



کاربرد مصالح هوشمند در معماری ساختمان های سبز

محمد رضا بیضاوی^{۱*}، احمد ترکمان^۲

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه معماری، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران.
۲- استادیار، دکتری معماری، عضو هیات علمی، گروه معماری، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران.

Application of Smart Materials in Green Building Architecture

Mohammadreza Beyzavi^{*1}, Ahmad Torkaman²

- 1- M.Sc. Student of Department of Architecture, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran.
2- Assistant Professor, Ph.D in Architecture, Faculty, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran.

*Corresponding Author : m_beyzavi@yahoo.com

چکیده

امروزه احداث ساختمان های سبز باتوجه به افزایش میزان مصرف منابع تجدید ناپذیر، ایجاد هزینه های مصرف انرژی و آلودگی های زیست محیطی، مسئله ای مهم و اساسی قلمداد می شود. ساختمان سبز سبب ایجاد نوعی پایداری بین محیط و معماری ساختمان می گردد، و در نهایت موجب ایجاد محیطی پاک و در پی آن کاهش مصرف انرژی می شود. هدف از ایجاد ساختمان های سبز، بهبود یافتن آب و هوا و جلوگیری از اثرات منفی ساخت و ساز بر محیط زیست می باشد. معماری پایدار یکی از گرایش ها و رویکردهای نوین معماری است که در سال های اخیر مورد توجه عده زیادی از طراحان و معماران معاصر جهان قرار گرفته است. این معماری که برخاسته از مفاهیم توسعه پایدار می باشد در پی سازگاری و هماهنگی با محیط زیست، یکی از نیازهای اساسی بشر در جهان کنونی است. ساختمان باید طوری طراحی شود که استفاده از منابع جدید به حداقل برسد و بتوان در پایان عمر مفید ساختمان از آن به عنوان منبعی برای ایجاد سازه های دیگر بهره برد. در این مقاله مصالح سبز، فناوری و طراحی در ساختمان سبز و همچنین مکانیزم و کارایی مواد مورد استفاده در آن مورد بحث واقع گرفته است. هدف از این پژوهش کاربرد مصالح هوشمند در معماری ساختمان های سبز می باشد. شیوه بیان به صورت توصیفی _ تحلیلی می باشد و روش جمع آوری اطلاعات تلفیقی از روش مطالعاتی - کتابخانه ای و دیگر منابع اطلاعاتی می باشد.

واژه های کلیدی

مصالح سبز ، معماری سبز ، ساختمان سبز ، مصرف انرژی ، مصالح هوشمند

Abstract

Green building today considered an important issue due to the increasing consumption of non renewable, the creation of energy costs and environment pollution. The green building creates a kind of sustainability between the environment and the architecture of the building, ultimately creating a cleaner environment and consequently reducing energy consumption. The purpose of green building is to improve the climate and prevent the negative effects of construction on the environment. Sustainable architecture is one of the trends and new approaches of architecture that has attracted many contemporary designers and architects in recent years. Building on the concepts of sustainable development, environmental sustainability is one of the basic human needs in today s world. The building should be designed to minimize the use of new resources and can be used at the end of the useful life of the building as a source for other structures. This article discusses green materials, technology and design in green building as well as the mechanism and efficiency of materials used in it. The purpose of this research is to apply smart materials in green building architecture. The method of expression is descriptive analytical and the method of collecting information is from the method of library studies and other information sources.

Keywords: Green Materials , Green Architecture , Green Building , Energy Consumption , Smart Materials



۱- مقدمه

ساختمان و زندگی در آن در طول دو دهه گذشته دستخوش تغییرات فراوانی بوده است. در واقع می توان بدین گونه بیان کرد که در روزگار ما جمعیت رو به افزایش و زندگی شهری، همراه با مصرف بی رویه انرژی و آلودگی های ناشی از فعالیت های انسان، معضلی بزرگ در حفظ محیط زیست بوده است، لذا معماری نیز از جمله جریان های مهم در عصر حاضر است که در سه حوزه اقتصادی، اجتماعی و محیطی مورد بررسی و ارزیابی قرار می گیرد.

عناوین سبز و پایدار در واقع صفاتی هستند که وجود سازگاری با محیط زیست و ماندگاری در یک موضوع مصنوع، مثل ساختمان را مشخص می کند. هر جامعه بایستی از پایه، توسط ساکنان حال و آینده اش مورد پشتیبانی قرار گیرد. بدین لحاظ می بایست طراحی و احداث ساختمان به گونه ای انجام شود که با محیط زیست سازگاری داشته و با به کارگیری پیشرفته ترین تکنولوژی ها، در زمره بناهای نمونه و مطلوب قرار گیرد. یک ساختمان پایدار و سبز نه تنها در مقابل طبیعت قرار نمی گیرد بلکه در کنار و به موازات آن، برای بهره برداری هر چه بیشتر از امکانات محیطی و تأمین آسایش انسان شکل می گیرد. یک ساختمان پایدار و سبز با استفاده از سیستم های پیشرفته و هماهنگ با شرایط طبیعی، تنظیم و کنترل می گردد. طرح معماری بنا علاوه بر زیبایی و عملکرد خوب فضاها، سعی در استفاده حداکثر از عوامل و منابع طبیعی از قبیل انرژی های تجدید پذیر (انرژی خورشید و باد) و گیاهان برای تنظیم شرایط محیطی و در جهت آسایش بهره برداران را دارد.

معماری سبز برخاسته از معماری پایدار و توسعه پایدار بوده که این نیز ناشی از نیاز انسان امروز در مقابل پیامدهای سوء جهان صنعتی و مصرفی عصر حاضر است، حفظ و حراست از منابع طبیعی جهان، مصونیت از آلودگی هوا و سایر آلودگی های محیطی، حفاظت از لایه ازن، بهداشت جسمی و روانی و آینده بشریت، از موضوعاتی است که در این راستا مطرح بوده و ضرورت آن به عنوان یک وظیفه جهانی روز به روز آشکارتر می شود (ترابی، روشن، ۱۳۹۴).

