

اصول طراحی ساختمان سبز

معماری و تأسیسات

فرانسیس دی. کی. چینگ
ایان ام. شاپیرو
ترجمه: محمدرضا افضلی



اصول طراحی ساختمان سبز

معماری و تأسیسات

نشر یزداوگروه نشریات

اصول طراحی ساختمان سبز

معماری و تأسیسات

فرانسیس دی. کی. چینگ
ایان ام. شاپیرو
ترجمه: محمدرضا افضلی

سرشناسه	: چینگ، فرانک، ۱۹۴۳ - م. Ching, Frank
عنوان و نام پدیدآور	: اصول طراحی ساختمان سبز - معماری و تاسیسات/ فرانسیس‌دی.کی. چینگ، ایان‌ام. شاپیرو ؛ ترجمه محمدرضا افضلی.
مشخصات نشر	: تهران : یزدا، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	: ۲۸۸ص.: مصور، جدول.
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: Green building illustrated, ©2014
یادداشت	: کتاب حاضر با عنوان "معماری سبز به بیان تصویر" ترجمه و نشر حامد همدانی‌گلشن، سال ۱۳۹۴ فیپا گرفته است.
عنوان دیگر	: معماری سبز به بیان تصویر.
موضوع	: ساختمان‌های پایدار -- طرح و ساختمان
موضوع	: ساختمان‌سازی -- نقشه‌های تفصیلی
شناسه افزوده	: شپیرو، ایان ام.
شناسه افزوده	: Shapiro, Ian M.
شناسه افزوده	: افضلی، محمدرضا، ۱۳۳۱ -، مترجم
رده بندی کنگره	: الف۱۳۹۴ ۶م۹چ/TH۸۸۰
رده بندی دیویی	: ۷۲۰/۴۷
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۰۱۳۵۹۸

اصول طراحی ساختمان سبز

معماری و تأسیسات

فرانسیس دی. کی. چینگ / ایان ام. شاپیرو
ترجمه: محمدرضا افضلی

ناشر: یزدا / **چاپ اول:** ۱۳۹۴ / **قطع:** رحلی / **تعداد صفحات:** ۲۸۸ صفحه /

آماده‌سازی قبل از چاپ: نشریه حرارت و برودت / **مدیر تولید:** قاسم حسنی /

صفحه‌آرا: فاطمه محمدی / **طراح جلد:** زهره محقق طوسی /

چاپ و صحافی: یزدا / **شمارگان:** ۶۰۰ نسخه /

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۵-۴۲۷-۵ **ISBN:** 978-600-165-427-5

نشر یزدا و گروه نشریات

دفتر نشر و نمایشگاه دائمی: تهران، سیدخندان، خیابان ارسباران، کوچه‌ی ستاری، شماره‌ی ۲۲، ساختمان یزدا **دورنگار:** ۲۲۸۸۵۶۵۱ (۰۲۱) **تلفن:** ۵۰-۲۲۸۸۵۶۴۷ (۰۲۱)

توجه: به موجب قانون حمایت حقوق مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸/۱۰/۱۱ و همچنین قانون ترجمه و تکثیر کتب و نشریات و آثار صوتی مصوب سال ۱۳۵۰ تمام حقوق این اثر به هر نحو برای نشر یزدا محفوظ است. نشر و پخش تمام یا قسمتی از این کتاب بدون اجازه از ناشر، باعث پیگرد قانونی خواهد شد.

خرید آنلاین ← **WWW.YAZDABOOK.COM / WWW.HVAC.IR**

فهرست

پیش‌گفتار VII

هم‌ارزهای متریک VIII

مقدمه ۱

رویارویی با چالش‌های زیست‌محیطی ۲

اطلاعات جدید، مخاطرات جدید، فرصت‌های جدید ۵

ساختمان سبز چیست؟ ۶

اهداف ساختمان سبز ۷

رویکردهای ساختمان سبز ۱۰

اصول اولیه ۱۳

سبز نسبی و سبز مطلق ۱۵

بارها و لایه‌ها ۱۶

پیوستگی ۱۹

طراحی کل‌نگرانه ۲۱

طراحی جمعی ۲۲

قابلیت خرید ۲۳

مدل‌سازی انرژی ۲۴

آیین‌نامه‌ها، استانداردها و رهنمودها ۲۵

آیین‌نامه‌ها ۲۷

استانداردها ۲۸

رهنمودها ۳۳

چالش ۲۰۳۰ ..... ۳۴

محله و محوطه ۳۵

انتخاب محله و محوطه ۳۶

حفاظت از محوطه‌های حساس ۴۰

حفاظت و بازسازی ۴۱

حفاظت از ویژگی‌های طبیعی ۴۲

کاهش اثر جزیره‌ی گرما ۴۳

مدیریت ضایعات محوطه ۴۴

مسائل حمل‌ونقل ۴۴

کاهش آلودگی نوری ۴۶

راهبردهای محوطه و مصرف انرژی ۴۸

صرفه‌جویی در مصرف، مدیریت و کیفیت آب محوطه ۵۰

کمیت رواناب ۵۱

کیفیت رواناب ۵۲

آب انتقالی ۵۳

سایر مسائل مربوط به محوطه ۵۵

محوطه و انرژی تجدیدپذیر ۵۶

شکل ساختمان ۵۷

سطح زیربنا ۵۸

سطح ساختمان ۵۹

جهت‌گیری ۶۸

استانداردهای ساختمان سبز و شکل ساختمان ۷۰

فضاهای مرکزی در مقایسه با فضاهای پیرامونی ۷۲

ویژگی‌های نزدیک ساختمان ۷۳

پیش‌نشستگی‌ها و سایبان‌ها ۷۴

صفحه‌های خورشیدی ۷۵

بالکن ۸۰

نمای ساختمان ۸۱

جمع‌آوری آب باران ۸۱

استفاده از بام ۸۲

پوش خارجی ۸۳

پوش داخلی و پوش خارجی ۸۴

نفوذ ۸۵

پل‌زنی گرمایی ۸۸

پیوستگی و ناپیوستگی‌ها ۸۸

دیوارها ۹۱

دیوارهای بتنی ریختگی ۹۳

دیوارهای قاب‌چوبی ۹۴

دیوارهای قاب‌فلزی ۹۵

دیوارهای نما ۹۵

انتخاب سیستم دیوار ۹۶

تضمین پیوستگی ۹۷

پنجره‌ها ۹۸

استفاده از نور طبیعی ۹۹

چشم‌انداز ۱۰۳

تلفات پنجره ۱۰۴

کاهش تلفات پنجره ۱۰۵

درها ۱۰۷

بام ۱۰۹
کف ۱۱۱

فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع ۱۱۳

زیرزمین ۱۱۵
فضای زیرشیروانی ۱۱۷
زیرزمین‌های کوتاه ۱۱۸
گاراژها ۱۱۹
فضاهای متفرقه‌ی فاقد تهویه‌مطبوع ۱۲۰
راهرو، راه‌پله، و فضاهای دیگر ۱۲۱
حذف بیشتر تهویه‌مطبوع اتاق‌ها ۱۲۲
تعیین محل انبار ۱۲۳
تنظیم دما در فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع ۱۲۴
فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع - خلاصه ۱۲۴

پوش داخلی ۱۲۵

آسیب‌پذیری‌ها ۱۲۶
جرم گرمایی ۱۳۲
نازک‌کاری ۱۳۳
بازتابندگی نوری ۱۳۴

منطقه‌بندی و بخش‌بندی گرمایی ۱۳۷

منطقه‌بندی گرمایی ۱۳۸
بخش‌بندی ۱۴۱

روشنایی و سایر بارهای الکتریکی ۱۴۵

روشنایی ۱۴۶
طرح بهینه‌ی روشنایی ۱۴۷
لامپ‌های کم‌مصرف و چراغ‌های کارآمد ۱۴۹
روشنایی خارجی ۱۵۰
بارهای دوشاخه‌ای ۱۵۶
بارهای الکتریکی بزرگ ۱۵۷

آب سرد و گرم ۱۵۹

کاهش مصرف ۱۶۰
آب گرم ۱۶۲
منابع جدید آب و گرما ۱۶۴

کیفیت زیست‌محیطی فضای داخلی ۱۶۷

کیفیت هوای داخل ۱۶۷
چالش‌های تهویه ۱۶۹
راه‌های بهبود کیفیت هوای داخل ۱۷۱
کیفیت هوای داخل حین ساخت و قبل از کاربری ۱۸۰
آسایش گرمایی ۱۸۰
کیفیت آب ۱۸۵
آکوستیک ۱۸۵

گرمایش و سرمایش ۱۸۷

انواع سیستم ۱۸۸
نقاط ضعف سیستم ۱۹۰
رهنمود از خارج به داخل ۱۹۱
بازده سیستم ۱۹۷
انتخاب سوخت ۱۹۹

انرژی تجدیدپذیر ۲۰۵

انرژی خورشیدی ۲۰۷

مصالح ۲۱۱

استفاده‌ی دوباره از مصالح ۲۱۶
انتخاب مصالحی که قبلا مصرف نشده‌اند ۲۱۹
مبرّدها ۲۲۴
طراحی برای کاهش تأثیر مواد پس از ساخت ۲۲۵
سایر مسائل مربوط به مصالح ۲۲۶

برنامه‌ی زمانی، ترتیب عملیات، و قابلیت خرید ۲۲۷

برنامه‌ی زمانی و ترتیب عملیات ۲۲۷

کیفیت در طراحی و ساخت سبز ۲۳۳

کیفیت طراحی‌شده ۲۳۵
مدل‌سازی انرژی ۲۳۷
اندازه‌گیری و معیارهای آن ۲۴۶
مقادیر و بده‌بستان‌ها ۲۵۱

نتیجه‌گیری ۲۵۳

کلام آخر ۲۵۷
برای ساختمان‌های جدید و بازسازی‌های اساسی ۲۵۹
دسترس‌پذیر برای کاربرد اختیاری از اول ژوئن ۲۰۱۵ ..... ۲۵۹
برای ساختمان‌های جدید و بازسازی‌های اساسی ۲۶۰
ارائه شده در سال ۲۰۱۳ ..... ۲۶۰

فرهنگ اصطلاحات ۲۶۱

کتاب‌شناسی ۲۶۷

واژه‌نامه ۲۷۰

نمایه ۲۷۲

پیش‌گفتار

ساختمان سبز حوزه‌ای است نسبتا جدید. هدف آن کاهش تأثیر زیست‌محیطی مخرب ساختمان‌ها، در عین حال تأمین محیطی آسوده در داخل ساختمان است. این کتاب در پی معرفی حوزه‌ی ساختمان سبز، و یافتن مفاهیم بنیادی گوناگون در طراحی و ساخت سبز، و ارائه‌ی رهنمود برای کسانی است که در این حوزه فعالیت می‌کنند.

طراحی و ساخت ساختمان میدان انتخاب است. میدان خلق گزینه‌های مختلف در آغاز هر پروژه، پروراندن این گزینه‌ها در فرایند طراحی، انتخاب گزینه‌ها توسط کارفرما یا مالک، مستندسازی گزینه‌ها روی نقشه، و به‌کارگیری و اجرای آن‌ها حین ساخت است. در این کتاب کوشیده‌ایم انواع مختلف گزینه‌ها را برای طراحی و ساخت ساختمان‌های سبز ارائه دهیم.

کتاب با کندوکاو در اهداف ساختمان سبز و تعریف این نوع ساختمان آغاز می‌شود. بر کاهش انتشار مواد کربنی مرتبط با ساختمان و مقابله با آثار فزاینده‌ی تغییر اقلیم زمین تأکید می‌شود. آیین‌نامه‌ها، استانداردها، و رهنمودهای مختلفی معرفی می‌شوند که هر یک از آن‌ها نیاز به تعریف کامل‌تر ساختمان سبز را مطرح می‌کند.

کندوکاوی روش‌مند در باره‌ی طراحی سبز ساختاری «از بیرون به داخل» دارد و از محیط شهری و محوطه‌ی ساختمان شروع شده، از لایه‌های گوناگون پوش ساختمان می‌گذرد و به بررسی جنبه‌های زیست‌محیطی روشنایی، گرمایش و سرمایش می‌پردازد. موضوعات مرتبط، شامل صرفه‌جویی در مصرف آب، حفظ کیفیت زیست‌محیطی فضای داخلی، صرفه‌جویی در مصرف مصالح ساختمانی، و انرژی‌های تجدیدپذیر نیز بررسی می‌شوند.
به‌منظور جامع‌تر شدن بحث‌های مربوط به انرژی بعضی اصول اولیه‌ی فیزیک را به کمک می‌گیریم؛ از ترکیب این اصول اولیه، به طور فزاینده‌ای، با عنوان «علم ساختمان» یاد می‌شود. مثلا اصول اولیه‌ی انتقال گرما در مورد اتلاف گرما، و برای کاهش این نوع اتلاف به کار گرفته می‌شوند. درباره‌ی جنبه‌های مختلف روشنایی، در ارتباط با مصرف انرژی نورانی ، و تعامل انسانی

و ارگونومی روشـــنایی کندوکاو می‌کنیم. بحـــث درباره‌ی بعضی پدیده‌های مرتبط با ســـاختمان، مانند جریان هوایی شـــناور در ساختمان، موسوم به «اثر دودکش»، بر اصول اولیه‌ی دینامیک ســـیالات مبتنی است. اصول اولیه‌ی ترمودینامیک را برای تولید و تحویل مؤثر گرما، دفع گرما از ســـاختمان به‌منظور ســـرمایش، و چگونگـــی افزایش بازده این عملیات برای کاهش مصرف انرژی به‌کار می‌بندیم.

تصویرهای تفصیلـــی این اصول و مباحث را به‌صورتی ســـاده‌تر و مناســـب برای طراحی و ساخت ساختمان ســـبز بازگو می‌کنند. تعـــدادی از بهتریـــن اجراها ارائه می‌شـــوند که به‌انـــدازه‌ی کافی انعطاف‌پذیر هستند تا دســـت‌اندرکاران بتوانند ساختمان سبز را طبق رویاهای مالک طراحی و اجرا کنند. این تصاویر قابل تعمیم و گســـترش‌اند تا بیش‌ترین گزینه‌های ممکن برای ساختمان سبز را ارائه دهند.

سرانجام، بحثی در باره‌ی کیفیت اجرا نیز مطرح می‌شود تا نشان دهیم طراحی و ســـاخت تا چه اندازه می‌توانند اهداف طراحی و اجرای سبز را تحقق بخشند.

به‌خواننده توصیه می‌کنیم که از روش‌های ارائه شده در این کتاب به عنوان ابزار اســـتفاده کند. لازم نیســـت در طراحی و ســـاخت ســـاختمانی همه‌ی رویکردهای مطرح شـــده در این کتاب به کار گرفته شوند تا آن ساختمان «سبز» تلقی شود. گنجاندن همه‌ی پیشرفت‌ها، روش‌ها، و فراورده‌های نوآیند در چنین کتابی دشوار است. در عوض بر آن دسته از ابزارها و راهبردهای اساسی تأکید می‌کنیم که دست‌اندکاران می‌توانند با استفاده از آن‌ها گزینه‌های لازم برای طراحی و اجرای ســـاختمان‌های سبز با عملکرد بالا را خلق کنند.

هم‌ارزهای متریک

دســـتگاه بین‌المللی واحدهـــا (SI) دســـتگاه واحدهای فیزیکی منسجمی است که پذیرش بین‌المللی یافته است و در آن از متر، کیلوگرم، ثانیه، آمپر، کلوین، و شمع به منزله‌ی واحدهای اصلی طـــول، جرم، زمان، جریان الکتریکی، دما، و شـــدت روشـــنایی اســـتفاده می‌شـــود. برای کمک به درک بهتر دستگاه واحدهای بین‌المللی، هم‌ارزهای متریک براساس قراردادهای زیر در سرتاسر کتاب نقل شده است:

- همه‌ی اعداد درست داخل پرانتز میلی‌متر را نشان می‌دهند، مگر خلاف آن تصریح شده باشد.
- ابعـــاد از ۳ اینچ به بـــالا را به نزدیک‌ترین مضرب ۵ میلی‌متر، گِرد کرده‌ایم.
- ابعاد نامی مستقیما تبدیل می‌شوند؛ مثلا، بُعد نامی ۲×۴ به ۵۱×۱۰۰ تبدیل می‌شود، هرچند بُعد واقعی آن، ″½ ۳×″½ ۱، به ۳۸×۹۰ تبدیل خواهد شد.
- توجه کنید که ۳٫۴۸۷m=۳۴۸۷mm
- در همه‌ی موارد، واحد متریک اندازه‌گیری مشـــخص شـــده است.

۱

مقدمه

طی چند سال گذشته، بحث پویای توسعه‌ی پایدار و ساختمان‌های سبز در حوزه‌های طرح‌ریزی، طراحی و ساخت فراگیر شده است. در آتلیه‌هـای طراحی و در کارگاه‌های سـاختمانی، به اشـتراک گذاشـتن اهداف و استانداردهای نوین، حتی زبانی جدید، را فرا می‌گیریم. در نظر بسیاری، زندگی حرفه‌ای ما با فراگیری مفاهیم و ابزارهای این زبان جدید غنای بیشـتری می‌یابد. در نظر بعضی دیگر این پرسـش‌ها مطرح می‌شـود: چه اتفاقی افتاده اسـت؟ موضوع چیست؟

توسـعه‌ی پایدار چیزهایی را نوید می‌دهـد که عمر طولانی دارند - سـاختمان‌هایی با عمر طولانی و مفید، صورت‌های تجدیدپذیر انرژی، جوامع ماندگار. ساختمان سبز یکی از رویکردهای تحقق بخشیدن به نویدهای توسعه‌ی پایدار است.

به‌مـوازات نویدهای توسـعه‌ی پایدار، و حتی در راسـتای تحقق بخشـیدن به آن‌ها، باید به تذکرات مصرانه‌ی دانشمندانی اشاره کـرد که در مورد خطرات زیسـت‌محیطی، خطراتی که به‌صورتی روزافزون با مشـاهدات عینی خود ما تأیید می‌شـوند، هشـدار می‌دهند. اما عاملی وجود دارد که به ما قدرت می‌بخشد تا از این خطرات پرهیز نکنیم، با آن‌ها روبه‌رو شویم، آن‌ها را به‌طور جمعی بسـنجیم و راهبردهایی برای رویارویی با آن‌ها پی‌ریزی کنیم. در نهایت ممکن اسـت همین بزرگ‌ترین نوید توسعه‌ی پایدار باشد - انگیزه‌ی بررسـی چالش‌های زیسـت‌محیطی که با آن‌ها روبه‌رو می‌شویم و یافتن راه‌هایی برای پیروزی در این رویارویی.

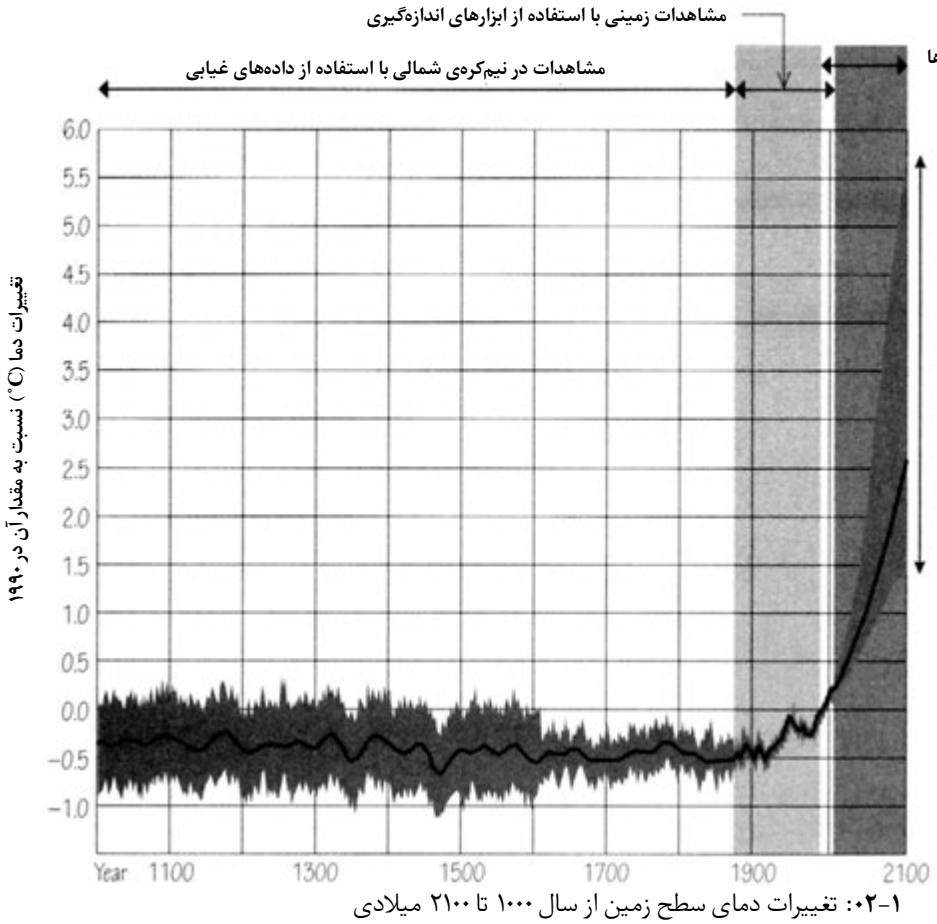
رویارویی با چالش‌های زیست‌محیطی

بروز چندین بحران زیست‌محیطی موجب شد تا نحوه‌ی طرح‌ریزی، طراحی، و ساخت ساختمان را از نو ارزیابی کنیم. آلودگی هوا و آب ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی، فروریزه‌های اتمی ناشی از وقوع حادثه در نیروگاه‌های هسته‌ای، و شروع تغییرات بالقوه مخرب اقلیمی، همگی نیاز مبرم به کاهش مصرف انرژی را یادآور می‌شوند. بیماری‌های ناشی از قرارگیری در معرض مواد شیمیایی سمی ما را ناگزیر می‌سازد که در مورد کاربرد گسترده‌ی این مواد، به‌ویژه در مصالح ساختمانی، تجدید نظر کنیم.



۱-۱۰: در تصاویر فضایی که از کره‌ی زمین گرفته شده است، مانند این تصویر که فضاپیمای وویجر ۱ در سال ۱۹۹۰ گرفته است، آسیب‌پذیری و بی‌ثباتی حیات روی زمین مشهود است. کارل ساگان، اخترشناس، زمین را به صورت لکه‌ی آبی رنگ‌پریده توصیف می‌کند. «تنها خانه‌ای که داریم.»

تغییر اقلیم شایان توجه خاص است. «میزگرد بین دولتی تغییر اقلیم» (IPCC)، که بیش از ۱۳۰۰ دانشمند از کشورهای مختلف جهان در آن شرکت داشتند گزارش می‌دهد که «در گرم شدن اقلیم تردیدی نیست، چنان‌که هم‌اکنون از مشاهده‌ی افزایش میانگین دمای هوا و آب دریاها، ذوب شدن گسترده‌ی برف و یخ، و بالا آمدن سطح میانگین آب دریاها در سراسر جهان، آشکار است.» بنا به گزارش IPCC، تأثیرات تغییر اقلیم شروع شده است و پیش‌بینی می‌شود اوضاع از این هم بدتر شود. پیامدهای تغییر اقلیم شامل وقوع پدیده‌های جَوّی قدرتمند، از قبیل افزایش فعالیت چرخندی و بروز طولانی‌مدت‌تر، مکررتر، و شدیدتر امواج گرما، کاهش پوشش برف و وقوع سیلاب‌های ساحلی و غیرساحلی بیشتر، جابه‌جا شدن زیستگاه‌های گیاهی و جانوری و کاهش تنوع زیستی، کاهش دسترس‌پذیری آب مناسب برای مصرف انسان، کشاورزی، و تولید انرژی، هم‌اینک مشاهده می‌شود.



۱-۰۲: تغییرات دمای سطح زمین از سال ۱۰۰۰ تا ۲۱۰۰ میلادی

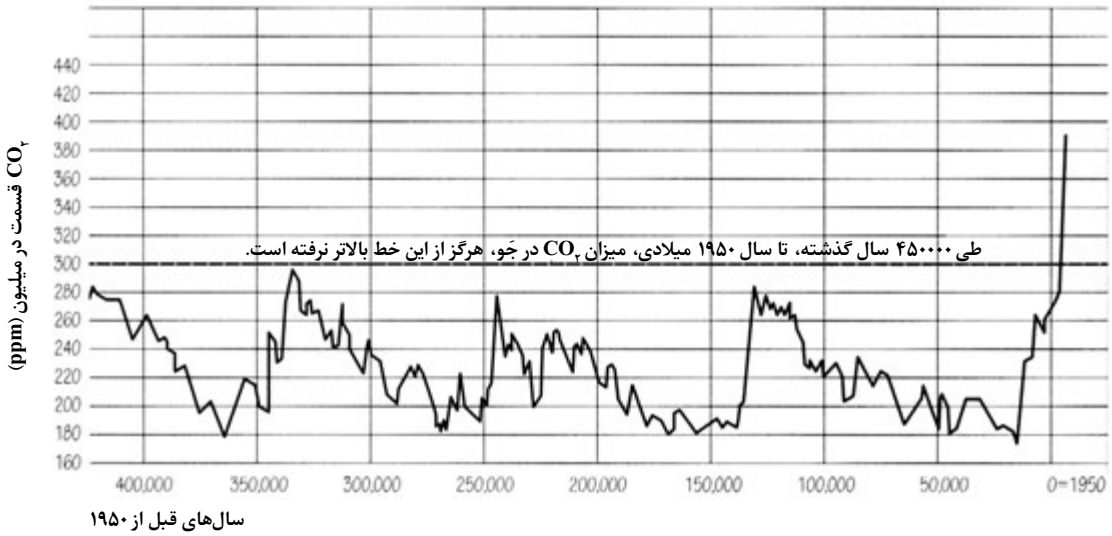
علت اصلی تغییر اقلیم افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای (GHG) است که در نتیجه‌ی فعالیت‌های انسان، جنگل‌زدایی، تغییر کاربری زمین، و به‌ویژه مصرف سوخت‌های فسیلی تولید می‌شوند. این یافته را فرهنگستان‌های ملی علوم همه‌ی کشورهای صنعتی مهم تأیید می‌کنند.

گازهای گلخانه‌ای، عمدتا بخار آب، اما شامل مقادیر کمتری کربن دیوکسید (CO_2)، متان (CH_4)، و اکسید نیترو (N_2O)، در جَو بالا می‌روند و مانند پتوی گرمایی عمل کرده، گرما را جذب می‌کنند و آن‌را در همه‌ی جهت‌ها انتشار می‌دهند. بخشی از این تابش مجدد که به سمت پایین است، اثر گلخانه‌ای نامیده می‌شود؛ اثر گلخانه‌ای موجب گرم شدن سطح زمین و جَوّ پایینی تا میانگین ۵۹°F (۱۵°C) می‌شود. بدون این اثر گلخانه‌ای طبیعی، پیدایش حیات روی کره‌ی زمین به‌صورتی که می‌شناسیم، ممکن نمی‌شد.



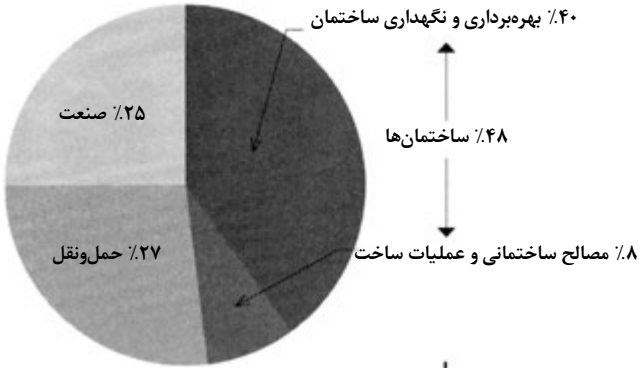
۱-۰۳: اثر گلخانه‌ای

اما با آغاز انقلاب صنعتی، مصرف روزافزون سوخت‌های فسیلی موجب افزایش غلظت کربن دیوکسید، متان، و اکسید نیترو در جَو شده، اثر گلخانه‌ای طبیعی را تشدید کرده، سبب گرم شدن کره‌ی زمین و تغییر اقلیم شده است.

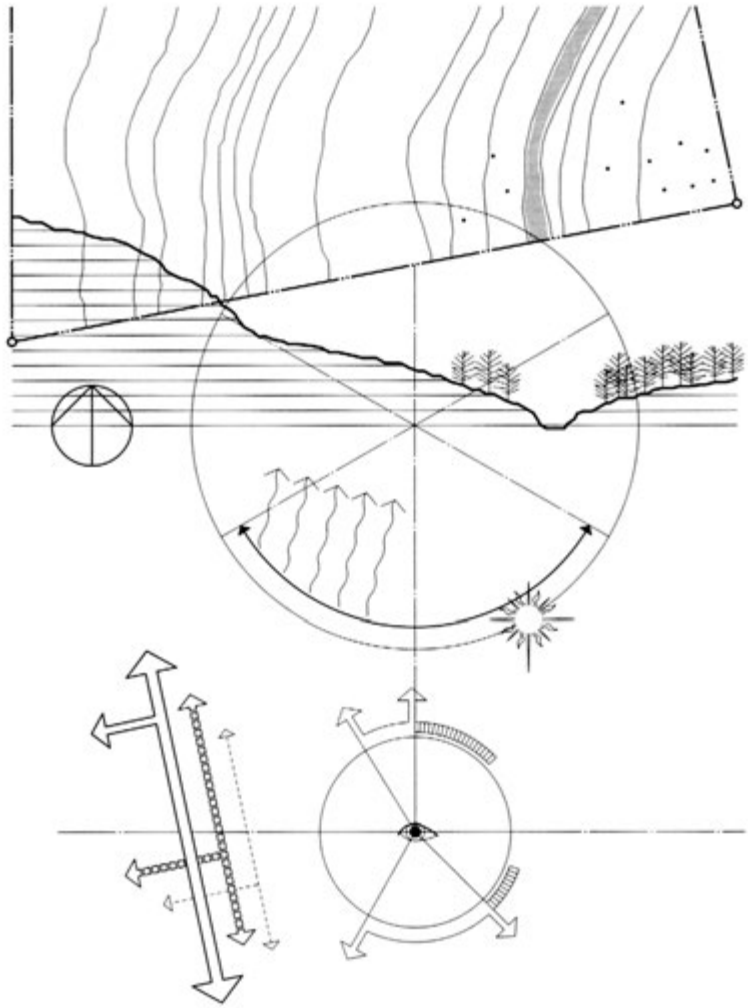


۱-۰۴: نمونه‌های جَوّی محبوس در مغزه‌های یخی و اندازه‌گیری‌های مستقیم دوران اخیر حاکی از افزایش میزان CO_2 جَو از زمان انقلاب صنعتی است.

داده‌هـای مؤسسـه‌ی اطلاعات انرژی امریکا نشـان می‌دهـد که تقریبا نیمـی از کل انرژی مصرفی در این کشور در سـاختمان‌ها مصرف می‌شود و ساختمان‌ها بـه همین میـزان در تولید گازهای گلخانه‌ای سـهم دارنـد؛ در سـطح جهان، ممکن اسـت ایـن درصد بالاتر هم باشـد. آن‌چه در هر بحث مربوط به طراحی پایدار باید در نظر گرفت این اسـت که بخش عمده‌ی انرژی مصرفی در صنعت سـاختمان به تولید مصالح سـاختمانی یا فرایند سـاخت مربوط نمی‌شود، بلکه ناشـی از فرایندهای بهره‌برداری، از قبیل سـرمایش، گرمایش، و روشنایی ساختمان است. به عبارت دیگر برای کاهش مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای که در نتیجه‌ی کاربری و نگهداری ساختمان در دوره‌ی عمر آن تولید می‌شـوند، باید سـاختمان را به‌درستی طراحی کرد، محل مناسـب برای ساخت آن انتخاب کرد، شکل مناسـب به آن داد و راهبردهای کارآمدی برای گرمایش، سـرمایش، تهویه و روشنایی در پیش گرفت.



۱-۰۵: مصرف انرژی در ایالات متحده‌ی امریکا به تفکیک بخش. مصرف انرژی در ارتباط با ساختمان به‌عنوان یکی از علل اصلی افزایش گازهای گلخانه‌ای، و مهم‌تر از همه کربن دیوکسید شناخته شده است.





۱-۰۶: ساختمان‌هایی که محل آن‌ها به درستی انتخاب شـده و انـرژی را به‌صورتـی کارآمـد مصـرف می‌کنند می‌تواننـد، با مصـرف انرژی کمتر بـرای تولید و حمل مصالح سـاختمانی و رفت و آمد کاربران، موجب کاهش انتشار گازهای کربنی در بخش‌های دیگر نیز بشوند.

اطلاعات جدید، مخاطرات جدید، فرصت‌های جدید

بـا افزایـش دانش ما دربـاره‌ی تغییـر اقلیم و سـایر مخاطرات زیسـت‌محیطی، طـی دهه‌های گذشـته، تحقیقات رسـمی و غیررسـمی بینش ما را در مورد نحوه‌ی کار ساختمان، چگونگی شکست پروژه‌های ساختمانی از لحاظ زیست‌محیطی و، با همین درجه از اهمیت، نحوه‌ی جلوگیری از این ناکامی‌ها، ژرف‌تر کرده اسـت. همگرایی مطالبات بحران‌های زیسـت‌محیطی متعدد و یافتن اطلاعات نسبتا جدید درباره‌ی نحوه‌ی عملکرد ساختمان‌ها و این‌که می‌توان ساختمان‌ها را در راستای اهداف توسعه‌ی پایدار بنا کرد، فرصت‌هایی برای رویکرد به طراحی ساختمان از راه‌های نوین فراهم آورده اسـت. حوزه‌ی سـاختمان سبز جوان و بسیار غنی اسـت. در طراحی و اجرا فرصت‌هـای فراوانی برای افزایش بازده مصرف انرژی و منابع، کاهش مصرف مواد شیمیایی سمی، و انجام این کار به‌روشی دسترس‌پذیرتر پیش روی ماست.

امـا مخاطرات و مشـکلات بالقوه‌ی فراوانی در مسـیر طراحی و ساخت ساختمان‌های سبز وجود دارد. به‌آسانی می‌توان به‌سراغ فراورده‌هـای جدید یـا رویکردهای تازه‌ای رفت که ادعای سـبز بودن دارند، امـا در واقع بی‌تأثیرند یا چندان پرهزینه‌اند که مانع سـرمایه‌گذاری متوازن برای انجام دیگر اصلاحاتی می‌شـوند که بازده هزینه‌ای بیشتری دارند. بر ماست که به کمک عقل سلیم، اصلاحات نمادین، نمایشی یا بی‌تأثیر ساختمانی را کنار بگذاریم و از ایده‌ها و ابزارهای نو و بالقوه معتبر استقبال کنیم. هنگام بررسی دقیق ایده‌های نـو به تفکر انتقادی و هنگام پذیرش تغییراتی که با آهنگ سریعی رخ می‌دهند، به انعطاف‌پذیری نیاز مبرم داریم.

طراحی ساختمان سبز صرفا مستلزم تمرکز روی افزودن ویژگی‌هایی به ساختمان‌ها به‌منظور سبزتر کردن آن‌ها نیست. هرچند بالابردن خصلت عایقی عایق‌های حرارتی موجب افزایش بازده انرژی ساختمان می‌شود و اضافه کردن سیستم‌های فوتوولتایی نیاز به تأمین برق با استفاده از منابع تجدیدناپذیر را کاهش می‌دهد، با طراحی سنجیده و خردمندانه‌ای که صرفا افزایشی نیست، بلکه ماهیت تجمیع‌شده و ارگانیک دارد نیز می‌توان به پیشـرفت‌های زیادی نائل شد. مثلا می‌توانیم برای نازک‌کاری فضاهای داخلی از سـطوحی بازتابنده‌تر اسـتفاده کنیم تا نیاز به نورپردازی مصنوعی کاهش یابد و در عین حال تراز روشـنایی مورد نظر برای فضای داخلی هم تأمین شـود. می‌توانیم شکل‌هایی را انتخاب کنیم که سطوح نمایان کمتری داشته باشند و در نتیجه مصرف انرژی آن‌ها، به‌ازای سطح زیربنای یکسان، در مقایسه با ساختمان‌هایی با شکل‌های پیچیده‌تر کمتر باشد.

ما که همواره به ماهیت زیبایی‌شناختی هر آن‌چه طراحی می‌کنیم و می‌سازیم می‌اندیشیم، احتمالا این پرسش هم به ذهنمان می‌رسد: طراحی سبز بر زیبایی محیط ساخته چه اثری دارد؟ خوشبختانه لازم نیسـت برای سـبز کردن سـاختمان زیبایی آن را فدا کنیم. سـاختمان سبز ممکن است برداشت‌های سـنتی از زیبایی را به چالش بکشد، اما فرصتی هم برای ارزیابی مجدد برداشت‌های ما از مفهوم زیبایی، تجدید نظر در تعریف زیبایی در ساختمان، و یافت زیبایی در فرم‌های معماری نوین در اختیار ما می‌گذارد.

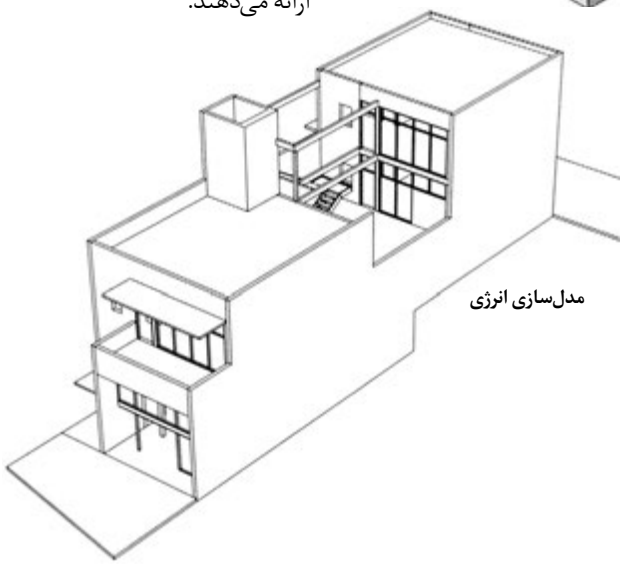


گرمانگاری فروسرخ



نمودار انرژی

۱-۰۷: هـر سـال رویکردهـای نو، ابزارهـای جدیـد و فراورده‌هـای جدیدی در دسـترس قرار می‌گیرند کـه راه‌های تـازه‌ای بـرای کاهش مصرف انرژی و مصالح در ساختمان ارائه می‌دهند.



مدل‌سازی انرژی

ساختمان سبز چیست؟

در این کتاب پرسش «ساختمان سبز چیست؟» به دفعات مطرح می‌شود. این پرسش شکل‌های متعددی به خود می‌گیرد: آیا ساختمان سبز ساختمانی است که نسبت به گذشته سبزتر شده است؟ آیا ساختمان سبز ساختمانی است که با استانداردهای ساختمان سبز تطبیق دارد؟ آیا ساختمان سبز ساختمانی است که تأثیر منفی آن بر محیط زیست و بر سلامت آدمی کم یا صفر است؟ آیا همه‌ی ساختمان‌ها باید سبز باشند؟ آیا ساختمان سبز گرایشی گذراست؟ آیا ساختمان‌های سبز با گذشت زمان هم‌چنان سبز می‌مانند؟

پاسخ این پرسش که «ساختمان سبز چیست؟» هنوز در حال شکل گرفتن و کامل شدن است. بعضی از ساختمان‌ها که براساس یکی از استانداردهای ساختمان سبز تأییدیه‌ی سبز بودن گرفته‌اند، عملا انرژی زیادی مصرف می‌کنند یا به‌طرق دیگر محیط را آلوده می‌سازند. برعکس، ساختمان‌های بسیاری با موفقیت طراحی و ساخته شده‌اند که انرژی مصرف نمی‌کنند یا انرژی ناچیزی مصرف می‌کنند، اما براساس هیچ یک از سیستم‌های رتبه‌بندی، سبز شناخته نشده‌اند. منظور این نیست که در مورد عملکرد زیست‌محیطی همه‌ی ساختمان‌های سبز تأییدشده ابراز تردید کنیم. استانداردهای ساختمان سبز و سیستم‌های تأیید سهمی بی‌اندازه در پیشرفت طراحی تداوم‌پذیر داشته‌اند و هم‌چنان دارند. اما هنوز تا رسیدن به جایی که تأییدیه‌ی سبز بودن ساختمان تضمین‌کننده‌ی بازده بالای مصرف انرژی یا تراز پایین آلایندگی باشد، راهی دراز در پیش داریم.

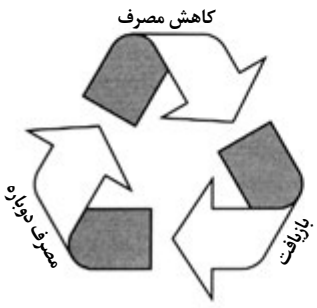
به‌موازات پرسش «ساختمان سبز چیست؟» پرسشی مشابه اما متفاوت نیز مطرح می‌شود: «ساختمان سبزتر کدام است؟» در بسیاری از حوزه‌های خاص طراحی ساختمان، می‌توان با مطرح کردن این پرسش که کدام یک از چندین گزینه‌ی دسترس‌پذیر سبزتر است، برتری نسبی رویکردهای مختلف را وزن‌دهی کرد و سنجید. هدف حمایت از پیشرفت‌های اندک یا تدریجی در طراحی سبز نیست. هدف کلی سبز بودن جدی ساختمان هنوز اولویت نخست را دارد. اما هنگامی که در طرح‌ریزی ساختمان با تصمیم‌های طراحی پرشماری روبه‌رو می‌شویم که باید یکی از آن‌ها را اتخاذ کرد، این پرسش که «کدام رویکرد سبزتر است؟» می‌تواند پرسش مفیدی باشد - پرسشی که غالبا ارزش مطرح شدن دارد، صرف‌نظر از این‌که از فلان آیین‌نامه، استاندارد، یا رهنمود ساختمان سبز پیروی می‌کند یا نمی‌کند.



لوگوی تجاری شورای ساختمان سبز امریکا



لوگوی ثبت‌شده‌ی شورای جنگل‌داری



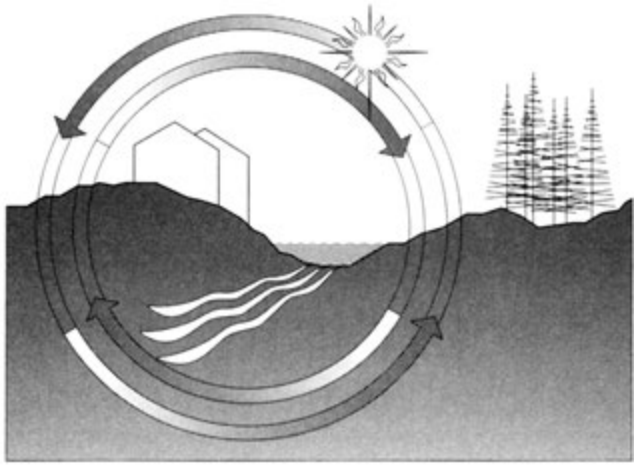
۱-۰۸: نمادهای مورد استفاده در مصالح، فرایندها و عملیات اجرائی سبز.

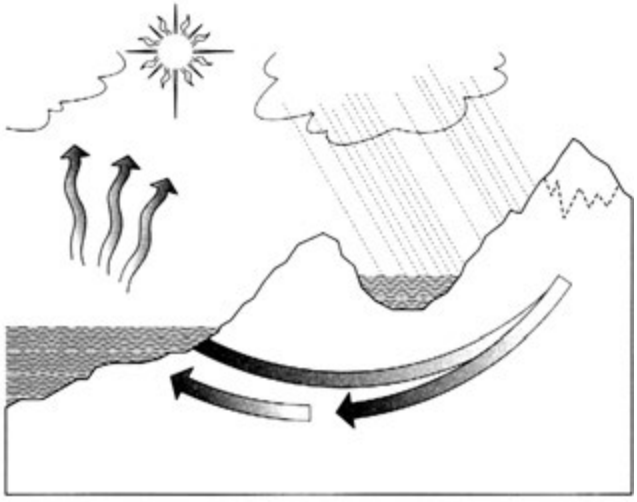
اهداف ساختمان سبز

اهـداف بسـیاری را می‌تـوان انگیـزه‌ی طرح‌ریـزی و طراحـی ساختمان‌های سبز دانست.

شاید شناخته‌شـده‌ترین هدف، جلوگیری از تنزل کیفیت محیط زیست باشد:

- جلوگیری از گرم شـدن زمین از طریق صرفه‌جویی در مصرف انرژی، کاهش انتشـار گازهای گلخانـه‌ای، و تثبیت کربن از طریق فرایندهای زیست‌شناختی، مانند جنگل‌کاری و احیای تالاب‌ها.
- به‌حداقل رسـاندن آثار زیسـت‌محیطی ناشـی از اسـتخراج زغال‌سنگ، گاز طبیعی، و نفت، شامل تشکیل لکه‌های نفتی در دریاها؛ تراشیدن کوه‌ها برای استخراج زغال‌سنگ از معادن سـطحی؛ و آلایندگی‌های مرتبط با تزریق مایعات به چاه‌های نفت برای استخراج گاز طبیعی.
- کاهش آلودگی هوا، آب، و خاک.
- حفاظت از منابع آب پاکیزه.
- کاهش آلودگی نوری که می‌تواند اکوسیسـتم‌های شـبانه را تخریب کند.
- حفاظت از زیسـتگاه‌های طبیعی و تنوع زیست‌شـناختی، با دل‌مشغولی خاص برای گونه‌های در خطر و در معرض انقراض.
- جلوگیـری از تبدیـل کاربری غیرضـروری و برگشـت‌ناپذیر زمین‌های کشاورزی.
- حفاظت از خاک سطحی و کاهش تأثیر سیلاب‌ها.
- کاهش استفاده از زمین‌چاله‌ها برای دفن زباله.
- کاهش خطر آلودگی هسته‌ای.







۱-۰۹: جلوگیری از تخریب محیط زیست از طریق کاهش مصرف، کاهش آلودگی، و حفاظت از آب و منابع طبیعی و زیستگاه‌ها.

اهداف ساختمان سبز شامل ارتقای بهداشت و آسایش آدمی است:

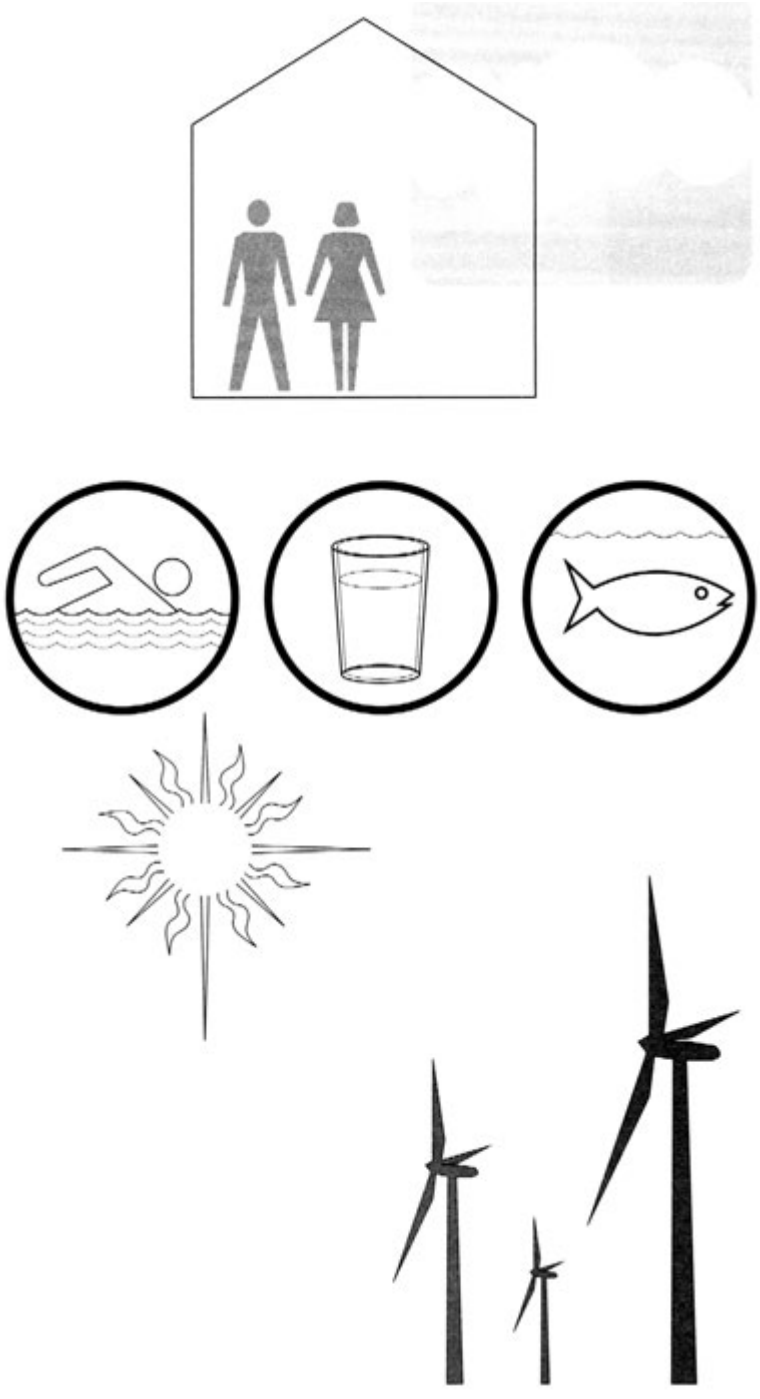
- بهبود کیفیت هوا در فضاهای داخلی.
- افزایش کیفیت آب در فضاهای داخلی.
- افزایش آسایش گرمایی.
- کاهش آلودگی صوتی.
- تقویت روحیه.

بعضی از اهداف ممکن است ماهیت اقتصادی داشته باشند:

- کاهش هزینه‌ی انرژی.
- افزایش بهره‌وری.
- پدید آوردن شغل‌های سبز.
- افزایش جذابیت در بازار.
- ارتقای روابط عمومی.

بعضی از اهداف ممکن است ماهیت سیاسی داشته باشند:

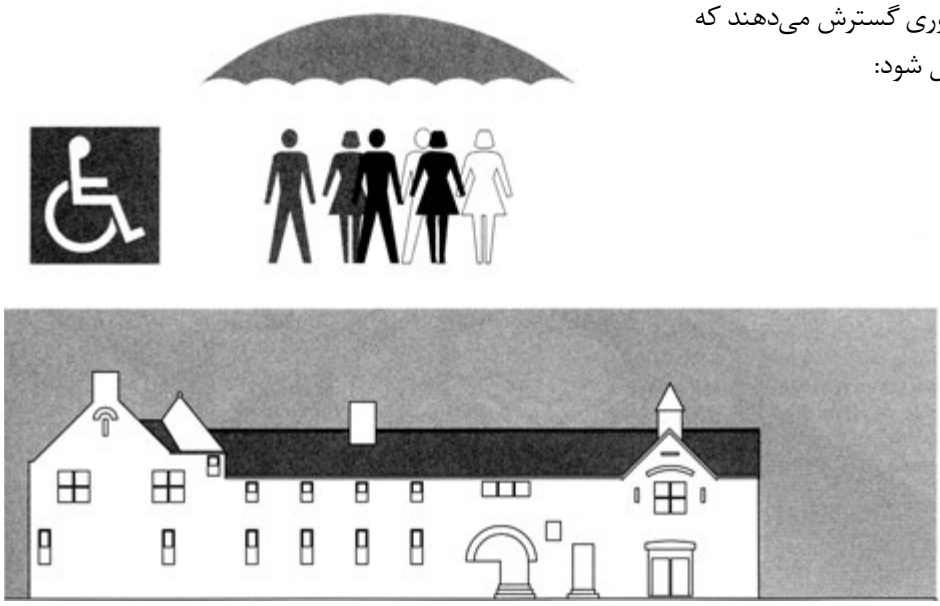
- کاهش وابستگی به منابع خارجی سوخت.
- افزایش رقابت ملی.
- جلوگیری از تـه کشـیدن ذخایر سـوخت‌های تجدیدناپذیـر، مانند نفـت، زغال‌سـنگ، و گاز طبیعی.
- کاهش فشار وارد بر شبکه‌های انتقال برق و خطر قطع برق.



۱-۱۰: ارتقای سطح سلامت زیست‌محیطی و اقتصادی.

بعضی‌ها اهداف ساختمان سبز را طوری گسترش می‌دهند که اهداف اجتماعی و جامعگی را نیز شامل شود:

- پیروی از روش‌های کار عادلانه.
- تأمین دسترسی برای معلولان.
- حمایت از مصرف‌کنندگان.
- حفاظت از سبزه‌زارها.
- حفاظت از بناهای تاریخی.
- تأمین مسکن قابل خرید.



۱-۱۱: تحقق اهداف اجتماعی و جامعگی.

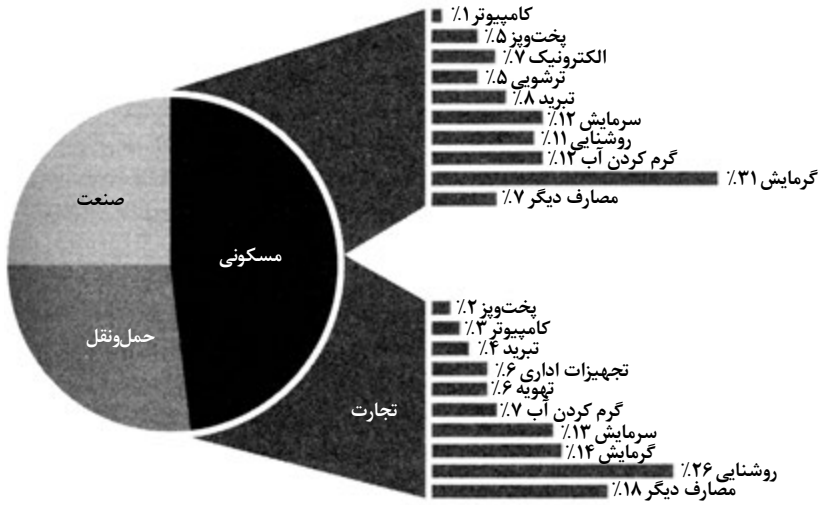
و بعضی اهداف بازتاب نیازهای منحصر به‌فرد روح آدمی هستند:

- بیان رابطه‌ی عمیق با زمین و طبیعت و عشق مفرط به آن‌ها.
- متکی به خود بودن
- ارضای حس طلب زیبایی

بعضی اهداف را نمی‌توان به روشنی بیان کرد، اما معرف بعضی نیازهای ما هستند که اصالت کمتری دارند، مانند طلب تشخص و پرستیژ.

صرف‌نظر از نحوه‌ی دسته‌بندی اهداف بیان شده، گفت‌وشنودی مستمر و منطقی در مورد چیستی این اهداف و چگونگی اولویت‌بندی آن‌ها در جریان است. در اغلب موارد، ساخت ساختمان‌های سبز تحقق یکی یا چند تا از این اهداف را، به روشی هماهنگ، ممکن می‌کند. اما در بعضی موارد، ممکن است بین دو یا چند هدف تعارض وجود داشته باشد و نحوه‌ی رفع و رجوع این تعارض‌ها بیانگر نوعی اولویت‌بندی جدی اهمیت آن‌ها برای آدمیان است.

با وجود متفق‌القول بودن دانشمندان در مورد پیامدهای تغییر اقلیم، و آثار آتی این تغییر، مانند جابه‌جا شدن زیستگاه‌های گیاهی و جانوری، آب‌گرفتگی مکرر نواحی پست، و کاهش یافتن یخ‌های قطبی، یکی از کانون‌های اصلی توجه در حوزه‌ی ساختمان سبز، هم‌چنان کاهش مصرف انرژی و نشر مواد کربنی مرتبط با آن است.



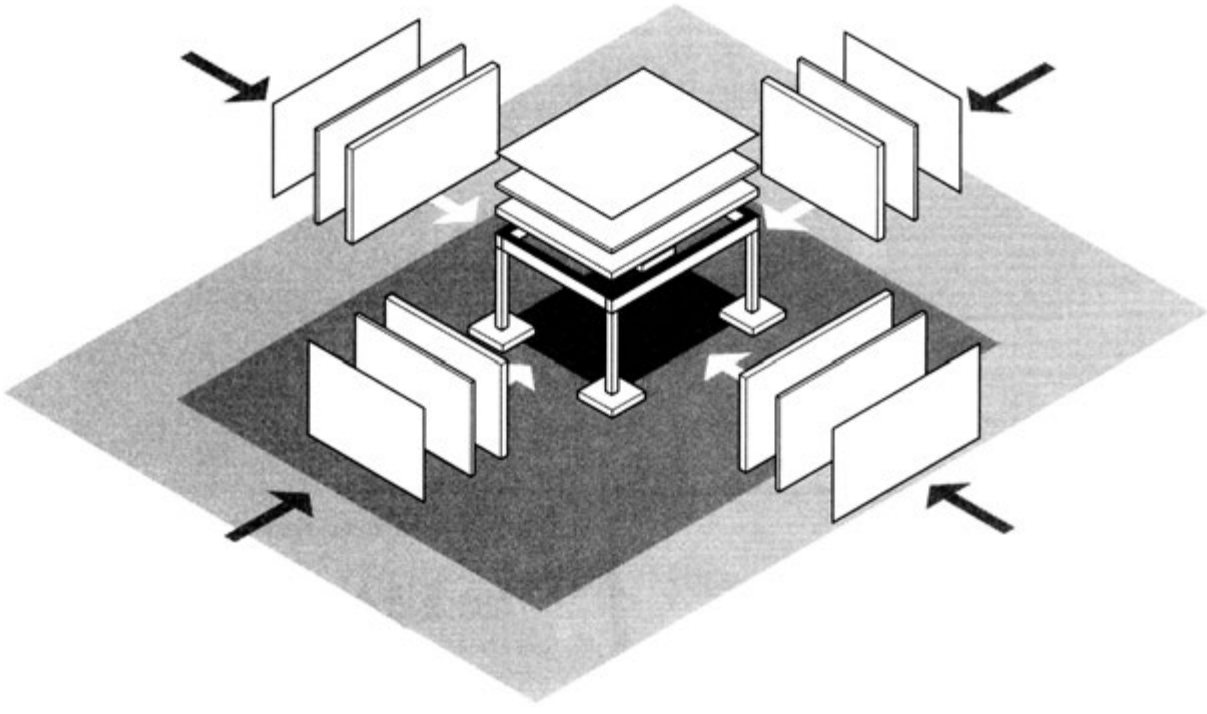
۱-۱۲: مصرف انرژی در ایالات متحده‌ی امریکا. کاهش مصرف انرژی و کاهش انتشار مواد کربنی مرتبط با آن مهم‌ترین عاملی است که هنگام طرح‌ریزی، طراحی و ساخت ساختمان باید در نظر داشت.

رویکردهای ساختمان سبز

در طراحی و ساخت ساختمان سبز، غالبا استفاده از رویکرد عقل سلیم و عرف عام بسیار مفید واقع می‌شود. اغلب بدنه‌بستان‌های بازده مصـرف آب و انرژی بین فناوری‌ها و راهبردهای مختلف را می‌توان به‌سهولت اندازه‌گیری کرد تا راهنمای تصمیم‌گیری باشند. مصالح زیان‌آور و خطرناک شـناخته شـده و قابل تشخیص‌اند و بنابرایـن می‌تـوان از آن‌ها اجتنـاب کـرد. در رویارویی با بعضی بدنه‌بستان‌های پیچیده‌تر نیز می‌توان از عقل سلیم کمک گرفت، فناوری‌هـای نو را بررسـی کرد، و مانع از ایجـاد وقفه در فرایند طراحی شـد؛ وقفه‌ای که ممکن اسـت در مواجهه با گزینه‌ها و مجهول‌های متعدد در طراحی و ساخت سبز پیش بیاید.

در این کتاب یک رویکرد برای طراحی سـاختمان‌های سبز ارائه می‌دهیـم: طراحی از خارج به داخل. شـروع طراحی از پیرامون محوطه‌ای که ساختمان در آن بنا می‌شود، به سمت ساختمان، گذر از پوش ساختمان، و رسیدن به هسته‌ی آن، فواید مختلفی دارد. بـا افزایش تدریجی لایه‌های محافظ و تضمین یکپارچگی و پیوسـتگی هر یک از این لایه‌ها، می‌تـوان بارهای انرژی مختلف را به میزان چشـمگیری کاهش داد. در انجام این کار، با تجمیع اصلاحات سـاختمان سـبز می‌توان هزینه‌های سـاخت را عملا کاهش داد و سـاختمان را طوری ساخت که نه‌تنها انرژی کمتر، آب کمتر، و مصالح ساختمانی کمتری مصرف کند، بلکه هزینه‌ی ساخت آن هم پایین بیاید.

این کتاب، براسـاس پاره‌ای پیشـرفت‌های جدید و در خور اعتنا در علم ساختمان، روی راهبردهای طراحی ساختمان سبز تأکید می‌کند، نه پیروی از شرایط خاص این یا آن آیین‌نامه، استاندارد، یا رهنمود. اما اصول و رویکردهای ارائه شده به‌اندازه‌ی کافی محکم و استوار هستند که شرایط آیین‌نامه‌ها، استانداردها و رهنمودهای موجود را برآورده سازند یا حتی فراتر از این شرایط باشند و بتوان آن‌ها را در مورد هر تیپ ساختمانی ، از خانه‌های مسکونی با قاب چوبی تا سازه‌های بلند فولادی و بتنی، به‌کار برد.



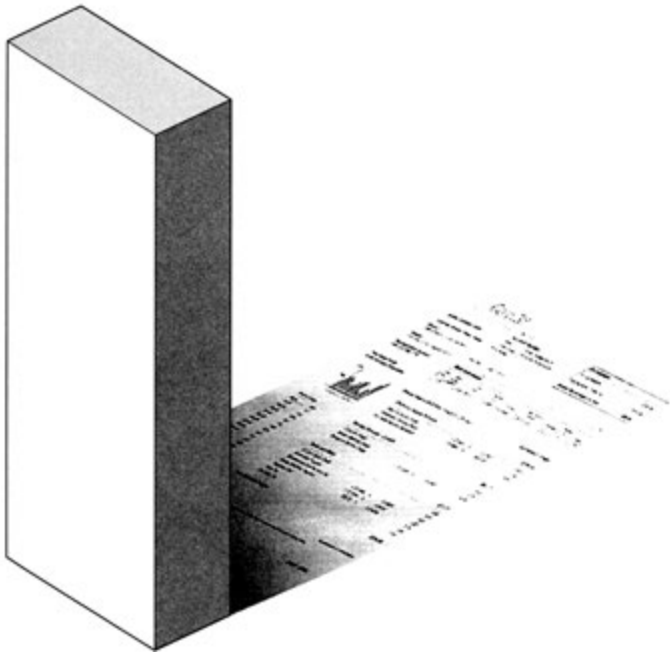
۱-۱۳: طراحی از خارج به داخل با افزودن تدریجی لایه‌های محافظ.

اســتانداردهای مختلف طراحی ســاختمان ســبز با رویکردهای پیشنهادی برای طراحی از خارج به داخل، به طور کلی، سازگارند. اما در بســیاری از اســتانداردهای موجود برای ســاختمان سبز، صرفه‌جویی در مصرف انرژی نسبت به یک ساختمان مرجع فرضی محاسبه می‌شود، یا تمرکز روی مصرف انرژی به‌ازای واحد سطح زیربناست و شکل ساختمان را پیش‌فرض می‌گیرند. استانداردهای ساختمان سبز سطح زیربنا یا شکل خود ساختمان را مورد پرسش قرار نمی‌دهند. در طراحی از خارج به داخل، همه‌چیز در معرض پرسش و تردید است، از جمله سطح زیربنا و شکل ساختمان.

در بعضــی رویکردهــای ســاختمان ســبز، طرح خاصــی برای ســاختمان در نظر گرفته می‌شود و روی ساخت اصلاح‌شده‌ی آن سرمایه‌گذاری می‌کنند (مثلا دیوارها را ضخیم‌تر و با عایق حرارتی بیشتر می‌سازند، از پنجره‌هایی استفاده می‌کنند که انرژی کمتری تلف می‌کنند یا سیستم گرمایی با بازده بالاتر انتخاب می‌کنند)، و هدف آن‌ها ســاخت ساختمانی است که مثلا ۱۰٪، ۲۰٪ یا ۳۰٪ کمتر انرژی مصرف کند. اگرچه این رویکرد کاملا معتبر است، با رویکــردی تکمیلی می‌توان اعتبار آن را افزایش داد؛ رویکردی که در آن یک ساختمان ســنتی اصلاح‌شده طراحی نمی‌شود، بلکه تیپ متفاوتی از ســاختمان طراحی می‌شــود که همان نیازهای آدمی را برآورده می‌سازد و هدف از آن مصرف انرژی بسیار کمتر یا ترجیحا مصرف انرژی خالص صفر، با گوشــه‌ی چشمی به قابلیت خرید در سرتاسر مراحل طراحی و ساخت است.

اثر ســبز بودن ساختمان‌ها در صورت‌حساب‌های خدمات شهری ماننــد آب، برق و گاز، باقی می‌ماند؛ اثری که طی دهه‌های آینده نیــز هم‌چنان پابرجا خواهد بود. گرایــش روزافزونی به داوری در مورد ساختمان براساس همین اثر وجود دارد، زیرا در پایگاه‌های داده‌ی اینترنتی در سال‌های اخیر مصرف انرژی در هر ساختمان را ردگیری کرده، مقایســه‌های گســترده‌ای بیــن مصرف انرژی ساختمان‌های مختلف انجام می‌دهند. داوری تاریخ از هم‌اکنون شروع شده و در آن ساختمان‌هایی که انرژی تلف می‌کنند، به‌ویژه اگر ادعای ســبز بودن داشته باشــند، دقیق‌تر بررسی می‌شوند. خبر خوب این اســت کــه ابزارهای لازم برای طراحی و ســاخت ساختمان‌های کم‌مصرف به‌طور فزاینده‌ای دسترس‌پذیر می‌شوند. چالش پیش رو کاربرد این ابزارهاست.

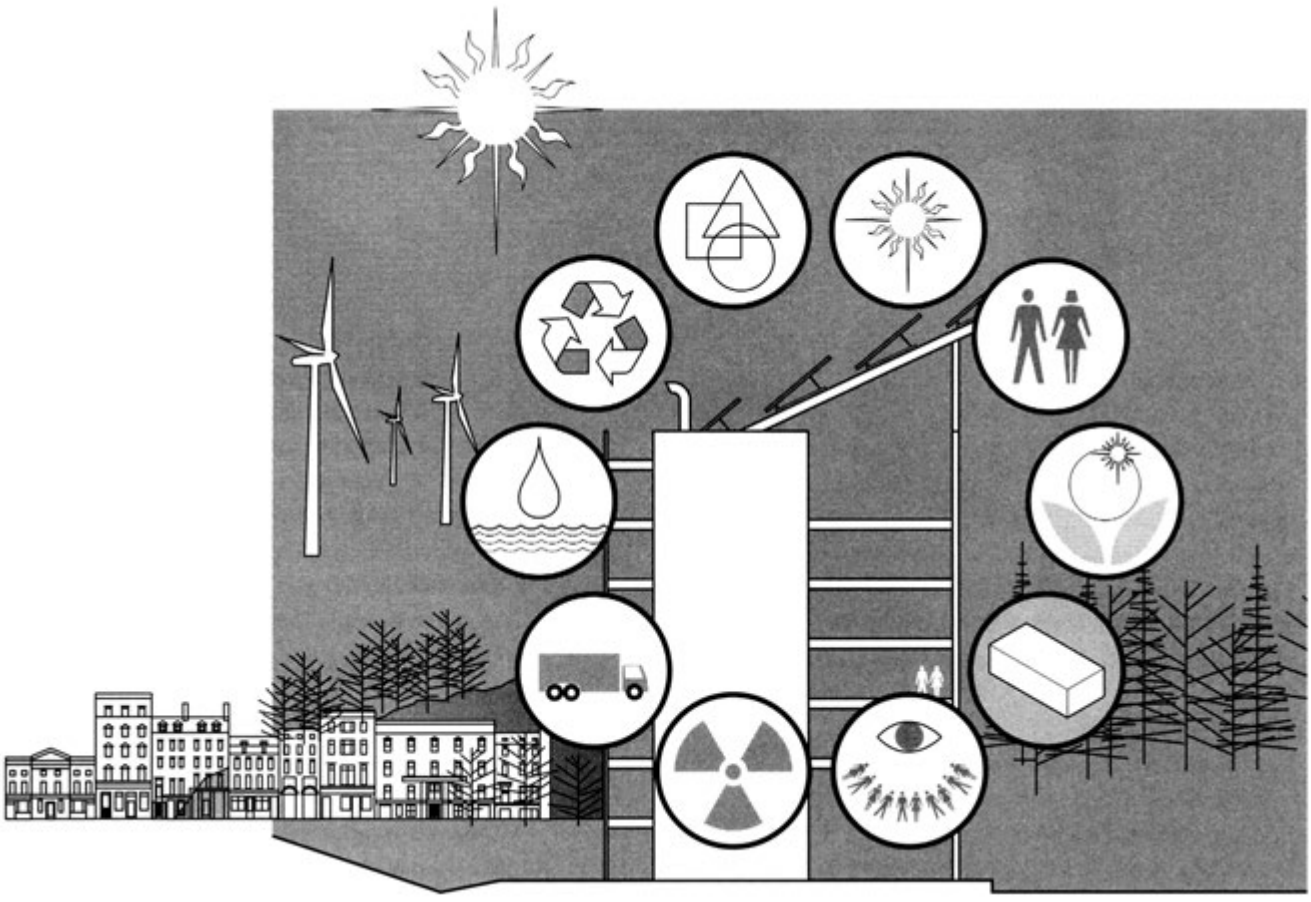
در فــرم و کارکرد معمــاری، بُعدی جدید در طراحی ســاختمان مطرح می‌شود که همانا عملکرد است. امروزه ساختمان، علاوه بر برآورده کردن نیازهای کاربران و خوشایند جلوه کردن در چشم و ذهن و روح، باید عملکرد خوبی داشته باشد و این عملکرد خوب را در گــذر زمان حفظ کند؛ انرژی و منابع کمتری مصرف کند و در عین حال تراز آســایش بالا و شــرایط مطلوب برای سلامت و بهداشــت آدمی را تأمین نماید. از یک طرف طراحی ســاختمان در معرض مجموعه‌ای از قیدها و محدودیت‌های جدید اســت. از طرف دیگر، فرصتی برای برداشتن مانعی بلند، انجام کاری بهتر و پرهیز از ساخت ساختمان‌های پراتلاف و ناسالم فراهم شده است.



۱-۱۴: می‌توان اثر مصرف انرژی ساختمان را در صورت‌حساب‌های خدمات شهری مشاهده کرد.

از خواننده دعــوت می‌کنیم به گروه پژوهشــی در باره‌ی آینده‌ی نویدبخــش ســاختمان‌هایی بپیوندد که کمتریــن تأثیر ممکن را بر محیط زیســت می‌گذارند و انرژی کمتــر، آب کمتر، و مصالح ساختمانی کمتر از ساختمان‌های فعلی مصرف می‌کنند. بیایید به جستجوی ساختمان‌های موعودی برخیزیم که با هزینه‌ای کمتر از ساختمان‌های فعلی ساخته می‌شوند و در عین حال آسایش و سلامت آدمی را بهتر تأمین می‌کنند. بیایید در پی ساختمان‌های موعودی باشــیم که با بافت جوامع انسانی و جهان طبیعی پیوند منســجم‌تری دارند. بیایید ساختمان‌های موعودی را بجوییم که بتوانیم به آن‌ها افتخار کنیم.

و بیایید با هم بکوشیم تا این بار را به سرمنزل مقصود برسانیم.



۲ اصول اولیه

ساختمان سبز چیست؟ در مقدمه، تأثیر در خور اعتنای ساختمان‌ها را بر محیط طبیعی بررسی کردیم و موضوع ساختمان‌هایی را مطرح کردیم که این آثار در آن‌ها کاهش یافته است، نه‌تنها با کاهش مصرف انرژی و آب، بلکه با کاهش مصالح ساختمانی و منابع به‌کار رفته در احداث آن‌ها. کاهش تأثیر ساختمان بر محیط طبیعی هدف اصلی ساخت ساختمان‌های سبز است.

آیا عامل دیگری هم هست که در سبز کردن ساختمان نقش داشته باشد؟ در بحث ساختمان سبز و آیین‌نامه‌ها و استانداردهای مختلف ساختمان سبز، چند هدف مورد قبول همگان را می‌یابیم که در کاهش تأثیر ساختمان بر محیط طبیعی سهم مستقیمی ندارند. از جمله‌ی این اهداف باید به ارتقای کیفیت هوا در فضای داخلی، تأمین چشم‌انداز از فضای داخلی ساختمان به بیرون، و افزایش آسایش گرمایی اشاره کرد. بنابراین می‌توان و می‌بایست تعریف ساختمان سبز را گسترش داد تا طراحی محیط‌های داخلی تأمین‌کننده‌ی سلامت آدمی را نیز شامل شود.

کار را با تعریف کلی زیر شروع می‌کنیم. ساختمان سبز ساختمانی اســت که تأثیر آن بــر محیط طبیعی به میــزان در خور اعتنایی کاهش یافته و شــرایط فضای داخلی آن تأمین‌کننده‌ی ســلامت آدمی است.

اما فورا پرســش‌های دیگری هم مطرح می‌شود. وقتی می‌گوییم «تأثیر آن بر محیط طبیعی به میزان در خور اعتنایی کاهش یافته» میزان کاهش چقدر باید باشــد تا بتوان آن را در خور اعتنا تلقی کرد؟ و آیا برای اطلاع از چگونگی در خور اعتنا بودن میزان کاهش تأثیر بر محیط طبیعی، راهی برای اندازه‌گیری ســبزی ساختمان وجود دارد؟ و اگر وجود دارد، میزان ســبزی ســاختمان را بر چه اساسی باید ســنجید؟ آیا این اندازه‌گیری مبنای نسبی دارد و با ســاختمانی فرضی با همان شکل و اندازه سنجیده می‌شود که با آیین‌نامه یا اســتاندارد جاری خاصی تطبیق دارد؟ یا ســنجش بر مبنای ساختمان‌های دیگر با تیپ مشابه انجام می‌شود؟



یا ســنجش را براســاس معیاری مطلق انجام می‌دهیم؟ و آیا به پیش‌بینی تأثیرات آتی ســاختمان، یا اندازه‌گیری عملی براساس تأثیر ســاختمان بر محیــط طبیعــی در دوره‌ی زمانی معینی در گذشته علاقه داریم؟

این پرســش‌ها، پرسش‌های خوبی هســتند و جامعه‌ی ساختمان سبز فعالانه با آن‌ها کلنجار می‌رود. و در طریق انســانی منحصر بــه فرد ما - طریقی سرشــار از بحث و گفتگو - پرسش‌هایی هستند که، هرچند با تأنی، بی‌وقفه به آن‌ها پاسخ می‌دهیم.

۲-۰۱: سبزی ساختمان را چگونه باید سنجید؟

سبز نسبی و سبز مطلق

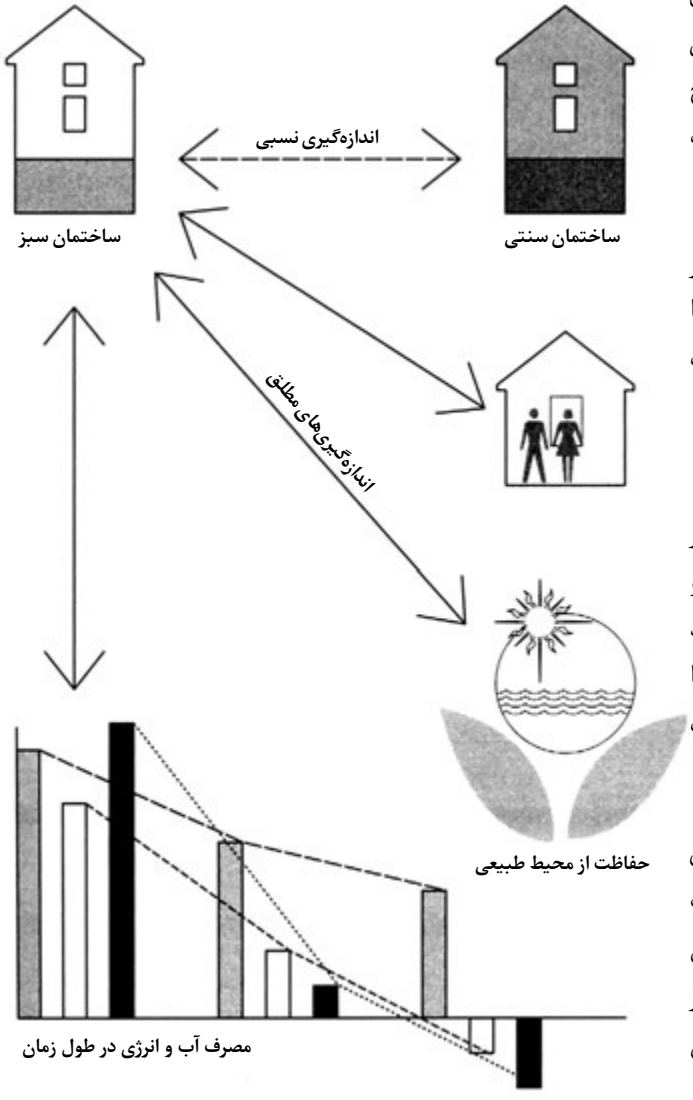
بـرای پاسـخ دادن به این پرسـش که «از چه خـط مبنایی باید اسـتفاده کرد؟»، می‌توان از مقایسـه‌ی یک سـاختمان سـبز پیشنهادی با ساختمان سبزی فرضی با همان شکل و اندازه، که بدون رعایت هیچ یک از ویژگی‌های سـبز طراحی و ساخته شده، اما بر آیین‌نامه‌های سـاختمانی جاری و اسـتانداردهای ساخت مورد قبول همگان منطبق است، نتایج زیادی به‌دست آورد. این رویکرد را رویکرد نسبی به طراحی ساختمان سبز می‌نامیم. هدف ما این اسـت که تأثیر محیطی سـاختمان را، نسبت به «همان ساختمان بدون رعایت ویژگی‌های ساختمان سبز»، به میزان در خور اعتنایی کاهش دهیم و سـلامت آدمی در فضای داخلی آن را به میزان در خور اعتنایی بهبود بخشـیم. اما پرسش مهمی که در این‌جا مطرح می‌شـود این اسـت که آیا نباید اندازه‌گیری‌های مطلق تأثیر زیست‌محیطی و ارتقای سطح سلامت، مانند دستیابی بـه اهداف معین در زمینه‌ی مصرف انرژی و آب در واحد سـطح زیربنای سـاختمان، یا حتی رسیدن به هدف مصرف انرژی و آب صفر در ساختمان را نیز بررسی کرد؟

در حوزه‌های آب و انرژی، مصرف پیش‌بینی شده‌ی ساختمان در آینده بسیار مهم است و می‌تواند راهنمای بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها و استانداردها باشد. در مورد لزوم اندازه‌گیری میزان واقعی مصرف آب و انرژی، به‌منظور نمایش عملی صرفه‌جویی در مصرف منابع، به‌جای تکیه‌ی صرف بر پیش‌بینی، نیز اتفاق نظر وجود دارد.

تعریـف و اندازه‌گیـری در حوزه‌های دیگر، ماننـد صرفه‌جویی در مصرف مصالح و کیفیت محیط داخلی، کمی دشوارتر از تعریف و اندازه‌گیری مصرف آب و انرژی است، با این حال در جهت ایجاد اجماع بر سر تعریف مبانی سبز بودن گام‌های بلندی برداشته‌ایم تا بتوانیم اهداف خود را تعیین کرده، پیشرفت به سوی این اهداف را اندازه‌گیری کنیم.

پاسخ این پرسش که «ساختمان سبز چیست؟»، با تغییر معیارهای ما در این مورد که کدام تأثیرات بر محیط طبیعی قابل قبول است و کدام تراز از سلامت آدمی مطلوب است، همواره تغییر و تکامل پیدا می‌کند. در حقیقت، طراحی و سـاخت ساختمان‌های سبز همواره به معنای تکرار پرسش «ساختمان سبز چیست؟» و یافتن پاسخ‌های مورد قبول همگان به این پرسش است.

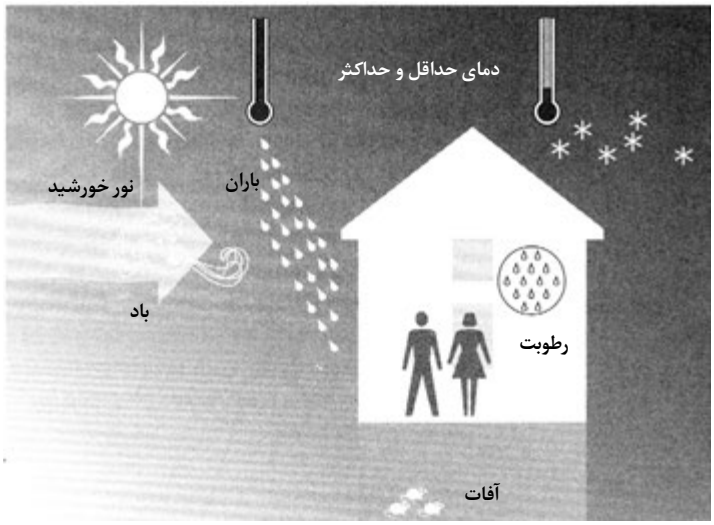
کسـب‌وکار طراحی و ساخت ساختمان سبز بسیار چالش برانگیز اسـت. برای تکمیل هر ساختمان صدها یا حتی هزاران تصمیم، مثلا وزن‌دهی و سـنجش بده‌بسـتان‌های برنامه، فرم، کیفیت، هزینه، زمان‌بندی و ضوابط، باید گرفته شـود. سـاختمان سبز چالش‌های بیشتری را مطرح می‌کند، زیرا محدودیت‌های بیشتری دارد و غالبا نیل به اهداف عملکردی آن دشـوارتر است. طراحی و سـاخت سـاختمان سـبز با هزینه‌ی متعارف - ساختمانی که نیازهای کاربران را به‌خوبی برآورده کند، به محیط زیسـت آسیب نرساند، قادر به تأمین سلامت آدمی باشد و در چارچوب امکانات مالی صاحب‌کار بگنجد - چالش نهایی محسـوب می‌شود. گاهی اصـول راهنما می‌توانند به پیروزی مـا در مبارزه‌ای چنین بزرگ کمک کنند.



۲-۰۲: مقایسه‌ی سبزی نسبی و سبزی مطلق.

بارها و لایه‌ها

هر ســاختمان از کاربران خود در برابــر انواع مختلف عوامل خارجی، که می‌توان آن‌ها را بار نامید، محافظت می‌کند. در بعضی موارد این بارها تنش یا فشارند، که هم بر ساختمان و هم بر زندگی روزمره‌ی ما وارد می‌شــوند. یکی از این بارهای مهم حداقل و حداکثر دماست، که دلیل سرمایش و گرمایش ساختمان‌ها شمرده می‌شــود. بارهای دیگری غیر از حداقل و حداکثــر دمــا نیز وجود دارند که بایــد از آن‌ها نیز محفوظ باشیم، مانند وزش تند باد، بارش شدید باران، و تابش سوزان آفتاب. برای در امان ماندن از پرتوهای فرابنفش خورشــید، که می‌تواند موجب ابتلا به ســرطان پوست شود و آثار هنری و مصالح ساختمانی را تخریب کند سرپناه می‌جوییم. بعضی از بارها اثر نامحســوس‌تری دارند، مانند رطوبت که می‌تواند سلامت آدمی و مایملک او را به خطر بیندازد. بعضی از بارها ساده‌اند، مانند تاریکی. بعضی از بارها زنده‌اند، مثل حشرات، جوندگان، پرندگان، و سایر صورت‌های حیات جانوری. بعضی از بارها هم از فعالیت‌های انسان ناشی می‌شوند، مانند آلودگی هوا، آلودگی صوتی و آلودگی نوری.

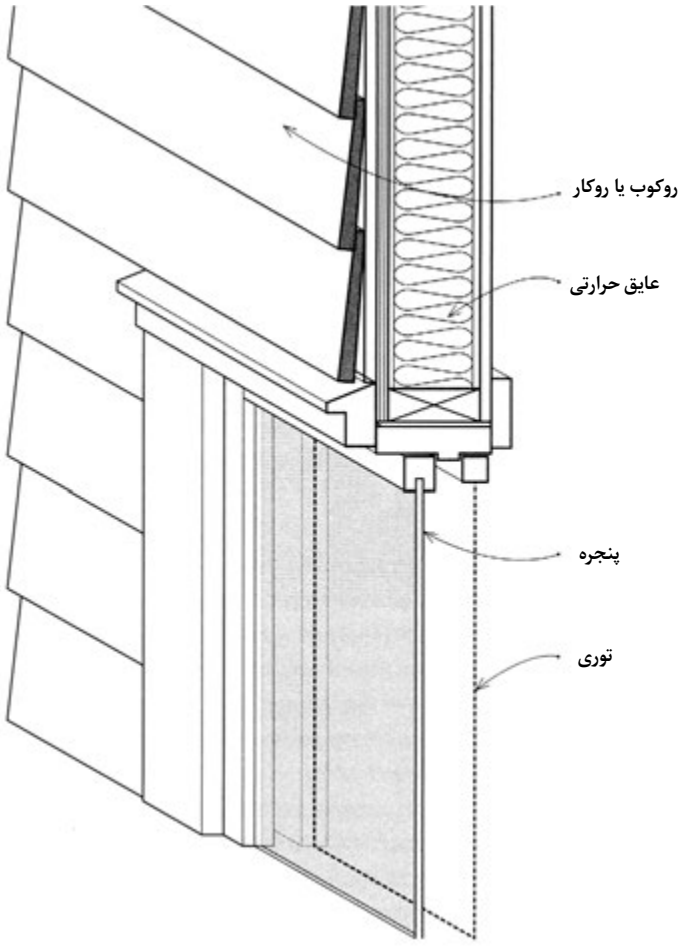


۲-۰۳: انواع بار

ساختمان برای ما اهمیت دارد، زیرا جایی است که در آن زندگی می‌کنیــم، کار می‌کنیم، درس می‌خوانیم، خرید می‌کنیم و برای فعالیت‌ها و رویدادهای اجتماعی در آن گرد هم می‌آییم. به‌علاوه، می‌دانیم که نقش بنیادی و کارکردی ساختمان تأمین حفاظ در برابر بارهای بسیاری است که در جهان ما بر ما وارد می‌شود.

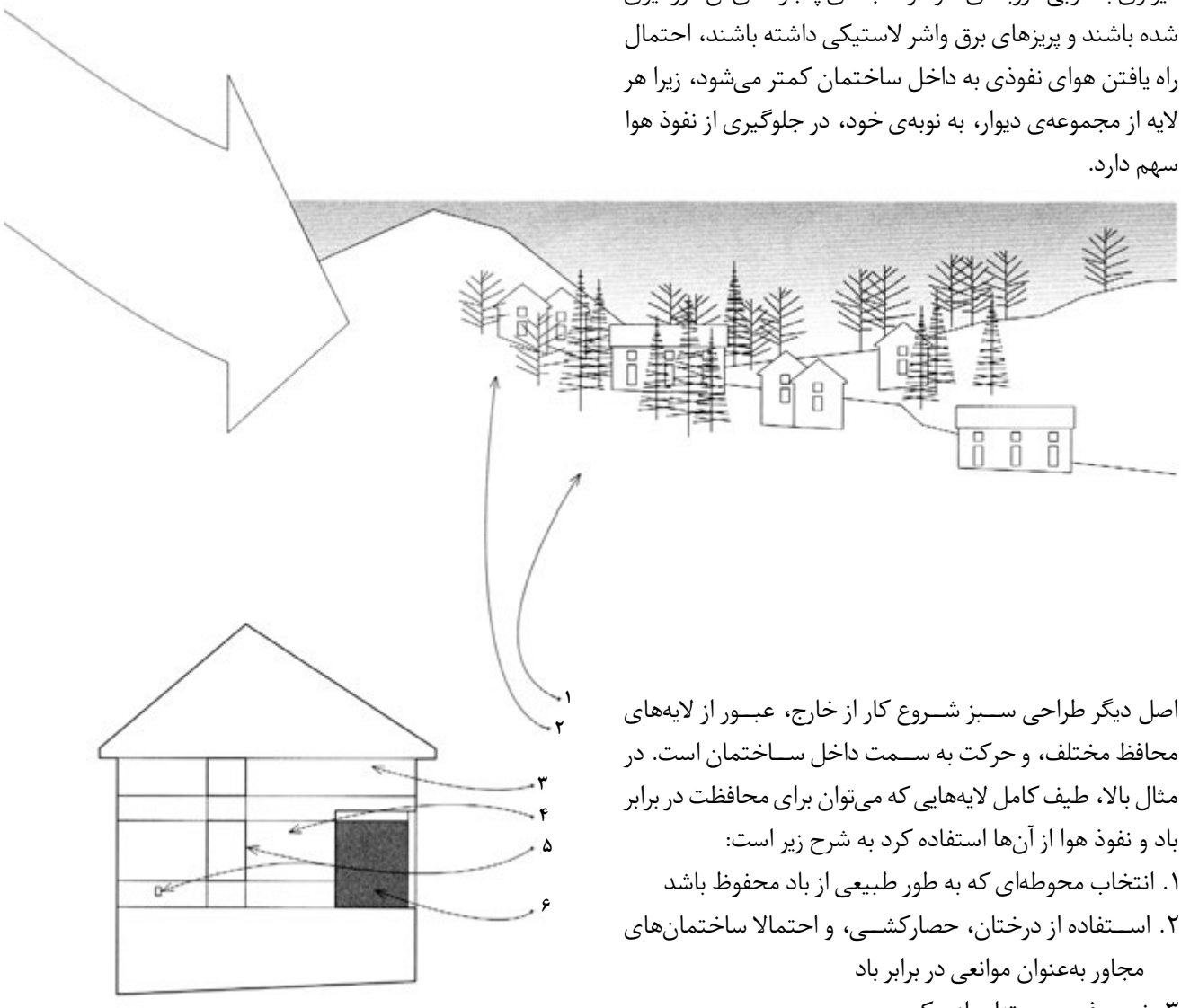
لایه‌ی محافظ را به صورت جزئی ساختمانی تعریف می‌کنیم که در برابر بارها محافظت انجام می‌دهد. عایق حرارتی لایه‌ی محافظی است که وظیفه‌ی آن تعدیل تأثیر دماهای حداقل و حداکثر است. روکوب یا روکار ســاختمان لایه‌ی محافظی اســت که مانع ورود باد و باران می‌شــود و در برابر آثار تابش فرابنفش و بارهای دیگر محافظت انجام می‌دهد.

بعضی از لایه‌های محافظ تعمدا گزینشی عمل می‌کنند و به عناصر مطلوب اجازه‌ی عبور می‌دهند، اما مانع عبور بارهای دیگر می‌شوند. مثلا پنجره‌ها نور طبیعی را به فضای داخل می‌رسانند، اما دماهای حداقل و حداکثر را تعدیل می‌کنند. توری به هوای تازه اجازه‌ی ورود به فضای داخلی می‌دهد، اما مانع ورود حشرات می‌شود.



۲-۰۴: نمونه‌هایی از لایه‌های محافظ.

یکی از اصول طراحی سبز استفاده از لایه‌های محافظ متعدد برای افزایش تأثیر محافظت در برابر بارهاست. مثلا، نفوذ هوا سهم مهمی در بارهای گرمایشی و سرمایشی ساختمان دارد. در صورتی که ابتدا سرعت باد توسط ردیفی از درختان یا مانع بادشکن دیگری کاهش یابد، هوابندها و درزگیرها بهتر می‌توانند در برابر نفوذ باد مقاومت کنند. به عبارت دیگر درخت‌ها می‌توانند به‌صورت لایه‌ی محافظ کارآیی داشته باشند. به همین ترتیب، اگر دیواری به‌خوبی درزبندی شود و قاب‌های پنجره‌های آن درزگیری شده باشند و پریزهای برق واشر لاستیکی داشته باشند، احتمال راه یافتن هوای نفوذی به داخل ساختمان کمتر می‌شود، زیرا هر لایه از مجموعه‌ی دیوار، به نوبه‌ی خود، در جلوگیری از نفوذ هوا سهم دارد.



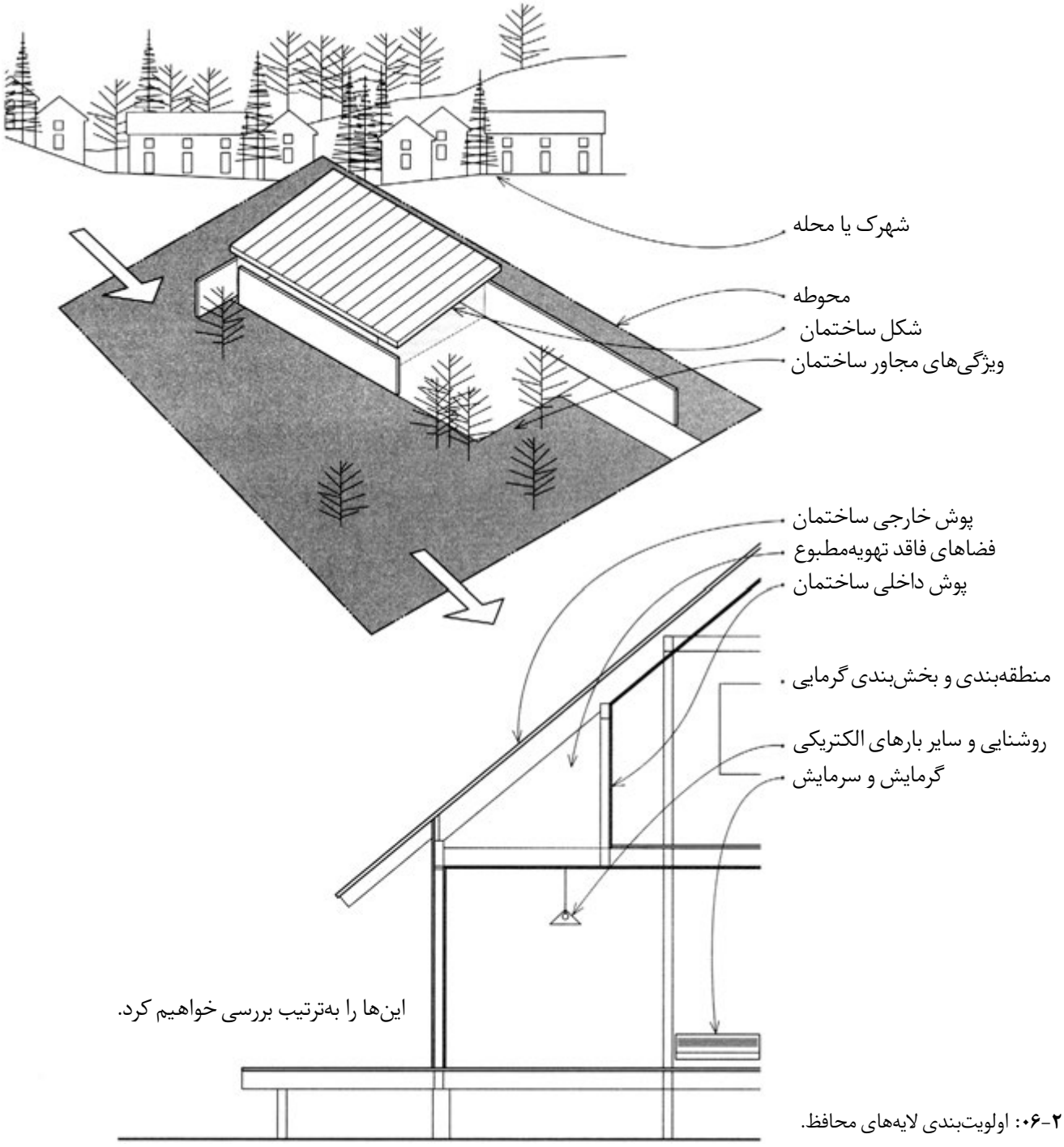
۲-۰۵: محافظت در برابر باد و نفوذ هوا.

اصل دیگر طراحی سبز شروع کار از خارج، عبور از لایه‌های محافظ مختلف، و حرکت به سمت داخل ساختمان است. در مثال بالا، طیف کامل لایه‌هایی که می‌توان برای محافظت در برابر باد و نفوذ هوا از آن‌ها استفاده کرد به شرح زیر است:

۱. انتخاب محوطه‌ای که به طور طبیعی از باد محفوظ باشد
۲. استفاده از درختان، حصارکشی، و احتمالا ساختمان‌های مجاور به‌عنوان موانعی در برابر باد
۳. نصب فرم پیوسته‌ای از روکوب
۴. استفاده از عایق مقاوم در برابر حرکت هوا
۵. درزبندی مجموعه‌های دیوار خارجی، مثلا با درزگیری درزهای خارجی و واشرگذاری پریزهای برق
۶. در نظر گرفتن فضای ورودی که گرمایش نمی‌شود، برای جداسازی فضاهای داخلی

شروع کار از فاصله‌ی کافی از ساختمان و حرکت به سمت داخل، به‌جای مقابله با عارضه، شبیه گرفتن سر چشمه با بیل است که چون پر شـــد نتوان گذشتن به پیل. اگر عارضه ساختمانی سرد و بادگیر باشد، برای برطرف کردن این عارضه باید ساختمان را گرم کرد که کاری ســـاده است، اما مؤثر نیست. راه‌حل مسئله کاهش بارهای باد و جلوگیری از نفوذ هوا از طریق رویکردی ساخت‌مند با لایه‌های محافظ متعدد است. کار کردن از خارج به داخل، وقتی با حوزه‌ی سلامت سروکار داریم، نظیر رویکرد پزشکی « پیشگیری به‌جای درمان» است.

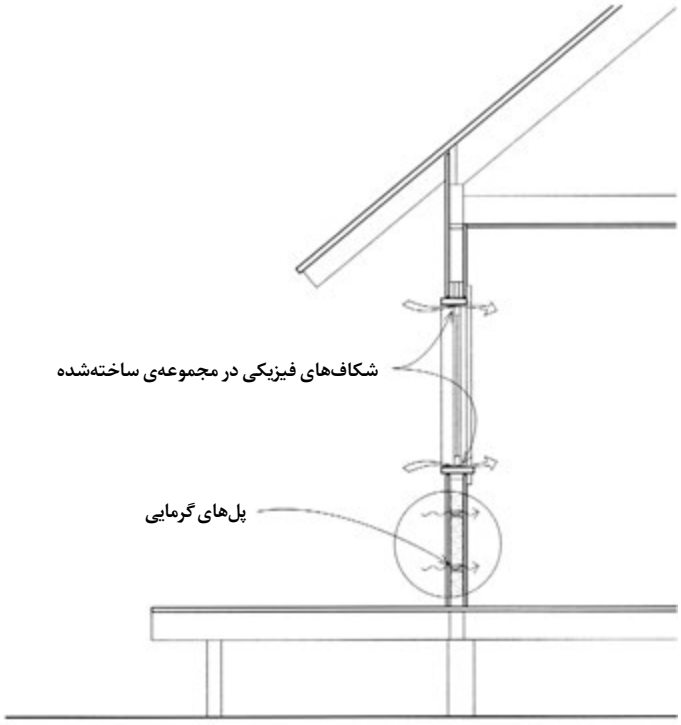
اولویت‌بندی منظم لایه‌های محافظی که می‌توان برای محافظت از ساختمان در برابر بارها به‌کار گرفت، وقتی کار را از خارج شروع می‌کنیم و به سمت داخل می‌رویم، به‌ترتیب زیر است:



۲-۰۶: اولویت‌بندی لایه‌های محافظ.

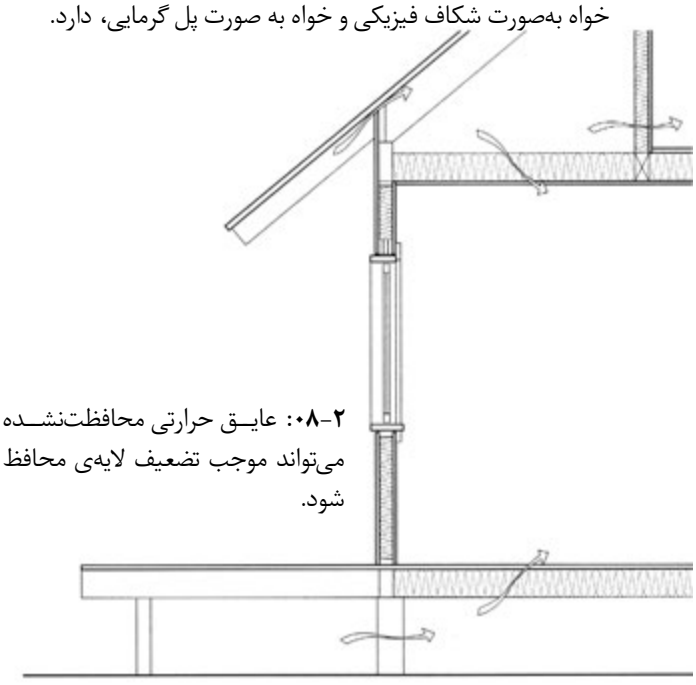
پیوستگی

اصل دیگر طراحی سبز این است که صرفا طراحی لایه‌های محکم و قوی کافی نیست و باید پیوستگی هر لایه‌ی محافظ نیز تضمین شود. در سال‌های اخیر اهمیت پیوستگی مرز گرمایی ساختمان به‌طور گسترده‌ای شناخته شده است. این لایه‌های محافظ، وقتی شکسته یا ناپیوسته باشند، ضعیف می‌شوند. اغلب ساختمان‌های سنتی چنین ناپیوستگی‌هایی را بسیار دارند. مثلا طبقات زیرشیروانی ساختمان‌هایی با بام شیب‌دار ناپیوستگی‌هایی از قبیل داکت‌های دیواری بدون سرپوش؛ شکاف‌های درزبندی‌نشده در اطراف چراغ‌ها، فن‌های تخلیه، هواکش‌های لوله‌کشی و دودکش‌ها؛ و دریچه‌های شیروانی درزدار دارند.



۲-۰۷: لایه‌ی محافظ ضعیف لایه‌ای است که ناپیوستگی‌های متعدد، خواه به‌صورت شکاف فیزیکی و خواه به صورت پل گرمایی، دارد.

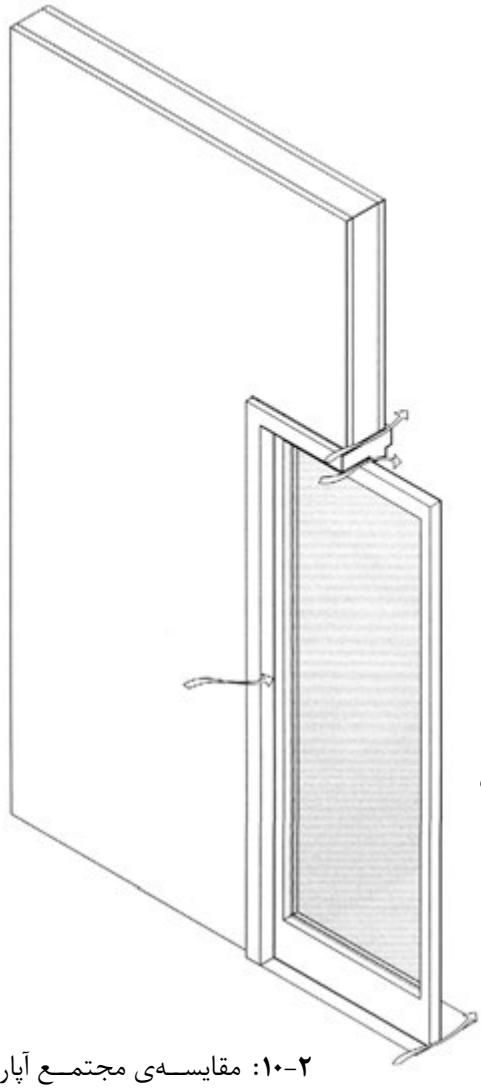
حفره‌های فیزیکی تنها نوع گسیختگی نیستند که مرز گرمایی ممکن است در معرض آن قرار گیرد. ناپیوستگی‌ها ممکن است به صورت پل‌های گرمایی، که عبارت‌اند از مصالح رسانای گرما که در لایه‌ی عایق حرارتی دیوار، کف، یا بام نفوذ کرده یا آن را قطع کرده‌اند نیز پدیدار شوند. مثلا وادارهای چوبی یا فلزی در دیوارهای قاب‌بندی‌شده می‌توانند به‌صورت پل گرما عمل کنند و گرما را از دیوار عبور دهند.



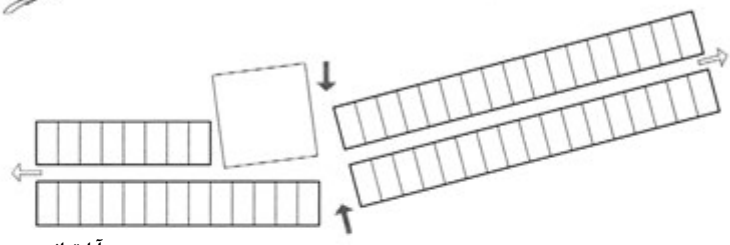
۲-۰۸: عایق حرارتی محافظت‌نشده می‌تواند موجب تضعیف لایه‌ی محافظ شود.

دیوارها، کف‌ها، و بام‌هایی که فقط از یک‌طرف عایق حرارتی محافظت‌نشده دارند، معمولا لایه‌های محافظ ضعیفی محسوب می‌شوند. مثلا سقف زیرزمین یا فضاهای خالی زیر ساختمان غالبا عایقی دارند که متصل نیست. میان‌دیوارهای فضای زیرشیروانی غالبا فقط از یک طرف عایق می‌شوند و عایق در معرض خطر آسیب دیدن یا برداشته شدن قرار دارد. حتی اگر عایق در جای خود بماند، هوا می‌تواند به سهولت عایق را دور بزند و به سمت سرد نازک‌کاری دیوار داخلی برسد و موجب افزایش اتلاف گرما در فضای داخلی شود.

لایه‌هـــای ضعیف از ابتـــدای کار ضعیف‌اند. ایـــن لایه‌ها ذاتا ضعیف‌اند. لایه‌ی نامقاوم لایه‌ای است که ابتدا مستحکم است اما با گذشت زمان ضعیف می‌شود. دری که خوب عایق‌کاری شده باشد، و نوارهای هوابندی خوبی داشته باشد، درِ گردان با درزبند، و درِ مقاوم در برابر توفان، ممکن است کار خود را به‌صورت لایه‌ی محافظ مستحکمی شروع کنند. اما با گذشت زمان ممکن اســت چارچوب در جابه‌جا شود یا نشست کند، نوار درزبند درِ گردان از جای خود بیرون بیاید، درزگیری دور چارچوب در منقبض شود و ترک بخورد، نوار درزبندی فشرده یا جدا شود، و درِ مقاوم در برابر توفان، به سبب از کار افتادن یک فنر، کاملا بســته نشــود. هر مجموعه‌ی در ذاتا نامقاوم اســت و فرسایش آن به مرور زمان موجب تضعیف کارکرد آن به‌عنوان لایه‌ی محافظ خواهد شد.

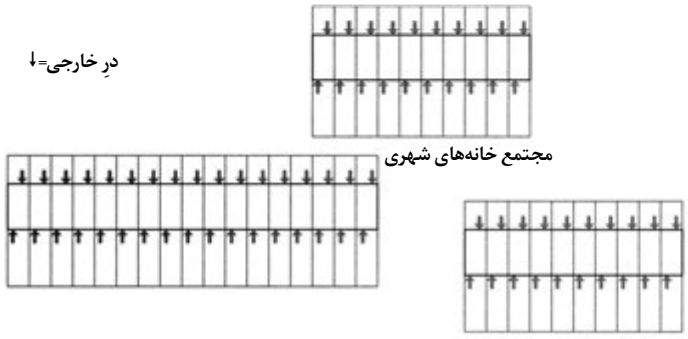


۲-۰۹: اگرچه دیوارها معمولا لایه‌ی مقاوم محسوب می‌شوند، لایــه‌ی محافــظ درها به مرور زمــان نامقاوم می‌شــود، زیرا چارچوب در جابه‌جا شــده یا نشســت پیدا می‌کند، درگیرها منقبض می‌شــوند یا تــرک می‌خورند، یــا نوارهای درزبندی خراب می‌شوند.



مجتمع آپارتمانی

۲-۱۰: مقایســه‌ی مجتمــع آپارتمانــی بــا راهروهــای داخلــی برای تأمین دسترســی واحدها و طرح خانه‌های شــهری که هر یک مجموعه درهای خارجی خاص خود را دارد.

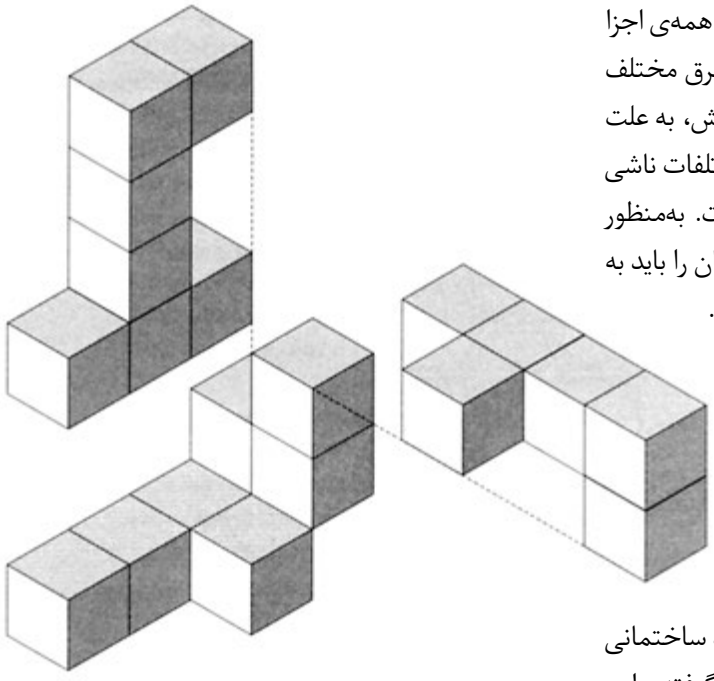


مجتمع خانه‌های شهری

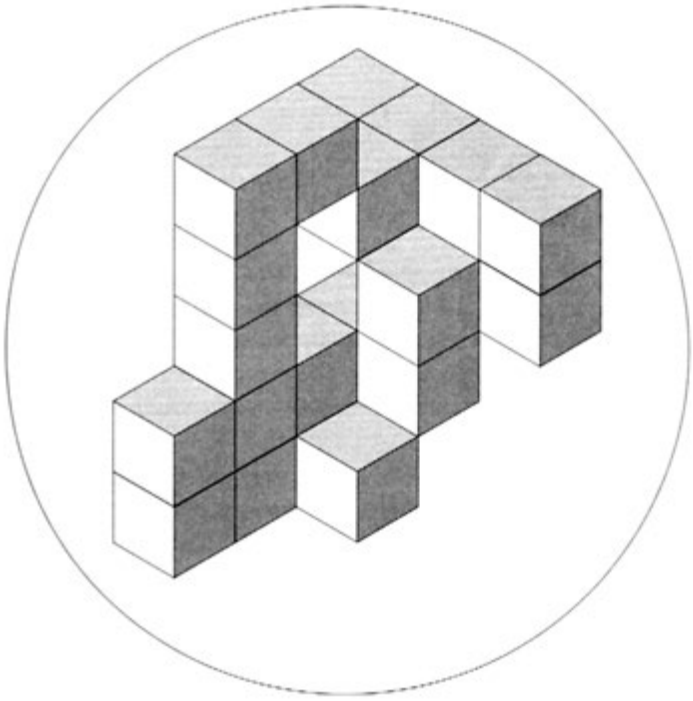
دیوار صلب همواره از مجموعه‌ی دیوار مقاوم‌تر است و لایه‌ی محافظ قوی‌تری رابه‌مدتــی طولانی‌تر تأمین می‌کند. بدیهی است که ساختمان را نمی‌توان بدون در ساخت، اما اگر تعداد درهای خارجی مطرح باشد، بهتر است این درها هرچه کمتر باشند. مثلا تعداد درهای خارجی یک مجتمع آپارتمانی با دو درِ خارجی و یک راهرو داخلی برای دسترسی به هر واحد، در مقایسه با خانه‌های شهری که یک یا دو در خارجی برای هر آپارتمان دارند، کمتر است.

طراحی کل‌نگرانه

اصل دیگر طراحی سبز، طراحی کل‌نگرانه و دیدن ساختمان و محوطه‌ی آن به صورت یک کل واحد و بررسی همه‌ی اجزا هنگام طراحی از خارج به داخل است. انرژی به طرق مختلف مصرف و تلف می‌شود. مثلا انرژی برای گرمایش، به علت تلفات ناشی از رسانش و نفوذ از پوش ساختمان، تلفات ناشی از توزیع، و تلفات تجهیزات گرمایش، لازم است. به‌منظور کاهش در خور اعتنای این تلفات انرژی، ساختمان را باید به صورت کل دید و همه‌ی تلفات را به حداقل رساند.



ساختمانی که به‌روش کل‌نگرانه طراحی شده باشد ساختمانی است که اصلاحات کوچک بسیاری در آن انجام گرفته و این اصلاحات با هم جمع شده، یک کل واحد پدید آورده‌اند که به‌میزان در خور اعتنایی اصلاح شده است. دیواری با عایق‌کاری عالی و ضخامت ۱۲ اینچ (۳۰۵ mm) نمی‌تواند به‌تنهایی بازده مصرف انرژی را افزایش دهد، هرگاه مقاومت گرمایی پنجره‌ها کم باشد، نشت هوا از طریق چراغ‌ها و اجزای ساختمانی فضای زیرشیروانی گسترده باشد، یا اگر سیستم گرمایشی به سیستم توزیع گرمای کارآمدی مجهز نشده باشد. در بسیاری از موارد، ساختمان‌های سبز اجزای سبز کاملا مشهودی دارند، اما باز هم مقدار زیادی انرژی مصرف می‌کنند، زیرا به ساختمان به صورت کل واحد توجه نشده است.



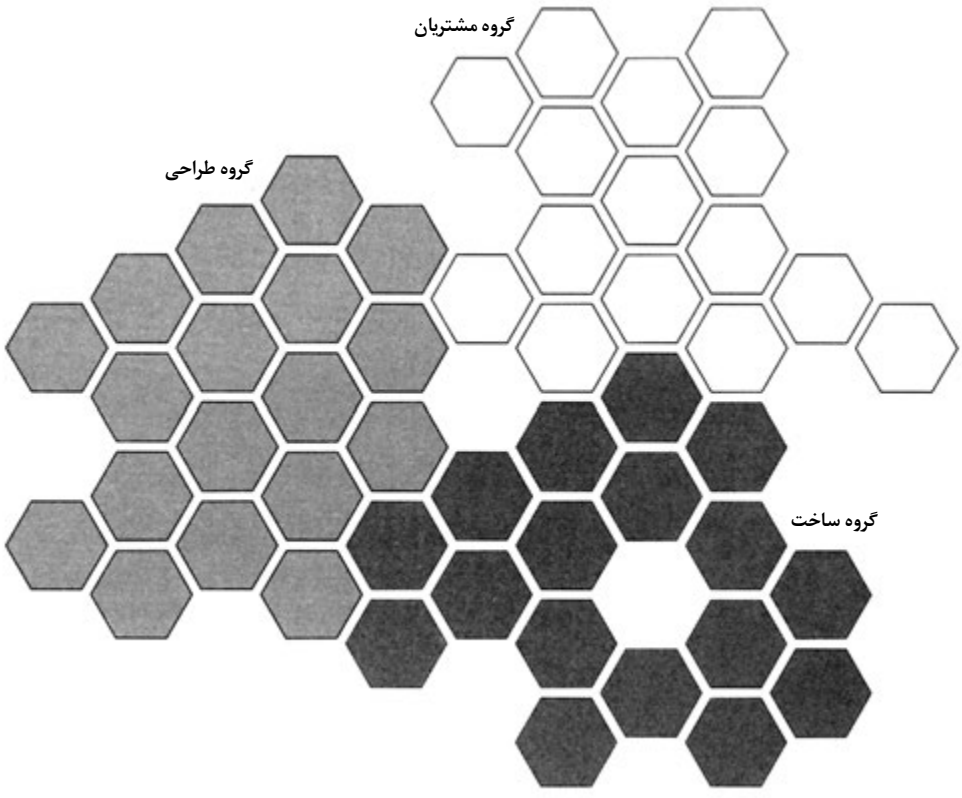
۲-۱۱: طراحی سبز، مانند حل یک پازل سه‌بُعدی، شامل مجموعه‌ی بزرگی از گام‌های کوچک است که همه‌ی آن‌ها با تشخیص کامل منافع مالک، به منظور رویارویی با چالش بغرنج ساخت ساختمان سبز با هزینه‌ای متعارف و قابل قبول، برداشته می‌شوند.

طراحی جمعی

روشـــی در حوزه‌ی ساختمان ســـبز که هر روز متداول‌تر می‌شود، روش طراحی جمعی اســـت، که گاهی آن را طراحی یکپارچه نیز می‌نامنـــد. در ایـــن روش، طرف‌های درگیر در هر پروژه، شـــامل مالک، معمار، مهندسان، مشـــاوران، کاربران، و پیمانکاران، از مراحل اولیـــه‌ی آغاز پروژه، به صورت گروهی با هم کار می‌کنند. هدف از این رویکرد همیارانه کســـب اطمینان از این بابت اســـت که همه‌ی طرف‌های ذینفع در سبزســـازی ساختمان سهم دارند و دیدگاه‌هـــا و نیازهای مهم آن‌هـــا در ابتدای فرینـد طراحی مورد توجه قرار می‌گیرد. طراحی مجتمع‌شده سهم بسیار ارزشمندی در طراحی ساختمان سبز دارد و مهم‌ترین نقش آن کمک به ارزیابی بده‌بستان‌های انرژی از همان آغاز کار است.

در شـــیوه‌ی طراحـــی از خـــارج به داخـــل، در پی تنـــزل اهمیت مراحل بعدی طراحی، مانند جانمایی و تعیین مشـــخصات فنی سیستم‌های گرمایش، سرمایش، و روشنایی نیستیم. بحث‌های اولیه و جمعی ضروری‌اند. پیشـــنهاد ما صرفا این است که نهایی کردن این دســـته از موضوعات طراحی تا اواخر فرایند طراحی به تعویق بیفتد.

نشـــان می‌دهیم که چگونه باید در اوایل فرایند، اهداف مالک را به‌روشـــنی، و به‌تفصیل هر چه بیشتر شناسایی کرد؛ باید دریافت که دمای کدام فضاها باید کنترل شـــود، چند نفر از ســـاختمان اســـتفاده خواهند کـــرد و در چه اوقاتی اســـتفاده خواهند کرد و بســـیاری اطلاعات دیگر از همین قبیل. ایـــن تصمیم‌گیری‌های اولیه تأثیر زیادی بر تصمیم‌گیری‌های دیگر، مانند نوع سیســـتم گرمایش و سرمایش مورد استفاده، خواهد گذاشت؛ نوع سیستم گرمایش و ســـرمایش هم بـــه نوبه‌ی خود بـــر تصمیم‌هایی مانند ارتفاع ســـاختمان و نیاز یا عدم نیاز به موتورخانه تأثیر می‌گذارد. طراحی جمعی روشـــی سودمند و معقولانه است. در این روش به اجزای ساختمان اجازه داده می‌شود با هم کار کنند، نه به صورت بخش‌های مجزایی از یک پازل طراحی.



۲-۱۲: فرایند طراحی جمعی همه‌ی طرف‌های ذینفع را شامل می‌شود و آن‌ها را درگیر کرده، بر روابط بین گروه‌های مشتری، طراحی، و ساخت تأکید می‌کند.

قابلیت خرید

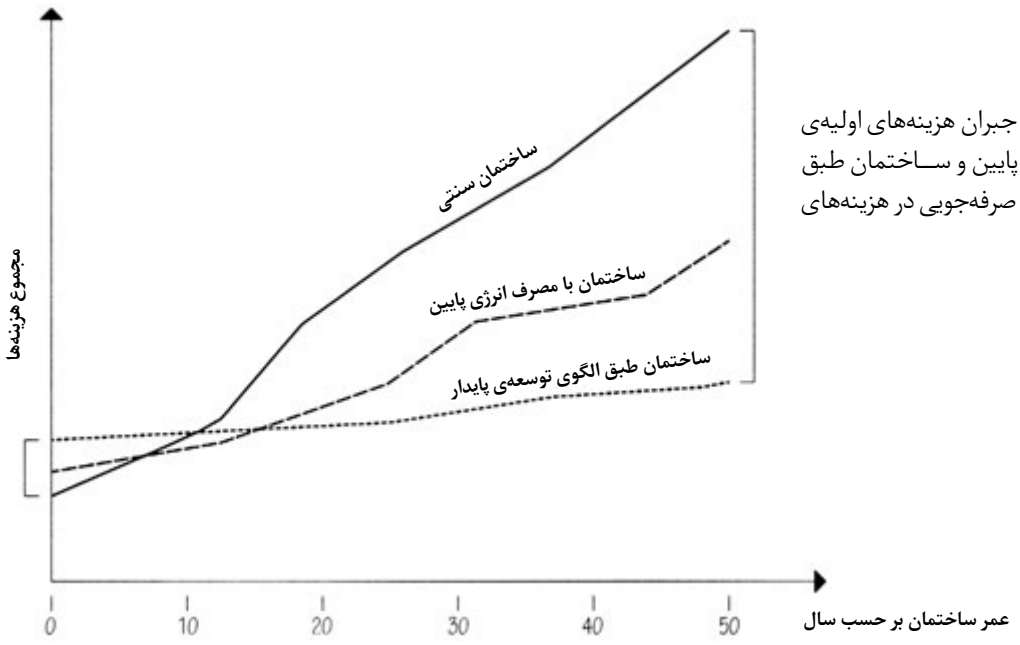
قابـل خریـد بودن همواره نقـش اصلی را در طراحی و سـاخت ساختمان دارد. ساختمان یکی از بزرگ‌ترین هزینه‌های سرمایه‌ای هر جامعه اسـت. مسکن قابل خرید بیان‌کننده‌ی استطاعت یک جامعه در جهت تأمین سـرپناه برای ضعفاسـت. خانه‌دار شدن مترادف با تحقق یک رویا تلقی می‌شـود. هزینه‌های سـرمایه‌ای سـاخت به اندازه‌ای هنگفت‌اند که به ندرت کسـی می‌تواند نقدا آن‌ها را تأمین کند و در نتیجه معمولا مردم ناگزیر از وام گرفتن و بازپرداخت اقساط وام طی چندین سال‌اند.

برای طراحی و ساخت سبز، هزینه پیامدهایی دارد که هم مانع و هم فرصت شمرده می‌شوند. تلقی عمومی این است که ساختمان سـبز گران‌تر تمام می‌شـود و در نتیجه فقط کسـانی از عهده‌ی سـاخت یا خرید آن برمی‌آیند که اسـتطاعت هزینه‌ی اضافی را داشته باشند. این برداشت یکی از بزرگ‌ترین موانع موجود بر سر راه ساختمان سبز است.

نظر جدیدی که مطرح می‌شـود این اسـت که بایـد هزینه‌ها را براساس دوره‌ی عمر تحلیل کرد و هزینه‌های بهره‌برداری پایین‌تر ساختمان سبز طی دوره‌ی عمر متصور برای آن را در نظر گرفت. هزینه‌های انرژی یک سـاختمان سبز معمولا از هزینه‌های انرژی ساختمانی با ساخت سنتی پایین‌تر است. بعضی از اصلاحات سبز، مانند استفاده از سیسـتم‌های گرمایش و سرمایش زمین‌گرمایی (ژئوترمال)، هزینه‌های نگهداری را نیز، در مقایسه با رویکردهای سنتی گرمایش و سرمایش، کاهش داده‌اند. این موضوع نیز مطرح شـده است که در ساختمان سـبز، به سبب کیفیت بالاتر هوای داخل، و آسـایش گرمایی و بصری، بهره‌وری آدمی بالاتر اسـت و در نتیجه سـود حاصل به مرور زمان هزینه‌ی سـرمایه‌ای بالاتر را جبران می‌کند.

بررسـی دقیق راهبردهای سـبز انواع اصلاحاتی را نشان می‌دهد کـه می‌توانند هم هزینه‌ی انرژی را پایین بیاورند و هم هزینه‌های ساخت را کاهش دهند. مثلا اگر ارتفاع سقف به طور غیرمتعارف زیاد نباشـد، می‌توان هزینه‌های ساخت و مصالح را کاهش داد، چراغ‌هـای کمتری برای روشـنایی لازم خواهد بود، و سیسـتم گرمایش و سرمایش کوچک‌تری می‌توان نصب کرد.

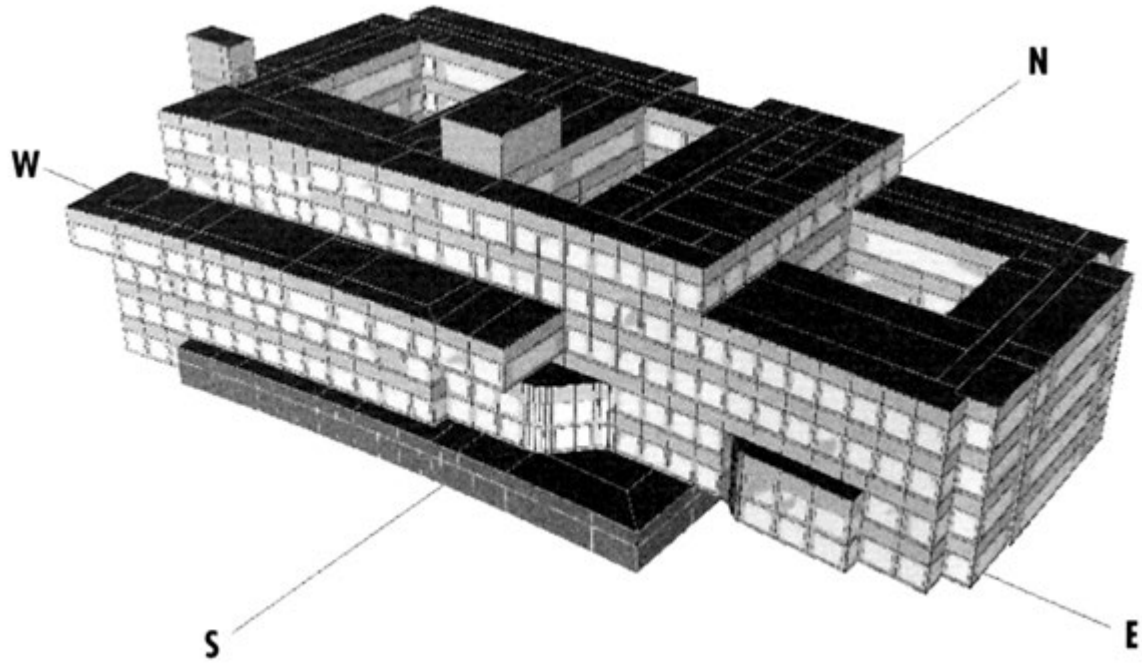
طراحی و سـاخت سبز نسـبت به هزینه بی‌تفاوت نیست و باید هزینه‌های اضافی سـاخت و صرفه‌جویی در هزینه‌های سـاخت، هم‌چنیـن هزینه‌های اضافـی بهره‌بـرداری و صرفه‌جویی در این هزینه‌ها را صادقانه ارزیابی کرد و سرانجام تأثیرات هزینه‌ای واقعی و قابل رؤیت را تشـخیص داد. اگر قرار باشـد ساختمان سبز به حوزه‌ای فراتر از نوآوران و پیشـگامان نفوذ کند و به مردمی برسد که افزایش هزینه مانعی از دستیابی آن‌ها به ساختمان سبز است، بایـد قابل خرید بودن را به‌صراحـت در بحث‌های طراحی مطرح کرد.



۲-۱۳: نموداری فرضی از نحوه‌ی جبران هزینه‌های اولیه‌ی بالاتر سـاختمان با مصرف انرژی پایین و سـاختمان طبق الگوی توسـعه‌ی پایدار از طریـق صرفه‌جویی در هزینه‌های بهره‌برداری به مرور زمان.

مدل‌سازی انرژی

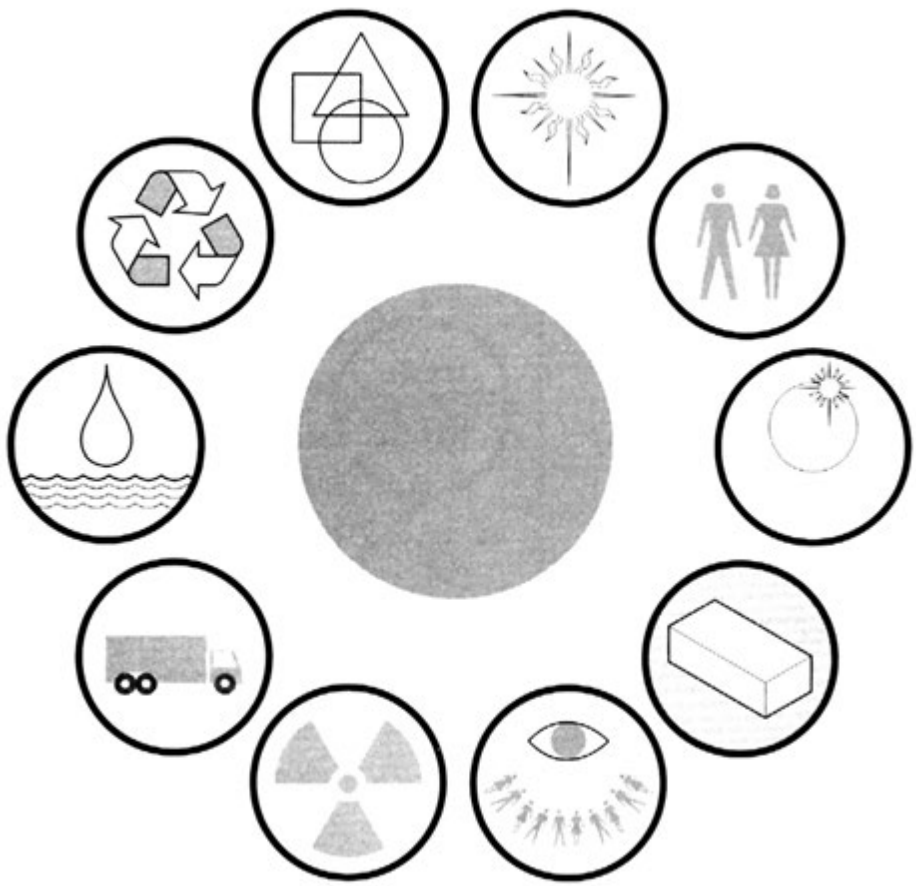
با اصلاح طرح‌های ساختمان، و با استفاده از مدل‌های انرژی ساختمان‌های پیشنهادی، نسبتا به‌آسانی می‌توان بده‌بستان‌ها را بررسی کرد. بده‌بستان‌های مربوط به طراحی دیوار، طراحی پنجره، شکل ساختمان، انتخاب سیستم گرمایش، و سایر پارامترهای طراحی در مدتی کمتر از یک روز، آماده می‌شوند. آماده سازی و تفسیر مدل‌های پیشرفته‌تر انرژی، که می‌توانند بده‌بستان‌های سیستم‌هایی از قبیل کنترل‌گرهای انرژی یا نور طبیعی را به‌تفصیل بررسی کنند، بیشتر طول می‌کشد، اما در مقایسه با هزینه‌های آتی مصرف انرژی طی دوره‌ی عمر ساختمان، غالبا به زحمتش می‌ارزد. دیگر نیازی به سرمایه‌گذاری برای اصلاح طرح ساختمان به‌منظور افزایش بازده مصرف انرژی وجود ندارد. مدل‌سازی انرژی یکی از ضروریات طراحی ساختمان سبز است.



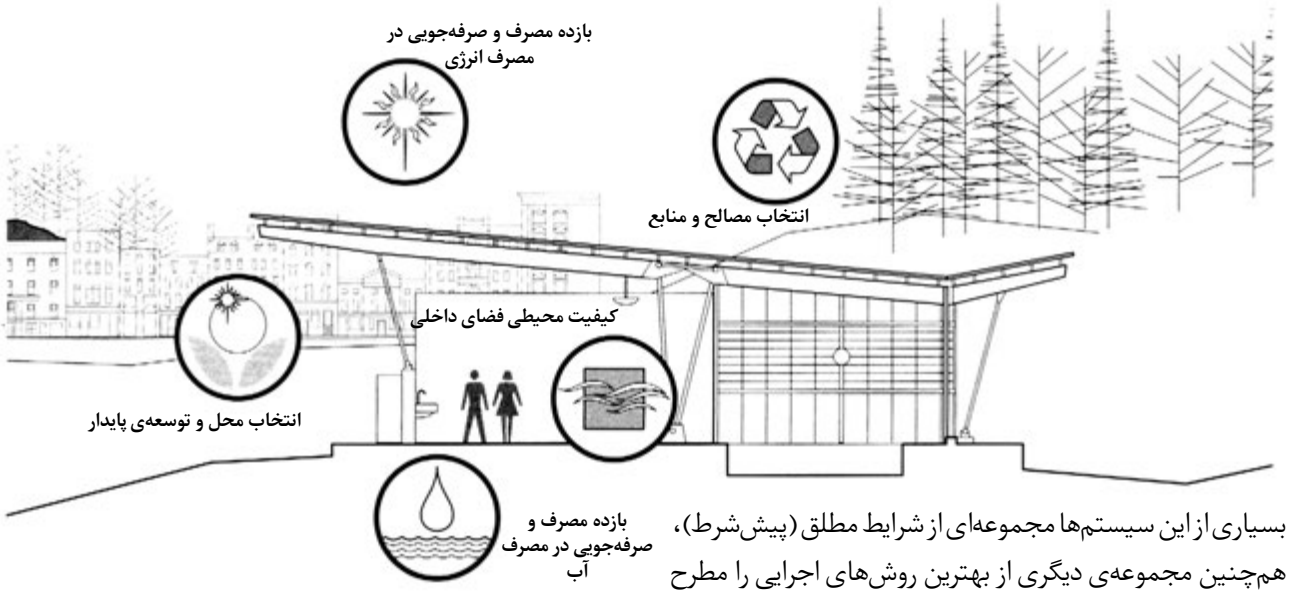
۲-۱۴: مجتمع بهداشت روانی و پژوهش VA در سیاتل، واشینگتن، شرکت معماری و مشاوره‌ی استانتک. در مدل‌سازی انرژی از نرم‌افزار کامپیوتری برای تحلیل مؤلفه‌های گرمایی بیشمار هر ساختمان، شامل مصالح ساخت دیوارها و بقیه‌ی پوش ساختمان، اندازه، شکل، و جهت‌گیری ساختمان، نحوه‌ی کاربری و بهره‌برداری از ساختمان، اقلیم محلی، عملکرد سیستم، و مصرف انرژی در طول زمان استفاده می‌شود.

۳ آیین‌نامه‌ها، استانداردها و رهنمودها

در سال‌های اخیر انواع مختلف آیین‌نامه، استاندارد، و رهنمود برای ساختمان سبز تدوین شده است. هر یک از این‌ها بازتاب‌دهنده‌ی تعهدی بسیار ارزشمند برای حفاظت از محیط زیست و سلامت آدمی است. هر یک بازتاب‌دهنده‌ی دیدگاه‌ها و ارزش‌هایی است که اندکی با هم تفاوت دارند. هر یک در پیشبرد فعالیت برای رسیدن به ساختمان سبز سهمی داشته است. و هر یک، مثل همه‌ی ما آدم‌ها، بدون تردید از جهاتی نقص دارد.



آیین‌نامه‌ها، اســتانداردها، و رهنمودهای ساختمان سبز معمولا شــامل ضوابطی برای انتخاب محل، صرفه‌جویی در مصرف آب، صرفه‌جویی در مصــرف انرژی، انتخاب مصالح، و کیفیت محیط داخلی اســت. ضوابطی که در بعضــی از رویکردها، اما نه همه‌ی آن‌هــا گنجانده شــده عبارت‌اند از آکوســتیک، ایمنی و امنیت، اهمیت تاریخی و فرهنگی، و زیبایی.



۳-۰۱: مقوله‌های نمونه‌وار ضوابط ساختمان سبز

بسیاری از این سیستم‌ها مجموعه‌ای از شرایط مطلق (پیش‌شرط)، هم‌چنین مجموعه‌ی دیگری از بهترین روش‌های اجرایی را مطرح می‌کنند که با دنبال کردن آن‌ها می‌توان به هدف آستانه‌ای تطبیق با آیین‌نامه‌ها و اســتانداردها رســید. معیار اندازه‌گیری تطبیق یا سیســتمی امتیازی اســت و یا، در مورد مصرف انرژی، سنجه‌ی هدف مربوط به انرژی اســت. در ایــن رویکرد وجود دو مجموعه ضوابط اجباری و اختیاری برای ساختمان سبز تلویحا به‌رسمیت شــناخته شده اســت. ضوابط اجباری معرف آســتانه‌ای هستند که باید از آن گذشــت تا بتوان ساختمان را سبز نامید. به‌منظور ایجاد انعطاف و توازن، ضمن شــناخت ویژگی‌های منحصر به‌فرد هر ســاختمان، ضوابط اختیاری را معمولا به صورت منویی ارائه می‌دهنــد که بــا اســتفاده از آن می‌توان اصلاحات ســاختمانی بیشــتری را انتخاب کرد. امتیازهایی را که به این اقلام تخصیص می‌یابد می‌توان با هم جمع کرد، به طوری‌که با رسیدن به امتیاز کافی، ساختمان تأییدیه‌ی ســبز بودن می‌گیرد، یا تأییدیه‌ی تراز بالاتری از سبز بودن را دریافت می‌کند.

این سیستم‌های امتیازی انگیزه‌ی خوبی برای طراحی ساختمان ســبز بوده‌اند. سیستم‌های امتیازی، شاید به سبب گرایش آدمی به خودتنظیمی، در طلب سیستم‌های سازمان‌یافته بودن، مشتاق شناخت بودن، علاقه به مستندسازی، و لذت بردن از رقابت، به یکی از کانون‌های مهم توجه در فعالیت‌های طراحی ســاختمان سبز تبدیل شده است.

انرژی و جَو [۳۳ امتیاز ممکن]
[ ] پیش‌شرط ۱ راه‌اندازی و تأیید بنیادی (لازم)
[ ] پیش‌شرط ۲ حداقل عملکرد انرژی (لازم)
[ ] پیش‌شرط ۳ سنجش تراز انرژی ساختمان (لازم)
[ ] پیش‌شرط ۴ مدیریت بنیادی مبردها (لازم)
[ ] امتیاز ۱ راه‌اندازی بهتر ۶
[ ] امتیاز ۲ عملکرد انرژی بهینه ۱۸
[ ] امتیاز ۳ سنجش انرژی پیشرفته ۱
[ ] امتیاز ۴ پاسخ به تقاضا ۲
[ ] امتیاز ۵ تولید انرژی تجدیدپذیر ۳
[ ] امتیاز ۶ مدیریت بهتر مبردها ۱
[ ] امتیاز ۷ جبران‌سازی‌های برق و کربن ۲

۳-۰۲: انرژی و جَو، یکی از مقوله‌های تأثیر زیســت‌محیطی اســت که سیســتم رتبه‌بندی LEED۴ مطرح می‌کند، چهار پیش‌شرط اجباری برای شــرکت دارد که امتیازی به آن‌ها تعلق نمی‌گیرد، و هفت شــرط اختیاری دارد که در صورت اجرا امتیازهای لازم برای دریافت تأییدیه‌ی LEED به آن‌ها تعلق می‌گیرد.

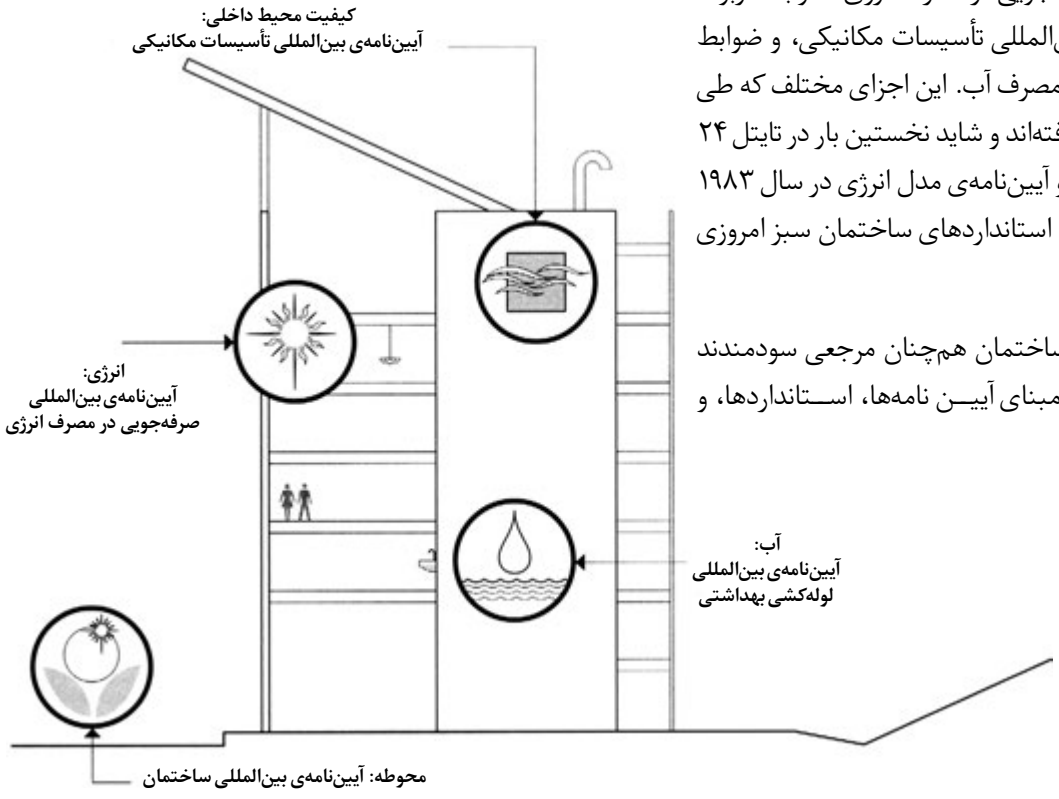
این کتاب به توانایی سیستم‌های امتیازی برای پیشبرد مباحثه، علم، و فن ساختمان سبز اذعان دارد. اما به‌جای تمرکز بر پیروی از سیستم امتیازی، به دنبال آن است که راهبردهای طراحی ساختمان سبز را مطرح کند و به بعضی از پرسش‌های آزاردهنده‌تر در این باب که معنای واقعی طراحی ساختمان سبز چیست، پاسخ دهد. هم‌چنین در پی آن هستیم که نقاط ضعف سیستم‌های امتیازی را نشان دهیم و راه‌هایی برای سبزتر طراحی کردن ساختمان‌ها، صرف‌نظر از ارزش آن‌ها براساس امتیازهای مطرح در آیین‌نامه‌ها، استانداردها، و رهنمودهای سبز پیشنهاد کنیم.

آیین‌نامه‌ها

کار خود را از آیین‌نامه‌ای شروع می‌کنیم که شاید گنجاندن آن در میان آیین‌نامه‌های سبز عجیب به‌نظر برسد؛ آیین‌نامه‌ی بین‌المللی ساختمان (IBC) و آیین‌نامه‌های وابسته به آن، که مبنای اغلب ضوابط آیین‌نامه‌های ساخت در ایالات متحده‌ی امریکا را تشکیل می‌دهند. IBC شامل تعداد زیادی ضوابط سبز است، از جمله ضوابط مربوط به صرفه‌جویی در مصرف انرژی در آیین‌نامه‌ی بین‌المللی صرفه‌جویی در مصرف انرژی، ضوابط مربوط به تهویه در آیین‌نامه‌ی بین‌المللی تأسیسات مکانیکی، و ضوابط مربوط به صرفه‌جویی در مصرف آب. این اجزای مختلف که طی دو دهه‌ی گذشته تکامل یافته‌اند و شاید نخستین بار در تایتل ۲۴ کالیفرنیا در سال ۱۹۷۸ و آیین‌نامه‌ی مدل انرژی در سال ۱۹۸۳ مطرح شده باشند، اسلاف استانداردهای ساختمان سبز امروزی به شمار می‌روند.

این ضوابط آیین‌نامه‌های ساختمان هم‌چنان مرجعی سودمندند زیرا، در موارد بسیار، مبنای آیین نامه‌ها، استانداردها، و رهنمودهای ساختمان سبز را تشکیل می‌دهند. و احتمالا، در بسیاری از حوزه‌های قضایی این کشور، آیین‌نامه‌ی بین‌المللی ساختمان، تنها سندی است که به آن رجوع می‌شود. هر تلاشی در زمینه‌ی ساختمان سبز باید دست‌کم از ضوابط آیین‌نامه‌ی ساختمان بهره بگیرد و از اجرایی شدن ضوابط سبز آن حمایت کند. آیین‌نامه‌ی بین‌المللی ساختمان و آیین‌نامه‌های جنبی آن را شورای آیین‌نامه‌ی بین‌المللی تدوین و بر اجرای آن تأکید می‌کند.

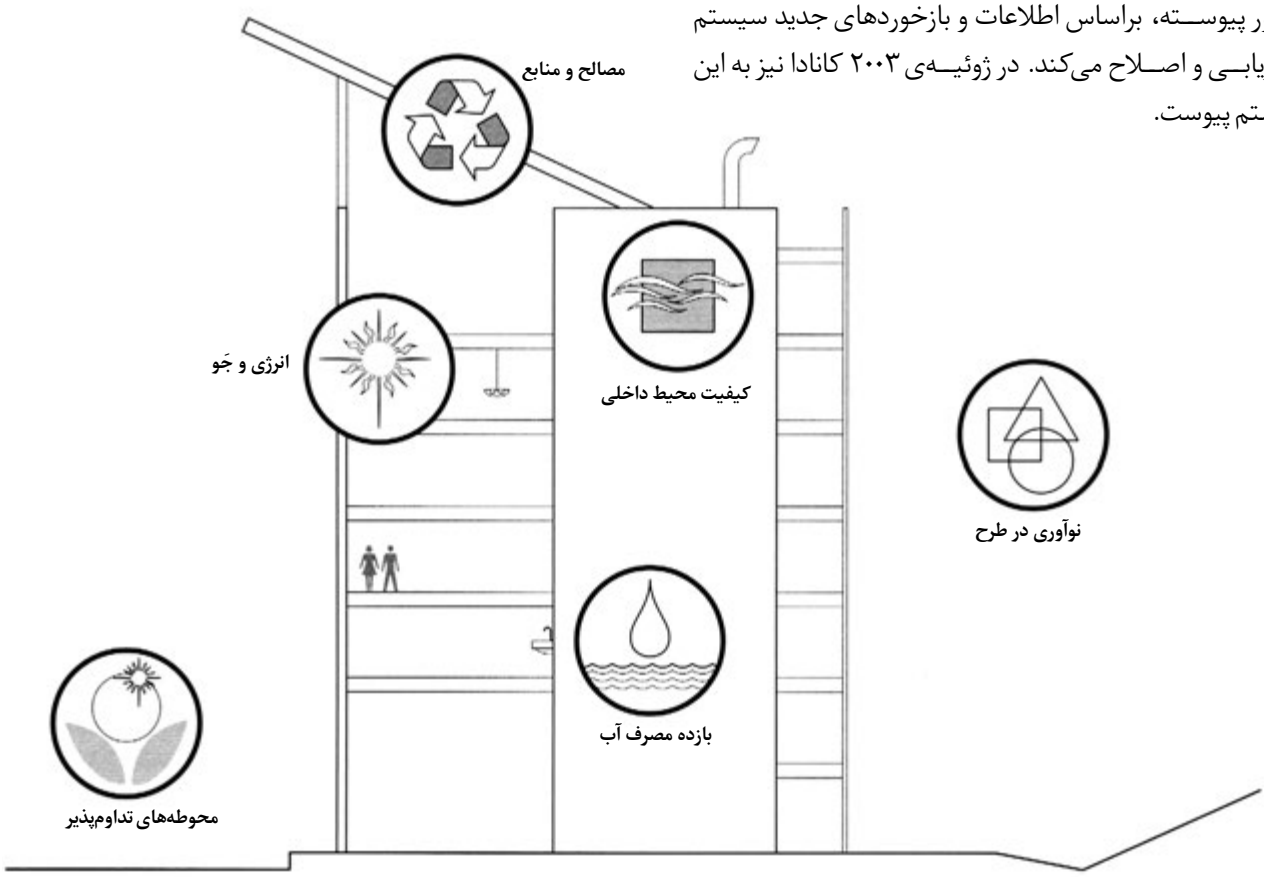
در سال‌های اخیر، شورای آیین‌نامه‌ی بین‌المللی، آیین‌نامه‌ی بین‌المللی ساخت سبز را با همکاری انجمن معماران امریکا (AIA)، شورای ساختمان سبز امریکا (USGBC)، انجمن مهندسان گرمایش، تبرید و تهویه‌مطبوع امریکا (ASHRAE)، انجمن مهندسی روشنایی (IES) و ASTM بین‌المللی انتشار داده است. این آیین‌نامه شامل طیف گسترده‌ای از ضوابط ساختمان سبز است، با مجموعه‌ی کامل آیین‌نامه‌های ICC سازگار است، و آیین‌نامه‌ای قابل اجرا و آماده برای تطبیق با شرایط محلی به‌شمار می‌رود.



۳-۰۳: آیین‌نامه‌ی بین‌المللی ساختمان به‌مثابه آیین‌نامه‌ی ساختمان سبز

استانداردها

برنامه‌ی صدور تأییدیه‌ی ساختمان سبز LEED (پیشگامی در انرژی و طراحی زیست‌محیطی)، در میان استانداردهای ساختمان سبز، ابتدا در امریکا، و به‌طور فزاینده‌ای در سرتاسر جهان، جایگاهی رفیع یافته است. پنج حوزه‌ی اصلی امتیازدهی آن - محوطه‌های تداوم‌پذیر، بازده مصرف آب، انرژی و جَو، مصالح و منابع، و کیفیت محیط داخلی - به بخشی از قاموس طراحی ساختمان سبز تبدیل شده است. شورای ساختمان سبز ایالات متحده‌ی امریکا (USGBC) سیستم رتبه‌بندی را بین اعضای خود - مؤسسات فدرال/ایالتی/محلی، فروشندگان، معماران، مهندسان، پیمانکاران، و مالکان ساختمان - نافذ کرده است و به‌طور پیوسته، براساس اطلاعات و بازخوردهای جدید سیستم را ارزیابی و اصلاح می‌کند. در ژوئیه‌ی ۲۰۰۳ کانادا نیز به این سیستم پیوست.



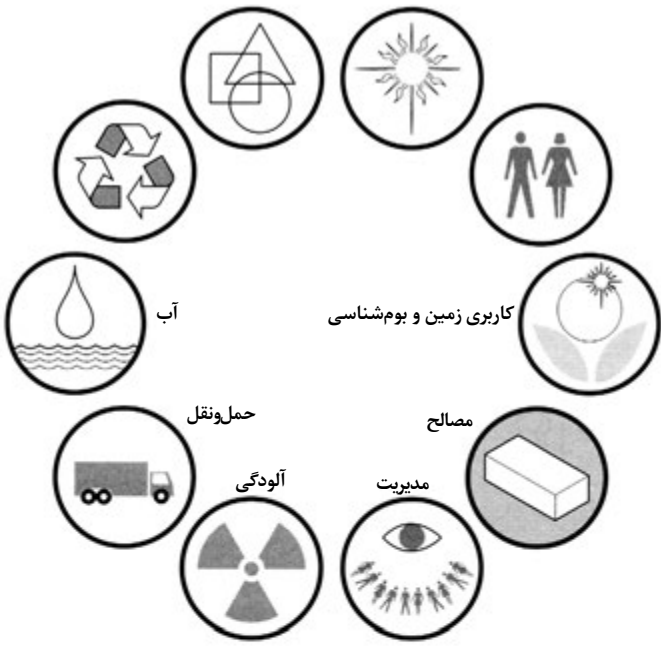
۳-۰۴: حوزه‌های اصلی برنامه‌ی تأییدیه‌ی ساختمان سبز LEED.

گسترش LEED از برنامه‌ای برای ساخت ساختمان‌های جدید به برنامه‌هایی برای ساختمان‌های موجود، محله‌ها، ساختمان‌های پوسته و هسته‌ای که توسط سازندگان اداره می‌شود و فضاهای داخلی که مستأجران آن‌ها را اداره می‌کنند، و بعضی برنامه‌های خاص بخش ساختمان، مثل خانه‌ها، مدارس، مراکز درمانی، و خرده‌فروشی‌ها، به این برنامه وسعت و بُرد خاصی داده است.

روش ارزیابی پژوهش زیست‌محیطی ساختمان (BREEAM) سیستمی است که مؤسسه‌ی تحقیقات ساختمان (BRE) انگلستان برای سنجش و رتبه‌بندی عملکرد زیست‌محیطی و میزان تطبیق ساختمان‌های غیرمسکونی با ضوابط توسعه‌ی پایدار در حوزه‌های زیر تدوین کرده است: مدیریت، سلامت و رفاه، انرژی، حمل‌ونقل، آب، مصالح و ضایعات، کاربری زمین و بوم‌شناسی، و آلودگی. مقیاس رتبه‌بندی ساختمان‌های BREEAM شامل تأییدیه‌های قبول، خوب، بسیار خوب، عالی، و برجسته است. این سیستم که در سال ۱۹۹۰ آغاز به‌کار کرد یکی از قدیم‌ترین سیستم‌های رتبه‌بندی سبز است و بیش‌ترین استقبال از آن به عمل آمده است. سیستم BREEAM که در اروپا کاربرد گسترده‌ای دارد در ساختمان‌سازی در سایر نقاط جهان نیز به‌کار گرفته شده است. در سیستم رتبه‌بندی LEED و در سایر آیین‌نامه‌ها، رهنمودها و استانداردها به چندین رویکرد BREEAM ارجاع داده شده است.

استاندارد سبز دیگر، استاندارد طراحی ساختمان‌های سبز با عملکرد بالا به‌استثنای ساختمان‌های کوتاه مسکونی است که ASHRAE با همکاری USGBC و انجمن مهندسی روشنایی (IES) و استانداردی که رسما استاندارد /ANSI/ASHRAE USGBC/IES۱۸۹/۱ نامیده می‌شود تدوین کرده است. این استاندارد که گزینه‌های پذیرش ساده‌ای دارد و گزینه‌های عملکرد آن نیز انعطاف‌پذیرترند، به زبان آیین‌نامه‌ی مدل تدوین شده است، به‌طوری‌که مؤسسات صاحب‌صلاحیت فدرال، ایالتی و محلی به‌آسانی می‌توانند با آن وفق یابند. این استاندارد راهنمای طراحی نیست و هدف از آن تکمیل سیستم‌های فعلی رتبه‌بندی ساختمان سبز است نه رقابت با آن‌ها. اگر چه این استاندارد تمرکز خاصی روی صرفه‌جویی در مصرف انرژی دارد، ضوابط حداقلی نیز برای محوطه‌های تداوم‌پذیر، بازده مصرف آب، کیفیت محیط داخلی، تأثیر بر جَو، مصالح و منابع، و برنامه‌های ساخت و بهره‌برداری مقرر کرده است.

زمین سبز یک سیستم رتبه‌بندی و تأیید زیست‌محیطی اینترنتی برای ساختمان‌های تجاری است که جایگزین سیستم رتبه‌بندی LEED شمرده می‌شود. سیستم زمین سبز بر ارزیابی دوره‌ی عمر طراحی ساختمان، بهره‌برداری و مدیریت آن در هفت حوزه تمرکز می‌کند: مدیریت پروژه، محوطه، انرژی، آب، منابع طبیعی، مصالح ساختمانی و نخاله، نشر و نشت آلاینده‌ها، و محیط داخلی. زمین سبز ریشه در سیستم BREEAM دارد، اما اکنون در کانادا توسط انجمن مالکان و مدیران ساختمان (BOMA) کانادا و در امریکا توسط انجمن ساختمان سبز (GBI) گسترش یافته است.



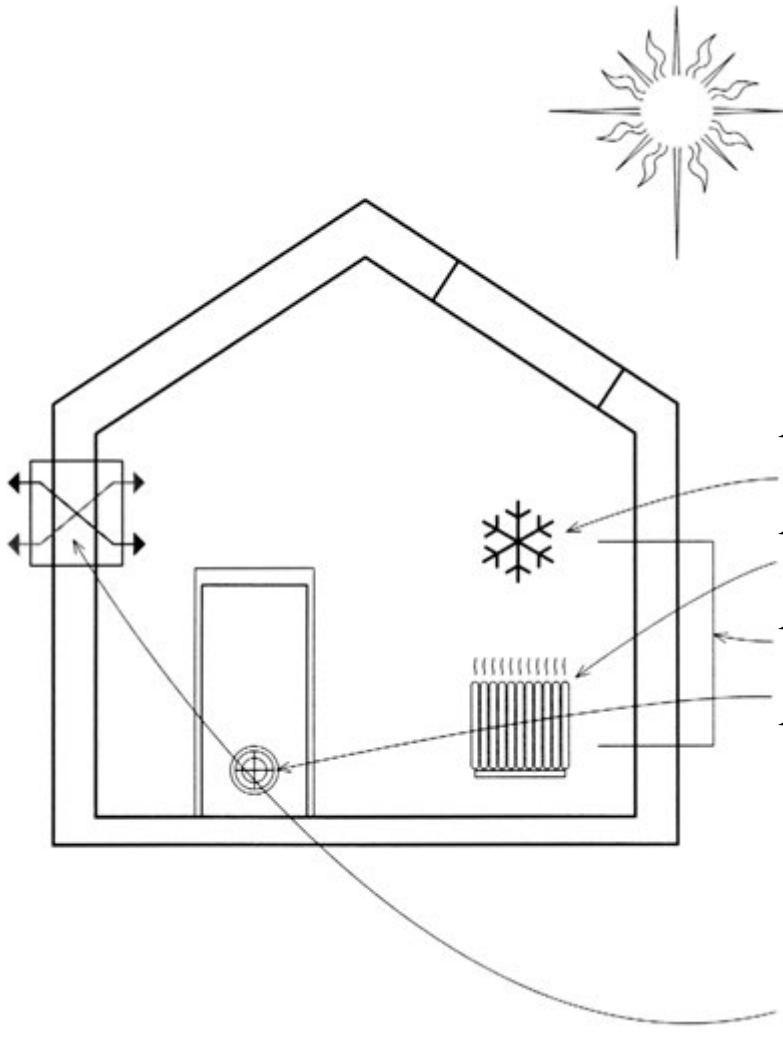
۳-۰۵: مقوله‌های پذیرش برای سیستم رتبه‌بندی BREEAM



۳-۰۶: لوگوی تجارتی سیستم رتبه‌بندی و تأیید زیست‌محیطی اینترنتی زمین سبز

پاســیوهاوس (خانه‌ی بی‌اثر) استانداردی اســت که در اروپا و به منظور حداکثرســازی بازده مصرف انرژی در ساختمان و کاهش آثار بوم‌شناختی آن تدوین شده است. اگر چه از نام این استاندارد چنین به‌نظر می‌رســد کــه فقط در بخش مســکن کاربرد دارد، اصول اســتاندارد پاسیوهاوس را می‌توان در مورد ساختمان‌های تجاری، صنعتی و عمومی نیز به‌کار برد. نقطه‌ی قوت اســتاندارد پاسیوهاوس در سادگی رویکرد آن است: تولید ساختمان‌هایی با مصرف انرژی بســیار کم، از طریق تلفیق عملکرد گرمایی عالی و درزبندی ساختمان، همراه با سیستم تهویه‌ی بازیاب گرمایی که هوای تازه را برای بهبود کیفیت زیســت‌محیطی فضای داخلی به این فضا وارد می‌کند. هدف جســورانه‌ی مصرف انرژی بسیار کم استاندارد پاسیوهاوس را درست در قلب وضعیت اضطراری فعلی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای قرار می‌دهد. این استاندارد هم شــامل یک هدف طراحی پیش‌بینانه است - حداکثر تقاضای انــرژی معادل با ۱۲۰kWh بر هر متر مربع (۱۱/۱kWh بر هر فوت مربــع) - و هدف عملکرد واقعــی آهنگ نفوذ کمتر از ۰/۶۰ مرتبه تعویض هوا در هر ســاعت در فشــار ۵۰ پاســکال. هدف اخیر را می‌توان به این صورت تعبیر کرد که جزئیات ساختمان باید با دقت تعیین شود تا نفوذ را محدود کند، زیرا نقش نفوذ در مصرف انرژی منحصر به‌فرد است و ساختمان‌ها در برابر نفوذ آسیب‌پذیرند.

اســتاندارد پاسیوهاوس خواستار ترازهای بسیار پایین نشت هوا، ترازهای بسیار بالای عایق‌کاری حرارتی با حداقل پل‌های گرمایی، و پنجره‌هایی با ضریب U بسیار پایین است. هر ساختمان، برای تطبیق با این استاندارد، باید شرایط زیر را داشته باشد:



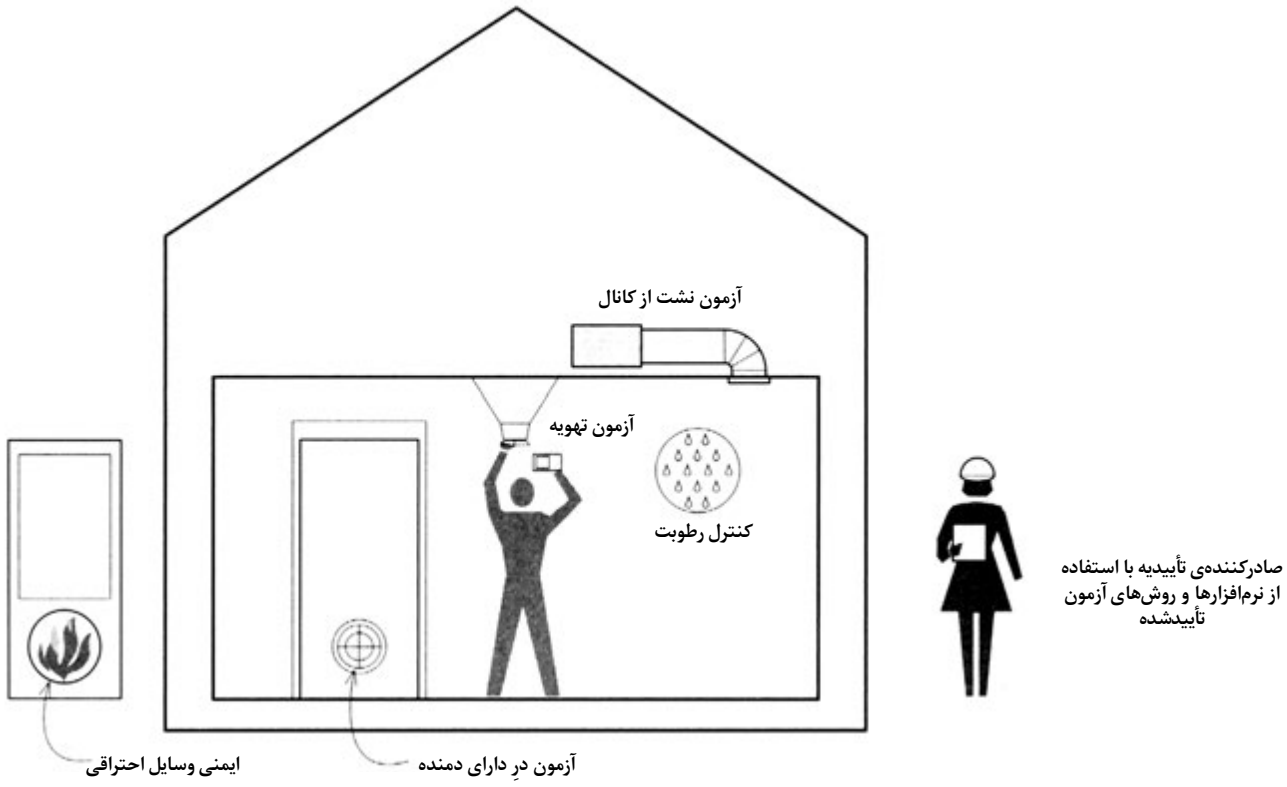
- حداکثر مصرف انرژی ســالانه برای سرمایش، برابر ۱۵ kWh بر متر مربع (۱/۳۹ kWh بر فوت مربع)؛
- حداکثر مصرف انرژی ســالانه برای گرمایش، برابر ۱۵ kWh بر متر مربع (۱/۳۹ kWh بر فوت مربع)؛
- حداکثر مصرف انرژی برای همه‌ی امور ۱۲۰kWh بر هر متر مربع (۱۱/۱kWh بر هر فوت مربع)؛ و
- آهنگ نفوذ کمتــر از ۰/۶۰ مرتبه تعویض هوا در هر ساعت در فشار ۵۰ پاسکال.

آسایش گرمایی با انجام اقدامات زیر تحقق می‌یابد:

- تراز بالای عایق‌کاری با حداقل پل‌های گرمایی
- جذب خورشیدی و منابع گرمای داخلی غیرفعال
- تراز بسیار بالای درزبندی
- کیفیــت خــوب هوای داخل، که توســط یک سیســتم تهویه‌ی مکانیکی با بازده بالای بازیابی گرما برای کل خانه تأمین می‌شود.

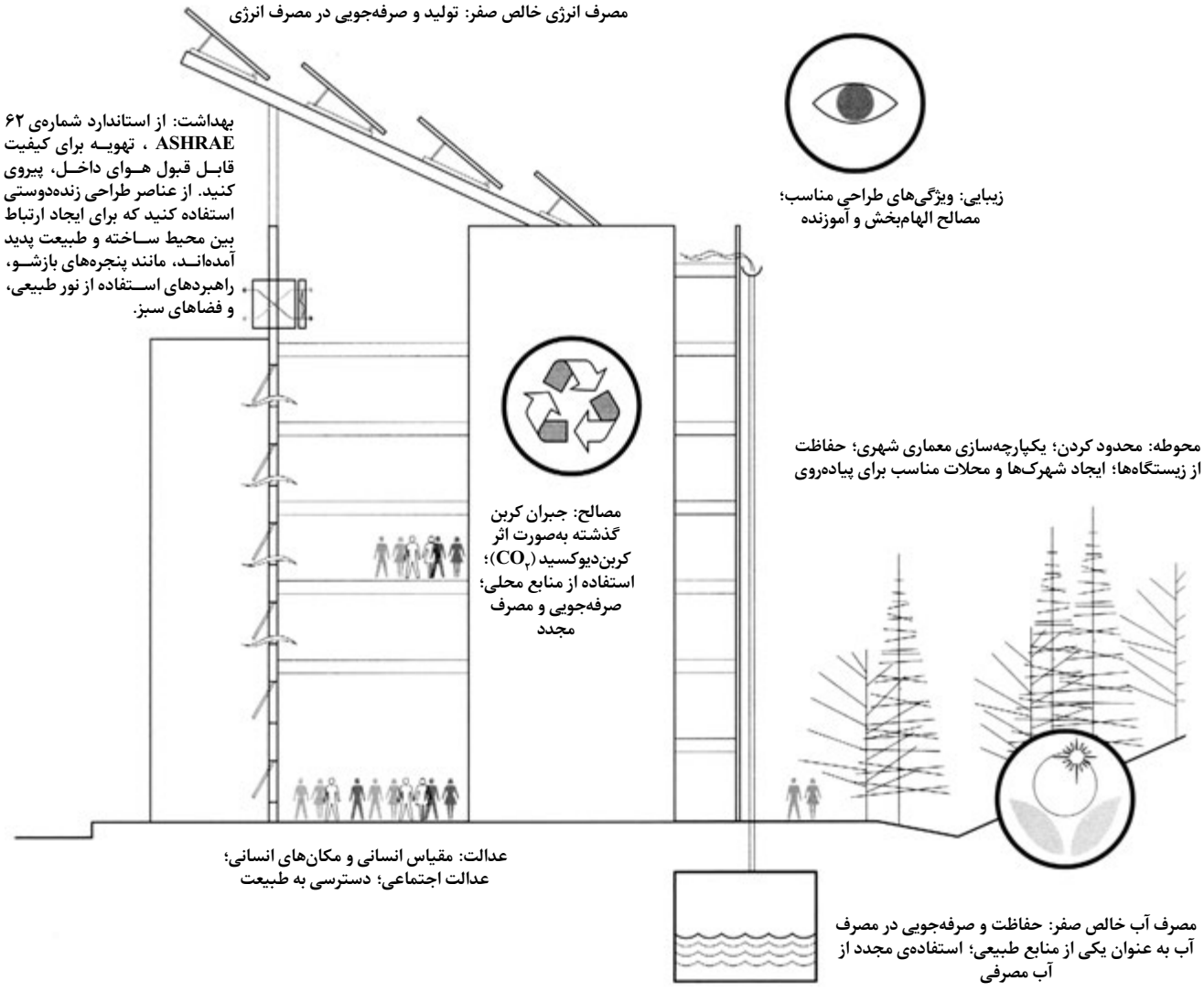
۳-۰۷: شرایط و توصیه‌های پاسیوهاوس.

اســـتانداردی برای طراحی خانه که به‌طور گسترده‌ای رایج شده، اســـتاندارد سیســـتم‌های ملی رتبه‌بندی مصرف انرژی خانگی در بخش خانه‌های وام‌دار اســـت که شبکه‌ی خدمات انرژی خانگی (RESNET) و انجمـــن ملی مقامات مســـئول در امور انرژی آن را تدوین کرده اســـت. این اســـتاندارد، که معمولا با نام سیستم رتبه‌بندی HERS از آن یاد می‌شـــود، در ایالات متحده به‌خوبی پذیرفته شده و به‌کار می‌رود. تأکید سیستم رتبه‌بندی HERS بر صرفه‌جویی در مصرف انرژی اســـت، اما پاره‌ای شرایط مربوط به کیفیت هوای داخل، به ویژه در حوزه‌های کنترل رطوبت، تهویه، و ایمنی وســـایل احتراقی نیز در آن باقی مانده اســـت. سیســـتم رتبه‌بنـــدی HERS توجه زیادی هم به تضمین کیفیت دارد و به همین منظور شرایط گســـترده‌ای در مورد دخالت شخص ثالث، تأییدیه‌هـــای اشـــخاص ثالث حرفه‌ای، اعتبـــار پیش‌بینی مصرف انرژی، و بازرســـی و آزمون خانه‌های ســـاخته شده در نظر گرفته است. از HERS به‌عنوان استاندارد مرجع نیاز انرژی در سیستم رتبه‌بندی خانگی LEED استفاده می‌شود.



۳-۰۸: شرایط سیستم رتبه‌بندی HERS.

اســـتاندارد جدیدتری برای طرح‌ریزی، طراحی و ســـاخت پایدار، چالش ســـاختمان زنده است که مؤسســـه‌ی بین‌المللی آینده‌ی زنده برای ساخت‌وســـاز در هر مقیاسی، از ساختمان تا تأسیسات زیربنایی، چشم‌اندازها، و محلات آن را تدوین کرده و نافذ ساخته است. چالش ســـاختمان زنده با حمایت از مصرف انرژی خالص صفر، مصرف آب خالص صفر، و فراوری کامل زباله در محل طی حداقل ۱۲ ماه کاربری پیوسته، خود را از دیگر استانداردها متمایز کرده اســـت. این استاندارد شرایط جسورانه‌ای در سایر حوزه‌های ســـاختمان ســـبز، مانند انتخاب محوطه، و حفاظت از محیط، انتخاب مصالح، و بهداشت، نیز مطرح می‌کند. گنجاندن زیبایی و عدالت به عنوان حوزه‌های مهم طراحی ساختمان سبز از نکات قابل توجه این استاندارد است.



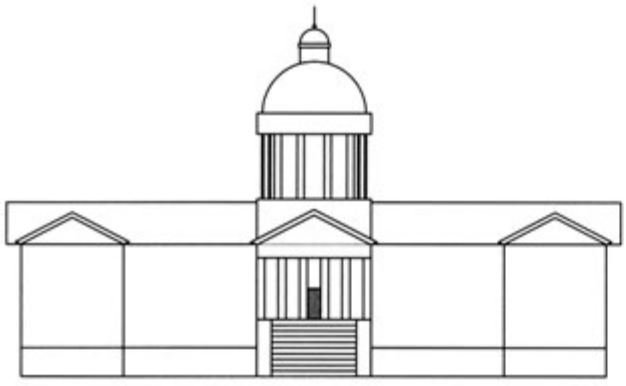
۳-۰۹: اهداف چالش ساختمان زنده.

رهنمودها

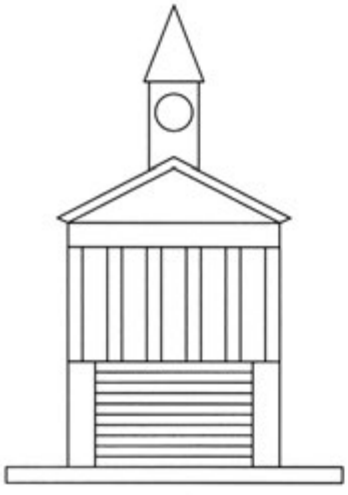
مؤسســات ایالتی و فدرال، دانشگاه‌ها، ســازمان‌های مردم‌نهاد (NGO)، شرکت‌های خصوصی، و حتی شهرداری‌ها رهنمودهای متعددی برای ساختمان سبز تدوین کرده‌اند.

نمونه‌ای از رهنمود سبز، رهنمودهای محیط مسکونی است، که در ســال ۱۹۹۹ در نیویورک تدوین شــد و در ســال ۲۰۰۰ انتشار یافت. این رهنمودهــا، مانند برنامه‌ی صدور تأییدیه‌ی LEED ، بر بازده مصرف انرژی، ارتقای کیفیت محیط داخلی، صرفه‌جویی در مصرف مصالح و منابع، صرفه‌جویی در مصرف آب، و مدیریت محوطــه تأکید دارند. بخشــی در مورد آمــوزش، بهره‌برداری، و تعمیرونگهداری نیز در آن گنجانده شده است.

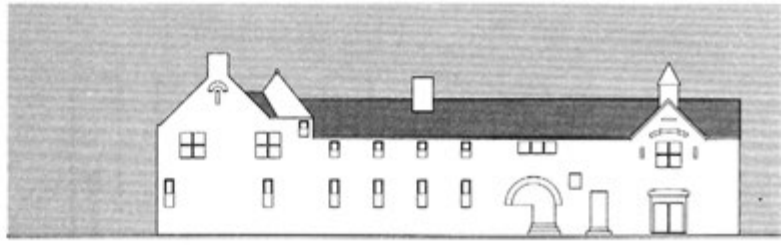
بعضــی از رهنمودها بــه حوزه‌ی خاصی از طراحی ســبز محدود می‌شــوند. نمونه‌ای از آن‌ها آغازگران محوطه‌های پایدار است که انجمن معماران محیط امریکا (ASLA)، مرکز گل‌های وحشــی لیــدی بیرد جانســون در دانشــگاه تگزاس، آســتین، و باغ‌های گیاه‌شناســی ایالات متحده‌ی امریکا آن را تدویــن کرده‌اند. این رهنمود که طبق الگوی برنامه‌ی رتبه‌بندی LEED تدوین شده، به بررسی عمیق‌تر محوطه‌های حساس زیست‌محیطی می‌پردازد، مزایای خدمات اکوسیستم‌های مختلف مانند گرده‌افشانی را شرح می‌دهد، مجموعه‌ای غنی از اصول متعدد برای محوطه‌های سبز را بیان می‌کند و سپس مجموعه‌ای گسترده از بهترین روش‌ها را، از طریق پیش‌شرط‌ها و امتیازهای معمول در سیستم امتیازدهی، عرضه می‌کند.



مقامات ایالتی



شهرداری‌ها



دانشگاه‌ها

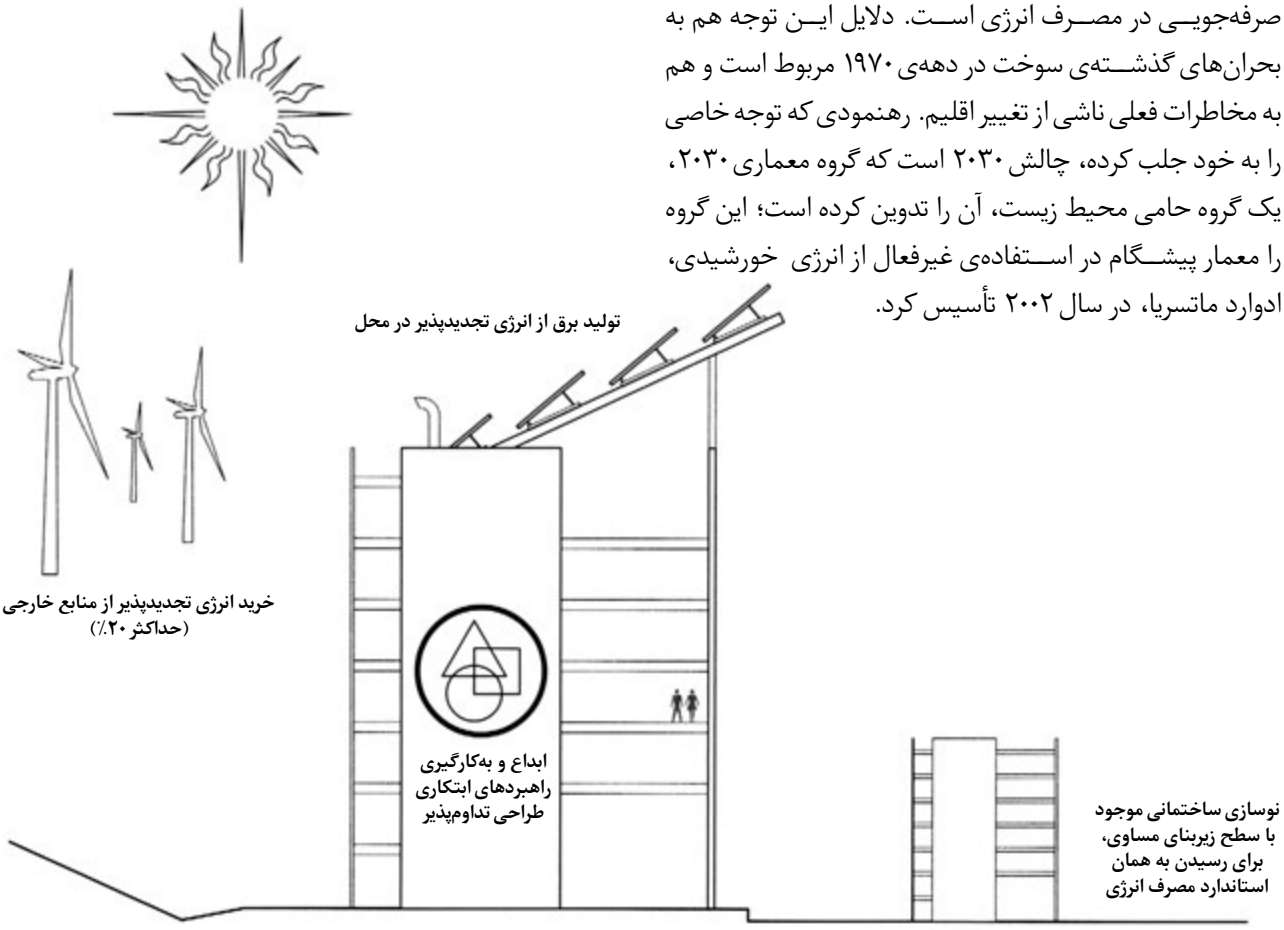


ساخت‌وسازها

۳-۱۰: مؤسساتی که از رهنمودهای سفارشی ساختمان سبز استفاده می‌کنند.

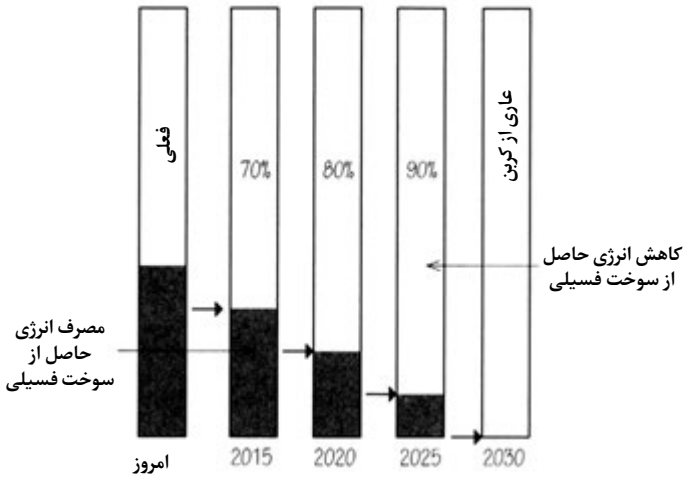
چالش ۲۰۳۰

حوزه‌ای از طراحی سبز که شاید بیش‌ترین توجه را جلب می‌کند، صرفه‌جویی در مصرف انرژی است. دلایل این توجه هم به بحران‌های گذشته‌ی سوخت در دهه‌ی ۱۹۷۰ مربوط است و هم به مخاطرات فعلی ناشی از تغییر اقلیم. رهنمودی که توجه خاصی را به خود جلب کرده، چالش ۲۰۳۰ است که گروه معماری ۲۰۳۰، یک گروه حامی محیط زیست، آن را تدوین کرده است؛ این گروه را معمار پیشگام در استفاده‌ی غیرفعال از انرژی خورشیدی، ادوارد ماتسریا، در سال ۲۰۰۲ تأسیس کرد.



۳-۱۱: راهبردهای کاهش آهنگ رشد انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی و سرانجام منفی کردن این آهنگ.

چالش ۲۰۳۰ که وزارت انرژی ایالات متحده‌ی امریکا ((DOE ASHRAE ،USGBC ، و AIA ، از آن پشتیبانی کرده‌اند، خواستار آن است که همه‌ی ساختمان‌های جدید، پروژه‌های خانه‌سازی، و پروژه‌های مهم بازسازی و نوسازی طوری طراحی شوند که مصرف انرژی حاصل از سوخت فسیلی را به کمتر از نصف میزان متداول برسانند، و هر سال همین سطح از ساختمان‌های موجود نیز نوسازی شوند تا به استانداردهای مشابهی دست یابند. گذشته از این، معماری ۲۰۳۰ خواستار این است که میزان کاهش مصرف سوخت فسیلی تا سال ۲۰۱۵ به ۷۰٪، تا سال ۲۰۲۰ به ۸۰٪، تا سال ۲۰۲۵ به ۹۰٪ برسد و در سال ۲۰۳۰، همه‌ی ساختمان‌های جدید عاری از کربن باشند (یعنی در ساخت و بهره‌برداری از آن‌ها از سوخت‌های فسیلی و انرژی مولد گازهای گلخانه‌ای استفاده نشود).



۳-۱۲: اهداف چالش ۲۰۳۰.

۴ محله و محوطه

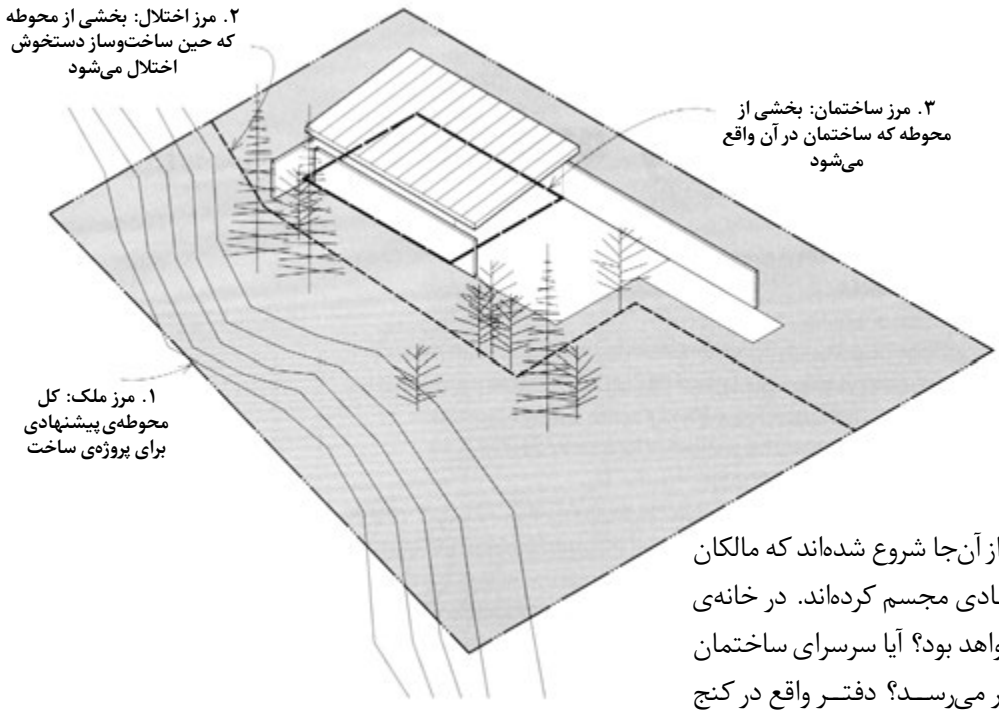
محله‌ای که در آن ساخت‌وساز انجام می‌دهیم، و محوطه‌ای که در آن ساخت‌وساز انجام می‌دهیم، می‌توانند در مورد جنبه‌های مختلف ساختمانی که برای ساخت انتخاب می‌کنیم به ما اطلاعات بدهند و در آن‌ها تأثیر کنند.

اهداف اولیه در انتخاب محله و محوطه برای ساختمان سبز شامل‌اند بر محافظت از محوطه‌های حساس، حفاظت از محوطه‌های ساخته‌نشده، بازسازی و استفاده‌ی مجدد از محوطه‌هایی که قبلا ساخته شده‌اند، کاهش تأثیر بر فلور و فون (گیا و زیا)، تقویت ارتباط با محله، و به حداقل رساندن تأثیرات حمل‌ونقل، بر محیط زیست و مصرف انرژی.

در این اهداف احترامی عمیق برای طبیعت و حیات وحش، و ایجاد توازن بین محیط‌های ساخته‌شده و ساخته‌نشده، به‌جای برخورد با عرصه‌های طبیعی صرفا به‌عنوان جایی برای اسکان آدمی، نهفته است. در عین حال، باید به کاهش آلودگی نوری، حداقل کردن نخاله‌های ساختمانی، مدیریت آب باران، و محدود کردن مصرف آب در محوطه توجه کنیم.

نکته‌ی جالب این است که در همین مرحله‌ی اولیه‌ی پروژه، گزینه‌هایی برای کاهش در خور اعتنای مصرف انرژی و آب، هم‌چنین بهبود کیفیت محیط داخلی در ساختمان آینده مطرح است. این گزینه‌ها، که تأثیر عملیات خارج از ساختمان را بر آن‌چه در داخل ساختمان می‌گذرد نشان می‌دهند، به‌تفصیل بررسی می‌شوند و سرآغاز درون‌مایه‌ای به شمار می‌روند که در سرتاسر این کتاب جاری است.

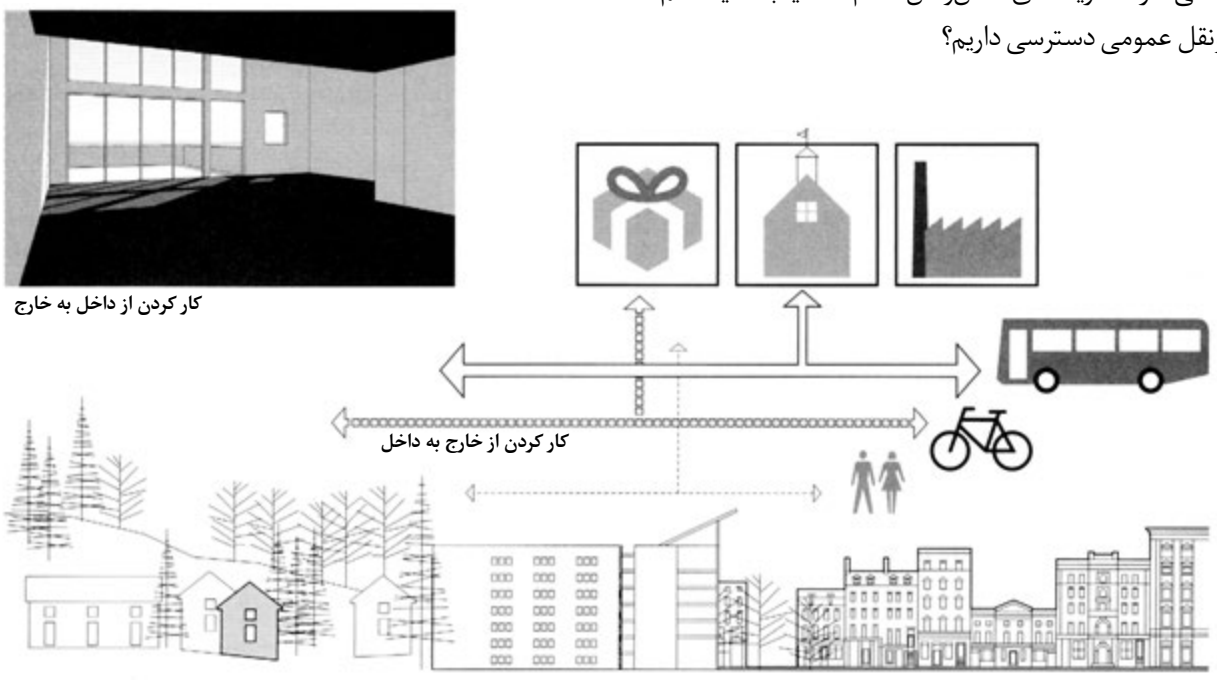
انتخاب محله و محوطه



۴-۰۱: تعریف مرزهایی که هنگام بحث درباره‌ی محوطه باید در نظر داشت.

