



مرکز آموزش علمی - کاربردی
گروه بین‌المللی ره‌شهر (کوییک بیلد)
تحت نظارت دانشگاه جامع علمی - کاربردی

- تعریف و انواع بام سبز
- مزایای بام سبز
- طراحی پایدار
- پوشش گیاهی
- سامانه‌های بام سبز
- بام‌های سبز در اروپا

بام سبز، گامی بلند در جهت توسعه‌ی پایدار

نشریه شماره ۱۳۹، بهار ۱۳۹۲





به نام خداوند جان و خرد

آدرس: تهران، خیابان آفریقا، نرسیده به
چهارراه جهان کودک، کوچه سپر غربی، پلاک ۲۶
کدپستی: ۱۵۱۸۶۴۳۳۳۵

info@rahshahr.com
www.rahshahr.com

تلفن: ۸۸۷۸۲۲۰۰
دورنگار: ۸۸۲۰۲۶۹۳

شماره سند: 01 09653 O PB 0139 00

یکصد و سی و نهمین نشریه علمی، فنی و مهندسی
آدرس وبسایت نشریات
<http://bulletins.rahshahr.com>

فهرست

- ۴ • تعریف و انواع بام سبز
- ۵ • مزایای بام سبز
- ۸ • طراحی پایدار
- ۹ • آناتومی یک بام سبز
- ۱۰ • پوشش گیاهی
- ۱۱ • پوشش گیاهی ایران
- ۱۲ • سامانه‌های بام سبز
- ۲۵ • تثبیت بام سبز بر روی بام‌های شیبدار
- ۳۳ • بام‌های سبز در اروپا
- ۳۶ • نتیجه‌گیری

ناشر

مرکز آموزش علمی-کاربردی
گروه بین‌المللی ره‌شهر (کوییک بیلد)

پژوهش و نگارش
احمد رضا ممدوحی

ویرایش:

رایا خلیلی

امور هنری

آوا ذاکری فردی
زینب موسوی صالح



سخنی با خوانندگان

انسان در گذشته‌های دور تمام نیازهای خود را از طبیعت تامین می‌کرده و از جهات گوناگون از محیط طبیعی خود بهره می‌برده است. در طول قرون متمادی، زندگی انسان هرگز از محیط‌زیست او جدا نبود و همواره با آن تعاملی هم‌افزا^۱ داشت. اما با صنعتی‌شدن شهرها، فشار مضاعفی به اکوسیستم‌های زیست‌محیطی همچون جنگل‌ها، رودخانه‌ها، دریاها، منابع آب زیرزمینی و ... وارد شد. معمار، به‌عنوان مسئول اصلی طراحی و ساخت محیط فراساخته یا مصنوعی^۲، نقش مهمی در این راستا داشته است. در گذشته، یعنی زمانی که ارتباط انسان با محیط زیست اطرافش دوجانبه و هماهنگ بود، این هم‌افزایی مطلوب نتیجه‌ی تفکر، نحوه‌ی برخورد و طراحی معمار محیط‌آگاه بود. به‌همین ترتیب، هنگامی که این ارتباط یک‌طرفه شد و طبیعت دست‌خوش تحمیل‌هایی گشت که قادر به مقابله با آن نبود نیز، این تعامل نامطلوب حاصل کار معمار محیط‌ناآگاه بود و هست. در مقیاس شهری نیز، طراح شهری دارای چنین نقش و تأثیری بوده و هست. واکنش‌های فاجعه‌آمیز کره‌ی زمین به همین تحمیل‌های فکرنشده بود که انسان را از این دخالت‌های مشکل‌زا آگاه ساخت، تا جایی که اکنون کمتر کسی یافت می‌شود که از مسایل محیطی، مانند گرم شدن زمین، لایه‌ی اوزون، و ... مطلع نباشد.

در طول قرن بیستم، حرارت سطح کره‌ی زمین بین ۰/۵۶ تا ۰/۹۲ سانتی‌گراد افزایش یافته است^۳. بنابر نظر اکثریت متخصصین، این افزایش درجه‌ی حرارت، در پی فعالیت‌های بشر روی داده است. علت اصلی این افزایش دما، استفاده‌ی بی‌رویه از سوخت‌های فسیلی و ایجاد بیش‌ازاندازه‌ی گاز دی‌اکسید کربن است. تولید این گاز و دیگر گازهای موسوم به گازهای گلخانه‌ای بیش از همه به‌خاطر ساخت ابنیه و گرمایش و سرمایش آن‌ها، حمل و نقل (اعم از جاده‌ای، ریلی، آبی و هوایی)، و صنایع تولیدی است.

راه‌حل کلی‌ای که تا کنون برای برخورد با مسئله‌ی گرم شدن زمین و عوارض جانبی آن (مانند آب شدن یخ‌های قطبی، ازدیاد مناطق بیابانی، انقراض روزافزای انواع گیاهی و حیوانی، افزایش شدت وقایع شدید آب و هوایی مثل سیل، گردباد، آتش‌سوزی، زیر آب رفتن خشکی‌ها و کاهش منابع آب آشامیدنی) ارایه شده است، توسعه‌ی پایدار است. توسعه‌ی پایدار عبارت است از الگوی صحیح مصرف برای بهره‌برداری از منابع با هدف برآوردن نیازهای بشری به‌گونه‌ای که در عین محافظت از محیط زیست، پاسخ‌گوی احتیاجات فعلی انسان‌ها و متضمن رفع نیاز نسل‌های آینده‌ی بشر نیز باشد. توسعه‌ی پایدار محدود به عوامل فیزیکی و محیطی نیست، بلکه شامل ابعاد اقتصادی و اجتماعی نیز می‌شود. بام سبز، گامی قابل توجه در دست‌یابی به توسعه‌ی پایدار شناخته می‌شود، چرا که با ازدیاد روزافزون جمعیت، و به‌دنبال آن افزایش ساخت‌وساز محیط مصنوع، خواه‌ناخواه از سطح زمین‌های طبیعی یا سبز کاسته شده و در عوض سطح بام‌ها در سراسر جهان افزایش می‌یابد و با گیاه‌کاری کردن این بام‌ها، کمک قابل‌توجهی برای جبران و بازگرداندن زمین‌های سبز از بین‌رفته انجام می‌گردد. افزایش فضای سبز مترادف کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی است و از این رو کاملاً با اهداف توسعه‌ی پایدار سازگار است.

گروه بین‌المللی ره‌شهر که سالیان متمادی است با هدف قرار دادن توسعه‌ی پایدار در روند طراحی تمامی پروژه‌های خود در پی بسط و انتشار ایده‌ها و راه‌کارهای جدید برای نیل به این هدف بوده است، به‌منظور هرچه بیش‌تر شناساندن بام سبز در کشورمان، با انتشار نشریه‌ی شماره‌ی ۱۰۴ خود تحت عنوان بام سبز، معماری سبز در پائیز سال ۱۳۸۷، که بیش‌تر به معرفی کلی این نوآوری می‌پرداخت، و نشریه‌ی حاضر، که به نحوه‌ی ساخت انواع گوناگون بام سبز می‌پردازد، و هم‌چنین کتابی تخصصی در باره‌ی بام سبز در آینده‌ی نزدیک، امید دارد تا به هم‌گام‌ساختن کشور عزیزمان با پیشرفته‌ترین تمهیدات به‌دست‌آمده در سطح جهان در این زمینه، یاری نماید.

گروه بین‌المللی ره‌شهر

1- Synergy

2- Built Environment

3- IPCC (2007-05-04). "Summary for Policymakers". Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/Report/AR4WG1_Print_SPM.pdf. Retrieved 2009-07-03. "Global surface temperature increased 0.74 ± 0.18 °C during the last century."



"تنها پس از دیدن تصویر کره‌ی زمین از ماه بود که متوجه شدیم سیاره‌ی ما چقدر کوچک و درمانده است، چیزی که باید آن را در آغوش گرفته و از آن مراقبت کنیم."
مارگارت مید (۱۹۷۸-۱۹۰۱)

تعریف و انواع بام سبز

تعیین گردیده است. این استانداردها شامل مواد و مصالح لازم برای ساخت و عایق‌کاری^۳ بام، محیط رشد و نوع گیاهان قابل کاشت است.

در حوزه‌ی بام‌های سبز، استفاده از عبارت "بستر کشت"^۴ به جای "خاک"^۵ یا "خاک سطحی"^۶ به عنوان جزء اصلی تشکیل‌دهنده‌ی محیط رشد رایج است. دلیل این نام‌گذاری آن است که این جزء معمولاً از مواد غیرآلی تشکیل می‌شود. این مواد از مناطق هم‌جوار تهیه می‌شوند و با گذشت زمان تجزیه نمی‌شوند و به همین دلیل، نیازمند تعویض نیستند. بر اساس دستورالعمل‌های موجود، در ترکیب تشکیل‌دهنده‌ی بستر کشت ممکن است درصد کمی مواد آلی، مغذی^۷ و مواد دیگر در آماده‌سازی محیط رشد نهایی به کار رود. لایه‌های دیگری را نیز می‌توان زیر محیط رشد نصب کرد.

"بام‌های سبز" بام‌هایی هستند که در آن‌ها فضایی برای رشد گیاهان طراحی می‌شود. این بام‌ها انواع مختلفی دارند. بعضی به شکل روکش‌هایی از گیاهان یک‌دست و با ضخامت یکسان هستند؛ این روکش‌ها را می‌توان روی سطح وسیعی از بام‌های مسطح یا شیب‌دار قرار داد. گاهی ممکن است به دلیل طراحی خاص یا قابلیت محدود آن‌ها در تحمل بار، راه رفتن روی این نوع بام‌ها مجاز و میسر نباشد. بام‌های سبز کم‌عمق^۱ (کشت سطحی) معمولاً جزو این گروه از بام‌ها قرار می‌گیرند. محیط رشد این بام‌ها ضخامت کمی دارد و به‌طور معمول از مواد غیرآلی^۲ تشکیل می‌شود. در اروپا تقریباً درباره‌ی تمام اجزاء بام‌های سبز مدرن آزمایش‌هایی انجام شده و استانداردهای لازم برای طراحی آن‌ها

1- Extensive Green Roofs
2- Nonorganic
3- Water Proofing
4- Substrate

5- Soil
6- Topsoil
7- Nutrients

متغیر است. بام‌های سبز عمیق^۳ (کشت عمیق)، بام‌هایی هستند که ضخامت محیط رشد آن‌ها به مراتب بیشتر از بام‌های کم‌عمق، است. در این نوع بام‌ها، سازه‌ی بام به‌گونه‌ای طراحی می‌شود که قابلیت تحمل وزن لایه‌های مختلف بام را داشته باشد و تردد انسان نیز روی آن‌ها میسر است. محیط رشد این بام‌ها ترکیبی از خاک‌های سطحی سبک، متشکل از مواد آلی و غیرآلی است. گیاهان بام‌های عمیق، به‌دلیل آن‌که از لحاظ ارتفاعی و رشد ریشه، با محدودیت کمتری مواجه هستند، نسبت به گیاهان بام‌های کم‌عمق از تنوع بیشتری برخوردار هستند. در صورتی‌که سازه‌ی بام استحکام کافی داشته باشد، در این بام‌ها می‌توان از درخت، گلدان، آب‌نما، گل‌خانه یا مجسمه نیز استفاده کرد. این نوع بام‌های سبز به تعمیر و نگهداری فراوانی نیاز دارند. باغچه‌های سنتی طراحی شده روی بام‌ها که دارای پیاده‌رو، نیمکت، گل‌خانه و گلدان هستند، نمونه‌ای از بام‌های سبز عمیق به‌شمار می‌آیند. بام سبز نیمه‌عمیق (کشت نیمه‌عمیق)، بامی است که عمق ۲۵ درصد از محیط رشد آن ۱۵/۲ سانتی‌متر یا بیشتر است. این اصطلاح برای بام‌های سبزی مناسب است که ویژگی‌هایی از هر دو نوع بام کم‌عمق و عمیق را دارند، ولی به‌دلیل عمق و نوع گیاهانی که در آن‌ها به‌کار می‌رود، دقیقاً در هیچ یک از این دو گروه قرار نمی‌گیرند.

مزایای بام سبز

بام‌های سبز نسبت به بام‌های معمولی مزیت‌های فراوانی دارند؛ در ادامه مهم‌ترین این مزیت‌ها بررسی می‌شوند. البته در اینجا به درجه اهمیت این مزیت‌ها نمی‌پردازیم، زیرا با توجه به هدف‌های خاص مورد نظر در طراحی بام سبز ممکن است، هر کدام از این ویژگی‌ها و مزیت‌ها، اهمیت بیشتر یا کمتری داشته باشند.

وظیفه‌ی این لایه‌ها جلوگیری از شسته شدن ذرات ریز خاک و جذب و هدایت پساب‌های باران به سامانه‌ی جمع‌آوری سیلاب، یا سامانه‌ی ذخیره‌ی آب برای استفاده‌ی مجدد است. علاوه بر این، لایه‌های دیگری نیز برای عایق‌بندی و محافظت از بام طراحی می‌شوند. آخرین لایه (لایه‌ی زیرین) نیز همان سطح بام است. در کشورهایی مانند آلمان، سوئیس و اتریش که بازار ثابت و معینی برای بام سبز وجود دارد معمولاً از سامانه‌های ساده‌ای که به آن سیستم تک‌لایه‌ای بام سبز می‌گویند استفاده می‌شود. این سامانه‌ها تنها شامل یک لایه‌ی محافظ هستند که بین بستر کشت و لایه‌ی تشکیل‌دهنده‌ی کف بام قرار می‌گیرد. مطالعات نشان داده است که اگر عمق کل لایه در این سامانه‌ها کافی باشد، به اندازه‌ی سامانه‌های چندلایه برای رشد گیاهان و نیازهای زیست‌محیطی، کارآیی دارند.

در بام‌های کم‌عمق از گیاهان چندساله که ارتفاع آن‌ها از حد مشخصی فراتر نمی‌رود، استفاده می‌شود. این گیاهان باید مقاومت لازم را برای تحمل شرایط آب‌وهوایی متفاوت داشته باشند و بتوانند خود را با تغییرات محیط، آب‌وهوا و یا خرداقلیم بام وفق دهند. بادوام‌ترین بام‌های سبز کم‌عمق، بام‌هایی هستند که از ترکیبی از گیاهان متنوع که می‌توانند در خاک‌های کم‌عمق دوام بیاورند و تحمل شرایط سخت را دارند، تشکیل شده‌اند؛ این بام‌ها نیاز به مراقبت چندانی ندارند. در مناطق با آب‌وهوای معتدل، رایج‌ترین این گیاهان از خانواده‌ی سدوم‌ها^۱ هستند، اما می‌توان از گیاهان علفی^۲ دیگر نیز استفاده کرد. این گیاهان نیز مقاومت بالایی دارند، اما با توجه به نوع بام سبز و اهداف طرح، ممکن است نیازمند اندکی مراقبت باشند.

در بام‌های سبزی که محیط‌شان کاملاً بازسازی شده است، می‌توان گیاهانی کاشت که طول ریشه‌ی آن‌ها و عمق نفوذشان

1- Sedum mixture

2- Herbaceous

3- Intensive

از بام‌های سبز تأثیر به‌سزایی بر پدیده جزیره گرمایی شهری دارند. این موضوع به‌خوبی در مناطق شهری بزرگ اثبات شده است. محیط‌های شهری، به خصوص مسیرهای رفت‌وآمد تیره رنگ و سطح تحت پوشش مصالح ساختمانی که فاقد هر گونه گیاه هستند، در طول روز گرما را جذب می‌کنند و آن را به‌آهستگی در طول شب پس می‌دهند. در نتیجه دمای مناطق شهری چند درجه از ییلاق‌ها و مناطق روستایی اطراف‌شان گرم‌تر است. بنابراین انرژی خورشید به گرما تبدیل می‌شود و بر هوای اطراف ساختمان‌ها تأثیر می‌گذارد، در نتیجه باید هوا را خنک کرد که این امر باعث افزایش هزینه زندگی می‌شود. ذرات موجود در هوا نیز در ایجاد پدیده جزیره گرمایی شهری نقش دارند. این آلودگی‌ها هنگام شب اشعه مادون قرمزی را که از سطح زمین بازتابیده می‌شود جذب می‌کنند و با این کار عمل خنک شدن هوا در شب به‌کندی پیش می‌رود. از دیگر اثرات مهم پدیده جزیره گرمایی شهری در شهرهای آمریکای شمالی می‌توان به افزایش شکل‌گیری مه-دود^۲ و آلودگی هوا، افزایش مصرف انرژی، کاهش شرایط بهداشتی و ازدیاد فشارهای عصبی اشاره کرد. برای مثال فرودگاه‌های بزرگ با حجم وسیع باندها و مسیرهای رفت‌وآمد، در صورتی که پوشش گیاهی مناسب نداشته باشند، خود به جزیره‌های گرمازا در محیط‌های شهری تبدیل می‌شوند. در مقابل، عمل تبخیر در بام‌های سبز و عمل تعرق^۳ گیاهان موجب آزادسازی آب و خنک شدن دمای اطراف ساختمان می‌شود. اگر بام‌های سبز در ابعاد گسترده، برای مثال روی انبارها یا ترمینال‌های فرودگاه احداث شوند، می‌توانند از اثر پدیده جزیره گرمایی شهری بکاهند.

- **عایق صدا و گرما** - بام‌های سبز از لایه‌های زیادی مانند لایه‌ی عایق در برابر آب، پوسته بام، محیط رشد و اجزای

- **زیبایی‌شناسی** - یکی از مزیت‌های مشخص بام‌های سبز جلوه و طراوت ظاهری است که به محیط می‌دهند و فضاهای سبزی است که جایگزین بام‌های قیراندود و کسل‌کننده شده‌اند و از نقاط مختلف شهر دیده می‌شوند. بعضی از بام‌های سبز، مانند باغچه‌ها، در دسترس عموم یا صاحبان ساختمان هستند و موجب طراوت محیط زندگی می‌شوند. در محیط‌های متراکم شهری نمی‌توان حتی از تأثیر ظاهری یک فضای سبز کوچک نیز به سادگی گذشت به‌خصوص اگر این فضا در معرض دید یا استفاده تعداد زیادی از مردم باشد.

- **مدیریت سیلاب‌ها** - هنگام باران‌های شدید، گیاهان، محیط رشد و لایه‌ی پساب (اگر به این منظور، مدیریت سیلاب‌ها طراحی شده باشند) بام‌های سبز حجم قابل توجهی از آب باران را جذب می‌کنند. این عمل از حجم آب سرریز شده می‌کاهد و به کاهش حجم سیلاب کمک می‌کند. نتیجه این که می‌توان سامانه‌های کنترل سیلاب کوچک‌تری داشت و از آلودگی آب رودخانه‌ها در اثر سرریز سیلاب‌ها جلوگیری کرد. در مناطق شهری بزرگ، بام‌های سبز می‌توانند از حوادثی که بر اثر سرریز آب پساب‌ها و سیلاب‌ها پس از بارش‌های طوفانی به وجود می‌آیند نیز جلوگیری کنند. اگر بام‌های سبز بسیاری در یک شهر وجود داشته باشند و سطح تحت پوشش بام‌های سبز گسترده باشند، می‌توانند با جذب آب باران از سرریز شدن آن در سامانه‌های کنترل سیلاب‌ها و درون سیستم تصفیه پساب شهری جلوگیری کنند.

با پیشرفت در طراحی بام‌های سبز، آن‌ها علاوه بر کاهش سیلاب‌ها در زمان بارش‌های سنگین، توانایی نگهداری آب اضافی را نیز پیدا کرده‌اند. درضمن، از این آب می‌توان برای آبیاری گیاهان بام‌های سبز نیز استفاده کرد.

- **کاهش اثر پدیده جزیره گرمایی شهری^۱** - مجموعه‌ای

1- Urban Heat Island (UHI)

2- Smog

3- Transpiration

اشعه‌های مخرب دیگر به بام ساختمان جلوگیری می‌کند. در بیش‌تر موارد، بام سبز، در جبران هزینه‌های صرف شده موفق عمل می‌کند. محافظتی که بام سبز از پوسته بام انجام می‌دهد مزیت اقتصادی مهمی برای صاحب ساختمان به‌شمار می‌آید. در نتیجه گاهی وقت‌ها سازندگان ساختمان، بام‌هایی را که قرار است با بام سبز پوشانده شوند برای مدت طولانی‌تر ضمانت می‌کنند. همان‌طور که پیش‌تر نیز توضیح داده شد، ساختمان‌های دارای بام سبز چون کم‌تر به خنک کردن و گرم کردن نیاز دارند انرژی کمتری مصرف می‌کنند و این خود از لحاظ اقتصادی مزیت مهمی است. در مواردی که بام‌های سبز در سطحی هستند که برای ساکنان ساختمان‌های مجاور نقش مکان تفریحی و رفاهی دارند، مزیت اقتصادی دیگر این بام‌ها محسوب می‌شود.

در سطح کلان و دولتی، در آمریکای شمالی، تسهیلات مالی و معافیت‌های مالیاتی برای کسانی که روی ساختمان‌هایشان بام سبز احداث می‌کنند در نظر گرفته شده است. از سوی دیگر، چنانچه از مواد بازیافتی در بام سبز استفاده شود که خود موجب کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل و مصالح می‌شود، امکان استفاده از معافیت‌های مالیاتی بیش‌تر نیز وجود دارد. اگر بتوان کاهش هزینه‌های عمومی ناشی از کاهش سرزیر شدن سیلاب‌ها یا کاهش خسارت‌های ناشی از تشعشعات را نیز اثبات کرد، دستگاه‌های قانون‌گذار ممکن است باز هم تسهیلات مالی بیش‌تری برای سازندگان در نظر بگیرند. تصویب قانون و تدوین آیین‌نامه‌های لازم برای آمریکا زمان زیادی می‌برد، در حالی که چنین تسهیلاتی مدت‌ها است که در اروپا وجود دارد.

