بام سبز راهکار مؤثر برای کاهش آلودگی ساختمان‌ها در شهر (ارائه درس آموخته‌های حاصل از دو استاندارد لیید و بریم در ساختمان‌های ایران)

مهری نیشابوری امروی*[۱]، وحید قبادیان[۲]

[۱] دانشجوی دکتری دانشگاه ازاد اسلامی، واحد تهران مرکز و آکسفورد، تهران، ایران

[۲] استادیار گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکز، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۳/۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۸/۱۹

چکیده

افزایش آلودگی‌های حاصل از ساختمان‌ها توجه به روش‌های کاهش آن را حائز اهمیت نموده است. راهکارهای مختلفی در این زمینه با هدف کاهش آلودگی محیط ارائه شده است. برخی از این راهکارها شامل کاهش آلایندگی ساختمان، کاهش تولید و انتشار دی‌اکسید کربن، جداسازی کربن، افزایش طول عمر پشت‌بام، کاهش تولید زباله با استفاده از خاک پشت‌بام به عنوان یک لندفیل کوچک برای زباله‌هایی با حجم کم .در این مقاله با رویکرد کیفی به بررسی الزامات دو استاندارد مطرح ساختمان‌های سبز و تطابق آن با مقررات ملی ساختمان پرداخته می‌شود. استدلال منطقی و استفاده از یافته‌های دیگر محققان، دست‌آورد اصلی در حصول نتیجه به شمار می‌آید. به دلیل کمبود فضای خالی برای توسعه درختکاری در شهرها، بام سبز نقش موثرتری دارد. می‌توان در این ساختارها با کنترل آلاینده‌هایی مانند دی اکسید کربن و نیز زهکشی فاضلاب‌ها، از درس آموخته‌های استانداردهای بین المللی نیز بهره برد. براساس چارچوب‌های تدوین شده در دو استاندارد ساختمانی لیید و بریم و تجربه موفق کاربرد آنها در دیگر کشورها می‌توان بر لزوم استفاده و گسترش بام سبز در کشور و تعیین آن بعنوان راهکاری الزام آور در مقررات ملی ساختمان بهره گرفت.

کلید واژه‌ها: بام سبز، لیید، بریم، کاهش آلودگی هوا، دی اکسید کربن، معماری پایدار

مقدمه:

با ایجاد بام سبز، مزایای متعددی بدست می‌آید که در محیط‌های شهری؛ می‌تواند به جبران آلودگی‌های موجود کمک کند. بام‌های سبز می‌توانند مدیریت کنترل فاضلاب را ارتقاء دهند زیرا فاضلابی که در ساختمان‌ها ایجاد

* نویسنده عهده دار مکاتبات: mehry16369@yahoo.com

می‌شوند، با تصفیه، مجدداً برای آبیاری بام سبز مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شوند، به تعدیل آب و هوا کمک می‌کنند، منجر به افزایش ماندگاری پوشش‌های سقف ساختمان‌ها می‌شوند، در برابر سر و صدا به عنوان عایق عمل می‌کنند و باعث کاهش آلودگی هوا و آلودگی صوتی می‌شوند، به جداسازی کربن کمک می‌کند، زیستگاه‌های شهری را با ایجاد سکونت‌گاه‌هایی برای حیات وحش، افزایش می‌دهند، محیط‌های زیبا و دل‌انگیزی را برای کار و زندگی بوجود می‌آورند، در مقایسه با بام‌های سنتی، به بازگشت سرمایه‌گذاری اولیه در طول دوره عمر ساختمان کمک می‌کند (Mentens et al., 2006; Oberndorfer et al., 2007; Rowe and Getter, 2010 Czemiel Berndtsson, 2010; Dunnett and kingsbury, 2004; Getter and Rowe, 2006;).

دسته بندی کلی بام های سبز:

به طور کلی بام‌های سبز به دو دسته فشرده و گسترده تقسیم می‌شوند. بام‌های سبز فشرده، اغلب به عنوان مکان عمومی طراحی می‌شوند و ممکن است شامل درخت، درخت‌چه، سنگ‌فرش‌هایی شبیه مناظری که روی زمین دیده می‌شود. بستر این نوع بام‌ها به عمق بیش از ۱۵ سانتی‌متر نیاز دارد و به نگهداری خاصی نیاز دارد (Snodgrass and Mcintyre, 2010). طراحی بام‌های فشرده گران‌تر از بام‌های گسترده، تمامی می‌شود زیرا برای تحمل بیشتر وزن روی بام، سقف به ساختاری خاص نیاز دارد. برخلاف بام‌های فشرده، طراحی بام‌های گسترده به هزینه کمتری نیاز دارد، زیرا به عمق کمتر از ۱۵ نیاز دارند، هزینه‌های نگهداری و تعمیرشان کم‌تر می‌باشد. به خاطر عمق کم، انتخاب گیاهان محدود می‌شود به انواع خاصی مثل چمن، گیاهان همیشه سبز و کاکتوس‌ها که در برابر خشکی تحمل‌شان زیاد سات به ویژه گیاهان تیره گل ناز. به علت هزینه‌های پایین و با توجه با اینکه بام‌های سبز گسترده زیاد پشت بام‌ها را سنگین نمی‌کنند، این نوع بام‌ها نسبت به بام سبز فشرده، رایج‌تر هستند. نوع سقف تأثیر مهمی روی ویژگی‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی کاهش آلودگی دارد. این مقاله، تحقیقاتی را که در مورد نقش بام‌های سبز در کاهش آلودگی وجود دارد، مورد بررسی قرار داده و بر اساس آموزه‌های دو استاندارد لید و بریم، اقدام به تطابق آن با استانداردهای ملی ساختمان در کشور می‌نماید.

نقش گیاهان در سلامت انسان ها:

تقریباً یک نفر از هر ده نفر در طول سال محیط ناسالم و آلوده را تجربه می‌کند (ALA, 2010). نرخ مرگ و میر در ۹۵ شهر ایالت متحده آمریکا، به نازک شدن لایه اوزن مربوط می‌باشد (Bell et al., 2004). در کانادا، انجمن پزشکی انتاریو، تقریباً ۹۵۰۰ مگر بابهنگام را برای هر سال تخمین زدند (OMA, 2008) و پیش‌بینی کردند که هزینه‌های حفظ سلامت بین حداقل ۳۷٤,۱۸ دلار و ۵۰٦,٦٤ دلار می‌باشد که همگی بر اثر آلودگی هوا می‌باشد (OMA, 2005). رایج‌ترین بیماری‌هایی که بر اثر آلودگی هوا بوجود می‌آید بیماری‌های تنفسی مثل آسم و بیماری‌های قلبی و عروقی می‌باشد (Pope et al., 1995)، مدارک بسیاری وجود دارد که نشان می‌دهد، گیاهان می‌توانند به داشتن هوای پاک کمک کنند و بعضی از مدارک به نقش بام‌های سبز در حفظ سلامت انسان پرداخته‌اند.

روش‌های از بین بردن آلودگی توسط گیاهان:

پوشش‌های گیاهی به چندین روش، آلودگی را از بین می‌برند: گیاهان، آلاینده‌های گازی را از طریق روزنه‌های خود جذب می‌کنند، گیاهان مواد شیمیایی خطرناک در هوا را از طریق حفره‌های نازک بر روی برگ‌ها جذب می‌کنند؛ ریشه و باکتری موجود در خاک نیز در حذف مواد سمی دخالت دارند، و قادر به شکستن اجزای ارگانیک خاص مثل هیدروکربن معطر در بافت گیاه و یا در خاک (Baker and Brooks, 1989). علاوه بر این پوشش گیاهی بام‌های سبز به صورت غیرمستقیم آلاینده‌های هوا را کاهش می‌دهند زیرا با خنک‌کردن هوا و پایین آوردن دمای اطراف پشت‌بام و انتقال هوای خنک و وجود سایه درختان، گیاهان طی فرایند فتوسنتز کربن با جذب دی‌اکسید کربن و تبدیل آن به اکسیژن بطور طبیعی کربن اضافی هوا را جذب می‌کنند. همچنین طی فرایند فتوسنتز، برگ درختان سایر مواد شیمیایی مانند اکسیدهای نیتروژن، آمونیم تولید شده در هوا، بخشی از دی‌اکسید گوگرد و ازن که مولد قسمتی از مشکلات مه آلودگی و اثرات گلخانه‌ای هستند را از محیط خارج می‌کند. برگ درختان با جذب و حفظ گرد و غبار و سایر ذرات معلق هوا تا زمان شست‌وشو و بارندگی مقدار گرد و غبار و سایر ذرات معلق هوا را تا ۷۵ درصد کاهش داده و تأثیر به‌سزایی بر بهبود کیفیت هوا دارد.

