Zero Energy Biulding – ساختمان های انرژی صفر

energyenergy.ir

فهرست مطالب

۱-۱. مقدمه ۱
۱-۲. رویکرد جهانی در زمینه انرژی ۱
۱-۳. تعاریف مرتبط با ZE ۴
۱-۴. تعریف مفهوم کلی ساختمان انرژی صفر ۶
۱-۴-۱. انرژی صفر خالص سایت (Net Zero Site Energy): ۷
۱-۴-۲. انرژی صفر خالص منبع (Net Zero Source Energy): ۷
۱-۴-۳. انرژی صفر خالص هزینه ها (Net zero Cost Energy): ۷
۱-۴-۴. انرژی صفر خالص انتشار (Net zero Emission Energy): ۸
۱-۵. تعاریف و مفاهیم ۹
۱-۶. کاهش انرژی مصرفی در ساختمان ۱۰
۱-۶-۱. انرژی های نهان (Passive Energy) ۱۰
۱-۶-۲. ایزولاسیون ۱۱
۱-۶-۳. مصرف کنندگان داخلی ۱۱
۱-۶-۴. مدیریت انرژی ۱۱
۱-۷. تولید انرژی در ساختمان ۱۲
۱-۸. بحران انرژی و ضرورت ساختمان های انرژی صفر ۱۳
۱-۹. بایسته های طراحی ساختمان های انرژی صفر ۱۶
۱-۱۰. اصول طراحی ساختمان های صفر انرژی ۱۷
۱-۱۰-۱. بخش اول: انرژی مصرفی جهت ساخت بنا ۱۷
۱-۱۰-۲. بخش دوم: انرژی مصرفی در استفاده از بنا ۱۸
۱-۱۱. چالش های معماری انرژی صفر درایران ۲۳
۱-۱۲. معرفی نرم افزارهای شبیه سازی انرژی ۲۵
۱-۱۳. بررسی آماری و مقایسه مصرف انرژی ساختمان انرژی صفر با خانه ها معمولی ۲۶
۱-۱۴. بررسی و تحلیل آماری ۲۸
۱-۱۵. برسی یک نمونه ی اجرا شده از ساختمان های صفر انرژی ۳۶

energyenergy.ir

۱-۱. مقدمه

امروزه امنیت، قابلیت اطمینان و در دسترس بودن منابع انرژی، امری ضروری در پایداری و توسعه ی اقتصادی جوامع می باشد. تغییرات اقلیمی، عدم امنیت حامل های انرژی (غالبا تجدید ناپذیر) و همچنین رشد مصرف انرژی، چالش های بسیاری را در حوزه ی انرژی و محیط زیست ایجاد نموده است. از اینروست که ایجاد بسترهای مناسب برای تأمین انرژی مصرفی و همچنین تمرکز بر روی چگونگی مصرف انرژی های تولیدی، می تواند بعنوان یک راهکار موثر جهت غلبه بر این چالش ها مورد توجه قرار گیرد. بدیهی است در این فرآیند مباحث مرتبط با محیط زیست نیز از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد.

منطقا افزایش راندمان مصرف انرژی با کاهش میزان انتشار آلودگی ارتباط مستقیم دارد. همچنین استفاده از انرژی های نو و تجدیدپذیر و یا انرژی هسته ای می تواند عوامل موثری در کاهش دی اکسید کربن باشند. افزایش گازهای گلخانه ای از یک سو و کاهش منابع تجدید ناپذیر انرژی از سوی دیگر نقش تعیین کننده ای در تعیین استراتژی کشور ها در حوزه انرژی ایفا می نمایند. همانگونه که ملاحظه می شود توجه به مسائل زیست محیطی و استفاده بهینه از منابع انرژی، رابطه ی تنگاتنگی با یکدیگر دارند. از اینرو در سال های اخیر مفاهیم ایده الی نظیر مفهوم ZE مورد توجه کشورهای مختلف، به منظور کاهش وابستگی به منابع انرژی تجدید ناپذیر که هم به لحاظ هزینه، ایجاد آلودگی زیست محیطی و محدود بودن منابع، بکارگیری آن ها چندان منطقی و مقرون به صرفه نمی باشد، قرار گرفته است.

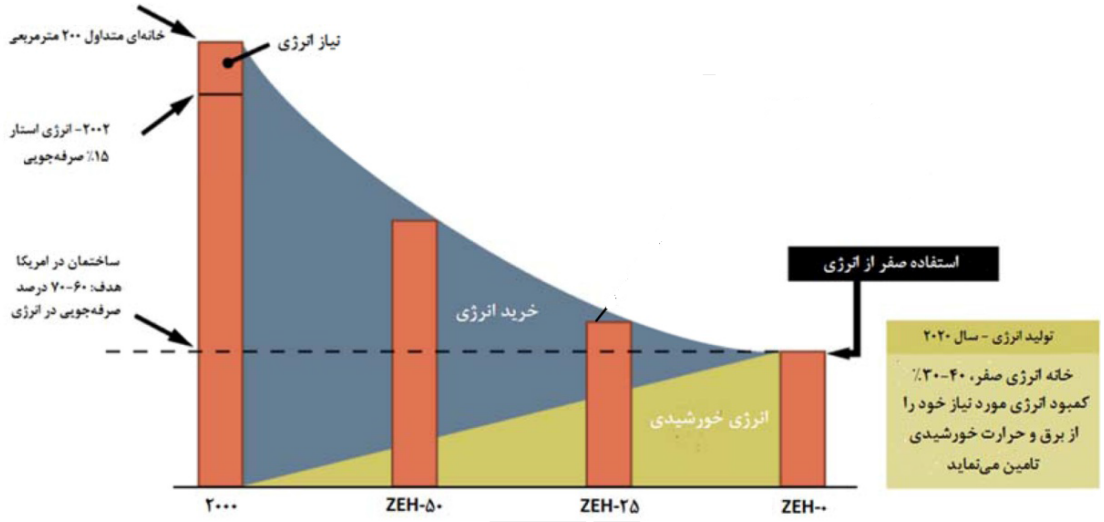
۱-۲. رویکرد جهانی در زمینه انرژی

افزایش تقاضای انرژی، محدودیت منابع انرژی فسیلی و افزایش قیمت آن و عدم امنیت و ثبات بازار انرژی در دهه اخیر هم سو با مسئله آلودگی و گرم شدن زمین مبنای رویکرد جدید در مبحث انرژی است. در دیدگاه جدید دو راه حل اساسی مورد توجه قرار گرفته است:

۱. بهینه سازی مصرف (کاهش و یا کنترل تقاضا) و تولید انرژی
۲. استفاده از منابع انرژی جایگزین، عمدتا انرژی های تجدیدپذیر

توجه به بهینه سازی در مصرف و تولید انرژی موضوع بسیار پر اهمیتی می باشد. غیر از سهم غیر قابل انکار آن در حفظ منابع انرژی فسیلی با کاهش میزان بهره برداری از آنها، رعایت و توجه به آن زمینه ی مناسبی برای بهره گیری از منابع انرژی نو و تجدیدپذیر فراهم می آورد. در واقع برای آنکه بتوان از انرژی نو و تجدیدپذیر استفاده نمود، می بایست تا حد امکان تقاضای انرژی را کاهش داد. کشورهای اروپایی و آمریکایی بر اساس برنامه ای مدون تا سال ۲۰۳۰ تغییرات اساسی در رژیم انرژی مصرفی خود اعمال خواهند نمود. اما نکته اساسی اینجاست که آنچه به این کشور ها قدرت مانور بر روی استفاده از منابع مختلف انرژی را می دهد، علاوه

بر مباحث اقتصادی و تکنولوژیکی، تجربه بلند مدت این کشور ها در امر بهینه سازی تولید و مصرف انرژی است. به عنوان مثال ساخت شهرهای سبز، استفاده از سیستم های DH به طور گسترده، ساختمانهایی با راندمان بالای انرژی، بستر فرهنگی و آگاهی مناسب اجتماع و ... به این دولت ها قدرت مانور بر روی منابع انرژی را می دهد. برای مثال برنامه انرژی در ساختمان کشور امریکا تا سال ۲۰۲۰ به صورت زیر تعریف شده است.



شکل۱-۱. برنامه انرژی در ساختمان کشور امریکا تا سال ۲۰۲۰

قیمت ارزان انرژی در ایران سبب گردیده تا بهینه سازی مصرف از لحاظ اقتصادی توجیهی برای مصرف کننده گان نداشته باشد. میزان مصرف انرژی در کشور بسیار سرسام آور بوده که این مسئله تاکنون جز اتلاف سرمایه، سودی به همراه نداشته است. با توجه به این نکته و همچنین آمار ارائه شده توسط مراجع ذی صلاح، چنانچه روند رشد کنونی مصرف انرژی ادامه یابد، در میان مدت، ایران به یک کشور وارد کننده حامل های انرژی تبدیل خواهد شد. امّا با توجه حذف تدریجی یارانه ها در قیمت حامل های انرژی در آینده ای نزدیک می تواند انگیزه مناسبی برای حرکت به سمت بهینه سازی مصرف انرژی را در سطح کشور فراهم آورد.

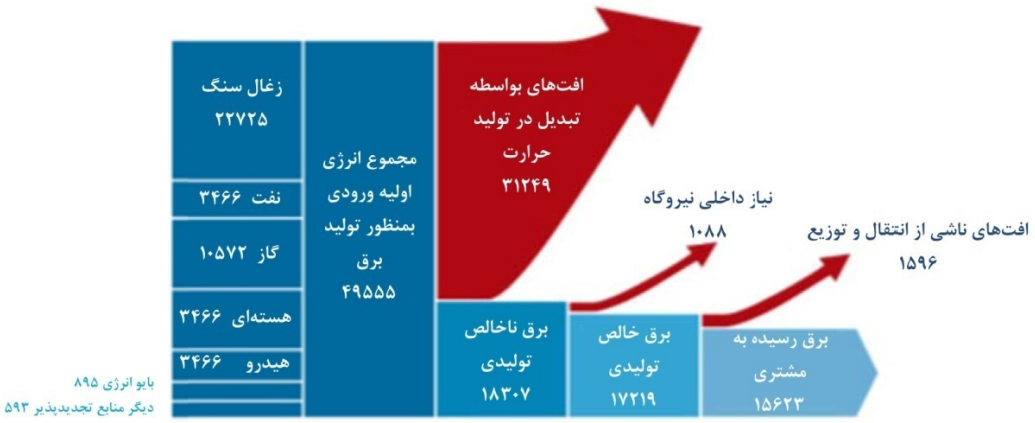
به نظر می رسد که جدا از مسائل مرتبط به تولید و انتقال برق، بهینه سازی مصرف نیز می تواند تاثیر مهمی در کاهش میزان وابستگی به منابع انرژی داشته باشد. اصولا کاهش مصرف انرژی از دو راه قابل حصول است:

الف)کاهش تقاضا: به عنوان مثالی ساده، میزان دمای آب گرم مصرفی در منازل را در نظر بگیرید. با کاهش تن ها چند درجه ای در دمای آب گرم مصرفی، می توان میزان قابل توجهی از تقاضای انرژی را کاهش داد. کاهش تقاضا نیازمند فرهنگ سازی و تغییر استاندارد ها و کیفیت زندگی است. مثلا در فصل زمستان با

کاهش دمای گرمایش داخلی و استفاده از لباس مناسب می توان میزان تقاضای انرژی را کاهش داد. برای کاهش تقاضا، ابتدا باید الگوی مصرف غالب شناخته شده و سپس راهکارهای مناسب برای آن ارائه و با فرهنگ سازی زمینه عملی شدن آن ها محقق شود. در حقیقت برای عملی شدن برخی از این روشها، تغییر کیفیت زندگی ضروری است.

ب)کاهش اتلاف انرژی: که امکان استفاده از روش های نوین جهت کاهش اتلاف انرژی بسیار حائز اهمیت می باشد.

اصولا مصرف انرژی در دو بخش عمده ی گرما و الکتریسیته می باشد. در شکل زیر روند تلفات در استفاده از منابع مختلف انرژی در تولید الکتریسیته در مقیاس جهانی نشان داده شده است.



شکل۱-۲. روند تلفات در استفاده از منابع مختلف انرژی در تولید الکتریسیته در مقیاس جهانی

همانگونه که در شکل بالا مشاهده می شود، ظرفیت های مناسبی جهت کاهش تلافات انرژی در بخش توزیع و یا همچنین بهره گیری تلفات حرارتی در بخش تولید در نیروگاه های حرارتی وجود دارد. با در نظر داشتن این موارد و همچنین سایر ملاحظات و ضرورت های مرتبط با بهینه سازی در مصرف و تولید انرژی، استفاده از سیستم های CHP، DH و پرداختن به بحث ساختمان سبز و صفر مورد توجه قرار گرفته است.

در این حالت، طرح این ایده که:

الف) در صورت بهره گیری از تولید کننده های محدود و پراکنده، تولید توان و حرارت یک مجموعه مانند یک مجتمع ساختمانی در داخل همان مجموعه صورت گرفته و

ب) رعایت مواردی در خصوص مصرف بهینه انرژی، توضیحات ارائه شده در بخش مقدمه را پوشش می دهد، منطقی به نظر می رسد. پیاده سازی این روش ها در کشورهای مختلف تجربه ای موفق بوده است. در واقع راه حل مسئله را بدین صورت که برای فائق آمدن بر بحران انرژی و همچنین کاهش انتشار CO_2، هر مجموعه ی انرژی بر (ادارات، مجتمع های مسکونی، دانشگاه و یا شهرک های مسکونی صنعتی) انرژی مورد

نیازشان را در داخل همان مجموعه تأمین نمایند، دنبال گردیده است. در این صورت نه تن ها با کاهش تقاضا و تلافات می توان از انرژی های نو استفاده نمود، بلکه می توان سیستم های CHP و DH را به طور وسیعتری بکاربرد. در این روش علاوه بر اینکه افت شبکه انتقال عملا وجود نخواهد داشت، امنیت تأمین انرژی مورد نیاز بالاتر خواهد بود. دیدگاهی که کیفیت زندگی را تغییر خواهد داد و ما را برای زندگی در عصر جدید و کاملا متفاوت آماده می کند. این بیانی از مفهوم ZE می باشد.

۱-۳. تعاریف مرتبط با ZE

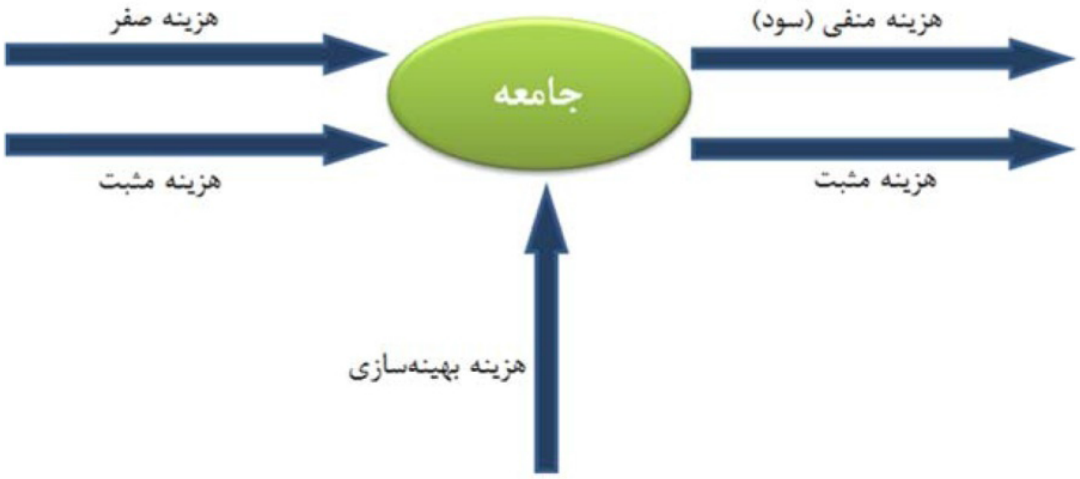
در ساده ترین نگاه، مسئله عبارت است از افزایش راندمان و امنیت انرژی و کاهش انتشار آلودگی. آنچه امروزه در دنیا به عنوان انرژی شناخته می شود، نوعی از انرژی است که برای تحویل آن به مصرف کننده هزینه شده است. از سوی دیگر آنچه به عنوان آلودگی مطرح می شود، چیزی است که موجب زیان می گردد. این دیدگاه هزینه-زیان تن ها یک دیدگاه اقتصادی نبوده بلکه مفهومی منطقی و بر خواسته از ذات بشر می باشد. یک راه حل مناسب و توجیح پذیر همواره راه حلی است که برآیند هزینه و زیان آن سود آور باشد. در حالیکه یک راه حل بهینه راه حلی است که میزان سودآوری آن بیشینه باشد. با توجه به دیدگاه فوق این مسئله به صورت ذیل تعریف می گردد. فرض کنید مجموعه X می خواهد راه حلی برای مسئله بحران انرژی و آلودگی خود بیابد. در این حالت از دیدگاه هزینه-زیان- سودآوری می توان مسئله را در قالب شکل ذیل خلاصه نمود:

شکل۱-۳. افزایش انرژی مصنوعی تولیدی و کاهش انرژی مصنوعی ورودی و اثرات زیست محیطی

در این شکل منظور از انرژی مصنوعی، انرژی است که توسط فرآیندهای غیر طبیعی تبدیل و یا در اختیار جامعه قرار می گیرد)انرژی هزینه بر). با توجه به نمودار فوق، راه حلی که به ذهن می رسد اینست که تا حد ممکن انرژی مصنوعی تولیدی افزایش و انرژی مصنوعی ورودی و اثرات زیست محیطی کاهش یابد. از این دیدگاه به مفهوم مجموعه ی ZE ایده آل رسیده می شود. در این مفهوم هدف حداقل کردن مصرف انرژی هزینه بر است.

