

## فرصت‌ها و چالش‌های بام سبز در ایران

علی اکبر هوشمند سروسنانی<sup>۱</sup>، ابوالفضل جوکار<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

<sup>۲\*</sup> استادیار بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

\*نویسنده مسئول: ajowkar@shirazu.ac.ir

### چکیده

در شهرها و ساختمان‌ها، فضاهای بزرگ بلااستفاده مخصوصاً در دیوارها و بام‌ها وجود دارد. این سطوح خارجی معمولاً از موادی ساخته می‌شوند که به‌عنوان بازتابنده گرما از جمله بتن، شیشه و آجر ذکر شده‌اند. پوشاندن سطوح خارجی با پوشش گیاهی سبز می‌تواند راه‌حلی برای بسیاری از مشکلات زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی، به‌ویژه در مناطق شهری باشد. در این مقاله رابطه بین ویژگی‌های بام‌های سبز و پوشش گیاهی و تأثیر آنها بر عملکرد حرارتی ساختمان، مصرف آلودگی هوا و آب در سازه بررسی می‌شود. این مقاله همچنین بر نحوه کار بام سبز در مناطق مختلف که باعث بهبود عملکرد هوا و اکولوژیک می‌شود، می‌پردازد. بام‌های سبز نقش مهمی در ایجاد امنیت، ثبات و مقاومت شهرها در برابر تغییرات آب و هوایی دارند. از طرف دیگر، هزینه بالای ساخت اولیه، هزینه‌های بالای نگهداری و مشکلات نشت سقف از مهم‌ترین چالش‌های مربوط به کاربرد بام‌های سبز است. این چالش‌ها را می‌توان با طراحی جدید بام‌های سبز مؤثر که می‌تواند در هر منطقه کارایی بیشتری داشته باشد، برطرف کنیم. این مقاله همچنین چالش‌های تحقیق و شکاف‌های تحقیقاتی در بام سبز را برجسته می‌کند. سرانجام، برای عملکرد بهتر بام سبز، برخی از توصیه‌ها نیز ارائه شده است.

**واژه‌های کلیدی:** بام سبز، مدیریت آب، فرصت‌ها، چالش‌ها، مزایا

### مقدمه

رشد بخش‌های ساختمانی مستقیماً گزارش شده است که با افزایش ۳٪ گاز گلخانه‌ای بین سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ همراه با افزایش مصرف انرژی ناشی از فعالیت‌های انسانی مرتبط است. جایی که تقریباً ۴۰٪ از کل انرژی جهانی در بخش ساختمان مصرف می‌شود. جمعیت جهانی بیشتر در مناطق شهری متمرکز شده است. درصد جمعیت شهری در سراسر جهان در حال افزایش است (Ohchr et al., 2008). در کشورهای پیشرفته، پیش‌بینی می‌شود که شهرنشینی در سال ۲۰۳۰ تقریباً به ۸۳٪ برسد (Antrop, 2004). مناطق شهری از نظر فضا و تراکم به‌طور مداوم در حال گسترش هستند. یکی از تأثیرات شهرنشینی، افزایش سطوح غیرقابل نفوذ است. این به‌نوبه خود دارای پیامدهای زیادی برای برخی از زیرساخت‌های شهر و محیط اطراف است. در زمان باران‌های شدید، نفوذ کاهش می‌یابد و در واقع رواناب سطحی و مشکلات موجود در زیرساخت‌های موجود در فاضلاب افزایش می‌یابد. جاری شدن سیل از فاضلاب در مناطق شهری ممکن است بیشتر شود. علاوه بر مطالعات نشان می‌دهد که در برخی مناطق گرمایش زمین ممکن است باعث افزایش دفعات وقوع بارندگی شدید شود که منجر به افزایش سیل در شهرها نیز خواهد شد (Berndtsson, 2010). از آنجا که سطوح بام ساختمان ۲۰-۲۵٪ مناطق شهری را پوشش می‌دهد، می‌توان از آنها برای کاهش سطح و دمای هوا در مناطق شهری استفاده کرد. بام سبز یک سیستم زندگی افقی است که به کاهش چندین مشکل زیست‌محیطی کمک می‌کند (Arabi et al., 2015). بام‌های سبز امکان تأمین فضای سبز جذابی را در مناطقی از مرکز شهر که فضای سبز روی زمین محدود است و یا به‌سادگی وجود ندارد، دارند. در بسیاری از کشورها علاقه به بام‌های سبز در حال افزایش است. طراحی بام‌های سبز بین مکان‌های مختلف متفاوت است و به هدف بام بستگی دارد. بام‌های سبز اغلب به دلایل زیبایی ایجاد می‌شوند. اینکه تعداد زیادی از بام‌های سبز را می‌توان به‌عنوان یک قطعه هنری ارزیابی کرد، توسط کاتیبون‌های متعددی با عکس‌هایی از نمونه‌های برجسته باغ‌های آسمان، بام‌های گیاهی، پشت‌بام‌های کاشته شده، بام‌های بوم‌گردی، بام‌های زندگی، بام‌های سبز و هر آنچه می‌توان امید تأیید می‌شود (Abass et al., 2020).

