فصلنامه علمی-پژوهشی
جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)
سال دهم، شماره ۲، بهار ۱۳۹۹
صص: ۲۱٤-۱۹۵

راهبردهای کوتاه مدت برای کاهش اثرات مخرب جزایر گرمایی در مناطق‌شهری

مهسا حاجی فتحعلی[۱]

گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

محسن فیضی

گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران

عاطفه دهقان

گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۳۱ تاریخ صدور پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۰۳

چکیده

در طول حیات کرهٔ زمین، تغییرات آب و هوایی زیادی صورت گرفته‌است و در حال حاضر شاخص‌ها نشان می‌دهند که تغییرات طبیعی با مداخلهٔ بشر در طبیعت تسریع یافته‌است. گسترش شهرنشینی، کاهش فضاهای سبز و مصرف بیشتر سوخت‌های فسیلی، پدیدآورنده میکروکلیمای جزیره حرارتی بر فراز شهر است، که چندین درجه سانتی‌گراد هوای شهر از پیرامون خود (روستاها) گرم‌تر می‌کند. این پدیده موضوع بسیار داغی در پژوهش‌های اخیر در اروپا و امریکا می‌باشد که نخستین بار، با مقایسه دمای مرکز شهر لندن و اطراف آن مطرح گردید و تحقیقات وسیعی در زمینه راهکارهای آن انجام شد، اما متاسفانه در ایران تقریبا کوششی در زمینه معماری برای حل معضلات ناشی از این پدیده صورت نگرفته‌است. این پدیده هنگامی شکل می‌گیرد که درصد زیادی از پوشش‌های طبیعی سطحی از بین می‌روند و جای خود را به ساختمان‌ها، جاده‌ها و سایر تأسیسات شهری می‌دهند. این سطوح توانایی بازتابش کمتری دارند و بنابراین انرژی خورشیدی را جذب و نگه‌داری می‌کنند و باعث ایجاد پدیده جزایر گرمایی می‌شوند و اختلاف دمای زیادی میان هوای درون شهر و هوای پیرامون شهر ایجاد می‌نماید. لذا این مقاله با هدف بررسی و شناخت عوامل موثر بر جزایر حرارتی، راه‌های کاهش آن و نقش مصالح موجود در نمای ساختمان‌ها بر ایجاد جزایر حرارتی، درصدد است با شناخت علل تشدید از قبیل بازتاب، جذب، گسیل و انتشار کربن، لیستی از مصالح مناسب و جایگزین مصالح موجود برای شهرها و ساختمان‌های آینده ارائه نماید تا قدمی در جهت کاهش اثرات مخرب جزایر گرمایی در شهرها برداشته‌شود.

کلمات کلیدی: جزایر گرمایی، محیط زیست، مصالح سبز، جداره ساختمان، برنامه‌ریزی‌شهری کوتاه مدت

۱- (نویسنده مسئول) mfaizi@iust. ac. ir

مقدمه

ذات شهرنشینی، همزاد با مصرف‌گرایی است. درکنار تولیدات شهر برای رفع نیاز شهروندان، شهرها مصرف کننده-های بالفعلی هستند که هرچه بزرگ تر می‌شوند، آز و طمع آن‌ها برای مصرف منابع اطراف بیشتر می‌شود. به مرور زمان نوع آلودگی‌های شهری به گونه‌ای تغییر شکل داده‌اند که اثرات آن‌ها در یک مسیر مخرب دو طرفه و غیر قابل برگشت ناقوس مرگ و نابودی بسیاری از گونه‌های حیات از جمله خودمان را بر روی کره زمین به صدا درآورده-است. حالا ما در شهرهایمان چیزهایی تولید می‌کنیم که طبیعت با آنها آشنا نیست. در این میان مصرف منابع فسیلی در جهت پاسخ به نیازهای شهری، به حدی افزایش یافته که بسیاری از این منابع، به سمت نابودی پیش می‌روند. با سوزاندن این منابع، گازها و حرارتی آزاد شده‌است که طی میلیون‌ها سال در چنین منابعی به دام افتاده و ذخیره شده‌است. حجم، اندازه و سرعت تولید این گازها و این گرما چنان زیاد است که پروسه‌های طبیعی جذب و انعکاس آن‌ها به فضا دیگر پاسخگو نمی‌باشد. درضمن گازهای تولیدی حالا عاملی برای جذب و به دام افتادن امواج گرمایی شده‌اند. کار به گونه‌ای است که زمین چون یک گلخانه بزرگ روز به روز به سمت گرم‌تر شدن حرکت می-کند. (Wong et al , 2009)

بنابراین مؤثرترین تولید دوره شهرنشینی تولید گازهای گلخانه‌ای است که اگر همچنان ادامه‌یابد به زودی حداقل گونه‌های حیاط روی این کره را دچار دگرگونی‌های غیرقابل پیش‌بینی خواهد کرد. دراین میان قطعا گونه‌های فراوانی از حیات، از جمله نسل انسان‌ها نابود خواهندشد. یکی از بزرگترین تهدیدات توسعه شهرنشینی پدیده "جزیره حرارتی" است. این پدیده ناشی از گسترش نابودی پوشش‌های طبیعی سطح زمین است که جای خود را به جاده‌ها، ساختمان‌ها، کارخانه‌ها و سایر تاسیسات شهری می‌دهد. بر اساس تحقیقات انجام شده در مورد این پدیده، تابش نور خورشید رسیده به شهر، در لابلای ساختمان‌های شهری به دام می‌افتد و دمای سطوح را افزایش می‌دهد و شب هنگام که هوا سردتر می‌شود، این سطوح دیرتر دمای خود را از دست می‌دهند و باعث بیشتر شدن دمای هوا در مناطق شهری نسبت به مناطق حومه شهر می‌شود. به همین خاطر آن را بیشتر یک پدیده شبانه با نمایش حداکثر مقداری تا ۱۰ درجه سانتی گراد می‌دانند(Che-Ani, et al. , 2009).

با توجه به اینکه اثر جزایر حرارتی شهری اختلاف درجه گرمایی زیادی تولید می‌کند، برای بهبود این وضع در قسمت‌های داخلی ساختمان نیاز به صرف هزینه‌هایی است ولی در قسمت‌های بیرونی ساختمان راهکارهای مکانیکی وجود ندارد. در نتیجه، باید یکسری اصول برای جلوگیری از به وجود آمدن چنین شرایطی در نظر گرفت که هم باعث شرایط آسایش فیزیکی در قسمت‌های بیرونی ساختمان گردد و هم هزینه‌های مربوط به خنک کردن قسمت‌های داخلی ساختمان کاهش یابد (رحمتی و همکاران، ۱۳۹۵).

با توجه به آنچه گفته شد این سوال‌ها پیش می‌آید که چه عواملی باعث ایجاد جزایر گرمایی در شهرها می‌شوند و این پدیده چه اثراتی بر محیط می گذارد؟ استراتژی‌های کاهشی جزایرگرمایی شهری کدامند؟ و ساختمان‌های آینده از حیث مصالح چه مشخصاتی باید داشته‌باشند تا باعث افزایش جزایر گرمایی در شهرها نگردند؟

پیشینه تحقیق

پدیده جزایر گرمایی نخستین بار در سال ۱۸۱۸ زمانیکه لاک هاوارد[1] متوجه گرمای بیش از حد مرکز شهر لندن در مقایسه با اطراف شهر، مطرح شد (Gartland, 2008). سپس تحقیقات وسیعی توسط گروه جزایر گرمایی در آزمایشگاه لورنس واقع در برکلی انجام شده‌است و راهکارهایی مانند ایجاد سطوح سرد شهری و بام های سرد، توسط این گروه ارائه گشت. این پدیده موضوع بسیار داغی در پژوهش‌های اخیر در اروپا و امریکا می‌باشد، و بیش از ده‌ها عنوان در سطح تز دکتری در چند سال گذشته، به این مقوله پرداخته‌اند.

متیوس سانتاموریس طی آزمایشات متعددی که بر مصالح مختلف انجام دادند متوجه عدم تاثیر سایز تایل‌ها و فاکتور رنگ مصالح در شب و بافت در روز در دماهای سطحی شدند. از مطالعه تعدادی از مصالح پیاده‌رو براساس رنگ سطح مصالح اینطور برمی‌آید که تایل‌های رنگ روشن سردتر از بقیه هستند. همانطور که انتظار می‌رود تایل‌های سفید رنگ سردتر بوده درحالیکه تایل‌های سیاه رنگ گرمترند.

برِگ و همکارانش نیز گزارش دادند که در نیمه‌ی تابستان، جاده‌های رنگ شده سفید با توان بازتاب نزدیک به ۰/۵۵، دمای مشابهی با محیط اطراف خود دارد، در حالیکه جاده‌های رنگ نشده با توان بازتاب نزدیک به ۱۵/. تقریبا ۱۱ درجه سانتیگراد از هوا گرمتر بودند.

آسائدا در تحقیقی تحت عنوان ذخیره سازی حرارتی پیاده رو و اثر آن بر جو پایین تر، تاثیر جنس و ذخیره حرارتی و انتشارهای متعاقب به جو مصالح را بررسی کردند. نتایج نشان داد که دمای سطحی و انتشاربه جو در آسفالت به طرز قابل ملاحظه‌ایی بیشتر از بتن و خاک است.

نوئلیا ال الچپر و دیگران در سال ۲۰۱٤ در آزمایشی مشابه به دسته بندی مصالح مورد استفاده در سطوح شهری و تاثیر آن در کاهش جزایر حرارتی در اقلیم نیمه خشک شهر مندوزا آرژانتین پرداخته‌است. آنها رفتارهای دمایی مصالح پیاده رو، تایل‌ها و پوشش‌های عمودی ساختمان‌ها را براساس روش توصیف‌شده در مقررات ASTM E ۱۹۸۰ بررسی نمودند. در این مقررات شاخص بازتابش خورشیدی مصالح (SRI) آورده‌شده‌است. بنابراین با استفاده دوربین IR و ترموکوپل و پیرانومتر، دمای سطح مصالح، دمای هوا و میزان تابش را اندازه گیری کردند.