جامعه ای را در نظر بگیرید که می تواند به اندازه مورد نیاز خود انرژی تولید کند. این مفهوم اصلی ساختمان ZE است. در این دیدگاه انرژی مصنوعی تولیدی را می توان در موازنه ی انرژی مصرفی ملحوظ نمود و یا جداگانه یه عنوان یکی از محصولات جانبی در نظر گرفت. در نظر گرفتن آن در موازنه انرژی به واقعی

کردن مفهوم ایده آل ZE کمک می نماید. در تعریف یگر معمولا به ساختمانی که میزان تولید انرژی سالانه در آن برابر یا بیش از میزان مصرف آن است ساختمان ZE گفته می شود.



شکل۱-۴. افزایش انرژی مصنوعی تولیدی و کاهش انرژی مصنوعی ورودی و اثرات زیست محیطی و اضافه شدن هزینه بهینه سازی

نکته قابل توجه در شکل بالا، هزینه مربوط به بهینه سازی می باشد. در خصوص این شکل تعاریفی به شرح ذیل می بایستی مورد توجه قرار گیرد:

هزینه: مفهومی کلی است که می تواند شامل هزینه های اقتصادی، تکنولوژی، فرهنگی و... باشد.

هزینه منفی: به عنوان سود آوری معنی می شود.

زیان زیست محیطی، با هزینه ی معادل آن جایگزین گردیده است.

با تعریف فوق به مفهوم واقعی ازZE)مفهومZE واقع گرایانه(رسیده می شود)مفهومی قابل تعمیم، دینامیک و واقعی). در اینجا معیار سود و زیان به واقعی سازی یک مدل ایده آل کمک می کند.

در تعاریف فوق واژگانی وجود دارند که اگرچه در نگاه اول مفاهیمی بدیهی و روشن به نظر می رسند، اما اساسی ترین پارامترهای مسئله می باشند. این دو واژه عبارتند از جامعه و انرژی که در ادامه ویژگی های هر یک مورد بررسی قرار می گیرد.

جامعه یا جامعه هدف: جامعه عبارت است از مجموعه ای که قرار است مسئله اساسی انرژی برای آن حل شود. بنظر می رسد که ویژگی های این جامعه اهمیت بسزایی در روش حل این موضوع خواهد داشت. در این رابطه پارامتری به عنوان توان پرداخت هزینه ی جامعه که می تواند در برگیرنده ی خصوصیات یک جامعه باشد نیز نیاز به شرح و توصیف دارد. اصولا مشخصه های فرهنگی، اقتصادی، تکنولوژیکی یک جامعه را می توان تحت عنوان ثروت جامعه خلاصه نمود. بدیهی است که هر چه دارایی یک جامعه بالاتر باشد، توانایی پرداخت هزینه ها توسط آن جامعه بالاتر خواهد بود. مثالی ساده نشان دهنده این مفهوم خواهد بود. فرض کنید قرار

است تا پروژه حذف زباله از معابر شهر اجرائی گردد. مشخص است که تحقق انجام این پروژه نیازمند سطح فرهنگی مشخصی در جامعه بوده که هر چه این سطح فرهنگی بالاتر باشد، حل مسئله بهینه تر (راحتتر) خواهد بود. این سطح فرهنگی مورد نیاز را می توان به عنوان هزینه فرهنگی در نظر گرفت. فرهنگ بالاتر معادل دارایی بالاتر و دارایی بالاتر معادل توانایی پرداخت هزینه بیشتر می باشد. با این مثال مشخص شد که چگونه توان پرداخت هزینه جامعه می توان در بر گیرنده خواص جامعه باشد. از اینرو تعریف مناسب جامعه هدف، پارامتری بسیار اساسی در موفقیت طرح است.

انرژی: در نگاه نخست مفهوم انرژی هر گونه انرژی مصرفی را شامل می شود. اما در نگاهی دقیق تر می توان انرژی را به عنوان مثال محدود به انرژی الکتریکی یا انرژی حرارتی مورد نیاز یک مجموعه نمود. در امکان ایجاد تعاریفی همچون ZHE و یا ZEE وجود خواهد داشت. هدف از این محدود سازی، کاهش هزینه ها تا حد ممکن می باشد. واضح است که مقبولیت و استقبال از یک راه حل در جامعه، وابسته به هزینه ی آن خواهد بود.

۱-۴. تعریف مفهوم کلی ساختمان انرژی صفر

عبارت ساختمان انرژی صفر برای ساختمانی استفاده می شود که به طور ایده آل تکنولوژی انرژی های تجدیدپذیر در دسترس را به وسیله ی فنون ساختاری انرژی های تاثیرگذار، به اشتراک می گذارد. در قلب مفهوم و تصور کلی ساختمان انرژی صفر، این ایده وجود دارد که ساختمان ها می توانند تمام نیازهای خود را به انرژی با یک روش کم هزینه، با دسترسی محلی، بدون آلایندگی و با منابع تجدیدپذیر بر طرف نمایند. پیدا کردن ساختمانی که بتوان آنرا اولین ساختمان انرژی صفر نامید، بسیار مشکل است. زیرا صفر انرژی تنها یک اسم جدید برای روند پیشرفت کاهش مصرف انرژی در ساختمان است. در یک ساختمان انرژی صفر 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. ساختمان انرژی صفری که به شبکه متصل نباشد دارای تجهیزاتی است برای ذخیره کردن انرژی های بزرگ که معمولا از نوع باطری است. در یک ساختمان انرژی صفر که به شبکه متصل نباشد نسبت به شکل و نوع ذخیره ی باطری، بخشی از مدار ممکن است بلااستفاده بماند در حالیکه در یک ساختمان انرژی صفر متصل به شبکه هیچ مداری به صورت بلااستفاده به کار گرفته نشده و مجزا نمی باشد. یک ساختمان انرژی صفر متصل به شبکه ممکن است بیشتر از نیاز خود برق تولید کند. در طی مدت زمانیکه ساختمان به انرژی تولیدی نیازی ندارد یعنی وقتیکه در حال استفاده از انرژی ذخیره شده در باطری ها هستیم، یک ساختمان انرژی صفر، انرژی مورد نیاز خود را تولید می کند همچنان که در عین حال به مالک، اطمینان خاطر در مورد امنیت ذخیره انرژی مازاد بر نیاز خود را می دهد.

برای یک ساختمان انرژی صفر یک شبکه، طراحی و ساخته می شود و از طریق به اشتراک گذاشتن تکنولوژی های نسل انرژی تجدیدپذیر و انرژی های موثر تمام انرژی مورد نیاز خود را تامین می نماید.

در اواخر دهه هفتاد و اوایل دهه هشتاد چندین مقاله دیده شد که در آن ها از عناوین و عبارت هایی همچون: یک خانه با انرژی صفر، یک خانه مستقل از انرژی یا خانه با انرژی خنثی و ... استفاده شده بود. پس با این شرایط ZE یک مفهوم جدید نیست، شاید فقط یک نام جدیدی باشد که برای ساختمان ها بکار می رود. بررسی نوشته ها نشان داده که تنوع گسترده ای در میان تعاریف ZE وجود دارد. این تعریف می تواند به شرایط زیر بستگی داشته باشد:

- اهداف پروژه
- هزینه های انرژی
- شرایط آب و هوایی و انتشار گازهای گلخانه ای
- اهداف سرمایه گذار و....

در طی چند دهه در مقالات و تحقیقاتی که در مورد ساختمان انرژی صفر بود و مورد ارزیابی قرار گرفته بود، تقریبا برای هر مورد تعریف متفاوتی از ساختمان انرژی صفر می گردید و حتی گاهی هیچ تعریف دقیقی استفاده نشده بود. اخیرا فقدان یک درک کلی و تعریف کلی از ساختمان انرژی صفر بسیار مورد توجه قرار گرفته است و جامعه جهانی راجع به آن شروع به بحث نموده.

و در نهایت امر به ۴ دسته بندی بسیار معمول برای تعریف ساختمان انرژی صفر می رسیم:

۱-۴-۱. انرژی صفر خالص سایت (Net Zero Site Energy):

یک ساختمان صفر انرژی حداقل همان مقدار انرژی را که در طول یک سال مصرف می کند در حیطه سایت خود تولید می کند یعنی بررسی تعادل در انرژی در حیطه سایت ساختمان.

۱-۴-۲. انرژی صفر خالص منبع (Net Zero Source Energy):

منبع ساختمان صفر انرژی حداقل همان مقدار انرژی که در یکسال مصرف می کند، همان قدر هم تولید می کند. منبع انرژی اشاره دارد به انرژی های ابتدایی که برای تولید و تحویل انرژی به سایت استفاده می شود.

۱-۴-۳. انرژی صفر خالص هزینه ها (Net zero Cost Energy):

در هزینه های ساختمان صفر انرژی، مقدار پولی که صاحب ساختمان برای ابزار (تاسیسات) وخدمات انرژی پرداخت می کند حداقل برابر است با مقدار پولی که مالک به علت صرفه جویی در مصرف انرژی در ساختمان ذخیره می کند.

۱-۴-۴. انرژی صفر خالص انتشار (Net zero Emission Energy):

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

تعاریف ساختمان صفر انرژی می تواند بر اساس نوع منابع انرژی تجدیدپذیر مصرفی ساختمان نیز دسته بندی شود (تا زمانی که ایده اصلی ساختمان های صفر انرژی، مستقل از سوخت های فسیلی باشد):

- حرارت خورشیدی (Solar Thermal)
- فتوولتائیک خورشیدی (PV)
- بیوماس (Bio)
- باد (Wind)
- امواج (Wave Energy)

یک تعریف خوب از ساختمان صفر انرژی باید محل ذخیره منابع انرژی تجدیدپذیر را هم نشان دهد. بر اساس مطالعات در سال (۲۰۰۶) دو انتخاب وجود دارد: On-Site و Off-Site.

در ذخیره **On-Site**، ساختمان و سایت آن جدا نیستند اما در ذخیره **Off-Site** ساختمان از منابع انرژی های تجدید پذیر در دسترس دور از سایت، برای تولید انرژی در درون سایت استفاده می کند.

چنانچه نگاهی مختصر به قضیه داشته باشیم، می توان این گونه بیان کرد که به ساختمان یا خانه ای که در آن میزان تولید انرژی سالانه برابر یا بیشتر از میزان مصرف است ساختمان ZE گفته می شود. ولی در نگاهی کلی تر و در تعریف اختصاصی این خانه باید گفت، ساختمان هایی با عملکرد بالا، بسیار اندک می باشند. معمولا اتصال شبکه سراسری برق را با اندازه گیری خالص ترکیب کرده و از سیستم های انرژی تجدید پذیر برای تولید همان میزان برق که سالانه نیاز دارند استفاده می کنند. در زمان های پیک تقاضا که سیستم خانه پاسخگو نیست برق از شبکه سراسری خریداری شده و در زمانهایی 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. می توان به صورت آمیخته ای از استانداردهای معماری ثابت و محلی طراحی شوند. به این معنا که می توانند به سبک های سنتی، مدرن، تاریخی، روستایی یا هرگونه سبک دیگری که مالک بخواهد طراحی شود. همچنین محدودیت مکانی نیز برای خانه های ZE نداریم. بررسی نمونه های موجود این خانه ها نشان می دهد که می توانند در هر نقطه ای از جهان ساخته شوند. همتن روش هایی که در طراحی سیستم های گرمایشی بزرگ برای خانه های واقع در

شرایط آب و هوای سرد مورد نیاز است، برای خانه های ZE در مناطقی با شرایط جوی بسیار دورتر که بهره بسیار کمی از خورشید دارند نیز برقرار است.

۱-۵. تعاریف و مفاهیم

تا امروز تعاریف مختلفی از ساختمان های با انرژی صفر ارائه شده اند که اغلب با مفهوم اصلی مغایرت داشته اند و یا در عمل و برای پیاده سازی ساختمان های مورد نظر دچار تناقض شده اند. مثلا ترم اولیه ساختمان با انرژی صفر Zero Energy Bldg (ZEB) به نوعی تعریف شد که عملا دریافت انرژی از خارج ساختمان را ممنوع و ناقض هدف تلقی می کرد.

در عمل مشخص شد برای رسیدن به هدف تعریف شده یعنی عدم دریافت مطلق انرژی خارجی لازم است یا مصرف کننده را از استفاده از پاره ای وسایل و تجهیزات انرژی بر خانگی محروم کرد و یا هزینه های سنگین طراحی و نصب تولید کننده های انرژی های نو را تحمل کرد مضافا اینکه در اغلب موارد نصب پانل ها (تولید الکتریسیته و کالکتورهای گرمایش) خورشیدی نیاز به فضائی بیشتر از محدوده ساختمان می داشت. بنابراین مفهوم منفک کردن انرژی های ساختمان با تعاملات پیرامونی برای حفظ تعریف انرژی صفر در عمل دچار شکست شد و با تعریف جدیدتر نزدیک به انرژی صفر Near Zero Energy Bldg (N-ZEB) جایگزین شد. این تعریف نیز بخاطر گنگی و یا گستردگی ترم "نزدیک" که بسیار قابل تفسیر است، عملا از دایره تعاریف حذف شد.

به روزترین و اجرا شدنی ترین تعریف برای ساختمان ها و فضاهای مورد نظر که اخیرا بسیار رایج است ترم گسترده تر "ساختمان های با انرژی تبادلی صفر" است Net Zero Energy Bldg (NetZEB). در این مفهوم گناهی برای استفاده از انرژی های خارج ساختمان (شبکه های سراسری برق، گاز، ...) تعیین نشده است مشروط بر آنکه حداقل به همان میزان انرژی دریافتی از خارج قادر باشیم با انرژی تولیدی در ساختمان، باز پس دهیم. توجه داشته باشیم ترم تعریفی ساختمان لزوما همان فضای چهار دیواری فیزیکی "بنا" نیست بلکه شامل فضای محوطه مربوطه، فضای سبز و سقف ها و... نیزمی شود.

مثلا تولید انرژی زیستی (بیوگاز و زیست توده) در محیط پیرامونی و یا انرژی خوشیدی روی سقف ساختمان و پارکینگ و سبزینه های پیرامونی "بنا" نیز بخشی از انرژی های تولیدی در "ساختمان" است. بنابراین هر جا در این نوشتارکلمه "ساختمان" بکار گرفته شده است به مفهوم بنای ساختمان به اضافه کل فضای پیرامونی مربوطه است.

مهمترین نکته مثبت تعریف جدید، محاسبه تعادل انرژی تبادلی در بازه های گسترده زمانی –ماهیانه و یا سالیانه– است بدین مفهوم که کل انرژی های تولیدی ساختمان باید بیشتر و یا حداقل برابر با مجموع انرژی

های مصرفی اعم از گاز (گرمایش و پخت و پز) و الکتریسیته به اضافه کل انرژی های دریافتی (گاز و الکتریسیته) از خارج، در طول سال باشد. بدین ترتیب استفاده از هم پوشانی زمان ها و فصول مختلف که باعث کاهش یا افزایش مصرف انرژی خانگی می شود و نیز سرشکن کردن دوره های پیک مصرف را امکان پذیر می سازد. همین بازدستی در مدیریت دریافت /مصرف انرژی مشوقی برای مصرف کنندگان شامل صاحبان خانه های تک واحدی و یا مجموعه های بزرگ ساختمانی مسکونی/تجاری/صنعتی بوده است که با سرمایه گذاری در نصب سامانه های انرژی های نو شونده علاوه بر تامین نیازهای مصرفی انرژی خویش با فروش مازاد تولید به شبکه های سراسری از ارزش افزوده مضاعف سرمایه گذاری نیز بهره مند شوند.

با توجه به چکیده مطالب بالا و تمرکز بر آخرین مفهوم یعنی NetZEB موارد زیر مطرح می شوند:

NetZEB عبارت است از: مفهوم اجرائی ایجاد تعادل مثبت مجموع انرژی های دریافتی از خارج از ساختمان به اضافه انرژی های مصرفی در ساختمان با مجموع انرژی های تولیدی در ساختمان.

انرژی تولیدی در ساختمان ≤ انرژی دریافتی ازخارج ساختمان + انرژی مصرفی در ساختمان

بدیهی است برای حفظ و برقراری معادله بالا می بایستی با تمهیدات لازم طرف راست معادله را افزایش و یا طرف چپ معادله را کاهش و یا هر دو مورد را همزمان انجام داد. با اندکی دقت و درک مفهوم کلی، عملا حفظ تعادل مثبت معادله بالا زمانی میسر است که اولا عامل "انرژی مصرفی داخل ساختمان" کاهش، و یا ثانیا "انرژی تولیدی در ساختمان" افزایش یابد و در واقع عامل سوم یعنی "انرژی دریافتی از خارج ساختمان" خود تابعی از دو عامل قبلی است. با درک این موضوع تلاش اصلی بر تحقق دو عامل اول و دوم مذکور خواهد بود.

۱-۶. کاهش انرژی مصرفی در ساختمان

۱-۶-۱. انرژی های نهان (Passive Energy)

با توجه به خواسته های اساسی پاس داشت زیست بوم، کاهش مصرف انرژی بعنوان بنیادی ترین سنگ پایه NetZEB مطرح می شود. در واقع اولین اقدام عملی در طراحی اولیه و یا تبدیل یک NetZEB، استفاده از تمهیداتی است که موجب کاهش نیاز به مصرف انرژی باشد که در همین رابطه نقش انرژی های نهان (Passive Energy) برجسته تر می شوند.

استفاده از ساز و کارهای انرژی های نهان از دوران بسیار کهن از کومه های محقر دوران اولیه زندگی گروهی گرفته تا شکوفائی تمدن های باستانی و دوره های امپراتوری اشرافیت و شاهنشاهی در بر پا سازی ارگ های حکومتی و ساختمان های عمومی رایج بوده اند. اصطلاح ساختمان های رو به آفتاب و یا بادگیر همیشه نماینده مرغوبیت ملک بوده است که کاربری های ویژه در مناطق مختلف گرم و خشک، سرد و مرطوب، کوهستانی و یا کویری داشته اند.

