شماره: ٤ سال: ۲ صفحات مقاله: ۷۸- ٦٧

تبیین جایگاه سامانه بام سبز در تعدیل جزیره حرارتی شهر

نمونه موردی: کرج

Explaining the Role of Green Roof Systems in Balancing of Urban Heat Island case of study: Karaj

محمود خسروی[۱]، اسدالله قبادی[۲]

دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۰۹ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۵/۲۳

چکیده

براساس شواهد و یافته‌های آماری اقلیم کره زمین به‌ویژه در مناطق شهری به‌طرف گرمایش می‌رود. برای نمونه دمای متوسط سالانه کرج، سومین کلان‌شهر ایران با هوایی آلوده، در طی دوره ۱۹٦۰ تا ۲۰۰۸ حدود ۲,۲۵ درجه سلسیوس بالاتر رفته‌است. این گرمایش که در بیشتر ویژگی‌های محیط زندگی انسان اثر دارد موجب تشدید پدیده جزیره گرمایی شهر می شود. بدین‌ترتیب مصرف انرژی برای ایجاد شرایط مطلوب زندگی بالاتر رفته و آلودگی هوای محیط شهری نیز افزایش می‌یابد. در مجموع، افزایش دما در محیط شهری مشکلات و هزینه‌های سنگینی ایجاد می‌کند. تنها راه چاره برای جلوگیری و یا حداقل تعدیل این مشکلات تغییر ساختار کالبدی شهر در جهت سازگاری با این فرایند گرمایش است.

با توجه به ارزش افزوده بالای زمین و پایین بودن مساحت فضای سبز به‌نظر می‌رسد که استفاده از فناوری بام سبز در کلان‌شهرهای ایران به‌علت بهبود و پایداری کیفیت محیط‌های شهری گزینه مناسبی است. این مطالعه میان‌رشته‌ای با هدف معرفی سامانه بام سبز و نقش آن در کاهش پدیده جزیره حرارتی شهری، به بررسی تأثیر حرارتی استفاده از بام سبز در مقایسه با دیگر بام‌های رایج به کمک شبیه‌سازی با نرم افزار Derob در مقیاس خُرداقلیم می‌پردازد. یافته‌ها به‌وضوح نشان می‌دهد که کاهش قابل‌توجهی در ظرفیت حرارت وجود دارد و همین امر ثابت می‌کند مسئله قابل پیش‌بینی اثر جزیره گرمایی را می‌توان با توسعه سامانه بام سبز کاهش داد.

کلید واژگان: جزیره گرمایی شهر، بام سبز، ظرفیت حرارتی، کرج

۱. دانشیار گروه اقلیم شناسی ، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
(Khosravi@Gep.usb.ac.ir)
۲. دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان(نویسنده مسئول)۰(A_Ghobadi@Pgs.usb.ac.ir)

Mahmood Khosravi[1] , Asad Ghobadi[2]

Received: 29/04/2013 Accepted: 14/08/2014

Abstract

Based on the statistical evidence and findings, the Earth climate is getting warm particularly in the urban areas. As an example, the annual average temperature in Karaj, which is the third metropolis of Iran with polluted air, has got approximately over 2.256 degrees Celsius during the period 1960 to 2008. The heating that affects on the most characteristics of human environment intensifies the urban heat island. So, the energy consumption for better living conditions goes higher and the air pollution increases conclusionally. Generally, increasing temperature in urban environments creats serious problems and enormous costs. The only way to prevent or at least moderate these problems is changing the physical structure of the city for Compatibility with the heating process.

Due to the high value added and low area of green space it seems using green roof technology in metropolis of Iran is a suitable altenative because of improving and sustainability of the quality of the urban environment.

This research, whose aim is to introduce green roof systems and its role in reduction of the urban heat island, studies the thermal effects of using green roofs in comperative with the other current ones by simulating the Derob software in microclimate scale. The findings clearly show that there is a considerable reduction in the heat capacity and prove that the predictable effects of the heat island can be reduced by developing the green roof systems.

Keywords: Urban Heat Island, Green Roof,Temperature capacity, Karaj city

1. Associate Professor in Climatology, University of Sistan and Baluchestan. (Khosravi@Gep.usb.ac.ir)
2. PhD Student in Climatology, University of Sistan and Baluchestan (A_Ghobadi@Pgs.usb.ac.ir)

مقدمه

در عصر حاضر ،افزایش آلودگی هوا باعث بروز معضلات جدی برای زندگی شهری شده‌است. گسترش همه‌جانبه و پُر شتاب شهر کرج در دهه‌های گذشته منجر به تغییرات در چشم‌انداز شهری، ساختمان‌ها و جاده‌ها و جایگزینی فضای باز با پوشش‌های گیاهی شده‌است. سطوحی که زمانی نفوذپذیر و مرطوب بوده‌اند به‌مرور نفوذناپذیر و خشک شده‌اند. تداوم این روند باعث گرم‌تر شدن نواحی شهری و نواحی اطراف و تشکیل جزایر حرارتی می‌شود. شدت دمای جزایر حرارتی حادث‌شده در شهر نه تنها بر محیط زیست، کیفیت زندگی و نیازهای روحی و جسمی شهروندان در زندگی شهری اثرگذار است، بلکه بر میزان مصرف انرژی جهت سرمایش، انتشار آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای نیز اثرات منفی قابل‌ملاحظه‌ای می‌گذارد. تحقیقات نگارندگان نشان می‌دهد که اختلاف دمایی مرکز شهر کرج با حومه آن به‌طور متوسط ۳ تا ۵ درجه سانتی‌گراد است و به‌علت واقع‌شدن این کلان‌شهر در اقلیم گرم و خشک، این پدیده با تداوم شدت گرما تشدید می‌شود.

با توجه به‌موارد اشاره‌شده، اتخاذ راهکارهای مناسب از طریق سیاست‌های تشویقی و مدیریت کلان‌شهری به‌منظور تعدیل پدیده جزیره حرارتی ضروری به‌نظر می‌رسد. مقدار فضای سبز شهری به‌دلیل ارزش افزوده بالای زمین در نقاط شهری، فرهنگ آپارتمان‌نشینی و رشد عمودی شهرها به‌طور چشمگیری کاهش پیدا نموده‌است. بام سبز یکی از رویکردهای نوین در نظام شهرسازی و برخاسته از مفاهیم توسعه پایدار است که از آن می‌توان به‌منظور افزایش سرانه فضای سبز، ارتقاء کیفیت محیط زیست و توسعه پایدار شهری بهره برد. استفاده از بام‌های سبز شهری و توسعه آن در صنعت ساختمان نه تنها کاهش نسبی آثار جزیره حرارتی شهری، ایجاد میکرواقلیم، بهبود کیفیت هوا و برقراری تعادل حرارتی در محیط داخلی و خارجی بنا را به‌همراه دارد بلکه در جهت بهبود کیفیت محیط شهری نیز اثرات مثبت اقتصادی قابل بررسی می‌گذارد. هدف از تحقیق حاضر، شناخت و معرفی بام سبز و تأثیرات مثبت آن در تعدیل جزیره حرارتی شهر به کمک بررسی مقایسه‌ای نوسانات حرارتی و شبیه‌سازی مکانی در نمونه موردی مطالعاتی در منطقه ۱۲ کرج و ارائه راهکار جهت گسترش این سامانه در کرج است.

