Archive of SID

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره یازده، بهمن ماه ۹۸

# تأثیر شاخص های داخلی و خارجی دیوار سبز بر عملکردهای زیست محیطی و صـرفه جویی انرژی

**مهیار کلیائی** [۱] *

mahyar.kolyaei@gmail.com

**مهدی حمزه نژاد** [۲]

**ساناز لیتکوهی** [۳]

**پیام بهرامی** [٤]

**تاریخ دریافت: ۹۵/۶/۶** **تاریخ پذیرش:۹۶/۵/۱۱**

**چکیده**

**زمینه و هدف:** در ابتدا گیاهان تنها برای اهداف زیبایی شناسی استفاده می شد اما امروزه برای اهداف اکولوژیکی و اقتصادی نظیر صرفه جویی در مصرف انرژی، بهبود آب و هوای شهری و... استفاده می شوند. از آنجایی که اجتماع پوشش های سبز عمودی بر سطح ساختمان ها، بواسطه نماها و دیوارهای سبز، اجازه کسب بهبود قابل توجهی از بهره وری فواید اکولوژیکی و محیط زیستی را می دهد، دستیابی به پایداری در اهداف این فناوری دوستدار محیط زیست ضروری و پژوهش در این زمینه رویکردی واجد ارزش می باشد،

**روش بررسی:** از این رو این پژوهش برآنست تا در یک پژوهش کاربردی با یک روش ترکیبی و با تکیه بر روش کتابخانه ای و با استناد به پژوهش های صورت گرفته در زمینه فناوری دیوارهای سبز به بررسی فواید حاصل از استفاده از فناوری دیوار سبز در زمینه بهبود عملکرد حرارتی و صرفه جویی انرژی، و زیست محیطی بپردازد.

**یافته ها:** نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که کاربرد فناوری دیوار سبز در سه زمینه پایداری از جمله :اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی فواید گسترده ای را به همراه خواد داشت

**بحث و نتیجه گیری:** به طوری که از مهم ترین فواید فناوری دیوار سبز می توان به کاهش دما در سطح ساختمان از رنجی بین ۱- ۱۰ درجه سانتیگراد، و صرفه جویی در مصرف انرژی تا ۶۵٪ در زمینه کاهش مصرف انرژی و همچنین از بین بردن آلاینده های محیطی و کاهش تخریب لایه اوزون و کاهش اثر جزایر گرمای شهری، کاهش آلودگی های صوتی و ... در زمینه زیست محیطی اشاره نمود.

**واژه های کلیدی:** زیست محیطی، صرفه جویی انرژی، دیوار سبز، پایداری، فواید.

---

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه پیام نور تهران، ایران. عضو انجمن برنامه ریزی شهری آمریکا *(مسوول مکاتبات).

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران.

۳- عضو هیئت علمی دانشگاه پیام نور تهران، ایران

۴- معاونت و مدیر پژوهش و توسعه شرکت آپتیم دیزاین آمریکا

www.SID.ir

Archive of SID

*J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.11, January, 2020*

# The impact internal and external indicators green wall On Environmental and Energy Savings Performance

**Mahyar Kolyaei [1]***
*mahyar.kolyaei@gmail.com*
**Mahdi Hamzenejad [2]**
**Sanaz litkouhi [3]**
**Payam Bahrami[4]**

Admission Date:September 11, 2016 Date Received: November 4, 2014

**Abstract**

**Background and Purpose**: In the beginning, plants were used only for aesthetic purposes, but today they are used for ecological and economic purposes such as saving energy, improving urban climate, and so on. Since the community of vertical green coverings on the surface of buildings, through facades and green walls, allows to significantly improving the productivity of ecological and environmental benefits, achieving sustainability in the goals of this environmentally friendly technology is essential and in this research is a valuable approach.

**Method:** Therefore, this study aims to investigate the benefits of using green wall technology to improve thermal performance in an applied research with a combined method and relying on the library method and citing research conducted in the field of green wall technology considering saving energy and the environment.

**Findings:** The results of the study showed that the application of green wall technology in three areas of sustainability, including: social, economic and environmental.

**Discussion and conclusion:** So that green wall technology will bring a wide range of benefits, the most important of which can reduce the temperature in the building from suffering between 1 - 10 degrees Celsius, and saving energy consumption up to 65% in the field of reducing energy consumption and also eliminating environmental pollutants and reducing the destruction of the ozone layer and reducing the effect of urban heat islands, reducing noise pollution and ... in the field of biology the environment pointed out.

**Keywords**: environmental, energy saving, green wall, sustainabili

1- Payam Noor University of Tehran, Iran. *(Corresponding Authours)
2- Faculty member of Iran Science and Technology University.
3- Faculty member of Payam Noor University, Tehran, Iran.
4- PhD, Vice President and Head of the Research and Development at Optim Design Inc, Member of America Institute of Architects.

www.SID.ir

Archive of SID



**مقدمه**

از زمان آغاز پیدایش بشر، انسان ها به صورت واضح قصد داشتند که میکرواقلیم خود را برای یک نوع زندگی بشر دوستانه تغییر دهند و خود را در برابر شرایط اقلیمی محافظت کنند. از اولین شواهد خانه های عصر حجر و سکونت گاه های آن ها مشاهده شده است که آن ها در یک محیط طبیعی دست نخورده ساکن نشده اند بلکه در بعضی از قسمت ها تغییراتی را براساس پلان انسانی ایجاد کرده اند (۱). با انقلاب صنعتی مردم زیست گاه های خود را به سمت شکل گیری شهرها و روستاهای بزرگ و کوچک گسترش دادند و به طور چشم گیری همراه با تغییرات زیادی نسبت به دوره تکاملی قبلی خودشان گسترش یافتند (۲)، در آغاز قرن۲۰ همزمان با افزایش ورود تکنولوژی های جدید ساختمانی انسان ها قادر به پیش بینی تأثیرات منفی صنعتی سازی بر روی محیط زیست شهر نبودند (۳)، که از نتایج آن می توان به تأثیر منفی بر روی اقلیم های محلی در فضاهای شهری به خصوص نقاط مرکزی شهرها، به خطر انداختن سلامتی بشر (۴)(۵) و افزایش مصرف انرژی و... اشاره نمود، از این رو نتایج منفی از قبیل ترکیبی از گرمای جهانی و افزایش تأثیر جزایر گرمایی شهری متمرکز بر سلامتی بشر، مصرف انرژی و عدم آسایش نیاز به یک پاسخ واقع گرایانه سریع دارد (۶). ایده پایداری به منظور کنترل مشکلات محیط زیستی، مانند گرمای جهانی، قطع درختان جنگلی، تولید ضایعات، کاهش مصرف انرژی و ...، در بخش ساختمان سازی و معماری، پیرو انتشار گزارش" برانتلند[1]" در سال ۱۹۸۷ و "ریو[2]" ۱۹۹۲ " و "روز زمین" ایجاد شده است (۷). در واقع پایداری و توسعه پایدار به فرآیندهای اکولوژی توصیف شده برای تکمیل احتیاجات بشری منسوب می شود، در حالی که منابع طبیعی را حفظ می کنند (۸). تحقیقات نشان داده است که فعالیت های ساختمانی پایدار می تواند به طور قابل توجهی تأثیرات محیط زیستی ساختمان را به خصوص در مصرف انرژی تحت تأثیر قرار دهد (۷). اداره اطلاعات انرژی آمریکا[3] تخمین زده است که در حدود ۷۲٪ از مصرف کلی الکتریسیته و ۳۸/۹٪ از انتشارات کربن دی اکسید مربوط به ساختمان ها است (۷). در قرن ۲۱ مردم آرام آرام شروع به تشخیص ضرورت ایجاد معماری پایدار و سبز کرده اند (۹و ۱۰). دیوارهای سبز با فواید گسترده اکولوژیکی و زیست محیطی و اجتماعی و غیره می تواند به عنوان فناوری مهم جهت ایجاد ساختمان پایدار ایفای نقش کند (۱۱-۱۳). استفاده از نمای سبز به عنوان یکی از زیر ساخت های سبز شهری در ساختمان ها (۵)، پایداری و کارایی انرژی آنها را افزایش داده در حالی که اثر ساختمان بر محیط زیست را نیز کاهش می دهد (۸). پژوهش های زیادی در زمینه استفاده از دیوار سبز انجام پذیرفته است که در این مقاله به بررسی پژوهش هایی که مستقیماً به بررسی عملکردهای زیست‌محیطی و صرفه جویی صورت پرداخته است که در جدول شماره۱ به اختصار نشان داده شده است. یوگو مازایلا[4] در سال ۲۰۱۳ و همکارانش ۳ نوع دیوار سبز را به منظور بررسی اثرات بالقوه رفتار حرارتی آنها روی نماهای ساختمان در آب‌وهوای مدیترانه‌ای آنالیز کرده‌اند و به این نتیجه رسیدند که عملکرد دیوار سبز به تابش خورشید بستگی دارد و تفاوت دمای سطح بین نماهای لخت و نماهای سبز بین ۱۲-۲۰ درجه سانتی‌گراد است و شار حرارتی ورودی از طریق دیوار لخت نسبت به دیوار سبز بیشتر است، امادر مقابل شار حرارتی خروجی دیوارهای سبز نسبت به دیوارهای لخت بیشتر است. نتایج نشان داد که استفاده از نماهای سبز باعث کاهش مصرف انرژی سرمایشی و همچنین راهکاری برای مقاوم ساز ی ساختمان‌های موجوداست (۱۴).کاتیا پرینی[5] در سال ۲۰۱۱ و همکارانش اثر انواع نماهای سبز را بر روی دمای سطح ساختمان و هوای اطرافشان و همچنین سرعت وزش باد در اطراف نمای ساختمان را به منظور اندازه‌گیری درجه حرارت هوا و سطح نما و جریان هوا و سرعت باد و اثر آن بر مقاومت حرارتی نما بررسی کرده‌اند، و

