CERTIFICATE

پنجمین همایش ملی فناوری های نوین در مهندسی معماری ، عمران و شهرسازی ایران

5th National Conference on New Technologies in Architectural, Civil and Urban Engineering of Iran

گواهی پذیرش مقاله

بدینوسیله گواهی می گردد مقاله با عنوان:

تاثیر نمای سبز بر دمای هوا

ارائه شده توسط:

فاطمه غفاریان امید ، فاطمه موسوی نیا

براساس تائید کمیته علمی و هیات محترم داوران مورد پذیرش کامل قرار گرفته و در مجموعه مقالات علمی پژوهشی **پنجمین همایش ملی فناوری های نوین در مهندسی معماری ، عمران و شهرسازی ایران** به چاپ خواهد رسید. امید است نتایج این همایش در بهبود هرچه بیشتر عملکرد ایشان در راستای افزایش بهره وری و تحقیق توسعه پایدار در جهان اسلام موثر واقع گردد.

دکتر مریم ابراهیم پور

دبیر علمی همایش

سامانه احراز اصالت گواهینامه : WWW.VCERT.IR

کد احراز اصالت گواهینامه : btconf5-02620253

تاثیر نمای سبز بر دمای هوا

1-فاطمه غفاریان امید 2-فاطمه موسوی نیا

1- دانشجو کارشناسی ارشد مهندسی معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه فردوسی مشهد
2- دکتری تخصصی معماری، استادیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه فردوسی مشهد

Email:(fatemeghaffarian1378@gmail.com)
Email:(mousavinia@um.ac.ir)

چکیده

افزایش روزافزون دمای هوا یکی از مهم‌ترین بحران‌های جهانی است. از مهم‌ترین علت‌های این پدیده، می‌توان به افزایش گازهای گلخانه‌ای به ویژه کربن دی اکسید اشاره کرد. روند سریع توسعه شهرها، چرخه حیات زیستی را برهم زده و باعث بروز مشکلاتی از جمله کم شدن فضاهای سبز و ایجاد جزایر حرارتی شده‌است. استفاده از معماری سبز در ساختمان‌ها، یکی از راه حل هایی است که می‌توان برای کاهش دمای هوا پیشنهاد داد. نمای ساختمان‌ها از مهم‌ترین ابعاد تأثیرگذار بر زیبایی منظر شهری هستند. به همین علت استفاده از جداره‌های شهری سبز علاوه‌بر ارتقای کیفیت‌های بصری زیبایی شناسی، به کاهش دمای اطراف خود نیز منجر می‌شود. حرکت به سوی معماری و شهرسازی همساز با محیط زیست، تغییر استراتژی های طراحی و خلق راهکارهای نوین برای بازگرداندن تعادل به طبیعت، علاوه بر تأمین نیازهای بشر امروزی باعث توسعه روزافزون کاربرد سیستم‌های سبز عمودی در سراسر جهان شده‌است. در این مقاله، مطالعه و بررسی نمونه‌های موردی دارای نمای سبز نشان می‌دهد که استفاده از نمای سبز در کاهش دمای هوا موثر است و باعث کاهش دمای محیط اطراف خود تا 3 درجه سانتی گراد می‌شوند. بنابراین استفاده از دیواره های سبز را می‌توان به عنوان یکی از راهکارهای کاربردی در کاهش دمای هوا توصیه کرد.

کلمات کلیدی: معماری سبز، نمای سبز، کاهش دمای هوا، نمونه‌های موردی

1. مقدمه و هدف

افزایش میانگین دمای هوا، متأثر از افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر است که تغییرات اقلیمی را به همراه دارد. در میان گازها و ترکیباتی که به تشدید تغییرات آب و هوا و گرمایش جهانی دامن می زنند، کربن دی اکسید به عنوان فراوان‌ترین و بحرانی‌ترین عامل شناخته می‌شود[1]. تخمین زده شده که مناطق شهری، بیش از دو سوم انرژی جهان را مصرف و بیش از 70درصد کربن دی اکسید در جهان را تولید می کنند[2]. بنابراین مهم است برای مقابله با مشکل تغییرات اقلیمی جهانی، کربن دی اکسید منتشرشده در