طرح‌های سنتی ساختمان غالبا از آن‌جا شروع شده‌اند که مالکان خود را در داخل سازه‌ی پیشنهادی مجسم کرده‌اند. در خانه‌ی جدید آشپزخانه چه شکلی خواهد بود؟ آیا سرسرای ساختمان اداری جدید ترغیب‌کننده به‌نظر می‌رسد؟ دفتر واقع در کنج ساختمان چه چشم‌اندازهایی خواهد داشت؟

در طراحی سبز، رویکرد متفاوتی را در پیش می‌گیریم. به جای این‌که خودمان را در داخل ساختمان ساخته نشده مجسم کنیم، سفر خود را با تجسم ساختمان در محله شروع می‌کنیم. ساختمان نسبت به مدارس، محل‌های کار، و مراکز محله چه موقعیتی دارد؟ گزینه‌های حمل‌ونقل کدام‌اند؟ آیا به سیستم حمل‌ونقل عمومی دسترسی داریم؟



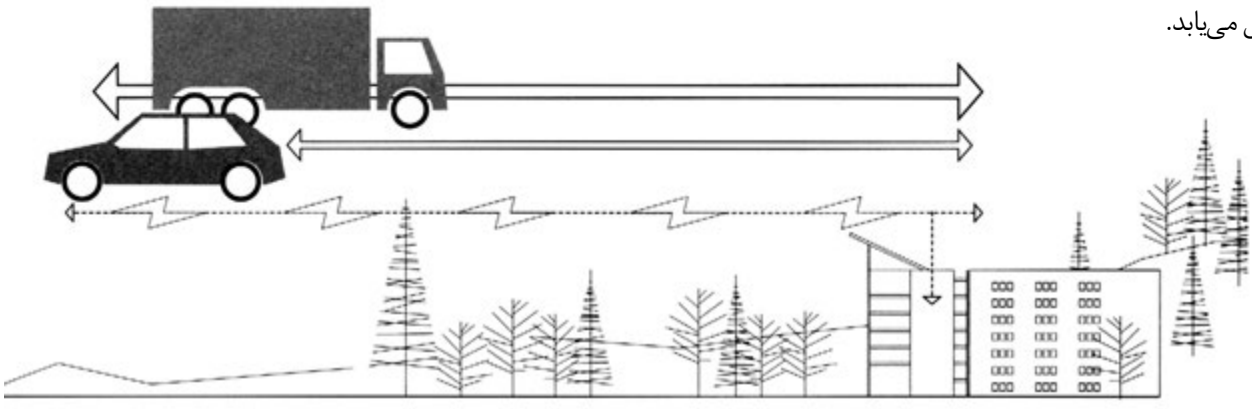
۴-۰۲: رویکرد به طراحی ساختمان از خارج به داخل - با نمایی که از موقعیت ساختمان در محله می‌بینیم - به‌جای چشم‌انداز محله از داخل ساختمان

وقتی می‌خواهیم ساختمان را در محله مجسم کنیم، این پرسش برایمان مطرح می‌شـود که آیا نوسازی ساختمانی کلنگی در مرکز شهر از ساختن ساختمانی نو در یک محوطه‌ی روسـتایی توسعه‌نیافته بهتر نیست. این پرسش را مطرح می‌کنیم که آیا در بافت شـهری محوطه‌ی خالی برای ساخت‌وساز وجود دارد یا نه. یا از خود می‌پرسـیم که آیا می‌توان محوطه‌ای پیدا کرد که با وجود قرار گرفتن در حومه‌ی شـهر یا مناطق روستایی، به حمل‌ونقل عمومی دسترسی داشته باشد. شاید بتوان از شهرداری منطقه پرسید که آیا کارهایی در محله در دست اقدام هست که تأثیر زیست‌محیطی ساختمان جدید را کاهش دهد یا نه. به‌جای تفکر انفرادی، سعی می‌کنیم به صورت جمعی فکر کنیم.



۴-۰۳: یک سـاختمان وسیع‌تر با کاربری‌های متعدد، خواه مسکونی و خواه تجاری، می‌تواند بازده مصرف انرژی بالاتری داشـته باشـد، از مصالح و منابع کمتری استفاده کند، و قیمت آن پایین‌تر از چندین ساختمان کوچک باشد که همان کاربری‌ها و کارکردها را دارند.

سـاکنان هر سـاختمان تنها مصرف‌کنندگان انرژی نیستند که مصرف آن‌ها به موقعیت ساختمان بستگی داشته باشد. مصرف انرژی غیرسـاکنانی که به این سـاختمان خدمات می‌دهند نیز، بسـته به فاصلـه‌ی آن از مرکز محله و مراکز کسـب‌وکار، تغییر می‌کنـد. به‌علاوه، انرژی لازم بـرای پمپ کردن آب و انتقال برق نیـز، برای سـاختمانی که دورتر از محله‌ای متمرکز واقع شـده، افزایش می‌یابد.

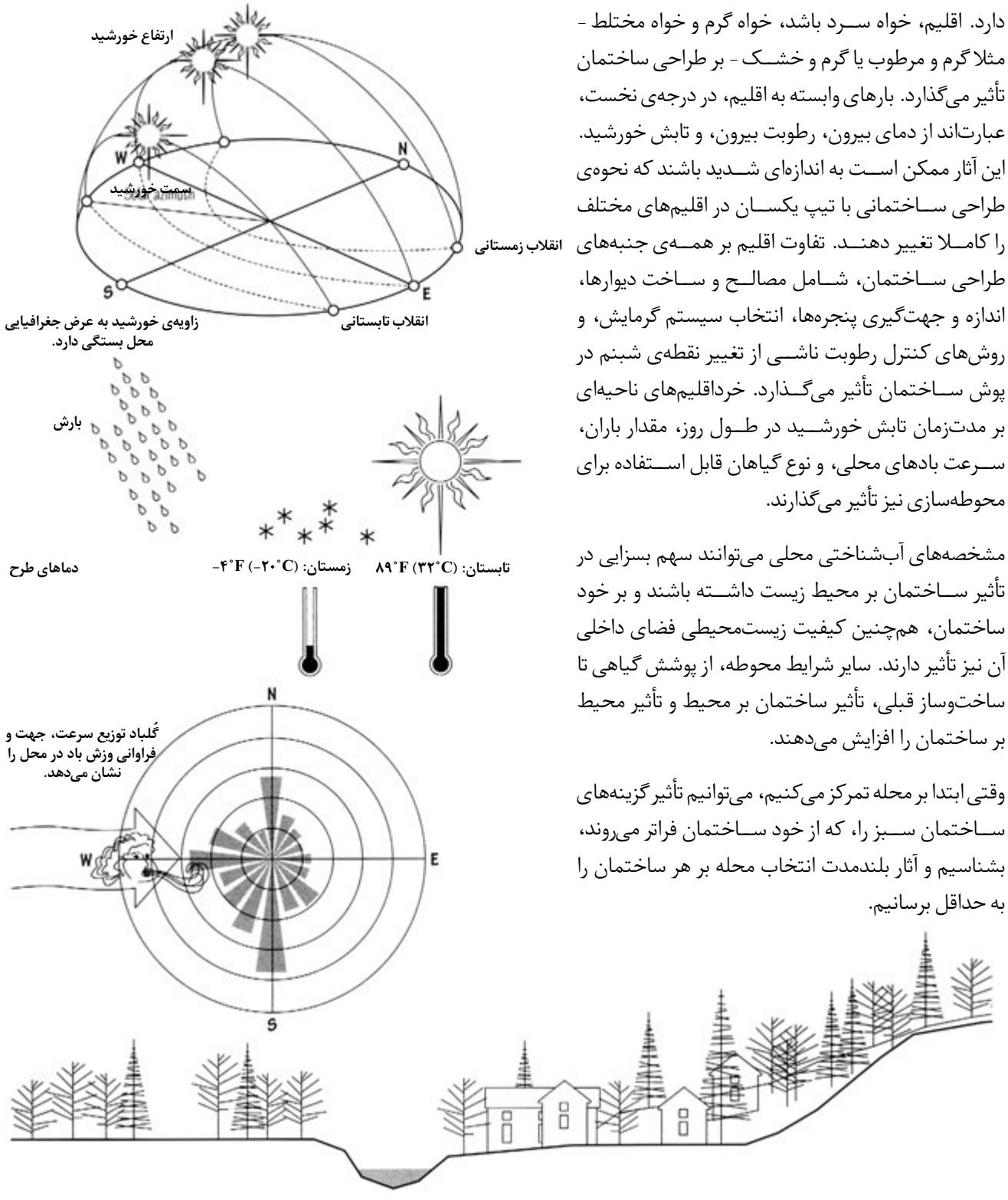


۴-۰۴: انرژی برای حمل‌ونقل - هم برای محله و هم برای خدمات‌رسانی - و هم‌چنین برای انتقال خدمات شهری به ساختمان‌های دور، مصرف می‌شود.

وقتی ابتدا روی محله تمرکز کنیم، جنبه‌های بیشـــتری از آن‌چـــه در معماری آن را مکان می‌نامیم، مطرح می‌شـــود. منطقه‌ی اقلیمی تأثیر چشمگیری بر طراحی ساختمان سبز دارد. اقلیم، خواه ســـرد باشد، خواه گرم و خواه مختلط - مثلا گرم و مرطوب یا گرم و خشـــک - بر طراحی ساختمان تأثیر می‌گذارد. بارهای وابسته به اقلیم، در درجه‌ی نخست، عبارت‌اند از دمای بیرون، رطوبت بیرون، و تابش خورشید. این آثار ممکن اســـت به اندازه‌ای شـــدید باشند که نحوه‌ی طراحی ســـاختمانی با تیپ یکســـان در اقلیم‌های مختلف را کامـــلا تغییر دهنـــد. تفاوت اقلیم بر همـــه‌ی جنبه‌های طراحی ســـاختمان، شـــامل مصالـــح و ســـاخت دیوارها، اندازه و جهت‌گیری پنجره‌ها، انتخاب سیستم گرمایش، و روش‌های کنترل رطوبت ناشـــی از تغییر نقطه‌ی شبنم در پوش ســـاختمان تأثیر می‌گـــذارد. خرداقلیم‌های ناحیه‌ای بر مدت‌زمان تابش خورشـــید در طـــول روز، مقدار باران، ســـرعت بادهای محلی، و نوع گیاهان قابل اســـتفاده برای محوطه‌سازی نیز تأثیر می‌گذارند.

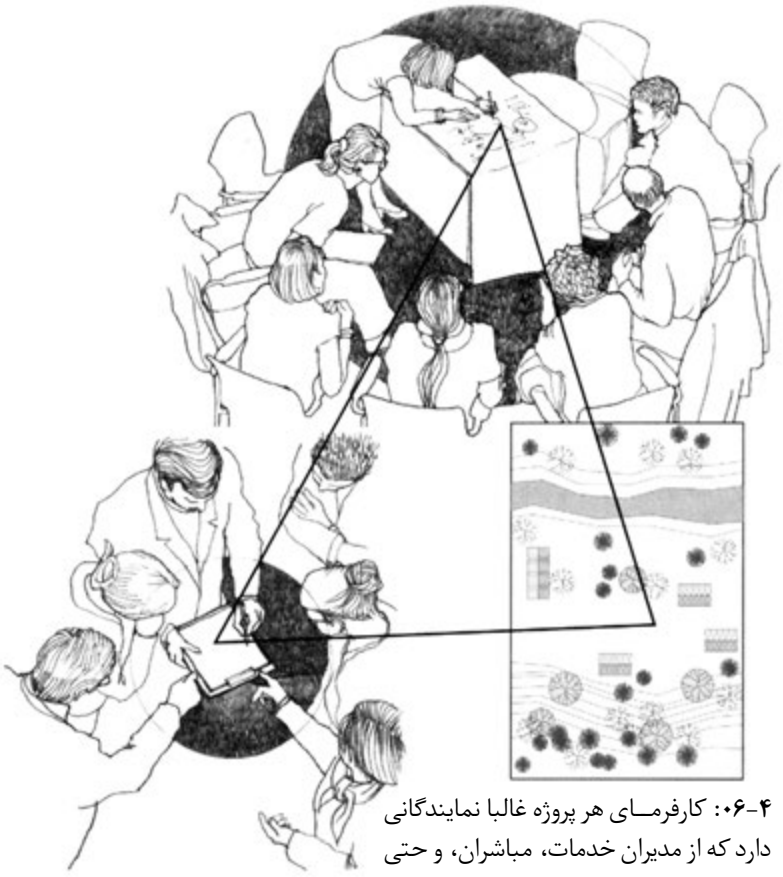
مشخصه‌های آب‌شناختی محلی می‌توانند سهم بسزایی در تأثیر ســـاختمان بر محیط زیست داشـــته باشند و بر خود ساختمان، هم‌چنین کیفیت زیست‌محیطی فضای داخلی آن نیز تأثیر دارند. سایر شرایط محوطه، از پوشش گیاهی تا ساخت‌وساز قبلی، تأثیر ساختمان بر محیط و تأثیر محیط بر ساختمان را افزایش می‌دهند.

وقتی ابتدا بر محله تمرکز می‌کنیم، می‌توانیم تأثیر گزینه‌های ســـاختمان ســـبز را، که از خود ســـاختمان فراتر می‌روند، بشناسیم و آثار بلندمدت انتخاب محله بر هر ساختمان را به حداقل برسانیم.



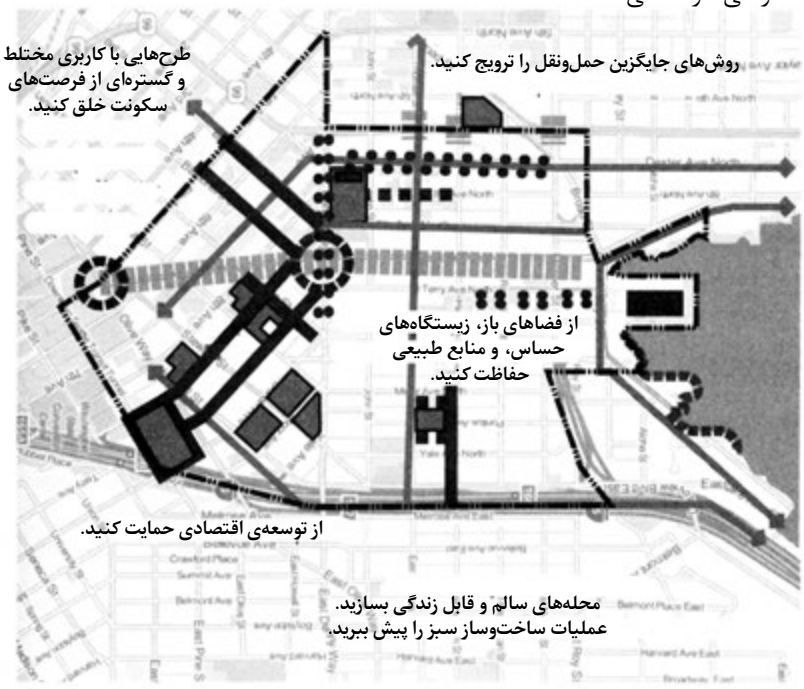
۴-۰۵: در طراحی ساختمان، باید عرض جغرافیایی، موقعیت جغرافیایی، و اقلیم غالب را برای محل و محوطه‌ی مورد نظر بررسی کنیم.

در ایــن بزنــگاه زودهنــگام، اهداف مالــک تعیین می‌شود. ســند نیازهای پروژه‌ی مالک، که در فصل ۱۸، کیفیت در طراحی و ســاخت ســبز، به تفصیل شرح داده می‌شــود، نوشته شده، همه‌ی طرف‌های پروژه بر ســر آن توافق می‌کنند. هــرگاه در مرحله‌ی اولیه‌ی طراحی نیازهای مالک به‌روشــنی مشــخص شــود، فرایند طراحی ســبز می‌تواند دســتاوردهای چشــمگیری داشــته باشــد. غالبا، برای بسیاری از مالــکان، ساختمان‌ســازی تجربه‌ای جدید اســت و این فرایند به تجربه‌ای آموزشــی تبدیل می‌شــود که بســیاری هرگز آن را از یــاد نخواهند برد؛ هم‌چنین فرصتی برای طراحان و سازندگان حرفه‌ای است که دانسته‌های خود را به دیگران بیاموزند. این گفته در مورد ســاختمان سبز بیشــتر صدق می‌کند، زیرا در فرایند طراحی ســبز گزینه و بده‌بستان به‌وفور یافت می‌شود و در این فرایند، روشن کردن نیازهای مالک ممکن اســت به تجربه‌ای بــرای تعیین ارزش‌های او تبدیل شــود. بهترین زمان برای شناســایی نیازهای مالک حیــن بحث‌های اولیه بــرای انتخاب محله و محوطه است.



۰۶-۴: کارفرمــای هر پروژه غالبا نمایندگانی دارد که از مدیران خدمات، مباشران، و حتی کاربران نهایی تشــکیل می‌شوند و در فرایند طراحی شرکت می‌کنند.

در بحثــی فراگیرتر ارزیابی محله و محوطه به منطقه و شــهر، و رویکردهای ســبز برای تقویت این روابط نیز گســترش می‌یابد. این موضوعات از حیطه‌ی کار این کتــاب خارج‌اند، اما با انتخاب محوطه‌ی خاص برای هر ساختمان رابطه‌ی تنگاتنگ دارند. نظریه‌ی رشد هوشمندانه بر توسعه‌ی محله‌محور با شالوده‌ای محکــم و تداوم‌پذیــر تأکیــد می‌کنــد. LEED یک سیســتم رتبه‌بندی ســبز برای محلات تدوین کرده است که انواع ویژگی‌های ســبز، از قبیل فشردگی، رابطه‌داری و خیابان‌های قابل پیاده‌روی در آن مطرح می‌شود. بسیاری از این موضوعات رابطه‌ی نزدیک با انتخاب‌ها، نیازها، و تأثیرات بالقوه‌ی هر ســاختمان خاص بــر محله و محوطه دارند، و در شــکل دادن به انتخاب‌ها در هر پروژه‌ی ســاختمان ســبز بسیار ارشمندند.



۰۷-۴: سیستم رتبه‌بندی LEED برای توسعه‌ی محلات اصول نظریه‌ی رشد هوشمندانه، شهرسازی، و ساختمان سبز را با هم تلفیق می‌کند.

حفاظت از محوطه‌های حساس

در پروژه‌هـای سـاختمان سـبز بـه محافظـت از محوطه‌های حساس اولویت داده می‌شـود. تعریف محوطه‌ی حساس معمولا تابع مقررات یا ضوابط ایالتی اسـت و معمولا شـامل زمین‌های کشاورزی، سبزه‌زارها، نواحی در معرض خطر سیل، زیستگاه‌های گونه‌هـای در معرض خطر یـا در معرض انقراض، تلماسـه‌های قدیمـی، جنگل‌هـای قدیمی، تالاب‌ها و سـایر پهنه‌های آبی، و نواحی حفاظت‌شده است.

محافظت از محوطه‌های حساس با صورت‌برداری از محوطه، قبل از انتخاب آن آغاز می‌شود و با مستندسازی مشخصه‌های محوطه‌ی حسـاس قبل از شـروع کار روی محوطه ادامـه می‌یابد. معنای محافظت، انصراف از ساخت‌وساز در این محوطه‌ها و هم‌چنین در مناطق حاشیه‌ای آن‌هاست که لایه‌ی محافظتی دیگری را تشکیل می‌دهند. منظور از ساخت‌وسـاز فقط ساختمان‌سازی نیست و باید از کشیدن جاده، ساخت پارکینگ، و سایر تأسیسات زیربنایی در این محوطه‌ها اجتناب کرد.

غالبـا برای ساخت‌وسـازهایی کـه خاص پشـتیبانی از ناحیه‌ی موردنظر، یا در ارتباط با آن انجام می‌گیرد، استثنا قائل می‌شوند. مثلا در یک منطقه‌ی حفاظت‌شده، ممکن است اجازه‌ی ساخت ساختمانی در ارتباط با منطقه‌ی مورد نظر داده شود؛ این اجازه را مؤسسه یا سازمانی که منطقه را حفاظت‌شده اعلام کرده اسـت صادر می‌کند. گاهی ایـن اجازه برای فعالیت‌های آموزشی یا روشنگری صادر می‌شود؛ در موارد دیگر، این اسـتثنا به ساختمان‌هایی محدود می‌شود که در محافظت از منطقه‌ی مورد نظر نقش فعالی داشـته باشـند. در مورد فضای سبز، گاهی ساخت‌وسـاز مجاز است، به شـرط این‌که فضای سـبزی که در آن ساخت‌وساز شده با فضای سبزی به همان وسـعت یا بیشتر، و معمولا مجاور با مرز ملک ساخته شده، جایگزین شود.

در ایـالات متحـده‌ی امریـکا، منابع شناسـایی محوطه‌هـای حسـاس عبارت‌انـد از نقشـه‌های زمین‌هـای کشـاورزی تهیه شـده توسـط وزارت کشـاورزی، اطلاعات مربوط به دشت‌های سیلابی که در اختیار سـتاد مدیریت بحران است، فهرست زیستگاه‌های گونه‌های در خطر و در معرض انقراض که مؤسسه‌ی حمایـت از حیـات وحش آن را تهیـه می‌کنـد، و رهنمودهای شناسایی تالاب‌ها که توسط مهندسی ارتش ارائه می‌شود.



۴-۰۸: ناحیه‌هایی که محوطه‌ی حساس شمرده می‌شوند.



۴-۰۹: اسـتثنائا ساختن سـاختمان‌هایی با هدف آموزشی، روشـنگری، یا حفاظتی در مناطق حفاظت‌شده مجاز است.

حفاظت و بازسازی

منطقه‌ی سبز به صورت منطقه‌ای تعریف می‌شود که قبلا ساخت‌وساز در آن انجام نگرفته است. منطقه‌ی قهوه‌ای تأسیسات صنعتی یا تجاری متروکه یا کم‌کاربردی است که تراز مشهودی از آلودگی زیست‌محیطی دارد. در منطقه‌ی خاکستری قبلا ساخت‌وساز انجام شده، ولی فاقد آلودگی زیست‌محیطی است، نیازی به ترمیم ندارد، اما بقایای مشهود ساخت‌وساز و تأسیسات زیربنایی، مانند ساختمان‌های خالی، خدمات شهری، و آسفالت در آن به‌چشم می‌خورد. محوطه‌هایی که قبلا توسعه یافته‌اند، اما نه منطقه‌ی خاکستری شمرده می‌شوند و نه منطقه‌ی قهوه‌ای، با تسامح محوطه‌های قبلا توسعه‌یافته نامیده می‌شوند. باید توجه داشت که اراضی جنگلی، کشاورزی، یا زمین‌هایی که قبلا پوشش گیاهی داشته‌اند، منطقه‌ی سبز شمرده می‌شوند.

در ساخت‌وساز سبز، از بازسازی و کاربری مجدد محوطه‌های قهوه‌ای استقبال می‌شود و این عمل را مثبت تلقی می‌کنند، زیرا دو هدف مختلف را محقق می‌کند. نخست این‌که از ساخت‌وساز در مناطق سبز یا سایر نواحی حساس جلوگیری می‌شود؛ دوم این‌که فرایند توسعه شامل ترمیم هر نوع آلودگی زیست‌محیطی است. به همین ترتیب، ساخت‌وساز در مناطق خاکستری یا مناطق دیگری که قبلا توسعه یافته‌اند نیز ترویج می‌شود.

برای حفاظت از نواحی توسعه‌نیافته، ساخت‌وساز در مناطق سبز منع می‌شود. میزان ممانعت از ساخت‌وساز در مناطق سبز در آیین‌نامه‌ها و استانداردهای مختلف متفاوت است و ریشه در بحث ساختمان سبز دارد. LEED ساخت‌وساز در مناطق سبز را به‌صورت غیرمستقیم، و از طریق تشویق به توسعه‌ی مجدد مناطق قهوه‌ای، افزایش تراکم شهری، و محدود کردن ساخت‌وساز در مناطق سبز به نواحی نزدیک به جاده‌ها، پارکینگ‌ها و خود ساختمان، منع می‌کند. آیین‌نامه‌ی بین‌المللی ساخت سبز این امکان را برای هر حوزه‌ی قضایی فراهم می‌کند که ساخت‌وساز در مناطق سبز را صراحتا ممنوع کند. چالش ساختمان زنده، ساخت‌وساز در مناطق سبز را مجاز نمی‌داند.

این نظر که نه‌تنها باید از ترویج ساخت‌وساز در مناطق سبز خودداری کرد، بلکه باید مانع انجام این نوع ساخت‌وساز شد، مهم‌ترین پرسش را در مورد محوطه مطرح می‌کند: این‌طور که پیش می‌رویم، آیا اصلا قرار هست غیر از مناطقی که قبلا در آن‌ها ساخت‌وساز شده، در جای دیگری هم ساخت‌وساز انجام دهیم؟



منطقه‌ی سبز



منطقه‌ی خاکستری

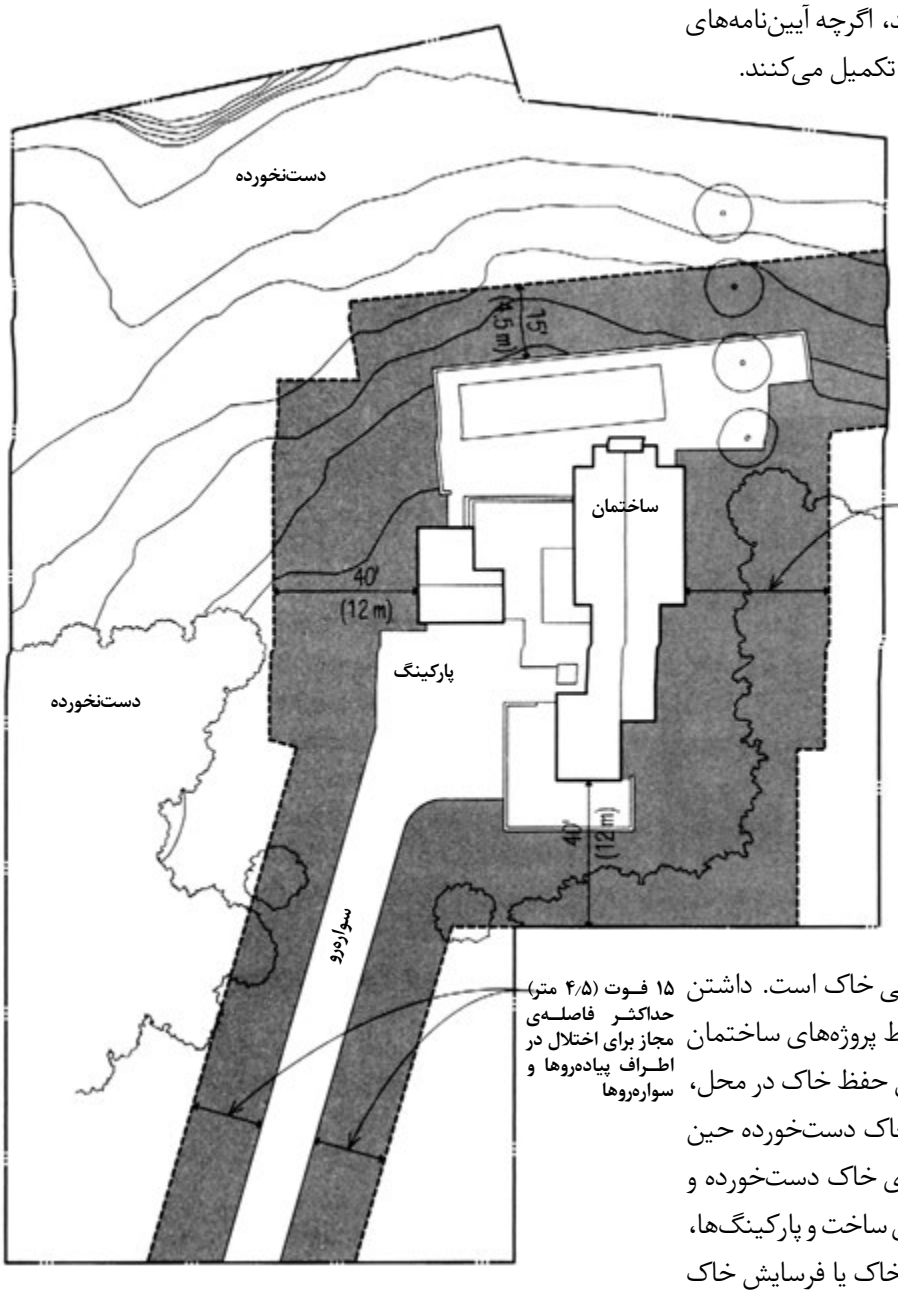


منطقه‌ی قهوه‌ای

۴-۱۰: دسته‌بندی محوطه‌های ساخت‌وساز.

حفاظت از ویژگی‌های طبیعی

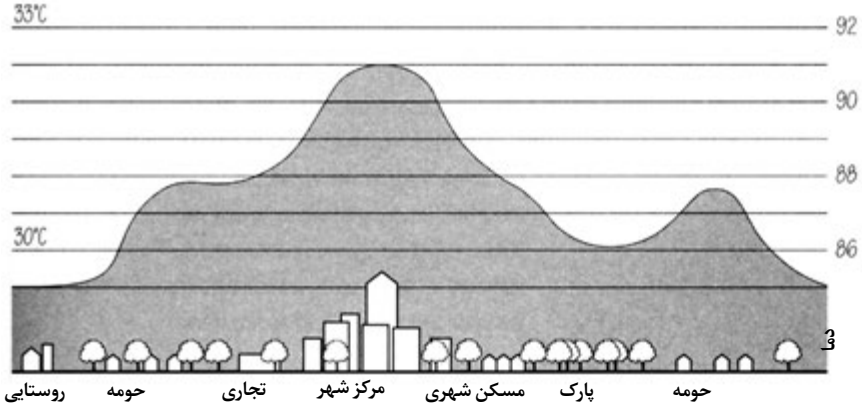
در مواردی که اجازه‌ی ساخت‌وساز در مناطق سبز داده می‌شود، اختلال در محوطه را باید به حداقل رساند. به‌نظر می‌رسد اجماعی در حال شـکل‌گیری باشـد که چنین اختلال‌هایی را به فاصله‌ی کمتـر از ۴۰ فـوت (۱۲ متر) از سـاختمان و ۱۵ فوت (۴/۵ متر) از پیاده‌روها و سـواره‌روها محدود می‌کنـد، اگرچه آیین‌نامه‌های مختلف با هم تفاوت دارند یا این شرایط را تکمیل می‌کنند.



۴-۱۱: محدودیت دست بردن در محوطه‌های مناطق سبز.

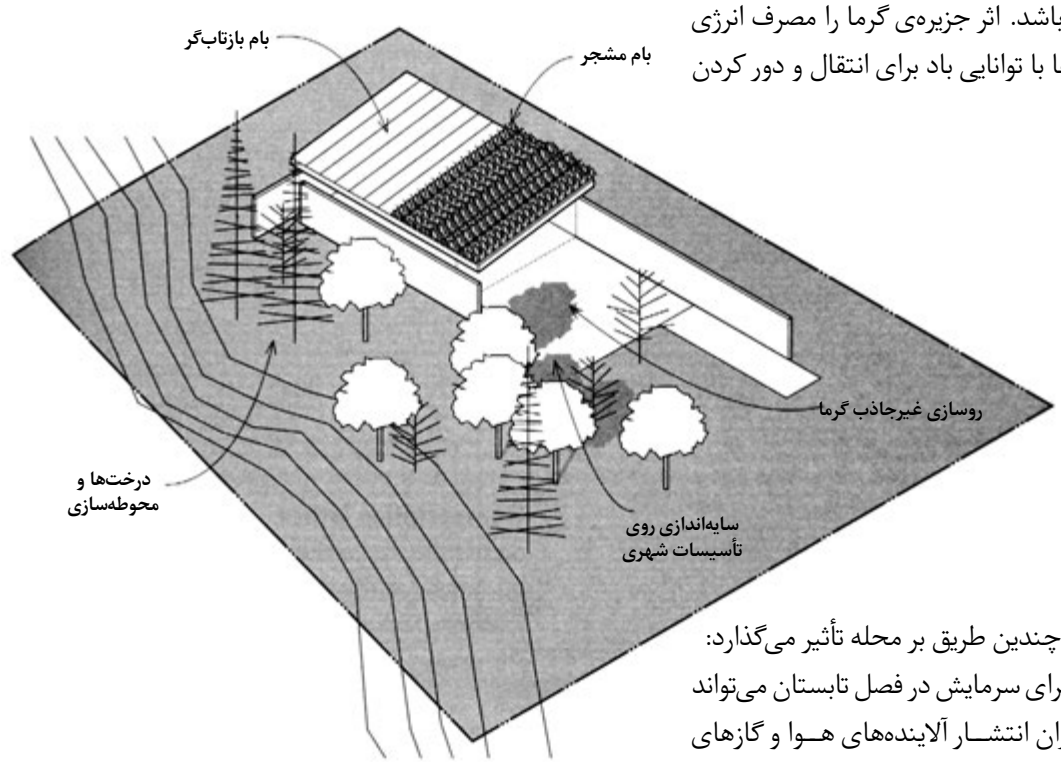
طراحی سبز در پی محافظت از شرایط فعلی خاک است. داشتن برنامه‌ی مکتوب محافظت از خاک از شرایط پروژه‌های ساختمان سـبز است. راهبردهای این برنامه شـامل حفظ خاک در محل، انباشت و مصرف مجدد خاک، بازسازی خاک دست‌خورده حین ساخت، تأمین مجدد پوشـش گیاهی برای خاک دست‌خورده و بازسازی‌شده، برنامه‌ریزی دقیق مرحله‌بندی ساخت و پارکینگ‌ها، و اقداماتی برای جلوگیری از روان شـدن خاک یا فرسایش خاک توسـط باد در حین ساخت است. خاک سطحی که به محوطه‌ی ساختمان حمل می‌شود، نباید از نواحی حساس برداشته شود. محافظت از پوشـش گیاهـی و بازگرداندن حیـات گیاهی نیز، براساس مشخصه‌های جذب کربن گیاهان مطلوب است.

کاهش اثر جزیره‌ی گرما



۴-۱۲: جزایر گرما در نتیجه‌ی بالا رفتن دما به‌واسطه‌ی وجود ساختمان‌ها و تأسیسات شهری، به‌ویژه در نواحی شهری تشکیل می‌شوند.

منظـور از اثر جزیره‌ی گرما، جذب و نگهداری تابش خورشـیدی دریافتی توسـط ساختمان‌ها و تأسیسات شهری است. وقتی این گرما در محیط آزاد می‌شـود، ممکن اسـت جزایر گرمایی نسبتا متمایزی تشـکیل شـوند که دمای آن‌ها، نسبت به دمای نواحی روستایی اطرافشان بالاتر باشد. اثر جزیره‌ی گرما را مصرف انرژی ساختمان‌ها و تداخل آن‌ها با توانایی باد برای انتقال و دور کردن گرما، تشدید می‌کند.



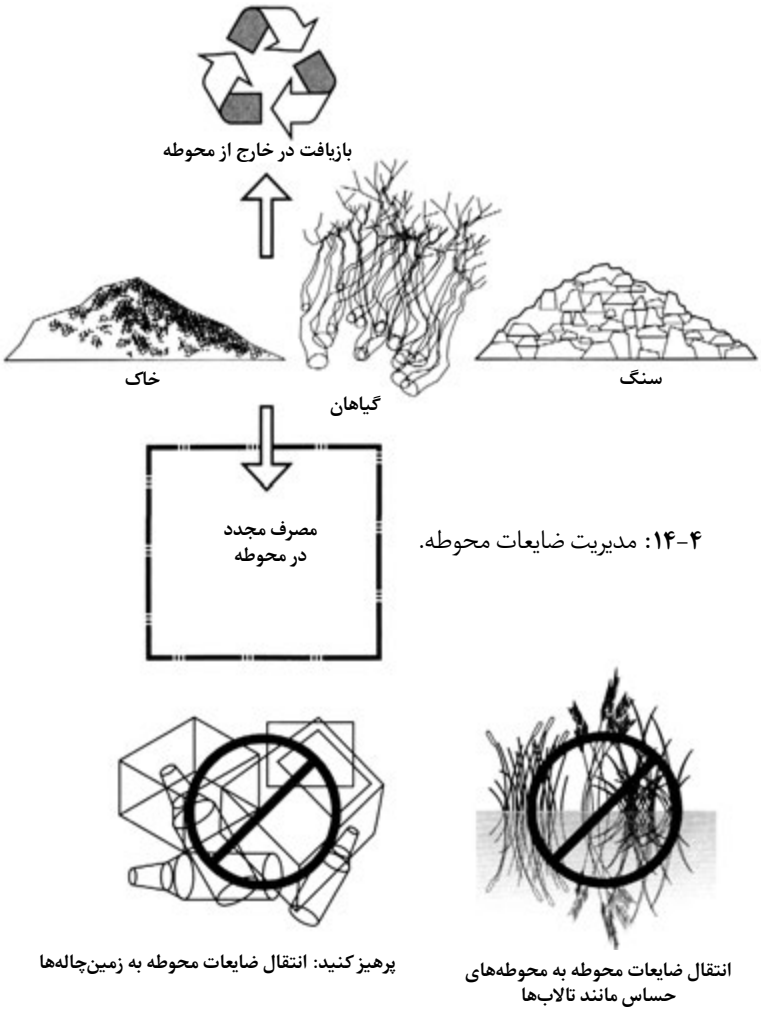
۴-۱۳: بعضی از راه‌های محدود کردن اثر جزیره‌ی گرما عبارت‌اند از استفاده از رنگ‌های روشن با بازتابندگی خورشیدی بالا برای پوشش بام و ساخت بام‌های مشـجر. گزینه‌های غیرمرتبط با بام عبارت‌اند از روسازی راه‌ها با مصالح غیرجاذب گرما، و کاشـتن درخت و درختچه برای سایه‌اندازی بر سطح پارکینگ‌ها و دیگر تأسیسات شهری.

دمای بالای جزایر گرما به چندین طریق بر محله تأثیر می‌گذارد:

- افزایش مصرف انرژی برای سرمایش در فصل تابستان می‌تواند موجـب افزایش میـزان انتشـار آلاینده‌های هـوا و گازهای گلخانه‌ای شود و به تشکیل اوزون در سطح زمین کمک کند.
- دمای بالا می‌تواند در گرمازدگی و مرگ‌ومیر ناشی از آن سهم داشته باشد.
- آب باران گرم‌شـده‌ای که از آبروها خارج می‌شـود، می‌تواند موجب افزایش دمای نهرها، رودها، برکه‌ها، و دریاچه‌ها شود، و اکوسیستم‌های آبی را تحت فشار بگذارد.

مدیریت ضایعات محوطه

هنگام آماده‌ســازی محوطه برای ســاخت، غالبا قبل از حمل مصالح ســاختمانی به محــل، مقدار زیادی ضایعات تولید می‌شــود. ضایعات تولیدی در محوطه عبارت‌اند از ســنگ، خاک، و گیاهــان. در پروژه‌های ســبز از انتقال این قبیل ضایعات بــه زمین‌چاله‌ها یا محوطه‌های حساس جلوگیری می‌شود. راهبردهایی از قبیل مصرف مجدد این مواد در محوطه و بازیافت در خارج از محوطه توصیه می‌شود. نخاله‌های زیان‌آور را باید به شیوه‌ای حمل کرد که به محیط زیست آسیب نرســد. پروژه‌ی ســاختمان ســبز باید برنامه‌ای برای مدیریت ضایعات محوطه‌ی ســاختمان داشته باشد؛ این برنامه ترجیحا باید با برنامه‌ی مدیریت نخاله‌های ساختمانی که بعدا شرح داده خواهد شد، تلفیق شود.



۴-۱۴: مدیریت ضایعات محوطه.

مسائل حمل‌ونقل

گذشــته از انتخــاب محوطــه، کــه بــر صورت‌های دسترس‌پذیر حمل‌ونقل، و سرانجام بر مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل و آلودگی ناشی از آن تأثیر می‌گذارد، تصمیم‌های دیگری هم می‌توان اتخاذ کرد که موجب ترویج صورت‌های سبزتر حمل‌ونقل شود.

در طرح‌ریزی دقیق برای محوطه امکاناتی به‌کار گرفته می‌شــود که مروج شــیوه‌های کمتر آلاینده‌ی حمل ونقل اســت. به‌عنوان مثال می‌توان از نصب مقرهای دوچرخه، ســاخت مکانی سرپوشــیده برای نگهداری دوچرخه، و فراهم آوردن مسیرهای پیاده برای دسترسی نام بــرد. از آن‌جا که حفظ ایمنی دوچرخه‌ســواران و عابران پیاده موجب ترویج دوچرخه‌سواری و پیاده‌روی می‌شود، ساخت پیاده‌رو، مسیرهای اختصاصی برای دوچرخه‌ســواری، و نصب علایم راهنمایی در محوطه بسیار مطلوب است.

مقدار میانگین انتشار مواد کربنی در ایالات متحده‌ی امریکا

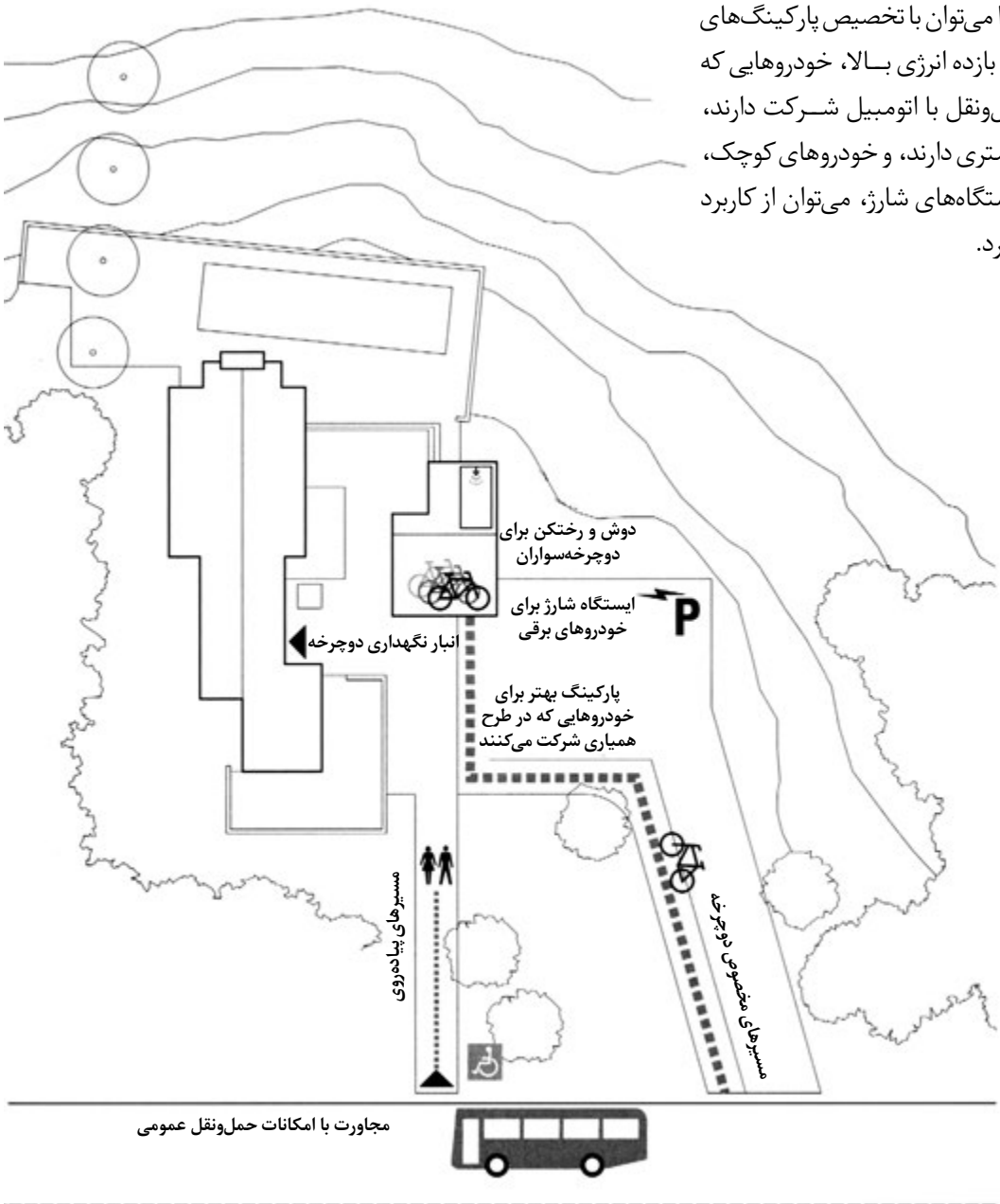
شیوه‌ی حمل‌ونقل	پوند CO_2 به‌ازای هر نفر - مایل
اتومبیل‌ها (تک‌سرنشین)	0.96
اتوبوس	0.65
قطار محلی	0.35
دوچرخه، پیاده‌روی	0.00

۴-۱۵: صورت‌هــای مختلــف حمل‌ونقل مقادیر مختلفــی مواد کربنی منتشر می‌کنند.

ضوابط تشویقی LEED برای دوچرخه‌سواری، از طریق امتیاز قائل شـــدن برای نصب مقر دوچرخه، شامل ضابطه‌ای است که می‌تواند جوهر اصلی استاندارد سبز باشد: این امتیاز فقط در صورتی به ســـاختمان تعلق می‌گیـــرد که دوش و رختکن داشـــته باشـــد به طوری‌که دوچرخه‌ســـواران بتوانند بعد از دوچرخه‌سواری دوش بگیرند و لباس عوض کنند.

حمل‌ونقل موتوری کارآمد را می‌توان با تخصیص پارکینگ‌های بهتـــر برای خودروهـــای با بازده انرژی بـــالا، خودروهایی که در طرح همیـــاری در حمل‌ونقل با اتومبیل شـــرکت دارند، خودروهایی که آلایندگی کمتری دارند، و خودروهای کوچک، ترویج کرد. با تأســـیس ایستگاه‌های شارژ، می‌توان از کاربرد خودروهای برقی حمایت کرد.

مجاورت با امکانـــات حمل‌ونقل عمومی نیـــز می‌تواند به کارآیی حمل‌ونقـــل کمک کنـــد، چنان‌که محدود کـــردن تعداد جاهای پارک، که منفعت کاهش ســـطح روسازی در محوطه را نیز در پی دارد، مروج استفاده از حمل‌ونقل عمومی است.



۴-۱۶: روش‌های ترویج استفاده از شیوه‌های حمل‌ونقلی که آلایندگی کمتری دارند.

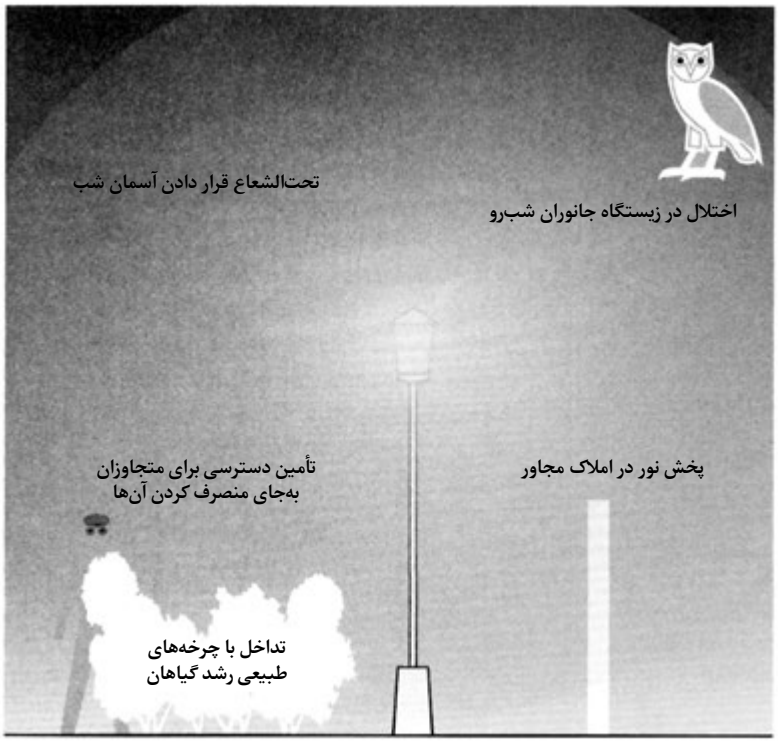
کاهش آلودگی نوری

آلودگـــی نوری یعنی ورود نور مصنوعـــی به فضای بیرون. آلودگی نوری تأثیرات متعـــددی دارد. آلودگی نوری الگوهای طبیعی نور و تاریکـــی و ریتم‌هـــای زندگی را که گیاهان، جانـــوران و آدمیان بـــه آن‌ها خو گرفته‌اند، تغییر می‌دهد، در چرخه‌های خواب وقفه ایجاد می‌کند و با رشد طبیعی گیاهان تداخل کرده، زیستگاه‌های جانوران شب‌رو را مختل می‌سازد.

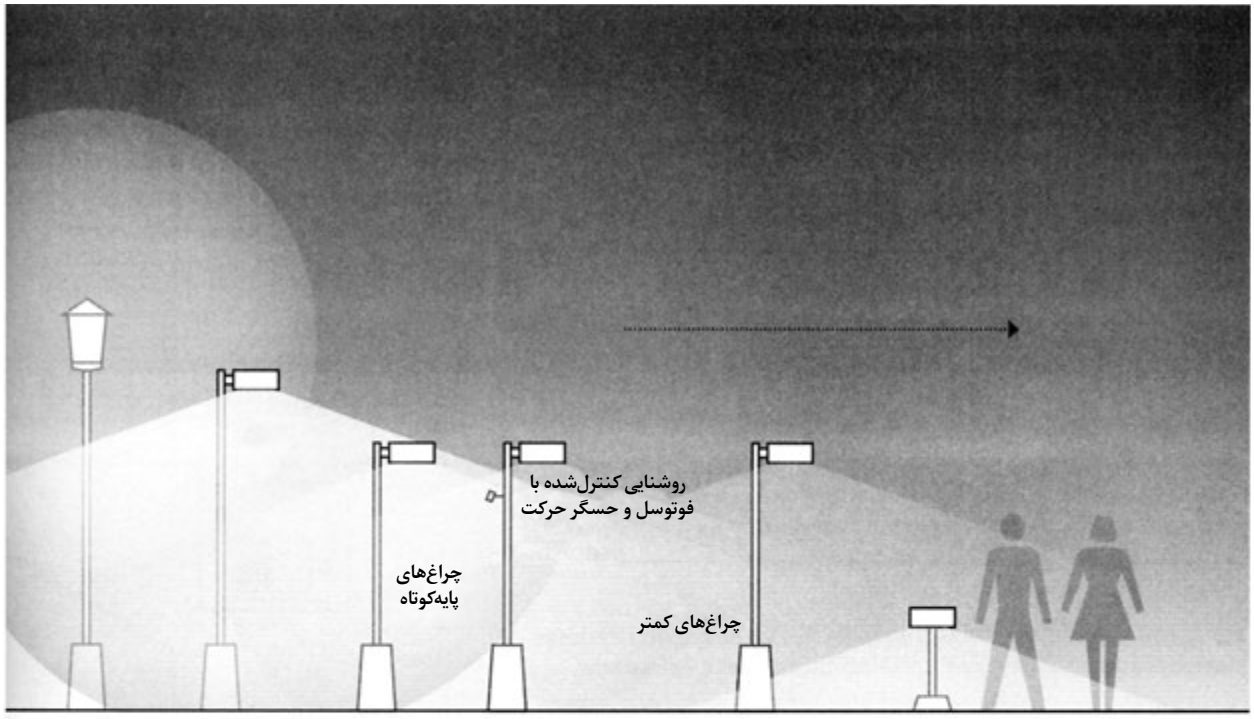
آلودگی نوری با توانایی تماشـــا و رصد آســـمان شب، ستارگان و ســـیاره‌ها تداخل می‌کند. این پدیده موجب تجاوز به حریم نوری ساختمان‌های مجاور شده، احتمال درگیری همسایگان را در پی دارد. آلودگی نوری می‌تواند برای ایمنی نیز زیان‌بار باشد و عوارضی مانند چشم‌دوزی و کوری موقت برای رانندگان ایجاد کند. آلودگی نوری موجب اتلاف انرژی شـــده، تأثیرات زیان‌بار زیست‌محیطی و اقتصادی ناشی از اتلاف انرژی را به دنبال دارد.

روشـــنایی شـــبانه برای نظارت و مراقبـــت می‌تواند عملا موجب افزایش مخاطرات امنیتی شـــود. اگرچه روشـــنایی محیط بیرون می‌تواند احســـاس امنیـــت ایجاد کنـــد، تحقیقات نشـــان داده اســـت که روشـــنایی شـــبانه نمی‌توانـــد میزان جرایـــم را کاهش دهد. چراغ‌هایی که سرتاســـر شب روشن می‌مانند نمی‌تواننـــد از فعالیت‌های خـــلاف خبر بدهند، در صورتی که چراغ‌هایی که توسط حسگرهای حساس به حرکت روشن می‌شوند، می‌توانند ما را از چنین فعالیت‌هایـــی آگاه کنند و احتمالا متجـــاوزان را از قصد خود منصرف کنند. چراغ‌های خارجی ممکن است در بعضی نواحی سبب چشم‌دوزی شوند و در بعضی نواحی دیگر سایه ایجاد کنند که خود پوششی برای نفوذ متجاوزان ایجاد می‌کند.

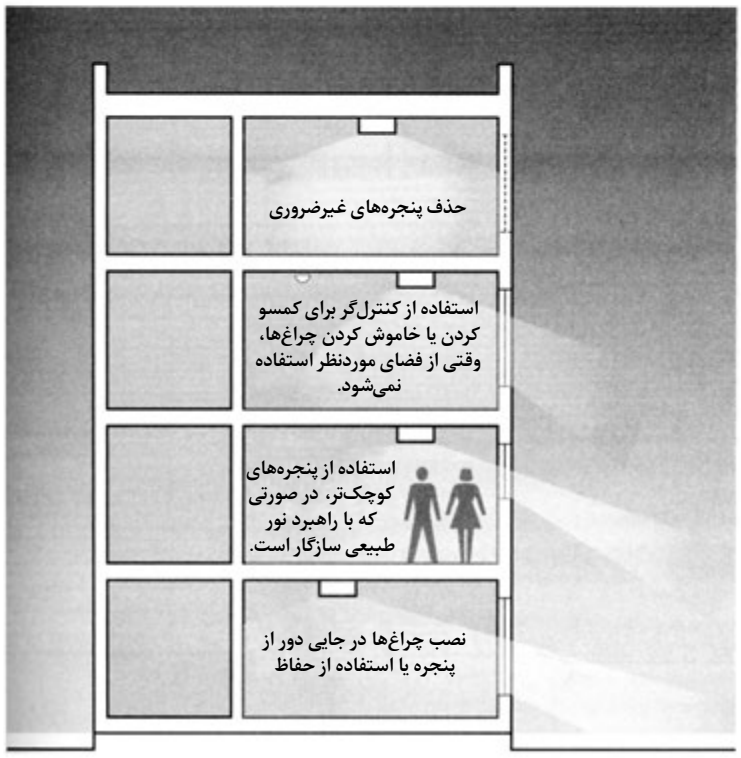
راهبردهای کاهش یا حذف آلودگی نوری عبارت‌اند از انتخاب چراغ‌هایی که نور را کمتر پخش می‌کنند و بـــه جای پراکنده کردن آن در اطراف و به ســـمت آسمان، مستقیما متوجه زمین می‌کنند. گزینه‌های دیگری هم برای کاهش آلودگی نوری مطرح اســـت که از جملـــه عبارت‌اند از نصب تیرهـــای برق برای روشـــن کردن معابر پیـــاده به‌جای نصـــب چراغ‌ها روی تیرهـــای بلند، نصب چـــراغ روی تیر به جای دیوار، اســـتقرار تســـهیلات رفاهـــی خارجی مثـــل پارکینگ‌ها و ســـازه‌های بیرونی نزدیک‌تر به هم و نزدیک‌تر به ســـاختمان‌های اصلی، تعیین تراز روشـــنایی پایین‌تر و حذف نورپردازی روبه بالا، و اســـتفاده از کنترل‌گرهایی مانند حسگرهای حرکت که موجب می‌شوند چراغ‌های محوطه‌ی بیرونی اغلب اوقات خاموش بمانند. راهبردهای نصب عبارت‌اند از نصب‌روبه‌پایین چراغ‌ها و اســـتفاده از کنترل‌گـــر برای چراغ‌های خارجی، از قبیل تنظیم‌های تأخیری برای حســـگرهای حرکت و کلیدهای زمانی. گزینه‌ی دیگر حذف روشنایی خارجی در صورت امکان است.



۴-۱۷: روشنایی شبانه از چندین طریق بر محیط بیرون تأثیر می‌گذارد.



۴-۱۸: گزینه‌های طراحی برای محدود کردن آثار نورپردازی شبانه.

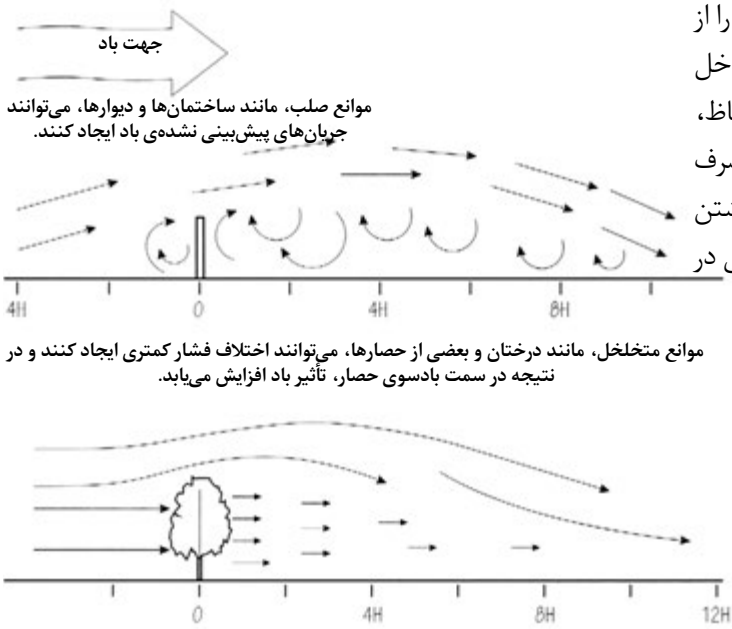


موضوع مرتبط، نفوذ نور فضای داخل به بیرون است. راه‌حل‌های این مسئله عبارت‌اند از نصب کنترل‌گرهای روشنایی برای خاموش کردن چراغ‌ها، وقتی شب‌هنگام به آن‌ها نیازی نیست؛ کاهش تراز روشنایی فضای داخلی در ساعات پایانی شب؛ حذف پنجره‌ها در فضاهایی که به پنجره نیاز ندارند، مثل راه‌پله‌ها و فضاهای خدماتی، کاهش ابعاد پنجره‌ها در جاهایی که به پنجره‌های بزرگ نیازی نیست، تنظیم موقعیت نسبی چراغ‌ها و پنجره‌ها؛ کاهش روشنایی در نزدیکی پنجره‌ها، حفاظ گذاشتن برای چراغ‌ها، و پرهیز از جهت دادن چراغ‌ها به طرف فضای بیرون.

۴-۱۹: راه‌های کاهش نفوذ نور از فضاهای داخلی ساختمان به بیرون.

راهبردهای محوطه و مصرف انرژی

انتخاب محوطه می‌تواند اثر چشـــمگیری بر مصرف انرژی داشته باشـــد. ساختمانی حفاظت‌نشده بر فراز تپه، بیشتر از ساختمانی کـــه در پناه درختان یا ســـاختمان‌های مجاور قرار گرفته اســـت، انرژی مصرف می‌کند. علت این است که در زمستان باد گرما را از ساختمان دور می‌کند و در تابستان هوای گرم بیرون را به داخل ساختمان می‌راند. شبیه‌سازی کامپیوتری ساختمانی بی‌حفاظ، در مقایسه با ساختمانی محفوظ، حاکی از ۱۲٪ کاهش در مصرف انرژی بود. مطالعه روی اســـتفاده از درخت برای در پناه گذاشتن ساختمان‌های اداری در اســـکاتلند، حاکی از ۴٪ صرفه‌جویی در مصرف سالانه‌ی انرژی بود.



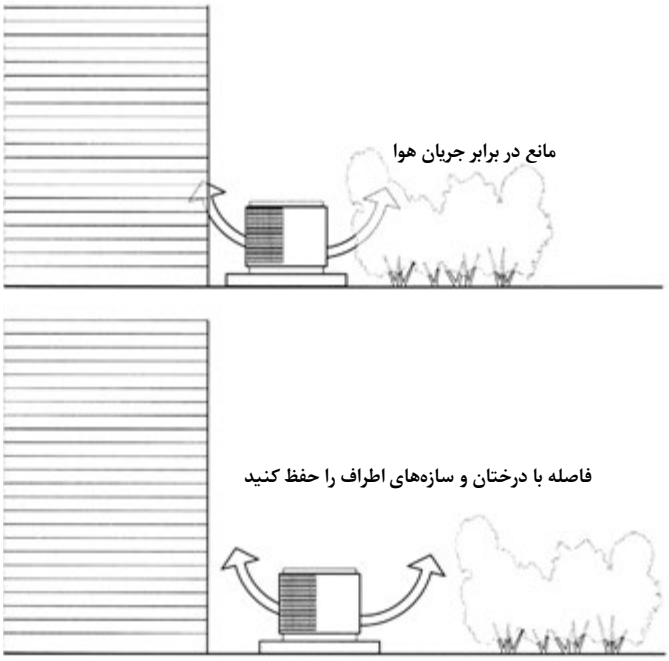
۴-۲۰: درختان، ســـازه‌ها، حصار، و سایر فرم‌های محافظ به کاهش سرعت باد در پایین‌دســـت مانع کمک می‌کنند. حداکثر کاهش باد در فاصله‌ای ۵ تا ۸ برابر حفاظ مشاهده می‌شود. H = ارتفاع مانع.

علاوه بر درختان، با استقرار راهبردی ساختمان نسبت به ســـاختمان‌های مجاور، گاراژها، انبارها، حصار، دیوارهای حائل، شبکه، بوته‌ها و درختچه‌ها نیز می‌توان ساختمان را از باد محفوظ نگه داشت.

به همین ترتیب، محفوظ نگه داشـــتن ساختمان از تابش خورشـــید با اســـتفاده از درختان برگ‌ریـــز، جذب گرمای خورشیدی را در تابســـتان کاهش می‌دهد و جذب گرمای خورشیدی در زمســـتان را ممکن می‌کند. در بررسی‌های مختلف میزان کاهش مصرف انرژی برای ســـرمایش، بسته به تعداد درختان و محل آن‌ها، تا ۱۸٪ برآورد شـــده اســـت و به ســـبب محفوظ ماندن ســـاختمان از باد، صرفه‌جویی دیگری هم در مصرف انرژی برای گرمایش حاصل می‌شود.

طرح‌ریزی محوطـــه تنها به محوطه‌ســـازی و ویژگی‌های طبیعی مربوط نمی‌شود. ساختمان‌ها غالبا به تجهیزات خارجی واقع در محوطه، مثل کندانسورهای تهویه‌مطبوع، برج‌های خنک‌کننده، و ترانسفورماتور نیز نیاز دارند.

برخـــلاف ســـاختمان‌ها، دســـتگاه‌های تهویه‌مطبـــوع خارجی و پمپ‌های حرارتی، برج‌های خنک‌کننده، و ترانسفورماتورها، وقتی پوشـــش گیاهی یا ســـاختمان‌های مجاور اطراف آن‌ها را نگرفته باشند، با بازده بالاتری کار می‌کنند.



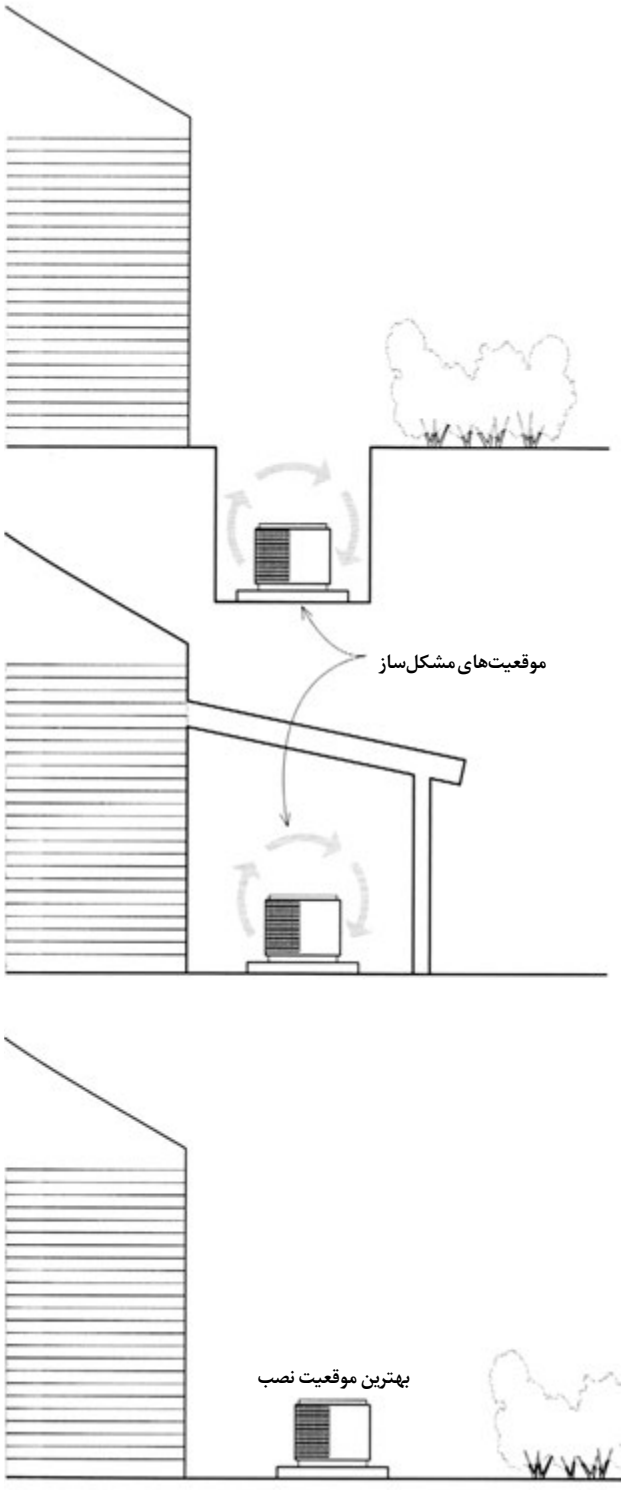
۴-۲۱: پوشـــش گیاهی، دیوارها، و ســـایر موانعی که در برابر جریان باد در اطراف پمپ‌های حرارتی و کندانســـورهای سیستم تهویه‌مطبوع وجود دارند، موجب افزایش مصرف انرژی می‌شوند.

این مسئله در مورد دستگاه‌های تهویه‌مطبوع بسیار مهم‌است و اگر با پمپ‌های حرارتی ســروکار داشته باشیم که گرمایش ساختمان را تأمین می‌کنند، از این هم مهم‌تر می‌شــود. سه خطر مشخص وجــود دارد، کــه هر یک از آن‌ها می‌تواند ســبب افزایش مصرف انرژی به میزان ۲۰٪ یا بیشتر شود.

- جلوگیری از جریان هوا توسط پوشش گیاهی یا موانع دیگر
- آلوده شــدن مبدل‌های حرارتی توســط گردوغبــار یا گرده‌ی گیاهان
- سیرکولاسیون مجدد هوای خروجی از سیستم

دو خطر نخســت موجب کاهش جریان هوا می‌شوند و در نتیجه انتقال گرما را کاهش می‌دهند. کاهش جریان هوا ســبب افزایش فشار مبرد شده، بار وارد بر کمپرسور را افزایش می‌دهد و در نتیجه مصرف برق بالا می‌رود. در تلاش برای پنهان کردن دستگاه‌هایی که در فضای بیرون نصب می‌شــوند، غالبا آن‌ها را بســیار نزدیک ســاختمان نصب می‌کنند یا در اطــراف آن‌ها درختچه می‌کارند. درختچه‌ها رشــد می‌کنند و، با گذشت زمان، مبدل‌های حرارتی با برگ پوشیده می‌شوند و در نتیجه مصرف برق به‌شدت افزایش می‌یابد. وجود فاصله‌ی آزاد بین این دســتگاه‌ها و ساختمان، یا پوشــش گیاهی ، مانع از بروز چنین مشکلی می‌شود. نصب یک شیر شیلنگی در نزدیکی این دستگاه‌ها، تمیزکاری آن‌ها را آسان‌تر می‌کند.

خطر ســوم متفاوت اســت، امــا نتیجه‌ی مشــابهی دارد. وقتی دستگاه تهویه‌مطبوع گرمای فضای داخل را به جریان هوای بیرون دفع می‌کند، هوایی که از کندانســور خارج می‌شــود گرم است. وقتــی پمپ حرارتــی در حالت گرمایــش کار می‌کند، عکس این پدیده رخ می‌دهد - وقتی دســتگاه واقع در فضای بیرون گرما را از هوای بیرون می‌گیرد و به فضای داخل می‌فرســتد، هوایی که از دســتگاه بیرونی خارج می‌شود، سرد است. اگر این هوا دوباره وارد کندانســور شــود، خواه در حالت گرمایش و خواه در حالت سرمایش، مصرف برق به‌شدت افزایش می‌یابد. استقرار دستگاهی که در فضای بیرون نصب می‌شــود در محصوره‌ای تقریبا بســته، مثــلا زیر ایوان یا داخل چاه پله، یا در حیاط‌خلوتی سرپوشــیده، موجب سیرکولاســیون مجدد هوا و افزایش مصرف انرژی خواهد شد.

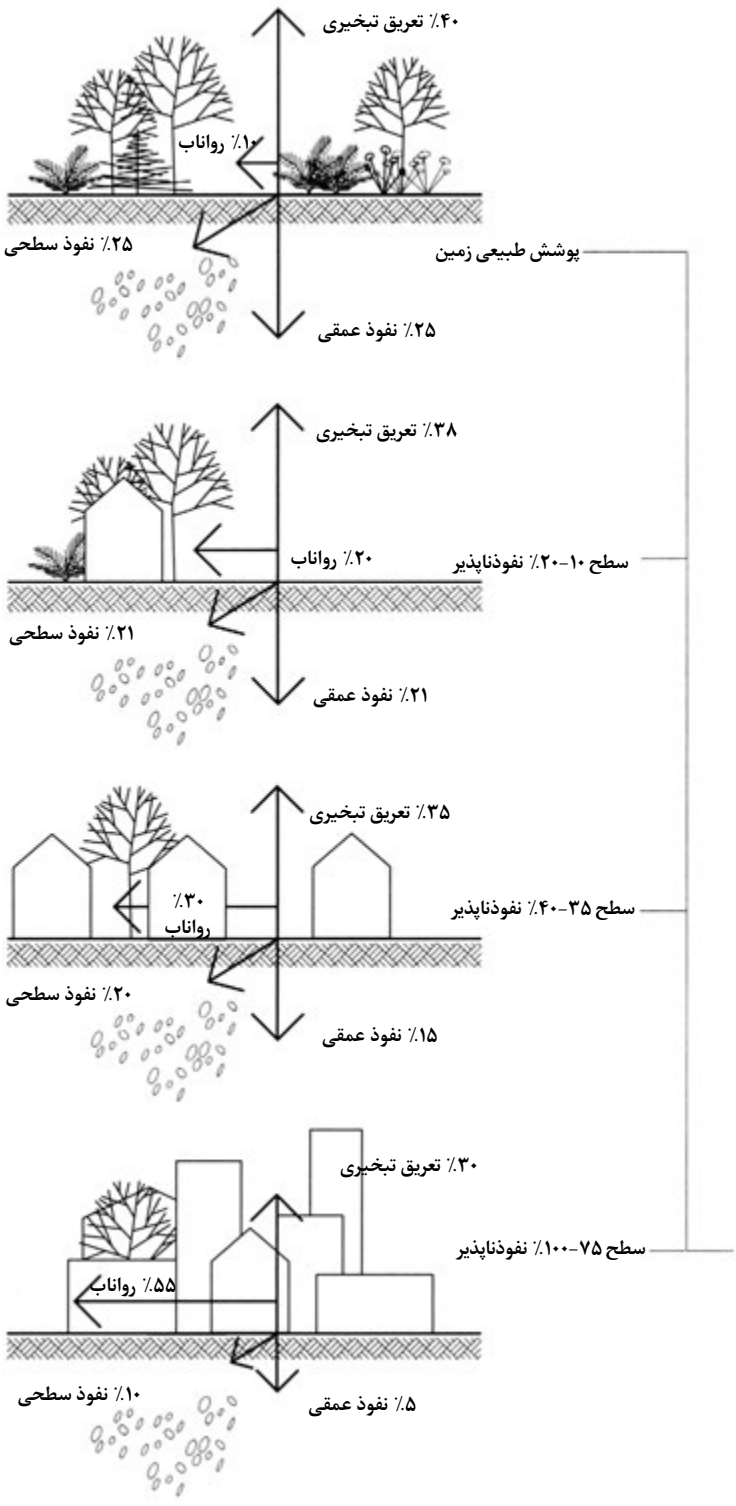


۴-۲۲: پمپ‌های حرارتی و کندانسورهای سیستم تهویه‌مطبوع را نباید در جایی مســتقر کرد که هوای خروجــی از آن‌ها بتواند دوباره به داخل دستگاه برگردد، زیرا موجب افزایش چشمگیر مصرف انرژی خواهد شد.

صرفه‌جویی در مصرف، مدیریت و کیفیت آب محوطه

گذشته از حفاظت از پهنه‌های آب و تالاب‌ها، از طریق ایجاد حد فاصلی برای جداسازی آن‌ها از محوطه‌ی اجرای پروژه، پروژه‌های سبز اهدافی در جهت کاهش آثار زیست‌محیطی منفی رواناب‌ها و کاهش مصرف آب قابل شرب در فضای بیرون نیز دارند.

سطوح نفوذناپذیر، ساختمان‌ها، و سیستم‌های سنتی جمع‌آوری آب باران، جریان بای‌پس پرسرعتی را در پیرامون چرخه‌ی طبیعی آب‌شناختی تشکیل می‌دهند و مانع از نفوذ آب باران به داخل خاک می‌شوند. در نتیجه مشکلات مختلفی بروز می‌کند که از جمله می‌توان به فرسایش خاک، آسیب دیدن زیستگاه‌ها، جاری شدن سیل، آلودگی آب، ته کشیدن سفره‌های آب، و تنزل فیزیکی و شیمیایی پهنه‌های آب دریافت‌کننده‌ی آب باران اشاره کرد. در ضمن، استفاده از آبی که به محوطه منتقل شده، معمولا آب آشامیدنی، برای مقاصدی از قبیل آبیاری و آب‌نماسازی، فقط موجب افزایش میزان آب‌های جاری بر سطح (رواناب) و تشدید مشکلات ناشی از آن می‌شود.



۴-۲۳: تغییرات چرخه‌ی آب در ارتباط با شهرسازی.

کمیت رواناب

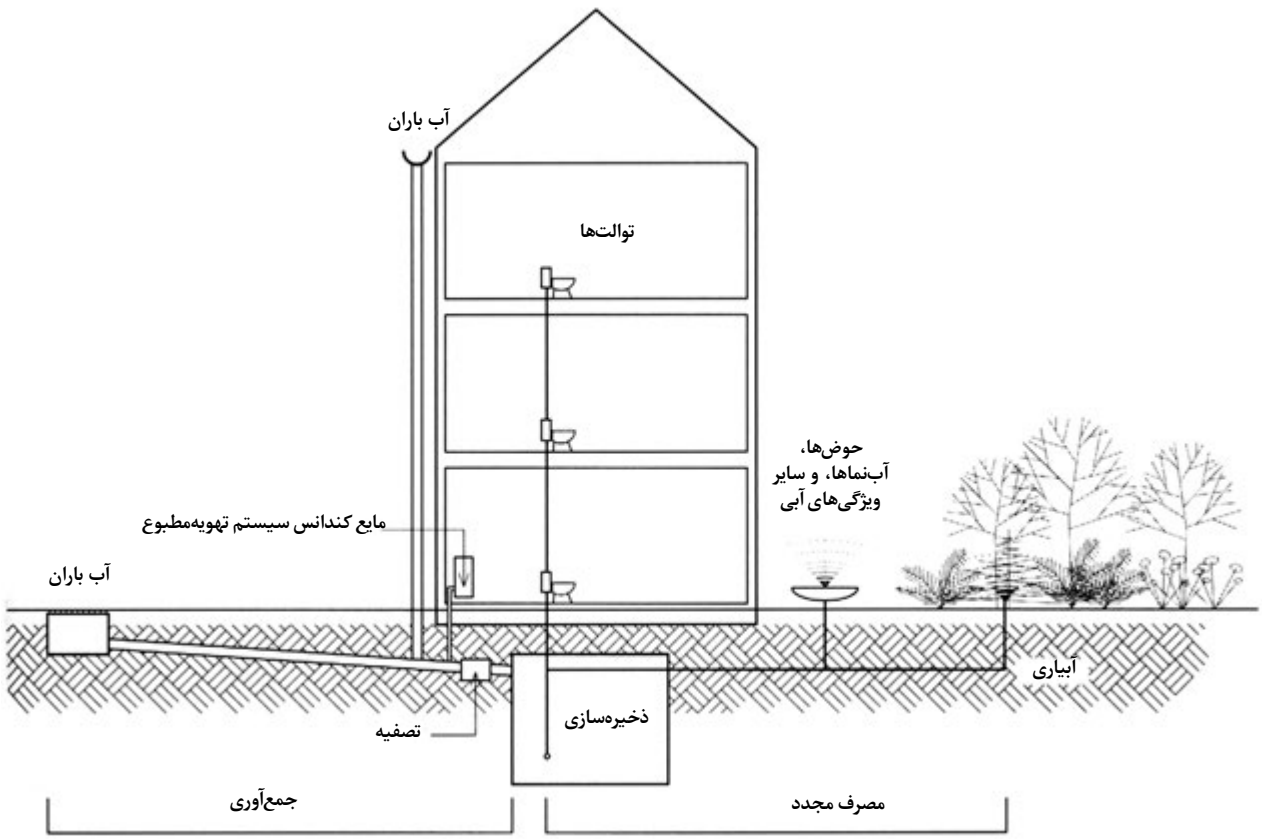
رواناب عبارت اســت از جریان آب باران روی سطوح روسازی‌شده که موجب افزایش بار سیستم جمع‌آوری آب باران می‌شود و خطر آب‌گرفتگی و فرسایش را در مسیر جریان افزایش می‌دهد. رواناب می‌تواند موجب جابه‌جایی و انتقال آلاینده‌های ســطحی در طول همین مســیر شود. به‌علاوه، رواناب گردش آب باران در چرخه‌ی طبیعی آب‌شناختی را کاهش می‌دهد. کاهش جریان آب به داخل خاک و در داخل خاک موجب ته کشیدن سفره‌های آب زیرزمینی و کاهش میزان تصفیه‌ی آب می‌شود؛ تصفیه‌ای که در صورت نفوذ آب در خاک سطحی و خاک زیری انجام می‌گرفت.

با کار کردن از خارج به سمت داخل، در انتخاب محوطه به دنبال کاهــش نیاز به فضای پارکینگ، از طریق اســتفاده‌ی بیشــتر از سیستم حمل‌ونقل عمومی و حمل‌ونقل غیرموتوری، و به حداقل رســاندن نیاز بــه پارکینگ در محوطه، از طریق تســهیل ارتباط محله‌ای و ساخت‌وساز متراکم هستیم.

راهبــرد دیگری بــرای کاهش رواناب‌ها ترویج نفــوذ در محوطه، از طریق جایگزینی ســطوح نفوذناپذیر با سطوح نفوذپذیر، مانند روســازی‌های تراوا، آســفالت متخلخل، بتن تراوا، و فضای سبز است.

راه‌هــای دیگر کاهــش رواناب عبارت‌اند از انباشــت آب باران در محوطه و استفاده‌ی مجدد از آن برای کارهایی مانند آبیاری فضای سبز و سیفون توالت‌ها.

ســرانجام، هــدف مــا بــرای خصوصیــات آب‌شــناختی بعد از ساخت‌وساز، تقلید از خصوصیات آب‌شناختی قبل از ساخت‌وساز، و نگهداری آب باران در محوطه، تا حداکثر میزان ممکن، است.



۴-۲۴: کاهش مقدار رواناب از طریق جمع‌آوری و مصرف مجدد.

کیفیت رواناب

ما نه‌تنها در پی کاهش کمیت رواناب هستیم، بلکه به افزایش کیفیت آن نیز فکر می‌کنیم. مزایای افزایش کیفیت رواناب عبارت‌اند از بهبود کیفیت آب موجود در محوطه برای مصرف مجدد، و بهبود کیفیت آبی که از محوطه خارج می‌شود و به رودها، دریاچه‌ها و دریاها می‌ریزد. افزایش کیفیت آب به نفع فون و فلور در زیستگاه‌های طبیعی، هم‌چنین مصرف و مصرف مجدد خود ماست.

با کنترل کمیت آب، می‌توان کیفیت آن را نیز تا حدودی افزایش داد. کاهش مقدار و سرعت رواناب‌ها موجب کاهش همراه‌بَری آلاینده‌هایی از قبیل آفت‌کش‌ها، فلزات سنگین، روغن و گریس، ضایعات زیست‌شناختی، زباله، و رسوب می‌شود.

گام بعدی به حداقل رساندن منابع آلودگی است. در این‌جا نیز، هنگام انتخاب محوطه و قبل از آغاز طراحی محوطه، گام بزرگی برداشته شده است. مخصوصا اگر محوطه در مرکز محله یا نزدیک به مرکز محله انتخاب شده باشد و به سیستم حمل‌ونقل عمومی دسترسی داشته باشد، نیاز به استفاده از وسایل نقلیه‌ی موتوری شخصی کاهش می‌یابد و در نتیجه آلاینده‌های ناشی از کاربرد این وسایل، مانند گریس و روغن، که همراه لاستیک‌ها وارد محوطه می‌شوند، نیز کمتر خواهد شد.

در محوطه‌های ساختمان سبز منابع آلودگی نیز باید به حداقل برسند. منابع آلودگی تولیدشده در داخل ساختمان را در فصل ۱۳ با عنوان کیفیت زیست‌محیطی فضای داخلی، شرح خواهیم داد. منابع آلودگی محوطه که منشأ آن‌ها بیرون ساختمان است عبارت‌اند از آفت‌کش‌ها، علف‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، کودهای شیمیایی، فضولات حیوانی، و نازک‌کاری‌های سازه‌ها و تأسیسات خارجی. رویکردهای معینی برای برخورد با این منابع آلودگی اندیشیده شده است که از جمله می‌توان به مدیریت یکپارچه‌ی آفت‌ها و روش‌های باغبانی ارگانیک اشاره کرد.

اکنون چالش ساختمان سبز این است: طراحی ساختمان چگونه می‌تواند از این رویکردها و عملیات، حین ساختن ساختمان و پس از تکمیل آن، حمایت کند؟ می‌توانیم سازه‌ها، تأسیسات بیرونی، و مصالح را طوری انتخاب کنیم که نیازی به نازک‌کاری با مواد بسیار سمی نباشد. می‌توانیم فضای سبز را براساس گیاهان بومی و مقاوم طراحی کنیم و نیاز به مصرف آفت‌کش‌ها، علف‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و کودهای شیمیایی را به حداقل برسانیم. به طور کلی، وقتی در اندیشه‌ی کاهش منابع آلودگی هستیم، کم هم زیاد است. ساخت سازه‌های خارجی کمتر و کاهش محوطه‌سازی مصنوعی به معنای کاهش نیاز به همه‌ی انواع مواد شیمیایی است.



۴-۲۵: راهبردهای افزایش کیفیت رواناب‌ها.

هــرگاه نتوان از همراه‌بَری آلودگــی جلوگیری کرد، باید تصفیه‌ی آب باران از طریق عبور دادن آن از خاک ســطحی و زیرسطحی را ترویج کرد.

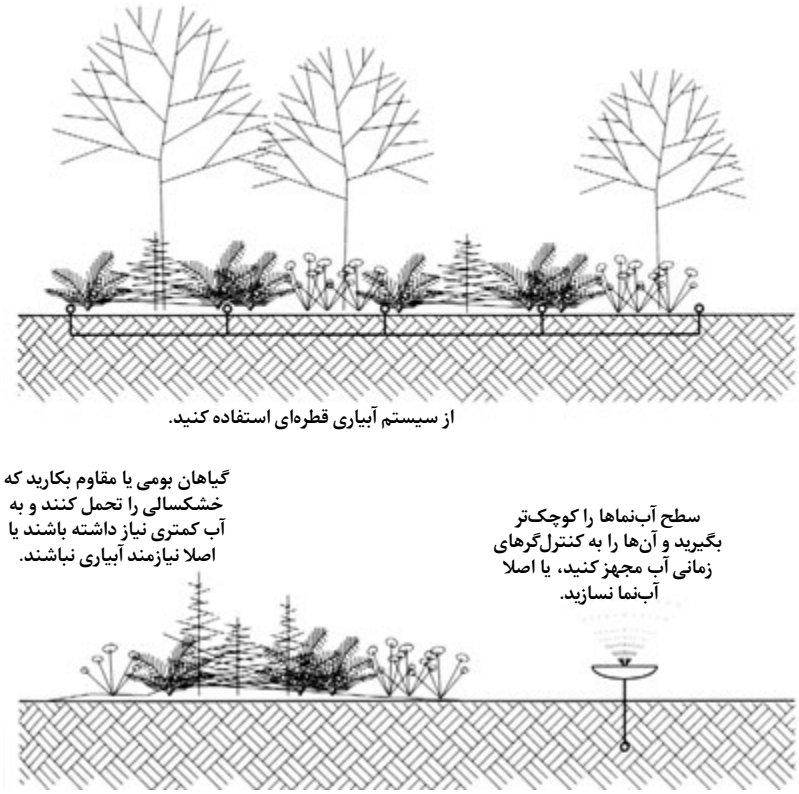
باید به کاهش تولید و همراه‌بَری رسوبات و سایر آلاینده‌ها در حین ســاخت توجه خاص کرد. فرایند ساخت ذاتا به‌اندازه‌ای آشفتگی و اختلال ایجاد می‌کند که حجم آلودگی ناشــی از آن زیاد اســت و این آلودگی، اگر چه موقتی اســت، می‌تواند موجب آسیب‌های زیســت‌محیطی در خوراعتنا و دیرپا شــود. یکــی از منابع ایجاد آلودگی شستن بتن داخل کامیون‌ها و تجهیزات دیگر است. بهتر اســت بتن خارج از محوطه شسته شــود. اگر شستن بتن داخل محوطــه انجام می‌گیرد، باید این عمــل را دور از پهنه‌های آب یا آبروهای آب باران انجام داد و پســاب را به حوضچه‌ای محفوظ و موقتی هدایت کرد؛ پســاب بتن در این حوضچه سفت می‌شود، می‌تــوان آن را شکســت و برای دفع به خــارج از محوطه انتقال داد. هنگام تعیین مشخصات فنی ساخت، باید تدابیری هم برای شستن بتن و دفع ضایعات مشخص کرد. برای جلوگیری از انتقال رسوب به خارج از محوطه یا به نواحی حساس، می‌توان از تله‌های رسوب‌گیر استفاده کرد.

آب انتقالی

منظــور از آب انتقالــی آبی اســت که بــه محوطه‌ی ســاختمان منتقل می‌شــود، خواه آب آشامیدنی که از طریق شــبکه‌ی لوله‌کشــی آب شهر انتقال می‌یابد و یا آب چاه که از ســفره‌های زیرزمینی بیرون کشیده می‌شــوند که معمولا به خــارج از محوطه نیز انتقال یافته و تصفیه می‌شوند.

یکی از هدف‌های مهم در هنگام انتقال آب، به حداقل رساندن میزان مصرف آب قابل شرب برای کاربردهای دیگر است. علت این کار جلوگیری از ته کشیدن منابع آب آشــامیدنی، کاهش برق مصرفی پمپ‌ها، کاهش مصرف مواد شیمیایی برای تصفیه‌ی آب، و کم کردن حجم رواناب‌هاســت. راهبردهای کاهش مصرف آب انتقالــی عبارت‌انــد از انجام اقداماتی بــرای افزایش بازده مصرف آب و، در صورت امکان، اســتفاده از آب غیرقابل شرب برای مصارف دیگر.

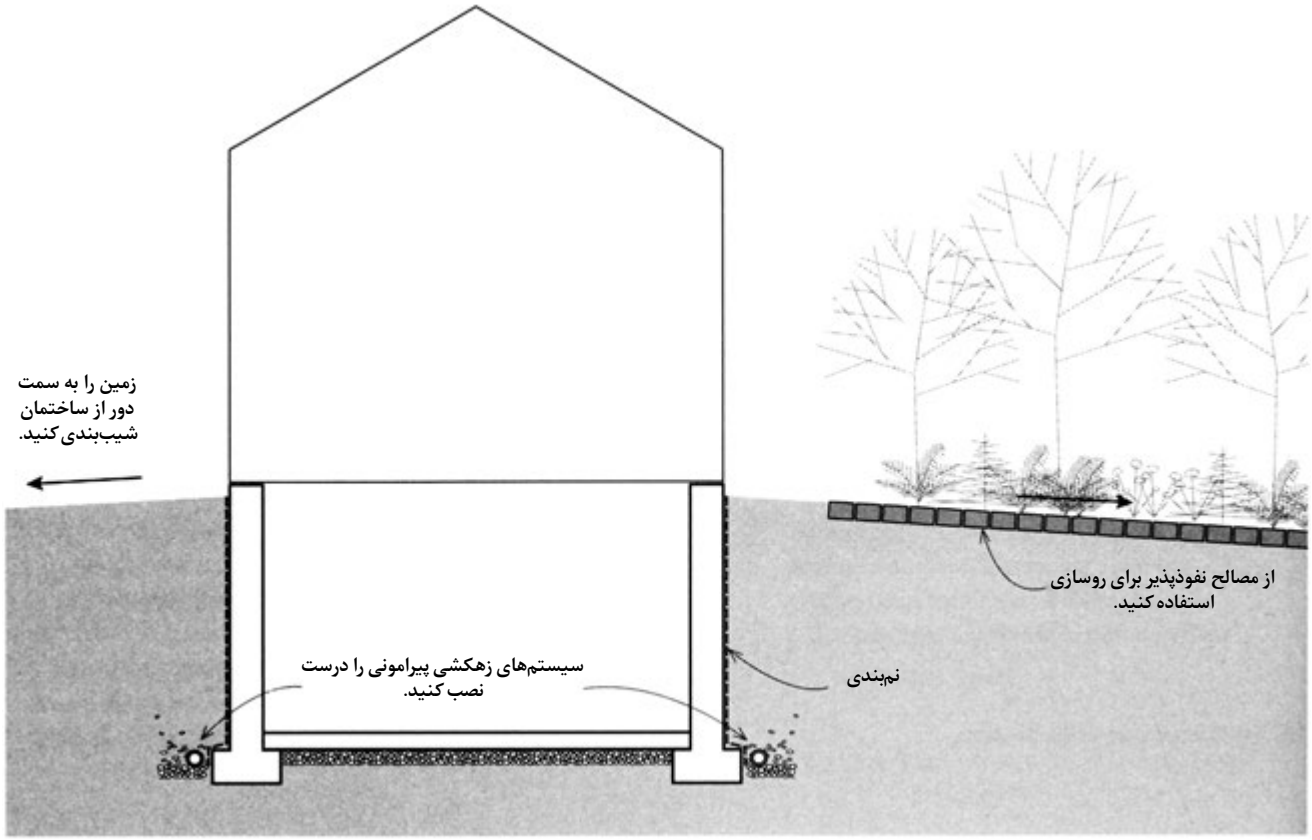
با کاشــت گیاهان مقاوم و بومــی در محوطه، که نیاز کمتری به آبیــاری دارند، یا اصلا به آبیاری نیــاز ندارند، می‌توان مصرف آب قابل شــرب را کاهش داد. استفاده از روش‌های کارآمدتر آبیاری، مانند آبیاری قطره‌ای، و سیستم‌های آبیاری تنظیم‌شده براساس شــرایط هوا نیز مصرف آب را بســیار کاهش می‌دهد. آب‌نماهای تزئینی را نیز می‌تــوان طوری طراحی کرد که آب کمتری مصرف کنند؛ مثلا می‌توان آهنگ جریان آب در آب‌نما را پایین‌تر انتخاب کــرد یا ســطح آب نمــا را کوچک‌تر گرفت تــا آب کمتری تبخیر شــود. بهره‌برداری برنامه‌ریزی‌شده یا زمان‌بندی‌شده از آب‌نماها، هم‌چنیــن حذف کلی آب‌نما نیز مصرف آب را کاهش می‌دهد. با اندازه‌گیــری مصرف آب در آب‌نماها می‌توان بر مقدار آب مصرفی نظارت داشت.



۴-۲۶: راه‌های کاهش آب انتقالی برای مصرف در محوطه.

تأثیر آب فضای بیرون بر کیفیت زیست‌محیطی فضای داخل

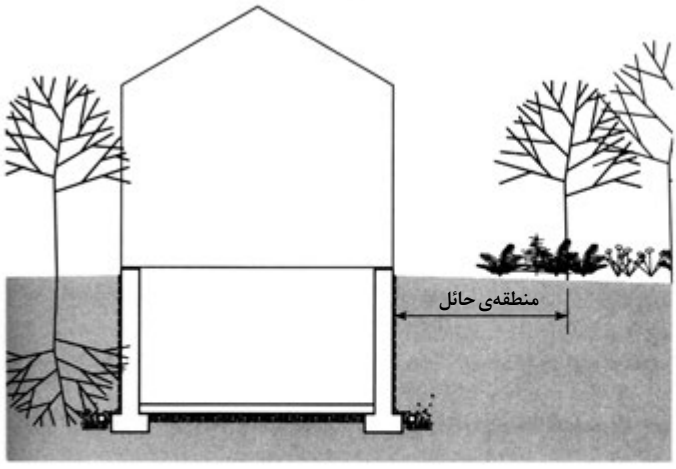
آب‌های سطحی کنترل‌نشده بر کیفیت زیست‌محیطی فضای داخل تأثیر منفی دارند. مشکلات جدی در کیفیت زیست‌محیطی فضای داخل، مانند کپک‌زدگی، به بالا بودن رطوبت نسبت داده می‌شود و غالبا منشأ آن ورود آب به ساختمان‌هاست. ورود آب تنها از بارش باران روی بام و دیوارها ناشی نمی‌شود، بلکه آب سطحی نیز ممکن است به بعضی نواحی ساختمان، مانند زیرزمین‌ها راه پیدا کند. حل این مشکلات بعد از وقوع، وقتی ساکنان ساختمان آلرژی دارند، بوهای ناخوشایند را آشکارسازی می‌کنند و با واکنش‌های نامطلوب دیگر ناشی از کپک روبه‌رو می‌شوند، دشوار است. حل این مشکلات قبل از وقوع بسیار آسان‌تر است؛ فقط کافی است از جاری شدن آب به طرف ساختمان جلوگیری کنیم. تأمین سطوح نفوذپذیر به آب سطحی امکان می‌دهد به جای جریان یافتن به سمت ساختمان، به داخل خاک نفوذ کند. با شیب‌بندی محوطه به منظور دور کردن جریان آب سطحی از ساختمان یک لایه‌ی محافظ ایجاد می‌کنیم. سیستم زهکشی پی نیز لایه‌ی محافظ دیگری است؛ در این سیستم از شن شکسته، حصیرهای زهکشی، و لوله‌های زهکش مشبک برای جمع‌آوری و منحرف کردن آب زیرزمینی از ساختمان، قبل از این‌که آب بتواند به ساختمان نفوذ کند، استفاده می‌شود. نم‌بندی سطح بیرونی ساختمان لایه‌ی محافظ دیگری است. نم‌بندی سطح داخلی و زهکشی گزینه‌های نهایی به شمار می‌روند، اما قصد نداریم به این لایه اتکا کنیم؛ قصد ما این است که کار را از بیرون شروع کنیم و به سمت داخل برویم. جلوگیری از ایجاد مشکل مؤثرتر از تلاش برای حل مشکل پس از وقوع و در داخل ساختمان تکمیل‌شده است.



۴-۲۷: راهبردهای جلوگیری از نفوذ آب به داخل ساختمان.

سایر مسائل مربوط به محوطه

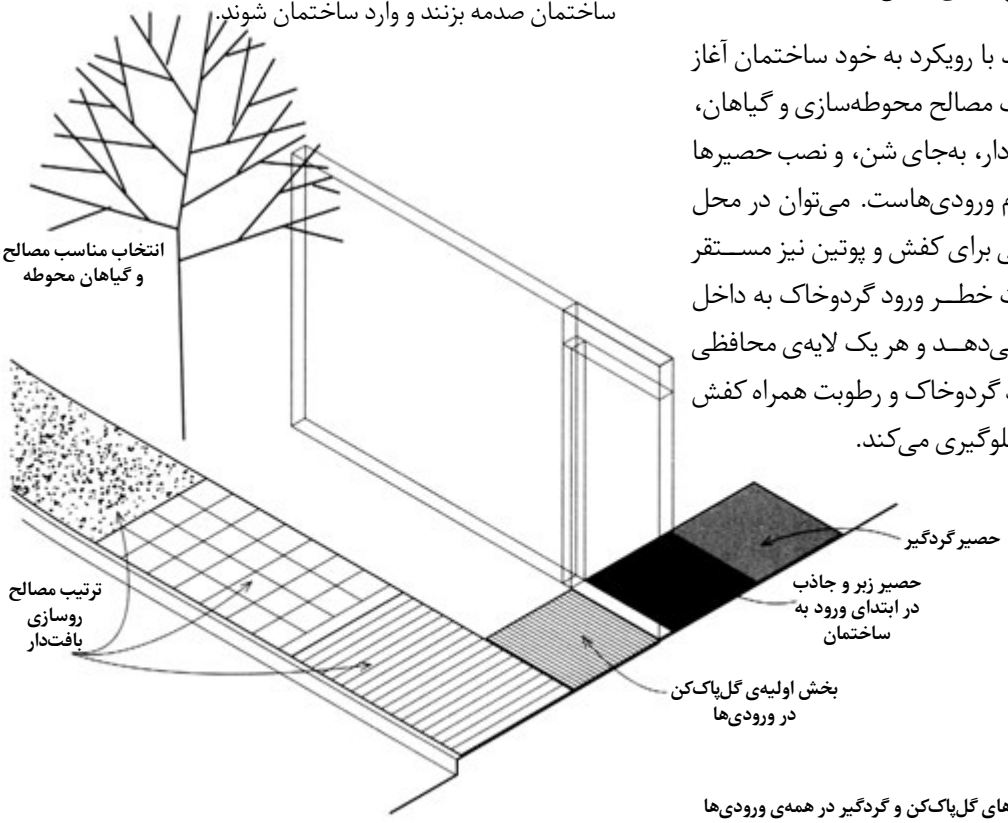
نکته‌ی جالب این‌که درخت‌ها و گیاهان دیگر، که می‌توانند سایه ایجاد کنند و ساختمان را از آثار خورشید و باد محفوظ نگه دارند، در صورتی که خیلی نزدیک ساختمان کاشته شوند، سهم چشمگیری در بالا بردن رطوبت و ایجاد مشکلات زیست‌محیطی دیگر دارند. درخت‌ها و گیاهان دیگر، با ریشه‌ها و شاخه‌های خود می‌توانند سازه‌ی ساختمان را تهدید کنند. گیاهان رونده و پیچک‌ها می‌توانند در پنجره‌های ضدتوفان نفوذ کنند، پنجره را از چارچوب آن جدا کنند و آسیب زیادی به روکوبی و بام ساختمان وارد آورند. هر ساختمان باید منطقه‌ی حائلی داشته باشد که آن را از این گیاهان محفوظ نگه دارد و این منطقه‌ی حائل نیز به‌صورت لایه‌ی محافظ عمل می‌کند. استثنای این قاعده بام مشجر است که حفاظت را به صورت کاهش آثار جزیره‌ی گرما، کاهش میزان رواناب‌ها، و جذب کربن دیوکسید هوا انجام می‌دهد. در فصل ۷، با عنوان پوش خارجی، درباره‌ی بام مشجر بحث خواهیم کرد.



۴-۲۸: وجود منطقه‌ی حائل بین ساختمان و پوشش گیاهی اطراف آن توصیه می‌شود، زیرا ریشه‌ها و شاخه‌های درختان می‌توانند به پوش ساختمان صدمه بزنند و وارد ساختمان شوند.

طراحی محوطه‌ی سبز می‌تواند با حفاظت از ساختمان در برابر خاک و رطوبتی که کاربران با خود به داخل ساختمان می‌آورند، به ارتقای کیفیت زیست‌محیطی فضای داخل کمک کند.

ایجاد یک سیستم مانع کارآمد با رویکرد به خود ساختمان آغاز می‌شود و شامل انتخاب مناسب مصالح محوطه‌سازی و گیاهان، استفاده از مصالح روسازی بافت‌دار، به‌جای شن، و نصب حصیرها یا شبکه‌های گل‌پاک‌کن در تمام ورودی‌هاست. می‌توان در محل ورودی اصلی یک برس دائمی برای کفش و پوتین نیز مستقر ساخت. هر یک از این اقدامات خطر ورود گردوخاک به داخل ساختمان را به‌تدریج کاهش می‌دهد و هر یک لایه‌ی محافظی را تشکیل می‌دهد که از ورود گردوخاک و رطوبت همراه کفش کاربران، به داخل ساختمان، جلوگیری می‌کند.



حصیرها و سیستم‌های گل‌پاک‌کن و گردگیر در همه‌ی ورودی‌ها

۴-۲۹: کاهش ورود گردوخاک و رطوبت با تعبیه‌ی موانع کارآمد.

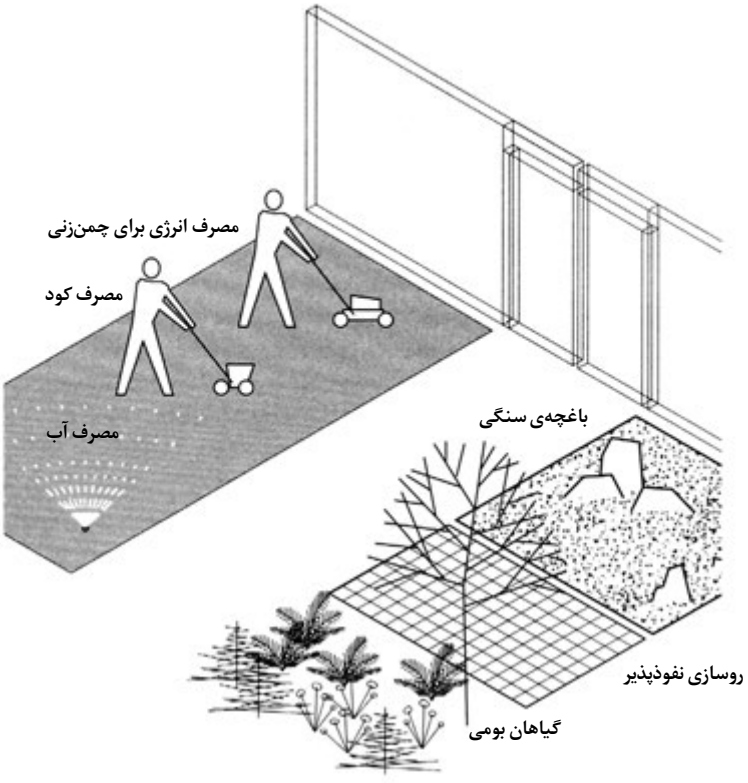
اگر به فکر استفاده از پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی مداربسته افتاده‌اید، ارزیابی اولیه‌ی شرایط خاک به‌منظور ارزیابی کامل بازده عملی چنین پمپ‌هایی ضرورت دارد. مثلا اگر خاک مشخصه‌های انتقال گرمای مناسبی ندارد باید از حوزه‌ی وسیع‌تری برای حفر چاه استفاده کرد و در نتیجه هزینه‌ی سیستم پمپ حرارتی مداربسته ممکن است افزایش یابد.

این پرسش مطرح می‌شود که آیا چمن‌های سنتی برای محوطه‌ی ساختمان‌های سبز مناسب‌اند یا نه. این چمن‌ها غالبا به کود، آفت‌کش، و سایر مواد شیمیایی نیاز دارند. در اقلیم‌های خشک‌تر باید چمن را آبیاری کرد و چمن‌زنی هم مستلزم مصرف انرژی است. باغچه‌های سنگی، گیاهان بومی، و روسازی نفوذپذیر جایگزین‌هایی برای چمن‌های سنتی به شمار می‌روند.

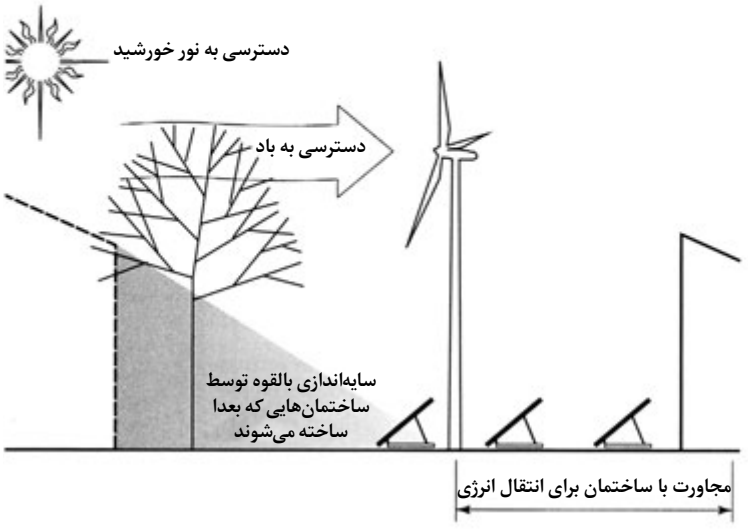
محوطه و انرژی تجدیدپذیر

نکته‌ی آخر در مورد محوطه به انرژی تجدیدپذیر مربوط می‌شود. به دلایل مختلف، بهترین محل برای تعبیه‌ی صفحه‌های خورشیدی روی بام‌هاست. اما اگر بامی نتواند صفحه‌های خورشیدی را روی خود جای دهد، یک گزینه استقرار صفحه‌های خورشیدی روی زمین محوطه است. در طرح‌ریزی محوطه برای نصب صفحه‌های خورشیدی باید روی سایه‌اندازی مطالعه کرد؛ این مطالعه شامل بررسی سایه‌اندازی قابل انتظار توسط درخت‌ها و ساختمان‌های مجاور است. اگر در نظر داریم با استفاده از پوشش گیاهی روی ساختمان سایه بیندازیم و آن را از باد محفوظ نگه داریم، باید درخت‌ها را در فاصله‌ی مناسب از ساختمان بکاریم تا روی صفحه‌های خورشیدی سایه نیندازند.

به همین ترتیب، اگر نصب توربین بادی در نظر است، بهترین زمان برای بررسی امکان‌پذیری این کار، هنگام انتخاب محوطه و مرحله‌ی طرح‌ریزی است. هنگام نصب صفحه‌های خورشیدی زمینی و توربین بادی باید فاصله‌ی این سیستم‌ها از ساختمان را در نظر گرفت تا هزینه‌ی کانال‌کشی و سیم‌کشی معقول باشد. سرانجام، زیبایی اجزای تأمین انرژی تجدیدپذیر نیز مطرح است و در فرایند طراحی محوطه باید این موضوع را نیز در نظر گرفت.



۴-۳۰: جایگزین‌های چمن سنتی

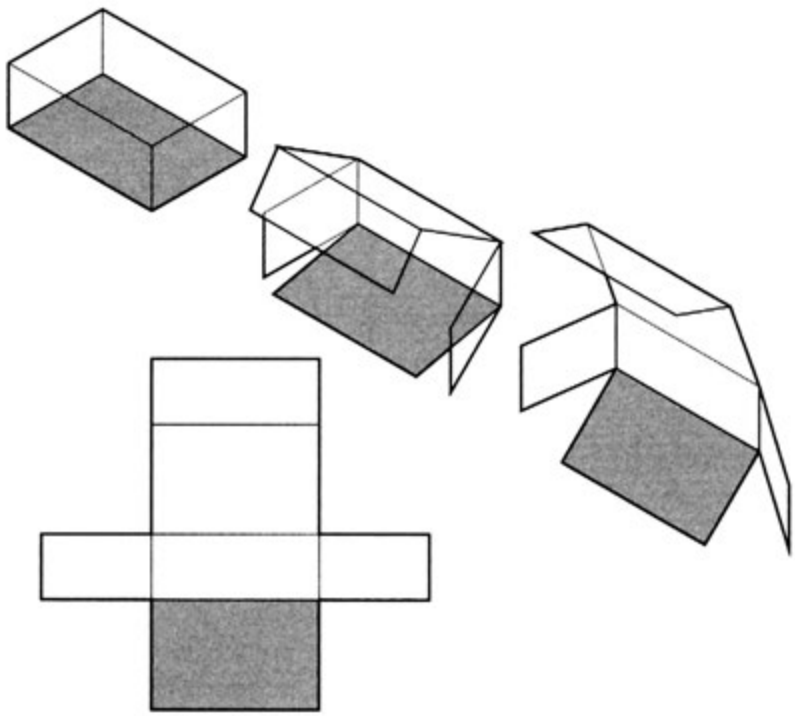


۴-۳۱: بررسی محوطه برای نصب توربین‌های بادی و صفحه‌های خورشیدی.

۵

شکل ساختمان

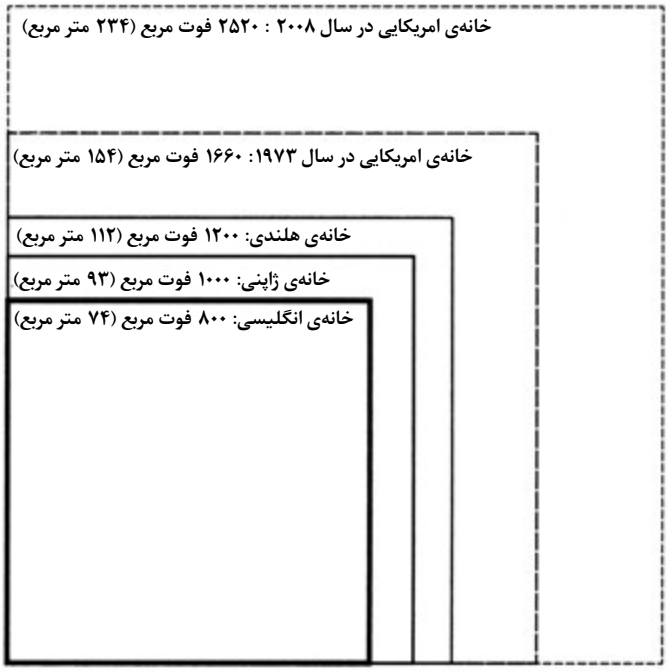
منظور از شـــکل ســـاختمان، تصویر آن روی صفحه‌ای اســـت که ساختمان بر آن بنا شده است و، علاوه بر آن، اندازه‌ی ساختمان، ارتفاع آن، تعداد طبقات، و پیکربندی کلی ســـاختمان نیز مورد نظر اســـت. به طور سنتی، کانون چنین بحث‌هایی، جهت‌گیری ســـاختمان بوده است - جبهه‌هایی از ســـاختمان که روبه آفتاب اســـت، یا مشرف به خیابان اســـت، یا چشم‌اندازهای ساختمان. جهت‌گیری را بررسی خواهیم کرد، اما دو مشخصه‌ی هندسی را نیز در نظر خواهیم گرفت، سطح زیربنا و سطح ساختمان. این دو مشخصه تأثیر درخور اعتنایی بر بازده مصرف انرژی، صرفه‌جویی در مصرف مصالح، و قیمت تمام‌شده‌ی ساختمان دارند.



سطح زیربنا

سطح زیربنای هر ساختمان، بر مصرف مصالح و انرژی تأثیر می‌گذارد، زیرا هر چه ساختمانی وسیع‌تر باشد، نه تنها به مصالح بیشتری برای ساخت آن نیاز است، بلکه به انرژی بیشتری برای گرمایش و سرمایش، روشنایی، تهویه، و سایر بارهای انرژی که به مقیاس اندازه تغییر می‌کنند نیز نیاز دارد.

این پرسش که بزرگی ساختمان چقدر باید یا می‌تواند باشد، به طراحی ساختمان سبز مربوط است. مثلا در ایالات متحده‌ی امریکا، اندازه‌ی میانگین خانه از ۱۶۶۰ فوت مربع (۱۵۴ متر مربع) در سال ۱۹۷۳ به مقدار اوج ۲۵۲۰ فوت مربع (۲۳۴ متر مربع در سال ۲۰۰۸ رسید که حاکی از ۵۰٪ افزایش است. سطح زیربنای خانه‌ی نمونه‌وار در ایالات متحده‌ی امریکا دوبرابر خانه‌ی نمونه‌وار هلندی و بیش از دو برابر خانه‌ی نمونه‌وار ژاپنی، و تقریبا سه برابر خانه‌ی نمونه‌وار انگلیسی است. اما تعداد ساکنان خانه‌ها در همه‌ی این کشورها برابر است و به‌طور میانگین به ۲/۵ نفر در هر خانه می‌رسد. کمترین کاهش در اندازه‌ی ساختمان، ضمن حفظ کارکردهای آن، موجب کاهش چشمگیری در مصرف انرژی، مصرف مصالح، و هزینه‌های ساخت می‌شود.



۵-۰۱: اندازه‌های میانگین خانه.

سیستم رتبه‌بندی ساختمان‌های مسکونی LEED، یعنی LEED برای خانه‌ها، به رابطه‌ی بین سطح زیربنای خانه و مصرف انرژی آن اذعان دارد و امتیازهای خود را به نفع خانه‌های کوچک‌تر تغییر می‌دهد. اما اغلب سیستم‌های رتبه‌بندی دیگر به کمتر بودن سطح زیربنا امتیاز نمی‌دهند.

این بحث مختصر در مورد سطح زیربنا را با تأکید دوباره بر آن‌چه ممکن است بدیهی به‌نظر برسد، اما ارزش تکرار را دارد، پایان می‌دهیم: ساختمان کوچک‌تر انرژی کمتری مصرف می‌کند و مصالح مصرفی در ساخت آن، در مقایسه با ساختمانی بزرگ‌تر، کمتر است. کوچک‌تر شدن اندازه‌ی اتاق‌ها و افزایش تراکم یکی از راه‌های انجام این کار است، اما گزینه‌های دیگر عبارت‌اند از استفاده‌ی خلاقانه از انبار و انتقال فضاهایی که به تهویه‌مطبوع نیاز ندارند به بیرون از پوش گرمایی ساختمان.

سطح ساختمان

مشـخصه‌ی هندسی دیگر سـاختمان، یعنی سـطح آن، را نیز می‌توان طوری تعیین کرد که مصرف انرژی را کاهش دهد. منظور از سطح ساختمان مساحت سطوح خارجی آن است که با فضای بیرون تماس دارند. اتلاف گرمای ساختمان در زمستان با سطح آن تناسـب مستقیم دارد. در تابستان، سطح ساختمان می‌تواند تأثیر در خور اعتنایی بر نیازهای سرمایشـی بگذارد. چون بخش عمده‌ی انرژی در اغلب سـاختمان‌ها برای گرمایش و سـرمایش صرف می‌شود، سطح ساختمان یکی از مشخصه‌های مهم و مؤثر در بازده مصرف انرژی است.

به همین ترتیب، کاهش سـطح سـاختمان، مصـرف مصالح و هزینه‌ی سـاخت را به صورت چشـمگیری کاهش می‌دهد، زیرا دیوارهای خارجی و بام ساختمان مصالح زیادی مصرف می‌کنند.

تأثیر سطح ساختمان بر مصرف انرژی در معادله‌ی انتقال گرمای حاکم بر اتلاف گرما از ساختمان مشهود است:

اتلاف گرما = $(A/R) \times (T_{خارج} - T_{داخل})$

که در آن:

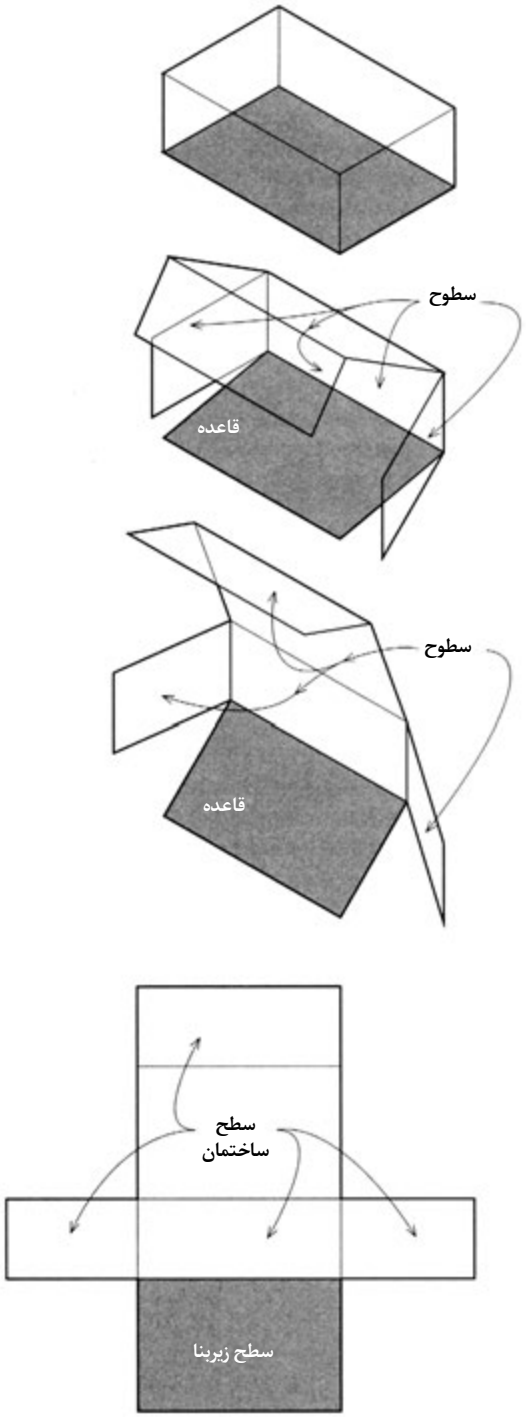
A سطح خارجی ساختمان است

R مقاومت گرمایی (مقدار R) است

داخـل T و خارج T، به ترتیب، دمای هـوا در داخل و در خارج ساختمان‌اند.

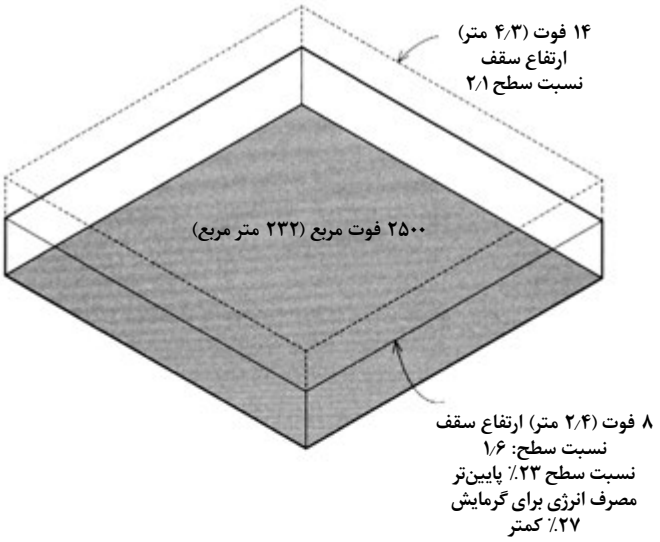
از لحاظ تاریخی، تمرکز طراحی ساختمان سبز بر افزایش مقاومت گرمایی یا مقدار R مجموعه‌های خارجی، به‌منظور کاهش اتلاف گرما بوده اسـت. این تمرکز معنادار و مؤثر است. در این فرایند، شـاید به سطح ساختمان (A) به‌اندازه‌ی لازم توجه نشده است، اگرچه نقش این پارامتر هم به همان اندازه مهم اسـت. به‌علاوه، برخـلاف افزایش مقاومـت گرمایی، که موجـب افزایش مصرف مصالح و هزینه‌ی سـاخت می‌شـود، کاهش سطح ساختمان نه تنها اتلاف گرما را کاهش می‌دهد، بلکه مصرف مصالح و هزینه‌ی ساخت را نیز کاهش خواهد داد.

اهمیت سـطح زیربنا را قبلا شرح دادیم. اکنون، اگر فرض کنیم سـطح زیربنای سـاختمانی به طور قطعی تعیین و تثبیت شده تا مقصود خاصی را برآورده کند، سـنجه‌ای جالب نسـبت سطح ساختمان به سطح زیربنای آن است. این نسبت مقایسه‌ی شکل سـاختمان‌های مختلف با اسـتفاده از معیـاری واحد را ممکن می‌کند. فرض کنید این نسـبت را نسـبت سطح بنامیم. هر چه نسبت سطح بزرگ‌تر باشد، برای گرمایش و سرمایش واحد سطح زیربنای ساختمان، مقدار بیشتری انرژی مصرف خواهد شد.



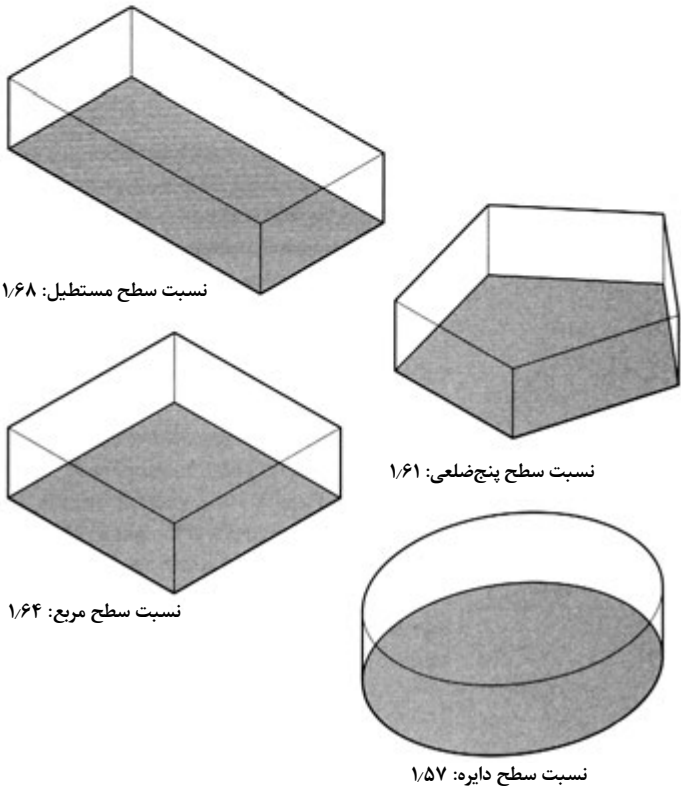
۵-۰۲: نسبت سطح = سطح زیربنا/سطح ساختمان.

مثلا در مورد ســاختمانی یک طبقه با شکل مربعی و بام تخت، با ســطح زیربنای ۲۵۰۰ فوت مربع (۲۳۲ متر مربع)، تأثیر کاهش ارتفــاع از ۱۴ فوت بــه ۸ فوت (۴/۳ متر به ۲/۴ متر) را بررســی می‌کنیم. نســبت سطح برای ارتفاع ۱۴ فوت در حدود ۲/۱ است. نسبت ســطح برای ارتفاع ۸ فوت کمی بیشتر از ۶/۱ است. تأثیر کاهش ارتفاع سقف و کوچک شدن نسبت سطح بر مصرف انرژی چیســت؟ کاهش ۲۳ درصدی نسب ســطح، موجب کاهش ۲۷ درصدی مصرف انرژی برای گرمایش می‌شود. نسبت سطح تأثیر در خور اعتنایی بر مصرف انرژی دارد و کاهش مصرف انرژی تفاوت چندانی با کاهش نسبت سطح ندارد. در واقع میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی تا حدودی بالاتر از میزان کاهش نســبت سطح اســت. پیش آمدن فرصت‌هایــی برای بررســی و انتخاب ارتفاع ســاختمان از میان گزینه‌های مختلف، غیرمعمول نیست. مثلا، ارتفاع ســقف یک سوپرمارکت، به‌طور نمونه‌وار، از ۱۲ تا ۱۸ فوت (۳/۷ تــا ۵/۵ متــر) تغییــر می‌کند؛ اما در هیچ فضایــی از آن از ارتفاع بالاتر از ۸ فوت اســتفاده نمی‌شود، زیرا دست مشتری ها به آن نمی‌رســد. طراحی ساختمان سبز ضرورتا خواستار کاهش ارتفاع سقف نیست، اما نیاز به سقف‌های بیش از حد بلند را نیز باید بررسی کرد. سقف‌های بلند غالبا از لحاظ فضایی ناکارآمدند و کوتاه‌تر کردن آن‌ها می‌تواند تأثیر بالقوه چشــمگیری در کاهش مصرف انرژی، کاهش مصرف مصالح، و کاهش هزینه‌ی ســاخت داشته باشد، بدون این‌که کارکرد ساختمان قربانی شود.



۵-۰۳: نسبت سطح به صورت تابعی از ارتفاع سقف.

می‌توان سطح زیربنای ساختمان‌های یک طبقه‌ی مختلف با ارتفاع ســقف ثابت ۸ فوت (۲/۴ متر) و زیربنای ۲۵۰۰ فوت مربع (۲۳۲ متر مربع) را بررســی کرد. به‌ویژه شــکل‌های زیر را برای قاعده‌ی ســاختمان در نظر بگیرید: مربع، مستطیل با نسبت اضلاع ۱:۲، پنج‌ضلعی، هشــت‌ضلعی، و دایره. ســاختمان مستطیلی نسبت سطحی برابر ۱/۶۸ دارد، اما نسبت سطح ساختمان مربعی ۱/۶۴ است. نسبت ســطح پنج‌ضلعی ۱/۶۱، نسبت سطح هشت‌ضلعی ۱/۵۸، و نســبت سطح دایره ۱/۵۷ اســت. با اذعان به این‌که سه شکل اخیر نامتعارف‌اند، مشاهده می‌کنیم که ساختمانی با سطح دایره‌ای و فرم اســتوانه‌ای کارآمدترین نسبت سطح را دارد. شاید نکته‌ی مهم‌تر این باشد که اختلاف بین نسبت‌های سطوح چندان زیاد نیســت. در مورد این شکل‌ها انعطاف‌پذیری داریم، زیرا تأثیر چندان مهمی بر نسبت سطح ندارند.

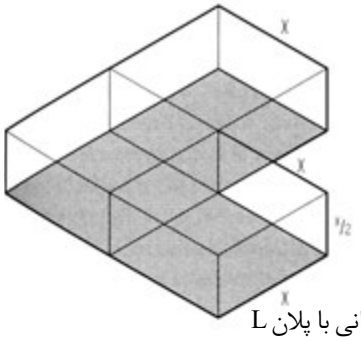


۵-۰۴: نسبت سطح به صورت تابعی از شکل قاعده‌ی ساختمان.

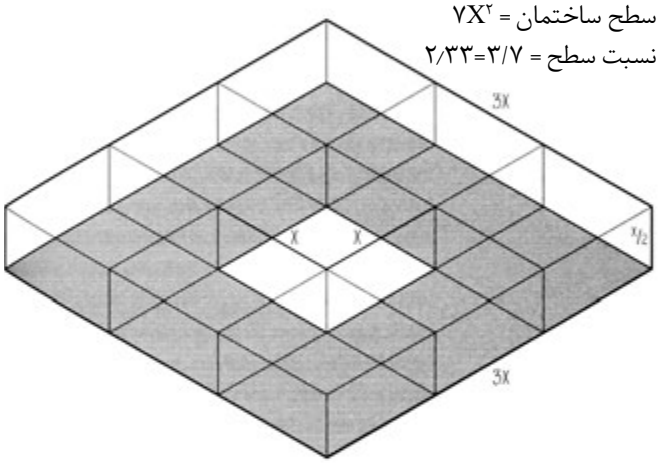
شـکل‌های پیچیده‌تر قاعده‌ی سـاختمان تأثیر بارزتری بر نسبت سـطح و مصـرف انرژی دارند. پلانی به شـکل L بـرای خانه‌ها متداول اسـت و در سـاختمان‌های تجاری نیز غیرعادی نیست. مثلا قاعده‌ی سـاختمانی را در نظر بگیرید که از سه مربع مجاور هم تشکیل شده که پلانی به شکل L می‌سازند و ساختمانی یک طبقه روی آن سـاخته می‌شود. اگر ارتفاع ساختمان نصف طول ضلع یکی از مربع‌ها باشـد، نسـبتی که برازنده‌ی یک ساختمان کوچک با پلان L اسـت، نسبت سطح ۲/۳۳ است. برای همین سطح زیربنا به شکل مربعی ساده، این نسبت ۲/۱۵ است. نسبت سـطح، در مقایسـه با پلان L، حدود ۸٪ کاهش یافته است. با استفاده از شکلی ساده‌تر برای قاعده‌ی ساختمان، می‌توان بازده مصرف انرژی را به میزان چشمگیری افزایش داد.

پـلان حیاط نیز یکی از شـکل‌های متداول سـاختمان اسـت. ساختمانی مربعی را در نظر بگیرید که طول هر ضلع آن سه برابر طول ضلع حیاط مربعی واقع در وسـط سـاختمان است. فرض کنید سـاختمان یک طبقه اسـت و ارتفـاع آن نصف طول ضلع حیاط مربعی اسـت. نسبت سطح این ساختمان حیاط‌دار دقیقا ۲ اسـت. در مقایسه، ساختمان مربعی بدون حیاط، اما با همان سطح زیربنا، نسبت سطحی برابر ۱/۷۱ دارد که کاهش چشمگیری معادل ۱۴٪ را، نسبت به ساختمان حیاط‌دار، نشان می‌دهد.

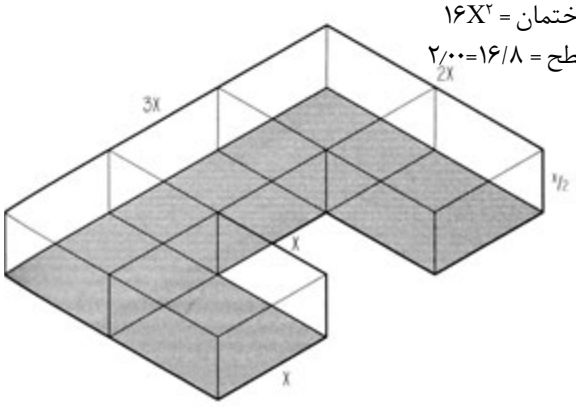
اگر قاعده‌ی سـاختمانی، به‌جای شکل C، به شکل مربعی ساده طراحی شود، نسبت سطح آن، مانند مثال ساختمان حیاط‌دار، ۱۴٪ کمتر می‌شـود. هزینه‌ی ساخت ساختمان‌های با شکل‌های پیچیده نیز بیشتر از ساختمان‌های ساده است. هزینه‌ی ساخت سـاختمان‌های بـا پـلان C ، در مقایسـه با هزینه‌ی سـاخت سـاختمان‌های با پلان مربعی یا مسـتطیلی ساده، حدود ۳/۵٪ بیشتر است.



۵-۰۵: نسبت سطح برای ساختمانی با پلان L
سطح زیربنا = $3X^2$
سطح ساختمان = $7X^2$
نسبت سطح = ۳/۷=۲/۳۳



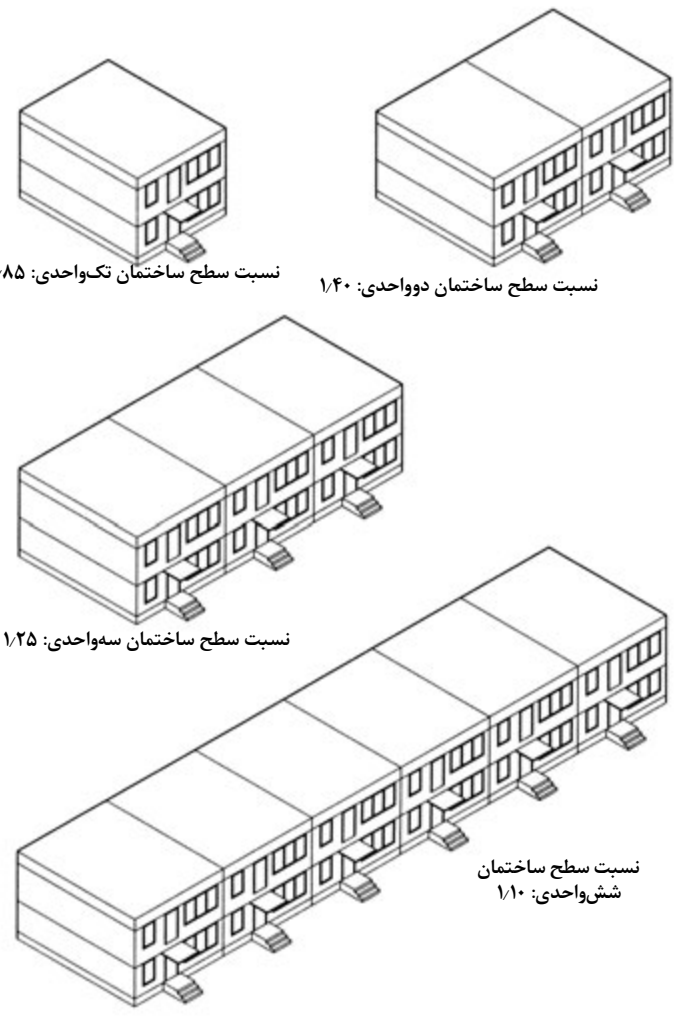
۵-۰۶: نسبت سطح برای ساختمان حیاط‌دار
سطح زیربنا = $8X^2$
سطح ساختمان = $16X^2$
نسبت سطح = ۱۶/۸=۲/۰۰



۵-۰۷: نسبت سطح برای ساختمانی با پلان C
سطح زیربنا = $5X^2$
سطح ساختمان = $11X^2$
نسبت سطح = ۱۱/۵ = ۲/۲۰

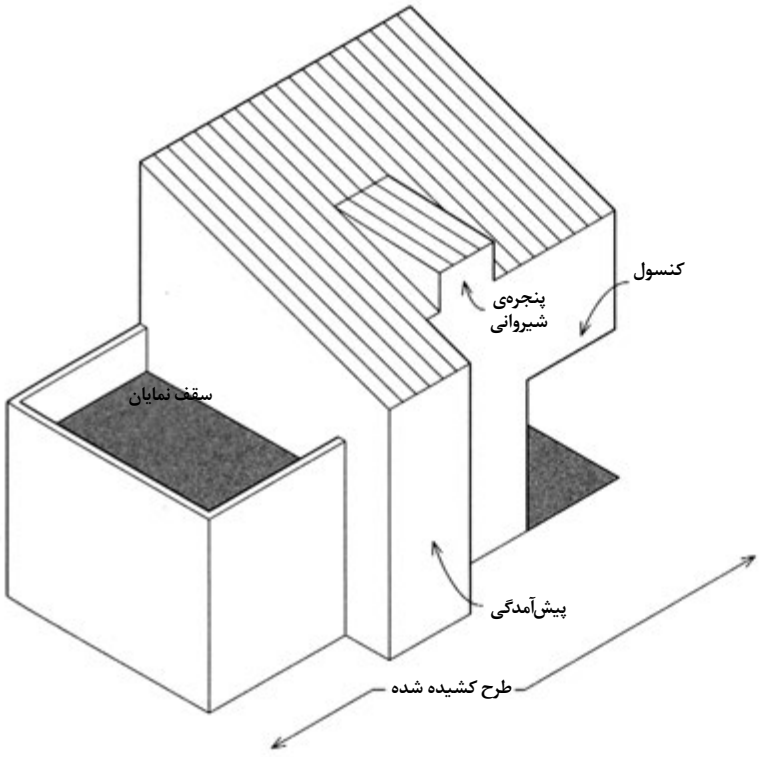
سـپس فواید نوعی ساختمان مسـکونی را بررسی می‌کنیم که خانه‌سـازی ردیفی نامیده می‌شـود - چیـدن واحدهای سـاختمانی در کنـار یکدیگـر و در یک ردیـف، به صورت ساختمانی واحد. کار را با یک ساختمان مستطیلی دوطبقه با زیربنـای ۱۶۰۰ فوت مربع (۱۴۹ متر مربع)، عرض ۲۰ فوت (۶/۱ متـر)، عمق ۴۰ فوت (۱۲/۲ متر) و ارتفاع ۹ فوت (۲/۷ متر) برای هر طبقه شـروع می‌کنیم و در می‌یابیم که نسبت سطح این سـاختمان ۱/۸۵ است. وقتی این ساختمان را به یک سـاختمان ردیفی دوتایی تبدیل کنیم، نسبت سطح آن ۲۴٪ کاهش می‌یابد و به ۱/۴۰ می‌رسد. دیوار مشترک سطح سـاختمان را به میزان چشمگیری کاهش داده است. وقتی واحد سـومی به این ساختمان اضافه شود، نسبت سطح به ۱/۲۵ کاهش می‌یابد و با افزودن واحد چهارم به ۱/۱۸، واحد پنجم به ۱/۱۳، و واحد ششـم بـه ۱/۱۰ کاهش خواهد یافت. نسبت سطح ساختمان شش‌واحدی، در مقایسه با ساختمان تک‌واحدی ۴۱٪ کاهش یافته است که کاهش درخور اعتنایی است. به‌علاوه، توجه می‌کنیم که بیش‌ترین افت نسبت سطح با تبدیل ساختمان یک‌واحدی به دوواحدی نتیجه می‌شود.

حتی اگر به سراغ ساختمان شش‌واحدی نرویم، بازده مصرف انرژی در سـاختمان دوواحدی هم بسیار بالاتر از ساختمان تک‌واحدی اسـت. اما اختلاف بین نسبت سطح ساختمان دوواحدی (۲۴٪ کمتر از ساختمان تک‌واحدی) و ساختمان شش‌واحدی (۴۱٪ کمتر از سـاختمان تک‌واحدی) هنوز در خور اعتناسـت. با احداث سـاختمان‌های ردیفی در مصرف مصالح و انرژی صرفه‌جویی چشـمگیری می‌شـود و هزینه‌ی ساخت نیز کاهش می‌یابد. به این نکته توجه داریم که وجود دیوارهای مشـترک در خانه‌سـازی ردیفی چشـم‌انداز و نور طبیعی بالقوه را کاهش می‌دهد و در هر پروژه ممکن است این کاسـتی قابل قبول باشد یا نباشد. اما این رویکرد را می‌توان در بسـیاری از تیپ‌های سـاختمانی، مانند خرده‌فروشی‌ها، به‌کار گرفت که در آن‌ها فقط جلو فروشـگاه نیازمند شیشـه است و وجود دیوارهای مشترک بدون پنجره برای قفسه‌بندی ضرورت دارد.



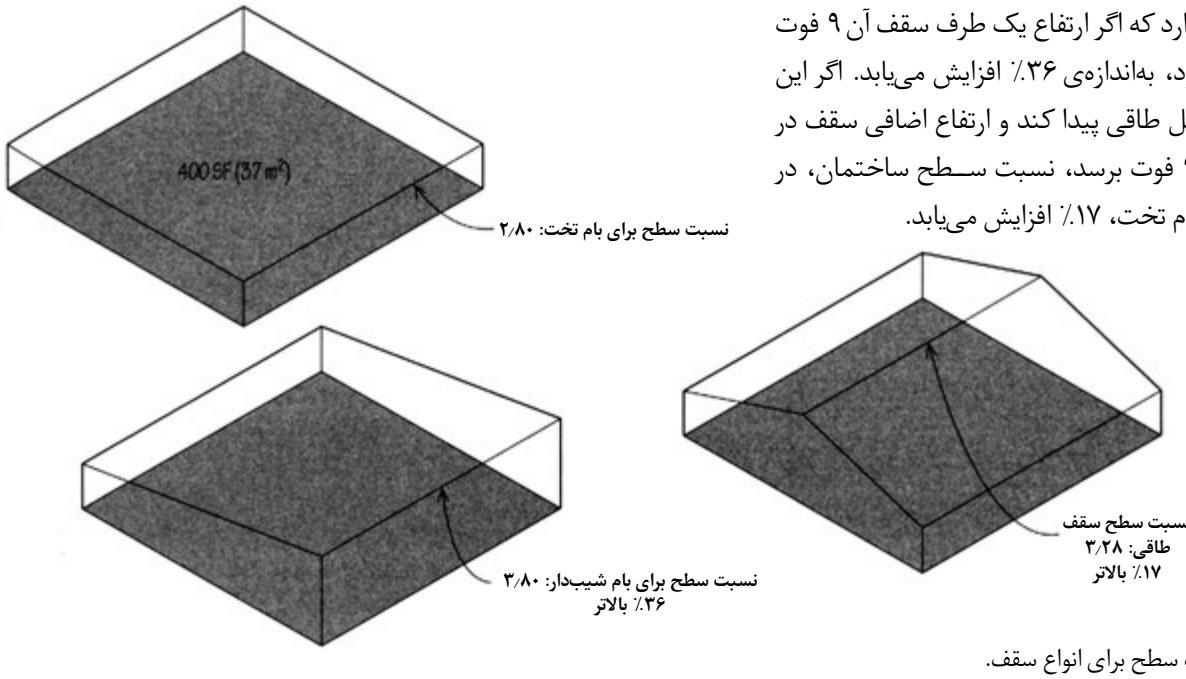
۵-۰۸: نسبت سطح ساختمان‌های ردیفی.

نسبت سطح ساختمان‌های واقعی امروزی چقدر است؟ ساختمان‌های کوچک نمونه‌وار، مانند خانه‌ها، غالبا نسبت سطحی در گستره‌ی ۲/۰-۳/۰ دارند. در ساختمان‌های واقعی، وجود بیرون‌زدگی‌ها، تورفتگی‌ها، کنسول‌ها، پنجره‌های شیروانی، سطوح نمایان کف و سقف و پیچیدگی‌های دیگر نسبت سطح را، در مقایسه با نسبت سطح شکل‌های ساده، به شدت افزایش می‌دهد. با کاهش پیچیدگی شکل ساختمان می‌توان نسبت سطح را، به‌ازای سطح زیربنای مساوی، به‌آسانی تا کمتر از ۱/۵ کاهش داد. ساختمان‌هایی با شکل ساده‌تر، کمتر انرژی مصرف می‌کنند. با توجه به این‌که ساختمان‌های ساده‌تر مصالح کمتری هم مصرف می‌کنند و هزینه‌ی ساخت آن‌ها نیز کمتر است، مزایای سادگی شکل ساختمان را مشاهده می‌کنیم، هم از لحاظ طراحی سبز، و هم از جهت قیمت تمام‌شده و قابل خرید بودن. ممکن است ساده بودن شکل برای بعضی ساختمان‌ها مطلوب نباشد، اما برای ساختمان‌هایی که سادگی آن‌ها قابل قبول است، کاهش بالقوه‌ی مصرف انرژی و هزینه‌ی ساخت در خور اعتناست.



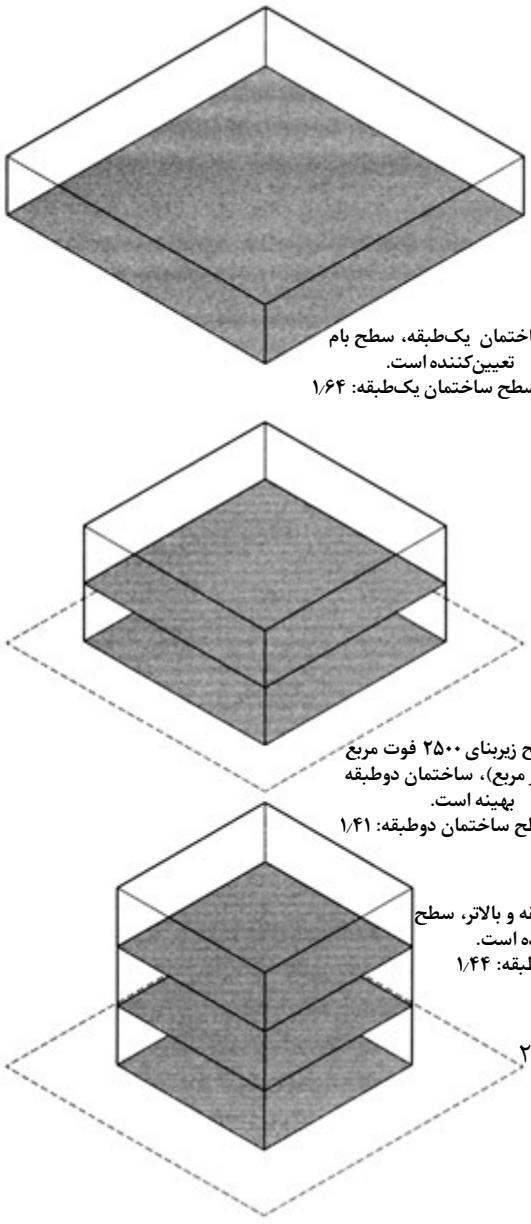
۵-۰۹: عناصر ساختمانی که نسبت سطح را افزایش می‌دهند.

سقف شیب‌دار نیز بر نسبت سطح تأثیر می‌گذارد. مثلا ساختمانی که سطح قاعده‌ی آن ۲۰ فوت (۶/۱ متر) و ارتفاع سقف تخت آن ۹ فوت (۲/۷ متر) است، نسبت سطحی دارد که اگر ارتفاع یک طرف سقف آن ۹ فوت بیشتر شود، به‌اندازه‌ی ۳۶٪ افزایش می‌یابد. اگر این سقف شکل طاقی پیدا کند و ارتفاع اضافی سقف در وسط به ۹ فوت برسد، نسبت سطح ساختمان، در مقایسه با بام تخت، ۱۷٪ افزایش می‌یابد.



۵-۱۰: نسبت سطح برای انواع سقف.

تعداد طبقات ساختمان هم بر نسبت سطح تأثیر می‌گذارد. بار دیگر ساختمان ساده‌ای با قاعده‌ی مربعی، سطح زیربنای ۲۵۰۰ فوت مربع (۲۳۲ مترمربع)، و ارتفاع سقف ۸ فوت (۲/۴ متر) را در نظر می‌گیریم. در این مثال ۲۵۰۰ فوت مربع سطح زیربنای ساختمان است، نه سطح قاعده‌ی آن. ۲۵۰۰ فوت مربع را به تساوی بین طبقات ساختمان تقسیم می‌کنیم. اگر ساختمان یک طبقه باشد، نسبت سطح ۱/۶۴ خواهد بود. اگر همین ساختمان را در دو طبقه بسازیم نسبت سطح به ۱/۴۱، و اگر آن را در سه طبقه بسازیم، به ۱/۴۴ می‌رسد. روشن است که ساخت ساختمانی با زیربنای ثابت و در دو طبقه‌ی کوچک‌تر، نسبت به گنجاندن همین مقدار زیربنا در یک طبقه، به صرفه است زیرا سطح بام ساختمان دوطبقه کمتر خواهد بود. اما اگر همین سطح زیربنا را در سه طبقه بسازیم، ساختمان بلندتر و باریک‌تر می‌شود و سطح دیوارهای خارجی عامل تعیین‌کننده خواهد شد و نسبت سطح دوباره افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر تعداد بهینه‌ی طبقات برای ساختمانی با سطح زیربنای ۲۵۰۰ فوت مربع، دو طبقه است.



۵-۱۱: نسبت‌های سطح بهینه برای ساختمانی با سطح زیربنای ۲۵۰۰ فوت مربع (۲۳۲ متر مربع).

برای ساختمان‌های تا زیربنای ۱۰۰۰ فوت مربع (۹۳ متر مربع)، و ۱۰ فوت (۳ متر) ارتفاع طبقه، کوچک‌ترین نسبت سطح در ساختمان یک طبقه مشاهده می‌شود. از حدود ۱۰۰۰ فوت مربع تا ۵۰۰۰ فوت مربع (۹۳ تا ۴۶۵ متر مربع) سطح زیربنا، تعداد بهینه‌ی طبقات ۲ است؛ از ۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ فوت مربع (۴۶۵ تا ۹۲۹ متر مربع) تعداد بهینه‌ی طبقات ۳ است؛ از ۱۰۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰ فوت مربع (۹۲۹ تا ۲۷۸۷ متر مربع)، تعداد بهینه‌ی طبقات ۴ است و به همین ترتیب. در سطح زیربنای ۲۰۰۰۰۰ فوت مربع (۱۸۵۸۰ متر مربع)، تعداد بهینه‌ی طبقات ۸ است. شایان ذکر است که با بالا رفتن تعداد بهینه‌ی طبقات برای رسیدن به کوچک‌ترین نسبت سطح با افزایش سطح زیربنا، احتمالا ساختمان هسته‌ای از فضای درونی خواهد داشت.

***۵-۱۲:** تعداد بهینه‌ی طبقات به صورت تابعی از سطح زیربنا*

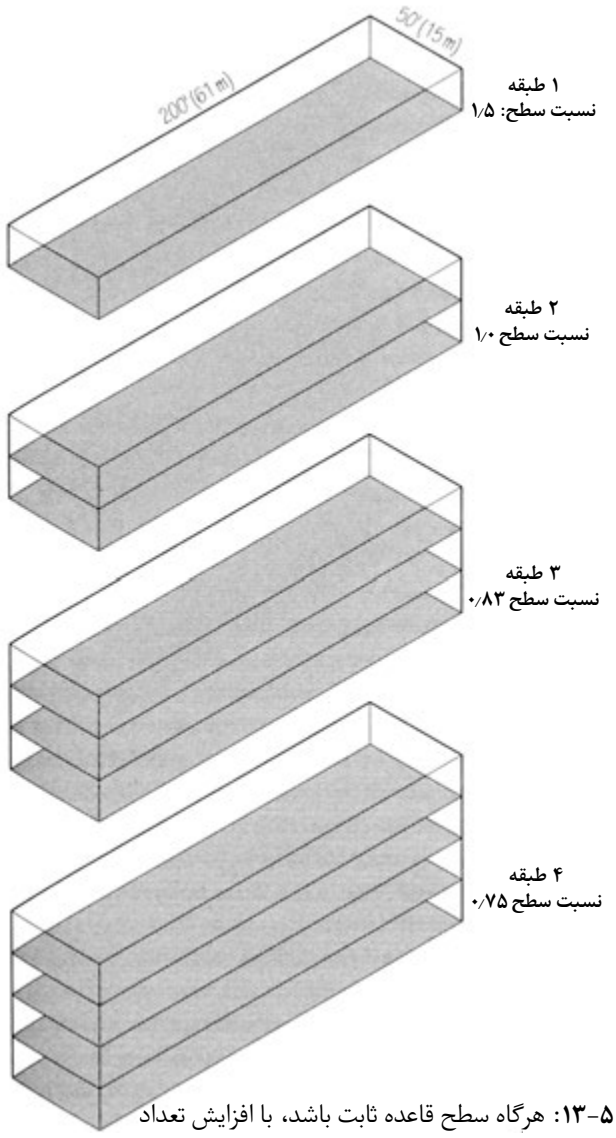
سطح زیربنا به فوت مربع (متر مربع)	تعداد بهینه‌ی طبقات
< 1,000 (93)	1
1,000–5,000 (93–465)	2
5,000–10,000 (465–929)	3
10,000–30,000 (929–2,787)	4
30,000–60,000 (2,787–5,574)	5
60,000–100,000 (5,574–9,290)	6
100,000–150,000 (9,290–13,935)	7
150,000–240,000 (13,935–22,297)	8

تعداد بهینه‌ی طبقات، بسته به فاصله‌ی کف-تا-کف، اندکی تغییر می‌کند. این جدول براساس ارتفاع کف - تا - کف ۱۰ فوت تهیه شده است.

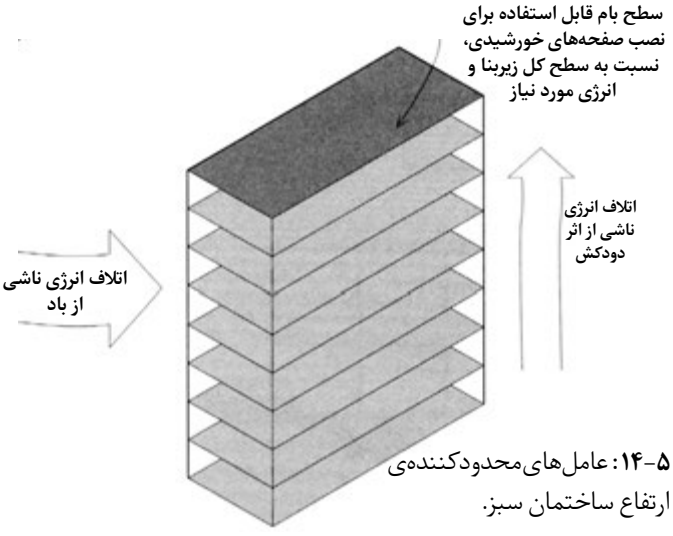
در بعضی ساختمان‌ها، مانند آپارتمان‌ها و هتل‌ها، به سبب نیاز به داشتن چشم‌انداز، وجود هسته‌های داخلی قابل قبول نیست. در این نوع ساختمان‌ها پوسته‌ی خارجی یا پوش تعیین‌کننده است. نسبت سطح در ساختمان بلندی که باید چشم‌انداز داشته باشد و وجود هسته‌ی داخلی در خور اعتنا برای آن قابل قبول نیست، با بلندتر شدن ساختمان، کوچک و کوچک‌تر می‌شود. مثلا ساختمانی با قاعده‌ی ۵۰ در ۲۰۰ فوت (۱۵ در ۶۱ متر) را در نظر بگیرید که ارتفاع طبقه‌ی آن ۱۰ فوت (۳ متر) و سطح زیربنای هر طبقه‌ی آن ۱۰۰۰۰ فوت مربع (۹۲۹ متر مربع) است. اگر این ساختمان یک‌طبقه باشد، نسبت سطح آن ۱/۵ خواهد بود. وقتی دوطبقه شود، نسبت سطح آن به ۱ کاهش می‌یابد؛ اگر این ساختمان ۱۰ طبقه شود نسبت سطح آن به ۰/۶ و اگر ۲۰ طبقه شود به ۰/۵۵ می‌رسد. در ساختمان‌هایی که پوسته‌ی خارجی آن‌ها تعیین‌کننده است و صرفا از دیدگاه نسبت سطح، ساختمان بلندتر بهتر است.

اما، با بلندتر شدن ساختمان، دو عامل غیرمربوط می‌توانند مانع صرفه‌جویی در مصرف انرژی ناشی از پایین آمدن نسبت سطح شوند: کاهش محافظت درخت‌ها یا ساختمان‌های مجاور در برابر باد و افزایش اثر دودکش، که ناشی از حرکت هوای داخل ساختمان در فصل زمستان، به‌سبب اختلاف دماست. در ساختمان‌هایی که پوسته‌ی خارجی آن‌ها تعیین‌کننده است، مانند آپارتمان‌ها و هتل‌ها، ارتفاع بهینه احتمالا در گستره‌ی میانی است، یعنی جایی که نسبت‌های سطح به اندازه‌ی کافی از نسبت‌های متناظر در ساختمان‌های یک یا دو طبقه پایین‌ترند، اما اثر دودکش و باد هنوز به نیروی غالب تبدیل نشده است.

عامل محدودکننده‌ی دیگر برای ارتفاع ساختمان، در ساختمان‌های سبزی که به‌دنبال دستیابی به قابلیت مصرف انرژی خالص صفرند، اما وسعت محوطه‌ی آن‌ها کافی نیست، سطح قابل استفاده‌ی بام برای نصب سیستم‌های انرژی خورشیدی است. تحقیقات نشان داده است که امکان تأمین سطح بام کافی برای استفاده از برق تولیدشده توسط انرژی خورشیدی، وقتی ارتفاع ساختمان از دو طبقه بیشتر می‌شود، به شدت کاهش می‌یابد.



۵-۱۳: هرگاه سطح قاعده ثابت باشد، با افزایش تعداد طبقات ساختمان، نسبت سطح کاهش می‌یابد.

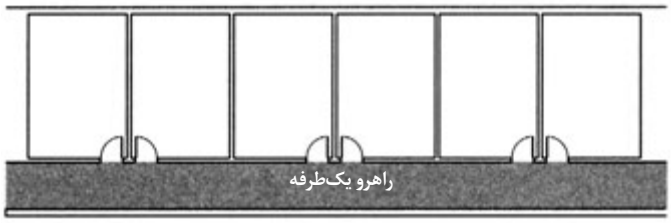


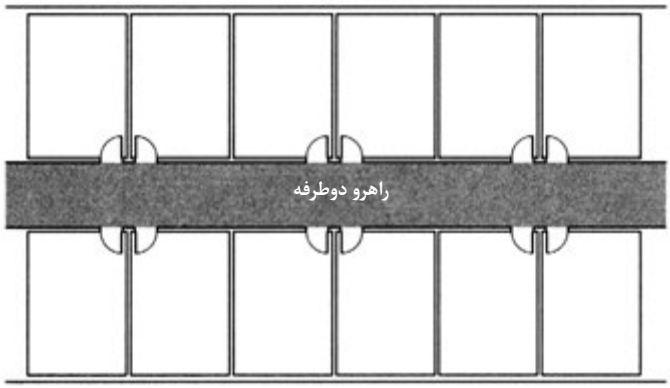
۵-۱۴: عامل‌های محدودکننده‌ی ارتفاع ساختمان سبز.

در مورد ســاختمان‌هایی با پوســته‌ی خارجی تعیین‌کننده که به چشم‌انداز نیاز دارند، مانند آپارتمان‌ها و هتل‌ها، پرسش متداول این اســت: کدام ترجیح دارد، راهرو دوطرفه یا راهرو یک‌طرفه؟ پاســخ این است که ســاختمانی با راهرو دوطرفه همواره نسبت سطح کوچک‌تری دارد. فرض کنید طول یک ساختمان آپارتمانی ۲۰۰ فوت (۶۱ متر)، و عمق آپارتمان‌ها ۲۰ فوت (۶/۱ متر)، تعداد طبقــات آن پنج و عرض راهرو آن ۵ فوت (۱/۵ متر)، و ارتفاع هر طبقه ۱۰ فوت (۳ متر) باشد. اگر راهرو ساختمان یک‌طرفه باشد، نســبت ســطح آن ۱/۱ خواهد بود، اما اگر راهرو دوطرفه داشــته باشــد، این نسبت ۳۲٪ کاهش می‌یابد و به ۰/۷۴ می‌رسد. هرگاه راهرو را تا انتهای ســاختمان ادامه ندهیم، مزیت راهرو دوطرفه بیشتر هم خواهد شد.

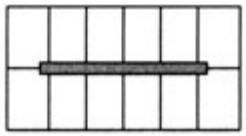
راهبــردی دیگــر بــرای ســاختمان‌هایی بــا پوســته‌ی خارجی تعیین‌کننده، کاهش فضای کاربری مجاور با دیوار خارجی است. به عبارت دیگر باید فضاهای پیرامونی را با عمق بیشتری طراحی کرد و طول اتاق‌ها را در راســتای عمــود بر دیوار خارجی در نظر گرفت.

در مثال بالا، نسبت سطح ساختمانی پنج‌طبقه با راهرو دوطرفه ۰/۷۴ بود. فرض کنید این ساختمان در ابتدا با هشت آپارتمان، هر یک به ابعاد ۲۹ در ۲۵ فوت (۶/۱ در ۷/۶ متر) در هر طرف راهرو طراحی می‌شــد ، به‌طوری‌که بُعد ۲۵ فوتی در طول دیوار خارجی بود. اگر جهت‌گیری آپارتمان‌ها را طوری تغییر می‌دادیم که بُعد ۲۰ فوتی در طول دیوار خارجی قرار می‌گرفت، اما سطح زیربنای اتاق تغییر نمی‌کرد، عمق پیرامونی به ۲۵ فوت می‌رسید. در این حالت ساختمان کمی عریض‌تر و کمی کوتاه‌تر می‌شد، اما سطح زیربنای هــر آپارتمان همان ۵۰۰ فوت مربع (۴۶ متر مربع) باقی می‌ماند. کاهش مجاورت با دیوار خارجی نســبت ســطح را ۷/۵٪ کاهش می‌داد و به ۰/۶۹ می‌رســاند. این نتیجه‌ی ایجاد تغییری جزئی در ابعاد ســاختمان و کاهش مختصر فرصت برای تأمین چشم‌انداز است، هرچند که ظاهرا سطح کل پنجره را می‌توان ثابت نگه داشــت. اما این اقدام موجب صرفه‌جویی چشمگیری در مصرف انرژی برای گرمایش و ســرمایش می‌شود، زیرا ســطح ســاختمان کاهش یافته بــدون این‌که سطح زیربنا کمتر شــود. مشاهده می‌کنیم که با کوتاه‌تر شــدن راهرو، که موجــب صرفه‌جویی در انرژی مصرفی برای روشنایی می‌شود، سطح کل زیربنای ساختمان و سطح دیوار خارجــی نیز کاهش می‌یابد که صرفه‌جویی بیشــتری در هزینه‌ی ساخت را در پی دارد.

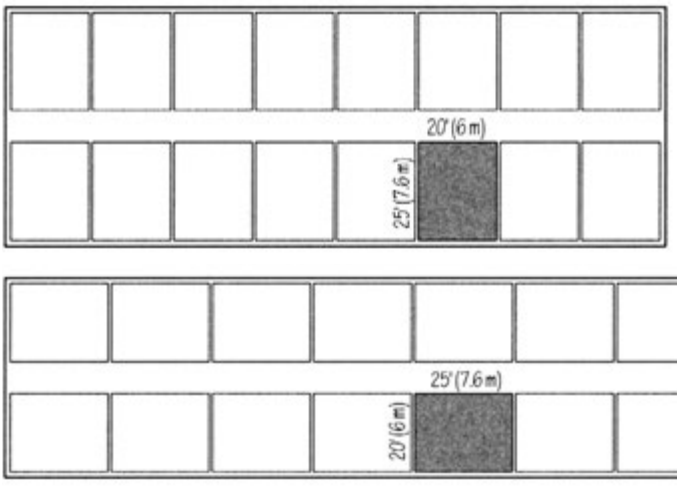




۵-۱۵: نسبت سطح ســاختمان‌هایی که راهــرو دوطرفه دارند، از نســبت ســطح ساختمان‌های مشــابه با راهرو یک‌طرفه کمتر است.



با کوتاه‌تر کردن راهرو و ادامه ندادن آن تا دو انتهای ساختمان، می‌توان در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد.



۵-۱۶: با اســتفاده از عمق پیرامونی بیشتر، نسبت سطح ساختمان کوچک‌تر می‌شود، در نتیجه بازده مصرف انرژی آن افزایش می‌یابد و هزینه‌ی ســاخت آن کمتر می‌شود، اگر چه سطح زیربنای مفید تغییر نمی‌کند.

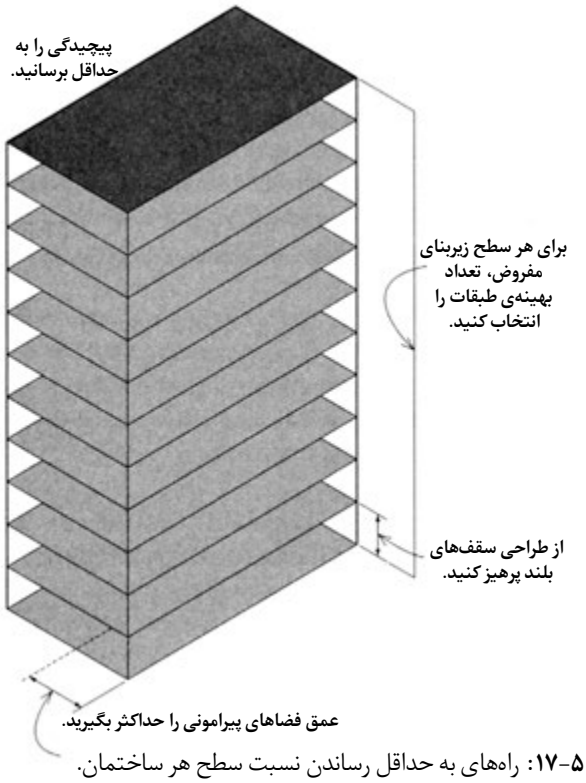
دیدیم که نسبت سطح ساختمان به زیربنای آن چه تأثیر شدیدی بر مصرف انرژی دارد. برای به حداقل رساندن این نسبت می‌توان از راهبردهای گوناگون، شـامل کاهـش ارتفاع کف - تا - کف، و پرهیز از سقف‌های بلند، استفاده از چیدمان‌های ردیفی یا تلفیق چند ساختمان کوچک به صورت یک ساختمان بزرگ‌تر، استفاده از تعداد بهینه‌ی طبقات برای سطح زیربنای مفروض، استفاده از فضاهای عمیق‌تر نسبت به دیوارهای خارجی، و کاهش پیچیدگی سطح ساختمان، استفاده کرد.

پایین نگه داشـتن نسبت سطح فواید ثانویه‌ای هم دارد. اجتناب از سـاخت سـقف بلند، برق لازم برای تأمین روشنایی را کاهش می‌دهد. آسـایش نیـز افزایش می‌یابد، زیرا دمـا کمتر لایه‌بندی می‌شـود و همین موجـب صرفه‌جویی بیشـتر در مصرف انرژی خواهد شـد. با ساده‌تر کردن خطوط ساختمان در بام، تأمین جا برای صفحه‌های خورشیدی ممکن می‌شود.

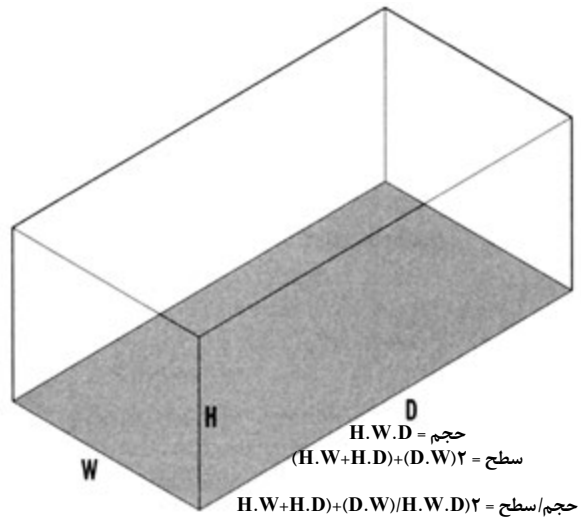
بهترین موقعیت اسـتفاده از نسـبت سـطح هنگامی اسـت که گزینه‌های طراحی را برای ساختمان‌هایی با سطح زیربنای مساوی، یا تراکم کاربری مسـاوی مقایسه می‌کنیم. مقایسه‌ی نسبت‌های سطح برای ساختمان‌هایی با زیربنا یا تراکم کاربری متفاوت ممکن است گمراه‌کننده باشد. مثلا، نسبت سطح یک خانه‌ی چهارخوابه با مساحت ۳۰۰۰ فوت مربع (۲۷۹ متر مربع) ممکن است از نسبت سطح خانه‌ی چهارخوابه‌ی دیگری با زیربنای ۱۵۰۰ فوت مربع (۱۳۹ متر مربع) بسیار کوچک‌تر باشد، اما کوچک‌تر بودن نسبت سطح خانه‌ی وسـیع‌تر لزوما به این معنا نیست که بازده مصرف انرژی بالاتری دارد. ابتدا باید سطح زیربنای خانه را کاهش داد و سپس نسبت سطح را بررسی کرد. کاهش نسبت سطح را باید هنگامی انجام داد که سطح زیربنا و تراکم کاربری تعیین شده است.

برای بسـیاری از شکل‌های سـاختمان، نسبت سـطح پایین‌تر می‌تواند موجب کاهش سطح دیوار لازم برای باز کردن چشم‌انداز و تأمین نور طبیعی شود. چشم‌انداز را هرگاه و هر جا که لازم است باید تأمین کرد. اما غالبا گزینه‌هایی برای کاهش نسـبت سطح و در عین حال تأمین چشـم‌انداز و صرفه‌جویی ناشی از استفاده از نور طبیعی وجود دارد. اسـتفاده از نسـبت سطح پایین‌تر را باید به‌منزله‌ی ابزاری اضافی و مفید در جعبه‌ابزار طراح ساختمان سبز تلقی کرد، نه به عنوان شـرطی لازم و انعطاف‌ناپذیر، صرف‌نظر از تأثیر آن بر طراحی ساختمان.

بعضی از طراحان حرفه‌ای سـاختمان از نسبت جایگزینی موسوم به نسـبت سـطح به حجم، به عنوان پارامتری کـه باید آن را به حداقل کاهش داد اسـتفاده می‌کنند. نسبت سطح ساختمان به سـطح زیربنای سـاختمان این مزیت را دارد که فاقد بُعد است و بنابراین در هر دو دستگاه واحدها (دستگاه بین‌المللی و دستگاه انگلیسی) یکسان است، اما نسبت سطح به حجم، بسته به واحد مورد استفاده برای اندازه‌گیری طول تغییر می‌کند. نسبت سطح به حجم، با هر افزایشـی در ارتفاع سقف کاهش می‌یابد و ممکن اسـت این معنای ضمنی را القا کند که با افزایش ارتفاع سـقف، بازده مصرف انرژی بالا می‌رود. اما هر دو نسـبت - نسبت سطح ساختمان به سطح زیربنا و سطح به حجم - اهمیت سطح خارجی ساختمان و لزوم کاهش آن را نشان می‌دهند.



۵-۱۷: راه‌های به حداقل رساندن نسبت سطح هر ساختمان.



جهت‌گیری

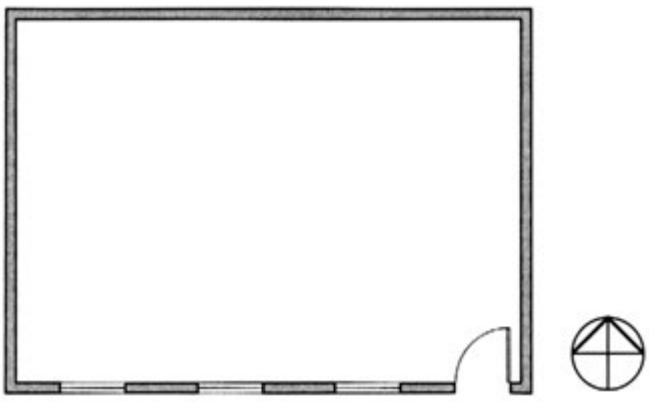
اکنون که تأثیر شگرف سطح زیربنا و شکل ساختمان بر مصرف انرژی را بررسی کردیم، می‌توانیم دوباره به سراغ جهت‌گیری ساختمان برویم. جهت‌گیری ساختمان بر میزان دریافت انرژی خورشید در فصل زمستان، و بر میزان نیاز به سرمایش ناشی از دریافت ناخواسته‌ی انرژی خورشید در فصل تابستان تأثیر دارد. جهت‌گیری ساختمان بر میزان جریان هوا در ساختمان، براثر اختلاف فشار باد نیز تأثیر می‌گذارد.

در این‌جا ساختمان‌هایی را در نظر می‌گیریم که فاقد مشخصه‌های خورشیدی غیرفعال، مانند جرم گرمایی و سایر صورت‌های ذخیره‌ساز انرژی، یا کنترل‌گرهای خورشیدی غیرفعال، مانند عایق‌کاری شبانه‌ی پنجره‌هایند. هم‌چنین روی گرمایش و سرمایش تمرکز می‌کنیم و بحث در باره‌ی نور طبیعی را به آینده موکول می‌نماییم.

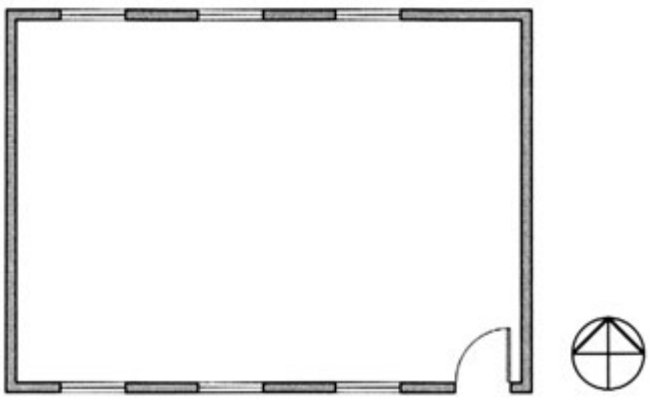
بهترین تصمیم‌ها برای بهینه‌سازی جهت‌گیری ساختمان را بر اساس شبیه‌سازی‌های کامپیوتری می‌توان گرفت. شبیه‌سازی کامپیوتری را می‌توان به سرعت انجام داد و بسیاری از برنامه‌های شبیه‌سازی حتی امکان چرخاندن ساختمان و بررسی سریع جهت‌گیری‌های مختلف را نیز فراهم می‌کنند. ابتدا ممکن است بدیهی به نظر برسد، اما مشاهده می‌کنیم ساختمانی مربعی که در هر چهار طرف پنجره‌هایی با سطوح مساوی دارد، فاقد جهت‌گیری بهینه است. مثلا، اگر ورودی اصلی در هر یک از چهار جهت اصلی باشد، مصرف انرژی ساختمان در هر چهار حالت تقریبا یکسان است. بنابراین تمرکز بحث جهت‌گیری بهینه‌ی ساختمان، نسبت به دریافت انرژی خورشیدی و تلفات گرمایی، بر ساختمان‌هایی است که سطح پنجره‌های آن‌ها در هر چهار سمت ساختمان مساوی نیست.

برای ساختمانی واقع در نیمکره‌ی شمالی که فقط در یک سمت پنجره دارد، هنگامی مصرف انرژی مینیمم می‌شود که پنجره‌های ساختمان رو به جنوب باشند. این نکته، خواه ساختمان در نواحی سرد (گرمایش) و خواه در نواحی گرم (سرمایش) واقع باشد، صادق است. توجه داشته باشید که نتیجه این نیست که «هر چه می‌توانید در سمت جنوب ساختمان پنجره باز کنید...»، بلکه این است که «اگر پنجره‌ها فقط در یک دیوار باز می‌شوند، بهترین دیواری که می‌توان این پنجره‌ها را در آن باز کرد، دیوار جنوبی است.»

در مواردی که پنجره‌ها فقط در دو دیوار مقابل هم باز می‌شوند، تعبیه‌ی پنجره در دیوارهای شمالی و جنوبی بیشتر موجب کاهش مصرف انرژی می‌شود تا تعبیه‌ی آن‌ها در دو دیوار شرقی و غربی. صرفه‌جویی در مصرف انرژی در اقلیم‌های گرم چشمگیرتر است.



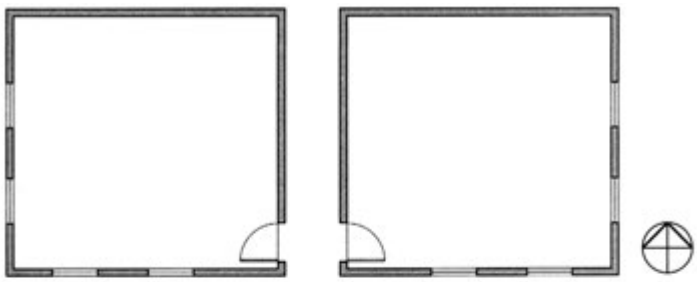
۵-۱۹: در ساختمان‌هایی که فقط یک دیوار آن‌ها پنجره دارد، بهتر است پنجره‌ها رو به جنوب باز شوند.



۵-۲۰: در ساختمان‌هایی که پنجره‌هایی با اندازه‌ی مساوی در دو دیوار مقابل دارند، بهتر است این پنجره‌ها در دیوارهای شمالی و جنوبی باز شوند.

هنـــگام تعبیه‌ی پنجره روی دو دیوار مجاور، کمترین انرژی وقتی مصرف می‌شـــود که پنجره‌ها، خواه در اقلیم‌های سرد و خواه در اقلیم‌های گرم، رو به جنوب و شـــرق باشـــند. پس از آن، و تقریبا با همان میـــزان صرفه‌جویی در مصرف انـــرژی، پنجره‌های رو به غـــرب و جنوب قرار دارند. اگر پنجره‌هـــا روی دو دیوار مجاور باز می‌شـــوند، ترجیحا نباید رو به شمال و شـــرق، یا شمال و غرب باشـــند. صرفه‌جویی در مصرف انرژی در هر دو اقلیم ســـرد و گرم مشهود است.

مثال‌های بالا بر ساختمانی مربعی مبتنی است. اگر ساختمان قاعده‌ی مستطیلی داشته باشد و نسبت دیـــوار به پنجره‌ی آن در هر چهار ســـمت مســـاوی باشـــد، و در نتیجه در دو سمت طویل‌تر پنجره‌های بیشـــتری داشـــته باشـــد، نتیجه همان است که در مورد ساختمان مربعی با پنجره‌هایی روی دیوارهای مقابل دیدیم: کمترین مصرف انرژی را ســـاختمانی دارد که محور طولی آن در جهت شرق به غرب است و پنجره‌های رو به شـــمال و جنوب آن، در مقایســـه بـــا پنجره‌های رو به شـــرق و غرب، بیشـــترند. برای روشـــن‌تر شدن مطلب تأکید می‌کنیم که نتیجه این نیســـت که «هر چه می‌توانید در دیوارهای شمالی و جنوبی پنجره باز کنید...» بلکه این اســـت که « اگر پنجره‌ها به طور یکنواخت براســـاس نسبت دیوار به پنجره در پیرامون ساختمانی مستطیلی توزیع شوند، بهترین جهت‌گیری را ساختمانی دارد که محور طولی آن در جهت شرقی-غربی باشد.» باز هم صرفه‌جویی در نواحی جنوبی که به سرمایش نیاز دارند، بیشتر از نواحی شمالی است که نیازمند گرمایش‌اند.



۵-۲۱: ساختمان‌هایی که در دو دیوار مجاور پنجره دارند، باید طوری جهت داده شوند که پنجره‌ها روی دیوارهای جنوب و غرب یا جنوب و شرق واقع شوند.

در این بحث آن دســـته از مزایای جهت‌گیری که به جهت وزش باد مربوط‌اند، مثلا هنگامی که وزیدن نســـیم به تهویه‌ی متقابل کمـــک می‌کند، در نظر گرفته نشـــده‌اند. ممکن اســـت بهترین جهت‌گیری بـــرای تهویه‌ی متقابل بر بهتریـــن جهت‌گیری برای جذب گرمای خورشـــیدی و تلفات گرمایی منطبق نباشد.



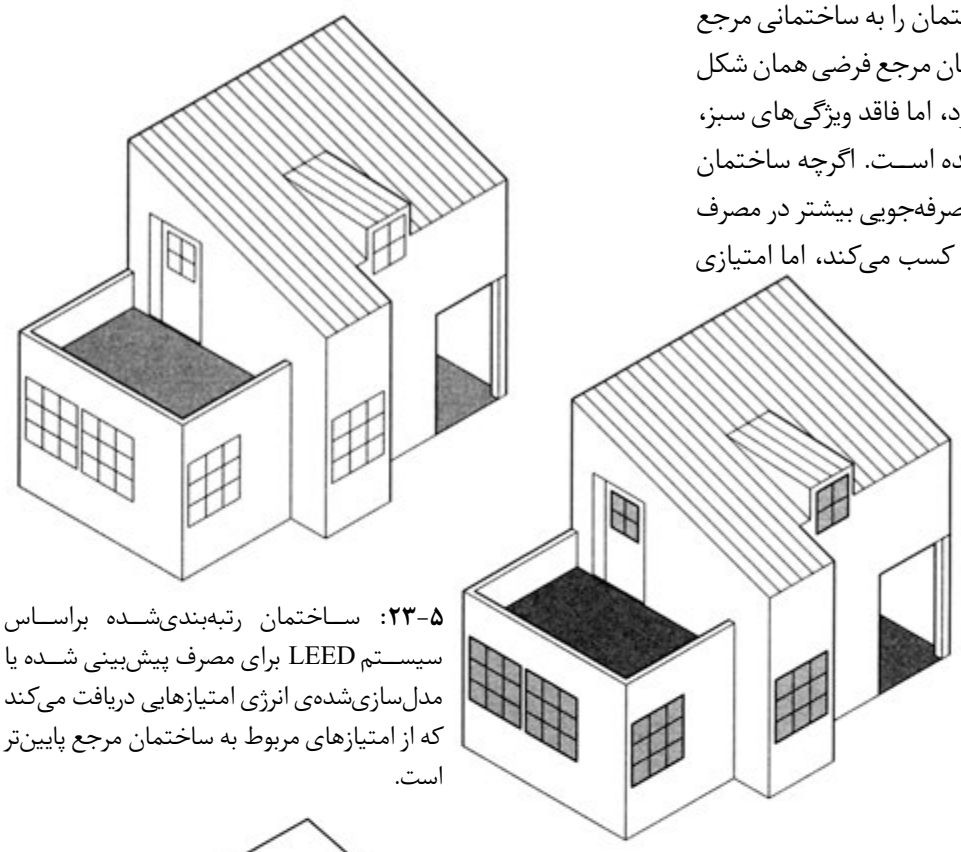
۵-۲۲: ســـاختمان‌های مســـتطیلی که پنجره‌های آن‌ها بـــه طور یکنواخت روی دیوارهای هر چهار ســـمت توزیع شـــده‌اند، باید حول محور شرقی - غربی جهت داده شوند.

استانداردهای ساختمان سبز و شکل ساختمان

رویکرد دو اســتاندارد متفاوت ســاختمان ســبز به نتایج ضمنی جالب، اما مختلفی، در مورد شکل ساختمان منتهی می‌شود.

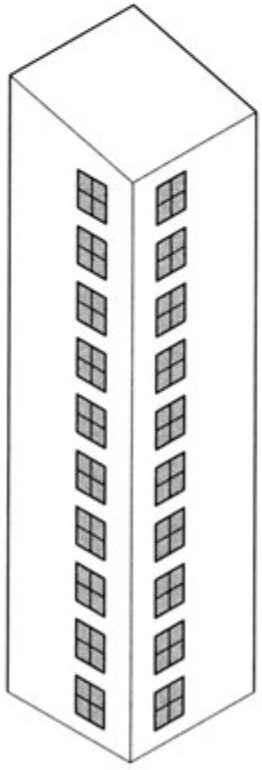
سیستم رتبه‌بندی LEED طرح ساختمان را به ساختمانی مرجع با همان شکل مربوط می‌کند. ساختمان مرجع فرضی همان شکل ســاختمان پیشنهادی LEED را دارد، اما فاقد ویژگی‌های سبز، مانند دیوارهای کاملا عایق‌کاری شــده اســت. اگرچه ساختمان پیشنهادی LEED امتیازهایی برای صرفه‌جویی بیشتر در مصرف سوخت، نسبت به ساختمان مرجع، کسب می‌کند، اما امتیازی از بابت شکل مؤثرتر خود نمی‌گیرد.

ســاختمان رتبــه بندی‌شــده توسط LEED شکلی همانند ســاختمان مرجــع دارد، اما ویژگی‌هــای ســبزی از قبیل پوش کاملا عایق‌کاری شــده، پنجره‌هایی با عملکرد خوب، و سیستم گرمایش کارآمد دارد.



۵-۲۳: ســاختمان رتبه‌بندی‌شــده براســاس سیســتم LEED برای مصرف پیش‌بینی شــده یا مدل‌سازی‌شده‌ی انرژی امتیازهایی دریافت می‌کند که از امتیازهای مربوط به ساختمان مرجع پایین‌تر است.

ساختمان مرجع همان شکل ســاختمان رتبه‌بندی شده توسط LEED را دارد، اما فاقد ویژگی‌های سبز است.



۵-۲۴: مثالی افراطی: ساختمانی بلند و باریک که فقط یک اتاق دارد، کمتر از ســاختمان مرجع با همان شــکل انرژی مصرف می‌کند، اما اگر نیازی نبود که این‌قدر بلند باشد، انرژی باز هم کمتری مصرف می‌کرد.

اکنــون می‌خواهیم مثالی افراطی را در نظر بگیریم؛ ســاختمان اداری یک‌طبقــه‌ای با زیربنای ۱۰۰۰ فوت مربع (۹۳ متر مربع) در یک اتاق با ســقفی به ارتفاع ۱۰۰ فوت (۳۰ متر). این ساختمان، اگــر خوب عایق‌کاری شــود، می‌تواند امتیازهــای انرژی LEED را دریافــت کند و حتی رتبه‌ی پلاتینــی LEED را بگیرد، اگرچه مصرف انرژی آن در واحد سطح زیربنا بالا خواهد بود.

برعکس سیستم رتبه‌بندی LEED ، در سیستم پاسیوهاوس بر مصرف انرژی در واحد سطح زیربنا تأکید می‌شود. در این سیستم رتبه‌بندی، مثال بالا امتیاز خوبی نمی‌گیرد و در واقع احتمالا نتواند تأییدیه بگیرد، زیرا مصرف انرژی آن در واحد سطح زیربنا بالاست. اما تمرکز سیستم پاسیوهاوس بر سطح زیربنا، آن را از جهت مقابل آسیب‌پذیر می‌کند.

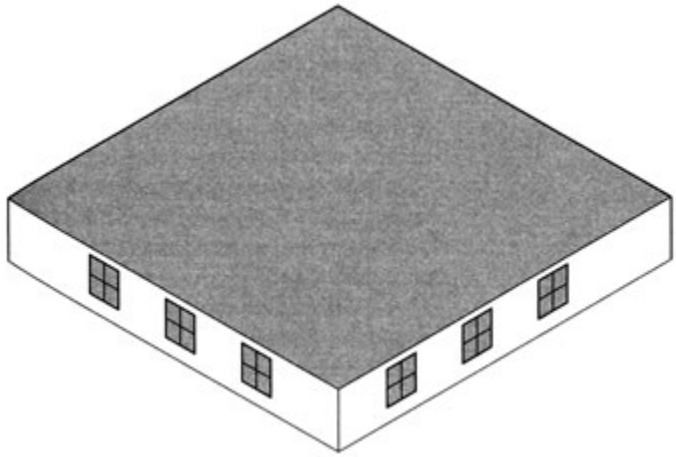
مثال افراطی دیگری را در نظر بگیرید؛ ساختمانی یک‌طبقه با سطح زیربنای بزرگ، مانند خانه‌ای به وسعت ۱۰۰۰۰۰ فوت مربع (۹۲۹۰ متر مربع). اگر دیوارها و سقف این خانه‌ی بزرگ به‌خوبی عایق‌کاری شده باشند، نفوذ هوا در آن کم باشد و پنجره‌هایش کوچک باشند، می‌تواند با معیارهای عملکرد انرژی پاسیوهاوس تطبیق پیدا کند، زیرا این سیستم بر واحد سطح زیربنا مبتنی است. اما اگر خانواده‌ای چهارنفره در این خانه زندگی کنند، صورت‌حساب انرژی آن‌ها، در مقایسه با خانه‌ای معمولی، بسیار بالا خواهد بود.

با توجه به دو مثال قبل مشاهده می‌شود که هم سیستم رتبه‌بندی LEED و هم سیستم پاسیوهاوس، نسبت به شکل و اندازه‌ی ساختمان آسیب‌پذیرند. جالب این‌که ساختمان بلند و باریک می‌تواند با معیارهای LEED تطبیق داشته باشد، اما مصرف انرژی بسیار بالایی داشته باشد، و ساختمان وسیع و کوتاه می‌تواند با شرایط پاسیوهاوس تطبیق پیدا کند و باز هم مصرف انرژی آن بسیار بالا باشد. در حقیقت ساختمانی وسیع و کوتاه هم می‌توانست در سیستم رتبه‌بندی LEED امتیاز خوبی کسب کند، اما بازده مصرف انرژی آن پایین باشد، هرچند سیستم LEED برای خانه‌ها، اندازه‌ی خانه را نیز در نظر می‌گیرد و به خانه‌های با سطح زیربنای زیاد امتیاز منفی می‌دهد، اما به خانه‌هایی که ارتفاع سقف آن‌ها زیاد است، امتیاز منفی نمی‌دهد. سایر سیستم‌های رتبه‌بندی هم مشکلات مشابهی دارند. سیستم HERS ، مانند سیستم LEED، رتبه‌بندی را براساس ساختمانی مرجع انجام می‌دهد، اما در سیستم ستاره‌ی انرژی (ENERGY STAR)، مانند سیستم پاسیوهاوس، رتبه‌بندی بر اساس سطح زیربنا انجام می‌گیرد.

تأثیر شکل ساختمان بر مصرف انرژی بیشتر از تأثیر مقدار R دیوارها، ضریب U پنجره‌ها، یا سایر مشخصه‌های گرمایی است. به همین سبب شکل ساختمان را باید در اوایل کار و با دقت بررسی کرد. صرف‌نظر از میزان عایق‌کاری دیوارها، کارآیی سیستم گرمایش، و سایر اصلاحاتی که برای کاهش مصرف انرژی در طرح انجام می‌شود، شکل ساختمان می‌تواند نقش تعیین‌کننده در میزان مصرف انرژی داشته باشد.

پرسیدن سئوال درست بسیار مهم است. به جای این پرسش که «چگونه می‌توان شکل ساختمانی را انتخاب کرد که پاسخگوی نیازهای ما باشد و سپس بتوان ویژگی‌های سبز را به آن افزود؟» بهتر است این پرسش را مطرح کرد که «چگونه می‌توان با ساختمانی که شکل آن ذاتا سبزتر است، نیازهای خود را برطرف کرد؟»

اگر با دقت به بسیاری از ساختمان‌های سبز دارای تأییدیه نگاه کنیم، ممکن است حتی گرایش مخالفی را مشاهده کنیم. شاید در تلاش برای بیان این‌که « می‌توانیم هم سبز باشیم و هم متمایز»، شکل‌های ساختمان‌های سبز تأیید شده غالبا پیچیده یا بلند و باریک باشد و نسبت سطح بزرگی داشته باشند. با استفاده از اجزای کارآمد، مانند دیوارهایی با مقدار R بالاتر و پنجره‌هایی با ضریب U پایین‌تر، شاید ساختمانی بتواند اعلام کند که سبزنما نیست (سبزنمایی اصطلاحی است دال بر ادعای ساختگی یا ظاهری سبز بودن). اما شکل‌های ساختمانی غالبا به‌طور ذاتی ناکارآمدند. به این ترتیب با خطری غیر از سبزنمایی سروکار پیدا می‌کنیم که می‌توان آن را سبزگرایی نامید؛ طراحی ساختمان‌های ظاهرا سبز که ممکن است حتی تأییدیه هم گرفته باشند، اما به سبب پیچیدگی یا ناکارآمدی شکل قاعده‌ی خود بازده مصرف انرژی خوبی نداشته باشند.



