

Article Type: Technical paper

نوع مقاله: فنی و ترویجی

Modification of Green Space Planting Pattern Based on the Principles of Xeriscaping to Reduce Water Consumption in Metropolitan Areas

L. Jahangiri^{1*}, M.R. Mehrabanigolzar², M.M. Zarabi³

1,2-MSc of Landscape Architecture & Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran. 3- Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

* (Corresponding Author Email: s978175005@edu.ikiu.ac.ir)

Received: 11-12-2021

Revised: 28-03-2022

Accepted: 31-03-2022

Available Online: 21-09-2022

اصلاح الگوی کاشت فضای سبز مبتنی بر اصول منظرپردازی کم آب با هدف کاهش مصرف آب در کلان شهرها

لیلا جهانگیری^{۱*}، محمدرضا مهربانی گلزار^۲، محمدمهدی ضرابی^۳

۱-۲- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناس ارشد معماری منظر و استادیار، گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران. ۳- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

* (نویسنده مسئول، E-Mail: s978175005@edu.ikiu.ac.ir)

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۱/۰۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۲۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۶/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۱۱

Abstract

Water scarcity has been one of the biggest problems in human life for several decades. , Therefore, planning and managing water consumption is essential to minimize the problem of drought. However, without considering the issues, principles, and patterns suitable for the climate of each region, designing urban green spaces would be inefficient. One of the first views created based on sustainable principles is xeriscaping. In recent decades, experts, especially landscape architects have shown interest in xeriscaping, an old approach with a new name, to recover the environmental components of urban landscapes in the face of reducing water consumption and drought. In this regard, this research has sought to find solutions and strategies for xeriscaping and its effectiveness in reducing water consumption using analytical-descriptive methods and an intensive review of the theoretical literature on xeriscaping indicators. For this purpose, first, the literature on the characteristics of xeriscaping was reviewed, then three successful global projects were scrutinized to extract the drought-resistant solutions and measures. Finally, Several responsive measures have been presented to reduce water consumption. The results of this study show that xeriscaping as a suitable strategy can be an alternative to high water-using landscaping.

Keywords: Xeriscaping, Reducing Water Consumption, Drought, Urban Green Spaces, Planning.

چکیده

پدیده کم‌آبی به‌عنوان یکی از بزرگترین مشکلات زندگی بشر از چندین دهه گذشته است. بنابراین برنامه‌ریزی و مدیریت مصرف آب برای به حداقل رساندن مسئله خشکسالی، امری ضروری است. طراحی فضاهای سبز شهری بدون توجه به مسائل، ضوابط، معیارها و الگوهای مناسب جهت همخوانی با اقلیم هر منطقه میسر نیست. یکی از اولین دیدگاه‌هایی که با رسمیت دادن اصول و مبانی به وجود آمد، منظرپردازی کم‌آب است. منظرپردازی کم‌آب به‌عنوان رویکردی قدیمی با نامی نوین، در دهه‌های اخیر جهت بازیابی مولفه‌های محیطی مناظر شهری در مواجهه با کاهش مصرف آب و خشکسالی مورد توجه متخصصین به‌ویژه معماران منظر قرار گرفته است. در این راستا این پژوهش در پی دستیابی به راهکارها و راهبردهای منظرپردازی کم‌آب و میزان موثر بودن آن بر کاهش مصرف آب با استفاده از روش تحلیلی-توصیفی و با مرور فشرده ادبیات نظری شاخص‌های منظرپردازی کم‌آب بوده است. در این پژوهش با بررسی سه پروژه موفق جهانی و استخراج راهکارها و اقدامات مورد استفاده، چندین اقدام پاسخگو در راستای کاهش مصرف آب ارائه شده است. آنچه از نتایج پروژه به دست آمده، این است که منظرپردازی کم‌آب می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مناسب برای جایگزینی مناظر پرمصرف آب باشد.

واژه‌های کلیدی: منظرپردازی کم‌آب، کاهش مصرف آب، خشکسالی، فضاهای سبز شهری، برنامه‌ریزی.

