

## تأثیر دیوارهای سبز شهری بر کاهش دمای خرداقلیم‌ها و اثر جزیره گرمایی شهری

مریم آزموده<sup>\*۱</sup>

[m.azmudeh@gmail.com](mailto:m.azmudeh@gmail.com)

شاهین حیدری<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۰۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۲۳

### چکیده

**زمینه و هدف:** روند سریع توسعه شهرها بسیاری از فضاهای سبز را از بین برده و موجب بروز مشکلاتی از جمله جزیره گرمایی شهری شده است. برای بازگشت طبیعت به فضای شهری و برقراری دوباره چرخه متعادلی از پارامترهای اقلیمی، سطوح سبز می‌توانند نقش موثری را ایفا کنند. سطوح سبز با استفاده از اثر سایه اندازی، تبخیر و خنک‌کنندگی گیاهان، می‌توانند موجب تعدیل شرایط دمایی شوند. **روش بررسی:** مطالعه میدانی روش اصلی این پژوهش است که در آن از دستگاه دیتا لوگر استفاده شد که به صورت اتوماتیک اطلاعات مربوط به دمای هوا و رطوبت نسبی را ضبط می‌کرد. روش بررسی بدین ترتیب بود که در آن دو دیوار سبز شهری انتخاب شده و فواصل مشخصی از آن (به ترتیب فواصل ۰، ۰/۵، ۱، ۲ متر) توسط دستگاه مذکور اندازه‌گیری شد.

**یافته‌ها:** طبق اندازه‌گیری‌های به دست آمده جداره‌های سبز مورد بررسی در فصل گرم دمای فضای اطراف خود را به اندازه ۰/۶۳ و ۱ درجه کاهش می‌دهند. در فصل سرد نیز دما به ترتیب میزان ۲/۴۳ و ۱/۷۶ درجه در نقاط چسبیده به دیوار بالاتر است.

**بحث و نتیجه‌گیری:** نتایج حاصل از این بررسی‌ها نشان داد که در فصول گرم، دمای اطراف دیوارهای سبز تا ۱ درجه سانتیگراد خنک‌تر و در فصول سرد تا ۳ درجه گرم‌تر است بنابراین فضاهایی با گیاه‌کاری‌های عمودی شرایط مناسبی را با کاهش دما در فصل گرم و افزایش دما در فصل سرد به وجود می‌آورند که می‌تواند محیط مطلوب‌تری را برای انسان‌ها در مقیاس خرد اطراف خود ایجاد نماید.

**واژه‌های کلیدی:** دیوار سبز، دمای شهر، جزیره گرمایی، دیتالوگر.

\*۱- (مسوول مکاتبات): استادیار گروه معماری، دانشگاه رجا، قزوین، ایران.

۲- دانشیار گروه معماری، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

## **Effect of Urban Green Walls on Reduction of Temperature in Microclimates and Urban Heat Island**

**Maryam Azmoodeh** <sup>1\*</sup>

[m.azmudeh@gmail.com](mailto:m.azmudeh@gmail.com)

**Shahin Heidari** <sup>2</sup>

### **Abstract**

**Background and Objective:** The speedy process of urbanization is destroying urban green spaces and causing a lot of problems including urban heat island. To restore back the nature into the urban landscape and to set up a balanced cycle among the climate factors, green surfaces can be the key element to this transformation. For this purpose, vegetation can be very helpful through its cooling effect, evapotranspiration and shading.

**Method:** The main method used in this research is field study, in which, by a data logger, air temperature and relative humidity were recorded in certain points with definite distances from two green walls.

**Findings:** According to the measurements, green surfaces reduce the temperature of their surrounding area by 0.63 to 1.0 °C during warm seasons. Furthermore, during cold seasons, temperature of the areas where are covered with vegetation is higher by 2.43 to 1.76 °C.

**Conclusion:** The obtained results indicate that during warm seasons, temperature of green-wall surrounding area is cooler up to 1.0 °C and during cold seasons it is warmer up to 3.0 °C. Therefore, building vertical green structures creates an appropriate environment by reducing the temperature during warm seasons and increasing the temperature during cold seasons, and makes a proper microclimate at their surrounding area.

**Keywords:** Green walls, Temperature of city, Urban heat island, Data logger.

---

1- Assistant Professor, Architecture Faculty, Raja University, Qazvin, Iran. \* (Corresponding Author)

2- Associate Professor, Architecture Faculty, University of Tehran, Tehran, Iran.