۵-۲۵: مثالی افراطی: ساختمانی وسیع و کوتاه، با مصرف انرژی پایین به‌ازای واحد سطح، ممکن بود انرژی بیشتری مصرف کند، اگر شکل قاعده‌ی آن چنین نبود.

فضاهای مرکزی در مقایسه با فضاهای پیرامونی

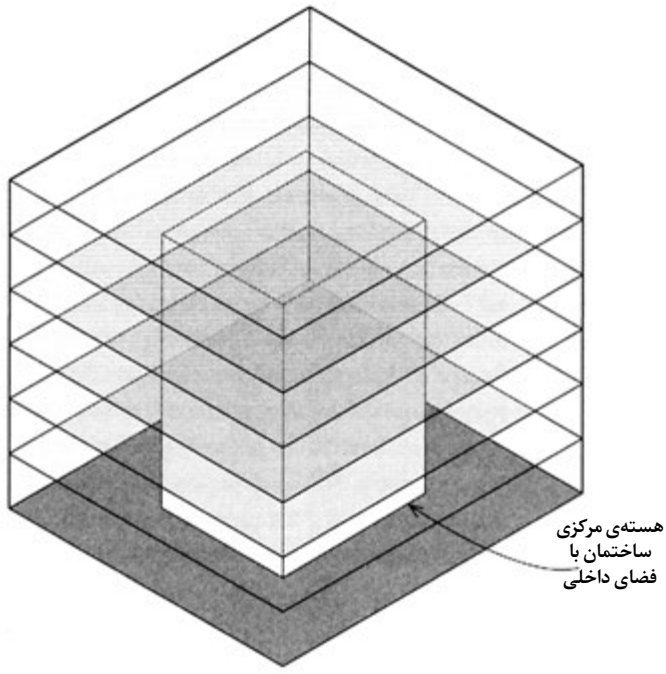
ساختمان‌های بزرگ، مانند ساختمان‌های بزرگ اداری و مراکز خرید سرپوشیده، می‌توانند فضاهای هسته‌ای یا مرکزی داشته باشند که فاقد دیوار خارجی یا سقف باشند. این فضاهای داخلی معمولا فقط به سرمایش سالانه نیاز دارند، حتی اگر ساختمان در اقلیمی سرد بنا شده باشد.

بخشی از این سرمایش را می‌توان با وارد کردن هوای بیرون، وقتی دمای آن از دمای هوای داخل پایین‌تر است، انجام داد. بعضی از سیستم‌های پمپ حرارتی امکان جذب گرما از فضاهای مرکزی و تحویل آن‌ها به فضاهای پیرامونی را دارند و در نتیجه، در اوقاتی که نیاز هم‌زمان به سرمایش فضاهای مرکزی و گرمایش فضاهای پیرامونی وجود دارد، می‌توانند بازده مصرف انرژی را بالا ببرند. این مشخصه‌های ساختمان‌هایی که در آن‌ها فضای مرکزی نقش تعیین‌کننده دارد، پرسش‌های مختلفی را مطرح می‌کند: آیا وجود فضاهای مرکزی وسیع در ساختمان، که نیازی به گرمایش ندارند، از لحاظ مصرف انرژی به سود ماست؟ آیا نسبت بهینه‌ای برای سطح زیربنای فضای مرکزی به سطح زیربنای فضای پیرامونی وجود دارد؟ آیا چنین مشخصه‌ای می‌تواند قیمت ساختمان را پایین بیاورد؟

یک مشکل هنگامی پیش می‌آید که مثلا گرما در فضای مرکزی درست در همان زمانی تولید نمی‌شود که فضای پیرامونی به آن نیاز دارد. مناطق پیرامونی معمولا فقط در فصل زمستان به گرمایش نیاز دارند، اما مناطق مرکزی در سرتاسر سال گرما تولید می‌کنند. مناطق پیرامونی شب‌ها به گرمای بیشتری نیاز دارند که خورشید غروب کرده است و احتمالا از چراغ‌ها و تجهیزات کمتری هم استفاده می‌شود، در حالی که مناطق مرکزی اغلب ساختمان‌ها، مانند ساختمان‌های اداری، معمولا در ساعات کاری روز گرمای بیشتری تولید می‌کنند. با وجود این، هنوز هم امکان بالقوه‌ی استفاده از گرمای تولید شده در فضاهای مرکزی برای گرمایش فضای پیرامونی وجود دارد. برای تحلیل دقیق بده‌بستان‌های فضای مرکزی و فضای پیرامونی هر ساختمان خاص، باید از مدل انرژی استفاده کرد.

اگر برای ساختمان سبز خاصی داشتن فضای مرکزی قابل قبول باشد - به عبارت دیگر، اگر بتوان فضایی را پذیرفت که پنجره برای چشم‌انداز و نور طبیعی نداشته باشد، و اگر برای انتقال گرما از فضای مرکزی به فضای پیرامونی از پمپ حرارتی استفاده شود - چنین فضایی از لحاظ مصرف انرژی کارآمد است. توجه داشته باشید که هزینه‌ی ساخت واحد سطح فضاهای مرکزی نیز پایین‌تر است. فضاهای مرکزی به مجموعه‌های خارجی گران‌قیمت، خواه دیوار و خواه بام نیازمند عایق‌کاری، مقاوم‌سازی در برابر هوازدگی، نماکاری، پنجره و درهای خارجی، نیاز ندارند.

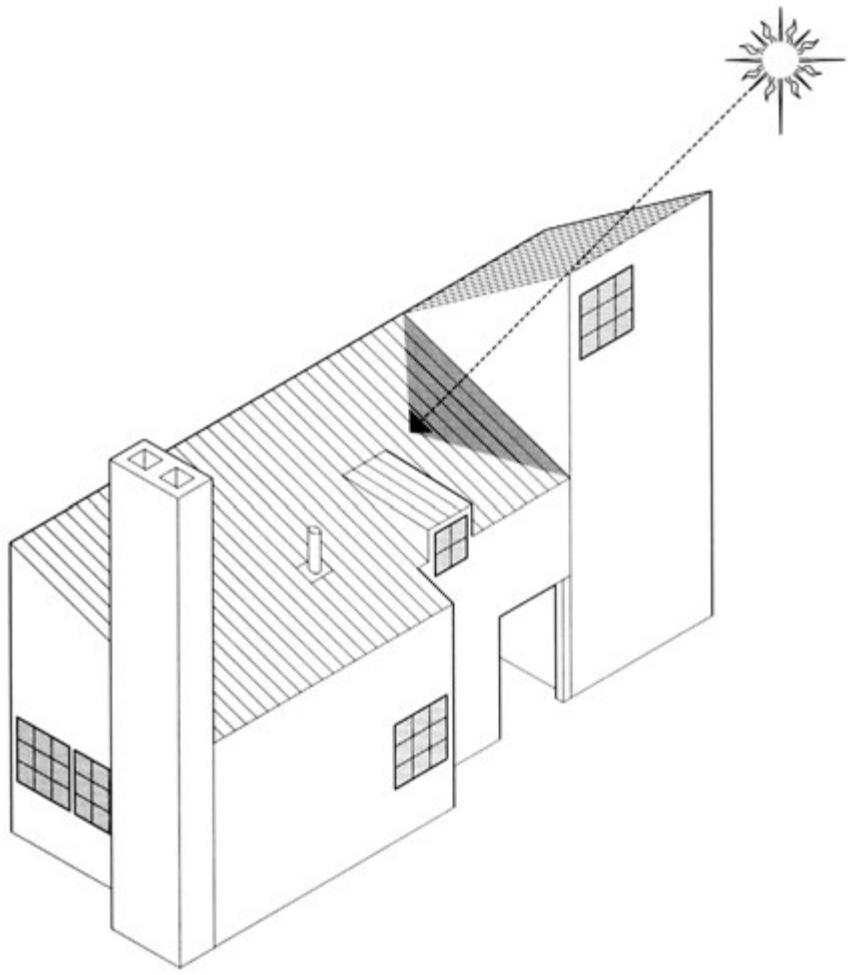
آیا اضافه کردن سطح زیربنای فضاهای مرکزی عاقلانه است؟ پاسخ احتمالا منفی است. وقتی وسعت فضای مرکزی به دو تا سه برابر وسعت فضای پیرامونی می‌رسد، چند اتفاق می‌افتد. اول این‌که فضای مرکزی بیش از آن گرما تولید می‌کند که فضای پیرامونی قادر به جذب آن باشد و در نتیجه مزیت گرمایش و سرمایش هم‌زمان کاهش می‌یابد. دوم این‌که وقتی دمای هوای بیرون پایین است، فاصله‌ای که هوای سرد بیرون باید طی کند تا سرمایش طبیعی فضای داخلی را تأمین کند، افزایش می‌یابد. در نتیجه، مصرف برق موتورهای فن و/یا پمپ افزایش می‌یابد. سرانجام این‌که فضای مرکزی ممکن است به‌اندازه‌ای وسیع شود که بخش عمده‌ی کاربران ساختمان ارتباط با بیرون از طریق چشم‌انداز یا نور طبیعی را از دست بدهند و بنابراین کیفیت زیست‌محیطی فضای داخل تنزل پیدا کند. اما اگر نواحی مرکزی وسیع قابل قبول باشند، پرسش مربوط به انرژی را با شبیه‌سازی کامپیوتری می‌توان به صورت قطعی پاسخ داد. در بعضی شرایط، ممکن است با افزایش سطح زیربنای فضاهای مرکزی، هم بازده مصرف انرژی بهبود یابد و هم قیمت ساختمان پایین بیاید.



۵-۲۶: ساختمان‌های بزرگ غالبا هسته‌ای از فضای داخلی دارند که دیوار خارجی، کف یا سقف ندارد.

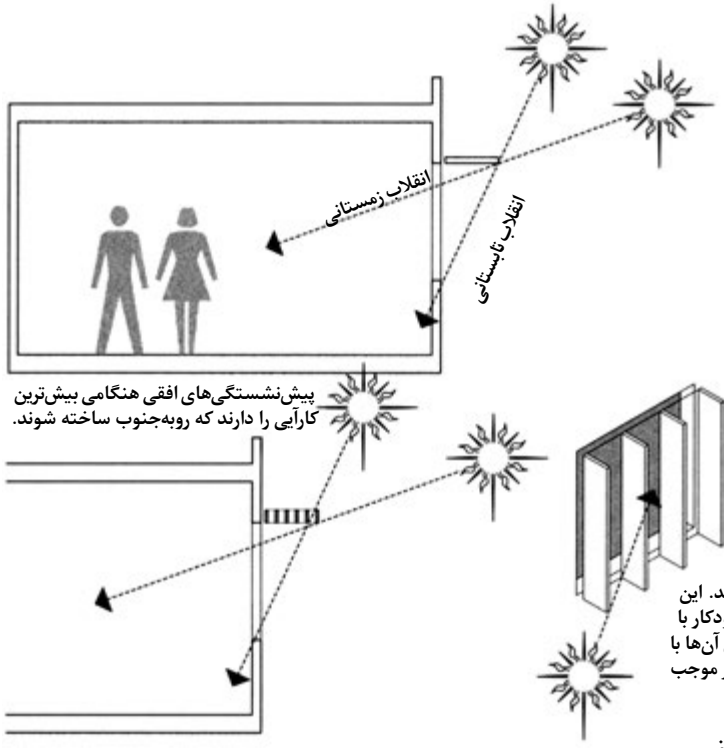
۶ ویژگی‌های نزدیک ساختمان

ویژگی‌های نزدیک ساختمان شـــامل سازه‌ها و عناصری از قبیل پیش‌نشستگی‌ها، سایبان‌ها، صفحه‌های خورشیدی، بالکن‌ها، و کرکره‌هاســـت. بسیاری از این ویژگی‌ها را می‌توان به‌صورت لایه‌ی محافـــظ اجرا کرد. اما هـــرگاه از این ویژگی‌ها به غلط اســـتفاده شود، بعضی از آن‌ها ممکن است موجب افزایش مصرف انرژی در ساختمان شوند.



پیش‌نشستگی‌ها و سایبان‌ها

پیش‌نشســتگی‌ها و ســایبان‌هایی که در جبهه‌های شــرق، جنوب یا غرب ســاخته شوند جذب گرمای خورشیدی، و در نتیجــه انرژی لازم برای تهویه‌مطبوع در تابســتان را کاهش می‌دهنــد. اگر اندازه‌ی این اجزا به‌درســتی انتخاب شــود، جذب گرمای خورشــید در زمســتان را، کــه این گرما مفید اســت، امکان‌پذیر می‌کنند. پیش‌نشستگی‌ها مانع نفوذ آب به دیوارها و پنجره‌ها می‌شوند و از مصالح ساختمانی، مانند چوب و بعضی از انواع درزگیر، در برابر تخریب ناشی از تابش پرتوهای فرابنفش محافظت می‌کنند. کرکره‌های خارجی نیز همین کار را انجام می‌دهند. جلوگیری از تابش خورشید به ساختمان ارزشمندتر از کوشش برای ایجاد محافظت در برابر پرتوهای آن با استفاده از پرده و کرکره‌ی داخلی است؛ اقدام اخیر هنگامی انجام می‌گیرد که نور خورشید از پنجره‌ها عبور کرده و گرما را به داخل ساختمان انتقال داده است.



پیش‌نشستگی‌های افقی هنگامی بیش‌ترین کارآیی را دارند که روبه‌جنوب ساخته شوند.

کرکره‌های عمودی برای جبهه‌های شرقی یا غربی مناسب‌ترند. این کرکره‌ها را می‌توان با دست باز و بسته کرد، یا به صورت خودکار با زمان کنترل کرد یا از کنترل‌گرهای فوتوالکتریکی برای تطبیق آن‌ها با زاویه‌ی تابش خورشید استفاده کرد. جداسازی کرکره از دیوار موجب کاهش گرمای انتقالی از طریق رسانش می‌شود.

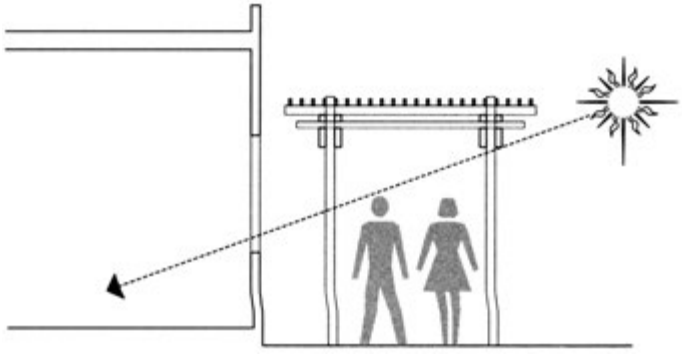
اندازه‌ی پیش‌نشســتگی‌ها را می‌تــوان به روش‌هــای مختلف، شــامل محاسبه‌ی عددی، مدل‌های ســاختمانی، و شبیه‌سازی کامپیوتری تعیین کرد. جدول زیر عمق‌های پیش‌نشســتگی لازم برای ســایه‌اندازی کامــل روی پنجره‌های روبه‌جنــوب با قد ۴۸ اینــچ (۱۲۲۰)، در ظهر روز ۳۱ مــرداد و در عرض‌های جغرافیایی مختلف را نشان می‌دهد. خوشبختانه در اقلیم‌های گرم که به این پیش‌نشستگی‌ها نیاز بیشتری هست، عمق آن‌ها کاهش می‌یابد.

عرض جغرافیایی°	عمق برحسب اینچ (mm)
۲۴	۱۱ (۲۸۰)
۳۲	۱۶ (۴۰۵)
۴۰	۲۶ (۶۶۰)
۴۸	۳۶ (۹۱۵)

عمق پیش‌نشستگی لازم در جبهه‌های شرق و غرب بسیار بیشتر اســت و، در قد پنجره‌ی ۶ فــوت (۱۸۳۰)، عمق لازم به اندازه‌ای می‌رســد که قابل اجرا نیســت. اســتفاده از کرکره‌ها یا پره‌های عمودی روش جایگزینی اســت که در سایه‌اندازی روی جبهه‌های شرقی و غربی ساختمان کارآمدتر است. داربست، سایر سازه‌های خارجی، و حتی پوشــش گیاهی از دیگــر گزینه‌های مطرح برای سایه‌اندازی از بیرون است.

کرکره‌های افقی موازی با دیوار گردش هوا در نزدیکی دیوار را ممکن می‌کنند و انتقال گرمای رسانشی را کاهش می‌دهند. این کرکره‌ها را می‌توان با دست باز و بسته کرد یا به صورت خودکار با زمان کنترل کرد یا از کنترل‌گرهای فوتوالکتریکی برای تطبیق آن‌ها با زاویه‌ی تابش خورشید استفاده کرد.

۶-۰۱: وسایل ســایه‌اندازی از پنجره‌ها و سایر سطوح شیشه‌ای در برابر تابش مســتقیم نور خورشــید محافظت می‌کنند تا چشم‌دوزی و جذب گرمای خورشید در هوای گرم را کاهش دهند.

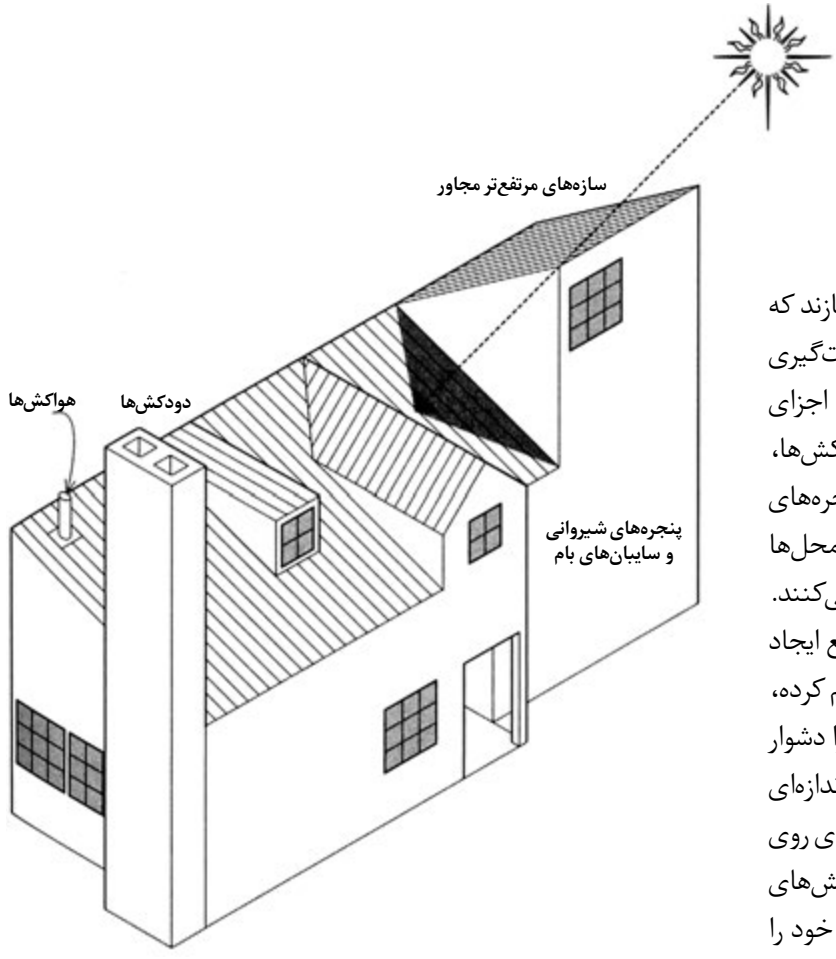


۶-۰۲: داربست و سایر سازه‌های خارجی، بسته به ارتفاع، جهت‌گیری، و میزان نزدیکی به ســاختمان، به‌ویژه در جبهه‌های شــرقی و غربی که به عمق پیش‌نشستگی بیشتری نیاز است، می‌توانند سایه تأمین کنند.

صفحه‌های خورشیدی

صفحه‌هـــای خورشـــیدی از آرایه‌ای از کلکتورهای خورشـــیدی یا مدول‌های فوتوولتایی تشـــکیل می‌شوند. وقتی از بیرون به داخل طراحی می‌کنیم، جلـــب توجه به موقعیت‌های بالقوه برای نصب صفحه‌های خورشـــیدی، قبل از نهایی کردن طرح بام ساختمان مهم است.

بام منطقی‌ترین موقعیت برای نصب صفحه‌های خورشیدی است. ساختار ذاتی ساختمان طوری است که نصب این تأسیسات روی بام به‌صرفه‌تر از نصب آن‌ها روی زمین اســـت که باید فونداسیون مناسب برای آن‌ها ساخت. ارتفاع بام خطر سایه‌اندازی توسط خود ساختمان، ساختمان‌ها و سازه‌های مجاور، یا درخت‌ها را کاهش می‌دهد. دسترسی محدود به بام خطر دزدی، خرابکاری، و صدمه رساندن به صفحه‌های خورشیدی را کاهش می‌دهد.

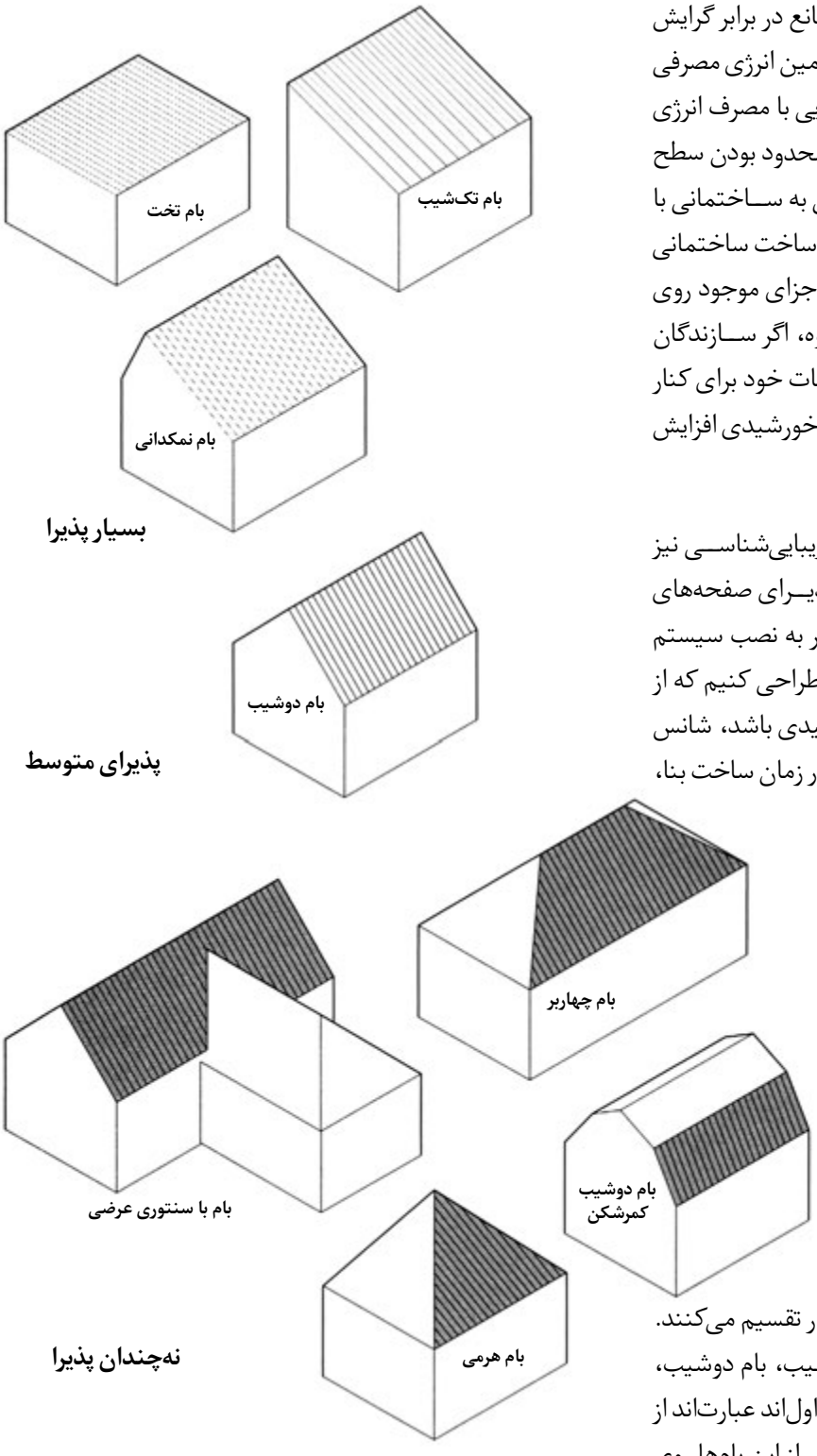


۶-۰۳: موانعـــی کـــه با مناســـب‌ترین محل‌ها برای نصـــب صفحه‌های خورشیدی تداخل می‌کنند.

اما بام‌ها را غالبا طوری طراحی می‌کنند یا می‌ســـازند که بتوان روی آن‌ها صفحه‌ی خورشیدی نصب کرد. جهت‌گیری بام نسبت به خورشید غالبا بهینه نیست. به‌علاوه، اجزای ساختمانی که روی بام نصب می‌شوند، مانند دودکش‌ها، لوله‌کشی بهداشـــتی و هواکش‌های مکانیکی، پنجره‌های شیروانی، خرپشته‌ها و غیره، غالبا با مناسب‌ترین محل‌ها برای نصب صفحه‌های خورشـــیدی تداخل پیدا می‌کنند. این اجزا در ســـطوح وســـیع و پیوســـته‌ی بام مانع ایجاد می‌کننـــد و آن‌هـــا را بـــه بخش‌های مجزا تقســـیم کرده، نصب صفحه‌های خورشـــیدی پیوسته روی آن‌ها را دشوار می‌سازند. بعضی از بخش‌های بام ممکن است به‌اندازه‌ای کوچک شوند که نتوان حتی یک صفحه‌ی خورشیدی روی آن قرار داد. گاهی بخش‌هایی از بام زیر سایه‌ی بخش‌های مرتفع‌تر همان ســـاختمان قرار می‌گیرند و کارآیی خود را به‌عنوان محل مناسب برای نصب صفحه‌های خورشیدی از دست می‌دهند.

محــدود بودن و وجود مانع روی ســطح بام غالبا موجب محدود شدن ظرفیت سیستم انرژی خورشیدی می‌شود. نصب صفحه‌های خورشیدی در محل‌های نامناسب جدی‌ترین مانع در برابر گرایش به سمت افزایش سهم انرژی خورشیدی برای تأمین انرژی مصرفی در ســاختمان‌ها، و حتی به‌سوی ساختمان‌هایی با مصرف انرژی صفر اســت. به‌ویژه در ساختمان‌های بلندتر، محدود بودن سطح بــام عامل محدودکننده‌ی اصلی در دســتیابی به ســاختمانی با مصرف انرژی صفر است. بنابراین، هرگاه هدف ساخت ساختمانی با مصرف انرژی خالص صفر باشــد، وسایل و اجزای موجود روی بــام مهم‌ترین موانع به شــمار می‌روند. به‌علاوه، اگر ســازندگان سیستم‌های خورشیدی ناگزیر از تنظیم تأسیسات خود برای کنار آمدن با موانع روی بام شوند، هزینه‌ی سیستم خورشیدی افزایش می‌یابد.

صفحه‌هــای خورشــیدی روی بــام از لحاظ زیبایی‌شناســی نیز مهم‌انــد. اگر بامی از لحاظ زیبایی‌شناســی پذیــرای صفحه‌های خورشــیدی نباشد، بســیاری از مالکان حاضر به نصب سیستم خورشــیدی نخواهند شــد. اگر بام را طوری طراحی کنیم که از لحاظ زیبایی‌شناسی پذیرای صفحه‌های خورشیدی باشد، شانس نصب صفحه‌های خورشیدی روی آن را، خواه در زمان ساخت بنا، یا در آینده، افزایش می‌دهیم.



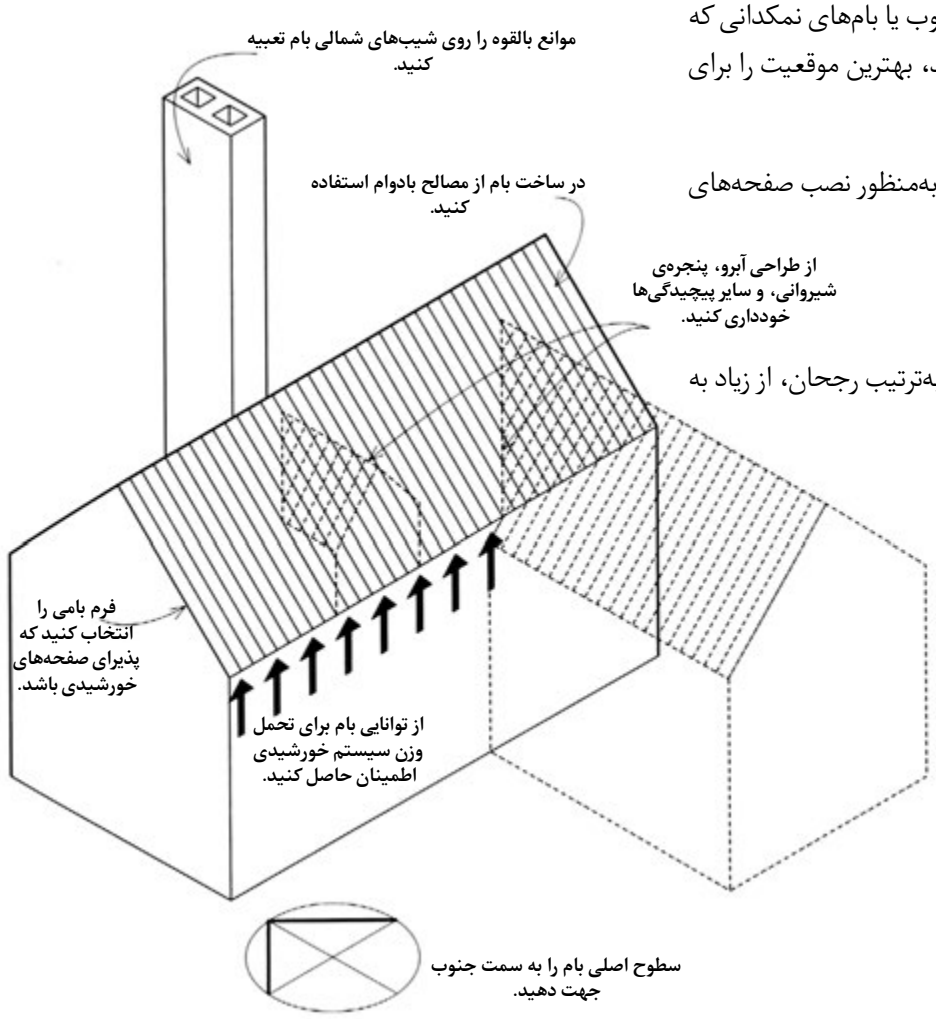
۶-۰۴: میزان نسبی پذیرا بودن بام‌های مختلف برای نصب صفحه‌های خورشیدی.

بام‌ها را به‌طور کلی به دو تیپ تخت و شــیب‌دار تقسیم می‌کنند. بام‌های شیب‌دار متداول عبارت‌اند از بام تک‌شیب، بام دوشیب، بام چهاربر، و بام نمکدانی. انواعی که کمتر متداول‌اند عبارت‌اند از بام دوشیب کمرشکن و بام هرمی. غالبا ترکیبی از این بام‌ها روی یک ساختمان دیده می‌شود. بام‌ها از لحاظ پذیرا بودن صفحه‌های خورشیدی با هم تفاوت دارند.

نصب صفحه‌های خورشـــیدی روی بام‌های تخت، خواه در زمان ســـاخت و خواه در آینده، بسیار آسان اســـت و انعطاف‌پذیری در جهت‌گیـــری آرایه‌ی خورشـــیدی را فراهم می‌کنـــد. در نیمکره‌ی شـــمالی، بام‌های تک‌شـــیب رو به جنوب یا بام‌های نمکدانی که شیب اصلی آن‌ها به سمت جنوب باشد، بهترین موقعیت را برای نصب صفحه‌های خورشیدی دارند.

بهترین روش‌ها برای مناسب‌سازی بام به‌منظور نصب صفحه‌های خورشیدی عبارت‌اند از:

- انتخاب طرح بام پذیرا. این بام‌ها، به‌ترتیب رجحان، از زیاد به کم، عبارت‌اند از:
- بام تخت
- بام تک‌شیب
- بام نمکدانی
- بام دوشیب
- بام دوشیب چهاربر



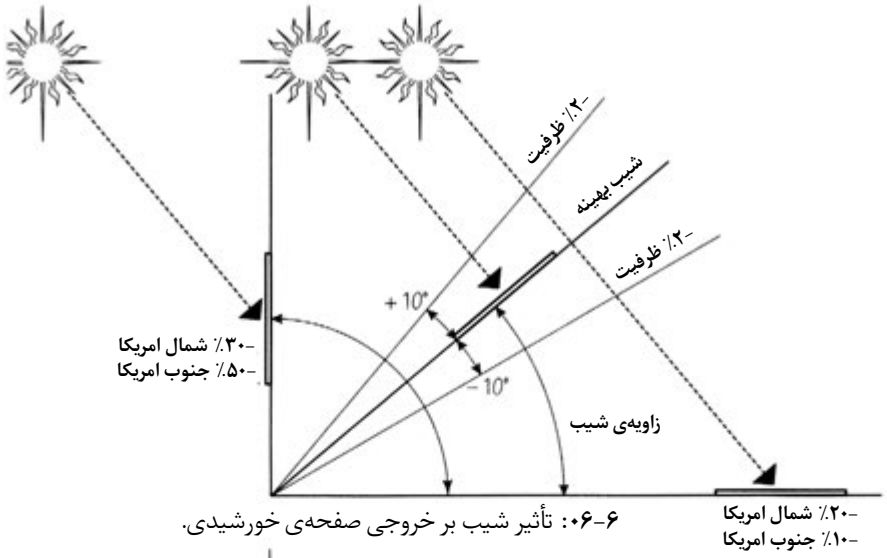
۶-۰۵: پذیرا ساختن بام‌ها برای نصب صفحه‌های خورشیدی.

- جهت دادن شیب اصلی بام به طرف استوا (جنوب حقیقی در نیمکره‌ی شمالی)
- تعبیـــه‌ی بازشـــدگی‌های بـــام، مانند هواکش‌های سیســـتم لوله‌کشـــی، و فن‌های تخلیه، روی شیب شـــمالی بام یا، در صورت امکان، روی دیوارها.
- تأمین سطوح وســـیع و پیوسته‌ی بام برای نصب صفحه‌های خورشـــیدی از طریق تجمیع بازشـــدگی‌های بـــام و تعبیه‌ی کمترین تعداد پنجره‌ی شیروانی و برجستگی‌های دیگر.
- حفظ خطوط ســـاده‌ی بام و طراحی بام‌های مســـتطیلی در صورت امکان، و اجتناب از طرح‌های پیچیده‌ی بام که شامل پیچیدگی‌هایی مانند آبرو باشند.
- پرهیـــز از طراحی بام‌هایی که یک بخـــش از آن‌ها روی بخش دیگر سایه بیندازد.
- طراحی بامی ســـالم از لحاظ ســـازه‌ای که بتوانـــد بار اضافی صفحه‌های خورشیدی را تحمل کند.
- انتخاب مصالح بادوام برای ســـاخت بام، برای اجتناب از باز کردن صفحه‌های خورشیدی به‌منظور مرمت بام.

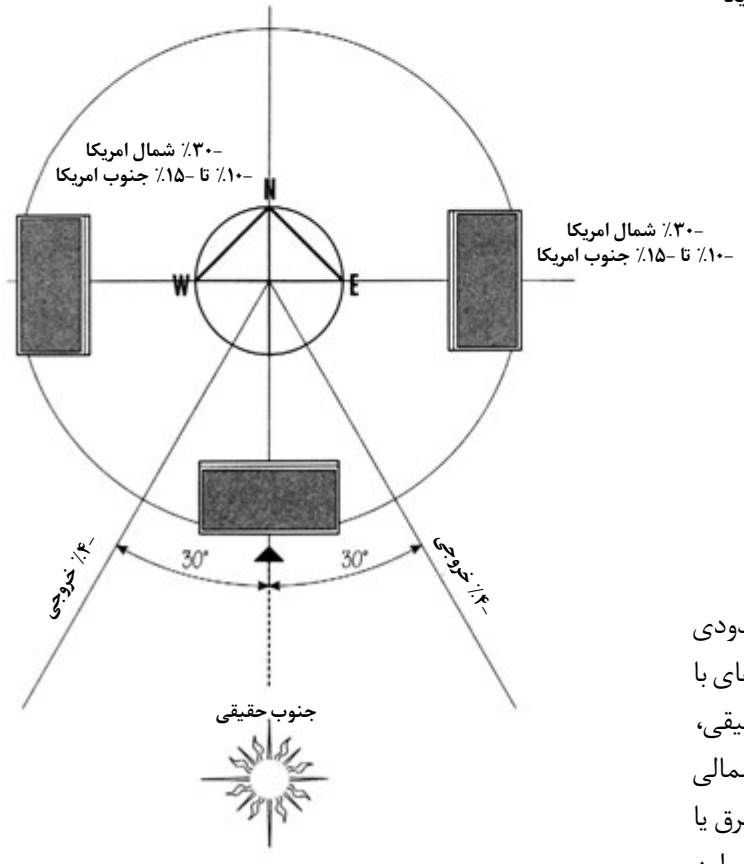
زاویه‌ی شیب صفحه‌های خورشیدی بر خروجی انرژی آن‌ها تأثیر می‌گذارد. با شبیه‌سازی کامپیوتری می‌توان زاویه‌ی شیب و زاویه‌ی سمت بهینه‌ی صفحه‌های خورشیدی را برای ماکزیمم‌سازی خروجی سالانه‌ی انرژی خورشیدی در هر منطقه‌ی جغرافیایی خاص به‌دست آورد. گاهی زاویه‌ی شیب صفحه را چنان انتخاب می‌کنند که خروجی تابستانی یا زمستانی ماکزیمم شود تا با بار ماهانه‌ی ساختمان بیشتر تطبیق پیدا کند.

شرایط مربوط به شیب و جهت‌گیری آرایه‌ی خورشیدی خیلی سختگیرانه نیست. تأمین خروجی انرژی قابل قبول با استفاده از صفحه‌هایی که شیب و جهت‌گیری بهینه ندارند نیز امکان‌پذیر است. مثلا، با اختلاف به‌علاوه/منهای ۱۰ درجه نسبت به شیب بهینه، فقط حدود ۲٪ از ظرفیت سیستم فوتوولتایی خورشیدی کاسته می‌شود. اما تغییرات بیشتر نسبت به مقدارهای بهینه موجب کاهش درخور اعتنای خروجی خواهد شد. در مناطق شمالی ایالات متحده‌ی امریکا، ظرفیت خروجی سالانه‌ی صفحه‌های خورشیدی با جهت‌گیری عمودی تقریبا ۳۰٪ کمتر از ظرفیت خروجی سیستم‌هایی است که شیب بهینه دارند و در مناطق جنوبی ایالات متحده این کاهش به حدود ۵۰٪ می‌رسد. در مناطق شمالی، ظرفیت صفحه‌های خورشیدی با جهت‌گیری افقی حدود ۲۰٪ کمتر از سیستم‌هایی است که با شیب بهینه نصب می‌شوند و این کاهش ظرفیت در مناطق جنوبی به ۱۰٪ می‌رسد.

جهت‌گیری آرایه‌ی خورشیدی نیز، مانند شیب آن، تا حدودی انعطاف‌پذیر است. در نیمکره‌ی شمالی، جهت‌گیری‌های با اختلاف به‌علاوه/منهای ۳۰ درجه نسبت به جنوب حقیقی، ظرفیت سیستم را کمتر از ۴٪ کاهش می‌دهند. در مناطق شمالی ایالات متحده‌ی امریکا، ظرفیت صفحه‌هایی که به سمت شرق یا غرب نصب شده‌اند حدود ۳۰٪ کاهش می‌یابد و در جنوب این کاهش به ۱۰٪ تا ۱۵٪ می‌رسد. با کاهش شیب نسبت به شیب بهینه در صفحه‌ی خورشیدی روبه‌جنوب، می‌توان میزان افت را کمتر کرد.

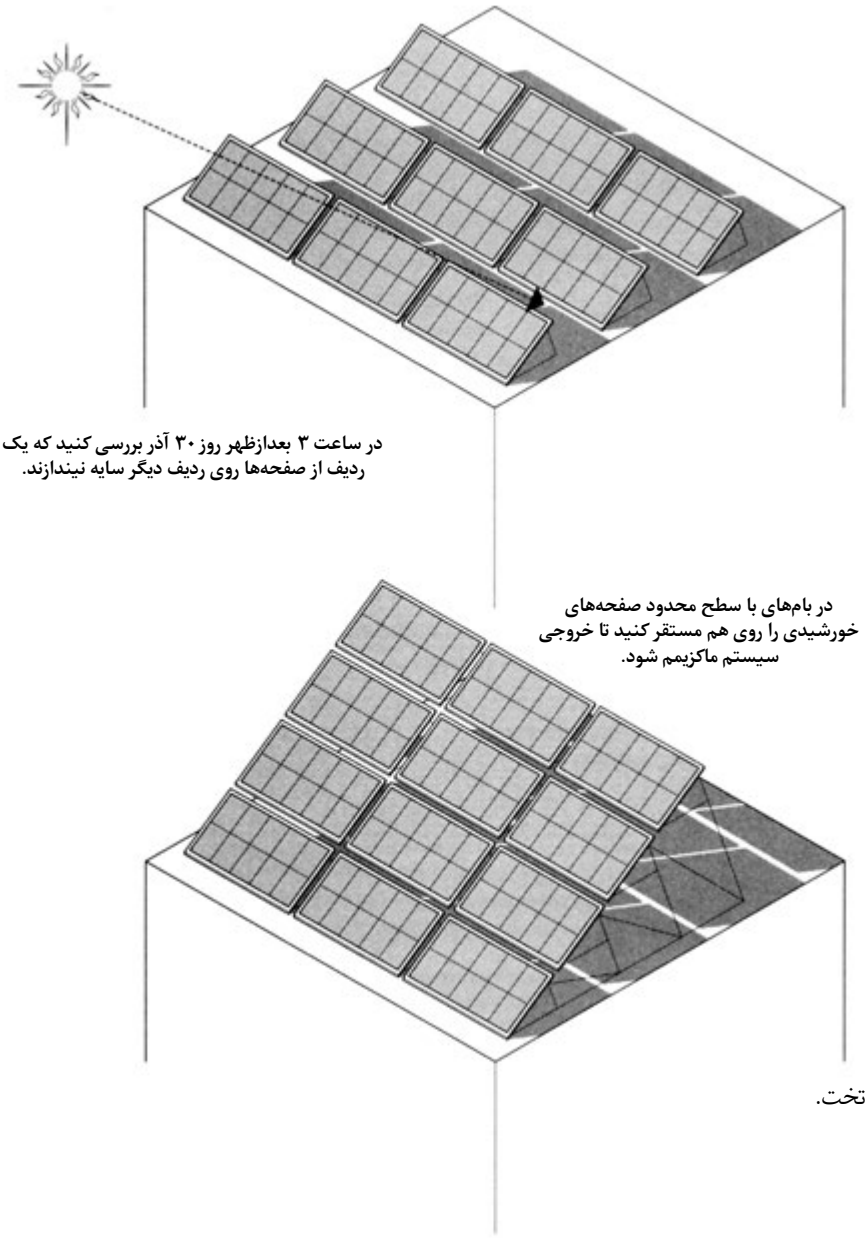


۶-۰۶: تأثیر شیب بر خروجی صفحه‌ی خورشیدی.



۶-۰۷: تأثیر جهت‌گیری بر خروجی صفحه‌ی خورشیدی.

در مورد بام‌های تختی که سطحی بیش از مقدار لازم برای نصب صفحه‌های خورشیدی دارند، صفحه‌ها را باید با شیبی نصب کرد که بازده بهینه داشته باشند تا مصرف مصالح به حداقل برسد و نصب سیستم به صرفه شود. ردیف‌های صفحه‌های شیب‌دار را باید چنان مستقر ساخت که هر ردیف بر ردیف مجاور سایه نیندازد. برای این کار معمولا در هر محل، ساعت ۳ بعدازظهر روز ۳۰ آذر سایه را ارزیابی می‌کنند. برای بام‌های تختی که سطح محدودی دارند و نمی‌توان صفحه‌های خورشیدی را به تعداد لازم برای رسیدن به ظرفیت ماکزیمم - مثلا برای کاهش مصرف انرژی به صفر - نصب کرد، ظرفیت ماکزیمم را با نصب صفحه‌های خورشیدی به صورت ردیف‌های روی هم تأمین می‌کنند و حاصل کار چیزی شبیه بام تک‌شیب است. ممکن است این شیوه، به علت ارتفاع مجموعه، قابل اجرا نباشد. در مورد ردیف‌های صفحه‌های شیب‌دار، اگر صفحه‌های مستطیلی طوری مستقر شوند که ضلع بلندتر آن‌ها موازی سطح بام باشد، ظرفیت سیستم، نسبت به حالتی که ضلع کوتاه‌تر صفحه‌ها با سطح بام موازی باشد، اندکی بیشتر می‌شود. برای کوتاه نگه داشتن مجموعه‌ی صفحه‌های خورشیدی، به طوری که از سطح بام بالاتر نروند، یکی از گزینه‌ها نصب افقی صفحه‌ها روی بام است.



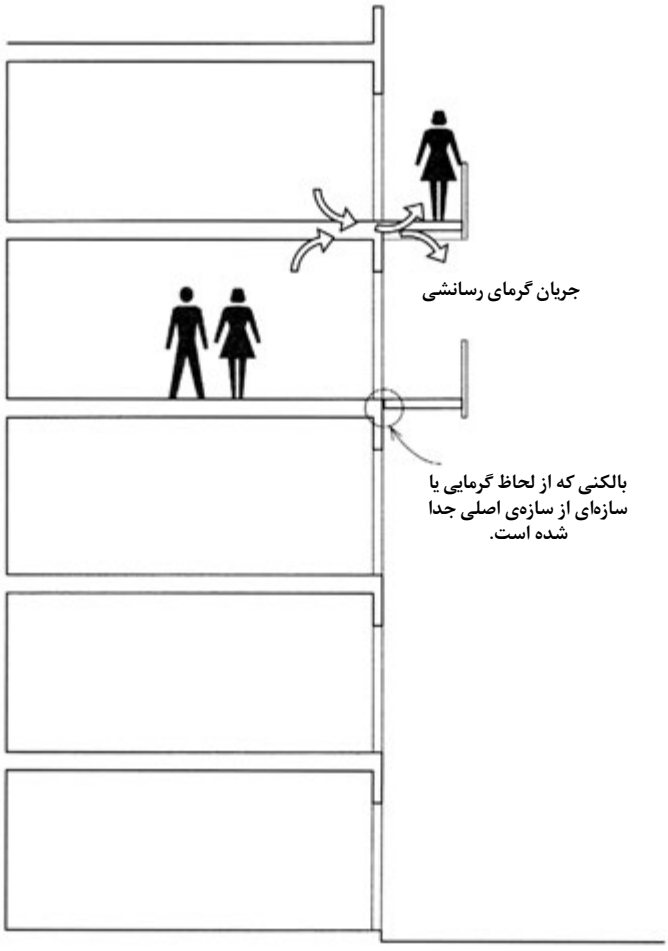
۶-۰۸: نصب صفحه‌های خورشیدی روی بام‌های تخت.

بالکن

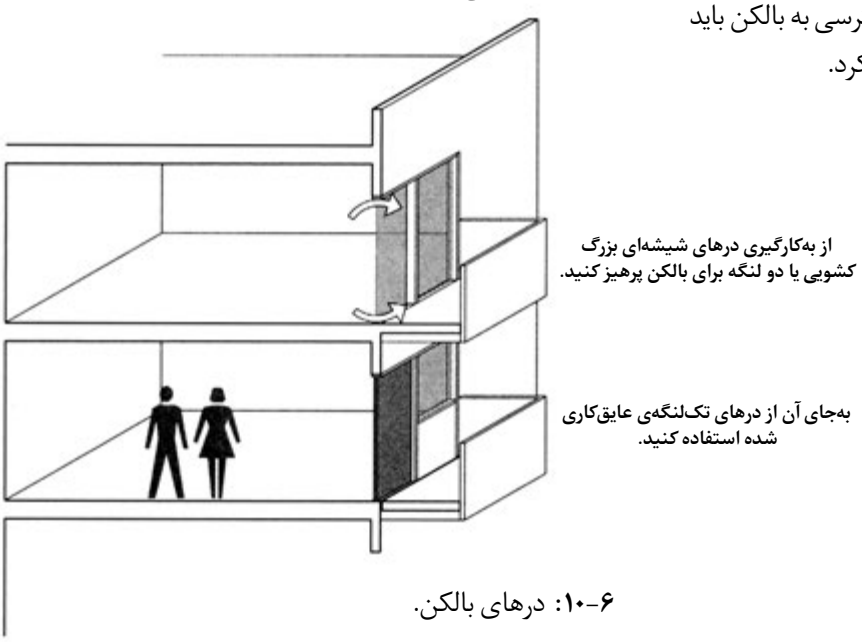
قبل از نهایی کردن طرح ساختمان باید نقش بالکن‌ها را در بررسی کرد. از لحاظ انتقال گرما، بالکن را می‌توان سطح گسترش‌یافته‌ای در نظـر گرفت که آهنگ انتقال گرما را افزایش می‌دهد، شـبیه پره‌های رادیاتور اتومبیل یا مبـدل حرارتی در تجهیزات گرمایش و سرمایش. شـواهدی در دست اسـت مبنی بر این‌که در فصل زمستان بالکن می‌تواند با نشت دادن گرمای ساختمان به بیرون، موجب اتلاف انرژی شـود. در واقع بالکن سطح ساختمان را، که گرما از طریق آن تلف می‌شود، افزایش می‌دهد.

در مورد بالکن‌های جداسـازی شده از سـاختمان، به طوری‌که گرمای داخل سـاختمان از طریـق دیوارها و کف بالکن به بیرون منتقل نشـود، دو رویکرد را می‌توان در پیش گرفت. جداسـازی گرمایـی با تعبیه‌ی فاصله‌گیرهای نارسـانا بین سـازه‌ی بالکن و سازه‌ی ساختمان اصلی، یا تکیه دادن بالکن به سازه‌ای که نسبت به سازه‌ی ساختمان اصلی خارجی شمرده می‌شود.

بالکن‌هـا معمولا درهای بزرگ شیشـه‌ای دارند که خود از نقاط آسـیب‌پذیر ساختمان به شـمار می‌روند. درهای بزرگ شیشه‌ای کشویی، که معمولا قاب فلزی دارند، نه تنها هوا را از اطراف خود نشـت می‌دهند، بلکه مقدار R و ضریب U آن‌ها نیز نسبتا پایین اسـت که می‌تواند به جذب یا اتلاف ناخواسـته‌ی گرما از طریق شیشه منتهی شود. در صورت امکان برای دسترسی به بالکن باید از درهای کوچک‌تر و عایق‌کاری شده استفاده کرد.
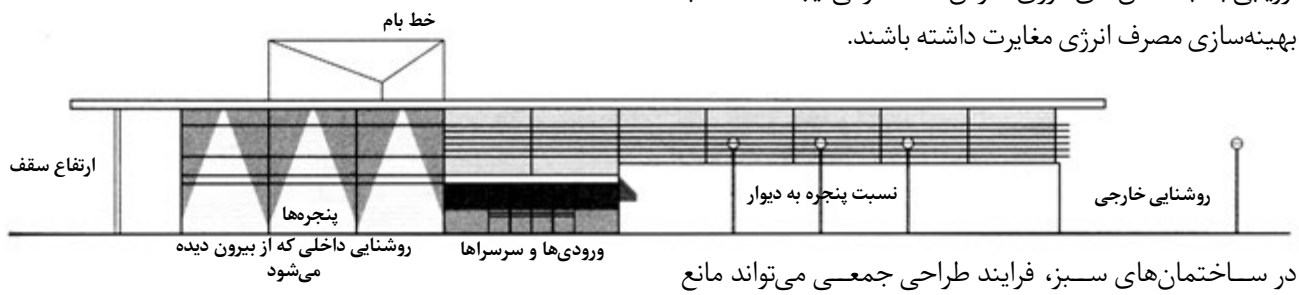


۶-۰۹: بالکن می‌تواند گرمای ساختمان را به بیرون نشت دهد.



۶-۱۰: درهای بالکن.

نمای ساختمان

با پیشـــروی از خارج به داخل، نمای ســـاختمان نقش مهمی در طراحی ســـاختمان سبز دارد. پنجره‌ها، نســـبت پنجره به دیوار، درها، ویژگی‌های تزئینی، ارتفاع کف تا کف، خطوط بام، ورودی و سرســـرا، روشـــنایی خارجی، و روشـــنایی داخلی کـــه از بیرون دیده می‌شـــود - همگی در نمای ساختمان از بیرون سهم دارند. بســـیاری از این اجزا در مصرف انرژی ســـاختمان نیز سهم دارند. جایـــگاه نمـــا در جلوه دادن به ظاهر ســـاختمان، با ترتیب آن در طراحی رابطه‌ی نزدیک دارد و معمولا به‌عنوان یکی از نخســـتین عناصر تجسم ساختمان شکل می‌گیرد. نکته‌ی مهم این‌که غالبا راندوهای اولیه قبل از طراحی انرژی تهیه می‌شـــوند. این راندوها ممکن است مورد تأیید مالک، هم‌چنین مقامات مسئول، از قبیل هیئت‌هـــای منطقه‌بندی محلی، قـــرار بگیرد و در نتیجه، قبل از ارزیابی بده‌بســـتان‌های انرژی، در آن‌ها انتظاراتی ایجاد کند که با بهینه‌سازی مصرف انرژی مغایرت داشته باشند.

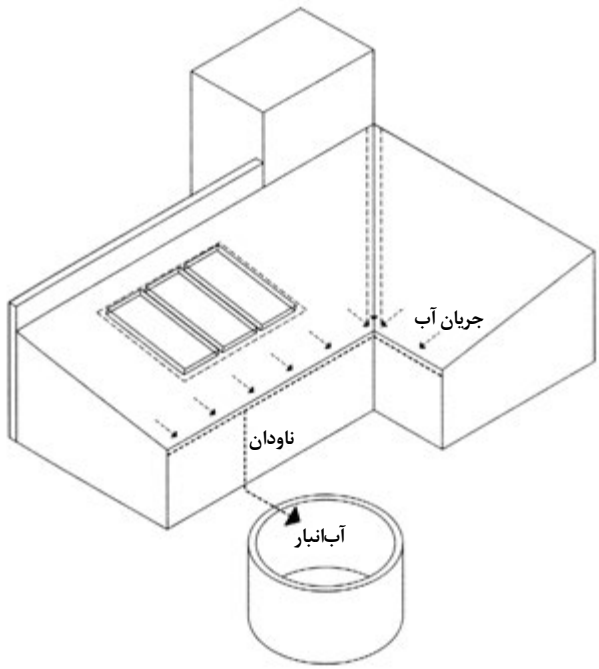


۶-۱۱: عناصر نمای ســـاختمان که می‌توانند در افزایش یا کاهش بازده مصرف انرژی سهم داشته باشند.

در ســـاختمان‌های ســـبز، فرایند طراحی جمعـــی می‌تواند مانع از قطعی شـــدن نما و جلوه‌ی ظاهری ســـاختمان قبل از ارزیابی بده‌بســـتان‌های انرژی شـــود. این ترتیب به تأییدکنندگان امکان می‌دهد که قبل از هر چیز رویکرد طراحی ذاتا سبز را تأیید کنند. ارزیابی اولیه از بده‌بستان‌های انرژی عناصر نما به راستی طراحی از خارج به داخل است و احتمالا معرف یکی از مهم‌ترین تأثیراتی است که می‌توان در سبز کردن ساختمان گذاشت.

جمع‌آوری آب باران

جنبه‌هـــای مختلف جمـــع‌آوری آب باران را باید هنگام بررســـی ویژگی‌های نزدیک ســـاختمان در نظر گرفت. مثلا کف‌شـــورها و ناودان‌هـــا را باید طوری هماهنگ کرد کـــه آب باران را، به جای دور کردن از ســـاختمان و هدایت به سمت شبکه‌ی تخلیه‌ی آب باران، به یک نقطه هدایت کنند تا امکان ذخیره‌ســـازی آب باران برای مصـــارف آتی افزایش یابد. اگر آب‌انبار بیرون از ســـاختمان ســـاخته می‌شود، موقعیت آن باید به دقت ارزیابی شود. جزئیات بیشـــتر جمع‌آوری آب باران را در فصل ۱۲، آب گرم و سرد، شرح خواهیم داد.

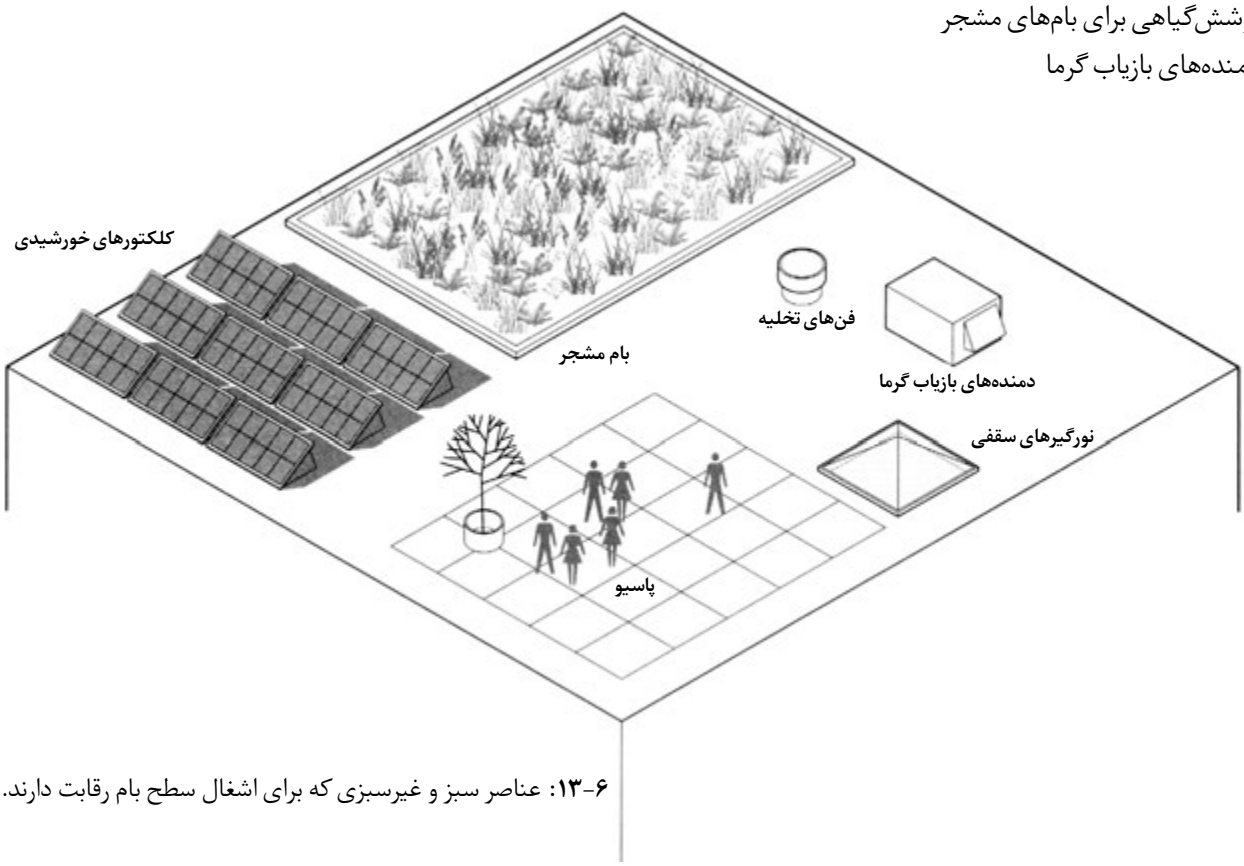


۶-۱۲: جمع‌آوری آب باران.

استفاده از بام

ساختمان‌های سبز ویژگی‌های بسیاری دارند که نیازمند فضای بام است. علاوه بر تجهیزاتی که به‌طور سنتی روی بام نصب می‌شوند، مانند تجهیزات گرمایش و سرمایش و فن‌های تخلیه، و سایر کاربردهای بام، مانند پاسیو و خرپشته، انواع ویژگی‌های سبز نیز ممکن است برسر استفاده از فضای بام به رقابت برخیزند:

- مدول‌های فوتوولتایی خورشیدی
- کلکتورهای گرمایی خورشیدی و احتمالا وسایل ذخیره‌سازی
- نورگیرهای سقفی برای تأمین نور طبیعی
- پوشش‌گیاهی برای بام‌های مشجر
- دمنده‌های بازیاب گرما



۶-۱۳: عناصر سبز و غیرسبزی که برای اشغال سطح بام رقابت دارند.

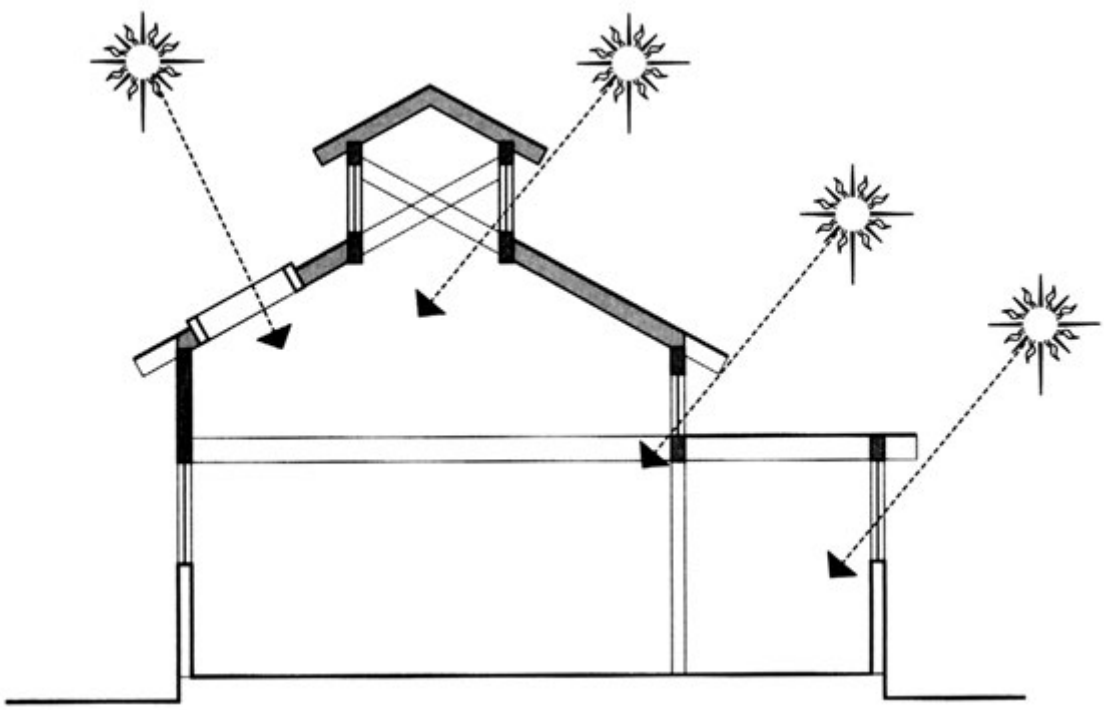
بام ساختمانی یک‌طبقه ممکن است وسعت کافی برای جای دادن همه‌ی ویژگی‌های سبز لازم برای ساختمان داشته باشد. با افزایش ارتفاع ساختمان، و کاهش نسبت سطح بام به سطح زیربنای کل ساختمان، ممکن است اولویت‌بندی ویژگی‌های سبز ضرورت پیدا کند. اولویت‌بندی را می‌توان براساس تحلیل دوره‌ی عمر یا کاهش بالقوه‌ی مصرف انرژی یا انتشار مواد کربنی انجام داد. مثلا، در ساختمانی که سطح قابل استفاده‌ی بام آن محدود است، و می‌خواهیم مصرف انرژی خالص آن را به صفر برسانیم، باید برای انرژی خورشیدی اولویت قائل شویم زیرا سهم‌بالاتری در صرفه‌جویی انرژی دارد؛ پس از آن می‌توان نورگیرهای سقفی یا بام مشجر را در نظر گرفت که عامل صرفه‌جویی کمتری هستند.

عناصر غیرسبز، مانند خرپشته‌ها، پاسیوها و تجهیزات گرمایش و سرمایش را باید با دقت بررسی کرد که اگر جای ویژگی‌های لازم برای رسیدن به اهداف ساختمان سبز را می‌گیرند، در محل دیگری تعبیه شوند.

۷

پوش خارجی

پوش یا پوسته‌ی خارجی ساختمان شامل عناصری مانند دیوارها، پنجره‌ها، درها، بام و پی است.



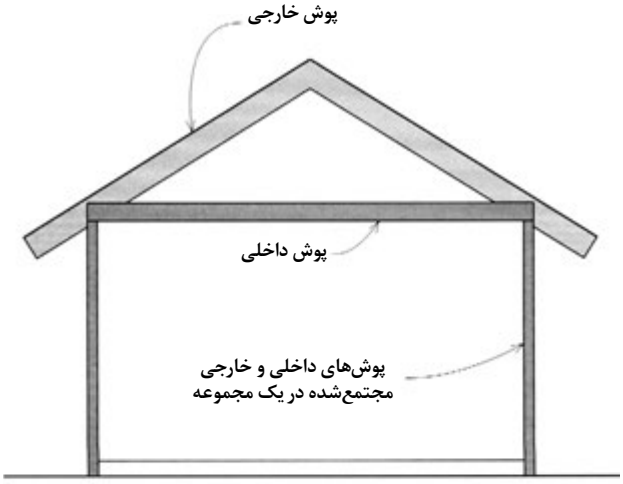
پوش داخلی و پوش خارجی

بین پوش خارجی و پوش داخلی ساختمان تمایز قائل می‌شویم، زیرا مکررا با ساختمان‌هایی سروکار پیدا می‌کنیم که اساسا دو پوش دارند. مثلا در ساختمانی با بام شیب‌دار و فضای زیرشیروانی، پوش خارجی لایه‌ی بام اســت، اما کف فضای زیرشیروانی پوش داخلی ساختمان را تشکیل می‌دهد. پوش خارجی شامل عناصری است که با هوای بیرون یا با زمین تماس دارند. پوش داخلی از عناصری تشــکیل می‌شــود که با فضاهایی تماس دارند کــه تهویه‌مطبوع می‌شــوند. غالبا، مثلا در بســیاری از دیوارها، پوش‌های خارجی و داخلی با هم مجتمع شده و یک مجموعه را تشکیل می‌دهند.

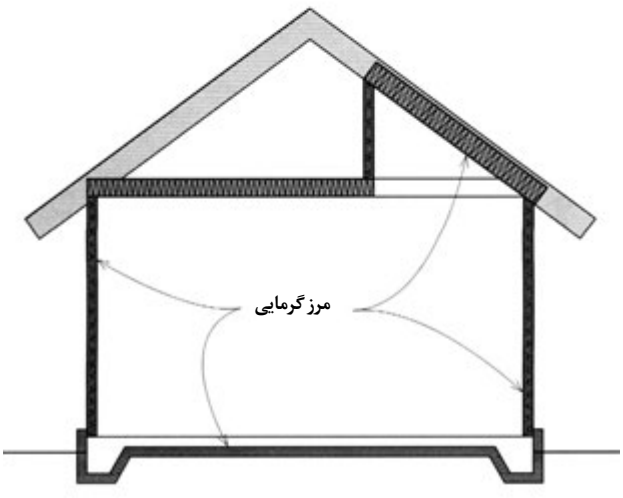
پوش خارجی غالبا مهم‌ترین لایه‌ی محافظ هر ســاختمان است. هنگام طراحی از خارج به داخل، پیوســته به دنبال این هستیم که لایه‌های محافظ به ســاختمان اضافه کنیم، در نتیجه نیازی نیســت که پوش خارجــی در برابر بارهای خارجــی، مانند باد و دماهای بســیار بالا و بسیار پایین، به‌تنهایی از کاربران محافظت کند. در عین حال، به اهمیت آن در ساختمان توجه داریم و سعی می‌کنیم این لایه‌ی بسیار مهم را مستحکم بسازیم تا حفاظی که ایجاد می‌کند و محافظت آن در برابر اتلاف انرژی دیرپا باشد.

به‌موازات مفاهیم پوش خارجی و پوش داخلی، مفهوم مرز گرمایی را نیز بررسی می‌کنیم. مرز گرمایی که از سطوح عایق‌کاری‌شده‌ی حرارتی پیرامون ســاختمان تشــکیل می‌شــود، ممکن است در طول پوش خارجی ساختمان باشــد، مانند بامی که در خط بام عایق‌کاری شده است، یا ممکن است در طول پوش داخلی باشد، مانند حالتی که عایق‌حرارتی روی کف فضای زیرشــیروانی نصب شده است، یا در جایی بین این دو باشد.

حضور هر دو پوش داخلی و خارجی ممکن است موجب سردرگمی شــود، به ویژه وقتی مرز گرمایی به‌خوبی مشــخص نشده باشد. درباره‌ی چند سناریوی متداول، که از تعریف مبهم مرز گرمایی، یا حتی نبود مرز گرمایی ناشــی می‌شوند کندوکاو خواهیم کرد. اگر مرز گرمایی را به‌روشنی تعریف کنیم، می‌توانیم پوش‌های خارجی و داخلــی را برای ایجاد لایه‌های محافظ متعددی که به‌خوبی در برابر بارهای خارجی ایستادگی می‌کنند، به‌کار بگیریم.



۷-۰۱: پوش‌های داخلی و خارجی.



۷-۰۲: مرز گرمایی ساختمان.

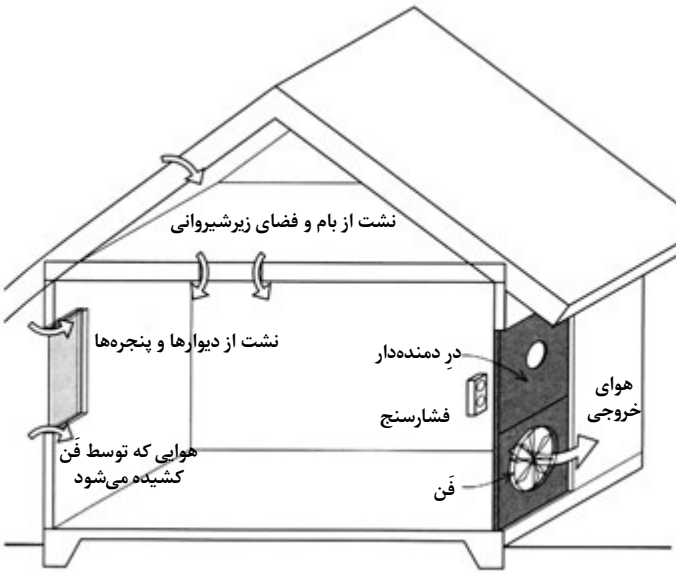
نفوذ

تأثیـر نفوذ بر مصرف انرژی در سـاختمان چشـمگیر اسـت. از اصطلاح «نفوذ» بـرای توصیف مبادله‌ی هوا بین سـاختمان و فضای بیرون اسـتفاده می‌کنیم. اگرچه تعریف دقیق نفوذ، ورود هوا به ساختمان است و برای خروج هوا از ساختمان باید اصطلاح دیگـری را به‌کار برد، غالبا از همیـن اصطلاح هم برای ورود هوا به سـاختمان و هم بـرای خروج هوا از سـاختمان، خواه به‌طور هم‌زمان و خواه به‌صورت چرخه‌های متناوب، اسـتفاده می‌شود. در سـال‌های اخیر درک عمیق‌تری از مکانیسم‌های نفوذ و اثر آن بر مصرف انرژی حاصل شـده است. با ابداع آزمون درِ دمنده‌دار، که سـاختمان را در معرض افزایش یا کاهش فشار قرار می‌دهد، توانسته‌ایم نفوذ را به‌طور کمّی تعیین کنیم و بفهمیم که در کجا رخ می‌دهد. درِ دمنده‌دار معمولا در خانه‌های تک‌خانواری تعبیه می‌شود، اما گاهی در ساختمان‌های بزرگ هم نصب شده است و نتایج حاصل از آن را می‌توان در مورد همه‌ی تیپ‌های ساختمان به‌کار گرفت.

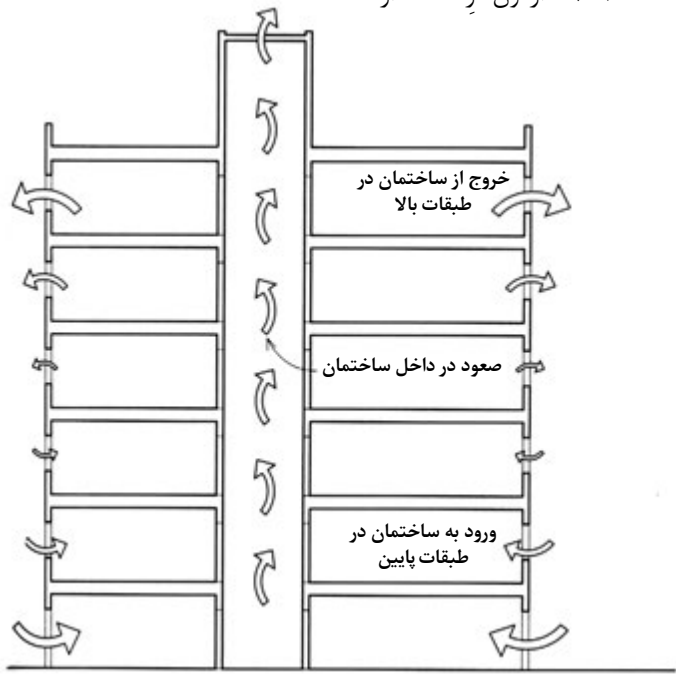
اطلاعات حاصل از آزمون درِ دمنده‌دار را در جریان ارزیابی می‌توان به‌آسـانی درک کرد. در ساختمانی که با استفاده از درِ دمنده‌دار در معرض کاهش فشـار قرار گرفته اسـت، می‌توان حس کرد که هـوای بیرون با سـرعت و از اطراف چارچوب‌هـای در و پنجره، پریزهای برق، اطراف دریچه‌های هوا و چراغ‌ها، از درزهای دیوار، از طریق دودکش‌ها و هواکش‌ها، و از طریق بازشدگی‌های مربوط به لوله‌کشی و سیم‌کشی وارد ساختمان می‌شود.

در سـال‌های اخیـر، اثر دودکـش را بیشـتر درک کرده‌ایم؛ این اثـر نیروی محرک در خور اعتنایی برای نفوذ اسـت که در فصل زمستان هوا را به داخل طبقات پایین ساختمان می‌کشد و آن را از طبقات بالا خارج می‌کند. در سـاختمان‌هایی که تهویه‌مطبوع دارنـد، اثر دودکش در جهت عکس و روبه‌پایین عمل می‌کند. اثر دودکش که در ساختمان‌های بلند بارزتر است، در ساختمان‌های دو طبقه، و حتی یک طبقه‌ی دارای زیرزمین نیز فعال و آشـکار اسـت. برای مشاهده‌ی اثر دودکش کافی است در فصل زمستان پنجره‌ی زیرزمین یا طبقه‌ی اول را باز کنیم و هجوم هوای سرد به داخل ساختمان را حس کنیم.

اثر دودکش تنها نیروی محرک نفوذ نیسـت. فشـار باد نیز سهم چشـمگیری دارد. به‌عـلاوه، بـدون وزش باد یا اثـر دودکش، ساختمان باز هم می‌تواند از طریق درزها و بازشدگی‌های خود در معرض نفوذ قرار گیرد؛ انواع مختلف تغییر فشـار در ساختمان، مانند تغییر فشـار ناشی از فَن‌های تخلیه، سیستم‌های هواکش، سیستم‌های گرمایش و سرمایش کانالی، و حتی بستن و باز کردن درها و پنجره‌ها، نیروی محرک نفوذ را تأمین می‌کنند.



۷-۰۳: آزمون درِ دمنده‌دار

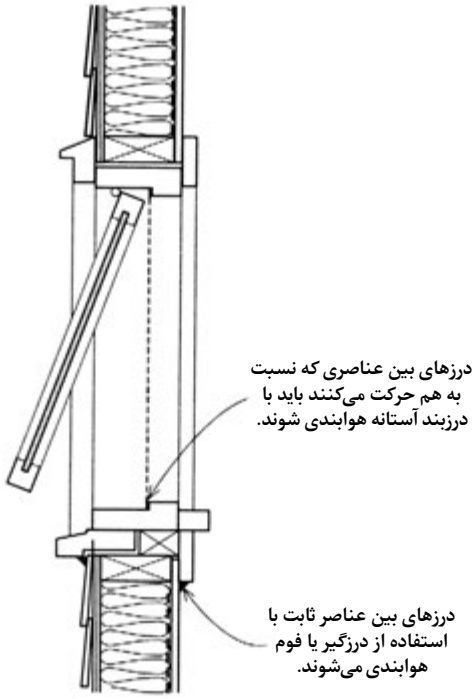


۷-۰۴: جریان هوای ناشی از اثر دودکش در زمستان.

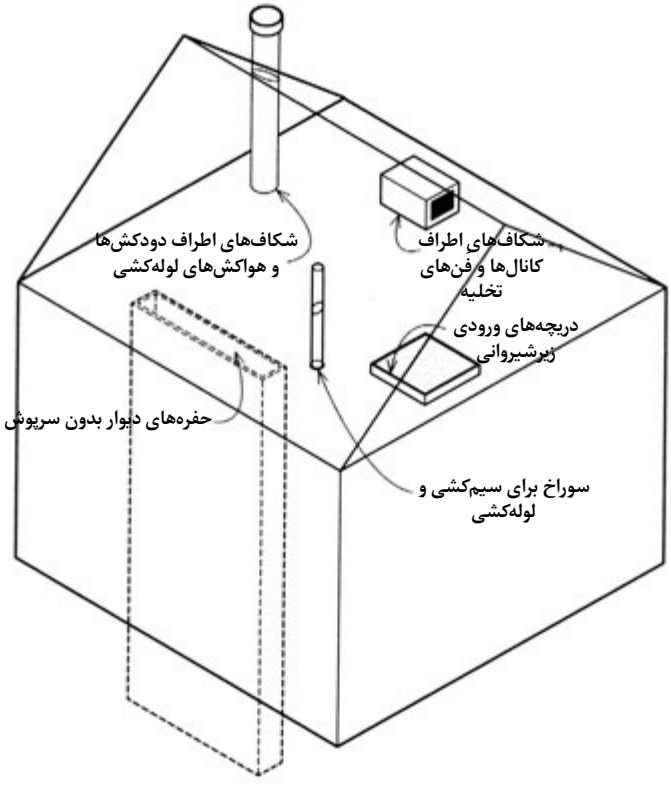
حتی در ساختمان‌هایی که به‌نظر می‌رسد خوب طراحی و ساخته شده‌اند، نقاط متعددی برای نفوذ هوا وجود دارد. منابع مهم نفوذ درها و پنجره‌هایند که دو شیوه‌ی متمایز نفوذ را نشان می‌دهند. نخستین شیوه جریان هوا از کنار عناصری است که توانایی حرکت دارند، مانند لنگه‌های بازشو در یا پنجره. نیاز در یا پنجره برای حرکت در چارچوب خود، موجب پیدایش یکی از محل‌های طبیعی برای نفوذ هوا می‌شود. شیوه‌ی دوم نفوذ حرکت هوا و عبور آن از شکاف بین چارچوب در یا پنجره و دیوار است که غالبا با ابزار پوشانده می‌شود. این شیوه‌ی دوم نفوذ بین عناصری رخ می‌دهد که در جای خود تثبیت شده‌اند.

روش‌های مقابله با دو شیوه‌ی مختلف نفوذ با هم متفاوت‌اند. از یک طرف، جلوگیری از نفوذ از طریق عناصر ساختمانی که حرکت نسبی دارند مستلزم استفاده از درزبندهایی است که این حرکت را امکان‌پذیر کنند. این درزبندها را معمولا درزبند آستانه می‌نامند. درزبندهای آستانه به صورت‌های مختلف، شامل فلز فنری، نوار جناغی، و انواع مختلف نوارهای فومی یافت می‌شوند که روی لبه‌های بازشو در یا پنجره فشرده شده‌اند. از طرف دیگر، برای جلوگیری از نفوذ بین سطوح ثابت، مثلا بین چارچوب پنجره و دیوار، می‌توان از موادی مانند درزگیر یا فوم استفاده کرد، زیرا در این حالت نیازی به فراهم آوردن امکان حرکت برای عناصر ساختمانی نیست.

گروه دیگری از محل‌هایی که نفوذ از طریق آن‌ها رخ می‌دهد در تراز کف فضاهای زیرشیروانی یافت می‌شود. این گروه عبارت‌اند از دریچه‌های ورود به فضای زیرشیروانی و حفره‌های دیوار بدون سرپوش، شکاف‌ها یا ترک‌های اطراف چراغ‌های توکار، دودکش‌ها، هواکش‌های لوله‌کشی، کانال‌ها، و فَن‌های تخلیه، و سوراخ‌هایی که برای عبور سیم برق و لوله‌های سیستم آتش‌نشانی ایجاد شده‌اند.



۷-۰۵: انواع درزهایی که باید هوابندی شوند.



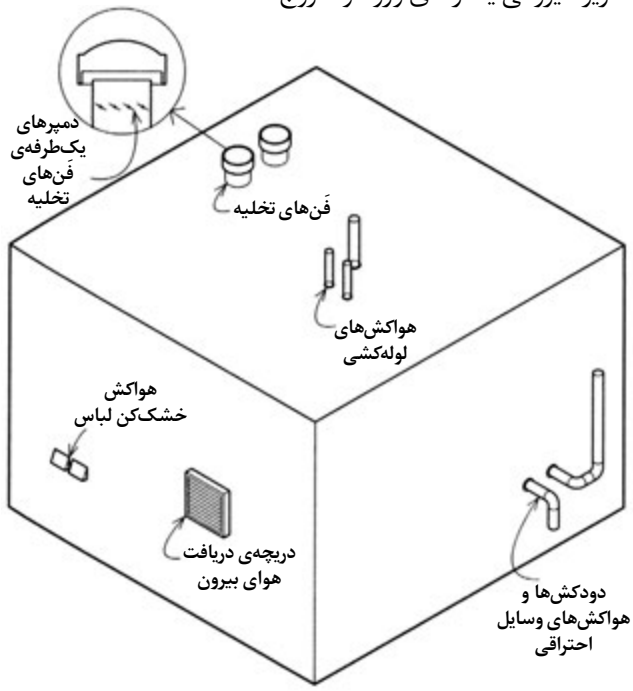
۷-۰۶: محل‌های متداول نفوذ در کف فضای زیرشیروانی.

بازشـدگی‌های هدف‌مند در پوش سـاختمان که هوا یا گازهای دیگر از طریق آن‌ها جریان می‌یابند، دسته‌ی دیگری از محل‌های نفوذ را تشکیل می‌دهند. این بازشـدگی‌ها عبارت‌اند از شومینه و دودکش‌های بخاری هیزمی، یا سـایر دودکش‌ها، هواکش‌های خشـک‌کن لباس، هواکش‌های فَن تخلیه، و دریچه‌های دریافت هوای تهویه. وقتی از این بازشدگی‌ها استفاده نمی‌شود، به محلی برای نفوذ هوا تبدیل می‌شوند و باید آن‌ها را کنترل کرد.

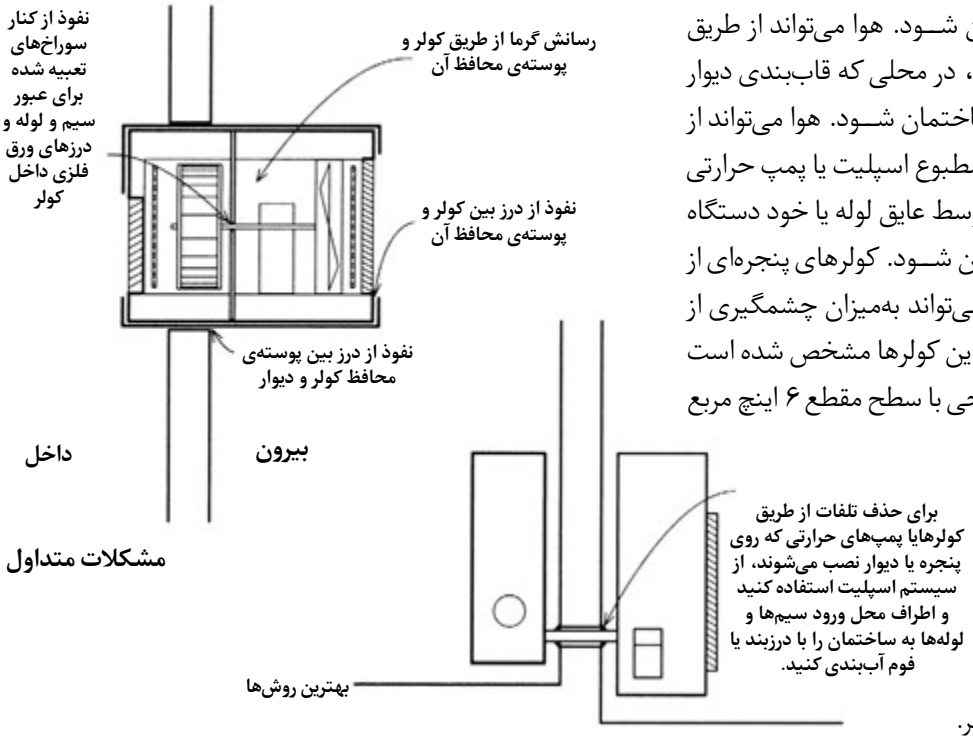
بعضی از این بازشدگی‌ها دمپرهایی دارند که برای کاهش نفوذ هوا تعبیه شده‌اند، اما معمولا به‌خوبی آب‌بندی نمی‌شوند. این دمپرها معمولا فقـط مانع جریان در یک جهت می‌شـوند و عبور هوا یا گازهای دیگر را در جهت مخالف امکان‌پذیر می‌کنند. جهت جریان مجاز در این دمپرها معمولا جهتی است که فشار هوای ناشی از اثر دودکش نیروی خود را در آن جهت وارد می‌کند و بنابراین ممکن است این دمپرها، حتی در زمانی که تصور می‌شود بسته‌اند، سهوا باز بمانند و به هوا اجازه‌ی خروج از ساختمان بدهند.

دسـته‌ی دیگری از محل‌های نفوذ که اهمیت کمتری دارند، اما معمول هستند، در دیوارها و پیرامون آن‌ها مشاهده می‌شوند. هوا می‌تواند از شـکاف روکوب‌ها وارد شود و از طریق درزهای لایه‌ی هوابندی که خوب آب‌بندی نشده است، از طریق ترک‌های لایه‌ی پوششـی، از طریق عایق متخلخل بین عضوهای قاب‌بندی، و از طریق پریزها یا کلیدهای برق یا سایر شکاف‌ها و منافذ نازک‌کاری سـطح داخلی دیوار وارد ساختمان شـود. هوا می‌تواند از طریق سطح رویی دیوار یا سطح زیرین آن، در محلی که قاب‌بندی دیوار به دیوار پی تکیه می‌دهد، وارد سـاختمان شـود. هوا می‌تواند از محل عبور لوله‌های دستگاه تهویه‌مطبوع اسپلیت یا پمپ حرارتی از دیوار خارجی، که ممکن است توسط عایق لوله یا خود دستگاه پنهان شـده باشـد، وارد ساختمان شـود. کولرهای پنجره‌ای از جمله وسـایلی هسـتند که هوا می‌تواند به‌میزان چشمگیری از اطراف آن‌ها عبور کند. با بررسـی این کولرها مشخص شده است که هر کولر معمولا به‌اندازه‌ی سوراخی با سطح مقطع ۶ اینچ مربع (۳۸۷۱mm^2)، هوا عبور می‌دهد.

دسـته‌ی آخر محل‌های نفوذ را می‌توان محل‌های اسف‌بار نامید. این‌ها بازشـدگی‌های غیرمعمول در پوش سـاختمان‌اند، مانند پنجره‌هایی که در فصل زمستان، به سبب بیش از اندازه گرم شدن فضای داخلی، باز می‌مانند؛ شیشه‌های شکسته یا چارچوب‌های آسیب‌دیده‌ی درها، و کانال‌های آسیب‌دیده در نقاطی مانند فضای زیرشیروانی یا درهای ورود و خروج .



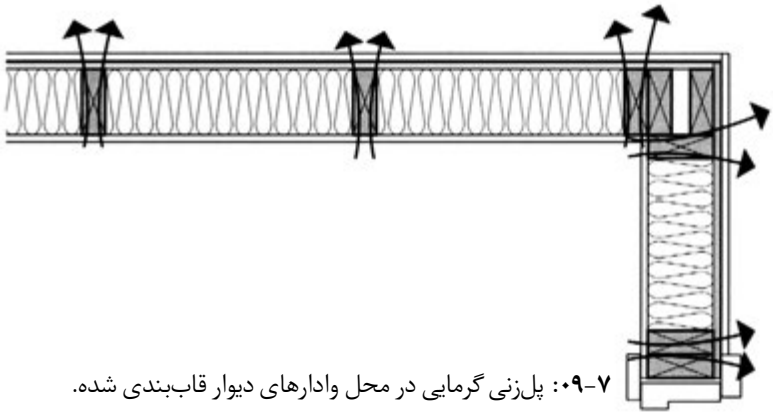
۷-۰۷: بازشدگی‌های هدف‌مند در پوش ساختمان.



۷-۰۸: اتلاف گرما و نفوذ از طریق کولر.

پل‌زنی گرمایی

حوزه‌ای از ســاختمان که طی سال‌های اخیر توجه روزافزونی به آن می‌شود، پل‌زنی گرمایی است. منظور از پل‌زنی گرمایی نفوذ مصالح ساختمانی جامد و غیر عایق در لایه‌ی عایق حرارتی اســت که گرما از طریق آن بین فضای داخلی ســاختمان، که تهویه‌مطبوع دارد، و محیط بیرون تبادل می‌شــود. متداول‌ترین نمونه‌ی پل‌زنی گرمایی از طریــق وادارهای چوبی یا فلزی در دیوار یا بام قاب‌بندی‌شــده اســت. پل‌زنی گرمایی مقاومــت گرمایی مؤثر (مقدار R) دیوارهای قاب‌چوبــی را ۱۰٪ و دیوارهای قاب‌فولادی را تا ۵۵٪ کاهش می‌دهد.



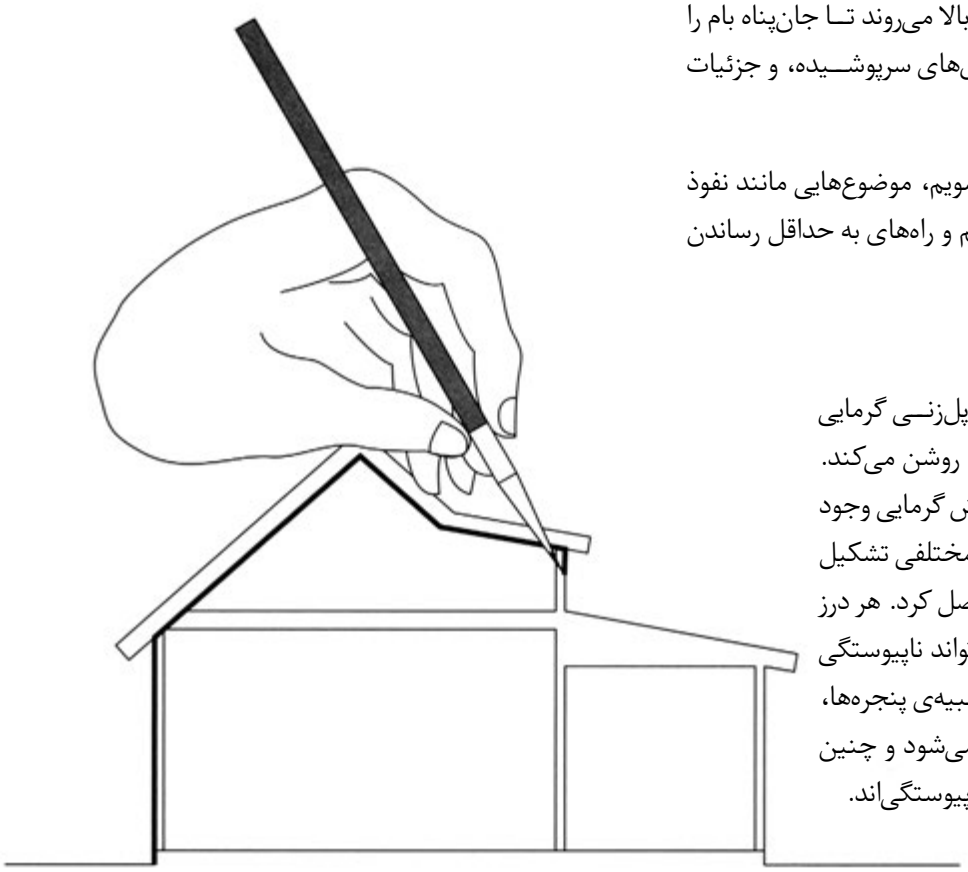
۷-۰۹: پل‌زنی گرمایی در محل وادارهای دیوار قاب‌بندی شده.

نمونه‌های دیگر پل‌زنی گرمایی عبارت‌اند از نعل‌درگاه‌ها، ورق‌های آســتانه، و ورق‌های بــالای دیوارهای قاب‌بندی‌شــده، تیرهای ســازه‌ای و دال‌های بتنی تکیه‌گاه دیوارهای خارجی، نبشی‌های دیوارکــوب، دیوارهــای باربری که بالا می‌روند تــا جان‌پناه بام را تشــکیل دهند، بالکن‌هــا و ورودی‌های سرپوشــیده، و جزئیات مختلف کف و دیوارهای پی.

وقتی وارد بحث پوش خارجی می‌شویم، موضوع‌هایی مانند نفوذ و پل زنی گرمایی را در نظر می‌گیریم و راه‌های به حداقل رساندن آن‌ها را بررسی می‌کنیم.

پیوستگی و ناپیوستگی‌ها

انتقــال گرمای ناشــی از نفــوذ و پل‌زنــی گرمایی ضرورت پیوســتگی پوش گرمایی را روشن می‌کند. موانع زیادی در برابر پیوســتگی پوش گرمایی وجود دارد. ساختمان از عناصر و اجزای مختلفی تشکیل می‌شــود که باید آن‌ها را به هم متصل کرد. هر درز بین این عناصر، به طور بالقوه می‌تواند ناپیوستگی باشــد. پوش ساختمان نیز برای تعبیه‌ی پنجره‌ها، درها، لوله‌کشی و سیم‌کشــی باز می‌شود و چنین بازشدگی‌هایی به‌طور بالقوه عامل ناپیوستگی‌اند.

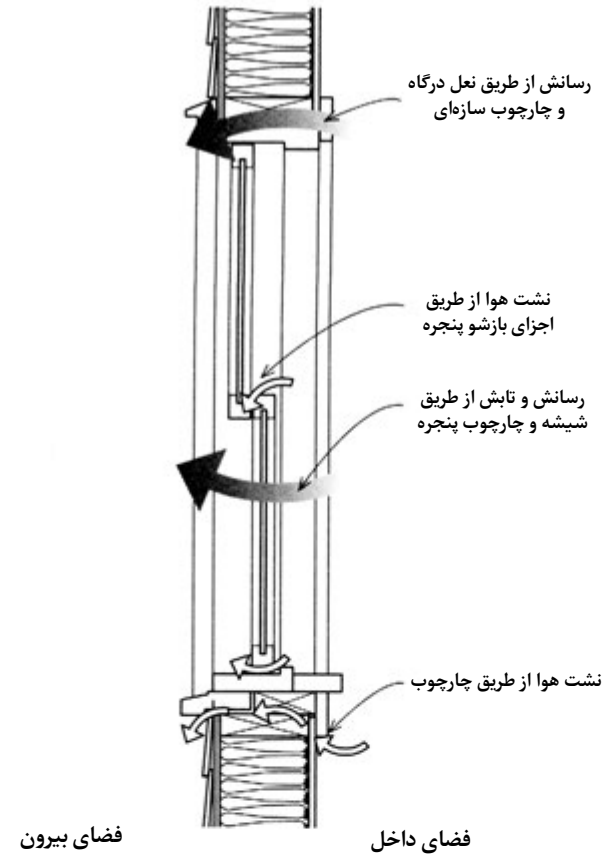


۷-۱۰: اگر مقطعی در ســاختمان تصور کنیم و آن را روی کاغذ بکشــیم، باید بتوانیم مسیری پیوسته را روی آن و دور ســاختمان بپیماییم، به طوری که توسط شکاف‌هایی که نفوذ را ممکن می‌کنند یا با پل‌های گرمایی قطع نشود، بدون این‌که مداد را از روی کاغذ برداریم.

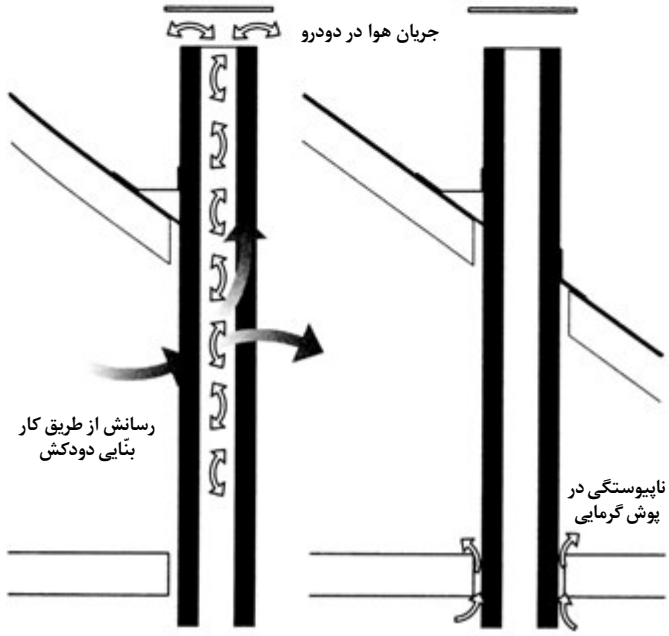
به‌علاوه، هر بازشـــدگی ساختمان، خواه پنجره باشد و خواه در یا دریچه‌ی ورودی به زیرشیروانی، چراغ توکار یا هر نوع ناپیوستگی دیگر، می‌تواند مســـیرهای متعددی برای اتلاف انرژی ایجاد کند. مثـــلا، اتلاف انرژی از طریق پنجره نه تنها از رســـانش گرمایی از جام‌های شیشـــه ناشی می‌شـــود، بلکه همرفت گرمایی به طرف بالا یا پایین سطوح شیشه‌ای، رسانش گرمایی از طریق چارچوب پنجره، رسانش گرمایی از طریق قاب‌بندی دیوار و تیرچه‌های دور پنجره، نشت هوا از فاصله‌ی بین قاب پنجره و چارچوب، نشت هوا از فاصله‌ی بین چارچوب و ســـاختمان، نشت هوا از چارچوب به داخل دیوار دوپوسته یا برعکس، و اتلاف گرمای تابشی بین محیط داخل و محیط بیرون نیز در این اتلاف سهم دارند. به‌علاوه، اتلاف انرژی ســـهوی، در صورت باز ماندن اشتباهی پنجره، شکستگی شیشه یا ترک‌خوردگی آن، یا باز ماندن یا شکستن پشت‌پنجره‌ای نیز ممکن است رخ دهد.

مجموعه‌ی متداول دیگری از ناپیوستگی‌ها را دودکش‌های سنتی ایجاد می‌کنند که با کار بنّایی ســـاخته شده‌اند. اگر دودکش روی دیواری خارجی ســـاخته شده باشـــد، کار بنّایی گرما را از فضای داخل به فضای بیرون هدایت می‌کند؛ این عمل هم در راســـتای عرضـــی از طریق دیوارهای دودکش و هم در راســـتای عمودی به طرف بام انجام می‌گیرد. دودروها نیز به صورت ناپیوستگی عمل می‌کنند و در فصل زمســـتان به هوای گرم داخل اجازه می‌دهند به طرف بالا جریان پیدا کند و هوای ســـرد بیرون وارد ساختمان شود. اگر دودکش در داخل ساختمان تعبیه شده باشد، غالبا باید هنگام عبور از سازه‌های سقف و کف طبقه‌ی بالا، در پیرامون خود با مصالح قابل احتراق فاصله داشـــته باشـــد و همین ناپیوستگی دیگری را در پوش گرمایی ایجاد می‌کند.

تلفات انرژی از این ناپیوســـتگی‌ها به مـــرور زمان افزایش می‌یابد. دوباره می‌توانیم به مثال پنجره اشاره کنیم که ذاتا فاقد استحکام و دیرپایی است. با نشست و جابه‌جا شدن چارچوب پنجره، خشک شدن و ترک خوردن مواد درزگیر، جدا شدن درزبندها در نتیجه‌ی باز و بسته شدن مکرر پنجره، نشت گاز حبس شده در شیشه‌های دوجداره یا سه‌جداره، و با از بین رفتن درزبندهای حرارتی، اتلاف انـــرژی افزایش می‌یابد. در مورد درها و ســـایر بازشـــدگی‌هایی که ســـطوح متحرک دارند، مانند دریچه‌های ورود به زیرشیروانی که غالبا خم می‌شـــوند و می‌شکنند، نیز اتفاق مشابهی رخ می‌دهد. ناپیوســـتگی‌هایی که حتی اجزای متحرک ندارند، مانند ترک‌های دیوارها و منافذ فضای زیرشیروانی نیز موجب اتلاف انرژی می‌شوند. وقتی ترک یا منفذی در ساختمان وجود داشته باشد، با نشست و جابه‌جایی سازه، فقط احتمال بزرگ‌تر شدن آن وجود دارد.



۷-۱۱: مسیرهای اتلاف گرما و نفوذ از طریق پنجره.

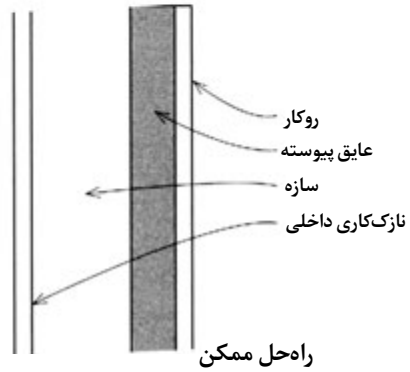


۷-۱۲: نقاط بالقوه‌ی ناپیوستگی در محل دودکش‌ها.

در بســیاری از نواحی پوش خارجی، تأمین پیوستگی پوش گرمایی نوعی چالش فضایی است. مسئله‌ای در توپولوژی، بررســی ریاضی ســطوح در فضا و اتصالات آن‌ها، نیز هست. عایق معمولا جزء مصالح ساختمانی نیست. این ماده خواص سازه‌ای لازم برای تحمل بار، مقاومــت در برابر برش، یــا مهاربندی در مقابل باد را ندارد. به‌علاوه، به دلایل مختلف، مثلا نیاز به کنترل رطوبت و تعبیه‌ی جرم گرمایی در داخل پوش گرمایی، ترجیــح می‌دهیم کــه عایــق‌کاری بیرون از ســازه‌ی ســاختمان اجرا شــود. اما لایه‌ی عایق، وقتی بیرون ازساختمان واقع شود، خود در برابر عناصر ساختمانی بی‌محافظ اســت و باید راه پر پیچ‌وخمی را بپیماید تا بتواند ساختمانی را که پی، دیوار، بام و انواع مختلف عناصر برجســته، مانند جان‌پناه و ایوان ورودی دارد، به طور کامل در بر بگیرد.

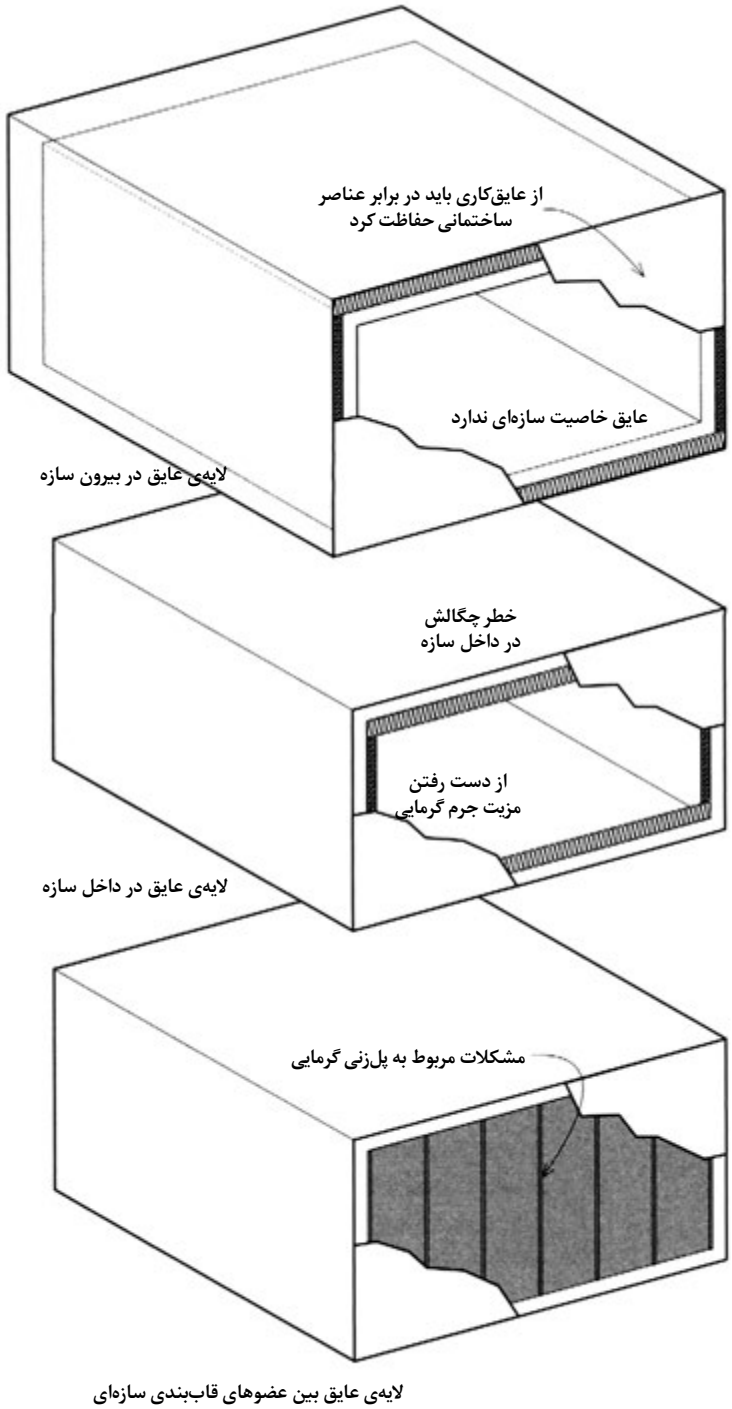
می‌تــوان عایق را به داخل ســاختمان انتقال داد، اما در این حالت مزایای داشــتن جــرم گرمایی در داخل پوش گرمایی را از دست می‌دهیم. به‌علاوه باید به فکر مشــکلات رطوبت ناشی از چگالش احتمالی بخار آب در دیوار یا ســازه‌ی سقف باشــیم. می‌توان در بعضی جاهــا (مثلا بام) عایق را از داخل گذراند و در جاهای دیگر (مثلا دیوارها) آن را از بیرون عبور داد، اما در این صورت با چالش‌هایی در محل تلاقی ســطوح مختلف روبه‌رو خواهیم شــد. می‌توانیم عایق را بین عضوهای سازه‌ای تعبیه کنیم، که در مورد ساخت‌های قاب‌چوبی ســبک یا فلزی نازک متداول است، اما در این حالت انرژی از طریق پل‌های گرمایی تلف خواهد شد.

سرانجام، می‌توانیم عایق را به‌صورت پیوسته بین روکار یا روکوب و قاب سازه‌ای اصلی ساختمان تعبیه کنیم



راه‌حل ممکن

و به نظر می‌رسد این راه‌حل در هر دو تیپ ساختمان کوتاه و بلند پذیرفته می‌شود. اما باز هم باید به مسئله‌ی حفظ پیوستگی توجه کرد که، در بعضی از منافذ سازه‌ای، و در محل اتصال دیوار - بام، دیوار - کف، و دیوار - پی، چالش برانگیز است.



۷-۱۳: تیپ‌شناسی چالش‌های تأمین پیوستگی پوش گرمایی

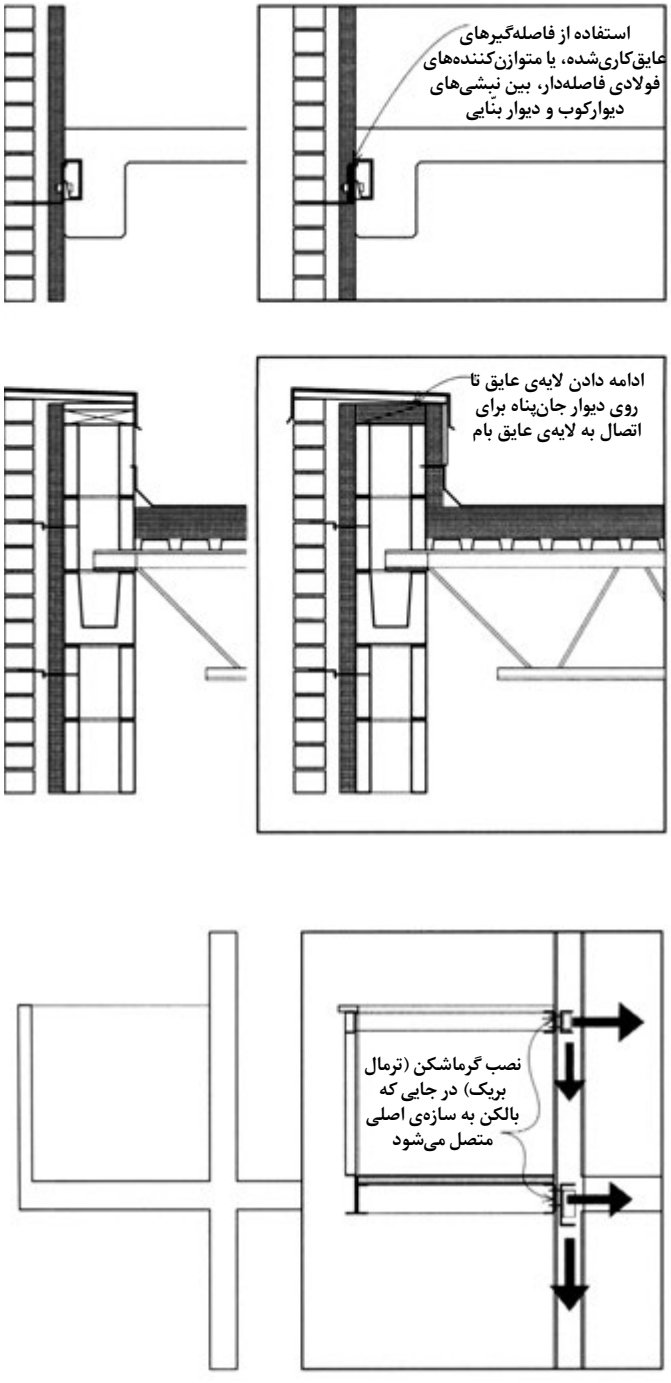
دیوارها

دیوارهای بنّایی

دیوارهای بنّایی را غالبا با بلوک‌های بتنی می‌سازندکه مصالح ساختمانی اصلی برای ساختمان‌های بلند و کوتاه است. از انواع مختلف روکار برای نماکاری و محافظت از سطح خارجی ساختمان استفاده می‌شود که از آن‌جمله می‌توان به آجر، سنگ، اندود، سفال، و روکوب فلزی اشاره کرد. به همین ترتیب، در سمت داخل، انواع مختلف نازک‌کاری را می‌توان اجرا کرد که شامل نصب گچ‌برگ روی وادارهای فلزی یا چوبی و نوارهای روکوبی است. در بعضی موارد بلوک بتنی را در فضای داخلی نمایان باقی می‌گذارند. بلوک‌های بتنی مرغوبی در دسترس است که از بلوک‌های سنتی حدود ۴۰٪ سبک‌ترند و مقدار R آن‌ها بین R-۲/۵ و R-۳/۰ تغییر می‌کند که حاکی از مقاومت گرمایی حدود ۳۰٪ بالاتر است. اگر این بلوک‌ها با پرلیت یا پرکن‌های عایق مشابه، عایق‌کاری شوند، مقدار R آن‌ها بین R-۷ تا R-۱۰ تغییر خواهد کرد.

پل‌زنی گرمایی در دیوارهای بنّایی به چندین روش انجام می‌گیرد که هر یک از آن‌ها را می‌توان حذف کرد یا کاهش داد.

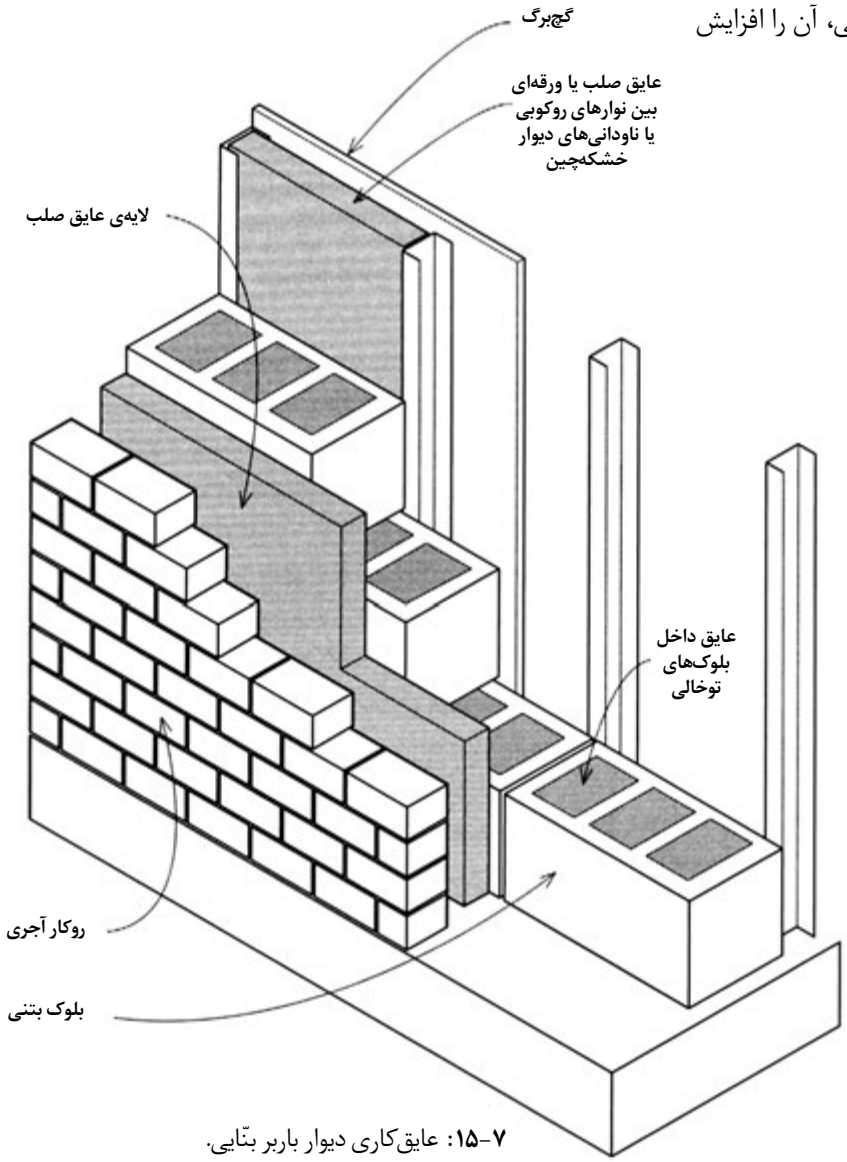
- نبشی‌های دیوارکوب مورد استفاده برای نگه داشتن روکار دیوار، مانند آجر، مسیری برای رسانش گرما تأمین می‌کنند. یکی از اصلاحات گرمایی استفاده از فاصله‌گیرهای عایق‌کاری‌شده بین نبشی‌ها و دیوار بلوکی اصلی، یا استفاده از متوازن‌کننده‌های فولادی فاصله‌دار بین نبشی‌ها و دیوار بلوکی است.
- در مواردی که دیوار بنّایی از خط بام بالاتر می‌رود تا جان‌پناه ایجاد کند، خود دیوار می‌تواند هنگام عبور از بین لایه‌ی عایق صلب خارجی و عایق بام که به دیوار ختم می‌شود، به عنوان پل گرمایی عمل کند. برای اصلاح این عیب باید عایق دیوار را به سمت بالا و تا روی جان‌پناه ادامه داد و سپس پایین آورد تا با عایق بام تلاقی کند. رویه‌ی جان‌پناه نیز توسط سرپوشی که روی عایق پیوسته تعبیه شده محافظت می‌شود.
- هر فولاد سازه‌ای که از سد گرمایی عبور کند به صورت پل گرمایی عمل خواهد کرد. یکی از گزینه‌ها استفاده از فولاد زنگ‌نزن به‌جای فولاد کربنی ساده برای ساخت این اجزای نفوذی است، زیرا رسانندگی گرمایی فولاد زنگ‌نزن پایین‌تر است. گزینه‌ی دیگر عایق‌کاری اطراف هر نوع فولاد سازه‌ای نفوذی است.
- سازه‌های خارجی، مانند بالکن‌ها، می‌توانند مانع پیوستگی لایه‌ی عایق حرارتی شوند. برای رفع این مشکل باید برای بالکن‌ها تکیه‌گاه خارجی در نظر گرفت، نه این‌که آن‌ها را از لحاظ سازه‌ای و گرمایی به ساختمان اصلی متصل کرد. گزینه‌ی دیگر استفاده از فاصله‌گیرهای نارسانا بین سازه‌ی بالکن و سازه‌ی ساختمان اصلی است.



۷-۱۴: راه‌های کاهش یا حذف پل‌زنی گرمایی در دیوارهای بنّایی.

بهترین روش عایق‌کاری دیوارهای بنّایی، عایق‌کاری سطح خارجی دیوار اصلی، و روی سطح داخلی روکار یا روکوب است. به این ترتیب جرم گرمایی در داخل پوش گرمایی واقع می‌شود و می‌تواند نوسانات دما را تعدیل کند و نوعی ذخیره‌سازی گرمایی انجام دهد. این شیوه‌ی عایق‌کاری خطر چگالش در اقلیم‌های سرد را نیز کاهش می‌دهد. اگر عایق‌کاری در سمت داخلی دیوار اصلی انجام شود، در اقلیم‌های سرد این خطر وجود دارد که سطح داخلی دیوار سرد شود و با هوای مرطوبی که از لایه‌ی عایق عبور کرده تماس پیدا کند و رطوبت هوا روی سطح سرد دیوار چگالش بیابد.

عایق بین دیوار بنّایی باربر و روکار معمولا صلب است. نوع و ضخامت عایق ابتدا توسط آیین‌نامه‌ی انرژی تعیین می‌شود و سپس می‌توان، به‌عنوان یک سرمایه‌گذاری اضافی، آن را افزایش داد تا مصرف انرژی پایین‌تر بیاید.



۷-۱۵: عایق‌کاری دیوار باربر بنّایی.

با عایق‌کاری فضای خالی حاصل از متصل کردن گچ‌برگ‌ها به قاب‌بندی روی سمت داخلی دیوار بنّایی، می‌توان لایه‌ی گرمایی دومی ایجاد کرد. با عایق‌کاری سطح خارجی دیوار بنّایی، و در نتیجه گرم شدن داخل دیوار در اقلیم‌های سرد، این لایه‌ی دوم عایق را می‌توان اضافه کرد، بدون این‌که خطر چگالش وجود داشته باشد. معمولا از وادارهای فلزی نازک یا ناودانی برای قاب‌بندی استفاده می‌کنند، اما استفاده از وادارهای چوبی با رسانندگی گرمایی پایین‌تر را نیز می‌توان بررسی کرد. چون غالبا حفره‌ی داخلی نازک‌کاری‌های داخلی و عبور سیم‌های برق در دسترس است، می‌توان این عایق را، به صورت عایق صلب یا ورقه‌ای به آن اضافه کرد. لایه‌ی دوم دیگری از عایق را می‌توان در هسته‌ی بلوک‌های بتنی توخالی تعبیه کرد.

چون عایق صلب فرم اصلی عایق مورد استفاده برای دیوارهای بنّایی است، نوارچسبانی روی درزهای عایق صلب می‌تواند عبور هوا از دیوار را کاهش دهد و از انتشار آبی که احتمالا در روکار خارجی نفوذ کرده جلوگیری کند.

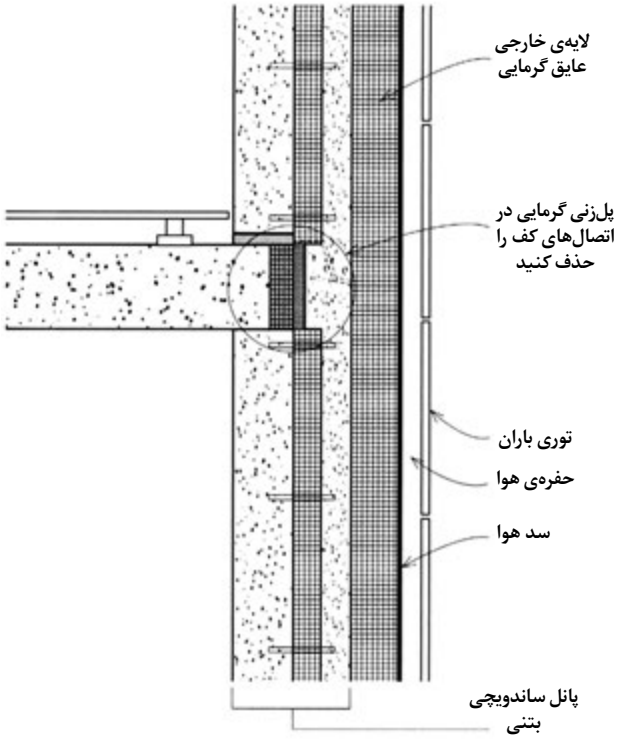
دیوارهای بتنی ریختگی

دیوارهای بتنی ریختگی می‌توانند فرم‌های مختلفی داشته باشند. این دیوارها ممکن است پیش‌ساخته باشند یا در کارگاه ساختمانی به صورت افقی ریخته شـوند و سپس سرپا گردند، یا درجا ریخته شوند. مانند دیوارهای بتّایی، انواع مختلف سیستم‌های نازک‌کاری داخلی و نماسازی خارجی در دسترس است که از جمله می‌توان به نمایان گذاشـتن هر یک از این سـطوح به عنـوان نازک‌کاری سازه‌ای اشاره کرد.

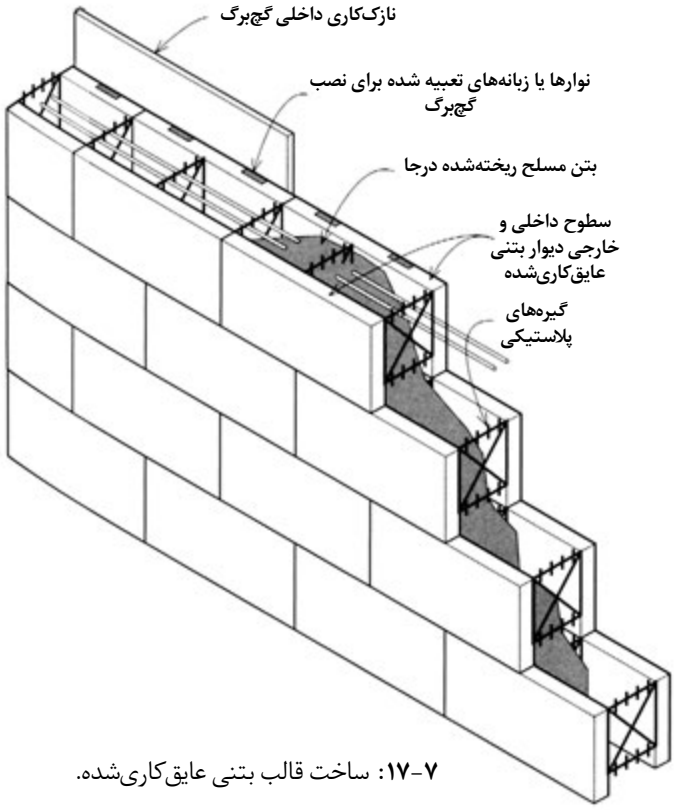
گزینه‌ای سبز پانل ساندویچی یا چندلایه‌ی بتنی باربر است که با متصل کردن لایه‌ای نازک از بتن مسـلح به یکی از سطوح لایه‌ی عایق صلب با استفاده از بست‌ها یا اتصالات نارسانای گرما ساخته می‌شود. مجموعه‌ی حاصل نسبتا سبک، بادوام، و مقاوم در برابر آتش اسـت. برای تأمین پیوسـتگی لایه‌ی گرمایی و جلوگیری از تشـکیل پل‌های گرمایی، لبه‌های لایه‌ی عایق باید در تمام طول خود با هم تماس داشته باشند.

شـایان توجه اسـت که پانل ساندویچی بتنی شـبیه دیوار بتّایی دوپوسـته‌ی عایق‌کاری شده است، از این لحاظ که دو لایه‌ی بتن نظیر دو پوسـته‌ی دیوار بتّایی‌اند و لایـه‌ی عایق صلب بین آن‌ها همان نقشـی را بازی می‌کند که لایـه‌ی صلب داخل دیوار بتّایی بـازی می‌کند. در بعضی موارد، لایه‌ی عایق دیگری روی سـطح خارجی پانل ساندویچی نصب می‌کنند و روی آن را می‌پوشانند.

نـوع دیگری از دیوار بتنی ریختگی را دیوار بتنی عایق‌کاری‌شـده می‌نامند. این نوع دیوار نقطه‌ی مقابل پانل سـاندویچی است. در این دیوارها، به‌جای گنجاندن لایه‌ای عایق بین دو لایه‌ی بتن، یک لایه بتن بین دولایه عایق، مانند فوم پلی اسـتیرن منبسط‌شده، گنجانده شده است. این لایه‌های عایق مانند قالبی عمل می‌کنند که بتن درجا بین آن‌ها ریخته می‌شـود. باز هم سـطح داخلی را می‌توان نازک‌کاری کرد و سـطح خارجی را به شیوه‌های مختلف نماکاری کرد. یکی از نازک‌کاری‌های متداول برای سـطح داخلی اسـتفاده از گچ‌برگ اسـت که می‌توان آن را روی زبانه‌های تعبیه شده در قالب عایق داخلی نصب کرد. مزیت استفاده از دیوارهای بتنی عایق‌کاری شـده این است که لایه‌ی داخلی عایق در معرض پل‌زنی گرمایی مربوط به روکوبی یا وادارها نیست. دیوار پیوسته‌ی درجاریخته حامی پیوستگی پوش گرمایی ساختمان نیز هست.



۷-۱۶: بهبود عایق‌کاری گرمایی سـاختمان‌های سـاخته شده با پانل ساندویچی بتنی.



۷-۱۷: ساخت قالب بتنی عایق‌کاری‌شده.

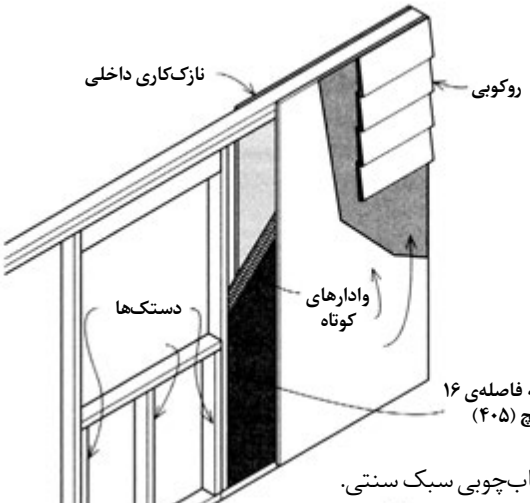
دیوارهای قاب‌چوبی

در قاب‌های ســبک چوبی سنتی از وادارهای چوبی که معمولا در فواصل مرکزتامرکز ۱۶ اینــچ (۴۰۵) قرار می‌گیرند و فاصله‌ی بین آن‌ها با عایق پر می‌شــود، استفاده می‌کنند. گچ‌برگ متداول‌ترین نازک‌کاری داخلی اســت و روکار خارجی را معمولا با اســتفاده از ترکیبی از تخته و چوب، وینیل، یا یکی از انواع روکوب کامپوزیت اجرا می‌کنند. در دیوارهای قاب‌چوبی ســنتی وادارها پل گرمایی تشکیل می‌دهند و اتصالات پرشمار قاب دیوار را در برابر نفوذ هوا آسیب‌پذیر می‌کنند.

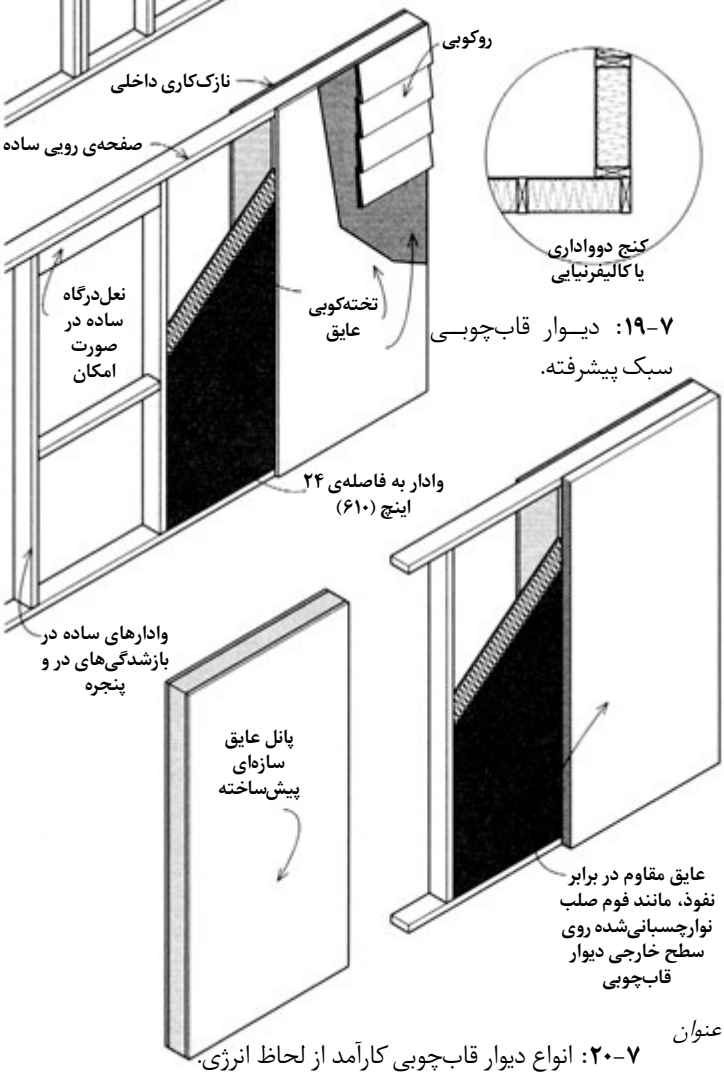
«قاب‌بندی پیشــرفته» اصطلاحی عام و فراگیر است که به انواع مختلفی از قاب‌بندی‌های ســنتی با جزئیات طراحی متفــاوت، که پل‌زنــی گرمایی را کاهــش می‌دهند، اطلاق می‌شــود. به‌عنوان نمونه می‌توان واداربنــدی به فاصله‌ی مرکزتامرکز ۲۴ اینچ (۶۱۰)، به جای ۱۶ اینچ (۴۰۵)؛ استفاده از صفحه‌های رویی ساده، و وادارهای ساده در بازشدگی‌های در و پنجره، و نعل درگاه‌های ســاده، یا بدون اســتفاده از نعــل‌درگاه در دیوارهای غیربابر؛ و ساده‌ســازی قاب‌بندی کنج‌ها را مثال زد. غالبا عایق صلب را به سطح خارجی قاب واداری، روی تخته‌کوبی، و زیر روکوبی اضافه می‌کنند.

چندیــن نوع دیوار قاب‌چوبــی کارآمد از لحاظ جلوگیری از اتلاف انرژی وجود دارد. این دیوارها عبارت‌اند از قاب‌بندی بــا وادار دوبل که در آن هر ردیــف از وادارها از ردیف دیگر جداسازی می‌شود تا پل‌زنی گرمایی کاهش یابد؛ جایگزینی پانل‌های عایق ســازه‌ای پیش‌ســاخته به‌جــای قاب‌بندی واداری معمولی؛ و اســتفاده از انواع مــواد عایق مقاوم در برابر نفوذ، مانند سلولوز متراکم، فوم پاشیدنی، و پانل‌های فومی صلب.

دیوارهای قاب‌چوبی متداول‌اند، انرژی صرف‌شده‌ی* آن‌ها پایین اســت، در ساخت آن‌ها از مصالح سازه‌ای تجدیدپذیر استفاده می‌شــود، می‌توان آن‌ها را با مقاومت گرمایی بالا مونتاژ کرد تا پل‌زنی گرمایی کاهش یابد، و می‌توان آن‌ها را طوری ســاخت که مانع نفوذ هوا شوند، به شرط این‌که به جزئیات هوابندی توجه شود.



۷-۱۸: دیوار قاب‌چوبی سبک سنتی.



۷-۱۹: دیــوار قاب‌چوبــی سبک پیشرفته.

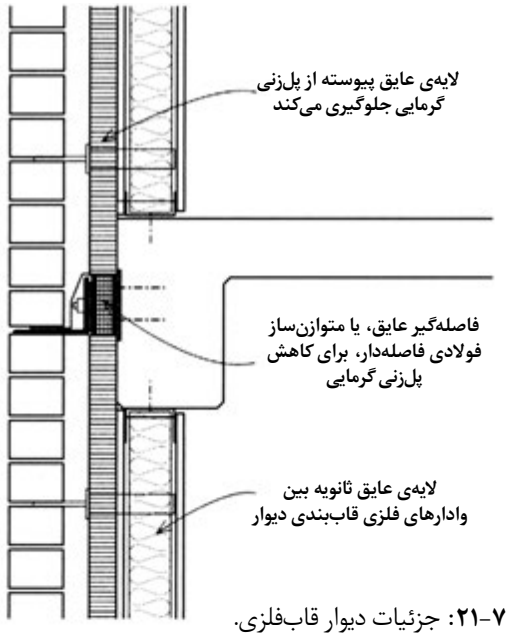
۷-۲۰: انواع دیوار قاب‌چوبی کارآمد از لحاظ انرژی.

* *بــرای آشــنایی با مفهوم انرژی صرف‌شــده، نگاه کنید به فصــل ۱۶ با عنوان مصالح.*

دیوارهای قاب‌فلزی

دیوارهـــای قاب‌فلزی شـــباهت زیادی به دیوارهای قاب‌چوبـــی دارند. این نوع قاب‌بندی تیپ متداولی اســـت که طراحان و ســـازندگان در مورد آن تجربه‌ی فراوانی دارند.

انـــرژی صرف‌شـــده‌ی این نوع دیوار مشـــابه دیوار قاب‌چوبی اســـت و از جمله پایین‌ترین مقادیری است که در مجموعه‌های دیوار می‌توان به آن دست یافت. محدودیت‌های دیوار قاب‌فلزی برای ساخت سبز نیز مشابه محدودیت‌های دیوار قاب‌چوبی اســـت. وادارها پل‌های گرمایی تشـــکیل می‌دهند و درزهای متعدد قاب‌بندی نقاط بسیاری را برای نفوذ ایجاد می‌کنند. رسانندگی گرمایی بالای فولاد موجب پل‌زنی گرمایی می‌شود. رسانندگی وادارهای فولادی از وادارهای چوبی بیشـــتر است. راه‌های غلبه بر این محدودیت‌ها نیز همانند راه‌های غلبه بر محدودیت‌های دیوارهای قاب‌چوبی اســـت. باید قاب‌بندی پیشرفته، مانند فاصله‌گـــذاری ۲۴ اینـــچ (۶۱۰) بین وادارهای فلـــزی، به‌منظور کاهش مصرف مصالح و کاهش تعداد پل‌های گرمایی، را بررســـی کرد. روی ســـطح خارجی قاب‌بندی می‌توان عایق‌های جامد به خوبی نوارچســـبانی شـــده نصب کرد تا مقاومت گرمایی را افزایش، و آثار پل‌زنی گرمایی و نفوذ را کاهش دهند. باید به هوابندی درزها و سایر محل‌های نفوذ، مانند منافذ دیوار، توجه کرد.



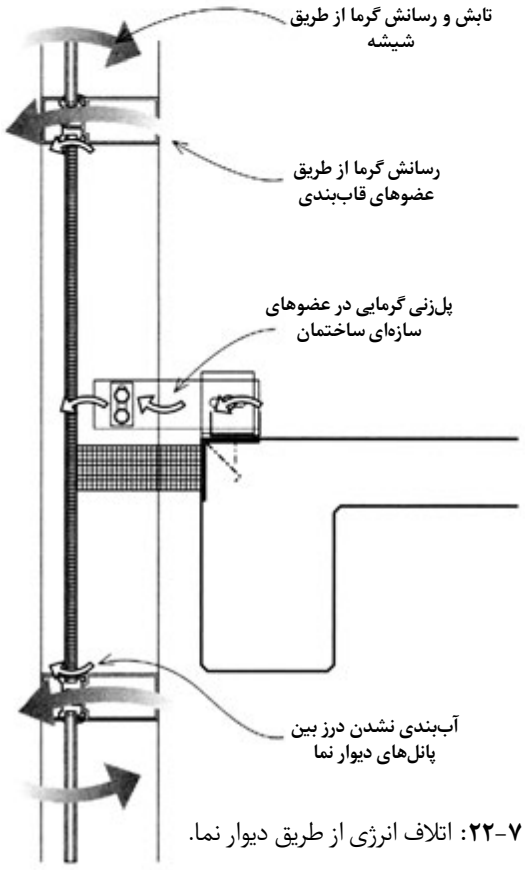
۷-۲۱: جزئیات دیوار قاب‌فلزی.

دیوارهای نما

ســـاخت دیوار نما در ساختمان‌های بلند رایج است. این نوع دیوار مجموعه‌ای غیرباربر اســـت که معمولا از ترکیبی از شیشه‌ی شـــفاف و قاب‌بندهای کِدِری تشـــکیل می‌شـــود که به قاب فلزی، معمولا آلومینیمی، متکی هستند. این دیوارها را دیوار نما (یا دیوار پرده‌ای) می‌نامند زیرا از قاب ســـازه‌ای ساختمان آویزان می‌شوند. اگرچه دیوارهای نما کارکرد باربری ندارند، باید بتوانند در برابر بارهای جانبی باد و زمین‌لرزه مقاومت کنند و این بارها را به سازه‌ی ساختمان انتقـــال دهند. دیوارهای نما را می‌توان به‌صورت پیش‌ســـاخته تهیه کرد یا در محل ســـاخت. اگر دیوار نما پیش‌ساخته باشد، بخش‌های مجزای آن را پانل یونیتی می‌نامند.

دیوار نما در برابر انواع اتلاف انرژی، شامل رسانش و تابش گرمایی از طریق شیشه، رسانش گرمایی از طریق عضوهای قاب آلومینیمی، پل‌زنی گرمایی در عضوهای سازه‌ای ساختمان، و هوابندی نشدن درزهای بین پانل‌ها، آسیب‌پذیر است.

حتی با وجود استفاده از شیشه‌کاری با عملکرد بالا، پانل‌های عایق‌کاری‌شده، و قاب گرماشـــکن (ترمال بریک)، دیوارهای نما عملکـــرد انرژی پایینی دارند. دیوارهـــای نما معمولا مقاومت گرمایی پایینی دارند و مقدار R آن‌ها بین R-۲ و R-۳ اســـت. مقدار Rدیوارهای نما با عملکرد بالاتر به حدود R-۴ می‌رسد و مقدار Rبهترین دیوار نمای موجود بین R-۶ و R-۹ است.



۷-۲۲: اتلاف انرژی از طریق دیوار نما.

انتخاب سیستم دیوار

به‌طور سنتی، انتخاب سیستم سازه‌ای برای دیوارهای ساختمان شامل بده‌بستان بین هزینه، نیازهای سازه‌ای، رتبه‌بندی مورد نظر از لحاظ آتش‌سوزی، مصالح موجود، و تجربه‌ی طراحان حرفه‌ای و پیمانکاران محلی است. زیبایی‌شناسی ساختمان، شامل روکار یا نما، نیز در انتخاب سیستم سازه‌ای تأثیر دارد. در ساختمان‌های سبز ملاحظات دیگری هم مطرح است؛ از جمله باید به مشخصه‌های گرمایی - هم مقاومت گرمایی و هم جرم گرمایی - کنترل نفوذ، کنترل رطوبت، و انرژی صرف‌شده اشاره کرد.

دیوارهای قاب‌چوبی پایین‌ترین انرژی صرف‌شده را دارند (۰/۰۷MMBtu/SF) و پس از آن‌ها، با فاصله‌ی اندکی، دیوارهای قاب‌فولادی قرار دارند (۰/۰۸MMBtu/SF) که مقاومت گرمایی کلی معادل دارند و فرض می‌شود روکار هر دو یکسان است. دیوارهای بتنی مختلف، مانند دیوارهای بتنی درجا، پانل‌هایی که به صورت افقی ریخته و سپس سرپا می‌شوند، و پانل‌های بتنی عایق‌کاری‌شده، انرژی صرف‌شده‌ای در گستره‌ی ۰/۱۱-۰/۱۴MMBtu/SF دارند. پانل‌های عایق‌کاری‌شده‌ی سازه‌ای انرژی صرف‌شده‌ی برابر دارند. دیوارهای بلوک بتنی ۸ اینچی (۲۰۵) دارای انرژی صرف‌شده‌ی برابر ۰/۲۵MMBtu/SF هستند. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد انرژی صرف‌شده به فصل ۱۶ با عنوان، مصالح، رجوع کنید.

روکار چوبی پایین‌ترین انرژی صرف‌شده را دارد و پس از آن اندود و آجر قرار دارند. روکار فولادی بالاترین تراز انرژی صرف‌شده را دارد.

***۷-۲۳**: انرژی صرف‌شده‌ی دیوارهای خارجی در ایالات متحده‌ی امریکا.*

انرژی صرف‌شده (MMBtu/SF)		تیپ دیوار خارجی
جنوب امریکا	شمال امریکا	
		دیوار با وادار فولادی ۲×۴
۰/۱۰	۰/۱۰	″۱۶ (۴۰۵)، با روکار آجری
۰/۰۹	۰/۱۰	″۲۴ (۶۱۰)، با روکار آجری
۰/۰۷	۰/۰۷	″۱۶ (۴۰۵)، با روکار چوبی
۰/۰۶	۰/۰۶	″۲۴ (۶۱۰)، با روکار چوبی
۰/۲۴	۰/۲۴	″۱۶ (۴۰۵)، با روکار فولادی
		دیوار با وادار چوبی ۲×۶
۰/۰۹	۰/۰۹	″۱۶ (۴۰۵)، با روکار آجری
۰/۲۳	۰/۲۳	″۱۶ (۴۰۵)، با روکار فولادی
۰/۰۷	۰/۰۷	″۲۴ (۶۱۰)، با روکار اندود
۰/۰۵	۰/۰۵	″۲۴ (۶۱۰)، با روکار چوبی
		پانل سازه‌ای عایق‌کاری‌شده
۰/۱۴	۰/۱۵	روکار آجری
۰/۲۹	۰/۳۰	روکار فولادی
۰/۱۳	۰/۱۴	روکار اندود
۰/۱۱	۰/۱۲	روکار چوبی
		بلوک بتنی ۸ اینچی
۰/۲۶	۰/۲۶	روکار آجری
۰/۲۵	۰/۲۵	روکار اندود
۰/۴۱	۰/۴۱	روکار فولادی
۰/۲۴	۰/۲۴	دیوار با وادار فولادی ۲×۴ [″۱۶(۴۰۵)]
		دیوار ۶ اینچی بتنی درجا
۰/۱۳	۰/۱۳	روکار آجری
۰/۱۱	۰/۱۱	روکار اندود
۰/۲۸	۰/۲۸	روکار فولادی
۰/۱۱	۰/۱۱	دیوار با وادار فولادی ۲×۴ [″۱۶(۴۰۵)]
		دیوار ۸ اینچی بتنی سرپاشده
۰/۱۴	۰/۱۴	روکار آجری
۰/۱۲	۰/۱۲	روکار اندود
۰/۲۹	۰/۲۹	روکار فولادی
۰/۱۲	۰/۱۲	دیوار با وادار فولادی ۲×۴ [″۱۶(۴۰۵)]
		قالب‌های بتن عایق‌کاری‌شده
۰/۱۶	۰/۱۶	روکار آجری
۰/۱۴	۰/۱۴	روکار اندود
۰/۳۰	۰/۳۰	روکار فولادی

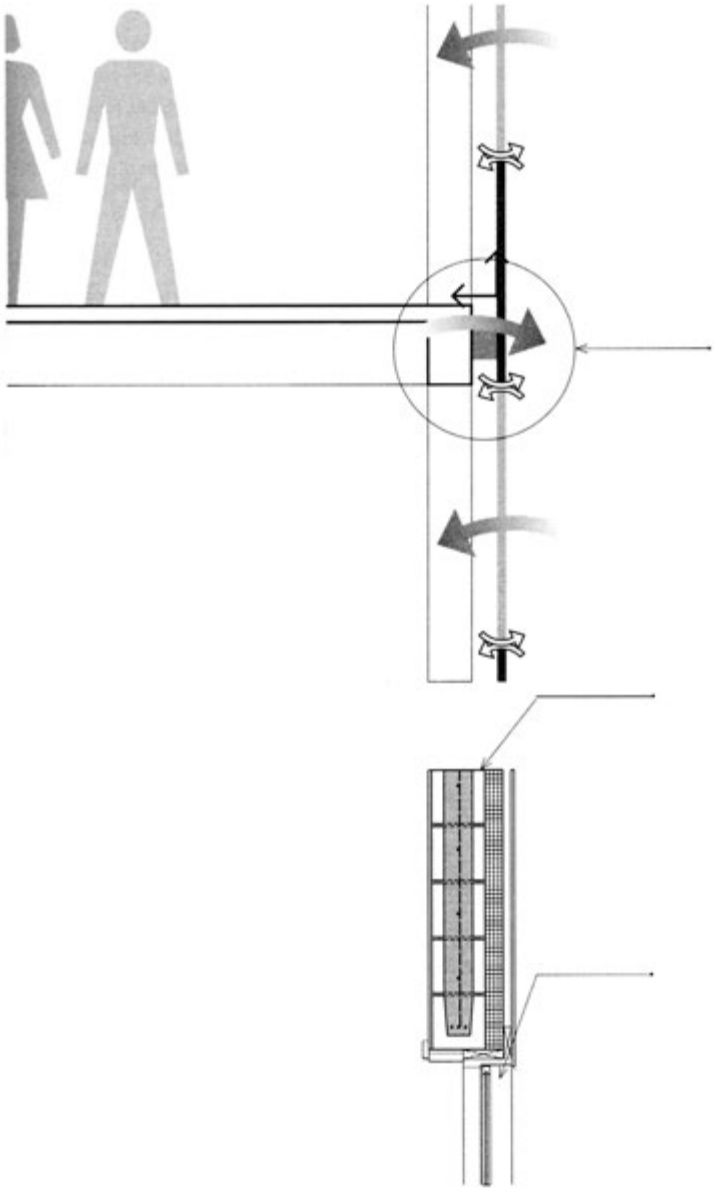
تضمین پیوستگی

در طراحی ساختمان سبز، به‌طور سنتی، بر افزایش عایق‌کاری دیوارها بیشتر تمرکز شده است. این روشی ابتدایی است که در آیین‌نامه‌های ساختمان نیز برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی توصیه می‌شود. افزایش عایق‌کاری دیوارها موجب صرفه‌جویی در مصرف انرژی خواهد شـد. اما مزیت افزایش عایق‌کاری، در صورتی کـه به موضوعاتی مانند نفـوذ و پل‌زنی گرمایی توجه نشود، محدودیت دارد.

چندین رویکرد برای طراحی و ساخت دیوار با هدف به حداقل رساندن آثار نفوذ و پل‌زنی گرمایی موجود است:

- توجه به جزئیات. کاهش نفوذ شـامل طراحی و سـاختی می‌شـود که بر هوابندی محل‌های پرشمار نفوذ بالقوه در مجموعه‌های دیـوار تمرکز کند. به همیـن ترتیب، برای جلوگیـری از پل‌زنی گرمایـی، باید در مرحلـه‌ی طراحی جزئیات مناسب را مشخص کرد و در مرحله‌ی ساخت آن‌ها را به‌کار برد.
- کنتـرل کیفی. هم برای کارآمد بودن هوابندی و هم برای جلوگیری از پل‌زنـی گرمایی، کنترل کیفی جهت تضمین این موضوع که جزئیاتی که هنوز مقبولیت عام نیافته‌اند، با دقت و به بهترین نحو اجرا می‌شوند، ضرورت دارد.
- انتخاب سـازه‌های ذاتا پیوسـته تا احتمال بروز مشـکل حین ساخت و کاربری کاهش یابد. نمونه‌ای از لایه‌ی ذاتا پیوسته، عایق صلبی است که روی سطح دیوار صلب نصب شده باشد، نه عایق پرکننده‌ی حفره‌های دیوار قاب‌دار.
- استفاده از چند لایه‌ی پیوسته برای مقاومت در برابر نفوذ.
- کاهش تعداد ناپیوسـتگی‌ها، مانند ناپیوستگی‌های ایجاد شده توسط در و پنجره، در صورت امکان.

برای طراحی جزئیات سـازه‌ای مرتبط با پل‌زنی گرمایی چالش خاصی مطرح می‌شـود، زیـرا این جزئیات غالبـا در حوزه‌ی مسئولیت مهندسان سازه یا پیمانکاران طراحی و اجرا می‌گنجد که ممکن است با مدل‌سـازی انرژی و ارزیابی بده‌بستان‌های انرژی آشـنا نباشـند. بار دیگر ارزش طراحی جمعی آشـکار می‌شود، زیرا ارتباط بین معمار، مهندس سازه، مشاور انرژی، و پیمانکار ارزیابی این بده‌بسـتان‌ها و کاهش تلفات ناشـی از پل‌زنی گرمایی را ممکن می‌کند.



۷-۲۴: راه‌های به حداقل رساندن آثار نفوذ و پل‌زنی گرمایی.

پنجره‌ها

با در نظر گرفتن تعداد زیاد اجزا و عناصر ساختمانی، پنجره‌ها یکی از بغرنج‌ترین مسائل ساختمان را تشکیل می‌دهند. نور طبیعی از طریق پنجره وارد ساختمان می‌شود، پنجره برای کاربران ساختمان چشم‌انداز تأمین می‌کند و ارتباط آن‌ها را با فضای بیرون و جامعه‌ی ورای ساختمان برقرار می‌سازد، و در نظر بسیاری از اشخاص به ساختمان زیبایی طبیعی می‌بخشد. اما پنجره‌ها سهم زیادی در اتلاف انرژی در ساختمان دارند و می‌توانند ناراحتی‌هایی مانند کوران هوا، چشم‌دوزی، جریان‌های همرفتی هوا، و تلفات گرمایی و تابشی نیز ایجاد کنند.

پنجره‌های با عملکرد بالا

نخستین گزینه برای ساختمان سبز بررسی استفاده از پنجره‌های با عملکرد بالاست. تکامل این نوع پنجره را می‌توان در طول تاریخ دنبال کرد و ریشه‌ی آن را در شیشه‌گری بابلی‌ها در ۲۵۰ سال پیش از میلاد مسیح، و ابداع شیشه‌ی جام صیقلی در فرانسه در اواخر قرن هفدهم جست.

در حدود سال ۱۹۵۰، پنجره‌های ضد توفان ابداع شد تا جام شیشه‌ی دومی، البته جدا از پنجره‌ی اصلی، اضافه شود. هدف اصلی از پنجره‌های ضد توفان، چنان‌که از نام آن‌ها مشخص است، کاهش مصرف انرژی نبود، بلکه حفاظت از پنجره‌ی اصلی و ساختمان در برابر توفان مورد نظر بود. این جام‌های شیشه‌ی اضافی موجب حبس شدن هوا بین پنجره‌ی اصلی و پنجره‌ی ضد توفان می‌شوند. هوای حبس شده بین شیشه‌ها عایق حرارتی خوبی است. این اصلاحی کارآمد بود و مقاومت گرمایی پنجره‌ی تک‌جداره را تقریبا دوبرابر کرد. ضریب U پنجره‌ی تک‌جداره در دیوار قاب‌چوبی ۱/۱ و در دیوار قاب‌فلزی ۱/۳ است. پنجره‌ی ضد توفان ضریب U را تقریبا به ۰/۵ کاهش می‌دهد.

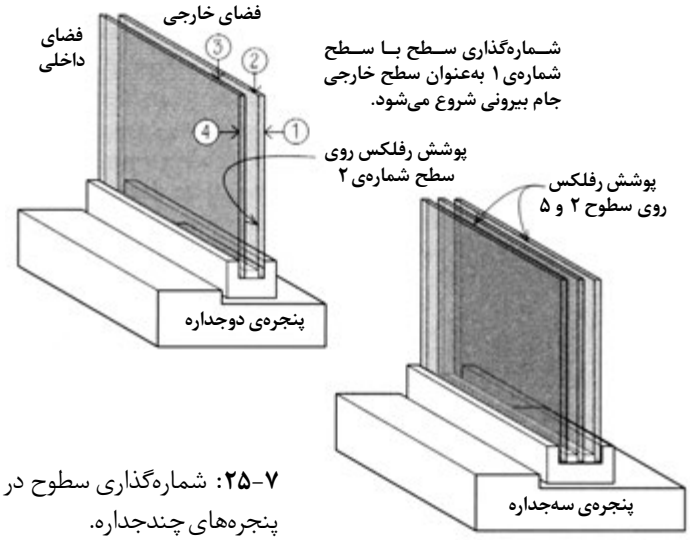
پنجره‌ی دوجداره، که در دهه‌ی ۱۹۳۰ اختراع شد، در دهه‌ی ۱۹۵۰ به‌صورت مجموعه‌ای مونتاژشده در کارخانه، با قاب چوبی، همراه با یراق‌آلات کامل، در مقیاس تجاری به بازار آمد. پنجره‌ی دوجداره، از لحاظ جلوگیری از اتلاف انرژی مشابه پنجره‌ی ضد توفان است، اما این مزیت را دارد که بیشتر قابل اعتماد است؛ پنجره‌های ضد توفان غالبا به طور سهوی باز می‌مانند.

در پی بحران انرژی در دهه‌ی ۱۹۷۰، فناوری گسیلندگی پایین ابداع شد و در اوایل دهه‌ی ۱۹۸۰ به بازار آمد. پنجره‌های با گسیلندگی پایین را معمولا با پوشاندن سطح داخلی جام شیشه‌ی بیرونی با فیلمی از فلز یا اکسید فلزی می‌سازند (شیشه‌ی رفلکس)؛ این فیلم نور مرئی را از خود عبور می‌دهد، اما طول موج‌های بالاتر گرمای تابشی را بازتاب می‌دهد. در فصل زمستان، چنین پدیده‌ای موجب می‌شود که بخش عمده‌ی گرما در داخل بماند و در فصل تابستان بخش عمده‌ی گرما بیرون می‌ماند.

ضریب U پنجره‌های دوجداره با گسیلندگی پایین تقریبا ۰/۴ است.
در دهه‌ی ۱۹۸۰، سازندگان پنجره چارچوب‌های وینیلی و چارچوب‌های کامپوزیت وینیل-چوب را به بازار عرضه کردند که گرمای کمتری را از طریق چارچوب تلف می‌کردند. پس از آن داخل چارچوب‌های توخالی پنجره را با ماده‌ی عایق پر کردند. تقریبا در همان دوران استفاده از فاصله‌گیرهای غیرفلزی که پنجره‌ها را جدا نگه می‌داشتند معرفی شد تا اتلاف رسانشی از طریق چارچوب به حداقل برسد.

پنجره‌های پرشده با گاز، در اواخر دهه‌ی ۱۹۸۰ به بازار آمدند؛ در این پنجره از یک گاز بی‌اثر و بیرنگ، یا ترکیبی از گازهای بی‌اثر و بیرنگ، برای پر کردن فضای بین جام‌های شیشه استفاده می‌شود. این گازها، که از هوای جو چگال‌ترند، جریان‌های همرفتی در فضای بین جام‌های شیشه را به حداقل می‌رسانند و انتقال گرمای کلی در مجموعه‌ی شیشه را کاهش می‌دهند. آرگون گازی است که غالبا به این منظور به‌کار می‌رود. کریپتون کارآیی بیشتری دارد، اما از آرگون گران‌تر است. ضریب U پنجره‌های دوجداره‌ی پرشده با گاز آرگون و پوشش رفلکس تقریبا ۰/۳۰ است. ضریب U پنجره‌های سه‌جداره با پوشش رفلکس و پر شده باگاز بی‌اثر در گستره‌ی ۰/۲۰ تا ۰/۲۵ است.

پنجره‌های با عملکرد بالا مقدار R بزرگ‌تر و ضریب U کوچک‌تری دارند، مصرف انرژی را کاهش می‌دهند، و امکان بخارگرفتگی یا برفک‌زنی را کاهش می‌دهند. این پنجره‌ها، با افزایش دمای سطوح شیشه‌ای داخلی در فصل زمستان، و نزدیک‌تر کردن آن به دمای هوای فضای داخلی، آسایش کاربران را افزایش می‌دهند، زیرا در این حالت جریان‌های همرفتی و اتلاف گرمای تابشی کاهش می‌یابد. در فصل تابستان، پنجره‌هایی که ضریب جذب گرمای خورشیدی پایین‌تری دارند، تابش خورشیدی و عدم آسایش ناشی از گرم شدن بیش از حد فضای داخلی را کاهش می‌دهند.

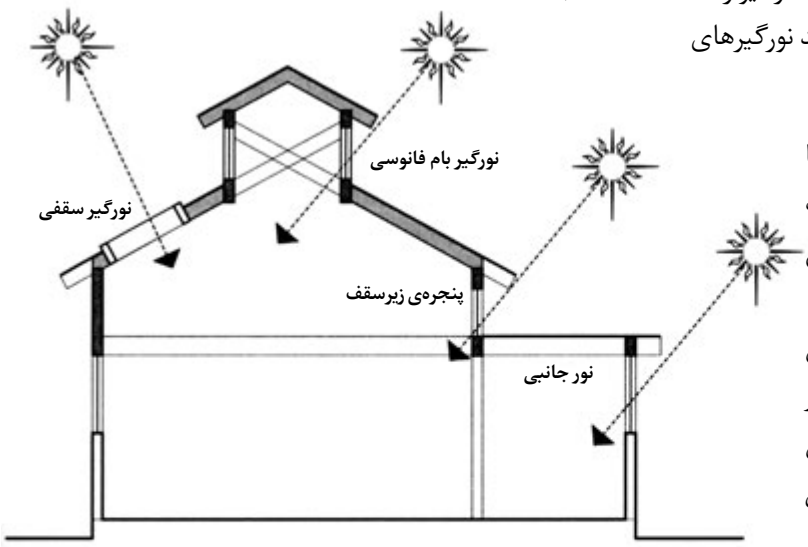


۷-۲۵: شماره‌گذاری سطوح در پنجره‌های چندجداره.

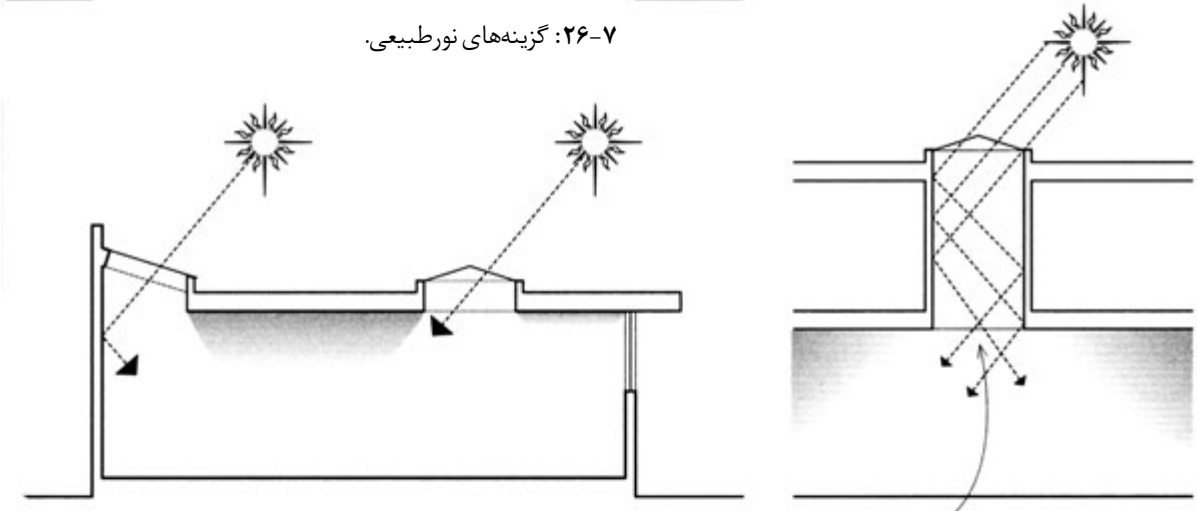
استفاده از نور طبیعی

در ساختمان‌های سبز، پنجره‌ها از طریق تأمین نورطبیعی، مصرف انرژی را به طور بالقوه کاهش می‌دهند. نور طبیعی را می‌توان از جوانب، با استفاده از پنجره‌های تعبیه شده در دیوارها، یا از بالا، از طریق پنجره‌های تعبیه شده در بام، مانند نورگیرهای سقفی، تأمین کرد.

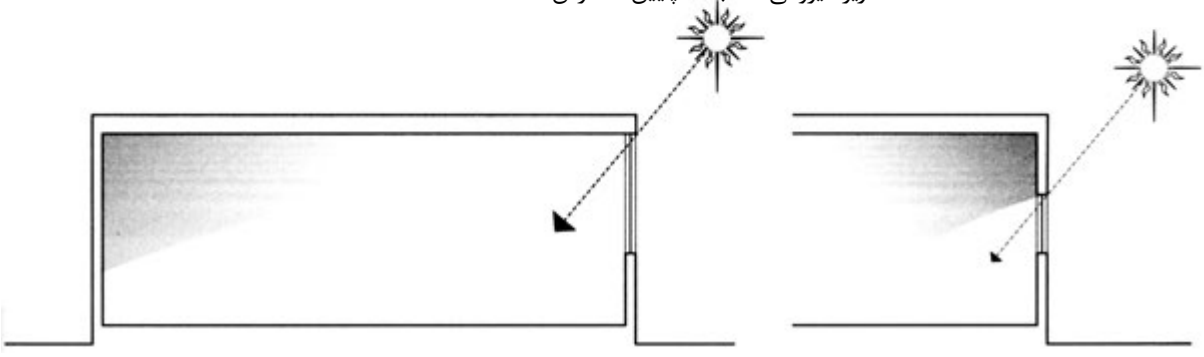
شیشه‌کاری بهینه برای استفاده از نور طبیعی، با شیشه‌کاری بهینه برای ایجاد چشم‌انداز متفاوت است. بهترین رویکرد به استفاده از نور طبیعی، توزیع یکنواخت نورگیرهای سقفی روی بام تخت ساختمان، و انداختن نور یکنواخت روی فضای داخلی است. این تدبیر به ساختمان‌های یک‌طبقه، و به طبقه‌ی آخر ساختمان‌های چندطبقه، یا به طبقاتی از ساختمان که با استفاده از لوله‌های نور می‌توان به‌آن‌ها دسترسی یافت، محدود می‌شود. برای نورپردازی جانبی، محل ایده‌آل نصب پنجره در ناحیه‌ی بالایی دیوار و نزدیک سقف است، تا نور را به عمق فضا بتاباند، بدون این‌که چشم‌دوزی ایجاد کند.



۷-۲۶: گزینه‌های نورطبیعی.



۷-۲۷: نورپردازی از بالا عمدتا به ساختمان‌های یک‌طبقه یا طبقات بالای ساختمان‌های چندطبقه محدود می‌شود، اگر چه انواع لوله‌ی نور به بازار آمده است که می‌توانند دامنه‌ی نفوذ نور را از فضای زیرشیروانی تا طبقات پایین گسترش دهند.



۷-۲۸: پنجره‌های جانبی را باید در ارتفاع کافی تعبیه کرد تا نور به عمق فضا نفوذ کند.

اســـتفاده از نور طبیعی موضوع پیچیده‌ای اســـت که بهترین راه برخورد با آن اســـتفاده از مدل‌های روشنایی، بهینه‌سازی مصرف انرژی براساس بده‌بستان‌های دریافت نور طبیعی از پنجره و تلفات گرمایشـــی و سرمایشـــی از پنجره، با ارزیابی خطر چشـــم‌دوزی و جلوگیری از آن، و به‌کارگیری نور طبیعی همراه با توجه دقیق به کنترل‌گرهای نور طبیعی است. مناســـب‌ترین زمان برای بررسی استفاده از نور طبیعی دقیقا همین مرحله از طراحی است؛ حین بررسی پوش خارجی، و زمانی که می‌توان آن را بهینه کرد و قبل از این‌که طراحی نورپردازی مصنوعی شروع شود.

برای استفاده از نور طبیعی صرفا اضافه کردن پنجره به ساختمان کافی نیســـت. بین صرفه‌جویی حاصل از به‌کارگیری نور طبیعی و تلفات گرمایشی و سرمایشی ناشی از بزرگ‌تر بودن سطح پنجره‌ها، بده‌بســـتان‌های چشمگیری وجود دارد. با افزایش سطح پنجره‌ها برای اســـتفاده‌ی بیشـــتر از نور طبیعـــی، صرفه‌جویی در مصرف بـــرق افزایش می‌یابد، اما تلفات گرمایی پنجره نیز افزایش خواهد یافت. وقتی سطح پنجره کوچک‌تر باشد، کاهش نیاز به روشنایی الکتریکی ناشی از به‌کارگیری نور طبیعی، معمولا شدیدتر از تأثیر منفی تلفات گرمایی پنجره روی بارهای گرمایشـــی و سرمایشـــی است و بنابراین در مجموع صرفه‌جویی می‌شود. اما صرفه‌جویی در مصرف برق در نتیجه‌ی به‌کارگیری نور طبیعی، با وســـیع‌تر شدن پنجره به مقداری ماکزیمم می‌رسد، ولی تأثیر منفی تلفات گرمایی پنجره، با افزایش سطح پنجره هم‌چنان افزایش می‌یابد. بنابراین انـــدازه‌ی بهینـــه‌ای برای پنجره وجود دارد کـــه بالاتر از آن تلفات گرمایی موجب کاهش صرفه‌جویی خالص حاصل از به‌کارگیری نور طبیعی خواهد شد.

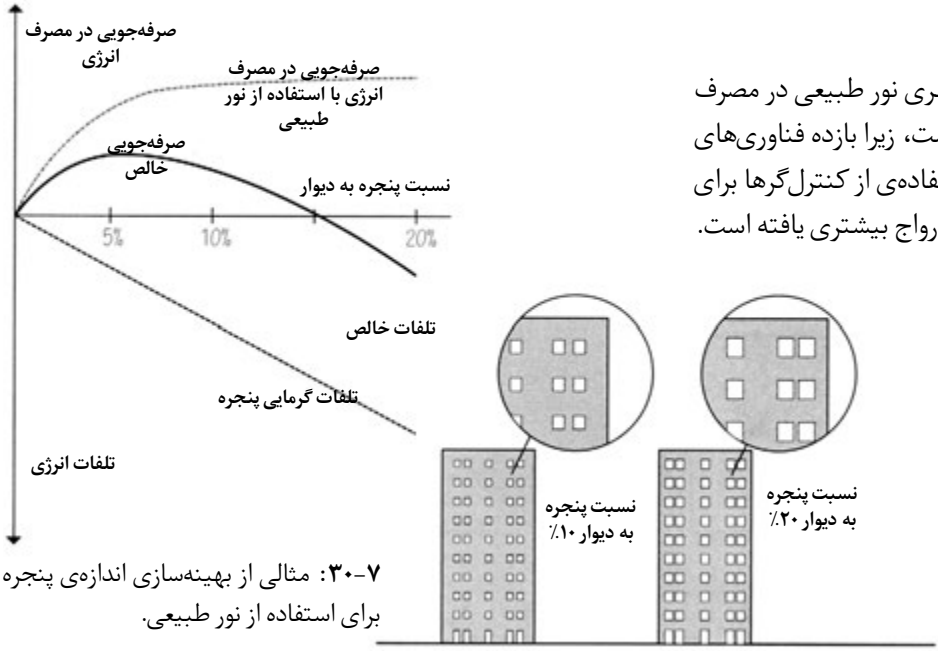
صرفه‌جویی بالقوه‌ی ناشـــی از به‌کارگیـــری نور طبیعی در مصرف انرژی در سال‌های اخیر کاهش یافته است، زیرا بازده فناوری‌های نورپردازی مصنوعی افزایش یافته و استفاده‌ی از کنترل‌گرها برای کاهش مدت اســـتفاده از نور مصنوعی رواج بیشتری یافته است.

با افزایش بازتابندگی ســـطوح داخلی، صرفه‌جویی بالقوه باز هم کاهش خواهد یافت. با این تغییرات، نســـبت بهینه‌ی پنجـــره به دیـــوار، یا پنجره بـــه بام نیز کاهش یافته است.

بـــرای بســـیاری از انـــواع ســـاختمان و کاربـــری، اگر اندازه‌های توصیه‌شـــده‌ی شیشـــه‌کاری به‌منظور اســـتفاده از نور طبیعی، به طور کورکورانه، و بدون توجه به تلفات گرمایی پنجره، رعایت شود، ممکن است مصرف انرژی ساختمان، به جای کاهش، افزایش یابد.



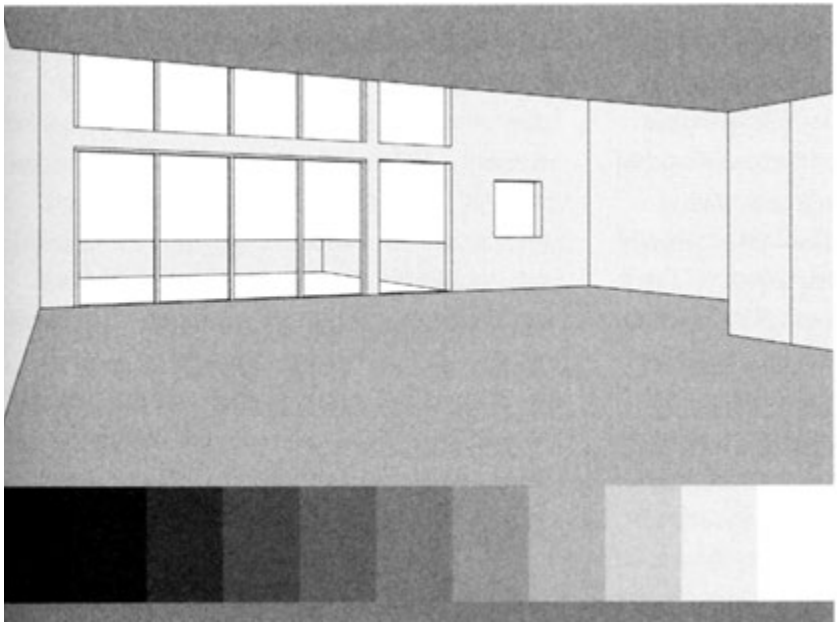
۷-۲۹: نمونه‌ای از یک فن روشـــنایی کلی که در آن از الگوریتم‌های بغرنج برای شبیه‌ســـازی دقیق روشـــنایی یک فضا یا صحنه استفاده می‌شود. در این الگوریتم‌ها فقط پرتوهای نوری که مستقیما از یک یا چند چشمه‌ی نور گسیل می‌شوند، به حساب نمی‌آیند. این الگوریتم‌ها پرتوهای نور بازتاب‌یافته یا پراشیده از یک سطح روی سطح دیگر، به ویژه بازتاب‌های پخشی داخلی بین سطوح یک فضا یا صحنه را نیز به حساب می‌آورند.



۷-۳۰: مثالی از بهینه‌سازی اندازه‌ی پنجره برای استفاده از نور طبیعی.

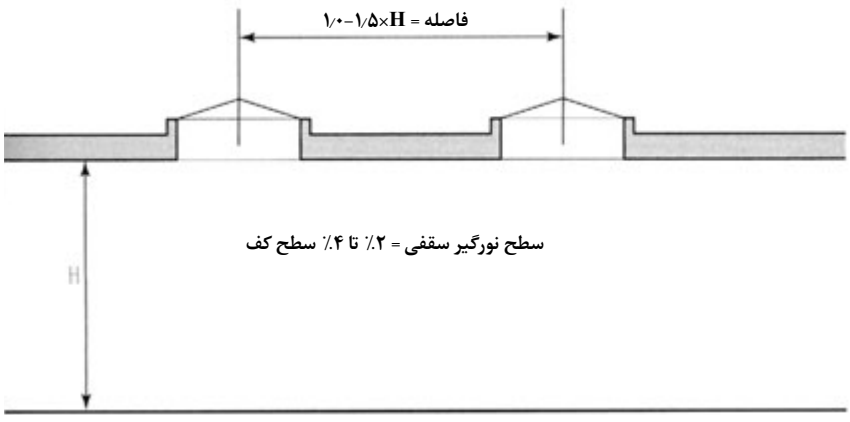
موفقیت در راهبرد اســتفاده از نور طبیعی به بازتابندگی سطوح داخلی، مانند ســقف، دیوارها، کف و اثاثیه، وابســتگی شــدید دارد. مثلا با افزایش بازتابندگی میانگین از ۵۰٪ به ۷۵٪، ســطح شیشه‌کاری لازم برای اســتفاده از نور طبیعی در دفتری به ابعاد ۱۲×۱۵ فــوت (۳/۷ × ۴/۶ متــر) بیش از ۵۰٪ کاهش می‌یابد و از ۲۵ فوت مربــع (۲/۳ متر مربع) به ۱۲ فوت مربع (۱/۱ متر مربع) می‌رســد. انتخاب سطوح بازتاب‌گر برای ســقف، دیوارها، کف، پوشش پنجره‌ها، و اثاثیه گامی بالقوه مهم و کم‌هزینه برای تحقق اصلاحات سبز اســت. اما برای بهره گرفتن از مزایای بازتابندگی بیشتر به‌منظور استفاده از نور طبیعی، افزایش بازتابندگی را بهتر است با کاهش اندازه یا تعداد پنجره‌ها تلفیق کرد تا تلفات گرمایی کاهش یابد.

بایــد بین نورپردازی طبیعی که با هدف کاهش نورپردازی الکتریکی طراحی شــده است، و نور طبیعی حاصل از شیشه‌کاری‌هایی که به دلایل زیبایی‌شــناختی نمی‌توان آن‌هــا را حذف کرد، تمایز قائل شــد. دومی را می‌تــوان نورپردازی طبیعــی اتفاقی نامیــد کــه در آن صرفا مزیت اضافی ناشی از شیشــه‌کاری مورد نیاز نیست، بلکه وســیله‌ای برای اجتناب از دوبرابر شــدن جریمه‌ی انرژی - افزایش مصرف انرژی ناشــی از نورپردازی مصنوعــی و تلفات گرمایی پنجره - است.



۷-۳۱: بازتابندگی سطح اتاق بر راهبرد نورپردازی با نور طبیعی تأثیر می‌گذارد.

نورپردازی از بالا و از طریق نورگیرهای سقفی و مانند آن‌ها چندیــن مزیت دارد که از آن جمله می‌توان به یکنواختی بیشتر روشنایی، ساده‌تر شدن کنترل‌گرها، پوشــش فضایی وسیع‌تر ، و مشکلات کمتر از لحاظ چشــم‌دوزی اشاره کرد. درست مانند نورپردازی جانبی، اندازه‌ی شیشه‌کاری برای نورپردازی از بالا نباید بیش از حد شــود. در غیر این‌صورت تلفات گرمایی بر مزیت ناشی از نورپردازی طبیعی خواهد چربید. اندازه‌های بهینه‌ی شیشه‌کاری برای نورپردازی از بالا را باید با اســتفاده از شبیه‌ســازی‌های کامپیوتری محاســبه کرد. بنا به یک قاعده‌ی سرانگشــتی برای تعیین اندازه‌ی شیشه‌کاری، سطح نورگیرهای ســقفی باید فقط ۲٪ تا ۴٪ سطح کف باشد و فاصله‌ی نورگیرها باید ۱ تا ۱/۵ برابر ارتفاع ســقف در نظر گرفته شــود. چون بخش عمده‌ی ساختمان‌های تجاری در ایالات متحده‌ی امریکا دو طبقه یا کوتاه‌ترند،۶۰٪ از زیربنای ســاختمان‌های این کشور را می‌توان با نور طبیعی سقفی روشن کرد. از میان گزینه‌های مختلف برای نورپردازی از بالا، نورگیرهای سقفی یکنواخت‌ترین نور را ، در اغلب ساعات روز تأمین می‌کنند و بر بام‌های فانوسی رجحان دارند.



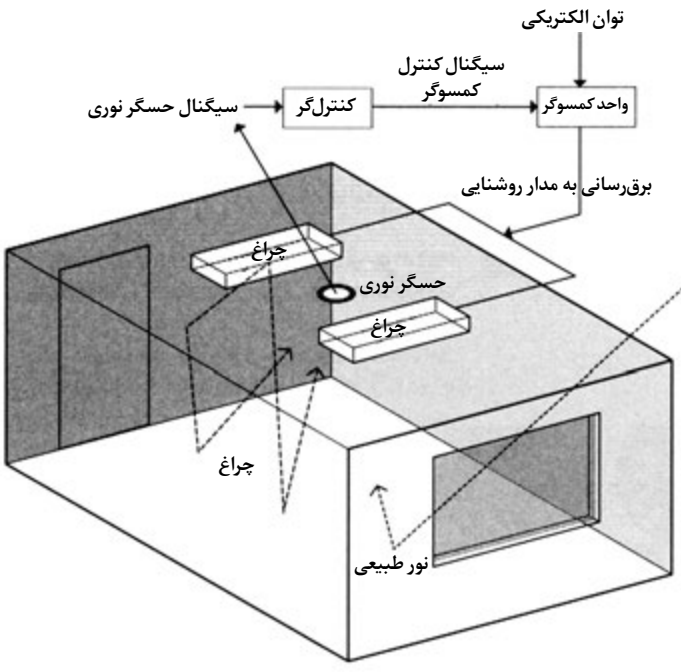
۷-۳۲: قواعد سرانگشتی برای استفاده از نور طبیعی نورگیرهای سقفی.

مزایای استفاده از نور طبیعی فقط با کنترل نورپردازی مصنوعی فضای داخلی قابل تحقق اســت. بدون این کنترل، به جای صرفه‌جویی در مصرف انرژی، اســتفاده از نور طبیعــی موجب افزایش مصرف انرژی ساختمان می‌شــود، زیرا بار گرمایی را افزایش می‌دهد، بدون این‌که بار روشنایی آن را کاهش دهد. کنترل‌گرهای روشنایی به دو دسته‌ی اصلی تقســیم می‌شوند: کلیدزنی پله‌ای و کمسوگری پیوسته. هر دو شیوه‌ی کنترل با استفاده از حسگرهای نوری برای آشکارسازی تراز نور طبیعی، و تنظیم خودکار خروجی نور مصنوعی برای ایجاد تراز مطلوب یا توصیه‌شده‌ی روشــنایی، مصرف انرژی را کاهش می‌دهند. اگر نور طبیعی ورودی از پنجره‌ها برای رفع نیازهای کاربر کافی باشد، سیستم کنترل می‌تواند به طور خودکار بخشی از چراغ‌ها را خاموش یا کمسو کند و درصورت پایین‌تر رفتن تراز نور طبیعی از مقداری از پیش‌معین، بلافاصله روشنایی الکتریکی را فعال کند. این نوع کنترل‌گر استفاده از نور طبیعی را می‌توان با حسگرهای حضور کاربر تلفیق کرد تا با روشن و خاموش کردن چراغ‌ها، صرفه‌جویی بیشــتری در انرژی تحقق یابد؛ به علاوه می‌توان کنترل‌گرهای دســتی نیز تعبیه کرد که کاربر بتواند به دلخواه تراز روشــنایی را تنظیم کند. بعضی از سیستم‌های کنترل می‌توانند با تغییر شدت نور لامپ‌های LED با رنگ‌های مختلف، که در چراغ‌های سقفی نصب می‌شوند، رنگ نور را نیز تنظیم کنند.

کنترل‌گرهای خودکار روشــنایی را بایــد با دقت تنظیم کــرد تا بتواننــد صرفه‌جویی در مصرف انــرژی را تحقق بخشــند، بدون این‌که موجب روشــن و خاموش شدن آزاردهنده‌ی چراغ‌ها شــوند. مثلا دفتری با یک چراغ که توســط کنترل‌گر پله‌ای روشنایی کنترل می‌شود، ممکن است به تراز روشنایی ۳۰ فوت - شمع نیاز داشته باشد. صبح که ابرهای گذرا روشــنایی فضای دفتر را به کمتر از ۱۰ فوت - شــمع تنزل می‌دهند، کنترل‌گر خودکار چراغ را روشــن می‌کند. وقتی خورشــید از پشت ابرها بیرون می‌آید، تراز روشــنایی به سرعت از ۱۰ فوت - شمع بالاتر مــی‌رود و حتی از ۳۰ فوت - شــمع هم می‌گذرد و چراغ خاموش می‌شود. اگر کنترل‌گر طوری تنظیم شده باشد که وقتی تراز روشــنایی از ۳۱ فوت - شمع بالاتر می‌رود چراغ را خاموش کند، و هنگامی که تراز روشــنایی از ۳۰ فوت - شــمع پایین‌تر می‌آید آن را روشن کند، این خطر وجود دارد که با عبور هر تکه ابر، چراغ به‌سرعت خاموش و روشن شود و موجب آزار کاربران را فراهم آورد.

اگر به‌جای تنظیم کنترل‌گر به صورتی که وقتی تراز روشــنایی از ۳۰ فوت - شــمع پایین‌تر می‌آید چراغ را روشــن کند و هنگامی که تراز روشــنایی از ۵۰ فوت - شــمع بالاتر می‌رود، چراغ را خاموش کند، دیگر چراغ به طور مرتب خاموش و روشن نمی‌شود، اما در این حالت تراز روشــنایی دفتر بالا و پایین می‌رود که ممکن است موجب آزاری از نوع دیگر شــود. به‌علاوه ممکن اســت چراغ به‌مدتی طولانی‌تر از مقدار لازم روشن بماند و صرفه‌جویی در انرژی را کاهش دهد. یافتن نقطه‌ی تعادل صحیح بین خاموش و روشــن شــدن آزارنده‌ی چراغ و نوســان آزارنده‌ی تراز روشــنایی کار ساده‌ای نیست. کنترل‌گرهای خودکار کمســوگر می‌توانند این مشکل را تا حدودی حل کنند، اما این کنترل‌گرها را نیز باید با دقت تنظیم کرد. حســگر نور طبیعی را نیز باید با دقت مســتقر کرد و طوری به آن جهت داد که روشــنایی مصنوعی آن را فعال نکند.

به‌طور خلاصه، با اســتفاده از نور طبیعی می‌توان در ساختمان‌هایی که به ســاعات زیادی روشــنایی روزانه نیاز دارنــد، و در مواردی که تغییرات احتمالی در تراز روشنایی با گذشت زمان و در نقاط مختلف فضــای داخلی قابل قبول اســت، در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد. شیشه‌کاری هنگامی موجب کاهش مصرف انرژی می‌شود که اندازه‌ی آن به قدری بزرگ نباشــد که تلفات گرمایی پنجــره را افزایش دهد و کنترل‌گرهای خودکار روشــنایی را بایــد به خوبی طراحی، نصب، راه‌اندازی، بهره‌برداری و نگهداری کرد.



۷-۳۳: نمودار استفاده از نور طبیعی.

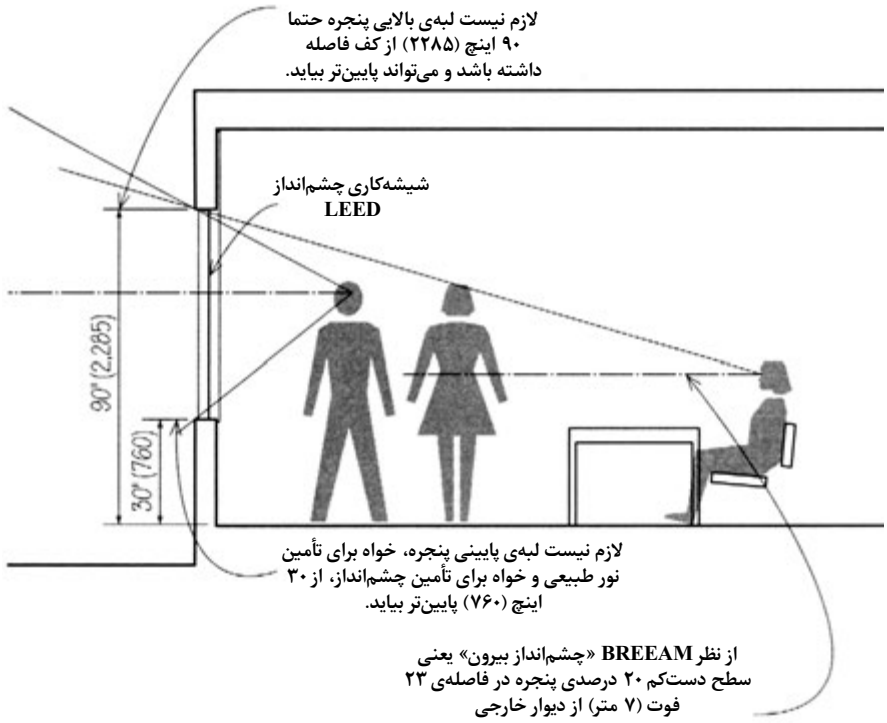
چشم‌انداز

چشم‌انداز پنجره‌ها ارتباط حیاتی با فضای بیرون را برقرار می‌کند، کاربران را از وضعیت هوای بیرون آگاه می‌کند، و در بهداشت روانی و بهره‌وری آدمی نقش دارد. شیشه‌کاری برای تأمین چشم‌انداز در سیستم رتبه‌بندی LEED بین ۳۰ اینچ (۷۶۰) و ۹۰ اینچ (۲۲۸۵) بالاتر از کف تعیین شـده است. سیستم BREEAM چشم‌انداز را چنیـن تعریف می‌کند که بتوان از پشـت میـزی به ارتفاع ۲۸ اینچ (۷۱۰)، آسمان را مشاهده نمود، به‌علاوه می‌گوید چشم‌انداز بیرون هنگامی وجود دارد که نسبت ارتفاع پنجره به دیوار ۲۰٪ یا بیشتر باشد.

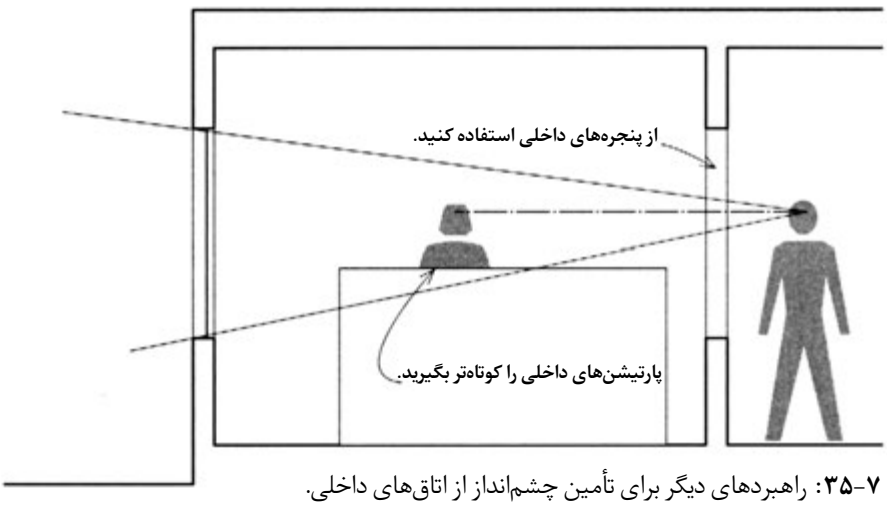
مانند نور طبیعی، انـدازه‌ی پنجره‌ی لازم برای تأمین چشم‌انداز را باید با دقت ارزیابی کرد تا از اتلاف گرمای ناخواسته جلوگیری شود. مثلا لبه‌ی پایینی پنجره می‌تواند ۳۰ اینچ (۷۶۰) بالاتر برود و باز هم چشم‌انداز خوبی را تأمین کند. ارتفاع کلاهک پنجره نیز نباید حتما به ۹۰ اینچ (۲۲۸۵) برسد تا چشم‌انداز خوبی تأمین شود. تعریف LEED از شیشـه‌کاری برای تأمین چشـم‌انداز تا ارتفاع ۹۰ اینچ با هدف تعیین ترازی انجام شده است که بالاتر از آن چشم‌دوزی ناشی از نور طبیعی شـروع می‌شود، نه ترازی که شیشه‌کاری باید به آن ختم شود. به‌علاوه، پنجره‌ها نباید در سرتاسر طول دیوار ادامه پیدا کنند تا چشم‌انداز خوبی تأمین شود. BREEAM چشـم‌انداز را قابلیت دید بیـرون از فاصله‌ی ۲۳ فـوت (۷ متر) از دیوار خارجی، با رعایت نسبت پنجره به دیواری برابر ۲۰٪ تعریف می‌کند.