چهارساله به تأثیر روش‌های نوین آبیاری فضاهای سبز در سطوح وسیع پرداخته شده است (Wright Water Engineers, Inc). در مقاله "تأثیر برنامه‌ی حفاظت آب بر روی کیفیت چمن‌های شهری" که در سال ۱۹۸۰ توسط وینچ و فلیک نوشته شده، مطالعاتی در حوزه میزان مصرف آب چمن‌های شهری، مصرف بیش از اندازه مصرف آب چمن‌های شهری و اهمیت آموزش در جهت ارتقا کیفیت چمن‌ها و کاهش مصرف آب، بررسی شده است (Winji و Flack, ۱۹۸۶). در ایران نیز کتاب "باغبانی در مناطق کم‌آب به زبان ساده" اصول هفتگانه منظرپردازی کم‌آب و گیاهان مناسب برای طراحی مناظر در مناطق خشک را ارائه کرده است (خویلو، ۱۳۸۹). امیری (۱۳۸۹) مطالعه‌ای را با هدف بررسی اثر مالچ چوبی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد آن بر گیاهان آهار و شاهپسند ارائه کرده است. کافی (۱۳۹۳) با مقایسه اصول منظرپردازی کم‌آب و باغ‌سازی ایرانی به قدمت دیرینه استفاده از این اصول در فرهنگ و شیوه زندگی ایرانیان پرداخته است. حیدری اصل و معروفی (۱۳۹۵) نیز مروری بر اصول هفتگانه منظرپردازی کم‌آب داشته‌اند.

به طور کلی پیشینه تحقیق نشان داد که تحقیقات بر شرح اصول هفتگانه منظرپردازی کم‌آب و میزان مصرف آب گیاهان و تأثیر آن‌ها پرداخته شده است، اما در هیچ‌کدام از پژوهش‌های نام برده، بر روی میزان تأثیر این رویکرد و اقدامات موثر و راستی آزمایی این رویکرد پرداخته نشده است. این پژوهش، در پی یافتن پاسخ این پرسش‌هاست که آیا رویکرد منظرپردازی کم‌آب جایگزین مناسب در برابر مناظر سنتی در راستای مدیریت مصرف آب است؟ این رویکرد چگونه می‌تواند یک منظر سنتی را به یک منظر سرسبز و کارآمد به مصرف کم‌آب تبدیل کند؟

روش تحقیق

در این پژوهش از روش تحقیق ثانویه^۱ استفاده شده است. این روش با بررسی و مروری بر اطلاعات اولیه موجود بر دو روش تحقیق برخط و جمع‌آوری اطلاعات مرتبط با موضوع داده‌های ارائه شده از طریق بانک‌های اطلاعاتی یا منابع قابل دستیابی، گردآوری شده است و سپس با مروری بر ادبیات موضوع، اطلاعات مورد نظر با بررسی منابع کتابخانه‌ای و برخط شامل مجلات، گزارش‌های شرکت‌ها، مقالات مرتبط و آمارهای منتشر شده و... استخراج و تبیین شده است.

• **منظرپردازی کم‌آب، راهکاری در مواجهه با خشکسالی مناظر**
تقریباً یک سوم کره زمین در مناطق خشک و یا خیلی خشک قرار دارند که همگی در معرض خشکسالی‌های فصلی یا سالانه هستند (قیاسی و همکاران، ۱۳۹۸). تفکر منظر کم مصرف آب را می‌توان در امتداد مسأله خشکسالی و غفلت از منابع آبی در

آب به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع حیات برای موجودات زنده شناخته می‌شود (Cinar و Guze, ۲۰۲۰). پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که آب در قرن بیست و یکم یکی از اصلی‌ترین چالش‌های مناطق شهری است. منابع آب قابل استفاده به دلیل تغییرات اقلیمی و برداشت بی‌رویه و نیز به دلیل افزایش فعالیت‌های صنعتی و همچنین حفر چاه‌های غیرمجاز جهت مصارف کشاورزی، از لحاظ کمی و کیفی رو به افول است. در بحران کم‌آبی مناطق خشک بیشتر از سایر مناطق مورد تهدید خشکسالی قرار می‌گیرند (Sovocool, ۲۰۰۵). اصطلاحات زیادی در زمینه مدیریت مصرف آب شکل گرفته است، که بیشتر بر روی اصول استفاده از گیاهان بومی تأکید داشته‌اند. برخی از اصطلاحات عبارتند از: منظر بومی، منظر طبیعی، منظر خشک، که همه آن‌ها یک هدف واحد در جهت کاهش مصرف آب دارند (Barta, ۲۰۰۴). یکی از مهم‌ترین رویکردهایی که برای طراحی مناظر جهت کاهش مصرف آب به وجود آمده، منظرپردازی کم‌آب است (Brouwer و همکاران، ۲۰۰۱). خاستگاه این رویکرد را می‌توان در صرفه‌جویی مصرف آب معرفی کرد (CU environmental Center, ۲۰۰۹).

