

فهرست مطالب

۱- مقدمه	۶
۲- توسعه پایدار	۸
۳- بیان نظری	۱۰
۳-۱- اصول کلی ساختمان سبز	۱۰
۳-۱-۱- طراحی سایت پایدار	۱۰
۳-۱-۲- صرفه‌جویی در مصرف آب و حفاظت از آن	۱۱
۳-۱-۳- کنترل انرژی و حفاظت از محیط‌زیست	۱۱
۳-۱-۴- کیفیت فضای داخلی ساختمان	۱۲
۳-۱-۵- حفاظت از منابع و مواد	۱۳
۳-۱-۶- مصالح و فناوری‌های ساختمان سبز	۱۳
۳-۲- ساختمان سبز و تاریخچه سیستم‌های رتبه‌بندی آن	۱۵
۳-۳- گواهی لید	۱۷
۳-۴- مبحث ۱۹	۲۰
۳-۵- بتن سبز	۲۹
۴- مزایای ساختمان سبز	۳۰
۴-۱- کاهش اثرات زیست محیطی	۳۰
۴-۲- هزینه ساخت و بازدهی	۳۱
۴-۳- مزایای زیست محیطی استفاده از خانه سبز	۳۱
۵- ایده طراحی سبز در معماری معاصر	۳۲
۶- مجموعه اصول طراحی و ساخت ساختمان "سبز"	۳۴

۳۷.....	۷- نقش دیوار سبز در پایداری معماری و شهرسازی
۳۹.....	۷- پیشینه تحقیق
۳۹.....	۷-۱- پیشینه خارجی
۴۵.....	۷-۲- پیشینه داخلی
۵۱.....	۸- شرایط فعلی ساختمان سبز در ایران
۵۳.....	۹- نمونه ساختمان‌های سبز در ایران
۶۳.....	۱۰- مدلسازی یک نمونه و نتایج
۶۳.....	۱۰-۱- فضای نمونه و روش حل
۶۷.....	۱۰-۲- مدلسازی
۶۸.....	۱۰-۳- نتایج مدلسازی
۷۲.....	۱۰-۴- نتیجه‌گیری مدلسازی
۷۳.....	۱۱- بررسی مصرف انرژی در یک ساختمان سبز نمونه و مقایسه آن با ساختمان‌های معمولی
۷۴.....	۱۱-۱- مساله مورد بررسی
۷۴.....	۱۱-۲- طراحی ساختمان در نرمافزار ای کوئست
۷۶.....	۱۱-۳- نتایج
۸۱.....	۱۱-۴- بحث و نتیجه‌گیری درباره نمونه مورد مطالعه
۸۳.....	منابع

فهرست اشکال

- شکل ۱-۲، اجزای خطوط سه‌گانه [۲]..... ۹
- شکل ۲، گواهینامه و امتیازات نظیر هر گواهینامه در آیین‌نامه لید..... ۲۰
- شکل ۳، شش نکته کلیدی گواهینامه..... ۳۵
- شکل ۴، نمودار صرفه جویی با LEED..... ۳۶
- شکل ۵، نمای کلی کشورهای عضو شورای جهانی ساختمان سبز..... ۵۳
- شکل ۶، ساختمان سبز یا انرژی صف مشکین‌دشت کرج..... ۵۴
- شکل ۷، برج‌های یادمان اردبیل..... ۵۶
- شکل ۸، برج‌های سبز کوثر مشهد..... ۵۸
- شکل ۹، برج‌های مرکز تجارت جهانی (منامه بحرین)..... ۶۰
- شکل ۱۰، برج رودخانه پرل (گوانجو چین)..... ۶۱
- شکل ۱۱، ساختمان مرکز تجاری سبز در هندوستان..... ۶۲
- شکل ۱۲، پلان فضای نمونه مورد بررسی..... ۶۴
- شکل ۱۳، نما و ساختار ۴ طرح: طرح ۱- ساختمان فاقد بام سبز و میان تالار، طرح ۲: ساختمان دارای پوشش بام سبز و فاقد میان تالار، طرح ۳: ساختمان دارای میان تالار و فاقد بام سبز، طرح ۴: ساختمان دارای بام سبز و میان تالار..... ۶۵
- شکل ۱۴، میزان بار مصرفی سالانه طرح‌های پیشنهادی..... ۷۰
- شکل ۱۵، کارآمدی طرح‌های پیشنهادی نسبت به طرح ۱..... ۷۰
- شکل ۱۶، بار گرمایش سالانه در طرح‌های مختلف..... ۷۱
- شکل ۱۷، بار سرمایش سالانه در طرح‌های مختلف..... ۷۱
- شکل ۱۸، نمای شماتیک ساختمان مورد بررسی در محیط نرم‌افزار ای کوئست..... ۷۶
- شکل ۱۹، مصرف انرژی الکتریکی در ساختمان به تفکیک ماه و موارد مصرف..... ۷۷

شکل ۲۰، میزان مصرف گاز به تفکیک ماه‌های سال و موارد مصرف ۷۷

شکل ۲۱، هزینه مصرف انرژی در ماه‌های مختلف سال در داخل ساختمان ۷۸

شکل ۲۲، میزان برق مصرفی در ماه‌های مختلف سال برای ساختمان دارای عایق ۷۹

شکل ۲۳، میزان گاز مصرفی در ماه‌های مختلف سال برای ساختمان دارای عایق ۸۰

شکل ۲۴، هزینه انرژی مصرفی در ماه‌های مختلف سال برای ساختمان شماره دو ۸۱

فهرست جداول

- جدول ۱، طرح‌های هندسه و ساختار ساختمان..... ۶۳
- جدول ۲، خواص ترموفیزیکی شیشه‌های به کار رفته در میان تالار و سایر پنجره‌ها..... ۶۶
- جدول ۳، ترتیب قرارگیری مواد به کار رفته در اجزای ساختمان..... ۶۶
- جدول ۴، جنس مصالح به کار رفته در ساختمان..... ۶۷
- جدول ۵، خواص فیزیکی بام سبز در تحقیق حاضر..... ۶۸

مصالح سبز دوستدار محیط زیست، قابل تجزیه به صورت زیستی، تجدیدپذیر و قابل بازیافت می باشند. هدف از کاربرد این مصالح در ساختمان های سبز کاهش آسیب آن بر روی محیط و منابع انرژی و طبیعت است، بنابراین استفاده معقول از منابع طبیعی و اصول اکولوژیکی و مدیریت مناسب ساختمان سازی به حفظ منابع طبیعی محدود و کاهش مصرف انرژی کمک می نماید. بنابراین با توجه به نقش پررنگ مصالح سبز در معماری پایدار به مقوله مصالح سبز پر کاربرد که شامل بتن سبز و همچنین مصالح هوشمند و مواد نانو هستند پرداخته می شود.

هدف معماران، طراحان، مهندسان و سازندگان، همگی ارائه طرح، فناوری و در نهایت اثری است که بتوانند تمامی ابعاد زندگی بشری را پوشش دهد و در دهه های اخیر با پیدایش مسئله بحران انرژی این کل نگرى گسترش یافته است و جنبه های محیطی، اقتصادی و تاریخی را نیز مد نظر قرار داده است. یقیناً اگر اثری بتواند در هر لحظه با توجه به نیازها خود را با امکانات و محدودیت ها هماهنگ سازد، هدف آرمانی بسیاری از رشته های درگیر برآورده می شود. در این حالت، اثر می تواند با بهترین بازده اقتصادی به صورت بهینه عمل کند. راه حل هایی برای کاهش مصرف انرژی و آب و وابستگی به منابع تجدید ناپذیر، به پدید آمدن جهانی پایدار نیز کمک می نماید. این موضوع خصوصاً در مورد معماری و رشته های ساختمانی بسیار ضروری است، چرا که ساختمان ها عامل تقریباً نیمی از انتشار گازهای گلخانه ای، مصرف انرژی، و مصرف مصالح خام در سراسر جهان بشمار می روند. از بدو تاریخ تاکنون بشر همواره ابتکاراتی در جهت سازماندهی محیط زیست اطراف خود برای رسیدن به نیازهای اولیه خود انجام داده است. او به دنبال خلق محیطی قابل زیست برای دستیابی به نیازهای فیزیکی و روحی خود بوده است. امروزه نیز با استفاده از مصالح جدید و کلیه امکانات تکنولوژیکی که از نظر اقتصادی، پرهزینه و از لحاظ زیست محیطی، آلوده کننده می باشند، مشاهده می شود که در مواردی، آن آسایش و آرامش فراهم نگردیده، کنه امروزه با روی کار آمدن معماری پایدار سعی بر حل این مشکلات است. در عصر حاضر نقش پر اهمیت معماری پایدار با معماری سبز در به کار بردن مصالح نوین

پلیمری که با فناوری هوشمند و نانو تهیه می‌شوند با رویکرد بهره‌برداری از منابع تجدیدپذیر به جای منابع تجدیدناپذیر در زمین حائز اهمیت است. معماری پایدار استفاده از مصالح سبز و قابل بازیافت عکس‌العمل منطقی در برابر مسائل و مشکلات به وجود آمده عصر صنعت به شمار می‌رود. مصالح ساختمانی نقش مهمی را در پایداری ایفا می‌کنند در واقع آنچه که ماهیت یک بنا را شکل می‌دهد مصالح هستند. مصالح سبز دوست‌دار محیط زیست، قابل تجزیه به صورت زیستی، تجدیدپذیر و قابل بازیافت می‌باشند. هدف از معرفی مصالح سبز قابل کاربرد در ساختمان‌های سبز با توجه شرایط محیطی کشور ایران، هماهنگی این نوع مصالح با معماری پایدار در جهت بهره‌برداری مناسب از منابع و انرژی، جلوگیری از آلودگی هوا و مطابقت آنها با محیط است. مصالح ساختمانی نقش مهمی را در پایداری ایفا می‌کنند در واقع آنچه که ماهیت یک بنا را شکل می‌دهد مصالح هستند.

در ساختمان‌های سبز مهمترین مساله، تضمین و تامین سلامت جسمی و روحی انسان‌هاست. ساختمان سبز می‌تواند آینده زمین را که به نظر رو به نابودی است نجات دهد و به نسل‌های بعد فرصت زندگی توأم با آسایش و آرامش دهد. ساختمان‌سازی سبز به طور آشکاری اثرات کوتاه مدت و بلند مدت منفی زیست محیطی را کاهش می‌دهد. یکی از مهمترین اهداف ساختمان سبز کاهش مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و الکتریکی و همچنین افزایش بازده انرژی ساختمان است.

استفاده از تکنولوژی‌های سبز در معماری ساختمان، موجب کاهش مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری حاصل از ظرفیت‌های موجود در محیط زیست می‌گردد. معماری سبز افزون بر نقش موثر اقتصادی، دوست‌دار محیط زیست بوده و قرابت به محیط زیست آسایش حرارتی و آرامش ساکنان ساختمان را نیز می‌تواند به همراه داشته باشد. از جمله این تکنولوژی‌ها که قدمتی تاریخی نیز در معماری کهن ایران دارد، می‌توان به بام‌های سبز و میان تالارها اشاره کرد. با توجه به زمان بر بودن محاسبات انرژی و کمیت‌های مرتبط در بازه‌های طولانی مدت ماهانه و سالانه، استفاده از نرم‌افزارها و مدلسازی این تکنولوژی‌ها مهم به نظر می‌رسد. در صورتی که مباحث مورد مطالعه در ساختمان، مرتبط با فضای خارجی ساختمان نیز باشد، شاید استفاده از مدلسازی

ناحیه‌ای لازم باشد و رویکرد میدانی برای تحلیل در بازه‌های زمانی دراز مدت پاسخگو نباشد. تاکنون مطالعات زیادی بر مدلسازی عددی و نرم‌افزاری حیات مرکزی، میان تالار و بام سبز صورت گرفته است.

۲- توسعه پایدار

واژه توسعه پایدار پس از اجلاس محیط‌زیست و توسعه در سال ۱۹۹۲ به صورت گسترده در ادبیات محیط‌زیست وارد گردید و در کلیه ابعاد اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و فنی مورد توجه و تاکید واقع شد. تعاریف متعددی از توسعه پایدار مطرح گشته است که عمدتاً بیانگر زوایای مختلف نگرش به این موضوع می‌باشد.

جامع‌ترین تعریف به صورت استفاده بهینه از کلیه منابع برای ارتقای سطح زندگی نسل امروز با حفظ حقوق نسل‌های آینده می‌باشد. حفظ منابع پایه تجدیدپذیر، استفاده بهینه از منابع تجدیدنپذیر، حفاظت از منابع اکولوژیک، جامع‌نگری در برنامه‌های توسعه از جمله دیدگاه‌ها در توسعه پایدار است [۱].

در سال ۱۹۹۸ الکینگتون^۱، نگاه عمیق‌تری را نسبت به مقوله پایداری ارائه می‌کند. او مفهوم خطوط سه گانه^۲ را ارائه می‌کند. این موضوع در شکل (۱) نمایش داده شده است. در این نگاه عملکرد اشیا علاوه بر بعد اقتصادی، در بعد زیست‌محیطی و اجتماعی نیز به حساب خواهد آمد. این‌ها سه محدوده‌ای هستند که مرتبط به مردم، زیست کره و سعادت هستند و معمولاً به عنوان سه پایه برای پایداری به حساب می‌آیند. اعتقاد بر این است که اگر در تصمیم‌گیری‌ها به طور متوازن این سه ناحیه لحاظ گردند، نتیجه حاصل یک راه‌حل پایدار خواهد بود [۲]. با وسعت بخشیدن به تفکر پایداری، صنعت ساختمان نیز در جستجوی مقصدی عمیق تر است. با کاربرد واژگان سبز و پایدار به صورت قابل جایگزینی است، این مفهوم در صنعت ساختمان هنوز وسیع و عریض است. با تبیین شاخصه‌ای طراحی پایدار برخی از متفکرین پیشرو درباره‌ی تفاوت‌های بین طراحی سبز و طراحی پایدار، نوشته‌اند. به طور خلاصه می‌توان گفت طراحی سبز، جزیی از طراحی پایدار به

¹ Elkington

² Triple Bottom Line

حساب می‌آید که در آن علاوه بر جنبه‌های زیست‌محیطی، شاخص‌های اجتماعی و اقتصادی نیز لحاظ شده‌اند [۲].



شکل ۲-۱، اجزای خطوط سه‌گانه [۲]

آنچه که متداول است، کاربرد یکسان این دو عبارت است که در اینجا نیز ساختمان سبز و ساختمان پایدار به صورت معادل یکدیگر به کار برده شده‌اند. به طور خلاصه می‌توان گفت، در نگرش توسعه پایدار، اصول ساخت‌وساز پایدار عبارتند از: کاهش استفاده از منابع، استفاده دوباره از منابع، استفاده از منابع قابل بازیافت، حفاظت از محیط‌زیست طبیعی، حذف مواد سمی، مبنا قرار دادن اقتصاد چرخه عمر و تمرکز بر کیفیت [۳].

در ایران سازمان حفاظت از محیط‌زیست سال ۱۳۵۰ تغییر نام داد و امور محیط‌زیستی را بر عهده گرفت و با هدف تحقق اصل ۵۰ قانون اساسی به منظور حفاظت از محیط‌زیست و بهره‌وری درست و مستمر از محیط‌زیست که همسو با توسعه پایدار باشد و به پیشگیری از ممانعت از تخریب و آلودگی زیست‌محیطی و حفاظت از تنوع زیستی کشور بیانجامد، شروع به کار کرد^۱.

کمیته ملی توسعه پایدار در شهریور ۱۳۷۲ با هدف سیاست‌گذاری و هماهنگی برنامه‌های توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور با ملاحظات حفاظت محیط‌زیست توسط شورای عالی حفاظت محیط‌زیست تشکیل شد.^۲ همچنین وزارت مسکن و شهرسازی، مرکز مطالعاتی و تحقیقاتی شهرسازی و معماری و مرکز تحقیقات

^۱ <http://www.irandoe.org>

^۲ <http://nscd.irandoe.org>

ساختمان و مسکن در راستای گسترش پایداری، در قالب پروژه‌های عمرانی سازمان ملل متحد از سال ۱۳۵۰ شروع به فعالیت‌های مفیدی نمودند.^۱

سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت نیز در راستای اجرای سیاست‌های استراتژیک کشور در بخش انرژی و بر اساس ماده ۱۲۱ قانون برنامه سوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران در راستای هدف صرفه‌جویی مصرف انرژی و کاهش مصرف بیش از حد استاندارد مصرف انرژی و حفاظت از محیط‌زیست و منابع کشور در سال ۱۳۷۹ تاسیس گردید. این سازمان توسط وزارت نفت تاسیس و شروع به کار کرد (سایت رسمی شرکت نفت)^۲.

۳- بیان نظری

۳-۱- اصول کلی ساختمان سبز

طراحی سایت پایدار، حفاظت و صرفه‌جویی در مصرف آب، کنترل انرژی و حفاظت محیط‌زیست، کیفیت فضای داخلی ساختمان و حفاظت از منابع و مواد، اصول کلی هر ساختمان سبزی می‌باشد که در ادامه به طور مختصر شرح داده شده است.

۳-۱-۱- طراحی سایت پایدار

منظور از طراحی سایت پایدار، به حداقل رساندن پراکندگی شهری و تخریب زمین‌های با ارزش است تشویق به بالا بردن توسعه تراکم شهری، بازسازی شهر و توسعه استفاده از (برون فیلد^۳ - زمین بی‌استفاده حاصل از کارخانه‌های صنعتی و تجاری که می‌تواند دوباره تمیز و استفاده شود) به عنوان وسیله‌ای برای حفظ فضای سبز، از جمله راهکارهای طراحی سایت پایدار است. این اصل، هنگامی که توسعه جدید اجتناب‌ناپذیر است، برای حفاظت از مکان‌هایی که نقشی کلیدی در ناحیه‌ی زیست‌بوم ایفا می‌کنند، کارآمد می‌باشد. از دیگر

^۱ www.mhud.gov.ir

^۲ <http://www.ifco.i>

^۳ brownfield

راهکارهایی که این اصل در طراحی ساختمان سبز پیشنهاد می‌کند عبارتند از: ارزیابی هر مکان با توجه به قوانین محلی و جهت‌گیری مناسب ساختمان به منظور استفاده بهینه از انرژی خورشیدی و روشنایی طبیعی و نسیم یا باد طبیعی برای تهویه، به حداکثر رساندن استفاده از سطوح قبلی و استفاده از بام‌هایی با رنگ روشن، فراهم کردن سایه‌های طبیعی از ساختمان‌ها و مناطق سنگ فرش شده با درختان و دیگر مناظر ترکیبی، حفظ و احیای زیست‌بوم‌های طبیعی منطقه و استفاده از درختان مقاوم در برابر خشکسالی، کاهش آلودگی نور در شب با اجتناب از روشن‌سازی بیش از حد مکان.

۳-۱-۲- صرفه‌جویی در مصرف آب و حفاظت از آن

در طراحی مکان باید به حفظ چرخه‌ی آب موجود توجه نمود، این طراحی باید به نحوی باشد که با طبیعت مکان قبل از توسعه‌ی سیستم‌های هیدرولوژیکی سازگاری داشته باشد. یک خانه‌ی سبز استفاده‌ی غیرضروری و ناکارآمد از آب آشامیدنی در محل را به حداقل و بازیافت و استفاده‌ی دوباره از آب را به حداکثر می‌رساند. در این راستا افزون بر استفاده از فناوری‌های جدید ساختمان سبز، به حفظ پوشش‌های گیاهی و درختان که نقشی حیاتی در چرخه‌ی آب ایفا می‌کنند، توجه شده است. همچنین باید حفاری خاک را به حداقل رساند، چراکه خاک به حالت طبیعی و غیرمترکم سودمند است و می‌تواند نقش به‌سزایی در جذب و ذخیره‌ی آب باران تا ۸۰ درصد توسط پوشش گیاهی و یا سیستم آبی زیرسطحی زمین داشته باشد. برداشت، پردازش و بازیافت آب باران و سیلاب و شناسایی راه‌های استفاده‌ی مناسب آن‌ها در ساختمان از دیگر راهکارهای حفاظت و صرفه‌جویی آب می‌باشند.

۳-۱-۳- کنترل انرژی و حفاظت از محیط‌زیست

با توجه به اهمیت انرژی و محیط‌زیست، باید روش‌هایی جهت کنترل و کاهش انرژی مصرفی و آلودگی ناشی از آن در نظر گرفت. در این راستا در طراحی یک خانه‌ی سبز روش‌هایی به کار می‌روند که عبارتند از: به حداقل رساندن اثرات منفی روی محیط (هوا، آب، زمین و منابع طبیعی) از طریق بهینه‌سازی مکان

ساختمان، استفاده از اقدامات حفاظت انرژی (آی ای سی)^۱، بهینه سازی در جهت گیری های ساختمان، طراحی و کنترل رنگ های داخلی به منظور به حداکثر رساندن استفاده از روشنایی طبیعی که به طور قابل ملاحظه ای مصرف نور مصنوعی را کاهش می دهد، استفاده از فناوری های پیشرفته ی پوشش ساختمان، مانند صفحه ی عایق سازه ای (اس ای پی)^۲ و عایق بتنی (ای سی اف)^۳ طراحی مدارها و حسگرها به طوری که در قسمتی از سازه، زمانی که روشنایی روز کافی است، چراغ های روشنایی خاموش شود و استفاده از گرمای بازیافته از هواکش ها و فناوری پمپ حرارتی زمین گرمایی. رعایت موارد فوق می تواند کاهش حدود ۴۰ درصد در مصرف انرژی را به همراه داشته باشد.

۳-۱-۴- کیفیت فضای داخلی ساختمان

جهت افزایش آسایش و سلامت ساکنان خانه ی سبز، راهکارهایی برای بهبود کیفیت فضای داخلی ساختمان پیشنهاد شده است. این اصل به معنای طراحی ساختمانی است که حاصل بهترین وضعیت ممکن از کیفیت داخلی هوا، تهویه، فرآیندهای گرمایی و دسترسی به تهویه ی طبیعی در روشنایی روز و کنترل صوتی محیط شنوایی می باشد. در طراحی ساختمان باید به بیشینه کردن استفاده از روشنایی طبیعی و نیز تهویه ی مناسب در فضای داخلی توجه شود. نصب فیلتر هوا و استفاده از سیستم (اچ وی آ سی)^۴، طراحی نمای ساختمان متناسب با شرایط زیست محیطی که تأثیر به سزایی در کنترل حرارت، صوت و رطوبت دارد و پاسخگوی تغییر فصلی آب و هوا باشد، استفاده از مصالح و پاک کننده هایی که مواد مضرى مانند (وی او سی)^۵ را منتشر نمی کنند. همگی راهکارها و روش هایی جهت افزایش کیفیت فضای داخلی ساختمان می باشند.

¹ International Electrotechnical Commission

باشد. IEC نتیجه ی عملکرد ساختمان باید در سطح انطباق ۴۰-۳۰ درصد یا بیشتر با کد انرژی بین المللی

² Structural Insulated Panels

³ Insulated Concrete Forms

⁴ Heating, Ventilation, and Air Conditioning

⁵ Volatile organic compound

۳-۱-۵- حفاظت از منابع و مواد

به منظور حفاظت از منابع موجود، لازم است استفاده از مواد تجدیدناپذیر در ساخت‌وساز را به حداقل و در مقابل استفاده از مواد بازیافتی به صورت‌های مختلف، مانند کامپوزیت را به حداکثر رساند. شناسایی راه‌هایی برای کاهش میزان زباله‌های ساخت‌وساز، استفاده از مواد مبتنی بر محیط‌زیست، مانند انواع مختلف روکش و یا عایق ساخته شده از زباله‌های کشاورزی و محصولات جانبی از جمله نی، گندم، جو، استفاده از چوب و فرآورده‌های چوبی از جنگل‌های تأیید شده که مدیریت برداشت چوب در آن‌ها بر شیوه‌های توسعه‌ی پایدار استوار است، از جمله راه‌هایی است که می‌تواند در این راستا کاربرد داشته باشد. همچنین ارزیابی توانایی فرآورده‌ها و فناوری‌های استفاده شده برای بازیافت خود می‌تواند مفید واقع شود. علاوه بر موارد بالا کاربرد مواد محلی و بومی توصیه می‌شود، چراکه موجب حمایت از اقتصاد منطقه‌ای می‌گردد و با کاسته شدن از هزینه‌ی حمل‌ونقل، کاهش مصرف انرژی و کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای را در پی خواهد داشت.

۳-۱-۶- مصالح و فناوری‌های ساختمان سبز

در یک ساختمان سبز از فناوری‌ها و مصالحی استفاده می‌شود که علت اصلی تفاوت آن با ساختمان‌های معمولی و کارایی بالای آن محسوب می‌شود. همین فناوری‌ها هستند که سبب افزایش هزینه‌ی اولیه می‌شوند. در اینجا تنها تعدادی از مصالح و فناوری‌های مورد استفاده در ساختمان سبز آورده شده است. بتن عایق (ای سی اف)^۱، صفحه‌های عایق سازه‌ای (اس ای پی اس)^۲، گرمایش ژئوترمال (حلقه‌ی بسته و حلقه‌ی عمودی)، پمپ حرارتی با منبع هوایی، گرمایش به صورت تشعشع از کف، هواکش‌های بازیاب‌کننده‌ی انرژی^۳، آب گرم ناشی از تابش خورشید برای استفاده‌ی خانگی، سیستم‌های قدرت، سرویس‌های فتوولتائیک^۴، آب گرم‌کن‌های مبنی بر تقاضا^۵ فلاش تانک‌های سرویس‌های بهداشتی دوگانه^۶، سرویس‌های بهداشتی با جریان آب کم،

¹ Insulated Concrete Forms

² structural insulated panel

³ Energy Recovery Ventilators

⁴ Photovoltaic

⁵ On-Demand Water Heaters

⁶ Dual Flush Toilets

شیرهای با صرفه‌جویی در مصرف آب، ایستگاه‌های کنترل رطوبت، فوم عایق، رنگ با ترکیب‌های آلی، سمی و فرار پایین، استفاده از لامپ‌های ال ای دی به منظور روشنایی، لامپ‌های فلورسنت، فرش نمودن با روش پی ای تی^۱، کفپوش چوب پنبه‌ای^۲، کفپوش چوبی لیپتوس^۳، کفپوش بامبو^۴، سیستم آبیاری با آب باران، منظر یا نمای بومی، تست و اندازه‌گیری مقدار هوای ورود و خروج (کنترل فشار هوا) روی در، تست نشت داکت (مسیر عبور لوله‌ها و ...)، بتن متخلخل یا اسفنجی^۵، استفاده از بتن کم کربن^۶، عایق‌های ساخته شده از قارچ و سیمان سبز اکوسم [۴].