۲- مبانی نظری

۲-۱- معماری پایدار

انسان، طبیعت و معماری سه رأس مثلثی هستند که همواره در طراحی ها، راهنمای ما می باشند، و با به کارگیری تجربیات، علوم و فنون نهفته در دل طبیعت و زدن پل دوستی بین انسان و طبیعت، به کمک معماری می توان اثری در دل طبیعت خلق کرد تا طبیعت آن را در بطن خود نگاه دارد. به عبارتی دیگر نمی توان هر ساختمان را از درون سایت ساخته شده در آن، خارج نمود و شرایط قبل از ایجاد و ساختمان را دوباره در سایت احیاء کرد. طراحی پایدار با درک از محیط آغاز می شود. اگر ما به امکانات محیطی که در آن هستیم آگاه باشیم می توانیم از صدمه زدن به آنها جلوگیری کنیم. معماری پایدار در محیط، باعث مشخص شدن مراحل طراحی از جمله جهت قرارگیری ساختمان نسبت به خورشید و چگونگی قرارگیری در سایت و حفظ محیط پیرامون و دسترسی سیستم نقلیه و پیاده می گردد. چه ساختمان در داخل محیط شهری باشد و چه در یک محیط طبیعی تر، ارتباط دادن طبیعت به محیط طراحی شده، روح و جان می بخشد. روندهایی که باعث احیاء می شوند به بیشتر زنده ماندن ما می انجامند. توسعه پایدار در رابطه با فعالیت های ساختمانی و محیط ساخته شده، اغلب ساختمان پایدار با ساختار پایدار نامیده می شود. بخش ساختمان یکی از بزرگ ترین بخش های اقتصادی و اجتماعی در اروپا می باشد و به همراه محیط ساخته شده، به طور معنا داری در تغییر رویه محیط طبیعی، تأثیرگذار است. بخش ساختمان و محیط ساخته شده، به عنوان دو حوزه کلیدی در توسعه پایدار جهانی مطرح شده است. ساختمان ها در مقایسه با سایر مصنوعات، عمر نسبتاً طولانی تری دارند و در طول تمام مراحل نقشه کشی، ساختمان سازی، تجهیز کردن و تخریب و یا استفاده دوباره از آن، در توسعه پایدار تأثیرگذار خواهند بود. یک ساختمان، محصول



مرکبی از مصالح، مواد و ترکیباتی است که متقابلاً بر هم اثر می‌گذارند. به علاوه، ساختمان، اثر قابل ملاحظه‌ای بر سلامت انسان دارد. برای مثال ۹۰٪ زمان زندگی مردم اروپا در ساختمان و فضای معماری سپری می‌شود (بیضاوی، شهریار، ۱۳۹۷).

هدف از ایجاد ساختمان‌های سبز، بهبود یافتن آب و هوا و جلوگیری از اثرات منفی ساخت و ساز بر محیط زیست است. صرفه جویی و بهینه سازی مصرف انرژی و کاربرد انرژی‌های پایدار، در حال حاضر هیچ گونه نقشی در فرهنگ ساختمانی کشور ما ندارد. علاوه بر آن، در ساخت و سازهای مسکونی، بخش خصوصی و خصوصاً بخش طبقات مرفه، ارقام نسبتاً مهمی صرف تزئینات افراطی و بی‌اصالتی می‌شود، که عمده‌تأ بنام ابرارسازی مشهور است. انگیزه صرف این مبالغ نامتعادل در زیور آرای، احراز جلال و شکوه و نهایتاً رونق و موفقیت‌های تجاری در حرفه ساخت و ساز می‌باشد. این مسئله متأسفانه به یک مد در جامعه تبدیل شده است که البته این موضوع بسیار نگران‌کننده است. اما چاره مشکل، اکتشاف رویکردهای نوین زیبایی‌شناختی، برای ایجاد دگرگونی و تحول در اذهان عمومی و جایگزین کردن الگوهای زیستی، مبتنی بر تعادل صرفه جویی و بهینه سازی مصرف، به جای الگوهای منحط رایج، امری ضروری و لازم است. لازمه این امر آن است که معماران بکوشند به جای دنباله روی در سلیقه عامیانه، ذوق و سلیقه عمومی را در جهات سازنده و مفید اجتماعی هدایت کنند. معماران می‌توانند به مردم بفهمانند که طرح‌های اقلیمی و زیست محیطی، کمتر از تزئینات رایج کنونی زیبا نیست. ارزش‌های معماری سنتی و سنت ارزش‌های زیست محیطی معماری سنتی بسیاری از کشورهای جهان، واجد ارزش‌های بسیار فراوان در شیوه‌های گوناگون استفاده بهینه از انرژی و بهره‌برداری اکولوژیک از انواع انرژی‌ها و خصوصاً کاربرد انرژی‌های پایدار است. نوع مصالح و فنون ساختمانی رایج در گذشته، خصوصاً آنچه که در رابطه با پایداری بنا به کار می‌رفته و عناصر باربر اصلی ساختمان را تشکیل می‌داده یعنی دیواره‌ها و سقف‌ها یا به عبارت کلی تر عناصر افقی و عمودی، به علت دارا بودن حجم و وزن زیاد به طور خود به خودی و طبیعی در مقایسه با مصالح و مواد سبک وزن و کم حجم کنونی، دارای ظرفیت بالای نگهداری و ذخیره انرژی و استعداد متعادل سازی حرارت در فضاهای مصنوعی بوده است. در عین حال این ویژگی به هیچ وجه به معنای آن نیست که زیبایی، آسایش، پایداری عالی و کیفیات ارجمند زیست محیطی و ابتکارات مربوط به استفاده بهینه از انرژی، در معماری امری خود به خودی و پیش پا افتاده و بی‌نیاز از خلاقیت و علم و دانش تلقی شود (ترابی، روشن، ۱۳۹۴).

۳- روش تحقیق

روش تحقیق و جمع‌آوری اطلاعات در این پژوهش، تلفیقی از روش کتابخانه‌ای و اسنادی، پایان‌نامه‌ها و دیگر منابع اطلاعاتی معتبر می‌باشد.

۴- نتایج و یافته‌ها

۴-۱- معماری سبز و اصول آن

معماری پایدار یکی از گرایش‌ها و رویکردهای نوین معماری است که در سال‌های اخیر مورد توجه عده زیادی از طراحان و معماران معاصر جهان قرار گرفته است. این معماری که برخاسته از مفاهیم توسعه پایدار می‌باشد در پی سازگاری و هماهنگی با محیط زیست، یکی از نیازهای اساسی بشر در جهان کنونی است. هدف از ایجاد ساختمان‌های سبز نیز بهبود یافتن آب و هوا و جلوگیری از اثرات منفی ساخت و ساز بر محیط زیست است. قبل از هر چیز که یک ساختمان سبز خلق شود مانند هر چیز دیگر به یک خالق احتیاج دارد. این موضوع یعنی ایجاد ساختمان سبز به سلامت فردی که در آن و در محیط اطراف آن زندگی می‌کند کمک و از او پشتیبانی خواهد کرد و باعث رضایت‌مندی و سودمندی آنان خواهد شد. این موضوع نیازمند کاربرد دقیق استراتژی‌های تصدیق شده در معماری است. استفاده از طبیعت بادوام و منبع مواد با کفایت و تکیه بر خورشید برای استفاده‌های گرمایی و نیروی برق و روشنایی روزانه و دوباره



استفاده کردن از ضایعات، یک اتحاد و یکپارچه سازی ساختمانی ظریف را تولید می کند. طراحی سبز عملی است برای حل مشکلاتی که طی آن منابع طبیعی قبل و بعد و طی پروسه تولید و ساخت، کمترین حد آسیب را می بیند. به علاوه در مسیر این عمل، مصالح باید عمر مفید طولانی داشته و قابلیت بازگشت به چرخه طبیعت را داشته باشند. چیزهای با طول عمر زیاد هم مفیدند و هم بزرگترین مانع علیه اسراف و ضایعات، و این بهتر از استفاده مجدد یا بازیافت آنها است (عشقی صنعتی، ۱۳۹۵).