نخستین جستار در باب منظر با مصرف کم‌آب، توسط انجمن پیمانکاران کلرادو در جهت افزایش بهره‌برداری از آب بیان شد (Ingels, ۲۰۰۴). Knopf (۱۹۹۱) مزایا و فرصت‌های ایجاد شده توسط منظرپردازی کم‌آب در سه زمینه: اقتصادی، زیست‌محیطی و زیبایی‌شناسی را مورد مقایسه قرارداد داده است. Wade و همکاران به تدوین مبانی نظری و راهنمایی در جهت توسعه منظرپردازی کم‌آب پرداخته‌اند (Wade و همکاران، ۲۰۱۰). بنابر نظر Welsh (۲۰۰۶) منظرپردازی کم‌آب یک رویکرد پیشگیرانه برای محافظت از منابع طبیعی ارزشمند است. در مقاله "منظرپردازی کم‌آب، حفاظت از مصرف آب" به تشریح اصول هفتگانه منظرپردازی کم‌آب، معرفی و میزان مصرف آب گیاهان پرداخته شده است (Welsh و همکاران، ۲۰۰۷). Todd Whitman (۲۰۰۲) در مقاله "آبیاری کارآمد" به اصول منظرپردازی کم‌آب و به شهرهایی که منظرپردازی کم‌آب را جزو قوانین اجرایی خود درآورده‌اند، پرداخته است. Rayno (۲۰۱۴) در مقاله "تأثیر آب در منظر" به ضوابط طراحی باغ‌ها در کالیفرنیا براساس شرایط اقلیمی و اصول هفتگانه منظرپردازی کم‌آب پرداخته است. Baker (۲۰۰۴) تأثیر موثر تغییر مناظر سنتی بر مبنای منظرپردازی کم‌آب در ارزش خانه‌های مسکونی در چنددهه اخیر را بررسی کرده است. علاوه بر ارائه مقالات در سال‌های گذشته، گزارشات متعددی در زمینه پروژه‌های کاهش مصرف آب ارائه شده است. در پروژه کنترل آبیاری بر اساس آب و هوای کالیفرنیا (WIBC)، در یک دوره

توسعه فضاهای سبز شهری دانست (رمضانی و حبیبی، ۱۴۰۰). این رویکرد به عنوان راه حلی در برابر خشکسالی به عنوان مجموعه راهبردهایی برای مدیریت بحران و تصمیم‌گیری در برابر خشکسالی‌های غیرقابل پیش‌بینی تبیین شد. با توجه به رواج مفهوم پایداری در قرن بیستم (بهرامی و همتی، ۱۳۹۹)، این مبحث که به عنوان فصلی جدید تحت عنوان منظرپردازی کم‌آب مطرح شد، یک مفهوم قدیمی با نامی جدید است. اصطلاح xeriscape اولین بار در دهه ۱۹۸۰ در ایالت کلرادو توسط انجمن پیمانکاران منظر Warren، ارائه و در رابطه با انتخاب گیاهان مقاوم بدون نگهداری منظم جهت بهره‌وری در مصرف آب مناظر، مطرح شد. به دلیل ماهیت امیدوارکننده این مفهوم، حامیان و علاقه‌مندان به حفاظت منابع طبیعی به سرعت شروع به ترویج این نوع منظرپردازی به جای روش‌های متداول کردند؛ به طوری که میانه دهه هشتاد میلادی، منظرپردازی کم‌آب به یکی از راهبردهای حفاظت از منابع آب تبدیل شد (Ingels, ۲۰۰۴). به اعتقاد knopf منظرپردازی کم‌آب یک رویکرد در جهت کاهش هزینه مصرف آب و هزینه‌های نگهداری مناظر است (knopf, ۱۹۹۱). بعد از نوپف پژوهشگران متعددی در زمینه‌ی گسترش و توسعه مفهوم منظرپردازی کم‌آب پرداخته‌اند. در کتاب فرهنگ ساخت و ساز معماری منظر، منظرپردازی کم‌آب چنین تعریف شده است: هرگونه منظر و

فضای سبز که میزان آب کمی مصرف کند (Christensen, ۲۰۰۵). Welsh و همکاران (۲۰۰۷) معتقدند که منظرپردازی کم‌آب یک راه حل زیبا و خلاقانه برای حل مسائل فضاهای سبز و کاهش آبیاری تکمیلی است. در نگاه Sovocool (۲۰۰۵)، منظرپردازی کم‌آب یک سیستم شهری، تکنیکی اجتماعی و راهبردی در مقیاس مکانی قابل انعطاف و پاسخگو با توجه به شرایط اکولوژیکی هر منطقه است. این تعاریف بر انعطاف‌پذیری منظرپردازی کم‌آب تأکید دارند و نشان می‌دهد که مناظر شهری نیازمند یک رویکرد انطباق‌پذیر در راستای افزایش تغییرات اقلیمی هستند.