شهرها کاهش یابد[3]. طبق گزارش سازمان اتحادیه ملت‌ها، امروزه 55% از جمعیت جهان در شهرها زندگی می‌کنند و پیش‌بینی می‌شود تا سال 2050 ،جمعیت شهرها به 68% افزایش یابد. مناطق متراکم شهری، منابع مسائل محیطی متعددی همچون جزیره حرارتی شهری، تخلیه منابع و آلودگی های هوا و آب هستند. این معضلات منجر به آسیب‌های جدی به محیطزیست و سلامت جسمی و روحی انسان می‌شوند. به همین علت جذب و کاهش کربن دی اکسید برای کاهش دمای هوا از دغدغه‌های مهم مدیران شهری و متخصصان محیطزیست در سراسر دنیا می‌باشد[4و5و6و7]. بر طبق برنامه محیط اتحادیه ملت ها، بخش ساختمان 40% از کل مصرف انرژی جهانی را در بر می‌گیرد[8]. یکی از راه‌حل‌هایی که می‌توان پیشنهاد داد، استفاده از معماری سبز در ساختمان‌ها در جهت پایداری محیطزیست می‌باشد. جداره‌های سبز می‌توانند تامین‌کننده فضای سبز برای دستیابی بـه پایداری در فضـاهای شهری باشند. سطوح سبز شامل نما و بام سبز به یکی از اجزای مهم در معماری سبز تبدیل شـده که به وجود آورنده جنبه‌های مثبت فیزیکی و بصری متعددی است. این سیستم ها با استفاده از پوشش‌های گیاهی روی سطح خود، علاوه بر کاهش آلودگی هـوا، به دلیل بهبود عملکرد حرارتی جداره، موجب کاهش میزان مصرف انرژی در داخل سـاختمان نیز می‌شوند. همچنین این پوشش گیاهی باعث ایجاد زیست‌بومی بـرای گونـه‌های مختلـف جانداران می‌شوند. زیبایی و ایجاد منظر شهری، کاهش اثر جزیره حرارتی، کاهش سروصدا و بسیاری از مـوارد دیگر، از فواید این جداره‌هاست[9].

در کشور ایران با وجود سابقه چندین ساله استفاده از دیواره های سبز، این شیوه‌ها به طور گسترده توسعه نیافته‌اند. موانع توسعه سیستم‌های سبز عمودی شامل نیاز سیستم‌ها به نگهداری مستمر، کمبود اطلاعات فنی، دستورالعمل‌های نگهداری و اطلاعات مرتبط با گیاهان مناسب (محلی)، کمبود آگاهی از مزایا و عملکردها، عدم وجود کمک هزینه‌ها و مشوق‌های دولتی می‌باشد[10].

در این مقاله خلاصه‌ای از اثرات افزایش کربن دی اکسید و همچنین معرفی فواید نمای سبز ارائه می‌شود و پس از آن، با مطالعه نمونه‌های موردی دارای نمای سبز به بررسی تاثیر نمای سبز در دمای محیط اطراف خود پرداخته می‌شود. در این نمونه‌ها دمای اطراف ساختمان‌های دارای نمای سبز در زمان‌های مختلف اندازه گیری شده و میزان کاهش دما در فصول گرم و افزایش دما در فصول سرد بررسی شده است.

پرسش تحقیق

آیا با توجه به اینکه از نمای سبز به عنوان یک تکنیک در معماری سبز استفاده می‌شود، در عمل می‌تواند در کاهش دمای هوا موثر باشد؟

2.پیشینه تحقیق

پژوهش‌های زیادی به بررسی تاثیر گیاهان در کاهش دمای هوا پرداختند و از نتایج حاصل در طراحی و مدیریت شهری استفاده کردند. برنامه‌ریزان شهری در کرهٔ جنوبی با کاشت درختان و توسعهٔ پارک‌های شهری موفق به کنترل دما در شهر شده‌اند. به طوری که بررسی داده‌های دمایی تایگو در 30 سال، کاهش 1.2 درجهٔ سانتیگراد نشان می‌دهد. در حالی که در دیگر شهرها، افزایش 1 تا 2 درجه دما دیده می‌شده‌است[11]. مطالعهٔ دیگری در هنگ‌کونگ نشان می‌دهد که گیاهان باعث کاهش 4.8 درجه‌ای دمای حداکثر در حاشیهٔ بزرگراه‌ها شده‌اند[12]. در گزارشی در آفریقا نیز کاهش دما 3.7 درجه‌ای در مجاورت پانل‌های گیاه‌کاری‌شده مشاهده شده‌است[13]. در ژاپن نیز آزمایش ها نشان داد گیاه مو دمای تراس را در جبههٔ جنوب غربی ساختمان به میزان چشمگیری کاهش داده‌است[14].

3. مبانی نظری

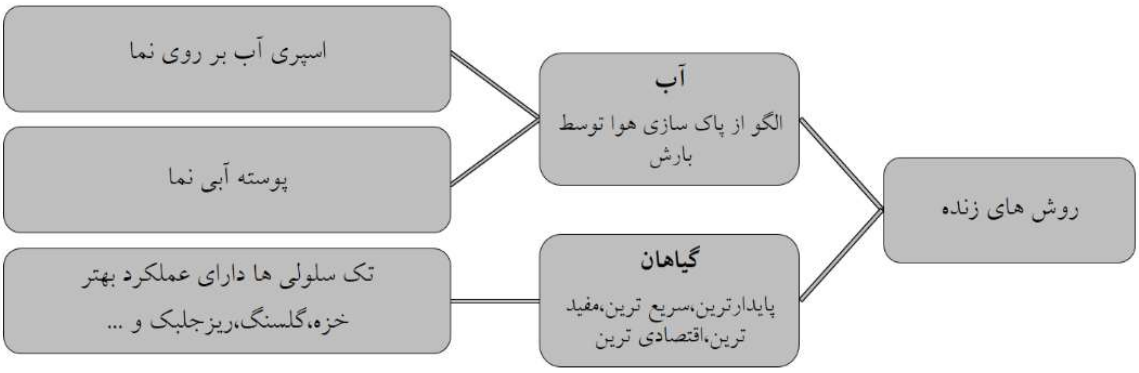
استفاده از طبیعت در معماری برای کنترل کربن دی اکسید هوا