۴-۲- اصول معماری سبز یا پایدار

ساختمان باید طوری طراحی شود که استفاده از منابع جدید به حداقل برسد و بتوان در پایان عمر مفید ساختمان، از آن به عنوان منبعی برای ایجاد سازه های دیگر بهره برد. گرچه این اصل بیشتر به ساختمان های جدید اشاره دارد ولی باید به خاطر بسپاریم که مرمت و احیاء وضعیت ساختمان های فعلی در راستای کاهش اثرات زیست محیطی به اندازه روش ساخت ساختمان های جدید حائز اهمیت است. باید بدانیم تعداد منابع برای ایجاد محیط های مصنوع جدید در جهان محدود است و نمی توان برای بازسازی و ساخت هر نسل از ساختمان ها، مقدار جدیدی از آنها را مورد استفاده قرار داد. استفاده مجدد می تواند در مسیر استفاده از مصالح بازیافت شده با فضاهای بازیافت شده شکل بگیرد. همچنین تغییر در ساختمان های قدیمی برای کاربردهای جدید یکی دیگر از راه های کاهش استفاده از منابع جدید است، که گرچه هزینه ها و مشکلاتی به همراه دارد ولی با این مزایای حاصل از استفاده مجدد از این ساختمان های بزرگ در کنار یکدیگر و درون یک محیط شهری می تواند بر این مشکلات و هزینه ها غلبه کند. نوسازی ساختمان های موجود در شهرهای کوچک و بزرگ، همچنین می تواند موجب حفاظت از منابع مورد استفاده جهت بازسازی ساختمان و در نتیجه جلوگیری از تخریب جامعه شود (بیضاوی، شهریاری، ۱۳۹۸).

۴-۲-۱- ارتباط با طبیعت

ساختمان چه در داخل محیط شهری باشد و چه در یک محیط طبیعی تر، ارتباط دادن آن با طبیعت به محیط طراحی شده روح و جان تازه می بخشد و بازگشت به زندگی طبیعی را در خود دارد.

۴-۲-۲- درک تأثیرات محیطی

طراحی پایدار سعی در درک تأثیرات محیط از طریق ارزیابی و تحلیل در سایت را دارد. ارزیابی انرژی مصرفی و تکنیک های ساختمان سازی، تأثیرات منفی محیطی را می تواند از طریق استفاده مصالح ساختمان سازی پایدار و مصالح ساختمانی قابل بازیافت کاهش دهد.

۴-۲-۳- احترام به کاربران

این اصل ارتباط اندکی با آلودگی محیط زیست و تخریب لایه اوزن دارد. اما فرایند سبز، برای تمام منابع مشترک در ساخت یک ساختمان کامل، ارزش قائل است و انسان را از این مجموعه خارج نمی داند. احترام به نیازهای انسانی و نیروی کار از دو جهت مورد توجه قرار می گیرد. برای یک معمار حرفه ای توجه به این نکته ضرورت دارد که ایمنی و سلامت مصالح و فرایندهای شکل دهنده ساختمان، به همان میزان که برای کارگران و استفاده کنندگان آن مهم است برای کل جامعه بشریت نیز از اهمیت بسزایی برخوردار می باشد. معماران به وجود تیم های مختلف در سایت های ساختمانی آگاه شدند و استفاده از مصالح خطرناک را ممنوع کرده اند. شکل دیگر مشارکت، اشتراک و دخالت مثبت کاربران در فرایند طراحی و ساخت است که چنانچه به طور مؤثر بکار گرفته نشود یک منبع کارا و مفید به هدر می رود.

۴-۲-۴- ایجاد یک روند مشارکتی در طراحی

طراحان پایدار، اهمیت توجه به نظرات گوناگون را می دانند از این رو در مراحل اولیه طراحی با مهندسين مشاور و متخصصين، همفکری و همکاری کرده و از نظرات ساکنین محلی و همسایگان محلی نیز بهره می برند.



۴-۲-۵- درک مردم

طراحان پایدار یا سبز باید فرهنگ و دین و نژاد مردمی که برای آنها طراحی می کنند را مورد توجه قرار دهند (بیضاوی، شهریاری، ۱۳۹۸).

۴-۳- مزایای یک ساختمان سبز

ساختمان سبز احتیاجات ساکنین آن را برآورده کرده و سلامتی، رضایت و خشنودی، بهره وری و نشاط ساکنین خود را تأمین می کند. بهره گیری نسنجیده از راهکارهای تایید شده معماری پایدار، ساخت و ساز با مواد غیر مسموم کننده، استفاده موثر از مصالح به دست آمده از مواد طبیعی پایدار، اتکا و وابستگی به خورشید برای روشنایی روز، انرژی گرمایی و الکتریکی و بازیافت مواد را ملزم می کند. بعضی از جنبه های معماری سبز عبارت اند از:

- ✓ افزایش آسایش، قابلیت زندگی و بهره وری.
- ✓ بهبود دوام، کیفیت و قابلیت نگهداری ثبات وضعیت محیط داخلی.
- ✓ پس انداز پول به وسیله کم کردن هزینه زندگی.
- ✓ پی بردن به گزینه های ساختمانی با عملکرد خورشیدی.
- ✓ انتخاب مصالح ساختمانی جهت ایفای نقش، برای کمک به حفاظت محیط زیست (ترابی، روشن، ۱۳۹۴).

۴-۳-۱- مصادیق پایداری معماری و معماری سبز

- ۱- استفاده از انرژی های طبیعی در مصرف روزمره.
- ۲- استفاده از ضایعات و خصوصا استفاده از پساب در تولید آب مورد نیاز برای آبیاری فضای سبز.
- ۳- به کارگیری شیوه های مناسب برای تقلیل انرژی هدر رفته و یا کنترل آن و بهینه سازی مصرف انرژی.
- ۴- استفاده از مصالح قابل بازیافت غیر شیمیایی و مصالحی که با سلامت انسان در تعارض نمی باشد.
- ۵- طراحی و ساخت با مصالح نزدیک به طبیعت.
- ۶- جلوگیری از اثرات منفی ساختمان و محصولات آن بر محیط.
- ۷- استفاده از گیاهان طبیعی به عنوان الهام دهنده طراحی زنده در مشاعات.
- ۸- اجتناب از صدمه رساندن به وضعیت اراضی به منظور استحصال سود بیشتر.
- ۹- دستیابی به بالاترین کیفیت زندگی در سایه اتکا به محیط زیست.
- ۱۰- نحوه صحیح استفاده از زمین.
- ۱۱- توجه به شخصیت اکولوژی منطقه.
- ۱۲- توجه به خواص اقلیمی منطقه.
- ۱۳- توجه خاص به اثر نور و هوا در طراحی کل مجموعه و چیدمان فضاهای عمومی و اختصاصی.
- ۱۴- توجه به تحرک و زندگی در محیط باز (ترابی، روشن، ۱۳۹۴).

