیر است، که می تواند چالشی را برای ساختمان صفر انرژی در هزینه ایجاد کند؛ بر این اساس، در برخی از کشورها، تمرکز بر تأمین ساختمان صفر انرژی با هزینه خنثی بوده است، جایی که ساختِ ساختمان صفر انرژی در هزینه، هزینه اضافی را در پی نخواهد داشت. (Hu, 2019: 26)

[1] Net Zero Site Energy
[2] Net Zero Source Energy
[3] Net zero Cost Energy

- **ساختمان صفر انرژی در آلایندگی (ساختمان کربن صفر)**[1]: طبق این تعریف، کربن انتشاریِ تولید شده، هنگام استفاده ی سوخت فسیلی در داخل یا خارجِ سایت، توسط تولید انرژی تجدیدپذیر در داخل سایت، به تعادل می رسد. (Torcellini et al, 2006: 5) تعریف دیگر در این حوزه شامل ساختمانی است که در طی یک سال، مصرف انرژی ای که منجر به انتشار دی اکسید کربن شود، نداشته باشد. (Hu, 2019: 37) انتشارات (گازهای گلخانه ای) ساختمان صفر انرژی در سایت، با استفاده از گزینه های ۱ و ۲ در جدول ذیل، انتشارات خود را جبران می کند.

جدول شماره (۱) سلسله مراتب گزینه های تامین انرژی تجدیدپذیر در ساختمان صفر انرژی (منبع: Torcellini et al, 2006:3)

شماره گزینه	گزینه های جانبی تأمین انرژی ساختمان صفر	مثال ها
۰	کاهش مصرف انرژی سایت از طریق فناوری های ساختمان کم مصرف	روشنایی روز، تجهیزات گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع با کارایی بالا، تهویه طبیعی، سرمایش تبخیری و ...
گزینه های تأمین در سایت		
۱	استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر موجود در محدوده ساختمان	صفحات فتوولتائیک خورشیدی، آب گرم خورشیدی و باد روی ساختمان
۲	استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر موجود در سایت	صفحات فتوولتائیک خورشیدی، آب گرم خورشیدی، آب کم فشار و باد در محل اما نه روی ساختمان
گزینه های تأمین خارج از سایت		
۳	استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر موجود در خارج از سایت	استفاده از زیست توده، گلوله هایِ سوختیِ چوبی، اتانول یا بیودیزلِ ورودیِ خارج از سایت یا استفاده از زباله های محل، برایِ تولید برق و گرما
۴	خرید منابع تجدیدپذیر، خارج از سایت	خدمات بر پایه ی باد، صفحات فتوولتائیک خورشیدی، اعتبارات گاز های گلخانه ای، خرید زیست محیطی (سبز)، گاهی اوقات توجه به برق آبی

۳-۵- مزایا و معایب انواع ساختمان صفر انرژی

انواع ساختمان صفر انرژی دارایِ مزایا و معایبی بوده که به اختصار در جدول ذیل بیان شده است.

جدول شماره (۲) مزایا و معایب انواع ساختمان صفر انرژی (منبع: Torcellini et al, 2006:11)

ساختمان صفر انرژی سایت	
مزایا	معایب
- پیاده سازی آسان - قابل تأیید از طریق سنجش سایت - رویکرد ثابت برای دستیابی به ساختمان صفر انرژی - بدون تأثیرات جانبی بر عملکرد و دستیابی به نتیجه ی مطلوب در طول زمان - سازگاری در برقراری ارتباط با جوامع ساختمانی - ترویج طراحی ساختمان های کم مصرف	- نیاز به صفحات فتوولتائیک خورشیدی بیش تر، به سبب جبران گاز طبیعی - در نظر نگرفتن تمام هزینه های خدمات - قادر نبودن به برابر سازی انواع سوخت - در نظر نگرفتن تفاوت های غیر انرژی بین انواع سوخت (دسترس پذیری عرضه، آلودگی)