Architectural Design و مهندسی معماری نقش اساسی در استفاده از ساز و کارهای انرژی های نهان دارد از جمله:

- انتخاب و استفاده بهینه از جهت تابش آفتاب در ساختمان با توجه به موقعیت جغرافیائی و فصول سال
- استفاده از جهت وزش باد غالب مداوم – فصلی
- استفاده از فضاهای زیر زمینی و بازگردش هوای سرد در تابستان و گرم در زمستان
- استفاده مجدد از هوای گرم/سرد درون ساختمان و بازیافت انرژی از داکت ها، اگزوزها ... Recuperation Concept
- استفاده از مفاهیم روشنائی روز Day Lighting
- تفکیک فضاهای ساختمانی و زون بندی بر اساس کاربری (اتاق خواب، آشپز خانه و .....) و نیازهای سرمایشی، گرمایشی و روشنائی متفاوت.

۱-۶-۲. ایزولاسیون

لازم است ایزولاسیون دیواره های خارجی، کف، سقف ها و .... به نحوی انجام شوند که تبادل انرژی با فضای بیرونی در کمینه ترین حالت ممکن باشد و عملا مجموع کل ساختمان بصورت یک جز جدا شده Bldg Envelope تلقی شود. برای این منظور رعایت استانداردهای بهینه سازی ایزولاسیون ساختمان هم از نظر مواد کاربردی و هم نحوه اجرا برای مناطق مختلف جغرافیائی ضروری است. همچنین استفاده از پنجره های ۲ یا ۳ جداره با گاز و یا بدون گاز نیز از اتلاف انرژی جلوگیری می کنند.

۱-۶-۳. مصرف کنندگان داخلی

- بیشینه استفاده از لوازم خانگی انرژی بر با استاندارد Energy Star
- استفاده از تجهیزات تاسیسات گرمایش – سرمایش با گروه بندی Energy Star و LEED Certificate
- استفاده از سامانه های روشنائی LED و LVD و تا حد ممکن با ولتاژهای پایین 12 و 22 ولت.

۱-۶-۴. مدیریت انرژی

- استفاده از سامانه های مدیریت انرژی ساختمان: BEMS , EMS
- استفاده از سامانه های خانه های هوشمند: InHome, HomeControl
- استفاده از سامانه تشخیص حضور Occupancy Sensing
- سامانه های برنامه پذیر و تنظیم گرمایش– سرمایش فضاهای ساختمان بر اساس کاربری

Zoning System و زمان های روز و شب و فصول مختلف سال

- برنامه ریزی سیستماتیک برای استفاده از وسایل مصرف کننده انرژی بصورت غیر همزمان (مثلا عدم همزمانی ماشین لباسشوئی با مصرف کننده های مشابه) و در ساعات غیر پیک

۱-۷. تولید انرژی در ساختمان

همانطور که گفته شد "در ساختمان" به مفهوم کل مجموعه بنا و فضای پیرامونی است. انرژی تولیدی در ساختمان با توجه به مفاهیم و بنمایه پاس داشت زیست بوم که NetZEB هم بر همین پایه تعریف شده است صرفا بر انرژی های نو شونده و یا خودزا Renewable Energies اتلاق می شوند. هیچگونه انرژی تولیدی حاصل از سوخت های فسیلی (گاز، گازوئیل، نفت، مازوت، ذغالسنگ، و یا حتی چوب که صرفا به عنوان هیزم تهیه شده باشد) در این مقوله منظور نمی شود. مثلا نمی توان و نمی باید انرژی تولید شده توسط یک ژنراتور با سوخت فسیلی علی رغم اینکه در ساختمان تولید شده و از شبکه های خارج از ساختمان منفک شده است را بعنوان "انرژی تولیدی ساختمان" محسوب کرد که این خود نقض غرض است.

انرژی های نو شونده که امکان تولید شان در ساختمان و یا محیط پیرامونی وجود دارد شامل موارد زیرهستند:

- **انرژی خورشید:** استفاده از انرژی خورشیدی به دو صورت انرژی گرمائی Thermal Solar Energy و انرژی الکتریکی Photo Voltaic (PV) Solar Energy است که برای اولی با نصب کالکتورها وبرای دومی با نصب پانل های خورشیدی بدست می آید.
- **انرژی باد:** با وزش باد بر پره های توربین های بادی انرژی الکتریکی تولید می شود. نصب توربین های بادی با محور افقی و پره های بلند در مناطق مسکونی و حتی خانه های ویلائی تک واحدی چندان خوشایند نیست (بخاطر صدا و آسیب احتمالی به ساکنین). بنابراین برای این کاربری ها توربین های با محورعمودی (Vertical Axe Wind Turbine) طراحی شده اند که اخیرا در کشورهای اروپائی بسیار مورد توجه و استفاده قرار گرفته است. طراحی زیبا، ابعاد مناسب، بی صدائی و سهولت استفاده و نصب عامل موفقیت بوده است.
- **انرژی زمین گرمائی (Geothermal Energy):** استفاده از تفاوت درجه حرارت سطح زمین با لایه های زیرین بنمایه مفهومی این نوع انرژی است که تقریبا در همه مناطق قابل استفاده است ولی هزینه های اجرائی آن برای مناطق مختلف و تنوع لایه های زیرین زمین تفاوت قابل توجهی دارد.
- **انرژی های زیستی:** شامل زیست توده و بیوگاز است BioGas & BioMass. انرژی حاصل از زیست توده در پاره ای از موارد با عنوان انرژی حاصل از سوخت پسماندهای قابل اشتعال

Waste to Energy نیز تعریف می شود. انرژی حاصل از سوختن پسماندهای غیر ارگانیک/غذائی، نخاله های مزرعه و سر شاخه ها و ... درکوره های کوچک محلی برای گرمایش مورداستفاده قرار می گیرد. بیوگاز نیز معمولا از تخمیر و واکنش های فیزیک و شیمیائی پسماندهای غذائی /ارگانیک در مناطق مسکونی و یا فضولات دامی در مناطق روستائی و مزارع بدست می آید و برای تامین انرژی گرمائی و گاز برای پخت و پز و حتی بویلر برای ژنراتور تولید الکتریسیته استفاده می شود. استفاده از هر کدام از دو مورد انرژی های زیستی معمولا برای ساختمان های مسکونی کوچک مشکل و نیز پر هزینه و در برخی موارد آلاینده است. استفاده از این موارد برای خانه/مزرعه و نیز مجتمع های بزرگ مسکونی با تعداد واحدهای زیاد توصیه می شود که هم بخاطر تعدد واحدهای مسکونی تامین پسماند کافی برای سوخت امکان پذیر است و هم صرف هزینه برای احداث کوره، سامانه های حذف آلاینده های حاصل از سوخت و نیز شبکه انتقال بیوگاز و آبگرم قابل توجیه است.

با در نظرگرفتن دو عامل ۱ و ۲ و بررسی اقتصادی–فنی، عامل ۱ یعنی کاهش مصارف انرژی در اولویت قرار می گیرد (هم بخاطر سهولت دستیابی و رعایت نکات مورد نظر در طراحی معماری و هم بخاطر هزینه های بسیار اندک آن در مقایسه با تامین سامانه های تولید انرژی. بنابراین اولین و مهمترین گام برای دستیابی به NetZEBها استفاده حداکثری از تمهیدات و ساز و کارهای کاهش مصرف انرژی است.

۱-۸. بحران انرژی و ضرورت ساختمان های انرژی صفر

از زمان عصر کشاورزی و تمدن، بشرشروع به تخریب پوشش گیاهی نموده است. جنگل زدایی و استفاده از سوخت های فسیلی باعث کند شدن چرخه بازیافت گازهای کربن دار شده، و این پدیده منجر به کاهش ضخامت لایه ازن و افزایش قطر لایه بازتاب کننده انرژی خورشیدی شده است. سال ها بی توجهی به روند تغییر چهره کره زمین و پخش آلاینده ها در زمین و هوا، باعث پدیده گرمایش زمین شده است. مطالعات نشانگر این است که بخش ساختمان و ساخت و ساز یک سوم از کل مصرف منابع انرژی، آب پاک و مصالح را به خود اختصاص داده است. در ادامه این چرخه زنجیروار، یخ های قطبی آب شده و این تسلسل عامل ایجاد تغییرات بنیادی در وضعیت آب و هوای زمین می شود. درعرض چند قرن، اثرات گرمایش زمین، نه تنها باعث تغییر چهره زمین بلکه باعث تغییر روند زندگی بشر نیز خواهد شد. آب شدن یخ های قطبی باعث بالا رفتن سطح آب دریاها و زیر آب رفتن برخی زیستگاه ها و خطوط ساحلی می شود. همچنین سبب ایجاد تغییرات پیش بینی نشده در آب و هوا خواهد شد، مانند سیلوتورنادو و طوفان. تحقیقات نشان داده است که از زمان انقلاب صنعتی تا پایان قرن بیستم (سال ۱۸۸۰ تا سال ۲۰۰۰ میلادی) دمای کره زمین ۰/۵ درجه سانتیگراد افزایش یافته و لایه ازون به طور متوسط در نقاط مختلف زمین ۲۰ درصد تقلیل یافته است.

همچنین مطالعات انجام شده نشانگر اینست که ساختمان ها مسئول ۴۰٪ از کل انرژی مصرفی (بخش مسکونی به تنهایی ۲۲٪) و ۳۶٪ از دی اکسیدکربن منتشرشده در زمین هستند.

بر همین اساس، محققان صنعت ساختمان تلاش خود را بر روی کنترل مصرف انرژی ساختمان ها و کاهش انتشار گازهای کربن دار معطوف کرده اند. در این میان دولت ها، اتحادیه ها و مجامع بین المللی نیز تلاش می کنند تا با تدوین آئین نامه هایی روند کاهش مصرف انرژی ساختمان ها را شتاب بخشند. به عنوان مثال اتحادیه اروپا کشورهای عضو را موظف کرده است که از سال ۲۰۲۰، و دپارتمان انرژی آمریکا برای برخی ایالات را مقرر کرده است که از سال ۲۰۲۵ تمامی ساختمان های نوساز باید دارای مصرف انرژی نزدیک به صفر باشند.

بر اساس آمار پایگاه اطلاع رسانی شهرسازی و معماری مساحت کل ساختمان هایی که روی این کره خاکی بنا شده اند، چیزی حدود یک ششم از عرصه های آبی اعم از رود خانه ها، دریاچه ها، دریاها و اقیانوس ها را به خود اختصاص داده است.

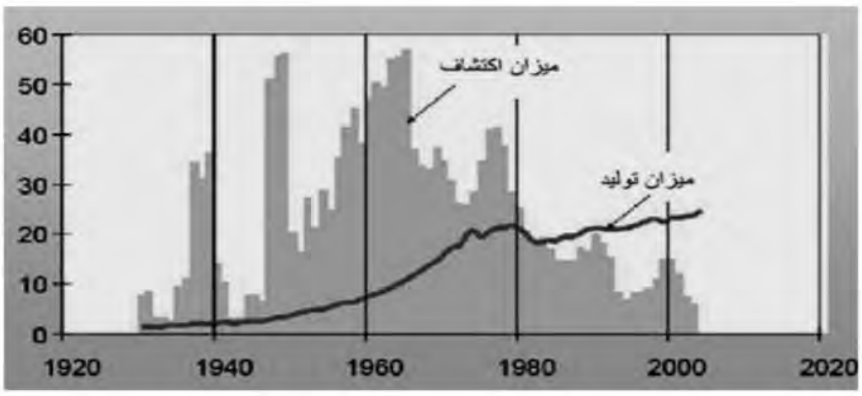
بیش از یک چهارم زمین های زیر کشت و جنگل ها خراب و خشک شده اند تا خانه یا کارخان های جدید بنا شود و دو سوم از مصالح ساختمانی به کار رفته در عمارت های مختلف موجب نابود شدن و از میان رفتن میزان غیر قابل تصوری از انرژی منابع زیر زمینی شده است.

چنانچه بخواهیم باهمین سرعت سرسام آوری که تاکنون حرکت می کردیم به راه خود ادامه دهیم تا چند سال آینده دیگر زمین تحمل هیچ انسانی را نخواهد داشت، چرا که منابع محدود آن به طور کامل تمام شده و اثری از جنگل ها و اقیانوس های زیبا باقی نخواهد ماند. بنابراین در دنیای امروزی استفاده از انرژی های تجدیدپذیر به جای انرژی های فسیلی خصوصا انرژی خورشیدی در ساختمان ها و منازل مسکونی امری ضروری به نظر می رسد.

ساختمان سبز تفکری مناسب در حل این مشکلات پیشروی ما قرار می دهد. در ساختمان های سبز مهمترین مساله، تضمین و تامین سلامت جسمی و روحی انسان هاست. ساختمان سبز می تواند آینده زمین را که به نظر می رسد رو به نابودی است نجات دهد و به نسل های بعد فرصت زندگی توام با آسایش و آرامش را دهد.

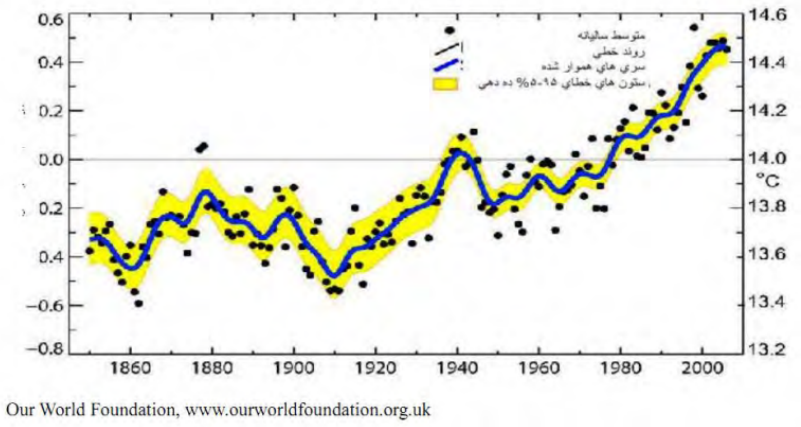
سوخت های فسیلی به عنوان یکی از ارکان زندگی مدرن محسوب می شود، چرا که بزرگترین منبع انرژی بوده و به عنوان پارامتر کلیدی صنایع تولیدی، و منابع انرژی مطرح است و هیچ جایگزینی برای آن در کوتاه مدت متصور نیست. بعد از اولین شک نفتی در سال ۱۹۷۰ خطر کمبود انرژی در آینده و مشکلات عمیق ناشی از آن بیشتر احساس شد به طوری که تاثیر عمیق در سیاست های کلی کشورها و دولت ها گذاشت و آن ها را

به سوی کاهش مصرف انرژی و همچنین سعی در پیدا کردن جایگزین مناسب برای آن سوق داد. از طرفی با مشکلات موجود در صنعت نفت مانند کاهش کشف مخازن نفتی نسبت به گذشته و همچنین کاهش اطمینان در سرمایه گزاری در این صنعت به علت مشکلات سیاسی و ناامنی در کشورهای تولید کننده، افزایش قیمت سوخت های فسیلی را به دنبال داشته و باعث مشخص شدن هرچه بیشتر ارزش آن شد.



شکل۱-۵. میزان اکتشاف و تولید نفت در طول سال های مختلف

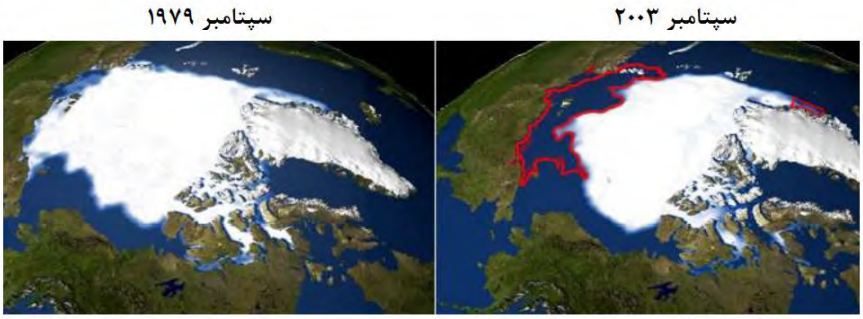
رشد و توسعه هر کشور نسبت مستقیم با میزان مصرف انرژی آن دارد. افزایش جمعیت، کثرت شهرنشینی و تغییر الگوهای زندگی از تولید خانگی به تولید صنعتی و رشد اقتصادی کشورها از دلایل اصلی افزایش مصرف انرژی در سال های اخیر بوده است که به بحران انرژی دامن زده است. یکی دیگر از معزلات مهم که به صورت مستقیم تحت تاثیر سیاست های غلط در حوزه انرژی بوده است، افزایش دمای میانگین کره زمین بوده که تاثیرات بسیار مخربی داشته است و متاسفانه طبق گزارشات موسسه های جهانی آب و هوا روند آن رو به رشد می باشد.



شکل۱-۶. میزان گرمایش کره زمین در سال های مختلف

علت اصلی افزایش دمای زمین بالا رفتن سطح غلظت گازهای گلخانه ای در جو زمین بوده که بر اثر

افزایش تولید گازهایی همچون دی اکسیدکربن، متان و غیره توسط فعالیت های انسان بوده که تاثیر آن را می توان به وضوح در کاهش حجم یخ های دوقطب زمین مشاهده کرد.



شکل۱-۷. کاهش حجم یخ های قطب شمال

تمام این مسائل و مشکلات ما را به سمتی سوق می دهد تا از تشدید این آثار مخرب بکاهیم که به دو روش کلی امکانپزیر است:

- کاهش در مصرف انرژی
- جایگزین انرژی مصرفی با انرژی های پاک وتجدید شونده

در ساختمان و مسکن که بخش عظیم از انرژی را مصرف می کنند می توان با این رویکردها هزینه و مقدار مصرف انرژی را به شکل چشمگیری کاهش داد.