۴-۳-۲- بحران زیست محیطی - مشکلات محیط زیست جهانی

اگر پدیده هایی نظیر گرم شدن جهانی را به جای آن که از منظر میزان مصرف انرژی نظاره کنیم، از جایگاه تاثیر آن بر سلامت و بهداشت جامعه انسانی و محیط زیست فراگیر (آب، زمین، جو، گونه های جانوری و گیاهی و ...) بنگریم، تصویر کاملا متفاوتی از شکل فضاهای انسان ساخت شکل می گیرد. بر این اساس، از دهه ۸۰ میلادی بر روی نقش و جایگاه معماری و معماران در پاسخ گویی به مسائل محیطی، وقایعی جهانی شکل گرفته است. وسعت تاثیرات و صدمات محیط انسان ساخت بر محیط زیست طبیعی، ایجاب می کند که معماران مسئولیت ها و نقش خود را در تعدیل این فرآیندهای



آسیب رساننده، و تغییر مسیر تصمیم‌گیری‌های معماری، بپذیرند. این مسئولیت اخلاقی در معماری حساس به محیط، تلاش برای نیل به فضاهای انرژی‌کارا را با توجه به حساسیت نسبت به پیامدهای ناشی از فرآیندهای بنا بر ظرفیت بوم‌شناختی، نظام زیست‌جهانی و تلاش برای ایجاد فضاهایی سالم‌تر، بهداشتی‌تر و برخوردار از کیفیت‌های زیستی، توأم نموده است. و مفهوم حساسیت محیطی را با تأکید بر عملکرد محیطی بهینه، در راستای تأمین آسایش در چارچوب رویکرد معماری پایدار مطرح و مورد توجه قرار داده است.

۴-۴- طراحی پایدار پاسخی برای بحران‌های زیست محیطی

شناخت محیط در معماری تنها با درک فعالیت‌های انسان در دنیای پیرامونش امکان‌پذیر است و معماری را می‌توان ایجاد انگاره انسانی در درون شکل کالبدی دانست. بنابر این باید بپذیریم که معماری امروز و فردای ما نمی‌تواند بی‌رابطه با معماری گذشته باشد. سه اصل اساسی در طراحی پایدار وجود دارد: مردم، سیاره و رونق اقتصادی. با توجه به طبیعت انسان، هر کسی تمایل دارد برای یکی از این سه اصل بیشتر از دوتای دیگر ارزش قائل شود اما هرچقدر ما بهتر بتوانیم تعادل را بین این اصول رعایت کنیم به راه حل بهتری دست خواهیم یافت.

رسیدن به معماری پایدار میسر نمی‌گردد، مگر با تأکید بر زمینه‌گرایی. معماری زمینه‌گرا، بر زمین‌مداری و پیوند محیط با فضا تأکید دارد و با درک پیام شکل می‌گیرد و در واقع پیامی را که بستر معماری به او انتقال داده به عینیت رسانده و طراحی می‌کند. در نتیجه، ساختمان جزئی کوچک از طبیعت پیرامونی خواهد بود. در این نوع معماری بر اساس زمینه‌های فرهنگی، اجتماعی، تاریخی، کالبدی، اقلیمی و شرایط خاص آن سایت، ساختمان طراحی و اجرا می‌گردد و ساختمان عضو همخوان با اکولوژی و عنصری هماهنگ در بستر خود و در نهایت محیط زیست خواهند بود (یزدی، عارفیان، ۱۳۹۰).

۴-۵- مصالح و فناوری‌های ساختمان سبز

در یک ساختمان سبز از فناوری‌ها و مصالحی استفاده می‌شود که علت اصلی تفاوت آن با ساختمان‌های معمولی، کارایی بالای آنها محسوب می‌شود. در اینجا تنها تعدادی از مصالح و فناوری‌های مورد استفاده در ساختمان سبز آورده شده است. بتن عایق ICF، صفحه‌های عایق ساختمانی SIP، پمپ حرارتی، گرمایش به صورت تشعشع از کف، هواکش‌های بازیاب‌کننده انرژی، آب گرم ناشی از تابش خورشید برای استفاده خانگی، آب گرمکن‌های مبتنی بر تقاضا، سرویس‌های بهداشتی فلاش دوگانه، سرویس‌های بهداشتی با جریان آب کم، شیرهای صرفه‌جو در مصرف آب، ایستگاه‌های کنترل رطوبت، فوم‌های عایق، استفاده از LED به منظور روشنایی، لامپ‌های فلورسنت، کف پوش بامبو، کفپوش چوب پنبه‌ای، سیستم آبیاری با آب باران، منظر با نمای بومی، بتن متخلخل یا اسفنجی، عایق‌های ساخته شده از قارچ (خرمی، معاونی، مشکوه رضوی، ۱۳۹۱).

۴-۶- کاربردهای مصالح سبز

✓ از مواد شیمیایی که لایه ازن را از بین می‌برند در تجهیزات مکانیکی و عایق‌ها اجتناب شود.
✓ از مصالح ساختمانی زائد با فرآورده‌هایی که از مواد قابل برگشت به چرخه طبیعت به دست آمده‌اند استفاده شود.

✓ از الوارهای ضمانت شده و به دست آمده از جنگل‌های کنترل شده استفاده شود.

از ابتدای دهه ۱۹۸۰ میلادی، گستره طراحی و ساخت ساختمان‌ها هر روز شاهد نوآوری‌های جدید در زمینه مصالح کارآمدتر و پربازده‌تر بوده است. در مسیر پیشرفت روزافزون، روز به روز بر قابلیت‌های مصالح افزوده شده و انسان، همواره شاهد معرفی مصالح جدید به عرصه ساخت و ساز بوده است (گلایچی، ۱۳۹۰). مواد و مصالح مورد استفاده بشر در طی تاریخ و ادوار گذشته، نقشی انکارناپذیر در شکل‌دهی فضای ذهنی و در نتیجه زندگی انسان داشته است. شاید از همین رو



باشد که عده ای از اندیشمندان، اعصار زندگی بشر را با توجه به عنصر قالب مورد استفاده در آن دوران، به عصر سنگ، عصر برنز، عصر آهن، عصر مواد مرکب (کامپوزیت ها) و در نهایت دوران حاضر را عصر مواد هوشمند نام گذاری کرده اند) اربابی یزدی، رافتی سیدی یزدی (۱۳۹۱). بنابراین همواره رابطه تنگاتنگ و نوعی پیوند تاریخی ناگشودنی بین مصالح ساخت و معماری وجود داشته است تا اینکه در قرن بیستم، نقش مصالح و تکنولوژی ها در معماری اهمیت بیشتری پیدا کرد (گرچی مهبلانی، حاج ابوطالبی، ۱۳۸۸).

واژه های هوشمند (intelligent)، باهوش (Smart)، حساس (Adaptive) همه برای تعریف ساختارها و مصالحی به کار می روند که شامل حسگرها و محرک ها (Actuators) بوده و توانایی سازگاری با تحریکات خارجی مانند بارها و تحریکات محیط را دارند. مصالح هوشمند یک اصطلاح جدید برای مصالح و فرآورده هایی است که توانایی درک و پردازش رویدادهای محیطی را داشته و نسبت به آنها واکنش مناسب نشان می دهند. به بیان دیگر این مصالح قابلیت تغییر پذیری داشته و قادرند شکل، فرم، رنگ و انرژی درونی خود را به طرز برگشت پذیری در پاسخ به تأثیرات فیزیکی و یا شیمیایی محیط اطراف تغییر دهند. معماری هوشمند پویا است، بدین معنا که پارامترهای عملکردی اصلی خود را، با توجه به نیاز، تقاضا و شرایط متغیر و پویا تغییر می دهند. یک معماری هوشمند همچنین مانند سامانه زنده ای قادر به تجربه اندوزی و استفاده از تجارب در شرایط جدید است و با این خصیصه پویایی و خود سازمان دهی، سامانه را تضمین می کند. ویژگی های اصلی معماری هوشمند در مصالح سبز عبارت اند از:

- ✓ تطبیق پذیری.
- ✓ پویایی و فعال بودن.
- ✓ انعطاف پذیری.
- ✓ سازگاری با محیط.
- ✓ واکنش پذیری و پاسخ ده بودن (ترکجزی، باستانی، ۱۳۹۲).

