

## مقاله کاربردی

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

ایرج زارعی فرد\*

کارشناس ارشد معماری منظر، دانشکده 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 ایده سامانه استحصال آب باران یک روند بسیار مورد توجه در سال‌های اخیر بوده است، در حالی که کمبود آب یکی از مشکلات رایج در شهرهای پرجمعیت است و به دلیل تغییرات آب‌وهوا و گرمایش جهانی در آینده قابل پیش‌بینی، 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 دوره 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 قرار نگرفته و به یک عنصر همیشگی در فرایند طراحی تبدیل نشده است. در این مقاله ابتدا دستورالعمل‌ها و راهکارهای ایجاد یک سامانه 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، حوزه آبریز، باغ بارانی.

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 سامانه جمع‌آوری آب باران خودکفا برای آن بحث و تلاش می‌شود تا به سؤالات مرتبط پاسخ داده شود.

ایران کشوری است که تحت تأثیر اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرار دارد و تغییرات آب‌وهوایی در آن 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 ویرانگر تا امروز ادامه دارد. بنابر یک مدل پیش‌بینی که در سال ۲۰۱۹ در نشریه نیچر چاپ شد تا سال پایان قرن جاری دمای حداکثر در سراسر ایران از ۱/۱ تا ۲/۷۵ درجه 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 درجه 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

**مقدمه** | فرایند استخراج و ذخیره آب باران چندان پدیده نوآورانه‌ای نیست. روش‌های بومی مدیریت آب در جهان، از جمله ایران، به هزاران سال پیش برمی‌گردد. با وجود توسعه 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 تکیه بر دانش محلی، سازه‌هایی احداث می‌کنند که علاوه بر 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 تلف شدن 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 نتیجه آن ما را از مزایای زیست‌محیطی، صرفه‌جویی در هزینه‌ها، کاهش خطر

\* نویسنده مسئول: 09354255166@student.upm.edu.my

گام چهارم؛ ارزیابی قیمت: آخرین مرحله پس از انتخاب سیستم، ارزیابی قیمت تمام‌شده 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 پیدا کردن قیمت کل، باید مقدار صرفه‌جویی آب را در یک دوره 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

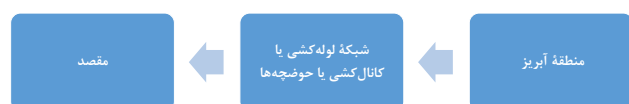
طراحی در شرایط جوی مختلف نیازمند رویکردهای متفاوتی است که با ذکر سه مثال در این بخش به تشریح آن پرداخته می‌شود. برای این منظور، یک سایت فرضی واحد را در سه منطقه با ویژگی‌های مختلف مدنظر قرار گرفته است. به این ترتیب در یک سایت واحد با مشخصات ثابت تنها متغیر این پژوهش اقلیم‌های متفاوت این سه سایت است و 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 حوزه آبریز یا منطقه استحصال آب باران هستند و عدد چهار مناطق مورد هدف ما برای



تصویر ۱. فرایند ساخت نقشه شناختی فازی در دو مرحله فردی و گروهی. مأخذ: نگارنده.



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

اقلیمی مختلف برای توضیح فرایند استحصال آب باران<sup>۱</sup> به صورت 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؛ تجزیه و تحلیل پیش از طراحی (مربوط به ظرفیت استحصال آب باران): با مطالعه انواع مختلف روش‌های استحصال آب باران، باید روش مناسب انتخاب شود. در این راه باید ویژگی‌های سایت مورد نظر مانند میزان بارش و مقدار بالقوه 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؛ محاسبه کارایی سامانه استحصال: مقداری از آب باران در منطقه آنگیر ممکن است به دلیل تبخیر، جذب سطحی، نشستی از لوله‌ها و غیره از دست بروند. بنابراین باید ضریب روان آب<sup>۲</sup> را در نظر گرفت. فرمول زیر کارایی سیستم را تعیین می‌کند:

کارایی سیستم = کل حجم باران باریده شده ÷ حجم آب قابل استحصال گام سوم؛ تصمیم‌گیری در مورد سیستم جمع‌آوری آب باران: به طور کلی دو سیستم استحصال آب باران وجود دارد. سیستم‌های فعال و غیرفعال، در ادامه به طور خلاصه به تعریف این دو سیستم پرداخته می‌شود (ibid.).

سیستم غیرفعال<sup>۳</sup>: ایده اصلی پشت استحصال آب باران غیرفعال این است که خاک به گونه‌ای شکل یابد تا در هنگام بارش، جمع‌آوری و نفوذ آب را بیشینه و سرعت جاری شدن آب را کمینه کند. در این روش سازه‌هایی از خاک و سنگ، تراس، کانال‌های شنی و سازه‌های مختلف دیگر ایجاد می‌شود تا جریان آب به لطف گرانش از مناطق بالادست این سازه‌ها به پایین دست هدایت شود (تصویر ۲).