اکبری و همکارانش (۲۰۰۱) گزارش دادند که زمانی‌که حداکثر دمای لس‌آنجلس در روز ۲۲ درجه سانتیگراد باشد، سطح اوزون در کالیفرنیا پایین‌ترا ز میزان استاندارد ۹۰ قسمت در میلیون[1] می‌باشد. علاوه بر این، با کاهش نیاز برای تهویه هوا، تقاضا برای انرژی کاهش پیدا می‌کند و منجر به انتشار کمتر از نیروگاه‌ها می‌شود (Rosenfeld et al., 1998). در محیط‌های شهری، درختان نقش بسیار مهمی در کاهش آلودگی هوا دارند (Nowak, 2006; Rosenfeld et al., 1998; Scott et al., 1998; Akbari et al., 2001). تنها در ایالت متحده، نواک (Nowak, 2006)، تخمین زده است سالانه ۷۱۱۰۰۰ هزار کیلو درخت بریده و از بین می‌رود. به هرحال در محیط‌های شهری، فضای کمی برای کاشت درخت وجود دارد؛ زیرا مجموعه‌ای از سطوح غیرقابل نفوذ مثل خیابان‌ها، پارکینگ‌ها و پشت‌بام‌ها در محیط‌های شهری وجود دارند. به طور مثال در بخش غربی منتهن نیویورک، ۹٤ درصد از سطح زمین را سطوح غیرقابل نفوذ تشکیل می‌دهد که فضای کمی را برای کاشت درخت و ایجاد پوشش گیاهای در اختیار قرار می‌دهد (Rosenzweig et al., 2006). با این حال، پشت‌بام‌های که بین ٤۰ تا ۵۰ درصد مناطق غیرقابل نفوذ را در محیط‌های شهری تشکیل می‌دهند، فرصتی برای تبدیل این فضاها به فضای سبز با پوشش گیاهی در اختیار صاحبشان قرار می‌دهند (Dunnett and kingsbury, 2004).

توانایی کاهش آلودگی توسط گیاهان:

برآورد شده است که ۲۰۰ مترمربع چمن موجود در بام‌های سبز، می‌توانند ٤۹۹ کیلوگرم از ذرات معلق در هوا را از بین ببرند (Johnson and Newton, 1996). در شرایط معمولی یک ماشین بنزینی در هر مایل حدود ۰,۰۱ گرم ذرات معلق ایجاد می‌کند. اگر یک وسیله نقلیه در هر سال تقریباً ۱۰۰۰۰ مایل حرکت کند، به طور متوسط سالانه ۰,۱ کیلوگرم ذرات معلق توسط هر ماشین ایجاد و وارد جو می‌شود. بنابراین یک متر مربع چمن کاشته شده در

1 ppm

فضاهای سبز می‌تواند، ذرات معلق ایجاد شده توسط هر خودرو را در سال جبران کند (City of Los Angeles, 2006).

با توجه به آلاینده‌های خاص، کلارک و همکارانش ((Clark et al., 2005) تخمین می‌زنند که اگر ۲۰ درصد از سطوح سقف‌های صنعتی و تجاری در شهرهای دترویت، با گل ناز پوشش داده شوند، بیش از ۸۰۰۰۰۰ کیلوگرم (۸۸۹ تن) دی اکسید نیتروژن در سال از هوا حذف می‌شود (یا به طور متوسط ۰,۵ درصد از تولید گازهای گلخانه کاهش پیدا می‌کند). در سنگاپور، حدود ۳۷ درصد در اکسید گوگرد و اسید نیتروژن کاهش پیدا کرد؛ ۲۱ درصد از این کاهش‌ها به طور مستقیم با بام های سبز مربوط بود (Tan and Sia, 2005). در تورنتو، کری و بأس (Currie and Bass, 2008) تأثیر ببام‌های سبز را روی آلودگی هوا با استفاده از مدل تأثیر جنگل‌های شهری که توسط خدمات جنگلداری USDA بکار می‌رفت؛ مورد بررسی قرار دادند. این مدل به طور کیفی کاهش ساعت به ساعت دی‌اکسید نیتروژن، دی اکسید گوگرد، دی اکسید کربن، ذرات معلق کمتر از ۱۰ میلی‌متر و ازون را گزارش می‌دهد. محاسبات UFORE براساس پوشش گیاهی، تغییرات آب و هوایی در هر ساعت، و اطلاعاتی در مورد غلظت آلودگی، صورت می‌گیرد. درختان و درختچه‌ها نسبت به گیاهان همیشه سبز تأثیر زیادتر در کاهش غلظت آلاینده‌ها و کاهش آلودگی دارند. اگر چه بام های سبز فشرده که پوشیده از درخت و درختچه برای کاهش آلودگی مطلوب‌تر به نظر می‌رسند؛ اما بام‌های سبز گسترده هم نقش مکمل را در کاهش آلودگی بازی می‌کنند.

یانگ و همکاران (Yang et al., 2008) از مدل رسوب خشک، برای تعیین تأثیر نقش بام‌های سبز در کاهش آلودگی هوای شیکاگو استفاده کردند. نتایج نشان داد که آلودگی هوا به میزان ۸۵ کیلوگرم/ هکتار/ سال شامل: آلودگی‌های ازن (۵۲ درصد)، دی اکسید نیتروژن (۲۷ درصد)، PM10 (١٤ درصد)، دی اکسید گوگرد (۷ درصد) محاسبه می‌شود، بیشترین میزان حذف آلودگی در ماه می (اردیبهشت و اوایل خرداد ماه) مشاهده می‌شود. به طور مشابه کمترین میزان حذف در ماه فوریه (بهمن ماه) مشاهده شده، زمانی که گیاهان در خواب هستند. براساس مدل یانگ و دیگران، اگر پشت‌بام‌ها در شیکاگو با نوع فشرده فضاسازی شوند؛ میزان ۲۰٤٦,۸۹ تن از آلاینده‌های هوا که باعث آلودگی می‌شوند، از شیکاگو کاسته می‌شود. هزینه‌ای که برای نصب و اجرای بام سبز در این شرایط نیاز است، ۳۵,۲ میلیارد دلار می‌باشد. بام‌های سبز علاوه بر اینکه به طور مستقیم میزان آلاینده‌های هوا را کاهش می‌دهند، به طور غیر مستقیم از انتشار این آلاینده‌ها نیز جلوگیری می‌کنند. روزنفلد و همکارانش (Rosenfeld et al., 1998) محاسبه کردند که آلودگی هوا با استفاده از بام سبز و گیاهان موجود با کاهش فشار بر روی نیروگاه‌های برق زغال سنگی می‌تواند ۳۵۰ تن از دی‌اکسید نیتروژن را بطور روزانه از طریق کاهش نیاز به استفاده از تهویه‌های مطبوع هوا در لس‌آنجلس، کم کنند.

این مقدار برابر است با کاهش ۱۰ درصد پیشروی دودهایی که در شهر لس‌آنجلس که حامل دی‌اکسید نیتروژن فعال هستند؛ برنامه‌های تجاری در هر روز یک میلیون دلار درآمد حاصل می‌کنند (Akbari et al., 2001; Rosenfeld et al., 1998). علاوه بر این ؛ دمای هوا در شهر می‌تواند به طور متوسط ۵,٦ درجه سانتی‌گراد گرم‌تر از روستاهای اطراف شهر باشد، برای هر ۰,٦ درجه افزایش در دمای هوا، فشار وارده حداکثر ۲ درصد ممکن است افزایش یابد (USERA, 2003). یک ساختمان با بام سبز می‌تواند روی سقف سایه ایجاد کند و همچنین سقف را

ایزوله و عایق کند تا در تابستان هوای گرم کمتر به داخل راه پیدا کند (Takebayashi and Moriyama, 2007; Santamouris et al., 2007). نقش بام های سبز در درجه اول کاهش دمای ساختمان و در درجه دوم و در سطح کلی، باعث کاهش دمای شهر می‌شوند. زیرا ساختمان‌ها ۳۹ درصد از کل انرژی و ۷۱ درصد از انرژی برق را مصرف می‌کنند (U.S. Green Building council, 2008)، اجرای بام سبز در مقیاس گسترده می‌تواند به طور قابل توجهی در مصرف انرژی و به نوبه خود در کاهش آلودگی هوا نقش داشته باشد.

گیاهان مناسب برای کاهش آلودگی هوا:

از آنجا که می‌توان گونه‌های خاص گیاهانی را انتخاب کرد که می‌توانند به کاهش آلودگی هوا کمک کنند و از انتشار آلاینده‌ها جلوگیری کنند، در نتیجه می‌توان گونه‌هایی را انتخاب کرد که باعث شوند کیفیت هوا به حداکثر حالت خود برسد. به عنوان مثال مخروط‌داران همیشه سبز ممکن است مزایای بیشتری نسبت به درختان پهن برگ خزان کننده، داشته باشند. کاهش در آلاینده‌های خاص مثل اوزون، دی اکسید نیتروژن، دی اکسید گوگرد زمانی اتفاق می‌افتد که رشد برگ گیاهان فعال باشد. گونه‌های خاص گیاهان نیز در جذب آلاینده‌ها با یکدیگر متفاوت می‌باشند (Morikawa et al., 1998; Takahasi et al., 2003). موریکا و همکارانش (۱۹۹۸) ۲۱۷ نوع گیاه از جمله کالانچو[1] (گیاه گرمسیری)، خانواده کراسولاس Crassulaceae نوعی از کاکتوی‌ها را برای کاهش دی‌اکسید نیتروژن ازآلاینده‌هایی هوا، مؤثر می‌دانند. گل ناز، رایج‌ترین گیاه برای انتخاب گونه گیاهی پشت بام های سبز گسترده سنتی، شبیه کالانچو که هردو از خانواده یکسانی می‌باشند و هر دو متابولیسم اسید کراسولاسین را دارند. کلارک و دیگران (Clark et al, ,2005) اطلاعات موریکاو را تعمیم دادند تا جذب سالانه برای هر واحد دی اکسید نیتروژن در کاکتوس‌ها را مقایسه کنند (Kalanchoe blossfeldiana ۰/۰۳ کیلوگرم بر متر بر سال) در گونه‌های بوته‌ای (Nicotiana tabacum) ۱/۰۳ بر متر سال و در گونه‌های درختی (Eucalyptus Viminalis ۱/۱۸ کیلوگرم متر بر سال) تنباکو ۳۰برابر بیشتر از گل ناز جذب می‌شود بنابراین اگر هدف اصلی کاهش آلودگی محیط باشد، گل ناز گیاه ایده‌آلی نیست.