• اصول حاکم بر طراحی منظرپردازی کم‌آب در برابر خشکسالی

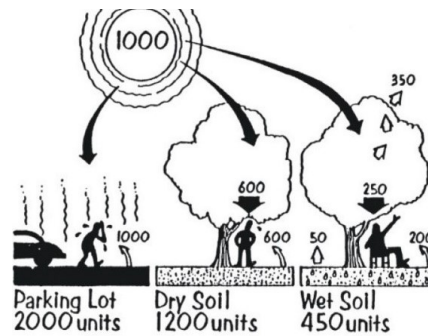
منظرپردازی کم‌آب شامل ویژگی‌ها و شاخص‌هایی است که به یک سیستم در مواجهه با خشکسالی‌های فصلی و بلندمدت کمک شایانی می‌کند، این شاخص‌ها متعدد هستند و پژوهشگران این حوزه به چگونگی این شاخص‌ها پرداخته‌اند. بر این اساس در جدول (۱) ادبیات نظری فشرده شاخص منظرپردازی کم‌آب، جمع‌آوری و دسته‌بندی بر مبنای نحوه عملکرد، شرح داده شده است. این عوامل شاخص‌های اصلی رویکرد منظرپردازی کم‌آب محسوب می‌شوند که در ادامه به اختصار به شرح هر یک، پرداخته شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های منظرپردازی کم‌آب

شرح	ویژگی	اقدام
تأمین سایه با عناصر طبیعی و گاه‌آ مصنوعی	اهمیت استفاده از سایه در طراحی و برنامه ریزی	برنامه ریزی و طراحی
اهمیت منطقه‌بندی منظر بر اساس منطقه‌های عملکردی مصرف آب و سایر ملاحظات منظرپردازی کم‌آب	منطقه‌بندی مصرف آب	
تعیین الگوی کاشت سازگار با اصول منظرپردازی کم‌آب	طرح کاشت مناسب	
بررسی وضعیت خاک بسترهای کاشت منظر و اقدامات اصلاحی مورد نیاز	آزمایش خاک	آنالیز خاک
آماده‌سازی بسترهای کاشت در انطباق با اصول منظرپردازی کم‌آب	آماده‌سازی بستر کاشت پوشش گیاهی	
تناسب گیاهان از نظر مقاومت به خشکی با توجه به زون‌های مصرفی آبی منظر	گیاهان مقاوم به خشکی	انتخاب گیاهان مناسب
هرس مناسب و به موقع گیاهان جهت حفظ و ایجاد ریشه‌های عمیق گیاهان	هرس گیاه	
انتخاب گیاه با سرعت رشد مناسب جهت بررسی میزان مصرف آب و نگهداری گیاه مناسب	انتخاب گیاه براساس سرعت رشد	
گونه‌های انتخاب شده جهت کاشت در منظر با معیار منظرپردازی کم‌آب	نوع و گونه مناسب گیاه پوششی	ایجاد سطوح چمن‌کاری
اندازه و محل قطعات چمن‌کاری با توجه به معیارهای منظرپردازی کم‌آب	مساحت زمین چمن‌کاری	
انتخاب نوع سیستم آبیاری، فواصل استقرار و تنظیمات بر روی آبیاریها	سیستم آبیاری	آبیاری بهینه
استفاده و عدم استفاده از مالچ، نواحی مالچ‌دهی شده و همچنین نسبت سطح اختصاص شده به کل محوطه‌سازی صورت گرفته شده	کاربرد مالچ	استفاده از مالچ
کیفیت و کمیت مالچ در بسترهای کاشت	کیفیت مالچ	
بررسی وضعیت عملکرد سیستم‌های آبیاری پیاده شده	کنترل سیستم‌های آبیاری	نگهداری مناسب
اعمال مبارزه با علف‌های هرز در سایت از نظر کیفی	زدودن علف هرز	
زمان‌بندی دوره‌ای ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی بستر خاک منظر موردنظر	کنترل کیفیت خاک	