۴-۷- ورق های ETFE

ورق های ETFE بالشتک های پر شده از هوایی است که از ۲ تا ۵ لایه پلیمر ترکیبی اتیلن، به نام تترا فلورواتیلین تشکیل شده اند. ورق ETFE که از طریق فرآیند اکستروژن (دمیدن مذاب پلیمری درون قالبی به شکل دلخواه با فشار زیاد) به شکل فیلم های نازکی در آمده و توسط یک قاب آلومینیومی نگه داشته می شود که به اسکلت ساختمان متصل است. این سازه غشایی مشبک سبک و شفاف، تنها تنش کششی را تحمل می کند و وزن پوسته خارجی و سیستم باربر سازه را به حداقل ممکن می رساند.

۴-۷-۱- سایر مزایای ورق های ETFE

- ✓ عبور نور و امواج UV زیاد.
- ✓ مقاومت شیمیایی بالا در برابر اسید و باز.
- ✓ سایه اندازی فعال، عایق حرارتی فوق العاده.
- ✓ تسهیل کننده تهویه طبیعی.
- ✓ دوستدار محیط زیست و دارای بازده انرژی بالا.
- ✓ قابلیت پوشش دهانه های بزرگ در شکل های مختلف.
- ✓ تهویه خودکار در هنگام آتش سوزی، دوام فوق العاده.
- ✓ عدم تأثیرپذیری از آلودگی جوی، طول عمر بیش از ۳۰ سال (ترابی، روشن، ۱۳۹۴).



۴-۸- مواد تغییر فاز دهنده

مواد تغییر فاز دهنده دارای قابلیت تغییر فاز (مثلا از جامد به مایع) در یک دامنه دمایی تقریباً ثابت هستند. ضمناً فرایند تغییر فاز در این گونه مواد معمولاً همراه با تبادل حجم بالایی از انرژی است که به آن گرمای نهان تغییر فاز گویند. تبادل این حجم بالای گرما به صورت همساز با طبیعت و به طور خودکار و هوشمندانه، مطابق با تغییرات دمای محیط صورت می‌پذیرد. با توجه به ویژگی‌های عنوان شده، این مواد به یکی از ظرفیت‌های خاص ذخیره انرژی در مصارف گوناگون تبدیل شده است. این مواد در سطح بسیار وسیعی در صنایع گوناگون شامل مخابرات، حمل و نقل، خودروها، ماهواره‌ها، پزشکی، نساجی، گلخانه‌ها و دیگر موارد به کار می‌روند. اولین گزارش‌ها مبنی بر کاربرد این مواد در ساختمان از سال ۱۹۴۰ به صورت نوظهور مطرح شد. سپس استفاده از این مواد در ساختمان از دهه ۱۹۸۰ به صورت گسترده مورد مطالعه قرار گرفته و امروزه استفاده از آنها در صنعت ساختمان سازی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار شده است. این مواد را می‌توان در ساختمان و در اجزایی مجزا برای کاربردهای گرمایش و سرمایشی به کار برد. از جمله کاربردهای آن، کرکره، دیوار رو به خورشید، سیستم‌های گرمایش کف، تخته‌های سقفی و دیوار ترومب می‌باشد. طبق نتایج حاصل از یک مطالعه، استفاده از ماده تغییر فاز دهنده منجر به افزایش دمای اتاق و ذخیره سازی حدود ۱۹ درصد انرژی می‌گردد. همچنین به کارگیری این مواد به نسبت کاهش اندازه نوسانات دمای هوای داخل و باقی ماندن دمای هوای اتاق برای مدت زمان طولانی‌تر نزدیک به دمای مطلوب اتاق، باعث بهبود شرایط آسایش حرارتی نیز می‌شود (ترابی، روشن، ۱۳۹۴).

۴-۹- تأثیر مواد فاز دهنده بر ساختمان سبز (کاربرد مواد فاز دهنده بر بام سبز)

پوشش‌های گیاهی بر روی سقف‌ها به عنوان بام سبز نیز شناخته می‌شوند که به عنوان تکنیکی غیر فعال به منظور کاهش مصرف انرژی ساختمان‌ها و بهبود کیفیت هوای اطراف آن‌ها به کار گرفته می‌شوند. این عملکرد از طریق حفاظت گرما در فصل زمستان و مانع از تابش مستقیم خورشید و ایجاد سایه و خنکی در تابستان امکان پذیر می‌گردد. کنترل و مدیریت دفع آب‌های سطحی، حفاظت انرژی، کاهش اثر جزیره‌های گرمایی در شهرها و افزایش عمر مفید پوشش بام‌ها، از جمله علل اهمیت این موضوع می‌باشند. ولی در اغلب موارد استفاده از بام سبز به تنهایی تأثیر شگرفی بر مصرف انرژی ساختمان ندارد چرا که امکان ذخیره سرمای شبانه برای استفاده در روز و بالعکس و امکان ذخیره طولانی مدت گرمای دریافتی از خورشید به هنگام شب مقدور نمی‌گردد. در این راستا نیاز به مواد و مصالحی می‌باشد که بتوانند انرژی حرارتی را طولانی مدت و به طور قابل توجهی ذخیره کنند که از جمله این مواد، مواد تغییر فاز دهنده می‌باشند که با ذخیره گرمای نهان، کارایی بام سبز را بهبود می‌بخشند. بام سبز از طریق به حداقل رساندن پرت حرارتی در زمستان و ایجاد سایه و سرمایش تبخیری در تابستان منجر به کاهش مجموع بار حرارتی مورد نیاز برای ساختمان می‌گردد، و افزودن مواد تغییر فاز دهنده در لایه داخلی ساختمان این اثرات مثبت را تشدید می‌کند (ترابی، روشن، ۱۳۹۴).

۴-۹-۱- عملکرد حرارتی بام سبز

انتقال شار گرمایی بام سبز از طریق ۴ مکانیسم کنترل می‌گردد: ۱- سایه اندازی ۲- عایق حرارتی ۳- تبخیر و تعرق ۴- جرم حرارتی. به طور کلی از مجموع اشعه‌های جذب شده توسط بام سبز حدود ۲۲ درصد منعکس شده و حدود ۰۶ درصد از طریق تبخیر جذب گیاهان و خاک شده است و تنها ۱۳ درصد به خاک منتقل می‌شود. اثرات حرارتی بام سبز را می‌توان به دو جنبه تقسیم کرد:

✓ **تأثیر مستقیم به ساختمان (اثر داخلی):** در این حالت، مسئله انتقال حرارت از طریق سقف با داخل ساختمان مطرح می‌باشد که با کاهش این تبادل حرارتی و جلوگیری از اتلاف انرژی، مصرف انرژی ساختمان را کاهش می‌دهد.