پتانسیل تشکیل جزیره حرارتی در کرج

اوک تفاوت میان درجه حرارت شهر و حومه را شدت جزیره گرمایی[1] می نامد(Tavalaee,1994:106). جزایر حرارتی بر روی سطح زمین و در اتمسفر شکل می‌گیرند. این پدیده که به‌دلیل تغییر سطوح شهری و ایجاد پوشش متفاوتی که در شهرها وجود دارد تشکیل می‌شود، با جذب گرمای بیشتر در روز پروفیل حرارتی سطح شهر را در شبانه‌روز تغییر می‌دهد و در نتیجه در یک روز داغ تابستانی، خورشید سطوح بی‌پناه وخشک مانند پشت‌بام‌ها و روسازی جاده‌ها را گاهی تا ۲۰ تا۵۰ درجه سلسیوس نسبت به محیط گرم‌تر می‌کند و این در حالی است که سطوح سایه یا مرطوب (اغلب در حومه‌های شهر) دمایی در حدود دمای هوا دارند. جزایر حرارتی شهری در طول روز و شب وجود دارند اما در روز وقتی که خورشید می‌تابد شدیدتر هستند(Afshar,2009:60). با این حال، در یک شب صاف اختلاف دما می‌تواند تا ۱۲درجه سلسیوس برسد (Luckett,2009:74). استان البرز به مرکزیت شهر کرج با مساحت ۶۹٤/۵۱۲۱ کیلومترمربع در ۳۵ کیلومتری غرب تهران و در دامنه جنوبی رشته کوه‌های البرز قرار گرفته‌است.

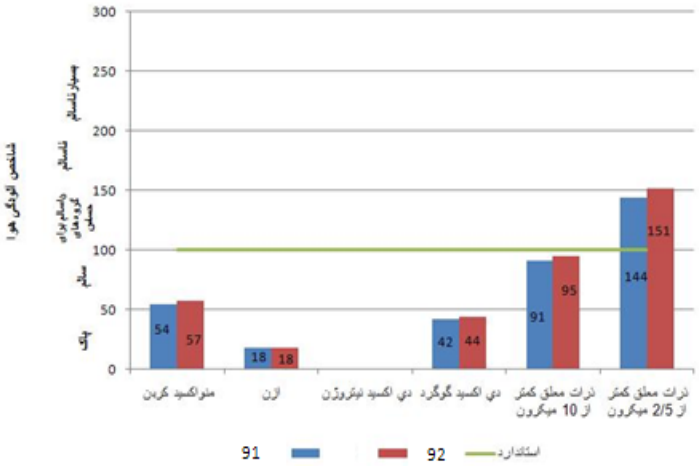
گسترش لجام‌گسیخته و پُرشتاب شهر کرج که در دهه‌های گذشته صورت گرفته موجب عدم امکان و فرصت کافی جهت تنظیم و ساماندهی بافت و فراهم‌سازی زیرساخت‌ها و امکانات کمّی و کیفی قابل‌قبول موردنیاز جمعیت یک میلیون و نیم نفری آن شده‌است. هرچند آهنگ رشد جمعیت در کلان‌شهر تهران طی ده سال گذشته کاهش یافته‌است، اما جمعیت شهرهای استان البرز که در مجاورت این کلان‌شهر واقع شده‌است کماکان رو به افزایش است و سالانه ۳۰۰ هزار نفر به جمعیت حومه کرج افزوده می‌شود، فرایند مهاجرت در استان البرز به جابه‌جایی جمعیت از شهرهای بزرگ به‌سمت شهرهای کوچک گرایش یافته‌است. شهرهای متوسط و کوچک استان بیشتر نقش خوابگاهی داشته و ساکنین آن‌ها برای کار و دسترسی به امکانات و خدمات مناسب به‌طور مستمر به شهرهای بزرگتر

1.Urban Heat Island

رفت‌وآمد می‌کنند. از سوی دیگر با توجه به قرار گرفتن در شاهراه ارتباطی بین پایتخت و ۱۵ استان غرب و شمال کشور، روزانه حجم عظیمی از ناوگان حمل و نقل عمومی و شخصی سبک و سنگین زمینی و ریلی از استان البرز و خصوصاً شهر کرج تردد می‌کنند که خود بخش عمده‌ای از آلودگی هوا را ایجاد می‌نمایند. این وضعیت تعادل منطقی میان جمعیت، فعالیت را در منطقه برهم زده‌است و به همین دلیل شبکه‌ای ناقص از سلسله‌مراتب فعالیتی شکل‌گرفته و سلسله‌مراتب شهری نیز به تبَع آن نامتناسب شده‌است به‌طوری‌که مشکل می‌توان یک سیاست هماهنگ جهت کنترل و هدایت توسعه کالبدی شهر اِعمال کرد.

طبق گزارش سالانه ایستگاه‌های بخش آلودگی هوای استان، آلودگی هوای شهر کرج عمدتاً به ذرات معلق هوا و منوکسید کربن مربوط می‌شود و در سال ۹۲ تعداد روزهای هشدار اضطرار و بحران به‌صورت ۱۰۳ روز ناسالم و ۲۳۸ روز سالم و تنها ۲٤ روز پاک بوده و میانگین شاخص آلایندگی مربوط به ذرات معلق به ۱۵۰ واحد رسیده‌است و سایر آلاینده‌ها نظیر CO، NOx، SO_2 شرایط افزایشی را نشان می‌دهد(شکل ۱ و ۲). بافت متراکم شهری در بسیاری از مناطق، ترافیک و تعدد عبور و مرور خودروها، ساختمان‌های نامنظم و بی‌قاعده و بالابودن میزان آلودگی هوا، کلان‌شهر کرج را به‌صورت یک جزیره گرمایی مسکونی کرده که خرداقلیم مربوط به‌خود را ساخته‌است. از بین رفتن رستنی‌ها و گیاهان و جایگزینی آن‌ها با مصالح (آسفالت، بتن، مواد تیره ساختمانی) در قسمت گسترده‌ای از بافت کرج باعث جذب گرما از طریق مواد تیره ساختمانی در طول روز می‌شود که تا ساعت‌ها پس از غروب آفتاب این گرما همچنان باقی می‌ماند.

شکل ۱. آلودگی هوا بر اساس پدیده وارونگی در فصول سرد درتاریخ ۹۲/۱۱ در نمای مرکزی شهر



شکل۲. میانگین مقایسه ای شاخص آلودگی هوای دو ساله کرج (۱۳۹۲-۱۳۹۱) بر اساس نتایج گزارش های ایستگاه های کنترل آلودگی

در طی شب، گرمای ذخیره شده در خیابان‌ها و ساختمان‌ها به آهستگی به هوا منعکس می‌شود که همین امر موجب کند شدن روند کاهش دما و خنک شدن هوا می‌شود. در فصل تابستان، در کنار فرایند جذب پرتو فرابنفش و انعکاس اشعه مادون قرمز در هر منطقه، سقف ساختمان‌ها، خیابان‌ها و سطوح تیره‌رنگ گرما را جذب نموده و آن را در هوا منتشر می‌کنند. با توجه به اینکه اغلب سقف‌ها در کرج ایزوگام هستند، گرمای گسیل‌شده از سوی خورشید را جذب کرده و در خود نگاه می‌دارند. این پدیده خود باعث افزایش دمای مناطق مسکونی از ۳ تا ۵ درجه سانتیگراد شده و به‌نام پدیده جزیره گرمایی شناخته می‌شود که باعث تشدید آلودگی در جَو از جمله گاز اُزُن و دی اکسید کربن و افزایش ترکیبات زیانبار گوگردی و دیگر آلاینده-های آسیب‌رسان در سطح زمین می‌گردد. سرانه فضای سبز کرج به‌دلیل رشد جمعیت و توسعه مناطق شهری و افزایش ساخت و سازهای مسکونی و تجاری روز به روز کاهش یافته و به حدود ۸ متر رسیده‌است، لذا با توجه به کمبود زمین و غلبه بر شرایط زیست‌محیطی مذکور و نیز به دلیل نزدیک‌شدن به سرانه جهانی[1] فضای سبز، اتخاذ سیاست‌های توسعه فضای سبز عمودی ضروری است و لازم است که بدان توجه کافی بشود.