تحقیقات در مورد بام‌های سبز مزایای اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی بی‌شماری را نشان می‌دهد. شواهد قابل توجه نشان می‌دهد که بام‌های سبز می‌تواند مزایای متعددی از جمله مدیریت آب باران، کاهش جزیره گرمایی شهری، افزایش گیاهان شهری، زیستگاه حیات وحش و عمر بام، افزایش کیفیت هوا و آب و کیفیت زندگی، کاهش هزینه‌های مصرف انرژی ساختمان، آلودگی صوتی را کاهش می‌دهد، فعالیت‌های بازآفرینی را ایجاد می‌کند و مناطق سبز و ارزش زیبایی را در محیط‌های شهری افزایش می‌دهد (Fioretti et al., 2010). با توجه به مزایای فوق، بسیاری از کشورها شروع به اجرای بام‌های سبز در ساختمان‌ها کردند. از آنجاکه نتیجه این امر، روزبه‌روز در سراسر کره زمین بام‌های سبز بیشتری ایجاد می‌شود.

## ۱- مزایا و فرصت‌ها

### ۱-۱ بام‌های سبز برای مقاوم‌سازی در مناطق توسعه یافته

در مناطق پیشرفته شهری، تمام مناطق طبیعی به سطوح سخت (جاده، ساختمان و غیره) تبدیل شده است. در سطح زمین و زیرزمین، بسیاری از زیرساخت‌ها (مخابرات، فاضلاب، گاز و غیره) قبلاً گذاشته شده است. در این شرایط استفاده از زیرساخت‌های آب باران سبز در مکان بهینه برای دستیابی به مزایای چند نوع چالش بزرگی است. در شهرهای پیشرفته، مناطق بام حدود 40-50٪ از کل سطح غیرقابل نفوذ مناطق شهری را تشکیل می‌دهند (Stovin et al., 2012).

### ۱-۲ گیاهان و پوشش گیاهی برای به حداکثر رساندن عمر بام سبز

حیاتی‌ترین و جالب‌ترین قسمت توسعه بام سبز، انتخاب لایه گیاه است که عمر بام سبز را به حداکثر می‌رساند. موفقیت بام‌های سبز به سلامت گیاه بستگی دارد. در انتخاب گیاه، باید موقعیت جغرافیایی، شدت بارندگی، رطوبت، قرار گرفتن در معرض باد و آفتاب را در نظر بگیریم.

گونه‌های سدوم محبوب‌ترین انتخاب برای بام‌های سبز گسترده در سراسر کره زمین است، زیرا در شرایط مختلف آب و هوایی می‌تواند عملکرد خوبی داشته باشند. در پژوهشی که صورت گرفته برای بررسی عملکرد تراکم یون‌های فلزی روی بام‌های سبز و گیاهی، نتیجه گرفته شد که بام‌های سبز مبتنی بر سدوم توانایی حفظ یون‌های فلزی بیشتری را دارند. با این حال، تحقیقات بیشتری در مورد انتخاب گونه‌های گیاهی محلی برای بام‌های سبز مورد نیاز است که می‌تواند کیفیت آب را افزایش دهد و همچنین اکوسیستم را بهبود بخشد (Vijayaraghavan and Raja 2014).