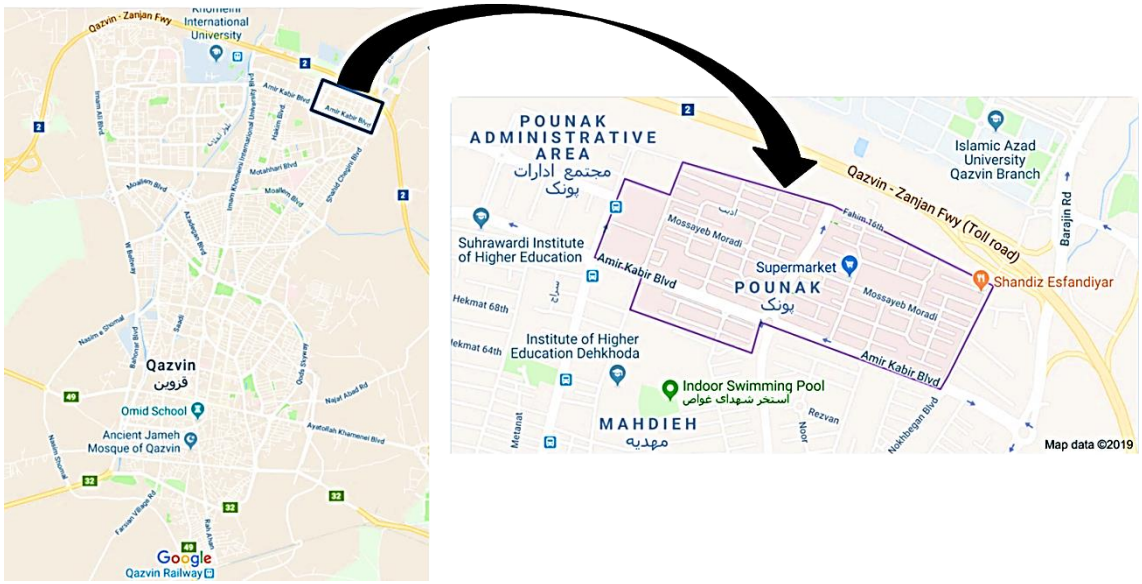
اما سابقه این پژوهش در ایران مربوط به دهه ۸۰ توسط پژوهشکده هواشناسی و کارشناسان جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری می‌باشد؛ و تقریبا کوششی در زمینه معماری برای حل معضلات ناشی از این پدیده صورت‌نگرفته‌است، لذا این پژوهش درصدد است تا راهکارهایی را برای ساختمان‌های آینده ارائه نماید تا گامی موثر در جهت کاهش اثرات مخرب این پدیده در شهرها، و در نتیجه آن کاهش تغییر اقلیم صورت گیرد. بنابراین، این پژوهش در نظر دارد، رابطه این پدیده را با معماری و مصالح آینده مورد ارزیابی و تحلیل قرار دهد و معیارهایی برای مصالح ساختمان‌ها و راه‌های آینده ارائه نماید تا از اثرات مخرب جزایر گرمایی در شهرها جلوگیری کند.

روش شناسی تحقیق

همانگونه که در عنوان پژوهش بیان شده، هدف از این پژوهش بررسی و شناخت عوامل موثر بر جزایر حرارتی، راه‌های کاهش آن و نقش مصالح موجود در نمای ساختمان‌ها بر ایجاد جزایر حرارتی است.

تئوری پژوهش بر مبنای بررسی مبانی نظری پیرامون شناخت جزایر گرمایی و عوامل موثر بر ایجاد آن است و شناخت مصالح و نحوه تاثیر آن‌ها بر جزایر حرارتی ملاک سنجش قرار گرفت. با توجه به نقش مصالح به کار رفته در نما بر کاهش یا افزایش تاثیرات جزایر حرارتی و همچنین بعد از مطالعات انجام شده می‌توان به یک مبانی دست‌یافت که با استفاده از آن چهارچوب مفهومی تحقیق تدوین گردید.

برای بررسی نقش مصالح در کاهش اثرات مخرب جزیره حرارتی شهر قزوین و محله پونک به عنوان محله نو سازی که تنوع بسیار بالایی از مصالح در آن یافت می‌شود، انتخاب گشت.



تصویر۲: جانمایی محله پونک در نقشه شهر قزوین

منبع: https://googlemap. com

بنابراین در یک تقسیم بندی کلی مراحل انجام پژوهش به صورت زیر است:

الف) مطالعه اسنادی: مدارک و اسناد تحقیقات انجام‌گرفته در این زمینه بوده و عوامل موثر بر ایجاد جزایر حرارتی از جوانب مختلف مطرح گردید.

ب)تحلیل: از آن جایی که موضوع انتخاب‌شده از جمله موضوعات موردتوجه مباحث معماری و طراحی شهری می‌باشد و در گذر زمان تحقیقاتی در این زمینه صورت گرفته‌است، جهت جلوگیری از موازی‌کاری و اینکه بدانیم موضوع مورد بررسی تا چه حد موردتوجه بوده و چه فعالیت‌هایی در این زمینه صورت گرفته‌است به بررسی پیشینه‌ی موضوع در مدارک موجود همچون کتاب‌ها، مقالات، پایان نامه‌های پرداخته‌شده‌است. مطالب استخراجی از این بخش مواد اولیه مرحله بعد و روش تحقیق در مرحله بعد را تامین کرده‌است.

این تحقیق به طور کلی ماهیتی کمی –کیفی دارد و به همین منظور برای بررسی خصوصیات حرارتی مصالح در نما، انتخاب ابزار مناسب با توجه به مطالعه پژوهش‌های پیشین و شناخت دقیق از پژوهش و امکانات موجود صورت-گرفت و در نهایت ابزار و تجهیزات ترمومتر لیزری و دوربین حرارتی مادون قرمز (که در بالا به تفصیل معرفی گشت) مورد استفاده قرار گرفت.

مبانی نظری

توسعه شهر، شهرنشینی و تأثیرات آن بر محیط زیست

کلمه «environment» به معنایencirclement یا همان محاصره و در برگرفتن می‌باشد و به کیفیت هوا، آب، خاک و غیره اشاره می‌کند. هوایی که تنفس می‌کنیم، آبی که می‌نوشیم و خاکی که ما بر روی آن زندگی می‌کنیم، تنها بخشی از ارتباط ما با جهان خارج را نشان می‌دهد (Thomas, 20074:7).

مشکلات زیست محیطی، یکی از اساسی‌ترین مسائل شهرهای امروزی و حاصل تعارض و تقابل آنها با محیط طبیعی است (اسماعیل زاده، ۹۶: ۸۲).

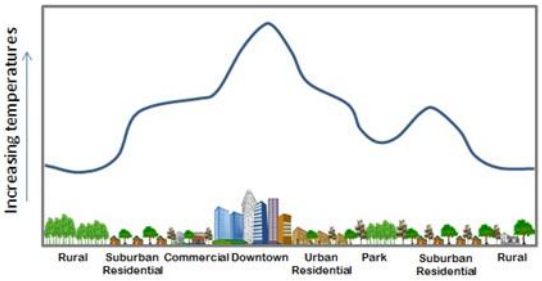
توسعه شهری ضرورتاً با تسلط ساختمان‌ها، صنایع، سیستم‌های حمل و نقل و فعالیت‌های اقتصادی بر فضاهای طبیعی همراه است و این تسلط، به مرور زمان و با افزایش مهاجرت‌های روستاشهری که منجر به افزایش جمعیت در کشورهای در حال توسعه است، به شکل چیرگی شهر بر طبیعت تغییر یافته‌است و زمینه ساز آلودگی‌های گستردهٔ شهری می‌شود. نتیجهٔ این روند، ناسازگاری و عدم تعادل میان انسان و طبیعت و به هم خوردن تعادل اکوسیستم خواهدبود. تمرکز جمعیت در شهرها و مناطق حاشیه‌ای آنها و عدم تناسب بین رشد خدمات و زیربناهای شهری، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، مناطق شهری را به مکان‌های آلوده و دارای مشکلات بهداشتی تبدیل کرده است (زبردست، ۱۳۸۳:۱۵۳-۱۵۶).

مسئله محیط زیست شهری، از آنجا که شهرها دارای سه چهارم انرژی جهانی و عامل سه چهارم آلودگی جهان هستند، امری حیاتی به شمار می‌رود(Satterthwatt and McGranahan,2003).

نگاهی گذرا به وضعیت محیط زیست جهان در دو دههٔ گذشته، نشان می‌دهد که نه فقط آثار مخرب انسانی بر محیط زیست کاهش نیافته، بلکه مسائل حاد و بغرنج جدیدی مانند آلودگی شدید جوی، کاهش تنوع زیستی، پارگی لایه ازن، پدیدهٔ گلخانه‌ای و گرم شدن کرهٔ زمین، افزایش سطح آب اقیانوس‌ها، تغییرات شدید اقلیمی و آثار مختلف آن، افزایش یافته‌است. گسترش صنایع و رشد صعودی بخش‌های مختلف اقتصادی در کشورهای پیشرفته، بدون توجه و رعایت ملاحظات مربوط به حفاظت محیط زیست، موجب تخریب اکوسیستم‌های طبیعی و بروز آثار شدید بهداشتی در این کشورها گردیده‌است. جنگل‌ها به شدت تخریب شده و مورد استفاده بی‌رویه قرار گرفته‌اند. آلودگی‌های هوا موجب بروز انواع بیماری‌ها گردیده است. لایهٔ ازن که به عنوان سپر محافظ زمین عمل می‌کند، به شدت دچار آسیب گردیده و پدیدهٔ گرمایش جهانی که بروز خشکسالی در برخی مناطق و سیل در مناطق دیگر را موجب می شد، پدیدار گردیده است (طرح مدیران سبز اندیش، ۱۳۸۷:۲).