۲. ۲۵متر

سوابق پژوهش

مطالعه جزایر حرارتی در گذشته با استفاده از اندازه گیری دما در ایستگاه‌های هواسنجی و اتومبیل‌های مخصوص ثبت دما انجام می‌شد(Streutker,2002,Weng et al,2006). از دهه۲۰۰۰ با ورود ماهواره‌های پایش زمینی و امکان مدلسازی اقلیمی، این تکنولوژی‌ها به‌طور گسترده‌ای جهت اندازه‌گیری دمای سطح زمین استفاده شده و داده‌های ارزشمندی برای تحلیل جزیره حرارتی فراهم کرده‌است. مطالعات (Galli et al,1998) در تگزاس و (Xloe et al,2000) سئول، نخستین پژوهش‌هایی بودند که در آن‌ها با استفاده از داده‌های دمایی چشم‌انداز حرارتی شهری مطالعه شد. مبنای این مطالعات، سنجش دما در یک محیط شهری گسترده بر اساس داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی بود. اما توزیع یکنواخت و تعداد اندک این ایستگاه‌ها سبب شد تا این داده‌ها آن‌طور که باید برای نمایش پراکندگی‌ها در سرتاسر یک منطقه مورداعتماد نباشند. در مطالعه‌ای (Streutker,2002) که با هدف دانستن ظرفیت‌های ذخیره حرارتی سطوح و تأثیرات آن بر روی دمای لایه هوای شهر در هوستون امریکا صورت پذیرفت، قدرت تفکیک مکانی تا ۱۶۰ متر افزایش یافت که فقط برای تهیه نقشه بزرگ مقیاس هر شهر مناسب بود. نگرش اصلی در این مطالعه بررسی محیط حرارتی شهری در ارتباط با ویژگی‌های پوشش سبزینگی سطح زمین بود. در مطالعه (Balling et al, 2010) بر روی سطوح شهری پِکَن، علل اصلی تغییرات محیط حرارتی شهر، تغییر سطوح طبیعی و جایگزین شدن آن با سطوح بتونی، سقف‌های آزبستی، خیابان‌های آسفالته و دیگر مواد غیرقابل نفوذ بیان شد و پس از مدلسازی محلی، بررسی و استفاده از سامانه بام سبز امری ضروری در نظر گرفته شده‌است.

لِوالیوس (Levallius,2005) با بررسی سطوح تشکیل دهنده محیط شهری در تعادل حرارتی شهرها، سطوح بام را رابط کلیدی در تبادل حجمی انرژی یافت و سامانه تعادل را در مدلسازی خرداقلیم محلی بام سبز به‌کار برد و باس نیز (Bass et al,2011) در این مدلسازی سه متغیر دمای پوسته بام ساختمان، درجه حرارت لایه مرزی زمین تا پوشش بام و مقاومت هوا بین تاج پوشش و سطح وضع موجود را لحاظ نمود.

در سالیان اخیر، ضرورت بررسی کلیات جزایر گرمایی شهری در کشور مورد توجه جدی پژوهشگران قرار گرفته‌است. آن‌ها (Ranjbar Saadat abadi,2005) اختلاف دمای نقاط منتخب را با انتخاب یک و یا چند ایستگاه اندازه‌گیری دما به‌عنوان نماینده نواحی توسعه‌یافته و کمتر توسعه‌یافته شهری (یا روستایی)، بررسی نموده و در مورد ساختار جزایر حرارتی ناحیه مطالعاتی خود اظهار نظر کرده اند. رمضانی (Ramezani et al,2011) جزیره حرارتی شهر رشت را با استفاده از آمار روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک مستقر در شهر و حومه شهر مطالعه کرد که نتایج حاصل از مقایسه داده‌ها نشان داد که در شرایط کمینه دمای بین و مرکز جزیره حرارتی و نواحی اطراف اختلاف دمایی معادل ۲ الی ۵/۵ درجه سانتیگراد دارند. در شرایط بیشینه دما این اختلاف بین ۳ تا ۵/٦ درجه سانتیگراد متغیر است. نتایج پژوهش‌های علیجانی (Alijani, 2006) در مورد دمای تهران نشانگر آن است که اقلیم تهران در طول این دوره زمانی مرتب در حال گرم‌ترشدن بوده‌است. وی نتیجه گرفته‌است که میانگین دمای تهران در طول این دوره افزایش داشته‌است و شب‌های تهران نسبت به سال‌های گذشته گرم‌تر شده‌است. در حالی که دماهای کمینه تهران افزایش معناداری داشته و تعداد و شمار و روزهای یخبندان در طول این دوره افزایش چشمگیری داشته است.

در پژوهش نگارندگان در سال۱۳۹۲، با استفاده از مدل‌های ریاضی و آماری جهت بررسی نحوه استقرار جمعیت و تغییرات در فاصله زمانی ده‌ساله، دو سر شماری ۱۳۷۵ و ۱۳۸۵ صورت گرفت و تأثیر آن بر عملکرد جزیره گرمایی نواحی شهری در محدوده جغرافیایی استان البرز بررسی شد. بین نوسانات آنتروپی جمعیت و شدت جزیره گرمایی در شهرها همبستگی مثبتی حاصل گشت. بدین صورت که شهرهایی که جمعیت بیشتری دارند، گرمای مصنوعی بیشتری نیز تولید می‌کنند و هرچه میزان اُفت دما در مناطق حومه و اطراف شهرها بیشتر شود، شدت جزیره گرمایی افزایش می‌یابد و حرارت کرج ۳ تا ۵ درجه بیشتر از حومه خود است و همچنین تغییرات جمعیت

از کلان‌شهر به شهرهای میانی در ارتباط با تغییر آستانه باد نیز روند کاهشی را نشان می‌دهد. در ادامه این پژوهش جزئیات طرح جامع اقلیم هوای کرج پیشنهاد شد.

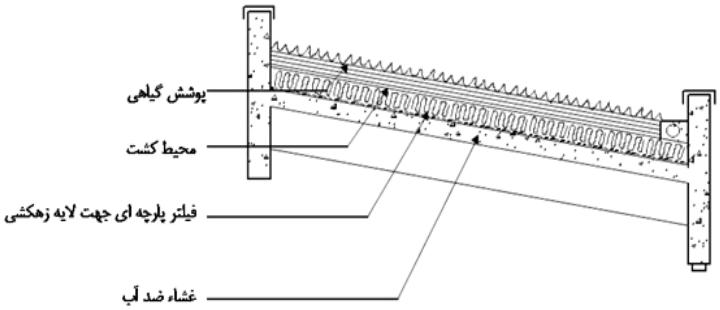
راهبرد بام سبز

بام سبز یا باغ‌بام شامل یک لایه گیاه است که روی پشت‌بام پرورش داده می‌شود. سقف سبز با ایجاد سایه و حذف گرما از طریق تبخیر-تعرق، دمای سطح بام را نسبت به هوای محیط کاهش می‌دهد. در روزهای داغ تابستانی، سطح معمولی پشت‌بام ممکن است در مقایسه با یک سقف سبز تا ۵۰ درجه سلسیوس گرم‌تر باشد(Bradley,2010:210).سقف‌های سبز را می‌توان بر روی بسیاری از ساختمان‌ها، از تأسیسات صنعتی گرفته تا منازل شخصی، به‌سادگی یک پوشش ۵ سانتیمتری یا به‌پیچیدگی یک پارک کامل اجرا کرد(شکل ۳). با اینکه هزینه اولیه سقف سبز بیشتر از موارد متعارف است، صاحبان ساختمان‌ها می‌توانند این هزینه را از طریق کاهش مصرف انرژی و طول عمر بیشتر آن‌ها در مقایسه با سقف‌های معمول جبران نمایند (Rostamkhani,2006:130) [۱].