✓ تأثیر غیرمستقیم به محیط اطراف (اثر خارجی): در این حالت، مسئله انتقال حرارت از پشت بام به محیط اطراف مطرح می باشد که با افزایش میزان تبخیر و ایجاد سرمایش تبخیری، منجر به کاهش جزایر گرمایی شهری می گردد و در نهایت دمای شهر کاهش می یابد، که کاهش دمای پیرامون ساختمان ها، انرژی مورد نیاز برای سرمایش را تا حد چشمگیری کاهش داده و حفاظت از انرژی را به دنبال خواهد داشت. به نظر می رسد در محاسبه میزان عملکرد حرارتی بام سبز، نوع پوشش گیاهی و بستر خاکی گیاه از پارامترهای تأثیرگذار می باشند (ترابی، روشن، ۱۳۹۴).

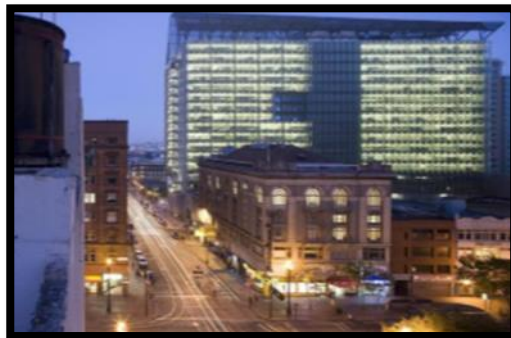
۴-۱۰- ساختمان سبز در جهان

۴-۱۰-۱- ساختمان فدرال سان فرانسیسکو

ساختمان فدرال سان فرانسیسکو یک ساختمان دولتی است که دارای ۱۸ طبقه است و ۳۳ درصد در مصرف انرژی و ۷ درصد در هزینه های مصرفی صرفه جویی دارد. استفاده از فولاد بازیافتی، کفپوش های سنگی و تجدید پذیر، نورگیرهای متحرک و مصالح و مواد قابل بازیافت در فضای داخلی و خارجی این ساختمان به خوبی قابل مشاهده است استفاده از نورگیرهای مختلف، جهت گیری مناسب ساختمان و همچنین وجود سایبان های متعدد، استفاده از نور طبیعی را در این ساختمان افزایش داده است (آبکار، ۱۳۹۴).



شکل ۱: ساختمان فدرال سانفرانسیسکو استفاده از فولاد بازیافتی، کف پوش های سنگی و تجدید پذیر، نورگیرهای متحرک و مصالح و مواد قابل بازیافت مانند آلومینیوم و ... در فضای داخلی و خارجی این بنا بخوبی قابل مشاهده است (آبکار، ۱۳۹۴).



شکل ۲: ساختمان فدرال سان فرانسیسکو - استفاده از نورگیرهای مختلف، جهت گیری مناسب ساختمان و همچنین وجود سایبان های متعدد، استفاده از نور طبیعی را در این بنا افزایش داده است (آبکار، ۱۳۹۴).



۴-۱۰-۲- ساختمان مرکز بین‌المللی هیفر

ساختمان مرکز بین‌المللی هیفر یک ساختمان تجاری است که در سال ۲۰۰۶ تکمیل گردید و توسط ریس رولند و پولک استانی در آرکانزاس آمریکا طراحی شده است. الگوهای سبز در این ساختمان، استفاده از مصالح بازیافتی، استفاده از نور طبیعی روز و انعکاس نور خورشید، سیستم احیاء آب و مخزن ذخیره آب خاکستری و سنسورهای ساختمانی می باشد. به طور کلی این ساختمان ۵۰ درصد انرژی کمتری نسبت به ساختمان های مشابه مصرف می کند. این ساختمان دارای درجه پلاتینیوم بوده و به عنوان یکی از بهترین نمونه های ساختمان سبز نیز معرفی شده است (آبکار، ۱۳۹۴).



شکل (۳) مرکز بین‌المللی هیفر که علاوه بر تکنولوژی سبز دارای محوطه ای با پوشش گیاهی مناسب در جهت ایجاد فضای ارگانیک می باشد (آبکار، ۱۳۹۲).

۴-۱۱- مصرف انرژی در ایران

نگاهی به سرانه مصرف انرژی در ایران نسبت به میانگین جهانی اهمیت به کارگیری ساختمان سبز در ایران را دو چندان می کند. برای نمونه، سرانه مصرف سالیانه برق در ایران ۲۵۰۰ و در جهان ۸۰۰ کیلووات است که ۳ برابر میانگین جهان می باشد. همچنین سرانه مصرف روزانه آب در ایران ۳۰۰ و در جهان ۱۵۰ لیتر است که ۲ برابر میانگین جهان می باشد. سرانه مصرف سالانه گاز در ایران ۱۷۰۰ و در جهان ۶۰۰ مترمکعب است، که در حدود ۳ برابر میانگین جهانی است. مصرف انرژی در ساختمان های ایران نیز حدود ۴ برابر میانگین کشورهای اروپایی است در حال حاضر بازده نیروگاه های متمرکز تامین برق در ایران ۳۰ تا ۴۵ درصد است، به این معنا که حدود ۶۵ تا ۷۰ درصد انرژی سوخت فسیلی در این نیروگاه ها به هدر می رود. فقدان استانداردهای مصرف انرژی در بخش ساختمان و تأسیسات، نبود متولی پیگیری امر بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان، استفاده ناقص و نادرست از فناوری های جدید در بخش ساختمان، کنترل نشدن مقررات ملی ساختمان در کشور، پایین بودن دانش فنی افراد شاغل در این بخش و آگاهی ناکافی بهره برداران از ساختمان، از دلایل مهم پایین بودن کارایی انرژی، در بخش ساختمان است. به عنوان نمونه ۲۹ درصد مصرف انرژی در کف ساختمان ها، ۳۶ درصد در دیوارهای خارجی و ۳ درصد در دیوارهای راه پله ها هدر می رود. البته تلاش هایی در جهت بهبود کیفیت ساختمان ها صورت گرفته است که می توان به طرح برچسب انرژی ساختمان اشاره کرد که علاوه بر مشخص کردن رده انرژی، نشان دهنده میزان شرایط آسایش حرارتی ساختمان است (خرمی، معاونی، مشکوه رضوی، ۱۳۹۱).