نتیجتاً، تمامی مشکلاتی که در بالا بدان اشاره شد، از مهم‌ترین پیامدهای بهره گیری زیاد از طبیعت، در راستای فعالیت‌های تولیدی انسان و مصرف کالاها و خدمات هستند که تخلیهٔ مقادیر فراوان آلودگی و پسماند به طبیعت و محیط زیست نمود عینی آن است. این دگرگونی‌ها که به علت گسترش شهرنشینی است به" جزایر حرارتی شهری " منجر می‌شود. جزیره حرارتی شهری به افزایش درجه حرارت هوای شهر بیش از مناطق حومه شهری بر می‌گردد و این تفاوت به طور کلی بیشتر در شب هنگام است. دلیل اصلی این پدیده از دست دادن سریعتر گرما و سرد شدن

سطوح در مناطق حومه شهر نسبت به مناطق متراکم شهری است. در تصویربالا این تفاوت دمایی در اواخر بعدازظهر نشان داده‌شده که این تفاوت دمایی شب هنگام بسیار بالاتر خواهدبود. از مدت‌ها پیش در مناطق شهری به اصطلاح پدیده‌های جزایر حرارتی رخ داده‌اند. شرایطی که در آن دمای هوای شهرها گرم‌تر از محیط اطرافشان می‌شود. در واقع در یک تعریف علمی مختصر، همین تغییر در الگوی حرارتی مناطق شهری نسبت به مناطق باز و بکر اطراف شهرها را ((جزیره حرارتی شهری)) می‌نامند (Montavez et al,2000.).



تصویر۱: مشخصات جزایر حرارتی

منبع: فضلی و مدی، ۱۳۹۳

باید بدانیم که جزایر حرارتی فقط باعث به وجود آمدن شرایط عدم تامین آسایش حرارتی در افراد نمی‌شوند، بلکه درجه حرارت بالای آن ها و نقش آن ها در تمرکز و افزایش آلودگی هوا اثرات جدی بر سلامت عمومی و حتی مرگ و میر شهروندان دارد. درواقع جزیره حرارتی بر محیط زیست انسانی از طریق تخریب کیفیت هوای داخلی و خارجی ساختمان‌ها، افزایش مصرف انرژی در بعد تک بنا و در ابعاد گسترده‌تر شهری، کاهش کیفیت آب و تهدید سلامت عمومی تاثیرات جبران ناپذیری می‌گذارد.

جزایر گرمایی و ویژگی‌های آن

اگرچه جزایر حرارتی امروزه در نقاط مختلفی از شهرهای رو به گسترش جهان صنعتی و در حال توسعه پایدار گشته و دارای تفاوت‌هایی در بعد و شکل هستند؛ اما آن‌ها به طور کلی دارای ویژگی‌های مشترکی به شرح زیرند (Gartland,2008).

- در مقایسه با مناطق بکر و روستایی اطراف شهر گرم‌تر بوده و الگوی رفتاری متمایز، پیچیده‌تر و گاه غیر قابل پیش بینی‌تری در طول شبانه روز از خود نشان می‌دهند. معمولا در ساعات آخر روز و بعد از غروب آفتاب گرم-ترین شرایط و کمی بعد از طلوع آفتاب خنک‌ترین شرایط را دارند.
- افزایش درجه حرارت هوا و سطوح در شرایط آسمان صاف و آب و هوای آرام (بدون باد) بیشترین حد خود را دارا می‌باشد.
- معمولا باعث افزایش دما در سطوح شهری می‌شوند، این امر به دلیل جذب حرارت بیشتر در سطوح انسان ساخت یا به اصطلاح محیط‌های مصنوعی نسبت به پوشش‌های طبیعی است.
- در مقایسه با مناطق بکرتر مناطق توسعه یافته‌تر معمولا گرم‌ترند.
- دمای هوای بالاتر نسبت به مناطق دست نخورده اطراف

همان گونه که قبلا ذکر شد، جزایر حرارتی به طور کلی دارای درجه حرارت بیشتری نسبت به محیط‌های طبیعی و

دست نخورده اطراف خود هستند. تفاوت درجه حرارت هوای شهر و محیط‌های بکر و روستایی اطراف به عنوان شدت جزیره حرارتی مطرح می‌شود. معمولا ازین شاخصه برای اندازه گیری و تشخیص جزایر حرارتی استفاده می-شود. این شدت در طول یک دوره شبانه روزی مقادیر متفاوتی دارد. در صبحگاهان، تفاوت دمایی بین شهر و محیط‌های طبیعی بکر اطراف آن در کمترین وضعیت خود است. این تفاوت دمایی در طول روز با افزایش دمای سطوح شهری به تدریج افزایش یافته و در طول شب به حداکثر مقدار خود می‌رسد. این همان زمانی که سطوح شهری در حال بازتابش حرارت ذخیره شده در طول روز می‌باشند. این بازتابش شبانگاهی به صورت امواج گرمایی با طول موج‌های بلند صورت می‌گیرد.

اما به طور کلی این زمان به برخی از خصوصیات فیزیکی توده‌های شکل‌دهنده شهر از جمله خواص مصالح ساختمانی شهری بستگی دارد. در شهرهایی که مصالح مورد استفاده در آن‌ها حرارت را با سرعت بیشتری بازتابش می‌کنند، معمولا اوج گرما در اولین ساعات بعد از غروب آفتاب اتفاق می‌افتد. در حالی که با وجود مصالح با سرعت بازنشر پایین–نظیر بتن و آجر–ممکن است ساعات اوج گرما در نزدیکی‌های طلوع آفتاب باشد. در مطالعات صورت گرفته با توجه به شرایط شهرهای پیش از قرن بیستم، دمای سطوح و تاثیر آن‌ها بر تشدید اثرات منفی جزایر حرارتی چندان مورد توجه نبود. تا اینکه برای اولین بار در قرن بیستم محققان توانستند این پدیده را با کمک عکس‌های هوایی مشاهده کنند. (Gartland,2008)

سطوح شهری گرم‌تر یکی دیگر از ویژگی‌های معمول در جزایر حرارتی است. در طول روز تغییرات بیشتری در دمای سطوح نسبت به دمای هوا دیده می‌شود. بسیاری از سطوح شهری، نظیر بام–ها و کف‌سازی‌ها در طول روز در حدود ۲۷ تا ۵۰ درجه سانتی گراد گرم‌تر از هوای اطراف خود هستند(Gartland,2008). شب هنگام، سطوح شهری این گرمای ذخیره شده را بازتابش می‌کنند و باعث افزایش دمای هوای شهر در ساعات شبانگاهی می‌شوند. برعکس، درختان، چمن و دیگر پوشش‌های گیاهی معمولا گرمای کمتری جذب کرده و حتی در فصول گرم سال خنک تر از دیگر سطوح هستند.

عوامل ایجاد جزایر گرمایی

اکا[1] و گارتلند دو پژوهشگر برجسته در این زمینه، تعادل انرژی، کاهش برودت تبخیری و افزایش ظرفیت حرارتی را از عوامل ایجاد جزایر حرارتی می‌دانند؛که در ذیل به آنها اشاره خواهیم کرد؛ اما قبل آن نیاز است به مفاهیمی همچون تعادل انرژی بپردازیم.

تعادل انرژی: معادله تعادل انرژی چگونگی انتقال انرژی در سطوح زمین را توضیح می‌دهد. تعادل انرژی بر مبنای قانون اول ترمودینامیک است که می‌گوید انرژی هرگز ازبین نمی‌رود بلکه از شکلی به شکل دیگر تغییر حالت می‌دهد. برای سطوح موجود بر روی زمین این بدین معنی است که انرژی جذب شده توسط تابش‌های خورشیدی یا گرمای تولید شده انسانی، تغییر حالت می‌دهد. یا به هوای اطراف آن سطح منتقل شده، یا باعث تبخیر رطوبت اطراف سطوح می‌شود و یا در سطوح ذخیره می‌شود. معادله تعادل انرژی به صورت زیر است. (gartland,2008)

[1]. ooka

"انتقال حرارت به وسیله همرفت+ انتقال حرارت به وسیله ی تبخیر+ ذخیره سازی حرارت = گرمای انسان ساز+تابش خالص دریافتی به صورتی که در آن"

- انتقال حرارت از طریق همرفت یعنی جابجایی انرژی از یک جسم صلب به یک جسم سیال نظیر هوا. میزان انتقال از طریق همرفت با سرعت باد رابطه مستقیم دارد.
- منظور از انتقال حرارت به وسیله تبخیر، انرژی انتقال یافته از سطوح به وسیله بخار آب است. در واقع آب موجود در سطوح با گرفتن انرژی خورشیدی بخار شده و وارد اتمسفر می‌شود. این پروسه سبب کاهش دمای محسوس محیط می‌شود.
- ذخیره‌سازی حرارتی به ویژگی مصالح بستگی دارد. مصالح با هدایت حرارتی[1] زیاد قادرند حرارت بیشتری را از خود عبور دهند و مصالح با ظرفیت حرارتی[2] بالا می‌توانند مقدار بیشتری از حرارت را در خود ذخیره کنند.
- گرمای انسان ساز نیز در واقع گرمای تولید شده توسط محصولات انسانی اعم از ساختمان‌ها، اتومبیل‌ها وغیره و البته خود مردم می‌باشد. در مناطق متراکم شهری میزان تولید گرمای انسان ساز بسیار زیاد است و می‌تواند عاملی موثر در جهت تولید و تشدید جزایر حرارتی باشد.
- تابش خالص[3] دریافتی عبارت است از تفاوت تابش‌های انتشار یافته از زمین نسبت به تابش‌های جذب شده توسط آن. (Ashare,2009)

کاهش برودت تبخیری: با افزایش مداوم توسعه شهری، پوشش‌های گیاهی رفته رفته کم و کمتر شده‌اند. این کاهش در میزان پوشش‌های طبیعی گیاهی، به معنی کاهش سرمایش تبخیری در محیط‌های‌شهری است. سایه اندازی و سرمایش تبخیری دو مکانیزم خنک‌سازی توسط پوشش‌های طبیعی است. به طور کلی، کاهش میزان پوشش‌های طبیعی در شهرها سبب کاهش میزان تبخیر در آن‌ها شده که این امر باعث افزایش درجه حرارت هوای آن مناطق می شود.