[1] Net zero Emission Energy

ساختمان صفر انرژی منبع	
مزایا	معایب
- قادر به برابری ارزش انرژی انواع سوخت مورد استفاده در محل - مدل بهتر برای تأثیر بر سیستم انرژی ملی - دسترسی آسان به ساختمان صفر انرژی	- در نظر نگرفتن تفاوت های غیر انرژی بین انواع سوخت (دسترس پذیری عرضه، آلودگی) - گستردگی بسیار در محاسبات منبع (در نظر نگرفتن تغییرات منطقه ای یا روزانه در نرخ بحران تولید برق) - تأثیر بیش تر محاسبه ی استفاده از انرژی منبع و تعویض سوخت نسبت به فناوری های بهینه ساز - در نظر نگرفتن تمام هزینه های انرژی (می تواند ضریب بار پایینی داشته باشد)
موارد دیگر: نیاز به توسعه عوامل تبدیل سایت به منبع دارد که برای تعیین آن ها به مقدار قابل توجهی اطلاعات نیاز است.	
ساختمان صفر انرژی در هزینه	
مزایا	معایب
- پیاده سازی و سنجش آسان - تأثیر بازار عرضه باعث ایجاد تعادل مناسب بین انواع سوخت - امکان کنترل واکنش، بر اساس نیاز - قابل تأیید از طریق قبوض خدماتی	- ممکن است بر اساس نیاز، تاثیری بر شبکه ملی نگذارد، زیرا تولید صفحات فتوولتائیک خورشیدی اضافی، برای کاهش نیاز به ذخیره سازی در محل، می تواند ارزشمندتر از انتقال به شبکه باشد. -مستلزم توافقات سیستم جبران هزینه است که برق منتقل شده می تواند هزینه های انرژی و غیر انرژی را جبران کند. - نرخ انرژی بسیار بی ثبات، به مرور زمان، بررسی را دشوار می کند.
موارد دیگر: - جبران هزینه های ماهانه ی خدمات و زیرساخت ها، نیاز به فراتر از ساختمان صفر انرژی دارد. - سیستم جبران هزینه، اغلب با محدودیت ظرفیت و با نرخ بازخرید کمتر از نرخ خرده فروشی به خوبی متعادل نشده است.	
ساختمان صفر انرژی در آلایندگی (ساختمان کربن صفر)	
مزایا	معایب
- مدل بهتر برای انرژی سبز - محاسبه ی تفاوت های غیر انرژی بین انواع سوخت (آلودگی، گازهای گلخانه ای) - دست یابی آسان تر به ساختمان صفر انرژی	-
موارد دیگر: نیاز به عوامل انتشار مناسب	

۳-۶- ارتباط ساختمان های صفر انرژی با زیرساخت های انرژی

ساختمان های صفر انرژی به دو دسته خارج از شبکه (مستقل) و متصل به شبکه (شبکه یکپارچه) تقسیم می شوند.

- ساختمان صفر انرژیِ خارج از شبکه (مستقل): به هیچ شبکه برقی متصل نیست و در نتیجه نیاز به استفاده از برخی از سیستم های ذخیره سازی برق برای دوره هایی با حداکثر بار دارد. این ساختمان ها می توانند خود به خود انرژی تامین کنند، زیرا دارای ظرفیت ذخیره انرژی برای استفاده در شب یا زمستان هستند.

- ساختمان صفر انرژیِ متصل به شبکه (شبکه یکپارچه): به یک یا چند زیرساخت انرژی متصل است. مانند شبکه برق، سیستم گرمایش و سرمایش، شبکه لوله گاز، شبکه های توزیع زیست توده و سوخت های زیستی. بنابراین، این امکان را دارد که هم از شبکه انرژی بگیرد و هم با انرژی اضافی، شبکه را تغذیه کند، مصرف انرژی بعدی را جبران کند و از ذخیره کردنِ