۱۲-۴- نمونه های ساختمان سبز در ایران

۱-۱۲-۴- ساختمان انرژی پلاس ایران

اولین ساختمان انرژی کشور با عنوان ساختمان انرژی پلاس ایران از سوی پژوهشگران دانشگاه صنعتی امیرکبیر ساخته شد. این ساختمان دارای پوشش های نانو عایق در سقف و جداره ها، شیشه های دو جداره با پوشش ضد اشعه ماورابنفش (UV)، پوشش مسیر گیاهی، سیستم آب گرم و برق خورشیدی، لامپ های ال ای دی و ایستگاه اکسیژن است. ساختمان در سه طبقه در خیابان استاد نجات الهی تهران احداث شده است، کلیه انرژی مورد نیاز خود را از خورشید جذب و تأمین می کند. این ساختمان با پوشش های گیاهی و لایه های پوششی شیشه ها از ورود اشعه UV که باعث گرمای داخل ساختمان می شود تا میزان ۹۹ درصد ممانعت می کند به گونه ای که به میزان ۵۷ درصد مقدار انرژی سرمایشی مورد نیاز در تابستان را کاهش می دهد. کلیه انرژی های روشنائی و سرمایش و گرمایش این سازه از طریق انرژی تجدید پذیر خورشیدی تأمین می شود. از این راه برای روشنائی و دریافت حداکثر نور خورشید از پنجره های بزرگ استفاده شده است. در این پروژه از نانو عایق هایی که از سوی محققان کشور تولید شده است و برای سلامت ساکنان ساختمان مضر نیست، استفاده شده است. آب گرم این ساختمان با استفاده از آب گرمکن های خورشیدی تأمین می شود. 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 تأمین می کند. آفتاب بر روی لوله های دو جداره برخورد می کند و آب گرم در منبع ۲۰۰ لیتری بالای لوله ها ذخیره می شود. در این ساختمان از گیاهان برای تأمین رطوبت مورد نیاز در ساختمان ها استفاده شده است، بدین نحو که در این ساختمان دو سری گل رز رونده به همراه پیچک امین الدوله، کاشته شده است. تنفس گیاه مانند کولرهای آبی در محیط رطوبت تولید می کند. هدف این پروژه به حداقل رساندن انرژی در ساختمان است (خرمی، معاونی، مشکوه رضوی، ۱۳۹۱).

۲-۱۲-۴- برج یادمان اردبیل

طرح بزرگ برج یادمان اردبیل ساختمانی است که در آن از فناوری ساخت ساختمان سبز استفاده شده است. این برج در مقایسه با سازه های معمول و رایج کمترین آسیب را به محیط پیرامون خود وارد می کند، بدین معنی که با اجرای چنین ساختمانی، در واقع هر آنچه که از طبیعت محل اجرای این طرح گرفته می شود دوباره به همان اندازه و شاید بیشتر از میزان قبلی به طبیعت منطقه بازگردانده می شود. این برج منحصر به فرد در ۲۶ طبقه فوقانی و ۳ طبقه زیرزمینی احداث می شود. صفحه های خورشیدی در ابعاد مختلف و همگون با نمای ساختمان در بین طبقات مختلف برج تعبیه شده است. این صفحه های خورشیدی به همراه توربین های بزرگ بادی که در بام طبقه فوقانی برج نصب می شود، 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 انجماد المان شهری با الهام از مفاهیم بومی و سنتی منطقه، استفاده از انرژی های تجدید پذیر همانند انرژی خورشیدی جهت کاهش اثرات مخرب زیست محیطی سوخت های فسیلی، استفاده از سیستم BMS جهت کنترل هوشمند مصرف انرژی و ایجاد فضای سبز در طبقات به مترای حدود ۳۰۰۰ متر مربع جهت سازگاری بیشتر با محیط زیست را می توان ویژگی های منحصر به فرد این برج دانست (خرمی، معاونی و مشکوه رضوی، ۱۳۹۱).

۳-۴- هزینه ساختمان سبز

مهم ترین نقد و مانع ساخت ساختمان های سبز، هزینه اولیه آن است. تحقیقات انجام شده و تجزیه و تحلیل آنها نشان می دهد هزینه اولیه ساخت ساختمان سبز کمی بیش از ساختمان معمولی است. برای مقایسه، نیاز به بررسی هزینه اولیه و مزیت جهانی افزایشی در یک بازه زمانی خاص (که بسته به میزان سازگاری خانه با محیط زیست متفاوت است) می



باشد. فناوری هایی چون فتوولتائیک و سایر تجهیزات جدید به طور حتم افزایش هزینه را در پی خواهند داشت. بیشتر ساختمان های سبز حداقل ۲ درصد افزایش هزینه اولیه دارند که با توجه به بازده بالای این ساختمان ها، این هزینه بازخواهد گردید. مصرف کارآمد انرژی، کاهش هزینه قبوض انرژی را در پی خواهد داشت که این خود یک نوع پس انداز مالی به شمار می آید.

جدول ۱: مصالح تجدید پذیر با ساختار دوستدار طبیعت (آبکار، ۱۳۹۴)

جدول مصالح تجدید پذیر با ساختار دوستدار طبیعت	
مصالح زیستی (حیاتی)	چوب : فیبر (mdf) و ...
	بامبو : سرعت رشد بالا - دارا بودن قابلیت سازه ای
	پوسته های برنج : قابلیت بالای تحمل بار، جاذب صوت، مقاومت در برابر آتش
	خشت خام و خاک رس
	چمن : ایجاد بام و دیوار های سبز و تعدیل دما و رطوبت محیط
	بیوپلیمرها
	سلولز : تولید مواد عایق
	لینگنین : تولید چسب ، تعلیق کننده (سیمان ، سرامیک و ...) و نگه دارنده ها
	پلی استر : پلاستیک های تجدید پذیر، روکش ها، برخی از انواع چسب ها
	بیو پلاستیک : کف پوش ها لوله کشی ها، صنایع بسته بندی مصالح
مصالح هوشمند	مصالح واکنش گرمایی : پنجره های ترمو کورمیک، رنگ های ترموکورمیک، پنجره های گرمازا
	مصالح واکنش نوری : مصالح مرتبط با فتوولتائیک
	مصالح واکنش محرک (نیرویی) : الکترو کرومیک (در پنجره های خاص که در معماری سبز پیشرفته بکار می رود.
کامپوزیت ها	طبیعی
	مصنوعی (فاز زمینه متفاوت)
	کامپوزیت با زمینه سرامیکی، شیشه و شیشه سرامیک ها و ...
	کامپوزیت با زمینه پلیمری، ابر سازه ها، صنایع نفت، گاز و لوله، فایبر گلاس
نانو	کامپوزیت با زمینه فلزی، در نماهای ساختمانی، صنایع هوا و فضا
	بتن با عملکرد بالا، نانو سیلیس آمورف، نانو ذرات رس و ...
	نانو پوشش های سنگ و چوب، رنگ نانو عایق و ...



