جمهوری اسلامی ایران

سازمان برنامه و بودجه کشور

راهنمای طراحی و اجرای بام‌های سبز

ضابطه شماره۷۶۴

معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

nezamfanni.ir

وزارت راه و شهرسازی

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

Bhrc.ac.ir

۱۳۹۸

shaghool.ir

shaghool.ir

باسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان برنامه و بودجه کشور
رییس سازمان

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	**شماره:**	**۹۸/۶۹۰۲۲۵**
	تاریخ:	**۱۳۹۸/۱۱/۲۸**

موضوع: راهنمای طراحی و اجرای بام‌های سبز

در چارچوب ماده (۳۴) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور موضوع نظام فنی واجرایی یکپارچه، ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، به پیوست ضابطه شماره ۷۶۴ امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران با عنوان «راهنمای طراحی و اجرای بام‌های سبز» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

رعایت مفاد این ضابطه درصورت نداشتن ضوابط بهتر، از تاریخ ۱۳۹۹/۰۴/۰۱ الزامی است.

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران این سازمان دریافت‌کننده نظرات و پیشنهادهای اصلاحی در مورد مفاد این ضابطه بوده و اصلاحات لازم را اعلام خواهد کرد.

محمد باقر نوبخت

ش ش: ۳۸۳۱۳۰۸

shaghool.ir

shaghool.ir

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی و اجرایی، مشاورین و پیمانکاران معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی سازمان برنامه و بودجه کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این ضابطه کرده و آن را برای استفاده به جامعه‌ی مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

۱- در سامانه مدیریت دانش اسناد فنی و اجرایی (سما) ثبت نام فرمایید: sama.nezamfanni.ir

۲- پس از ورود به سامانه سما و برای تماس احتمالی، نشانی خود را در بخش پروفایل کاربری تکمیل فرمایید.

۳- به بخش نظرخواهی این ضابطه مراجعه فرمایید.

۴- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۵- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۶- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه – مرکز تلفن ۳۳۲۷۱

سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی و اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

Email: nezamfanni@mporg.ir **web: nezamfanni.ir**

shaghool.ir

shaghool.ir

بسمه تعالی

پیشگفتار

رشد جمعیت در اکثر شهرهای بزرگ مشکلات زیست محیطی بسیاری را به همراه داشته است. افزایش تراکم ساختمانی و کمبود فضای سبز، کیفیت زندگی در این شهرها را پایین آورده است. افزایش ترافیک، آلودگی هوا، افزایش دما، منظر نامناسب شهری از مهم‌ترین مشکلات و معضلات زندگی در شهرهای بزرگ همچون تهران و دیگر کلان شهرهای ایران محسوب می‌شود. از طرف دیگر، گسترش شهری، امکان رشد و گسترش فضای سبز را از بین برده و این موضوع علاوه بر دامن زدن به مشکلات فوق، امکان جذب نزولات آسمانی در زمین را نیز به حداقل رسانده و مهار روان آب‌ها را در سطح شهر با مشکل مواجه می‌نماید. همچنین گسترش ذرات معلق به دلیل کمبود گیاهان در محیط از معضلات اصلی دیگر در شهرهای بزرگ محسوب می‌شود. گسترش ساخت و سازها و افزایش تراکم ساختمانی موجب افزایش سطوح افقی و عمودی مصنوع شده است. این روند علاوه بر کاهش حوزه جاذب آب باران و برف در سطح زمین، انعکاس نامطلوب نور خورشید را نیز افزایش می‌دهد. این سطوح در صورت مدیریت صحیح، امکان تبدیل به پتانسیلی ارزنده برای گسترش فضای سبز را فراهم می‌کنند.

باغ‌های سبز و دیوارهای سبز امروزه در سطح جهان به عنوان راه‌کاری موثر جهت رفع مشکلات زیست محیطی شهرهای بزرگ درحال گسترش است. اجرای بام سبز در ایران نیز می‌تواند مشکلات بسیاری از شهرهای بزرگ را کاهش دهد و سرمایه‌گذاری ارزشمندی در جهت اهداف توسعه پایدار محسوب می‌شود. گرچه این موضوع باوجود محاسنی که به‌همراه دارد، به‌دلیل شرایط اقلیمی ایران و بافت‌های شهری موجود و همچنین خطرپذیری بالای زلزله در اکثر نقاط ایران، باید بر مشکلات بسیاری فائق آید. برای حل این مشکلات لازم است که تمهیداتی ویژه و جدی در جهت برنامه‌ریزی تامین آب برای آبیاری این فضاها همچون سیستم‌های تصفیه فاضلاب متمرکز در مقیاس محله‌ای، تفکیک فاضلاب‌های خاکستری و سیاه و جمع نمودن آب باران اندیشیده شود. باید در طراحی و برنامه‌ریزی بافت‌های شهری به بام‌های سبز به‌عنوان فضایی قابل استفاده در ارتفاع توجه لازم صورت گرفته و براساس محدودیت‌ها و قابلیت‌های آن، برنامه‌ریزی شود. این امر، مستلزم ایجاد زیرساخت‌های لازم و همکاری موثر سازمان‌های مرتبط با موضوع است تا زمینه توسعه این فناوری در کشور فراهم گردد. قدم نخست در این راستا، تهیه اسناد فنی و استانداردهای بومی و کاربردی است که می‌تواند کمک موثری در رونق بخشی به آن نماید.

حمیدرضا عدل
معاون فنی، امور زیربنایی و تولیدی
زمستان ۱۳۹۸

shaghool.ir

shaghool.ir

مشکلات زیست محیطی در فضاهای شهری، منجر به شکل‌گیری راهکارهای خلاقانه متعددی جهت مقابله با آن شده است. گسترش فضای سبز در شهرهای متراکم و با جمعیت انبوه می‌تواند نقش مؤثری در این‌خصوص ایفا نماید. یکی از مهم‌ترین این راهکارها بام‌های سبز هستند. بام های سبز، به مواردی اتلاق می‌شود که کاشت گیاه بر روی زمین صورت نگرفته و بر روی یک سقف انجام گیرد. در این گونه از توسعه فضای سبز عمودی، راهکارهای معمارانه و فنی‌ای ارائه می‌شود که باوجود برخی مشکلات اجرایی، دارای مزایای متعددی هستند که این مزایا موجب رواج آن‌ها در سرتاسر جهان شده‌است. بام‌های سبز دارای ریشه‌های باستانی هستند. قدیمی‌ترین اسناد به‌دست آمده از بام‌های سبز باغ‌های معلق سمیرامیس هستند که در سوریه امروزی واقع شده‌اند در دهه‌های اخیر این الگوی توسعه فضای سبز به عنوان یک فن‌آوری نوین مجدداً طرح شده و در بسیاری از کشورهای اروپایی، آسیایی (به خصوص ژاپن)، کانادا و امریکا رواج یافته است. مزایای بام سبز در سه دسته مزایای اقتصادی، اجتماعی و حیط زیست قابل طبقه‌بندی است که در گزارش پیش‌رو به آن پرداخته شده است.

گرچه قرارگیری بخش عمده‌ای از خاک ایران در منطقه گرم و خشک، امکان توسعه این فناوری را همانند کشورهای پرباران فراهم نمی‌کند، اما کشورهای مختلفی با شرایط مشابه و حتی شرایط آب‌و هوایی بسیار سخت‌تر از ایران با به‌کارگیری تمهیدات ویژه و تکنولوژی‌های خاص، این فناوری را اجرایی نموده و از مزایای آن، بهره جسته‌اند. در ایران استقبال از این گونه توسعه فضای سبز درحال گسترش است. توسعه الگوی بام سبز عمودی نیازمند فراهم آوردن مقدمات و بسترهای اولیه‌ای است که این فن‌آوری بتواند در آن، رشد و توسعه یابد. عدم توجه به ضوابط و الزامات لازم برای توسعه و اجرای بام سبز می‌تواند مشکلات قابل توجهی در ساخت‌وساز ایجاد نموده و مزیت‌های آن را زیر سؤال برد. اولین قدم، بررسی شرایط موجود و پتانسیل‌های شهری و ارائه دستورالعمل‌های لازم در این‌خصوص می‌باشد.

مرکز تحقیقات در سال‌های اخیر مطالعاتی را در این‌زمینه در قالب مباحث تئوری، مطالعه تطبیقی با ضوابط و استانداردهای دیگر کشورها و تجربه عملی احداث یک نمونه بام سبز به انجام رسانده است که دستورالعمل حاضر از این مطالعات منتج شده است.

محمد شکرچی‌زاده

رئیس مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

زمستان ۱۳۹۸

shaghool.ir

shaghool.ir

تهیه و کنترل «راهنمای طراحی و اجرای بام‌های سبز» [ضابطه شماره ۷۶۴]

اعضای گروه پژوهش:

غزال راهب	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی	دکترای معماری
سهراب ویسه	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی	دکترای معدن
مجید ضیایی	مدرس دانشگاه	کارشناس ارشد معماری
محیا نظری	همکار پژوهشی	کارشناس ارشد معماری
مصطفی عرب	دانشگاه تهران	دکترای باغبانی
محمود عظیمی	شهرداری تهران	کارشناس کشاورزی
سحر هاشمی	شهرداری تهران	کارشناس کشاورزی
نستوه ریاحی	شهرداری تهران	کارشناس کشاورزی

تدوین ضوابط:

غزال راهب	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی	دکترای معماری

اعضای گروه هدایت و راهبری (سازمان برنامه و بودجه کشور):

علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی و اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
فرزانه آقا رمضانعلی	رییس گروه امور نظام فنی و اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
احمد خوشدل نیکخو	کارشناس امور نظام فنی و اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
محمدرضا سیادت	کارشناس امور نظام فنی و اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

shaghool.ir

shaghool.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
فصل اول - تعاریف	**۷**
۱-۱- تعریف	۹
۱-۲- طبقه‌بندی انواع بام سبز	۹
۱-۲-۱- دسته‌بندی انواع بام‌های سبز از نظر ساختار	۹
۱-۲-۲- انواع سیستم‌های بام سبز از نظر اجرا	۱۲
۱-۳- اجزای بام سبز	۱۳
۱-۳-۱- اجزای اصلی بام سبز	۱۳
۱-۳-۲- اجزای جانبی بام سبز	۱۵
فصل دوم - الزامات اجرای بام سبز	**۱۷**
۲-۱- مراحل اجرای بام سبز و الزامات مترتب بر آن	۱۹
۲-۱-۱- شیب‌بندی بام و تعبیه آب‌راه‌ها	۲۰
۲-۱-۲- اجرای لایه‌های عایق رطوبتی و عایق حرارتی	۲۰
۲-۱-۳- اجرای لایه محافظ ضد ریشه	۲۰
۲-۱-۴- الزامات محافظت از لایه ضد ریشه و ضد آب در مقابل آسیب‌ها	۲۲
۲-۱-۵- محافظت در برابر شوره‌زدگی	۲۳
۲-۱-۶- تاسیسات زهکشی و الزامات مرتبط با آن	۲۳
۲-۱-۷- اجرای لایه فیلتر	۲۷
۲-۱-۸- اجرای اجزای جانبی	۲۷
۲-۱-۹- بستر کشت برای رشد گیاه	۳۰
۲-۱-۱۰- کاشت گیاه یا پاشیدن بذر	۳۰
۲-۱-۱۱- اجرای مسیرهای حرکتی و فضاهای تجمعی	۳۰
۲-۱-۱۲- اجرای بام سبز در سطوح شیب‌دار	۳۱
۲-۲- ملاحظات سازه‌ای در طراحی و اجرای بام سبز	۳۴
۲-۳- کاشت گیاه	۳۶
۲-۳-۱- انتخاب گیاهان مناسب برای بام‌های سبز	۳۶
۲-۳-۲- کاشت بام‌های سبز	۳۸

shaghool.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۲-۳-۳- مهار درختان	۳۹
۲-۳-۴- مراقبت و نگهداری	۴۰
۲-۴- منابع تامین آب برای آبیاری بام سبز	۴۱
۲-۴-۱- ذخیره‌سازی آب	۴۱
۲-۴-۲- تامین منابع آب برای آبیاری بام سبز	۴۵
۲-۵- ضوابط ایمنی در بام سبز	۴۶
۲-۶- ملاحظات اجرای بام سبز در ساختمان‌های موجود	۴۷
فصل سوم - الزامات محیطی بام سبز	**۴۹**
۳-۱- ملاحظات اجرای بام‌های سبز در اقلیم ایران	۵۱
۳-۱-۱- قابلیت‌های اجرای بام سبز در پهنه‌های مختلف اقلیمی ایران	۵۱
۳-۱-۲- الزامات عمومی اجرای بام سبز در اقلیم های مختلف ایران	۵۲
۳-۲- ملاحظات ایجاد بام سبز براساس الگوهای شکلی بافت شهری	۵۳
۳-۲-۱- کاهش اثرات منفی سایه‌اندازی بر بام سبز میان ساختمان‌ها	۵۳
۳-۲-۲- کاهش تاثیرمنفی جریان باد بر سطح بام سبز در شهرها	۵۴
۳-۲-۳- کاهش اثر گازهای استخراج شده از دودکش‌ها	۵۸
۳-۲-۴- کنترل اثرات انعکاسی نور خورشید از ساختمان‌های اطراف	۵۹
۳-۲-۵- هماهنگی با شکل بام متداول ساختمان‌ها (میزان شیب سقف)	۵۹
۳-۲-۶- پیش‌بینی نصب ابزار و تجهیزات فنی بر روی بام	۵۹
پیوست ۱- نمونه اجرای بام سبز در ایران	**۶۱**
پیوست ۲	**۷۵**
پیوست ۳- مروری اجمالی بر وضعیت متغیرهای اقلیمی در ایران	**۸۳**
منابع و مراجع	**۹۱**

shaghool.ir

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱- متوسط گرمایش روزانه یک ساختمان (۴ جولای تا ۱ سپتامبر ۲۰۰۵)	۲
شکل ۲- میزان اتلاف انرژی از طریق سقف در ساختمان با سقف سبز	۲
شکل ۱-۱- ضخامت لایه خاک و نوع گیاهان انواع بام سبز	۹
شکل ۱-۲- بام سبز گسترده اجرا شده، مجارستان	۱۰
شکل ۱-۳- گیاهان کاشته شده در بام‌های نیمه فشرده	۱۱
شکل ۱-۴- بام سبز نیمه فشرده، کلینیک درمانی روانپزشکی، برلین- آلمان	۱۱
شکل ۱-۵- نمونه بام سبز فشرده	۱۱
شکل ۱-۶- اجرای بام سبز به شیوه درجا	۱۲
شکل ۱-۷- سیستم بام سبز مدولار، شرکت اپتی گرین، دفترچه فنی، ۲۰۱۱	۱۳
شکل ۱-۸- اجزای بام سبز و مراحل اجرای آن	۱۶
شکل ۲-۱- مقطع بام سبز	۱۹
شکل ۲-۲- لایه زهکش	۲۴
شکل ۲-۳- شکل حجمی نمونه‌هایی از دریچه بازدید	۲۷
شکل ۲-۴- مقطع بام سبز گسترده مسطح، مأخذ: شرکت دیادم	۲۷
شکل ۲-۵- مقطع بام سبز نیمه فشرده، مأخذ: شرکت دیادم	۲۸
شکل ۲-۶- مقطع بام سبز فشرده، مأخذ: شرکت دیادم	۲۸
شکل ۲-۷- نمونه‌های جداکننده‌ها	۲۹
شکل ۲-۸- نمونه‌های کانال‌های مشبک	۲۹
شکل ۲-۹- جزییات نصب کفپوش در بام سبز	۳۱
شکل ۲-۱۰- نمونه‌هایی از پایه برای نصب کفپوش و روش نصب آن	۳۱
شکل ۲-۱۱- اجرای بام سبز در سقف شیب‌دار	۳۳
شکل ۲-۱۲- اجرای بام سبز گسترده شیب‌دار	۳۴
شکل ۲-۱۳- نمونه اجرای بام سبز گسترده شیب‌دار، شرکت دیادم	۳۴
شکل ۳-۱- اثر وزش باد بر پیلوتی و بالای ساختمان	۵۴
شکل ۳-۲- انحنا در گوشه‌ها موجب کاهش سرعت جریان باد می‌شود.	۵۴
شکل ۳-۳- ایجاد سایه باد	۵۶
شکل ۳-۴- حلقه توربولانس ایجاد شده میان دو ساختمان	۵۶

shaghool.ir

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۵- کانال ایجاد عبور جریان هوا ۵۷

شکل پ.۱-۱- سقف منتخب برای اجرای بام سبز ۶۳

شکل پ.۱-۲- اجزای بام سبز و مشخصات فنی هریک ۶۵

شکل پ.۱-۳- انواع خاک به‌کار رفته در بام سبز ۶۶

شکل پ.۱-۴- انواع گیاهان به‌کار رفته در سه نوع خاک در بام سبز ۶۷

شکل پ.۱-۵- اجرای عایق رطوبتی بام ۶۸

شکل پ.۱-۶- اجرای لایه ماسه سیمان به همراه شیب‌بندی بام به سمت آب‌راه‌ها ۶۸

شکل پ.۱-۷- قرار دادن لایه ژیوتکستایل جداکننده؛ پهن کردن این لایه با هم‌پوشانی ۱۰ سانتی‌متری بر روی سقف صورت می‌گیرد. این لایه در بدنه عمودی جان‌پناه امتداد می‌یابد. ۶۹

شکل پ.۱-۸- قراردادن لایه زهکش؛ پهن کردن این لایه با هم‌پوشانی ۱۰ سانتی‌متری بر روی سقف صورت می‌گیرد. برای این منظور حفره‌ها در یکدیگر جاگیر می‌شوند. ۶۹

شکل پ.۱-۹- قرار دادن لایه ژیوتکستایل صافی؛ پهن کردن این لایه با هم‌پوشانی ۱۰ سانتی‌متری بر روی سقف صورت می‌گیرد. این لایه در بدنه عمودی جان‌پناه امتداد می‌یابد و توسط توری ثابت شده و روی آن ملات ماسه سیمان اجرا می‌شود. ۷۰

شکل پ.۱-۱۰- قرار دادن جداکننده‌های گالوانیزه در امتداد حدفاصل مسیر حرکت و فضای سبز؛ قطعات ساخته شده در یک دیگر فرو رفته و یک امتداد را شکل می‌دهند. ۷۰

شکل پ.۱-۱۱- اجرای توری بر روی بدنه جان‌پناه ۷۱

شکل پ.۱-۱۲- شن‌ریزی مسیر حرکت ۷۱

شکل پ.۱-۱۳- ترکیب خاک و انتقال آن به سقف ۷۲

شکل پ.۱-۱۴- اندود بدنه جان‌پناه و پرکردن محل درنظرگرفته شده برای فضای سبز با خاک ۷۳

شکل پ.۱-۱۵- کاشت گیاهان و آبیاری اولیه آن‌ها ۷۳

پ.۲-۱- تقسیم‌بندی اقلیمی ایران، مسعودیان، ۱۳۸۲ ۸۶

پ.۲-۲- ناحیه‌بندی بارش در ایران، ذوالفقاری، ۱۳۸۸ ۸۷

پ.۲-۳- انرژی خورشیدی دریافتی بر روی سطوح افقی در طول یک‌سال در ایران (MJ/m^2)، صفایی ۲۰۰۵ ۸۸

shaghool.ir

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱- مقایسه انواع بام‌های سبز	۱۰
جدول ۲-۱- مقایسه نمونه‌ای مقادیر درصد نزول آب و میزان شیب	۳۲
جدول ۲-۲- انواع بام‌های سبز و گیاهان مناسب برای آن	۳۹
جدول ۲-۳- معیارها و زیر معیارهای انتخاب مناسب گیاهان	۳۹
جدول ۲-۴- ضریب روان‌آب با توجه به حجم مواد موجود در لایه‌ها و شیب بام	۴۲
جدول ۲-۵- مقادیر مرجع برای درصد ذخیره آب و ضریب روان‌آب سالانه بام سبز بر اساس ضخامت مواد روی سقف	۴۳

shaghool.ir

shaghool.ir

مقدمه

مستندات معماری بومی در ایران بیانگر آن است که ایرانیان با وجود شرایط سخت آب و هوایی در پهنه گسترده‌ای از ایران، همواره به دنبال راه‌کارهایی برای گسترش فضای سبز بوده‌اند و آب و آبادانی از ارزش‌های پایدار زندگی در این سرزمین محسوب می‌شده است. ایجاد باغ‌های مصفا در دل کویر، حیاط‌های سرسبز در دل خانه‌ها، حفر قنات های اعجاب انگیز و موارد بسیار دیگر، نمونه‌هایی از تلاش ایرانیان برای گسترش آبادانی باوجود شرایط دشوار طبیعی بوده‌اند. امروزه بر شرایط دشوار مذکور، تغییرات اقلیمی زمین و گسترش کم آبی به همراه مشکلات ناشی از رشد و توسعه شهرنشینی افزوده شده و زندگی در شهرهای بزرگ را با مشکلات جدی مواجه نموده است.

بام‌های سبز راه‌کارهای معمارانه و فنی‌ای را ارائه می‌دهند که باوجود برخی مشکلات اجرایی، دارای مزایای متعددی هستند. این مزایا موجب رواج آن‌ها در سرتاسر جهان شده است. گرچه قرارگیری بخش عمده‌ای از خاک ایران در منطقه گرم و خشک، امکان توسعه این فناوری را همانند کشورهای پرباران فراهم نمی‌کند، اما کشورهای مختلفی با شرایط مشابه و حتی شرایط آب‌و هوایی بسیار سخت‌تر از ایران با به‌کارگیری تمهیدات ویژه، این فناوری را اجرایی نموده و از مزایای آن، بهره جسته‌اند.

- مزایای بام‌های سبز

مهم‌ترین مزایای بام سبز را می‌توان در سه دسته، به‌شرح زیر تقسیم نمود:

الف- مزایای اقتصادی

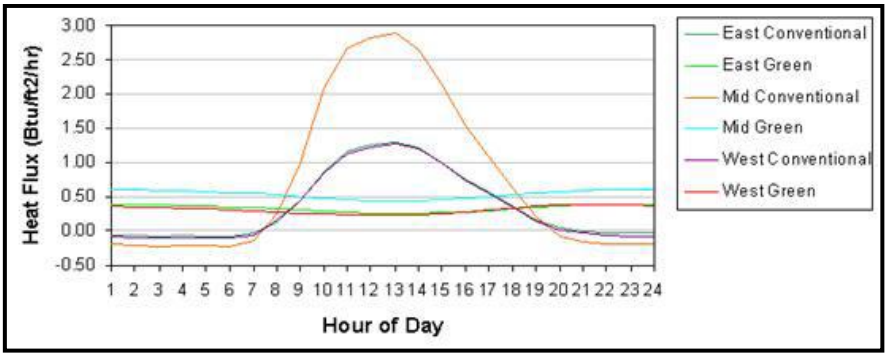
گرچه اجرای بام‌های سبز هزینه اولیه‌ای را به هزینه‌های ساخت بنا می‌افزاید، اما در طول مدت استفاده، به دلیل کاهش هزینه‌های مصرفی و موارد دیگری که در ادامه خواهد آمد، هزینه‌های مذکور بازگشت داده خواهد شد. مهم‌ترین مزایای اقتصادی بام سبز به‌شرح زیر قابل دسته‌بندی است:

- کاهش تبادلات حرارتی و افزایش راندمان دستگاه‌های تهویه مطبوع

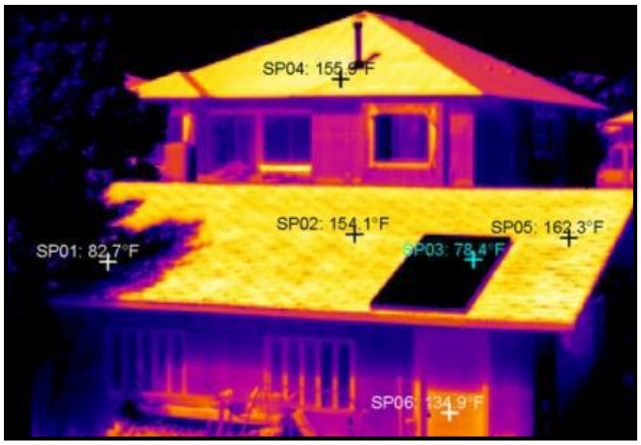
عایق‌کاری حرارتی نامناسب، تبادلات حرارتی بنا با محیط بیرون از طریق سقف را در تابستان و زمستان افزایش می‌دهد. بام‌های سبز به عنوان یک عایق حرارتی عمل کرده و نقش موثری در کاهش تبادلات حرارتی بنا از طریق سقف دارند. در مناطق گرم، بام سبز فضایی واسط است که به‌عنوان یک لایه عایق و با افزایش جرم حرارتی، بنا را از تابش شدید اشعه‌های خورشید حفظ می‌کنند و تبادلات حرارتی را کاهش می‌دهد. سایه اندازی گیاهان بر روی سطح بام و افزایش تبخیر و تعرق نیز در جلوگیری از افزایش دمای بام موثر هستند. از طرف دیگر، کم شدن دمای داخلی، نیاز به انرژی برای سرمایش را نیز کاهش می‌دهد. تحقیقات انجام شده در شورای ملی تحقیقات کانادا (NRCC) در سال ۲۰۰۳ نشان می‌دهد که بام‌های سبز، جذب گرما در تابستان را به‌میزان ۷۰ تا ۹۰ درصد و در زمستان، ۱۰ تا ۳۰ درصد و میزان تقاضای انرژی برای تامین

shaghool.ir

شرایط آسایش را تا ۷۵٪ کاهش می‌دهند. تحقیقات انجام شده در اتاوا نشان داده‌است که وجود فضای سبز در بام، موجب کاهش دمای هوا در سطح بام در تابستان‌ها شده و این کاهش دمای محیط در کارکرد بهینه دستگاه‌های تهویه مطبوع موثر است. دلیل این موضوع، خنک شدن فضای سطح بام به‌دلیل سایه‌اندازی گیاهان از یک‌طرف و جذب انرژی گرمایی محیط برای تبخیر سطحی در سطح خاک، از طرف دیگر است که موجب خنک‌تر شدن محیط اطراف می‌شود.



شکل ۱- متوسط گرمایش روزانه یک[1] ساختمان (۴ جولای تا ۱ سپتامبر ۲۰۰۵



شکل ۲- میزان اتلاف انرژی از طریق سقف در ساختمان با سقف سبز

۱- در تابستان سال ۲۰۰۲ مدل تجربی بام سبز دانشگاه پنسیلوانیا، آبیاری سطح بام را که موجب مرطوب شدن سطح بام شده و به‌دنبال خود، تبخیر و تعرق را در پی دارد، به‌عنوان مهم‌ترین عامل کاهش انرژی در فضاهای زیر بام سبز در تابستان ارزیابی نمود. (همان) تحقیقات انجام شده در مادرید نشان داده است که بام سبز، بار سرمایشی یک ساختمان هشت طبقه مسکونی را به‌میزان۶٪ در طول تابستان کاهش داده است. در یک شبیه‌سازی، مشاهده شده است که تقاضای حداکثری بار حرارتی برای داخل بنا، به میزان ۱۰٪ در یک ساختمان مسکونی متداول کاهش داشته است. مطالعات انجام شده در تورنتو، کاهش ۲۵٪ بار سرمایشی در ماه جولای برای کل یک ساختمان چهارطبقه مسکونی و ۶۰٪ برای طبقه زیر بام سبز را نشان می‌دهد. (همان) لازم به‌ذکر است که میزان این کاهش تاحد زیادی وابسته به نسبت ارتفاع سقف و سطح دیوار است. نتایج حاصل از مطالعات انجام شده درخصوص ساختمان های تجاری شمال کالیفرنیا با به کارگیری DOE-2 بیانگر آن است که یک بام سبز بدون به کارگیری عایق حرارتی می تواند تقاضای گرمایشی و سرمایشی ساختمان را در اغلب اوقات سال به میزان ۳۰ درصد کاهش دهد.

shaghool.ir

از طرف دیگر، وجود بام سبز باعث کاهش اتلاف انرژی از طریق وزش بادهای سرد بر سطح بام ساختمان می‌شود. با محافظت ساختمان از وزش باد در زمستان، میزان گرمای درخواستی حدود ۲۵٪ کاهش می‌یابد.

- افزایش کارایی پانل‌های خورشیدی

پانل‌های خورشیدی که به‌طور عمده بر روی سقف ساختمان‌ها نصب می‌شوند، به‌خصوص در مناطقی که تعداد روزهای آفتابی آن در طول سال قابل توجه است، در استفاده بهینه از انرژی خورشیدی موثرند. بهترین مکان برای نصب این پانل‌ها، بام ساختمان است. تحقیقات جدید به‌دنبال ارتباط بین کارایی پانل‌های خورشیدی و بام‌های سبزهستند و نشان‌دهنده آنند که نگاه داشتن یک درجه حرارت ثابت بر روی سقف موجب بالابردن کارایی پانل‌های خورشیدی می‌شود.

