

معماری پایدار، گامی در جهت کاهش جزیره گرمای شهری

نرگس دهقان^۱

^۱استادیار گروه معماری، دانشکده هنر، معماری و شهرسازی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، اصفهان،
ایران، dehghan@par.iaun.ac.ir

چکیده

مراکز شهری اغلب کلان اقلیم متمایز و درجه حرارت بالاتری نسبت به حومه‌های اطرافشان دارند، این اختلاف در درجه حرارت به علت تغییرات تدریجی در بدنه شهرهاست و این امر زمانی به وجود می‌آید که ساختمان‌ها و جاده‌ها با پوشش گیاهی طبیعی جایگزین شوند، در اینصورت بدنه ساختمان‌ها و سطوح پیاده‌روها تشعشعات خورشیدی را جذب می‌کنند و گرم می‌شوند که این عامل باعث گرم شدن هوای اطراف می‌شود؛ عبارت «جزیره گرمایی شهری» این پدیده را تشریح می‌کند. چنانچه درجه حرارت هوا بالا برود، به همین نسبت تقاضا برای تهویه مطبوع هوا افزایش می‌یابد و این امر باعث ازدیاد نیروگاه‌های برق و در نتیجه آلودگی هوا شده و دما نیز بالاتر می‌رود، در صورتیکه کاهش جزیره گرمایی شهری راهکاری موثر برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها برای سرمایش در تابستان خواهد بود. راهکارهای کاهش این پدیده در دو دسته‌بندی قرار می‌گیرند؛ که این راهکارها را می‌توان جزء اصول معماری پایدار دانست، دسته اول که باعث افزایش توان بازتاب تشعشعات خورشیدی در شهر می‌شوند و در این شیوه از سطوح منعکس‌کننده (در پشت بام‌ها و پیاده‌روها) استفاده می‌گردد و دیگری تخریب و تبخیر در سطح شهر را افزایش می‌دهند و از طریق ایجاد فضای سبز در شهرها (کاشتن درختان سایه دار و دیوارهایی که با پوشش گیاهی پوشیده شده‌اند و یا با ایجاد بام‌های بومی) می‌توان به این هدف رسید.

واژه‌های کلیدی: جزیره گرمایی شهری^۱، توان بازتاب مصالح^۲، بام بومی^۳، کفسازی‌های خنک^۴، فضای سبز، معماری پایدار^۵.

۱- مقدمه

درجه حرارت بالای زمین، یکی از موضوعات مورد بحث در دنیای امروز است که از زمان انقلاب صنعتی به بعد به صورت تصاعدی افزایش یافته است. امروزه، مصرف زیاد انرژی‌های فسیلی یکی از عوامل اصلی افزایش گاز دی اکسید کربن^۶ در جو می‌باشد. براساس تئوری گرم‌شدن جهان^۷، افزایش این گاز، که یکی از گازهای گلخانه‌ای اصلی می‌باشد از عوامل مهم بالا رفتن متوسط درجه حرارت کره زمین است [۱].

نظریه توسعه پایدار و در پی آن معماری پایدار، از بحث برانگیزترین موضوعات معماری معاصر است. اینکه هر ساختمانی باید بتواند با محیط طبیعی که در آن واقع شده رابطه برقرار کند جای بحث دارد. آنچه چالش محسوب می‌شود نوع

^۱ Urban Heat Island

^۲ Albedo

^۳ Eco Roof

^۴ Cool Roofing

^۵ Sustainable Architecture

^۶ Co₂

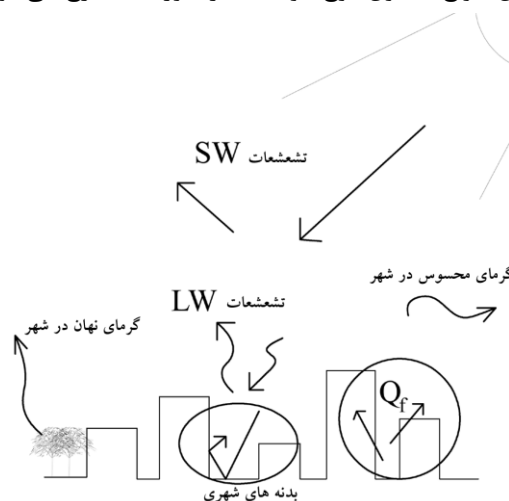
^۷ Global Warming

و چگونگی این رابطه است [۱ و ۲]. ایده معماری پایدار امروزه برای پاسخگویی به این پرسش طرح شده است. پایداری نگرشی است که از تغییر نگاه انسان به جهان متولد شده است. به دنبال طرح مسائل جدی زیست محیطی، نظیر آلودگیها، افزایش دمای کره زمین و نابودی منابع طبیعی، بحث توسعه پایدار در سال ۱۹۸۷ میلادی، در دستور کار قرار گرفت. بر طبق سند مزبور سیستم برنامه ریزی و طراحی شهری به عنوان یکی از مکانیزم های مهم برای پیگیری توسعه پایدار معرفی می شود و در همین راستا معماران و طراحان شهری مبحث شهر و معماری پایدار را در دستور کار خویش قرار داده اند [۲].