سیستم فعال<sup>۴</sup>: استحصال آب باران در سیستم فعال شامل استفاده از یک شبکه از لوله‌ها و مخازن برای هدایت و ذخیره آب باران در مخازن و سپس یک شبکه توزیع از مخزن تا محل مصرف آب است. این سیستم این امکان را می‌دهد که آب باران ذخیره شود، به طوری که مدت زمانی طولانی تری از سال در دسترس باشد و تنها به فصل بارش باران محدود نشود. بنابراین، این سیستم به طور معمول پیچیده‌تر و گران‌تر است. این سیستم معمولاً دارای مخزن ذخیره آب به شکل رو زمینی یا زیرزمینی است که بسته به مساحت سایت، بودجه و دمای متوسط سالیانه 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 در حالی که، مناطق با بارش کم با تقاضای آب بالا ممکن است نیاز به سیستم‌های فعال با اجزای اضافی داشته باشند.

## تحلیل روش‌های استحصال آب باران در طراحی منظر در یک سایت فرضی یکسان ...

کوهستان‌های دور دست به مزارع، باغ‌ها و شهرهای خود اختراع کردند (Monshizade, 2008, 1-9).

### - محاسبات سایت A

برای محاسبه 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):

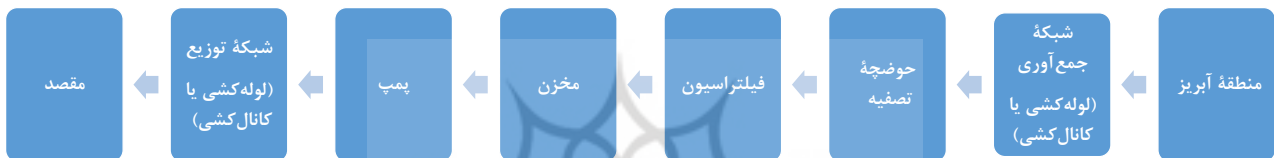
$$C \times I \times A = Q$$

در این فرمول: C: ضریب روان آب / I: میزان بارندگی (میلی‌متر) / A: سطح آبریز (مترمربع) / Q: حجم آب قابل استحصال (لیتر). بنابراین: RWHS (حجم قابل استحصال سله) = مساحت آبریز × بارش × کارایی جمع‌آوری RWHS = ۳۷,۲۹۶ لیتر = ۷۷۷ متر مربع × ۶۰ میلی‌متر × ۰/۸ به این ترتیب، از سایت A این گونه برداشت می‌شود که ظرفیت سالانه این جمع‌آوری آب در منطقه آبریز بام و کف‌سازی شده حیاط ساختمان ۳۷,۲۹۶ لیتر در سال است، که برای اهداف

آبیاری است. بنابراین کل فضای موجود برای طراحی منظر برابر با ۱۰۲۳ مترمربع است. ابتدا طراحی سامانه 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<sup>۵</sup> 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 درجه سانتیگراد با آفتابی درخشان با رطوبتی نزدیک به صفر. طراحی باغ در این شرایط بسیار چالش برانگیز است اما مطالعه 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 دامنه

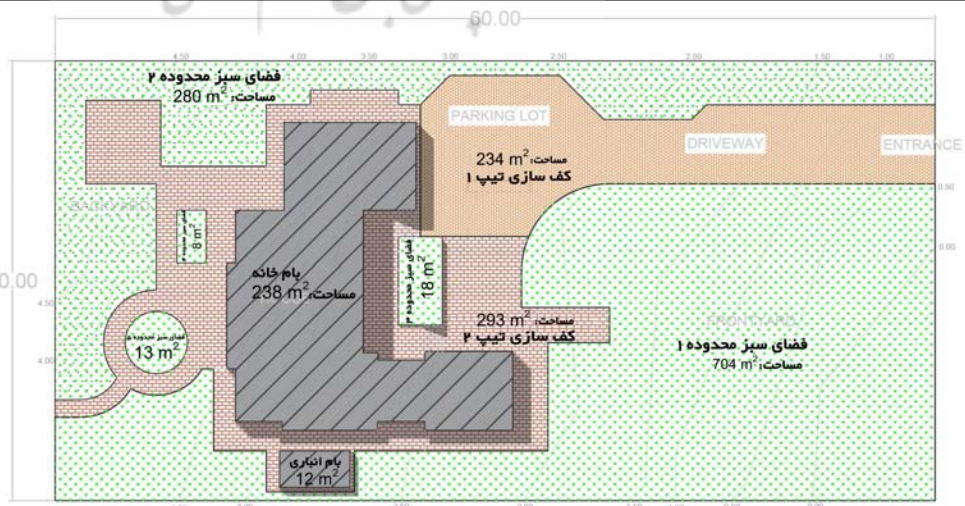


تصویر ۳. اجزای سیستم فعال استحصال آب باران. مأخذ: نگارنده.