LEED پیشنهاد می‌کند که پنجره‌های لازم بـرای تأمیـن چشـم‌انداز فقط در فضاهایی تعبیه شوند که به طور منظم از آن‌ها استفاده می‌شود. فضاهایی که غالبا بلااستفاده می‌مانند، نیازی به چشم‌انداز ندارند. در هـر مرحله، باید اتلاف انرژی گرمایی شـدید ناشـی از تعبیه‌ی پنجره را به یـاد آورد و راه‌های کاهش این اتلاف را بررسی کرد.

LEED راهبردهای دیگری برای تأمین چشـم‌انداز با استفاده از پنجره‌های داخلی پیشنهاد می‌کند؛ این راه‌ها به کاربران فضاهای داخلـی امکان می‌دهنـد، بیرون را از طریـق فضاهای پیرامونی ببینند؛ برای جلوگیری از ایجاد مانع در مسـیر دید، در فضاهای داخلی باید ارتفاع پارتیشن‌ها را کمتر انتخاب کرد.



۷-۳۴: ارتفاع پنجره برای چشم‌انداز.



۷-۳۵: راهبردهای دیگر برای تأمین چشم‌انداز از اتاق‌های داخلی.

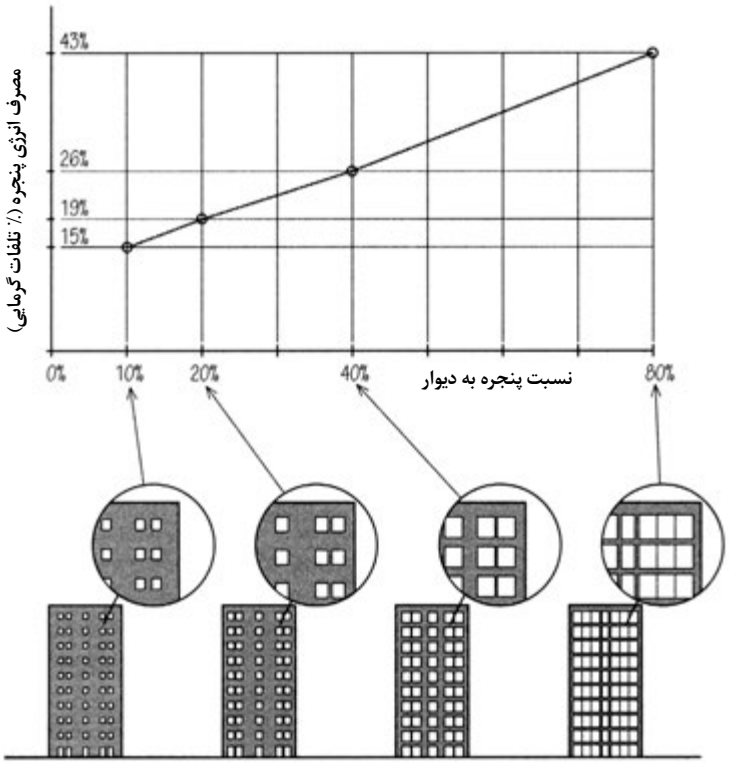
تلفات پنجره

پنجره‌هـا، در مقابـل مزایایـی که از جهت تأمین نـور طبیعی و چشم‌انداز دارند، موجب کاهش چشمگیر بازده مصرف انرژی نیز می‌شـوند. پنجره در زمسـتان گرما را از طریق رسانش گرمایی، نفوذ هوا، و تابش از دسـت می‌دهد و در تابسـتان یکی از منابع مهم جذب گرما و نیاز به تهویه‌مطبوع اسـت. هزینه‌ی سـاخت پنجره نیز، خواه در ساختمان‌های بلند و خواه در ساختمان‌های کوچک، در مقایسـه با سـطح دیواری که جایگزین آن می‌شود، بالاتر است.

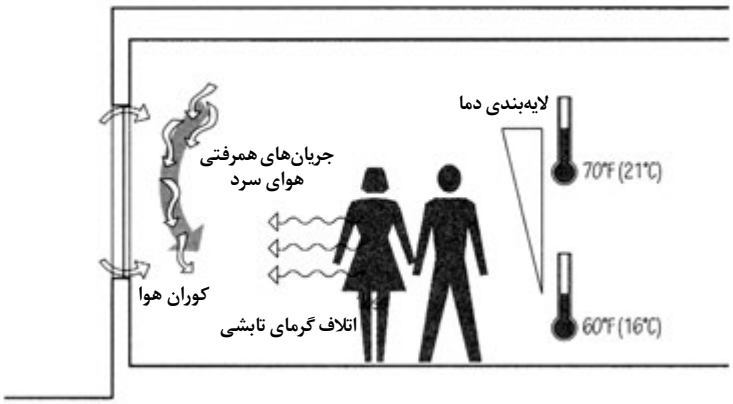
مقاومت گرمایـی (مقدار R) دیوار معمولی در گسـتره‌ی R-۱۰ و R-۳۰ اسـت و مقـدار میانگینـی در حدود R-۲۰ دارد، حال آن که مقدار R یک پنجره‌ی دوجداره در حدود R-۲ اسـت که حاکی از تلفات ۱۰ برابر پنجره در مقایسـه با دیوار اسـت. حتـی مقدار R پنجره‌هـای با عملکرد بالا بین R-۳ و R-۵ اسـت. در این محاسـبات تلفات ناشـی از نفوذ، تلفات تابشـی، و تلفات از طریـق پل‌زنی گرمایی چارچوب پنجره منظور نشـده است. تلفات کم‌اهمیت‌تری هـم رخ می‌دهد، زیرا شـب‌ها پنجره نور اندکی را به داخل اتاق بازمی‌تاباند و در نتیجه در فضای داخلی به روشـنایی مصنوعی بیشتری نیاز داریم. با در نظر گرفتن همه‌ی تلفات گرمایی پنجره، احتمال مـی‌رود که پنجره‌ها غالبا بیش از ۱۰ برابر سطح دیواری که جایگزین آن می‌شوند، انرژی تلف کنند. به همین سـبب، ساختمانی نمونه‌وار ۲۵٪ از انرژی مصرفی خود را از طریـق پنجره‌ها تلف می‌کند و هرگاه در ساختمانی نسبت پنجره به دیوار بالا باشد، میزان اتلاف از این هم بیشتر می‌شود.

تأثیـر پنجره‌ها فقـط به صورت هزینه‌ی انـرژی و هزینه‌ی ساخت بالاتر حس نمی‌شود، بلکه موجب عدم آسایش نیز می‌شوند. نشانه‌های این عدم آسایش را می‌توان در تعبیه‌ی رادیاتور یا فن‌کویل زیر پنجره، به‌منظور مقابله با سرمایی که از طریق پنجره وارد می‌شـود، یا رعایت فاصله بین مبلمان و پنجـره برای محفوظ ماندن از کوران هوا مشـاهده کرد. به‌علاوه، اسـتقرار منبع گرما زیر پنجره فقط موجب تشدید اتلاف گرما در زمسـتان می‌شود، زیرا سطوح داخلی پنجره دمایی بالاتر از دمای میانگین فضای داخلی پیدا می‌کنند. بدن انسان نیز در زمسـتان به پنجره گرما تابش می‌کند و این گرما از طریق پنجره به سـطوح سـرد بیرونی می‌رسد. حتی پنجره‌های ثابت موجب عدم آسـایش می‌شـوند. در اتاق‌هایی که پنجره‌های وسیع یا قدی دارند، لایه‌بندی شدن دما غیرعـادی نیسـت و دمای هوا تا ۱۰°F (۵/۶°C) و بیشـتر، بین سر و پای حاضران تغییر می‌کند. سرانجام، پنجره‌ها غالبا موجب چشم‌دوزی می‌شوند و در نتیجه باید پنجره را به شیشه‌ی رنگ‌دار یا کرکره‌ی داخلی مجهز کرد یا پرده‌ها را کشـید و فضای داخلی را از چشـم‌انداز و نور طبیعی محروم کرد؛ دو ویژگی که پنجره‌ها اصولا برای بهره‌گیری از آن‌ها طراحی می‌شوند.

در پنجره‌هایی که در معرض نور خورشیدند، تلفات گرمایی پنجره تا حدودی با جذب گرما در فصل زمستان جبران می‌شود.



۷-۳۶: اتلاف انرژی از طریق پنجره.



۷-۳۷: مسائل آسایشی مربوط به پنجره.

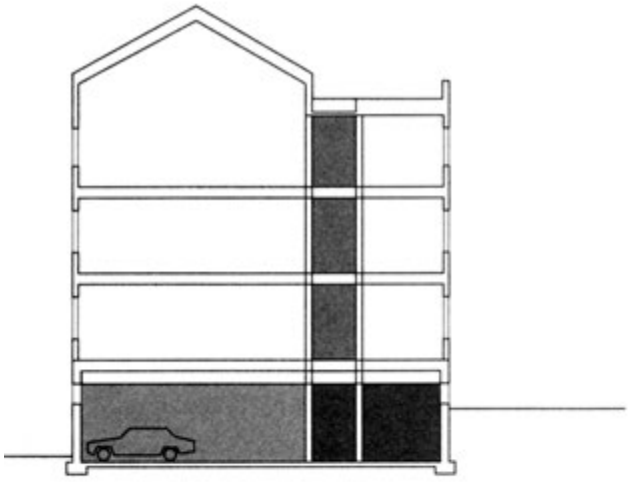
کاهش تلفات پنجره

در ساختمان سبز چگونه می‌توان تلفات پنجره را کاهش داد؟ نخست باید از تعبیه‌ی پنجره در فضاهایی که نیازی به پنجره ندارند، مانند گاراژ، راه‌پله، پاگرد پله، راهرو، دستشویی، زیرزمین، رختشوی‌خانه، ورودی‌ها و پیش‌اتاقی‌ها، و سایر فضاهای خدماتی که دوره‌ی کاربری کوتاهی دارند پرهیز کنید یا تعداد این پنجره‌ها را کاهش دهید.

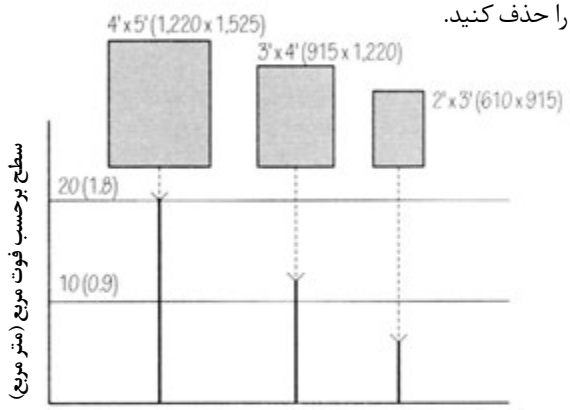
دوم این‌که، هرجا ممکن است، به تیپ متداول اتاق، مثلا دفتری کوچک یا اتاق‌خواب، یک یا دو پنجره، به‌جای سه یا چهار پنجره‌ی معمول، تخصیص دهید اندازه‌ی پنجره‌ها را نیز می‌بایست سنجیده انتخاب کرد. سطح پنجره‌ی ۳×۴ فوت (۹۱۵×۱۲۲۰) تقریبا نصف سطح پنجره‌ی ۴×۵ فوت (۱۲۲۰×۱۵۲۵) است. سطح پنجره‌ی ۲×۳ فوت (۶۱۰×۹۱۵) نیز نصف سطح پنجره‌ی ۳×۴ فوت (۹۱۵×۱۲۲۰) است.

راهبرد سوم، استفاده از پنجره‌ی ثابت در مواردی است که به پنجره‌ی بازشو نیاز نیست. پنجره‌های ثابت نفوذ را کاهش می‌دهند، اگرچه باز هم باید به جلوگیری از نشت هوا از درز بین پنجره و سازه‌ی دیوار توجه کرد. مثلا پنجره‌ی یک‌تکه‌ی کشویی عمودی، در مقایسه با پنجره‌ی دوتکه‌ی کشویی عمودی، نفوذ بالقوه‌ی کمتری دارد، ضمن این‌که سطح بازشو پنجره تغییری نکرده است.

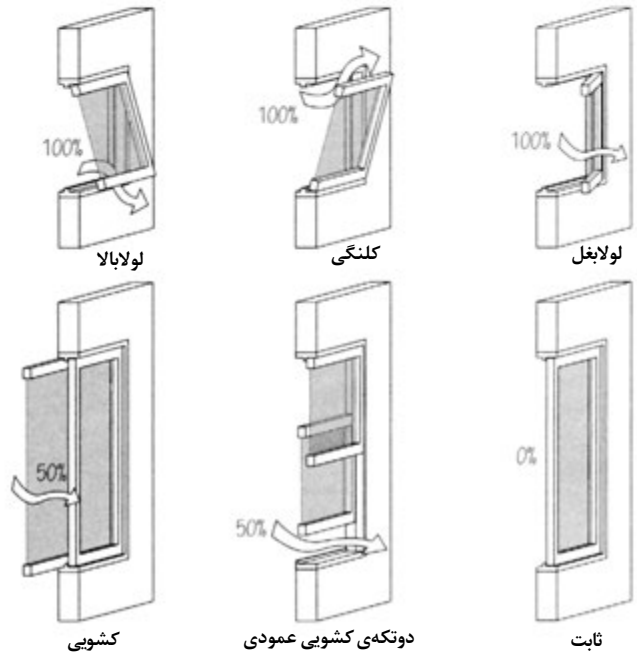
اگر اندازه‌ی پنجره‌ها را براساس تأمین تهویه‌ی طبیعی انتخاب کنیم، پنجره‌های لولابغل و لولابالا، در مقایسه با پنجره‌های کشویی یا دوتکه‌ی کشویی عمودی، سطح بازشو بیشتری دارند؛ سطح بازشو پنجره‌های اخیر فقط محدود به نیمی از سطح کل آن‌هاست. پنجره‌های لولایی معمولا بهتر آب‌بندی می‌شوند و نفوذ هوا از آن‌ها، در مقایسه با پنجره‌های کشویی افقی یا عمودی، کمتر است. بنابراین اگر سطح کامل پنجره برای تأمین نور یا چشم‌انداز لازم نیست، استفاده از پنجره‌های لولایی راه بهتری برای تأمین تهویه‌ی بیشتر به‌شیوه‌ای کم‌هزینه‌تر و با بازده انرژی بالاتر است.



۷-۳۸: در فضاهای خدماتی، سطح پنجره را به حداقل کاهش دهید یا آن را حذف کنید.

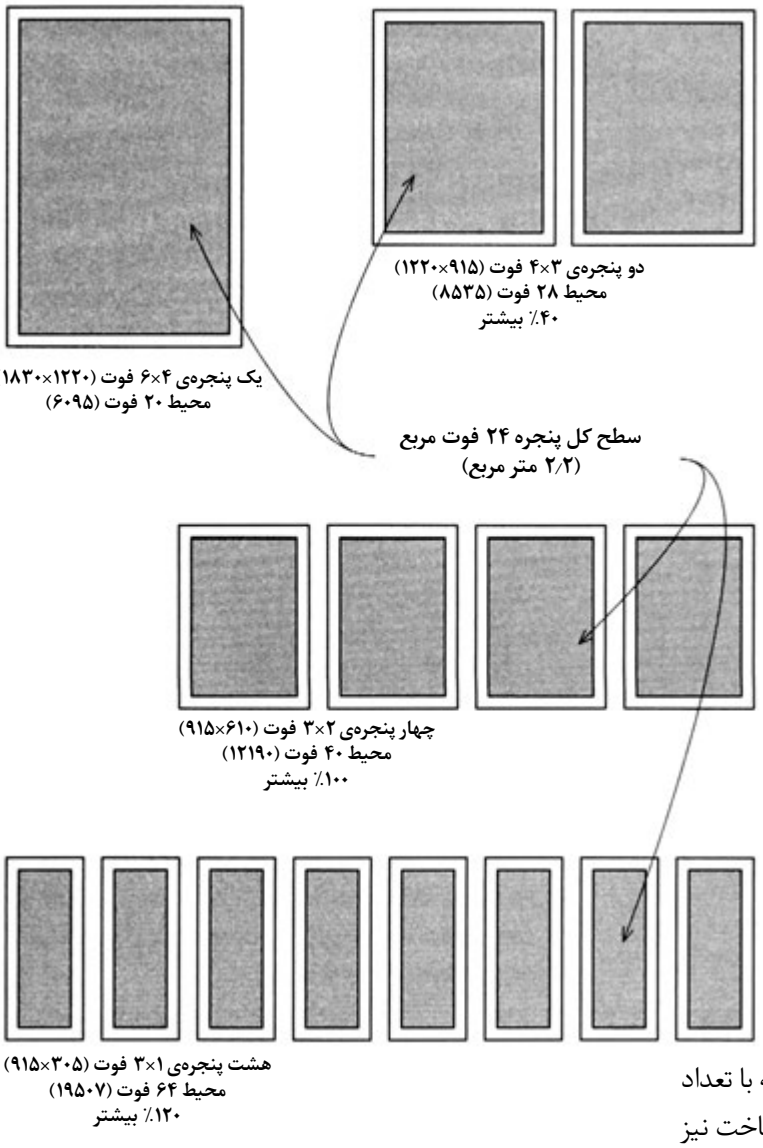


۷-۳۹: مقایسه‌ی اندازه و سطح پنجره‌ها.



۷-۴۰: کارآیی نسبی انواع پنجره برای تهویه.

برای تأمین سطح مفروض پنجره‌ی مورد نیاز، تعبیه‌ی تعداد کمتری پنجره‌ی بزرگ بهتر از تعبیه‌ی تعداد بیشتری پنجره‌ی کوچک است. یکی از راه‌های اتلاف انرژی چارچوب پنجره است، ضمن این‌که نفوذ هم از طریق بخش بازشو پنجره رخ می‌دهد و هم از طریق قاب‌بندی دیوار یا سازه‌ی دور پنجره؛ به‌علاوه، تلفات رسانشی از این ناحیه نیز بیشتر از مرکز شیشه‌کاری است. پنجره‌ای به ابعاد ۴×۶ فوت (۱۲۲۰×۱۸۳۰) محیطی به طول ۲۰ فوت (۶۰۹۵) دارد. دو پنجره‌ی ۳×۴ (۹۱۵×۱۲۲۰) که همان سطح ۲۴ فوت مربع (۲/۲ متر مربع) را عرضه می‌کنند، محیط کلی برابر ۲۸ فوت (۸۵۳۵) دارند که حاکی از ۴۰٪ افزایش است. چهار پنجره‌ی ۲×۳ فوت (۶۱۰×۹۱۵)، باز هم سطحی برابر ۲۴ فوت مربع (۲/۲ متر مربع) عرضه می‌کنند، اما محیط کل آن‌ها ۴۰ فوت (۱۲۱۹۰) است که، نسبت به پنجره‌ای با ابعاد ۴×۶ فوت (۱۲۲۰×۱۸۳۰) به اندازه‌ی ۱۰۰٪ افزایش نشان می‌دهد و محیط کل هشت پنجره‌ی ۱×۳ فوت (۳۰۵×۹۱۵) بیش از سه برابر آن تک‌پنجره است. توجه داشته باشید که نسبت نیز مهم است. محیط یک پنجره‌ی باریک نواری به ابعاد ۱×۲۴ فوت (۳۰۵×۷۳۱۵) که همان سطح ۲۴ فوت مربع را دارد، ۵۰ فوت است. بنابراین پنجره‌ی مربعی از پنجره‌ی باریک و طویل بهتر است، هرچند تفاوت بین پنجره‌های کاملا مربعی و اندکی مستطیلی ناچیز است.



۷-۴۱: پنجره‌ی بزرگ‌تر، محیط کمتری برای نفوذ هوا و رسانش به‌ازای واحد سطح دارد.

با استفاده از تعداد کمتری پنجره‌ی بزرگ، در مقایسه با تعداد بیشتری پنجره‌ی کوچک با همان سطح، هزینه‌ی ساخت نیز کاهش می‌یابد. مثلا هزینه‌ی ساخت و نصب یک پنجره‌ی دوتکه‌ی کشویی عمودی ۳×۴ فوت (۹۱۵×۱۲۲۰)، حدود ۲۵٪ کمتر از هزینه‌ی ساخت و نصب دو پنجره‌ی ۲×۳ فوت (۶۱۰×۹۱۵) است.

مشخصه‌های دیگر پنجره، مانند جرم بصری و کیفیت چشم‌اندازها و میزان نور طبیعی که تأمین می‌کنند را نیز باید در ارتباط با بده‌بستان‌های انرژی مربوط به اندازه و تعداد، سنجید. در هر یک از این ارزیابی‌ها، باید به حفظ چشم‌انداز و تأمین نور طبیعی که آدمی، در فضاهایی با کاربری مستمر، برای آن ارزش زیادی قائل است، توجه کافی داشت.

درها

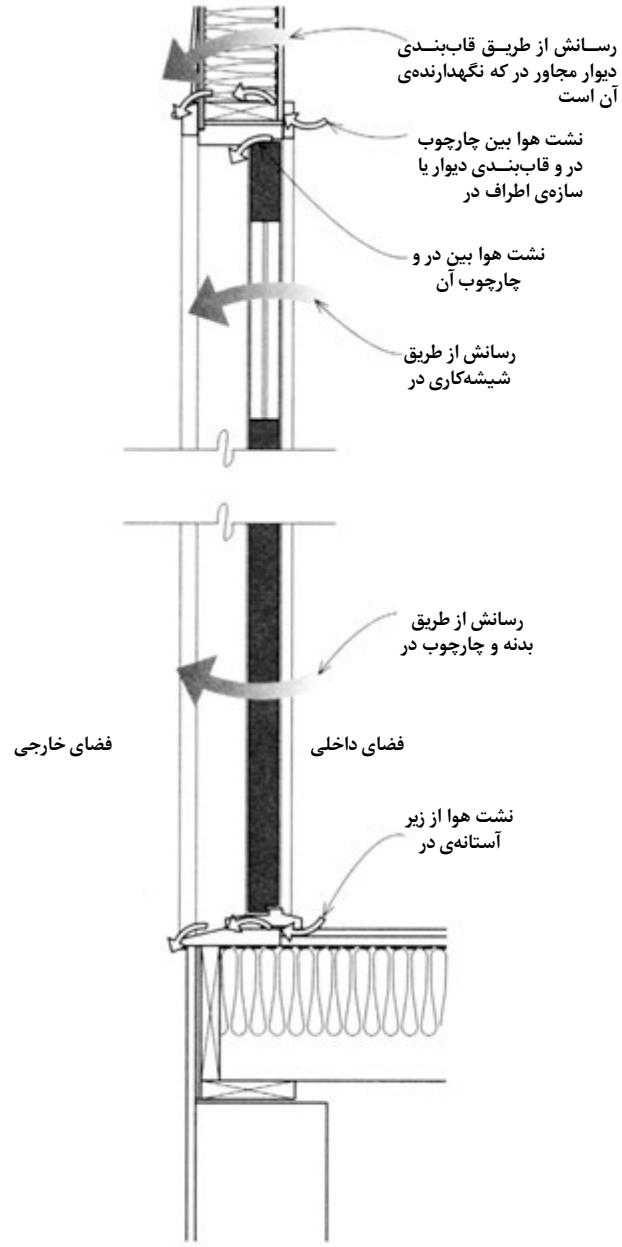
در از بسیاری جهات شبیه پنجره است. درهای خارجی نیز در پوش ساختمان یا مرز گرمایی ناپیوستگی ایجاد می‌کنند. هر در چندین مسیر برای نفوذ هوا ایجاد می‌کند: از بین در و چارچوب در، از بین چارچوب در و دیوار یا سازه‌ی اطراف آن، و از زیر آستانه. هر در چندین مسیر برای اتلاف و جذب گرما از طریق رسانش، از طریق بدنه‌ی در، از طریق شیشه‌کاری در، از طریق چارچوب در، و از طریق سازه‌ی دیوار اطراف آن دارد.

اما درهای خارجی، از لحاظ اتلاف انرژی، با پنجره‌ها تفاوت‌هایی دارند. اتلاف و جذب گرمای کمتر درهای صلب از پنجره‌ها کمتر است، و درهای عایق‌کاری‌شده اتلاف باز هم کمتری دارند. معمولا تعداد درهای ساختمان از تعداد پنجره‌های آن کمتر است، اگرچه بعضی از انواع ساختمان، مانند خانه‌های شهری و هتل‌هایی با ورودی‌های خارجی، درهای متعدد دارند.

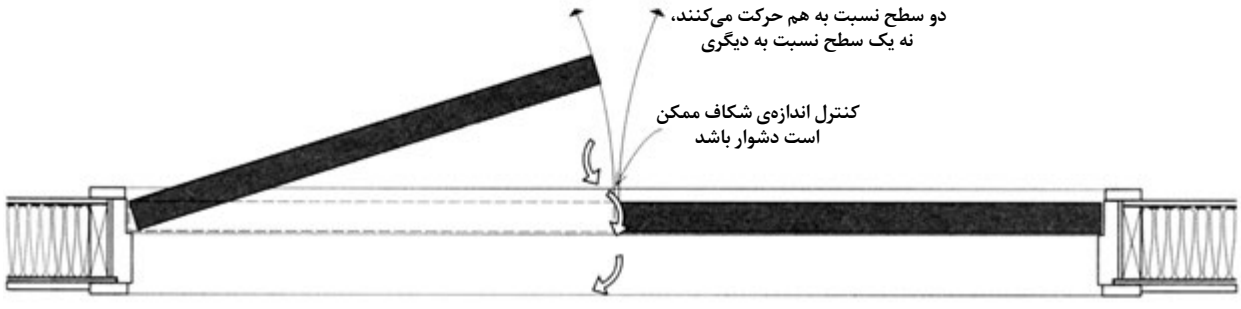
اشتباه رایج در مورد درها استفاده از درِ عایق کاری‌نشده‌ی داخلی، به‌جای درِ خارجی، به‌ویژه بین فضاهای گرم‌شده و فضاهای متصل به آن‌ها، مانند گاراژ یا زیرشیروانی، است که فاقد گرمایش‌اند.

با وجود این‌که تعداد درهای خارجی ساختمان از تعداد پنجره‌های آن کمتر است، درها بیشتر از پنجره‌ها باز و بسته می‌شوند. این عمل موجب می‌شود که اجزای مقابله‌کننده با نشت هوا که حرکت نسبی دارند، مانند درزبندهای آستانه، بیشتر از اجزای مشابه در پنجره‌ها ساییده یا پاره شوند.

هوابندی درهای دولنگه دشوارتر است، زیرا با یک قطعه‌ی متحرک و یک قطعه‌ی ثابت سروکار نداریم؛ به‌جای آن دو قطعه‌ی متحرک را باید روی هم هوابندی کنیم. غالبا بین لنگه‌های در درزبند تعبیه نمی‌شود، یا ممکن است بین آن‌ها شکافی وجود داشته باشد که نتوان آن را با درزبند بست.



۷-۴۲: مسیرهای اتلاف گرما و نفوذ از طریق در



۷-۴۳: دو مشکلی که در هوابندی درهای دولنگه با آن‌ها روبه‌رو می‌شویم.

از آن‌جا که درهای خارجی معمولا در طبقه‌ی پایین ساختمان ، و در طبقه‌ی بالا برای دسترسی به بام تعبیه می‌شوند، در مقایسه با پنجره‌ها، بیشتر در معرض فشارهای اثر دودکش قرار دارند.

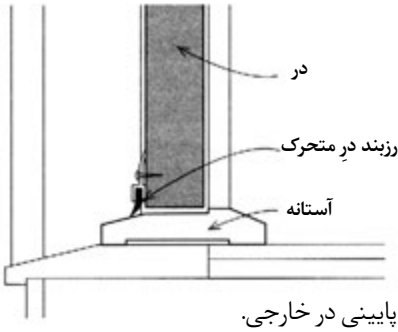
لبه‌ی پایین درِ خارجی ازاین نظر منحصر به فرد است که نصب نوار درزبند روی سطح ثابت، یعنی آستانه، شدنی نیست، زیرا در معرض رفت‌وآمد است. به این منظور نوع دیگری از درزبند ابداع شده است. بخش انعطاف‌پذیر این درزبند معمولا برس یا نواری از جنس وینیل یا لاستیک است. این نوع درزبند ممکن است به‌خوبی با در جفت‌وجور نشود و با گذشت زمان آسیب ببیند. چون در از این ناحیه آسیب‌پذیر است، باید لایه‌ی محافظ دیگری در نظر گرفت که درِ ضد توفان می‌تواند آن را تأمین کند. اما درِ ضد توفان هنگامی مؤثر واقع می‌شود که درزبند خوبی داشته باشد و چارچوب آن درزگیری شود.

درهای کشویی خارجی، که معمولا به طور کامل شیشه‌ای هستند، به‌ویژه در معرض خطر نامیزانی و نفوذ هوا قرار دارند.

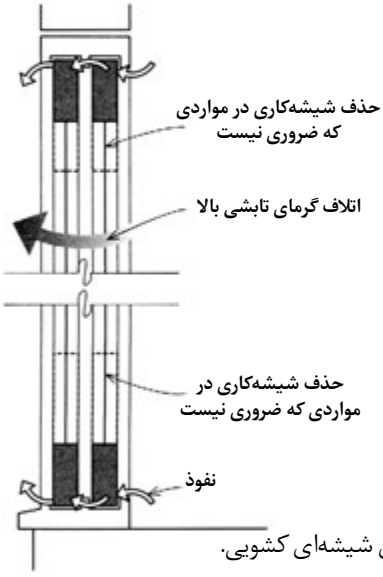
هر نوع شیشه‌کاری در، اتلاف گرمایی بالایی مانند اتلاف گرمایی از پنجره‌ها دارد. بنابراین شیشه‌کاری محدود به مواردی است که برای تأمین چشم‌انداز یا داشتن دید برای ایمنی ضرورت دارد. استفاده از درهای تمام‌شیشه‌ای، مانند درهای پاسیو یا بالکن، را محدود کنید، مگر در شرایطی که ضرورت اقتضا کند. درهای سرسرای ساختمان‌های تجاری، هم‌چنین درهای کناری و نزدیک به ورودی مثال‌های دیگری از درهایی هستند که همیشه لازم نیست تمام‌شیشه‌ای باشند.

بهترین شیوه‌ی اجرای درهای ساختمان سبز شامل مراحل زیر است:

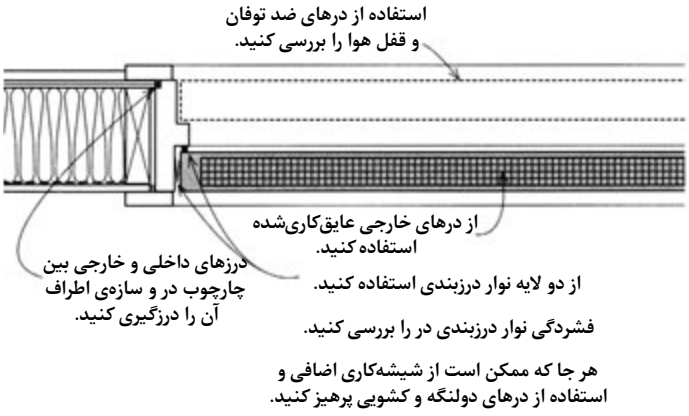
- حداقل‌سازی تعداد درهای خارجی ساختمان.
- پرهیز از درهای کشویی هرجا که ممکن باشد.
- پرهیز از درهای دولنگه هر جا که ممکن باشد.
- پرهیز از درهایی با شیشه‌کاری اضافی هرجا که ممکن باشد.
- استفاده از درهای خارجی عایق‌کاری‌شده و درهای عایق‌کاری‌شده بین فضاهای دارای تهویه‌مطبوع و فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع.
- استفاده از درهای ضد توفان، هر جا که ممکن باشد. این درها لایه‌ی محافظ دیگری ایجاد می‌کنند که نه‌تنها مقاومت گرمایی را افزایش می‌دهد، بلکه حفاظت در برابر نفوذ را نیز افزایش می‌دهد.
- درزبندی چارچوب‌ها و آستانه‌ی زیر در، هم از داخل و هم از خارج. هم‌چنین درزبندی چارچوب درهای ضد توفان.
- بررسی استفاده از قفل هوا در ورودی‌های ساختمان.
- عایق‌کاری اطراف چارچوب در
- درزبندی درها و کسب اطمینان از متراکم شدن نوارهای درزبند با انجام آزمون‌های لازم.



۷-۴۴: درزبندی لبه‌ی پایینی در خارجی.



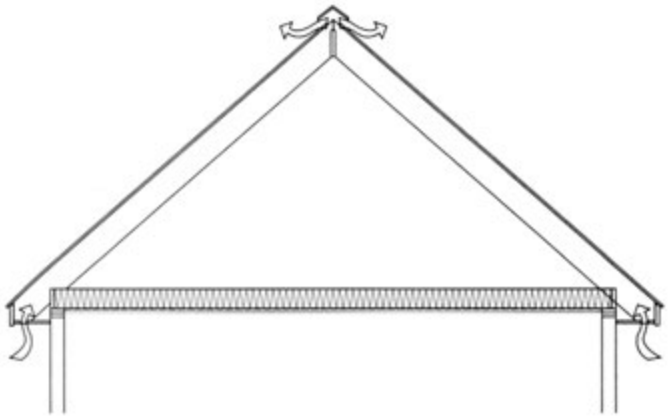
۷-۴۵: درهای شیشه‌ای کشویی.



۷-۴۶: بهترین شیوه‌های اجرای در.

بام

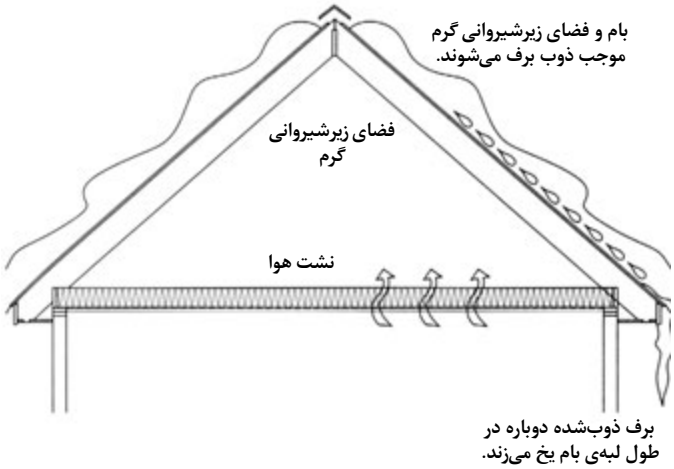
آیین‌نامه‌های انرژی و استانداردهای عملکرد بالا، مانند استاندارد ASHRAE ۱۸۹ شـرایط عایق‌کاری سـقف را، که معمولا بسته به موقعیت جغرافیایی بهینه می‌شـود، مشخص کرده‌اند. مانند دیوارها، بام نیز در معرض اتلاف گرمایی ناشـی از پل‌زنی اسـت، امـا وجود لایه‌ای پیوسـته می‌تواند مانع این اتلاف شـود. بام‌ها معمولا در معرض نفوذ هوا نیستند زیرا طوری ساخته شده‌اند که از نفوذ آب جلوگیری کننـد. اما هواکش‌های بام، مانند هواکش تیزه‌ی بام، بخشی از راهبرد ورود عمدی هوا به فضای زیرشیروانی هستند و همین‌ها می‌توانند موجب مشکلاتی، به ویژه در بام‌های شیب‌دار، شوند.



۷-۴۷: تهویه‌ی لازم برای فضاهای زیرشیروانی می‌تواند منجر به بروز مشکلاتی از لحاظ نشت هوا شود.

بام‌های شیب‌دار

از دیدگاه انرژی، مهم‌ترین پیشـرفت در ارتباط با بام، کشف این نکته بوده که چگونه هوای سـاختمان به فضای زیرشیروانی نفوذ می‌کند و سـپس از طریق هواکش زیرشـیروانی بام‌های شیب‌دار خارج می‌شود. تعداد و تنوع انواع نشت هوا در طبقه‌ی زیرشیروانی چشمگیر اسـت. هوا ممکن اسـت از دریچه‌های ورودی فضای زیرشـیروانی و رویه‌ی دیوارهای دوپوسـته ، اطـراف دودکش‌ها و هواکش‌هـا، از طریـق داکت‌هـای بدون سـرپوش، از اطراف سـوراخ‌های ایجادشده برای عبور سیم برق و سیم‌های دیگر ، از اطـراف فَن‌های تخلیه، و چراغ‌های توکار، و از لبه‌های دیوارهای مشترک نفوذ کند.



۷-۴۸: ایجاد قندیل‌های یخی.

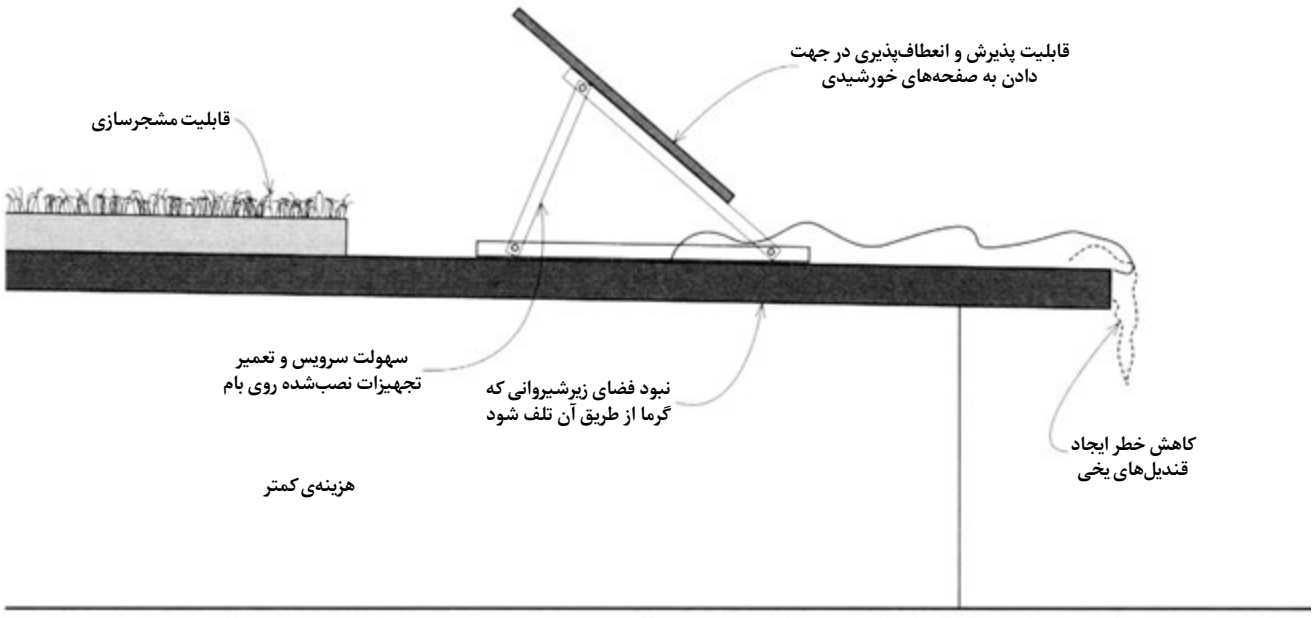
تأثیر منفی دیگر نشت هوا تشـکیل قندیل‌های یخی روی بام در اقلیم‌های سرد است که هنگامی پدید می‌آیند که هوای نشتی برف روی بام را ذوب کند و آب روی سطح بام جاری شده، در آبروهای بام و لبه‌ی بام و روی ناودان‌ها یخ بزند.

چرا بام‌های شـیب‌دار و فضاهای زیرشـیروانی این‌همه مشکلات مربوط به نفوذ دارند؟ پاسـخ احتمالا در سردرگمی در مورد نقش بام و سقف طبقه‌ی آخر ساختمان، یا به عبارت دیگر، کف فضای زیرشیروانی است. کارکرد بام شـیب‌دار عمدتا جلوگیری از ورود باران به سـاختمان اسـت. نقش کف فضای زیرشیروانی عمدتا ایجاد مرز گرمایی است. اما این تقسیم‌بندی نقش‌ها موجب شده اسـت که کف فضای زیرشیروانی درست هوابندی نشود. اگر لازم بود کف فضای زیرشـیروانی، مانند دیوارهـا یا بام‌های تخت، در مقابل نفوذ آب مقاومت کند، احتمالا هوا هم از آن خارج نمی‌شد.

به دو دلیل ممکن اسـت بتوان بام‌های تخت را سبزتر از بام‌های شـیب‌دار ساخت: این بام‌ها مانع از نفوذ شدید هوا می‌شوند، اما بام‌های شیب‌دار و فضاهای زیرشیروانی دارای هواکش در معرض نفوذ هوایند؛ بام‌های تخت بیشتر پذیرای نصب عناصر سبز، مانند صفحه‌های خورشیدی و مشجرسازی هستند.

هزینه‌ی ساخت بام تخت از بام شیب‌دار کمتر است. بام‌های شیب‌دار اساسا از دو سازه‌ی مجزا تشکیل می‌شوند، یکی در خط بام و دیگری در کف فضای زیرشیروانی، اما بام‌های تخت فقط به یک سازه نیاز دارند. براساس یکی از برآوردها، هزینه‌ی ساخت بام تخت ۲۲٪ کمتر از بام شیب‌دار است. کاستی‌های مختلف بام تخت از لحاظ زیبایی‌شناسی، امکان تجمع آب، و ناتوانی از پایین ریختن برف را می‌شناسیم. اگر طراحی بام شیب‌دار، به دلایل زیبایی‌شناختی یا به هر دلیل دیگر، برای ساختمانی ضرورت داشته باشد، باید مرز گرمایی پیوسته و مستحکمی، هم در طول خط بام شیب‌دار و هم در کف فضای زیرشیروانی، ایجاد کرد.

در مورد بام‌های سبز یا مشجر نیز می‌توان بحث دیگری را پیش کشید. بحث‌هایی در مورد هزینه‌ی بالای بام‌های مشجر و میزان مزیت گرمایی آن‌ها مطرح شده است. با وجود این، بعضی مزایای این بام‌ها از لحاظ کاهش آثار جزیره‌ی گرما، کنترل آب باران، و تأمین فضای سبز روی بام ساختمان، مسجل است. در صورتی که ساخت بام مشجر مقرون به صرفه و با گذشت زمان قابل اعتماد باشد، بام تخت، در مقایسه با بام شیب‌دار، گزینه‌ی مناسب‌تری برای مشجرسازی است.



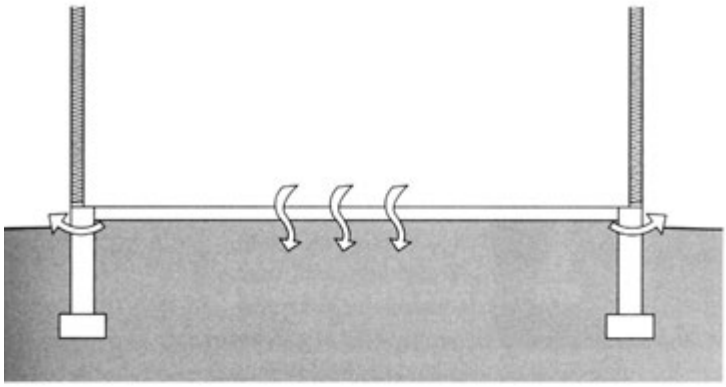
۷-۴۹: مزایای کلی بام‌های تخت.

کف

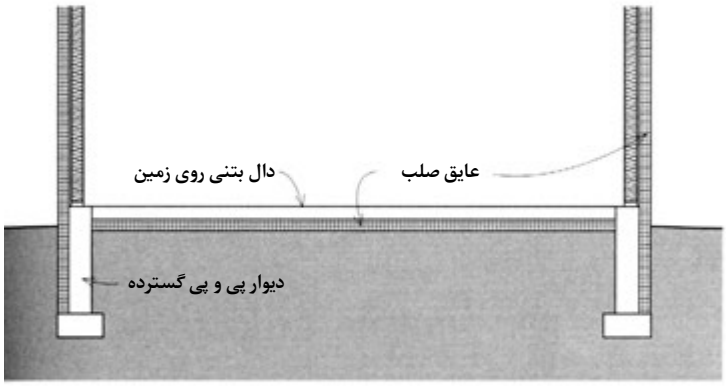
بررسی خود در مورد پوش خارجی را با بحث در باره‌ی کف به پایان می‌بریم. بررسی کف‌های خاص مانند کف زیرزمین و کف زیرزمین‌های کوتاه را، به فصل ۸ با عنوان فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع، موکول می‌کنیم.

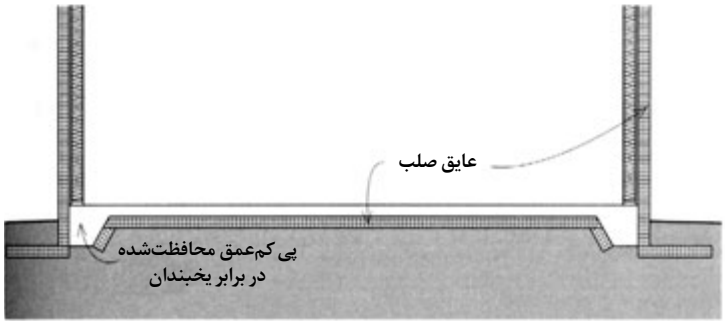
ساختمان‌ها از طریق دال هم‌کف به زمین زیر خود گرما انتقال می‌دهند. زمین معمولا از هوای داخل ساختمان سردتر است و دمای آن در خاک‌کم‌عمق و فصل زمستان، بسته به موقعیت جغرافیایی، در گستره‌ی ۳۰°F تا ۶۰°F (۱/۱°C- تا ۵/۵°C) است. اما دمای هوای داخل ساختمان در فصل زمستان حدود ۷۰°F(۲۱/۱°C) است، در نتیجه زمین زیر ساختمان گرما را از ساختمان می‌کشد. طی بررسی ۳۳ خانه‌ی کارآمد از لحاظ مصرف انرژی، دریافتیم که اتلاف از طریق زمین ۲۴٪ کل تلفات گرمایی را تشکیل می‌دهد و این میزان در خانه‌های ناکارآمد از لحاظ انرژی، از این هم بیشتر است. عایق‌کاری لبه اهمیت زیادی دارد، زیرا در فصل زمستان گرما می‌تواند از طریق لبه‌ی کف حرکت کند، وارد زمین شود، و به هوای سرد روی زمین انتقال یابد. روبش با پرتو فروسرخ این اتلاف گرما را نشان می‌دهد. لبه‌ی دال‌های ساختمان در روبش‌های پرتو فروسرخ معمولا گرم دیده می‌شوند، زیرا گرما را به بیرون انتقال می‌دهند.

تأمین پیوستگی گرمایی دشوار است. دیوار عایق‌کاری‌شده معمولا روی دال بتنی توپری قرار دارد که رسانای گرماست. اگر سطح رویی کف عایق‌کاری شود، دال از پوش گرمایی بیرون می‌رود و پل‌زنی گرمایی در لبه‌ی دال رخ می‌دهد، مگر لبه‌ی دال عایق‌کاری شود. برای تأمین پیوستگی، احتمالا عایق‌کاری سطح خارجی دال، هم در پیرامون و هم در زیر دال، مؤثرتر است.



۷-۵۰: اتلاف گرما از طریق دال هم‌کف.



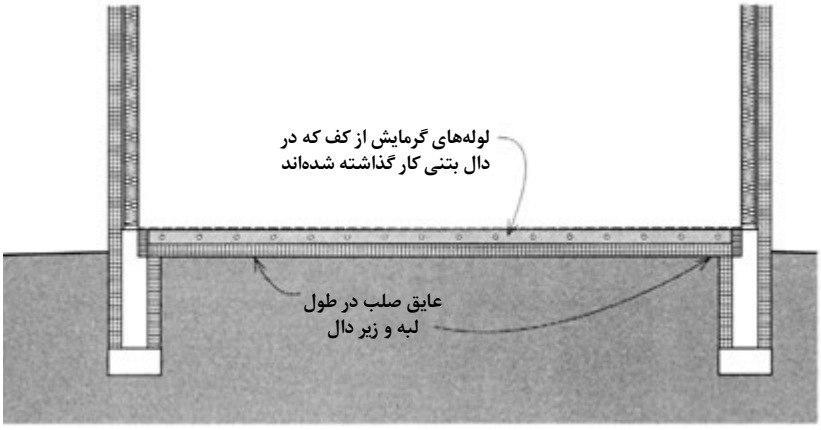


۷-۵۱: تأمین پیوستگی گرمایی دال هم‌کف.

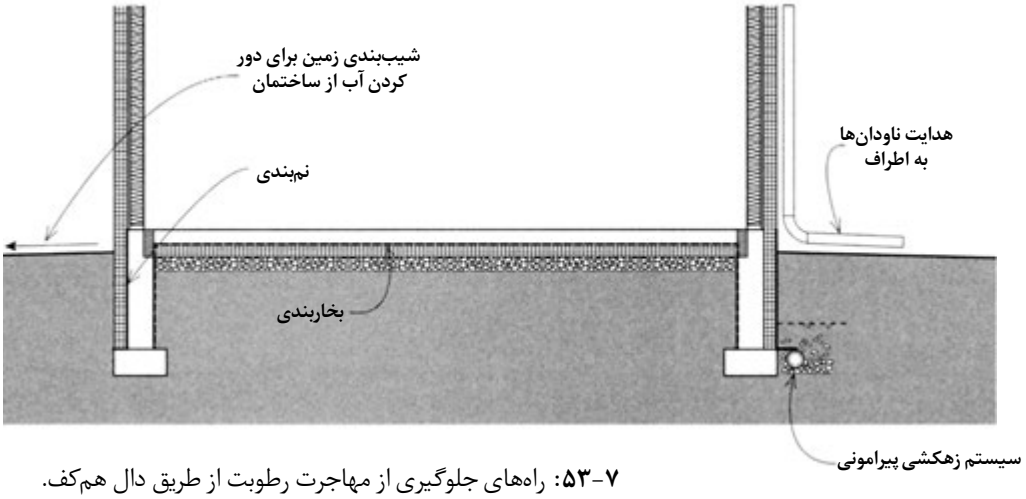
به‌تازگی گرایش به سمت سیستم‌های کف تابشی برای گرمایش ساختمان و آسایش و یکنواختی دمای حاصل از این سیستم گرمایش از کف مشاهده شده است. امکان بالقوه‌ای هم برای کاهش مصرف انرژی وجود دارد، زیرا در نتیجه‌ی آسایش بالاتر حاصل از سیستم‌های گرمایش از کف، می‌توان دمای هوای داخل را پایین آورد. اما برای طبقات هم‌کف، خطر اتلاف گرما در زمین زیر دال کف وجود دارد، حتی اگر زیر دال هم عایق‌کاری شده باشد. در صورتی که گرمایش از کف در سیستم دال روی پی مورد نظر باشد، باید اتلاف انرژی در زمین زیر دال را، با وجود عایق‌کاری کامل دال، ارزیابی کرد.

عایق‌کاری کف فقط از لحاظ کاهش مصرف انرژی مهم نیست، بلکه برای آسایش کاربران نیز اهمیت دارد. کف سرد پای کاربران را آزار می‌دهد و منبعی برای جذب گرمای تابشی از بدن آدمی است و سبب می‌شود انسان احساس سرما کند.

جلوگیری از مهاجرت روبه‌بالای رطوبت در دال هم‌کف نیز مهم است. در غیر این صورت مصالح در تماس با کف خیس می‌شوند و فضای داخلی نمناک خواهد شد. برای جلوگیری از این مشکلات به مجموعه‌ی کاملی از لایه‌های حفاظتی نیاز است: شیب‌بندی به‌منظور هدایت آب سطحی و دور کردن آن از ساختمان، زهکشی پیرامونی برای هدایت آبی که به ساختمان نزدیک می‌شود، شن‌ریزی زیر دال برای به‌حداقل رساندن تماس خاک خیس با دال، و ایجاد لایه‌ی بخاربند محکم و پیوسته زیر دال.



۷-۵۲: سیستم گرمایش از کف.

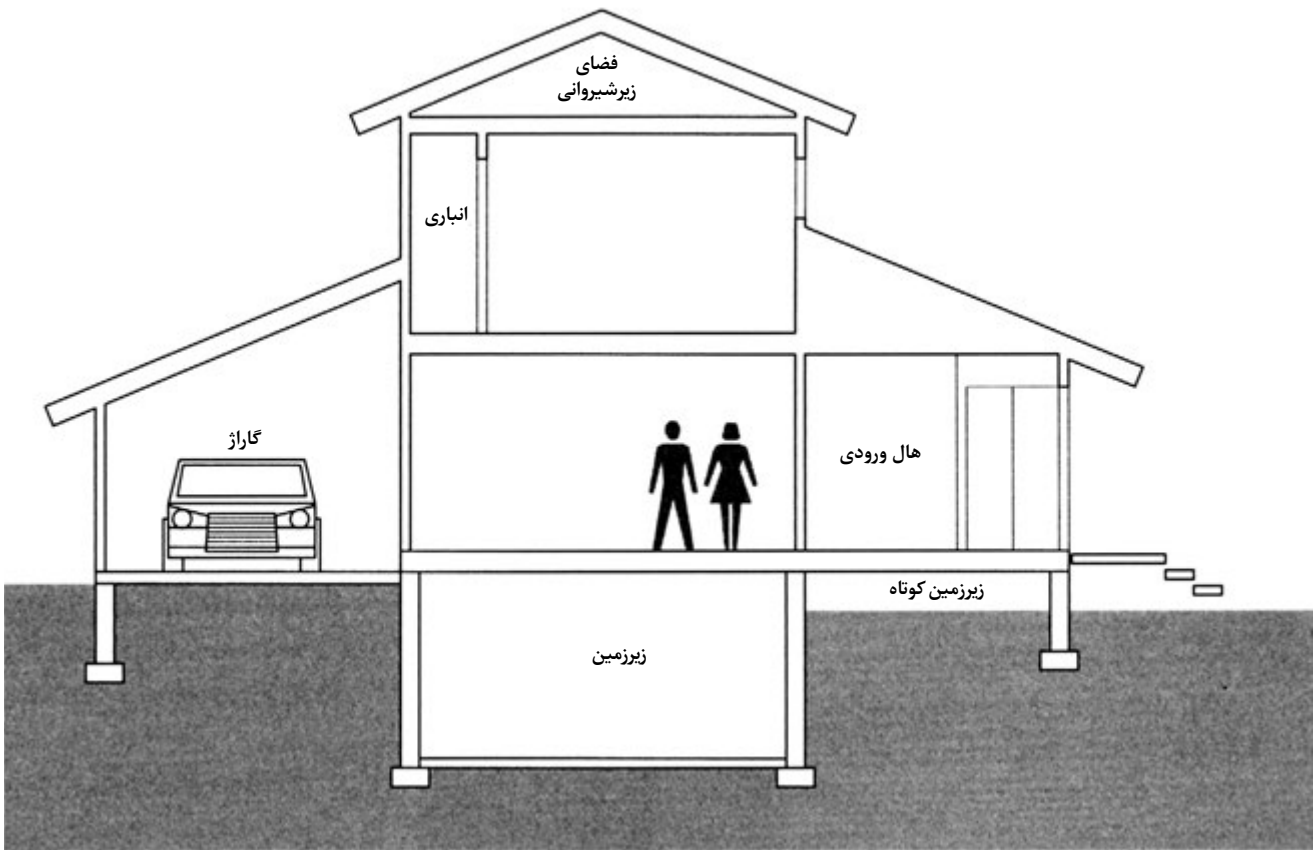


۷-۵۳: راه‌های جلوگیری از مهاجرت رطوبت از طریق دال هم‌کف.

۸

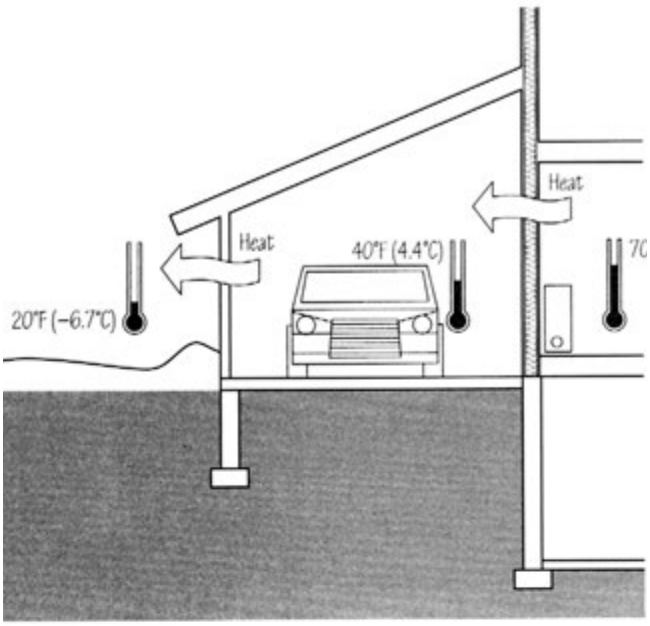
فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع

فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع فضاهایی هستند که نه گرم می‌شوند و نه سرد. ممکن است بین پوش داخلی و پوش خارجی ساختمان انوع مختلف فضای فاقد تهویه‌مطبوع وجود داشـــته باشـــد. این فضاها عبارت‌اند از فضای زیرشیروانی، زیرزمین، زیرزمین کوتاه، گاراژ متصل به ســـاختمان، رختکن، هال ورودی، موتورخانه، و انباری.



۸-۰۱: فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع.

فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع بخشـــی از گرمایش یا سرمایش را، به صورت غیرفعـــال، دریافت می‌کنند. در فصل زمســـتان، گرما از دیوارهای مشترک عبور می‌کند و از فضاهای گرم‌شده به فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع می‌رسد و سپس از این فضاها به بیرون انتقال می‌یابـــد. در فصل تابســـتان عکس این اتفاق می‌افتـــد و گرما از بیرون وارد ساختمان می‌شود. فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع معمولا دمای متعادلی بین دمـــای فضاهای دارای تهویه‌مطبوع و فضای بیرون دارند. در نتیجه، هرچند این فضاها گرمایش یا ســـرمایش را به‌صـــورت غیرفعال دریافت می‌کنند، ایـــن انتقال گرما باید در فضاهای دارای تهویه‌مطبوع جبران شـــود و بنابراین انتقال انرژی از طریق فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع موجب مصرف انرژی می‌شود.



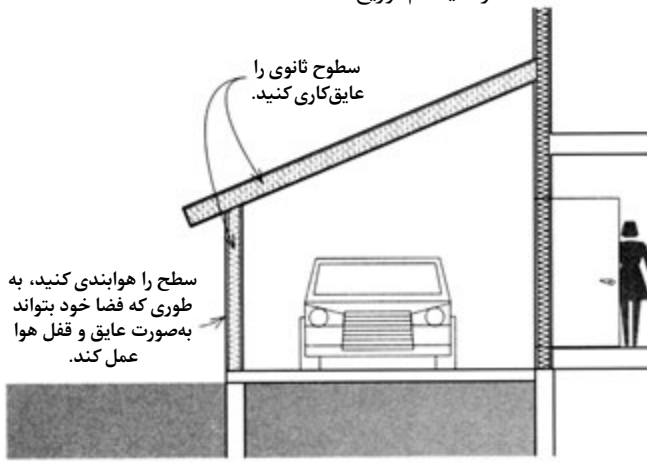
۸-۰۲: اتلاف گرما از طریق فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع.

فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع ضعف دیگری هم در ارتباط با مصرف انـــرژی دارند. این فضاها غالبا مســـیر عبور سیســـتم‌های توزیع گرمایش و ســـرمایش‌اند. این سیســـتم‌های توزیع از لوله، کانال، یا هر دو تشـــکیل می‌شـــوند. چون فضاهای فاقـــد تهویه‌مطبوع، طبـــق تعریف، نیازی به تهویه‌مطبوع ندارنـــد، انتقال گرما از این سیستم‌های توزیع به هر فضای فاقد تهویه‌مطبوع، موجب اتلاف انرژی می‌شود.



۸-۰۳: اتلاف از سیستم توزیع.

این آســـیب‌پذیری فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع در ارتباط با اتلاف انرژی شایان توجه است. می‌توان از کوشش برای حل این مسائل چشم‌پوشی کرد و در عوض از فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع به‌عنوان یک لایه‌ی محافظ دیگر استفاده نمود. فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع، اساســـا، هوای محبوسی هستند که می‌توان آن را نوعی عایق به شـــمار آورد. به‌علاوه، فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع معمولا حداقل یک سطح عایق‌کاری نشده دارند که بین این فضا و فضای بیرون، یا فضای تهویه‌مطبوع‌شـــده‌ی مجاور واقع شـــده است. در نتیجه می‌توان این سطح را هم با هزینه‌ی معقول عایق‌کاری کرد و لایه‌ی محافظ دیگری پدید آورد. ســـرانجام، فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع می‌تواننـــد به صورت قفل هوا عمل کنند و نفوذ هوا حین ورود و خروج افراد را کاهش دهند.



۸-۰۴: از فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع استفاده کنید تا مصرف انرژی کاهش یابد.

در جـــای دیگری از همین فصل، انواع مختلف فضاها را بررســـی خواهیـــم کرد تا ببینیم کدام یک را می‌توان تغییر داد و از فضایی که معمولا تهویه‌مطبوع می‌شـــود، به فضایـــی فاقد تهویه‌مطبوع تبدیل کرد. با این کار می‌توان مصرف انرژی و هزینه‌های ســـاخت را کاهش داد.

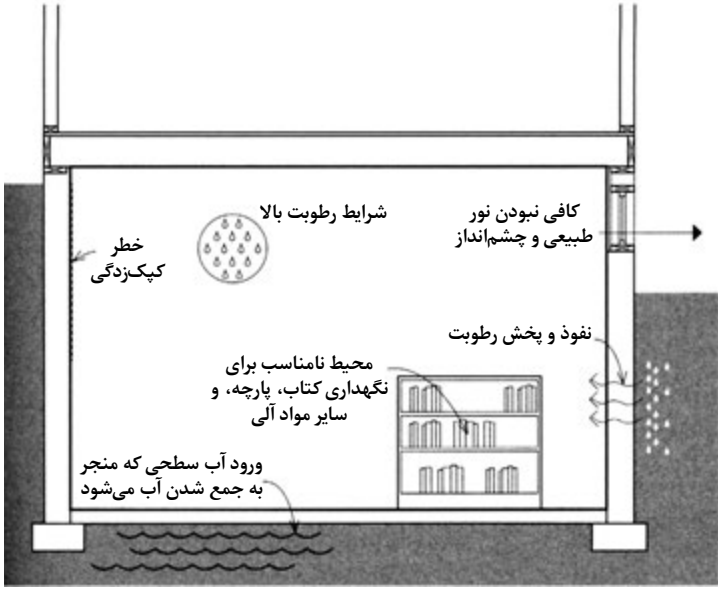
زیرزمین

زیرزمین در اغلب خانه‌ها و هم‌چنین بسیاری از ساختمان‌های تجاری دیده می‌شود. زیرزمین فضایی است که به طور کامل یا جزئی از سطح زمین پایین‌تر ساخته می‌شود و محل مناسبی برای انبار و کارگاه، استقرار موتورخانه، و پنهان کردن تأسیسات مختلفی از قبیل لوله‌کشی، کانال‌کشی، و سیستم‌های توزیع برق است. گاهی از زیرزمین به عنوان اتاق تلویزیون، خلوتگاه، و با تهویه و نورپردازی مناسب با نور طبیعی، به‌عنوان دفتر، اتاق خواب، حتی آپارتمان کامل استفاده می‌شود. از دیدگاه گرمایش و سرمایش، زیرزمین فضایی است که بخش عمده‌ی آن از سطح زمین پایین‌تر است و در نتیجه در مقایسه با فضاهایی که به طور کامل در معرض هوای بیرون قرار دارند، اتلاف و دریافت گرمای کمتری دارد. باوجود این، زیرزمین می‌تواند مقدار زیادی گرما تلف یا جذب کند.

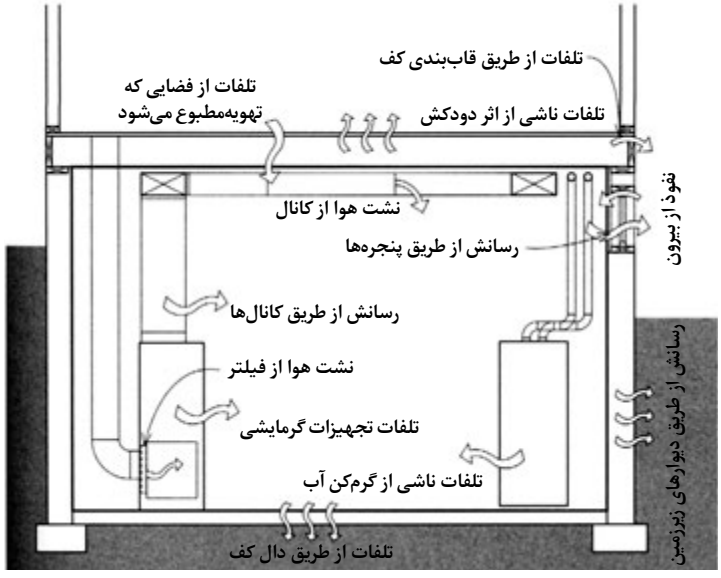
نکته‌ی منفی این‌که هرگاه رطوبت از طریق دیوارها و دال‌های پی بتنی به فضای داخلی راه پیدا کند، زیرزمین به‌شدت نمور می‌شود. آب‌های سطحی نیز ممکن است به داخل زیرزمین راه پیدا کنند. از آن‌جا که فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع کارکرد خدماتی دارند، ساخت زیرزمین، به سبب نیاز به خاکبرداری و پی‌سازی لازم نسبتا گران تمام می‌شود. زیرزمین معمولا نور طبیعی کمی دارد، یا اصلا ندارد، چشم‌انداز محدودی دارد یا اصلا چشم‌انداز ندارد، و ممکن است به‌منزله‌ی فضای قابل کاربری خوشایند نباشد.

زیرزمین را نباید همواره فضای فاقد تهویه‌مطبوع یا دارای تهویه‌مطبوع تلقی کرد؛ این نوع تلقی از زیرزمین به دودلی در مورد تأمین یا عدم تأمین تهویه‌مطبوع برای زیرزمین منتهی می‌شود. گاهی سقف زیرزمین را عایق‌کاری می‌کنند، اما غالبا عایق‌کاری نمی‌کنند و در نتیجه مسیری برای انتقال گرما از فضای گرم بالا و اتلاف آن است.

زیرزمین جایی است که مقدار زیادی از انرژی سیستم توزیع گرما و سرما در آن تلف می‌شود. در بررسی‌های اخیر اثر در خور اعتنای این تلفات تأیید شده است. انرژی از طریق رسانش از تجهیزات و سیستم توزیع، شامل بویلرها، کوره‌ها، کانال‌ها، لوله‌ها، شیرها، و پمپ‌ها تلف می‌شود. هم‌چنین در نتیجه‌ی نشت هوا از طریق درزهای کانال‌های سیستم توزیع هوای تحت فشار، از محل اتصالات کانال‌ها، از دستگاه‌های هواساز، و از فیلترها، انرژی تلف می‌شود. در ساختمانی که تجهیزات گرمایش و سرمایش و توزیع آن در زیرزمین مستقر شده‌اند، حدود ۱۵٪ انرژی مصرفی برای گرمایش و سرمایش ساختمان ممکن است در سیستم‌های توزیع در زیرزمین تلف شود. سیستم‌های توزیع نصب‌شده در زیرزمین به‌مرور زمان خراب می‌شوند. عایق‌کاری لوله‌ها و کانال‌ها جدا می‌شود یا از بین می‌رود و جایگزین نمی‌شود. عایق‌های پتویی کانال‌ها ممکن است فشرده شوند و مقاومت گرمایی آن‌ها کاهش یابد. ممکن است هوا از کانال‌ها نشت کند و میزان نشت با گذشت زمان افزایش یابد. دریچه‌هایی که باید بسته باشند، ممکن است سهوا باز بمانند.



۸-۰۵: مسائل زیست‌محیطی در فضای زیرزمین.



۸-۰۶: اتلاف انرژی در فضای زیرزمین.

یکی دیگر از انواع اتلاف انرژی منسوب به زیرزمین به اثر دودکش مربوط می‌شود. ساخت زیرزمین موجب می‌شود که یک طبقه به ساختمان اضافه شـود و در نتیجه اثر دودکش شدت یابد، حتی در سـاختمان‌هایی که فقط یک طبقه‌ی اصلی دارند. زیرزمین‌ها معمولا منفذ دارند و در فصل زمسـتان از نقاطی مانند صفحه‌ی کف، پنجره‌هایی که خوب نصب نشده‌اند، و درهای زیرزمین هوای سـرد وارد زیرزمین می‌شـود. به‌ندرت دیده می‌شود که زیرزمین را نسـبت به فضای طبقه‌ی بالا که گرم یا سرد می‌شود، به‌خوبی عایق‌کاری کنند، در نتیجه اثر دودکش موجب می‌شود هوای سرد زیرزمین به سهولت بالا بیاید و از طریق درگاه‌ها؛ سوراخ‌های ایجاد شـده برای عبور لوله، کانال و سیم‌کشی؛ و درزهای کف‌سازی یا زیرسـازی کف وارد طبقه‌ی اول ساختمان شود. به محض این‌که چنین هوایی به فضای گرم‌شده وارد شود، باری اضافی برای مصرف انرژی ساختمان است. این هوای گرم از طریق پنجره‌ها و دیوارهای طبقات بالا و فضای زیرشیروانی از ساختمان خارج می‌شود.

با هوابندی دیوارها، پنجره‌ها، و سقف زیرزمین، و کسب اطمینان از درزبندی درهای بیـن زیرزمین و طبقات بالا، می‌توان مصرف انرژی را کاهش داد. کانال‌ها، لوله‌ها و اتصالات لوله‌کشـی را نیز می‌توان عایق‌کاری و کانال‌ها را هوابندی کرد. با عایق‌کاری دیوارها و سقف زیرزمین می‌توان تلفات رسانشی را کاهش داد و عملکرد گرمایی پنجره‌ها را بالا برد.

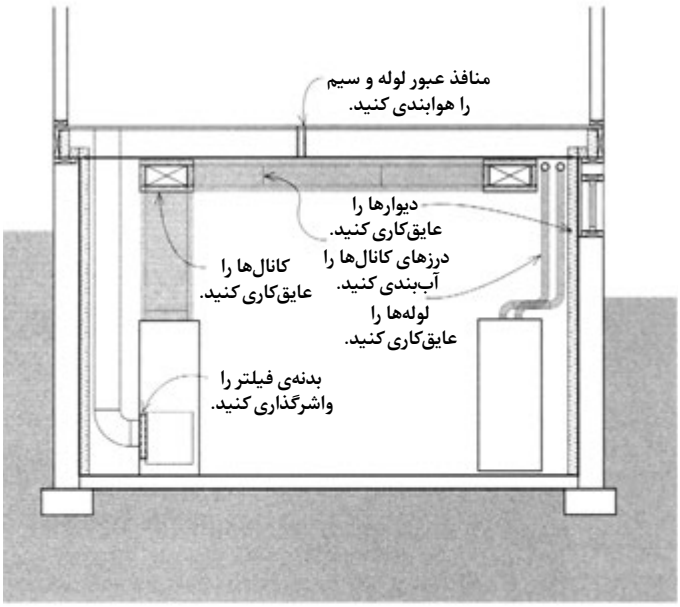
سـوءِ تفاهم متداول این اسـت که عایق‌کاری دیوارهای زیرزمین آن‌هـا را وارد پوش گرمایی می‌کنـد و مانع هر نوع اتلاف گرمایی می‌شـود. تا زمانی که فضای زیرزمین فاقد تهویه‌مطبوع باشـد، زیرزمین انرژی تلف می‌کند و ممکن اسـت میزان این اتلاف زیاد باشـد. مثلا روش آزمون ASHRAE بـرای تعیین بازده طرح و بازده فصلی سیسـتم‌های توزیع گرمای مسـکونی، فقط کاهش اندکی در تلفات سیستم توزیع را نشان می‌دهد و حاکی از آن است که در یک خانه‌ی نمونـه‌وار، وقتی دیوارهای زیرزمین عایق‌کاری شوند، تلفات سیستم توزیع بین ۱۹/۱٪ تا ۱۷/۶٪ کاهش می‌یابد.

گزینه‌ی دیگر این است که ساختمان سبز زیرزمین نداشته باشد. وقتـی حذف اتلاف انرژی سیسـتم توزیع گرمایش و سـرمایش، کاهش اتلاف ناشی از اثر دودکش و نفوذ به طبقات بالا، و حذف تلفات ناشـی از رسانش گرما از طبقات بالا به زیرزمین و از آن‌جا بـه دال و دیوارهای پی را در نظر بگیریم، مشـاهده می‌کنیم که صرفه‌جویی بالقوه در مصرف انرژی چشمگیر است.

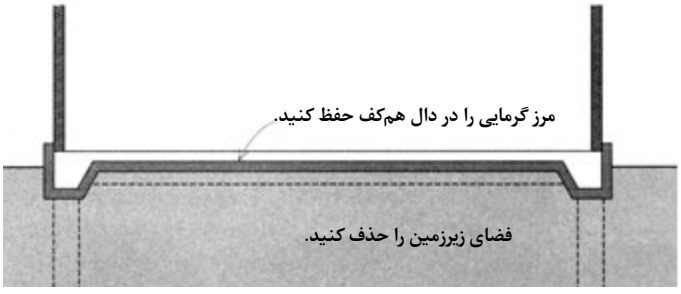
در گذشـته زیرزمین‌هـای فاقـد تهویه‌مطبـوع محل اسـتقرار موتورخانه‌هـای بزرگ بودند. اگر چه ۱۰۰ سـال پیش که بویلرها و کوره‌هـا خیلی بزرگ‌تر از امـروز بودند به ایـن موتورخانه‌های بزرگ نیاز داشتیم، امروزه زیرزمین‌ها بزرگ‌تر از آن‌اند که فقط به موتورخانه اختصاص یابند.

زیرزمین‌هایی که رطوبت بالایی دارند برای نگهداری موادی مانند کاغذ، کتاب، لباس، و سـایر مواد آلی مناسـب نیستند. هوای مرطوب و جمع شدن آب نیز می‌تواند کیفیت هوای داخل را تنزل دهد. با توجه به این‌که زیرزمین‌ها به طور کامل یا جزئی، پایین‌تر از سطح زمین ساخته می‌شوند، تأمین دسترسی آن‌ها به نور طبیعی و چشم‌انداز نیز دشوار است.

هرگاه با در نظر گرفتن کل مسائل مربوط به انرژی، کیفیت هوا، و نبود چشـم‌انداز و نور طبیعی را بررسی کنیم، این پرسش برایمان مطرح می‌شود که آیا زیرزمین را می‌توان فضایی سالم برای ساختمان سبز تلقی کرد یا نه؛ پاسخ منفی است، مگر در صورتی که اقدامات در خور اعتنایی برای رفع همه‌ی این مشکلات انجام شود.



۸-۰۷: کاهش تلفات انرژی در فضای زیرزمین.

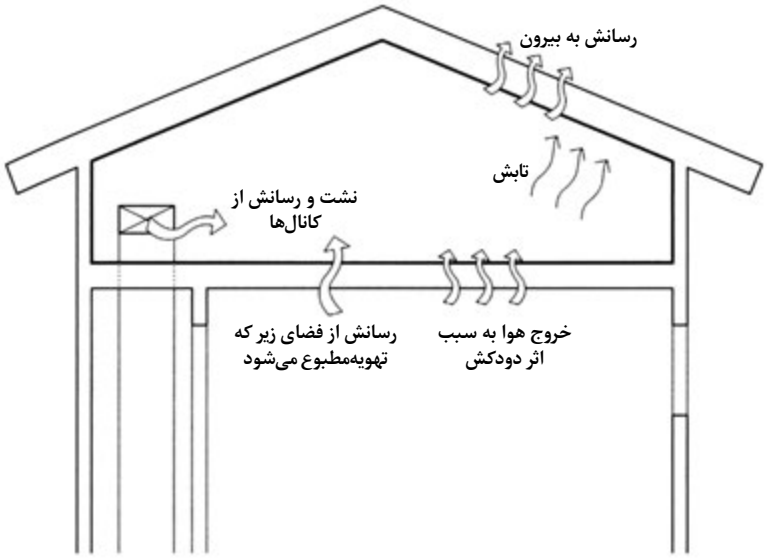


۸-۰۸: حذف تلفات انرژی از طریق زیرزمین.

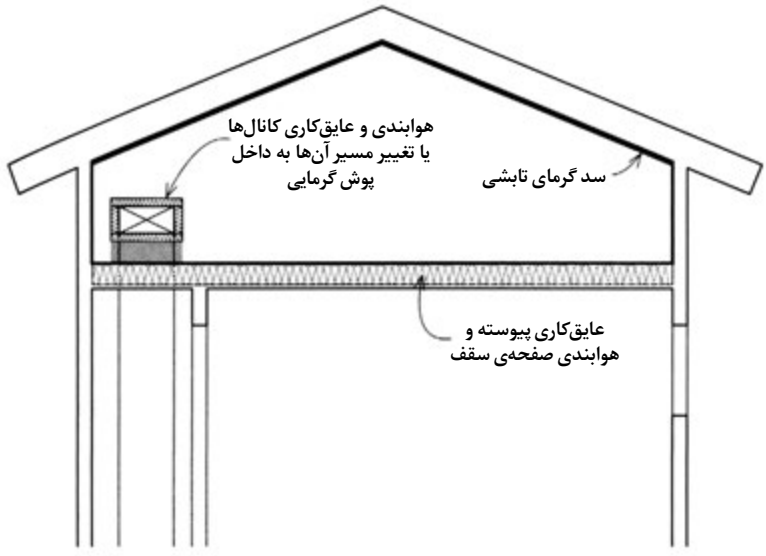
فضای زیرشیروانی

فضاهای زیرشیروانی، مانند زیرزمین‌ها، سهم زیادی در ایجاد اثر دودکش در ساختمان دارند. علت اصلی این امر نحوه‌ی نشت هوا از فضای زیرشیروانی به بیرون، در فصل زمستان است. اتلاف گرمای رسانشی نیز مطرح است که به سبب سطح وسیع فضای زیرشیروانی تشدید می‌شود. برخلاف زیرزمین، سیستم‌های توزیع گرمایش معمولا در فضاهای زیرشیروانی تعبیه نمی‌شوند، اما اگر بشوند، موجب افزایش باز هم بیشتر تلفات انرژی خواهند شد. برخلاف زیرزمین، فضای زیرشیروانی را به هواکش مجهز می‌کنند و بنابراین در فصل زمستان دمای آن‌ها به دمای هوای بیرون نزدیک‌تر است و در تابستان حتی از دمای هوای بیرون نیز بالاتر می‌رود، زیرا گرما در فضای زیرشیروانی حبس می‌شود. اختلاف دما بین هوای مطبوع‌شده‌ی داخل کانال و هوای اطراف آن در فضای زیرشیروانی بیشتر است و، بنابراین، وقتی کانال از فضای زیرشیروانی عبور می‌کند، انرژی بیشتری تلف می‌شود.

مانند زیرزمین، فضای زیرشیروانی را نیز می‌توان هوابندی کرد؛ کف آن یا صفحه‌ی بام، یا هر دو را عایق‌کاری کرد؛ و سیستم‌های توزیع هوا را هوابندی و عایق‌کاری کرد تا انرژی کمتری تلف شود. بهتر است سیستم‌های توزیع در فضای زیرشیروانی نصب نشوند. راه‌حل دیگر گنجاندن فضای زیرشیروانی در پوش گرمایی ساختمان، از طریق عایق‌کاری صفحه‌های بام است. گزینه‌ی سوم این است که اصولا از خیر فضای زیرشیروانی بگذریم.



۸-۰۹: اتلاف انرژی در فضاهای زیرشیروانی.



۸-۱۰: کاهش اتلاف انرژی در فضاهای زیرشیروانی.

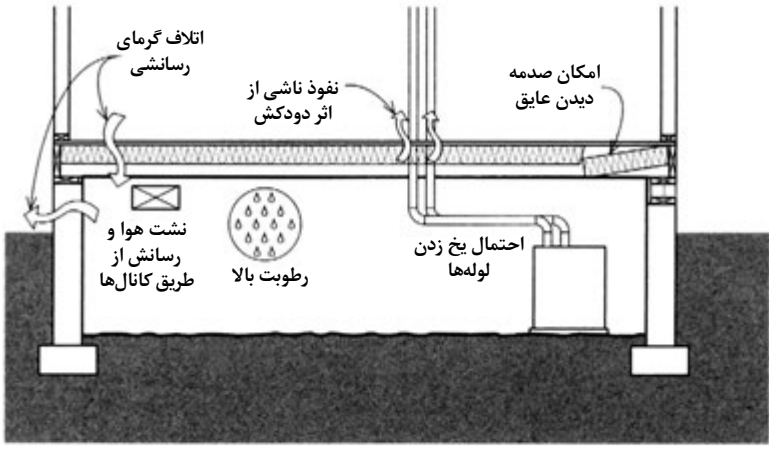
زیرزمین‌های کوتاه

این فضاها اساسا نوعی زیرزمین با ارتفاع کم‌اند و معمولا بالاتر از سطح زمین ساخته می‌شوند. زیرزمین کوتاه که پس از جنگ جهانی دوم پدیدار شـد، در گذشته تهویه می‌شد. این نوع فضا زیر خانه‌های سیار نیز دیده می‌شود.

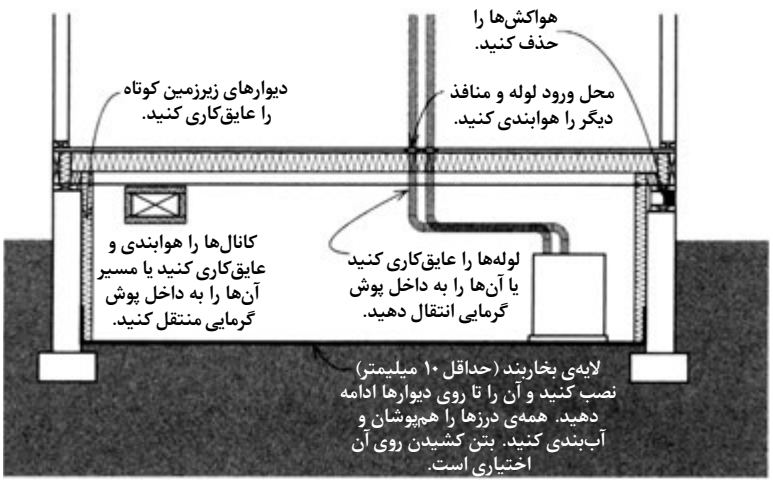
در نتیجـه‌ی تحقیقـات اخیر معلوم شـده کـه رویکرد سنتی به تهویه‌ی زیرزمین کوتاه مشکلات فراوانی دارد. در زیرزمیـن کوتاه نیز بسـیاری از مشـکلات مربوط به زیرزمین‌ها دیده می‌شـود: رطوبت بالا، اتلاف رسانشی، اتلاف سیسـتم توزیع، و اتلاف انرژی ناشـی از نفوذ هوا به سـبب اثر دودکش، و نامناسب بودن برای سکونت. در زمستان غالبا خطر یخ زدن لوله‌ها در زیرزمین کوتاه، هم‌چنین امکان جدا شدن لایه‌ی عایق‌اجراشده زیر کف طبقه‌ای که روی زیرزمین کوتاه بنا شده، وجود دارد.

نظر عمـوم این اسـت که بایـد با حـذف هواکش‌ها، عایق‌کاری دیوارهـا، و تعبیه‌ی لایه‌ی بخاربند روی کف زیرزمین کوتاه به‌منظـور جلوگیری از نفوذ رطوبت، این فضـا را در پوش گرمایی سـاختمان گنجانـد. با انجام ایـن اقدامات زیرزمین کوتاه انرژی کمتری تلف می‌کند، لوله‌ها در زمسـتان یخ نمی‌زنند و از نفوذ رطوبت و بروز مشـکلات مربوط به کیفیـت هوای داخـل جلوگیری می‌شـود. به‌علاوه، با عایق‌کاری سـقف زیرزمین کوتاه، یک لایه‌ی محافظ دیگر اضافه می‌شود.

چنان‌کـه در مورد فضاهـای زیرشـیروانی وزیرزمین‌ها گفتیم، راه‌حل دیگر این اسـت که در طراحی ساختمان سـبز ایـن فضا را حـذف کنیم؛ رویکردی کـه به جای کاستن از مشکلات مربوط به زیرزمین کوتاه، همه‌ی این مشکلات را حذف می‌کند.



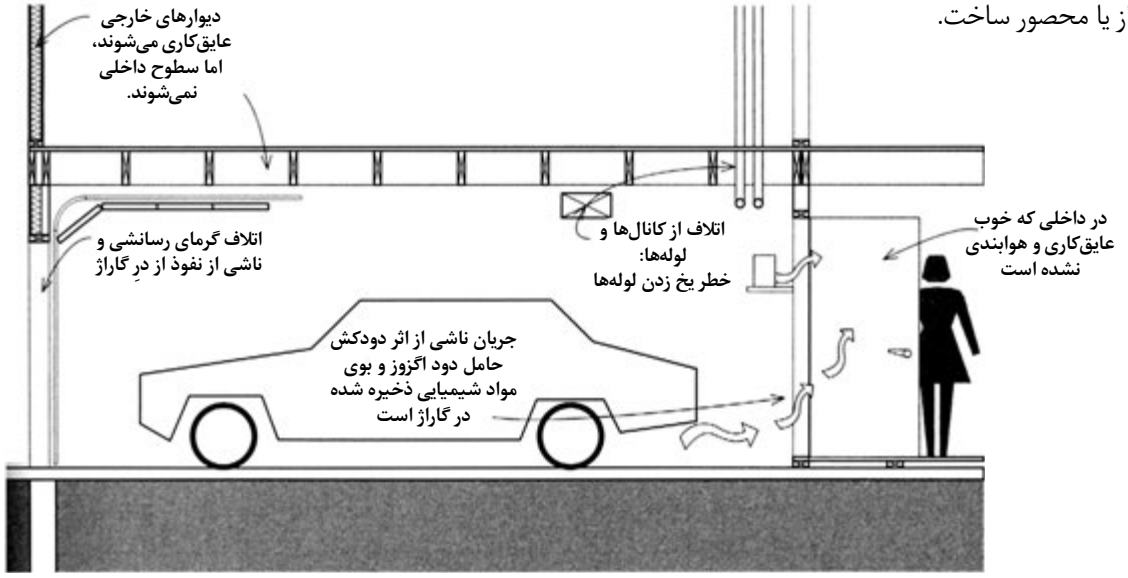
۸-۱۱: مشکلات مربوط به زیرزمین کوتاه



۸-۱۲: کاهش تلفات در زیرزمین کوتاه.

گاراژها

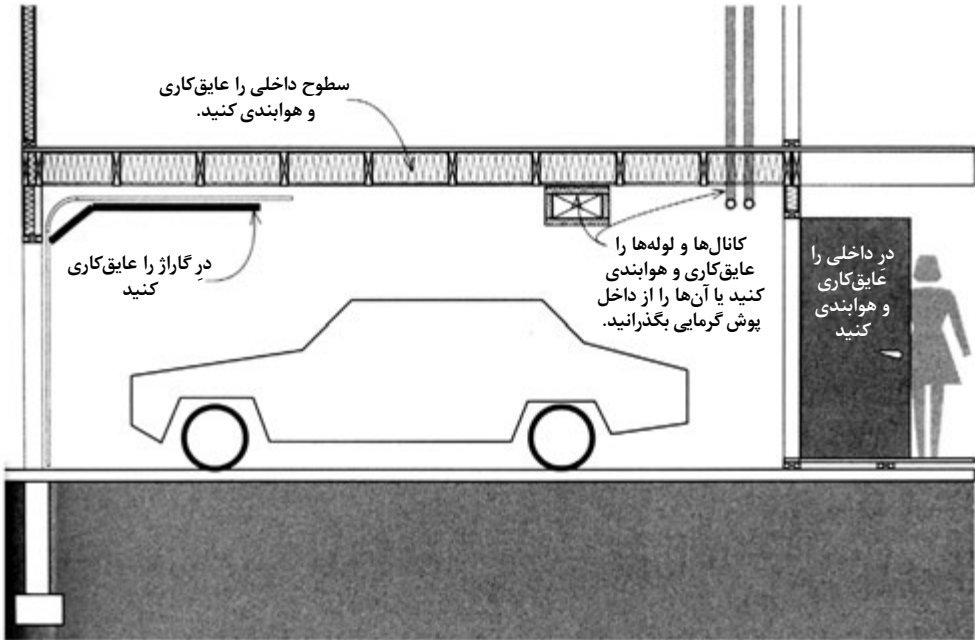
گاراژها ممکن است سازه‌های مجزا باشند یا به ساختمان بچسبند و می‌توان آن‌ها را باز یا محصور ساخت.



۸-۱۳: مشکلات مربوط به گاراژ.

گاراژهای محصور و متصل به ساختمان در ارتباط با انرژی مشکلات زیادی دارند که شبیه مشکلات فضاهای زیرشیروانی، زیرزمین‌ها، و سایر فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع است: تلفات گرمای رسانشی، تلفات ناشی از نفوذ، و تلفات مربوط به سیستم‌های توزیع عبوری از گاراژ. مشکلات مربوط به تعریف مبهم مرز گرمایی در گاراژها را قبلا شرح دادیم. یکی دیگر از نقاط ضعف گاراژها تنزل کیفیت هوا در نتیجه‌ی دود اگزوز اتومبیل و نگهداری مواد شیمیایی در گاراژ است. گاهی لوله‌های عبوری از گاراژ نیز یخ می‌زنند.

از گاراژ می‌توان به‌صورت یک مانع گرمایی بین فضاهای گرم شده و فضای بیرون استفاده کرد. هنگام تعیین، طراحی و اجرای مرز گرمایی باید دقت کرد. دیوارهای خارجی گاراژ را می‌توان با هوابندی، عایق‌کاری گرمایی، و استفاده از درهای عایق‌کاری شده ارتقاء بخشید. همه‌ی این‌ها موجب تقویت پوش خارجی و تبدیل گاراژ به یک لایه‌ی محافظ اضافی می‌شوند.

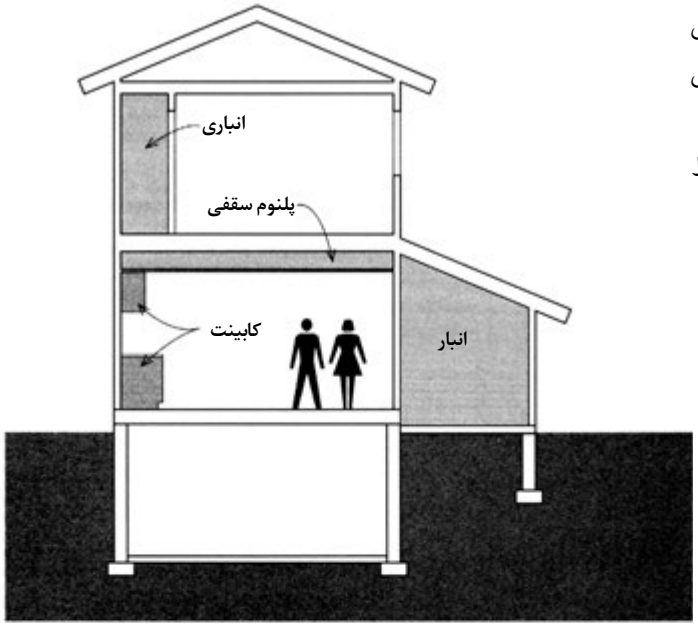


۸-۱۴: کاهش اتلاف در گاراژ.

فضاهای متفرقه‌ی فاقد تهویه‌مطبوع

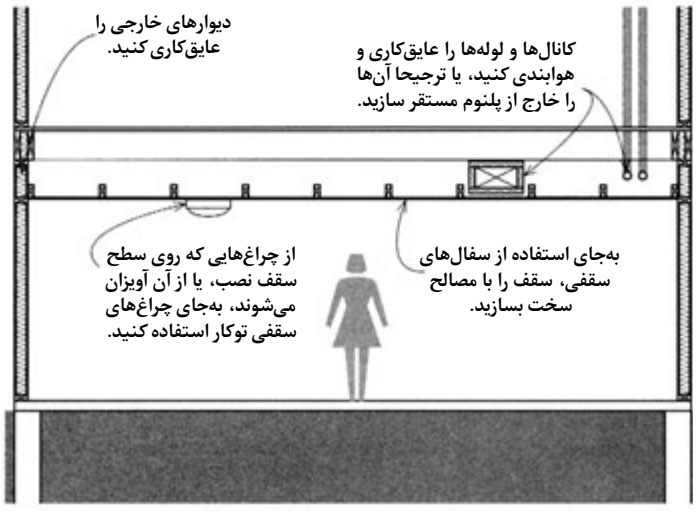
دسته‌ای از فضاها هستند که می‌توان آن‌ها را «فضاهای متفرقه‌ی فاقد تهویه‌مطبوع» نامید. این فضاها عبارت‌اند از انباری‌های متصل به ساختمان، انباری‌های داخلی، و فضاهای بالای سقف‌ها. از این فضاها نیز می‌توان به‌عنوان لایه‌های محافظ اضافی استفاده کرد. برای انجام این کار به شیوه‌ای مؤثر باید:

- این فضاها را در جاهایی تعبیه کنید که دست‌کم یک سطح مجاور با دیوار خارجی یا بام داشته باشند.
- اقدامات اضافی برای جلوگیری از تبادل هوا بین این فضاها و فضای داخلی (اگر داخل پوش گرمایی واقع شده‌اند) یا فضای بیرون (اگر خارج از پوش گرمایی قرار دارند، مانند انباری‌های متصل به ساختمان) انجام دهید.
- افزودن لایه‌ی عایق دیگری به‌منظور ایجاد لایه‌ی محافظ اضافی را بررسی کنید.



۸-۱۵: فضاهای متفرقه‌ی فاقد تهویه‌مطبوع.

فضایی که کاربرد گسترده‌ای دارد پلنوم روی سقف است. در ساختمان‌های تجاری، این فضا محل مشترک سیستم‌های توزیع گرمایش و سرمایش و سایر خدمات است. به‌طور سنتی، آیین‌نامه‌های انرژی خواستار این نیستند که لوله‌کشی و کانال‌کشی در پلنوم عایق‌کاری شود، زیرا این فضا داخل پوش گرمایی محسوب می‌شود. اما هر نوع اتلاف انرژی در پلنوم می‌تواند موجب گرم شدن یا سرد شدن غیرلازم این فضا و تغییر دمای تعادل آن شود و در نتیجه اتلاف انرژی از طریق تبادل با هوای بیرون از طریق دیوارهای خارجی و لبه‌ی فضای پلنوم، و از طریق بام هرگاه طبقه‌ی آخر مورد نظر باشد، افزایش یابد. سفال‌های سقف تبادل نسبتا آزاد هوا بین فضای روی سقف و فضای مطبوع‌شده‌ی زیر سقف را امکان‌پذیر می‌کنند. در رویکردهای سبزتر به ساخت فضای روی سقف، از استقرار سیستم‌های توزیع روی سقف پرهیز می‌شود و سیستم‌های موجود روی سقف را نیز عایق‌کاری و هوابندی می‌کنند، از چراغ‌های توکار استفاده نمی‌کنند، و به‌جای سفال‌های متخلخل، از مصالح توپر و سخت برای ساخت سقف استفاده می‌کنند. این اصلاحات موجب می‌شوند که فضای روی سقف به فضای فاقد تهویه‌مطبوع و مقاومی تبدیل شود که بتوان به‌عنوان محافظی بین فضاهای داخلی و فضاهای خارجی از آن استفاده کرد.



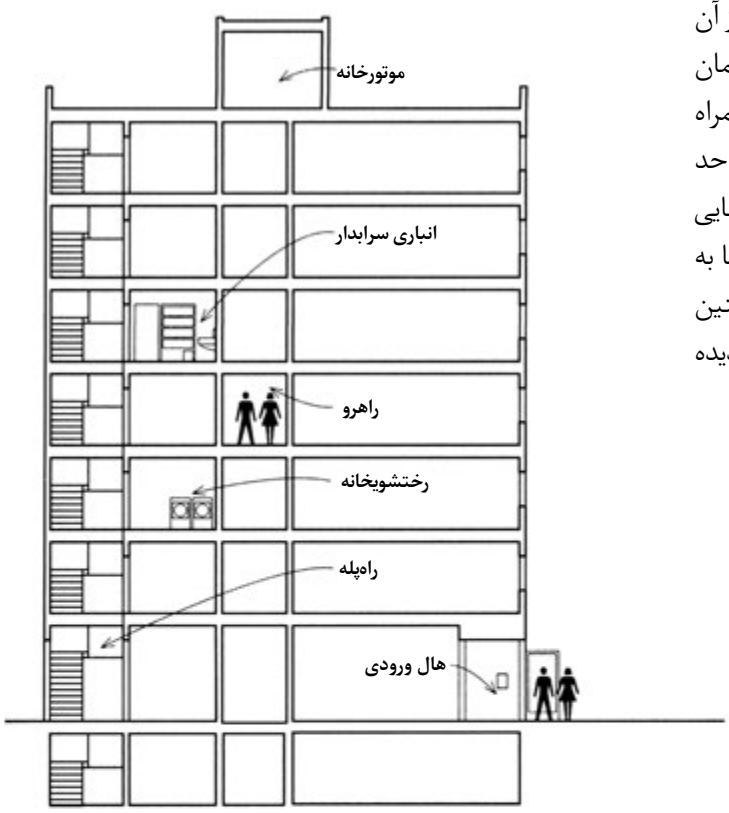
۸-۱۶: کاهش اتلاف در پلنوم‌های سقفی.

راهرو، راه‌پله، و فضاهای دیگر

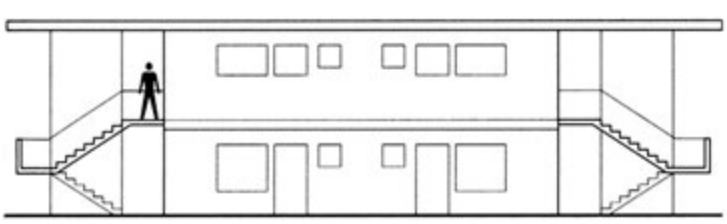
تعدادی از فضاهای داخل ساختمان گاهی تهویه‌مطبوع می‌شوند، اما ممکن اســت نیازی به این کار نباشد. این فضاها عبارت‌اند از راهرو، راه‌پله، موتورخانه، رختشویخانه، انباری سرایدار، ورودی، هــال ورودی و رختکن. بدیهی اســت که اگــر فضاهایی را که به تهویه‌مطبوع نیاز ندارند، از این خدمات محروم کنیم، در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرده‌ایم.

مثلا راهــرو و راه‌پله همیشــه نیازمنــد تهویه‌مطبوع نیســتند. اشخاصی که در فصل زمســتان وارد ساختمان می‌شوند یا از آن بیرون می‌آیند، معمولا هنگام حرکت بین ورودی اصلی ساختمان و فضاهای مورد کاربری پالتو پوشیده‌اند. گرم کردن ورودی، همراه با راهروها و راه‌پله‌ها، معمولا سبب می‌شود این فضاها بیش از حد گرم و آزاردهنده حس شــوند. تنها دلیل برای گرمایش فضاهایی مانند راهرو و راه‌پله این اســت که در طــول روز از این فضاها به صورت فعال و به‌عنوان فضاهای داخلی اســتفاده شــود؛ چنین وضعیتی ممکن است در خانه‌های سالمندان و آسایشگاه‌ها دیده شود.

در بعضی موارد می‌توان راه‌پله‌ها را در فضای بیرون ساخت. بسیاری از ساختمان‌ها فقط دو طبقه‌اند و تنها به یک رشته پلکان نیاز دارنــد که از طبقه‌ی اول به طبقه‌ی دوم برود - به عبارت دیگر، اگر طبقات اول و دوم نیازی به دسترســی داخلی به یکدیگر نداشته باشند، می‌توان راه‌پله را به فضای بیــرون منتقل کرد. این اقدام مزایای مختلفی در پی دارد: کاهش ســطح زیربنایی که تهیه‌مطبوع می‌شــود، کاهش اثر دودکش، و کاهش بالقوه‌ی هزینه‌ی ســاخت. تعبیه‌ی راه‌پله در فضای بیرون، در ســاختمان‌های قدیمی مرسوم بود و هنوز در نقاط مختلف جهان در بســیاری از تیپ‌های ســاختمانی متداول است. در ساختمانی دوطبقه با سطح زیربنای ۲۰۰۰ فوت مربع (۱۸۶ متر مربع)، تعبیه‌ی راه‌پله در فضای بیرون موجب می‌شــود سطح زیربنا ۲٪ تا ۳٪ کمتر شــود و هزینه‌ی گرمایش و ســرمایش نیز کاهش یابد. در ســاختمان‌های چندطبقه، احداث راه‌پله‌ی خارجی عملی نیست، اما باز هم می‌توان از گرمایش راه‌پله خودداری کرد و این فضا را به خارج از پوش گرمایی انتقال داد، هرچند در این حالت محصور و داخل ساختمان است.



۸-۱۷: فضاهایی که گاهی تهویه‌مطبوع می‌شوند، اما ممکن است نیازی به آن نداشته باشند.

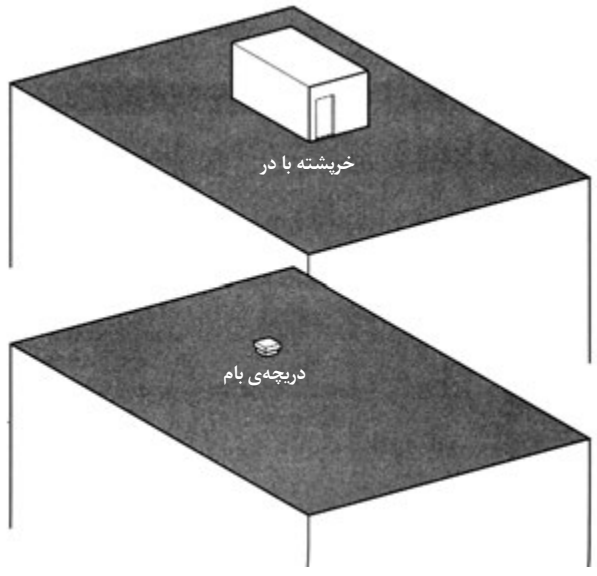


۸-۱۸: در بعضی موارد می‌توان راه‌پله را در فضای بیرون ساخت.

گذشته از این، می‌توان بحث جالبی را در این باره مطرح کرد که آیا راه‌پله باید تا تراز بام تخت ادامه پیدا کند یا نه. در ساختمان‌های بلند، غالبا یک یا چند راه‌پله به خرپشته‌ی کوچکی روی بام منتهی می‌شوند که در دارد و دسترسی آسان به بام را تأمین می‌کند. اما برای ساخت خرپشـــته روی بام تخت سطحی اشغال می‌شود که می‌توانستیم برای نصب صفحه‌های خورشیدی یا سایر ویژگی‌های ســـبز از آن استفاده کنیم. فضای خرپشته سطح زیربنا را افزایش می‌دهد و در نتیجه تلفات گرمایی ســـاختمان بیشـــتر می‌شـــود. ساخت خرپشته هزینه‌ی ساخت را نیز افزایش می‌دهد و بازشدگی بزرگی در پوش گرمایی ساختمان ایجاد می‌کند. با نصب دریچه‌ای ســـاده می‌توان مصـــرف انرژی و هزینه‌ی ســـاخت را کاهش داد، هرچند به بهای از دست رفتن سهولت دسترسی به بام.

هال ورودی را غالبـــا گرم، و حتی بیش از اندازه گرم و هم‌چنین سرد، می‌کنند. تأمین تهویه‌مطبوع برای هال ورودی فقط مصرف انرژی ساختمان را افزایش می‌دهد، به ویژه به این سبب که رفت و آمد در آن زیاد اســـت و با باز شدن مکرر درهای ورودی، آهنگ نفوذ افزایش می‌یابد. بدیهی اســـت کـــه اگر هال یا فضای ورودی محل اســـتقرار نگهبان یا کارکنان دیگر باشـــد، باید تهویه‌مطبوع شـــود. در غیر این صورت گرمایش و سرمایش این فضا اختیاری است و می‌توان حذف آن را بررسی کرد.

با خودداری از تهویه‌مطبوع فضاهایی که به این خدمات نیاز ندارند، هزینه‌ی ســـاخت کاهش می‌یابد، مصرف انـــرژی برای گرمایش و سرمایش و هزینه‌های مربوط به آن کمتر می‌شود، و غالبا آسایش



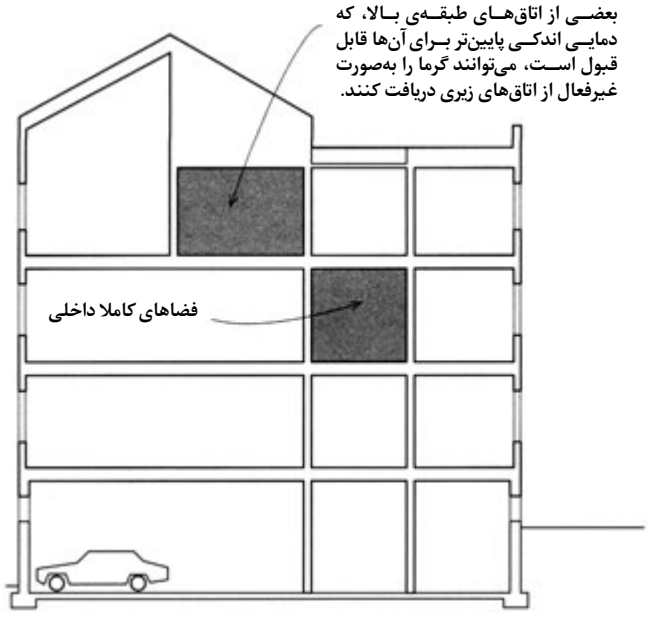
۸-۱۹: دریچه‌ی بام جایگزینی عملی برای خرپشته است.

زیست‌محیطی نیز افزایش می‌یابد.

حذف بیشتر تهویه‌مطبوع اتاق‌ها

در بعضی موارد، به‌ویژه در ساختمان‌های سبز، می‌توان بخشی از بار گرمایش و سرمایش را از فضاهایی علاوه بر فضاهای فاقد تهویه مطبوع یا فضاهایی که گاه و بیگاه از آن‌ها استفاده می‌شود، حذف کرد. پوش گرمایی که خوب طراحی و ساخته شده باشد، تا حدود زیادی تغییرات دما در ساختمان را متعادل می‌کند، کوران هوا را محدود می‌کند، و از ســـردی سطح داخلی دیوارها و پنجره‌ها در زمســـتان می‌کاهد و در نتیجه می‌توان گرمایش و سرمایش را در نقاط کمتری از ساختمان ارائه داد.

مثلا، اتاق‌هایی که کاملا در ناحیه‌ی داخلی ساختمان قرار گرفته‌اند، ممکن اســـت به گرمایش نیاز نداشته باشند. در ساختمان سبز، پذیرفتنی اســـت که حتی بعضی اتاق‌ها که با فضای بیرون سطح مشـــترک دارند یا در طبقه‌ی آخر واقع شده‌اند، گرمایش نداشته باشـــند. شواهدی وجود دارد دال بر این‌که گرمایش و سرمایش را می‌توان فقط در اتاق‌های نشـــیمن آپارتمان‌ها تأمین کرد و نیازی به تأمین این خدمات در همه‌ی اتاق‌خواب‌ها نیست. تصمیم‌گیری در مورد عدم تأمین گرمایش برای اتاق‌هایی که آســـایش در آن‌ها مهم است، باید بر شبیه‌سازی کامپیوتری مبتنی باشد. بسیاری از برنامه‌های کامپیوتری می‌توانند مینیمم دمای تعادل در اتاق‌های فاقد تهویه‌مطبوع را، که باز هم دمای اتاق را در گستره‌ی شرایط آسایش هدف حفظ می‌کنند، پیش‌بینی کنند.



۸-۲۰: اتاق‌های دیگری که ممکن است نیازی به گرمایش نداشته باشند.

تعیین محل انبار

اگر حذف فضاهایی مانند زیرشیروانی، زیرزمین، و زیرزمین کوتاه مورد نظر باشـد، باید فضایی برای انبار در نظر گرفت زیرا به‌طور سنتی از فضاهای حذف‌شـده به‌عنوان انباری استفاده می‌شود. حذف بعضی از این فضاهای مشکل‌ساز، مزایایی از لحاظ انرژی و محیط زیست در پی دارد، اما برخورد با نیاز به فضای اضافی برای انبار کردن مایحتاج، مسـتلزم راه‌حلی از نوع طراحی سـاختمان سبز است.

در مواردی که دسترسـی آسـان از فضای داخلی به انبار ضرورت ندارد و دمای پایین‌تر قابل قبول اسـت، می‌توان اسـتفاده از انبارهای متصل به ساختمان را بررسی کرد. بـا متصل کردن انبار به سـاختمان اصلی، از انبار هم به عنوان یک لایه‌ی محافظ اضافی استفاده می‌شود. ممکن است حتی دسترسی از فضای داخلی هم امکان‌پذیر باشد که در این صورت باید یکپارچگی پوش گرمایی ساختمان را حفـظ کرد. محدود کردن دسترسـی به دسترسـی از خارج، همراه با دری که به‌خوبی درزبندی شـده باشـد، و هوابندی دیوار مشـترک با فضایی کـه گرمایش دارد و هم‌چنین دیوار خارجی، ترجیح دارد.

وقتی دسترسـی به انبار از فضای داخلی اهمیت داشـته باشـد، یا وقتی دمای بالاتری مورد نیاز باشـد، می‌توان فضـای انباری اضافـی، ترجیحا در مجـاورت یک دیوار خارجـی در نظر گرفت که به صـورت یک لایه‌ی محافظ اضافی عمل کند. با پایین آوردن سـقف فضاهایی مانند دستشـویی و راهرو ورودی می‌توان از فضای روی سقف به‌عنوان انباری استفاده کرد.



۸-۲۱: انبـار متصل به سـاختمان، اگر عایق‌کاری و هوابندی شـود، می‌تواند به‌صورت لایه‌ی محافظ عمل کند.



۸-۲۲: فضاهای انباری که می‌توانند به‌عنوان یک لایه‌ی محافظ اضافی عمل کنند.

تنظیم دما در فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع

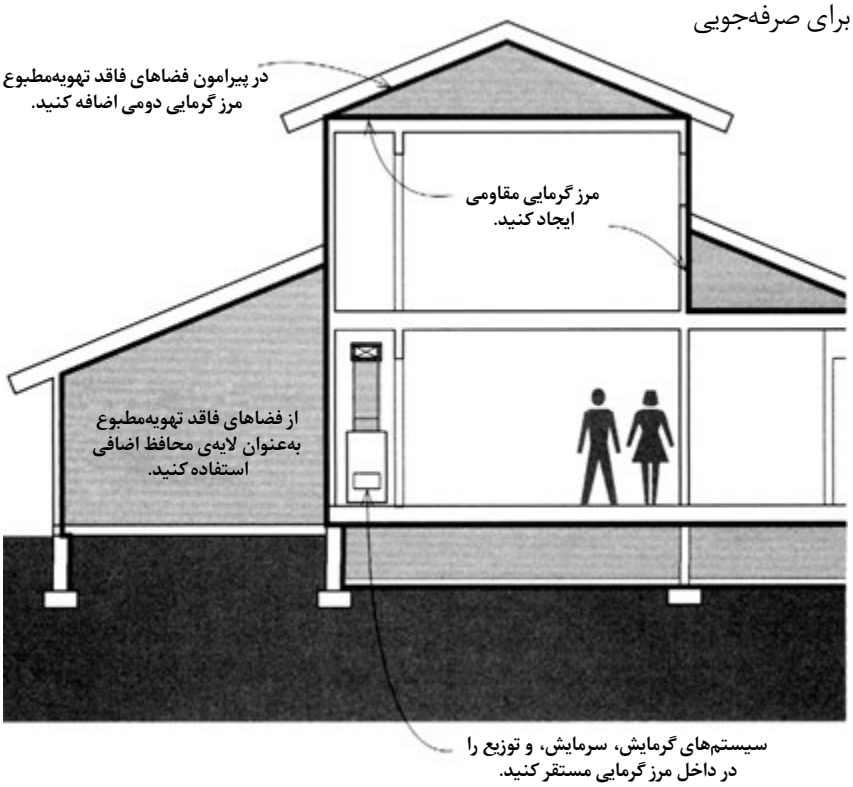
اگرچه دمای فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع را نمی‌توان بادقت تنظیم کرد، می‌توان با طراحی مناسب فضا تا حدودی دمای آن‌ها را کنترل نمود.

برای بالا بردن دمای فضای فاقد تهویه‌مطبوع در زمستان، به‌منظور جلوگیری از یخ زدن لوله‌ها یا مخازن حاوی مایع، می‌توان سطوح خارجی بین فضای فاقد تهویه‌مطبوع و فضای بیرون را عایق‌کاری کرد، اما سطوح بین فضای فاقد تهویه‌مطبوع و فضای مجاور دارای تهویه‌مطبوع را بدون عایق باقی گذاشت. برای حفظ دمای فضای فاقد تهویه‌مطبوع در ترازی بینابین دمای فضای بیرون و فضای داخل، می‌توان همه‌ی سطوح آن را به یک میزان عایق‌کاری کرد. حرکت هوا بین فضای فاقد تهویه‌مطبوع و فضاهای داخلی و خارجی نیز بر دمای این فضا تأثیر دارد. اگر به پیش‌بینی دقیق‌تر دما در فضای فاقد تهویه‌مطبوع نیاز باشد، بهتر است از شبیه‌سازی کامپیوتری استفاده شود.

فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع - خلاصه

به‌طور خلاصه، باید به جزئیات مختلف فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع توجه کرد تا از اتلاف بیش از حد انرژی در ساختمان جلوگیری کرد و، در بسیاری از موارد، این فضاها را به فرصتی برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی تبدیل نمود.

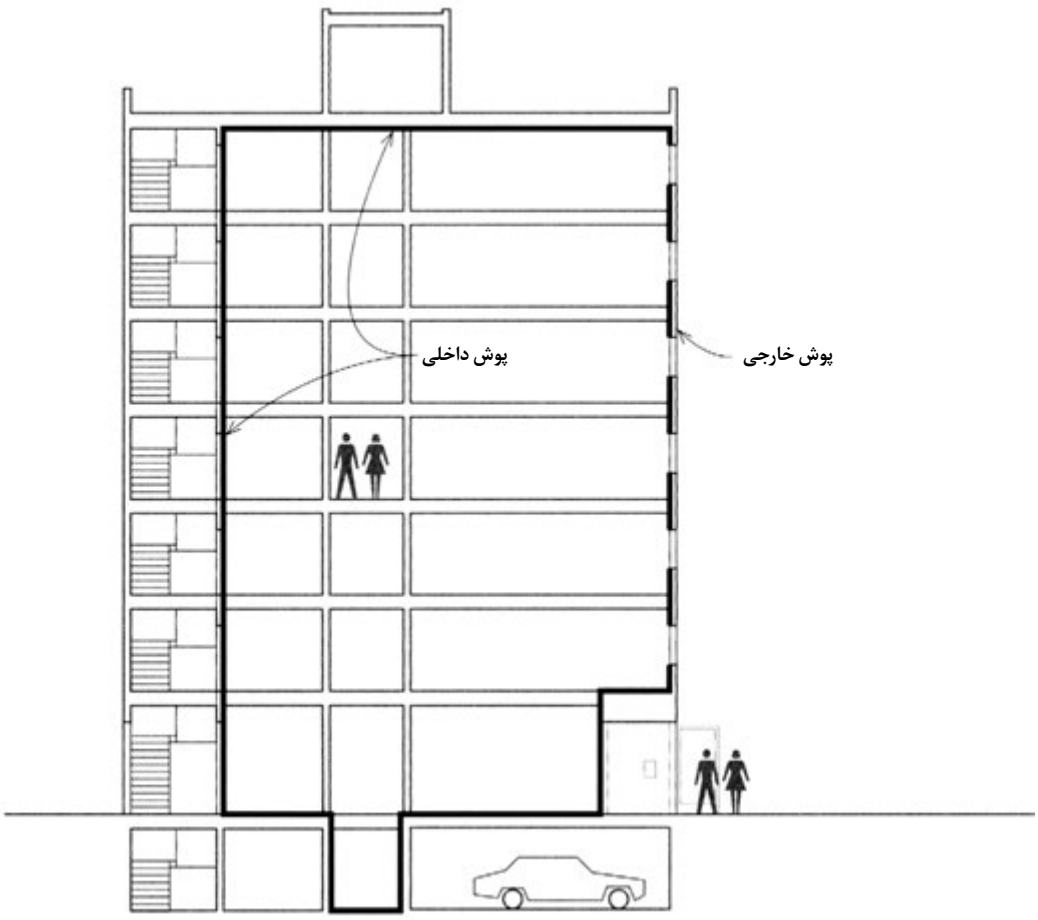
- دست‌کم یک مرز گرمایی مقاوم و کاملا مشخص ، هم برای عایق‌کاری و هم برای جلوگیری از نشت هوا ایجاد کنید.
- اضافه کردن مرز گرمایی دیگری را در نظر داشته باشید به طوری که فضای فاقد تهویه‌مطبوع به‌صورت لایه‌ی محافظ دیگری عمل کند. مثلا دیوارهای خارجی گاراژ متصل به ساختمان را، که دیوار مشترک آن با فضای داخلی عایق‌کاری شده است، می‌توان عایق‌کاری و هوابندی کرد.
- از استقرار سیستم‌های گرمایش، سرمایش و توزیع در فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع خودداری کنید.
- فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع را طوری جانمایی کنید که به صورت یک لایه‌ی محافظ اضافی و میانگیری بین فضاهای داخلی و خارجی عمل کنند.
- گرم نکردن فضاهایی مانند راهروها، راه‌پله‌ها، موتورخانه‌ها، و انبارها را بررسی کنید و آن‌ها را از فضاهای دارای تهویه‌مطبوع به فضاهای فاقد این خدمات تبدیل نمایید.



۸-۲۳: پرهیز از تلفات انرژی در فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع.

۹ پوش داخلی

در فصل ۷ بین پوش‌های داخلی و خارجی ســاختمان تمایز قائل شدیم؛ پوش خارجی با فضای خارج در تماس است و پوش داخلی با فضاهای داخل که تهویه‌مطبوع دارند.



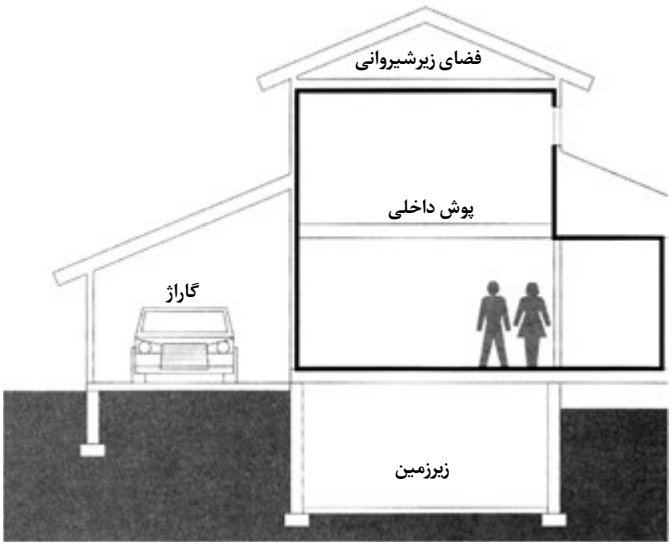
۹-۰۱: پوش داخلی.

آسیب‌پذیری‌ها

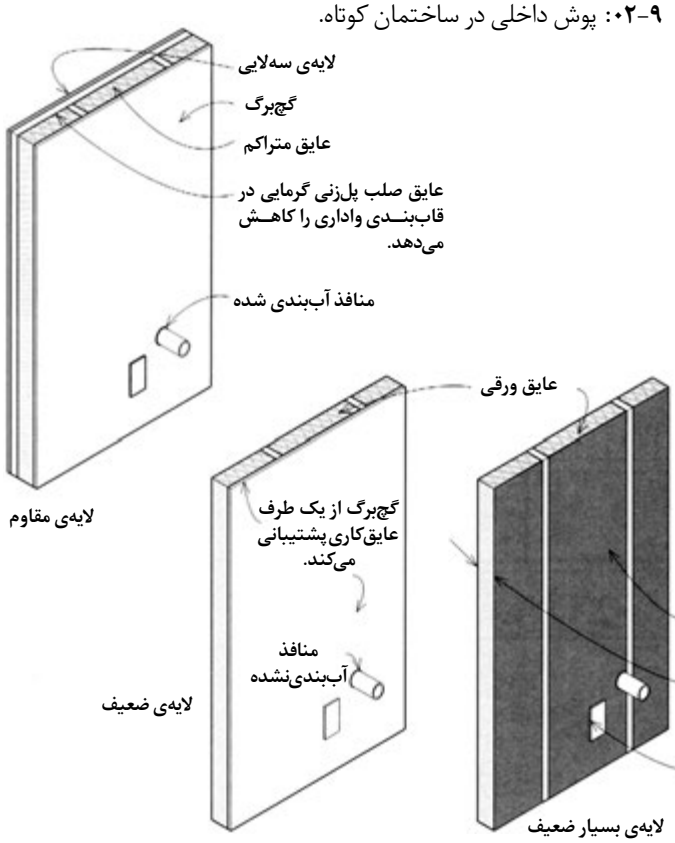
هنگام بحث درباره‌ی فضاهای زیرشـــیروانی و سایر فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع در فصل ۸، به آســـیب‌پذیری‌های پوش داخلی اشاره کردیـــم. غالبا پوش خارجی، مانند بام شـــیب‌دار یا دیوار خارجی گاراژ، این تأثیر اشتباه را می‌گذارند که پوش داخلی به یکپارچگی گرمایی نیاز ندارد. اما همه‌ی مرزهای گرمایی باید مقاوم باشـــند. هوا نباید به میزانی در خوراعتنا از ســـطوح نشت کند، زیرا نشت هوا علت اصلی اتلاف انرژی اســـت. به‌علاوه، عایق‌کاری دو طرف دیوار، کف، یا بام نیاز به پشتیبانی دارد. بدون پشتیبانی دوطرفه، عایق در معرض آسیب‌های فیزیکی، جدا شدن تصادفی، و نشت هـــوا از درون و از اطراف خواهد بود. پیدایش عایق‌های مقاوم در برابر حرکت هوا، مانند ســـلولوز متراکم، ورقه‌های عایق صلب، و فوم پاشـــیدنی، می‌تواند از این خطر، یعنی نشت هوا از عایق و از اطـــراف آن، جلوگیری کند. اما خطر آســـیب‌های فیزیکی و جدا شدن به قوت خود باقی است.

در فضاهـــای زیرشـــیروانی غالبا عایق جدا یا خراب می‌شـــود. در یک فضای زیرشـــیروانی نمونه‌وار، انجام عملیات نوسازی، مانند نصب و تغییر مســـیر سیم‌کشی، نصب فَن‌های تخلیه، و استقرار صفحه‌های خورشـــیدی، امری عادی است. برای ایجاد حتی یک ســـوراخ کوچک، ممکن اســـت جدا کردن چندیـــن فوت مربع از عایق، برای رســـیدن به سطح سقف، ضرورت داشته باشد. غالبا این عایق را دوباره نصب نمی‌کنند. با گذشـــت زمان ممکن است سطح سقف در نقاط مختلف فضای زیرشیروانی، نمایان شود.

لایه‌ی محکم و مقاوم لایه‌ای اســـت که در هر دو طرف ســـطوح صلب عایق داشـــته باشـــد و ترجیحا لایـــه‌ای از عایق‌کاری صلب داشته باشد که اتلاف گرمای ناشی از پل‌زنی را کاهش دهد و برای جلوگیری از نشت هوا به‌خوبی هوابندی شود. لایه‌ی ضعیف فقط از یک طرف عایق‌کاری می‌شود و یک سمت آن صلب است. لایه‌ی بسیار ضعیف فقط عایق‌کاری دارد و معمولا با اســـتفاده از نوار یا روکش کاغذی در جای خود نگه داشته می‌شود. استفاده از لایه‌های ضعیف در فضاهای زیرشـــیروانی، هم روی کـــف آن و هم در دیوارهـــای پیرامون آن، و در زیرزمین‌ها، مثلا روی سقف زیرزمین، متداول است. استفاده از لایه‌های بسیار ضعیف متداول نیست، اما این نوع لایه‌ها هنوز هم در ســـاختمان‌های جدید و در جاهایی مثل دیوارهای فضای زیرشیروانی و روی سقف‌های کاذب به چشم می‌خورند. لایه‌های ضعیف و بســـیار ضعیف موجب بروز مشکلات مهمی در عملکرد ساختمان می‌شوند.



۹-۰۲: پوش داخلی در ساختمان کوتاه.

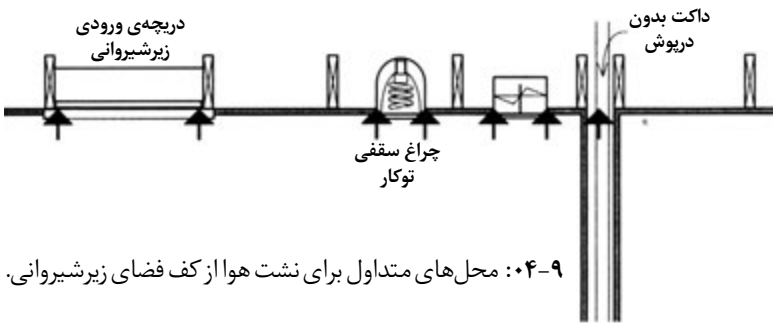


۹-۰۳: لایه‌ها از مقاوم تا بسیار ضعیف تغییر می‌کنند.

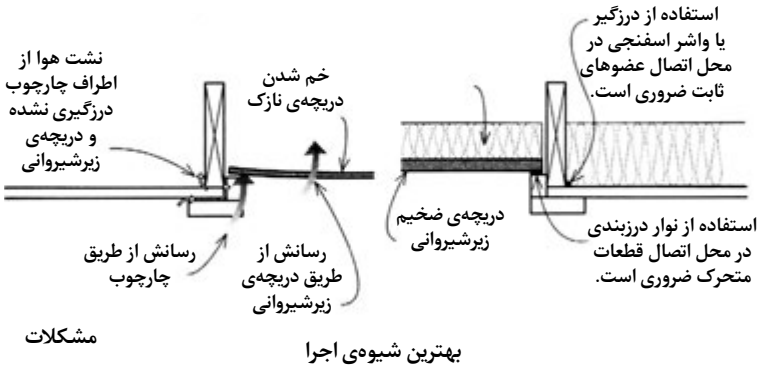
کف فضای زیرشـــیروانی از لایه‌هـــای ضعیف متداول در پوش داخلی اســـت. این لایه چندین ســـوراخ برای نصب چراغ‌های سقفی توکار، اســـتقرار فن تخلیه، کانال‌ها و سیم‌کشـــی، و دریچه‌های دسترسی دارد. داکت‌ها ممکن است سرپوش نداشته باشند. اطراف دودکش‌ها و هواکش‌ها ممکن اســـت شکاف‌هایی وجود داشته باشد. به‌علاوه، عایق‌کاری غالبا در برابر آسیب دیدن و جدا شدن بی‌دفاع است.

ناحیه‌ای مخصوصا آســـیب‌پذیر در پـــوش داخلی، نقطه‌ی دسترســـی به فضای زیرشیروانی اســـت. بررسی جدیدی نشـــان می‌دهد که دریچـــه‌ی ورودی فضای زیرشـــیروانی چندیـــن نقطه‌ی ضعف دارد. این دریچه که معمولا از یک قطعه تخته‌ســـه‌لا به ضخامت $\frac{1}{4}$ یا $\frac{1}{2}$ اینچ (۶/۳ یا ۱۲/۷ میلیمتر) ســـاخته می‌شـــود، به‌مرور زمان براثر تنش‌های گرمایی خمیدگی پیدا می‌کنـــد و هوا می‌تواند از کنار آن، جایی‌که به چارچوب تکیه دارد، عبور کند. فقط تخته‌سه‌لا به ضخامت $\frac{3}{4}$ اینچ (۱۹) به اندازه‌ی کافی صلب هست که شکل خود را حفظ کند. حتی آب‌بندی چوب‌روی چوب، اگرچه چوب‌ها صلب باشـــند، برای جلوگیری از نشت هوا کافی نیســـت. برای کاهش هر چه بیشتر نشت هوا از این درزهـــا باید از نوارهای درزبند اســـتفاده کرد و نشـــت هوا هنگامی به‌میزان چشـــمگیری کاهـــش می‌یابد که دریچه چفت داشته باشد و فشردگی نوار درزبندی تضمین شود. وقتی درز قاب دریچه آب‌بندی شد، ممکن است نشت هوا بین چارچوب و سقف ادامه پیدا کند که برای جلوگیری از آن باید از مواد درزگیر استفاده کرد. سرانجام، این دریچه را باید عایق‌کاری کرد تا اتلاف رسانشی کاهش یابد.

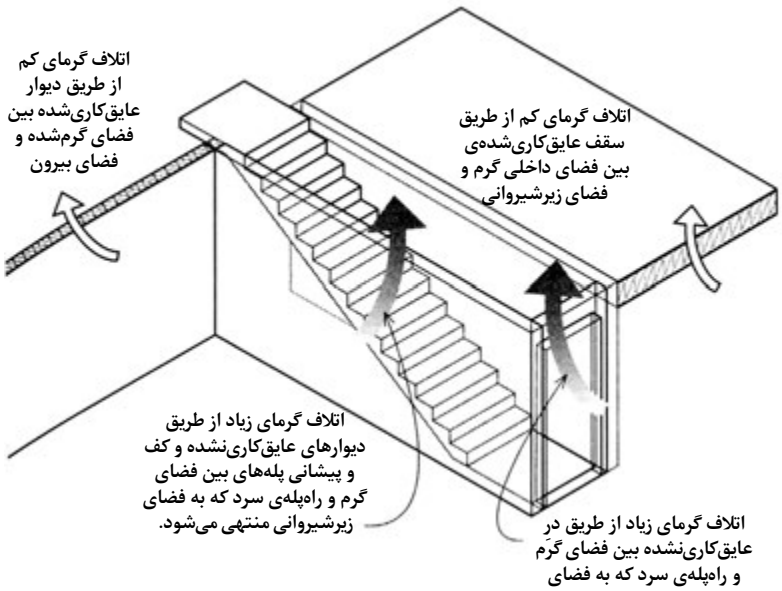
ممکن اســـت نقـــاط ضعـــف راه‌پله‌ی منتهـــی به فضای زیرشیروانی از دریچه‌ی ورودی هم بیشتر باشد. درِ ورودی فضای زیرشیروانی، که برای کاربرد داخلی ساخته شده، غالبـــا عایق‌کاری نمی‌شـــود و این ســـهل‌انگاری در مورد فضای زیرشیروانی هواکش‌دار که دمای آن نزدیک دمای هوای بیرون اســـت نیز دیده می‌شود. این در معمولا نوار درزبنـــدی ندارد و هوا می‌توانـــد در نتیجه‌ی اثر دودکش بـــه فضای زیرشـــیروانی نفوذ کند. چارچـــوب این در هم معمولا درزگیری نمی‌شـــود. به‌علاوه، معمولا دیوارهای بین فضای گرم‌شده و راه‌پله‌ی زیرشیروانی را دیوار داخلی تلقـــی می‌کنند و آن‌هـــا را بدون عایـــق و هوابندی باقی می‌گذارند. دیوارهای اطراف راه‌پله غالبا درپوش ندارند و تبادل گرما بین فضای زیرشـــیروانی و حفره‌های دیوار در فضای گرم‌شـــده‌ی زیری را امکان‌پذیر می‌کنند. حتی کف و پیشانی پله‌ها نیز بخشی از مرز گرمایی شمرده نمی‌شوند و آن‌ها را عایق‌کاری و هوابنـــدی نمی‌کننـــد، اگرچه این‌ها جداکننده‌ی فضای گرم‌شـــده از فضای زیرشـــیروانی فاقد تهویه‌مطبوع هستند. عایق‌کاری نکردن راه‌پله‌هـــای بین طبقات اول و دوم، کـــه در آن‌ها فضای بالای پله‌ها در زیرشـــیروانی فاقد درپوش است و ســـقف و دیوارهای بالای پله‌ها عایق‌کاری نشده است، نیز غیرمعمول نیست.



۹-۰۴: محل‌های متداول برای نشت هوا از کف فضای زیرشیروانی.



۹-۰۵: دریچه‌های زیرشیروانی.

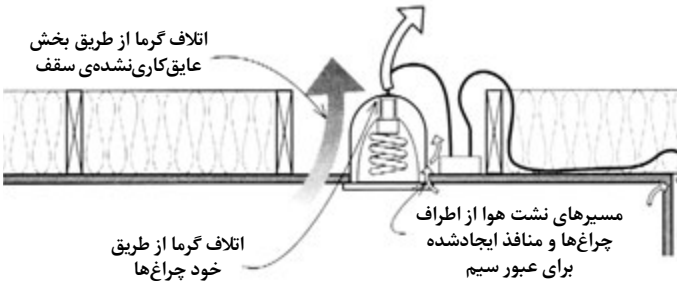


۹-۰۶: تلفات گرما در راه‌پله‌ی منتهی به فضای زیرشیروانی.

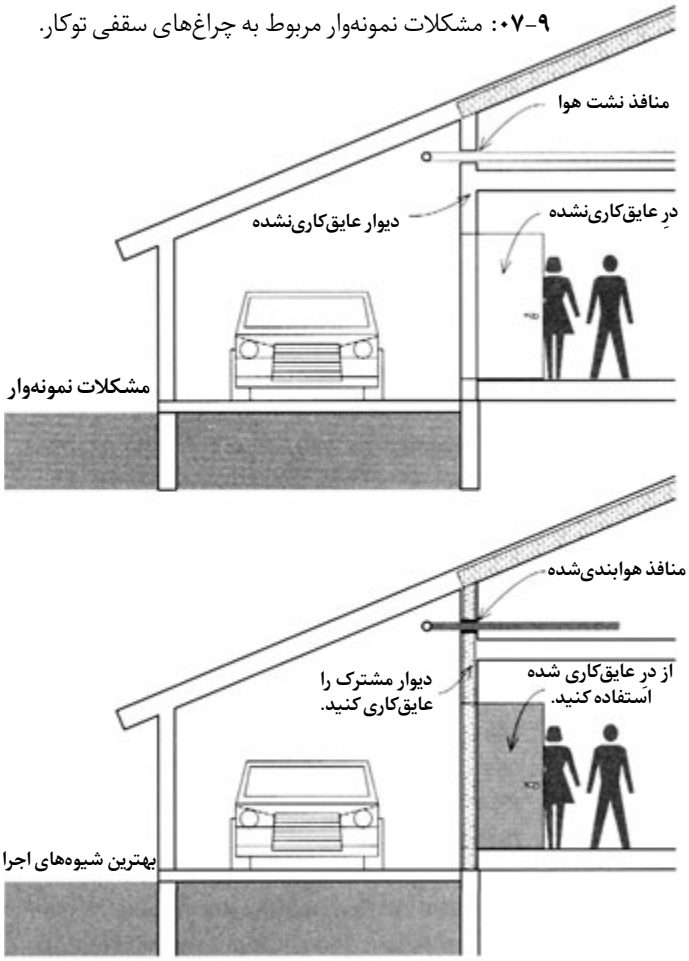
نقطه‌ی ضعف دیگر پوش داخلی در طبقه‌ی بالای ساختمان و در محل نصب چراغ‌های سقفی توکار است. باز هم این موضوع، به جای این‌که مشکلی ساده باشد، مشکلی چندگانه است. گرما از چراغ‌های سقفی به فضای زیرشیروانی می‌رسد و در ساختمان تلف می‌شود. خود چراغ‌ها نیز به‌صورت پل‌های گرمایی بین فضای گرم‌شده و فضای فاقد تهویه‌مطبوع زیرشیروانی عمل می‌کنند. هوا می‌تواند از دور چراغ‌ها نشت کند. سیم‌کشی چراغ‌ها در فضای زیرشیروانی نیز از داخل ساختمان شروع می‌شود و در نتیجه مسیری دیگر و مستقل از خود چراغ‌ها، برای نشت هوا ایجاد می‌کند.

گاراژهای متصل، خواه در ساختمان‌های کوتاه مانند خانه‌ها، و خواه در ساختمان‌های بزرگی که پارکینگ متصل دارند، غالبا در محل دیوارها یا سقف بین گاراژ و فضاهای داخلی ساختمان لایه‌های پوش داخلی ضعیفی دارند. باز هم نقاط ضعف ناشی از عایق‌کاری نکردن دیوار یا سقف، درهای عایق‌کاری نشده، و منافذی است که هوا از آن‌ها عبور می‌کند.

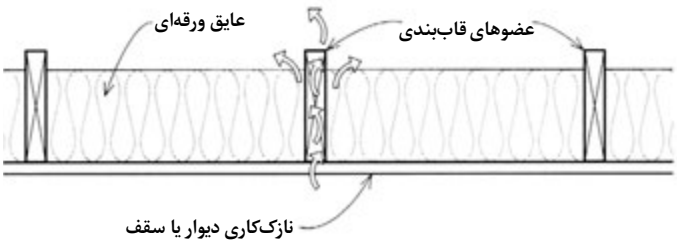
گفتیم که چگونه بخشی از پوش داخلی، مانند کف فضای زیرشیروانی یا دیوار بین گاراژ متصل و فضای گرم‌شده، می‌تواند نقطه‌ی ضعفی در لایه‌ی گرمایی تشکیل دهد، زیرا یک طرف آن صلب و عایق‌کاری شده است اما طرف دیگر آن صلب نیست تا از لایه‌ی عایق پشتیبانی کند. جنبه‌ی منفی دیگر این نوع لایه‌ی ضعیف آن است که قاب‌بندی، خواه وادارهای دیوار باشد یا تیرچه‌های زیرشیروانی، به‌صورت پل گرمایی عمل می‌کند و اتلاف گرمای فضای دارای تهویه‌مطبوع به فضای فاقد تهویه‌مطبوع را افزایش می‌دهد. در این مورد، برخلاف پل‌زنی گرمایی در حفره‌ی دیوار، سطح صلب دومی از قبیل تخته‌کوبی یا روکوبی دیوار خارجی وجود ندارد که به صورت عایق حداقلی عمل کند. بنابراین قاب‌بندی چوبی نه‌تنها پل گرمایی تشکیل می‌دهد، بلکه به صورت یک رشته پره‌ی انتقال گرما عمل می‌کند. اتلاف گرما نه تنها در یک بُعد و از طریق لبه‌ی پشت عضوهای قاب‌بندی رخ می‌دهد، بلکه در دو بُعد و از سطوح جانبی عضوهای قاب‌بندی نیز انجام می‌شود.



۹-۰۷: مشکلات نمونه‌وار مربوط به چراغ‌های سقفی توکار.



۹-۰۸: حفظ مرز گرمایی در جایی که گاراژ فاقد تهویه‌مطبوع به ساختمان چسبیده است.

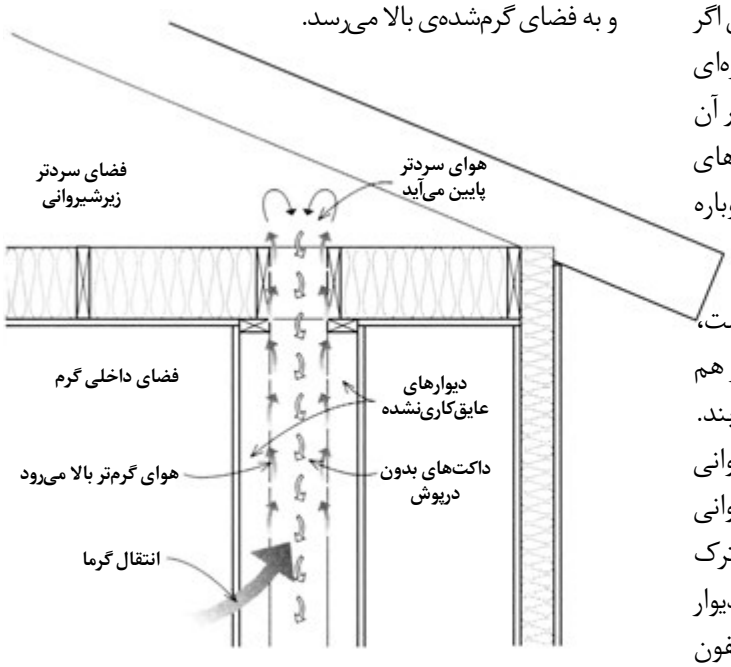


۹-۰۹: انتقال گرما از طریق وادارها یا تیرچه‌ها.

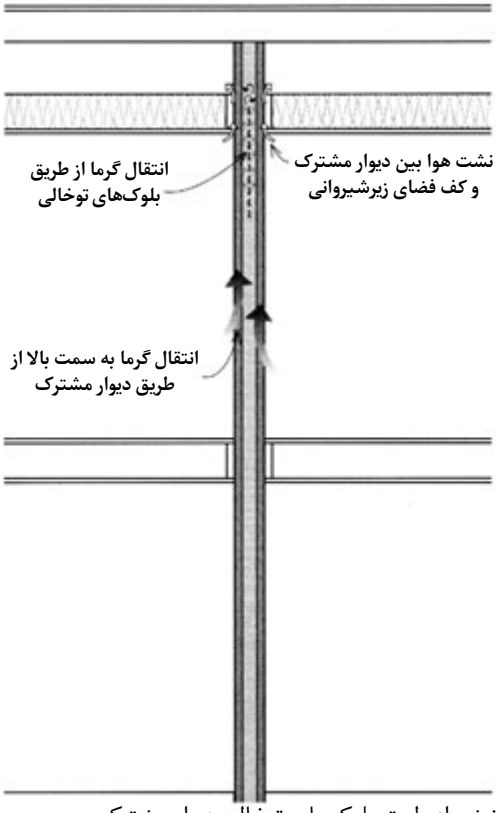
داکت‌ها و حفره‌های دیوار بدون درپوش از نقاط ضعف کف فضای زیرشیروانی‌اند. جدی بودن این مشکل از اندازه‌ی بازشدگی‌هایی که هوا می‌تواند از آن‌ها عبور کند، همراه با سطح دیوارهای داخلی در داکت‌ها و دیوارهای دوپوســته‌ی پایین ناشی می‌شود که گرما می‌تواند در آن‌ها جریان یابد و هوای بالارونده را گرم کند. حتی اگر دیوارهای پایینی هوابندی‌شده باشند، حفره‌های آن‌ها به‌اندازه‌ای بزرگ هستند که جریان ســیفونی هوا را تداوم بخشند که در آن هوای سرد از فضای زیرشیروانی به طرف پایین و داخل حفره‌های دیوار جریان می‌یابد و هنگامی که گرم شــد، بالا می‌آید و دوباره وارد فضای زیرشیروانی می‌شود.

نقطه‌ی ضعف دیگر در فضای زیرشیروانی دیوارهای مشترک است، دیوارهــای آتش‌بنــدی که دو کاربری، مثــلا دو آپارتمان را از هم جدا می‌کنند و از پی تا فضای زیرشیروانی و تا بام ادامه می‌یابند. عکس‌برداری با پرتو فروسرخ از این دیوارها در فضای زیرشیروانی نشان می‌دهد که در فصل زمستان، نسبت به فضای زیرشیروانی گرم‌ترند، یعنی از این طریق گرما تلف می‌شود. دیوارهای مشترک با سه نوع اتلاف انرژی روبه‌رویند: نشت هوا در درزهای بین دیوار مشــترک و کف فضای زیرشیروانی، انتقال گرما از طریق سیفون گرمایی در حفــره‌ی بلوک‌های بتنی که بعضی از این دیوارها را با استفاده از آن‌ها می‌سازند، در نتیجه‌ی بالا رفتن هوای گرم داخل ساختمان و ســرد شدن آن در فضای زیرشــیروانی و برگشت به پایین، و رسانش در طول سازه‌ی دیوار مشترک.

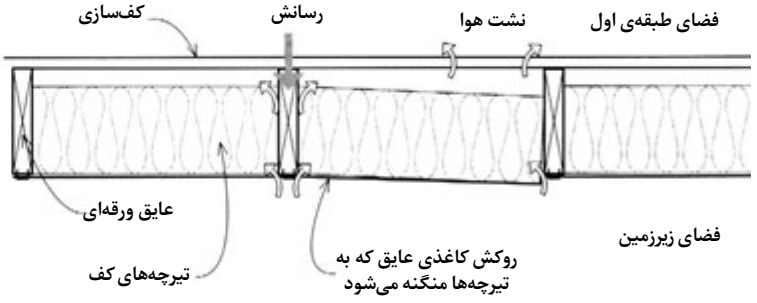
در زیرزمین‌ها و زیرزمین‌های کوتاه، ضعف لایه‌ی گرمایی غالبا عایق آویزان بین عضوهای دهانه‌بند روی زیرزمین یا خزیده‌رو اســت که به‌آســانی جدا و خراب می‌شــود وقتی کاغذ روکش عایق در طول لبه‌های خود به قاب‌بندی منگنه می‌شود، نمی‌توان از جریان آزادانه‌ی هوا در اطراف این لبه‌ها جلوگیری کرد. مثلا در زیرزمینی به وسعت ۱۰۰۰ فــوت مربع (۹۳ متر مربع) بیش از ربع مایل (۴۰۰ متر) لبه‌ی عایق منگنه شده وجود دارد. هوا از طریق لایه‌ی عایق، که معمولا فایبرگلاس متخلخل است، به سمت بالا جریان پیدا می‌کند تا به سطح زیرین زیرسازی کف برسد، یا از منافذ و درزهای کف می‌گذرد و به فضای گرم‌شده‌ی بالا می‌رسد.



۹-۱۰: انتقال گرما از فضای گرم داخل به داکت سردتر.



۹-۱۱: اتلاف انرژی از طریق بلوک‌های توخالی دیوار مشترک.



۹-۱۲: اتلاف انرژی از طریق فضاهای زیرزمین

پوش داخلی در سقف زیرزمین یا زیرزمین کوتاه محل ورود بسیاری از خدمات به ساختمان است. لوله‌های آب گرم و سرد، کانال‌ها، سیم‌کشی برق، کابل‌های تلفن و داده، لوله‌های فاضلاب بهداشتی، و خدمات دیگر، همه از همین پوش داخلی عبور می‌کنند. اگر سوراخ‌های تعبیه شده برای عبور آن‌ها هوابندی نشود، در نتیجه‌ی اثر دودکش، هوای زیرزمین بالا خواهد آمد.

زیرزمین و زیرزمین کوتاه، مانند فضای زیرشیروانی، در محل دریچه‌ها یا درها، ضعیف‌اند. آسیب‌پذیری در این نقاط ممکن است چندان زیاد نباشد، زیرا تفاوت دمای زیرزمین معمولا به‌اندازه‌ی تفاوت دمای فضای زیرشیروانی حاد نیست. اما تحقیق نشان داده است که وقتی درِ زیرزمین باز باشد، باز هم می‌تواند موجب افزایش اتلاف انرژی در ساختمان شود.

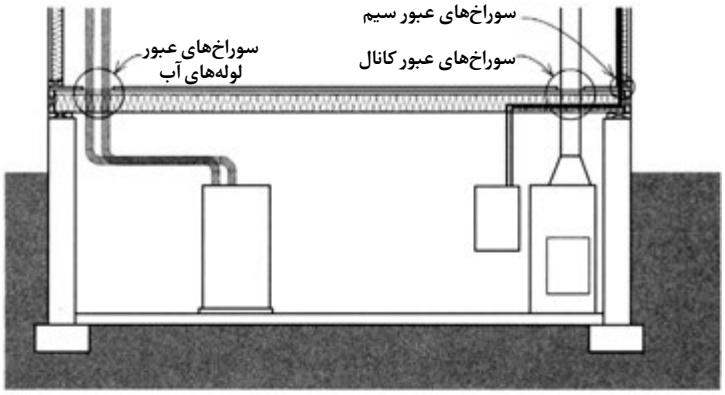
راه‌حل‌ها

چندین راه‌حل برای اصلاح لایه‌های ضعیف پوش‌های داخلی وجود دارد.

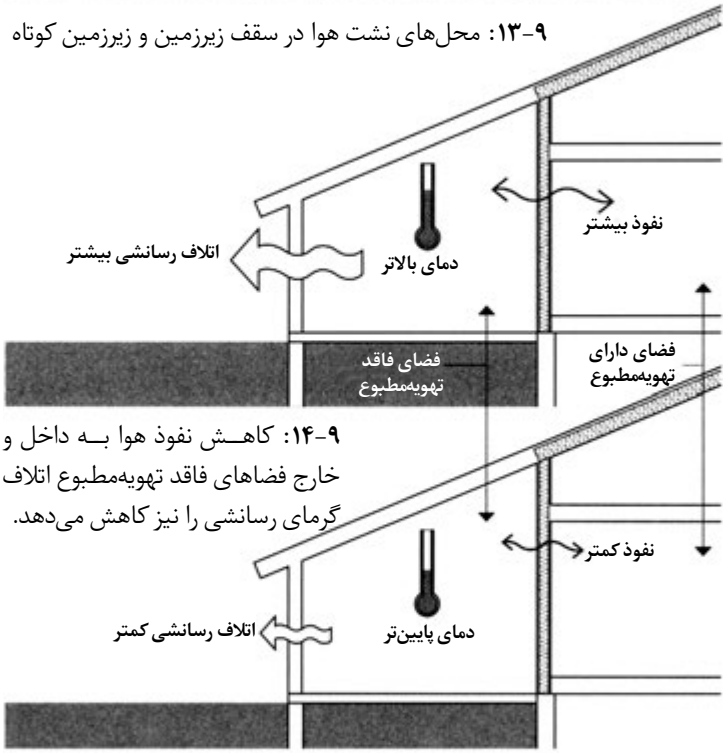
اولویت نخست کاهش حرکت هوا و عبور آن از پوش داخلی، از طریق حذف منافذ موجود در سطح این پوش است. دلایل اولویت قائل شدن برای این هوابندی به شرح زیر است:

- جریان ورودی و خروجی هوا از فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع مجاور پوش داخلی، قابلیت این فضاها را برای رفتار به‌صورت نوعی عایق و فضای میانگیر کاهش می‌دهد.
- هوابندی منافذ این سطوح باید قبل از عایق‌کاری آن‌ها انجام گیرد. اگر ابتدا عایق‌کاری انجام شود، یافتن محل این سوراخ‌ها و بستن آن‌ها دشوار می‌شود.

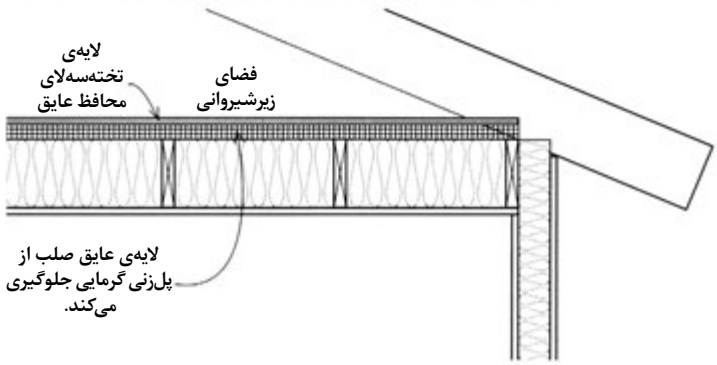
دوم این‌که لایه‌ی مقاوم باید در هر دو طرف عایق سطوح صلب داشته باشد. هر جا ممکن است، عایق را باید به‌صورت پیوسته نصب کرد تا از پل‌زنی گرمایی جلوگیری شود.



۹-۱۳: محل‌های نشت هوا در سقف زیرزمین و زیرزمین کوتاه



۹-۱۴: کاهش نفوذ هوا به داخل و خارج فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع اتلاف گرمای رسانشی را نیز کاهش می‌دهد.



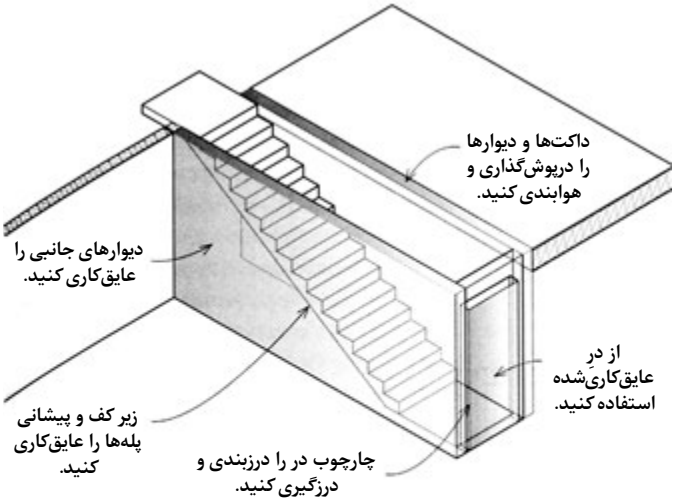
۹-۱۵: ایجاد لایه‌ای مقاوم در کف فضای زیرشیروانی.

هر جا ممکن باشد، ناپیوستگی‌های دیگر از قبیل چراغ‌های سقفی توکار را باید حذف کرد. راه‌پله‌ها و دریچه‌هایی که دسترسی از فضای گرم‌شده را به فضای فاقد تهویه‌مطبوع تأمین می‌کنند باید به‌طور کامل و کل‌نگرانه عایق‌کاری و هوابندی شوند، به صورتی که هیچ نوع ناپیوستگی در پوش داخلی، خواه در عایق‌کاری و خواه در هوابندی، وجود نداشته باشد. پیچیدگی این دسترسی‌ها توجه خاص به جزئیات را ایجاب می‌کند، نه تنها به جزئیات خود در یا دریچه، بلکه هم‌چنین به جزئیات چارچوب‌ها و گذرگاه‌ها. سطوحی از درها و دریچه‌ها که حرکت نسبی دارند باید عایق‌کاری و هوابندی شوند، و درزهای سطوح ثابت آن‌ها، مثل محل تماس چارچوب در با دیوار، را باید با ماده‌ی درزگیر بست. در فضای زیرشیروانی باید روی داکت‌ها و دیوارهای دوپوسته درپوش گذاشت، و آن‌ها را عایق‌کاری و هوابندی کرد.

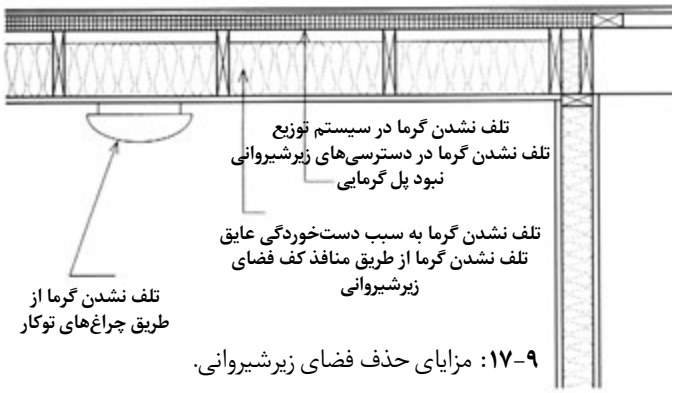
در فضاهای زیرشیروانی، پیچیدگی موجب افزایش احتمال ناپیوستگی و مشکلات مربوط به افزایش مصرف انرژی خواهد شد. خطوط ساده‌ی بام می‌توانند به پایین آوردن این احتمال کمک کنند. چنان‌که قبلا گفتیم، یک راه‌حل ممکن اجتناب از ساخت بام شیب‌دار و فضای زیرشیروانی و جایگزین کردن آن با بام تخت یا بام‌هایی با شیب مختصر است. مشکلاتی را که با این تدبیر حل می‌شوند در نظر بگیرید. بدون فضای زیرشیروانی، سوراخی درکف فضای زیرشیروانی وجود دارد؛ هیچ سطحی براثر عایق‌کاری بدون پشت‌بند ضعیف نمی‌شود؛ درها یا دریچه‌های آسیب‌پذیر برای دسترسی به فضای زیرشیروانی وجود ندارند؛ مشکلات مربوط به چراغ‌های سقفی توکار حذف می‌شوند؛ اتلاف گرمایی سیستم توزیع در فضای زیرشیروانی مطرح نیست؛ پل‌زنی گرمایی رخ نمی‌دهد؛ و احتمال تشکیل قندیل در اقلیم‌های سرد کاهش می‌یابد.

به همین ترتیب، مزایای حذف زیرزمین‌ها و زیرزمین‌های کوتاه، و بنا کردن ساختمان روی دال پی، را در نظر بگیرید. با وجود دال پی، خدمات شهری، مانند لوله‌کشی آب و سیم‌کشی برق و داده، می‌توانند از داخل دال بتنی بالا بیایند، بدون این‌که نیازی به هوابندی باشد. دیگر از اتلاف شدید گرمایش در سیستم توزیع، که در زیرزمین رخ می‌داد، اثری نخواهد بود؛ دیگر زیرزمین یا زیرزمین کوتاه اثر دودکش را تشدید نخواهند کرد؛ دیگر تلفات انرژی مربوط به در یا دریچه‌ی دسترسی زیرزمین مطرح نخواهد بود؛ و دیگر اتلاف گرمای رسانشی از فضای گرم‌شده‌ی روی زیرزمین، به پایین و به بیرون، از طریق دیوارها و پنجره‌های زیرزمین رخ نخواهد داد. مزیت دیگر بهبود کیفیت هوای داخل در نتیجه‌ی حذف رطوبت ناشی از زیرزمین و زیرزمین کوتاه است.

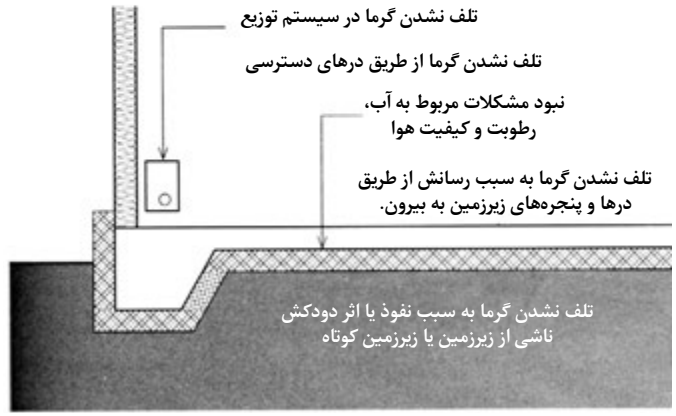
به‌طور خلاصه، پوش داخلی دیگر لایه‌ی محافظ ضعیفی نخواهد بود که نیاز به توجه و مقاوم‌سازی داشته باشد. هزینه‌های اقتصادی مقاوم‌سازی پوش داخلی چقدر است؟ به‌طور کلی، مقاوم‌سازی پوش داخلی مستلزم صرف هزینه‌ی اضافی است. تأمین سطح صلب برای هر دو طرف عایق هزینه‌ی ساخت را افزایش می‌دهد، هم‌چنان‌که تضمین پیوستگی گرمایی در راه‌پله و دریچه‌ی دسترسی به فضای زیرشیروانی ، کف فضای زیرشیروانی، و سقف زیرزمین، موجب افزایش هزینه‌ی ساخت می‌شود. اما اصلاحات دیگر، مانند توکار نصب نکردن چراغ‌های سقفی، می‌تواند هزینه‌های ساخت را کاهش دهد. و هرگاه گزینه‌ی حذف زیرزمین و فضای زیرشیروانی را در نظر بگیریم، با حذف این فضاهای ضعیف، هزینه‌ی ساخت کاهش می‌یابد، هرچند ممکن است ناگزیر شویم کارکرد انباری این فضاها را در محلی دیگر تأمین کنیم.



۸-۱۶: جلوگیری از اتلاف گرما در راه‌پله‌ی زیرشیروانی.



۹-۱۷: مزایای حذف فضای زیرشیروانی.



۹-۱۸: مزایای حذف زیرزمین و زیرزمین کوتاه.

جرم گرمایی

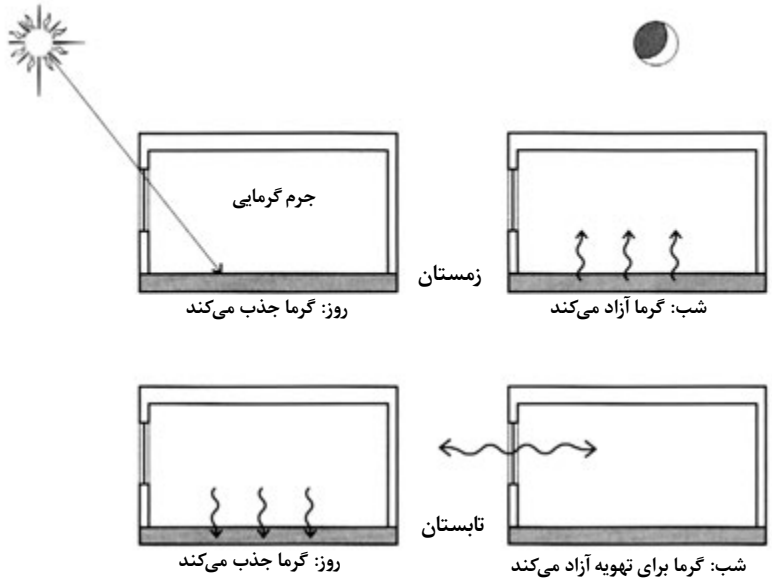
منظـور از جرم گرمایی، عناصر و اجزای سـاختمانی اسـت که ظرفیت جـذب و نگهداری گرمـا دارند. جـرم گرمایی هنگامی بیش‌ترین کارآیی را دارد که در داخل مرز گرمایی واقع شـود. در فصل زمستان، هنگامی که خورشید می‌تابد، جرم گرمایی گرمای خورشـید را جذب و سـپس به‌تدریج، در سـاعاتی که به تابش خورشید دسترسی نیسـت، این گرما را فضای داخلی ساختمان آزاد می‌سـازد. در فصل تابسـتان می‌توان از جـرم گرمایی برای تهویه‌ی شبانه، به صورت نوعی سرمایش غیرفعال استفاده کرد؛ در سـاعات شـب جرم گرمایی می‌تواند گرمای جذب شده را به هوای خنک شـبانه انتقال دهد و سـپس در طول روز فضایی را خنک کند. ترجیح این است که جرم گرمایی در فضایی واقع شود که قرار است به آن خدمت کند؛ برای فصل زمستان معمولا فضایی روبه‌جنوب انتخاب می‌شود. اگر این کار امکان‌پذیر نباشـد، جرم گرمایی را باید با اسـتفاده از کانال‌های گردش هوا یا لوله‌های گردش آب، از لحاظ گرمایی به فضای مورد نظر متصل کرد.

جرم گرمایـی می‌تواند صورت‌های مختلفی داشـته باشـد، اما معمولا از دیوارها، کف‌ها و سـقف‌هایی با جرم زیاد تشکیل می‌شود. برای گرمایش یا سرمایش غیرفعال، جرم گرمایی معمولا بخشی از راهبرد جمعی اسـت که در آن از یک سیستم جمع‌آوری مناسب و کنترل‌گرهایی مانند عایق‌کاری پنجره‌های بازشـو یا نصب کرکره‌های گرمایی برای اجتناب از اتلاف گرمای شبانه، یا تأمین تهویه‌ی شـبانه، به‌منظور سرمایش استفاده می‌شود.

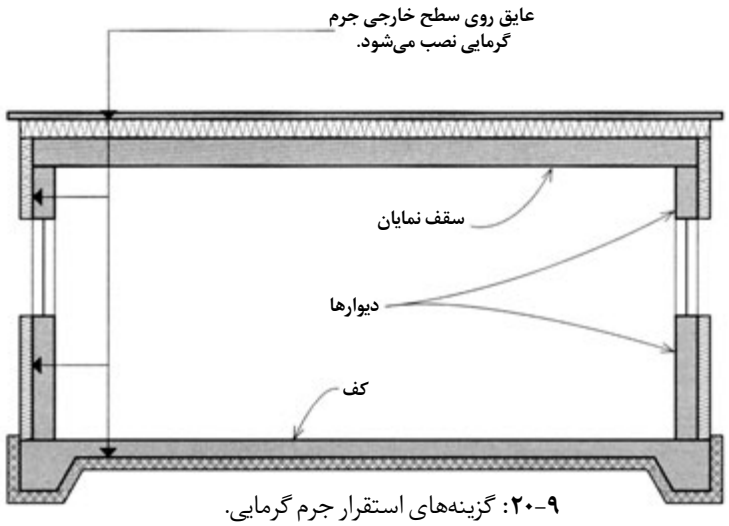
جـرم گرمایی را فقط در صورتی باید در سـاختمان گنجانـد که براسـاس مدل‌سـازی انـرژی کاهش مصرف پیش‌بینی شود. اگر از جرم گرمایی به‌صورت کورکورانـه اسـتفاده شـود، ممکن اسـت مصرف انرژی سـاختمان افزایش یابد. بررسی‌های مختلف صرفه‌جویی در مصرف انرژی را در گسـتره‌ی بالاتر از ۱۰٪ تا صرفه‌جویـی منفی (در واقع افزایش مصرف) نشان می‌دهد.

از آن‌جـا که جـرم گرمایی معمـولا به‌معنای انرژی صرف‌شده‌ی بالاتر است، بده‌بستان‌های به‌کارگیری جرم گرمایی را باید با دقت بررسی کرد. مثلا، مقدار R دیـواری بتنی به ضخامت ۶ اینـچ (۱۵۰) و ۴ اینچ (۱۰۰) عایق فومـی صلب برابر ۲۷ اسـت، اما مقاومت گرمایـی معادل دیوار قاب‌چوبی با مقدار R-۱۷، ناشـی از مزایای جرم گرمایی اسـت. اما R-۱۰ اضافی عایق‌کاری معادل، که توسـط ۶ اینچ بتن تأمین می‌شـود، معرف افزایش انرژی صرف‌شده است که دوبرابر مقدار حاصـل از نصب ۲٫۵ اینچ (۶۳٫۵) عایـق فومی صلب روی دیوار قاب‌چوبی برای رسیدن به مقاومت گرمایی R-۲۷ است.

جرم گرمایی را می‌توان توسط کف و سقف نیز تأمین کرد. سقف‌ها هنگامی می‌توانند به‌عنوان جرم گرمایی مؤثر واقع شوند که نمایان باشند و پشت نازک‌کاری پنهان نشده باشند.



۹-۱۹: طرح شماتیک جرم گرمایی.



۹-۲۰: گزینه‌های استقرار جرم گرمایی.

نازک‌کاری

با حرکت از محله و محوطه به سمت پوش خارجی و با عبور از پوش خارجی، فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع، و پوش داخلی، خود را درون ساختمانی می‌یابیم که تهویه‌مطبوع می‌شود. اما هنوز لایه‌های محافظ دیگری هم هست که می‌توان از آن‌ها استفاده کرد. مثلا، نازک‌کاری‌های داخلی را می‌توان طوری اجرا کرد که مصرف انرژی را کاهش دهند، یا به‌گونه‌ای اجرا کرد که تأثیر معکوس داشته باشند و مصرف انرژی را افزایش دهند.

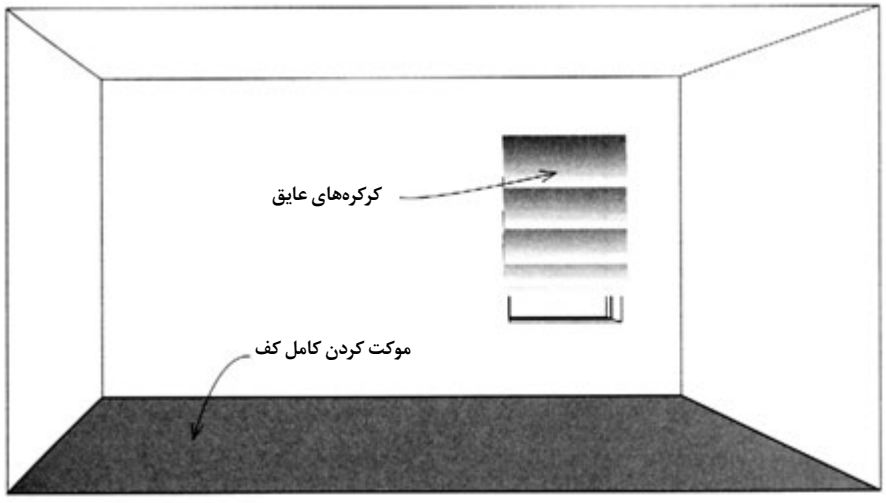
خواص گرمایی و تابشی نازک‌کاری

فرش و موکت پایین‌ترین مقاومت گرمایی را دارند که در گستره‌ی R-۰/۵ و R-۲/۵ است. وقتی زیرفرشی هم به این لایه اضافه شود، می‌توان مقاومت گرمایی اضافی حدود R-۰/۶ تا R-۲/۱ را انتظار داشت. گذشته از این عواید رسانشی، اتلاف تابشی کمتر موکت پایین‌تر آوردن دمای فضای داخلی را ممکن می‌کند. فرش کردن کف انتقال صدا در ساختمان را نیز کاهش می‌دهد. فرش کردن کامل کف در این‌جا معنا دارد، زیرا با حفظ پیوستگی لایه‌های محافظ سازگار است. اما فرش یا موکت کردن کف جایگزین عایق‌کاری صلب زیر دال، یا عایق‌کاری سطح به‌طور کلی، نمی‌شود.

اما بسیاری از فرش‌ها و موکت‌ها ممکن است حاوی مواد شیمیایی باشند، اگرچه هم‌اکنون فرش‌هایی با مواد شیمیایی کمتر نیز یافت می‌شود. فرش یا موکت را باید با جاروبرقی تمیز کرد که مستلزم مصرف انرژی الکتریکی است. فرش کردن کف بتنی مزیت آن را به‌عنوان جرم گرمایی کاهش می‌دهد. و مهم‌تر از همه این‌که فرش و موکت بازتابندگی پایینی دارند و بنابراین باید نور مصنوعی بیشتری تأمین کرد و سطح پنجره‌ها را وسیع‌تر گرفت تا نور طبیعی بیشتری وارد فضای داخلی شود.

در مورد پنجره‌ها، نصب کرکره‌های عایق، یک نازک‌کاری اضافی مفید است. کرکره‌های عایق مقدار R را تقریبا به‌اندازه‌ی R-۵ افزایش می‌دهند و به این ترتیب مقاومت گرمایی پنجره را دو تا سه برابر می‌کنند. به‌علاوه، کرکره‌های عایق می‌توانند شامل یک مانع تابش باشند و تلفات تابشی را کاهش دهند و از لحاظ هوابندی نیز فواید اندکی دارند و اگر خوب روی چارچوب پنجره آب‌بندی شوند، نفوذ هوا را کاهش می‌دهند.

نازک‌کاری‌های دیگر می‌توانند انواع مختلف مزایای گرمایی و تابشی را همراه داشته باشند. استفاده از شیشه‌های رنگ‌دار به کاهش جذب ناخواسته‌ی گرمای خورشید در اقلیم‌های گرم کمک می‌کند. نصب حفاظ‌های تابشی پشت بخاری‌ها موجب بازتاب یافتن گرمای تلف‌شده و دور شدن آن از دیوار می‌شود. نوربندها می‌توانند چشم‌دوزی را کاهش دهند و محافظت جزئی در برابر جذب گرمای خورشید در تابستان انجام دهند و اتلاف تابشی از فضای داخل به بیرون را کاهش دهند. اما در نظر داشته باشید که، برای کاهش جذب گرمای خورشید، کرکره‌های خارجی بسیار کارآمدترند. نوربندها نیز می‌توانند بازتابندگی نوری بالایی داشته باشند، و از این طریق روشنایی مصنوعی لازم را کاهش دهند.



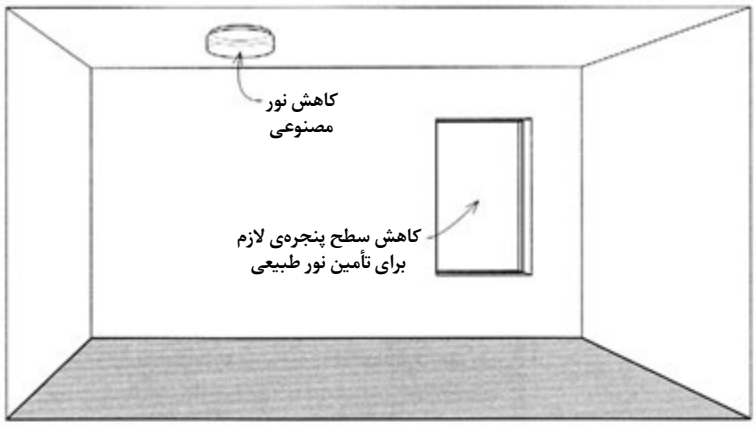
۹-۲۱: نازک‌کاری به صورت لایه‌ای محافظ.

بازتابندگی نوری

اگرچه خواص گرمایی و تابشی نازک‌کاری‌ها فواید اندکی دارند، اما بازتابندگی نوری آن‌ها می‌تواند تأثیر چشـــمگیری بر مصرف انرژی ســـاختمان داشته باشد. دو صرفه‌جویی بارز از به‌کارگیری سطوح داخلی بازتابگر نتیجه می‌شود:

۱. کاهـــش نیاز به نـــور مصنوعـــی و در نتیجه کاهش مصرف برق.

۲. کاهش نیاز به نور طبیعی برای تأمین تراز روشنایی یکســـان، و در نتیجـــه نیاز به پنجره‌هـــای کمتر یا کوچک‌تر و صرفه‌جویی در هزینه‌های ســـرمایش و گرمایـــش. مزایای دیگری، از قبیل کاهش هزینه‌ی چراغ‌ها، و کاهش ظرفیت تجهیزات تهویه‌مطبوع و کاهش مصرف انرژی آن‌ها، نیز مطرح است.



۹-۲۲: مزایای نازک‌کاری‌های بازتاب‌گر.

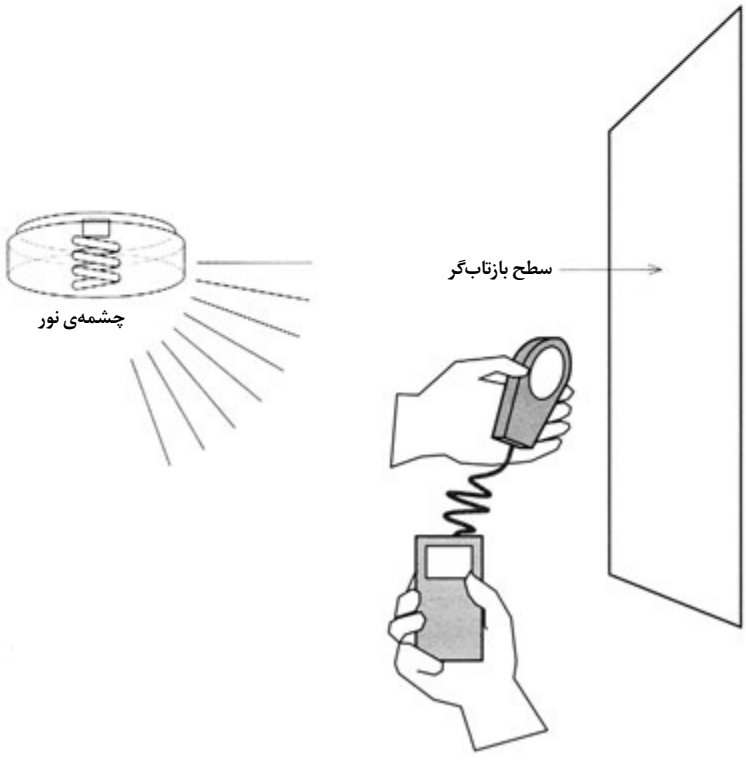
بازتابندگـــی را می‌توان با تعبیه‌ی نورســـنج در نزدیکی ســـطح اندازه‌گیـــری کـــرد؛ ابتدا نورســـنج را در جهت چشـــمه‌ی نور تنظیم می‌کنیم تا مشخص شود که چه مقدار نور به ســـطح مورد نظر می‌رسد؛ سپس آن را به ســـمت ســـطح مورد نظر جهت می‌دهیم تا ببینیم چه کسری از نور دریافتی را بازتاب می‌دهد.

مثال:

نورسنج را به سمت چشمه‌ی نور تنظیم می‌کنیم: ۱۰۰ فوت - شمع

نورسنج را به سمت ســـطح بازتاب‌گر تنظیم می‌کنیم: ۴۵ فوت - شمع

بازتابندگی = ۴۵/۱۰۰= ۴۵٪

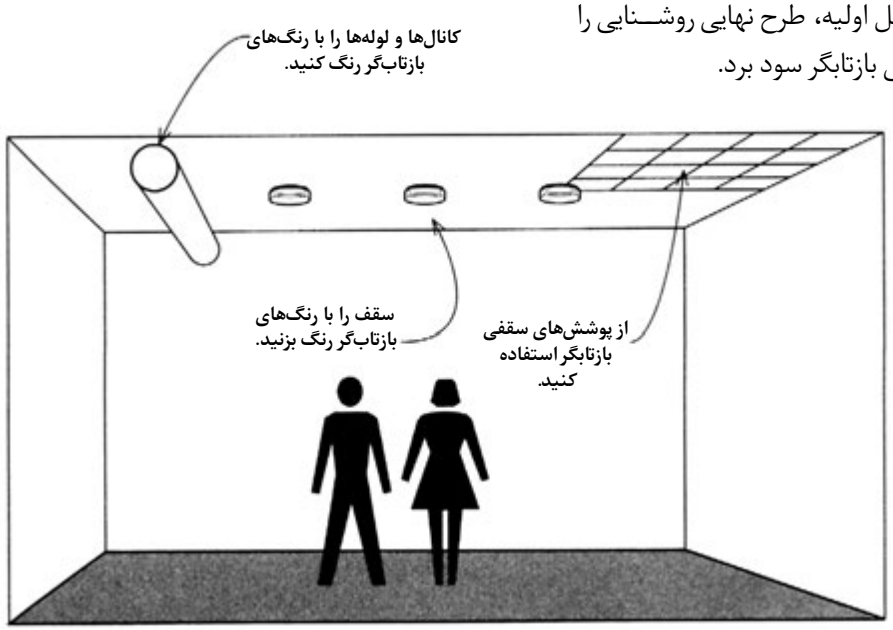


۹-۲۳: اندازه‌گیری بازتابندگی.

۹-۲۴: میزان بازتابندگی نازک‌کاری‌های مختلف.

رنگ‌ها		چوب‌ها		بتن	
سفید بسیار بازتاب‌گر	۹۰	افرا	۵۴	بتن سیاه صیقل‌خورده	۰
سفید معمولی	۷۰-۸۰	تبریزی	۵۲	بتن خاکستری صیقل‌خورده	۲۰
کرم روشن	۷۰-۸۰	کاج سفید	۵۱	بتن روشن صیقل‌خورده	۶۰
زرد روشن	۵۵-۶۵	کاج سرخ	۴۹	بتن بازتاب‌گر برای پوشش کف	۶۶-۹۳
سبز روشن*	۵۳	کاج نارنجی	۳۸		
سبز پسته‌ای*	۴۹	غان	۳۵	**دیوارها**	
آبی متوسط*	۴۹	راش	۲۶	پانل‌های تیره	۱۰
زرد متوسط*	۴۷	بلوط	۲۳	پارچه	۱۰
نارنجی متوسط*	۴۲	گیلاس	۲۰	تخته‌سه‌لا	۳۰
سبز متوسط*	۴۱				
سرخ متوسط*	۲۰	**موکت**		**مبلمان**	
قهوه‌ای متوسط*	۱۶	نگهداری کم، تیره	۲-۵	میز فولادی با پوشش پلاستیک خاکستری	۶۳
خاکستری مایل به آبی تیره*	۱۶	نگهداری متوسط	۵-۹	تابلو اعلانات	۱۰
قهوه‌ای تیره*	۱۲	نگهداری زیاد	۹-۱۳	پارتیشن‌های پارچه‌ای خاکستری	۵۱
		نگهداری بسیار زیاد	۱۳+	رویه‌ی پیشخوان	۴-۸۵
*برآورد شده برای رنگ‌های مات. برای رنگ‌های براق ۵٪ تا ۱۰٪ اضافه کنید.		**لینولئوم**		**پوشش‌های سقف**	
		سفید	۵۴-۵۹	پوشش‌های معمولی سقف	۷۶-۸۰
		سیاه	۰-۹	پوشش‌های با بازتابندگی بالا	۹۰

برای دیوارها و سقف‌ها، اولویت با سطوح بازتاب‌گری است که نیاز به نور مصنوعی را کاهش می‌دهند. کف‌سازی و مبلمان بازتاب‌گر نیز می‌توانند از این لحاظ سهم داشته باشند. اگر چه فرض بر این است که کف‌سازی بازتابندگی پیش گزیده‌ای برابر ۲۰٪ دارد، نباید آن را قطعی پنداشت. بازتابندگی بعضی از کف‌سازی‌هایی که با سخت‌چوب‌ها انجام می‌شود به بیش از ۵۰٪ می‌رسد و نوعی فراورده‌ی تجاری کف‌سازی بازتابندگی تا ۷۵٪ دارد و گزارش شده است که بازتابندگی بعضی از پوشش‌های کف بتنی به ۹۳٪ می‌رسد. رویه‌های پیشخوان نیز، مقادیر بازتابندگی متنوعی دارند که از کمتر از ۱۰٪ تا ۸۵٪ تغییر می‌کند. با تعیین طرح نازک‌کاری در مراحل اولیه، طرح نهایی روشنایی را می‌توان بهینه کرد و از مزایای سطوح داخلی بازتابگر سود برد.



۹-۲۵: راهبردهای بازتابندگی سقف.

اگر چه سطوح سفید در واقع به شدت بازتاب‌گرند، تنها گزینه نیستند. تحقیق نشان داده است انواع مختلف رنگ می‌توانند بسیار بازتاب‌گر باشند، چنان که انواع مختلف سطوح دیگر، مانند بعضی از نازک‌کاری‌های فلزی و چوبی، نوربندهای بازتاب‌گر، و پوشش‌های بتنی بازتاب‌گر.

مثلا در ساختمانی با سطوح داخلی بازتاب‌گر، مانند ۹۰٪ برای سقف‌ها، ۶۰٪ بـرای دیوارهـا، و ۳۰٪ برای کف‌ها، در مقایسـه با سـاختمانی با بازتابندگی متداول‌تر ۸۰٪ برای سقف‌ها، ۵۰٪ برای دیوارها، و ۲۰٪ برای کف‌ها، نیاز به روشـنایی مصنوعی ۱۱٪ کاهـش می‌یابد. اگر بازتابندگی بالاتر باشـد، صرفه‌جویی هم بیشتر می‌شـود. در صورتی که بازتابندگی سـقف‌ها ۹۰٪، بازتابندگی دیوارها ۷۰٪ و بازتابندگی کف‌ها ۴۰٪ باشد، مصرف انرژی برای روشنایی تا ۲۸٪ کاهش می‌یابد. توجه داشته باشید که بازتابندگی بالاتر سـطح به معنای کاهش متناسـب تعداد چراغ‌ها و کاهش هزینه‌ی ساخت است.

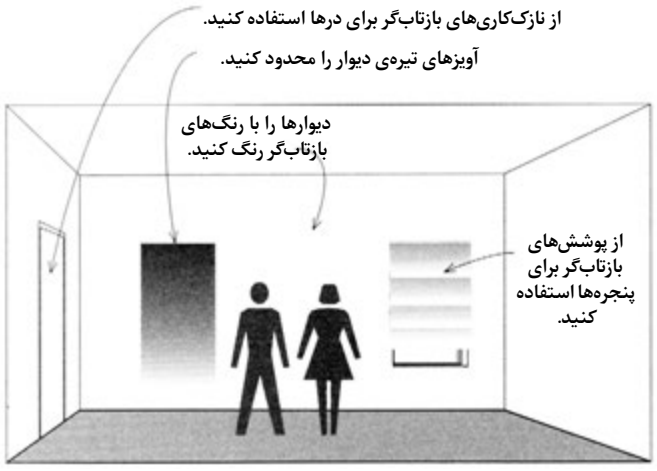
از آن‌جا که در طراحی سیسـتم روشـنایی معمـولا بازتابندگی دیوارها ۵۰٪ فرض می‌شـود، جا برای اصلاح وجـود دارد. نه‌تنها باید دیوار را با بازتابندگی‌های بیشـتر نازک‌کاری کرد، بلکه باید از کاربرد پوشش‌های غیربازتاب‌گر برای دیوارها، مانند پارچه خودداری کرد و نازک‌کاری‌هایی بـرای درها و اقلامی ماننـد رویه‌ی پیش‌خوان و گنجه در نظر گرفت که بازتابندگی‌بیشتری داشته باشند. به همین ترتیب، پوشش‌های بازتاب‌گر پنجره از پوشـش‌های غیربازتاب‌گر، مانند اغلب پرده‌ها، مناسـب‌ترند. توجه داشته باشید که پنجره‌های بدون پوشش، در ساعات شب، وقتی نور مصنوعی بیش از همیشه لازم اسـت، به‌شدت غیربازتاب‌گرند و در نتیجه باید انرژی بیشـتری برای روشـنایی مصرف کرد، یا پنجره‌ها را با نوربندها یا کرکره‌های بازتاب‌گر پوشاند.

بازتابندگی نسبتا پایین موکت و فرش شایان توجه خاص است. فرشی با بازتابندگی بالاتر از ۹٪ به تراز نگهداری بالاتری نیاز دارد. وقتی بازتابندگی فرش به بالاتر از ۱۳٪ برسـد، به تراز نگهداری بسیار بالایی نیاز دارد. با فرض این‌که بازتابندگی فرش ۱۰٪ اسـت و با استفاده از چوب یا پوشش روشـن‌تر، مثلا با بازتابندگی ۵۰٪، برق مورد نیاز برای روشنایی و تعداد چراغ‌ها حدود ۳۶٪ کاهش می‌یابد و با استفاده از این نازک‌کاری قابلیت حداکثرسازی نورطبیعی نیز افزایش می‌یابد.

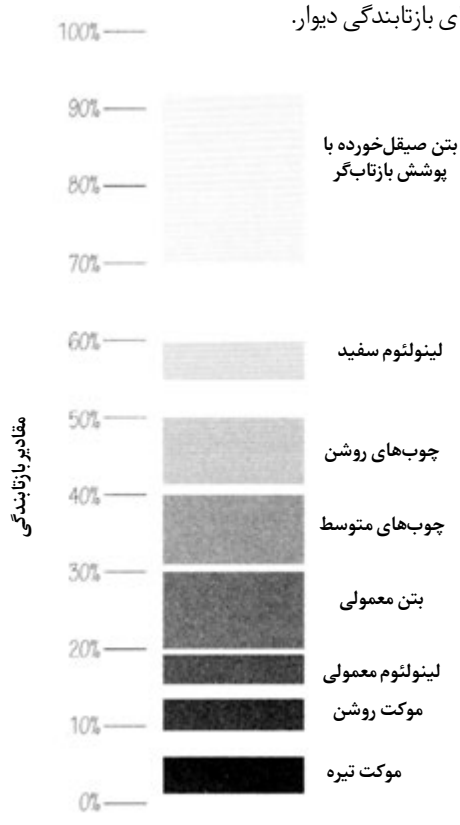
به‌منظور اسـتفاده از صرفه‌جویی‌های حاصل از به‌کارگیری سـطوحی با بازتابندگی بالاتر، باید تلاش هماهنگی انجام داد:

- انتخاب این نازک‌کاری‌ها در مراحل اولیه‌ی طراحی؛
- انتقال این مقادیر به طراحان سیستم روشنایی به طوری‌که بتوانند طرح این سیستم را بهینه کنند.
- تضمین اجرای نازک‌کاری‌ها در مرحله‌ی ساخت؛ و
- مستندسـازی نازک‌کاری‌ها برای تعمیرات آینده و عملیاتی از قبیل تعویض پوشش سقف.

مالک باید از اهمیت و مناسبت مقادیر بازتابندگی آگاه باشد. این‌جاست که شـیوه‌ی طراحی جمعی مفید واقع می‌شـود، زیرا مالک فعالانه در فرایند طراحی درگیر می‌شـود، درسـت همان‌طور که طراح روشـنایی درگیر می‌شـود، و همه‌ی طرف‌ها می‌توانند بر سر استفاده از سطوح با بازتابندگـی بالا، به‌منظور کاهش نیاز به نور مصنوعی و پنجره‌های لازم برای اسـتفاده از نور طبیعی، توافق کنند. در گذشته سیستم روشنایی را براساس بازتابندگی ۸۰٪ برای سقف‌ها، بازتابندگی ۵۰٪ برای دیوارها، و بازتابندگـی ۲۰٪ برای کف‌ها طراحـی می‌کردند. این مقادیر چنان به گسـتردگی به‌کار رفته‌اند که در بسیاری از برنامه‌های نرم‌افزاری طراحی روشـنایی پیش‌گزیده قلمداد می‌شـوند. برای تضمیـن صرفه‌جویی در مصرف انرژی هنگام استفاده از نازک‌کاری‌هایی با بازتابندگی بالا، نه‌تنها باید به انتخاب چنین نازک‌کاری‌هایی توجه خاص کرد، بلکه باید سیستم نورپردازی را نیز مطابق با این ویژگی‌ها طراحی کرد.



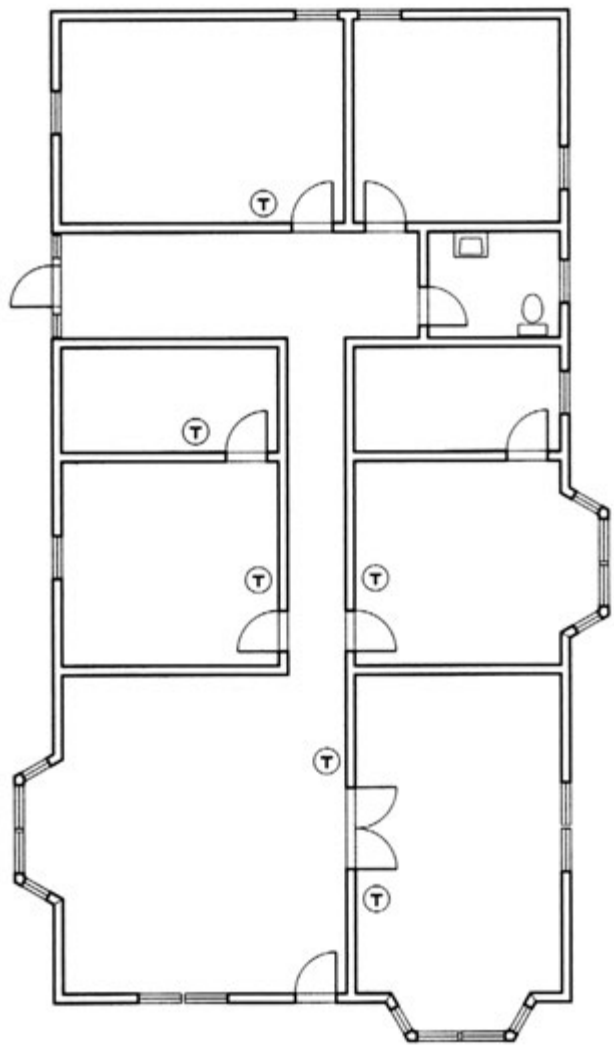
۹-۲۶: راهبردهای بازتابندگی دیوار.