افزایش ظرفیت حرارتی: هدایت حرارتی و ظرفیت حرارتی دو ویژگی دارای اهمیت مصالح در ذخیره سازی گرما هستند. مصالح با هدایت حرارتی بالا تمایل به هدایت حرارت درون خود دارند. درحالی که مصالح با ظرفیت حرارتی بالا با کند کردن حرکت و هدایت حرارت در درون خود تمایل به ذخیره سازی گرما در توده خود دارند. ترکیبی ازین دو ویژگی را ضریب نفوذ گرمایی می‌گویند. (gartland,2008) این ضریب یک شاخص مهم برای تشخیص چگونگی نفوذ گرما در مصالح است. ضریب نفوذ گرمایی اجسام و مصالح حاصل تقسیم هدایت حرارتی به ظرفیت حرارتی آن-ها می‌باشد(laid,2005) .

مقدار بالایی از ضریب نفوذ گرمایی نشان‌دهنده این امر است که گرما می‌تواند به لایه‌های عمیق‌تری از مصالح برسد و در نتیجه، درجه حرارت مصالح مدت زمان بیش تری ثابت می‌ماند؛ و بالعکس، مقدار کم ضریب نفوذ گرمایی بدین معنی است که فقط یک لایه نازک از مصالح گرم شده و گرما به سرعت از آن جسم خارج می‌شود. (Gartland,2008)

---

[1]. Thermal Conductivity
[2]. Heat capacity
[3]. Net radiation

به صورت عمومی، ضریب نفوذ گرمایی مصالح هرچه از مصالحی که در طبیعت یافت می‌شوند، نظیر خاک به سمت مصالح ساخته دست بشر می‌رویم بیشتر می‌شود؛ بنابراین، مناطق شهری از مصالحی با ضریب نفوذ گرمایی بسیار بالا تشکیل‌شده‌اند. این امر باعث افزایش جذب حرارت در روز و همچنین سرعت بازتابش شبانه می‌شود.

با مطالعات صورت گرفته در این زمینه عوامی دیگری همچون شکل طبیعی شهرها، ساختار شهری، اندازه و جمعیت شهر، جغرافیا، هواشناسی، هندسه شهری، تراکم محیط ساخته شده، پوشش گیاهی، کاربری‌ها و فعالیت‌های شهری و مصالح نیز از عوامل تاثیرگذار برای تشکیل جزایر حرارتی در شهرها می‌باشند.

راه‌های کاهش تأثیرات منفی جزایر حرارتی

افزایش جمعیت در شهرها، سبب افزایش مصرف انرژی و انتشار گرما در هوا گردیده‌است. در این میان عواملی نظیر تابش‌های خورشیدی و هندسه شهری سبب به دام افتادن و تشدید اثر این امر شده و دمای کلی شهر را افزایش می‌دهند.

آنچه در این میان مهم جلوه می‌کند، یافتن راهی برای کاهش اثرات منفی و مخرب این پدیده بر محیط زیست‌شهری و نیاز بیشتر به ایجاد سرمایش در شهرها است. پیاده‌سازی اقدامات در جهت کاهش اثر جزایر حرارتی به طیف وسیعی از پارامترها بستگی داشته و در حوزه‌های مختلفی نظیر برنامه‌ریزی‌شهری، طراحی شهری، معماری و معماری منظر قابل پیگیری است.

استراتژی‌های کاهشی، تأثیرات مثبتی هم بر روی اقلیم محلی و هم بر آب و هوای جهانی دارند. بعلاوه، این استراتژی‌ها می‌توانند به سرمایش مناطق شهری کمک شایانی کرده و همچنین، سبب کاهش مصرف انرژی، کاهش در استفاده از منابع آبی، کاهش آلودگی و افزایش کیفیت هوا شوند. این راهکارهارا می‌توان در چهار دسته کلی زیر گردهم‌آورد (خداکرمی، ۱۳۹۵: ۸۱):

۱- استراتژی‌های سبز شهری، ۲- سطوح سرد شهری، ۳- طراحی شهری، ٤- کاهش گرمای انسان ساز

استراتژی‌های سبز شهری

با گسترش شهرنشینی و همچنین پیش‌بینی افزایش موج‌های گرمایی[۲] در سناریوی تغییر آب و هوای جهانی، یکی از استراتژی‌های مناسب برای ایجاد سازگاری اقلیمی در شهرها و کاهش اثرات افزایش دمای محیط‌های شهری، افزایش میزان فضای سبز در شهر است(Skelhorn et al, 2014 & Santamouris,2001).

افزایش دمای تابستانه بر اثر افزایش شدت جزایر حرارتی شهری سبب بالا رفتن میزان مصرف انرژی برای تأمین نیازهای سرمایشی می‌شود. این امر در شهرها اغلب به علت کاهش سبزینگی و به تبع آن، افزایش جذب انرژی خورشیدی توسط سطوح صورت می‌پذیرد. در این میان، استفاده از فضای سبز در مناطق شهری از جمله اقداماتی است که باعث خنک سازی سطوح شهری شده و در ادامه به کاهش مصرف انرژی کمک شایانی می‌کند(Akbari et al,2001)

در واقع، پوشش‌های گیاهی در مناطق شهری از طریق برودت تبخیری و سایه‌اندازی می‌توانند در جهت کاهش دمای شهر مؤثر واقع‌گردند. در این رابطه، فرآیند« تبخیر-تعرق»[۳] یک پروسه است که آزاد شدن آب به صورت بخار و نشر آن در هوا، در یک گیاه می‌باشد. این پدیده، در واقع یک نوع تبدیل انرژی خورشیدی به بخار آب است و به طور

کلی، سبب ایجاد اثرات سرمایش در برگ‌های گیاهان و هوای اطراف آن‌ها می‌شود(Dimoudi and Nikolopoulo,2003 & Kontoleon and Eumorfopoulou,2010.).

فرآیند تبخیر – تعرق در گیاهان در تضاد با تأثیر مصالح نفوذ ناپذیر نظیر آسفالت و به تناست که آب را در خود نگه‌نداشته و به سرعت تابش خورشیدی را جذب و دمای آن‌ها افزایش می‌یابد. علاوه بر برودت تبخیری، گیاهان با سایه اندازی نیز باعث خنک‌تر شدن هوای اطراف می‌شوند که این امر از طریق کاهش نفوذ تابش مستقیم آفتاب بر روی سطوح انجام می‌گیرد(Ip et al,2010 & Cheng et al, 2010.).

در این میان استفاده از پوشش‌های گیاهی همچون استفاده از دیوارهای سبز[٤]، نماهای سبز[٥]، دیوارهای زنده[٦]، بام‌های سبز[٧]، درختان بالغ وغیره. در مقیاس شهری، پارک شهری، پارکینگ‌های شهری و همچنین در مقیاس ساختمانی می‌تواند تاثیرات قابل ملاحظه‌ای بر کاهش دمای شهرها داشته‌باشد.

سطوح سرد شهری[٨]

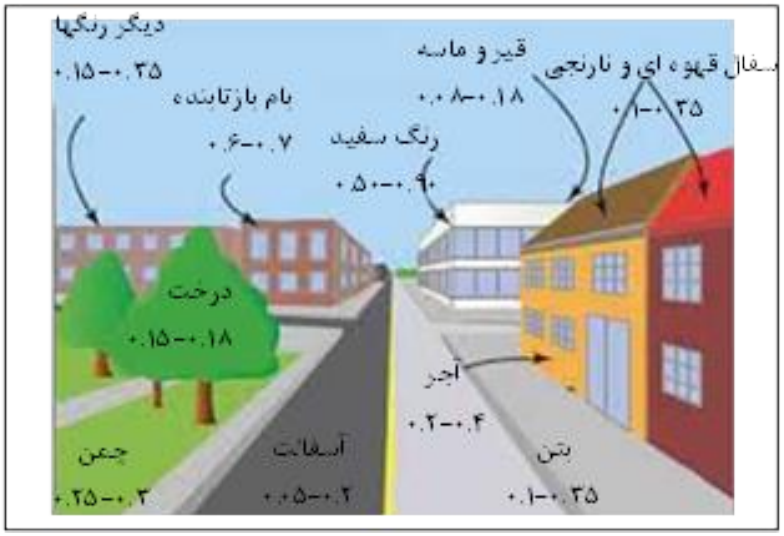
مصالح مورد استفاده در شهرها، سبب ایجاد تغییرات دمایی چشمگیری در لایه تاج‌پوش شهر می‌شوند و به همین دلیل از اهمیت بسیار بالایی برخوردارند. سطوح شهری در واقع پوست شهر به حساب می‌آیند و نقش تعیین کننده‌ای در فرآیند تبادلات حرارتی ایجاد شده بین شهر و محیط اطراف آن را بر عهده دارند. امری که بر شرایط آسایش حرارتی ساکنان شهرها بسیار اثرگذار است. توانایی سطوح در جذب، ذخیره‌سازی و انتشار گرما نقش قابل توجهی در شکل‌دهی به گرمای سطوح در شهر دارد. امروزه، سطوح مورد استفاده در شهرها، تیره و غیرقابل نفوذ بوده و همین امر سبب افزایش میزان جذب تابش‌های خورشیدی و کاهش میزان انتشار در آن‌ها شده‌است. امری که سبب افزایش دمای سطوح و به تبع آن افزایش دمای اطراف سطوح و تشدید اثر جزایر حرارتی در مناطق شهری می‌شود (Santamouris, 2013).