اگر ما به ساختمان‌های بومی نگاهی بیندازیم، خواهیم دید که آن‌ها در سازگاری و استفاده از مصالح محیط و آب‌وهوای خود بسیار حرفه‌ای عمل می‌کردند.

در طول زمان، در تمدن‌ها ساختمان‌ها و ساختارهای شهری و مکان‌های مقدس که به نوعی محل تجمع و شکل تمدن‌ها بوده در ساختار توسعه شهری نقش مهمی داشته است.

در قرن بیستم بشر با دستیابی به علوم جدید و ابزارهای دقیق و پیشرفت در علوم شیمی به ساختار مصالحی بیشتر و بهتر دست یافت که در عرصه ساخت و ساز خود دلیل مهمی برای پیشرفت بود و این باعث تغییر ساختار ساختمان‌ها و محیط‌های انسانی گردید.

تغییر در فن‌آوری‌های جدید در همه عرصه‌های رفاهی داخلی و خارجی از جمله هواسازها وسایل‌ها گرمایشی و سرمایشی، نور، شیشه‌ها، آسانسورها و تکنولوژی در انرژی باعث رشد روزافزون ساخت‌وساز و بی‌توجهی به محل و محیط‌زیست گردید که این امر باعث تغییرات زیست‌محیطی شد.

¹ PET - Paving Electric technology

² Crok

³ Lyptus

⁴ Bamboo

⁵ Pervious Concrete Driveway

⁶ Low Carbon Concrete (LCC)

در دهه ۷۰ میلادی، بحران نفت و سایر انرژی‌های فسیلی باعث گردید که نگرشی تازه به استفاده از انرژی‌های تجدیدناپذیر صورت گیرد و مهندسان و طراحان استانداردهای جدید برای ساخت‌وساز تعریف کنند. اولین موسسه ساختمان سبز در اوایل دهه‌ی ۱۹۹۰، با گروهی از معماران در آمریکا، برای طراحی سبز ساختمان‌ها شروع به کار کرد، و زحماتشان بیانگر هر چه بیشتر نگرانی و اهمیت انرژی و محیط‌زیست بود [۵].

۳-۲- ساختمان سبز و تاریخچه سیستم‌های رتبه‌بندی آن

ساختمان‌های سبز در واقع ساختمان‌هایی هستند که نسبت به ساختمان‌های سنتی که طی سه دهه‌ی گذشته ساخته شده است، تاثیر کمتری بر محیط طبیعی می‌گذارند.

به طور کلی، ساختمان سبز ساختمانی است که به منظور حفظ و نگهداری انرژی یا آب، بهبود کیفیت هوای داخلی ساختمان، استفاده از مواد پایدار، بازیافتی یا استفاده شده، و تولید زباله کمتر در فرآیند ساخته یا بازسازی شده است. این امر ممکن است شامل خرید وسایل انرژی کارآمد و یا استفاده از مواد و مصالح ساختمانی خاصی باشد که در حفظ هوای سرد و گرم در داخل ساختار کارآمدتر می‌باشند.

سیستم‌های ارزیابی ساختمان‌های سبز تاریخ کوتاهی در دنیا دارند. بحران انرژی سال‌های دهه ۱۹۷۰، بودجه فرصت‌های تحقیقاتی برای معماران پیشرو، فعالان محیط‌زیست، و مهندسان را فراهم کرد تا به مطالعه راه‌حل‌های تکنولوژیک و سیستم‌های بهره‌وری انرژی بپردازند. صرفه‌جویی در مصرف انرژی در ساختمان‌ها از نخستین پاسخ‌ها به مشکلات زیست‌محیطی در این بخش بود و دیگر جنبه‌های پایداری به تدریج توجه آن‌ها را برانگیخت.

اولین سیستم ارزیابی ساختمان‌های پایدار در جهان بریم^۱ (موسسه تحقیقات روش ارزیابی زیست-محیطی ساختمان) بود که در سال ۱۹۸۸ در انگلستان توسط موسسه تحقیقات ساختمان (بی ار ای^۲) ایجاد

^۱ BREEAM

^۲ BRE

شده بود و در سال ۱۹۹۰ راهاندازی شد. که پس از آن، بیش از ۹۰۰ سیستم امتیازبندی مختلف برای زیرساخت‌های پایدار در سراسر جهان شناخته شد.

تاریخچه توسعه سیستم‌های رتبه‌بندی در ایالات متحده آمریکا به طور خاص مهم است زیرا که در تدوین سیستم‌های ارزیابی پایداری، این کشور در حال حاضر نقش پیشرویی دارد:

در سال ۱۹۷۳، کمیته انرژی انجمن معماران آمریکا تاسیس شد. تمرکز کمیته، ساختمان‌هایی با صرفه‌جویی در مصرف انرژی بود و پس از آماده کردن تحقیقات متعددی در این مورد، این کمیته تلاش کرد تا دولت وقت را متقاعد به استفاده از نتایج تحقیقات به عنوان ضوابط انرژی در ساختمان‌ها کند. چند سال پس از آن، وزارت انرژی با مسئولیت صرفه‌جویی در مصرف انرژی و حفاظت از محیط‌زیست تاسیس شد.

در سال ۱۹۹۳، اولیه شورای ساختمان‌سازی سبز ایالات متحده (یو اس جی بی سی^۱) که موسسه‌ای غیردولتی بود، شکل گرفت و به عنوان ائتلافی از سازمان‌های مختلف مربوط به ساخت‌وساز و به ویژه انجمن معماران آمریکا (ای آی ای^۲) تشکیل شد.

در سال ۱۹۹۶، نسخه کانادایی بریم در مورد ساختمان‌های موجود منتشر شد. این ابزار برای کشور کانادا طراحی شده بود و گرین گلوبز نام‌گذاری شد.

در سال ۱۹۹۸، اولین نسخه از لید^۳، معروف‌ترین سیستم ارزیابی در دنیا، توسط شورای ساختمان‌سازی سبز آمریکا، برای ساخت‌وسازها جدید (لید - ان س^۴) که بر اساس سیستم بریم طراحی شده بود، معرفی شد.

در سال ۲۰۰۰، نسخه دوم از لید برای استفاده عمومی راهاندازی شد.

در سال ۲۰۰۲، گرین گلوبز برای ساختمان‌های موجود به صورت آنلاین در انگلستان راهاندازی شد.

¹ USGBC

² AIA

³ LEED

⁴ LEED-NC

در سال ۲۰۰۳، نسخه دوم لید عمومی برای اولین بار به بناها رتبه اعطا کرد.

لید تنها سیستم ارزیابی است که در طی ۱۰ سال گذشته، ۹ نسخه متفاوت برای: بناهای جدید، بناهای موجود، معماری داخلی بناهای تجاری، هسته و نماها، مغازه‌ها، مدارس و دانشگاه‌ها، خانه‌ها، مراکز بهداشتی، و واحدهای همسایگی، طراحی کرده است. این سیستم تا پایان سال ۲۰۱۲ علاوه بر آمریکا در ۱۳۰ کشور دیگر دنیا پروژه‌ای نام‌نویسی شده دارد.

۳-۳- گواهی لید

با استفاده از معیارهایی باید بتوان مقایسه‌ای بین عملکرد یک ساختمان با دیگر ساختمان‌های مشابه آن انجام داد. در واقع باید مقایسه‌ای میان داده‌های مصرف انرژی با شاخص‌ها و استانداردهای ارائه شده، قابل اندازه‌گیری باشد تا بتواند توانایی‌های عملکردی ساختمان را به ما نشان دهد.

این مقایسات توسط سیستم‌های امتیازدهی انجام می‌شود و هدف سیستم‌های امتیازدهی نشان دادن عملکرد ساختمان است.

در سراسر جهان سیستم‌های امتیازبندی مختلفی وجود دارد که برای سازمان‌های اداری، مسکونی و تجاری طراحی شده‌اند، قطعا هدفی برای توسعه آتی سامانه رتبه‌بندی در سازمان‌هایی با اهداف ویژه همچون مدارس، بیمارستان و غیره در نظر گرفته شده است.

در همه جای جهان بخصوص آمریکا ساخت‌وسازهایی با توجه به گواهی لید که توسط انجمن ساختمان - های سبز آمریکا تنظیم شده و همه شاخص‌های آن بر دو اصل اقتصادی بهتر و محیطی سالم‌تر، در ۵ گروه بررسی می‌شود.

ابتکار و طراحی

به حداکثر رساندن امکانات برای انتخاب جامع و مقرون به صرفه طراحی سبز و استراتژی‌های ساخت و ساز که با به کار بردن روش‌های خاص طراحی، شاخص‌های خاص منطقه‌ای، سطوح نمونه و الگوی عملکرد و اندازه‌گیری‌هایی که در حال حاضر در سیستم رتبه‌بندی منظور نشده است.

محیط و سایت پایدار

ساختمانی سبز گفته می‌شود که سازکاری سالم با طبیعت و دوستی با محیط‌زیست داشته باشد و کمتر خدشه‌ای به محیط‌زیست و اکوسیستم مجاور خود بزند در هنگام انتخاب محل ساخت ساختمان علاوه بر توجه به ساختار شهری ساختار محیط‌زیستی را باید در نظر گرفت و این امر باعث می‌شود که از وارد کردن آسیب برای تسهیلات و و متریا‌های خارج از سایت کم شود بجای آن استفاده از محیط اطراف و منجر به کاهش جزایر گرمایی و محیطی می‌گردد.

استفاده از آب

در ساختمان‌های سبز آب بخش بسیار مهمی است و با انجام یکسری دستور عمل می‌توان از هدر رفتن آب مصرفی جلوگیری کرد در ساختمان سبز کلیه آب‌ها را تا آنجایی که می‌شود دوباره استفاده می‌کنند. در بخش اتمسفر و انرژی کمیسیون‌های بنیادی از نظر ساخت‌وساز در کلیه مراحل طراحی، ساخت و اجرا بیمه می‌کنند که این ساختمان‌ها کمترین میزان استفاده از انرژی را دارند و همچنین کمترین میزان گازهای سمی را تولید می‌کنند و یا در ساخت و ساز از آن‌ها استفاده نمی‌شود. این تاییده زمانی داده می‌شود که بهترین استفاده از انرژی و انرژی‌های تجدیدپذیر شده باشد و هم از طرفی این ساختمان‌ها به کمترین میزان هدردهی انرژی رسیده باشند.

مواد و مصالح

در این بخش از موارد و مصالحی استفاده‌ی شود که کمترین آسیب را به محیط اطراف و همچنین محیط‌زیست وارد می‌کند و استفاده از مواد و مصالحی که دارای چرخه طبیعی و بازگشت‌پذیری باشند توصیه می‌شود مصالحی که سازگار با محیط بومی بوده نیز بسیار کارآمد است این گواهی به ساختمان‌های داده می‌شود که مصالحی که در ساختمان یا محیط قبلی سایت بوده است را دوباره قابل استفاده کرده و به کار ببرند.

کیفیت فضاهای داخلی

ساختمان سبز دارای آرامش خاصی از ترکیب نور هوا آرامش طبیعی به دور از شلوغی و آلودگی‌های برای ساکنین آن به ارمغان دارد. این گواهی زمانی داده می‌شود که گازهای سمی به ویژه دی اکسید کربن در فضاهای داخلی به حداقل رسیده باشد و خود ساختمان نیز برای تامین اسایش و تسهیلات خود آن‌ها را تولید نکند.

سامانه رتبه‌بندی لید، جهت امتیازدهی به ساختمان‌ها از ۶ بخش اصلی تشکیل شده که در زیر آمده است:

- محل پروژه پایدار
- بازده آب
- انرژی و جو
- مصالح و منابع
- کیفیت‌های داخلی
- ابتکار و طراحی

سازه‌ها بر اساس سطوح ذیل تعیین صلاحیت شده و به آن‌ها گواهی مربوطه ارائه می‌شود:

تایید شده: ۴۰ تا ۴۹ امتیاز

نقره‌ای: ۵۰ تا ۵۹ امتیاز

طلایی: ۶۰ تا ۷۹ امتیاز

پلاتینیوم: ۸۰ امتیاز به بالا



	LEED NC	LEED 2009
Certified	26-32 points	40-49 points
Silver	33-38 points	50-59 points
Gold	39-51 points	60-79 points
Platinum	52 + points	80 - 110 points
Total Possible	69 points	110 points

Credit: US Green Building Council

شکل ۲، گواهی‌نامه و امتیازات نظیر هر گواهی‌نامه در آیین‌نامه لید

۳-۴- مبث ۱۹

با گذشت چندین سال از تصویب مبث ۱۹ مقررات ملی ساختمان و تکلیف سازندگان به اجرای آن، اما هنوز این مبث در ساخت‌وسازها رعایت نمی‌شود و صاحب نظران، مشکل اساسی در مسیر اجرای مبث ۱۹ و رعایت الزامات صرفه‌جویی در مصرف انرژی را وجود نهادهای مختلف در این صنعت عنوان می‌کنند.

اگرچه شهرداری‌ها به عنوان متولی صدور پایان کار ساختمان، تاکنون اجباری در رعایت مبث ۱۹ مقررات ملی ساختمان در ساخت‌وسازها نداشته و حتی به ساختمان‌های فاقد مبث ۱۹ پایان کار داده است،

اما اینکه سازمان‌های نظام مهندسی در زمینه کاهش مصرف انرژی و به حداقل رساندن آن در ساختمان‌ها تا چه حد اثرگذار بوده و ایفای نقش کرده‌اند، پرسشی است که صاحب نظران در پاسخ به آن معتقدند: «به طور کلی نه سازمان‌های نظام مهندسی و نه شهرداری‌ها در حوزه مصرف انرژی در صنعت ساختمان، تا به امروز نتوانسته‌اند موفقیت‌های خاصی را کسب کنند.»

بر همین اساس، طبق آمار مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان مرتبط با بحث کاهش و بهینه‌سازی مصرف انرژی، تاکنون تنها در حد بسیار ناچیزی در کشور اجرا شده و طبق اعلام مسئولان ذیربط درصدی که از مبحث ۱۹ در ساخت‌وسازها رعایت می‌شود، تک رقمی است. این معضل نشان می‌دهد که نهادهای مسئول در این حوزه، بیشتر در بخش کاهش و بهینه‌سازی مصرف انرژی حرف زده‌اند و به هیچ وجه نتوانسته‌اند اقدام عملی در این بخش انجام دهند.

حال در شرایطی که سالیان سال است در دیگر کشورها به سوی احداث ساختمان‌های سبز و یا ساختمان‌های دارای حداقل مصرف انرژی گام برداشته‌اند و به طور جدی و اجباری هم دولت‌ها و هم سازندگان مسکن در این مسیر حرکت می‌کنند، جای تاسف است که در کشور ما هنوز مقررات حداقلی برای بهینه‌سازی مصرف انرژی رعایت نمی‌شود.

از طرفی مردم و حتی سازندگان، هیچ‌گونه آشنایی با مقوله ساختمان سبز ندارند و کسانی هم که در این خصوص مطالبی را شنیده‌اند، ساختمان سبز یا ساختمان دارای مصرف انرژی صفر را نه به عنوان یک الزام، بلکه در قالب یک پدیده لوکس به حساب می‌آورند که گویا نیاز چندانی هم برای توجه به آن در ساخت‌وسازها احساس نمی‌شود.

برخی از صاحب نظران بر این باورند که احداث ساختمان‌های سبز در کشور جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی، آنچنان هم مسئله پیچیده‌ای نیست و این ساختمان‌ها بر اساس آن دسته از قوانین و استانداردهای بین‌المللی احداث می‌شود که ایران هم از آن‌ها تبعیت می‌کند؛ لذا در صورتی که قوانین موجود در بخش ساخت‌وساز یکپارچه‌سازی و بر اساس آن‌ها ساختمان سبز تعریف شود، ساخت آن‌ها در کشور امکان‌پذیر است.

اما در مقابل گروه دیگری از کارشناسان بر این باورند که با توجه به ظرفیت و پتانسیل کشور در بخش اجرا و تخصص، احداث ساختمان‌های سبز آنطور هم که تصور می‌شود، ساده و آسان نیست. چرا که ساختمان‌های سبز باید در همه ابعاد در اوج قرار داشته باشند و ساخت این ساختمان‌ها باید با آخرین تکنولوژی‌های نوین در حوزه صنعت ساختمان همراه باشد. همچنین ساختمان‌های سبز قطعاً باید دارای حداقل پرت انرژی از لحاظ برودتی و حرارتی بوده و در عین حال مصالح به کار رفته در آن‌ها باید بسیار خاص و نوین باشد. ضمن اینکه این خانه‌ها باید از لحاظ سازه‌ای و معماری نیز باید با آخرین دیدگاه‌ها و دانش روز در این بخش همراه باشد.

با این اوصاف به عقیده این افراد، در شرایطی که در کشور ما هنوز مقررات ملی ساختمان به عنوان حداقل خط قرمز برای حوزه صنعت ساختمان و ساخت‌وسازهای شهری در اقصی نقاط کشور و در بسیاری از مناطق شهری اجرایی نمی‌شود و در زمینه اجرای آن با مشکلات و موانع متعددی مواجه هستیم، بحث احداث ساختمان سبز در کشور آرمانی و ایده‌آل‌گرایانه است.

آن‌ها معتقداند: «در حالی که ما در اجرای مقررات ملی ساختمان به عنوان حداقل‌ها به دلایل مختلف، دچار مشکل هستیم، اکنون چگونه می‌توانیم این شیوه ایده‌آل ساخت‌وساز را به عنوان ساختمان‌های سبز در حوزه صنعت ساختمان تعریف کنیم؟»

بر این اساس، می‌توان گفت که اگر همه بخش‌های دست‌اندرکار و ذیربط بسیج شوند، شاید بتوان نمونه‌هایی از خانه‌های سبز را در کشور احداث کرد، اما به یقین این موضوع به صورت فراگیر نخواهد بود و به یک فرهنگ در بخش ساخت‌وسازها تبدیل نمی‌شود. چون با توجه به نوع سیاستی که در حوزه صنعت ساختمان کشور حاکم است، در حال حاضر تحقق این مسئله امکان‌پذیر نیست.

از سوی دیگر، کارشناسان یکی از ضعف‌های موجود در این زمینه را نبود نوگرایی و خلاقیت در طراحی ساختمان‌هایی می‌دانند که از نظر مصرف انرژی در سطح بسیار پایینی باشد. بر همین اساس در این بخش

نقش سازمان نظام مهندسی را به عنوان یک نهاد حرفه‌ای و تخصصی که جمع‌کثیری از مهندسان رشته‌های هفت‌گانه را تحت پوشش قرار داده است، نباید نادیده گرفت.

با این حال شواهد حاکی از آن است که مهندسان عضو این سازمان در این مورد خاص هم راه به جایی نبرده‌اند و برای بهبود این وضعیت در سازمان‌های نظام مهندسی، راهکاری که مسئولان این نهاد به آن اشاره می‌کنند، ارتقای سطح مهندسان است.

به گفته این کارشناسان، در حوزه تحصیلات دانشگاهی مرتبط با طراحی در صنعت ساختمان به طور قطع باید دوره‌های آموزشی تکمیلی و متمم برای ارتقای سطح فارغ‌التحصیلان برگزار شود و در عین حال برگزاری این دوره‌ها برای مهندسان عضو سازمان نظام مهندسی نیز الزامی است.

بنابراین در این زمینه دو آیت‌م مطرح است؛ یعنی تجمیع مباحث تئوری که در بخش‌های تخصصی اعم از سازه، تاسیسات، معماری که به مهندسان جوان ارائه می‌شود، با آموزش‌های نوینی که باید به مهندسان ارائه شود. برای مثال مهندسان می‌توانند نحوه طراحی ساختمان‌های بلندمرتبه یا برج‌ها در ایران چه از لحاظ سازه‌ای و چه از لحاظ تاسیساتی را از طریق دروس دانشگاهی بیاموزند و در حوزه صنعت ساختمان، وقتی در عرصه عمل وارد می‌شوند، با رعایت و اجرای مقررات ملی مربوطه و استفاده از تجارب موجود در این بخش، می‌توان مهندسان را برای طراحی ساختمان‌های با طراحی مدرن و موثر در بهینه‌سازی مصرف انرژی آماده کرد.

درمجموع آموزش‌های خاصی برگرفته از دروس و مباحث دانشگاهی به عنوان اطلاعات اولیه و نیز آموزش مباحث تجربی توسط افراد مورد تایید برای ارتقای سطح طراحی مهندسان لازم است تا با دسترسی به این مجموعه‌ها بتوانند به عنوان یک طراح و محاسب نوگرا در رشته‌های هفت‌گانه به خصوص معماری، عمران، برق و مکانیک وظیفه اصلی خود را انجام دهند و در کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های ایفای نقش کنند.

عوامل مختلفی از جمله استاندارد نبودن ساختمان‌ها در کشور، عدم به‌کارگیری مصالح و تجهیزات ساختمانی عایق و مؤثر در کاهش اتلاف انرژی در یک ساختمان سبب شده که اکثر ساختمان‌های کشور بزرگ‌ترین منبع اتلاف انرژی باشند و فاقد ضوابط فنی شناخته شده برای جلوگیری از اتلاف انرژی محسوب شوند.

نکته مهم در این بین آن است که رعایت مقررات ملی ساختمان به‌خصوص رعایت مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان می‌تواند این مشکلات را به راحتی حل کند. البته در این صورت علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف سوخت ساختمان‌ها و جلوگیری از اتلاف انرژی بخش خانگی و تجاری به میزان قابل توجه که از اهداف اصلی آن است، کاهش آلودگی هوا و رسیدن به سطح آسایش مناسب و استفاده از مصالح و تجهیزات ساختمانی نوین و استاندارد را نیز به همراه خواهد داشت. براساس ماده ۳۳ قانون نظام مهندسی کشور مسئولیت نظارت عالیه بر اجرای ضوابط و مقررات ملی ساختمان در طراحی و اجرای تمام ساختمان‌ها بر عهده وزارت مسکن و شهرسازی است.

برای تحقق اهداف مشخص شده در این ماده وزارت مسکن مقررات ملی را در بیست مبحث منتشر کرد که مبحث ۱۹ آن مربوط به صرفه‌جویی در مصرف انرژی در ساختمان است.

مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان در سال ۱۳۷۰ به تصویب هیأت وزیران رسید و اجرای آن در ساختمان‌های کشور الزامی شد اما به دلیل اجباری نشدن این مبحث در ارگان‌های قانونی، سیستم کنترل و نظارت قانونی برای اجرای این مبحث در طول این چند سال در شهرداری‌ها، وزارت مسکن و شهرسازی یا هر نهاد مرتبط دیگر وجود نداشته و استفاده انبوه‌سازان و به تقریب تمام دست‌اندرکاران ساختمان و حتی ساختمان‌های دولتی از این مقررات در ساختمان‌ها به صورت سلیقه‌ای و بسیار محدود و انگشت شمار بوده است.

این مبحث چندین بار بازنگری شده که آخرین آن در سال ۱۳۸۱ بوده و بعد از بازنگری، چاپ و به تمام ارگان‌های کشوری ابلاغ شده است.

در حال حاضر اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان برای همه ساختمان‌های دولتی اجباری است و اجرای آن برای همه ساختمان‌های بخش خصوصی واقع در تهران و شهرهای تابع از سال ۱۳۸۴ اجباری شده و برای ساختمان‌های واقع در سایر شهرها و استان‌ها مطابق برنامه زمان‌بندی الزامی است. علاوه بر ساختمان‌های در حال احداث، بخش عمده‌ای از مصرف انرژی در بخش ساختمان و مسکن مربوط به ساختمان‌های موجود و قدیمی است که به طور عموم بین ۴۰ تا ۶۰ درصد اتلاف انرژی دارند. راهکارهای اجرایی و با صرفه اقتصادی که در ساختمان‌های موجود بتواند اتلاف انرژی را کاهش دهد، با ممیزی انرژی ساختمان مشخص می‌شود.

در کنار آن، یکی دیگر از مهم‌ترین راه‌های اتلاف حرارت که هم در ساختمان‌های قدیمی و هم در ساختمان‌های جدید مورد بحث است، نفوذ هوای بیرون به داخل ساختمان‌ها از طریق منافذ است.

این عمل وقتی اتفاق می‌افتد که هوای گرم بالا می‌رود و هوای سرد از راه درزها به ساختمان نفوذ می‌کند و بنابراین باعث افزایش مصرف سوخت در ساختمان به منظور جبران افت دما می‌شود. وجود نورگیرها، سقف‌های بلند و باز بودن دودکش شومینه‌ها و سرعت باد می‌تواند این اثر را تشدید کند. نکته قابل توجه آنکه اجرای این مبحث در فضای کاری بخش خصوصی انجام می‌شود و بخش دولتی بعد نظارتی کار را بر عهده دارد.