در یک دسته بندی کلی می‌توان دو روش زنده و غیرزنده برای جذب کربن دی اکسید ارائه داد. جذب کربن دی اکسید توسط تغییرات فیزیکی و شیمیایی در خلال تکنیک‌های مهندسی را روش غیرزنده و جذب کربن دی اکسید با بهره‌گیری از عناصر طبیعت نظیر آب، گیاهان یا میکروارگانیسم‌ها را روش زنده می‌نامند. متأسفانه علیرغم بالا بودن سرعت در توقف و کنترل میزان کربن دی اکسید در روش غیرزنده، این روش پایدار نیست و همچنین به واسطهٔ استفاده از مواد شیمیایی بر روی سلامت انسان نیز اثر منفی دارد. اما در روش زنده، اگرچه سرعت جذب و کنترل کربن دی اکسید پایین است، اما این روش ارزان قیمت و بی‌نیاز به تکنولوژی خاص، برای دیگر فرایند های محیطی مفید بوده و دارای حداقل تأثیر بر سلامت انسان است[5].

۲ روش کلی برای جذب کربن دی اکسید		
روش زنده Biotic	جذب کربن دی اکسید با بهره گیری از عناصر طبیعت نظیر آب،گیاهان یا میکرو ارگانیسم ها	• سرعت پایین جذب و کنترل کربن دی اکسید • ارزان قیمت • مفید برای دیگر فرآیندهای محیطی • دارای حداقل تاثیر بر سلامت انسان • عدم نیاز به تکنولوژی
روش غیرزنده Abiotic	جذب کربن دی اکسید توسط تغییرات فیزیکی و شیمیایی در خلال تکنیک های مهندسی	• سرعت بالا در توقف و کنترل میزان کربن دی اکسید • عدم پایداری • دارای اثر منفی بر روی سلامتی انسان به واسطه استفاده از مواد شیمیایی

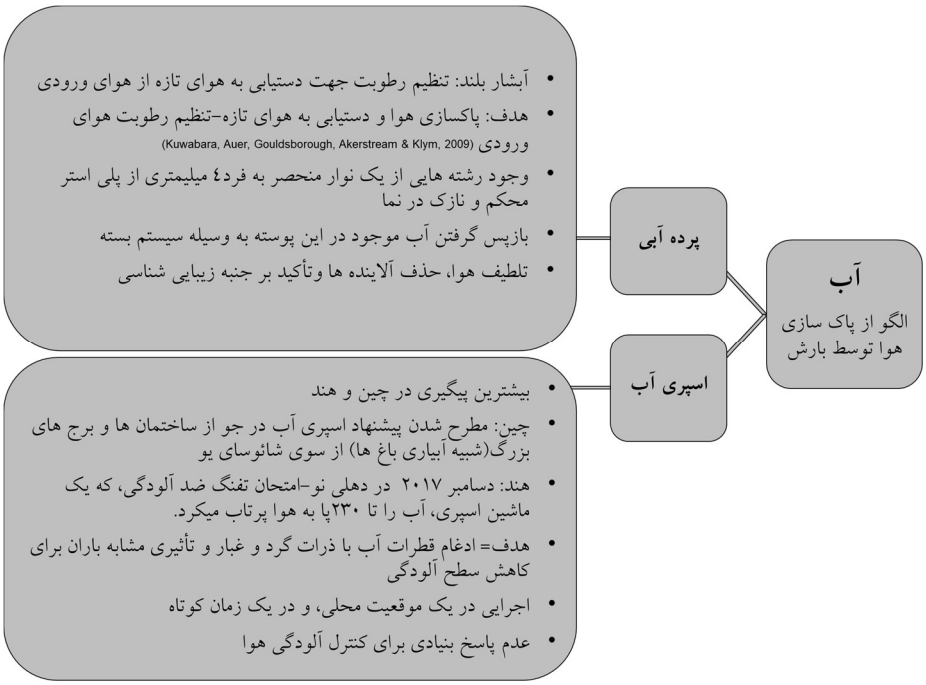
جدول1: تقسیم بندی روش‌های جذب کربن دی اکسید(ترسیم: نگارنده، برگرفته از حقیر و همکاران،1399، Lal, 2008)

تاکنون روش های زنده متعددی برای جذب کربن دی اکسید ارائه شده است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به جذب به وسیله اقیانوس، زمین و گیاهان اشاره کرد[4]. در بین موارد ذکرشده، جذب کربن دی اکسید به وسیلهٔ گیاهان، پایدارترین، سریع‌ترین، مفیدترین و اقتصادی‌ترین روش است. دراین بین گیاهان تک سلولی نظیر خزه‌ها، گلسنگ‌ها و ریزجلبک‌ها به واسطهٔ ساختار سادهٔ خود و نسبت سطح به حجم بالا، عملکرد بهتری نسبت به گونه عالی گیاهان در جذب کربن دی اکسید دارند[15]. همچنین ریزجلبک‌ها به واسطهٔ شرایط کشت و نگهداری قابلیت ترکیب با نمای ساختمان را دارند که در این صورت می توان جداره‌ها و نماهای ساده شهری را به جداره‌ها و نماهای زیستی تبدیل کرد.