### ۱-۳ احتباس آب باران و کاهش سرعت رواناب

بام‌های سبز از بهترین روش‌های مدیریت باران در مناطق شهری هستند زیرا لایه‌های پوشش گیاهی و لایه‌های زیرین توانایی ذخیره مقدار زیادی آب را دارند. در نتیجه، احتمال طغیان سیل در مناطق شهری کاهش می‌یابد. کاهش رواناب به فاکتورهای زیادی بستگی دارد که شامل نوع جذب آب، ضخامت محیط رشد، نوع ماده زهکشی، شدت بارندگی و شیب بام سبز است. مهم‌ترین قسمت بستر بام سبز است و باید ظرفیت نگهداری رطوبت بالا برای ذخیره بیشتر آب باران را داشته باشد. میکوفسکی و همکاران سه نوع پوشش گیاهی (سدوم، چمن بلند و کوتاه) را برای بررسی عملکرد رواناب سطحی در حوادث مختلف باران مقایسه کرد. از نتایج، ثابت شده است که سدوم حجم رواناب سطحی بیشتری نسبت به سایر گیاهان تولید کرده است (Mickovski et al., 2013). ژانگ و همکاران با استفاده از بام سبز در چونگ کینگ، چین ظرفیت نگهداری آب باران را تقویت کرد. با بررسی ۱۹ رویداد بارشی، نتایج نشان داد که بام سبز رواناب را با میانگین ۷۷٫۲٪ حفظ کرده است. این نشان می‌دهد که بام‌های سبز راه‌حل مناسب برای مدیریت آب‌های باران در مناطق شهری هستند. نتیجه مشابهی speak و همکاران (۲۰۱۳) پیدا شد که این آزمایش را یک بام سبز فشرده پیر در منچستر، انگلستان انجام داد. آنها ۶۹ رویداد بارشی را تجزیه و تحلیل کردند. نتایج نشان داد که بام‌های سبز رواناب ۶۵٫۷٪ را حفظ کرده‌اند (Shafique et al., 2018).

### ۱-۴ افزایش کیفیت آب باران و استفاده مجدد از آن

بام‌های سبز بهترین روش برای کنترل رواناب باران و همچنین بهبود کیفیت آب است. بستر بام سبز و لایه‌های گیاهی نقش مهمی در کاهش رواناب و جذب آلاینده‌های مختلف از آب باران دارند. بستر آلاینده‌ها و فلزات سنگین را از آب باران جذب کرده و

کیفیت آب را افزایش می‌دهد. برنندسون و همکاران بام سبز وسیع را بررسی کرد تا کیفیت آب را بررسی کند. از نتایج، ثابت شده است که درصد نیتروژن آمونیوم در رواناب از بام سبز در مقایسه با درصد در آب باران کمتر است (Berndtsson *et al.*, 2006). مطالعه Berndtsson نشان داد که رواناب بام سبز شامل فلزات سنگین، مانند Cu، Fe، Zn و Al است. نتایج همچنین نشان داد که در ماه‌های تابستان، سیستم‌های گسترده بام با چمن مقدار زیادی فلزات سنگین را که به ترتیب شامل ۹۷٪ مس، ۹۶٪ روی، ۹۲٪ Cd و ۹۹٪ سرب را حفظ کرده‌اند، حفظ کرده‌اند (Berndtsson, 2010). نسبت فلزات سنگین و نیتروژن حاصل از رواناب بام سبز به نوع بستر، کود مورد استفاده و سن بام سبز بستگی دارد.

### ۱-۵ مزایای گرمایی برای بهبود محیط زیست و کاهش هزینه‌های انرژی

کاهش دمای سطح و عایق حرارتی دو عملکرد مهم بام سبز در مناطق شهری است. بام‌های سبز مقاومت حرارتی به ساختمان می‌بخشند، این امر باعث خنک شدن ساختمان در تابستان و همچنین کاهش هزینه‌های انرژی می‌شود. پوشش گیاهی و زیر سطح سبز نسبت به انواع دیگر بام‌ها تابش خورشید کمتری را جذب می‌کند، از این رو در هزینه‌های خنک‌کننده نیز صرفه جویی می‌شود. مطالعه‌ای از ژاپن نشان داد که بام‌های سبز می‌توانند درجه حرارت سطح را از ۳۰ درجه سانتی‌گراد تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد کاهش دهند. این به صرفه جویی در انرژی که برای خنک‌سازی ساختمان نیاز دارد کمک می‌کند. کارتریس و همکاران نتایج تحقیقات نشان داد که بام سبز می‌تواند باعث کاهش مصرف گرمایش و سرمایش تا ۵٪ و ۱۶٪ به‌طور اختصاصی شود. این کمک می‌کند تا هزینه مصرف انرژی ساختمان‌ها در مناطق شهری کاهش یابد. الکساندری و جونز کاهش دمای سطح را در مناطق مختلف نشان می‌دهند. (Shafique *et al.*, 2018)

### ۱-۶ تمیز کردن هوا در مناطق شهری

بام سبز توانایی جذب ذرات ریز گردوغبار مضر از هوا را دارد که می‌تواند به راحتی در مناطق شهری بسیار پیشرفته برای انسان کمک کند. در مناطق شهری، هوا معمولاً حاوی ذرات ریز گردهایی است که محیط شهری را بد و آلوده می‌کند. بام‌های سبز با دو روش مختلف به کاهش آلودگی هوا کمک می‌کنند. ابتدا، گیاهان از طریق روزه آلاینده‌های کوچک هوا را جذب می‌کنند. به‌طور کلی، بام‌های سبز دمای سطح را کاهش می‌دهند که به سوختن فسیل‌ها برای تأمین نیازهای انرژی کمک می‌کند. ژانگ و همکاران جستجوی مجدد نشان داد که یک بام سبز ۱۰۰۰ مترمربعی می‌تواند گردوغبار تقریبی ۱۶۰-۲۲۰ کیلوگرم در سال را در نتیجه بهبود محیط یک منطقه ایجاد کند. تحقیق مشابهی روی بام‌های سبز در یک منطقه شهری انجام شد که باعث کاهش ۱۰۰ میلی‌گرم در متر گردوغبار به شهر شد. هر گیاهی توانایی‌های خاص خود را در گرفتن گردوغبار دارد. این به دلیل ویژگی‌های مختلف برگ‌های درختان و ساختار بام سبز است. بوته‌های خزان‌کننده حداکثر توانایی جذب ذرات گردوغبار بیشتر را دارند، در حالی که گیاهان همیشه‌سبز حداقل توانایی جذب ذرات گردوغبار را دارد. مطالعه‌ای از ژنگزو و همکاران نشان می‌دهد که گونه‌های درخت ۸۷٫۰٪ گردوغبار موجود در هوا، بوته‌ها ۱۱٫۳٪ و چمنزارها ۱٫۷٪ را به خود اختصاص داده‌اند. علاوه بر این، همچنین ثابت شده است که درختان توانایی بیشتری در آلودگی هوا دارند (Shafique *et al.*, 2018). با این وجود، تحقیقات بیشتری برای بررسی عملکرد مختلف هوای سبز و تمیز در مناطق شهری مورد نیاز است.

### ۱-۷ کاهش سروصدا

یکی دیگر از مزایای بام سبز، کاهش سطح صدا است. یک بام سبز می‌تواند سروصدا را در مقایسه با بدون بام سبز کاهش دهد. با این حال، چند مطالعه برای تخمین کاهش صدا از بام سبز انجام شده است. کانلی و هاجسون برای بررسی کاهش سطح صدا، از بام‌های سبز و بام غیر گیاهان در مزرعه تحقیق کردند. از نتایج، ثابت شده است که بام‌های گیاهی فرکانس سروصدا را ۱۰ و ۲۰ دسی‌بل کاهش می‌دهد. بام‌های سبز در مقایسه با بام غیر گیاهی توانایی جذب امواج صوتی و کاهش سطح صدا را دارند. یانگ و همکاران برای بررسی عملکرد بام سبز در کاهش سروصدا در مناطق شهری آزمایش‌ها میدانی را روی بام‌های سبز انجام داد. نتایج نشان داد که پوشش گیاهی ضریب جذب بالایی دارد که به کاهش سروصدا کمک می‌کند (Shafique *et al.*, 2018).

## ۸-۱ فواید اکولوژیکی

بام‌های سبز همچنین زیبایی منطقه‌ای و همچنین حیات‌وحش را افزایش می‌دهند. پنگ و جیم نشان دادند که بام‌های سبز نقش مهمی در ارتقا اکولوژی شهری دارند، اما اندازه‌گیری آن در مناطق شهری دشوار است. مطالعات مختلف نشان داد که بام‌های سبز برای کاهش تلفات زیستگاه در مناطق شهری بسیار مفید هستند. بام‌های سبز همچنین فعالیت‌های تفریحی را در مناطق شهری تقویت می‌کنند. با اجازه دادن به آنها در مناطق سبز، حیات‌وحش را ارتقا می‌دهد. این ماده سعی دارد مناطق غیرقابل نفوذ را به مناطق طبیعی تبدیل کند که همچنین می‌تواند از مزایای اضافی زیست‌محیطی در مناطق شهری باشد (Shafique et al., 2018).

## ۹-۱ منافع اجتماعی

بام‌های سبز با معرفی فضای سبز در مناطق شهری، آسایش ساختمان بتنی را فراهم می‌کنند. مطالعات مختلف نشان داد که بام‌های سبز با کاهش آلودگی هوا و صدا، تأثیر مطلوبی را برای ساکنان شهری فراهم می‌آورند. بام‌های سبز می‌توانند فرصت‌هایی را برای کشاورزی شهری ایجاد کنند. آنها می‌توانند سبزی‌ها مختلفی تولید کنند و جامعه را برای تولید مواد غذایی مستقل کنند. ویتینگیل و همکاران گوجه‌فرنگی، لوبیای سبز، خیار، فلفل، ریحان و پیازچه را برای تولید مواد غذایی از بام‌های سبز در میشیگان، ایالات متحده آبیاری کرد. نتایج نشان داد که همه گیاهان به‌جز فلفل عملکرد کافی را دارند و برای تولید مواد غذایی از بام‌های سبز بسیار مفید هستند. علاوه بر این، نتایج همچنین نشان می‌دهد که با انتخاب مناسب نوع سبزی‌ها برای تولید غذا و مدیریت صحیح در یک بام سبز گسترده می‌تواند برای تولید بیشتر مواد غذایی مفید باشد (Shafique et al., 2018).

## ۱۰-۱ مزایای اقتصادی

چندین مطالعه بحث کرده‌اند که بام‌های سبز مزایای چندگانه دارند باین‌حال، مزایای هزینه بام‌های سبز با عوامل مختلفی مانند انتخاب سیستم بام سبز و انواع گیاهان مشخص می‌شود. لایه‌های ضد آب بام سبز نیز از مزایای هزینه پشت‌بام‌های سبز قابل حمایت هستند. عایق ضد آب بودن بام سبز معمولی تقریباً ۱۰-۲۰ سال است و بام سبز می‌تواند بیش از ۵۰ سال عمر کند. بیانچینی و هیوا از روشی احتمالی برای اندازه‌گیری فواید بام‌های سبز استفاده کردند و نتایج نشان داد که بام‌های سبز با طراحی صحیح معمولاً از نظر اقتصادی امکان‌پذیر است. بسیاری از مزایای پشت‌بام سبز قابل محاسبه نیست و تجزیه‌وتحلیل ارزیابی چرخه زندگی بام‌های سبز را بسیار دشوار می‌کند. بام‌های سبز ارزش ملک و همچنین زیبایی ظاهری ساختمان را افزایش می‌دهند. علاوه بر این، طول عمر بام را افزایش دهید و از سطح بام یا مزایای متعدد در مناطق شهری استفاده کنید (Bianchini and Hewage, 2012).

## ۲- چالش‌ها و مشکلات

### ۱-۲ شکاف و چالش‌های تحقیقاتی

ویژگی‌های بام‌های سبز به چندین عامل بستگی دارد، از جمله هزینه‌های بالای ساخت اولیه، کاهش استفاده از مواد پلیمری و دفع آنها، هزینه‌های بالای نگهداری، تحقیقات بومی محدود، مشکلات نشت بام و عدم همکاری بین زمینه‌های مختلف بنابراین، بسیار مهم است که تمام عوامل فوق را برای حل مزایای متعدد بام سبز در نظر بگیرید (Shafique et al., 2018).

### ۲-۲ هزینه ساخت اولیه بالا

بزرگ‌ترین چالش در ساخت بام سبز هزینه‌های اولیه بالای ساخت است. معمولاً تصور می‌شود که بام‌های سبز سرمایه‌گذاری بلندمدت (هزینه‌ها) با بازده کوتاه‌مدت (مزایا) است. هزینه‌های بام سبز به فاکتورهای زیادی از جمله مکان، هزینه‌های کارگری، نوع و مواد بام سبز و غیره بستگی دارد. بیانچینی و هیوا گزارش دادند که هزینه بام سبز گسترده در بریتیش کلمبیا، کانادا از ۱۲ دلار در هر دو فوت تا ۱۵ دلار می‌باشد. در مقابل، هزینه در کشورهای دیگر مانند (ایالات متحده آمریکا، استرالیا، ژاپن، چین، کره جنوبی و هند) در هر کشور متفاوت است. نیو و همکاران مساحت بام ۱۷۹۵ مترمربع در واشنگتن دی سی را مطالعه کرده و گزارش داده است که هزینه‌های نصب بام‌های سبز ۲۷٪ بیشتر از هزینه‌های نصب بام سنتی است (Bianchini and Hewage, 2012).



### ۲-۳ تحقیقات بومی محدود

تحقیقات در مورد بام سبز فقط به چند کشور مانند ایالات متحده آمریکا، استرالیا، تعداد کمی از کشورهای اروپایی و آسیایی و غیره محدود شده است. بیشتر تحقیقات در ایالات متحده آمریکا و کشورهای اروپایی انجام شده است که تقریباً ۶۶٪ از کل تحقیقات را تشکیل می‌دهد. در کره جنوبی، بزرگ‌ترین مسئله این است که کیفیت آب بام سبز پس از مدتی تخریب می‌شود. این به دلیل استفاده از کود اضافی در بام سبز است؛ بنابراین، برای دستیابی به مزایای متعدد، نیاز به ارائه اطلاعات به هر ساکن جهت مدیریت بام سبز وجود دارد. به دلیل تحقیقات بسیار محدود در کشورهای در حال توسعه، صاحبان و ذینفعان ساختمان از مزایای بام سبز اطلاع ندارند. نیاز است اطلاعات مربوط به مزایای بام سبز را در اختیار دارندگان و ذینفعان ساختمان قرار داده و آنها را برای استفاده از بام‌های سبز تشویق کند (Shafique et al., 2018).

### ۲-۴ هزینه‌های نگهداری بالا

بام‌های سبز برای عمر طولانی به تعمیر و نگهداری منظم نیاز دارند. با این حال، تحقیقات در مورد نگهداری بام سبز بسیار محدود است. معمولاً اعتقاد بر این است که بام‌های سبز به آبیاری منظم و کود احتیاج ندارند، اما برای مزایای مطلوب از بام‌های سبز در شرایط خشک‌سالی، آبیاری و کود دهی لازم است (Shafique et al., 2018).

### ۲-۵ مشکلات نشت بام

بام سبز باید به درستی قرار گیرد تا از احتمال نشت و خرابی سازه ساختمان جلوگیری شود. اعتقاد بر این است که بام‌های سبز دو برابر طول عمر بام را در مقایسه با بام استاندارد افزایش می‌دهند. با این حال، اگر بام سبز به درستی روی بام قرار نگیرد، در این صورت احتمال نشت بام و خرابی ساختمان سازه زیاد می‌شود؛ بنابراین، باید به درستی در مورد اجزای مختلف بام‌های سبز (وزن و ظرفیت ذخیره‌سازی آنها) مطالعه شود تا از نشت و سایر مشکلات در ساختمان جلوگیری شود (Shafique et al., 2018).