1- Brundtland
2- Rio

3- United State Energy Information Administration
4- Ugo Mazzaila
5- Katia Perini

www.SID.ir

Arch

همچنین مقایسه‌ای را بر روی نماهای لخت و نماهای سبز به منظور درک رفتار حرارتی ساختمان با نمای سبز انجام داده‌اند (۱۵).

**۱-۱- هدف و روش کار پژوهش**

در ابتدا گیاهان تنها برای اهداف زیبایی شناسی استفاده می شد اما امروزه برای اهداف اکولوژیکی (۱۶)و اقتصادی نظیر صرفه جویی در مصرف انرژی، بهبود آب و هوای شهری(۱۷) و... استفاده می شوند(۱۸و ۱۹). از آنجایی که اجتماع پوشش های سبز عمودی بر سطح ساختمان ها، بواسطه نماها و دیوارهای سبز، اجازه کسب بهبود قابل توجهی از بهره وری فواید اکولوژیکی و محیط زیستی را می دهد (۱۵)، دستیابی به پایداری در اهداف این فناوری دوستدار محیط زیست ضروری و پژوهش در این زمینه رویکردی واجد ارزش می باشد، از این رو این پژوهش برآنست تا در یک پژوهش کاربردی با یک روش ترکیبی و با تکیه بر روش کتابخانه ای و با استناد به پژوهش های صورت گرفته در زمینه فناوری دیوارهای سبز و در یک فرآیند گام به گام، به بررسی فواید حاصل از استفاده از فناوری دیوار سبز در سطوح بهبود عملکرد حرارتی و صرفه جویی انرژی، و زیست محیطی بپردازد، لذا در ابتدای امر سؤالاتی که این پژوهش در صدد پاسخ گویی به آن است عنوان شده است:

۱- فواید دیوار سبز براساس اصول سه گانه دستیابی به معماری پایدار کدامست؟
۲- فواید استفاده از دیوار سبز از منظر بهبود عملکرد حرارتی و بالتبع صرفه جویی انرژی چیست؟
۳- فواید استفاده از دیوار سبز از منظر زیست محیطی چیست؟

**۲- فناوری دیوار سبز**

پوشش‌های گیاهی می‌توانند به عنوان یک مصالح ساختمانی افزودنی در نتیجه پوشاندن سطوح عمودی با گیاهان به صورت کاشته شده درون زمین، در مصالح دیوار، یا در پنل های طراحی شده متصل به نما به منظور پوشاندن ساختمان با گیاه و افزایش عملکردهای نمای ساختمان هستند، که به عنوان "دیوار سبز"[1]، " باغ عمودی"[2]، " نمای زیستی"[3]، " دیوارهای علفی"و...شناخته می‌شوند، که در یک اصطلاح توصیفی برای نسبت دادن تمام فرم‌های دیوارهای پوشیده شده با گیاه استفاده می‌شود (۲۰-۲۲).

**۲-۱- انواع سیستم‌های دیوار سبز**

طبقه‌بندی ساده‌ای از انواع مختلف سیستم‌های سبز عمودی موجود است (۱۵)، که به طور کلی به براساس شیوه کشت به دو دسته" دیوارهای زندگی" و "نمای سبز" دسته بندی می-شوند (۸، ۱۴و۲۲). نماهای سبز بر اساس استفاده از رونده‌هایی که مستقیماً به سطح ساختمان (همیشه سبز یا برگ‌ریز) نظیر نمای سبز سنتی یا حفاظت شده به وسیله کابل‌های فلزی یا داربست پایه‌ریزی می‌شوند (۲۳). سیستم‌های دیوار زنده شامل پنل‌های مدولار است که هرکدام شامل خاک یا هر محیط کشت دیگری ... می‌باشد، که حاوی محلول غذایی متعادل مصرفی برای تأمین تمام یا بخشی از احتیاجات غذایی و آبی گیاه است (۲۴، ۲۱و ۱۵).

**۳- فواید دیوار سبز**

شهرت دیوارهای سبز در کمک به رسیدن ساختمان به پایداری عمدتاً به دلیل مزایای استفاده از این سیستم است که منشأ اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی دارد (۲۵- ۲۷)، که بعضی از فواید برای طیف وسیعی از عموم مردم تدارک دیده شده و بعضی از فواید تنها برای ساکنین و مالکین ساختمان تدارک دیده شده است (۲۸)، به واقع دیوارهای سبز عمودی اجازه کسب فواید اکولوژیکی و محیطی و افزایش تنوع زیستی را در کنار فواید اجتماعی و زیبایی شناسی را می دهد (۲۰)، که در جدول ۱ به دسته بندی فواید اصلی دیوار سبز براساس ارکان سه گانه دستیابی به پایداری پرداخته شده است.