۱-۹. بایسته های طراحی ساختمان های انرژی صفر

برای تحقق اهداف معماری انرژی صفر 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. از این منابع می توان به انرژی خورشید، انرژی باد، انرژی آبی، انرژی امواج، انرژی زمین گرمایی، و انواع دیگر اشاره کرد. برای هر منطقه با توجه به منابع در دسترس طراح روش مناسبی را جهت تامین انرژی انتخاب می کند. برای ایران با توجه به گسترده بودن تنوع اقلیمی و شرایط محیطی نمی توان روشو یا منبع خاصی را به صورت کلی معرفی کرد اما با توجه به قرار گرفتن ایران در کمربند گرم و خشک زمین و میزان تابش مناسب خورشید در طول روز می توان منبع مناسب انرژی باشد. بر اساس دسته بندی دیگر انرژیت جدیدپزیر مورد نیاز برای ساختمان ها به دو دسته موجود در محل و خارج از محل ساختان تقسیم می شود که توریچینی و همکاران برای اولین بار این تمایز را قایل شده اند و یک جدول رتبه بندی برای ترتیب ارجحیت استفاده از منابع انرژی تجدیدشونده وضع کردند.

جدول۱-۱. گزینه های تأمین کننده انرژی برای ساختمان های انرژی صفر به ترتیب اولویت ۲۰۱۱

مثال ها	گزینه های تأمین کننده در جهت Zeb	گزینه ها
روشنایی روز/بازدهی بالای تجهیزات HVAC/سردسازی با تبخیر/تهویه طبیعی	کاهش مصرف انرژی در محل به دلیل کمبود انرژی ساختمان بیولوژیک	۰
آب گرمکن خورشیدی/نصب توربین بادی/PV	استفاده از انرژی تجدیدپذیر و در دسترس در ورودی ساختمان	گزینه تأمین کننده در محل ۱
آب گرمکن خورشیدی/کاهش فشار نیروی آب/نصب توربین در محل اما نه در ساختمان	استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و در دسترس در محل	۲
کود تولید شده از منابع زنده یا زیست توده/قطعات پوب/اتانول/هدر رفتن ابراهه ها که می تواند در محل برای تولید برق مورد استفاده قرار گیرد	استفاده از انرژی تجدیدپذیر و در دسترس خارج از محل برای تولید انرژی در محل	گزینه های تأمین کننده خارج از محل ۳
استفاده از باد/خروج اعتبارات/و دیگر گزینه های سبزی که می توان از زمین گرفت/انرژی برق وابسته به آب	بازدهی سالیانه زمین از منابع انرژی تجدیدپذیر خارج از محل	۴

از جمله ملزومات پایه ای برای ایجاد یک ساختمان انرژی صفر اگاهی و علم کـافی از مسـئله و جزیـات آن است و آشنایی با نحوه محاسبات انرژی ساختمان و متدهای متفاوتی که برای آن وجـود دارد. بـرای محاسـبات انرژی ساختمان و تعادل آن متدهای مختلفی وجود دارد که بر اساس معیارهای مختلف وضع شـده انـد و طـی یک جدول ۱۷ متد مختلف معرفی می کند. در این جدول می بینیم که بعضی روش ها بر اساس تعـادل انـرژی الکتریکی است، بعضی بر اساس انرژی حرارتی و حتی بعضی بر اساس تعادل تولیـد زایعـات و حتـی بـر اسـاس فعالیت ها و انرژی های ساکنین ساختمان.

۱-۱۰. اصول طراحی ساختمان های صفر انرژی

به طور کلی انرژی مصرفی یک ساختمان در طول حیاتش به دو بخش عمده تقسیم می شود. بخش اول انرژی مصرف شده جهت ساخت بنا که حدود ۲۰٪ از کل انرژی را به خود اختصاص داده، و بخش دوم انرژی مصرف شده در هنگام استفاده از ساختمان است که تقریبا معادل ۸۰٪ کل انرژی یک ساختمان در طول حیاتش می باشد.

۱-۱۰-۱. بخش اول: انرژی مصرفی جهت ساخت بنا

با وجود آنکه در تعاریف ارائه شده از ساختمان های صفر انرژی، مباحث مربوط به انرژی مصرف شده جهت ساخت بنا مورد کم توجهی قرار گرفته است، موسسات تبیین و تدوین رتبه بندی انرژی ساختمان ها این عوامل

را به دقت بررسی نموده و امتیاز ویژه ای را برای آن در نظر گرفته اند. کنسول ساختمان های سبز آمریکا (USGBC) به نام رهبری در طراحی انرژی و محیط (LEED) وشیوه موسسه تحقیقات ساختمان انگلستان (BRE) به نام روش ارزیابی محیطی (EAM) مصالح استفاده شده در ساخت بنا را به دقت مورد بررسی قرار داده اند. به طور کلی انرژی مصرف شده جهت ساخت در دو بخش مصالح و سازه (جدول۲) مورد بررسی قرار گرفته است. در راستای انتخاب صحیح مصالح کم کربن و کم انرژی برای ساختمان، ضروری است که طراح بنا ارزیابی عمر مفید (Life Cycle Assessment) مصالح را در نظر داشته باشد. ارزیابی عمر مفید مصالح به بررسی تمامی اثرات زیست محیطی مصالح می پردازد. این ارزیابی شامل رد پای کربن (Carbon Footprint)، ضریب کل انرژی مصرفی (Embodied Energy Coefficient)، تاثیرات زیست محیطی و اقتصادی مصالح ساختمانی (از لحظه استخراج از معادن، هنگام تولید، در طول حمل و نقل، در هنگام استفاده و نگهداری، و تا زمان بازیافت یا استفاده مجدد) می باشد.

جدول۱-۲. اولویت استفاده از سازه های مختلف در خانه های صفر کربن و صفر انرژی

اولویت	نوع سازه	مزایا	معایب
۱	چوب	در صورت استفاده از مواد بازیافت شده انرژی بسیار کمی مصرف می شود	خطر آتش سوزی، پوسیدگی و خوردگی
۲	LSF	امکان جداسازی و استفاده مجدد، وزن بسیار کم و جداره های نازک	مصرف انرژی بسیار جهت تولید اولیه
۳	بتن	امکان استفاده از مصالح بازیافتی بجای شن، افزودنی و آرماتور	دورریز و تلفات فراوان مصالح
۴	فولاد	امکان استفاده از فولاد بازیافتی حداکثر تا ۹۰٪ کل سازه	انرژی زیاد جهت تولید اولیه

۱-۱۰-۲. بخش دوم: انرژی مصرفی در استفاده از بنا

اصول طراحی ساختمان های صفر انرژی جهت کاهش مصرف انرژی هنگام استفاده از بنا به پنج دسته عمده تقسیم می شود:

۱-۱۰-۲-۱. جلوگیری از اتلاف انرژی:

در طراحی ساختمان های صفر انرژی، جلوگیری از تلفات انرژی مهمترین عامل صرفه جویی در مصرف انرژی است. تلفات انرژی کمتر به معنی نیاز به تولید گرما یا سرمای کمتر توسط دستگاه های تهویه مطبوع است. تلفات انرژی در ساختمان عموما از جداره ها صورت می گیرد.

بنابراین تمامی جداره حرارتی[۱] 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 باشد. نکته بسیار مهم در طراحی جداره حرارتی ساختمان ها حذف پله ای حرارتی[۲] می باشد. پله ای حرارتی محل اتصال اجزاء ساختمان (عموماسازه) از داخل بخش های تهویه شونده به خارج از این محدوده هستند. این اتصال در صورت عدم ایزولاسیون و ایجاد شکست حرارتی[۳] صحیح باعث اتلاف انرژی از طریق رسانش می باشد. با توجه به اینکه اولین قدم در رسیدن به یک خانه صفر انرژی طراحی یک خانه منفعل است، بررسی استانداردهای ایزولاسیون حرارتی ساختمان های منفعل ضروری می نماید. این استانداردها در جدول شماره ۳ قابل مشاهده می باشد. نکته بسیار مهم دیگر در جلوگیری از اتلاف انرژی، هوابندی[۴] صحیح درزها می باشد. میزان تراوش هوا از درون محدوده تهویه شده به خارج (در فشار ۵۰ پاسکال و در طول یک ساعت) نباید بیشتر از ۰/۶ کل حجم هوای درون اتاق باشد.

جدول۱-۳. حداکثر ضریب هدایت حرارتی اجزاء ساختمان

نوع اجزاء	ضریب هدایت حرارتی W/m2K
دیوار	۰/۱
در و پنجره	۰/۸
سقف	۰/۱
کف	۰/۱
پل های حرارتی)به صورت خطی)	۰/۰۱

۱-۱۰-۲-۲. تجهیزات کم مصرف:

استفاده از تجهیزات و وسایل منازل مسکونی تنها به تجهیزات الکترونیکی محدود نمی شود. در راستای کنترل میزان مصرف آب های شیرین، محدودیت هایی بر مبنای تعداد ساکنین خانه تدوین شده است. جدول شماره 0 گویای حداکثر انرژی و آب مصرفی برای منازل مسکونی منفعل می باشد.

۱ Heat Envelope
۲ Thermal Bridge
۳ Thermal Break
۴ Airtightnes

جدول۱-۴. حداکثر استفاده از منابع در ساختمان

نوع منابع	حداکثر میزان استفاده
بار حرارتی	15Wh/m2/yr
پیک با حرارتی	10W/m2/yr
انرژی	120kWh/m2/yr
آب مصرفی	80Lit/per/day
آب گرم	25Lit/per/day
انرژی الکتریکی سیستم تهویه	0/45Wh/m3

۱-۱۰-۲-۳. استفاده حداکثری از انرژی خورشید و باد:

با توجه به اینکه حدود ۵۰٪ از انرژی خانه های معمولی توسط سیستم های سرمایشی و گرمایشی مصرف شده و سهم روشنایی غیر طبیعی حدود ۸۰٪ از کل انرژی مصرفی خانه ها می باشد، استفاده حداکثری از انرژی خورشید و باد جهت سرمایش و گرمایش و بکارگیری نور طبیعی جهت روشنایی منازل اجتناب ناپذیر است. بر طبق استانداردهای تدوین شده توسط رهبری در طراحی انرژی و محیط، ۹۰٪ از فضای اشغال شده خانه ها باید دارای نور و منظر طبیعی باشد. در این راستا طراحان باید به ضریب نور طبیعی (Daylight Factor) توجه ویژه ای داشته باشند. حداقل میزان نور طبیعی برای فضاهای منازل مسکونی ۲٪ می باشد. سیستم های سرمایش و گرمایشی نقش بسزایی را در کاهش بار حرارتی ساختمان ایفا می کنند. استفاده از تکنیک هایی (جدول شماره ۵) برای کنترل پیک سرمایش و گرمایش یک منطقه حرارتی[۱] توصیه شده است.

۱ Thermal Zone

روش های استفاده از انرژی خورشیدی و باد در ساختمان های انرژی صفر

نوع سیستم	عملکرد	محل استفاده
تابش بند خارجی	تابش دریافتی از خورشید را قبل از عبور شیشه و تغییر طول موج کنترل می کنند	پشت نماهای شفاف، خارج از ساختمان
جرم حرارتی	ذخیره گرمای تابشی خورشید و آزادسازی آن در شب از تغییر زیاد دمای منطقه حرارتی در طول روز جلوگیری می کند	دیوارهای داخل و خارج، کف داخلی یا خارجی
مصالح فاز متغیر	با استفاده از ذخیره و آزادسازی انرژی و تغییر فاز از جامد به مایع و بالعکس، از تلورانش دمای منطقه حرارتی می کاهد	دورن جداره های خارجی شفاف و کدر ساختمان
نمای دو پوسته	با استفاده از ورود یا خروج هوای محبوس شده در فضای تنفس[1] به تهویه طبیعی ساختمان کمک می کند	دیوارهای خارجی ساختمان
شومینه خورشیدی	تابش خورشیدی دریافتی باعث گرم شدن هوای بین شیشه و کلکتور ها می شود. ورود یا خروج این هوا به تهویه ساختمان کمک می کند.	پشت بام
بادگیر/ لوجنک	با استفاده از مکش هوا به بیرون و یا دمیدن هوا به داخل موجب تهویه هوای داخل ساختمان می شود.	پشت بام
بام سبز	از گرم شدن بیش از حد پشتبام جلوگیری کرده و مانع از ایجاد پدیده گرمای جزیره ای[2] می شود.	پشت بام

۱-۱۰-۲-۴. استفاده از انرژی های تجدیدپذیر:

پیشتر در تعریف ساختمان های صفر انرژی چنین عنوان شد که این بناها مقدار انرژی اندک لازم جهت ایجاد شرایط آسایش ساکنین را از طریق انرژی های تجدیدپذیر تامین می کنند. با وجود آنکه انرژی های تجدیدپذیر تنها ۱۶/۷٪ کل انرژی تولید شده در دنیا را به خود اختصاص داده اند، شتاب افزایش استفاده از این منابع تجدیدپذیر کاملا چشمگیر است. منابع انرژی های تجدیدپذیر تجهیزات مرتبط و روش های متداول استفاده از آن ها در ساختمان های مسکونی، در جدول شماره ۶ قابل مشاهده می باشد.

۱ Buffer Space
۲ Heat Island Effect

جدول۱-۵. انواع انرژی های تجدیدپذیر و کاربرد آن ها در ساختمان

نوع منابع	تجهیزات مرتبط	عملکرد
انرژی خورشید	سلول فتوولتائیک[۱]	تامین انرژی الکتریکی
انرژی باد	آبگرمکن خورشیدی[۲]	تامین آب گرم مصرفی، گرمایش هوا
زمین گرمایش	سیستم زمین گرمایش[۳]	در ساختمان ها استفاده نمی شود
	پمپ زمین گرمایشی (GSHP)	تامین گرمایش محیطی
سوخت های زیستی	سوخت زیستی (Biofuel)	تامین گرمایش محیطی، آب گرم مصرفی
	گاز زیستی (Biogass)	تامین گرمایش محیطی، پخت و پز

۱-۱۰-۲-۵. سیستم های هوشمند نظارت و کنترل انرژی در ساختمان:

مطالعات انجام شده نشانگر اینست که یکی از دلایل اصلی مصرف بالای انرژی بی دقتی در استفاده از تجهیزات است. بنابراین تطبیق با استانداردهای خانه های صفر انرژی برای ساکنینی که به شیوه زندگی بهینه عادت ندارند بسیار دشوار است. علاوه بر این ساکنین یک خانه زمان لازم برای نظارت بر تمامی بخش های منزل را نداشته و گاها اطلاعات چندانی از نحوه کار سیستم های تاسیساتی ندارند. بنابراین لزوم استفاده از یک شبکه هوشمند جهت نظارت و کنترل بر تمامی بخش های خانه به صورت ۲۴ ساعته، ضروری می نماید. این شبکه (BMS) یا به عبارت دیگر مدیریت هوشمند ساختمان نام دارد. شبکه مذکور به یک یا چند کنترل کننده منطقی قابل برنامه ریزی (PLC) متصل شده و وظیفه نظارت و کنترل بخش های تاسیساتی ساختمان را به عهده دارد. در واقع در این سیستم، تمامی سیستم های پیشین به یک واحد کنترل کننده مرکزی وصل می شود که خود به وب سرور متصل است. "سیستم هوشمند کنترل روشنایی[۴]"، "سیستم هوشمند پیش بینی وضع هوا[۵]" و همچنین "سیستم کنتر هوای مناطق حرارتی[۶]" از زیر مجموعه های شبکه هوشمند ساختمانی می باشند.

۱ Photovoltaic
۲ Solarcollector
۳ Geothermal system
۴ Smart Lighting Control
۵ Smart Weather Control
۶ Thermal Zone Control

۱-۱۱. چالش های معماری انرژی صفر درایران

ایران نیز به عنوان بخشی از جهان از بحران های بین اللملی مستثنی نیست. از جمله افزایش گرمای زمین و گازهای گلخانه و در بعضی جهات نیز حتی اثرات شدیدتری را می توان مشاهده کرد. از جمله آلودگی هوای شهرهای بزرگ که بر اثر تولید گازهای ناشی از سوختن نامناسب انرژی در بخش صنعت مسکن و حمل و نقل است. ایران به عنوان یکی از بزرگترین تولیدکنندگان انرژی فسیلی شاید نباید نگران کمبود آن در آینده باشد اما با توجه به اینکه نفت و گاز طبیعی حدود ۳۱ درصد از کل انرژی مصرف ایران را در بردارد کمترین مشکلی در تامین انرژی کشور را در بحران های برگشت ناپذیر قرارمی دهد.

