مجله رویکردهای نوین در تحقیقات علوم پایه، فنی و مهندسی
سال دوم، شماره ۶،پاییز ۱۳۹۸
ISSN: ۲٦٤٥-٥٤٣٩
www.jonarbset.ir

طراحی مجتمع مسکونی با رویکرد پایداری انرژی در معماری

فرزاد توکلی[۱]
[۱]کارشناسی ارشد معماری, دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه

چکیده

با افزایش جمعیت و گسترش شهرها در تمامی دنیا و نیازها بالای آنها به انرژی، منجر به استفاده بیش از حد از سوخت‌های فسیلی به منظور تامین گرمایش، سرمایش و انرژی روشنایی شده است، این موضوع تا بدانجا پیش رفته که منجر به آسیب وارد کردن‌های جبران ناپذیری به طبیعت و محیطزیست شده، که می‌توان آنرا از گرمایش جهانی تا از بین رفتن جنگل‌ها و سایر موارد این چنینی دید. به همین منظور است که تامین انرژی پایدار یکی از مباحث مهم در حال حاضر دنیا است. معماری و صنعت ساختمان بخصوص بخش مسکن نیاز به تامین انرژی بیشتری نسبت به سایر بخش‌ها دارند به همین دلیل طراحی مجتمع مسکونی با توجه به پایداری انرژی امری بسیار مهم است. هدف از طراحی در این رساله تامین انرژی ساختمان با توجه به ویژگی‌های اقلیمی و استفاده از تجهیزات جدید تامین انرژی پایدار و در نتیجه آن آسیب کمتر به محیط زیست و کمک به اقتصاد خانوار است. روش تحقیق در این رساله از نوع توصیفی و تحلیلی و مطالعات آن به صورت کتابخانه‌ای و نظری بوده است.

واژه‌های کلیدی: مجتمع مسکونی، توسعه پایدار، پایداری انرژی، انرژی پاک

۱. مقدمه

در طی سالیان اقلیم منطقه و چگونگی طراحی براساس شرایط اقلیمی یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های معماران در طی سالیان بوده است، که بوسیله آن بتوان بهترین طراحی به منظور پاسخ‌گویی به اقلیم بدون هدر رفت انرژی و تامین آسایش حرارتی ساکنین را داشته باشد. بطور طبیعی انسان همواره در تلاش بوده است که از گزند شرایط بد آب و هوایی به دور باشد و در کنار آن نخواهد هزینه‌ی زیادی را بابت تامین گرمایش و سرمایش در فصل زمستان و تابستان متحمل شود. سالیان درازیست که بشر شاهد گرمایش زمین، از بین رفتن محیط‌زیست و منقرض شدن گونه‌های گیاهی و جانواری بسیاری است، عمده دلیل بوجود آمدن این مشکلات را می‌توان مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی و عدم توجه به مبحث پایداری انرژی به خصوص در بخش بزرگی مانند مسکن دانست. به همین سبب است که با مطرح شدن موضوع توسعه پایدار و وارد شدن معماری به این مبحث معماران همواره در تلاش بوده‌اند تا معماری با توجه به اصول توسعه پایدار خلق کنند تا گامی در راستای حفظ کره خاکی بردارند.

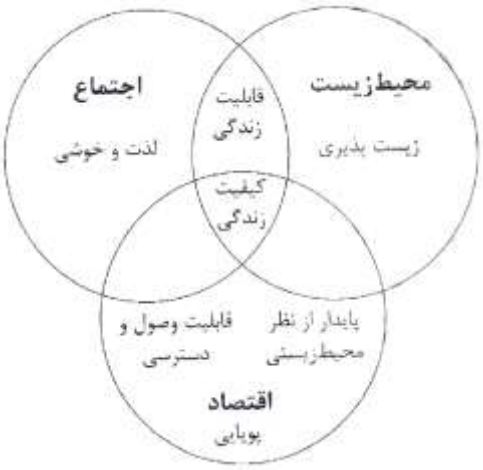
۲. بیان مسئله:

انرژی از جمله موضوعاتی است که همواره در اکثر فعالیت‌های اقتصادی مطرح است. یکی از عواملی که بر امنیت ملی یک کشور بسیار اثر گذار است، دسترسی به انرژی و فراهم کردن آن است؛ بر این اساس توجه به تولید و مصرف انرژی و حفاظت از آن (بهینه سازی مصرف) برای آیندگان بسیار اهمیت دارد. بطور کلی می‌توان بیان کرد که بهینه سازی مصرف انرژی امری ضروری از لحاظ سیاسی، اقتصادی و زیست محیطی است (اسعدی، ۱۳۸۶). همچنین آنچه که امروز دغدغه دنیا و سازمان‌های جهانی بشمار می‌رود، مسئله محیط زیست و آسیب‌های وارد بر آن است. هر روز اخبار گرم شدن کره‌ی زمین به دلیل مصرف بیش از حد سوخت‌های فسیلی به گوش می‌رسد، از سوی دیگر زنگ خطر اتمام سوخت‌های تجدید ناپذیر سال‌هاست که نواخته شده است و این مسئله بیم افزایش قیمت سوخت و عدم دسترسی عادلانه و یا برابر آن به تمامی انسان‌ها را ایجاد کرده است. یکی از حقایق این است که مسکن و شهرها بیشترین استفاده کننده مصرف انرژی هستند؛ بهینه سازی مصرف انرژی و سرمشق قرار دادن الگوهای پایداری انرژی از وظایف معماران و شهرسازان در حال حاضر است. دور شدن از معماری بومی و معماری همساز با اقلیم منجر به افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی شده است. به همین دلیل است که توجه به انرژی در معماری دغدغه اصلی این طرحواره است. توسعه پایدار دارای سه راس است: ۱. انرژی ۲. اقتصاد ۳. محیط زیست. در مهمترین راس این مثلث انرژی قرار دارد. بر اساس گزارش سازمان انرژی‌های نو ایران، ساختمان‌ها بیش از ۳۰٪ مصرف انرژی را به خود اختصاص داده‌اند (سازمان انرژی‌های نو). طبق آنچه بالاتر گفته شد از سویی آلودگی محیط زیست ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی و هدر رفتن سرمایه ارزشمند و حیاتی کشور منجر به آن شده است، که کارشناسان به دنبال راه حلی برای جایگزین کردن باشند؛ انرژی‌های پاک و تجدید پذیر یکی از بهترین گزینه‌ها است (مرتضایی، ۱۳۹۰). تولید می‌کنند. از طراحی و ایجاد ساختمانی جدید نمی‌توان جلوگیری کرد، اما می‌توان ساختمانی طراحی کرد که کمترین اثر گذاری را بر روی محیط زیست داشته باشند. هدف از طراحی پایدار استفاده از بهره‌وری صحیح از انرژی و منابع طبیعی بدون اثر گذاری مخرب ساختمان‌سازی بر محیط زیست است. طراحی پایدار به طور همزمان می‌تواند ارزش‌های زیبایی شناختی، زیست محیطی، اجتماعی، اقتصادی، اخلاقی و معنوی را کاهش دهد (زندیه و پروردی‌نژاد، ۱۳۸۹). بر این اساس طراحی پایدار منجر به ایجاد محیطی سالم بر مبنای بهره‌وری از منابع، حفظ منابع تجدید ناپذیر، کاهش مصرف انرژی‌های تجدید پذیر و بالابردن کیفت زیست می‌شود (حاتمی‌گلزاری، ۱۳۸۷). ساختمان‌های مسکونی یکی از بناهایی است که مصرف انرژی زیادی را در وسعت کلان به خود اختصاص داده است. توجه به اصول معماری پایدار و جایگزینی انرژی‌های پاک در این ساختمان‌ها بجای آنچه که امروز وجود دارد، گامی هرچند کوچک در حال حاضر است اما در دراز مدت به شدت اثر گذار خواهد بود و پیشگام در سایر ساختمان‌ها و کاربری خواهد شد. هرچقدر از مصرف انرژی و اتلاف آن در ساختمان‌ها کم کنیم، پیشتر به سوی توسعه پایدار می‌رویم، که نیاز نسل امروز است و برطرف کردن نیاز آیندگان را به خطر نمی‌اندازد (۲). بر اساس دلایل ذکر شده این پروپزال