برق در محل اجتناب کند. نمونه ای از تعریف ساختمان صفر انرژیِ متصل به شبکه : "ساختمان های صفر انرژی خالص ساختمان هایی هستند که در طول یک سال خنثی هستند، به این معنی که به همان اندازه که از شبکه ها استفاده می کنند، انرژی را به شبکه های تأمین می رسانند. (Marszala et al, 2011: 975) امروزه ساختمان ها، قبل از احداث، باید شرایط لازم را داشته باشند. الزاماتی که به طور قابل توجهی می توانند بر طراحی و در نتیجه کیفیت ساختمان های صفر انرژی تأثیر بگذارند، (۱) الزامات بهره وری انرژی و (۲) الزامات آب و هوای داخلی و در مورد ساختمان های صفر انرژی متصل به شبکه (۳) الزامات تعامل شبکه ساختمان است. (Ibid: 976)

۳-۷- توسعه ساختمان های صفر انرژی

توسعه ساختمان های صفر انرژی بر اساس چهار مفهوم است و بر اساس نوع ساختمان و شرایط اقلیمی، تیم های طراحی برای یافتن مناسب ترین اقدامات، باید از این چهار اصل که در زیر ذکر شده است، استفاده کنند:

اول: کاهش مصرف انرژی برای تمام ساختمان های تازه احداث شده. هزینه ی مصرف انرژی، مجموع خواسته های ساختمان است (گرمایش فضا، خنک کننده فضا، آب گرم در خانه، برق ، تهویه، روشنایی و لوازم خانگی).

دوم: بهبود کیفیت محیط داخلی، اجازه حداکثر آسایش حرارتی و جلوگیری از گرم شدن بیش از حد را می دهد که شامل کنترل کیفیت هوا از طریق تهویه مکانیکی است.

سوم: اصلاح درصدی از نیازهای انرژی های تجدیدپذیر برای تحت پوشش قرار دادن تعادل سالانه ی انرژی های تجدیدپذیر. همچنین اصلاح اقدامات اضافی برای رسیدگی به موارد تطبیق و ذخیره انرژی بسیار مهم است.

چهارم: کاهش مقدار کلی مصرف انرژی اولیه و انتشار کربن در سال. (Omar, 2020: 1) هدف از ساختمان هایِ صفر انرژی و ساختمان هایِ صفر کربن، دستیابی به حداکثرِ بهره وریِ ناشی از به حداقل رساندن مفهوم مصرف منابع است و به عنوان مصرف انرژی صفر توصیف می شود. (Ibid: 2)

جدول شماره (۳) چهار اصل طراحی ساختمان های صفر انرژی (منبع: Omar, 2020: 2)

اصل اول ساختمان های صفر انرژی	نیاز به کاهش انرژی	- کاهش بارهای داخلی - کاهش بارهای پوسته ساختمان - کاهش مصرف انرژی در تجهیزات تهویه مطبوع[1]
اصل دوم ساختمان های صفر انرژی	بهبود کیفیت محیط داخلی	- تنظیم حداقل هوای تازه برای هر نفر - تأمین کردن روشنایی طبیعی - تنظیم حداکثر تراکم ساکنین
اصل سوم ساختمان های صفر انرژی	تأمین بخش انرژی تجدیدپذیر	- تولید انرژی از منبع تجدید پذیر، در محل احداث - ارائه انرژی تجدیدپذیر انتقالی، از نزدیکی و یا محل احداث - پرهیز از محاسبه جانشین
اصل چهارم ساختمان های صفر انرژی	کاهش انرژی اصلی و انتشار کربن	- کاهش نیاز به انرژی اولیه - کاهش تولید کربن انرژی ارائه شده

[1] Heating, Ventilating and Air Conditioning (HVAC)

۳-۸- اصول طراحی ساختمان صفر انرژی

سه اصل برای دستیابی به یک طراحی خوب برای ساختمان صفر انرژی وجود دارد :

- **ارزیابی پوسته ساختمان:** نه تنها ساختمان باید جهت دهی شود تا بارهای تهویه مطبوع به حداقل برسد، بلکه باید از سایه ها و برآمدگی ها استفاده کرد تا تابش مستقیم آفتاب را کاهش دهد.گزینه های متعددی مانند برآمدگی سقف، سایه و سایبان و پوشش گیاهی در دسترس است. برای کاهشِ افزایشِ حرارت از طریق پنجره ها، طراح باید از براق و صیقلی کردن در نمای شرق و غرب جلوگیری کند. از دیگر اقدامات، افزایش عایق در سطح غیرشفاف، استفاده از شیشه با مقادیر ضریب گرمایی حرارتی پایین، استفاده از نمای دو پوسته و اصلاح پوسته ساختمان متناسب با شرایط مکان است. (Shehadi, 2020: 5)

