ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

زمان پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۱۰/۱ شماره مجوز مجله: ۸۰۴۰۰

# بررسی ماهیت ساختمان های انرژی صفر و بکارگیری انرژی های پاک به وسیله سیستم های نوین در راستای معماری پایدار

**علیرضا برهان[۱]، سیده مرضیه طبائیان[۲]**

۱- کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد هرند، اصفهان، ایران

۲- استادیار، عضو هیأت علمی تمام وقت دانشگاه آزاد اسلامی، واحد هرند، اصفهان، ایران

*Alireza.borhan92@gmail.com*

**چکیده**

از جمله مهمترین موضوعاتی که در دهه های اخیر مورد توجه جهانیان قرار گرفته است، مبحث پایداری و بهینه سازی انرژی به دلیل کاهش منابع تجدیدناپذیر و آلودگی های ناشی از آن ها می باشد. همچنین بشر از لحاظ صرفه جویی انرژی در شرایطی قرار دارد که هیچ گاه تا این حد بحرانی نبوده است . با توجه به پژوهش های انجام شده ، ۴۰ ٪ از کل انرژی مصرفی و ۳۶ ٪ از دی اکسید کربن تولید شده از بخش ساختمان ها هستند ، از این رو اجرای استاندارد ها و معیار های بهینه سازی انرژی و کنترل دقیق مصرف انرژی در ساختمان به امری ضروری بدل گردید و باعث ایجاد ساختمان های صفر انرژی گردید . در همین راستا ، موارد دیگری از جمله سیستم های فعال و غیر فعال خورشیدی ، سیستم های تصفیه و برگشت آبهای خاکستری ، سیستم مدیریت هوشمند ساختمان و استفاده از مصالح هوشمند می تواند در بهینه سازی انرژی در بخش مسکن بسیار حائز اهمیت باشد . در این پژوهش که به روش تحلیلی توصیفی به صورت کتابخانه ای میباشد، ضمن آشنایی با ساختمان های انرژی صفر ، به بررسی مزایا و معایب ، تکنولوژی و سیستم های به کار گرفته شده در راستای اهداف بهینه سازی انرژی و طریقه عملکرد آنها در این ساختمان ها پرداخته می شود .

**کلمات کلیدی:** ساختمان های صفر انرژی ، معماری پایدار ، بهینه سازی مصرف انرژی ، سیستم مدیریت هوشمند ساختمان

## ۱- مقدمه

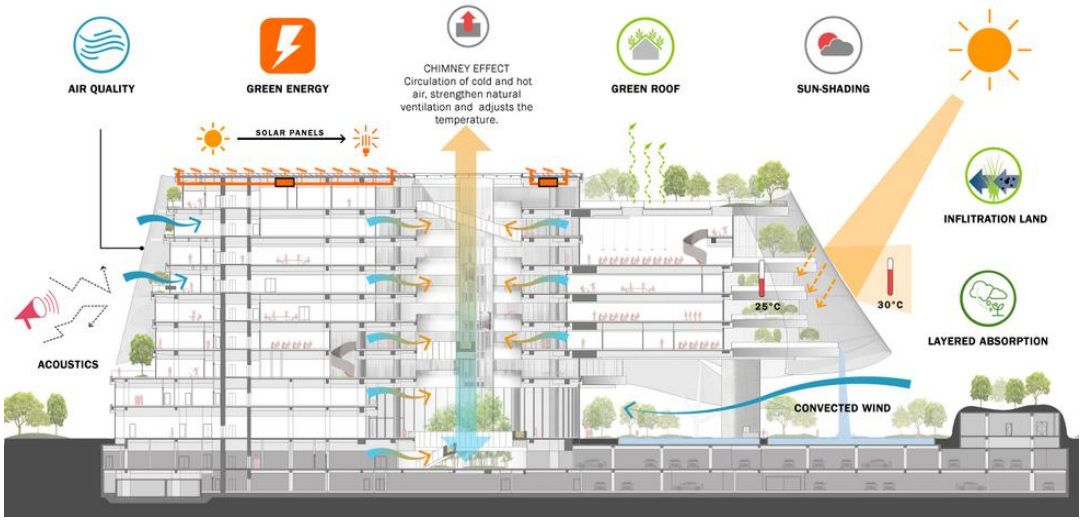
بشر از ابتدای دهه هفتاد میلادی و پس از رویارویی با بحران های انرژی و درک آلودگی های زیست محیطی و قرارگیری در شرایط بحرانی همواره به دنبال رسیدن به شرایط ایده آل جهت بهینه سازی مصرف سوخت های فسیلی و منبعی جایگزین برای آن بوده است . از سویی دیگر معماری نیز به خاطر ساخت و ساز و مشکلات ناشی از شیوه های نادرست ساختمان سازی ، سهم بسزایی در ایجاد بحران های زیست محیطی دارد . (تورسلینی[۱] و همکاران، ۲۰۰۶)

[1] Torcellini

یکی از مهمترین عوامل آلوده کننده محیط زیست در جهان، مصرف انرژی فسیلی در فضاهای مسکونی برای تهیه آب گرم مصرفی و گرمای فضای زندگی است که با هجوم روز افزون انسان ها به شهرها به تعداد مصرف کنندگان سوخت های فسیلی که در واقع پایه ها ی صنعت نوین جهان و ازجمله ایران را شامل می شود، افزوده می شود. ساختمان ها تاثیر قابل توجهی در مصرف انرژی و دخالت در محیط زیست دارند و حدود ۴۰٪ از انرژی مصرفی را به خود اختصاص داده اند و البته این میزان مصرف رو به افزایش است . با توجه به استفاده روز افزون از کاربرد انرژی های نو و پیشرفت سیستم ها بر اساس تکنولوژی، جهت ایجاد تنوع در منابع تامین انرژی و کاهش مصرف سوخت ها ی فسیلی باید حرکتی در تولید این گونه انرژی ها صورت گیرد تا در صورت بروز بحران انرژی در جهان، جهت تامین بخشی از انرژی، مورد استفاده قرار گیرند. از این رو استاندارد های دائمی جهت صرفه جویی انرژی ، تعیین و کنترل دقیق مصرف انرژی در ساختمان تبیین شد و ساختمان هایی در قالب ساختمان های صفر انرژی پدید آمد . (بابایی مهر و آزادخوانی، ۱۳۹۶)

در ساختمان های با مصرف انرژی صفر ، ایده کار در این است که تمام انرژی مورد نیاز خود را با استفاده از منابع محلی و تجدید پذیر به صورت کم هزینه تامین کند و حتی در صورت امکان بیشتر از انرژی مصرفی سالانه تولید کنند و آن را به شبکه برق شهری صادر کنند و یا به صورت ذخیره برای مواقع اضطراری مورد استفاده قرار دهند . استقلال از برق شهری هدف نهایی در این نوع از ساختمان های می باشد . در این ساختمان ها شاهد آن هستیم که بنا به عنوان بخشی از پیکره محیط مجاور و طبیعت پیرامونش نه تنها سبب هدر رفتن انرژی نمی شود ، بلکه با صرفه جویی و مصرف بهینه انرژی، برخورداری از مصالح همساز با اقلیم و قرار گرفتن در چرخه زیست بوم، در جهت تحقق اهداف توسعه پایدار حرکت می کند. ( نیک فطرت و امان پور ،۱۳۹۲ )