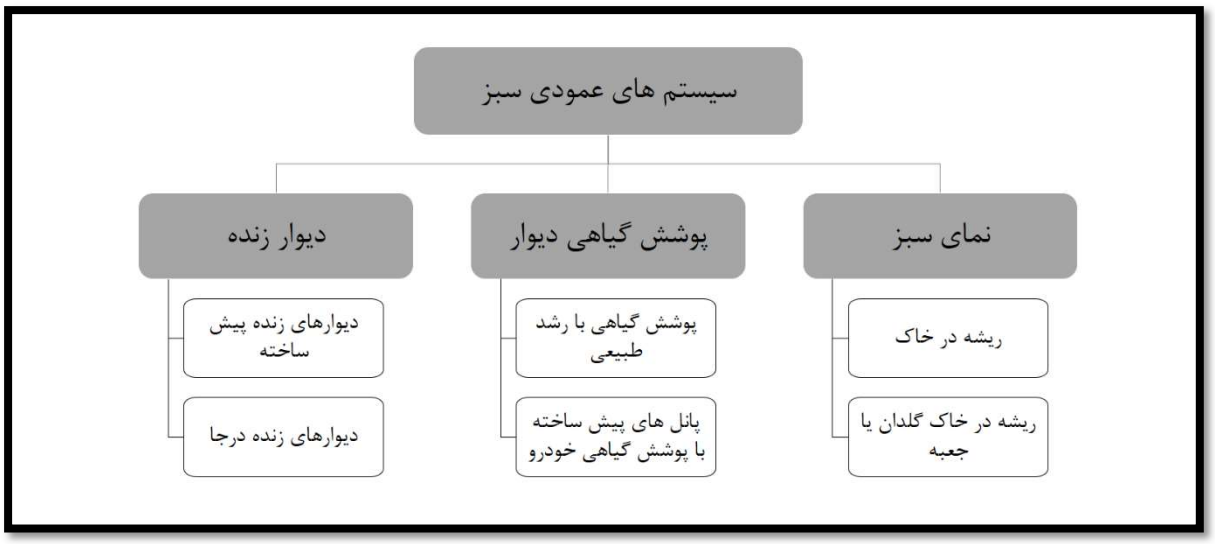
جدول2: تقسیم بندی روش‌های زنده جذب کربن دی اکسید(ترسیم: نگارنده، برگرفته از حقیر و همکاران،1399، باستان فرد، 1397)

همچنین درمورد استفاده از آب در نما می‌توان گفت که الگوی آن، از پاکسازی هوا توسط بارش باران نشأت گرفته‌است. طبیعت در زمان بارش باران، به ایجاد یک مکانیزم حذف برای آلاینده‌ها در قالب قطرات باران کمک می‌کند. در این مکانیزم گازهای آلایندهٔ جوی جذب شده و ذرات جامد در قطرات باران سقوط می‌کنند[16]. برای استفاده از آب در نمای ساختمان جهت کنترل آلودگی هوا، دو ایدهٔ «اسپری آب بر روی نما» و «پردهٔ آبی» مطرح شده‌است.



جدول3: تقسیم بندی روش‌های زنده جذب کربن دی اکسید با استفاده از آب(ترسیم: نگارنده، برگرفته از باستان فرد، 1397)