- **ارزیابی بهره وری انرژی:** اولین عامل مهم در انتخاب سیستم های با اندازه ی مناسب برای ساختمان است. طراح باید استفاده از سیستم های کنترل و کنترل روشنایی با کارایی بالا مانند چراغ های ال ای دی[1]، مدار روشنایی وظیفه، حسگر حضور افراد و حسگرهای کاهش نور روز را در نظر بگیرد. طراح باید بارهای الکتریکی را در زمان اوج تقاضا جا به جا کند تا مصرف انرژی بهینه شود.

در پایان مرحله ساخت، راه اندازی، یک گام مهم برای اطمینان از عملکرد ساختمان به عنوان طرح مورد نظر و رسیدن به اهداف آن است. مرحله راه اندازی تأیید می کند که سیستم های مربوط به انرژی ساختمان نصب و مطابق با نیازهای پروژه مالک، اساس طراحی و اسناد ساخت و ساز عمل می کند. راه اندازی ساختمان می تواند باعث کاهش مصرف انرژی، کاهش هزینه های عملیاتی، کاهش تماس های مجدد با پیمانکاری و افزایش بهره وری سرنشینان شود. اجرای موفقیت آمیز فرایند راه اندازی می تواند ۵ تا ۱۰ درصد بهبود در بهره وری انرژی را به همراه داشته باشد. (Ibid: 6)

- **ارزیابی انرژی تجدیدپذیر:** به حداکثر رساندن منابع انرژی از طریق دو اقدام انجام می شود، (۱) پوسته ساختمان (باعث استفاده کمتر از انرژی) و (۲) ابزارهای کارآمد و تجهیزات. اقدامات مربوط به انرژی های تجدیدپذیر گران تر از این دو معیار است و برای این منظور، طراحان باید از دو اقدام اول شروع کرده و طراحی خود را بهینه سازی کنند که این امر نیاز به انرژی مورد نیاز در این مرحله را کاهش می دهد. (Ibid: 7)

۳-۹- شاخص ها و محدوده های عملکرد ساختمان صفر انرژی

- **محدوده انتشار کربن:** از آن جا که بخش ساختمان، قسمت زیادی از انتشار گازهای گلخانه ای را شامل می شود؛ ساختمان صفر انرژی، می تواند به میزان قابل توجهی در کاهش انتشار کربن کمک کند. هنگام محاسبه ی میزان انتشار کربن در ساختمان صفر انرژی، به انتشارات مرتبط با انرژی اولیه از منابع فسیلی تمرکز کرده و به انتشارِ کربنِ مرتبط با مصرف نهاییِ انرژی تمرکز نمی کنیم. مصرف نهاییِ انرژی (همان انرژیِ مصرفیِ مستقیمِ مصرف کنندگان ساختمان) شامل: برق، بنزین و گازهای طبیعی است. تقاضای اولیه انرژی، از منابع انرژی غیر قابل تجدید است که برای تمام انرژی های استفاده شده در ساختمان تامین می شود. انرژی اولیه، انرژی ای است که برای تولید برق در نیروگاه ها و تاسیسات مصرف می شود، در

[1] LED

حالی که انرژیِ مصرفیِ نهایی، مقدار برقی است که در ساختمان ها استفاده می شود. (Attia, 2018: 61) همچنین، باید حمل و نقل را که بخش کوچکی از انرژی اولیه را تشکیل می دهد، به انتشارات مربوط به انرژی اولیه اضافه کنیم. برای انتشار کربنِ مرتبط با ساختمان، استفاده از انرژی اولیه برای ساختمان صفر انرژی، منعکس کننده ی کاهش سوخت های فسیلی نسبت به انتشار کربن است. در دراز مدت، باید انتشار کربن مرتبط با انرژی به کار گرفته شده در مصالح ساختمانی را مهار و محدود کنیم. این مرحله باید با تشویق به انتخاب مصالحِ ساختمانیِ پایدار و بادوام، بر اساس ارزیابی اثرات زیست محیطی و ارزیابی چرخه زندگی همراه باشد. (Ibid: 62)