- افزایش دوام و طول عمر مصالح

بام‌های سبز با توجه به شرایط اقلیمی منطقه، نوع بام و مصالح می‌توانند عمر مفید لایه‌های ساختمان را ۲/۵ تا ۳ برابر افزایش دهند. برخی بام‌های سبز در آلمان، عمری حدود ۳۰ الی ۴۰ سال دارند. پوشش لایه‌های طبیعی و غیرطبیعی بام سبز بر روی عایق‌های حرارتی و رطوبتی بام، تنش‌های وارد بر اجزا را که براثر نوسانات شدید دما ایجاد می‌شود، کاهش می‌دهد. این موضوع در مناطق خشک و نیمه‌خشک که میزان نوسانات دمایی در طول روز و شب زیاد بوده و احتمال یخزدگی در فصل سرما بالا است، از اهمیت برخوردار است. همچنین برای مناطقی که تحت تاثیر مستقیم و شدید اشعه ماوراء بنفش قرار دارند، کاربری زیادی دارد. اشعه ماوراءبنفش عمر مفید مصالح بام را کاهش داده و تنش‌های انبساطی و انقباضی ناشی از نوسانات دما موجب فرسایش و ترک‌خوردگی مصالح می‌شوند. برخی از بام‌های سبز در شهر برلین بدون نیاز به تعمیرات، حدود ۹۰ سال عمر دارند.[۱]

- افزایش فضای مفید ساختمان‌ها

بام‌های سبز در انواع مختلفی شکل می‌گیرند. برخی از آن‌ها برای استفاده طراحی نشده و تنها با رویکرد اکولوژیکی و یا زیبایی‌شناسانه در منظر شهری شکل گرفته‌اند. اما گروهی از بام‌های سبز با هدف استفاده افراد و به‌عنوان محلی سبز در ارتفاع شکل گرفته که می‌تواند کمبود فضاهای سبز و یا حتی فضای باز مطلوب را در ساختمان‌های شهری جبران نماید. در فضاهای عمومی و یا مشاع، این مکان می‌تواند محل شکل‌گیری

۱- در اتاوا تحقیقات نشان داد که درجایی که دمای یک بام معمولی در فصل تابستان به ۷۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد، چنان‌چه این سقف با بام سبز پوشانده شود، دما تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد بالا خواهد رفت. در مطالعات انجام‌شده در ۶۶۰ روز سال، دمای سطح بام سبز در ۳۴۲ روز به ۳۰ درجه سانتی‌گراد رسید، درحالی‌که مصالح زیر بام تنها در ۱۸ روز سال به این دما رسیدند.

shaghool.ir

فعالیت‌های تجاری مانند کافه‌ها، رستوران‌ها و یا بازارچه‌ها باشد. در رویکردهای جدید، نمونه‌های متعددی از فضای سبز بام‌ها به عنوان محلی برای کاشت انواع سبزیجات و به‌خصوص روش‌های گلخانه‌ای استفاده شده‌اند.

- عایق صوتی

بام‌های سبز نقش عایق‌های صوتی را نیز ایفا می‌کنند. لایه‌های خاک، فرکانس‌های پایین‌تر و گیاهان، فرکانس‌های بالاتر را می‌گیرند. آزمایش‌ها نشان می‌دهند که تنها یک لایه خاک با ضخامت ۱۲ سانتی‌متر، انتقال صدا را تا ۴۰ دسی‌بل کاهش می‌دهد. براین اساس، استفاده از بام سبز برای مناطق پر سرو صدا نظیر ساختمان‌هایی که در نزدیکی فرودگاه‌ها و کارخانه‌ها شکل می‌گیرند، بسیار مفید خواهد بود.

ب- مزایای زیست محیطی

- مدیریت روان‌آب‌ها

روان‌آب‌های شهری، آب‌های سطحی شهری هستند که گاه تحت تاثیر آلاینده‌های مختلف محیطی قرار گرفته و از سلامت چندانی برخوردار نیستند. میزان سطوح نفوذناپذیر در یک محیط شهری، به‌طور مستقیم با حجم و نوع روان‌آب‌ها در ارتباط است. سطح بالای ساخت‌وساز، پوشش بام‌ها و سطح معابر با بتن و آسفالت، موجب افزایش حجم و سرعت روان‌آب‌ها در شهرهای بزرگ شده است. بام‌های سبز می‌توانند نقش موثری در کاهش سرعت روان‌آب‌ها ایفا کنند. به‌دلیل آلودگی‌های محیطی و هوا در شهرهای بزرگ، روان‌آب‌های حاصل از بارش باران اغلب دارای موارد آلاینده بسیاری هستند. بام‌های سبز می‌توانند پیش از ورود این روان‌آب‌ها به سطح رودخانه‌ها و دریاچه‌ها، موجب تصفیه آب شوند. آب بارن پس از گذشت از لایه‌های خاک سطح بام سبز، تصفیه اولیه شده و غبارهای آن گرفته می‌شود. علاوه بر آن دمای آب تعدیل شده و بر اکوسیستم آب‌های روان اثر نامطلوب نخواهد داشت. لذا بام‌های سبز می‌توانند سرمایه‌گذاری ارزشمندی در جهت سیاست‌های تصفیه و کاهش سرعت آب در مبدأ تلقی شوند. روش‌هایی که برای مدیریت روان‌آب‌ها و ذخیره‌سازی آن در منابع آب مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده اولیه از حوضچه‌های خیس و عبور آب از فیلترهای شنی است که بسیار پرهزینه است و در بافت‌های متراکم شهری مقدور نیست. عمق و ترکیبات خاک، گونه گیاهی و نوع سیستم زهکشی از عوامل موثر در فرایند سیستم تصفیه فاضلاب تلقی می‌شوند. گیاهان، آب باران را می‌گیرند، آن را به خاک منتقل می‌کنند. بخشی از آن مجددا تبخیر شده و به هوا باز می‌گردد. بام‌های سبز با ذخیره آب باران و ایجاد زمان تأخیر، از میزان حداکثری روان آب کاسته و به تبع آن، از بار ظرفیت سیستم دفع روان‌آب‌های شهری می‌کاهد. میزان ذخیره آب، وابسته به ضخامت و جنس خاک و ظرفیت لایه متخلخل

shaghool.ir

نگهداری آب، متفاوت است. علاوه بر آن، امکان ذخیره آب مازاد سقف برای استفاده در مواقع کم باران و یا استفاده‌های دیگر نیز وجود دارد.[۱] پیش‌بینی می‌شود که درصورت پوشش ۱۰٪ سطح بام شهر با بام سبز، روان‌آب منطقه‌ای به میزان ۲/۷٪ کاهش یابد.

- کاهش اثر گرمای جزیره‌ای

بدنه‌ها و سطوح ساختمان‌ها که سطح یک شهر را می‌پوشانند، به‌خصوص اگر دارای سطوح تیره باشند (نظیر آسفالت و عایق‌کاری سطح بام‌ها) موجب بالا رفتن حرارت محیط می‌شوند که به عنوان اثر گرمای جزیره‌ای[۲] شناخته می‌شوند. کمبود گیاه، ساختمان‌های بلند، وجود سطوح نفوذناپذیر و تیره، مانع کاهش طبیعی دما که تحت تاثیر وزش باد و تبخیر ایجاد می‌شود، خواهد شد. به‌علاوه عکس‌العمل شیمیایی انتشار گازهای گلخانه‌ای با بالا رفتن دما به‌تشکیل لایه ازن در سطح زمین کمک می‌کند و موجب مشکلات تنفسی و سوزش قلب می‌شود. استفاده از بام سبز می‌تواند اثرات گرمای جزیره‌ای را با کاشت گیاه در سطوح افقی در سطح زمین و در ارتفاع، کاهش دهد. کاهش گرمای جزیره‌ای متاثر از عوامل طراحی نظیر ذخیره‌سازی میزان رطوبت در سطح بام، میزان سطوح کف‌سازی شده، حجم و انواع گیاهان، عمق و ترکیبات خاک و موارد مشابه می‌باشد.[۳]

- پاکسازی هوا

وجود فضای سبز در پاکسازی هوا و جذب گرد و غبار و تولید اکسیژن تاثیر به سزایی دارد. بام‌های سبز با افزایش سرانه فضای سبز در محیط‌های شهری به مقابله با کیفیت نامطلوب هوا و کاهش میزان مونو اکسید کربن، دی‌اکسید نیتروژن، حفظ لایه ازن، PM10، دی اکسید سولفور و دی‌اکسیدکربن کمک می‌کنند. گیاهان، برخی گازهای آلاینده و ذرات معلق را جذب می‌کنند. گرد و غبار و ذرات معلق جذب شده توسط برگ گیاه با بارش باران یا آبیاری جذب خاک می‌شوند. گیاهان در خلال فتوسنتز، گازهای آلاینده را جذب می‌کنند و اکسیژن تازه تولید می‌کنند. بام‌های سبز، هوای اطراف خود را خنک و مرطوب می‌کنند و شرایط

۱- مطالعات انجام‌شده در پرتلند، ارگان و شرق میشیگان نشان داده است که ذخیره آب باران توسط بام سبز، ۶۶ تا ۶۹ درصد برای سقف‌های با ضخامت بیش از ۱۰ سانتی‌متر خاک بوده است. میزان ذخیره آب در تحقیقات دیگر بسته به شرایط و ضخامت خاک، از ۲۵ تا ۱۰۰ درصد نشان داده شده‌اند. در مطالعات دیگری، کاهش روان‌آب سالانه با استفاده از بام‌های سبز، ۶۰ تا ۷۰ درصد ذکر شده‌است.

2- Urban Heat Island (UHI)

۳- شبیه‌سازی منطقه‌ای انجام‌شده در شهر تورنتو نشان می‌دهد که چنان‌چه ۵۰٪ سطح بام ساختمان‌ها با بام سبز پوشانده شوند، کاهش دمایی تا ۲ درجه سانتی‌گراد را در سطح شهر شاهد خواهیم بود.

shaghool.ir

محیطی خرد اقلیم را بهبود می‌بخشند. این موضوع، علاوه بر ایجاد شرایط آب و هوایی بهتر و هوای پاک‌تر و سالم‌تر، کارایی دستگاه‌های تهویه را نیز با کاهش دمای محیط ارتقا می‌بخشد.

- بازگرداندن زیست بوم جانوری به شهرها

فضای سبز بام‌ها می‌تواند فرصتی مغتنم برای بازگرداندن حشرات و پرندگان به شهرها تلقی شود تا بر اثر آن، اکوسیستم طبیعی حیات جانوری شکل گیرد. وجود گیاهان بر فراز بام خانه‌ها موجب جذب پرندگان به آن می‌شود و موجوداتی را که به‌دلیل کاهش فضای سبز، شهرها را ترک نموده‌اند، مجددا به فضاهای شهری باز می‌گرداند. این موضوع موجب توسعه فضاهای سبز به کمک پرندگان نیز خواهد شد.[۱]

ج- مزایای اجتماعی

مهم‌ترین مزیت اجتماعی بام‌های سبز، زیباسازی محیط شهری و اثرات مثبت ناشی از آن است. بام‌های سبز منجر به افزایش سرانه فضای سبز در محیط‌های شهری می‌شوند و ساختمان‌ها را از احجامی غیرقابل نفوذ و سخت تبدیل محملی برای حیات طبیعی گیاهان می‌کنند و منظر شهری را ارتقا می‌بخشند. این ارتقای منظر شهری هم برای عابر پیاده و هم برای ساکنین در ارتفاع محسوس است. با افزایش تعداد طبقات ساختمان‌ها، بام، به عنوان نمای پنجم ساختمان در منظر شهری از اهمیت ویژه برخوردار است. بام‌های سبز از پتانسیل‌های سطح بام‌ها استفاده کرده، علاوه بر کارایی بخشی به آن، منظر مناسبی برای ساکنینی که از سطوح بالاتر به آن می‌نگرند، پدید می‌آورد. با ایجاد فضاهای جمعی در سطوح بام‌های سبز تعاملات اجتماعی میان ساکنین در محیطی مطلوب و دلنشین افزایش می‌یابد.

۱- سازمان حفاظت محیط زیست در بسیاری کشورها جهت افزایش تنوع زیستی در سال‌های اخیر سیاست‌های تشویقی درخصوص بام سبز را پیشنهاد داده‌اند.

shaghool.ir

فصل ۱

تعاریف

shaghool.ir

shaghool.ir

۱-۱- تعریف

بام‌های سبز، به مواردی اتلاق می‌شود که کاشت گیاه بر روی زمین صورت نگرفته و بر روی یک سقف انجام گیرد.

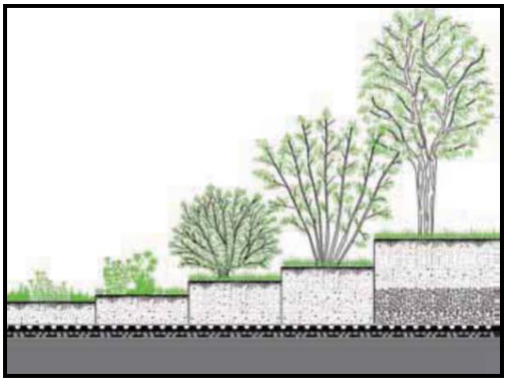
۱-۲- طبقه‌بندی انواع بام سبز

بام‌های سبز بر مبنای نوع ساختار و نوع اجرا به گونه‌های مختلف قابل تقسیم هستند که در ادامه هر یک به تفکیک معرفی شده‌اند:

۱-۲-۱- دسته‌بندی انواع بام‌های سبز از نظر ساختار

مهم‌ترین شاخص‌های دسته‌بندی انواع بام‌های سبز از نظر ساختار، کارکرد بام، ضخامت لایه خاک، ظرفیت نگهداری آب و نوع گیاهان (از نظر عمق ریشه و ارتفاع) هستند. بر اساس این شاخص‌ها، بام‌های سبز به سه دسته کلی قابل تقسیم هستند:

- بام‌های سبز گسترده[1]
- بام‌های سبز نیمه فشرده[2]
- بام‌های سبز فشرده[3]



شکل ۱-۱- ضخامت لایه خاک و نوع گیاهان انواع بام سبز

درواقع، بام‌های سبز در طیفی میان انواع بام سبز گسترده تا فشرده شکل می‌گیرند که گونه کم ارتفاع با گیاهان پوششی تا گونه با ضخامت زیاد و با پوشش بوته و درخت را شامل می‌شود. انواع گونه‌های بام سبز در ظرفیت نگهداری آب

1- Extensive Green Roof
2- Semi-Extensive Green Roof
3- Intesive Green Roof

shaghool.ir

و ضخامت لایه زهکش و ضخامت بستر کشت و به تبع آن، در نوع گیاهانی که در این خاک امکان کاشت می‌یابند، تنوع دارند. نوع استفاده از بام، نظر طراح، شرایط اقلیمی و شرایط ساختمان، مهم‌ترین عوامل موثر بر انتخاب نوع بام هستند.

برخی از انواع بام‌های سبز، نقش عملکردی داشته دارند و علاوه بر آن، نقش زیبایی‌شناسانه در منظر شهری ایفا می‌کنند. برخی تنها نقش زیست‌محیطی داشته و یک زیستگاه برای گیاهان و جانوران و برقراری اکوسیستم طبیعی محسوب می‌شود. بسته به کارکرد مورد انتظار و شرایط پروژه می‌توان نوع بام را انتخاب نمود.

جدول زیر یک تحلیل قیاسی میان انواع بام را نشان می‌دهد که زمینه انتخاب نوع مناسب بام را فراهم می‌آورد. لازم به ذکر است که وزن ارائه شده برای بام‌های سبز، وزن بام در هنگام اشباع سطح خاک و لایه ذخیره از آب را دربر می‌گیرد:

جدول ۱-۱- مقایسه انواع بام‌های سبز

نوع بام	ارتفاع	وزن	کارکرد	نوع گیاهان	ملاحظات
گسترده	۵-۱۸ (cm)	از ۱۵۰ kg/m^2	کارکرد این سیستم بیش‌تر اقتصادی و اکولوژیکی است و بیش‌تر برای مکان‌هایی درنظر گرفته می‌شود که برای حرکت و زندگی انسان طراحی نشده است.	گیاهان علفی و دائم که در مکان‌های با رطوبت اندک نیز قابلیت کاربرد دارند.	تمام سطح نیاز به زهکشی دارد. ضخامت و وزن سقف در آن نسبتا کم است. در ساختمان‌هایی که محدودیت در افزایش بار سقف دارند، مناسب می‌باشد.
نیمه فشرده	۲۰-۳۰ (cm)	از ۳۵۰ kg/m^2	این نوع بام امکان ایجاد فضایی به عنوان فضای باز سکونتی را فراهم می‌آورد.	امکان کاشت گیاهان دائم، گل‌ها و بوته‌ها و پوشاننده‌های سبز در آن فراهم است.	گیاهان کاشته شده نیاز به مراقبت بیش‌تری نسبت به بام‌های گسترده دارند. امکان نصب برخی تجهیزات وجود دارد.
فشرده	۴۰-۶۰ (cm)	از ۷۵۰ kg/m^2	بام تبدیل به یک فضای باز برای استفاده ساکنین می‌شود.می‌توان در آن فضای مخصوص نشستن، برکه و حوض و ... ایجاد نمود.	امکان کاشت گیاهان، درخت و درختچه (باتوجه به شرایط اقلیمی) وجود دارد.	امکان به‌کارگیری تجهیزات و امکانات مختلف باغ‌سازی در آن فراهم است. نیاز به مراقبت و آبیاری دارد.
مشابه زمین	از ۸۰ (cm)	از ۱۲۰۰ kg/m^2	بیش‌ترین کاربرد آن در فضای مابین دو فضای سبز و باغ طبیعی است که هدف عدم انقطاع آن‌ها از یکدیگر است.	کاشت درخت و گیاهان دائم و فصلی در آن فراهم است.	این بام امکان ایجاد فضای سبز با امکانات مشابه فضای سبز روی زمین را فراهم می‌کند.

شکل ۱-۲- بام سبز گسترده اجرا شده، مجارستان

shaghool.ir

شکل ۱-۳- گیاهان کاشته شده در بام‌های نیمه فشرده

شکل ۱-۴- بام سبز نیمه فشرده، کلینیک درمانی روانپزشکی، برلین- آلمان

شکل ۱-۵- نمونه بام سبز فشرده

shaghool.ir

۱-۲-۲- انواع سیستم‌های بام سبز از نظر اجرا

بام‌های سبز به سه نوع سیستم ساختمانی قابل تقسیم هستند:

۱-۲-۲-۱- سیستم‌های درجا

در این نوع سیستم، تمامی لایه‌های بام سبز به‌صورت تفکیک شده بر روی بام اجرا می‌شوند. این سیستم در دونوع بام مسطح و شیب‌دار اجرا می‌شود و قابلیت تنوع اجرا برای شکل های مختلف بام را دارد. علاوه برآن، امکان اجرا در ضخامت‌های مختلف و برای انواع مختلف بام سبز مشتمل بر بام‌های گسترده، نیمه فشرده و فشرده را دارد.

شکل ۱-۶- اجرای بام سبز به شیوه درجا

۱-۲-۲-۲- سیستم‌های مدولار

این سیستم‌ها بر روی بام ساختمان‌ها (نوساز یا ساختمان‌های قدیمی) قابل اجرا هستند. درواقع، متشکل از جعبه‌های مستطیل شکل حاوی یک لایه زهکش، بستر کشت و لایه فیلتر هستند که گیاهان از پیش در آن روییده‌اند و آماده‌سازی شده‌اند. این قطعات مستطیل شکل در کنار یکدیگر بر روی سطح قرار گرفته و کل آن را می‌پوشانند. قطعات با اتصال به یکدیگر، یک لایه زهکش یکپارچه را فراهم می‌آورد. لایه‌های عایق رطوبتی و ضد ریشه اغلب به‌صورت درجا روی سطح بام نصب می‌شود و سپس، قطعات بر روی آن قرار می‌گیرند. درصورت چیدمان مناسب هیچگونه انقطاعی میان قطعات در بام به چشم نمی‌خورد و سطحی یکپارچه به‌نظر می‌رسد. این قطعات به ابعاد مختلف قابل ساخت هستند. نوع گیاهان و به واسط آن، عمق بستر کشت متفاوت بوده و اغلب از ۷۵ تا ۳۰۰ میلی‌متر متغیر است. از مزایای این سیستم، سهولت اجرا و درعین حال دستیابی سریع به بام سبز می‌باشد.

shaghool.ir

شکل ۱-۷- سیستم بام سبز مدولار

۱-۲-۲-۳- گیاهان سبز صفحه‌ای آماده

این سیستم که لایه خاک و گیاه واسط را شامل می‌شود، به‌صورت لوله شده به محل آورده و در روی سطح پهن می‌شود. این سیستم، بیش‌تر گیاهان سبز پوشاننده چمنی را شامل می‌شود. نصب سریع و آسان و آماده‌سازی سریع از مهم‌ترین مزایای آن محسوب می‌شود.

۱-۳- اجزای بام سبز

اجزای بام سبز به دو دسته اجزای اصلی و اجزای جانبی به شرح زیر تقسیم می‌شوند:

۱-۳-۱- اجزای اصلی بام سبز

اجزای اصلی بام سبز، لایه‌هایی هستند که ساختار پایه بام سبز را با تامین اهداف زیر تشکیل می‌دهند:

- توانایی حمل بار وارد شده از طرف خاک و گیاهان
- عایق‌بندی در برابر نشت آب و بخار آب، نفوذ ریشه گیاهان
- ذخیره‌سازی رطوبت جهت استفاده گیاهان در مواقع کم بارش
- فراهم آوردن بستری شبیه به خاک برای نگهداری و رشد گیاهان
- حفظ یک پوشش گیاهی پایدار در تناسب با اقلیم منطقه
- فراهم آوردن مزایای اقلیمی، زیست محیطی و اجتماعی
- حفاظت لایه‌های زیرین سقف در برابر اشعه ماوراء بنفش و نوسانات دما

مهم‌ترین لایه‌های ویژه به‌کار رفته در بام سبز به‌شرح زیر هستند:

shaghool.ir

۱-۳-۱-۱- لایه ضد ریشه[1]

کارکرد این لایه، حفظ اجزای زیرین بام سبز از نفوذ ریشه و مواد شیمیایی و آلی خاک (لایه نگهدارنده ریشه گیاه) است. این لایه (یا لایه‌ها) می‌تواند صفحه‌ای بتنی یا عایق‌های غیرقابل نفوذ نظیر ژئوتکستایل‌ها، صفحات مسی و یا ترکیبی از آن‌ها بسته به شرایط طراحی باشند.

لایه ضد ریشه متشکل از دو بخش غشاء و پوشش مقاوم به مایعات می‌باشد. استفاده از این لایه‌ها در سقف‌های ساخته شده از بتن ضد آب تقویت شده با مقاطع فلزی جوشی، مانع از نفوذ ریشه خواهد شد.

لایه ضد ریشه می‌تواند توسط یک غشای ضد ریشه دیگر در بالای عایق‌بندی سقف و یا در صورت رعایت الزاماتی که در ادامه آورده شده است، در خود عایق‌بندی سقف در نظر گرفته شود.

استفاده از یک مانع کارآمد جهت افزایش مقاومت در مقابل نفوذ آب و ریشه، در هر دو بام سبز فشرده و گسترده الزامی است.

۱-۳-۱-۲- محافظت از لایه ضد ریشه و ضد آب در مقابل آسیب‌ها

جهت جلوگیری آسیب به عایق رطوبتی سقف و لایه ضد ریشه به اقدامات حفاظتی و استفاده از لایه‌های محافظ نیاز است.

لایه‌های محافظتی قابل استفاده در بام سبز می‌توانند متشکل از موارد زیر باشند:

- ژئوتکستایل‌ها
- غشاهای مصنوعی
- صفحات یا غشای گرانول مصنوعی
- صفحات و پانل زهکشی
- پانل‌های عایق (به عنوان مثال جهت استفاده در سقف‌های معکوس).
- لایه‌های محافظتی که تحت شرایط سخت (به عنوان مثال رانندگی از روی آن‌ها در مرحله ساخت) تولید می‌شوند عبارتند از:
  - لایه‌های بتنی
  - لایه‌های آسفالتی

1- Root Barrier

shaghool.ir

۱-۳-۱-۳- لایه زهکش و ذخیره‌کننده آب[1]

این لایه به منظور ذخیره سازی آب جهت رساندن آن به ریشه گیاهان به کار می‌رود. بـه منظـور کـاهش وزن سـقف، این لایه اغلب از پلاستیک یا لاستیک فشرده و یا مصالح سبک با قدرت جذب بالای آب سـاخته مـی‌شـود. ایـن لایـه در ضخامت‌های مختلف و یا ظرفیت‌های مختلف نگهداری آب تولید می‌شود که بسته به نوع بـام سـبز، انـواع مختلفـی از آن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱-۳-۱-۴- لایه جداکننده و فیلتر[2]

این لایه‌ها، بین لایه خاک (لایه نگهدارنده ریشه گیاه) و لایه زهکش قرار می‌گیرد که اغلب جنس آن به‌گونـه‌ای اسـت که به‌عنوان لایه محافظ ریشه نیز عمل می‌کند. این لایه ضمن عبور آب، مانع عبـور ذرات معلـق خـاک بـه لایـه زهکـش می‌شود. علاوه بر آن موجب توزیع یکنواخت رطوبت در سطح بام می‌شود.

۱-۳-۱-۵- بستر کشت برای رشد گیاه[3]

این لایه، در واقع همان خاک به معنای متداول نیست؛ بلکه اغلب، یک فرمول ترکیبی است که ویژگـی‌هـای خـاک را دارد و بسیار سبک است. ظرفیت حرارتی این لایه، نقش مهمی در ظرفیت گرمایی و ضریب انتقـال حرارتـی سـقف دارد. قابلیت ذخیره‌سازی مناسب آب نیز از ویژگی‌های مهم این ترکیب به‌شمار می‌رود. فرمول ترکیبی این خـاک متناسـب بـا نوع گیاهانی است که در آن کشت می‌شوند.

۱-۳-۱-۶- گیاهان

گیاهان، باتوجه به محدودیت‌های اقلیمی، ایده طراحی، نوع بام و زمـان و بودجـه درنظرگرفتـه شـده بـرای نگهـداری درنظر گرفته می‌شوند.

۱-۳-۲- اجزای جانبی بام سبز

به منظور افزایش کارایی بام‌های سبز، به‌خصوص در زهکشی و هدایت مناسب جریان آب، تجهیزاتی به عنـوان اجـزای جانبی اجرای بام سبز به‌کار می‌روند؛ نمونه‌هایی از این محصولات عبارتند از:

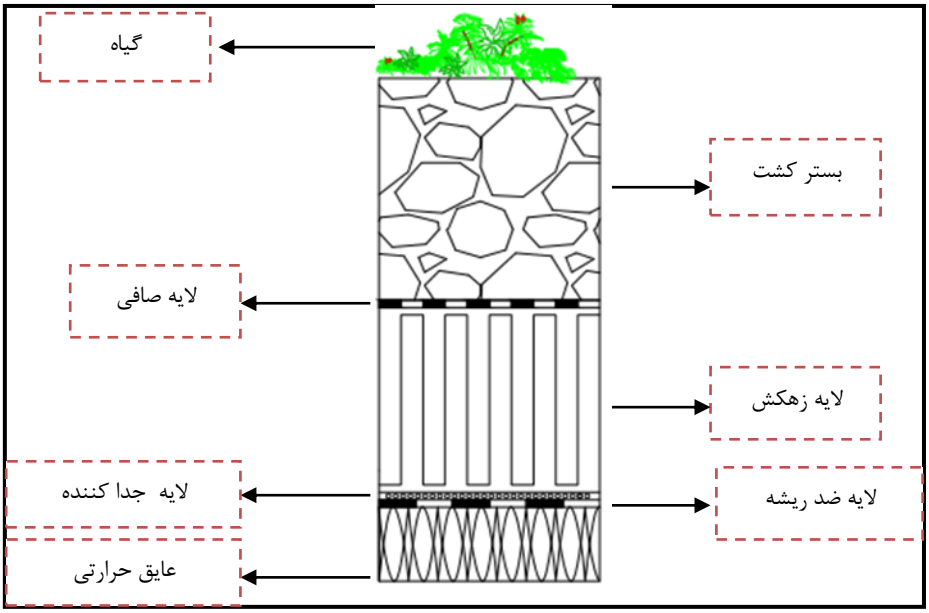
- تجهیزات مرتبط با دفع آب مانند، کف‌شور، کانال‌ها و لوله‌های عبور آب، دریچه‌ها، اتاقک بازدید، شبکه‌های پوشاننده کانال‌ها، کانال‌های عبور لوله‌های تاسیساتی

1- Drainage Layer
2- Filter /Fleece
3- Vegetation Support Layer/ Substrate

shaghool.ir

- لبه‌های جداکننده و حائل‌ها که از مصالح بتن، پلاستیک فشرده و یا آلومینیوم و ورق گالوانیزه قابل ساخت هستند.
- کف‌پوش‌ها، پایه‌های نصب کفپوش، جداکننده‌ها، جان‌پناه‌ها و موارد مشابه.

این محصولات، اغلب توسط شرکت‌های تولیدکننده اجزای بام سبز تولید می‌شوند. استفاده از محصولات دیگر که کارکردهای مورد نظر در این خصوص را تامین نماید نیز، بلامانع است.



شکل ۱-۸- اجزای بام سبز و مراحل اجرای آن

shaghool.ir

فصل ۲

الزامات اجرای بام سبز

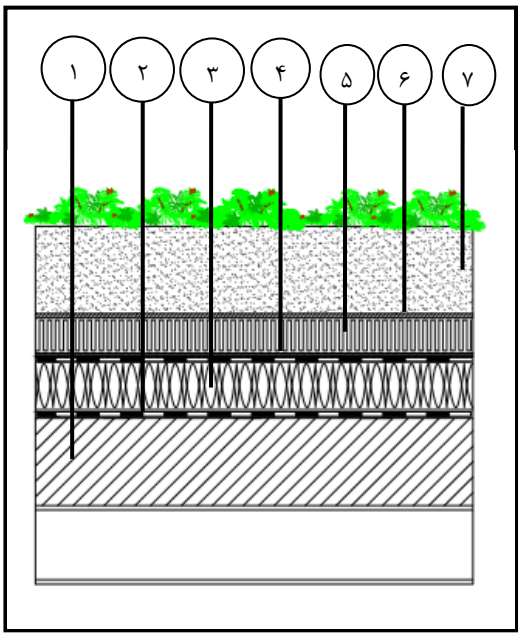
shaghool.ir

shaghool.ir

اجزای بام سبز به ترتیب زیر بر روی سقف تمام شده، اجرا می‌شوند. همان‌طور که گفته شد، بهتر است که پیش‌بینی اجرای بام سبز در هنگام طراحی در ساختمان صورت گیرد. اجرای بام سبز مشتمل بر اجرای لایه‌ها به ترتیبی که در زیر خواهد آمد و نصب صحیح اجزای جانبی می‌باشد. در ادامه، مراحل اجرای بام سبز به ترتیب از طریق تصاویر نشان داده شده و علاوه برآن، مقطعی از جزییات اجرای بام سبز در سه نوع بام گسترده، نیمه فشرده و فشرده با تأکید بر جزییات اجرای آب‌راه‌ها و دریچه‌های آن ارائه شده است. همچنین، به‌منظور تدقیق مراحل اجرای بام سبز مراحل اجرای بام نمونه در پیوست ۱ تشریح شده است. به‌منظور آگاهی بیش‌تر از الزامات کلی اجرای بام سبز به استانداردهای زیر رجوع شود:

- ASTM D8014 - 17
  Standard Guide for Selection of Membranes Used in Vegetative Roofing Systems
- ASTM E2777 - 14
  Standard Guide for Vegetative (Green) Roof Systems

در نقشه‌ی زیر، مقطع بام سبز در نشان داده شده است که ضخامت لایه‌ها (به‌خصوص لایه زهکش و خاک) در سه‌نوع بام گسترده، نیمه فشرده و فشرده متفاوت است.