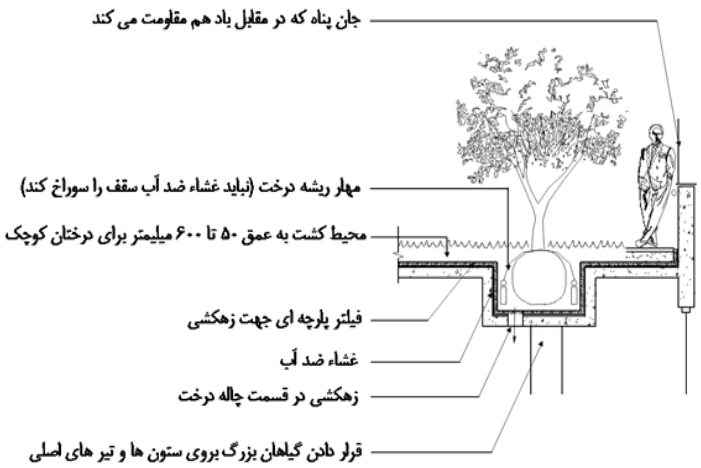
استفاده از این نوع سقف‌ها به‌خصوص در سازه‌هایی ایده‌آل است که نسبت سطح سقف به ارتفاع ساختمان زیاد باشد. زیرا سطح سقف در این نوع ساختمان‌ها منبع اصلی دریافت گرما از محیط بیرون است. بررسی تأثیر میزان بازتاب خورشید بر مصرف انرژی در شهرهای مختلف جهان نشان می‌دهد که با افزایش این ضریب از ۰/۲ به ۰/۶۵، میزان بار الکتریکی سرمایشی ۲۰ تا ۹۳٪ کاهش خواهدیافت (Clark,2008:158). در مطالعه موردی این پژوهش هزینه تخمینی اجرای سقف سبز حدود ۴۰٪ گران‌تر از سقف معمول برآورد شده‌است اما با لحاظ‌کردن مزیت‌های بلندمدت آن (نظیر مدیریت آب بارندگی و جذب اکسیدهای نیتروژن)، اجرای سقف سبز در حدود ۵۰٪ هزینه اولیه آن صرفه‌جویی در پی داشت که حدود دو سوم آن در اثر کاهش مصرف انرژی ساختمان خواهدبود(شکل ٤).

انواع بام های سبز

بام سبز به دو نوع متمرکز [۲] و گسترده [۳] (شکل ۳و٤) طبقه بندی میشود. بام های سبز گسترده به عنوان مکان های عمومی طراحی می‌شود و شامل بوته‌ها و چمن و شبیه محوطه-سازی در سطح زمین است . این بام‌ها دارای محیط کشتی با عمق ۱۰۰-٤۰ میلیمتر هستند (Berndtsson,2009:372). مورد طرح شده این پژوهش نیز از این سامانه بهره برده‌است(جدول ۱).



شکل ۳. جزئیات اجرایی سیستم گسترده



شکل ٤. جزئیات اجرایی سیستم متمرکز

۱. هزینه اجرای پوسته های بام سبز (که در حال حاضر در ایران به صورت بسیار محدود اجرا می شود) حدود ٦۰ تا ۷۰ هزار تومان بر متر مربع بر آورد می گردد.

2. Intensive (بنام سیستم مدولار یا جعبه گیاه نیز شناخته می شود)

3. Extensive

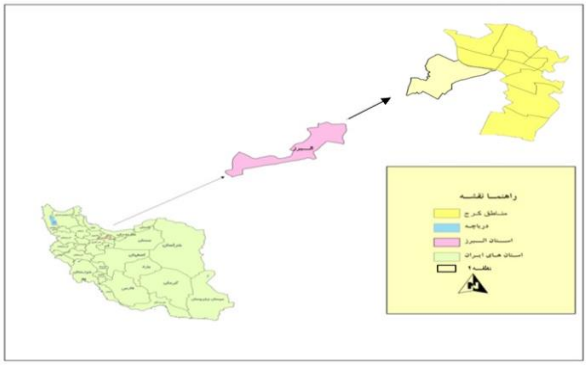
فارغ از دسته بندی‌های تجاری اجزاء باغ بام را به ۵ دسته کلی لایه پوشش گیاهی و محیط کشت و لایه زهکش و لایه محافظت و ساختار سقف می‌توان تقسیم‌بندی کرد.

جدول ۱. ویژگی‌های دو سامانه بام سبز با تأکید بر تأثیر گیاهان

بام سبز		
نوع	**سیستم گسترده**	**سیستم متمرکز**
ویژگی	–این سیستم به نام مقطع کم‌ارتفاع یا اجرا با ضخامت کم نیز شناخته می‌شود و معمولاً از گیاهانی با عمق ریشه 40 تا 100 میلیمتر استفاده می‌شوند. –این نوع بام سبز فقط شامل یک یا دو نوع گیاه و محیط کاشت کم عمق است. – این نوع بام ، بر روی بام‌های مسطح و شیب دار احداث می‌شود. –در مورد بام‌های شیب دار در اغلب مکان‌ها 10 تا 20 % شیب توصیه می‌شود. – به‌عنوان سیستم‌های خودنگهدار در نظر گرفته‌شده و به حداقل تأسیسات نگهداری، یکبار در سال هَرس یا کوددهی برای افزایش رشد گیاهان، نیاز دارند. – محیط کاشت لایه‌ای پیوسته بر روی بام سبز است.	– بام‌های سیستم متمرکز نیازمند مقطع عمیق و بیشتر از ۱۰۰ میلیمتر تا ۵۰۰ میلیمتر از خاک برای رشد گیاهان حجیم و آب‌نما و چمن معمولی هستند. – این نوع از بام سبز شامل انواع مختلفی از گیاهان است و مشابه یک پارک طراحی می‌شود. – محیط کاشت یک لایه ناپیوسته بر روی بام سبز است. – برروی سقف‌های کمتر از ۳ درصد شیب اجرا می‌شود. – در این سیستم گیاهان در جعبه‌های مخصوصی که تمام یا قسمت اعظم بام سبز را می‌پوشاند،کشت و نگهداری م شوند. – امکان کاشت متنوع گیاه در این بام‌ها وجود دارد. – این بام‌ها به تقویت اساسی سازه، آبیاری، کوددهی و سایر مراقبت‌های مداوم دارند.