درجهت کاهش دمای سطوح شهری، روش‌های مختلفی به وجود آمده و توسعه یافته‌اند که یکی از این روش‌ها، استفاده از مصالح سرد[٩] در سطوح شهری است. این مصالح با کاهش دمای سطوح سبب کاهش قابل توجهی در شدت جزایر حرارتی شده و به عنوان یک راه حل موثر در جهت کاهش اثرات پدیده جزایر حرارتی، مورد توجه قرار می‌گیرند. این مصالح در واقع، با افزایش نرخ انعکاس[١٠] در طیف‌های مختلف تابش خورشیدی، افزایش نرخ انتشار[١٠] گرما و افزایش میزان نفوذ و نگه داشت رطوبت در خود سبب خنک‌تر شدن سطوح می‌شوند (Synnefa et al,2007). برای درک بهتر رفتار هر کدام از این موارد، در ادامه به بررسی نقش هر یک از پارامترهای نام برده درخنک سازی سطوح خواهیم پرداخت.

نقش نرخ انعکاس در کاهش دمای سطوح

نرخ انعکاس گرمای یک سطح در واقع، توانایی آن را در بازتاب تابش‌های خورشیدی بیان می‌کند. این مقدار معمولاً از صفر (کمترین میزان بازتاب) تا یک (بیشترین میزان بازتاب) قابل اندازه‌گیری است. به طور کلی، آنچه بر تعیین دمای یک سطح موثر است، میزان تابش‌های خورشیدی دریافت شده توسط آن سطح است. در سطوح با نرخ انعکاس برابر با یک تابش‌های خورشیدی تماماً بازتاب شده (۱۰۰درصد تابش بازتاب می‌شود) و تأثیری بر دمای

سطوح ندارند، در حالی که در سطوح با نرخ انعکاس برابر با صفر با جذب ۱۰۰ درصد تـابش، بیشـترین تـأثیر را در بالا بردن دمای سطح می‌گذارد؛ بنابراین، برای کنترل تأثیر تابش‌های خورشیدی بر دمای سـطوح شـهری بایـد میـزان انعکاس سطوح نهایی (در معرض تابش) شهر را کنترل کرد. این میزان به وسیله اندازه‌گیری نرخ انـرژی کـه مصـالح در هر کدام از طول موج‌های بین ۲۵۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر بازتاب می‌دهند به دست می‌آید(همان، ۲۰۰۷).



تصویر ۲: نرخ انعکاس برخی از مصالح مورد استفاده در سطوح شهری منبع:خداکرمی، ۱۳۹۵

نرخ انعکاس مصالح با توجه به رنگ و درجه زبری مصالح مشخص می‌شود. در واقع همان گونه که در تصـویر بـالا نشان داده شده، رنگ‌های روشن میزان جذب کمتری در ناحیه مرئی طول موج‌های خورشیدی قرار دارند و این امـر سبب خنک ماندن آن‌ها زیر تابش مستقیم خورشید می‌شود.

جدول شماره ۱: میانگین روزانه دمای سطوح با توجه به بافت مصالح

نوع مصالح	رنگ مصالح	بافت مصالح	میانگین روزانه (درجه سانتیگراد)
بتن	سفید	نرم	۳۳/۲
بتن	سفید	زبر	۳٤/۵
سنگ مرمر	سفید	نرم	۲۹/۷
سنگ مرمر	سفید	زبر	۳۲/۸

منبع: Doulos at al, 2004

نقش نرخ انتشار در کاهش دمای سطوح

نحوه عملکرد نرخ انعکاس در خنک‌تر کردن مصالح در قسمت قبل مورد بحث قرار گرفت و مشخص شده که اگـر مصـالحی کمتر انرژی گرمایی خورشید را جذب کند، خنک‌تر می‌ماند؛ اما نرخ انتشار در مصالح به نحوی دیگر باعث خنک شـدن آن‌هـا می‌شود. مصالح به طور کلی انرژی دریافتی از خورشید را به صورت تابش‌هایی با طول موج بلند انتشار می‌دهند.

در حقیقت، مصالح با نرخ انتشار بالا توانایی بیشتری در انتشار تابش‌های خورشیدی به بیرون از خود را داشـته و بـا دور کردن گرما از خود خنک‌تر می‌مانند. در عوض، مصالح با نرخ انتشار کم، تـابش‌هـای بـا طـول مـوج بلنـد را در سطوح مولکولی خود به دام انداخته و این انرژی ذخیره شده سبب افزایش دمای مصالح می‌شـود (Santamouris et al. ,2013). برای بیان نرخ انتشار نیز همانند نرخ انعکاس از محدوده عددی «صفر تا یک» استفاده می‌شودکه مصـالح با نرخ انتشار «یک» در واقع توانایی باز نشر همه‌ی انرژی دریافتی را داشته و برعکس این مسئله نیز صادق است.

جدول شماره ۲: نرخ انتشار برخی از مصالح رایج

مصالح	نرخ انتشار	مصالح	نرخ انتشار
آلومینیوم	۰/۰۳	آجر	۰/۹۰
آلومینیوم برای بام	۰/۲٤	خشت	۰/۹۱
برنج جلا داده شده	۰/۰٤	بتن	۰/۹۱
گرانیت	۰/٤٤	شیشه	۰/۹۲
شن	۰/۳	آسفالت	۰/۸۸
نیکل	۰/۰۳	خاک	۰/۹٤
آهن جلا داده شده	۰/۲۸	سنگ مرمر	۰/۹۲

منبع: ASHRAE,2009

نقش نفوذپذیری در کاهش دمای سطوح

یک ساختار صلب یا به عبارتی بدون تخلخل در مصالح، گرمای خورشید را جذب کرده و به عمق خود منتقل می‌کند و در واقع از مصالح یک باتری ذخیره سازی گرما می‌سازد. در اواخر روز، وقتی که شدت تابش‌های خورشیدی زیاد نیست، مصالح با ساختار صلب شروع به بازنشر گرمای ذخیره شده به اتمسفر می‌کنند. در این میان، مصالح نفوذپذیر[۱۲] به واسطه وجود تخلخل در ساختار خود، ظرفیت حرارتی و هدایت حرارتی کمتری نسبت به مصالح متراکم داشته و گرما را در شرایط یکسان سریع‌تر انتشار می‌دهند (Ferguson, 2005).

بعلاوه، در مصالح نفوذپذیر آب از میان خلل و فرج موجود در میان مصالح عبور کرده و با افزایش دما در مصالح، این آب بخار شده و سبب کاهش دمای مصالح می‌شود. در واقع هر چه میزان رطوبت در مصالح بیشتر باشد، سرمایش حاصل از برودت تبخیری بیشتر بوده و مصالح خنک‌تر می‌شود (Yamagata etal, 2008).

طراحی شهری با ملاحظه اثرات جزیره حرارتی

چگونگی توزیع ساختمان‌ها در شهر بر ایجاد و تشدید جزایر حرارتی شهری بسیار اثرگذار است. در واقع، این توزیع می‌تواند تعیین کننده میزان جذب انرژی خورشیدی و همچنین، میزان و چگونگی گردش هوا در شهر باشد. در نتیجه میتوان اذعان داشت که واکنش شهر در برابر جریان هوا و تابش‌های خورشیدی به وسیله تغییر در طراحی شهری قابل کنترل است (. Ratti et al, 2003)

مهمترین مسئله در این رابطه، کاهش مصرف انرژی است. طراحی و مکانیابی بهینه بلوک‌های شهری سبب دستیابی مناسب به تابش‌های خورشیدی شده و به تبع آن، این امر از بار سرمایشی ساختمانها می‌کاهد. این کاهش در بار سرمایشی، کاهش در میزان مصرف انرژی را به دنبال داشته و از انتشار گرمای اضافی و Co2در محیط‌های شهری جلوگیری می‌کند. امری که در مقیاس کلان سبب کاهش اثر جزایر حرارتی شهری خواهد شد. (Futcher et al, 2013)

(با توجه به یافته‌های اخیر، طراحی و مکانیابی بهینه بلوک‌های شهری و مدیریت مناسب تجهیزات مصرف کننده انرژی می‌تواند به کاهش ٦١ درصدی در انتشار CO2 در سال ۲۰۱۵ منجر شود. (Yamaguchi et al, 2007)

گرمای انسان ساز

استراتژی نهایی برای کاهش اثرات جزایر حرارتی شهری، جلوگیری از انتشار نامطلوب گرمای زائد در شهرهاست که توسط فعالیت‌های انسانی تولید شده و از آن به عنوان گرمای انسان‌ساز یاد می‌شود. گرمای انسان‌ساز در واقع، حراراتی تولید شده در ساختمان‌ها، فرآیندهای صنعتی و مصرف سوخت‌های فسیلی توسط وسایل نقلیه موتوری است. با توجه به سطح توسعه و تراکم جمعیتی شهر، اثرات محیطی گرمای انسان‌ساز کاملاً چشم گیر است، به

طوری که برخی مطالعات از آن به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل ایجاد و گسترش جزایر حراراتی نام برده‌اند (Lehmann,2015 & Hamilton et al, 2009).