● **افزایش کارآمدی فتوولتائیک‌ها** - برخی از مزیت‌های بام سبز ناشی از ترکیب با دیگر فناوری‌های جدید است. معمولاً صفحه‌های فتوولتائیک را روی بام‌هایی که بیش‌ترین تابش خورشید را دارند، نصب می‌کنند. به این ترتیب تبدیل انرژی خورشیدی به الکتریسیته با کارایی بیش‌تری صورت می‌گیرد. اما توجه به این نکته بسیار مهم است که این صفحه‌ها در

گیاهی تشکیل شده‌اند و به‌همین دلیل ضخامت زیادی دارند. این ضخامت موجب می‌شود که بام‌های سبز، به‌عنوان عایق صدا عمل کنند و نفوذ صدای ناشی از ترافیک، هواپیماها و عوامل دیگر را به درون ساختمان کاهش می‌دهند. بام‌های سبز هم‌چنین به‌دلیل ضخامت‌شان عایق حرارتی هم به‌شمار می‌روند و تا حدی از انتشار انرژی جلوگیری می‌کنند. علاوه بر این بام‌های سبز، دمای هوای اطراف خود را نیز کاهش می‌دهند. این خاصیت بر کارآمدی دستگاه‌های خنک‌کننده می‌افزاید و از هزینه‌های اداره ساختمان‌ها نیز می‌کاهد.

● **تصفیه هوا** - بام‌های سبز مانند هر توده گیاهی دیگر می‌توانند ذرات غبار و دوده هوا را تصفیه کنند. بام‌های سبز در مقایسه با بام‌های معمولی که هیچ تأثیر مطلوبی بر هوا ندارند، بسیاری از ذرات موجود در هوا را به دام می‌اندازد و هوای شهر را برای تنفس انسان و دیگر موجودات زنده سالم می‌سازند.

● **کاهش دی‌اکسید کربن** - گیاهان دی‌اکسید کربن هوا را می‌گیرند و از آن‌ها نشاسته می‌سازند و هم‌زمان اکسیژن آزاد می‌کنند. دی‌اکسید کربن مهم‌ترین عامل ذخیره گرما در جو زمین و گرم شدن کره زمین است. با افزایش پوشش گیاهی می‌توان دی‌اکسید کربن موجود در هوا را کاهش داد. اما باید توجه داشت که بام‌های سبز، به‌صورت غیرمستقیم در کاهش دی‌اکسید کربن، کارایی چشمگیری دارند. بام‌های سبز موجب کاهش دمای اطراف ساختمان می‌شوند و در نتیجه نیاز به خنک کردن هوای داخل ساختمان کاهش می‌یابد و متقابلاً در مصرف سوخت‌های فسیلی برای خنک کردن و حتی گرم کردن ساختمان شاهد کاهش چشم‌گیری خواهیم بود. سوختن سوخت‌های فسیلی با آزاد شدن مقدار بسیار زیادی دی‌اکسید کربن همراه است.

● **مزیت‌های اقتصادی** - هزینه اولیه یک بام سبز از یک بام معمولی بیش‌تر است. اما در دراز مدت بام سبز، عمر و دوام بام ساختمان را افزایش می‌دهد. این افزایش عمر، به‌دلیل آن است که بام سبز از تابش مستقیم اشعه ماوراء بنفش و

طراحی پایدار^۲

بام‌های سبز را می‌توان جزئی از مجموعه بزرگ و پیچیده فرایندها، روش‌های طراحی، مواد و راه‌کارهای ساخت‌وساز دانست که منجر به ایجاد یک طرح بادوام و پایدار می‌شوند. یک طرح پایدار، طرحی است که خود شرایط رشد خویش را فراهم کند و نیازهایش را برآورده سازد، همه مواد و سامانه‌هایی را که استفاده می‌کند، بازیافت کند تا در اثر استفاده از آن‌ها، هیچ نقصانی در محیط‌زیست رخ ندهد و بتواند پس از تکمیل بدون تحمیل فشار و کاستن از منابع و سامانه‌هایی که به آن‌ها نیاز است، به فعالیت خود ادامه دهد. خیلی پیش‌تر از این‌که مفهوم تداوم و پایداری مفهومی آشنا برای همه باشد، ماهاتما گاندی گفته بود: "تداوم و پایداری نیازمند آن است که ما از چگونگی تأثیر اعمال‌مان بر محیط‌زیست، اقتصاد و جامعه آگاه باشیم. ما خودمان باید آن تغییری باشیم که آرزو داریم در جهان اتفاق بیفتد." بام‌های سبز می‌توانند گامی در این جهت باشند.

اما یک طرح پایدار باید از توجه صرف به بهبود مشکلات زیست‌محیطی فراتر برود. شاید بتوان گفت بهترین تعریف از یک طرح پایدار را بوم‌شناس اجتماعی برجسته، استفان کلرت^۴ بیان کرده است. او طرحی را پایدار یا تجدیدپذیر می‌داند که در آن طبیعت و محیط مصنوعی موجب غنای "روح و روان انسان"^۵ شود. ذهنیتی مشابه با طراحی پایدار وجود دارد که از آن با عنوان طراحی جامع ساختمان^۶ از آن یاد می‌شود. هدف این طراحی احداث ساختمان‌هایی با کارایی بالا است که همه‌ی اجزا آن‌ها در خدمت یک عملکرد کلی باشند. جن کریستن اسمات^۷ سیاست‌مدار، فیلسوف اهل آفریقای جنوبی و نویسنده کتاب "کل‌نگری و سیر تکامل"^۸ شخصی است که واژه "کل‌نگری"^۹ (هولیسم) را مطرح کرده است. وی این واژه را بر اساس استنباط خودش

محدوده‌های دمایی خاص و با نوسانات دمایی کم، کارایی بیش‌تری دارند. بام‌های سبز در فراهم آوردن محدوده دمایی مناسب برای صفحه‌های فتوولتائیک، بسیار موثرند. بام‌های سبز در طول روز نسبت به بام‌های معمولی بسیار خنک‌ترند و این مزیت مهمی برای صفحه‌های فتوولتائیک است.

• **بازسازی زیست‌بوم‌ها^۱** - همان‌طور که باغ‌وحش‌ها در حال تبدیل به آزمایشگاه‌هایی برای مطالعه، حفاظت و تولید مثل جانوران در حال انقراض هستند، بعضی از بام‌های سبز زیستگاه‌های گیاهان در معرض خطر را بازسازی می‌کنند و بدین ترتیب فرصت و امکان مطالعه گروه‌های گیاهی خاص و استقرار مجدد آن‌ها را فراهم می‌کنند.

• **نظارت بر محیط^۲** - بام‌های سبز محصول فناوری‌های مدرن هستند و به‌همین دلیل برخی از آن‌ها وسایل و تجهیزات خاصی برای نظارت و اندازه‌گیری بسیاری از متغیرهای محیطی دارند. این متغیرها شامل دمای هوا، دمای بام سبز در ساعت‌های مختلف روز، مقدار آب جذب‌شده، مقدار سرریز سیلاب‌ها، مقدار افزایش زیست‌توده گیاهان، محدوده نشت آب، میزان دقیق عایق‌سازی صدا و عایق‌سازی نور خورشید و مواردی از این دست هستند. به مرور زمان با جمع‌آوری این داده‌ها و مقایسه آن‌ها با بام‌ها معمولی مزیت‌های فراوان بام‌های سبز بیش‌تر مشخص می‌شود و موجب ترغیب بیش‌تر عموم به احداث این بام‌ها در آینده خواهد شد.

• **آموزش عمومی** - بام‌های سبزی که داری طراحی درستی باشند، فرصت خوبی برای آموزش‌های عمومی محیط زیست فراهم می‌کنند. این بام‌ها را معمولاً در مکان‌هایی می‌سازند که در معرض عموم و مراجعه بازدیدگان باشد و امکان نصب تابلوهای راهنمای آموزشی وجود داشته باشد.

1- Habitat Restoration
2- Environmental Monitoring
3- Sustainable Design
4- Stephen R. Kellert
5- Human Spirit

6- Whole Building Design
7- Jan Christian Smut
8- Holism and Evolution
9- Holism

مقاوم باشد. برخی از لایه‌های لاستیکی و پلاستیکی که به صورت صفحه یا مایع به کار می‌روند واجد این شرایط هستند اما اکثریت محصولات ساخته شده با آسفالت چنین شرایطی را ندارند.

لایه‌ی مقاوم در برابر ریشه‌ی گیاهان و آب جمع‌شده: چنانچه سامانه‌ی اولیه‌ی ضدآب در برابر نفوذ ریشه‌ی گیاهان مقاوم نباشد، می‌تواند توسط لایه‌ی ثانویه‌ای که مقاوم در برابر ریشه‌هاست، پوشانده شود. این لایه‌های ثانویه در برخی از سامانه‌های بام سبز که آب به صورت عمودی، جمع‌آوری و نگهداری می‌شود نیز استفاده می‌گردد تا لایه‌ی اولیه‌ی ضدآب نیز زه‌کشی شود.

صفحه‌ی مقاوم در برابر نفوذ ریشه‌ی گیاهان در برابر صدمات مکانیکی در طول ساخت و زمان تعمیر بام، محافظت می‌کند. این صفحه‌های محافظ معمولاً وزنی بین ۵۰۰ تا ۹۰۰ گرم در هر متر مربع دارند. صفحاتی که قادر به ذخیره‌کردن آب در خود و دارای خاصیت موئینگی باشند، برای برخی از سامانه‌های بام سبز ارجحیت دارند.

لایه‌ی زه‌کشی نگهدارنده‌ی آب: نگهداشتن آب در بام‌های سبز برای کمک کردن به بقای گیاهان در طول زمان‌هایی که آب‌وهوا خشک می‌شود، مطلوب است. با این وجود، از سوی دیگر، گیاهانی که مخصوص آب‌وهوای خشک هستند، برای شاداب ماندن بر روی بام‌های سبز احتیاج دارند که آب زیاد برای مدت طولانی در پای ریشه‌ی آن‌ها باقی نماند، در غیر این صورت ممکن است از بین بروند. ترکیب بهینه‌ی نگهداری آب و زه‌کشی سریع آب می‌تواند توسط چندین محصول مرتبط با نگهداری آب مهیا گردد، که شامل مخلوطی دانه‌ای که به‌خوبی تجزیه‌پذیر است، صفحات پلاستیکی دارای گودی‌های کوچک، و ورقه‌های دارای ساختاری شیاردار، می‌شود.

از فرایند تکاملی طبیعت برای ساخت هرکل، تعریف کرده است. او معتقد بود که در طبیعت هیچ بخش مجزایی وجود ندارد، بلکه تنها چیزی که وجود دارد ترکیب‌ها و منظومه‌هایی است که خود جزیی از کل هستند. باکمینستر فولر^۱، معمار و مخترع برجسته‌ی آمریکایی در سال ۱۹۶۹ هنگامی که روی برنامه فضایی کار می‌کرد گفت: "هم‌افزایی^۲ تنها واژه‌ای در زبان ما است که مفهوم رفتار سامانه‌های جامع را بیان می‌کند، رفتاری که با بررسی جداگانه رفتار اجزا، یا زیرمجموعه‌ای از آن‌ها قابل دریافت و مشاهده نیست ... کل از مجموع اجزای سازنده‌اش بیشتر است". با گذشت دهه‌ها هنوز این رویکرد بسیار کلیدی و مهم است.

◀ آناتومی یک بام سبز

یک بام سبز مدرن دارای هشت لایه‌ی کاربردی است: **سازه‌ی مقاوم بام:** بام‌های سبز عموماً باید باری بین ۱۲۲ تا ۴۸۸ کیلوگرم بر متر مربع (۲۵ تا ۱۰۰ پوند بر فوت مربع) بیش‌تر از بام‌های مسطح معمولی را تحمل کنند. بام‌های جدید (از جنس چوب، فولاد یا بتن) می‌توانند به‌گونه‌ای طراحی شوند که با حداقل هزینه‌ی اضافی قادر به تحمل بام‌های سبز باشند. تبدیل بام‌های موجود به بام سبز تقریباً همیشه مستلزم تحکیم‌سازی سازه با هزینه‌ای هنگفت است.

لایه‌ی ضدآب قابل اطمینان: نشستی در بام‌های سبز به‌سختی می‌تواند قابل تشخیص باشد و تعمیرات یا جایگزینی آن هم بسیار هزینه‌بر است. برای داشتن بام سبزی با عمر طولانی و بدون نیاز به نگهداری و تعمیرات، لایه‌ی عایق ضدآب باید به‌اندازه‌ی کافی قابلیت انعطاف داشته باشد تا قادر به تحمل حرکت ساختمان باشد. در واقع باید تحمل آب جمع‌شده را داشته باشد، زیست‌تجزیه‌پذیر^۳ نباشد و در برابر نفوذ ریشه‌ی گیاهان

1- Buckminster Fuller

2- Synergy

3- Biodegradable

4- Synthetic

جذابیت آن در فصل‌های مختلف می‌شود. استفاده از گیاهان مختلف، روشی موثر برای تضمین کیفیت مناسب بام‌های سبز است، زیرا بعضی از گیاهان نمی‌توانند به‌خوبی روی محیط بام رشد کنند، در نتیجه بام در صورت نبود گیاهان دیگر، چهره‌ی مطلوبی نخواهد داشت. افزون بر این، به‌دلیل پایداری گیاهان مختلف در برابر بیماری‌ها و آفت‌های گوناگون، تنوع گیاهی موجب افزایش مقاومت و حفظ ساختار و چهره‌ی بام در مقابل این آسیب‌ها می‌شود.



مجموعه‌ای از سدوم‌های گوناگون در بام سبز فرودگاه کپنهاگ

در اروپا در بام‌های سبز به‌جای سدوم‌ها از ترکیبی از گیاهان علفی استفاده می‌شود. این گیاهان، به‌طور معمول به‌صورت دانه در محیط رشد کاشته می‌شوند. در گذشته، اروپایی‌ها نیز در بام‌های سبز کم‌عمق سدوم می‌کاشتند ولی به‌دلیل عدم تمایل صاحبان این بام‌ها به استفاده از کود (به‌دلیل هزینه‌ای که ایجاد می‌کرد) خیلی زود آسیب می‌دیدند. علاوه بر این، قوانین محیط‌زیست در بعضی از مناطق، مانند سوئیس، استفاده از کود را محدود می‌کرد. با گذشت زمان مجموعه‌های مناسبی از گیاهانی که توانایی رشد در محیط‌های با درصد پایین مواد مغذی را دارند شناسایی شدند. همچنین از آن‌جا که ثابت شده است که نهال‌ها نمی‌توانند با

پرده‌ی جداکننده و ضدگرفتگی: برای این که لایه‌ی نگهداری و زه‌کشی آب دارای عملکرد صحیح باشد، باید از خاک دور نگه داشته شود. یک پرده‌ی مصنوعی جداکننده‌ی خاک این کار را انجام می‌دهد، اما این پرده باید دارای ساختاری باشد که در برابر گرفتگی توسط ذرات ریز خاک مثل لای و لجن و خاک‌های رُسی، مقاوم باشد.

خاک مهندسی‌شده: خاک بام سبز خاک معمولی نیست. چنین خاکی باید سبک باشد، میزان جذب و نگهداری آب آن خوب باشد، دارای مواد ارگانیک کمی باشد، ویژگی‌های شیمیایی مناسبی داشته باشد و ذرات آن از توزیع مناسبی از اندازه‌ها برخوردار باشد. **گیاهان مناسب:** گیاهان بام‌های سبز باید توان ادامه‌ی حیات در محیط بام سبز را، که اغلب گرم و خشک است، داشته باشند. برای بام‌های سبز کم‌عمق معمولاً انواع گل ناز یا سدوم‌ها^۱ و بوته‌های کوچک مناسب‌ترند و برای بام‌های سبز عمیق‌تر، طیف وسیعی از گیاهان بومی مناسب هستند.

◀ پوشش گیاهی

در مناطقی از آمریکای شمالی که آب‌وهوای معتدل دارند، در بام‌های کم عمق معمولاً از خانواده سدوم‌ها برای پوشش گیاهی استفاده می‌شود. نژاد این گیاهان باید به‌گونه‌ای باشد که توانایی رشد در لایه‌های کم‌عمق محیط رشد، کم آبی، سرما، گرما، باد و فضاهای بدون حفاظ را داشته باشند. در آمریکای شمالی معمولاً سدوم‌ها را به‌صورت نهال یا قلمه می‌کارند. اما در اروپا استفاده از لایه‌هایی که در آن‌ها گیاهان از پیش کاشته شده و حدود ۲/۵ سانتی‌متر رشد کرده‌اند، متداول‌تر و به صرفه‌تر است. گاهی اوقات گیاهان قبل از نصب، در گل‌خانه‌ها کاشته می‌شوند تا رشد کنند و سپس به مدول منتقل می‌شوند. معمولاً سدوم‌ها را به همراه گیاهانی از خانواده‌های دیگر، که ظاهری شبیه سدوم‌ها دارند می‌کارند. این گیاهان باعث افزایش تنوع رنگی بام و حفظ

● **ماگنولیای زمستانه (*Magnolia soulangiana*)**

ماگنولیای زمستانه درختی است خوش نما و گسترده که با بالا رفتن سن تاجی متراکم و بیضوی پیدا می‌کند. ارتفاع این گیاه ۳ تا ۶ متر و قطر تاج پوششی آن ۳ تا ۴ متر است.

● **گل توری (*Lagerstromia indica*)**

گل توری گیاهی است که بسته به نیاز می‌توان فرم و اندازه آن را به شکل درخت کوتاه یا درختچه بزرگ در آورد. گل‌های این گونه صورتی و قرمز هستند. ارتفاع این گیاه ۳ تا ۷ متر و قطر تاج پوششی آن ۳ تا ۶ متر است.

● **زرشک زینتی (*Berberis thunbergii*)**

زرشک زینتی گیاهی است که در در اوایل بهار به رنگ زرد با میوه‌های قرمز در می‌آید. این گیاه به دلیل تغییر رنگ برگ‌ها در فصل سرما، دوام زیاد خوشه گل و میوه‌های زیبا جلوه زیبایی در ترکیب با گیاهان برگ سبز دارد. ارتفاع این گیاه ۱ تا ۲ متر است.

● **شمشاد معمولی (*Buxus sempervirens*)**

شمشاد یکی از درختان همیشه سبز است. برگ‌های شمشاد مصرف دارویی دارد و همچنین دارای ازت فراوان می‌باشد. شمشاد دارای دوایر سالیانه فشرده و مترکم است و ارتفاع آن به ۸ تا ۱۰ متر می‌رسد.

● **اسطوخودوس (*Lavandula Officinalis*)**

اسطوخودوس گیاهی است چندین ساله با برگ‌هایی متقابل، باریک، دراز، سبز و پوشیده از کرک‌های سفید پنبه‌ای. گل‌های این گیاه به رنگ بنفش و به صورت سنبله است. ارتفاع این گیاه به حدود نیم متر می‌رسد.

● **سدوم (*sedum sp.*)**

سدوم گیاهی است پوششی که تنوع فراوانی دارد. برگ‌های آن

شرایط دشوار بام‌های سبز سازگار شوند، در اروپا بیشتر از دانه یا قلمه استفاده می‌شود. چون نهال‌ها معمولاً در گل‌خانه‌ها در شرایط ایده‌آل رشد کرده‌اند، به همین دلیل سازگاری با شرایط سخت بام‌های سبز برای آن‌ها مشکل است.

در بام‌های سبز عمیق، به دلیل افزایش عمق محیط رشد، می‌توان از گیاهان متنوع‌تری استفاده کرد. طیف وسیعی از گیاهان مانند سدوم‌ها، گیاهان علفی چند ساله، بوته‌ها و درختان کوچک همیشه سبز و یا برگ‌ریز پائیزی، برای بام‌های سبز عمیق با محیط‌های رشد عمیق و دارای سامانه‌های آبیاری، مناسب هستند، با این حال گیاهانی که در بام‌های عمیق کاشته می‌شوند نیز باید با محیط‌های دشوار و سخت سازگاری داشته باشند.

◀ پوشش گیاهی ایران

گونه‌های گیاهی مورد استفاده در ایران، با توجه به نوع بام سبز و مواردی مانند شرایط اقلیمی منطقه و خرد اقلیم محدوده طرح، هدف طراحی، شرایط نگهداری و منابع آب در دسترس انتخاب می‌گردند. از اهم گونه‌های رایج می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

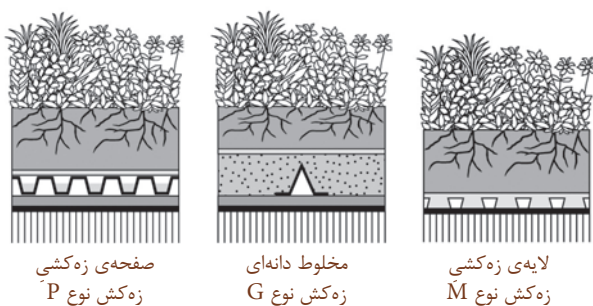
افرای ژاپنی/ غان سیاه/ ماگنولیا زمستانه/ سیب گل/ توری/ یاس بنفش/ بداغ/ تاک/ خاس/ شمشاد ژاپنی/ زرشک زینتی/ شمشاد معمولی/ گلیسین/ اسطوخودوس/ سدوم/ کارپورئوس/ آجوگا/ برف تابستانه/ کروپسیس/ شیرخشت/ برازمیل/ سانتولیا/ کلاغک/ ساجینا/ لیزیماخیا/ فرانکنیا/ چمانواش آبی/ گلی کوما/ پیچ تلگرافی/ بومادران/ شبدر زینتی/ رز/ پاپیتال.

در زیر به معرفی برخی از رایج‌ترین گیاهانی که برای بام سبز استفاده می‌شود، می‌پردازیم.

● **افرای ژاپنی (*Acer palmatum*)**

افرای ژاپنی شاخه‌های موزون و شکیل و برگ‌های سبز و روشن، با بریدگی‌های عمیق ظریف و کوچک دارد که قبل از ریزش در پاییز به رنگ قرمز در می‌آید. ارتفاع این گیاه ۳ تا ۷ متر و قطر تاج پوششی آن ۲/۵ تا ۹ متر است.