علاوه بر انتخاب گیاه، کلارک و همکارانش (۲۰۰۹) گزارش دادند که تغییر لایه‌های رشد با افزایش درصد مواد آلی، افزایش چگالی، و افزایش عمق همه در نگهداری و یا حذف نیتروژن از آلاینده‌های هوا نقش مهمی دارند.

استراژی استفاده از گیاهان برای کاهش آلودگی :

به عنوان یک استراتژی در مبارزه با آلودگی هوا؛ بام های سبز فشرده را می‌توان با جنگل‌های شهری مقایسه کرد، همان‌طور که نواک (Nowak, 2006) هم گزارش داد. اگر ۲۰ درصد از بام‌های سبز آماده در ساختمان‌های واشنگتن وجود داشته باشند، بام‌های نصب شده می‌توانند با گیاهانی که در آنها وجود دارند به اندازه ۱۷۰۰۰ درخت که در خیابانها وجود دارند می‌توانند در از بین‌بردن آلودگی هوا نقش داشته باشند. (Deutsch et al., 2005). اما باید در نظر داشت که هزینه بام های سبز بیشتر می‌باشد. ۱۹ متر مربع از بام های سبز به اندازه یک درخت متوسط در حذف

[1] Kalanchoe blossfeldiana

آلاینده‌های هوا نقش دارند، اما هزینه گیاهانی که برای بام های سبز مناسبند و هزینه کاشت‌شان به ترتیب ۳۰۵۹ و ٤۰۰ دلار می‌باشد (Yang et al., 2008). با این حال و با توجه به هزینه‌های بام‌های سبز ، مزایای بام‌های سبز در بلندمدت بیشتر است. اگر چه درختان موجود در سطح زمین و بام های سبز فشرده نقش بیشتری را در کاهش آلودگی هوا از چمن و گونه‌های مشابه بازی می‌کنند که اغلب در بام های سبز گسترده وجود دارند، اما تجهیزات خاص برای نگهداشت بار اضافی در بام‌های سبز فشرده و هزینه زیاد تهیه گیاهان لازم برای بام‌های سبز فشرده؛ باعث می‌شود که اجرای گسترده و در سطح وسیع بام‌های سبز با گونه‌های درختی بعید به نظر برسد (Currie and Bass, 2008). بام های سبز کم‌عمق و سطحی اگر چه جنگل‌های شهری را تقویت می‌کنند، اما جایگزینی برای آنها نیستند. کمی کردن مزایای بام های سبز به شیوه اقتصادی کار دشوار می‌باشد، زیرا بهبود شرایط آب و هوا و کیفیت بهتر شرایط جوی و در نتیجه سلامت انسان، موضوعی است که در سطح جامعه باید اتفاق بیافتد و فقط این مزایا برای ساختمان‌هایی است که روی آنها بام سبز اجرا شده باشد. به لحاظ اقتصادی، کاهش آلودگی هوا این ارزش را دارد که مقداری از اعتبارات برای نصب بام های سبز و نگهداری از آنها اختصاص یابد (Clark et al., 2008a).

سامانه ارزیابی LEED

با گسترش احداث ابنیه با تکنولوژی سبز در بخش های خصوصی و دولتی و استقبال صنعتگران و متخصصان ساختمانی، نیاز به برنامه‌ای مدون در این امر اجتناب ناپذیر شد . بدین منظور در شورای ساختمان سبز ایالات متحده (USGBC) برنامه ای طرح ریزی شد تا اصول بهره برداری از ساختمان‌های سبز را در کل گیتی قابل استفاده گرداند. این برنامه LEED نامیده می شود که به معنای رهبری در طراحی انرژی و محیط زیست است . این برنامه بر اصل انرژی و محیط زیست استوار شده است و عامل توازن بین عملکردهای ضروری و مؤثر محیط است . قوانین و نکاتی که چارچوب LEED را تعریف می کنند به مرور زمان اصلاح و تکمیل شده اند و از سال 1998 که اولین نسخه آن با نام LEED۱۰۰ منتشر شد تا کنون دارای نسخه های تکمیل شده گوناگونی با عنوان، LEED۲O. (سال،) LEED Canada NC.V۱۰۰ 2000 (مخصوص کشور کانادا)، LEED ۲۰۰۹ ،۳ LEED online، LEED V و ..... می‌باشد که جدیدترین آنها LEED ۲۰۰۹ است (ضابط، مهسا، واحدی، سپیده، اسدی، لادن، 4931).

در سال ۲۰۰۹ طبق آیین نامه داخلی LEED ، حدود 100 نمره پایه بعلاوه ٦ نمره اضافی برای ابتکار در طراحی و ٤ نمره برای اولویت‌های منطقه‌ای و اقلیمی در نظر گرفته شده است. ساختمان‌ها می‌توانند با توجه به امتیازشان یکی از ٤ رتبه

۱- مورد تایید ۲- نقره ۳- طلایی ٤- طلای سفید LEED۲۰۰۹ را دریافت کنند

نظام رتبه‌بندی LEED

LEED به عنوان یک سیستم معتبر صدور گواهینامه ساختمان سازی در سطح بین‌المللی شناخته شده است و نشانگر تایید طراحی و ساخت و ساز ساختمان‌ها و یا مجتمع‌ها با استفاده از استراتژی‌های هدف افزایش عملکرد، کاهش ضایعات و بهبود کیفیت زندگی است.

کسب این گواهی مستلزم رعایت معیارهایی است که عبارتند از: پایداری سایت، کارایی آب، انرژی و اتمسفر، مصالح و منابع، کیفیت فضای داخلی ، ماهیت خلاقبت در طراحی

سامانه ارزیابی BREEAM

برییم، به معنی روش محیطی موسسه تحقیقات ساختمان یکی از قدیمی‌ترین روش‌های ارزیابی محیطی ساختمان است که در کشور انگلستان اعمال می‌شود.

این سامانه برای اولین بار در سال ۱۹۹۰ الی ۱۹۹۱ به عنوان یک ابزار سنجش پایداری برای بناهای غیر مسکونی تاسیس شد و با بروز شدن مداوم در اول آگوست ۲۰۰۸ نسخه ۳ بریم هم منتشر گردید.

در آخرین نسخه : امتیازها در۱۰ شاخه مربوط به کارایی ساختمان طبقه بندی شده، و از مجموع امتیازات کشف شده یک امتیاز کلی به بنا داده می‌شود.

خارج از رده بندی :

قبول

خوب

بسیار خوب

عالی

برجسته

این معیارها برای کاربری های هشتگانه

آموزشی، صنعتی، درمانی، اداری، تجاری، ندامتگاه، دادگاه، و مجموعه‌های مسکونی پیش‌بینی شده است.

رویکردهای مختلف نسبت به نوع ساخت و ساز

- ساختمان‌های جدید
- بازسازی کلی بناهای موجود
- ترکیب بازسازی و احداث بناهای جدید
- بازسازی یا ساخت بناهای جدید
- در بین یک مجموعه از ساختمان‌های بزرگ

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

معیارهای امتیازبندی بریم انگلستان:

حوزه

مدیریت ۱۰ امتیاز

سلامتی ۱٤ امتیاز

انرژی ۲۱ امتیاز

حمل و نقل ۱۰ امتیاز

آب ٦ امتیاز

مصالح ۱۲ امتیاز

اکولوژی و اشغال زمین ۱۰ امتیاز

آلودگی ۱۲ امتیاز

نوآوری ۱۰ امتیاز

حوزه‌ها:

مدیریت :

≠ حصول اطمینان از صحت عملکرد سیستم‌های ساختمانی

≠ بکارگیری پیمانکاران مسوول در قبال محیط زیست

≠ بررسی جامع سایت و محیط پیرامون پروژه

≠ مشاوره و رایزنی بامتخصصین طراحی معماری

≠ اهمیت قائل شدن برای امنیت کارگاه ساختمانی

≠ ارائه اطلاعات مربوط به بنا

≠ مطرح کردن بنا به عنوان ابزاری برای فرهنگسازی

≠ سهولت تعمیر و نگهداری ساختمان

≠ تهیه مدل تحلیلی از هزینه‌های آتی ساختمان

سلامتی:

≠ تآمین نور طبیعی

≠ تآمین منظر مناسب

≠ کنترل خیرگی ناشی از مصالح براق بناهای مجاور

≠ تنظیم میزان روشنایی داخل و خارج

≠ امکان تهویه طبیعی

≠ تآمین آسایش حرارتی

≠ بهینه سازی عملکرد صوتی ساختمان

≠ کیفیت مطلوب هوای داخل بنا

≠ جلوگیری از تشکیل آلاینده‌های میکروبی

≠ تهیه آب آشامیدنی مناسب

≠ استفاده از آثار هنری داخل فضا ها

≠ استفاده از هواکش های مناسب داخل فضا

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

انرژی:

≠ کاهش انتشار گاز دی اکسید کربن

≠ سنجش دقیق انرژی‌های مورد نیاز

≠ بهره‌گیری از منابع انرژی پر بازده برای روشنایی LED

≠ جلوگیری از هدر رفتن انرژی بنا

≠ محافظت از لایه اوزون از طریق کاهش گازهای سی اف سی

≠ استفاده از انرژی‌های غیر فسیلی

≠ عایقبندی مناسب فضاهای داخلی

حمل و نقل:

≠ تآمین دسترسی مناسب و حمل و نقل عمومی

≠ همجواری با امکانات رفاهی

≠ تهیه نقشه حمل و نقل برای کاربران

≠ ایجاد ظرفیت مناسب پارکینگ

≠ تلاش در رساندن شبکه حمل و نقل به نزدیکی سایت

آب:

≠ کاهش مصرف آب از طریق شیرآلات طراحی شده

≠ استفاده از نشانگرهای مصرف آب

≠ بهره‌گیری از روش ردیابی نشتی‌های بزرگ و کوچک

≠ بازیافت فاضلاب بصورت کود برای گیاهان

≠ بازیافت آب‌های خاکستری

≠ جداکردن مصرف آب آشامیدنی و نظافت

≠ صرفه جویی در مصرف سیستم‌های آبیاری

مصالح:

≠ استفاده از مصالح فاقد عوارض زیست محیطی

≠ بهره گیری از مصالح پایدار برای ساخت محوطه

≠ بازیافت مصالح

≠ استفاده از مصالح با منبع تولید مشخص

≠ استفاده از مصالح با دوام

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

≠ بهره گیری از مصالح بوم آورد

پسماند

≠ مدیریت پسماند حاصل از ساخت و ساز

≠ استفاده مجدد از سنگدانه ها

≠ ذخیره مصالح قابل بازیافت

≠ مدیریت پسماند زباله های روزانه

اشغال زمین

≠ ترمیم سایت های آسیب دیده و آلاینده محیط

≠ محافظت از زیست بوم های سایت

≠ کاهش تأثیرات نامطلوب ساخت و ساز بر سایت

≠ بالابردن کیفیت اکولوژیک سایت (کاشت گیاهان)

≠ کاهش تاثیرات دراز مدت بر تنوع زیستی موجودات

آلودگی

≠ کاهش آلاینده‌ها در سیستم‌های سرمایش و گرمایش

≠ کاهش تولید اکسیدهای نیتروژن در مولدهای حرارتی

≠ کاهش آلودگی آب

≠ کاهش آلودگی‌های نوری (خیرگی)

≠ کاهش آلودگی‌های وارد بر ساختمان

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

کاهش دی اکسید کربن:

تحقیقات نشان می‌دهند بین افزایش میزان گازهای گلخانه‌ای موجود در اتمسفر با گرم شدن کره زمین ارتباط مستقیمی وجود دارد. زمین مقداری از انرژی خورشید را جذب و باقی آن را منعکس می‌کند. در طی این فرایند طول موج نور تغییر پیدا می‌کند. بعضی از گازهای موجود در جو زمین، این تابش خروجی را جذب می‌کنند. این تابش عمدتاً در محدوده مادون قرمز است. مولکول گازهای گلخانه‌ای، بسیار بیشتر از سایر گازهای نور مادون قرمز را جذب می‌کند. جذب انرژی توسط مولکول‌های گاز سبب جنبش مولکول و افزایش انرژی آن می‌شود. وقتی این اتفاق در مقیاس بزرگ رخ دهد، مانند این است که زمین را با یک پتو پوشانده‌ایم (IPCC, 2007)، اصلی‌ترین فعالیت انسانی که منجر به گرمای زمین می‌شود، سوزاندن سوخت‌های فسیلی (زغال‌سنگ، نفت و گاز طبیعی) و از بین بردن جنگل‌ها است. بیشتر سوخت فسیلی در اتومبیل‌ها، کارخانه‌ها و نیروگاه‌ها به مصرف می‌رسد. سوزاندن این

سوخت‌ها گاز دی‌اکسید کربن تولید می‌کند، از سال ۱۷۵۰ غلظت این گاز در اتمسفر به ۳۲ درصد رسیده است. در آینده نیز با افزایش سوخت‌های فسیلی، میزان گاز دی اکسید کربن نیز افزایش پیدا می‌کند. وزارت انرژی ایالت متحده پیش‌بینی کرده تا ۲۰۱۷ ، ۱۰۰ نیروگاه زغال سنگ جدید به این تعداد موجود نیز افزوده می‌شود.

بام های سبز نیز می‌توانند نقش کوچکی در از بین بردن دی‌اکسید کربن موجود در جو داشته باشند که به دو روش در کاهش این گاز مؤثراند:

روش اول: گیاهان سبز به هنگام رشد دی اکسید کربن موجود در جو را جذب می‌کنند. آن‌ها کربن موجود در دی‌اکسید کربن را با هیدروژن ترکیب کرده، قند ساده تولید می‌کنند و آن را در بافت خود ذخیره می‌نمایند. پس از مرگ گیاه، با تجزیه آن، گاز دی اکسید کربن از آن متصاعد می‌شود. اکوسیستم‌هایی با سطح پوشش گیاهی غنی، می‌توانند دی اکسید کربن بیشتری را در خود حبس نمایند.

روش دوم: بام های سبز با کاهش نیاز به انرژی برای سرد کردن ساختمان و کاهش دمای شهر به طور کلی، در نهایت به کاهش گاز دی اکسید کربن کمک می‌کنند. بام سبز در نهایت به تعادل کربن کمک می‌کند (رشد گیاه= تجزیه گیاه)، اما در درجه اول، این اکوسیستم‌های انسان ساخت می‌توانند به کاهش کربن کمک کند (Getter et al., 2009) میزان کربن را با ٤ نوع گل ناز با عمق ٦,٠ سانتی‌متر در بام های سبز گسترده طی یک دوره دوساله آزمودند در پایان مطالعه مشخص شد که ماده روی خاک گیاهان و زیتوده داخل گیاهان به طور میانگین به ترتیب ١٦٨ Cm^{-2} g و ١٧٠ $C\ m^{-2}$ بود و با ایجاد تفاوت میان گونه‌ها میانگین کربن لایه‌ها ٩١٣ $g\ C\ m^{-2}$ بدست آمد. به طور کلی سیستم بام سبز گسترده میزان ١١٨٨ $g\ C\ m^{-2}$ در ترکیب مواد و لایه‌های گیاه در خود نگه می‌دارد. به هرحال بعد از کم‌کردن ٨١٠ که در لایه‌های معمولی وجود دارد، ترکیب کربن خالص کلاً ٣٧٨ می‌باشد. اگر چه بام سبز می‌تواند در کاهش کربن نقش مؤثری داشته باشد، باید میزان انرژی صرف شده را نیز در نظر داشت (کل انرژی مصرف شده و کربن منتشر شده در فرآیند تولید، در طول چرخه زندگی گیاه) که برای ساخت آن صرف می‌شود. در ساخت یک بام سبز ممکن مقداری دی اکسید کربن تولید شود که بالاتر از میزان تولید شده در بام‌های معمولی است (Kosareo and Reis, 2007). هاموند و جونز (Hammond and Jones, 2008) موادی را که از ابتدا در ساخت بام بکار می‌رود را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند.

با فرض اینکه موانع اصلی این صنعت، لایه‌های زه‌کشی، ٦ سانتی‌متری که نیمی از آن شن و ماسه و سنگ و در مطالعه گتر و همکارانش (Getter et al.2009b) نیز به آن اشاره شده است، کل انرژی که برای تشکیل بام سبز بکار رفته برابر ٢٣,٦ کیلوگرم دی اکسید کربن برای هر متر مربع بام سبزمحاسبه شده است. این مقدار برابر است با ٦٤٤٨ $g\ C\ m^{-2}$ که بطور قابل توجهی بیشتر از ٣٧٨ $g\ C\ m^{-2}$ که در ابتدا وجود داشته است. همچنین زمانی سقف به تعادل می‌رسد که جذب کربن با کربنی که از تجزیه بدست می‌آید، برابر باشد، و هیچ کربن اضافی در تجزیه بام وجود نداشته باشد.

تجزیه خالص می‌تواند زمانی بهتر صورت گیرد که گونه‌های خاص گیاهان انتخاب شود، عمق کاشت گیاهان مناسب باشد، لایه‌ها به گونه‌ای مناسب ترکیب شوند و فعالیت‌ها به خوبی مدیریت شوند. برای مثال، در مطالعه گتر و همکارانش، تجزیه کربن روی زمین برای گونه‌های S.acre و S.album به ترتیب ٦٤ گرم کربن بر متر مربع و ٢٣٩

گرم کربن بر متر مربع است. افزایش عمق کاشت گیاهان می‌توانند، مکانی بهتر باری ذخیره‌سازی بیشتر کربن فراهم می‌کند، همچنین گیاهانی با برگ‌های پهن و حتی درختان در این زمینه بیشتر کمک کنند. علاوه بر این، ترکیب لایه‌های رشد می‌تواند تغییر کند. در مطالعه گتر و همکارانش، گرمای حاصل از سنگ بستر می‌تواند تا ۸۰ درصد انرژی بام های سبز را تأمین کند. با استفاده از مواد جایگزین، انرژی به اندازه قابل توجهی کاهش می‌یابد. به طور مثال، در شمال غربی اقیانوس آرام امریکای شمالی، سنگ‌های آتشفشانی به راحتی در دسترس‌اند و به راحتی می‌توانند به عنوان اجرای لایه‌های گیاه استفاده شوند. گرمای سنگ در طبیعت بیشتر هم می‌شود و در نتیجه انرژی داخلی آن به اندازه زیادی کاهش می‌یابد.