در واقع برای اجرای موارد صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌های در حال احداث در بخش غیردولتی، شهرداری‌ها وارد عمل می‌شوند و در گردش کار صدور پروانه ساختمانی و پایان کار ساختمان، کنترل و نظارت صحیح بر مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، در طراحی و اجرای ساختمان انجام می‌پذیرد.

در واقع سازنده ساختمان مسئولیت صحت انجام تمام عملیات اجرایی ساختمان را برعهده دارد و در اجرای این عملیات باید مقررات ملی ساختمان، ضوابط و مقررات شهرسازی، محتوای پروانه ساختمان و نقشه‌های مصوب مرجع صدور پروانه را رعایت کند.

مطابق با مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان رعایت موارد زیر در ساختمان الزامی است:

۱- عایق کاری دیوارهای خارجی ساختمان.

۲- نصب پنجره‌های دوجداره.

۳- عایق کاری کانال‌های هوا، لوله‌های تأسیسات و سیستم تولید آب گرم.

۴- نصب سیستم‌های کنترل‌کننده موضعی نظیر شیرهای ترموستاتیک روی رادیاتورها.

۵- نصب سیستم‌های کنترل مرکزی هوشمند و مجهز به سنسور اندازه‌گیری دمای هوای محیط.

وزارت مسکن و شهرسازی به عنوان ناظر عالی در زمینه ساخت‌وساز، بر عملکرد سازمان‌های عهده‌دار کنترل و اجرا در زمینه رعایت دقیق مقررات ملی ساختمان و ضوابط شهرسازی نظارت می‌کند و در صورت مشاهده هرگونه تخلف، موارد را به مراجع صدور پروانه ساختمان و سازمان نظام مهندسی ساختمان استان اعلام و تا رفع تخلف، موضوع را از مراجع قانونی و در صورت لزوم مراجع قضایی پیگیری می‌کند.

این نحوه اجرا باعث می‌شود که بعد اقتصادی و هزینه فایده واقعی (براساس قیمت پرداخت شده نه قیمت واقعی یا قیمت تمام شده برای دولت) از سوی سازندگان مورد توجه خاص قرار گیرد و مبنای تصمیم‌گیری‌ها واقع شود.

یکی از روش‌های حمایتی سیاست‌های مرتبط با تبصره ۱۹ حمایت‌های مالی در قالب کمک‌های بدون عوض یا تحویل تجهیزات و امکاناتی است که بتواند رعایت این اصل را فراهم کند.

برای مثال، یکی از مهم‌ترین نکات در این بین استفاده از عایق‌های حرارتی دیوارها و پنجره‌های دوجداره است و همچنین به‌کارگیری تجهیزاتی با ظرفیت مناسب و بهره‌وری بالا سبب کاهش میزان بار حرارتی ساختمان می‌شود.

آنچه مسلم است، در بین تمام پارامترهای تأثیرگذار، به‌کارگیری تجهیزات با ظرفیت مناسب (به عنوان مثال، انتخاب دیگ و مشعلی با ظرفیت مورد نیاز ساختمان)، بهره‌وری بالا (به عنوان مثال، استفاده از بخاری-

هایی با مصرف کم و بازدهی بالا) و همچنین کنترل سامانه‌های گرمایشی (به عنوان مثال، استفاده از سیستم‌های کنترل هوشمند در موتورخانه و شیرهای ترموستاتیک رادیاتورها) از عوامل مؤثر در میزان مصرف انرژی گرمایشی در ساختمان محسوب می‌شوند اما برای سازنده بنا این توجیهات زمانی مفهوم پیدا می‌کند که در محاسبات واقعی او نیز لحاظ شود.

در کنار سیاست قیمتی حامل‌های انرژی لازم است برنامه‌هایی برای تسریع در اجرای این طرح‌ها اجرا شود.

برای مثال، درحالی که مرکز تحقیقات و ساختمان وزارت مسکن و شهرسازی در حال تهیه و تدوین‌ها استاندارد برای تولید پنجره‌های دوجداره است، باید تولید و استفاده از پنجره‌های دوجداره از منظر فراتخصصی و در سطح منافع ملی کشور بررسی شود و دراین شرایط یکی از نتایجی که به دست می‌آید، آن است که حمایت نقدی از تولید این پنجره‌ها به گونه‌ای که قیمت عرضه آن به مصرف‌کننده کاهش یابد، منافع ملی را تأمین می‌کند.

براساس آمارها اتلاف انرژی ساختمان از طریق پنجره‌ها ۳۰ تا ۴۰ درصد است و به همین سبب باید راهکارهای استفاده از تجهیزاتی مانند پنجره‌های دوجداره فراهم شود.

تنها با استفاده از پنجره‌های دوجداره که یکی از موارد مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان است، ۵۰ درصد از اتلاف حرارتی کاسته می‌شود و ۲۰ درصد مصرف انرژی در ساختمان‌ها کاهش می‌یابد.

فوائد اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

به صرفه بودن اجرای مبحث ۱۹ یکی از نکات کلیدی است که در صورت پذیرفته شدن آن از سوی سازندگان بنا و استفاده‌کنندگان از ساختمان‌های مسکونی می‌تواند گام مهمی در تحقق اهداف مدنظر این مبحث بردارد.

از یک سو پایین بودن قیمت حامل‌های انرژی باعث می‌شود که به رغم صرفه‌جویی قابل توجه در میزان مصرف حامل‌های انرژی مبلغ صرفه‌جویی شده در سبد هزینه خانوار چندان جدی به نظر نیاید. از سوی دیگر و حتی با لحاظ کردن شرایط قیمتی کنونی و در حالی که در نگاه نخست به نظر می‌رسد اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان سبب افزایش هزینه‌های ساختمان می‌شود، چنان‌چه این مبحث در ساختمان‌ها به‌درستی اجرا شود، علاوه بر اینکه هزینه‌های اولیه ساخت را کاهش می‌دهد، با توجه به صرفه‌جویی انجام شده در هزینه‌های بهره‌برداری و مصرف انرژی ساختمان، برای مصرف‌کننده سودآور نیز خواهد بود.

به‌کارگیری تجهیزاتی با ظرفیت مناسب و بهره‌وری بالا سبب کاهش میزان بار حرارتی (میزان حرارت خارج شده) ساختمان می‌شود.

به طور کلی اتلاف حرارتی ساختمان از دو منبع اصلی ناشی می‌شود، اتلاف حرارتی از جداره‌های ساختمان (نظیر دیوارها، سقف و کف) و اتلاف حرارتی در نتیجه ورود هوای سرد خارج به داخل ساختمان از طریق نفوذ و تجدید هوا.

از این‌رو، رعایت عایق‌کاری حرارتی در طراحی و اجرای ساختمان‌ها و استفاده از مصالح مصرفی مناسب که در مرحله اول، نیاز به گرمایش و سرمایش را کاهش می‌دهد و در مرحله دوم از هدر رفتن گرما و سرمای تولید شده جلوگیری به عمل می‌آورد، از اهمیت زیادی برخوردار است و باعث صرفه‌جویی قابل توجهی در مصرف انرژی خواهد شد.

بر اساس اعلام سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور در صورت اجرای مبحث ۱۹ می‌توان نتایج زیر را انتظار داشت:

۱- کمک به اقتصاد خانواده.

۲- افزایش رفاه نسبی در نتیجه مصرف صحیح انرژی.

۳- کمک به اقتصاد ملی.

۴- کاهش مصرف سوخت و در نتیجه کاهش آلودگی‌های ناشی از آن.

۵- امکان برقراری دمای ثابت و تنظیم دمای دلخواه در اتاق به منظور تأمین شرایط آسایش.

۶- کاهش ظرفیت اولیه سیستم گرمایش و سرمایش تا ۴۰ درصد.

۷- کاهش استهلاک سیستم گرمایش و سرمایش.

۸- توزیع متعادل حرارت و امکان برقراری دماهای متفاوت در هر اتاق (حداقل ۵۰ درصد کاهش مصرف

سوخت و هزینه‌های مربوط).

۳- بتن سبز

اگر چه بتن ماده ساختمانی بسیار انعطاف‌پذیر است دارای خطرهای محیطی جدی این می‌باشد. برای نمونه، فرآیند تولید برای سیمان پرتلند نیازمند حرارت‌دهی سنگ آهک تا ۱۴۰۰ درجه سلسیوس تولید و دو برابر مقدار دی اکسید کربن در هر تن از سیمان در مقایسه با مصالح سبز دیگر است. دی اکسید کربن اضافی و دیگر گازها توسط حفاری، انتقال و کاربرد بتن به وجود می‌آید.

بتن سبز نوعی بتن دوست‌دار محیط زیست است که با مصالح بدون تولید دی اکسید کربن یا روش‌هایی که دی اکسید کربن تولید نمی‌کنند، به وجود می‌آید. چندین روش مختلف جهت ایجاد بتن سبز وجود دارد، از جمله، صنایع طبیعی، استفاده از مصالح صنعتی و یکی از رایج‌ترین روش‌های به کار گرفته شده در ایجاد بتن سبز استفاده از مواد زائد صنعتی با محصولاتی نظیر خاکستر فرار (از سوخت زغال سنگ) و خاکستر باقی مانده از کوره آتش (از تولید آهن) جهت تشکیل و تولید ترکیب سیمانی قابل استفاده در بتن‌سازی می‌باشد. که یکی از مهمترین مزایای این روش است چون مانع دورریختن این مواد زائد می‌شود. مزایای دیگر افزایش نیرو و دوام بتن، کاهش دی اکسید کربن موجود در آن تا هفتاد درصد است.

۴- مزایای ساختمان سبز

ساختمان سازی سبز روندی است که در طول عمر ساختمان با محیط زیست و حفظ منابع زمین سازگار است. از طراحی گرفته تا ساخت، بهره برداری، نگهداری، تعمیر و تخریب آن با محیط زیست همگام است. ساخت این گونه ساختمان ها نیازمند همکاری متقابل اعضای تیم طراحی است. خانه های سبز کمترین ناسازگاری و مغایرت را با محیط طبیعی پیرامون خود دارند. این ناسازگاری ها می تواند موجب اتلاف انرژی زیاد، کاهش کیفیت هوای داخلی، مصرف زیاد آب، سر و صدا، بوی نامطبوع، مصرف مواد شیمیایی آلوده کننده و تخریب اکوسیستم پیرامون شود. ایجاد یک برنامه ساختمان سازی سبز برای کاهش مصرف منابع و تولید زباله، بهبود کیفیت هوا و آب، حفظ منابع طبیعی و ایجاد جوامع پایدار کمک می کند. مزایای غیر مستقیم ساختمان های سبز شامل بهبود سلامت ساکنان و افزایش بهره وری کارکنان است.

۴-۱- کاهش اثرات زیست محیطی

هدف فعالیت ساختمان سازی سبز کاهش تاثیرات زیست محیطی ساختمان ها است. بنابراین نخستین قانون در این راستا، آن است که سبزترین ساختمان، ساختمانی است که ساخته نشده باشد! در ساختمان سازی سبز اغلب زیر بنای یک ساختمان کاهش داده می شود. در نتیجه نساختن ساختمان بر ساختن ساختمانی سبز ارجحیت دارد.

قانون دوم، تا حدی که ممکن است ساختمان باید کوچک باشد.

قانون سوم، ساختمان سبز باید منجر به پراکندگی (تمایل شهرها به پراکندگی به طور نامنظم) نشود. فرقی ندارد چه اندازه بر روی پشت بام فضای سبز ایجاد کنید و یا از چند پنجره دو جداره در ساخت ساختمان استفاده نمایید، در صورتی که شما به پراکندگی کمک نمایید در رسیدن به مقصودتان شکست خورده اید. محل های متراکم به روستاها و فضاها سبز ترجیح داده می شوند. ساختمان ها در برابر مساحت عظیمی از زمین مسئول هستند.

۴-۲- هزینه ساخت و بازدهی

بیشترین مورد نقد شده در بنای ساختمان‌های دوست‌دار محیط زیست، هزینه آن است. استفاده از لوازم و ابزار جدید و تکنولوژی‌های مدرن که لازمه ساخت ساختمان‌های سبز است، هزینه بیشتری در فرآیند ساخت بر سازنده تحمیل خواهد کرد. در این بین ضعف عمده حسابگران هزینه، در اطلاع از هزینه‌های اولیه در مقابل هزینه چرخه زندگی است. به عبارت دیگر مثلاً با استفاده مؤثرتر از آب و برق که موجب کاهش هزینه قبض‌های انرژی خواهد شد، می‌توان هم هزینه‌های اولیه را جبران نمود و هم پس‌انداز بیشتری داشت.

۴-۳- مزایای زیست محیطی استفاده از خانه سبز

- یک ساختمان سبز، از انرژی کمتر استفاده می‌کند، از آب و منابع طبیعی کمتر استفاده می‌کند، تلفات و ضایعات کم‌تری را پدید می‌آورد، برای مردم داخل ساختمان، فضای سالم‌تری را فراهم می‌آورد و از مواد سمی تهی است. به علاوه، یک ساختمان سبز یک جریان تهویه طبیعی برای دستیابی به هوای تازه ایجاد می‌کند و در آن گردش هوا بهتر انجام می‌شود.
- در جایی که ساختمان حرارت مورد نیازش را از خورشید دریافت کرده و الکتریسیته تولید می‌کند و در عین حال، به صورت طبیعی ساختمان را خنک می‌کند، در هزینه‌های تولید انرژی نیز صرفه جویی خواهد شد.
- یک خانه سبز خود یک اکوسیستم کوچک است که فاضلاب را تصفیه می‌کند.
- محوطه سازی خانه سبز به گونه‌ای است که از طریق ایجاد پستی و بلندی، جلوی بادهای زمستانی را می‌گیرد. بدیهی است که نسیم‌های تابستانی که بر فراز آب‌های جمع شده باران می‌وزند، اثرات خنک‌کننده‌ای در ساختمان سبز دارند.
- سیستم‌های جمع‌آوری باران، آب را از جاهای مرتفع به مخزن ذخیره هدایت می‌کنند و در نهایت این آب برای اهداف گوناگونی مانند خنک کردن ساختمان و آبیاری باغ و باغچه، بازیافت می‌شود.

➤ پشت بام‌ها از گیاهان ویژه اقلیم‌های خشک و گونه‌های گیاهی مقاوم در برابر حرارت پوشیده شده‌اند که از تبادل حرارت در سطح نفوذ نا پذیر بام می‌کاهد. بدین ترتیب حرارتی که به اتمسفر باز می‌تابد کاهش می‌یابد و از آلودگی نوری کاسته شده و ضمناً انرژی هم تولید می‌شود.

۵- ایده طراحی سبز در معماری معاصر

در سال‌های اخیر بیانیه‌ها و مقالات متعدد در زمینه اصول معماری سبز توسط محققان در سراسر دنیا به رشته تحریر درآمده است. اغلب این بیانیه‌ها با اختلاف اندک، موضوعاتی را در زمینه تشویق طراحان به حفاظت از انرژی و نیز در نظریه‌های ویژگی‌های محل مکان و کار با کاربران ساختمان و جوامع اطراف آن تثبیت نموده‌اند. معماران انگلیسی برند اوربرت ویل در کتاب خویش با موضوع "معماری سبز: طراحی برای آینده‌ای آگاه از انرژی" یکی از ساده‌ترین و صریح‌ترین چارچوب‌ها را برای معماری سبز مطرح نموده‌اند. آنها این اصول را با استفاده از مثال‌های مختلف از طراحی ساختمان در اروپا، انگلستان و آمریکا نشان داده‌اند. فرآیند سبز در معماری فرآیندی کهن است. برای مثال از هنگامی که انسان‌های غارنشین برای اولین بار پی به این مسئله بردند که انتخاب غاری رو به جنوب از لحاظ دمای محیط بسیار مناسب‌تر از غاری است که دهانه آن رو به شمال است. موضوع جدیدتر درک این مهم است که معماری سبز مصنوع و آفرینش انسان بهترین فرآیند برای طراحی ساختمان‌هاست. به طور کلی فرآیند سبز اینگونه مطرح می‌شود که تمامی موضوعات به یکدیگر وابسته بوده و در هر تصمیم‌گیری باید تمامی جنبه‌های آن مورد بررسی قرار گیرد. معماری سبز به طور کلی از شش اصل تشکیل شده است که عبارتند از:

اصل اول - حفاظت از انرژی) هر ساختمان باید به گونه‌ای طراحی و ساخته شود که نیاز آن به سوخت‌های

فسیلی به حداقل ممکن برسد.

اصل دوم - کار با اقلیم) ساختمان‌ها باید به گونه‌ای طراحی شوند که قادر به استفاده اقلیم و منابع انرژی

محلی باشند. شکل و نحوه استقرار ساختمان و محل قرارگیری فضای داخلی آن می‌توانند به گونه‌ای باشند که

موجب ارتقاء سطح آسایش درون ساختمان گردد و در عین حال از طریق عایق‌بندی صحیح سازه، موجبات کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی پدید آید.

اصل سوم- کاهش استفاده از منابع جدید) هر ساختمان باید به گونه‌ای طراحی شود که استفاده از منابع جدید را به حداقل برساند و در پایان عمر مفید خود، منبعی برای ایجاد سازه‌های دیگر به وجود بیاورد.

اصل چهارم- احترام به کاربران) یکی از مباحث اصلی معماری سبز است، هدف آن آسایش کاربران است.

اصل پنجم- احترام به سایت) این اصل به تعامل صحیح و منطقی بین سایت پروژه و معماری می‌پردازد که باید در آن کلیه پتانسیل‌های سایت شناخته شده و در راستای بهبود پروژه وارد طراحی شود. در عین حال هر ساختمان به گونه‌ای آرام و سبک زمین را لمس کند.

اصل ششم- کل گرایی) یک معماری سبز باید بیش از یک ساختمان منفرد بوده و قطعه همسایگی خود را شامل شود.

طراحی سبز از روش‌های نوین طراحی است که در دنیای معماری مطرح شده است. تا به حال بناهای مختلفی با استفاده از شیوه‌های طراحی سبز به انجام رسیده یا در حال انجام است. این نوع از معماری در راستای توسعه پایدار و در زمینه‌های مختلف انرژی، مصالح، تاسیسات و ... همراه با بکارگیری تکنولوژی روز، رو به جلو حرکت می‌کند.

معماری سبز نوعی از طراحی را در بر می‌گیرد که در آن هر بنا رضایت ساکنین را در همه زمینه‌های فیزیولوژیکی و روحی و روانی فراهم کند و با بهره‌گیری سنجیده از راهکارهای توسعه پایدار از مواد طبیعی پایدار و غیر مضر برای زندگی انسانی، کمترین آسیب را به محیط زیست وارد کند. این نوع از معماری، طراحی را به این سمت پیش می‌برد که بیشترین استفاده از انرژی خورشید و باد در اولویت قرار گیرد.

بعضی از جنبه‌های معماری سبز شامل موارد زیر است.

- افزایش آسایش، قابلیت زندگی و بهره‌وری
- بهبود دوام، کیفیت و قابلیت نگهداری
- ثبات وضعیت محیط داخلی
- پس انداز پول به وسیله کم کردن هزینه‌های جاری زندگی
- پی بردن به گزینه‌های ساختمان‌هایی با عملکرد بالای استفاده از انرژی خورشیدی
- انتخاب زمینه مصالح ساختمانی سبز برای کمک به حفاظت محیط زیست.

در حالت کلی معماری سبز این امکان را به کاربر می‌دهد که سلامتی، رضایت و خشنودی، بهره‌وری و نشاط ساکنین خود را تأمین می‌کند. بهره‌گیری سنجیده از راهکارهای تأیید شده معماری پایدار، ساخت و ساز با مواد غیر مسموم کننده، استفاده مؤثر از مصالح به دست آمده از مواد طبیعی پایدار، اتکا و وابستگی به خورشید برای نور روز، انرژی گرمایی و الکتریکی، از الزامات این طرح‌ها است. تلفیقی معمارانه از این راهکارها در یک ساختمان باعث می‌شود که ساختمان‌سازی‌ها در جهت توسعه پایدار و معماری پایدار حرکت کند. در کل این حرکت‌ها در جهت استفاده بهینه از انرژی‌هایی است که از آن به عنوان انرژی پاک نام برده می‌شود.

۶- مجموعه اصول طراحی و ساخت ساختمان "سبز"

در واقع منشأ ساختمان سبز را می‌توان فرایندی دانست سازگار با محیط زیست و منابع و کارآمدی در سراسر ساختمان. سیکل یک ساختمان سبز واقعی را از نقطه آغازین می‌توان به؛ طراحی، ساخت، بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری، نوسازی و تخریب نام برد. می‌توان آن را در پرسه: از گهواره تا گور ساختمان جای داد.

از حامیان و طراحان اصلی ساخت و ساز ساختمان سبز می‌توان به آژانس حفاظت از محیط زیست، سازمان استاندارد و شورای ساختمان سبز ایالات متحده اشاره کرد. در شورای ساختمان سبز دریافت گواهی نامه سبز را به عنوان معتبرترین گواهی کارشناسان تلقی می‌کنند.

LEED دارای ۶ نقطه کلیدی برای پایداری یک سایت ساختمانی است که باید براساس یک لیست بررسی و در نهایت با جمع زدن امتیازها به دریافت درجه گواهی نامه (تصدیقی، نقره‌ای، طلایی، پلاتینیوم) منجر می‌گردد.

در حال حاضر در دنیا بالاترین مرجع در ساختمان سبز را می‌توان این گواهینامه دانست و در شروع، دانستن حداقل دیدگاه آن به درک بهتر ساختمان سبز کمک شایان می‌کند.

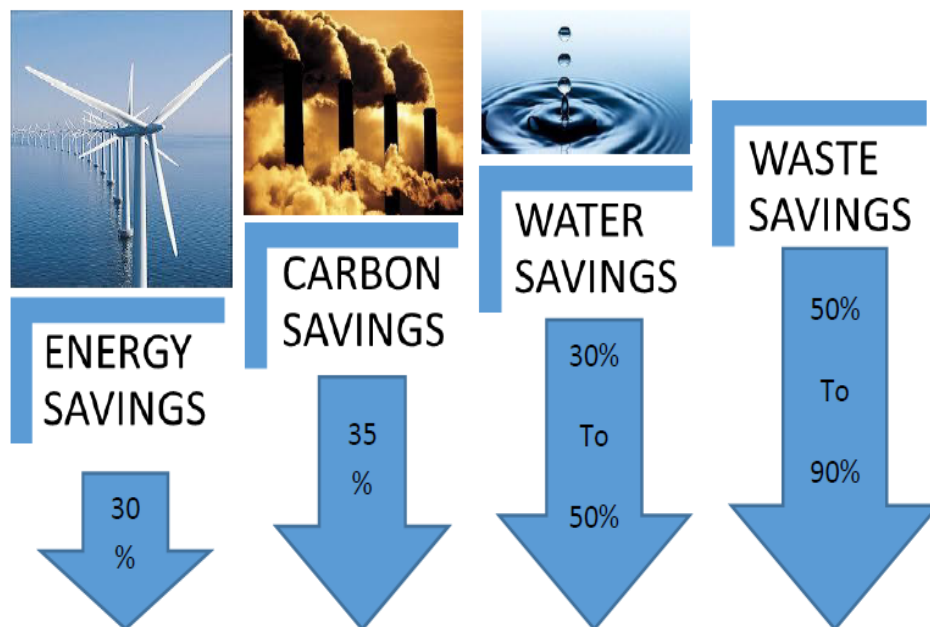
طراحی و توسعه توسط شورای ساختمان سازی سبز ایالات متحده از سال ۲۰۰۰ رسماً گواهینامه خود به جهان را از طریق سیستم لیست امتیاز LEED ارائه می‌دهد، فرآیند فوق با اجماع کمیته‌ای به بررسی پرداخت گواهینامه به واجدین شرایط می‌پردازد. آخرین ویرایش درجه‌بندی LEED در سال ۲۰۱۲ صورت گرفته است. گام بعدی در این فرآیند بهبود مستمر گواهینامه LEED است. این گواهینامه دارای هشت بحث از نوع بنا می‌باشد. شش نکته کلیدی در این گواهینامه‌ها عبارتند از:

سیاست‌های پایدار، بهره‌وری آب، مصرف انرژی و جو، مواد و منابع، کیفیت زیست محیطی داخل سالن و نوآوری در فرآیند طراحی.



شکل ۳، شش نکته کلیدی گواهینامه

نمودار زیر درصدی از صرفه‌جویی را نشان می‌دهد که اگر فرآیند LEED به نحو مطلوب در یک ساختمان اجرا شود مقدار قابل توجه و چشمگیری در انرژی صرفه‌جویی صورت می‌گیرد.



شکل ۴، نمودار صرفه‌جویی با LEED

در حالیکه شیوه و فن آوری احداث ساختمان سبز بطور مداوم در حال تحول است و نیز ممکن است منطقه به منطقه دیگر متفاوت باشد ولی در کل اصول اصلی آن عبارتند از:

- بهره‌وری در طراحی و ساختار
- بهره‌وری مواد (وابسته به اقلیم منطقه ساختمانی)
- بهبود کیفیت محیط زیستی مواد داخل ساختمان
- عملیات بهینه سازی و تعمیر نگهداری
- کاهش ضایعات مواد سمی
- بهره‌وری آب
- بهره‌وری انرژی

۷- نقش دیوار سبز در پایداری معماری و شهرسازی

(۱) بام‌ها و دیوارهای سبز، همچنین راه‌حل مناسبی برای برطرف نمودن مشکلات اکولوژیکی در مراکز شهرها و کلان شهرها و اصلاح مشکلات سلامتی انسان و محیط زیست می‌باشند. بام‌ها و دیوارهای سبز با اثرات مثبتی چون کاهش شهرها و اصلاح مشکلات سلامتی انسان و محیط زیست می‌باشند. بام‌ها و دیوارهای سبز با اثرات مثبتی چون کاهش نیاز به انرژی‌های سرمایشی در تابستان و گرمایشی در زمستان و کاهش دمای سطوح ساختمان نسبت به محیط اطراف آن، ایجاد عایق حرارتی و کاهش سرمای باد، محافظت از پوسته ساختمان برای مدت طولانی، توانایی حفظ و نگهداری آب باران در هنگام طغیان‌ها، توجه به مسائل زیبایی شناسانه و نیز تأمین مسکن جانداران و تنوع زیستی و گونه‌های گیاهی متناسب با اکوسیستم، می‌توانند نقش مهمی را در معماری و شهرسازی پایدار در جهان امروز ایفا نمایند. در این راستا، توجه به استفاده از مواد مصالح بازیافتی و گونه‌های گیاهی بومی در قبال وزن و سنگینی، هزینه‌ها، ضمانت‌نامه‌ها و انگیزه پروژه، نگهداری بام و دیوار و غیره می‌تواند به ایجاد ترکیب مناسب همساز با محیط و کارآمد کمک نماید.