بررسی نمونه موردی: طرح کرج

در حال حاضر یکی از مهم‌ترین پروژه‌های اجرای بام سبز در ایران در جنوب شرقی منطقه ۱۲ کرج در حال طراحی و اجرا است. این طرح براساس رقابت بین ۳۰ شرکت مهندسین مشاور برای طراحی و اجرای ٦۰۰۰ واحد مسکونی در سایتی با مساحت هفتادوپنج‌هزار مترمربع در نظر گرفته شده‌است(شکل ۵ و ٦). در بررسی مقایسه‌ای چهار نوع مختلف از جنس بام آزبست، شیروانی، ایزوگام و بام‌های سبز با استفاده از مفاهیم تعادل انرژی مزیت‌های استفاده از بام سبز و نقش آن در کاهش جزایر حرارتی در مقایسه با دیگر بام‌ها بیشتر آشکار می شود.



شکل۵. جانمایی منطقه ۱۲

شکل ٦. جانمایی ناحیه مطالعاتی

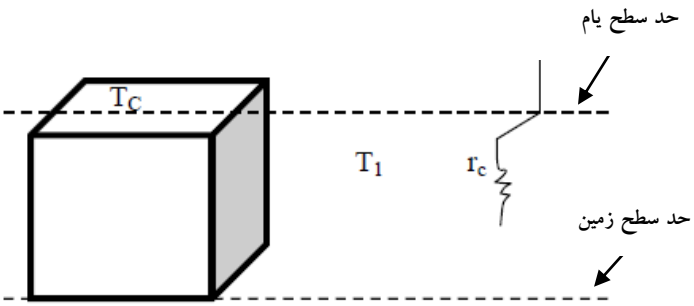
معادله تعادل انرژی در سطح شهر به‌شرح زیر قابل تفسیراست (Levallius:2005:93):

$$Q^* + QF = QH + QE + \Delta QS + \Delta QA \qquad (1)$$

که درآن Q^* مجموع تمام تابش موج، QF انتشار گرمای انسانی، QH و QE به‌ترتیب، شار حرارت محسوس و نهان ، ΔQS شار ذخیره‌سازی خالص،ΔQA فرارفت گرما خالص افقی است، ΔQS در ارتباط با گرمای محیط شهری است و نیمی از

حرارت خالص را در طول روز در کاربری‌های شهری برآورد می‌کند(شکل ۷).

طبق پژوهش‌های صورت‌گرفته اخیر جهت کاربرد سامانه تعادل(معادله۱) در سطح بام، دخیل کردن سه متغیر Tc (دمای پوسته بام ساختمان)، T1(درجه حرارت لایه مرزی زمین تا پوشش بام)، rc (مقاومت هوا بین تاج پوشش و سطح وضع موجود) ضروری است (Bass et al,2011:32).



شکل ۷ . شبیه‌سازی تکمیلی بر اساس مدل تعادل

لذا معادله۲ برای استفاده از مدل تعادل انرژی در سطح پشت‌بام مورد نظر قرار می‌گیرد، معنی ضمیمه c برای نشان دادن سطح ساختمان است.

$$QS^* + QFC = \Delta QSC + QHC \qquad (2)$$

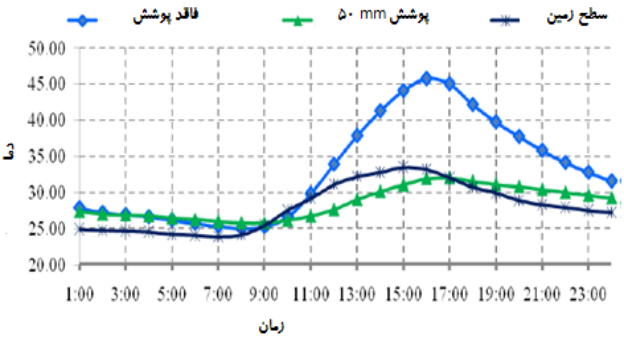
در این مطالعه ΔQSC به کمک نرم‌افزار DEROB بررسی شده‌است. این ابزار طراحی برای بررسی رفتار دینامیکی پیچیده ساختمان در سازه‌های مختلف در قالب درجه حرارت، بارهای گرمایشی و خنک‌کننده و شاخص‌های مختلف آسایش‌های مختلف بیان می‌شود (Luckett,2009:38).

QS* براساس داده‌های آب و هوایی در نظر گرفته می‌شود. شار حرارت محسوس مرتبط با دمای لایه هوای مرزی با استفاده از معادله ۳ و محاسبه Qs* و Δ QSC محاسبه شده‌است.

$$QHC = \rho Cp \frac{(Tc - T1)}{rc} \qquad (۳)$$

در این معادله ارزش های TC از طریق شبیه‌سازی نرم‌افزار به‌دست می‌آید. rc مقاومت در برابر هوا است. r چگالی هوا، Cp ظرفیت گرمایی ویژه از هوای خشک و T1 دمای لایه های هوای تاج پوشش هستند.

در این طرح پوشش مناسب خاک بام بر حسب عملکرد حرارتی و ویژگی‌های رشد ۵۰ میلیمتر است. برای اندازه‌گیری تغییرات حرارتی دمای سطح بام در حالت وجود و عدم وجود پوشش گیاه و خاک در یک شبانه‌روز در نظر گرفته شده‌است(نمودار ۱).

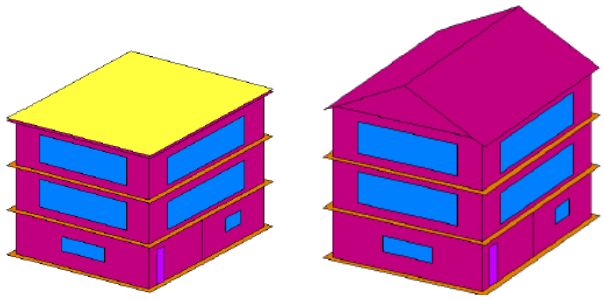


نمودار۱. سنجش تغییرات حراراتی در وضع موجود

در مقایسه با دال(سقف) محافظت‌نشده، عملکرد حرارتی می‌تواند به‌شدت با رشد گیاه در طول دال بهبود یابد. بدین صورت ترکیب وا کنش‌های انجام شده در خاک روی بام شامل تجزیه و انتشار و همچنین واکنش‌های فتوسنتز و تعریق و تعرق گیاهان باعث کاهش میزان انرژی آفتاب جذب شده توسط لایه بام می‌شود و در نتیجه دمای فضای زیر سطح بام در تابستان کاهش پیدا می‌کند. در زمستان نیز گیاهان پیوسته مقداری هوا لابه‌لای ریشه‌های خود نگه می‌دارند که به صورت یک لایه عایق حرارتی عمل می‌کند. البته کارایی لایه عایق حرارتی در بام‌های سبز به میزان رطوبتی وابسته است که خود نگه می‌دارند. منطقه‌ای به مساحت km2۰/۵ برای آزمایش در ناحیه پُرتراکم مجاور(شرق) منطقه شبیه‌سازی و بررسی شده‌است. در این ناحیه بر اساس مشاهده میدانی سه نوع بام آزبست، شیروانی، بام‌های ایزوگام در منطقه مشخص گردید و تمام سقف‌های منطقه انتخاب‌شده اندازه گیری شدند(شکل ۸).