قصد دارد، دست به طراحی مجتمع مسکونی با نگاه پایداری انرژی و اصول معماری پایدار بزند. دسترسی به انرژی پایدار برای رفع نیاز انسان‌ها می‌تواند، از یک سو به حل مشکلات زیست محیطی و سوی دیگر یاری رسان به بودجه اقتصادی خانوار شود، همچنین الگویی برای ساختمان سازی در آینده شود. استفاده از اصول طراحی پایدار، تکنولوژی‌های نوین و استانداردهای بین المللی مانند LEED به طراحی این پروژه کمک خواهد کرد.

۳. توسعه پایدار:

دهخدا پایداری را به دوام و ماندنی معنی کرده است. فرهنگ معین این لغت را در معنای پایدار بودن از مصدر پایش به معنی پایدار و استقامت آورده است. فعل Sustain ریشه در لغت لاتین Sustinere دارد و در سال ۱۲۹۰ وارد زبان انگلیسی شده و به معنای حمایت، تداوم و پشتیبانی است و در مورد چیز و یا حالتی است که از طریق آن پشتیبانی اتفاق می‌افتد. "توسعه در کلی‌ترین شکل خود عبارت است از مجموعه فعالیت‌های منظم، سازمان یافته و برنامه‌ریزی شده‌ای که در یک منطقه یا در یک کشور، در طول یک دوره زمانی با هدف تعریف شده و به منظور برآوردن انتظارات مشخص انجام می‌گیرد" (دیرباز، ۱۳۸۰: ۱۰). با آغاز دهه ۱۹۵۰ میلادی دولت‌های جوامع غربی و کشورهای صنعتی مجموعه‌ای از داشته‌های جامعه خود را در قالب مجموعه‌ای به نمایش گذاشتند که اذعان داشتند با آنها مردمان این کشور به خوشبختی رسیده‌اند و می‌توانند آنرا به کشورهای فقیر یا تازه به استقلال رسیده آسیایی و آفریقایی صادر کنند تا آنها نیز آباد گردند. و از آن طرف کشورهای فقیر هیچ کدام از چیزهای درون این مجموعه مانند بزرگراه، کارخانه‌ها، لوله‌کشی آب، جاده‌ها، مدرسه، دانشگاه، رستوران، هتل و ... را نداشتند به آن احساس نیاز می‌کردند و خواستار وارد کردن آن بودند (صادقی و فتحی، ۱۳۸۸). توسعه منجر به ارتقا و بهبود سطح زندگی در بسیاری از زمینه‌ها مانند بهداشت، تغذیه، آموزش و درآمد کشورها شده است (زاهدی و نجفی، ۱۳۸۵). با این حال توسعه بدون تفکر و بی مبالات در کشورها، باعث بوجود آمدن مشکلاتی هم در کشورهای پیشرفته و هم صنعتی شد و منجر به آلودگی آب، هوا و خاک گشت. اثرات این توسعه بی مبالات منجر به آسیب‌های زیادی به محیط زیست و فرهنگ گذاشته و منجر به تغییراتی اساسی در تفکرات و شیوه‌های زندگی افراد گشته است. در اینجا بود که بحث توسعه پایدار مطرح گردید، "البته باید به این نکته بسیار مهم نیز تاکید کرد که در جریان تغییر از توسعه به توسعه پایدار یک تحول و انقلاب دیگر نیز اتفاق افتاده بود و آن تغییر نقش مردم در سرنوشت خویش بود" (صادقی و فتحی، ۱۳۸۸: ۱۰).



شکل ۱- مدل مفهومی از عوامل اثر گذار بر کیفیت زندگی افراد جامعه با رویکرد اکولوژی انسانی، منبع: Shaffer et al، ۲۰۰۰.

توسعه پایدار که دربرگیرنده تعامل میان انسان و محیط و انسان و انسان است، تنظیم و ساماندهی این رابطه را در بردارد و بر اساس آنکه خود نتیجه تلاش‌های بسیاری بود مطرح گشت. در زیر سه دسته از عوامل که منجر به رونق گرفتن تفکر توسعه پایدار گشت آورده شده است:

۱."نتایج بد کارکردی اجرای سیاست‌های تعدیل ساختاری که خود برای مقابله با بحران اقتصاد جهانی در دهه ۱۹۸۰ میلادی تدوین شده بود؛

۲.افزایش بی امان و وقفه ناپذیر فقر و گرسنگی و نابرابری در جهان؛

۳.تخریب نگران کننده محیط زیست و منابع طبیعی در نتیجه‌ی کاربرد تکنولوژی‌ها" (زاهدی مازندرانی، ۱۳۷۷: ۲۴۵).

توسعه پایدار منجر به ایجاد تغییرات در بنیاد هر چیزی می‌شود و همه چیز را در بر می‌گیرد، نظیر: عدالت اجتماعی، نگهداری و حفاظت میراث فرهنگی، نگهداری و حفاظت از محیط زیست، جامعه سالم، تامین نیازهای نسل آینده حال و ... . همه مباحثی که مطرح شد پایه و اساس توسعه پایدار را تشکیل می‌دهد. توسعه پایدار فقط و فقط به مردم و تامین نیاز و بهبود کیفیت زندگی آنان توجه دارد (مرادحاصل، ۱۳۸۶). بدین ترتیب کوشش‌هایی برای حفظ محیط زیست شروع شد، متفکران بسیاری بر این عقیده بودند که انسان‌ها شروع به تخریب محیط زیست خود زده‌اند و فراموش کرده‌اند که سالیان سال در آن زندگی کرده و بدان از لحاظ بیولوژیکی وابسته هستند (مهشواری، ۱۳۷۸). این دیدگاه‌ها منجر به شروع اولین تحولاتی به سال ۱۹۶۰ میلادی شده است و ویژگی آن در رابطه با کیفیت محیط زیست در مقابل رشد اقتصادی و نگاه دوباره به الگوهای سنتی رشد اقتصادی بوده است (یانگ و برتون، ۱۳۷۷). بر این اساس در سال ۱۹۷۱ عده‌ای کارشناسان محیط زیست و توسعه آن در کشور سوییس مساله حمایت و بهبود محیط زیست را به عنوان اصل و نیازی فوری برای کشورهای در حال توسعه مطرح کردند. توصیه‌های این کارشناسان به اجلاس فونکس معروف گردید و مطرح گشت (مهشواری، ۱۳۷۸).