میانگین کلی گرمای انسان ساز تولید شده در شهر ممکن است مقدار کمی باشد، چیزی در حدود ۱۰ تا ۵۰ وات بر مترمربع (Pigeon et al, 2007)، اما در مناطق متراکم نظیر مراکز شهری، اوضاع کمی متفاوت است. به طوری که این میزان به حدود ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ وات بر مترمربع می‌رسد که بسیار قابل توجه است (Heiple and Sailor, 2008)؛ بنابراین، کنترل و کاهش انتشار گرمای انسان‌ساز برای جلوگیری از ایجاد و افزایش شدت جزایر حراراتی شهری بسیار ضروری و موثر است. به طوری که براساس تحقیقات انجام گرفته استراتژی‌های کاهشی در بخش‌های ساختمان و حمل و نقل می‌توانند میزان انتشار گرمای انسان ساز را حدود ۲۰ تا ٤٠ درصد کاهش دهند (Lehmann,2015).

تقسیم بندی دیگری که در زمینه کاهش جزایر حرارتی ارائه گشته، توسط اوکا می‌باشد که در غالب جدول در ذیل ارائه گشته است.

جدول ۳:اقدامات در جهت کاهش جزایر حرارتی

اهداف	مقیاس بزرگ	مقیاس کوچک
سطوح سرد	استفاده از پوشش سبز	حفظ زمین‌های سبز و باغ‌ها
		بام سبز و باغ بام
		جاده‌ها با چمن و درخت
	استفاده از مواد با ساختار مناسب	مصالح با قابلیت نفوذ آب
		مصالح غیرقابل نفوذ آب
		قابلیت بازتابی بالا
		فتوکاتالیست
	استفاده از آب	آب و آبنماها
		آب پاشی
	استفاده از فضاهای در سایه	دالان‌های سرپوشیده و آلاچیق‌ها
توسعه در جهت تهویه شهر	پیکربندی بلوک‌های شهری	مسیر تهویه
		چیدمان ساختمان‌ها
	پیکربندی ساختمان‌ها	به حداقل رساندن جلوگیری از مسیر باد
		پیلوتی کردن
کاهش گرمایش ناشی از توسعه	صرفه جویی در مصرف انرژی	استفاده از وسایل کم مصرف
		مدیریت حمل و نقل
		سبک زندگی ذخیره انرژی(صرفه جویی)
	اصلاح طرز آزاد سازی گرما	برج‌های خنک کننده آبی
		نشست گرما(رود، دریا، سطح زمین)

منبع: Ooka, 2010

طراحی همساز با محیط به منظور تقلیل مصرف انرژی

طراحی مطابق با اجزاء و مصالح

ویژگی‌های ساختمان‌ها نقش قابل توجهی بر عملکرد حرارتی در در محیط‌های شهری دارند. چنین ویژگی‌هایی، زمانی اهمیت بیشتری پیدا می‌کنند که درجه حرارت سطوح در معرض آفتاب، از دمای هوای بلافاصل آن چند درجه گرمتر شود. مخصوصا در محل‌هایی که تبدیل به جزایر گرمایی می‌شود، دمای هوا در جهت وزش باد به دلیل تماس با سطوح گرمتر، افزایش پیدا می‌کند(Environmental Protection Agency, 2013). افزایش دمای هوا، سبب افزایش

مصرف انرژی سرمایشی و در نتیجه انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. توانایی مصالح در بازتاب و نشر مادون قرمز، و توانایی آنها در جذب حرارت بر دمای آنها مؤثر است (. Marceau-VanGeem, 2007)مصالح با ویژگی بازتاب و نشرپایین، ازمصالح سرد محسوب نمی‌شوند. برای اینکه مصالحی جزو مصالح سرد قراربگیرد، SRI یا ضریب انعکاس تابشی آن را حساب می‌کنند. در عمل، مصالح سیاه، SRIبرابر 0 و در مقابل سطوح سفید SRI برابر 100 دارند. به طور کلی، سطوح تیره SRI کمتری نسبت به سطوح روشن دارند(Akbari et al. ,2006). تحقیقات نشان می‌دهد که پوشش‌های سرد، سبب کاهش دمای سطح و دمای هوای بلافاصل مصالح در تابستان می‌شود.

دمای مصالح، اول ازهمه، به جهت قرارگیری آن و بعد از آن به رنگ و ویژگی‌های حرارتی آن بستگی دارد. جهت، جهت تابش و طول زمان تابش را مشخص می‌کند، رنگ، ویژگی‌های بازتابش، جرم حرارتی، مقدارجذب، نگه‌داشتن و آزاد کردن انرژی حرارتی را مشخص می‌کند؛ ظرفیت گرمایی با ظرفیت حرارتی ویژه، چگالی و ضخامت تعیین می شود که در نمای شرقی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Bougiatioti (et al. , 2009: 83.

آلبدو به صورت نسبت تابش الکترومغناطیسی خورشیدی انعکاس یافته از سطح خاک و یا بازتابش فرودی تعریف می‌شود(Tasumi, et al. , 2008). آلبدو مقدار آن وابسته به نوع عارضه زمینی، جنس و میزان تشعشع خورشیدی از سوی اجسام بر روی زمین می‌باشد. برای تعیین آلبدو اجسام روی سطح زمین، در مقیاس وسیع و با در نظر گرفتن توپوگرافی‌های مختلف سطح زمین، امکان اندازه گیری زمینی مقادیر آلبدوی اجسام وجود نداشته، لذا به ناچار از روش‌های سنجش از دور برای این مورد استفاده می‌گردد (Dujardin, (et al. , 2012 . با استفاده از مقادیر آلبدوی به دست‌آمده از کاربری‌های مختلف، می‌توان تفاوت انرژی دریافتی خالص در هر یک از سطوح مختلف کاربری اراضی را تعیین نمود.

نتایج بدست آمده نشان‌داد که با افزایش آلبدو یا بازتاب بالاتر در ساختمان، 20 %تا 40 % صرفه جویی در انرژی مستقیم و بازتاب بالاتر در سطح وسیع سبب صرفه جویی در مصرف انرژی تا 2 برابر می‌شود. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که بین ۱۰ تا ۷۰ درصد صرفه جویی در انرژی با استفاده از پوشش با آلبدو بالا در ساختمان‌های مسکونی کالیفرنیا و فلوریدا دیده‌شده‌است(Gago et al. , 2013: 5) .

با توجه به آنچه در بالا اشاره شد، می‌توان نتیجه گرفت که مصالح دارای ویژگی‌های پیچیده‌ای هستند که با توجه به آنها باید انتخاب شوند. در جدول زیر به خلاصه ویژگی‌های مصالح پرداخته‌شده‌است:

جدول٤:ویژگی مصالح

	ویژگی		توضیحات
مصالح	آلبدو		آلبدو با دمای سطح رابطه عکس دارد.
	جهت		جهت تابش طول زمان تابش جهت باد
	رنگ		SRI را مشخص می‌کند؛ $SRI_{سیاه}$ = ۰ $SRI_{سفید}$ = ۱ $SRI_{روشن} > SRI_{تیره}$
	ویژگی‌های حرارتی	جرم حرارتی	در نمای شرقی اهمیت بیشتری دارد.
		چگالی	
		ضخامت	

منبع: شعرا، ۱۳۹۳

به دلیل اهمیتSRI ، ضریب بازتابش، آلبدو و گرمای ویژه همان طور که در بالا به آن اشاره شده‌است، در جداول زیر ذکر شده‌اند، این مقادیر از پارامترهای ساختمانی فراهوفر و اکه استخراج شده است:

جدول ۵: SRI رنگ‌ها

مصالح	'J/Kgcگرمای ویژه	آلبدو ٪
سنگ	۸٤۰	۷۰
آجر	۸۵۰	۵۰
بتن	۹٦۰	٤۱
گل	۱۳۸۱	۱۷
شیشه	٦٤۰	۵
آلوباند	۸۷۰	۷۰
آسفالت	۹۲۰	۲۰

منبع: Makido et al. , 2012: 164-165

جدول ٦: گرمای ویژه و آلبدو مصالح مختلف

رنگ		Reflective	SRI
آلومینیوم روی (GL)		۰. ٦۷	۵٦
سپردار سفید (WH)		۰. ۵۲	۵۹
قطبی سفید (PW)		۰. ٦٦	۷۹
سنگ روشن (LS)		۰. ۵۰	۵۸
هاوایی آبی (BL)		۰. ۳۲	٤۲
قهوه ای مایل به زرد (ST)		۰. ۳٦	۳۸
خاکستر خاکستری(AS)		۰. ۳۷	٤۰
برنز قهوه ای (BR)		۰. ۲۸	۲۹
سبز(GR)		۰. ۳٤	۳٦
سبز سرخسی (FG)		۰. ۲۸	۲۹
آلموند(AL)		۰. ٦۳	۷٦
سفید برفی (SW)		۰. ٦۵	۷۹
سنگ قهوه ای (BS)		۰. ٤٤	٤۸
مسی فلزی(CM)		۰. ٤٦	۵۸
قرمز نارنجی(SR)		۰. ٤۲	٤۷
آبی بندری(HB)		۰. ۲۸	٤۹
سبز شکاری (HG)		۰. ۲۸	۲۹

منبع: Makido et al. , 2012

بر اساس اصول اقلیم شناسی بر هر نقطه از سطح زمین مقداری انرژی تابشی از خورشید می‌رسد که میزان آن در رابطه با عرض جغرافیایی و سایر شرایطی که گفته‌شد تغییر می‌یابد. در فرآیند توسعه شهری در وهله اول پوشش گیاهی طبیعی به شدت آسیب دیده و دستخوش تغییرات می‌شود که مهمترین آن‌ها به زیر ساخت و سازهای شهری در آمدن و بر روی آن‌ها بناهای کوتاه و بلند استقرار یافتن‌است. ساخت و سازهای شهری با توجه به جنس مصالح به کار رفته در آن‌ها جهت ساخت و سازها- نوع و جنس پوشش ساختمان‌ها – سطوح معابر، به جذب بیشتر انرژی در بافت شهری منجر می‌گردد. از طرف دیگر شرایط مذکور باعث کاهش شدید آلبیدوی شهرمی‌گردد و در نتیجه انرژی رسیده که از سطح زمین باید به جو بازتاب شود کاهش می‌یابد و در سطح شهر باقی می‌ماند(شعرا، ۱۳۹۳).