توسعه های ناپایدار بر روی کره زمین در اواخر قرن حاضر و وجود تراکم بالایی از ساختمانها بر روی زمین و در سطوح مختلف، نور را به صورت مداوم جذب می کنند، و در حالیکه میزان تشعشعات گرمایی از سطوح ساختمانی به آسمان سرد شب، به علت تراکم محیطهای مصنوعی مختلف می شود [۳]. به جز در مناطقی که باد به شدت می وزد، سرعت باد در محیطهای پرتراکم ساختمانی کاهش می یابد. شهرهایی که در امتداد خط ساحلی قرار دارند نمونه بسیار خوبی هستند، در تابستان اگرچه نسیم خنک دریا ممکن است در بالای سطح شهر در طول روز بوزد اما زمانیکه وارد نواحی پرتراکم ساختمانی می شود سرعت آن و در نتیجه توانایی آن برای تهویه طبیعی کاهش می یابد. فضاهایی همانند فضای باریک میان آسمان خراشها اغلب نمی توانند بار گرمایی ساختمانها را پراکنده کنند و محیط را آلوده می کنند، آنها تنها جریان ضعیفی از باد را دریافت می کنند. طراحان بوم شناس بایستی به نحوی طراحی کنند تا اثرات جزیره گرمایی را که نتیجه وارد کردن ساختارها و یا زیر ساختهای جدید و ناپایدار در محل می باشد را بکاهند. مخصوصاً در محیطهای مصنوعی در شهرها و یا در محیطهایی که دارای تراکم بسیار شدید توده های ساختمانی هستند و یا در نواحی که سطح بام آنها پوشیده نشده است و یا سطوح غیر قابل نفوذ می باشد.

۲- عدم تعادل انرژی در شهر

تعادل در انرژی شهر در توسعه پایدار از اهمیت بالایی برخوردار است که در شکل ۱ به صورت شماتیک توضیح داده شده است. تعادل در انرژی شهر بوسیله تابش امواج با طول موج کوتاه که از خورشید خارج می شود به دست می آید [۲].



شکل ۱: تعادل در انرژی شهر [۲]

نسبت تشعشعات گرم خورشیدی منعکس شده و آنچه نهایتاً به زمین می رسد تحت عنوان **توان بازتاب** تعریف می شود.^۱ زمانیکه تشعشعات خورشیدی از سطح خیابان منعکس می شوند برخی از تشعشعات از سطح شهر فرار می کنند و برخی

^۱ Urban Canyon

^۲ Albedo

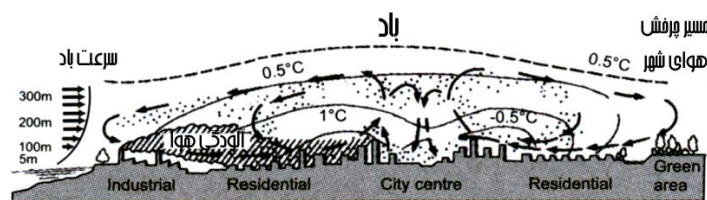
دیگر (بستگی به عامل دید به آسمان^۲ دارد) به بدنه‌های خارجی ساختمان برخورد می‌کنند و برخی دیگر جذب این بدنه‌ها می‌شوند. بنابراین، توان بازتاب موثر در یک شهر به‌طور شاخصی می‌تواند پایین تر از توان بازتاب در حومه‌های شهر و حتی پایین تر از توان بازتاب در یک سطح بخصوص باشد [۵].

در سطوحی که تشعشعات خورشیدی جذب می‌شود (درجه حرارت تا ۶۰ درجه سانتیگراد) این انرژی در طیف‌هایی با طول موج بلند متمرکز می‌شود (حداکثر طول موج آن حدوداً $10\mu W$ است). انتشار امواج با طول موج بلند مکانیسمی را تشریح می‌کند که بوسیله آن سطوح در شب خود به خود سرد خواهند شد. در یک بدنه شهری، امواج با طول موج بلند از یک سطح با سطوح دیگر برخورد می‌کنند و در شب سطوح شهری با عامل دید به آسمان کاهش یافته تمایل دارند تا به آهستگی خنک شوند. تنگه‌های شهری^۳ نیز اثر پیچیده‌ای بر روی سرعت بادهای محلی دارند و بنابراین باعث فقدان گرمای محسوس (همرفتی) در سطوح می‌شوند و در ضمن انتقال گرمای همرفتی از سطوح به علت کانال باد از میان تنگه‌های شهری ارتقاء می‌یابد [۲].

یکی دیگر از عوامل اصلی در عدم تعادل در انرژی شهر، وسعت سطوح غیرقابل نفوذ و عموماً فقدان فضای سبز در زمینه‌های شهری است. همه این عوامل در مجموع ذخیره گرمایی بدنه‌ها را بالا می‌برند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که راهکارهای کاهش بایستی هم توان بازتاب موثر را افزایش دهند و هم فرآیندهای مربوط به جریان گرمای نهان را تکمیل کنند و ذخیره گرمایی و یا گرمای محیط‌های مصنوع در شهر را کاهش دهند. بنابراین سطوح با توان بازتاب بالا به‌طور کلی به نور روشن و یا سفید دسته‌بندی می‌شوند [۵].

۳- پدیده جزیره گرمایی شهری

برنامه‌ریزی‌های ناپایدار شهری سطح زمین را دگرگون می‌کنند و باعث تغییرات اقلیمی در مقیاس شهر می‌شوند. گرما از میان سطوح جذب کننده بدنه‌های شهری منتقل می‌شود و آلودگی‌ها از تشعشع امواج با طول موج بلند به خارج از جو جلوگیری می‌کنند و به این ترتیب «پدیده جزیره‌های گرمایی شهری» به وجود می‌آید. امروزه تقریباً هر شهری در دنیا که متوسط درجه حرارت محیطی آن بالاتر از نواحی حومه‌ای اطرافش باشد، دچار پدیده جزیره گرمایی شهری شده است (شکل ۲) [۳].