### ۲-۶ کاهش استفاده از مواد پلیمری و دفع آنها

بیشتر اجزای بام سبز معمولاً از مواد پلیمری ساخته می‌شوند. با این حال، در حالی که ساخت این پلیمرها رزینی باعث ایجاد آلودگی می‌شود. Bianchini و Hewage نشان دادند که لایه‌های مایع و فیلتر بام‌های سبز با ۴۰٪ پلی پروپیلن بازیافتی ساخته شده‌اند. این امر باعث ایجاد آلودگی در هنگام ساخت این مواد پلیمری می‌شود. نیاز به تحقیقات بیشتری برای یافتن مواد مناسب است که بتواند جایگزین این مواد پلیمری شود و می‌تواند عملکرد بام سبز را برای مدت زمان طولانی ایجاد کند (Bianchini and Hewage, 2012) از طرف دیگر، رسوب این اجزای بام سبز باید به نگرانی‌های زیست‌محیطی و همچنین هزینه‌ای نیاز داشته باشد. پلاستیکی که برای بام سبز استفاده می‌شود، مشکلات کمی ایجاد می‌کند، زیرا می‌تواند سوزانده شود. نیاز به استفاده از اجزای بام سبز است که می‌توانند مورد استفاده مجدد قرار بگیرند و مشکلی برای آلودگی ایجاد نکنند.

### ۲-۷ عدم همکاری بین رشته‌های مختلف

بزرگ‌ترین چالشی که پس از ساخت بام سبز به وجود می‌آید، مدیریت سیستم است. این به دلیل عدم همکاری بین زمینه‌های مختلف (مهندسان معماری، عمران، محیط‌زیست و ساکنان) است. همه در حال یافتن پاسخ هستند، چه کسی از بام‌های سبز مراقبت می‌کند؟ اگر سیستم‌های بام سبز به طور منظم نظارت یا نگهداری نکنند، این باعث از بین رفتن کل سرمایه‌گذاری می‌شود. این مسئله در کل دنیا پس از احداث بام‌های سبز به وجود آمده است؛ بنابراین، مردم باید روی میز بنشینند و وظایف خود را برای مدیریت (هزینه‌های ساخت، هزینه‌های نگهداری) بام‌های سبز تقسیم کنند. همچنین برای همکاری بین مهندسان معماری، عمران و محیط‌زیست در استفاده از بام‌های سبز در مناطق شهری نیاز به همکاری است (Shafique et al., 2018).

## نتایج و بحث

این مقاله مروری نشان می‌دهد که بام‌های سبز روش‌های بالقوه‌ای برای کاهش اثرات سو شهرنشینی هستند. بام‌های سبز به دلیل مزایای متعددی مانند مدیریت آب‌های بارانی، کیفیت آب و افزایش حرارتی در مناطق شهری، بهترین روش‌های مدیریتی (BMP) هستند. چندین یافته تحقیقاتی نشان می‌دهد که بام‌های سبز می‌توانند به راحتی در ساختمان‌های موجود ادغام شوند و

می‌توانند مزایای متعددی (زیست‌محیطی و اجتماعی) را فراهم کنند. بام‌های سبز راه‌حل‌های بالقوه‌ای برای محافظت از آب‌های طبیعی و همچنین محیط یک منطقه هستند. علاوه بر این، همچنین با استفاده از کانال‌های جدید امواج گرما و بهبود شرایط آب و هوایی، به جلوگیری از گرم شدن کره زمین در یک منطقه کمک می‌کند.

بالین‌وجود، بین کشورهای توسعه‌نیافته و توسعه‌یافته، جایی که تحقیقات زیادی در مورد بام‌های سبز انجام شده است، یک شکاف دانش وجود دارد. تحقیقات بیشتر در مناطق دارای آب‌وهوای سرد (ایالات متحده آمریکا، سوئد، آلمان و غیره) انجام شده است در حالی که تحقیقات بیشتر در مناطق مختلف آب و هوایی و همچنین جغرافیایی باید انجام شود. اجزای بام سبز مانند پوشش گیاهی و بستر باید به صورت محلی انتخاب شوند تا باعث افزایش عملکرد سبز و همچنین کاهش هزینه‌های بام سبز شوند. نیازهای تحقیقاتی بیشتر برای هزینه‌های چرخه زندگی و تجزیه و تحلیل منافع هزینه بام‌های سبز در کشورهای مختلف. باید انگیزه‌ای برای مالکان ساختمان برای استفاده از بام‌های سبز ایجاد شود. این امر باعث سازگاری بام سبز در مقیاس بزرگ می‌شود. ذینفعان باید با در اختیار داشتن برخی مشوق‌ها، اجرای بام‌های سبز را تشویق کنند.