۱- مصالح بام
۲- لایه محافظ
۳- عایق حرارتی
۴- لایه ضدآب، ضد ریشه
۵- لایه زهکش
۶- لایه صافی
۸- جداکننده شن و خاک
۹- بستر کشت
۱۰- گیاهان علفی چند ساله مقاوم دربرابر خشکی

شکل ۲-۱- مقطع بام سبز

۲-۱- مراحل اجرای بام سبز و الزامات مترتب بر آن

مراحل اجرای اجزای بام سبز و الزامات مرتبط با اجرای هر لایه به شرح زیر است:

shaghool.ir

۲-۱-۱- شیب‌بندی بام و تعبیه آب‌راه‌ها

- لازم است که شیب‌بندی مناسب در سطح بام جهت هدایت آب به آب‌راه‌ها و تعبیه آب‌راه به تعداد کافی و متناسب با سطح و هندسه سقف صورت گیرد.

۲-۱-۲- اجرای لایه‌های عایق رطوبتی و عایق حرارتی

- اجرای عایق حرارتی در همه موارد الزامی نیست؛ در اقلیم‌های معتدل، بام سبز می‌تواند با توجه به ضخامت آن و نوع گیاهان کاشته شده، به عنوان عایق حرارتی عمل کند.
- عایق‌های رطوبتی از اجزای بسیار مهم در بام سبز محسوب می‌شوند که وظیفه ممانعت از انتقال رطوبت بام به زیر سقف را برعهده دارند. این عایق‌ها به دو دسته عایق‌های پلی‌اتیلنی و عایق‌های پایه قیری[۱] تقسیم می‌شوند که امکان استفاده از هر دو نوع در ساختمان وجود دارد و اجرای آن تابع ضوابط اجرای عایق‌های رطوبتی می‌باشد.[۲]

استانداردهای ملی که در خصوص عایق‌بندی رطوبتی لازم است مورد استناد قرار گیرند، عبارتند از:

- استاندارد ملی ایران، شماره ۳۸۷۷، روش نصب عایق رطوبتی پیش‌ساخته

همچنین توصیه می‌شود استانداردهای زیر مورد استفاده قرار گیرند:

- DIN 18195-1 Waterproofing- Part 1 Building Principles, definitions, allocation of different types of waterproofing
- DIN 18195-2 Waterproofing- Part 2, Materials
- DIN 18195-5 Waterproofing- Part 5, Damp protection against Water under Pressure, Ceiling surface and wet rooms, Measuring and execution.
- DIN 18195-8 Waterproofing- Part 8, Waterproofing over Expansion Joints
- DIN 18195-9 Waterproofing- Part 9, Penetration, Fixtures, Fittings
- DIN 18195-10 Waterproofing- Part 10, Protective layers and Protective Measures
- DIN 18531-1 waterproofing of roofs- Waterproofing for unused roofs- Part 1: Terminology, Requirements, Planning Fundamentals

۲-۱-۳- اجرای لایه محافظ ضد ریشه

- اجرای لایه محافظ برای جلوگیری از نفوذ ریشه بعه لایه علیق رطوبتی و لایه‌های دیگر الزامی است.

۱- عایق‌های قیری دارای انواع ضد نفوذ ریشه نیز هستند که اجرای آن به حفاظت بام سبز کمک خواهند کرد. اما مانع اجرای لایه ضد ریشه نیست.

۲- عایق های پلی اتیلنی از مقاومت بالاتر در مقابل نفوذ ریشه برخوردار است، اما مانع اجرای لایه ضد ریشه نیست.. اما به‌دلیل عدم چسبندگی به لایه زیرین سقف، در صورت ایجاد سوراخ در آن به دلیل امکان حرکت آب در زیر عایق، امکان تشخیص محل آسیب‌دیدگی عایق از طریق مکان تجمع رطوبت میسر نیست. تشخیص محل نشت رطوبت به دلیل نشان دادن آثار آن در محل آسیب عایق در عایق‌های قیری بیش‌تر است.

shaghool.ir

- در صورت وجود درز انبساط در اتصالات سقف‌های از جنس بتن ضد آب، در نظر گرفتن تمهیدات لازم جهت جلوگیری از نفوذ ریشه، الزامی است.
- از آنجایی که در عایق‌بندی یک ساختمان که دارای بخش‌های متعدد است، عایق‌بندی هر بخش به طور جداگانه اجرا شده است، در هنگام تعبیه لایه ضد ریشه، در نظر گرفتن کل سقف و تمامی بخش‌ها الزامی است.
- محافظت تمامی نقاط انتقال، نفوذ و اتصالات موجود در سقف در برابر نفوذ ریشه الزامی است.
- لازم به ذکر است لایه‌ی ضد ریشه در صورتی در مقابل نفوذ ریشه مقاوم خواهد بود که از مواد مناسبی جهت درزگیری برخوردار باشد. بسته به خاصیت مواد، آب بندی اضافی در درز اتصالات طبق دستورالعمل سازنده، الزامی است.
- به دلیل آنکه عایق رطوبتی دارای سطوح سخت و خشنی است، به منظور جلوگیری از صدمه مکانیکی به غشای ضد ریشه در نظر گرفتن یک قلاب محافظ الزامی است.
- لایه ضد ریشه غیرمقاوم در برابر اشعه ماوراء بنفش باید در هنگام قرارگیری در مناطق آزاد و هوای آزاد محافظت شوند. لایه ضد ریشه نباید در طول ساخت و ساز آسیب ببیند. در صورت توقف کار، اقدامات لازم جهت محافظت از بام باید مطابق با با DIN 18531 باشد.
- لایه‌های ضد ریشه که در نقاط انتقال سقف قرار گرفته‌اند باید به بخش فوقانی خود متصل شوند. همچنین این لایه‌ها باید در برابر تاثیرات خارجی محافظت شوند.
- مطابق با DIN 18531-3، DIN 18532-1 و ۱۸۵۳۳-۱، استفاده ازهرنوع پوشش برروی درزهای انبساط ممنوع بوده و این درزها باید در دسترس باشند.
- درصورتی‌که در یک سقف، عایق رطوبتی مقاوم به نفوذ ریشه نباشد، خود لایه ضد ریشه موجود، موجب تجمع آب خواهد شد. در صورتی که لایه ضد ریشه مقاوم به آب باشد، در نظر گرفتن یک فرورفتگی جهت تجمع آب به طور جداگانه، الزامی است.
- در صورت استفاده از گیاهان با امکان رشد ریشه‌های بیش‌تر انجام مطالعات دقیق در حین برنامه‌ریزی، الزامی است. در مورد انواع بامبو و نی‌های چینی، باید اقدامات احتیاطی ساختاری فراتر از تعبیه لایه ضد ریشه انجام شود و اقدامات ویژه‌ای برای نگهداری این نوع سقف‌ها انجام شود.

برای ضوابط مرتبط با لایه‌های محافظ در بام سبز گسترده در انتخاب مصالح به استاندارد DIN18531-2 و در طراحی و اجرا به استاندارد DIN18531-1 رجوع شود. همچنین، در بام سبز فشرده در انتخاب مصالح به استاندارد DIN18195-2/5 و در طراحی و اجرا به استاندارد DIN18195-10 رجوع شود.

shaghool.ir

۲-۱-۴- الزامات محافظت از لایه ضد ریشه و ضد آب در مقابل آسیب‌ها

سازگاری لایه‌های محافظ با ابعاد و مقاومت فشاری عایق، میزان بار وارده و نوع استفاده از آن الزامی است.

در ارتباط با این محافظ‌ها، رعایت حداقل نکات زیر علاوه بر قوانین ارائـه شـده در DIN 18531-1 و ZVDH / HDB Flachdachrichtlinie الزامی است:

- ژئوتکستایل‌ها: تراکم مساحت حداقل ۳۰۰ گرم در مترمربع و ضخامت ۲ میلی متر؛

علاوه بر این، این نوع محافظ باید از حداقل مقاومت ژئوتکستایل‌ها مطابق با دفترچه راهنمای استفاده از ژئوسـنتتیک در ساخت و ساز جاده‌ای[1]، برخوردار باشد. در صورت وجود بار بیش‌تر در زمان ساخت، به ژئوتکستایل با مقاومـت بـالاتری نیاز است. میزان کارایی این نوع محافظ برای محصولاتی که تراکم سطح کم‌تری دارند، نیازمند بررسی است.

- پانل‌های ساخته شده از گرانول لاستیکی: ضخامت اسمی ۶ میلی متر؛
- پانل‌های ساخته شده از گرانول پلاستیکی: ضخامت اسمی ۴ میلی متر.

نکات:

- مصالح مورد استفاده در لایه‌های محافظ باید با یکدیگر و با عایق‌بندی سازه سازگار بـوده و در برابـر فشـارهای مکانیکی، حرارتی و شیمیایی تحمیل شده بر آن‌ها مقاوم باشند.
- مواد باید در برابر پوسیدگی ناشی از مواد و میکروارگانیسم‌های موجود در ساختار کاشت مقاوم باشند.
- لایه‌های محافظ ممکن است در مقابل مواد مضر خارجی آسیب‌پذیر نباشند.
- پلاستیک‌ها و لایه‌های محافظ ممکن است فاقد مواد فلزی که معمولا در زمان تولید ایجاد می‌شوند، باشند.

باید توجه شود که در هنگام نصب تخته‌های محافظ، لایه‌ی ضد ریشه در مقابل آسـیب، حفـظ شـود. همچنـین بایـد پیش از نصب این تخته‌ها خاک اطراف درزها به دقت گرفته شود.

باید توجه شود که لایه‌های محافظ حداقل ۱۰ سانتی‌متر باهم هم‌پوشانی داشته باشند. در صورت تجمع مواد در یـک نقطه، استفاده از یک لایه ضد ریشه اضافی الزامی است.

درصوتی‌که امکان پوشش فوری محصولات وجود نداشته باشد، راه کارهای لازم جهت ایجـاد مقاومـت در برابـر هـوای آزاد مطابق دستورالعمل سازنده رعایت شود.

لایه‌های محافظ باید بسته به نوع ماده مورد استفاده در آن‌ها، بلافاصله پس از استفاده، مورد محافظت قرارگیرند.

بارهای اضافی ناشی از لایه‌های محافظ بتنی، سیم‌پیچ‌ها ویا آسفالت مورد استفاده، باید در نظرگرفته شود.

نصب لایه‌های محافظ سیمان‌دار ممکن است منجر به آزاد شدن کربنات‌ها و آسیب به تجهیزات زهکشی شود.

[1] Merkblatt ber die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des

shaghool.ir

برای لایه‌های محافظ آسفالتی، درجه حرارت و سازگاری مواد باید در نظر گرفته شود.

پانل‌های محافظتی یا لایه‌های محافظ باید بر روی سطوح و عناصر مرتفع‌تر به‌گونه‌ای نصب شوند که مواد حجیم نتوانند به لایه‌های زیرین نفوذ کنند. توجه به نکات زیر در نصب این پانل‌ها الزامی است:

- از هم‌پوشانی لایه‌ها اطمینان حاصل شود.
- میزان هم‌پوشانی لایه‌ها با یکدیگر افزایش یابد.
- مواد حجیم در جهت هم‌پوشانی لایه‌ها نصب شوند.

۲-۱-۵- محافظت در برابر شوره‌زدگی

ساختار لایه‌ای موجود در بام‌های سبز، از عوامل ایجاد شوره در تاسیسات زهکشی و خسارت‌های ناشی از آن نمی‌باشد. همچنین، تاثیراستفاده از انواع گیاهان غنی از آهک همانند بسترهایی که دارای ملات‌هایی از آجرهای بازیافتی، تراورتن، دولومیت یا کمپوست‌های آهکی هستند نیز بر تولید شوره اثبات نشده است.

به طور خلاصه عوامل زیر به طور خلاص از جمله دلایل عمده شوره شناخته شده‌اند:

- انحلال کربنات‌ها از لایه‌های محافظی بتونی یا سیمانی
- جاری شدن ملات بتن از لبه‌ها، سطوح یا وسایل و اتصالات

نصب مواد حجیم آهکی که می‌تواند منجر به تولید شوره شود، مانند نصب بتن بازیافت شده در لایه‌های زهکشی و در لبه‌های بام، ممنوع است.

در صورت استفاده از لایه‌های محافظ بتنی، سطح آن‌ها باید به گونه‌ای آماده و اجرا گردد که میزان تولید کربنات محدود شده و احتمال ایجاد شوره کاهش یابد.

درصورتی‌که امکان نصب مناسب و بدون خطا بتن یا ملات بروی یک شی وجود نداشته باشد، به منظور محافظت آن در برابر آب و جلوگیری از تولید کربنات‌ها باید از رنگ آمیزی یا فویل جهت پوشاندن آن استفاده شود.

۲-۱-۶- تاسیسات زهکشی و الزامات مرتبط با آن

۲-۱-۶-۱- لایه زهکش

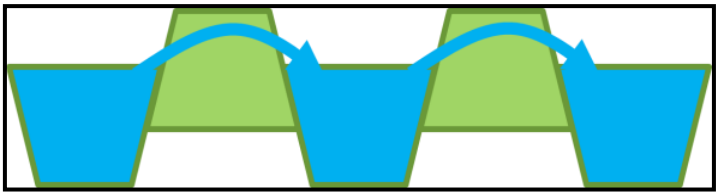
درخصوص لایه زهکش توجه به موارد زیر الزامی است:

- در سورت استفاده از لایه‌های زهکش صفحه‌ای، در محل دریچه ها برش ورق زهکش به‌گونه‌ای صورت می‌گیرد تا مانع از نفوذ آب یا حرکت ریشه به زیر دریچه های عبور آب شود.
- هم‌پوشانی میان صفحات زهکش نباید از ۱۰ سانتی‌متر کم‌تر باشد. برای این منظور حفره‌های دو سطح در یکدیگر فرورفته و هم‌پوشانی ایجاد می‌شود.

shaghool.ir

توصیه:

زهکش‌های پلی اتیلنی به دلیل وزن کم و امکان ذخیره آب، کارکرد خوبی در بام سبز دارند. درصورت استفاده از زهکش‌های پلی اتیلنی، زهکش با حفره‌های دو طرفه که صفحات شکل شانه تخم مرغی را فراهم می‌آورد به جای زهکش یک طرفه توصیه می‌شود. زیرا امکان جریان آب در بین حفره‌ها و پخش یکنواخت در این‌لایه را فراهم می‌آورد.



شکل ۲-۲- لایه زهکش

توصیه می‌شود که حداکثر ظرفیت ذخیره آب در این لایه‌ها بیش از ۶۵٪ حجم آن نباشد تا از پس زدن آب در سیستم جلوگیری شود.

- درصورتی که از موارد دیگر نظیر شن و یا پوکه‌های معدنی و صنعتی سبک به عنوان لایه زهکش استفاده شود، لازم است که وزن بام و میزان ظرفیت نگهداری آب در آن کنترل شود.
- درصورت استفاده از لایه‌های فوق، امکان تماس مستقیم ریشه گیاه با لایه زیرین پس از رشد در میان دانه‌های شن یا پوکه تقویت می‌شود. لذا به منظور عدم نفوذ ریشه به لایه عایق رطوبتی، توجه ویژه به کارکرد لایه ضد ریشه الزامی است.
- در صورت استفاده از گرانول‌ها و موارد فوقالذکر در لایه زهکش، نباید قطر آن‌ها در بیش از ۱۰٪ دانه‌بندی کم‌تر ۰/۰۶۳ میلی‌متر باشد. دانه‌بندی گرانول‌ها در رابطه با ضخامت خاک به شرح زیر است:

عمق ۱۰-۴ سانتی‌متر	قطر دانه‌ها ۲/۱۲ الی ۲/۸ سانتی‌متر
عمق ۲۰-۱۰ سانتی‌متر	قطر دانه‌ها ۴/۸ الی ۸/۱۶ سانتی‌متر
عمق ۱۰-۴ سانتی‌متر	قطر دانه‌ها ۴/۸ الی ۱۶/۳۲ سانتی‌متر

- درصورت استفاده از شن و مصالح مشابه به عنوان زهکش، لازم است اطراف بازشو دریچه‌ای مشبک که امکان عبور آب را فراهم نموده، اما مانع از عبور شن و همچنین خاک می‌شود، نصب شود.

برای اطلاعات بیش‌تر درخصوص الزامات، انواع مواد قابل استفاده به‌عنوان زهکش و آزمون‌های سنجش قابلیت جذب رطوبت به استانداردهای زیر رجوع شود:

- استاندارد ملی ایران، شماره ۱۷۰۷۶، سامانه‌های بام گیاهی (بام سبز)- آبگیری و نگهداشت واسطه‌های لایه‌های زهکش ژئوکامپوزیت - روش آزمون
- استاندارد ملی ایران، شماره ۱۷۰۷۶، سامانه‌های بام گیاهی (بام سبز) نفوذپذیری واسطه‌های زه‌کشی دانه‌ای در حالت اشباع از آب به روش بار افتان - روش آزمون

shaghool.ir

- ASTM E2396 / E2396M - 15
  Standard Test Method for Saturated Water Permeability of Granular Drainage Media [Falling-Head Method] for Vegetative (Green) Roof Systems
- ASTM E2788 - 11
  Standard Specification for Use of Expanded Shale, Clay and Slate (ESCS) as a Mineral Component in the Growing Media and the Drainage Layer for Vegetative (Green) Roof Systems
- ASTM E2398/ E2398M - 15a
  Standard Test Method for Water Capture and Media Retention of Geocomposite Drain Layers for Vegetative (Green) Roof Systems

۲-۱-۶-۲- تاسیسات زهکشی

تاسیسات زهکشی شامل موارد زیر است:

- خروجی‌های سقفی
- لوله‌های داخلی
- آب‌راه‌هایی در مقابل درب‌ها
- ناودان
- فواره‌های پاششی
- سرریزهای اضطراری

تاسیسات زهکشی باید قادر به جمع‌آوری و از بین بردن آب اضافی از مسیر زهکشی و آب‌های سطحی موجود در لایه پوشش گیاهی باشد. آب از نماها و سطوح درزگیر باید به گونه‌ای خارج شود که ساختار لایه‌های پوشش گیاهی مانع آن نشود.

۲-۱-۶-۳- نصب زهکشی سقف در منطقه کشت

در صورت نصب زهکش در مناطقی از سقف که دارای پوشش گیاهی است، تعبیه یک محفظه بازرسی جهت جلوگیری از رسوب الزامی است.

۲-۱-۶-۴- نصب زهکشی سقف در خارج از مناطق کشت

زهکشی‌های نصب شده در خارج از نقاط با پوشش گیاهی معمولا به صورت آشکار در نوار ماسه‌ای قرار می‌گیرند. استفاده از یک صفحه فیلتر با مش متناسب با ذرات ماسه‌های موجود در اطراف آن، جهت محافظت در برابر گرفتگی زهکش، الزامی است.

shaghool.ir

۲-۱-۶-۵- سرریزهای اضطراری

نصب سرریزهای اضطراری و جریان آب به سمت آن‌ها باید به گونه‌ای باشد که ساختار لایه‌ای بام سبز حفظ شود. اطراف سرریزهای اضطراری باید به گونه‌ای طراحی شده باشد که آب بدون مانع بتواند از آن خارج شود و در هر زمان امکان بازرسی بصری از آن وجود داشته باشد. این سرریزها باید دور از پوشش‌های گیاهی در محیط تعبیه شوند.

۲-۱-۶-۶- زهکشی سقف‌های شیب دار

زهکشی سقف‌های شیب‌دار از طریق نوارهای ماسه‌ای، یا از طریق لوله‌های زهکش یا آبروها و ناودان‌های خارجی یا داخلی سقفی صورت می‌گیرد.

با افزایش شیب، پیش‌بینی سطح بیش‌تر در پیش آمدگی لبه‌های بام، جهت زهکشی آب، الزامی است. این نکته باید در ابتدای کار و در هنگام طراحی ابعاد زهکش در نظر گرفته شود. از کاشت پوشش گیاهی متراکم در اطراف پیش آمدگی‌های بام شیب‌دار باید اجتناب شود.

ابعاد زهکش قرار گرفته در فرورفتگی‌های موجود در این نوع بام بسیار حایز اهمیت است، زیرا باید آب جمع‌آوری شده از دو سطح سقف از طریق آن تخلیه شود.

۲-۱-۶-۷- تخلیه آب

آب سطح بام علاوه بر نفوذپذیری، باید با زهکشی مناسب به سمت خروجی بام هدایت شود. ضریب نشت آب برای آب زهکشی باید در جهت عمود بزرگ‌تر از ۰/۳ سانتی‌متر بر ثانیه (۱۸۰ میلی‌متر بر دقیقه) باشد. برای زهکشی جزئی در سطحی به مساحت ۴۰۰ مترمربع با شیب دو درصد در حداکثر طول مسیر ۱۵ متر به خروجی ناودان بام، لایه زهکش شنی باید حدود ۴ سانتی‌متر عمق داشته باشد تا آب را به صورت مناسب زهکش کند. در مورد بام سبز کم عمق مقداری از بارش در مواقع بارش شدید می‌تواند در سطح جاری شود. این مسأله تا زمانی که ایجاد فرسایش در خاک نکند، مشکلی ندارد.

میزان کارایی زهکشی لایه زهکش از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$q' = \frac{A \times C \times q}{b} \left(\frac{lit}{s \times m}\right)$$

که جدول زیر اطلاعات پارامترهای این فرمول را نشان می‌دهد:

q′= حجم آب خارج شده از زهکش

A= مساحت سطحی مورد نظر که قرار است زهکش شود

C= ضریب تخلیه

q= میزان بارش حداکثر

B= قطر خروجی ناودان

shaghool.ir

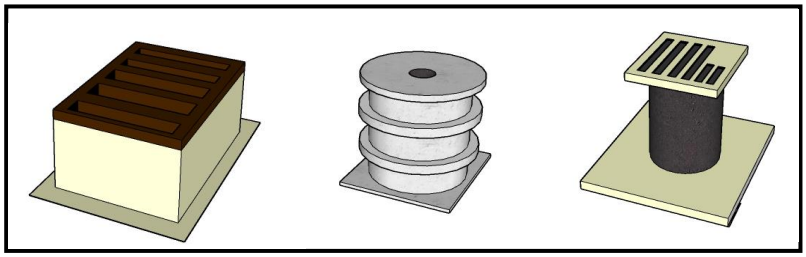
۲-۱-۷- اجرای لایه فیلتر

به منظور ممانعت از ورود خاک به لایه زهکش از فیلتر استفاده می‌شود. فیلترها از جنس موارد ژئوتکستایل هستند.

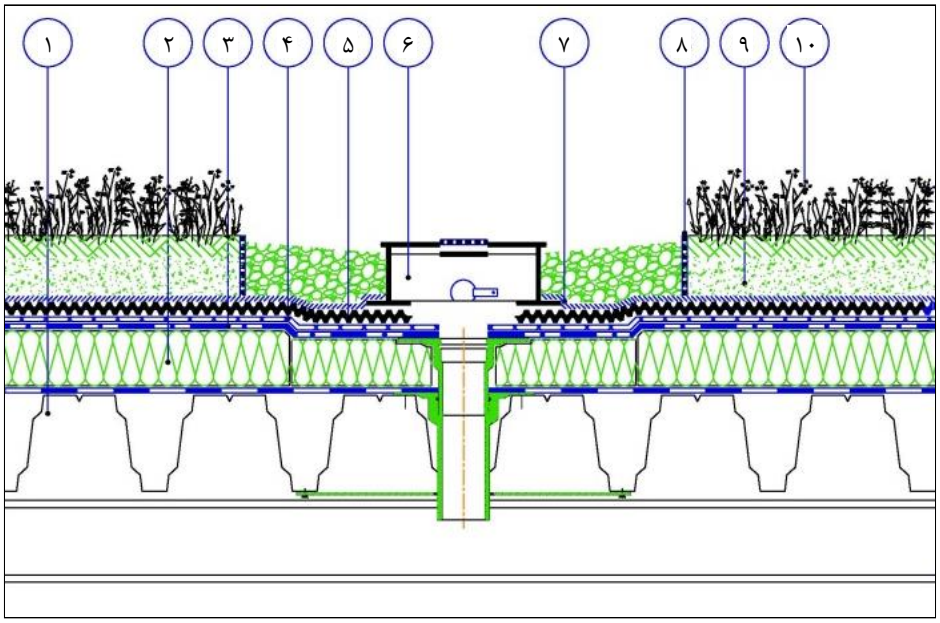
۲-۱-۸- اجرای اجزای جانبی

۲-۱-۸-۱- دریچه محافظ آبرو

محل تخلیه آب بام همواره محل مناسبی برای رشد ریشه‌های گیاه محسوب می‌شود. به‌طوری‌که گاه ایجاد شبکه درهم پیچیده‌ای از ریشه‌ها موجب گرفتگی لوله تخلیه آب بام می‌شود. به‌منظور ممانعت از چنین اتفاقی از دریچه‌های مشبک با قابلیت بازدید برای مصون نگاه داشتن خروجی‌های آب بام از هجوم ریشه گیاهان استفاده می‌شود. جنس این دریچه‌ها پلاستیک فشره و یا ورق‌های گالوانیزه هستند. بهتر است که در حدفاصل دریچه و محل کاشت گیاه از حایلی شن‌ریزی شده استفاده شود. تصاویر زیر نمونه‌هایی از دریچه‌های مذکور و جزییات نصب آن را نشان می‌دهد:



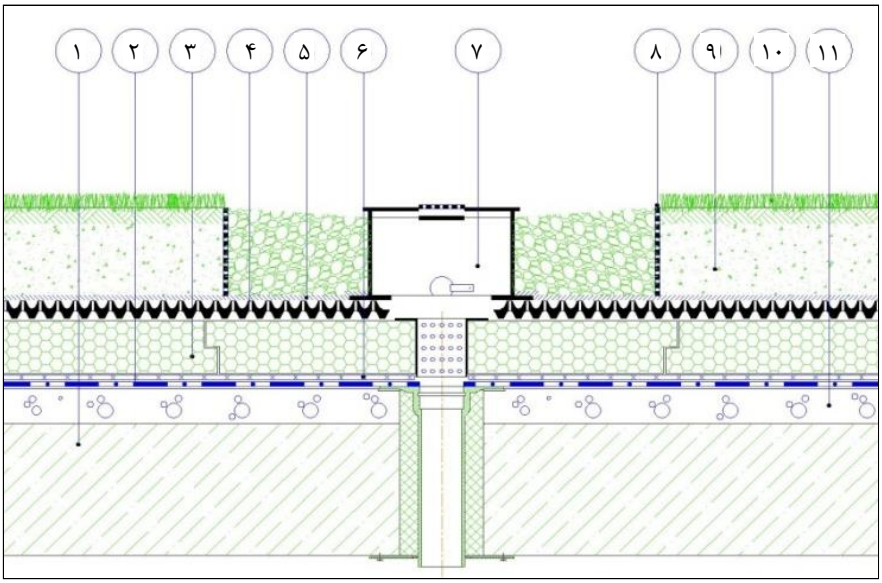
شکل ۲-۳- شکل حجمی نمونه‌هایی از دریچه بازدید



۱- مصالح بام
۲- عایق حرارتی
۳- لایه ضدآب، ضد ریشه
۴- لایه محافظ
۵- لایه زهکش
۶- جعبه محافظ کفشور
۷- لایه صافی
۸- جداکننده شن و خاک
۹- بستر کشت
۱۰- گیاهان علفی چند ساله مقاوم دربرابر خشکی

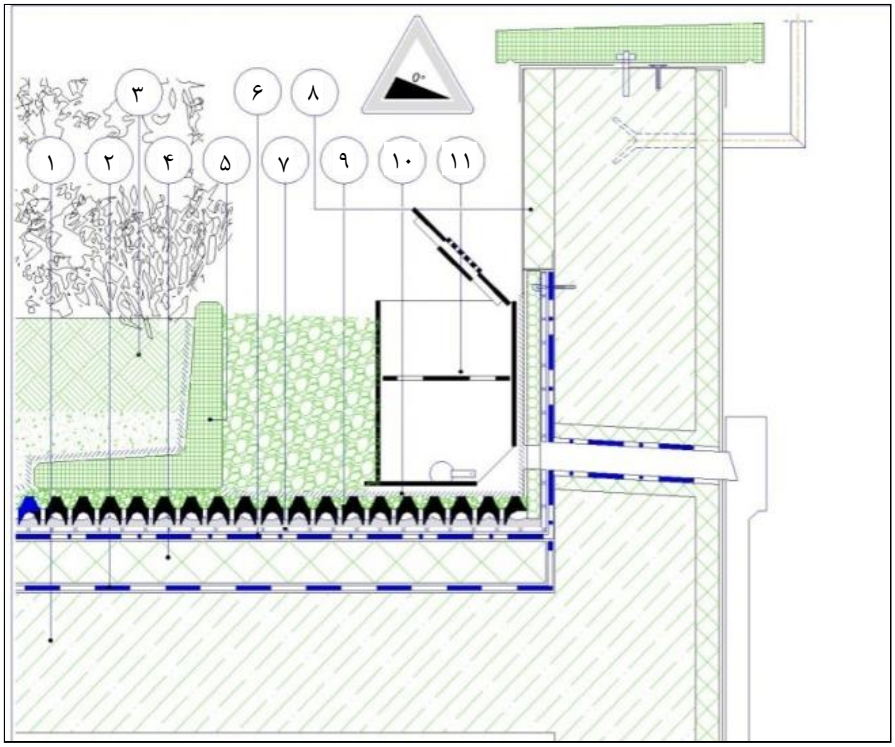
شکل ۲-۴- مقطع بام سبز گسترده مسطح، مأخذ: شرکت دیادم

shaghool.ir



۱- سازه سقف
۲- عایق زطوبتی
۳- عایق جرارتی
۴- لایه زهکش
۵- لایه فیلتر
۶- لایه محافظ
۷- جعبه محافظ کف شور
۸- جداکننده خاک و شن
۹- بستر کشت
۱۰- گیاهان کاشته شده
۱۱- لایه بتن سبک

شکل ۲-۵- مقطع بام سبز نیمه فشرده، مأخذ: شرکت دیادم



۱- مصالح سقف
۲- عایق رطوبتی
۳- بستر کشت
۴- عایق حرارتی
۵- حائل بتنی
۶- لایه ضد ریشه
۷- لایه زهکش
۸- دیوار جان پناه
۹- فیلتر محافظ
۱۰- لایه فیلتر
۱۱- مخزن کف شور

شکل ۲-۶- مقطع بام سبز فشرده، مأخذ: شرکت دیادم

shaghool.ir

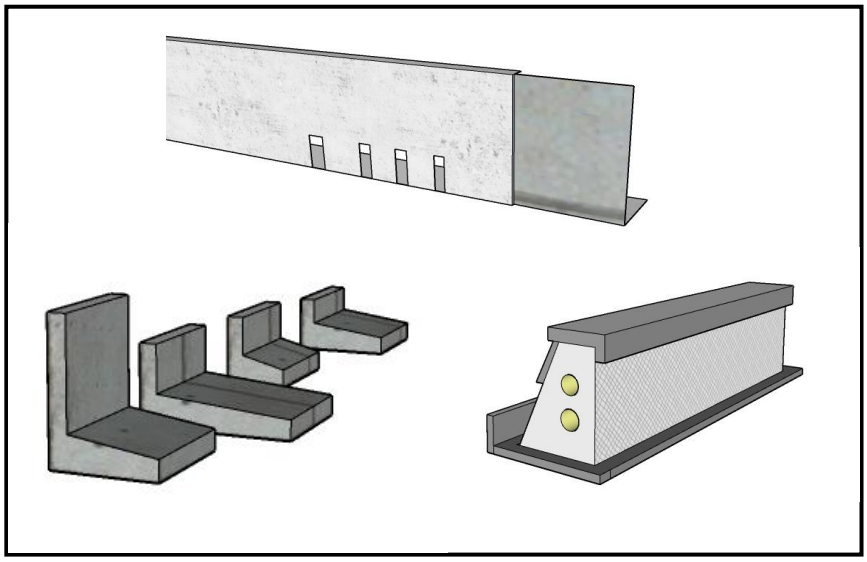
۲-۱-۸-۲- جداکننده مسیر حرکتی از فضای سبز

جداکننده‌ها سطوحی اغلب ال شکل و مشبک هستند که نقش حایل میان بخش‌های شن‌ریزی شده یا پرشده با مصالح دیگر از قسمت بام سبز را شکل می‌دهند.