۴. معماری پایدار:

همراه یا سایر دانشمندان در تمامی علوم معماران نیز به دنبال راهی جدید برای ایجاد زندگی بهتر برای انسان‌ها هستند. به همین منظور در فضای معماری تمامی فعالیت‌های انسانی مانند کار، تفریح و استراحت انجام می‌شود. ساختمان‌ها به طور مستقیم بر روی محیط‌زیست اثر گذار هستند، این موضوع وظیفه‌ای سنگین بر دوش معماران می‌گذارد، تا بنایی طراحی کند که حداقل اثر گذاری نامطلوب را بر محیط‌زیست بگذارد. معماری پایداری معماری با نگاه بر اصول توسعه پایدار و احترام به سایت است، که در حال حاضر با توجه عمر کوتاه خود تجربیات موفقی را به نمایش گذاشته است. زمانی که صحبت از معماری پایدار به میان می‌آید در واقع در رابطه با معماری حساس به محیط زیست، همزیستی میان انسان، طبیعت و مصنوعات مطرح می‌شود. معماری و شهرسازی تا قرن نوزدهم میلادی کاملا محیط‌زیستی بوده است و تا آن هنگام ساختمان‌ها در تعادل با محیط زیست بوده‌اند و آلودگی‌های جبران ناپذیری را بر طبیعت وارد نکرده بودند (افشارنادری، ۱۳۸۷). تسلط انسان بر طبیعت با صنعتی شدن هرچه بیشتر از اواخر قرن هجدهم منجر شد تا تعادل میان محیط زیست و انسان از بین برود و تخریب طبیعت آغاز گردد. معماری پایدار قصد دارد، تعادل از دست رفته میان انسان و طبیعت را از نو برقرار کند. بر اساس تعریف چارلز برت معماری پایدار "خلق محیط انسان ساخت و مدیریت متعهدانه آن بر مبنای اصول بوم سازگاری و بازدهی منابع تعریف می‌کند. که ای اصول عبارتند از کمینه کردن مصرف منابع تجدید ناپذیر، ارتقا و بهبود شرایط محیط طبیعی و کم کردن آسیب‌های بوم شناختی بر محیط؛ سوزان هاگان معماری پایدار را بر مبنای نگرشی میانه رو از اخلاق زیست محیطی تعریف می‌کند که در آن به برقراری تعادل زیستی با ارکان نظام زیست محیطی تاکید می‌گردد و نیل به آن را در گرو کنش‌مندی و پاسخ‌گویی اثر معماری به شرایط محیطی می‌داند: تبیین رابطه متعادل‌تر و هم‌زیستانه اثر معماری با محیط که بر کنش‌مندی خودآگاه اثر معماری نسبت به شرایط محیطی پی‌ریزی شده است" (هیرمندی‌نیاسر، ۱۳۹۵: ۱۵۱). معماری خوب

انجام دادن بر اساس تعریف نورمن فاستر معماری پایدار است و هر چه کیفیت ایده و فکر در رابطه با موضوع و رابطه آن با محیط بهتر باشد، معماری عمری طولانی‌تر خواهد داشت (مزینی، ۱۳۷۶). با توجه به آنچه که در رابطه با معماری پایدار مطرح شد، می‌توان به رابطه عمیق میان معماری و محیط زیست را در غالب مصرف انرژی دید، به طور مثال طراحی ساختمان‌های حساس به انرژی و یا با مصرف انرژی کم آنطور که مد نظر این رساله است، یکی از نکات اصلی در معماری پایدار است.

۵. انرژی در معماری:

در دهه ۷۰ میلادی در کشورهای غربی بحران انرژی بوجود آمد و بعد از آن تحقیقات زیادی به منظور کاهش انرژی مصرفی در ساختمان‌ها صورت گرفت. انرژی در پیشرفت روز افزون صنعت و اقتصاد کشورها آنقدر مهم است که نیاز به صرفه‌جویی آن در تمامی کشورها حس می‌شود. بحران تامین انرژی در دنیای امروز به گونه‌ای که با توسعه پایدار هم‌خوانی داشته باشد، یکی از دغدغه‌های اصلی بشر است. انرژی عامل رشد اقتصادی در جامعه است و به دلیل تاثیرگذاری بالای آن بر زندگی انسان‌ها و محیط زیستان از اهمیت بالایی برخوردار است. انرژی به طور کلی به دو دسته تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر تقسیم می‌گردد (نظرپور و دیگران، ۱۳۹۳). انرژی تجدیدپذیر انرژی است که استفاده از آن به منبع تولید کننده آسیبی نمی‌رساند و انرژی‌های تجدید ناپذیر نیز انرژی‌های هستند که مرور زمان منبع آنها به پایان رسیده و سالیان درازی بیش از عمر چندین نسل زمان لازم است تا دوباره به چرخه برگردند. می‌توان گفت مصرف انرژی در ساختمان بیشتر دو حوزه نور و حرارت را شامل می‌شود:

الف) استفاده از انرژی روشنایی برای دیدن، تردد و زندگی است و باید برای مصرف آن برنامه‌ریزی شود تا هدر نرود؛

ب) انرژی حرارتی نیز به منظور تامین آسایش حرارتی ساکنین استفاده می‌گردد (علی‌آبادی).

در ساختمان‌ها انرژی بسیار تلف می‌شود، به همین دلیل معمار باید همواره در طراحی کوشش کند تا از هدررفت انرژی بکاهد و آنرا به صفر برساند. براساس نتایج جهانی هدررفت انرژی در ساختمان‌ها از طریق:

- "عدم توجه به فرایند و روند مصرف انرژی در ساختمان و بالا بودن زیر بنای متوسط واحدهای مسکونی،
- نازک بودن جداره‌های بیرونی و تک جداره و درزدار بودن پنجره‌ها،
- عدم تجهیز تأسیسات ساختمان به سیستم‌های کنترل هوشمند و خودکار سرمایی، گرمایی، روشنایی و نصب و راه‌اندازی تأسیسات برقی و مکانیکی،
- فقدان فرهنگ عمومی صرفه‌جویی در مصرف انرژی،
- دخالت افراد فاقد صلاحیت در مراحل طراحی وساخت و عدم توجه به شرایط اقلیمی در کاربرد مصالح ساختمانی،
- پایین بودن سهم هزینه‌ی مصرف انرژی در سبد خانواده،
- عدم تکاپوی حمایت عملی دولت از سیاست صرفه‌جویی انرژی در بخش ساختمان" (سازمان بهره‌وری انرژی ایران مبانی صرفه جویی و مدیریت انرژی، ۱۳۸۳ به نقل از موسوی موحد، ۱۳۹۰: ۴۷).

در زیر شش اصل به منظور صرفه‌جویی و بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها مطرح گشته است:

۱. طراحی ۲. ایجاد سایه ۳. تهویه مطبوع ۴. حفاظت زمینی ۵. توده حرارتی ۶. قفل ورودی هوا

شش اصل دیگر که در زیر آورده شده است نیز، براساس دانش امروز هدر رفت انرژی را کاهش می‌دهد:

۱. عایق بندی و مقیاس ۲. جمع‌آوری اب و فاضلاب منطقه ۳. پنل‌های حرارتی آبی خورشیدی ۴. تولید برق فتوولتائیک ۵. بازیافت و استفاده از مصالح محلی ۶. رشد غذایی، سوخت و مصالح ساختمانی (علی‌آبادی).