## مقدمه

در عصر حاضر، شهرنشینی رونق زیادی پیدا کرده و همین امر سبب گردیده است تا کره زمین تحت تأثیر مسائل مختلف قرار گرفته، وضعیت طبیعی خود را تا حد زیادی از دست بدهد که یکی از پیامدهای آن افزایش دماست. با گسترش شهر و شهرسازی بعد از دهه ۱۹۳۰ به ویژه پس از جنگ جهانی دوم تغییرات آب و هوایی محلی در شهرنشینی ظاهر گردید (۱). با رشد مراکز شهری اکوسیستم‌های موجود در آن‌ها دچار تغییر و دگرگونی شده‌است. توسعه شهرنشینی و فعالیت‌های صنعتی در شهرهای بزرگ منجر به تغییرات وسیعی در مشخصات فیزیکی سطح زمین، انرژی گرمایی آزاد شده، آلودگی هوا، تغییرات دما و سایر پارامترهای هواشناختی شده و جزیره گرمایی شهری را ایجاد می‌کند (۲).

در طی فصل تابستان، در کنار فرآیند جذب پرتو فرابنفش و گسیل فروسرخ، در هر منطقه، سقف ساختمان‌ها، خیابان‌ها و سطوح تیره رنگ، گرما را دریافت و آن را به هوا گسیل می‌کنند. این پدیده باعث افزایش دمای مناطق مسکونی از ۲ تا ۱۵ درجه سانتیگراد شده و به نام پدیده جزیره گرمایی شناخته می‌شود. از آنجایی که انسان مشخصات طبیعی شهرها را در روند شهرسازی و گسترش آن تغییر می‌دهد، مستقیم و غیر مستقیم بر انرژی گرمایی که به لایه مرزی شهر وارد می‌شود اثر می‌گذارد. تأثیر نهایی این تغییرات بر اقلیم در مقیاس خرد یا محلی، مقیاس میانی و حتی مقیاس بزرگ چشمگیر و مشخص است. این تغییرات موجب می‌شوند که مناطق شهری از فضاهای حومه گرم‌تر شده و به اصطلاح شکل‌دهنده جزیره ای با دمای بالاتر در بستر محیطی خود باشد. این گرما نه تنها باعث افزایش مصرف انرژی برای خنک کردن ساختمان‌ها می‌شود، بلکه باعث ایجاد آلودگی در جو از جمله تولید گاز اوزن و افزایش ترکیبات زیان‌بار گوگردی و دیگر آلاینده‌های آسیب‌رسان در سطح زمین می‌شود (۳). به علاوه، این روند سریع توسعه شهرها بسیاری از فضاهای سبز را از بین برده و آنها را به بستری برای ساختمان‌های بتنی و سطوحی با ضریب بازتاب<sup>۱</sup> پایین تبدیل کرده‌است (۴). سطوحی که دارای ضریب بازتاب بالا هستند در مقایسه با سطوحی با ضریب بازتاب پایین، بخش بیشتری از تابش دریافتی خود را بازتاب و بخش اندکی از

آن را جذب می‌کنند و در نتیجه محیط خنک‌تر با دمای پایین‌تری را به وجود می‌آورند (۵). بنابراین محیط شهری تشکیل شده از سطوح با آلبدوی پایین، دمای بالاتری را متحمل می‌شود و همین مساله باعث شده تا محیط شهری در مقایسه با روستاها با دمای بالاتری در طول تابستان مواجه شود (۶).

## جزایر گرمایی در تهران

براساس گفته‌های رییس ستاد محیط زیست تهران «از سال ۱۳۰۳ تا سال گذشته حداقل دمای تهران منفی ۱۵ درجه بوده است که به دنبال تغییرات آب و هوایی اکنون به منفی ۵ درجه رسیده است و این به معنای افزایش درجه حرارت شهر تهران است که موجب کاهش نزولات شده و دما ۲ الی ۳ درجه افزایش یافته است». او همچنین بیان کرده که «میدان هفت تیر، انقلاب، شوش، اطراف قیطریه و میدان آزادی، نقاط احتمالی ای هستند که درجه حرارت در آنها از نقاط همجواریشان بیشتر می‌شود.» او دلیل این اتفاق را تردد بیش از حد خودروها در این مناطق می‌داند: «تراکم منابع متحرک و ثابت شهری در این نقاط بیشتر از جاهای دیگر شهر است. در اثر این تراکم، همچنین استفاده از منابع سوختی فسیلی و در نهایت انتشار وسیع گازهای گلخانه‌ای که مانع از خروج امواج خورشیدی از زمین می‌شوند، افزایش درجه حرارت زمین را به دنبال دارند.» (۷).