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 - آریزونا 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          |

- بام منطقه مسکونی و انبار (با فرض اینکه کف‌سازی یکسان دارند)، مساحت: ۲۵۰ متر مربع.
- کف‌سازی تپ یک جهت مسیر عبور و مرور خودرو، مساحت: ۲۳۴ متر مربع.
- سایر محوطه کف‌سازی شده تپ دو، مساحت: ۲۹۳ متر مربع.
- فضای سبز (بخش باقی‌مانده سایت)، مساحت: ۱۰۲۳ متر مربع.



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

آب جمع‌آوری شده<sup>۷</sup>. ایجاد میکرواقلیم<sup>۷</sup> با درختان بومی سایه‌گستر، درختان مقاوم به خشکی و طراحی آبنا و حوض، با سیستم بسته چرخه‌ای آب در محوطه حیاط پشتی برای افزایش رطوبت در گرمای تابستان/۸. ساخت پیاده‌راه‌های محوطه با بتن یا موزاییک با توانایی برداشت ۹۰ درصد آب باران جمع‌آوری شده.

در نتیجه طبق تحلیل سایت، طرح پیشنهادی تصویر ۵ می‌تواند سیستم مناسبی بر مبنای ویژگی‌های سایت A باشد. سیستم انتخابی نیز سیستم فعال مجهز به مخازن زیرزمینی و کاهش سطح زیر کشت و جایگزینی آن با المان‌های خشک منظرسازی است.

### - عناصر طراحی در سایت A

الف. تقسیم سایت به دو منطقه با دو حوزه آبریز<sup>۸</sup> (تصویر ۶) برای استحصال آب باران؛ برای منطقه اول، شامل بام و حیاط عقبی به همراه یک مخزن زیرزمینی که آب جمع‌آوری شده را از گرما و تبخیر حفاظت کند. منطقه دوم باغ و حیاط جلوی ساختمان و اطراف آن که به همراه یک چاه زیرزمینی دیگر که در منطقه پشت حیاط حفر می‌شود.

ب. در حیاط جلو، ایده اصلی پیشنهادی طراحی ساختار پلکانی با اشکال یکنواخت لوزی شکل با اختلاف ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر براساس توپوگرافی و شیب موجود است.

ج. کاهش منطقه کاشت و افزایش منطقه جمع‌آوری و خاک با تشکیل لایه‌ها برای حداکثرسازی جمع‌آوری آب باران به گونه‌ای که تمام آب‌های جمع‌آوری شده به یک چاه زیرزمینی هدایت شده و با استفاده از یک پمپ به گیاهان برای آبیاری قطره‌ای منتقل می‌شود. به این ترتیب با جزئیاتی که در تصویر ۷ نشان داده شده است، در منطقه دو (حیاط جلویی) ضریب روان آب به ۰/۸ افزایش می‌یابد، بنابراین ظرفیت سیستم جمع‌آوری آب براساس محاسبه زیر افزایش می‌یابد:

$C.I.A = 0/8 \times 60 \times 1023 = 49,104$  لیتر  
پس مقدار مجموع برداشت سالانه به شرح زیر خواهد بود:

$$RWH = 49,104 + 37,296 = 86,400 \text{ لیتر}$$

این عدد نیز کلیه نیازهای آبی سالانه را پوشش نمی‌دهد اما همان‌طور که به یاد می‌آوریم که این سایت در یکی از خشک‌ترین شهرهای دنیا واقع شده است، این رویکرد با توجه به گرانی آب در منطقه همچنان توجیه اقتصادی دارد.

د. اجرای پیاده‌راه بتنی به دلیل کارایی در جمع‌آوری آب،

ه. استفاده از روش گودال فرانسوی<sup>۹</sup> (تصویر ۸) در اطراف پیاده‌روها برای جمع‌آوری آب باران،

و. خشک منظرسازی و کاشت درختان بومی و مقاوم در برابر خشکسالی در حیاط عقب،

ز. ایجاد میکرواقلیم با کاشت درختان سایه‌ای و ویژگی‌های آبی در حیاط عقب.

### • سایت B

حال فرض می‌شود این سایت در شمال تهران با متوسط بارندگی

مورد نظر بسیار کم است و به تنهایی نیازهای آبی بخش کاشت (۱۰۲۳ مترمربع) را برآورده نمی‌کند، بنابراین باید کل حیاط و محوطه به منطقه آبیگری اضافه شود. سپس مشکلات اصلی سایت باید شناسایی شود تا راه‌حل‌های عملی که با نیازهای سایت همخوانی دارد، پیدا شود.