نوع زه‌کشی: زه‌کشی نوع P از صفحات زه‌کشی بهره می‌جوید، ورقه‌های پلاستیکی مشبکی هستند که آب را در قسمت فوقانی خود نگهداری و در بخش تحتانی خود زه‌کشی می‌کنند. این ورقه‌های زه‌کشی سبک‌وزن هستند، نصب آسانی دارند و در دو اندازه تولید می‌شوند تا قادر به پاسخ‌گویی مناسب به ملزومات زه‌کشی و نگهداری آب برای هر بام سبزی باشند. زه‌کشی نوع G از مخلوطی دانه‌ای، غیرارگانیک و متخلخل است که همراه با آب‌روی زه‌کشی پلاستیکی مثلث‌شکل کار گذاشته می‌شود. مخلوط‌های دانه‌ای نسبت به صفحات زه‌کشی سنگین‌تر و کاربرتر^۲ هستند، اما محیط بهتری را جهت رشد ریشه‌ی گیاه مهیا می‌سازند. زه‌کشی نوع M از لایه‌ی زه‌کشی استفاده می‌کند، که از چند لایه‌ی مختلف - برای جداسازی خاک، زه‌کشی و محافظت مکانیکی به‌طور هم‌زمان - ساخته شده است. این سامانه سریع‌ترین روش نصب را دارد و با نصب آن می‌توان کم‌عمق‌ترین و سبک‌ترین بام سبز را به‌وجود آورد. همچنین، از آن‌جا که ظرفیت نگهداری و زه‌کشی آب آن محدود است، برای بام‌های شیب‌دار، که در آن‌ها زه‌کش نوع P یا G خوب جواب نمی‌دهند، بسیار مناسب است.



ضخامت اسمی: ضخامت اسمی یک بام سبز، کل ارتفاع تقریبی خاک و عناصر زه‌کشی که تشکیل‌دهنده‌ی سامانه‌ی بام سبز هستند، بدون درنظر گرفتن سازه‌ی بام، عایق‌بندی حرارتی و عایق ضدآب و نوع گیاهان، است. همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد،

کمی حالت سه‌گوش دارد و در محل اتصال به ساقه باریک به‌نظر می‌رسند. نوک برگ‌ها حالت نیم‌دایره داشته و در دوطرف آن دندان‌ه وجود دارد. این برگ‌ها در حدود یک سانتی‌متر عرض و ۱/۵ سانتی‌متر طول دارند و سبز براق هستند. ارتفاع این گیاه به ۷ تا ۸ سانتی‌متر می‌رسد.

• کارپوبروتوس (Carpobrotus edulis)

کارپوبروتوس گیاهی خزنده است که به‌طور سریع شاخه‌های جانبی آبکی و نرم می‌دهد و یکی از گیاهان گوشتی محسوب می‌شود که دارای گل‌های درشت زرد یا بنفش است و با گرم شدن هوا در زیر نور کامل آفتاب باز می‌شوند.

• سدوم آلبوم (Sedum Album)

سدوم آلبوم یکی از اصلی‌ترین گیاهان شناخته شده است که به‌راحتی از طریق بذر و قلمه تکثیر می‌شود و سیر رشد آن نیز بسیار کند است. این گیاه در اواسط تابستان گل‌های سفید کوچکی می‌دهد و برگ‌های آن نیز در زمستان به رنگ قرمز در می‌آیند.

• آلبوم شوانوپراسم (Talinum Calycinum)

آلبوم شوانوپراسم ساقه‌های بلندی دارد که روی طوقه‌ای از برگ قرار گرفته‌اند. روی این ساقه‌ها نیز پر از گل‌های صورتی است. این گیاه می‌تواند در آب و هوای سردتر به‌عنوان گیاهی یک‌ساله استفاده شود. برگ‌های این گیاه در اولین یخبندان می‌ریزد.

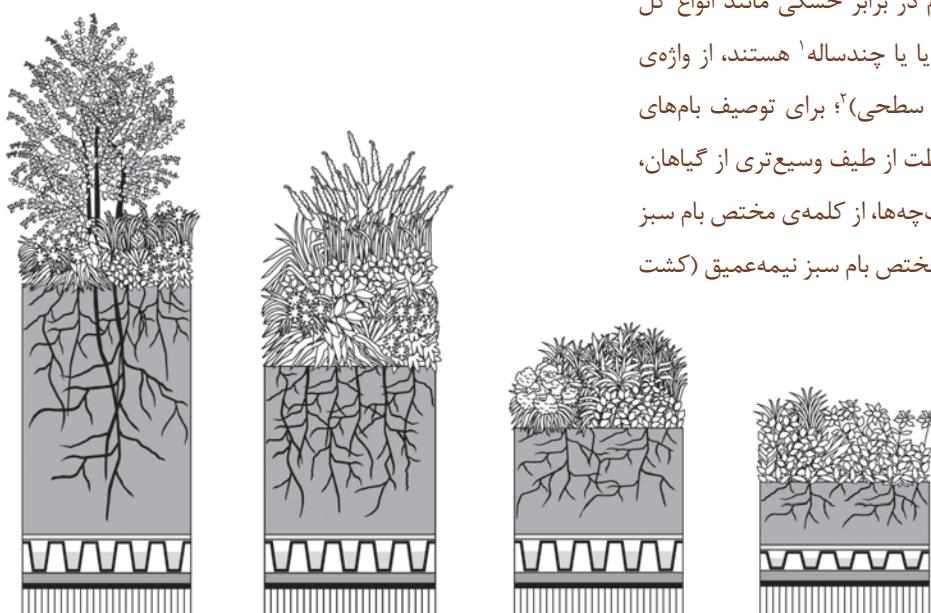
◀ سامانه‌های بام سبز

طبقه‌بندی بام‌های سبز براساس نوع زه‌کشی و عمق اسمی^۱ آن‌ها است. ترکیب این دو عامل مشخص‌کننده‌ی میزان بار سازه، شیب مجاز، نوع گیاهان قابل‌استفاده و ویژگی‌های مربوط به نگهداری آب باران، است.

1- Nominal thickness
2- Labor-intensive

نیمه‌عمیق)^۴ برای بام‌های با ضخامتی بین این دو، استفاده می‌شود.

برای توصیف بام‌های سبز با ضخامت خیلی کم که تنها قادر به حفاظت از گیاهان بادوام و مقاوم در برابر خشکی مانند انواع گل ناز، بوته‌های کوچک و گیاهان پایا یا چندساله^۱ هستند، از واژه‌ی مختص بام سبز کم‌عمق (کشت سطحی)^۲ برای توصیف بام‌های سبز با ضخامت کافی جهت حفاظت از طیف وسیع‌تری از گیاهان، شامل انواع چمن، بوته‌ها، و درخت‌چه‌ها، از کلمه‌ی مختص بام سبز عمیق (کشت عمیق)^۳ و از لغت مختص بام سبز نیمه‌عمیق (کشت



نام سامانه	P۱	P۲	P۳	P۴
گیاهان مناسب	سدوم بوته‌های کوچک	سدوم بوته‌های کوچک گیاهان پایا	گیاهان پایا چمن‌ها بوته‌ها	چمن‌ها بوته‌ها درخت‌ها
مخلوط خاک کشت سطحی	۷/۶ سانتی‌متر	۱۲/۷ سانتی‌متر	-	-
مخلوط خاک کشت عمیق	-	-	۲۰/۳ سانتی‌متر	۳۰/۵ سانتی‌متر
پرده‌ی جداکننده	۳ میلی‌متر	۳ میلی‌متر	۳ میلی‌متر	۳ میلی‌متر
صفحه‌ی زه‌کشی	۲/۵ سانتی‌متر	۲/۵ تا ۳ سانتی‌متر	۲/۵ تا ۳ سانتی‌متر	۲/۵ تا ۳ سانتی‌متر
لایه‌ی محافظ	۶ میلی‌متر	۶ میلی‌متر	۶ میلی‌متر	۶ میلی‌متر
ضخامت اسمی	۱۰/۲ سانتی‌متر	۱۷/۸ سانتی‌متر	۲۵/۴ سانتی‌متر	۳۵/۵ سانتی‌متر
وزن خشک	۶۳/۵ کیلوگرم بر مترمربع	۱۰۲/۵ کیلوگرم بر مترمربع	۱۶۶ کیلوگرم بر مترمربع	۲۴۹ کیلوگرم بر مترمربع
وزن اشباع‌شده	۱۰۲/۵ کیلوگرم بر مترمربع	۱۶۶ کیلوگرم بر مترمربع	۲۵۸/۸ کیلوگرم بر مترمربع	۳۸۰/۸ کیلوگرم بر مترمربع
حداقل شیب	۱/۴۸	۱/۴۸	۱/۴۸	۱/۴۸
حداکثر شیب	۱/۱۲	۱/۱۲	۱/۱۲	۱/۱۲
نگهداری آب (%)	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰

- 1- Perennials
- 2- Extensive
- 3- Intensive
- 4- Semi-intensive

سبز تلقی می‌شوند. صفحات زه‌کشی برای بام‌هایی با شیب کم‌تر از ۱/۱۲ توصیه می‌شوند.

عناصر: یک لایه‌ی مصنوعی محافظ و نگه‌دارنده‌ی آب که ۵۰۰ گرم در متر مربع وزن دارد، بر روی لایه‌ی ضدآب یا مانع نفوذ ریشه، کار گذاشته می‌شود. صفحات زه‌کشی بر روی این لایه خوابانده می‌شوند (با هم‌پوشانی کافی صفحات هنگامی که کنار یک‌دیگر قرار داده می‌شوند). این عنصر با دو ضخامت ارایه می‌شود تا بتواند از نظر زه‌کشی و نگه‌داری آب، پاسخ‌گوی الزامات هر بام سبزی باشد: ضخامت ۲۵ میلی‌متری اندازه‌ی استاندارد برای بام‌های کم‌عمق است و ضخامت ۴۰ میلی‌متری برای نگه‌داری و زه‌کشی بهتر آب در بام‌های عمیق‌تر مختص کشت سطحی، نیمه‌عمیق و عمیق توصیه می‌شود. یک پرده‌ی جداکننده با وزن ۲۰۰ گرم در متر مربع بر روی صفحات زه‌کشی کار گذاشته می‌شود و خاک بر روی آن پخش می‌گردد. در ادامه با جزییات روش نصب این سامانه آشنا می‌شوید.

سامانه‌ها: در این راهنما، سه نوع زه‌کشی با چهار سامانه‌ی ضخامتی ترکیب شده‌اند تا ده سامانه‌ی بام سبز با نام‌های P۱, P۲, P۳, P۴, G۱, G۲, G۳, G۴, M۱, M۲ را برای انتخاب در اختیار بگذارند.

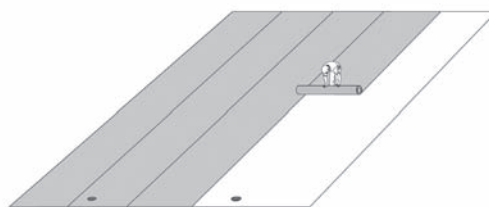
سامانه‌های دارای صفحات زه‌کشی

توصیف: سامانه‌های بام سبز توسط ورقه‌های پلاستیکی مشبکی زه‌کشی می‌شوند که صفحات زه‌کشی نام دارند. آب لازم در گودی‌های بخش فوقانی آنها نگه‌داری می‌شود؛ و آب اضافی از حفره‌های ریز جریان پیدا می‌کند و از روی لبه‌ها سرریز می‌شود تا از بام خارج گردد. فاصله‌ی موجود بین سطح بالای آب در این صفحات و سطح فوقانی این صفحات، زه‌کشی صحیح خاک را در تمامی مواقع تضمین می‌کند.

کاربرد: از آن‌جا که صفحات زه‌کشی سبک‌وزن هستند و روش نصب آسانی دارند، محبوب‌ترین سامانه‌ی زه‌کشی برای بام‌های

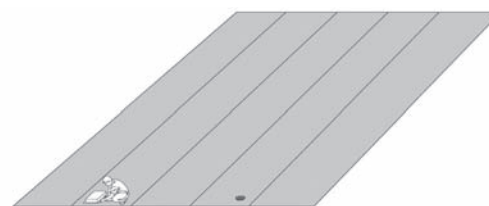
۱. پهن کردن لایه‌ی محافظ

چنان‌چه پوشش اولیه‌ی ضدآب بام در برابر نفوذ ریشه‌ی گیاهان مقاوم نباشد، ابتدا لایه‌ی مانع نفوذ ریشه را کار می‌گذاریم. سپس لایه‌ی محافظ استاندارد را پهن می‌کنیم و هنگام قرارگیری آن‌ها در کنار یک‌دیگر، حداقل به‌اندازه‌ی ۱۵ سانتی‌متر هم‌پوشانی را رعایت می‌کنیم و با برش لازم روی کفشوی‌های آباران بام را باز می‌کنیم. در صورتی که بخواهیم حفاظت مکانیکی بیشتری را ایجاد کنیم یا ظرفیت نگه‌داری آب را افزایش دهیم، از لایه‌ی محافظ با کارایی بالا^۱ استفاده می‌کنیم.



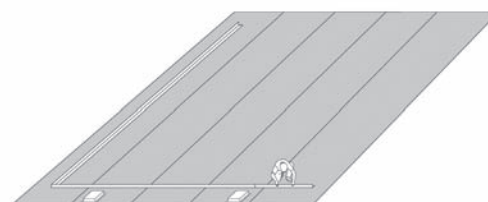
۲. نصب جعبه‌های دسترسی به کفشوی‌های آباران

جعبه‌های دسترسی به کفشوی‌های آباران را بر روی کفشوی‌های آباران بام نصب می‌کنیم و دیواره‌های جعبه‌ها را مطابق با ضخامت سامانه انتخاب می‌کنیم.



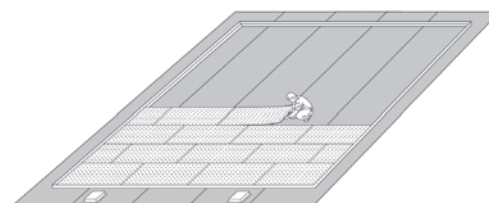
۳. نصب لبه‌ی نگهدارنده

لبه‌ی نگهدارنده باید بر روی بام‌های سبز مختص کشت سطحی به‌گونه‌ای نصب شود که از لبه‌های بام که در امتداد آن‌ها دریچه‌ی کف‌شوی آباران وجود دارد ۷۶ سانتی‌متر و از دیگر لبه‌ها ۴۵ سانتی‌متر فاصله داشته باشد. چنان‌چه نواری شنی پیرامون بام در نظر باشد، لبه‌ی جداکننده بین خاک و شن قرار خواهد داشت و احتیاجی به چسباندن آن نیست. ولی چنان‌چه چنین نوار شنی پیرامونی در نظر نباشد، لبه‌ی نگهدارنده را باید به لایه‌ی ضدآب یا لایه‌ی محافظ چسباند تا از جایش تکان نخورد.



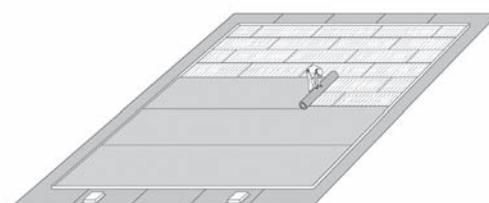
۴. نصب صفحات زه‌کشی

صفحات زه‌کشی را با الگویی که در شکل نشان داده شده است کنار یک‌دیگر قرار می‌دهیم. لایه‌های چندگانه‌ی این صفحات پلاستیکی به‌راحتی توسط اره‌ی کمانه‌ای قابل بریدن است، یا به‌منظور تسریع نصب می‌توان به خرید نیم-صفحه‌های این محصول اقدام کرد. این صفحات باید کاملاً به یک‌دیگر بچسبند ولی هم‌پوشانی نداشته باشند. دو ضخامت برای تطابق داشتن با الزامات زه‌کشی و نگهداری آب، وجود دارد: ۲۵ میلی‌متری و ۴۰ میلی‌متری.



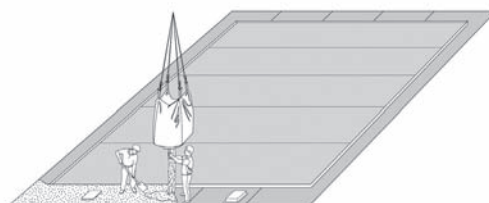
۵. پهن کردن پرده‌ی جداکننده

پرده‌ی جداکننده چنان طراحی شده است که قادر به نگه‌داشتن خاک باشد (بدون آنکه منافذ آن گرفته شود و به ریشه‌ی گیاهان اجازه دهد تا برای رسیدن به آب درون صفحات زه‌کشی نفوذ کنند). هنگام خواباندن این پرده‌ها بر روی صفحات زه‌کشی حداقل هم‌پوشانی آنها باید ۱۵ سانتی‌متر باشد. برش پرده در لبه‌ها باید با دقت صورت گیرد.



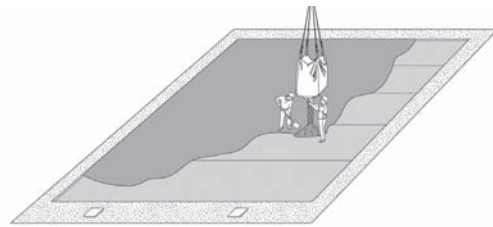
۶. ریختن شن در نوار پیرامونی

شن خوب شسته‌شده را که حداقل ۱ سانتی‌متر قطر داشته باشد در نوار پیرامونی پهن می‌کنیم. برای انجام این کار و کاهش صدمات، در صورت امکان، از جرثقیل و کیسه‌ی معلق از آن کمک می‌گیریم.



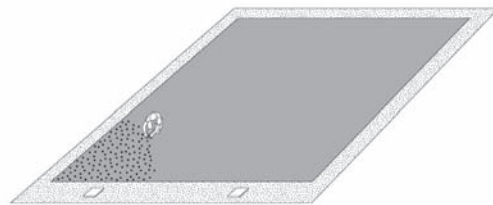
۷. ریختن خاک

برای بام‌های مختص کشت سطحی، خاک مخصوص بام سبز برای کشت سطحی را به میزان حداقل ۰/۸۱ متر مکعب در ۱۰ متر مربع می‌ریزیم (به ضخامت تقریبی ۸ سانتی‌متر). برای بام‌های مختص کشت عمقی، خاک مختص بام سبز برای کشت عمیق را به اندازه‌ای می‌ریزیم که برای رسیدن به ضخامت سامانه‌ی مورد نظر لازم است. برای انجام این کار و برای کاهش صدمات، در صورت امکان، از جرثقیل و کیسه‌ی معلق از آن کمک می‌گیریم.



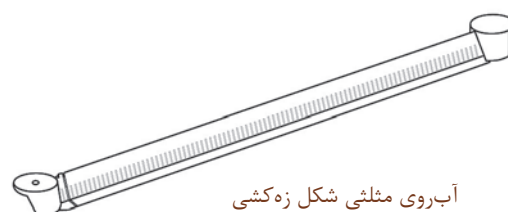
۸. کاشت گیاهان

گیاهان بام سبز را با الگویی غیرمنتظم و به‌میزان بیست عدد در هر متر مربع می‌کاریم. سپس آب فراوان به آن‌ها می‌دهیم و در طول فصل‌های خشک، تا دو سال آن‌ها را به‌خوبی آبیاری می‌کنیم.



سامانه‌های زه‌کشی با مخلوط دانه‌ای

توصیف: این نوع از سامانه‌های بام سبز توسط لایه‌ای از مخلوط دانه‌ای غیرارگانیک زه‌کشی می‌شود. برای به حداکثر رساندن میزان نگهداری آب و به حداقل رساندن وزن، این مخلوط دانه‌ای باید حاوی درصد قابل توجهی از ماده‌ی متخلخلی مانند سنگ با حرارت منبسط‌شده^۱ باشد. برای به حداقل رساندن میزان جداسازی، مخلوط خوب دانه‌بندی‌شده‌ای با اجزای با قطر بین ۳ تا ۱۳ میلی‌متر ارجحیت دارد. یک آب‌روی زه‌کشی پلاستیکی شکاف‌دار با مقطع مثلث در داخل این مخلوط برای خارج ساختن آب اضافی، کار گذاشته می‌شود.



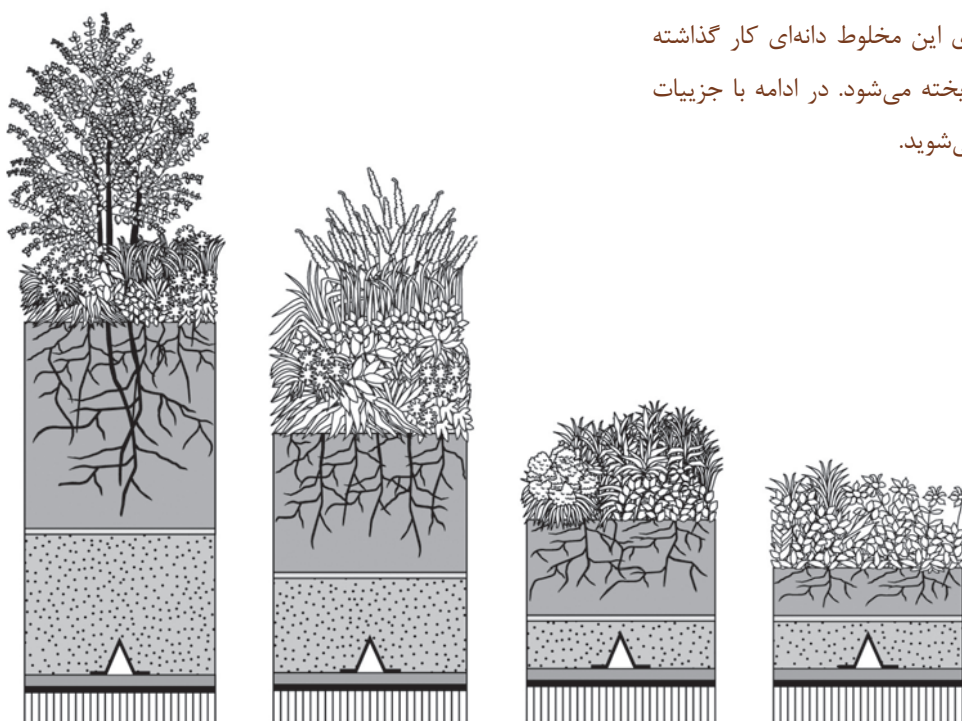
آب‌روی مثلثی شکل زه‌کشی

کاربرد: هرچند مخلوط دانه‌ای درمقایسه با دیگر سامانه‌های زه‌کشی، سنگین‌تر و کار گذاشتن آن مشکل‌تر است، ولی محیطی بهینه را برای رشد ریشه‌ی گیاه مهیا می‌سازد. مخلوط دانه‌ای برای بام‌های دارای شیب کم‌تر از ۱/۱۲ توصیه می‌شود.