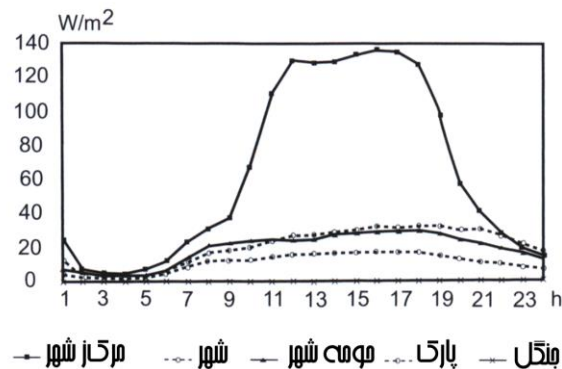


شکل ۲

^۱ توان بازتاب، انعکاس تشعشعات نیم کره‌ای را شامل می‌شود و با طیف خورشیدی (۰.۳-۲.۵ Mm) ممتاز می‌شود و شامل انعکاس پخش شده (Diffuse) و آینه ای است.

^۲ Sky View Factor

^۳ Urban Canyon



شکل ۳: مقایسه درجه حرارت در مرکز و حومه شهر [۳]

سطح زمین از خرد اقلیم‌های گوناگونی تشکیل شده است که در مجموع پدیده جزیره گرمایی بر روی آنها تاثیرگذار است و این پدیده به صورت یکپارچه در حال افزایش است. در سراسر دنیا، در تابستان متوسط درجه حرارت هوا در طول روز همراه با جزایر گرمایی شهری حدوداً ۲.۵ درجه سانتیگراد بیشتر از نواحی روستایی و حومه‌ای اطراف آن می‌باشد (شکل ۳).

۴- عوامل تشکیل دهنده جزیره گرمایی شهری

اگرچه دانشمندان از چنین مسئله‌ای بیشتر از صد سال نیست که آگاه شده‌اند اما در اواخر قرن، برنامه‌ریزی‌های ناپایدار شهری و صنعتی شدن و عدم توجه به اصول معماری پایدار در ساخت بناها، اثرات جزیره گرمایی را تشدید کرده است. عوامل زیر در ایجاد این پدیده موثر هستند؛

- از بین بردن فضاهای سبز شهری و یا جایگزینی فضای سبز و خاک با بتن و یا آسفالت
- افزایش سطوح غیرقابل نفوذ
- ساختمان‌های حجیم و ماشینها و کامیونهای تولید کننده گرما و آلودگی [۶ و ۷].

پایاده‌روها و جاده‌ها و ساختمان‌ها در جزیره گرمایی شهری به روشهای مختلفی سهمیم هستند. از آنجا که آنها ظرفیت تعادل گرما را بواسطه تبخیر ندارند، گرمای روز را جذب و ذخیره می‌کنند و سپس آن را به اتمسفر شهر در شب منتشر می‌کنند. این بدنه‌های ساختمانی نه تنها ساعتها طول می‌کشند تا هر شب خنک شوند، علاوه بر آن، آنها نیز مانعی برای جریان طبیعی نسیمها هستند و از اینکه گرما را از محیط پرتراکم شهری به خارج از شهر هدایت کنند جلوگیری می‌کنند و سرعت باد را به صورت قابل توجهی در شهرها پایین نگه می‌دارند. آلودگی شهری نیز بر جزیره گرمایی شهری تاثیرگذار است و البته بستگی به ساعت‌هایی از روز و فصل‌هایی از سال دارد [۱].

۵- راهکارهای کاهش جزیره گرمایی شهری

راهکارهای کاهش جزیره گرمایی در طول تابستان مفید خواهد بود و ممکن است کمتر در طول زمستان مطلوب باشند. مرکز تحقیقات برکلی^۱ هم بر روی اثرات هوای آلوده و نیز افزایش مصرف جریان الکتریسیته به علت درجه حرارت بالاتر تحقیق کرده است و شیوه‌هایی را تدبیر کرده تا اثرات هر دو را بکاهد [۸].

^۱ Lawrence Berkeley National Laboratory

مصالح

پوششهای منعکس کننده بر روی بام ساختمانها و پیاده‌روها آزمایش شده است تا ثابت شود که در این روش پتانسیل‌های کاهش مصرف انرژی از نظر هزینه ۱۰٪ تا ۴۰٪ بهینه است. از میان راه‌حلهای بهینه از لحاظ مصرف انرژی، بام‌های خنک و پیاده‌روهای خنک به صورت مناسبی برای اقلیم‌های گرم که بیشتر در جهان در حال توسعه حاکم است مناسب می‌باشند [۸].

• انتخاب مصالح با توان بازتاب بالا

سطوحی که در نواحی شهری بایستی توان بازتاب بالایی داشته باشند، پشت بام‌ها و جاده‌ها و پارکینگ‌ها هستند. برای ارزیابی عوامل بالقوه در میزان توان بازتاب مطالعات مختلف نشان داده‌اند که توان بازتاب بایستی ترکیبی از کالبد شهری باشد. این ترکیب برای کاربری‌های مختلف در یک شهر متفاوت است و بستگی به آب و هوا دارد (شکل ۴).