۱ - ۵. مصرف انرژی در ساختمان:

طبقه‌بندی میزان مصرف انرژی در ساختمان به شکل زیر است:

۱. ۲۵٪ روشنایی،
۲. ۴۵٪ گرمایش و سرمایش،
۳. ۱۵٪ تجهیزات و وسایل،
۴. ۱۵٪ اتلاف انرژی

در هرکدام از این موارد اگر صرفه‌جویی انجام گیرد، تاثیرگذاری قابل توجهی بر میزان مصرف انرژی خواهد گذاشت (قبادی، ۱۳۸۱) و در حدود ۳۵ تا ۴۰ درصد انرژی را می‌توان صرفه‌جویی کرد (ریاضی و خرمی، ۱۳۸۰). عایق حرارتی، پنجره‌های دوجداره، جهت‌گیری صحیح، بکارگیری انرژی خورشیدی و ... از جمله مواردی هستند که می‌اوانند میزان مصرف انرژی را تا حد زیادی کاهش دهند. در کنار آن می‌توان با کنترل همرفت، هدایت و تابش از هدر رفت انرژی کاست (پاک‌نژاد و غفاری، ۱۳۹۰). این امر منجر به کاهش هزینه‌های اقتصادی در کنار کاهش آلودگی‌های محیط‌زیستی می‌شود و پایداری می‌شود(ریاضی و خرمی، ۱۳۸۰).

۲ - ۵. عملکرد حرارتی:

عملکرد حرارتی ساختمان‌ها از طریق استفاده از انرژی امکان پذیر است. برای رسیدن به آسایش حرارتی محاسبه عملکرد حرارتی مهم است. اختلاف دما میان دو ساختمان و ساختمان با محیط منجر به انتقال حرارت می‌گردد (عمادیان‌رضوی، ۱۳۸۵). میزان انتقال انرژی حرارتی از سقف، کف، دیوار، پنجره و تهویه مهم‌ترین عامل‌های تاثیرگذار بر عملکرد حرارتی است. مقدار انرژی حرارتی و هدر رفت آن بر گرمایش و سرمایش یک ساختمان اثر گذار است (نربرت، ۱۳۸۵). برای افزایش راندمان و بهینه‌سازی مصرف انرژی عوامل زیادی اثر بخش هستند، که در قالب سه گروه تقسیم می‌شوند: ۱. طراحی معماری ساختمان، ۲. مشخصه‌های اقلیمی، ۳. رفتار ساکنین. این عوامل می‌توانند تا ۱۰٪ مصرف انرژی را افزایش دهند. طراحی نامناسب معماری ۲/۵ برابر، استفاده از تاسیسات ۵ برابر و هر فرد ساکن در ساختمان تا ۲ برابر می‌تواند منجر به افزایش مصرف انرژی گردد (قبادی، ۱۳۸۱).

۳ - ۵. طراحی معماری ساختمان:

طراحی ساختمان‌ها بر نیاز به تامین سرمایش و گرمایش ساختمان‌ها اثر مستقیم دارد. مثلا ساختمانی که در اقلیم گرم و خشک رو به آفتاب طراحی شده است، اگر چرخش داشته و میزان دریافت و جذب انرژی تابشی را کاهش دهد در فصول گرم کمتر نیاز به استفاده از تاسیسات گرمایشی برای کاهش دما دارد (دنکای و برون، ۱۳۸۶).

۴ - ۵. فرم ساختمان:

میزان دریافت انرژی خورشید و باد از اطراف به فرم و شکل ساختمان، ابعاد و نسبت‌ها و فاصله میان آنها بستگی دارد (واتسون و کنت، ۱۳۸۷). فرم مناسب یک ساختمان یعنی جهت‌گیری صحیح بنا، زاویه قرارگیری دیوارها و سقف می‌تواند در تمام طول عمر ساختمان انرژی را جذب، ذخیره و استفاده کند. زاویه مناسب برای سقف، دیوارها ، سایه‌بان‌ها و فرم ساختمان از طریق محاسبه دقیق زاویه تابش خورشید در فصل‌های مختلف محقق می‌شود (Capeluto، ۲۰۰۳). همان‌طور که گفته شد باد قالب بر فرم ساختمان نیز اثر گذار است و برای طراحی هرچه بهتر باید به شناخت رفتار باد در اقلیم منطقه پرداخت. به عنوان مثال سرعت بخشیدن به باد با استفاده فرم‌های آیرودینامیکی امکان پذیر است و هنگام نیز از باد استفادع و در غیر این صورت از آسیب‌هایی که ممکن است باد به ساختمان وارد کند می‌کاهد. فرم، شکل و جهت صحیح در هر ساختمان می‌تواند تا ۴۰٪ مصرف انرژی را کم کند (Al-Tamimi & Fadzil، ۲۰۱۱).

۵ - ۵. جهت‌گیری ساختمان:

با جهت‌گیری صحیح ساختمان می‌توان مقدار دریافت انرژی خورشید را به حداقل و حداکثر رسانید. به طور کلی به هنگام طراحی جهت گیری بنا باید عوامل زیادی مانند جهت باد، تابش و غیره را در نظر گرفت تا بالاترین بازده و کمترین اتلاف انرژی انجام گیرد (Capeluto، ۲۰۰۳).

۶ - ۵. پوسته ساختمان:

برای طراحی پوسته ساختمان سه روش پیشنهاد می‌شود:

- ساختمان از محیط بیرون با استفاده از عایق‌بندی و مقاومت حرارتی جدا گردد،
- روش طراحی ساختمان به گونه‌ای باشد که در برابر نوسان شرایط جرم حرارتی یا حرارت خارجی واکنش نشان دهد،
- به منظور جذب، انتقال و توزیع حرارت پوسته باید مانند یک کانال حرارتی عمل کند (لنکر، ۱۳۸۵).

۷ - ۵. سایه‌اندازی:

یکی از روش‌های اصلی برای رسیدن به آسایش حرارتی سایه‌اندازی است. با استفاده از سایه می‌توان در ساختمان سرمایش ایجاد کرد. با توجه به اقلیم در تمام ساختمان بویژه پنجره‌ها سایه‌اندازی مفید است و می‌تواند از نفوذ آفتاب و گرمایش فضا بکاهد (لنکر، ۱۳۸۵).

۸ - ۵. ویژگی مصالح:

ضریب هدایت حرارتی، مقاومت حرارتی، ضریب عبور حرارتی و ذخیره سازی ویژگی‌های مصالح هستند و که بر مقدار جذب و ذخیره انرژی در ساختمان‌ها اثر بخش بوده‌اند. پس باید در هنگام طراحی و به کارگیری مصالح به ویژگی‌های هر کدام اهمیت ویژه داد.