جدول۱-۶. میزان مصرف منابع مختلف در ایران (۱۳۸۸)

سال	نفت	گاز طبیعی	ذغال سنگ	برق آبی	جمع کل
۱۳۸۳	۶.۷۴	۹.۷۷	۱.۱	۷.۲	۲.۱۵۶
۱۳۸۴	۴.۷۸	۶.۷۹	۱.۱	۸.۲	۱۶۲
۱۳۸۵	۳.۷۹	۶.۹۴	۱.۱	۸.۳	۸.۱۷۸

واحد: میلیون تن معادل نفت خام

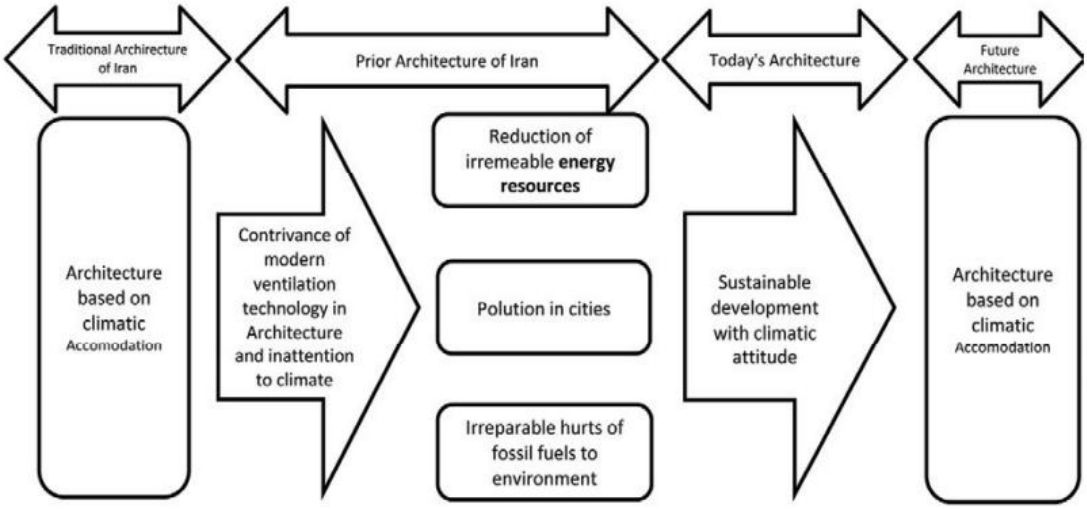
شدت مصرف انرژی در ایران دهه اخیر به طور متوسط سالانه یک درصد افرایش داشته که این مقدار به ۵ درصد نیز رسیده

است. علل افزایش انرژی را می توان افزایش جمعیت، کثرت شهرنشینی، فقدان قوانین زیست محیطی جامع، الگوی نادرست مصرف و اختصاص یارانه های دولتی دانست. سهم بخش مسکن از مصرف انرژی کشور ۱۵ درصد بوده و بزرگترین تولیدکننده گازهای گلخانه ای می باشد و با توجه به رشد صنعت ساختمان سازی، روز به روز نیز افزایش می یابد.

جدول۱-۷. میزان تولید دی اکسید کربن در مصارف مختلف (۱۳۸۸)

بخش	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵
خانگی و تجاری	۱.۷۶	۲.۷۸	۵.۷۶	۱.۷۸	۶.۸۶	۹.۸۵	۳.۹۳	۱.۹۸	۷.۱۰۲	۵.۱۰۸	۳.۱۲۶
صنعت	۳.۵۰	۱.۵۶	۹.۵۲	۶.۵۵	۷.۵۲	۲.۵۵	۱.۶۱	۸.۶۵	۷.۶۵	۱.۶۸	۳.۶۸
حمل و نقل	۰.۵۴	۴.۵۵	۶.۵۹	۹.۶۲	۷.۶۷	۴.۷۱	۱.۷۷	۳.۸۱	۹.۸۵	۲.۹۲	۴.۹۷
کشاورزی	۵.۱۱	۸.۱۰	۲.۱۲	۶.۱۰	۵.۱۰	۹.۹	۱.۹	۷.۹	۵.۹	۸.۹	۳.۱۴
نیروگاه	۳.۵۶	۱.۶۱	۵.۵۹	۳.۶۴	۷.۷۴	۳.۸۰	۲.۸۱	۶.۸۳	۴.۹۴	۳.۱۰۱	۱.۱۰۰
پالایشگاه	۲.۱۰	۹.۱۰	۲.۱۲	۶.۱۲	۷.۱۱	۲.۱۱	۵.۹	۶.۹	۵.۹	۸.۹	۸.۹
جمع	۶.۲۵۸	۸.۲۷۲	۲.۲۷۳	۴.۲۸۴	۲.۳۰۴	۲.۳۱۴	۶.۳۳۱	۴.۳۴۸	۱.۳۶۸	۱.۳۹۰	۵.۴۱۶

مشکل دیگر در معماری معاصر ایران دورشدن از روش ها و اصول معماری سنتی است که به صورت ناآگاهانه به علت تحت تاثیر قرار گرفتن از روش ها و تکنولوژی معماری مدرن که به صورت انبوه مورد استفاده قرار می گیرد مشکلات زیادی در جهت مصرف انرژی پدید آورده که به طور مثال می توان به مشکلات ساختمان های جدید در مناطق گرم و مرطوب و گرم و خشک اشاره کرد. به همین جهت دستیابی به اصولی در راستای معماری پایدار می تواند ذره ای بازگشت به معماری هم ساز با طبیعت به سبک گذشته مفید باشد



شکل۱-۸. نمودار شماتیک روند تغییرات در معماری ایران ۲۰۱۱

بر همین اساس لزوم کاهش مصرف انرژی و بهینه سازی آن هرچه بیشتر احساس می شود. ساختمان های انرژی صفر بهترین ر اه حل برای تعدیل مصرف انرژی در مسکن است. اما رسیدن به این هدف نیازهای زیربنایی و اساسی دارد که باید برآورده شود.

مروری بر معماری معاصر ایران و معماری معاصر کشورهای در حال توسعه نشان دهنده آن است این کشور ها نیز مانند بسیاری از کشورهای توسعه یافته، حرکت به سوی مفهوم پایداری و معماری پایدار را در دستور کار قرار داده اند. چالش های پیش روی طراحی و اجرای ساختمان های انرژی صفر در معماری معاصر ایران را می توان در سه محور زیر مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد که عبارتند از:

- **دانش فنی:** ضرورت باز تولید دانش فنی بومی در حوزه معماری معاصر و بخصوص طراحی و اجرای ساختمان های انرژی صفر.

- **نیروی ورزیده کارآمد:** نیروی ورزیده کارآمد زیربنای دستیابی به الگوهای بهینه در حوزه طراحی و اجرای ساختمان های انرژی صفر می باشد که به همین جهت از آن به عنوان رکن اساسی تحقق مفهوم پایداری و معماری پایدار یاد کرده اند.
- **قوانین و آیین نامه ها:** قوانین، مقررات و آیین نامه های برگرفته از اصول مفهوم پایداری و معماری پایدار گامی مهم و اساسی در این زمینه محسوب می شود. قوانین، مقررات و آیین نامه هایی که به صورت مستقیم، یا غیر مستقیم، در تعامل سازنده با صنعت ساختمان و تولید مسکن، قرار گیرد.

۱-۱۲. معرفی نرم افزارهای شبیه سازی انرژی

نظر به اینکه توجه به اصول کاهش مصرف انرژی از زمان طراحی می تواند تا ۸۰٪ از میزان کل انرژی مصرفی یک ساختمان بکاهد آزمایش مدل ساختمان ها قبل از اجرا ضروری می نماید. با توجه به نحوه عملکرد و روش محاسبه هر کدام از نرم افزارهای شبیه سازی انرژی، استفاده از هر کدام در مراحل مشخصی از پروسه طراحی توصیه می شود. جدول شماره ۹ مراحل مناسب برای استفاده از هر نرم افزار، قابلیت ها و ضعف ها، میزان دقت، انعطاف پذیری و سطح تجهیزات هر کدام را نمایش می گذارد.

با توجه به اینکه نحوه مصرف انرژی یک ساختمان به شدت متاثر از رویکرد اولیه معمار هنگام طراحی ساختمان است، میتوان چنین اظهار داشت که کوچکترین اصلاحات در مراحل اولیه طراحی باعث جلوگیری از تلفات انرژی کلان در زمان استفاده از ساختمان می شود. ایزولاسیون حرارتی مناسب، پیش بینی سیستم های تامین انرژی تجدیدپذیر و بهره گیری مناسب از انرژی تابش و باد از مهمترین عوامل دستیابی به مصرف انرژی صفر می باشند. با این وجود برای دستیابی به مصرف انرژی بسیار اندک، استفاده از تکنیک های منفعل به تنهایی پاسخگوی این میزان صرفه جویی در مصرف انرژی نمی باشد. همچنین با توجه به اینکه سایت های مختلف دارای تابش دریافتی، سایه اندازی، جهت گیری و اقلیم متفاوتی می باشند، لازم است طراحان معمار با دقت بیشتری جزئیات محل احداث ساختمان مورد نظر را در پروسه طراحی دخیل نمایند. نظر به اینکه انرژی لازم جهت استفاده ساکنین از بنا در خانه های صفر انرژی با استفاده از منابع تجدیدپذیر تامین می شود، مطلوب است معماران قبل از تایید نهایی طرح، نمونه های اولیه را با نرم افزارهای شبیه سازی انرژی بررسی نمایند. این عمل علاوه بر فراهم آوردن امکان تصحیح اشتباهات قبل از ساخت، تخمینی از میزان مصرف انرژی سالیانه، پیک مصرف و فضای مورد نیاز جهت نصب سیستم های انرزی تجدیدپذیر را در اختیار طراحان قرار می دهند.

جدول۱-۸. معرفی نرم افزارهای شبیه سازی انرژی و عملکرد هر کدام

نرم افزار	مدلسازی	دقت	انعطاف پذیری	تجهیزات	مراحل مناسب جهت استفاده
HEED	متوسط	زیاد	کم	متوسط	ایده اولیه تا شمای اولیه
ECOTECT	قوی	کم	متوسط	متوسط	ایده اولیه تا شمای اولیه
Energy 10	متوسط	زیاد	متوسط	متوسط	ایده اولیه تا شمای اولیه
TAS	متوسط	زیاد	متوسط	متوسط	ایده اولیه تا شمای اولیه
TRNSYS	متوسط	زیاد	متوسط	متوسط	ایده اولیه تا شمای اولیه
Equest	متوسط	زیاد	متوسط	متوسط	ایده اولیه تا شمای اولیه
Design Builder	متوسط	زیاد	متوسط	متوسط	ایده اولیه تا شمای اولیه
Vasari	متوسط	زیاد	متوسط	متوسط	ایده اولیه تا شمای اولیه
IES-VE	متوسط	زیاد	متوسط	متوسط	ایده اولیه تا شمای اولیه
Open Studio	متوسط	زیاد	کم	زیاد	طرح اولیه تا بهینه سازی طرح
DOE-2	ضعیف	زیاد	کم	متوسط	طرح اولیه تا بهینه سازی طرح
ESP-r	ضعیف	زیاد	کم	زیاد	طرح اولیه تا بهینه سازی طرح

۱-۱۳. بررسی آماری و مقایسه مصرف انرژی ساختمان انرژی صفر با خانه ها معمولی

مطالعه های مروری روی ۴۰ ساختمان سبز ساخته شده در ایالات متحده شامل ۱۰ ساختمان تبادل انرژی صفر و ۳۰ ساختمان با عملکرد بهینه انرژی، انجام شده است. اطلاعات حاصله، از نظر هزینه ی ساخت خانه و میزان به کارگیری هر یک از منابع با توجه به شرایط به صورت آماری مورد بررسی قرار گرفته و نتایج به صورت نمودارهایی ارائه شده، ASHRAE مختلف آب و هوایی است. مقایسه های بین میزان انرژی مصرفی در خانه های ساخته شده به صورت سنتی و خانه های تبادل انرژی صفر صورت گرفته و بر اساس قیمت انرژی، صرفه جویی در هزینه سالیانه محاسبه شده است. همچنین با توجه به اینکه خانه های تبادل انرژی صفر می توانند به شبکه متصل شده و انرژی تولید شده به صورت محلی را به شبکه بفروشند، در نموداری با بررسی حدود ۱۳۰ ساختمان با عملکرد بهینه انرژی ثبت شده در وزارت انرژی ایالات متحده، میزان تولید انرژی آن ها به سه دسته ی تولید انرژی کمتر، هم اندازه، و مازاد بر میزان مصرف خانه تقسیم و سهم هر دسته به صورت درصد بیان شده است.

جدول۱-۹. اطلاعات اقتصادی ۴۰ ساختمان مورد بررسی

ردیف	مصرف انرژی سالانه (MJ)	خرید انرژی سالانه (MJ)	مساحت (m2)	انرژی مصرفی بر واحد سطح (MJ/m2)	صرفه جویی سالانه MJ/m2 (بدون تولید)	صرفه جویی سالانه (MJ/m2) با تولید	صرفه جویی در ۲۰ سال (بدون تولید)($)	صرفه جویی در ۲۰ سال (با تولید) ($)	هزینه کل ساخت ($)
۱	۳۱۵.۰۰۰	۳۱۵۰۰۰	۷۰۶	۴۴۶	۱۸۴	۱۸۴	۵۳.۳۷۲	۸۳۳۷۲	
۲	۱۹۵.۰۰۰	-۲۵۳۰۰	۱.۱۰۰	۱۷۷	۴۵۳	۶۵۳	۲۰۴۸۰۴	۲۹۵۴۰۳	۳.۹۴۳.۴۱۸
۳	۹.۸۰۰	۰	۴۶۷	۱۹۴	۴۳۶	۶۳۰	۸۳۶۵۳	۱۲۰۹۵۵	۵.۵۰۰.۰۰۰
۴	۳۳.۵۰۰	-۳۵۳	۳۲۵	۱۰۳	۵۲۷	۶۳۱	۷۰۴۲۷	۸۴۳۴۹	۱.۸۰۰.۰۰۰
۵	۵.۸۳۰	-۳۴۱۰	۲۰۴	۲۶	۶۰۴	۶۴۷	۵۰۶۴۲	۵۴۲۵۷	۱.۱۱۶.۰۰۰
۶	۱۰۵.۰۰۰	-۱۳۱۰۰	۳۳۴	۳۱۴	۳۱۶	۶۶۹	۴۳۳۵۴	۹۱۹۲۳	۳.۴۰۰.۰۰۰
۷	۴۶۲.۰۰۰	-۶۰۷۰۰	۱.۲۶۰	۳۶۷	۲۶۳	۶۷۸	۱۳۶۴۵۴	۳۵۱۴۱۶	۶.۴۰۵.۰۰۰
۸	۲۸.۴۰۰	۰	۱۴۲	۲۰۰	۴۳۰	۶۳۰	۲۵۱۱۱	۳۶۷۹۱	۶۵۰.۰۰۰
۹	۲.۱۹۰.۰۰۰	۱۷۷۰۰۰۰	۴.۱۳۰	۵۳۰	۱۰۰	۲۰۱	۱۶۹۳۹۵	۳۴۲۱۲۱	۵.۲۰۰.۰۰۰
۱۰	۱.۴۱۰.۰۰۰	۱۲۵۰۰۰۰۰	۲.۹۷۰	۴۷۵	۱۵۵	۲۰۹	۱۸۹۶۲۹	۲۵۵۴۲۹	۷.۵۰۰.۰۰۰
۱۱	۱.۴۱۰.۰۰۰	۹۱۶۰۰۰	۳.۷۲۰	۳۷۹	۲۵۱	۳۸۴	۳۸۳۹۴۶	۵۸۷۱۰۵	۱۴.۴۰۰.۰۰۰
۱۲	۱.۵۲۰.۰۰۰	۱۴۶۰۰۰۰	۳.۳۴۰	۴۵۵	۱۷۵	۱۹۳	۲۴۰۲۵۴	۲۶۴۹۲۹	۳.۲۰۰.۰۰۰
۱۳	۷.۶۵۰	۲۸۲۰	۱۵	۵۱۳	۱۱۷	۴۴۱	۷۱۴	۲۷۰۱	۱۶۴.۹۳۳
۱۴	۳.۱۴۰.۰۰۰	۳۱۳۰۰۰۰	۶.۷۸۰	۴۶۳	۱۶۷	۱۶۸	۴۶۵۲۹۲	۴۶۹۴۰۴	۴.۱۰۰.۰۰۰
۱۵	۱۱۴.۰۰۰	۱۱۴۰۰۰	۳۹۴	۲۸۹	۳۴۱	۳۴۱	۵۵۱۹۸	۵۵۱۹۸	؟
۱۶	۲۳۴.۰۰۰	-۱۰۸۰۰	۶۴۵	۳۶۳	۲۶۷	۶۴۷	۷۰۸۷۹	۱۷۱۵۵۴	۶۶۰.۰۰۰
۱۷	۳۰۹.۰۰۰	۰	۳۸۶	۸۰۱	-۱۷۱	۶۳۰	-۲۷۰۶۹	۱۰۰۰۰۸	۲.۷۱۹.۳۶۰
۱۸	۷.۷۱۰.۰۰۰	۰	۲۰.۶۰۰	۳۷۴	۲۵۶	۶۳۰	۲۱۶۶۴۸۰	۵۳۳۷۲۴۱	۶۴.۰۰۰.۰۰۰
۱۹	۱۷۰.۰۰۰	-۴	۶۰۹	۲۷۹	۳۵۱	۶۳۰	۸۷۸۷۲	۱۵۷۷۸۷	
۲۰	۳۳۴۰۰۰	-۵۳۶۰۰۰	۳۶۹	۹۰۵	-۲۷۵	۷۷۵	-۴۱۷۵۵	۱۱۷۶۴۷	
۲۱	۳۸۸۰۰	-۶۵۷۰	۲۲۳	۱۷۴	۴۵۰	۶۵۹	۴۱۸۲۰	۶۰۴۷۹	۴۹۷.۰۰۰
۲۲	۱۵۸۲۷۰	-۸۷	۷۹۳	۲۰۰	۴۳۰	۶۳۰	۱۴۰۳۶۹	۲۰۵۴۹۳	۳.۵۰۰.۰۰۰