شکل ۴: مصالح با توان بازتاب بالا در بام

توان بازتاب بالا و توان انعکاس بالای خورشیدی در مصالح تنها چاره‌هایی هستند که به صورت سنتی در سطوح شهری جذب کننده همانند پشت‌بامها و جاده‌ها می‌توانند استفاده شوند و استفاده از انرژی سرمایشی را کاهش دهند و کیفیت هوای شهر را تقریباً بدون هیچ‌گونه هزینه‌ای بهبود ببخشند. تجربیات در کالیفرنیا و فلوریدا نشان داده است که صرفه‌جویی در مصرف انرژی سرمایشی بواسطه این راهکار از ۱۰٪ تا ۷۰٪ در تابستان ایجاد خواهد شد^۱. برای سطوح خیابانها و پیاده‌روها در مقابل نور خورشید، عوامل تشکیل‌دهنده سطح همانند توان بازتاب و میزان انتشار امواج و زبری به هم مرتبط هستند [۹]. علاوه بر توان بازتاب، قابلیت انتشار یک سطح بر روی درجه حرارت سطوح تاثیر می‌گذارد. مصالح با قابلیت انتشار پایین درجه حرارت بیشتری را حفظ می‌کنند، نسبت به مصالحی که قابلیت انتشار بالا همراه با سطح انعکاس مشابه خورشیدی دارند. مصالح با قابلیت انتشار پایین شامل پوششهایی آلومینیومی و توفالها و یا پانلهای فلزی غیر رنگ شده هستند. انتشار حرارت پارامتری است که به طور موثری مشخص می‌کند یک سطح گرم چگونه خود به خود از طریق تشعشع انرژی به محیط خنک می‌شود [۹]. در جدول ۱ در مورد نحوه کاربرد مصالح با توان بازتاب بالا و نیز معایب و مزایای آن پرداخته شده است.

جدول ۱: نحوه کاربرد مصالح با توان بازتاب بالا با ذکر معایب و مزایای آن

کاربرد مصالح با توان بازتاب و انتشار بالای نور خورشید	نحوه کاربرد	مزایای کاربرد	معایب کاربرد
بامهای خنک	• سهم زیادی از تشعشعات خورشیدی	• کاهش جذب اشعه ماوراء بنفش توسط مصالح بامهای خنک	• کاهش توان انعکاس بامهای منعکس کننده در طول دوره
توفالهای چوب و آسفالت و تایللهای			

^۱انتظار می رود استفاده از این امر در تابستان بیشتر از زمستان باشد زیرا زاویه تابش خورشید در زمستان پایین تر است و پوشش ابرها بیشتر در زمستان وجود دارند [۹].

مصرفشان به عل هواز دگی، و احیاء مجدد آن بوسیله شستشوی دوره ای سطوح آن [۲].

- هزینه بالای مصالح نسبت به آسفالت
- افزایش خیرگی و ناراحتی در توانایی دید با ازدیاد توان بازتاب مصالح [۹]
- در تعارض بودن انتخاب رنگ بام مخصوصاً برای بام‌های شیبدار بین کارفرمایان و معماران [۸].

- عمر طولانی تر بام‌های خنک نسبت به بام‌های تیره با همان مصالح [۸].
- کارایی بیشتر مصالح انتخاب شده بر اساس هدفمندی برای بام‌هایی با توان بازتاب بالا، با سرمایه گذاری اولیه نسبت به مصالح سنتی با توان بازتاب کم در یک دوره زندگی [۹].

فروسرخ را منعکس می‌کنند، اما بسیاری از نورهای مرئی را جذب می‌کنند به همین علت می‌توانند تیره رنگ آمیزی شوند اما هنوز نسبتاً توان بازتاب بالایی داشته باشند.

- جریان همرفتی سامانه‌های بام نیز می‌تواند تأثیری همه جانبه به‌عنوان یکی از عوامل کاهش داشته باشد.

ترکیبی با خاک رس [۶] مصالح پلیمری^۱ شبه لاستیکی تیره رنگ (آلبدو حدوداً ۰.۰۵ تا ۰.۱) و یا سفید (آلبدو < ۰.۰۶) (شکل ۵).



شکل ۵: مصالح پلیمری EPDM [۲]

- مرسوم نبودن اینگونه دیوارها از دیدگاه زیبایی شناسی در میان کارفرمایان و مردم به عنوان نمای خارجی ساختمانهای بلندمرتبه

- بهینه سازی در مصرف انرژی با گذشت زمان و تامین هزینه اولیه آن
- بهبود شرایط دمایی سطح پیاده رو و کاهش درجه حرارت و جزیره گرمای شهری

- جذب تشعشعات خورشیدی با زاویه تابش پایین مخصوصاً دیوارهای سمت غربی و جنوبی
- رنگ آمیزی مجدد دیوارها هر ۱۰ سال یکبار به رنگ سفید

دیوارهای خنک

- زیان عملی انعکاس زیاد خیرگی است. ولی پیاده‌روهای با رنگ روشن به علت کثیفی به مرور زمان تیره تر خواهند شد.
- هزینه پیاده‌رو بستگی به مصالح موجود در بوم آن منطقه دارد. اگر مواد تشکیل دهنده و مصالح با رنگ روشن در بوم منطقه موجود نیستند هزینه مواد تشکیل دهنده برای لایه سطحی پیاده‌رو ممکن است حدوداً تا ۵٪ افزایش یابد [۹].

- اگر مصالح به کار گرفته شده در این پیاده‌روها در معرض فرسایش و هواز دگی قرار بگیرند توان بازتاب آنها تقریباً به ۱۵٪ الی ۲۰٪ می‌رسد و تمایل به حفظ رطوبت دارند و انتقال رطوبت را در داخل و خارج لایه‌ها ممکن می‌کنند تا بوسیله فرآیندهای تعرق و تبخیر خنک شوند.
- احیای منظر و تأثیر آن در نشاط بخشی کاربران در پیاده‌روهای قدیمی با ایجاد فضای سبز [۲]

- از مواد تشکیل دهنده سفید و یا به رنگ روشن در مخلوط آسفالت استفاده کرد.