### - تجزیه و تحلیل سایت A

**مشکل اول؛** بارش اندک سالیانه: این بزرگ‌ترین چالش است، اما در شهرهایی مانند یزد، آب کالای بسیار ارزشمندی است و بنابراین سرمایه‌گذاری بیشتر برای اجرای یک سیستم جمع‌آوری آب باران گران‌قیمت ممکن است اقتصادی باشد.

**راه‌حل:** بیشینه‌کردن منطقه آبیگری و کمینه‌کردن نیاز آبی که در بخش عناصر طراحی بیشتر توضیح داده خواهد شد.

**مشکل دوم؛** گرمای شدید (از اردیبهشت تا آبان) و از دست‌دادن آب به دلیل تبخیر زیاد

**راه‌حل:** برای حل این مسئله، کلیه امکانات جمع‌آوری آب باران می‌توانند زیرزمینی در نظر گرفته شوند. راه‌حلی که از زمان‌های باستانی به طور گسترده در شهر یزد از طریق فناوری قنات اجرا شده است؛ به گونه‌ای که سیستم آبیاری و ذخیره‌سازی آب را از منبع تا هدف به صورت کامل زیرزمینی نگه می‌دارند، تا این آب گرانبها را تا حد امکان از آفتاب گرم و خورشید سوزان محافظت کنند (کلانتری و همکاران، ۱۳۹۶، ۲-۷).

**مشکل سوم؛** نوع خاک: خاک شهر یزد مخلوطی از خاک رسی و شنی است که دارای ضریب روان آب ۰/۲ است.

**راه‌حل:** رویکرد مناسب می‌تواند فشردن لایه زیرین خاک برای افزایش کارایی و کاهش نفوذپذیری باشد، علاوه بر این، می‌توان منطقه کاشت و لایه‌های سطحی زمین با مالچ یا قلوه‌سنگ پوشانده یا اندوده یا مواد آلی به خاک اضافه کرد تا رطوبت خاک حفظ شود.

**مشکل چهارم؛** مقدار آب جمع‌آوری شده در سایت نیازهای آبی منطقه کاشت را تأمین نمی‌کند.

**راه‌حل‌ها:** ۱. در این مکان خاص که با کمبود آب مواجه است، نیاز به یک روش ویژه برای افزایش حجم آب برداشتی است؛ بنابراین، ضروری است سطح جمع‌آوری یا منطقه آبیگری بیشین شود/۲. راه‌حل دیگر استفاده از تکنیک‌های آبیاری مناسب است

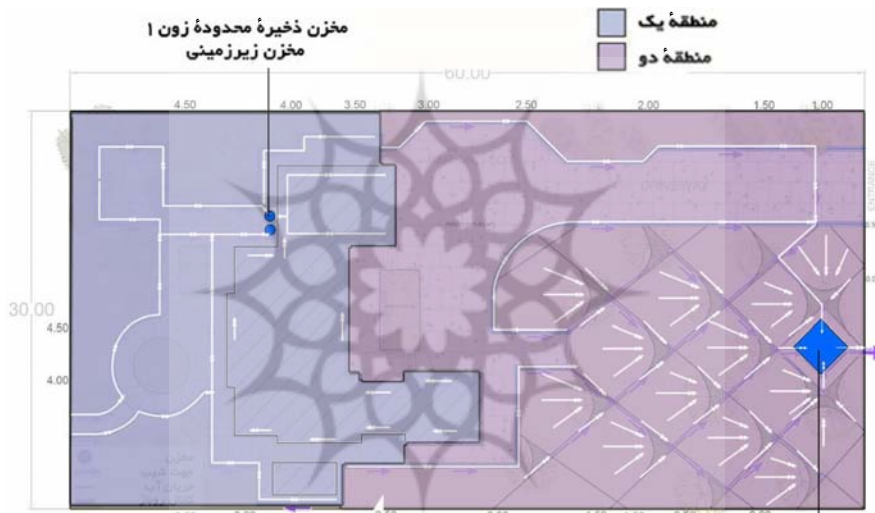
که می‌توانند از دست‌دادن آب به دلیل تبخیر یا هدررفت را حداقل کنند. آبیاری قطره‌ای یکی از این تکنیک‌هاست که آب را مستقیماً به ریشه‌های گیاهان می‌رساند و از دست‌دادن آب به دلیل تبخیر را کاهش می‌دهد و اطمینان از استفاده کارآمد از آب را فراهم می‌کند. تکنیک‌های محلی دیگری مانند آبیاری کوزه‌ای برای افزایش کارایی در فرایند آبیاری وجود دارد (Tang, 2010, 1-4)/۳.