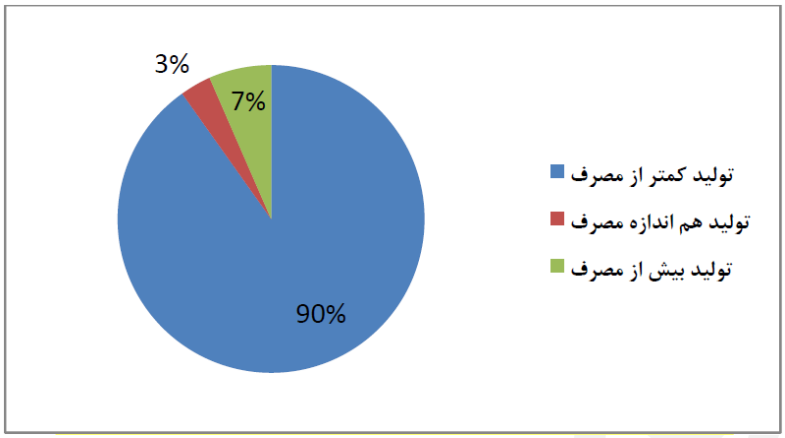
۲۳	۳۳۱.۰۰۰	۳۸۷۰۰۰	۱.۸۶۰	۱۷۸	۴۵۲	۴۷۶	۳۴۵۷۸۱	۳۶۳۸۷۷	۳.۲۰۰.۰۰۰
۲۴	۳۱۳.۰۰۰	۳۱۳۰۰۰	۸۸۱	۳۵۵	۲۷۵	۲۷۵	۹۹۵۳۶	۹۹۵۳۶	۱.۱۰۷.۸۴۸
۲۵	۲.۲۸۰.۰۰۰	۲۲۸۰۰۰۰	۵.۸۵۰	۳۹۰	۲۴۰	۲۴۰	۵۷۸۰۱۶	۵۷۸۰۱۶	۶.۳۰۰.۰۰۰
۲۶	۲۵۱.۰۰۰	۲۳۳۰۰۰	۹۳۸	۲۶۸	۳۶۲	۳۸۲	۱۳۹۸۰۱	۱۴۷۲۰۴	۲.۴۴۵.۲۸۲
۲۷	۳۲۳.۰۰۰	۲۱۳۰۰۰	۱.۷۸۰	۱۸۱	۴۴۹	۵۱۰	۳۲۴۳۴۴	۳۷۳۵۸۲	۶.۲۰۰.۰۰۰
۲۸	۷۸.۱۰۰	۷۸۱۰۰	۹۱	۸۵۸	-۲۲۸	-۲۲۸	-۸۵۴۲	-۸۵۴۲	
۲۹	۲۳.۵۰۰	۰	۲۷۶	۸۵	۵۴۵	۶۳۰	۶۱۸۴۴	۷۱۵۰۹	۵۸۲.۳۶۰
۳۰	۵۴.۴۰۰	۵۴۴۰۰	۲۴۰	۲۲۷	۴۰۳	۴۰۳	۳۹۸۰۹	۳۹۸۰۹	۱۱۸.۹۱۰
۳۱	۱.۱۹۰.۰۰۰	۱۱۹۰۰۰۰	۵.۲۸۰	۲۲۵	۴۰۵	۴۰۵	۸۷۸۶۰۱	۸۷۸۶۰۱	۹.۸۵۷.۰۰۰
۳۲	۳.۹۴۰.۰۰۰	۳۹۴۰۰۰	۴.۸۵۰	۸۱۲	-۱۸۲	-۱۸۲	-۳۶۳۷۵۳	-۳۶۳۷۵۳	۱۷.۸۵۶.۷۵۵
۳۳	۸۶.۳۰۰	-۵۴۱۰۰	۵۸۰	۱۴۹	۴۸۱	۷۲۳	۱۱۴۸۴۵	۱۷۲۵۸۵	۴.۱۰۰.۰۰۰
۳۴	۲۷۴.۰۰۰	۲۷۴۰۰۰	۸۰۸	۳۳۹	۲۹۱	۲۹۱	۹۶۶۶۱	۹۶۶۶۱	۱.۱۵۰.۰۰۰
۳۵	۶.۱۳۰.۰۰۰	۶۱۳۰۰۰۰	۸.۸۳۰	۶۹۴	-۶۴	-۶۴	-۲۳۳۲۲۲	-۲۳۳۲۲۲	۷.۱۰۸.۱۵۰
۳۶	۱۱۲.۰۰۰	۱۱۲۰۰۰	۱۷۰	۶۵۹	-۲۹	-۲۹	-۲۰۱۵	-۲۰۱۵	۱۴۵.۰۰۰
۳۷	۵.۸۰۰.۰۰۰	۵۸۰۰۰۰۰	۸.۵۵۰	۶۷۸	-۴۸	-۴۸	-۱۷۰۰۵۳	-۱۷۰۰۵۳	۸.۷۴۹۶۰۰
۳۹	۲۹۵.۰۰۰	۲۹۵۰۰۰	۹۲۹	۳۱۸	۳۱۲	۳۱۲	۱۱۹۳۷۴	۱۱۹۳۷۴	۱.۱۸۷.۲۸۵
۴۰			۳.۹۰۱						
میانگین	۱۰۹۱۱۰۸	۷۸۷۶۱۳	۲.۳۸۹	۳۸۰	۲۵۰	۴۰۴	۱۷۴۶۲۸	۲۹۹۴۴۱	۵.۸۵۹.۵۷۹

۱-۱۴. بررسی و تحلیل آماری

در صورتی که از تکنیک های تولید انرژی به صورت محلی در ساختمان ها استفاده شود مـی تـوان انـرژی خریداری شده از شبکه را کاهش داد که هم باعث کاهش بار شبکه و کمک به آن و هم به سود مصـرف کننـده خواهد بود، ضمنا تولید محلی، نسبت به استفاده از شبکه برق برای تامین انرژی ساختمان، بسیار پـر بـازده تـر است طوری که طبق گزارشی از شرکت ABB، در یک نیروگاه سنتی زغال سنگ، تنها ۳۰ تا ۳۵ درصد انـرژی موجود در ذغال سنگ به انرژی الکتریکی تبدیل می شود که در بهترین حالت و یک نیروگاه پیشرفته این عـدد می تواند حداکثر به ۶۰ درصد برسد، که با محاسبه تلفات انتقال، مقدار کمی از انرژی منبع، تبدیل به برق قابل مصرف در مقصد می شود، ولی با تولید به روش محلی می توان ایـن عـدد را بهبـود بخشـید و از منبـع انـرژی استفاده بهینه تری کرد. این عدد در حالت تولید محلی تا ۸۰ درصد هم گزارش شده است.

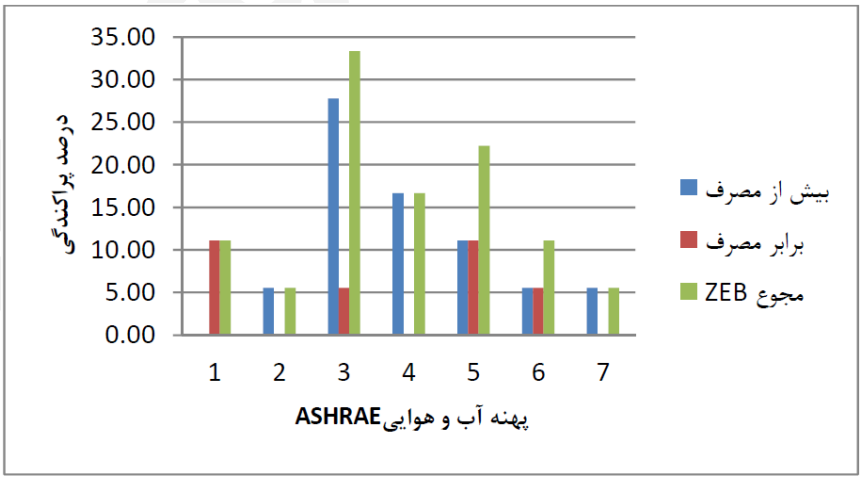
با مطالعه و بررسی گزارش ۱۳۰ ساختمانی که گزارش سـاخت و عملکـرد انـرژی آن هـا در سـایت وزارت

انرژی امریکا موجود می باشد، یک دسته بندی بر اساس میزان تولید انرژی محلی ساختمان ها صورت گرفته است طوری که نمونه ها به ۳ دسته تولید محلی انرژی کمتر از میزان مصرف انرژی، تولید انرژی هم اندازه مصرف انرژی و تولید انرژی بیش از میزان مصرفی انرژی تقسیم بندی شده اند.



شکل۱-۹. میزان تولید انرژی ساختمان ها بر اساس مصرف آن ها

ساختمان هایی که انرژی تولیدی آن ها مساوی یا بیش از مقدار مصرفی باشد، طبق تعریفی، ساختمان تبادل انرژی صفر نامیده می شوند. این ساختمان ها ممکن است با شبکه تعامل داشته باشند و یا نداشته باشند. در اینجا با استفاده از پهنه های آب و هوایی ASHRAE و بررسی ساختمان های تبادل انرژی صفر ثبت شده در سایت وزارت انرژی آمریکا (حدود ۱۰٪ از کل ساختمان ها)، به بررسی توزیع کمی نمونه ها در این پهنه ها پرداخته می شود. دسته بندی ناحیه های آب و هوایی بدین ترتیب است که عدد ۱ معادل آب و هوای گرم و با افزایش عدد ناحیه، آب و هوا رو به سردی می رود.



شکل۱-۱۰. پراکندگی کل ساختمان های تبادل انرژی صفر ساخته شده در پهنه های مختلف آب و هوایی

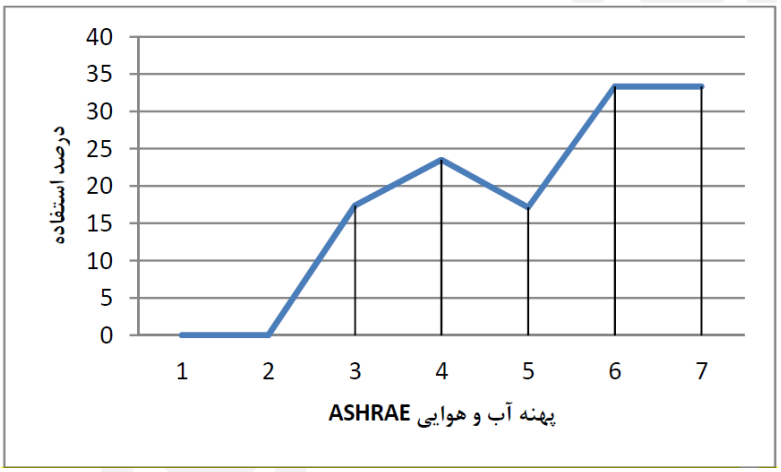
طبق نمودارشکل بالا و با در نظر گرفتن وسعت هر یک از پهنه های آب و هوایی که بیشترین سطح مربوط به نواحی معتدل و گرم یعنی اعداد ۳، ۴ و ۵ می باشد مشخص می شود که ساخت این نوع از ساختمان ها در همه انواع پهنه ها بوده و برای ساخت محدودیتی حتی در نواحی بسیار سرد و بسیار گرم وجود ندارد. (پایین بودن درصد پراکندگی نمونه ها در این نواحی به دلیل کوچکتر بودن مساحت پهنه های مربوطه می باشد)

از نظر نوع بکارگیری رویکردهای مختلف سبز انرژی و نوع انرژی مصرفی و با در نظر گرفتن پهنه آب و هوایی ASHRAE برای هر ساختمان، جدول ۱۱ حاصل می شود. اطلاعات بر اساس درصد می باشند و مشخص کننده درصد بکارگیری آن نوع خاص از انرژی یا تکنیک در نمونه های هر ناحیه آب و هوایی می باشد. (به عنوان مثال در ناحیه ۵، ۱۷/۴٪ از نمونه ها از تکنیک زمین گرمایی سود برده اند (در ردیف آخر برای پیدا کردن ارتباط بین افزایش یا کاهش بکارگیری هر تکنیک با تغییر نوع آب و هوای منطقه ساخت ساختمان، ضریب همبستگی بین داده های هر ستون با ستون آب و هوا محاسبه شده است. این ضریب عددی بین ۱ و ۱- است و بزرگتر شدن قدر مطلق آن نشان دهنده وجود ارتباط بین روند دو سری از مجموعه داده ها است، و علامت آن مشخص کننده تطابق یا عدم تطابق روند افزایشی دو سری داده با هم، می باشد.

جدول۱-۱۰. درصد فراوانی نوع تکنیک های مختلف سبز انرژی در نمونه های مورد بررسی در پهنه های مختلف آب و هوایی

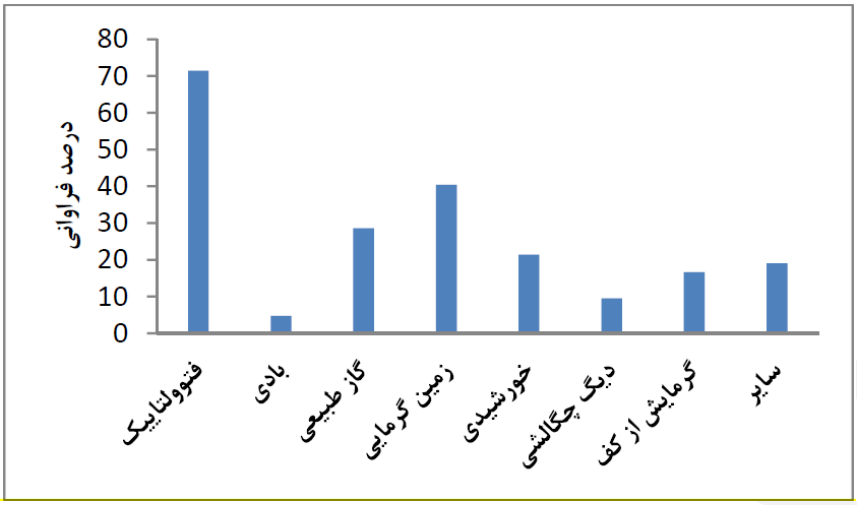
پهنه آب و هوایی (٪)	فتوولتائیک (٪)	بادی (٪)	گاز طبیعی (٪)	زمین گرمایی (٪)	گرمایش خورشیدی (٪)	دیگ چالشی (٪)	گرمایش از کف (٪)	سایر (٪)
۱	۶۶/۶۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۳/۳۳
۲	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳	۳۴/۷۸	۰	۱۳/۰۴	۱۷/۳۹	۸/۶۹	۸/۶۹	۱۳/۰۴	۳/۴
۴	۲۹/۴۱	۰	۱۱/۷۶	۲۳/۵۳	۱۷/۶۵	۱۱/۴۶	۵/۸۸	۰
۵	۲۸/۵۷	۲/۸۶	۱۷/۱۴	۱۷/۱۴	۱۱/۴۳	۰	۸/۵۷	۱۴/۲۹
۶	۳۳/۳۴	۱۶/۱۷	۱۶/۱۷	۳۳/۳۴	۰	۰	۰	۰
۷	۶۶/۶۷	۰	۰	۳۳/۳۴	۰	۰	۰	۳۳/۳۴
ضریب همبستگی	-۰/۳۹۲	۰/۴۵	۰/۳۵	۰/۹۲	۰/۰۳	-۰/۱۳۲	-۰/۰۶۴	۰/۰۵

با مشاهده جدول ۱۱ ملاحضه می شود که سلول های فتوولتاییک در تمام پهنه های آب و هوایی استفاده شده اند ولی انرژی باد به عنوان منبعی برای تامین انرژی ساختمان ها فقط در دو ناحیه و آن هم با درصد پایینی استفاده شده است. نکته قابل توجه وجود ارتباط منطقی بین روند افزایش بکارگیری از تکنیک زمین گرمایی با سردتر شدن ناحیه آب و هوایی می باشد. طوریکه ضریب همبستگی این دو ۰/۹۳٪ شده است. این در حالیست که ضریب هم بستگی سلول های فتوولتاییک با ناحیه آب و هوایی که حدود ۰/۴- شده، نشان از کاهشی بودن البته نه چندان زیاد استفاده از این منبع انرژی با سردتر شدن ناحیه آب و هوایی می باشد. با توجه به عدم افزایش محسوس روند استفاده از گاز با سردتر شدن ناحیه آب و هوایی، میتوان این نتیجه را گرفت که با توجه به انرژی بیشتر مورد نیاز در این نواحی نسبت به ناحیه های معتدل، این اختلاف انرژی توسط استفاده از انرژی زمین گرمایی جبران شده است و تمایل به جبران این اختلاف با انرژی گاز طبیعی کمتر می باشد.



شکل۱-۱۱. منحنی تغییرات بکارگیری تکنیک زمین گرمایی در نواحی آب و هوایی مختلف

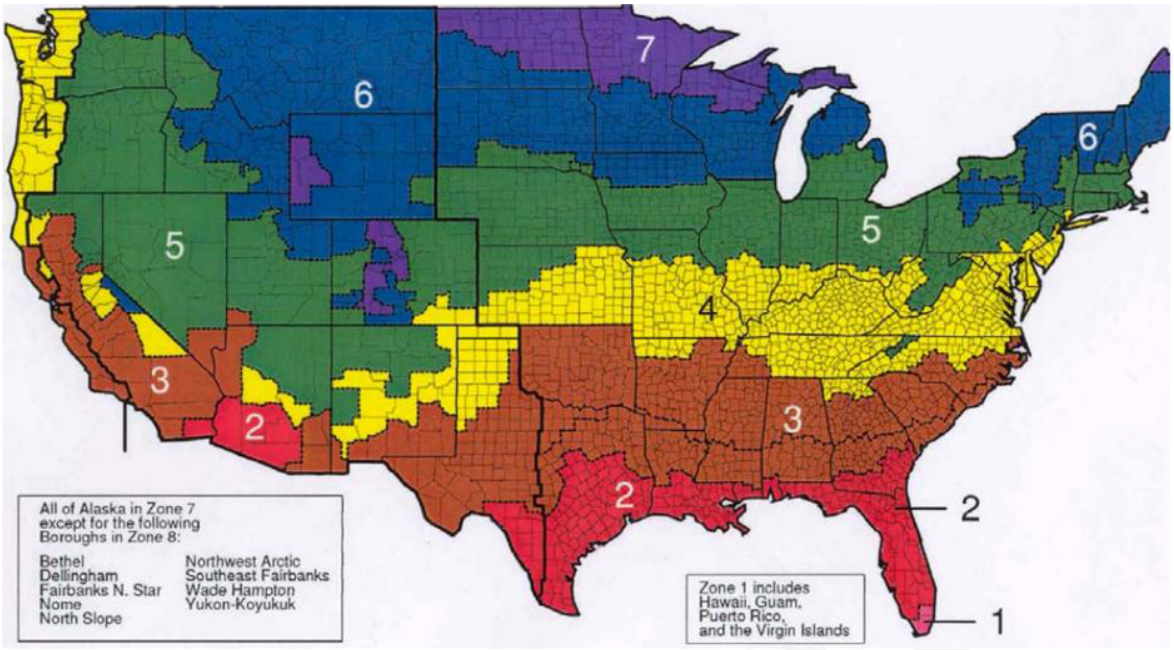
در انتها به بررسی بکارگیری انواع استراتژی های سبز انرژی در ساختمان های نمونه های مورد بررسی پرداخته می شود.