۵- نتیجه گیری

با وجود افزایش میزان مصرف منابع تجدید پذیر و گسترش آلودگی های زیست محیطی و میزان مصرف انرژی و هزینه های مصرفی، احداث ساختمان های سبز تاثیر بسزایی در کاهش مصرف انرژی و به دنبال آن کاهش آلودگی های زیست محیطی داشته است. و همچنین نوعی پایداری بین محیط طبیعی و معماری ساختمان ایجاد می گردد و محیط اطراف و ساختمان را هماهنگ و یکپارچه می سازد. مهم ترین اصول معماری سبز در ایجاد ساختمان های سبز عبارتند از:

- ۱- ارتباط با طبیعت ۲- درک تاثیرات محیطی ۳- احترام به کاربران ۴- ایجاد یک روند مشارکتی در طراحی ۵- درک مردم از مصالحی که در طراحی و ساخت ساختمان های سبز مورد استفاده قرار می گیرد عبارتند از: بتن عایق ICF، صفحه های عایق سازه های SIP، گرمایش ژئوترمال (حلقه بسته و حلقه عمودی)، پمپ حرارتی، گرمایش به صورت تشعشع از کف، هواکش های بازتاب کننده انرژی و آب گرم ناشی از تابش خورشید برای استفاده ی خانگی، سیستم های قدرت فتوولتائیک، آب گرم کن های مبتنی بر تقاضا، سرویس های بهداشتی فلاش دوگانه، سرویس های بهداشتی با جریان آب کم، شیرهای صرفه جو در مصرف آب، ایستگاه های کنترل رطوبت، فوم عایق، استفاده از LED به منظور روشنایی، لامپ های فلورسنت، کف پوش بامبو، کف پوش چوب پنبه ای، سیستم آبیاری با آب باران، منظر با نمای بومی، تست نشت داکت از مسیر عبور لوله ها، بتن متخلخل یا اسفنجی، عایق های ساخته شده از قارچ، و مهم ترین ویژگی های ساختمان سبز ۱- تطبیق پذیری ۲- پویایی و فعال بودن ۳- انعطاف پذیری ۴- سازگاری با محیط می باشد.

۶- تشکر و قدردانی

در پایان از زحمات استاد عزیز و گرامی جناب آقای دکتر احمد ترکمان بخاطر راهنمایی های بسیار با ارزششان و همچنین همه عزیزانی که این مقاله را مورد مطالعه قرار دادند تشکر و قدردانی میکنم.

۷- منابع

- ۱- بیضاوی، محمدرضا؛ شهریاری، شهرزاد؛ ۱۳۹۸، بررسی و نقش تکنولوژی در معماری پایدار، ششمین کنفرانس ملی پژوهش های کاربردی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری، ایران، تهران
- ۲- بیضاوی، محمد رضا؛ شهریاری، شهرزاد؛ ۱۳۹۷، نقش محیط و فضای باز در معماری پایدار، ششمین کنگره علمی پژوهشی توسعه و ترویج علوم معماری و شهر سازی در ایران، تهران
- ۳- خرمی، محمد؛ معاونی، سهیلا؛ مشکوه رضوی، حسام الدین؛ ۱۳۹۱، ضرورت اجرای ساختمان سبز در ایران و مقایسه آن با ساختمان های معمول امروزی، همایش ملی معماری و شهرسازی ایرانی - اسلامی، مشهد، موسسه آموزش عالی خاوران
- ۴- ترابی، حوریه؛ روشن، محسن؛ ۱۳۹۴، کاربرد مصالح هوشمند در معماری ساختمان های سبز، اولین کنفرانس سالانه پژوهش های معماری، شهرسازی و مدیریت شهری، یزد، موسسه معماری و شهرسازی سفیران راه مهرازی
- ۵- قبادیان، وحید؛ ۱۳۹۶، مبانی و مفاهیم در معماری معاصر غرب، انتشارات دفتر پژوهش های فرهنگی
- ۶- گرجی مهربانی، یوسف؛ معماری پایدار و نقد آن در حوزه محیط زیست، نشریه علمی پژوهشی انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران، شماره یک، پاییز ۱۳۸۹
- ۷- دربان، علی؛ جوادنیا، مینا؛ معماری سبز گامی بسوی معماری پایدار، نشریه معماری شناسی، شماره ۵، بهمن ۱۳۹۷
- ۸- عشقی صنعتی، آلاله، ۱۳۹۵، تأثیر تکنولوژی نوین در معماری پایدار، کنفرانس بین المللی نخبگان عمران، معماری و شهرسازی، تهران، موسسه سرآمد همایش کارین



- ۹- یزدی، کاظم؛ عارفیان، نیما؛ ۱۳۹۰، چگونگی معماری پایدار در عصر تکنولوژی، همایش ملی عمران، معماری، شهرسازی و مدیریت انرژی، اردستان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردستان
- ۱۰- مفیدی شمیرانی، سید مجید؛ اختر کاوان، مهدی؛ اختر کاوان، حمید؛ ۱۳۸۷، معماری پایدار، انرژی و محیط زیست، دومین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست
- ۱۱- گلابچی، محمود؛ تقی زاده، کتایون؛ سروش نیا، احسان؛ ۱۳۹۱، نانو فناوری در معماری و مهندسی ساختمان، انتشارات دانشگاه تهران
- ۱۲- اربابی یزدی، امیر؛ رافتی سیدی یزدی، مهدی؛ ۱۳۹۱، مصالح هوشمند و تأثیر آن بر خلق معماری یگانه، اولین کنفرانس ملی بنای ماندگار، مشهد، معاونت شهرسازی و معماری شهرداری مشهد
- ۱۳- گرجی مهربانی، یوسف؛ حاج ابوطالبی، الناز؛ ۱۳۸۸، مصالح هوشمند و نقش آن در معماری، فصلنامه مسکن و محیط روستا، دوره ۲۸، شماره ۱۲۷، ص ۶۶-۸۱
- ۱۴- ترکجزی، میلاد؛ باستانی، مهیار؛ ۱۳۹۲، به کارگیری سامانه های خورشیدی در ساختمان راهکاری نو در بهینه سازی مصرف انرژی، اولین همایش ملی انرژی های نو و پاک، همدان، شرکت هم اندیشان محیط زیست فردا
- ۱۵- آبکار، علی؛ ۱۳۹۴، مصالح سبز و کاربرد آن در جهت کاهش مصرف انرژی و میزان آلاینده های محیط زیست (نمونه های موردی : ساختمان فدرال سانفرانسیسکو و مرکز بین المللی هیفر در آمریکا)، کنفرانس بین المللی انسان، معماری، عمران و شهر، تبریز، مرکز مطالعات راهبردی معماری و شهرسازی
- ۱۶- معرفت، م؛ کیان، س؛ به کارگیری مواد تغییر فاز دهنده در ساختمان جهت صرفه جویی در انرژی گرمایشی، مجله مهندسی مکانیک، شماره ۶۸ سال هجدهم سال ۱۳۸۸

- 17- ching, Frank.A Visual Dictionary of Architecture. 2nd ed. Hoboken,N.J.: Wiley, 2012. 277. Print. ISBN 9780470648858.
- 18- Dr. Sam C. M. Hui- Department of Mechanical Engineering- The University of Hong Kong- Pokfulam Road, Hong Kong- Final Report Study of Thermal and Energy Performance of Green Roof Systems - December 2009.
- 19- Kats, Greg, Leon Alevantis, Adam Berman, Evan Mills, Jeff Perlman. The Cost and Financial Benefits of Green Buildings, November 3rd, 2008.
- 20- Zalba B., Marin J. M., Cabeza L. F., Mehling H.; Review on thermal energy storage with phase change materials, heat transfer analysis and applications, Applied Thermal Engineering, 23, (2003) pp. 251 -283.