- استفاده از سطوح مشبک به‌منظور امکان عبور جریان آب از دوطرف و عدم سد کردن مسیر آن الزامی است.
- جداکننده‌ها بر روی لایه فیلتر قرار می‌گیرند و تثبیت می‌شوند.
- جنس جداکننده‌ها از مصالح ورق گاوانیزه، پلاستیک فشرده و در مواردی، بتن می‌باشد.

در بخش پیوست نمونه‌های دریچه‌ها و جداکننده‌های ساخته شده با صفحات فلزی به همراه نقشه جزییات آن معرفی شده‌اند. (ر.ک. پیوست ۱)

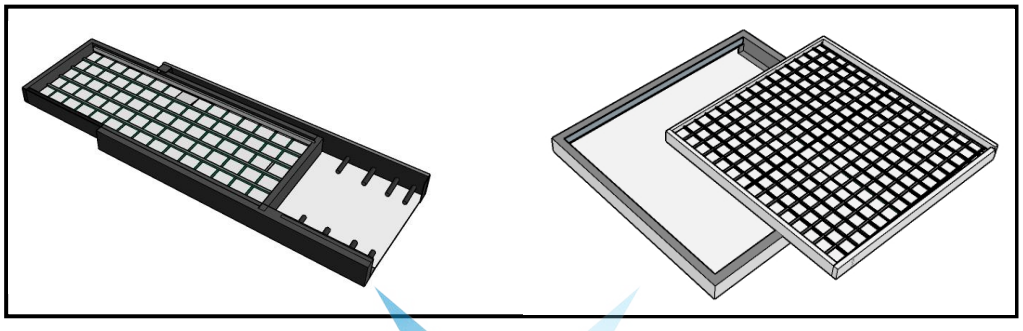
تصاویر زیر، نمونه‌هایی از انواع جداگرها را نشان می‌دهد:



شکل ۲-۷- نمونه‌های جداکننده‌ها

۲-۱-۸-۳- کانال‌های مشبک جداکننده

این قطعات اغلب در نقاط تماس با بازشوها و یا حدفاصل میان دو مصالح در کف بام به‌شمار می‌رود و وظیفه هدایت روان‌آب‌ها را در سطح بام بر عهده دارند.



شکل ۲-۸- نمونه‌های کانال‌های مشبک

shaghool.ir

۲-۱-۹- بستر کشت برای رشد گیاه

بستر کشت رشد گیاه وظیفه نگهداری و تغذیه ریشه گیاه را عهده‌دار است.

- ترکیبات خاک باید چنان‌باشد که وزن کم، در عین قابلیت جذب حجم بالای آب را فراهم آورد.
- درصورت عدم تامین مواد غذایی لازم برای گیاهان از طریق خاک، استفاده از مواد افزودنی الزامی است. برای این منظور، اغلب از روش‌های ترکیبی مکانیزه همراه با آبیاری قطره‌ای استفاده می‌شود. چنان‌چه از کودهای شیمیایی استفاده می‌شود، لازم است اطمینان از عدم تخریب لایه‌های بام در اثر نفوذ آن صورت گیرد.

توضیحات:

مواد پایه خاک، خاک رس، ماسه و خاک برگ هستند که در بام سبز می‌توانند تفاوت‌هایی داشته باشند. مواد افزودنی که به‌منظور افزایش قابلیت جذب آب، کاهش وزن و تغذیه گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرند، موادی همچون پوکه‌های معدنی و صنعتی، پرلیت، شلتوک برنج، ورمی‌کمپوست و کوکوپیت هستند. تناسب ترکیب این مواد باتوجه به وزن مورد انتظار و ضخامت خاک و نوع گیاه متفاوت است. در بخش پیوست در نمونه اجرا شده، تناسب ترکیبات سه‌نوع خاک و کارکرد هریک در طول زمان معرفی شده است. (ر.ک. پیوست ۱)

انتقال خاک و پخش آن در سطوح کوچک توسط بالابر مکانیکی و به‌صورت دستی صورت می‌گیرد. در سطوح بزرگ می‌توان از پمپ‌های پاششی برای این منظور استفاده کرد.

۲-۱-۱۰- کاشت گیاه یا پاشیدن بذر

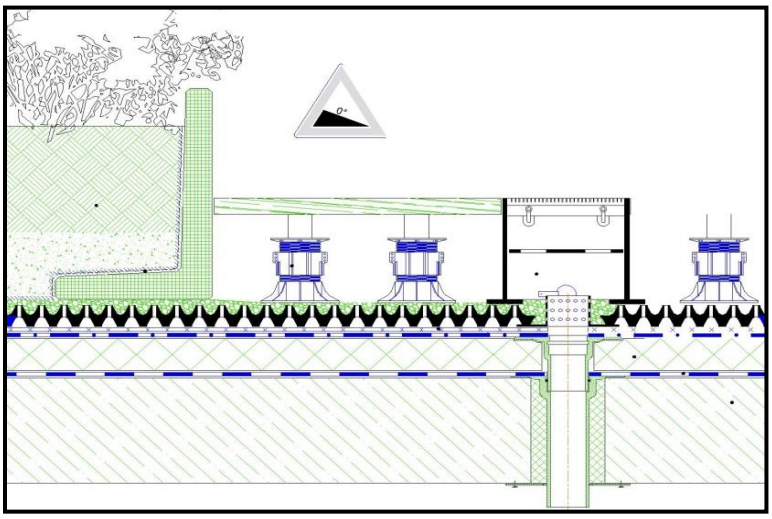
کاشت گیاه بر روی سطح بام به دوشیوه پاشیدن بذر بر روی خاک و یا کاشت گیاهان صورت می‌گیرد. در روزهای نخست، آبیاری و مراقبت لازم است. جزییات و ضوابط انتخاب گیاهان در بخش ۲-۳ تشریح شده است.

۲-۱-۱۱- اجرای مسیرهای حرکتی و فضاهای تجمعی

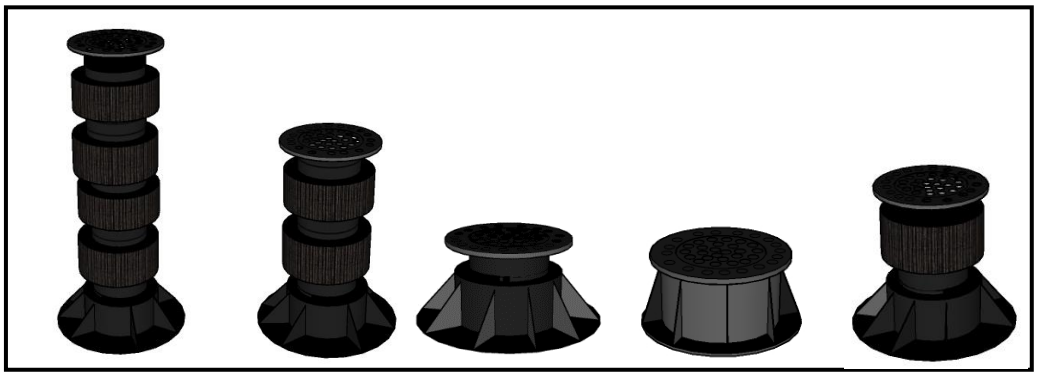
مسیرهای عبور و مرور، آب‌نماها، فضاهای چیدمان صندلی و مواردی از این دست بنا به کارکرد بام درکنار فضای سبز تعبیه می گردد. در تعبیه این فضاها توجه به موارد زیر الزامی است:

- از نصب و یا قرارگیری اشیای برنده و تیز و یا اشیایی که فشارهای نقطه‌ای بالا به سطوح وارد می کنند، بر روی بخش‌هایی که لایه‌ها بام سبز اجرا شده، پرهیز شود.
- توجه به وزن مجاز بار زنده و مرده بر روی سقف الزامی است.
- استفاده از کفپوش‌های سفالی، پلاستیکی و یاچوبی پایه دار که مسیرهای حرکتی را هم‌تراز سطح پوشش گیاهی تنظیم می‌کند، توصیه می‌شود. جزییات نصب این پوشش‌ها در شکل (۲-۹) نشان داده شده است.

shaghool.ir



شکل ۲-۹- جزییات نصب کفپوش در بام سبز



شکل ۲-۱۰- نمونه‌هایی از پایه برای نصب کفپوش و روش نصب آن

- درصورت نصب کفپوش‌ها بدون فاصله و بر روی سطوح، معمولا از اتصال خشک استفاده می‌شود. در این حالت، امکان نفوذ آب به داخل خاک میسر می‌باشد.

۲-۱-۱۲- اجرای بام سبز در سطوح شیب‌دار

میزان و درصد شیب سقف‌ها، براساس الزامات ساخت و ساز و پوشش گیاهی درنظرگرفته می‌شود. برای بام‌های سبز گسترده و بام سبز فشرده ساده، پیش‌بینی حداقل ۲٪ شیب جهت خروج آب الزامی است.

زهکشی کنترل شده، پاسخگوی نیازهای اولیه و اساسی پوشش گیاهی گسترده در بام‌های سبز می‌باشد.

در بام‌های مسطح و در بام‌هایی که سطح آن‌ها دارای برآمدگی و یا فرو رفتگی است و یا در بام‌هایی که دارای شیب بندی کم‌تر از دو درصد است، احتمال تجمع آب در یک بخش و یا در تمام بام وجود دارد که باعث ایجاد مشکلاتی در بام‌های سبز گسترده خواهد شد. در این شرایط، احتمال خرابی گیاهان و تغییر در ساختار آن‌ها و همچنین رشد پوشش‌های گیاهی غیربومی (به عنوان مثال، بوته‌های گیاهی) وجود دارد.

shaghool.ir

در این‌گونه بام‌های مسطح، استفاده از لایه‌های ضخیم‌تر و یا زهکشی بهتر، باعث کاهش اثرات ناشی عدم وجود شیب مناسب نمی‌شود. یکی از روش‌هایی که در این‌گونه بام‌ها می‌توان در نظر گرفت، پیش‌بینی نقاطی جهت جمع‌آوری آب است. برای این منظور می‌توان از یک لایه جهت جابجایی آب (مانند استفاده از عایق مناسب در ترکیب با پانل‌های زهکشی) استفاده کرد. در صورت عدم امکان استفاده از این راه‌کارها، در صورت امکان، نوع پوشش گیاهی تغییر داده شود و از گیاهانی استفاده شود که نیاز به میزان آب بیش‌تری دارند.

در مورد سقف‌های سبز فشرده با آبیاری حوضچه‌ای، سقف‌ها باید بدون شیب و بدون برآمدگی طراحی شوند.

جدول ۲-۱- مقایسه نمونه‌ای مقادیر درصد نزول آب و میزان شیب

شماره	۱		۲	
۱	درصد نزول آب با افزایش شیب نسبت مستقیم دارد.		میزان شیب سقف براساس درجه با درصد نزول آب تطابق دارد	
۲	٪۱	۶°	۱	≏۱/۷°
۳	٪۲	۱/۱°	۲	≏۳/۵°
۴	٪۳	≏۱/۷°	۳	≏۵/۲°
۴	٪۵	≏۲/۹°	۵	≏۸/۸°
۴	٪۷	≏۴°	۷	≏۱۲/۳°
۵	٪۹	≏۵/۱°	۹	≏۱۵/۸°
۶	٪۱۰	≏۵/۷°	۱۰	≏۱۷/۶°
۷	٪۱۵	≏۸/۵°	۱۵	≏۲۶/۸°
۸	٪۲۰	≏۱۱/۳°	۲۰	≏۳۶/۴°
۹	٪۳۰	≏۱۶/۷°	۲۵	≏۴۶/۶°
۱۰	٪۴۰	≏۲۱/۸°	۳۰	≏۵۷/۷°
۱۱	٪۶۰	≏۳۱°	۳۵	≏۷۰°
۱۲	٪۸۰	≏۳۸/۷°	۴۰	≏۸۳/۹°
۱۳	٪۱۰۰	≏۴۵°	۴۵	≏۱۰۰°

با افزایش شیب، سرعت خروج آب از سقف افزایش می‌یابد. دربام‌های با شیب بیش‌تر از ۵ درجه (با درصد نزول آب ٪۸/۸)، ساختار لایه‌های سقف باید به گونه‌ای باشد که در مقابل نفوذ آب مقاومت بیش‌تری داشته و لایه زهکشی دارای ظرفیت کم‌تری باشد. همچنین در این‌گونه بام‌ها باید از گیاهانی استفاده شود که میزان جذب آب کم‌تری داشته و نیاز کم‌تری به آب دارند.

با افزایش شیب سقف، اقدامات ویژه‌ای در برابر جابجایی مواد باید در نظر گرفته شود. لازم به ذکر است به دلیل وجود برخی مشکلات ساختاری، استفاده ازهرنوع گل و گیاه در سقف‌های دارای شیب بیش‌تر از ۴۵ درجه، ممنوع است.

در اجرای بام سبز شیب‌دار توجه به موارد زیر الزامی است:

- به دلیل مشکلات ساختاری در بام‌های با شیب بیش از ۴۵ درجه از بام سبز استفاده نشود.

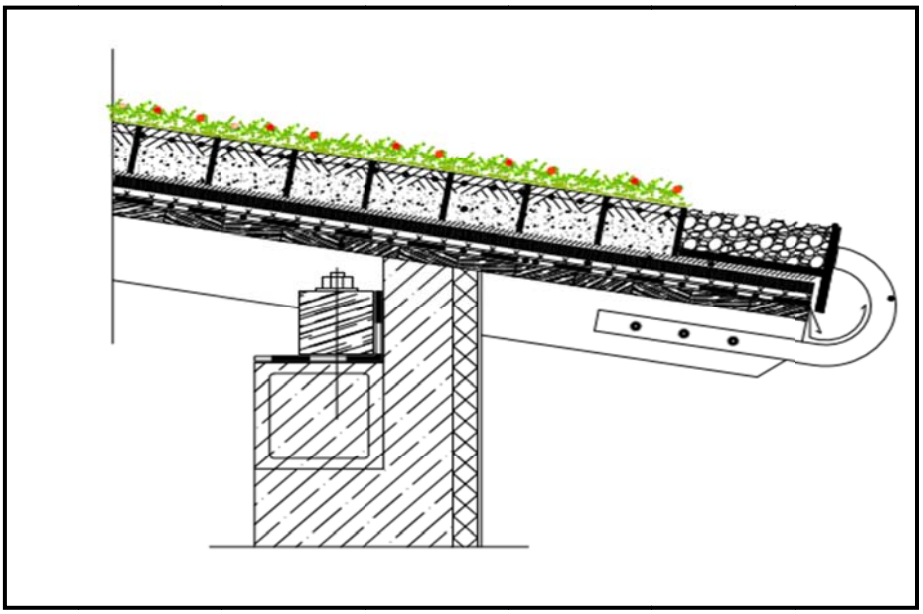
shaghool.ir

- براساس استاندارد DIN18531-3 در سقف‌های با شیب بیش از سه درجه چسبندگی لایه عایق رطوبتی به سطح سقف الزامی است.
- در صورت اجرای بام سبز بر روی بام با شیب بیش از ۱۵ درجه چنانچه طول شیب از تیزه بام تا لبه ۱۵ متر و بیش‌تر باشد، استفاده از اجزای ضد لغزش الزامی است.
- در شیب‌های بیش از ۲۰ درجه استفاده از محافظ شیب و سازه ضد لغزش الزامی است.
- درشیب‌های بیش از ۳۰ درجه لازم است که سطوح، تفکیک شده و محاسبه تنش‌های ناشی از لغزش صورت گیرد.
- در نقاطی که سازه‌ها و تمهیدات ضد لغزش بر روی شیب اجرا می‌شود، باید از عدم ایجاد تنش و تخریب در نقاط تماس با لایه‌های عایق رطوبتی و ضد ریشه و لایه‌های دیگر بام سبز اطمینان حاصل شود.
- لازم است که فاصله آزاد در بام برای کنترل تنش بین اجزای ضد لغزش و لایه‌های هایق رطوبتی و ضدریشه در بام ایجاد شود.
- سازه‌ها و تمهیدات ضدلغزش باید در برابر عوامل جوی و تنش‌های وارده مقاوم باشند.
- در شیب‌های بالاتر از ۱۵ درجه، محافظت در برابر لغزش باید با روش‌های ضدفرسایش خاک که برای تثبیت خاک و حفظ گیاهان صورت می‌گیرد، همراه شود.
- بخش بذر گیاه در سطح خاک، به همراه ماده چسباننده به خاک انجام شود.
- تراکم گیاهان کاشتنی بر روی سطح شیب‌دار افزایش یابد. همچنین از گیاهانی استفاده شود که پوشش یکپارچه و با رشد سریع بر روی خاک ایجاد می کنند.
- استفاده از گیاهانی که نیاز به آبیاری فراوان دارند، بر روی سطوح شیب‌دار ممنوع است.
- در مواقع کم آبی، آبیاری سقف شیب‌دار سبز الزامی است.

تصاویر زیر جزییات اجرای بام سبز بر روی سقف شیب‌دار را نشان می‌دهد:

شکل ۲-۱۱- اجرای بام سبز در سقف شیب‌دار

shaghool.ir



شکل ۲-۱۲- اجرای بام سبز گسترده شیب‌دار

شکل ۲-۱۳- نمونه اجرای بام سبز گسترده شیب‌دار، شرکت دیادم

برای اطلاعات بیش‌تر از الزامات اجرای بام سبز بر سطوح شیب‌دار به استاندارد زیر مراجعه شود:

- ASTM D7851 - 17
  Standard Guide for Design of Sustainable, Low-Slope Roofing Systems

۲-۲- ملاحظات سازه‌ای در طراحی و اجرای بام سبز

اجرای بام سبز بر روی بام یک ساختمان بار اضافه‌ای را به آن تحمیل خواهد نمود که باید درصورت پیش‌بینی در طرح، ساختمان محاسبه لازم برای آن صورت گیرد و درصورت نصب بر روی ساختمان موجود باید از تحمل ایمن این

shaghool.ir

بارگذاری اطمینان حاصل شود. معمولاً پیش‌بینی بام سبز در هنگام طراحی بنا سبب می‌شود که هزینه قابل توجهی به هزینه سازه ساختمان اضافه نشود. در هر دو صورت (اجرا بر روی ساختمان موجود پیش‌بینی شده در طرح) باید نوع بام سبز مورد نظر تعیین شده و نوع گیاهان آن نیز مشخص شود. این موضوع بر محاسبه بار سقف اثر مستقیم دارد و علاوه بر آن، انتخاب نوع بام سبز بر روی ساختمان‌های موجود باید باتوجه به محدودیت‌های آن صورت گیرد. وزن یک بام سبز که به عنوان بار مرده وارد بر سقف محاسبه می‌شود، وزن لایه‌های مختلف بام سبز، وزن لایه بستر کشت و گیاهان کاشته شده در آن را دربرمی‌گیرد.

- لازم است وزن لایه زهکش نیز با این فرض درنظر گرفته شود که به میزان حداکثر ظرفیت خود دارای ذخیره آب است و خاک نیز از آب اشباع شده در نظر گرفته می‌شود.
- بار اجزای معماری، همچون مسیرهای حرکتی و کفپوش‌ها، دیوارها، برکه‌های آب، مکان‌های بازی، درختان و بوته‌های بزرگ، به همراه بار زنده براساس ظرفیت حضور افراد بر روی سقف در هنگام ساخت باید منظور شود.
- محاسبه بار باد و ضریب در نظر گرفته شده برای آن الزامی است. برای محاسبه ضریب باد به مبحث ششم مقررات ملی ساختمان و استاندارد EN19991-1-4 مراجعه شود.

توضیحات:

اطلاعات دقیق درخصوص نحوه محاسبه بار سقف سبز در استاندارد تهیه شده توسط FLL در پیوست ۲ ارائه شده است.

با توجه به این‌که اکثر شهرهای ایران در پهنه با احتمال زلزله بالا واقع شده‌اند، محاسبات ویژه برای افزایش بار سقف ایجاد شده توسط بام سبز لازم است. براین اساس، بام سبز گسترده باتوجه به وزن کم‌تر، دارای خطرپذیری کم‌تری بوده و اجرای آن نیز از نظر سازه‌ای کم‌هزینه‌تر خواهد بود.

برای اطلاعات بیش‌تر درخصوص الزامات محاسبه بارهای زنده و مرده بام سبز رجوع شود به:

- استاندارد ملی ایران، شماره ۱۷۰۷۸، سامانه‌های بام گیاهی(بام سبز) تعیین بارهای مرده و بارهای زنده - آیین کار
- ASTM E2399-11 / E2399M - 15
  Standard Test Method for Maximum Media Density for Dead Load Analysis of Vegetative (Green) Roof Systems
- ASTM E2397-11 / E2397M - 15
  Standard Practice for Determination of Dead Loads and Live Loads Associated with Vegetative (Green) Roof Systems

shaghool.ir

۲-۳- کاشت گیاه

۲-۳-۱- انتخاب گیاهان مناسب برای بام‌های سبز

از دیدگاه معماری (که هدف اصلی این طرح محسوب می‌شود)، گیاهان منتخب برای بام سبز باید بتوانند اهداف زیر را تامین نمایند:

- ایجاد سبزینگی در بام
- استفاده از قابلیت‌های گیاهان در طراحی فضای سبز و دستیابی به کیفیت تجسمی مناسب با درنظر گرفتن شاخص‌های اثرگذاری در طرح مانند مقیاس، بافت، نشانه‌ها، پیش‌زمینه‌ها و پس‌زمینه‌ها، تنوع، نوع طرح، راهنمایی تجسمی، تمایز، رنگ، ابعاد و سلسله مراتب.
- توجه به محدودیت‌های سازه‌ای
- قابلیت نگهداری آسان و کم‌هزینه
- تامین کارایی مورد انتظار
- بالا بردن کیفیت زیست محیطی منطقه و کمک به تنوع زیستی

بام‌های سبز نیازمند گیاهان ویژه‌ای هستند که در موارد بسیار از گیاهانی که می‌توانند در پارک‌ها یا حیاط‌ها استفاده شوند، متفاوت هستند. شرایط و ویژگی‌های بام،گاه برای زنده ماندن و رشد گیاهان مناسب نیست.کاهش میزان رطوبت و کمبود آب، خشکسالی‌های سخت، دماهای بحرانی و سرعت بالای باد، خطر خشک شدن و تخریب فیزیکی خاک و گیاه را فراهم می‌کند.

گیاهانی که می‌توانند در بام‌های سبز مورد استفاده قرار گیرند، به دسته‌های زیر قابل تقسیم هستند:

- گیاهان چند ساله (دائم)
- گیاهان یک‌ساله
- درختان خزان‌دار
- درختچه‌ها
- گیاهان بالارونده
- چمن‌ها و گیاهان پوششی
- گیاهان پوششی از پیش کاشته شده
- پیازها

shaghool.ir

- گیاهان چند ساله (دائمی)

در بام‌های سبز لازم است تا از بابت ارتفاع توده ی ریشه و انطباق آن با اندازه ضخامت لایه‌های بستر کاشت اطمینان حاصل شود. گیاهان چند ساله ای که در خاک های سنگین و یا لایه‌های هوموس پرورش یافته اند برای استفاده در بام‌های سبز با توجه به ریسک یخزدگی بالایی که دارند، مناسب نیستند.

گیاهان باید رشد قوی ای از خود نشان داده باشند، فقط با میزان متوسطی از نیتروژن کوددهی شده باشند و باید به میزان کافی سفت و محکم شده باشند. آن‌ها همچنین نباید مستقیم از محل نگهداریشان وارد محیط جدید شوند و باید مدتی را در محیط جدید در فضای گلخانه‌ای نگهداری شوند.

قبل از اینکه از گیاهان چند ساله وحشی استفاده شود، باید ثابت شود که آن‌ها در شرایط تحت مراقبتی رشد و پرورش یافته اند و مستقیما از گونه‌ی وحشی منتقل نشده‌اند.

- گیاهان یک‌ساله

این گیاهان معمولا بافت علفی و ساکولنتی دارند. گیاهان فصلی نیز در این کلاسه قرار می گیرند. در زمان استفاده از گیاهان باید شرایط را برای بازکاشت سال آینده آماده کرد.

- درختان خزان‌دار

درختان خزان‌دار ابعاد متفاوتی دارند. برخی از آن‌ها رشد محدود و برخی رشد بسیار زیادی دارند و این موضوع در انتخاب نوع گونه‌ی گیاهی با توجه به تمامی تجهیزات و امکانات سازه‌ای و ایزولاسیون اهمیت دارد.

- درختچه‌ها

پیشنهاد می‌شود فقط درختچه‌هایی که پیوند نشده‌اند در بام‌های سبز مورد استفاده قرار گیرند. در جایی که عمق بستر کشت کم است، باید از گیاهان دارای توده‌های ریشه‌ی صاف استفاده کرد. در بستر کاشتی که گلدان، جعبه و گیاهان دارای ریشه صاف استفاده می‌شوند، باید عمدتا از مواد معدنی استفاده شود. به استثنای بستر کشت مورد استفاده گیاهانی که ریشه آن‌ها در هوموس‌های خاصی پرورش یافته است. معمولا گیاهان تکی که در خاک سنگین رشد کرده‌اند برای استفاده در بام سبز مناسب نیستند.

توده ریشه‌ها باید رها از هر گیاه خارجی دیگری باشد، به خصوص گونه‌هایی شامل ریزوم و رونده‌ها.

در سیستم گسترده باید گیاهان جوان مورد استفاده قرار گیرند.

برای بام‌های سبز پیشنهاد می‌شود که قراردادهای مراقبتی بسته شوند تا از انواع بسترهای کاشت بخصوص، ارتفاع مناسب توده ی ریشه و هم جواری گونه‌های مختلف گیاهی استفاده شود.

shaghool.ir

- گیاهان بالارونده

این دسته از گیاهان قابلت پوشش دهی عناصر سازه‌ای عمودی را دارند و ضخامت بستر کاشت باید با توجه به نوع و عمق پخش ریشه همخوانی داشته باشد.

- چمن‌ها و گیاهان پوششی

چمن مورد استفاده در بام سبز باید بر روی خاک شنی سبک پرورش یابد تا میزان هوموس تعدیل شود.

نوع چمن باید متناسب با اقلیم دیده شده و به شرایط نگهداری و سرزنی چمن دقت لازم بشود.

- گیاهان پوششی از پیش کاشته شده (vegetation mat)

گیاهان پوششی از پیش کاشته شده لایه ای آماده از گیاهان متنوع پوششی می‌باشد که مانند چمن رول به صورت آماده قابل نصب بر روی بستر مناسب خواهند بود. گیاهان پوششی از پیش کاشته شده باید از مواد و نگهدارنده های مناسبی به منظور کاشت گونه‌های متفاوت، انتقال، تکثیر و تولید مثل و استفاده تشکیل شود. در بعضی موقعیت ها که گیاهان پوششی از پیش کاشته شده باید بتوانند تنش‌هایی را تحمل کنند، نیاز به اضافه کردن مواد کمکی خواهد بود.

گیاهان پوششی از پیش کاشته شده باید دارای ضخامت یکنواخت و یکسانی باشد و در آن باید تکثیر بدون فضاهای خالی صورت گیرد.گیاه باید به اندازه کافی در طول کشت، سفت و سخت شده باشد. گیاهان پوششی از پیش کاشته شده نباید مستقیم از محل کشت انتقال یابد. فرم پوشش گیاهی مورد نظر باید با توزیع مناسبی از خزه‌ها، ساکولنت‌ها، چمن‌ها، گیاهان علفی و گیاهان پیازدار ایجاد شود.

۷۵ درصد سطح مورد نظر باید با این گیاهان پوشش داده شود و ۲۵ درصد بقیه با رشد گیاهان تکمیل خواهد شد.

- پیازها

اثبات اینکه آن‌ها از فضای مراقبتی رشد منتقل شده‌اند، نه مستقیما از گونه‌ی وحشی مهم می‌باشد. در میان پیازهای رشد یافته‌ای که در سیستم گسترده استفاده می‌شوند، آن‌هایی که توده‌های ریشه کوچک‌تر و صاف‌تری دارند ترجیح بیش‌تری دارند. این گیاهان باید در بستر کشت اولیه معدنی رشد کرده باشند.

۲-۳-۲- کاشت بام‌های سبز

- هرنوع بام سبز باتوجه به عمق بستر کاشت و شرایط دیگر محیطی و ساختمان، با نوع خاصی از گیاهان قابل اجرا می‌باشد. در کل در این امر باید گونه‌های گیاهی منحصر به فرد،فرم های مختلف سبزینگی و با اهداف مختلف انجام شود، در جدول زیر گیاهان مناسب و قابل استفاده برای انواع مختلف بام سبز را نشان می‌دهد:

shaghool.ir

جدول ۲-۲- انواع بام‌های سبز و گیاهان مناسب برای آن

انواع بام سبز	گیاهان قابل کاشت
بام سبز فشرده	درختان خزان‌دار، درختان همیشه‌سبز، درختچه‌ها و گیاهان چوبی، گیاهان بالارونده، چمن‌ها و گیاهان پوششی، گیاهان یک‌ساله، گیاهان چند ساله (دائم)، گیاهان پوششی از پیش کاشته شده، پیازها، جوانه ها، بذرها
بام سبز نیمه فشرده	درختچه‌ها و گیاهان چوبی، گیاهان بالارونده، چمن‌ها و گیاهان پوششی، گیاهان یک‌ساله، گیاهان چند ساله (دائم)، گیاهان پوششی از پیش کاشته شده، پیازها، جوانه ها، بذرها
بام سبز گسترده	چمن‌ها و گیاهان پوششی، گیاهان یک‌ساله، گیاهان پوششی از پیش کاشته شده، پیازها، جوانه ها، بذرها

اولویت نخست در انتخاب گیاهان مناسب برای بام سبز، توجه به نوع بام است. برای دستیابی به بام سبزی پایدار و موفق، انتخاب دقیق و صحیح گیاهان و هماهنگی آن با شرایط بومی از اهمیت بسیار برخوردار است. علاوه بر آن شرایط بنا و قابلیت سازه آن در حمل بار ایجاد شده از طرف بام سبز نیز عاملی مهم در این‌خصوص می‌باشد. مهم‌ترین معیارها و زیرمعیارهایی که در انتخاب گیاهان مناسب برای بام سبز باید مورد توجه قرار گیرند، به‌شرح زیرند:

جدول ۲-۳- معیارها و زیر معیارهای انتخاب مناسب گیاهان

معیار	زیرمعیار
تغییرات اقلیمی	میزان خشکسالی، تغییرات دمایی، تغییرات تابش خورشید، تغییرات سرمایش و یخبندان، وزش باد
تاثیرات شهری	آلودگی هوا، تغییرات سرعت و جهت باد، نوسانات سایه
زیبایی	ویژگی‌ها در بهار، تابستان، پاییز، زمستان، نوع رایحه، تنوع
مراقبت و نگهداری	تنوع در جذب حیوانات خانگی و جانوران و پرندگان، بیماری‌های غالب، تمیز بودن، عدم نیاز به هرس و مراقبت دائم، توسعه حیات طبیعی
شرایط رشد	طول عمر، میزان مقاومت
شرایط ویژه	عدم داشتن ریشه‌های رونده و خشن، عدم سمی و آلرژی‌زا بودن، عمق ریشه متناسب با ضخامت سقف
اقتصاد	گیاهان با قیمت مناسب، ارزش‌های اقتصادی

۲-۳-۳- مهار درختان

۲-۳-۳-۱- ملزومات

پایداری درختان و درختچه‌های بزرگ‌تر از طریق موارد زیر به دست خواهد آمد:

- ایجاد مهار
- ایجاد لنگر

ابعاد و اندازه‌های در نظر گرفته شده برای ایجاد مهار و لنگر، تضمین پایداری برای درختان و درختچه‌ها را به صورت موقت ایجاد خواهند کرد. فرض می‌شود حداقل ضخامت‌های لایه‌های در نظرگرفته شده ایجاد شده‌اند و میزان کافی فضای ریشه وجود دارد.

در طول زمانی که مهارها و لنگرها پاسخگو خواهند بود، درختان و گیاهان از لحاظ محدودیت، فشار و سایش باید به طور مرتب چک شوند.

shaghool.ir

۲-۳-۳-۲- کشش

سیم و طناب مهار باید با مکانیزم محکمی مهار شده باشند. و می‌توان به آن‌ها موارد زیر را نیز اضافه نمود:

- با لنگرهای مستقیم نخی بر روی قسمت بالایی لایه‌ی عایق‌بندی رطوبتی. اتصال باید از نوع قابل تعویض باشد.
- به اجزاء ساختمان با ویژگی‌های پایداری و سازه‌ای مناسب، مثلا: لبه‌ها، دیوارها، پنل‌های بزرگ کف
- به اجزای ساختمان جانمایی شده بر روی سازه‌ی بام سبز، مثلا پنل‌های کف، شبکه‌های مش. ظرفیت مجاز اجزای تحمل بار و یا عایق حرارتی و عایق رطوبتی سقف باید در نظر گرفته شود و خارج از آن ظرفیت نباشد. مهاربندی با استفاده از اجزا نباید از زاویه ۶۰ درجه بیش‌تر شود.

۲-۳-۳-۳- ایجاد لنگر برای مهار قاب‌ها

برای ایجاد لنگر برای درختان، فریم‌های مربعی و مثلثی مناسب هستند. فریم‌ها باید از آهن‌های لوله‌ای (مقطع گرد) که آغشته به لایه ضد زنگ می‌باشند ساخته شده باشند. هر یک از ساپورت‌ها باید به وسیله‌ی پلیت‌های مناسبی متناسب با نسبت وزن وارد بر آن‌ها نصب و ساپورت شده باشند.

۲-۳-۴- مراقبت و نگهداری

جهت دستیابی به رشد بهینه و تحقق اهداف بام سبز باید برنامه مراقبت و نگهداری از بام سبز را به دقت انجام داد. برای محیط هایی با بام‌های گسترده و حتی دارای قسمتهای سبزینگی نیمه فشرده خدمات و نیازهای متفاوتی وجود دارند. با توجه به شرایط اقلیمی و آب و هوایی و رشد سبزینگی، میزان و نوع نگهداری باید تعیین شود و با توجه به هر یک از اجزا به صورت اختصاصی در نظر گرفته شود. این اجزا شامل موارد زیر هستند:

- سیستم آبیاری
- سیستم زه‌کشی
- کودرسانی
- عملیات بعد از کودرسانی
- خارج کردن گیاهان هرز و خود رو
- برداشتن لایه‌رویی خاک یخ زده
- ترمیم سازه‌ی گیاهان پوششی از پیش کاشته شده
- هرس گیاهان چوبی
- بازکاشت و ترمیم کاشت بذر
- بازکاشت و ترمیم گیاهان

shaghool.ir

- کنترل آفت
- نگهداری از سیستم تاسیسات
- از بین بردن و جمع‌آوری گیاهان خود رو و برگ‌ها و شاخه‌های خشک بر روی لبه‌ها و سطوح مختلف به منظور امنیت و جلوگیری از آسیب به عملکرد

در ضمن باید به خاطر سپرد همواره استفاده از علف‌کش‌ها ممنوع می‌باشد.

کودهای استفاده شده باید با دقت و به میزان بسیار کم باشد و تا حد امکان از کودهای دیر رها شونده استفاده شود.

برای اطلاع بیش‌تر از الزامات اجرای گیاهان در بام سبز، رجوع شود به:

E2400-06 ASTM E2400/E2400M-06(2015)e1 Standard Guide for Selection, Installation, and Maintenance of Plants for Green Roof Systems

۲-۴- منابع تامین آب برای آبیاری بام سبز

۲-۴-۱- ذخیره‌سازی آب

۲-۴-۱-۱- کلیات

کاهش روان آب حاصل از باران، نگهداری از آب باران باقی‌مانده و تاخیر در تخلیه آب اضافی از مهم‌ترین تاثیرات بام سبز است. علاوه بر این آن‌ها از منظر اکولوژیکی و اقتصادی نیز از اهمیت به سزایی برخوردارند.

میزان تاثیر این گونه بام‌ها بر اساس بررسی فاکتورهای زیر تعیین می‌شود.

- حداکثر ظرفیت آب
- میزان نفوذپذیری آب
- ضریب تولید روان آب، تأخیر در تخلیه
- برخورداری از سیستم نگهداری مازاد
- ضریب تولید روان‌آب سالانه

۲-۴-۱-۲- حداکثر ظرفیت آب

حداکثر ظرفیت آب برای تعیین میزان توانایی جذب آب توسط مواد مورد استفاده در ساختار لایه استفاده می‌شود. حداکثر ظرفیت آب مقدار آبی است که یک ماده اشباع به مدت دو ساعت در خود نگهداری می‌کند.

۲-۴-۱-۳- نفوذپذیری آب

به میزان نفوذپذیری مواد استفاده شده در لایه‌ها گفته می‌شود که نشان دهنده میزان جریان آبی است که در دو حالت فشرده و اشباع و طبق دو واحد فاصله و زمان، از مواد به کارگرفته شده در لایه‌ها تولید می‌شود.

shaghool.ir

۲-۴-۱-۴- ضریب روان‌آب / مقدار مجاز روان‌آب / ضریب تخلیه

در این بخش تنها از ضریب روان‌آب معرفی شده در DIN 1986-100 (شماره ۱۲-۲۰۱۶) استفاده می‌شود. علاوه‌بر این، از میانگین ضریب دبی (Cm) برای محاسبه حجم احتمالی باران در نواحی که در DIN 1986-1006 آورده شده است، استفاده می‌شود.

ضریب روان‌آب Cs به عنوان یک پارامتر بدون بعد به محاسبه جریان آب حاصل از باران می پردازد. (L/s)

ضریب روان‌آب که نسبت آب جاری شده در اثر باران به آب جمع شده است در هنگام تعیین ابعاد زهکش باید در نظر گرفته شود.

در یک بام سبز، با توجه به حجم مواد و شیب سقف ضریب روان‌آب محاسبه می‌شود. به همین دلیل در صورت استفاده از زهکش با ظرفیت بالا می‌تواند باعث تغییر در میزان این ضریب شود.

در مراجع راهنمای زیر ضریب روان‌آب با توجه به حجم مواد موجود در لایه‌ها و شیب بام تعیین می‌گردد:

جدول ۲-۴- ضریب روان‌آب با توجه به حجم مواد موجود در لایه‌ها و شیب بام

شیب بیش‌تر از ۵ درجه	شیب سقف تا ۵ درجه
-	Cs = 0.1 برای ضخامت لایه بیش‌تر از ۵۰ سانتی‌متر
-	Cs = 0.2 برای ضخامت لایه بیش‌تر از ۲۵-۵۰ سانتی‌متر
-	Cs = 0.3 برای ضخامت لایه بیش‌تر از ۱۵-۲۵ سانتی‌متر
Cs = 0.5	Cs = 0.4 برای ضخامت لایه بیش‌تر از ۱۰-۱۵ سانتی‌متر
Cs = 0.6	Cs = 0.5 برای ضخامت لایه بیش‌تر از ۶-۱۰ سانتی‌متر
Cs = 0.7	Cs = 0.6 برای ضخامت لایه بیش‌تر از ۴ - ۶ سانتی‌متر
Cs = 0.8	Cs = 0.7 برای ضخامت لایه بیش‌تر از ۲-۴ سانتی‌متر

بسته به میزان بارندگی محلی، این ضرایب بالاتر و یا پایین‌تر خواهند بود.

نوع پوشش گیاهی و میزان و نوع ریشه آن‌ها بر سرعت تخلیه آب تاثیر می‌گذارد. (FLL 2018, p.57)

- برای تعیین ضریب روان‌آب باتوجه به نوع پوشش سقف و همچنین، نوع سبزینگی بام به FLL 2018 و پیوست‌های مرتبط مراجعه شود.

۲-۴-۱-۵- برخورداری از سیستم نگهداری مازاد

برخورداری از یک سیستم جهت جمع‌آوری آب‌های تولیدی در بام سبز می‌تواند یک راه‌کار مفید جهت استفاده بهینه از آب مازاد باشد. به این منظور، در این روش، آب جاری موجود در بام و آب اضافی موجود در لایه‌ها جمع‌آوری شده و به طور موقف ذخیره می‌شود. پس از مدتی بر اساس میزان حجم دلخواه و مدت زمان در نظر گرفته شده، آب از مکان مورد نظر تخلیه می‌گردد.

در هنگام برنامه‌ریزی و ساخت این نوع سقف، توجه به نکات زیر الزامی است:

shaghool.ir

- زهکشی در این نوع سقف با زهکشی در بام‌های عادتی تفاوت دارد. توجه به این نکته در طول برنامه‌ریزی، الزامی است.
- آب جمع‌آوری و نگهداری شده نباید به طور دائم بر روی سطح نگهداری شود.
- باید امکانات لازم جهت زهکشی حجم آب بیش‌تر، در مواقع ضروری وجود داشته باشد.
- درصورت تجمع موارد بر روی سقف، شیب سقف کارایی خود را ازدست می‌دهد.
- در هنگام محاسبه میزان بار بیش‌ترین مقدار آب که به یک لایه در حالت اشباع وارد می‌شود در نظر گرفته شود.
- حجم آب مطلوب جمع‌آوری شده، حداکثر میزان مجاز آب جمع‌آوری شده در واحد زمان و زمان مناسب جهت پرشدن دوباره حجم نگهدارنده، باید در ابتدای کار برنامه‌ریزی شود.
- عایق رطوبتی باید قادر به تحمل میزان مشخصی بار باشد. (FLL 2018, p.59)

۲-۴-۱-۶- ضریب آب جاری (روان‌آب) سالانه

میزان احتساب آب در طول یک سال و بر اساس تفاوت بین میزان بارش و میزان آب تخلیه شده از بام محاسبه می‌گردد. ذخیره سالانه به نوع ساخت و به ضخامت لایه‌های سازه بستگی دارد. میزان ذخیره آب در هر ماه و میزان نفوذپذیری آن از جمله مواردی است که باید در نظر گرفته شود.

در جدول زیر مقادیر مرجع برای درصد دخیره سالانه آب آورده شده است.

جدول ۲-۵- مقادیر مرجع برای درصد ذخیره آب و ضریب روان‌آب سالانه بام سبز بر اساس ضخامت مواد روی سقف

شماره	نوع فضای سبز	ضخامت سازه سانتی‌متر	ذخیره سالانه آب٪	ضریب روان‌آب سالانه Ψa
۱	فضای سبز گسترده	۲-۴	۴۰	۰/۶
		بیش‌تر از ۴-۶	۴۵	۰/۵۵
		بیش‌تر از۶-۱۰	۵۰	۰/۵۰
		بیش‌تر از۱۰-۱۵	۵۵	۰/۴۵
		بیش‌تر از۱۵-۲۰	۶۰	۰/۴
۲	فضای سبز فشرده	۱۵-۲۵	۶۰	۰/۴
		بیش‌تر از ۲۵-۵۰	۷۰	۰/۳
		بیش‌تر از ۵۰	بیش‌تر یا مساوی ۹۰	کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱

این ارقام از مناطقی با بارش سالانه ۶۵۰ - ۸۰۰ میلی‌متر و طی چند سال تحقیقات اقتباس شده است. در مناطقی که میزان بارندگی سالیانه کم‌تری دارند، ذخیره آب بیش‌تر و در مناطقی با بارندگی سالانه بیش‌تر، میزان ذخیره آب کم‌تر است. (FLL 2018, p.60)

shaghool.ir

۲-۴-۱-۷- ذخیره آب و آبیاری جنبی

- ذخیره آب

میزان توسعه پوشش گیاهی بر روی یک بام به طور قابل توجهی بر اساس میزان دسترسی گیاهان به آب صورت می‌گیرد. اگر به دلیل ساختاری و یا به دلیل محدودیت‌های اقتصادی، ضخامت کم‌تری برای یک بام سبز در نظرگرفته شود، فضای ذخیره آب و در نتیجه تامین آب به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد.

ذخیره آب می‌تواند در لایه‌های مختلف و به روش‌های مختلف انجام شود. روش‌های ذخیره آب بسته به نوع ساخت و ساز و لایه‌های مورد استفاده، بر اساس زیر است:

- استفاده از موادی که آب را در خود ذخیره می‌کند و یا تعبیه پنل‌های ذخیره آب در لایه پوشش گیاهی
- استفاده از مواد حجیم جهت جذب بیش‌تر آب و یا پنل‌های پیش ساخته جهت زهکشی و ذخیره آب در هر دو لایه پوشش گیاهی و زهکش
- از طریق انباشت سطح با مواد حجیم یا تعبیه پنل‌های خاص ذخیره آب و یا ذخیره کم در مجموعه زهکش در لایه پوشش گیاهی و در لایه‌ی زهکش
- و احتمالا از طریق لایه‌های محافظ ذخیره آب و لایه‌های محافظتی

ذخیره همزمان آب در لایه پوشش گیاهی و لایه زهکش در انواع بام سبز قابل اجراست. علاوه بر این از آنجایی که در این لایه‌ها ریشه‌های گیاه وجود دارد، فضا جهت ذخیره آب موجود است.

در بام سبز فشرده استفاده از ترکیب هر دولایه پوشش گیاهی و زهکشی جهت ذخیره آب مناسب‌تر خواهد بود.

در بام‌های سبز فشرده که ساختاری کم ضخامت دارد، استفاده از لایه زهکشی جهت ذخیره آب هنگامی کاربردی است که آبیاری فرعی در دوره‌هایی که بارش کم‌تر است صورت گیرد.

استفاده از حوضچه ذخیره آب در بام‌های سبز گسترده، از دیدگاه فیزیولوژیکی، مضراتی برای گیاهان به همراه دارد.

- آبیاری فرعی

استفاده از آب باران آزاد و در دسترس، باید به عنوان اصلی‌ترین روش جهت تامین آب مورد نیاز بام سبز استفاده شود تا نیاز آبیاری اضافی را به حداقل برساند و باران را مستقیما به چرخه آب طبیعی بازگرداند. در بام‌هایی که نیاز به افزایش شدت رشد پوشش گیاهی دارد و یا پوشش گیاهی موجود نیاز به مراقبت ویژه داشته باشد، آبیاری فرعی باید به طور منظم در آن انجام شود. در سقف‌های شیب دار باید امکان آبیاری فرعی پیش‌بینی شود تا در دوره‌های کم آبی شدید از خرابی گیاهان جلوگیری شود.

آبیاری فرعی با استفاده از:

- شلنگ

shaghool.ir

- شیلنگ و آبپاش
- شلنگ اسپری کننده آب
- آبیاری قطره‌ای
- سیستم‌های مکانیکی آبپاشی
- سیستم آبیاری خودکار

انجام می‌شود.

آبیاری با آبپاش‌ها، شیلنگ‌های اسپری کننده آب یا آبیاری قطره‌ای را می‌توان به صورت دستی یا از طریق تایمر انجام داد. لوله‌های مورد استفاده در انواع سیستم آبیاری باید در برابر خوردگی و یخزدگی مقاوم باشند.

آبیاری از طریق حوضچه‌های آب می‌تواند به صورت خودکار و یا دستی انجام شود. این آب از طریق تجمع آب باران در لایه زهکش تامین می‌گردد و میزان آب زخیره شده به نوع و ضخامت لایه زهکش بستگی دارد. ایجاد حداقل فاصله ۲ سانتی‌متر مابین بیش‌ترین سطح آب و لایه فیلتر به منظور جلوگیری از ایجاد آبگرفتگی در قشر پوشش گیاهی، الزامی است.

در روزهای سرد زمستان، سطح آب موجود داخل زهکش باید کاهش داده شده و یا به طور کامل تخلیه گردد.

۲-۴-۲- تامین منابع آب برای آبیاری بام سبز

اجرای بام سبز در بیش‌تر مناطق ایران به دلیل شرایط اقلیمی، وابسته به امکان آبیاری است. گرچه میزان این آبیاری بسته به نوع بام سبز و گیاهان منتخب و شرایط اقلیمی مناطق مختلف متفاوت است، اما در هر صورت لازم است که سیستم آبیاری مناسبی برای این منظور پیش‌بینی شود. آبیاری بام سبز با روش‌های سنتی و با تکیه بر آب لوله‌کشی شهری متناسب با اهداف توسعه پایدار نبوده و هزینه زیادی را به سیستم و به ساکنین تحمیل می‌کند. لذا لازم است که هم برای تامین منابع آب برای آبیاری و هم برای روش آبیاری بهینه که مانع از هدر رفت آب شود، تمهیداتی اندیشیده شود. سیستم‌های آبیاری به سه روش دستی، اتوماتیک و نیمه اتوماتیک تقسیم می‌شوند که انتخاب روش مناسب باتوجه به شرایط پروژه و هزینه آن می‌باشد.

توضیحات:

برای تامین آب مصرفی منبع ذخیره آب جانبی پیشنهاد می‌شود که می‌تواند از از طریق منابع زیر تغذیه شود:

- آب خاکستری بازیافت شده؛ در صورت تصفیه فیزیکی قابلیت استفاده در آبیاری بام‌های سبز را دارند، هرچند که بحث‌هایی درخصوص تاثیر مواد شیمیایی شوینده بر رشد گیاهان مطرح است و باید در این مورد احتیاط لازم صورت گیرد و در صورت کشت گیاهان خوراکی از این منبع برای آبیاری استفاده نشود. آب می‌تواند پیش از ورود به مخزن نگهداری با استفاده از لایه‌های شن و یا صافی‌ها تصفیه مکانیکی شود. این روش فاقد هزینه اضافی بوده و آب را برای نگهداری در مخزن ارتقا می‌بخشد. مخزن ذخیره‌سازی آب اغلب در ارتفاع پایین‌تر از بام قرار می‌گیرد. این مخزن دارای دریچه سرریز است که در صورت افزایش میزان آب از مقدار

shaghool.ir

مجاز از آن خارج می‌شود و می‌تواند وارد شبکه آب زیرزمینی یا آب‌های جاری گردد. شکل (۲-۲۴) الگـویی از سیستم تامین و ذخیره آب در منبع برای آبیاری را نشان می‌دهد.[۱]

- آب تولید شده حاصل از میعان در دستگاه‌های تهویه مطبوع؛ این آب به‌خصوص در مناطق گرم و مرطـوب بـه میزان قابل توجهی تولید شده و امکان استفاده ازآن برای آبیاری وجود دارد.
- اضافه آبیاری انجام شده که پس از رد شدن از بستر کشت و ورود به لایه ذخیـره آب، اضـافه آن مـی‌توانـد بـه منبع ذخیره آب بازگردد.

۲-۵- ضوابط ایمنی در بام سبز

- بام‌های سبز باید در هماهنگی با مبحث سوم مقررات ملـی سـاختمان درخصـوص ایمنـی سـاختمان در برابـر حریق شکل گیرند.
- درصورت نیاز به سوزاندن فصلی گیاهان، این اقدام باید تحت نظارت سازمان آتش‌نشانی انجام شود.
- جهت جلوگیری از گسترش آتش و کاهش قابلیت اشتعال باید در فواصل معین از آتش‌بند استفاده کـرد. بـرای این منظور در فاصله ۴۰ متر از یک آتش بند به ارتفاع حداق ۳۰ سانتی‌متر یا سطح افقی که از مصالح فشـرده و ضد آتش باشد، به پهنای حداقل ۱ متر استفاده شود.
- در کناره‌های بام، در محل اتصال با سازه ساختمان و یا درها و پنجره ها اجرای نواری عاری از گیاه و پـر شـده از مصالح بتنی و یا شن به پهنای حداقل ۵۰ سانتی‌متر جهـت حفاظـت از گسـترش آتـش بـه سـازه یـا بدنـه ساختمان الزامی است.
- در سقف‌هایی که استفاده برای کاربران در آن انجام می‌شـود، پـیش‌بینـی جـان پنـاه بـه ارتفـاع حـداقل ۱۲۰ سانتی‌متر از کف تمام شده الزامی است.
- برای افرادی که در بام درحین ساخت و یا نگهداری بام‌های بدون جان پناه مشغول به فعالیت هستند، استفاده از کمربند نجات الزامی است. در این راستا لازم است که پیش‌بینی پایگاه‌های مستحکم جهت اتصال ریسـمان اتصال کمربند در فواصل قابل دسترس صورت گیرد.

۱- در مجتمع‌های مسکونی بزرگ که در آن، تعداد واحدهای مسکونی زیاد است و یا در محلات شهری، امکان تمرکز بخشیدن به جمع‌آوری فاضلاب و ایجاد سیستم‌های یکپارچه فاضلاب وجود دارد. درچنین تصفیه‌خانه‌هایی فسفات آب ازبین برده شده و آب با کمک اشعه ماوراءبنفش ضدعفونی می‌شود. همچنـین امکان تصفیه فاضلاب توسط منابع تصفیه‌خانه‌ای که در محل و باتوجه به ظرفیت آب نصب می‌شوند، وجود دارد. در این سیستم تصفیه فاضلاب، در دو بخش جداگانه تصفیه فیزیکی و تصفیه شیمیایی صورت می‌گیرد و آب از لجن و ذرات معلق در آن جدا شده و آب تصفیه‌شده برای استفاده به مخزن و یا مسـتقیم به بام فرستاده می‌شود.

shaghool.ir

۲-۶- ملاحظات اجرای بام سبز در ساختمان‌های موجود

- لازم است که پیش از اجرای ساختمان از قابلیت ساختمان از نظر سازه برای تحمل بار افزوده بام سبز (مطابق بند ۲-۲) اطمینان حاصل شود.
- قطر لوله‌های زهشکی روان‌آب‌ها و سطحی که پوشش خواهند داد، بازبینی شود. چنانچه قطر لوله‌ها کم‌تر از خروجی آب محاسبه شده (باتوجه به نوع بام سبز) باشد، این موضوع از طریق تعویض لوله و یا افزودن تعداد مسیرهای هدایت روان‌آب جبران شود.
- کارکرد عایق کاری رطوبتی موجود بازبینی شود (این کار می‌تواند از طریق نگهداری آب برای چند روز در بام ساختمان و کنترل نفوذ رطوبت به بدنه بنا صورت گیرد). چنانچه عایق رطوبتی عمر مفید خود را از دست داده و یا نزدیک به اتمام آن باشد، لازم است که تعویض شود.
- از عدم نفوذ آب به بنا از طریق لبه‌های عایق‌بندی رطوبتی اجزای ثابت موجود در بام اطمینان حاصل شود. برای این منظور، لازم است که منافذ قابل نفوذ آب کنترل شده و بسته شوند و ارتفاع تمام شده عایق رطوبتی بالاتر از محل نفوذ آب باشد.
- باتوجه به اینکه عایق‌بندی پس از چیدن دیوار جان پناه صورت می‌گیرد، امکان خم کردن لبه عایق در میان دیوار وجود ندارد. برای حل این مساله و عدم نفوذ آب از خط نهایی اتصال عایق به دیوار، لازم است که از عدم نفوذ آب و رطوبت به داخل از نقطه اتصال اطمینان حاصل شود. برای این منظور پیشنهاد می‌شود که عایق بر روی دیوار موجود (یا با برداشتن ردیف انتهایی مصالح جان پناه) خم شده و مجددا روی آن یک ردیف مصالح مورد نظر نظیر آجر یا بلوک، چیده شود.
- نوع بام سبز و کارکرد آن با توجه به کاربری ساختمان و ظرفیت پلکان‌ها برای آمد و شد افراد به بام تعریف شود.

shaghool.ir

shaghool.ir

فصل ۳

الزامات محیطی بام سبز

shaghool.ir

shaghool.ir

۳-۱- ملاحظات اجرای بام‌های سبز در اقلیم ایران

انتخاب نوع گیاهان قابل استفاده در بام سبز و همچنین نوع بام سبز تاحد زیادی متاثر از عوامل اقلیمی است. چنان‌چه طراحی بام سبز بدون توجه به ملاحظات منطقه‌ای صورت گیرد، معمولا نتیجه کار موفقیت‌آمیز نخواهد بود. مهم‌ترین متغیرهای اقلیمی و آب و هوایی که در اجرای بام سبز از اهمیت برخوردارند را می‌توان به‌شرح زیر برشمرد:

- آب و هوای منطقه‌ای و خرد اقلیم‌ها
- الگو و میزان بارش سالانه
- متوسط دریافت انرژی تابشی خورشید
- دوران خشکسالی
- دوران یخبندان (همراه و یا بدون پوشش برف)
- جهت و سرعت وزش باد

مروری اجمالی بر وضعیت متغیرهای اقلیمی در ایران در پیوست ۳ ارائه شده است.

باتوجه به وضعیت شاخص‌های اقلیمی در کشور ایران و بررسی تحلیلی آن‌ها در هم‌پوشانی و قیاس با یکدیگر (ر.ک. پیوست ۳)، اجرای بام سبز در اکثر مناطق ایران نیاز به آبیاری داشته و لازم‌است که تجهیزات و تمهیدات بهینه مرتبط با آن پیش‌بینی شود. در عین‌حال، برخی مزایای ویژه بام سبز در ایران، در کنار مزیت‌های عمومی آن استفاده از این نوع بام در اقلیم گرم و خشک را نیز توجیه می‌کند.[۱]

۳-۱-۱- قابلیت‌های اجرای بام سبز در پهنه‌های مختلف اقلیمی ایران

شرایط تفکیکی مناطق ایران در رابطه با اجرای بام سبز به‌شرح زیر است:

۱- برخی از مزایای قابل ارائه برای اجرای بام سبز در مناطق گرم و خشک ایران عبارتند از:

- به‌دلیل قراگیری بخش عمده‌ای از کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک کارایی بام‌های سبز از نظر عایق حرارتی و نقش آن در افزایش میزان رطوبت شهر حائز اهمیت است.
- باتوجه به این‌که الگوی بارش در ایران یکنواخت نبوده و در مناطق زیادی با بارش‌های دفعی که تولید رواناب می‌کند، روبه‌رو هستیم، وجود بام‌های سبز می‌تواند نقش مؤثری در ذخیره این آب و جلوگیری از هدر رفت آن و استفاده در مواقع خشک سال داشته باشد.
- در مناطق محدود پرباران و دارای رطوبت بالا که در حاشیه دریای خزر واقع شده‌اند، به‌ندرت نیاز به آبیاری وجود دارد و رطوبت هوا و همچنین بارش باران، رطوبت مورد نیاز گیاه را تأمین می‌کند. در این مناطق، یکی از مهم‌ترین مزایای بام سبز، ذخیره آب باران و جلوگیری از افزایش روان‌آب‌ها می‌باشد. در برخی از کشورهای اروپایی همچون، آلمان، بلژیک، لهستان و اسپانیا، به‌منظور تشویق گسترش بام سبز خانه‌های دارای بام سبز، از پرداخت تمام و یا بخشی از هزینه مرتبط با جمع‌آوری و دفع پسماند آب باران سقف به شهرداری‌ها معاف هستند.
- با توجه به منبع عظیم انرژی خورشید در ایران، استفاده از انرژی خورشیدی (به‌عنوان مثال، استفاده از سلول فتوولتائیک بر روی سقف) بسیار مناسب است. وجود بام سبز کارایی سیستم فتوولتائیک نصب شده بر روی سقف را به دلیل کاهش دمای محیط اطراف افزایش می‌دهد.

shaghool.ir

- پهنه حاشیه دریای خزر در شمال ایران، به‌دلیل بارش فراوان، آب و هوای نسبتا معتدل و دوران کوتاه یخبندان که اغلب با پوشش برف نیز همراه نیست، شرایط مناسبی برای برپایی و حفظ بام‌های سبز فراهم می‌آورد.
- در غرب ایران در کوهستان‌های زاگرس، همچنین دامنه جنوبی البرز و کوهستان‌های شمال غرب میزان بارندگی بیش از مناطق مرکزی ایران است. در این مناطق، آبیاری بام سبز در حدود یک‌سوم سال مورد نیاز است. اما میزان یخبندان در فصول سرد سال در این مناطق موضوعی قابل توجه است و باید تمهیدات لازم برای مقابله با آن، اندیشیده شود.
- تهران و مناطق اطراف آن، از شرایط متوسطی برای اجرای بام سبز برخوردارند و با آبیاری در حدود نیمی از مدت سال، می‌توان بام‌های سبز را در آن سبز نگاه داشت.
- در حاشیه جنوبی ایران، اگرچه رطوبت هوا زیاد بوده و بارش‌های فصلی نیز وجود دارد، اما تابش شدید خورشید، شرایط رشد گیاه را تاحدی نامناسب کرده و نیاز به آبیاری را افزایش می‌دهد.

۳-۱-۲- الزامات عمومی اجرای بام سبز در اقلیم های مختلف ایران

باتوجه به موارد مذکور و مطالعات مشابه در کشورهای دارای شرایط اقلیمی مشابه با ایران، کارکرد مناسب بام سبز در ایران، مستلزم توجه به موارد زیر می‌باشد:

- استفاده از سیستم بام سبز گسترده در اولویت بیش‌تری قرار دارد و برای همه مناطق ایران توصیه می‌شود. تنها در حاشیه دریای خزر می‌توان از بام‌های فشرده و نیمه فشرده کنترل شده استفاده کرد.
- لازم است که انتخاب گیاهان مناسب برای شرایط اقلیمی ایران که نیاز به آب کم و مقاومت در برابر تابش داشته‌باشند، صورت گیرد. درعین حال، باتوجه به نوع بام انتخابی تناسب نوع ریشه گیاه با ضخامت خاک الزامی است. استفاده از گیاهان بومی منطقه، راه‌کار موثری در پایداری بام‌های سبز محسوب می‌شود.
- افزایش ضخامت لایه خاک، موجب کارایی بهتر بام سبز می‌شود و توصیه می‌شود.
- گرچه تابش آفتاب تاثیرات مثبت زیادی بر رشد گیاهان دارد، اما میزان دریافت انرژی تابشی خورشید تاثیر مستقیمی بر آب مورد نیاز آبیاری دارد. تابش آفتاب، تبخیر سطحی خاک را افزایش داده و این موضوع، نیاز به آب را برای نگهداری و رشد گیاهان افزایش می‌دهد. نبود همگنی بین بارندگی و تبخیر همواره موجب ایجاد مشکلات برای رشد گیاه می‌شود. براین‌اساس، جهت تعیین آب مورد نیاز آبیاری گیاهان، باید میزان تابش در کنار بارندگی مورد توجه قرار گیرد.
- از قرارگیری بام سبز در مسیر باد (به خصوص در مناطق سرد) پرهیز شود. درصورت عدم امکان اجتناب از ایجاد بام سبز در مکان های حفاظت شده از اثرات باد از طراحی بادشکن در مقابل نفوذ بادهای مضر استفاده شود. کاشت گیاهان بلندتر و مقاوم در برابر جریان باد در جبهه نفوذ جریان هوا می‌تواند به عنوان بادشکن عمل نماید.

shaghool.ir

- در مناطق در معرض تابش، استفاده از سایبانهای کنترل کننده نور، به خصوص بر روی گونه‌های گیاهی حساس به تابش توصیه می‌شود.
- به منظور نگهداشت آب در سطح خاک و ممانعت از تبخیر سطحی استفاده از گیاهان پوششی بر روی سطح خاک توصیه می‌شود.
- در مناطق سردسیر، یخزدگی سطحی (به خصوص در شب‌ها) آسیب‌های جدی به گیاهان بام وارد می‌کند. برای این منظور علاوه بر انتخاب مناسب گیاه، می‌توان در روزهای یخبندان از تمهیدات پوششی که مانع یخزدگی می‌شود، استفاده کرد.
- استفاده از پوشش‌های متحرک شفاف با قابلیت باز و بسته شدن متناسب با شرایط آب و هوا از راه‌کارهای مناسب در مناطق سرد محسوب می‌شود. با این راه‌کار می‌توان در روزهای سرد سال از پدیده گلخانه‌ای جهت نگهداری گیاهان در فضای زیر سقف استفاده کرد.

۳-۲- ملاحظات ایجاد بام سبز براساس الگوهای شکلی بافت شهری

اجرای بام سبز در شهرهای بزرگ از کارایی بیش‌تر برخوردار است و در واقع، مزایای آن برای زندگی شهری می‌تواند هزینه‌ها و مشکلات آن را توجیه نماید. از طرف دیگر، شهرهای بزرگ اغلب به‌دلیل بافت از پیش شکل گرفته و تراکم ساختمان‌ها مسایل و مشکلاتی را در اجرای بام‌های سبز باخود به همراه خواهد داشت. مهم‌ترین مسایلی که می‌تواند بر اجرا و پایداری و حفظ بام سبز در محیط‌های شهری اثرگذار باشد، را می‌توان شکل بافت شهری، شکل ساختمان‌ها و اثرات آن‌ها بر یکدیگر، تجهیزات و ابزار شهری و وسایل و ابزار فنی که بر بام‌ها نصب می‌شوند، برشمرد. در ادامه این اثرات و ابعاد مختلف آن مورد بررسی قرار گرفته‌اند:

۳-۲-۱- کاهش اثرات منفی سایه‌اندازی بر بام سبز میان ساختمان‌ها

اثر سایه ساختمان‌ها بر روی بام و بدنه یکدیگر، به‌خصوص در بافت‌های شهری فشرده و غیرهمگن از نظر ارتفاعی معنا می‌یابند. طول سایه ساختمان‌ها بر روی یکدیگر بسته به زاویه تابش خورشید، ارتفاع ساختمان‌ها، جهت و فاصله آن‌ها از یکدیگر و برخی عوامل غیروابسته دیگر متغیر است. بنابراین احتمال اینکه بام ساختمان‌های کوتاه‌تری که با ساختمان‌های بلند محاصره شده‌اند، در معرض سایه‌های طولانی قرار گیرند، بسیار زیاد است. لذا باید انتخاب گیاهان مناسب برای این نوع بام‌ها مورد توجه قرار گیرد. کاشت گیاهانی که امکان رشد و حفظ آن‌ها در سایه فراهم است، به پایداری بیش‌تر بام‌های سبز کمک قابل توجهی می‌کنند. این موضوع باید در دست‌اندازهای دور بام و اثر آن بر گیاهانی که در لبه بام ساخته می‌شوند نیز، مورد توجه قرار گیرد.

shaghool.ir

۳-۲-۲- کاهش تاثیرمنفی جریان باد بر سطح بام سبز در شهرها

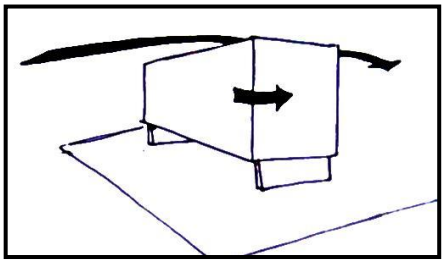
در بام‌های سبز به‌کار رفته در ساختمان‌ها، وزش باد علیرغم محاسنی که در گرده‌افشانی و گسترش فضای سبز و همچنین خنک کردن فضا دارد، معایب بسیاری نیز به‌همراه دارد. ناهنجاری در وزش باد اغلب از دو جهت مشکل آفرین است:

- در مواردی که حضور انسان در بام سبز مورد توجه قرار می‌گیرد و به عبارت دیگر از بام‌های سبز به عنوان فضاهای باز مورد استفاده انسان استفاده می‌شود، تامین آسایش انسان در ارتباط با وزش باد ضروری است.
- افزایش سرعت وزش باد، پیچش و تغییر جهت در وزش باد می‌تواند زمینه‌های تخریب لایه‌های به کار رفته در بام سبز را فراهم آورد و به‌خصوص در گوشه‌های فضا موجب بلند شدن و لوله شدن لایه‌ها شود.

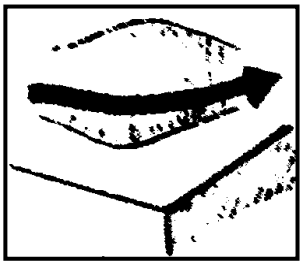
ابعاد و شکل ساختمان‌ها و همجواری آن‌ها نسبت به یکدیگر موجب تغییر در جهت و سرعت باد می‌شود. علت این موضوع، تغییر فشار ایجاد شده در بخش‌های مختلف اطراف موانع است که در فصل مشترک مناطق تحت فشار، سرعت زیاد شده و تلاطم یا آشفتگی (توربولانس)[1] به‌وجود می‌آید. ساختمان‌ها در شهر به عنوان مانع یا هدایت‌کننده جریان هوا محسوب می‌شوند. ساختمان‌ها و فضاهای مصنوع اغلب بسته به پارامترهای زیر بر نوع و میزان اثر وزش باد در بام ساختمان‌ها اثر گذارند:

- تراکم ساختمان
- ارتفاع ساختمان
- کشیدگی و جهت استقرار ساختمان نسبت به جریان باد
- خلل و فرج در ساختمان و شکل بنا

۳-۲-۲-۱- تاثیر وزش باد بین ساختمان‌ها در بام و راه‌کارهای پیشنهادی جهت کاهش اثرات منفی آن



شکل ۳-۱- اثر وزش باد بر پیلوتی و بالای ساختمان



شکل ۳-۲- انحنا در گوشه‌ها موجب کاهش سرعت جریان باد می‌شود.

گرچه محاسبات گاندر و گیو برای تاثر باد بر عابر پیاده و در سطح زمین انجام شده است، اما می‌توان با بررسی تطبیقی از نتایج آن در طراحی بام‌های سبز و در سطح بام ساختمان‌ها استفاده نمود. چنان‌چه ساختمان موردنظر در مرحله طراحی و ساخت باشد و طراحی بام سبز در آن پیش‌بینی شده باشد، بهتر است که موارد فوق در طراحی مدنظر

1- Turbulence

shaghool.ir

قرار گیرند. باتوجه به موارد مذکور تاثیر وزش باد در بین ساختمان‌ها در بام و راه‌کارهای پیشنهادی جهت کاهش اثرات منفی آن را می‌توان به شرح زیر برشمرد:

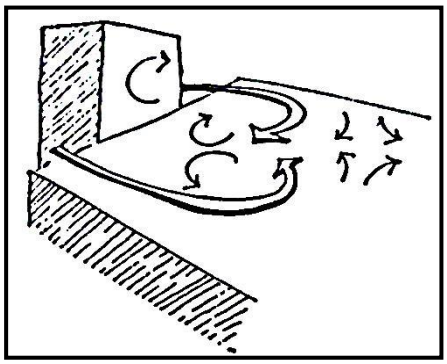
۱- چنان‌چه بام سبز، سقف پارکینگ باشد و بر روی آن، ساختمان به صورت پیلوت اجرا شده باشد، وزش باد در فضای زیر پیلوت بسته به کشیدگی ساختمان نسبت به وزش باد و میزان گشایش ساختمان در قسمت پیلوت در شرایط زیر واقع می‌شود: در این شرایط با افزایش ارتفاع ساختمان، سرعت باد افزایش می‌یابد. به منظور کاهش اثر منفی باد در این شرایط بهتر است که ساختمان به‌موازات جهت وزش باد قرار گیرد و یا این‌که با ازدیاد خلل و فرج، جریان هوا را در بخش‌های پایین ساختمان پخش نمود. (شکل ۳-۱)

۲- در بافت‌های فشرده که ساختمان‌ها از ارتفاع متوسط یکسانی برخوردار هستند، تاثیرات منفی باد به حداقل می‌رسد. در چنین شرایطی باد کم‌تر درون مجموعه نفوذ می‌کند. اما توجه به این مطلب نیز لازم است که در این سطح، به خاطر کاهش تاثیر اصطکاک با عوارض زمینی، سرعت باد نسبت به سطح زمین افزایش می‌یابد و باید این افزایش با توجه به سرعت متداول باد در منطقه و همچنین، میزان ارتفاع محاسبه گردد.

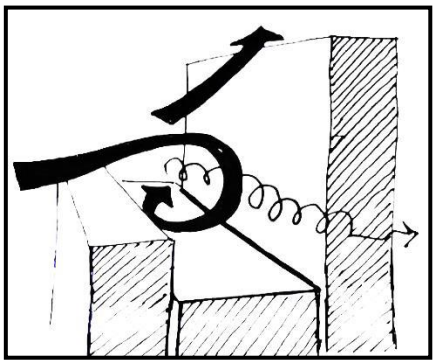
۳- در گوشه‌های ساختمان، سرعت جریان باد و علاوه بر آن، گرادیان افقی ساختمان افزایش می‌یابد. این اثر جریان هوا برای ساختمان‌های مجاور که از بام سبز استفاده می‌کنند، می‌تواند مشکل آفرین باشد. دلیل این امر، ارتباط میان منطقه تحت فشار زیاد در جلوی ساختمان با منطقه تحت فشار کم جانبی است. ایجاد شکست تدریجی در ارتفاع، منحنی نمودن گوشه‌ها، ایجاد موانع فیزیکی و یا خلل و فرج در گوشه از راه‌کارهای کاهش سرعت باد در گوشه‌ها هستند. (شکل ۳-۲) سرعت جریان باد در بام ساختمان‌ها به دلیل ارتفاع بیش‌تر و همچنین تراکم کم‌تر نسبت به سطح زمین، بیش‌تر است. بنابراین توجه به تاثیر باد، در طراحی بام‌های سبز از اهمیت بسیاری برخوردار است. پیشنهادهای ارائه شده در ادامه بحث، براساس مجموعه‌ای از مطالعات تجربی و آزمایشگاهی ژ. گاندر (مهندس آیرو دینامیک) و آ. گیو (معمار) به‌منظور بررسی تاثیر باد در فضاهای شهری تحت شرایط مختلف و در ترکیبات مختلف حجمی و آسایش انسان در مقابل باد در شرایط مختلف و ارایه راه‌کارهای عملیاتی برای تامین آسایش انسان می‌باشد. (گاندر، گیو، ۱۳۷۳).

۴- اختلاف ارتفاع میان ساختمان‌های مجاور موجب ایجاد اثر منفی باد در بام ساختمان‌های کوتاهی که در پشت ساختمان‌های بلندتر قرار دارند، می‌شود. بدین صورت که ساختمان بلندتر به‌عنوان مانعی در برابر جریان باد عمل کرده و منطقه‌ای با جریان هوای متلاطم (توربولانس) ایجاد می‌کند.

shaghool.ir



شکل ۳-۳- ایجاد سایه باد



شکل ۳-۴- حلقه جریان هوای ایجاد شده میان دو ساختمان

وسعت سایه باد به تاثیر برایند نیروی باد در برخورد با تصویر قائم ساختمان بستگی دارد. درصوتی‌که اختلاف ارتفاع دو ساختمان، ۱۵ تا ۳۵ متر باشد، طول سایه باد یا محدوده سایه باد تقریبا چهار برابر ارتفاع ساختمان خواهد بود. منطقه‌ای که به‌طور ویژه تحت تاثیر وزش باد قرار می‌گیرد، محدوده‌ای است به عمق دو برابر حاصل‌ضرب ارتفاع و عرض ساختمان که در هر طرف آن تشکیل می‌شود. در مناطق متلاطم هرچه به داخل محدوده نفوذ کنید، از مقدار سرعت به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاسته شده و منطقه مرکزی آرام‌تر خواهد بود. چنان‌چه ساختمان به‌گونه‌ای استقرار یابد که کوچک‌ترین تصویر قائم آن در جهت باد قرار گیرد، برایند نیروهای وارده کم‌تر شده و اثر منفی جریان باد کم‌تر می‌شود. (شکل ۳-۳)

۵- در زمانی که اختلاف ارتفاع میان ساختمان‌ها بیش از ۱۵ متر باشد، در پای نمای روبه باد ساختمان بلندتر که همان بام ساختمان کوتاه‌تر می‌باشد، حلقه تلاطم ایجاد می‌شود. چنان‌چه ساختمان دیگری با ارتفاع متوسط در جلوی ساختمان بلندتر و بافاصله از آن قرار گیرد، حلقه تلاطم در فضای بین دو ساختمان شدیدتر خواهد شد. در ارتفاعات کم‌تر از ۱۵ متر جریان باد از روی بام ساختمان بلندتر عبور می‌کند و نقاط بحرانی در لبه‌های ساختمان بلندتر ایجاد می‌شود. (شکل ۳-۴)

۶- چنان‌چه ساختمان به‌عنوان مانعی با زاویه ۴۵ درجه در مقابل جریان باد قرار گیرد، انحراف و پیچش جریان هوا به‌وجود آمده و منطقه نامناسبی از نظر تاثیر جریان هوا در پشت و مرکز مانع ایجاد می‌شود.

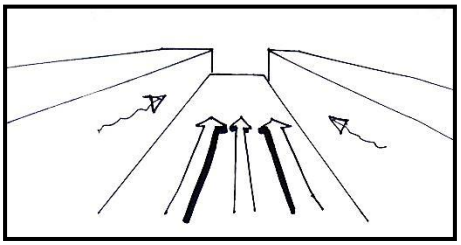
۷- چنان‌چه ساختمانی با بدنه ساختمان‌های بلندتر محاصره شود، به‌گونه‌ای که در مقابل باد شکلی قیف مانند ایجاد نمایند و باد از سمت مقطع بزرگ به سمت مقطع کوچک حرکت کند، تجمع نیروهای باد باعث به وجود آمدن منطقه نامناسب از نظر آسایش در مجرا (مقطع کوچک) می‌شود. به این پدیده ونتوری گفته می‌شود. پدیده ونتوری اغلب در شرایط زیر رخ خواهد داد:

- ارتفاع بدنه‌هایی که بام مورد نظر را احاطه کرده‌اند، از ۱۵ متر بیش‌تر باشد.
- مجموع طول دو بدنه جانبی از ۱۰۰ متر بیش‌تر باشد.
- جهت باد در محور نیمساز بین بدنه ها باشد.

shaghool.ir

- به اندازه مساختی برابر با مساحت جمع کننده جریان هوا، در پشت و جلوی ساختمان مورد نظر، ساختمان‌هایی با ارتفاع بیش‌تر از ساختمان مذکور وجود نداشته باشد.

۸- چنان‌چه ساختمانی در بین مجوعه ساختمان‌های موازی بلندتر از خود قرار گرفته باشد، فضای ایجاد شده همچون کانالی برای عبور جریان هوا عمل خواهد نمود. این پدیده زمانی رخ خواهد داد که ساختمان‌هایی که بدنه راهرو را شکل می‌دهند، متخلخل نبوده و فاصله بین آن‌ها از ۵ درصد طولشان کم‌تر باشد. در مواردی که ورود هوا به این مجرا با پدیده ونتوری صورت گیرد، سرعت باد افزایش خواهد یافت. (شکل ۳-۵)



شکل ۳-۵- کانال ایجاد عبور جریان هوا

۹- چنان‌چه پیش‌تر نیز گفته شد، اثرات نامطلوب جریان باد از دو جنبه تاثیر بر گیاهان کاشته شده و همچنین بر آسایش انسان، قابل بررسی است. به‌منظور کاهش اثرات نامطلوب آن بر انسان لازم است که سرعت باد محاسبه شده و با نرخ مرتبط با آسایش انسان مقایسه شود.

۳-۲-۲-۲- راه‌کارهای کاهش تاثیرات منفی جریان باد در بام سبز ساختمان‌های موجود

اجرای بام سبز بیش‌تر بر روی ساختمان‌های موجود صورت می‌گیرد و بنابراین نمی‌توان تغییرات عمده‌ای را از نظر ساختاری در این بناها ایجاد نمود. در چنین بناهایی، درصورتی‌که سرعت باد فراتر از حد آسایش انسان باشد و یا این‌که جهت وزش و نوع آن نامطلوب باشد (مثلا پیچشی باشد)، می‌توان از راه‌کارهای زیر جهت کاهش اثرات نامطلوب باد استفاده نمود:

- ایجاد موانع مصنوع در مقابل جریان هوا به منظور ممانعت از تاثیر وزش باد و یا تغییر جهت جریان هوا در جهت مطلوب؛ نظیر بالا بردن دیواره اطراف بام و یا استفاده از بادشکن
- استفاده از دریچه‌هایی با قابلیت تنظیم میزان ورود باد و تغییر جهت در دیوارها که امکان هدایت جریان هوا را نیز فراهم سازند.
- استفاده از درختان و درختچه‌های انبوه که بتوانند موانعی در برابر اثر منفی باد ایجاد نمایند.
- به‌کارگیری عناصر منحنی در کنج‌ها به‌گونه‌ای که بتوانند اثرات منفی تاثیر جریان باد را کاهش دهند.
- ایجاد تخلخل در بدنه‌ها به‌منظور هدایت مناسب جریان باد، درمواقعی که به‌دلیل محصوریت، پیچش باد ایجاد می‌شود.

shaghool.ir

۳-۲-۲-۳- راه‌کارهای حفاظت گیاهان در برابر باد در بام سبز

برای حافظت از گیاهان کاشته شده، علاوه بر موارد فوق می‌توان از راه‌کارهای زیر استفاده کرد:

- استفاده از عناصر سنگین وزن در کنج‌ها و به‌خصوص در مواردی که پوشش گیاهی به صورت صفحه‌ای قابل فرش کردن کف بام است.
- محافظت گیاهان آسیب‌پذیر در پناه گیاهان قوی‌تر
- ثابت کردن بافت و پوشش گیاهی جوان و درحال رشد با عناصر عمودی که پیش‌تر به کف بام متصل شده‌اند.

۳-۲-۳- کاهش اثر گازهای استخراج شده از دودکش‌ها

دودکش‌ها معمولا دود حاصل از احتراق موارد سوختی مصرفی در ساختمان را از طریق لوله‌های عمودی به سطح بام رساند و در هوای آزاد رها می‌کنند. این دودکش‌ها اغلب متعلق به موتورخانه، دستگاه‌های تهویه، اجاق و شومینه‌های ساختمان‌ها می‌باشند.

این دود[1] اغلب ترکیبی از دی‌اکسید کربن، بخار آب، نیتروژن، اکسیژن سوخته نشده حاصل از احتراق سوختی است. علاوه بر آن، دود حاصل اغلب حاوی آلاینده‌هایی نظیر ذرات معلق، مونو اکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن و سولفورهای اکسید شده است. موارد مذکور درصورت تماس با گیاهان کاشته شده در بام اثرات مخربی بر آن خواهند داشت و بقای بام‌های سبز را به خطر خواهند انداخت.

در طراحی ساختمان‌های جدید که ساخت بام سبز در آن پیش‌بینی شده است، باید تمهیدات لازم برای عدم اثرات مخرب دودکش‌ها از طریق مکان‌یابی صحیح و یا سیستم تاسیساتی مناسب صورت گیرد.

در ساختمان‌های موجود که امکان جابجایی دودکش و یا تغییر سیستم تاسیساتی در آن، وجود ندارد، راه‌کارهای زیر به‌عنوان راه‌حل‌هایی جهت کاهش اثرات مخرب پیشنهاد می‌شوند:

- بهبود بخشی و تصفیه گاز خروجی دودکش‌ها با کمک فرایندهای شیمیایی و تصفیه‌کننده‌ها که آلودگی‌ها را از گاز خروجی جدا می‌کنند. رسوب‌گیری الکترواستاتیک و یا استفاده از فیلترها می‌توانند میزان ذرات معلق خروجی را کاهش دهند.
- تعبیه ارتفاع و قطر مناسب برای دودکش باتوجه به استانداردها و کدهای ایمنی و بهداشت در هر منطقه
- هدایت دود خروجی به جهتی که کم‌ترین آثار مخرب را داشته باشد.

1- Flue Gas

shaghool.ir

۳-۲-۴- کنترل اثرات انعکاسی نور خورشید از ساختمان‌های اطراف

نماهایی که کاملا دارای بدنه شیشه‌ای بوده و یا سطح وسیعی از آن با شیشه پوشانده شده، در دهه‌های اخیر از اقبال عمومی خوبی در شهرهای بزرگ ایران و به‌خصوص تهران برخوردار بوده است؛ خوشبختانه به‌دلیل مسایل زیست محیطی و زلزله در سال‌های اخیر محدودی‌هایی از طرف شهرداری‌ها در اجرای آن قائل شده‌اند. سطوح شیشه‌ای نماهای ساختمان‌ها، اشعه‌های خورشید را به سطوح دیگر و به‌خصوص بر روی سطوح افقی که در سطح پایین‌تر از خود قرار دارند، بازتاب می‌کنند. این امر موجب تاثیر بیش‌تر تابش اشعه‌های خورشید بر ساختمان‌های اطراف می‌شود و درصورت اجرای بام سبز بر این ساختمان‌ها اثرات مخربی بر گیاهان از خود به جای خواهد گذاشت و موجب سوختن برگ گیاهان، به‌خصوص در فصل تابستان که خورشید اثر گرمایشی و تابشی بیش‌تری دارد، خواهد شد. درصورتی که امکان کنترل تابش نور از طریق نمای ساختمان وجود نداشت، استفاده از سایبان و انعکاس دهنده‌های نور در ساعات تابش شدید توصیه می‌شود.

۳-۲-۵- هماهنگی با شکل بام متداول ساختمان‌ها (میزان شیب سقف)

به جز دامنه شمالی البرز و برخی مناطق دامنه جنوبی آن، در اکثر نقاط ایران بام‌ها به‌صورت مسطح بوده و مشکلی از نظر ساخت بام سبز نخواهند داشت. در مناطق شمالی ایران نیز میزان بارش درحدی است که بام‌های سبز می‌توانند با ذخیره بارش‌ها کارکرد موردنظر از بام‌های شیب‌دار را در خود داشته باشند. به‌خصوص در مناطق ییلاقی شمالی تهران که در دامنه‌های جنوبی البرز جای می‌گیرند، بام‌های سبز گزینه‌های خوبی برای جایگزینی با سقف شیب‌دار محسوب می‌شوند. لذا در اکثر نقاط پهنه ایران امکان جایگزینی بام سبز مسطح با بام شیب‌دار وجود دارد و تنها در مناطقی که به‌دلایل معماری یا فنی استفاده از بام‌های شیب‌دار توصیه می‌شود، باید به‌دنبال جزییات اجرایی بام سبز شیب‌دار بود.

۳-۲-۶- پیش‌بینی نصب ابزار و تجهیزات فنی بر روی بام

ابزار و تجهیزات متداول نصب شده بر روی بام، مواردی همچون دستگاه‌های تهویه مطبوع، کولرهای آبی، آنتن وسایل صوتی، تصویری، مخازن و منابع آب و بشقاب‌های ماهواره را دربر می‌گیرند. این عناصر اغلب سطح وسیعی از بام را اشغال می‌کنند و علاوه بر آن، بر روی بخشی از بام ایجاد سایه می‌کنند. درصورت اجرای بام‌های سبز، این موضوعات مشکلاتی را در اجرا و همچنین، در رشد گیاهان به‌همراه خواهد داشت. علاوه برآن، اتصال محل نصب این تجهیزات با زمین نباید موجب ایجاد شکاف در بام سبز شود. دراین‌صورت، امکان نفوذ آب به لایه‌های زیرین سقف فراهم خواهد شد. لذا باید نصب تجهیزات با رعایت جزییات اجرایی ویژه اتصالات بر روی بام سبز صورت گیرد و علاوه بر آن، ضمن مکان‌یابی صحیح این تجهیزات بر روی بام، تمهیدات لازم برای رفت و آمد و دسترسی به این آن‌ها فراهم گردد.

shaghool.ir

shaghool.ir

پیوست ۱

نمونه اجرای بام سبز در ایران

shaghool.ir

shaghool.ir

به‌منظور بررسی روش اجرای بام سبز در یک ساختمان نمونه و همچنین، امکان‌سنجی استفاده از قابلیت‌ها و تولیدات موجود در کشور، در سال ۱۳۹۱ اجرای یک نمونه بام سبز در دستور کار مرکز تحقیقات قرار گرفت. با ارزیابی سازه‌ای ساختمان‌های موجود از نظر امکان افزایش بار زنده و مرده توسط بخش سازه مرکز تحقیقات، مساحت مناسب و همچنین، دسترسی پذیری، بام آزمایشگاه آکوستیک مرکز با مساحت تقریبی ۱۰۰ متر مربع به عنوان مکان مناسب جهت اجرای بام سبز انتخاب شد. این ساختمان به دلیل قرارگرفتن در تراز پایین‌تر نسبت به محور اصلی مجموعه دید و منظر مناسبی را برای رهگذران فراهم می‌نمود.

باتوجه به محدودیت افزایش بار سقف، شرایط اقلیمی شهر تهران و همچنین، شرایط نگهداری پروژه، بام منتخب از نوع گسترده «Extensive» انتخاب شد.

شکل پ.۱-۱- سقف منتخب برای اجرای بام سبز

الف- اجزای بام سبز

در انتخاب اجزای بام تلاش شد که تا حد ممکن از محصولات تولید داخل کشور به‌منظور بومی‌سازی اجرای بام استفاده شود. در این راستا، به جز لایه زهکش که تولید داخلی با مشخصات فیزیکی و فنی لازم برای آن وجود نداشت، در بقیه موارد از محصولات تولید داخل کشوراستفاده شد. مشخصات انتخاب اجزا به شرح زیر است:

۱- عایق رطوبتی

درخصوص عایق، از عایق قیری رولی مقاوم در مقابل نفوذ ریشه گیاه استفاده شد.

shaghool.ir

۲- لایه‌های صافی و جداگر

در خصوص لایه جداگر و لایه صافی دو نمونه از محصولات ژئوتکستایل بافته نشده تولید کارخانه‌های داخل کشور که از آزمون‌های فنی مرتبط گذر کرده و در مقایسه با نمونه‌های خارجی معتبر شرایط فنی لازم را احراز نموده بودند، استفاده شد. برای لایه صافی از ژئوتکستایل با وزن ۲۰۰ گرم بر مترمربع استفاده شد. در آزمون‌های اجرا شده، این محصول در محیط معمولی، مقاومت کششی ßF را به میزان ۳/۹ نیوتن بر میلی‌مترمربع و طویل‌شدگی Ef را در همان محیط به میزان ۰/۸۶۷ میلی‌متر بر میلی‌متر اخذ نمود. آزمون‌ها در بخش مصالح مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی به‌انجام رسید. برای لایه محافظ ضد ریشه از ژئوتکستایل با وزن ۴۰۰ گرم بر مترمربع استفاده شد. در آزمون‌های اجرا شده، این محصول در محیط معمولی، مقاومت کششی ßF را به میزان ۱۴/۸ نیوتن بر میلی‌مترمربع و طویل‌شدگی Ef را در همان محیط به میزان ۱/۳۷۳ میلی‌متر بر میلی‌متر اخذ نمود. آزمون‌ها در بخش مصالح مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی به‌انجام رسید. مشخصات فنی اجزا در شکل (پ.۱-۲) ارائه شده است.

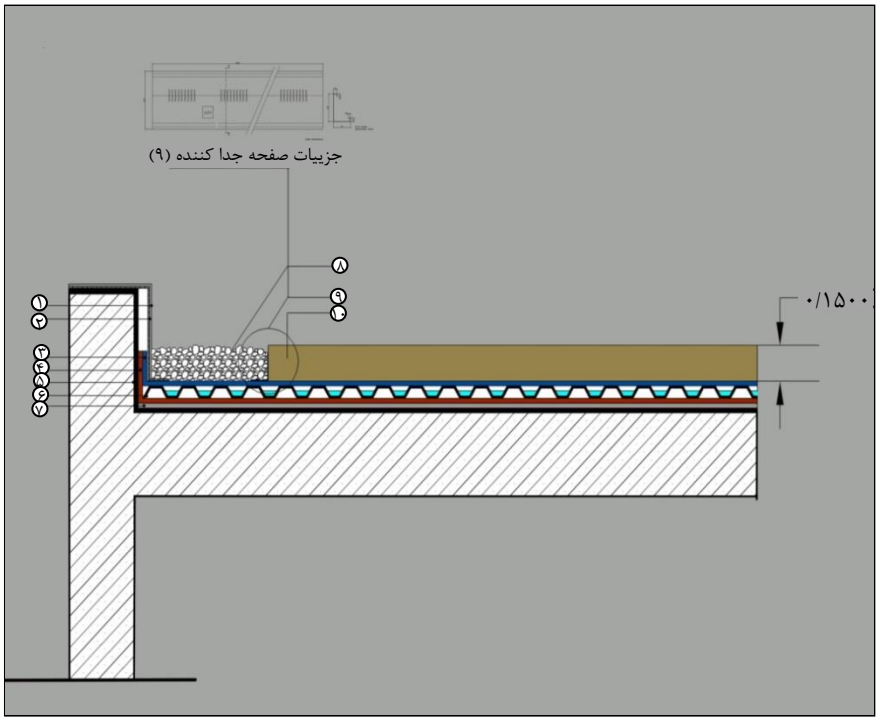
۳- لایه زهکش

درخصوص لایه زهکش، همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، نمونه تولید داخل یافت نشد. همچنین، در محصولات وارداتی به کشور، لایه زهکش با حفره‌های دوطرفه نیز وجود نداشت. لذا از محصولات ژئودرین با حفره‌هایی در یک طرف که از نظر مقاومت فشاری و میزان قابلیت جذب و نگهداری آب، شرایط لازم برای استفاده در بام نوع گسترده را احراز می‌نمودند، استفاده شد. مشخصات فنی اجزا در شکل (پ.۱-۲) ارائه شده است. ظرفیت نگهداری آب در این لایه ۴/۲ لیتر در مترمربع و مقاومت فشاری آن، ۲۲۶/۶ کیلوپاسکال می‌باشد.

۴- اجزای جانبی

درخصوص اجزای جانبی، تولیدات داخلی و همچنین، محصولات وارداتی متداولی یافت نشد. لذا تولید قطعات جداگر و همچنین دریچه بازدید آب با استفاده از صفحات گالوانیزه در دستور کار قرار گرفت. نقشه‌های اجرایی و اجزای ساخته شده در شکل (پ.۱-۲) نشان داده شده است.

shaghool.ir



۱- اندود سیمان

۲- شبکه توری

۳- لایه صافی (ژئوتکستایل بافته نشده)

وزن: ۲۰۰ گرم بر مترمربع مقاومت کششی ßF در محیط معمولی: ۳/۹ N/mm

طویل شدگی eF در نقطه شکست در محیط معمولی ۰/۸۶۷ mm/mm

۴- لایه محافظ ضدریشه (ژئوتکستایل بافته نشده)

وزن: ۴۰۰ گرم بر مترمربع، مقاومت کششی ßF در محیط معمولی: ۱۴/۸ N/mm

طویل شدگی eF در نقطه شکست در محیط معمولی: ۱/۳۷۳ mm/mm

۵- لایه عایق رطوبتی ضدریشه

۶- لایه ذخیره آب (ژئودرین ساخته شده با موارد پلی‌اتیلن)

ظرفیت نگهداری آب: ۴/۲ لیتر در مترمربع، مقاومت فشاری: ۲۲۶/۶ کیلوپاسکال

۷- اندوماسه سیمان برای شیب‌بندی و پوشش عایق حرارتی

۸- شن رودخانه‌ای

۹- صفحه جدا کننده (ساخته شده از آهن گالوانیزه)

۱۰- خاک باغچه

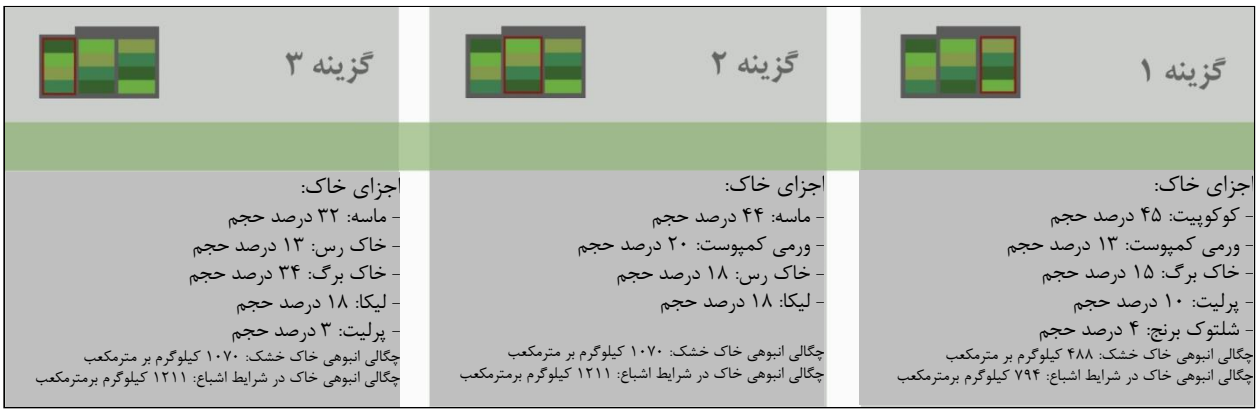
شکل پ.۱-۲- اجزای بام سبز و مشخصات فنی هریک

۵- لایه خاک

همان‌گونه که پیش‌تر گفته شد، سه معیار قابلیت جذب و نگهداری آب، وزن کم و امکان تغذیه ریشه گیاه با مواد معدنی از مهم‌ترین معیارهای ترکیب مناسب اجزای خاک محسوب می‌شدند. برای این منظور ترکیبات مختلفی از انواع خاک در فضای گلخانه‌ای با همکاری متخصصین کشاورزی مورد آزمون قرار گرفت و از میان آن‌ها سه نوع خاک برای استفاده در سه قطعه تفکیک شده کاشت گیاه در بام درنظر گرفته شد. هدف این کار سنجش کارایی انواع خاک با توجه به گیاهان کاشته شده بود. عناصری که درصد حجمی مختلف در انواع خاک مورد استفاده قرار گرفتند، عبارت بود از: خاک برگ، خاک رس، ماسه، کوکوپیت، ورمی‌کمپوست، لیکا، پرلیت و شلتوک. برای هریک از انواه خاک، چگالی انبوهی خاک در حالت خشک و اشباع محاسبه شد. محاسبات بیانگر آنند که گزینه ۱ کم‌ترین وزن و بهترین ظرفیت نگهداری آب را در مقایسه با انواع دیگر خاک دارد.

shaghool.ir

درصد حجمی به‌کار رفته از هریک از عناصر در سه نوع خاک مورد نظر و چگالی انبوهی خشک و اشباع به‌دست آمده در خصوص هر ترکیب در شکل (پ.۱-۵) نشان داده شده است.



شکل پ.۱-۳- انواع خاک به‌کار رفته در بام سبز

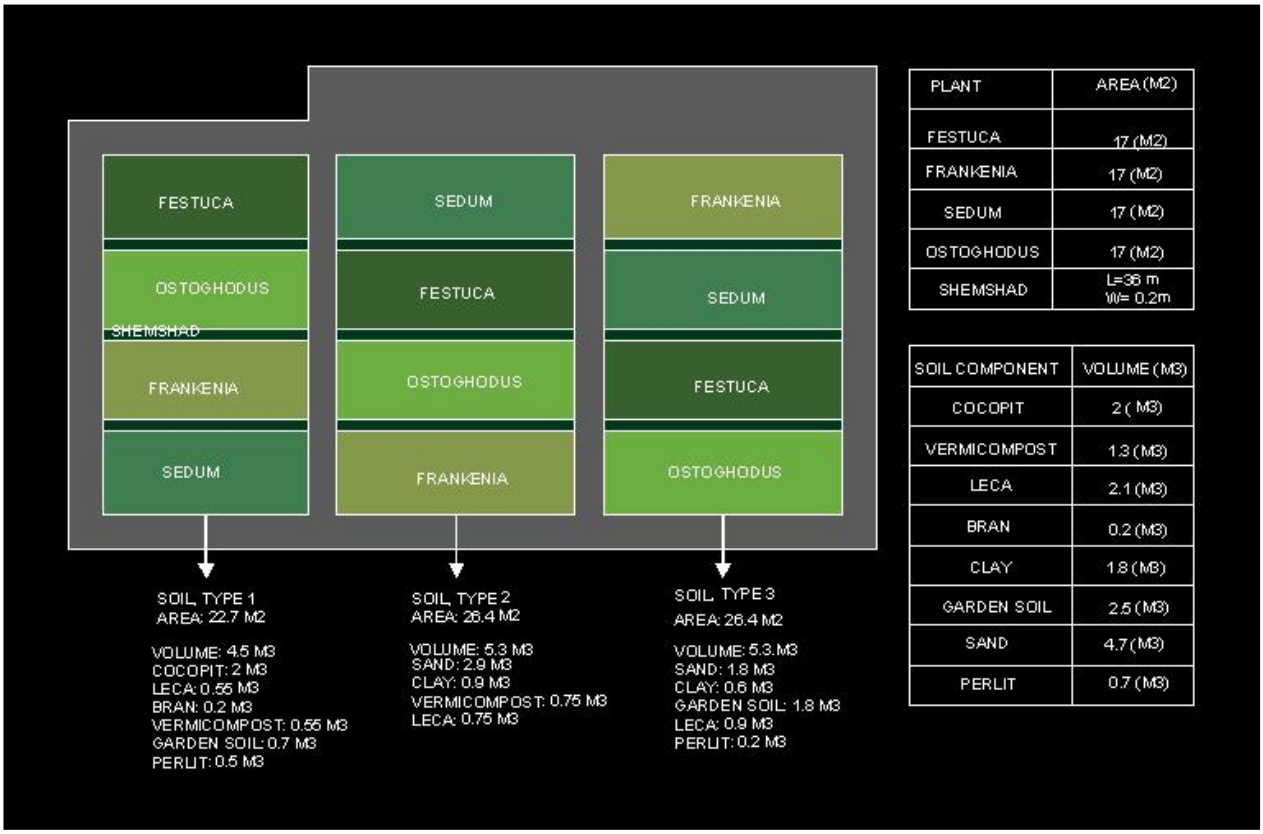
۶- انتخاب گیاهان

در انتخاب گیاه، معیارهای هماهنگی با اقلیم تهران، نیاز به آب کم و عدم وجود ریشه‌های عمیق و پیش‌رونده مدنظر قرار گرفت. همچنین باتوجه به انتخاب بام سبز از نوع گسترده و ضخامت خاک در نظر گرفته شده، به میزان حداکثر ۱۵ سانتی‌متر، نوع گیاه و عمق ریشه آن باید در تطابق با این نوع بام انتخاب می‌شد. با مشورت‌های صورت گرفته با متخصصی باغبانی نوع گیاه به‌شرح زیر انتخاب شد:

فستوکا، فرانکنیا، اسطخدوس، سدوم و شمشاد

کاشت این پنج نوع گیاه در سه نوع خاک، امکان مناسبی برای ۱۵ آزمون (۵ نوع گیاه در سه نوع خاک) فراهم می‌آورد که نتایج آن در ادامه ارائه شده است.

shaghool.ir



شکل پ.۱-۴- انواع گیاهان به‌کار رفته در سه نوع خاک در بام سبز

۷- مسیرهای حرکت

به‌دلیل مساحت اندک و مطالعاتی بودن این بام، پیش‌بینی فضاهای قابل استفاده صورت نگرفت. اما به‌منظور رسیدگی و آبیاری بام، مسیرهای حرکتی در میان فضاهای سبز در نظر گرفته شد. این مسیرها توسط لایه زئوتکتایل از فضای سبز جدا شده و سطح آن با شن‌های رودخانه‌ای پس از اجرای لایه صافی پوشانده شد. وجود جداگرهای مشبک و عدم انقطاع لایه زهکش و همچنین، نفوذپذیربودن لایه‌های شن، امکان ذخیره آب باران یا آبیاری انجام شده در لایه زهکش را از طریق مسیرهای حرکتی فراهم می‌آورد.

۸- تمهیدات آبیاری

نیاز به آبیاری در این بام اجتناب‌ناپذیر است. در این راستا پیش‌بینی آبیاری قطره‌ای اتوماتیک برای آبیاری در زمان‌های مورد نیاز صورت گرفت که متأسفانه اجرایی نشد.

ب- مراحل اجرا

تصاویر زیر مراحل اجرای این بام را به‌ترتیب نشان می‌دهد:

shaghool.ir

شکل پ.۱-۵- اجرای عایق رطوبتی بام

شکل پ.۱-۶- اجرای لایه ماسه سیمان به همراه شیب‌بندی بام به سمت آب‌راه‌ها

shaghool.ir

شکل پ.۱-۷- قرار دادن لایه ژیوتکستایل جداکننده؛ پهن کردن این لایه با هم‌پوشانی ۱۰ سانتی‌متری بر روی سقف صورت می‌گیرد. این لایه در بدنه عمودی جان‌پناه امتداد می‌یابد.

شکل پ.۱-۸- قراردادن لایه زهکش؛ پهن کردن این لایه با هم‌پوشانی ۱۰ سانتی‌متری بر روی سقف صورت می‌گیرد. برای این منظور حفره‌ها در یکدیگر جاگیر می‌شوند.

shaghool.ir

شکل پ.۱-۹- قرار دادن لایه ژیوتکستایل صافی؛ پهن کردن این لایه با هم‌پوشانی ۱۰ سانتی‌متری بر روی سقف صورت می‌گیرد. این لایه در بدنه عمودی جان‌پناه امتداد می‌یابد و توسط توری ثابت شده و روی آن ملات ماسه سیمان اجرا می‌شود.

شکل پ.۱-۱۰- قرار دادن جداکننده‌های گالوانیزه در امتداد حدفاصل مسیر حرکت و فضای سبز؛ قطعات ساخته شده در یک دیگر فرو رفته و یک امتداد را شکل می‌دهند.

shaghool.ir

شکل پ.۱-۱۱- اجرای توری بر روی بدنه جان‌پناه

شکل پ.۱-۱۲- شن‌ریزی مسیر حرکت

shaghool.ir

شکل پ.۱-۱۳- ترکیب خاک و انتقال آن به سقف

shaghool.ir

شکل پ.۱-۱۴- اندود بدنه جان‌پناه و پرکردن محل درنظرگرفته شده برای فضای سبز با خاک

شکل پ.۱-۱۵- کاشت گیاهان و آبیاری اولیه آن‌ها

ج- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

گرچه عدم رسیدگی به فضای سبز اجراشده بر روی این بام، امکان تحلیل‌ها و ارزیابی‌های موضوعی مختلف در دراز مدت را فراهم نیاورد، اما در مجموع موارد زیر را می‌توان به‌عنوان مهم‌ترین نتایج این پروژه برشمرد:

shaghool.ir

۱- اصول نگهداری، سرکشی و کنترل آبروها، مراقبت دائم از گیاهان و حذف علف‌های هرز و آبیاری در مواقع مورد نیاز در بام سبز مورد توجه جدی قرار گیرد. در مکان‌های عمومی باید تمهیدات لازم برای احتساب بام‌های سبز به‌عنوان بخشی از فضای سبز مجموعه و نگهداری آن توسط متولیان فضای سبز صورت گیرد.

۲- روش اجرا شده به‌خوبی توانست در مقابل نفوذ رطوبت به ساختمان کارکند.

۳- در مورد انواع خاک، به‌نظر می‌رسد که به‌ترتیب گزینه‌های یک، سه و در انتها گزینه دو عملکرد مناسبی جهت نگهداری رطوبت داشته‌اند. گزینه یک، با فاصله قابل توجهی از بقیه گزینه‌ها توانست در خشکی طولانی مدت، گیاهان را حفظ کند. گرچه هزینه بالای تمام‌شده ترکیب‌های خاک از معایب آن محسوب می‌شد و علاوه بر آن، تحلیل رفتن کوکوپیت که بخش قابل توجهی از خاک را تشکیل می‌داد موجب، کاهش حجم خاک در دراز مدت شد. لازم به‌ذکر است که قیمت بالاتر تمام‌شده خاک نیز به‌دلیل قیمت کوکوپیت و به‌دنبال آن، وجود ورمی‌کمپوست در خاک بود.

۴- در مورد گیاهان مورد استفاده، به‌ترتیب اسطخدوس، سدوم، فستوکا، فرانکنیا و در نهایت شمشاد از مقاومت و دوام بیش‌تری برخودار بودند.

۵- کاشت گیاهان در ارتفاع زمینه انتقال انواع دانه‌های روییدنی را به خاک فراهم آورد. به‌طوری که در ابتدا، میزان قابل توجهی از گیاهان خودرو در لابلای گیاهان موود شروع به روییدن کرد. با شروع فصل گرما و عدم آبیاری، گیاهان کاشته شده از بین رفتند. به‌دنبال آن، با شروع فصل بارندگی، گونه‌های گیاهی جدیدی جایگزین گیاهان قبل شد.

shaghool.ir

پیوست ۲

shaghool.ir

shaghool.ir

جدول‌های زیر راهنمای محاسبه مقادیر بار سقف و آب ذخیره شده در خاک و لایه زهکش را نشان می‌دهد. برای برنامه ریزی و اجرای بام سبز، استفاده از مشخصات فنی محصول که توسط شرکت سازنده ارائه می‌شود، الزامی است. (FLL2018,pp113-117)

الف- محاسبه بار و ظرفیت ذخیره آب در لایه‌ها

1	2	3		4
Material group/ material type	Particle in mm	Load assumption per 1 cm layer thickness		Medium water storage per 1 cm layer thickness in l/m²
		in KN/m²	in kg/m²	
Mineral bulk materials				
Lava	2/8 – 2/12	0.12 – 0.14	12.0 – 14.0	2.6
Lava	4/8 – 4/12	0.11 – 0.12	11.0 – 12.0	2.0
Lava	8/12 – 8/16	0.10 – 0.14	10.0 – 14.0	1.5
Pumice	2/8 – 2/12	0.08 – 0.10	8.0 – 10.0	3.8
Pumice	8/16 – 8/20	0.11 – 0.12	11.0 – 12.0	2.7
Expanded clay, crushed	2/8 – 2/10	0.05 – 0.07	5.0 – 7.0	2.4
Expanded clay, crushed	4/8 – 4/10	0.06 – 0.08	6.0 – 8.0	2.5
Expanded clay, uncrushed	4/8	0.06 – 0.08	6.0 – 8.0	1.4
Expanded clay, uncrushed	8/16	0.05 – 0.07	5.0 – 7.0	1.0
Expanded slate, crushed	2/8 – 2/10	0.08 – 0.10	8.0 – 10.0	2.3
Expanded slate, crushed	4/8 – 4/10	0.07 – 0.08	7.0 – 8.0	1.3
Crushed brick	4/8	0.12 – 0.14	12.0 – 14.0	2.3
Recycled brick	4/8	0.13 – 0.15	13.0 – 15.0	2.3
Crushed roof tiles	4/8	0.13 – 0.15	13.0 – 15.0	1.1
Basalt gravel	2/8	0.15 – 0.17	15.0 – 17.0	0.7
Dolomite gravel	5/8	0.15 – 0.16	15.0 – 16.0	0.7
Granite gravel	5/8	0.14 – 0.15	14.0 – 15.0	2.0
Tuff gravel	2/8 – 2/12	0.11 – 0.12	11.0 – 12.0	2.6
Gravel	2/8	0.16 – 0.17	16.0 – 17.0	0.9
Gravel	8/16	0.16 – 0.18	16.0 – 18.0	0.8
Gravel	16/32	0.16 – 0.18	16.0 – 18.0	0.6

shaghool.ir

ادامه:

1	2	3		4
Material group/ material type	Layer thickness in cm	Load assumption per 1 cm layer thickness		Medium water storage of the whole layer in l/m²
		in KN/m²	in kg/m²	
Drainage mats				
Structure geotextile mats	1.0	0.050 – 0.070	5.0 – 7.0	5.0
Studded plastic mats	1.2	0.019 – 0.021	1.9 – 2.1	0.4
Fibre-type woven mats	1.5	0.008 – 0.019	0.8 – 1.9	0.4
Fibre-type woven mats	2.2	0.022 – 0.023	2.2 – 2.3	1.2
Drainage panels				
Hard plastic profile panels	2.5	0.040 – 0.050	4.0 – 5.0	3.1
Hard plastic profile panels	4.0	0.060 – 0.070	6.0 – 7.0	4.4
Hard plastic profile panels	6.0	0.025 – 0.260	2.5 – 26.0	24.5
Hard foam profile panels	5.0	0.020 – 0.030	2.0 – 3.0	2.1
Hard foam profile panels	7.5	0.030 – 0.040	3.0 – 4.0	2.0
Insulation profile panels	6.5	0.040 – 0.050	4.0 – 5.0	3.0
Insulation profile panels	12.0	0.050 – 0.060	5.0 – 6.0	3.0
Drainage and substrate panels				
Modified hard foam	3.6	0.050 – 0.060	5.0 – 6.0	18.6
Protective layers				
Geotextile 300 g/m²	0.3	0.025 – 0.035	2.5 – 3.5	2.7
Geotextile 500 g/m²	0.5	0.050 – 0.060	5.0 – 6.0	4.5
Geotextile 800 g/m²	0.8	0.065 – 0.075	6.5 – 7.5	5.9
Protective panels - pored	1.0	0.180 – 0.190	18.0 – 19.0	1.1
Protective panels - studded	2.0	0.110 – 0.130	11.0 – 13.0	0.5

shaghool.ir

ب- محاسبه بارها و آب ذخیره شده در گیاهان براساس حداکثر ظرفیت ذخیره آب

1	2		3
Substrate group **Substrate type**	**Load assumption per 1 cm layer thickness**		**Medium water storage per 1 cm layer thickness**
	in KN/m²	**in kg/m²**	**in l/m²**
Substrates for intensive greening			
Soil/Mineral mixtures	0.16 – 0.19	16.0 – 19.0	3.0
Soil/hard foam mixtures	0.13 – 0.15	13.0 – 15.0	2.5
Soil/organic matter mixtures	0.15 – 0.17	15.0 – 17.0	3.5
Peat/mineral mixtures	0.11 – 0.12	11.0 – 12.0	7.5
Compost/mineral mixtures	0.11 – 0.13	11.0 – 13.0	6.5
Substrates for extensive greening			
Lava mixtures	0.145 – 0.165	14.5 – 16.5	4.4
Lava/pumice mixtures	0.125 – 0.130	12.5 – 13.0	4.2
Lava/pumice/dolomite mixtures	0.145 – 0.165	14.5 – 16.5	3.9
Lava/pumice/tuff mixtures	0.145 – 0.165	14.5 – 16.5	4.7
Sand/lava mixtures	0.160 – 0.175	16.0 – 17.5	5.0
Expanded clay mixtures	0.100 – 0.130	10.0 – 13.0	4.9
Expanded slate mixtures	0.110 – 0.130	11.0 – 13.0	4.9
Brick mixtures	0.130 – 0.160	13.0 – 16.0	3.9
Slate slag mixtures	0.140 – 0.150	14.0 – 15.0	4.2
Mining slag mixtures	0.140 – 0.150	14.0 – 15.0	3.1
Substrate single-layer construction for intensive and extensive greening			
Lava mixtures	0.115 – 0.135	11.5 – 13.5	1.7
Pumice mixtures	0.075 – 0.095	7.5 – 9.5	3.5
Lava/pumice mixtures	0.120 – 0.130	12.0 – 13.0	2.6
Lava/pumice/tuff mixtures	0.130 – 0.150	13.0 – 15.0	2.8
Expanded clay mixtures	0.060 – 0.070	6.0 – 7.0	2.3
Expanded slate mixtures	0.080 – 0.100	8.0 – 10.0	2.3
Light mineral/pumice mixtures	0.085 – 0.100	8.5 – 10.0	3.3
Light-clay granulate	0.080 – 0.085	8.0 – 8.5	4.1
Brick mixtures	0.115 – 0.135	11.5 – 13.5	2.4
Slate slag mixtures	0.115 – 0.135	11.5 – 13.5	4.0
Mining slag mixtures	0.130 – 0.150	13.0 – 15.0	2.5

shaghool.ir

ج- محاسبه بار براساس ظرفیت اشباف بستر کشت و گیاهان و لایه زهکش

1	2	3		4
Substrate group **Substrate type**	layer thick-ness in cm	Load assumption of the whole layer		Medium water storage of the whole layer in l/m²
		in KN/m²	in kg/m²	
Substrate panels				
Panels from mod. hard foam	3.0	0.23 – 0.25	23.0 – 25.0	18.6
Panels from composite foam	5.0	0.31 – 0.33	31.0 – 33.0	31.9
Panels from mineral wool	6.0	0.65 – 0.68	65.0 – 68.0	35.0
Vegetation mats[1)]				
Fiber-woven mats	2.0	0.280 – 0.300	28.0 – 30.0	13.5
Fiber-woven/geotextile mats	3.0	0.370 – 0.395	37.0 – 39.5	17.4
Natural fiber mats	2.0	0.210 – 0.230	21.0 – 23.0	11.0
Geotextile mats	3.0	0.260 – 0.280	26.0 – 28.0	24.1
Roof sods	2.5	0.380 – 0.420	38.0 – 42.0	16.3
Seed mats				
Seed composite mats	3.0	0.27 – 0.28	27.0 – 28.0	26.0
Water storage layers				
Storage geotextiles 1200 g/m²	1.0	0.095 – 0.105	9.5 – 10.5	9.0
Storage geotextiles 1600 g/m²	2.0	0.160 – 0.170	16.0 – 17.0	15.1
Mineral wool mats	2.5	0.230 – 0.250	23.0 – 25.0	23.4
Mineral wool mats	5.0	0.420 – 0.440	42.0 – 44.0	40.0
Composite foam panels	2.0	0.150 – 0.160	15.0 – 16.0	12.8

[1)] Including the vegetation

shaghool.ir

د- اخرین فرض پوشش گیاهی

1	2	
Vegetation form	Load assumption	
	in KN/ m²	in kg/ m²
Extensive greening		
Moss-sedum greening	0.10	10
Sedum-moss-herb greening	0.10	10
Sedum-herb-grass greening	0.10	10
Grass-herb greening (dry grass)	0.10	10
Simple intensive greening		
Grass-herb greening (grass roof, poor grassland)	0.15	15
Wild perennial-tree/shrub greening	0.10	10
Trees/shrubs-perennials greening	0.15	15
tree/shrub greening (to 150 cm high)	0.20	20
Intensive greening		
Turf	0.05	5
Low perennials and trees/shrubs	0.10	10
Perennials and bushes to 150 cm height	0.20	20
Bushes to 3 m height	0.30	30
Large bushes [1)] to 6 m height	0.40	40
Small trees [1)] to 10 m height	0.60	60
Trees [1)] to 15 m height	1.50	150

[1)] Values referring the area of the drip line

shaghool.ir

shaghool.ir

پیوست ۳

مروری اجمالی بر وضعیت متغیرهای اقلیمی در ایران

shaghool.ir

shaghool.ir

ایران دارای اقلیمی گرم با رژیم دمایی قاره‌ای عرض میانه می‌باشد. الگوی رژیم گرمایی ایران از تغییرات زاویه تابش خورشید پیروی می‌کند. اما دمای هر محل به مجموعه شرایط ارتفاع، عرض جغرافیایی و محتوای رطوبتی جو در آن محل بستگی دارد. از این‌رو نقش همزمان عرض جغرافیایی و ارتفاع بر روی دما و پیچیدگی ناهمواری ایران، تباین دما بین بخش‌های مختلف کشور را پدید آورده‌است. به‌ویژه در فصل سرد که به‌دلیل تنوع سامانه‌های همدید موثر بر ایران، اختلاف دمای میانگین سردترین و گرم‌ترین نقاط کشور آن‌چنان زیاد است که عملا بخش‌های مختلف کشور، همزمان فصول متفاوتی را تجربه می‌کنند. باتوجه موارد ذکر شده، پهنه ایران دارای الگوهای اقلیمی متنوعی است که هریک در درون خود نیز دارای خرداقلیم‌های متنوعی است از بین ۲۷ عنصر اقلیمی، اقلیم ایران عمدتا حاصل عملکرد شش عامل گرما، نم و ابر، بارش، باد، غبار، تابش و تندر شمرده شده است. (مسعودیان، ۱۳۸۲) بررسی‌های مذکور نشان دهنده آن است که بارزترین ویژگی متمایزکننده اقلیمی در سواحل دریای عمان و خلیج فارس، دما است. در نوار شمالی ایران، بارزترین ویژگی آب‌وهوایی ابرناکی و رطوبت است. با توجه به‌این‌که در کمربند ساحلی جنوب، عامل تابشی نیز حاکم است، می‌توان نتیجه گرفت که در نوار شمالی، ابرناکی و در نوار جنوبی، رطوبت غالب‌تر است. در نوار جنوبی، گرما نقش درجه یک و رطوبت، نقش درجه دو دارد. عامل بارشی در سواحل خزر و رشته‌کوه‌های زاگرس فعال است. عامل باد و غبار در مرزهای شرقی ایران، به‌ویژه در سیستان، تعیین‌کننده‌ترین تظاهر اقلیم و متمایزکننده شرایط آب‌وهوای این ناحیه از نواحی پیرامون است. عامل تابشی در کرانه‌های عمان و خلیج فارس و بر روی دامنه‌های شرقی زاگرس غلبه دارد. مقایسه عامل تابشی، ابرناکی و بارشی روی زاگرس و کرانه‌های خزر، آشکارکننده این است که هرچند در هر دو قلمرو، بارش زیاد است، اما در کرانه‌های خزر، ابرناکی نسبت به بارش، ویژگی بارزتری است. به بیان دیگر پیدایش ابر در آسمان کرانه‌های خزر نسبت به زاگرس، کم‌تر به‌دنبال خود با بارش همراه می‌شود. عامل تندری دارای دو کانون عمده، یکی در جنوب شرقی و دیگری در گوشه شمال‌غربی ایران است.

براین اساس تحلیل اطلاعات، مسعودیان پهنه ایران را را در ۱۵ گروه اقلیمی به‌شرح زیر ارائه داده‌است:

۱- ناحیه کرانه‌ای جنوبی: عمدتا سواحل دریای عمان وبخش‌هایی ازسواحل خلیج‌فارس را در بر می‌گیرد. بارزترین ویژگی اقلیمی این ناحیه به ترتیب اهمیت گرما، تابش و رطوبت است. بنابراین می‌توان آن را اقلیم گرم، پرآفتاب و مرطوب نامید.

۲- ناحیه‌پیش کرانه‌ای خزری: بخش نسبتا زیادی ازسواحل خزر از آستارا تا بندرترکمن روی دامنه‌های شمالی البرز را دربرمی‌گیرد. اقلیم این ناحیه، بارشی- رطوبتی است.

۳- ناحیه ایران مرکزی: پهناورترین ناحیه‌ی آب و هوایی ایران است که تمامی ایران مرکزی و بخش کوچکی از شمال‌شرق ایران را می‌پوشاند. تابش و گرما ویژگی این قلمرو است.

۴- ناحیه‌ی آذری: کمربندی شمال‌غربی-جنوب‌شرقی که بخش بزرگی از آن قلمرو آذربایجان جا می‌گیرد و اقلیمی رطوبتی تندری دارد.

۵- ناحیه‌ی [خوزی]: دشت خوزستان قلمروی این ناحیه است و اقلیمی گرمایی، بارشی، تندری و باد و غباری دارد.

shaghool.ir

۶- ناحیه‌ی مغانی، شامل دشت مغان تا خلخال این ناحیه، اقلیمی رطوبتی و بادی دارد.

۷- ناحیه‌ی زاگرس غربی:کمربندی شمال غربی-جنوب شرقی که از کردستان آغاز و به پسکرانه‌های خلیج‌فارس پایان می‌پذیرد.چهره‌ی غالب اقلیم در این ناحیه بارش و تندر است.

۸- ناحیه‌ی زاگرس شرقی:این ناحیه در شرق زاگرس به موازات ناحیه‌ی زاگرس غربی کشیده شده و از آذربایجان آغاز می‌شود.اقلیم این ناحیه بارشی،بادی و تابشی است.

۹- ناحیه‌ی کرانه‌ای خزری:ناحیه‌ی کوچکی که از تالش تا نور کشیده شده و در دل ناحیه‌ی پسکرانه‌ای خزری جا گرفته است.از اقلیمی بارشی و رطوبتی برخوردار است.

۱۰-ناحیه‌ی پسکرانه‌ای جنوبی:کمربندی غربی- شرقی در پسکرانه‌های خلیج فارس و دریای عمان و در پاره‌ای نقاط تا کرانه‌های خلیج فارس هم گسترش دارد.این ناحیه دارای اقلیمی گرمایی، تابشی و بادی غباری است.

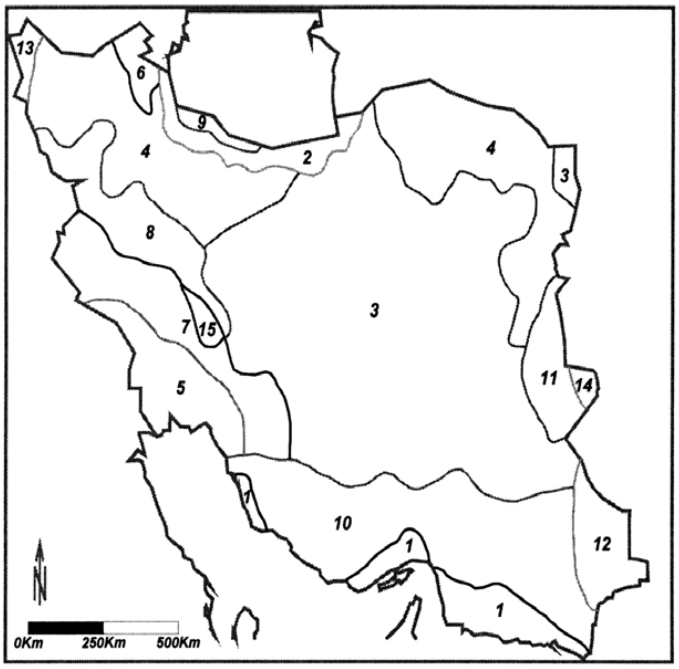
۱۱-ناحیه‌ی سیستانی بزرگ:ناحیه‌ای با کشیدگی شمالی-جنوبی در مرزهای شرقی ایران که از جنوب خراسان تا شمال بلوچستان کشیده شده است.اقلیم غالب آن بادی غباری است.

۱۲-ناحیه‌ی بلوچی:در گوشه جنوب شرقی در بلوچستان گسترش یافته و از اقلیمی تندری برخوردار است.

۱۳-ناحیه‌ی ماکویی:در گوشه شمال غرب ایران ناحیه کوچکی جا گرفته است که اقلیمی تندری و رطوبتی دارد.

۱۴-ناحیه‌ی سیستانی کوچک: ناحیه‌ای کوچک است که در دل ناحیه‌ی سیستانی بزرگ با همان شرایط آب و هوایی، اما قوی‌تر با چهره‌ای کاملا بادی و غباری شکل گرفته است.

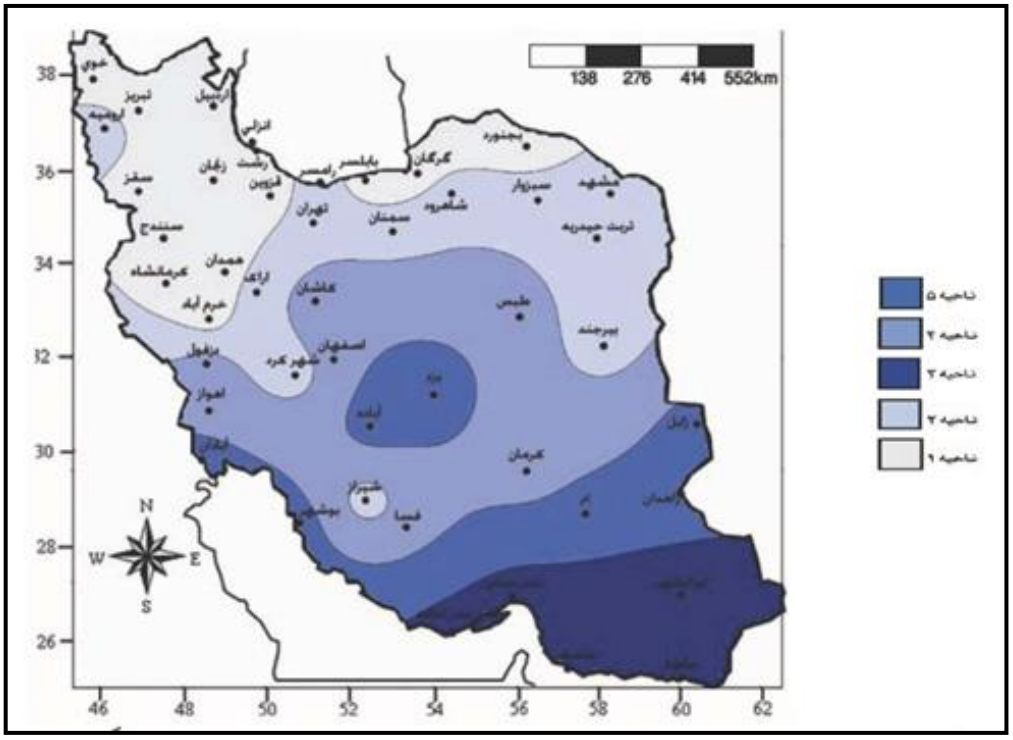
۱۵-ناحیه‌ی زاگرس بلند:ناحیه‌ای کوچک که در برگیرنده‌ی زاگرس مرتفع است و اقلیمی بارشی و تابشی دارد.



پ.۲-۱- تقسیم‌بندی اقلیمی ایران، مسعودیان، ۱۳۸۲

shaghool.ir

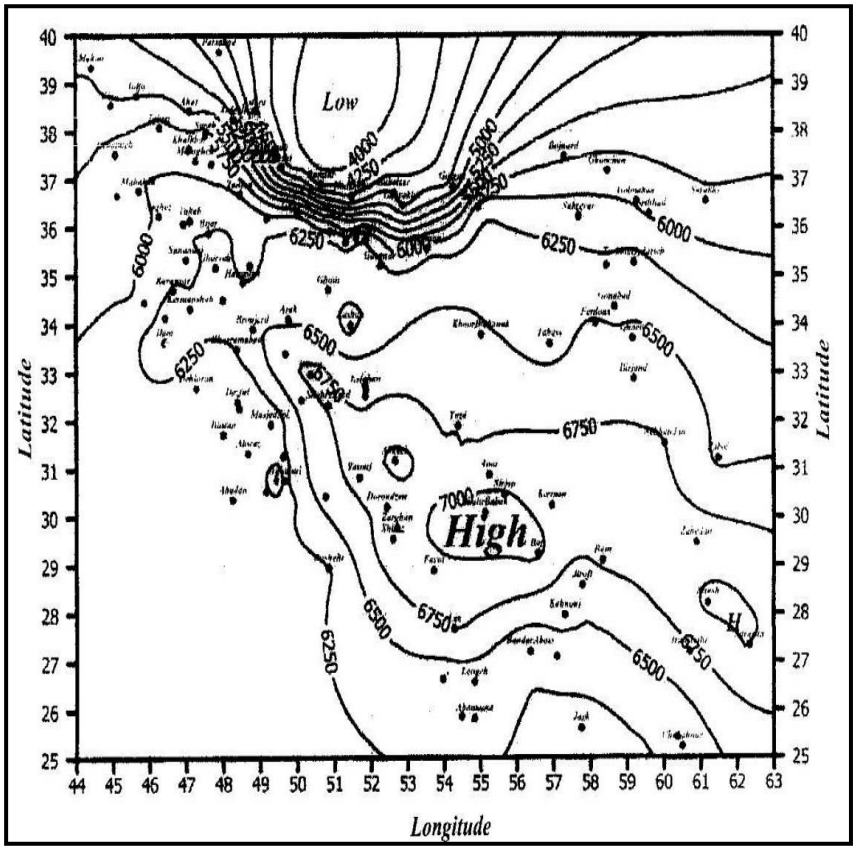
از نظر میزان بارندگی و خشکسالی ایران، کمابیش از مشخصه‌های اقلیمی مناطق خشک و نیمه خشک برخوردار است. متوسط بارندگی سالانه ایران ۲۵۰ میلی‌مترمحاسبه شده است که کم‌تر از یک سوم متوسط بارش جهانی است. (ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۸۸) براساس نسبت حداکثر بارش‌های روزانه به بارش‌های سالانه، ایران به ۵ پهنه اقلیمی به شرح زیر تقسیم شده است:



پ.۲-۲- ناحیه‌بندی بارش در ایران، ذوالفقاری، ۱۳۸۸

تابش خورشید از مشخصه‌های بارز اقلیمی ایران محسوب می‌شود و تنها در برخی مناطق شمالی ایران از شدت کم‌تری برخوردار است. در نواحی خشک وکم آب که بارندگی ناچیز است، تبخیر در بیشترین حد خود می باشد. به عبارت دیگر دراین مناطق تبخیر و تعرق مطلق سالانه بیشتر از مقدار متوسط بارندگی سالانه است. (شرکت مدیریت منابع آب ایران، به‌نقل از: لشتی، ۱۳۷۹). نقشه زیر، مجموع انرژی تابشی کلی رسیده به سطح افقی در مدت یکسال، برحسب مگاژول برمترمربع برای نقاط مختلف ایران را نشان می‌دهد. این نقشه نمایانگر خطوط تراز انرژی در مدت یکسال در تمام ایران است و اعداد روی خطوط تراز، مقدار کلی انرژی خورشیدی به واحد سطح افقی در مدت یکسال را نشان می‌دهد.

shaghool.ir



پ.۲-۳- انرژی خورشیدی دریافتی بر روی سطوح افقی در طول یک‌سال در ایران (MJ/m2)، صفایی ۲۰۰۵

خشکسالی متاثر از دو عامل میزان بارش و تابش آفتاب است. تحلیل ویژگی‌های خشکسالی ایران نشان می‌دهد که به‌طور کلی هیچ منطقه‌ای از کشور، از این پدیده در امان نبوده و به نسبت موقعیت طبیعی خود اثرهای این پدیده مخرب را تجربه می‌نماید. مطالعه روابط بین مجموع در صد فراوانی خشکسالی‌ها با مقادیر بارندگی از همبستگی معکوس برخوردار است، بدین معنا که به نسبت کاهش در مقادیر بارندگی به همان نسبت، فراوانی سال‌ها، ماه‌ها وفصل‌های خشک فزونی می‌گیرد. (فرج زاده اصل،۱۳۷۴) نتایج مطالعه حیدری شریف آباد، و همکاران. (۱۳۸۱) در بررسی یک دوره بیست ساله بارندگی بر اساس ضریب خشکی دومارتن، نشان می‌دهد که ۳۵/۵۴ درصد از سطح کشور (۵۷۳۸۸۴ کیلومتر مربع) دارای اقلیم فراخشک و ۲۹/۱۵ درصد (۴۷۲۵۶۲ کیلومترمربع) دارای اقلیم خشک هستند، به طوری که در مجموع ۶۵ درصد از اراضی کشور، در گستره اقلیم های خشک و فراخشک قرار دارند. میزان بارندگی در مناطق مرکزی کشور در سال های خشکسالی تا حدود صفر کاهش می‌یابد. نمودار بارندگی ۳۲ ساله در ایران نمایانگر آن است که کشورمان در خلال این دوره با ۶ بار خشکسالی مواجه بوده و علاوه براین ۱۷ بار نیز میزان بارندگی از حد متوسط کم‌تر بوده است و ۵ بار نیز تا آستانه خشکسالی پیش رفته است.

معمولا با ورود جبهه‌ای هوای سرد، یخبندان سطح خاک زودتر از هوا اتفاق می‌افتد. در اکثر مناطق کوهستانی کشور از جمله البرز، زاگرس، ارتفاعات آذربایجان، شمال خراسان، یخبندان ازشهریور و مهر آغاز می‌شود. در ارتفاعات کپه‌داغ و

shaghool.ir

بینالود خراسان شمالی و حتی در ارتفاعات بزمان سیستان و بلوچستان، زمان آغاز یخبندان، مهرماه است. در کوهپایه‌های البرز و زاگرس، زمان آغاز و پایان یخبندان، آبان و اسفند ماه است. در سواحل شمالی کشور و مناطق مرکزی و شرقی در آذر ماه و در مناطق جنوبی و جنوب شرقی و غربی کشور در بهمن ماه به‌ندرت شاهد بروز یخبندان هستیم. (کمالی، حبیبی، ۱۳۸۴)

سرعت وزش با تابع عوامل بسیاری همچون خرد اقلیم‌ها و همچنین، ساختار کالبدی بافت شهری است و نمی‌توان به‌طور قطعی درخصوص آن اظهار نظر کرد. اما آمار و اطلاعات و نقشه‌های دریافتی حکایت از آن دارد که متوسط سرعت باد در مناطق اندکی از ایران از ۹ متر بر ثانیه بالاتر است. این درحالی‌است که حداکثر سرعت سالیانه باد رقمی بسیار بالاتر از این متوسط است و لازم است که تناسب با هرشرایط زمانی و مکانی و موقعیت قرارگیری بنا درخصوص آن بررسی صورت گیرد.

shaghool.ir

shaghool.ir

منابع و مراجع

۱- بابایی فینی، ا.، فرجزاده، م.، ۱۳۸۰، الگوهای مکانی و زمانی تغییرات بارش در ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۲، صفحات ۱۲۵-۱۱۴

۲- ذوالفقاری، ح.، هاشمی، ر.، فشی، م.، ۱۳۸۸، بررسی نسبت حداکثر بارش‌های روزانه به بارش‌های سالانه در ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۲، صفحات ۱۸۸-۱۷۶

۳- ذوالفقاری، ح.، ۱۳۸۸، تحلیل الگوهای مکانی و زمانی بارش روزانه در غرب ایران با روش‌های آماری و سینوپتیک، پایان‌نامه دکترا، دانشگاه تبریز

۴- جهانبخش اصل، س.، ذوالفقاریان، ه.، ۱۳۷۹، بررسی حداکثر بارش روزانه از شمال غرب تا جنوب غرب ایران، دانشگاه تبریز، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، شماره ۱۷۴، صفحات ۱۱۴-۸۷

۵- رحمانیان، د.، ۱۳۷۸، مقابله با خشکسالی بدون برنامه جامع میسر نیست، فصلنامه مهاب قدس، شماره ۱۱

۶- سازمان مدیریت منابع آب ایران (www.wrm.ir) به نقل از: ابرقویی (۱۳۸۲) و یحیی آبادی (۱۳۸۵)، (فرجزاده اصل، ۱۳۷۴)، حیدری شریف آباد، و همکاران. (۱۳۸۱)

۷- سازمان هواشناسی ایران (weather.ir)

۸- سازمان انرژی‌های نو ایران، (www.suna.org.ir)

۹- صفایی، ب. و دیگران، ۱۳۸۴، برآورد پتانسیل تابش خورشیدی در ایران و تهیه اطلس تابشی آن، مجله علوم و فنون هسته‌ای، شماره ۳۳، صفحات ۳۴-۲۷

۱۰-کمالی، غ.، حبیبی نوخندان، م.، ۱۳۸۴، بررسی توزیع مکانی و زمانی یخبندان در ایران و نقش آن در حمل و نقل جاده‌ای، پژوهشنامه حمل و نقل، سال دوم، شماره دو، صفحات ۱۳۵-۱۲۷

۱۱-فتاحی، ا.، صالحی پاک، ت.، ۱۳۸۸، تحلیل الگوهای سینوپتیکی یخبندان‌های زمستانه ایران، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱۳، صفحات ۱۳۶-۱۲۷

۱۲-مسعودیان، ا.، ۱۳۸۲، نواحی اقلیمی ایران، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۲، صفحات ۱۸۴-۱۷۱

۱۳-مسعودیان، ا.، ۱۳۸۴، آب و هوای ایران (www.ui.ac.ir)

۱۴-معینی، س. و دیگران، ۱۳۸۹، برآورد تابش خورشیدی در ایران با استفاده از یک مدل بهینه، نشریه انرژی ایران، دوره ۱۳ شماره ۲، صفحات ۱۰-۱

۱۵-مرکز آمار ایران، (amar.sci.org.ir)

۱۶-وحدتی، ک. و همکاران، ۱۳۸۵، ارزیابی، مطالعه و بررسی گونه‌های گیاهی و انتخاب گونه‌های مناسب گیاهی سازگار با شرایط آب‌و هوایی شهر تهران، سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر تهران

17- Dunnett, N., Kingsbury, N., 2004, "Planting Green Roofs and Living Walls", Timber press

18- McIntyre, D., (PlantedRoof.com), Julie Ardner, (LiveRoof. LLC),. 2011," green roof in Middle East"

shaghool.ir

19- Diadem Co. Catalog
20- Dubai municipality, "Green roof manual", 2011
21- Oberndorer, E. et-al, 2007, Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services, Saint Mary's University – Canada
22- Gander, Gieve, 1994, Wind effect in Urban spaces
23- GRAF Co. catalog
24- Leonard T. and Leonard, J. 2005 "The Green Roof Energy Performance – Rooftop Data Analyzed," Conference Proceedings Green Roofs for Healthy Cities, Washington. Krauter. S.C.W, 2004. Enhanced Integrated Solar Home System. Proceedings of the 19th European Photovoltaic Solar Energy Conference & Exhibition, Paris.
25- Liu, K.; Bass, B. 2005. Performance of green roof systems. National Research Council Canada, p.7.
26- Optigreen Co. Catalog
27- Peck, S. & Kuhn, M: "Design Guidelines for Green Roofs ", Ontario Association of Architects.
28- Research Society (FLL), 2018, "Guidelines for the planning, Construction and Maintenance of Green Roofing"
29- The Construction Specifier, Vol. 56, No.8, "The Land scape Development and Landscaping"
30- Tolderlund, L., 2010, "Design Guidelines and Maintenance Manual for Green Roofs in the Semi-Arid and Arid West", University of Colorado Denver
31- Wark, Christopher G. and Wendy W., 2003, "Green Roof Specifications and Standards"
32- Zinco Co. Catalog

shaghool.ir

خواننده گرامی

امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور، با گذشت بیش از چهل سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر هفتصد عنوان نشریه تخصصی - فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به‌صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. ضابطه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی nezamfanni.ir قابل دستیابی می‌باشد.

shaghool.ir

shaghool.ir

Guideline for Design and Implementation of Green Roof in Iran [No.764]

Executive Body:

Chief Author: Ghazal Raheb, Road, Housing and Urban Development Research Center

Authors & Contributors Committee:

Ghazal Raheb	PhD. Architecture	Road, Housing and Urban Development Research Center
Sohrab Veiseh	PhD. Mining	Road, Housing and Urban Development Research Center
Majid Ziaee	Ms. Architecture	Consultant
Mahya nazari	Ms. Architecture	Research Assistant
Mostafa Arab	PhD. Gardening	Tehran Univercity
Mahmoud Azimi	Ms. Agriculture	Tehran Municipality
Sahar Hashemi	Ms. Agriculture	Tehran Municipality
Nastohh Riahi	Ms. Agriculture	Tehran Municipality

Steering Committee:

Alireza Toutounchi	Deputy of Technical Affairs Department
Farzaneh Agharamezanali	Head of Technical Criteria Codification Group
Ahmad Khoshdel Nikkhoo	Expert in Architecture and urban management, Technical Affairs Department
Mohammad reza Siadat	Expert in Architecture, Technical Affairs Department

shaghool.ir

shaghool.ir

Abstract:

Green roofs are defined as a living system that is an extension of a roof. This green space can be below or above grade involving systems where plants are not planted in the ‘ground
The benefits of green roof for big cities like Tehran can be classified into three main categories:

Economic benefits:

- Energy efficiency and reduces air conditioning and energy costs
- Solar panel efficiency
- Roof membrane protection and life extension
- Fire prevention[21]

Environmental benefits:

- reduction of heat island effect
- Air purification
- Storm water management
- Sound insulation and creation
- Blocking electromagnetic radiation
- Creating ballast against wind uplift
- Preservation of habitat and ecological biodiversity.

Community and social benefits:

- Aesthetics feature by recreational space and replacing natural habitats in urban areas
- Improving health and horticultural therapy.

Green roof types

Green roofs are divided to two main types:

- *Extensive green roof*
- *Intensive green roof*.

Indeed, green roofs have a range from extensive type with low height to heavy intensive with high height for different usage. Some green roofs are a functional & accessible roof garden with aesthetic, recreational & social benefits; and some of them are habitat for flora and fauna as an alternative for natural habitats within the city, which may or may not contribute to the aesthetics of the city. Deciding which utilization to follow is essential for selecting the appropriate type. The following table shows a comparison between different types of green roofs:

Table 1: Comparison between different types of green roof

Types	Specifications	Height	Weight*
Extensive “Ecology”	An ecologically sound and economic green roof system that provides a meadow effect, which requires only low maintenance. Whole area drained; for small layer thickness, light seat medium, contain minerals; for dry-resistance perennial vegetation. The set is suitable for not-walk able	8-15 cm	from 150 kg/m2

[21] There is evidence suggesting that *green roofs* can help slow the spread of fire to and from the building through the roof, particularly where the growing medium is saturated. However, plants themselves, if dry, can present a fire hazard. The integration of "fire breaks" at regular intervals across the roof, at the roof perimeter, and around all roof penetrations is recommended. Certain plants should be avoided from use on rooftops for fire safety reasons; plants that are highly flammable, or that develop large root systems and thus high biomass, or that are excessively thirsty.

shaghool.ir

	building roofs with limited loading capacity		
Semi-extensive	Appropriate for the creation of an outdoor living space. This garden roof system utilizes basic plant types, which require more maintenance than the extensive roof. The system is faced with ground-cover grass, perennials and bushes, a reasonable compromise, higher using facilities and several forms.	20-30 cm	from 350 kg/m2
Intensive "Landscaped"	The roof use as an additional living space. Opens up practically all the possibilities of normal ground-level gardening, seating areas and ponds, irrigation requires.	40-60 cm	from 750 kg/m2
Underground	Absolute valuable garden for objects on the ground level and over the building's ground contour. This is an intensive garden, covered with ground covers, tree shanked perennials and-sometimes with trees also, may have direct contact with the gardens built on natural ground, that's why it is not possible to make difference between them.	From 80 cm	from 1200 kg/m2

*Saturated weight (without vegetation)

Green roof systems

Green roof systems classify to three main categories:

- *Complete systems* where all different components are assembled layer by layer, directly on top of the roofing system, including *flat* and *pitched* roofs.
- *Modular systems* are positioned above the existing roofing system. Modular systems are commonly used in the form of trays of vegetation in a growing medium that are grown offsite and simply placed on the existing roof to achieve complete coverage. With a modular system, the drainage, soil substrate or media, and the plants are self-contained within the module, with varying dimensions. In effect, these three main Components of a green roof are replaced by a fully planted module. When interlocked, they offer continuous roof drainage and coverage. They can be available in different depths of growing medium typically ranging from 75mm to 300mm.
- *Pre-cultivated vegetation blankets* that consist of a growing medium and plants

Components of green roof and implementation methods

The most important objective of using components are:

- Have the strength to bear the added weight;
- Seal the roof against penetration by water, water vapor, and roots;
- Retain enough moisture for the plants to survive periods of low precipitation, yet are capable of draining excess moisture when required;
- Provide soil-like substrate material to support the plants;
- Maintain a sustainable plant cover, appropriate for the climatic region;
- Offer a number of hydrologic, atmospheric, thermal and social benefits for the building, people and the environment

According to the mentioned objectives, the common layers which are used in all types of green roofs are:

- Water Proofing
- Thermal Insulation
- Protective Layers
- Drainage & Drain Layer (include aggregates, recycling aggregate, drainage matting, drainage boards, drainage and substrate boards, modified foam boards)
- Vegetation support layer
- Filter Layer /Fleece/ Root Barrier

shaghool.ir

- Separation layer
- Anti- bonding later
- Planting Medium

Filter and separator layers use for the following objectives:

- Filter fleeces inhibit the leeching of fine particles from the substrata into the drainage layer.
- Separates the chemically incompatible layers on the roof and excludes a deflecting of the PVC softener.
- Suitable for inverted roofs.
- Water reservoir and protective layer over root-firm sealing's or root protective foil
- Separates the chemically incompatible layer on the roof and prevents sweating of the PVC softening agent.
- The protector fleeces guard the surface of the roof from damage. The fleeces inhibit root growth after installation

Other products which are used for implementation of green roof systems are as the following:

- Hydro technologies such as inspection chamber, water conduit, channels, outlets, damming irrigation systems, terrace grills.
- Edging products such as Gravel board, light boarder element, retaining wall.
- Other products such as joint crosses, plant containers and terrace foot, panel lining and ….

shaghool.ir

shaghool.ir

Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization

Guideline for Design and Implementation of Green Roof in Iran

No. 764

Deputy of Technical, Infrastructure and Production Affairs
Department of Technical & Executive affairs, Consultants and Contractors
nezamfanni.ir

Ministry of Road & Urban Development Islamic Republic of Iran
Road, Housing and Urban Development Research Center
Bhrc.ac.ir

2020

shaghool.ir

shaghool.ir

این راهنما

با هدف معرفی و طبقه‌بندی انواع بام سبز، با در نظرگرفتن الزامات اجرایی و ملاحظات محیطی و اقلیمی تدوین شده‌است. توسعه این فن‌آوری به شرط تامین زیرساخت‌های لازم، می‌تواند در جهت گسترش فضای سبز شهری و رفع برخی مشکلات زیست محیطی موثر باشد.

shaghool.ir