شکل۱-۱۲. درصد فراوانی تکنیک های مختلف سبز انرژی در نمونه های بررسی شده به تفکیک نوع تکنیک

ملاحضه می شود که تمایل به استفاده از سلول های فتوولتاییک بسیار زیاد بوده وحدود ۷۱/۵٪ از نمونه ها از این تکنیک تامین انرژی سود برده اند. بعد از آن تکنیک زمین گرمایی با حدود ۴۰/۵٪ در رتبه دوم استفاده قرار دارد و استفاده از انرژی باد برای تامین انرژی ساختمان با فراوانی ۴/۷٪ کمترین استفاده را دارد.

در این مقایسه به بررسی ساختمان های نوین با عملکرد بهینه انرژی پرداخته شد و کاهش تقاضای انرژی ساختمان، به عنوان گامی در جهت نگه داشت انرژی مورد توجه قرار گرفت. در ابتدا با محاسبه سود اقتصادی ناشی از به کارگیری رویکردهای نوین کاهش مصرف انرژی در ساختمان های مورد بررسی، بدون در نظر گرفتن تولید محلی و با در نظر گرفتن آن، محاسبه شد و ملاحضه شد که به کارگیری هر دو تکنیک منفعل و تولید محلی، می تواند در طول ۲۰ سال، ۳۰۰ هزار دلار به نرخ روز، برای مالک سود داشته باشد. در ادامه مشخص شد که ۱۰٪ از کل ساختمان های موجود ثبت شده در سایت وزارت انرژی ایالات متحده، از نوع تبادل انرژی صفر هستند و با بررسی توزیع این ساختمان ها در نواحی مختلف آب و هوایی مشخص شد که محدودیتی برای ساخت، از لحاظ پهنه آب و هوایی وجود ندارد. سپس روند به کارگیری هر نوع خاص از انواع روش های نوین انرژی در نواحی مختلف آب و هوایی بررسی شد و ملاحضه شد که با سردتر شدن ناحیه آب و هوایی تمایل به استفاده از انرژی زمین گرمایی افزایش می یابد. در نهایت در نموداری فراوانی استفاده از کل تکنیک ها به تفکیک نوع، ارائه گردید که مشخص شد سلول های فتوولتاییک با بیشترین درصد فراوانی در رتبه نخست و استفاده از انرژی بادی در مقیاس ساختمانی، در رتبه انتهایی قرار دارد.



شکل۱-۱۳. نقشه پهنه های آب و هوایی ASHRAE

جدول۱-۱۱. مشخصات ساختمان های نمونه انتخاب شده

ردیف	نام ساختمان	مکان	فتوولتاییک	باد	گاز طبیعی	زمین گرمایی	آبگرمکن خورشیدی	دیگ چالشی	گرمایش از کف	سایر
۱	Zion Visitor Center	Springdable,Utah	■							
۲	Aldo Leopold Legacy	Wisconsin	■			■				چوب (شومینه)
۳	Audubon Center at Debs Park	Los Angeles, California	■				■			
۴	Challengers Tennis Club	Los Angeles, California	■		■					
۵	Environment Tech. Center	Sonoma, California	■				■	■	■	گرمایش خورشیدی
۶	Hawaii Gateway Energy Center	Hawaii	■							

energyenergy.ir

				■			■	Oberlin, Ohio	Oberlin College Lewis Center	۷
				■			■	,St. Paul Minnesota	Science House	۸
	■		■		■		■	Silverthone, Colorado	BigHorn	۹
			■	■			■	Annapolis, Marylan	CBF Merrill Environment Center	۱۰
			■		■		■	Chicago, Illinois	Chicago, Center for. Green Tech	۱۱
	■			■			■	Ebensberg, Pennsylvania	DEP Cambria	۱۲
						■	■	Golden, Colorado	NREL Wind Site Entrande Building	۱۳
		■			■		■	San Francisco, California	Thoreau Center for Sustainability	۱۴
							■	Helotes, Texas	Government Canyon Visitor	۱۵
				■			■	Oak Ridge, Tennessee	Oak Ridge National Laboratory Office Building	۱۶
							■	Lakeland, Florida	Magnify Credit Union-South Lakeland Branch	۱۷
	■		■		■		■	Golden, Colorado	Research Support Facility	۱۸
				■			■	San Joes, California	IdeAs Z2 Desing Facility	۱۹
Air-to-air heat exchanger							■	Ft Lauderdable, Florida	TD Bank – Cypress Creek Store	۲۰
				■			■	Chrisney, India	Chrisney, Indian Public Library	۲۱
							■	Newport Beach, Claifornia	Environmental Nature Ctr	۲۲
				■			■	Louisville, Kentuchy	CMTA Office	۲۳
					■			Grand Rapids, Michigan	Bazzani Asociates Headquarters	۲۴
				■	■			Cambridge,	Cambridge	۲۵

				■	■			Massachusetts	Cohousing	
	■						■	Atlanta, Georgia	Eco Office	۲۶
			■	■			■	Falmouth, Massachusetts	Woods Hole Research Center	۲۷
								Brattleboro, Vermont	Dr. Rebecca Jones, Dermatology Office	۲۸
				■		■		Charlotte, Vermont	Net zero house	۲۹
								San Luis Obispo, California	& Claiborne Churchill Winery	۳۰
		■			■			Kirkland, Washington	Ben Franklin Elementry School	۳۱
								Youmstown, Ohio	Joens Federal Building and Courthouse	۳۲
					■		■	Rhinebeck, New York	Omega Center	۳۳
نفت								Massachusetts	Wampanoag Headquarters	۳۴
			■					Reston, Virginia	NWF Headquarters	۳۵
دودکش خورشیدی					■			Chicago, Illinois	Factor 10 House	۳۶
				■	■			Stateville, North Carolina	Third Creek Elementry	۳۷
					■		■	Golden, Colorado	NREL Thermal Test (Facility)TTF	۳۸
			■	■			■	Michigan	Vineyard	۳۹
	■	■	■		■		■	New Jersey	31-Tannery	۴۰
				■			■	New York	Green Acres	۴۱

۱-۱۵. برسی یک نمونه ی اجرا شده از ساختمان های صفر انرژی

آزمایشگاه ملی انرژی های تجدید پذیر آمریکا: بزرگترین ساختمان انرژی صفر

شکل۱-۱۴. بزرگترین ساختمان انرژی صفر جهان

ساخت بزرگترین ساختمان انرژی صفر جهان در یک شب اتفاق نیفتاده است ولی با یک هدف بلند پروازانه آغاز شد. در سال ۲۰۰۸ وقتی تیم طراحی این پروژه به دنبال طراحی این پروژه به دنبال طراحی ساختمان پشتیبانی تحقیقات در آزمایشگاه ملی انرژی های تجدیدپذیر آمریکا بود، پیش شرط تعیین شده در پروپوزال، طراحی ساختمانی با میزان مصرف انرژی سالانه ۲۵ kBtu/ft2 (معادل ۷۹ kWh/m2) بود. به جای برآورده نمودن این خواسته سختگیرانه، این تیم طراحی ارائه نمود که در لیست آرزوهای آزمایشگاه ملی انرژی ها تجدید پذیر آمریکا قرار داشت و این طرح، ساختمانی بود که به همان اندازه ای که انرژی مصرف می کند، انرژی تولید نماید: یعنی یک طرح انرژی صفر. برآورد اولیه هزینه های ساخت این ساختمان معادل ۶۴.۳ میلیون دلار تخمین زده شد.

پس از تعیین هدف طراحی، شامل شرکت ساختمانی هاسلدن، شرکت طراحی راجرز ناجل لانگهارت و شرکت مشاور استانتک با تمرکز روی استفاده از معماری غیر فعال، سیستم های بهره وری انرژی های تجدید پذیر وارد عمل شدند. نتیجه طراحی ساخت یک ساختمان اداری با وسعت ۲۲۲۰۰۰ فوت مربع (۲۰۶۲۴ متر مربع) در محوطه آزمایشگاه ملی انرژی تجدید آمریکا واقع در ایالات کلرادو آمریکا شد که شامل فضا های مختلف اداری، اتاق های کنفرانس، سلف سرویس، دیتاسنتر، سالن بدنسازی و کتابخانه است.

شکل۱-۱۵. نمای ساختمان انرژی صفر

علی رغم این که هر یک از تکنولوژی های این ساختمان قبلا به طور جداگانه مورد استفاده قرار گرفته بودند، نوآوری این بروژه، نحوه استفاده از آن ها در کناره گیری است. طرح اولیه سختمان بر اساس حداکثر استفاده از از استراتژی معماری غیر فعال شکل گرفت که در آن از مزایای شرایط آب و هوایی برای کاهش مصرف انرژی استفاده می شود. پس از انجام مدل سازی های مختلف، برای دستیابی به بهترین کارایی از نظر انرژی، طرح نهایی ساختمان به شکل H مایل با طبقات کم عرض پیشنهاد گردید. جهت گیری ساختمان، پلان ها، مقاطع، اجرام و طراحی جداره ساختمان همگی به گونه ای طراحی شدند که ساختمان حداکثر بهره وری را از نور روز و تهویه طبیعی داشته باشد. عرض کم طبقات اجازه می دهد تا بتوان از هر دو روش کوران و تهویه یک طرفه جهت تهویه ساختمان استفاده نمود. جانمایی و مبلمان ساختمان به صورتی است که هیچ کارمندی بیش از ۹ متر از پنجره های بازشو فاصله نداشته باشه و تمام فضا های اداری بر اساس امکان سرمایش طبیعی و غیر فعال طراحی شده اند. از مدل سازی کامپیوتری برای تعیین تعداد، ابعاد و محل پنجره برای برقراری تعادل

مناسب در استفاده از نور روز و کاهش بار حرارتی استفاده شد. استراتژی های سختگیرانه سایه اندازی روی پنجره ها برای تمامی بازشوهای شیشه ای ساختمان اتخاذ شد و از شیشه های خاص مثل شیشه های الکترومیک در ساختمان استفاده گردید. این امر سبب شد تا علاوه بر کاهش بار حرارتی دریافتی در تابستان استفاده از نور روز همچنان مهیا باشد. معماری ساختمان نیز به گونه ای است که هوای ورودی تهویه را پیش گرم می نماید و جرم حرارتی بدون پوشش مسیرهای مارپیچ حرارتی مورد نیاز خود ذخیره نماید. در بخش زیرین ساختمان، مسیر مارپیچ حرارتی توسط سازه های بتنی احداث شد. این مسیر مارپیچ انرژی حرارتی را ذخیره می نماید و ظرفیت مضاعفی را برای گرمایش و سرمایش غیرفعال ساختمان فراهم می کند. به علاوه سقف ساختمان نیز برای استفاده از سیستم فوتوولتاییک (PV) به سمت جنوب دارای شیب می باشد.

ساختمان در یک نگاه
ساختمان پشتیبانی تحقیقات (RSF)
مکان: ایالت کلورادو، آمریکا
مالک: دپارتمان انرژی آمریکا و آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر
کاربری: اداری
شامل: دیتاسنتر
کارمندان / افراد مقیم: ۸۲۲ نفر
سطح ناخالص: ۲۰۶۲۴ مترمربع
فضای تهویه شده: ۲۰۶۲۴ مترمربع
درصد اشغال و سکونت در فضا: ٪۱۰۰
تاریخ اتمام ساخت و آغاز بهره‌برداری: ژوئن ۲۰۱۰
جوایز و نشان‌های ملی:
- LEED-NC Platinum, 2011; - Sustainable Sites Pilot; - AIA COTE Top Ten Green Project, 2011; - GreenGov Presidential Award, - Green Innovation (RSF Data Center), 2011; - McGraw Hill Construction Outstanding Green Building, 2010; - American Institute of Steel Construction IDEAS2 Award, 2011; - Design-Build Institute of America, Merit Award, 2011

شکل۱-۱۶. ساختمان در یک نگاه

دستیابی به ساختمان انرژی صفر نیازمند بهینه سازی و یکپارچه نمودن تمام جریان های انرژی و سیستم ها در ساختمان است به همین منظور، تلاش زیادی جهت کاهش انرژی مورد نیاز بخش IT ساختمان انجام شد. برای مثال کاهش تعداد پرینتر ها و دستگاه های کپی و جایگزینی کامپیوتر ها با لپ تاپ ها سبب کاهش

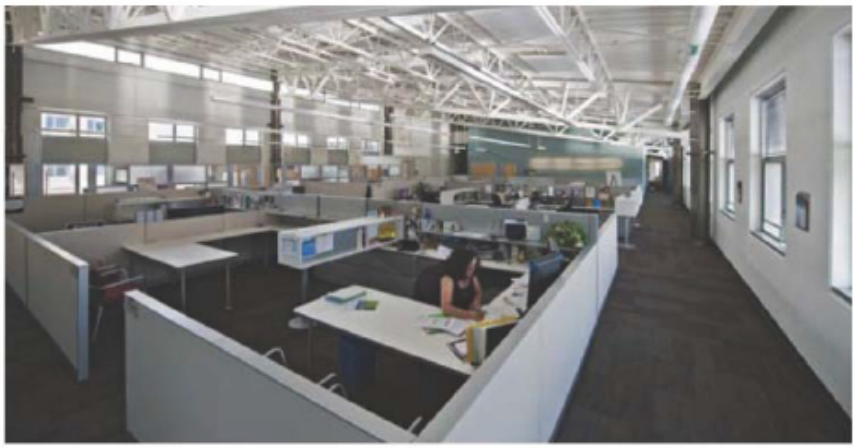
میزان انرژی مورد نیاز گردید.

شکل۱-۱۷. پنجره های ضلع جنوبی مجهز به سایبان

شکل۱-۱۸. توضیحاتی در مورد ساختمان

شکل۱-۱۹. توضیحاتی مختصر در مورد ساختمان

به علاوه برای تامین روشنایی ساختمان سیستمی یکپارچه بر اساس طراحی صحیح معماری داخلی استفاده از روشنایی های بالا طراحی شد. استفاده از روشنایی ها با راندمان بالا و کنترل آن ها، بهره گیری از روشنایی روز در ساختمان را تکمیل نموده و دید بصری بسیار مناسبی را با کمترین میزان مصرف انرژی تامین می نمایند. با توجه به عرض کم ساختمان و استفاده از تجهیزات انعکاس نور و گودهای نور در ضلع جنوبی ساختمان، امکان استفاده از نور روز برای ۹۲٪ از فضا های اداری فراهم گردید. با استفاده از سیستم روشنایی اتوماتیک و خاموش شدن روشنایی ها در زمان های غیرضروری نیز مصرف انرژی در ساختمان کاهش یافت.

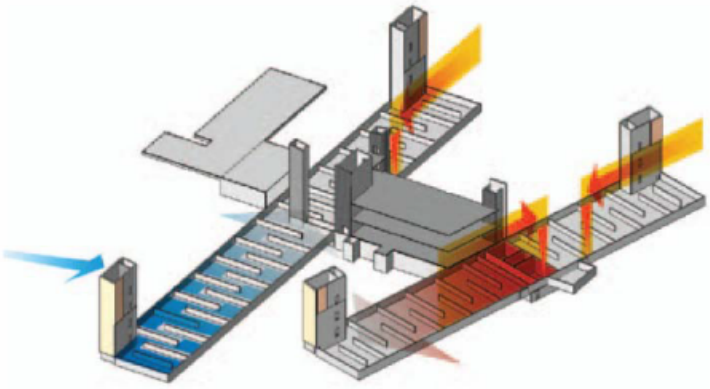


شکل۱-۲۰. استفاده از نور روز جهت نورپردازی فضای داخلی

شکل۱-۲۱. بهره وری از روشنایی روز در مرکز آزمایشگاه

کاهش میزان مصرف انرژی نخست با استفاده از معماری صحیح در پروژه امکان پذیر شد. پس از آن استفاده از سیستم روشنایی بسیار کارآمد و کاهش بارهای الکتریکی سبب کاهش بارهای داخلی ساختمان گردید و کارایی انرژی در ساختمان را بهبود بخشید.

نهایت آسایش حرارتی با استفاده از یک سیستم یکپارچه حرارتی شامل جرم های حرارتی، گرمایش از سقف، تهویه شبانه و تهویه طبیعی تأمین گردید که همگی به صرفه جویی انرژی در ساختمان کمک می نماید.