نقش مدیریت فعالیت ها در کاهش آلودگی:

علاوه بر این مدیریت فعالیت‌ها از جمله کود دادن و آبیاری می‌تواند در ذخیره انرژی و تجزیه کربن تأثیر داشته باشد. به هر حال تجزیه کربن توسط گیاهان و لایه‌های آنها تنها بخشی از معادله می‌باشد. میزان کاهش دی‌اکسید کربن گیاهان به نوع گیاه و توانایی آنها در جذب دی اکسید کربن و نوع عایق‌بندی ساختمان‌ها مربوط می‌باشد. در ایالت متحده آمریکا، ساختمان‌ها ۳۸ درصد گازهای گلخانه‌ای از جمله دی‌اکسید کربن را در شهر تولید می‌شود (U.S. Green Building Council, 2008).

هنگامی که تاثیرات بام های سبز روی تعادل انرژی ساختمانها مورد بررسی قرار می‌گیرد، اگر بام‌های سبز بتوانند در مصرف انرژی تاثیرگذار باشند، آمریکا این نوع ساختمانها را حمایت می‌کند. در بخش انرژی، سایلر (Sailor, 2008) نشان داد که در مصرف انرژی الکترونیکی، ۲ درصد کاهش و در گازهای طبیعی ۹ تا ۱۱ کاهش وجود دارد. براساس این مدل، یک ساختمان عمومی با ۲۰۰۰ متر مربع بام سبز در سال بین ۲۷,۲ تا ۳۰,۷ گیگا ژول در مصرف انرژی الکترونیکی کاهش و ۹,۵ تا ۳۸,٦ گیگا ژول در گازهای طبیعی کاهش دارد، البته این موضوع به آب و هوا و نوع طراحی بام سبز نیز بستگی دارد. زمانی‌که میانگین تولید دی‌اکسید کربنی را که از تولید الکتریسیته و سوزاندن گازهای طبیعی در نظر می‌گیریم (US EPA, 2007; US EPA, 2008a) ، ارقامی که از ذخیره انرژی الکترونیکی و گاز طبیعی حاصل می‌شود میزان ۲,۳ تا ۲,٦ کیلوگرم $CO2_m^{-2}$ و ۰,۲٤ تا ۰,۹۷ کیلوگرم $CO2_m^{-2}$ در هر سال برای هر بام سبزی باشد.

تخمین‌های بالا فقط برای صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌های بر اثر پوشش سقف ساختمان‌ها توسط بام سبز می‌باشد. همچنین کاهش غیرمستقیم مصرف انرژی به علت کاهش گرما و خنک کردن ساختمان توسط بام سبز می‌تواند صورت بگیرد (Akbari and Konopacki, 2005).

استراتژی‌های خنک‌سازی بام‌های سبز را برای آب و هواهای مختلف و انواع مختلف ساختمان‌ها در ایالت متحده شبیه‌سازی کردند. البته تحقیقات مورد اشاره صرفاً و به طور خاص روی بام های سبز تمرکز نکرده بودند البته به طور کلی برای نقش بام سبز برای خنک‌سازی ساختمان مورد بررسی قرار گرفته که آنرا حدود ۲۵ درصد تخمین زده‌اند.

امروزه توجه بیشتری به گیاهان به عنوان چاره‌ای بر آلودگی هوا در شهرها، معطوف شده است، چرا که گیاهان طی فرایند فتوسنتز کربن با جذب دی‌اکسید کربن و تبدیل آن به اکسیژن بطور طبیعی کربن اضافی هوا را جذب می‌کنند. همچنین طی فرایند فتوسنتز، برگ درختان سایر مواد شیمیایی مانند اکسیدهای نیتروژن، آمونیم تولید شده در هوا، بخشی از دی اکسید گوگرد و ازن که مولد قسمتی از مشکلات مه آلودگی و اثرات گلخانه‌ای هستند را از محیط خارج می‌کند. برگ درختان با جذب و حفظ گرد و غبار و سایر ذرات معلق هوا تا زمان شست‌وشو و بارندگی مقدار گرد و غبار و سایر ذرات معلق هوا را تا ۷۵ درصد کاهش داده و تأثیر به‌سزایی بر بهبود کیفیت هوا دارد.

شرایط بد آب و هوایی که در مناطق شهری بسیار معمول است، با افزایش تعداد درختان در فضای شهرها که به صورت تصفیه‌کننده‌های طبیعی هوا عمل می‌کنند، بهبود خواهد یافت. گیاهان به کمک فرایندهای طبیعی مانند فتوسنتز و تنفس و تعرق هوا را تصفیه و خنک کرده و به فضای اطراف بر می‌گردانند.

میزان توانایی درختان در جذب کربن به ابعاد درخت، سن، سلامتی و تاج پوشش آن بستگی دارد و به طور متوسط درختان بزرگ می‌توانند ۲ تا ۳ درصد میزان کربن هوا را کاهش دهند. یک درخت راش ۸۰ فوتی می‌تواند روزانه دی‌اکسید کربنی را که معادل دی اکسید کربن ایجاد شده توسط دو خانواده دو نفره است حذف کند.

درختان همچنین به طور غیرمستقیم، از طریق ذخیره انرژی بر کیفیت هوا تأثیر می‌گذارند. درختانی که به منظور ایجاد سایه بر منازل کاشته شده‌اند، می‌توانند ۱۰ تا ۱۵ درصد در هزینه خنک کردن و ٤ تا ۲۲ درصد در هزینه‌های تأمین گرما از طریق مانع شدن در برابر جریان‌های باد مؤثر واقع شوند که البته مقدار این صرفه‌جویی با توجه به نوع درخت، محل کاشت و فضاسازی متغیر خواهد بود.

اگرچه بشر امروزه به تکنولوژی‌های مختلفی دست یافته است، ولی به نظر می‌رسد برگ درختان و گیاهان می‌توانند بهترین وسیله جهت بهبود کیفیت هوای محیط زیست بشری باشد. این جانداران قادرند گازها و ذرات آلاینده را از هوا خارج کرده، مصرف انرژی را کاهش داده، باعث کاهش دمای جو زمین شده و جوامع را در جهت زندگی هر چه مطلوب‌تر یاری کنند.

گرمایش زمین نام پدیده‌ای است که منجر به افزایش میانگین دمای سطح زمین و اقیانوس‌ها گردیده است. طی ۱۰۰ سال گذشته، کره زمین به طور غیرطبیعی حدود ۰/٤۱ درجه سانتی‌گراد گرم‌تر شده که این موضوع دانشمندان را نگران کرده است. برخی از دانشمندان معتقدند که دهه‌های پایانی قرن بیستم، گرم‌ترین سال‌های ٤۰۰ سال اخیر بوده است. گزارش‌ها حاکی از آن است که ۱۰ مورد از گرم‌ترین سال‌های جهان تنها از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۰۷ به ثبت رسیده است که این میزان در ۱۵۰ سال گذشته بی‌سابقه بوده است.

به نظر می‌رسد فعالیت‌های صنعتی در ایجاد این مشکل بسیار مؤثر است و به گرم شدن زمین کمک می‌کند. برخی از دانشمندان معتقدند که افزایش گازهای گلخانه‌ایی عامل اصلی این افزایش دما نیست بلکه افزایش انرژی تابیده شده از خورشید عامل اصلی است؛ اما بیشتر کارشناسان هواشناسی تأثیر این عامل را در روند افزایش دمای عمومی کره زمین بسیار ناچیز می‌دانند.

کاهش ضایعات سقف سازی در لندفیل‌ها:

طول عمر مکانیکی سقف معمولی حدود ۲۰ سال است با تخمین اینکه این سقف باید با مواد جدید جایگزین و مواد غیرقابل مصرف آن به محلی برای دفن منتقل شود که هم اشغال کننده فضا هستند و هم آلودگی شیرابه‌ها را تشدید می‌کنند و هم هزینه‌های حمل و نقل آن را باید در نظر داشت. از طرف دیگر عمر بام های سبز را می‌تواند به حداقل ٤٥ سال تخمین زد که در قیاس عددی نسبتاً بزرگتر از بام‌های معمولی است. (Rice, 2007 Kosareo,). این برآورد براساس شواهد تجربی برای بام های سبز مدرن نسبتاً جدید است. اما حمایت از این مهم نخستین بار در زور یخ، سوئیس با تخصیص تسهیلات تصفیه آب (تأسیس شده در سال ۱۹۱٤) در سال ۲۰۰۵ روی داده است.