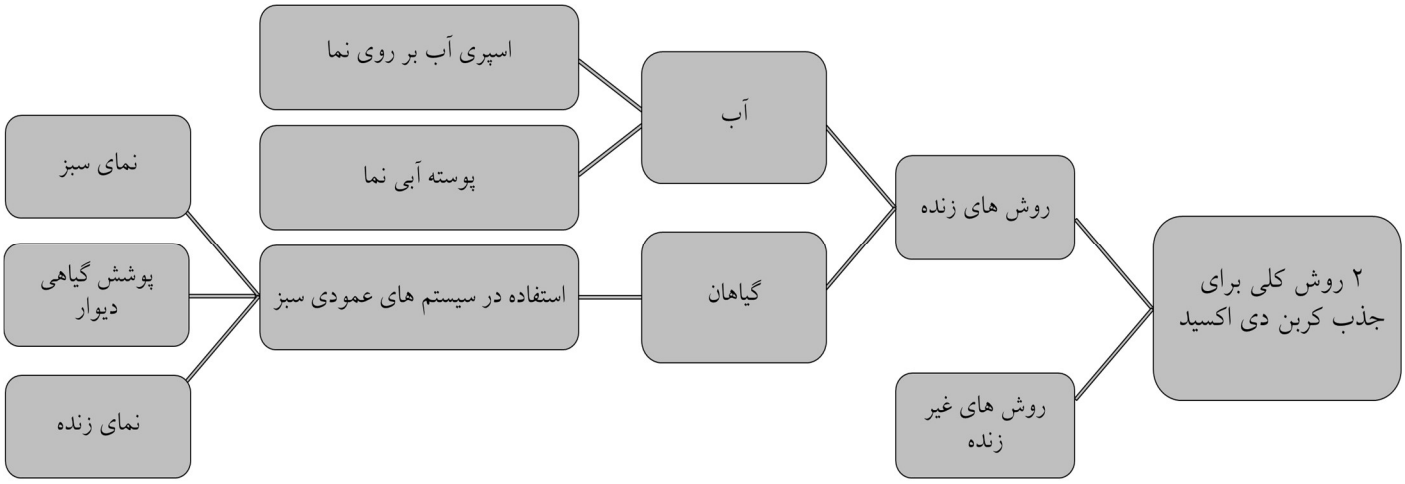
استفاده از گیاهان علاوه‌بر بهبود مناظر شهری، باعث تنظیم اقلیم با افزایش رطوبت نسبی و کاهش دمای هوای شهری می‌شوند[11]. که با سایه‌اندازی روی سطوح جاذب گرما از جمله ساختمان‌ها و خنک کنندگی تبخیری، توانایی کاهش دمای حداکثری ساختمان را تا بیش از 52درصد دارند[17و18]. گیاهان موجود در یک نمای سبز، ساختمان را از تشعشعات متراکم خورشیدی در تابستان حفظ می‌کنند و 40 تا 80 درصد تابش دریافتی را توسط برگ‌های خود بازتاب و یا جذب می‌کنند. بنابراین می‌توان نمای‌سبز را به‌عنوان راه‌حلی برای بر کاهش دما و افزایش رطوبت نسبی محیط پیرامونی توصیه کرد. واژۀ مصطلح نماهای سبز به اشتباه به هر نمای سبزی اطلاق می‌شود اما در برخوردی اصولی تر، بهتر است که عنوان کلی سیستم‌های عمودی سبز را جایگزین کرد. دراین صورت نماهای سبز، یکی از زیرمجموعه‌های سیستم‌های عمودی سبز می‌باشد. با قبول این مورد، می‌توان سامانه های عمودی سبز را در سه دسته کلی نماهای سبز، پوشش گیاهی دیوار و دیوار زنده دسته بندی کرد[19].



جدول4: معرفی سیستم های عمودی سبز(منبع: باستان فرد،1397 ، بازترسیم:نگارنده)

مزایای سیستم های سبز عمودی		چالش های سیستم های سبز عمودی
مزایای عمومی	مزایای خاص طراحی	
• کاهش گازهای گلخانه ای از جمله کربن دی اکسید • کاهش آلودگی هوا • کاهش اثر جزیره حرارتی • کاهش میزان مصرف انرژی در داخل ساختمان • ایجاد زیست بومی برای گونه های مختلف جانداران • زیبایی بصری و ایجاد منظر شهری • کنترل آلودگی صوتی • کاهش هزینه نما سازی • استفاده از نماهای پوشیده از گیاهان در کاهش هزینه های ساختمانی تأثیر بسزایی دارد • جاذب امواج الکتریکی،مخابراتی،لیزری و حرارتی	• امنیت • پوششی برای ایجاد حریم خصوصی • سایه اندازی • تنوع زیستی و مسکن طبیعی • کشاورزی شهری • بهبود زیبایی	• ایجاد اکوسیستم برای حشرات مزاحم • افزایش وزن ساختمان • آسیب به نما • افزایش رطوبت در فضا • هزینه نصب و نگهداری • کاهش ورود نور خورشید به داخل • ایجاد فضای سبز برای حیوانات خانگی

جدول5: مزایا و چالش های سیستم های عمودی سبز(ترسیم: نگارنده، برگرفته از باستان فرد،1397، آزموده و حیدری، 1396، بهرامی و همکاران، 1398، ترابی‌فر و سوزنچی 2021)

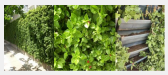
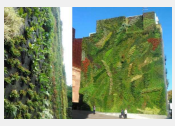
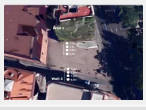
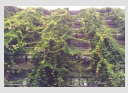


جدول6: تقسیم بندی روش‌های جذب کربن دی اکسید(ترسیم: نگارنده، برگرفته از حقیر و همکاران،1399، باستان‌فرد، 1397، Lal, 2008)