– **حداقل محدوده ی بهره وری انرژی:** در ساختمان های صفر انرژی، برای دستیابی به بازدهی بالا در بلند مدت، استفاده از شاخص های جهانی، در کاهشِ مصرفِ انرژی و انتشار کربن، مورد نیاز می باشد؛ از طرفی دیگر، یک استاندارد مشترک را در سراسر جهان فراهم می کند، که برای صنعتِ ساخت و ساز ضروری است تا راه حل هایی را در یک چارچوب پایدار و منسجم توسعه دهد. در کل، ساختمانِ صفر انرژی، به جایِ تولیدِ انرژیِ تجدیدپذیر در سایت، برایِ تأمینِ تقاضایِ انرژیِ بالاتر، باید انرژی را بسیار کم مصرف کرده و با طراحی، دی اکسید کربن کمتری ساطع کند. (Ibid: 63)

– **تعادل سرمایش و گرمایش:** در ساختمان های با کارایی بالا، توصیفِ تعادل در گرمایش و سرمایش، برای محدود کردن سیستم های تهویه و توزیعِ غیرضروری، مهم است. به عنوان مثال، در مناطقی که گرما غالب است، طراحان به دنبال حذف خنک کننده فعال، با استفاده از اقداماتِ طراحیِ خنک کننده غیر فعال هستند؛ این امر می تواند با کنترل و نگهداری ساده، منجر به کاهش قابل توجه هزینه شود. هر تعریفی برای ساختمان صفر انرژی، باید تعادل سرمایشی و گرمایشی را برای هر ناحیه ی آب و هواییِ هر منطقه یا کشور و حد نصابِ بهره وریِ را در نظر بگیرد و بر این اساس، راه حل هایِ سیستم های فعال، غیرفعال یا کارآمد را توصیه کند. (Ibid: 64)

– **محدودیت های کیفیت محیط داخلی (آسایش حرارتی):** مدل های موجود در سـراسر جهان، عمدتاً به ساختمان های اداری متمرکز هستند؛ بخشی از این امر به دلیل محدود بودنِ تعداد نظرسنجی ها در حوزه ی ساختمان های مسکونی است. با این حال، دامنه ی این استانداردها را می توان به ساختمان های مشابه دیگر که عمدتا برایِ کار با انسان ها، با فعالیت های بی تحرک و مسکن استفاده می شود، گسترش داد. برای ساختمانِ صفر انرژی، علاوه بر شاخص های عملکرد انرژی، شاخص های آسایش کوتاه مدت و بلند مدت نیز باید محاسبه شوند. (Ibid: 65-66)