۹ - ۵. ویژگی‌های اقلیمی:

از مهم‌ترین شاخصه‌ها به هنگام طراحی توجه به اقلیم است، عدم توجه به آن می‌تواند منجر به هدر رفت انرژی و تمامی مباحث مطرح شده تا بدینجا گردد."معماری واقلیم، پیوندشان بیشتر به رابطه نوزاد وآغوش می‌ماند، یا نسبت هر رستنی با خاک، حریم امن وبستر بالیدن. با بستگی ای تکامل آفرین؛ الهام بخش والبته، نه محیط زا. در این معنا، آغوش، خاک واقلیم، رابط حیات وسرزندگی و نبودشان نمود میرایی است. تجربیات معماری بومی در پهنه جهان و آروین های آن در معماری ایران زمین نیز، خود گواه تاکیدی بر اندیشه‌ی فرمزایی ملاحظات اقلیمی در معماری است تاعاملی بر محدودیت آن یا اسارت معمار"(پیرمحمدی و رفیعی، ۱۳۹۴: ۲).

۶. معرفی انرژی‌های تجدیدپذیر:

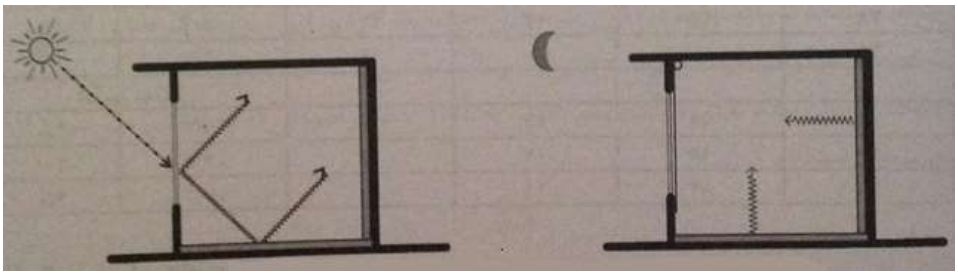
دو دلیل مهم برای استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر و بهره‌گیری از طبیعت وجود دارد. دلیل اول رو به اتمام بودن انرژی‌های تجدید پذیر و فسیلی است و دلیل آسیب رسان بودن انرژی‌های تجدید ناپذیر بر طبیعت است، به گونه‌ای که اثرات مخرب بی‌شماری بر جای جای کره زمین باقی گذاشته است. معماران در گذشته با نگاه با اقلیم و معماری همساز با اقلیم توانسته‌اند به خوبی به آن پاسخ دهند و آسایش حرارتی را برای ساکنین ساختمان‌ها فراهم آورند. این امر را در طراحی‌های امروز بخصوص در کشور ایران نمی‌توان دید، به همین دلیل همواره باید برای فراهم نمودن شرایط آسایش حرارتی از تاسیسات مکانیکی و الکتریکی کمک گرفت. انرژی‌های تجدیدپذیر منبع رو به پایان ندارند می‌توان تا همیشه از آنها بهره برد (قیاسوند، ۱۳۸۷). انرژی خورشیدی نوعی انرژی تجدیدپذیر است و می‌تواند از طریق روش‌های مختلف در ساختمان‌سازی یاری رساند، که شامل استفاده از نور طبیعی، سیستم‌های خورشیدی، سیستم ذخیره گرما و گرمایش و سرمایش خورشیدی می‌شود (نادربیگی و همکاران، ۱۳۹۴).

۷. سامانه‌های غیر فعال خورشیدی:

ساختمان‌ها با استفاده از این سیستم نیازهای گرمایشی و سرمایشی خود را از طریق همساز با اقلیم و بطور طبیعی جذب می‌کنند. و به دلیل استفاده حداقلی و یا عدم استفاده از تجهیزات گرمایشی و سرمایشی این نام بر روی این سیستم گذاشته شده است (قیابکلو، ۱۳۹۱). با چرخش ساختمان‌ها به سمت جنوب می‌توان حداکثر جذب انرژی و نور خورشید را به داخل ساختمان داشت و هنگامیکه خورشید در تابستان حرکت می‌کند این نور در بالا قرار گرفته و بر روی بام قرار می‌گیرد، که با سایه‌اندازی منجر به خنکی فضا می‌شود. هنگام استفاده از انرژی طبیعی خورشید استفاده از سایر منابع گرمایشی تا ۷۵٪ کاهش پیدا می‌کند و تنها ۵ تا ۱۰٪ به هزینه‌های ساخت اضافه می‌گردد (قیابکلو، ۱۳۹۱). در ادامه به بررسی نمونه‌هایی از سامانه غیر فعال خورشیدی پرداخته خواهد شد:

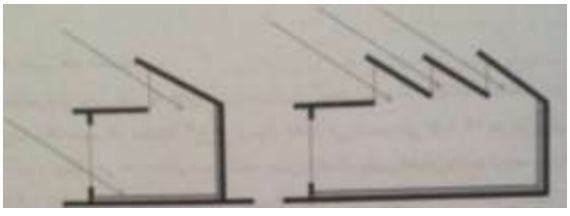
۱ - ۷. جذب مستقیم:

به طور معمول ساختمان‌ها از طریق قرار دادن پنجره‌ها رو به جنوب سعی در جذب نور و انرژی را دارند. نور خورشید با طول موج کوتاه از پنجره عبور کرده و با طول موج بلند انتشار می‌یابد که منجر به گرم شدن فضا می‌شود. این موج دیگر نمی‌تواند از شیشه عبور کرده و به اصطلاح پدیده‌ی گلخانه‌ای اتفاق می‌افتد و از طریق آن تمامی عناصر درون فضا مانند سقف، کف، دیوارها و حتی وسایل نیز در خود انرژی ذخیر می‌کنند (قیابکلو، ۱۳۹۱).

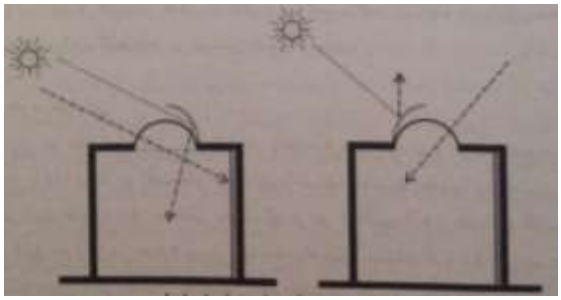


شکل ۲- ذخیره انرژی از طریق پنجره‌های آفتابی در روز و انتشار آن در شب، منبع: قیابکلو، ۱۳۹۱

فضاهایی که دارای عمق زیاد هستند، سیستم جذب مستقیم در آنها کاربرد ندارد و یا فضاهایی نمی‌توان پنجره‌ای رو به جنوب برای آنان طراحی کرد، می‌توانند از نورگیرهای سقفی استفاده کنند. این سیستم نسبت به سیستم‌های قبلی سایه کمتری تولید می‌کند و محرمیت بیشتری به دلیل محدود کردن دید به فضاهای خصوصی فراهم می‌آورد (قیابکلو، ۱۳۹۱).