نما،محرک زیبایی و تلطیف کنندهٔ هوا

پوسته خارجی ساختمان به عنوان یکی از مؤثرترین عناصر زیبایی شناختی در نمای شهری و همچنین به عنوان مفصل درون و بیرون فضای مسکونی، نقش مهمی بر سیمای شهر برعهده دارد[20]. یکی از رویکردهای مهم در حوزهٔ معماری و شهرسازی، توجه به طبیعت به مثابه الگو و راهکاری برای تعدیل مشکلات زیست‌محیطی است. پاسخگویی طبیعت در حل مسائل و مشکلات انسان طی سالیان دراز ثابت شده و بقای انسان و محیط انسانی وابسته به حفظ و تداوم جهان زیستی اوست. لذا در راستای ارتقای کیفیت زندگی، معماری با جذب کربن دی اکسید هوا و تبدیل عناصر و اندام های خود به مثابه سامانه های زنده کوچک، در جهت اهداف توسعه پایدار نقش بسزایی دارد. استفاده از سطوح بلااستفاده ساختمان ها از جمله بام‌ها و جداره‌ها برای ایجاد فضای سبز نمونه‌ای از آن است. از طرفی فضای بالقوه برای اجرای دیوار سبز بسیار بیشتر از سطح افقی در دسترس است، در نتیجه بنظر می‌رسد قابلیت اصلاح مشکلات محیطی توسط سطوح عمودی سبز بیشتر از بام‌های سبز می‌باشد و می‌توانند اثر بیشتری بر تأثیر محیطی ساختمان داشته-باشند[21و22].

4.نمونه‌های موردی

نمونه	محل	روش	هدف	توضیحات	یافته های پژوهشی
۱. بررسی خیابان انقلاب تهران	تهران،میدان ولی عصر،خیابان انقلاب	استفاده از روش زنده- گیاهان تک سلولی- پانل های حاوی ریز جلبک	کاهش کربن دی اکسید به منظور کاهش دما و بهبود وضعیت نمای خیابان	• استفاده از سطوح بلا استفاده و بدون باز شو-مساحت سطوح:۶۹۰۰ مترمربع با توجه به هندسه و ابعاد زیست رآکتورها، سطوح مدول بندی شده و تعداد زیست رآکتورها مشخص شد. • به مدت ۶ روز،اندازه گیری هرروز غلظت کربن دی اکسید موجود در هوا بر اساس ساعات شلوغ و پرترافیک تهران(درساعت اوج آلودگی تهران:۱۰-۱۳-۱۶)	به صورت میانگین، روز اول، ۶/۶٪، روز دوم، ۹/۷٪، روز سوم،۱۷/۱٪، روز چهارم، ۱۵/۸٪، روز پنجم،۴۰/۷٪ و روز ششم،۴۵/۴٪ کربن دی اکسید جذب کرده است.در مجموع در این دوره ۶ روزه، ۲۲/۵۵٪ کربن دی اکسید جذب کرده است. یعنی به صورت روزانه ۵۰۴۰ لیتر هوای دارای کربن دی اکسید و کربن مونوکسید وارد زیست رآکتور شده که پس از جذب کربن آن،۱۱۳۶/۵ لیتر هوای پاک از آن خارج می شود.
۲. بررسی خیابان سی تیر تهران	تهران،حاشیه خیابان سی تیر بعد از تقاطع این خیابان با خیابان امام خمینی	استفاده از روش زنده- گیاه به کار رفته در آن ناز ژاپنی است(گیاهی گوشتی با برگ های سبز براق به طول 2/5 سانتیمتر که روی ساقه های سست به طول حدود 60 سانتیمتر-دارای گل های قرمز ارغوانی در بهار و تابستان) 	کاهش کربن دی اکسید به منظور کاهش دما	• استفاده از دستگاه دیتالوگر برای اندازه گیری(این دستگاه به صورت اتوماتیک اطلاعات دما هوا و رطوبت نسبی را ضبط می کند) • روش بررسی بدین ترتیب بود که دما و رطوبت در فواصل مشخصی از دیوار(به ترتیب فواصل ۲،۱،۰/۵،۰ متر)توسط دستگاه مذکور اندازه گیری شد.	در فصل گرم دمای اطراف دیوار سبز تا ۱ درجه سانتی گراد خنک تر و در فصل سرد تا ۳ درجه سانتی گراد گرم تر می شود. (با فاصله گرفتن از دیوار تغییر دما کاهش می یابد.)
۳. بررسی خیابان شهید موسوی تهران	تهران،خیابان شهید موسوی،حد فاصل خیابان انقلاب و خیابان سمیه	استفاده از روش زنده- گیاه به کار رفته در آن پاپیتال است.	کاهش کربن دی اکسید به منظور کاهش دما	• استفاده از دستگاه دیتالوگر برای اندازه گیری(این دستگاه به صورت اتوماتیک اطلاعات دما هوا و رطوبت نسبی را ضبط می کند) • روش بررسی بدین ترتیب بود که دما و رطوبت در فواصل مشخصی از دیوار(به ترتیب فواصل ۲،۱،۰/۵،۰ متر)توسط دستگاه مذکور اندازه گیری شد.	در فصل گرم دمای اطراف دیوار سبز تا ۱ درجه سانتی گراد خنک تر و در فصل سرد تا ۳ درجه سانتی گراد گرم تر می شود. (با فاصله گرفتن از دیوار تغییر دما کاهش می یابد.)
۴. بررسی تاثیر دو دیوار(یکی سبز و یکی شاهد) بر کاهش دما در اسپانیا	اسپانیا، در مرکز شهر مادرید، در موزه Caixa Forum واقع در نزدیکی Retiro (منطقه ای در مرکز شهر مادرید)	استفاده از روش زنده- گیاه 	کاهش کربن دی اکسید به منظور کاهش دما	• فاصله ایده آل دیوار شاهد از دیوار سبز 50 متر و حداکثر فاصله 100 متر است. • روش بررسی بدین ترتیب بود که دما و رطوبت در فواصل مشخصی از دیوار(به ترتیب فواصل 5/5،0/5،3،1 متر) اندازه گیری شد. 	در فصل گرم دمای اطراف دیوار سبز تا ۱/۵ درجه سانتی گراد خنک تر می شود. (با فاصله گرفتن از دیوار تغییر دما کاهش می یابد.)
۵. بررسی عملکرد نمای سبز دوپوسته یک ساختمان اداری ۵طبقه در پردیس دانشگاهی شانگهای	یک ساختمان اداری 5طبقه در پردیس دانشگاهی	استفاده از روش زنده- گیاه 	کاهش کربن دی اکسید به منظور کاهش دما	اندازه گیری دمای اطراف نمای سبز در روزهای مختلف	در فصل گرم دمای اطراف دیوار سبز ۰/۴ تا ۵/۵ درجه سانتی گراد خنک تر می شود.