کفسازیهای خنک

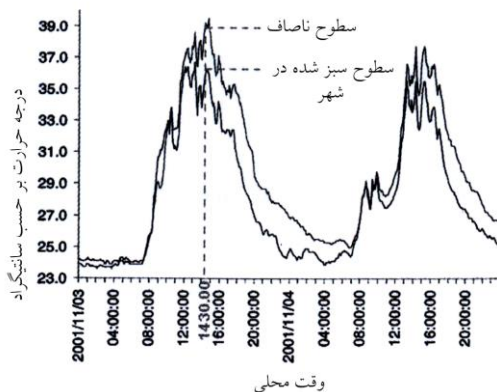
موادی نظیر شنهای سیلیسی با توان بازتاب بالا و کوآرتز و سنگهای سفید و سنگهای مرمر سفید و برخی دیگر از انواع گرانیت (سنگفرش) پیاده‌روهای بتنی

^۱ EPDM

- مناسب بودن برای کلیه آب و هواها و تسهیل حرکت دوچرخه و اتومبیل
- با اجرای پیاده‌روهای سنگفرش می‌توان شاهد ۱۰ کلوین کاهش درجه حرارت به ازای ۲۵٪ افزایش در توان بازتاب بود [۸].
- خیرگی از یک سطح که دارای نیروی انعکاس زیاد می‌باشد، به‌طور شاخصی قابلیت دید در طول شب و عصر را بهبود می‌بخشد و یا میزان نورپردازی خیابانها را کاهش دهد، هرچند این موضوع هنوز باعث درآمد زایی نشده است [۹].
- عمر طولانی‌تر پیاده‌روها با رنگ روشن‌تر
- هزینه اولیه بالاتر بوسیله صرفه‌جویی در مصرف انرژی در طول عمر آنها جبران خواهد شد [۶].

• درختان سایه‌دار و ایجاد فضای سبز شهری

فضای سبز اثر زیادی بر روی خرد اقلیم دارد و به‌عنوان یک مکانیسم موثر برای سرمایه‌ش جوامع مورد توجه می‌باشد. افزایش فضای سبز و کاهش سطوح غیرقابل نفوذ در محیط‌های شهری می‌تواند بوسیله برنامه‌های کاشت درختان در فضاهای مسکونی و از طرف شهرداری انجام شود. در حالیکه بیشتر مطالعات بر روی مزایای تعرق و تبخیر درختان شهری متمرکز شده است ولی این بسیار مهم است که درختان نیز بر الگوهای باد در شهرها تاثیر می‌گذارند. تمرکز کمتر بر روی فضای سبز نتیجه تبدیل سهم بیشتری از تشعشعات خورشیدی خالص به گرمای محسوس می‌باشد بنابراین باعث تقویت پدیده جزیره گرمایی می‌شود. نواحی روستایی در مقایسه با نواحی شهری درختان و فضای سبز بیشتری دارند و اثرات سرما بخشی بر روی جو بوسیله فرآیندهای تبخیر و تعرق ایجاد می‌کنند [۱].



شکل ۶: مقایسه درجه حرارت در سطوح زبر و سطوح سبز شهر [۱]

بنابراین ایجاد فضای سبز یکی از راهکارهای بسیار موثر و ساده‌ترین راه برای خنک کردن شهر است و در مصرف انرژی صرفه‌جویی می‌کند. فضای سبز ساختمان‌ها را بر علیه گرمای بیش از حد خورشید در تابستان حمایت می‌کند و از بادهای خنک در زمستان جلوگیری می‌کند. علاوه بر اثرات سرمایشی فضای سبز آنها می‌توانند آلودگی صوتی را کاهش دهند و از فرسایش خاک جلوگیری کنند (شکل ۶).

• سایه‌اندازی توسط درختان، بوته‌ها و تاکستان‌ها

برگها با سطوح چسبناک خود گرد و خاک را می‌گیرند و هوا را تصفیه می‌کنند. درختان برگ پهن سایه‌های بسیار وسیعی را ایجاد می‌کنند و بنابراین آنها در اقلیم‌هایی که تابش آفتاب در زمستان و سایه‌اندازی در تابستان مورد نیاز است بسیار مفید و باارزش می‌باشند. درختان سایه‌های طولانی را ایجاد می‌کنند که می‌تواند بر روی بدنه‌هایی که حمایت از آنها در مقابل گرمای خورشید در ساعت‌هایی از روز سخت است مفید باشد. برای به‌دست آوردن سایه اندازه‌ی بهینه، درختان باید به‌صورت استراتژیکی جایگیری شوند، زمانیکه خورشید در زاویه پایینی در صبح و اواخر بعدازظهر قرار دارد درختان باید رو به قسمت نمای جنوب غربی و جنوب شرقی قرار بگیرند. علاوه بر آن، درختان برای تقاضاهای بی‌شماری استفاده می‌شود و از نظر ظاهرشان و میزان سایه‌اندازی‌شان انتخاب می‌شوند [۱]. درختان بر اساس سه شکل اصلی دسته‌بندی می‌شوند، اولین نوع درختانی با فرم گرد هستند که گستردگی و ارتفاع آنها تقریباً مشابه است. دومین نوع، فرم شاگی، (تخم مرغی) است که گستردگی آنها نصف ارتفاعشان می‌باشد و شاخ و برگشان فرم یک تخم مرغ را دارد. سومین نوع درختان عمودی هستند و گسترده نیستند و به‌عنوان درختان ستونی شناخته شده‌اند (شکل ۷).



شکل ۷: درخت با فرم گرد و شاگی و ستونی

درختان پر و بلند بهترین مانع برای امواج خورشید هستند زیرا امواج به‌صورت مستقیم به بالای تاج درختان در میانه روز می‌تابند. فرم درختان تخم مرغی ممکن است برای نماهای غربی و شرقی ساختمان‌ها استفاده شود تا از حداکثر حمایت بام و دیوارها در مقابل گرمای خورشیدی استفاده کنند و این در حالیکه به نسیم‌های خنک دسترسی دارند. درختان ستونی می‌توانند به‌عنوان مانعی در برابر باد و گرد و غبار استفاده شوند. بوته‌ها و دیگر شاخ و برگهای کوتاه سایه‌اندازی را در طول صبح و اواخر بعدازظهر زمانیکه خورشید در آسمان پایین است تامین می‌کنند. آنها ممکن است در بین نواحی سنگفرش و ساختمان‌ها کاشته شوند. تاکستان‌ها منابع رشد سریعی برای سایه‌اندازی یک ساختمان را ایجاد می‌کنند. به این علت که آنها نیاز به فضای کمی برای رشد دارند، بنابراین اغلب برای فضاهای محدود شده در اطراف ساختمان‌ها مفید هستند.