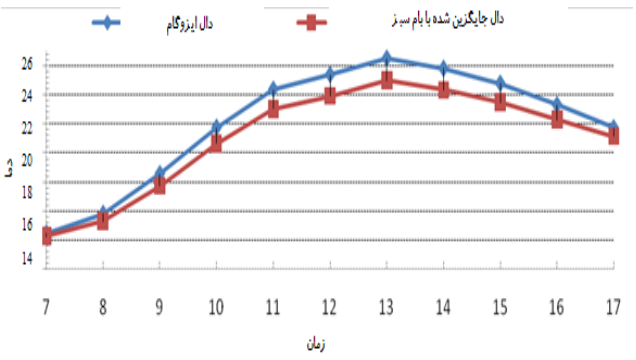
شکل۸. نواحی شرکت داده‌شده در ارزیابی

مقادیر دمای شبیه‌سازی از مدل نرم‌افزار برای هر ساعت از ۷ صبح تا ۵ بعدازظهر فراهم شد و برای به‌دست آوردن درجه حرارت سطح شبیه‌سازی‌شده از مجموعه‌ای از متوسط ابعاد هر نوع سقف استفاده شده، درجه حرارت به‌دست‌آمده از انرژی ذخیره شده در هر یک از انواع سقف موجود به‌طور جداگانه محاسبه شده و همچنین برای محاسبه کل انرژی ذخیره‌شده توسط دال‌ها در منطقه، انرژی ذخیره‌شده در هر یک سقف، در مساحت سقف ضرب و اضافه شده‌است (شکل ۹). با توجه به داده‌های واقعی درجه حرارت به‌دست‌آمده از بخش اندازه-گیری هواشناسی، شار تابش‌شده توسط خورشید با استفاده از اطلاعات آب و هوایی برای هر ساعت فراهم شده و جهت محاسبه کل شار تابشی منطقه در کل نمونه‌ها ضرب شده‌است.



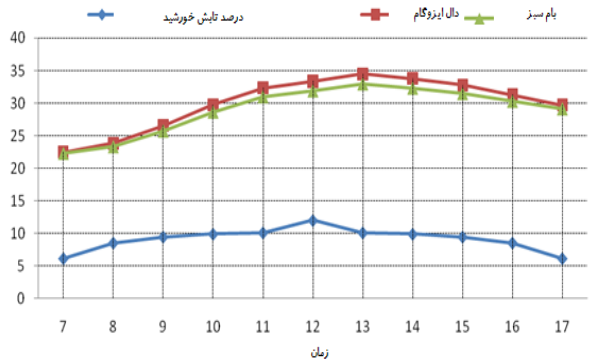
شکل ۹. نمونه‌ای از حالت شبیه‌سازی‌شده در حالت بام ایزوگام و شیروانی

در نمودار۲ نوسانات درجه حرارت لایه مرزی تحت شرایط غالب سقف ایزوگام در مقایسه با حالتی که همه دال‌ها با سقف‌های سبز جایگزین شده‌اند در یک هوای معمول منطقه (نیمه دوم فرودین) نشان داده شده‌است. مدت زمان در نظر گرفته‌شده از ۷:۰۰ صبح تا ۵ عصر بوده‌است چرا که خالص تابش دریافتی تنها در این دوره مثبت است(نمودار ۲).



نمودار۲. نوسان حرارت نسبت به زمان در وضعیت تعریف‌شده

هنگامی که دال‌های تخت توسط سقف‌های سبز جایگزین شده‌اند، درجه حرارت لایه مرزی در حدود ۱,۵ °C از شرایط معمول کاسته می‌شود. این کاهش درجه حرارت را می‌توان در طول مدت زمان در نظر گرفته‌شده ملاحظه نمود.



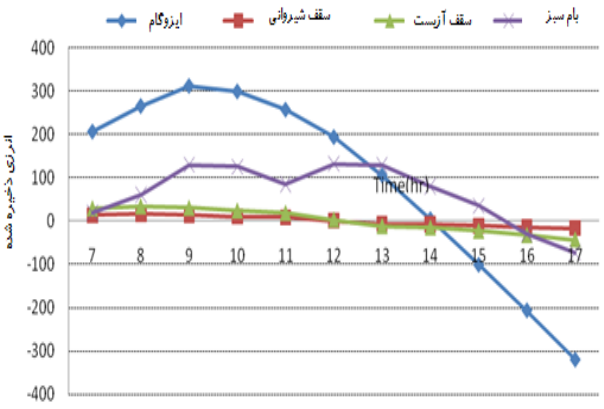
نمودار۳. مقایسه نوسانات حرارت در وضعیت تعریف‌شده با تأکید بر درصد تابش خورشید

همان‌طور که ملاحظه می‌شود بام سبز تابش اشعه‌های نور خورشید را مدیریت می‌کند و به طور غیر مستقیم در خنک‌سازی و کاهش انتقال حرارت نقش دارد . با توجه به اینکه انتقال حرارت همواره از بدنه‌ها و فضاهای با دماهای بیشتر به فضاهای با دمای کمتر صورت می-گیرد، انتقال حرارت در بام‌های ایزوگام در زمستان از داخل به خارج و در تابستان از خارج به داخل صورت می-گیرد، اما بام‌های سبز از طریق کاهش نوسانات گرمایی بر روی سطح خارجی بام و از طریق افزایش ظرفیت گرمایی لایه‌های سقف به خنک‌سازی فضای زیر بام در طی تابستان و گرم‌ماندن آن در زمستان کمک می‌کنند.

پوشش گیاهی مانع یخزدگی محیط کاشت در زمستان می‌شود و با کاهش اثر سرمای بادهای غربی زمستانی حاکم بر منطقه و تنظیم خرداقلیم بالای بام به افزایش میزان حفظ گرما کمک می‌کنند .

با توجه به اینکه تغییرات دمای هوای لایه مرزی با میزان تابش خورشیدی متغیر است(نمودار۳). حداکثر شار خورشیدی در ساعت ۱۲:۰۰ظهر رخ می‌دهد و حداکثر دمای هوا نیز در ساعت ۱:۰۰بعدازظهر جابه‌جا می‌شود. این امر به‌وضوح

مشخص می‌کند که حداکثر دمای هوا در لایه مرزی فقط یک ساعت بعد از حداکثر تابش خورشیدی رخ می‌دهد.



نمودار٤. حجم انرژی حرارتی ذخیره‌شده در تنوع بام‌ها بر اساس زمان

درجه حرارت هوای لایه مرزی به‌غیر از مقدار تابش خورشید، با قابلیت ذخیره انرژی سقف‌ها نیز تغییر می‌کند. مقایسه توانمندی هر سقف برای ذخیره حرارت به‌وضوح نشان می‌دهد که دال با روکش ایزوگام پس از ساعت ۲بعدازظهر انرژی را به هوا منتشر می‌کنند و این باعث افزایش دمای محسوس در هوا و بالا رفتن درجه حرارت می‌شود. اما در پشت‌بام سبز، حرارت پس از ساعت ٤بعدازظهر منتشر می‌شود که آن هم به‌ندرت صورت می‌گیرد. با توجه به نتایج ذکرشده، ثابت می‌شود که در سقف‌های سبز گرمای جذب‌شده با تبخیر آب گیاهان به‌سرعت جایگزین می‌شود و گیاهان از طریق برگ‌ها آب خود را از دست می‌دهند که این موضوع منجر به خنک‌شدن هوا می‌گردد. در نتیجه بام سبز با کاهش نوسانات حرارتی و اثر جزیره گرمایی، در اوقات روز درجه حرارت محلی را کاهش می‌دهد(نمودار ٤).

گیاهان با جذب دی‌اکسیدکربن ورودی به اتمسفر ناشی از احتراق مواد سوختی به‌وسیله شاخه و برگ و به‌خصوص ریشه، کمک مؤثری به کاهش آلودگی هوا می‌کنند. در این پژوهش با توجه به سرانه آلودگی بالای کرج (شکل ۲) کاشت درختان با برگ پهن، زبر و خشن بر کاشت درختان با برگ سوزنی ترجیح داده شده‌است زیرا بدین ترتیب حجم بیشتری از کربن هوای آلوده، جذب می‌شود.