(۲) عایق صوتی: ناراحتی‌های حاصل از سر و صدای موجود در خیابان‌ها مشکل مهمی در مناطق شهری محسوب می‌شود اگرچه عایق‌سازی نما در تعدیل بار صوتی آن یعنی در کاهش سطح فشار صدا از خارج به داخل ساختمان کمک شایان توجهی می‌کند، اما سقف و نوع آن در میزان تأثیرگذاری این عامل بر آسایش شهروندان مؤثر است. بام‌های سبز عایق‌بندی صدا در سیستم بام را افزایش می‌دهند، البته این تأثیر در بام‌های سبز گسترده که کم عمق هستند و لایه نازکی از خاک دارند و بام‌های باغ مانند که خاک‌های عمیق‌تری دارند متفاوت است. کیفیت عملکرد عایق صوتی به نوع سیستم به کار رفته و همچنین به ضخامت لایه بستگی دارد. بام‌های سبز که ضخامت لایه خاک آنها ۱۲ سانتیمتر باشد، نفوذ صدا را تا ۴۰ دسی‌بل کاهش می‌دهند و بام سبزی که ضخامت لایه خاک آنها ۲۰ سانتیمتر باشد نفوذ صدا را تا ۴۶ دسی‌بل کاهش می‌دهد.

(۳) کاهش آلودگی هوا: در مناطق شهری درختان سهم قابل توجهی برای کاهش آلاینده‌های هوا دارند، با این حال در بسیاری از سایت‌های شهری فضای کمی برای کاشت درخت وجود دارد، که به دلیل مجموعه‌هایی

از سطوح غیر قابل نفوذ از جمله خیابان، پارکینگ، بام و غیره است. گیاهان آلاینده‌های هوا را از طریق روزه‌های خود جذب و ذرات آنها را برای برگ‌های خود جدا می‌کنند و همچنین قادر به شکستن ترکیبات آلی خاصی مانند هیدروکربن پلی آروماتیک در بافت‌های گیاهی و یا در خاک هستند علاوه بر این بطور غیرمستقیم به وسیله کاهش درجه حرارت سطح از طریق تراواشات خنک کننده و سایه انداختن آلودگی هوا را کاهش می‌دهند که به نوبه خود باعث کاهش واکنش‌های فتوشیمیایی از نوع آلاینده‌هایی مانند ازن در جو می‌شوند.

۴) دیوارهای اکسیژن ساز (زیست‌مند): این سیستم در واقع جدیدترین نوع از دیوارهای سبز می‌باشد در این سامانه از هوای تولید شده توسط گیاهان در سیستم تهویه هوای داخل ساختمان استفاده می‌شود. این دیوارها بر مبنای تصفیه هوای بیولوژیکی با واسطه گیاهی عمل می‌کند. دیوار اکسیژن‌ساز ظرفیت تصفیه هوای داخل ساختمان را افزایش داده و به گونه‌ای که پوشش طبیعی موتورهای تصفیه کننده هوا می‌باشند و سیستم تصفیه با مکش از ریشه عمل می‌کند.

۵) عملکرد سامانه‌های سبز عمودی: در فضای شهری تأثیر تبخیر و سایه‌اندازی گیاهان می‌تواند به طور چشمگیری از حرارت محیط بکاهد. علاوه بر این گیاهان می‌توانند باعث کاهش اثرات مخرب فرابنفش خورشیدی بر روی بدنه ساختمان‌ها شود. از زمانی که ثابت شده که پرتوهای فرابنفش خورشیدی باعث وارد آمدن صدمات به نمای ساختمان‌ها اجزای پلاستیک و رنگ آن می‌شود نماهای سبز به عنوان یک راه‌حل کارا در کاهش اثرات مخرب ناشی از آن می‌تواند ایفا نقش کند. نمای سبز توانایی ایجاد تغییرات زیاد (رطوبت و دما) در فضای مابین دیوار و نمای سبز دارد. هوای این بین توانایی ایجاد یک عایق حرارتی مؤثر را دارد. چرخش و تجدید هوا در این بین، تراکم برگ‌ها و نحوه طراحی از عواملی است که باعث افزایش بهره‌وری آن می‌شود.

پارامترهایی وجود دارد که بر رفتار نماهای سبز به عنوان یک سیستم غیر فعال تأثیر می‌گذارد. در اصل چهار مکانیسم پایه وجود دارد که سامانه‌های سبز عمودی به عنوان سیستم غیرفعال جهت جلوگیری از اتلاف انرژی به کار می‌بندد.

- جلوگیری از تابش مستقیم نور خورشید با تأثیر سایه تولید شده توسط پوشش سبز
- عایق گرمایی تولید شده بوسیله پوشش سبز و زیر لایه آن
- خنک‌سازی تبخیری که بوسیله تبخیر از گیاهان و زیر لایه آن رخ می‌دهد.
- کاهش اثر باد

۷- پیشینه تحقیق

۷-۱- پیشینه خارجی

عوامل اصلی و موثر در راندمان مصرف بهینه انرژی شامل طراحی معماری ساختمان، طراحی تاسیسات برقی و مکانیکی و رفتار ساکنین می‌باشد و این عوامل مصرف معمول انرژی را تا ۱۰ برابر افزایش می‌دهد. سهم طراحی معماری ساختمان در میزان مصرف تا ۲/۵ برابر مصرف معمول را می‌توان افزایش دهد اگر چنانچه تاسیسات برقی و مکانیکی را نیز به آن اضافه کنیم میزان مصرف را به ۲ برابر یعنی تا ۵ برابر مصرف معمول افزایش پیدا می‌کند سهم ساکنین در این خصوص نیز با بقیه برابر یعنی ۲ می‌باشد [۶].

برای شناخت بیشتر مزایای ساختمان سبز در کانادا تحقیقی انجام شد، نتیجه این تحقیق شناسایی چهار مانع اصلی در راه تحقق گستردگی این ساختمان‌ها بود:

- عدم شناخت کافی از مزایا در بین طراحان و مدیران و سرمایه‌گذاران خصوصی و عامه مردم.

- کمبود انگیزه در بخش دولتی و بخش خصوصی.

- موانع اقتصادی مرتبط با هزینه‌های فناوری ساختمان سبز.

- عدم قبول ریسک‌های احتمالی به دلیل پاره‌ای ابهامات در مسائل تکنیکی و نو بودن این فناوری.

تحقیقی به منظور بررسی مشکلات مدیریت داخلی جهت مصرف بهینه انرژی در ساختمان آمریکا شد که در ۶۰ درصد ساختمان‌ها صورت گرفت که نشان می‌دهد که ۵۰ درصد مشکلات متداول به روش‌های

کنترل مصرف انرژی در ساختمان‌ها بر می‌گردد که ۴۰ درصد آن از تجهیزات اچ پی ای سی^۱ ناشی شده و ۲۰ درصد آن مربوط به سیستم‌های مدیریت انرژی و یا وی اس دی^۲ ها که عملکرد آن‌ها صحیح نیست می‌باشد و ۱۵ درصد این مشکلات نیز مربوط از رده خارج بودن وسایل فنی ساختمان است.

سیستم دی دی سی^۳ که با استفاده آن می‌توان کارایی عملکرد انرژی در ساختمان را بهبود بخشید شدت انرژی در ساختمان‌های اداری ۴۴ درصد کمتر از عددی است که در پایگاه داده‌های مصرف انرژی ساختمان‌های تجاری تعیین شده است [۷].

امکان کاهش تولید گاز دی اکسید کربن در فاز ساخت ساختمان‌ها را از طریق انتخاب مناسب مصالح با اثرات زیست‌محیطی کم، با مطالعه موردی سه ساختمان مسکونی در اسپانیا، اولاً یافتن یک رابطه مستقیم بین تولید گاز کربن دی اکسید و ساخت و ساز و در عین حال، تاثیر صنعت و حمل‌ونقل بر ساخت‌وساز از طریق مطالعه دقیق یک مورد واقعی است. در مرحله دوم راه‌حلی برای انتخاب مصالح خاصی بودن که باعث کاهش تولید کربن دی اکسید در ساخت‌وساز می‌شود. این نوع انتخاب مصالح بر اساس ویژگی‌هایی همچون شرایط اقلیمی، باید از فاز طرح‌ریزی اولیه پروژه مشخص گردد. با تجزیه و تحلیل جوانب زیر، رابطه بین تولید گاز کربن دی اکسید و ساخت‌وساز را مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

- برآورد گاز دی اکسید کربن تولیدی و انتشار یافته از طریق تمام فعالیت‌های ساختمان‌سازی

- برآورد کاهش تولید گاز دی اکسید کربن از طریق انتخاب مصالح مناسب

انتخاب مصالح با بکارگیری معیارهای تثبیت شده، بر اساس روش‌های مختلف اولویت‌بندی اثرات زیست-محیطی و با توجه به آنالیز چرخه حیات انجام شد. انرژی محصور در هر یک از مصالح (انرژی که از لحظه استخراج مواد اولیه مصالح تا تخریب مصالح صرف می‌شود) ارزیابی شد و سپس این انرژی با مقدار گاز کربن دی اکسید تولیدی معادل‌سازی شد. پس از ارزیابی و مقایسه ساختمان‌ها با هم، نتایج نشان داد که انتخاب

¹ HPAC

² VSD

³ DDC

مصالح ساختمانی با اثرات زیست‌محیطی کمتر موجب کاهش انتشار این گاز به میزان ۲۷/۲۸ درصد می‌شود. در این مورد خاص، فقط تولید گاز دی اکسید کربن مورد بررسی قرار گرفته است، اما می‌توان اثرات زیست-محیطی مضر دیگر مثل اکسید نیتروژن، کلروفلورکربن‌ها، متان و غیره را که از طریق صنایع ساختمانی ایجاد می‌شود، مورد مطالعه قرار داد [۸].

بررسی میزان صرفه‌جویی انرژی، طریقه بهینه‌سازی شکل و فرم ساختمان، سیستم‌های انرژی جایگزین و بهره‌برداری درست از سیستم‌های ساختمانی و تعریف ویژگی‌های مربوط به انرژی ساختمان که عبارت است از عایق کاری پنجره، دیوار، کف، سقف و مقاومت و غیره پرداخته است.

نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین مقدار انرژی در سیستم‌های سرمایش و گرمایش و روشنایی می‌باشد که مشخص شد بهره‌وری از این سیستم‌ها به طور معمول دارای بیشتر از حالت‌های طبیعی ست و در این صورت استفاده از تجهیزاتی مانند مورد بالا و مصرف انرژی پایین می‌تواند تا حد معناداری در مصرف انرژی در ساختمان صرفه‌جویی کند [۹].

بررسی هزینه‌های پتانسیل‌های بالقوه ساختمان از نظر مصرف انرژی و تولید گازهای گلخانه‌ای دارد. روش‌های ارزیابی گزینه‌های موجود برای روش‌های مقرون به صرفه کاهش مصرف انرژی و همچنین کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای استفاده شده است در این زمینه ۸۰ مطالعه برای مقایسه و ارزیابی مصرف انرژی در یک پایگاه داده حاوی ویژگی‌های کلیدی جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل شد.

که بررسی مطالعات نشان داده که کاهش مصرف انرژی و کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای باعث افزایش بهره‌وری ساختمان و بهبود محیط‌زیست و افزایش سلامت انسان‌ها می‌گردد [۱۰].

در اروپا میزان مصرف انرژی در ساختمان‌ها حدود ۴۰ درصد از مصرف کل انرژی می‌باشد. لذا با توجه به اهمیت این موضوع در اروپا باید تعاریف و سیاست‌هایی را که برای از بین بردن موانع استفاده درست و بهینه صرفه‌جویی انرژی در برنامه‌های استراتژی دولت برای ساختمان‌های موجود و یا جدید قرار دارد.

استفاده از تعاریف کامل برای هر یک از کدهای ساختمانی که نشان‌دهنده کاربردهای هر ساختمان است می‌تواند از یک چهارچوب کلی برای استفاده مهندسان ساختمان و مصرف‌کنندگان آن باشد.

اجرای طرح جدید ساختمان‌های نزدیک به صفر از لحاظ انرژی در اروپا نیازمند به اعمال استراتژی و اهداف قوانین نظارت سخت‌گیرانه بر اجرای آن می‌باشد.

استفاده از رسانه برای فرهنگ‌سازی ساخت ساختمان با توجه به اقلیم و تغییرات آب‌وهوایی منطقه و استفاده از تجهیزات پربازده و کم‌بازده و کم‌مصرف انرژی کمک شایانی در این مهم می‌کند [۱۱].

انرژی مصرف شده در سال ۲۰۱۱ بخش‌های ساختمان، صنعت و حمل‌ونقل به ترتیب به میزان ۵۰ درصد، ۲۵ درصد، ۲۵ درصد بوده است و مصرف انرژی در بخش ساختمان به این ترتیب است:

الف) روشنایی ۲۵ درصد

ب) گرمایش و سرمایش ۴۵ درصد

ج) وسایل و تجهیزات ۱۵ درصد

د) اتلاف انرژی ۱۵ درصد

میزان قابل توجه ۵۰ درصد مصرف انرژی کل در ساختمان که ۱۵ درصد آن تلف می‌شود از یک طرف، و میزان ۷۰ درصد مصرف در روشنایی، گرمایش و سرمایش، از طرف دیگر حائز اهمیت است. به هر میزان صرفه‌جویی در مقادیر فوق، خود اثر قابل ملاحظه‌ای در کلان مصرف انرژی خواهد داشت [۱۲].

روش آنالیز چرخه حیات یک روش علمی و قابل اعتماد به منظور ارزیابی اثرات زیست‌محیطی مصالح ساختمانی است، به بررسی امکان ادغام این روش در برنامه بی سی ای^۱ که مربوط به کشور سنگاپور است، ساخت‌وساز در سنگاپور و ابزاری برای رشد ملی، توسعه شهری، افزایش تراکم جمعیت و پیشرفت اقتصادی

^۱ BCA

است. همگام با رشد و آگاهی‌های زیست‌محیطی، این سوال در جوامع ایجاد می‌شود که با چه روش‌ها و شیوه‌هایی می‌توان به رشد و توسعه جامعه بدون افت کیفیت در محیط‌زیست رسید. به منظور مدیریت اثرات زیست‌محیطی در ساخت‌وساز، برای اولین بار سنجش و اندازه‌گیری اثرات زیست‌محیطی با آنالیز چرخه حیات کل اجزاء ساختمان صورت گرفت. روش آنالیز چرخه حیات توسط یک مرکز آمریکایی برای ارزیابی داده‌های ورودی، داده‌های خروجی و اثرات زیست‌محیطی یک سیستم تولیدی در سراسر چرخه عمر آن مورد استفاده قرار گرفت. بنابراین ابزارهایی مبتنی بر این روش، چه به صورت بسته‌های نرم‌افزاری و چه به صورت تالیف شده دستی، می‌توانند برای اوقاتی اثرات زیست‌محیطی مصالح و سیستم‌های ساختمانی و انتخاب مصالح پایدار مورد استفاده قرار بگیرند. این مورد شبیه به برچسب‌های مواد غذایی است که برای مقایسه و انتخاب محصولات غذایی استفاده می‌شود [۵].

برای طراحی پایدار و ساخت‌وساز با مقاصد لید و ساختمان‌سازی سبز، نیاز است به بررسی مسائل اصلی پیمانکاران که عبارتند از افزایش تقاضا، ترس از تغییر، افزایش هزینه تجهیزات و بسیاری دیگر پرداخت [۱۳].

در مقاله‌ای تحت عنوان "شناختی از معیارهای مصرف آب برای ساختمان‌های مسکونی"، به این موضوع رسیدگی شده است که مصرف آب شیرین از اهمیت اولیه‌ای برای طراحی سیستم‌های آب در ساختمان‌های سازگار با محیط‌زیست برخوردار می‌باشد. موضوع این مقاله بدین شرح است که: معیارهای متفاوتی برای کاهش مصرف آب آشامیدنی ارایه شده است. اما با این حال باید به این مهم دقت شود که این معیارها با یک مدل‌سازی ساده بر اساس بومیت و شرایط حاکم بر هر منطقه می‌توانند بسیار کارآمد باشند، در حالی که استفاده از مدل‌های پیچیده بدون بومی‌سازی می‌تواند این فرآیند را دچار مشکل سازد. لذا محقق با بررسی ۶۰ واحد مسکونی در هنگ کنگ، راهکارها و معیارهای مختلف را مورد بررسی قرار داده و سپس با معیار جهانی مقایسه نموده است و در انتها به تدوین و فرموله کردن تابع احتمال برای ارزیابی اعتبار مدل ارایه شده پرداخته است [۱۴].

در سال ۲۰۱۱ نیز مقاله‌ای تحت عنوان پیش به سوی آیین‌نامه (استاندارد) یک ساختمان سبز در کشور مصر توسط اوساما الفیکی نوشته شده است که در این مقاله به بررسی مقررات ساختمانی در مصر و فهمیدن اینکه تا چه حد استانداردها با ساخت‌وساز سبز مطابقت دارد [۱۵].

در سال ۲۰۱۳ نیز مقاله‌ای با عنوان استانداردهای ساختمان سبز توسط ادنا شاویو و سوتلانا پوشکار، نوشته شده است [۱۶].

مقاله‌ای دیگر نیز تحت عنوان مصالح انتخابی برای ساختمان‌های سبز توسط الیسا فرانزونی در سال ۲۰۱۱ ارائه گردیده است که در مورد مصالح مناسب برای ساخت‌وساز سبز و اینکه مصالح انتخابی در بازار موجود باشند بحث و بررسی می‌نماید [۱۷].

رضایت ساکنان در ساختمان‌های دارای گواهی‌نامه لید و بدون گواهی‌نامه لید، عنوان مقاله‌ای است که توسط آقای (سرجیو و همکاران) انجام شده است. که در آن به بررسی رضایت ساکنین از میزان مطلوبیت هوای داخلی در ساختمان‌های که گواهی‌نامه لید ندارند و میزان رضایت ساکنین از میزان مطلوبیت هوای داخلی در ساختمان‌های که دارای گواهی‌نامه لید هستند. در کل از ۱۴۴ ساختمان بررسی بعمل آمد که ۶۵ تا گواهی‌نامه لید در موضوع کیفیت هوای فضای داخلی داشتند که به صورت پرسشنامه از اهالی. ساکنین بدست آمده است. که نشان‌دهنده میزان رضایت زیادی از طرف ساکنین خانه‌های سبز بوده است [۱۸].

در مقاله‌ای با نام مقایسه سیستم رتبه‌بندی بر اساس لید و سایر آیین‌نامه‌ها برای ساختمان‌های دیگر بیان می‌کند که سیستم لید بسیار یکپارچه‌تر از آیین‌نامه‌های دیگر عمل می‌کند. و این یکپارچی باعث بهبود همه جانبه حفظ محیط‌زیست می‌گردد [۱۹].

در ایتالیا یک سیستم امتیازدهی کیفیت محیط‌زیست تصویب شده است که بخش‌ها مهمی در آن از جمله عملکرد ساختمان و حفظ راحتی در طول مدت چرخه بیان می‌کند.

در آن ۵ نکته مهم وجود دارد آب، انرژی جایگاه انرژی و یا سوخت، محیط‌زیست داخلی و مصالح به منظور مقایسه لید و سایر آیین‌نامه‌هاست.

در مقاله‌ای دیگر با عنوان "ایجاد یک اقتصاد سبز پایدار در بخش ساختمان‌سازی بریتانیا" توسط گیبس و نیل انجام شده به بررسی منافع سیاست‌گذاران و تشویق و توسعه به سوی ساخت‌وساز سبز با تمرکز خاص بر دولت بریتانیا و تلاش برای ایجاد یک تغییر در ساخت‌وساز و ساختمان و پیشبرد آن به سوی اتخاذ روش‌ها و تکنیک‌های ساختمان‌سازی سبز. زیرا به خاطر سهم قابل توجه ساختمان‌سازی در آسیب‌های زیست‌محیطی و گرم شدن کره زمین و نیز انتشار گازهای گلخانه‌ای این موضوع حائز اهمیت می‌باشد [۲۰].

از نکات مورد توجه بسیاری از مالکان، هزینه اولیه است که مربوط به ساختمان‌های سبز می‌شود. در سال ۲۰۰۳ کاپیتال‌ای به تحقیق روی سی و سه ساختمانی که گواهی‌نامه لید در کالیفرنیا را دارند انجام داد و دریافت میزان هزینه اولیه میانگین در همه سطوح این گواهی کمتر از ۲ درصد بود. دو ویس لانگ دون در سطوح بین‌المللی مدیریت بین‌المللی مشاوره و مدیریت هزینه همه پروژه‌های دارای گواهی‌نامه لید و ساختمان‌های فاقد گواهی‌نامه لید را بررسی کرد و نتیجه گرفت که سبز بودن لزوماً مشخص‌کننده هزینه اولیه نیست. بسیاری از این هزینه‌ها نوعی پیشگیری از هزینه‌های آینده است ولی مقایسه در اول راه صورت می‌گیرد [۲۱].

صندوق سرمایه‌گذاری سبز در قرارداد کن کوم ۱ سالانه ۱۰۰ بلیون دلار برای کمک مالی برای توسعه سبز به کشورهای در حال توسعه قرارداداند برای ۲ هدف که عبارتند از: ۱- نوآوری برای تکنولوژی انرژی پاک با کاربردهای بالقوه در کشورهای کم درآمد ۲- فن‌آوری تجارت پاک [۲۲].

۲-۷- پیشنهاد داخلی

با توجه به ضرورت بهینه‌سازی مصرف انرژی در شهرها و بویژه بخش ساختمان در سال‌های اخیر همایش‌ها و نشست‌های گوناگون و زیادی در سطح کشور و جهان برگزار شده است. از جمله همایش ملی معماری پایدار و توسعه شهری در سال ۱۳۹۲ که شهرسازی نوین و صرفه‌جویی در مصرف انرژی و همچنین

معماری و تغییر اقلیم و چگونگی مصرف انرژی به عنوان دو محور اصلی آن مطرح گردید. دومین همایش ملی اقلیم، ساختمان و بهینه‌سازی مصرف انرژی نیز در سال ۱۳۹۲ با رویکرد توسعه پایدار به منظور محقق نمودن همسان‌سازی در ساختارهای ساخت‌وساز متناسب با اقلیم منطقه و کاهش مصرف انرژی در راستای حفظ محیط‌زیست، کاهش مصرف انرژی و آلاینده‌های زیست‌محیطی برگزار گردید. اولین دوره این همایش نیز در سال ۱۳۹۰ برگزار گردیده بود. همایش بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان نیز در پنج دوره بین سال‌های ۱۳۸۰ برگزار گردید که در آن‌ها مسایل مختلف مرتبط با بهینه‌سازی مصرف انرژی در شهرها و به ویژه بخش ساختمان مورد بررسی قرار گرفت.

در مقاله با عنوان تاثیر پوشش گیاهی در صرفه‌جویی مصرف انرژی ساختمان‌ها، انواع روش‌های کاهش مصرف انرژی از طریق پوشش گیاهی در ساختمان‌ها را مورد مطالعه قرار دادند.

نتایج حاصله از مطالعات ایشان نشان می‌دهد که از طریق ایجاد سایه بر روی بنا می‌توان از ۱۵٪ الی ۷۵٪ صرفه‌جویی در مصرف انرژی در تابستان را داشت. با استفاده از سایه گیاهان می‌توان تا حدود ۹۰٪ انرژی حرارتی ناخواسته در تابستان از طریق پنجره‌ها و ۳۵٪ از طریق سقف را دفع کرد. همچنین با جلوگیری از نفوذ باد در زمستان توسط گیاهان می‌توان تا ۴۰٪ در مصرف سوخت‌های فسیلی صرفه‌جویی نمود [۲۳].

صرفه‌جویی در انرژی، مسائل زیست‌محیطی، بهینه کردن پروسه تولید مصالح، بهره‌گیری از اصول معماری بومی، با استفاده از فضای سبز و تکنولوژی سبز را مورد بررسی قرار داد. این مقاله با بررسی برخی از نمونه‌های معروف که توسط معماران معروف جهان ساخته شده یا تصمیم به ساخت آن می‌باشد، هم‌سو بودن این دستاوردها با مبانی پایداری و استفاده از این فناوری را بعنوان گامی موثر برای رسیدن به معماری پایدار در کشور ما پیشنهاد می‌کند [۲۴].