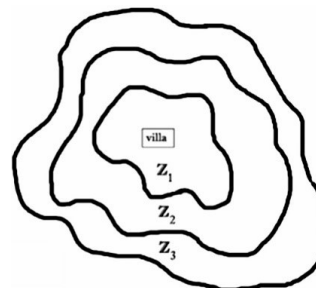
اصل اول: برنامه‌ریزی و طراحی

اولین گام برای طراحی یک منظر کارآمد، برنامه‌ریزی است (Anitha و Kishore، ۲۰۲۱). در طراحی منظر، آب و هوای کلی منطقه، خرداقلیم محیط، وضعیت خاک، پوشش گیاهی موجود و توپوگرافی منطقه (حکمتی، ۱۳۸۹) و سایه درختان و سازه‌ها را باید مد نظر قرارداد (Wade و همکاران، ۲۰۱۰). سایه‌اندازی در عین حالی که منظر را خنک‌تر و همچنین تبخیر و از دست رفتن آب را کمتر می‌کند، موجب ایجاد آسایش محیطی می‌گردد. یک منظر سایه‌دار می‌تواند تا ۷ درجه سانتیگراد خنک‌تر از آفتاب کامل باشد (شکل ۱).



شکل ۱- اثر سایه بر هدررفت آب (Wade و همکاران، ۲۰۱۰)

اساس منظرپردازی کم‌آب در منطقه‌بندی‌هایی است که از نقطه نظر طراحی منظر، دارای اهمیت یکسان در کاربری نیستند. معیار اهمیت منطقه‌بندی‌ها بر مبنای میزان حضور و بهره‌برداری کاربران (کافی، ۱۳۹۳) و براساس میزان مصرف آب گیاهان در نظر گرفته می‌شود (A. AlHalim، ۲۰۲۰). به عنوان مثال ناحیه مجاور یک خانه ویلایی که دسترسی‌های اصلی به ساختمان در آن قرار دارد و دارای بیشترین حضور ساکنان است، بدون در نظر گرفتن میزان نیاز آبی گیاهان و تأکید بر جنبه‌های زیباسازی طراحی می‌شود. در ناحیه دو که یک مدار عقب‌تر از ناحیه یک است، گیاهان با نیاز آبی بالا حذف و از تنوع گونه‌های گیاهی، کاسته می‌شود در ناحیه سه که دورترین فاصله از ساختمان و کم‌ترین میزان مراجعه‌کننده را دارد، گیاهان با نیاز آبی کم کاشته می‌شوند که این الگو به فضاهای سبز شهری قابل تعمیم است (شکل ۲) (کافی، ۱۳۹۳).



شکل ۲- زون‌بندی به سبک فضای سبز (کافی، ۱۳۹۳)

اصل دوم: آنالیز خاک

در طراحی منظر به کارگیری عوامل اصلاح‌گر خاک با هدف افزایش ظرفیت زراعی به معنی ارتقای توان ذخیره‌سازی آب در خاک، توجه شده است که توسط دو عامل کلونید رس و کلونید هوموس، اتفاق می‌افتد. هدف از این اصل افزایش کلونید هوموس یعنی پسماندهای نیمه پوسیده گیاهان و جانوران، مانند کمپوست گیاهی، کمپوست زباله‌های شهر و کمپوست کود دامی است که به طور مستقیم سبب افزایش کربن آلی خاک می‌شوند (کافی، ۱۳۹۳). آنالیز کامل خاک از منظر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در امر توسعه طراحی منظر با هدف کاهش مصرف آب، امری ضروری است (ناصری، ۱۳۹۵).

اصل سوم: انتخاب گیاهان مناسب

انتخاب گیاه مناسب به معنای انتخاب گیاهانی است که نه تنها با طراحی صورت گرفته سازگاری دارند، بلکه با شرایط فیزیکی محل کاشت و شرایط زیست‌محیطی محل نیز دارای همخوانی و هماهنگی هستند. هنگام انتخاب گیاهان برای منظرپردازی کم‌آب، این نکته را باید مدنظر داشت که به‌طور کلی گیاهان در آب صرفه‌جویی نمی‌کنند، بلکه نوع مدیریت و پرورش آنهاست که این خصوصیت را در گیاه ایجاد می‌کند و گیاه مطابق با برنامه و جاغابی محل کاشت و نحوه نگهداری و مدیریت، نیازهای آبی خود را تطبیق می‌دهد. نکته کلیدی این مبحث، شناخت نیازهای آبی گیاهانی است که شما انتخاب می‌کنید و سپس در گروه‌بندی آنها در منظر، اولویت با گیاهانی است که نیازهای آبی مشابهی دارند. با انجام دادن این کار، آبیاری می‌تواند با بازدهی بیشتری صورت گیرد و تنها به گیاهانی برسد که به آن نیاز دارند (Wade و همکاران، ۲۰۱۰). علاوه بر سازگاری گیاهان به مکان، دیگر معیارهای مهمی که باید موردتوجه قرار گیرند، شامل:

۱. مقاومت در برابر عوامل تنش‌زای انسان ساخت (شهری، صنعتی، آلودگی‌های آب و ...)
۲. مقاومت در برابر آفات و بیماری‌های علف‌های هرز رایج در منطقه
- ۳- پایین بودن هزینه نگهداری شامل هزینه، هرس، تربیت و تغذیه؛
- ۴- فاقد عوامل حساسیت‌زا (آلرژی)
- ۵- فاقد میوه‌های آلاینده در سطح تردد کاربران
- ۶- دارای ریشه عمیق برای مقاومت در برابر باد (کافی، ۱۳۹۳).

اصل چهارم: سطوح چمن کاری

چمن یکی از چندمنظوره‌ترین و عملکردی‌ترین گیاهان منظر است (Wade و همکاران، ۲۰۱۰). چمن در منظر پس‌زمینه‌ای برای بروز زیبایی دیگر گیاهان است، اصطلاح چمن‌کاری به بخشی از چمن گفته می‌شود که از حوزه زیبایی‌شناسی منظر خارج و به حوزه "مهندسی منظر" وارد می‌شود؛ یعنی سطوحی که قابلیت تفرج، ورزش و آرامیدن را دارند (کافی، ۱۳۹۳). از نقطه نظر مدیریت آب، چمن به عنوان یکی از مؤثرترین گیاهان پوششی برای کاهش

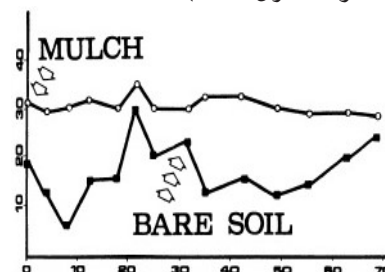
رواناب، فرسایش و درعین حال تغذیه آب‌های زیرزمینی به ویژه در ارتباط با بارش باران است. مستندات تحقیقاتی نشان داده است که ناحیه چمن کاری شده ۱/۵ درجه سانتیگراد خنک‌تر از یک سطح سیمانی یا آسفالت شده و ۱۰ تا ۱۲ درجه سانتیگراد خنک‌تر از خاک بدون پوشش است. به منظور صرفه‌جویی در آبیاری چمن، می‌تواند کاشت آن‌ها در نواحی که اثربخشی بالایی دارد و یا در نواحی که نمایانی بالایی دارند، استفاده شود (ناصری، ۱۳۹۵).

اصل پنجم: آبیاری بهینه

هدف از این اصل، ارتقاء بازده آبیاری به معنای کاهش هدررفت آب از منبع آب، تا منطقه ریشه گیاه است (کافی، ۱۳۹۳). همانگونه که گیاهان مورد استفاده در یک منطقه بر اساس نیازهای آبی متفاوت گروه‌بندی می‌شوند، سیستم آبیاری فضای سبز نیز باید به منظور آبیاری پهنه‌های گیاهی مختلفی که نیاز آبیاری متفاوتی دارند، گروه‌بندی و پهنه‌بندی شوند. همچنین به منظور استفاده بهینه از آب آبیاری، باید برای گیاهان مختلف و پهنه‌های مختلف در یک منظر، از انواع مختلف سیستم‌های آبیاری بهره گرفته شود (Brouwer و همکاران، ۲۰۰۱).

اصل ششم: استفاده از مالچ یا خاکپوش

هر ماده‌ای که سطح خاک را بپوشاند مالچ یا خاکپوش نام دارد. در اصطلاح مالچ به معنی پوششی است که می‌تواند برای حفاظت خاک بر روی زمین یا اطراف ریشه به کار رود (امیری، ۱۳۸۹). به طور کلی خاک‌پوش‌ها باعث کاهش تماس باد با خاک و کاسته شدن ضریب تبخیر (ضریب ET) از خاک می‌شوند (کافی، ۱۳۹۳). یک ناحیه مالچ‌پاشی شده به طور متوسط ۲۵ درصد رطوبت بیشتری در خاک خود داشته و ۷ درجه خنک‌تر از نواحی فاقد مالچ است (شکل ۳) (Kelly و همکاران، ۱۹۹۱).