کاشت درختان و درختچه‌های بومی با تحمل بالا در برابر خشکی و کم‌ترین نیاز به آب/۴. طراحی با روش خشک منظرسازی<sup>۹</sup> (ملکی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۹/۵). اجتناب از کاشت چمن/۶. محاسبه نیاز آبی کل درختان و گیاهان سایت و سعی در نزدیک کردن آن با

تحلیل روش‌های استحصال آب باران در طراحی منظر در یک سایت فرضی یکسان ...

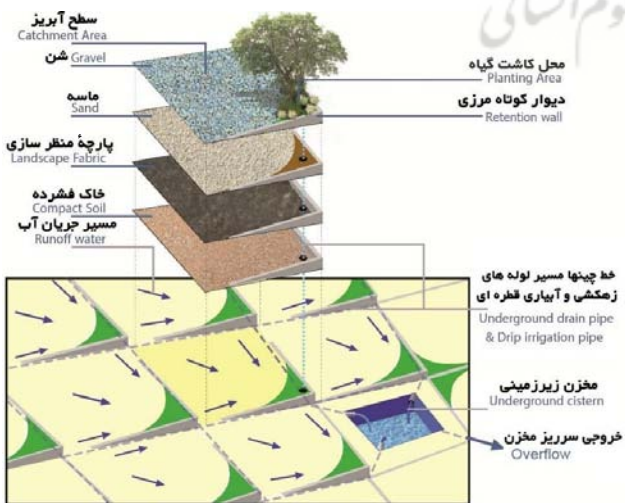


تصویر ۵. طرح پیشنهادی سایت A. مأخذ: نگارنده.

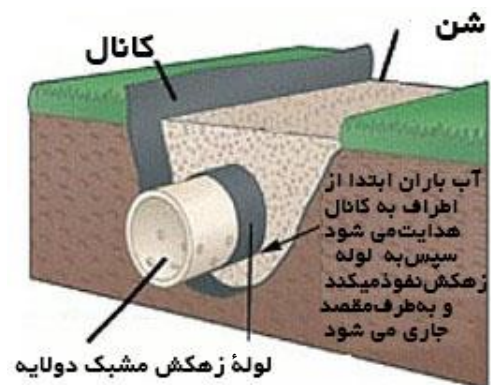


چاه مخزن ذخیره محدود زون ۲

تصویر ۶. مسیر جمع‌آوری آب سایت A. مأخذ: نگارنده.



تصویر ۸. جزئیات دو. مأخذ: نگارنده.



تصویر ۷. جزئیات یک. مأخذ: [www.usfabricsinc.com](http://www.usfabricsinc.com).

فرسایش، افزودن خاک برگ به همراه مواد آلی و در نتیجه افزایش ظرفیت جذب آب.

### - عناصر طراحی سایت B

الف. مانند سایت A تقسیم سایت به دو منطقه (تصویر ۹)، در منطقه اول در یک مخزن روزمینی آب باران جمع‌آوری شده در بام و منطقه کف‌سازی شده در حیاط عقبی را در خود جای می‌دهد و سپس آب را به همین منطقه پمپاژ می‌کند. برای منطقه دوم می‌توان یک چاه در پایین‌ترین نقطه حیاط برای ذخیره آب باران حفر شود و جریان‌های سطحی را به سمت چاه هدایت شود، همچنین کاشت درختان سایه‌گستر و کم‌مصرف، احداث آبنمای دائمی برای روزهای گرم تابستان، محدود کردن استفاده از چمن می‌تواند از رویکردهای مناسب برای این اقلیم باشد (Brad, 2022).

ب. پیاده‌سازی و طراحی یک منطقه آبریز پوشیده‌شده با قله‌سنگ‌های 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 محدود کردن کاشت چمن فقط در نقطه‌ای که کارکردی مانند زمین بازی کودکان یا فضای پیک‌نیک دارد (Raes & Savolainen, 2021, 10-13).

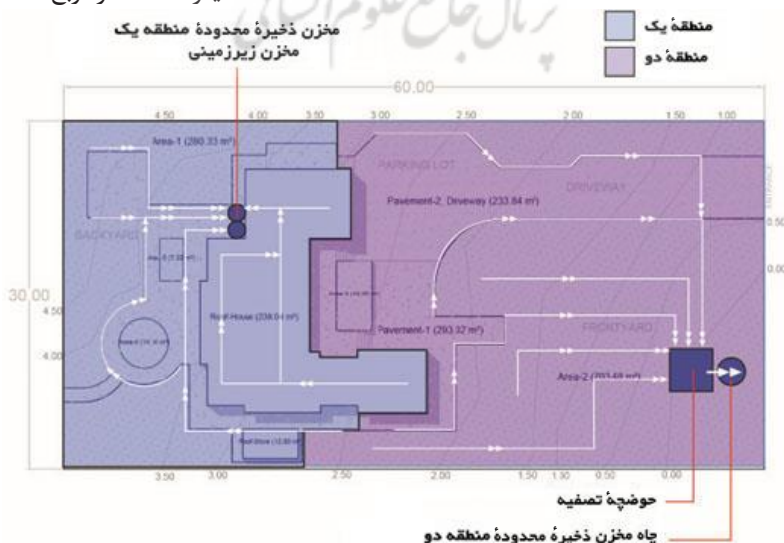
### • سایت C

در سایت 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 و شرجی و زمستان‌های نسبتاً سرد و مرطوب است. آیا نصب سیستم جمع‌آوری آب باران در این منطقه ضروری است؟ البته، 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  $\times$  بارش  $\times$  کارایی جمع‌آوری