مقاله‌ای با عنوان "مطالعه رفتار دیوار و سقف سبز در معرض تابش خورشید و تاثیر آن‌ها در کاهش مصرف انرژی" که در سال ۹۰ نگارش یافته به بررسی تاثیرات دیوار و سقف سبز در کاهش مصرف انرژی

پرداخته شده و نشان داده شده که دیوار نسبت به سقف، بخش مهمی برای ایجاد فضای سبز در راستای عمود را داراست به صورتی که می‌تواند جایگزینی مطلوب‌تری نسبت به بام‌های سبز در بافت‌های شهری داشته باشد. ساختمان سبز می‌تواند به ایجاد مقاومت‌های حرارتی در طول سقف، سبب کاهش مصرف انرژی برای گرمایش و سرمایش ساختمان شود. با توجه به مطالعات به عمل آمده، سقف سبز نسبت به سقف معمولی می‌تواند سبب پایین آمدن دما روی سقف شود و نیاز به انرژی را کم کند [۲۵].

مقاله‌ای با عنوان ساختمان سبز، در ایران ساختمان سبز بنا کنیم، می‌توان اشاره نمود که در آن نویسنده تنها به معرفی آیین‌نامه و نحوه امتیازدهی و دلیل اهمیت ساختمان‌های سبز پرداخته است. محقق آیین‌نامه لید را به دو بخش بشرحی که در ادامه آورده می‌شود بیان می‌دارد. بخش اول: مجموع اصول طراحی و ساخت ساختمان سبز که عبارت است از:

الف- کارآمدی محیط همزمان با نگاهی صرفه‌جویانه در استفاده از انرژی در زراحی

ب- محافظت از سلامت و تندرستی روحی و جسمی ساکنین

ج- کم کردن آلودگی‌های زیان بار زیست‌محیطی

نکته مهم این که آیین‌نامه لید دارای شش نکته مهم برای سبز بودن یک سایت ساختمانی پایدار می‌باشد که هر کدام دارای لیست‌های بررسی و امتیازدهی هستند. در بخش دوم: صرفه‌جویی انرژی را در سه قالب معرفی می‌نماید: مبانی، متوسط و پیشرفته، که مباحثی برای جلوگیری از اصراف انرژی‌های تجدیدناپذیر و که هر فردی یا سازمانی را مکلف به تلاش برای هر چه بهتر و بیشتر شدن حفظ محیط‌زیست و انرژی پاک، می‌کند [۲۶].

طی مقاله‌ای با موضوع بررسی اختصاصی فلاش تانک‌ها در بهره‌وری آب در ساختمان سبز، دومین نقطه کلیدی از گواهی‌نامه لید اشاره نمود که در آن نویسنده ابتدا اشاره می‌نماید که منشاء ساختمان سبز فرآیندی می‌باشد برای احداث ساختمان‌های سازگار با محیط‌زیست و حفظ انرژی، سپس ارزش ساختمان سبز را در

سیکل تولد تا بازیافت یک ساختمان مورد بررسی قرار می‌دهد. در ادامه نیز با اشاره به آمار آژانس بین‌المللی انرژی بیان می‌دارد که ۴۰ درصد سرانه انرژی مصرفی توسط ساختمان‌ها مصرف می‌گردد. نیاز به تغییر دیدگاه در ساخت ساختمان‌ها را مورد توجه قرار می‌دهد. محقق همچنین اشاره می‌نماید که ساختمان سبز می‌تواند دریچه‌ای به سوی زندگی بهتر باشد و یکی از نقاط کلیدی بهره‌وری ساختمان‌های سبز را کاهش مصرف آب دانسته است. بر اساس آمار ورود ۳۰ درصد از آب مصرفی در داخل ساختمان اختصاص به مصرف فلاش تانک‌ها دارد از این‌رو نویسندگان توجه به خصوصی در طراحی و استفاده از آن‌ها به کار برده است. در پایان نگاه اجمالی به طراحی ساختمان‌های سبز و قوانین و استانداردهای جهانی انداخته شده است و طراحی فلاش تانک‌های جدید اشاره می‌گردد که در نهایت به سهم بسزایی آن‌ها در کاهش مصرف آب پرداخته می‌شود. در ادامه تنها اشاره می‌گردد که استفاده از سیفون‌های دوگانه و سیفون‌های کم فشار مصرف آب را به صورت قابل توجهی کاهش می‌دهند. در اینجا می‌توان به این نکته اشاره نمود که نویسندگان قبل از اولویت‌بندی راه‌کارها به بررسی یک مورد خاص پرداخته است [۲۶].

مقاله‌ای با عنوان بهینه‌سازی مصرف انرژی با توجه به طراحی اقلیمی ساختمان‌های مسکونی به بررسی طراحی اصولی ساختمان‌ها با توجه به شرایط اقلیمی آن منطقه و استفاده صحیح از انرژی خورشیدی پرداختند. معماری و شهرسازی سنتی با هماهنگی با طبیعت و استفاده از انرژی‌های طبیعی موجود (انرژی خورشید، باد و ...) در اطراف بناها باعث کاهش همه‌جانبه مصرف انرژی در بناها می‌گذارد [۲۷].

مقاله با عنوان قوانین طراحی پایدار، یکی از پایه‌های اصلی معماری سبز را می‌توان اشاره کرد. در این مقاله چهارچوبی جهت نقد بناها در مراحل مختلف (قبل از ساخت، در حین ساخت‌وساز و در زمان بهره‌برداری) مورد بررسی قرار گرفته و به این نتیجه رسیدند که پایداری در طراحی معماری حاصل نمی‌شود، مگر با رعایت تعامل سه جانبه بین معمار، طبیعت و بهره‌بردار [۲۸].

در مقاله‌ای برچسب انرژی ساختمان از مبحث ۱۹ را مورد مقایسه قرار داده و اینکه با تغییر موضوع خود یعنی معیارهای میزان مصرف انرژی به میزان انرژی مصرفی پایدار و با توجه به آیت‌های گواهی‌نامه لید از

سازمان ساختمان-های سبز (جی بی سی آی)^۱ که به عنوان برچسبی معتبر در سطح جهان می باشد برچسب انرژی ساختمان در کشور ما نیز گویای این راهبرد باشد [۲۹].

در مقاله ای با عنوان کاربرد معماری هوشمند در ساختمان های سبز، بیان کردند که یکی از چالش های مد نظر به منظور ارتقاء توسعه پایدار در صنعت ساختمان، استفاده از انرژی خورشیدی است که در این میان فتوولتائیک ها یکی از آخرین دستاوردها در حیطه مصرف انرژی خورشیدی برای تولید برق مورد نیاز ساختمان ها هستند. از تدابیر دیگر نماهای دو پوسته است که نشان دهنده سطح بالایی از کاهش مصرف منابع انرژی در راستای معماری پایدار است. همچنین پنجره ها نیز از مهمترین اجزاء ساختمان هستند که طبق بررسی های صورت گرفته، حدود ۴۰٪ اتلاف انرژی در ساختمان ها از طریق درب ها و پنجره ها صورت می گیرد، در این راستا یکی از روش های مناسب استفاده از پنجره های هوشمند است که کمترین میزان تبادل حرارتی را بین درون و بیرون ساختمان ایجاد می نمایند [۳۰].

در سال ۱۳۹۳ مقاله دیگری تحت عنوان بررسی راه کارها و عوامل اقلیمی در ایجاد ساختمان سبز توسط خانم شهرزاد پورمحمد نوشته شده است که در انجام این تحقیق به بررسی راه کارها و عوامل موثر در ایجاد ساختمان سبز با هدف کاهش آلودگی محیط زیستی و پایداری محیطی پرداخته شده است [۳۱].

همچنین مقاله ای دیگر توسط آقای روح الله رفعی و خانم مریم روشنایی با عنوان امکان سنجی اقتصادی ساختمان سبز در ایران در سال ۱۳۹۳ نوشته شده است که در این مقاله امکان پذیری ساخت ساختمان سبز در ایران، چه از نظر انتخاب سیستم تاسیسات و سیستم های گرمایشی و سرمایشی و ... مورد بررسی قرار گرفته است و در نهایت مقایسه ای با ساختمان معمولی صورت گرفته و اختلاف هزینه آن ها با هم محاسبه شده است [۳۲].

مقاله ای در رابطه با بررسی تاثیر تابش و ارتفاع در بهبود عملکرد دودکش خورشیدی ساختمان سبز ارائه کرد، که استفاده از آن تاثیر فراوانی در کاهش مصرف انرژی در بخش مسکونی دارد. همچنین در این

¹ GBCI

مقاله استفاده از دودکش‌های خورشیدی را راه‌حلی برای جلوگیری از پدیده وارونگی در شهرهای بزرگ همچون تهران نیز پیشنهاد کرده است [۳۵].

تحقیقاتی در رابطه با بتن سبز، مواد و مصالح ساختمانی سازگار با محیط‌زیست و کارآمد انجام دادند. طبق تحقیقات انجام شده تمام بتن‌های سبز نسبت به بتن نرمال مقاومت و دوام‌پذیری بالاتری برخوردار است. بتن سبز بتنی متشکل از پسماندهای بتنی سازگار با محیط‌زیست می‌باشد که از محصولاتی مثل خاکستر بادی، گرد و غبار سنگ معدن، پودرهای مرمر/دانه‌های کوچک، پسماندهای پلاستیکی، بتن بازیافت شده و سیمان را ارائه می‌دهد. مصرف این بتن علاوه بر استفاده از مواد بازیافتی، باعث کاهش انتشار دی اکسید کربن در جو نیز می‌شود [۳۴].

مقاله‌ای با عنوان بررسی راه‌کارهای بهره‌گیری از آب خاکستری در ساختمان‌های چندطبقه‌ی مسکونی شهر تهران: راه‌حلی پایدار برای صرفه‌جویی در مصرف آب را در همایش بین‌المللی معماری، عمران و شهرسازی در هزار سوم ارائه کردند.

در این مقاله، بهره‌گیری از آب خاکستری را راه‌کاری در جهان امروز برای کاهش فشار بر منابع تازه‌ی آب و مصرف انرژی و هزینه بیان می‌کند و به بررسی سیستم ریواتر^۱ می‌پردازد که در این سیستم آب خاکستری ایجاد شده در ساختمان برای آبیاری فضای سبز به زیر سطح خاک انتقال داده می‌شود [۳۵].

مقاله‌ای در رابطه با چگونگی طراحی ساختمان‌های سبز با توجه به اقلیم‌های متفاوت، برای پیشرفت کشور ارائه کردند. در این مقاله با معرفی منافع و مزایای ساختمان سبز، در سراسر کشور با توجه به اقلیم‌های متنوع ایران، روش‌های ترغیب افراد به سمت گسترش ساخت این‌گونه ساختمان‌ها مورد تاکید قرار گرفته است و شاخص‌های مطرح در ارزش‌گذاری‌های خانه سبز بیان شده است [۳۶].

¹ Rewater

همچنین در این مقاله مطرح شده است که هر چند احداث یک ساختمان سبز به شیوه استاندارد حتماً گران‌تر از یک ساختمان معمولی در می‌آید اما نتیجه و تأثیر آن به طور ملموس در هزینه نگهداری کمتر، عمر ساختمان طولانی‌تر، لذت استفاده از ساختمان مدرن همراه با ویژگی‌های سالم زیستی و همچنین سلامت روحی بالاتر می‌باشد که این حفاظت از سلامت جامعه را نیز در پی دارد [۳۷].

۸- شرایط فعلی ساختمان سبز در ایران

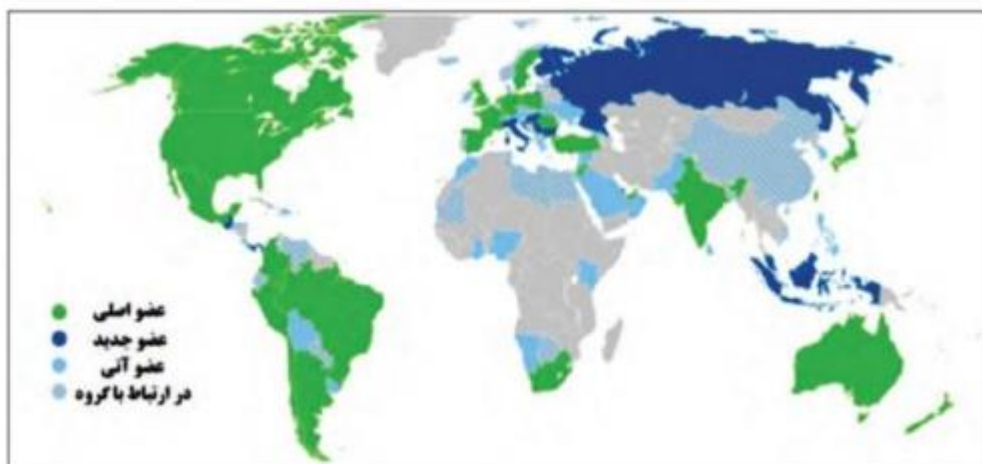
در کشور ما با توجه به بیانات مقام معظم رهبری در مورد حفظ محیط‌زیست و همچنین صرفه‌جویی در مواد و انرژی، تلاش برای ساخت ساختمان‌های سبز دارد. با توجه به تلاش‌های فراوانی که در این‌باره انجام شده متأسفانه هنوز به نتیجه مطلوب و مورد تأیید بین‌المللی نرسیده‌ایم.

مصالح مورد استفاده در پروژه‌های ساختمانی ایران از استانداردهای بین‌المللی فاصله دارند و چون طراحان در طرح‌های خود فرض را بر استفاده از مصالح استاندارد منظور می‌دارند، در بدو اجرای پروژه با ابهام‌های اساسی مواجه می‌شوند که غیرقابل قبول نیز هستند. استفاده از آهن‌های متفرقه، تیرچه‌های ساخته شده در کارگاه‌های غیراستاندارد بدون حضور و نظارت مهندسان باتجربه، استفاده از بتن‌های غیراستاندارد و هزاران مشکل دیگر موجب اجرای ضعیف و عاری از استاندارد پروژه می‌شود. این‌ها در واقع نقطه‌ی مقابل نظریه‌ی مهندسان است. در فاز بعدی پروژه‌های ساختمانی، بحث نازک کاری پیش می‌آید، که باز هم وجود مصالح غیراستاندارد از قبیل لوله، کاشی، سرامیک (ناگونی) و غیره، موجب صرف هزینه و وقت زیاد در دستیابی به یک ساختمان به ظاهر زیبا، ولی در واقع پوشالی می‌شود. اگر بخواهیم مصالح مورد استفاده‌ی ساختمانی در ایران را دسته‌بندی کنیم، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: آجر، سفال و کاشی و سرامیک؛ سنگ ساختمانی سنگدانه؛ سیمان و فرآورده‌های آن؛ آهک، گچ و فرآورده‌های آن‌ها؛ ملات‌های بنایی؛ فلزات و فرآورده‌های آن‌ها، انواع فولاد و چدن که آلیاژهای آهن ناخالص به حساب می‌آیند و از پرمصرف‌ترین مصالح فلزی‌اند؛ چوب و فرآورده‌های آن؛ قیر و قطران؛ شیشه؛ رنگ و پوشش‌های تزئینی؛ پلاستیک‌های ساختمانی.

تدوین مقررات ملی ساختمان به عنوان نقطه‌ی عطفی در تاریخ مهندسی ساختمان کشور، بیش از دو دهه است که توسط وزارت راه و شهرسازی آغاز و با مشارکت جامعه‌ی مهندسی کشور در قالب شورای تدوین مقررات ملی ساختمان و کمیته‌های تخصصی مباحث، سازماندهی شده و بی‌وقفه سیر تکامل خود را طی نموده است. مواد و مصالح اگر به طور استاندارد وسازگار با مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان به کار روند، مقداری از مسأله‌ی اتلاف انرژی را حل خواهند کرد، اما آنچه مطرح است ورود به نسل جدیدی از ساختمان‌هاست که تفاوت‌های بسیاری با ساختمان‌های معمول دارند.

ساختمان سبز در جهان (شورای جهانی ساختمان سبز) شورای ساختمان‌سازی سبز، شبکه‌ای از شوراهای ملی ساختمان سبز سراسر جهان و بزرگ‌ترین سازمان بین‌المللی مؤثر بر بازار ساختمان‌سازی سبز می‌باشد. این شورا عضو سازمان‌های مبتنی بر همکاری با صنعت و دولت در تحول صنایع ساختمان می‌باشد. تاکنون ۹۳ کشور جهان، با ایجاد انجمن‌های ساختمان سبز به طور رسمی به عضویت این سازمان درآمده‌اند. جایزه‌ی جهانی ساختمان سبز که به نام دیوید گوتفرید بنیان‌گذار سازمان جهانی ساختمان سبز نام‌گذاری شده است، سالانه به نوآوران و توسعه‌دهندگان این صنعت اهدا می‌شود. همچنین ۲۳ سپتامبر روز جهانی ساختمان سبز نامیده شده است و ۱۶ تا ۲۱ همان ماه، هفته‌ی ساختمان سبز می‌باشد که فعالان این زمینه هر سال گرد هم می‌آیند و به بحث و تبادل نظر می‌پردازند. نگاهی به کشورهای عضو این سازمان تأمل برانگیز است و می‌تواند مدیران این زمینه در ایران را به تکاپو بی‌اندازد. بحرین، مصر، اردن، کویت، لبنان، لیبی، فلسطین، عمان، قطر، عربستان، سوریه، تونس، امارات، مراکش، پاکستان و ترکیه تنها تعدادی از اعضای این سازمان هستند، کشورهایی که بسیاری از آن‌ها در خاورمیانه قرار دارند. در این میان ترکیه، امارات و قطر از اعضای اصلی این سازمان به شمار می‌روند. انجمن ساختمان سبز ایران به طور غیردولتی فعال می‌باشد و در سازمان جهانی ساختمان سبز عضویت ندارد [۳۸].

تصویر زیر نمایی کلی از کشورهای عضو شورای جهانی ساختمان سبز را نشان داده است.

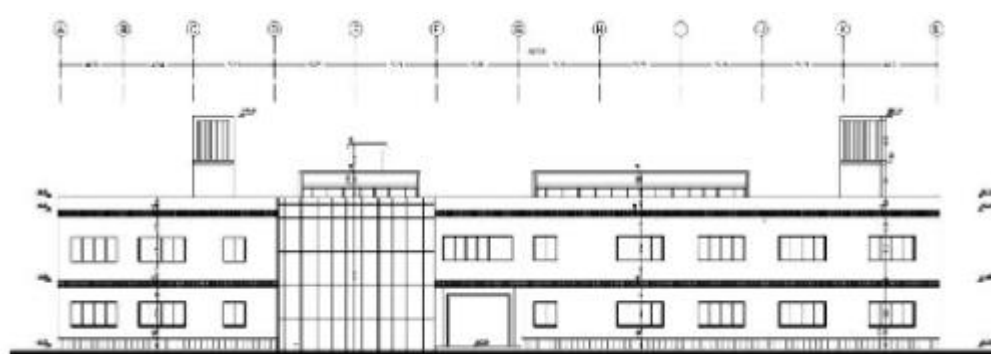


شکل ۵، نمای کلی کشورهای عضو شورای جهانی ساختمان سبز

۹- نمونه ساختمان‌های سبز در ایران

اولین ساختمان انرژی صفر کشور تحت عنوان «ساختمان سبز» در استان البرز، واقع در مشکین‌دشت کرج به بهره‌برداری رسیده است.

پروژه مذکور از سال ۱۳۹۱ کلید خورده و ساختمان آن با زیربنای ۲ هزار متر در دو طبقه و کاربری آموزشی-پژوهشی طی ۲ سال تکمیل شد و معماری آن نیز تلفیقی از سنتی و مدرن است. این مجموعه اولین ساختمان انرژی صفر کشور و سومین در خاورمیانه است که با استفاده از پنل‌های خورشیدی فعالیت می‌کند، البته ۸۰ نمونه دیگر از آن در جهان وجود دارد. پروژه مذکور که ظرفیت‌های فنی بسیاری دارد با رویکرد استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به نحوی عمل می‌کند که میزان مصرف و تولید انرژی‌ها در بازه زمانی یک ساله دارای تراز مثبت باشد، در واقع مصرف انرژی این ساختمان در مقایسه با یک ساختمان معمولی ۹۰ درصد کاهش یافته است.



شکل ۶، ساختمان سبز یا انرژی صف مشکین‌دشت کرج

• ساختمان انرژی پلاس ایران

ساختمانی با عنوان (ساختمان انرژی پلاس^۱ ایران) از سوی پژوهشگران دانشگاه صنعتی امیرکبیر ساخته شد. این ساختمان دارای پوشش‌های نانو عایق در سقف و جداره‌ها، شیشه‌های دو جداره با پوشش ضد اشعه‌ی ماورا بنفش (یو وی)^۲، پوشش سبز گیاهی، سیستم آب گرم خورشیدی، برق خورشیدی، لامپ‌های ال ای دی و ایستگاه اکسیژن است. ساختمان (انرژی پلاس) که در زمینی به مساحت ۱۱۶ مترمربع در سه طبقه در خیابان استاد نجات‌الهی تهران احداث شده است، کلیه‌ی انرژی مورد نیاز خود را از خورشید جذب و تأمین می‌کند. این ساختمان با پوشش‌های گیاهی و لایه‌های پوششی شیشه‌ها از ورود اشعه‌ی یو وی که باعث گرمای داخل ساختمان می‌شود تا میزان ۹۹ درصد ممانعت می‌کند، به گونه‌ای که به میزان ۵۷ درصد مقدار انرژی

^۱ Energy Plus

^۲ Uv- Ultraviolet

سرمایشی مورد نیاز در تابستان را کاهش می‌دهد. کلیه انرژی‌های روشنایی و سرمایش و گرمایش این سازه از طریق انرژی تجدیدپذیر خورشیدی تأمین می‌شود. هدف این پروژه به حداقل رساندن مصرف انرژی در ساختمان است، از این‌رو برای روشنایی و دریافت حداکثر نور خورشید از پنجره‌های بزرگ استفاده شده است. در حال حاضر از عایق‌های ۴ سانتی‌متری حاوی گازهای بنزن استفاده می‌شود که برای سلامت انسان مفید نیستند، به همین دلیل در این پروژه از نانو عایق‌هایی که از سوی محققان کشور تولید شده و برای سلامت ساکنان ساختمان مضر نیست، استفاده شده است. آب گرم این ساختمان با استفاده از آبگرمکن‌های خورشیدی تأمین می‌شود. این آبگرمکن قادر است در مدت زمان ۵ ساعت، ۲۰۰ لیتر آب گرم ساختمان را تأمین کند و در روزهای سرد زمستان آب گرم با دمای ۶۰ درجه را در اختیار ساکنان قرار دهد. آفتاب بر روی لوله‌های دوجداره برخورد می‌کند و آب گرم در منبع ۲۰۰ لیتری بالای لوله‌ها ذخیره می‌شود. در این ساختمان از گیاهان برای تأمین رطوبت مورد نیاز در ساختمان‌ها استفاده شده است، به این نحو که در این ساختمان دو سری گل رز رونده به همراه پیچک (امین‌الدوله) کاشته شده است. تنفس گیاه همانند کولرهای آبی در محیط رطوبت تولید می‌کند.

• برج یادمان اردبیل

طرح بزرگ برج یادمان اردبیل، ساختمانی است که در آن از فناوری ساخت ساختمان‌های سبز استفاده شده است. این برج در مقایسه با سازه‌های معمول و رایج، کمترین آسیب را به محیط پیرامون خود وارد می‌کند؛ به این معنی که با اجرای چنین ساختمانی درواقع هر آنچه که از طبیعت محل اجرای این طرح گرفته می‌شود، دوباره به همان اندازه و شاید بیشتر از میزان قبلی به طبیعت منطقه بازگردانده می‌شود. این برج منحصر به فرد در ۲۶ طبقه‌ی فوقانی و ۳ طبقه‌ی زیرزمینی احداث می‌گردد. صفحه‌های خورشیدی در ابعاد مختلف و همگون با نمای ساختمان در بین طبقات مختلف برج تعبیه شده است. این صفحه‌های خورشیدی به همراه توربین‌های بزرگ بادی که در بام طبقه‌ی فوقانی برج نصب می‌شود، کل انرژی مورد نیاز ساختمان را تأمین خواهد کرد، به طوری که این برج در بحث تأمین انرژی مورد نیاز خود کاملاً مستقل از شهر و محیط پیرامون

خود عمل خواهد کرد. استفاده از الگوهای معماری سبز و معماری پایدار، ایجاد المان شهری با الهام از مفاهیم بومی و سنتی منطقه، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، همانند انرژی خورشیدی جهت کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی سوخت‌های فسیلی، استفاده از سیستم هوشمند جهت کنترل هوشمند مصرف انرژی و ایجاد فضای سبز در طبقات به تراژ حدود ۳۰۰۰ مترمربع جهت سازگاری بیشتر با محیط‌زیست را می‌توان از ویژگی‌های منحصر به فرد این برج دانست. این پروژه تا اواخر سال ۱۳۹۳ به بهره‌برداری خواهد رسید.



شکل ۷، برج‌های یادمان اردبیل

• برج سبز کوثر مشهد

پروژه برج‌های مسکونی سبز کوثر در شهر مشهد و در زمینی به مساحت نزدیک به یک هکتار در بلوار کوثر (جنب میدان پژوهش) واقع گردیده است. نظر به اهمیت پرداختن به انرژی‌های نو در معماری معاصر و باتوجه به نیاز مبرم استفاده بهینه از انرژی در ساختمان‌سازی امروز کشورمان، این پروژه با هدف ایجاد فضایی برای زندگی و بهبود کیفیت آن از یک سو و خلق نشانه و الگویی برای آینده از سوی دیگر مطرح گردید.

مشخصات عمومی پروژه برج‌های مسکونی سبز کوثر

موقعیت: مشهد، ایران

تاریخ: ۱۳۹۱

مساحت: ۷۰۰۰۰ مترمربع

وضعیت: در حال ساخت

کارفرما: شرکت جهاد تعاون خراسان

این پروژه اولین تجربه واقعی معماری سبز در کشورمان است که در آن از انرژی‌های پاک در تمام سطوح معماری ساختمان بهره گرفته شده است. پانل‌های خورشیدی، توربین باد، سیستم زمین گرمایی، استفاده از آب بازیافتی، نمای دوپوسته و ... از نمونه‌های این موضوع هستند که برای کاهش هزینه‌های انرژی به کار گرفته شده‌اند.