از سویی دیگر در راستای بهینه سازی انرژی و با پیشرفت فناوری ، تکنولوژی های جدیدی در اختیار صنعت ساختمان سازی و معماران ، در جهت ایجاد فضایی با آسایش هرچه بیشتر و تأمین انرژی از منابع تجدید پذیر قرار گرفت ، از جمله : صفحات خوشیدی، مصالح هوشمند، سیستم های مدیریت ساختمان و کنترل هوشمند ساختمان و انواع سنسور هایی که امکان کنترل یک ساختمان را به این سیستم می دهد. (شکل ۱)

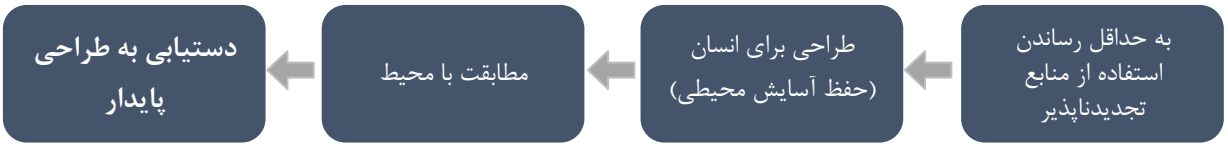



**شکل ۱- بکارگیری تکنولوژی های نوین در ساختمان های انرژی صفر دراستای معماری پایداری.**
**(www.archdaily.com / Archived in August 2016)**

**۲- نهضت پایداری در معماری و دستیابی به طراحی پایدار**

طراحی پایدار نوعی از طراحی است که قصد دارد به نیازهای امروز بدون آسیب رساندن به منابع نسل های آینده پاسخ دهد. در طراحی پایدار باید به پایداری اجتماعی و اقتصادی به اندازه مصرف انرژی و تأثیر محیطی ساختمان ها و شهرها اهمیت داده شود. (پوردیهیمی و همکاران ۱۳۹۶)

اصول و قواعد پایداری و طراحی بوم گرا ، کاشف و بسط دهنده ارتباط محیط مصنوع و طبیعت است. این قواعد همبستگی متقابل و تعامل محیط های انسانی و سیستم های طبیعی را مدنظر قرار داده و بررسی می کنند و روند دستیابی طراحی پایدار را ایجاد می کنند (شکل۲) .همچنین از سویی، قواعد منجر به شکل گیری اهدافی می شوند که زنجیره اثرات تصمیمات طراحی بر محیط را تا مراحل نهایی دنبال می کند. (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰)




**شکل ۲- روند دستیابی به طراحی پایدار. (Umar et al, 2012)**

**۳- تعاریف، اهداف و ایده ها در ساختمان های انرژی صفر**

ساختمان های انرژی صفر که بصورت ساختمان انرژی صفر(ZEB)[1] و ساختمان خالص انرژی صفر (ZNEB)[2] شناخته می‌شوند، ساختمان هایی با مصرف انرژی صفر با آلاینده کربن صفر سالیانه می‌باشند. ساختمانهایی که انرژی مضاعفی را در طول سال تولید می‌کنند ممکن است، ساختمانهای انرژی مضاعف و ساختمانهایی که انرژی نسبتاً بیشتری را که تولید می‌شود مصرف می‌کنند، ساختمان انرژی نزدیک به صفر یا خانه‌های انرژی خیلی کم نامیده می شوند .در دنیای امروز با توجه به محدود بودن منابع سوخت فسیلی ساختمان‌ها صنایع و دیگر ارگانها به سمت استفاده از دیگر انرژی‌های موجود در زمین مانندانرژی خورشیدی، بادی، بیولوژیکی و آبی حرکت نموده‌اند .(بهادری نژاد و صفرزاده ، ۱۳۸۱)

ایجاد ساختمان های مدرن انرژی صفر نه تنها از طریق پیشرفت صورت گرفته در تکنولوژیها و تکنیک‌های انرژی جدید و ساخت و ساز امکانپذیر شده است بلکه بوسیله تحقیقات دانشگاهی پیشرفت قابل توجهی داشته است. این تحقیقات اطلاعات دقیق عملکرد انرژی را در ساختمانهای قدیمی و آزمایشی جمع آوری می‌کنند و پارامترهای عملکردی را برای مدلهای کامپیوتری پیشرفته جهات پیش بینی کارآمدی طراحی‌های مهندسی ارائه می‌دهند .مفهوم انرژی صفر بعلت گزینه‌های زیاد برای تولید و نگهداری انرژی همراه با روش‌های متعدد اندازه‌گیری انرژی (مرتبط با هزینه، انرژی یا انتشار کربن) برای روش‌های متعددی پذیرفته می‌شود. (ستوده بیدختی ، ۱۳۹۳ )

[1] Zero Energy Builing
[2] Zero Net Energy Builing

ایده و اصل مصرف انرژی خالص صفر به دلیل اینکه برداشت از انرژی‌های تجدیدپذیر وسیله و راهکاری برای حذف آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای است توجه بسیاری را به خود معطوف داشته است، امروزه طرح های مرتبط با اصول انرژی صفر به دلیل افزایش هزینه‌های سوختهای فسیلی و تاثیرات مخرب انها بر روی محیط زیست و شرایط آب و هوایی و برهم زدن تعادل اکولوژیک بسیار کاربردی و از محبوبیت خاصی بر خوردار شده است .این ساختمان ها می‌توانند از شبکه تامین انرژی جدا و مستقل باشد بدین ترتیب انرژی به صورت محلی و از طریق ترکیبی ار فناوری‌های تولید انرژی‌های نو از قبیل خورشیدی، بادی و بیوسوخت ها تامین می‌گردد. (تجدد و عرب، ۱۳۹۷)

**۱-۳- کاهش تقاضا و افزایش تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر**

با بهره گیری از از تکنولوژی‌های خاص برای سیستم‌های روشنایی و گرمایش و سرمایش فوق پربازده در مصرف هر چه کمتر انرژی تلاش شده است. به عبارت دیگر در یک ساختمان انرژی صفر قبل از تولید انرژی پاک به بهینه‌سازی مصارف انرزی در بخش‌های مختلف ساختمان پرداخته شده است و با استفاده هوشمندانه از تکنولوژی تجدیدپذیر تعادل میان تولید و مصرف انرژی برقرار می‌کند.(نیک فطرت و امان پور ، ۱۳۹۲)

با صرفه ترین مراحل از لحاظ هزینه برای کاهش مصرف انرژی در یک ساختمان معمولاً در طول فرایند طراحی و بر اساس طراحی پایدار انجام و اجرا می شود (جدول ۱). برای رسیدن به مصرف انرژی کارآمد، طراحی انرژی صفر بطور قابل ملاحظه‌ای از عملکرد قراردادی ساخت متفاوت می‌باشد. در این راستا در جهت طراحی ساختمان انرژی صفر، معمولاً اصول انرژی خورشیدی غیرفعال از لحاظ زمانی یا شرایط مصنوعی که با امکانات مکان کار می‌کنند را ترکیب می‌کنند.