در این جا گیاهان و سطوح سبز می‌توانند نقش موثری در کاهش اثرات این پدیده داشته باشند. درختان و گیاهان با ایجاد سایه و تبخیر موجب کاهش دمای هوا و سطوح ساختمان می‌شوند. سطوح دارای سایه می‌توانند ۱۱ تا ۲۵ درجه سانتیگراد خنک‌تر از سطوح بی‌سایه باشند. علاوه بر این، جذب آب از طریق ریشه گیاهان و انتشار آن از طریق برگ‌ها و نیز تبخیر آب از خاک اطراف گیاهان موجب کاهش گرما می‌شود. این پدیده به همراه سایه‌اندازی موجب پایین آمدن دمای حداکثر در تابستان به میزان ۱ تا ۵ درجه سانتیگراد می‌شود. اما لازم به ذکر است که اگرچه درختان می‌توانند برای کاهش موارد فوق بسیار موثر باشند اما کاشت درختان در شهرهای پرجمعیت و تراکم همیشه به‌سادگی امکان‌پذیر نیست بنابراین راه‌حل دیگری برای تامین فضای سبز یادشده می‌تواند پاسخ‌گوی نیازهای مورد بحث باشد (۸). لازم به ذکر است که

گیاه کاری شده اشاره دارد (۹). می توان این گونه بیان کرد که این نام به سیستم هایی اطلاق می شود که گیاهان را به سازه های مهندسی و دیوارهای ساختمان الحاق می کنند یا به عبارتی نماهای سبز عمودی، دیوارهایی هستند که به طور کامل یا بخشی از آن ها گیاه کاری شده است (۱۰). این نماها عموماً دارای گیاهان بالارونده ای هستند که برای پوشاندن سطح ساختمان در خاک زمین یا جعبه های مخصوص کاشته می شوند. گاهی اوقات برای رویش این گیاهان تیباز به اجرای سازه های نگهدارنده وجود دارد. نگهداری و مراقبت از این گیاهان برای بقا و رشد گیاه بایستی به طور دوره ای انجام شود (۱۱). اصطلاح دیوار زنده<sup>۱</sup> شامل جعبه های مخصوص کاشت یا سازه های دیگر برای مهار کردن گیاهان هستند که بتوانند در یک سیستم مدولار به دیوار الحاق شده و امکان رشد گیاهان بدون داشتن ریشه در سطح زمین را فراهم نماید (۹).

دیوارهای سبز خارجی میزان بازتابش خورشید را در سطح کاهش می دهند و به همین دلیل بر جزیره گرمایی تاثیر گذاشته و کمک می کنند تا دمای شهر متعادل شود. سیستم امتیازدهی لید نیز تعویض سطوح ساختمانی مثل سقفها، دیوارها و غیره با سطوح گیاهکاری شده مانند دیوارهای سبز با مصالحی با آلودگی بالا برای کاهش انرژی تابش جذب شده را یک راه حل موثر در کاهش دما قلمداد می کند (۱۲). درختان و گیاهان با ایجاد سایه و تبخیر موجب کاهش دمای هوا و سطوح ساختمان می شوند.

گیاهان می توانند جزیره گرمایی را مستقیماً از طریق سایه اندازی روی سطوح جاذب گرما و همچنین خنک کنندگی تبخیری کاهش دهند. گیاهان با این قابلیت، توانایی کاهش دمای حداکثری ساختمان را با ایجاد سایه تا بیشتر از ۵۰ درصد دارا می باشند (۱۳). علاوه بر این از طریق تبخیر، حجم وسیعی از تشعشعات خورشیدی به گرمای نهان تبدیل میشوند که دما را افزایش نمی دهد. نمایی که کاملاً با گیاهان پوشیده شده باشد از تشعشعات متراکم خورشیدی در تابستان محافظت می شود و با پوشش برگ های خود می تواند ۴۰ تا ۸۰ درصد تابش دریافتی را بازتاب یا جذب نماید<sup>۲</sup>. تحقیقات انجام شده در هنگ

اگرچه پارک ها دمای حومه خود را کم می کنند، ولی قادر به ایجاد تاثیرات حرارتی در فضاهایی با ساختمان های متمرکز - که مردم در آنجا زندگی و کار کرده و اغلب اوقات زندگی شهری خود را می گذرانند - نمی باشند. برای این منظور بهتر است که گیاه در فضای ساخته شده بافت شهری قرار گیرد. سطوح سبز شامل نمای سبز و بام سبز در طول دو دهه گذشته به یکی از اجزای مهم در طراحی معماری تبدیل شده که به وجود آورنده جنبه های مثبت فیزیکی و بصری متعددی است. این سیستم ها با استفاده از پوشش های گیاهی روی سطح خود، علاوه بر کاهش آلودگی هوا، به دلیل بهبود عملکرد حرارتی جداره موجب کاهش میزان مصرف انرژی در داخل ساختمان نیز می شود. زیبایی، ایجاد زیست بومی برای گونه های مختلف جانداران، بهبود عملکرد آکوستیکی و بسیاری موارد دیگر از فواید این جداره هاست. جداره های سبز می تواند تامین کننده فضای سبز ذکر شده برای دستیابی به پایداری در فضاهای شهری باشند. در حقیقت سطوح سبز یکی از گزینه هایی است که با بهسازی وضع موجود سعی در پایداری سازی فضای شهری دارد.