جدول7: نمونه های موردی(ترسیم: نگارنده، برگرفته از حقیر و همکاران، 1399، آزموده و حیدری، 1396، De Jesus, et al, 2017, Feng Yang, et al, 2018)

5.نتیجه‌گیری

امروزه یکی از مهم‌ترین بحران‌های جهانی، افزایش دمای هوا می‌باشد. افزایش گازهای گلخانه‌ای به ویژه کربن دی اکسید از مهم‌ترین علت‌های آن است. صنعت ساختمان سازی 40% از کل مصرف انرژی جهانی را در بر می‌گیرد و باعث افزایش کربن دی اکسید می‌شود. یکی از راه حل هایی که برای کاهش دمای هوا پیشنهاد داده شد، استفاده از پوسته تنفس کننده یا نمای ساختمان بود. این تکنیک در سال های اخیر مورد توجه طراحان بسیاری قرار گرفته‌است. درهمین زمینه پژوهشگران به مطالعه ساختمان هایی که از تکنیک های مرتبط با نمای سبز استفاده می کنند، پرداختند تا میزان تاثیر آن بر تعدیل دمای محیط اطراف را بررسی کنند. در این مقاله با مطالعه نمونه‌های موردی به بررسی اثر سیستم‌های عمودی سبز بر کاهش دما پرداخته شد. سیستم های عمودی سبز ضمن حفظ هویت و یکپارچگی کلی نما، موجب جذب گازهای گلخانه‌ای از جمله کربن دی اکسید موجود در هوا شده تا افزایش دمای موضعی هوا در آن منطقه را کاهش دهد. این سیستم به میزان قابل توجهی بر محیط اطراف خود موثر بوده و موجب تعدیل هوای آن شده‌است. مطالعات انجام شده بیشتر در شهر تهران بوده‌است. نماهای سبز بررسی شده در این شهر دارای عملکرد مناسبی بودند و باعث کاهش دمای محیط اطراف تا 3 درجه شدند. دو نمونه از تجارب جهانی در شانگهای و اسپانیا نیز این موضوع را تایید می‌کند. بنابراین استفاده از دیواره های سبز را می‌توان به عنوان یکی از راهکارهای کاربردی توصیه کرد. به نظر می‌رسد که استفاده از سیستم‌های سبز در نما، زمینه مناسبی برای فعالیت محققان و طراحان در آینده باشد.

6. مراجع

15. رضازاده، حمیدرضا. (1397). امکانسنجی طراحی جدارهٔ ساختمان برای کاهش میزان آلودگی هوا با استفاده از میکروارگانیسم ها: طراحی ساختمان اداری در شیراز .پایاننامهٔ منتشرشدهٔ کارشناسی ارشد در رشته فناوری معماری بیونیک. بابلسر، مازندران، ایران.

19. باستان فرد، متین. (1397). کنترل آلودگی هوا توسط پوسته های زیست مبنا (راهکاری برای کنترل آلودگی هوای شهر تهران . باغ نظر، 15 (65) : 40-25.

20. شیرازیان، محمدحسین؛ حسینی، سید باقر و نوروزیان ملکی، سعید (1393). مطالعه‌ی تطبیقی جدارههای خارجی (نما) در ساختمانهای مسکونی تهران با روش تحلیل سلسله مراتبی. هویت شهر، 18، 61-70.

27. حقیر، سعید؛ تشکری، لیلا؛ رضازاده، علیرضا و احمدی، فریال. (1399). نماهای زیستی مولفه ساماندهی نما و کاهش دی اکسید کربن هوا به منظور کاهش گرمایش جهانی (نمونه موردی خیابان انقلاب تهران). باغ نظر، 17(89)، 33-44.