**جدول ۱- راهکارهای کاهش تقاضا انرژی با استفاده از طراحی ساختمان.**

| راهکارهای کاهش تقاضا بر اساس طراحی ساختمان | توضیحات |
|---|---|
| جهت گیری ساختمان | از منظر اقلیم، جهت گیری می بایست در راستای بهره گیری از خورشید باشد. اطمینان از مسیر خورشید و طراحی بر این مبنی، استفاده از نور روز، کنترل و دسترسی خورشید برای سیستم های فتوولتایئک و حرارتی و همچنین استفاده از طراحی غیرفعال خورشیدی را میسر می سازد. (هوتمن، ۲۰۱۲) |
| بهره گیری از تهویه طبیعی به وسیله باد | تهویه هوای طبیعی با میزان هوای موجود در ساختمان از عوامل اصلی ایجاد آسایش محیطی ایت. فرآیند تهویه به کمک باد و اخلاف دمای بیرون و درون ساختمان به صورت مستقل و با بایکدیگر برقرار می شود. میزان تهویه در یک ساختمان بر اساس نوع اقلیم و فصل های مختلف تغییر می کند. (کسمایی ، ۱۳۸۵) |
| نورگیری طبیعی | با بهره گیری از درصد روشنایی خارجی در دسترس داخل یک ساختمان می توان بر اساس طراحی مناسب جهت نورگیری طبیعی را انجام داد. از جمله عوامل تعریف کننده بر این امر می توان به اندازه و فرم پنجره، نوع شیشه و ضرایب انعکاسی اشاره نمود. (قیابکلو، ۱۳۹۲) |
| فرم کلی و پوشش بنا | دستیابی به فرم مناسب در یک ساختمان نقش مهمی در بهره وری انرژی ایفا می کند. فرم ساختمان می بایست دارای بیشترین جذب انرژی و کمترین میزان اتلاف حرارتی باشد، به طور کلی پوسته ساختمان می بایست فضای داخلی ساختمان را از محیط خارجی جدا کند. (تجدد و عرب، ۱۳۹۷) |

**۲-۳- تفاوت ساختمان های ZEB و ZNEB**

ساختمان صفر انرژی به عنوان یک ساختمان بهره ور انرژی قادر به تولید برق، یا دیگر حامل های انرژی از منابع تجدید پذیر به منظور برطرف ساختن نیاز انرژی اش، می باشد. از این رو به طور ضمنی بر روی ساختمان های متصل به یک زیر ساخت انرژی و البته نه برروی ساختمان های مستقل توجه وجود دارد. با این ملاحظه اصطلاح ساختمان خالص صفر انرژی (ZNEB) می تواند برای ارجاع به ساختمان های متصل به زیر ساخت انرژی استفاده گردد، در حالیکه اصطلاح ساختمان صفر انرژ ی کلی تر می باشد و ساختمان ها ی مستقل را نیز شامل می شود . (صادقی ، ۱۳۹۶)

**۳-۳- ماهیت ساختمان های صفر انرژی**

ساختمان های انرژی صفر را می توان بر اساس ماهیت و تعاملات سیستمی در جهت تولید انرژی تجدیدپذیر به چهار نوع مختلف تقسیم نمود :

۱- ساخت و ساز با تقاضای برق همراه با نصب و راه اندازی سیستم فتوولتاییک

۲- ساخت و ساز با تقاضای برق و یک توربین بادی در محل

۳- فتوولتاییک، شیوه حرارت خورشیدی، پمپ حرارتی: ساختمان‌های نسبتاً کوچک، گرما و تقاضای برق و همچنین نصب و راه اندازی سیستم فتوولتاییک در ترکیب با یک کلکتور حرارتی خورشیدی، پمپ گرما و ذخیره‌سازی گرما را بر عهده دارد.

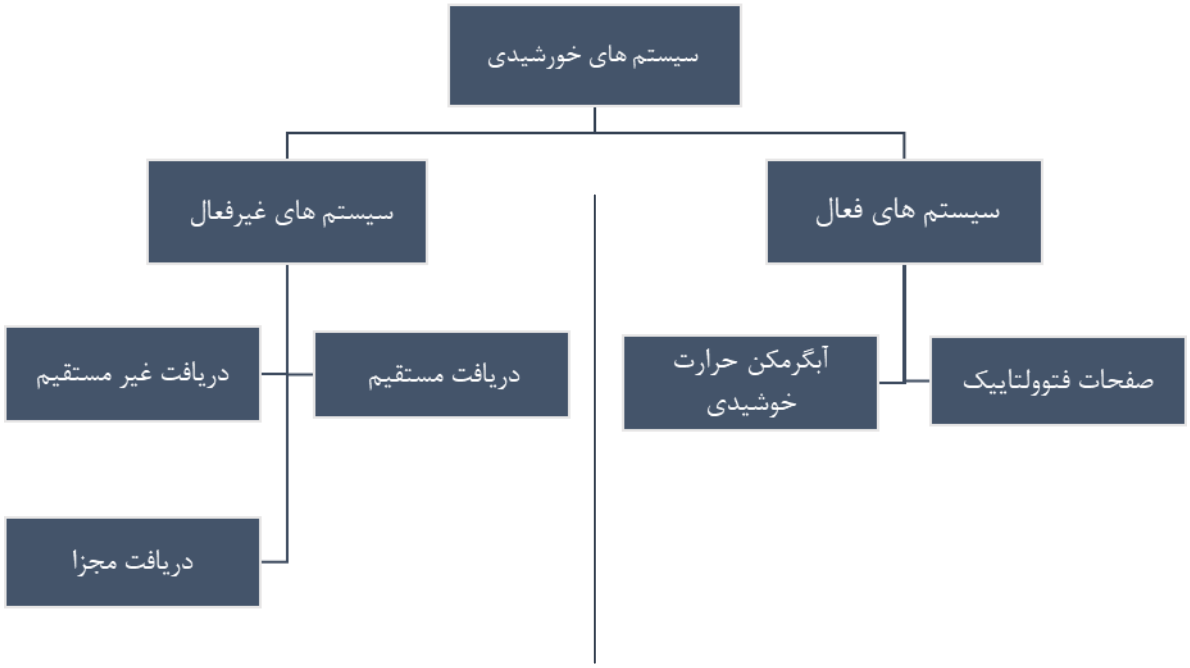
۴- باد، شیوه حرارت خورشیدی، پمپ حرارتی: ساختمان‌های نسبتاً کوچک، گرما و تقاضای برق و همچنین یک توربین بادی در ترکیب با یک کلکتور حرارت خورشیدی، پمپ گرما و ذخیره‌سازی گرما را بر عهده دارند (شکل ۳). ساختمان‌های موجود برای برقراری کمیت رابطه بین گرما و تقاضای برق با هدف به صفر رسیدن تعیین شده‌اند. (جعفری، ۱۳۹۴)