علاوه بر تغییر انتخاب گونه گیاه، تغییر عمق بستر، تعدیل دی‌اکسیدکربن را فراهم می‌آورد. (Ghalati et al,2011:39). در این مطالعه افزایش عمق بستر به بالای ۵۰ میلیمتر برای امکان‌سنجی رشد گیاهان دائمی بزرگتر دیده شده‌است.

شکل ۱۰. وکسل نمای جنوب‌شرقی طرح

(شکل ۱۰) نمای جنوب شرقی طرح مورد بحث را نشان می دهد.

در طراحی مجتمع مسکونی پژوهش، اجرای بام سبز گسترده با تأکید بر توزیع یکسان فضای سبز در جهت کاهش اثر پدیده جزیره گرمایی و ایجاد میکرواقلیم محلی مدنظر قرار داده شده‌است.

چالش‌ها و راهبردهای شروع این پروژه عظیم و امکان‌سنجی تداوم آن در آینده در مدل Swot پیش روی آورده شده‌است(جدول ۲).

جدول ۲. ماتریس Swot چالش ها و راهبردهای برآورد شده از طرح بام سبز کرج

ساختار	قوت ها	ضعف ها	فرصت ها	تهدید ها
میکروکلیماتیک	– کاهش انعکاس صدا تا 3 دسی‌بل و افزایش عایق صوتی سقف تا 8 دسی‌بل با گسترده کردن پشت‌بام سبز. – جذب دی‌اکسیدکربن هوا و کاهش آلودگی هوا از طریق گیاهان. – برآورد کاهش تأثیر جزیره‌های حرارتی شهر و خنک شدن هوا تا ۷ درجه سانتیگراد. – افزایش جذب نور خورشید و فتوسنتز گیاهان. –کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه دی‌اکسیدکربن.	- عدم موفقیت در عملکرد پهنه‌های بادی بام‌های سبز در شرایط آب و هوای جنب حاره‌ای یا حاره‌ای. – عدم استفاده از گیاهان حساس به نور به‌علت وجود نور شدید و طولانی‌مدت.	- امکان پرورش میوه، سبزی و گل. – استفاده به‌عنوان فضای تفریح، و استراحت. – بهبود مناظر اطراف ساختمان با فراهم کردن یک فضای سبز زیبا. – جذب ۷۵ درصدی آب‌های سطحی به‌هنگام بارندگی و کنترل رواناب. – کاربرد انواع انرژی‌های نو و پاک نظیر انرژی خورشید، باد، آب و زمین گرمایی.	- مقاوم بودن باغ‌بام‌های طرح باید نسبت به خشکسالی و نیاز به مراقبت گهگاه. و قابلیت تطبیق و بازیابی خود با تغییر شرایط خاک. – عدم استفاده از گیاهانی که ریشه عمودی بلند دارند به‌منظور جلوگیری از نفوذ در بستر.
اقتصادی	- جلوگیری از صدمات ناشی از اشعه ماورای بنفش و صدمات شیمیایی و عمل کردن به‌عنوان عایق در برابر امواج گرما – افزایش طول عُمر عایق رطوبتی تا دو برابر باعث صرفه‌جویی در هزینه‌ها – کاربردهای تجاری، سازمانی و مسکونی بالا. – افزایش ارزش ملک.	-	- کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های ده طبقه تا ۱۰ درصد و در ساختمان‌های سه طبقه از ۲۰ تا ۳۰ درصد در مصرف برق. – بهره‌برداری و ایجاد فضای بیشتر کاربردی در ساختمان در قسمت‌هایی از بام مورد استفاده بیشتر در ساختمان بالا – سرعت بالای اجرا و هزینه پایین نسبت به سایر عملیات‌های ساختمانی مشابه.	-
اجرایی	- تبدیل یک سقف خشک و زشت به یک دارایی مناسب. – کاهش بار گرمایش با افزودن توده و لایه عایق حرارتی و سرمایش بنا از طریق سرمایش تبخیری.	– مناسب نبودن سطوح هموار بدون شیب برای بام‌های سبز – توجه به بارندگی پاییزه منطقه، سطوح صاف و زهکشی ضعیف تا به بام ضرر وارد نکند و ریشه گیاهان خفه نشوند.	- محافظت از تشعشعات اشعه فرابنفش و افزایش عمر سقف تا حداقل دو برابر و اکثر اوقات تا سه برابر – کاهش دمای سقف از ۶۰ درجه سانتیگراد به ۲۵ درجه . – طراحی سیستم سقف‌های سبز به‌دلیل عدم نیاز به آبیاری و مراقبت زیاد به‌طوری‌که لایه زیرین آن به‌عنوان عایق زهکش و مانع نفوذ ریشه گیاهان به بام عمل کند.	- عدم احداث بام سبز طرح در شیب بالای ۳۰ درجه به‌دلیل مسئله زهکشی و اُفت مواد.

بحث و نتیجه‌گیری

مساحت فضای سبز منطقه ۱۲ کرج بیش از ۱۶/۵ هکتار است که نسبت به جمعیت ۲۸۰ هزار نفری آن، کمتر از استانداردهای تعیین‌شده است. با آنکه در سال-های اخیر تلاش‌های بسیاری انجام شده تا سرانه حدوداً ٦ مترمربعی فضای سبز منطقه افزایش یابد، اما ارقام نشان می‌دهد که این عدد فقط یک درصد افزایش یافته‌است (Taleshi et al,2012:59).

عمده‌ترین دلیل مشکل توسعه فضای سبز در این منطقه کمبود زمین است که در این صورت، توسعه عمودی فضای سبز به‌عنوان راهکاری جایگزین مناسب به‌نظر می‌رسد. نتایج حاصل شده از مقایسه درجه حرارت در سطوح بام‌ها ثابت می‌کند که درجه حرارت هوای لایه مرزی را می‌توان تا ۱/۵ °C کاهش داد و زمانی این اتفاق می‌افتد که همه دال‌های تخت با سقف‌های سبز جایگزین شوند. این تفاوت می‌تواند در تمام طول روز تداوم یابد و بدین‌ترتیب منجر به کاهش دی‌اکسیدکربن، کاهش دما و در نتیجه تعدیل جزیره حرارتی محلی شود.

از نگاهی دیگر حجم انرژی حرارتی ذخیره‌شده و رهاشده بر مبنای زمان، نشان می‌دهد که سقف ایزوگام که جنس اکثریت پشت‌بام‌های منطقه را تشکیل می‌دهد، مقدار حرارت شدیدتری را به‌موازات افزایش شار تابش ذخیره می‌کند و بعد از زمان ماکزیمم تابش با سرعت بیشتری نیز حرارت خود را از دست می‌دهد. اما بام سبز در طول زمان بیشینه و کمینه تابش خورشید حرارت را با شیب‌های ملایم در خود مدیریت و به‌تدریج آزاد می‌کند. این خاصیت در زمستان نیز با وجود پوشش گیاهی که مانع یخزدگی محیط کاشت می‌شود برقرار می‌ماند. سقف‌های ازبست و کاشی نیز وضعیتی نزدیک به هم و خنثی در نوسانات جذب و دفع حرارت دارند. به‌طور کلی گیاهان موجود در بام‌های سبز، با رهاسازی رطوبت موجود در اندام‌های خود باعث خنک‌شدن هوا و تعدیل جزیره حرارتی می‌شوند.