28. حیدری، شاهین؛ آزموده، مریم.(1396). تاثیر دیوارهای سبز شهری برکاهش دمای خرداقلیم‌ها و اثر جزیره گرمایی شهری. علوم و تکنولوژی محیطزیست.

29. کلیائی، مهیار؛ حمزه نژاد، مهدی؛ لیتکوهی، ساناز؛ بهرامی، پیام. (1398). تأثیر شاخص های داخلی و خارجی دیوار سبز بر عملکردهای زیست محیطی و صـرفه جویی انرژی. علوم و تکنولوژی محیطزیست.

1. *Malik, A., Lan, J. & Lenzen, M. (2016). Trends in global greenhouse gas emissions from 1990 to 2010. Environmental science & technology, 50, 4722-4730.*
2. *IEA. (2012). World Energy Outlook 2012. Paris: International Energy Agency (IEA).*
3. *Wang, S., Liu, X., Zhou, C., Hu, J. & Ou, J. (2017).Examining the impacts of socioeconomic factors, urban form,and transportation networks on CO2 emissions in China's megacities. Applied Energy, 185, 189-200.*
4. *Elliot, S. (2016). Cohousing in the Flower City: A Carbon Capture Design. Rochester Institute of Technology: Golisano Institute for Sustainability, Department of Architecture.*
5. *Lal, R. (2008). Carbon sequestration. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences,363(1492), 815-830.*
6. *Pachauri, R., Allen, M., Barros, V., Broome, J., Cramer,W., Christ, R., . . . Dasgupta, P. (2014). Climate change 2014:synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Switzerland: IPCC.*
7. *Zhang, X. (2015). Microalgae removal of CO2 from flue gas.London: UK: IEA Clean Coal Centre.*
8. *Besir AB, Cuce E. Green roofs and facades: A comprehensive review. Renew Sustain Energy Rev. 2018;82:915–39. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.106.*
9. *Torabifar S, Suzanchi K. The Investigation, Classification, and Prioritization of factors Affecting the Selection of Vertical Greenery System as Building Façade and Their Structural Components. Naqshejahan. 2021 Apr 10; 11(1): 64-82. URL:https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-43708-fa.html.*

10. *Wong NH, Tan AYK, Tan PY, Sia A, Wong NC. Perception studies of vertical greenery systems in Singapore. J urban Plan Dev. 2010;136(4):330–8. https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000034.*
11. *Hwang, W.H., (2007). Estimation of the Effects of Vegetation on Local Climate Using GIS and Remote Sensing Data, Master of Science Thesis, Marshall university.*
12. *Alexandri, E., Jones, P., (2008). Temperature decrease in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates, Building and Environment; 43, 480-493.*
13. *Holm, D., (1989). Thermal improvement by means of leaf cover on external walls – a simulation model, Energy and Buildings, 14, 19-30.*
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.*
16. *Shukla, J. B., Misra, A. K., Sundar Shyam, N. R. (2007). Effect of rain on removal of a gaseous pollutant and two different particulate matters from the atmosphere of a city. Mathematical and Computer Modelling, 48 (5-6): 832-844.*
17. *Dunnett, N., Kingsbury, C., (2008). Planting Green Roofs and Living Walls, Revised and Updated Edition, Timber Press, Portland, Oregon.*
18. *Heisler, G., Walton, J., Yasilonis, J., Nowak, D., Pouyat, R., Grant, R., Grammond, S., Hayde, k.,Bacon, G., (2007). Empirical modeling and mapping of below-canopy air temperatures in Baltimore, MD and vicinity, paper presented at the proceedings of 7th urban environment symposium, 10-13 September 2007, Sun Diego.*
21. *Emilsson T, Berndtsson JC, Mattsson JE, Rolf K. Effect of using conventional and controlled release fertiliser on nutrient runoff from various vegetated roof systems. Ecol Eng. 2007;29(3):260–71.*
22. *Radić M, Brković Dodig M, Auer T. Green Facades and Living Walls—A Review Establishing the Classification of Construction Types and Mapping the Benefits. Sustainability. 2019;11(17):4579. https://doi.org/10.3390/su11174579*
23. *De Jesus MP, Lourenço JM, Arce RM, Macias M, Green façades and in situ measurements of outdoor building thermal behaviour, Building and Environment (2017), doi: 10.1016/ j.buildenv.2017.03.041.*
24. *https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2006.01.001*
25. *Kuwabara, B., Auer, T., Gouldsborough, T., Akerstream, T. & Klym, G. (2009). Manitoba Hydro Place Integrated Design Process Exemplar. 26th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Manitoba Hydro Place Integrated Design Consortium, Quebec City, Canada, 22-24 June 2009.*
26. *Yang Feng, Yuan Feng, Qian Feng, Zhuang Zhi, Yao Jiawei. Summertime thermal and energy performance of a double-skin green facade: A case study in Shanghai. Sustainable Cities and Society 39 (2018) 43–51.*