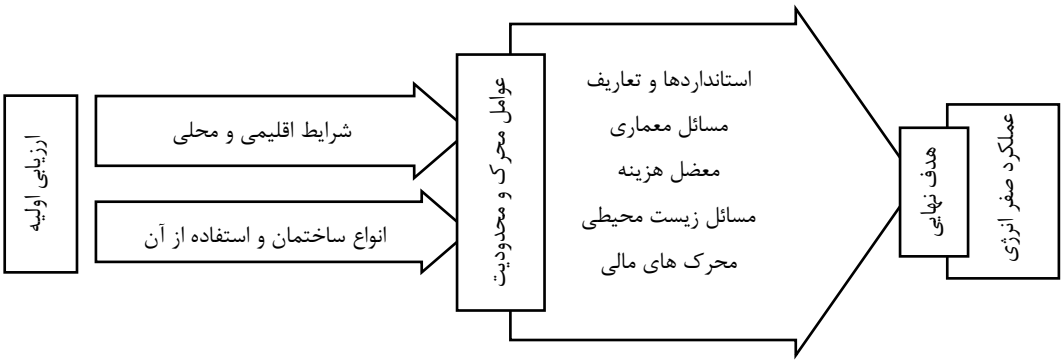
– **محدوده تولید انرژی تجدیدپذیر:** برای ساختمانِ صفر انرژی، لازم است که ابتدا انرژی مورد نیاز برای گرمایش و سرمایش را کاهش داده و در مرحله دوم، بخش قابل توجهی از این نیازها را از طریق انرژیِ حاصل از منابع تجدید پذیر در محل یا در نزدیکی آن، تأمین کنیم. از این رو، بهره وری انرژی یک ابزار سیاست گذاری موثر است و همراه با صرفه جویی در مصرف انرژی مقرون به صرفه، می تواند نقش اصلی را در تحقق اهداف انرژی، آب و هوا و اقتصاد داشته باشد؛ بنابراین تعادل مطلوب بین عملکرد محدوده بهره وری انرژی و سهم تولید انرژی تجدیدپذیر در محل، برای ساختمان صفر انرژی، همچنان یک چالش است. تأثیر این پارامترها بسته به هزینه انرژی، موانع قانونی، مسائل زیست محیطی و ساخت و ساز، به دید طولانی مدت در کاربر کمک می کند. (Ibid: 68)

- **تراکم سکونت:** تأثیر کاربردهای مختلف عملکردی، بر تراکم کلی ساکنین قابل توجه است. در سراسر اروپای غربی، تراکم اصلی می تواند ۱۰ مترمربع برای هر نفر باشد و در آمریکای شمالی این مقدار تا ۱۲ مترمربع برای هر نفر افزایش می یابد، در حالی که در هنگ کنگ یا دبی این مقدار می تواند به ۴ مترمربع برای هر نفر کاهش یابد. عامل مهم برای طراحی ساختمان صفر انرژی در این زمینه، پیش بینی پیامدِ تراکم های مختلف سکونت در مقدار مصرف انرژیِ کلی است. با گذشت زمان، نیازهای ساکنان ساختمان تغییر می کند و صاحبان ساختمان، تراکم ساکنان ساختمان ها را اصلاح می کنند.
مهم ترین تغییرات مورد نیاز تهویه، به دلیل تراکم ساکنین است. با تراکم بیش تر ساکنین، توزیع هوا و بارهای خنک کننده افزایش یافته و در نتیجه مقدار مصرف کلی انرژی افزایش می یابد. افزایش بهره وری انرژی برای ساختمان صفر انرژی، در مرحله طراحی، اساساً به تنظیم متناسب با تراکم اشغال در حین کار ساختمان بستگی دارد. بنابراین ظرفیت ساختمان، یک محدوده عملکرد مهم در طراحی است زیرا مردم، تقاضا برای کیفیتِ محیطِ داخلی و خدمات ساختمانی را ایجاد می کنند. (Attia, 2018: 69)

- **محدوده هزینه:** به منظور طراحی و ساختِ ساختمان صفر انرژی، اثربخشی هزینه ضروری است. هزینه ساختمانِ صفر انرژی برای هر متر مربع، یک محدوده اساسی برای توسعه دهندگان، مالکان و گروه های سازنده است. در طراحیِ ساختمان صفر انرژی، باید از راهبرد های کنترل هزینه برای تهیه، طراحی، ساخت و بهره برداری استفاده کنند. اکثر ساختمان صفر انرژی ساخته شده در سراسر جهان شامل پروژه های کوچک مسکونی است، در حالی که اقلیت، پروژه های تجاریِ بزرگ هستند. در هر دو مورد، ساختمان ها به سطوح عایق کاری بالا، نصب فنی سیستم تهویه مطبوع، بازیابی حرارت و همچنین سیستم های انرژی تجدیدپذیر با سرمایه بیش تر، مانند فتوولتائیک نیاز دارند. (Ibid: 70)