1- Green Wall
2- Vertical Garden
3- Bio Facades

www.SID.ir

Archive of SID



**جدول ۱- دسته‌بندی فواید استفاده از انواع سیستم های سبز عمودی**

Table 1. Categories benefits of using a variety of vertical green

| سیستم‌های سبز | فواید | | |
|---|---|---|---|
| | دسته بندی کلی | فواید اصلی | فواید جزئی |
| سیستم های سبز عمودی(دیوار سبز، نمای سبز، دیوار زندگی) | **زیست محیطی** | اکولوژیکی | افزایش تنوع زیستی |
| | | | افزایش پوشش گیاهی و نرخ فضای سبز |
| | | | تولید غذای شهری |
| | | محیطی | کاهش آلودگی هوا |
| | | | افزایش کیفیت هوا |
| | | | کاهش اثر جزایر گرمای شهری |
| | | | کاهش گازهای گلخانه ای |
| | | | بهبود اقلیم شهری |
| | | | کاهش آلودگی صوتی |
| | **اجتماعی** | مرتبط با آسایش حرارتی انسان | کاهش نوسان دمای سطح دیوار |
| | | | افزایش تبخیر و تعرق |
| | | | ایجاد سرمایش تبخیری |
| | | | کمک به عایق بندی ساختمان |
| | | | تأمین حفره هوایی به عنوان عایق نما |
| | | اجتماعی | ارتقا سلامتی انسان |
| | | | افزایش تأثیرات مثبت بر آسایش انسان در داخل و خارج از ساختمان |
| | | | افزایش روابط اجتماعی |
| | | | افزایش ارزش اجتماعی |
| | | | افزایش ارزش زیبایی شناختی |
| | | | افزایش جاذبه دیداری در نمای ساختمان |
| | **اقتصادی** | کمک به بهبود چرخه اقتصاد | صرفه چویی در مصرف انرژی |
| | | | کاهش هزینه انرژی برای سرمایش و گرمایش |
| | | | افزایش ارزش واقعی ملک |
| | | | کمک به بازگشت سرمایه |
| | | | کاهش نتیجه بخش هزینه زهکشی |
| | | | کمک به افزایش طول عمر ساختمان و جلوگیری از انبساط و انقباض مصالح |

منبع: نگارندگان

www.SID.ir

**۴- فواید بهبود عملکردی و دستیابی به صرفه جویی انرژی**

**۴-۱- کاهش مصرف و ذخیره انرژی**

ذخیره انرژی اصلی‌ترین منفعتی است که می‌تواند با هزینه سرمایه اولیه متعادل شود. مقالات بازبینی شده در زمینه سیستم های سبز نشان داده است که پوشش های سبز شهری در صرفه جویی انرژی داخلی برای سرمایش و گرمایش تأثیر مستقیم به واسطه تغییرات دمای داخلی محیط (۲۹-۳۲) دارند، و تأثیرات غیر مستقیم از طریق سرعت باد دارند (۳۳). دی و وانگ[1] گزارش کرده‌اند که پوشش‌های گیاهی ٪۲۸ از بار سرمایش انتقال داده شده از طریق دیوار سبز را کاهش می‌دهند (۱۳)، سیستم‌های پوششی عمودی میتواند به صورت چشم-گیری انرژی حرارتی وارده به فضای داخل را کاهش دهد که این امر می‌تواند انرژی لازم جهت سرمایش را ذخیره کند (۱۵). در واقع با استفاده از دیوار سبز هر ۰/۵ درجه کاهش در دمای هوای داخلی می‌تواند میزان الکتریسیته مورد نیاز برای تهویه هوا را تا ٪ ۸ کاهش می دهد (۱۵)( ۱۶)( ۳۴). کونتولن[2] و همکاران یک مدل شبیه‌سازی را در یونان توسعه داند، و دریافتند که اثر لایه سبز با شاخ و برگ گیاهی متراکم می‌تواند نیاز به بار سرمایشی بخصوص برای سطوح جبهه شرق و غرب را کاهش دهد(۳۵) . مطالعات پیشنهاد می‌کند که اگر تمام مقیاس شهر از بام و دیوار سبز برگرفته شود، دیوارهای سبز و بام‌های سبز مانع از افزایش دمای هوای شهر می شود، همچنین در اقلیم‌های گرم می‌تواند ذخیره انرژی برای سرمایش ساختمان را در حدود ٪۳۲ تا ٪۱۰۰ را ایجاد کند (۸). کاهش بار سرمایش در نتیجه استفاده از سیستم دیوار سبز بین ٪۶ و ٪ ۴۹ برای تمام ساختمان است، حال آنکه برای آخرین طبقه مقداری برابر ٪۱۲ تا ٪ ۷۸ می باشد (۳۶).

**۴-۲ -بهبود عملکرد حرارتی ساختمان**

پوشاندن ساختمان‌ها با نماهای سبز، از رسیدن گرمای تابستان به نمای ساختمان محافظت می کند، و در زمستان، از خروج گرمای داخلی ممانعت می نماید. یکی از فایده های شاخص دیوارهای سبز پتانسیل کاهش احتیاجات نیاز به سیستم های سرمایش و گرمایش ساختمان است. دیوار ها و نماهای سبز می‌توانند کسب گرما در تابستان را با سایه اندازی مستقیم به سطح ساختمان کاهش دهند (۲۸). افزایش پوشش سبز می-تواند عملکرد عایق ساختمان را بهبود بخشد، و بنابراین مصرف سالانه انرژی را کاهش می‌دهد و جمع‌آوری گرما در طول تابستان را کاهش دهد و همچنین جهت ثبات و پایداری دمای داخلی در طول تابستان حجم زیادی از گرما را در خارج جمع کند (۱۳) زیرا بین نما و لایه سبز متراکم عمودی ریشه در خاک و یا سیستم هیدروپونیک، یک لایه هوای ساکن وجود دارد که تأثیر عایقی دارد. همچنین نور مستقیم خورشید روی نما به وسیله برگ‌ها فیلتر می‌شود و تأثیر نورگرافی ٪۱۰۰ از انرژی خورشید که بر روی برگ‌ها می‌افتد را دارد، به این صورت که ٪۳۰-۵ بازتابش می‌شود، ٪ ۲۰-۵ برای فتوسنتز استفاده می‌شود، ٪ ۱۰-۵ تبدیل به گرما می‌شود، ٪۴۰-۲۰ برای تبخیر و تعرق استفاده می‌شود، ٪۳۰-۵ از میان برگ‌ها عبور می‌کند. این مانع از تابش مستقیم تضمینی برای تأثیر سرمایش در اقلیم‌های گرم‌تر را ارائه می‌دهد (۲۷). به طور کلی پوشش‌های گیاهی نماهای عمودی تأثیرات مفیدی بر خصوصیات عایق بندی ساختمان می‌گذارد. نقش عایق بندی مصالح و لایه هوای ساکن، کاهش سرعت انتقال گرما بین داخل و خارج ساختمان است (۲۸). شاخص اندازه‌گیری شده بر روی دیوارهای پوشیده شده با گیاه و دیوار لخت توسط بارت فلدر و کوهلر کاهش دمای بین ۶-۲ درجه سانتی‌گراد را در مقایسه با دیوار لخت نشان داد (۲۹).