همان‌طور که می‌دانیم کیفیت آب رواناب بام سبز بهتر از رواناب بام سبز است، بنابراین باید از این رواناب برای اهداف عملی نظیر شستشوی توال، تمیز کردن سطوح و آبیاری گیاهان مجاور استفاده کنیم. به عنوان مثال، در پشت بام سبز می‌تواند با صفحه خورشیدی و توربین بادی کوچک متصل شود تا مزایای متعددی را در مناطق شهری به دست آورد. برای انتخاب بهترین ترکیب بام‌های سبز به تأسیسات نزدیک توسعه کم اثر (LID) به تحقیقات بیشتری نیاز دارد. همچنین لازم است تمام امکانات LID (باغ باران، بام‌های سبز، مخازن ذخیره‌سازی و سنگفرش‌های نفوذپذیر و غیره) به چهارمین قطعنامه صنعتی (IOT) متصل شود تا اطلاعات بتوانند راحت‌تر و همچنین هزینه‌های کارگر را کاهش دهند. بالین‌وجود، برای همکاری، بین زمینه‌های مختلف (مهندسی معماری، عمران، محیط‌زیست) برای کاربرد، مدیریت و نگهداری از بام‌های سبز به تحقیقات بیشتری نیاز است. سرانجام، جستجوی بیشتر و کار بیشتر لازم است تا بام‌های سبز در هر مکان جغرافیایی در سراسر دنیا مقرون به صرفه باشد.

## منابع

- Abass, F., et al. (2020). A review of green roof: definition, history, evolution and functions. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, IOP Publishing.
- Arabi, Y. M., et al. (2015). "Permissive underfeeding or standard enteral feeding in critically ill adults." *New England Journal of Medicine* 372(25): 2398-2408.
- Berndtsson, J. C. (2010). "Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review." *Ecological engineering* 36(4): 351-360.
- Bianchini, F., & Hewage, K. (2012). How "green" are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials. *Building and environment*, 48, 57-65.
- Fioretti, R., et al. (2010). "Green roof energy and water related performance in the Mediterranean climate." *Building and environment* 45(8): 1890-1904.
- Mickovski, S. B., et al. (2013). "Laboratory study on the potential use of recycled inert construction waste material in the substrate mix for extensive green roofs." *Ecological engineering* 61: 706-714.
- Ohchr, U., et al. (2008). "Eliminating Female genital mutilation." An interagency statement. Geneva: WHO.
- Shafique, M., et al. (2018). "Green roof benefits, opportunities and challenges—A review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 90: 757-773.
- Stovin, V., et al. (2012). "The hydrological performance of a green roof test bed under UK climatic conditions." *Journal of hydrology* 414: 148-161.
- Vijayaraghavan, K. and F. D. Raja (2014). "Design and development of green roof substrate to improve runoff water quality: Plant growth experiments and adsorption." *Water research* 63: 94-101.

## The Opportunities and Challenges of Green Roof in Iran

Ali Akbar Houshmand Sarvestani<sup>1</sup>, Abolfazl Jowkar<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> M.Sc. Student of Horticultural Sciences, College of Agriculture, Shiraz University

<sup>2\*</sup> Assistant Professor of Horticultural Sciences, College of Agriculture, Shiraz University

\*Corresponding Author: [ajowkar@shirazu.ac.ir](mailto:ajowkar@shirazu.ac.ir)

### Abstract

In cities and buildings there are large unused utilities, especially in the walls and roofs. These exterior surfaces are usually made of materials that have been mentioned as heat reflecting such as concrete, glass, and bricks. Overcovering outer surfaces with green vegetation can be a solution to many environmental, economic and social problems, especially in urban areas. This paper reviews the relationship between the characteristics of green roofs and vegetation cover and their effect on building thermal performance, air and waste water consumption in the structure. It also emphasizes how the green roof works in different areas and improves air and ecological performance. Green roofs have an important role in creating security, stability and resistance of cities against climate changes. On the other hand, the high cost of initial construction, high maintenance charges and ceiling leakage problems are the most important challenges related to the application of green roofs. These challenges can be overcome by the new design for effective green roofs that can work in any region more efficiently. The paper also highlights the research challenges and research gaps in the green roof subject. Finally, for a better performance of the green roof, some recommendations are also presented.

**Keywords:** Green Roof, Water management, Opportunities, Challenges, Benefits.