$$RWH = 0.18 = 777 \text{ لیتر} \times 1323 \text{ متر مربع} \times 0.18 \text{ میلی‌متر}$$



تصویر ۹. مسیر جمع‌آوری آب سایت B. 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 به دلیل قرار گرفتن در دامنه 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  $\times$  بارش  $\times$  کارایی جمع‌آوری =  $RWH$  (حجم)

$$RWH = 0.18 = 777 \text{ لیتر} \times 423 \text{ متر مربع} \times 0.18 \text{ میلی‌متر}$$

### - تجزیه و تحلیل سایت B

مشکل اول؛ تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد

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

مشکل دوم؛ مقدار ناکافی بارش سالانه

راه‌حل: بیشینه کردن میزان استحصال آب باران در حیاط جلو با پیاده‌سازی مسیرهای جریان آب در امتداد شیب زمین به سمت چاه حفاری‌شده در نقطه پایین حیاط، بنابراین می‌توان مقدار آب جمع‌آوری‌شده را افزایش داد. این عدد به مقدار جمع‌آوری از ناحیه کف‌سازی شده افزوده می‌شود و مقدار سالانه را افزایش می‌دهد:

$$151,455/15 \text{ لیتر} = 1023 \text{ متر مربع} \times 423 \text{ میلی‌متر} \times 0.35$$

بنابراین مجموع آب استحصال شده برابر است با:

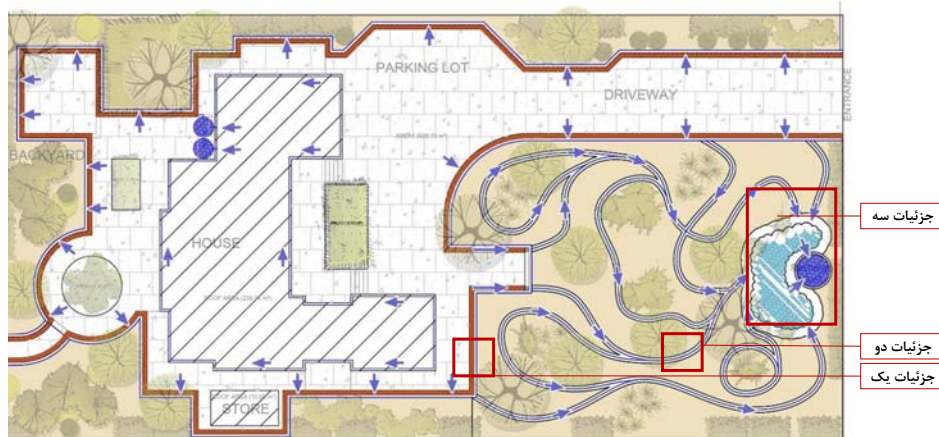
$$414,391/95 \text{ لیتر در سال} = 151,455/15 + 262,936/8$$

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.

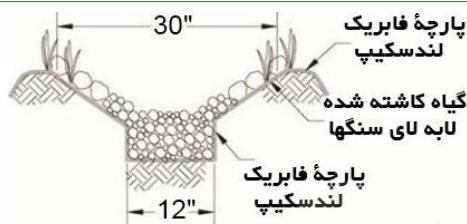
مشکل سوم؛ نوع خاک: ترکیب خاک رسوبی و خاک آتشفشانی،

مقدار مواد آلی کم

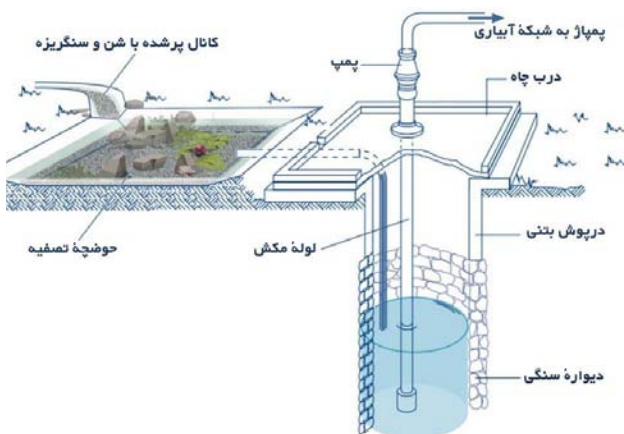
راه‌حل: قراردادن سنگ‌های بزرگ در حیاط جلو برای جلوگیری از



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



تصویر ۱۱. جزئیات یک و دو. مأخذ: [www.santacruz.watersavingplants.com](http://www.santacruz.watersavingplants.com).