۹-۲۷: راهبردهای بازتابندگی کف. از آن‌جا که روشنایی را معمولا براساس بازتابندگی ۲۰٪ برای کف طراحی می‌کنند، کف در مقایسه با سقف یا دیوارها، فرصت بیشتری برای افزایش بازتابندگی در اختیار طراح قرار می‌دهد.

۱۰ منطقه‌بندی و بخش‌بندی گرمایی

منطقه‌بندی و بخش‌بندی گرمایی با استفاده از لایه‌های محافظ داخلـی برای محدود کردن جریان ناخواســته‌ی گرمــا و هوا در ساختمان، به کاهش مصرف انرژی کمک می‌کند.

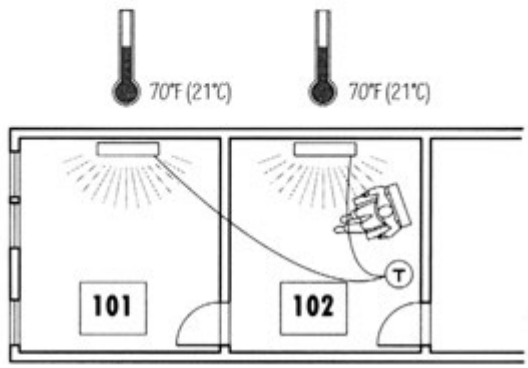


۱۰-۰۱: در منطقه‌بنـدی گرمایـی در نواحـی مختلـف سـاختمان از کنترل‌گرهای مجزای دما استفاده می‌شود.

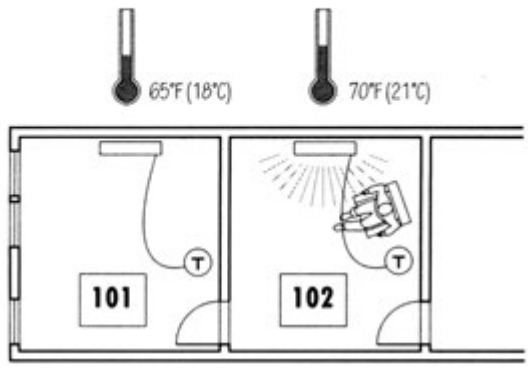
منطقه‌بندی گرمایی

در منطقه‌بندی گرمایی در نواحی مختلف ساختمان کنترل‌گرهای مجزای دما تعبیه می‌شود که به دمای ترجیحی از نظر هر شخص بهتر پاسخ می‌دهند. هم‌چنین، با این اقدام می‌توان از دو طریق در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد:

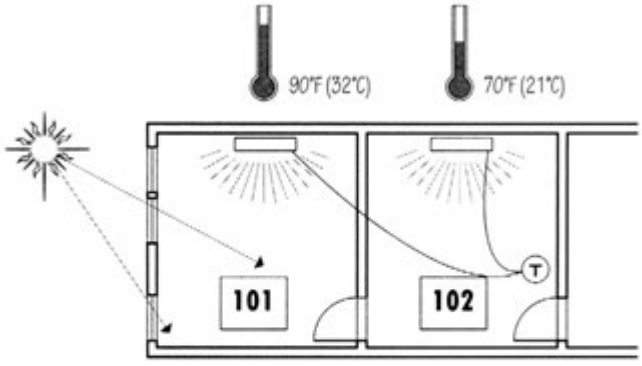
- منطقه‌بندی گرمایی می‌تواند از گرم شدن بیش از اندازه‌ی فضاهایی که گرما را از منابع دیگری، مانند جذب گرمای خورشیدی در جبهه‌ی جنوبی ساختمان؛ تراکم جمعیت بالا در سالن‌های کنفرانس، کلاس‌های درس، و سایر فضاهای گردهمایی؛ و جذب داخلی غیرعادی از ماشین‌آلات یا سیستم روشنایی داخلی دریافت می‌کنند، جلوگیری کند.
- در صورت منطقه‌بندی گرمایی می‌توان فضای دارای تهویه مطبوع را، در اوقات مقتضی، تهویه نکرد. با استفاده از این شیوه و پایین آوردن دمای فضای مورد نظر در زمستان، یا بالا بردن دمای آن فضا در تابستان، می‌توان بارهای گرمایشی و سرمایشی را کاهش داد.



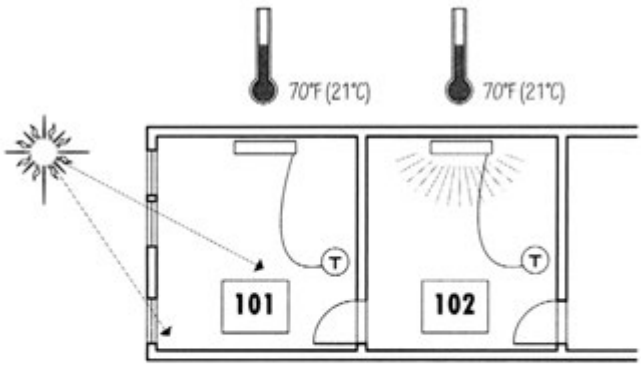
بدون منطقه‌بندی یک ترموستات دمای فضاهای مختلف را کنترل می‌کند. هر دو فضا گرم می‌شوند، هر چند اتاق ۱۰۱ خالی است.



منطقه‌بندی با نصب ترموستات مجزا در اتاق ۱۰۱، از گرمایش آن در اوقات خالی بودن جلوگیری می‌شود و در نتیجه مصرف انرژی کاهش می‌یابد.



بدون منطقه‌بندی یک ترموستات دمای فضاهای مختلف را کنترل می‌کند. جذب گرمای خورشید موجب گرم‌شدن بیش از حد اتاق ۱۰۱ می‌شود.



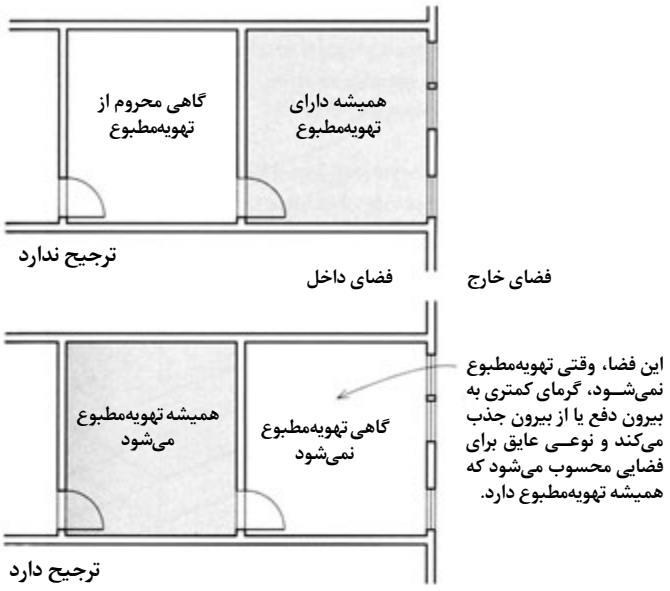
منطقه‌بندی با نصب ترموستات مجزا در اتاق ۱۰۱ از کار کردن هم‌زمان سیستم گرمایش در هنگام جذب گرمای خورشید جلوگیری می‌شود و در نتیجه مصرف انرژی کاهش می‌یابد.

۱۰-۰۲: جلوگیری از گرم شدن بیش از اندازه‌ی فضاهایی که از منابع دیگر گرما دریافت می‌کنند.

۱۰-۰۳: می‌توان بعضی فضاها را در اوقات مقتضی از تهویه‌مطبوع محروم کرد.

از آن‌جـا که با منطقه‌بندی گرمایی، به هر یک از این دو دلیل، می‌توان در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد، شناســایی فضاهایی که ممکن اســت همواره نیازمند گرمایش یا سرمایش نباشند، مهم است.

در صــورت امکان فضاهایی را که گاه می‌تــوان از تهویه‌مطبوع محروم کرد، مجاور دیوارهای خارجی بسازید. به این ترتیب این فضاها می توانند موجب کاهش انتقال گرما از فضای گرم‌شــده به بیرون شوند.



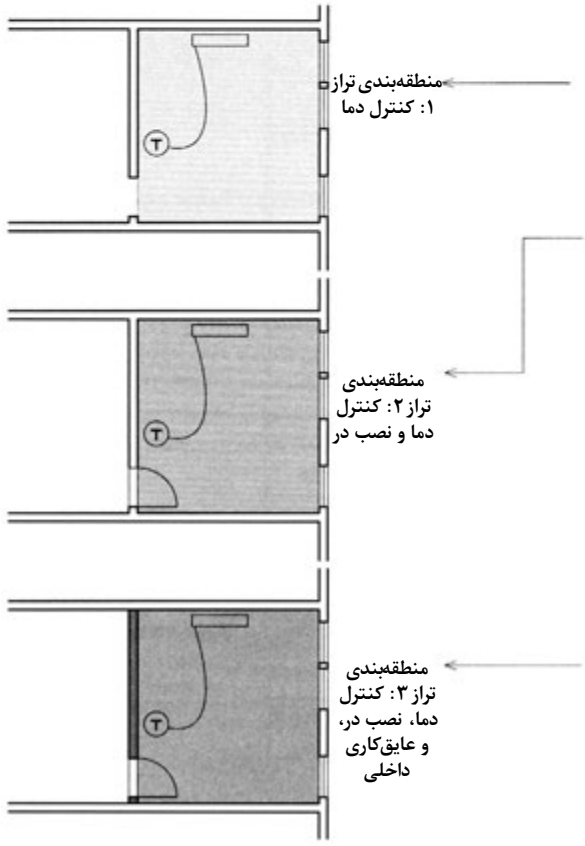
۱۰-۰۴: تعیین موقعیت فضاهایی که گاهی تهویه‌مطبوع نمی‌شوند.

سه تراز برای منطقه‌بندی گرمایی می‌توان در نظر گرفت:

۱. کنترل دما: ضروری اســت. بدون کنترل دما، منطقه‌بندی گرمایی امکان‌پذیر نیســت. کنترل دما به این معناست که هر منطقه ترموستات یا وسیله‌ی کنترل خاص خود را دارد تا بتواند تجهیزات تحویل گرمایش یا سرمایش به منطقه‌ی مورد نظر را کنترل کند.

۲. درهایی برای بستن هر منطقه: توصیه می‌شود. برای افزایش صرفه‌جویــی در مصرف انرژی در هــر منطقه، باید درهایی وجود داشــته باشــند تا از اتلاف ناشی از مهاجرت هوا بین منطقه‌ای که تهویه‌مطبوع می‌شود و منطقه‌ای که موقتا از تهویه‌مطبوع محروم شــده است، جلوگیری کند. به عنوان مثال می‌توان از استقرار در در بالا یا پایین راه‌پله، به‌منظور ایجــاد دو منطقه - طبقه‌ی بالا و طبقــه‌ی پایین - در یک ساختمان اداری دوطبقه نام برد.

۳. جداســازی گرمایــی هــر منطقــه: اختیــاری. دیوارهــای داخلی،کف، و ســقف جداکننده‌ی یک منطقه از منطقه‌ی دیگــر را بایــد عایــق‌کاری و هوابندی کــرد، و درها را باید درزبنــدی نمود. ایــن اقدام هنگامی معنــا دارد که فضای منطقه‌بندی‌شده مدت‌ها بلااستفاده بماند. به‌عنوان مثال می‌توان از اتاق‌خــواب میهمان یا اتاق مطالعه، یا اتاق‌های هتل نام برد.



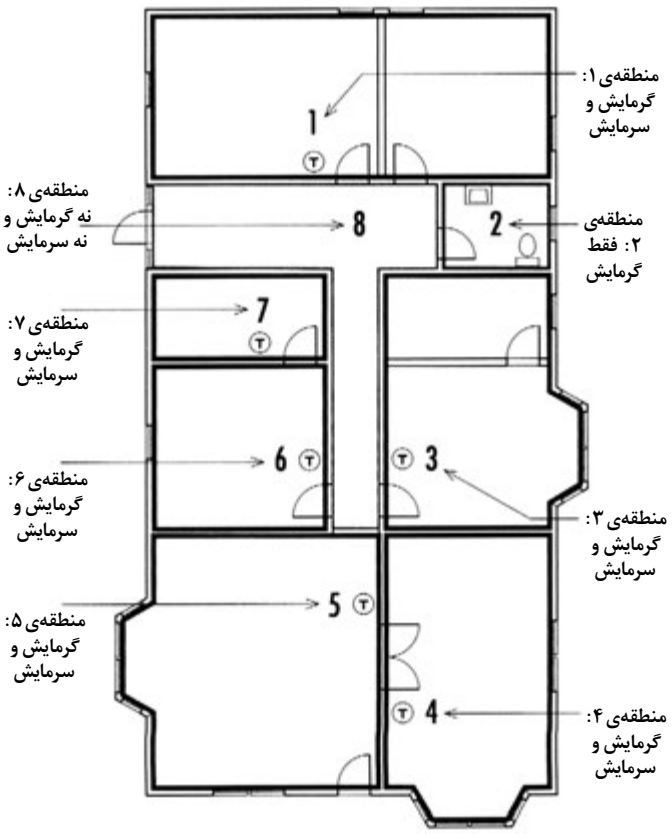
۱۰-۰۵: سه تراز منطقه‌بندی گرمایی.

از آن‌جا که بعضی از سیستم‌های گرمایش و سرمایش نمی‌توانند از طرح منطقه‌بندی گرمایی پشتیبانی کنند، بهتر است ابتدا، قبل از انتخاب سیستم مناسب گرمایش و سرمایشی که منطقه‌بندی گرمایی را پشتیبانی کند، منطقه‌های گرمایی را تعریف کنیم.

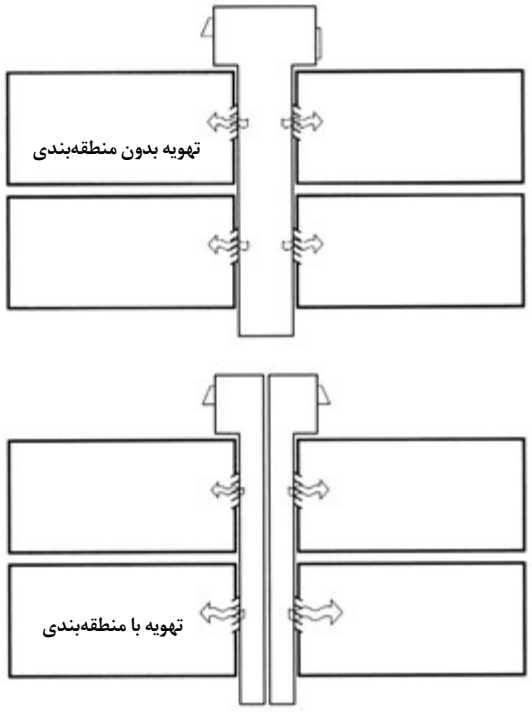
نمودار منطقه‌بندی گرمایی را می‌توان در اسناد ساخت گنجاند تا به توضیح این که کدام منطقه توسط کدام کنترل‌گر دما کنترل می‌شود، کدام فضاها گرم می‌شوند، اما سرد نمی‌شوند، و کدام فضاها به طور کلی فاقد تهویه‌مطبوع‌اند، کمک کند.

مفهوم تقسیم ساختمان به چند منطقه را می‌توان در مورد تهویه نیز به‌کار برد. یک ساختمان اداری وسیع غالبا دستگاه‌های هواساز بزرگی دارد که به بخش‌های مهم ساختمان خدمت می‌کنند. این سیستم‌های بزرگ به نیازهای موضعی تهویه به‌خوبی پاسخ نمی‌دهند و بنابراین همواره این خطر وجود دارد که منطقه‌ای خاص بیش از اندازه تهویه شود و در این فرایند انرژی هدر رود، یا کمتر از حد لازم تهویه شود و کیفیت هوای داخل را به مخاطره بیندازد. با تقسیم ساختمان به منطقه‌های کوچک‌تر، سیستم تهویه‌ی هر منطقه می‌تواند به نیازهای تهویه‌ی منطقه‌ی خود به‌خوبی پاسخ دهد و کیفیت هوا در حد قابل قبول بماند و هزینه‌ی انرژی نیز کاهش یابد.

تأثیر منطقه‌بندی گرمایی در هزینه‌های ساخت ممکن است مثبت یا منفی باشد. وقتی به تعداد بیشتری کنترل‌گر دما، در، یا مقدار بیشتری عایق‌کاری نیاز است، هزینه‌ها بالا می‌رود. اما، وقتی بتوان گرمایش یا سرمایش بعضی فضاها را حذف کرد، این هزینه جبران می‌شود.



۱۰-۰۶: نمودار منطقه‌بندی گرمایی.

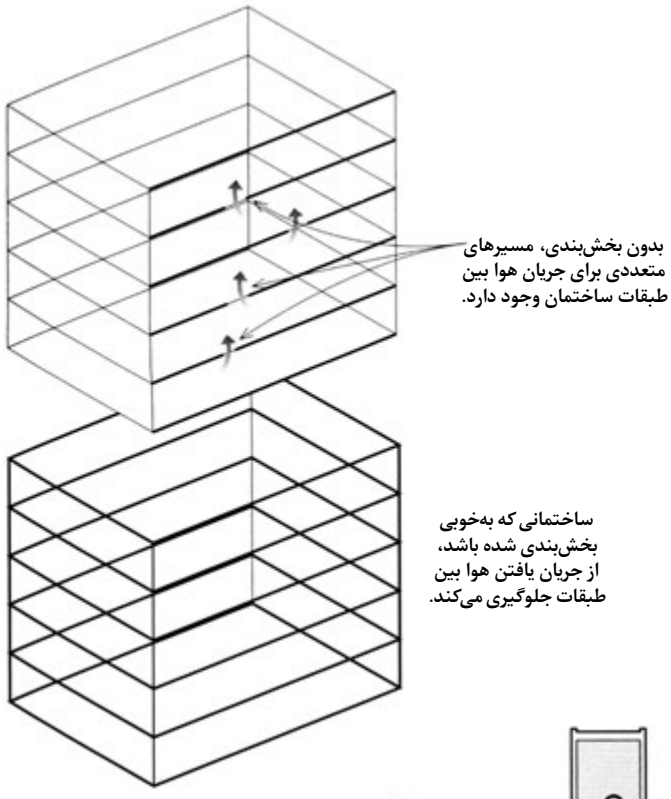


۱۰-۰۷: سیستم‌های تهویه‌ی منطقه‌ای.

بخش‌بندی

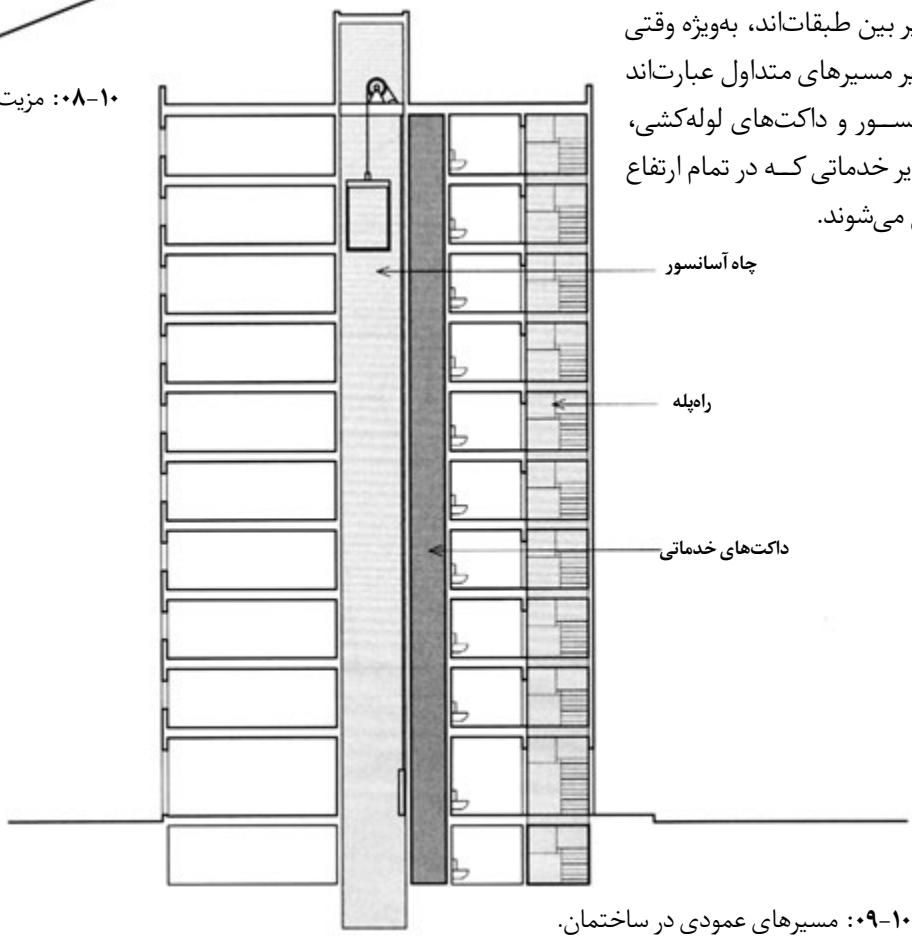
موضوعی مربوط به منطقه‌بندی گرمایی، اما با مشخصه‌های خاص خود، بخش‌بندی است. بخش‌بندی عبارت است از جداسازی فیزیکی بعضی نواحی ساختمان برای کاهش جریان ناخواسته‌ی هوا بین این نواحی. هدف اصلی بخش‌بندی کاهش حرکت هوای ناشی از اثر دودکش است. بخش‌بندی هم در مورد فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع و هم در مورد فضاهای دارای تهویه‌مطبوع کاربرد دارد.

ضمن بحث درباره‌ی هوابندی کف فضای زیرشیروانی و سقف زیرزمین، به بعضی صورت‌های بخش‌بندی اشاره کردیم. بخش‌بندی در ساختمان‌های بلند و متوسط اهمیت بیشتری دارد، زیرا ارتفاع یکی از عوامل مهم در تقویت اثر دودکش است. اما از بخش‌بندی در ساختمان‌های دوطبقه یا یک طبقه‌ی دارای زیرزمین نباید غافل شد، زیرا بررسی نشان می‌دهد که اثر دودکش، حتی در ساختمان‌های کوتاه هم فعال است.



۱۰-۰۸: مزیت بخش‌بندی.

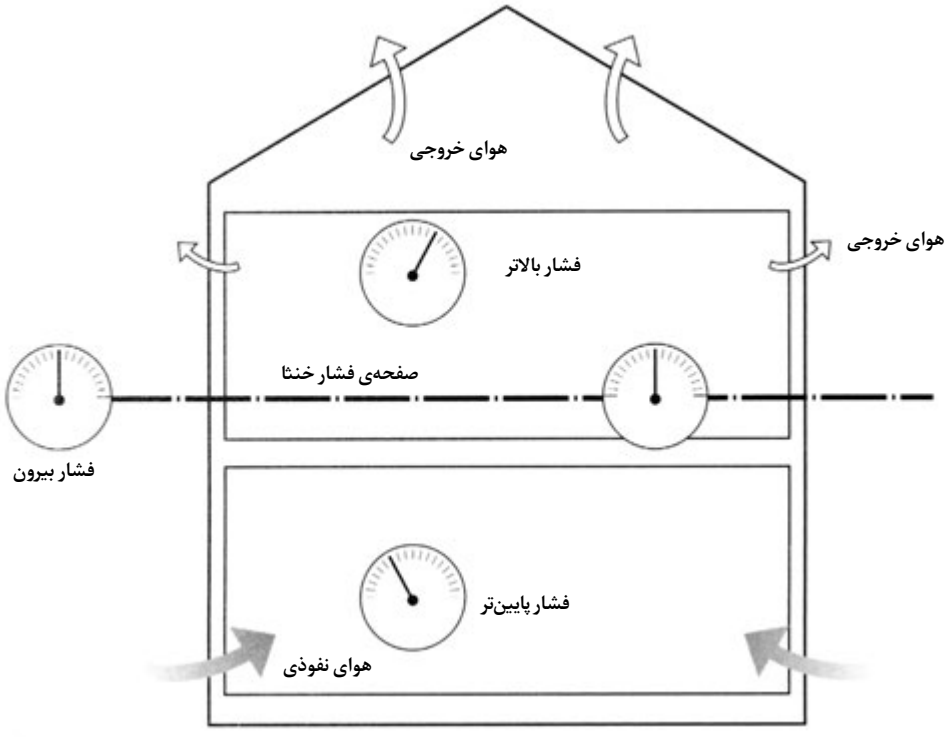
مسیرهای کف تا کف کدام‌اند؟ راه‌پله‌ها مهم‌ترین مسیر بین طبقات‌اند، به‌ویژه وقتی باز باشند. سایر مسیرهای متداول عبارت‌اند از چاه‌های آسانسور و داکت‌های لوله‌کشی، کانال‌ها، و سایر خدماتی که در تمام ارتفاع ساختمان توزیع می‌شوند.



۱۰-۰۹: مسیرهای عمودی در ساختمان.

در تلاش برای محدود کردن این جریان هوا، از دنبال کردن مسیر جریان هوای ناشـــی از اثر دودکش مطالب زیادی عاید ما خواهد شد. جریان هوایی را که از بیرون وارد می‌شود و در ساختمان بالا می‌رود و هنگامی که به بالای ســـاختمان می‌رســـد دوباره خارج می‌شود، در نظر بگیرید. هوا از هر نقطه‌ای که فشار آن پایین‌تر از فشار صفحه‌ی خنثا باشد، وارد می‌شود. در صفحه‌ی فشار خنثا، بین فشـــار هوای داخل و خارج اختلافی نیســـت و بنابراین نفوذ ناشـــی از فشـــار اثر دودکش رخ نمی‌دهد. صفحه‌ی فشار خنثا را می‌توان در نیمه‌ی ارتفاع ســـاختمان در نظر گرفت، اگرچه محل دقیق آن، بســـته به موقعیت نســـبی نقاط نفـــوذ در طول ارتفاع ساختمان تغییر نمی‌کند.

هـــر چه نقطه‌ی نفوذ از صفحه‌ی فشـــار خنثا پایین‌تر باشـــد، اثر دودکش هوای بیشـــتری را به داخل می‌کشـــد، زیـــرا با نزدیک‌تر شـــدن نقطه‌ی نفوذ به زمین، فشار منفی ناشی از اثر دودکش در ساختمان بیشتر می‌شود. بنابراین انتظار می‌رود هوا در ترازهای پایین‌تر، مخصوصا در زیرزمین یا طبقه‌ی اول، وارد ساختمان شود. هوا ممکن است بر اثر باز ماندن درِ جلو، وجود ترک یا شکاف در اطراف چارچوب پنجره، یا از طریق ورودی‌های خدماتی، مانند درِ بارگیری یا درِ پشتی وارد ساختمان شود. زیرزمین و طبقه‌ی اول بیش‌ترین فشـــار منفی هوای ناشی از اثر دودکش را دارند و غالبا بیش‌ترین بازشدگی‌ها نیز در همین ترازهاست. بنابراین نخستین ســـد دفاعی در برابر اثر دودکش باید در این ورودی‌های وســـیع‌تر طبقات پایین ایجاد شـــود. مثلا، تعبیـــه‌ی قفل هوا برای درِ جلو مانع خوبی در برابر اثر دودکش است و حتی برای درهای طبقه‌ی اول نیز باید از آن استفاده کرد. انواع مختلف بازشدگی‌های دیگررا نیز باید شناسایی و هوابندی کرد.

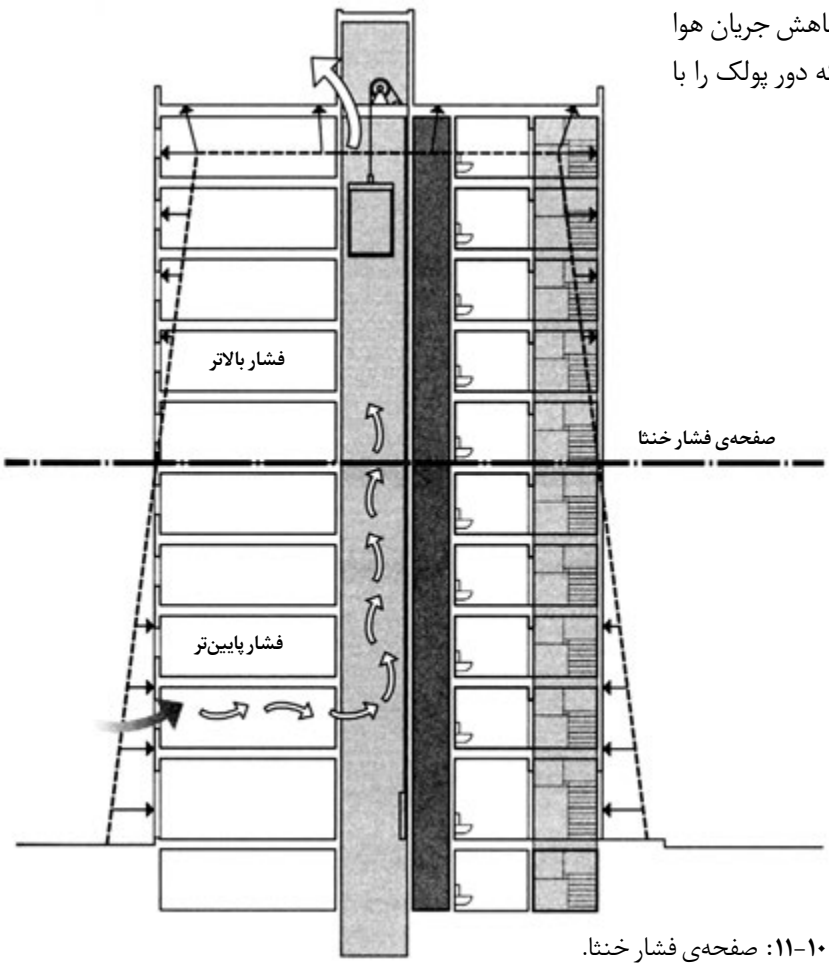


۱۰-۱۰: صفحه‌ی فشار خنثی.

اکنون، هوا برای بالا رفتن در ساختمان، باید مسیری افقی را تا رسیدن به راه‌پله، داکت، یا چاه آسانسور طی کند. چون این هوا می‌تواند از درهای باز، از زیر درهای بسته، و از داخل اتاق‌ها و راهروها بگذرد، می‌توانیم از درهای لازم برای منطقه‌بندی گرمایی، استفاده‌ی دیگری هم بکنیم و آن جلوگیری از حرکت جریان افقی هوا برای یافتن مسیر صعود به سمت بالای ساختمان است. درهایی که می‌توان در طول این مسیر آن‌ها را بست جریان هوا را کاهش خواهند داد. درزبندی درهای داخلی موجب کاهش بیشتر این جریان هوا خواهد شد. حین تلاش برای متوقف کردن جریان هوا و جلوگیری از اثر دودکش در نقاط مختلف در طول مسیر هوا، به کاربرد لایه‌های محافظ نیز توجه کنید.

سپس هوا باید وارد چاه عمودی راه‌پله، آسانسور، یا داکت تأسیسات مکانیکی شود. اتصال به داکت‌های تهویه و لوله‌کشی غالبا در آشپزخانه و دستشویی انجام می‌شود. هوا از بازشدگی‌های ایجاد شده برای ورود لوله‌های آب و فاضلاب دستشویی و توالت به داکت، و نقاط تعبیه‌ی دریچه‌های هواکش روی کانال‌ها، نفوذ می‌کند. با تعبیه‌ی پولک دور لوله می‌توان به کاهش جریان هوا کمک کرد، اما این اقدام هنگامی مؤثرتر است که دور پولک را با ماده‌ی درزگیر پر کنیم.

در داکت‌ها، هوابندی کف تا کف برای مقابله با جریان هوای ناشی از اثر دودکش بسیار مؤثر است و غالبا آیین‌نامه‌ی آتش‌نشانی خواستار این اقدام است. برای راه‌پله، نصب نوار درزبندی روی درها در کاهش جریان هوای ناشی از اثر دودکش تأثیر بسزا دارد. برای جلوگیری از ورود هوا از کانال به داکت تأسیسات و بالا رفتن به سبب اثر دودکش، کانال‌ها باید کاملا آب‌بندی باشند و اتصال کانال‌های فرعی به دریچه‌ها را نیز باید کاملا هوابندی کرد. نگاه کنید به شکل ۱۰-۱۲.

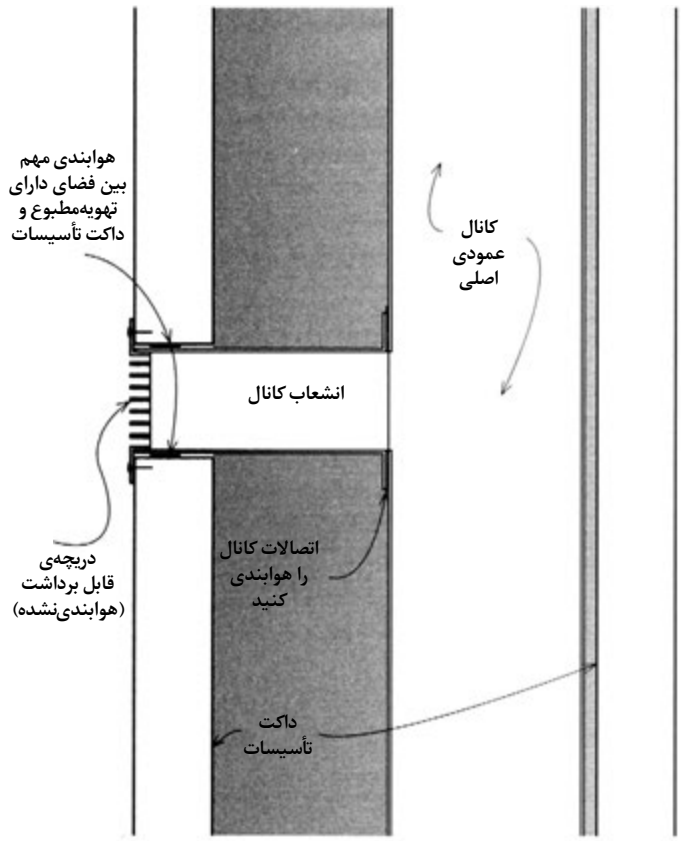


۱۰-۱۱: صفحه‌ی فشار خنثا.

وقتی هوا به طبقات بالا صعود می‌کند، فشـــار هوای فزاینده‌ی ناشـــی از اثر دودکش موجب خروج هـــوا از داکت‌ها و راه‌پله‌ها می‌شـــود. بنابرایـــن از همان شـــیوه‌های هوابنـــدی که برای جلوگیری از ورود هوا به این مســـیرها اســـتفاده شد، می‌توان بـــرای جلوگیری از خروج هوا از این مســـیرها، در طبقات بالا، اســـتفاده کرد. بـــه همین ترتیب، از درهـــای داخلی باید برای جلوگیـــری از جریان روبه‌خارج هوا اســـتفاده کـــرد. این همان جایی است که نیاز به سقفی محکم و هوابندی‌شده بسیار مبرم اســـت و نشـــان می‌دهد که چرا فضاهای زیرشیروانی این قدر آســـیب‌پذیرند. اگر ساختمان سرپوشی سخت، مانند بام تخت صلب، داشته باشد جریان هوای ناشی از اثر دودکش نمی‌تواند از طریق بام از ســـاختمان خارج شود. بنابراین مسیر خروج آن محدود به پنجره‌ها و دیوارها می‌شـــود. اگـــر دیوارها یکپارچه باشـــند، هوا فقط می‌تواند از طریق پنجره‌ها خارج شـــود. اگر پنجره‌ها کوچک‌تر و تعداد آن‌ها کمتر باشد، و خوب هوابندی شـــوند، می‌توانیم جریان هوای ناشی از اثر دودکش را متوقف کنیم. باید به چارچوب پنجره توجه خاصی کرد؛ غالبا ابزارها و زوارها بازشدگی‌های هوابندی‌نشده را پنهان می‌کنند.

از آن‌جا که درهای آسانسور هوابندی نیستند، باید بر جلوگیری از رســـیدن جریان هوا به آسانســـورهای داخل ساختمان تکیه کرد و راه‌هایی برای جلوگیری از ورود هوا به راهروهای منتهی به آسانســـورها یافـــت. کرکره‌های چاه آسانســـور را می‌توان به دمپرهای موتوری با آهنگ نشت پایین مجهز کرد و آن‌ها را در وضعیت بسته نگه داشت، اما باید برای ایجاد ارتباط متقابل با سیستم‌های کنترل آتش تدبیری اندیشید.

بخش‌بندی ساختمان بر قیمت آن چه تأثیری دارد؟ به‌طور کلی این اقدام موجب افزایش هزینه‌ی ســـاخت می‌شود. هوابندی بین طبقات ساختمان موجب افزایش هزینه‌ی ساخت می‌شود، چنان‌که جلوگیری از ورود و خروج هوا از ساختمان نیز مستلزم صرف هزینه است.

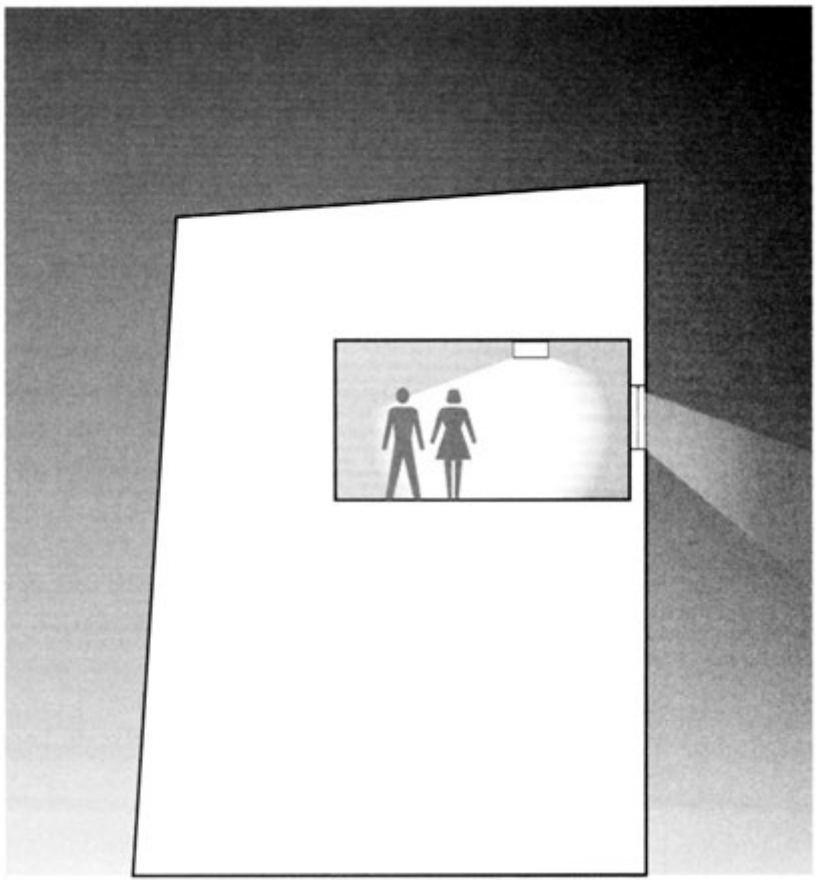


۱۰-۱۲: جلوگیری از ورود هوا از کانال یا از فضای دارای تهویه‌مطبوع به داکت تأسیسات و بالارفتن آن در نتیجه‌ی اثر دودکش.

۱۱ روشنایی و سایر بارهای الکتریکی

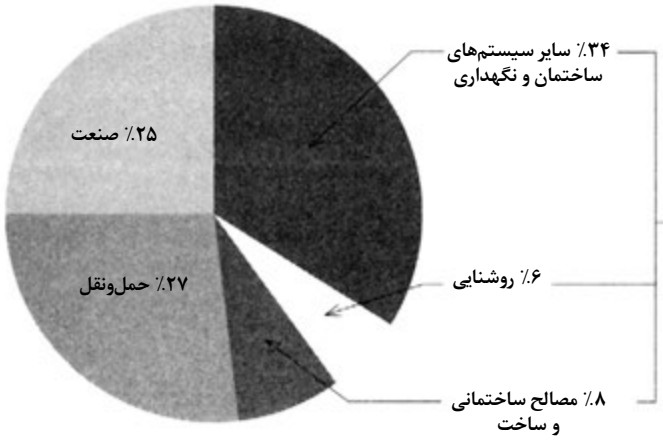
طراحان حرفه‌ای، با طراحی از خارج به داخل، گزینه‌های اســتفاده از نور طبیعی را قبلا، و به‌صورت بخشی از طراحی پوش خارجی و قبل از شروع طراحی روشنایی مصنوعی، بررسی کرده‌اند. در این فصل راه‌های کارآمدتر کردن روشنایی مصنوعی را بررسی می‌کنیم.

روشــنایی مصنوعی در برابر کمسویی و تاریکی از ما محافظت می‌کند. تا فرارســیدن زمانی که بتوان نور طبیعی را تا اعماق ساختمان هدایت کرد و علاوه بر آن، برای مصرف شبانه ذخیره نمود، هم‌چنان باید بر روشنایی مصنوعی متکی باشیم.



روشنایی

روشـــنایی یکی از بارهای مهم انرژی در ساختمان است و دومین سهم مصرف انرژی را، پس از گرمایش و سرمایش دارد. روشنایی را می‌توان به‌آسانی چنان طراحی کرد که مصرف سنتی انرژی در این بخش به ۵۰٪ و در بسیاری از موارد حتی کمتر از این کاهش یابد.

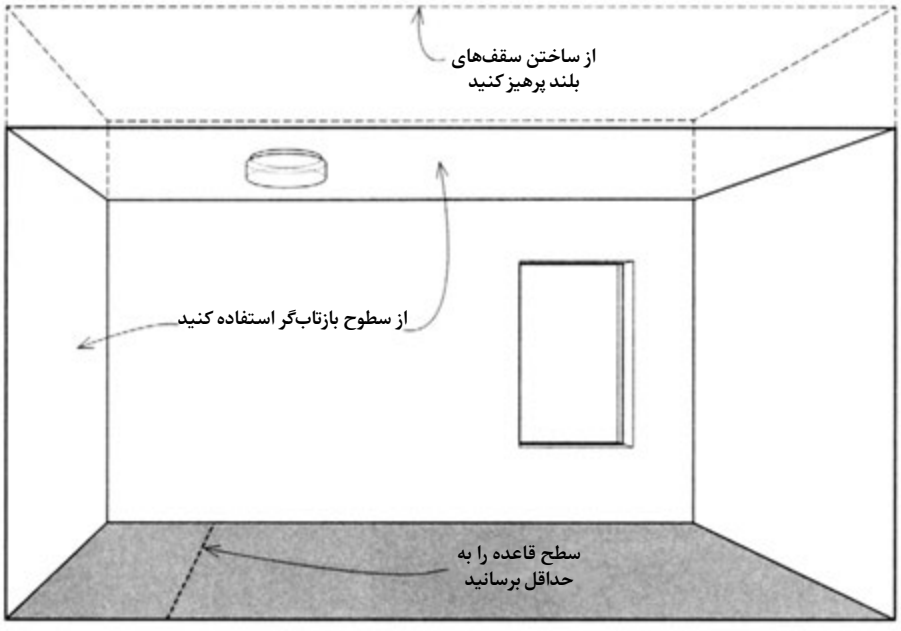


۱۱-۰۱: درصد مصرف انرژی مربوط به روشنایی.

طراحی فضا برای حداقل‌سازی نیاز به روشنایی

نیاز به استفاده از روشنایی مصنوعی، قبلا با طراحی هوشمندانه‌ی فضا به حداقل رســیده بــود. با رجوع دوباره بــه مراحل اولیه‌ی طراحی، اگر بتوان ســاختمانی خاص را چنان طراحی کرد که در سطح قاعده‌ی کوچک‌تری بگنجد، مقدار روشنایی مصنوعی لازم، و بنابراین مقدار انرژی مصرفی برای تأمین روشنایی کمتر خواهد شد.

به‌علاوه، وقتی ساختمانی کوچک‌تر باشد، در مقایسه با ساختمانی با سطح وســیع‌تر که همان کارکرد را دارد، نور طبیعی در بخش وسیع‌تری از آن نفوذ می‌کند.



۱۱-۰۲: طراحی فضا برای حداقل‌سازی نیاز به روشنایی مصنوعی.

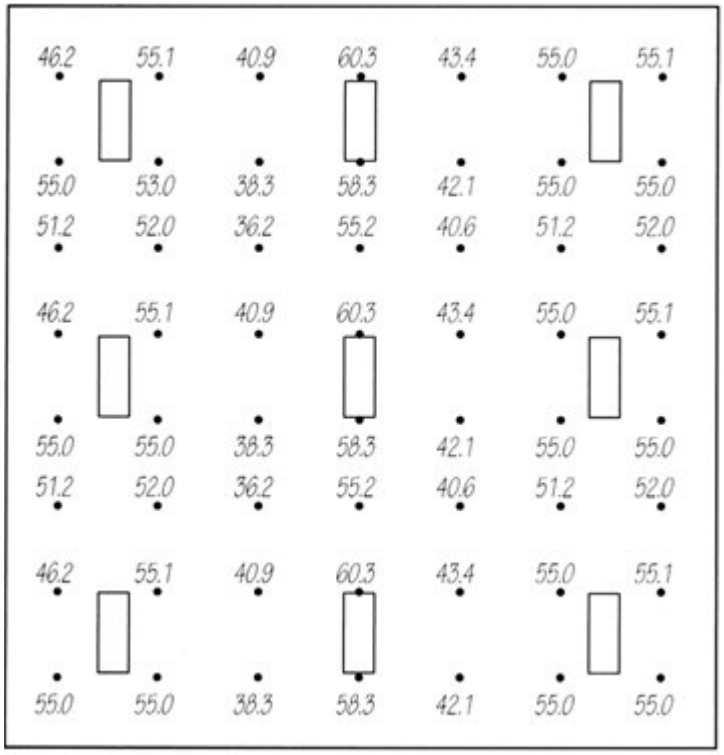
قبــلا با اجتناب از ســاخت ســقف‌های بلند، تا حدودی صرفه‌جویی کرده بودیم. مثلا روشنایی مصنوعی لازم برای فضایی که ارتفاع سقف آن ۸ فوت (۲۴۴۰) است ۵٪ کمتر از مقدار لازم برای تأمین همان تــراز روشــنایی در همان فضا بــا ارتفاع سقف ۱۰ فوت (۳۰۵۰) است.

برای حداقل‌ســازی نیاز به روشــنایی از نازک‌کاری‌هــای بازتاب‌گر نیــز می‌توان استفاده کرد. مثالی را یادآوری می‌کنیم کــه صرفا با افزایش بازتابندگی ســطوح ســقف، دیوارها و کف به میــزان ۱۰٪، مصــرف انرژی بــرای تأمین همــان تراز روشــنایی ۱۳٪ کاهش یافت. با افزایش بیشــتر بازتابندگی‌های سقف، دیوارها و کــف، می‌توان تا بیش از ۳۰٪ در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد.

طرح بهینه‌ی روشنایی

وقتی فضایی طوری طراحی می‌شود که نیاز آن به روشنایی مصنوعی حداقل باشد، می‌توانیم طراحی سیستم روشنایی را آغاز کنیم. برای ساختمان سبز، این کار مستلزم استفاده از محاسبات نورسنجشی یا نرم‌افزارهای کامپیوتری برای انتخاب چراغ و طرح جانمایی آن بر مبنای فضا به فضاست. در گذشته، اغلب سیستم‌های روشنایی با استفاده از قواعد سرانگشتی طراحی می‌شدند و نتیجه‌ی کار غالبا تأمین روشنایی بیش از میزان لازم بود. طراحی سیستم روشنایی بر مبنای اتاق به اتاق بهترین روش برای طراحی ساختمان سبز است. بدون طراحی اتاق به اتاق، ممکن است روشنایی ساختمان بیشتر از میزان مورد نیاز باشد؛ انرژی الکتریکی مصرفی و تعداد لامپ‌های نصب شده بیش از مقدار لازم باشد؛ مصالح بیشتری مصرف شود و میزان انرژی صرف‌شده بیش از حد نیاز باشد.

هنگام طراحی سیستم روشنایی، با گستره‌ی وسیعی از ترازهای روشنایی توصیه‌شده روبه‌رو می‌شویم. برای ساختمان‌های سبز، انتهای پایینی گستره‌ی توصیه‌شده در هندبوک انجمن مهندسان روشنایی (IES) را برای طراحی انتخاب کنید. مثلا، مصرف انرژی برای تأمین تراز روشنایی ۵۰ فوت - شمع بیش از دو برابر مصرف انرژی برای تأمین تراز روشنایی ۲۰ فوت - شمع است.



۱۱-۰۳: مثالی از محاسبات روشنایی:

روشنایی میانگین	**۵۵/۴ فوت - شمع***
روشنایی ماکزیمم	**۶۰/۳ فوت - شمع**
روشنایی مینیمم	**۳۶/۲ فوت - شمع**
توان کل	**۵۴۰ وات**
چگالی توان روشنایی	**۰/۸۲ وات بر فوت مربع**

*** ۱ فوت - شمع = ۱ لومن بر فوت مربع یا ۱۰/۷۶۴ لوکس**

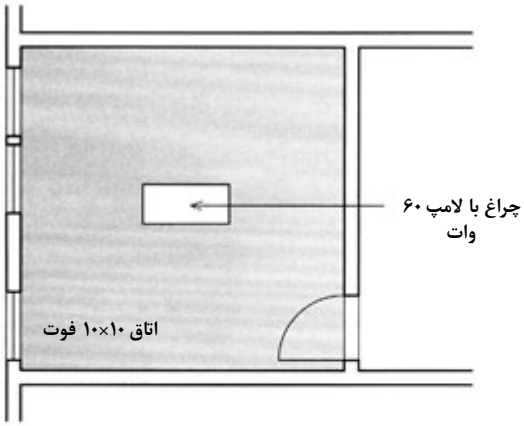
۱۱-۰۴: نمونه‌هایی از ترازهای روشنایی توصیه‌شده توسط انجمن مهندسی روشنایی

فوت - شمع	فضای مورد نظر
۲۰-۵۰	اتاق‌های کنفرانس
۵۰-۱۰۰	دفاتر عمومی
۵۰-۷۵	کلاس‌های درس
۳۰-۵۰	ورزشگاه سرپوشیده
۳۰-۱۵۰	فعالیت‌های بازرگانی
۵۰-۵۰۰	تولید
۱۰-۲۰	راهروها و راه‌پله‌ها

چگالی توان روشـــنایی (LPD) عبارت اســت از توان مصرفی (وات) برای تأمین روشـــنایی تقسیم بر سطح زیربنا (به فوت مربع). LPD معیار مناســبی برای طراحی روشـــنایی است. آیین‌نامه‌ها و اســتانداردهای مختلف انرژی، ماکزیمم چگالی توان روشـــنایی را، بر مبنای کل ســاختمان یــا فضا به فضا، توصیه می‌کنند یا آن را اجباری می‌دانند. ماکزیمم LPD لازم را توان روشنایی مستمر (LPA) می‌نامند.

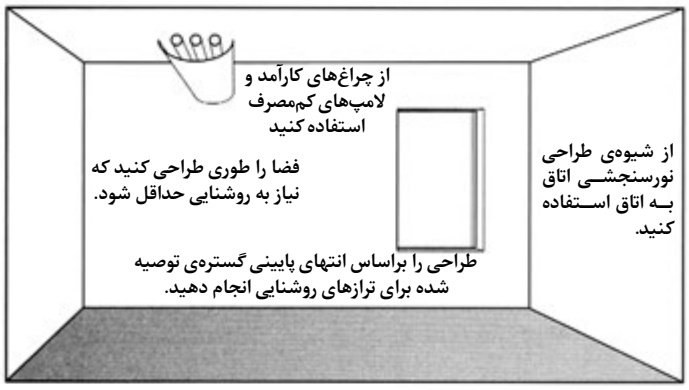
چــون توان روشـــنایی مســتمر ذکــر شــده در آیین‌نامه‌ها و استانداردها ذاتا برای تغییرات طرح ساختمان انعطاف‌پذیری دارد، مقادیــری که آیین‌نامه‌ها و اســتانداردها خواســتار آن هســتند، معمــولا بالاتر از مقدار لازم یا قابل حصول اســت. ساختمان‌های ســبز به‌آســانی می‌توانند به چگالی‌های توان پایین‌تر ، حتی نســبت به شرایط ذکر شــده در آیین‌نامه‌ها و اســتانداردهای با عملکرد بالا، دست پیدا کنند. اما رسیدن به چگالی توان روشنایی پایین‌تر مستلزم تلفیقی از رویکردهای ذکر شده است؛ این رویکردها عبارت بودند از طرح نورسنجشی اتاق به اتاق، طراحی براســاس ترازهــای پایین‌تر توصیه‌های IES، استفاده از دیوارها، سقف، و کف با بازتابندگی بیشتر، و نصب چراغ‌های کارآمد.

به طور کلی تصور می‌شــود که نورپردازی تکلیف تراز روشنایی پایین‌تــری را، با مصرف انرژی کمتــر، تأمین می‌کند، ضمن این‌که کاربر روشـــنایی موضعی کافی برای انجام فعالیت‌های خاص را در اختیار دارد. اما پژوهش نشــان می‌دهد که انجام موفقیت‌آمیز نورپردازی تکلیف، با مصرف انرژی پایین، دشوار اســت. چون نورپردازی تکلیف هنوز راهبردی در حال تکامل است، بهتر است در طراحی ساختمان سبز صرفا بر قابلیت‌های نورپردازی تکلیف تکیه نکنیم. بلکه استفاده از نورپردازی کلی، با مصرف انرژی کم و کنترل انعطاف‌پذیر، رویکرد مناسب‌تری اســت. برای امکان‌پذیر کردن نورپردازی تکلیف در آینده، باید پریز به تعداد کافی و در محل‌هــای مورد نیاز برای نورپردازی تکلیف در نظر بگیریم.

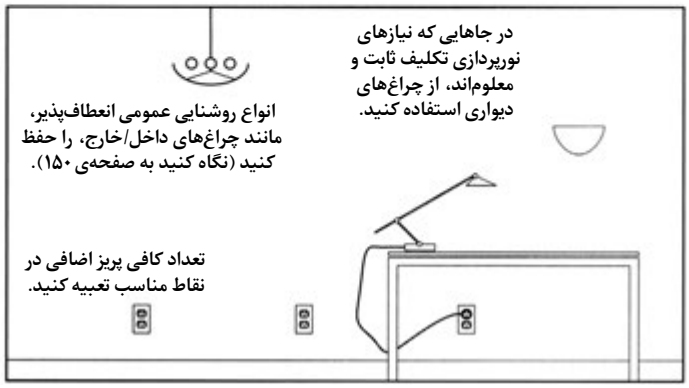


۱۱-۰۵: چگالی توان روشنایی.

چگالــی توان روشــنایی (LPD) = مصرف برق (وات) تقســیم بر ســطح زیربنا (فوت مربع) = ۰٫۶W/sf = ۱۰′×۱۰′/۶۰W



۱۱-۰۶: راهبردهای جمعی برای طراحی سیستم روشنایی.

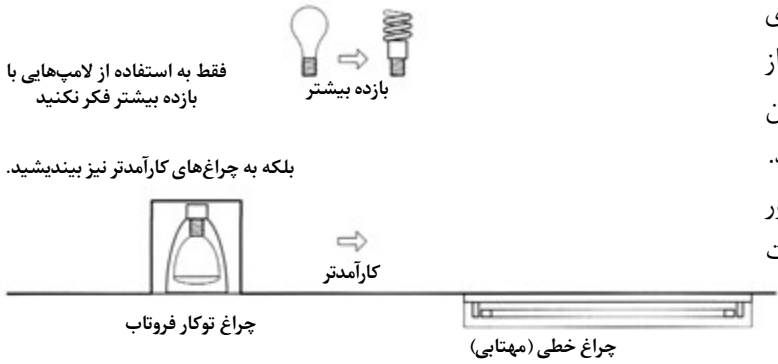


۱۱-۰۷: راهبردهای نورپردازی تکلیف.

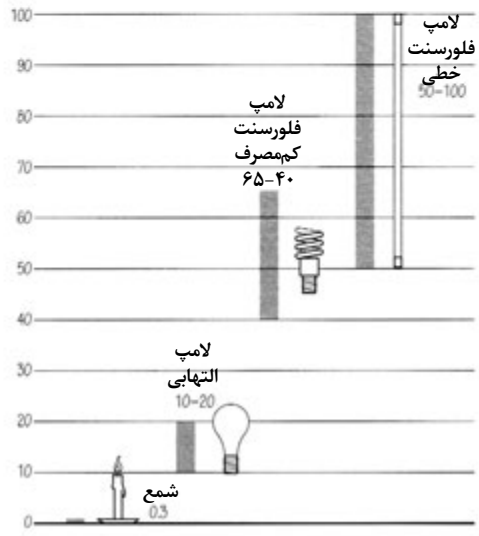
لامپ‌های کم‌مصرف و چراغ‌های کارآمد

بعضی انواع لامپ و چراغ از بعضی دیگر کارآمدترند. مثلا روشنایی با استفاده از لامپ‌های فلورسنت بسیار کارآمدتر از لامپ‌های رشته‌ای (التهابی) یا هالوژن است. به‌علاوه، حتی در مورد نوع خاصی از نورپردازی، دسته‌های بزرگی از چراغ‌ها، کارآمدتر از چراغ‌های دیگرند. مثلا چراغ‌های روکار یا توکار فلورسنت خطی (موسوم به مهتابی) از چراغ‌های فلورسنت توکار فروتاب بسیار کارآمدترند. این چراغ‌ها از چراغ‌های گِرد روکار سقفی نیز کارآمدترند. نورپردازی با LED به‌تدریج به‌عنوان نوعی چشمه‌ی نور کارآمد جای خود را باز می‌کند، اما هنوز باید تغییرات بسیاری در کیفیت و بازده آن حاصل شود.

معیاری مفید برای انتخاب چراغ بازده نوری آن است که بر حسب لومن بر وات (lm/w) بیان می‌شود. به‌عنوان مرجع، بازده نوری یک شمع ۰٫۳ lm/w است. بازده نوری لامپ‌های التهابی در گستره‌ی ۱۰ تا ۲۰ lm/w است. بازده بالای لامپ‌های فلورسنت جمع‌وجور کم‌مصرف (CFL) از بازده نوری بالاتر آن‌ها، که معمولا حدود ۴۰ تا ۶۵ lm/w است، آشکار می‌شود. لامپ‌های فلورسنت خطی از این‌هم کارآمدترند و بازده نوری آن‌ها به ۵۰ تا ۱۰۰ lm/w می‌رسد که مؤید مزیت آن‌ها نسبت به چشمه‌های نور نقطه‌ای، مانند چراغ‌های فروتاب، است. چراغ‌های نوآیند LED بازده‌های نوری بسیار متفاوتی دارند که از ۲۰ تا ۱۲۰ lm/w تغییر می‌کند.



۱۱-۰۸: از لامپ‌ها و چراغ‌های کارآمدتر استفاده کنید.



۱۱-۰۹: جدول بازده نوری تقریبی.

روشنایی خارجی

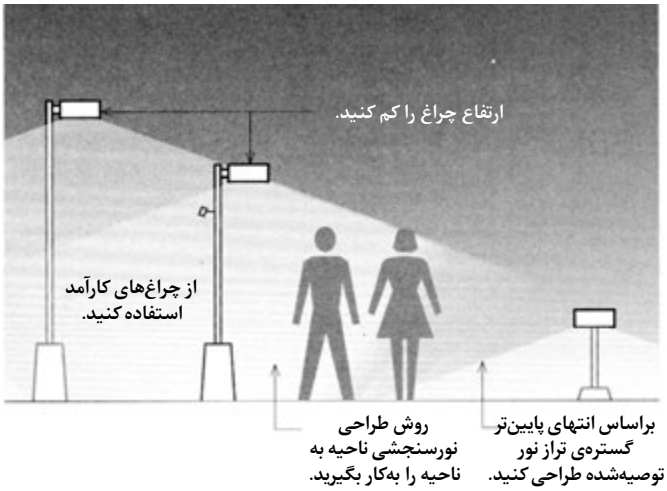
کارآمدترین راه تأمین روشنایی خارجی استفاده از بسیاری از همان ابزارهایی اســت که برای تأمین روشنایی داخلی از آن‌ها استفاده می‌شــود: چراغ‌هایی با بازده بالا، طراحــی کامپیوتری ناحیه به ناحیه‌ی سیســتم روشــنایی به‌منظور تأمین روشــنایی ایمن در تــرازی نه بالاتر از آن‌چه مورد نیاز اســت؛ نصــب چراغ در ارتفاع کم برای نزدیک‌تر کردن روشــنایی به نقطه‌ای که به آن نیاز است و استفاده از کنترل‌گرهای کارآمد برای سیستم روشنایی. چالش حداقل‌سازی آلایندگی نوری که قبلا به آن اشاره شد، با هدف ما که پایین آوردن مصرف انرژی است، هماهنگی خوبی دارد.

بحث‌هــای فعالانه با مالک در مراحل اولیــه‌ی طراحی و ارزیابی دقیق میزان روشنایی خارجی مورد نیاز بر مبنای ناحیه به ناحیه می‌تواند هزینه‌ی روشــنایی، مصرف انــرژی، و آلودگی نوری را به حداقل برساند. مثلا روشنایی مسیر پیاده را می‌توان با چراغ‌هایی که در ســطح زمین نصب می‌شوند، به‌جای چراغ‌های نصب شده روی تیــر تأمیــن کــرد. در نیازهای پروژه‌ی مالک ممکن اســت نیازهای انواع مختلف روشنایی خارجی: پارکینگ، دسترسی‌های ساختمان، سیستم امنیتی، نیازهای تزئینی، و سایر نیازها، مانند تفریحات شبانه یا فعالیت‌های ورزشی در بیرون به‌تفصیل مشخص شــده باشد. پرســش اصلی این است که آیا هر نوع روشنایی لازم هست یا نه؟ هر چراغ غیرضروری که از پروژه حذف شود، هزینه‌ی ساخت، مصرف مصالح، و دیماند برق را کاهش می‌دهد.

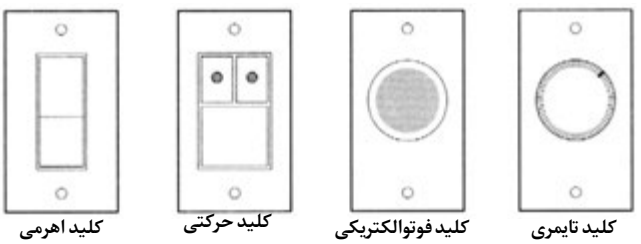
کنترل‌گرها

چهــار نوع کنترل‌گر اصلی وجود دارد کــه از هر یک، به‌تنهایی یا به‌صــورت ترکیبی، می‌توان برای کاهش مصرف انرژی روشــنایی استفاده کرد: کنترل‌گر دســتی، حسگر حرکت، حسگر نوری، و تایمر.

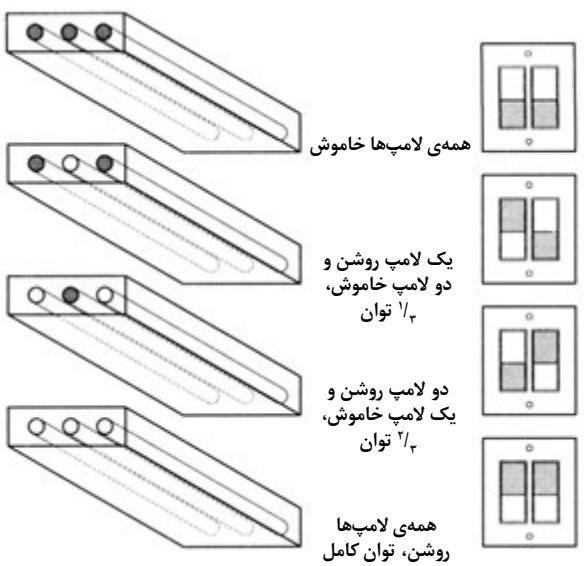
کنترل‌گر دستی معمولا کلید اهرمی یا کمسوگر است. اگر در یک فضا بیشتر از یک کنترل‌گر نصب کنیم، انعطاف‌پذیری بیشتری از لحاظ تراز روشنایی به‌منظور صرفه‌جویی در مصرف انرژی حاصل می‌شود. این راهبرد کنترل را کلیدزنی چندترازی می‌نامند. حتی در اتاق‌های کوچک، نصب دســت‌کم دو کلید توصیه می‌شود که هر یک چند تا از چراغ‌ها را کنترل کند. این کنترل‌گرها می‌توانند چراغ‌های مجزا، یا لامپ‌های نصب شده در یک چراغ را خاموش و روشن یا کمسو کنند؛ این نوع کلیدزنی را گاهی کلیدزنی داخلی/خارجی یا چندترازی می‌نامند. برای اتاق‌های بزرگ‌تر بهتر است از چند کلید استفاده کنیم و اگر اتاق دو ورودی دارد، در هر ورودی کلیــد نصب کنیم؛ این نوع کلید را کلید ســه‌راهه یا کلید تبدیل می‌نامند.



۱۱-۱۰: راهبردهای نورپردازی کارآمد خارجی.



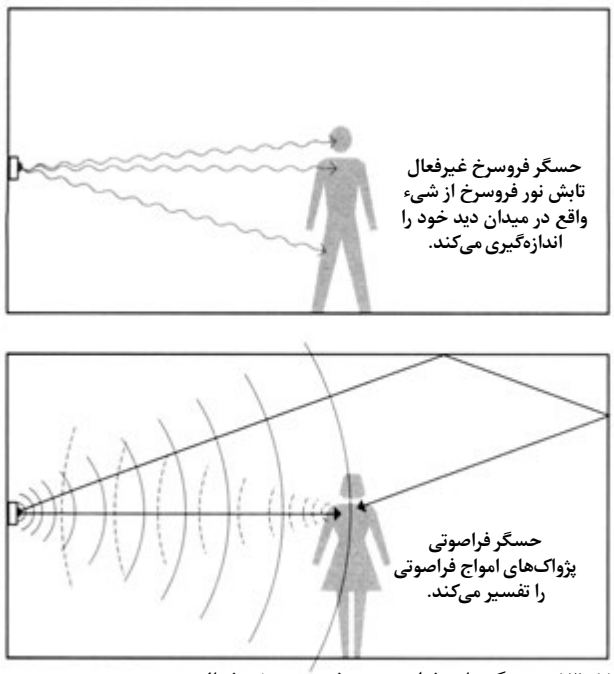
۱۱-۱۱: چهار نوع کنترل‌گر روشنایی.



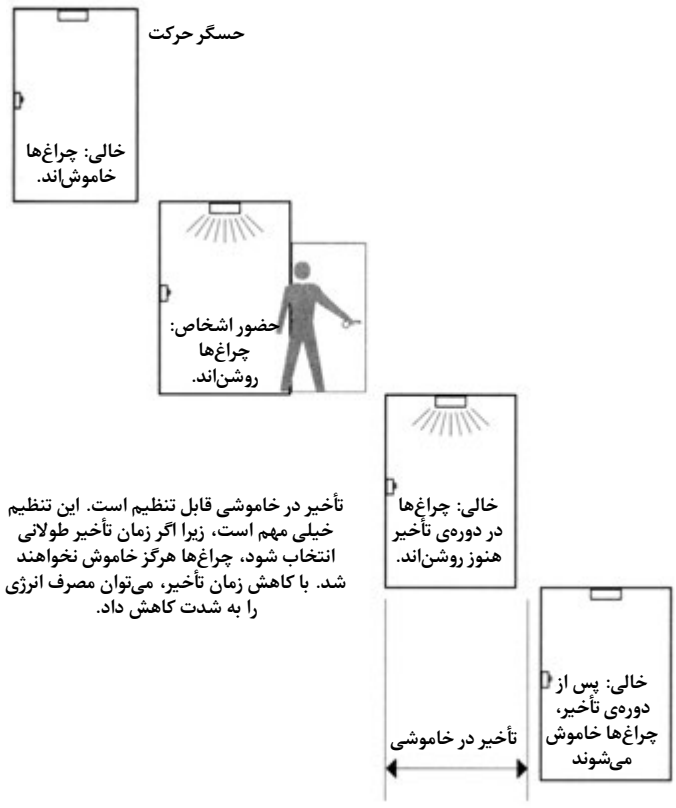
۱۱-۱۲: کنترل روشنایی داخل/خارج .

انتخـاب حسـگر حرکـت مناسـب بـرای کاربـردی خـاص تضمین‌کننده‌ی کار صحیح حسـگر اسـت. حسگرهای فروسرخ غیرفعال با آشکارسـازی گرمای بـدن کار می‌کنند و برای نصب در جاهایی مناسـب‌اند که حسگر خط دید مستقیم داشته باشد. حسـگرهای فراصوتی (اولتراسونیک) از طریق آشکارسازی پاسخ به سـیگنال‌های فراصوتی ارسـالی توسط حسـگر کار می‌کنند، بنابراین به خط دید مستقیم نیاز ندارند. اما حسگرهای فراصوتی گاهی براثر حرکت در فضاهای مجاور، به اشـتباه فعال می‌شوند. در کنترل‌گرهـای مضاعف حرکت، از هر دو فناوری فروسـرخ و فراصوتی استفاده می‌شود.

کاراندازی حسـگرهای حرکت مهم اسـت. حسگر حرکت، پس از این‌که دیگر حرکتی آشکارسـازی نشد، تا زمانی از پیش‌تعیین شـده چراغ را روشن نگه می‌دارد. این زمان را تأخیر در خاموشی می‌نامند. مثلا در جایی که اسـتاندارد ۹۰ ASHRAE خواستار تأخیر در خاموشـی حداکثر ۳۰ دقیقه است، مشخص شده است که با کاهش این تأخیر ۳۰ دقیقه‌ای می‌توان صرفه‌جویی در مصرف انرژی در راهروهای ساختمان‌های بلند را تا سه برابر افزایش داد و از ۲۴٪ به ۷۴٪ رساند. راهروهای ساختمان‌های آپارتمانی ممکن است بیش از ۹۷٪ اوقات خالی باشند، اما تأخیر در خاموشی ۳۰ دقیقه‌ای به این معناست که چراغ‌های راهرو در طول روز یکسره روشـن خواهند ماند.، زیرا حسـگرهای حرکت ساکنان آپارتمان را بیـش از هر ۳۰ دقیقه یکبار خواهنـد دید. کوتاه‌تر کردن زمان تأخیر در خاموشی موجب می‌شود که حسگر واقعا دوره‌های خالی بودن راهرو را آشکارسازی کند. با کوتاه‌تر کردن این تأخیر می‌توان موجب صرفه‌جویی در نواحی پر تردد، مانند سرسراها و راهروهای مدارس و سـاختمان‌های اداری شد. شایان ذکر است که، برای روشنایی با لامپ‌های فلورسـنت، بسیار کوتاه بودن زمان تأخیر موجب کاهش عمر لامپ خواهد شـد. مانند سایر کنترل‌گرهای روشـنایی، هرگاه زمان تأخیر مناسـب برای هر حسگر در اسناد ساخت ذکر شود، می‌توان امیدوار بود که حسگر بر همین اساس تنظیم شود.

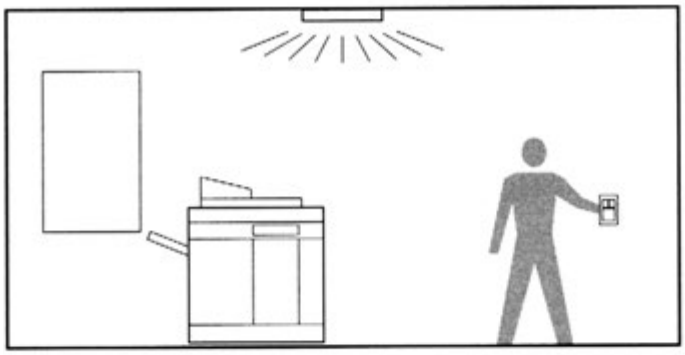


۱۱-۱۳: حسگرهای فراصوتی و فروسرخ غیرفعال.

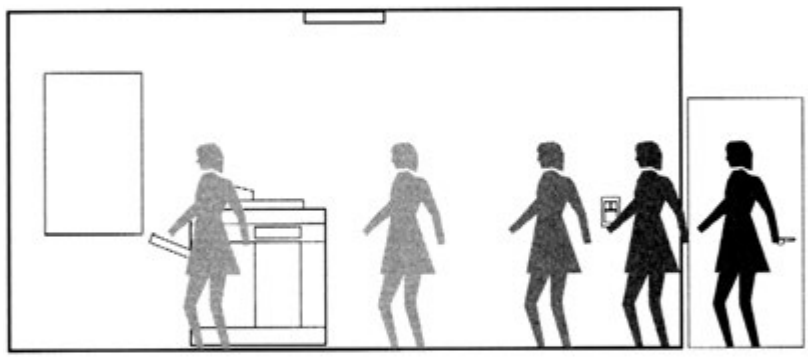


۱۱-۱۴: کنترل حسگر حرکت.

در صورت نصب حسگرهای حرکت دستی‌روشن، که آن‌ها را حسگر عدم حضور نیز می‌نامند، کاربر باید چراغ‌ها را با دست روشن کند؛ سپس حسگر حرکت، پس از این‌که دیگر حرکت را آشکارسازی نکرد، چراغ‌ها را به صورت خودکار خاموش می‌کند. این نوع کنترل‌گر را در فضاهایی می‌توان به‌کار برد که به‌طور دائم به روشنایی مصنوعی نیاز ندارند، مانند دفاتر اداری که ممکن است نور طبیعی کافی داشته باشند، یا رختشویخانه‌ها که حضور کوتاه‌مدت ممکن است نیازمند روشن کردن چراغ آن‌ها نباشد. حسگرهای حرکت دستی‌روشن به‌ویژه در جلوگیری از روشن شدن اشتباهی چراغ‌ها مؤثرند. از طرف دیگر، حسگرهای حرکت خودکار برای فضاهایی که ممکن است حاضران در آن محل کلیدها را ندانند یا دسترسی آسان به کلیدها نداشته باشند، مانند توالت‌های عمومی، گاراژها و راهروها مناسب‌ترند.



در صورت نصب حسگرهای حرکت دستی‌روشن، که آن‌ها را حسگر عدم حضور نیز می‌نامند ، کاربر باید چراغ‌ها را با دست روشن کند. حسگر حرکت، هرگاه پس از گذشت دوره‌ی زمانی معین (تأخیر در خاموشی) دیگر حرکتی را آشکارسازی نکرد، به طور خودکار چراغ‌ها را خاموش می‌کند.

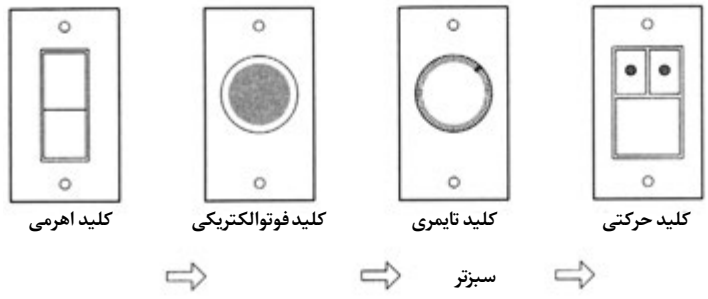


اگر چراغ‌ها با دست روشن نشوند، در طول دوره‌ی گذرای حضور کاربر ، مثلا برای عبور از فضای مورد نظر، خاموش می‌مانند.

۱۱-۱۵: حسگرهای حرکت دستی‌روشن.

کارآمدترین کنترل‌گر برای کاهش مصرف انرژی روشنایی خارجی با مطرح کردن دو سئوال شناخته می‌شود:

۱. در بین چراغ‌های مختلف برای تأمین روشنایی خارجی، کدام چراغ‌ها را می‌توان با حسگرهای حرکت کنترل کرد؟ حسگرهای حرکتی که درست به‌کار برده شوند، معمولا کمترین مصرف انرژی روشنایی را دارند و آلودگی نوری را بیشتر از بقیه کاهش می‌دهند. مانند حسگرهای حرکتی که در فضای داخلی نصب می‌شوند، حسگرهای حرکت فضای خارجی را نیز باید طوری مشخص و کاراندازی کرد که زمان تأخیر خاموشی آن‌ها تا حد امکان کوتاه‌تر باشد و ۵ دقیقه یا کمتر ترجیح داده می‌شود. حسگرهای حرکت برای کنترل روشنایی خارجی را بهتر است در ارتباط با حسگر نوری به کار ببریم تا از روشن شدن بی‌مورد چراغ‌ها در نتیجه‌ی حرکت در طول روز جلوگیری شود. به سلسله‌مراتب این نوع کنترل توجه داشته باشید: چراغ‌های خارجی روشن نمی‌شوند، مگر هم حرکت وجود داشته باشد و هم محیط روشن نباشد.



۱۱-۱۶: گزینه‌های سبزتر برای کنترل چراغ‌های خارجی.

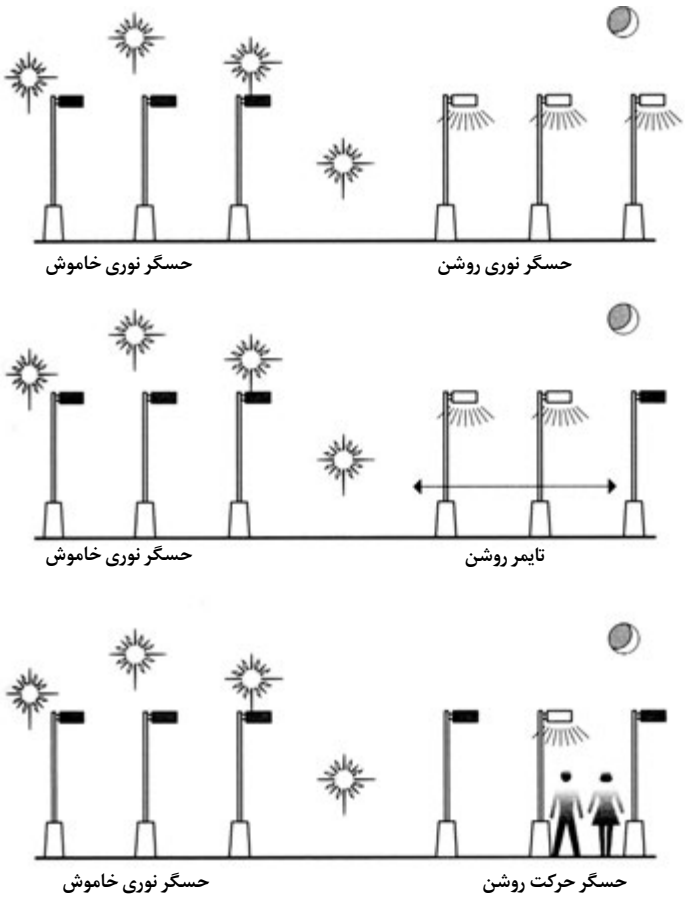
اگر قرار باشد بعضی از چراغ‌های خارجی در تمام طول شب روشن بمانند، آن‌گاه می‌توان از حسگرهای نوری برای روشـــن کردن آن‌ها اســـتفاده کرد، به طوری که چراغ‌ها فقط هنگامی روشـــن باشند که هوای بیرون تاریک است. برای کاهش هر چه بیشتر مصرف انرژی مطرح کردن این پرسش نیز لازم است:

۲. آیا روشنایی لازم برای تأمین امنیت یا دسترسی در تمام طول شب لازم است، یا فقط برای دسترسی سر شب ضرورت دارد؟ اگر پاســخ اخیر مورد نظر است، آن‌گاه باید چراغ‌ها با حســگر نوری روشـــن شوند، اما تایمر آن‌ها را خاموش کند. به این ترتیب شـــاید ۵۰٪ انرژی لازم برای روشـــن نگه‌داشـــتن چراغ‌ها در تمام طول شب صرفه‌جویی شود. بار دیگر در سند پروژه‌ی مالک باید نیازهای مربوط به تأمین امنیت و دسترسی ســـر شـــب، همراه با ســـاعتی که می‌توان چراغ‌ها را خاموش کرد، برای هر چراغ خارجی مشخص شود تا بتوان تایمرها را بر این اساس کاراندازی کرد.

چراغ‌های خارجـــی معمولا به دو کنترل‌گر مجزا برای جلوگیـــری از روشـــن ماندن بی‌مورد نیـــاز دارند؛ این کنترل‌گرها می‌توانند تلفیقی از حسگر نوری به‌علاوه‌ی حسگر حرکت، یا حسگر نوری به‌علاوه‌ی تایمر باشند. کنترل دستی نیز گزینه‌ی دیگری است، اما این شیوه‌ی کنترل هم بهتر است با حسگر نوری تلفیق شود تا از روشن ماندن بیهوده‌ی چراغ‌ها در طول روز جلوگیری کند.

مانند حسگرهای حرکت، حسگرهای نوری خارجی را باید درست نصب کرد و با دقت به‌کار انداخت. این حسگرها را نباید طوری نصب کرد که نور مصنوعی، مثلا نور چراغ‌های اتومبیلی عبوری در هنگام شـــب، مستقیما به آن بتابد، زیرا ممکن است موجب فعال شدن حسگر و خاموش شدن بی‌موقع چراغ‌ها شود. حداکثر صرفه‌جویی حاصل از کاربرد حسگرهای نوری به تنظیم تراز روشنایی مناسب بستگی دارد. حسگرهای نوری را باید در ترازی تنظیم کرد که برای تأمین روشنایی مصنوعی فضای بیرون لازم است.

حســـگرها را معمولا به صورتی تحویل می‌دهند که برای روشـــن کردن چراغ‌ها وقتی تراز روشـــنایی از ۱۰ فوت - شـــمع، یا بالاتر از آن، کمتر می‌شـــود، تنظیم شده‌اند. این تنظیم بالا ممکن است موجب شود چراغ‌ها در روزهای ابری نیز روشن شوند. آیین‌نامه‌ها و استانداردهای مختلف ترازهای روشنایی ۰/۵ تا ۲/۰ فوت - شمع



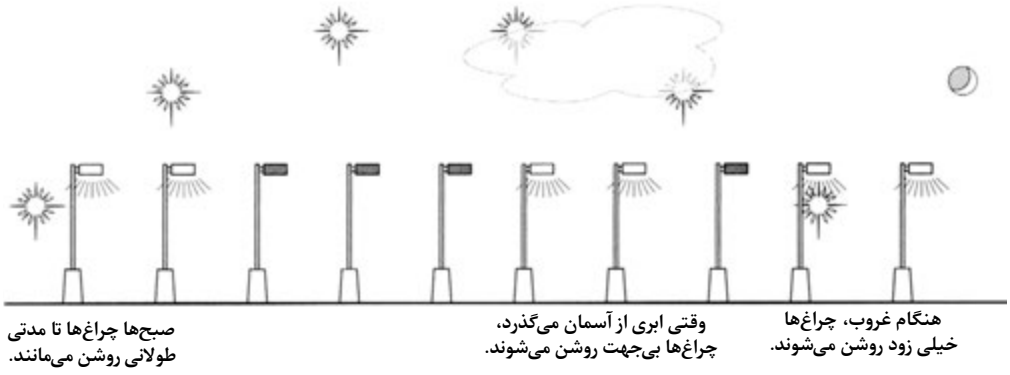
۱۱-۱۷: گزینه‌های سبز برای کنترل روشنایی خارجی.

***۱۱-۱۸:** ترازهای روشنایی خارجی نمونه‌وار.*

مرحله	فوت - شمع	لوکس
نور مستقیم خورشید	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰
نور کامل روز	۱۰۰۰	۱۰۰۰۰
روز ابری	۱۰۰	۱۰۰۰
غروب آفتاب	۱۰	۱۰۰
گرگ‌ومیش	۱	۱
تاریکی	۰/۱	۱
ماه کامل	۰/۰۱	۰/۱
تربیع	۰/۰۰۱	۰/۰۱
شب بی‌مهتاب	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱
شب ابری	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱

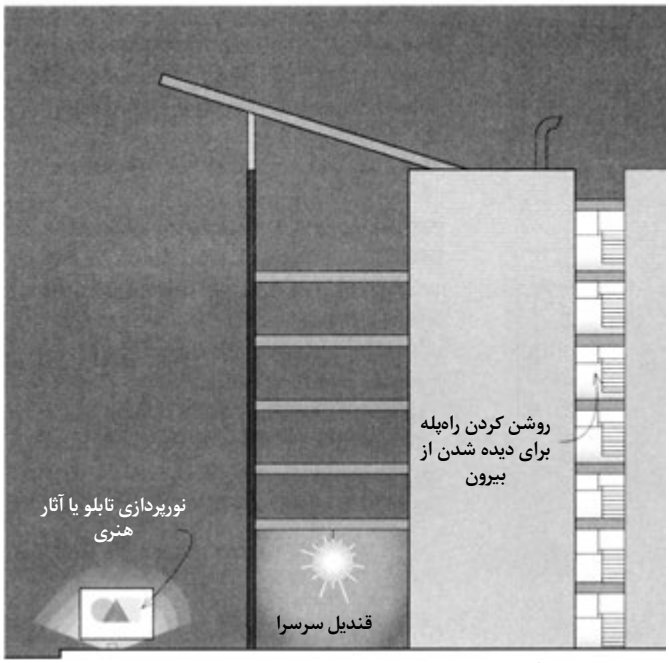
را بـــرای کاربردهای مختلف روشـــنایی خارجی، مانند روشـــنایی مســـیرهای پیاده یا پارکینگ‌ها، توصیـــه می‌کنند. تراز لازم برای روشـــنایی خارجی را باید در اسناد ســـاخت و راه‌اندازی گنجاند و کنترل‌گـــر نوری را باید طوری تنظیم کرد که وقتی تراز روشـــنایی محیط از این میزان پایین‌تر می‌آید، چراغ‌ها را روشن کند.

باند مرده‌ی حسـگرهای نوری را نیز باید مشخص کرد. باند مرده عبارت است از اختلاف بین نقطه‌ی تنظیم برای خاموش کردن و نقطه‌ی تنظیم برای روشن کردن. باند مرده را باید به مقدار کافی بالاتر از نقطه‌ی تنظیم برای روشن کردن تنظیم کرد تا از خاموش و روشن شدن مکرر و آزاردهنده‌ی چراغ‌ها جلوگیری شود. مثلا، اگر تراز طرح ۱ فوت - شـمع است، فوتوسل را باید طوری تنظیم کرد که چراغ‌ها را هنگامی روشن کند که تراز روشنایی محیط از ۱ فوت - شمع پایین‌تر آمده باشد و آن‌ها را هنگامی روشن کند که تراز روشنایی محیط از ۳ فوت - شمع بیشـتر شده باشد. در این مثال باند مرده برابر است با ۲=۱-۳ فوت - شمع.



۱۱-۱۹: نتایج حاصل از بالا بودن نقطه‌ی تنظیم فوتوسل.

تنظیم صحیـح کنترل‌گرهای روشنایی خارجی با بررسی‌های بعد از ساخت ارزیابی می‌شود. اگر هنگام عبور ابر از آسـمان، چراغ‌هـای خارجـی روشـن می‌شـوند، یا تا مدتی طولانی بعـد از طلـوع آفتاب روشـن می‌ماننـد، یـا خیلی زودتر از غروب آفتاب روشـن می‌شـوند، و چراغ‌های روشـن موجب تغییر تراز روشـنایی محیط در نزدیکی فوتوسـل نمی‌شـوند، می‌توان نتیجه گرفت کـه نقطه‌ی تنظیم فوتوسل خیلی بالاست. توجه داشته باشید که کاراندازی مناسب فقط در مواقعی که تراز روشـنایی پایین باشـد، ممکن است. با پوشاندن روی فوتوسل و مشاهده‌ی روشن شدن چراغ‌ها نمی‌توان نتیجه‌گیری کرد که نقطه‌ی تنظیم آن صحیح است.

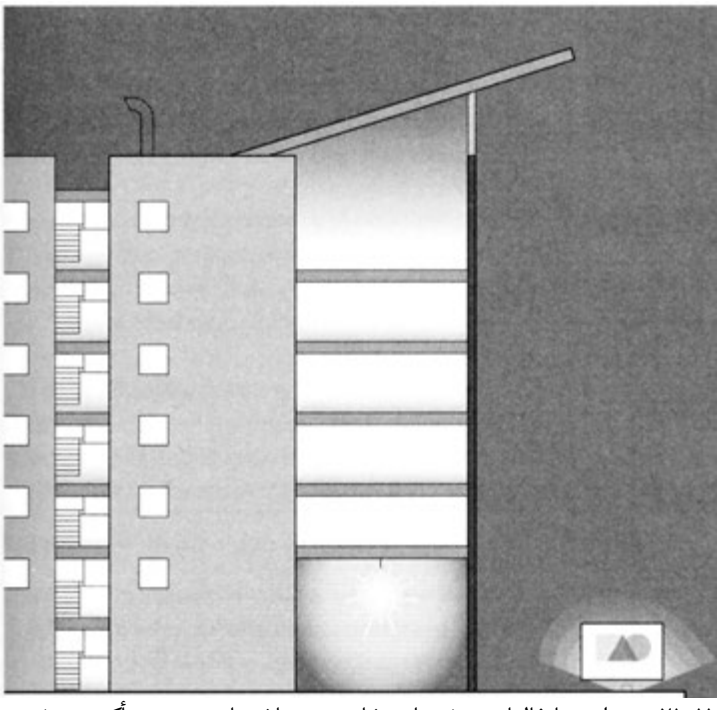


۱۱-۲۰: نورپردازی تزئینی ساختمان

نورپردازی تزئینی

نورپردازی تزئینی در ساختمان سبز، استحقاق بحث مستقلی را دارد. نورپردازی تزئینی شـامل است بر نورپردازی داخلی به قصد جلب توجه از بیرون سـاختمان به داخل آن، نورپردازی خارجی به قصد برجسـته‌نمایی روکار سـاختمان یا سایر عناصر خارجی، نورپردازی تابلوها، و نورپردازی برای برجسـته‌نمایی آثار هنری یا ویترین فروشـگاه‌ها. نورپردازی تزئینی غالبا بازده انرژی مناسبی ندارد، هرچند چراغ‌ها و لامپ‌هایی با بازده بالا در دسترس است که می‌توان با کنترل‌گرهای پربازده آن‌ها را کنترل کرد.

گذشته از کاربرد چراغ‌ها و کنترل‌گرهای با بازده بالا، طراحی ساختمان سبز معمولا مطرح کردن این پرسش را ایجاب می‌کند: آیا هر چراغ تزئینی برای ساختمانی خاص ضرورت دارد؟ در گذشته، در مرحله‌ی طراحی شماتیک ساختمان، تصور بر این بود که با افزایش روشنایی داخلی و روشن کردن پنجره‌ها، فضا گرم‌تر به‌نظر خواهد رسید. چنین تصوری منتهی به طراحی سیستم روشنایی و کنترلی خواهد شد که چراغ‌ها را در طول شب روشن نگه می‌دارد و طرح پنجره‌ها را چشم‌انداز خارجی تعیین می‌کند، نه نیاز کاربران به روشنایی داخلی.

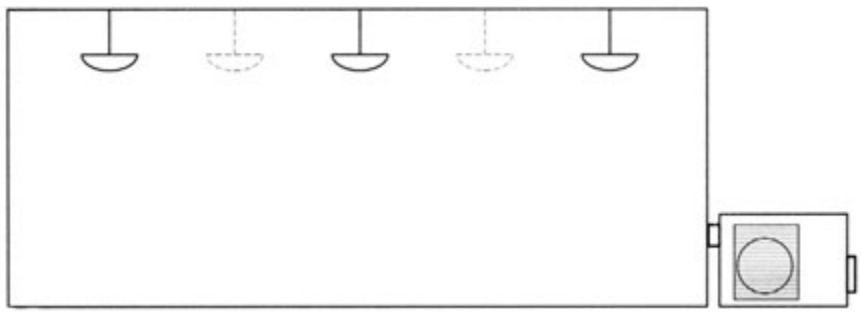


۱۱-۲۱: در راندوها غالبا بر روشنایی خارجی ساختمان بیشتر تأکید می‌شود تا نیازهای کاربران به روشنایی داخلی.

بعضی از آیین‌نامه‌ها، استانداردها و رهنمودهای ساختمان سبز، برای نورپردازی تزئینی آزادی عمل یا معافیت در نظر گرفته‌اند. اما از آن‌جا که نورپردازی تزئینی غالبا کارآمد نیست، بهتر است در طراحی ساختمان سبز، نیاز به نورپردازی تزئینی به صورت موردی بررسی شود.

سایر مسائل روشنایی

با کاهش مصرف انرژی برای تأمین روشنایی، مزیت دیگری نیز حاصل می‌شود و آن کاهش نیاز به تهویه‌مطبوع است. با کاهش روشنایی در هر فضا، نیازهای گرمایشی آن در فصل زمستان افزایش می‌یابد، اما از آن‌جا که استفاده از الکتریسیته برای تأمین گرما بازده خوبی ندارد، باز هم کاهش نیاز به روشنایی، از لحاظ مصرف انرژی و هزینه، مزیت دارد. از آن‌جا که ظرفیت سیستم‌های گرمایشی براساس روشن بودن چراغ‌ها تعیین نمی‌شود، با کاهش روشنایی، هزینه‌ی ساخت افزایش نمی‌یابد. اما از آن‌جا که ظرفیت سیستم‌های سرمایشی براساس روشن بودن چراغ‌ها در تابستان تعیین می‌شود، کاهش روشنایی موجب کاهش هزینه‌ی ساخت، به ویژه به سبب کوچک‌تر شدن سیستم مورد نیاز، خواهد شد. اما این صرفه‌جویی‌ها فقط هنگامی تحقق می‌یابند که طرح روشنایی قبل از تعیین ظرفیت تجهیزات سرمایش مشخص شود. طرح روشنایی کارآمد غالبا هزینه‌ی ساخت را نیز کاهش می‌دهد، زیرا چراغ‌به تعداد لازم نصب می‌شود نه بیش از میزان نیاز. از طرف دیگر، چراغ‌های پربازده و کنترل‌گرهای کارآمد معمولا از گزینه‌های معمولی و کم‌بازده گران‌ترند.



۱۱-۲۲: کاهش روشنایی غالبا موجب کاهش بار سیستم تهویه‌مطبوع می‌شود.

بارهای دوشاخه‌ای

بارهـای دوشـاخه‌ای به‌طور فزاینده‌ای موجب مصـرف انرژی در سـاختمان‌ها می‌شـوند. تجهیزاتی مانند تلویزیون‌های بزرگ‌تر، کامپیوترهـا، کنترل‌گرهـای بازی‌های کامپیوتـری، یخچال‌ها و فریزرهای بیشـتر، و منبع تغذیه‌ی وسـایل الکترونیکی در رشد بارهای دوشاخه‌ای سهم دارند.

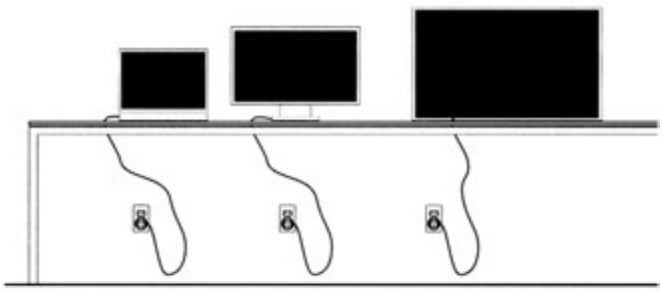
در طرح‌های سـنتی سـاختمان، تعیین بارهای دوشـاخه‌ای به عهده‌ی مالک یا کاربر سـاختمان گذاشته می‌شود. اما امروزه در بعضی موارد لوازم خانگی را هم طراحان حرفه‌ای انتخاب می‌کنند. و در آینده، ممکن است مصرف انرژی بارهای دوشاخه‌ای به طرق دیگر نیز در طراحی تأثیر بگذارند.

در مورد لوازم بزرگی مانند یخچال، ماشین ظرف‌شویی، و ماشین لباس‌شویی، می‌توان انواع با بازده بالا را مشخص کرد. در بعضی موارد تغییر سـوخت یا نوع لـوازم خانگی موجب کاهش مصرف انرژی یا کاهش انتشار مواد کربنی می‌شود؛ به‌عنوان مثال می‌توان از خشک‌کن‌های لباس نام برد که با پمپ حرارتی کار می‌کنند.

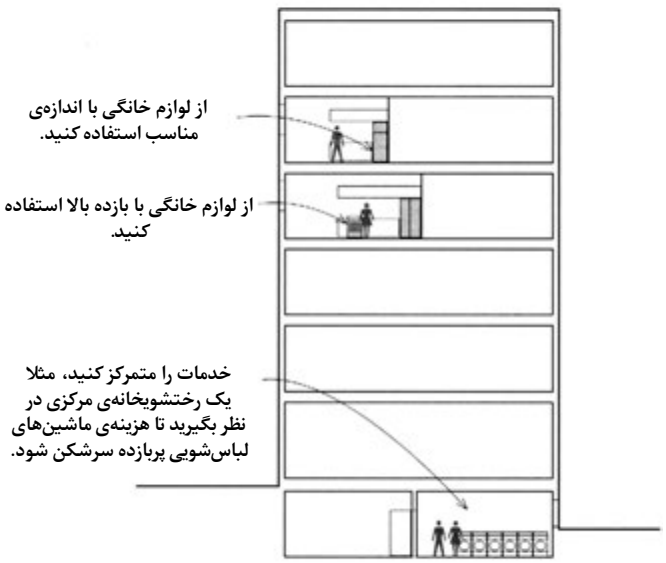
متمرکز کردن استفاده از لوازم خانگی، مثلا ساخت رختشویخانه در یک مجتمع آپارتمانی، به جای نصب یک ماشین لباس‌شویی در هر آپارتمان، سرشکن کردن قیمت بالاتر ماشین‌های پربازده بین چندین مصرف‌کننده را ممکن می‌کند. در این سناریو، می‌توان از آب گرم خانگی اسـتفاده کرد که هزینه‌ی کمتری دارد. با ساخت رختشویخانه‌ی مرکزی، تعداد بازشدگی‌های ساختمان برای عبور لوله‌ی آب، هواکش خشک‌کن، لوله‌ی گاز، و تهویه کاهش می‌یابد و در نتیجه آهنگ نفوذ هوا به ساختمان، در مقایسه با حالتی که در هر آپارتمان یک ماشین لباس‌شویی نصب می‌شد، پایین می‌آید.

اندازه‌ی لوازم خانگی را نیز باید به‌درستی انتخاب کرد. مثلا نباید برای یک استودیوی کوچک یخچال ۲۲ فوتی انتخاب کرد، وقتی مـدل ۱۵ فوتی هم پاسـخگوی نیاز این واحـد آپارتمانی کوچک هسـت. از لوازم کارآمد باید به صورتی کارآمد استفاده کرد. مثلا یخچال را نباید کنار اجاق‌گاز، یا در نقطه‌ی گرم دیگری، مسـتقر کرد، زیرابازده آن پایین می‌آید. ماشین‌های تبرید، مثلا کمپرسور کولرهای سیار و سایر وسـایل تبرید تجاری را نباید در نقاط گرم مستقر کرد.

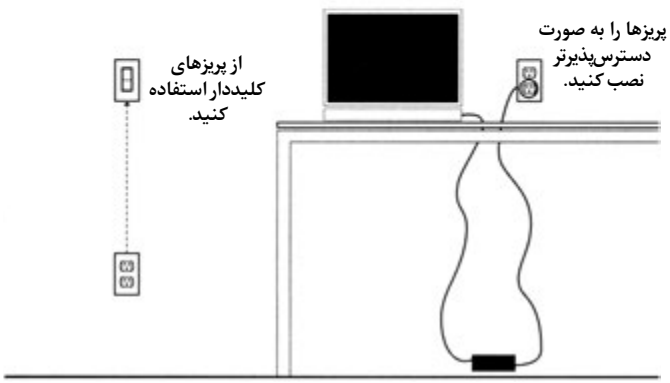
بسـیاری از منبع‌تغذیه‌های وسـایل الکترونیکی، مانند کامپیوتر رومیـزی و تلفن سـیار، به‌طور پیوسـته برق مصـرف می‌کنند. دریافته‌ایـم کـه با تعبیه‌ی پریزهـای برق در ارتفاع مناسـب‌تر و دسترسـی‌پذیرتر، احتمـال این‌که کاربران، وقتی از این وسـایل اسـتفاده نمی‌کنند، آن‌ها را از برق بکشـند یـا خاموش کنند، افزایش می‌یابد. اگر وسیله‌ی کنترل راحتی برای پریزهای برق در نظر گرفته شـود، مثلا کلیدهای اهرمی کـه روی دیوار و در تراز دست آدمی نصب می‌شوند، بارهای دوشاخه‌ای را آسان‌تر می‌توان خاموش کرد.



۱۱-۲۳: رشد بارهای دوشاخه‌ای.



۱۱-۲۴: راهبردهای کاهش بارهای دوشاخه‌ای لوازم خانگی.



۱۱-۲۵: راهبردهای کاهش بارهای دوشاخه‌ای مربوط به منبع تغذیه.

در مورد بارهای دوشـاخه‌ای روشنایی، طرح ساختمان می‌تواند به طور بالقوه مصرف انرژی بارهای دوشـاخه‌ای را، با اسـتفاده از چراغ‌های سیم‌کشی‌شـده با بازده بـالا، کاهش دهد. این کار جایگزین اتکای صرف به چراغ‌های دوشـاخه‌ای می‌شود که غالبا لامپ‌هـای التهابـی یا هالوژن پرمصـرف دارند. نه‌تنهـا چراغ‌ها می‌توانند بازده بالاتری داشـته باشند، بلکه با یکنواخت‌سازی و فاصله‌گذاری بین چراغ‌ها، طرح روشنایی را نیز می‌توان کارآمدتر کرد. کنترل روشنایی نیز می‌تواند کارآمدتر شود، خواه با استفاده از حسگر حرکت، حسگر نوری، تایمر، یا کلید دیواری که کاربران با اعتمادپذیری بیشتری بتوانند چراغ‌ها را خاموش یا روشن کنند. تعداد کافی پریز با دسترسی آسان نیز باید در نظر گرفت تا هنگام تکامل یافتن نورپردازی تکلیف، بتوان از این رویکرد نیز اسـتفاده کرد.

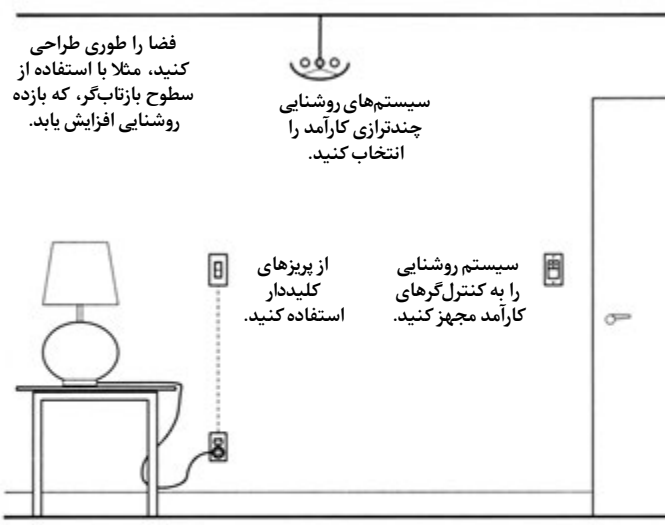
رویکردهای خلاقانه‌ی دیگر برای کاهش بارهای دوشـاخه‌ای، از طریق طرح سـاختمان نیز وجـود دارد. مثلا، BREEAM برای پیش‌بینی فضای خشـک‌کن یا بند رخت به منظور خشک کردن لباس‌های شسته‌شده، امتیاز قائل می‌شود.

با پیدایش کنترل‌گرهای اینترنتی فرصت‌های بیشتری برای کنترل بارهـای دوشـاخه‌ای و کاهش مصرف انرژی فراهم آمده اسـت. احتمـال می‌رود به مرور زمان دسـترس‌پذیری ایـن کنترل‌گرها افزایش و هزینه‌ی استفاده از آن‌ها کاهش یابد.

بارهای الکتریکی بزرگ

بارهـای الکتریکـی بـزرگ شـامل الکتروموتورهایی اسـت که آسانسـورها، پله‌برقی‌ها، فَن‌هـا، و پمپ‌های تجهیزات مکانیکی را به‌کار می‌اندازند. ترانسـفورماتورهای مجزا و بزرگ نیز از جمله بارهای الکتریکی بزرگ‌اند.

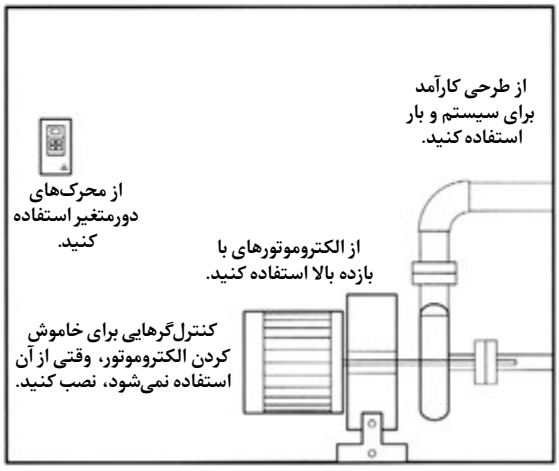
باید به الکتروموتورهای بزرگی که ساعت‌های متمادی کار می‌کنند توجه کرد. گزینه‌های سبز شامل استفاده از موتورهای با بازده بالا، محرک‌های دورمتغیر، طرح‌های کارآمد، و کنترل‌گرهایی است که به موتورها امکان می‌دهند وقتی زیر بار نیستند، خاموش شوند.



۱۱-۲۶: راهبردهای کاهش بارهای روشنایی دوشاخه‌ای.



۱۱-۲۷: راهبرد کاهش بار دوشاخه‌ای خشک‌کن لباس.

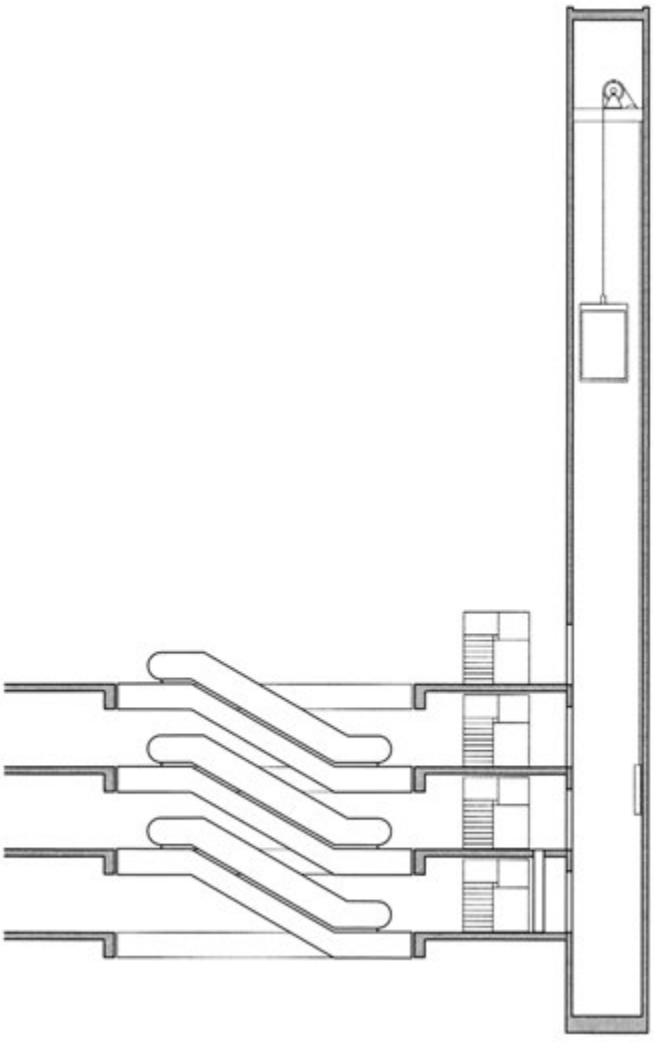


۱۱-۲۸: راهبردهای کاهش مصرف انرژی الکتروموتورهای بزرگ.

برآورد می‌شـود که آسانسـورها بین ۳٪ تا ۵٪ انرژی مصرفی در یک ساختمان چندطبقه‌ی مدرن را به خود اختصاص دهند. در ساختمان‌های کوتاه غالبا از آسانسـورهای هیدرولیکی استفاده می‌شـود، زیرا ارزان‌ترند، و در ساختمان‌های بلند از محرک‌های ولتاژمتغیـر - فرکانس‌متغیر (VVVF) بـا الکتروموتورهای AC استفاده می‌کنند زیرا بازده انرژی بالاتر و سرعت بیشتری دارند.
مصرف انرژی آسانسـور به عوامل بسیاری بستگی دارد که شامل فراوانی کاربرد، ظرفیت آسانسـور، و بازده اسـت. مصرف انرژی را می‌توان با اسـتفاده از آسانسـورهایی بـا محرک‌های پربازده و ویژگی‌هایـی مانند ترمزگیری باززاینده کاهش داد. با اسـتفاده از چراغ‌های کم‌مصرف پربازده، خاموش شدن خودکار چراغ‌ها وقتی از آسانسور استفاده نمی‌شود، و خاموش کردن خودکار موتورهای فَن تهویه وقتی از آسانسـور استفاده نمی‌شـود، می‌توان مصرف انرژی آسانسور را کاهش داد. با استفاده از کنترل‌گرهای پیشرفته می‌توان الگوریتم‌های حرکت کابین آسانسور را بهینه‌سازی کرد و باز هم مصرف انرژی را کاهش داد؛ این الگوریتم‌ها کابین آسانسور را در جایی مسـتقر می‌کنند که احتمال نیاز به آن بیشـتر است و در بعضی موارد، در سـاختمان‌هایی که چند آسانسـور دارند، در ساعاتی که از آسانسـور کمتر استفاده می‌شود، برق بعضی از آسانسورها را قطع می‌کنند. به‌منظور برآورد مصرف انرژی می‌توان گفت که آسانسـورهای هیدرولیکی، در ساختمان‌های نه‌چندان بلند و زیر بار سبک، تقریبا ۰/۰۲ تا ۰/۰۳ کیلووات‌ساعت به‌ازای هر بار شـروع حرکت مصرف می‌کنند و در صورتی‌که زیر بار سنگین کار کنند یا ارتفاع ساختمان بیشتر شود، مصرف برق آسانسور نیز بیشتر خواهد شد. با استفاده از سیستم‌های محرک با بازده بالا، می‌تـوان مصرف برق را به ۰/۰۱ تا ۰/۰۲ کیلووات‌سـاعت در هر بار شروع حرکت کاهش داد. آسانسورهایی که سیستم محرک با ولتاژ متغیر و فرکانس متغیر دارند، در ساختمان‌های بلند تقریبا ۰/۰۳ تا ۰/۰۴ کیلووات ساعت به‌ازای هر بار شروع حرکت مصرف می‌کنند و با اسـتفاده از سیستم ترمزگیری باززاینده یا محرک‌های DC با پهنای پالس تعدیل‌شده، می‌توان مصرف انرژی را به ۰/۰۲ تا ۰/۰۳ کیلووات‌ساعت به‌ازای هر بار شروع حرکت کاهش داد.

پله‌برقی‌های متداول معمولا سالانه ۴۰۰۰ تا ۱۸۰۰۰ کیلووات‌ساعت برق مصرف می‌کننـد. الکتروموتورهای دورمتغیر، با حس کردن نبود مسـافر روی پله‌برقی و کاهش دور موتور، یا با متوقف کردن بعضی از پله‌ها در سـاعاتی که از آن‌ها کمتر اسـتفاده می‌شـود، مصرف انرژی را کاهش می‌دهند.

ترانسـفورماتورهای استاندارد باید با اسـتانداردهای فدرال برای حداقـل بازده کـه از ۹۷٪ برای ترانسـفورماتورهای ۱۵KVA تا ۹۸/۹٪ برای ترانسفورماتورهای ۱۰۰۰KVA تغییر می‌کند، تطبیق داشـته باشـند. بازده ترانسـفورماتورهای پربازده امروزی، برای ترانسفورماتورهای تا ۱۵KVA به ۹۷/۹٪ و برای ترانسفورماتورهای تا ۱۰۰۰KVA به ۹۹/۲۳٪ می‌رسد. ترانسفورماتورها باید به خوبی تهویه شـوند و هنگامی که در محیط‌های با دمای پایین‌تر نصب می‌شوند، با بازده بالاتری کار کنند. بنابراین نباید الکتروموتورها را در اتاق‌های گرم یا محیط‌های بسـته بدون گردش هوای کافی نصب کرد.

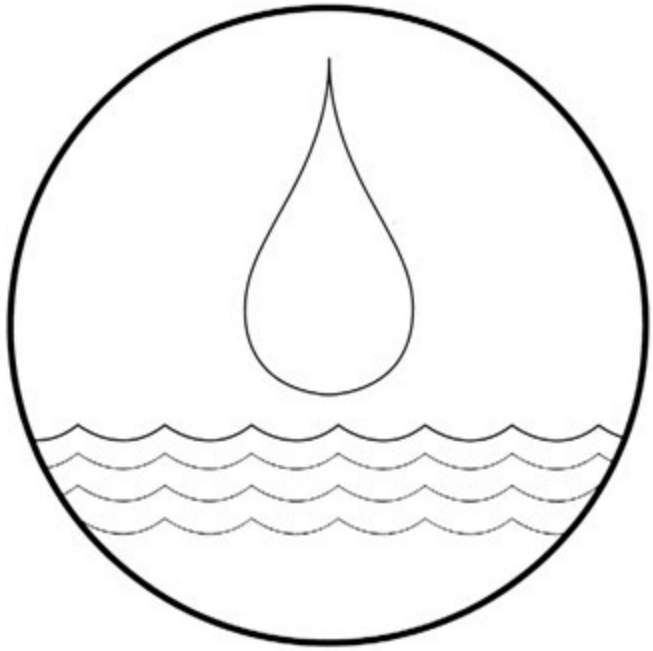


۱۱-۲۹: آسانسورها و پله‌برقی‌ها بخش مهمی از مصرف انرژی ساختمان را به خود اختصاص می‌دهند.

۱۲ آب سرد و گرم

آب یکـــی از منابع محدود ماســـت و هر روز این محدودیت بیشـــتر خودنمایی می‌کند. در ارزیابی اصلاحاتی که برای کاهش مصرف آب در ســـاختمان ســـبز انجام می‌گیرد، انتقال و مصرف آب سرد و آب گرم، هر دو، را باید در نظر گرفت. کاهـــش مصرف آب گرم موجب صرفه‌جویی در مصرف آب و مصرف انرژی برای گرم کردن آن می‌شود.

در فصـــل ۴، با عنوان محلـــه و محوطه، در باره‌ی مصرف آب در محوطه بحث کردیم. در این فصل تأکید ما بر مصرف آب در داخل ساختمان است.

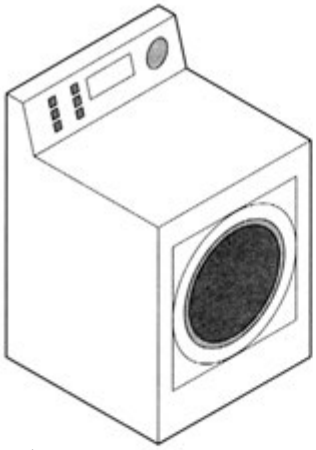


کاهش مصرف

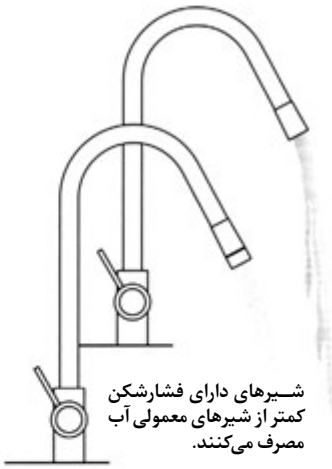
به‌منظور کاهش مؤثر مصرف آب و انرژی باید ابتدا بارهای آبی را بررسی کنیم. با شروع از نقطه‌ی مصرف نهایی، تخستین گام استفاده از لوازم و ماندافزارهای بهداشتی کارآمد است - وسایلی که همان اثر نهایی را دارند، اما آب کمتری مصرف می‌کنند.

ماشین‌های ظرف‌شویی کارآمد ۲۰٪ کمتر از ماشین‌های استاندارد آب مصرف می‌کنند. مصرف آب ماشین‌های لباس‌شویی کارآمد ۵۰٪ کمتر از ماشین‌های استاندارد است. سردوشی با آهنگ جریان پایین و شیرهای دارای فشارشکن نیز مصرف آب را کاهش می‌دهند.

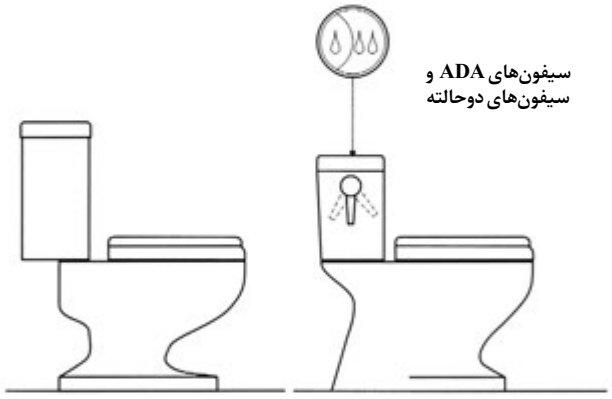
توالت‌هایی که سیفون دوحالته دارند، برای شستشوی فاضلاب مایع آب کمتری مصرف می‌کنند. پیسوارهای خشک اصلا آب مصرف نمی‌کنند و به‌جای آن از نوعی مایع روغنی برای بوبندی و جلوگیری از برگشت بو به داخل ساختمان استفاده می‌کنند. توالت‌های کمپوست‌ساز نیز آب مصرف نمی‌کنند.



ماشین لباس‌شویی با بازده بالا از جلو بارگیری می‌شود و دیگ آن با دور بالا روی محوری افقی می‌چرخد و از ماشین لباس‌شویی سنتی کمتر آب مصرف می‌کند.



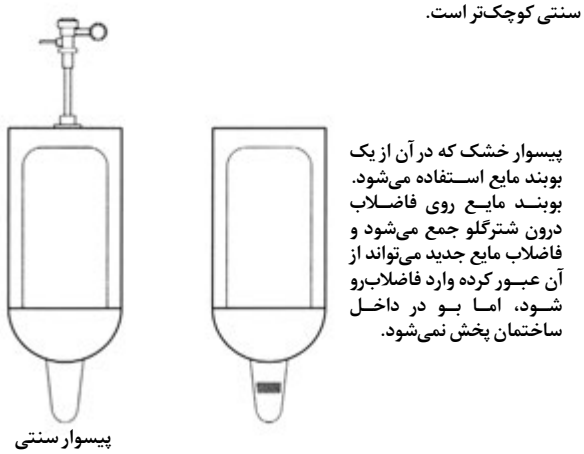
شیرهای دارای فشارشکن کمتر از شیرهای معمولی آب مصرف می‌کنند.



سیفون‌های ADA و سیفون‌های دوحالته

توالت سنتی

فلاش‌تانک (مخزن شستشوی) توالت با مصرف آب کم، از فلاش‌تانک توالت سنتی کوچک‌تر است.



پیسوار خشک که در آن از یک بوبند مایع استفاده می‌شود. بوبند مایع روی فاضلاب درون شترگلو جمع می‌شود و فاضلاب مایع جدید می‌تواند از آن عبور کرده وارد فاضلاب‌رو شود، اما بو در داخل ساختمان پخش نمی‌شود.

پیسوار سنتی

۱۲-۰۱: لوازم و ماندافزارهای بهداشتی کم‌مصرف.

__۱۲-۰۲:__ ماندافزارهای بهداشتی کم‌مصرف که فهرست آن‌ها را برنامه‌ی داوطلبانه‌ی «حس آب» سازمان محیط زیست امریکا تهیه کرده است.

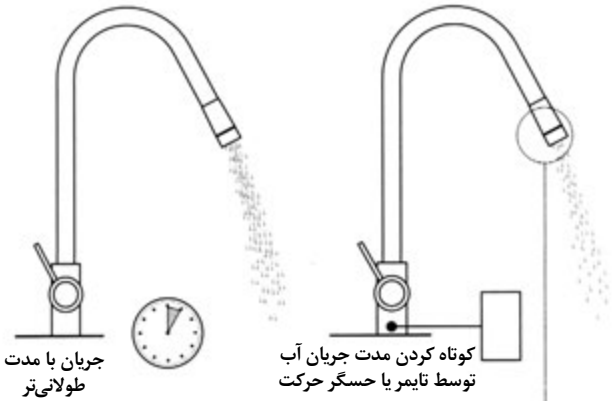
ماندافزار بهداشتی	ضوابط فدرال	ضوابط برنامه‌ی «حس آب» محیط زیست
سردوشی	۲٫۵ GPM*	۲٫۰ GPM
پیسوار	۱٫۰ GPF**	۰٫۵ GPF
توالت ساختمان مسکونی	۱٫۶ GPF	۱٫۸ GPF
شیرهای ساختمان تجاری دستشویی خصوصی	۲٫۲ GPM	۱٫۵ GPM
شیرهای ساختمان مسکونی حمام	۲٫۵ GPM	۱٫۵ GPM

**GPM: گالن در دقیقه*
***GPF: گالن در هر بار کشیدن سیفون*

آب، بـه عنوان بار، فقط شـامل جریان نیسـت، بلکه اسـتمرار جریان آب نیز مطرح اسـت. برای کاهش مصرف آب می‌توان هم آهنگ جریان را پایین آورد و هم طول مدت جریان داشتن آب را کوتـاه کرد. محدودکننده‌های مدت جریان، مانند آن‌هایی که در دستشویی‌های عمومی نصب می‌شوند و به‌طور خودکار جریان آب را قطـع می‌کنند، با محدود کـردن مدت جریان آب، مصرف آب را کاهش می‌دهند. به همین ترتیب، اهرم‌های روی سردوشـی و شـیر که می‌توانند جریان آب را موقتا قطع کنند، اما نسبت آب سرد و گرم را تغییر ندهند نیز با کاهش مدت جریان، مصرف آب را کاهش می‌دهند.

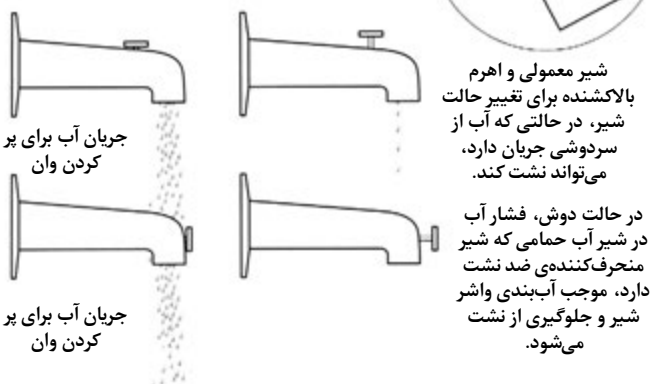
یکی از بارهای مهم آب از نشـت ناشـی می‌شود. می‌توانیم نشت را به‌عنـوان وضعیتی غیرعادی در نظـر بگیریم؛ نوعی خرابی که نمی‌توان از طریق طراحی سـاختمان آن را کنترل کرد. اما بعضی نشـت‌ها متداول‌اند، زیرا در ذات انواعی خاص از تجهیزات وجود دارند. برای حذف این نوع نشت می‌توان هنگام طراحی از انتخاب تجهیزاتـی که ذاتا نشـتی دارند، خودداری کرد. مثلا شـیرهای دوحالته‌ی حمام با اهرم‌هایی که بالا کشیده می‌شوند، وقتی اهرم را بالا می‌کشیم تا آب از سردوشی خارج شود، غالبا نشتی دارند. در یک بررسی آشکار شد که ۳۴٪ از این وسایل نشت میانگینی برابر ۰٫۸GPM دارند. با اسـتفاده از شیرهایی که اهرم منحرف‌کننده دارند می‌توان از این نوع نشت جلوگیری کرد. مثال دیگر شیرهای پرکن توالت است که موجب آشکارسازی نشت می‌شوند.

نوعی از تجهیزات که ذاتا نشتی دارند سیستم‌های بویلرند. بویلر، اگرچـه معمولا فناوری قرن نوزدهمی پنداشـته می‌شـود، رواج دوباره یافته است. اما از بویلرها معمولا بخار نشت می‌کند، و چون بویلرها در معرض هوای جَو قرار دارند، بخاری که از آن‌ها نشـت کرده آشکارسـازی نمی‌شود. هنگام طراحی ساختمان می‌توان از انتخاب بویلر چشم پوشید و این نوع نشت را حذف کرد. گذشته از آن، آب جبرانـی لازم بـرای بویلرها یا دیگ‌های آب گرم باید به طور خودکار تأمین شود، و به همین سبب ممکن است نشت آب از سیستم نادیده بماند. آب جبرانی باید شیر قطع داشته باشد و فقط برای پر کردن بویلر به‌کار رود، نه برای جایگزین کردن آبی که به‌طور پیوسته از آن نشت می‌کند.

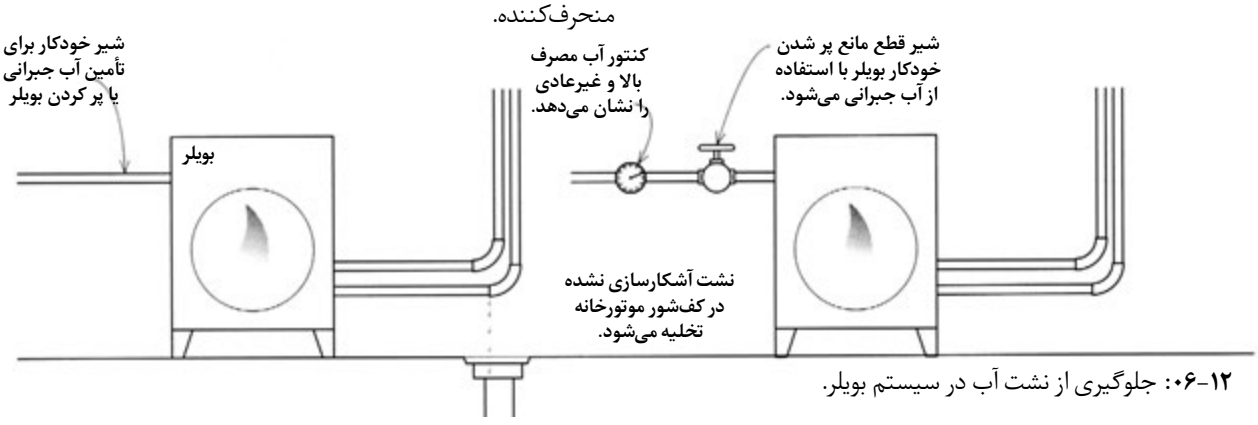


۱۲-۰۳: کنترل مدت جریان، راهبردی برای کاهش نیاز به آب.

۱۲-۰۴: بـا اسـتفاده از شـیر آب دارای فشارشـکن و اهـرم قطع موقـت می‌توان ضمـن صرفه‌جویی در مصرف آب، مخلوط آب گرم و سرد را حفظ کرد.



۱۲-۰۵: شـیرهای معمولـی و ضد نشـت حمام، به همراه شـیرهای منحرف‌کننده.



۱۲-۰۶: جلوگیری از نشت آب در سیستم بویلر.

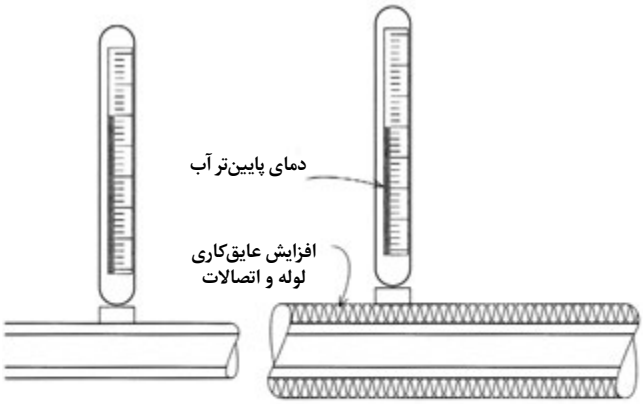
آب گرم

آب گرم مصرفی آشپزخانه، حمام، رختشویخانه، و سایر مصارفی از این قبیل که موجب خروج آب از سیستم می‌شوند، غالبا بار انرژی بزرگی را تشکیل می‌دهد - رتبه‌ی دوم در ساختمان‌های مسکونی، بیش از ۹٪ کل مصرف انرژی اولیه در همه‌ی ساختمان‌ها، و در رتبه‌ی چهارم پس از گرمایش، روشنایی و سرمایش. در ساختمان‌های اداری معمولا آب گرم زیاد مصرف نمی‌شود، اما بیمارستان‌ها، هتل‌ها، آپارتمان‌ها و کارخانه‌ها مقدار چشمگیری آب گرم مصرف می‌کنند. این آب گرم مصرفی را اصطلاحا آب گرم خانگی یا آب گرم سرویس می‌نامند و نباید آن را با آب گرمی که برای گرمایش فضای داخلی از آن استفاده می‌شود، اشتباه کرد.

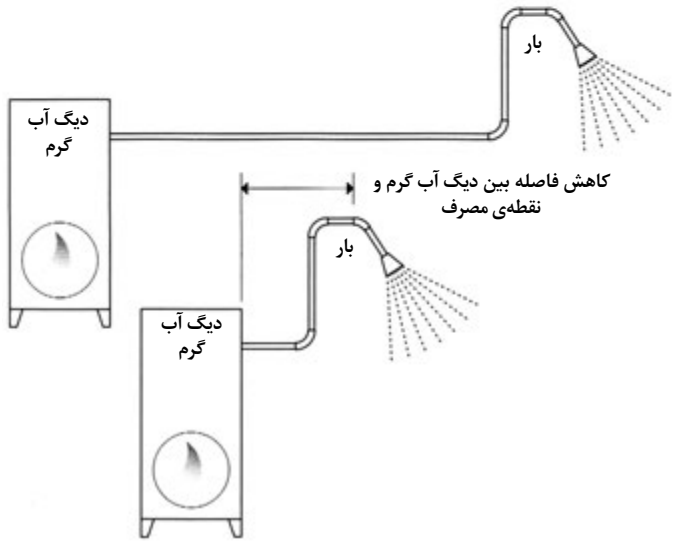
بار انرژی آب گرم خانگی با عوامل خارجی مانند دما، خورشید، و باد رابطه‌ی مستقیم ندارد، اگر چه بار انرژی در فصل زمستان که دمای آب ورودی به ساختمان پایین‌تر است، افزایش می‌یابد.

منطقی به نظر می‌رسد که برای تأمین گرما، آب‌گرم‌کن یا دیگ آب گرم را به‌طور کامل در داخل پوش گرمایی ساختمان نصب کنیم تا از گرمای تلف‌شده‌ی این تجهیزات برای گرمایش فضای داخلی در زمستان، به‌ویژه در اقلیم‌های شمالی، استفاده شود. به عبارت دیگر، بهترین کار این است که آب‌گرم‌کن‌ها را در فضای فاقد تهویه‌مطبوع و دارای ارتباط با هوای بیرون، مانند زیرزمین، نصب نکنیم. به همین ترتیب، اگر لوله‌کشی توزیع در فضاهایی که گرمایش دارند تعبیه شود، تلفات سیستم توزیع، در بخش عمده‌ای از طول سال، قابل استفاده‌اند، هر چند این تلفات بر سیستم تهویه‌مطبوع تأثیر منفی دارند. بنابراین توصیه می‌شود با عایق‌کاری لوله‌ها این تلفات به حداقل رسانده شوند.

راهبردی دیگر برای محدود کردن مصرف انرژی، کاهش فاصله بین آب‌گرم‌کن یا دیگ آب گرم و نقاط مصرف است. این کار با استفاده از گرم‌کن‌های تعبیه شده در نقطه‌ی مصرف، یا با تجمیع نقاط مصرف، مثلا در حمام و آشپزخانه، ممکن است.



۱۲-۰۷: با پایین آوردن دمای آب و افزایش عایق‌کاری لوله‌ها و اتصالات می‌توان تلفات آب گرم را کاهش داد.



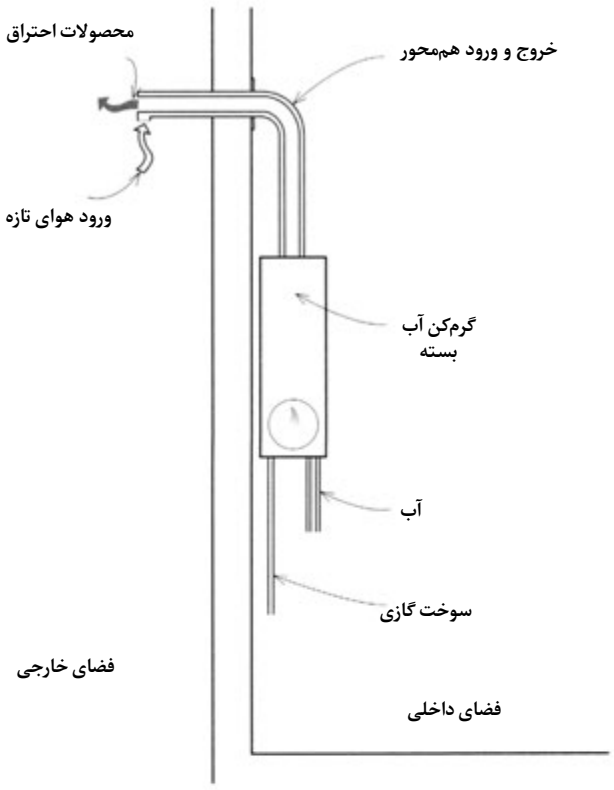
۱۲-۰۸: کاهش فاصله بین دیگ آب گرم و نقاط مصرف به کاهش مصرف انرژی کمک می‌کند.

برای دیگ‌های آب گرمی که سوخت فسیلی، مانند گاز طبیعی، مصرف می‌کنند، سیستم احتراق بسته معمولا بازده بالاتری دارد و نفوذ ناشی از احتراق در سیستم‌های آب‌بندی‌نشده را حذف می‌کند. بعضی از سوخت‌ها از سوخت‌های دیگر کارآمدترند. مثلا بازده دیگ‌هایی که گاز طبیعی و پروپان مصرف می‌کنند از بازده دیگ‌هایی که سوخت مایع مصرف می‌کنند بالاتر است.

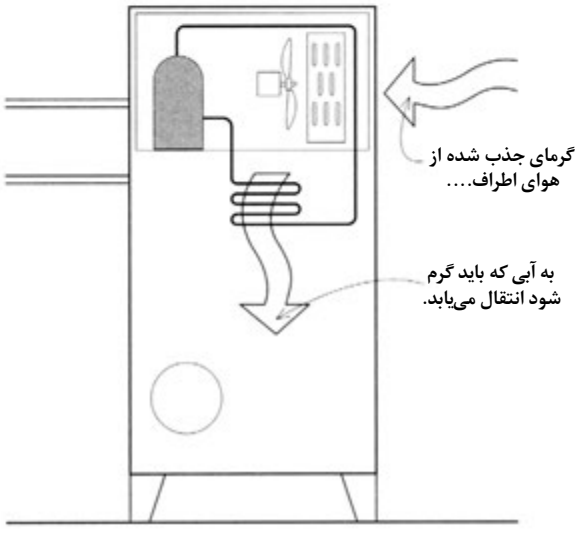
نوع دیگری از گرم‌کن آب که استفاده از آن به‌تازگی رایج شده، گرم‌کن با پمپ حرارتی است. این دستگاه با استفاده از الکتریسیته یک پمپ حرارتی را به کار می‌اندازد که گرما را از هوای محیط می‌گیرد و به آب گرم می‌دهد. به طور کلی این سیستم‌ها بازده بالایی دارند، اگرچه فناوری آن‌ها هنوز در حال تکمیل است. از آن‌جا که گرمای آب از هوای محیط تأمین می‌شود، پمپ حرارتی معمولا فضایی را که در آن نصب شده است، خنک می‌کند. باید فضای کافی برای استخراج این گرما در دسترس پمپ باشد؛ در غیر این‌صورت، بازده پمپ حرارتی افت می‌کند و مصرف انرژی بالا خواهد رفت. به‌علاوه، پمپ حرارتی فضای پیرامون خود را خنک می‌کند و ممکن است این خنکی مطلوب نباشد. این سرمایش می‌تواند موجب افزایش مصرف انرژی به سبب افزایش نیاز ساختمان به گرمایش در فصل زمستان شود.

آب‌گرم‌کن‌هایی که با پمپ حرارتی کار می‌کنند، از لحاظ دمای آب گرم محدودیت دارند. در دماهای بالا، بازده و ظرفیت آن‌ها کاهش می‌یابد و ممکن است نتوانند دمای لازم برای آب گرم مصرفی در آشپزخانه‌های تجاری را تأمین کنند. به رغم این بده‌بستان‌ها، آب‌گرم‌کن‌هایی که با پمپ حرارتی کار می‌کنند استحقاق بررسی برای نصب در ساختمان سبز را دارند. انتظار می‌رود با مقبولیت یافتن سیستم‌های گرمایش و سرمایش زمین‌گرمایی، استفاده از مدار زمین‌گرمایی به‌عنوان منبع گرما برای تأمین آب گرم خانگی متداول‌تر شود؛ این سیستم برای گرم کردن آب، بدون مشکلات مربوط به جذب یا دفع گرما از داخل ساختمان، کارآمدتر است.

در ساختمان‌های بزرگ، آب گرم خانگی را می‌توان به‌عنوان محصول جانبی سیستم‌های ترکیبی مولد گرمایش و برق، تولید کرد.



۱۲-۰۹: آب‌گرم‌کن گازی با بازده بالاتر.



۱۲-۱۰: گرم‌کن آب با پمپ حرارتی.

برای تأمین آب گرم خانگی، گرمای لازم برای افزایش دمای آب معمولا کمتر از گرمایی اســت که در تولید و توزیع آب گرم تلف می‌شــود. تلفات زیادی وجود دارد که از جمله می‌تــوان به تلفات رسانشــی منبع آب گرم؛ تلفــات در دودکش در مورد تجهیزاتی که سوخت مصرف می‌کنند؛ تلفات ناشی از شعله‌های پیلوت که پیوسته روشن‌اند؛ تلفات ناشــی از نفوذ؛ تلفات گرمایی سیستم لوله‌کشی توزیع؛ آهنگ جریان بالاتر از حد لازم در شیرها و سردوشی‌ها؛ و تلفات ناشی از نشت از لوله‌ها، شیرهایی که نشت می‌کنند و مانند آن‌ها اشــاره کرد. برای افزایش بازده گرمایش آب ابتدا باید روی کاهش تلفات تمرکز کرد. مثلا به‌کارگیری سیستم احتراق بسته و استفاده از آب‌گرم‌کن‌های فاقد منبع ذخیره، موجب حذف بســیاری از تلفات، مانند تلفات ناشــی از ذخیره‌سازی آب گرم، تلفات در دودکش، و تلفات ناشــی از نفوذ می‌شود. آب‌گرم‌کن‌هایی که منبع نگهداری آب گرم ندارند، دارای مشخصه‌های منحصربه‌فردی به شرح زیرند: نیاز به حداقل آهنگ جریان آب برای روشن شدن، نیاز به زمان برای روشن شدن؛ تحویل آب با دمای متغیر در شرایط خاص؛ و مشکل‌سازی در صورت سخت بودن آب. گرم‌کن‌هایی که در نقطه‌ی مصرف نصب می‌شوند، تلفات در لوله‌کشی را نیز کاهش می‌دهند.

در بســیاری از مــوارد می‌توان با تأمین نکردن آب گــرم در نقطه‌ای خاص، تلفات را حذف کرد. مثلا حذف لوله‌کشی آب گرم به توالت‌ها را در نظر بگیرید. توالت‌ها غالبا بدون آب گرم هم کارکرد خود را دارند و در بسیاری از کشورها این لوله‌کشی را حذف کرده‌اند. ارزیابی ضروری بودن یا نبودن آب گرم را می‌توان در مورد مصرف‌کننده‌های دیگر نیز انجام داد، اگر چه باید به آیین‌نامه‌های لوله‌کشی رجوع کرد تا مشخص شود که آیا آب گرم برای کاربردی خاص ضرورت دارد یا نه.

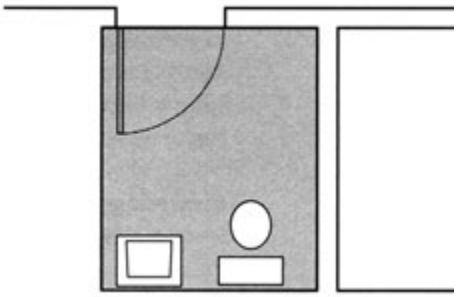
سیســتم‌های گرمایش و تولید آب گرم خانگی را می‌توان، مثلا به‌صورت سیستم‌های بویلر ترکیبی، تجمیع کرد. در گذشــته این کار موجب هدر رفتن انرژی می‌شــد، زیرا دیگ‌های بخار یا آب گرم باید در سرتاسر طول سال کار می‌کردند تا آب گرم خانگی را در غیر از فصل زمستان تأمین کنند. این امکان وجود دارد که حتی وقتی آب گرم خانگی در منبعی نگهداری می‌شود و بخشی از سیستم بویلر چگالشی با بازده بالا را تشکیل می‌دهد، باز هم تلفات گرمایی غیرقابل قبول باشد. در چنین سیستم‌هایی برای به‌کار انداختن پمپ سیرکولاسیون آب از دیگ تا منبع آب گرم نیز برق مصرف می‌شود.

منابع جدید آب و گرما

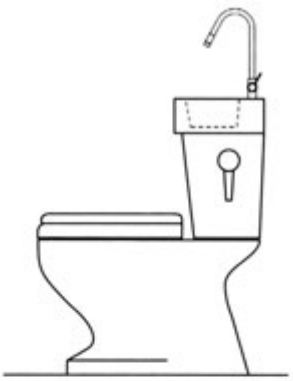
وقتی بارهای نقطه‌ی مصرف و نشت و اتلاف به حداقل رسیدند، کاهش بیشتر نیاز به آب و گرمای لازم برای تأمین آب گرم با اســتفاده از رویکردهای مختلف بازیابی، ممکن می‌شود.

بازیافت آب و گرما

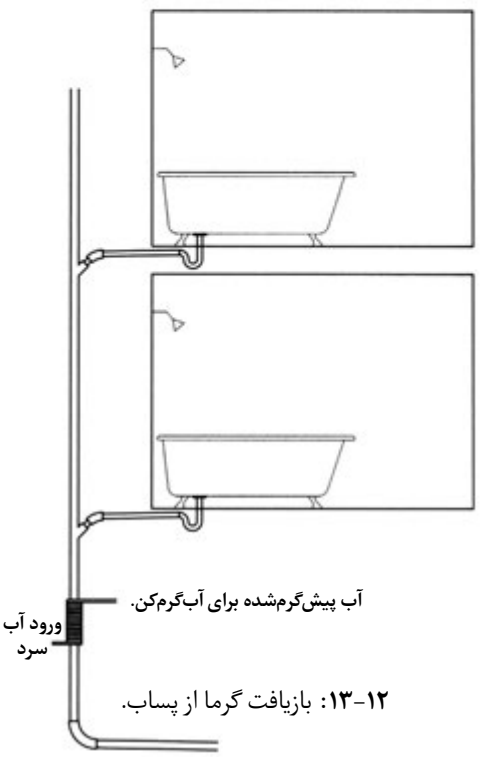
بازیافت آب اســتفاده‌ی مجدد از آب مصرف شــده، برای مقاصد دیگر را امکان‌پذیر می‌کند. مثلا با تعبیه‌ی ســینک روی درِ توالت، می‌توان ابتدا دست‌ها را با آب تمیز شست و پساب حاصل را وارد فلاش تانک کرد. پساب را می‌توان تصفیه کرد و درون ســاختمان دوباره آن را مصرف نمود. به همین ترتیب گرمای پساب گرم را می‌توان بازیابی کرد. بــه این ترتیــب بار آب ســرد ورودی، با افزایش دمای آن، کاهش می‌یابد.



۱۲-۱۱: تأمین فقط آب ســرد برای توالت‌ها را بررسی کنید.



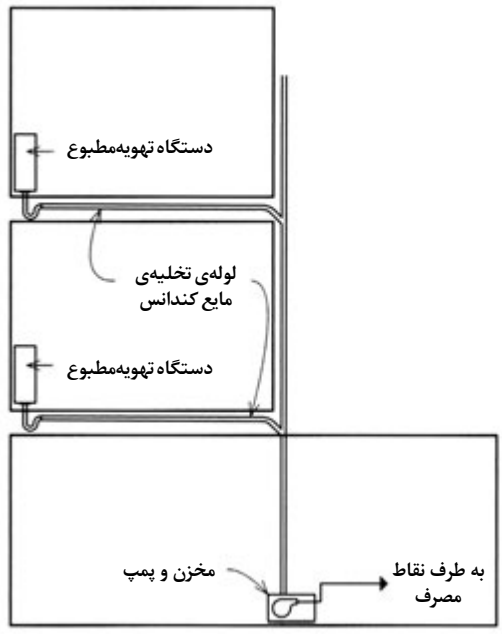
۱۲-۱۲: سینک روی درِ فلاش تانک.



۱۲-۱۳: بازیافت گرما از پساب.

بازیابی مایع کندانس

مایع کندانس را می‌توان از دستگاه تهویه‌مطبوع بازیابی کرد. آبی که از این طریق حاصل می‌شود معمولا فاقد ناخالصی است، اگرچه جریان آن اندک و ناپیوسته است و در زمستان به صفر می‌رسد. مقدار مایع کندانس تولیدی، بسته به ساختمان و اقلیم تغییر می‌کند. براساس قاعده‌ای سرانگشتی مقدار این آب بین ۱ تا ۳ گالن بر هر فوت مربع (۳/۸ تا ۷/۵ لیتر به ازای هر ۰/۱ متر مربع) زیربنا در هر سال برآورد می‌شود، اما در اقلیم‌های شمالی کمتر ساختمانی به سرمایش نیاز دارد و در اقلیم‌های خشک نیز رطوبت‌زدایی مطرح نیست و بازیابی مایع کندانس بیشتر به ساختمان‌های واقع در مناطق گرمی مربوط است که به سرمایش و رطوبت‌زدایی نیاز دارند. مایع کندانس را باید جمع‌آوری و در جایی مثل آب‌انباری که برای جمع‌آوری آب باران به کار می‌رود ذخیره کرد، یا برای مصرف فوری، به جایی مانند چاهک برج خنک‌کننده‌ی باز انتقال داد.

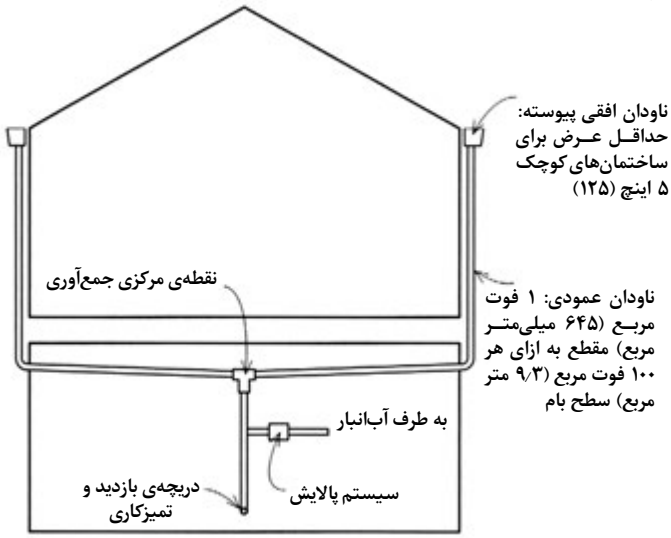


۱۲-۱۴: بازیابی آب کندانس.

سرانجام، وقتی بارها و تلفات به حداقل رسید، باید به منابع تجدیدپذیر آب و گرما توجه کرد.

جمع‌آوری آب باران

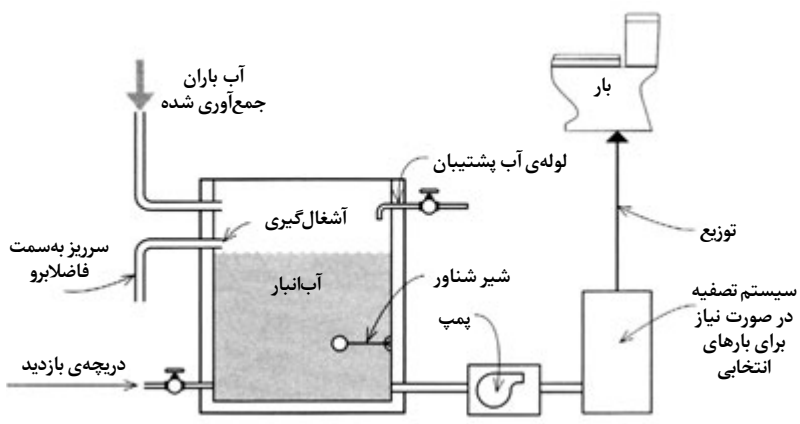
آب باران را می‌توان برای مصرف در ساختمان، و کاهش نیاز به آب لوله‌کشی شهر یا آب چاه جمع‌آوری کرد. سیستم جمع‌آوری آب باران شامل محوطه‌ی جمع‌آوری، معمولا بام ساختمان، سیستمی راحت برای هدایت آب باران به مخزن نگهداری؛ مخزن نگهداری یا آب‌انبار؛ یک سیستم تصفیه و احیانا ضد عفونی کردن آب؛ یک سیستم پشتیبان برای تأمین آب برای مواقعی که آب باران کم است؛ تدابیری برای مقابله با سرریز کردن آب باران از مخزن؛ و سیستمی برای توزیع آب بین نقاط مصرف است.



۱۲-۱۵: جمع‌آوری آب باران: جمع‌آوری و پالایش.

چنان‌که قبلا گفته شد، ناودان‌های افقی (گاتر)، ناودان‌های عمودی، و آبروها را باید طوری تعبیه کرد که آب باران را جمع‌آوری و به سوی نقطه‌ای مرکزی هدایت کنند. طبق قاعده‌ای سرانگشتی، در ساختمان‌های کوچک عرض ناودان‌های افقی (گاتر) باید ۵ اینچ (۱۲۵) ومقطع ناودان‌های عمودی باید یک اینچ مربع (۶۴۵ میلی‌متر مربع) به ازای هر ۱۰۰ فوت مربع (۹/۳ متر مربع) سطح بام باشد.

در اقلیم‌های سرد، آب باران را باید در فضای داخلی یا زیر زمین نگهداری کرد تا یخ نزند. مخازن نگهداری آب باران را از مواد مختلفی شامل فولاد، بتن، چوب، فایبرگلاس، یا پلاستیک می‌سازند.



۱۲-۱۶: جمع‌آوری آب باران: ذخیره‌سازی و توزیع.

متداول‌ترین کاربرد آب باران در شستشـوی توالت‌هاسـت. در ایـن کاربرد، فلاش تانک توالت‌های سـاختمان، به جای اتصال به شبکه‌ی توزیع آب سرد، به مخزن نگهداری آب باران متصل می‌شود. معمولا این سیستم به پمپی برای انتقال آب به توالت‌ها مجهز است. اما اگر مخزن نگهداری آب باران در ارتفاعی بالاتر از توالت واقع شـده باشد، ممکن است به پمپ نیاز نداشته باشیم. سیستم‌های جمع‌آوری آب باران معمولا یک شیر شناور دارند که پر شـدن مخزن با آب لوله‌کشی شـهر را در دوره‌های کم‌بارانی امکان‌پذیر می‌کند. اگر توالت‌ها شیر شستشوی فشاری داشته باشند، پمپ را باید طوری انتخاب کرد که حداقل فشار لازم برای کار این شیرها، معمولا ۱۰psi، را تأمین کند. در غیر این صورت باید برای شستشوی توالت‌ها فلاش تانک نصب کرد.

اگر چه آب باران تمیز تلقی می‌شود، در صورت آلوده بودن هوا ممکن است حین بارش، و حین جمع‌آوری و انتقال برای ذخیره‌سازی و مصرف آلوده شود. بهترین راه برای جلوگیری از آلوده شـدن آب باران، جلوگیری از جمع شـدن آب راکد روی بام است که موجب رشد باکتری‌ها می‌شـود. آلاینده‌های بیوشیمیایی دیگر، شامل مدفوع پرندگان و سایر جانوران کوچک اسـت. آب باران در مسـیر خود روی بام، ممکن است آلاینده‌های شیمیایی را از آشغال‌های روی بام یا مصالح ساختمانی نیز جذب کند. آب باران ممکن است ذرات جامد، مانند برگ، خرده چوب و غیره را نیز با خود حمل کند. اگر قرار باشد آب باران به مصارف غیرآشامیدنی، مانند شستشوی توالت، برسد عملیات اصلی که باید روی آن انجام داد فیلتر کردن برای جداسـازی ذرات جامد است. اگر قرار است آب باران مصارف آشامیدنی داشته باشد، باید آن را تصفیه و گندزدایی کرد تا از آلودگی‌های باکتریایی عاری شود.

بهترین راه طراحی سیسـتم‌های جمع‌آوری آب باران اسـتفاده از نرم‌افزارهای تهیه شده براساس شرایط بارش محلی، سطح بام قابل استفاده، و نیاز آب قابل انتظار است.

انرژی خورشیدی

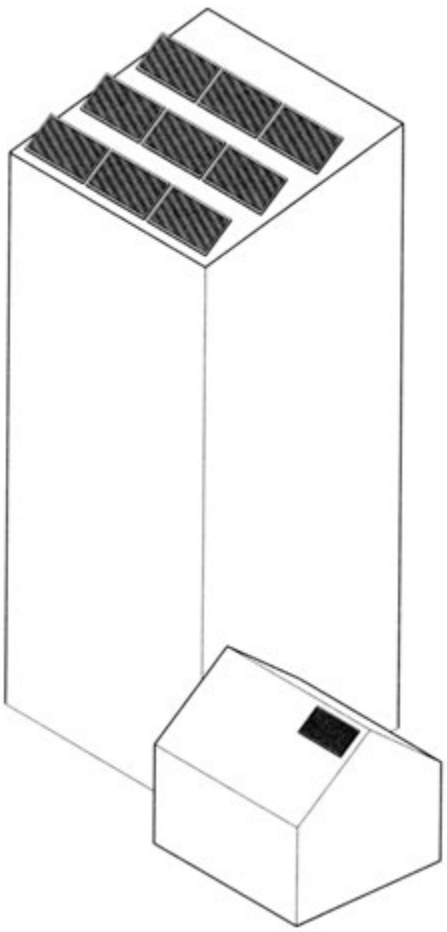
اسـتفاده از انرژی خورشیدی برای تأمین آب گرم خانگی بسیار مناسب است. استفاده از این سیستم در سـاختمان‌هایی که سرتاسر سال بار متمرکز آب گرم خانگی دارند، مانند آپارتمان‌ها، هتل‌ها، بیمارستان‌ها، و بعضی از کارخانه‌ها منطقی به نظر می‌رسد. این نوع کاربرد انرژی خورشـیدی در خانه‌های تک‌خانواری در سراسر جهان، به‌ویژه در اقلیم‌هایی که خطر یخ زدن آب مطرح نیسـت و لوله‌کشـی خارجی آسان است و نیازی به محافظت در برابر یخ‌زدگی ندارد، نیز جایگاهی خاص خود یافته است. در فصل ۱۵، با عنوان انرژی تجدیدپذیر، درباره‌ی انرژی خورشیدی بیشتر بحث خواهیم کرد.

هزینه‌ی اصلاحات مرتبط با آب

انجام این اصلاحات بر قیمت سـاختمان چه تأثیری دارد؟ لوازم مصرف‌کننده و شیرهای آب با بازده بالا و آهنگ مصرف پایین معمولا از لوازم استاندارد گران‌ترند، اگرچه اختلاف قیمت روبه کاهش اسـت. کاهش فاصله‌ی آب‌گرم‌کن یـا دیگ آب گرم با مصرف‌کننده‌ی نهایی معمولا موجب کاهش هزینه‌ی سـاخت می‌شود؛ حذف لوله‌کشی آب گرم در موارد غیرضروری نیز موجب کاهش هزینه‌ی سـاخت می‌شود. قیمت آب‌گرم‌کن‌ها با بازده بالا، از قیمت آب‌گرم‌کن‌های استاندارد بیشتر است. نصب آب‌گرم‌کن‌های خورشیدی و احداث سیسـتم‌های جمع‌آوری آب باران موجب افزایش هزینه‌ی سـاخت می‌شـود. به‌طور کلی باید انتظار داشت هزینه‌ی ساخت ساختمانی که کمتر آب مصـرف می‌کند و در پی حذف مصرف سوخت‌های فسـیلی برای تولید آب گرم است، بالاتر از ساختمان‌های معمولی باشد.

خلاصه

رویکردهای افزایش بازده سیسـتم‌های آب گرم شامل‌اند بر کاهش بارها تا حد امکان، به حداقل رساندن تلفات، استفاده از آب گرم‌کن‌های با بازده بالا، و نصب آب گرم‌کن و سیستم توزیع، به طور کامل، در داخل ساختمان و با کمترین فاصله تا نقاط مصرف. در این فرایند، هدف کاهش تقاضا برای گرما و رسـاندن آن به گسـتره‌ای است که انرژی خورشـیدی پاسخگوی آن باشد. به‌همین ترتیب، در مورد آب سـرد، بارها و تلفات را باید تـا حد امکان کاهش داد تا تقاضای آب به حدی برسد که با جمع‌آوری آب باران تأمین شود.

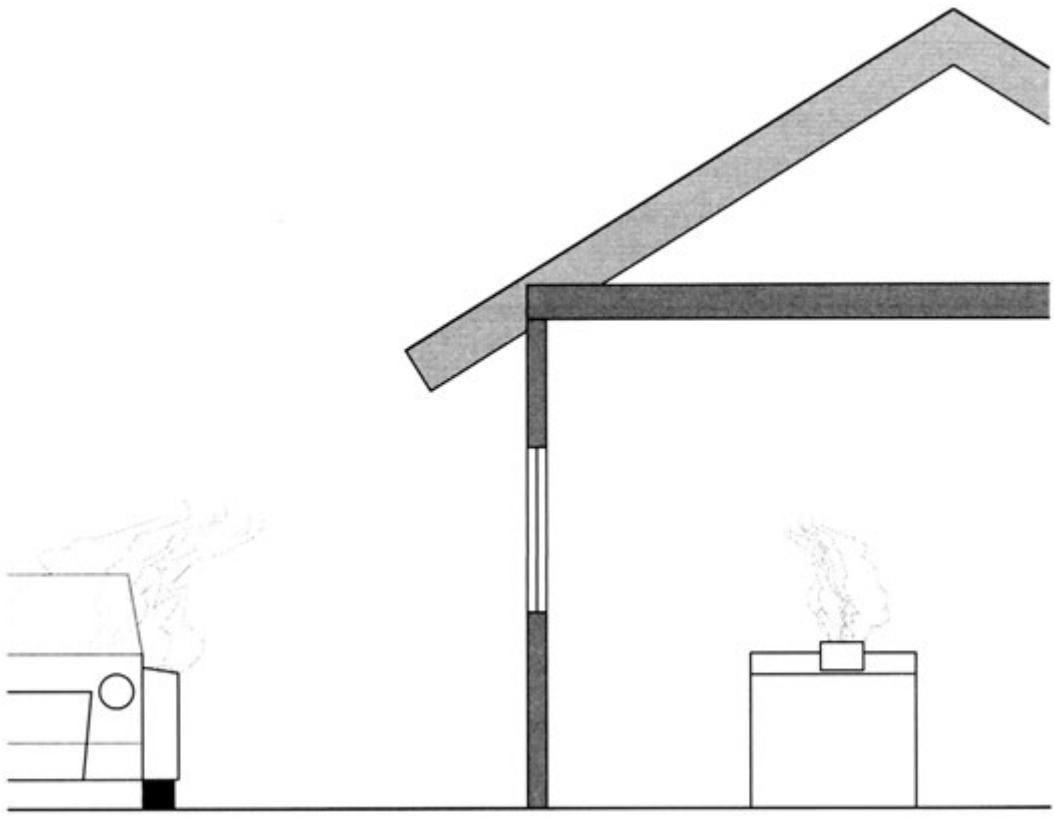


۱۲-۱۷: اب گرم‌کن خورشیدی.

۱۳ کیفیت زیست‌محیطی فضای داخلی

کیفیت هوای داخل

هــوای داخل وقتی کیفیت مطلوب دارد کــه حاوی آلاینده‌های هوابُرد قابــل اعتراض، مانند ذرات گردوغبار، کربن دیوکســید، مواد شــیمیایی زیان‌آور، دود ســیگار، بو، رطوبت و آلاینده‌های بیوشیمیایی نباشد. آلاینده‌های هوابُرد یکی از بارهای ساختمان را تشــکیل می‌دهند، اما با این پیچیدگی اضافی که این بار فقط منشأ خارجی ندارد و سرچشمه‌ی ایجاد آن ممکن است در داخل ساختمان باشد.



۱۳-۰۱: آلاینده‌های هوابُرد فقط از خارج ساختمان نمی‌آیند، بلکه ممکن است منشأ داخلی نیز داشته باشند.

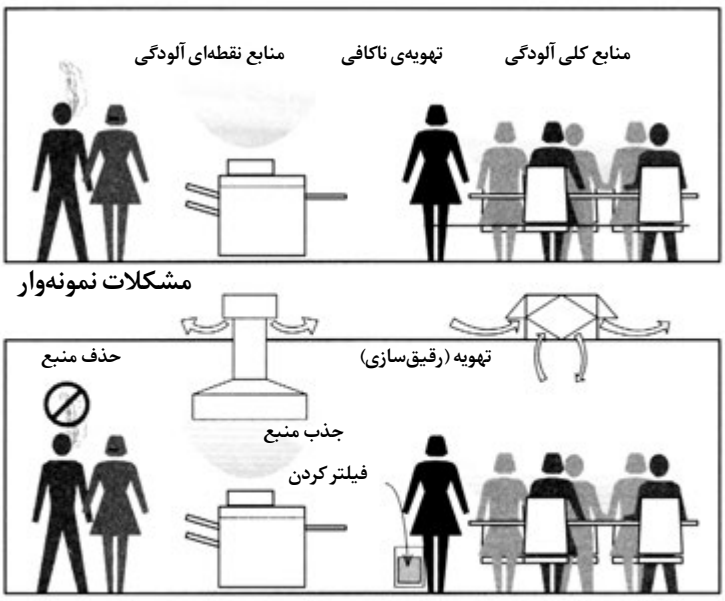
چهار رویکـرد اصلی به تأمین کیفیت هوای داخـل عبارت‌اند از کاهش منبع آلودگی، جذب آلودگی، فیلتر کردن، و رقیق‌سازی. بهترین رویکرد این است که از منبع آلودگی شروع کنیم. ابتدا باید در پی حذف منابع داخلی آلاینده‌ها باشـیم؛ مثلا سیگار کشیدن در فضای داخل را ممنوع کنیم یا از رنگ‌ها و فرش‌هایی استفاده کنیم که مواد شـیمیایی کمتری منتشـر می‌کنند. جذب آلودگی شـامل به دام انداختن آلاینده‌ها قبل از رسـیدن آن‌ها به منطقه‌ی تنفسی انسان است. برای این‌کار معمولا در آشپزخانه و توالت فَن هواکش، هود و مانند آن‌ها نصب می‌کنند. با فیلتر کـردن می‌توان آلاینده‌ها را از هوا حذف کرد. سـه رویکرد نخست مناسـب و عملی‌اند، اما ممکن اسـت آلاینده‌هایی را که قابل حذف، جذب، یا فیلتر کردن نیسـتند، از قلم بیندازند. به‌عنوان مثـال می‌توان از مواد شیمیایی نام برد که به‌مقدار ناچیز از کالاها و محصولات نو منتشـر می‌شوند و کربن دیوکسید موجود در هوای بازدم. ایـن آلاینده‌ها هدف رویکرد چهارم - رقیق‌سـازی با هوای بیرون یا تهویه - اند.

برای تهویه، پیش‌فرضی اختیار می‌شـود و آن این‌که هوای بیرون تمیز اسـت، امـا باید اقداماتی نیز انجـام دهیم تا مطمئن شویم هوای بیرون واقعا تا حد امکان تمیز است.

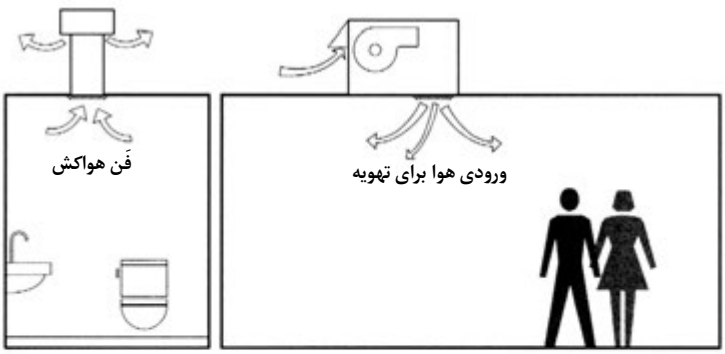
ممکن اسـت اسـتفاده از فَن هواکش، که وسیله‌ای برای جذب آلاینده است، و تهویه با هوای بیرون که رقیق‌سازی شمرده می‌شود، با هم اشـتباه شوند. این اشتباه از آن‌جا ناشی می‌شـود که غالبا هر دو عمل را تهویه می‌نامند و با هم تحلیـل می‌کنند. این دو غالبا با هم تعامل دارند، زیرا تخلیه‌ی هوا توسط فَن هواکش موجب ورود هوای بیرون به داخل ساختمان می‌شود.

یکی دیگر از علل بروز این اشتباه رابطه‌ی متقابل بین تهویه و نفوذ است. تهویه معمولا با استفاده از فَن انجام می‌گیرد. امـا نفوذ هم می‌تواند با وارد کـردن هوای بیرون به داخل ساختمان و رقیق کردن آلاینده‌های هوابُرد همان اثر تهویه را داشته باشد. به‌علاوه، همان‌طور که فَن هواکش با نفوذ تعامل دارد، تهویه با هوای بیرون و نفوذ نیز می‌توانند با هم تعامل کنند. اگر هوای بیرون با اسـتفاده از فَن، اما بدون کمک فَن هواکش، برای تهویه وارد ساختمان شود، آن‌گاه هوا به خارج از ساختمان نشت خواهد کرد. بنابراین بحث در مورد تهویه ناگزیر شامل بحث در مورد نفوذ نیز هست.

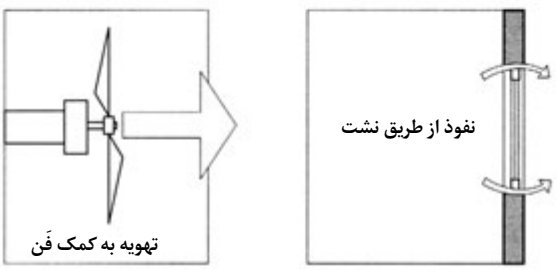
سرانجام ممکن است بین تهویه و سرمایش هم اشتباه شود، زیرا گاهی این دو اصطلاح را به‌جای هم به‌کار می‌برند.



۱۳-۰۲: رویکردهای تأمین کیفیت خوب برای هوای داخل.



۱۳-۰۳: تفاوت بین فَن هواکش و ورودی هوا برای تهویه با هوای بیرون.



۱۳-۰۴: تفاوت بین تهویه و نفوذ.

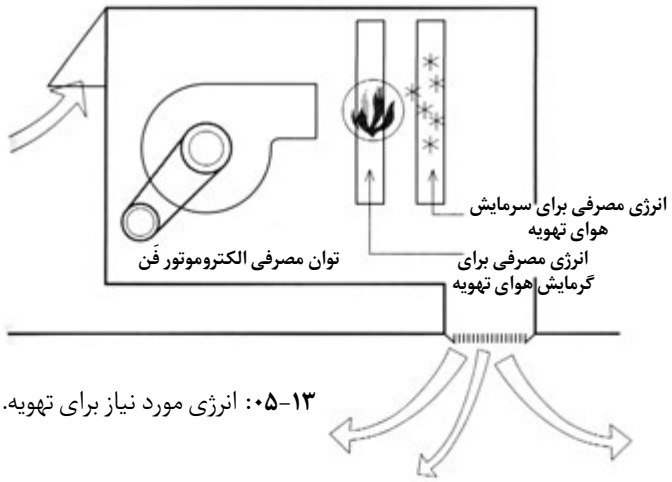
چالش‌های تهویه

رویکرد سنتی به بهبود کیفیت هوای داخل، استفاده از تهویه است، اما تهویه، به نوبه‌ی خود، چالش‌های بسیاری را مطرح می‌کند.

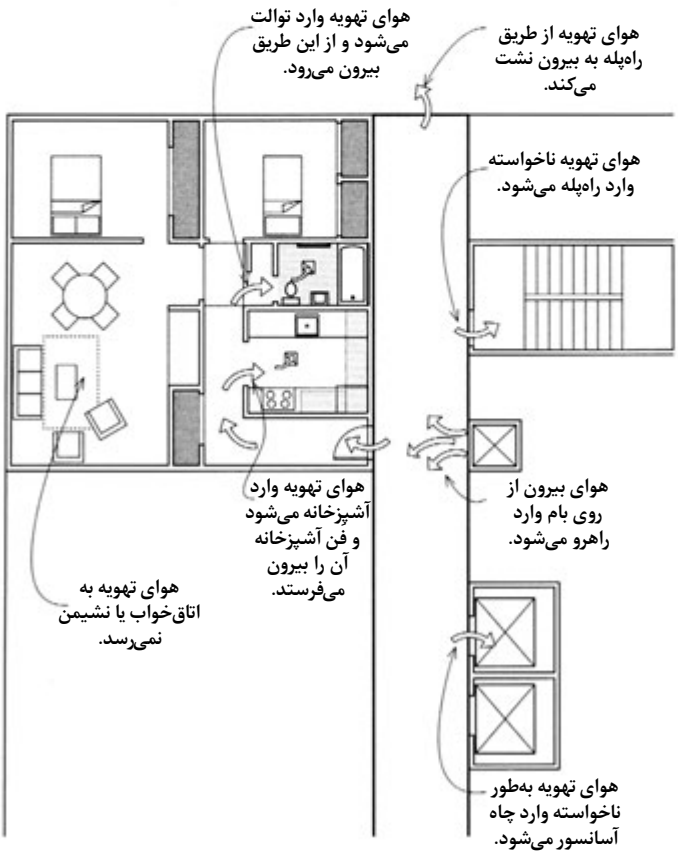
تهویه انرژی زیادی مصرف می‌کند. برای به کار انداختن الکتروموتور فَن‌هایی که هوای تهویه را تأمین می‌کنند به الکتریسیته نیاز است. مهم‌تر از آن، برای گرمایش یا سرمایش هوایی که از طریق تهویه وارد فضای داخلی می‌شود، انرژی به مصرف می‌رسد. آهنگ مصرف انرژی در ساختمان نسبت به تهویه بسیار حساس است. افزایش در خور اعتنای تهویه موجب افزایش فوری و چشمگیر مصرف انرژی در ساختمان خواهد شد.

وارد کردن هوای بیرون به فضای داخل، بدون مختل کردن آسایش کاربران فضا، خود چالش مهمی است. اگر هوای بیرون گرمایش یا سرمایش نشود، با هر دمایی ممکن است وارد ساختمان شود. تفاوت بسیاری هست بین وارد کردن هوای ۰°F (-۱۸°C) به داخل ساختمان با وارد کردن هوای ۳۲°F (۰°C)، یا ۷۰°F (۲۱°C)، یا ۱۰۰°F (۳۸°C). چالش اصلی این است که با تغییر دمای هوای بیرون، انرژی لازم برای سرمایش یا گرمایش آن نیز تغییر می‌کند. این مسئله به‌ویژه در حالت گرمایش مهم است، زیرا در این حالت خطر مختل شدن آسودگی کاربران بیشتر است. مشکلات مسبوق به سابقه عبارت‌اند از بیش از حد گرم شدن هوای تهویه و فضایی که این هوا وارد آن می‌شود، از کار افتادن گرم‌کن‌های هوا و سیستم‌های تهویه‌ای که به سبب کنترل نامناسب دما خاموش می‌شوند.

هوای تهویه غالبا به کاربران هدف نمی‌رسد. مثلا، در بسیاری از ساختمان‌های بلند آپارتمانی و هتل‌ها، هوای تهویه از فراز بام تأمین می‌شود و از طریق دریچه‌های تعبیه شده روی دیوارهای راهروها، معمولا درست در ارتفاع سر کاربران، وارد راهروها می‌شود. سیستم تهویه با این هدف طراحی می‌شود که هوا در راهرو و زیر درهای آپارتمان‌ها یا اتاق‌های هتل جریان پیدا کند. اما بخش مهمی از این هوا هرگز به افراد هدف نمی‌رسد. بخش زیادی از هوای تهویه از طریق چاه‌های آسانسور، راه‌پله‌ها، شوت‌های زباله، و پنجره‌های راهرو از ساختمان خارج می‌شود. بخشی از این هوا از زیر درها به داخل آپارتمان‌ها یا اتاق‌های هتل جریان پیدا می‌کند، اما بخش عمده‌ی آن معمولا از طریق فن آشپزخانه یا توالت بیرون می‌رود. آشپزخانه و توالت معمولا نزدیک ورودی آپارتمان یا اتاق هتل قرار دارند و از فضای پیرامونی ساختمان دورند. در نتیجه هوای تازه از ساختمان خارج می‌شود، بدون این‌که به افراد هدف در اتاق‌های نشیمن یا خواب برسد.



۱۳-۰۵: انرژی مورد نیاز برای تهویه.



۱۳-۰۶: هوای تهویه همیشه به افراد هدف نمی‌رسد.

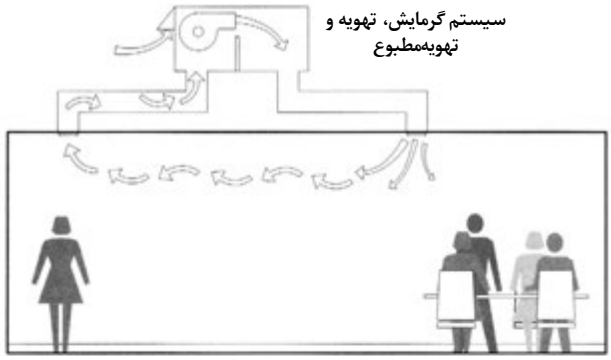
بای‌پس‌های مشابه، در ساختمان‌هایی رخ می‌دهند که در آن‌ها هوای تهویه همراه هوای گرمایش یا سرمایش انتقال می‌یابد. در بسیاری از این گونه ساختمان‌ها، هوا در تراز سقف وارد می‌شود و برگشت آن به کانال نیز در همین تراز انجام می‌گیرد، به‌طوری که بخش عمده‌ی تهویه به منطقه‌ی تنفس کاربران نمی‌رسد.

مسئله‌ی دیگر در مورد تهویه، پیامد ناخواسته‌ی ایجاد سوراخ در ساختمان و ناپیوسته‌سازی مرز گرمایی آن است. این سوراخ‌ها برای جریان یافتن هوای تهویه ایجاد شده‌اند. در سیستم تهویه‌ای که خوب طراحی شده باشد، هوای تهویه فقط هنگامی جریان می‌یابد که به آن نیاز باشد. مثلا ساختمان اداری در ساعات شب، که کسی در ساختمان نیست، نیازی به تهویه ندارد. منافذی که برای تهویه در نظر گرفته شده‌اند در این ساعات با دمپر بسته می‌شوند. دمپر نوعی دریچه است که می‌توان مانند شیر آن را باز کرد و بست. اما هوا سیال است و راه خود را برای عبور از دمپر پیدا می‌کند - به عبارت دیگر از دمپر نشت می‌کند. و دمپرها ممکن است بشکنند و گیر کنند و در نتیجه همواره باز بمانند و هوای تهویه را بیش از میزان نیاز وارد ساختمان کنند، یا همواره بسته بمانند و اصلا هوایی برای تهویه وارد ساختمان نشود.

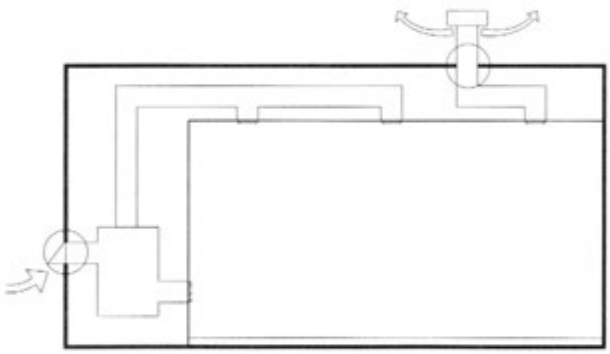
اندازه‌گیری تهویه دشوار است و بازرسی و درک سیستم‌های تهویه مشکل است. در نتیجه بازرسان ساختمان معمولا متوجه معایب طراحی یا نصب این سیستم نمی‌شوند. به این ترتیب سیستم‌های تهویه نه تنها بعد از ساختن ساختمان خراب می‌شوند، بلکه غالبا حتی قبل از پایان ساخت و کاربری از کار می‌افتند. حتی وقتی سیستم تهویه از کار می‌افتد، معمولا کاربران یا بهره‌برداران از ساختمان متوجه از کار افتادن آن نمی‌شوند. تهویه را با سایر سیستم‌های ساختمان که ممکن است از کار بیفتند مقایسه کنید. اگر سیستم گرمایش یا سرمایش از کار بیفتد، حداکثر چند ساعت پس از وقوع خرابی متوجه خواهیم شد، زیرا ساختمان گرم یا سرد می‌شود. یا اگر آسانسور از کار بیفتد، معمولا بلافاصله معلوم می‌شود. اگر دیگ آب گرم خاموش شود، وقتی شیر را باز کنیم متوجه خواهیم شد. اما سیستم تهویه متفاوت است. اگر سیستم تهویه از کار بیفتد، غالبا، و گاه تا ماه‌ها و سال‌ها بعد، کسی متوجه نمی‌شود.

حتی اگر سیستم تهویه کار کند و بتواند هوای کافی را به نقاط مورد نظر برساند، کاهش و افزایش آهنگ تهویه متناسب با تعداد حاضران و رفت‌وآمدها، کار دشواری است. راه نزدیک‌تر شدن به این هدف استفاده از سیستم تهویه‌ی کنترل‌شده توسط تقاضاست که در آن معمولا حسگرهای کربن دیوکسید، در صورت بالا رفتن غلظت کربن دیوکسید، آهنگ تهویه را افزایش می‌دهند. این پیشرفت در خور اعتنایی است. اما از سیستم تهویه‌ی کنترل شده توسط تقاضا معمولا فقط در ساختمان‌های تجاری استفاده می‌شود. استفاده از این سیستم در انواع دیگری از ساختمان، مانند خانه‌های تک‌خانواری، ساختمان‌های چندخانواری، یا هتل‌ها، هنوز رایج نشده است.

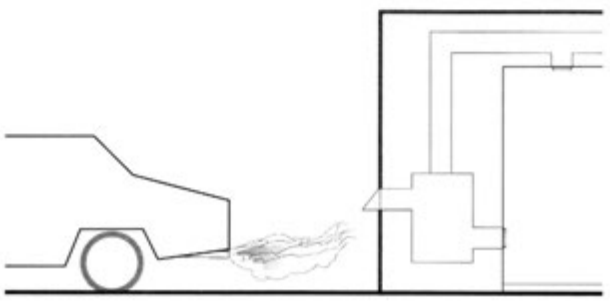
مسئله‌ی دیگر در مورد تهویه این است که بازشدگی‌های تعبیه‌شده برای ورود هوا گاهی در نزدیکی منبع آلاینده‌ها قرار دارند. در نتیجه تهویه، به‌جای رقیق کردن هوای آلوده‌ی داخل با هوای تازه‌ی بیرون، موجب ورود آلاینده‌ها به ساختمان می‌شود. شواهدی از این پدیده، به صورت آثار دود خروجی از اگزوز خودروها روی دریچه‌های هوا در ساختمان‌هایی که پارکینگ یا بارانداز آن‌ها نزدیک دریچه‌های ورودی هوای تهویه ساخته شده‌اند، دیده شده است.



۱۳-۰۷: تهویه می‌تواند منطقه‌ی تنفس کاربران را بای‌پس کند.



۱۳-۰۸: بازشدگی‌های ایجاد شده برای تهویه پیوستگی مرز گرمایی ساختمان را مختل می‌کنند.



۱۳-۰۹: اگر بازشدگی‌های ورودی سیستم تهویه به منابع آلاینده خیلی نزدیک باشد، تهویه می‌تواند موجب ورود آلاینده‌ها به ساختمان شود.

راه‌های بهبود کیفیت هوای داخل

با استفاده از رویکرد خارج به داخل، از فاصله‌ی دوری از ساختمان شروع می‌کنیم و به سمت فضای داخلی می‌رویم.

محله

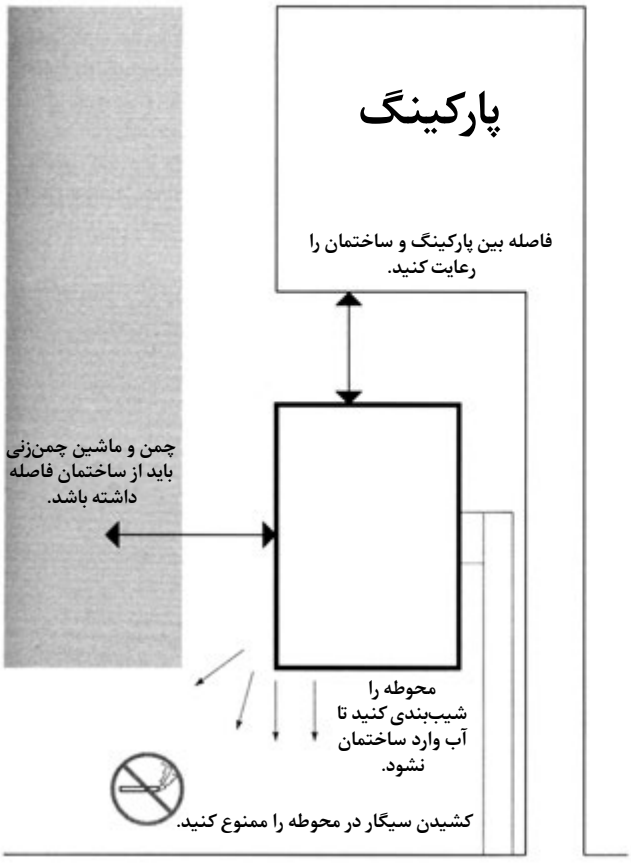
سعی می‌کنیم محله‌ای را انتخاب کنیم که آلودگی شدید نداشته باشد و می‌کوشیم آلودگی هوا در محله‌های خود را کاهش دهیم، چون می‌دانیم که کیفیت هوای داخل ساختمان، حداکثر می‌تواند به خوبی کیفیت هوای بیرون باشد که سیستم تهویه آن را وارد ساختمان می‌کند. از منابع متمرکز آلودگی هوا، به‌ویژه اگزوز خودروها، یعنی از خیابان‌های پررفت‌وآمد یا چهارراه‌هایی که در آن‌ها خودروها پشت چراغ‌قرمز درجا کار می‌کنند، دوری می‌گزینیم. منابع صنعتی آلودگی هوا را نیز باید محدود کرد و از آن‌ها دوری نمود. بهتر است ساختمان خود را دور از این منابع آلودگی بنا کنیم یا، دست‌کم، ورودی‌های سیستم تهویه را دور از این منابع آلودگی در نظر بگیریم.



۱۳-۱۰: راهبردهای محله‌ای برای جلوگیری از مشکلات کیفیت هوای داخل.

محوطه

با رسیدن به محوطه، ضمن تهیه‌ی طرح الگوهای رفت‌وآمد خودروها و پارکینگ، می‌کوشیم خودروها را از ساختمان دور نگه‌داریم. در نزدیکی ساختمان، به‌ویژه در مجاورت ورودی‌های سیستم تهویه، هم‌چنین در مجاورت مسیرهای پیاده و ورودی‌های ساختمان، و در صورت امکان در تمام محوطه، خواستار ممنوعیت سیگار کشیدن می‌شویم. سعی می‌کنیم سایر منابع آلاینده‌ها، مانند ماشین‌های احتراقی، فرایندهای شیمیایی و غیره را از محوطه حذف کنیم. و، مهم‌تر از همه، به شیب‌بندی و مدیریت آب محوطه توجه می‌کنیم. بسیاری از مشکلات جدی‌تر کیفیت هوای داخل ساختمان از رطوبت ناشی می‌شود و منشأ رطوبت غالبا آب‌های سطحی است که به طریقی به داخل ساختمان راه پیدا می‌کنند، به‌ویژه اگر ساختمان زیرزمین داشته باشد.



۱۳-۱۱: راهبردهای محوطه‌ای برای جلوگیری از مشکلات کیفی هوای داخل.

شکل ساختمان

از لحاظ شکل ساختمان، بعضی اقدامات را در مراحل قبلی طراحی از خارج به داخل انجام داده‌ایم. به‌طور اخص با کوچک‌تر گرفتن سطح قاعده‌ی ساختمان برای کاربری مفروض و اجتناب از ساخت سقف‌های بلند می‌توان نیاز به تهویه را به‌میزان چشمگیری کاهش داد. مثلا در ساختمان‌های مسکونی، شامل ساختمان‌های آپارتمانی، که آهنگ تهویه طی سال‌های متمادی ۰/۳۵ مرتبه تعویض هوا در هر ساعت (ACH) بوده است، با استفاده از سطح قاعده‌ی کوچک‌تر و اجتناب از ساخت سقف‌های بلند در صورت امکان، می‌توان آهنگ تهویه را به‌شدت کاهش داد. به‌عنوان مثال آهنگ تهویه‌ی لازم برای یک خانه‌ی متوسط در امریکا با سطح زیربنای ۲۶۰۰ فوت مربع (۲۴۲ متر مربع) و ارتفاع سقف ۱۰ فوت (۳۰۵) برابر ۱۵۲ فوت مکعب در دقیقه (CFM) است، در حالی که آهنگ تهویه برای خانه‌ی کوچک‌تری که در دوره‌ی بحران نفتی ۱۹۷۳ ساخته شده و فقط ۱۶۶۰ فوت مربع (۱۵۴ متر مربع) زیربنا و سقفی به ارتفاع ۸ فوت (۲۴۵) دارد، ۷۷ CFM است که از حدود ۵۰٪ صرفه‌جویی در انرژی لازم برای انتقال و مطبوع‌سازی هوای تهویه حکایت دارد.

در بسیاری از آیین‌نامه‌های ساختمان، هواکشی از آشپزخانه نیز به دفعات تعویض هوا در ساعت وابسته است و بنابراین به مساحت و ارتفاع سقف آشپزخانه مربوط می‌شود.

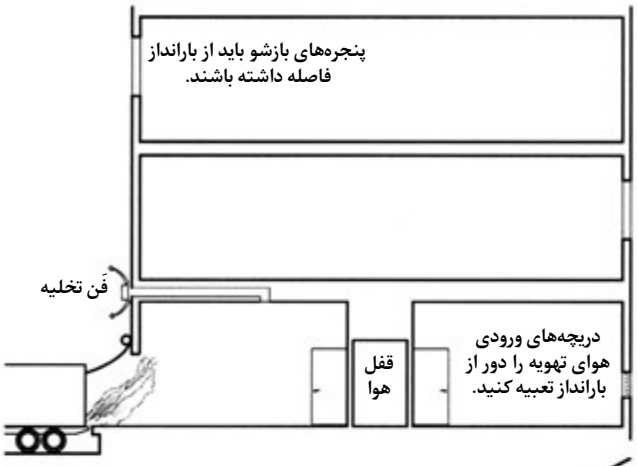
در نزدیکی ساختمان

وقتی به نزدیکی ساختمان می‌رسیم، وجود بارانداز تهویه را به مخاطره می‌اندازد. بارانداز باید در فاصله‌ی کافی از ورودی‌های هوای تهویه ساخته شود. به‌علاوه، بارانداز‌ها باید سیستم تهویه‌ی خاص خود را داشته باشند تا از حبس شدن دود اگزوز خودروها و کشیده شدن آن به داخل ساختمان به سبب اثر دودکش جلوگیری شود. سرانجام یک لایه‌ی محافظ مقاوم، مانند قفل هوا، باید بین بارانداز و ساختمان ایجاد شود.

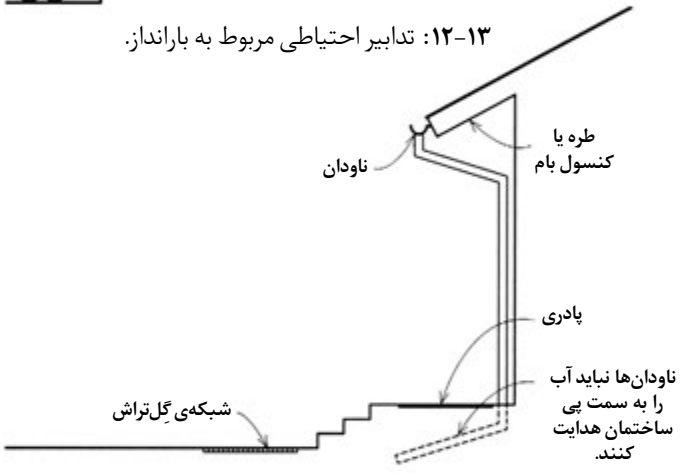
باید با استفاده از وسایلی مانند پادری یا شبکه‌ی گل‌تراش در مسیر نزدیک شدن کاربران به ساختمان، از وارد شدن ذرات جامد معلق در هوا به ساختمان جلوگیری کنیم. در این‌جا نیز مدیریت آب اهمیت دارد و در مورد ویژگی‌های نزدیک ساختمان به معنای استفاده‌ی مؤثر و درست از ناودان‌هاست. ناودان‌ها آب باران روی بام را جمع آوری می‌کنند و مهم‌تر از آن، باید آب را از ساختمان دور کنند، یا آن را به محل ذخیره‌سازی برای مصرف مجدد هدایت نمایند. با نصب طره روی ساختمان نیز می‌توان ساختمان را از نفوذ آب باران محفوظ نگه داشت تا مشکلات ناشی از رطوبت ایجاد نشود.