هر چند دیوارهای سبز از قرن ها قبل در معماری وجود داشته اند اما نگاه به آن ها به عنوان یک راه حل تکنیکی برای کاهش مخاطرات زیست محیطی در عرصه شهری موضوعی تازه است که نیازمند انجام پژوهش های گسترده و عمیق در اقلیم های متفاوت است. مبحث تاثیر دیوارهای سبز بر آسایش شهری موضوعی جدید در مقیاس جهان است که به تازگی برخی تحقیقات درباره آن در حال انجام است. در مقیاس ایران این موضوع از اصالت بیشتری برخوردار است و به آن بسیار کم و سطحی پرداخته شده است. لازم به ذکر است که حتی در مقیاس جهانی نیز بیشتر تحقیقات انجام شده بر روی تاثیر این نوع از سطوح بر فضاهای داخل است و تاثیرات آن بر فضای شهری در مقیاس میکرو اقلیم ها و ماکرو اقلیم ها نیازمند مطالعات عمیق تر و انجام آزمایشات تجربی و بهره گیری از شبیه سازی های کامپیوتری است.

### دیوارهای سبز شهری و کاهش دمای شهری

سیستم سبز عمودی چیست؟

سیستم عمودی سبز که با نام باغ های عمودی نیز شناخته می شود یک لغت توصیفی است که به تمامی انواع دیوارهای

1- Living Wall System(LWS)

2-Climate booklet for urban development. Ministry of Economy Baden-Wu" rtemberg in Cooperation

دمای خرداقلیمها در سطح شهر توسط دیوارهای سبز را با اندازه‌گیری دما در فواصل مشخصی از نمونه‌هایی از جداره‌های سبز عمودی به انجام رساند. بدین ترتیب با انجام آزمایشات پیش رو، مشخص می‌شود که آیا می‌توان دیوارهای سبز را به‌عنوان راه‌حلی برای کاهش دمای خرداقلیمها و در نتیجه کاهش جزیره گرمایی شهری به‌شمار آورد یا خیر.

#### روش بررسی

مطالعه میدانی و بررسی نمونه موردی روش اصلی این پژوهش است که در آن از دستگاه دیتا لوگر (هوک-۵۵۰) استفاده شد که به صورت اتوماتیک اطلاعات مربوط به دمای هوا و رطوبت نسبی را منظم و با فاصله ۳۰ ثانیه ضبط می‌کند. روش بررسی بدین ترتیب بود که در آن دو دیوار سبز شهری انتخاب شده و فواصل مشخصی از آن (به ترتیب فواصل ۰، ۰/۵، ۱، ۲ متر) توسط دستگاه مذکور اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است که دیوارهای انتخاب شده در مناطق مرکزی تهران که احتمال بروز جزیره گرمایی در آن بیش‌تر است انتخاب شدند. یکی از دیوارها در محدوده خیابان انقلاب، حوالی میدان فردوسی و دیگری در خیابان سی تیر مقابل ساختمان موزه ایران باستان واقع شده است. اندازه‌گیری‌ها در هر دو فصل گرم و سرد انجام شد تا اطلاعات جامع‌تری را در اختیار قرار دهد. لازم به ذکر است که در انتخاب این دو دیوار دقت شده تا فضای پشت دیوار سبز خالی باشد تا پارامترهای موردنظر با دقت بیشتری و بدون تأثیر پارامترهای دیگر از جمله تأثیر دمای داخل بر دیوار، مورد بررسی قرار گیرند.

کونک نشان می‌دهد که اقلیم مرطوب این شهر، با استفاده از سیستم‌های عمودی سبز در حاشیه بزرگراه‌ها از کاهش ۸/۴ درجه ای دمای حداکثر خود بهره می‌برد (۱۴). در ژاپن نیز آزمایش‌ها نشان داد که گیاه مو می‌تواند دمای یک تراس را در جبهه جنوب‌غربی ساختمان به‌میزان قابل‌توجهی کاهش دهد (۱۵). در آفریقا هم دمای پشت پانل‌های گیاه‌کاری شده تا ۲/۶ درجه کم‌تر گزارش شد (۱۶). طی آزمایشی که در سنگاپور برای بررسی تأثیر دیوار سبز در تقلیل اثر جزیره گرمایی که با نرم افزار شبیه سازی STEVE مدل شده است مشخص شد در صورت وجود پوشش سبز در نما، افت ویژه ای در دمای حداقل منطقه دیده می‌شود، به طوری که در صورت پوشش ۱۰۰٪ نما با دیوار سبز دما ۱ درجه سانتیگراد کاهش خواهد یافت (۱۷). همه این نتایج نشان می‌دهد که فضاهایی با گیاه کاری‌های عمودی فراهم آورنده‌ی دمایی پایین‌تر از سطوح با مصالح بنایی که عمده دیوارهای شهری را تشکیل می‌دهند، هستند.