شکل ۳- نورگیرهای سقفی یک طرفه و دانداناه‌ای، منبع: قیابکلو، ۱۳۹۱



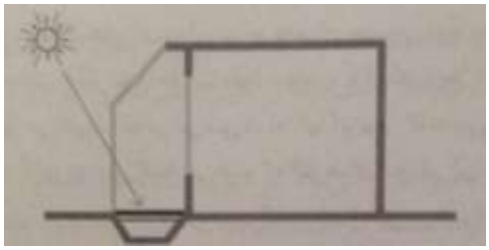
شکل ۴- نورگیرهای سقفی تمام شیشه‌ای، منبع: قیابکلو، ۱۳۹۱

۲ - ۷. جذب غیر مستقیم:

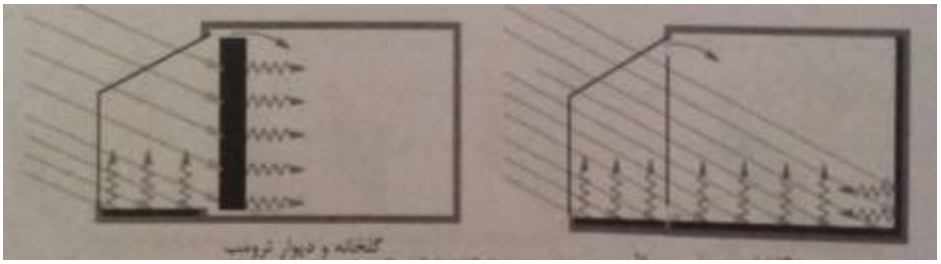
حایلی میان نور خورشید و فضای داخلی در این نوع جذب و ذخیره انرژی وجود دارد که به دو دسته کلی دیوار ترومپ و سقف آبی تقسیم می‌شود (قیابکلو، ۱۳۹۱).

۳ - ۷. گلخانه:

سامانه گلخانه با سیستم جذب مجزا کار می‌کند، یعنی جذب حرارت و ذخیره‌ی انرژی ناشی از آن هر دو در فضای جدا از یکدیگر انجام می‌گیرد. با توجه به تصویر زیر می‌توان دریافت که فضای زندگی و فضای خارجی، فضای شیشه‌ای قرار دارد که نور خورشید به داخل این فضا نفوذ می‌کند و از این طریق فضای شیشه‌ای گرم و حرارت از طریق انتقال به فضای داخل می‌رود.



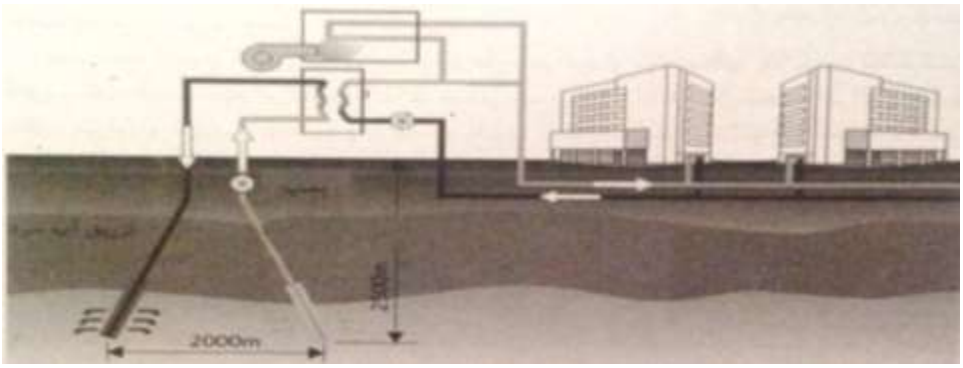
شکل ۵- جذب و ذخیره حرارت در سامانه گلخانه‌ای، منبع: قیابکلو، ۱۳۹۱



شکل ۶- گلخانه‌های ترکیبی، منبع: قیابکلو، ۱۳۹۱

۴ - ۷. انرژی زمین‌گرمایی:

مواد داخل زمین از طریق فوران مواد مذاب درون زمین به سطح در حال صعود و آورده شدن هستند، زمانیکه این مواد کم‌کم گرمای خود را از دست می‌دهند، گرما را به آب‌های سطحی انتقال داده و منجر به آب‌فشان و چشمه‌های آب گرم می‌شوند (غرضبان، ۱۳۸۱).



شکل ۷- روند استفاده از روش زمین گرمایی، منبع: قیابکلو، ۱۳۹۱

هنگامیکه به منظور تبادل انرژی در پی شمع ساختمان درون زمینه لوله نصب می‌شود، سامانه انتقل انرژی زمین‌گرمایی به کار گرفته می‌شود. به منظور گرمای پمپ‌های گرمایی از این لوله‌های نصب شده استفاده می‌شود و یا در بخشی از سیستم ذخیره سازی جای می‌گیرد. "با نصب لوله های تبادل انرژی در داخل پی شمع های ساختمان و مهار شدن این لوله ها از همه طرف در شبکه، عمل تبادل و دخیره ی انرژی انجام می گیرد. در اکثر موارد حفره های خالی لوله ها با آب پر شده تا عمل انتقال انرژی در سامانه راحت تر و سریع تر انجام بگیرد. این آب در سطح زمین پمپاژ شده و پس از عبور از پمپ های تولید بخار به سمت کف شمع هدایت می شود. توان بازدهی سامانه به وسیله‌ی مجموعه طول لوله های تبادل گرما، طول هر یک از لوله ها و فاصله ی لوله ها ازهم تامین می شود؛ آب گرم در نزدیکی سطح زمین به راحتی می تواند داخل لوله ها پمپاژ شده باعث گرم کردن فضاها می شود"(قیابکلو، ۱۳۹۱، ۱۹۰).

۵ - ۷. گردآورنده های خورشیدی:

گردآورنده‌ها یا کلکتورهای خورشیدی سامانه‌ای هستند که بوسیله آن جذب، ذخیره و انتقال انرژی در ساختمان صورت می‌گیرد. دارای انواع تخت، لوله‌ای تحت خلا و گردآورنده‌های متمرکز هستند، که این نوع گردآورنده به سه دسته با بشقابک سهموی، با برج مرکزی و خطی سهموی تقسیم می‌شود.

۶ - ۷. سامانه‌های فتوولتاییک:

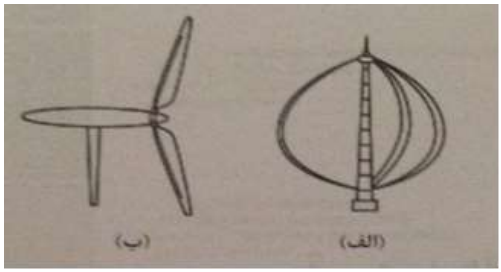
تبدیل نور خورشید بدون استفاده از محرک‌های مکانیکی به نیروی الکتریسیته پدیده فتوولتاییک است. این موضوع زمانی محقق می‌شود که از سلول‌های خورشیدی بهره گرفته شود. این سامانه‌ها برای فضاهای در نظر گرفته می‌شوند که توانایی جذب نور مستقیم خورشید را داشته باشند. سلول‌های تک کریستال، پلی کریستالی، فیلم‌های نازک و قابل انعطاف از انواع سلول‌های خورشیدی است (قیابکلو، ۱۳۹۱).

۷ - ۷. انرژی باد:

از سالیان پیش انسان‌ها از انرژی باد به منظور مصارف مختلف مانند به حرکت در آوردن چرخ آسیاب‌های بادی در ۲۰۰ سال پیش و یا حرکت در آوردن کشتی‌ها در دوران مصریان باستان مرود توجه بوده است (قیابکلو، ۱۳۹۱). این امر را می‌توان در بادگیرهای معماری معماری سنتی ایران زمین نیز دید. مزیت‌های استفاده از باد:

- ذخیره بیشتر انرژی باد در زمستان‌ها به دلیل بالا بودن سرعت باد در زمستان و
- صرفه اقتصادی این سیستم نسبت به سایر تکنولوژی‌های پیشرفته است (نادربیگی و همکاران ، ۱۳۹۴).