پوش خارجی

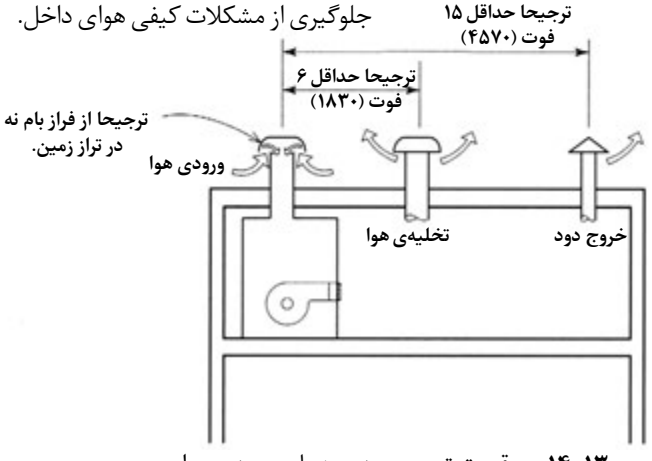
هوای بیرون را باید در بیش‌ترین فاصله‌ی ممکن از سطح زمین، ترجیحا در تراز بام، وارد ساختمان کرد، زیرا در این تراز هوا تمیزتر و از منابع آلاینده، مانند خودروها، ماشین‌های چمن‌زنی و سایر تجهیزات موتوری کوچک، و دود سیگار دورتر است. ورودی‌های هوا را نیز باید دور از هواکش‌های خروجی ساختمان ، مانند هواکش تهویه و، مهم‌تر از آن، دودکش‌ها و مانند آن‌ها، تعبیه کرد.



۱۳-۱۲: تدابیر احتیاطی مربوط به بارانداز.



۱۳-۱۳: ویژگی‌های نزدیک ساختمان برای جلوگیری از مشکلات کیفی هوای داخل.

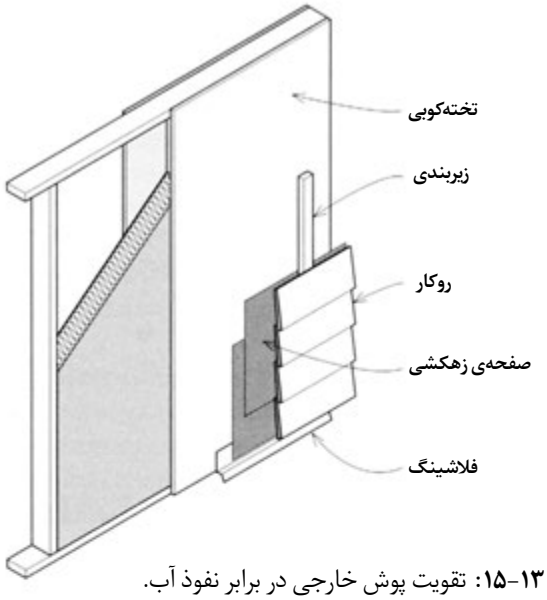


۱۳-۱۴: موقعیت ترجیحی دریچه‌های ورودی هوا.

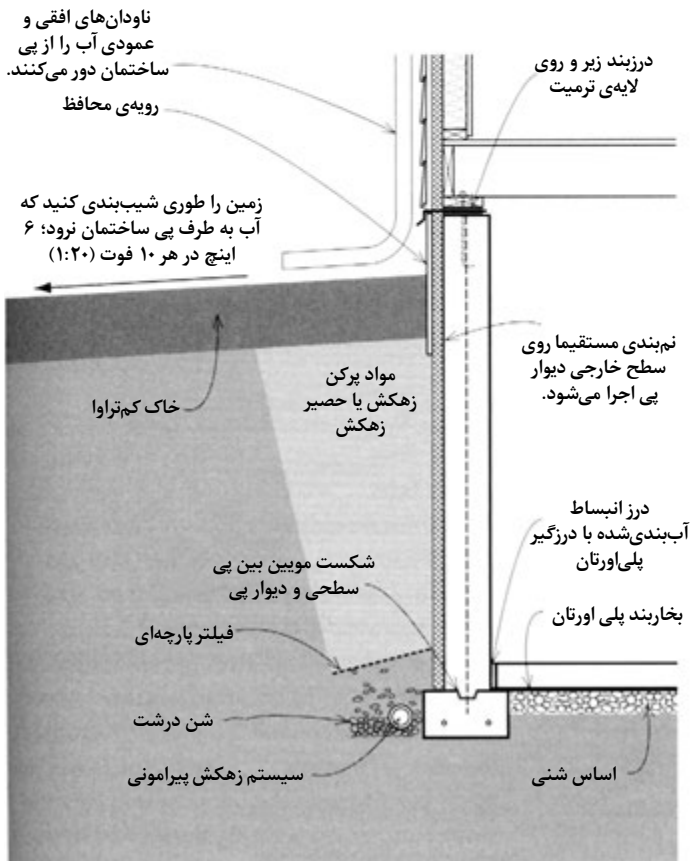
تمرکـــز بر مدیریت آب با تـــلاش برای تقویت پوش خارجی در برابر نفوذ آب بـــاران ادامه می‌یابد. وجـــود لایه‌های محافظ مقاوم به این کار کمک می‌کند. نخستین لایه روکار ساختمان اســـت. پشت روکار یک صفحه‌ی زهکشی مشخص و پیوسته به‌صورتـــی فعـــال مانع نفـــوذ آب باران به داخل ســـاختمان می‌شود. صفحه‌ی زهکشـــی را می‌توان با کاغذ ساختمانی، ورق عایق، یا ورق نم‌بند ســـاخت. فلاشـــینگ یا آبچکان نیز بخشـــی از صفحه‌ی زهکشی است و از ناپیوستگی‌های ایجاد شـــده در محل پنجره‌ها، درها، و رویه و کف دیوارها حفاظت می‌کند. کارکردهای دوگانه‌ی جلوگیری از نفوذ هوا و نفوذ آب غالبا با هم ســـازگارند. احتمال نفوذ آب از دیوارها و بام‌های مقاوم در برابر نفوذ هوا ناچیز است.

زیـــر تراز زمین، باید یک لایـــه‌ی بخاربند تعبیه کرد. قطعات مختلف این لایه باید به‌خوبی هم‌پوشـــان باشـــند و آب‌بندی شـــوند تا ناپیوســـتگی پدید نیاید. ضخامت لایـــه‌ی بخاربند ترجیحا باید حداقل ۱۰ میلی‌متر باشـــد. از سوراخ کردن این لایه اجتناب کنید؛ حتی منفذی کوچک هم می‌تواند موجب نفوذ رطوبت شود. لبه‌های دال، هم‌چنین درزهای انبساط را نیز باید درزگیری کرد. مقاومت پی در برابر رطوبت به معنای مقاومـــت آن در برابر رادون نیز هســـت؛ رادون گازی بی‌بو و سرطان‌زاست که از زمین متصاعد می‌شود.

می‌خواهیم ناپیوستگی‌های مرز گرمایی را که نیازهای سیستم تهویـــه موجب ایجاد آن‌ها هســـتند، کاهـــش دهیم. یکی از راه‌حل‌ها اســـتفاده از دمپرهای خودکار (موتوری) اســـت که وقتی نیازی به تهویه نیســـت، می‌توانند از حرکت هوا در هر دو جهت جلوگیری کننـــد. دمپرهای ثقلی فقط می‌توانند از حرکت هوا در یک جهت جلوگیری کنند. استفاده از دمپرهای واشـــردار و آب‌بندی‌شده، به جای دمپرهای بی‌واشری که در بسیاری از فَن‌های تخلیه به‌کار می‌رود، نیز مفید است.



۱۳-۱۵: تقویت پوش خارجی در برابر نفوذ آب.



۱۳-۱۶: جزئیات بخاربندی دیوار پی.

فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع

گاراژهای چسبیده به ساختمان کیفیت هوای داخل را به خطر می‌اندازند، زیرا دود اتومبیل از گاراژ وارد ساختمان می‌شود. چنان‌که قبلا گفتیم، گاراژهای چسبیده به ساختمان می‌توانند فاقد تهیه‌مطبوع باشند و به عنوان لایه‌ی محافظ اضافی عمل کرده، جذب و اتلاف گرما را کاهش دهند. اگر قصد دارید گاراژ را متصل به ساختمان طراحی کنید، آن را دلیل دیگری برای ایجاد لایه‌ی محافظ مقاوم بین گاراژ و ساختمان به شمار آورید، نه تنها فقط برای عایق‌کاری گرمایی، بلکه هم‌چنین برای جلوگیری از نفوذ دود به ساختمان.

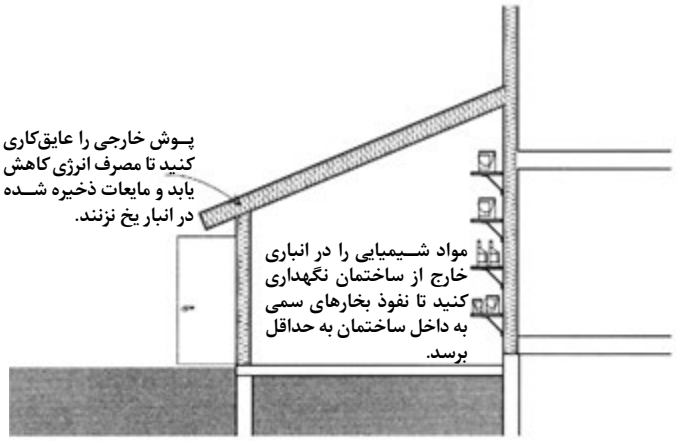
حذف زیرزمین می‌تواند به کاهش چشمگیر مشکلات ناشی از رطوبت کمک کند. تغییر محل نگهداری مواد شیمیایی، از قبیل مایعات شوینده، آفت‌کش‌ها، و رنگ، به انبار را، به‌جای نگهداری آن‌ها در فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع متصل به ساختمان، مانند زیرزمین و فضای زیرشیروانی، بررسی کنید. انبار متصل به ساختمان، اگر خوب ساخته شده باشد، و در هر دو سمت، یعنی سمت ساختمان و سمت بیرون، لایه‌ی محافظ مقاوم داشته باشد، در اغلب اقلیم‌ها، از یخ زدن فراورده‌های مایعی که در آن نگهداری می‌شود، جلوگیری خواهد کرد. در نواحی سردتر، می‌توان از عایق‌کاری پوش داخلی خودداری کرد (البته این پوش باید هوابندی شود) تا از یخ زدن فراورده‌های مایع جلوگیری شود، اما در این صورت باید پوش خارجی را عایق‌کاری کرد. لایه‌های محافظ مقاوم، با هوابندی مؤثر، از نفوذ دود به فضای داخلی ساختمان نیز جلوگیری می‌کنند.

پوش داخلی

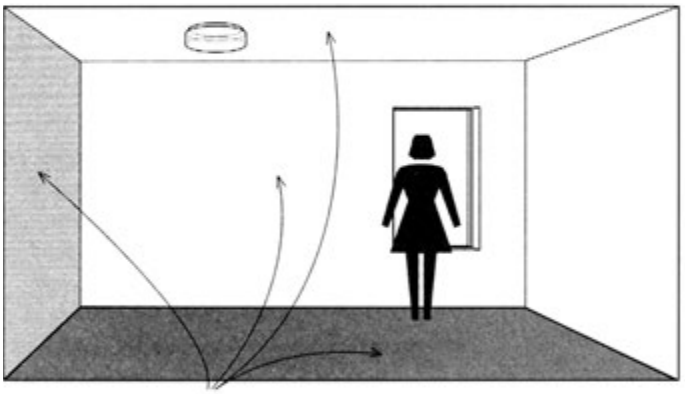
اصول کاهش منابع آلودگی را می‌توان برای حداقل‌سازی مصرف مواد شیمیایی در ساختمان، به‌ویژه در نازک‌کاری‌های پوش داخلی، مانند رنگ، موکت، و کارهای چوبی به‌کار برد. در فصل ۱۶، با عنوان مصالح، این موضوع را به‌تفصیل بررسی می‌کنیم.

جذب داخلی

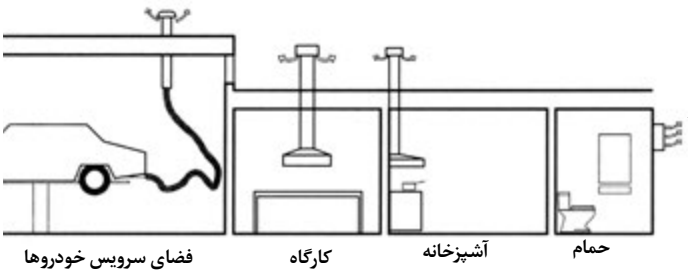
اگرچه جذب داخلی قبلا در بحث جذب انرژی، مثلا از روشنایی و لوازم خانگی، بررسی شد، مفهوم جذب داخلی را می‌توان در مورد آلاینده‌های هوابُرد هم به‌کار برد. می‌توان از مواد و مصالحی برای نازک‌کاری استفاده کرد که نیاز به مصرف مواد شیمیایی برای تمیزکاری و بهره‌برداری از ساختمان را به حداقل برسانند. دود سیگار را می‌توان از ساختمان و نواحی مجاور آن دور کرد. گذشته از کاهش منابع آلودگی، می‌توان کنترل این منابع را، مثلا با نصب هود در آشپزخانه، که هوای آلوده‌ی آشپزخانه را به بیرون هدایت می‌کند و آن را دوباره در فضا به گردش در نمی‌آورد، نیز بررسی کرد. نصب فن هواکش در توالت نیز از دیگر روش‌های کنترل منبع است. اصول کنترل منبع را می‌توان به سایر منابع آلاینده، مانند کارگاه‌ها، فضاهایی که در آن‌ها چسب‌کاری و رنگ‌کاری انجام می‌شود، فضاهایی که در آن خودروها سرویس می‌شوند، و فضاهای نگهداری مواد شیمیایی نیز تعمیم داد.



۱۳-۱۷: تقویت لایه‌های محافظ با استفاده از انبارهای متصل به ساختمان.



۱۳-۱۸: به حداقل رساندن کاربرد مواد شیمیایی در نازک‌کاری‌های داخلی برای بهبود کیفیت هوای داخل.



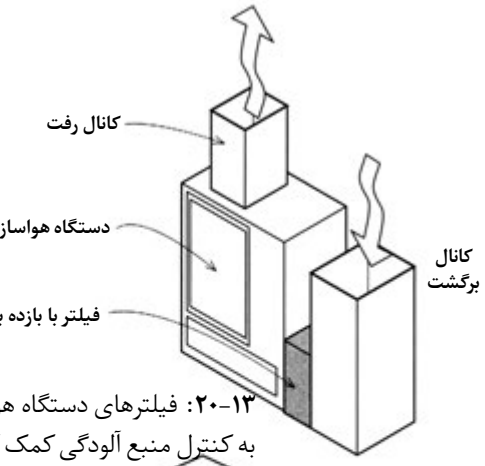
۱۳-۱۹: از فَن تخلیه برای کنترل منابع آلایندگی استفاده کنید.

علاوه بر کنترل منبع، می‌توان از فیلتر هم اســتفاده کرد. به‌جای اســتفاده از فیلترهای ســاده‌ی کم‌بازده در دستگاه‌های هواساز، می‌توان از فیلترهای ذره‌گیر پربازده، یا حتی فیلترهای شیمیایی اســتفاده کرد. فیلترهای دستگاه هواساز باید طوری نصب شوند که آب‌بندی باشــند و هوا از اطراف آن‌ها عبور نکند، زیرا موجب کاهش کارآیی فیلتر می‌شود. محفظه‌ی فیلتر نیز باید با واشر کاملا آب‌بندی شود تا هوا از آن نشت نکند.

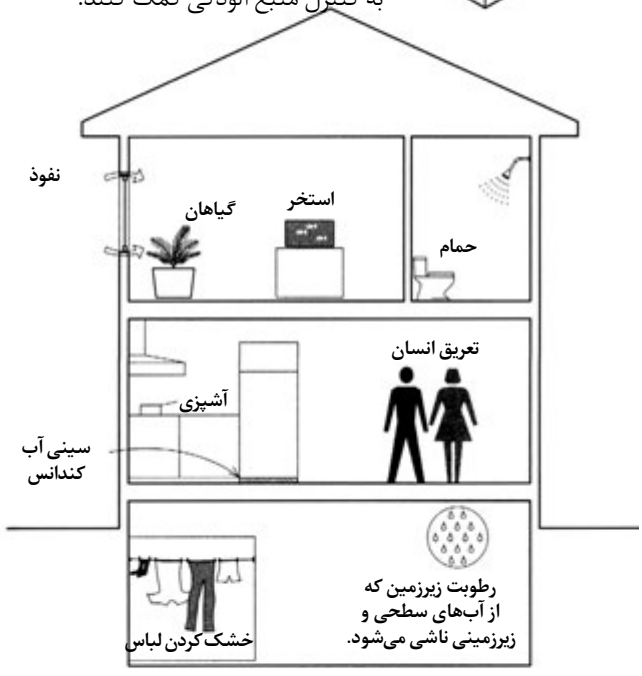
نوعــی جذب داخلــی که باید اولویت خاصی برای آن قائل شــد، کنترل رطوبت اســت. رطوبت علت اصلی مشکلات کیفی هوای داخل است. که موجب آسیب دیدن مصالح و رشد کپک می‌شود. رطوبت منابع داخلی مختلفی دارد: آشپزی، عرق کردن کاربران، گیاهان، دوش گرفتن و استحمام، خشک کردن لباس، آب موجود در اســتخرها و آکواریوم‌ها، و نشت از لوله‌های آب. چنان‌که قبلا گفته شد، رطوبت در نتیجه‌ی نفوذ آب باران و آب‌های زیرزمینی از طریق دیوارها و دال‌های پی بتنی نیز وارد ســاختمان می‌شود. وقتی رطوبت هوای بیرون از رطوبت هوای داخل بیشتر است، که در تابستان معمولا چنین است، در نتیجه‌ی نفوذ هوا نیز رطوبت وارد فضای داخلی می‌شود.

کنترل رطوبت فضای داخل برای بهبود کیفیت زیست‌محیطی این فضا ضرورت دارد. رطوبت نســبی را ترجیحا باید پایین‌تر از ۶۰٪ نگه داشت تا تراز ایمن کمتر از ۷۰٪ رطوبت، تضمین شود؛ هرگاه رطوبت از ۷۰٪ بالاتر برود، فعالانه به رشد کپک کمک می‌کند.

طبق معمــول، کاهش منبع مؤثرترین راه بــرای کاهش رطوبت داخلی اســت. این کار را می‌توان با خشک کردن لباس در بیرون از ســاختمان، یا استفاده از خشک‌کن لباس با هواکش مناسب، استفاده از ماشین‌های لباس‌شویی با بازده بالا که بیشتر رطوبت لباس را می‌گیرند، اســتفاده از سردوشی با آهنگ جریان پایین، محدود کــردن تعداد گیاهان در فضای داخلــی، و طراحی برای جلوگیری از نشت آب انجام داد. سینی‌های جمع‌آوری آب کندانس دستگاه‌های تهویه‌مطبوعی که در فضاهای نازک‌کاری‌شده نصب می‌شــوند، سرانجام ممکن است دچار گرفتگی و سرریزی شوند. باید زیر این ســینی‌ها ســینی دومی نصب کــرد و آن را به آژیری مجهــز نمود کــه وقتی خطر ســرریز کردن وجود دارد، هشــدار دهد. از شــیوه‌ی جذب منبع می‌توان در مورد فَن‌های آشپزخانه و حمام نیز اســتفاده کرد. نکته‌ی آخــر این‌که رطوبت‌زدایی تأثیر بسزایی به‌عنوان تور ایمنی دارد. رطوبت‌زدایی را نه تنها می‌توان با استفاده از دستگاه‌های رطوبت‌زدای سنتی انجام داد، بلکه بعضی از دستگاه‌های تهویه‌مطبوع نقطه‌ی تنظیم رطوبت هم دارند که از نقطه‌ی تنظیم دما مجزاست.



۱۳-۲۰: فیلترهای دستگاه هواساز می‌توانند به کنترل منبع آلودگی کمک کنند.



۱۳-۲۱: منابــع رطوبتی کــه در بالا بردن میزان رطوبت در فضای داخلی سهم دارند.

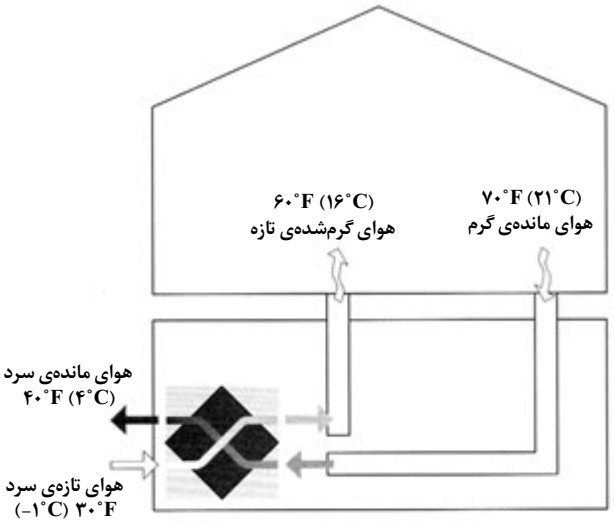


۱۳-۲۲: روش‌های کنترل رطوبت.

تهویه

وقتی بسیاری از آلاینده‌های بالقوه در فضای داخل حذف شد یا کاهش یافت، می‌توان به سراغ سیستم تهویه رفت. می‌توان سیستم تهویه با بازیابی گرما را بررسی کرد، که نیاز به گرمایش و سرمایش هوای تهویه را کاهش می‌دهد و بخشی از مشکلات مربوط به کنترل دما را نیز کمتر می‌کند. در این رویکرد تهویه‌ی واقعی - انتقال هوای بیرون به داخل - همراه با کنترل منبع آلودگی، مثلا هواکش توالت، به صورت یک سیستم در نظر گرفته می‌شود، به شرط آن‌که هوای خروجی از هواکش توالت به‌اندازه‌ای کثیف نباشد که موجب گرفتگی مبدل حرارتی شود؛ گاهی هوای خروجی از هواکش آشپزخانه این‌قدر کثیف هست. در ساختمان‌هایی که تهویه‌مطبوع دارند، نوعی بازیابی گرما، موسوم به «تهویه‌ی بازیاب انرژی» قابل استفاده است که گرما و رطوبت را انتقال می‌دهد. این سیستم، در فصل گرما که در فضای داخلی به رطوبت نیاز نیست، رطوبت را به بیرون انتقال می‌دهد و در فصل زمستان که وجود رطوبت در فضای داخلی مطلوب است، آن را در داخل حفظ می‌کند و در نتیجه در مصرف انرژی بیشتر صرفه‌جویی می‌شود. مزایای کنترل رطوبت توسط سیستم بازیاب انرژی در تابستان فقط هنگامی قابل تحقق است که ساختمان تهویه‌مطبوع داشته باشد. اگر ساختمان تهویه‌مطبوع نداشته باشد، سیستم تهویه‌ی بازیاب انرژی ممکن است رطوبت ناخواسته در فصل تابستان را در فضای داخلی نگه دارد. سیستم‌های تهویه‌ی بازیاب گرما یا انرژی باید تجهیزات و کانال‌کشی خاص خود را، برای هوای مطبوع‌شده، داشته باشند که در داخل پوش گرمایی تعبیه می‌شود، نه در بیرون آن. تجهیزاتی که روی بام نصب می‌شوند و کانال‌کشی مربوط به آن‌ها، از طریق رسانش و نشت هوا انرژی تلف می‌کنند. بازیابی گرما با شیوه‌ی طراحی از خارج به داخل هم‌خوانی دارد، زیرا هوای بیرون را قبل از ورود به فضای داخلی ساختمان گرم یا سرد می‌کند و بار وارد بر سیستم گرمایش و سرمایش را کاهش می‌دهد.

بازده انرژی سیستم‌های تهویه متفاوت است. سیستم‌های تحت پوشش برنامه‌ی «ستاره‌ی انرژی»، معمولا تا ظرفیت CFM ۵۰۰، باید حداقل تعیین‌شده برای رتبه‌بندی بازده فن و موتور، هم‌چنین تراز صدای پایین داشته باشند. برای فَن‌های تخلیه‌ی بزرگ‌تر، گزینه‌ها عبارت‌اند از نیاز به موتورهایی با بازده بیشتر؛ حداقل معینی برای بازده سیستم موتور و فَن، مانند بازده حداقل ۲٫۸ CFM بر وات که «ستاره‌ی انرژی» خواستار آن است و استفاده از موتورهای دورمتغیر، در مواردی که آهنگ تهویه متغیر خواهد بود. انتخاب متناسب اندازه‌ی کانال‌ها و دریچه‌ها نیز توان مصرفی فَن را کاهش می‌دهد، به شرط این‌که فَن تهویه و موتور آن را بزرگ‌تر از اندازه‌ی لازم انتخاب نکرده باشیم. متوازن‌سازی و هوابندی سیستم نیز در کارآیی کلی آن نقش دارد و با انجام این اقدامات می‌توان موتوری با پایین‌ترین مصرف ممکن را برای فَن انتخاب کرد، به‌صورتی که تراز تهویه‌ی مطلوب نتیجه شود.



۱۳-۲۳: تهویه‌ی بازیاب گرما.



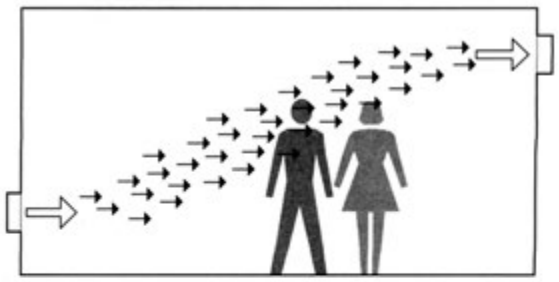
۱۳-۲۴: بهترین شیوه‌های اجرای سیستم تهویه.

باید به نقاط هواگیری و تخلیه‌ی سیستم تهویه نیز توجه کرد. هوای بیرون باید از نقاطی تأمین شـود که مانعی در برابر آن وجود نداشـته باشد و مشکلات مربوط به دما حداقل باشد. هوای تهویه را باید به شیوه‌ای تأمین کرد که تمام فضای اتاق را شامل شود و قبل از خروج، به مناطق تنفسی حاضران در اتاق برسـد. برای نیل به تراز کارآیی بالاتر، سیستم تهویه را می‌توان طوری طراحی کرد که هوا از تراز سقف وارد و از تراز کف خارج شـود، یا برعکـس؛ دریچه‌های ورود و خروج باید روی دو دیوار مقابل هم تعبیه شوند.

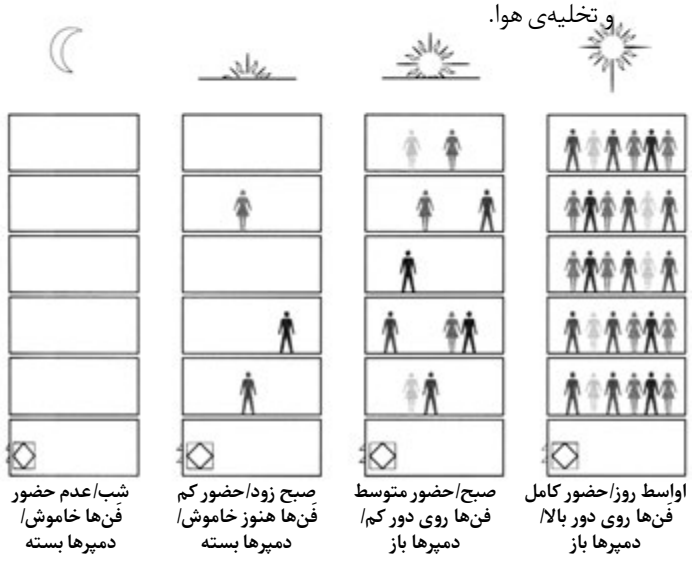
از کنترل‌گرهـای سیسـتم تهویه نیز می‌تـوان برای کاهش مصـرف انرژی اسـتفاده کرد. جریان هوای تهویـه را جدا از جریان‌هـای هوای گرمایش و سـرمایش در نظـر بگیرید به طوری که بتوان آن را مستقلا کنترل و در صورت لزوم گرم یا سرد کرد. سیستم تهویه باید طوری کنترل شود که با افزایش تعداد حاضران تهویه افزایش یابد و با کاهش تعداد حاضران، کاهش یابد یا به صفر برسد. این به معنای استفاده از تهویه‌ی کنترل‌شـده با نیاز، تهویه‌ی کنترل‌شده با تایمر، استفاده از چند فَن، یا حتی استفاده از پنجره‌ها برای تهویه است.

راه‌اندازی سیسـتم تهویه مهم اسـت. تهویه را باید در زمان ساختن ساختمان سنجید. برمبنایی در حال تکوین، نوعی شـیوه‌ی اندازه‌گیری را، مانند اسـتفاده از نمایشـگر کربن دیوکسـید روی دیـوار و در کنار کنترل‌گر دما، یا اسـتفاده از حسـگرهای کربن دیوکسـید که به طور خـودکار پاییده می‌شـوند، همراه با هشداردهنده‌ها یا نشانگری از نوع دیگر برای نشان دادن خرابی سیستم تهویه، در نظر بگیرید.

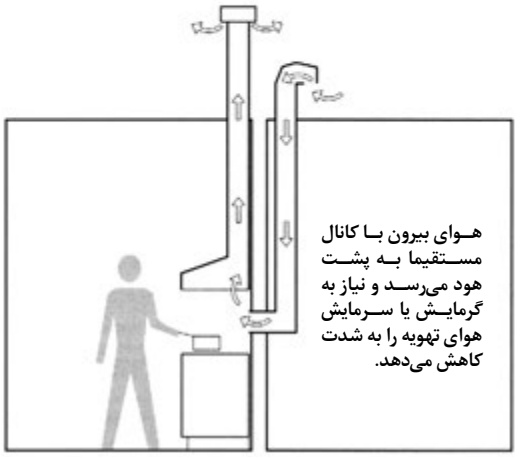
برای کاربردهای تخصصی تهویه، مانند هود آشـپزخانه‌های تجـاری، اتاق‌هایی که کمپرسـورهای تبریـد در آن‌ها نصب شده است، و هودهای آزمایشگاهی، با تأمین مستقیم هوای بیرون برای وسـیله‌ای که وظیفه‌ی تخلیه‌ی هوا را به عهده دارد، در مصـرف انرژی صرفه‌جویی می‌شـود. به این ترتیب تخلیـه‌ی هوا انجام می‌گیرد، بدون این‌که نیازی به گرمایش یا سرمایش هوای جایگزین باشد. باید توجه داشت که تأمین مستقیم هوای بیرون باعث ایجاد اختلال در آسایش نشود. مثـلا، هوا رامی‌توان با کانال از پشـت هود آشـپزخانه وارد کـرد تا از آن‌جا وارد هود شـده، آلاینده‌های داخل هود را با خـود ببرد و بدون مزاحمت برای کسـانی که در نزدیکی هود کار می‌کنند، خارج شود.



۱۳-۲۵: تأمین تهویه‌ی کارآمد از طریق اسـتقرار مناسب نقاط دریافت و تخلیه‌ی هوا.



۱۳-۲۶: کنترل تهویه.

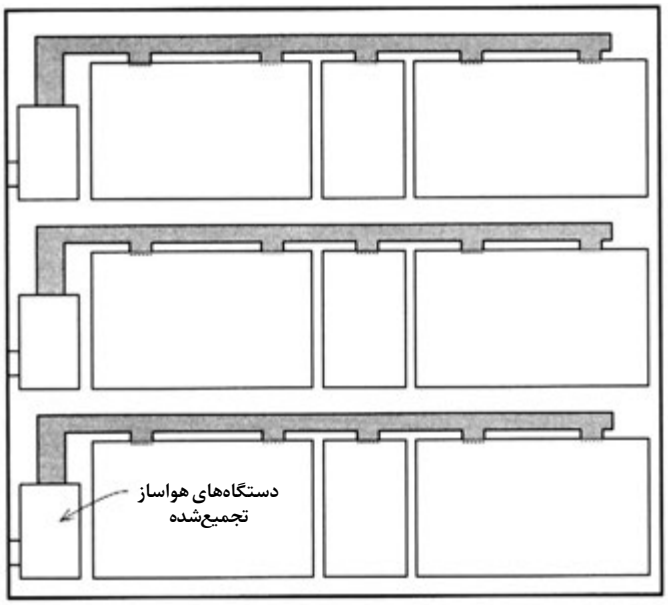


۱۳-۲۷: تهویه‌ی هود.

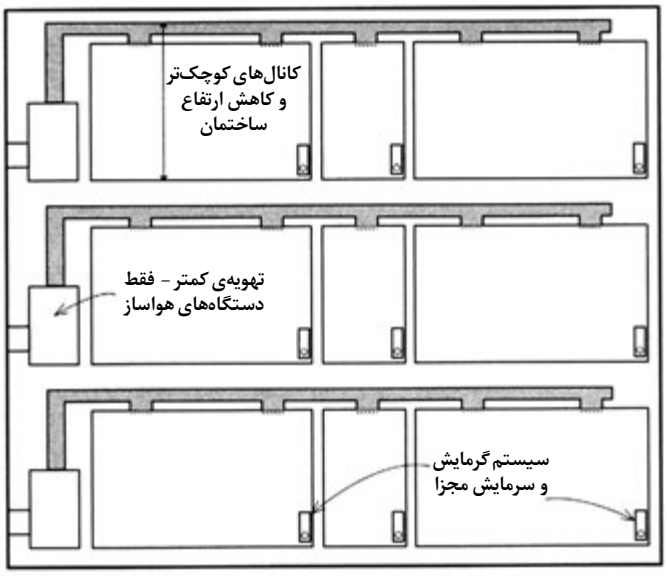
گرایش به استفاده از سیســتم‌های تهویه‌ی مجزا از سیستم‌های گرمایش و سرمایش روبه‌افزایش است. در گذشته، در ساختمان‌های تجاری، سیستم تهویه با سیستم گرمایش و سرمایش یکپارچه بود. این سیســتم‌ها را می‌توان روی بام فروشگاه‌های یک طبقه دید. جعبه‌های مکعب مستطیلی یونیت‌های گرمایش و سرمایش‌اند و زائده‌های کوچک مثلث‌شکل آن‌ها، کلاهک‌های بارانی ورودی‌های هوای تهویه‌اند. در ســاختمان‌های تجــاری بزرگ‌تر، ورودی هوا معمولا دریچه‌ی دیواری بزرگی اســت که با کانال به هواسازهای مرکزی گرمایش و ســرمایش متصل است. اما جدا کردن تهویه از سیستم‌های گرمایش و سرمایش در ساختمان‌های سبز، به دلایل مختلف، مطلوب است.

- استفاده از این شیوه، موجب کاهش توان مصرفی فَن می‌شود. آهنگ‌هــای جریان تهویــه معمولا چندین بــار از آهنگ‌های جریان هوای گرمایش و ســرمایش کوچک‌ترند. با اتکا به فن بزرگ مرکزی برای جابه‌جا کردن مقدار کمی هوای تهویه، در اوقاتی که به گرمایش و سرمایش نیازی نیست، بیش از میزان لازم برق مصرف می‌شود.
- با استفاده از این شیوه می‌توان آهنگ جریان هوای تهویه را به‌دلخواه، و مســتقل از آهنگ جریان سرمایش و گرمایش، کنترل کرد.
- با استفاده از این شیوه می‌توان هوای تهویه را به دلخواه گرم و سرد کرد.
- با اســتفاده از این شیوه، فشــار هوا در ساختمان را می‌توان آسان‌تر متوازن کرد. مثلا یک یونیت کوچک که روی بام نصب می‌شود، هوای تهویه را به داخل می‌کشد، بدون این‌که هوایی تخلیه کند و به این ترتیب فشــار هوا در ســاختمان افزایش می‌یابد، هوا با فشــار از ســاختمان به بیرون نفوذ می‌کند و خطراتی مانند چگالش در مجموعه‌ی دیوار مطرح می‌شود.
- این شیوه به کانال‌کشی کمتری نیاز دارد و در نتیجه می‌توان فاصله‌ی کف تا کف را کمتر گرفت.

تهویــه‌ی طبیعی نیز یکی از گزینه‌هاســت. در تهویه‌ی طبیعی از بازشدگی‌های ساختمان، مانند پنجره‌های بازشو استفاده می‌شود؛ هواکش‌های با ظرفیت پایین، بازشدگی‌های کوچک در دیوارها و زیر پنجره‌ها، و جریان هوای ناشــی از شــناوری را می‌توان مثال زد. می‌توان از هواکش‌های توربینی که روی بام نصب می‌شــوند و بــا نیروی باد کار می‌کنند، برای خارج کردن هوا از ســاختمان اســتفاده کرد، در حالی‌که هوا از بازشــدگی‌های ساختمان، که معمولا در ترازهای پایین‌ترند، وارد ســاختمان می‌شود. تهویه‌ی طبیعی، مثلا از طریق پنجره‌های بازشو، را حاضران در ساختمان می‌تواننــد کنترل کنند. تهویه‌ی طبیعی از طریق بازشــدگی‌های ثابت را می‌توان بدون کنترل باقی گذاشت؛ امکان بالقوه‌ی کنترل خودکار نیز وجود دارد.



رویکرد سنتی: تهویه با سیستم گرمایش و سرمایش تجمیع شده است.



رویکرد تهویه‌ی مجزا:
سیستم اختصاصی هوای بیرون از سیستم گرمایش و سرمایش مجزاست.

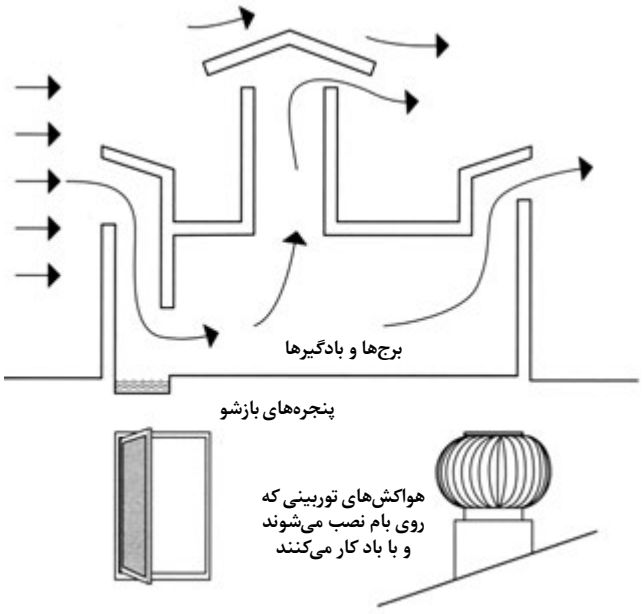
۱۳-۲۸: جداسازی سیستم تهویه از سیستم‌های گرمایش و سرمایش.

BREEAM شامل رویکردی به تهویه‌ی طبیعی است که بسیاری بـه آن ارجاع می‌دهند و خواسـتار دو تراز کنتـرل برای تهویه‌ی طبیعی اسـت: یک تراز بالا برای حذف بوهایـی که موقتا ایجاد می‌شوند، و یک تراز پایین برای تهویه‌ی پیوسته. تهویه‌ی متقاطع راهبردی مهم است که هر جا امکان‌پذیر باشد، با ایجاد بازشدگی روی دیوارهای مقابل هم، تحقق می‌یابد. برای تهویه‌ی مبتنی بر شناوری، باید به مسیرهای حرکت هوای تهویه در داخل ساختمان توجه کرد. این سیستم هنگامی مؤثر واقع می‌شود که هوای تازه به مناطق تنفس حاضران برسد.

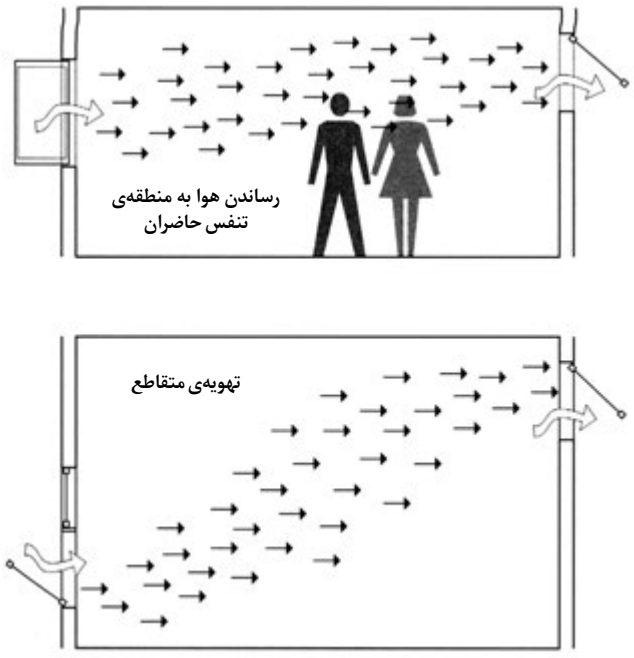
شـایان توجه اسـت که در تهویه‌ی طبیعی باید مسیرهایی برای حرکت هوا در سرتاسـر سـاختمان وجود داشته باشـد و این با مزایای بخش‌بندی ساختمان تضاد دارد. بنابراین بده‌بستان‌های این دو رویکرد، و مزایای نسبی آن‌ها را باید در نظر گرفت. تهویه‌ی متقاطع در داخل اتاق، در مقایسـه بـا تهویه‌ی طبیعی متقاطع در کل سـاختمان و مبتنـی بر نیروی شـناوری، تضادکمتری با بخش‌بندی دارد.

نیروهای اصلی محرک تهویه‌ی طبیعی شامل شناوری و بادند، که هیچ یک از آن‌ها را نمی‌توان به‌خوبی کنترل کرد و بنابراین تهویه‌ی طبیعی بسیار غیرقابل پیش‌بینی اسـت. مزایای آن عبارت‌اند از صرفه‌جویی در مصرف برق فَن و، در مورد پنجره‌ها، کنترل توسط حاضـران. معایب تهویه‌ی طبیعی عبارت‌اند از کنترل ناکافی، که موجب کاستی تهویه و تنزل کیفیت هوای داخل، یا تهویه‌ی بیش از حد و مصرف بیهوده‌ی انرژی برای گرمایش و سـرمایش هوای تهویه می‌شود. گاهی از تهویه‌ی طبیعی برای کنترل دما استفاده می‌شود، اگر چه هدف اصلی از این کار بهبود کیفیت هوای داخل از طریق رقیق‌سازی آلاینده‌ها با هوای بیرون است.

اصلاح سیسـتم تهویه چه تأثیری در کاهش قیمت تمام‌شـده‌ی سـاختمان دارد؟ کاهـش تهویـه در نتیجه‌ی کوچک‌تر شـدن اندازه‌ی سـاختمان بـه‌ازای کاربران مفروض، هزینه‌ی سـاخت را کاهش می‌دهـد. اجتناب از منابع آلاینـده معمولا تأثیری در هزینه‌ها ندارد. کنترل دقیق منافذ تهویه در پوش سـاختمان، با اسـتفاده از دمپرهای کم‌نشـت، موجب افزایش هزینه‌ی ساخت می‌شود. کاهش منبع آلاینده با استفاده از رنگ‌ها، نازک‌کاری‌ها و موکت‌هایی که کمتر سمی‌اند، هزینه‌ی ساخت را اندکی افزایش می‌دهد. استفاده از سیستم تهویه‌ی بازیاب گرما هزینه‌ی ساخت را به‌شـدت بالا می‌برد و بایـد آن را از دید هزینه‌های بهره‌برداری دوره‌ی عمر سـاختمان به دقت بررسـی کرد. هزینه‌های تعبیه‌ی این سیستم در ساختمان‌هایی که در ساعات زیادی به تهویه نیاز دارند، به‌خوبی جبران می‌شـود، اما در سـاختمان‌هایی که فقط چند سـاعت در روز نیازمند تهویه‌اند، چندان جاذبه ندارد. جدا کردن سیسـتم تهویه از سیسـتم گرمایش و سـرمایش معمولا موجب افزایش هزینه می‌شود، زیرا باید کانال‌کشی مجزایی انجام داد. اسـتفاده از کنترل‌گرهای تهویـه، مانند کنترل‌گرهای کربن دیوکسید، معمولا هزینه‌ی ساخت را افزایش می‌دهد.



۱۳-۲۹: گزینه‌های تهویه‌ی طبیعی.



۱۳-۳۰: تهویه‌ی طبیعی کارآمد.

کیفیت هوای داخل حین ساخت و قبل از کاربری

در طراحی کیفیت بلندمدت هوای داخل غالبا برای جلوگیری از آلودگی ساختمان و سیستم‌های ساختمانی در دوره‌ی ساخت گام‌هایی برداشته می‌شود. این گام‌ها عبارت‌اند از تهویه در حین ساخت، ایجاد سپر محافظ برای دستگاه‌های هواساز، و کانال‌ها در برابر گردوغبار هوابُرد، محافظت از فضاهای مورد کاربری در ساختمان‌های در حال بازسازی یا ساخت اضافات، و کسب اطمینان از رقیق شدن بوها یا گازهای متصاعد شده از نازک‌کاری‌ها، با هوای تازه یا به‌مرور زمان، قبل از شروع کاربری، مثلا با انجام آزمون کیفیت هوا.

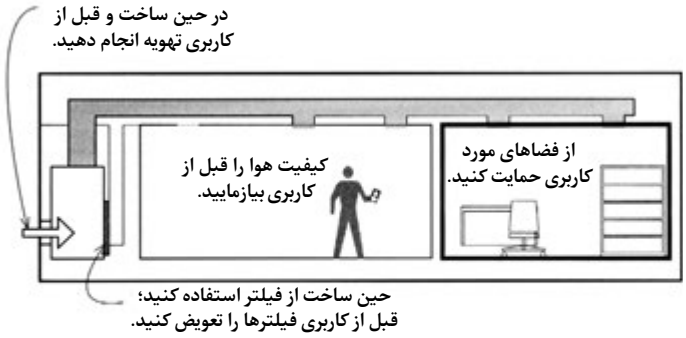
آسایش گرمایی

زمینه

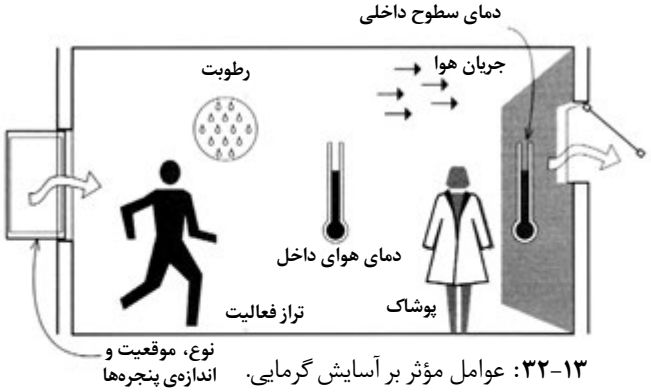
از لحاظ تاریخی، عامل اصلی مؤثر در آسایش حول دمای هوای داخل متمرکز شده و این قابل درک است. با گذشت زمان، عامل‌های دیگری نیز در ایجاد آسایش سهیم دانسته شدند که عبارت‌اند از رطوبت، جریان هوا، پوشاک، تراز فعالیت، دمای سطوح اطراف، مانند دیوارها و کف، سطح پنجره‌هایی که انتقال گرمای تابشی دارند، و سایر عامل‌های فیزیکی. به تازگی، نقش دمای هوای بیرون، هم‌چنین نقش سلیقه‌ها، حساسیت‌ها، و پاسخ‌های روان‌شناختی اشخاص به محیط ساختمان بیشتر شناخته شده است.

آثار آسایش ناکافی عبارت‌اند از نارضایتی، بهره‌وری پایین، و فشار وارد شدن بر سیستم ایمنی بدن آدمی. بالا بودن دمای هوا می‌تواند احساس پایین بودن کیفیت هوا را ایجاد کند. آثار افراطی کنترل گرمایی ضعیف عبارت‌اند از تهوع، خستگی گرمایی، کاهش غیرطبیعی دمای بدن، و مرگ.

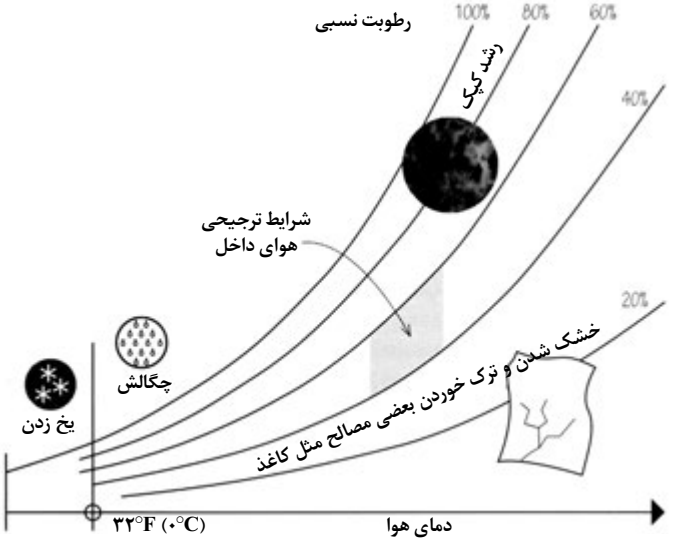
سایر آثار بارز به کنترل ناکافی رطوبت مربوط می‌شوند، که نه تنها بر آسایش گرمایی تأثیر می‌گذارند، بلکه بر مصالح داخل ساختمان نیز اثر دارند. رطوبت بالا موجب بروز مشکلاتی از قبیل رشد کپک، باد کردن چوب در بعضی اجزای ساختمان مثل در و پنجره، و چگالش روی سطوح سرد می‌شود. پایین بودن رطوبت موجب خشک شدن و ترک خوردن پوست آدمی، هم‌چنین بعضی مصالح ساختمانی مانند چوب، کاغذ، و فیلم‌های مختلف می‌شود. نوسان رطوبت می‌تواند موجب افزایش تنش و آسیب دیدن مصالح، مثلا ترک خوردن یا تابیدگی آن‌ها شود.



۱۳-۳۱: روش‌های جلوگیری از آلودگی در حین ساخت.



۱۳-۳۲: عوامل مؤثر بر آسایش گرمایی.



۱۳-۳۳: آثار رطوبت بر آسایش گرمایی.

ساختمان‌های سبز، حتی قبل از این‌که گام‌های خاصی در جهت ارتقای آسایش گرمایی برداشته شود، معمولا مشکلات آسایشی کمتری دارند. عایق‌کاری بیشتر بام و دیوارها موجب می‌شود فضای داخلی در زمستان گرم‌تر بماند. نفوذ کمتر هوا کوران را کاهش می‌دهد و تأثیر پایین بودن رطوبت هوای بیرون در زمستان، و بالا بودن رطوبت هوای داخل در تابستان را کم می‌کند، با این توضیح که نفوذ کم ممکن است خطر بالا رفتن رطوبت هوای داخل در شرایط خاص را افزایش دهد. پنجره‌های کوچک‌تر و کم‌تر تلفات تابشی بدن را کاهش می‌دهند و جریان‌های هم‌رفتی هوا را محدود می‌کنند. سیستم‌های تهویه‌ی بازیاب انرژی رطوبت را در جایی که مطلوب است - در فضای داخلی در زمستان و در فضای بیرون در تابستان - نگه می‌دارند.

با اجتناب از ساخت سقف‌های طاقی و کف‌های گود، و بخش‌بندی مناسب ساختمان می‌توان از لایه‌بندی دما جلوگیری کرد.

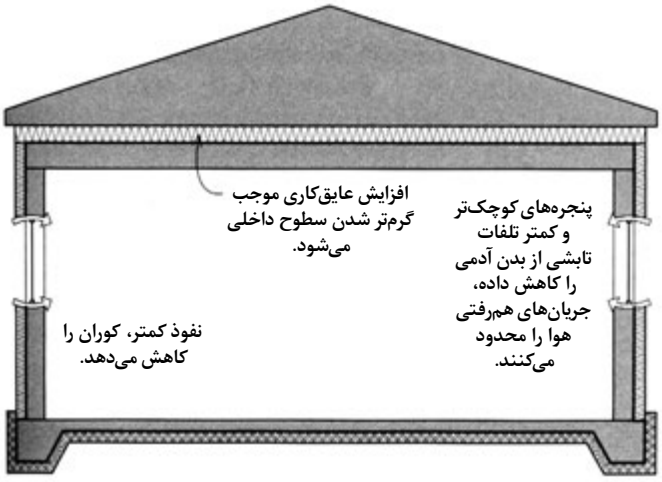
به‌رغم امتیاز داشتن ساختمان‌های سبز، هنوز هم باید برای تأمین آسایش گرمایی قابل قبول تلاش کنیم.

سنجش آسایش

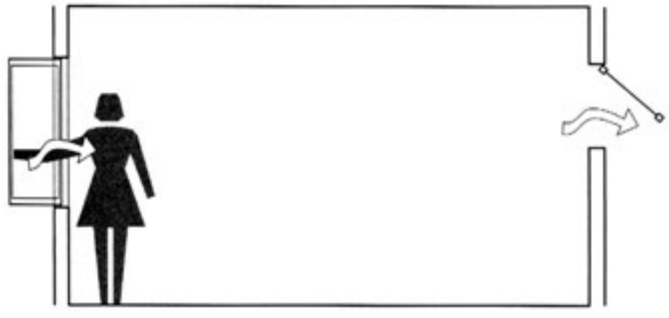
آسایش داخلی در درجه‌ی اول براساس دمای هوا و در درجه‌ی دوم با توجه به میزان رطوبت سنجیده می‌شود. در پیش‌بینی‌های تفصیلی‌تر، می‌توان از کمیت‌هایی مانند سرعت هوا، دمای تابش، کیفیت لباس پوشیدن، فشار هوا، و آهنگ سوخت‌وساز بدن (آهنگ متابولیکی)، برای تعیین این‌که فضای مورد نظر آسایش دسته‌ی خاصی از کاربران را تأمین می‌کند یا نه، استفاده کرد.

بررسی‌های کاربران راهی اختیاری برای سنجش این موضوع است که آیا ساختمان مورد نظر آسایش گرمایی را به‌خوبی تأمین می‌کند یا نه. اغلب آیین‌نامه‌ها، استانداردها، و رهنمودها آسوده بودن بیش از ۸۰٪ کاربران را معیار آسایش گرمایی کلی در هر ساختمان می‌دانند.

تحقیقات اخیر نشان داده است که کاربران ساختمان‌هایی که پنجره‌های بازشو دارند، و به سیستم تهویه‌مطبوع دسترسی ندارند، در گستره‌ی وسیع‌تری از دما احساس آسایش می‌کنند. به نظر می‌رسد این افراد خود را با شرایط اقلیمی محیطی تطبیق می‌دهند و کارهایی مانند باز کردن و بستن پنجره‌ها، یا تغییر شیوه‌ی لباس پوشیدن را در پیش می‌گیرند که در مورد کاربران ساختمان‌های بسته و مجهز به سیستم تهویه‌مطبوع مصداق ندارد. این یافته‌ها به پیدایش رویکردی دیگر برای سنجش آسایش گرمایی در ساختمان‌های با تهویه‌ی طبیعی منجر شده است.



۱۳-۳۴: مزایای ساختمان سبز از لحاظ آسایش گرمایی.



۱۳-۳۵: بازشو بودن پنجره‌ها به کاربران امکان می‌دهد بهتر با شرایط اقلیمی محلی سازگار شوند.

اهداف/نیازها

متداول‌ترین هدف در نیل به آسایش گرمایی سازگاری با استاندارد ASHRAE ۵۵، با عنوان «شـرایط زیست‌محیطی گرمایی برای آسـایش آدمی»، خواه از طریق طراحی مستندسـازی شده، یا از طریق اندازه‌گیری و درسـتی‌آزمایی، یا هر دو اسـت. اسـتاندارد ASHRAE ۵۵ منطقـه‌ی آسایشـی را تعییـن می‌کنـد که در درجـه‌ی اول بر ترکیبی از دما و رطوبت مبتنی اسـت که در پی تطبیق شـرایط هوای داخل با آن هستیم. سازگاری با استاندارد ASHRAE ۵۵ به کمک نمودار رطوبت‌سنجی امکان‌پذیر است.

به‌عـلاوه، چنان‌که قبلا گفتیم، می‌توان از بررسـی کاربران برای تعیین رضایت‌مندی از آسایش گرمایی استفاده کرد.

در تعیین اهداف هر پروژه، قبل از شـروع طراحی، شـاید سازگار شـدن با یک اسـتاندارد، مثلا ASHRAE ۵۵ ارزشـمند باشد مخصوصا پاسـخ پرسـش‌های زیر در تأمین آسایش گرمایی برای کاربران ساختمان اهمیت دارد:

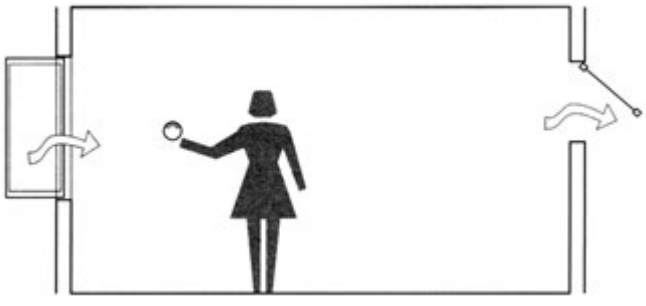
- کدام فضاها خنک خواهند شد؟
- کدام فضاها گرم خواهند شد؟
- دما در کدام فضاها کنترل خواهد شد؟

دو پرسش نخست بدیهی به نظر می‌رسند، اما مطرح کردن آن‌ها مفید اسـت، زیرا ممکن اسـت با فضاهایی سروکار پیدا کنیم که گرمایش، یا سرمایش، یا هیچ یک را نداشته باشند.

در ارتباط با این پرسش -کدام فضا سرد خواهد شد؟ این پرسش مطرح می‌شود که آیا ساختمان اصلا سیستم سرمایش دارد یا نه؟ تهویه‌مطبوع مکانیکی دو کارکرد متمایز دارد که به آسایش گرمایی مربوط‌اند: کاهش دما و رطوبت هوای سـاختمان. در بسیاری از اقلیم‌ها و برای بسـیاری از اشخاص، تهویه‌مطبوع ضروری نیست و حتی نوعی تجمل به شـمار می‌رود. انواع راهبردهای سرمایش غیرفعال در دسترس است و باید درباره‌ی آن‌ها تحقیق کرد. قبلا به بعضی از این راهبردها، از جمله سـاخت طره یا کنسـول روی لبه‌ی بام برای جلوگیری از جذب گرمای خورشـید، کاهش نفوذ هوا، استفاده از سیستم تهویه‌ی بازیاب گرما، افزایش عایق‌کاری، کوچک‌تـر گرفتـن اندازه‌ی سـاختمان، سـاده‌تر کردن شـکل سـاختمان، کاهش جذب گرمای داخلی، و کاهش جذب گرما از سیستم روشنایی اشاره کردیم. در واقع، بسته به شرایط اقلیمی و نیازهای ساختمان مورد نظر، ممکن است نیاز ما به تهویه‌مطبوع حذف شـده باشـد. یافته‌های جدید درباره‌ی قابلیت آدمی برای وفق یافتن با شـرایط بدون تهویه‌مطبوع، که قبلا به آن‌ها اشاره شد، مسیر تازه‌ای را برای تأمین آسایش گرمایی بدون استفاده از سیستم تهویه‌مطبوع می‌گشاید.

اما در بسیاری از اقلیم‌ها و برای بسیاری از کاربری‌های ساختمان، در صورتی که بخواهیم آسـایش و شرایط زیست‌محیطی سالم در فضای داخلی تأمین شود، خودداری از نصب سیستم تهویه‌مطبوع امکان‌پذیر نیست. به‌علاوه، به مرور برای بسیاری از مردم انتظارات بالایی حول تهویه‌مطبوع ایجاد کرده‌ایم. جنبش ساختمان سبز، احتمالا به‌سمت کاهش چشمگیر استفاده از تهویه‌مطبوع حرکت کند و، در بسیاری از موارد، به سراغ ساختمان‌های فاقد سیستم سرمایش مکانیکی برود. اما این احتمال هم هست که در آینده‌ی قابل پیش‌بینی، هنوز به سـاختمان‌هایی نیاز داشـته باشیم که به‌شیوه‌ی مکانیکی خنک شوند.

پرسـش سوم مهم است: دما در کدام فضاها کنترل خواهد شد؟ پاسخ این پرسش تأثیر زیادی، هم بر تأمین آسایش گرمایی و هم بر مصرف انرژی خواهد داشـت. راه‌های بسیاری برای کنترل دما وجود دارد. بنابراین، تصمیم‌های اولیه در مورد این اهداف آسایش گرمایی، احتمالا بر نوع سیسـتم گرمایش و سرمایش انتخابی، و میزان تأمین آسایش گرمایی، هم بر مبنای سنجش و هم براساس ادراک کاربر، اثر خواهد گذاشت.



۱۳-۳۶: پرسشی مهم: دما در کدام فضاها کنترل خواهد شد؟

راهبردها

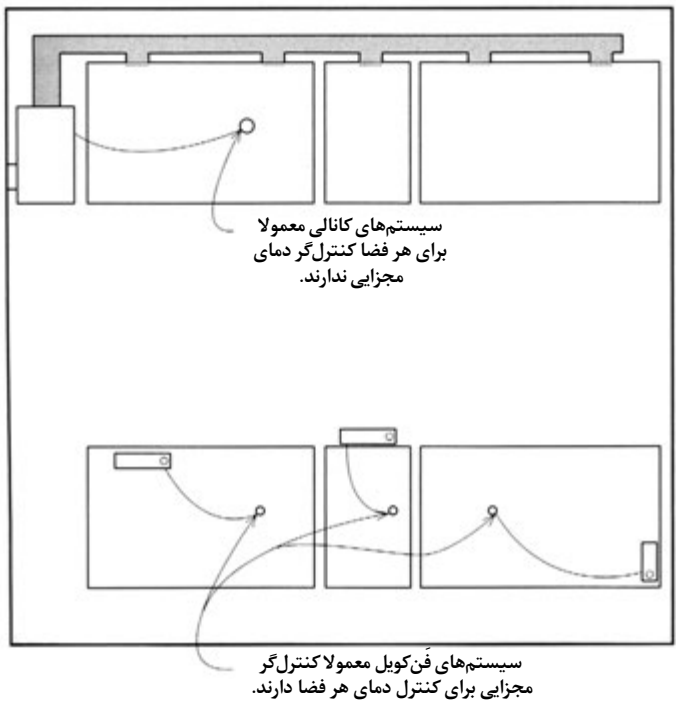
نخســتین راهبرد، تعریف اهداف و شرایط آسایش گرمایی در اسناد پروژه، مانند «سند نیازهای پروژه‌ی مالک» است.

سپس راهبردی برای کنترل دما انتخاب می‌شود. در روزهای اولیه‌ی پیدایش سیســتم گرمایش مرکــزی، تعداد نقاطی در ســاختمان که در آن‌ها دما حس و کنترل می‌شد، معدود بود و احتمالا فقط یک کنترل‌گر دما برای کل ســاختمان، یا یک کنترل‌گر برای هر جبهه از ساختمان - شمال، جنوب، شرق، و غرب - تعبیه می‌شد. امروزه کمتر با چنین وضعیتی روبه‌رو می‌شــویم. اما شــاید در نتیجه‌ی اســتفاده از راهبرد ساده و اولیه‌ی کنترل دمای کل ساختمان، هنوز هم استفاده از یک کنترل‌گر مجزا برای هر فضا رایج نباشد. این همان جایی است که ساختمان سبز باید گزینه‌های ممکن را به‌دقت بررسی کند، زیرا نصب کنترل‌گرهای مجزا در هر فضا موجب تأمین آسایش گرمایی بیشتر و افزایش بازده مصرف انرژی خواهد شد.

اغلــب سیســتم‌های کانالــی انتقال هــوای تحت فشــار از هواســازهای مرکزی تا کوره‌های خانگــی و پمپ‌های حرارتی کانال‌دار، شامل یک کنترل‌گر دما برای هر فضا نیستند. حتی سیستم‌های با حجم هوای متغیر (VAV)، که از یونیت‌های ترمینالی کنترل شونده با ترموستات استفاده می‌کنند، به‌ازای هر دســتگاه هواســاز یک کنترل‌گر دما دارند. این کار ممکن اســت، اما به‌ندرت به آن عمل می‌شــود. سیستم‌های هوای تحت فشار را به‌ندرت در اندازه‌هایی می‌سازند که برای سرویس دادن به یک اتاق مناســب باشند و کنترل‌گرها نیز به‌ندرت بر مبنای اتاق به اتاق نصب می‌شوند.

از آن‌جا که این سیستم‌ها برای هر فضا کنترل‌گر مجزا ندارند، ناگزیر باید حسگر دما را در یکی از چندین فضایی نصب کرد که از وســیله‌ی کنترل سرویس می‌گیرند، یا از دماهای فضاهای مختلــف میانگین‌گیری کرد که منجر بــه مصالحه‌ی اجباری بر سر آســایش گرمایی می‌شود. وقتی فضایی خاص از جریان هوای سیستمی سرویس می‌گیرد که دمای آن در جای دیگری اندازه‌گیری می‌شــود، هر اتفاقی کــه در فضا بیفتد، بر دمای آن تأثیر خواهد گذاشــت - روشــن یا خاموش شدن چراغ‌ها، به‌کار افتادن یا توقف کار ماشــین‌ها، افزایش یا کاهش تعداد حاضران، یا جذب یا عدم جذب گرمای خورشید - و سیستم تهویه‌مطبــوع در برابر هیچ یک از این تغییرات واکنشــی نشــان نخواهد داد. در واقع عدم آسایش تضمین شده است.

برعکس، سیســتم‌های بدون داکت، مانند یونیت‌های فن‌کویل، معمولا در هر فضا یک کنترل‌گر دما دارند، زیرا هر سیستم معمولا در خدمت فقط یک فضاست و هر سیستم کنترل‌گر دمای خاص خود را دارد.



۱۳-۳۷: مقایسه‌ی سیستم‌های کانالی و فن‌کویل.

دوباره به سـراغ پرسـش مهمی می‌رویم که حین تعیین شرایط آسـایش گرمایی برای پروژه مطرح کردیم: آیـا کنترل دمای اتاق به اتاق ضروری اسـت؟ اگر پاسخ این پرسش مثبت باشد، آن‌گاه قویا به سمت سیستم‌های بدون کانال، مانند فن‌کویل، به‌عنوان اساس توزیع گرمایش و سرمایش، هدایت می‌شویم. سیستم‌های تابشی نیز گزینه‌ی دیگری به شمار می‌روند.

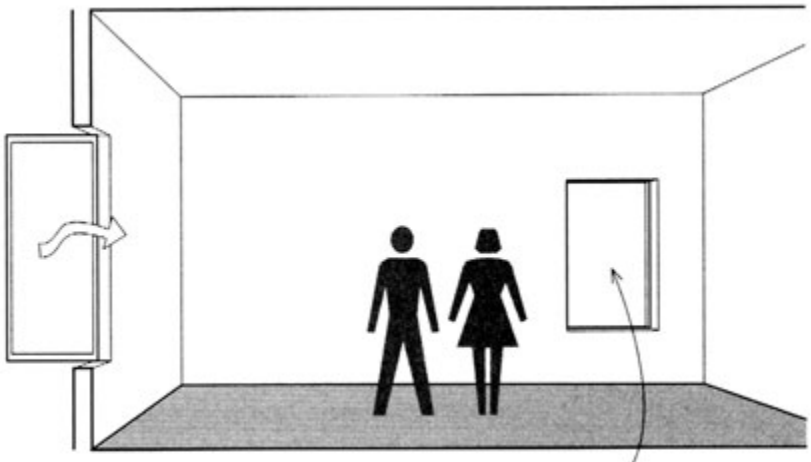
در فصل آینده دوباره، و این بار با تفصیل بیشتر، به سراغ گزینه‌های گرمایش و سـرمایش خواهیم رفت. اما از اهمیت آسایش گرمایی به‌عنوان رهنمودی برای انتخاب سیسـتم گرمایش و سـرمایش نباید غافل شد.

راهبردهای دیگر برای تحقق اهداف آسایش گرمایی شامل تعیین اندازه‌ی مناسـب تجهیزات گرمایش و سرمایش، و سیستم توزیع مربوط به آن است. برای تحویل گرمایش و سرمایش مورد نیاز باید ظرفیت کافی در اختیار داشت، اما اگر سیستم کوچک‌تر از اندازه‌ی لازم باشـد، گرمایش و سرمایش کافی عرضه نخواهد کرد و فضا تأمین‌کننده‌ی آسـایش نخواهد بود. به‌علاوه، در صورت بزرگ‌تر از انـدازه بودن سیسـتم نیز با خطر هدر رفتـن انرژی و اختلال در آسایش روبه‌رو خواهیم شـد، که امروزه، طبق استانداردهای ساختمان سبز، قابل تأیید نیست.

سرعت هوای تحویلی و نقاط تحویل آن نیز بر آسایش گرمایی تأثیر می‌گذارند و باید از طریق طراحی فضا به فضا تعیین شوند. جریان هوای شدید موجب عدم آسایش کاربران می‌شود، حتی اگر دمای محیط برای تأمین آسایش مناسب باشد.

پنجره‌های بازشـو، با اجازه دادن بـه کاربران برای تنظیم آهنگ تهویه بر مبنای فضا به فضا، آسایش گرمایی را افزایش می‌دهند. اگر تصمیمی دائر بر استفاده از پنجره‌های بازشو گرفته شود، تعداد پنجره‌های بازشـو مهم اسـت. یادآوری می‌کنیم که هر پنجره‌ی بازشـو مکانی بالقوه برای نفوذ هواست. تعداد و محل پنجره‌های بازشو را باید طوری انتخاب کرد که نیازهای کاربران برای کنترل آهنـگ تهویه را برآورده کند و نباید فرض کرد که همه‌ی پنجره‌ها ضرورتا باید بازشو باشند.

راه‌اندازی سیسـتم‌های تأمین آسـایش گرمایـی نیز راهبرد مهم دیگری است. این عملیات شامل مستندسازی نیازها، اندازه‌گیری و درستی‌آزمایی آسایش گرمایی تأمین شده برای فضای مورد نظر، و انجام اقدامات تصحیحی برای بهبود اوضاع در جاهایی است که آسایش گرمایی به خطر افتاده است.



۱۳-۳۸: برای تأمین آسـایش، پنجره‌های بازشـو تعبیه کنید ...اما تعداد این پنجره‌ها نباید بیش از حد نیاز باشد.

کیفیت آب

در آیین‌نامه‌ها، استانداردها، و رهنمودهای ساختمان سبز گاهی از کیفیت آب غفلت می‌شود. شاید گام‌های بلندی را که برای تحویل آب با کیفیت خوب به ساختمان‌ها برداشته شده است، مسلم فرض کنیم. اما نازل بودن کیفیت آب می‌تواند برای سلامت آدمی مضر باشد.

ساختمان سبز باید آب تمیز و قابل شرب در اختیار کاربرانش قرار دهد. اگر آب تصفیه‌شده‌ی شهری تنها منبع آب آشامیدنی نیست و اگر، مثلا، از آب چاه، آب باران، یا آب بازیافتی استفاده می‌شود، فیلتر کردن و تصفیه‌ی کافی آن ضروری است.

آب مصرفی در ساختمان را باید طوری کنترل کرد که خطر وجود لژیونلا، دسته‌ای از باکتری‌های عفونت‌زا، منتفی شود. برای این‌کار باید دمای آب گرم به‌اندازه‌ی کافی بالا باشد تا لژیونلا را نابود کند، اما به‌اندازه‌ای بالا نباشد که موجب اتلاف انرژی یا جوش آمدن شود. یکی از راهبردهای مؤثر، تولید آب گرم با دمای بالا و سپس استفاده از شیر مخلوط برای پایین آوردن دمای آن قبل از توزیع است. آب راکد، مثلا در برج‌های خنک‌کننده، را نیز باید کنترل کرد که خطر وجود لژیونلا در آن حذف شود.

آکوستیک

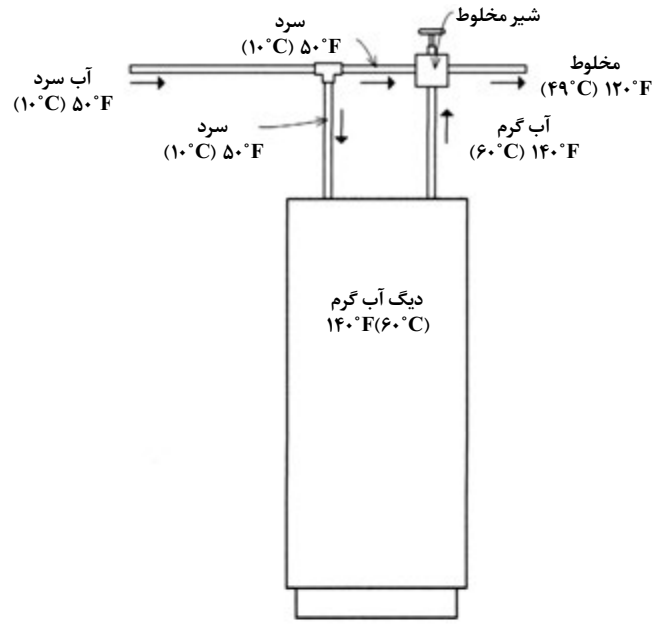
طراحی آکوستیکی خوب شامل جلوگیری از انتقال ناخواسته‌ی صدا از بیرون به داخل، از فضاهای پرسروصدای ساختمان به فضاهای کم‌صدا، و به داخل یا خارج فضاهایی است که در آن‌ها حتی تراز پایین صدا هم قابل اعتراض است.

منابع صدای خارجی شامل ماشین‌آلات سنگین، رفت‌وآمد خودروها، و حتی بارش باران روی بام‌های سبک است.

همانند آسایش گرمایی، ساختمان‌های سبز، در مقایسه با ساختمان‌های سنتی، به دو دلیل معمولا کم‌صداترند:

۱. نفوذ کمتر به معنای انتقال کمتر صدا از طریق سوراخ‌ها و ترک‌هاست که مسیر حرکت صدا شمرده می‌شوند.
۲. عایق‌کاری بیشتر دیوار و بام به معنای عایق‌کاری صوتی بیشتر است.

ساختمان‌های سبز غالبا برای جلوگیری از انتقال صدا از فضاهای پرسروصدای داخل - مانند سالن‌هایی که در آن موسیقی پخش می‌شود یا موتورخانه‌ها - به فضاهای دیگر، و برای جلوگیری از انتقال صدا به فضاهای حساس به صدا، مانند اتاق‌های کنفرانس، اتاق‌های جلسه‌ی خصوصی، و سالن‌های اجرای موسیقی، امتیاز دارند. این مزیت از منطقه‌بندی و بخش‌بندی گرمایی ناشی می‌شود که برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی مطلوب است.



۱۳-۳۹: کنترل دمای آب دیگ آب گرم.



۱۳-۴۰: انواع منبع صدای خارجی.

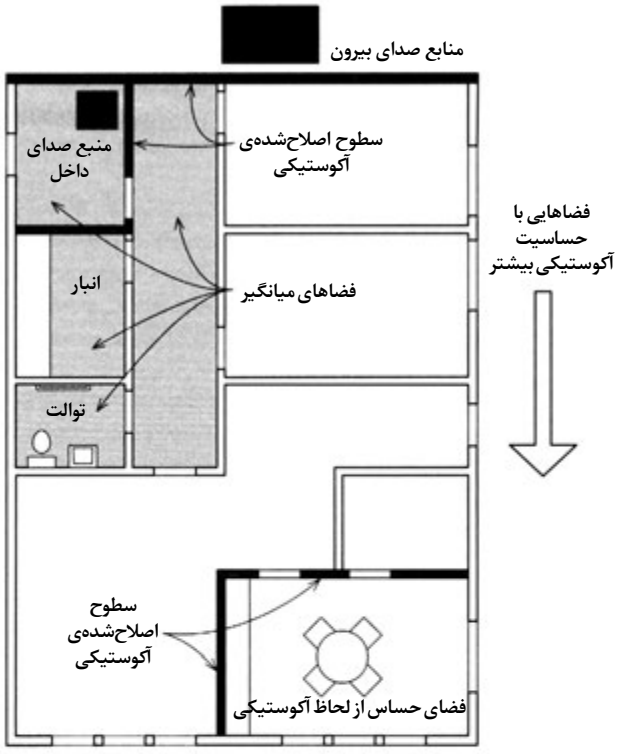
اما نباید فرض کنیم که ساختمان سبز از همه‌ی مشکلات صوتی جلوگیری خواهد کرد. بهتر است فهرستی از منابع بالقوه‌ی تولید صدا، فضاهای حساس، و مسیرهای بالقوه‌ی انتقال صدا تهیه کنیم و در مراحل اولیه‌ی طراحی آن‌ها را در نظر بگیریم.

با شروع از خارج و حرکت به سمت داخل، از جهت‌گیری و شکل ساختمان می‌توان برای به حداقل رساندن تأثیر منابع اصلی صدای بیرون استفاده کرد. در داخل ساختمان، کار را از منابع صدا شروع می‌کنیم و سعی می‌کنیم آن‌ها را مجزا کنیم؛ سپس به سمت فضاهای حساس می‌رویم و در صورتی که تراز صدایی که به‌آن‌ها می‌رسد هنوز بالا باشد، این فضاها را نیز مجزا می‌کنیم.

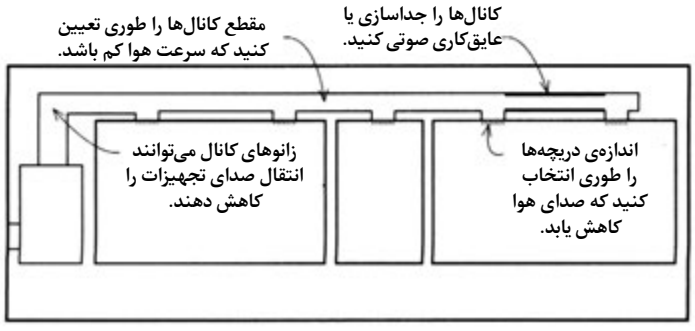
باید به منابع مهم صدا در داخل ساختمان، مانند تجهیزات HVAC و آسانسورها، توجه خاص کرد. ابتدا باید این فضاها را به‌صورت فیزیکی، با جانمایی مناسب و استقرار فضاهای میانگیر بین آن‌ها و فضاهای موردکاربری، در داخل ساختمان مجزا کرد. سپس باید با استفاده از دیوارها، سقف‌ها، و کف‌ها، هم‌چنین درهایی با رتبه‌بندی مناسب از لحاظ انتقال صدا، و درزبندهای آکوستیکی آن‌ها را از لحاظ صوتی مجزا نمود.

جریان هوا در کانال‌ها و جریان خروجی از دریچه‌ها نیز از منابع مهم ایجاد صداست و باید آن را طوری انتخاب کرد که تراز صدای کاملا پایینی داشته باشد؛ به این منظور باید اندازه‌ی کانال‌ها را بزرگ گرفت تا سرعت هوا کم شود، از زانو و سایر جداسازهای فیزیکی استفاده کرد، داخل کانال‌ها پوشش آکوستیکی نصب کرد، و اندازه‌ی دریچه‌ها را درست انتخاب نمود. اگر لوله‌ها بیش از اندازه باریک باشند و سرعت آب خیلی بالا باشد، جریان آب در لوله‌ها نیز ممکن است منبع ایجاد صدای قابل اعتراض باشد. لوله‌های چدنی کمتر از لوله‌های پلاستیکی صدا را منتقل می‌کنند. سایر منابع متداول تولید صدا را در نظر بگیرید: ماشین‌های تکثیر و چاپگرها، سالن‌های غذاخوری و آشپزخانه‌ها. منابع صدای غیرعادی یا منقطع، مانند مولدهای برق اضطراری را، که ممکن است راه‌اندازی ادواری کوتاه‌مدت آن‌ها به منظور آزمون ضروری باشد، از قلم نیندازید.

اهداف تراز صدا را باید برای انواع مختلف فضا تعیین کرد و بهترین شیوه‌ها را برای رسیدن به اهداف مورد نظر در پیش



۱۳-۴۱: جداسازی فضاهای حساس از لحاظ آکوستیکی از منابع صدا.



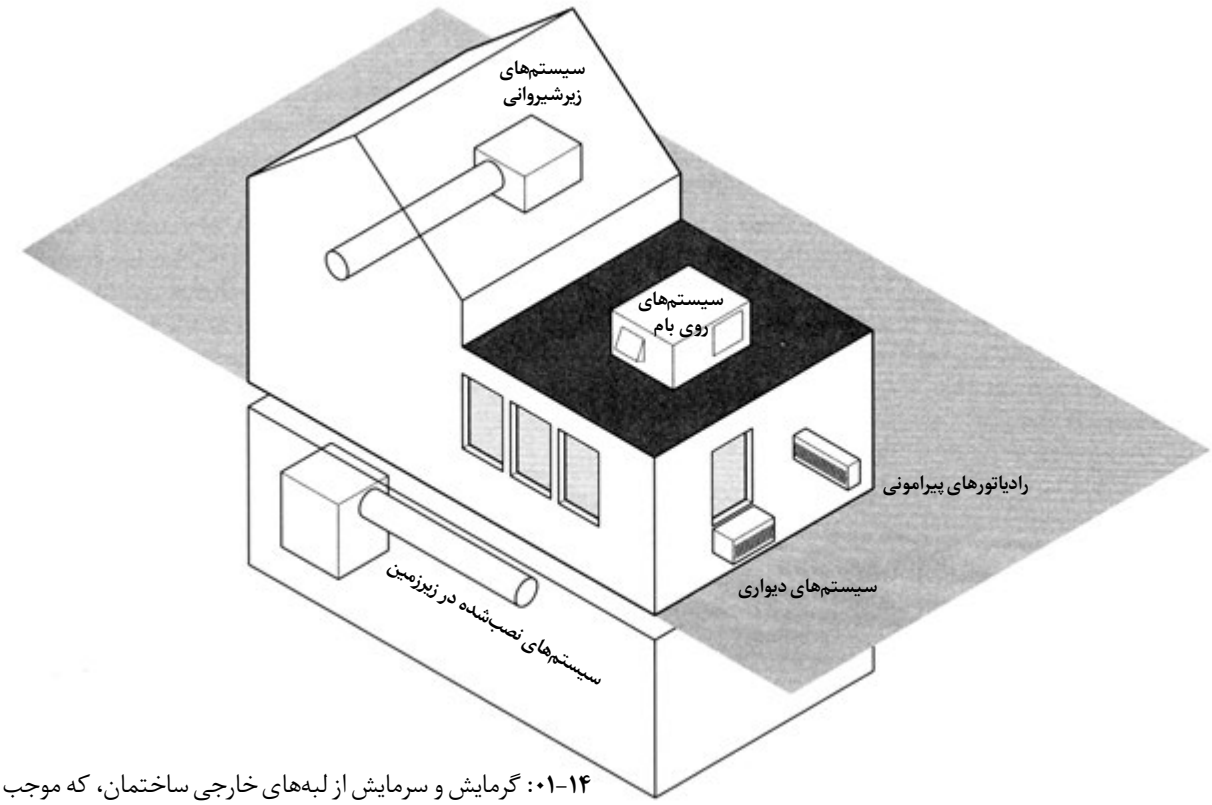
۱۳-۴۲: کاهش تراز صدای ناشی از جریان هوا در کانال و هنگام خروج از دریچه‌ها.

گرفت. نیازها را باید در اسناد پروژه منعکس کرد. پروژه باید شامل شرایط آزمون برای تضمین کنترل کیفی باشد. در صورت ضرورت، می‌توان یک مهندس یا متخصص آکوستیک را نیز، به‌عنوان عضوی از گروه، درگیر پروژه کرد تا در این فرایند رهنمودهای حرفه‌ای ارائه دهد.

۱۴ گرمایش و سرمایش

سیستم‌های گرمایش و سرمایش غالبا چالش‌هایی را در طراحی، ساخت و بهره‌برداری از ساختمان موجب می‌شوند. این سیستم‌ها ممکن است پیچیده باشند، مستعد ایجاد مشکلات آسایشی باشند، سروصدا ایجاد کنند، انرژی زیاد مصرف کنند، نیاز زیادی به تعمیرونگهداری داشته باشند، از لحاظ فیزیکی بزرگ باشند، و تأثیر چشمگیری بر طرح معماری بگذارند. بهترین سیستم گرمایش و سرمایش سیستمی است که جلب توجه نکند - دیده نشود، صدای آن شنیده نشود، و سلب آسایش نکند.
گرمایش و سرمایش آخرین لایه‌ی محافظ را تشکیل می‌دهند.

اما سیستم‌های گرمایش و سرمایش ترجیحا باید به‌طور کامل داخل پوش گرمایی قرار بگیرند. به‌طور سنتی، تجهیزات گرمایش و سرمایش را در مکان‌هایی مستقر می‌کنند که بخش عمده‌ی گرمایش و سرمایش خروجی آن، در نزدیکی لبه‌های خارجی ساختمان یا در ورای آن‌ها تلف می‌شود - فضای بیرون، روی بام، در زیرزمین، در زیرزمین کوتاه، در فضای زیرشیروانی، در حفره‌های دیوار، در حفره‌های کف، و نزدیک پنجره‌ها و دیوارهای خارجی. امروزه همگان اتفاق نظر دارند که گرمایش و سرمایش ساختمان باید از هسته‌ی داخلی انجام گیرد، نه از لبه‌های خارجی.



۱۴-۰۱: گرمایش و سرمایش از لبه‌های خارجی ساختمان، که موجب اتلاف شدید انرژی می‌شود.

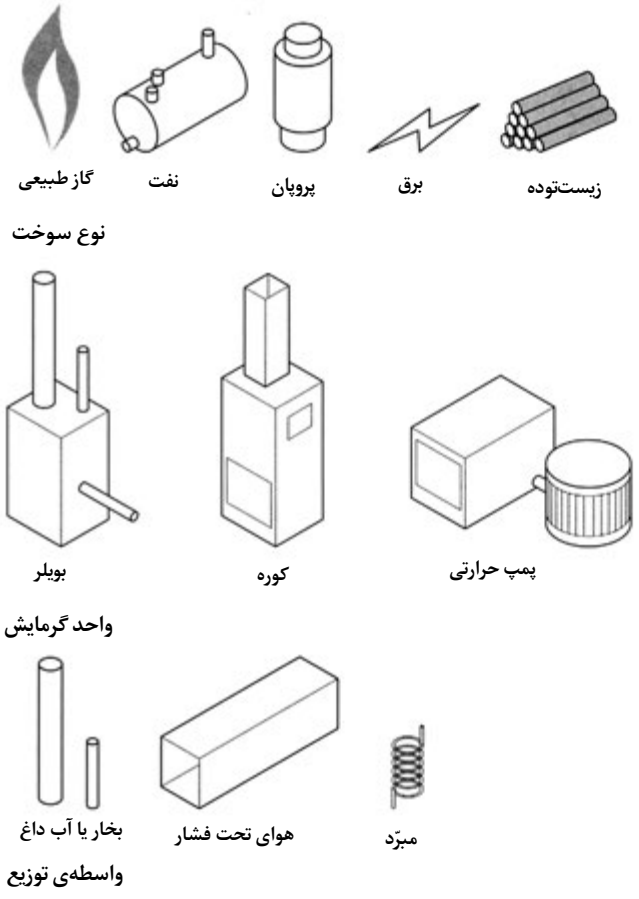
انواع سیستم

هنگامی می‌توانیم مناسب‌ترین سیستم‌های گرمایش و سرمایش را انتخاب کنیم که با انواع مختلف آن‌ها آشنا باشیم.

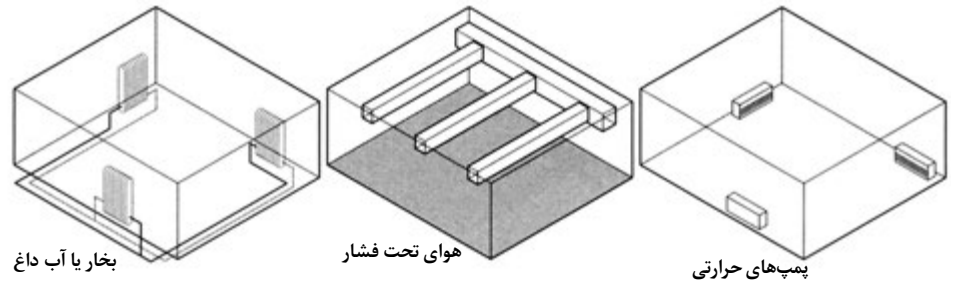
سیستم‌های گرمایش و سرمایش را می‌توان به راه‌های مختلف دسته‌بندی کرد. این سیستم‌ها را می‌توان براساس نوع سوخت مصرفی شناسایی کرد: سیستم‌هایی که با سوخت‌های فسیلی مانند گاز طبیعی، فراورده‌های نفتی، زغال‌سنگ یا گاز پروپان کار می‌کنند؛ سیستم‌هایی که با برق کار می‌کنند، مانند پمپ‌های حرارتی یا هیترهای مقاومتی؛ یا سیستم‌هایی که با زیست‌توده کار می‌کنند، مانند سیستم‌های هیزمی، یا خرده‌چوب. راه دیگری برای دسته‌بندی سیستم‌های گرمایش، مبتنی بر روش تولید گرماست. سیستم‌های تولیدکننده‌ی گرما عبارت‌اند از کوره، که هوا را گرم می‌کند؛ بویلر که آب یا بخار را گرم می‌کند؛ و پمپ حرارتی که هوا یا آب را گرم می‌کند. راه دیگر دسته‌بندی سیستم‌های گرمایش بر سیستم توزیع مورد استفاده مبتنی است: بخار، آب داغ، هوای تحت فشار، یا مبرد. ممکن است سیستم گرمایش فاقد سیستم توزیع باشد، مانند هیترهای برقی قرنیزی، هیترهای کابینتی، هیترهای اتاقی، یا هیترهای فروسرخی که غالبا در کارخانه‌ها یافت می‌شوند.

سیستم بهتری برای دسته‌بندی وجود ندارد. این دسته‌بندی‌ها مؤید پیچیدگی انتخاب سیستم‌اند. اما همین دسته‌بندی‌ها به ما کمک می‌کنند که گزینه‌های سیستم را بفهمیم و موجب مطرح شدن پرسش‌های مفیدی در مراحل اولیه‌ی انتخاب سیستم می‌شوند: سوخت سیستم چه خواهد بود؟ سیستم سرمایش و گرمایش چه خواهد بود؟ سیستم توزیع چه خواهد بود؟

روندهای گذشته شیوه‌ی تکامل سیستم‌های گرمایش را نشان می‌دهد. قبل از سال ۱۹۰۰، سوزاندن هیزم در بخاری‌های دیواری متداول بود. در نیمه‌ی نخست قرن بیستم سیستم‌های بخار و آب داغ متداول شدند و در آن دوران سیستم‌های کانالی ثقلی نیز تا حدودی کاربرد یافتند. سیستم‌های کانالی هوای تحت فشار در نیمه‌ی دوم قرن بیستم مطلوبیت یافتند. در سال‌های اخیر شاهد ظهور سیستم‌های بدون کانال و مبتنی بر مبرّد، و پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی بودیم که آن‌ها نیز با مبرّد کار می‌کنند. شایان ذکر است که سیستم‌های قدیمی هنوز هم متداول‌اند و شاهد احیای سیستم‌های آب داغ، و حتی سیستم‌های بسیار قدیمی گرمایش با بخار در بعضی ساختمان‌های جدید هستیم.



۱۴-۰۲: دسته‌بندی سیستم‌های گرمایش و سرمایش.

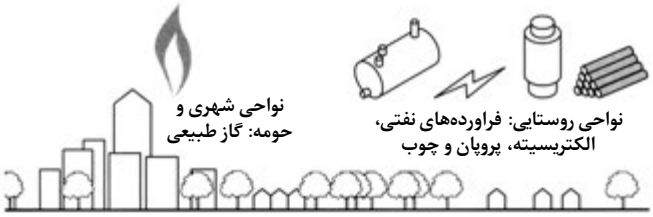


۱۴-۰۳: روند تکامل سیستم‌های گرمایش.

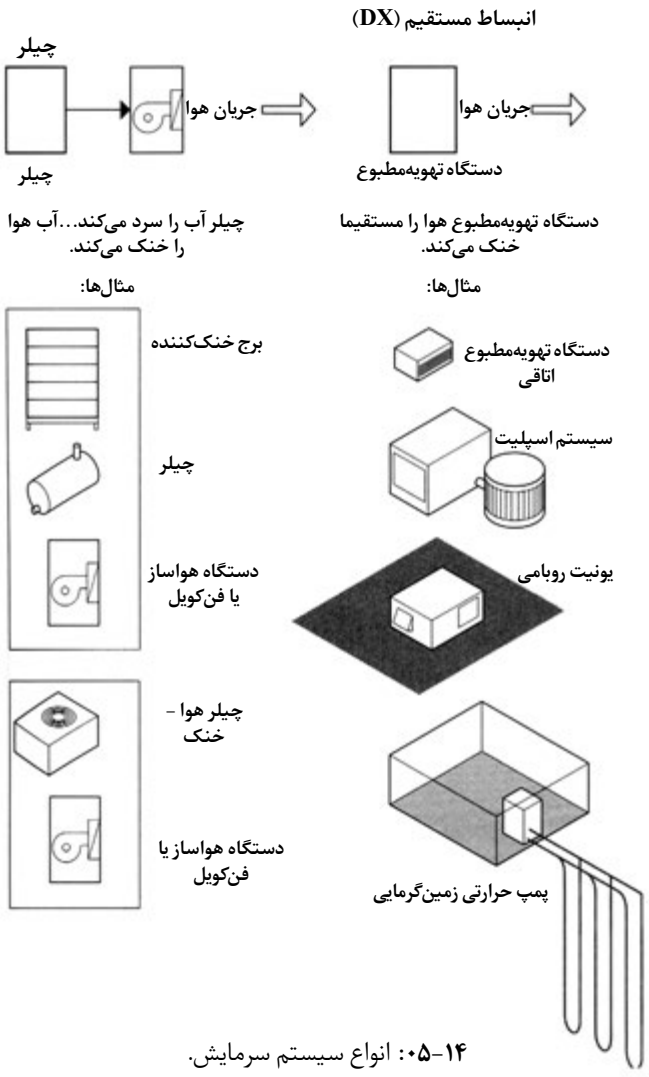
عوامل جغرافیایی در انتخاب سیستم گرمایش، به ویژه انتخاب سوخت، نقش دارند. در نواحی شهری و حومه‌ی شهر که لوله‌کشی گاز شده باشد، استفاده از گاز طبیعی ترجیح داده می‌شود، اما در نواحی روستایی که لوله‌کشی گاز نشده باشد، مصرف پروپان، فراورده‌های نفتی، هیزم، نفت سفید، و برق ترجیح دارد. در جنوب ایالات متحده‌ی امریکا، از دهه‌ی ۱۹۸۰، استفاده از پمپ‌های حرارتی گسترش یافته است، زیرا این پمپ‌ها در اقلیم‌های معتدل بازده بالایی دارند و در اقلیم‌های گرم‌تر باید آن‌ها را با سیستم‌های تهویه مطبوع تجمیع کرد. در بسیاری از کشورهای دیگر، که هنوز سیستم‌های گرمایش و سرمایش مرکزی درست جا نیفتاده‌اند و سیستم‌هایی که سوخت فسیلی مصرف می‌کنند یا کانال دارند، سابقه‌ی طولانی ندارند، استفاده از پمپ‌های حرارتی بدون کانال رواج یافته است.

سیستم‌های سرمایش را به دو دسته‌ی اصلی تقسیم می‌کنند: سیستم‌هایی که چیلر دارند و ابتدا آب را سرد می‌کنند و سپس هوا با استفاده از این آب، سرد می‌شود، و سیستم‌های انبساط مستقیم (DX) که در آن‌ها مبرّد سرد با عبور از مبدل حرارتی هوا را مستقیما سرد می‌کند. اما سیستم‌های سرمایش را نیز می‌توان به چندین روش دیگر هم دسته‌بندی کرد. اگر کل سیستم در یک محفظه باشد، آن را «سیستم پکیج» می‌نامند. زیرمجموعه‌های این سیستم عبارت‌اند از سیستم روبامی، که در فروشگاه‌های یک طبقه متداول است، سیستم‌های پکیج داخلی که این روزها کمتر مشاهده می‌شود، یونیت‌های کوچک دیواری که در هتل‌ها و متل‌ها از آن‌ها استفاده می‌شود، و یونیت‌های پنجره‌ای که ارزان‌ترین نوع تجهیزات سرمایش‌اند. اگر سیستم از دو بخش تشکیل شده باشد - داخلی و خارجی - آن را سیستم اسپلیت می‌نامند که زیرمجموعه‌های آن سیستم‌های کانالی و بدون کانال است. سیستم اسپلیت کانالی در حومه‌ی شهرها به‌وفور یافت می‌شود و امروزه متداول‌ترین سیستم تهویه‌مطبوع است. سیستم اسپلیت بدون کانال در خارج از ایالات متحده‌ی امریکا متداول‌ترین سیستم است. برای ساختمان‌های بزرگ، چیلرها نیز برحسب نوع کمپرسور (سانتریفوژ، حلزونی، اسکرو، و پیستونی) و براساس نوع دفع گرما (مایع - خنک و هوا - خنک) به دسته‌های فرعی تقسیم می‌شوند.

تیپ ساختمان و اندازه‌ی آن نیز بر نوع سیستم انتخابی تأثیر می‌گذارد. در ساختمان‌های بزرگ گرایش به استفاده از بویلر و چیلر است که از آب به‌عنوان واسطه‌ی توزیع استفاده می‌کنند. در ساختمان‌های کوچک استفاده از گرمایش کوره‌ای و سرمایش انبساط - مستقیم، بدون کمک گرفتن از آب به‌عنوان واسطه‌ی توزیع میانی را ترجیح می‌دهند.



۱۴-۰۴: انتخاب سیستم گرمایش برای نواحی شهری، حومه و روستایی.



۱۴-۰۵: انواع سیستم سرمایش.

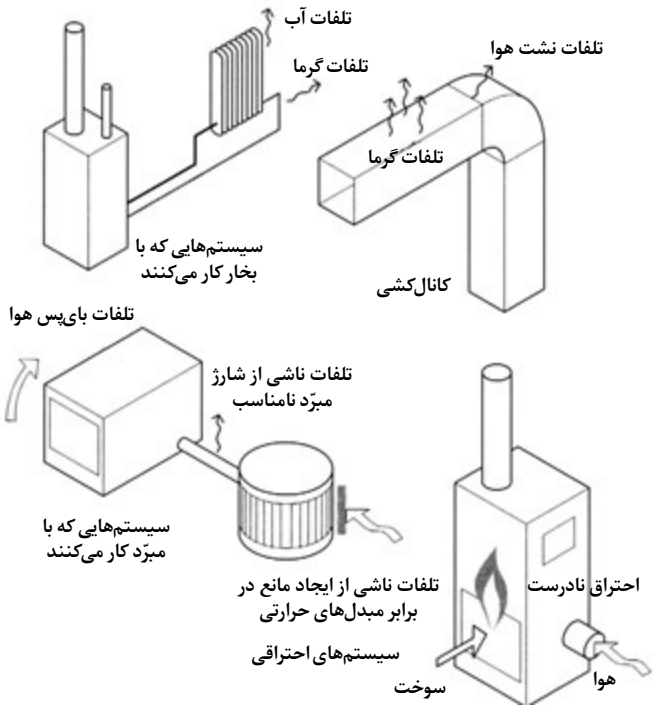
نقاط ضعف سیستم

انواع مختلف سیستم نقاط ضعف مختلفی دارند.

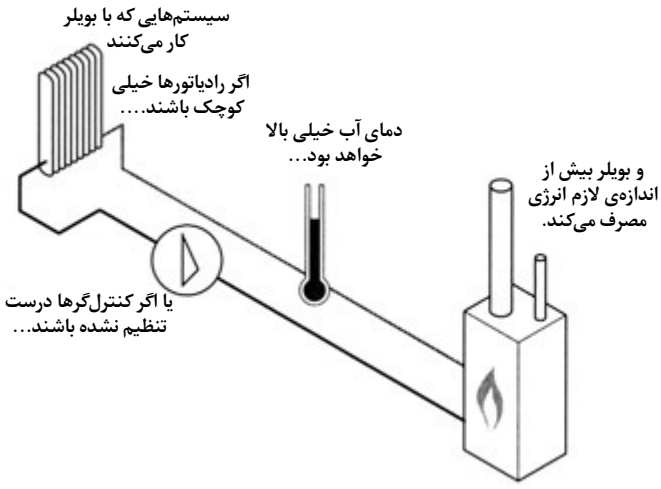
در سیســـتم‌های بخار تلفات آب و انرژی بسیار بالاست و معمولا به بیش از ۴۰٪ می‌رســد. سیســـتم‌هایی که با هوای تحت فشار کار می‌کنند در معرض نشت هوا و اتلاف گرما از کانال‌ها هستند که معمولا در گســـتره‌ی ۲۵ تا ۴۰٪ تغییر می‌کند. سیســـتم‌هایی که براســـاس مبرّد کار می‌کنند و در گذشته فقط برای سرمایش بـــه‌کار می‌رفتند، اما امروزه به طور فزاینـــده‌ای برای گرمایش در پمپ‌های حرارتی نیز از آن‌ها استفاده می‌شود، در برابر شارژ مبرّد نادرست حساس‌اند و غالبا موجب تلفاتی بین ۱۰ تا ۲۰٪ می‌شوند. مشکل دیگر این سیستم‌ها احتمال محاصره شدن مبدل حرارتی توسط گیاهانی که در اطراف یونیت بیرونی می‌رویند، کثیف شدن فیلترهـــای هوا و بای‌پس هواســـت که هر کـــدام از آن‌ها موجب افزایش مصرف برق می‌شـــود. سیستم‌هایی که با سوخت فسیلی کار می‌کنند، در معرض احتراق ناقص یا نادرست قرار دارند.

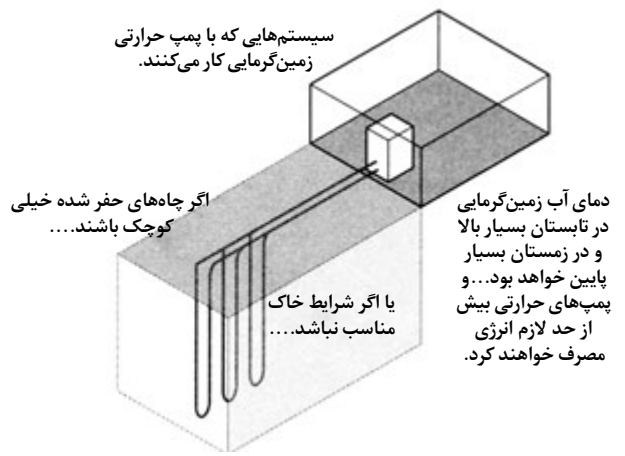
همه‌ی سیســـتم‌ها در معرض خطر کاربرد نادرســـت نیز هستند. مثلا بویلری که بازده بالا دارد ممکن است با بازده بسیار نازلی کار کند، هرگاه سیستم توزیع آب درست طراحی یا اجرا نشده باشد، یا دمای آب بیش از اندازه بالا باشـــد. پمپ حرارتی زمین‌گرمایی بـــا بازده بالا، در صورتی که جریان هوا کافی نباشـــد، یا چاه‌های زمین‌گرمایـــی بیش از اندازه کوچک باشـــند، با بـــازده پایین کار خواهد کرد.

بعضی سیستم‌ها موجب بروز مشکلاتی در ساختمان می‌شوند که به خود سیستم گرمایش یا سرمایش مربوط نیست. مثلا بسیاری از سیستم‌هایی که سوخت فســـیلی مصرف می‌کنند، باید هوای لازم برای احتراق را از بازشـــدگی‌های ساختمان به داخل بکشند و محصـــولات احتـــراق را از طریق همین بازشـــدگی‌ها، معمولا دودکش، بیرون بفرســـتند. دودکش هوا را بیشـــتر از میزان لازم برای احتراق به داخل می‌کشد و غالبا این هوای مازاد به گرما نیاز دارد. مثال دیگر دســـتگاه تهویه‌مطبوع دیواری اســـت که موجب نفوذ هوا به داخل ســـاختمان و اتلاف رسانشـــی از طریق پل‌زنی گرمایی می‌شود.



۱۴-۰۶: نقاط ضعف سیستم‌های گرمایش و سرمایش





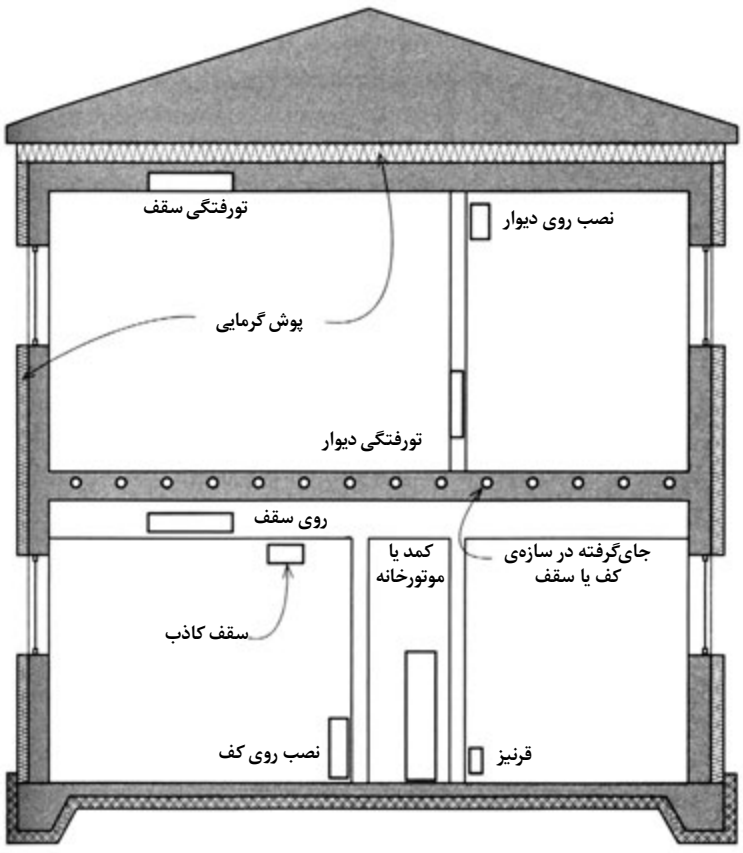
۱۴-۰۷: مشکلات مربوط به کاربرد سیستم‌های گرمایش و سرمایش.

رهنمود از خارج به داخل

در رویکـرد از خارج بـه داخل در مورد سیسـتم‌های گرمایش و سرمایش، بر استقرار کامل سیستم در داخل پوش گرمایی تأکید می‌شـود. اگر سیسـتم بیرون از پوش گرمایی مستقر شود، یا در فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع، مانند زیرزمین استقرار یابد، ساختمان در معرض اتلاف انرژی حدود ۱۰٪ یا بیشتر قرار می‌گیرد.

اسـتقرار سیسـتم گرمایش و سـرمایش در داخل پوش گرمایی گزینه‌های ساختمان سبز را ساده می‌کند:

- اجتناب از اسـتقرار سیسـتم گرمایش و سرمایش و شبکه‌ی توزیـع آن در فضاهای فاقد تهویه‌مطبـوع، مانند زیرزمین و فضای زیرشیروانی.
- اجتناب از اسـتقرار سیسـتم گرمایش و سرمایش روی بام یا در فضای بیرون. در این‌جا، مخصوصا دسـتگاه‌های هواساز یا تجهیزات پکیج مورد نظرند که شـامل جریان هوای داخل به یونیت گرمایش و سـرمایش و برعکس هستند. تجهیزات دفع گرما، مانند برج‌های خنک‌کننده، چیلرهای هوا-خنک، یا کندانسـورها، که شامل جریان هوای داخل نیستند، طبق تعریف باید در فضای بیرون نصب شوند.
- اجتناب از به‌کارگیری سیستم‌های احتراقی که کاربرد آن‌ها مستلزم ایجاد بازشدگی‌هایی در ساختمان باشد که با فضای داخلی ساختمان ارتباط داشته باشند. به عبارت دیگر باید از کاربرد سیستم‌های احتراقی، غیر از سیستم‌های احتراقی هوابندی‌شده، پرهیز کرد.
- اجتنـاب از نصب تجهیـزات دیواری یا پنجـره‌ای که موجب نفوذ هوا به داخل ساختمان می‌شوند.
- اجتناب از گرمارسانی درست در مرزهای پوش داخلی، مانند زیر پنجره‌ها، روی دیوار خارجی، یا در کف واقع روی فضای فاقد تهویه‌مطبوع.



۱۴-۰۸: محل‌هایی در پوش گرمایی برای سیستم‌های گرمایش و سرمایش

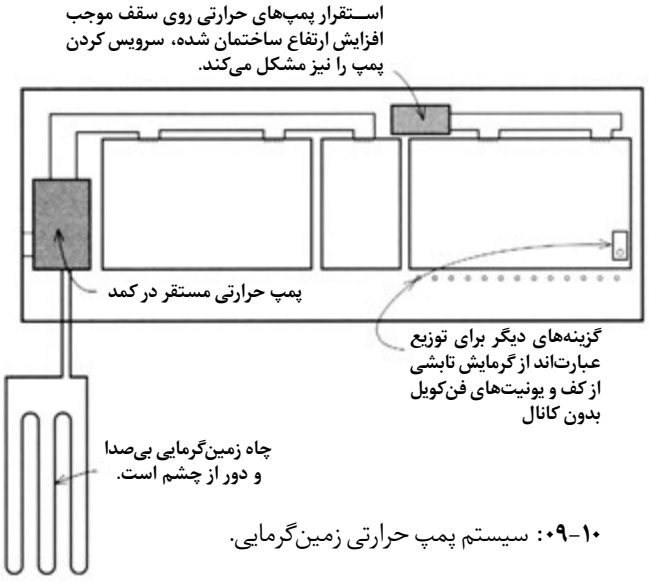
این ساده‌سازی‌ها، به رغم محدود کردن حوزه، باز هم گزینه‌های متعددی را باقی می‌گذارند.

پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی، که پمپ‌هایشان کاملا در داخل پوش گرمایی جای گرفته باشند، شاید کارآمدترین گزینه برای گرمایش و سرمایش باشند. همواره بهتر است از استقرار پمپ حرارتی در بیرون پوش گرمایی - روی بام، در زیرزمین، در زیرزمین کوتاه، روی زمین و در بیرون ساختمان، یا در فضای زیرشیروانی اجتناب کنید. اگر از سیستم توزیع با هوای تحت فشار استفاده می‌کنید، کانال ها را باید کاملا هوابندی کنید. باید به محل استقرار پمپ توجه کنید تا از انتقال صدا و لرزش کمپرسور به فضاهای مورد کاربری جلوگیری، و سهولت سرویس تأمین شود. کمد محل مناسبی برای نصب پمپ حرارتی کانال‌دار است، و ترکیبی از صداگیری و سهولت سرویس را فراهم می‌کند. پمپ‌های حرارتی را می‌توان روی سقف نیز مستقر کرد، اما در این صورت سرویس آن‌ها دشوار می‌شود و ممکن است ناگزیر از افزایش ابعاد فضای روی سقف شویم، که نتیجه‌ی آن افزایش ارتفاع ساختمان است. سیستم‌های پمپ حرارتی از لحاظ زیبایی‌شناسی خارجی مزایای مختلفی دارند. چون مبدل حرارتی بیرونی مدفون است، برج خنک‌کننده، چگالنده، یونیت روبامی یا تجهیزات بدمنظر دیگری ندارد که فضا را اشغال کنند یا روی زمین یا بام صدا ایجاد کنند.

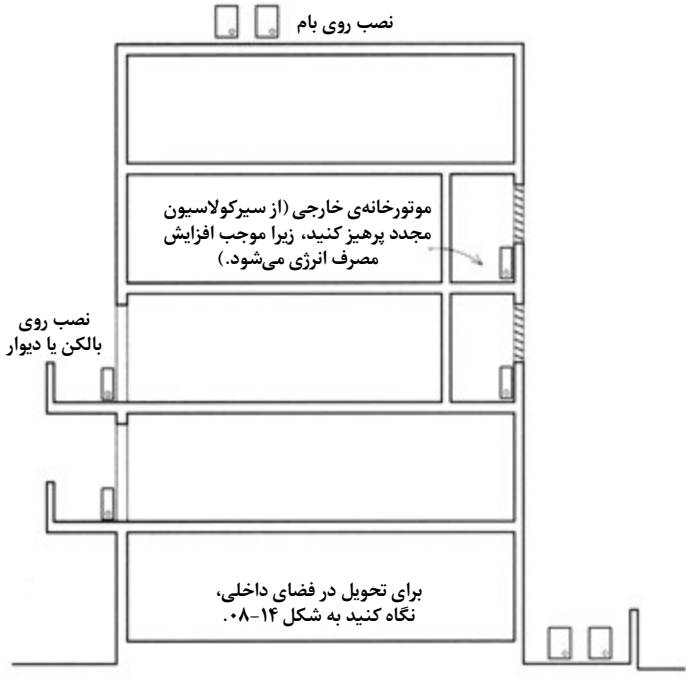
پمپ‌های حرارتی بدون کانالی که از منبع هوا استفاده می‌کنند گزینه‌ی دیگری هستند. این پمپ‌ها که در سراسر جهان کاربرد گسترده‌ای دارند، در ایالات متحده‌ی امریکا هم مطلوبیت یافته‌اند. انواع دورمتغیر این سیستم‌ها موجب افزایش بازده شده، ظرفیت آن‌ها را در زمان پایین بودن دمای هوای بیرون بالا می‌برد تا بتوان در اقلیم‌های شمالی از آن‌ها استفاده کرد. انواع بازیاب گرمای آن گرمایش و سرمایش هم‌زمان در ساختمان‌هایی با فضاهای هسته‌ای داخلی یا فضاهای دیگری را که همواره نیازمند سرمایش‌اند، امکان‌پذیر می‌کند. تلفات توزیع در لوله‌کشی مبرد کمتر از تلفات در کانال یا از لوله‌های آب یا بخار است. توانایی انتقال انرژی این پمپ‌ها با توان مصرفی پایین (یعنی توان مصرفی برای پمپ و فَن) عالی است. طراحی این سیستم‌ها آسان‌تر از طراحی سیستم‌های مرکزی، مانند سیستم‌های بویلر و چیلر است.

چون پمپ‌های حرارتی معمولا با ظرفیت‌های پایین طراحی می‌شوند، در ساختمان‌های بزرگ باید تعداد زیادی از آن‌ها نصب کرد. اما این همین کوچکی اندازه موجب انعطاف‌پذیری در نصب می‌شود. سیستم گرمایش و سرمایش را می‌توان به‌صورت مدولی، بدون نیاز به جرثقیل، نصب کرد، زیرا هیچ یک از قطعات این سیستم به‌اندازه‌ای بزرگ نیست که در آسانسور معمولی جا نشود.

مهم‌ترین محدودیت سیستم‌های گرمایش و سرمایش این است که در حال حاضر فاصله‌ی ماکزیمم مجاز بین یونیت‌های خارجی و داخلی حدود ۵۰۰ فوت (۱۵۲ متر) است. به همین ترتیب ارتفاع عمودی ماکزیمم این سیستم‌ها نیز محدود است و در حال حاضر به حدود ۳۰۰ فوت (۹۱ متر) بین یونیت‌های خارجی و داخلی می‌رسد. برای استقرار یونیت‌های خارجی نیز باید محل مناسبی پیدا کرد.



۱۰-۰۹: سیستم پمپ حرارتی زمین‌گرمایی.



۱۴-۱۰: محل‌های استقرار پمپ حرارتی با منبع هوا.

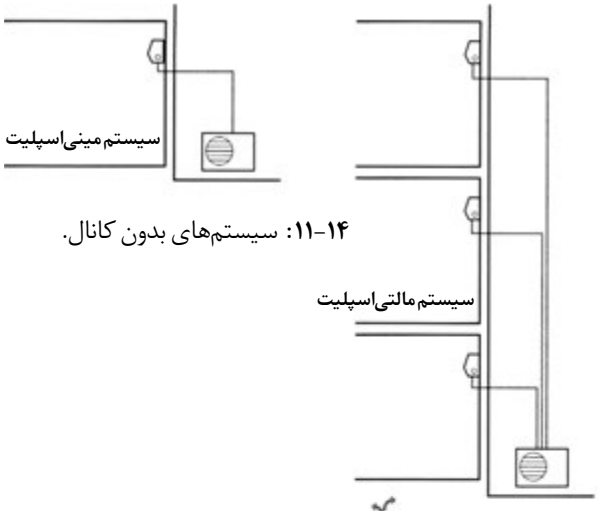
سیســـتم‌های بدون کانال بر دو نوع‌اند، مینی اســـپلیت که در آن یـــک یونیت خارجی با یک یونیت داخلی ترکیب می‌شـــود و مالتی‌اســـپلیت که در آن یـــک یونیت خارجی به چند یونیت داخلی متصل است.

بعضی انواع سیســـتم‌هایی که سوخت فسیلی مصرف می‌کنند نیز گزینه‌ی دیگری به‌شمار می‌روند. این سیستم‌ها عبارت‌اند از بویلر یا کوره‌ی احتراقی بسته، که در کابینت یا موتورخانه‌های داخل پوش گرمایی نصب می‌شـــود، و هیترهای گازسوز داخل اتاق.

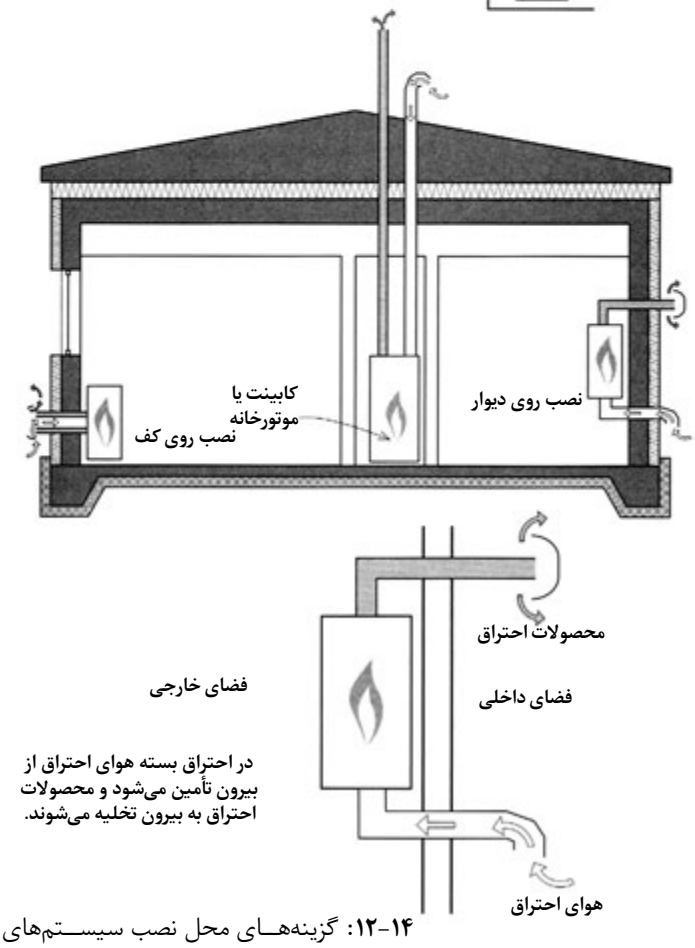
برای سیســـتم‌های دارای بویلر، ترجیح این است که رادیاتورها روی دیوارهای خارجی نصب نشوند، زیرا در این موقعیت گرما را مستقیما از طریق دیوار خارجی به هوای بیرون انتقال داده، تلف می‌کنند. گرمایش از کف گزینه‌ی مناسبی است، البته این گزینه برای ساختمانی که نیازمند واکنش سریع در برابر تغییرات دمای داخل، یا ساختمانی که در ساعات عدم کاربری نیازمند نقطه‌ی تنظیم دمای پایین اســـت، به کار نمی‌آید. گرمایش از کف در مورد طبقه‌ی اول نیز چندان مناسب نیست، زیرا موجب اتلاف گرما می‌شود، حتی اگر دال هم‌کف عایق‌کاری شود.

هیتر اتاقی گازسوز و هوابندی‌شده گزینه‌ی دیگری است. نکته‌ی مهم این اســـت که این هیترها را بـــا هیترهای بدون هواکش اشتباه نکنیم؛ هیترهای بدون هواکش از لحاظ شکل ظاهری و طرز کار شـــبیه هیترهای دارای هواکش‌اند، اما با این تفاوت که محصولات احتراق را در فضای مورد کاربری تخلیه می‌کنند. استفاده از این نوع هیتر در ساختمان سبز مطلوب نیست، زیرا رطوبت و محصولات احتراق را وارد فضای داخلی ســـاختمان می‌کند. مانند سیستم‌های گرمایش مقاومتی الکتریکی، هیچ یک از این هیترها گزینه‌ی تأمین سرمایش ندارند.

تقریبا همه‌ی سیســـتم‌های بررســـی شـــده - بویلرها، کوره‌ها، و پمپ‌هـــای حرارتـــی - در صورت امکان بایـــد مجهز به فَن‌ها و پمپ‌هایـــی با الکتروموتورهـــای دورمتغیر باشـــند. این نوع الکتروموتـــور برای تجهیزاتی بـــا اندازه‌های مختلف، از کوچک تا بزرگ، در دســـترس است. در سیستم‌های بزرگ، از آن‌ها به عنوان وســـایل کنترلی یاد می‌شـــود که دور را تنظیم می‌کنند - محرک‌های دور متغیـــر (VSD)، یا محرک‌های با دور قابل تنظیم (ASD). در سیستم‌های کوچک، آن‌ها را الکتروموتور دورمتغیر می‌نامند. سیســـتم‌های گرمایش و سرمایش با خروجی متغیر، مانند کوره‌ها، بویلرها، و پمپ‌های حرارتی تنظیم‌شونده را باید انتخاب کرد. جایگزین کم‌هزینه‌تر، سیستم دومرحله‌ای است که باز هم مزیت بازده بالا را، در مقایسه با سیستم‌هایی با ظرفیت ثابت، دارد.



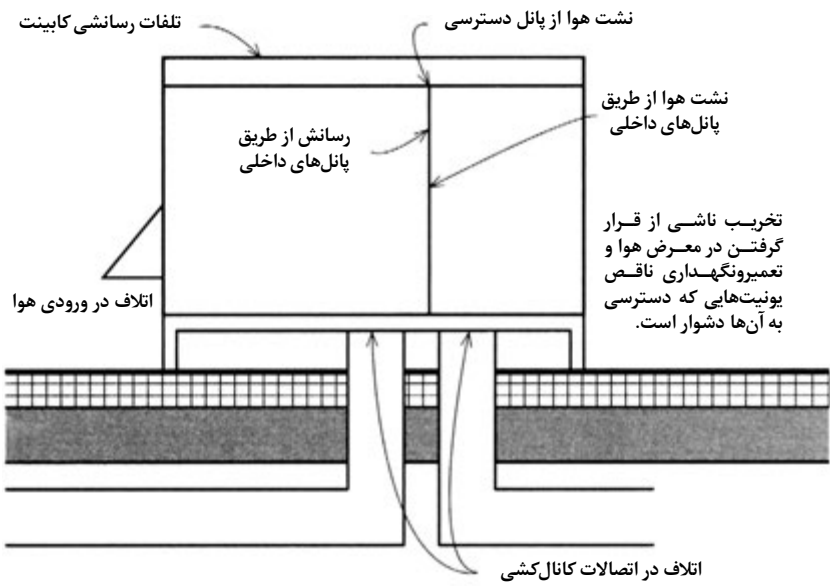
۱۴-۱۱: سیستم‌های بدون کانال.



۱۴-۱۲: گزینه‌هـــای محل نصب سیســـتم‌های احتراق بسته در داخل پوش گرمایی.

هیترهـای مقاومتـی الکتریکـی، ماننـد هیترهـای قرنیزی یا یونیت‌هیترهای کابینتی را می‌توان در هر اتاق نصب کرد. این کار در ساختمان سبز متعارف نیست، زیرا از دیرباز گرمایش مقاومتی الکتریکی نوع پرهزینه و کم‌بازده گرمایش شـمرده شـده اسـت. بسـته به منبع تأمین الکتریسـیته، گرمایش مقاومتی الکتریکی نیز ممکن اسـت موجب انتشـار مواد کربنی زیاد شود. بنابراین چنین گزینه‌ای برای سـاختمان سبز اولویت بالایی ندارد. اما اگر بتوان الکتریسـیته را از منابع تجدیدپذیر، مانند باد یا سلول‌های فوتوولتایی خورشیدی به‌دسـت آورد، و اگر ساختمان با نیاز کم بـه گرما، یا عدم نیاز به آن، طراحی شـده باشـد، آن‌گاه گرمای مقاومتی الکتریکی گزینه‌ای است که اتلاف سیستم توزیع آن کم است، بر پوش ساختمان تأثیر نمی‌گذارد، هزینه‌ی نصب آن پایین است و به راحتی کنترل می‌شود.

آیـا سیسـتم‌های گرمایش و سـرمایش روبامی کـه روی اغلب ساختمان‌های یک طبقه، مانند فروشگاه‌ها، دیده می‌شوند برای نصب در ساختمان سبز هم مناسب‌اند؟ اتلاف انرژی سیستم‌های روبامی در خور اعتناست. به‌دشواری می‌توان یک یونیت گرمایش و سرمایش روبامی هوابندی‌شده ساخت. از آن‌جا که در این یونیت‌ها هوا، نسبت به هوای بیرون فشار مثبت یا منفی دارد، از درزها و منافذ این سیستم‌ها هوا به داخل یا خارج نشت می‌کند. هم هوای بیرون و هم هوای مطبوع‌شـده‌ی داخل در این سیستم‌ها جریان دارد، اما فقط یک ورق فلزی نازک تعبیه شده در داخل دستگاه، هوای داخل را از هوای خارج جدا می‌کند. این ورق نقاط ضعف بالقوه‌ای برای نشت هوا دارد، مانند سـوراخ‌های ایجادشـده برای عبور لوله و کابل و سیم‌کشـی سیستم کنترل؛ درزهای درپـوش یونیـت، درزهای بدنـه‌ی خارجی، و در جایی که ورق جداسـاز روی کف دسـتگاه می‌نشیند و نقاط متعددی که برای بستن پیچ سوراخ شده‌اند. به‌علاوه، بخش‌داخلی با درهای خارجی احاطه می‌شـود که درزهای بیشـتر، پانل‌های دسترسـی، و منافذ دیگری دارند که موجبـات ورود و خروج هوا را فراهم می‌آورند. ضخامت عایق‌کاری این دستگاه‌ها معمولا بین ۱ و ۲ اینچ (۲۵/۴ و ۵۰/۸ میلی‌متر) اسـت که از عایـق‌کاری دیوارها و بام سـاختمان نازک‌تر است. تلفات دیگر از طریق اتصالات کانال‌ها، در کانال‌های نمایان روی بام، و در کانال‌کشـی ساختمان رخ می‌دهد. به مرور زمان، وضعیت و بازده این سیستم‌ها تنزل می‌یابد و شاید علت آن دور از چشم بودن روی بام و تعمیرونگهداری کمتر است، و هم‌چنین به این سبب که در معرض شرایط جوّی مانند باد، باران و آفتاب‌اند. خلاصه این‌که سیستم‌های مکانیکی روبامی، ساختمان سبز را در معرض مخاطرات مختلفی از لحاظ انرژی قرار می‌دهند.

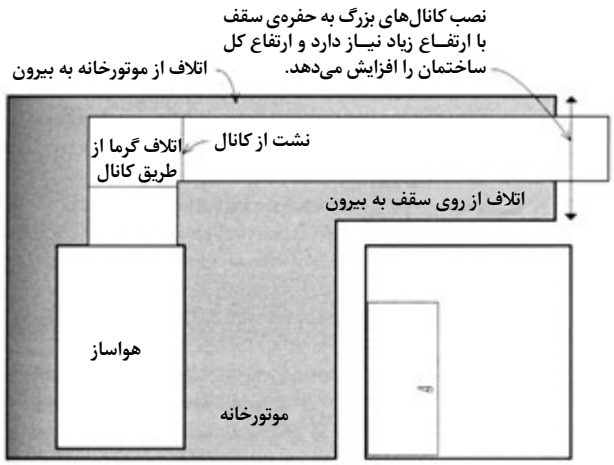


۱۴-۱۳: نقاط ضعف سیستم‌های روبامی.

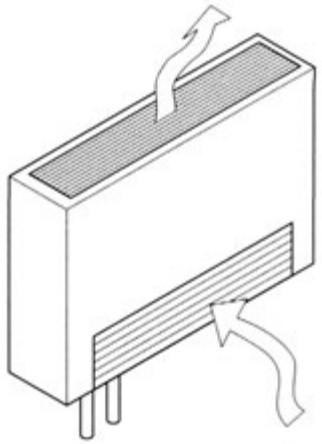
سیستم‌های بزرگ ســرمایش و گرمایش، که از دستگاه‌های هواساز مرکــزی نصب شــده در موتورخانه اســتفاده می‌کننــد، احتمالا از سیســتم‌های نصب‌شــده روی بام، زیر شــیروانی، یــا در زیرزمین، کارآمدترند. اما باز هم با مشــکلات متعددی از لحاظ مصرف انرژی روبه‌رویند. این مشــکلات عبارت‌اند از کانال‌ها و لوله‌های عایق‌کاری نشده یا به خوبی عایق‌کاری نشده، کانال‌ها یا لوله‌هایی که هوا از آن‌ها نشت می‌کند و تلفات، حتی در صورتی که کانال‌ها و لوله‌ها به‌خوبی عایق‌کاری شــوند و نشت هم نداشته باشــند. توان مصرفی فَن نیز بالاست، زیرا باید مقدار زیادی هوا را به فاصله‌ای دور، از موتورخانه تا فضاهایی که تهویه‌مطبوع می‌شوند، انتقال دهد. دستگاه‌های هواساز مرکــزی نیز به کانال‌های بزرگ نیاز دارند. در نتیجه، حفره‌های روی سقف باید ارتفاع زیادی داشته باشند و ارتفاع کل ساختمان و هزینه‌ی ساخت آن ۱۰ تا ۲۰٪ یا بیشتر، افزایش می‌یابد و اتلاف انرژی از طریق پوش ســاختمان نیز بیشتر می‌شــود. حفره‌های سقف با کانال‌هایی که از سقف عبور می‌کنند نیز موجب تلفات دیگری می‌شوند که بین موتورخانه و فضای تهویه‌مطبوع‌شده رخ می‌دهد.

این چالش‌های سیستم‌های گرمایش و سرمایش، که به موتورخانه‌های مرکــزی و کانال‌هــای بزرگ مربوطانــد، گزینه‌ی بهتــری را مطرح می‌کنند، مانند اســتقرار سیســتم توزیع و تحویل در داخل فضایی که نیازمند گرمایش و ســرمایش است؛ در این حالت امکان بالقوه‌ی اتلاف انرژی در تجهیزات و سیستم توزیع وجود ندارد و وابستگی به عایق‌کاری و هوابندی مطرح نیســت. بعضی سیستم‌ها این گزینه را امکان‌پذیر می‌کنند. پمپ‌های حرارتی اسپلیت بدون کانال در سرتاسر جهان، در تیپ‌های مختلف ســاختمان، شامل ساختمان‌های بلند و وسیع، نصب شــده‌اند. بازده پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی غالبا یکســان است، اما این سیســتم‌ها هنوز غالبا کانال دارند و بنابراین اتلاف از کانال رخ می‌دهد و سیستم‌های تلمبه‌زنی آب زمین‌گرمایی نیــز برق مصرف می‌کننــد. بعضی انواع خاص هیترهــای اتاقی که سوخت فسیلی مصرف می‌کنند را نیز می‌توان در اتاق نصب کرد، اما این سیستم‌ها سرمایش تولید نمی‌کنند. فن‌کویل‌های آبی نیز گزینه‌ی دیگری هســتند که امتحان خود را پس داده‌اند، فَن آن‌ها برق کمی مصرف می‌کند، اتلاف از کانال در مورد آن‌ها مطرح نیست و کنترل منطقه‌ای در مورد آن‌ها به‌خوبی قابل اجراست، اگرچه مشکل تلفات ناشی از تلمبه‌زنی و لوله‌ها هنوز به قوت خود باقی است.

چنان‌کــه قبــلا، در بحث بخش‌بندی ســاختمان، شــرح دادیم در دستگاه‌های هواســاز مقدار زیاد و نامتناســبی برق برای کاراندازی فَن‌ها مصرف می‌شــود. مزیت انرژی که قبلا در مورد دســتگاه‌های هواساز بزرگ با الکتروموتورهای دورمتغیر (موسوم به سیستم‌های با حجم هوای متغیر، یا سیستم‌های VAV) مطرح بود، اکنون کمرنگ شده است، زیرا اکنون بسیاری از کوچک‌ترین سیستم‌های فَن‌کویل می‌توانند از موتورهای دورمتغیر استفاده کنند.. سیستم‌های کوچک پراکنده ، در مقایسه با سیستم‌های بزرگ متمرکز، برق بسیار کمتری برای کاراندازی فَن مصرف می‌کنند. چنان‌کــه قبلا ، هنگام مرور گزینه‌های تهویه، خاطرنشــان شد اســتفاده از دستگاه‌های هواساز بزرگ برای تجمیع با سیســتم تهویه خود مشکل‌ساز است. تجمیع سیستم تهویه با دستگاه‌های هواساز بزرگ موجب مصرف غیرضروری برق در فَن می‌شــود، از گرمایش و ســرمایش مجزا و کارآمدتر هوای تهویه جلوگیری می‌کند و غالبا موجب تهویه‌ی بیش از حد می‌شود. به این دلایل، دســتگاه‌های هواســاز بزرگ به اندازه‌ی سیستم‌های پراکنــده، مانند پمپ‌هــای حرارتی بدون کانــال، پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی، یا فَن‌کویل‌های آبی کارآمد نیستند.



۱۴-۱۴: نقاط ضعف دستگاه‌های هواساز و موتورخانه‌های بزرگ



یونیت‌هــای فَن‌کویل یک فیلتر هوا و یک فَن گریزازمرکز برای کشیدن هوا از میــان کویل‌های هیتر یا آب ســرد و ســپس دمیدن آن به داخل فضای مورد کاربری دارند.

آب گرم یا سرد با لوله به فن‌کویل‌های واقع در فضاهای داخلی می‌رسد.

۱۴-۱۵: یونیت فن‌کویل آبی.

گزینه‌ی دیگر سیستم‌های پمپ حرارتی با مدار بسته‌ی آب بویلر و برج خنک‌کننده است. در این سیستم‌ها از بویلر به عنوان منبع گرما، و از برج خنک‌کننده به‌عنوان منبع دفع گرما به بیرون، در ارتباط با پمپ‌های حرارتی که گرمایش و سرمایش فضاهای داخلی را تأمین می‌کنند، استفاده می‌شود. بویلرها، برج خنک‌کننده، و پمپ‌های حرارتی، همگی گرما را از یک مدار بسته‌ی آب دریافت می‌کنند یا به آن تحویل می‌دهند.

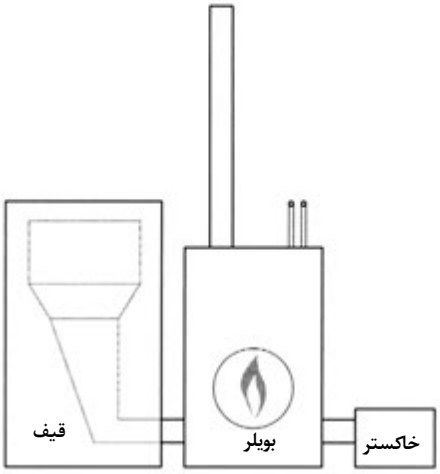
اما سیستم‌های پمپ حرارتی با مدار آب بویلر - برج خنک‌کننده بازده پایینی دارند، مگر در ساختمانی نصب شوند که هسته‌ی داخلی در خور اعتنایی داشته باشد و پوش خارجی عنصر غالب آن نباشد. به عبارت دیگر، پمپ‌های حرارتی با مدار آب بویلر - برج خنک‌کننده برای ساختمان‌هایی بسیار مناسب‌اند که در سرتاسر سال گرمای اضافی دارند که از هسته‌ی مرکزی ساختمان سرچشمه می‌گیرد و می‌توان در اقلیم‌های سرد، برای گرم کردن فضاهای پیرامونی ساختمان در فصل زمستان از آن استفاده کرد. در ساختمان‌هایی که پوش خارجی غالب دارند و بخش عمده‌ی ساختمان‌ها را تشکیل می‌دهند، مانند خانه‌ها، آپارتمان‌ها، اغلب هتل‌ها، فروشگاه‌های یک طبقه، و ساختمان‌های اداری کوچک، سیستم‌های پمپ حرارتی با مدار آب بویلر - برج خنک‌کننده، در مقایسه با سایر گزینه‌های مهم و دسترس‌پذیر، مانند سیستم‌های گرمایش با سوخت فسیلی، پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی، و پمپ‌های حرارتی با منبع هوا، مصرف انرژی بالاتری دارند و مواد کربنی بیشتری منتشر می‌کنند. از آن‌جا که در ساختمان‌های با پوش خارجی غالب، سیستم پمپ حرارتی با مدار آب بویلر - برج خنک‌کننده، از بیرون، از زمین، یا از فضاهایی با گرمای مازاد گرما نمی‌گیرد، به‌طور ناخواسته موجب می‌شود که ساختمان بخشی با استفاده از سوخت فسیلی و بخشی با استفاده از گرمای الکتریکی گرم شود و پیامدهای استفاده از انرژی زیاد و گران‌قیمت الکتریکی را تحمل کند.

یکی از روش‌های متداول در پروژه‌های ساختمان سبز این است که ابتدا ساختمان‌ها را با پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی طراحی می‌کنند و سپس، هنگامی که هزینه‌ها از بودجه‌ی پروژه بیشتر شود، آن را به سیستم پمپ حرارتی با مدار آب بویلر - برج خنک‌کننده تغییر می‌دهند. این اشتباهی است که در ساختمان‌های با پوش خارجی غالب رخ می‌دهد و آن‌ها را به یکی از کم‌بازده‌ترین و آلاینده‌ترین سیستم‌ها تبدیل می‌کند.

گزینه‌ی دیگر برای گرمایش استفاده از سیستم‌های زیست‌توده‌ای است. منظور از زیست‌توده، هیزم، خاک‌اره، و خرده‌چوب است. مزیت استفاده از زیست‌توده به‌عنوان منبع گرما، تأثیر اندک آن بر انتشار مواد کربنی است، هرگاه ظرفیت جذب کربن درختان در حال رشد را نیز به‌حساب بیاوریم. اما بخاری هیزمی قدیمی سیستمی باز است و برای احتراق به هوا و هواکش نیاز دارد. به عبارت دیگر نفوذ بی‌جهت رخ می‌دهد. بخاری‌های هیزمی جدید اتصال مستقیم به هوای بیرون دارند و می‌توان آن‌ها را سیستم احتراقی بسته شمرد. بویلرهای آب گرم با سوخت زیست‌توده‌ای در سال‌های اخیر به بازار آمده‌اند، اگر چه آن‌ها را معمولا در هسته‌ی ساختمان نصب نمی‌کنند، زیرا باید در جایی نصب شوند که بتوان سوخت زیست‌توده‌ای را در آن‌ها بارگیری کرد. خاکستر حاصل را نیز باید تخلیه و دفع کرد. سرانجام، سیستم‌های زیست‌توده‌ای فقط گرمایش تولید می‌کنند، نه سرمایش. اما نشر کربن خالص ناچیز سیستم‌های زیست‌توده‌ای، بررسی کاربرد آن‌ها را در بعضی ساختمان‌ها توجیه می‌کند.



۱۴-۱۶: سیستم پمپ حرارتی با مدار آب بویلر - برج خنک‌کننده.



۱۴-۱۷: سیستم بویلر با سوخت زیست‌توده‌ای.

یکــی از تصمیم‌گیری‌هــای مهمــی کــه طراحان ســبز در مورد سیستم‌های گرمایش و سرمایش با آن روبه‌رو می‌شوند این است کــه آیا تجهیزات را در فضای داخلــی نصب کنند یا نه. این نکته به‌ویژه در مورد فَن‌کویل‌های کوچکی صادق اســت که روی دیوار، روی کف، یا زیر ســقف نصب می‌شوند. مزایای استقرار تجهیزات در فضای داخلی فراوان‌اند: حذف تلفات سیســتم توزیع، کاهش تــوان مصرفی بــرای توزیع، اتخــاذ تدابیری بــرای کنترل دمای موضعی به‌منظــور منطقه‌بندی، امکان حــذف نیاز به حفره روی ســقف یا زیر کف برای عبــور کانال، و کاهش هزینه‌های نصب. احتمالا تنها عیب استقرار تجهیزات در فضای داخلی، نازیبایی و سروصداســت. با وجود این، اســتقرار تجهیزات در فضــای داخلی تاریخچــه‌ای طولانی دارد. مثــلا رادیاتورهای چدنی که روی کف نصب می‌شــدند در سیســتم‌های قدیمی به‌کار می‌رفتند و هنوز هم کاربرد گسترده‌ای دارند. مثال دیگر را در مدارسی می‌توان یافت که غالبا از سیستم‌های گرمایش و سرمایش زیرپنجره‌ای استفاده می‌کنند. در بسیاری از کشورها استفاده از فن‌کویل‌های بدون کانال رایج است. و اگر استفاده از فن‌کویل‌های اتاقی برای ساختمان خاصی قابل قبول نباشد، استفاده از فن‌کویل‌هایی که در تورفتگی سقف نصب می‌شوند، گزینه‌ی دیگری است؛ استفاده از فَن‌کویل‌های پنهان شده در کابینت یا نقاط دیگر هم مطرح اســت. یکی از سیســتم‌هایی کــه باید از کاربــرد آن اجتناب کرد، سیســتم دیواری، مانند دســتگاه‌های تهویه‌مطبوع دیواری، دستگاه‌های تهویه‌مطبوع پکیج ترمینالی، یا پمپ‌های حرارتی مشابه، است. برای نصب این دســتگاه باید سوراخ بزرگی در دیوار ایجاد کرد که موجب نفوذ و اتلاف رسانشی خواهد شد.

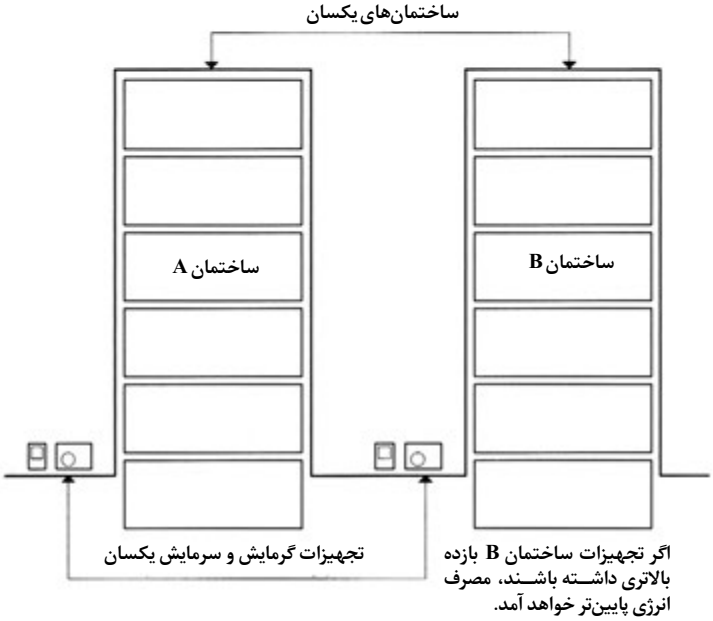
بازده سیستم

سیســتم‌های گرمایش و ســرمایش با بازده‌هــای مختلف در دســترس‌اند. به‌طور کلی، سیســتم‌های با بازده بالاتر، انرژی کمتری مصرف می‌کنند، اما گران‌ترند. معمولا، هزینه‌ی اولیه‌ی سیستم‌های با بازده بالاتر، با صرفه‌جویی در هزینه‌ی انرژی در دوران بهره‌برداری، جبران می‌شود، اما باید با مدل‌سازی انرژی این نتیجه را تأیید کرد.

در آیین‌نامه‌هــا حداقلــی بــرای بــازده تجهیزات الزامی اســت. استانداردهای ساختمانی از قبیل ASHRAE ۱۸۹ و آیین‌نامه‌ی بین‌المللی ســاخت سبز، اســتفاده از تجهیزاتی با بازده بالاتر را خواستار شده‌اند و برنامه‌هایی مانند «ستاره‌ی انرژی» و برنامه‌های انرژی ایالتی نیز مؤید آن‌ها هستند. بده‌بستان‌های هزینه‌ی نصب و بهره‌برداری تجهیزات پربــازده را می‌توان در مرحله‌ی طراحی و از طریق مدل‌سازی کامپیوتری به‌آسانی بررسی کرد. تخمین‌های ساده‌ی هزینه‌ی انرژی نیز امکان‌پذیر است.



۱۴-۱۸: تعیین محل فن‌کویل در اتاق.



۱۴-۱۹: سیســتم‌های با بازده بالا انرژی کمتــری مصرف می‌کنند، اما هزینه‌ی اولیه‌ی آن‌ها بالاتر است.

صرفه‌جویی حاصل از به‌کارگیری تجهیزات با بازده بالا را می‌توان چنین بیان کرد:

$$1- (E_{\text{پایین}}/E^{\text{بالا}})$$

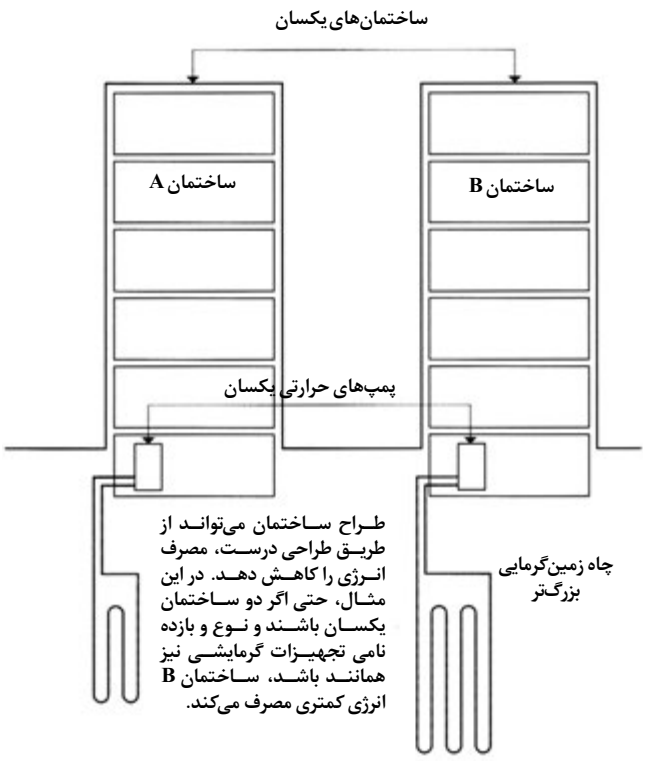
کــه در آن پاییــنE بازده پایین‌تر و $E^{\text{بالا}}$ بازده بالاتر اســت. مثلا، کــوره‌ای با بازده ۹۵٪، در مقایســه با کوره‌ای با بازده ۸۰٪، به‌اندازه‌ی (۰٫۸/۰٫۹۵)-۱=۱۶٪، کمتر انرژی مصرف می‌کند.

۱۴-۲۰: فرمولی ساده برای تخمین هزینه‌های انرژی.

شـــایان ذکر اســـت که بازده نامی هر یک از دستگاه‌ها همواره به معنای عملکرد آن دستگاه در ساختمانی خاص، واقع در اقلیمی خاص، با بازده نامی نیســـت. به علاوه، طراح حرفه‌ای ساختمان به روش‌های مختلـــف می‌تواند بازده عملیاتی واقعی تجهیزات را کنتـــرل کند. مثلا، پمـــپ حرارتی بازده بالاتری خواهد داشـــت، هرگاه حوزه‌ی چاه زمین‌گرمایی وسیع‌تر باشد یا رسانندگی خاک بالا باشـــد و انتقال گرمای بیشـــتری را در زمین امکان‌پذیر کند. برعکس، اگر شـــرایط گرمایی خاک مناسب نباشد، یا اگر حوزه‌ی چاه کوچک باشـــد، بازده سیســـتم پایین‌تر خواهد بود. به همین ترتیـــب، در صورتی که برج خنک‌کننده بزرگ‌تـــر از اندازه‌ی لازم باشد، چیلر با بازده بالاتری کار خواهد کرد.

تجهیزات گرمایشی که آب را در ساختمان به گردش در می‌آورند، مانند سیستم بویلر یا پمپ حرارتی که آب داغ تأمین می‌کنند، در صورت بزرگ‌تر بودن اندازه‌ی سیســـتم توزیع، به طوری که بتوان دمای لازم برای آب را پایین‌تر گرفت، با بازده بالاتری کار خواهند کرد. بعضی انواع سیســـتم توزیع، مانند سیســـتم‌های گرمایش تابشی از کف، اگر به‌خوبی طراحی شوند، ذاتا سطوح وسیع لازم برای پایین آوردن دمـــای آب را عرضه می‌دارند. نکته‌ی مهم این است که دمای آب برگشتی به بویلر یا پمپ حرارتی پایین باشد.

برای اســـتفاده‌ی هر چه بیشـــتر از مزایای این راهبردهای دمای پایین، باید کنترل‌گرهای سیستم را مطابق همین راهبردها تنظیم کرد. بازده بالقوه‌ای که می‌توان به آن دست یافت در خور اعتناست. بویلر چگالشـــی که دمای برگشت آب آن ۱۳۰°F (۵۴°C) است و بازدهی برابر ۸۷٪ دارد، در صورت پایین آمدن دمای آب برگشت تا ۹۰°F (۳۲°C) از طریق نصب رادیاتورهای بزرگ‌تر یا گرمایش از کف، با بازدهی بالاتر از ۹۵٪ کار خواهد کرد. برای پمپ حرارتی، بـــازده را حتی بیش از این هم می‌توان افزایش داد. پمپ حرارتی که در چرخه‌ی گرمایش کار می‌کند، دمای آب برگشت آن ۱۰۴°F (۴۰°C) و ضریب عملکرد (COP) آن ۳٫۱ است، در صورتی که با آب برگشـــتی با دمای ۹۰°F (۳۲°C) کار کند، ضریب عملکردی برابر ۳٫۸ خواهد داشت که از ۲۳٪ افزایش بازده حکایت می‌کند.



۱۴-۲۱: طراحی برای بازده بالاتر.



۱۴-۲۲: طراحی سیستم توزیع برای بازده بالاتر.

بازده سیستم‌های گرمایش و سرمایش را به روش‌های مختلف می‌توان افزایش داد. بسیاری از این اقدامات خواسته‌ی آیین‌نامه‌های صرفه‌جویی، به‌ویژه در مورد تجهیزات بزرگ‌تر است، اما می‌توان در مواردی هم که الزام آیین‌نامه‌ای وجود ندارد، این روش‌ها را به‌کار گرفت. روش‌های افزایش بازده سیستم گرمایش و سرمایش عبارت‌اند از:

- سیستم سرمایش طبیعی، که آن را سیستم صرفه‌کار هم می‌نامند. این نوع سیستم از هوای خنک بیرون یا آبی که با استفاده از هوای بیرون خنک شده است برای تهویه‌مطبوع ساختمان در اوقاتی که هوای بیرون خنک و هوای داخل گرم است، معمولا در هنگام تغییر فصل و در ساختمان‌هایی با جذب گرمای داخلی بالا استفاده می‌کند.

- تنظیم مجدد دمای آب سرد، آب داغ، و هوای رفت براساس شرایط هوای بیرون. با تغییر دمای سیستم‌های گرمایش و سرمایش، مثلا بالا بردن دمای آب در سیستم چیلر، وقتی هوای بیرون معتدل است، یا پایین آوردن دمای آب در سیستم بویلر، بازده سیستم افزایش می‌یابد.

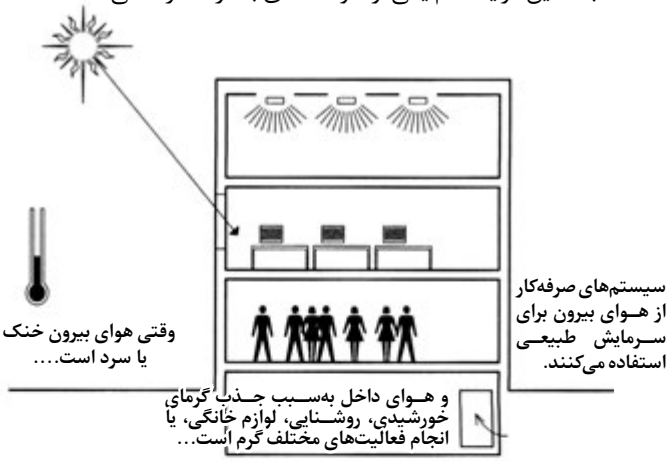
در سال‌های اخیر، مشخص شده است که هر گاه ظرفیت سیستم گرمایش و سرمایش بیش از اندازه‌ی لازم باشد، موجب اتلاف انرژی خواهد شد. این اتلاف از آن‌جا ناشی می‌شود که سیستم بزرگ به‌صورت چرخه‌های کوتاه کار می‌کند. آیین‌نامه‌های انرژی و استانداردهای ساختمان سبز به طور فزاینده‌ای خواستار انتخاب تجهیزات با اندازه‌ی لازم‌اند. استفاده از تجهیزاتی با ظرفیت متغیر به همین اندازه، یا حتی بیشتر از آن، اهمیت دارد. چنین تجهیزاتی، نه زیر بار جزئی و نه زیر بار کامل، ظرفیت اضافی نخواهد داشت.

هم‌چنین، آسیب‌پذیری ساختمان‌های سبز در برابر خرابی سیستم را، چنان‌که قبلا اشاره شد، باید در نظر داشت. بد بودن ظرفیت مازاد به معنای خوب بودن کمبود ظرفیت نیست. سیستم گرمایش یا سرمایشی که کمبود ظرفیت داشته باشد، موجب احساس عدم آسایش کاربران ساختمان می‌شود؛ ساختمانی که چنین سیستمی داشته باشد زمستان‌ها بیش از اندازه سرد، و تابستان‌ها بیش از اندازه گرم خواهد بود. بهتر است سیستم‌های گرمایش و سرمایش نه ظرفیت مازاد داشته باشند و نه کمبود ظرفیت، بلکه با ظرفیت مناسب انتخاب شوند.

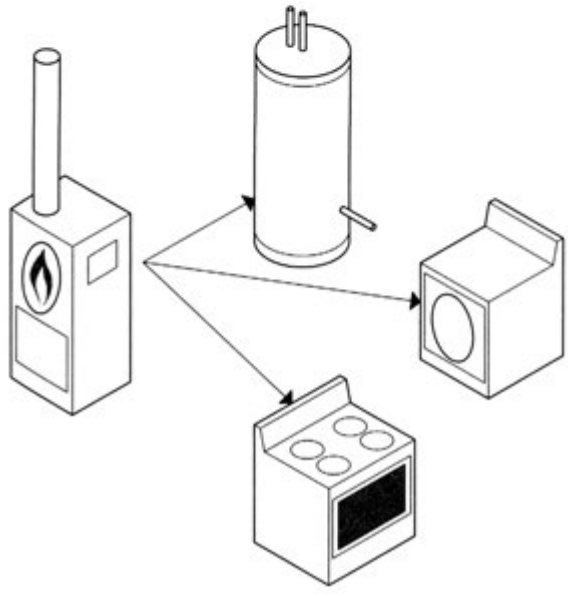
انتخاب سوخت

یکی از تصمیم‌های مهمی که باید در پروژه‌ی ساختمان سبز اتخاذ شود، انتخاب سوخت برای گرمایش است. انتخاب سوخت غالبا پیامدهای دیگری هم دارد زیرا غالبا سوخت انتخابی در کاربردهای دیگر، مانند تولید آب گرم خانگی، پخت‌وپز در ساختمان‌هایی که آشپزخانه دارند، و خشک کردن لباس در ساختمان‌های دارای رختشویخانه، نیز مصرف می‌شود.

سوخت‌هایی که برای گرمایش به‌کار می‌روند عبارت‌اند از گرمای ناشی از خورشید، برق برای کاراندازی پمپ‌های حرارتی یا هیترهای مقاومتی الکتریکی، گاز طبیعی، گازوئیل، پروپان، نفت سفید، زیست‌توده و زغال‌سنگ. در شهرها یا پردیس‌های دانشگاهی که سیستم‌های گرمایش ناحیه‌ای دارند، خرید بخار یا آب داغ از دیگر گزینه‌های مطرح‌اند، اگر چه در این صورت هم بخار یا آب داغ در مبدأ توسط یکی از سوخت‌های یادشده تولید می‌شود. در تعدادی از سیستم‌های صنعتی از گرمای اتلافی فرایندها استفاده می‌شود. هم‌تولیدی منبع دیگری برای تأمین گرماست که در آن الکتریسیته و گرما توسط فرایندی واحد تولید می‌شوند و، البته، این فرایند هم یکی از سوخت‌های بالا را مصرف می‌کند.



۱۴-۲۳: سرمایش طبیعی.



۱۴-۲۴: انتخاب سوخت برای گرمایش غالبا بر انتخاب سوخت برای کاربردهای دیگری مانند تولید آب گرم خانگی، خشک کردن لباس، و آشپزی تأثیر می‌گذارد.

احتمـــال انتخاب بعضی ســـوخت‌ها برای مصـــرف در پروژه‌های ســـاختمان سبز، به ســـبب انتشـــار مقدار زیادی کربن، پایین‌تر اســـت. این ســـوخت‌ها عبارت‌اند از گازوئیل، نفت سفید، پروپان و زغال‌ســـنگ. در نتیجه گرمای خورشـــیدی، الکتریســـیته، گاز طبیعی، و ســـوخت‌های زیســـتی نامزدهای احتمالی مصرف در ساختمان سبزند.

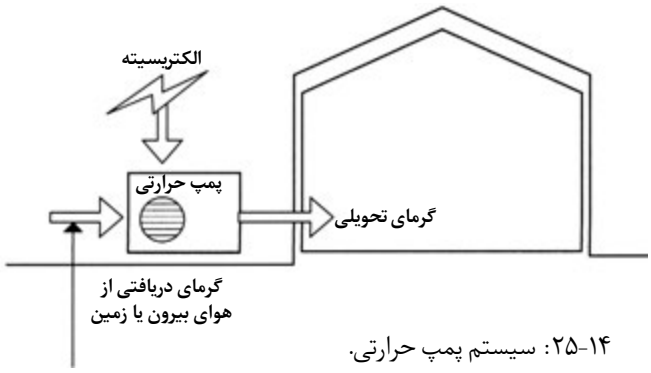
گرمـــای خورشـــیدی را به‌طـــور جداگانه در فصـــل ۱۵، با عنوان انرژی تجدیدپذیر، بررســـی خواهیم کرد. در این فصل صورت‌های غیرخورشیدی گرما را بررسی می‌کنیم.

اســـتفاده از گرمایش مقاومتی الکتریکی را باید به طور کلی کنار گذشـــت، مگر در ســـاختمان‌هایی که مصرف انرژی نزدیک صفر دارند، یا در اتاق‌هایی که بار گرمایشـــی آن‌ها خیلی پایین اســـت. استفاده از گرمایش مقاومتی الکتریکی راهی بسیار پرهزینه برای گرم کردن ســـاختمان است. الکتریســـیته منبع انرژی رده‌بالایی اســـت و برای کاربرد به‌صورت گرما، کـــه یکی از صورت‌های نازل مصرف انرژی است، مناسب نیست.

وقتی از الکتریســـیته برای کاراندازی پمپ‌های حرارتی اســـتفاده می‌شود، بازده سیستم با برداشت گرمای رایگان از هوای بیرون، یـــا از زمیـــن یا از آب زیرزمینـــی، بالا می‌رود. امروزه اســـتفاده از پمپ‌حرارتی از پرکاربردترین رویکردهای گرمایش در ساختمان‌های سبز است. چنان‌که قبلا گفته شد، تنها استثنا سیستم‌های پمپ حرارتی با بویلر و برج خنک‌کننده اســـت که اســـتفاده از آن‌ها در ســـاختمان‌های ســـبز توصیه نمی‌شـــود، مگر به‌صورت خاص در ســـاختمان‌هایی به کار روند که هســـته‌ی داخلی وسیع یا جذب گرمای داخلی چشمگیری دارند.

در بعضی ساختمان‌های سبز از گاز طبیعی استفاده می‌شود. گاز طبیعی نسبتا پاکیزه می‌سوزد و طی چند دهه‌ی گذشته تجهیزات گازسوز با بازده بالا به بازار آمده است. یکی از معایب گاز طبیعی این است که منابع محدود دارد و پیشرفت‌های اخیر در اکتشاف و استخراج گاز طبیعی، شامل شکست هیدرولیکی با فشار بالا، تأثیر بسیار نامطلوبی بر محیط زیست دارد. این تأثیرات نامطلوب عبارت‌اند از آلودگی هوا، آب، و خاک؛ آلودگی صوتی و نوری ناشی از حفـــاری و مولدهای بـــرق لازم در محل حفاری؛ ایجاد اختلال در چشم‌اندازهای طبیعی؛ و تأثیر رفت‌وآمد روزانه صدها دستگاه کامیون برای حمل آب آلوده شده در نتیجه‌ی حفاری.

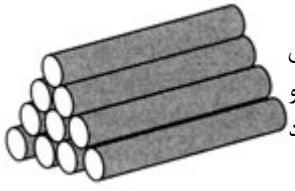
ســـوخت‌های زیســـت‌توده‌ای عبارت‌انـــد از چـــوب، خرده‌چوب، خاک‌اره، و انواع مختلف منابع ســـریعا تجدیدپذیر قابل سوخت. مزایای زیســـت‌توده عبارت‌اند از تأثیر اندک بر انتشار مواد کربنی - ســـوخت‌های زیســـت‌توده‌ای کربن هوا را، حین رویش، جذب می‌کنند. تجهیزاتی که با این نوع ســـوخت کار می‌کنند روزبه‌روز پاکیزه‌تر می‌شـــوند، اگرچه از قدیم مشـــکلاتی در ارتباط با ذرات جامد و سایر مواد منتشرشده از آن‌ها وجود داشته است. معایب زیست‌توده شامل آلوده کردن هوا در صورت پاکیزه نبودن احتراق و نیاز به بارگیری سوخت است، اگرچه با خودکارسازی تجهیزات این فرایند آسان‌تر شده است. شومینه‌ها و بسیاری از بخاری‌های هیزمی سنتی سبز شمرده نمی‌شوند، زیرا ناقص می‌سوزند، بازده پایینـــی دارند و هوای لازم برای احتراق را از طریق نفوذ به داخل ساختمان می‌کشند.



۱۴-۲۵: سیستم پمپ حرارتی.

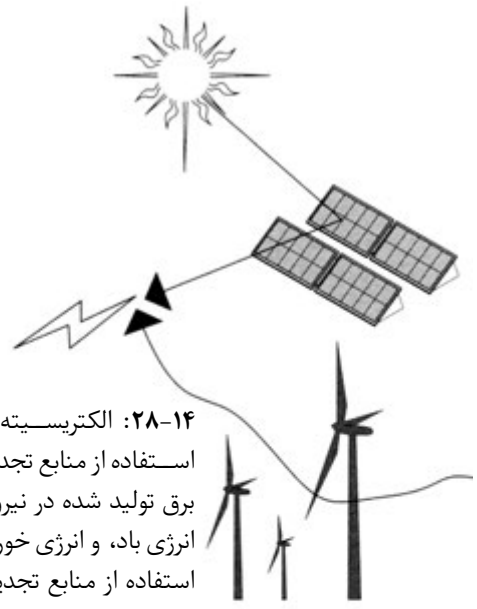


۱۴-۲۶: گاز طبیعی نسبتا پاکیزه می‌سوزد، اما منابع آن محدود است.



۱۴-۲۷: محصولات زیســـت‌توده‌ای منابع سریعا تجدیدپذیر سوخت‌اند و تأثیری در افزایش میزان انتشار مواد کربنی ندارند.

انتخاب سوخت معمولا به ساختمان مورد نظر، دسترس‌پذیری سوخت، و مناسب بودن آن برای ساختمان بستگی دارد. بعضی سوخت‌های خاص را می‌توان از منظر گسترده‌تری نگریست. تولید برق از منابع تجدیدپذیر، مانند باد، انرژی خورشیدی، و سیستم‌های برقابی رو به افزایش است. به عبارت دیگر بخشی از الکتریسیته‌ای که مصرف می‌کنیم، تجدیدپذیر است و این بخش رو به رشد است. از طرف دیگر، سوخت‌های فسیلی هرگز تجدید نخواهند شد و با ته



۱۴-۲۸: الکتریسیته را می‌توان با استفاده از منابع تجدیدپذیر، مانند برق تولید شده در نیروگاه‌های آبی، انرژی باد، و انرژی خورشیدی ، یا با استفاده از منابع تجدیدناپذیر، مثلا احتراق سوخت‌های فسیلی یا انرژی هسته‌ای، تولید کرد.

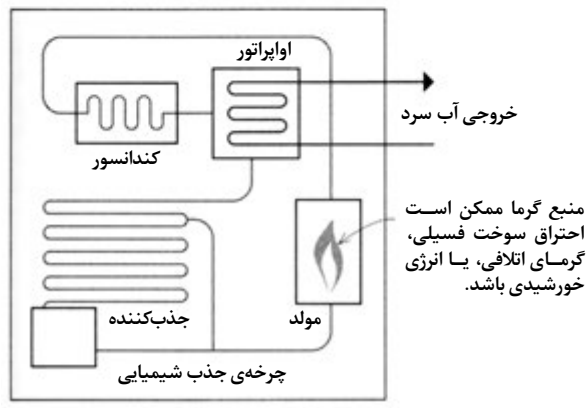
کشیدن سوخت‌های فسیلی استخراج آن‌ها دشوارتر می‌شود و تأثیر منفی این عملیات بر محیط زیست افزایش می‌یابد.

پس از انتخاب سوخت برای گرمایش، می‌توان سوخت لازم برای بارهای کوچک‌تر ساختمان را انتخاب کرد. دومین انتخاب مهم سوخت لازم برای تولید آب گرم خانگی است. ساختمانی که برای گرمایش آن از الکتریسیته استفاده می‌شود، احتمالا از لوازم برقی - اجاق برقی، خشک‌کن برقی و مانند آن - استفاده خواهد کرد که یکی دیگر از نکاتی است که هنگام انتخاب سوخت برای گرمایش و انتخاب لوازم خانگی باید در نظر گرفت.

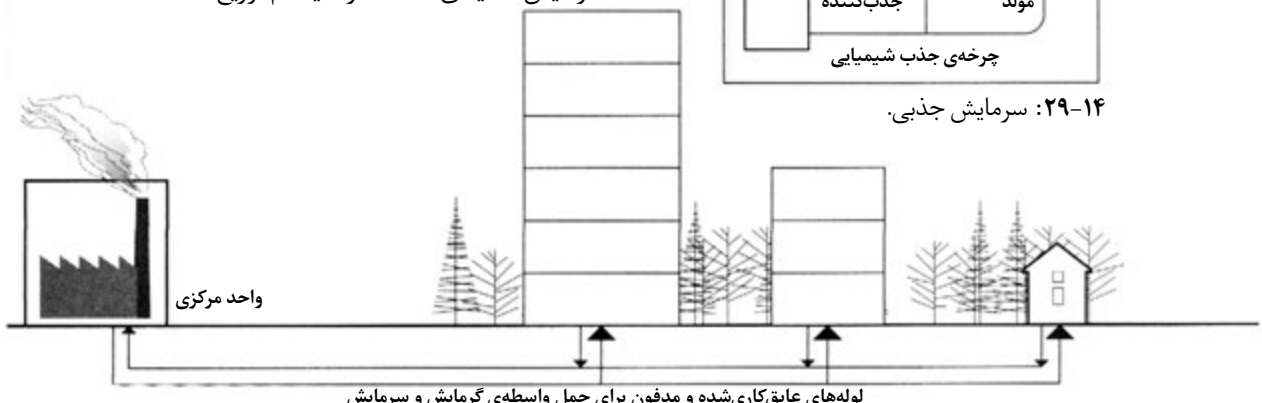
سیستم‌های پیشرفته و نوآیند

انواع مختلف سیستم‌های پیشرفته و نوآیند برای تأمین گرمایش و سرمایش تخصصی در دسترس است. سیستم‌های جذبی سرمایش را با استفاده از چرخه‌ی جذب شیمیایی انجام می‌دهند که به‌جای کمپرسور برقی، به تأمین گرمای ورودی نیاز دارد. البته فَن‌ها و پمپ‌های این سیستم با برق کار می‌کنند. این سیستم‌ها هنگامی مناسب‌اند که یک منبع رایگان گرمای اتلافی ، مثلا گرمای اتلافی از فرایندی صنعتی، تولید برق، یا انرژی خورشیدی در اختیار داشته باشیم. سرمایش جذبی، که از گرمای حاصل از احتراق سوخت‌های فسیلی، یا بخار یا آب داغ خریداری شده استفاده می‌کند، در مقایسه با سرمایش سنتی از لحاظ انرژی کارآمد نیست، مگر منبع تأمین گرما، گرمای تلف‌شده باشد.

گرمایش و سرمایش ناحیه‌ای توسط یک واحد مرکزی تأمین می‌شود که معمولا از بخار یا آب داغ برای گرمایش، و از آب سرد برای سرمایش استفاده می‌کند. در پروژه‌های سبز باید از مصرف بخار اجتناب کرد، زیرا ممکن است بخار نشت کند و نشت بخار آشکارسازی نشود و اتلاف گرما، به سبب بالا بودن دمای بخار، چشمگیر شود. مزایای گرمایش و سرمایش ناحیه‌ای هنگامی بیشتر می‌شود که با تولید برق همراه باشد (تولید هم‌زمان گرما و برق یا CHP). عیب گرمایش و سرمایش ناحیه‌ای، اتلاف در سیستم توزیع است.



۱۴-۲۹: سرمایش جذبی.



۱۴-۳۰: گرمایش و سرمایش ناحیه‌ای.

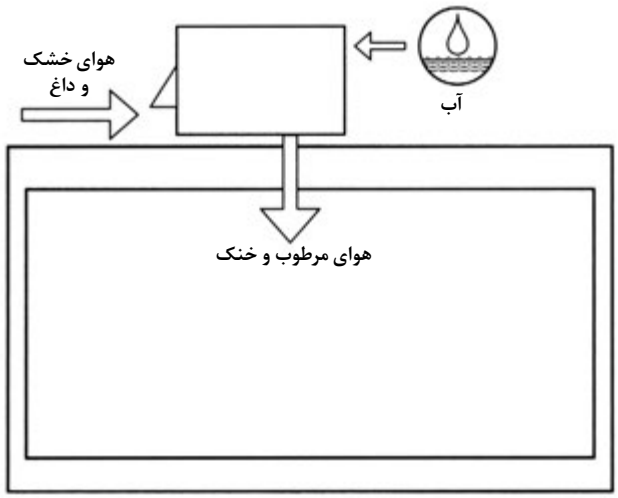
سرمایش تبخیری با تبخیر آب انجام می‌شود. این سیستم در اقلیم‌های خشک جواب می‌دهد و مصرف انرژی آن از سیستم سنتی سرمایش کمتر است، اما آب مصرف می‌کند.

از انواع مختلف فرایندهای ذخیره‌سازی انرژی گرمایی برای انتقال بارهای الکتریکی اوج از روز به شب استفاده می‌شود. تمرکز این فناوری، به‌جای صرفه‌جویی در مصرف انرژی یا کاهش میزان انتشار مواد کربنی، بر کاهش دیماند الکتریکی اوج در فصل تابستان و در نتیجه کاهش هزینه‌ی مصرف برق است. بسته به محل، در بعضی موارد ممکن است ذخیره‌سازی یخ موجب کاهش مصرف انرژی و انتشار مواد کربنی شود. انرژی صرف‌شده‌ی چشمگیر مخزن ذخیره را، که غالبا بتنی است، باید در تحلیل منظور کرد. سایر فناوری‌های نوآیند، شامل توزیع سرمایش با باریکه‌ی سرد، سیستم‌های اختصاصی هوای بیرون (DOAS)، و سرمایش نمگیری و رطوبت‌زدایی است. استفاده از فناوری سرمایش با باریکه‌ی سرد، در ارتباط با سیستم‌های اختصاصی هوای بیرون، به‌منظور کاهش مصرف انرژی برای سرمایش از طریق جداسازی دو کارکرد تهویه‌مطبوع - کاهش دمای هوا و حذف رطوبت آن - و انجام هر کارکرد به طور مجزا و بازده بالا، کاربرد فزاینده‌ای دارد.

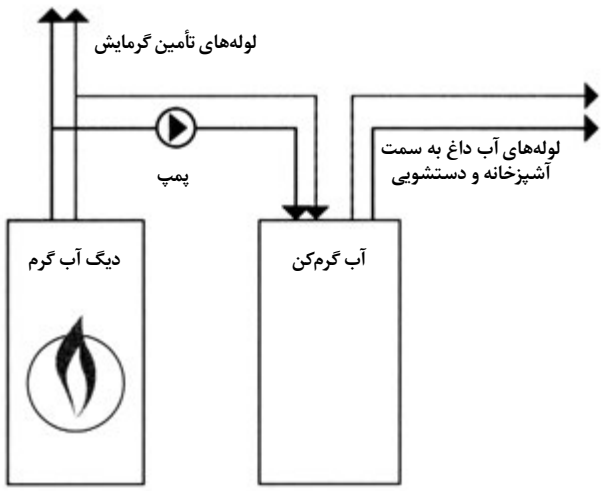
تجمیع سیستم

تجمیع کارکردها، تهویه یا تولید آب گرم خانگی، در سیستم‌های گرمایش و سرمایش متداول است. این نوع تجمیع می‌تواند هزینه‌های نصب را پایین بیاورد، اما موجب افزایش پیچیدگی و پیامدهای ناخواسته‌ای از لحاظ مصرف غیرضروری انرژی می‌شود. تجمیع سیستم‌های تولید آب گرم خانگی در سیستم‌های بزرگی که بویلر دارند، غالبا کارآیی نداشته است، زیرا بسیاری از بویلرها در فصل تابستان با بازده پایین کار می‌کنند تا مقدار نسبتا کمی گرمای لازم برای آب گرم خانگی را تأمین کنند. این پرسش هنوز مطرح است که آیا تجمیع سیستم آب گرم خانگی با بویلرهای پربازده مناسب برای گرمایش، با وجود تلفات سیستم لوله‌کشی، پمپ‌ها و بویلر، باز هم موجب صرفه‌جویی در مصرف انرژی خواهد شد؟ تجمیع سیستم تهویه با سیستم‌های هواساز مرکزی نیز مشکل‌ساز بوده است. تهویه نوع متفاوتی از بار را بر سیستم گرمایش و سرمایش وارد می‌کند، و مخصوصا در تابستان باید از بار رطوبت‌زدایی نام برد که مقدار آن درخور اعتناست. وقتی سیستم تهویه با سیستم مرکزی تجمیع شود، برای کاراندازی فن به چهار یا پنج برابر حالت سیستم مستقل، برق مصرف می‌شود.

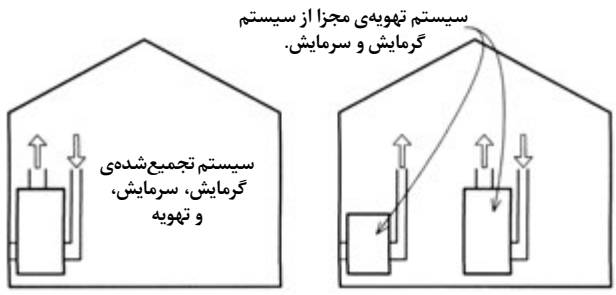
سیستم اختصاصی هوای بیرون که به‌تازگی ابداع شده است، نشان می‌دهد که جداسازی سیستم تهویه از سیستم گرمایش و سرمایش، از لحاظ مصرف انرژی، مزایایی دارد.



۱۴-۳۱: سرمایش تبخیری.



۱۴-۳۲: سیستم‌های تجمیع شده.



۱۴-۳۳: در طراحی ساختمان سبز، کار سنجیده این است که کارکردهایی مانند تهویه و تأمین آب گرم خانگی را از گرمایش و سرمایش جدا کنیم.

قابلیت خرید و گرمایش/سرمایش

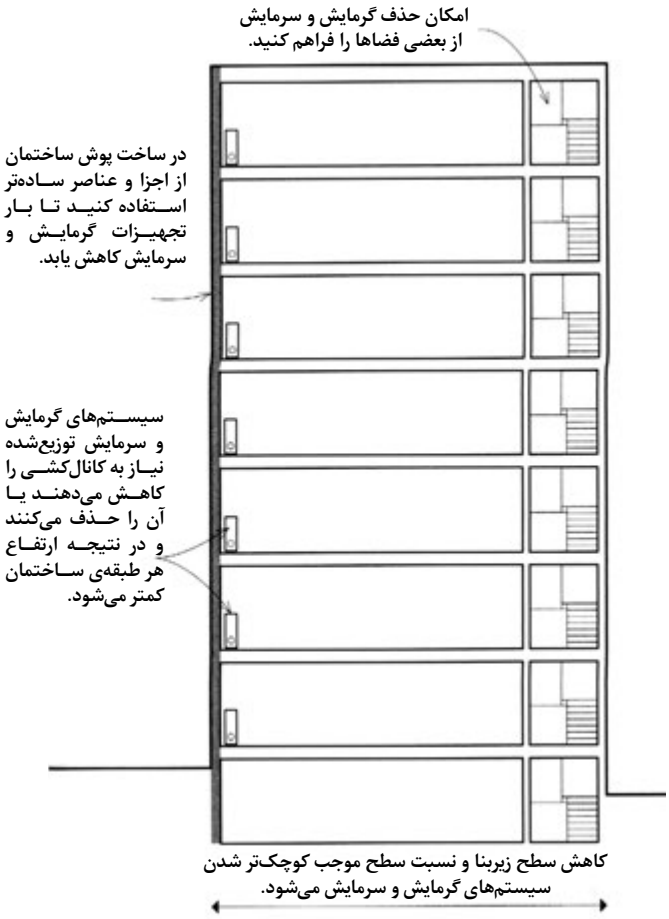
هزینه‌ی نصب‌شده‌ی سیستم‌های زمین‌گرمایی بالاست، زیرا باید چـاه زمین گرمایی حفر کـرد. اما صرفه‌جویـی در مصرف انرژی غالبا می‌تواند هزینـه‌ی اضافی خرید و نصب را، طی دوره‌ی عمر سیسـتم، جبران کند. هزینـه‌ی اولیه‌ی سیسـتم‌های مختلف جریان مبرّد، معمولا به‌عنوان بخشـی از پمپ‌های حرارتی بدون کانال، پایین‌تر از سیسـتم‌های زمین‌گرمایی است، اما از هزینه‌ی سیستم‌های گرمایش و سرمایش معمولی بالاتر است. سیستم‌های ارزان‌تر گرمایش و سرمایش معمولا از لحاظ انرژی بازده پایین‌تری دارند: پکیج‌هایی که روی بام نصب می‌شوند، یونیت‌های دیواری، و سیستم‌های احتراقی درزبندی‌نشده از این جمله‌اند.

در طراحی سـبز فرصت‌هایی برای صرفه‌جویی در هزینه‌ی ساخت در اختیار ماست.

صرفه‌جویی اصلی قابل حصول در گرمایش و سـرمایش از کاهش بار ناشـی می‌شود که خود نتیجه‌ی ساده‌تر و کارآمدتر بودن اجزا و عناصر پوش ساختمان است. کاهش هزینه‌ی سیستم گرمایش و سـرمایش با کاهش بار پوش سـاختمان تقریبا متناسب است. امـا این صرفه‌جویی ها فقط هنگامی به‌طور کامل تحقق می‌یابند که ظرفیت تجهیزات گرمایش و سرمایش و توزیع، پس از تکمیل طراحی پوش ساختمان انتخاب شود.

عامل‌های دیگری در طراحی سـاختمان سـبز، حذف گرمایش و سرمایش بسیاری از فضاها را ممکن می‌کنند و در نتیجه هزینه‌های سـاخت کاهش می‌یابد. توزیع بهتر دما در فضای داخلی، هم در راستای افقی (نزدیک پوش سـاختمان) و هم در جهت عمودی (در داخـل فضا، در نتیجه‌ی کاهش لایه‌بندی، و از یک طبقه به طبقه‌ی دیگر)، حذف گرمایش و سرمایش از فضاهای بیشتری را امکان‌پذیر می‌کند. مثلا در بعضی سـاختمان‌های آپارتمانی، در صورتی که فقط اتاق نشیمن گرمایش داشته باشد، اتاق‌خواب‌ها، بدون نیاز به سیستم گرمایش، به خوبی گرم می‌شوند.

با استقرار سیستم گرمایش و سرمایش در داخل پوش ساختمان، می‌توان طول سیسـتم‌های لوله‌کشی و کانال‌کشی را کاهش داد و در نتیجه هزینه‌ی ساخت کاهش می‌یابد. مثلا در یک سیستم هیدرونیکـی سـنتی، لوله‌ی اصلـی معمولا محیـط زیرزمین را می‌پیماید و لوله‌کشی توزیع بین رادیاتورها محیط هر طبقه را طی می‌کند. با توزیع بهتر دمـا در نتیجه‌ی طراحی بهتر پوش، دیگر نیازی نیست که لوله‌کشـی توزیع محیط ساختمان را بپیماید و به‌جای آن می‌توان رادیاتورها را روی دیوارهای داخلی نصب کرد. بنابراین رایزرهای اصلی رفت و برگشـت را می‌توان در هسـته‌ی ساختمان تعبیه کرد و لوله‌های متصل به رادیاتورهای نصب‌شده در هر فضا مسـیر کوتاه‌تـر بین داکت مرکزی واقع در هسـته‌ی سـاختمان و رادیاتورهای نصب شـده روی دیوارهای داخلی، نه دیوارهای خارجی، را طی می‌کنند.

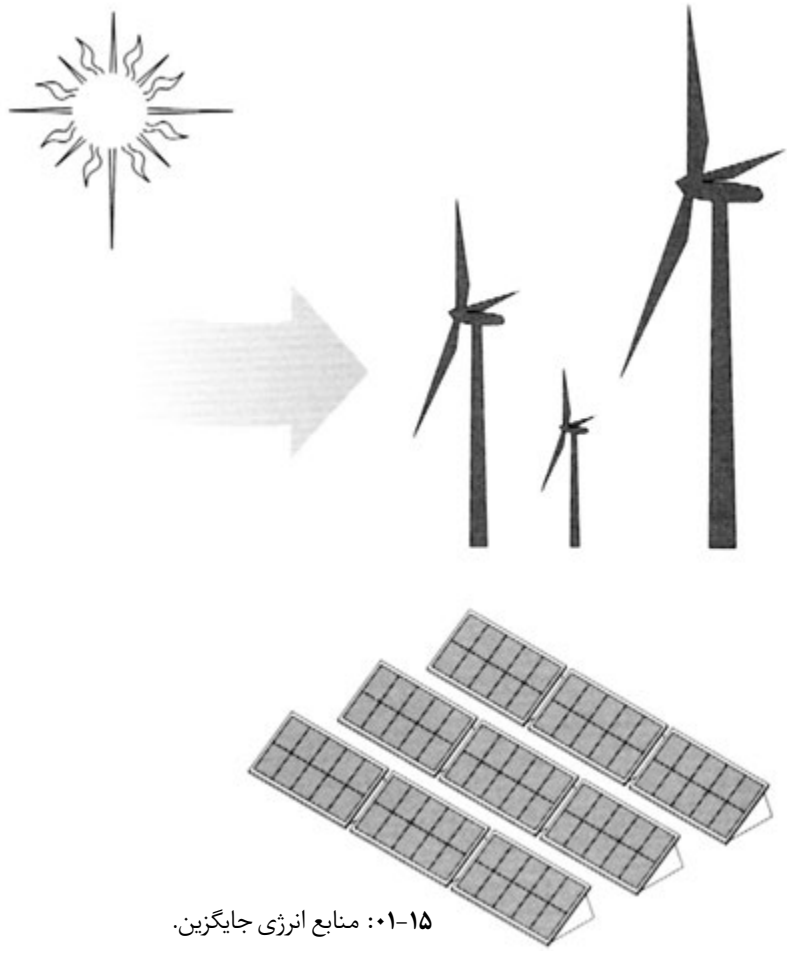


۱۴-۳۴: فرصت‌هایی برای صرفه‌جویی در هزینه‌های سیستم‌های گرمایش و سرمایش.

یکی از بزرگ‌ترین صرفه‌جویی‌های بالقوه در هزینه‌ی ساخت، در صورت استفاده از سیستم‌های گرمایش و سرمایش کوچک با بازده بالا، نتیجه‌ی حذف کانال‌کشی یا کاهش میزان آن است. در اغلب ساختمان‌ها، یک بُعد مهم - ارتفاع هر طبقه - تابع ارتفاع فضای سقف کاذب است که برای کانال‌کشی به آن نیاز داریم. با کاهش یا حذف کانال‌کشی، این بُعد را می‌توان به‌شدت کاهش داد. در بسیاری از ساختمان‌ها، ارتفاع فضای سقف کاذب بین ۱ و ۲ فوت (۳۰۵ و ۶۱۰) است و غالبا، در محل عبور کانال‌های اصلی، به ۳ تا ۴ فوت (۹۱۵ تا ۱۲۲۰) هم‌می‌رسد.

۱۵ انرژی تجدیدپذیر

انرژی تجدیدپذیر آن نوع انرژی است که از منابع تجدیدپذیر، مانند خورشـــید یا باد حاصل می‌شود. انرژی تجدیدپذیر نقطه‌ی مقابل انـــرژی حاصل از احتراق ســـوخت‌هایی مانند نفت، گاز طبیعی و زغال‌ســـنگ است که طی میلیون‌ها سال شکل گرفته‌اند و آدمی با آهنگی بســـیار سریع‌تر از آهنگ شـــکل گرفتن، آن‌ها را مصرف می‌کند و بنابراین روزی تمام می‌شوند. انرژی تجدیدپذیر نقطه‌ی مقابل انرژی حاصل از ســـوخت‌هایی اســـت که اثر آلایندگی دیرپا دارند، مانند انرژی هسته‌ای.

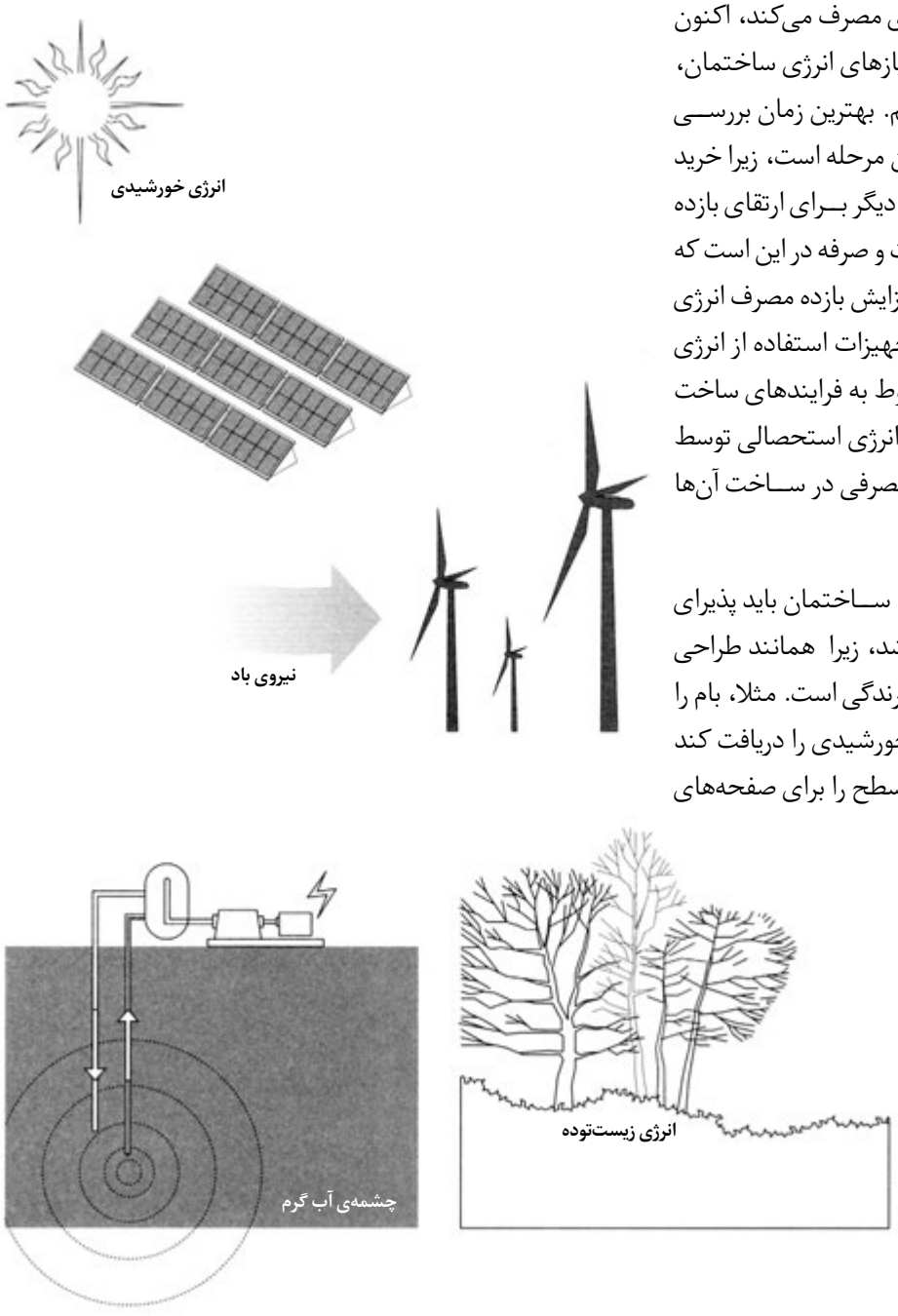


۱۵-۰۱: منابع انرژی جایگزین.