با توجه به حفظ رطوبت درون پوشش گیاهی زنده و نقش تعدیلی در دمای سطح بام، به‌نظر می‌رسد رعایت آبیاری منظم قطر ای می‌تواند از نوسانات دمایی جلوگیری و موجب خنک شدن ساختمان در تابستان و گرم نگه‌داشتن نسبی آن در زمستان شود.

برآورد افق آینده طرح در مورد نقش عامل سایه در تبخیر-تعرق دمای سطحی بام سبز حاکی از آن است که سطوح سایه‌دار در آینده می‌توانند ٤ تا ٦ درجه سلسیوس سردتر از ماکزیمم دمای سطوح بدون سایه باشند و تبخیر-تعرق همراه با سایه می‌توانند ماکزیمم دمای تابستانی را ۱ تا ۵ درجه سلسیوس کاهش دهد.

هر چند هزینه تمام‌شده اجرای بام سبز تقریباً هم‌اندازه عایق‌های معمولی نظیر ایزوگام است، اما نقش آن در تعدیل جزایر حرارتی و کاهش مصرف انرژی سرمایشی در طول فصل گرما بسیار چشمگیر است.

با توجه به اثرات تعدیلی بام سبز در خرداقلیم محلی، احداث بام سبز به‌صورت یک دستورالعمل اجرایی در ساختمان‌سازی مَدّ نظر مدیران شهری جهان قرار گرفته‌است. لذا با توجه به تأثیرات مثبت بام سبز و به‌منظور تعدیل اثر جزیره حرارتی در کرج موارد زیر جهت تسریع کاربرد این سامانه پیشنهاد می‌شود:

۱. تهیه و اجرای طرح جامع اقلیم کرج؛
۲. تدوین مقررات و ضوابط به‌منظور بهره‌گیری از سامانه بام سبز در ساختمان‌سازی؛
۳. فرهنگ‌سازی در جهت کاهش گازهای گلخانه‌ای و استفاده عموم از بام سبز با استفاده از ابزارهای تشویقی.

References

1. Afshar, M.(2009), Evaluation of Urban Heat Island City of Tehran, Sepehr Journal,spring, Volume 18, Issue 71, pp. 56-62.
2. Alijani, B. (2006), Study of Geographic Factors on Air Pollution in Tehran, Geographical Research journal, Volume 38, Issue 58, pp. 99-112.
3. Balling Wu, Haoa, b, Ye, Boazell.(2010), Assessing the Effects of Land Use Spatial Structure on Urban Heat Islands Using HJ-1B Remote Sensing Imagery, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation,Vol.26,Issue 3,pp. 175-170.
4. Bass, B. Baskaran, B.(۲۰۱۱), Evaluating Rooftop and Vertical Gardens as an Adaptation Strategy for Urban Areas, Canada: National Research Publications.
5. Berndtsson, J.C, Bengtsson, L & Jinno, K.(2009), Runoff Water Quality from Intensive and Extensive Vegetated Roofs.Journal of ecological engineering, Volume 35, Issue 2 pp.369-380. Available from: www.sciencedirect.com.
6. Bradley Rowe, D. (2010), Green roofs as a Means of Pollution Abatement. Journal of Environmental Pollution, Volume 159, Issue 4: 210-211. Available from: www.sciencedirect.com.
7. Clark, (2008), Greenroof Valuation: a Probabilistic Economic Analysis of Environmental Benefits, journal of Environmental Science and Technology, Volume 42, Issue 2 pp. 155 –161.
8. Emilsson, et al.(2007), Effect of Using Conventional and Controlled Release Fertilizer on Nutrient Runoff from Various Vegetated Roof Systems, Journal of Ecological Engineering, Volume 29, Issue 1, pp.260 - 271.
9. Galli, J. A, Jimenez-Munoz, J. C, El-Kharraz, J, Gomez, M, Romaguera, M, Soria, G.(1998), Single-Channel and Two-channel Methods for Land Surface Temperature Retrieval from DAIS Data and Its Application to the Barrax site.Int. J. Remote Sensing, 1998, Vol. 25, Issue 1, pp. 215–230.
10. Ghalati, A., Ansari, M., Nazi, S. (2011),Greenroof System Development Based on Sustainable Development in Iran, Identity of city Journal, Volume 4, Issue 6, pp. 38-42.
11. Khosravi,M, Ghobadi, A.(2013), A Comparable Analysis of Population's Influence on Spatial Organization with Emphasis on Urban Heat Island Function, Case Study: States of Tehran and Alborz, First National Conference on Climatology, oral speech pp. 4-8.
12. Levallius, J.(2005), Greenroofs on Municipal Buildings in Lund – Modeling Potential Environmental Benefits, Geobiosphere Science Centre, Sweden: Lund University Publication.
13. Luckett, K.(2009), Green roof construction and maintenance. New York: McGraw-Hill Publications.
14. Masson, V.(2006), Urban Surface Modeling and the Meso-scale Impact of Cities.Theoretical and Applied Climatology, Volume 84, Issue 1 pp. 35–45.
15. Morikawa, H.(1998), More than a 600-fold Variation in Nitrogen Dioxide Assimilation Among 217 Plant taxa. Journal of Plant Cell and Environment, Volume 21, Issue 2. pp.180-190.
16. Motloch, John.(2001), Introduction to Landscape Design, Canada: john wiley & sons Publications, pp.241-243.
17. Oke, TR. (1987), Boundary Layer Climates, 2nd edn. London: Methuen press.
18. Ranjbar Saadat abadi,A .(2005), A Case Study of Tehran Heat Island and Its Numerical Simulation, Earth and Space Physics Journal, Volume 1, Issue 31, pp. 63-78.
19. Rahshahr Consulting Engineers.(2004), Set of Environmental Conditions, Tehran: city publications.
20. Ramezani,b, Mohammadi, m.(2011), The Recognition of Urban Heat Island in Rasht City,journal of physical geography, volum 3, issue 10, pp. 111-125.
21. Rezaie rad, H.(2011), Assessment Policy of Tall Building in the Detailed Plan with Emphasis on Spatial -Functional Organization of Tehran. M.Sc. thesis of urban planinng, Faculty of humanities sciences, Tarbiat Moallem University.
22. Rose, A.L, Devadas,D.(2009), Analysis of Land Surface Temperature and Land Use/Land Cover Ttypes Using Remote Sensing Imagary a case inchennal city, india, The seventh International Conference on Urban Climate, Yokohama, Japan.
23. Rostamkhani, p.(2006), Landscape design principles in Residential environment, Building and housing, Tehran: research center Publications, pp. 125-132.
24. Statistics Center of Iran. (2011), Population Census and the Public Housing of 1996 &2006 of Alborz State.
25. Streutker, D. R. (2002), Satellite-measured Growth of the Urban Heat Island of Houston, Texas, Remote Sensing of Environment, Vol, 85, pp, 282–289.
26. Taleshi, M. Ghobadi, A.(2012), Urban Land Use Sustainability Assessment Through Evaluation of Compatibility Matrix, Case Study: Karaj city, Journal of Sustainable Development, Volume 3, Issue 2, pp. 58-60.
27. Tavalaee, S. (1994), City and Its Environmental Consequences, Summer,Geographical Research Journal, Volume 5, Issue 33, pp. 102-103.
28. Weng, Q, Lu, B, Liang.(2006), Urban Surface Biophysical Descriptors and Land Surface Temperature Variations, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol, 72, No, 11, pp, 126-127.
29. Xloe, H. F, Ding, X, Wen. (2000), Urban Expansion and Heat Island Dynamics in the Quanzhou Region, China, IEEE journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing Vol, 1, No, 3, pp, 74- 79.