بطور کلی مصالح مناسب دارای نرخ انعکاس، انتشار(مانند مصالح سرد)، میزان نفوذ پذیری و قابلیت نگه‌داشتن رطوبت بالایی هستند. بنابراین هرچه نفوذ پذیری مصالح بیشتر باشد، رطوبت بالاتری را جذب کرده و دمای آن‌ها پایین تر می‌آید (مرئی، ۱۳۹۳).

بررسی خصوصیات ظاهری مصالح رایج و سرد مصالح را می‌توان براساس عملکرد حرارتی و مشخصات فیزیکی آنها به دو دسته مصالح سرد و گرم تقسیم‌بندی نمود. مصالح "سرد" به آن دسته از مصالحی اطلاق می‌گردد که دارای سطح صاف ورنگ روشن بوده و جنس آن‌ها از مرمر، موزاییک و سنگ باشد. به همین نحو مصالح"گرم "به مصالح دارای سطح زبر و تیره رنگ و از جنس سنگریزه(قلوه سنگ)، سنگ فرش و آسفالت، اطلاق می‌شود. بنابراین با انتخاب صحیح مصالح مناسب در فضاهای شهری منجر به کاهش اثر جزیره گرمایی و کاهش بار سرمایشی ساختمان گردد(مرئی، ۱۳۹۳).

مصالح با سایز متفاوت و رنگ و خصوصیات و چگالی و ضخامت زیاد، دمای سطحی نزدیک با مصالح با ضخامت و چگالی پایینتر دارند هرچند میزان حرارت جذب و ذخیره شده متفاوت باشد. لذا فاکتور رنگ و خصوصیات حرارتی همچون میزان بازتابندگی مصالح، اهمیت زیادی در دمای سطح دارد(Levinson R, et al, 2007).

مصالح با پوشش انعکاس دهنده

افزایش بازتاب مصالح شهری یک استراتژی موثر برای کاهش دمای سطح و هوا و بدنبال آن کاهش جزیره حرارتی می‌گردد. (Carnielo,et al, 2013)با افزایش بازتاب خورشیدی سطوح شهری، جریان خروجی تابش طول موج کوتاه به جو زیاد می‌شود، انرژی حرارتی کمتری جذب شده، دمای سطوح کاهش پیدا می‌کند و به تبع آن تابش حرارتی به جو کاهش می‌یابد. استفاده از بام سرد نیز در کاهش مصرف انرژی برای تهویه مطبوع و بالا بردن میزان آسایش بسیار موثر است.

مصالح ترموکرومیک

مصالح ترموکرومیک به دو دسته دارای تیتانیوم و فاقد تیتانیوم تقسیم بندی می‌شوند. دمای سطح نمونه‌های ترموکرومیک پایینتر از مصالح سرد و رایج است به عبارتی متوسط دمای سطح برای مصالح ترموکرومیک بین 23/8 تا 38/4درجه سانتیگراد می‌باشد، درحالیکه این مقدار برای مصالح سرد28/1 تا 44/6 درجه سانتیگراد و 29/8 تا 48/5 درجه سانتیگراد برای مصالح رایج است. از طرفی مصالح ترموکرومیک دارای تیتانوم نیز دمای سطح پایینتری به نسبت پوشش‌های ترموکرومیک فاقد تیتانیوم دارند. اندازه گیری‌ها نشان می‌دهد که این مصالح انعکاس بیشتری نیز به سایر مصالح در طیف مادون قرمز نزدیک دارند و در دماهای بالاتر نیز _ بالاتر از 30 درجه _ نیز بی‌رنگ شده و تابش خورشید را بازتاب می‌نمایند درحالیکه در دماهای پایینتر، رنگی بوده و تابش خورشید را جذب می‌کنند. حداکثر انعکاس تابش خورشیدی از فاز رنگی به بی‌رنگ 22 درصد است. میزان انعکاس خورشیدی این مصالح بیشتر از مصالح سرد و رایج می‌باشد اما میزان نشر این مصالح تفاوت قابل ملاحظه‌ایی با دیگر پوشش‌ها ندارد(مرئی، ۱۳۹۳).

مصالح و تکنولوژی سبز در ساختمان‌های سبز پیشرفته

مصالح سبز به این نام خوانده‌شده‌اند، زیرا آنها دوستدار محیط زیست، قابل تجزیه به صورت مواد زیستی، تجدیدپذیر و قابل بازیافت می‌باشند. مصالح سبز می‌توانند به چهار بخش عمده تقسیم شوند که نخستین آن‌ها مصالح حیاتی یا مصالح زیستی می‌باشند. در طبقه بندی مصالح‌زیستی، مواد طبیعی، پلیمرهای زیستی و پلاستیک‌های زیستی قرار می‌گیرند. سه مقوله عمده دیگر کامپوزیت‌ها، مصالح هوشمند و نانو ساختارها می‌باشند (اتمن، 1390)مصالح سبز می‌توانند به ٤ دسته کلی تقسیم شوند. ۱)مصالح بیوتیک و مواد بیونیک ۲)مصالح هوشمند ۳)نانو مواد ٤)کامپوزیت‌ها. جدول زیر به تفکیک انواع مصالح دوستدار محیط زیست و سبز را نشان می‌دهد.

جدول ۷: تقسیم بندی مصالح سبز و دوستدار محیط زیست

جدول مصالح تجدیدپذیر با ساختار دوستدار طبیعت		
مصالح زیستی (بیونیک)	چوب: تخته تیبری، MDFو غیره	
	بامبو: سرعت رشد بالا و دارا بودن قابلیت سازه ای	
	پوسته‌های برنج: قابلیت بالای تحمل بار، جاذب صوت، مقاومت در برابر آتش	
	خشت خام و خاک رس	
	چمن: ایجاد بام‌های سبز و دیوارهای سبز و تعدیل دما و رطوبت محیط	
	بیوپلیمرها	
	سلولز: تولید مواد عایق	
	لینگنین: تولید چسب، تعلیق کننده (سیمان، سرامیک و غیره)و نگهدارنده	
	پلی استر: پلاستیک‌های تجزیه پذیر، روکش‌ها، برخی انواع چسب‌ها	
	بیو پلاستیک: کف پوش‌ها، لوله‌کشی، صنایع بسته بندی مصالح	
مصالح هوشمند	مصالح واکنش ترمایی: پنجره‌های ترموکورمیک، رنگ‌های ترموکرومیک، پنجره‌های ترما زا–	
	مصالح واکنش نوری: مصالح مرتبط با تتوولتائیک–	
	مصالح واکنش محرک (نیرویی :) الکتروکرومیک (در پنجره‌های خاص که در معماری سبز پیشرفته استفاده می‌شود.)	
کامپوزیت‌ها	طبیعی	چوب، استخوان و غیره
	مصنوعی (فاز زمینه متفاوت)	کامپوزیت با زمینه سرامیکی :1 شیشه و شیشه سرامیک‌ها و. .
		کامپوزیت با زمینه پلیمری ۱: ابر سازه‌ها، صنایع ن ت، تاز و لوله، تایبر تلاس
		کامپوزیت با زمینه تلزی :8 در نماهای ساختمانی، صنایع هواتضا
نانو	سیمان و بتن	بتن با عملکرد بالا، نانو سیلیس آمورف، نانو ذرات رس و غیره
	نانو پوشش‌ها	نانو پوشش‌های سنگ و چوب، رنگ نانو عایق و غیره
	نانو شیشه‌ها	شیشه‌های خود تمیز شونده، شیشه‌های کنترل کننده انرژی، شیشه‌های محافظ در برابر آتش و غیره

منبع: آبکار، ۱۳۹۳

نتیجه‌گیری و دستاوردهای پژوهشی

مطالعات انجام شده نشان‌دهنده آن است که توسعه شهرها و افزایش شهرنشینی باعث افزایش آلودگی‌های زیست محیطی گردیده و از طرفی انرژی‌های تولید شده باعث افزایش دما و در نتیجه پیدایش جزایر حرارتی در مناطق شهری گردیده‌است.

مصالحی که در محیط‌های شهری مورد استفاده قرار گرفته‌اند، پرتوهای خورشیدی و مادون‌قرمز را جذب و انباشته می‌کنند و به جو انتقال می‌دهند. تعادل حرارتی در محیط نیز عمدتا ناشی از بازتاب پرتوهای خورشیدی و انتشار پرتو مادون‌قرمز مصالح به محیط پیرامون است. این بدین معناست که مصالح پوسته‌ی شهر نقش مهمی در کاهش دریافت و ذخیره حرارت و انتقال آن به محیط شهری دارند. نتایج حاصل از این پژوهش نیز اهمیت طبقه‌بندی عملکرد حرارتی مصالح پوسته خارجی در جهت توسعه زیستگاه و یا به عبارتی کلی‌تر توسعه پایدار شهری، را نشان می‌دهد.