تصویر ۱۲. جزئیات سه. مأخذ: [www.vardhmanenvirotech.com](http://www.vardhmanenvirotech.com).

این عدد فقط آب برداشتی از منطقه کف‌سازی شده است و اگر مساحت جمع‌آوری به منطقه 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 ذخیره آب باران در برکه روباز وجود دارد، اما به دلیل 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 و غیره استفاده شود.

### • تحلیل سایت C

**مشکل اول؛** شیب قابل ملاحظه در برخی از قسمت‌های سایت که سرعت آب روان 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 مفید خواهد بود. این دیواره‌ها یا ریج‌ها در امتداد خط کانتور ساخته می‌شوند، معمولاً فاصله بین ۵ تا ۲۰ متر از همدیگر است. ۱-۲ متر اول بالای ریج برای کشت استفاده می‌شود، در حالی که 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 کانتور است، که بدین ترتیب می‌توان سرعت آب روان را کاهش داد.

**مشکل دوم؛** جنس خاک در این سایت خاک رسی 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 جمع‌آوری‌شده

گرفته شود، کانال آبراه<sup>۱۱</sup> در امتداد و دو سوی پیاده‌راه‌ها برای جذب آب باران است (تصویر ۱۵).  
 ج. رویکرد باغ بارانی<sup>۱۲</sup> 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 در لایه بالایی و یک زیرسازی ماسه‌ای در لایه زیرین است.

### نتیجه‌گیری

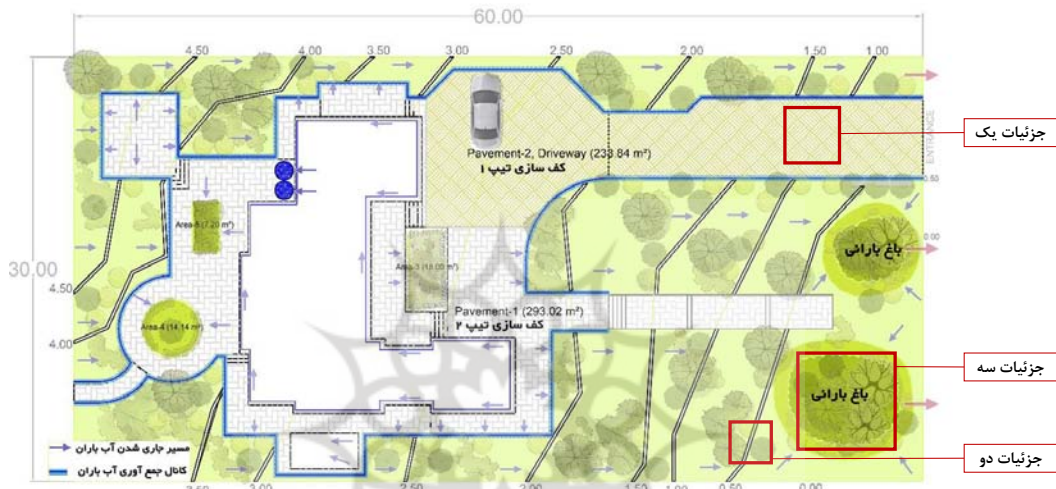
بدیهی است هر سایت ویژگی‌های منحصر به فرد خود را دارد و

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 چرخه 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).

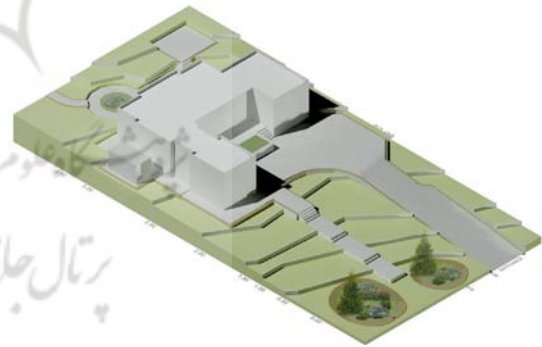
ب. عامل دیگر مهمی که باید در هنگام طراحی یک سامانه استحصال باران در منطقه با بارش ۱۳۲۳ میلیمتری سالانه در نظر



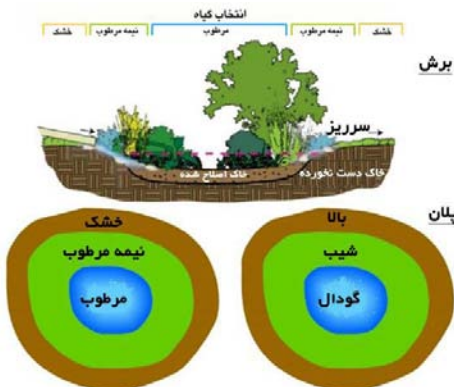
تصویر ۱۳. طرح پیشنهادی سایت C. مأخذ: نگارنده.