پایداری در برج‌های مسکونی سبز کوثر

استفاده از یک لایه فضای سبز در تراس‌ها همانند یک فیلتر از ورود سر و صدا به داخل فضای زندگی جلوگیری می‌نماید.

کاشت درختان و فضای سبز در تراس، تهویه طبیعی را افزایش داده و میزان استفاده از سیستم تهویه را به حداقل می‌رساند.

کاشت هر درخت ماهانه حدود ۰/۷-۱/۱ کیلوگرم دی اکسید کربن را جذب می‌کند. در این پروژه در تراس واحدهای مسکونی حدود ۲۲۰ درخت در نظر گرفته شده است که ماهانه به طور متوسط حدود ۲۰۰ کیلوگرم دی اکسید کربن را جذب می‌کنند.

فضای سبز موجود در طبقات حدود ۳ درجه سانتی‌گراد دمای محیط را در فصول گرم پایین می‌آورند.

استفاده از درختانی که با تغییر فصل ظاهر متفاوتی به خود می‌گیرند، در تراس‌ها موجب ایجاد کیفیتی متفاوت و نمایی چهار فصل می‌گردد.

استفاده از مصالح طبیعی (مصالح سبز؛ رنگ‌های بدون ترکیبات آلی فرار، پلاستیک‌های قابل بازیافت، سنگ گچ‌های طبیعی و محصولات معدنی) که در کاهش آلودگی هوای فضای داخلی سهم به سزایی دارد.

استفاده از آب‌های خاکستری؛ آب‌های مصرفی در سینک‌ها و آب باران در لوله‌های جداگانه جمع‌آوری شده و پس از بازیافت و تصفیه، در آبیاری فضای سبز، شست‌وشوی محوطه و فلاش تانک‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

تولید بیش از ۲۰٪ برق مصرفی توسط نیروگاه موجود در پروژه.

تأمین بیش از ۴۰٪ آب گرم مصرفی توسط انرژی خورشیدی و صفحات خورشیدی روی بام.

استفاده از دو توربین بادی برای تأمین روشنایی نما و پارک خطی.

استفاده از چراغ‌های سولار در محوطه برای به دست آوردن انرژی روشنایی بدون پرداخت هزینه. استفاده از نمای خارجی دو پوسته (لوورهای متحرک) جهت حبس گرما در زمستان، کنترل تابش‌ها در تابستان و جلوگیری از ورود بادهای غالب منطقه در طبقات بالایی برج.



شکل ۸، برج‌های سبز کوثر مشهد

در بخش خصوصی شرکت‌های متعددی در زمینه ساخت ساختمان‌های سبز پیشتاز هستند که می‌توان شرکت‌های ساختمانی ایرانیان اطلس (سازنده چندین پروژه مثل اطلس مال و چندین پروژه مسکونی و ...) و

شرکت همپایه (مرمت و بازسازی باغ سپه سالار تهران و ...) و خیلی شرکت‌های دیگر که در تلاش برای گرفتن تاییدهای بین‌المللی معتبر برای ساختمان‌های خود هستند و تلاش‌های زیادی در بخش‌های مختلف انجام دادند ولی متأسفانه هنوز به این مهم دست نیافتند.

نمونه‌های خارجی

• برج‌های مرکز تجارت جهانی (منامه بحرین)

این برج‌ها شامل ۳ ملخ ۳۰ متری که بین این ۲ برج قرار دارد هست و در سال ۱۱۰۰ مگاوات برق برای این ساختمان ۴۲ طبقه تولید می‌کند. همچنین این ساختمان‌ها طوری طراحی شده که مسیر عبور هوا در میان طبقات آن بدون هیچ مشکلی وجود داشته باشد. طبقات مختلف این برج دیدهای متفاوتی به روی کل جزیره دارد. این توربین‌ها رو به شمال می‌باشد چرا که جهت مسیر بادهای مخالف از سمت خلیج فارس است. ساختمان‌هایی که به شکل بادبان هستند، در هر دو طرف به گونه‌ای طراحی شده‌اند که باد را از طریق شکاف‌ها هدایت می‌کنند و منجر به فراهم شدن حداکثر مقدار باد توربین‌ها می‌گردند (شکل ۲-۷) شکل اس این عمل از طریق آزمون‌های تونل باد تایید شد. این آزمون‌ها یک جریان به وجود آورند که هر بادی با زاویه ۴۵ درجه از هر طرف محور اصلی وارد می‌شود و یک جریان بادی را به وجود می‌آورد در این حالت توربین‌ها به صورت عمودی باقی می‌ماند و این امر به طور چشم‌گیری باعث افزایش تولید برق می‌شود. که توربین‌های بادی ۱۱ درصد تا ۱۵ درصد از کل مصرف برق برج‌های را تامین می‌کند که این هم تقریباً برابر روشنایی ۳۰۰ خانه در سال می‌باشد. این سه توربین نخستین بار در سال ۲۰۰۸ به کار انداخته شدند.



شکل ۹، برج‌های مرکز تجارت جهانی (منامه بحرین)

• برج رودخانه پرل (گوانجو چین)

این آسمان خراش سبز برای مهار کردن بادهای ارتفاعات بلند طراحی شده است در این برج از توربین‌های داخلی بادی برای روشن نگه داشتن چراغ‌ها استفاده می‌کنند به مانند یک بال قوی و بزرگ هوا را از طریق تونل‌های با فشار به ساختمان‌ها وارد می‌کنند این برج از دور به یک بال غول پیکر شبیه است که باد را از میان ۷۱ طبقه خود عبور می‌دهد.

ساختمان به گونه‌ای طراحی شده است که انرژی تولیدی از انرژی مصرفی در ساختمان در ساختمان است. همچنین یکی از ساختمان‌های در دنیا است که هماهنگ با محیط می‌باشد از ویژگی‌های دیگر این ساختمان می‌توان به توربین‌هایی را بیان کرد که باد را به انرژی تبدیل می‌کند که برای استفاده در سیستم اچ وی ای سی^۱ بکار می‌رود گرما و سرما در درون خود نگه می‌دارد. در این برج از کلکتور خورشیدی برای تولید بیشتر برق و گرم کردن آب ساختمان و سیستم جمع‌کننده آب باران استفاده می‌شود این ساختمان از طریق انباره حرارتی و هواکش عمودی سرد می‌شوند. کار این توربین‌ها تنها منحصر به تولید برق نمی‌شود بلکه

^۱ HVAC

دریچه‌هایی که هوا از طریق آن‌ها جریان می‌یابد به کاهش بار کلی باد در آسمان خراش کمک می‌کند. این ساختمان در سال ۲۰۰۶ آغاز شده و در ۲۰۱۰ به پایان رسید. کاربری این ساختمان اداری در نظر گرفته شده و شرکت تنباکوی چین آن را به کار خواهد گرفت.



شکل ۱۰، برج رودخانه پرل (گوانجو چین)

• ساختمان مرکز تجاری سبز در هندوستان^۱

خصوصیات سبز

هیچ آبی از ساختمان بیرون نمی‌رود، تمام فاضلاب ساختمان به صورت بیولوژیکی از طریق فرآیندی به نام (سیستم تصفیه در مبدا) تصفیه می‌شود. ۳۵ درصد کاهش در مصرف آب آشامیدنی نسبت به ساختمان‌های معمولی، استفاده از تسهیلات آبی کم مصرف، استفاده از سرویس‌های بهداشتی خشک و استفاده از سیلاب‌ها و آب‌های بازیافتی برای آبیاری. حداقل اختلال در محیط طبیعی، فرسایش و رسوب‌سازی، برای جلوگیری از فرسایندگی اندازه‌گیری و کنترل می‌شود. با تبدیل سطوح بام‌ها به حیاط بام، هدایت گرما و اشعه تا میزان ۵۵

^۱ Industry Indian of Confederation

درصد کاهش یافته است، استفاده از بلوک‌های نفوذپذیر در کف پیاده‌روها و پارکینگ‌ها برای رسوخ سیلاب‌ها در آن‌ها، ۵۰ درصد صرفه‌جویی بیشتر در کل انرژی‌های مصرفی نسبت به ساختمان‌های معمولی، ۸۸ درصد کاهش در مصرف روشنایی، استفاده از بلوک‌های سیمانی هوازی برای نماهای خارجی که ۱۵ الی ۲۰ درصد از فشار روی سیستم تهویه مطبوع را می‌کاهد، استفاده از شیشه‌های دو جداره با ظرفیت حرارتی بالا، بهره‌برداری از انرژی خورشید، ۲۰ درصد انرژی مورد نیاز ساختمان توسط سلول‌های خورشیدی تأمین می‌شود، سلول‌های خورشیدی ظرفیت ۲۳.۵ کیلو وات دارند، متوسط تولید ۱۰۰ الی ۱۲۵ واحد در روز می‌باشد.

۸۰ درصد مصالح استفاده شده بازیافت شده یا قابل بازیافت هستند، آجرها از ذرات خاکستر ساخته شده‌اند، استفاده از شیشه، آلومینیوم، کاشی‌های سرامیکی بازیافت شده، مبلمان ساخته شده از چوب بازیافت شده و ترکیبی، مبلمان اداری ساخته شده از ترکیبات چوبی، تفاله‌های نیشکر و چغندر، بازیافت بیش از ۵۰ درصد زباله در داخل ساختمان یا انتقال آن به مکانی دیگر.



شکل ۱۱، ساختمان مرکز تجاری سبز در هندوستان

۱۰- مدلسازی یک نمونه و نتایج

۱۰-۱- فضای نمونه و روش حل

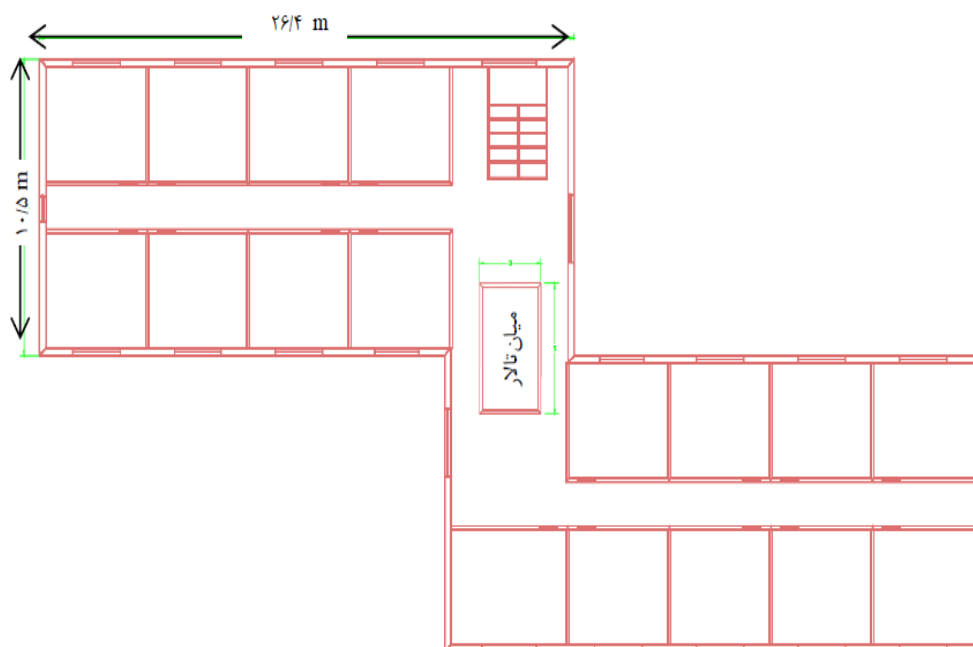
اقلیم ساختمان مورد ارزیابی در این تحقیق، اقلیم شهر تهران است. مبنای ساختمان پیشنهادی برای یک خوابگاه دانشجویی در اغلب نقاط کشور، روشنایی مناسب و کاهش آلودگی صوتی است؛ لذا خوابگاه‌ها عمدتاً به صورت طویل در راستای شرقی - غربی برای تأمین نور کافی و به صورت دو بلوکه برای جذب آلودگی صوتی و آسایش صوتی بهتر ساخته می‌شوند. ساختمان خوابگاه‌ها برای برخورداری متوازن از تابش خورشید و عدم تابش مستقیم به صورت طویل در راستای شرقی - غربی ساخته می‌شوند. همچنین برای آسایش بصری و شاید کاهش بار گرمایشی و سرمایشی استفاده از یک میان تالار مرکزی در محل تلاقی دو بلوک می‌تواند نقش موثری را ایفا کند. ایجاد بام سبز نیز می‌تواند بر کاهش بار گرمایش و سرمایش اثرگذار باشد. برای بررسی هر یک از این دو عامل به صورت جداگانه و تلفیقی، ۴ طرح مختلف بر هندسه و ساختار ساختمان مطابق جدول (۱) اعمال و مدلسازی می‌شوند.

جدول ۱، طرح‌های هندسه و ساختار ساختمان

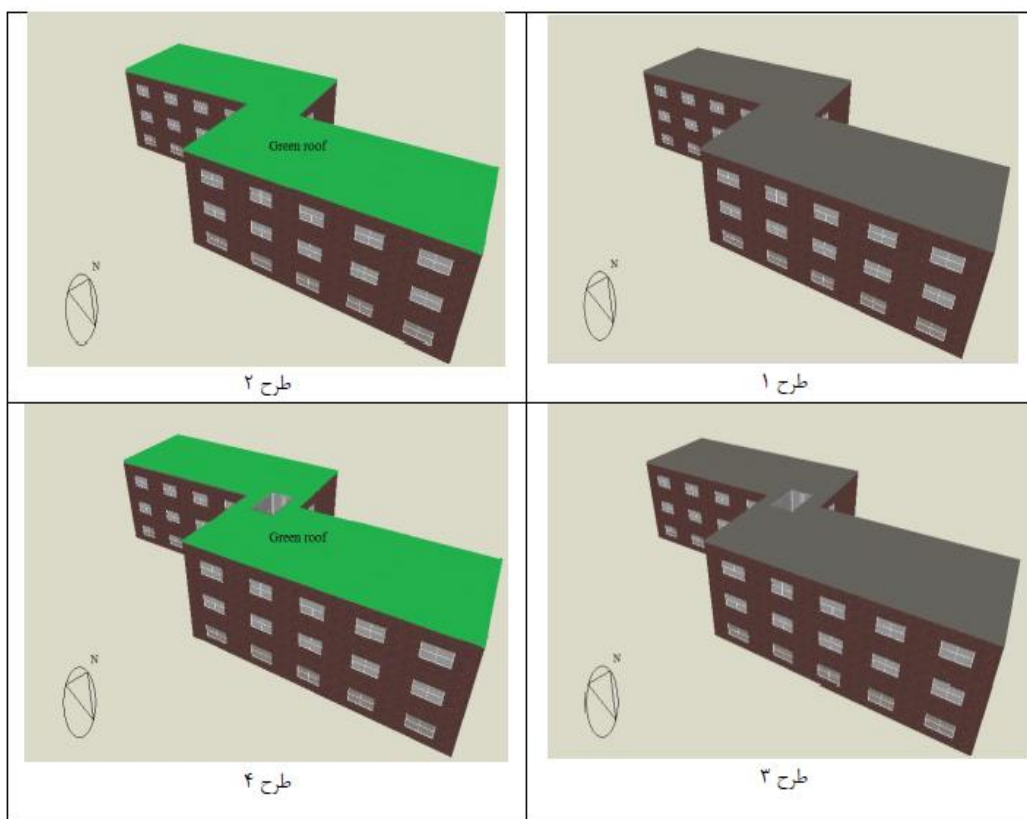
شماره طرح	توصیف ساختار طرح
۱	ساختمان فاقد بام سبز و میان تالار در نظر گرفته می‌شود.
۲	سقف خارجی طبقه دوم پوشیده از بام سبز ساختمان و ساختمان فاقد میان تالار است.
۳	سقف فاقد بام سبز و دارای میان تالار در سالن الحاق دو بلوک در نظر گرفته می‌شود.
۴	سقف خارجی طبقه دوم پوشیده از بام سبز و ساختمان دارای میان تالار در سالن الحاق دو بلوک در نظر گرفته می‌شود.

زیربنای هر بلوک $۱۰/۵ \times ۲۶/۴$ متر مربع بوده و در مجموع، زیربنای دو بلوک هر طبقه $۵۵۴/۴$ مترمربع خواهد بود. میان تالار به ابعاد ۵×۳ مترمربع در بلوک شمالی و سالن الحاق دو بلوک قرار می‌گیرد. میان تالار فاقد دریچه تهویه هوا در نظر گرفته شده است. هر طبقه دارای ۱۶ اتاق ۴ نفره و یک آشپزخانه و سرویس بهداشتی است. طبقه همکف نیز دارای سالن مطالعه، حمام و نمازخانه است. در شکل (۱۲) پلان فضای نمونه

و در شکل (۱۳) نمای این ۴ طرح به طور کلی ترسیم شده است. مکانیزم سرمایش و گرمایش ساختمان فن-کویل در نظر گرفته شده و برنامه زمانی کارکرد سیستم سرمایش - گرمایش به صورت ۲۴ ساعته برای تمامی طول سال تنظیم می شود. دمای تنظیم سرمایش و گرمایش و استاندارد انتخابی و تاثیرات آن بر بار سالانه در بخش نتایج ذکر خواهد شد. افراد ساکن در خوابگاه زن در نظر گرفته می شوند و نحوه حضور افراد به صورت حضور تمام وقت شبانه و حضور ۳/۴ از کل افراد ساکن در طول روز از ساعت ۸ صبح تا ۸ شب فرض می شود. خواص ترموفیزیکی شیشه های به کار رفته در میان تالار و سایر پنجره ها مطابق جدول (۲) انتخاب شده است.



شکل ۱۲، پلان فضای نمونه مورد بررسی



شکل ۱۳، نما و ساختار ۴ طرح: طرح ۱- ساختمان فاقد بام سبز و میان تالار، طرح ۲: ساختمان دارای پوشش بام سبز و فاقد میان تالار، طرح ۳: ساختمان دارای میان تالار و فاقد بام سبز، طرح ۴: ساختمان دارای بام سبز و میان تالار

ترتیب قرارگیری مواد به کار رفته در اجزای ساختمان نیز مطابق جدول (۳) و ساختار و جنس اجزای مصالح ساختمانی طبق جدول (۴) انتخاب شده است.

جدول ۲، خواص ترموفیزیکی شیشه‌های به کار رفته در میان تالار و سایر پنجره‌ها

خواص حرارتی	ضخامت (mm)	۳
	رسانش (W/mK)	۰/۹
خواص تابش خورشید	ضریب عبور	۰/۸۳۷
	ضریب انعکاس خارج	۰/۰۷۵
	ضریب انعکاس داخل	۰/۰۷۵
خواص تابش مرئی	ضریب عبور مرئی	۰/۸۹۸
	ضریب عبور مرئی خارج	۰/۰۸۱
	ضریب عبور مرئی داخل	۰/۰۸۱
خواص تابش مادون قرمز	ضریب عبور مادون قرمز	۰
	ضریب صدور خارجی	۰/۸۴
	ضریب صدور داخل	۰/۸۴

جدول ۳، ترتیب قرارگیری مواد به کار رفته در اجزای ساختمان

اجزاء ساختمان	لایه ها	ضخامت (m)
کف متصل به زمین	بتن با پوکه	۰/۱
	ملات	۰/۰۲
	موزاییک	۰/۰۳
کف بین طبقات	پلاستر	۰/۰۲
	لایه هوا	۰/۴
	بتن	۰/۱
	بتن با پوکه	۰/۰۸
	ملات	۰/۰۲
	سرامیک	۰/۰۱
سقف ساختمان (در طرح های بدون بام سبز)	آسفالت	۰/۰۴
	قیرگونی	۰/۰۳
	بتن با پوکه	۰/۰۵
	بتن	۰/۱
	لایه هوا	۰/۴
	پلاستر	۰/۰۲
دیوار داخلی	پلاستر	۰/۰۲
	آجر	۰/۱
	پلاستر	۰/۰۲

جدول ۴، جنس مصالح به کار رفته در ساختمان

مواد و مصالح	ضریب هدایت حرارتی (W/mK)	گرمای ویژه (J/kgK)	چگالی (kg/m^3)
آسفالت	۰/۷	۱۰۰۰	۲۱۰۰
قیرگونی پوش نمد	۰/۵	۱۰۰۰	۱۷۰۰
آجر	۱	۸۴۰	۱۹۰۰
لایه هوا	۰/۰۲۵	۱۰۰۸	۱/۲۳
پلاستر	۰/۲۵	۸۹۶	۲۸۰۰
بتن	۱/۴	۸۴۰	۲۱۰۰
بتن با پوکه	۰/۴۸	۱۰۰۰	۱۲۰۰
ملات	۱/۱۵	۹۲۰	۲۰۰۰
موزاییک	۱/۴	۱۰۰۰	۳۰۰۰
سرامیک	۱/۳	۸۴۰	۲۳۰۰

۱۰-۲- مدلسازی

برای شبیه‌سازی از نرم‌افزار دیزاین بیلدر استفاده شده است (دیزاین بیلدر، ۲۰۱۱). نرم‌افزار دیزاین بیلدر برای اجرای شبیه‌سازی و استخراج نتایج، از موتور شبیه‌ساز قدرتمند انرژی پلاس استفاده می‌کند.

برای مدل سازی بام سبز، تکنیک های مختلفی وجود دارد. مطالعه رفتار بام سبز نیازمند بررسی چندین پدیده از جمله انتقال یا ضریب انتقال حرارت کلی است. مدل های U-value حرارت، انتقال جرم و فیزیولوژی گیاه است. ساده ترین مدل، مدل پیچیده تر، سایه اندازی به وسیله شاخ و برگ و تبخیر سطحی را نیز در نظر می گیرند. در این شبیه سازی از مدل مرجع بام سبز دیزاین بیلدر استفاده شده است. در این مدل اثرات سایه اندازی و تبخیر سطحی نیز در نظر گرفته می شود. خواص بام سبز مدل شده در این شبیه سازی در جدول (۵) نوشته شده است.