پس از طراحی ساختمانی که کم انرژی مصرف می‌کند، اکنون می‌توانیم برای تأمین بخشی یا همه‌ی نیازهای انرژی ساختمان، انرژی‌های تجدیدپذیر را بررسی کنیم. بهترین زمان بررسی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، همین مرحله است، زیرا خرید و نصب تجهیزات لازم از هر نوع اقدام دیگر برای ارتقای بازده مصرف انرژی در ساختمان پرهزینه‌تر است و صرفه در این است که ابتدا همه‌ی اصلاحاتی را که منجر به افزایش بازده مصرف انرژی در ساختمان می‌شوند، بررسی کنیم. تجهیزات استفاده از انرژی تجدیدپذیر حاوی انرژی صرف‌شده‌ی مربوط به فرایندهای ساخت و حمل و نقل است و بنابراین بخشی از انرژی استحصالی توسط این تجهیزات را باید برای جبران انرژی مصرفی در ساخت آن‌ها در نظر گرفت.

در این بزنگاه طراحی از خارج به داخل، ساختمان باید پذیرای تجهیزات استفاده از انرژی تجدیدپذیر باشد، زیرا همانند طراحی بام یا محوطه، در این‌جا نیز اولویت با پذیرندگی است. مثلا، بام را باید طوری جهت داد که حداکثر تابش خورشیدی را دریافت کند و موانع را باید برداشت تا بتوان حداکثر سطح را برای صفحه‌های خورشیدی تأمین کرد.

سیستم‌های تجدیدپذیر اصلی که در این‌جا بررسی می‌شوند، سیستم‌های خورشیدی و بادی‌اند. استفاده از زیست‌توده برای گرمایش را نیز گاهی استفاده از انرژی تجدیدپذیر محسوب می‌کنند، اما این موضوع را در فصل ۱۴، گرمایش و سرمایش، به‌طور جداگانه بررسی کردیم. پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی را نیز گاهی فناوری انرژی تجدیدپذیر به‌شمار می‌آورند، اما این نوعی نام‌گذاری اشتباه است. گرمای زمین‌گرمایی حاصل از چشمه‌های آب گرم را می‌توان انرژی تجدیدپذیر شمرد، اما پمپ حرارتی زمین‌گرمایی، درست مانند هر نوع پمپ حرارتی دیگر به الکتریسیته متکی است و بنابراین نمی‌توان انرژی حاصل از آن را تجدیدپذیر دانست.



۱۵-۰۲: منابع انرژی تجدیدپذیر.

انرژی خورشیدی

از انرژی خورشیدی می‌توان برای تولید الکتریسیته از طریق سیستم‌های فوتوولتایی (PV) یا تولید گرما به کمک سیستم‌های گرمایی خورشیدی استفاده کرد. قبلا در مورد تعیین محل صفحه‌های خورشیدی در بخش‌هایی از فصل محله و محوطه (برای سیستم‌هایی که روی زمین نصب می‌شوند) و فصل ویژگی‌های نزدیک ساختمان (برای سیستم‌هایی که روی بام نصب می‌شوند) بحث کردیم.

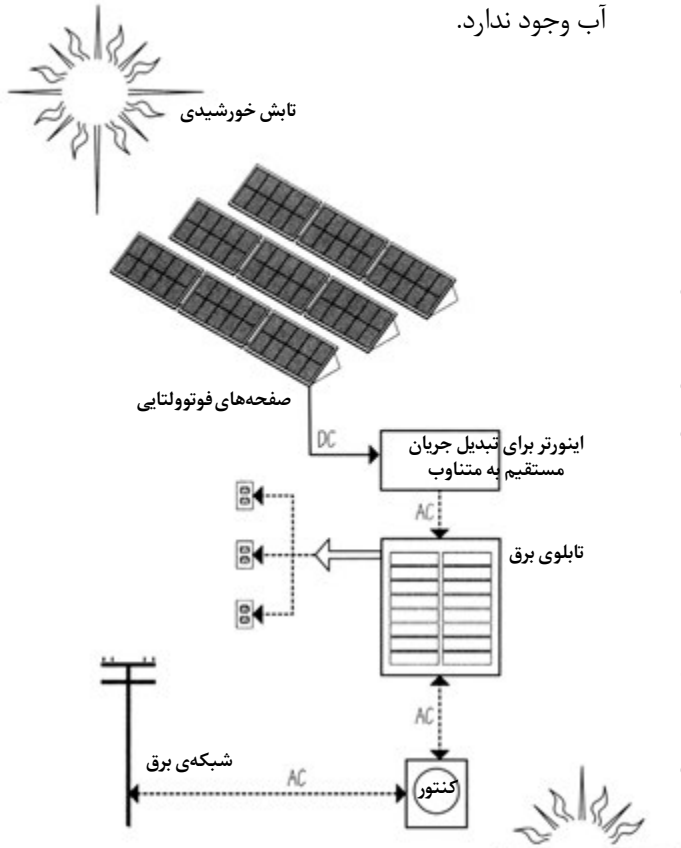
سیستم‌های فوتوولتایی خورشیدی

صفحه‌های فوتوولتایی خورشیدی را مدول می‌نامند. این سیستم‌ها قطعه‌ی متحرک ندارند. توان الکتریکی در مدول‌ها به‌صورت جریان مستقیم (DC) تولید می‌شود. وسیله‌ی کنترلی موسوم به اینورتر این جریان مستقیم را به جریان متناوب (AC) تبدیل می‌کند که در ساختمان مورد نیاز است. مازاد انرژی تولیدی توسط سیستم‌های فوتوولتایی خورشیدی را می‌توان به شبکه‌ی برق فروخت. سیستم فوتوولتایی را می‌توان به شبکه‌ی برق متصل کرد یا با استفاده از باتری به صورت سیستمی مستقل از آن استفاده کرد، یا هر دو روش را در پیش گرفت، تا سیستم به شبکه متصل باشد، اما در زمان قطع برق به طور مستقل کار کند. اغلب سیستم‌های فعلی از نوع متصل به شبکه‌اند، اما آن‌ها که برای خوداتکایی ارزش قائل‌اند، استفاده از باتری را ترجیح می‌دهند. مزایای سیستم‌های فوتوولتایی خورشیدی عبارت‌اند از فناوری جاافتاده و قابل اعتماد و پیش‌بینی‌پذیر بودن میزان برق تولیدی. در نتیجه‌ی کاهش قیمت‌ها، مشوق‌های دولتی، علاقه‌ی عمومی، و گزینه‌های جدید تأمین منابع مالی، استفاده از انرژی فوتوولتایی خورشیدی رشد چشمگیری یافته است. مخاطرات این سیستم از جنبه‌ی اعتمادپذیری شامل آسیب دیدن مدول‌ها و مشکلات مربوط به اینورترهاست، اما این مخاطرات معمولا جزئی‌اند.

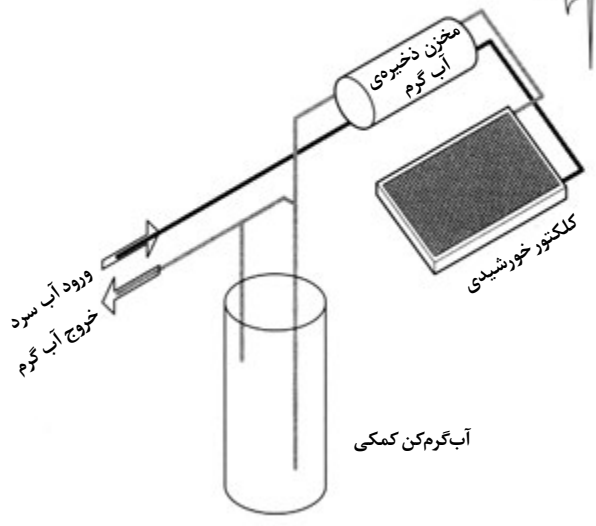
سیستم‌های گرمایی خورشیدی

از سیستم‌های گرمایی خورشیدی می‌توان برای گرم کردن یک مایع یا هوا استفاده کرد. صفحه‌های گرمایی خورشیدی را معمولا کلکتور می‌نامند.

در اقلیم‌های گرم، در سیستم‌های گرمایی خورشیدی از آب، و در اقلیم‌های سرد از مخلوط آب و ضدیخ استفاده می‌کنند. سیستم‌های خورشیدی که با مایع کار می‌کنند می‌توانند غیرفعال باشند و بدون پمپ کار کنند، یا فعال باشند و با پمپ کار کنند. سیستم‌های غیرفعال را سیستم‌های ترموسیفون می‌نامند، و در این سیستم‌ها مخزن ذخیره در مرتفع‌ترین نقطه‌ی سیستم نصب می‌شود که معمولا بالاتر از کلکتورهای روی بام است، تا آب براثر نیروی وزن خود به گردش درآید. این سیستم‌های ترموسیفونی آبی در اقلیم‌های گرم متداول‌ترند، زیرا در این نواحی خطر یخ زدن آب وجود ندارد.



۱۵-۰۳: سیستم فوتوولتایی خورشیدی.



۱۵-۰۴: سیستم آب گرم خورشیدی غیرفعال.

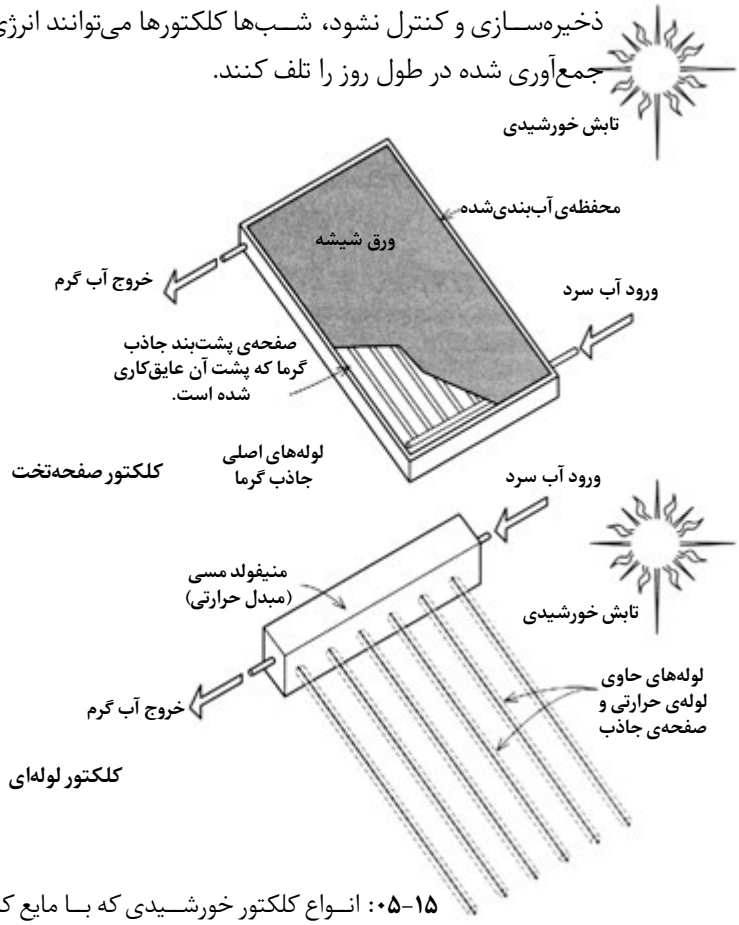
انواع متداول کلکتورهایی که با مایع کار می‌کنند عبارت‌اند از کلکتورهای صفحه‌تخت و کلکتورهای لوله‌ای. قیمت کلکتورهای صفحه‌تخت کمتر است،اما بازده آن‌ها هم پایین‌تر است. قیمت کلکتورهای لوله‌ای بیشتر است اما بازده بالاتری دارند و نصب آن‌ها روی بام آسان‌تر است، زیرا این نوع کلکتور در کارخانه و با استفاده از لوله‌های مدولی مونتاژ می‌شود.

سیستم‌هایی که با هوا کار می‌کنند هم می‌توانند هوای بیرون را، که برای تهویه مکیده می‌شود گرم کنند، و هم قادر به گرم کردن هوای داخل‌اند. کاربرد تهویه در نوعی از کلکتور که آن را کلکتور خورشیدی تعریقی می‌نامند و در آن هوا از طریق سوراخ‌های کلکتور کشیده می‌شود، متداول‌تر است. سیستم‌هایی که هوا را گرم می‌کنند، در صورت استفاده از فن برای سیرکولاسیون هوا، فعال شمرده می‌شوند و اگر بدون فن کار کنند، باید آن‌ها را غیرفعال دانست.

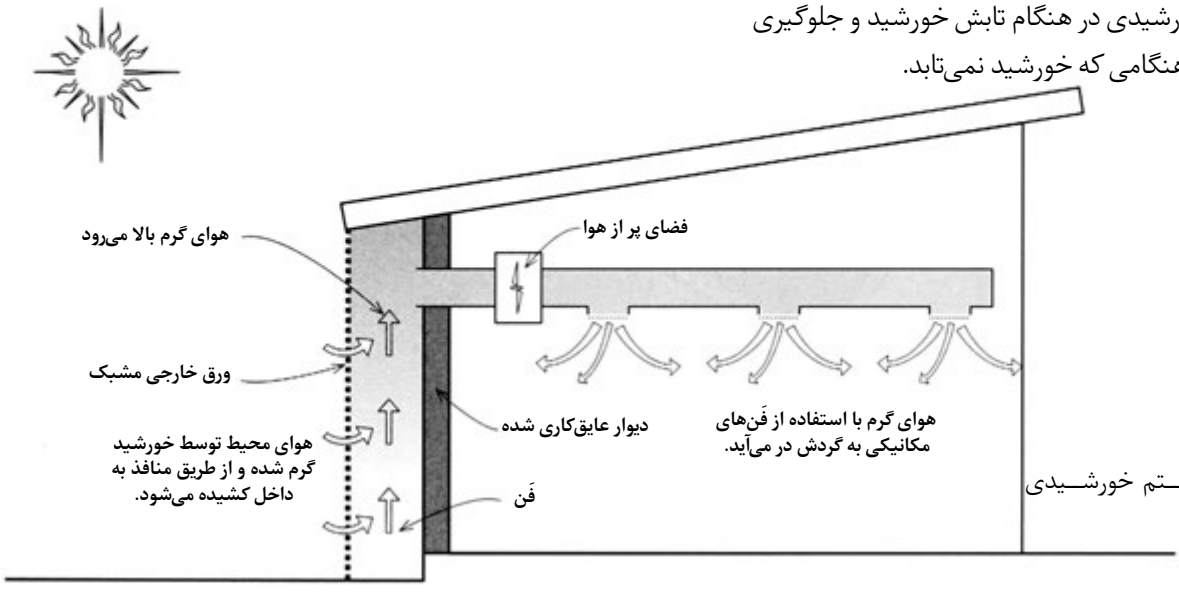
سیستم‌های گرمایی خورشیدی، خواه فعال باشند و خواه غیرفعال، معمولا سه جزءِ اصلی دارند:

- کلکتور، برای دریافت انرژی خورشیدی.
- مخزن ذخیره‌سازی، برای ذخیره کردن گرما در دوره‌های تابش خورشید و تحویل آن هنگامی که خورشید نمی‌تابد.
- کنترل‌گرها، برای شروع کار جمع‌آوری و ذخیره‌سازی انرژی خورشیدی در هنگام تابش خورشید و جلوگیری از اتلاف هنگامی که خورشید نمی‌تابد.

این سه جزء در تعیین کارآیی سیستم گرمایی خورشیدی نقش مهمی دارند. بدون این سه جزء، سیستم گرمایی خورشیدی ممکن است بیش از آن‌چه گرما جذب می‌کند، گرما تلف کند، زیرا اگر انرژی گرمایی جمع‌آوری شده در طول روز به‌درستی جمع‌آوری، ذخیره‌سازی و کنترل نشود، شب‌ها کلکتورها می‌توانند انرژی جمع‌آوری شده در طول روز را تلف کنند.



۱۵-۰۵: انواع کلکتور خورشیدی که با مایع کار می‌کند.



۱۵-۰۶: سیستم خورشیدی تعریقی.

انرژی خورشیدی غیر فعال

منظور از انرژی خورشیدی غیرفعال برداشت انرژی گرمایی خورشید، بدون اســتفاده از سیســتم‌های مکانیکی یا الکتریکی، مانند پمپ‌یا فَن است.

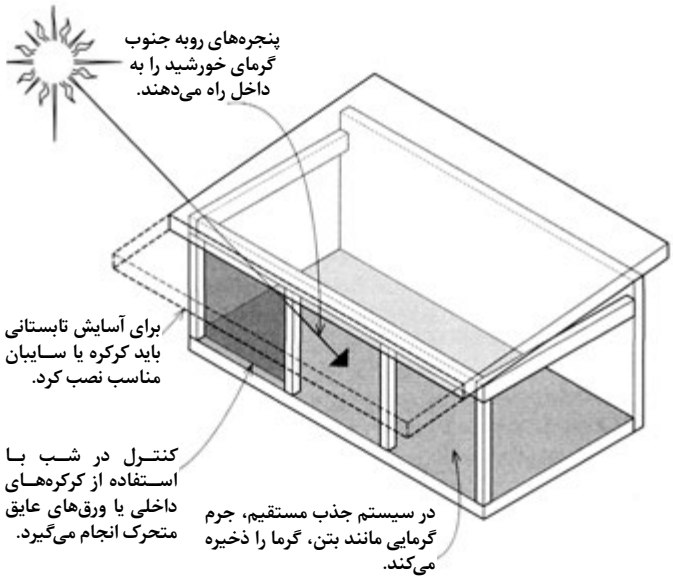
حوزه‌ی انرژی خورشــیدی غیرفعال به راه‌های متعدد زمینه را برای بخش اعظم دانش فعلی ما، هم در حوزه‌ی بازده ساختمان و هم در حوزه‌ی انرژی خورشیدی مهیا ساخت. بر اساس تجربه‌ای که به‌سختی در ساخت سیستم‌های خورشیدی غیرفعال کسب کرده‌ایم، دریافته‌ایم که چگونه ساختمان‌هایی که به‌صورت غیرفعال گرم می‌شوند به سه جزء سیستم انرژی خورشیدی، یعنی، کلکتور، مخزن ذخیره‌سازی، و کنترل‌گر، نیاز دارند. جمع‌آوری با استفاده از پنجره‌های روبه‌جنوب انجام می‌شود. ذخیره‌ســازی معمولا با استفاده از جرم گرمایی انجام می‌گیــرد. بــرای کنترل از وســایلی مانند عایق‌هــای متحرک برای پنجره‌ها در هنگام شب استفاده می‌کنند. اکنون می‌دانیم که تعبیه‌ی پنجره‌های بزرگ روبه جنوب، بدون ذخیره‌ســازی و کنترل، موجب گرم شدن بیش از حد ساختمان در طول روز و اتلاف گرما در ساعات شب می‌شــود و ناگزیر باید از انرژی سوخت‌های فسیلی برای جبران این اتلاف استفاده کرد.

انرژی خورشــیدی غیرفعال گزینه‌ای امکان‌پذیر برای کسانی است که به ساخت سیستم‌های انرژی با قطعات متحرک معدود علاقه دارند و معایبی هم‌چون نوســان دما در فضای داخلی را می‌پذیرند؛ این گزینه هم‌چنین برای کسانی مناســب است که علاقه‌مند به درگیر شدن به صورت فعال در کنترل سیستم انرژی، مثلا از طریق برداشتن و گذاشتن عایق یا کرکره‌های گرمایی پشت پنجره‌ها در ساعات شب هستند.

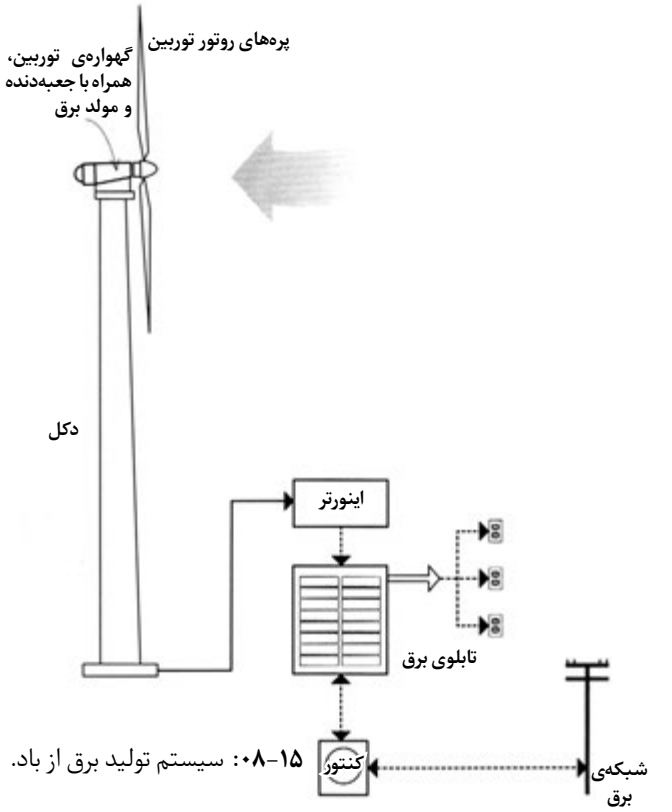
انرژی باد

از توربین‌های بادی مدرن برای تولید برق اســتفاده می‌شــود. یکی از مزایــای توربین‌های بادی نســبت بــه سیســتم‌های فوتوولتایی خورشــیدی، توانایی بالقوه برای تولید برق در ســاعات شــب و روز اســت. معایب این سیستم‌ها عبارت اســت از قیمت بالا، وابستگی به وزش مداوم باد، و ایجاد آلودگی صوتی. توربین‌های بادی، مانند سیستم‌های فوتوولتایی خورشیدی، می‌توانند به شبکه‌ی برق متصل شــوند یا باتری داشــته باشــند و خوداتکا بمانند، یا از هر دو گزینه اســتفاده کننــد. توربین‌های بادی با ظرفیت‌های بســیار متنوع در دســترس‌اند - کوچک به‌اندازه‌ی کافی برای تأمین برق یک خانه، یا بزرگ به‌اندازه‌ی کافی برای کار کردن به صورت نیروگاهی متشکل از چندین توربین بادی. توربین‌های بادی را باید در ارتفاع کافی نسبت به زمین نصب کرد و معمولا آن‌ها را روی دکل‌های مخصوصی سوار می‌کنند تا به ترازی برســند که در آن‌جا بــاد به طور مداوم می‌وزد. توربین‌های بادی برای نصب در ساختمان نیز در دسترس است، اما بازده و ظرفیت این توربین‌ها پایین است.

سیستم‌های تولید برق با استفاده از باد، مانند سیستم‌های فوتوولتایی خورشیدی معمولا جریان مستقیم تولید می‌کنند که باید با استفاده از اینورتر به جریان متناوب تبدیل شود.



۱۵-۰۷: سیستم انرژی خورشیدی غیرفعال.



۱۵-۰۸: سیستم تولید برق از باد.

طراحی سیســتم بادی با ارزیابی این نکته شــروع می‌شود که آیا شرایط باد کافی هســت یا نه. ابزارهای برخطی که به نگاشــت شرایط نمونه‌وار باد در هر محل می‌پردازند شــامل‌اند بر ابزارهای ابداعی آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر یا ابزارهایی که شــرکت‌های خصوصی تهیه کرده‌اند. برای کسب داده‌های بیشتر و مفصل‌تر در مورد باد، باید به اندازه‌گیری در محل پرداخت. یکی از متغیرهای بنیادی که باید در کاربرد توربین‌های بادی در نظر گرفته شــود، سرعت باد است. اگر ســرعت باد دو برابر شود، انرژی قابل حصول از آن ۸ برابر خواهد شــد. بنابراین تغییرات اندک ســرعت باد موجب بروز تغییرات شدید در انرژی حاصل از آن می‌شود. استفاده از انرژی باد بیشتر در مناطقی امکان‌پذیر است که، در ارتفاع ۱۶۰ فوت (۴۸ متر) از سطح زمین، سرعت میانگین باد از ۱۶ مایل (۲۶ کیلومتر) در ساعت بالاتر باشد. قاعده‌ی سرانگشتی دیگر این است که سرعت باد در سطح زمین باید بین ۷ تا ۹ مایل (۱۱ و ۱۴ کیلومتر) در ساعت باشد.

دکل توربین بادی باید به‌اندازه‌ی کافی از ســاختمان فاصله داشته باشد تا مشــکلات صدا و لرزش ایجاد نشــوند و در عین حال بــه اندازه‌ی کافی به ساختمان نزدیک باشد تا هزینه‌ی کابل‌کشی از توربین تا ساختمان بیش از حد افزایش نیابد. تأثیر خود ســاختمان بر الگوهای وزش باد را نیز باید در نظر گرفت. تپه‌ای در نزدیکی ساختمان محل خوبی برای نصب توربین بادی است. دکل توربین باید تا جایی که ضوابط منطقه‌بندی اجازه می‌دهد، بلند باشــد. هر چه این دکل بلندتر باشد، باد قوی‌تر و یکنواخت‌تر می‌وزد. بهتر است توربین‌های بادی روی ساختمان نصب نشوند. جریان باد در مجاورت ساختمان گرایش به تلاطم دارد و ضعیف است. توربین‌های بادی که نزدیک سطح زمین نصب شوند، کارآیی اندکی دارند. قاعده‌ی سرانگشتی این است کــه نوک پره‌ی پایینی روتور توربین دســت‌کم ۳۰ فوت (۹ متر) بالاتر از هر مانعی باشد که در فاصله‌ی ۳۰۰ فوتی (۹۱ متری) وجود دارد.

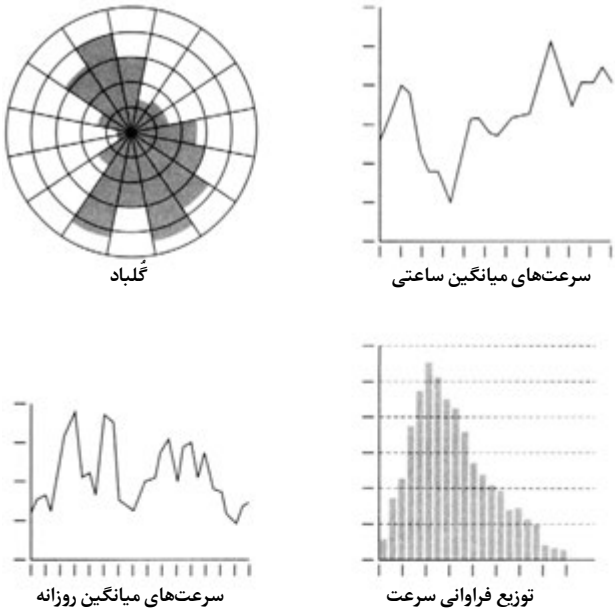
یکی از دل‌مشغولی‌های رایج در مورد توربین‌های بادی، مرگ‌ومیر پرندگان و خفاش‌هاســت، هرچند برآورد می‌شــود آمار این مرگ‌ومیر، در مقایسه با مرگ‌ومیر ناشی از خطوط انتقال برق، دکل‌های مخابراتی و خود ساختمان‌ها بسیار کمتر باشد.

مخاطرات سیستم تجدیدپذیر

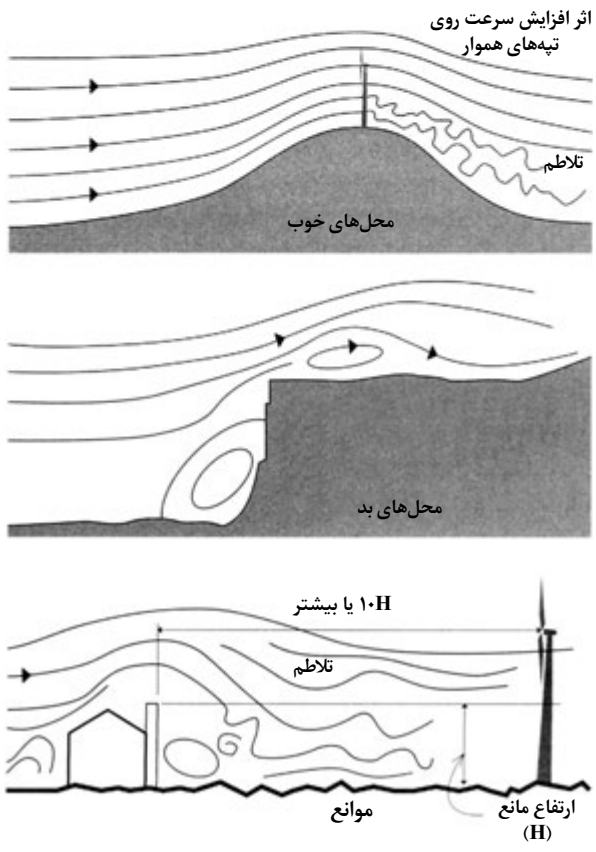
سیستم‌های تجدیدپذیر در معرض دو مخاطره‌ی متداول قرار دارند.

یکی از مخاطرات این است که هرگاه سیستم تجدیدپذیر خراب شود، مالک از بروز خرابی مطلع نخواهد شد، زیرا به طور خودکار سیستم پشتیبان وارد مدار می‌شــود. در مورد سیستم‌های فوتوولتایی خورشیدی یا سیستم‌های بادی، شبکه‌ی برق معمولا به صورت پشتیبان عمل می‌کند. بنابراین پایش یا اندازه‌گیری ضرورت دارد. در مورد سیستم‌های گرمایی خورشیدی، معمولا سیستمی که با سوخت فسیلی کار می‌کند، نقش پشتیبان را دارد و همین موجب می‌شود که مالک از خراب شدن سیستم خورشیدی بی‌خبر بماند.

مخاطره‌ی دیگر این است که هرگاه سیستم خورشیدی روی سطح بام کم‌دوام نصب شود، هنگام تعمیر یا بازسازی پوشش بام، باید سیستم خورشــیدی را باز کرد. در نتیجه‌هزینه‌ی تعمیر یا تعویض پوشش بام افزایش می‌یابد.



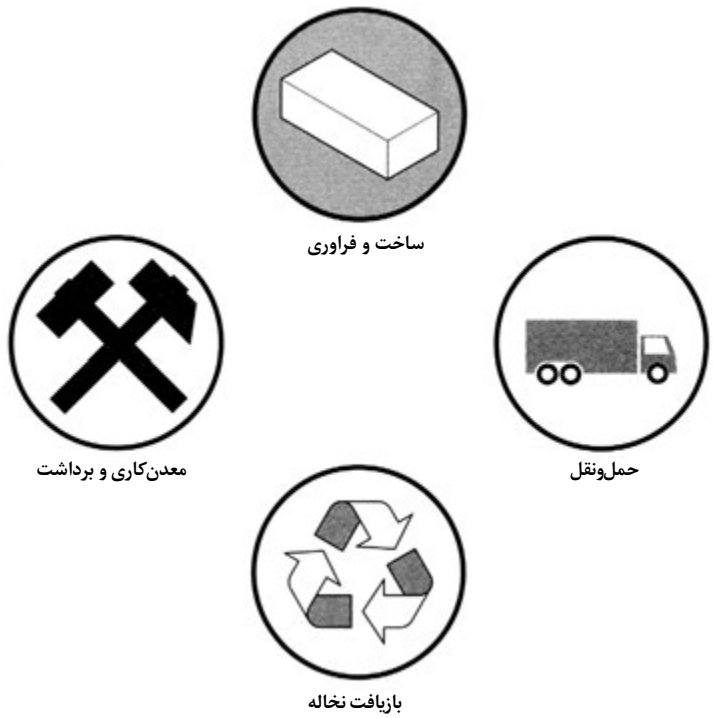
۱۵-۰۹: نگاشت شرایط باد برای سیستم‌های انرژی بادی.



۱۵-۱۰: جریان باد روی تپه‌ها و موانع.

۱۶ مصالح

تأثیرات زیســت‌محیطی مصالح ساختمانی از مصرف انرژی و انتشار مواد کربنی، ته کشیدن منابع محدود مصالح ساختمانی، و انباشت نامطلوب مصالح در زمین‌چاله‌ها ناشی می‌شود. فعالیت‌هایی که موجب این تأثیرات می‌شــوند شامل‌اند بر معدن‌کاری و برداشت مواد اولیه، فراوری و ساخت مصالح و مواد آماده برای مصرف، حمل و نقل مصالح، استفاده از مصالح زیــان‌آور، و تولید نخاله‌ی ســاختمانی. با طراحی عاقلانه‌ی ســاختمان و انتخــاب ســنجیده‌ی مصالح، می‌توان این تأثیــرات را به‌میزان در خور اعتنایی کاهش داد.



۱۶-۰۱: فراوری مصالح ساختمانی تأثیرات زیست‌محیطی به‌همراه دارد.

در فرایند طراحی ساختمان، می‌توانیم پشتیبان آینده باشیم و تأثیرات ضایعات ساختمان بر بهره‌برداری از ساختمان را کاهش دهیم. به عنوان مثال می‌توانیم در ساختمان محلی را برای بازیافت زباله اختصاص دهیم، طرحی برای دفع مواد زیان‌آور بیندیشیم و برای تخریب نهایی ساختمان و استفاده‌ی مجدد از مصالح ساختمانی طرح‌ریزی کنیم.

انرژی مصرف‌شده برای برداشت و فراوری مصالح ساختمانی را انرژی صرف‌شده می‌نامند. انرژی صرف‌شده خاصیتی مهم است که به‌صورتی روزافزون قابل اندازه‌گیری می‌شود و بخشی از محاسبات تأثیر زیست‌محیطی ساختمان را تشکیل می‌دهد. از آن‌جا که ساختمان‌ها طوری طراحی و ساخته می‌شوند که انرژی کمتری مصرف کنند، بخشی از مصرف انرژی ساختمان که به صورت انرژی صرف‌شده معرفی می‌شود، در حال افزایش است.

سرانجام، تأثیر نخاله‌های ساختمانی را می‌توان با برنامه‌ریزی در فاز طراحی و به‌کارگیری سنجیده‌ی این برنامه‌ها در حین ساخت، به حداقل رساند.

مصرف کمتر مصالح ساختمانی

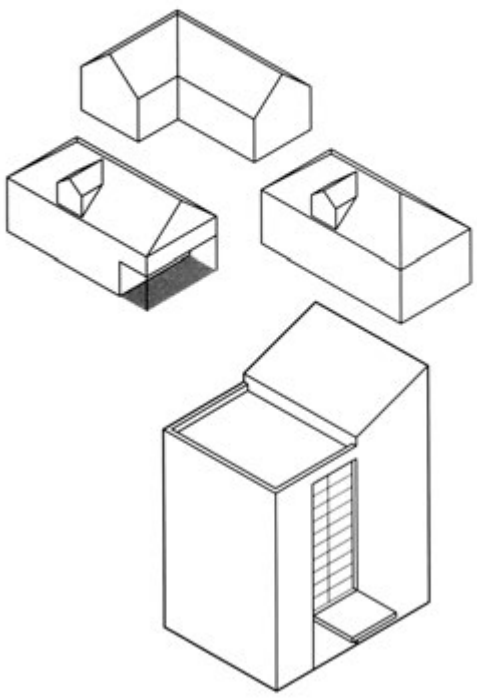
سبزترین انتخاب مصالح ساختمانی، انتخابی است که مصالح مصرفی را به حداقل برساند.

صرفه‌جویی بالقوه زیادی در مصرف مصالح ساختمانی در فاز انتخاب محوطه - نه در طراحی خود ساختمان، بلکه در تعیین محل و تأسیسات زیربنایی - رخ می‌دهد. با تعیین محل احداث ساختمان در ناحیه‌ای که قبلا ساخت‌وساز در آن انجام شده، می‌توان از تأسیسات زیربنایی موجود استفاده کرد. تأسیسات زیربنایی از قبیل راه، و لوله‌کشی آب شهری اساسا دوباره به کار گرفته می‌شوند، زیرا جنبه‌ی مشاع دارند و از مصرف بالقوه‌ی مصالح برای تأسیسات زیربنایی جدید پرهیز می‌شود.

دو رویکرد قدرتمند به طراحی ساختمان سبز که قبلا، در بحث بازده انرژی، شرح داده شدند، در کاهش مصرف مصالح نیز سهم دارند - کاهش سطح زیربنای ساختمان و کاهش سطح ساختمان. ساختمانی که سطح زیربنای کوچک‌تری داشته باشد، در مقایسه با ساختمانی بزرگ‌تر، مصالح کمتر و انرژی صرف‌شده‌ی کمتری مصرف می‌کند. ساختمانی که سقف‌های کوتاه‌تری داشته باشد، در مقایسه با ساختمانی با سقف‌های بلند، مصالح کمتر و انرژی صرف‌شده‌ی کمتری مصرف می‌کند. سازه‌ای که شکل هندسی ساده‌ای داشته باشد، در مقایسه با سازه‌ای با شکل هندسی پیچیده‌تر، مصالح کمتر و انرژی صرف‌شده‌ی کمتری مصرف می‌کند. یک ساختمان بزرگ، در مقایسه با چند ساختمان کوچک که همان کارکرد را داشته باشند، مصالح کمتر و انرژی صرف‌شده‌ی کمتری مصرف می‌کند.

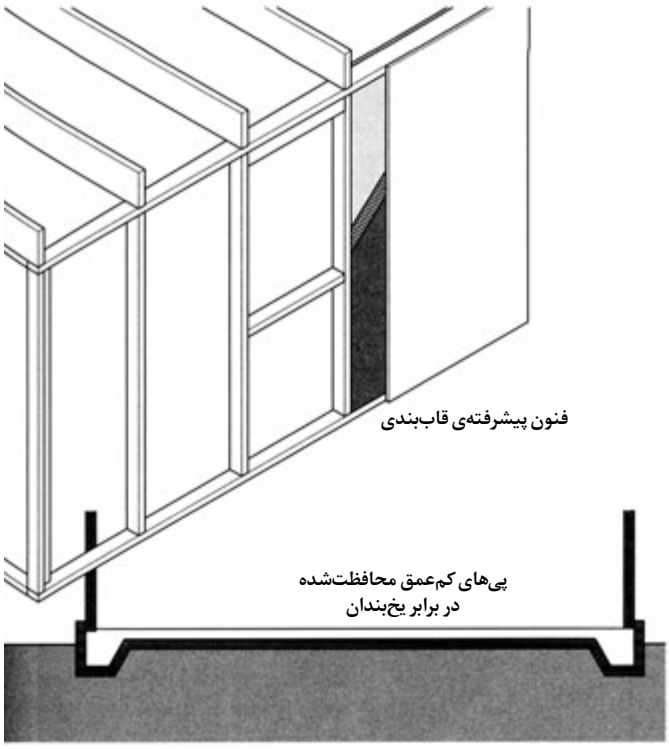


۱۶-۰۲: تأسیسات زیربنایی مشاع، مانند راه‌ها و خدمات شهری، تأثیر ساخت‌وسازهای جدید را کاهش می‌دهند.

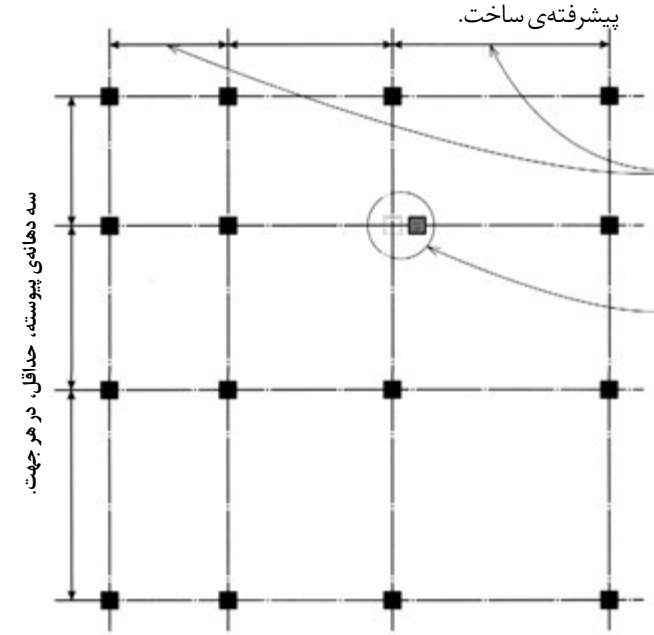


۱۶-۰۳: کاهش سطح زیربنا و کاهش سطح ساختمان مصرف مصالح را به میزان چشمگیری کاهش می‌دهد.

رویکـردی دیگر به کاهش مصرف مصالح، طراحی مصالح کارآمد است. قبلا درباره‌ی فنون پیشرفته‌ی قاب‌بندی، به‌ویژه در ارتباط با کاهش پل‌زنی گرمایی، بحث کردیم. با اســتفاده از این فنون، معمولا مصالح کمتری مصرف می‌شــود. به‌عنوان مثال می‌توان از رعایــت فاصله‌ی ۲۴ اینچ (۶۱۰) به جــای ۱۶ اینچ (۴۰۵) بین وادارها؛ استفاده از نعل‌درگاه‌ها و تیرنشین‌های ساده؛ استفاده از وادارهای ساده در بازشدگی‌های دروپنجره؛ و کنج‌های ساده‌شده، مانند کنج‌های دووادارى نام برد. در بحث قبل بر دیوارهای خارجی و اتلاف انرژی ناشــی از پل‌زنی گرمایی تمرکز داشــتیم. به‌منظور کاهــش مصرف مصالح، دیوارهای داخلی را نیز می‌توان بررســی کرد. به‌جای فاصله‌ی اســتاندارد ۱۶ اینــچ (۴۰۵) برای وادارهای چوبی و فولادی، آیین‌نامه اســتفاده از فاصلــه‌ی ۲۴ اینچ (۶۱۰) را مجــاز می‌داند و باید این فاصله را در نظر گرفت. مثال دیگری از طراحی پیشرفته‌ی مصالح کارآمد، استفاده از پی‌های کم‌عمق محافظت‌شــده در برابر یخبندان، به‌جای دیوارهای معمولی پی با پی‌های گســترده اســت. پی‌های کم‌عمق محافظت‌شده در برابر یخبندان در ایالات متحده با موفقیت به کار گرفته شــده‌اند و در کشــورهای اســکاندیناوی بیش از ۱ میلیون خانه با این نوع پی ساخته شده است.



۱۶-۰۴: نمونه‌هایی از صرفه‌جویی در مصرف مصالح با به‌کارگیری فنون پیشرفته‌ی ساخت.



۱۶-۰۵: نمونه‌ای از حداکثرســازی بازده ســازه‌ای برای کاهش مصرف مصالح.

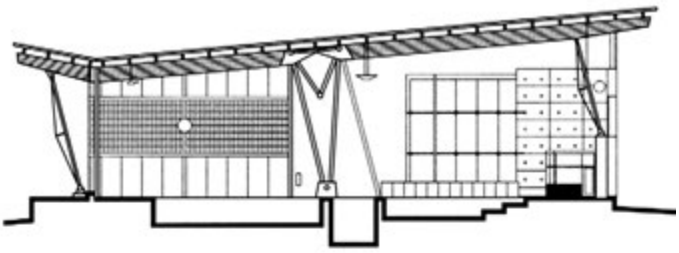
حذف فضای زیرشیروانی در ساختمان‌های با بام شیب‌دار رویکرد دیگری برای کاهش مصرف مصالح اســت، زیرا در این رویکرد دو ســازه - کف فضای زیرشیروانی و بام - ترکیب شده، یک سازه را تشکیل می‌دهند.

وقتی طراحی ســازه‌ای تفصیلی انجام شــد، به جای استفاده از قواعد سرانگشتی یا شیوه‌های اجرایی قدیمی، فرصت‌های کاهش مصرف مصالح را می‌توان شناسایی کرد. مثلا، ممکن است بتوان از دال بتنی به ضخامت ۴ اینچ (۱۰۰)، به‌جای دال ۵ اینچی یا ۶ اینچی (۱۲۵ یا ۱۵۰) برای ساخت کفی خاص استفاده کرد.

رویکردی دیگر بــه کاهش مصرف مصالح، پرهیز از نازک‌کاری در جایی است که انجام آن ضرورت ندارد. این رویکرد که گاهی آن را «سازه به‌منزله‌ی نازک‌کاری» می‌نامند این امکان را فراهم می‌آورد که عناصر ســازه‌ای کارکرد دوگانه‌ای به‌عنوان سازه و نازک‌کاری داشــته باشند. در صورتی که سازه‌ی نمایان نور را به‌خوبی بازتاب ندهد، بده‌بستان با نیاز به روشنایی بیشتر را باید به دقت ارزیابی کرد. رویکردی دیگر برای کاهش مصرف مصالح نمایان گذاشــتن اجزایی مانند کانال یا لوله اســت. به این ترتیب مصالح لازم برای گچ‌کاری و تخته‌کوبی داکت‌هــا، و پلنوم‌ها، هم‌چنین نازک‌کاری آن‌ها، کاهش می‌یابد.

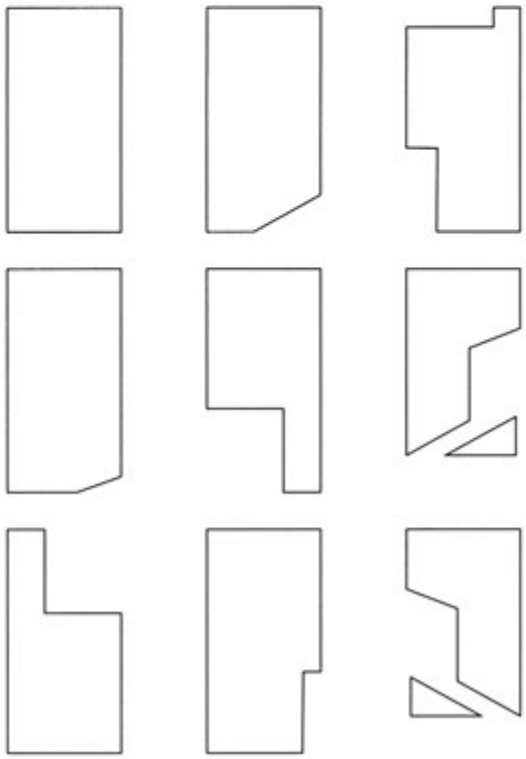
رویکرد نهایی برای کاهش مصرف مصالح تولید نخاله‌ی کمتر - به عبارت دیگر، پرهیز از تولید نخاله است. منظور جلوگیری از دفن نخاله در زمین‌چاله‌ها، یا استفاده‌ی مجدد از ضایعات نیست، که در جای خود به آن‌ها خواهیم پرداخت؛ بلکه منظور تولید نخاله‌ی کمتر اســت. به این منظور طرح را باید طوری تهیه کرد که طول عضوهای ســازه‌ای مضربی از طول عضوهای ســازه‌ای موجود در بازار، خواه چوبی و خواه فولادی باشد. این نکته در مورد اقلامی مانند گچ‌برگ و تخته‌بندی نیز صدق می‌کند. باید جدول‌های برش برای الوار و ورق تهیه کرد تا بتوان مصالح را به مقدار لازم سفارش داد، نه این‌که بیش از نیاز سفارش داد و مازاد را دور ریخت. بتن تازه را باید به میزان لازم برای مصرف مخلوط کرد، نه بیشــتر از آن. با تهیه‌ی فهرست مصالح به صورت کامپیوتری، مجموعه‌های پیش‌ساخته، مانند پانل‌های ســازه‌ای عایق‌کاری شده (SIPS)، احتمالا ضایعات و نخاله‌ی کمتری تولید خواهند کرد.

طراحان حرفه‌ای می‌توانند با ارائه‌ی اطلاعات بیشتر در مورد مقدار مصالح لازم در اســناد ساخت، نقش مهمی در طراحی کارآمد از لحاظ مصالح ایفا کنند. مثلا ذکر مقدار حجمی مصالح لازم روی نقشه‌ها، مانند بتن، آســفالت برای روسازی، و عایق دمشی، به پیمانــکار کمک می‌کند که از تولید نخالــه‌ی اضافی در نتیجه‌ی سفارش بیش از نیاز جلوگیری کند. به‌همین ترتیب ارائه‌ی مقادیر سطحی روی نقشه‌ها، مانند سطح بام، سطح تخته‌کوبی، سطح روسازی محوطه، و سطح محوطه‌سازی و چشم‌انداز، می‌تواند به سفارش دادن مصالح به مقدار مناسب کمک کند. تعیین جزئیات کامل قاب‌بندی نیز احتمال تولید ضایعات در نتیجه‌ی ســفارش بیش از نیاز را کاهش می‌دهد.



مرکز فرهنگی و کتابخانه‌ی شهرک آنگوس گلن، مارکَم، کانادا، ۲۰۰۶
گروه معماری شور تیلب ایروین و همکاران
مهندسان سازه‌ی هالکرو یولس

۱۶-۰۶: سازه‌ی نمایان به‌عنوان نازک‌کاری.



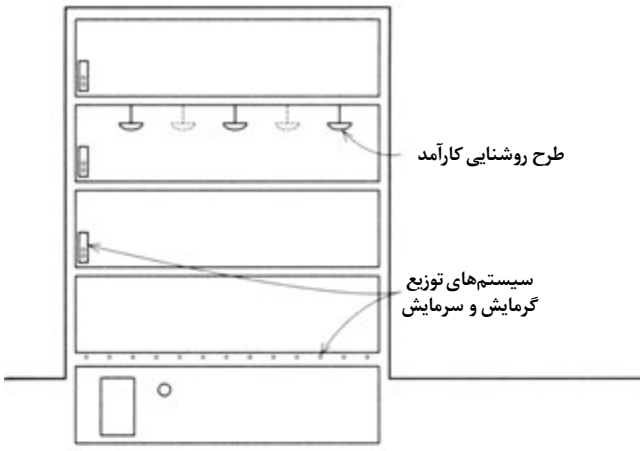
۱۶-۰۷: طرح‌ریزی و طراحی برای کاهش مصرف مصالح.

مصـرف مصالح کمتر از طریق طراحی درسـت، فقـط در مورد اجزای معماری صدق نمی‌کند، بلکه در مورد تأسیسات الکتریکی و مکانیکی، از قبیل تجهیزات روشـنایی، گرمایش، و سـرمایش نیز صادق اسـت. چنان‌که قبلا گفتیم، طرح روشنایی کارآمد معمولا به معنای چراغ‌های کمتر است، زیرا طرح براساس تراز روشنایی لازم بهینه‌سازی می‌شود، نه تأمین روشنایی بیش از حد لازم براساس قواعد سرانگشتی. سایر فنون طراحی روشـنایی سبز نیز موجب کاهش مصرف مصالح می‌شوند. مثلا ساختمانی با تعداد کمتری سقف بلند و سطوحی با بازتابندگی بیشتر به روشـنایی مصنوعی کمتری نیاز دارد که نه تنها به‌معنای صرفه‌جویی در مصرف انرژی برای بهره‌برداری است، بلکه موجب کاهش تعداد چراغ‌ها نیز می‌شـود که بـه معنای مصرف مصالح کمتـر و مصرف کمتر انرژی صرف‌شده نیز هست. با طراحی صحیح ساختمان و سیستم‌های گرمایش و سـرمایش نیز می‌توان به مزایای مشابهی دسـت یافت. برای کاهش ظرفیت سیسـتم‌های گرمایش و سرمایش نه تنها می‌توان ساختمانی با بازده بالا طراحی کرد، بلکه از طریق تعیین دقیق اندازه‌ی این سیستم‌ها نیز می‌توان به ظرفیت پایین‌تری رسید. تجهیزات گرمایش و سرمایش، ماننـد بویلر، پمـپ حرارتی، و کوره را می‌تـوان کوچک‌تر انتخاب کرد؛ در نتیجه شـبکه‌ی توزیع، یعنی لوله‌کشی، رادیاتورها، یا کانال‌کشی نیز کوچک‌تر خواهد شـد. هرگاه اندازه‌ی تجهیزات گرمایش و سـرمایش و سیستم توزیع بهینه باشـد، مصالح کمتر و انرژی صرف‌شده‌ی کمتری مصرف خواهد شد.

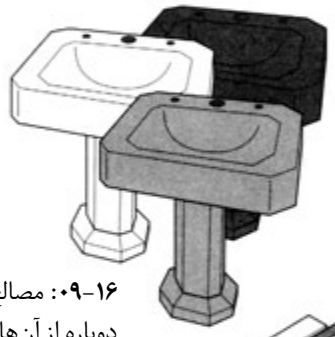
کاهش مصرف مصالح از طریق اسـتفاده از مصالح غیرکامل نیز ممکن است. مثلا استفاده از چوب دستچین‌شده به این معناست که مقداری چوب بلااسـتفاده مانده و دور ریخته شـده است. بخش عمده‌ی چوب دورریز از لحاظ سـازه‌ای سالم اسـت. قطعات غیرکامل سنگ و آجر را نیـز می‌توان با موفقیت در پروژه‌های سـاختمان سـبز مصرف کرد، به شرط این‌که از قبل برای این‌کار برنامه‌ریزی شده باشد. به همین ترتیب، بسـیاری از مصالح اسقاطی را می‌توان به‌جای دورریزی، مصرف کرد، به این شـرط که بخش کنترل کیفیت روی انسجام کارکردی تمرکز کند، نه کمال فرمی. در زیبایی‌شناسـی جدید سبز، نقص را می‌توان به‌عنوان ویژگی گرامی داشت، و آن را مایه‌ی تحقیر ندانست.

صرفه‌جویـی در مصـرف مصالح بـا طراحی و اجرای صحیح تسـهیل می‌شـود. از این لحاظ، جدول‌های زمان‌بندی سـریع با طراحی سـبز سـر مخالفت دارند، زیرا طراحان حرفه‌ای گرایش به اسـتفاده از قواعد سرانگشتی دارند و ممکن است طراحی را براساس عضو به عضو، یا اتاق به اتاق انجام ندهند. پروژه‌های ساختمان سبز را نباید با زمان‌بندی کُند مترادف دانست، بلکه باید زمان کافی برای طراحی تفصیلی هر جزء مهم ساختمان تخصیص داد تا مصرف مصالح به حداقل کاهش یابد.

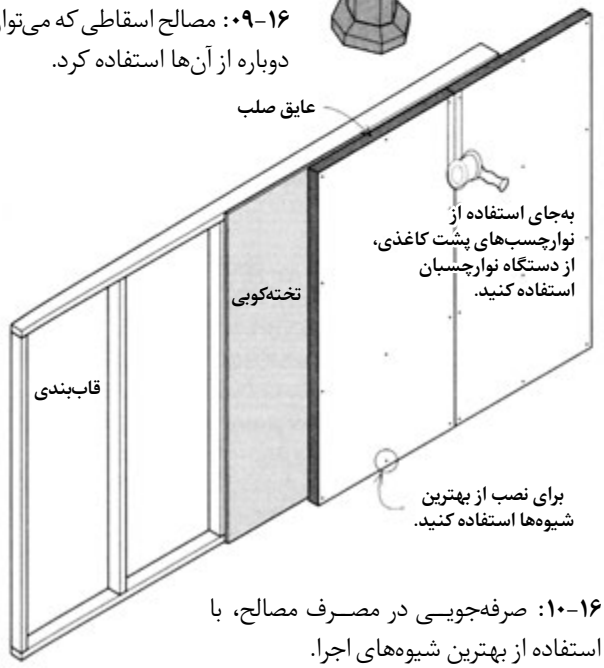
با پیروی از بهترین شیوه‌های اجرایی می‌توان مصرف مصالح را به شدت کاهـش داد. مثلا، هنگام نصب عایق صلب روی دیوار خارجی، به طور سنتی از ۲۵ تا ۳۰ بست برای اتصال هر ورق ۴×۸ فوت (۱۲۲۰× ۲۴۴۰) عایق استفاده می‌کنند. اما نشان داده شده است که ۱۰ تا ۱۲ بست برای نصب این ورق‌ها کافی و حتی زیاد اسـت، به طوری که ورق در معرض خم شـدن، قوس برداشتن، یا جدا شـدن قرار نگیرد. به همین ترتیب نوارچسـبانی عایق صلب خارجی با اسـتفاده از دستگاه‌های مخصوص چسباندن نوار سریع‌تر و کارآمدتر از نوارچسبانی با دست است که مستلزم کندن کاغذ پشت نوارچسب است و ضایعات را به‌شدت افزایش می‌دهد.



۱۶-۰۸: بهینه‌سازی سیستم‌ها برای کاهش ضایعات مصالح.



۱۶-۰۹: مصالح اسقاطی که می‌توان دوباره از آن‌ها استفاده کرد.



۱۶-۱۰: صرفه‌جویـی در مصـرف مصالح، با استفاده از بهترین شیوه‌های اجرا.

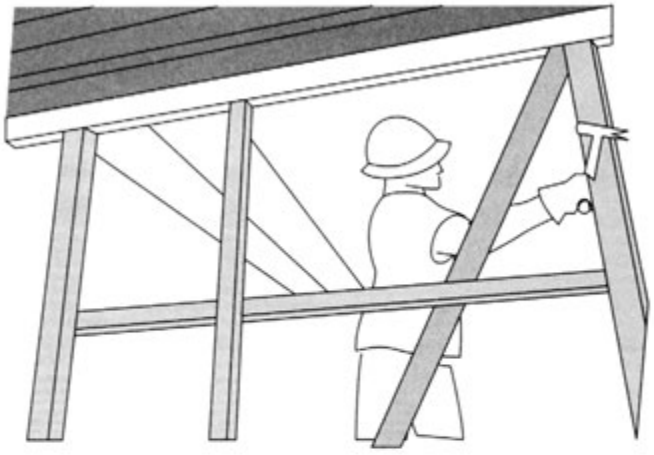
استفاده‌ی دوباره از مصالح

برای به حداقل رساندن انرژی صرف‌شده‌ی لازم به منظور برداشت و فراوری مصالح جدید، و ایجاد تأخیر در ته کشیدن منابع مواد خام، هر جا که ممکن باشد باید دوباره از مصالح کارشده استفاده کرد.

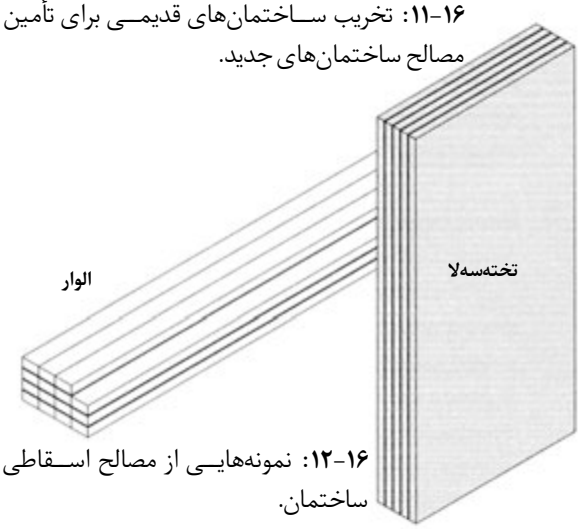
مصالح اسقاطی

صنعت جدیدی در حال ظهور است که کار آن تخریب هدفمند ساختمان‌های قدیمی است که می‌توانند منبع تأمین مصالح برای ساختمان‌های جدید باشند.

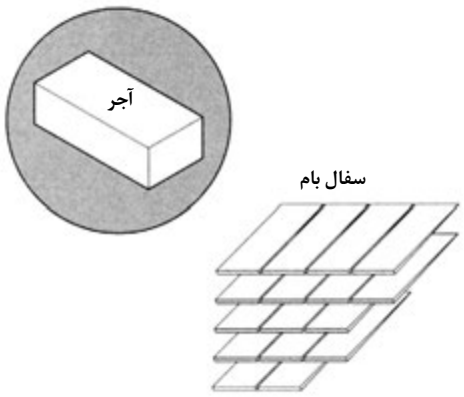
مصالح اسقاطی مناسب برای مصرف مجدد، بخش عمده‌ی مصالح لازم برای ساخت را تشکیل می‌دهند - الوار چارتراش، در، پنجره، پوشش دیوار، تجهیزات آشپزخانه، گچ‌برگ، تخته‌سه‌لا، عایق، روکوب، ابزار، یراق‌آلات، بلوک، آجر، فرش کف، درزپوش، سفال بام، و محتویات مصرف نشده‌ی ظرف‌ها مانند چسب، مواد درزگیر، و دوغاب.



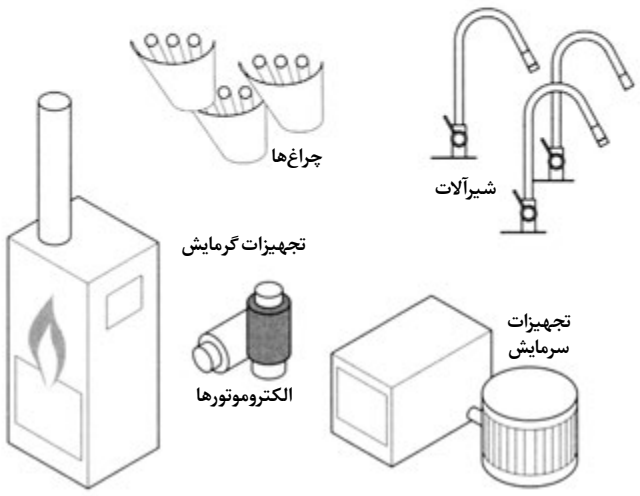
۱۶-۱۱: تخریب ساختمان‌های قدیمی برای تأمین مصالح ساختمان‌های جدید.



۱۶-۱۲: نمونه‌هایی از مصالح اسقاطی ساختمان.



پرسش‌هایی چند درباره‌ی مزایای استفاده‌ی دوباره از وسایل مصرف‌کننده‌ی انرژی، مانند چراغ‌ها، تجهیزات گرمایش و سرمایش، و الکتروموتورها، هم‌چنین تجهیزات مصرف‌کننده‌ی آب، مانند توالت‌ها و شیرها مطرح است. مسئله‌ی زیست‌محیطی اصلی این است که آیا انرژی صرف‌شده در چنین تجهیزاتی، از صرفه‌جویی بالقوه‌ی حاصل از نصب تجهیزات جدید با بازده بالاتر، طی دوره‌ی عمر قابل انتظار تجهیزات، بیشتر یا کمتر است. پرسش‌های دیگری در مورد امکان‌پذیری مالی مصرف مجدد مصالح مطرح است که ممکن است پاسخ یکسانی (آری یا نه) با پرسش مربوط به انرژی صرف‌شده نداشته باشند. به‌علاوه ممکن است مسائل قانونی، مانند فروش تجهیزات با بازده پایین که با شرایط آیین‌نامه‌ای وفق ندارند، نیز مطرح باشد. نصب تجهیزات با بازده کم ممکن است با بعضی از آیین‌نامه‌های ساختمانی تضاد داشته باشد.



۱۶-۱۳: هنگام تصمیم‌گیری درباره‌ی استفاده کردن یا نکردن از وسایل اسقاطی مصرف‌کننده‌ی انرژی و آب، عامل‌های مختلفی، از قبیل مصرف انرژی و آب در دوره‌ی عمر را باید در نظر گرفت.

پرســش مشــابهی در ارتباط بــا اجزای پوش ســاختمان، مانند پنجره‌های کهنه، مطرح است. در مورد پنجره‌ها، ارزیابی باید شامل نیازهای مراقبتی نیز باشــد. اگر چنین نیازهایی مطرح نیســت، مزیت نســبی اســتفاده‌ی مجدد را می‌توان براساس دوره‌ی عمر ارزیابی کرد. اگر مراقبت لازم اســت، می‌توان اصلاحات گوناگونی روی پنجره انجام داد تا ضمن حفظ زیبایی، بازده مصرف انرژی آن را نیز بهبود بخشند؛ درزگیری، درزبندی و استفاده از پنجره‌های ضد توفان از آن‌جمله است.

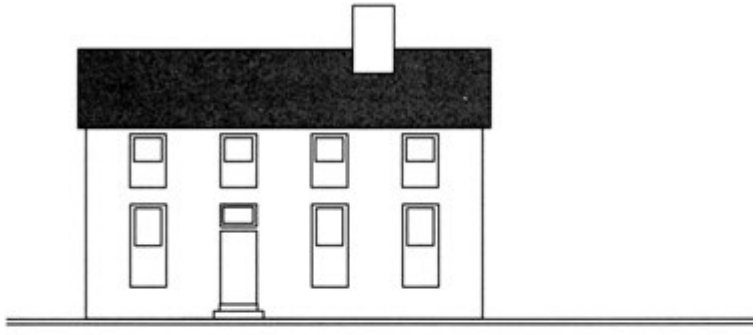
استفاده‌ی مجدد درجا

رویکردی دیگر به استفاده‌ی مجدد از مصالح، استفاده‌ی مجدد از کل ساختمان است که با حذف حمل‌ونقل مصالح، مصرف انرژی صرف‌شده را بیشتر کاهش می‌دهد.

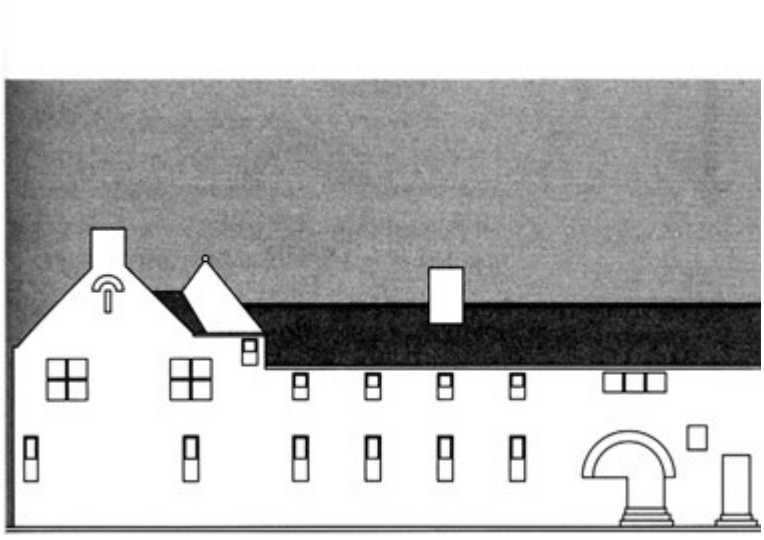
اجزای سازه‌ای، مانند کف‌ها، دیوارها، و بام‌ها را معمولا می‌تــوان دوباره به کار گرفت. از اجزای غیرســازه‌ای، مانند دیوارهای داخلی، کف‌سازی و نازک‌کاری سقف نیز غالبا می‌توان دوباره استفاده کرد.

پرســش جالبی کــه دربــاره‌ی تأثیرات انــرژی مطرح می‌شــود این اســت که بهتر است از ســاختمان‌های موجود دوباره اســتفاده کنیم، یا آن‌ها را از نو بسازیم. اگر فرض کنیم انرژی صرف‌شــده در مصالح به‌کاررفته در هر ســاختمان معرف $^1/_4$ انرژی مصرفی ساختمان در طول دوره‌ی عمر آن است، آن‌گاه کافی است بازده مصرف انرژی در ســاختمان جدید فقط ۲۵٪ بالاتر از ســاختمان موجود باشد تا بتوان ساختمان موجود را جایگزین کرد و مصرف انرژی در دوره‌ی عمر ساختمان را کاهــش داد. بســیاری از ســاختمان‌های قدیمــی به‌طور ذاتــی ناکارآمدند، نه تنها از لحاظ عایق‌کاری و درزبندی، بلکه از لحاظ مشخصه‌های گوناگونی مانند اندازه، شــکل، و نســبت پنجره به دیوار. دوراندیشی حکــم می‌کند که مصرف انرژی دوره‌ی عمر صرفا یکی از عوامل دخیل در تصمیم‌گیری برای استفاده‌ی دوباره از سازه‌ای موجود باشد.

مجموعه‌ای از پرســش‌های دیگــر در ارتباط با مزایای اســتفاده‌ی مجدد از تجهیزات موجود که انرژی و آب مصرف می‌کنند، مطرح می‌شود. این پرسش‌ها شبیه پرسش‌های مربوط به تجهیزات اسقاطی است، اگر چه تفاوت‌هایی با آن‌ها دارد. در مورد استفاده‌ی مجدد درجا، موانع قانونی کمترند - هیچ یک از تجهیزات قدیمی و غیر منطبق با شــرایط آیین‌نامه فروخته نمی‌شوند و بنابراین قانونی نقض نخواهد شد.



۱۶-۱۴: اگر در یک ســاختمان غیرتاریخی موجود نســبت پنجره به دیوار ۳۰٪ و نسبت سطح ۲/۱ باشد، آیا باید دوباره از آن استفاده کرد یا باید آن را از نو ساخت؟



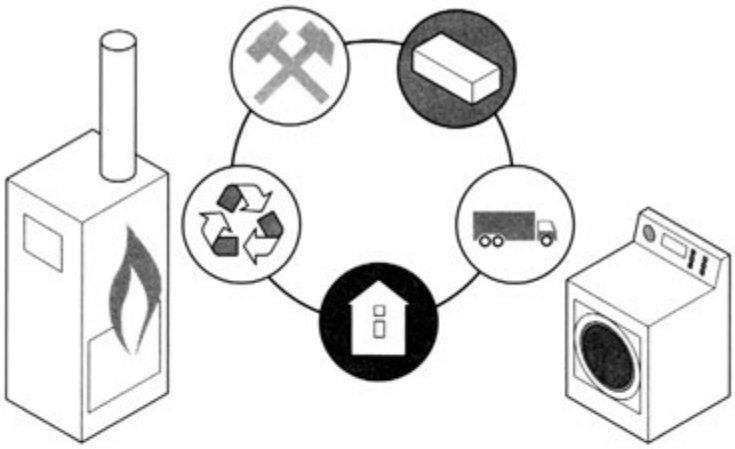
۱۶-۱۵: مرمت، تعمیر اساسی، و بازسازی ساختمان‌های موجود.

اما مسـئله‌ی انرژی صرف‌شـده در مورد استفاده‌ی مجدد از تجهیزت اسـقاطی، از این هم بارزتر می‌شـود، زیرا این تجهیزات نه تنها بازده پایینی دارند، بلکه غالبا به‌شـیوه‌ای ناکارآمد نیز نصب شده‌اند، یا به شیوه‌ای نصب شده‌اند که با توجه به کاربری پیشنهادی جدید، چندان مناسب نیست. مثال روشـنایی در یک ساختمان اداری را در نظر بگیرید.. سـاختمان موجود احتمـالا لامپ‌های فلورسـنت T۱۲ با بالاسـت‌های مغناطیسـی کم‌بازده دارد کـه در چراغ‌های غیربازتاب‌گر نصب شده‌اند. این چراغ‌ها، گذشته از مصرف انرژی زیاد، طوری نصب شـده‌اند که فضا را از بالا روشـن کننـد و چگالی نوری آن‌هـا ۲ وات بر فوت مربع (W/SF) یا بیشـتر اسـت. جایگزینی چراغ‌های موجود با سیسـتم روشـنایی پربازده از دو طریق موجب صرفه‌جویی می‌شود؛ هم از طریق افزایـش بازده چراغ‌ها، و هم از طریق طراحی مجـدد برای تأمین چگالی نوری W/SF ۰٫۸ یا پایین‌تر. در این مثال، استفاده‌ی مجدد از بعضی از چراغ‌ها با جانمایی جدید و کارآمد و لامپ‌ها و بالاست‌های جدید می‌تواند یکی از گزینه‌های مطرح باشد. به‌طور خلاصه، تحلیل دوره‌ی عمر در اتخاذ این تصمیم که آیا از تجهیزات مصرف‌کننده‌ی آب و انرژی به صورت درجا استفاده کنیم یا نکنیم، مؤثر است.

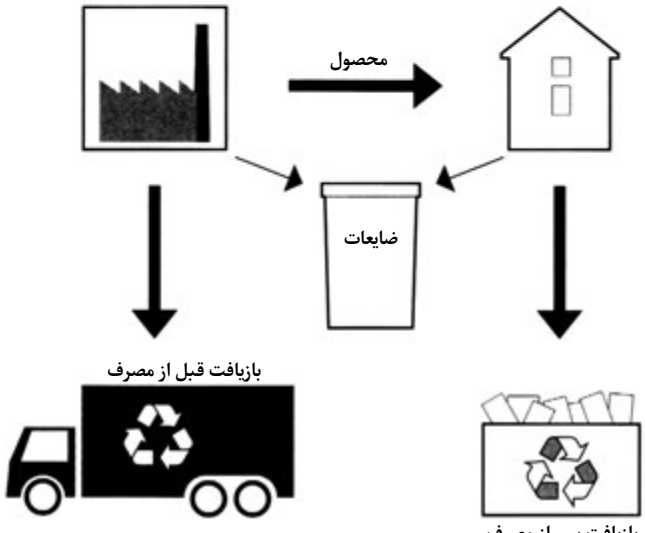
مصالح با محتوای بازیافتی

اسـتفاده از مصالح با محتوای بازیافتی توصیه می‌شـود. مصالح مصرف‌نشـده‌ی بازیافتی مصالحی هستند که در جریان تولید به ضایعات تبدیل شده‌اند. مصالح مصرف‌شده‌ی بازیافتی از نخاله‌های تولیدشده توسط مصرف‌کننده‌ی نهایی به دست می‌آیند.

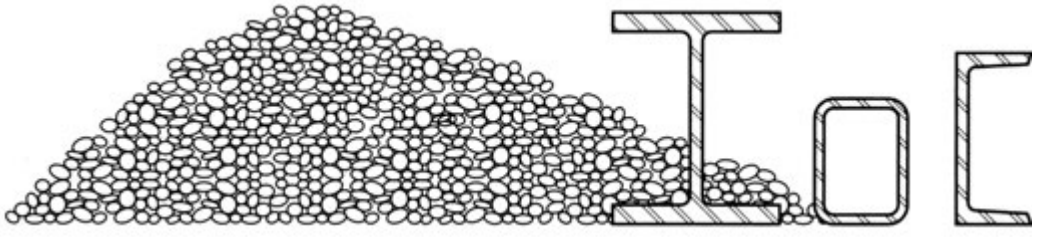
بتن پرمصرف‌ترین مصالح سـاختمانی است. بتن می‌تواند حاوی سنگدانه‌ی بازیافتی باشد که عبارت است از بتن خردشده، پس از حذف آرماتور و سایر مصالح تعبیه شده در آن. بتن می‌تواند حاوی خاکستر نیز باشد که محصول جانبی احتراق زغال‌سنگ است، یا سرباره داشته باشد که محصول جانبی ذوب کانه‌های فلزی است. در سـاخت اسکلت‌فولادی می‌توان از مقدار زیادی فولاد بازیافتی برای تولید مقاطع سـاختمانی اسـتفاده کرد و گزارش‌ها نشـان می‌دهند که این میزان در ساله‌های اخیر تا ۹۰٪ رسیده است.



۱۶-۱۶: در تصمیم‌گیری برای اسـتفاده کردن یا نکردن از تجهیزات موجودی که آب و انرژی مصرف می‌کنند، باید از تحلیل دوره‌ی عمر کمک گرفت.



۱۶-۱۷: انواع محتوای بازیافتی.



۱۶-۱۸: مصالحی که قبلا مصرف شده‌اند، مانند بتن و فولاد، را می‌توان برای مصرف مجدد فراوری کرد. بتن را می‌توان خرد کرد، شست و دانه‌بندی کرد تا سـنگدانه‌ی مناسـب برای ساخت مخلوط بتن تازه حاصل شـود. فولاد را می‌توان جمع‌آوری کرد و با استفاده از آهنرباهای بزرگ از سایر مصالح قابل بازیافت جدا نمود، به‌صورت بسته‌های بزرگ فشرده کرد و به کارخانه‌های فولادسازی حمل کرد تا در آن‌جا ذوب و با مقدار کمی فولاد نو ترکیب و به‌صورت مقاطع ساختمانی برای مصرف مجدد آماده شود.

فراورده‌های حاصل از مشـــتقات چوب، ماننـــد انواع فراورده‌های چوبی ساخته شده نیز ممکن است حاوی مواد بازیافتی باشند. گچ‌برگ را نیز می‌توان با اســـتفاده از مواد بازیافتی، شـــامل مواد کشاورزی، خاکستر، و سایر پرکننده‌ها ساخت.

حتـــی وقتی مصالح ســـاختمانی حاوی مقدار کم یـــا زیادی مواد بازیافتی باشد، بررسی بده‌بستان‌های محتوای شیمیایی و انرژی صرف‌شـــده سودمند اســـت. مثلا، نئوپان عمدتا از مواد بازیافتی ساخته می‌شـــود اما محتوای شیمیایی آن، شامل فرمالدهید که سرطان‌زاست، چشمگیر گزارش داده شده است. اگرچه در تولید فولاد تا ۹۰٪ از مواد بازیافتی اســـتفاده می‌شود، باز هم مقدار در خور اعتنایی انرژی صرف‌شده دارد.

انتخاب مصالحی که قبلا مصرف نشده‌اند

بـــا بـــه حداقل رســـاندن مصرف مصالـــح و به حداکثر رســـاندن اســـتفاده‌ی مجدد و مصرف مصالح بازیافتی، به ســـراغ مصالحی می‌رویم که قبلا مصرف نشده‌اند. گزینه‌های مطلوب شامل مصالح سریعا تجدیدپذیر، مصالح طبیعی، مصالح بی‌زیان و غیرسمی، و مصالحی اســـت که در محل تولید می‌شوند و انرژی صرف‌شده‌ی کمی دارند.

انرژی صرف‌شده

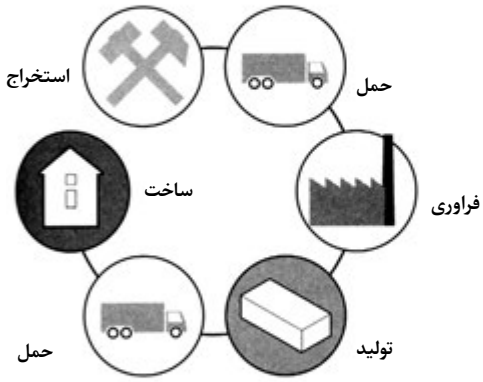
منظور از انرژی صرف‌شـــده انرژی لازم برای برداشـــت، ساخت، آماده‌ســـازی، و حمل مصالح تا کارگاه ســـاختمانی است. انرژی صرف‌شده معمولا در مقایسه با انرژی مصرفی ساختمان در دوره‌ی عمر خود، بسیار کمتر است. اما از آن‌جا که ساختمان‌ها را طوری طراحی می‌کنند که انرژی کمتری مصرف کنند، بخشی از مصرف انرژی ســـاختمان که انرژی صرف‌شده معرف آن است، فقط رو به افزایش اســـت. برای ســـاختمان‌هایی با مصرف انرژی صفر، تنها صـــورت انرژی مصرفی انرژی صرف‌شـــده در مصالح به‌کاررفته در ساخت است.

در حوزه‌ی انرژی صرف‌شـــده، پروژه‌های ساختمان سبز بر ارزش مصالح قابل تهیه در محل یا نواحی نزدیک به کارگاه ساختمانی، به‌منظـــور به حداقل رســـاندن انـــرژی صرف‌شـــده در حمل‌ونقل تأکیـــد می‌کنند. بعضی آیین‌نامه‌ها، اســـتانداردها و رهنمودهای ســـبز، امتیازاتی برای تهیه‌ی مصالح برداشت شده یا فراوری‌شده در شـــعاع معینی از کارگاه ســـاختمانی قائل می‌شوند. LEED اصلاحـــی اختیاری براســـاس نوع حمل‌ونقـــل به‌کاررفته را مجاز می‌داند و بازده نسبی بالاتر حمل ونقل ریلی و آبی را، در مقایسه با حمل‌ونقل جاده‌ای، یادآور می‌شود.

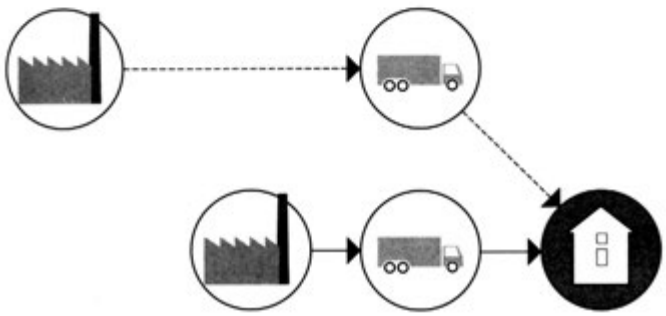
یکی از راه‌حل‌های برخورد با مسئله‌ی انرژی صرف‌شده، استفاده از روش جبران یکباره‌ی کربن است.



۱۶-۱۹: گچ‌برگ‌هـــای داخلی می‌توانند تـــا ۹۰٪ محتـــوای بازیافتـــی داشـــته باشـــند. وقتی این گچ‌برگ‌ها رویه‌ای از فایبرگلاس مقاوم در برابر کپک داشته باشـــند، می‌توان در نواحی مرطوب که اســـتفاده از گچ‌برگ با پوشش کاغذی ممکن نیست، از آن‌ها استفاده کرد.



۱۶-۲۰: انرژی صرف‌شـــده عبارت است از مقدار کل انرژی مصرفی برای برداشت، تولید، فراوری، و حمل مصالح به کارگاه ساختمان.



۱۶-۲۱: در پروژه‌های ساختمان سبز بر ارزش استفاده از مصالحی که در محل یا در نواحی نزدیک به‌دست می‌آیند، تأکید می‌شود.

مصالح سریعا تجدیدپذیر

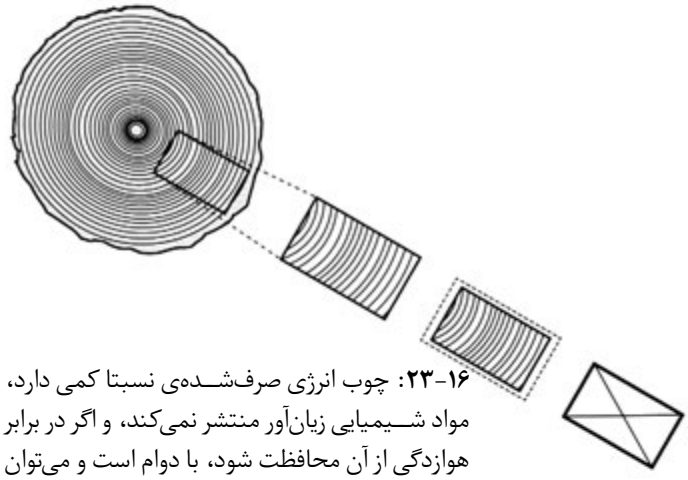
منظور از مصالح ســریعا تجدیدپذیر مصالحی است که به طور طبیعــی می‌رویند و می‌توان آن‌ها را طی دوره‌ای چندســاله، مثلا ۱۰ ســاله طبق تعریف LEED، برداشــت کرد. به عنوان مثال می‌توان از کف‌سازی با چوب بامبو، چوب‌پنبه، و موکت بافته شده با الیاف مشتق‌شده از ذرت، عایق پنبه‌ای، لینولئوم طبیعی، کف‌پوش از لاستیک طبیعی ، عایق از گیاه سویا، کاه بــرای دیوارها و عایــق‌کاری، کابینت از مقوای کاهی ضخیم، فرش پشــمی، و کارهای چوبی و کابینت از تخته‌ی کاهی نام برد. با استفاده از مصالح سریعا تجدیدپذیر، ته کشیدن موادی را که دیگر نمی‌رویند، مانند چوب جنگل‌های قدیمی، یا مصالح به‌دست آمده از منابع محدود، مانند پلاستیک‌های مشتق از سوخت‌های فسیلی، به تأخیر انداخت. انتخاب کاربرد مناسب برای مصالح ســریعا تجدیدپذیر مهم است. مثلا در نواحی پر رفت‌وآمد ، یا بسیار مرطوب، ممکن است کف‌سازی از جنس بامبو دوام چندانی نداشته باشد.



۱۶-۲۲: نمونه‌هایی از مصالح سریعا تجدیدپذیر.

سایر مصالح طبیعی

چوب مصالحی طبیعی اســت که از قدیم در ساختمان‌سازی کاربرد گسترده‌ای داشته است. از چوب در قاب‌بندی سازه‌ای و غیرسازه‌ای، کف‌سازی، زیرسازی کف، ساخت در و پنجره، مبلمان، نازک‌کاری دیوار و ســقف، حصارکشــی، و بسیاری موارد دیگر اســتفاده می‌شــود. از چوب در ساخت سازه‌های موقت لازم حین عملیات ساختمان‌ســازی، مانند داربست و نرده، نیز استفاده می‌کنند.



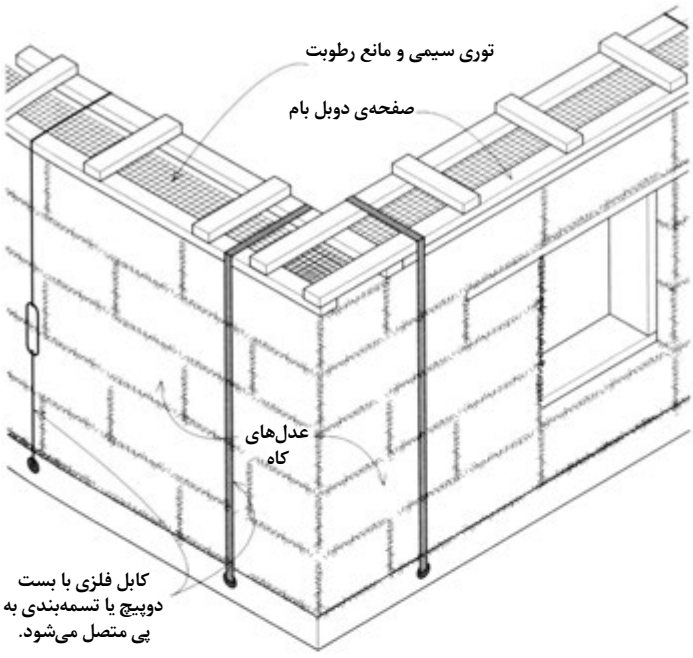
۱۶-۲۳: چوب انرژی صرف‌شــده‌ی نسبتا کمی دارد، مواد شــیمیایی زیان‌آور منتشر نمی‌کند، و اگر در برابر هوازدگی از آن محافظت شود، با دوام است و می‌توان دوباره از آن استفاده کرد.

اگر چه چوب ماده‌ای طبیعی است، می‌توان به‌صورتی مخرب از لحاظ زیســت‌محیطی آن را استحصال و فراوری کرد. مثلا باید از بریــدن جنگل‌های قدیمی، کاهش پوشــش جنگلی، قطع گونه‌های در خطر انقراض، و اســتفاده از مواد شیمیایی زیان‌آور نام برد. برای تضمین این‌که چوب مورد اســتفاده در ساختمان‌سازی به‌صورتی مناسب برای محیط زیست برداشت و فراوری شــده است، باید الوار را از مجراهای مجاز و قانونی تهیه کرد. الوار ســاختمانی باید توسط شــورای جنگل‌داری (FSC) تأیید شده باشد.



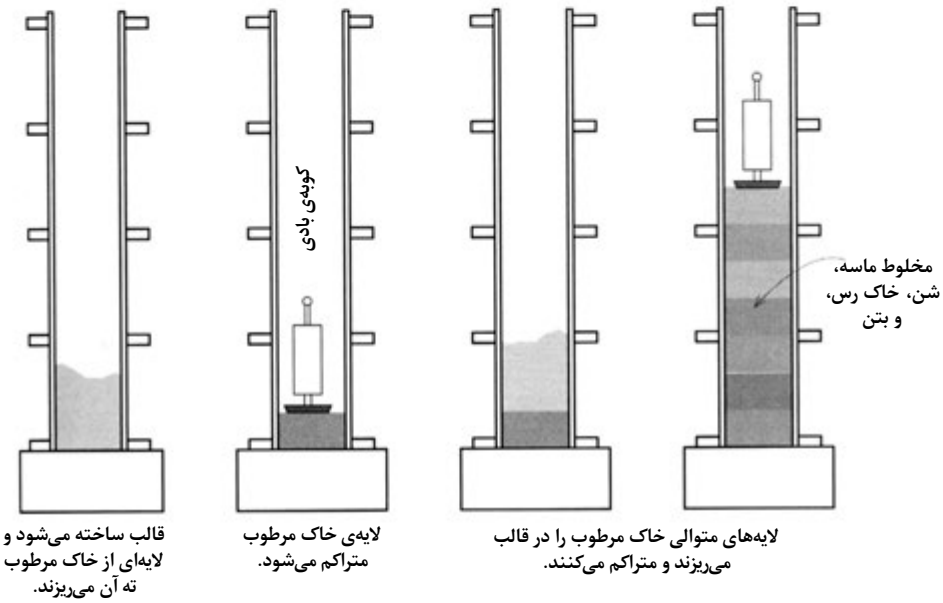
۱۶-۲۴: لوگوی ثبت‌شده‌ی شورای جنگل‌داری.

عـدل کاه نوعـی مصالـح سـازه‌ای طبیعی اسـت که خاصیـت عایقی هم دارد. سـاختمانی که با عدل کاه سـاخته شـود همه‌ی خـواص مهم مصالح سـبز را داراسـت. عدل کاه از ماده‌ی طبیعی سـریعا تجدیدپذیر (و در بسـیاری از مـوارد، ضایعاتی) ساخته می‌شود، سمی نیست، انرژی صرف‌شـده‌ی کمـی دارد و غالبا در محل یافت می‌شـود. سـاختمان با عدل کاه دو کارکـرد را با هم تلفیق می‌کنـد - کارکرد سـازه‌ای و کارکرد عایقی. معایب ساختمان عدل کاهی شامل نیاز به جلوگیری از پوسیدن و فضای لازم برای سـاختن دیوارهای ضخیم، معمولا به ضخامت ۱۸ اینچ (۴۵۵) یا بیشتر است.



۱۶-۲۵: ساخت با عدل کاه.

یکی از مصالح طبیعی باسـتانی که اخیرا دوبـاره مورد توجه قرار گرفته، خاک کوبیده اسـت. ساختمان‌های ساخته شـده با خاک کوبیده تقریبا در تمـام قاره‌هـا یافـت می‌شـوند. دیوارهای این ساختمان‌ها با متراکم کردن خاک بین قالب‌های مخصوص ساخته می‌شـوند. دیوارهای خاکی کوبیـده مقـاوم و طبیعی‌انـد و بـا استفاده از مصالح محلی، غیرآتشگیر و غیرسـمی، مگـر در مـواردی که پایدارسـاز سـیمان به آن‌هـا اضافه شود، ساخته می‌شوند. جرم گرمایی آن‌ها زیاد اسـت اما مقاومت گرمایی پایینی دارند، به طـوری که معمولا به عایق‌کاری هم نیازمندند. دیوارهای خاکی کوبیـده به‌خوبی در برابر نفوذ مقاومت می‌کنند و عایق صوتی خوبی هسـتند. این دیوارها، مانند سایر دیوارهای طبیعی از قبیل دیوارهای ساخته شده با عدل کاه، باید از رطوبت محفوظ بمانند. امکان‌پذیری اسـتفاده از آن‌ها به دسترس‌پذیری خاک مناسب بسـتگی دارد. انرژی صرف‌شده در این دیوارها کم اسـت، اما هزینه‌ی نیروی انسانی لازم برای ساخت آن‌ها بالاست و از آن‌جا که این فن چندان متداول نیسـت، تیروی انسانی لازم را باید آموزش داد.



۱۶-۲۶: ساخت با خاک کوبیده.

خشـــت خام نوعی دیگر از مصالح ساختمانی طبیعی است که از خاک با حدود ۱۵ تا ۲۵٪ رُس ســـاخته می‌شود که همراه با ماســـه یا کاه آماده می‌شود و حاوی شـــن یا سنگدانه‌ای دیگر نیز هســـت. سازه‌های خشـــت خام، برخلاف دیوارهای خاکی کوبیده، با قالب ســـاخته نمی‌شـــوند، بلکه خاک را قبلا قالب می‌زنند و به‌صورت خشـــت‌های بزرگ آمـــاده می‌کنند و آن‌ها را روی هـــم چیـــده با ملات به هم متصـــل می‌کنند. بنابراین استفاده از خشت خام فقط به ساخت دیوار محدود نمی‌شود و می‌توان در ســـاخت بام‌های طاقی نیز از آن استفاده کرد. سایر مشخصه‌های ساخت خشـــت خام شبیه خاک کوبیده است - محکم، طبیعی، محلی، غیرآتشگیر، غیرسمی، با جرم گرمایی بـــالا، اما فاقد مقاومت گرمایی (به عایق‌کاری مجزا نیاز دارد)، مقاوم در برابر نفوذ هوا، و عایق صوتی بسیار خوب. سازه‌های خشت خام در برابر زمین‌لرزه به‌شدت آسیب‌پذیرند.

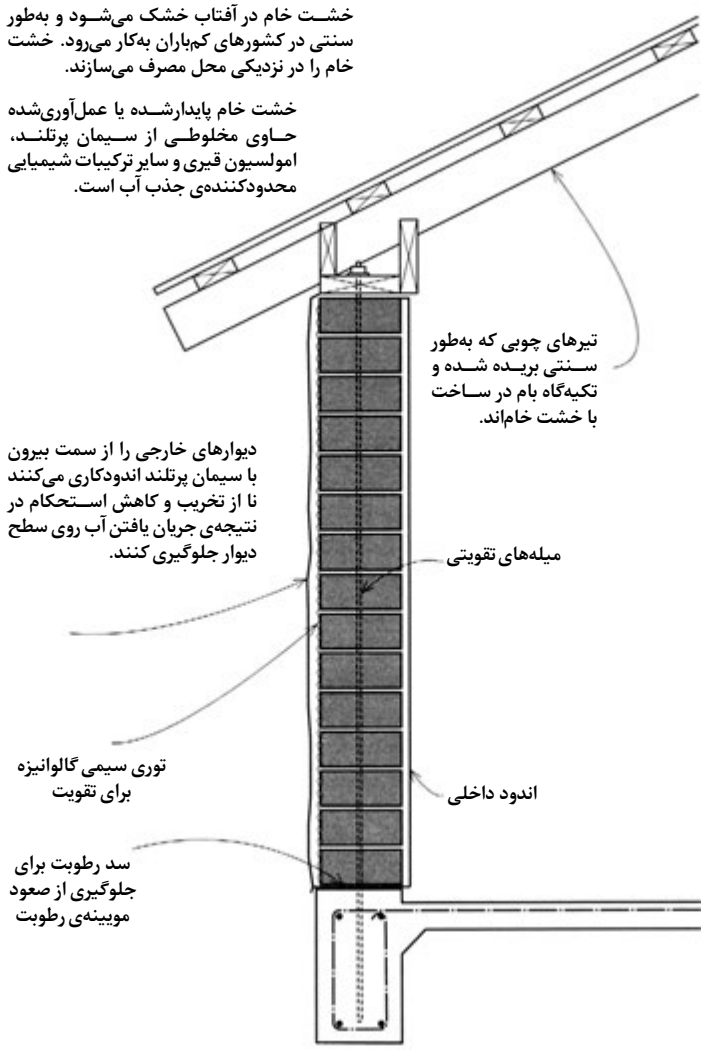
چینه، شبیه خشـــت خام، از ماسه، رس، آب و الیاف تقویتی آلی تشکیل می‌شود. اما دیوارهای چینه‌ای را به‌جای خشت، با دست شکل می‌دهند و در این شیوه‌ی ساخت می‌توان به دیوار جلوه‌ی هنری داد و بازشدگی‌های تزئینی برای درها و پنجره‌ها تعبیه کرد.

سنگ نوعی مصالح ســـاختمانی محکم، زیبا، طبیعی و بی‌اثر است. سنگ که اصولا در ساخت دیوارهای حصار به‌کار می‌رود، طی ســـال‌ها در ســـاخت پی و دیوارهای بالاتر از ســـطح زمین نیز به‌کار گرفته شـــده است. ســـنگ عایق خوبی نیست و وزن زیاد آن موجب افزایش انرژی صرف‌شده در ارتباط با حمل‌ونقل می‌شود. بسته به ناحیه‌ی مورد نظر، ممکن است دسترسی به سنگ محدود باشد.

مصالح بی‌زیان با سمّیت پایین

طراحان حرفه‌ای ساختمان سبز در پی اجتناب از کاربرد مصالح زیان‌آورند. مثلا «لیست قرمز چالش ساختمان زنده» از مصالح ممنوعه شامل موارد زیر است:

- آزبست
- کادمیم
- پلی‌اتیلن کلرزنی‌شده و پلی‌اتیلن کلروسولفورزده‌شده
- کلروفلوئوروکربن‌ها (CFC)
- کلروپرن (نئوپرن)
- فرمالدهید (اضافه شده)



۱۶-۲۷: ساخت با خشت خام.



۱۶-۲۸: نه‌تنها در پی اجتناب از مصرف مصالح زیان‌آوریم، بلکه می‌خواهیم آن‌ها را به‌خوبی بشناسیم و از ساختمان‌های موجـــودی که دوباره از آن‌ها اســـتفاده می‌شود، حذف کنیم.

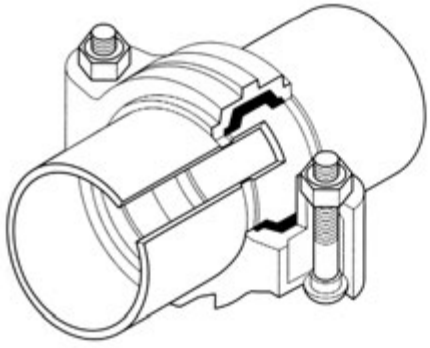
- دیرسوزکن‌های هالوژن‌دار
- هیدروکلروفلوئوروکربن‌ها (HCFC)
- سرب (اضافه‌شده)
- جیوه
- کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها
- فتالات‌ها
- پلی‌وینیل‌کلرید (PVC)
- مـــواد عمل‌آورنـــده‌ی چوب حـــاوی کرئوزوت، آرســـنیک، یا پنتاکلروفنول

طراحان حرفه‌ای ساختمان سبز، گذشته از پرهیز از مصرف مصالح زیان‌آور، در پی مشخص کردن مصالح با سمّیت کم نیز هستند. سمّیت کم معمولا به این معناست که محتوای شیمیایی آلی فرّار (VOC) مصالح پایین باشد. این مصالح عبارت‌اند از چسب‌ها، افزاینده‌های بتن و آب‌بندها، فرش‌ها، رنگ‌ها، ورنی‌ها، مواد درزبند، مواد جوشی پلاستیکی، و جلاهای با VOC پایین. این مصالح را با مصالح با قدرت انتشار کم نیز می‌نامند. مصالحی را می‌توان مصالح با VOC پایین دانست که با استانداردهای سخت‌گیرانه‌ی محتوای VOC، مانند ضوابط ناحیه‌ی مدیریت کیفیت هوای ساحل جنوبی کالیفرنیا (SCAQMD) در مورد چسب‌ها، مواد درزبند، آسترهای درزبند، کیلرها، پوشش‌های کف، جلاها، آسترها، سیلرها، و شلاک‌ها؛ یا برنامه‌ی برچسب سبز انستیتو فرش و قالیچه، تطبیق داشته باشند.

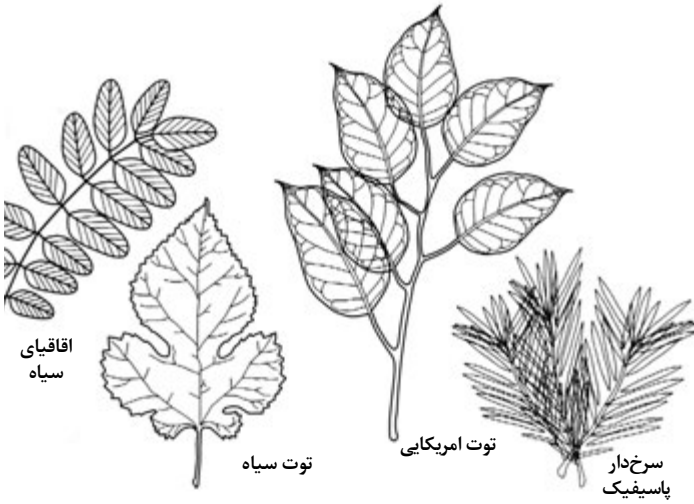
فراتر از رویکردهای مصرف مصالح با سمّیت پایین، رویکردهایی هستند که در آن‌ها اصلا از مواد شیمیایی استفاده نمی‌شود. مثلا به‌جای چسب از هم‌بندهای مکانیکی، به‌جای رنگ‌کاری چوب، از چوب رنگ‌کاری نشده، و به‌جای لحیم‌کاری، جوشکاری، یا زردجوش‌کاری لوله، از اتصالات مکانیکی استفاده می‌شود.

دسته‌ای از مصالح که از مدت‌ها پیش در آماده‌سازی آن‌ها از مواد شیمیایی استفاده شده است، چوب عمل‌آوری شده با مواد محافظ، به‌ویژه برای کاربرد در فضای بیرون است. به‌عنوان جایگزین، می‌توان سازه‌ها و حصارهای خارجی را از چوب مقاوم در برابر پوسیدگی ساخت و از چوب عمل‌آوری‌شده استفاده نکرد. وزارت کشاورزی امریکا چهار گونه چوب بومی این کشور را معرفی کرده است که در برابر پوسیدگی مقاومت استثنایی دارند: اقاقیای سیاه، توت سیاه، توت امریکایی ، و سرخدار پاسیفیک. گونه‌های سخت‌چوب غیربومی گرمسیری که در برابر پوسیدگی مقاومت استثنایی دارند عبارت‌اند از: سنبل ختایی، آزوب، گونگالو آلوز، اوکالیپتوس مارگیناتا، توسبز، توسرخ ، و ساج رویش اول. دسته‌ی دیگری از چوب‌های مقاوم در برابر پوسیدگی، که آن‌ها را مقاوم یا بسیار مقاوم می‌دانند شامل گونه‌های سرو سرسفید رویش اول، درخت جوالدوز، سرو (سرو شرقی یا سرو سرخ غربی)، گیلاس سیاه، شاه‌بلوط، سرو کوهی، اقاقیا، بلوط سفید، سرخدار رویش اول، ساسافراس، و گردوی سیاه است. سرانجام، گونه‌های داخلی زیر در برابر پوسیدگی مقاومت متوسطی دارند: سنبل ختایی بازروییده، صنوبر داگلاس، سیاه‌کاج شرقی، سیاه‌کاج غربی، کاج سفید شرقی رویش اول، کاج برگ‌دراز رویش اول، کاج مورب رویش اول، و سرخدار بازروییده. در بسیاری از موارد، این گونه‌ها به صورت تجارتی پرورش داده نمی‌شوند و یافتن آن‌ها ممکن است دشوار باشد. در این مورد نیز بهتر است چوبی را انتخاب کنید که به تأیید شورای جنگل‌داری رسیده باشد، زیرا تأیید این شورا نشان‌دهنده‌ی این است که برداشت و فراوری چوب مورد نظر موجب تخریب محیط زیست نشده است.

۱۶-۲۹: علامت تجاری گرین سیل (مهر سبز)، سازمانی غیرانتفاعی که استانداردهای توسعه‌ی پایدار برای فراورده‌ها، خدمات، و شرکت‌ها را بر مبنای دوره‌ی عمر تعیین می‌کند.



۱۶-۳۰: پرهیز از مصالحی که حتی کمی سمّی هستند، با استفاده از هم‌بندهای مکانیکی، به‌جای چسب و اتصالات مکانیکی لوله، به‌جای جوش‌کاری، زردجوش‌کاری، یا لحیم‌کاری.



۱۶-۳۱: گونه‌های چوب مقاوم در برابر پوسیدگی.

مبرّدها

استفاده از گروهی از مبرّدها که مخصوصا برای محیط زیست زیان دارند، در ساختمان‌های سبز توصیه نمی‌شود یا ممنوع است. این مبرّدها یا در تخریب لایه‌ی اوزون نقش بالقوه مهمی دارند (ODP) یا تأثیر بالقوه‌ی آن‌ها در گرم کردن کره‌ی زمین چشمگیر است (GWP)، یا هر دو عیب را دارند. استفاده از مبرّدهای کلروفلوئوروکربنی (CFC)، شامل R-۱۱ و R-۱۲ در دهه‌ی ۱۹۹۰ ممنوع شد و فعالانه تلاش می‌شود تا تجهیزات حاوی این مواد شیمیایی ، وقتی در ساختمان‌های در حال بازسازی یافت می‌شوند، با تجهیزات دیگری جایگزین شوند. کلر موجود در این مواد شیمیایی با اکسیژن ترکیب می‌شود و اوزون را نابود می‌کند. دو مبرّد هیدروکلروفلوئوروکربنی (HCFC) متداول، R-۲۲ و R-۱۲۳، کمتر از کلروفلوئوروکربن‌ها اوزون را نابود می‌کنند، اما امروزه استفاده از آن‌ها نیز منسوخ شده، زیرا به هر صورت آن‌ها نیز موجب تخریب لایه‌ی اوزون می‌شوند. مبرّدهای امروزی، که اصلا اوزون را نابود نمی‌کنند، هیدروفلوئوروکربنی (HFC) اند و R-۴۰۷c، R-۴۱۰a، و R-۱۳۴a نام دارند. این هر سه مبرّد نیز ممکن است نهایتا از دور خارج شوند، زیرا موجب گرم شدن کره‌ی زمین می‌شوند.

یکی از موضوعات مرتبط با ساختمان سبز، گرایش شدید به سمت استفاده از پمپ‌های حرارتی برای هر دو فرایند گرمایش و سرمایش است. این پمپ‌ها شامل پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی، پمپ‌های حرارتی با منشأ هوا، و پمپ‌های حرارتی با مدار آب بویلر - برج خنک‌کننده‌اند. همه‌ی پمپ‌های حرارتی از مبرّد استفاده می‌کنند.

در کوتاه‌مدت، ساختمان‌های سبز باید مبرّدهای مصرفی خود را به آن‌هایی محدود کنند که اصلا اوزون را نابود نمی‌کنند. در این‌جا بحث را به سمت مبردهایی هدایت می‌کنیم که موجب گرم شدن زمین می‌شوند. توجه داریم که تأثیر این مواد شیمیایی پیوسته نیست، بلکه فقط هنگامی تأثیر می‌کنند که از مدار بسته‌ی خود به بیرون نشت کنند. بنابراین پرسش بجایی که مطرح می‌شود این است که تأثیر نسبی نشت این مواد بر گرم شدن زمین، در مقایسه با تأثیر پیوسته‌ی مصرف انرژی، چیست. هنوز هم اثر اتلاف انرژی بر گرم شدن زمین، بیشتر از اثر نشت این مبرّدهاست. مثلا تأثیر نشت نمونه‌وار مبرّد R-۴۱۰a بر گرم شدن زمین کمتر از ۳٪ اثر ناشی از مصرف انرژی توسط پمپ حرارتی حاوی R-۴۱۰a است.

۱۶-۳۲: *مبرّدها و اثر بالقوه‌ی آن‌ها بر محیط زیست.*

مبرّد	توانایی بالقوه‌ی نابودسازی اوزون (ODP)	توانایی بالقوه‌ی گرم کردن زمین (GWP)	نوع	تذکر
R-۱۱ تری‌فلوئورومتان	۱	۴۰۰۰	CFC	در دهه‌ی ۱۹۹۰ از رده خارج شد
R-۱۲ تری‌کلروفلوئورومتان	۱	۲۴۰۰	CFC	در دهه‌ی ۱۹۹۰ از رده خارج شد
R-۲۲ کلروفلوئورومتان	۰٫۰۵	۱۷۰۰	HCFC	سال‌های بسیار مصرف گسترده‌ای داشت، اما به سبب بالا بودن ODPو GWP از رده خارج شد. از سال ۲۰۱۰ به این طرف تجهیزات جدید با R-۲۲ ساخته نمی‌شود. تولید R-۲۲ برای خدمات‌رسانی به تجهیزات موجود تا سال ۲۰۲۰ ادامه خواهد داشت
R-۱۲۳ دی‌کلروفلوئوروتان	۰٫۰۲	۰٫۰۲	HCFC	به‌عنوان جایگزین R-۱۱ کاربرد گسترده‌ای داشت. تجهیزات حاوی R-۱۲۳ از سال ۲۰۲۰ دیگر تولید نخواهند شد. تولید R-۱۲۳ در سال ۲۰۳۰ متوقف خواهد شد.
R-۱۳۴a تترافلوئوروتان	۰	۱۳۰۰	HFC	برای کاربرد در چیلرها، یخچال‌ها، و کولر اتومبیل‌ها با استقبال روبه‌رو شده است. به سبب تأثیر در گرم شدن زمین، بررسی روی از رده خارج کردن آن شروع شده است.
R-۱۵۲a ۱،۱ دی‌فلوئوروتان	۰	۱۲۴	HFC	به‌عنوان جایگزین R-۱۳۴a در دست بررسی است.
R-۲۹۰ پروپان	۰	۳	HC	به‌عنوان جایگزین R-۱۳۴a در دست بررسی است.
R-۴۰۷c (۲۳٪ R-۳۲ ، ۲۵٪ R-۱۲۵ ، ۵۲٪ R-۱۳۴a)	۰	۱۶۰۰	HFC	به‌عنوان جایگزین R-۲۲ از آن استقبال گسترده‌ای شده است.
R-۴۱۰a	۰	۱۸۹۰	HFC	در ایالات متحده‌ی امریکا، به‌عنوان جایگزین R-۲۲ استقبال گسترده‌ای از آن شده است. به سبب تأثیر در گرم شدن زمین، بررسی روی از رده خارج کردن آن شروع شده است.
R-۷۱۷ آمونیاک - NH_3	۰	۰	-	سمی است. در بعضی از تجهیزات سرمایش جذبی به‌کار می‌رود.
R-۷۴۴ کربن دیوکسید - CO_2	۰	۱	-	
R-۱۲۳۴yf	۰	۴	HFO	ممکن است به‌عنوان جایگزین R-۱۳۴a مصرف شود.

برای محدود کردن تأثیر مبرّدها بر گرم شـدن زمین، در ساختمان‌هایی که از پمپ حرارتی استفاده می کنند، بهتر است به ترتیب زیر عمل کرد:

- خواسـتار انجام آزمون نشـت‌یابی قبل از افزودن مبرّد به سیستم شـوید، مثلا انجام آزمون فشار مثبت با نیتروژن، و خلأ عمیقی که طی دوره‌ی معینی برقرار بماند نشـانه‌ی عدم نشت است. گزارشی مکتوب از نتایج این آزمون‌ها درخواست کنید.
- اتخاذ تدابیری برای آشکارسـازی نشت در موتورخانه‌ها را خواستار شوید.
- سـاختمان را به‌طور کلـی کارآمد طراحی کنید. سـاختمان‌هایی کـه بازده مصرف انرژی آن‌ها تا حد امکان بالا باشـد، به تجهیزات گرمایش و سـرمایش کوچک‌تری نیاز خواهند داشـت که به‌معنای شـارژ مبرّد کمتر در آن‌هاسـت. اگر انـدازه‌ی تجهیزات گرمایش و سـرمایش بعد از تکمیل طراحی پوش و سیستم روشنایی انتخاب شود، و اگر سند نیازهای پروژه‌ی مالک از لحاظ کاربری، زمان‌بندی و سـایر نیازهای مالک دقیق باشـد، کوچک‌ترین تجهیزات ممکن انتخاب خواهند شد.
- از گرمایش و سـرمایش فضاهایـی که به این خدمـات نیاز ندارند خودداری کنید. به این ترتیب ظرفیت سیستم کاهش می‌یابد و در نتیجه به مقدار کمتری مبرّد نیاز خواهد داشت.

طراحی برای کاهش تأثیر مواد پس از ساخت

حین طراحی سـاختمان‌های جدید، می‌توان تدابیری برای کاهش تأثیر مواد پس از ساخت اتخاذ کرد؛ به عنوان متال می‌توان مصرف مواد پس از ساخته شدن ساختمان را کاهش داد.

مثلا می‌توان اتاق‌ها یا فضایی را برای استقرار سیستم مدیریت یکپارچه‌ی ضایعات جامد، شـامل مکان‌هایی بـرای جمـع‌آوری و نگهداری مواد قابل بازیافـت، مکان‌هایی برای جمع‌آوری و توزیـع مجدد فراورده‌ها و تجهیزاتـی که می‌توان دوباره از آن‌ها اسـتفاده کرد، و مکان‌هایی برای تولید کمپوسـت تخصیص داد. اتخاذ این تدابیر به کاربران سـاختمان کمک می‌کند که با بازیافت، مصرف مجدد، و کمپوست‌سازی، از هدایت ضایعات و زباله‌های تولیدی به زمین‌چاله‌ها جلوگیری کنند.

به‌علاوه، می‌توان مصالح مصرفی در سـاخت را مستند کرد تا جایگزینی به حداقل برسـد. مثلا، اگر جزئیات فراورده‌ای مانند رنگ، از قبیل نام سـازنده، نام و شـماره‌ی رنگ، و منابع محلی خریـد آن در دفترچه‌ی راهنمای مالک یا در سـندی دیگر ذکر شـود، وقتی اتاقی به لکه‌گیری نیاز داشـته باشـد، رنگ کردن کامل آن ضرورت پیدا نخواهد کرد؛ در این صورت فقط باید مقدار کمی رنگ سـفارش داد. این نکته در مورد مواد مصرفی مانند رنگ، هم‌چنین در مورد یراق‌آلات دروپنجره، ابزارها، کرکره‌ها، و اثاثیه‌ی جزئی مصداق دارد.

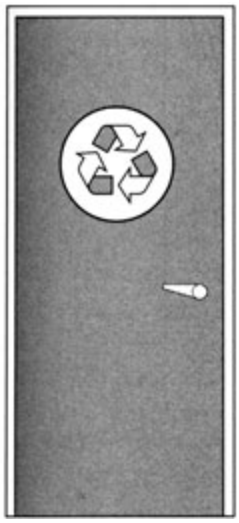
طراحی برای تخریب هدفمند، اسـتفاده‌ی دوباره از مصالح ساختمانی در پایان دوره‌ی عمر سـاختمان پیشـنهادی را تسهیل می‌کند. اصول طراحی برای تخریب هدفمند شامل استفاده از شیوه‌ی ساخت مدولی، ساده‌سازی اتصالات، انتخاب هم‌بندهایی که بتوان به آسانی آن‌ها را باز کـرد، کاهش تعداد هم‌بندها در صورت امـکان، انتخاب مصالح بادوام و قابل اسـتفاده‌ی مجدد، و کاهش پیچیدگی ساختمان است. تهیه‌ی مسـتندات خاص هر سـاختمان برای تخریب هدفمند، به تسهیل این عملیات در آینده کمک می‌کند.

مدیریت نخاله‌های ساختمانی

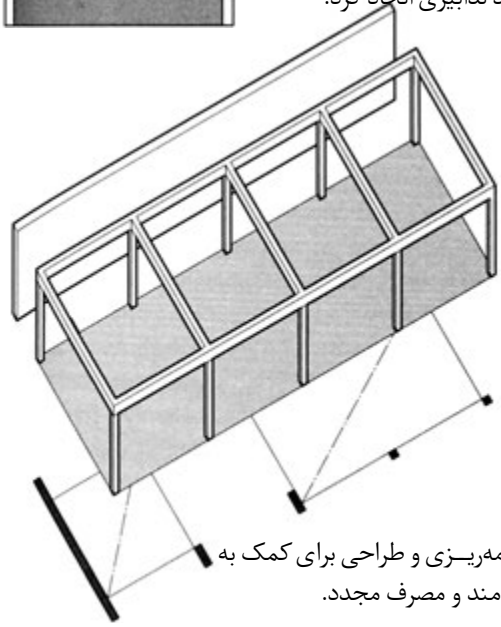
تمرکز اصلی مدیریت نخاله‌های سـاختمانی بر کاهش مقدار نخاله برای جلوگیری از پر شدن زمین‌چاله‌هاست.

تولید نخاله‌ی کمتر با مصرف کارآمد مصالح

فرایند مدیریت نخاله‌های سـاختمانی قبلا و از طریـق توجه به کارآیی مصالح در مراحل طراحی و تدارکات شـروع شده است. با تعیین مقدار مصالح با جزئیات بیشتر، کارآیی تدارکات افزایش و میزان نخاله‌ی تولیدی کاهش خواهد یافت.



۱۶-۳۳: بـرای جمـع‌آوری و نگهداری مواد قابل بازیافت؛ جمـع‌آوری و توزیع مجـدد فراورده‌هـا و تجهیزاتی که باید دوبـاره مصرف شـوند؛ و بـرای تولید کمپوست باید تدابیری اتخاذ کرد.



۱۶-۳۴: برنامه‌ریـزی و طراحی برای کمک به تخریب هدف‌مند و مصرف مجدد.

محافظت از مصالح ساختمانی قبل از مصرف

محافظت از مصالح ساختمانی قبل از مصرف در کارگاه ساختمانی اولویت دارد. در این‌جا هدف ما نه‌تنها جلوگیری از صدمه دیدن مصالح و تنزل کارکرد آن‌هاست، بلکه جلوگیری از آسیب‌های ناشی از رطوبت که می‌توانند موجب تنزل کیفیت هوای داخل به سبب رشد قارچ‌ها شوند، و جلوگیری از اتلاف مصالح به علت غیرقابل استفاده شدن آن‌ها نیز مورد نظر است. در مورد اخیر، با گذشت زمان احتمالا شاهد توجه بیشتر به حمل مصالح، به‌منظور جلوگیری از صدمات حین حمل که ممکن است موجب ضایع شدن مصالح شود، خواهیم بود. شاید روش‌های کنترل کیفیت نیز در قبول مصالحی که آسیب بسیار جزئی یا سطحی دیده‌اند، اغماض بیشتری نشان دهند. و در نتیجه ضایعات کاهش یابد، بدون این‌که به یکپارچگی ساختمان آسیبی وارد شود.

دور کردن ضایعات از زمین‌چاله‌ها

هدف اصلی مدیریت ضایعات در ساختمان سبز جلوگیری از انباشت زمین‌چاله‌هاست. یکی از راهبردهای تحقق این هدف برنامه‌ریزی در مرحله‌ی طراحی، مثلا با مشخص کردن ضایعات قابل بازیافت یا مصرف مجدد است. می‌توان اهدافی برای تغییر مسیر ضایعات، خواه وزنی و خواه حجمی، تعیین کرد، تدابیری برای جمع‌آوری، تفکیک، و نگهداری ضایعات قابل بازیافت اتخاذ کرد، و شرایط دنبال کردن و سنجش مقدار ضایعات برای تحقق اهداف تغییر مسیر ضایعات را نیز مشخص نمود. به مرور زمان، انتظار می‌رود تلاش، حتی برای جلوگیری از رسیدن ضایعات به کارگاه ساختمانی، افزایش یابد. این هدف، مثلا با کوچک‌تر کردن بسته‌بندی‌ها، تحقق خواهد یافت.

سایر مسائل مربوط به مصالح

شفافیت

به‌منظور ارزیابی متوازن محتویات مصالح - مواد شیمیایی، انرژی صرف‌شده، مصالح طبیعی و بازیافتی، منشأ محلی یا ناحیه‌ای، و



۱۶-۳۵: شفافیت در برچسب‌زنی مصالح ساختمانی، ارزیابی متوازن آن را امکان‌پذیر می‌کند.

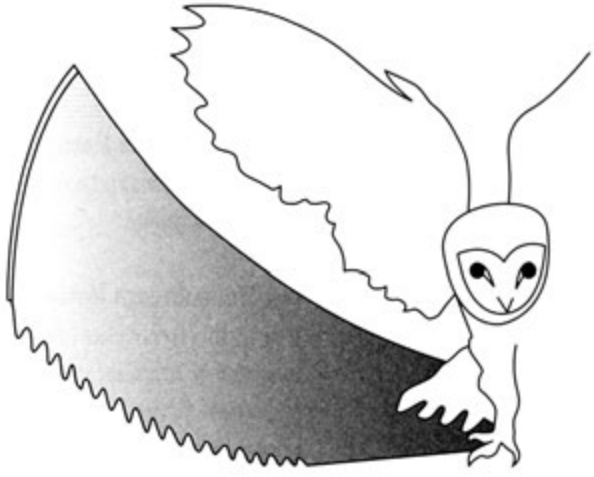
سایر خواص مطلوب یا نامطلوب - داشتن برچسب به منزله‌ی یکی از ویژگی‌های مهم مصالح ساختمانی سبز مطرح شده است.

دوام

دوام از خواص سبز شمرده می‌شود، زیرا تعویض مصالح را به تأخیر می‌اندازد و در نتیجه از ته کشیدن منابع و مصرف انرژی صرف‌شده برای این عمل جلوگیری می‌کند. هم‌چنین می‌توان فراورده‌هایی را انتخاب کرد که نیازی به تعمیرونگهداری منظم نداشته باشند، مانند کف‌پوش‌های لاستیکی که نیازی به واکس زدن منظم ندارند.

بوم‌سانی

بوم‌سانی حوزه‌ی نوآیند بررسی این موضوع است که چگونه سیستم‌های ساخته‌ی انسان می‌توانند از بررسی سیستم‌های طبیعی منتفع شوند. در معماری، مصالح طبیعی می‌توانند بر بازده مصرف انرژی و مصالحی که در ساخته‌های خود شدیدا در پی دستیابی به آن هستیم، به‌خوبی تأثیر بگذارند. از شکل‌های طبیعی مانند استوانه و مربع، نسبت‌بندی‌های متوازن، و نسبت‌های سطح کارآمد، می‌توان برای افزایش کارآیی طراحی ساختمان استفاده کرد. طبیعت الگوهای بسیار خوبی برای فرایندهایی که در محیط ساخته شده انجام می‌شوند، مانند تصفیه‌ی آب، گرمایش، سرمایش و تهویه در اختیار ما می‌گذارد. بوم‌سانی را باید همراه با عقل سلیم به‌کار گرفت، زیرا اگرچه بسیاری از مصالح، شکل‌ها، و فرایندهای طبیعت ذاتا از لحاظ مصرف انرژی و مواد کارآمدند، برخی از آن‌ها چنین نیستند.

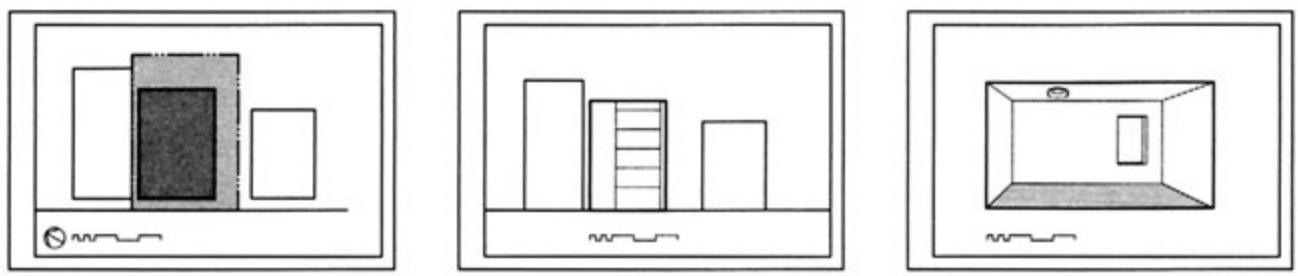


۱۶-۳۶: تسیئل آبگ، سازنده‌ی آلمانی، به تازگی نوعی پره‌ی فَن را به بازار عرضه کرده است که لبه‌های آن مضرس است و از لبه‌های بال جغد الگو گرفته است؛ با این تدبیر خواص آئرودینامیکی پره بهبود یافته، مصرف انرژی و تولید صدای آن کاهش می‌یابد.

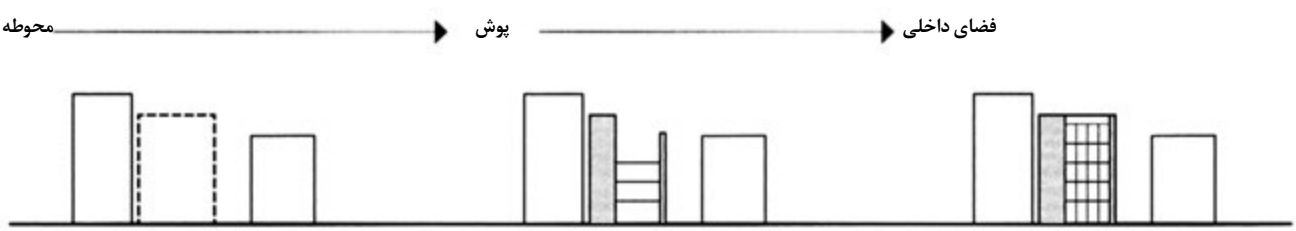
۱۷ برنامه‌ی زمانی، ترتیب عملیات، و قابلیت خرید

برنامه‌ی زمانی و ترتیب عملیات

طراحی از خارج به داخل، ترتیب نمونه‌وار رویدادها در هر پروژه‌ی ساختمانی را موازی با هم پیش می‌برد. ساخت با انتخاب محوطه آغاز می‌شود، به طراحی پوش می‌رسد و در داخل ساختمان به پایان می‌رسد.



طراحی



ساخت

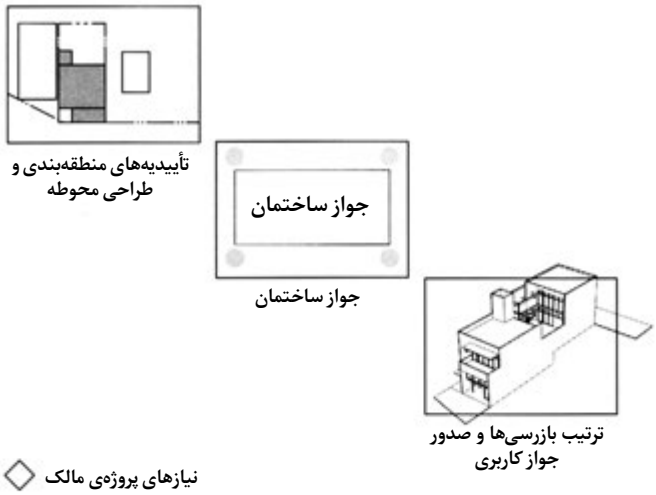
۱۷-۰۱: طراحی از خارج به داخل، از انتخاب محوطه تا طراحی پوش و سپس فضای داخلی، موازی با رویدادهای اجرایی ساخت انجام می‌شود.

تأییدیه‌های رسمی مختلف نیز ترتیب از خارج به داخل را دنبال می‌کنند. تأیید طرح‌ریزی محوطه معمولا مدت‌ها قبل از صدور مجوز ساخت انجام می‌شود. تأییدیه‌های پی و سازه نیز قبل از بازرسی تأسیسات برقی و مکانیکی صادر می‌شود که به‌نوبه‌ی خود غالبا قبل از بازرسی داخلی کامل توسط بازرس ساختمان انجام می‌گیرد.

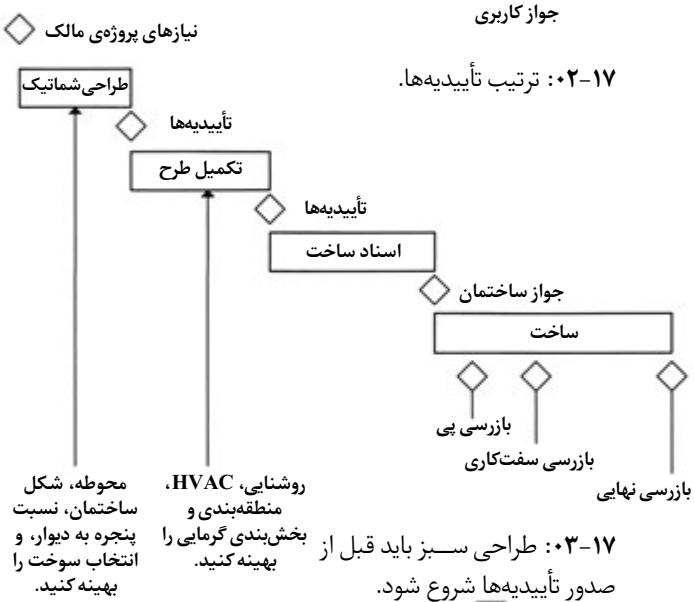
منظور این نیست که طراحی سبز به موازات اجرا انجام می‌شود، یا حتی با صدور تأییدیه‌ها موازی است. طراحی سبز بیش‌ترین کارآیی را قبل از صدور تأییدیه‌ها دارد. در غیر این صورت، غالبا ممکن است نمای ساختمان تأییدیه‌ی منطقه‌بندی را بگیرد، آن‌هم در مرحله‌ای که دیگر نتوان شکل ساختمان یا طرح پنجره‌های آن را، به‌منظور کاهش مصرف انرژی، بهینه‌سازی کرد. دست‌کم، بهینه‌سازی سیستم مصرف انرژی باید قبل از شروع مراحل تأیید انجام شود.

منظور از تأییدیه تنها تأییدیه‌های صادرشده توسط مقامات محلی نیست، بلکه تأییدیه‌های مالک یا صاحب‌کار را نیز شامل می‌شود. اگر مالک طرح ساختمان را قبل از بررسی سیستم‌های انرژی یا تأثیر آن‌ها انتخاب کند و بعد معلوم شود این طرح از لحاظ مصرف انرژی کارآمد نیست، معمار و مالک در وضعیت دشوار دفاع از طرحی ناکارآمد یا تلاش برای تغییر دادن طرح قرار می‌گیرند.

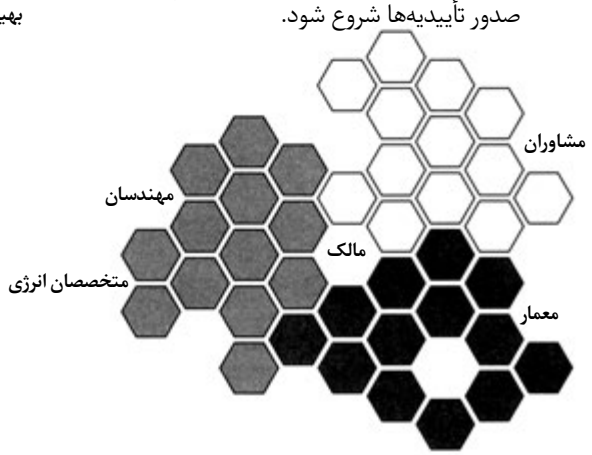
مدافعان طراحی جمعی از درگیری کل گروه طراحی، شامل متخصصان انرژی و مالک، از آغاز پروژه‌ی طراحی، حمایت می‌کنند. این تحولی مثبت است. بدون استفاده از روش طراحی جمعی، گاهی مدل‌های انرژی برای ساختمان‌هایی تهیه می‌شود که طرح آن‌ها نهایی شده و در نتیجه مهم‌ترین هدف از تهیه‌ی مدل انرژی که تأثیر در طراحی است، تحقق‌پذیر نخواهد بود. در این بزنگاه، تنها می‌توان اصلاحات جزئی در طرح انجام داد تا مصرف انرژی به میزانی کاهش یابد که گاه چنان ناچیز است که در صورت‌حساب‌های خدمات شهری بازتابی ندارد. بنابراین، مالک یا مستأجران ناگزیرند طی دوره‌ی عمر ساختمان صورت‌حساب‌های گزاف برای خدمات شهری پرداخت کنند، در حالی که امکان اجتناب از این وضعیت وجود داشته است. هم‌چنین ناگزیر از پرداخت مبالغ گزاف‌تر از میزان لازم برای هزینه‌ی ساخت خواهند شد. بررسی اولیه‌ی طرح انرژی می‌تواند از بروز چنین وضعیت‌هایی جلوگیری کند.



۱۷-۰۲: ترتیب تأییدیه‌ها.



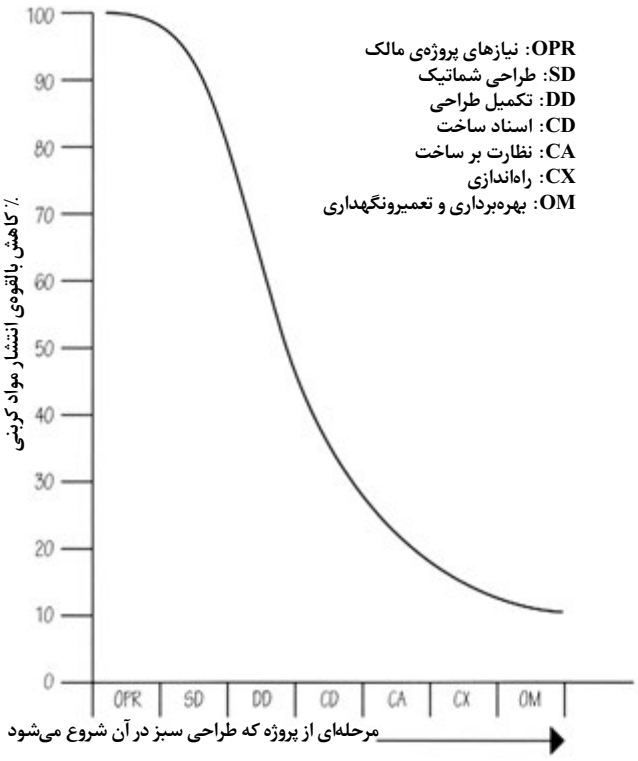
۱۷-۰۳: طراحی سبز باید قبل از صدور تأییدیه‌ها شروع شود.



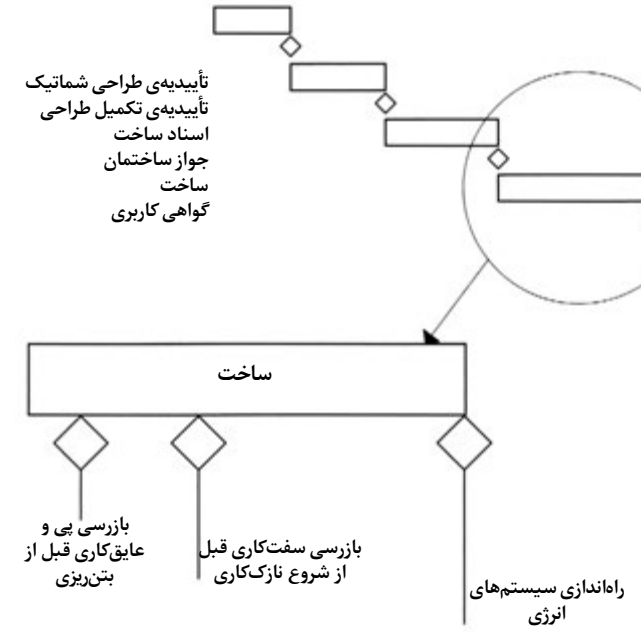
۱۷-۰۴: طراحی جمعی مستلزم شرکت همه‌ی طرف‌های ذینفع در فرایند طرح‌ریزی، طراحی، و ساخت است.

دیــدگاه دیگری برای نگرش به طراحی و ســاخت امکان بالقوه‌ی کاهش انتشار مواد کربنی است. اگر از ابتدای هر پروژه روی طراحی ســبز تمرکز کنیم، ممکن است بتوانیم میزان انتشار مواد کربنی را به‌طور بالقوه تا ۱۰۰٪ نســبت به ســاختمان‌های سنتی کاهش دهیم. امکان تأثیرگذاری بر انتشار مواد کربنی در مراحل اولیه‌ی طراحی به‌سرعت کاهش می‌یابد. اگر در مرحله‌ی طراحی شماتیک جنبه‌های ســبز را بررســی نکنیم و مثلا شکل و نسبت پنجره به دیوار را تثبیت کنیم، با محدود بودن ســطح بام یا محوطه برای اســتفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر، قابلیت تأثیرگذاری بر انتشار مواد کربنی به‌شــدت کاهش می‌یابد. به‌عــلاوه، اگر طی مراحل تکمیل طرح جنبه‌های سبز را بررسی نکنیم، تأثیر بالقوه‌ی طرح جانمایی ساختمان، فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع، روشنایی و نوع سیستم HVAC بر میزان انتشار مواد کربنی کاهش خواهد یافت. اگر بررســی جنبه‌های ســبز را در مرحله‌ی تهیه‌ی اسناد ساخت شــروع کنیم، کاهش جزئی میزان انتشــار مواد کربنی، از طریق اصلاحــات جزئی و فرعی، مانند تغییر ضریب U پنجره‌ها یا بازده سیستم HVAC امکان‌پذیر خواهد بود. سرانجام اگر اصلا اصول طراحی ســبز را به‌کار نگیریــم، آن‌گاه توانایی بالقوه برای کاهش میزان انتشار مواد کربنی فقط معرف آن دسته از اصلاحات جزئی خواهد بود که می‌توان در ســاختمان‌های در دست بهره‌برداری یا تعمیر نیز به آن دست یافت.

در مرحله‌ی ساخت، گاهی پیمانکار شتاب‌زده تصمیم‌گیری می‌کند تــا از برنامه‌ی زمانی عقب نماند و هزینه‌ها را به حداقل برســاند. این شتاب‌زدگی ممکن است به بهای بی‌توجهی به جزئیات تمام شود؛ از جمله مهم‌ترین این جزئیات، حفظ پیوستگی مرز گرمایی و کارکرد سیســتم‌های انرژی در زمانی اســت که منافذی هم به پوسته‌ی ســاختمان اضافه می‌شــود - محل عبور لوله‌ی گاز که درزبندی نشده است؛ صفحه‌ی آستانه‌ای که درزبندی نشده است؛ محل عبور کابل برق که درزبندی نشده است؛ محل عبور لوله از یک طبقه به طبقه‌ی دیگر که درزبندی نشــده اســت؛ چارچوب پنجره که درزبندی نشــده است؛ چارچوب در که درزبندی نشده است. اغلب این سوراخ‌های درزبندی نشده زیر نازک‌کاری پنهان خواهند شد. همین‌جاست که نیاز به کنترل کیفیت حین ساخت آشکار می‌شود. بازرسان ساختمان و طراحان حرفه‌ای باید دنبال این قبیل معایب باشند و بتوانند ساختمان را، قبل از نازک‌کاری یا از دید پنهان شدن پی‌ها، دیوارها، پنجره‌ها، بام‌ها، و کف‌ها، و قبل از استقرار سیستم‌های انرژی، بازرسی کنند.



۱۷-۰۵: کاهش انتشار مواد کربنی از طریق توجه به جنبه‌های سبز از ابتدای شروع طراحی.



۱۷-۰۶: بزنگاه‌های مهم در بازرسی‌های ساختمان سبز.

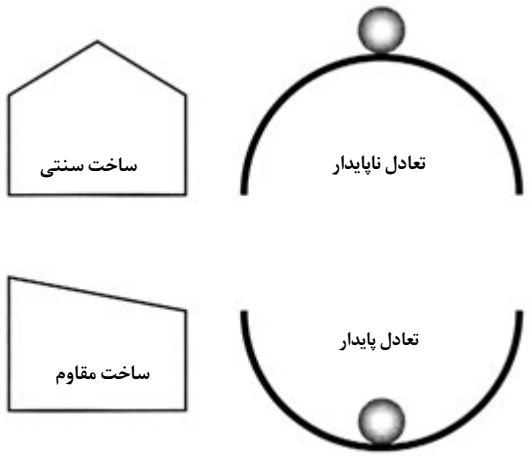
رویکردی تکمیلی طراحی ساختمان‌های مقاوم‌تر و مستحکم‌تر - مثلا ساختمان‌هایی با درزها و منافذ کمتر و استقرار سیستم‌های گرمایش و سرمایش در داخل پوش گرمایی ساختمان است. احتمال وجود نقایص ساخت در چنین ساختمان‌هایی کمتر است و این ساختمان‌ها نقاط بالقوه کمتری برای نشت هوا، پل‌زنی گرمایی، و تلفات توزیع دارند. با شروع از خارج و رفتن به سمت داخل - شکل ساختمان را برای به حداقل رساندن تعداد کنج‌ها و درزها ساده کنید؛ سپس تعداد منافذ درها و پنجره‌ها، و منافذ تهویه و احتراق را کاهش دهید؛ از لایه‌های یکپارچه و محکمی مانند پانل‌های SIP، قالب‌های بتنی عایق کاری‌شده، و ساخت سایر اجزای سازه‌ای از قبیل دیوار و بام با کمترین تعداد سوراخ و درز و امکان پل‌زنی گرمایی استفاده کنید. وقتی تعداد بالقوه‌ی نقاط ضعف کمتر باشد، وابستگی عملکرد ساختمانی که کم انرژی مصرف می‌کند، به شناسایی نقاط ضعف در بازرسی‌های حین ساخت کمتر خواهد شد. می‌توانیم تمثیل تیله‌ی در حال تعادل روی دو سطح مختلف را در نظر بگیریم. روی سطح نیمکره‌ای وارون، تیله وضعیت تعادل خطرناکی دارد و با کوچک‌ترین اختلال فرومی‌غلتد، مگر این‌که دائما بازرسی شده، به وضعیت تعادل ناپایدار خود بازگردانده شود. از طرف دیگر، همین تیله در ته یک کاسه‌ی نیمکره‌ای تعادل پایدار خواهد داشت. تیله همواره به وضعیت اولیه‌ی خود باز خواهد گشت، حتی اگر در تعادل آن اختلالی ایجاد شود. این وضعیت طراحی مقاوم است.

قابلیت خرید

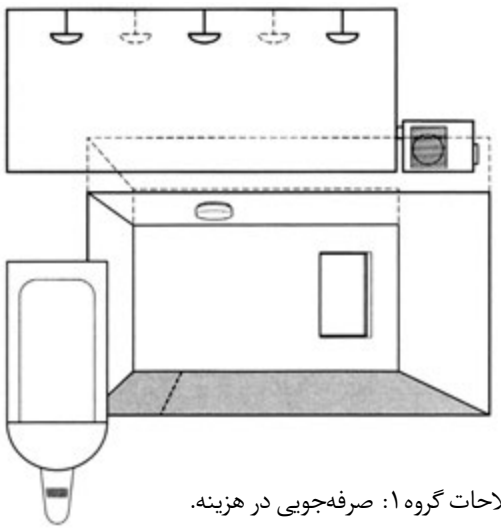
اصلاحات پیشنهادی طراحی سبز ممکن است هزینه‌ی ساخت را کاهش دهد، یا تأثیری در آن نداشته باشد، یا آن را افزایش دهد. هزینه‌های انجام این اصلاحات، بسته به موقعیت جغرافیایی، شرایط اقتصادی محلی، و به مرور زمان، تغییر می‌کند. اما این اصلاحات را می‌توان برطبق میزان تأثیر کلی آن‌ها در هزینه‌ی ساخت دسته‌بندی کرد.

گروه ۱: اصلاحاتی که به‌طور کلی هزینه‌ی ساخت را کاهش می‌دهند. نمونه‌های این دسته عبارت‌اند از:

- کاهش سطح زیربنا
- کاهش سطح ساختمان
- استفاده از قاب‌بندی پیشرفته
- حذف گرمایش و سرمایش از فضاهایی که به آن نیاز ندارند
- کاهش ظرفیت تجهیزات گرمایش و سرمایش و سیستم توزیع، در نتیجه‌ی کاهش بار
- استفاده از چراغ‌های کمتر در نتیجه‌ی کاهش بار روشنایی، که از بهینه‌سازی طرح، ساخت دیوارها و سقف‌هایی با بازتابندگی بیشتر، و اجتناب از نصب چراغ‌های توکار و سقف بلند ناشی می‌شود
- کاهش ظرفیت سیستم تهویه‌مطبوع و سیستم توزیع آن، در نتیجه‌ی کاهش روشنایی مصنوعی
- حذف لوله‌کشی و شیرهای آب سرد، در مواردی مانند پیسوارهای خشک
- کاهش نخاله‌ی ساختمانی
- استفاده از مصالح غیرکامل
- تلفیق کاربری‌ها یا مستأجران مختلف در یک ساختمان، به جای چند ساختمان کوچک‌تر
- استفاده از سازه‌ی نمایان؛ سطوح نازک‌کاری‌نشده
- نمایان گذاشتن تأسیساتی مانند لوله‌ها و کانال‌ها
- حذف فضاهای زیرشیروانی و بام‌های شیب‌دار
- کاهش تعداد درهای خارجی
- کاهش اندازه و تعداد پنجره‌ها



۱۷-۰۷: تمثیلی برای مقایسه‌ی ساخت سنتی و ساخت مقاوم.



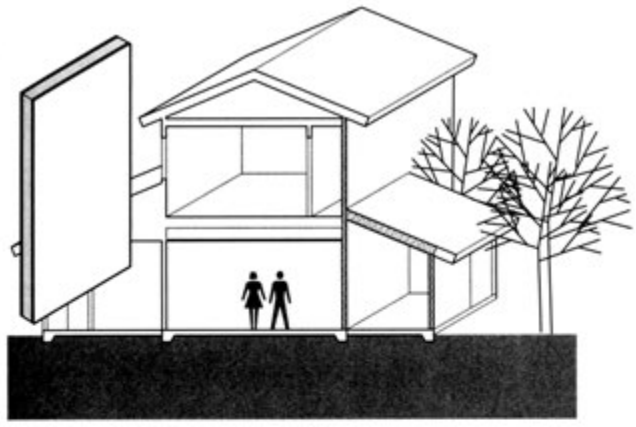
۱۷-۰۸: اصلاحات گروه ۱: صرفه‌جویی در هزینه.

گروه ۲: اصلاحاتی که تقریبا تغییری در هزینه‌ها ایجاد نمی‌کند. نمونه‌های آن عبارت‌اند از:

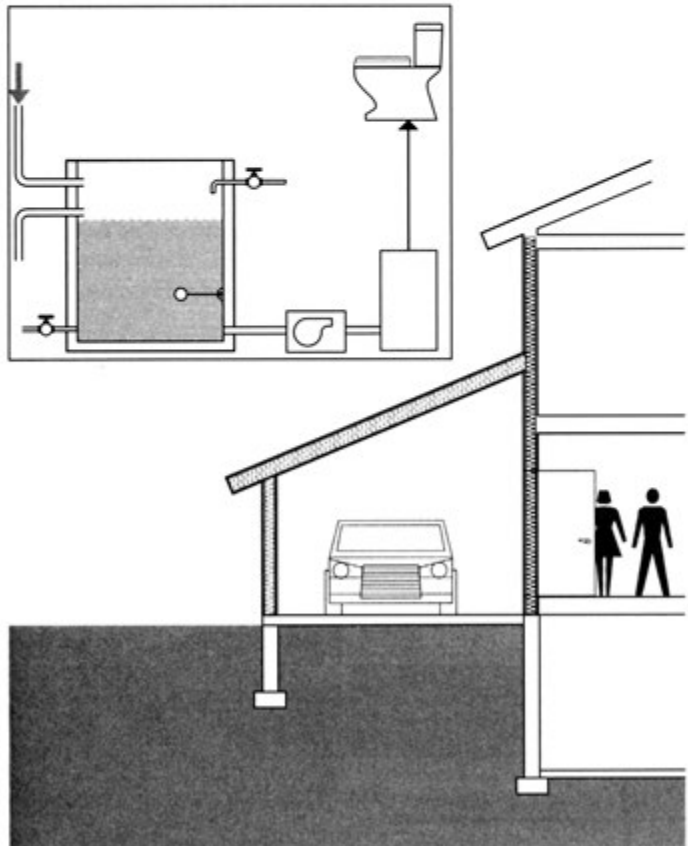
- استفاده از پانل‌های دیوار پیش‌ساخته، مانند SIP، که هزینه‌ی مصالح را افزایش می‌دهند، اما هزینه‌ی نیروی انسانی را پایین می‌آورند.
- استفاده از درختان و سایر پوشش‌های گیاهی برای سایه‌اندازی
- حذف زیرزمین‌ها و زیرزمین‌های کوتاه، و جایگزین کردن آن‌ها با انبارهای چسبیده به ساختمان یا داخل ساختمان
- انتقال فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع به نواحی پیرامونی ساختمان

گروه ۳: اصلاحاتی که موجب افزایش هزینه‌ی ساخت می‌شوند. مثال‌های آن عبارت‌اند از:

- افزایش عایق‌کاری
- افزایش هوابندی
- سیستم‌های گرمایش و سرمایش با بازده بالا
- گرماشکن برای مقابله با پل‌زنی گرمایی
- سیستم‌های آب گرم خانگی با بازده بالا
- استفاده از سایبان و طره‌ی بام
- سیستم‌های تهویه‌ی بازیاب گرما یا بازیاب انرژی
- جمع‌آوری آب باران
- نازک‌کاری‌هایی که موجب افزایش بازده مصرف انرژی می‌شوند، مانند کرکره‌های گرمایی پنجره
- چراغ‌های با بازده بالا
- کنترل‌گرهای روشنایی با بازده بالا
- لوازم خانگی با بازده بالا
- استفاده از مصالحی که مرزهای گرمایی را تحکیم می‌بخشند، مانند تعبیه‌ی درهای عایق‌کاری‌شده بین فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع و فضاهای دارای تهویه‌مطبوع
- اضافه کردن مرز گرمایی دوم به فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع، مانند گاراژ، از طریق عایق‌کاری و هوابندی پوش خارجی
- استفاده از منطقه‌بندی گرمایی
- بخش‌بندی فضاهای ساختمان
- سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر
- مصالحی که مواد زیان‌آور کمتری منتشر می‌کنند
- استفاده از شیوه‌های عایق‌کاری صوتی مناسب



۱۷-۰۹: اصلاحات گروه ۲: خنثا از لحاظ هزینه



۱۷-۱۰: اصلاحات گروه ۳: افزایش هزینه

- بام‌های مشجر
- کنترل کیفیت به‌منظور تضمین تحقق اهداف عملکردی ساختمان
- تهیه‌ی مستندات طبق آیین‌نامه‌ها، استانداردها، و رهنمودهای ساختمان سبز

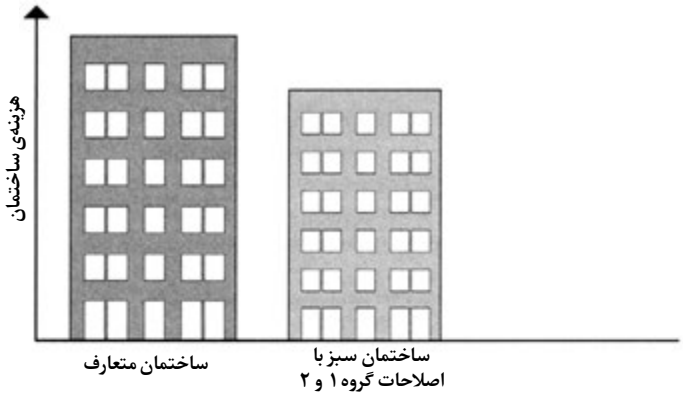
هنگام برآورد هزینه‌های ساخت برای اجرای اصلاحات سبز، باید با خودمان و با کارفرمایمان صادقانه برخورد کنیم. بسیاری از اصلاحات سبز موجب افزایش هزینه‌ی ساخت می‌شوند، و به‌طور بالقوه امکان تحقق بعضی صرفه‌جویی‌ها در هزینه‌ی ساخت، از طریق طراحی سبز، وجود دارد.

دو نکته ممکن است به مشخص‌سازی اولیه‌ی استطاعت مالی برای ساخت ساختمان سبز کمک کند:

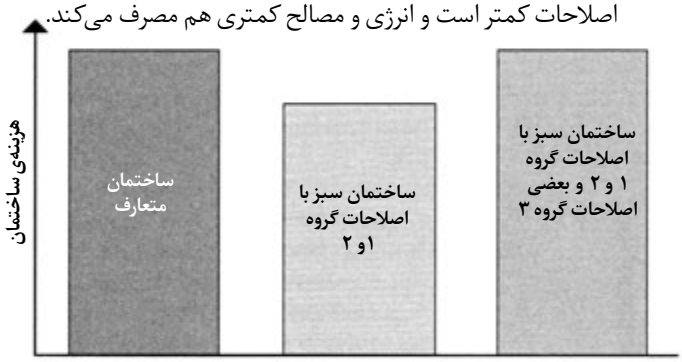
- اگر ساختمانی فقط با استفاده از اصلاحات گروه ۱ (که هزینه‌ی ساخت را کاهش می‌دهند) و اصلاحات گروه ۲ (که در هزینه تأثیر ندارند) طراحی شود، هم هزینه‌ی ساخت کمتری خواهد داشت و هم انرژی و مصالح مصرفی آن، در مقایسه با ساختمانی که بدون توجه به این اصلاحات ساخته شده، کمتر خواهد بود.
- ظاهرا می‌توان صرفه‌جویی‌های حاصل از اصلاحات گروه ۱ را برای جبران هزینه‌های اضافی ناشی از بعضی اصلاحات گروه ۳ (که هزینه‌ی ساخت را افزایش می‌دهند) منظور کرد. می‌توان ساختمانی را در نظر مجسم کرد که هزینه‌ی ساخت آن با ساختمانی که به صورت سنتی طراحی شده برابر است، اما کمتر انرژی مصرف می‌کند و مصالح کمتری در ساخت آن به‌کار رفته است.

اگر هزینه‌ی ساخت یک ساختمان سبز از هزینه‌ی ساخت ساختمان سنتی بیشتر باشد، می‌توان بخشی یا تمامی هزینه‌های اضافی را براساس صرفه‌جویی آتی در هزینه‌های بهره‌برداری، به‌ویژه صرفه‌جویی در هزینه‌های مصرف انرژی، توجیه کرد. این تحلیل موضوع فصل ۱۸ با عنوان کیفیت در طراحی و ساخت سبز است.

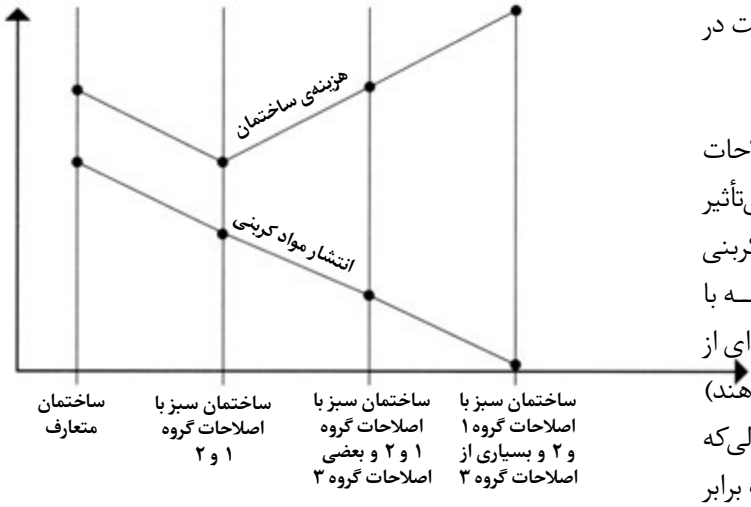
از دیدگاه کاهش انتشار مواد کربنی، ساختمانی که اصلاحات گروه ۱ (کاهش دهنده‌ی هزینه‌های ساخت) و گروه ۲ (بی‌تأثیر در هزینه‌های ساخت) در آن اجرا شده است، مواد کربنی کمتری منتشر می‌کند و هزینه‌ی ساخت آن در مقایسه با ساختمانی متعارف کمتر است. همین ساختمان با پاره‌ای از اصلاحات گروه ۳ (که هزینه‌های ساخت را افزایش می‌دهند) می‌تواند مواد کربنی باز هم کمتری منتشر کند، در حالی‌که هزینه‌ی ساخت آن با هزینه‌ی ساخت ساختمانی متعارف برابر است. سرانجام، انتشار مواد کربنی از ساختمانی با اصلاحات بیشتری از گروه ۳ می‌تواند صفر یا نزدیک صفر باشد، و در عین حال صرفه‌جویی در هزینه‌های بهره‌برداری، ناشی از مصرف انرژی کمتر، موجب شود که هزینه‌ی دوره‌ی عمر آن از ساختمانی متعارف پایین‌تر بیاید.



۱۷-۱۱: هزینه‌ی ساخت ساختمانی که در آن اصلاحات گروه ۱ و ۲ رعایت شده است، از هزینه‌ی ساخت همان ساختمان بدون رعایت این اصلاحات کمتر است و انرژی و مصالح کمتری هم مصرف می‌کند.



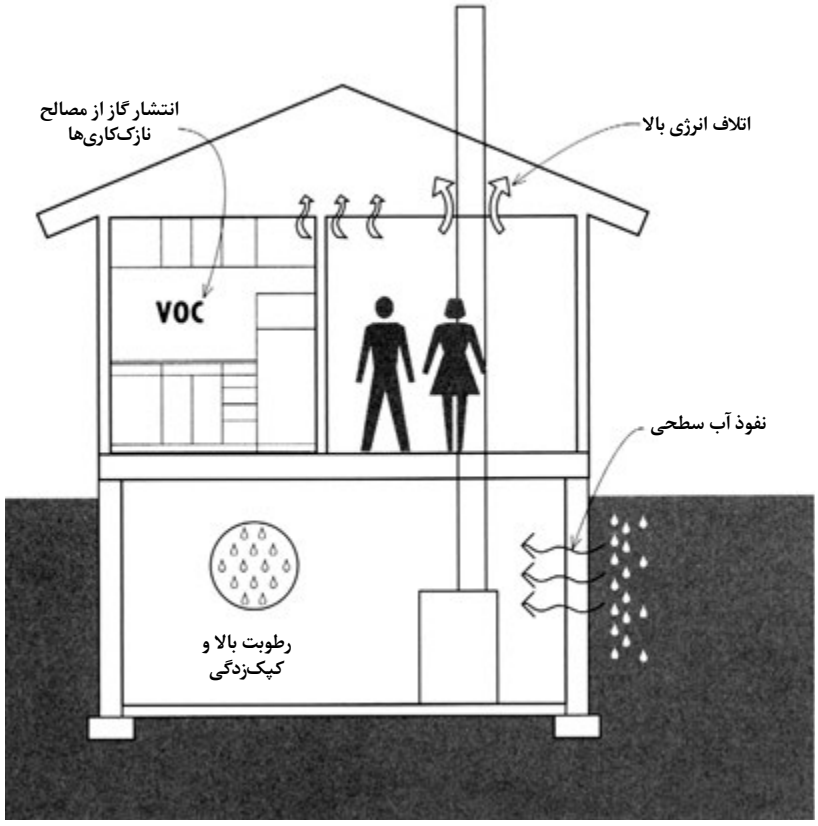
۱۷-۱۲: شاید بتوان صرفه‌جویی ناشی از اصلاحات گروه ۱ را برای جبران هزینه‌ی اضافی ناشی از بعضی اصلاحات گروه ۳ منظور کرد.



۱۷-۱۳: ارزیابی ساختمان از دیدگاه کاهش انتشار مواد کربنی.

۱۸ کیفیت در طراحی و ساخت سبز

همـــه‌ی ســـاختمان‌ها در برابر طراحی و ســـاخت با کیفیت نازل آســـب‌پذیرند. اما ساختمان‌های سبز آســـیب‌پذیری‌های بیشتری دارنـــد که به تـــلاش آن‌ها برای کســـب ویژگی‌های ســـبز مربوط می‌شـــود. نشـــانه‌های کیفیت نازل شـــامل مصرف بالای انرژی، اســـتفاده از مصالـــح نازک‌کاری با محتوای مواد شـــیمیایی بالا و انتشار گاز، و نفوذ آب در نتیجه‌ی بالا بودن رطوبت فضای داخلی و کپک‌زدگی است.



۱۸-۰۱: نشانه‌های نازل بودن کیفیت ساختمان.

ســاختمان سبز ممکن اســت در برابر بعضی انواع خرابی، حتی از ســاختمان‌های متعارف هم آســیب‌پذیرتر باشــد. مثلا اگر در ساختمانی که براساس آهنگ نفوذ کلی ۰/۱ مرتبه تعویض هوا در هر ســاعت (ACH) طراحی شده است، سوراخی ایجاد شود که موجــب نفوذ هوا به میزان ACH ۰/۱ گردد، آهنگ نفوذ آن ۱۰۰٪ افزایش یافته است. این اتفاق ممکن است در سیستم گرمایشی با ظرفیت ناکافی رخ دهد و موجب سرد شدن ساختمان شود. تأثیر همین مقدار نفوذ هوای اضافی در ساختمانی که براساس ACH ۰/۵ طراحی شــده، فقط ۲۰٪ است و احتمالا اصلا حس نخواهد شد. به همین ترتیب، اگر یک منبع آلاینده، مانند موکتی با VOC بالا، اشتباها در ساختمانی سبز نصب شود، غلظت آلاینده‌ها در فضای داخلی این ســاختمان بالاتر از ساختمانی متعارف خواهد بود که بیش از حد تهویه می‌شود یا آهنگ نفوذ هوا در آن بالاست.

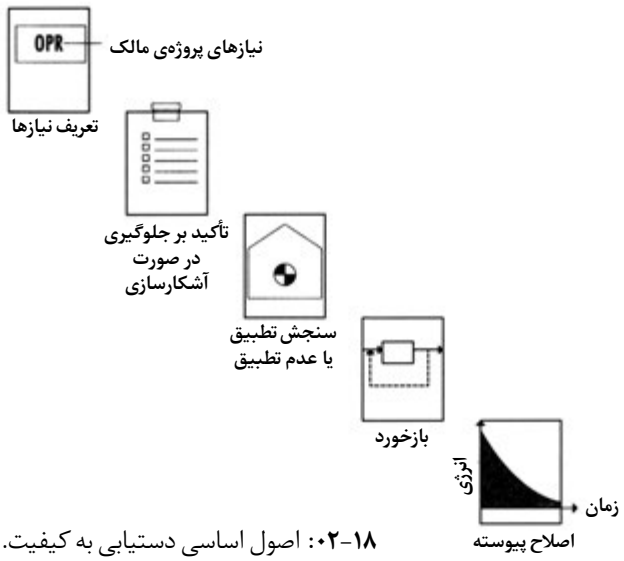
بنابرایــن نیاز مبرمی به کنترل کیفیت در ســاختمان‌های ســبز وجود دارد.

طی چند دهه‌ی گذشــته، بررسی کیفیت بســیار پیشرفت کرده است. اصول اساسی کیفیت عبارت‌اند از:

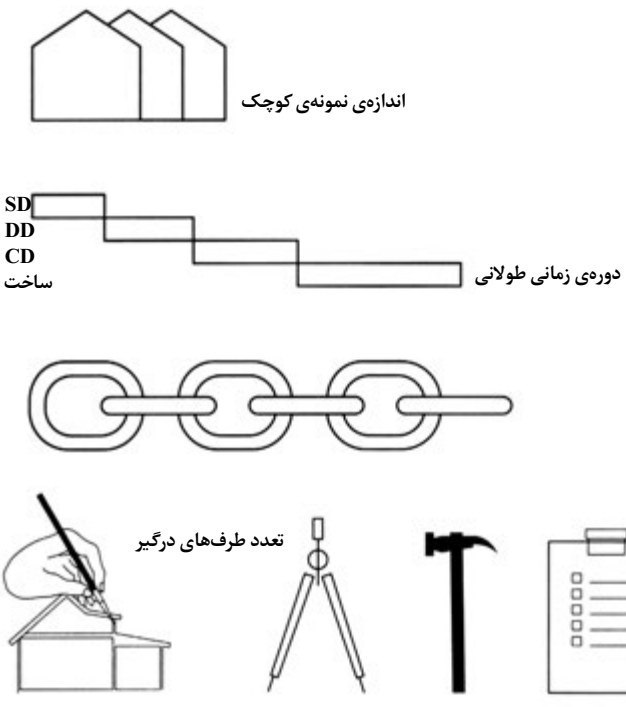
- تعریف نیازها
- جلوگیری از ایجاد عیب، به‌جای تکیه بر آشکارسازی آن
- سنجش تطبیق یا عدم تطبیق با نیازها
- بازخورد
- اصلاح پیوسته

موانع بســیاری در برابر حفظ کیفیت در طراحی و ساخت وجود دارد. بــر خلاف تولیدات دیگر، که حتی ممکن اســت به‌صورت انبوه تولید شوند، ساختمان معمولا فقط یک بار ساخته می‌شود و در تکمیل هر ساختمان اندازه‌ی نمونه‌ها کوچک و دوره‌ی زمانی طولانی اســت. این عوامل ســنجش و بازخورد لازم برای اصلاح پیوســته را به‌تأخیر می‌اندازند. به‌علاوه، در طراحی و ساخت هر ساختمان طرف‌های متعددی درگیرند که هر یک از آن‌ها ممکن اســت حلقه‌ی ضعیفی باشد و تلاش دیگران برای حفظ و ارتقای کیفیت را خنثا کند.

رویکردهایــی کــه برای غلبه بــر این موانع در پیش گرفته شــده عبارت‌انــد از کیفیت طراحی‌شــده، از طریــق به‌کارگیری عناصر ســاختمانی مقاوم و پذیــرش رویکردهای گوناگــون برای کنترل کیفیت حین طراحی و ساخت. این رویکردها عبارت‌اند از تعریف نیازها، بازرسی، راه‌اندازی، سنجش و درستی‌آزمایی، و پایش.



۱۸-۰۲: اصول اساسی دستیابی به کیفیت.



۱۸-۰۳: موانع پیش روی کیفیت در طراحی و ساخت.

کیفیت طراحی‌شده

رویکردی مفید برای به حداقل رساندن مخاطره‌ی ناشی از کاستی‌ها، به ویژه در مورد ویژگی‌هایی مانند مصرف پایین انرژی، طراحی کیفیت در ساختمان است. در رویکرد کلاسیک به کیفیت، این شیوه را جلوگیری از بروز عیب می‌نامند و نقطه‌ی مقابل آشکارسازی عیب است که در آن عیوب حین بازرسی آشکارسازی می‌شوند. کیفیت طراحی شده ما را از بازرسی بی‌نیاز نمی‌کند، اما احتمال بروز خرابی را کاهش می‌دهد.

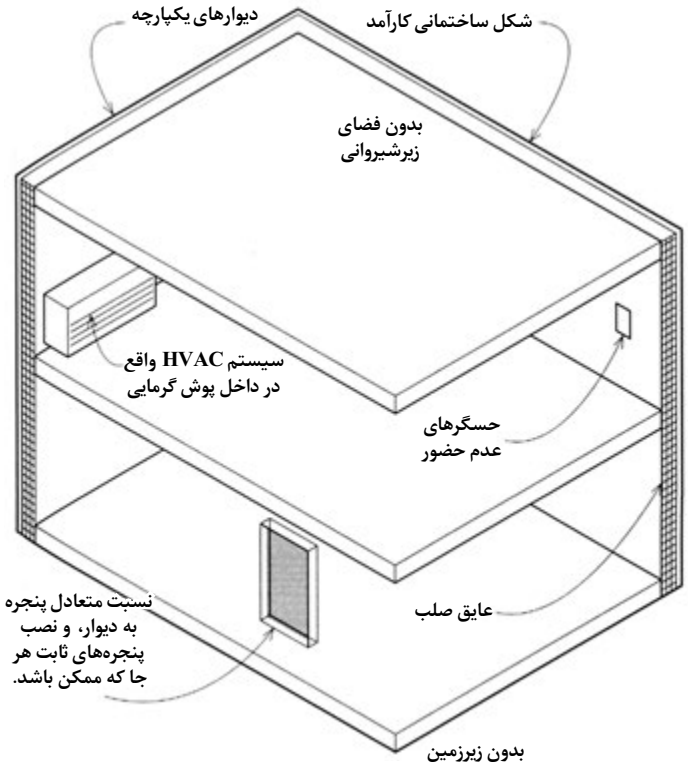
در ساختمان سبز فرصت‌های بسیاری برای طراحی کیفیت وجود دارد. مثلا دیوارهای یکپارچه، مانند آن‌ها که با ICF SIP ، و مصالح مشابه ساخته می‌شوند، منافذ اندکی دارند، مقاوم‌ترند، و احتمال بروز عیب در آن‌ها، در مقایسه با دیوارهای قاب‌بندی‌شده‌ای که در کارگاه ساخته می‌شوند، کمتر است. احتمال شکم دادن یا باقی گذاشتن فواصل عایق‌کاری‌نشده در صورت استفاده از ورق‌های عایق صلب، سلولوز متراکم‌شده، و عایق اسفنجی (فوم) کمتر از حالتی است که از عایق ورقه‌ای یا نامتراکم استفاده شود. اگر به پنجره‌ی بازشو برای تهویه نیازی نیست، احتمال بروز عیب در پنجره‌ای ثابت، به‌ویژه از لحاظ نشت هوا، کمتر است. با استقرار کامل سیستم گرمایش و سرمایش در داخل پوش گرمایی ساختمان، به آشکارسازی نشت‌های سیستم توزیع و تلفات گرمایی، و هم‌چنین به سیستم‌های لازم برای مقابله با این تلفات، مانند عایق‌کاری و هوابندی، کمتر متکی خواهیم بود. بررسی اخیری که روی تطبیق هوابندی کانال با ضوابط آیین‌نامه‌ی انرژی در ساختمان‌های غیرمسکونی در کالیفرنیا انجام شد، نشان داد که آهنگ عدم تطبیق ۱۰۰٪ بود. به عبارت دیگر، حتی یک ساختمان بررسی شده با ضوابط آیین‌نامه تطبیق نداشت. به جای تلاش برای افزایش میزان تطبیق با آیین‌نامه، کافی است سیستم‌های توزیع را در فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع مستقر نکنیم تا تطبیق با ضوابط آیین‌نامه تضمین شود.

بعضی از اصلاحات طراحی کیفیت پیش‌پا افتاده‌اند. مثلا استفاده از حسگرهای عدم حضور یا حسگرهایی که با دست کاراندازی می‌شوند، مصرف انرژی را به صورتی اعتمادپذیرتر از حسگرهای متعارف حضورکاهش می‌دهند؛ حسگرهای حضور غالبا چراغ‌ها را بی جهت، و در زمان حضور گذرا و کوتاه‌مدت کاربر، روشن می‌کنند.

طرح‌هایی که کمتر بر بازده تجهیزات تکیه می‌کنند و بیشتر بر بازده ذاتی، مانند شکل ساختمان، مقاومت گرمایی، و نسبت متعادل پنجره به دیوار متکی‌اند، به احتمال زیاد با گذشت زمان بازده بالای خود را حفظ خواهند کرد.



۱۸-۰۴: کیفیت را برای ساختمان طراحی کنید.



۱۸-۰۵: مثال‌هایی از کیفیت طراحی شده.

رویکردهای کیفیت در طراحی و ساخت

علاوه بر کیفیت طراحی شده، که هدف آن جلوگیری از بروز عیب در حین ساخت و بهره‌برداری از ساختمان است، دسته‌ی بزرگی از ابزارهای کیفی را می‌توان در طراحی و ساخت ساختمان سبز به‌کار گرفت تا عیوب را آشکارسازی و حذف کنند. این رویکرد مستلزم اهتمام گروهی برای ارتقای کیفیت و پذیرش زبان کیفیت - تعریف نیازها، تطبیق با نیازها، سنجش، بازخورد، و اصلاح پیوسته است.

اسناد ساخت خود محملی مهم برای تعریف نیازها به‌شمار می‌روند. اما این اسناد، با همه‌ی تفصیلی که دارند، معمولا هدف طرح ساختمان را ثبت نمی‌کنند. در سال‌های اخیر اسناد راه‌اندازی این نقش را به عهده گرفته‌اند. مستندسازی نیت و اهداف مالک، هم چنین نیازهای عملکردی و سایر نیازهای ساختمان سبز، مانند تطبیق با برنامه‌ی بخصوصی برای صدور گواهی سبز، مصرف انرژی هدف، ماکزیمم نشت هوا، یا گستره‌ی آسایش گرمایی تعریف‌شده، اهمیت دارد.

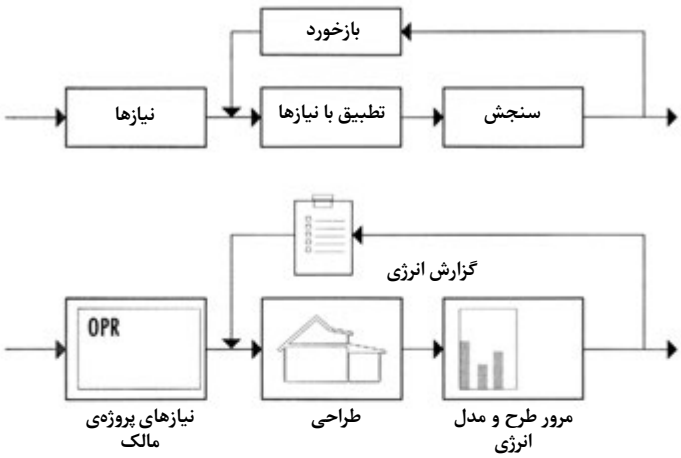
کیفیت در طراحی

یکی از مزایای صدور گواهی ساختمان سبز، مانند گواهی LEED ، این است که نیاز به مستندسازی، به‌صورت نوعی کنترل کیفیت ذاتی عمل می‌کند. برای مستند کردن این که سیستم گرمایش ظرفیت مازاد ندارد، وارسی ظرفیت سیستم گرمایش ضروری است. به منظور مستندسازی این‌که ساختمان با استاندارد خاصی، مانند ۶۲ ASHRAE برای تهویه، منطبق است، باید سیستم تهویه را وارسی کرد. این یکی از مزایای کنترل کیفی است که از کسب امتیاز لازم برای اخذ گواهی فراتر است.

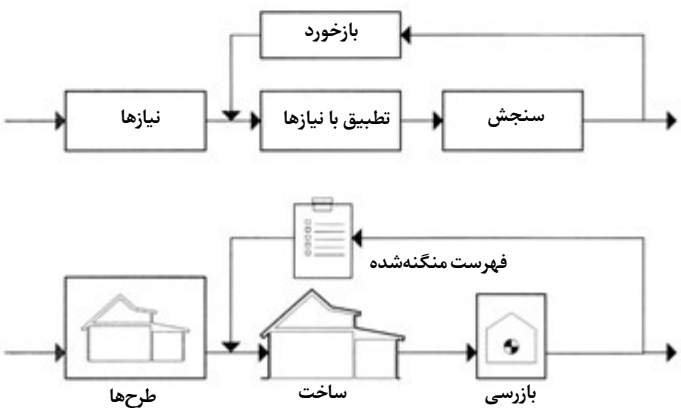
کیفیت در ساخت

از مدت‌ها قبل، مرور صورت‌جلسه‌های تحویل بهترین روش تضمین کیفیت در ساخت بوده است. این گزارش نوعی مستندسازی تطبیق با نیازهاست و غالبا برای شناسایی جایگزین محصولات نامرغوب و، در مورد پروژه‌های ساختمان سبز، محصولات ناکارآمد یا آلاینده، به کار می‌آید. مرور صورت‌جلسه‌های تحویل در پروژه‌های بزرگ تجاری و نهادی متداول است، اما می‌تواند در پروژه‌های دیگر، مانند پروژه‌های مسکونی، پروژه‌های تجاری کوچک، و بسیاری از پروژه‌های بخش خصوصی نیز مفید واقع شود.

کیفیت در ساخت از طریق شیوه‌های اجرایی مختلف، شامل برگزاری جلسات قبل از ساخت، که در آن‌ها نقایص شناسایی و برطرف می‌شوند، تداوم می‌یابد.



۱۸-۰۶: زبان کیفیت در طراحی.



۱۸-۰۷: زبان کیفیت در ساخت.

یکی از مهم‌ترین شـــیوه‌ها در بازرسی، هر چند بسیار ساده به‌نظر می‌رسد، مردود دانستن کاری است که بد انجام گرفته است. کار بد با بازرسی خوب شناسایی می‌شود. بهترین شیوه‌های بازرسی میدانی عبارت‌اند از:

- اختصاص فرصت کافی برای بازرسی.
- در اختیار داشتن اسناد ساخت.
- بازرســـی به‌موقع، به‌طوری که ویژگی‌های مهم ســـبز، مانند عایق‌کاری و هوابندی، قبل از پنهان شدن در پشت دیوارهای بسته و سایر مکان‌های دسترس‌ناپذیر، بازرسی شوند.
- برداشـــتن یادداشـــت و گرفتن عکس؛ انتشـــار به‌موقع نتایج مشاهدات.

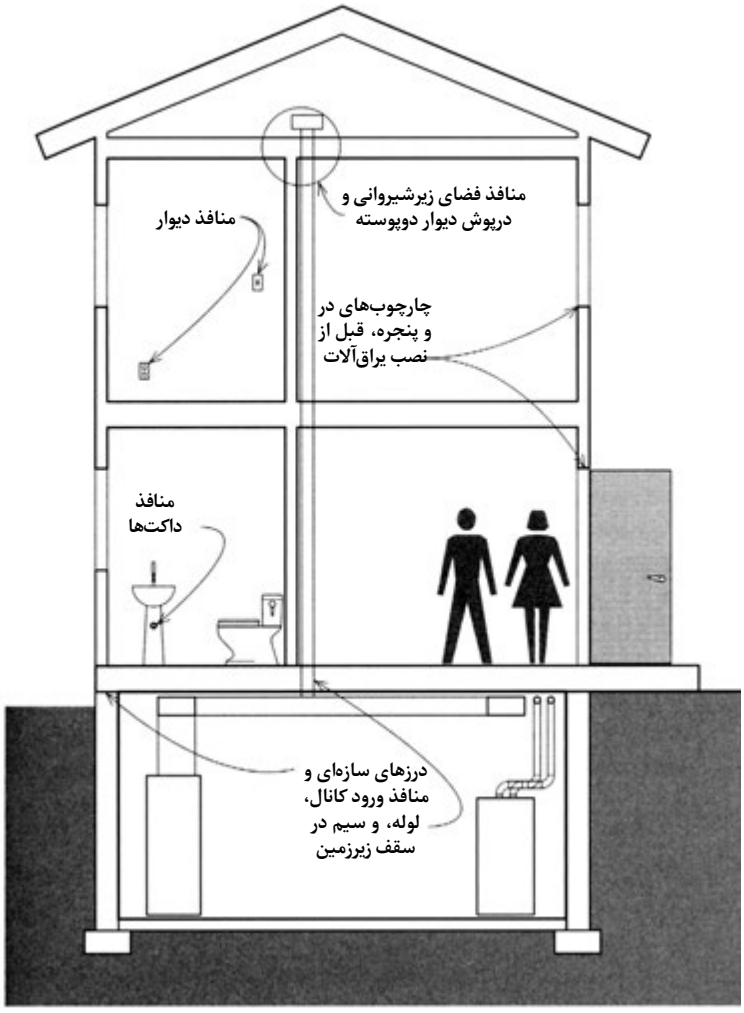
نکته‌ی مهم دیگر زمان‌بندی بازرســـی جزئیات هوابندی اســـت. یعنـــی درها و پنجره‌ها را باید قبل از نصب ابزارها بازرســـی کرد و بازرسی دیوارهای دوپوســـته باید قبل از درزبندی آن‌ها انجام شـــود، و همه‌ی منافذ و بازشدگی‌های ساختمان باید بازرسی شوند.

مدل‌سازی انرژی

یکـــی از پایه‌هـــای کیفیت در طراحی ســـاختمان ســـبز مدل‌سازی انرژی است. مدل انرژی به مالک ساختمان و طراحـــان حرفه‌ای کمـــک می‌کند تا در مـــورد انرژی تصمیم‌های صحیح بگیرند.

از مدل‌هـــای انرژی ســـاختمان بـــرای مقاصد مختلف، شـــامل ارزیابی‌های اصلاحـــات، تطبیق بـــا آیین‌نامه‌ی انـــرژی، تطبیق اختیاری بـــا اســـتانداردها، پیش‌بینی صورت‌حساب انرژی و هزینه‌ی بهره‌برداری، مستندسازی مشـــوق‌های مالیاتی، و تطبیق با برنامه‌های تشـــویقی منطقه‌ای یا شـــرکتی اســـتفاده می‌شـــود. این مدل‌ها می‌توانند مبنای طراحی سیستم گرمایش و سرمایش نیز باشند. کاربردهای پیشرفته‌ی این مدل‌ها شامل اصلاح و بهینه‌ســـازی ترتیـــب کنترل سیســـتم‌های گرمایش، سرمایش و روشنایی است.

رمز موفقیت در شبیه‌ســـازی انرژی ساختمان این است که مدل‌ســـازی قبـــل از تصمیم‌گیری انجام شـــود. اگر شبیه‌ســـازی انرژی پس از تصمیم‌گیری درباره‌ی شـــکل ساختمان انجام شود، تأثیری در انتخاب شکل ساختمان نخواهد داشـــت. اگر شبیه‌ســـازی انرژی بعد از تکمیل نقشه‌های تصویر قائم انجام شـــود، تأثیری در تعیین نســـبت پنجره به دیوار نخواهد داشت. اگر شبیه‌سازی بعد از انتخاب سیستم گرمایش و سرمایش انجام شود، بر بازده این سیستم تأثیری نخواهد داشت.



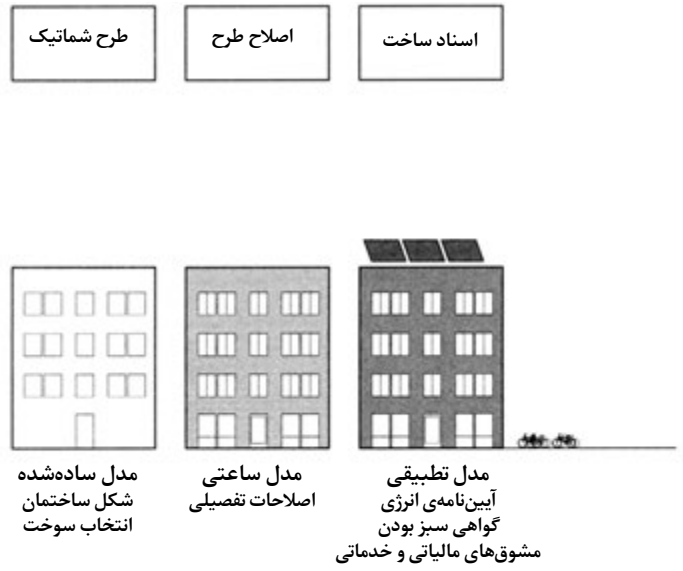
۱۸-۰۸: زمان‌بندی بازرسی جزئیات هوابندی.

بـا وجـود این که فکر سـاخت یک مـدل برای همـه‌ی مقاصد وسوسه‌انگیز اسـت، برای مقاصد مختلف از مدل‌سازی، ممکن است ایجاد مدل‌های متفاوت ضرورت داشته باشد. برای پیروی از آیین‌نامه‌ی انرژی باید مدل انرژی ساختمان نهایی و سیستم‌های انرژی را تهیه کرد. طبق تعریف، این نقطه‌ی مقابل مدل لازم برای ارزیابی و انتخاب اصلاحات اسـت، که بهتر اسـت قبل از نهایی شدن تصمیمات و هنگامی که هنوز همه‌ی گزینه‌ها مطرح است، تهیه شود.

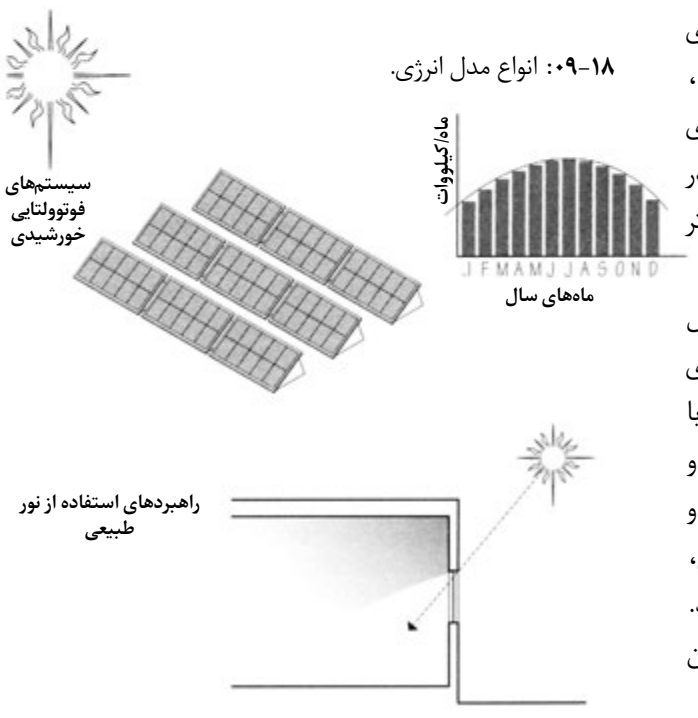
ترتیب کارآمد مدل سازی انرژی شامل مراحل زیر است:

- مدل‌سـازی ساده‌شده برای بررسـی شکل ساختمان، ارتفاع سـقف‌ها، نسـبت پنجره به دیوار، و طرح اولیه‌ی سیسـتم گرمایش و سرمایش، یا دست کم انتخاب سوخت. تلاش لازم برای ایجاد این مدل ۲ تا ۴ ساعت است.
- مدل‌سـازی سـاعتی کل سـاختمان. این نوع مدل‌سازی را مدل‌سـازی سـاعتی می‌نامند زیرا مصرف انرژی سـاختمان طی یک سـال را، با بررسی پاسـخ آن به تغییر دمای بیرون و زاویه‌ی خورشـید در هر ساعت از سال شبیه‌سازی می‌کند. از مدل‌سـازی ساعتی برای ارزیابی اصلاحات گوناگون - طرح عایق‌کاری منطقه‌بندی گرمایی شامل کاهش پل‌زنی گرمایی، اسـتفاده از فضاهای فاقد گرمایش، طراحی کارآمد سیستم روشنایی، ارزیابی تجهیزات گرمایش و سرمایش و سیستم‌های توزیع، طراحی سیستم آب گرم خانگی، انتخاب کنترل‌گرها، و طراحی سیسـتم تهویه اسـتفاده می‌شود. تلاش لازم برای تهیه‌ی این مدل معمولا ۴۰ تا ۸۰ سـاعت اسـت، اگر چه در مورد ساختمان‌های کوچک‌تر، مثل خانه‌ها ممکن است کمتر باشد و در مورد ساختمان‌های پیچیده بیشتر شود.
- مدل‌سـازی تطبیقـی. در این‌جـا همان مدل سـاعتی کل سـاختمان، براسـاس اصلاحات انتخابی نهایی و پیکربندی سـاختمان به‌منظـور تطبیـق بـا آیین‌نامه‌هـا، تطبیـق با اسـتانداردها، پیش‌بینی صورت‌حسـاب خدمات شهری، و تهیه‌ی اسـنادی برای برخورداری از مشـوق‌های منطقه‌ای و شـرکتی، اصلاح می‌شود. تلاش لازم برای تهیه‌ی این مدل، بسـته به نوع ساختمان و نیازهای هر برنامه، تغییر می‌کند. ممکن است صرفا مستلزم اصلاح جزئی مدل ساعتی ساختمان باشد، یا اصلاح بیشتر و اجرای مجدد مدل را ایجاب کند.

مدل‌های انرژی و صفحه‌های گسـترده‌ی ویژه برای سیستم‌ها و رویکردهای پیشرفته، از قبیل سیستم‌های فوتوولتایی خورشیدی، اسـتفاده از نور طبیعی، و تولید هم‌زمان برق و گرما (CHP) در دسترس است.



۱۸-۰۹: انواع مدل انرژی.



۱۸-۱۰: مدل‌های انرژی خاص.

نکته‌ی جالب این‌که اغلب مدل‌های انرژی محدودیت افزایشی دارند. با اغلب مدل‌ها می‌توان تحلیل پارامتری انجام داد، به عبارت دیگر، قابلیت بررسی آثار تغییر یک پارامتر، مثلا اضافه شدن مقدار R دیوار، یا اصلاح ضریب U پنجره را دارند. اما با استفاده از این مدل‌ها غالبا نمی‌توان پارامترهای تغییریافته را که موجب ساده شدن ساختمان می‌شوند، به‌آسانی ارزیابی کرد یا گزارش داد. این نوع پارامترهای تغییریافته عبارت‌اند از کاهش سطح زیربنا یا ارتفاع سقف‌های بلند، ساده‌سازی شکل ساختمان، حذف گرمایش فضاهای خاص، و کاهش اندازه یا تعداد پنجره‌ها. اگرچه این اصلاحات ساده‌ساز ساختمان را معمولا می‌توان به طور غیرمستقیم در مدل انرژی وارد کرد، تغییرات غالبا به همان آسانی انجام اصلاحات ایجاد نمی‌شوند. بنابراین، حتی در مدل‌های انرژی، روش ارزیابی اصلاحات انرژی ساختمان از نوعی است که در آن تمرکز بر اصلاحات افزایشی ساختمان است، نه اصلاحات کاهشی. شاید به همین سبب باشد که طراحی انرژی ساختمان یادآور تمثیل مجسمه‌سازی است که بعضی از بهترین دستاوردهای آن با برداشتن ماده از روی پیکره حاصل می‌شود، نه با افزودن ماده به آن.

کنترل کیفیت مدل‌های انرژی نیز ضرورت دارد تا بتوان از اشتباهاتی که منجر به انتخاب سیستم‌های غیربهینه یا حتی تلف‌کننده‌ی انرژی می‌شود پرهیز کرد. کنترل کیفیت شامل مرور مدل توسط مدل‌ساز، مرور سرپرست، و مرور برنامه‌ریزی‌شده توسط شخص ثالث است. این مرور باید شامل ورودی‌های مقایسه‌شده با نقشه‌های ساختمان و مقایسه‌ی خروجی‌ها به‌منظور تعیین معیار سنجشی برای ساختمان‌های مشابه باشد.

برنامه‌های نرم‌افزاری برای طراحی ساختمان‌های تجاری باید با ضوابط ASHRAE۹۰ پیوست G تطبیق داشته باشند؛ رعایت این ضوابط در اغلب اسناد تطبیق با آیین‌نامه‌ها و استانداردها الزامی است. برای ساختمان‌های مسکونی برنامه‌ی HERS متعلق به RESNET مرجع مهم مستندسازی تطبیق است.

راه‌اندازی

راه‌اندازی در اصل به صورت نوعی بازرسی ساخت تعریف شد که در خدمت تضمین کار سیستم‌های مکانیکی و روشنایی به‌صورت مورد نظر است. در تعریفی جدید و فراگیر، راه‌اندازی به صورت ابزاری برای کنترل کیفی کل پروژه‌ی ساختمان سبز، شامل تعریف و مستندسازی نیازهای پروژه، بازرسی پوش و سایر سیستم‌های غیرمکانیکی/روشنایی، و اندازه‌گیری‌های تأمین‌کننده‌ی بازخورد عمل می‌کند؛ بازخوردی که براساس آن بتوان بهره‌برداری از ساختمان سبز را به‌طور پیوسته اصلاح کرد.