کیفیت فاضلاب روان آب ها :

کارپنتر، کالاواکولا، کارتر، چکسون، راسموسن، دنارو (Carpenter و Kaluvakolanu، Carter و Jackson, 2007 DeNardo, 2005; Rasmussen, 2005) در نشریات مختلفی به توانایی بام های سبز در تثبیت فاضلاب (Czerniel Berndtsson, 2010) اشاره کرده‌اند. حجم رواناب به طور کلی بسته به نوع سیستم بام سبز دارد ترکیب بستر و عمق، شیب سقف، گونه‌های گیاهی، موجود رطوبت بستر، و شدت و طول مدت بارش دارد و به طور مثال اگر ۲۰ درصد از ساختمان‌ها در واشنگتن دی سیدارانی بام سبز باشند، آن‌ها می‌تواند حدود ۹۵۸ میلیون لیتر (۲۵۳ میلیون گالن) آب باران را به طور متوسط در سال ذخیره کنند (دویچ و همکاران، ۲۰۰۵). که منجر به حفظ آب در بستر و نهایت تبخیر و ورود آن به جو خواهد شد. علاوه بر این با اسفنجی عمل کردن و تأخیر در رسیدن آن به اشباع تخلیه آن به طول می‌انجامد و کیفیت رواناب بهتر خواهد شد. (Cetter و همکاران Hathaway, 2007 و همکاران، Hilten, 2008 و همکاران، Mentens, 2008 و همکاران، Palla, 2006 و همکاران Simmons, 2009 و همکاران، Spolek, 2007 ، Stovin، Teemusk, 2009 و Mander، VanWoert, 2007 و همکاران، US EPA, 2005، Villarreal, 2009 و Bengtsson 2005) از آنجا که انتشار رواناب با وجود بام‌های سبز به تعویق می‌افتد، از این طریق به حفظ و کاهش فرسایش سیستم فاضلاب‌های سطحی شهری کمک کرده و از پر و خالی شدن ناگهانی آن جلوگیری می‌شود.

در ایالات متحده بسیاری از مناطق فاقد سیستم جداکننده فاضلاب شهری و رواناب سطح است که این قضیه می‌تواند تأثیرات خطرناکی را به خصوص در زمان بارش‌های سنگین و ناگهانی بارانی ایجاد کند (US EPA, 2008b) به طور مثال در نیویورک برای مقابله با این مشکل خروجی‌هایی تعبیه شده که در زمان‌های آبگرفتگی شدید فاضلاب را مستقیماً به رودخانه‌ها هدایت می‌کند، در مجموع چیزی در حدود ٤۰ میلیارد گالن که خود در ایجاد آلودگی‌هایی از قبیل ورود نفت، نمک، آفت‌کش‌ها، فلزات سنگین فضولات انسانی، ضایعات حیوانی و .... ایجاد می‌کند. (Cheney, 2005).

در یک نگاه ساده تصور می‌شود که بام های سبز می‌تواند منبعی برای آلودگی‌های همچون:

Cd, Cr, Cu, Fe, K, Mn, Pb, Zn, NO3-N, NH4-N, Tot-N, PO4, and Tot-P است (Czerniel Berndtsson et al., 2006) در تحقیقات انجام شده مشخص گردید بام های سبز پوشیده از تیره‌هایی همچون گل ناز منبع

آلودگی‌هایی چون نیتروژن و فسفر در رواناب حاصل از بارش می‌توانند باشند (Hathaway et al., 2008) به خصوص فسفات مقادیر بالایی را در رواناب بام های سبز نشان می‌داد.

اما در تحقیقات صورت گرفته در میشیگان Carpenter و Kaluvakolanu پس از آن توانستند مقایسه‌ای بین رواناب سطوح سقف آسفالت و بام های سبز انجام دهند که مشخص شد غلظت جامدات کل فسفات و نیترات را در بام های سبز کمتر از بام‌های آسفالت نشان دادند.

کاهش آلودگی صوتی:

سر و صدا اضافی است نه تنها آزار دهنده است، بلکه می‌تواند به مشکلات بهداشتی مانند اختلال شنوایی، فشار خون بالا و بیماری ایسکمیک قلبی، اختلال خواب و کاهش عملکرد دانش‌آموزان در مدرسه منجر شود. (Öhrström, 1991; Passchier-Vermeer and Passchier, 2000). در مناطق شهری مشکل سر و صدای فضاهای شلوغ و نزدیکی با مناطق مسکونی همواره وجود دارد مثل فرودگاه‌ها و مناطق صنعتی.

بام های سبز و سطوح سبز با وجود گیاهان سبز و بستر آن نقطه امیدی در کاهش اثرات این منابع آلودگی هستند و در مقیاس بیشتری سر و صدا را نسبت به سطوح بدون پوشش جذب می‌کنند (Van Renterghem and Botteldooren 2008, 2009) را به طور کامل مورد مطالعه قرار دادند و یک رابطه خطی را بین درصد کاهش صداهای متصاعد شده از خیابان‌های اطراف و میزان سطح پوشیده شده با بام سبز را بدست آورد.

در مطالعات موردی تهران بام‌های سبز که ضخامت لایه خاک آنها ۱۲ سانتی‌متر باشد نفوذ صدا را تا ٤٢ دسی‌بل کاهش می‌دهد و بام سبزی که ضخامت الیه خاک آن ۲۰ سانتی‌متر باشد نفوذ صدا را تا ٤٦ دسی‌بال کاهش می‌دهد (لعبت تقوی ۱۳۹۳) افزایش عمق بستر بیش از ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر هیچ سود بیشتری را فراهم نمی‌کند. امواج صوتی در بام های سبز سبز بیشتر در فرکانس های محدوده ۵۰۰–۱۰۰۰ هرتز صادر می‌شود اما به هر صورت این لایه‌های خاک به عنوان رساناهای صوتی نرم صدا شناخته می‌شوند. خاک برای جذب فرکانس‌های پائین‌تر صدا و گیاهان به جذب فرکانس های بالاتر تمایل دارند لایه‌های خاک، هوا و پوشش گیاهی که در بام های سبز استفاده شده‌اند، منفذدار بوده، بنابراین اجازه می‌دهند که صدا داخل محیط های رشد شود به دلیل فعل و انفعالات زیادی که بین ذرات لایه‌ها و صوت صورت می‌گیرد از شدت صدا کاسته و موجب جذب، انعکاس و انتشار امواج صوتی می‌شوند. بام‌های سبز، عایق‌بندی صدا در سیستم بام را افزایش می‌دهند. البته این تأثیر در بام های سبز گسترده که کم‌عمق هستند و لایه نازکی از خاک دارند و بام های سبز مانند که خاک های عمیق‌تری دارند، متفاوت است. کیفیت عملکرد عایق صوتی به نوع سیستم به کار رفته و همچنین به ضخامت لایه بستگی دارد. (مهناز محمودی زرندی و همکاران ۱۳۹۱).

جمع بندی و نتیجه گیری برای بام های سبز در شهرهای ایران:

الف) تنوع برای انتخاب گیاهان:

تمامی کارکردهای مناسب یک بام سبز در یک محیط آلوده شهری زمانی مؤثر خواهد بود که پوشش گیاه و عملکرد آن مناسب باشد لذا بیشترین توصیه ممکن تلاش و تحقیق برای انتخاب گیاهان است که توانایی بقا در شرایط آلوده شهری و اثر بیشتری در حذف آلودگی‌ها داشته باشند، نیاز کمتری به نگهداری و عملکرد بالاتری داشته باشند و علاوه بر آن از معیارهای زیبایی‌شناسی برخوردار باشند. این مسئله زمانی مهم می شود که بتوانیم با استفاده از گیاهان مقاوم در شرایط گرم و خشک اقدام به طراحی فضاهای مورد نظر کنیم. در این زمینه گیاهان تیره گل ناز به دلیل نوع تنفس و فتوسنتز معکوس برای مناطق گرم و خشک مناسبترند چون روزنه های آنان در شب باز و در روزهای گرم بسته است. هر چند این روش بازده فتوسنتز را کاهش می دهد اما راهکاری موثر برای پایداری در ایران و مناطق مرکزی کشور به شمار می رود.

ب) فضاهای مستعد:

استفاده از فضاهای بلااستفاده با قابلیت کافی برای رشد گیاهان از نظر تأمین خاک قابلیت زهکشی و آبیاری و مکانی مناسب برای جذب نور می‌تواند برای بسیاری از طراحان و مهندسان زمینه تحقیقات جدید و تفکر باشد. این رویکرد با وجود خاک‌های جوان و بکر موجود در کشور که به دلیل اقلیم گرم و خشک حاصل شده است می تواند از نظر تامین مواد غذایی مورد نیاز گیاه در شرایط ویژه‌ای قرار بگیرد. در شهری مانند تهران تنها نیاز گیاهان آب است و با این رویکرد می‌توان بازده مناسبی انتظار داشت.

ج) استحصال محصولات کشاورزی:

بسیاری از شهرها فضاهای کمی برای تولید غذا، گیاهان سبز و سبزیجات تازه دارند و برای نقل و انتقال این مواد از مسافت‌های طولانی متحمل هزینه‌های زیادی می‌گردند که البته مطالعه بر روی میزان مصرف کودها و انواع حاصلخیزکننده‌ها جنس خاک‌های مورد استفاده و گیاهان توانمند برای رشد در بام‌های سبز بسیار پراهمیت است، همچنین نوع آفت‌ها و اهمیت استفاده و یا عدم استفاده از آفت‌کش‌ها، حشرات مورد نیاز برای گرده افشانی و تولید از دیگر مواردی است که در کشاورزی بام سبز می‌تواند مورد مطالعه قرار گیرد. البته در کشور این قابلیت وجود ندارد و نمی توان توسعه گیاهان علفی و زراعی و جالیزی را به هیچ عنوان توصیه کرد چون نیاز آبی فراوان داشته و به این ترتیب علاوه بر تخریب بام ساختمان ها منجر به هدررفت شدید آب خواهد شد.