**۴-۳- کاهش شار حرارتی و بازتابش خورشید**

پوشش سبز می‌تواند دمای موجود را از طریق کاهش گرمای نهان و بهبود بازتابش وابسته به تابش خورشید را کاهش دهد(۳۰). هویانو[3] گزارش کرده است که دیوار زنده می‌تواند انتقال انرژی از میان دیوار ساختمان را تا ۰/۲۴ $KW/m^2$ کاهش دهد. بواسطه نماهای سبز مقادیر زیادی از تابش‌های خورشیدی برای رشد گیاهان و وظایف بیولوژیکی آن‌ها جذب

1- Di and Wang
2- Kontoleon
3- Hoyano

www.SID.ir

Archive of SID



خواهد شد(۳۱). مقادیر قابل توجهی از تابش‌ها برای فتوسنتز، تنفس، تبخیر و تعرق استفاده شده است، در واقع ٪۳۰-۵ از نور خورشید از برگ‌ها عبور می‌کند و آب‌وهوای میانی ساختمان را زمانی‌که از نما عبور می‌کند، تحت تأثیر قرار می‌دهد، مخصوصاً در مناطق متراکم و آسفالت شده اثر تبخیر و تعرق و سایه اندازی گیاهان می‌تواند به مقدار قابل توجهی مقدار گرما را که از نماها و دیگر سطوح تابیده خواهد شد را کاهش دهد (۱۵). محافظت از تابش مستقیم خورشید با دیوارهای سبز از جمله مهم‌ترین اثرات عملکرد حرارتی نماهای ساختمان است. سایه‌های سبز منجر به کاهش دمای سطح خارجی و کاهش نتیجه بخش شار حرارتی داخلی از طریق دیوارها و مصرف انرژی سرمایش در تابستان می شود (۱۴). تیلی[1] و همکارانش آنالیزهایی را بر روی سایه‌های سبز در آمریکا انجام دادند، محققان کاهش در دمای هوای داخلی (۴-)، دیوار خارجی(۱۲-) و هوای محصور شده (۱/۸-۱/۴) و کاهش شار گرمایی به ساختمان در طول گرم‌ترین ماه تابستان را ثبت کردند (۳۱). مدل تعادل انرژی آنها آشکار کرد که انعکاس بازتاب نور خورشید از برگ در حدود $75\ wm^{-2}$ در طول نیمه روز می‌باشد وتبدیل انرژی خورشیدی از طریق تعرق با سرعت $30\ wm^{-2}$ در طول نیمه روز به انرژی پنهان تبدیل می‌شود(۳۲). لازم به ذکر است که نماهای سبز پتانسیل افزایش دمای سطح دیوار در طول شب را از طریق مسدود کردن طول موج بلند تابش از دیوارها به سمت محیط را دارند (۲۳)(۳۳).

### ۴-۴- کاهش دمای سطح ساختمان و کاهش دمای داخلی ساختمان

ویژگی قابل تشخیص دیگر این سیستم‌های سایه‌دار، تبخیر و تعرق گیاهان است که برای افزایش از دست دادن گرما فرض شده است. دیوارهای سبز نوسان پیک دمای سطح خارجی ساختمان را در تابستان کاهش می دهند (۳۴) زیرا دمای سطح ساختمان به عنوان فاکتور ابتدایی جزیره گرمای شهری در نظر گرفته می شود و مشارکت برای افزایش دما می تواند از طریق افزایش تابش خورشید و انعکاس سطح بام و دیوار تخمین زده شود؛ همچنین پوشش گیاهی می تواند از طریق کاهش گرمای نهان و بهبود بازتابش وابسته به تابش خورشید دما را کاهش دهد (۳۵ . براساس این فاکتورها مدل شبیه‌سازی شده در یونان که کاهش دمای سطح از ۲-۱ درجه در نمای شمالی و ۷-۶ درجه در نمای غربی با کاهش نتیجه بخش مصرف انرژی سرمایش در تابستان از٪ ۴/۶۵ شمال و٪ ۲۰/۰۸ در نمای غرب را نشان داد. گزارش کاهش در دمای سطح بلافاصل پشت پوشش گیاهی از ۸/۲ درجه سانتی‌گرداد تا ۱/۹-۳-۸ بسته به تراکم لایه گیاهی تعیین شده است. ونگ [2]و همکارانش در مطالعه ارزیابی اثرات گرمایی ۹ نمونه موردی از سیستم‌های دیوار سبز، کاهش ۳/۳ درجه سانتی‌گراد در دمای محصور اندازه‌گیری کرده‌اند که با ۱۱/۶-۱/۱ درجه سانتی‌گراد کاهش در دمای سطح نمای بلافصل پشت پوشش بسته به نوع پوشش گیاهی ارتباط دارد (۱۶). پرز و همکارانش مشاهده کرده‌اند که در طول دوره برگ‌ریزان در زمستان دمای پشت دیوار سبز بالاتر و رطوبت نسبی کمتری دارد، حال آنکه در طول دوره سبز (دوره برگی) دما کمتر و رطوبت نسبی بالاتر است (۳۶). همچنین در نماهای دو پوسته اگر گیاهان به عنوان یک مانع استفاده شوند عموماً دمای داخل ساختمان پایین‌تر است (۱۳). تحقیقات انجام شده توسط بارت فلدر [3]و همکارانش نشان می-دهد که کاهش دما در نماهای سبز در مقایسه با نماهای لخت به طور میانگین ۶-۲ درجه سانتی‌گراد است. در واقع اختلاف دما بین دو پوشش اجرا شده در آلمان بر روی نماهای سبز و نماهای بدون پوشش گیاهی در حدود تقریباً ۶ درجه سانتی گراد می باشد (۱۵).

### ۴-۵- عملکرد سرمایش تبخیری

فرآیند تبخیر و تعرق گیاهان نیاز به انرژی دارد. این فرآیند فیزیکی "خنک کردن از طریق تبخیر" نامیده می‌شود (۲۳). وجود اقلیم‌های خشک یا تأثیر باد می‌تواند میزان تبخیر- تعرق را در گیاهان افزایش دهد در مورد جداره‌های سبز خنک کردن از طریق تبخیر لایه زیرین این جداره حائز اهمیت خواهد بود. در این زمینه رطوبت لایه زیرین عامل مهمی به شمار می‌رود

1- Tilly

2- Wong

3- Bartfelder

www.SID.ir

(۴۲). همچنین گیاهان می توانند فواید سرمایش در شهر را از طریق ۲ مکانیزم سایه اندازی مستقیم و انتقال تبخیر و تعرق افزایش دهند (۳۷). سرمایش تبخیری در دیوار می‌تواند به صورت چشم‌گیری دمای درون ساختمان را کاهش دهد، در واقع مکان‌هایی که نوسان دمای روزانه زیاد است تا٪۵ کاهش می‌یابد (۲۱). از طریق تبخیر و تعرق مقدار زیادی از تابش خورشید می‌تواند به گرمای نهان تبدیل شود که این باعث افزایش دما نمی‌شود (۳۸).

**۴-۶- ایجاد سایه و اثر خنک سازی و افزایش رطوبت**

تأثیر سایه اساساً با مانع بودن در برابر تابش خورشید توسط گیاهان انجام می شود (۲۳). آزمایش انجام شده بر روی گیاهان سایه گستر نشان داد که سطح رطوبت در ساختمانی که پوشیده از جداره سبز بود، به طور دائم بالاتر از ساختمان فاقد این مکانیزم بود، به طور مثال از ماه جولای تا اکتبر بین۱۴-۵ درصد بالاتر از دمای هوای داخل ساختمان بود نتیجه نشان می‌دهد که استفاده از پوشش گیاهی رطوبت بسیار بالایی را در محیط داخل ساختمان ایجاد می‌کند (۳۸).

**۴-۷-ایجاد لایه عایق توسط پوشش گیاهی و لایه زیرین آن**

ارزش عایق بندی سطوح سبز عمودی می تواند به وسیله چند راه افزایش پیدا کند (۳۹). با پوشیده شدن نمای ساختمان ها با گیاهان، نمای ساختمان از رسیدن گرمای تابستان و در زمستان، گرمای داخلی از خروج محافظت می شود. جداره‌های سبز قادر به ایجاد تغییر در شرایط محیطی پیرامون از جمله دما و رطوبت در فضای میانی پوشش سبز و نمای ساختمان می‌باشند. این لایه هوا می‌تواند تأثیر چشم گیری به عنوان لایه عایق داشته باشد (۴۰)، به طور کلی نقش عایق بندی مصالح و لایه هوای ساکن کاهش سرعت انتقال گرما بین داخل و خارج ساختمان است ( ۴۱). یم۱ در یک الگوی رایانه‌ای تأثیر گرمایی پوشش گیاهان همیشه سبز و خزان کننده را بر روی لایه خارجی دیوارهای ساختمان شبیه‌سازی نمود (۴۲). افزایش میزان تلطیف هوا و بهبود وضعیت دمای درون ساختمان در اقلیم‌های گرم و خشک بهترین نتایجی بودند که در دیوارهای ضلع جنوبی که در زمستان به شدت اشعه خورشید را جذب می‌کردند، مشاهده گردید. البته شایان ذکر است که پوشش گیاهی این دیوارها و نماها از نوع گیاهان خزان‌دار بود (۲۳).