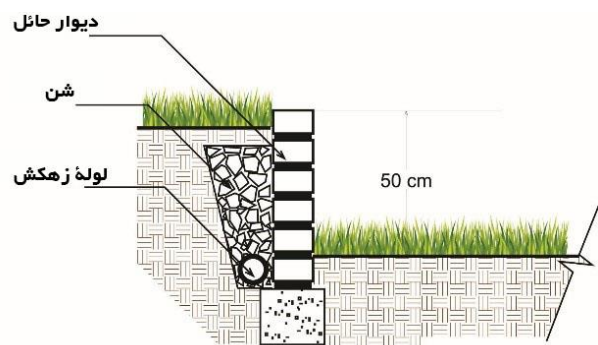
تصویر ۱۵. جزئیات یک. مأخذ: www.carousell.ph.



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



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



تصویر ۱۶. جزئیات دو. مأخذ: نگارنده.



در کشورهایی که در معرض تهدید سیل و خشکسالی هستند. از سوی دیگر معماران منظر نیز باید تا حد امکان به این دانش مجهز باشند و در فرایند پیش طراحی و طراحی یک منظر علاوه بر مراحل استاندارد در تحلیل و طراحی سایت، به موضوع مهم چگونگی استخراج و استفاده از منبع تجدیدپذیر و پایدار آب باران به عنوان تأمین کننده اصلی نیاز آبی بیاندیشند و با در نظر گرفتن 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.

انتخاب روش‌های ذکر شده 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 تکیه بر 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).

ارائه سیاست‌های تشویقی مانند ارائه وام‌های با بهره کم و بازپرداخت طولانی مدت می‌تواند راه‌حل مناسبی برای ترغیب مالکان خصوصی به نصب چنین سیستم‌هایی باشد به خصوص

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<br>فعال  | گرم و خشک و بیابانی،<br>۶۰ میلی‌متر             | میزان کم برداشت<br>سالانه، گرمای شدید و<br>از دست دادن آب به دلیل<br>تبخیر زیاد، جنس خاک | بیشینه‌کردن منطقه آبیگری، کمینه‌کردن نیاز<br>آبی، تکنیک‌های آبیاری کارآمد، انتقال شبکه<br>آبیاری و مخزن به زیرزمین، فشردن لایه زیرین<br>خاک، کاشت درختان و درختچه‌های بومی،<br>خشک منظرسازی و ایجاد میکرواقلیم | ۸۶,۴۰۰                          |
| سایت B، شمال<br>تهران<br>ترکیب سیستم‌های<br>فعال و غیرفعال | نیمه‌خشک<br>و نیمه‌مدیترانه‌ای،<br>۴۲۳ میلی‌متر | تابستان‌های گرم<br>وزستان‌های سرد، مقدار<br>ناکافی بارش سالانه،<br>جنس خاک               | ایجاد میکرواقلیم در حیاط عقب با درختان<br>سایه‌گستر و آب‌نما، پیاده‌سازی مسیرهای جریان<br>آب در امتداد شیب زمین، قراردادن سنگ‌های<br>بزرگ در حیاط جلو برای جلوگیری از فرسایش،<br>افزودن مالچ                   | ۳۹۲,۴۱۴                         |
| سایت C، رشت<br>غیرفعال                                     | معتدل و مرطوب،<br>۱۳۲۳ میلی‌متر                 | شیب نسبتاً زیاد و<br>سرعت زیاد آب روان<br>هنگام سیلاب<br>، ذرات معلق در آب،<br>جنس خاک   | جنس خاک طراحی منطبق با راستای خطوط<br>کانتور <sup>۱۳</sup> ، سیستم فیلتراسیون کارآمد، باغ بارانی،<br>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

- کلاتری، 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 سامانه‌های سطوح آبیگر 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=d6xo10MTIcJfKkR>
- 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](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](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 distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



نحوه ارجاع به این مقاله  
زارعی فرد، ایرج. (۱۴۰۳). تحلیل روش‌های استحصال آب باران در طراحی منظر در یک سایت فرضی یکسان در سه منطقه آب‌وهوایی در ایران. منظر، ۱۶(۶۹)، ۱۴-۲۳.

DOI: 10.22034/MANZAR.2024.453607.2294  
URL: [https://www.manzar-sj.com/article\\_209340.html](https://www.manzar-sj.com/article_209340.html)