ه) چرخه جمع آوری و مصرف آب و آب خاکستری:

آب های خاکستری یا فاضلاب معمول که حاصل از آشپزخانه، روشویی و حمام است در سپتیک تانک‌ها جمع‌آوری شده و پس از طی مراحل تجزیه میکروبی اولیه می توان به عنوان آب مناسب برای آبیاری بام‌های سبز مورد استفاده قرار گیرد. به طور متوسط حجم این آب برای یک خانواده چهار نفره روزانه ۳۰۰ لیتر می باشد که مقدار مناسبی است و برای موارد خاص ممکن است نیاز به استفاده از حجم آب اضافی گردد (Mankiewicz و همکاران 2009).

منابع و ماخذ

۱- محمود زرندی، مهناز (۱۳۹۱)، ارزیابی چگونگی تأثیرگذاری بام سبز در کاهش دمای محیط فصلنامه علمی- پژوهشی باغ نظر مرکز پژوهشی هنر معماری و شهرسازی نظر.

۲- تقوی،لعبت، (۱۳۹۳)، نقش بام و دیوار سبز در توسعه پایدار شهری، فصل نامه پایداری، توسعه و محیط زیست.

1- Akbari H., Konopacki, S., 2005. Calculating energy-saving potentials of heat island reduction strategies. Energy Policy 33 (6), 721e756.

2- Bradley Row,2011. Green roofs as a means of pollution abatement.

3- Nicholas S.G. Williams, John P. Rayner, Kirsten J. Raynor.

4- Akbari, H., Pomerantz, M., Taha, H., 2001. Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. Solar Energy 70 (3), 295e310.

5- Alsup, S., Ebbs, S., Retzlaff, W., 2010. The exchangeability and leachability of metals from select green roof growth substrates. Urban Ecosystems 13, 91e111.

6- American Lung Association, 2010. State of the Air 2010. www.lungusa.org/assets/documents/publications/state-of-the-air/state-of-the-air-report-2010.pdf (accessed 21.07.10).

7- ASTM E 2400, 2006. Standard Guide for Selection, Installation, and Maintenance of Plants for Green Roof Systems. ASTM International, West Conshohocken, Pa.

8- Baker, A.J.M., Brooks, R.R., 1989. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements e a review of their distribution, ecology and phytochemistry. Biorecovery 1 (2), 81e126.

9- Benjamin, M.T., Sudol, M., Bloch, L., Winer, A.M., 1996. Low-emitting urban forests: a taxonomic methodology for assigning isoprene and monoterpene emission rates. Atmospheric Environment 30, 1437e1452.

10- Bell, M.L., McDermott, A., Zeger, S.L., Samet, J.M., Dominici, F., 2004. Ozone and short-term mortality in 95 US urban communities, 1987e2000. The Journal of the American Medical Association 292, 2372e2378.

11- Blackhurst, M., Hendrickson, C., Matthews, H.S. Cost effectiveness of green roofs. Journal of Architectural Engineering. doi:10:1061/(ASCE)AE.19435568.0000022, in press.

12- Bliss, D.J., Neufeld, R.D., Ries, R.J., 2009. Storm water runoff using a green roof. Environmental Engineering Science 26 (2), 407e417.

13- Brunner, P.H., Monch, H., 1986. The flux of metals through municipal solid waste incinerators. Waste Management and Research 4, 105e119.

14- Carpenter, D.D., Kaluvakolanu, P. Effect of roof surface type on stormwater run-off from full-scale roofs in a temperate climate. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. doi:10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000185, in press.

15- Carter, T., Fowler, L., 2008. Establishing green roof infrastructure through environmental policy instruments. Environmental Management 42, 151e164.

16- Carter, T., Jackson, C.R., 2007. Vegetated roofs for stormwater management at multiple spatial scales. Landscape and Urban Planning 80, 84e94.

17- Carter, T., Keeler, A., 2008. Life cycle cost-benefit analysis of extensive vegetated roof systems. Journal of Environmental Management 87, 350e363.

18- Carter, T.L., Rasmussen, T.C., 2006. Hydrologic behavior of vegetated roofs. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA) 42 (5), 1261e1274.

19- Castleton, H.F., Stovin, V., Beck, S.B.M., Davison, J.B., 2010. Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit. Energy and Buildings 42, 1582e1591.

20- Cheney, C., 2005. New York City: greening Gotham's rooftops. In: Earth Pledge (Ed.), Green Roofs: Ecological Design and Construction. Schiffer Books, Atglen, PA, pp. 130e133.

21- Chestnut, L.G., Mills, D.M., 2005. A fresh look at the benefits and cost of the US acid rain program. Journal of Environmental Management 77 (3), 252e266.

22- Chicago Climate Exchange, 2010. Chicago Climate Exchange Overview. 20 July 2010. http://www.chicagoclimatex.com/index.jsf
23- City of Los Angeles Environmental Affairs Department. 2006. Report: Green roofs e cooling Los Angeles.
24- Clark, C., Adriaens, P., Lastoskie, C., 2009. Multimedia modeling of air pollutants in green roof systems. In: Proc. of 7th North American Green Roof Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities, Atlanta, GA. 3e5 June 2009. The Cardinal Group, Toronto.
25- Clark, C., Adriaens, P., Talbot, F.B., 2008a. Green roof Valuation: a probabilistic economic analysis of environmental benefits. Environmental Science and Technology 42, 2155e2161.
26- Clark, C., Talbot, B., Bulkley, J., Adriaens, P., 2005. Optimization of green roofs for air pollution mitigation. In: Proc. of 3rd North American Green Roof Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities, Washington, DC. 4e6May 2005. The Cardinal Group, Toronto.
27- Clark, S.E., Steele, K.A., Spicher, J., Siu, C.Y.S., Lalor, M.M., Pitt, R., Kirby, J.T., 2008b. Roofing materials' contribution to storm-water runoff pollution. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 134 (5), 638e645.
28- Currie, B.A., Bass, B., 2008. Estimates of air pollution mitigation with green plants and green roofs using the UFORE model. Urban Ecosystems 11, 409e422.
29- Czerniel Berndtsson, J., 2010. Green roof performance towards management of runoff water quantity.
30- Czerniel Berndtsson, J., Bengtsson, L., Jinno, K., 2008. First flush effect from vegetated roof during simulated rain events. Hydrology Research 39 (3), 171e179.
31- Czerniel Berndtsson, J., Emilsson, T., Bengtsson, L., 2006. The influence of extensive vegetated roofs on runoff quality. Science and the Total Environment 355, 48e63.
32- DeNardo, J.C., Jarrett, A.R., Manbeck, H.B., Beattie, D.J., Berghage, R.D., 2005. Stormwater mitigation and surface temperature reduction by green roofs. Transactions of ASAE 48 (4), 1491e1496.
33- Deutsch, B., Whitlow, H., Sullivan, M., Savineau, A., 2005. Re-Greening Washington, DC: a green roof vision based on environmental benefits for air quality and storm water management. In: Proc. of 3rd North American Green Roof Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities, Washington, DC. 4e6 May 2005. The Cardinal Group, Toronto.
34- Dunnett, N., Kingsbury, N., 2004. Planting Green Roofs and Living Walls. Timber Press, Inc., Portland, OR.
35- Dunnett, N., Nagase, A., Booth, R., 2008b. Influence of vegetation composition on runoff in two simulated green roof experiments. Urban Ecosystems 11, 385e398.
36- Dunnett, N., Nagase, A., Hallam, A., 2008a. The dynamics of planted and colonizing species on a green roof over six growing seasons 2001e2006: influence of substrate depth. Urban Ecosystems 11, 373e384.
37- Durhman, A.K., Rowe, D.B., Rugh, C.L., 2006. Effect of watering regimen on chlorophyll fluorescence and growth of selected green roof plant taxa. HortScience 41, 1623e1628.
38- Durhman, A.K., Rowe, D.B., Rugh, C.L., 2007. Effect of substrate depth on initial coverage, and survival of 25 succulent green roof plant taxa. HortScience 42, 588e595.
39- Dvorak, B., Volder, A., 2010. Green roof vegetation for North American ecoregions: a literature review. Landscape and Urban Planning 96, 197e213.
40- Emilsson, T., 2008. Vegetation development on extensive vegetated green roofs: influence of substrate composition, establishment method and species mix. Ecological Engineering 33, 265e277.
41- Emilsson, T., Czerniel Berndtsson, J., Mattsson, J.E., Rolf, K., 2007. Effect of using conventional and controlled release fertilizer on nutrient runoff from various vegetated roof systems. Ecological Engineering 29, 260e271.
42- Getter, K.L., Rowe, D.B., 2006. The role of green roofs in sustainable development. HortScience 41 (5), 1276e1285.
43- Getter, K.L., Rowe, D.B., 2009. Substrate depth influences sedum plant community on a green roof. HortScience 44 (2), 401e407.