**شکل ۳- نمونه موردی اجرا شده ساختمان های انرژی صفر در برج های سیز کوثر مشهد، ایران.**
**( / Archived in August 2015www.iranian-architect.ir)**

## ۴- سیستم های خورشیدی

### ۴-۱- سیستم های خورشیدی فعال[1]

به طور کلی سیستم های خورشیدی به دو دسته فعال و غیرفعال تقیم می شوند (شکل ۴).سیستم های فعال خورشیدی ، ساختمان پیچیده ای نسبت به سیستم ها ی غیرفعال دارند. در سیستم های فعال استفاده از گردآورنده های خورشیدی (کلکتور ها) جهت جذب و تمرکز انرژی خورشیدی و یک عامل مکانیکی دیگر جهت انتقال سیال گرم شده به داخل ساختمان مورد نیاز است. از انواع سیستم ها ی فعال می توان به آبگرمکن های خورشیدی و یا سلول های فتوولتاییک ها اشاره کرد. مهم ترین بخش سیستم های فعال، کلکتور ها یا جذب کننده های این سیستم ها می باشد. (مردای ، ۱۳۹۴)




**شکل ۴- انواع دریافت انرژی در سیستم های خورشیدی فعال و غیرفعال.**

#### ۴-۱-۱- استفاده از انرژی الکتریسیته سلول های فتوولتاییک

تبدیل مستقیم انرژی خورشید به الکتریسیته معمولاً به وسیله سلول های فتوولتاییک صورت می‌گیرد که از اثر فتوولتاییک استفاده می‌کنند. اثر فتوولتاییک بر اساس اثر متقابل فوتون‌هایی با انرژی برابر با یا بیش از انرژی باند ممنوعه مواد فتوولتاییک است. ماژول های فتوولتاییک انرژی خورشید را بدون آلودگی و سر و صدا و نوسانات به

[1] Active Solar System

الکتریسیته تبدیل می‌کنند.انرژی خورشید چگالی انرژی کمی دارد و بنابراین، ماژول های فتوولتاییک باید سطح زیادی داشته باشند تا بتوانند انرژی تولید کنند. (سازمان انرژی های نو ایران، ۱۳۸۸)

سیستم‌های فتوولتاییک در شبکه های قدرت به هم پیوسته از مبدل تولید شده به وسیله آرایه استفاده می‌کنند تا جریان متناسب با ولتاژ و فرکانس فتوولتاییک به جریان مورد نیاز در شبکه برق تبدیل شود. از سه دهه ی پیش از این انرژی برای تأمین انرژی در مصارف شهری و کشاورزی استفاده می شود. در یک دهه ی گذشته، از انرژی خورشیدی برای تأمین انرژی خانه ها و ساختمان‌های شهری به طور گسترده استفاده شده که نتیجه ی پیشرفت در تکنولوژی خورشیدی به همراه تغییرات در ساختار صنعت الکترونیک است. این سیستم ها از سه جزو اصلی تشکیل شده اند (جدول ۲). اجزای جانبی سیستم عبارتند از: سیم‌ها، سوئیچ برای قطع جریان های پشتیبانی و غیره. برای استفاده ی مناسب از سیستم های فتوولتاییک باید ساختار و کاربرد این سیستم ها بطور دقیق شناسایی شود. (جکوبسون[1] ، ۲۰۰۹)

**جدول ۲- اجزا سیستم های تبدیل انرژی خورشیدی به الکتریسیته .(سازمان انرژی های نو ایران، ۱۳۸۸)**

| اجزا | کارکرد |
|---|---|
| ماژول | انرژی خورشید را به الکتریسیته تبدیل می‌کند. |
| مبدل | الکتریسیته را به جریان متناوب تبدیل می‌کند تا از آن بتوان در مصارف مختلف خانگی استفاده کرد |
| باتری | انرژی الکتریسیته ی اضافی تولید شده در سیستم را ذخیره سازی ، می‌کند. |

**۴-۱-۲- آبگرمکن های خورشیدی**

این سیستم نور خورشید را برای یک ماده حد واسط که همان آب است جذب کرده و سپس با توجه به ظرفیت گرمایی بالای آب اقدام به گرم کردن آن می نماید . در آبگرمکن های خورشیدی دو نوع سیستم گرمایشی وجود دارد که عبارتند از : ۱- سیال ۲- هوا. در سیتم گرمایش به وسیله سیال جهت حرکت سیال از دو حالت استفاده می شود : ۱- اجباری (پمپی) ۲- طبیعی (ترموسیفون)

اغلب جمع کننده انرژی خورشیدی باید جایی قرار گیرد که بتوان بیشتر اوقات از نور بهره مند گردد و این محل مناسب بیشتر پشت بام ساختمان هاست . آب پس از گرم شدن در مخزنی جای می گیرد و گاه توسط یک موتور الکتریکی به حرکت در می آید . نکته مهم استفاده از این سامانه ، امکان کاربرد آن در اقلیم های بسیار سرد مانند کشور سودئد و نیز اقلیم های خشک و گرم خاورمیانه است. (گودرزی و همکاران ، ۱۳۹۲)

اجزا این سیستم به دو بخش کلی تقسیم می شوند:

۱- کلکتور: وسیله ای که توسط آن سیال ناقل حرارت گرم می شود.

۲- منبع ذخیره: منبع ذخیره کننده سیال گرم شده می باشد

[1] Mark Jacobson

**۴-۱-۲-۱- سیستم گرمایش خورشیدی با استفاده از سیال**

در سیستم هایی که با سیال کار می کنند یک سیال ضد یخ (آب یا پروپیلن گل یکول) درون کلکتورها جریان دارد که حرارت خورشید را جذب و در زمان مناسب کنترلر، پمپ سیرکولاسیون را روشن می کند و سیال را به گردش در می آورد. سیال به سرعت درون کلکتور گردش کرده و دما ی آن بالا می رود. در اثر گرم کردن حجم کوچکی از سیال، حرارت در کلکتورها افت کرده و راندمان سیستم کم می شود. در این حالت سیال برای استفاده ضروری درون مخزن ذخیره می شود. اجزای یک آبگرمکن خورشیدی شامل پمپ، لوله کشی داخلی، شیر، منبع انبساط، مبدل، مخزن ذخیره، و کنترلر می باشد.

**۴-۱-۲-۲- سیستم گرمایش خورشیدی با استفاده از هوا**

پنل خورشیدی، از هوا به عنوان جاذب و انتقال دهنده انرژی خورشیدی استفاده می کند. هوا وارد کلکتور شده گرم می شود وگرما را انتقال می دهد. کلکتورهای هوا از قاب های عایق فلزی و یک سطح فلزی سیاه برای جذب گرما ساخته شده اند. تابش اشعه خورشید صفحه را گرم کرده و پس از آن هوا گرم می شود. فن یا دمنده هوا را از اتاق می کشد و پس از گرم کردن دوباره به اتاق باز می گرداند. کلکتورهای هوای خورشیدی معمولا درون دیوارها و سقف نصب می شوند. کلکتورها ی نصب شده روی سقف نیاز به کانال برای انتقال هوا بین اتاق و کلکتور دارند. کلکتورها ی دیواری مستقیما درون دیوار جنوبی نصب می گردند و حفره هایی برای ورود و خروج هوا در آن ها تعبیه می گردد. این کلکتورها نسبت به آب سریعتر تولید گرما می کنند از این رو آن ها انرژی مفید بیشتری نسبت به سایز مشابه خود در نوع آب ی تولید می کنند.(صادقی ، ۱۳۹۶)

**۴-۲- سیستم های غیرفعال خورشیدی[1]**

در سامانه های غیرفعال خورشیدی ، ساختمان ها به شکلی طراحی می گردند که نیاز به گرمایش ، سرمایش و روشنایی به صورت طبیعی و با کمک توانایی های اقلیم منطقه برآورده می شود ، به همین دلیل است که به آنها سامانه غیرفعال گفته می شود، این سیستم ها با بهره گیری از تابش خورشید به سه دسته تقسیم می شوند (جدول ۴). در این حالت می توان نیاز به فعالیت دستگاه های گرمایش و سرمایش را به حداقل خود رسانید .(حاج سقطی ، ۱۳۸۸)

**جدول ۳- اجزا سیستم های تبدیل انرژی خورشیدی به الکتریسیته .(سازمان انرژی های نو ایران، ۱۳۸۸)**

| انواع | توضیحات |
|---|---|
| دریافت مستقیم ( Direct gain) | دریافت مستقیم از قبیل پنجره ها و بازشوها و نورگیر های طراحی شده در جبهه جنوبی ساختمان. |
| دریافت غیر مستقیم (Indirect gain) | دریافت تابش از طریق دیوار های ترومب و دیوار های حرارتی آبی. |
| دریافت مجزا ( Isolated gain) | دریافت تابش در فضاهای گلخانه ای، فضاهای آفتابگیر، بالکن های شیشه ای بنا و بهره گیری از سیستم ترموسیفون. |

[1] Passive Solar Syatem

### ۵- مصالح هوشمند و بکارگیری آنها در راستای کاهش انرژی

مصالح هوشمند، مصالح تولید شده به وسیله روشهای مهندسی پیشرفته که به طور کاملا هوشمندانه ای با محیط اطراف خویش واکنش نشان می دهند و توانایی بازسازی مجدد خود را دارا می باشند. مصالحی که علی رغم مدت زمان اندکی که از خلق آن ها می گذرد، به علت تنوع در ویژگی ها و خصوصیات منحصر به فردشان از جمله کاهش مصارف، به سرعت در تمام بخش های زندگی بشر از علوم پزشکی تا هنر و معماری و از علوم مهندسی تا شیمی رسوخ کرده و آن ها را به طور اساسی دگرگون و بازنویسی کرده است. (زینالی و فضلی مالیدره، ۱۳۹۶)

### ۱- ۵- تکنولوژی شیشه های هوشمند

تکنولوژی مواد هوشمند، سبب ایجاد توسعه مواد سازگار متعددی از جمله شیشه های هوشمند به منظور تنظیم نور و جریان انرژی از طریق نماهای شیشه ای شده است. این فناوری های هوشمند عمدتا دارای دسته های متفاوتی می باشند که می توان از آنها در جهت صرفه جویی انرژی در ساختمان ها بهره برد (جدول ۴).

**جدول ۴- انواع شیشه های هوشمند در راستای کاهش مصرف انرژی . (اسدیان و همکاران، ۱۳۹۴)**

| انواع | توضیحات و کارکرد |
|---|---|
| ترموتراپیک | این یک تکنولوژی غیرفعال در پاسخ به تغییرات درجه حرارت محیط است و میتواند برای کنترل نشر و عبور فروسرخ مورد استفاده قرار گیرد،که شبیه به شیشه ترموکرومیک نیز است. مواد ترموتراپیک همچنین توانایی تغییر رسانایی گرمای شیشه و نیز مقادیر انتقال یافته را دارد،که دارای پتانسیل بیشتری برای صرفه جویی در انرژی است در حالی که مواد ترموتراپیک تنها در دمایی خاص از حالت عبوردهندگی به بازتابی تغییر میابند که در محدوده آسایش انسان تنظیم شود تا بتوان برنامه معماری واقع بینانه ای داشت. |
| گاسوتراپیک | تغییر در خواص نوری مواد گاسوتراپیک توسط واکنش شیمیایی بین یک لایه خاص پوشانیده شده برروی شیشه و گاز خورانده شده به حفره ای بین دو پانل شیشه ای ایجاد می شود.از مزایای استفاده از شیشه ی گاسوتراپیک آن است که قادر به حفظ خاصیت عبور بالا در حالت واضح و واکنش نداده است و همچنین توانایی تغییرپذیری سریع را تجربه میکند و در مدت ۲۰ ثانیه برای تغییر از حالت واضح به رنگی و کمتر از ۱ دقیقه برای بازگشت به حالت اول لازم است . اگرچه مشکلات با پیچیدگی سیستم تزریق گاز و ایجاد آب زمانی که اتم های هیدروژن به فرایند شیمیایی اضافه شدند به وجود می آیند. در این مورد گاسوتراپیک و لعاب گاسوترامیک هنوز هم مقرون به صرفه نیست، بلکه تکنولوژی است که هنوز هم به شدت به منظور دستیابی به بازار آینده مورد بررسی قرار میگیرد. |
| الکترومانیک | دسته ای از شیشه های هوشمند هستند که از الکتروکروماتیک ها بهره می برند.الکتروکروماتیک ها موادی هستند که رنگ آنها در اثر جریان الکتریکی تغییر میکند.جریان الکتریسته با ایجاد واکنش شیمیایی سبب تغییرات خصوصیات مواد می شود و کاری می کند تا آنها جذب یا منعکس کنند.این شیشه ها با جریان دارند و حالت وسطی برای آنها باقی نمیماند .اما در مورد خاموش یا روشن الکتریکی رنگشان تغییر می نماید |

### ۶- آب خاکستری و چرخه بازگشت آن

پساب تولید شده از آب مصرفی در منازل مسکونی ، ساختمان های تجاری ، صنایع و ..... به جز آب توالت را آب خاکستری می نامند. مطالعه در مورد آب خاکستری تولید شده در منازل می باشد، آبی که بواسطه فعالیت های روزانه کدر شده است . آب خاکستری بین آب تمیز و فاضلاب می باشد ، آب توالت را آب سیاه می نامند که اغلب به آسانی قابل تصفیه و بازیافت نمی باشد . مهمترین منابع تولید آب خاکستری در منازل ، آب حاصل از لباسشویی، دستشویی، حمام، سینک، ظرفشویی و آب جمع شده زیر گلدان ها می باشد و پس از تصفیه می توان از این آب استفاده نمود . (حیدرزاده و اسلامی ، ۱۳۹۴)

آب خاکستری را میتوان با انجام یک عملیات تصفیه ساده در حد جداکردن مواد درشت آن برای فلاش تانک توالت استفاده کرد . که البته استفاده از آب خاکستری برای فلاش تانک توالت در مجتمع های مسکونی ، هتل ها، اماکن زیارتی و ..... ، صرفه جویی وسیعی در مصرف آب در سطح کشور خواهد داشت . این آب پس از انجام مراحل تصفیه می تواند برای آبیاری باغچه های منازل مسکونی استفاده گردد که البته در صورت گسترش سیستم تصفیه آب خاکستری می توان برای آبیاری فضای سبز و پارک ها در شهرها و حتی فضای سبز بلوارها و میادین استفاده کرد که قطعاً در صرفه آب نقش بسزایی دارد .

از موارد استفاده آب خاکستری ، آبیاری فضای سبز می باشد. با گذاشتن یک مخزن در قسمتی از خانه و جمع آوری آب خاکستری با یک سیستم لوله کشی در مخزن می توان در مواقع نیاز از آب خاکستری استفاده کرد .

از موارد حائز اهمیت برای استفاده آب خاکستری جهت آبیاری می توان به نکات زیر اشاره کرد :

الف ـ هزینه سیستم لوله کشی و جمع آوری آب قسمت ساختمان از نظر های مختلف و مخزن باید محاسبه شود تا از نظر اقتصادی به صرفه باشد .

ب ـ بدلیل آسیب پذیری گیاهان و فضای سبز به بعضی مواد شیمیایی و آلودگی هایی که ممکن است در آب خاکستری موجود باشد ، باید آلودگی های آب خاکستری شناسایی شود و سیستم تصفیه مورد نیاز با آن فراهم شود.

ج ـ آبیاری با آب خاکستری به صورت قطره ای و بارانی نباشد و به صورت زیر سطحی باشد.(زمانی و همکاران، ۱۳۹۰)

**۱- ۶- تصفیه آب خاکستری**

از یکی در راههای ساده برای تصفیه آب خاکستری استفاده از چند بشکه پلاستیکی می باشد که تقریباً ساده و وسایل آن دسترس می باشد. سیستم به این شکل است که از چهار بشکه ۲۲۰ لیتری یا کمتر برای تصفیه کمک می گیریم. آب خاکستری خانه یا یک مجموعه مسکونی جمع آوری شده وارد بشکه اول می شود، در این بشکه بعد از مدتی قسمتی از مواد ته نشین شده و مواد سبک و کف روی سطح آب قرار می گیرند به همین دلیل از وسط بشکه آب را از طریق لوله به بشکه بعد منتقل می کنند ، در این قسمت می توان برای اطمینان بیشتر یک فیلتر توری در مسیر عبور آب از بشکه اول به دوم قرار دهند، در بشکه دوم آب از لایه ای شن به منظور هضم بی هوازی عبور می کند این عمل در بشکه سوم هم انجام می شود و آب از لایه شن عبور می کند و سپس به بشکه چهارم که مخزن ذخیره است منتقل می شود.

از این آب می توان برای آبیاری گیاهان و فلاش تانک و موارد غیر شرب استفاده کرد، ذکر این نکته حائز اهمیت است که آب ذخیره شده در بشکه آخر تا ۴۸ ساعت بعد باید برای استفاده شود و ماندن بیش از حد در مخزن باعث آلودگی آب می شود و بهتر است برای جلوگیری از ورود نور و اکسیژن که باعث رشد بعضی قارچ . ها و خزه ها و ... می شوند از مخزن در بسته و به رنگ تیره استفاده شود. (حیدرزاده و اسلامی ، ۱۳۹۴)

**۷- سیستم مدیریت هوشمند ساختمان (BMS)**

سیستم مدیریت هوشمند ساختمان با بکارگیری از آخرین تکنولوژی ها در صدد آن است که شرایطی ایده آل، همراه با مصرف بهینه انرژی در ساختمان ها پدید آورد. این سیستم ها ضمن کنترل بخشهای مختلف ساختمان و ایجاد شرایط محیطی مناسب با ارائه سرویس های همزمان، سبب بهینه سازی مصرف انرژی، سطح کارایی و بهره وری سیستم ها و امکانات موجود در ساختمان می شود .کنترل و دسترسی به سیستم با استفاده از نرم افزارهای مربوطه از هر نقطه در داخل ساختمان و خارج از آن از طریق اینترنت مقدور می باشد. (عیدیانی، ۲۰۱۵ )

هدف اصلی از بکار گیری سیستم مدیریت هوشمند در ساختمان بهره گیری از مزایای اقتصادی و کاهش انرژی و ایجاد فضای امن و آرام در ساختمان می باشد. سیستم مدیریت هوشمند ساختمان با بکارگیری راهکارهایی به این اهداف دست پیدا می کند، راهکارهای طراحی سیستم BMS در راستای کاهش انرژی عبارتند از :

- خاموش و روشن کردن تجهیزات بر اساس جداول زمانبندی کارکرد .
- غبرفعال نمودن یا بهره برداری از تجهیزات در صورت نیاز و ضرورت .
- بهره برداری از کمترین ظرفیت مجاز در بهره برداری از تجهیزات.
- محدود کردن تقاضا [1] که قطع برق در صورت بارگذاری بیش از حدود تعیین شده خواهد شد.
- مانیتورینگ وضعیت تجهیزات توسط اپراتورهای آموزش دیده و بهره برداری از داده ها در رفع مشکلات و بررسی عملکرد موثر آنها. (نیکنامی و همکاران، ۱۳۹۴)

**۷-۱- سنسور ها و تعامل آنها با سیستم BMS**

با نصب سنسورهای ویژه تشخیص آب وهوا در محل مناسب، اطلاعات مفید و با ارزش به سیستم هوشمند مخابره می شود. شدت روشنایی محیط، وضعیت بارندگی، اطلاعات درجه حرارت در روز و شب و سرعت باد از جمله اطلاعات مفید مخابره شده بوسیله این سنسور می باشد. محصولات متنوع هوشمند با فعالیت موثر ضمن پوشش تمامی نیازها در ساختمان با دکوراسیون داخلی ساختمان نیز هماهنگ می باشند. برای مثال تجهیزات کنترل روشنایی و حسگرهای دود و حریق که در راهروها، اتاقها و دیگر فضاهای ساختمان نصب می شوند همه با هم طور مستمر فعالیت می نمایند تا فضایی راحت، امن و مناسب در محیط کار به وجود آید. (عیدیانی، ۲۰۱۵ )

پنل های کنترل هوشمند، از کلیه کنترل کننده ها و سنسور های متصل به شبکه گزارش گیری می نمایند. تعریف توابع جدید کنترلی و یا تغییر آنها به سرعت انجام می پذیرد. گزارش های سیستم های مختلف مثل سیستم امنیتی و یا مشکلات موجود در شبکه برق و یا سیگنال های ارسالی از سیستم های مکانیکی بر روی صفحه آن نمایش داده می شود. گزارش های سیستم های مختلف مثل سیستم امنیتی و یا مشکلات موجود در شبکه برق یا سیگنال های ارسالی از سیستم های مکانیکی بر روی صفحه آن نمایش داده می شود، با به کارگیری زیر ساخت مناسب حتی امکان مشاهده فضاهای مختلف داخلی و خارجی ساختمان نیز وجوود دارد. انواع مختلف سنسورهای در، پنجره، شیشه، لرزه، تردد، قفل و ...بسته به کاربری و ضریب مورد نیاز امنیتی هر فضا توسط کارشناسان ویژه انتخاب و به کار گرفته می شود . سیستم امنیتی قسمتی از پیکره هوشمند ساختمان است و کنترل، گزارش گیری و همزمانی آن با دیگر سیستم های بکارگرفته شده در ساختمان مقدور و لازم است . (ابراهیمیان بیدختی و همکاران ، ۱۳۹۰)