شکل ۳- سطح رطوبت خاک مالچ پاشی شده در مقایسه با خاک بدون پوشش (Wade و همکاران، ۲۰۱۰)

شیوه عملکرد مالچ‌ها به واسطه کاهش تبخیر از سطح خاک و حفظ رطوبت در آن است که به کاهش آبیاری منجر می‌شود. به‌کارگیری لایه‌ای از خاکپوش به ضخامت ۵ تا ۷ سانتی‌متر، سبب جلوگیری از رشد علف‌های هرز، متعادل کردن درجه حرارت خاک و کاهش روند فرسایش آن، خواهد گردید. خاک‌پوش‌ها جایگزین مناسبی برای سطوح چمن کاری شده به حساب می‌آیند و موجب ارتقای ویژگی‌های بصری طرح خواهند شد (حیدری اصل و معروفی، ۱۳۹۵).

اصل هفتم: نگهداری مناسب منظر

در یک منظر موفق، نگهداری باید شرایط را به گونه‌ای ایجاد نماید که مانع افزایش تقاضای آب برای رشد گیاه شود. آبیاری مناسب، هرس به موقع، حذف علف‌های هرز، چمن زنی، کنترل آفات و بیماری‌ها عواملی هستند که یک منظر را همیشه سالم، زیبا و با طراوت نگه می‌دارد (Welsh، ۲۰۰۶). به صورت خلاصه نکاتی که در نگهداری منظرپردازی کم‌آب باید مورد توجه قرار بگیرند، عبارتند از:

- ۱- استفاده کمتر از کودهای شیمیایی
- ۲- جلوگیری از هرس بی اندازه گیاهان
- ۳- چمن‌زنی به موقع جهت صرفه‌جویی در مصرف آب
- ۴- توجه به علائم تشنگی گیاهان جهت تشخیص زمان آبیاری (Wade و همکاران، ۲۰۱۰)

• منظر با محوریت مصرف کم‌آب و ساماندهی فضاهای سبز شهری

در راستای اثر بخش بودن منظرپردازی کم‌آب، سه نمونه موفق در مقیاس‌های متفاوت از مناظر خرد اداری تا مناظر کلان شهری، بررسی شده است. این نمونه‌ها عبارتند از ۱- پروژه اداری شهری Rancho Mirage city ۲- دانشگاه کلرادو ۳- پروژه YARDX که در دست‌یابی به اقدامات و نتیجه موثر منظرپردازی کم‌آب در برابر خشکسالی و کاهش مصرف آب نقش اساسی ایفا می‌کنند. این پروژه‌ها به دلایل گوناگونی از جمله بازخوردهای مثبت در برابر کاهش مصرف آب و هزینه نگهداری مناظر، مشارکت عمومی و استفاده از ساختارها و روش‌های بومی و ... به عنوان نمونه موردی در این مقاله مورد توجه قرار گرفته‌اند.

۱- بررسی شواهد کاهش مصرف آب و رواناب‌ها (پروژه اداری شهری Rancho Mirage city)

پروژه اداری شهری Rancho Mirage city در ایالت کالیفرنیا قرار دارد که از نمونه‌های طراحی منظر در جهت حفظ پوشش گیاهی ارزشمند مکان موردنظر و کاهش مصرف آب با رویکرد منظرپردازی کم‌آب است. این سایت از نظر جغرافیایی در صحرای کلرادو قرار دارد که دارای آب و هوای خشک و رطوبت کم است و حداقل میزان بارش در حدود ۸۶ میلی‌متر در سال است. به‌سازی و برنامه‌ریزی مجدد سایت اداری-دولتی شهر رانکو میرج پروژه‌ای است که برنامه‌ریزان و طراحان این پروژه به‌دنبال راهکارهایی جهت سازگاری محیط و پایداری بوده‌اند. اهداف برنامه‌ریزی در این پروژه، کاهش مصرف آب و هزینه نگهداری از سایت بوده است. در این پروژه، پوشش گیاهی اولیه را می‌توان به دو دسته چمن و درختان دسته‌بندی کرد، که علاوه بر میزان مصرف زیاد آب، هرس و نگهداری توسط پنج گروه سه نفره، هفته‌ای سه بار انجام می‌شده است. اولین اقدام برای بومی‌سازی منظر، انتخاب گیاهان سازگار با بستر و حفظ گونه‌های ارزشمند سایت است که پس از اصلاح گونه‌های موجود،

نگهداری از سایت به دو الی سه نفر کاهش پیدا کرده است. به منظور کاهش تبخیر سطحی و کارآمدی آبیاری منظر، سیستم آبیاری قطره‌ای جایگزین سیستم سنتی قدیمی شده است. در این سیستم با تأمین تعداد نازل‌های کافی برای هر گیاه موجب کاهش ۸۰٪ مصرف آب در محوطه شده است. همچنین با استفاده از کفیوش‌های نفوذپذیر (متخلخل)، از ایجاد رواناب‌ها جلوگیری شده است. در پی اثرات موثر استفاده از گیاهان بومی در کاهش مصرف آب، مسئولان سایر ارگان‌ها در تلاش برای تشویق ساکنین شهر جهت استفاده از گیاهان مناسب و جایگزینی چمن در مناظر مسکونی هستند (صرامی، ۱۳۹۱).