این پژوهش براساس این سوال کلی شکل گرفته است که "آیا نماهای سبز در تهران می‌توانند بهبود دهنده میزان پایداری در فضاهای شهری از طریق کاهش دما و در نتیجه کاهش اثر جزیره گرمایی باشند" و اگر پاسخ این سوال آری است این امر چگونه و به چه میزانی رخ می‌دهد. با توجه به پرسش یاد شده، فرضیه اصلی این پژوهش در قالب جمله زیر قابل بیان است: دیوارهای سبز در فضای شهری در بهبود پایداری شهری از طریق کاهش دمای محیط نقش قابل‌توجهی دارند. بر اساس فرضیه مطرح شده، این پژوهش برآن است تا میزان کاهش



شکل ۱- دستگاه دیتالوگر مورد استفاده ماخذ: نگارندگان

Figure 1-Data Logger Device

#### یافته‌ها

وسعی از این خیابان را منظری متفاوت بخشیده است. سیستم استفاده شده در این دیوار، دیوار سبز به روش دیوار زنده است و گیاه به کار رفته در آن ناز ژاپنی است که گیاهی گوشتی است با برگ‌های سبز براق به طول ۵/۲ سانتیمتر که روی ساقه‌های سست به طول حدود ۶۰ سانتیمتر رشد می‌کند و گل‌های قرمز ارغوانی در بهار و تابستان ظاهر می‌شود.

همان‌گونه که پیش‌تر ذکر شد در این پژوهش دو نمونه موردی برای انجام مطالعات میدانی انتخاب و بررسی‌ها و اندازه‌گیری‌ها بر روی آن‌ها انجام گرفته‌است. یافته‌های حاصل از بررسی‌ها به شرح زیر است:

نمونه موردی اول: خیابان سی تیر  
در حاشیه خیابان سی تیر بعد از تقاطع این خیابان با خیابان امام خمینی، دیوار سبزی نصب شده که با طول زیاد، بخش



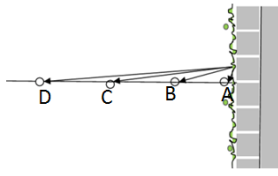
شکل ۲ - موقعیت مکانی نمونه اول

Figure 2-The Location of First Case Study



شکل ۳- دیوار سبز خیابان سی ام تیر ماخذ: نگارندگان

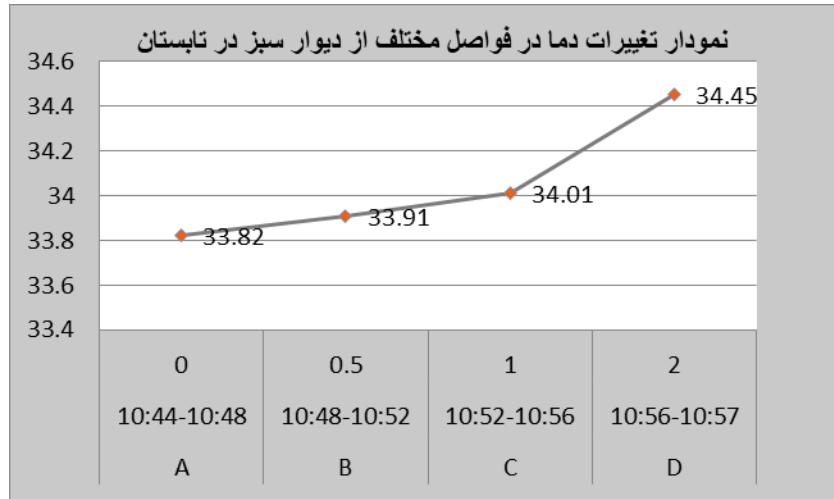
Figure 3-The Green Wall of 30-e-Tir Street