توربین‌های بادی دارای دو دسته اصلی هستند، توربین‌های با محور افقی و توربین‌های با محور عمودی.



شکل ۸- توربین بادی، الف) با محور عمودی، ب) با محور افقی، منبع: قیابکلو، ۱۳۹۱

۸. نگاهی به یک پروژه داخلی و خارجی با کاربرد معماری پایداری انرژی

۱ - ۸. ساختمان‌های سبز کوثر:

برج‌های مسکونی سبز کوثر در شهر مشهد استان خراسان رضوی در زمینی به مساحت حدود یک هکتار طراحی گشته و در حال اجرا هستند. نگاه این پروژه توجه به استفاده از انرژی‌های نوین در ساختمان‌سازی، مصرف بهینه در عین ایجاد فضایی برای بهبود کیفیت زندگی افراد و الگویی برای آینده است. این پروژه اولین پروژه واقعی معماری سبز در کشورمان است و در تمام بخش‌های آن از انرژی‌های پاک کمک گرفته شده است. مانند: پانل‌های خورشیدی، توربین باد، سیستم زمین‌گرمایی، استفاده از آب بازیافتی، نمای دوپوسته و ... . و بجز تمامی این موارد ساختمان‌ها مانند یک پنجره شهری عمل می‌کنند. از ویژگی‌های خاص این پروژه داشتن حیاط سبز قابل کشت برای هر واحد مختص به خودش که آبیاری به صورت مکانیزه برای آن تعریف گشته است. در کنار آن بام سبز و پارکی خطی به منظور دوچرخه سواری ساکنان در ارتفاع نیز که برای عموم آزاد است طراحی گشته است. در طبقات ضلع شمالی هر دو ساختمان باغ زمستانی، سیستم BMS برای هر واحد مسکونی، انباری با دسترسی از هسته میانی در زیر زمین نیز از سایر ویژگی‌های ساختمان‌های مسکونی کوثر است.

شکل۹- ساختمان‌های سبز کوثر

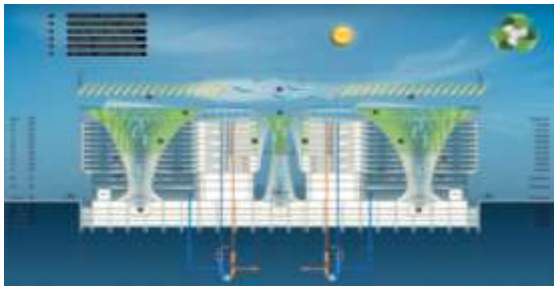
شکل۱۰- ساختمان‌های سبز کوثر

۲ - ۸. مجتمع مسکونی پایدار قاهره:

این ساختمان‌ها را شرکت معماری فرانسوی Vincent Callebaut در محله نصر قاهره طراحی کرده است، و هدف از طراحی آن گرفتن مدرک LEED Gold Plus است. این ساختمان دارای صفحات خورشیدی، تراس‌های سبز، بام‌های سبز، سیستم باغ عمودی و تیوب‌های گرمایش خورشیدی است. این ساختمان شامل هزار واحد آپارتمان با امکاناتی مانند باشگاه سلامت، مرکز تناسب اندام، مرکز کسب و کار، مرکز پزشکی و غیره است. توجه به شرایط اقلیمی منطقه و استفاده حداکثری از امکاناتی

که سایت در اختیار معمار برای طراحی پایدار می‌گذارد از ویژگی‌های این مجموعه است. نظیر: استفاده از رنگ سفید در بدنه، نحوه خیابان کشی‌ها به منظور جریان هوا، توربین‌های بادی جدید در شهرک و ... . کل بام یک باغ بزرگ است که از باغ‌هایی با گیاهان خوراکی، مزارع، باغ وحش، استخر و مجموعه ورزشی را در بر می‌گیرد. ساختمان‌ها دو به دو بوسیله یک پل آسمانی به یکدیگر متصل هستند. به منظور کاهش تولید دی‌اکسیدکربن، ساختمان خود آب خاکستری بازیافت می‌کند و تمام نما با صفحات فتوولتائیک، لوله‌های حرارتی و باغ‌های عمودی پوشانده شده است. معماران با الهام از بادگیرهای معماری مصر باستان، ساختاری را با عنوان سیستم خنک کننده ابداع نموده‌اند. این حفره اجازه می‌دهد هوا قبل از ورود به ساختمان از طریق لوله‌های زیرزمینی عبور کرده و اجازه انرژی زمین گرمایی را کنترل کند. شفت‌های هوای مجتمع در امتداد هسته‌ها اجازه تامین تهویه طبیعی و آب گرم را برای هر واحد می‌دهد. سقف با صفحات فتوولتائیک پوشانده شده تا انرژی بیشتری برای ساختمان تولید کند. توربین‌های خورشیدی و توربین‌های بادی عمودی محور نیز به تولید انرژی در محل کمک می‌کنند. طراحان در یک کار منحصر پیشنهاد ادغام خیابان با توربین‌های بادی را داده‌اند. علاوه بر این دیوارهای سبز و درختان مگا در کنار خیابان منجر به کاهش دمای مجتمع و تصفیه آب خاکستری با تکنولوژی طبیعی مناسب برای آب و هوای خشک آن قاره منجر به صرفه‌جویی در مصرف آب می‌گردد.

شکل ۱۱ – مجتمع مسکونی پایدار قاهره



شکل ۱۲ – مجتمع مسکونی پایدار قاهره

۸.جمع بندی:

بر اساس آنچه که تا بدینجا مطرح گشت، طراحی مجتمع مسکونی با رویکرد بهینه سازی مصرف انرژی با انتخاب یکی از توانایی‌های تولید انرژی تجدیدپذیر می‌تواند در کلان شهری نظیر تهران به خوبی و با موفقیت طراحی و اجرا گردید. بدین منظور باید در طراحی از کلی‌ترین مقیاس مانند طراحی محوطه، سایت پلان، جانمایی‌ها، فضاهای پر و خالی تا طراحی پلان جانمایی فضاها همگی براساس نحوه مصرف انرژی و تاثیر گذاری آن باید توجه شود. هر کدام از پروژه‌های بررسی شده دارای ویژگی خاص و برجسته‌ای برای خود بودند، اما یک ویژگی خیلی مهم در تمامی این پروژه‌ها چه پروژه‌های داخلی و چه خارجی مشترک بوده است و آن توجه به اقلیم در طراحی پایدار ساختمان‌ها بوده است، در واقع عدم توجه به اقلیم در طراحی ساختمان‌ها با رویکرد پایداری هیچ مفهومی ندارد. توجه به اقلیم توانسته است که هر پروژه از حداکثر ظرفیت انرژی طبیعی استفاده کرده و منجر به کاهش استفاده از انرژی مصنوعی و افزایش ذخیره انرژی گشته است.