راه‌اندازی را معمولا توسط یک گروه راه‌انداز مستقل انجام می‌دهند که با گروه طراحی و ساخت ارتباط نداشته باشند. راه‌انداز مستقیما برای مالک کار می‌کند. گروه «راه‌انداز» را «مأمور راه‌اندازی» یا «مسئول راه‌اندازی» نیز می‌نامند. در این کتاب ما از اصطلاح گروه راه‌انداز استفاده می‌کنیم.

نیازهای پروژه‌ی مالک

راه‌اندازی با سندی موسوم به نیازهای پروژه‌ی مالک آغاز می‌شود که در آن اهداف مالک، شامل مقصود اصلی از ساختمان، تاریخچه‌ی مربوطه، نیازهای آتی، بودجه‌ی پروژه، بودجه‌ی عملیاتی پیش‌بینی‌شده، برنامه‌ی زمانی ساخت، عمر مورد انتظار ساختمان، کاربری مورد نظر همه‌ی فضاها، کیفیت مصالح، شرایط آکوستیکی، روش‌های تحویل پروژه، مانند طراحی - مناقصه - ساخت، طراحی - ساخت، یا غیر از آن، و نیازهای آموزشی برای اهداف زیست‌محیطی، از قبیل دریافت گواهی‌های داوطلبانه مانند معماری ۲۰۰۳ یا LEED، بازده انرژی به‌ازای شاخص مصرف انرژی خاص، یا انرژی خالص صفر، انتشار مواد کربنی، آسایش گرمایی، روشنایی تخصصی، و اولویت‌های مالک برای ارزیابی گزینه‌های سبز، از قبیل کمترین میزان انتشار مواد کربنی یا کمترین هزینه‌های دوره‌ی عمر تعیین شده است. تصمیم‌مهمی که مالک می‌گیرد این است که اگر قانون اجازه دهد، آیا سیگار کشیدن در ساختمان مجاز هست یا نه، و اگر هست، در کدام نواحی ساختمان یا نزدیک ساختمان مجاز است، و چگونه باید این ضابطه را مشخص کرد، مثلا با نصب تابلو یا قید در قراردادهای اجاره یا مانند آن‌ها. در این حوزه ساختمان سبز باید الگو باشد و سیگار کشیدن را در کل ساختمان یا محوطه ممنوع کند.

اهداف زیست‌محیطی
[ ] معماری ۲۰۳۰
[ ] LEED
[ ] گواهی شده [ ] نقره [ ] طلا [ ] پلاتین
[ ] ستاره‌ی انرژی
[ ] HERS _____ هدف
[ ] غیره: _____

اهداف انرژی
[ ] آیین‌نامه‌ی انرژی
[ ] آیین‌نامه‌ی زیر:……٪
[ ] خالص صفر
مبنا [ ] محوطه
[ ] منبع
[ ] کربن
[ ] سوخت‌های فسیلی

۱۸-۱۱: اهداف زیست‌محیطی و انرژی در ساختمان سبز.

طراح حرفــه‌ای می‌تواند در تعیین اهــداف پروژه به مالک کمک کند. جزئیاتی که کاربری پیش‌بینی‌شده برای ساختمان را محقق می‌کند، پیامدهای مهمی از لحاظ هزینــه‌ی پروژه و بازده انرژی ســاختمان دارد. مالک باید، ترجیحا بر مبنای فضا - به - فضا، تراکم کاربری (تعداد افراد) و نوع فعالیت در هر ساعت از روزهای کاری هفته را مشخص کند. از این اطلاعات برای تعیین ظرفیت سیستم تهویه و سیستم گرمایش و سرمایش، و مدل‌سازی انرژی استفاده می‌شود. در این‌جا نیز هر چه جزئیات بیشتری مشخص شود، بهتر است. اگر اطلاعات مربوط به کاربری بر حدس و گمان مبتنی باشــد و این حدس‌ها بیش از اندازه محافظه‌کارانه باشند (تعداد اشخاص زیاد فرض شود)، ظرفیت سیستم تهویه بیش از حد لازم انتخاب می‌شــود، ظرفیت سیستم گرمایش بیش از حد لازم انتخاب می‌شود، ظرفیت سیستم سرمایش بیش از حد لازم انتخاب می‌شود، ظرفیت سیستم توزیع بیش از حد لازم انتخاب می‌شــود، هزینه‌ی کل سیستم بی‌جهت افزایش می‌یابد، مصالح بیشــتری بی‌جهت مصرف می‌شــود و پس از ساخت هم مصرف انــرژی بی‌جهت بالا خواهد بود. وجــود اطلاعات دقیق در مورد کاربری، کنترل کیفیت از طریق آزمون‌های راه‌اندازی را نیز تسهیل می‌کند.

۱۸-۱۲: *نمونه‌ای از شرایط کاربری.*

فضا: ۱۰۵	**شرح: اتاق کنفرانس**		
ساعت	**کاربری در روزهای کاری**	**کاربری در روزهای تعطیل**	**تذکر**
۱۲-۱am	۰	۰	
۱-۲am	۰	۰	
۲-۳am	۰	۰	
۳-۴am	۰	۰	
۴-۵am	۰	۰	
۵-۶am	۰	۰	
۶-۷am	۰	۰	
۷-۸am	۰	۰	
۸-۹am	۰	۰	
۹-۱۰am	۰	۱۴	جلسه‌ی کارکنان، معمولا
۱۰-۱۱am	۰	۲	
۱۱-۱۲am	۰	۲	
۱۲-۱pm	۰	۱۰	دو برابر به‌عنوان اتاق غذاخوری
۱-۲pm	۰	۲	
۲-۳pm	۰	۲	
۳-۴pm	۰	۲	
۴-۵pm	۰	۲	
۵-۶pm	۰	۰	
۶-۷pm	۰	۰	
۷-۸pm	۰	۰	
۸-۹pm	۰	۰	
۹-۱۰pm	۰	۰	
۱۰-۱۱pm	۰	۰	
۱۱ نیمه‌شب	۰	۰	

بر ســر تراز روشــنایی هدف نیــز باید با مالک بحث کــرد و آن را مستند ســاخت؛ فرض پیش‌گزیده باید انتهای پایینی توصیه‌های IES باشد. کنترل‌گرهای روشنایی را باید برمبنای فضا - به - فضا انتخاب و مستندســازی کرد. به‌عنوان نمونه می‌توان از «روشــن کردن دستی، خاموش‌ســازی براســاس عــدم حضــور، تأخیر زمانی ۳ دقیقه‌ای» یــا «کنتــرل دســتی، کلیدزنــی چندترازی برای روشن کردن ۱/۳ یا ۲/۳ چراغ‌های تراز ماکزیممی که براساس انتهای پایینی توصیه‌های IES انتخاب شده» نام برد.

۱۸-۱۳: *مثالی از شرایط روشنایی داخلی.*

فضا	**شرح**	**تراز روشنایی (fc)**	**کنترل‌گرها**				**تذکر**
			دستی	**کاربری**	**فوتوسل**	**تایمر**	
۱۰۱	راهرو	۱۰	●				خاموشی با ۱ دقیقه تأخیر
۱۰۲	دفتر	۳۰		●			سه‌ترازی
۱۰۳	آشپزخانه	۳۰	●				حسگر عدم حضور خاموشی با ۱ دقیقه تأخیر

نبایــد از پیش فرض کرد که مالک صلاحیــت بحث درباره‌ی این جزئیات را ندارد و در این‌جا نیز هر چه جزئیات بیشتر باشد، بهتر اســت، زیرا این تصمیم‌گیری‌ها بر مصرف انرژی ســاختمان تأثیر چشمگیری خواهد داشت.

نیازهـای روشـنایی فضای بیرون را نیـز باید از طریق بحـث و تبادل نظـر در این مورد که کـدام چراغ‌ها از لحاظ امنیتی ضروری‌اند، کدام چراغ‌ها برای دسترسی لازم‌اند، کدام چراغ‌ها برای تفریحات شـبانه در فضای بیرون مورد نیازند و کدام چراغ‌ها جنبه‌ی تزئینی دارند، شناسایی کرد. در مورد نیازهای امنیتی روشنایی فضای بیرون باید بیشتر تحقیق کرد. آیا استفاده از حسگرهای حرکت ممکن است امنیت را افزایش و مصرف انرژی را کاهش دهد؟ اگر از حسگرهای حرکت استفاده نشود، آیا لازم است برای حفظ امنیت همه‌ی چراغ‌های بیرون سرتاسر شب روشن بمانند، یا می‌توان بعضی از چراغ‌ها را در ساعات آخر شب خاموش کرد؟

۱۸-۱۴: مثالی از نیازهای روشنایی خارجی.

فضا	دسترسی	امنیت	تفریح	تزئین	تذکر (۱)
پارکینگ	**تاریکی - ۱۰ بعدازظهر**				کنترل‌گر زمانی
پیاده‌رو زمین تنیس	●		●		کنترل‌گر حرکتی ۱ دقیقه تأخیر
تابلوی ورودی				●	روشن شدن با فوتوسل خاموشی با تایمر در ساعت ۱۱ بعدازظهر

(۱) همه‌ی چراغ‌های خارجی به فوتوسل مجهزند تا روزها روشن نشوند.
روشن شدن: ۵٪ فوت - شمع
خاموش شدن: ۱ فوت - شمع

دما و رطوبت هـدف در فضای داخلی را باید برمبنای فضا - به - فضا، برای تابستان و زمستان، و در هـر دو حالـت کاربـری و عدم کاربری شناسـایی کرد. در بخشی از این فرایند، مالک باید به روشنی مشخص کند که کدام فضاها به گرمایـش نیاز دارند، کـدام فضاها به سـرمایش نیاز دارند، و کدام فضاها به گرمایش و سرمایش نیاز ندارند. به‌علاوه، قابلیـت کنترل دمـا و رطوبت را باید بر مبنـای فضا - به - فضا مشـخص کرد. به عبارت دیگر، کدام فضاها به این قابلیت‌ها نیاز دارند؟ طراح حرفه‌ای باید بده‌بستان‌های کنترل دما را تشریح کند تـا مالک بتواند آگاهانه تصمیم بگیرد، زیرا این تصمیم‌گیری تأثیر بسـزایی بر صرفه‌جویی در مصرف انرژی و تأمین آسـایش خواهد داشت. در مورد هر ترموسـتات یا نقطه‌ی تنظیم کنترل‌گر، باید سـاعاتی از روز و هفتـه را که دما باید مطابـق تنظیم کنترل‌گر باشـد (حالت کاربری) یا مطابق آن نباشد (حالت عدم کاربری)، مشـخص کرد. مستندسازی این جزئیات به وضوح طرح، تعیین اندازه‌ی تجهیزات، و مدل‌سازی انرژی کمک می‌کند و هم چنین مبنایی برای آزمون‌های راه‌اندازی نیز هست.

۱۸-۱۵: مثالی از نیازهای کنترل دما.

فضا	شرح	گرما	سرما	نقطه‌ی تنظیم				نقطه‌ی برگشت			
				گرما	سرما	M-F	S/S	گرما	سرما	M-F	S/S
۱۰۱	دفتر	●	●	۷۰	۷۴	۵-۷	-	۵۵	۹۰	۵-۷	۲۴-hr
۱۰۲	سرسرا	●	○	۷۰	na	۵-۷	-	۵۵	na	۵-۷	۲۴-hr

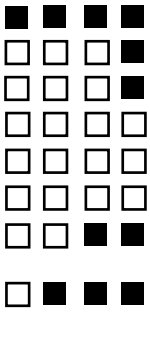
راهنما:
● *کنترل خودکار*
◑ *کنترل دستی*
○ *فاقد کنترل*

سـند نیازهـای پروژه‌ی مالک ایـن امکان را بـرای مالک فراهم می‌کند که هرگاه بودجه‌ی پروژه به‌اندازه‌ای نباشد که بتوان همه‌ی ویژگی‌های سبز را به‌کار گرفت بتواند این ویژگی‌ها را اولویت‌بندی کند. مثلا، مالک ممکن اسـت از بین اهداف سبزی که فهرست آن‌ها در فصل ۱، مقدمه، ارائه شد تعدادی را انتخاب کند و آن‌ها را به‌ترتیـب اهمیت رتبه‌بندی نمایـد. به‌علاوه مالک می‌تواند هر یک از اصلاحات، مانند امتیازهای اختیاری تطبیق با LEED یا آیین‌نامه‌ها، اسـتانداردها، یا رهنمودهای دیگر را هم، به‌ترتیب کاهش اولویت، مشخص کند.

مالک باید بازتابندگی هدف سـطوح سقف، دیوار، کف و اثاثیه را مشـخص کند و بهتر اسـت در این کار از نمودار بازتابندگی رنگ کمک بگیرد. در گذشـته بازتابندگی‌هـای پیش‌فرض در طراحی ۸۰٪ برای سقف، ۵۰٪ برای دیوار، و ۲۰٪ برای کف در نظر گرفته می‌شـد. امکان بالقوه‌ی کاهش تعـداد چراغ‌ها، کاهش مصرف انرژی، و کاهش سـطح پنجره‌ی لازم برای استفاده از نور طبیعی به‌اندازه‌ای زیاد اسـت که شـرکت مالک در ایـن تصمیم‌گیری‌ها می‌تواند هزینه‌ی ساخت و هزینه‌ی مصرف انرژی را کاهش دهد.

به‌سـبب هزینه‌های انرژی و هزینه‌های سـرمایه‌ای و مشـکلات آسایشـی مرتبط با پنجره‌ها، نیازهای پروژه‌ی مالک باید شـامل ارزیابی پنجره‌ها برمبنای فضا - به - فضا نیز باشـد. مالک باید به این پرسش‌ها در مورد پنجره‌ها پاسخ دهد: آیا می‌توان در فضاهای خدماتـی، ماننـد راه‌پله‌ها و پاگردهـا، راهروهـا، موتورخانه‌ها، رختشـویخانه‌ها، انبـار سـرایدار و انباری‌ها از تعبیـه‌ی پنجره خودداری کرد؟ آیا می‌توان تعداد و اندازه‌ی پنجره‌ها را در فضاهای مورد کاربری کاهـش داد؟ به‌عبارت دیگر، کـدام پنجره‌ها برای تأمین چشم‌انداز ضرورت دارند؟ کوچک‌ترین اندازه‌ی قابل قبول برای پنجره‌ای که چشـم‌انداز تأمین می‌کند، چقدر است؟ کدام پنجره‌ها باید بازشـو باشند و به کاربران امکان کافی برای کنترل آسایش بدهند و کدام باید ثابت ساخته شوند؟ نسبت هدف پنجره به دیوار چقدر است؟ کدام پنجره‌های کوچک‌تر را می‌توان در هم ادغام کرد تا تعداد پنجره‌های بزرگ‌تر کاهش یابد؟

***۱۸-۱۶:** اولویت‌بندی اهداف.*



جلوگیری از تخریب زیست‌محیطی
ارتقای سطح سلامت آدمی
افزایش آسایش آدمی
بهبود اقتصادی
سیاسی (مثلا وابستگی کمتر به نفت)
ارتقای کیفیت زندگی
اهداف اجتماعی (مثلا شـرایط کاری بهتر و منصفانه)
روحیـه‌ی آدمی (مثلا عشـق به طبیعت، اتکای به نفس)

***۱۸-۱۷:** مثال‌هایی از بازتابندگی‌های هدف.*

فضا	شرح	سقف	دیوارها	اثاثیه	کف
۱۰۱	دفتر	٪۹۰	٪۸۰	٪۶۰	٪۶۰
۱۰۲	راهرو	٪۹۰	٪۹۰	na	٪۸۰

تذکر: بازتابندگی بالا نیاز به روشـنایی مصنوعی را کاهش می‌دهد و در نتیجه مصرف انرژی و هزینه‌ی خرید و نصب چراغ کاهش می‌یابد.

مثال‌ها:	**٪۹۰**	**٪۶۰**	**٪۳۰**
سفید براق:		٪۹۰	
استخوانی:		٪۸۰-۷۰	
موکت، معمولی:		٪۹-۵	
موکت، نگهداری زیاد:		٪۱۳-۹	
چوب:		٪۵۴-۲۰	
آبی کمرنگ:		٪۸۰	
زرد:		٪۶۵-۴۷	
بتن، معمولی		٪۳۰-۲۰	
بتن، صیقلی:		٪۹۰-۷۰	

***۱۸-۱۸:** مثال‌هایی از نیاز به پنجره.*

فضا	شرح	چشم‌انداز	نور طبیعی	WWR (۱)	تذکر
۱۰۱	دفتر	◑	✓	٪۱۵	
۱۰۲	راهرو	○	na	na	
۱۰۳	سرسرا	●	✓	٪۳۰	

تذکر: (۱) WWR= نسبت پنجره به دیوار

پایین‌تر بودن نسبت پنجره به دیوار موجب کاهش چشمگیر مصرف انرژی می شود، مگر در مواردی که مدل‌سازی انرژی جذب گرمای خورشیدی غیرفعال یا جذب نور طبیعی را نشان دهد.

٪۱۰-٪۰	پایین
٪۲۰-٪۱۰	متوسط
٪۳۰-٪۲۰	بالا
٪۳۰<	بسیار بالا

راهنما:
○ نیازی به چشم‌انداز نیست
◑ نیاز متوسط به چشم‌انداز
● نیاز به چشم‌انداز پانوراما
na کاربرد ندارد

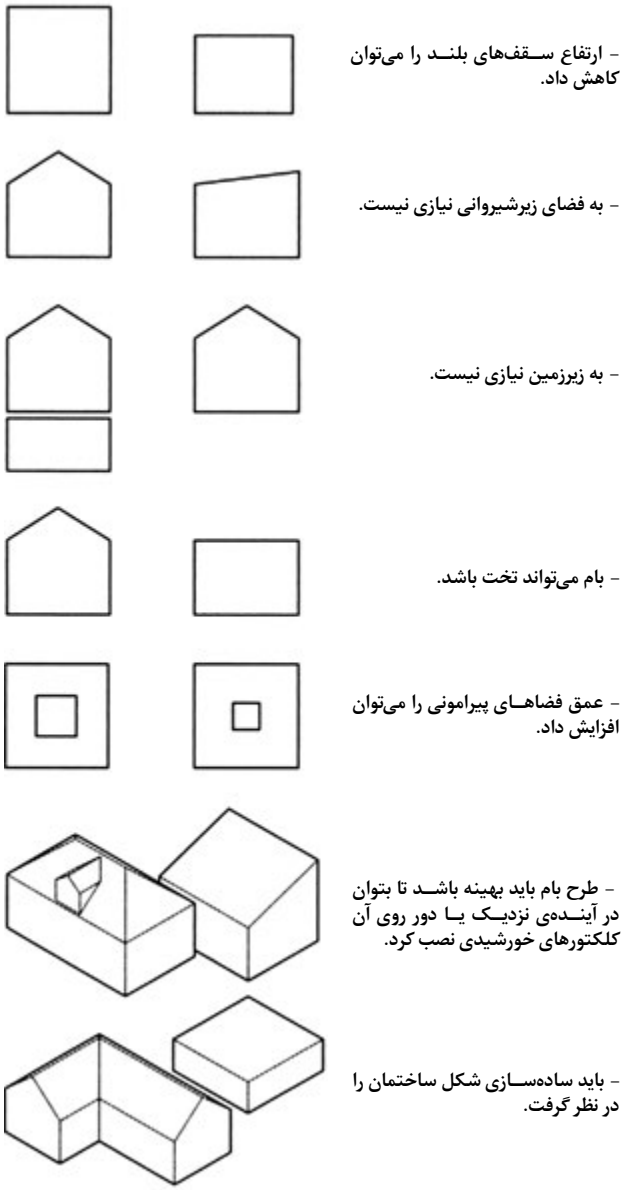
در سـند نیازهای پروژه‌ی مالک باید بدنه‌بسـتان‌های شـکل و اندازه‌ی ساختمان در نظر گرفته شده باشد. آیا می‌توان ارتفاع سقف‌های بلند را کاهش داد تا مصرف انرژی و هزینه‌ی سـاخت کاهش یابد؟ آیا فضاهای زیرشـیروانی، زیرزمین‌ها و زیرزمین‌های کوتاه را می‌توان حذف کرد؟ آیا می‌توان بام را تخت سـاخت تا اتلاف انرژی مربوط به بام‌های شـیب‌دار کاهش یابد؟ کدام اصلاحات نسـبت سـطح، مانند ارتفاع ساختمان، ساده‌سازی شکل، و عمق بیشتر ناحیه‌ی پیرامونی قابل قبول‌اند؟
ملاحظات سـبز آتـی را نیز می‌توان در سـند نیازهای پـروژه‌ی مالک گنجاند. مثلا اگر در طرح اولیه انرژی خورشـیدی به کار گرفته نشـده است، آیا استفاده از انرژی خورشیدی یکی از گزینه‌های آتی هست، و اگر هست، آیا باید بام را طوری طراحی کرد که در آینده پذیرای کلکتورهای خورشیدی باشد؟

بهترین شیوه‌ها برای تکمیل نیازهای پروژه‌ی مالک عبارت‌اند از:

- برگزاری کارگاه‌هایی که در آن‌ها همه‌ی ذینفعان می‌توانند در بحث دربـاره‌ی نیازهای پروژه شـرکت کنند و اهمیـت نیازهای پروژه را بررسی نمایند. برگزاری یک کارگاه دو مرحله‌ای نتیجه‌ی خوبی دارد؛ پس از مرحله‌ی اول پیش‌نویس نیازهای پروژه‌ی مالک توزیع می‌شود و سند نهایی پس از برگزاری کارگاه دوم توزیع خواهد شد.
- در سند نیازهای پروژه‌ی مالک از کلی‌گویی پرهیز کنید. مثلا عبارت «برای بهره‌برداری با بازده بالا، به‌منظور به‌حداقل رسـاندن مصرف خدمات شهری» هدف مشخصی را در برابر گروه طراحی نمی‌گذارد. به‌جای آن، عبارت‌های مشخص، مانند «طراحی به‌منظور دستیابی بـه امتیاز ۹۵ در برنامه‌ی سـتاره‌ی انرژی» یـا « طراحی به‌منظور رسـیدن به شاخص مصرف انرژی ۳۰KBtu بر فوت مربع در سال» اهداف روشنی را مطرح می‌کنند.
- روی نیازهـای مالک تمرکز کنید نه روی موضوعاتی مانند شـرایط دمای هوای بیرون، که طراحان حرفه‌ای به آن‌ها خواهند پرداخت. مالک باید هر یک از مباحث مطرح شـده در سند نیازهای پروژه را درک کند. به این ترتیب در پی‌ریزی این سند بیشتر درگیر می‌شود و خطر این‌که سند نیازهای پروژه صرفا توسط طراح حرفه‌ای یا گروه راه‌انداز تهیه شود، کاهش می‌یابد.
- امکان تکـرار را فراهم کنید تا مالک بتواند بدنه‌بسـتان‌ها را ارزیابی کرده، با چشم باز تصمیم‌گیری کند. مثلا ممکن است بعد از این‌که مدل‌سازی انرژی عملکرد پیش‌بینی‌شـده‌ی بدیل‌های مهم طرح را نشـان داد، سـند نیازهای پروژه تغییر کند. این تغییرات را مستند کرده، با ذکر تاریخ در سند نیازهای پروژه‌ی مالک وارد کنید.
- گزینه‌هـا را به‌ترتیب کاهش سـبزی مرتب کرده، بدنه‌بسـتان‌هایی از قبیـل هزینه‌ی سـاخت، مصرف انرژی، و سـلامت و ایمنی را، به‌روشـنی مشخص کنید تا مالک بتواند آگاهانه گزینه‌ای را انتخاب کند. مثلا برای سیستم کنترل روشنایی فضای بیرون ممکن است ابتـدا فقـط گزینه‌ی حسـگرهای حرکت (همراه با فوتوسـل برای جلوگیری از روشـن شدن چراغ در سـاعات روز) و سپس گزینه‌ی روشن شـدن با فوتوسل/خاموش شدن با تایمر (همراه با مشخص شـدن ساعتی از شـب که چراغ‌ها باید خاموش شوند)، و سرانجام گزینه‌ی روشـن شدن با فوتوسل/خاموش شدن با فوتوسل (روشن ماندن در تمام طول شب) مطرح شود. به‌عنوان مثالی دیگر می‌توان از گزینه‌های مربوط به نوع روشـنایی، تفکیـک گزینه‌های با بازده بالا، مانند چراغ‌های فلورسنت خطی، از گزینه‌های کم‌بازده، مانند چراغ‌های توکار فروتاب نام برد.

۱۸-۱۹: ملاحظات مربوط به شکل ساختمان.

طراحی سـنجیده‌ی شـکل ساختمان راهی مناسـب برای کاهش مصرف انرژی، مصرف مصالح، و هزینه‌های ساخت است. همه‌ی اقلامی را که موضوعیت دارند وارسی کنید.



- ارتفاع سـقف‌های بلنـد را می‌توان کاهش داد.

- به فضای زیرشیروانی نیازی نیست.

- به زیرزمین نیازی نیست.

- بام می‌تواند تخت باشد.

- عمق فضاهـای پیرامونی را می‌توان افزایش داد.

- طرح بام باید بهینه باشـد تا بتوان در آینـده‌ی نزدیـک یـا دور روی آن کلکتورهای خورشیدی نصب کرد.

- باید ساده‌سـازی شکل ساختمان را در نظر گرفت.

در سند نیازهای پروژه‌ی مالک، هر چه بیشتر به جزئیات پرداخته شود، بهتر است. این سند فرصتی نادر در اختیار مالک می‌گذارد تـا بیامـوزد، درک کند، و از میان گزینه‌هـای مهم طراحی یکی را انتخاب نماید. این سـند محملی بسـیار ارزشمند برای طراح حرفه‌ای به‌منظور انتقال این گزینه‌ها به مالک است. سند نیازهای پروژه‌ی مالک شالوده‌ی سبزترین طراحی و ساخت ممکن را شکل می‌دهد؛ هم‌چنین اساسی برای کنترل کیفیت در مراحل طراحی و ساخت است.

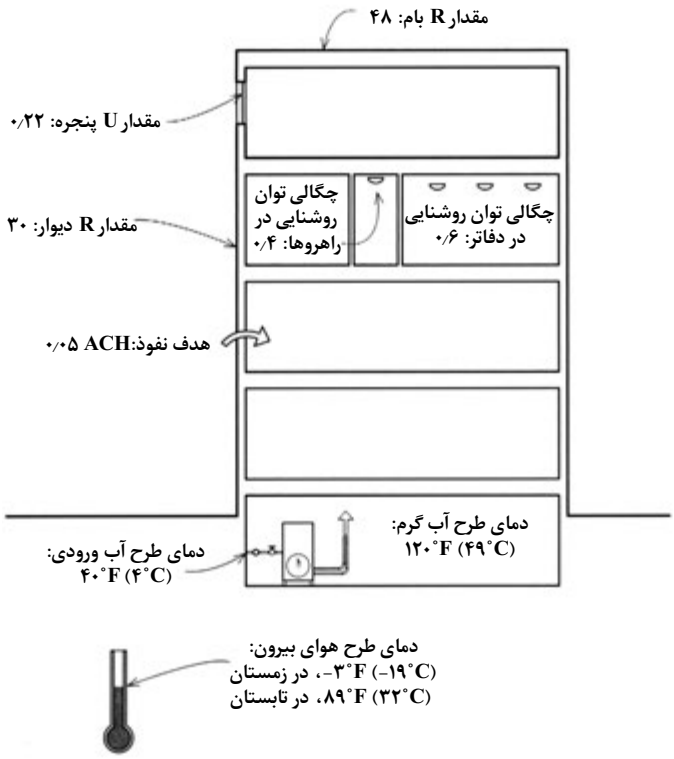
مبنای طرح

راه‌اندازی با مستندسازی رویکردها و فرض‌های طراحان حرفه‌ای در سـندی موسـوم به «مبنای طرح» ادامـه می‌یابد. «مبنای طرح» معمولا سیسـتم‌هایی را توصیف می‌کند که باید راه‌اندازی شوند و شامل همه‌ی فرض‌های طراحی است که ممکن است در سند نیازهای پروژه‌ی مالک یا در اسناد ساخت ارائه نشده باشد. نمونه‌هایی از آن‌چه ممکن است در سند «مبنای طرح» گنجانده شـود عبارت‌اند از فرض‌های اصلی طراحی سیسـتم گرمایش و سرمایش، مانند شرایط اقلیمی طرح، ضرایب اطمینان، و مانند آن‌ها؛ معیارهای طرح صدا در هر فضا؛ روشـنایی طرح برحسب فوت - شـمع در هر فضا؛ جذب گرما از کاربران - گرمای نهان و گرمای محسـوس به‌ازای هر نفر - در هر فضا؛ فرض‌ها یا اهداف نفـوذ؛ دمای مفروض آب ورودی بـرای تعیین اندازه‌ی تجهیزات تولید آب گرم خانگی؛ دمای آب ذخیره شده؛ دمای آب تحویلی؛ تعـداد ماندافزارهای لوله‌کشـی؛ مقـدار R مجموعه‌های دیوار و بام؛ ضرایب U پنجره‌ها؛ و میزان جذب گرمای داخلی، مثلا تراز مصرف انرژی لوازم برقی.

مقصود از تهیه‌ی سـند «مبنای طرح» تأیید این نکته اسـت که سند نیازهای پروژه‌ی مالک به طور مؤثر به اسناد ساخت برگردان شـده باشد. مبنای طرح مرحله‌ی دیگری از کنترل کیفیت را نیز ممکن می‌کند، زیـرا گروه راه‌انداز می‌تواند سـند نیازهای پروژه را با سـند مبنای طرح، اسناد سـاخت، و سرانجام با ساختمان ساخته‌شده، مقایسه و وارسی کند.

بهترین شیوه‌ها برای تهیه‌ی سند مبنای طرح به شرح زیرند:

- مانند سـند نیازهای پروژه‌ی مالک، در سـند مبنای طرح از کلی‌گویی پرهیز کنید. مثلا به‌جای نشـان دادن چگالی توان فرضی برای روشنایی برحسب وات بر فوت مربع، چگالی توان واقعی روشـنایی را براسـاس فضا - به - فضا نشان دهید که بتوان برای تعیین اندازه‌ی سیسـتم سرمایش از آن استفاده کرد.
- گزارش‌هایی در مورد همه‌ی ورودی‌ها و خروجی‌ها تهیه کنید تا بتوان در تعیین اندازه‌ی سیستم بحرانی، شامل سیستم‌های گرمایش، سـرمایش، تهویه، طرح نورسـنجی (روشـنایی)، اسـتفاده از نور طبیعی، و سیستم‌های خاص مانندسیستم تولید برق فوتوولتایی خورشیدی از آن‌ها کمک گرفت.
- آیین‌نامه‌ها و اسـتانداردهای مرجع را که طرح تابع آن است، در این سـند بگنجانید. علاوه بر مشخص کردن آیین‌نامه‌ها و اسـتانداردها، مسـیرهای انتخابی برای پیـروی از ضوابط آیین‌نامه را تشریح کنید، زیرا اغلب آیین‌نامه‌ها و استانداردها مسیرهای متعددی را برای پیروی مشخص می‌کنند.
- گزارش‌هایـی در مـورد ورودی‌ها و خروجی‌های مدل‌سـازی انرژی در این سند بگنجانید.
- از تکرار موضوعاتی که در سـند نیازهای پروژه‌ی مالک، یا در اسناد ساخت آمده است، اجتناب کنید.



۱۸-۲۰: مثالی از اجزای سند مبنای طرح.

سایر موضوعات مربوط به راه‌اندازی

نیازهای راه‌اندازی را باید در اسناد ساخت گنجاند. پیمانکارانی که در مناقصه شـرکت می‌کنند باید بدانند که در مرحله‌ی راه‌اندازی چـه انتظاری از آنان می‌رود. در این سـند باید مسـئولیت‌ها از جنبه‌های مختلف راه‌اندازی، شامل مسئولیت‌های پیمانکار کل، پیمانکاران تأسیسات مکانیکی و برقی، پیمانکاران فرعی آزمون و متوازن‌سازی، گروه راه‌انداز، و طراحان حرفه‌ای مشخص شود.

چون راه‌اندازی حوزه‌ای نسـبتا جدید اسـت، باید به طرف‌های ذینفع، که بسیاری از آن‌ها ممکن است با راه‌کارها، اصطلاحات، نقش‌ها، و اسـتثنائات پروژه‌های سـاختمان سبز آشنا نباشند، آموزش داد.

آزمون‌های راه‌اندازی

طی مراحل نصب و پس از آن، گروه راه‌انداز مسئول هماهنگ‌سازی و نظارت بر انجام مجموعه‌ای از آزمون‌ها برای تضمین این موضوع است که سیستم‌های انرژی تعبیه شده در ساختمان درست نصب شـده‌اند و به‌خوبی کار می‌کنند. این آزمون‌ها شـامل آزمون‌های عملکرد سیستم، از قبیل وارسی این که وقتی گرم کردن فضایی مورد نظر اسـت، دمای آن فضا افزایش می‌یابد؛ وقتی فن تهویه روشـن می‌شـود، کار می‌کند؛ جریان‌های آب و جریان‌های هوا طبق طرح‌اند؛ بازده احتراق طبق مشخصات فنی سازنده است؛ و دماهای هوا و آب در گستره‌ی طرح‌اند. گروه راه‌انداز غالبا از آزمون عملکرد فراتر می‌رود تا از کامل بودن اسـناد، شامل برچسب‌زنی تجهیزات و لوله‌ها مطمئن شود. نتایج این آزمون‌ها به‌تفصیل در گزارش راه‌اندازی ذکر می‌شـود و توصیه‌هایی هم در مورد هر نوع کمبود یا عیب شناسایی‌شده ارائه می‌گردد.

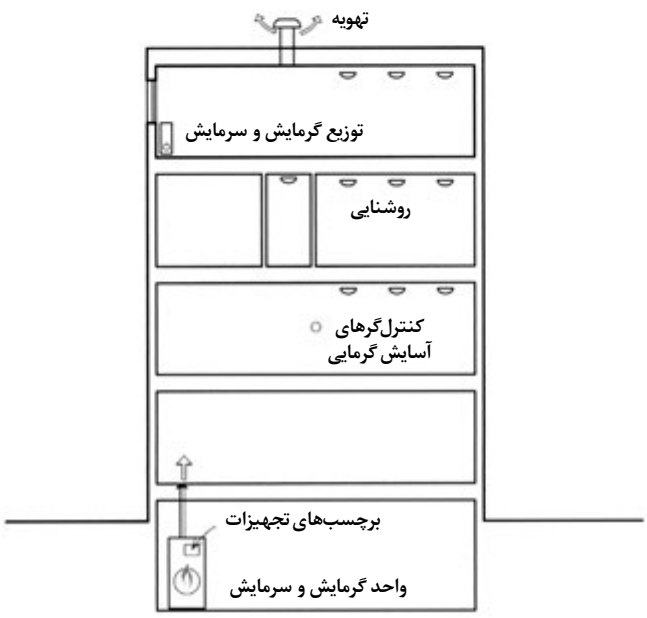
نوع مسـئله‌ای که در راه‌اندازی شناسایی می‌شـود را می‌توان با مثال زیر نشان داد. وسایل کنترل دما، مانند دمپرهای منطقه، و حسگرهای دما در دو فضای مجاور، به‌صورت اشتباهی سیم‌کشی شده‌اند. وقتی کاربران حاضر در یک فضا نقطه‌ی تنظیم ترموستات فضای خـود را بالا می‌برند، فضای مجاور گرم می‌شـود. در این حالت کاربران فضای مجاور احساس گرما می‌کنند و ترموستات را روی دمای پایین‌تری تنظیم می‌کنند، و در نتیجه کاربران فضای اول بیش از پیش احسـاس سـرما خواهند کرد و باز هم نقطه‌ی تنظیم ترموسـتات را بالا می‌برند. انرژی تلف می‌شـود و کاربران هیچ از یک از دو فضا احساس آسایش نمی‌کنند. وارسی روشمند هر وسـیله‌ی کنترل در حین راه‌اندازی می‌تواند از بروز مشکلاتی از این نوع جلوگیری کند. اما، بدون راه‌اندازی، مشکلات کنترلی از این نوع سال‌های سال وجود خواهند داشت بدون این‌که برای برطرف کردن آن‌ها اقدامی صورت گیرد.

۱۸-۲۱: مسئولیت‌های گروه راه‌انداز.

	OW	AR	EN	GC	MC	EC	PC	CX
نیازهای پروژه	◉	□	□					
مبنای طرح		◉	□					
مرور طرح								◉
بازرسی پی		□						◉
بازرسی دیوار باز		□						◉
بازرسی نهایی پوش		□						◉
آزمون و متوازن‌سازی					◉	□	□	□
آزمون کارکردی					□	□	□	◉
راهنمای مالک		□	□	◉	□	□	□	□
آزمون تکمیلی								◉
آموزش					□	□	□	◉

راهنما:

◉	مسئولیت اصلی
□	نقش پشتیبان
OW	مالک
AR	معمار
EN	مهندس
GC	پیمانکار کل
MC	پیمانکار تأسیسات
EC	پیمانکار برق
PC	پیمانکار لوله‌کشی
CX	گروه راه‌انداز



۱۸-۲۲: آزمون‌های راه‌اندازی.

آموزش و مستندسازی

گـروه راه‌انداز تضمین می‌کند که مالک برای اسـتفاده‌ی صحیح و کارآمد از سیسـتم‌های انرژی سـاختمان آموزش کافی دریافت می‌کنـد. گـروه راه‌انـداز هم‌چنیـن تضمین می‌کنـد که مالک مسـتندات همه‌ی سیستم‌های ساختمان، شـامل راهنماهای بهره‌برداری و تعمیرونگهداری، گارانتی تجهیزات، نقشه‌های پس از اجرا و ترتیبات کنترل را در اختیار دارد و آن‌ها را می‌فهمد.

آزمون و پایش تکمیلی

راه‌اندازی می‌تواند شـامل آزمـون تکمیلی به مدت چند ماه پس از شـروع استفاده از ساختمان باشـد تا تضمین شود که همه‌ی سیسـتم‌ها طبق طـرح کار می‌کنند. راه‌اندازی می‌تواند شـامل پایش پارامترهایـی مانند اندازه‌گیری پیوسـته‌ی دما و رطوبت، و گرمانگاری (ترموگرافی) فروسـرخ به‌منظور کسـب اطمینان از پیوستگی پوش گرمایی، آزمون‌های درِ دمنده‌دار به‌منظور ارزیابی درجه‌ی هوابندی، و بررسی‌های بازخورد کاربران و آسایش گرمایی نیز باشد.

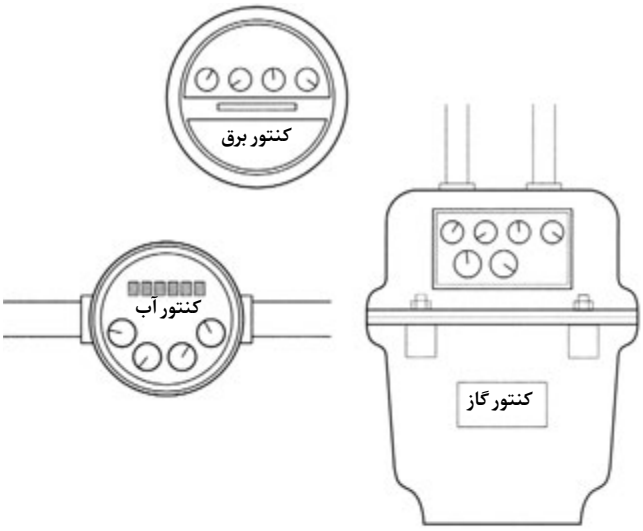
اندازه‌گیری و معیارهای آن

اندازه‌گیری

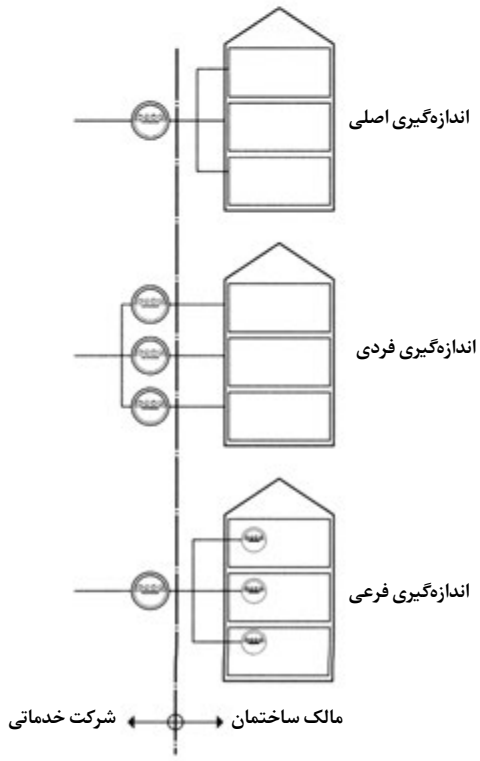
از اندازه‌گیـری مصـرف انرژی سـاختمان می‌توان برای کسـب اطلاعاتـی به‌منظور اطمینان از بهره‌برداری کارآمد از سـاختمان سبز اسـتفاده کرد. انتخاب سیستم اندازه‌گیری بر مصرف انرژی در دوره‌ی عمر سـاختمان نیز اثر می‌گـذارد. در هر بحث مربوط بـه اندازه‌گیری، باید در نظر داشـت که چه چیزهایی اندازه‌گیری نمی‌شوند، مانند انرژی صرف‌شده، و تأثیر تصمیم‌های طراحی بر این کمیت‌های اندازه‌گیری‌نشده را نیز در نظر گرفت.

از اندازه‌گیری می‌توان به صورت نوعی پایش استفاده کرد و بنابراین اندازه‌گیری می‌تواند مبنای بازخورد به مالک، بهره‌بردارنده، و طراح حرفـه‌ای را فراهم آورد. برنامه‌هایـی مانند «مدیر اجرایی EPA» ردگیری مصرف انرژی در یک ساختمان را، در مقایسه با ساختمانی دیگر، از طریق فرایندی موسوم به محک‌زنی امکان‌پذیر می‌کنند.

گزینه‌هـای دیگری نیز برای اندازه گیری وجود دارد. متداول‌ترین صورت اندازه‌گیری را شرکت‌های خدمات شهری انجام می‌دهند و می‌توان آن را اندازه‌گیری انرژی نیز نامید. متداول‌ترین جریان‌های انـرژی که اندازه‌گیری می‌شـوند عبارت‌اند از الکتریسـیته و گاز طبیعی. اندازه‌گیری آب نیز، هرگاه از چاه تأمین نشـود، توسـط سازمان آب محلی انجام می‌گیرد. کنتوری که برای کل ساختمان یا مجتمع نصب شـود کنتور اصلی نامیده می‌شـود. اندازه‌گیری با چند کنتور، که هر یک به یکی از واحدهای سـاختمان مربوط می‌شـود، اندازه‌گیری مستقل یا فردی نام دارد. وقتی یک کنتور اصلی توسط شرکت تأمین‌کننده‌ی خدمات نصب شود، اما مالک سـاختمان کنتورهای فرعی برای هر واحـد تعبیه کند، این نوع اندازه‌گیری را اندازه‌گیری فرعی می‌نامند.



۱۸-۲۳: اندازه‌گیری انرژی و آب مصرفی ساختمان.



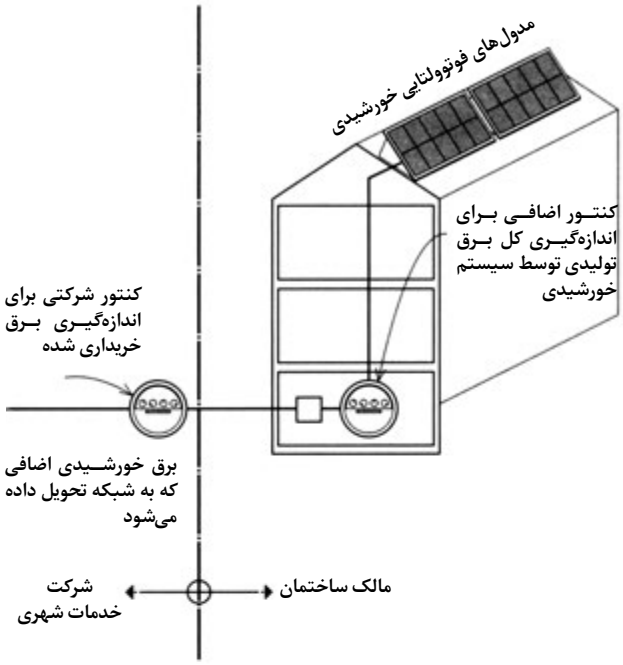
۱۸-۲۴: گزینه‌های اندازه‌گیری.

برای ساختمان سبز، اندازه‌گیری بیشتر می‌تواند بازخوردی ایجاد کند که برای سنجش عملکرد سازگار ساختمان و هشدار بموقع در مورد مشکلات احتمالی مفید است. این کار شامل نصب کنتورهای آب روی سیستم‌هایی است که نباید آب مصرف کنند، مانند سیستم‌های هیدرونیکی/بویلر بسته، و در جاهایی است که مصرف آب به‌منزله‌ی نشانه‌ی نشت آب است. از اندازه‌گیری برق تولیدی توسط سیستم‌های تجدیدپذیر، مانند سیستم‌های فوتوولتایی خورشیدی و سیستم‌های بادی نیز می‌توان برای کسب اطمینان از کارکرد صحیح و جلوگیری از تداوم عیبی که در صورت اتصال هم‌زمان ساختمان به برق شبکه ممکن است تا مدت‌ها آشکارسازی نشود استفاده کرد.

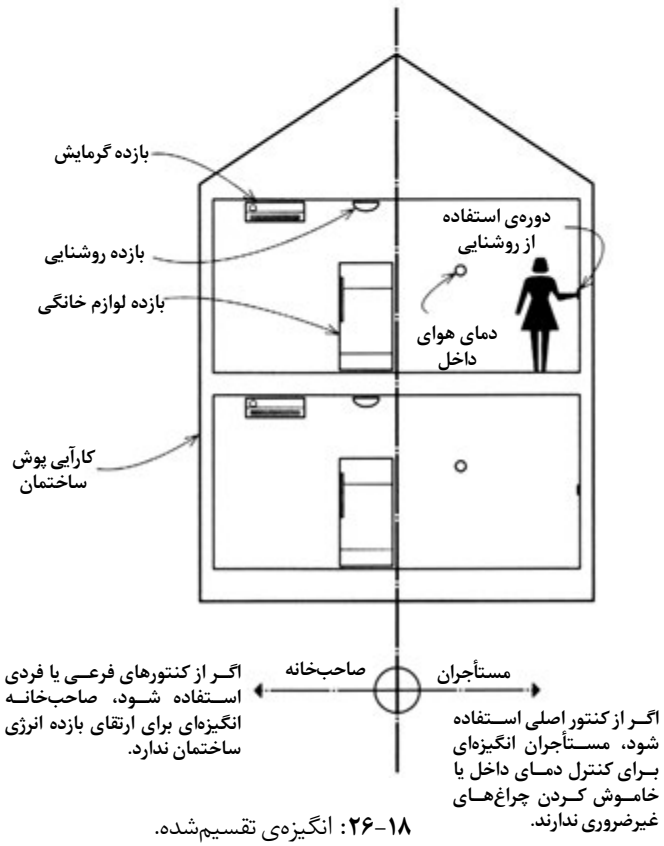
اندازه‌گیری فرعی برق مستأجران توسط صاحب‌خانه نیز گزینه‌ی دیگری است؛ این اندازه‌گیری فرعی می‌تواند شامل گاز طبیعی، آب گرم و سرد، و بخار نیز بشود.

اندازه‌گیری می‌تواند راهنمای ما در صرفه‌جویی در مصرف انرژی باشد. دیدگاه کلاسیک این است که مثلا اگر مستأجران صورت‌حساب خدمات شهری را پرداخت می‌کنند، گرایش کمتری به تلف کردن انرژی داشته باشند. متأسفانه، انتقال ساده‌ی اندازه‌گیری از صاحب‌خانه به مستأجران، خواه از طریق نصب کنتورهای فردی یا کنتورهای فرعی، می‌تواند پیامد ناخواسته‌ی حذف انگیزه‌ی صاحب‌خانه برای حفظ و ارتقای زیرساختار انرژی ساختمان را به دنبال داشته باشد. این پدیده را تقسیم انگیزه می‌نامند.

مثلا در یک ساختمان آپارتمانی، مستأجران مدت روشن ماندن چراغ‌ها را کنترل می‌کنند، اما صاحب خانه نوع چراغ‌های نصب‌شده در ساختمان را کنترل می‌کند. اگر ساختمانی کنتور اصلی داشته باشد، صاحب‌خانه انگیزه دارد که چراغ‌ها را به‌خوبی نگهداری کند و آن‌ها را ارتقاء دهد تا بازده بالاتری داشته باشند، اما در این حالت مستأجران برای خاموش کردن چراغ‌هایی که بی‌جهت روشن مانده‌اند انگیزه‌ای ندارند. اگر ساختمان کنتورهای فردی داشته باشد، صاحب‌خانه انگیزه‌ای برای ارتقای چراغ‌ها و نصب چراغ‌هایی با بازده بالاتر ندارد، اما مستأجران انگیزه‌ی بیشتری برای خاموش کردن چراغ‌های غیرضروری دارند. اندازه‌گیری فردی سبب افزایش هزینه‌های انرژی نیز خواهد شد، زیرا هزینه‌ی آبونمان ماهانه رابطه‌ای با مصرف انرژی ندارد. پاسخ ساده‌ای برای مسئله‌ی تقسیم انگیزه وجود ندارد. شاید، به مرور زمان، رویکردهایی پی‌ریزی شوند که بتوانند این مسئله را حل کنند. در این فاصله، نباید فرض کنیم که نصب کنتورهای فردی یا کنتورهای فرعی لزوما سبزتر از نصب یک کنتور اصلی است.



۱۸-۲۵: اندازه‌گیری سیستم‌های فوتوولتایی خورشیدی.



۱۸-۲۶: انگیزه‌ی تقسیم‌شده.

نوع دیگری از اندازه‌گیری هنگام تحویل سوخت به صورت فله انجام می‌گیرد - گازوئیل، پروپان، نفت سفید، زغال‌سنگ و زیست‌توده، مانند خرده‌چوب و هیزم برای گرمایش. این اندازه‌گیری با اندازه‌گیری برق، آب و گاز طبیعی تفاوت مهمی دارد. بارزترین تفاوت در این است که این سوخت‌ها قبل از مصرف اندازه‌گیری می‌شوند، در حالی‌که برق، آب و گاز طبیعی را حین مصرف اندازه‌گیری می‌کنند، که هم‌ارز با اندازه‌گیری پس از مصرف است. تحویل سوخت به صورت فله، که آن را تحویل محموله‌ای نیز می‌نامند، به دفعات کمتری انجام می‌گیرد و می‌تواند به این معنا باشد که استفاده از این اندازه‌گیری‌ها برای ردگیری مصرف انرژی پراکنده‌تر و استفاده از بازخورد آن‌ها دشوارتر است. تحویل سوخت توسط فروشندگان مختلف می‌تواند مسئله را غامض‌تر و ردگیری مصرف را دشوارتر کند. مثلا اگر مخزنی کاملا پر نباشد، آن‌گاه مصرف واقعی طی دوره‌ی باقی‌مانده تا تحویل محموله‌ی بعدی مشخص نخواهد شد. به‌علاوه، ناهمگونی مصرف - مثلا گرمایش فضا در زمستان در مقابل مصرف آب گرم در تابستان - نیز مانع دیگری است. خلاصه این‌که مصرف و ردگیری سوخت‌هایی که به صورت محموله تحویل داده می‌شوند، هرگاه به منظور پایش و بازخورد انجام شود، چالش دیگری را مطرح می‌کند.

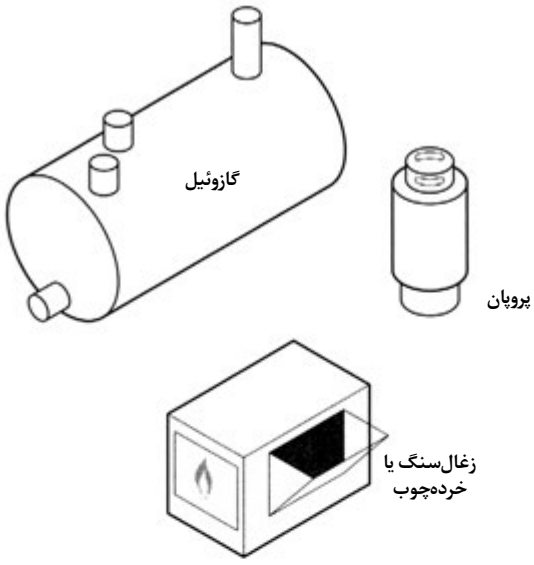
معیارهای سنجش

در ساختمان‌های سبز می‌توان از معیارهای مختلفی برای سنجش استفاده کرد.

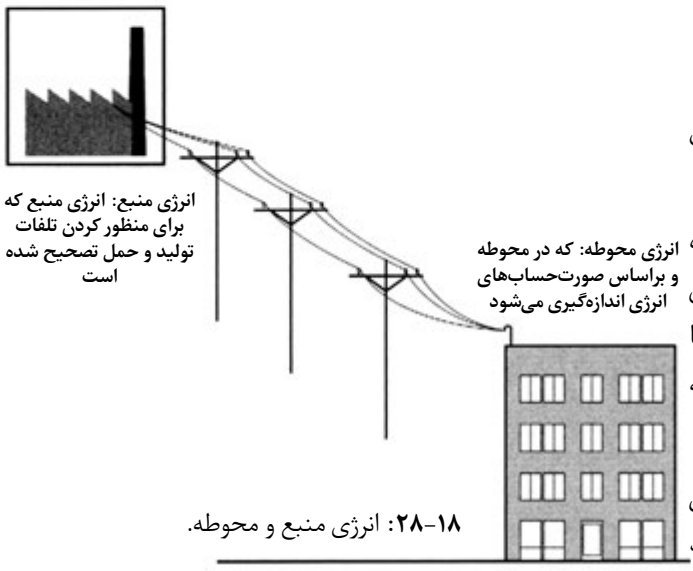
انرژی محوطه، که گاه انرژی ثانوی یا انرژی تحویلی نیز نامیده می‌شود، انرژی مصرفی توسط ساختمان است که با کنتورهای نصب شده در محوطه، یا کنتورهای محموله‌های سوخت (نفت یا پروپان) تحویلی اندازه‌گیری می‌شود. به عبارت دیگر، انرژی محوطه همان است که در صورت‌حساب‌های انرژی منعکس می‌شود.

انرژی منبع، که گاه آن را انرژی اولیه نیز می‌نامند، انرژی مصرفی ساختمان، پس از تصحیح براساس انرژی مصرفی برای تولید یا برداشت سوخت، و حمل آن به ساختمان است. به‌منظور محاسبه‌ی انرژی منبع، ضریب تصحیح بزرگی را در مورد برق خریداری شده از شبکه به‌کار می‌بندیم. در مورد سوخت‌های دیگر از ضرایب تصحیح کوچک‌تری استفاده می‌کنیم. انرژی منبع تأثیر زیست‌محیطی مصرف انرژی را دقیق‌تر از هر پارامتر دیگر نشان می‌دهد. ضرایب تصحیح بسته به موقعیت جغرافیایی و با گذشت زمان تغییر می‌کنند، زیرا معرف سوخت‌های مصرفی برای تولید برق و برداشت و حمل سوخت‌های دیگرند.

در آیین‌نامه‌ها، استانداردها، و رهنمودهای مختلف، از انرژی محوطه یا انرژی منبع استفاده می‌شود و بعضی‌ها نیز از هر دو استفاده می‌کنند.



۱۸-۲۷: سوخت‌هایی که به صورت محموله تحویل داده می‌شوند.



۱۸-۲۸: انرژی منبع و محوطه.

۱۸-۲۹: *ضرایب تصحیح میانگین ملی در امریکا، برای تبدیل انرژی محوطه به انرژی منبع.*

منبع انرژی	نسبت منبع به محوطه
برق	۳/۳۴۰
گاز طبیعی	۱/۰۴۷
پروپان	۱/۰۱۰
سوخت نفتی شماره‌ی ۲	۱/۰۰۰

سازمان حفاظت محیط زیست امریکا (EPA)، در برنامه‌ی پایگاه داده‌ی برخط خود، موسوم به «مدیر اجرایی»، از انرژی منبع مبتنی بر ضرایب تصحیح میانگین ملی برای هر سوخت و انرژی الکتریکی استفاده می‌کند تا انرژی منبع را از انرژی محوطه به دست آورد. واحد مصرف سوخت‌های فسیلی، مانند ترم گاز طبیعی، یا گالن نفت یا پروپان، و کیلووات‌ساعت برق، همگی به kBtu (هزار Btu) تبدیل می‌شوند و سپس با هم جمع شده، بر سطح زیربنای ساختمان تقسیم می‌شوند تا مصرف برحسب kBtu بر فوت مربع در سال به دست آید.

وزارت انرژی امریکا (DOE) در پایگاه داده‌های ملی خود برای ساختمان از شاخص بهره‌گیری از انرژی (EUI) استفاده می‌کند که برحسب kBtu بر فوت مربع در سال بیان می‌شود. آمار هم در مورد انرژی محوطه و هم در مورد انرژی منبع نگه‌داشته می‌شود.

شاخص بهره‌گیری از انرژی را شاخص مصرف انرژی، شدت مصرف انرژی، یا شدت کاربرد انرژی نیز می‌نامند.

ضابطه‌ی پاسیوهاوس برای مصرف انرژی منبع ۱۲۰kWh بر متر مربع در سال است. تقاضای طرح گرمایش و سرمایش پاسیوهاوس برابر است با ۱۵kWh بر متر مربع در سال، به‌ازای هر انرژی مصرفی در محوطه.

این معیارها در بحث ساختمان‌های با مصرف انرژی خالص صفر مطرح می‌شوند. مخصوصا باید روشن کنیم که آیا ساختمان با مصرف انرژی محوطه‌ی خالص صفر مورد نظر ماست یا ساختمان با مصرف انرژی منبع خالص صفر. این معیارها مبنای بحث درباره‌ی بازده نسبی ساختمان‌ها نیز هستند.

انتشار مواد کربنی معیار دیگری برای مقایسه‌ی ساختمان‌ها، هم برحسب انتشار حین بهره‌برداری (انتشار سالانه‌ی مواد کربنی) و هم برحسب انتشار یکباره‌ی مربوط به انرژی صرف شده برای تولید مصالح ساختمانی است. واحد اندازه‌گیری انتشار مواد کربنی معمولا تن در سال است. واحدهای دیگر عبارت‌اند از پوند بر سال و کیلوگرم در سال و تن متریک در سال. در اندازه‌گیری‌ها غالبا به انتشار کربن دیوکسید (CO_2) اشاره می‌شود، اما گاهی از انتشار معادل کربن خالص (C) نیز استفاده می‌کنند.

۱۸-۳۰: خلاصه‌ای از ضرایب تبدیل مورد استفاده برای سوخت‌های متداول.

	واحد	ضریب لازم برای به دست آوردن kBtu محوطه	ضریب لازم برای به دست آوردن انتشار CO_2 در منبع برحسب پوند
برق	KWh	۳/۴	۳/۲
گاز طبیعی	ترم	۱۰۰/۰	۱۲/۲
پروپان	گالن	۹۲/۵	۱۳/۰
نفت شماره‌ی ۲	گالن	۱۳۵/۰	۲۱/۷

به عنوان مثال در ساختمانی با عملکرد بالا و سطح زیربنای ۱۶۲۵ فوت مربع (۱۵۰ متر مربع)، سالانه ۵۴۰ ترم گاز طبیعی و ۵۳۹۰ کیلووات‌ساعت برق مصرف می‌شود. شاخص مصرف انرژی محوطه‌ی این ساختمان را چنین محاسبه می‌کنیم:

۵۴۰therms/year×۱۰۰kBtu/therm=۵۴۰۰۰kBtu/year

۵۳۹۰ kWh/year×۳/۴ kBtu/kWh=۱۸۳۲۶ kBtu/year

(۵۴۰۰۰+۱۸۳۲۶)/۱۶۲۵=۴۴/۵ kBtu/SF/year

این نتیجه را با مقدار میانگین سال ۲۰۱۰ برای ساختمان‌های تجاری در امریکا مقایسه می‌کنیم که ۱۰۷/۷ kBtu بر فوت مربع در سال است. نتیجه می‌گیریم که مصرف انرژی در این ساختمان، ۶۰٪ پایین‌تر از میانگین ملی مصرف انرژی است.

هزینــه‌ی انــرژی (دلار بر فوت مربع در ســال) نیــز نوعی معیار عامیانه‌ی مفید اســت که برحسب واحدی آشــناتر برای عامه‌ی مردم، در مقایسه با kBtu، کیلووات‌ساعت، یا میزان انتشار مواد کربنی، بیان شــده است. ۱ دلار بر فوت مربع در سال پایین، و ۵ دلار بر فوت مربع در سال بالاست.

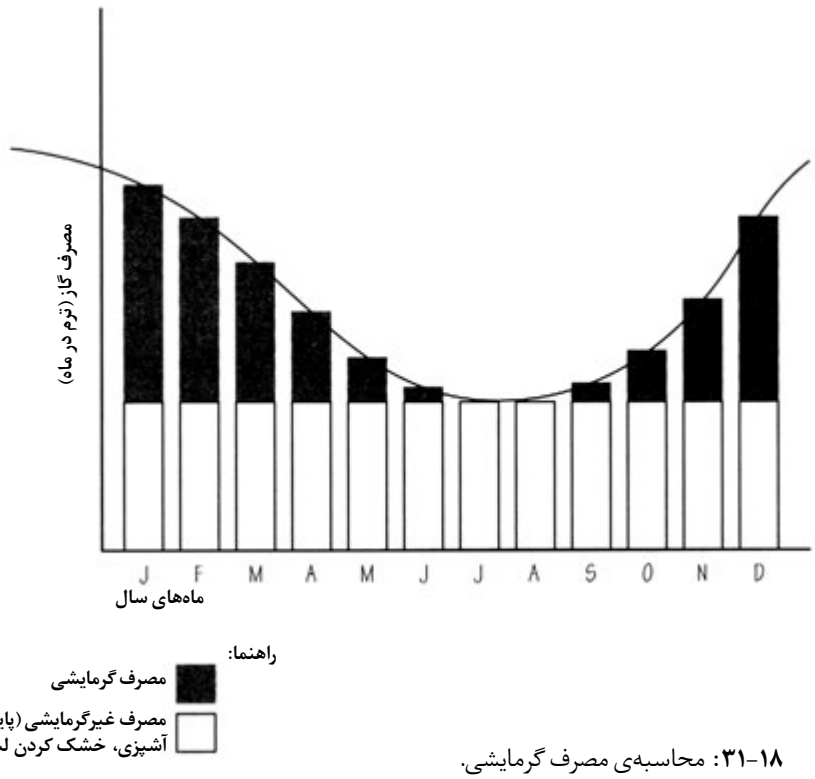
معیارهایــی هم برای مصرف آب رایج اســت کــه به‌عنوان مثال می‌توان از هزار گالن بر فوت مربع در سال، یا گالن بر نفر در سال نام برد.

معیارهای تولید برق از منابع تجدیدپذیر، مانند باد و خورشید نیز معمولا به صورت کیلووات‌ســاعت در سال ارائه می‌شود. هنگام ارزیابی مصرف انرژی خالص ساختمان، شاخص مصرف انرژی آن، و میزان انتشار مواد کربنی،این مقادیر را از مصرف الکتریسیته‌ی محوطه کسر می‌کنند.

مصرف انرژی ســاختمان و میزان انتشــار مواد کربنی را می‌توان بسط داد تا مصرف انرژی برای حمل از ساختمان یا به ساختمان را نیز شامل شود.

به‌عنــوان یکــی از معیارهــای کارآیــی پوش ســاختمان از لحاظ کاهش مصرف انرژی، مصرف انرژی برای گرمایش ســاختمان را از صورت‌حســاب‌های انرژی استخراج کرده، با بررسی مصرف فصلی آن را محاســبه می‌کنیم. غالبا معیاری موســوم به شیب گرمایش را محاســبه می‌کنند. از ضریب تصحیحی برای گرمایش استفاده می‌کنند که براســاس شرایط هوا در زمستانی خاص به دست آمده است و به کمک این ضریب سردی یا ملایمت هوای زمستان را نیز در محاسبات تأثیر می‌دهند.

بــه همین ترتیب، با تحلیل صورت‌حســاب‌های انــرژی می‌توان معیارهــای دیگــری، ماننــد مصــرف تهویه‌مطبوع، و بــار پایه (غیرگرمایشی و غیرسرمایشی) برای مصرف سوخت‌های مختلف نیز به دست آورد.



۱۸-۳۱: محاسبه‌ی مصرف گرمایشی.

مقادیر و بده‌بستان‌ها

طراحی ساختمان سبز مستلزم تصمیم‌گیری‌های بسیاری است. این تصمیم‌گیری‌ها به صدها و گاه هزاران تصمیمی که باید برای طراحی و ساخت هر ساختمانی گرفت، گره خورده‌اند.

اغلب تصمیم‌گیری‌های مربوط به ساختمان سبز شامل اولویت‌بندی اصلاحات لازم برای سبزتر کردن ساختمان، مصرف انرژی کمتر، کاهش سایر تأثیرات ساختمان بر محیط زیست، و اصلاح محیط ساخته شده به هزار و یک راه برای ارتقای سلامت آدمی است. ضخیم‌تر کردن عایق دیوار نوعی اصلاح است. کوچک تر کردن یا کمتر کردن تعداد پنجره‌ها، اصلاح است. نصب مقر پارک دوچرخه، اصلاح است. به‌کارگیری سیستم‌های خورشیدی اصلاح است. استفاده از چوبی که به‌صورت تداوم‌پذیر برداشت شده باشد، استفاده از رنگ‌هایی با VOC پایین و استفاده از دیوارهای بازتابنده، اصلاح است. تعداد اصلاحات بالقوه بسیار است. چگونه می‌توان این همه اقدام اصلاحی را اولویت‌بندی کرد؟

اولویت‌بندی اصلاحات انرژی ممکن است آسان‌تر باشد، زیرا می‌توان صرفه‌جویی حاصل از آن را پیش‌بینی و هزینه‌های ساخت را برآورد کرد. بنابراین با انواع مختلف معیارهای عملکردی سروکار داریم که می‌توانیم اصلاحات گوناگونی را که در زمینه‌ی انرژی انجام می‌دهیم، با آن‌ها بسنجیم.

یکی از معیارهای قدیمی، اما هم‌چنان رایج برای سنجش اصلاح مصرف انرژی، جبران ساده است، که عبارت است از هزینه‌ی اضافی برآورد شده برای ساخت، تقسیم بر صرفه‌جویی سالانه‌ی برآوردشده‌ی حاصل از اقدام اصلاحی. مثلا اگر هزینه‌ی اضافی عایق‌کاری دیوار ۲۰۰۰ دلار برآورد شود و پیش‌بینی کنیم که با این اقدام سالانه ۲۰۰ دلار در هزینه‌ی مصرف انرژی صرفه‌جویی خواهد شد، دوره‌ی جبران برابر است با ۲۰۰۰/۲۰۰ یا ۱۰ سال. هر چه دوره‌ی جبران کوتاه‌تر باشد، بهتر است. اما در این معیار عمر پیش‌بینی شده برای اقدام اصلاحی منظور نشده است. می‌توان انتظار داشت که عایق‌کاری دیوار ۵۰ سال دوام بیاورد، اما اصلاح مشابهی در روشنایی، مثلا استفاده از لامپ کم‌مصرف، با همان دوره‌ی جبران ساده‌ی ۱۰ ساله که بدون محاسبه انتخاب شده، ممکن است فقط ۵ سال دوام داشته باشد. روش دوره‌ی جبران ساده نمی‌تواند به ما نشان دهد که عایق‌کاری اضافی دیوار اقدام سنجیده‌تری است، زیرا دوام بیشتری دارد. بنابراین روش جبران ساده بیش از حد ساده‌انگارانه است.

گروه دیگری از معیارها تحت عنوان کلی «هزینه‌ی دوره‌ی عمر» دسته‌بندی می‌شوند که عواملی مانند عمر قابل پیش‌بینی برای اقدام اصلاحی، و هر نوع افزایش تورمی قابل انتظار در قیمت سوخت را نیز به‌حساب می‌آورند. صرفه‌جویی‌های آتی در مصرف انرژی جمع می‌شوند و با استفاده از اصول اقتصادی پذیرفته شده به یک مبلغ فعلی تبدیل شده، با هزینه‌ی سرمایه‌گذاری اضافی مقایسه می‌شوند. این رویکرد به پی‌ریزی چندین معیار منجر می‌شود که از جمله می‌توان به هزینه‌ی خالص دوره‌ی عمر، نسبت صرفه‌جویی به سرمایه‌گذاری (SIR)، یا برگشت سرمایه (ROI) اشاره کرد.

استفاده از میزان انتشار مواد کربنی به‌عنوان معیار رو به افزایش است و این معیار آثار انرژی صرف‌شده‌ی گزینه‌های مختلف طراحی را نیز به حساب می‌آورد.

در این کتاب رویکردهای بسیاری را برای کاهش هزینه‌ی ساخت شرح دادیم که شامل کاهش سطح زیربنا و استفاده از شکل‌های ساده‌تر ساختمان، به‌کارگیری فنون پیشرفته‌ی قاب‌بندی، نازک‌کاری‌های داخلی با سطوحی با بازتابندگی بیشتر به طوری که بتوان چراغ‌های کمتری نصب کرد و پنجره‌های کمتری برای استفاده از نور طبیعی تعبیه کرد، استفاده از پنجره‌های کوچک‌تر یا کمتر، و استفاده از چراغ‌های خطی بود. این اصلاحات از لحاظ مالی بلافاصله جواب می‌دهند، دوره‌ی جبران آن‌ها صفر و دوره‌ی برگشت سرمایه‌ی آن‌ها بینهایت است. پس چنین اصلاحاتی سزاوار ارزیابی فوری و اولویت بالاترند.

چنان که قبلا گفتیم، در اولویت‌بندی اصلاحات انرژی، اصلاح بازده ساختمان را باید قبل از منظور کردن انرژی تجدیدپذیر ارزیابی کرد، زیرا هنوز فناوری‌های استفاده از انرژی تجدیدپذیر پرهزینه‌اند و ساخت سیستم‌های استخراج انرژی تجدیدپذیر مستلزم صرف انرژی و مصرف مصالح است. اما ارزیابی انرژی تجدیدپذیر در کنار اصلاحات ساختمان ضرری ندارد، به شرط این‌که از اصلاحات منتهی به افزایش بازده مصرف انرژی غافل نشویم.

مجموعه‌ای از تصمیم‌گیری‌های مهم هنگامی مطرح می‌شوند که از اصلاحات مربوط به کاهش مصرف انرژی فراتر می‌رویم و اصلاحات بی‌ارتباط با انرژی را ارزیابی می‌کنیم. کدام مهم‌تر است، ۱۰۰ دلار سرمایه‌گذاری در افزایش بازده مصرف انرژی، یا ۱۰۰ دلار سرمایه‌گذاری برای استفاده از رنگ‌هایی با VOC پایین؟ می‌توان این نظر را مطرح کرد که تا زمانی که خطر تغییر اقلیم کره‌ی زمین را تهدید می‌کند، اقدامات اصلاحی که انتشار مواد کربنی را کاهش می‌دهند، اولویت بیشتری دارند. عده‌ای دیگر ممکن است برای سلامت آدمی اولویت بالاتری قائل شوند. LEED به طور ضمنی مدافع ایجاد توازن در اصلاحات ساختمان سبز است. سایر آیین‌نامه‌ها، استانداردها، و رهنمودها کاهش مصرف انرژی و کاهش انتشار مواد کربنی را در اولویت می‌دانند.

هنگام انتخاب اصلاحات ساختمانی سبز، شاید تأکید بر چند معیار مفید باشد:

- مشهود بودن. گاهی به نظر می‌رسد که اصلاحات ساختمان سبز به دلیل مشهود بودن یا دیده شدن انتخاب می‌شوند، اما باید گفت که مشهود بودن اولویت پایینی دارد.
- وجهه. مانند مشهود بودن، بعضی از اصلاحات سبز، مشهود یا نامشهود، به سبب وجهه‌ای که به ساختمان می‌بخشند، به کار گرفته می‌شوند.
- اصلاحات ناشی از اصرار فروشندگان - بسیاری از فروشندگان تجهیزات یا مصالح ساختمانی مستقیما به مالک رجوع کرده، بازارگرمی می‌کنند. اگرچه فروشندگان باید در بحث‌ها شرکت داشته باشند و در گفتگوها باید صدای آن‌ها هم شنیده شود، نباید در انتخاب اقدامات اصلاحی نظر غالب داشته باشند.

شایان توجه است که مشوق‌های دولتی، مانند امتیازها یا تخفیف‌های مالیاتی به سبب کاهش مصرف انرژی یا استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، ذاتا بخشی از فرایند اولویت‌بندی را تشکیل می‌دهند. دولت می‌تواند از فناوری‌های نوآیند پشتیبانی کند و مشوق‌های خود را در جهت بازتاب و توسعه‌ی فواید اجتماعی ساختمان‌های سبز به‌کار گیرد. نکته‌ی جالب توجه این است که، همانند استانداردهای سبز، مشوق‌های دولت نیز عموما در جهت اصلاحاتی است که به ساختمان اضافه می‌شوند (مثلا اضافه کردن عایق، یا اضافه کردن سیستم انرژی خورشیدی)، و از اصلاحاتی که در جهت کاهش بار عمل می‌کنند، نه در جهت افزایش بازده، حمایت نمی‌کند. با وجود این مشوق‌های دولتی می‌توانند در کاهش آلودگی ناشی از ساختمان‌ها که به کل جامعه آسیب می‌رساند، نقش مهمی داشته باشند.

در اولویت‌بندی اصلاحات ساختمان سبز، همواره باید به تعریف ساختمان سبز رجوع کرد - ساختمان سبز ساختمانی است که تأثیر بسیار کمتری بر محیط طبیعی دارد و شرایط هوای داخل موجبات سلامت آدمی را فراهم می‌آورد. کندوکاو در مورد مبالغی که هنگام اولویت‌بندی اصلاحات ساختمان سبز مطرح می‌شود، به پرسش‌های بیشتری می‌انجامد: آیا ساختمان سبز مطلوب همه است؟ آیا رعایت استانداردهای ساختمان سبز باید داوطلبانه باشد؟ آیا استانداردهای ساختمان سبز باید بالاتر از آیین‌نامه باشد، یا باید آیین‌نامه‌ی انرژی را ارتقاء داد تا بازتابی از اجماع همگانی بر سر پاسخ این پرسش باشد که در ساختمان، سبز بودن چیست و چه اهمیتی دارد؟ اگر سلامت آدمی یکی از جنبه‌های سبز بودن ساختمان است، چرا این استانداردها اجباری نیست، یا به عبارت دیگر، چرا در آیین‌نامه‌ی ساختمان نیامده‌اند؟ بسیاری از این پرسش‌ها بخش مهمی از بحث ساختمان‌های سبز در سال‌های آینده را به خود اختصاص خواهند داد.

در یک مورد یقین داریم: باید از مرحله‌ی ساختمان سبز برای نمایش یا کسب نشان، یا به‌عنوان نمادی از توجه به محیط زیست درگذریم. ضرورت کاهش انتشار مواد مضر برای شرایط اقلیمی مبرم‌تر از آن است که ساختمان سبز صرفا بخش محدودی از ساختمان‌های ما را تشکیل دهد. باید تجربه‌ی جمعی خود را به کار بندیم و آن را در جهت تبدیل طراحی سبز به بخش جدایی‌ناپذیری از همه‌ی طرح‌ها هدایت کنیم. کیفیت در طراحی و ساخت ابزاری مهم برای رسیدن به این هدف است.

۱۸-۳۲: اولویت‌بندی اصلاحات.

	کیفیت زیست‌محیطی	هزینه‌ی ساخت	مصرف مصالح/انرژی صرف‌شده	مصرف انرژی
ساختمان کوچک‌تر	○	○	○	○
شکل ساده‌تر	○	○	○	○
نسبت کوچک‌تر پنجره به دیوار	○	○	◐	○
سطوح بازتابنده	○	◐	○	○
عایق‌کاری بیشتر	○	●	●	○
HVAC با بازده بالا	○	●	●	○
انرژی خورشیدی	○	●	●	○
جمع‌آوری آب باران	○	●	●	○

○ تأثیر زیاد
◐ تأثیر جزئی
● بی‌تأثیر

۱۹ نتیجه‌گیری

ساختمان سبز و زیبایی

در طراحی ســاختمان، زیبایی اهمیت بسزایی دارد. این نکته در مورد طراحی ساختمان سبز نیز صدق می‌کند و، از بعضی لحاظ، ممکن است مهم‌تر هم باشــد. طراحان حرفه‌ای ساختمان سبز باید از استانداردهای بالا پیروی کنند تا نشان دهند که در تلاش برای سبزتر کردن ساختمان‌ها، زیبایی را قربانی نمی‌کنند.



۱۹-۰۱: زیبایی: کیفیت یا ترکیب کیفیت‌هایی که مطبوع طبع زیبایی‌شــناختی آدمی واقع می‌شــود، رضایت ذهنی آدمی را فراهم می‌آورد، یا روحیه‌ی آدمی را بالا می‌برد.

چرا باید ســاختمان زیبا باشد؟ زیبایی آرامش به ارمغان می‌آورد. زیبایی غــرور می‌آفریند. زیبایی حس نظم پدیــد می‌آورد. زیبایی می‌تواند برقراری رابطه با طبیعت را آســان کند. زیبایی درباره‌ی امکان شگرف یافتن هماهنگی در درون خود، بین خود و دیگران، و با جهان بیرون سخن می‌گوید. وصف بیشتر زیبایی را به شاعران وامی‌گذاریم و با این فرض پیش می‌رویم که زیبایی مهم است.

زیبایی غالبا در چشم بیننده است، به تعبیر شاعر: اگر بر دیده‌ی مجنون نشــینی/به غیر خوبــی لیلی نبینی! معیــار دیگری هم می‌توان به مجموعه‌ی معیارهای قبلی اضافه کرد - زیبایی عملکرد ساختمان. شاید ساختمانی که انرژی کمتری مصرف می‌کند، زیبا باشد. ساختمانی که زمستان‌ها از لبه‌ی بام آن قندیل یخی آویزان نشود زیباست. ساختمانی که کم‌صدا باشد، زیباست. همه‌ی این مشخصه‌های ساختمان سبز با عملکرد بالایند. زیبایی ساختمان نباید صرفا ظاهری باشد.

طراحی ســبز عناصر جدیدی را به همراه خود می‌آورد؛ عناصری از قبیل صفحه‌های خورشــیدی که باید به‌صورتی زیبایی‌شناختی در ساختمان تعبیه شــده، با آن یکپارچه شوند. در نظر بسیاری از ما، این عناصر از لوازم زیبایی‌اند، اما ممکن اســت نظر دیگران چنین نباشد. ما، در مقام طراح حرفه‌ای، باید مطمئن شویم که این عناصر به‌شیوه‌ای موزون و زیبایی‌شناختی در ساختمان تعبیه شده‌اند.

احتمال می‌رود طراحی ســبز شکل ظاهری ساختمان‌ها را تغییر دهد. انواع ساده‌سازی‌ها را برای شکل ساختمان پیشنهاد کردیم که موجب کاهش مصرف انرژی و مصالح ساختمانی می‌شوند. در نظر بعضی ممکن است این ساده‌سازی‌ها دست‌وپاگیر و محدودکننده باشــند. اما همین ساده‌سازی‌ها می‌توانند خلاقیت ما را به سوی نوعی زیبایی‌شناســی سبز نو، فرم‌های نو، و شکل‌های نو هدایت کننــد. ما در پی اضافه کردن فرم به کارکرد هســتیم، نه افزودن کارکرد به فرم. پیشنهاد ما این است که به‌جای دست‌وپاگیر تلقی کردن این ساده‌ســازی‌ها، آن را فرصتی مغتنم برای نشان دادن خلاقیت خود ببینیم، زیرا ما طراحی ساختمان را بر شالوده‌ای از عملکرد بالا به‌خدمت می‌گیریم و از ابزارهای متنوع زیبایی، مانند رنگ، نقش، بافت، توازن، نسبت‌بندی و شکل استفاده می‌کنیم.



۱۹-۰۲: زیبایی ســاختمان نباید صرفا ظاهری باشــد. کاسا دل فاشّو، جوزپه تراّنی، ۱۹۳۳-۱۹۳۱.



۱۹-۰۳: فرم را به کارکرد اضافه کنید، نه کارکرد را به فرم.



۱۹-۰۴: با جهان طبیعی ارتباط برقرار کنید.

ساختمان‌های سبز و طبیعت

در بررسی طرح ساختمان، هدایت بحث‌های اولیه به سمت نیروهای طبیعی که ساختمان باید از ما در برابر آن‌ها محافظت کند - یعنی خورشـید، هوا (باد، نشت هوا، کوران)، آب (باران، آب سطحی، آب زیرزمینی، و رطوبت)، جانوران (حشرات، جوندگان، پرندگان و دیگر جانوران)، تغییرات شـدید دمـا، و آلاینده‌ها (گردوخاک، گل‌ولای، و آلاینده‌های هوابُرد) - آموزنده اسـت. تشـخیص این نیروها، توجه به آن‌ها، و ارج نهادن به آن‌ها بسـیار مهم اسـت. در طراحی محوطه و سـاختمان نه‌تنها می‌توان لایه‌های محافظ را تقویـت کرد و در نتیجه از گزنـد این نیروها مصون ماند، بلکه می‌توان راه‌هایی نیز ارائه داد که کاربران ساختمان بتوانند از طریق آن‌ها با طبیعت تماس پیدا کنند.

به‌جـای تقویت تماس مصنوعی با طبیعـت از طریق ایجاد نقاط ضعف در سـاختمان، مثلا تعبیه‌ی پنجره‌های بزرگی که کاربران بتوانند از پشـت آن‌ها به سـادگی بیرون را نظـاره کنند، طراح حرفه‌ای می‌توانـد راه‌های بهتری برای تقویـت این ارتباطات در محوطه، با استفاده از همه‌ی ابزارهای ساخت چشم‌انداز - پوشش گیاهی، آب، منظره، مسـیرهای پیاده و سـواره، حصار، اثاثیه‌ی خارجی، سازه‌هایی مانند آلاچیق و کلاه‌فرنگی، و حتی ویژگی‌های نامتعارفی مانند هزارتوها و خانه‌های درختی - بیابد. شاید بتوان با نصب سـاعت آفتابی (شـاخص) در محوطه بر خورشـید، و با ساخت استخر بر آب، تأکید کرد. حتی ساختمان‌های شهری هم امکانات بی‌پایانی برای برقراری ارتباطات ارزشمند، هر چند ساده و فروتنانه، با طبیعت عرضه می‌کنند.

گمان می‌کنیـــم در بعضی از جنبه‌های طراحی ســاختمان برای پاســخگویی به نیاز آدمی به برقــراری ارتباط با طبیعت در فضای داخلی ساختمان تلاش شده اســت. فضاهای طاق‌دار به ما این حس را می‌بخشـــند کــه در فضای بیرون و زیر گنبد آســمانیم و سقفی روی سرمان سنگینی نمی‌کند. به همین ترتیب، اتاق‌های وسیع با القای حس جاداری، فضای بیرون را شبیه‌سازی می‌کنند. پنجره‌ها و درهای شیشــه‌ای مناظری از بیرون را برابر چشــم ما می‌نهند و ورود نور طبیعی به فضای داخلی را امکان‌پذیر می‌کنند. اما وقتی در به‌کارگیری این ویژگی‌ها افراط شــود، ممکن اســت به برقراری ارتبــاط مصنوعی با طبیعت بینجامد که هم با ایجاد آلودگی به جهان طبیعی، که می‌کوشیم با آن ارتباط برقرار کنیم، آسیب می‌رساند و هم موجب ته کشیدن منابع و ذخایر طبیعی، به علت مصرف بی‌رویه‌ی انرژی و مصالح می‌شود.
طبیعــت بیکرانگی خود را به صورتــی معماگونه بر آدمیان عرضه می‌دارد. آدمی نیازمند محافظت در برابر نیروهای طبیعت است، اما به همان شــدت به برقــراری ارتباط با طبیعت نیــاز دارد، و این نکته حتی در مورد شهرنشــینان کم‌عاطفه نیز صادق است. ساختمان می‌تواند هر دو نیاز آدمی را برآورده کند؛ ما را از طبیعت محفــوظ نگه می‌دارد و امکان ارتباط با طبیعت را برایمان فراهم می‌کند. اما در گذشته، ساختمان‌های پر از منفذ، مرطوب، بیش از حد بزرگ، بیش از حد روشن، بیش از اندازه شیشه‌کاری‌شده، و با مصرف انرژی بیش از اندازه، نه به میزان کافی ما را از آسیب نیروهای طبیعت مصون نگه داشته‌اند، و نه توانسته‌اند بین ما و طبیعت ارتباط کافی برقرار کنند. قصد ما این است که این وضع را بهبود بخشیم. ساختمان‌های سبزتر محافظت بیشتر در برابر گرما و سرمای شدید و نیروهای طبیعت را نوید می‌دهند، ضمن این‌که محیط را کمتر آلوده می‌کنند، و آســایش بیشتر و ارتباط بهتر با زیبایی طبیعت را به ارمغان می‌آورند.



۱۹-۰۴: تماس با جهان طبیعی را انتخاب کنید.

کلام آخر

بـرای مقابلـه با طیف گسـترده‌ی تأثیـرات تغییر اقلیم و سـایر تهدیدهای زیسـت‌محیطی، باید به نوع تازه‌ای از معماری، یعنی معماری سـبز روی آورد. مصرف انرژی در ارتباط با سـاختمان، به‌عنوان علت اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای و فرصتی مغتنم برای کاهش انتشار این گازها شناخته شده است. ما در حوزه‌ی طراحی و سـاخت، ناگزیر از انتخابیم؛ یا باید مسـئولیت تأثیرات مخرب ساختمان‌های خود را در تغییر اقلیم بپذیریم، یا پیشگام در انجام تغییراتی باشیم که دامنه‌ی این تأثیرات مخرب را محدود می‌کنند.

نیاز به ساختمان سبز دیگر نوعی ادا و اصول مد روز ، یا انتخابی به اختیار نیسـت. در سـال‌هایی که پیش رو داریم، طراحی سبز احتمالا ضرورتی هم‌پایه‌ی طراحی سیسـتم مقابله با آتش‌سوزی یا سـایر سیستم‌های ایمنی ساختمان خواهد یافت. بنابراین نیاز مبرم داریم که سـاختمان سـبز موقعیتی ورای حالت نمایشی، ورای ویتریـن بوتیک، و ورای حالت نمادیـن پیدا کند و به‌جای آن مقوله‌ی سـاختمان سبز را به عمق نسوج معماری، ساخت و ساختمان‌داری نفوذ دهد.

این امکان هسـت که با شـروع جنبش ساختمان سبز در ایالات متحده‌ی امریکا، دوران جنبش اکتشاف سرزمین‌های نو به پایان برسد؛ جنبشی که در آن هر علفزار و هر تپه‌ای را کشف می‌کردند و در آن سـکنا می‌گزیدند، و هر چشـم‌اندازی را با این دید نگاه می‌کردند که به چه چیز می‌توان آن را تبدیل کرد، نه این که برای چه کاری سـاخته شده است. برچیدن این خوان نعمت گسترده ممکن اسـت دردناک و محدودیت‌زا به‌نظر برسد. اما با توجه به توانایـی منحصر به فرد روح آدمی، شـاید این پایان و این چالش را بتوان به آغازی شـکوهمند تبدیل کرد. به‌جای سراب امکانات بی‌پایان، اما در واقع محدود، واقعیت ساختمان سبز می‌تواند به راستی بی‌کران و نامحدود باشد.

برنامه‌ی صدور گواهی ساختمان سبز LEED®۲۰۰۹

برای ساختمان‌های جدید و بازسازی‌های اساسی

دسترس‌پذیر برای کاربرد اختیاری از اول ژوئن ۲۰۱۵

محوطه‌های پایدار (۲۶ امتیاز ممکن)

SS Prerequisite ۱ جلوگیری از آلودگی ناشی از فعالیت‌های ساخت (لازم)

SS Credit ۱ انتخاب محل ۱

SS Credit ۲ چگالی توسعه و ارتباط‌پذیری جامعه ۵

SS Credit ۳ توسعه‌ی مجدد زمین قهوه‌ای ۱

SS Credit ۴/۱ حمل‌ونقل جایگزین، دسترسی به حمل‌ونقل عمومی ۶

SS Credit ۴/۲ حمل‌ونقل جایگزین، محل‌های نگهداری دوچرخه و تعویض لباس ۱

SS Credit ۴/۳ حمل ونقل جایگزین، خودروهای کم‌مصرف با آلایندگی پایین ۳

SS Credit ۴/۴ حمل‌ونقل جایگزین، ظرفیت پارکینگ ۲

SS Credit ۵/۱ آماده‌سازی محوطه، محافظت یا بازسازی زیستگاه ۱

SS Credit ۵/۲ آماده‌سازی محوطه، به‌حداکثر رساندن فضای باز ۱

SS Credit ۶/۱ طراحی شبکه‌ی جمع‌آوری آب باران، کنترل کمیت ۱

SS Credit ۶/۲ طراحی شبکه‌ی جمع‌آوری آب باران، کنترل کیفیت ۱

SS Credit ۷/۱ اثر جزیره‌ی گرما، بدون بام ۱

SS Credit ۷/۲ اثر جزیره‌ی گرما، بام ۱

SS Credit ۸ کاهش آلودگی نوری ۱

بازده آب (۱۰ امتیاز ممکن)

WE Prerequisite ۱ کاهش مصرف آب - ۲۰٪ کاهش (لازم)

WE Credit ۱ محوطه‌سازی با مصرف کارآمد آب ۴

WE Credit ۲ فناوری‌های نوین تصفیه‌ی فاضلاب ۲

WE Credit ۳ کاهش مصرف آب ۴

انرژی و جَو (۳۵ امتیاز ممکن)

EA Prerequisite ۱ راه‌اندازی اساسی سیستم‌های انرژی لازم برای ساختمان (لازم)

EA Prerequisite ۲ حداقل عملکرد انرژی (لازم)

EA Prerequisite ۳ مدیریت اساسی تبرید (لازم)

EA Credit ۱ بهینه‌سازی عملکرد انرژی ۱۹

EA Credit ۲ استخراج انرژی تجدیدپذیر در محل ۷

EA Credit ۳ راه‌اندازی توسعه‌یافته ۲

EA Credit ۵ مدیریت تبرید توسعه‌یافته ۲

EA Credit ۵ اندازه‌گیری و درستی آزمایی ۳

EA Credit ۶ برق سبز ۲

مصالح و منابع (۱۴ امتیاز ممکن)

MR Prerequisite ۱ ذخیره‌سازی و جمع‌آوری مصالح بازیافتنی (لازم)

MR Credit ۱/۱ استفاده مجدد از ساختمان، نگهداری دیوارهای خارجی، کف‌ها و بام موجود ۳

MR Credit ۱/۲ استفاده‌ی مجدد از ساختمان، حفظ عناصر داخلی غیرسازه‌ای ۱

MR Credit ۲ مدیریت نخاله‌ی ساختمانی ۲

MR Credit ۳ استفاده‌ی مجدد از مصالح ۲

MR Credit ۴ محتوای بازیافتی ۲

MR Credit ۵ مصالح ناحیه‌ای ۲

MR Credit ۶ مصالح سریعا تجدیدپذیر ۱

MR Credit ۷ چوب دارای تأییدیه ۱

کیفیت محیط داخل (۱۵ امتیاز ممکن)

EQ Prerequisite ۱ حداقل عملکرد IAQ (لازم)

EQ Prerequisite ۲ کنترل مصرف دخانیات (ETS) (لازم)

EQ Credit ۱ پایش هوای ورودی از بیرون ۱

EQ Credit ۲ افزایش تهویه ۱

EQ Credit ۳/۱ طرح مدیریت IAQ ساخت، در حین ساخت ۱

EQ Credit ۳/۲ طرح مدیریت IAQ ساخت، پیش از اشغال ۱

EQ Credit ۴/۱ مصالح کم‌انتشار، چسب‌ها و درزگیرها ۱

EQ Credit ۴/۲ مصالح کم‌انتشار، رنگ‌ها و پوشش‌ها ۱

EQ Credit ۴/۳ مصالح کم‌انتشار، فرش، موکت، کف‌پوش ۱

EQ Credit ۴/۴ مصالح کم‌انتشار، چوب و فراورده‌های چوبی صنعتی و مرکب ۱

EQ Credit ۵ کنترل منبع شیمیایی و آلاینده‌ی داخلی ۱

EQ Credit ۶/۱ کنترل‌پذیری سیستم‌ها، روشنایی ۱

EQ Credit ۶/۲ کنترل‌پذیری سیستم‌ها، آسایش گرمایی ۱

EQ Credit ۷/۱ آسایش گرمایی، طراحی ۱

EQ Credit ۷/۲ آسایش گرمایی، درستی آزمایی ۱

EQ Credit ۸/۱ نور طبیعی و چشم‌اندازها، نور طبیعی ۱

EQ Credit ۸/۲ نور طبیعی و چشم‌اندازها، چشم‌اندازها ۱

فرایند نوآوری و طراحی (۶ امتیاز ممکن)

ID Credit ۱ نوآوری در طرح ۵

LEED ID Credit ۲ حرفه‌ای مجاز ۱

اولویت ناحیه‌ای (۴ امتیاز ممکن)

RP Credit ۱ اولویت ناحیه‌ای ۴

برای دریافت تاییدیه‌ی LEED، پروژه‌ی ساختمانی باید پیش‌شرط‌های معینی را برآورده کند و به معیارها یا امتیازهای معینی از لحاظ عملکرد در هر مقوله برسد. پروژه‌ها، بسته به امتیازهایی که کسب می‌کنند چهار نوع گواهینامه‌ی تاییدی، نقره‌ای، طلایی، و پلاتینی دریافت می‌کنند.

- تاییدی: ۴۰ تا ۴۹ امتیاز
- نقره‌ای: ۵۰ تا ۵۹ امتیاز
- طلایی: ۶۰ تا ۷۹ امتیاز
- پلاتینی: ۸۰ امتیاز و بالاتر

برنامه‌صدور گواهی ساختمان سبز LEED® ۴

برای ساختمان‌های جدید و بازسازی‌های اساسی

ارائه شده در سال ۲۰۱۳

فرایند جمعی

۱ IP Credit فرایند جمعی

موقعیت و حمل‌ونقل (۱۶ امتیاز ممکن)

۱ LEED LT Credit برای موقعیت محله از لحاظ توسعه ۱۶ یا

۲ LT Credit حفاظت از زمین ۱

۳ LT Credit محوطه با اولویت بالا ۲

۴ LT Credit چگالی نواحی پیرامونی و تنوع کاربری‌ها ۵

۵ LT Credit دسترسی به حمل‌ونقل با کیفیت ۵

۶ LT Credit تسهیلات برای استفاده از دوچرخه ۱

۷ LT Credit کاهش سطح پارکینگ ۱

۸ LT Credit خودروهای سبز ۱

محوطه‌های پایدار (۱۰ امتیاز ممکن)

۱ SS Prerequisite جلوگیری از آلودگی ناشی از فعالیت‌های ساختمانی (لازم)

۱ SS Credit ارزیابی محوطه ۱

۲ SS Credit توسعه‌ی محوطه - حفاظت یا بازسازی زیستگاه ۲

۳ SS Credit فضای باز ۱

۴ SS Credit مدیریت آب باران ۳

۵ SS Credit کاهش اثر جزیره‌ی گرما ۲

۶ SS Credit کاهش آلودگی نوری ۱

بازده آب (۱۱ امتیاز ممکن)

۱ WE Prerequisite کاهش مصرف آب در فضای خارجی (لازم)

۲ WE Prerequisite کاهش مصرف آب در فضای داخلی (لازم)

۳ WE Prerequisite اندازه‌گیری آب در تراز ساختمان (لازم)

۱ WE Credit کاهش مصرف آب در فضای خارجی ۲

۲ WE Credit کاهش مصرف آب در فضای داخلی ۶

۳ WE Credit مصرف آب برج خنک‌کننده ۲

۴ WE Credit اندازه‌گیری آب ۱

انرژی و جَو (۳۳ امتیاز ممکن)

۱ EA Prerequisite راه‌اندازی اساسی و درستی‌آزمایی (لازم)

۲ EA Prerequisite حداقل عملکرد انرژی (لازم)

۳ EA Prerequisite اندازه‌گیری انرژی در تراز ساختمان (لازم)

۴ EA Prerequisite مدیریت اساسی تبرید (لازم)

۱ EA Credit راه‌اندازی توسعه‌یافته ۶

۲ EA Credit بهینه‌سازی عملکرد انرژی ۱۸

۳ EA Credit اندازه‌گیری پیشرفته‌ی انرژی ۱

۴ EA Credit پاسخ به تقاضا ۲

۵ EA Credit استخراج انرژی تجدیدپذیر ۳

۶ EA Credit مدیریت توسعه‌یافته‌ی تبرید ۱

۷ EA Credit برق سبز و جبران انتشار کربن ۲

مصالح و منابع (۱۳ امتیاز ممکن)

۱ MR Prerequisite ذخیره‌سازی و جمع‌آوری مصالح بازیافتنی (لازم)

۲ MR Prerequisite برنامه‌ریزی برای مدیریت ساخت و تخریب (لازم)

۱ MR Credit کاهش تأثیر در دوره‌ی عمر ساختمان ۵

۲ MR Credit بهینه‌سازی و اعلام تولیدات ساختمانی - اظهارنامه‌ی تولید زیست‌محیطی ۲

۳ MR Credit بهینه‌سازی و اعلام تولیدات ساختمانی - منبع تأمین مواد اولیه ۲

۴ MR Credit بهینه‌سازی و اعلام تولیدات ساختمانی - اجزای تشکیل‌دهنده‌ی مصالح

۵ MR Credit مدیریت نخاله‌های حاصل از ساخت و تخریب ۲

کیفیت محیط داخل (۱۶ امتیاز ممکن)

۱ EQ Prerequisite حداقل عملکرد IAQ (لازم)

۲ EQ Prerequisite کنترل مصرف دخانیات (ETS) (لازم)

۱ EQ Credit راهبردهای افزایش کیفیت هوای بیرون ۲

۲ EQ Credit مصالح با انتشار کم ۳

۳ EQ Credit طرح مدیریت IAQ ساخت ۱

۴ EQ Credit ارزیابی کیفیت هوای داخل ۲

۵ EQ Credit آسایش گرمایی ۱

۶ EQ Credit روشنایی داخلی ۲

۷ EQ Credit نور طبیعی ۳

۸ EQ Credit چشم‌اندازهای کیفیت ۱

۹ EQ Credit عملکرد آکوستیکی ۱

فرایند نوآوری و طراحی (۶ امتیاز ممکن)

۱ ID Credit نوآوری ۵

۲ LEED ID Credit حرفه‌ای مجاز ۱

اولویت ناحیه‌ای (۴ امتیاز ممکن)

۱ RP Credit اولویت ناحیه‌ای ۴: امتیاز ویژه ۱

۲ RP Credit اولویت ناحیه‌ای ۴: امتیاز ویژه ۱

۳ RP Credit اولویت ناحیه‌ای ۴: امتیاز ویژه ۱

۴ RP Credit اولویت ناحیه‌ای ۴: امتیاز ویژه ۱

برای دریافت تاییدیه‌ی LEED، پروژه‌ی ساختمانی باید پیش‌شرط‌های معینی را برآورده کند و به معیارها یا امتیازهای معینی از لحاظ عملکرد در هر مقوله برسد. پروژه‌ها، بسته به امتیازهایی که کسب می‌کنند چهار نوع گواهینامه‌ی تاییدی، نقره‌ای، طلایی، و پلاتینی دریافت می‌کنند.

- تاییدی: ۴۰ تا ۴۹ امتیاز
- نقره‌ای: ۵۰ تا ۵۹ امتیاز
- طلایی: ۶۰ تا ۷۹ امتیاز
- پلاتینی: ۸۰ امتیاز و بالاتر

فرهنگ اصطلاحات

ACH

صـــورت اختصاری برای air changes per hour (دفعات تعویض هـــوا در ســـاعت)، که معیاری از نفوذ هوا به ســـاختمان اســـت. ACH۵۰ معرف آهنگ نفوذ در شـــرایطی است که ساختمان در معرض فشار یا کم‌فشاری ۵۰ پاسکال قرار گرفته است و معمولا در آزمون در دمنده‌دار با آن برخورد می‌کنیم. ACHn معرف برآوردی از آهنگ نفوذ میانگین - زمانی طبیعی است.

قاب‌بندی پیشرفته advanced framing

فـــن قاب‌بندی که در آن پل‌زنی‌گرمایـــی و مصرف مصالح کاهش یافته است.

هوابند air barrier

غشـــا، ورقه، یا عضو دیگری که با هـــدف کاهش آهنگ نفوذ هوا تعبیه می‌شود؛ هوابندها ممکن است در برابر بخار نفوذپذیر باشند یا نباشند.

تهویه‌مطبوع air-conditioning

فراینـــد تغییر خواص هوا، عمدتا دمـــا و رطوبت، به‌منظور تأمین آسایش بیشتر.

هواساز air handler

وسیله‌ای دارای یک فَن و یک یا چند مبدل حرارتی، که گرمایش و/یا ســـرمایش را به سیســـتم کانال‌کشـــی تحویل می‌دهد تا در ساختمان توزیع شود.

پمپ حرارتی با منبع هوا air source heat pump

پمپ حرارتی که گرما را از هوای بیرون می‌گیرد یا به هوای بیرون دفع می‌کند. مقایسه کنید با geothermal heat pump.

بازتاب نسبی albedo

نسبت انرژی خورشیدی بازتابیده به انرژی خورشیدی دریافتی در گستره‌ی طول‌موج‌های حدود ۰/۳ تا ۲/۵ میکرون. مترادف است با solar reflectance.

نسبت سطح area ratio

نسبت سطح ساختمان به سطح زیربنای آن.

نور مصنوعی artificial light

نور تأمین شـــده توسط چراغ‌هایی که معمولا الکتریسیته مصرف می‌کنند.

مبنای طرح Basis of Design

ســـندی که طراحان حرفه‌ای تهیـــه می‌کنند و فرض‌های طراحی ســـاختمان در آن توصیف می‌شود؛ برای کنترل کیفیت به‌منظور کســـب اطمینان از سازگاری بین ســـند نیازهای پروژه‌ی مالک، اسناد ساخت، و ساختمان ساخته شده به‌کار می‌رود.

محک‌زنی benchmarking

فرایند مقایسه‌ی مصرف آب و انرژی یک ساختمان و ساختمان‌های مشابه، با استفاده از معیارهایی مانند شاخص مصرف انرژی.

بویلر boiler

وسیله‌ای که آب را گرم می‌کند تا آب داغ یا بخار تولید کند.

سیستم پمپ حرارتی بویلر/برج خنک‌کننده

boiler/tower heat pump system

سیستم گرمایش/سرمایشی که در آن از یک مدار آب اصلی استفاده می‌شـــود؛ پمپ‌های حرارتی با لوله به این مدار متصل می‌شوند تا گرمایش و ســـرمایش فضاهای داخلی ساختمان را تأمین کنند؛ در صورتـــی که پمپ‌ها به‌اندازه‌ی کافی گرما تأمین نکنند، بویلری گرما وارد مدار می‌کند، و اگر پمپ‌ها به اندازه‌ی کافی سرما تأمین نکنند، برج خنک‌کننده گرما را از ساختمان دفع می‌کند.

منطقه‌ی تنفس breathing zone

فضای پیرامون هر فرد که آن فرد از هوای آن فضا تنفس می‌کند؛ رسیدن هوای تازه‌ی حاصل از تهویه به این فضا مهم است.

منطقه‌ی قهوه‌ای brownfield

زمینی که آلوده شده است.

عملکرد ساختمان building performance
معیاری کلی از قابلیت ساختمان برای رسیدن به اهداف مصرف آب و انرژی، هم‌چنین اهداف آسایشی، زیست‌محیطی، و دوام.

چوب تأییدشده certified wood
چوب درختانی که استحصال و فراوری آن‌ها به‌صورت سازگار با محیط زیست، معمولا تحت هدایت شورای جنگل‌داری (FSC) انجام شده، و با روش‌های جنگل‌داری تداوم‌پذیر، حفاظت از درختان، زیستگاه حیات وحش، نهرها، و خاک تطبیق دارد و گواهی این شورا را دریافت کرده است.

چیلر chiller
وسیله‌ای مکانیکی که آب سرد تولید می‌کند و این آب برای تهویه‌مطبوع از طریق دستگاه‌های هواساز یا فن‌کویل مصرف می‌شود؛ نگاه کنید به direct expansion system.

تغییر اقلیم climate change
تغییر بلندمدت دمای هوا و آثار مرتبط با آن، مانند ذوب شدن یخ‌های قطبی. تغییر اقلیم را ناشی از فعالیت‌های آدمی، از قبیل احتراق سوخت‌های فسیلی در مقیاس بزرگ، آزاد کردن مواد شیمیایی حاوی هیدروکربن‌ها، و برهم‌کنش این محصولات احتراق و مواد شیمیایی با جَو می‌دانند.

هم‌تولیدی cogeneration
تولید هم‌زمان برق و گرما در یک فرایند که موجب بالاتر رفتن بازده فرایند در مقایسه با حالتی می‌شود که فقط برق تولید می‌کرد. آن را تولید مرکب برق و گرما نیز می‌نامند.

راه‌اندازی commissioning
فرایندی برای وارسی درست کار کردن آن دسته از سیستم‌های ساختمان که انرژی مصرف می‌کنند، بر مصرف انرژی تأثیر دارند، یا بر کیفیت هوای داخل اثر می‌گذارند. این فرایندی کل‌نگر است که به‌منزله‌ی محمل اصلی کنترل کیفیت در طراحی و ساخت ساختمان، از تعریف اولیه‌ی نیازهای پروژه‌ی مالک، تا درستی‌آزمایی عملکرد ساختمان پس از ساخت به‌کار می رود

بخش‌بندی compartmentalization
جداسازی فیزیکی نواحی مختلف ساختمان برای کاهش جریان ناخواسته‌ی هوا بین این نواحی.

پیوستگی contiuity
خاصیت مرز گرمایی که از نفوذ و پل‌زنی گرمایی جلوگیری می‌کند.

برج خنک‌کننده cooling tower
وسیله‌ای که گرمای ساختمان را به هوای بیرون دفع می‌کند. برج خنک‌کننده معمولا همان کاری را انجام می‌دهد که چاه در سیستم زمین‌گرمایی، یا یونیت‌های خارجی در پمپ‌های حرارتی اسپلیت، یا دستگاه‌های تهویه‌مطبوع اسپلیت انجام می‌دهند، اما نمی‌تواند منبع گرما باشد.

نور طبیعی daylight
نور دریافتی از خورشید که برای روشن کردن فضاهای داخلی در ساعات روز به‌کار می‌رود.

تهویه طبق تقاضا demand-controlled ventilation
رویکرد کنترلی برای محدود کردن جریان هوای تهویه و در نتیجه کاهش مصرف انرژی، وقتی به مقدار ماکزیمم جریان هوا نیازی نیست. این رویکرد معمولا برمبنای کربن دیوکسید به‌عنوان جایگزینی برای حضور انسان کار می‌کند، اما از سایر کمیت‌ها، مانند رطوبت موجود در فضاهای دارای منابع رطوبت نیز می‌توان استفاده کرد. با باز کردن و بستن پنجره‌ها نیز می‌توان این کنترل را انجام داد.

عایق متراکم dense pack insulation
عایقی که تحت فشار به داخل حفره‌ی دیوار یا حفره‌ی دیگری در ساختمان دمیده می‌شود تا فضاهای خالی را پر کند و در برابر جریان گرما و حرکت هوا مقاومت ایجاد کند.

طراحی برای تخریب هدفمند design for deconstruction
طرح‌ریزی برای استفاده‌ی مجدد نهایی از مصالح ساختمانی، وقتی ساختمان جدید پیشنهادی به پایان دوره‌ی عمر خود می‌رسد.

سیستم انبساط مستقیم direct expansion system
سیستمی برای تحویل مستقیم هوای مطبوع به جریان هوای خروجی از سیستم مکانیکی تراکم بخار، به‌جای این‌که ابتدا آب خنک شود. نگاه کنید به chiller. از این سیستم در انواع متداول دستگاه‌های تهویه‌مطبوع، شامل کولرهای اتاقی، کولرهای اسپلیت، اغلب پمپ‌های حرارتی، و سیستم‌های پکیج بامی استفاده می‌شود.

تلفات توزیع distribution losses
اتلاف غیرمولد انرژی از سیستم لوله‌کشی و کانال‌کشی در سیستم‌های گرمایش/سرمایش و آب گرم، معمولا وقتی این سیستم‌های توزیع از فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع، یا از فضای خارجی عبور می‌کنند. این اصطلاح تلفات رسانشی، تلفات ناشی از نشت هوا، و نشت آب یا بخار را نیز شامل می‌شود.

مرز اختلال disturbance boundary
حوزه‌ای از محوطه‌ی ساختمانی که در جریان ساخت دست‌خورده

می‌شود.

آبیاری قطره‌ای **drip irrigation**

آبیاری از طریق تحویل کنترل‌شده و آهسته‌ی آب، مستقیما به هر گیاه، با استفاده از شـــبکه‌ای از لوله‌ها. مترادف است با trickle irrigation.

توالت با سیفون دوحالته **dual flush toilet**

توالتی که ســـیفون دو مرحله‌ای دارد و برای شستشوی فاضلاب مایع از مقدار کمتری آب اســـتفاده می‌کند و فاضلاب جامد را با مقدار بیشتری آب می‌شوید.

انرژی صرف‌شده **embodied energy**

انرژی مصرف شده برای اســـتخراج، استحصال، فراوری و حمل مصالح و کالاهای ساختمانی.

مدل انرژی **energy model**

هر یک از شبیه‌ســـازی‌های کامپیوتری مختلفی که مصرف انرژی ساختمان را پیش‌بینی می‌کنند.

شاخص مصرف انرژی **energy use index (EUI)**

مقدار کل مصرف ســـالانه‌ی انرژی ســـاختمان تقســـیم بر سطح زیربنای آن. از این شاخص برای محک‌زنی و ردگیری پیشرفت به سوی مصرف انرژی کمتر یا صفر استفاده می‌شود.

فن‌کویل **fan coil**

دستگاه هواساز کوچکی که معمولا کانال ندارد.

هوای تحت فشار **forced air**

هر سیســـتم تشکیل‌شـــده از یک دستگاه هواســـاز و کانال‌کشی مربوط به آن، به‌منظور انتقال هوای گرم، هوای سرد، و/یا هوای تهویه به فضاهای داخلی ساختمان.

سوخت فسیلی **fossil fuel**

ســـوخت هیدروکربنـــی، مانند گاز طبیعی، نفت، و زغال‌ســـنگ که طی میلیون‌ها ســـال، در نتیجه‌ی ته‌نشست موجودات زنده، حاصل شده است.

چراغ با قطع نور کامل **full cutoff luminaire**

چراغی که بالاتر از صفحه‌ی افقی نور منتشر نمی‌کند و شدت نور را در زاویه‌ی ۱۰ درجه زیر این صفحه به ۱۰۰ شمع به ازای هر ۱۰۰۰ لومن لامپ محدود می‌کند. معمولا وقتی در امتداد افقی به این چراغ نگاه می‌کنیم، لامپ آن اصلا دیده نمی‌شود.

چراغ با حباب کامل **fully shielded luminaire**

چراغی که بالاتر از صفحه‌ی افقی نور منتشر نمی‌کند. این نوع چراغ به‌اندازه‌ی چراغ با قطع نور کامل محدودکننده نیست، زیرا برای شدت نور در زاویه‌ی ۱۰ درجه زیر این صفحه محدودیتی قائل نمی‌شود.

کوره **furnace**

وسیله‌ای که هوای تحت فشار را گرم می‌کند.

پمپ حرارتی زمین‌گرمایی **geothermal heat pump**

پمپ حرارتی که گرما را از زمین استخراج می‌کند تا ساختمانی را گرم کند، یا گرما را به زمین دفع می‌کند تا ســـاختمانی را خنک کند. نگاه کنید به air source heat pump.

پتانسیل گرم کردن زمین **global warming potential**

معیاری از سهم زیان‌آور مصالح یا سیستم‌ها در گرم شدن زمین؛ معمولا در مورد مبرّدها و سایر مواد شیمیایی به‌کار می‌رود.

پساب خاکستری **gray water**

فاضلاب ســـینک‌ها، دوش‌ها، و ماشین‌های شوینده که می‌توان آن را جمع‌آوری و دوباره، مثلا در ســـیفون توالت، یا برای آبیاری فضای سبز، یا بازیابی گرما برای مصرف در ساختمان مصرف کرد.

ساختمان سبز **green building**

ســـاختمانی که تأثیر آن بر محیط طبیعی به‌میزان چشـــمگیری کاهش یافته و شـــرایط فضای داخلی آن برای ســـلامت انســـان مناسب است.

منطقه‌ی سبز **greenfield**

زمینـــی که قبلا ساخت‌وســـاز در آن انجام نشـــده اســـت. از این اصطلاح برای اشاره به زمین‌هایی که قبلا پاک‌سازی شده‌اند، در آن‌ها کشاورزی می‌شده، یا اراضی جنگلی نیز استفاده می‌شود.

سبزگرایی **greensplashing**

ویژگی طرح ســـاختمانی که ظاهرا سبز است یا حتی گواهی سبز بودن هم دریافت کرده اســـت، اما کارآیی ندارد، زیرا سطح جانبی یا ســـطح پنجره‌های آن زیاد اســـت، برای نمایش از نور مصنوعی زیادی استفاده می‌کند، یا فقط یکی دو مورد اصلاح نظرگیر در آن انجام شده است.

سبزنمایی **greenwashing**

ادعای ساختگی مبنی بر سبز بودن.

منطقه‌ی خاکستری **greyfield**

زمینی که قبلا در آن ساخت‌وســـاز شـــده، آلوده نیســـت، اما آثار مشهودی از ساخت‌وساز قبلی در آن باقی مانده است.

محوطه‌ی روسازی‌شده **hardscape**

سطوح روسازی‌شده، مانند خیابان‌ها و پیاده‌روها، که در آن خاک

سطحی در معرض هوای جو نیست.

اثر جزیره‌ی گرما **heat island effect**

جذب و نگهداری تابش گرمایی ورودی، که موجب افزایش موضعی دما می‌شود.

پمپ حرارتی **heat pump**

وسیله‌ای که طی فرایندی برگشت‌پذیر گرما را از جسمی، مانند زمین یا هوای بیرون، به جسمی دیگر، مانند هوای داخل ساختمان، منتقل می‌کند.

بازیابی گرما **heat recovery**

فرایند استخراج گرما از یک جریان، مانند هوای خروجی از ساختمان، به‌منظور گرم کردن جریانی دیگر، مانند هوایی که در فصل زمستان، برای تهویه، وارد ساختمان می‌شود.

شاخص سیستم رتبه‌بندی انرژی خانگی HERS Index

استانداردی برای اندازه‌گیری بازده مصرف انرژی خانگی. امتیاز صفر معرف خانه‌ای با مصرف انرژی خالص صفر است؛ امتیاز ۱۰۰ یک خانه‌ی استاندارد نوساز را نشان می‌دهد؛ و امتیاز ۱۵۰ معرف خانه‌ای است که انتظار می‌رود ۵۰٪ بیشتر از خانه‌ی نوساز استاندارد انرژی مصرف کند.

سیستم هیدرونیک hydronic system

سیستم آب گرمی که برای گرمایش فضای داخلی از آن استفاده می‌شود.

کیفیت هوای داخل indoor air quality

معیار کلی نبود آلاینده‌های هوابُرد، مانند ذرات، جامد، دود سیگار، کربن دیوکسید، مواد شیمیایی زیان‌آور، بو، رطوبت، و **آلاینده‌های بیوشیمیایی در فضای داخلی**.

indoor environmental quality

کیفیت زیست‌محیطی داخلی

کیفیت کلی محیط داخلی، شامل کیفیت هوای داخل، آسایش گرمایی، شرایط صوتی و آکوستیکی، و کیفیت آب.

نفوذ **infiltration**

تبادل هوا بین فضاهای خارج و داخل ساختمان.

پوش داخلی **inner envelope**

پوسته‌ی داخلی ساختمان، شامل اجزایی مانند کف فضای زیرشیروانی، سقف زیرزمین، و دیوارهای داخلی فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع؛ اجزایی که با فضای مطبوع‌شده‌ی داخلی تماس دارند.

قالب‌های بتنی عایق‌کاری‌شده

insulated concrete forms (ICF)

سیستم قالب‌بندی برای بتن مسلح، تشکیل شده از واحدهای مدولار عایق صلب که در هم قفل می‌شوند.

طراحی جمعی **integrated design**

رویکردی همیارانه که در آن گروه بزرگی از طرف‌های ذینفع، مانند معمار، مهندس، مالک، کاربران ساختمان، و غیره، به صورت کل‌نگرانه، از ابتدای فرایند طراحی پروژه، درگیر می‌شوند.

لایه‌ی محافظ **layer of shelter**

هر عنصر ساختمانی که بار تحمل می‌کند.

LEED®

برنامه‌ی صدور گواهی ساختمان سبز، موسوم به پیشگامی در انرژی و طراحی زیست‌محیطی.

بار **load**

عنصری بیرونی، مانند دما، که بر ساختمان تنش وارد می‌کند.

آلودگی نوری **light pollution**

وجود نور مصنوعی ناخواسته در فضاهای خارجی.

پخش نور light spillage

انتشار ناخواسته‌ی نور مصنوعی از فضای داخل به فضای بیرون.

تعدی نوری **light trespass**

انتشار ناخواسته‌ی نور مصنوعی از یک ملک به ملکی دیگر.

چراغ، نورافشان **luminaire**

وسیله‌ای برای تأمین نور مصنوعی؛ ماندافزار روشنایی.

حسگر حرکت **motion sensor**

وسیله‌ای که چراغ‌ها را به‌طور خودکار و براساس حس کردن حرکت، کنترل می‌کند. مترادف است با occupancy sensor.

حسگر حرکت دستی‌روشن **manual-on-motion sensor**

حسگری که به‌طور خودکار چراغ‌ها را خاموش می‌کند، اما چراغ‌ها با دست باید روشن شوند. مترادف است با vacancy sensor.

دوره‌ی تأخیر حسگر حرکت **motion sensor off-delay**

دوره‌ی زمانی پس از این که حسگر حرکت دیگر حرکتی را حس نمی‌کند و طی آن چراغ‌ها هنوز روشن مانده‌اند و سپس به طور خودکار خاموش می‌شوند. این تأخیر باید حتی الامکان کوتاه باشد.

صفر خالص **net zero**

قابلیت یک ساختمان برای عدم نیاز به انرژی با منشأ خارجی،

یا بـدون آزاد کردن مواد کربنی در جَو. صفر خالص بر معیارهای گوناگون مصرف انرژی یا انتشار مواد کربنی مبتنی است.

پوش خارجی **outer envelope**

پوسته‌ی خارجی ساختمان، شامل اجزایی مانند دیوارها، پنجره‌ها، درها، بام، و پی؛ اجزایی که با هوای بیرون یا با زمین تماس دارند.

هوای بیرون **outside air**

هوایی که از بیرون به قصد تهویه وارد می‌شود.

نیازهای پروژه‌ی مالک **Owner's Project Requirements**

سـندی که در آن اهداف مالک سـاختمان و جزئیاتی در باره‌ی کاربری مورد انتظار ساختمان تعیین می‌شود. جزئیات ارائه شده در این سـند می‌توانند تأثیر چشـمگیری بر طرح ساختمان سبز داشته باشند.

گرمایش خورشیدی غیرفعال **passive solar**

استحصال گرمای خورشـید بدون استفاده از وسایل مکانیکی یا برقی مانند پمپ یا فن.

عمق پیرامونی **perimeter depth**

عمق فضاهای پیرامونی سـاختمان، یعنی طول اتاق در راستای عمود بر دیوار خارجی.

سطوح تراوا **pervious surfaces**

سـطوحی از محوطه که نفـوذ آب باران به خاک زیرسـطحی را امکان‌پذیر می‌کنند، مانند روسازی‌های تراوا، آسفالت متخلخل، **بتن تراوا، و پوشش گیاهی**

postconsumer recycled material.

مصالح بازیافتی بعد از مصرف

مصالح به دست آمده از ضایعات تولیدشده توسط مصرف‌کننده‌ی نهایی، که بازیافت شـده به‌عنوان مـواد اولیه برای تولید مصالح جدید مصرف می‌شوند.

مصالح بازیافتی قبل از مصرف

preconsumer recycled material

مصالحی که حین فرایند ساخت از مسیر ضایعات خارج می‌شود.

محوطه‌ی قبلا ساخته‌شده **previously developed site**

محوطـه‌ای که زمین سـبز نیسـت، امـا نمی‌تـوان آن را زمین خاکستری یا قهوه‌ای دانست.

برداشت آب باران **rainwater harvesting**

رویکردی برای جمع‌آوری و استفاده از آب باران که معمولا شامل محل جمع‌آوری، سیستم انتقال برای هدایت آب باران به مخزن، مخزن ذخیره‌سـازی، تأسیساتی برای تصفیه و احیانا گندزدایی، سیسـتم پشـتیبان برای تأمین آب در مواقعی کـه آب باران کم اسـت، وسیله‌ای برای جلوگیری از سرریز کردن، و سیستم توزیع برای رساندن آب به محل‌های مصرف است.

سریعا تجدیدپذیر **rapidly renewable**

اصطلاحی بـرای توصیف موادی که به طـور طبیعی می‌رویند و می‌تـوان طی مدت کوتاهی آن‌ها را استحصال کرد. مثلا LEED دوره‌ی ۱۰ ساله را تعریف می‌کند.

بازتابندگی **reflectance**

نسبت نور بازتاب‌یافته از یک سطح به نوری که به آن سطح رسیده است.

انرژی تجدیدپذیر **renewable energy**

انرژی به دست آمده از منابع تجدیدپذیر، مانند خورشید یا باد.

پذیرندگی بام **roof receptivity**

خاصیت بام برای پشـتیبانی از سیسـتم‌های انرژی خورشیدی، شامل مشخصه‌هایی از قبیل نبود موانع، سطوح متصل، در سایه نبودن، جهت‌گیری روبه‌جنوب، و مقاومت سازه‌ای کافی.

محوطه‌ی حساس **sensitive site**

محوطه‌ای که باید از ساخت‌وسـاز در آن جلوگیری کرد و معمولا شـامل اراضی کشـاورزی، باغ‌ها، زمین‌های سیل‌گیر، زیستگاه گونه‌های منقرض‌شـده یا در خطر انقراض، تلماسه‌های قدیمی، جنگل‌هـای قدیمی، تالاب‌ها، و سـایر پهنه‌هـای آب، و نواحی حفاظت‌شده است

روشنایی جانبی **sidelighting**

نور طبیعی تأمین‌شده توسط پنجره‌های تعبیه شده روی سطوح جانبی ساختمان.

سیستم فوتوولتایی خورشیدی

solar photovoltaic system

سیستمی برای تولید الکتریسیته از تابش خورشیدی، با استفاده از نیمرساناهایی که اثر فوتوولتایی دارند.

سیستم گرمایی خورشیدی **solar thermal system**

سیستمی که نور خورشید را به گرما تبدیل می‌کند تا آب یا هوای گرم تولید کند.

اثر دودکش **stack effect**

جریان هوایی در ساختمان که بر اثر نیروی شناوری در زمستان به سمت بالا حرکت می‌کند.

پانل عایق سازه‌ای structural insulated panel (SIP)
مجموعه‌ای پیش‌ساخته، تشکیل شده از یک هسته‌ی عایق صلب که بین دو لایه تخته‌ی ساختمانی قرار دارد و کارکردهای سازه، عایق، و هوابند را با هم ترکیب می‌کند. از این پانل‌ها غالبا برای ساخت دیوار استفاده می‌کنند، اما ممکن است در ساخت کف و بام نیز به‌کار روند.

تداوم‌پذیری sustainability
خاصیت هر چیزی که تداوم داشته باشد.

مرز گرمایی thermal boundary
سطوحی در اطراف ساختمان که عایق‌کاری می‌شوند.

آسایش گرمایی thermal comfort
شرایط ذهنی که رضایت از محیط گرمایی را بیان می‌کند. مشخصه‌های آن عمدتا عبارت‌اند از ناراحت نبودن به سبب بالا یا پایین بودن دمای هوا، رطوبت، یا جریان هوا، اگرچه ممکن است از عوامل دیگری هم مانند دمای سطح، تراز فعالیت، و لباس حاضران نیز تأثیر بپذیرد.

پل‌زنی گرمایی thermal bridging
تلف شدن گرما از فضای داخلی ساختمان به بیرون، به سبب رسانش از طریق مصالح ساختمانی صلب، که لایه‌ی عایق را بای‌پس کرده‌اند.

منطقه‌بندی گرمایی thermal zoning
رویکرد طراحی گرمایش/سرمایشی که در آن نواحی مختلف ساختمان، کنترل‌گرهای مجزا برای تنظیم دما دارند.

نمودار منطقه‌بندی گرمایی thermal zoning diagram
نقشه‌ی اجرایی که در آن مناطق گرمایی مختلف روی پلان طبقه تفکیک شده‌اند.

روشنایی از بالا toplighting
تأمین نور طبیعی از سقف فضا، از طریق نورگیرهای سقفی و مانند آن‌ها.

فضای فاقد تهویه‌مطبوع unconditioned space
فضایی که نه گرمایش دارد و نه سرمایش.

بخاربند vapor barrier
غشا، ورقه، یا عضو دیگری که برای جلوگیری از عبور رطوبت از پوش ساختمان تعبیه می‌شود.

پمپ حرارتی با جریان متغیر مبرد
variable refrigerant flow heat pump
پمپ حرارتی با کمپرسور دورمتغیر.

محرک دورمتغیر variable speed drive
کنترل‌گر موتور که سرعت چرخشی الکتروموتوری را که با جریان متناوب کار می‌کند، از طریق کنترل فرکانس برق موتور، تغییر می‌دهد. معمولا روی موتورهای بزرگ سه‌فاز نصب می‌شود. این اصطلاح شامل محرک‌های فرکانس‌متغیر، محرک‌های فرکانس‌تنظیم‌پذیر، یا محرک‌های دورتنظیم‌پذیر نیز می‌شود.

بام مشجر vegetated roof
بامی که بخشی از آن یا تمام آن پوشش گیاهی دارد و روی غشایی نم‌ناپذیر ساخته شده است. آن را بام سبز یا بام زنده نیز می‌نامند.

تهویه ventilation
تأمین هوای بیرون برای فضای داخل ساختمان. از این اصطلاح گاه به تسامح در مورد فن تخلیه‌ی هوا از ساختمان، یا استفاده از هوای بیرون برای سرمایش نیز استفاده می‌شود.

کارآیی تهویه ventilation effectiveness
بخشی از جریان هوای تهویه که عملا به حاضران در ساختمان می‌رسد. صفردرصد بودن کارآیی تهویه به این معناست که هوای بیرون اصلا به حاضران نمی‌رسد، و ۱۰۰٪ بودن کارآیی تهویه به این معناست که همه‌ی هوای بیرون به حاضران می‌رسد.

ترکیب آلی فرّار volatile organic compound(VOC)
هر ترکیبی از کربن (با استثنائاتی مانند کربن دیوکسید) که در واکنش‌های فوتوشیمیایی جَو شرکت می‌کند. ترکیب‌های آلی فرّار تحت شرایط معمول در فضای داخلی تبخیر می‌شوند و به‌عنوان آلاینده‌ی هوای داخل نامطلوب‌اند.

پیسوار خشک waterless urinal
پیسواری که نیاز به آب ندارد و معمولا مایعی با پایه‌ی روغنی در شترگلوی آن می‌ریزند که مانع از برگشت بو به داخل ساختمان می‌شود.

نسبت پنجره به دیوار window - to - wall ratio
کسری از سطح نمای ساختمان که با شیشه و چارچوب پنجره‌ها اشغال شده است.

توربین بادی wind turbine
وسیله‌ای که انرژی باد را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند. وقتی همراه مولد به‌کار رود، الکتریسیته تولید می‌کند.

کتاب‌شناسی

منابع متعددی درباره‌ی ساختمان سبز در دسترس است و تعداد آن‌ها هر روز بیشتر می‌شود. مجموعه‌ی ضرورتا محدود کتاب‌ها، گزارش‌ها، مقالات، اســتانداردها و وِب‌گاه‌هایــی که اغلب آن‌ها منابع دســت‌اول‌اند، در تألیف این کتاب مفید واقع شدند و آن‌ها را به‌عنــوان منابع بالقوه مفید برای افراد حرفه‌ای شــاغل در این حوزه توصیه می‌کنیم.

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 2010. *ANSI/ASHRAE Standard 55-2010 – Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta: ASHRAE.

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 2010. *ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2010 – Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*. Atlanta: ASHRAE.

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 2010. *ANSI/ASHRAE Standard 62.2-2013 – Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings*. Atlanta: ASHRAE.

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 2013. *ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2013 – Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*. Atlanta: ASHRAE.

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 2007. *ANSI/ASHRAE Standard 90.2-2007 –Energy-Efficient Design of Low-Rise Residential Buildings*. Atlanta: ASHRAE.

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 2011. *ANSI/ASHRAE/USGBC/IES Standard 189.1-2011 Standard for the Design of High-Performance, Green Buildings (Except Low-Rise Residential Buildings)*. Atlanta: ASHRAE.

Brown, E.J. 2008. *Cost Comparisons for Common Commercial Wall Systems*. Winston-Salem: Capital Building Consultants.

Building Green, Inc. 2013. http://www.buildinggreen.com/. Accessed October 13, 2013.

Building Science Corporation. 2013. http://www.buildingscience.com/index_html. Accessed October 13, 2013.

California Stormwater Quality Association. 2003. *California Stormwater BMP Handbook: Concrete Waste Management*. Menlo Park: CASQA.

Carpet Institute of Australia Limited. 2011. *Light Reflectance*. Melbourne: CIAL.

Center for Rainwater Harvesting. 2006. http://www.thecenterforrainwaterharvesting.org/index.htm

Center for Neighborhood Technology. 2013. http://www.travelmatters.org/calculator/individual/methodology#pmt. Accessed October 13, 2013.

Ching, Francis D.K. 2007. *Architecture: Form, Space, and Order*, 3rd Edition. Hoboken: John Wiley & Sons.

Ching, Francis D.K. and Steven Winkel. 2009. *Building Codes Illustrated: A Guide to Understanding the 2009 International Building Code*, 3rd Edition. Hoboken: John Wiley & Sons.

D'Aloisio, James A. 2010. *Steel Framing and Building Envelopes*. Chicago: Modern Steel Construction.

D&R International, Ltd. 2011. *Buildings Energy Data Book*. Washington, DC: U.S. Department of Energy.

DeKay, Mark and Brown, G.Z. 2013. *Sun, Wind, & Light: Architectural Design Strategies*, 3rd Edition. Hoboken: John Wiley and Sons.

Durkin, Thomas H. *Boiler System Efficiency*. ASHRAE Journal. Page 51. Vol. 48, July 2006.

American Society of Landscape Architects, the Lady Bird Johnson Wildflower Center at the University of Texas at Austin, and the United States Botanic Garden. 2009. *The Sustainable Sites Initiative: Guidelines and Performance Benchmarks*. Austin: The Sustainable Sites Initiative.

Anis, Wagdy. 2010. *Air Barrier Systems in Buildings*. Washington, DC: Whole Building Design Guide, National Institute of Building Sciences (NIBS). http://www.wbdg.org/resources/airbarriers.php. Accessed 10/12/13.

Athena Sustainable Materials Institute: www.athenasmi.org/

BREEAM. 2011. *BREEAM New Construction: Non-Domestic Buildings, Technical Manual, SD5073-2.0:2011*. Garston: BRE Global Ltd.

Hernandez, Daniel, Matthew Lister, and Celine Suarez. 2011. *Location Efficiency and Housing Type*. US EPA's Smart Growth Program, contract #GS-10F-0410R. New York: Jonathan Rose Companies.

Heschong, Lisa. *Thermal Delight in Architecture*. 1979. Cambridge: MIT Press.

Higgins, Cathy et al. 2013. *Plug Load Savings Assessment: Part of the Evidence-based Design and Operations PIER Program*. Prepared for the California Energy Commission. Vancouver: New Buildings Institute.

Hodges, Tina. 2009. *Public Transportation's Role in Responding to Climate Change*. Washington, DC: U.S. Department of Transportation.

International Dark-Sky Association. 2013. http://www.darksky.org/. Accessed October 12, 2013.

International Living Future Institute. 2012. *Living Building Challenge 2.1*. Seattle: International Living Future Institute.

IPCC, 2012: Summary for Policymakers. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 1-19.

51. Vol. 46, July 2006.

Efficient Windows Collaborative: www.efficientwindows.org/

Fox & Fowle Architects et al. 2005. *Battery Park City – Residential Environmental Guidelines*. New York: Hugh L. Carey Battery Park City Authority.

Green Building Initiative. 2013. *Green Globes for New Construction: Technical Reference Manual*, Version 1.1. Portland: GBI Inc.

Gruzen Hampton LLP and Hayden McKay Lighting Design Inc. 2006. *Manual for Quality, Energy Efficient Lighting*. New York: NY City Department of Design and Construction.

Hagenlocher, Esther. 2009. *Colorfulness and Reflectivity in Daylit Spaces*. Quebec City: PLEA2009 - 26th Conference on Passive and Low Energy Architecture.

NAHB Research Center. 1994. *Frost-Protected Shallow Foundations, Phase II–Final Report*. Washington, DC: U.S. Department of Housing and Urban Development.

NAHB Research Center. 2000. *Advanced Wall Framing*. Washington, DC: U.S. Department of Energy.

National Renewable Energy Lab. 2002. *Energy Design Guidelines for High Performance Schools: Temperate and Humid Climates*. Washington, DC: U.S. Department of Energy's Office of Building Technology, State and Community Programs.

National Electrical Contractors Association. 2006. *Guide to Commissioning Lighting Controls*. Bethesda: NECA.

Newman, Jim et al. 2010. *The Cost of LEED: A Report on Cost Expectations to Meet LEED 2009 for New Construction and Major Renovations* (NC v2009). Brattleboro: BuildingGreen.

Newsham, Guy, Chantal Arsenault, Jennifer Veitch, Anna Maria Tosco, Cara Duval. 2005. *Task Lighting Effects on Office Worker Satisfaction and Performance, and Energy Efficiency*. Ottawa: Institute for Research in Construction, National Research Council Canada.

O'Connor, Jennifer, Eleanor Lee, Francis Rubinstein, and Stephen Selkowitz. 1997. *Tips for Daylighting with Windows*. Berkeley: Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory.

Pless, Shanti, and Paul Torcellini. 2010. *Net-Zero Energy Buildings: A Classification System Based on Renewable Energy Supply Options*. Golden: National Renewable Energy Laboratory.

International Code Council. 2012. *International Building Code*. Washington, DC: ICC.

International Code Council. 2012. *International Energy Conservation Code*. Washington, DC: ICC.

International Code Council. 2012. *International Green Construction Code*. Washington, DC: ICC.

International Code Council. 2012. *International Mechanical Code*. Washington, DC: ICC.

Lemieux, Daniel J., and Paul E. Totten. 2010. Building Envelope Design Guide—Wall Systems. http://www.wbdg.org/design/env_wall.php. Last updated October 8, 2013.

Keeler, Marian, and Bill Burke. 2009. *Fundamentals of Integrated Design for Sustainable Building*. Hoboken: John Wiley & Sons.

Lstiburek, Joseph. 2004. *Vapor Barriers and Wall Design*. Somerville: Building Science Corporation.

Masonry Advisory Council. 2002. *Cavity Walls: Design Guide for Taller Cavity Walls*. Park Ridge: MAC.

Munch-Andersen, Jørgen. 2007. *Improving Thermal Insulation of Concrete Sandwich Panel Buildings*. Vienna: LCUBE Conference.

Tyler, Hoyt, Schiavon Stefano, Piccioli Alberto, Moon Dustin, and Steinfeld Kyle. 2013. *CBE Thermal Comfort Tool*. Berkeley: Center for the Built Environment, University of California Berkeley. http://cbe.berkeley.edu/comforttool/. Accessed October 12, 2013.

Ueno, Kohta. 2013. *Building Energy Performance Metrics*. http://www.buildingscience.com/documents/digests/bsd152-building-energy-performance-metrics. Accessed October 13, 2013.

Urban, Bryan, and Kurt Roth. 2010. *Guidelines for Selecting Cool Roofs*. Prepared by the Fraunhofer Center for Sustainable Energy Systems for the U.S. Department of Energy Building Technologies Program and Oak Ridge National Laboratory under contract DE-AC05-000R22725.

U.S. Department of Energy, the Federal Energy Management Program, Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL), and the California Lighting Technology Center (CLTC) at the University of California, Davis. 2010. *Exterior Lighting Guide for Federal Agencies*. Washington, DC: Federal Energy Management Program.

United States Green Building Council. 2012. *LEED 2009 for New Construction and Major Renovations Rating System*. Washington, DC: USGBC.

Rainwater Harvesting Group. 2013. Dallas: Texas A&M AgriLife Extension Service. http://rainwaterharvesting.tamu.edu/. Accessed October 13, 2013.

RESNET. 2006. *Mortgage Industry National Home Energy Rating Systems Standards*. Oceanside: Residential Energy Services Network, Inc.

Sachs, Harvey M. 2005. *Opportunities for Elevator Energy Efficiency Improvements*. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Selkowitz, S., R. Johnson, R. Sullivan, and S. Choi. 1983. *The Impact of Fenestration on Energy Use and Peak Loads in Daylighted Commercial Buildings*. Glorieta: National Passive Solar Conference.

Slone, Herbert. 2011. *Wall Systems for Steel Stud / Masonry Veneer*. Toledo: Owens Corning Foam Insulation LLC.

Smith, David Lee. 2011. *Environmental Issues for Architecture*. Hoboken: John Wiley & Sons.

Straube, John. 2008. *Air Flow Control in Buildings*: Building Science Digest 014. Boston: Building Science Press.

U.S. Environmental Protection Agency. 2011. *ENERGY STAR Performance Ratings: Methodology for Incorporating Source Energy Use* . Washington, DC: EPA.

Wang, Fan, Theadore Hunt, Ya Liu, Wei Li, Simon Bell. 2003. *Reducing Space Heating in Office Buildings Through Shelter Trees*. Proceedings of CIBSE/ASHRAE Conference, Building Sustainability, Value & Profit. www.cibse.org/pdfs/8cwang.pdf.

Whole Building Design Guide. 2013. http://www.wbdg.org/. Accessed October 13, 2013.

Wilson, Alex. 2013. *Naturally Rot-Resistant Woods*. National Gardening Association. http://www.garden.org/articles/articles.php?q=show&id=977&page=1. Accessed October 13, 2013.

Wray, Paul, Laura Sternweis, and Jane Lenahan. 1997. *Farmstead Windbreaks: Planning*. Ames: Iowa State University – University Extension.

Zuluaga, Marc, Sean Maxwell, Jason Block, and Liz Eisenberg , Steven Winter Associates. 2010. *There are Holes in Our Walls*. New York: Urban Green Council.

7group and Bill Reed. 2009. *The Integrative Design Guide to Green Buildings*. Hoboken: John Wiley & Sons.

واژه‌نامه

آب باران ..... storm water

آب گرم خانگی..... domestic hot water

آلاینده‌ی هوابُرد..... airborne contaminant

ابزار ..... molding

اثر جزیره‌ی گرما..... heat island effect

اثر دودکش ..... stack effect

اثر گلخانه‌ای ..... greenhouse effect

انرژی تجدیدپذیر..... renewable energy

انرژی صرف‌شده ..... embodied energy

انرژی محوطه..... site energy

انرژی منبع ..... source energy

بار دوشاخه‌ای ..... plug load

بازده نوری ..... luminous efficacy

بام تخت..... flat roof

بام تک‌شیب..... shed roof

بام چهاربر..... hipped roof

بام دوشیب..... gable roof

بام دوشیب کمرشکن ..... gambrel roof

بام نمکدانی..... saltbox roof

بام هرمی ..... pyramidal roof

بخش‌بندی..... compartmentalization

بدهبستان ..... tradeoff

برگشت سرمایه ..... investment return

بوم‌سانی ..... biomimicry

بوم‌شناسی..... ecology

پل‌زنی گرمایی..... thermal bridging

پنجره‌ی دوجداره ..... double-pane window

پنجره‌ی ضد توفان..... storm window

پوش خارجی..... outer envelope

پوش داخلی..... inner envelope

پوش ساختمان ..... building envelope

پوش گرمایی ..... thermal envelope

تابش فروسرخ..... infrared radiation

تغییر اقلیم..... climate change

تنوع زیستی..... biodiversity

توان روشنایی مستمر..... lighting power allowance

توسعه‌ی پایدار ..... sustainability

جان‌پناه ..... parapet

جرم گرمایی ..... thermal mass

جنگل‌زدایی ..... deforestation

چرخند ..... cyclone

چگالی توان روشنایی ..... lighting power density

خاک کوبیده ..... rammed earth

خرپشته ..... stairwell penthouse

خشت خام ..... adobe

درزگیری ..... caulking

دوره‌ی جبران ساده ..... simple payback

دیوار بنّایی ..... masonry wall

رواناب ..... runoff

روشنایی ..... lighting

روکار ..... veneer، cladding

روکوب ..... siding

زمین‌چاله ..... landfill

ساختمان سبز ..... green building

سبزگرایی ..... greensplashing

سبزنمایی ..... greenwashing

سرمایش ..... cooling

سطح زیربنای ساختمان ..... building floor area

سطح ساختمان ..... building surface area

شاخص بهره‌گیری از انرژی ..... energy utilization index

صفحه‌ی خورشیدی ..... solar panel

طراحی پایدار ..... sustainable design

عایق حرارتی ..... thermal insulation

عدل کاه ..... straw bale

فروریزه‌ی اتمی ..... fallout

کمسوگر ..... dimming unit، dimmer

گازهای گلخانه‌ای ..... greenhouse gases

گچ‌برگ ..... gypsum board

گرمانگاری ..... thermography

گرمایش ..... heating

لایه‌ی محافظ ..... layer of shelter

لوله‌ی نور ..... light tube

ماندافزار لوله‌کشی ..... plumbing fixture

محله ..... community

محوطه ..... site

محوطه‌ی حساس ..... sensitive site

مرز گرمایی ..... thermal boundary

مقاوم ..... robust

منطقه‌بندی ..... zoning

منطقه‌ی خاکستری ..... grey field

منطقه‌ی سبز ..... greenfield

منطقه‌ی قهوه‌ای ..... brownfield

میان‌دیوار ..... knee wall

نامقاوم ..... nonrobust

نخاله‌ی ساختمانی ..... construction waste

نسبت سطح ..... area ratio

نظریه‌ی رشد هوشمندانه ..... smart growth theory

نورپردازی تکلیف ..... task lighting

نورگیر سقفی ..... skylight

هزینه‌ی خالص دوره‌ی عمر ..... net life-cycle cost

هواساز ..... air handler

وادار ..... stud

نمایه

آ

آب، ۱۵۹
آب آشامیدنی، ۵۰، ۵۳، ۱۸۵
آب باران، ۵۰، ۵۱ ،۱۷۲، ۱۷۵
آب‌انبار، ۱۶۵
آب حمل‌شده، ۵۳
آبرو، ۸۱
آبرو باران، ۵۱، ۵۳
آبروهای بام، ۷۷، ۱۰۹
آبروی بام، ۷۷، ۱۰۹
آب زیرزمینی، ۱۷۵
آب سطحی، ۵۴، ۱۷۱
آب گرم خانگی، ۱۵۶، ۱۶۲، ۱۹۹
آب‌گرم‌کن با پمپ حرارتی، ۱۶۳
آب‌گرم‌کن بدون منبع، ۱۶۴
آب گرم، ۱۵۶، ۱۶۲، ۱۸۸، ۱۹۹
آب‌نما، ۵۳
آبیاری، ۵۰، ۵۱، ۵۶
آبیاری قطره‌ای، ۵۳
آپارتمان، ۶۵، ۱۶۲
آزمون کیفیت هوا، ۱۸۰
آزمون نشت مبرّد، ۲۲۵
آزمون‌های عملکرد سیستم، ۲۴۶
آسانسور، ۱۵۷
آسانسور هیدرولیکی، ۱۵۸
آسایش، ۱۶۹
آسایش گرمایی، ۸، ۱۸۰، ۲۳۹
آستانه‌ی در، ۱۰۸
آسفالت متخلخل، ۵۱
آشپزی، ۱۹۹
آشکارسازی عیب، ۲۳۴
آفت‌کش‌ها، ۵۲
آکواریوم، ۱۷۵
آکوستیک، ۲۶، ۱۸۵
آلاینده‌های هوابُرد، ۱۶۷، ۱۷۴
آلودگی نوری، ۷، ۸، ۴۶، ۱۵۰
آلودگی هسته‌ای، ۲۰۵
آموزش، ۲۴۷
آیین‌نامه‌ها، ۲۵
آیین‌نامه‌ی انرژی، ۱۹۹، ۲۵۴
آیین‌نامه‌ی انرژی مدل، ۲۷
آیین‌نامه‌ی بین‌المللی تأسیسات مکانیکی، ۲۷
آیین‌نامه‌ی بین‌المللی ساختمان، ۲۷
آیین‌نامه‌ی بین‌المللی ساختمان سبز، ۲۷، ۴۱، ۱۹۷
آیین‌نامه‌ی بین‌المللی صرفه‌جویی در مصرف انرژی، ۲۷
آیین‌نامه‌ی بین‌المللی لوله‌کشی بهداشتی، ۲۷

الف

اتاق‌خواب، ۱۰۵
اتاق کنفرانس، ۱۸۵
اثاثیه‌ی بازتاب‌گر، ۱۰۱
اثر دودکش، ۶۵، ۸۵، ۱۰۸، ۱۱۶، ۱۲۷، ۱۴۱، ۱۷۸
احتراق، ۱۹۰
احتراق بسته، ۱۹۳
ارتباط‌پذیری، ۳۹
ارتباط‌پذیری محله، ۵۱
استانداردها، ۱، ۲۵
استخر شنا، ۱۷۵
استطاعت خرید، ۱۵، ۲۳، ۱۱۰، ۱۳۱، ۱۴۴، ۱۶۶، ۱۷۹، ۲۰۳، ۲۲۷، ۲۳۰
استفاده از بام، ۸۲
اصلاح پیوسته، ۲۳۴، ۲۳۶
اصلاحات گروه ۱ – کاهش هزینه، ۲۳۰
اصلاحات گروه ۲ – بی‌تأثیر بر هزینه، ۲۳۱
اصلاحات گروه ۳ – افزایش هزینه، ۲۳۱
اصول طراحی، ۲۳۴
اقلیم‌های سرد، ۹۲
الکتروموتور فن، ۷۲، ۱۷۶
الکتروموتورها، ۱۵۷، ۱۶۹، ۱۷۶
الکتروموتورهای با بازده بیشتر، ۱۵۷، ۱۷۶
الکتروموتورهای پمپ، ۷۲
الکتروموتورهای دورمتغیر، ۱۹۳
الکترونیک، ۱۵۶
انبارها، ۱۱۳
انباری، ۱۰۵، ۱۲۳، ۱۹۲
انباری سرایدار، ۱۲۱
انباری‌ها، ۱۲۳، ۱۷۴
انتخاب سوخت، ۱۹۹
انتخاب محوطه، ۳۶
انتشار مواد کربنی، ۳، ۹، ۴۴، ۲۲۹، ۲۳۲، ۲۳۹، ۲۵۰
انتقال صدا، ۱۸۵
انتقال گرما، ۵۹، ۸۰
انجمن معماران امریکا، ۲۷
انجمن معماران محوطه‌ی امریکا، ۳۳
انجمن مهندسان روشنایی، ۱۴۷
اندازه‌گیری، ۲۳۶
اندازه‌گیری آب، ۲۴۷
اندازه‌گیری آسایش، ۱۸۱
اندازه‌گیری اصلی، ۲۴۷
اندازه‌گیری خدمات شهری، ۲۴۷

اندازه‌گیری سوخت فله، ۲۴۹
اندازه‌گیری فردی، ۲۴۷
اندازه‌گیری فرعی، ۲۴۷
اندازه‌گیری مصرف آب، ۲۴۷
اندازه‌های پنجره، ۱۰۵
اندازه‌ی بهینه‌ی پنجره، ۱۰۰
اندازه‌ی پنجره، ۱۰۵
اندود، ۹۶
انرژی باد، ۲۰۹
انرژی تجدیدپذیر، ۵۶، ۲۰۵
انرژی تهویه، ۱۶۹
انرژی خورشیدی، ۶۵، ۱۶۶، ۲۰۶، ۲۴۴
انرژی خورشیدی غیرفعال، ۱۳۲، ۲۰۹
انرژی صرف‌شده، ۹۴، ۱۳۲، ۲۱۲، ۲۱۹
انرژی محوطه، ۲۴۹
انستیتو فرش و موکت، ۲۲۳
اوزون، ۴۳
اهداف ساختمان سبز، ۷
اهمیت تاریخی و فرهنگی، ۲۶
ایستگاه شارژ، ۴۵

ب

بادگیر، ۱۷۸
بار پایه، ۲۵۲
بارها، ۱۶
بارهای آب، ۱۶۰
بارهای الکتریکی بزرگ، ۱۵۷
بارهای دوشاخه‌ای، ۱۵۶
بازتابندگی، ۱۰۱، ۱۳۴
بازتابندگی اثاثیه، ۱۰۱
بازتابندگی داخل، ۱۰۷
بازتابندگی داخلی، ۱۰۱
بازتابندگی سقف، ۱۰۱، ۱۳۶
بازتابندگی فرش، ۱۳۶
بازتابندگی کف، ۱۰۱، ۱۳۵، ۱۳۶
بازتابندگی نوری، ۱۳۴، ۲۴۳
بازخورد، ۲۳۶
بازده بویلر، ۱۹۸
بازده گرمایش و سرمایش، ۱۹۷
بازده مصرف مصالح، ۲۲۶
بازرسی، ۲۳۷
بازیابی کندانس، ۱۶۵
بازیابی گرما از پساب خاکستری، ۱۶۴
بازیافت، ۲۱۲، ۲۲۵
بازیافت آب، ۱۶۴
باغ گیاه‌شناسی امریکا، ۳۳
باغبانی ارگانیک، ۵۲
بالکن، ۷۳، ۸۰، ۸۸، ۹۱
بام انباری، ۷۶
بام تخت، ۷۷، ۱۰۹
بام چهاربر، ۷۶
بام دوشیب، ۷۶
بام دوشیب کمرشکن، ۷۶
بام سایبانی، ۷۷
بام نمکدانی، ۷۶
بام‌های تخت، ۷۷، ۱۰۹، ۱۲۲
بام‌های شیب‌دار، ۸۴، ۱۰۹
بام‌های مشجر، ۱۱۰
بام‌های هرمی، ۷۶
بامبو، ۲۲۰
بای‌پس با سرعت بالا، ۵۰
بای‌پس هوا، ۱۷۵
بتن، ۲۱۸
بتن تراوا، ۵۱
بخار آب، ۱۸۸
بخاربند، ۱۱۲، ۱۱۸، ۱۷۳
بخاری، ۲۰۰
بخاری هیزمی، ۱۹۶، ۲۰۰
بخش‌بندی، ۱۳۷، ۱۷۹
بخش طرح‌ریزی، ۳۷
بده‌بستان‌های انرژی، ۸۱
برج خنک‌کننده، ۴۸، ۱۸۵، ۱۹۱، ۱۹۲، ۱۹۶، ۱۹۸
برچسب سبز، ۲۲۳
برگشت سرمایه، ۲۵۳
برنامه‌های زمانی، ۲۲۷
بو، ۱۶۷
بوم‌سانی، ۲۲۶
بویلر، ۱۱۵، ۱۸۸، ۱۹۰، ۱۹۲، ۱۹۶
بهره‌برداری از ساختمان، ۱۷۴
بهره‌برداری و نگهداری، ۱۷۴
بهره‌وری، ۸، ۲۳
بیمارستان، ۱۶۲

پ

پارکینگ، ۴۵، ۵۱، ۱۲۸، ۱۷۰
پاسیو، ۸۲
پاگرد پله، ۱۰۵
پانل سازه‌ای عایق‌کاری شده، ۹۴
پانل‌های بتنی ساندویچی، ۹۳
پتانسیل کاهش اوزون، ۲۲۴
پتانسیل گرم کردن زمین، ۲۲۴
پخش نور، ۴۷
پذیرندگی بام، ۷۶
پروپان، ۱۸۸، ۱۹۹
پریزها، ۱۵۶
پل‌زنی گرمایی، ۱۹، ۸۸، ۱۹۰
پلکان خارجی، ۱۲۱
پلنوم سقفی، ۱۲۰
پله‌برقی، ۱۵۷
پله‌های زیرشیروانی، ۱۳۱
پمپ حرارتی، ۱۸۸، ۱۹۰، ۲۰۰، ۲۲۴
پمپ حرارتی بازیاب گرما، ۱۹۲
پمپ حرارتی با مدار آب، ۱۹۶
پمپ حرارتی بدون کانال، ۱۸۹، ۱۹۲، ۲۰۳
پمپ حرارتی پکیج، ۱۹۷
پمپ حرارتی دورمتغیر، ۱۹۲
پمپ حرارتی زمین‌گرمایی، ۵۶، ۱۸۸،

۱۹۲، ۱۹۸، ۲۰۳، ۲۰۶، ۲۲۴
پمپ حرارتی مالتی‌اسپلیت، ۱۹۳
پمپ حرارتی مدار آب با بویلر/برج خنک‌کننده، ۱۹۶، ۲۰۰
پمپ حرارتی مینی‌اسپلیت، ۱۹۳
پمپ‌ها، ۲۰۶
پمپ‌های حرارتی دورمتغیر، ۱۹۲
پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی، ۵۶، ۱۸۸، ۱۹۰، ۱۹۲، ۱۹۸، ۲۰۳، ۲۰۶، ۲۲۴
پنجره، اندازه، ۱۰۵
پنجره‌های بازشو، ۱۰۵، ۱۷۸، ۱۸۴
پنجره‌های با عملکرد بالا، ۹۸
پنجره‌های ثابت، ۱۰۵
پنجره‌های دوجداره‌ی پرشده با آرگون، ۹۸
پنجره‌های ضد توفان، ۸۹، ۹۸
پنجره‌های کشویی، ۱۰۵
پنجره‌های نواری، ۱۰۶
پنجره‌ی بازشو، ۱۰۵، ۱۷۸، ۱۸۴
پنجره‌ی ثابت، ۱۰۵
پنجره‌ی رنگی، ۱۳۳
پنجره‌ی سایبان‌دار، ۱۰۵
پنجره‌ی سه‌جداره، ۹۸
پنجره‌ی شیروانی، ۷۵، ۷۷
پنجره‌ی کشویی دوتکه، ۱۰۵
پنجره‌ی لولایی، ۱۰۵
پوش، ۸۳
پوش خارجی، ۸۴
پوش داخلی، ۸۴، ۱۲۵، ۱۷۴
پوشش گیاهی، ۵۵
پوشش گیاهی بومی، ۵۶
پوش گرمایی، ۱۱۶
پوشش‌ها، ۲۲۳
پهنه‌های آب، ۴۰
پی، ۱۷۵
پی کم‌عمق، ۲۱۳
پیچیدگی سطح، ۶۷
پیش‌اتاقی، ۱۰۵، ۱۱۳، ۱۲۱، ۱۲۲
پیش‌نیازها، ۲۶
پیوستگی، ۱۹، ۸۸
پیوستگی گرمایی، ۱۱۱
پیوستگی مرز گرمایی، ۱۰

ت

تأثیر پس از ساخت مصالح، ۲۲۵
تأسیسات زیربنایی، ۲۱۲
تالاب، ۴۰
تایمر، ۱۵۰
تبرید، ۱۵۶
تخریب هدفمند، ۲۱۶، ۲۲۵
تخفیف‌های مالیاتی، ۲۵۴
تداوم‌پذیری، ۱
تراز فعالیت، ۱۸۰
تراکم، ۳۹
ترانسفورماتورها، ۴۸، ۱۵۷
ترمیم خاک، ۴۲
تطبیق با نیازها، ۲۳۴، ۲۳۶
تعادل دمایی، ۱۱۴
تعداد بهینه‌ی طبقات، ۶۴
تعداد پنجره‌ها، ۱۰۵
تعدی نوری، ۴۶
تعریف ساختمان سبز، ۱۳
تعریف نیازها، ۲۳۶
تعویض هوا در ساعت، ۱۷۱، ۲۳۴
تغییر اقلیم، ۲، ۵، ۹، ۲۵۸
تفکر محله‌ای، ۳۷
تلفات پنجره، ۱۰۴
تلفات تابشی، ۸۹
تلفات تابشی پنجره، ۱۰۴
تلفات توزیع، ۱۶۲، ۱۹۲
تلفات زمین، ۱۱۱
تلفات گرمایی پنجره، ۱۰۰، ۱۰۳
تمیزکاری، ۱۷۴
تنوع زیستی، ۷
توالت با سیفون دوحالته، ۱۶۰
توالت کمپوست‌ساز، ۱۶۰
توالت‌های عمومی، ۱۵۲
توان فن، ۱۹۵
توپولوژی، ۹۰
توربین بادی، ۵۶، ۲۰۹
توسعه‌ی پایدار، ۱
توسعه‌ی متراکم، ۵۱
توسعه‌ی محله‌محور، ۳۹
تولید ضایعات کمتر، ۲۱۴
تولید مرکب برق و گرما، ۱۶۳، ۱۹۹، ۲۰۱
ته کشیدن سفره‌ی آب، ۵۰
تهویه، ۱۴۰، ۱۶۸، ۱۷۶
تهویه با بازیابی انرژی، ۸۲، ۱۷۶، ۱۸۱
تهویه طبق تقاضا، ۱۷۰
تهویه‌ی شبانه، ۱۳۲
تهویه‌ی طبیعی، ۱۷۸
تهویه‌ی متقاطع، ۱۷۹
تهویه‌ی هوای بیرون، ۱۶۸

ج

جان‌پناه، ۸۸، ۹۱
جبران ساده، ۲۵۳
جبران کربن، ۲۱۹
جداسازی آکوستیکی، ۱۸۶
جذب داخلی، ۱۷۴
جذب گرمای خورشیدی، ۱۸۳
جذب گرمای داخلی، ۱۷۴
جرم گرمایی، ۹۲، ۱۳۲
جریان مبرد متغیر، ۱۹۲، ۲۰۳
جریان هوا، ۱۸۶
جریان هوای ترموسیفونی، ۱۲۹
جزیره‌ی گرما، ۴۳
جزیره‌ی گرما، بام، ۴۳
جزیره‌ی گرما، غیر از بام، ۴۳
جلسات پروژه، ۲۳۶

جلسات قبل از ساخت، ۲۳۶
جلوگیری از عیب، ۲۳۴
جمع‌آوری آب باران، ۵۱، ۸۱، ۱۶۵
جنگل‌ها، ۴۰
جنگل‌های قدیمی، ۴۰، ۲۲۰
جهت‌گیری، ۶۸
جهت‌گیری صفحه‌ی خورشیدی، ۷۸

چ

چارچوب پنجره، ۱۰۶
چارچوب پنجره‌ی کامپوزیت، ۹۸
چارچوب در، ۱۰۷، ۱۰۸
چالش ساختمان زنده، ۳۲، ۴۱
چراغ توکار، ۸۶، ۱۰۹، ۱۲۸، ۱۳۱
چراغ فلورسنت، ۱۴۹
چرخه‌ی آب، ۱۶۴
چرخه‌ی آب‌شناسی، ۵۰
چسب‌ها، ۲۲۳
چشم‌انداز، ۴۸، ۵۳، ۱۰۳، ۱۰۴
چشم‌اندازهای با پوشش گیاهی، ۵۱
چشم‌دوزی، ۴۶، ۱۰۰، ۱۰۴
چگالش، ۹۲، ۱۸۰
چگالی توان نوری، ۱۴۸
چمن، ۵۶
چوب، ۲۰۰، ۲۲۰
چوب‌پنبه، ۲۲۰
چوب مقاوم در برابر پوسیدگی، ۵۲، ۲۲۳
چیلر، ۱۹۲، ۱۹۸
چیلر مایع – خنک، ۱۸۹
چیلر هوا – خنک، ۱۸۹، ۱۹۱

ح

حامل‌های بیماری، ۲
حجم هوای متغیر، ۱۸۳
حذف کانال‌کشی، ۲۰۴
حسگر حرکت با خاموشی تأخیری، ۱۵۱
حسگر حرکت با روشنی خودکار، ۱۵۲
حسگر حرکت دستی‌روشن، ۱۵۲
حسگر عدم حضور، ۱۵۲، ۲۳۵
حسگرهای حرکت، ۴۶، ۱۵۰
روشنی خودکار، ۱۵۲
روشنی دستی، ۱۵۲
عدم حضور، ۱۵۲
حسگرهای حضور، ۲۳۵
حسگرهای فروسرخ غیرفعال، ۱۵۱
حسگرهای نوری، ۱۵۰
حفاظت، ۴۱، ۲۱۷
حفاظت خاک، ۴۲
حفره‌های دیوار بدون درپوش، ۸۶، ۱۲۹
حفره‌های سقف، ۱۹۵
حفره‌ی دیوار، ۱۰۹، ۱۳۱
حمایت از مصرف‌کننده، ۹
حمل ونقل، ۴۴، ۵۱
حیات وحش، ۴۶

خ

خاک، ۴۲، ۵۶
خاکستر، ۲۱۸
خاک سطحی، ۷، ۴۲، ۵۱
خاک کوبیده، ۲۲۱
خانه‌سازی ردیفی، ۶۲
خانه‌های تک‌خانواری، ۱۷۰
خانه‌های سیار، ۱۱۸
خانه‌ی سالمندان، ۱۲۱
خرپشته، ۸۲، ۱۲۲
خرده‌چوب، ۱۸۸، ۲۰۰
خروجی‌ها، ۱۵۶
خشت خام، ۲۲۲
خشک کردن لباس، ۱۷۵، ۱۹۹
خودرو، ۴۵
خودروهای کوچک، ۴۵
خودروی برقی، ۴۵

د

داکت، ۱۳۱
داکت بدون درپوش، ۱۰۹، ۱۲۹
دال، ۱۷۳
در، ۱۰۷
درِ بالکن، ۸۰
درختان برگ‌ریز، ۴۸
درِ داخلی، ۱۰۷
درِ دمنده‌دار، ۸۵
در دوبل، ۱۰۸
درزبندها، ۲۲۳
درزبندی کانال، ۱۷۶، ۲۳۵
درزپوش، ۱۷۳
درزگیر، ۸۶، ۱۲۷، ۱۳۱
درِ زیرزمین، ۱۳۰
درِ سرسرا، ۱۰۸
درِ ضد توفان، ۱۰۸
درِ عایق‌کاری‌شده، ۱۰۷
درِ کشویی، ۱۰۸
درِ گردان، ۱۰۸
درهای سرسرا، ۱۰۸
درهای ضد توفان، ۱۰۸
درهای کشویی، ۱۰۸
دریچه‌ی بام، ۱۲۲
دریچه‌ی دسترسی، ۱۲۷
دریچه‌ی زیرشیروانی، ۱۹، ۸۶، ۸۹، ۱۰۹، ۱۲۷، ۱۳۱
دست‌خوردگی، ۴۲
دستشویی، ۱۶۹
دستگاه تهویه‌مطبوع، ترمینال پکیج، ۱۹۷
دستگاه تهویه‌مطبوع پنجره‌ای، ۸۷
دستگاه تهویه‌مطبوع دیواری، ۸۷
دستگاه‌های تهویه‌مطبوع، ۴۹، ۱۶۵
دستگاه‌های هواساز، ۱۱۵، ۱۷۵، ۱۹۱
دشت سیلابی، ۴۰

دفاتر اداری، ۱۰۵، ۱۵۱
دمای تابشی، ۱۸۱
دمای تعادلی هوا، ۱۱۴، ۱۲۲
دمای فضای داخل، ۲۴۲
دمای فضای فاقد تهویه‌مطبوع، ۱۲۴
دمای هوا، ۱۸۰، ۱۸۹
دمپر، ۸۷، ۱۷۰، ۱۷۳
دمنده‌ی توربینی، ۱۷۸
دوام، ۲۲۶
دوپلکس، ۶۲
دودکش، ۸۷، ۸۹، ۱۰۹، ۱۲۷، ۱۷۲، ۱۹۰
دوره‌ی زمانی جریان آب، ۱۶۱
دوش، ۱۷۵
دیوار بازتاب‌گر، ۱۰۱
دیوار بنّایی، ۹۱
دیوار دوپوسته، ۱۰۹، ۱۳۱
دیوار قاب‌چوبی، ۹۴
دیوار مشترک، ۱۰۹، ۱۲۹
دیوار نمای خارجی، ۹۵
دیوارها، ۹۱
دیوارهای بتنی ریختگی، ۹۳
دیوارهای بنّایی، ۱۵۲
دیوارهای قاب‌چوبی، ۹۴
دیوارهای قاب‌فلزی، ۹۵
دیوارهای مشترک، ۶۲، ۱۰۹، ۱۲۹

ذ

ذرات جامد، ۱۶۷، ۱۷۲

ر

رادون، ۱۷۳
رادیاتور، ۱۹۳، ۱۹۸
راه‌اندازی، ۱۸۴، ۲۳۶، ۲۳۹، ۲۴۵
راه‌اندازی روشنایی خارجی، ۱۵۴
راه‌اندازی سیستم تهویه، ۱۷۷
راه‌اندازی کنترل‌گرهای روشنایی، ۱۵۱
راه‌پله، ۱۰۵، ۱۲۱
راهرو، ۱۰۵، ۱۲۱، ۱۵۱، ۱۵۲
راهرو دوطرفه، ۶۶
راهرو یک‌طرفه، ۶۶
راهنمای مالک، ۲۴۷
رتبه‌بندی، ۵۴
رختشویخانه، ۱۰۵، ۱۲۱، ۱۵۲، ۱۵۶
رختشویخانه‌ی مرکزی، ۱۵۶
رسانش گرما، ۸۹
رسوب، ۵۳
رسوب‌گیر، ۵۳
رشد هوشمند، ۳۹
رطوبت، ۵۴، ۱۳۱، ۱۶۷، ۱۷۱، ۱۷۵، ۱۸۰، ۲۴۲
رطوبت‌زدا، ۱۷۵
رطوبت‌زدایی، ۱۷۵
رطوبت فضای داخل، ۱۷۵
رطوبت نسبی، ۱۷۵
رقیق‌سازی، ۱۶۸
رنگ‌ها، ۱۷۴، ۲۲۳
رواناب، ۴۲، ۵۰
روسازی تراوا، ۵۱
روش ارزیابی زیست محیطی مؤسسه‌ی تحقیقات ساختمان، ۲۹
روشنایی، ۱۴۵
تأثیر بر سرمایش، ۱۵۵
روشنایی از بالا، ۹۹
روشنایی امنیتی، ۱۵۰، ۱۵۳
روشنایی با قطع نور کامل، ۴۶
روشنایی با لامپ‌های التهابی، ۱۴۹
روشنایی بهینه، ۱۴۷
روشنایی تزئینی، ۱۵۴
روشنایی خارجی، ۱۵۰، ۱۵۲
روشنایی دسترسی، ۱۵۳
روشنایی فضای خارجی، ۲۴۲
روشنایی محیط، ۱۵۴
روشنایی مسیر عبور، ۴۶
روشنایی مصنوعی، ۴۶، ۱۰۰، ۱۴۵
روکار، ۸۱
روکش، ۱۶، ۹۰، ۹۱، ۹۲، ۹۳، ۹۴، ۹۶، ۱۷۳
رهنمودها، ۲۵

ز

زاویه‌ی صفحه‌های خورشیدی، ۷۸
زغال‌سنگ، ۸، ۱۸۸
زمین‌چاله، ۷، ۴۴، ۲۱۱، ۲۲۵
زمین کشاورزی، ۷، ۴۰
زمین کشاورزی قدیمی، ۴۰
زهکش صفحه ای، ۱۷۳
زیبایی، ۵، ۲۶، ۲۵۵
زیرزمین، ۵۴، ۱۰۵، ۱۱۳، ۱۱۵، ۱۷۱، ۱۹۱
زیست توده، ۱۸۸، ۱۹۹، ۲۰۰
زیستگاه، ۵۰

س

ساخت، هزینه، ۵۸، ۶۰، ۶۶، ۱۰۴، ۱۰۶، ۱۱۰، ۱۳۱، ۱۳۴، ۱۴۰، ۱۴۴، ۱۵۵، ۱۶۶، ۱۷۹، ۲۰۳، ۲۳۰
ساختمان چندخانواری، ۱۷۰
ساختمان سبز، ۶، ۱۳
ساختمان سبز، تعریف، ۱۳
ساختمان سبزتر، ۶
ساختمان‌های بلند، ۱۰۴
ساختمان‌های پوش‌محور، ۶۵
ساختمان‌های خرده‌فروشی، ۶۲
ساختمان‌های کوتاه، ۱۰۴
ساختمان‌های هسته‌محور، ۷۲
سادگی، ۶۳
سادگی ساختمان، ۶۳
سازه‌ی نمایان، ۲۱۴
ساندویچ پانل بتنی، ۹۳
سایبان، ۷۳

سایبان بام، ۷۷
سبزگرایی، ۷۱
سبزنمایی، ۷۱
ستاره‌ی انرژی، ۷۱، ۱۷۶، ۱۹۷، ۲۳۹
سرباره، ۲۱۸
سردوشی، ۱۶۰، ۱۷۵
سرسرا، ۱۵۱
سرعت هوا، ۱۸۴
سرمایش تبخیری، ۲۰۲
سرمایش رطوبت‌زدا و نمگیر، ۲۰۲
سرمایش طبیعی، ۱۹۹
سرمایش غیرفعال، ۱۸۲
سطح زیربنا، ۵۷
سطح ساختمان، ۵۷، ۵۹
سطح قاعده، ۵۷، ۶۰
سطوح تراوا، ۵۰، ۵۱
سطوح داخلی بازتابنده، ۱۳۴
سطوح ناتراوا، ۵۰
سقف آویزان، ۱۲۶
سقف بازتاب‌گر، ۱۰۱، ۱۳۶
سلامت و آسایش آدمی، ۸
سلولوز متراکم، ۱۲۶
سنگ، ۲۲۲
سنگدانه‌ی بازیافتی، ۲۱۸
سوخت فسیلی، ۲۰۱
سوخت گرمایشی، ۱۸۸، ۱۹۹
سوخت‌های تجدیدناپذیر، ۸
سوخت‌های زیستی، ۲۰۰
سوخت‌های فسیلی، ۱۸۸، ۱۹۰، ۱۹۳، ۲۰۱، ۲۰۵
سی اف سی، ۲۲۴
سیرکولاسیون مجدد هوا، ۴۹
سیستم اسپلیت، ۱۸۹
سیستم توزیع، ۱۱۴
سیستم‌های اختصاصی هوای بیرون، ۱۷۸، ۲۰۲
سیستم‌های پکیج، ۱۸۹
سیستم‌های پیشرفته‌ی گرمایش و سرمایش، ۲۰۱
سیستم‌های تابشی، ۱۸۴
سیستم‌های توزیع، ۱۱۴
سیستم‌های چیلر، ۱۸۹
سیستم‌های دیواری، ۱۹۷
سیستم‌های روبامی، ۷۵، ۱۸۹، ۱۹۴
سیستم‌های سرمایش انبساط مستقیم، ۱۸۹
سیستم‌های سوخت زیست توده‌ای، ۱۹۶
سیستم‌های مبتنی بر مبرّد، ۱۹۰
سیستم‌های مبرّددار بدون کانال، ۱۸۸
سیل‌گیری، ۷، ۵۰
سیلاب ساحلی، ۲
سینی کندانس، ۱۷۵

ش

شاخص مصرف انرژی، ۲۵۰
شبکه‌ی برق، ۸
شبیه‌سازی کامپیوتری، ۶۸، ۷۲، ۱۰۴
شدت مصرف انرژی، ۲۵۰
شرایط زیست‌محیطی گرمایی برای آسایش آدمی، ۱۸۲
شفافیت، ۲۲۶
شفافیت مصالح، ۲۲۶
شکل ساختمان، ۵۷، ۱۷۱، ۲۴۴
شن، ۵۴
شناوری، ۶۵
شیب گرمایش، ۲۵۲
شیر شیلنگی، ۴۹
شیر مخلوط، ۱۸۵
شیر وان، ۱۶۱

ص

صدا، ۸، ۱۸۵
صرفه‌جویی در مصالح، ۲۱۵
صرفه‌جویی در مصرف آب در محوطه، ۵۰
صرفه‌کار، ۱۹۹
صفحه ها ی خورشیدی نصب شده روی زمین، ۵۶
صفحه‌های خورشیدی، ۵۶
صفحه‌ی تخلیه، ۱۷۳
صفحه‌ی فشار خنثا، ۱۴۲
صورت‌جلسه‌ی تحویل، ۲۳۶
صورت‌حساب‌های خدمات شهری، ۱۱

ض

ضایعات، تولید کمتر، ۲۱۴
ضریب U ، ۹۸
ضریب عملکرد، ۱۹۸

ط

طبقات، ۶۴
طبقات بهینه، ۶۴
طبیعت، ۲۵۷
طراحی از خارج به داخل، ۱۰
طراحی برای تخریب هدفمند، ۲۲۵
طراحی جمعی، ۲۲، ۸۱، ۹۷، ۲۲۸
طراحی روشنایی، ۱۴۷
طراحی فضا برای به حداقل رساندن روشنایی، ۱۴۶
طراحی کل‌نگر، ۲۱
طراحی نورسنجشی روشنایی، ۱۴۷

ع

عایق، ۹۲
عایق اسفنجی، ۲۳۵
عایق پنبه‌ای، ۲۲۰
عایق دال، ۱۱۲
عایق دیوار، ۹۲
عایق سلولوزی، ۲۳۵
عایق صلب، ۱۲۶، ۲۳۵

عایق فوم پاششی، ۱۲۶
عایق‌کاری کانال، ۱۱۵
عایق کانال ، ۱۱۵
عایق کف، ۵۷، ۲۳۵
عایق لوله ، ۱۱۵
عایق ورقه‌ای، ۲۳۵
عدل کاه، ۲۲۰، ۲۲۱
علف‌کش،۵۲
علم ساختمان، ۱۰
عمق فضای پیرامونی، ۶۶
عملکرد، ۱۱
عملکرد ساختمان، ۱۱

غ

غذاخوری، ۱۸۶

ف

فاصله‌گیر پلاستیکی تقویت‌شده با فایبرگلاس، ۹۱
فاصله‌ی بین وادارها، ۲۱۳
فاضلاب، ۱۶۴
فرسایش، ۴۲
فرسایش باد، ۴۲
فرسایش خاک، ۵۰
فرش، ۱۳۳، ۱۷۴، ۲۲۳
فروشگاه‌های خرده‌فروشی، ۱۵۴
فشارشکن، شیر، ۱۶۰
فضاهای اجرای موسیقی، ۱۸۵
فضاهای انبار، ۱۲۳
فضاهای بعضا اشغال، ۱۲۲
فضاهای پیرامونی، ۷۲
فضاهای فاقد تهویه‌مطبوع، ۱۰۷، ۱۱۳، ۱۷۴، ۱۹۱
فضاهای معمولا اشغال، ۱۰۳
فضای خشک‌کن، ۱۵۷
فضای زیرشیروانی، ۱۰۹، ۱۱۳، ۱۱۷، ۱۲۷، ۱۹۱
فعالیت‌های تفسیری، ۴۰
فَن تخلیه، ۷۵، ۱۰۹، ۱۶۸
فن‌کویل، ۱۸۳
فن‌کویل آبی، ۱۹۵
فن‌ها، ۱۵۷
فَن هواکش دستشویی، ۱۶۸، ۱۷۵
فوتوولتایی، انرژی خورشیدی، ۲۰۶
فولاد بازیافتی، ۲۱۸
فولاد زنگ‌نزن، ۹۱
فولاد ساختمانی، ۹۱
فهرست برش، ۲۱۴
فیلتر پربازده، ۱۱۵
فیلتر شیمیایی، ۱۷۵
فیلتر کردن، ۱۶۸، ۱۷۵

ق

قاب‌بندی پیشرفته، ۹۴، ۲۱۳
قارچ‌کش، ۵۲
قالب بتن عایق‌کاری شده، ۹۳
قطع برق، ۸
قفل هوا، ۱۰۸، ۱۱۴، ۱۷۲
قندیل، ۱۰۹

ک

کارآیی تهویه، ۱۷۷، ۱۷۹
کارخانه، ۱۶۲، ۱۸۸
کارگاه، ۱۷۴
کارگزار راه‌اندازی، ۲۳۹
کاغذ ساختمانی، ۱۷۳
کاملا سبز، ۱۵
کانال‌کشی، ۱۱۴، ۱۷۶، ۱۹۵
کانال‌کشی در فضای زیرشیروانی، ۱۱۷
کاهش تلفات پنجره، ۱۰۵
کاهش منبع آلاینده، ۱۶۸
کپک، ۵۴، ۱۷۵، ۱۸۰
کربن، ۴۲
کربن دیوکسید، ۳، ۱۶۷
کرکره، ۷۴
کرکره‌های پنجره‌ی عایق، ۱۳۳
کرکره‌ی عایق، ۱۳۳
کف بازتاب‌گر، ۱۰۱، ۱۳۵، ۱۳۶
کف تابشی، ۱۹۳، ۱۹۸
کف فضای زیرشیروانی، ۱۹، ۸۴، ۸۶، ۱۰۹، ۱۲۷
کف و قد پله، ۱۲۷
کلروفلوئوروکربن، ۲۲۴
کلکتور، صفحه‌ی تخت، ۲۰۸
کلکتور، لوله‌ای، ۲۰۸
کلکتورهای صفحه‌تخت، ۲۰۸
کلیدزنی چندسطحی، ۱۵۰
کلیدزنی سه‌طرفه، ۱۵۰
کمپوست‌سازی، ۲۲۵
کنترل دما، ۱۳۹، ۱۸۳
کنترل روشنایی، ۱۵۰
کنترل کیفیت، ۲۲۹، ۲۳۶، ۲۴۵
کنترل کیفیت مدل‌های انرژی، ۲۳۹
کنترل‌گر کمسوکن نور طبیعی، ۱۰۲
کنترل‌گرهای پیشرفته، آسانسور و پله برقی، ۱۵۸
کنترل‌گرهای روشنایی، ۱۵۰
کنترل‌گرهای روشنایی خارجی، ۱۵۲
کنترل مرحله‌ای نور طبیعی، ۱۰۲
کنترل نور طبیعی، مرحله‌ای، ۱۰۲
کنسول، ۷۳، ۱۷۲
کوره، ۱۱۵، ۱۸۸
کیفیت، ۳۹، ۲۳۳
کیفیت آب، ۸، ۵۲، ۱۸۵
کیفیت آب محوطه، ۵۰
کیفیت در ساخت، ۲۳۶
کیفیت رواناب آب باران، ۵۲
کیفیت زیست‌محیطی هوای داخل، ۵۴، ۱۶۷

کیفیت طراحی شده، ۲۳۵
کیفیت هوا، داخل، ۱۱۹، ۱۳۱، ۱۶۷
کیفیت هوای داخل، ۵۴، ۱۱۹، ۱۳۱، ۱۶۷
کیفیت هوای داخل حین ساخت، ۱۸۰

گ

گاراژ متصل به ساختمان، ۱۱۳
گاراژها، ۱۰۵، ۱۱۹، ۱۲۸، ۱۵۲، ۱۷۴
گاراژهای پارکینگی، ۱۲۸
گاز طبیعی، ۸، ۱۸۸، ۱۹۹
گازوئیل، ۱۹۹
گچبرگ، ۹۱
گچبرگ با محتوای بازیافتی، ۲۱۹
گردوخاک، ۱۷۲
گرم شدن زمین، ۷
گرمای حاصل از مقاومت الکتریکی، ۲۰۰
گرمای خورشیدی، ۷۵، ۱۶۶، ۲۰۶، ۲۰۷
گرمای زمین‌گرمایی چشمه‌های آب گرم، ۲۰۶
گرمای مقاومتی الکتریکی، ۱۸۸، ۱۹۴، ۲۰۰
گرمایش از کف، ۱۱۲
گرمایش و سرمایش، ۱۸۷
گرمایش و سرمایش ناحیه‌ای، ۲۰۱
گروه راه‌اندازی، ۲۳۹
گونه‌های در خطر، ۴۰
گونه‌های در معرض انقراض، ۷، ۴۰
گیاهان بومی، ۵۳، ۵۶
گیراندازی آلاینده‌ها، ۱۶۸

ل

لاستیک، ۲۲۰
لامپ هالوژن، ۱۴۹
لایه‌بندی دمایی، ۱۸۱
لایه‌ی بسیار ضعیف، ۱۲۶
لایه‌ی ضعیف، ۱۲۶
لایه‌ی غیرمقاوم، ۲۰
لایه‌ی محافظ، ۱۰، ۱۶، ۱۹، ۵۴
لایه‌ی محافظ ضعیف، ۱۹
لایه‌ی مقاوم، ۲۰، ۱۲۶
لوازم برقی، ۱۵۶
لوله‌کشی، ۱۱۴
لوله‌ی مشبک زهکشی، ۵۴
لوله‌ی نور، ۱۰۱
لینولئوم طبیعی، ۲۲۰

م

ماشین ظرف‌شویی، ۱۵۶، ۱۶۰
ماشین لباس‌شویی، ۱۵۶، ۱۶۰
مانع تابش، ۱۳۳
مبرّدها، ۱۸۸، ۱۸۹، ۲۲۴
مبنای طرح، ۲۴۵
محافظ چوب، ۲۲۳
محتوای بازیافتی، ۲۱۸
محرک دورمتغیر، ۱۵۷
محرک‌های با دور تنظیم‌پذیر، ۱۵۷، ۱۹۳
محرک‌های دورمتغیر، ۱۵۷، ۱۹۳
محرک‌های ولتاژمتغیر فرکانس‌متغیر، ۱۵۸
محک‌زنی، ۲۴۷
محله، ۳۵
محل‌های نفوذ، ۸۷
محوطه، ۳۵
محوطه‌های حساس، ۴۰، ۴۲، ۴۴
محوطه‌ی قبلا ساخته شده، ۴۱
محیط پنجره، ۱۰۶
مدارس، ۱۵۱
مدل انرژی، ۷۲
مدل‌سازی انرژی، ۲۴، ۱۳۲، ۲۳۷، ۲۴۵
کنترل کیفیت، ۲۳۹
مدیریت آب محوطه، ۵۰، ۱۷۱
مدیریت جمعی ضایعات جامد، ۲۲۵
مدیریت ضایعات محوطه، ۴۴
مدیریت نخاله‌ی ساختمانی، ۲۲۵
مرز، ۳۵
مرز دست‌خوردگی، ۳۵
مرز ساختمان، ۳۵
مرز گرمایی، ۸۴، ۱۷۰
مرز ملک، ۳۵
مستندسازی، ۲۴۷
مسئول راه‌اندازی، ۲۳۹
مشاور انرژی، ۹۷
مشوق‌های دولتی، ۲۵۴
مصالح ، ۲۱۱
مصالح با سمیّت کم، ۲۲۲
مصالح بازیافتی پس از مصرف، ۲۱۸
مصالح بازیافتی قبل از مصرف، ۲۱۸
مصالح بی‌زیان، ۲۲۲
مصالح دوباره مصرف شده، ۲۱۶
مصالح زیان‌آور، ۲۱۱
مصالح سریعا تجدیدپذیر، ۲۲۰
مصالح غیرکامل، ۲۱۵
مصالح قابل بازیافت، ۲۲۵
مصالح قبلا مصرف نشده، ۲۱۹
مصالح ناحیه‌ای، ۲۱۹
مصرف مجدد، ۲۲۵
مصرف مجدد درجا، ۲۱۷
مصرف مصالح کمتر، ۲۱۲، ۲۱۵
مقوای کاهی، ۲۲۰
مقاومت گرمایی، ۵۹، ۸۸
مقدار آب، ۵۲
مقدار R ، ۸۸، ۱۰۴
مکان، ۳۸
منبع تغذیه، ۱۵۶
منطقه‌بندی تهویه، ۱۴۰
منطقه‌بندی گرمایی، ۱۳۷، ۲۴۲
منطقه‌ی آسایش، ۱۸۲
منطقه‌ی تنفس، ۱۷۰، ۱۷۷، ۱۷۹
منطقه‌ی حائل، ۴۰
منطقه‌ی خاکستری، ۴۱

منطقه‌ی سبز، ۴۱
مواد شیمیایی فرّار، ۲۲۳
موتور دورمتغیر، ۱۹۳
موتورخانه، ۱۱۳، ۱۱۶، ۱۲۱، ۱۹۵
موکت بازتاب‌گر، ۱۳۶
مولد برق اضطراری، ۱۸۶
میانگیر گرمایی، ۱۱۹

ن

ناپیوستگی‌ها، ۱۹، ۸۸
نازک‌کاری بازتابنده، ۱۰۱
نازک‌کاری بام، ۷۷
نازک‌کاری چوبی، ۱۷۴
نازک‌کاری‌ها، ۵۲، ۱۳۳، ۱۷۴
نازک‌کاری‌های بازتاب‌گر، ۱۰۱
ناودان، ۸۱، ۱۶۵
ناودان افقی، ۱۰۹، ۱۶۵، ۱۷۲
نبشی دوسر، ۹۲
نخاله‌ی ساختمانی، ۲۱۱
نسبت بهینه‌ی پنجره به دیوار، ۱۰۰
نسبت پنجره به دیوار، ۸۱، ۱۰۳، ۲۳۵، ۲۴۳
نسبت سطح، ۵۹
نسبت سطح به حجم، ۶۷
نسبت صرفه‌جویی به سرمایه‌گذاری، ۲۵۳
نسبتا سبز، ۱۵
نشت از کانال، ۱۱۵، ۱۹۵
نشت‌ها، ۱۶۱، ۱۷۵
نشت هوا، ۸۹
نشت هوا، کانال، ۱۱۵
نعل درگاه، ۸۸
نفت، ۸، ۱۸۸
نفوذ، ۸۵، ۱۰۶، ۱۶۸
نفوذ آب، ۵۴
نگهداری، ۲۳
نم‌ناپذیرسازی، ۵۴
نمای ساختمان، ۸۱
نمودار رطوبت‌سنجی، ۱۸۲
نمودار منطقه‌بندی گرمایی، ۱۴۰
نواحی حفاظت شده، ۴۰
نواحی سیل‌گیر، ۴۰
نور طبیعی، ۹۹، ۱۰۴، ۱۴۵
نوربند، ۷۴، ۱۳۳
نورپردازی تکلیف، ۱۴۸
نورپردازی جانبی، ۹۹
نورسنج، ۱۳۴
نورگیر سقفی، ۸۲، ۹۹
نوع سوخت، ۱۸۸
نیازهای پروژه‌ی مالک، ۳۹، ۱۵۰، ۱۵۳، ۱۸۳، ۲۲۵، ۲۳۹

و

واحد بنّایی بتنی با عملکرد بالا، ۹۱
وادار چوبی، ۸۸
وادار فلزی، ۸۸، ۹۲
وادارها، ۲۱۳
ورنی‌ها، ۲۲۳
ورودی خارجی، ۱۰۷
ورودی سرپوشیده، ۸۸
ورودی‌ها، ۱۰۵، ۱۲۱
ورودی‌های هوای تهویه، ۸۷
ورودی هوا، ۱۷۲
ویژگی‌های طبیعی، ۴۲
ویژگی‌های نزدیک ساختمان، ۷۳

ه

هتل‌ها، ۶۵، ۱۰۷، ۱۶۲، ۱۷۰
هزینه‌های دوره‌ی عمر، ۲۳، ۲۵۳
هزینه‌ی خالص دوره‌ی عمر، ۲۵۳
هزینه‌ی ساخت، ۵۸، ۶۰، ۶۶، ۷۲، ۱۰۴، ۱۰۶، ۱۱۰، ۱۳۱، ۱۳۴، ۱۴۰، ۱۴۴، ۱۵۵، ۱۶۶، ۱۷۹، ۲۰۳، ۲۳۰، ۲۴۳، ۲۵۳
هسته، ۶۴، ۷۲
هسته و پوسته، ۲۸
هم‌تولیدی، ۱۹۹، ۲۰۱
همرفت گرما، ۸۹
هوابند، ۸۷
هوابندی، ۱۳۰
هوابندی کانال، ۱۷۶
هواساز مرکزی، ۱۸۳، ۱۹۵
هواکش آشپزخانه، ۱۷۱
هواکش بام، ۱۰۹
هواکش خشک‌کن لباس، ۸۷
هواکش زیرزمین کوتاه، ۱۱۸
هواکش سیستم احتراق، ۸۷، ۱۷۲
هواکش‌های تیزه، ۱۰۹
هواکش‌های لوله‌کشی، ۱۹، ۷۵، ۷۷، ۸۶
هوای بیرون، ۱۷۲
هوای تحت فشار، ۱۸۳، ۱۸۸، ۱۹۲
هوای ورودی، ۱۷۲
هود آزمایشگاهی، ۱۷۷
هود آشپزخانه، ۱۶۸
هود آشپزخانه‌ی تجاری، ۱۷۷
هیتر اتاقی، ۱۸۸، ۱۹۳
هیتر آب گرم، ۱۶۲
هیتر فروسرخ، ۱۸۸
هیتر قرنیزی برقی، ۱۸۸
هیتر کابینتی، ۱۸۸
هیدروفلوئوروکربن، ۲۲۴
هیدروکلروفلوئوروکربن، ۲۲۴
هیزم، ۱۸۸

ی

یخ قطبی، ۹
یخچال‌ها، ۱۵۶
یونیت چگالش، ۱۹۱
یونیت‌های دیواری، ۱۹۷
یونیت‌های روبامی، ۱۹۲
یونیت‌هیتر کابینتی، ۱۹۴