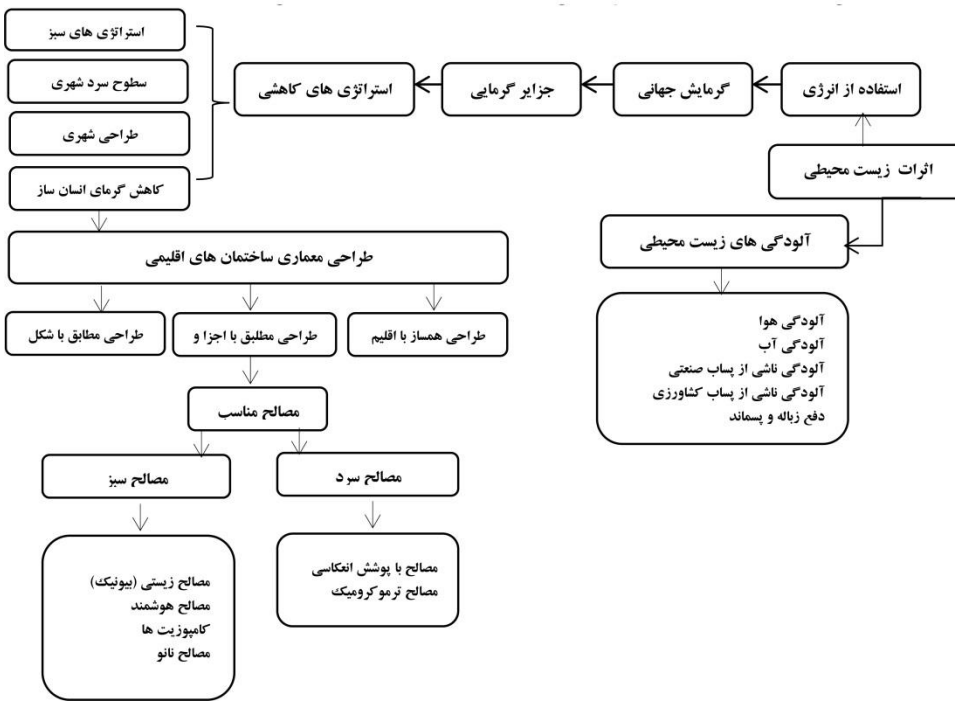
محققان در پی یافتن راه حل‌هایی برای کاهش پدیده جزایر گرمایی به این نتیجه رسیده اند که مناسب‌ترین راه‌حل

طراحی معماری ساختمان‌های اقلیمی می‌باشد.

از مهمترین شاخص‌های این معماری توجه به مصالح بخصوص در جداره‌های بناهای شهری می‌باشد. در میان مصالح شناخته‌شده ؛ مصالح سرد و مصالح سبز مناسب‌ترین مصالح شناخته‌شده می-باشند.

بنابراین با شناخت مصالح مناسب و بکارگیری آن‌ها در شهرسازی و معماری جدید می‌توان از شدت جزایر گرمایی کاست.

بطور کلی اطلاعات بیان شده در این را می‌توان در قالب چهارچوب مفهومی زیر دسته بندی نمود:



نمودار۱: چهارچوب مفهومی

منبع: یافته‌های پژوهش

مصاالح مورد مطالعه در این آزمایش، عمدتا از مصاالح پوساته خارجی ساختمان انتخاب گردید. مصاالح نمونه شاامل بتن، آساافالت، سانگفرش، سانگ، موزاییک و چمن با رنگ ساطح متفاو، خاکساتری، قرمززرد و سیاه و با بافت ساطح متفاو، با سطوح صاف، ناهموار و خشن و برجسته با طرح میباشند. برای اندازهگیری دمای سااطح چمن و آساافالت، از نمونههای موجود در نزدیکی ساایت مورد مطالعه اساتفاده گردید. در پژوهشهای پیشااین تاثیر سااایز تایلها در تعادل دمایی مصاااالح مورد مطالعه قرار گرفت که نتایج اندازهگیری‌ها حاکی از عدم تاثیر ساایز بر دمای ساطح مصالح در طول روز می‌باشد

پی نوشت

1. Luke Howard
2. Thermal waves
3. Evapotranspiration
4. Green walls
5. Green facade
6. Living walls

7. Green roofs
8. Cool urban surfaces
9. Cool materials
10. Albedo
11. Emissivity
12. Roughness
13. Permeable materials

منابع

رحمتی، مهدی؛ حیدری، شاهین؛ بمانیان، محمدرضا (۱۳۹۵)، " بررسی راهکارهای طراحی معماری بر کاهش اثر جزایر حرارتی شهری" نشریه انرژی ایران / دوره ۱۹ شماره ۱ بهار ۱۳۹۵.

آبکار، علی (۱۳۹۳)، مصالح سبز و کاربرد آن در جهت کاهش مصرف انرژی و میزان آلایندگی محیط زیست، کنفرانس بین المللی انسان، معماری، عمران و شهر

فضلی، مهدی، مدی، حسین(۱۳۹۳)، ارزیابی راهبردهای کاهش جزایر حرارتی شهری و مصرف انرژی، کنفرانس بین المللی عمران، معماری و توسعه پایدار شهری.

رحمتی، علیرضا (۱۳۹۱)، بررسی روند ارزیابی اثرات محیط زیستی در ایران، چالش‌ها و راهکارها، دفتر ارزیابی محیط زیستی سازمان حفاظت محیط زیست، محیط زیست و توسعه، سال سوم، شماره ۵.

اتمن، عثمان (۱۳۹۱) معماری سبز با مصالح و تکنولوژی پیشرفته، (ترجمه سارا زهری) تهران: مهرازان (تاریخ انتشار به زبان اصلی ۲۰۱۰.

مرئی، الهه، ۱۳۹۳، " نقش مصالح پوسته شهری در طراحی ساختمان بر اساس تغییرات دمایی، پایان نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی دکتر حسین بهشتی، دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر تهران.

شعرا، شعله، ۱۳۹۳" بررسی عوامل تاثیرگذار فرم شهری بر تغییرات اقلیمی با رویکرد طراحی شهری"پایان نامه کارشناسی ارشد معماری به راهنمایی دکتر پویان شهابیان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز.

طرح مدیران سبز اندیش (۱۳۸۷)، ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح‌های عمرانی، سازمان حفاظت محیط زیست، معاونت آموزش و پژوهش، دفتر مشارمت و آموزش همگانی، شماره ۹.

زبردست، اسفندیار (۱۳۸۳)، اندازه شهر، چاپ اول، انتشارات مرکز مطالعاتی و تحقیقاتی شهرسازی و معماری، تهران.

McGranahan, G. Satterthwatte. D. (2003), Environmental Health or Ecological sustainability? Reconciling the Brown and Green Agendas in Urban Development, in 18 Zetter.

Carnielo, Emiliano; Zinzi, Michele (2013): Optical and thermal characterisation of cool asphalts to mitigate urban temperatures and building cooling demand. In *Building and Environment* 11, pp. 51–15

Montavez J. P, Rodriguez A,Jimenez J. I(2000)A study of the urban heat island of Granada,international journal of climatology,Vol. 20:899-911

DoulosL. Santamouris M,(2003),Vegetation in the urban environment: Microclimatic analysis and benefts,Energy and Buildings,Vol,35:pp. 69-76

Ferguson B. K. (2005),Porous Pavements,CRC Press,The United states.

Yamagata H. ,Yoshizawa M. ,MiyamotoA. ,Minamiyama M. ,Nasu M. (2008), Heat island mitigation using water retentive pavement sprinkled with reclaiemed wastewater, Water Sience&TechnologyWST, Vol. 57(5):pp. 763-771

EPA. (2013,jan15), Heat island impacts. Retrieved April2, 2013, from United State Environmental protection Agency(EPA).

Levinson, Ronnen; Berdahl, Paul; Akbari, Hashem; Miller, William; Joedicke, Ingo; Reilly, Joseph et al. (4111): Methods of creating solar-reflective nonwhite surfaces and their application to residential roofing materials. In *Solar Energy Materials and Solar Cells* 20 (2), pp. 312–302.

Makido Y. , Dhakal Sh. , Yanagata Y. ,2012. Relationship between Urban Form and CO2 Emission: Evidence Form Fifty Japanese Cities , Urban Climate.

Gago E. J. , Roldan J. , Pacheco-Torres R. , Ordonez J. ,2013, The City and the Urban Heat Islands: A Review of Strategies to Mitigate Adverse Effect , Renewable and Sustainable Energy Review.

Dujardin S. , Pirart F. , Brevers F. , Marique A. F. , Teller J. ,2012, Home to Work Commuting , Urban Form and Potential Energy Savings: A Local Scale Approach to Regional Statistics , Transport Research Part 1.

Bougiatioti F. , Evangelinos E. , Poulakos G. , Zacharopoulos E. ,2009, The Summer Thermal Behaviour of " Skin " Materials for Vertical s in Athens , Greece as a Decisive Parameter For Their Selection , Solar Energy.

Akbari, Hashem; Matthews, H. Damon (2006): Global cooling updates: Reflective roofs and pavements. In *Energy and Buildings* 55, pp. 4–1.

Marceau M. L. , VanGeem M. G. ,2007, Solar Reflectance of Concretes for LEED Sustainable Sites Credit: Heat Island Effect , Research an Development Information , Portland Cement Association.

ASHRAE, Thermal environmrntal conditions for human occupancy ANSI- ASHRAE, 2019, P: 55-1992.

Che-Ani, A. I. and Shahmohamadi, P. and Sairi, A. and Mohd-Nor, M. F. I. 2009. "*Mitigating the Urban Heat Island Effect: Some Points without Altering Existing City Planning*", European Journal of Scientific Research No. 2, pp. 204-216.

Wong, K. and Ng, E. and Yau, R. 2009. "*Urban Ventilation as a Countermeasure for Heat Islands toward Quality and Sustainable City Planning in Hong Kong*", International conference on countermeasures to urban heat islands, California, USA.

Ooka, R. 2010. "*Development of assessment tools for urban climate and heat island mitigation*", CPD Lecture.