**۴-۸- کاهش تأثیر باد بر نمای ساختمان**

یکی از شیوه‌های افزایش بازده انرژی یک ساختمان، ممانعت از برخورد باد است. در فصول زمستان ، باد سرد نقش اساسی در کاهش دمای داخل ساختمان ایفا می‌کند (۴۲). از آنجایی که باد فواید انرژی را تا ۵۰٪ کاهش می دهد، لایه گیاه به عنوان حائل از حرکت باد در طول نمای ساختمان محافظت می کند. با استفاده از لایه ها و مصالح مورد استفاده در پوسته دیوار زنده، در اوایل دهه هشتاد کروچ[2] و همکارانش به کاهش ضریب شار حرارتی خارجی اشاره کرده اند، در واقع با کاهش سرعت باد در طول نمای سبز ضریب عایق سطح خارجی می تواند با ضریب عایق سطح داخلی برابری کند، که توسط پرینی[3] نیز به اثبات رسیده است (۲۴). سیستم‌های گیاهی سبز ساختمان به عنوان مانع باد صورت مؤثر و نتیجه بخشی تأثیر باد بر نمای ساختمان را مانع می‌شود زیرا در زمستان انتقال گرما از ساختمان وابسته به بادی که در طول ساختمان عبور می‌کند، است. نماهای سبز می‌توانند سرعت باد را بر روی سطح نمای ساختمان تغییر دهد (۳۰). در سال ۱۹۸۸ یک روش شبیه-سازی رایانه‌ای جهت بررسی تأثیر کاهش اشعه خورشید و باد به دلیل وجود پوشش گیاهی بر عملکرد انرژی در مناطق مشابهی از ۴ شهر آمریکا توسط مک پرسون [4]و همکارانش صورت گرفت. این شهرها دارای ۴ اقلیم متفاوت بودند. در این روش آنها نشان دادند که طرح‌های کاشت برای اقلیم‌های سرد بایستی میزان برخورد بادها را در زمستان کاهش داده و جذب و برخورد نور خورشید را در دیوارهای ضلع جنوبی و شرقی ساختمان افزایش دهد. علاوه بر این، طرح فوق در اقلیم‌های گرم نیز به کار رفت، نتایج نشان داد که اجتناب از محدود کردن و جلوگیری از برخورد بادهای تابستانه حائز اهمیت می‌باشد. دراقلیم‌های گرم،

1- Yem

2- Krusche
3- Perini
4- Mcpherson

www.SID.ir

Archive of SID



درختان پر شاخوبرگ سایه گستر و پوشش‌های گیاهی درختچه‌ای بایستی جهت افزایش میزان سایه و برخورد باد مورد استفاده قرار گیرد. مک پرسون[1] تأثیر کاهش باد و تابش در نتیجه استفاده از پوشش گیاهی را در ۴ اقلیم متفاوت شبیه-سازی کرده است (۴۳). لازم به ذکر است که زمانی که سیستم دیوار سبز به عنوان مانع تأثیر باد بر ساختمان استفاده می‌شود، این نکته باید در نظر گرفته شود که پوشش گیاهی نباید مانع تهویه هوا در تابستان شود و همچنین نباید کمک به جریان هوا در زمستان کند (۲۳). مطالعه انجام شده در این زمینه نشان داد که مصرف انرژی در زمستان به دلیل سایه ایجاد شده بر روی ساختمان افزایش می‌یابد ، اما نهایتاً کاهش چشم‌گیری در مصرف انرژی دارد که به دلیل تأثیر تغییر در اقلیم فضای بین دیوار ساختمان و نمای ساختمان و کاهش سرعت باد می‌باشد (۴۲).

**۵-فواید زیست محیطی**

**۵-۱-کاهش اثر جزایر گرمایی شهری**

با انقلاب صنعتی فضاهای شهری به طور چشم‌گیری گسترش یافته و به سرعت و با تغییرات مهم زیادی نسبت به دوره‌های قبلی همراه بودند. این تغییرات تأثیر مستقیمی بر روی اقلیم محلی فضای شهری، به طور ویژه مناطق مرکزی شهرها، باعث افزایش چشم‌گیر دمای شهری و دیگر تغییرات شده است، که به عنوان جزیره گرمای شهری شناخته می‌شود. این ممکن است باعث ایجاد شرایط ناخوشایند اقلیمی محلی و حتی به خطر انداختن سلامتی بشر و به ویژه آب‌وهوای شهر در فصول گرم شود (۴۴و ۴۵). شواهد مبنی بر کمبود عمومی پوشش و رشد گیاه در شهرها یکی از فاکتورهای متأثر از شکل‌گیری افزایش دمای شهر است. پدیده گرمایی شهری [2] می‌تواند باعث افزایش دمای درون شهر بین ۵-۲ بیشتر از دمای محیط مناطق روستایی در نتیجه افزایش سطوح مصنوعی در مقایسه با پوشش زمین طبیعی و گیاهان شود (۴۶) زیرا پوشش‌های گیاهی نقش بنیادینی را در کاهش جزیره گرمای شهری بازی می‌کنند. تحقیق هدایت شده توسط اکابری[3] و همکارانش نشان می‌دهد که کاهش اثر جزیره گرمایی با درختان، بام سبز و نماهای سبز می‌تواند کاهش مصرف انرژی ملی آمریکا برای تهویه را تا٪۲۰ صرفه جویی کند و در هزینه انرژی در حدود ۱۰B$ صرفه جویی می‌شود (۴۷). با جایگذاری پوشش گیاهی در فضای شهری می توان از افزایش دمای شهر جلوگیری کرد. سطوح شهری مانند نمای ساختمان ها می‌توانند به راحتی با گیاهان پوشیده شود و خرده اقلیم محیط ساختمان و اقلیم محلی شهر را تغییر دهد (۴۸). دیوارهای سبز به طور قابل توجهی به ویژه در خرده اقلیم‌ها به کاهش تأثیر جزایر گرمایی شهری کمک می‌کنند که منجر به افزایش دمای هوا در مناطق شهری بین ۵-۲ درجه سانتی گراد در مقایسه با مناطق خارجی و کاهش آلودگی مناطق می‌شود (۱۴).

**۵-۲-فواید آکوستیکی**

سیستم های سبز به سه طریق می توانند باعث کاهش سطح صدا شوند:۱- صدا می تواند به وسیله عناصر گیاهی مانند تنه ها، شاخه های کوچک و برگ ها بازتابش و پراکنده شود ۲- همچنین جذب صدا توسط گیاهان، که این تأثیر به لرزش (ارتعاش) مکانیکال برای عناصر گیاهی ایجاد شده توسط امواج صدا، منجر به پراکندگی توسط تبدیل کردن انرژی صدا به گرما می شود ۳- سومین مکانیزم که می تواند قابل ذکر باشد، سطوح صدا می تواند توسط وجود لایه های خاک کاهش پیدا کند (۲۳و۴۹). مگلیوکو[4] و همکارش عنوان داشته اند که این فایده در مورد لایه‌های نازک پوشش گیاهی بسیار پائین است. لازم به ذکر است که دیوارهای سبز شبیه‌سازی شده واقعی شرایط آکوستیکی بهتری (۳۰db) نسبت به دیوارهای بدون پوشش گیاهی ارائه داده‌اند (۵۰).

**۵-۳-مقابله با آلودگی هوا**

تأثیرات زیان بار افزایش سطح آلودگی در مناطق شهری در دهه های اخیر خصوصاً در کشورهای در حال توسعه پدیدار باعث ایجاد نگرانی شده است. به عنوان مثال اتومبیل ها به عنوان

1- Macpherson
2- UHT
3- Akabari
4- Magliocco

www.SID.ir

برکت و موهبتی برای بشر هستند هنگامی که از آن ها استفاده می شود، و به انسان اجازه می دهند که بر مسافت فائق آید و زمان سفر را کاهش می دهند، اما از طرفی تأثیرات مخربی بر روی محیط زیست می گذارد(۵۰). تأثیر حمل و نقل در حدود ۱/۴ از انتشارات گازهای گلخانه ای محاسبه شده است. انتشار گازهای آلاینده حاصل از اتومبیل ها دی اکسید کربن، نیتروژن، و سولفور، و ذرات ریزی شبیه به$PN20$ و غیره هستند (۵۲)، لذا دیوارهای سبز می‌توانند به پاک‌سازی گازهای آلاینده کمک کنند، اگر چه تأثیر کارایی آن‌ها با توجه به گونه گیاهی و پوشش مناطق متفاوت است.گیاهان با تراکم شاخ و برگ بالا، ذرات کوچکتر را به دام می‌اندازند و نیز به رفع ذرات آلاینده کمک کند (۵۲).مطالعات شبیه سازی شده زیادی در زمینه تأثیر پوشش گیاهی بر روی آلاینده ها انجام شده است که می توان به تعیین نرخ بالا گیری $CO_2$ توسط STOMATO اشاره کرد. ارزش بالقوه سرویس تنظیم کیفیت هوا، همراه با آلاینده های هوا(۵۳-۵۶) و ذخیره و تجزیه کربن (۵۷)، اغلب با اندازه گیری مراقبت های سلامتی و هزینه های جایگزینی سیستم های رفتار ساختگی محاسبه شده است (۵۸). وانگ و فورگوهر[1](۱۹۸۴) و بال [2]و همکاران (۱۹۸۷) ، لئو نینگ[3] (۱۹۹۰) ، کولتز [4]و همکاران (۱۹۹۰) ، و بوکلی[5] و همکاران (۲۰۰۳) پژوهش های را در زمینه تعیین فاکتورهای فیزیولوژی که هدایت دهانی و انتقال و پخش گاز را بر روی برگ بر عهده دارند ، انجام داده اند (۵۲). وایتر[6] و ماینک[7] درپژوهشی در خیابان بدون درخت فرانکفورت آلودگی هوای از ۱۰۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ ذره آلوده هوا در هر لیتر را مشاهده کرده‌اند، اگر چه در خیابان در محله یکسان آلودگی هوا از ۳۰۰۰ ذره آلوده یافتند (۵۹). گازهای گلخانه‌ای می‌تواند از طریق stomata (حفره) روی گیاهان و برگ‌ها تجزیه یا حل شود (۶۰).

### ۵-۴-تغییر محیط زیست داخلی توسط زیر ساخت های سبز شهری

زیر ساخت های سبز شهری از طریق ۴ مکانیزم اصلی، شامل اقلیم (تابش خورشید، و کاهش سرعت باد) و از طریق فرآیند تبخیر و تعرق(۴۸، ۵۳ و ۶۱-۶۳)، زدودن آلودگی هوا از طریق پوشش گیاهی توسط dry deposition و با تأثیر هر دو در $O_3$ از طریق فرآیند تشکیل(۶۴-۶۹) و کاهش صدا (۷۰)و نیز مانع صدا با تولید صدای خوشایند( صدای پرندگان و صدای حاصل از وزش باد بین برگ ها) در سایه بان (۲۱-۲۳) و سرانجام ایجاد مناظر از پنجره محیط زیست داخلی را تغییر می دهند (۷۱).

### بحث و نتیجه گیری

پژوهش پیش رو بیش از ۱۰۰ پژوهش و بحث را در زمینه عملکردهای دیوار سبز مورد بررسی و ارزیابی قرار داده است. مهم ترین یافته های پژوهش شناسایی عملکردهای دیوار سبز در دو زمینه اصلی زیست محیطی، عملکرد حرارتی و صرفه جویی انرژی می باشد، به طور کلی نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که دیوار سبز یکی از راهکارهای دستیابی به معماری پایدار می باشد، که می توان فواید استفاده از این فناوری نو ظهور را در سه عرصه اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی تقسیم بندی نمود. از میان این فواید کاهش مصرف انرژی اصلی ترین منفعت استفاده از این فناوری خواهد بود، به طوری که بررسی پژوهش های انجام شده در این زمینه نشان داد که با هر ۰/۵ درجه کاهش دما در هوای داخلی بواسطه استفاده از این فناوری، میزان الکتریسیته مورد نیاز برای تهویه هوا تا ۸٪ کاهش می یابد. در واقع نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که پوشاندن ساختمان با نمای سبز از رسیدن گرما به داخل ساختمان در تابستان جلوگیری می کند و به طور کلی پوشش های گیاهی نماهای سبز تاثیرات مفیدی بر خصوصیات عایق بندی ساختمان می گذارد، که این نقش به واسطه ایجاد لایه هوای ساکن بین دیوار سبز و ساختمان و کاهش سرعت انتقال گرما بین داخل و خارج از ساختمان است. همچنین بررسی

1- Wong &Forguhar
2- Ball
3- Leuning
4- Colletz
5- Buckley
6- Witter
7- Minke

www.SID.ir

Archive of SID



پژوهش ها نشان داد که با وجود لایه دیوار سبز بر سطح دیوار ساختمان شار حرارتی از خارج به داخل در طول روز و در دوره تابستان و از خارج به داخل در طول شب و در دوره زمستان به واسطه مسدود کردن تابش طول موج بلند با استفاده از دیوار ها می شود. همچنین از آنجایی که یکی از ویژگی های دیوار سبز تبخیر و تعرق گیاهان است، از این رو به واسطه استفاده از دیوارهای سبز دمای سطح دیوار بین ۱-۲ درجه در نمای شمالی و بین ۶-۷ درجه در نمای غربی کاهش می یابد. همچنین پژوهش های انجام شده در این زمینه نشان داد که پوشش های گیاهی قادر به ایجاد تغییر در شرایط محیطی پیرامون از جمله بر میزان دما، و رطوبت در فضای میانی پوشش سبز و نمای ساختمان می باشند. از آنجایی که یکی از شیوه های افزایش بازدهی انرژی در یک ساختمان ممانعت از برخورد باد به جداره های ساختمان می باشد، لایه گیاه به عنوان حائل از حرکت باد در طول نمای ساختمان محافظت می کند. همچنین نتایج حاصل از برررسی پژوهش های انجام شده بر روی فناوری دیوار سبز نشان داد که دیوارهای سبز فواید زیست محیطی گسترده را نیز به همراه دارند که میتوان با جایگذاری مناسب آنها در فضاهای شهری از افزایش دمای شهر و .. جلوگیری نمود و سبب کاهش اثرات جزایر گرمای شهری شد. همچنین یکی از فواید زیست محیطی این فناوری، نتایج مثبت آکوستیکی به واسطه کاربرد دیوار سبز می باشد، به طوری که کاربرد دیوارهای سبز تا ۳۰ دسی بل سبب کاهش اثرات صداهای مزاحم خواهد شد. همچنین کاربرد دیوار سبز باعث پاکسازی هوا از آلاینده های محیطی نظیر دی اکسید کربن، نیتروژن، سولفور و .... خواهد شد. به طور کلی نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که پوشش های دیوار سبز به واسطه ۴ مکانیزم اصلی شامل اقلیم، تابش خورشید، کاهش سرعت باد و از طریق فرآیند تبخیر و تعرق ، زدودن آلودگی هوا و با تاثیر بر $O_3$ از طریق فرآیند تشکیل و ... بر محیط زیست داخلی تأثیر خواهد گذاشت. لازم به ذکر است که نتایج حاصل از این پژوهش نقطه آغازی برای انجام پژوهش های بنیادی در زمینه تعیین شاخص های تأثیر گذار و میزان تأثیر گذاری هر یک از شاخص ها بر عملکرد های مورد انتظار از سیستم دیوار سبز و بومی سازی هر یک از شاخص ها براساس هدف مورد انتظار از اجرای دیوارهای سبز و شرایط موجود هر منطقه می باشد، که مشخص کردن این موارد به همراه ارزیابی اهمیت هر یک از شاخص ها با استفاده از روش های موجود نظیر AHP به منظور دستیابی به پایداری در عملکرد دیوار سبز در قالب پژوهش های آتی ضرورتی اجتناب ناپذیر خواهد بود.

**Reference**


1. Benevolo L. The history of the city. London: Scholar Press; 1980.
2. Alexandri, E., Jones, P., 2008. Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. Build. Environ. 4, (480-493).
3. Mostafa Refat Ismail.2013. Quiet environment: Acoustics of vertical green wall systems of the Islamic urban form, Frontiers of Architectural Research 2(162-177).
4. Claus K, Rousseau S. 2012. Public versus private incentives to invest in green roofs: a cost benefit analysis for Flanders. Urban For Urban Green; 11(4):417e 25. http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2012.07.003.
5. Wong NH, et al. 2009, Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls, Building and Environment, doi:10.1016/j.buildenv. 2009.08.005
6. Laurent Malys, Marjorie Musy, Christian Inard. 2014. A hydrothermal model to assess the impact of green walls on urban microclimate and building energy consumption, Building and Environment 73(187-197).
7. Haibo Feng, Kasun Hewage. 2014. Lifecycle assessment of living walls: air purification and energy performance, Journal of Cleaner Production 69(91-99).


www.SID.ir

8. Mahmoud Haggag, Ahmed Hassan, Sarah Elmasry. 2014. Experimental study on reduced heat gain through green facades in ahighheat load climate, Energy and Buildings 82(668–674).
9. Thompson J.W, Sorvig K. 2008. Sustainable Landscape Construction; A Guide to Green Building Outdoor. (2nd Edition) United State of America: Island Press.
10. Susan Loh, 2008. Living Wall- a way to green the built environment, available online. a www.environment design guide.com.au/ media/Tec26.pdf.
11. Fioretti, R., etal. 2010. Green roof energy and waterrelated performance in the Mediterranean climate .Building and Envir- onment 45, (1890–1904).
12. Kontoleon K, Eumorfopoulou E. 2010. The effect of the orientation and proportionof a plant covered wall ayer on the thermal performance of abuilding zone. Build Environ 45(1287–303).
13. H. Feng, K. Hewage. 2014. Energy saving performance of green vegetation on LEED certifiedbuildings, Energy and Buildings 75 (281–289).
14. Ugo Mazzali, Fabio Peron, Piercarlo Romagnoni, Riccardo M. Pulselli, Simone Bastianoni. 2013. Experimental investigation on the energy performance of LivingWalls in a temperate climate, Building and Environment 64 (57 66).
15. K. Perini, M. Ottelé, E.M. Haas, R. Raiteri,2011.Greening the building envelope, fac¸ adegreening and living wall systems, Open Journal of Ecology 1(1–8).
16. Irina Susorova, Melissa Angulo, Payam Bahrami, Brent Stephens. 2013. A model of vegetated exterior facades for evaluation of wall thermal performance, Building and Environment 67(1-13).
17. Ross W.F. Cameron, Jane E. Taylor, Martin R. Emmett. 2014. What's 'cool' in the world of green façades? How plant choice influences the cooling properties of green walls. Building and Environment 73 (198-207).
18. Barzegar Ganji, Hoda (2012). Investigating different types of green walls and their effectiveness in reducing energy consumption in Iran. Tehran: University of Tehran, M.Sc. Thesis in Energy Architecture.S. Wheeler, T. Beatley. 2004. *The Sustainable Urban Development Reader*, RoutledgePress, New York, pp (7–11),(in persion).
19. M. Ottelé, H. Van Bohemen, A.L.A. Fraaij. 2012. *Quantifying the deposition of particulate matter on climber vegetation on living walls*, Ecological Engineering 36 (154–162).
20. N. Dunnet, N. Kingsbury, *Planting Green Roofs and Living Walls*, Timber Press, Oregon, 2004.
21. Köhler, M. 2008. *Green façades – a view back and some visions*. Urban Ecosyst 11(423 – 436).
22. Gabriel Pérez, JuliàComa, IngridMartorell , LuisaF.Cabeza. 2014. *Vertical Greenery Systems (VGS) for energy saving in buildings: A review*. RenewableandSustainableEnergyReviews39(139–165).
23. Marc Ottelé, Katia Perini, A.L.A. Fraaij, E.M. Haas, R. Raiteri .2011. *Comparative life cycle analysis for green facades and living wall systems.* Energy and Buildings 43 (3419–3429).
24. A.K. Pal, V. Kumar, N.C. Saxena,.2000. *Noise attenuation by green belts*, Journal of Sound and Vibration 234 (1) (149–165).
25. Wong NH, Kwang Tan AY, Chen Y, Sekar K, Tan PY, Chan D, et al. 2012. *Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls*. Building and Environment; 45(3):663-72.

www.SID.ir

Archive of SID


26. N.H. Wong, et al.2009. Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls, Building and Environment (2009), doi:10.1016/j.buildenv.08.005.
27. S.W. Peck, et al. 1999. Greenbacks from Green Roofs: Forging a New Industry in Canada, Status Report on Benefits, Barriers and Opportunities for Green Roof and Vertical Garden Technology Diffusion, Environmental Adaptation Research Group, Canada.
28. F. Bartfelder, M. Köhler. 1987. Experimentelle untersuchungen zur function von fassaden begrünungen, Dissertation TU Berlin 612S.
29. E.A. Eumorfopoulo, K.J. Kontoleon. 2009. Experimental approach to the contributionof plant-covered walls to the thermal behaviour of building envelopes, Build.Environ. 44 (1024–1038).
30. D. Tilley, J. Price, S. Matt, B. Marrow. 2012. Vegetated Walls: Thermal andGrowth Properties of Structured Green Facades. Final Report to GreenRoofs for Healthy Cities-Green Walls Group, Ecosystem EngineeringDesign Lab, Environmental Science and Technology Department Collegeof Agriculture and Natural Resources, Maryland, Agricultural ExperimentStation, University of Maryland, College Park, pp. 163, Available at:http://www.greenroofs.org/resources/UMDGreenWallResearch(FinalReport).pdf.
31. R.M. Pulsellia, F.M. Pulsellia, U. Mazzalib, F. Peronb, S. 2014. Bastianoni, *Emergy based evaluation of environmental performances of LivingWall and Grass Wall systems*, Energy and Buildings 73 (200–211).
32. C.Y. Cheng, K.K.S. Cheung, L.M. Chu. 2010. Thermal performance of a vegetatedcladding system on facade walls, Building and Environment 45 (2010)1779–1787, http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.02.005.
33. Rabah Djedjig, Emmanuel Bozonnet, Rafik Belarbi. 2015. *Analysis of thermal effects of vegetated envelopes: Integration of avalidated model in a building energy simulation programRabah*. Energy and Buildings 86 (93–103).
34. J. Facer, C. Kendall, R.A. Fenner, S. Brown. 2007 Can Greenery make CommercialBuildings more Green? Cambridge University Press, Cambridge, MA.
35. G. Pérez, L. Rincón, A. Vila, J.M. González, L.F. Cabeza. 2011. Green vertical systemsfor buildings as passive systems for energy savings, Appl. Energy 88 (4854–4859).
36. Samar Sheweka, Arch. Nourhan Magdy. 2011. *The Living walls as an Approach for a Healthy Urban Environment.* Energy Procedia 6 (592–599).
37. Environmental Protection Department, Climate Booklet for Urban Develop-ment, Environmental Protection Department, Stuttgart, Germany, 2008.
38. Peck, S.W., Callaghan, C., Kuhn, M.E. and Bass, B. 1999. *Greenbacks from green roofs: forging a new industry in Canada, Status report on benefi ts, barriers and opportunities for green roof and vertical garden technology diffusion*, Environmental Adaptation Research Group, Environment Canada.
39. G. Minke, G. Witter, Häuser mit grünen pelz. Ein handbuch zur hausbegrünung, 1982.
40. P. Krusche, M. Krusche, D. Althaus, I. Gabriel, Ökologisches bauen, Herausgegeben vom umweltbundesamt, Bauverlag, 1982.