44- Getter, K.L., Rowe, D.B., Andresen, J.A., 2007. Quantifying the effect of slope on extensive green roof stormwater retention. Ecological Engineering 31, 225e231.
45- Getter, K.L., Rowe, D.B., Cregg, B.M., 2009a. Solar radiation intensity influences extensive green roof plant communities. Urban Forestry and Urban Greening 8 (4), 269e281.
46- Getter, K.L., Rowe, D.B., Robertson, G.P., Cregg, B.M., Andresen, J.A., 2009b. Carbon sequestration potential of extensive green roofs. Environmental Science and Technology 43 (19), 7564e7570.
47- Hammond, G.P., Jones, C.I., 2008. Embodied energy and carbon in construction materials. Energy 161 (2), 87e98.
48- Hathaway, A.M., Hunt, W.F., Jennings, G.D., 2008. A field study of green roof hydrologic and water quality performance. Transactions of American Society of Agricultural and Biological Engineers 51 (1), 37e44.
49- Hilten, R.N., Lawrence, T.M., Tollner, E.W., 2008. Modeling stormwater runoff from green roofs with HYDRUS-1D. Journal of Hydrology 358, 288e293.
50- Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. CambridgeUniversity Press, Cambridge, UK, New York.
51- Johnson, J., Newton, J., 1996. Building Green, a Guide for Using Plants on Roofs and Pavement. The London Ecology Unit, London.
52- Kaplan, S., Talbot, J.F., Kaplan, R., 1988. Coping with Daily Hassles: The Impact of the Nearby Natural Environment. Project Report. USDA Forest Service, North Central Forest Experiment Station, Urban Forestry Unit Cooperative. Agreement 23-85-08.
53- K ◌hler, M., Schmidt, M., Grimme, F.W., Laar, M., de Assunc ام o Paiva, V.L., Tavares, S., 2002. Green roofs in temperate climates and in the hot-humid tropics e far beyond the aesthetics. Environmental Management and Health 13 (4), 382e391.
54- Kosareo, L., Ries, R., 2007. Comparative environmental life cycle assessment of green roofs. Building and Environment 42, 2606e2613.
55- Liu, K., Baskaran, B., 2003. Thermal performance of green roofs through field evaluation. In: Proc. of 1st North American Green Roof Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities, Chicago. 29e30 May 2003. The Cardinal Group, Toronto.
56- Lundholm, J., MacIvor, J.S., MacDougall, Z., Ranalli, M., 2010. Plant species and functional group combinations affect green roof ecosystem functions. PLoS ONE 5 (3), 11.
57- Mankiewicz, P.S., Spartos, P., Dalski, E., 2009. Green roofs and local temperature: how green roofs partition water, energy, and costs in urban energy-air conditioning budgets. In: Proc. of 7th North American Green Roof Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities, Atlanta, GA. 3e5 June 2009. The Cardinal Group, Toronto.
58- Mason, Y., Ammann, A.A., Ulrich, A., Sigg, L., 1999. Behavior of heavy metals, nutrients, and major components during roof runoff infiltration. Environmental Science and Technology 33 (10), 1588e1597.
59- Mayer, H., 1999. Air pollution in cities. Atmospheric Environment 33, 4029e4037. Mentens, J., Raes, D., Hermy, M., 2006. Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? Landscape and Urban Planning 77, 217e226.
60- Monterusso, M.A., Rowe, D.B., Rugh, C.L., 2005. Establishment and persistence of Sedum spp. and native taxa for green roof applications. HortScience 40 (2), 391e396.
61- Monterusso, M.A., Rowe, D.B., Rugh, C.L., Russell, D.K., 2004. Runoff water quantity and quality from green roof systems. Acta Hort 639, 369e376.
62- Morikawa, H., Higaki, A., Nohno, M., Takahashi, M., Kamada, M., Nakata, M., Toyohara, G., Okamura, Y., Matsui, K., Kitani, S., Fujita, K., Irifune, K., Goshima, N., 1998. More than a 600-fold variation in nitrogen dioxide assimilation among 217 plant taxa. Plant Cell and Environment 21, 180e190.
63- National Research Council, Committee on the Science of Climate Change, Division on Earth and Life Studies, 2001. Climate Change Science: An Analysis of Some Key Questions. NationalAcademy Press, Washington, D.C.

64- Niu, H., Clark, C., Zhou, J., Adriaens, P., 2010. Scaling economic benefits from green roof implementation in Washington, DC. Environmental Science and Technology 44 (11), 4302e4308.
65- Nowak, D.J., 2006. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. Urban Forestry and Urban Greening 4, 115e123.
66- Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Connelly, M., Coffman, R., Doshi, H., Dunnett, N., Gaffin, S., Köhler, M., Lui, K., Rowe, B., 2007. Green roofs as urban ecosystems: ecological structures, functions, and services. BioScience 57 (10), 823e833.
67- Öhrström, E., 1991. Psycho-social effects of traffic noise exposure. Journal of Sound and Vibration 151, 513e517.
68- Ontario Medical Association, 2005. Illness Costs of Air Pollution. www.oma.org/ R esources/Documents/2005IllnessCostsOfAirPollution.pdf (accessed 21.07.10).
69- Ontario Medical Association, 2008. Ontario's Doctors: Thousands of Premature Deaths Due to Smog. www.oma.org/Mediaroom/PressReleases/Pages/ PrematureDeaths.aspx (accessed 21.07.10).
70- Palla, A., Gnecco, I., Lanza, L.G., 2009. Unsaturated 2D modeling of subsurface water flow in the coarse-grained porous matrix of a green roof. Journal of Hydrology 379, 193e204.
71- Passchier-Vermeer, W., Passchier, W.F., 2000. Noise exposure and public health. Environmental Health Perspectives 108 (1), 123e131.
72- Pope, C.A., Bates, D.V., Raizenne, M.E., 1995. Health effects of particulate air pollution: time for reassessment? Environmental Health Perspectives 103 (5), 472e480.
73- Rosenfeld, A.H., Akbari, H., Romm, J.J., Pomerantz, M., 1998. Cool communities: strategies for heat island mitigation and smog reduction. Energyand Buildings 28, 51e62.
74- Rosenzweig, C., Solecki, W., Parshall, L., Gaffin, S., Lynn, B., Goldberg, R., Cox, J., Hodges, S., 2006. Mitigating New York City's heat island with urban forestry, living roofs, and light surfaces. In: Proceedings of Sixth Symposium on the Urban Environment, Jan 30eFeb 2, Atlanta, GA. http://amsconfex.com/ams/pdfpapers/103341.pdf
75- Rowe, D.B., Getter, K.L., 2010. Green roofs and roof gardens. In: AitkenheadPeterson, J., Volder, A. (Eds.), Urban Ecosystems Ecology. Agron. Monogr. 55. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison, WI, pp. 391e412.
76- Rowe, D.B., Monterusso, M.A., Rugh, C.L., 2006. Assessment of heat-expanded slate and fertility requirements in green roof substrates. HortTechnology 16 (3), 471e477.
77- Sailor, D.J., 2008. A green roof model for building energy simulation programs. Energy and Buildings 40, 1466e1478.
78- Saiz-Alcazar, S., Kennedy, C., Bass, B., Pressnail, K., 2006. Comparative life cycle assessment of standard and green roofs. Environmental Science and Technology 40, 4312e4316.
79- Santamouris, M., Pavlou, C., Doukas, P., Mihalakakou, G., Synnefa, A., Hatzibiros, A., Patargias, P., 2007. Investigating and analysing the energy and environmental performance of an experimental green roof system installed in a nursery school building in Athens, Greece. Energy 32, 1781e1788.
80- Schumann, L., Tilley, D., 2008. Modeled effects of roof vine canopy on indoor building temperatures in July. In: Proc. of 6th North American Green Roof Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities, Baltimore, MD. 30 April-2 May 2008. The Cardinal Group, Toronto.
81- Scott, K.I., McPherson, E.G., Simpson, J.R., 1998. Air pollution uptake by Sacramento's urban forest. Journal of Arboriculture 24, 224e234.
82- Simmons, M.T., Gardiner, B., Windhager, S., Tinsley, J., 2008. Green roofs are not created equal: hydrologic and thermal performance of six different extensive green roofs and reflective and non-reflective roofs in a sub-tropical climate. Urban Ecosystems 11, 339e348.
83- Snodgrass, E.C., McIntyre, L., 2010. The Green Roof Manual. Timber Press, Portland, OR. Spolek, C., 2008. Performance monitoring of three ecoroofs in Portland, Oregon.
84- Urban Ecosystems 11, 349e359. Steusloff, S., 1998. Input and output of airborne aggressive substances on green.
85- roofs in Karlsruthe. In: Breuste, J., Feldmann, H., Uhlmann, O. (Eds.), Urban Ecology. Springer-Verlag, Berlin.

86- Stovin, V., 2009. The potential of green roofs to manage urban stormwater. Water and Environment Journal. doi:10.1111/j.1747-6593.2009.00174.x.
87- Takahasi, M., Kondo, K., Morikawa, M., 2003. Assimilation of nitrogen dioxide in selected plant taxa. Acta Biotechnology 23, 241e247.
88- Takebayashi, H., Moriyama, M., 2007. Surface heat budget on green roof and high reflection roof for mitigation of urban heat island. Building and Environment 42, 2971e 2979.
89- T an, P., Sia, A., 2005. A pilot green roof research project in Singapore. In: Proc. of 3rd North American Green Roof Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities, Washington, DC. 4e6 May 2005. The Cardinal Group, Toronto.
90- Teemusk, A., Mander, Ü, 2007. Rainwater runoff quantity and quality performance from a greenroof: the effects of short-term events. Ecological Engineering 30, 271e277.
91-www.breeam.com
92-www.bsria.co.uk/news/article/breeam-or-leed-strengths-and-weaknesses-of-the-two-main-environmental-assessment-methods/
93-www.designingbuildings.co.uk/wiki/BREEAM

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی