مجلهٔ منظر، ۱۶ (۶۹)، ۲۳-۱۴ / زمستان ۱۴۰۳
DOI: 10.22034/MANZAR.2024.453607.2294

ترجمهٔ انگلیسی این مقاله نیز با عنوان:
An Analysis of Rainwater Harvesting Methods in Landscape Design in Identical Hypothetical Sites in Three Climate Zones in Iran
در همین شمارهٔ مجله به چاپ رسیده است.

مقالهٔ کاربردی

تحلیل روش‌های استحصال آب باران در طراحی منظر در یک سایت فرضی یکسان در سه منطقهٔ آب‌وهوایی در ایران

ایرج زارعی‌فرد*

کارشناس‌ارشد معماری منظر، دانشکدهٔ طراحی و معماری، دانشگاه پوترا، سلانگور، مالزی.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۱۹ تاریخ قرارگیری روی سایت: ۱۴۰۳/۱۰/۰۱

چکیده| علیرغم اینکه ایدهٔ سامانهٔ استحصال آب باران یک روند بسیارمورد توجه در سال‌های اخیر بوده است، درحالی‌که کمبود آب یکی از مشکلات رایج در شهرهای پرجمعیت است و به‌دلیل تغییرات آب‌وهوا و گرمایش جهانی در آیندهٔ قابل‌پیش‌بینی، این مشکل رفته‌رفته می‌رود تا به یک بحران زیست‌محیطی تبدیل شود. هنوز در بیشتر موارد اهمیت این سامانه در حد یادآوری نظری باقی مانده و روش‌های اجرایی آن بر بسیاری از اهل فن پوشیده است، به‌ویژه در مناطق گرم و خشک مانند ایران که الگوهای بارش بیشتر تغییر کرده و ممکن است تمام یا بیشتر بارش سالانه در یک دورهٔ کوتاه رخ دهد و اقلیم شاهد دوره‌های متناوب خشکسالی‌های طولانی و سیلاب‌های فصلی و زودگذر است، ضرورت جمع‌آوری آب باران توسط معماران منظر هنوز مورد توجه لازم قرارنگرفته و به یک عنصرهمیشگی در فرایند طراحی تبدیل نشده است. در این مقاله ابتدا دستورالعمل‌ها و راهکارهای ایجاد یک سامانهٔ مؤثر برای جمع‌آوری آب باران در پروژه‌های معماری منظر مورد بررسی قرار می‌گیرد و سپس با طراحی یک سایت فرضی واحد در سه اقلیم متفاوت در ایران مؤلفه‌های عملی، محاسبات و رویکردهای پیشنهادی متناسب با هر اقلیم ارائه می‌شود.

واژگان کلیدی| *استحصال آب باران، سیستم فعال استحصال، سیستم غیرفعال استحصال، خشک منظرسازی، میکرو اقلیم، حوزهٔ آبریز، باغ بارانی.*

مقدمه| فرایند استخراج و ذخیرهٔ آب باران چندان پدیدهٔ نوآورانه‌ای نیست. روش‌های بومی مدیریت آب در جهان، از جمله ایران، به هزاران سال پیش برمی‌گردد. با وجود توسعهٔ فناوری‌های جدید، این روش‌های قدیمی همچنان در مناطق مختلف مؤثر هستند. ساکنان حوزه‌های آبخیز مختلف در سراسر دنیا از گذشته تاکنون با کمک سنگ و خاک و با تکیه‌بر دانش محلی، سازه‌هایی احداث می‌کنند که علاوه‌بر بهره‌برداری از سیل و روان‌آب‌های فصلی می‌توانند شدت سیل، رسوب و فرسایش را نیز کاهش دهند. جمع‌آوری، ذخیره و استفاده از آب باران تاریخی طولانی در میانرودان، ایران ، روم و چین دارد. مردم این مناطق با این تکنولوژی برای ذخیره و حفظ آب گرانبها در فصل‌های بارانی آشنا بوده است و آن را برای فصل‌های خشک حفظ و استفاده می‌کنند (Beckers et al., 2013, 145–164). این تکنیک همواره یک روش پایدار برای جلوگیری از تلف‌شدن آب باران و تبدیل آن به منبعی بسیار ارزشمند است که آن را از یک منبع تهدید در قالب سیلاب، فرسایش و رانش زمین به یک فرصت برای تأمین نیازهای آبی تبدیل می‌کند که در نتیجهٔ آن ما را از مزایای زیست‌محیطی، صرفه‌جویی در هزینه‌ها، کاهش خطر سیلاب، فرسایش خاک و شاید مهمتر از همه کاهش وابستگی به سایر منابع آب مانند منابع زیرزمینی یا آب شهری بهره‌مند می‌کند (Issar, 1999). برای روشن‌سازی ابعاد مختلف این سیستم، یک سایت فرضی در ایران در نظر گرفته می‌شود و چگونگی طراحی یک سامانهٔ جمع‌آوری آب باران خودکفا برای آن بحث و تلاش می‌شود تا به سؤالات مرتبط پاسخ داده شود.

ایران کشوری است که تحت‌تأثیر اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرار دارد و تغییرات آب‌وهوایی درآن در دهه‌های اخیر کاملاً ملموس بوده است. از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۸، حدوداً شش سیل اصلی در مناطق غیرمنتظره‌ای در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور رخ داده است و روند سیل‌های ویرانگرتا امروز ادامه دارد. بنابر یک مدل پیش بینی که در سال ۲۰۱۹ در نشریهٔ نیچر چاپ شد تا سال پایان قرن جاری دمای حداکثر در سراسر ایران از ۱/۱ تا ۲/۷۵ درجهٔ سانتیگراد افزایش می‌یابد (Vaghefi et al., 2019) و بنابر مدل دیگر در بیشتر نقاط کشور یک افزایش تند در دما از ۲ تا ۲/۷۵ درجهٔ سانتیگراد را رخ خواهد داد. اما تنوع اقلیمی ایران ایجاب می‌کند تا در مکان‌های مختلف به راهکارهای مختلف متناسب با اقلیم مورد نظر روی آورد. بنابراین در این مقاله سه مکان مختلف در ایران با ویژگی‌های

* نویسندهٔ مسئول: ۰۹۳۵۴۲۵۵۱۶۶، Gs57275@student.upm.edu.my

اقلیمی مختلف برای توضیح فرایند استحصال آب باران[1] به‌صورت عملی انتخاب شده‌اند و رویکردهای مختلف ممکن منطبق با آن شرایط اقلیمی مختلف مورد بحث قرار گرفته است.

گام‌های پیش طراحی یک سیستم استحصال آب باران

گام اول؛ تجزیه‌وتحلیل پیش از طراحی (مربوط به ظرفیت استحصال آب باران): با مطالعهٔ انواع مختلف روش‌های استحصال آب باران، باید روش مناسب انتخاب شود. در این راه باید ویژگی‌های سایت مورد نظر مانند میزان بارش و مقدار بالقوهٔ استخراج آب باران و توزیع آن، توپوگرافی زمین، گیاهان موجود و آب مصرفی آنها، نوع خاک و عمق خاک و در آخر عوامل اقتصادی مورد توجه قرار گیرد (Minnesota Pollution ..., 2022) (تصویر ۱).

گام دوم؛ محاسبهٔ کارایی سامانهٔ استحصال: مقداری از آب باران در منطقهٔ آبگیر ممکن است به‌دلیل تبخیر ، جذب سطحی، نشتی از لوله‌ها و غیره از دست بروند. بنابراین باید ضریب روان‌آب[2] را در نظر گرفت. فرمول زیر کارایی سیستم را تعیین می‌کند:

کارایی سیستم = کل حجم باران باریده‌شده ÷ حجم آب قابل استحصال

گام سوم؛ تصمیم‌گیری در مورد سیستم جمع‌آوری آب باران: به‌طور کلی دو سیستم استحصال آب باران وجود دارد. سیستم‌های فعال و غیرفعال، در ادامه به‌طور خلاصه به تعریف این دو سیستم پرداخته می‌شود (ibid.).

سیستم غیرفعال[3]: ایدهٔ اصلی پشت استحصال آب باران غیرفعال این است که خاک به‌گونه‌ای شکل یابد تا در هنگام بارش، جمع‌آوری و نفوذ آب را بیشینه و سرعت جاری‌شدن آب را کمینه کند. در این روش سازه‌هایی از خاک و سنگ، تراس، کانال‌های شنی و سازه‌های مختلف دیگر ایجاد می شود تا جریان آب به لطف گرانش از مناطق بالادست این سازه‌ها به پایین دست هدایت شود (تصویر ۲).

سیستم فعال[4]: استحصال آب باران در سیستم فعال شامل استفاده از یک شبکه از لوله‌ها و مخازن برای هدایت و ذخیرهٔ آب باران در مخازن و سپس یک شبکهٔ توزیع از مخزن تا محل مصرف آب است. این سیستم این امکان را می‌دهد که آب باران ذخیره شود، به‌طوری که مدت زمانی طولانی‌تری از سال در دسترس باشد و تنها به فصل بارش باران محدود نشود. بنابراین، این سیستم به‌طور معمول پیچیده‌تر و گران‌تر است. این سیستم معمولاً دارای مخزن ذخیرهٔ آب به شکل رو زمینی یا زیرزمینی است که بسته به مساحت سایت، بودجه و دمای متوسط سالیانهٔ سایت انتخاب می‌شوند (Murkute & Kekalekar, 2021, 12–20) (تصویر ۳).

تصمیم به استفاده از یک سیستم فعال یا غیرفعال به عوامل مختلفی مانند الگوهای بارش، تقاضای آب، فضای موجود و بودجه بستگی دارد. در مناطقی با بارش بالا و تقاضای پایین برای آب، سیستم‌های غیرفعال ممکن است کافی باشند درحالی‌که، مناطق با بارش کم با تقاضای آب بالا ممکن است نیاز به سیستم‌های فعال با اجزای اضافی داشته باشند.

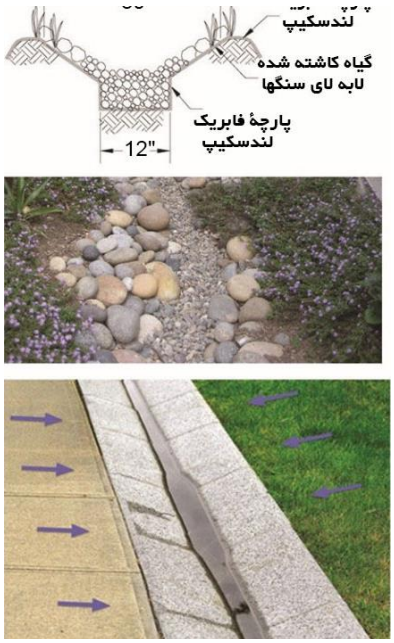
گام چهارم؛ ارزیابی قیمت: آخرین مرحله پس از انتخاب سیستم، ارزیابی قیمت تمام‌شدهٔ ساخت و نصب سامانه است. این بخش بسیار مهم است، زیرا قیمت آب شهری در برخی مناطق بسیار ارزان است و اجرای یک سیستم جمع‌آوری آب باران در ملک ما اقتصادی نیست. برای پیداکردن قیمت کل، باید مقدار صرفه‌جویی آب را در یک دورهٔ زمانی مثلاً ده ساله و براساس سیستم مورد نظر محاسبه و بهای این مقدار آب را با بهای راه‌اندازی این سیستم مقایسه کرد تا توجیه اقتصادی طرح بررسی شود.

فرایند طراحی

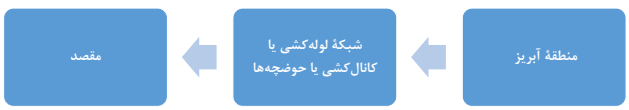
طراحی در شرایط جوی مختلف نیازمند رویکردهای متفاوتی است که با ذکر سه مثال در این بخش به تشریح آن پرداخته می‌شود. برای این منظور، یک سایت فرضی واحد را در سه منطقه با ویژگی‌های مختلف مدنظر قرار گرفته است. به‌این‌ترتیب در یک سایت واحد با مشخصات ثابت تنها متغیر این پژوهش اقلیم‌های متفاوت این سه سایت است و رویکردهای مناسب برای این سه اقلیم مورد بررسی قرار گرفته است (جدول ۱).

سایت پلان تصویر ۴ سایت فرضی به مساحت ۱۸۰۰ مترمربع و شامل چهار بخش است که با بافت‌های گوناگون نمایش داده شده است.

مساحت‌های بخش یک، دو و سه مناطق حوزهٔ آبریز یا منطقهٔ استحصال آب باران هستند و عدد چهار مناطق مورد هدف ما برای



تصویر ۱. فرایند ساخت نقشهٔ شناختی فازی در دو مرحلهٔ فردی و گروهی. مأخذ: نگارنده.



تصویر ۲. اجزای سیستم غیرفعال استحصال آب باران. مأخذ: نگارنده.

آبیاری است. بنابراین کل فضای موجود برای طراحی منظر برابر با ۱۰۲۳ مترمربع است. ابتدا طراحی سامانهٔ RWHS در سایت A مورد بررسی قرار گرفته است.

• سایت A

نخستین مکان مورد نظر این پژوهش شهر یزد است که در وسط یکی از خشک‌ترین و گرم‌ترین بیابان‌های جهان واقع شده است. یزد بر مبنای طبقه‌بندی آب‌وهوایی کوپن[5] دارای اقلیم گرم و خشک و بیابانی است با میزان بارش سالیانه ۶۰ میلی‌متر و با تنها ۲۳ روز دارای بارش، با دماهای تابستانی بسیار اغلب بالای ۴۰ درجهٔ سانتیگراد با آفتابی درخشان با رطوبتی نزدیک به صفر. طراحی باغ در این شرایط بسیار چالش برانگیز است اما مطالعهٔ تاریخ طولانی معماری و معماری منظر در این منطقه، گویا است که این امر غیرممکن نیست. مردم این منطقه یکی از نخستین کسانی بودند که تکنیک قنات را برای انتقال آب از دامنهٔ کوهستان‌های دوردست به مزارع، باغ‌ها و شهرهای خود اختراع کردند (Monshizade, 2008, 1–9).

- محاسبات سایت A

برای محاسبهٔ آب قابل استحصال از کف با استفاده از متغیرهای مساحت، متوسط بارش سالیانه و ضریب آب روان سطح معمولاً از فرمول زیر استفاده می‌شود (Son & Kwon, 2022):

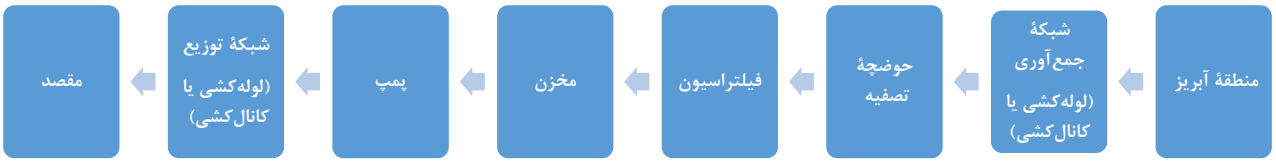
$$C \times I \times A = Q$$

در این فرمول: C: ضریب روان آب/ I: میزان بارندگی (میلی‌متر)/ A: سطح آبریز (مترمربع)/ Q: حجم آب قابل استحصال (لیتر). بنابراین:

RWH (حجم قابل استحصال سالانه)=مساحت آبگیری×بارش×کارایی جمع‌آوری

RWH= ۰/۸× ۶۰ میلی‌متر × ۷۷۷ متر مربع = ۳۷,۲۹۶ لیتر

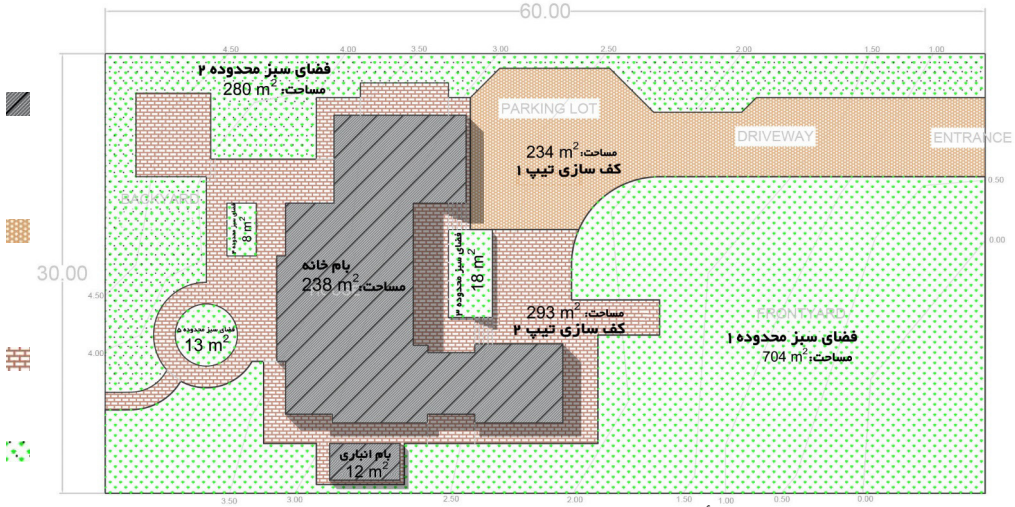
به‌این‌ترتیب، از سایت A این‌گونه برداشت می‌شود که ظرفیت سالانهٔ این جمع‌آوری آب در منطقهٔ آبگیری بام و کف‌سازی‌شده حیاط ساختمان ۳۷,۲۹۶ لیتر در سال است، که برای اهداف



تصویر ۳. اجزای سیستم فعال استحصال آب باران. مأخذ: نگارنده.

جدول ۱. مشخصات سایت‌های سه‌گانه مورد مطالعه. مأخذ: NCEI (National Centers for Environmental Information).

سایت	شهرهای مشابه از نظر آب‌وهوایی	نام شهر	نوع آب‌وهوا	متوسط بارش سالیانه (میلی‌متر)	نوع خاک
A	کراچی- پاکستان، توسان- آریزونای آمریکا	یزد	خشک و کویری	۶۰	ترکیب ماسه و رس، مواد ارگانیک بسیار کم، قابلیت جذب آب اندک
B	آنکارا- ترکیه، یوما- آمریکا	شمال تهران	نیمه‌خشک، نیمه‌مدیترانه‌ای	۴۲۳	رسوبی و آتشفشانی و مواد ارگانیک کم
C	بمبئی- هندوستان، گوانگژو- چین	رشت	نیمه‌گرمسیری در تابستان و معتدل و مرطوب در بقیه فصول	۱۳۲۳	ترکیب رس و سیلت و ماسه به همراه مواد ارگانیک زیاد



۱. بام منطقهٔ مسکونی و انبار (با فرض اینکه کف‌سازی یکسان دارند)، مساحت: ۲۵۰ متر مربع.

۲. کف‌سازی تیپ یک جهت مسیر عبورومرور خودرو، مساحت: ۲۳۴ مترمربع.

۳. سایر محوطه کف‌سازی‌شدهٔ تیپ دو، مساحت: ۲۹۳ مترمربع.

۴. فضای سبز (بخش باقی‌مانده سایت)، مساحت: ۱۰۲۳ مترمربع.

تصویر ۴. پلان موقعیت سایت فرضی. مأخذ: نگارنده.

مـورد نظـر بسـیار کم اسـت و به‌تنهایـی نیازهـای آبی بخش کاشـت (۱۰۲۳ مترمربـع) را بـرآورده نمی‌کنـد، بنابرایـن بایـد کل حیـاط و محوطه به منطقهٔ آبگیری اضافه شـود. سـپس مشـکلات اصلی سایت بایـد شناسـایی شـود تـا راه‌حل‌هـای عملـی کـه بـا نیازهـای سـایت همخوانـی دارد، پیدا شـود.

- تجزیه‌وتحلیل سایت A

مشـکل اول؛ بـارش اندک سـالیانه :ایـن بزرگ‌ترین چالش اسـت، اما در شـهرهایی مانند یزد، آب کالای بسـیار ارزشـمندی است و بنابراین سـرمایه‌گذاری بیشـتر برای اجرای یک سیسـتم جمـع‌آوری آب باران گران‌قیمـت ممکن اسـت اقتصادی باشـد.

راه‌حـل: بیشـینه‌کردن منطقهٔ آبگیـری و کمینه‌کردن نیاز آبـی که در بخـش عناصر طراحی بیشـتر توضیح داده خواهد شـد.

مشـکل دوم؛ گرمای شـدید (از اردیبهشـت تا آبان) و از دسـت‌دادن آب به‌دلیـل تبخیـر زیاد

راه‌حـل: بـرای حـل ایـن مسـئله، کلیـهٔ امکانـات جمـع‌آوری آب باران می‌تواننـد زیرزمینـی در نظـر گرفتـه شـوند. راه‌حلـی کـه از زمان‌های باسـتانی بـه طور گسـترده در شـهر یـزد از طریـق فناوری قنـات اجرا شـده اسـت؛ به‌گونـه‌ای کـه سیسـتم آبیـاری و ذخیره‌سـازی آب را از منبـع تـا هدف به‌صـورت کامـل زیرزمینـی نگـه می‌دارند، تـا این آب گرانبهـا را تـا حـد امـکان از آفتـاب گرم وخورشـید سـوزان محافظت کننـد (کلانتـری و همـکاران، ۱۳۹۶، ۲-۷).

مشـکل سـوم؛ نوع خاک: خاک شـهر یزد مخلوطی از خاک رسـی و شـنی اسـت که دارای ضریب روان آب ۰/۲ است.

راه‌حل: رویکرد مناسـب می‌تواند فشـردن لایهٔ زیرین خاک برای افزایش کارایی و کاهش نفوذپذیری باشـد، علاوه‌بر این، می‌توان منطقهٔ کاشـت و لایه‌هـای سـطحی زمیـن بـا مالچ یا قلوه‌سـنگ پوشـانده یا انـدوده یا مـواد آلـی به خـاک اضافه کـرد تا رطوبت خاک حفظ شـود.

مشـکل چهارم؛ مقـدار آب جمع‌آوری‌شـده در سـایت نیازهـای آبی منطقهٔ کاشـت را تأمیـن نمی‌کند.

راه‌حل‌هـا: ۱. در ایـن مـکان خـاص کـه بـا کمبـود آب مواجـه اسـت، نیـاز بـه یـک روش ویـژه بـرای افزایـش حجـم آب برداشـتی اسـت؛ بنابرایـن، ضروری اسـت سـطح جمـع‌آوری یا منطقهٔ آبگیری بیشـین شـود/ ۲. راه‌حـل دیگـر اسـتفاده از تکنیک‌های آبیاری مناسـب اسـت کـه می‌تواننـد ازدسـت‌دادن آب به‌دلیل تبخیـر یا هدررفـت را حداقل کننـد. آبیـاری قطره‌ای یکی از این تکنیک‌هاسـت که آب را مسـتقیماً بـه ریشـه‌های گیاهـان می‌رسـاند و ازدسـت‌دادن آب به‌دلیـل تبخیـر را کاهـش می‌دهـد و اطمینـان از اسـتفادهٔ کارآمـد از آب را فراهـم می‌کنـد. تکنیک‌هـای محلـی دیگـری ماننـد آبیـاری کـوزه‌ای بـرای افزایـش کارایـی در فراینـد آبیـاری وجـود دارد (Tang, 2010, 1-4)/ ۳. کاشـت درختـان و درختچه‌هـای بومی بـا تحمل بالا در برابر خشـکی و کم‌تریـن نیـاز بـه آب/ ۴. طراحـی بـا روش خشـک منظرسـازی[6] (ملکی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۹)/ ۵. اجتناب از کاشـت چمن/ ۶. محاسبهٔ نیـاز آبـی کل درختان و گیاهان سـایت و سـعی در نزدیک‌کـردن آن با آب جمع‌آوری‌شـده/ ۷. ایجاد میکرواقلیم[7] با درختان بومی سایه‌گستر، درختان مقاوم به خشـکی و طراحی آبنما و حوض، با سیسـتم بسـتهٔ چرخه‌ای آب در محوطهٔ حیاط پشـتی بـرای افزایش رطوبت درگرمای تابسـتان/ ۸. سـاخت پیاده‌راه‌های محوطه با بتن یا موزاییک با توانایی برداشـت ۹۰ درصـد آب باران جمع‌آوری‌شـده.

در نتیجـه طبـق تحلیل سـایت، طـرح پیشـنهادی تصویـر ۵ می‌تواند سیسـتم مناسـبی بـر مبنـای ویژگی‌های سـایت A باشـد. سیسـتم انتخابی نیز سیسـتم فعال مجهز به مخازن زیرزمینی و کاهش سـطح زیـر کشـت و جایگزینـی آن با المان‌های خشـک منظرسـازی اسـت.

- عناصر طراحی در سایت A

الف. تقسـیم سـایت بـه دو منطقه با دو حـوزهٔ آبریز[8] (تصویـر ۶) برای اسـتحصال آب بـاران؛ بـرای منطقـهٔ اول، شـامل بام و حیـاط عقبی به همراه یک مخزن زیرزمینی که آب جمع‌آوری‌شـده را از گرما و تبخیر حفاظـت کنـد. منطقهٔ دوم بـاغ و حیاط جلوی سـاختمان و اطراف آن کـه بـه همـراه یک چـاه زیرزمینـی دیگر کـه در منطقهٔ پشـت حیاط حفر می‌شـود.

ب. در حیـاط جلـو، ایـدهٔ اصلـی پیشـنهادی طراحـی سـاختار پلکانی بـا اشـکال یکنواخـت لـوزی شـکل با اختـلاف ارتفـاع ۵۰ سـانتی‌متر براسـاس توپوگرافـی و شـیب موجود اسـت.

ج. کاهـش منطقـهٔ کاشـت و افزایـش منطقـهٔ جمـع‌آوری و خـاک بـا تشـکیل لایه‌ها برای حداکثرسـازی جمـع‌آوری آب بـاران به‌گونه‌ای که تمـام آب‌هـای جمع‌آوری‌شـده به یک چـاه زیرزمینی هدایت شـده و با اسـتفاده از یـک پمپ به گیاهان بـرای آبیاری قطره‌ای منتقل می‌شـود. به‌این‌ترتیـب بـا جزئیاتـی کـه در تصویر ۷ نشـان داده شـده اسـت، در منطقـهٔ دو (حیـاط جلویـی) ضریـب روان آب به ۰/۸ افزایـش می‌یابد، بنابراین ظرفیت سیسـتم جمع‌آوری آب براسـاس محاسبهٔ زیر افزایش می‌یابد:

C.I. A= ۰/۸ × ۶۰ × ۱۰۲۳= ۴۹,۱۰۴ لیتر

پس مقدار مجموع برداشت سالانه به شرح زیر خواهد بود:

RWH = ۴۹,۱۰۴ + ۳۷,۲۹۶ = ۸۶,۴۰۰ لیتر

ایـن عـدد نیـز کلیـهٔ نیازهـای آبـی سـالانه را پوشـش نمی‌دهـد امـا همان‌طـور کـه به یـاد می‌آوریم که این سـایت در یکی از خشـک‌ترین شـهرهای دنیا واقع شـده اسـت، این رویکـرد با توجه به گرانـی آب در منطقـه همچنان توجیه اقتصـادی دارد.

د. اجرای پیاده‌راه بتنی به‌دلیل کارایی در جمع‌آوری آب،

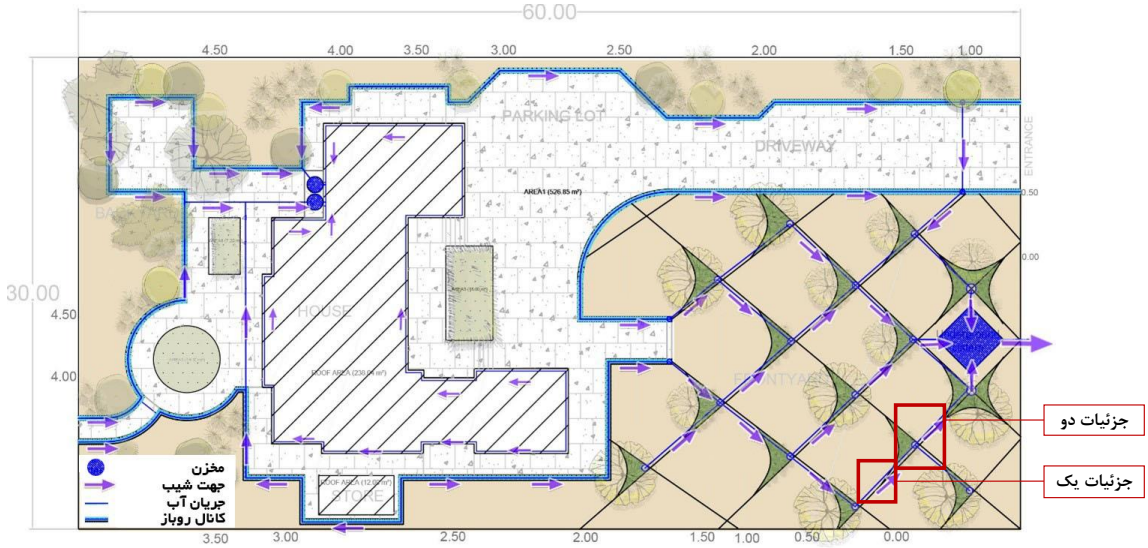
ه. اسـتفاده از روش گـودال فرانسـوی[9] (تصویـر ۸) دراطـراف پیاده‌روها بـرای جمـع‌آوری آب باران،

و. خشـک منظرسـازی و کاشـت درختـان بومـی و مقـاوم در برابـر خشکسـالی در حیـاط عقـب،

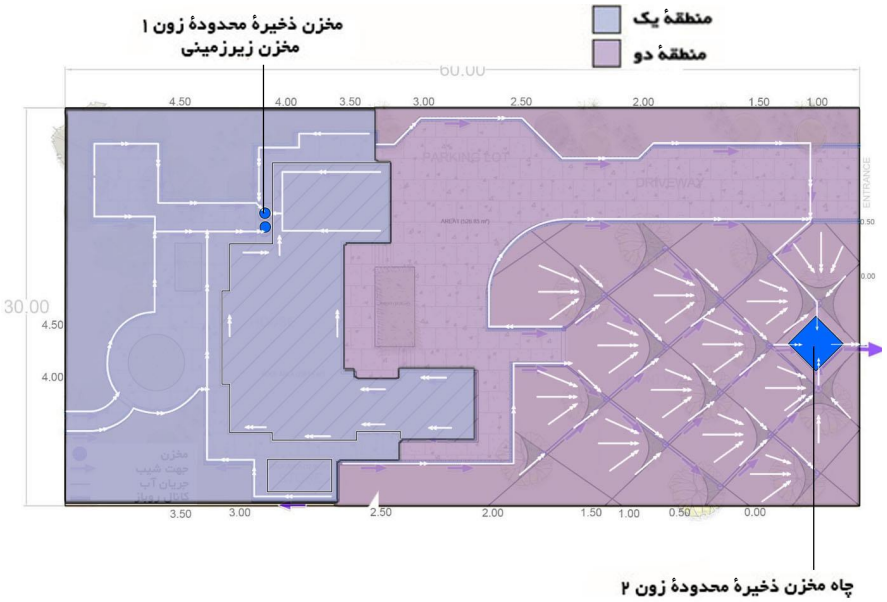
ز. ایجـاد میکرواقلیـم با کاشـت درختان سـایه‌ای و ویژگی‌هـای آبی در حیاط عقب.

• سایت B

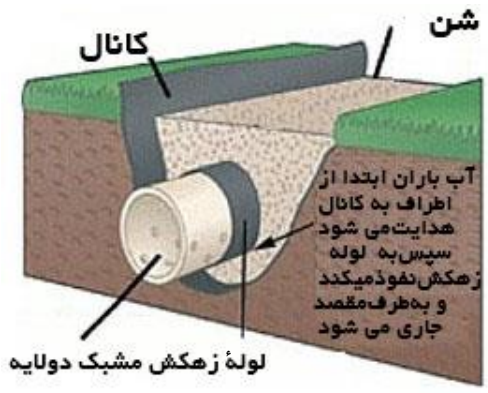
حال فرض می‌شـود این سـایت در شـمال تهـران با متوسـط بارندگی



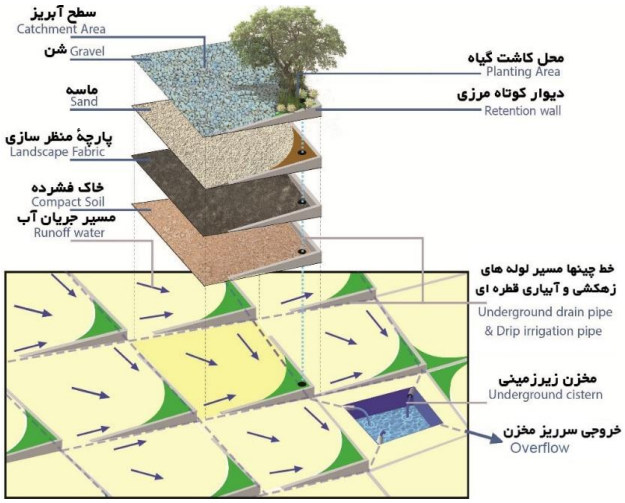
تصویر ۵. طرح پیشنهادی سایت A. مأخذ: نگارنده.



تصویر ۶. مسیرجمع‌آوری آب سایت A. مأخذ: نگارنده.



تصویر ۷. جزئیات یک. مأخذ: www.usfabricsinc.com.



تصویر ۸. جزئیات دو. مأخذ: نگارنده.

سالیانه ۴۲۳ میلیمتر قرار دارد. آب‌وهوای شهر تهران متنوع است؛ جنوب شهر در معرض بادهای گرم و خشک کویر مرکزی ایران است اما در شمال شهر به‌دلیل قرارگرفتن در دامنهٔ کوه البرز این بخش، آب‌وهوای معتدل‌تر و پرباران‌تری دارد، اما همچنان در آب‌وهوای نیمه‌خشک بدون بارندگی یا با بارندگی بسیار کم در ماه‌های خرداد تا مهر است.

- محاسبات سایت B

مساحت جمع‌آوری × بارش × کارایی جمع‌آوری = RWH (حجم)

۲۶۲,۹۳۶/۸ لیتر = ۷۷۷ مترمربع × ۴۲۳ میلی‌متر × ۰/۸ = RWH (حجم)

- تجزیه‌وتحلیل سایت B

مشکل اول؛ تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد

راه‌حل: ایجاد میکرواقلیم در حیاط عقب با درختان سایه‌ای و حوضچه برای خنک‌کردن دما در تابستان‌های گرم و بتن ضدانجماد در پیاده‌راه‌ها.

مشکل دوم؛ مقدار ناکافی بارش سالانه

راه‌حل: بیشینه‌کردن میزان استحصال آب باران در حیاط جلو با پیاده‌سازی مسیرهای جریان آب در امتداد شیب زمین به سمت چاه حفاری‌شدهٔ در نقطهٔ پایین حیاط، بنابراین می‌توان مقدار آب جمع‌آوری‌شده را افزایش داد. این عدد به مقدار جمع‌آوری از ناحیه کف‌سازی‌شده افزوده می‌شود و مقدار سالانه را افزایش می‌دهد:

۱۵۱,۴۵۵/۱۵ لیتر = ۱۰۲۳ مترمربع × ۴۲۳ میلی‌متر × ۰/۳۵

بنابراین مجموع آب استحصال‌شده برابر است با:

۴۱۴,۳۹۱/۹۵ لیتر در سال = ۱۵۱,۴۵۵/۱۵ + ۲۶۲,۹۳۶/۸

اگر مصرف آب گیاهان به این عدد در میانگین در روز برسد، نگرانی از تأمین آب مورد نیاز برای این هدف در طول سال وجود نخواهد داشت.

مشکل سوم؛ نوع خاک: ترکیب خاک رسوبی و خاک آتشفشانی، مقدار مواد آلی کم

راه‌حل: قراردادن سنگ‌های بزرگ در حیاط جلو برای جلوگیری از فرسایش، افزودن خاک برگ به همراه مواد آلی و در نتیجهٔ افزایش ظرفیت جذب آب.

- عناصر طراحی سایت B

الف. مانند سایت A تقسیم سایت به دو منطقه (تصویر ۹)، در منطقهٔ اول در یک مخزن روزمینی آب باران جمع‌آوری‌شده در بام و منطقهٔ کف‌سازی‌شده در حیاط عقبی را در خود جای می‌دهد و سپس آب را به همین منطقه پمپاژ می‌کند. برای منطقهٔ دوم می‌توان یک چاه درپایین‌ترین نقطهٔ حیاط برای ذخیرهٔ آب باران حفر شود وجریان‌های سطحی را به سمت چاه هدایت شود، همچنین کاشت درختان سایه‌گستر و کم‌مصرف، احداث آبنمای دائمی برای روزهای گرم تابستان، محدودکردن استفاده از چمن می‌تواند از رویکردهای مناسب برای این اقلیم باشد (Brad, 2022).

ب. پیاده‌سازی و طراحی یک منطقهٔ آبریز پوشیده‌شده با قلوه‌سنگ‌های رودخانه‌ای پیش از چاه، می‌تواند علاوه‌بر عملکرد فیلتراسیون و تثبیت خاک در مواقع سیلاب کارکرد زیباسازی نیز داشته باشد (تصاویر ۱۰، ۱۱ و ۱۲).

ج. کاشت درختان و درختچه‌های محلی سازگار با اقلیم و محدودکردن کاشت چمن فقط در نقطه‌ای که کارکردی مانند زمین بازی کودکان یا فضای پیک‌نیک دارد (Raes & Savolainen, 2021, 10-13).

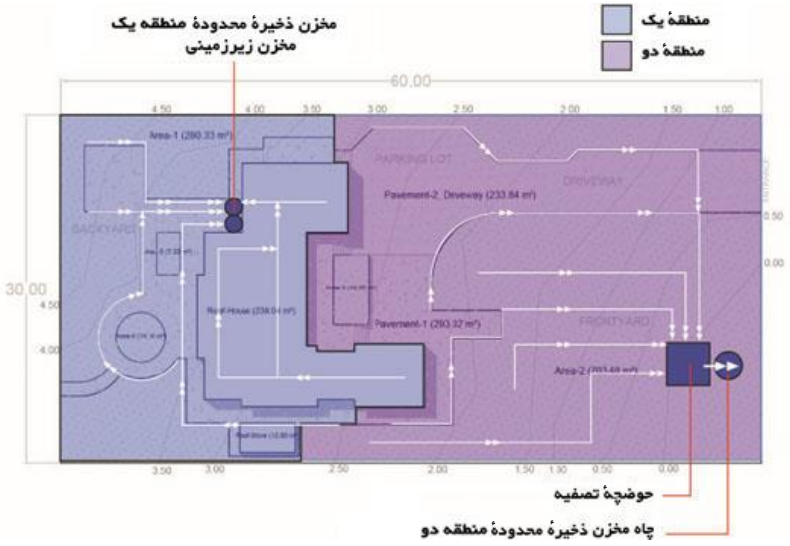
• سایت C

درسایت سوم، سایت فرضی به یک محیط کاملاً متفاوت، شهر رشت در استان شمالی گیلان نزدیک دریای خزر با آب‌وهوای معتدل و متوسط بارندگی سالیانه ۱۳۳۰ میلیمتر منتقل شده است که دارای تابستان‌های گرم وشرجی و زمستان‌های نسبتاً سرد و مرطوب است. آیا نصب سیستم جمع‌آوری آب باران در این منطقه ضروری است؟ البته بله، این سیستم را می‌توان در هر کجا استفاده کرد حتی در مناطق استوایی زیرا این امر باعث افزایش بهره‌وری مصرف آب می‌شود.

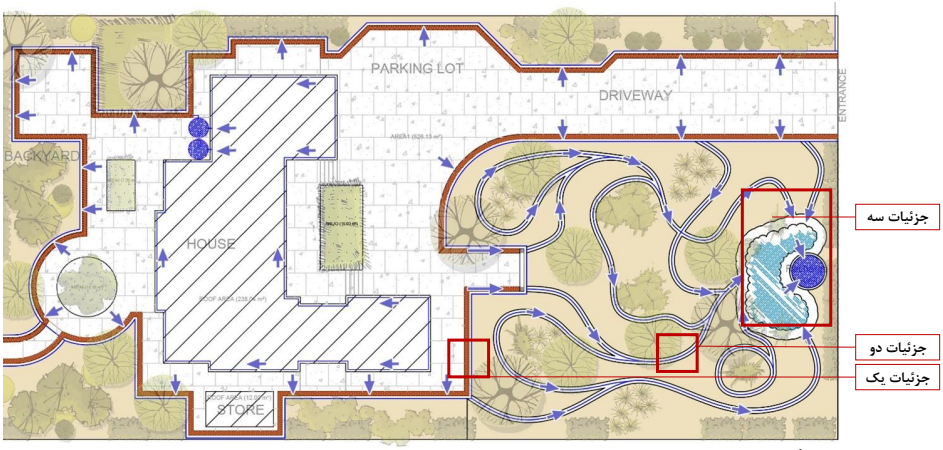
- محاسبات سایت C

RWH (حجم) = مساحت جمع‌آوری × بارش × کارایی جمع‌آوری

۸۲۲,۳۷۶/۸ لیتر = ۷۷۷ متر مربع × ۱۳۲۳ میلی‌متر × ۰/۸ = RWH



تصویر ۹. مسیر جمع‌آوری آب سایت B. مأخذ: نگارنده.



تصویر ۱۰. طرح پیشنهادی سایت B. مأخذ: نگارنده.

این عدد فقط آب برداشتی از منطقهٔ کف‌سازی شده است و اگر مساحت جمع‌آوری به منطقهٔ کاشت هم گسترش یابد، با استفاده از سیستم غیرفعال می‌توان بدون مخزن یا لوله‌کشی به هدف افزایش حجم آب برداشتی دست یافت که در «مشکل-راه‌حل» اول توضیح داده شده است.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، در طول سال مقدار معینی باران می‌بارد و امکان ذخیرهٔ آب باران در برکهٔ روباز وجود دارد، اما به‌دلیل مشکلات ناشی از افزایش تولیدمثل پشه‌ها در محیط آب راکد، استفاده از مخازن فایبرگلاس اولویت دارد که برای مقادیر بزرگی از آب مناسب است (بیش از ۴۰،۰۰۰ لیتر) و این مخزن همیشه برای آبیاری استفاده می‌شود. مخزن باید پر نگه داشته شود و سرریز آن می‌تواند جهت مصارف دیگری مانند شستشو، فلاش تانک توالت وغیره استفاده شود.

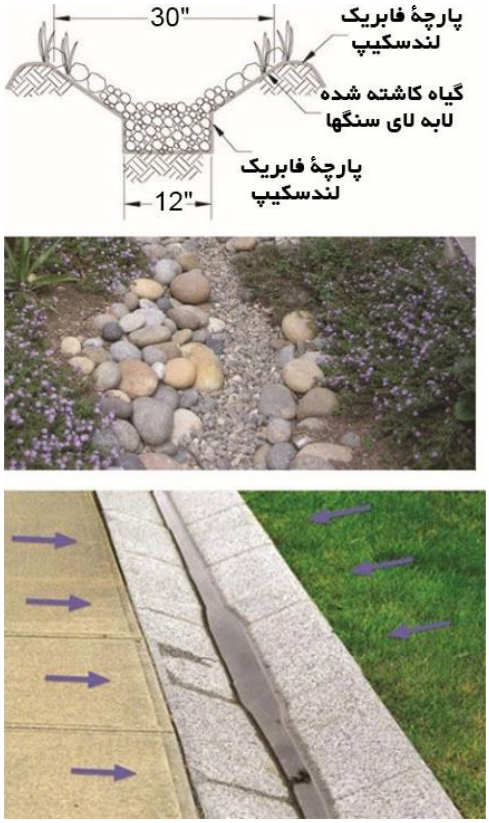
• تحلیل سایت C

مشکل اول؛ شیب قابل ملاحظه در برخی از قسمت‌های سایت که سرعت آب‌روان را در شرایط سیلاب افزایش می‌دهد و حجم جمع‌آوری آب باران را کاهش می‌دهد.

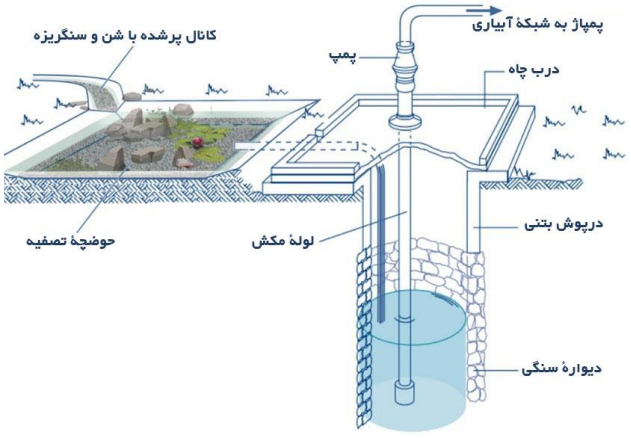
راه‌حل: به‌ویژه در حیاط جلویی که دارای شیب ۱۰-۱۲ درصد است، تکنیک طراحی منطبق با راستای خطوط کانتور[۱۰] مفید خواهد بود. این دیواره‌ها یا ریج‌ها در امتداد خط کنتور ساخته می‌شوند، معمولاً فاصلهٔ بین ۵ تا ۲۰ متر از همدیگر است. ۱-۲ متر اول بالای ریج برای کشت استفاده می‌شود، درحالی‌که بقیه برای جمع‌آوری است. ارتفاع هر ریج براساس شیب و عمق مورد انتظار آب روان پشت آن متغیر است. کلید موفقیت این سیستم در دقت در محل قراردادن ریج در امتداد کنتور است، که بدین‌ترتیب می‌توان سرعت آب روان را کاهش داد.

مشکل دوم؛ جنس خاک در این سایت خاک رسی ریز است که دارای درصد کمی از شن و درصد بالایی از مواد آلی است، بنابراین مقدار ذرات جامد معلق در آب بیشتر از معمول است.

راه‌حل: لازم است سیستم فیلتراسیون کارآمدی پیاده‌سازی شود که بتوانند آثار مواد غیرمناسب و ذرات جامد را از آب جمع‌آوری‌شدهٔ



تصویر ۱۱. جزئیات یک و دو. مأخذ: www.santacruz.watersavingplants.com.



تصویر ۱۲. جزئیات سه. مأخذ: www.vardhmanenvirotech.com.

قبل از ذخیره‌کردن در مخازن تصفیه کند. این عمل نه تنها به بهبود کیفیت آب می‌انجامد بلکه عمر مخازن ذخیره را نیز افزایش می‌دهد.

- عناصر طراحی سایت C

الف. بارش‌های کافی وجود دارد تا نیازها را برآورده کند و تنها باید جهت و چرخهٔ آب روان را تعیین کرده و سرعت جریان آب را به حداقل رسانید تا خاک فرصتی برای جذب آب مورد نیاز گیاهان داشته باشد. بنابراین طراحی تکنیک «ریج کنتور» کارآمد خواهد بود (تصاویر ۱۳ و ۱۴).

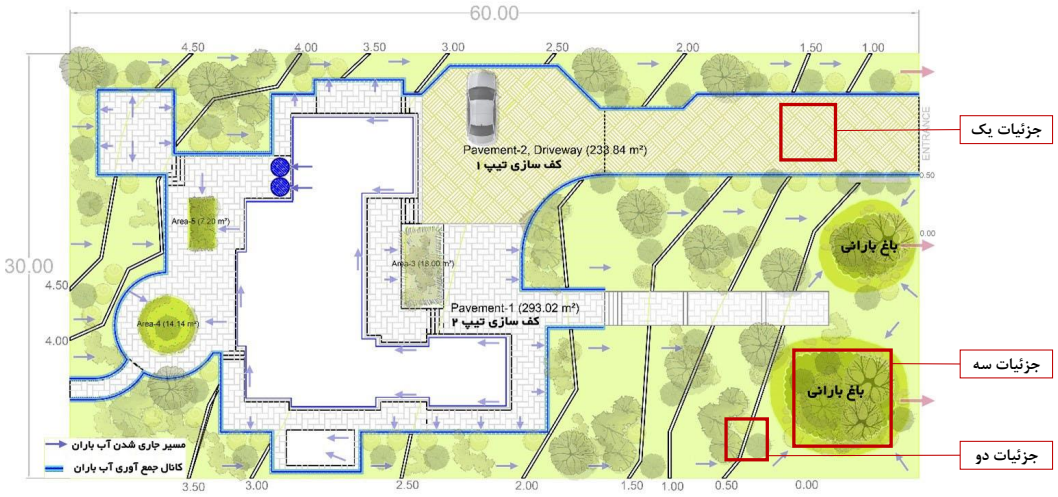
ب. عامل دیگر مهمی که باید در هنگام طراحی یک سامانهٔ استحصال باران در منطقه با بارش ۱۳۲۳ میلیمتری سالانه در نظر گرفته شود، کانال آبراه[11] در امتداد و دو سوی پیاده‌راه‌ها برای جذب آب باران است (تصویر ۱۵).

ج. رویکرد باغ بارانی[12] یک تکنیک مناسب برای این سایت جهت کاهش هدررفت آب و روش کارآمدی برای شارژ سفره‌های آب زیرزمینی است (Chen, 2016, 5-6) (تصویر ۱۶).

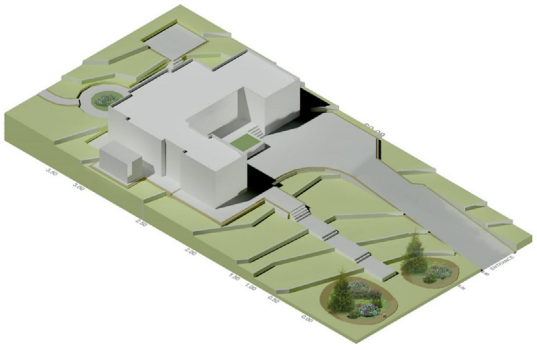
د. کف‌سازی نفوذپذیر: این روش از کف‌سازی از یک سطح متخلخل تشکیل شده است که دارای اشکال دارای منافذ باز درلایهٔ بالایی و یک زیرسازی ماسه‌ای در لایهٔ زیرین است.

نتیجه‌گیری

بدیهی است هر سایت ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود را دارد و

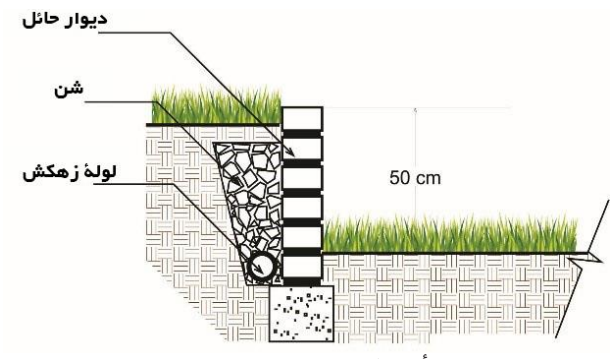


تصویر ۱۳. طرح پیشنهادی سایت C. مأخذ: نگارنده.

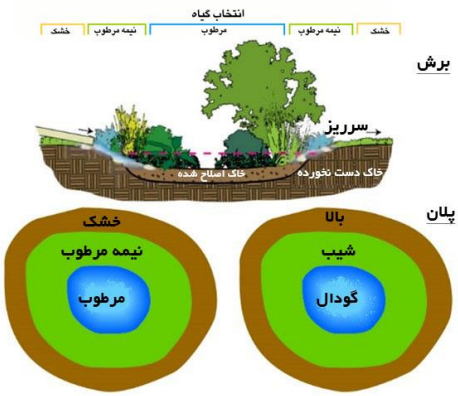


تصویر ۱۴. طرح سه بعدی پیشنهادی سایت C. مأخذ: نگارنده.

تصویر ۱۵. جزئیات یک. مأخذ: www.carousell.ph.



تصویر ۱۶. جزئیات دو. مأخذ: نگارنده.



تصویر ۱۷. جزئیات سه. مأخذ: www.slideshare.net.

انتخاب روش‌های ذکرشده در این مقاله (جدول ۲) یا ترکیبی از آنها و یا ایده‌های دیگری که در اینجا ذکر نشده است، قطعاً می‌تواند در شرایط آب‌وهوایی مختلف منطبق با ویژگی‌های مختلف هر سایت قابل استفاده باشد. معمار منظر با تحلیل درست سایت و با تکیه‌بر اطلاعات قابل اعتماد و انتخاب روش‌های بهینه و ممکن می‌تواند به یک روش کارآمد برای استخراج آب باران دست یابد (Zhong et al., 2022, 1-4).

ارائهٔ سیاست‌های تشویقی مانند ارائهٔ وام‌های با بهرهٔ کم و بازپرداخت طولانی مدت می‌تواند راه‌حل مناسبی برای ترغیب مالکان خصوصی به نصب چنین سیستم‌هایی باشد به‌خصوص در کشورهایی که در معرض تهدید سیل و خشکسالی هستند. ازسوی‌دیگر معماران منظر نیز باید تا حد امکان به این دانش مجهز باشند و در فرایند پیش طراحی و طراحی یک منظر علاوه‌بر مراحل استاندارد در تحلیل و طراحی سایت، به موضوع مهم چگونگی استخراج و استفاده از منبع تجدیدپذیر و پایدار آب باران به‌عنوان تأمین‌کنندهٔ اصلی نیاز آبی بیاندیشند و با درنظرگرفتن ویژگی‌های اقلیمی، استراتژی متناسب را برای این هدف اتخاذ کنند تا اولویت‌های خود را از فضاهای صرفاً زیبایی‌شناختی و عملکردی به محیطی زیست‌پذیر و پایدار، سازگار با چالش‌های جدید توسعه دهند.

جدول ۲. جدول مقایسه‌ای ویژگی‌های سایت‌های سه‌گانه. مأخذ: نگارنده.

	سیستم انتخابی RWHS	اقلیم و میزان بارندگی	مشکلات سایت	راه‌حل‌ها و رویکرد طراحی	حجم آب باران قابل برداشت (لیتر)
سایت A، یزد	فعال	گرم و خشک و بیابانی، ۶۰ میلیمتر	میزان کم برداشت سالیانه، گرمای شدید و ازدستدادن آب به‌دلیل تبخیر زیاد، جنس خاک	بیشینه‌کردن منطقهٔ آبگیری، کمینه‌کردن نیاز آبی، تکنیک‌های آبیاری کارآمد، انتقال شبکهٔ آبیاری و مخزن به زیرزمین، فشردن لایهٔ زیرین خاک، کاشت درختان و درختچه‌های بومی، خشک منظرسازی و ایجاد میکرواقلیم	۸۶,۴۰۰
سایت B، شمال تهران	ترکیب سیستم‌های فعال و غیرفعال	نیمه‌خشک ونیمه‌مدیترانه‌ای، ۴۲۳ میلیمتر	تابستان‌های گرم وزمستان‌های سرد، مقدار ناکافی بارش سالانه، جنس خاک	ایجاد میکرواقلیم در حیاط عقب با درختان سایه‌گستر و آب‌نما، پیاده‌سازی مسیرهای جریان آب در امتداد شیب زمین، قراردادن سنگ‌های بزرگ در حیاط جلو برای جلوگیری از فرسایش، افزودن مالچ	۳۹۲,۴۱۴
سایت C، رشت	غیرفعال	معتدل و مرطوب، ۱۳۲۳ میلیمتر	شیب نسبتاً زیاد و سرعت زیاد آب روان هنگام سیلاب ، ذرات معلق درآب، جنس خاک	جنس خاک طراحی منطبق با راستای خطوط کانتور[۱۳]، سیستم فیلتراسیون کارآمد، باغ بارانی، کف‌سازی متخلخل و نفوذپذیر	۸۲۲,۳۷۸

پی‌نوشت‌ها

۱. Rain water harvesting system=RWHS
۲. Runoff Coefficient
۳. Passive System
۴. Active System
۵. Koppen
۶. Xeriscaping
۷. Micro-climate
۸. Catchment area
۹. French trench
۱۰. Contour Ridges
۱۱. Bio-Swale
۱۲. Rain Garden
۱۳. Contour Ridges

فهرست منابع

• کلانتری، حسین؛ کاظمی، سیدمحمد و حیدری، علی‌اکبر. (۱۳۹۶). فناوری‌های بومی قنات و نقش آن در معماری پایدار (بررسی موردی: شهر یزد). *نقش جهان*، ۷(۲)، ۱۱-۲۰. http://bsnt.modares.ac.ir/article-2-1723-fa.html

• ملکی‌نژاد، حسین؛ کریمی برشنه، سمیرا و رضایی، زهرا. (۱۳۹۹). منظرپردازی خشک (Xeriscaping) با تأکید بر اصل استفاده از گیاهان بومی و مقاوم به خشکی. *نهمین همایش ملی سامانه های سطوح آبگیر باران*، تبریز، ایران. https://civilica.com/doc/1132736/

• Murkute, P., & Kekalekar, A. (2021). *Water audit report for 2020-21.* Krishna Institute of Medical Sciences "Deemed To Be University" University in Malkapur, Karad.

• Beckers, B., Berking, J., & Schütt, B. (2013). Ancient water harvesting methods in the drylands of the Mediterranean and Western Asia. eTopoi. *Journal for Ancient Studies, 2*, 145–164. https://www.topoi.org/publication/19909/

• Brad, L. (2022). *Dryland rain garden harvest all water from burst line* [Video]. YouTube. https://youtu.be/H4eCL3ao9b8?si=d6xo10MTIc-JfKkR

• Chen, X. P. S. (2016). An analysis of climate impact on landscape design. *Atmospheric and Climate Sciences, 6*(3), 475-481. https://doi.org/10.4236/acs.2016.63037

• Issar, A.S. (1999). The past as a key for the future in resettling the desert. In B. A. Portnov, A. P. Hare (Eds.), *Desert regions.* Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-60171-2_13

• Son, J., & Kwon, T. (2022). Energy and Environmental Engineering Division, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Jeonju-si 54875, Korea. *Land, 11*(7), 1098. https://doi.org/10.3390/land11071098

• Minnesota Pollution Control Agency. (2022). *Minnesota stormwater manual: Design criteria for stormwater and rainwater harvest and use/reuse.* Minnesota Pollution Control Agency. Retrieved December 29 from https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php/Design_criteria_for_stormwater_and_rainwater_harvest_and_use/reuse

• Monshizade, A. (2008). The desert city as an ancient living example of an ecocity. *Ecocity World Summit 2008, 7th International Ecocity Conference, Academic and Talent Scouting Sessions*, San Francisco, United States. https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00380121

• Raes, S., & Savolainen, T. (2021). Healthy water cities: From sewer to health booster. *Urban Health & Well-Being*, 13-17.

• Tang, G. (2010, July). *Masdar - The sustainable desert city: A theoretical mirage or a realistic possibility?* [Conference paper]. Sheffield Hallam University Research Archive. http://shura.shu.ac.uk/23438/

• Vaghefi, S. A., Keykhai, M., Jahanbakhshi, F., Sheikholeslami, J., Ahmadi, A., Yang, H., & Abbaspour, K. C. (2019). The future of extreme climate in Iran. *Scientific Reports, 9*(1), 1464. https://doi.org/10.1038/s41598-018-38071-8

• Zhong, Q., Tong, D., Crosson, C., & Zhang, Y. (2022). A GIS-based approach to assessing the capacity of rainwater harvesting for addressing outdoor irrigation. *Landscape and Urban Planning, 223*, 104416. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104416

COPYRIGHTS
Copyright for this article is retained by the authors with publication rights granted to Manzar journal. This is an open access article disributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

نحوهٔ ارجاع به این مقاله
زارعی‌فرد، ایرج. (۱۴۰۳). تحلیل روش‌های استحصال آب باران در طراحی منظر در یک سایت فرضی یکسان در سه منطقهٔ آب‌وهوایی در ایران. *منظر، ۱۶* (۶۹)، ۱۴-۲۳.

DOI: 10.22034/MANZAR.2024.453607.2294
URL: https://www.manzar-sj.com/article_209340.html