جدول ۵، خواص فیزیکی بام سبز در تحقیق حاضر

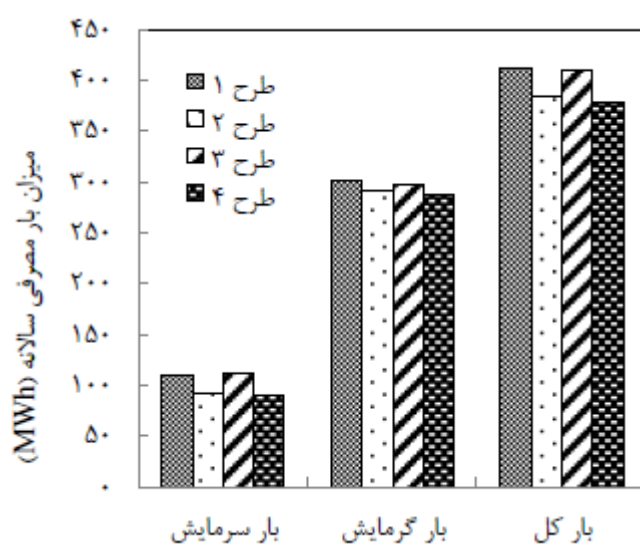
خواص فیزیکی بام سبز	
۰/۱	ارتفاع گیاه (m)
۲/۷	ضریب سطح برگ (LAI)
۰/۲۲	ضریب انعکاس برگ
۰/۹۵	ضریب صدور برگ
۱۸۰	حداقل مقاومت تعرق (s/m)
۰/۵	حداکثر گنجایش رطوبت اشباع
۰/۰۱	حداقل گنجایش رطوبت حجمی باقیمانده

۱۰-۳- نتایج مدلسازی

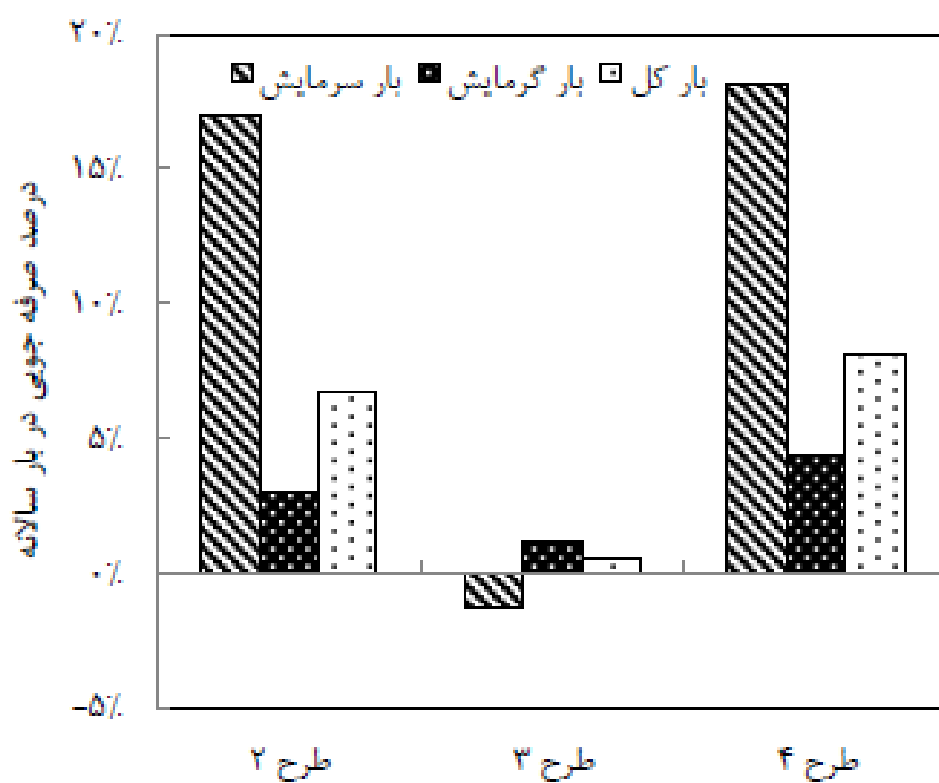
عوامل متعددی بر کارآمد بودن استفاده از بام سبز و میان تالار بر کاهش مصرف انرژی تاثیرگذار است. از جمله عوامل موثر بر کارآمدی این معماری‌های سبز، می‌توان به نوع اقلیم، پوشش گیاهی به کار رفته در بام سبز، برنامه زمان‌بندی استفاده از ساختمان، دمای تنظیم طرح داخل سرمایش و گرمایش اشاره کرد. برای مثال با افزایش ضریب مساحت برگ، میزان کارآمدی بام سبز در کاهش بار مصرفی سرمایش و گرمایش افزایش می‌یابد. خواص ترموفیزیکی، به خصوص میزان شفافیت شیشه‌های میان تالار بر کاهش بار گرمایش در زمستان و تأمین روشنایی لازم برای ساختمان اثرگذار است. میان تالار با افزایش جذب تابش خورشید سبب افزایش دمای داخلی می‌شود و بالعکس، شب هنگام بار حرارتی ساختمان را به خصوص در مناطق کویری به سرعت از ساختمان دفع می‌کند، لذا بسته به نوع اقلیم، عملکرد میان تالار در کاهش بار گرمایش می‌تواند متفاوت باشد. برای ایجاد مصالحه‌ای میان این دو عامل می‌توان از تهویه طبیعی هوا به کمک منافذ ورود هوا در کف و خروج هوا در ناحیه فوقانی میان تالار بهره گرفت که در این مطالعه مورد بررسی قرارنگرفته و میان تالار کاملاً محصور است. نسبت منفذ ورودی به منفذ خروجی جزء موارد مورد اختلاف توسط محققان است و روند و نتیجه ثابتی بر تمامی اقلیم‌ها، حکم‌فرما نیست. برخی مواقع برای دستیابی به بازده سرمایش بهینه میان تالار، نسبت سطح ورودی به خروجی بزرگ (بزرگتر از ۱۵) در مناطق استوایی پیشنهاد می‌شود که سبب افزایش اثر دودکشی و مانع از حرکت معکوس هوا می‌شود و گاهی برای تسهیل تهویه طبیعی برای سرمایش، ایجاد

اثر دودکشی عمودی با منافذ خروجی بزرگ به منافذ ورودی کوچک پیشنهاد شده است. هندسه میان تالار نیز بر مصرف انرژی سالانه می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای اثرگذار باشد. بسته به این که در چه راستایی (شرقی-غربی یا شمالی-جنوبی) میان تالار امتداد یافته باشد، مصرف انرژی سالانه نیز می‌تواند متفاوت باشد. برای بررسی میزان کارایی بام سبز و میان تالار، مصرف انرژی سالانه و ماهانه برای تنظیم دمای گرمایش $23/5$ و دمای سرمایش 28 و برنامه زمان‌بندی کاری فعال سیستم تهویه 24 ساعته ساختمان بررسی می‌شوند. در این برنامه، دما در نزدیکی استاندارد آسایش حرارتی اشری (دمای سرمایش $28/1$ و دمای گرمایش $23/4$) قرار دارد. در شکل (۱۴) طرح ۱ به عنوان طرح مرجع قرار گرفته و کارآمدی سایر طرح‌ها در کاهش بار مصرفی نسبت به آن مقایسه می‌شوند. با توجه به شکل (۱۳) و (۱۴) بام سبز، 11 درصد در کاهش بار سرمایش سالانه تاثیرگذار بوده است. همچنین بام سبز، در کاهش بار گرمایش سالانه 3 درصد و در مجموع 7 درصد در صرفه جویی در مصرف بار کل موثر واقع شده است. این مقدار صرفه‌جویی در بار کل، برابر مقداری قابل ملاحظه، نزدیک به 30 MWh است. میان تالار نیز حدود $1/1$ درصد سبب کاهش بار گرمایش و حدود $1/2$ درصد سبب افزایش بار سرمایش شده است. کاهش بار گرمایش با توجه به اثر گلخانه‌ای میان تالار مورد انتظار است و اثرات منفی آن در افزایش بار گرمایش شب، با توجه به آن که میان تالار تنها از طریق یک پنجره به فضای خارج مرتبط است، قابل توجیه است و در مجموع منجر به کاهش بار گرمایش در ساختمان مورد بررسی می‌شود. افزایش بار سرمایش با توجه به اقلیم تهران و عمده بار سرمایش که در ساعات روز مورد نیاز ساختمان است و بار حرارتی خورشید به عنوان یک عامل نامطلوب سبب افزایش دمای محفظه میان تالار می‌شود، قابل قبول است.

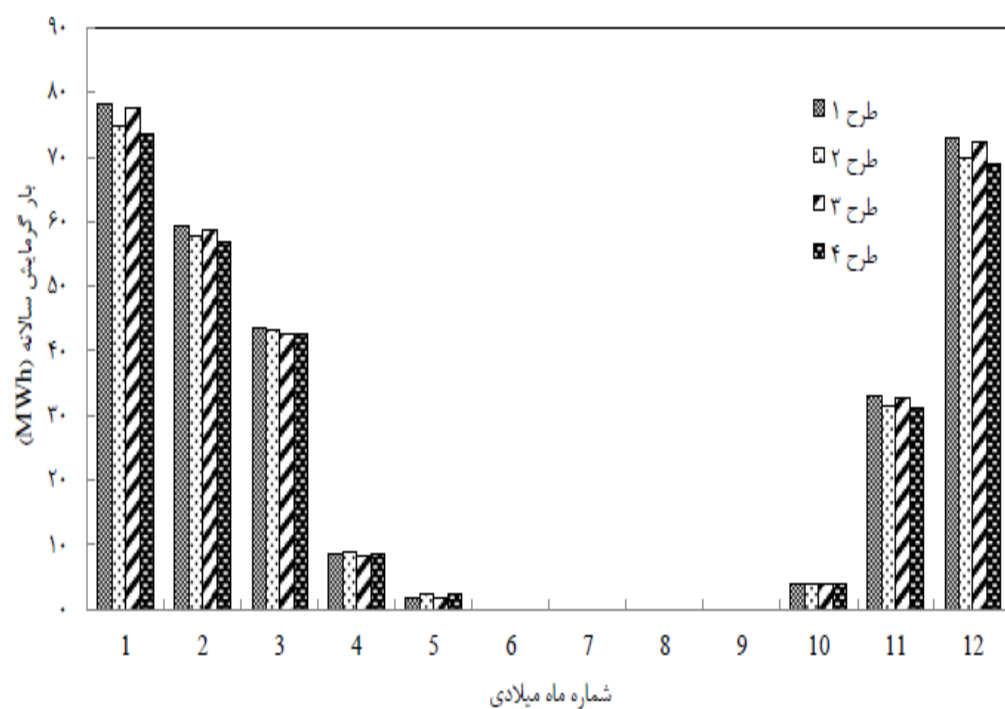
طرح ۴ یا به عبارت دیگر طرح ترکیبی میان تالار و بام سبز به عنوان کارآمدترین طرح، با 11 درصد کاهش بار گرمایش سالانه و بیش از 4 درصد کاهش بار سرمایش سالانه و در مجموع 1 درصد باعث صرفه‌جویی در بار کل سالانه می‌شود. با این احتساب، طرح ترکیبی میان تالار و بام سبز نسبت به سایر طرح‌ها ارجحیت دارد و مقرون به صرفه‌تر است.



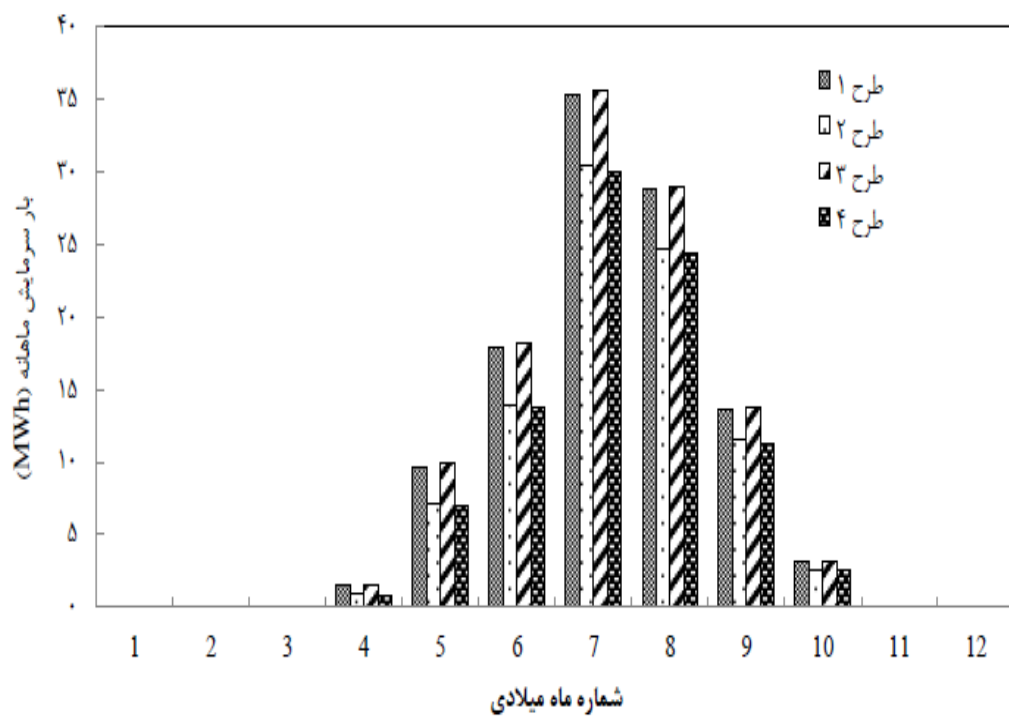
شکل ۱۴، میزان بار مصرفی سالانه طرح های پیشنهادی



شکل ۱۵، کارآمدی طرح های پیشنهادی نسبت به طرح ۱



شکل ۱۶، بار گرمایش سالانه در طرح های مختلف



شکل ۱۷، بار سرمایش سالانه در طرح های مختلف

در شکل (۱۶) بار گرمایش ماهانه در ماه‌های سرد سال مقدار مقدار غیر صفر و در ماه ۱ (ژانویه) به حداکثر مقدار خود می‌رسد و در ماه‌های ۶، ۷ و ۸ ام یعنی فصل تابستان به مقدار صفر می‌رسد. در ماه‌های سرد سال (ماه‌های ۱، ۲، ۱۱، ۱۲م) کارآمدی طرح‌ها از بهترین به کمترین به ترتیب به صورت طرح ۴، طرح ۲، طرح ۳ و طرح ۱ خواهد بود. با وارد شدن به ماه‌های گرم سال، روند کارآمدی تغییر می‌کند. در ماه چهارم و ماه نهم، عملکرد بام سبز نامطلوب بوده و سبب افزایش بار گرمایش مورد نیاز ساختمان می‌گردد، اگرچه که این مقدار بار ناچیز و عمدتاً در ساعات بعد از بامداد مورد نیاز است. عملکرد میان تالار در کاهش بار گرمایش مورد نیاز در کلیه ماه‌های سال مطلوب ارزیابی می‌شود.

در شکل (۱۷) بار سرمایش در ماه‌های اول، دوم و دوازدهم برای تمامی طرح‌ها، مقدار ندارد. با وارد شدن به ماه‌های گرم سال، روند کارآمدی طرح‌ها از بهترین به کمترین به ترتیب، طرح ۴، طرح ۲، طرح ۱ و طرح ۳ خواهد بود. این روند برای تمامی ماه‌های سال به همین صورت است؛ یعنی عملکرد میان تالار برای بار سرمایش، همواره نامطلوب بوده و سبب افزایش بار سرمایش مورد نیاز ساختمان می‌شود.

۱۰-۴- نتیجه‌گیری مدل‌سازی

در اقلیم تهران استفاده از بام سبز برای سیستم‌های فعال، در برنامه تنظیم دمای منطبق بر بازه آسایش حرارتی استاندارد اثری مثبت و قابل ملاحظه ارزیابی شده و حدود ۷ درصد صرفه جویی در بار کل داشته است ولی عملکرد میان تالار در اقلیم تهران برای کاهش بار گرمایش موثر و مطلوب و برای بار سرمایش نامطلوب ارزیابی شده که برای اقلیم های گرم و خشک، چنین انتظار می‌رفت. نتیجه افزایش بار سرمایش با توجه به اقلیم تهران و عمده بار سرمایش که در ساعات روز مورد نیاز ساختمان است و اثر نامطلوب بار حرارتی خورشید، قابل توجیه است. پارامترهای زیادی در کارآمدی میان تالار موثر است و تغییرات در میزان شفافیت شیشه‌های نورگذر میان تالار و یا هندسه میان تالار و نصب منافذ خروج هوا می‌تواند نتایج را تحت خود تاثیر قرار دهد. در مجموع برای اقلیم های گرم و خشک مکانیزم های انتقال پذیر پیشنهاد می شود؛ برای فصول سرد سال

استفاده از میان تالار و برای فصول گرم سال، استفاده از سقف پوشیده و مانع از ورود تابش خورشید پیشنهاد می‌شود که در این تحقیق می‌تواند به ترتیب ۱/۱ و ۱/۲ درصد صرفه جویی در بار گرمایش و سرمایش داشته باشد.

۱۱- بررسی مصرف انرژی در یک ساختمان سبز نمونه و مقایسه آن با ساختمان‌های معمولی

از نقطه نظر رویکرد جهانی در زمینه انرژی، افزایش تقاضای انرژی، محدودیت منابع انرژی فسیلی و افزایش قیمت آن و عدم امنیت و ثبات بازار انرژی در دهه‌های اخیر همسو با مساله آلودگی و گرم شدن زمین مبنای رویکرد جدید در مبحث انرژی است. در حال حاضر، بخش ساختمان‌های اداری و مسکونی در حدود ۴۰ درصد از مصرف انرژی تجدیدناپذیر کشورمان را به خود اختصاص داده است که معطوف شدن به این بخش در راستای بهینه‌سازی مصرف انرژی و کنترل تقاضای انرژی در ساختمان، اجتناب ناپذیر است. در این مقاله، به بررسی میزان مصرف انرژی برای یک ساختمان مسکونی دو طبقه با زیر بنای دویست متر مربع در شهر تهران پرداخته شده است. در ابتدا فرض شده است که ساختمان با مصالح متداول ساخته شده و سپس میزان مصرف انرژی ساختمان و همچنین هزینه مصرف سالانه انرژی ساختمان با توجه به تعرفه‌های فعلی کشور محاسبه شده‌اند. سپس در مرحله بعدی محاسبات انرژی برای یک ساختمان سبز صورت گرفته است. نهایتاً به مقایسه میزان مصرف انرژی و هزینه انرژی مصرفی در هر دو ساختمان پرداخته شده است، که منتهی به کاهش قابل توجهی در مقدار مصرف انرژی سالانه ساختمان سبز (کاهش مصرف برق معادل ۲۳٪ و گاز ۳۲/۲۶٪) و همچنین هزینه‌های مربوطه می‌گردد. بنابراین با توجه به کمبود منابع انرژی تجدیدناپذیر و هزینه‌های گزاف استحصال آن و همچنین تاثیرات مخرب مصرف آن بر محیط زیست، سرمایه‌گذاری در امر اجرای ساختمان سبز در سطح کشور ضروری است.

۱۱-۱- مساله مورد بررسی

در این بخش به شبیه‌سازی عددی مساله با استفاده از نرم‌افزار ای کوئیست پرداخته می‌شود. نرم‌افزار ای کوئیست از قوی‌ترین نرم‌افزارهای تحلیل‌گر میزان انرژی مصرفی در ساختمان می‌باشد که به دلیل قابلیت‌های کلیدی و فراوانی که دارد امروزه به انتخاب اول اغلب مهندسان در زمینه محاسبه میزان انرژی مصرفی ساختمان و طراحی سیستم تهویه مطبوع مناسب شده است.

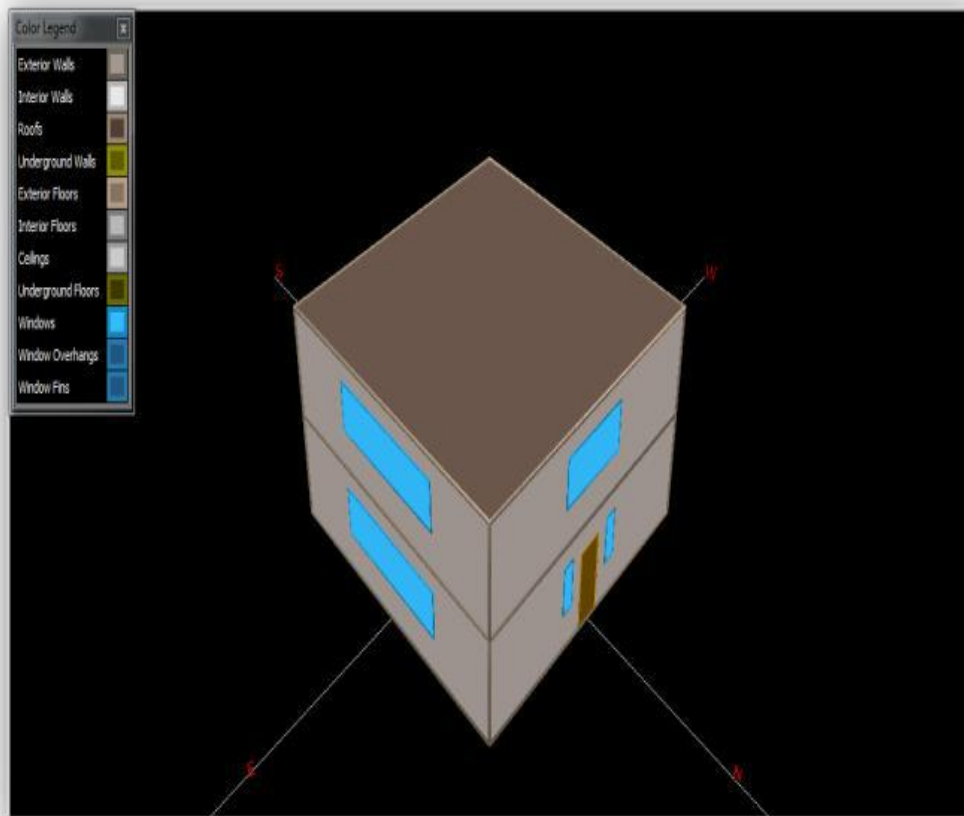
در این بخش یک ساختمان نمونه دو طبقه با مساحت ۱۰۰ متر مربع بازای هر طبقه، با استفاده از نرم‌افزار ای کوئیست مورد بررسی قرار خواهد گرفت. سپس در فازهای بعدی پژوهش به بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان با استفاده از تغییر نوع مصالح به کار رفته، استفاده از عایق‌های مناسب‌تر، تغییر ابعاد پنجره‌ها، دو جداره کردن پنجره‌ها و غیره پرداخته می‌شود.

لازم به ذکر است که تمامی شبیه‌سازی‌ها برای منطقه آب و هوایی شهر تهران (به عنوان یک منطقه معتدل که نه بسیار سرد و نه بسیار گرم است) صورت خواهد گرفت.

۱۱-۲- طراحی ساختمان در نرم‌افزار ای کوئیست

طراحی ساختمان در نرم‌افزار ای کوئیست شامل مراحل مختلفی می‌باشد و در طی چند مرحله صورت می‌گیرد. مرحله اول مربوط به تعیین مشخصات کلی ساختمان شامل نوع ساختمان، منطقه آب و هوایی، مساحت کلی ساختمان، تعداد طبقات ساختمان و نوع سیستم سرمایشی و گرمایشی ساختمان می‌باشد. در این پژوهش ساختمان مورد بررسی یک ساختمان دو طبقه در منطقه آب و هوایی شهر تهران با مساحت کلی ۲۰۰ متر مربع معادل ۲۱۵۲/۷۸ فوت مربع، واقع در ۲ طبقه می‌باشد که مساحت هر طبقه ۱۰۰ متر مربع می‌شود. نوع سیستم گرمایشی از نوع کویل‌های آب گرم و نوع سیستم سرمایشی از نوع چیلر در نظر گرفته شده است. فرض می‌شود که ساختمان کاملاً مربعی و با طول عرض مساوی با ده متر معادل ۳۲/۸ فوت باشد

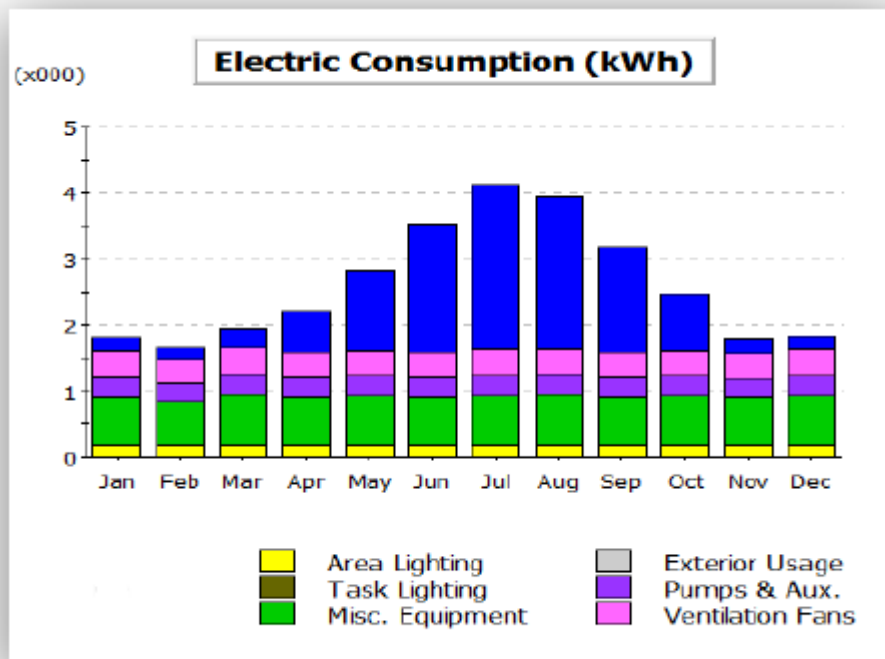
همچنین الگوی منطقه‌بندی آن نیز کاملاً یکنواخت فرض می‌شود. ارتفاع کف تا کف ۹ فوت و ارتفاع کف تا سقف ۸ فوت (مطابق با استانداردهای ساختمان‌سازی ایران) در نظر گرفته می‌شود. فرض می‌شود که ساختمان فاقد پارکینگ بوده و زیر ساختمان (کف طبقه همکف) بطور یکنواخت با بتن به ضخامت ۶ اینچ اجرا شده باشد، همچنین کف هر واحد فرش باشد. در شبیه‌سازی حالت اول فرض شده که در سقف از هیچ‌گونه عایقی داخلی و خارجی استفاده نشود و همچنین جنس سقف نیز بتن با خاصیت جسم خاکستری مات (و نه براق) در نظر گرفته شده است. همانطور که پیشتر ذکر شد برای شبیه‌سازی اول فرض بر این می‌باشد که در ساختمان از هیچ عایق خاصی استفاده نشود. پوشش داخلی ساختمان از نوع گچ و بدون هیچ گونه عایقی فرض شده است. کف واحدها فرش و دارای ساختار بتنی با ضخامت ۲ اینچ فرض می‌شود. برای سیستم سرمایش از چیلر و برای سیستم گرمایش از کویل آب گرم استفاده می‌شود. نمای نهایی ساختمان مورد بررسی در محیط نرم‌افزار در شکل (۱۸) آورده شده است.



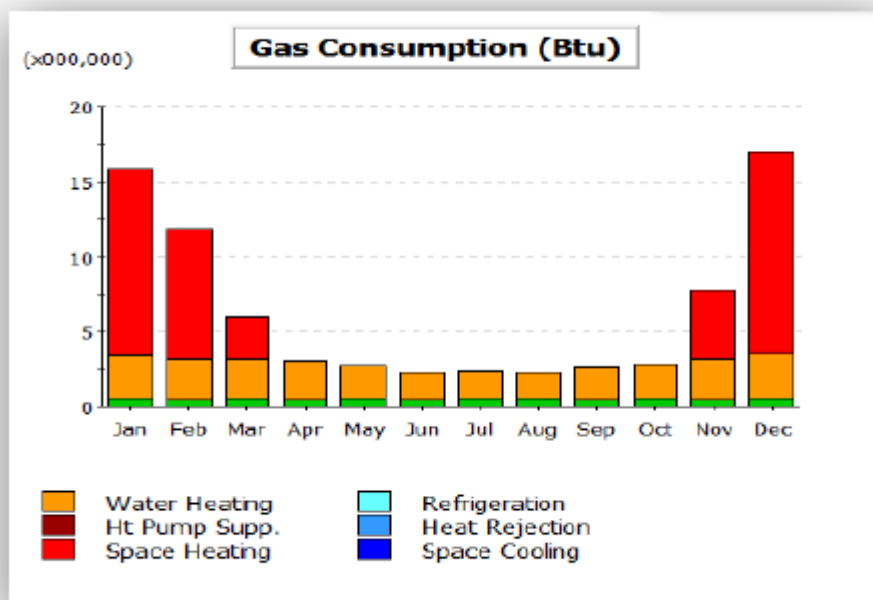
شکل ۱۸، نمای شماتیک ساختمان مورد بررسی در محیط نرم افزار ای کوئیست

۱۱-۳- نتایج

پارامترهای مهمی که باید در این بخش گزارش شوند شامل میزان مصرف انرژی برق و همچنین میزان مصرف گاز در ماه‌ها مختلف سال به تفکیک مورد مصرف آنها می‌باشد. می‌توان نتایج لازم را در شکل‌های (۱۹) و (۲۰) مشاهده نمود.