• بام‌بومی

بر طبق نوشته سولومون^۱، بام‌های بومی و یا بام‌های سبز یکی از اصول اولیه معماری پایدار می‌باشند از آنجا که هم زیستگاه‌ها و تنوع‌گاه‌های زیستی متفاوتی را در شهرها ایجاد می‌کنند و هم می‌توانند از آب حاصل از ریزش باران استفاده کنند و بنابراین بارگذاری فاضلاب را کمتر می‌کنند. به‌صورت مشخصی، بام‌های بومی همانند درختان سایه دار توانایی کاهش جزیره گرمایی را دارند [۱۱].

^۱ Solomon

اگر بام‌های بومی به‌طور معمولی با یک لایه خاک که ضخامت آن ۶ اینچ (۱۵ سانتیمتر) است ساخته شوند، در چنین بامی ایجاد فضای سبز به‌شدت محدود است و در حقیقت با انواع گیاهان مشابه پر می‌شود، در نتیجه، مزایای تبخیر و تعرق در چنین بام‌هایی نسبتاً کم است و دارای ریشه‌هایی کم‌عمق می‌باشند و نیازی معمولی به آبیاری و نگهداری دارند. بام‌های بومی با ضخامت خاک عمیق‌تر، قادر هستند تا گونه‌های گیاهی بیشتری را پرورش دهند اما نیاز به زیرساخت‌های ساختمانی دارند تا از وزن اضافه‌شده به ساختمان حمایت کنند.

۶- اثرات مستقیم و غیرمستقیم کاهش جزیره گرمای شهری

راهکارهای کاهش می‌تواند از محدوده تلاش‌های محلی تا تلاش‌هایی که در مقیاس بسیار وسیع همانند یک شهر انجام می‌گیرد باشد. پدیده ای که با صرفه‌جویی در انرژی در کلان اقلیم شهر همسو می‌شود به‌عنوان اثرات غیرمستقیم نسبت داده می‌شوند. به این علت که آنها به‌طور غیرمستقیم بر مصرف انرژی در یک ساختمان مجزا تاثیرگذار هستند. مزایای اثرات غیرمستقیم تنها با گسترش وسیع به‌دست می‌آید [۲]. مطرح کردن این پدیده و بیان ضوابط ساختمانی جهت کاهش اثرات آن و نیز اشاره به انتخاب مصالح صحیح در حومه شهر و متفاوت دیدن آنها در نواحی مرکزی کلان شهرهای ایران، در ضوابط و مباحث ساختمانی وضع شده توسط سازمانها و وزارتخانه‌های مربوطه می‌تواند در رفع معضلات این پدیده بسیار مناسب باشد. برای نمونه، اجرای بام با توان بازتاب بالا در یک ساختمان تجاری اثر مستقیمی بر روی کاهش بارگذاری خورشیدی بر روی ساختمان دارد و بنابراین تقاضا برای انرژی در طول تابستان کاهش می‌یابد. بام‌ها به‌طور مشابه، نقش کوچکی در اقلیم شهری ایفا می‌کنند، و حضور بام‌هایی با توان بازتاب بالا می‌تواند سود غیر مستقیمی در کل شهر داشته باشد. نتایج اثرات مستقیم و غیرمستقیم نیز در بحث آلودگی جوی وارد می‌شود و کاشت درختان اثرات مستقیمی بر روی کاهش میزان دی اکسید کربن دارد زیرا هر درخت به‌صورت مجزا و به‌طور مستقیم کربن را از اتمسفر در هنگام عملیات فتوسنتز جدا می‌کند، اما با کاهش تقاضا برای انرژی سرمایشی، درختان شهر به‌طور غیرمستقیم تشعشعات دی اکسید کربن را از نیروگاه‌های برق کاهش می‌دهند. در تحقیقات نشان داده شده است که میزان این گاز که از طریق اثرات غیرمستقیم از بین رفته است به‌طور قابل توجهی بیشتر از میزان جدا شده به‌صورت مستقیم می‌باشد [۶].

۷- اثرات ناشی از جزیره گرمایی شهری و تاثیرات متقابل آن

در تابستان، از تهویه مطبوع استفاده می‌شود تا آسایش در داخل خانه حفظ شود ولی در عوض هزینه مصرف انرژی و آلودگی افزایش می‌یابد. در جایکه تهویه مطبوع استفاده نشود، عدم آسایش وجود دارد و حتی مرگ را می‌تواند به دنبال داشته باشد. در سال ۱۹۹۵ در اثر امواج گرم در شیکاگو چندین نفر کشته شدند. همچنین شواهدی وجود دارد که متوسط درجه حرارت بالا و حتی فراتر از جزیره گرمایی نیز می‌تواند وضعیت شیمیایی هوای شهر را تغییر دهد و در نتیجه باعث افزایش شکل‌دهی دود و مه در سطح شهر شود.