شکل ۴- فواصل مشخص شده از دیوار سبز

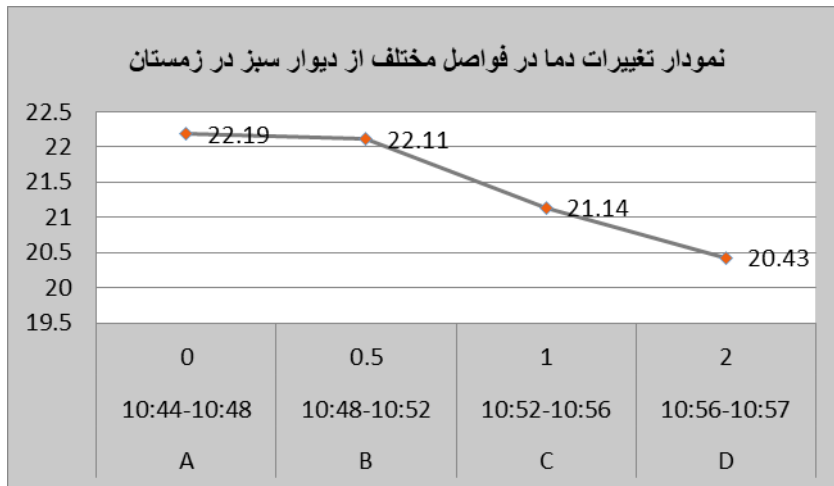
Figure 4- Certain Points from Green Wall

همان گونه که پیش تر ذکر شد برای اندازه گیری دما از از دستگاه دیتا لوگر (هوک- ۵۵۰) استفاده شد که به صورت اتوماتیک اطلاعات مربوط به دمای هوا و رطوبت نسبی را منظم و با فاصله ۳۰ ثانیه ضبط می کرد. روش بررسی بدین ترتیب بود که فواصل مشخصی از دیوار به ترتیب فواصل ۰، ۰/۵، ۱ و ۲ متر توسط دستگاه مذکور اندازه گیری شد. نتایج به دست آمده بر طبق نمودار زیر قابل بیان است:



نمودار ۱- تغییرات دما در نمونه اول در فصل تابستان ماخذ: نگارندگان

Chart 1-Temperature Variation in summer



نمودار ۲- تغییرات دما در نمونه اول در فصل زمستان ماخذ: نگارندگان

Chart 2-Temperature Variation in winter

دیوار از نوع سنتی بوده و گیاه مورد استفاده در آن پاپیتال است.

نمونه موردی دوم: خیابان شهید موسوی  
دومین نمونه مورد بررسی دیوار سبزی در خیابان شهید موسوی، حد فاصل خیابان انقلاب و خیابان سمیه است. این

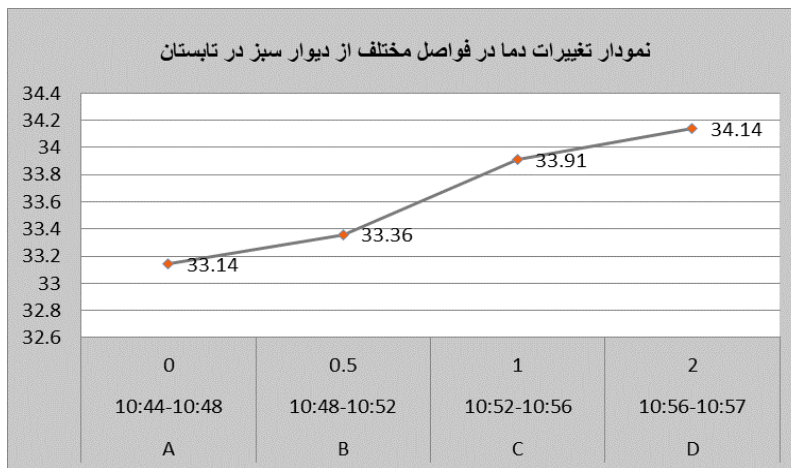


شکل ۵- موقعیت مکانی نمونه دوم

Figure 5-The Location of Second Case Study

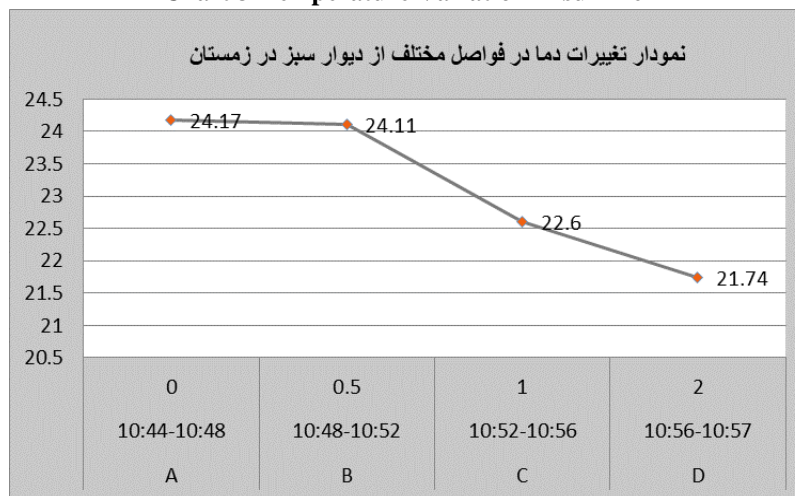
بدین ترتیب بود که فواصل مشخصی از دیوار به ترتیب فواصل ۰/۵، ۱ و ۲ متر توسط دستگاه مذکور اندازه گیری شد. نتایج به دست آمده بر طبق نمودار زیر قابل بیان است:

در اینجا نیز مانند نمونه‌ی پیشین نقاط مشخصی با فواصل معین از دیوار تعیین گردید و دمای نقاط فوق با استفاده از دستگاه دیتا لوگر (هوک-۵۵۰) اندازه‌گیری شد. روش بررسی



نمودار ۱- تغییرات دما در نمونه دوم در فصل تابستان ماخذ: نگارندگان

Chart 3-Temperature Variation in summer



نمودار ۴- تغییرات دما در نمونه دوم در فصل زمستان ماخذ: نگارندگان

Chart 4-Temperature Variation in winter



## بحث و نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از بررسی مطالعات میدانی نشان می‌دهد که جداره‌های سبز تأثیرات قابل ملاحظه‌ای را در کاهش دمای محیط اطراف خود ایجاد می‌کنند. همان‌گونه که در اندازه‌گیری‌ها به دست آمده است هر دو جداره سبز مورد بررسی در فصل گرم دمای فضای اطراف خود را به اندازه ۰/۶۳ تا ۱ درجه کاهش می‌دهند. این کاهش دما در فاصله‌ی نیم متری از دیوار حداکثر مقدار خود را داشته است. به طوری که در نمونه اول دمای نقطه چسبیده به دیوار ۰/۶۳ درجه کمتر از دمای نقطه ای در فاصله ۲ متری از دیوار است و در نمونه دوم این میزان به ۱ درجه می‌رسد. همان‌گونه که از نمودارها برمی‌آید با فاصله گرفتن از دیوار دمای هوا نیز افزایش می‌یابد.

در ادامه و در بررسی جداره‌ها در فصول سرد نیز دیوارهای سبز نقش مثبتی در بهبود شرایط اقلیمی در مقیاس خرد ایجاد می‌کنند و با ایجاد یک لایه از هوا بین فضای برگها، دمای بالاتری را نسبت به اطراف خود به وجود می‌آورند. در نمونه اول دما به میزان ۲/۴۳ درجه و در نمونه دوم به میزان ۱/۷۶ درجه در نقاط چسبیده به دیوار بالاتر است و این اعداد موید تأثیر مثبت دیوارهای سبز در فراهم کردن شرایط آسایش حرارتی در فصول سرد است. همان‌گونه که در نمودارهای ۲ و ۴ نیز دیده می‌شود با فاصله گرفتن از دیوار سبز در فصل سرد، دما با شیب ملایمی کاهش یافته و به دمای میانگین شهر، نزدیک می‌شود.

این نتایج نشان می‌دهد که فضاهایی با گیاه‌کاری‌های عمودی شرایط مناسبی را با کاهش دما در فصل گرم و افزایش دما در فصل سرد به وجود می‌آورند که می‌تواند محیط مطلوب‌تری را برای انسان‌ها در مقیاس خرد اطراف خود ایجاد نماید. زمانی که طراحی فضای شهری در مقیاس میکرواقلیم‌ها منطبق بر انگاره‌های پایداری باشد، آسایش افراد پیاده ارتقا می‌یابد و ساکنان تمایل بیشتری به حضور در سطح شهر و فعالیت‌های بیرون از خانه پیدا می‌کنند. این مساله علاوه بر ابعاد اجتماعی‌اش از جمله ایجاد سرزندگی، امنیت و رونق اقتصادی، از دیدگاه انرژی نیز موجب کاهش ساعات حضور افراد در خانه‌ها و به تبع آن، کاهش مصرف انرژی و همچنین کاهش استفاده از وسایل نقلیه‌ی شخصی می‌شود. کیفیت زندگی میلیون‌ها انسانی که هم‌اکنون در شهرها زندگی می‌کنند با شناخت عوامل مؤثر بر میکرواقلیم‌های شهری و طراحی محیط

مصنوع پاسخگو به این عوامل، می‌تواند ارتقا یابد. علاوه بر این با بهره‌گیری از سطوح سبز در مقیاس‌های وسیع و در نقاط متعددی از شهر، می‌توان این امید را داشت که تأثیرات مطرح شده در مقیاس‌های کلان نیز مطرح شوند.