شکل۱-۲۲. عملکرد مسیر مارپیچ در فونداسیون به عنوان باتری حرارتی

گرمایش از سقف به همراه سیستم هوایی مستقل، سیستم اصلی مکانیکی در این ساختمان است که براساس تجربیات موفق قبلی اجرا شده است. در مجموعه آزمایشگاه ملی انرژی های تجدیدپذیر آمریکا موتورخانه مرکزی آب سرد و گرم را برای ساختمان حاضر (RSF) تأمین می نماید. سیستم هوایی موجود متشکل از کویل های آب گرمایشی و سرمایشی به همراه کویل های تبخیری و بازیافت حرارت می باشد. سیستم توزیع هوا که از طریق کف کاذب انجام می گیرد، هوای مورد نیاز جهت تهویه را تأمین می نماید و رطوبت را نیز کنترل می کند. سقف های حرارتی نیز که به نوبه خود شرایط آسایش حرارتی را تأمین

می نمایند شامل لوله های پلی اتیلن (PEX) هستند که آب در داخل آن ها جریان دارد و جهت تابش تشعشعی در سقف نصب گردیده اند.

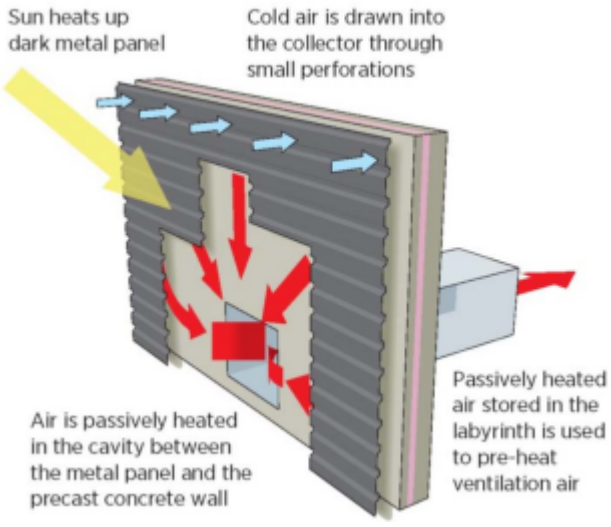
شکل۱-۲۳. سیستم گرمایش و سرمایش تشعشعی از سقف

مجموعا حدود ۶۸ کیلومتر لوله کشی تشعشعی در تمامی طبقات ساختمان نصب شده است که به جای هوا از آب برای گرمایش و سرمایش استفاده می نمایند. در این ساختمان ۵ زون حرارتی در نظر گرفته شده است که در قالب فضا های داخلی و محیطی گروه بندی شده اند. تمامی فضا های محیطی امکان تغییر بین حالت گرمایش و سرمایش را دارا هستند. فضا های با بار حرارتی زیاد مثل اتاق های کنفرانس با فن کویل نیز تجهیز شده اند.

دیتاسنتر مجموعه نیز دارای سیستم تهویه مستقل است که حرارت تولید شده در آن برای سایر بخش های ساختمان بازیافت می گردد. این بخش با این که در محدوده دمایی مجاز سازندگان تجهیزات الکترونیکی فعالیت می کند اما دمای کارکرد آن از بسیاری از نمونه های مشابه بیشتر است. وقتی دمای هوای خارج ساختمان سردتر است، هوای با دمای بالاتر از ۳۲ درجه سیلسیوس که از سرور ها خارجی می شود جهت گرمایش بخش های دیگر ساختمان به آن بخش ها هدایت می شود. هواسازهای موجود در دیتاسنتر نیز دارای کویل سرمایشی هستند که برای سرمایش در ساعاتی از تابستان مورد استفاده قرار می گیرند. دیتاسنتر مجموعه یکی از پربازده ترین دیتاسنترهای دنیا است. در ماه های سرد ضریب توان مصرفی (PUE) آن بین ۱،۱۰ تا ۱،۱۵ و در ماه های گرم سال به طور متوسط ۱،۲۱ می باشد.

شکل۱-۲۴. کلکتور خورشیدی نفوذپذیر ضلع جنوبی

هوای ورودی از خارج ساختمان قبل از ورود به سیستم توزیع هوای ساختمان به طور غیرفعال از طریق کلکتورهای خورشیدی نصب شده بر دیواره های ضلع جنوبی ساختمان گرم می شود. این کلکتور ها از صفحات موجدار تیره رنگ فلزی را دندانه های ریز ساخته شده اند. هوا از طریق دندانه های ریز وارد می شود و در اثر تشعشع خورشید گرم می گردد. مسیر مارپیچ ایجاد شده در کف ساختمان این حرارت ایجاد شده را همچون گرمای تولید شده از سیستم بازیافت حرارت دیتاسنتر، ذخیره می نماید. این حرارت در فصل های سرد برای گرمایش هوای ورودی به ساختمان استفاده می شود.



شکل۱-۲۵. نحوه عملکرد کلکتور خورشیدی نفوذپذیر

ساختمان RSF هم چنین از پنجره های بازشوی دستی و اتوماتیک برای تهویه طبیعی استفاده می نماید. سیستم تهویه برای تشخیص دمای هوای نسبت به دمای آسایش از سنسورهایی استفاده می نماید. اگر دمای هوای بیرون خنک تر باشد، پنجره ها می توانند به صورت دستی توسط افراد باز شوند تا با ورود هوای خارج و ترکیب آن با هوای داخل، دما به حد مطلوب برسد. حدود یک سوم از پنجره های ساختمان به طور اتوماتیک و

حدود دو سوم آن ها نیز به صورت دستی باز می شوند. سیستم اتوماسیون ساختمان نیز به اتوماتیک به به کاربران داخل ساختمان ایمیل هایی ارسال می کند و به آن ها توصیه می نماید که در چه زمانی می توانند پنجره ها را باز کنند. برای کاهش توان مصرفی فن ها نیز در فضا های اداری و اتاق های کنفرانس از استراتژی کنترل حجم هوای مورد نیاز استفاده شده است. سیستم اتوماسیون ساختمان هم چنین پنجره های خاصی از ساختمان را در طول شب باز می کند تا از هوای خنک شب در ایالت کلرادو برای خنک نمودن جرم حرارتی ساختمان استفاده نماید.

طراحی ساختمان به گونه ای انجام شد که به جای تأمین ظرفیت ۶۵۰ نفر کارمند طرح اولیه، برای ۸۲۲ نفر ظرفیت و فضای کاری ایجاد گردد. با توجه به تراکم بیشتر نفرات و افزایش بارهای دیتاسنتر، حداکثر انرژی مصرفی مجاز سالانه نیز تا ۳۵ kBtu/ft2 (۱۱۰/۷ kWh/m2) افزایش یافت. برای مقرون به صرفه نمودن پروژه از نظر اقتصادی، تأمکین اکتریسیته توسط سلول های خورشیدی (PV) انجام می گیرد. ساختمان RSF با بهره گیری از معماری مناسب، بارهای حرارتی کم و سیستم های مکانیکی صحیح می تواند میزان مصرف الکتریسیته خود را تن ها با استفاده از ۱/۶۷ مگاوات سلول خورشیدی تأمین نماید.

شکل۱-۲۶. ۴۵۰ کیلووات سلول خورشیدی نصب شده روی بام ساختمان

فاز اول سلول های خورشیدی PV با ظرفیت ۴۴۹ کیلووات روی سقف ساختمان RSF نصب گردید و فاز دوم این سلول ها نیز با ظرفیت ۵۲۷ کیلووات بر روی سایبان های موجود در پارکینگ بازدیدکنندگان نصب گردیدند. در نهایت فاز سوم سلول های خورشیدی با ظرفیت ۷۰۶ کیلووات روی سایبان های پارکینگ کارمندان مجموعه نصب شدند که این مجموعه نه تن ها ساختمان RSF را به یک ساختمان انرژی صفر تبدیل نمود بلکه سبب شد تا میزان تولید دی اکسید کربن ساختمان در طول سال به صفر برسد. ترکیب استفاده از استراتژی های صرفه جویی در مصرف انرژی به همراه سلول های خورشیدی مورد استفاده در ساختمان RSF

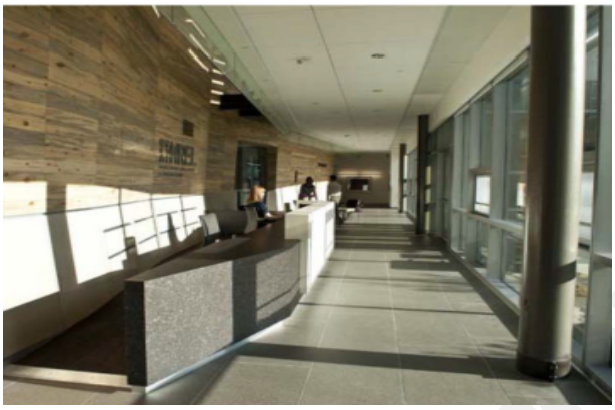
به مجموعه این امکان را داده است تا با صرفه جویی سالانه ۲۷۵۰۰۰ دلار در هزینه انرژی با بودجه ای محدود به یک ساختمان انرژی صفر مبدل گردد.

هدف اولیه از طراحی ساختمان RSF، طراحی و ساختمان اداری انرژی صفر با کارایی زیاد و با هزینه های اولیه رقابتی بود. هزینه اولیه ۶۴/۳ میلیون دلاری که برای ساخت ساختمان و تکمیل فضا های داخلی آن در نظر گرفته شده بود با هزینه های استاندارد سرمایه گذاری سایر ساختمان های اداری فدرال سازگار است. فرآیند تهیه و خرید در ساختمان RSF بر پایه دستیابی به اهداف تعیین شده در مصرف انرژی و بر اساس قرارداد با قیمت مقطوع بوده است و به همین دلیل آنالیزهای بازگشت سرمایه جداگانه برای هر یک از استراتژی های انرژی های انجام نگرفته است. تیم طراحی ساختمان می بایست به گونه ای در فرآیند طراحی و ساخت عمل می نمود تا علاوه بر تأمین اهداف تعیین شده برای مصرف انرژی در ساختمان، از بودجه تعیین شده فراتر نرود. به همین دلیل بازده و راندمان در تمامی جنبه های ساخت و ساز باید مورد توجه قرار می گرفت و بهبود راندمان سیستم هرگز به آینده موکول نمی گردید. به همین دلیل در تمامی ای مهندسی و تصمیمات مؤثر در طراحی استراتژی بهبود راندمان در نظر گرفته شد تا کارآیی مطلوب حاصل گردد. نتیجه این طراحی، ساختمانی شد که با هزینه های اولیه رقابتی در بازار کلیه اهداف تعیین شده در مصرف انرژی را پوشش می دهد بدون آن که هزینه ساخت آن از هزینه های اولیه تعریف شده در قرارداد تجاوز نماید.

پس از تکمیل ساخت ساختمان، تیم طراحی پروژه جهت بررسی نتایج طراحی، فرآیند اندازه گیری و ممیزی را آغاز نمود. نتایج ثبت شده نشان داد که میزان مصرف انرژی ساختمان با مدل انرژی اولیه تطابق بسیار خوبی دارد. مصرف انرژی سالانه ساختمان حتی بدون احتساب انرژی های تجدید پذیر ۳۶٪ بهتر از ساختمان معیار تعریف شده در استاندارد ASHRAE 90. 1 بود. شدت مصرف انرژی (EUI) در سال اول کارکرد ساختمان معادل ۳۵/۴ kByu/ft2 (۱۱۲kWh/m2) در سال اندازه گیری شد که به هدف اصلی پروژه که معادل ۳۵/۱ kByu/ft2 (۱۱۱kWh/m2) برای یک سال در نظر گرفته شده بود بسیار نزدیک است. البته این شدت مصرف سالانه انرژی برای بخش مصرفی (دیماند) محاسبه شده است و شامل انرژی تولید شده توسط سلول های خورشیدی نمی باشد. بدیهی است که در صورت کارکرد سیستم فوتوولتاییک ساختمان RSF به یک تولید کننده خالص انرژی تبدیل می گردد.

تعریف پایداری تن ها مدیریت انرژی نیست، بلکه مدیریت همه منابع موجود است و برای ساختمان RSF تیم طراحی علاوه بر مدیریت انرژی روی مدیریت منابع آب، مصالح و ضایعات ساختمانی نیز متمرکز شد. طراحی سیستم های آبی در ساختمان RSF به گونه ای انجام شده است که با هیدرولوژی طبیعی محوطه تطابق داشته و از استراتژی های مختلف صرفه جویی برای حفظ تعادل چرخه آب بهره گرفته می شود. مجموع

سالانه مصارف آب بهداشتی و آبیاری مورد نیاز ساختمان RSF معادل ۷۹۱۲۰۲ گالن (۳ میلیون لیتر) می باشد که این مقدار کمتر از میزان بارش سالانه روی سقف این ساختمان و ۵۷٪ کمتر از مقدار تعریف شده در استاندارد سیاست انرژی آمریکا سال ۱۹۹۲ است.



شکل۱-۲۷. استفاده از مواد تجدیدپذیر و بازیافتنی در ساختمان

در این ساختمان هر جا که مقدور بود برای ساخت ساختمان از مصالح بازیافتی استفاده شده است. برای دیوارهای ورودی اصلی از چوب های غیر قابل استفاده درختان صنوبر کلرادو استفاده شد. برای ستون های فلزی سازه، از فولاد بازیافت شده خط لوله گاز استفاده شد. از خرده شیشه های بازیافتی برای کف سازی سیستم مدیریت منابع آب باران واقع در خارج ساختمان استفاده گردید. هم چنین برای فونداسیون و کف سازی ها، سنگدانه های حاصل از تخریب فرودگاه قدیمی دنور مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت نیز ۷۵٪ از ضایعت ساختمانی تولید شده در حین ساخت بازیافت گردید.

ساختمان RSF یک موفقیت بزرگ است اما سفر به سوی جهان پایدار در این جا به پایان نمی رسد. در ساختمان RSF قرار است سومین یال نیز احداث شود و سلول های خورشیدی بیشتری به مجموعه اضافه گردند و آزمایشگاه ملی انرژی های تجدیدپذیر آمریکا درصدد است تا بخش بیشتری از ساختمان های خود را به ساختمان های انرژی صفر تبدیل نماید.

شکل۱-۲۸. نمایی از ساختمان انرژی صفر

بطور کلی برای طراحی صحیح ساختمان های انرژی صفر بایستی شرایط آب و هوایی منطقه مورد نظر را مد نظر قرار داد تا بتوان با تمامی شرایط در نظر گرفته شده به یک نتیجه ی قطعی برای طراحی و انتخاب رسید.

برای هر منطقه باتوجه به منابع در دسترس، طراح روش مناسبی را جهت تأمین انرژی انتخاب می کند. برای ایران با توجه به گسترده بودن تنوع اقلیمی و شرایط محیطی نمی توان روش و یا منبع خاصی را به صورت کلی معرفی کرد اما با توجه به قرار گرفتن ایران در کمربند گرم و خشک زمین و میزان تابش مناسب خورشید در طول روز، خورشید می تواند منبع مناسب انرژی باشد.

حال از نظر اقتصادی اگر بخواهیم انرژی تجدیدپذیر و انرژی های فسیلی را قیاسی داشته باشیم، باید گفت اجرای انرژی های تجدیدپذیر هزینه های اولیه بسیار بالایی دارند مانند فتوولتائیک که هزینه اجرایی بالایی دارد و زمین گرمایی که تقریبا برای ساختمان های مسکونی به دلیل هزینه های بسیار سنگین، نصب و اجرا را غیر ممکن می سازد، در صورتی که انرژی های فسیلی هزینه پایین تری دارند و همچنین آلودگی های زیست محیطی زیادی را از خود به جا می گذارند.

قیمت ارزان انرژی در ایران سبب گردیده تا بهینه سازی مصرف از لحاظ اقتصادی توجیهی برای مصرف کنندگان نداشته باشد. میزان مصرف انرژی در ایران بسیار سرسام آور بوده که این مسئله تاکنون جز اتلاف سرمایه، سودی به همراه نداشته است. با توجه به این نکته و همچنین آمار ارائه شده توسط مراجع ذی صلاح، چنانچه روند رشد کنونی مصرف انرژی ادامه یابد، در میان مدت ایران به یک کشور وارد کننده حامل های انرژی تبدیل خواهد شد. اما با توجه به حذف تدریجی یارانه ها در قیمت حامل های انرژی در آینده ای نزدیک

می تواند انگیزه مناسبی برای حرکت به سمت بهینه سازی مصرف انرژی را در سطح کشور فراهم آورد. همچنان که در قانون برنامه پنجم توسعه مصوب مجلس شورای اسلامی این حرکت تدریجی آمده است.

نظر به اینکه ساختمان های مسکونی و اداری ۴۰ درصد مصرف سوخت های فسیلی را تشکیل می دهند، دولت باید با حذف یارانه حامل های انرژی، انرژی را به قیمت اصلی خود رسانده تا مصرف کنندگان به سمت تجهیزات و انرژی های نو یا همان انرژی های تجدیدپذیر بروند و یا اینکه با کاهش قیمت اولیه ی انرژی های تجدیدپذیر و پشتیبانی خویش گام بلندی به سوی بهینه سازی مصرف انرژی بردارد تا بتوان از ساخت ساختمان های سنتی با انرژی بالا به سمت ساخت ساختمان های صفر انرژی حرکت کرد. لازم به ذکر است این راه با توجه به دلایل یاد شده در شرایط امروز امکانپذیر نیست و جز با دو شرط حذف یارانه حامل های انرژی و کاهش قیمت اولیه انرژی های تجدیدپذیر میسر نیست.

منابع

[۱] سایت سابا (مدیریت مصرف انرژی)

[۲] سایت شرکت منا

[3] The BOLIG+ project, http://www.boligplus.org/)in Danish.(

[4] DOE Challenge Home: Zero Net-Energy Ready Training،energy efficiency&renewable energy Available at http://www.sustainableconstructionblog.com

[5] http://www.ifco.ir/

[6] http://www.nedayegaz.coM

[7] Heat Sources-technology, economy and environment, T. Berntson,

[8] Description of ground source types for the heat pump, B. Sanner

[9] http://www.epri.com/information/aboutEPRI.htm

energyenergy.ir