در تابستان، وجود جزیره گرمایی اثرات منفی در ۳ حوزه اصلی خواهد داشت که با عوارض ناشی از عدم رعایت اصول پایداری در معماری مشترک می‌باشد:

۱. کیفیت هوا
۲. سلامت بشر
۳. مصرف انرژی برای تهویه مطبوع هوا

۸- چشم‌اندازهای آینده با استفاده از راهکارهای کاهش جزیره گرمای شهری

در بسیاری از حالت‌ها موفقیت راهکارهای کاهش جزیره گرمایی بستگی به قابلیت‌های دیگر برای ایجاد مزایای مشترک با اقلیم شهری دارد و به علت مزایای مشترک، راهکارهای کاهش جزیره گرمایی از اصول و ویژگی‌های اصلی معماری پایدار می‌باشد. یک نمونه موفق، بام‌های بومی هستند که اثرات مستقیمی بر روی ساختمان از لحاظ ایجاد عایق‌های اضافی در تابستان و

زمستان دارند اما سامانه‌های زیستی متنوعی را هم ایجاد می‌کنند که از نظر زیبایی شناسی خوش آیند است و آب‌های سطحی حاصل از ریزش باران را کاهش می‌دهند و مزایایی برای کیفیت هوا هم در بر خواهند داشت.

۸-۱- تغییر اقلیم

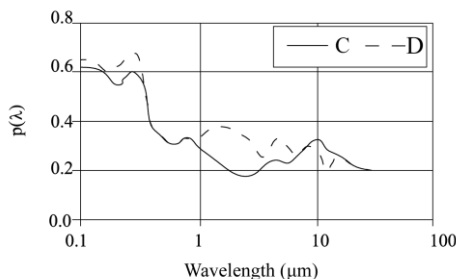
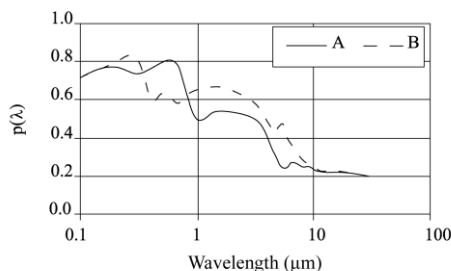
امکان پذیر و یا شاید باور پذیر است که ناپایداری اقلیم جهانی در کالبد شهری تاثیر گذار است. یکی از مکانیسم‌های بازخورنده نتیجه‌ای است که از رابطه بین تقاضا برای تهویه مطبوع هوا و افزایش درجه حرارت به وجود می‌آید. زمانیکه هوا گرم می‌شود تقاضا برای تهویه مطبوع افزایش می‌یابد. گرمای اضافی حاصل از تهویه مطبوع زیاد شده و متوسط درجه حرارت را بالاتر می‌برد [۲]. به علت تغییر اقلیم جهانی/منطقه‌ای، اهمیت و عظمت جزیره گرمایی افزایش می‌یابد. فشار اضافه شده به تغییر اقلیم با تغییرات ماندگار حاصل از عوامل اقتصادی-اجتماعی ترکیب می‌شود و ممکن است حتی بر اساس منافع نسبی راهکارهای کاهش کاشت فضای سبز جای خود را به راهکارهای کاهش بر اساس توان بازتاب بدهند. اگرچه در حال حاضر این دیدگاه ممکن است سودمند نباشد.

۸-۲- تکنولوژی جدید

تشخیص داده شده است که افزایش توان بازتاب در سطوح شهری و ایجاد فضای سبز شهری با امکانات تکنولوژیکی سنتی بسیار مشکل خواهد بود. احتمالاً در آینده امکانات تکنولوژیکی موانع اجرایی راهکارهای کاهش جزیره گرمایی را کم خواهند کرد. یک نمونه آن پوشش سطوح با توان بازتاب بالا می‌باشد و محققین به تازگی در حال کار کردن بر روی بام‌های جدید و سامانه‌های پیاده‌رویی هستند که توان بازتاب را افزایش می‌دهند در حالیکه به طور متوسط تنها در طیفهای مرئی منعکس‌کننده می‌باشند.

مهندسی انعکاس طیف سامانه‌های پوشاننده موانع عظیمی که بر سر راه بام‌سازی مسکونی است را از بین می‌برند. شکل ۸ نمایشی از دو جنبه مهم انعکاس طیفی است. بخش بالای این نمودار این مسئله را ارائه می‌دهد که چگونه دو سطح ممکن است به چنین شیوه‌ای مهندسی شوند درحالیکه آنها توان بازتاب مشابهی داشته باشند، اما انعکاس آنها در طیفهای مرئی متفاوت باشد. مصالح B تیره‌تر اما توان بازتاب مشابهی با مصالح A دارند.

بخش پایین‌تر این نمودار نشان می‌دهد که چگونه دو مصالح با رنگ مرئی مشابه می‌توانند طوری مهندسی شوند که در چنین حالتی بالاترین توان بازتاب را داشته باشند. بنابراین اگر یک مصرف‌کننده بخواهد توفالهای بامش را خاکستری کند ممکن است قادر به انتخاب توفالهای سنتی باشد که توان بازتاب آنها کمتر ۰.۱۵ و یا توفال دیگری را با رنگ خاکستری مشابه اما با یک توان بازتاب مهندسی شده انتخاب کند که میزان آن ۰.۳ است [۲].