www.SID.ir

41. Shaneh Saz, Marzieh (2013), Designing a suitable model of green wall based on reducing renewable energy consumption in Iranian architecture. Payame Noor University, Master Thesis in Architecture.E.G. Mcpherson. 1988. Impacts of vegetation on residential heating and coohng, Energy Build. 12 (41–51),(in persion).
42. White KS, et al. 2001. Technical summary, climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability. In: McCarthy JJ, Canziani OF, Leary NA, Dokken DJ, White KS, editors. Climate change: impacts.
43. Koppe C, Kovats S, Jendritzky G, Menne B. 2004. Health and global environmental change; heat-waves: risks and responses, series no. 2, energy, environment and sustainable development. Copenhagen: World Health Organization.
44. Taha H, Douglas S, Haney J. 1997. Mesoscale meteorological and air quality impacts of increased urban albedo and vegetation. Energy Build; 25(2):169e77. http://dx.doi.org/10.1016/S0378-7788 (96)01006-7.
45. Akabari H, Pomerantz M, Taha H. 2001. Cool surface and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban area. Solar Energy; 70(3): (295-310).
46. Eleftheria Alexandri, Phil Jones.2008. Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates, Building and Environment 43(480-493).
47. Perini K, Ottelé M. 2012. *Vertical greening systems: contribution on thermal analyzin on the building envelope and transactions* on ecology and the environment, vol. 165;P. 239e50 http://dx. Doi.org/10.2495/ARC120011.
48. Giachetta A, Magliocco A. 2007. Progettazione sostenibile. Dalla pianificazione territorial all'ecodesign. Roma: Carocci.
49. Sinha, R.K., 1993.Automobile pollution in India an ditshum an impact.TheEnvir- on mentalist 13(111–115).
50. Saumitra V, Joshi, Sat.Ghosh. 2014. on the air cleansing efficiency of an extended green wall: A CFD an alysis of mechanistic details of transport processes, Journal of Theoretical Biology361 (101–110).
51. Chen WY, Jim CY. 2008. Assessment and valuation of the ecosystem services provided by urban forests. In: Carreiro MM, Song YC, Wu J, editors. Ecology, planning, and management of urban forests: International perspectives. New York: Springer; (53-83).
52. Martin NA, Chappelka AH, Loewenstein EF, Keever GJ. 2012. Comparison of carbon storage, carbon sequestration, and air pollution removal by protected and maintained urban forests in Alabama, USA. Int J Biodivers Sci; 8 265-72).
53. Nowak DJ, Crane DE. 2002. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. Environ Pollut; 116(3):381e9.
54. Nowak DJ. 2006. Institutionalizing urban forestry as a "biotechnology" to improve environmental quality. Urban For Urban Green 2006; 5(2):93e100. http:// dx.doi.org/10.1016/j.ufug.04.002.
55. Nowak DJ. 1994. The effects of urban trees on air quality; pp. 1e4. New York.
56. Yafei Wang, Frank Bakker, Rudolf de Groot, Heinrich Wörtche. 2014. Effect of ecosystem services provided by urban green infrastructure on indoor environment: A literature review, Building and Environment 77 (88 100).
57. McPherson EG, Simpson JR .1989. Livingston M. Effects of three landscape

www.SID.ir

Archive of SID


65. Thornes J, Bloss W, Bouzarovski S, Cai X, Chapman L, Clark J, et al. 2012. Communicating the value of atmospheric services. Meteorol Appl;17(2):243e50. http://dx.doi.org/10.1002/met.200.
66. Bolund P, Hunhammar S. 1999. Ecosystem services in urban areas. Ecol Econ; 29(2):293e301. http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009 (99)00013-0.
67. Akbari H. 2002. Shade trees reduce building energy use and CO2 emissions from power plants. Environ Pollut; 116:119e26.
68. González-Oreja JA, Bonache-Regidor C, De la Fuente-Díaz-Ordaz AA. 2010. Far from the noisy world? Modelling the relationships between park size, tree cover and noise levels in urban green spaces of the city of Puebla, Mexico. Interciencia; 35(7):486e92.
69. Irvine K, Devine-Wright P, Payne S, Fuller R, Painter B, Gaston K. 2009. Green space, soundscape and urban sustainability: an interdisciplinary, empirical study. Local Environ ;14(2):155e72. http://dx.doi.org/10.1080/ 13549830802522061.

treatments on residential energy and water use in Tucson, Arizona. Energy Build ; ۱۳:۱۲۷e38.
58. K. Perini, et al. 2013. Vertical greening systems, a process tree for green fac¸ Ades and living walls, Urban Ecosystems 16 (2) (265–277).
59. Heisler GM. 1986. Effects of individual trees on the solar radiation climate of small buildings. Urban Ecol; 9(34):337e59. http://dx.doi.org/10.1016/0304-4009(86)90008-2.
60. Huang YJ, Akbari H, Taha H, Rosenfeld AH. 1987. The potential of vegetation in reducing summer cooling loads in residential buildings. Clim Appl Meteorology; 26(9):1103e16.
61. Simpson J, Mcpherson E. 1997. The effects of roof albedo modification on cooling loads of scale model residences in Tucson, Arizona. Energy Build; 25(2): 127e37. http://dx.doi.org/10.1016/S0378-7788(96)01002-X.
62. Konopacki S, Akbari H. 2002. Energy savings for heat island reduction strategies in Chicago and Houston (including updates for Baton Rouge, Sacramento, and Salt Lake City).
63. Nowak D, Crane D, Stevens J. 2006.Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. Urban For Urban Green 2006;4(34):115-23. http:// dx.doi.org/10.1016/j.ufug.01.007.
64. Taha H, Konopacki S, Gabersek S.1996. Modeling the meteorological and energy effects of urban heat islands and their mitigation: A 10 region study; Berkeley, CA.

**با سلام خواهشمند است تمام رفرانس های فارسی به انگلیسی ترجمه و در انتهای هر رفرانس ترجمه شده داخل پرانتز لغت In Persian اضافه و عودت گردد**

لطفاً به سربرگ ها دست نزنید

در صورت امکان تاریخ پذیرش مقاله را اعلام فرمایید

www.SID.ir