[1] Demand Limiting

**۷-۲- صرفه جویی مصرف انرژی ۱۵ تا۵۰ درصد و بازگشت سرمایه اولیه**

هدف اصلی استفاده از سیستم مدیریت هوشمند ساختمان ذخیره سازی انرژی و مصرف صحیح و بهینه از امکانات با بهره گیری از کنترل سیستم های متخلف در یک ساختمان می باشد (جدول ۵) . نتیجه این هدف علاوه بر ذخیره سازی انرژی ، بازگشت سرمایه اولیه اجرای سیستم BMS می شود . در اکثر ساختمان ها بالغ بر ۶۰ درصد سیستم هایی که توسط BMS کنترل می شوند ، تهویه مطبوع (HVAC)[1] بوده و ۴۰ درصد باقیمانده نیز شامل سیستم های الکتریکی و کنترل روشنایی و تجمع سیستم های دیگر نظیر سیستم های حفاظتی ، امنیتی، آساسنور اعلام حریق و غیره می باشد. (نادیو و ریگر[2] ، ۲۰۱۱)

**جدول ۴- سیستم های تحت کنترل BMS در راستای کاهش انرژی . (عیدیانی، ۲۰۱۵)**

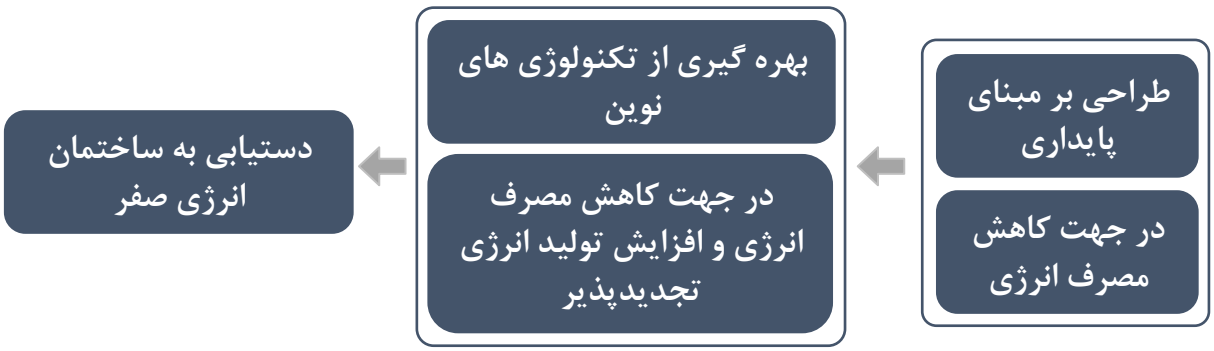
| سیستم ها | توضیحات و کارکرد |
|---|---|
| هواساز و تهویه | با توجه به تعداد قابل توجه دستگاههای هواساز جهت تامین سرمایش و گرمایش مجموعه عملکرد درست و دقیق دستگاههای فوق، تاثیر به سزایی در صرفه جویی مصرف انرژی دارد. در هواسازها ممکن است دمای مطلوب را بتوان از هوای محیط بیرون تامین نمود بدون اینکه نیاز به هدر رفت آب سرد و یا گرم باشد که اگر مدیریت و کنترل صحیح وجود نداشته باشد با اینکه محیط بیرون جوابگوی سیستم بوده ولی همچنان هواساز نیز در حال کار است که نتیجه عدم استفاده صحیح انرژی می باشد. با ایجاد کنترل کامل بر روی هواسازها میتوان میزان هوای مورد نیاز به هر ساختمان را با استفاده از نقاط و پارامترهای کنترلی متفاوت همچون دمپرها، شیرهای برقی و .....دمای هوا را کنترل نمود و به تبع آن از حداقل آب سرد و گرم برای سیکل عملیات حرارتی استفاده کرد. |
| سرمایش و گرمایش | می توان با استفاده از روش کنترل مناسب ، متناسب با نیاز از بکارگیری تمام چیلر ها و بویلر ها جلوگیری نمود. بدیهی است بکارگیری آنها نیاز واقعی به برودت و یا گرمایش انجام پذیرفت و تعداد چیلرها و بویلرهای روشن تنظیم نمود . ضمن آنکه خللی در کار سیستم بوجود نمی آید . |
| پمپ ها | با نصب سنسورهای مناسب بر روی پمپ ها می توان عملکرد دقیق پمپها را مشاهده نمود و با استفاده از وظیفه چرخه (بر اساس میزان ساعت کار کمتر) پمپ های اصلی و پشتیبان مورد استفاده قرار گیرند که این عمر پمپها را به میزان قابل ملاحظه ای افزایش میدهد . |
| روشنایی و الکتریکی | با توجه به زونبندی کامل در تابلوهای روشنایی و ایجاد کنترل کامل بر روی تمامی زونها میتوان با استفاده از برنامه زمانبندی مناسب و دیگر سناریوهای کنترلی، از مصرف بیهوده انرژی الکتریکی جلوگیری نمود .همچنین با کنترل کامل ژنراتورهای برق میتوان دستگاه را به موقع وارد عمل نموده و به موقع از چرخه خارج کرد و به طول عمر مفید تجهیزات افزود. |

[1] Heating, ventilation and air conditioning
[2] D. Subbaram Naidu & Craig G. Rieger

**نتیجه گیری**

پس از قرارگیری بشر در شرایط بحران های انرژی و آلودگی های زیست محیطی و رویاریی انسان ها با چالش های پیش رو در این زمینه ، در دهه هفتاد میلادی مبحث پایداری بوجود آمد و در دستو کار قرار گرفت . از این رو ساختمان ها که از جمله عوامل اصلی مصرف کننده سوخت های فسیلی و تولید کننده کاز کربنیک بودند دستخوش تغییراتی نوین در حوزه پایداری و بهینه سازی مصرف انرژی شدند . بعد از آن می توان گفت با توجه به در حال رشد بودن لحظه ای جهان امروز و ایجاد تغییرات سریع ، همواره مکانیزه کردن جهان با محیطی سبز و پاکیزه باید همراه باشد و می بایست دستگاه ها و تجهیزاتی که برای اتوماتیک کردن جهان به کار می روند ، دنبال کننده این هدف باشند . از سویی دیگر ساختمان هایی که دارای استاندارد های متناسب با محیط زیست هستند و قرار دهی آنها در مسیر پایداری ، با استفاده از تکنولوژی های نوین و امروزی می تواند نوید بخش آینده ای با آسایش اجتماعی و اقتصادی باشد و رفاه را برای آینده گان و بشریت به ارمغان آورد .

ساختمان های انرژی صفر را می توان دنباله رو این اهداف دانست. این ساختمان ها با بهره گیری از تکنولوژی های نوین از جمله استفاده از روش های طراحی پایدار، تولید انرژی از طریق منابع تجدیدپر مانند سلول های خورشیدی، استفده از مصالح هوشمند در راستای کاهش انرژی، برگشت آب خاکستری به چرخه مصرف و استفاده از سیستم های هوشمند ساختمانی در راستای بهره وری انرژی، به دنبال کاهش حداکثری انرژی می باشد. (شکل ۵)




**شکل ۵- روند دستیابی به ساختمان های انرژی صفر.**

**منابع**


۱. اسدیان، ا.، تقی زاده ،ک.، وکیلی اردبیلی، ع.، تصمیم گیری چند معیاره در طراحی ساختمان های هوشمند؛ با رویکرد بهینه سازی انرژی در راستای دستیابی به توسعه پایدار، پنجمین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی، تهران، ۱۳۹۴.

۲. ابراهیمیان بیدختی، م.، عیدیانی، م.، قامتی ،م.، مقایسه ی روشهای بهبود پایداری گذرا، سومین کنفرانس مهندسی برق و الکترونیک ایران، تهران، ۱۳۹۰.

۳. بابایی مهر، ب.، آزادخوانی، پ.، روش های نوین بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان ها، ماهنامه علمی-تخصصی پایاشهر، دوره دوم، ۱۳۹۷.

۴. تجدد، ا.، عرب، ش.، عوامل موثر بر فیزیک ساختمان در جهت مصرف بهینه انرژی با رویکرد ساختمان های انرژی صفر، ماهنامه علمی-تخصصی پایاشهر، دوره دهم، ۱۳۹۷.

۵. بهادری نژاد، م.، صفرزاده، ح.، طراحی یک ساختمان بی نیاز از انرژی های فسیلی در تهران ( ساختمان سبز)، دومین همایش بین المللی بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران، ۱۳۸۱.

۶. جعفری، ب.، بررسی سیستم های فتوولتائیک در معماری نوین ، همایش ملی عمران و معماری با رویکردی بر توسعه پایدار، فومن، ۱۳۹۴.

۷. حاج سقطی، ا.، راهنمای طرحهای انرژی خورشیدی در ایران، انشارات سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران، تهران، ۱۳۸۸.

۸. حیدرزاده، ر.، اسلامی، ج.، استفاده از آب خاکستری در ساختمان های مسکونی (مطالعه موردی: شهر بیرجند)، کنفرانس و نمایشگاه مهندسی آب، تهران، ۱۳۹۴.

۹. حسینی ، س. ب.، موسوی، س. ج.، رسول زاده، ف.، ساختمان پایدار عنصری همخوان با اکولوژی (معرفی نمونه ها و مصادیق)، دومین همایش ملی معماری پایدار، همدان، ۱۳۹۰.

۱۰. سازمان انرژی های نو ایران ، گزراش ششم ، انرژی خورشیدی ۲ ، نشر سازمان انرژی های نو ایران ، تهران، ۱۳۸۸.

۱۱. سجادی قائم مقامی، پ.، پوردیهیمی، ش.، و ضرغامی، ا.، عوامل کالبدی موثر بر ادراک تراکم در محیط های مسکونی، فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات معماری ایران، دوره اول، شماره ۱۱، ۱۳۹۶.

۱۲. صادقی، م.، منابع تجدیدپذیر و تکنولوژی آن در ساختمان های انرژی صفر(ZEB) ، پنجمین کنگره بین المللی عمران، معماری و توسعه شهری، تهران، ۱۳۹۶.

۱۳. زینالی، ه.، فضلی مالیدره، ب.، طراحی هوشمند ساختمان ها براساس مصالح هوشمند با تکیه بر فناوری نانو، پنجمین کنگره بین المللی عمران ، معماری و توسعه شهری، تهران، ۱۳۹۶.

۱۴. زمانی، س.، تائبی، ا.، طبائیان، م.، مشخصه سازی کمیت و کیفیت فاضلاب خاکستری و ساخت سیستم تصفیه آن جهت استفاده مجدد در ساختمانهای سبز، دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، اصفهان، ۱۳۸۵.

۱۵. قیابکلو، ز.، مبانی فیزیک ساختمان۴ (سرمایش فعال)، انتشارات جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر، تهران، ۱۳۹۲.

۱۶. کسمایی، م.، اقلیم و معماری، انتشارات نشر خاک، اصفهان، ۱۳۸۵.

۱۷. گودرزی، ن.، رجبی راد، م.، گودرزی، ر.، استفاده از انرژی خورشید، راهبرد موثر معماری پایدار در ایران، سومین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی ، تهران، ۱۳۹۲.

۱۸. نیک فطرت، م.، امن پور، م.، ساختمان صفر انرژی (ZEB) الگوی پایداری در ساختمان های آینده، اولین همایش ملی معماری، مرمت، شهرسازی و محیط زیست پایدار، همدان، ۱۳۹۲.

۱۹. نیکنامی، س.، اثنی عشری، ر.، خرمی شریف، ح.، سیستم های مدیریت هوشمند ساختمان (جلد اول)، انتشارات یزدا، تهران، ۱۳۹۴.

20. Eidiani, M., “BMS (Persian farsi)”, Research DOI: 10.13140/RG.2.1.25.37.9281, available online : https://www.researchgate.net/publication/284278706_BMS_Persian_farsi . (Archived in November 201٥ ).

21. Hootman, T., 2012. “Net Zero Energy Design: A Guide for Commercial Architecture”, John Wiley & Sons, Hoboken.
22. Jacobson, M., 2009. “Review of Solutions to Global Warming, Air Polluting, and Energy Security New York: Cambridge University Press, Energy & Environmental Science, Volume 2, 2, pp. 148-173.
23. MAD Architects Design Veiled Xinhee Design Center in Xiamen, available online : https://www.archdaily.com/792988/mad-architects-design-veiled-xinhee-design-center-in-xiamen, (Archived in August 2016 ).
24. Subbaram Naidu, D., Rieger C., G., 2011, Advanced control strategies for heating, ventilation, air-conditioning, and refrigeration systems—An overview: Part I: Hard control, Science and Technology for the Built Environment, Volume 17, 1, pp. 2-21.
25. Torcellini, P., Pless, S., Deru, M., 2006, “Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition”, national Renewable Energy Laboratory, A national laboratory of the U.S. Department of Energy.
26. Umar, US. A., Khamidi, M. F., Tukur, H., 2012, “SUSTAINABLE BUILDING MATERIAL FOR GREEN BUILDING CONSTRUCTION, CONSERVATION AND REFURBISHING”, Management in Construction Research Association (MiCRA), Postgraduate Conference.
27. Kowsar Green Residential Towers, available online : http://archline.ir/ معماری- برج - های- مسکونی- سبز-کوثر/, (Archived in August 2015).