شکل ۸: نمودار طول موج مصالح [۲]

۹- نتیجه گیری

انجام راهکارهای کاهش جزیره گرمایی در سطح شهر تنها از طریق توسعه‌های کلان و پایدار امکان‌پذیر است، و از آنجا که کالبد یک شهر از بلوکهای معماری تشکیل شده است، بنابراین رسیدن به اصول معماری پایدار در سطح شهر که در حقیقت زیرمجموعه ای از توسعه پایدار است، خود شامل راهکارهای کاهش جزیره گرمایی در سطح کلان می باشد و در صرفه‌جویی در مصرف انرژی و جلوگیری از آلودگی بسیار تاثیر گذار است. برای کاهش پدیده جزیره گرمایی توصیه های زیر بایستی مورد توجه واقع شود:

- درختان برگ پهن باید در نواحی که گرمای خورشید در زمستان مورد استفاده است کاشته شوند.
- برای سرمایه‌های نواحی چمن کاری شده، تعداد و اندازه درختان را بایستی افزایش داد.
- در استفاده از بوته‌های کوتاه از گردش هوا در آنها مطمئن شد تا به صورت موانع رفتار نکنند.
- سنگفرش‌ها باید بوسیله درختان سایه‌اندازی شوند تا از جذب گرما جلوگیری کنند.
- آب به‌عنوان یک عنصر در محوطه‌سازی می‌تواند نیز به صورت بسیار موفقی برای کاهش جزیره‌های گرمایی استفاده شود.
- افزایش فضای سبز و انتخاب در نحوه توزیع آن‌ها و الگوهای فضای سبز و انواع آنها تا اثراتشان بر منظرهای شهری مشخص شود و سطوح را برای کاشت و یا ایجاد باغ های سبز را در پشت بام ها، (همانند چمن ها و یا دیگر مواد نباتی)، افزایش دهید
- سطوحی که گرما را جذب می‌کنند همانند پیاده‌روها و یا سطوح بتنی و آسفالتی را کاهش و یا نفوذپذیری آنها را افزایش دهید. بلوک‌های شهری جدید و یا موجود را دوباره اصلاح و آنها را دوباره به صورت الگوی جدید همراه با مصالح و سطوحی که انرژی خورشیدی کمتری را جذب می‌کنند، شکل‌بندی کنید.

- ساختمان را با توپوگرافی محل بسازید تا از این امر اطمینان یابید که جزیره گرمایی بر روی اقلیم نواحی اطراف که بزرگتر است تاثیر نمی‌گذارد و اثرات وسیع‌تر آن را بر روی انسان‌ها و یا طبیعت اطراف و یا محیط‌های مصنوع کاهش دهید.
- حجم ساختمان را طراحی کنید، ساختمان‌ها را همراه با فضای پر و خالی طراحی کنید تا جریان هوا بر آن تاثیر بگذارد. به دید به خورشید و آسمان و نواحی و سطوح روباز توجه کنید. جاده‌ها و طول باریک خیابانها را و نسبت ارتفاع و جهت‌یابی آن‌ها را طراحی کنید تا فرآیندهای سرمایش و گرمایش را تنظیم کنند. شرایط آسایش بصری و حرارتی را طراحی و گسترش آلودگی هوا را ارزیابی کنید.
- به توان بازتاب و ظرفیت حرارتی سطوح خارجی توجه کنید و برای سطوح، مصالح و نازک‌کاری را انتخاب کنید که جذب گرما را کنترل می‌کنند و ذخیره کننده توده حرارتی هستند و آن را به راحتی منتشر می‌کنند.
- پارکینگ‌ها را در زیرزمین قرار دهید و یا ساختار پارکینگ را بپوشانید و از یک سامانه پیاده‌رو با شبکه باز استفاده کنید.
- سرمایش بر اساس گازهای سی اف سی^۱ در سامانه‌های الکتریکی و مکانیکی ساختمان را به صفر برسانید.
- تدوین و پیاده سازی ضوابط توسط شهرداریها و سازمانهای مربوطه در انتخاب مصالح و تعیین سرانه های فضای سبز در مراکز کلان شهرهای ایران با حفظ این رویکرد.

مراجع

- [۱] Irfan, N., Zahoor, A., Khan, N., *Minimising The Urban Heat Island Effect Through Landscaping*, Townscape Publishers, PP.۱-۱۴.
- [۲] Sailor, D J., "Mitigation Of Urban Heat Islands", *Recent Progress And Future Prospects*, Portland State University, PP. ۱-۱۴, ۲۰۰۶.
- [۳] Yeang, Ken, *Ecodesign*, Wiley-Academy, England, PP.۱۶۱-۱۶۶, ۲۰۰۶.
- [۴] Brazel, A., "Future Climate In Central Arizona: Heat And The Role Of Urbanization" (Research Vignette No. ۲). Tempe, Az: *Consortium For The Study Of Rapidly Urbanizing Regions*, ۲۰۰۳.
- [۵] Arnfield, A.J., "Two Decades Of Urban Climate Research: A Review Of Turbulence, Exchanges Of Energy And Water, and The Urban Heat Island". *International Journal Of Climatology*, ۲۳, ۱-۲۶, ۲۰۰۲.
- [۶] Bass, B., Krayenhoff, S., & Martilli, A., *Mitigating The Urban Heat Island With Green Roof Infrastructure. Urban Heat Island Summit*: Toronto, ۲۰۰۲.
- [۷] Brundtland, G. (Ed.), *Our Common Future: The World Commission On Environment And Development*. Oxford: Oxford University Press, ۱۹۸۷.
- [۸] Akbari, H., "Energy Saving Potentials And Air Quality Benefits Of Urban Heat Island Mitigation", *Solar Energy*, ۱۹۹۸.
- [۹] Bretz, S., Akbari, H., Rosenfeld, A., *Practical Issues For Using Solar-Reflective Materials To Mitigate Urban Heat Islands*, Elsevier: Amsterdam, PP.۱-۲۶, ۱۹۸۴.

^۱ CFC



**International Conference on Civil Engineering
Architecture and urban infrastructure
۲۹-۳۰ July ۲۰۱۵, Tabriz , Iran**

[۱۰] Brundtland, G. (Ed.), *Our Common Future: The World Commission On Environment And Development*. Oxford: Oxford University Press, ۱۹۸۷.

[۱۱] Bass, B., Krayenhoff, S., & Martilli, A., “Mitigating The Urban Heat Island With Green Roof Infrastructure.” *Urban Heat Island Summit*: Toronto, ۲۰۰۲.