۳-۱۰- نقش طبقه بندی ساختمان، اقلیم و اندازه گیری در عملکرد ساختمان صفر انرژی

اقلیم و نوع ساختمان، نقش اصلی را در عملکرد ساختمان صفر انرژی دارند. آب و هوا، محرکی برای گرم کردن و سرمایش فضا و محرکی برای تأمین همزمان منابع انرژی تجدیدپذیر است. علاوه بر این دو عامل، می تواند به سایر موارد محرک یا محدود کننده، همان طور که در نمودار زیر نشان داده شده است، بستگی داشته باشد. (Aelenei, 2017: 15)



نمودار شماره (۱): ارزیابی عملکرد ساختمان صفر انرژی (منبع: Aelenei, 2017: 15)

۴- نتیجه‌گیری

هدف ساختمان های صفر انرژی تعادل میان تولید انرژی و مصرف آن می باشد که نهایتا امکانات زندگی و کار را در فضایی، بدون سوخت فسیلی ارائه می دهد. برای تحقق اهداف معماری صفر انرژی و ساخت بنایی که انرژی های مورد نیاز خود را خودش تامین کند گزینه های متفاوتی وجود دارد که بسته به شرایط محل و نحوه طراحی می تواند طیف گسترده ای از روش ها را در برگیرد. برای هر منطقه با توجه به منابع در دسترس، می توان روش مناسبی را جهت تامین انرژی انتخاب کرد. نهایتا جمع بندی اصول معماری صفر انرژی عبارتند از:

- کاهش بارهای داخلی
- کاهش بارهای پوسته ساختمان
- کاهش مصرف انرژی در تجهیزات تهویه مطبوع
- تنظیم حداقل هوای تازه برای هر نفر
- تأمین کردن روشنایی طبیعی
- تنظیم حداکثر تراکم ساکنین
- تولید انرژی از منبع تجدید پذیر، در محل احداث
- ارائه انرژی تجدیدپذیر انتقالی، از نزدیکی و یا محل احداث
- پرهیز از محاسبه جانشین
- کاهش نیاز به انرژی اولیه
- کاهش تولید کربن انرژی ارائه شده

مراجع

1. Aelenei, Laura, Aelenei, Daniel, Cúbi, Eduard, Musall, Eike, TaeKim, Jun. (2017). *Net zero energy building design fundamentals*, Chapters in: Françios, Garde, Laura, Aelenei, Daniel, Aelenei, Alessandra, Scognamiglio, Joseph, Ayoub, Solution Sets for Net-Zero Energy Buildings: Feedback from 30 Buildings worldwide, Berlin: Ernst & sohn, pp 7-38
2. Attia, shady. (2018). *Net Zero Energy Buildings* (NZEB), United Kingdom: Butterworth-Heinemann
3. Eley, Charles. (2016). *Design Professional's Guide to Zero Net Energy Buildings Excerpt*, Washington: Island Press
4. Gönülol, Okay, Tokuç, Ayça. (2018). *Net Zero Energy Residential Building Architecture in the Future, Exergetic*, Energetic and Environmental Dimensions, pp 39-53
5. Hu, Ming. (2019). *Net Zero Energy Building- Predicted and Unintended Consequences*, London: Routledge
6. Marszala, A.J, Heiselberga, P, Bourrelleb, J.S, Musallc, E, Vossc, K, Sartori, I & Napolitanoe ,A. (2011). *Zero Energy Building – A review of definitions and calculation methodologies*, Energy and Buildings, Volume 43, Issue 4, pp 971-979
7. Omar, Osama. (2020). *Near Zero-Energy Buildings in Lebanon: The Use of Emerging Technologies and Passive Architecture*, Sustainability, pp1-13
8. Shehadi, Maher. (2020). *Net-Zero Energy Buildings: Principles and Applications*, Chapters in: Jesus Alberto Pulido Arcas & Carlos Rubio-Bellido & Alexis Perez-Fargallo & Ivan Oropeza-Perez (ed.), Zero-Energy Buildings - New Approaches and Technologies, United Kingdom: IntechOpen, pp 45-60
9. Torcellini, P, Pless, S, Deru, M, Crawley, D. (2006). *Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition*, National Renewable Energy Laboratory (NREL), pp 1-15