عناصر: لایه‌ی مصنوعی محافظ و نگه‌دارنده‌ی آب، با وزن ۹۰۰ گرم در متر مربع، بر روی لایه‌ی ضدآب یا مانع نفوذ ریشه‌ی گیاهان، کار گذاشته می‌شود. برای بام‌های مختص کشت سطحی، یک لایه‌ی ۹۰۰ گرم بر متر مربع با خاصیت موئینگی جهت تنظیم جریان آب، برای عملکرد بهتر توصیه می‌شود. شبکه‌ای از آب‌روهای پلاستیکی مثلثی شکل شکاف‌دار بر روی این لایه کار گذاشته می‌شود و به جعبه‌های دسترسی به کف‌شوی‌های آّب‌باران بام متصل می‌گردد. سپس برای بام‌های مختص کشت سطحی، مخلوط دانه‌ای به ضخامت ۵ سانتی‌متر بر روی این لایه پخش می‌شود؛ این ضخامت برای بام‌های مختص کشت نیمه‌عمیق

1- Heat-expanded rock

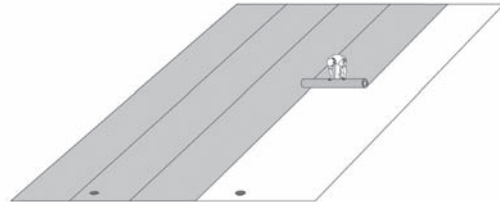
و عمیق ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر است. یک پرده‌ی جداکننده با وزن ۲۰۰ گرم در متر مربع بر روی این مخلوط دانه‌ای کار گذاشته می‌شود و بر روی آن خاک ریخته می‌شود. در ادامه با جزییات روش نصب این سامانه آشنا می‌شوید.



نام سامانه	G _۱	G _۲	G _۳	G _۴
گیاهان مناسب	سودوم بوته‌های کوچک	سودوم بوته‌های کوچک گیاهان پایا	گیاهان پایا چمن‌ها بوته‌ها	چمن‌ها بوته‌ها درخت‌ها
مخلوط خاک کشت سطحی	۵ سانتی‌متر	۱۰/۲ سانتی‌متر	-	-
مخلوط خاک کشت عمیق	-	-	۱۵/۲ سانتی‌متر	۲۲/۹ سانتی‌متر
پرده‌ی جداکننده	۳ میلی‌متر	۳ میلی‌متر	۳ میلی‌متر	۳ میلی‌متر
مخلوط دانه‌ای زه‌کش	۵ سانتی‌متر	۵ سانتی‌متر	۱۰/۲ سانتی‌متر	۱۲/۷ سانتی‌متر
لایه‌ی محافظ	۶ میلی‌متر	۶ میلی‌متر	۶ میلی‌متر	۶ میلی‌متر
ضخامت اسمی	۱۰/۲ سانتی‌متر	۱۵/۲ سانتی‌متر	۲۵/۴ سانتی‌متر	۳۵/۵ سانتی‌متر
وزن خشک	۷۸/۱ کیلوگرم بر مترمربع	۱۱۷/۲ کیلوگرم بر مترمربع	۱۹۵/۳ کیلوگرم بر مترمربع	۲۷۳/۴ کیلوگرم بر مترمربع
وزن اشباع‌شده	۱۱۲/۳ کیلوگرم بر مترمربع	۱۷۵/۸ کیلوگرم بر مترمربع	۲۸۳/۲ کیلوگرم بر مترمربع	۴۰۰/۴ کیلوگرم بر مترمربع
حداقل شیب	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲
حداکثر شیب	۱/۱۲	۱/۱۲	۱/۱۲	۱/۱۲
نگهداری آب (%)	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰

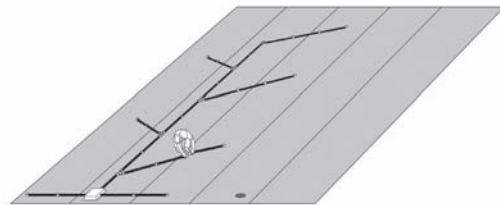
۱. پهن کردن لایه‌ی محافظ

چنانچه پوشش ضدآب اولیه‌ی بام در برابر نفوذ ریشه‌ی گیاهان مقاوم نباشد، ابتدا لایه‌ی مانع نفوذ ریشه را کار می‌گذاریم. سپس لایه‌ی محافظ با ظرفیت نگهداری آب را پهن می‌کنیم و هنگام قرارگیری آن‌ها در کنار یک‌دیگر، حداقل به‌اندازه‌ی ۱۵ سانتی‌متر هم‌پوشانی را رعایت می‌کنیم و با برش لازم، روی کفشوی‌های بام را باز می‌کنیم. برای این منظور از لایه‌ی استاندارد محافظ استفاده می‌کنیم و در صورتی که بخواهیم کارآیی بهینه را تضمین کنیم، از لایه‌ی محافظ با خاصیت موئینگی برای بام‌های سبز مختص کشت سطحی، و از لایه‌ی محافظ با کارایی بالا برای بام‌های مختص کشت عمیق، استفاده می‌کنیم.



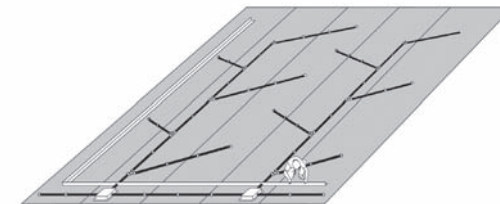
۲. نصب سامانه‌ی زه‌کشی

جعبه‌های دسترسی به کفشوی‌های بام را بر روی کفشوی‌های آباران روی بام نصب می‌کنیم و ارتفاع دیواره‌های جعبه‌ها را مطابق با ضخامت سامانه انتخاب می‌کنیم. سپس به ساخت "درخت‌های" زه‌کشی با استفاده از آب‌روهای مثلثی شکل و فواصل مخصوص مبادرت می‌کنیم. به‌منظور تضمین کارآیی بهینه، باید فاصله‌ی هر نقطه از بام از نزدیک‌ترین آبرو حداکثر دو متر باشد: این امر به این معنی است که فاصله‌ی بین "شاخه‌ها" حداکثر ۴ متر باشد.



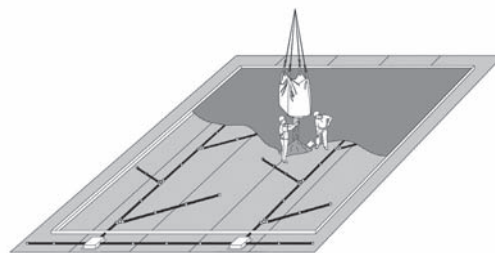
۳. نصب لبه‌ی نگه‌دارنده

لبه‌ی نگه‌دارنده باید بر روی بام‌های سبز مختص کشت سطحی به‌گونه‌ای نصب شود که از لبه‌های بام که در امتداد آن‌ها دریچه‌ی کفشوی آباران وجود دارد ۷۶ سانتی‌متر و از دیگر لبه‌ها ۴۵ سانتی‌متر فاصله داشته باشد. چنانچه نواری شنی در پیرامون بام در نظر باشد، لبه‌ی جداکننده بین خاک و شن قرار خواهد گرفت و احتیاجی به چسباندن آن نیست. ولی چنانچه چنین نوار شنی پیرامونی در نظر نباشد، لبه‌ی نگه‌دارنده را باید به لایه‌ی ضدآب یا لایه‌ی محافظ چسباند تا از جایش تکان نخورد.



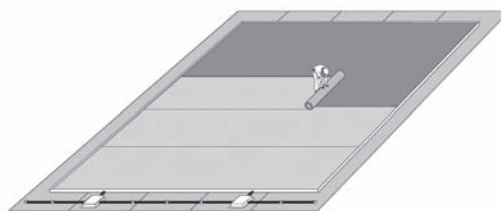
۴. پخش کردن مخلوط دانه‌ای

مخلوط دانه‌ای زه‌کشی یا مخلوطی دیگر که غیرارگانیک بوده و خاصیت زه‌کشی خوبی داشته باشد و درضمن اندازه‌ی دانه‌های آن مناسب و pH آن خنثی باشد، را پخش می‌کنیم. برای بام‌های مختص کشت سطحی یا نیمه‌عمیق، خاک مخصوص بام سبز برای کشت سطحی را به میزان حداقل ۰/۵۴ متر مکعب در ۱۰ متر مربع می‌ریزیم (به ضخامت تقریبی ۵ سانتی‌متر)، و برای بام‌های مختص کشت عمیق، خاک مختص بام سبز برای کشت عمیق را به‌اندازه‌ی ۰/۵۴ متر مکعب در ۵ متر مربع می‌ریزیم (به ضخامت تقریبی ۱۰ سانتی‌متر). برای انجام این کار و برای کاهش صدمات، در صورت امکان و عدم تحمیل هزینه‌ی بیش از اندازه، از جرثقیل و کیسه‌ی معلق از آن کمک می‌گیریم.



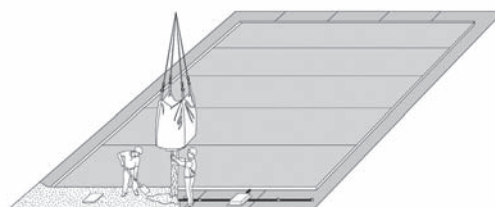
۵. پهن کردن پرده‌ی جداکننده

پرده‌ی جداکننده چنان طراحی شده است که قادر به نگه‌داشتن خاک باشد (بدون آنکه منافذ آن گرفته شود و به ریشه‌ی گیاهان اجازه دهد تا برای رسیدن به آب درون مخلوط دانه‌ای نفوذ کنند). هنگام خواباندن این پرده بر روی مخلوط دانه‌ای حداقل هم‌پوشانی آنها باید ۱۵ سانتی‌متر باشد. برش پرده در لبه‌ها باید با دقت صورت گیرد.



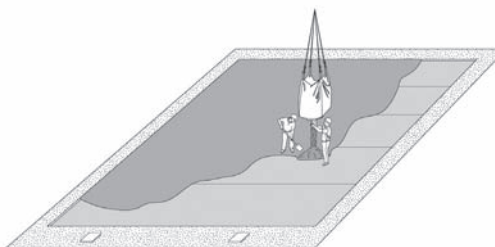
۶. ریختن شن در نوار پیرامونی

شن خوب شسته‌شده که دانه‌های آن حداقل ۱ سانتی‌متر قطر داشته باشد را در نوار پیرامونی پهن می‌کنیم. برای انجام این کار، به‌منظور کاهش صدمات و عدم ایجاد هزینه‌ی بیش از اندازه، از جرثقیل و کیسه‌ی معلق از آن کمک می‌گیریم.



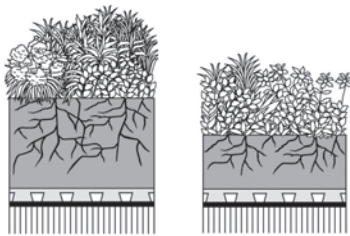
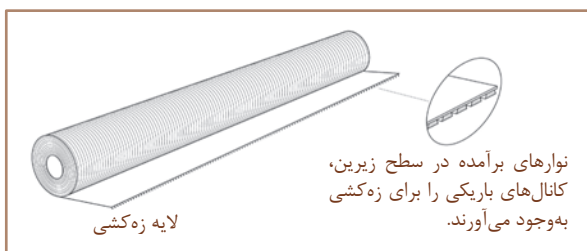
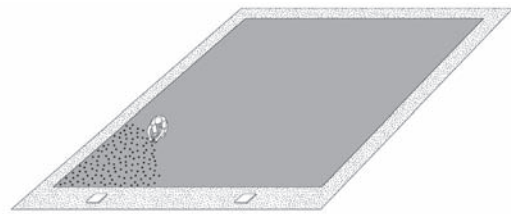
۷. ریختن خاک

برای بام‌های مختص کشت سطحی، خاک مخصوص بام سبز برای کشت سطحی را به میزان حداقل ۰/۵۴ متر مکعب در ۱۰ متر مربع می‌ریزیم (به ضخامت تقریبی ۵ سانتی‌متر). برای بام‌های مختص کشت عمیق، خاک مختص بام سبز برای کشت عمیق را به‌اندازه‌ی می‌ریزیم که برای رسیدن به ضخامت سامانه‌ی مورد نظر لازم است. برای انجام این کار و برای کاهش صدمات، در صورت امکان، از جرثقیل و کیسه‌ی معلق از آن کمک می‌گیریم.



۸. کاشت گیاهان

گیاهان بام سبز را با الگویی غیرمنتظم و به میزان بیست عدد در هر متر مربع می‌کاریم. سپس آب فراوان به آن‌ها می‌دهیم و در طول فصل‌های خشک تا دو سال آن‌ها را به‌خوبی آبیاری می‌کنیم.



نام سامانه	M _۱	M _۲
گیاهان مناسب	گل ناز بوته‌های کوچک	گل ناز بوته‌های کوچک گیاهان پایا
مخلوط خاک کشت سطحی	۷/۶ سانتی‌متر	۱۰/۲ سانتی‌متر
لایه‌ی زه‌کشی	۱ سانتی‌متر	۱ سانتی‌متر
لایه‌ی محافظ	*	*
ضخامت اسمی	۷/۶ سانتی‌متر	۱۲/۷ سانتی‌متر
وزن خشک	۶۳/۵ کیلوگرم بر مترمربع	۱۰۲/۵ کیلوگرم بر مترمربع
وزن اشباع‌شده	۹۷/۶ کیلوگرم بر مترمربع	۱۵۶/۲ کیلوگرم بر مترمربع
حداقل شیب	۱/۱۲	۱/۱۲
حداکثر شیب	۳/۱۲	۳/۱۲
نگهداری آب (%)	۵۰	۶۰

* لایه‌ی محافظ فقط در لبه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

سامانه‌های زه‌کشی با لایه‌ی زه‌کشی

توصیف: این نوع از سامانه‌های بام سبز توسط لایه‌ی زه‌کشی، که یک لایه‌ی مصنوعی چندلایه است، زه‌کشی می‌شود که در آن واحد، سه عمل جداساختن خاک، زه‌کشی و محافظت را انجام می‌دهد. درمقایسه با سامانه‌های بام‌های سبز که در آنها از صفحات زه‌کشی و مخلوط دانه‌ای زه‌کشی استفاده می‌شود، نصب این سامانه سریع‌تر است و بام سبزی سبک‌تر و کم‌عمق‌تر ایجاد می‌کند. با این وجود، ظرفیت نگهداری آب و زه‌کشی آن محدود است، درنتیجه برای بام‌های شیب‌داری استفاده می‌شود که مناسب برای زه‌کشی نوع P یا نوع G نیستند.

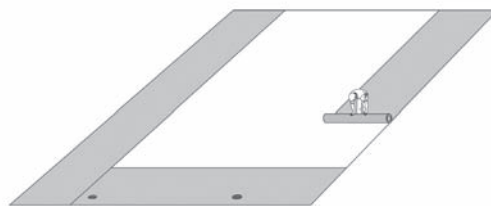
کاربرد: لایه‌ی زه‌کشی تنها برای بام‌های دارای شیب بیش‌تر از ۱/۱۲ توصیه می‌شود. به این دلیل، در اغلب موارد در بام‌های سبز ساختمان‌های مسکونی استفاده می‌شود.

عناصر: لایه‌ی مصنوعی محافظ و نگهداری آب، با وزن ۵۰۰ گرم در متر مربع، در پیرامون بام و بر روی لایه‌ی ضدآب یا مانع نفوذ ریشه‌ی گیاهان، کار گذاشته می‌شود. لایه‌ی زه‌کشی بر روی لایه‌ی محافظ و بقیه‌ی بام، به‌نحوی که نوارهای برآمده‌ی آن در جهت شیب بام باشند، کار گذاشته می‌شود. سپس خاک بر روی این لایه‌ی زه‌کشی پخش می‌شود. در ادامه با جزییات روش نصب این سامانه آشنا می‌شوید.

چنان‌چه شیب بام بیش از ۲/۱۲ باشد، محصولی که مختص تثبیت مکانیکی شیب بر روی لایه‌ی زه‌کشی است، نصب می‌گردد. اگر شیب بیش از ۳/۱۲ باشد، لایه‌ی زه‌کشی باید به‌طور مکانیکی به بالای بام متصل شود.

۱. پهن کردن لایه‌ی محافظ

چنانچه پوشش ضدآب اولیه‌ی بام در برابر نفوذ ریشه‌ی گیاهان مقاوم نباشد، ابتدا لایه‌ی مانع نفوذ ریشه را کار می‌گذاریم. سپس لایه‌ی محافظ را پیرامون بام پهن می‌کنیم و با برش لازم روی کفشوی‌های بام را باز می‌کنیم. در قسمت پایین بام از لایه‌ی محافظ با خاصیت موئینگی استفاده می‌شود تا از جمع‌شدن آب جلوگیری کند.



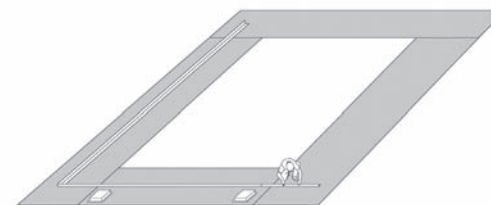
۲. نصب جعبه‌های زه‌کشی برای دسترسی به آب‌روها

جعبه‌های مخصوص برای دسترسی به کفشوی‌های بام را بر روی کفشوی‌های بام نصب می‌کنیم. در بام‌های شیب‌داری که به‌جای کفشوی آب‌باران دارای آب‌چکان/ناودان هستند احتیاجی به این جعبه‌ها نیست.



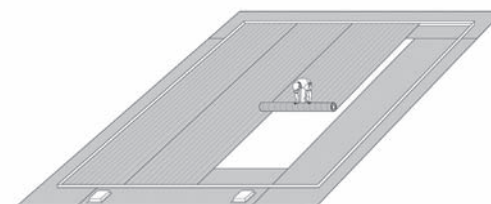
۳. نصب لبه‌ی نگه‌دارنده

لبه‌ی نگه‌دارنده باید بر روی بام‌های سبز مختص کشت سطحی به‌گونه‌ای نصب شود که از لبه‌هایی از بام که در امتداد آن‌ها دریچه‌ی کفشوی بام وجود دارد، ۷۶ سانتی‌متر و از دیگر لبه‌ها ۴۵ سانتی‌متر فاصله داشته باشد. چنانچه نواری شنی در پیرامون بام در نظر باشد، لبه‌ی جداکننده، بین خاک و شن قرار خواهد داشت و احتیاجی به چسباندن آن نیست. ولی چنانچه چنین نوار شنی پیرامونی در نظر نباشد، لبه‌ی نگه‌دارنده را باید به لایه‌ی ضدآب یا لایه‌ی محافظ چسباند تا از جایش تکان نخورد.



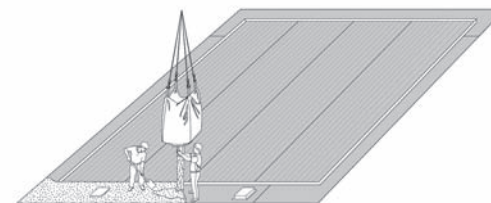
۴. پهن کردن لایه‌ی زه‌کشی

لایه‌ی زه‌کشی را با حداقل هم‌پوشانی به‌اندازه‌ی ۱۵ سانتی‌متر پهن می‌کنیم. این لایه سه عمل محافظت، نگهداری آب و زه‌کشی را انجام می‌دهد.



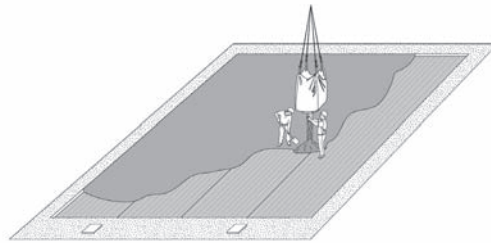
۵. ریختن شن در نوار پیرامونی

شن خوب شسته‌شده که دانه‌های آن حداقل ۱ سانتی‌متر قطر داشته باشد را در نوار پیرامونی پهن می‌کنیم. برای انجام این کار، به‌منظور کاهش صدمات و عدم ایجاد هزینه‌ی بیش‌ازاندازه، در صورت امکان، از جرثقیل و کیسه‌ی معلق از آن کمک می‌گیریم.



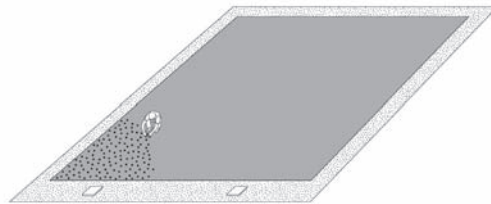
۶. ریختن خاک

برای بام‌های مختص کشت سطحی، خاک مخصوص بام سبز برای کشت سطحی را به میزان حداقل ۰/۷۶ متر مکعب در ۱۰ متر مربع می‌ریزیم (به ضخامت تقریبی ۷ سانتی‌متر). برای انجام این کار برای کاهش صدمات، در صورت امکان، از جرثقیل و کیسه‌ی معلق از آن کمک می‌گیریم.



۷. کاشت گیاهان

گیاهان بام سبز را با الگوی غیرمنتظم و به‌میزان بیست عدد در هر متر مربع می‌کاریم. سپس آب فراوان به آن‌ها می‌دهیم و در طول فصل‌های خشک تا دو سال آن‌ها را به‌خوبی آبیاری می‌کنیم.

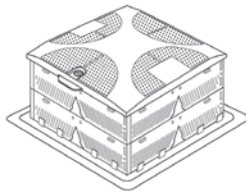


جعبه‌های زه‌کشی

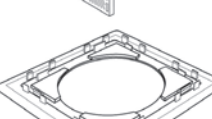
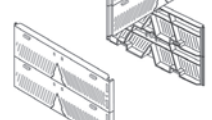
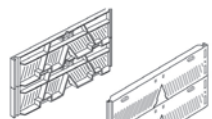
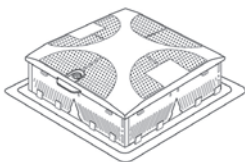
جعبه‌های زه‌کشی از داخل شدن خاک و مخلوط دانه‌های زه‌کشی به‌درون کف‌شوی‌های آباران بام جلوگیری می‌کنند، اما جلوی جریان روان‌آب را از شیارهای موجود در دیواره‌ها و سقف جعبه نمی‌گیرند. طراحی این جعبه‌ها به‌گونه‌ای است که با سامانه‌های مختص کشت سطحی، نیمه‌عمیق و عمیق، از ۱۰ تا ۸۰ سانتی‌متر، قابل انطباق باشد. دهانه‌های مثلثی‌شکل موجود در هر دیواره‌ی جعبه، اتصال آسان آب‌روهای مثلثی‌شکل زه‌کشی که در زه‌کشی سامانه‌های بام سبز با مخلوط دانه‌ای استفاده می‌شوند را میسر می‌سازند. جعبه‌های زه‌کشی از پلاستیک سیاه ABS درست شده‌اند که در مقابل تغییرات زیاد درجه‌حرارت مقاوم هستند.

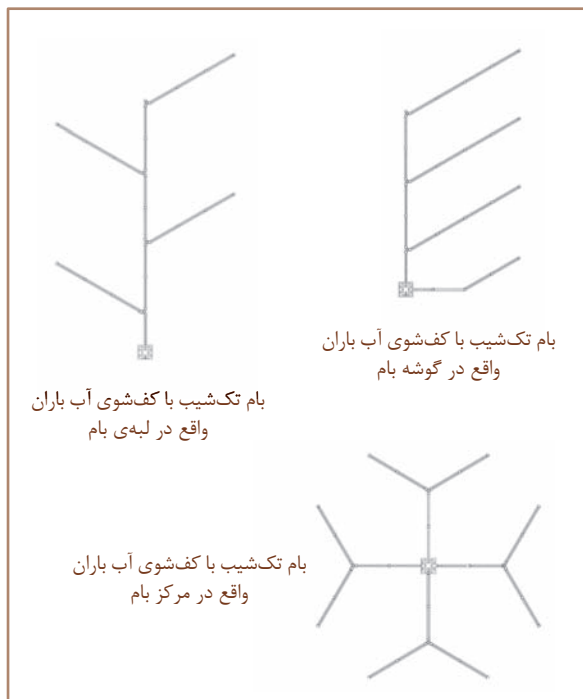
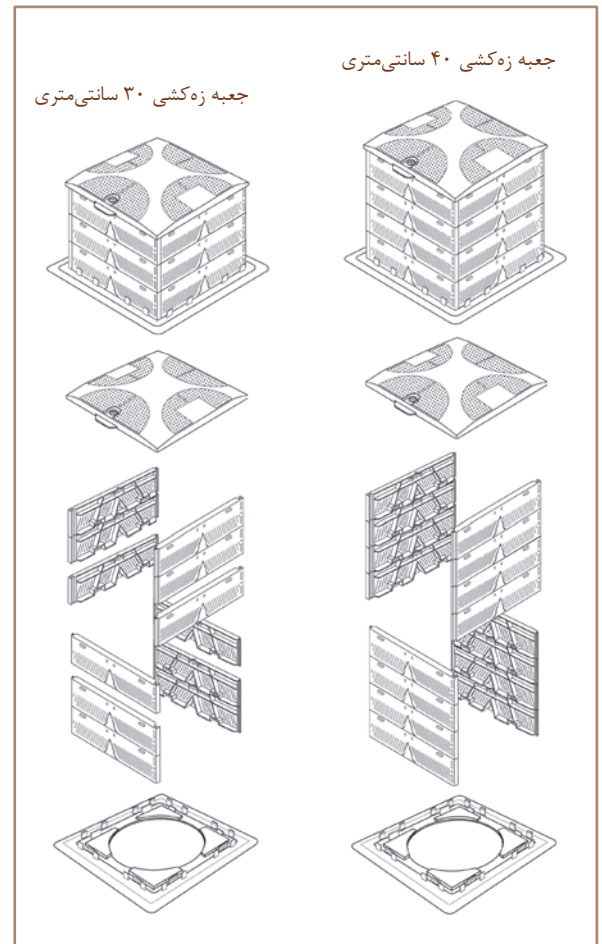
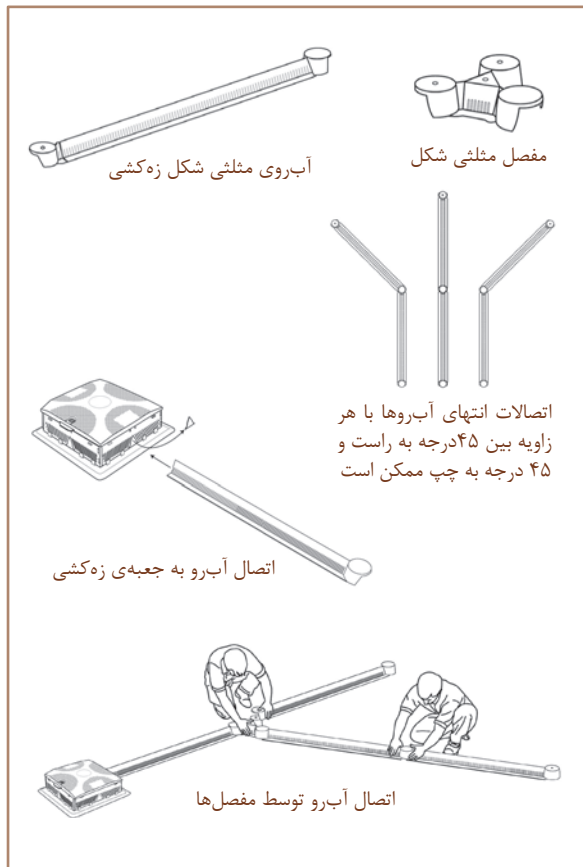
مونتاژ: یک جعبه‌ی زه‌کشی از یک پوشش فوقانی، یک صفحه‌ی زیرین و تعدادی دیواره برای پاسخ‌گویی به ارتفاع مورد نیاز برای بام سبز مربوطه تشکیل شده است. هر دیواره از چهار بخش ۱۰ سانتی‌متری که به‌راحتی قابل جداسازی از یک‌دیگر هستند، تشکیل شده است.

جعبه زه‌کشی ۲۰ سانتی‌متری



جعبه زه‌کشی ۱۰ سانتی‌متری





آبروهای مثلثی شکل زه‌کشی

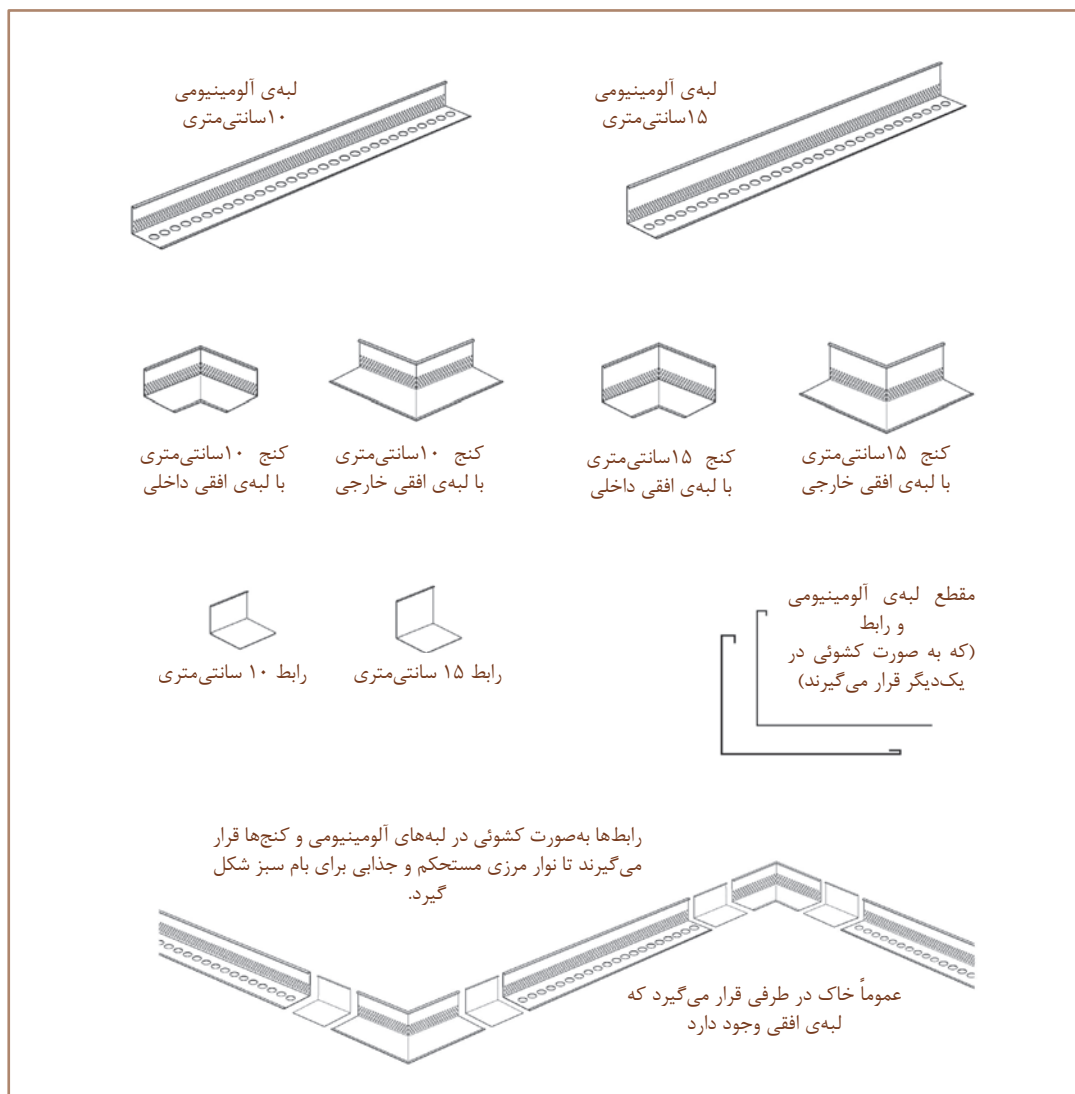
آبروهای مثلثی شکل زه‌کشی در مخلوط دانه‌ای، برای دور کردن آب اضافی به‌سوی کفشوی‌های آباران بام یا آب‌چکان/ناودان‌ها، کار گذاشته می‌شوند. هر آبرو ۱ متر طول و ۵۰ میلی‌متر ارتفاع دارد. مقطع مثلثی این آبروها سطح بهینه را مهیا ساخته و از شناور شدن آن به‌طرف بالا جلوگیری می‌کند. اتصالات انتهایی آبروها تا ۹۰ درجه جای چرخش دارد.

طراحی سامانه: تصاویر زیر، انواع گوناگون به‌کارگیری این آبروها را نشان می‌دهند. برای بازدهی بهینه، حداکثر فاصله‌ی هر نقطه از بام از یک آبروی زه‌کشی باید دو متر باشد؛ این امر به این معنی است که تقریباً برای هر ۴ متر مربع سطح بام، باید حداقل یک قطعه آبروی ۱ متری کار گذاشته شود.

لبه‌ی آلومینیومی

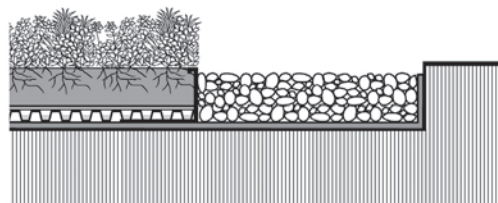
لبه‌ی آلومینیومی برای نگهداشتن خاک در لبه‌های بام، جداساختن خاک از نوارهای شنی و جداساختن خاک از سطوح کف‌سازی شده، استفاده می‌شود. صدها سوراخ تعبیه شده در لبه‌ی عمودی این عنصر سبب رد شدن آسان آب و در عین حال، نگهداشتن خاک می‌شوند. دو ارتفاع استاندارد برای این قطعه وجود دارد: ۱۰۰ میلی‌متری و ۱۵۰ میلی‌متری. هر دوی این اندازه‌ها از آلومینیوم مستحکم ۱/۵ میلی‌متری ساخته شده‌اند و

هر دو، لبه‌ی افقی ۱۵۰ میلی‌متری دارند تا سبب تثبیت هرچه بیش‌تر آن بر روی زمین شوند. لبه افقی می‌تواند با نوار چسب یا جوش قابل اتصال به غشاهای زیرین خود، وصل شود. این لبه‌های آلومینیومی در قطعات ۲ متری عرضه می‌شوند. برای اتصال لبه‌های آلومینیومی به یکدیگر و به کنج‌های داخلی یا خارجی، از رابط‌هایی استفاده می‌شود که به صورت کشویی در آن‌ها قرار می‌گیرند و اتصالات و گوشه‌هایی مستحکم و جذاب را فراهم می‌سازند.

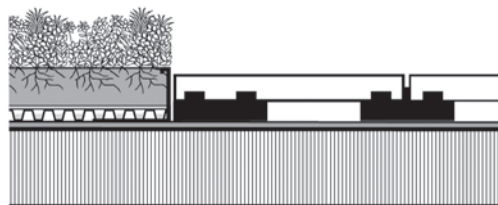


تثبیت بام سبز بر روی بام‌های شیب‌دار

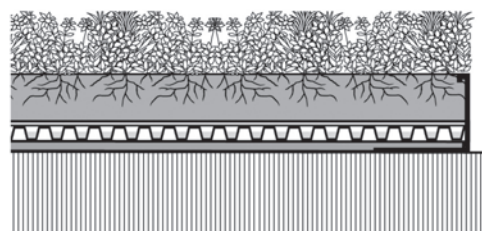
لبه‌ی آلومینیومی می‌تواند برای جداساختن خاک بام سبز از نوار شنی پیرامون بام، مورد استفاده قرار گیرد.



لبه‌ی آلومینیومی می‌تواند برای جداساختن خاک بام سبز از بلوک‌های کف‌سازی بام مورد استفاده قرار گیرد.



لبه‌ی آلومینیومی می‌تواند برای نگهداشتن خاک بام سبز در لبه‌ی بام مورد استفاده قرار گیرد. برای تثبیت لبه‌ی آلومینیومی بر روی لایه‌های ضد آب یا لایه‌های مانع رشد ریشه‌ی گیاهان، می‌توان از نوارچسب یا چسب‌های مایع، به‌صورت سرد یا گرم بهره گرفت.

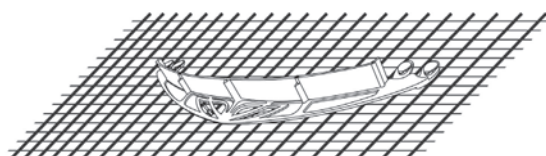


تثبیت لبه‌ی آلومینیومی توسط نوار چسب بر روی لایه‌ی ضد آب بام.



تثبیت بام سبز بر روی بام‌های شیب‌دار

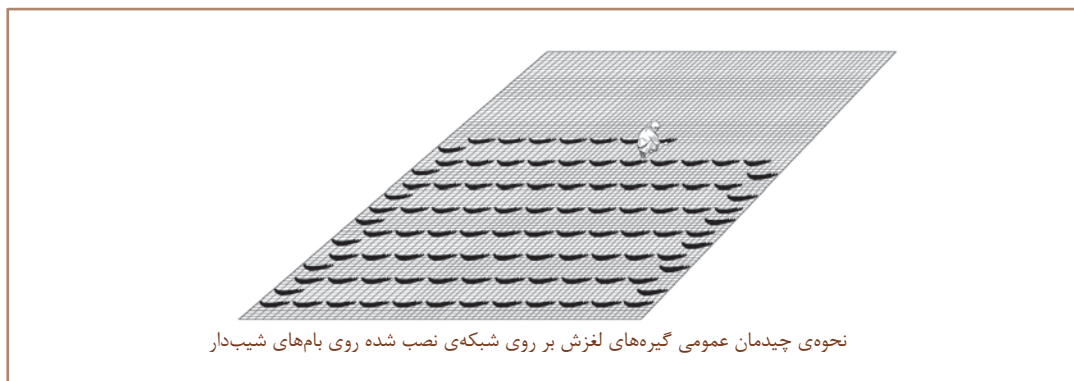
هنگامی که شیب بام به $2/12$ یا تقریباً 10° درجه می‌رسد، برای جلوگیری از سُر خوردن خاک به پایین، باید تمهیدات خاصی در نظر گرفته شود.



گیره‌ی ضد لغزش که بر روی شبکه‌ی ضد لغزش تثبیت شده است

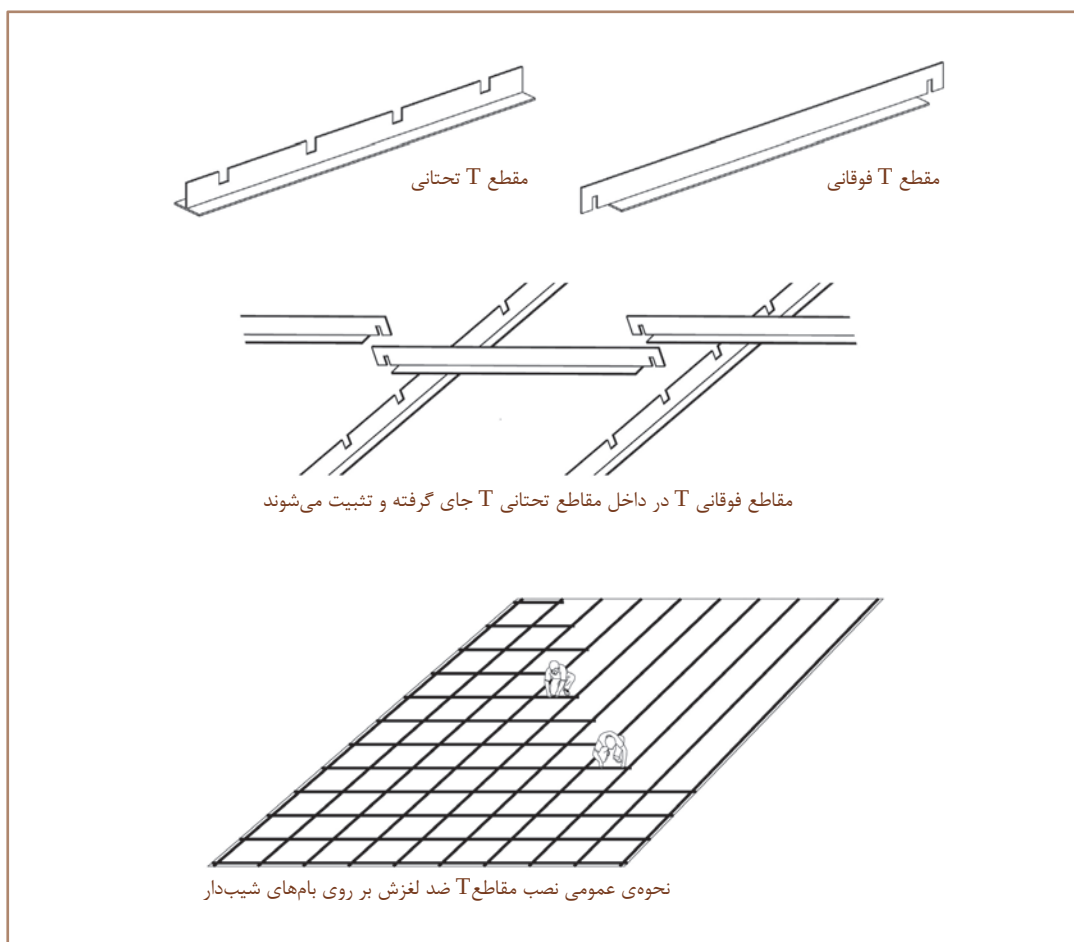


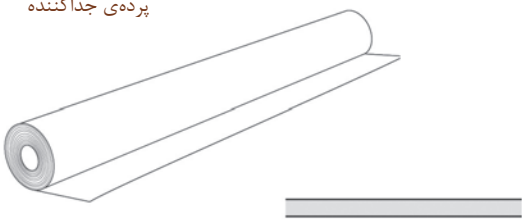
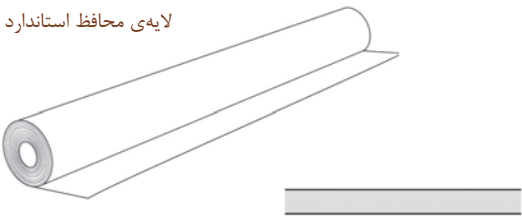
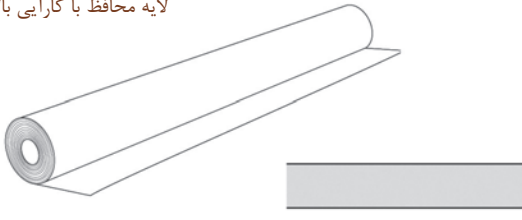
گیره‌ی ضد لغزش



قفل می‌شوند: مقطع تحتانی در جهت شیب بام و مقطع فوقانی عمود بر آن کار گذاشته می‌شود. مقاطع تحتانی با فاصله‌ی تقریبی ۱ متر از یکدیگر و مقاطع فوقانی بسته به میزان شیب بام، از ۲۵ تا ۱۲۵ سانتی‌متر از یکدیگر نصب می‌شوند.

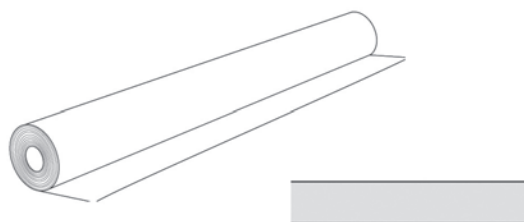
مقاطع T ضد لغزش: علی‌رغم سامانه‌ی گیره/شبکه، سامانه‌ی ضد لغزش با مقطع T، بار خاک را به طرف پایین بام، به دست‌انداز یا پیشانی باربر لبه‌ی بام منتقل می‌سازد. این سامانه از دو مقطع T-شکل پلاستیکی تشکیل می‌شود که در یکدیگر قرار گرفته و



عناصر بام سبز	
شرح	تصویر
پرده‌ی جداکننده، محصولی بافته‌نشده از پلی‌پروپیلن بازیافتی است. از آن‌جا که احتمال گرفتن منافذ آن به‌مراتب کم‌تر از صافی‌های معمولی است، برای جداساختن خاک‌های بام سبز از مخلوط زه‌کشی یا صفحات زه‌کشی زیر آن، بسیار ایده‌آل است. وزن این محصول حدود ۲۰۰ گرم در متر مربع است. رول‌های آن ۲ متر در ۲۵ متر است و با در نظر گرفتن هم‌پوشانی ۱۵ سانتی‌متری نوارهای مجاور آن، هر رول حدود ۴۶ متر مربع از سطح بام را پوشش می‌دهد.	پرده‌ی جداکننده 
لایه‌ی محافظ استاندارد، محصولی بافته‌نشده از پلی‌پروپیلن بازیافتی است. این محصول در برابر سوراخ‌شدن مقاوم است و ظرفیت نگهداری آب آن ۴ لیتر در متر مربع است و به این دلایل برای محافظت کردن و نگهداشتن آب در زیر صفحات پلاستیکی زه‌کشی ایده‌آل است. وزن این محصول حدود ۵۰۰ گرم در متر مربع است. رول‌های آن ۲ متر در ۲۵ متر است و با در نظر گرفتن هم‌پوشانی ۱۵ سانتی‌متری نوارهای مجاور آن، هر رول حدود ۴۶ متر مربع از سطح بام را پوشش می‌دهد.	لایه‌ی محافظ استاندارد 
لایه‌ی محافظ با کارایی بالا، محصولی بافته‌نشده از پلی‌پروپیلن بازیافتی است. این محصول در برابر سوراخ‌شدن بسیار مقاوم است و ظرفیت نگهداری آب آن ۶ لیتر در متر مربع است و به این دلایل برای محافظت کردن و نگهداشتن آب در زیر مخلوط دانه‌ای زه‌کشی ایده‌آل است. وزن این محصول حدود ۹۰۰ گرم در متر مربع است. رول‌های آن ۲ متر در ۱۵ متر است و با در نظر گرفتن هم‌پوشانی ۱۵ سانتی‌متری نوارهای مجاور آن، هر رول حدود ۲۸ متر مربع از سطح بام را پوشش می‌دهد.	لایه محافظ با کارایی بالا 

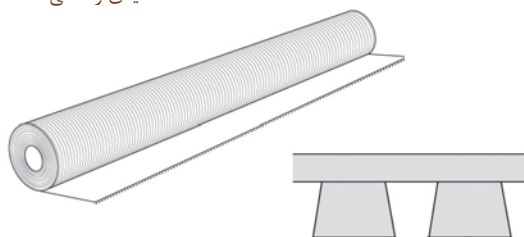
تثبیت بام سبز بر روی بام‌های شیب‌دار

لایه‌ی محافظ ۹۰۰ گرمی با خاصیت موئینگی



لایه‌ی محافظ با خاصیت موئینگی محصولی بافته‌نشده و ساخته‌شده از ترکیبی از ابریشم مصنوعی^۱ و پلی‌پروپیلن بازیافتی است. ظرفیت نگهداری آب آن استثنایی و ۹ لیتر در متر مربع است و به این دلیل برای استفاده در زیر مخلوط دانه‌ای زه‌کشی بر روی بام‌های سبز مختص کشت سطحی، بسیار ایده‌آل است. وزن این محصول حدود ۹۰۰ گرم در متر مربع است. رول‌های آن ۲ متر در ۱۵ متر است و با در نظر گرفتن هم‌پوشانی ۱۵ سانتی‌متری نوارهای مجاور آن، هر رول حدود ۲۸ متر مربع از سطح بام را پوشش می‌دهد.

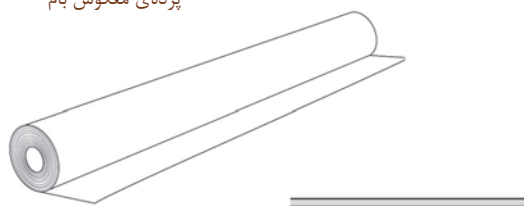
لایه‌ی زه‌کشی



لایه‌ی زه‌کشی، محصولی چندلایه و بافته‌نشده از ترکیبی از پلی‌پروپیلن و آکرلیک است. این محصول ترکیبی از عملکردهای پرده‌ی جداکننده، لایه‌ی محافظ و سامانه‌ی زه‌کشی است و قابلیت نگهداری آب آن ۶ لیتر در متر مربع است.

این محصول برای استفاده بر روی بام‌های سبز مختص کشت سطحی با شیب بین ۱/۱۲ تا ۳/۱۲ ایده‌آل است. وزن این محصول حدود ۸۰۰ گرم در متر مربع است. رول‌های آن ۲ متر در ۱۰ متر است و با در نظر گرفتن هم‌پوشانی ۱۵ سانتی‌متری نوارهای مجاور آن، هر رول حدود ۱۸/۵ متر مربع از سطح بام را پوشش می‌دهد.

پرده‌ی معکوس بام



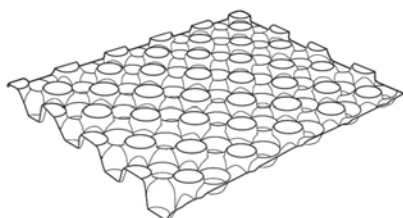
پرده‌ی معکوس بام، محصولی بافته‌نشده با طراحی ویژه برای استفاده بر روی عایق پلی‌استیرن روزن‌ران با چگالی بالا^۲ است که بر روی لایه‌ی ضدآب کار گذاشته می‌شود. این پرده از نفوذ خاک در عایق جلوگیری می‌کند ولی قابلیت انتقال هوا دارد و آبی را که قادر به کاهش ارزش حرارتی عایق است را محبوس نمی‌سازد. رول‌های آن ۲/۲۵ متر در ۱۰۰ متر است و با در نظر گرفتن هم‌پوشانی ۱۵ سانتی‌متری نوارهای مجاور آن، هر رول حدود ۲۱۴ متر مربع از سطح بام را پوشش می‌دهد.

1- Rayon

2- High-density extruded polystyrene insulation

تثبیت بام سبز بر روی بام‌های شیب‌دار

صفحه‌ی ۲۵ میلی‌متری زه‌کشی



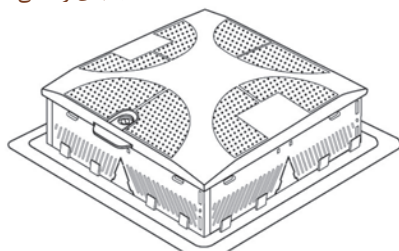
صفحه‌ی ۲۵ میلی‌متری زه‌کشی، ورقه‌ای پلاستیکی و مشبک است که از پروپیلن بازیافتی، ساخته شده است. بخش فوقانی این ورقه ۵ لیتر آب را در هر متر مربع خود نگهداری می‌کند و فضای تحتانی آن به‌عنوان خروجی پُر توانی برای زه‌کشی عمل می‌کند. آب فقط تا نیمه‌ی این ورقه را پر می‌کند و فضایی خالی را در زیر پرده‌ی جداکننده باقی می‌گذارد. ورقه‌های آن ۱ متر در ۲ متر است و با در نظر گرفتن حداقل هم‌پوشانی، هر ورقه‌ی آن حدود ۱/۸۵ متر مربع از سطح بام را پوشش می‌دهد و بدون این هم‌پوشانی ۲ متر مربع را می‌پوشاند.

صفحه‌ی ۴۰ میلی‌متری زه‌کشی



صفحه‌ی ۴۰ میلی‌متری زه‌کشی ورقه‌ای پلاستیکی و مشبک است که از پروپیلن بازیافتی ساخته شده است. بخش فوقانی این ورقه ۷ لیتر آب را در هر متر مربع خود نگهداری می‌کند و فضای تحتانی آن به‌عنوان خروجی پُر توانی برای زه‌کشی عمل می‌کند. آب فقط تا نیمه‌ی این ورقه را پر می‌کند و فضایی خالی را در زیر پرده‌ی جداکننده باقی می‌گذارد. ورقه‌های آن ۱ متر در ۲ متر است و با در نظر گرفتن حداقل هم‌پوشانی، هر ورقه‌ی آن حدود ۱/۸۵ متر مربع از سطح بام را پوشش می‌دهد و بدون این هم‌پوشانی ۲ متر مربع را می‌پوشاند.

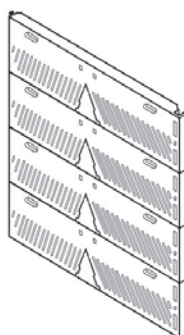
جعبه‌ی زه‌کشی



جعبه‌ی زه‌کشی، پوششی پلاستیکی و بادوام برای کفشوی آب باران بام است که از ABS سیاه بازیافتی ساخته شده است. شکاف‌های موجود بر روی دیواره‌ها و سطح فوقانی آن اجازه‌ی رد شدن آسان آب را می‌دهد و درعین حال از ورود خاک و مخلوط زه‌کشی به‌درون کفشوی جلوگیری می‌کند. یک حفره به‌قطر ۳۰ سانتی‌متر در کف آن، اتصال بسیار خوبی به کفشوی بام را مهیا می‌سازد. هر جعبه‌ی زه‌کشی از یک صفحه‌ی فوقانی، یک صفحه‌ی تحتانی و چهار دیواره به ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر تشکیل می‌شود. دیواره‌های الحاقی تا ارتفاع ۸۰ سانتی‌متر با مضرپی از ۱۰ سانتی‌متر، نیز مجاز است تا قابلیت انطباق ارتفاعی آن با هر نوع بام سبز، چه برای کشت سطحی و چه برای کشت عمیق، حاصل شود.

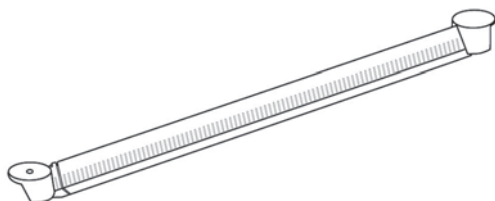
تثبیت بام سبز بر روی بام‌های شیب‌دار

دیواره‌ی الحاقی جعبه‌ی زه‌کشی



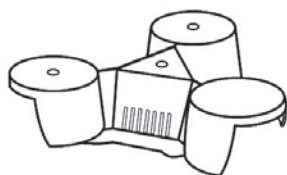
دیواره‌ی الحاقی، که از پلاستیک سیاه ABS بازیافتی ساخته شده است، قابل جداسازی یا ترکیب است تا بتواند ارتفاع جعبه‌ی زه‌کشی را تا ۸۰ سانتی‌متر افزایش دهد. هر دیواره‌ی الحاقی از چهار بخش ۱۰ سانتی‌متری به‌هم‌چسبیده تشکیل شده است، که در صورت نیاز، به‌آسانی قابل تفکیک هستند. دیواره‌های مجاور یک‌دیگر باید به‌صورت کشویی به‌هم‌دیگر متصل شوند. دیواره‌های مجاور بلندتر از ۴۰ سانتی‌متر باید در گوشه‌ها به‌یک‌دیگر پیچ شوند.

آبروی مثلثی شکل زه‌کشی



آبروهای مثلثی شکل زه‌کشی، از پلاستیک بازیافتی ABS و با ردیف‌هایی از شکاف‌های عمودی در هر طرف آن، ساخته شده‌اند. این آبروها می‌توانند در مخلوط دانه‌ای به‌منظور هدایت آب اضافی به سوی کف‌شوی‌های آباران یا آب‌چکان/ناودان‌های بام کار گذاشته شوند، یا به‌طور معکوس می‌توانند برای آبیاری سامانه‌های بام سبز مختص کشت عمیق با مخلوط دانه‌ای، مورد بهره‌برداری قرار گیرند. هر قطعه از این محصول ۱ متر طول و ۵ سانتی‌متر ارتفاع دارد. مقطع مثلثی شکل خاص آن، سطحی بهینه را در اختیار می‌گذارد و از شناور شدن آن به‌سوی بالا جلوگیری می‌کند. انتهای این قطعات قابل اتصال به‌یک‌دیگر هستند و تا ۴۵ درجه چرخش به‌سمت راست یا چپ را میسر می‌سازند.

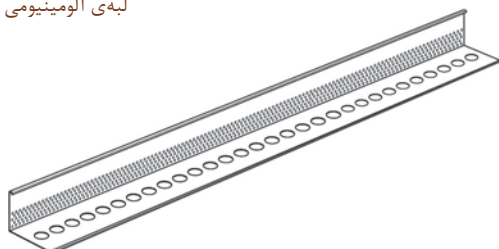
مفصل مثلثی شکل



مفصل‌های مثلثی شکل، عناصری ساخته‌شده از پلاستیک سیاه ABS بازیافتی برای زه‌کشی‌اندکه دارای وجه‌هایی شکاف‌دار و مفصل‌هایی گرد در انتها هستند. از این قطعات برای اتصال آبروهای زه‌کشی سه‌گوش، به‌منظور چندراهه کردن زه‌کش، استفاده می‌شود. طراحی سه مفصل انتهایی این قطعات به‌گونه‌ای است که بدون نیاز به هیچ ابزاری، قادر به متصل کردن آبروها - با قابلیت چرخش تا ۴۵ درجه به‌سمت راست یا چپ - هستند. طراحی این قطعات مانند طراحی آبروهای مثلثی شکل است تا از شناور شدن آن‌ها به‌سمت بالا در مخلوط دانه‌ای هنگام استفاده در بام‌های سبز مختص کشت سطحی جلوگیری کند.

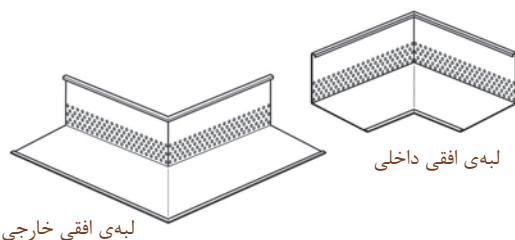
تثیت بام سبز بر روی شیب‌دار

لبه‌ی آلومینیومی



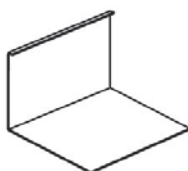
لبه‌ی آلومینیومی، از یک آلیاژ آلومینیومی آبداده به ضخامت ۱/۵ میلی‌متر ساخته شده است. این محصول برای نگهداری خاک در لبه‌های بام و یا برای جداسازی خاک از شن و کف‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. سوراخ‌های تعبیه‌شده بر روی لبه‌ی عمودی آن در عین نگهداری خاک، امکان عبور آسان آب را نیز فراهم می‌کند. این محصول در طول ۲ متری و ارتفاع‌های ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متری، که هردوی آن‌ها دارای لبه‌ی افقی عریض ۱۵ سانتی‌متری با حفره‌های بزرگ هستند تا چسباندن آن‌ها توسط چسب نواری یا جوش به لایه‌های زیرین به‌خوبی میسر باشد.

کنج‌های آلومینیومی



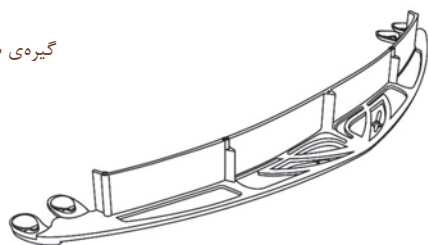
کنج‌های آلومینیومی، از یک آلیاژ آلومینیومی آبداده به ضخامت ۱/۵ میلی‌متر ساخته شده‌اند. از این کنج‌ها برای ایجاد اتصال ۹۰ درجه‌ای مستحکم و جذاب لبه‌های آلومینیومی استفاده می‌شود. این محصول در دو ارتفاع ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متری و لبه‌ی افقی عریض ۱۵ سانتی‌متری عرضه می‌شود. کنج‌های آلومینیومی خارجی به‌طور معمول، برای اطراف پنجره‌های سقفی^۱ و کفشوی‌های آباران بام و کنج‌های آلومینیومی داخلی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

رابط آلومینیومی



رابط‌های آلومینیومی از یک آلیاژ آلومینیومی آبداده به ضخامت ۱ میلی‌متر ساخته شده‌اند. از این رابط‌ها برای اتصال لبه‌ها و کنج‌های آلومینیومی به یک‌دیگر به‌صورت کشویی استفاده می‌شود تا اتصالاتی محکم و نامرئی ایجاد شوند.

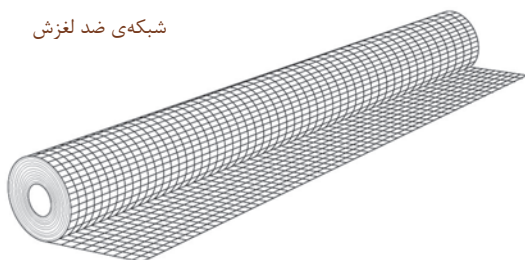
گیره‌ی ضد لغزش



گیره‌های ضدلغزش، عناصری از پلاستیک ABS بازتابی هستند که برای نگهداری خاک، همراه با شبکه‌ی ضدلغزش، برای جلوگیری از لغزش خاک از روی بام‌های سبز شیب‌دار، توسط انتقال بار خاک به بالای بام، مورد استفاده قرار می‌گیرند. چنان‌چه بام مورد نظر دارای شیب دوطرفه یا بشکه‌مانند باشد، بار دوطرف می‌تواند یک‌دیگر را متعادل سازند؛ در غیر این صورت این شبکه باید به‌صورت مکانیکی بر روی سطح بام تثبیت گردد. ردیف‌های این گیره‌ها با فواصل ۲۵ تا ۱۲۵ سانتی‌متری، نسبت به مقدار شیب بام، نصب می‌گردند.

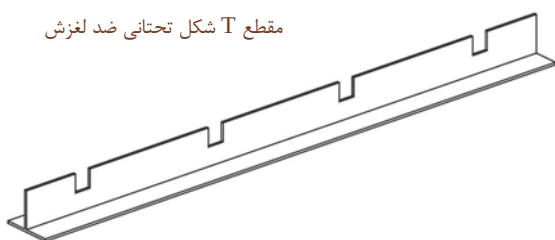
تثبیت بام سبز بر روی بام‌های شیب‌دار

شبه‌ی ضد لغزش



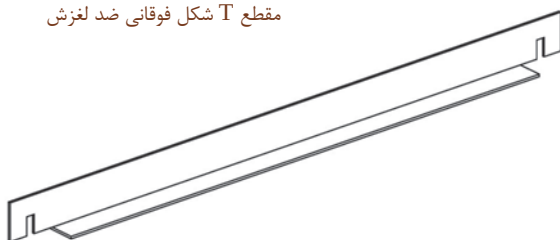
شبه‌ی ضدلغزش، یک شبه‌ی فوق‌العاده محکم پلاستیکی و برابر است که همراه با گیره‌های ضدلغزش، برای جلوگیری از لغزش خاک از روی بام‌های سبز شیب‌دار توسط انتقال بار خاک به بالای بام، مورد استفاده قرار می‌گیرد. چنان‌چه بام مورد نظر دارای شیب دوطرفه یا بشکه‌مانند باشد، بار دوطرف می‌تواند یک‌دیگر را متعادل سازند؛ در غیر این صورت این شبه باید به صورت مکانیکی بر روی سطح بام تثبیت شود.

مقطع T شکل تحتانی ضد لغزش



مقطع T شکل تحتانی ضدلغزش، همراه با مقطع T شکل فوقانی ضدلغزش، به منظور جلوگیری از لغزش خاک به طرف پایین بام، بار خاک را به طرف پایین بام به دست‌انداز یا پیشانی برابر لبه‌ی بام منتقل می‌سازد. این مقاطع تحتانی از پلی‌اتیلن ضخیم ساخته شده و از پیش دندانه‌دار شده است تا دندانه‌های مقاطع فوقانی در آن‌ها جای گیرند. مقاطع تحتانی در جهت شیب و با فاصله‌ی تقریبی ۱ متر از یک‌دیگر، نصب می‌شوند. دو اندازه‌ی استاندارد این قطعات ۲/۱۵ و ۳/۲۵ متر است.

مقطع T شکل فوقانی ضد لغزش



مقطع T شکل فوقانی ضدلغزش، همراه با مقطع T شکل تحتانی ضدلغزش، به منظور جلوگیری از لغزش خاک به طرف پایین بام، بار خاک را به طرف پایین بام به دست‌انداز یا پیشانی برابر لبه‌ی بام منتقل می‌سازد. این مقاطع تحتانی از پلی‌اتیلن ضخیم ساخته شده و از پیش دندانه‌دار شده است تا در دندانه‌های مقاطع تحتانی جای گیرند. مقاطع فوقانی در جهت عمود بر شیب و بسته به میزان شیب بام، با فاصله‌ی بین ۲۵ تا ۱۲۵ سانتی‌متر از یک‌دیگر نصب می‌شوند.

کود



کود مخصوص کشت سطحی، کودی است که با سرعت کم آزاد می‌شود. این کود به گونه‌ای طراحی می‌شود تا برای تغذیه‌ی مکفی گیاهان پایای بام‌های سبز مختص کشت سطحی، پاسخ‌گو باشد. این محصول را از سال دوم، سالی دوبار استفاده می‌کنیم، عموماً در ماه‌های آوریل (فروردین) و جولای (تیر) و به میزان تقریبی ۲ کیلوگرم در هر صد متر مربع.

مطالعات موردی

◀ بام‌های سبز در اروپا

امروزه، اکثر کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه در راستای بهره‌گیری از بام‌های سبز گام‌های جدی برداشته‌اند که در این میان تلاش‌های برخی از آن‌ها ملموس‌تر است. برای مثال، بام‌های سبزه‌کاری شده از صدها سال پیش در اوپا رایج بوده است. این بام‌ها طی قرن‌ها در اروپا تکامل پیدا کرده‌اند و از کلبه‌هایی با بام‌های سبز، به باغ‌های مدرن و مجهزی بالای سقف خانه‌ها تبدیل شده‌اند. هدف بام‌های سبز اولیه، ایجاد یک محافظ و به عبارت دیگر، عایق حرارتی در برابر سرمای شدید بوده است، به همین دلیل از موادی مانند کاه که عایق حرارتی مناسبی است، در بام استفاده می‌کردند.

در دهه ۱۹۸۰، جنبش اکولوژیکی بزرگی سرتاسر اروپا را فرا گرفت که منجر به ایجاد وحدت میان اصول اکولوژیکی و اصول صنعت ساخت‌وساز شد. با گذشت زمان، پژوهش‌ها ثابت کرد که بام سبز از لحاظ فنی هیچ مشکلی برای لایه‌های بام ایجاد نمی‌کند و اگر این لایه‌ها، ضداً باشند و طوری طراحی شوند که ریشه‌های گیاهان در آن‌ها نفوذ نکند، هیچ آسیبی به آن‌ها نمی‌رسد. به این ترتیب با افزایش رقابت در صنعت ساخت‌وساز، به تدریج بام‌های سبز نیز رقیب بام‌های آسفالتی متداول شدند و به همین دلیل طراحی بام سبز در اروپا رونق گرفت.

در اروپای مدرن با جمعیت زیاد و فضای کم برای ساخت ساختمان‌های جدید، طراحان تصمیم گرفتند که سازه‌های قدیمی را احیا کنند و آن‌ها را با الزامات زیست‌محیطی مانند مدیریت سیلاب‌ها هماهنگ سازند. یکی از راه‌کارها برای رسیدن به این هدف احداث بام‌های سبز است که در بسیاری از شهرهای اروپا برای تمام ساختمان‌های جدید، الزامی است. برای گسترش و رایج شدن آن‌ها مشوق‌های مالی نیز در نظر گرفته شده است. طی دهه‌های اخیر در اروپا شیوه‌های متفاوتی برای طراحی بام سبز رایج شده است. متداول‌ترین روش، احداث بام‌های سبز کم‌عمق معمولی است، که سطح وسیعی با سطح مقطع یکنواخت، پوشش

داده می‌شود. شیوه‌ی دیگری نیز رواج یافته است، در این روش عمق بستر کشت در بخش‌های مختلف بام، متفاوت است و در آن‌ها از کشت گیاهان بومی استفاده می‌شود. به‌کارگیری این روش، منجر به رشد گونه‌های گیاهی متنوع‌تری می‌شود و طیف گسترده‌ای از حشرات از بام‌ها به عنوان زیستگاه استفاده می‌کنند. در اروپا، بام‌های سبز با اهداف متفاوتی، طراحی می‌شوند و هر کدام از آن‌ها پاسخگوی شرایط و الزامات خاص خود هستند. به عنوان مثال، بعضی از بام‌های سبز برای جلب پرنده‌ای خاص و ایجاد زیستگاهی برای آن‌ها ایجاد می‌شوند و برخی برای ایجاد فضایی مطبوع برای ساکنان یک ساختمان. مدارس نیز اغلب از بام‌های سبز برای اهداف آموزشی استفاده می‌کنند.

به‌طور کلی نمونه‌های بام‌های سبز در اروپا بسیار متنوع هستند و هدف‌های طراحی آن‌ها، متفاوت است. در ادامه‌ی این بخش به معرفی نمونه‌هایی از این بام‌ها می‌پردازیم.

◀ فرودگاه‌های قاره‌ی اروپا

فرودگاه‌ها، به‌طور معمول، فضاهای گسترده‌ی زیادی دارند، مانند: ساختمان ترمینال، پارکینگ، باند پرواز، انبار، فضاهای خدماتی و غیره. بنابراین در فرودگاه‌ها قابلیت زیادی برای اجرای بام سبز وجود دارد. از سوی دیگر هوای اطراف فرودگاه‌ها اصولاً گرم است و دمای آن‌ها بسیار بالاتر از نقاط باز پیرامون‌شان است. در فرودگاه‌ها حتی اگر سامانه‌ی دفع سیلاب با دقت مناسب طراحی شده باشد، باز هم هنگام باران‌های شدید، این سامانه ظرفیت دفع آب‌های اضافی را ندارد، به‌همین دلیل روی ساختمان‌های ترمینال، انتظار، خدمات و سایر ساختمان‌های بسیاری از فرودگاه‌های بزرگ قاره‌ی اروپا، بام سبز اجرا شده است.

با وجود این که بام‌های سبز این فرودگاه‌ها تبدیل به زیستگاه پرندگان و جانوران گوناگون شده است، اما مزاحمتی برای هواپیماها و کارکنان ایجاد نمی‌کنند، زیرا گونه‌های گیاهی این بام‌ها با دقت بسیار زیادی انتخاب شده‌اند و پیوسته از آنها مراقبت می‌شود.



نمی‌کنند. علاوه بر این بیش‌تر گیاهان این فرودگاه، آبیاری و کوددهی نمی‌شوند.

روی بام ترمینال‌های ۱ و ۲، ساختمان بار و ترمینال B این فرودگاه بام سبز اجرا شده است که مساحت آن حدود ۳۰/۰۰۰ مترمربع است و فقط بخش کوچکی از آن به مساحت ۲۴۰۰ مترمربع بام سبز عمیق دارد و بقیه از نوع کم‌عمق است. ضخامت بستر کشت در بام‌های عمیق، ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متر و در بام‌های کم‌عمق، ۷/۵ تا ۱۰ سانتی‌متر است. آب اضافی ناشی از باران، از



این بام‌های جمع‌آوری می‌شود و به مصرف‌های دیگر می‌رسد. در پایان باید به این نکته اشاره کرد که در اروپا همه‌ی انواع بام‌های سبز اجرا شده‌اند و در واقع بام‌های سبز در اروپا جزئی از

در طراحی سایت فرودگاه‌ها معمولاً چالش‌های ویژه‌ای وجود دارد. فضاهای پیرامون فرودگاه‌ها معمولاً فضاهای بایر و توسعه نیافته‌ای هستند که می‌توانند از آلودگی صوتی و آلودگی هوای فرودگاه‌ها بکاهند و همچنین حریم امنی برای فرود هواپیماها فراهم کنند. اما اگر این فضاهای توسعه نیافته به‌درستی مدیریت نشوند، زیست‌گاهی برای پرندگان بزرگ می‌شوند که پرواز هواپیماها را به مخاطره می‌اندازند. برای جلوگیری از بروز خطرات احتمالی، در چند سال گذشته، در فرودگاه‌ها روشی به کار گرفته شده است تا جانوران را از سکونت در فضای پیرامونی فرودگاه‌ها دل‌سرد کند. به‌عنوان مثال، گیاهانی که برای این فضاها انتخاب می‌شوند گل، میوه و یا دانه نمی‌دهند و در نتیجه جانوران را جلب نمی‌کنند. ارتفاع سبزه‌ها نیز با دقت تنظیم می‌شود، زیرا اگر ارتفاع سبزه‌ها زیاد باشد، جوندگان را به خود جلب می‌کنند و اگر ارتفاع آن‌ها کوتاه باشد، پرندگانی مانند غازها را به سوی خود می‌کشند. بنابراین ارتفاع سبزه‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که هیچ موجودی را به خود جلب نکند.

سه فرودگاه اصلی در اروپا، یعنی فرودگاه بین‌المللی شیفرول در آمستردام هلند، فرودگاه بین‌المللی کلوتن در زوریخ سوئیس و فرودگاه بین‌المللی فرانکفورت در آلمان، بام‌های سبز نمونه دارند. در اینجا، دو نمونه از این فرودگاه‌ها معرفی شده است.

فرودگاه بین‌المللی فرانکفورت

بزرگ‌ترین فرودگاه اروپا، فرودگاه بین‌المللی فرانکفورت کشور آلمان است. این فرودگاه در یک منطقه‌ی پرجمعیت، واقع شده است و مساحت آن حدود ۲۰۰۰ هکتار است. بین دو باند فرودگاه، یک فضای باز به مساحت حدود ۵۰۰ هکتار (کل فرودگاه) وجود دارد که این فضای باز، یک منطقه‌ی طبیعی مهم است، زیرا گیاهان و حیوانات در معرض خطر، در این منطقه زندگی می‌کنند. برخلاف سایر فرودگاه‌های بین‌المللی که از روش‌های گوناگون برای ترساندن پرندگان استفاده می‌کنند، در این فرودگاه گیاهان طوری انتخاب می‌شوند که پرندگان را به‌سمت خود جلب

سبز، معمولا مکان‌های مناسبی هستند که پرندگان و بسیاری از گونه‌های جانوری بی‌مهره و حشرات جذب آن‌ها می‌شوند. در بام این ساختمان، از بستر کشت بومی که از خاک رس ماسه‌ای و شن ساخته شده، استفاده شده است و عمق بستر کشت در قسمت‌های مختلف، متفاوت است. در این بام، بیش‌تر از آن که کاشت گیاهان انجام شود، شرایطی فراهم شده است که گیاهان خودشان جوانه بزنند، به این ترتیب که دانه‌هایی که بر روی بستر کشت پاشیده می‌شود، جوانه بزنند و رشد کنند.

این بام در سال ۲۰۰۳ بازسازی شد و بستر کشت آن به تدریج کنده شد و بستر جدیدی به همراه تجهیزات جدید به جای نمونه‌ی قدیمی قرار گرفت. شکل این بام، به صورت L است و پیرامون یک حیاط مرکزی واقع شده است. این حیاط مرکزی، در واقع نور ساختمان را تامین می‌کند. عمق بستر کشت در این بام از ۸ تا ۱۵ یا ۲۵ سانتی‌متر متغیر است. این بام شامل قسمت‌های چمن‌کاری شده و بخش‌هایی با پوشش گیاهی کم‌پشت است، در هر کدام از این مناطق، جانوران و گیاهان خاصی زندگی می‌کنند. از ساختمان‌های دیگر این مجموعه ساختمان روستی است، این ساختمان را یک معمار سوئیسی طراحی کرده است. این ساختمان با شیشه‌های سبز پوشانده شده است و نمای زیبایی از خیابان و ساختمان‌های قدیمی‌تر بیمارستان فراهم می‌کند. این ساختمان حدود ۱۰۰ متر از رودخانه راین فاصله دارد، طراحان آن تصمیم گرفتند که زیست‌گاهی برای موجودات حوزه‌ی این رودخانه، روی بام این ساختمان احیا کنند. در این بام از بستر کشت بومی استفاده شده است، به این ترتیب ۶۰ درصد آن از سنگ، شن و ماسه ساخته شده است و باقی‌مانده آن را مواد ارگانیک و اساسا گیاهک تشکیل می‌دهد. عمق این بام از ۷/۵ تا ۳۸ سانتی‌متر متغیر است. در قسمت‌هایی از بستر کشت، تپه‌های کوچکی با ارتفاع ۲۵ تا ۳۸ سانتی‌متر وجود دارد، ولی در سایر قسمت‌ها، ضخامت بستر کشت، تنها ۷ سانتی‌متر است. قسمت‌های عمیق‌تر از سبزه و گیاهانی مانند چمن خشک پوشیده شده است، ولی در قسمت‌هایی که عمق بستر کشت کم است، پوشش گیاهی

طراحی ساختمان و توسعه شهری به‌شمار می‌آیند و در بسیاری از شهرها اجرای آن‌ها اجباری است. همچنین از آنجا که دانشمندان اروپایی نیز درگیر مطالعات مربوط به بام‌های سبز شده‌اند، تلاش زیادی در جریان است تا بام‌های سبز به‌عنوان زیستگاه‌هایی برای گونه‌های متفاوت زیستی تعریف شوند و راه‌حل‌های خلاقانه‌تری برای اجرای این نوع بام ارایه شود.

بیمارستان، دانشگاه باسل

مجموعه بیمارستان و دانشگاهی در شهر باسل، تقریبا شبیه یک مجموعه‌ی دانشگاهی است و ساختمان‌های آن پیرامون یک باغ وسیع قرار گرفته‌اند. خود این باغ روی یک پارکینگ زیرزمینی واقع شده است. علاوه بر این، تعدادی از ساختمان‌های این مجموعه که هر کدام در زمان‌های متفاوتی ساخته شده‌اند، بام سبز دارند. در این جا روزهایی از سال که آب و هوا مطبوع است، مردم می‌توانند در پارک داخل این مجموعه قدم بزنند. در این مجموعه بوستان‌های زیبا با کافی‌شاپ‌ها، آب‌نماها و مجسمه‌ها وجود دارد که مکان‌های بسیار آرام و مناسبی برای ملاقات بیماران و خانواده‌های‌شان را فراهم می‌کند. فضای عمومی این بیمارستان، کمک زیادی به بهبود حال بیماران می‌کند.

در سال ۱۹۹۰، به کلینیک شماره یک این مجموعه که در سال ۱۹۳۷ ساخته شده بود، بام سبز اضافه شد تا بیماران به‌جای بام‌های خاکستری رنگ، شاهد مناظر زیبایی از فضاهای سبز باشند. در سال ۱۹۷۸، کلینیک شماره دو این مجموعه ساخته شد و بام سبز بر روی تمام سطح بام آن اجرا شد. در سال ۱۹۹۸، یکی از پژوهشگران دانشگاه باسل، پژوهش‌هایی درباره روش‌های بام سبز انجام داد. به نظر او، بام‌های سبز بهترین فرصت برای پرورش انواع گونه‌های گیاهی و جانوران هستند. او به این نتیجه رسید که به جای اجرای بام‌های سبز، با سطح مقطع یکنواخت، سیستم زهکشی یکنواخت، بستر کشت با عمق یکنواخت و همچنین گیاهان یکنواخت، می‌توان از طیف وسیعی از گیاهان و بستر کشت‌هایی با عمق متفاوت استفاده کرد. این گونه بام‌های

نتیجه‌گیری

مزیت‌های بی‌شمار بام سبز، اعم از افزایش زیبایی منظر شهری، مدیریت سیلاب‌ها، کاهش اثر پدیده جزیره گرمایی شهری، تامین عایق مناسب صدا و گرما، تصفیه هوا، کاهش مصرف انرژی، کاهش دی‌اکسید کربن و آلودگی، ایجاد مزیت‌های اقتصادی و بازسازی زیست‌بوم‌ها، باعث شده مقوله بام سبز اهمیت به‌سزایی در سرتاسر دنیا پیدا کرده و حتی در برخی شهرها قوانین اجباری برای اجرای آن ایجاد شود. طیف و مقیاس استفاده از بام سبز بسیار وسیع است، به‌گونه‌ای که از یک ایستگاه اتوبوس کوچک یا حتی خود اتوبوس گرفته تا پروژه‌های عظیم ملی مانند فرودگاه‌ها و کارخانجات بزرگ هر یک می‌توانند بام سبز مناسب برای خود را داشته باشند و به این ترتیب به‌اندازه‌ی وسیع خود در نجات این کره‌ی خاکی از گرم شدن بیش‌تر و اجتناب از تمامی عواقب فاجعه‌آور آن کمک کنند.



شاید علت اصلی موفقیت و استقبال فراوان از بام سبز در کشورهای گوناگون در این امر نهفته باشد که تقریباً هر توسعه‌ای که دارای ساختمانی باشد می‌تواند به‌میزان ردپای بناهای خود در

نیز پراکنده است و گیاهان بیشتر از نوع سدوم و آویشن هستند. به‌طور کلی، گونه‌های گیاهی و جانوری گوناگونی در بخش‌های مختلف این بام، یافت می‌شوند. هم روی بام این ساختمان و هم روی بام کلینیک شماره ۲، گونه‌های گیاهی مناطق مجاور، کاشته شده‌اند. روی این بام‌ها نیز جانورانی در بخش‌هایی از بام سبز که با زیست‌گاه آن‌ها هماهنگی دارد، زندگی می‌کنند. به‌عنوان مثال در ساختمان روستتی، گونه کمیابی از عنکبوت‌ها زاد و ولد کرده‌اند، این گونه از عنکبوت‌ها، فضاهای با پوشش گیاهی کم را برای زندگی ترجیح می‌دهد، به‌همین دلیل قسمت‌هایی که پوشش گیاهی کمی دارند، مکان‌های مناسبی برای زندگی آن‌ها است. چندگونه کمیاب دیگر از عنکبوت‌ها روی این بام یافت می‌شوند. نتایجی از این قبیل که از بام‌های سبز به‌دست می‌آیند، قابلیت‌های بالقوه‌ی بام سبز را ثابت می‌کنند و در واقع نشان می‌دهد که می‌توان با به‌کارگیری مصالح موجود در طبیعت، زیستگاه‌های طبیعی روی بام سبز ایجاد کرد. باید اشاره کرد که بیش از ۵۲ گونه پروانه، روی بام ساختمان روستتی یافت می‌شوند. بام این ساختمان بیش‌تر برای پژوهش‌های علمی استفاده می‌شود. به‌عنوان مثال، یکی از این دانشمندان، از سه نوع بستر کشت سنگی، ماسه‌ای و مواد آتشفشانی با عمق‌های ۵ و ۸ و ۱۱ سانتی‌متری، در زمینی به مساحت تقریباً ۱۱۰ مترمربعی استفاده کرد و در آن دانه‌های گونه‌های گیاهی مشابهی را پاشید. او از این پژوهش دریافت که نوع و بستر کشت، عامل تعیین‌کننده‌ای برای رشد گیاهان است. به‌عبارت دیگر در بسترهای کشت متفاوت، گونه‌های گیاهی متفاوتی پرورش می‌یابند. این دانشمند روی همین بام درباره جانوران و زیست‌گاه‌های آن‌ها نیز پژوهش‌هایی انجام داد.

مطالعات این دانشمند، منجر به ایجاد تغییراتی در قوانین و آیین‌نامه‌های بام سبز در شهر باسل شده است. امروزه نصب بام سبز بر روی تمام بام‌های مسطح این شهر الزامی است. همچنین بستر کشت این بام‌ها باید از خاک طبیعی و از منابع بومی باشد و عمق بستر کشت در یک بام سبز هم باید متنوع باشد. در این بام‌های سبز هیچ‌گونه آبیاری و کوددهی نباید انجام شود.

پدیده‌ی بام سبز ملحوظ است. همان‌طور که در بخش‌های مختلف این نشریه ملاحظه گردید، اجرای بام سبز هزینه‌ی اولیه‌ی طراحی و اجرای پروژه را بالا می‌برد، اما خوش‌بختانه در طول دوران بهره‌برداری از پروژه، آن‌قدر باعث صرفه‌جویی می‌گردد که تا چندین برابر خرج اضافی نخستین را بازمی‌گرداند. افزون بر این، تأثیرات زیست‌محیطی آن نیز - چه در مقیاس خرد و چه در مقیاس کلان - سبب بهبود کیفیت محیط زندگی ساکنین ساختمان مربوطه و اطراف آن و در نهایت کل شهر یا روستا می‌گردد. امید است در کشور عزیز ما نیز مالکان و متصدیان خصوصی و دولتی ساختمان‌های مسکونی، تجاری، صنعتی، خدماتی و غیره با جدیت هرچه بیشتر در پی ایجاد بام سبز در بناهای خود باشند. هرچند در ایجاد بام سبز در ساختمان‌های موجود، نسبت به ساختمان‌هایی که قرار است طراحی و اجرا گردند، محدودیت‌هایی، عمدتاً به‌خاطر میزان تحمل بار سازه‌ی بنا می‌تواند وجود داشته باشد، اما خوش‌بختانه انواع سبک‌تر بام سبز در اکثریت این بناها قابل اجرا هستند و چنان‌چه با ملاحظات صحیح مهندسی طراحی و اجرا گردند در عین ایجاد ارزش افزوده‌ی بالا، عاری از هرگونه ریسکی خواهند بود.

سایت، یا به‌عبارت دیگر سطح اشغال زمین توسط ابنیه، دارای فضای سبز در بام(های) خود گردد و به‌این ترتیب مقدار زمین طبیعی یا سبزی را که از بین می‌برد در بام ساختمان‌های خود با ایجاد فضای سبز مناسب جبران کند. این درحالی است که این فضا - که تاکنون فضایی بدون مصرف و کاربری بوده است - می‌تواند دارای عمل‌کردهای بسیار مفیدی مانند محل بازی کودکان یا مکانی برای تعامل اجتماعی بین سکنه یا کارکنان و/یا مراجعان آن ساختمان، یا حتی کاشت و برداشت محصولات مانند گوجه‌فرنگی یا انواع سبزیجات گوناگون دیگر گردد. بنابر این می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که هر سه بُعد توسعه‌ی پایدار - یعنی پایداری اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی - در



منابع

1. Green Roof Handbook, Conservation Technology, www.conservationtechnology.com
2. Green Roof Construction and Maintenance, Kelly Luckett, McGrawHill, New York, 2009
3. IPCC (2007-05-04). "Summary for Policymakers", Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/Report/AR4WG1_Print_SPM.pdf. Retrieved 2009-07-03
4. http://en.wikipedia.org/wiki/Green_roof
5. Green roof : a case study, Werthmann, Christian, Princeton Architectural Press, 2007
6. Green roofs: in sustainable landscape design, Steven L. Cantor, W.W. Norton & Co, 2008
7. Landscape architecture , 2007, 01, January , Vol. 97 , No. 1

گروه بین‌المللی ره‌شهر تا کنون ۱۳۸ نشریه با عناوین زیر منتشر کرده

است:

- ۱- کاربرد جدید شیشه در نمای ساختمان (تابستان ۱۳۷۱)
- ۲- پارکینگ مراکز تجاری (پائیز ۱۳۷۱)
- ۳- محافظت در مقابل زلزله (زمستان ۱۳۷۱)
- ۴- جمع آوری و دفع زباله و مسائل ناشی از آن (زمستان ۱۳۷۱)
- ۵- طرح اسکان و سریع (زمستان ۱۳۷۱)
- ۶- مجموعه مقالات راجع به ژئوسنتز (بهار ۱۳۷۲)
- ۷- مهار آب با آب (بهار ۱۳۷۲)
- ۸- تحول سبز در معماری (بهار ۱۳۷۲)
- ۹- رونمایی و مدیریت سیلاب (بهار ۱۳۷۲)
- ۱۰- مطالعات اقتصادی جهت احداث مراکز خرید (تابستان ۱۳۷۹)
- ۱۱- نگاهی کوتاه بر طراحی فضای سبز - «تجربیات کشورهای مختلف» (تابستان ۱۳۷۲)
- ۱۲- بازیافت آب در صنایع شن و ماسه‌شویی (پائیز ۱۳۷۲)
- ۱۳- بناهای چوبی (کنده‌ای) در ایران و تجربیات کشورهای دیگر (پائیز ۱۳۷۲)
- ۱۴- نکاتی در مورد طراحی ساختمان‌های بتنی پیش‌ساخته پیش‌تنیده در مناطق زلزله‌خیز (پائیز ۱۳۷۲)
- ۱۵- اتوماسیون و بهینه‌سازی در سیستم‌های توزیع الکتریکی (زمستان ۱۳۷۲)
- ۱۶- انرژی دریاها (زمستان ۱۳۷۲)
- ۱۷- پارکینگ‌های مکانیکی اتوماتیک و نیمه اتوماتیک (بهار ۱۳۷۳)
- ۱۸- انرژی باد (بهار ۱۳۷۳)
- ۱۹- اصول طراحی ساختمان‌های اداری و بانک‌ها (بهار ۱۳۷۳)
- ۲۰- انرژی خورشیدی (بهار ۱۳۷۳)
- ۲۱- طراحی مرکز خرید- جلد اول: مطالعات مقدماتی جهت طراحی مراکز خرید (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۲- شهر سالم با آمورتون (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۳- شهر سالم - کاربرد سیستم‌های فتوولتائیک از میلی وات تا مگاوات (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۴- شهر سالم- اصول طراحی برای افراد دارای کمهولت، ناتوانی، اختلال و معلولیت (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۵- نسل چهارم نیروگاه‌ها (پائیز ۱۳۷۳)
- ۲۶- بازیافت آب در صنایع نساجی (پائیز ۱۳۷۳)
- ۲۷- مراکز درمانی و بیمارستان‌های آینده (پائیز ۱۳۷۳)
- ۲۸- شهر سالم- انبوه‌سازی (انبوه‌سازان اسکان) (زمستان ۱۳۷۳)
- ۲۹- سیستم‌های مدیریت بار و مدیریت انرژی در شبکه‌های انرژی الکتریکی (زمستان ۱۳۷۳)
- ۳۰- بازیافت آب - «تصفیه پساب صنایع لبنی» (بهار ۱۳۷۴)

- ۳۱- شهر سالم - صنعت چوب و کاغذ و نقش آن در فرهنگ، اقتصاد و سیاست (بهار ۱۳۷۴)
- ۳۲- صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌های مسکونی (بهار ۱۳۷۴)
- ۳۳- شهر سالم- معماری و پرورش فکری کودکان و نوجوانان (تابستان ۱۳۷۴)
- ۳۴- شهر سالم- بازیافت زباله و مصالح ساختمانی و نقش آن در حفظ خاک و پاکسازی محیط (پائیز ۱۳۷۴)
- ۳۵- شهر ما کجاست (زمستان ۱۳۷۴)
- ۳۶- حفاظت سواحل دریا و رودخانه‌ها- معرفی روش‌های سنتی و پیشرفته (زمستان ۱۳۷۵)
- ۳۷- بهینه‌سازی آموزش عالی - نگاهی کوتاه بر کارکرد نظام آموزشی ایران و جهان (زمستان ۱۳۷۵)
- ۳۸- استفاده از ژئوگرید در راه‌ها و باند فرودگاه‌ها (بهار ۱۳۷۶)
- ۳۹- اقتصاد گردشگری (جلد اول) (زمستان ۱۳۷۶)
- ۴۰- نگرش‌هایی نوین به طراحی فضای باز اداری (تابستان ۱۳۷۷)
- ۴۱- اقتصاد گردشگری جلد دوم (فصول سوم و چهارم) (زمستان ۱۳۷۷)
- ۴۲- فهرست مطابقه‌ای عملیات اجرایی جهت تسهیل در امر نظارت (پائیز ۱۳۷۸)
- ۴۳- دانسته‌هایی در مورد مناطق آزاد و ویژه اقتصادی در جهان (پائیز ۱۳۷۸)
- ۴۴- هدایت منابع مالی و فنی غیر دولتی جهت اجرای طرح‌های عمرانی (زمستان ۱۳۷۸)
- ۴۵- پژوهش در تاریخچه، مفهوم و سیر تحول شهرسازی و شهر سالم در فرهنگ ایران و اسلام (زمستان ۱۳۷۸)
- ۴۶- پارک انرژی‌های نو (تابستان ۱۳۷۹)
- ۴۷- فضاهای باز اداری - مدیریت تجهیزات و طراحی داخلی (پائیز ۱۳۷۹)
- ۴۸- شهرک ترافیکی کودکان (زمستان ۱۳۷۹)
- ۴۹- فضای باز اداری - استانداردهای طراحی فضاهای اداری جدا کننده‌ها، قطعات و اتصالات (زمستان ۱۳۷۹)
- ۵۰- فضای سبز- مناطق صنعتی- پارک‌های صنعتی (تابستان ۱۳۸۰)
- ۵۱- تنظیم شرایط محیطی- بخش اول: استانداردهای عملکرد حسی- جلد اول: محیط روشنایی (پاییز ۱۳۸۰)
- ۵۲- تنظیم شرایط محیطی- بخش اول: استانداردهای عملکرد حسی- محیط‌های صوتی و حرارتی (پاییز ۱۳۸۰)
- ۵۳- منظر سازی - جلد اول: طراحی کاشت (زمستان ۱۳۸۰)
- ۵۴- منظر سازی - جلد دوم: آبیاری و نگهداری منظر (زمستان ۱۳۸۰)
- ۵۵- تنظیم شرایط محیطی- بخش دوم: سیستم‌های کنترل محیط- جلد اول: تولید و کنترل حرارت (زمستان ۱۳۸۰)
- ۵۶- تنظیم شرایط محیطی- بخش دوم: سیستم‌های کنترل محیط- جلد دوم: تولید و کنترل نور و صدا (زمستان ۱۳۸۰)
- ۵۷- منظر سازی- جلد سوم: راهبردهای تکمیلی آراستن مناظر (بهار ۱۳۸۱)

- ۵۸- تنظیم شرایط محیطی- بخش دوم: سیستم‌های کنترل محیط- جلد سوم: سیستم جامع محیطی (تابستان ۱۳۸۱)
- ۵۹- شهر سالم- توسعه (کلان شهر تهران) (تابستان ۱۳۸۱)
- ۶۰- فن‌آوری اطلاعات- بخش اول: مفاهیم کلی (پائیز ۱۳۸۱)
- ۶۱- منظرسازی- جلد چهارم (زمستان ۱۳۸۱)
- ۶۲- فن‌آوری اطلاعات- بخش دوم: مدیریت فن‌آوری اطلاعات (زمستان ۱۳۸۱)
- ۶۳- فن‌آوری اطلاعات- بخش سوم: تجارت الکترونیکی (بهار ۱۳۸۲)
- ۶۴- فن‌آوری اطلاعات- بخش چهارم: تجارت الکترونیکی «امنیت و تجارت بی‌سیم» (تابستان ۱۳۸۲)
- ۶۵- ساختمان‌های سبز و پایدار (تابستان ۱۳۸۲)
- ۶۶- فن‌آوری اطلاعات- بخش پنجم: دولت الکترونیکی (تابستان ۱۳۸۲)
- ۶۷- منظرسازی- جنگل‌های مانگرو (حرا): بخش اول- کلیات (پائیز ۱۳۸۲)
- ۶۸- فن‌آوری اطلاعات- بخش ششم: بازاریابی الکترونیکی (پائیز ۱۳۸۲)
- ۶۹- فن‌آوری اطلاعات- بخش هفتم: شهرداری الکترونیکی (زمستان ۱۳۸۲)
- ۷۰- فن‌آوری اطلاعات- بخش هشتم: آموزش الکترونیکی (بهار ۱۳۸۳)
- ۷۱- فن‌آوری اطلاعات- بخش نهم: دانشگاه الکترونیکی (بهار ۱۳۸۳)
- ۷۲- فن‌آوری اطلاعات- بخش دهم: سیستم‌های اطلاعاتی مدیریتی ساختمان (تابستان ۱۳۸۳)
- ۷۳- فن‌آوری اطلاعات- بخش یازدهم: دانشگاه الکترونیکی (پائیز ۱۳۸۳)
- ۷۴- فن‌آوری اطلاعات- بخش دوازدهم: مدیریت پرونده‌های الکترونیکی (زمستان ۱۳۸۳)
- ۷۵- فن‌آوری اطلاعات- بخش سیزدهم: دموکراسی الکترونیکی (زمستان ۱۳۸۳)
- ۷۶- فن‌آوری اطلاعات- بخش چهاردهم: انتخابات الکترونیکی (زمستان ۱۳۸۳)
- ۷۷- فن‌آوری اطلاعات- بخش پانزدهم: حقیقت مجازی (تابستان ۱۳۸۴)
- ۷۸- برگزاری مناقصه‌های دولتی (تصویب شده سال ۱۳۸۳) (تابستان ۱۳۸۴)
- ۷۹- چین دومین مصرف‌کننده انرژی در جهان (تابستان ۱۳۸۴)
- ۸۰- مدیریت پروژه- استانداردهای مدیریت پروژه (بخش اول: تابستان ۱۳۸۴)
- ۸۱- فن‌آوری اطلاعات- بخش شانزدهم: توسعه فن‌آوری اطلاعات در روستاها (عدالت اجتماعی) (پائیز ۱۳۸۴)
- ۸۲- فن‌آوری اطلاعات- بخش هفدهم: مدیریت ارتباط با مشتریان (پائیز ۱۳۸۴)
- ۸۳- مدیریت پروژه- استانداردهای مدیریت پروژه (بخش دوم، زمستان ۱۳۸۴)
- ۸۴- مهندسی ارزش- بخش اول: اصول، مبانی و فرآیند (زمستان ۱۳۸۴)
- ۸۵- مدیریت پروژه- استانداردهای مدیریت پروژه (بخش سوم، زمستان ۱۳۸۴)
- ۸۶- فن‌آوری اطلاعات- بخش هجدهم: پایتخت الکترونیکی- تجلی عدالت اجتماعی (تابستان ۱۳۸۵)
- ۸۷- مدیریت پروژه- دفتر مدیریت پروژه (بخش اول- تابستان ۱۳۸۵)
- ۸۸- متدولوژی‌های کنترل پروژه (تابستان ۱۳۸۵)
- ۸۹- صنایع انرژی‌بر، نظریه‌ها و دیدگاه‌ها (تابستان ۱۳۸۵)
- ۹۰- آشنایی مقدماتی با ارزیابی محیط زیست (پاییز ۱۳۸۵)
- ۹۱- آشنایی با فرآوری‌های گازی CNG، LPG، LNG (زمستان ۱۳۸۵)
- ۹۲- رهنمودهایی برای توسعه (زمستان ۱۳۸۵)
- ۹۳- خبرنامه تحولات توسعه در حوزه خلیج فارس (بهار ۱۳۸۶)
- ۹۴- متدولوژی مکان‌یابی صنایع (تابستان ۱۳۸۶)
- ۹۵- خبرنامه تحولات توسعه در حوزه خلیج فارس (جلد دوم) (تابستان ۱۳۸۶)
- ۹۶- خبرنامه تحولات توسعه در حوزه خلیج فارس (جلد سوم) (تابستان ۱۳۸۶)
- ۹۷- معماری سبز، (انرژی آفتاب در معماری) (پائیز ۱۳۸۶)
- ۹۸- معماری سبز، (انرژی زمین گرمایی) (پائیز ۱۳۸۶)
- ۹۹- روند توسعه در خلیج فارس (نسخه چهارم) (پاییز ۱۳۸۶)
- ۱۰۰- ایران ترانزیت (بهار ۱۳۸۷)
- ۱۰۱- سوپر جاذب‌ها (راهی برای گسترش فضای سبز و مقابله با کمبود آب) (تابستان ۱۳۸۷)
- ۱۰۲- روند توسعه در خلیج فارس و دریای عمان بخش پنجم (تابستان ۱۳۸۷)
- ۱۰۳- روند توسعه در خلیج فارس و دریای عمان بخش ششم (پائیز ۱۳۸۷)
- ۱۰۴- بام سبز (پائیز ۱۳۸۷)
- ۱۰۵- احداث سامانه‌های گرمایش شهری (اردیبهشت ۱۳۸۸)
- ۱۰۶- روند توسعه در خلیج فارس و دریای عمان بخش هفتم (خرداد ۱۳۸۸)
- ۱۰۷- بحران جهانی و چشم‌انداز آینده (تابستان ۱۳۸۸)
- ۱۰۸- حمل و نقل همگانی (تابستان ۱۳۸۸)
- ۱۰۹- نانوفناوری ایمن (فرصت‌ها و چالش‌ها) (تابستان ۱۳۸۸)
- ۱۱۰- از شهر فرودگاهی تا منطقه فرودگاهی (بخش اول)
- ۱۱۱- از شهر فرودگاهی تا منطقه فرودگاهی (بخش دوم)
- ۱۱۲- بندر خشک (پائیز ۱۳۸۸)
- ۱۱۳- شرق ایران خاستگاه توسعه ترانزیت منطقه‌ای (پائیز ۱۳۸۸)
- ۱۱۴- صنعتی سازی ساختمان گامی بلند برای تامین مسکن مردم (زمستان ۱۳۸۸)
- ۱۱۵- مدیریت هوشمند خوردگی، حفاظت کاتدیک، حفظ ثروت ملی (بهار ۱۳۸۹)
- ۱۱۶- بیوگاز ثروتی نهفته در پسماندها (بهار ۱۳۸۹)
- ۱۱۷- اکوهتل حرکتی جهانی به سوی گردشگری پایدار (تابستان ۱۳۸۹)
- ۱۱۸- فتوولتائیک تلفیقی، انرژی در کالبد معماری (تابستان ۱۳۸۹)
- ۱۱۹- اصلاح الگوی استقرار جمعیت، گامی به سوی توسعه پایدار (پاییز ۱۳۸۹)
- ۱۲۰- نانوفناوری در معماری (زمستان ۱۳۸۹)
- ۱۲۱- مدیریت حمل بار، گامی بلند در جهت توسعه اقتصادی کشور (زمستان ۱۳۸۹)
- ۱۲۲- بازار مسافر هوایی بین‌المللی، گامی بلند در جهت توسعه اقتصادی کشور (زمستان ۱۳۸۹)
- ۱۲۳- نقش طراحی معماری در کاهش مصرف انرژی در ساختمان «معماری همساز با اقلیم و مشکلات ناشی از عدم توجه به آن» (بهار ۱۳۹۰)

- ۱۲۴- شهر فرودگاهی بستر توسعه گردشگری، گامی بلند در جهت توسعه پایدار اقتصاد کشور (بهار ۱۳۹۰)
- ۱۲۵- ارایه ضوابط و پیشنهادات طراحی برای افراد دارای کپولت، ناتوانی، اختلال و معلولیت در بخش زمینی فرودگاه (بهار ۱۳۹۰)
- ۱۲۶- نقش طراحی معماری در کاهش مصرف انرژی در ساختمان «نور روز در معماری» (تابستان ۱۳۹۰)
- ۱۲۷- شهر فرودگاهی بستر توسعه تجارت، چشم‌انداز تجارت جهانی، چالش‌ها و فرصت‌های ایران (تابستان ۱۳۹۰)
- ۱۲۸- توسعه صنایع نوین، گامی بلند در جهت توسعه اقتصادی کشور «شهر فرودگاهی بستری مناسب برای استقرار صنایع نوین» (تابستان ۱۳۹۰)
- ۱۲۹- نقش طراحی معماری در کاهش مصرف انرژی در ساختمان «انرژی باد در معماری» (تابستان ۱۳۹۰)
- ۱۳۰- روند خصوصی‌سازی فرودگاه‌ها در جهان (پاییز ۱۳۹۰)
- ۱۳۱- شهر فرودگاهی بستری مناسب برای توسعه ورزش ملی و بین‌المللی «شهر ورزشی» (پاییز ۱۳۹۰)
- ۱۳۲- معرفی پاک‌کننده‌های طبیعی و سازگار با محیط‌زیست «بخش اول» (بهار ۱۳۹۱)
- ۱۳۳- معرفی پاک‌کننده‌های طبیعی و سازگار با محیط‌زیست «بخش دوم» (بهار ۱۳۹۱)
- ۱۳۴- معرفی پاک‌کننده‌های طبیعی و سازگار با محیط‌زیست «بخش سوم» (تابستان ۱۳۹۱)
- ۱۳۵- شهر فرودگاهی بستری مناسب برای توسعه صنایع دستی (تابستان ۱۳۹۱)
- ۱۳۶- خطاهای انسانی؟ حوادث سازمانی! (پاییز ۱۳۹۱)
- ۱۳۷- سیر تحول برنامه‌ریزی اقتصاد فضایی (پاییز ۱۳۹۱)
- ۱۳۸- نقش دلار آمریکا در اقتصاد جهانی، گنج‌های پنهان ۳۰ تریلیون دلاری آسیا (زمستان ۱۳۹۱)

نشریه‌های تخصصی منتشر شده بخش‌های مختلف گروه بین‌المللی ره‌شهر

- ۱- بازارچه صنایع دستی در کوهپایه‌های شمال تهران (بخش شهر سالم) تیر ماه ۱۳۷۴
- ۲- بهینه‌سازی خدمات پرواز (بخش شهر سالم) - (دی ماه ۱۳۷۳)
- ۳- بهینه‌سازی بار ترافیکی بزرگراه‌ها (بخش شهر سالم) (دی ماه ۱۳۷۳)
- ۴- پارک انرژی‌های نو (بخش شهر سالم) - (شهریور ماه ۱۳۷۳)
- ۵- استفاده از مولتی ویزن در مراکز پرتردد شهری (بخش شهر سالم) (اردیبهشت ماه ۱۳۷۳)
- ۶- سازماندهی کارکردهای بهینه‌ی نمایشگرهای دیجیتالی (بخش شهر سالم) اسفند ماه ۱۳۷۲
- ۷- شهرک ترافیکی کودکان (بخش شهر سالم) - (آذر ماه ۱۳۷۲)
- ۸- پارک پویا: اندیشه سالم / بدن سالم در شهرک فاطمیه منطقه ۲۰ شهرداری تهران (بخش شهر سالم) - (آذر ماه ۱۳۷۲)

- ۹- پژوهش در تاریخچه، مفهوم و سیر تحول «شهرسازی» و «شهر سالم» در فرهنگ ایران و اسلام (بخش شهر سالم) - آبان ماه ۱۳۷۲
- ۱۰- اصول طراحی مراکز دیسپاچینگ (بخش انرژی) زمستان ۱۳۷۲
- ۱۱- تحلیل منطقه‌ای سیلاب در حوضه‌های شمالی تهران (بخش عمران آب) بهار ۱۳۷۳
- ۱۲- انتخاب محل و نوع سد براساس شرایط ژئومورفولوژی و ژئولوژی (بخش عمران آب) زمستان ۱۳۷۲
- ۱۳- حقایق در مورد شرکت‌های بزرگ (بخش تحقیق و توسعه) زمستان ۱۳۷۲

ضمنا کتاب‌های زیر توسط گروه بین‌المللی ره‌شهر منتشر گردیده است:

- ۱- ترجمه شهرهای فرودگاهی جهان (۱۳۹۱)
- ۲- مواد هوشمند و فناوری نانو (کاربرد در معماری و طراحی داخلی) (۱۳۹۰)
- ۳- منظرسازی پایدار برای همه (پاییز ۱۳۹۰)
- ۴- ترجمه کتاب شهرهای فرودگاهی قرن ۲۱ (۱۳۹۰)
- ۵- کتاب آموزش نرم‌افزار Revit architecture 2009 (۱۳۸۹)
- ۶- آشنایی با راهکار مدیریت پروژه جامع (بهار ۱۳۸۹)
- ۷- درختان در منظر شهری (۱۳۸۹)
- ۸- نانوفناوری برای همه (۱۳۸۷)
- ۹- با گیاهان آب را تصفیه کنیم
- ۱۰- HSE در سفر (۱۳۸۵)
- ۱۱- ترجمه کتاب «چگونه هوای پاکیزه بکاریم»
- ۱۲- ترجمه کتاب «تنظیم شرائط محیطی»
- ۱۳- تدوین کتاب راهنمای برنامه‌نویسی سه بعدی OpenGL (۱۳۸۲)
- ۱۴- ترجمه کتاب «برنامه‌ریزی و طراحی هتل» در سال ۷۶ توسط سازمان برنامه و بودجه چاپ و توزیع شد.
- ۱۵- تدوین کتاب «خودآموز اتوکد ۱۲» (۱۳۷۳)
- ۱۶- ترجمه کتاب «سازه‌های آبی» (۱۳۷۳)
- ۱۷- ترجمه کتاب «سازه پارکینگ‌های طبقاتی» (۱۳۷۲)
- ۱۸- صرفه جویی در انرژی (۲۰ جلد)
- ۱۹- بازنگری استانداردهای صنعت آب کشور با همکاری وزارت نیرو و سازمان برنامه و بودجه (۲۵ جلد)

کتاب‌های زیر نیز توسط گروه بین‌المللی ره‌شهر در دست چاپ است:

- ۱- طراحی، برنامه‌ریزی و ساخت هتل‌ها
- ۲- برنامه‌ریزی شهری در اقلیم‌های گرمسیر
- ۳- بام سبز