شکل ۱۹، مصرف انرژی الکتریکی در ساختمان به تفکیک ماه و موارد مصرف



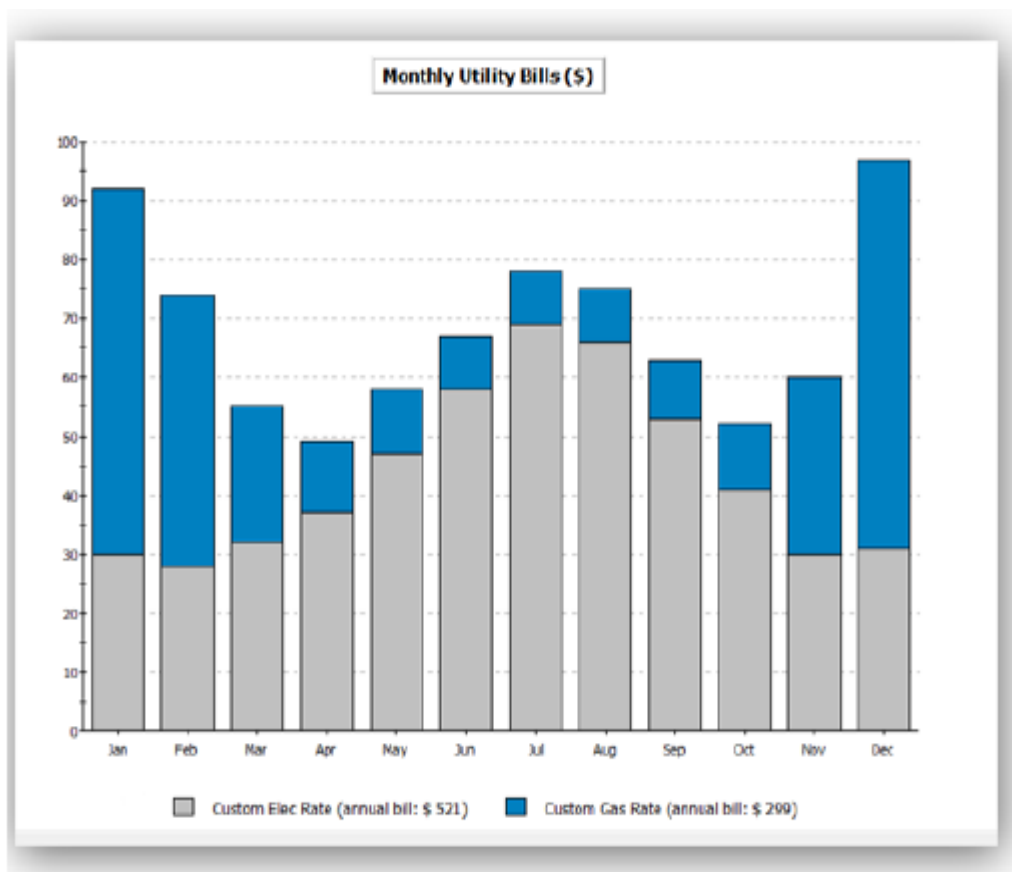
شکل ۲۰، میزان مصرف گاز به تفکیک ماه‌های سال و موارد مصرف

همانطور که در شکل (۱۹) مشهود می باشد، بیشترین میزان مصرف برق ساختمان مربوط به ماه جولای

می باشد.

همچنین با توجه به شکل (۲۰) مشخص است بیشترین مصرف گاز مربوط به ماه دسامبر می‌باشد. در این ماه بیشترین سهم مصرف مربوط به گرمایش فضا می‌باشد.

اکنون هزینه مصرف انرژی برای ساختمان مذکور را می‌توان در شکل (۲۱) مشاهده نمود.



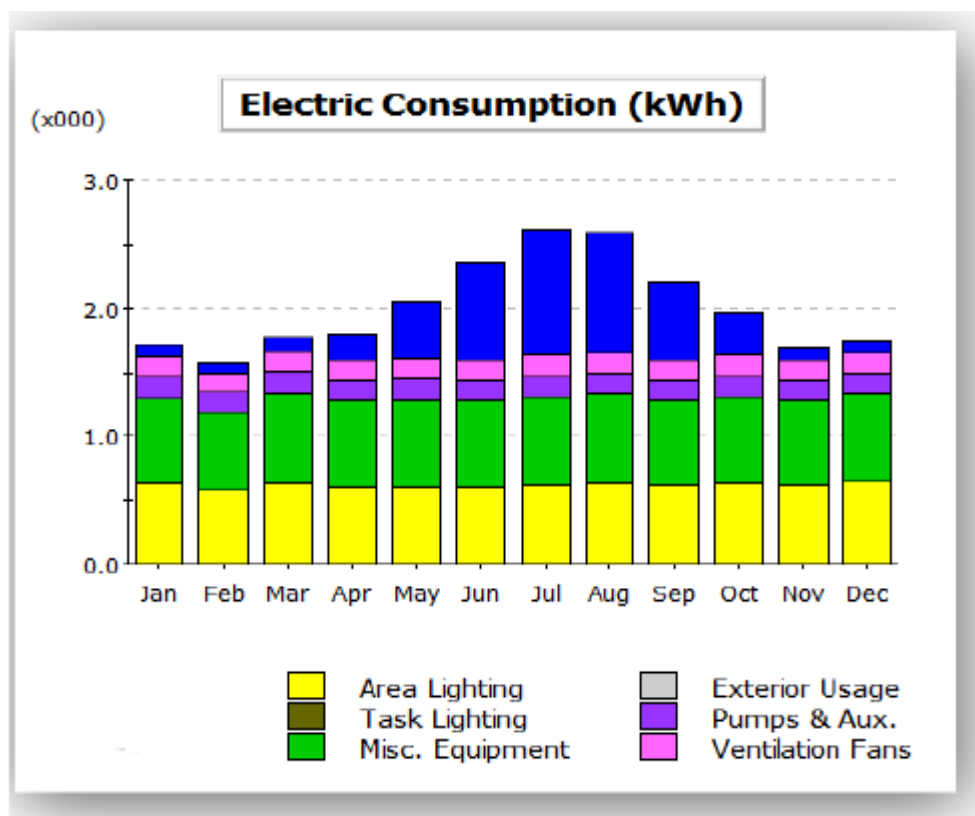
شکل ۲۱، هزینه مصرف انرژی در ماه‌های مختلف سال در داخل ساختمان

در ادامه اثر استفاده از مصالح ساختمان با کیفیت بهتر و همچنین عایق‌های مناسب و استفاده از پنجره دو جداره بر روی میزان مصرف انرژی و هزینه انرژی مصرفی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این حالت از سنگ مرمر به جای بتن برای نمای خارجی ساختمان استفاده می‌شود. در داخل دیوارهای ساختمان از عایق (آر-۴۲) به ضخامت ۶ اینچ استفاده می‌شود.

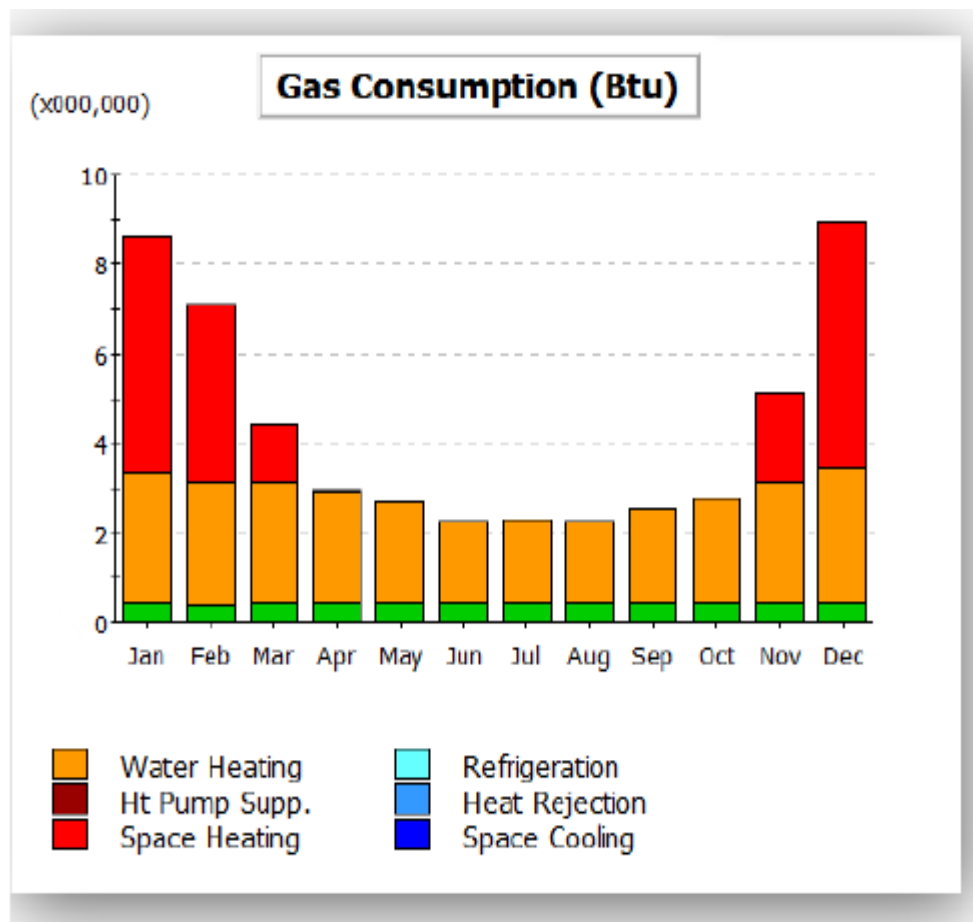
همچنین از یک لایه عایق صوتی نیز در دیوارها استفاده می‌شود. برای کف نیز بجای بتن از یک لایه لمینت به ضخامت ۲ اینچ استفاده می‌شود. در این حالت بجای درب ورودی فولادی که منجر به تلفات حرارتی

می‌شود از درب ورودی چوبی استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که اندازه درب ورودی به همان اندازه قبلی خواهد بود. در مورد پنجره‌های ساختمان نیز ابعاد دچار تغییر نخواهند شد اما جنس پنجره‌ها تغییر نموده و از پنجره دو جداره رفلکتیو با ضخامت یک چهارم اینچ استفاده می‌شود. سایر تنظیمات از قبیل قسمت‌های موجود در ساختمان و اندازه هر یک و میزان انرژی مصرفی جانبی و غیره تغییری نمی‌کنند تا بتوان مقایسه مناسبی بین شبیه‌سازی‌های صورت گرفته انجام داد.

در شکل (۲۲) و (۲۳) می‌توان میزان برق و گاز مصرفی در ماه‌های مختلف سال را برای ساختمان دوم مشاهده نمود.

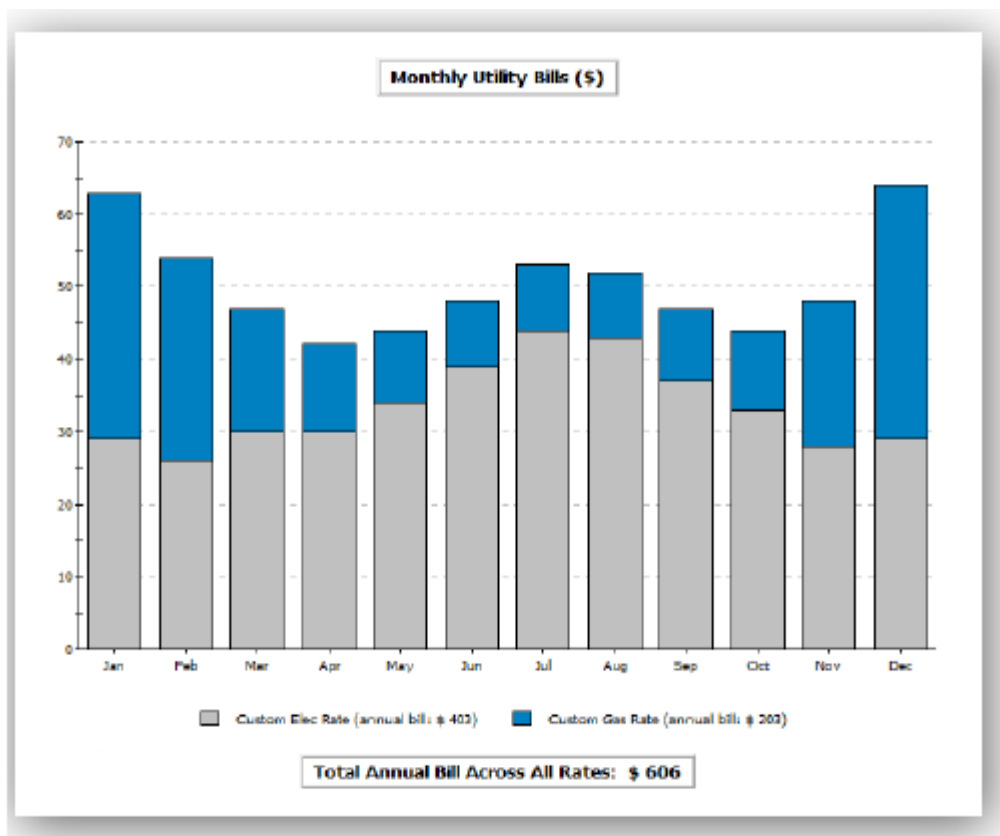


شکل ۲۲، میزان برق مصرفی در ماه‌های مختلف سال برای ساختمان دارای عایق



شکل ۲۳. میزان گاز مصرفی در ماه‌های مختلف سال برای ساختمان دارای عایق

همچنین هزینه انرژی مصرفی ساختمان برای ماه‌های مختلف سال در شکل (۲۴) آورده شده است.



شکل ۲۴، هزینه انرژی مصرفی در ماه‌های مختلف سال برای ساختمان شماره دو

۱۱-۴- بحث و نتیجه گیری درباره نمونه مورد مطالعه

در این نمونه به بررسی میزان کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های سبز پرداخته شده است. برای این منظور ابتدا یک ساختمان نمونه دو طبقه در شهر تهران به متراژ کلی ۲۰۰ متر مربع با استفاده از نرم‌افزار ای کوئیس‌ت مدل شده است. میزان مصرف انرژی الکتریکی و مصرف گاز این ساختمان در حالت‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. در حالت اول فرض شده است که ساختمان فاقد هر گونه عایقی باشد و نوع مصالح به کار رفته در ساختمان نظیر دیوارها، پنجره‌ها، درب ساختمان و غیره از نوع نامرغوب یا معمولی باشد. در این حالت میزان کل انرژی الکتریکی مصرفی در طول سال برای ساختمان در حدود ۳۱/۲۳ کیلووات ساعت به دست آمد. همچنین میزان گاز مصرفی نیز برای یک دوره یک ساله در حدود ۷۶/۶۷ بی تی یو محاسبه گردید. سپس بر مبنای هزینه پلکانی برق و گاز بر بنای تعرفه سال ۱۳۹۵ هجری شمسی در ایران هزینه کل انرژی مصرفی ساختمان برای دوره یک ساله در حدود ۸۲۰ دلار به دست آمد.

در حالت دوم بهینه‌سازی‌های مختلفی نظیر استفاده از عایق در پشت بام و دیوارهای ساختمان، استفاده از پنجره‌های دوجداره، استفاده از دیوارهای ضخیم‌تر و غیره بر روی ساختمان صورت گرفت. در این حالت میزان مصرف انرژی الکتریکی و گاز ساختمان برای دوره یک ساله به ترتیب $24/05$ کیلووات ساعت و $51/93$ بی تی یو به دست آمد. حال با مقایسه داده‌های حاصل از شبیه‌سازی ساختمان نوع اول (بام‌صالح نامرغوب یا معمولی) و ساختمان دوم (بام‌صالح مرغوب و دیوارهای عایق شده) بیانگر صرفه جویی $7/18$ کیلوواتی در مصرف برق (معادل 23%) و $24/74$ بی تی یو (معادل $32/26\%$) در میزان مصرف گاز می‌باشد. از نظر میزان هزینه کل انرژی مصرفی (مجموع برق و گاز) در دوره یک ساله نیز در حدود 214 دلار (معادل $26/1\%$) صرفه‌جویی شده است، لذا می‌شود نتیجه گرفت چنانچه اجرای ساختمان بصورت نوع دوم (سبز) صورت پذیرد، باتوجه به صرفه جویی $26/1$ درصدی سالانه در هزینه‌های انرژی مصرفی، مدت زمان بازگشت هزینه‌های مازاد انجام شده در اجرای ساختمان سبز، طولانی نخواهد بود.

[۱] مکنون، ر (۱۳۹۴). نگرش سبز پیامد ارزشمند توسعه پایدار، اولین همایش استراتژی توسعه پایدار. (صص. ۲۵-۲۶). در بخش‌های اجرایی کشور. تهران: وزارت کشور.

[۲] Krygiel , E. , Nies, B. (2015). Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling.

[۳] Kibert , C. (2013). Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery, John Wiley and Sons.

[۴] چینگ، فرانک. (۱۳۹۶). معماری سبز به زبان تصویر (ترجمه حیدر جهانبخش، کانیا کریم بیگی). تهران: انتشارات کتابکده کسری.

[۵] Tagaza , E. Wilson, J.L. (2004). Green Buildings: Drivers and barrierse Lessons learned from five Melbourne and Developments. Report Prepared for Building Commission by University of Melbourne and Business Outlook and Evaluation.

[۶] Baker, Mark C. (1996). The polysynthesis parameter. Oxford Studies in Comparative Syntax. New York: Oxford University Press. 575 page.

[۷] Chris, S; Gregory, A; Keoleian, P.(2003). Rappel life cycle energy and environmental performance of new university building: modelling challenges and design implications, energy and building 35:1049-1064.

[۸] U.S. Green Building Council. LEED - Leadership in Energy and Environmental Design 2012;2012.

[۹] WORLD GREEN BUILDING COUNCIL. Available at : <http://www.worldgbc.org/countries/member-list/> .Accessed December 10, 2012.

[۱۰] Urge, D; Aleksandra Novikova, B. (2009). bottom-up assessment of potentials and costs of co2 emission mitigation in the buildings sector: insights into the missing element energy efficiency 2:293-316.

[۱۱] Miesenik, E .(2011). Defining nearly zero- energy housing in Belgium and the Netherlands, energy efficiency, 5:68-73.

[۱۲] Huang, Z ;Wu, Y an, H . (2012). Elementary introduction to the green management of the constitution in whole process, international conference on applied physics and industrial engineering, physics procedia 24:1081-1085.

[۱۳] U.S. Green Building Council. LEED - New Construction and Major Renovations . 2012;2012.

[۱۴] برات، سعید؛ حاجی بابایی، امیرحسین. (۱۳۹۵). بررسی ضعفها و فرصت‌های استفاده از ساختمان‌های سبز در تهران با استفاده از روش SWOT، PEST و فرآیند تحلیل شبکه‌ای ANP. (صص ۱۵-۱۶). تهران: مجله علمی تخصصی مدیریت ساخت.

[۱۵] U.S. Green Building Council. LEED for Commercial Interiors. 2012;2012.

[۱۶] Shaviv ,Edna. Pushkar, Svetlana. (2013). Green building standards – visualization of the building as layers according to lifetime expectancy (2013 ISES Solar World Congress).

[۱۷] Franzoni, Elisa.(2011). Materials selection for green buildings: which tools for engineers and architects. International Conference on Green Buildings and Sustainable Cities.

[۱۸] Altomonte, Sergio, Schiavon ,Stefano. (2013). Occupant satisfaction in LEED and non-LEED certified buildings. Building and Environment Journal.

[۱۹] Asdrubali, F, Baldinelli, G, Bianchi, F, Sambuco, S.(2015). A comparison between environmental sustainability rating systems LEED and ITACA for residential buildings . Building and Environment. Journal.

[۲۰] Gibbs, David, O'Neill, Kirstie. (2015). Building a green economy? Sustainability transitions in the UK building sector. Geoforum Journal.

[۲۱] Krygiel , E., Nies, B. (2015). Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling.

[۲۲] Stephanie Vierra, Green Building Standards and Certification Systems, Assoc. AIA, LEED AP BD+C.

[۲۳] قربانلو، زهرا. (۱۳۸۱). مدلسازی روند تغییرات دمای داخلی ساختمان توسط تهویه طبیعی (صص ۲۲۷-۲۳۴)، تهران: مجموعه مقالات بین‌المللی بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان.

[۲۴] کباری، سیاوش. (۱۳۸۸). اجزای ساختمان و ساختمان. تهران: انتشارات دانش و فن.

[۲۵] نظری، فتاح؛ رضایی، سجاد و صفری، مرزبان. (۱۳۹۲). جایگاه انرژی زیست توده در جهان و ایران، اولین همایش ملی انرژی‌های نو و پاک. (صص ۱۰۵-۱۰۶)، همدان: شرکت هم اندیشان محیط زیست فردا.

[۲۶] ساداتی سیدمحله، احسان و سیدمحله، سیده الهام ساداتی. (۱۳۹۱). بررسی اختصاصی فلاش تانک‌ها در بهره‌وری آب در ساختمان سبز، دومین نقطه کلیدی از گواهینامه LEED، ششمین همایش ملی مهندسی محیط زیست. (صص. ۲۳۴-۲۳۵)، تهران: دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست.

[۲۷] رافتی سخنگو، لیلا؛ شکوهیان، محمد. (۱۳۹۲). بهینه‌سازی مصرف انرژی با توجه به طراحی اقلیمی ساختمان‌های مسکونی، اولین کنفرانس ملی جغرافیا. (صص ۳۵-۳۶)، مشهد: شهرسازی و توسعه پایدار.

[۲۸] کامل نیا، حامد؛ گوهریان، آیدا. (۱۳۹۳). کاربرد معماری هوشمند در ساختمان های سبز، نخستین کنفرانس ملی ساختمان سبز. (صص ۲۵-۲۸)، مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، گروه عمران.

[۲۹] آیت اللهی، محمد حسین؛ دیوبند، محمد رضا. (۱۳۹۲). بررسی و مقایسه برچسب انرژی ساختمان از مقررات ملی ساختمان (مبحث ۱۹) با گواهینامه LEED از سازمان GBCL، دومین همایش ملی اقلیم. (صص ۹-۱۳)، یزد: ساختمان و بهینه‌سازی مصرف انرژی.

[۳۰] کامل نیا، حامد؛ گوهریان، آیدا. (۱۳۹۳). کاربرد معماری هوشمند در ساختمان‌های سبز، نخستین کنفرانس ملی ساختمان سبز. (صص ۲۵-۲۸)، مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، گروه عمران.

[۳۱] عباسپور، مجید؛ خدیوی، سمیرا. (۱۳۸۵). چالش‌های مدیریت سبز در توسعه پایدار کشور، ششمین همایش ملی دو سالانه انجمن متخصصان محیط زیست ایران (صص ۵-۶)، تهران: انجمن متخصصان محیط زیست ایران.

[۳۲] روشنایی، مریم؛ رفعی، روح اله. (۱۳۹۳). امکان سنجی اقتصادی ساختمان سبز در ایران، بیست و دومین کنفرانس سالانه مهندسی مکانیک (صص ۱۰۱-۱۰۲)، اهواز: انجمن مهندسان مکانیک ایران، دانشگاه شهید چمران اهواز.

[۳۳] گرگین کرجی، آزاده؛ صفرزاده، حبیب اله؛ گرگین کرجی، آرش. (۱۳۹۴). بررسی تاثیر تابش و ارتفاع در بهبود عملکرد دودکش خورشیدی ساختمان سبز، کنفرانس بین‌المللی علوم و مهندسی (صص ۲۲-۲۳)، دبی - امارات: موسسه ایده پرداز پایتخت ویرا.

[۳۴] اصلانی، سمانه؛ مهرجو، امیر حسین. (۱۳۹۴). بتن سبز مواد و مصالح ساختمانی سازگار با محیط زیست و کارآمد. کنفرانس بین‌المللی دستاوردهای نوین در مهندسی عمران، معماری، محیط زیست و مدیریت شهری (صص ۵-۶)، تهران: سیویلیکا.

[۳۵] فروتن، شرمین؛ طهماسبی، ارسلان. (۱۳۹۵). طراحی آپارتمان سبز با رویکرد استفاده از انرژی‌های پاک، سایت مورد مطالعه در سنج. کنفرانس بین‌المللی مهندسی معماری و شهرسازی (صص ۲۲-۲۳) تهران: دبیرخانه دائمی کنفرانس.

[۳۶] آذر همایون، احسان؛ آذر همایون، آرش. (۱۳۹۴). بررسی راهکارهای بهره‌گیری از آب خاکستری در ساختمان‌های چند طبقه مسکونی شهر تهران: راه حلی پایدار برای صرفه‌جویی در مصرف آب، همایش بین‌المللی معماری، عمران و شهرسازی در هزاره سوم تهران. (صص ۳۲-۳۶)، تهران: هزاره سوم.

[۳۷] کاظمی، سعید. (۱۳۹۵). بررسی میزان انطباق نمونه‌های ساختمان‌های سبز در شهر تهران با استانداردهای جهانی (BREEAM، LEED) و ارائه راهکارهای مناسب. پایان‌نامه منتشر نشده کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، دانشکده مدیریت ساخت، گروه تحصیلی عمران.

[۳۸] خرمی، محمد؛ معاونی، سهیل؛ مشکوه رضوی، حسام‌الدین. (۱۳۹۲). راهکارهایی جهت کاربردی کردن ویژگی‌های توسعه و طراحی پایدار در ساخت و ساز. تهران: انتشارات علم عمران.