همانطور که گفته شد هر کدام از این پروژه نکته‌ای دارد که می‌تواند در طراحی پروژه این رساله در فصل پنج یاری رسان باشد و از جمله آنها می‌توان به:

- استفاده حداکثری از انرژی‌های طبیعی و تجدید پذیر مانند:
  - انرژی زمین‌گرمایی
  - انرژی خورشید

- انرژی باد
- استفاده از صفحات خورشیدی ، فتوولتائیک
- استفاده از مصالح بوم‌آورد
- بازیافت مصالح
- استفاده از معماری بومی وسنتی هر اقلیم
- استفاده از پنجره‌های بزرگ به منظور جذب حداکثر انرژی خورشید
- بازیافت آب
- دیوار ترومب و یا همانند آن

و ... .

منابع فارسی:

۱. اسعدی، ف. ۱۳۸۶. اهمیت و ضرورت بهینه‌سازی و کاهش شدت مصرف انرژی. نشریه مجلس و پژوهش سال. شماره ۵۴.

۲. افشار نادری، ک. ۱۳۸۷. معماری و محیط زیست. مجله معمار. شماره ۴۸.

۳. پیرمحمدی،م و رفیعی، و. ۱۳۹۴. تاثیر عوامل اقلیمی در طراحی ساختمان و راه رسیدن به طراحی پایدار. همایش ملی عمران و معماری با رویکردی بر توسعه پایدار.

۴. پاک‌نژاد، م و غفاری، الف. ۱۳۹۰. لزوم بازنگری در فرآیند طراحی معماری با رویکرد تبیین جایگاه انرژی در آن. اولین همایش اقلیم. همایش ساختمان و بهینه سازی مصرف انرژی.

۵. حاتمی گلزاری، الف. ۱۳۸۷. معماری سنتی ایران و توسعه پایدار. ماهنامه مهندسی زیر ساخت‌ها. شماره ۶.

۶. دنکای، م و برون، ج. ۱۳۸۶. خورشید باد و نور، طرحی اقلیمی (استراتژی‌های طراحی در معماری). نشر گنج هنر. تهران.

۷. دهخدا، ع الف. ۱۳۷۲. لغت‌نامه دهخدا. نشر دانشگاه تهران. تهران.

۸. دیرباز، ع و دادگر، ح. ۱۳۸۰. نگاهی به اسلام و توسعه پایدار. موسسه فرهنگی دانش و اندیشه معاصر. تهران.

۹. ریاضی، ب و خرمی، م. ۱۳۸۰. نقش طراحی و اجرای ساختمان‌ها در بهینه‌سازی مصرف انرژی. مجموعه مقالات اولین همایش سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور.

۱۰. زاهدی مازندرانی، م. ۱۳۷۷. توسعه و نابرابری‌های اجتماعی. رساله دکتری جامعه شناسی. دانشکده علوم اجتماعی دانشگاه تهران.

۱۱. زاهدی، ش و نجفی، غ. ۱۳۸۵. بسط مفهومی توسعه پایدار. فصلنامه مدرس علوم انسانی. دوره ۱۰. شماره ۴.

۱۲. زندیه، م و پروردی‌نژاد، س. ۱۳۸۹. توسعه پایدار و مفاهیم آن در معماری مسکونی ایران. نشریه مسکن و محیط روستا. دوره ۲۹. شماره ۱۳۰.

۱۳. سازمان انرژی‌های نو ایران. ۱۳۹۷. از انرژی‌های نو چه می‌دانید؟. وب سایت.

۱۴. صادقی، ح و فتحی، م. ۱۳۸۸. فرهنگ، توسعه پایدار و محیط زیست. ماهنامه مهندسی فرهنگی. سال سوم. شماره ۲۹ و ۳۰.

۱۵. عمادیان‌رضوی، ز. ۱۳۸۵. ارزیابی عملکرد حرارتی جداره‌های خارجی (در ساختمان‌های مسکونی اقلیم گرم و خشک). پایان نامه کارشناسی ارشد معماری. دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی.

۱۶. قبادی، ب. ۱۳۸۱. راهکارهایی برای بهینه سازی مصرف انرژی در بخش ساختمان. مجموعه مقالات اولین همایش سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور.
۱۷. قیابکلو، ز. ۱۳۹۰. مبانی نظری فیزیک ساختمان۲، تنظیم شرایط محیطی. نشر جهاد دانشگاهی امیر کبیر. تهران.
۱۸. قیاسوند، ج. ۱۳۸۷. بررسی کاربرد انرژی‌های نو در طراحی معماری ساختمان های هماهنگ با محیط زیست و اقلیم و نقش آن در توسعه پایدار. دومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست. دانشگاه تهران.
۱۹. لکنر، ن. ۱۳۸۵. گرمایش، سرمایش، روشنایی. ترجمه محمدعلی کی‌نژاد و رحمان آذری. نشر دانشگاه تبریز. تبریز.
۲۰. مرتضایی، ن. ۱۳۹۰. بررسی دلایل عدم استفاده از انرژی خورشیدی در معماری ایران و ارائه راهکارها و طراحی یک نمونه موردی در تبریز. دانشکده معماری و شهرسازی تبریز.
۲۱. موسوی موحد، م. ۱۳۹۰. طراحی مسکن در اصفهان با رویکرد بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد معماری. دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر اصفهان.
۲۲. مهشواری، ش. ۱۳۷۸. توسعه پایدار و مدیریت دولتی در هند؛ مدیریت توسعه. انتشارات مرکز آموزش مدیریت دولتی. تهران.
۲۳. نادربیگی، م، لیتکوهی، س و نادری، الف. ۱۳۹۴. ساختمان‌های هوشمند و کاربرد انرژی‌های نو در توسعه پایدار. همایش ملی عمران و معماری با رویکردی بر توسعه پایدار. دانشگاه آزاد اسلامی واحد فومن و فشت، فومن.
۲۴. نربرت، ل، کی‌نژاد، م و آذری، ر. ۱۳۸۵. گرمایش، سرمایش، روشنایی، رویکردهای طراحی برای معماران. نشر دانشگاه هنر اسلامی تبریز. تبریز.
۲۵. نظرپور، ه، سیرنگ، س و جمالی‌فروز، ف. ۱۳۹۳. معماری پایدار با رویکرد بکارگیری انرژی خورشیدی. اولین همایش منطقه‌ای معماری، عمران، نقشه‌برداری.
۲۶. واتسون، د و کنت، ل. ۱۳۸۷. طراحی اقلیمی. نشر دانشگاه تهران. تهران.
۲۷. هیرمندی نیاسر، م. ۱۳۹۵. معماری و توسعه پایدار و رابطه آن با انسان و طبیعت. نشریه مطالعات هنر و معماری. سال دوم. شماره ۴ و ۵.
۲۸. یانگ، ت و برتون، ام پی. ۱۳۷۷. پایداری کشاورزی با تعریف و دلالت‌های آن در سیاست تجاری و کشاورزی. نشر موسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی وزارت کشاورزی. تهران.

منابع لاتین:

۱. Al-Tamimi, N. and Fadzil, Sh. ۲۰۱۱. *The Potential of Shading Devices for Temperature Reduction in High-Rise Residential Buildings in the Tropics*. International Conference on Green Buildings and Sustainable Cities. ۲۱.
۲. Capeluto, I.G. ۲۰۰۳. *Energy Performance of the Self-Shading Building Envelope*. Energy and Buildings. ۳۵.
۳. Shaffer, c et al. ۲۰۰۰. *A tale of three greenway trails: user perceptions related to quality of life*. Landscape And Urban Planning.