در تحقیقات آینده می‌توان به بررسی پارامترهای مختلف این جداره‌ها از جمله نوع گیاه، جهت دیوارها، سیستم مورد استفاده و سایر موارد برای دستیابی به شرایط حرارتی بهینه تر پرداخت. همچنین با بهره‌گیری از تکنیک‌های شبیه‌سازی کامپیوتری، مقایسه بین انواع مختلف نماهای سبز از لحاظ ابعاد، نوع گیاه و محل قرارگیری، نتایج گسترده‌تری قابل حصول خواهد بود.

نمای سبز به عنوان یک عنصر پایدار یکی از راه حل‌هایی است که موجب کاهش مصرف انرژی، کاهش هزینه‌های مصرفی و ایجاد زیبایی طبیعی، بهبود کیفیت آب و هوا و کاهش اثر جزیره گرمایی می‌شود. فن‌آوری نمای سبز در مسیر پیشرفت بوده و هر روز پروژه‌های نوین و متفاوتی در این زمینه توسط طراحان اجرا می‌شود. تکنیک‌های نصب و ساخت همچنان در مسیر ترقی بوده و طراحی‌های نوآورانه منجر به پیشرفت این نماها می‌شوند. این در حالی است که در کشور ما، هنوز از پتانسیل چنین نماهایی در مقیاس گسترده استفاده نشده و به عنوان یک جز استاندارد در ساختمان‌ها پذیرفته نیست. بنابراین لازمست تا تحقیقات بیشتری برای ارتقاء کیفیت معماری در جهت حفظ و حراست از محیط زیست انجام پذیرفته و از قابلیت‌های آن در ایجاد یک معماری پایدار بهره‌برداری شود. امید است انجام پژوهش‌هایی از این دست، راه‌گشای معماران و طراحان علاقمند به موضوعات زیست محیطی باشد.

## منابع

- ۱- بحرینی، احمد؛ زندنی‌پور، حسین؛ ۱۳۷۱، مطالعات هواشناسی آلودگی هوا و کاربرد آن در طراحی شهری تهران، طرح تحقیقاتی، ص ۸۳.
- ۲- رنجبر سعادت آبادی، ۱۳۸۴؛ عباس، آزادی، مجیدی، علی اکبری بیدختی، عباسعلی و صادقی حسینی، سید علیرضا؛ مطالعه موردی جزیره گرمایی تهران و شبیه‌سازی عمومی آن. مجله فیزیک زمین و فضا. جلد ۷۸-۶۳ ص ۱؛ شماره ۳۱.

- heat island effect, national Chung-Hsing University.
- 11- Koehler, M., 2008, Green facades-a view back and some visions. *Urban Ecosystems*, 11(4): p. 423-436 (GreenRoofs, 2008: 28).
  - 12- Dunnett, N & Kingsbury, c. 2008, *Planting Green Roofs and Living Walls*, Revised and Updated Edition, Timber Press, Portland, Oregon
  - 13- Alexandri E, Jones P. 2008, Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Building and Environment* 43:480-93.
  - 14- Hoyano A.1988, Climatological uses of plants for solar control on the effects on the thermal environment of a building. *Energy and Buildings* 11:181-9.
  - 15- Holm D.1989, Thermal improvement by means of leaf cover on external walls – a simulation model. *Energy and Buildings* 14(1):19-30.
  - 16- Wong H, N. Yong Kwang Tan, A. Yok Tan, P. Chung Wong, N.2009. "Energy simulation of vertical greenery systems" *Journal of Energy and buildings* 41 , 1401-1408.
- ۳- سپهری، ج، ز زارعی، ۱۳۹۱، آشنایی با پدیده جزیره گرمایی در شهرها و راهکارهای پیشگیری از آن، مجله الکترونیکی ویستا.
  - 4- Wong NH, et al, 2010, Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls, *Building and Environment* 45, pp 663-672.
  - 5- Taha, H, D. Sailor and H. Akbari, 1992, High albedo materials for reducing cooling energy use, Lawrence Berkeley Lab. Rep. 31721 IJC-350, Berkeley, CA.
  - 6- M.Cotts, Andrew. et al, 21013, Assessing practical measures to reduce urban heat: Green and cool roofs, *Building and Environment* 70, pp 266-276.
  - ۷- روزنامه قانون جامعه سال دوم، شماره ۱۶، ۵۲۱ صفحه، چهارشنبه ۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۴.
  - 8- Yang, J, Yu, Q, Gong P, 2008. Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. *Atmospheric Environment* 42 (2008) 7266-7273.
  - 9- Mir.m.a, 2011, green facades and building structures, master thesis, delft university of technology.
  - 10- Yu-Peng Ye, 2010, Green wall: the creative solution in response to urban