۲- اصلاح، کاهش و آموزش مصرف آب (دانشگاه کلرادو)

در سال ۲۰۰۰ مرکز محیط‌زیست دانشگاه کلرادو، طرحی با عنوان «برنامه و طراحی برای یک باغ سبز» با تأکید بر حفاظت و پایداری از آب را تنظیم کرد. از جمله اهداف مهم این طرح را می‌توان حداقل تأثیر اقلیم بر طرح تا سال ۲۰۲۵، کاهش حداقل ۵٪ مصرف آب در یک دوره ۵ ساله، طراحی بدون آلودگی، ضایعات و اتلاف انرژی و کاهش تأثیرات نامطلوب اکولوژیکی در منظر نام برد، که در سه فصل اقلیم، بازیافت و آب ارائه شده است. اما آنچه در این پژوهش ارائه می‌شود راهبردها و اقدامات کاهش مصرف آب است. معمار منظر در راستای پاسخ به اهداف سایت چندین راهکار ارائه کرده است. کاهش مصرف آب به منظور آبیاری سایت یکی از اصلی‌ترین چالش‌های این پروژه است. باتوجه به شرایط آب و هوایی، منطقه از کمبود سالانه آب رنج می‌برد. در این راستا اولین اقدام معمار منظر، تهیه نقشه‌ای از نوع مصارف آب کاربری‌ها به تفکیک شرب و غیرشرب، تصفیه آب‌های بازیافتی و استفاده مجدد و تغییر در ساعات آبیاری با کمک سیستم هواشناسی موجود در سایت بود که در حدود ۵۰٪ از مصرف آبیاری سایت، کاهش پیدا کرد. دومین گامی که در راستای کاهش مصرف آب برداشته شد، حذف بخشی از سطوح چمن‌کاری بلااستفاده و جایگزینی آن با گیاهان خودرو بود. همچنین کاشت گیاهان سوزنی‌برگ بجای پهن‌برگ‌ها به دلیل هماهنگی با منظر اطراف سایت و همچنین میزان کمتر مصرف آب نسبت به پهن‌برگ‌ها، مورد توجه قرار گرفت. معمار منظر با استفاده از راهبردهای انتخاب گونه گیاهی مناسب و اصلاح سیستم آبیاری، توانست یک منظر کارآمد و پایدار را به نمایش بگذارد. موفقیت این پروژه توسط انستیتوی اسمیتز آئین با توجه به خلاقیت و تأثیرگذاری آن، به عنوان یک پروژه نمونه معرفی شده است (صرامی، ۱۳۹۱).

۳- مقایسه اثربخشی اصول منظرپردازی کم‌آب بر مناظر سنتی (پروژه YARDX)

در سال ۱۹۹۷ پروژه ملی YARDX با هدف دستیابی به میزان کارآمدی منظرپردازی کم‌آب، هزینه مصرف آب، اجرا و نگهداری سالانه مناظر سنتی و منظرپردازی کم‌آب، مورد مطالعه قرار گرفته است. این پروژه از سال ۱۹۹۷ آغاز شد و عملکرد آن تا سال ۲۰۰۲ بررسی شده است.

در این پروژه ۷ سایت با شرایط مختلف آب و هوایی و ویژگی‌های مختلف زیست‌محیطی انتخاب شده است. در هر یک از شهرها در یک یا چند منظر، منظرپردازی کم‌آب طراحی و اجرا شده است. ۳۷۵ سایت مسکونی مطالعه شده است. برای ارزیابی میزان صرفه‌جویی در مصرف آب و هزینه‌های نگهداری سالانه، سایت‌های جدید و سایت‌های مناظر سنتی، مورد بررسی قرار گرفته‌اند. مهم‌ترین چالش‌ها در اجرای این پروژه، آموزش شرکت‌کنندگان و اجرای منظرپردازی کم‌آب به‌خاطر فشرده‌بودن زمان‌بندی، بوده است. در حالی که زمان اجرای منظرپردازی کم‌آب یک فرآیند نسبتاً طولانی بوده است، اما هزینه‌های اجرا به‌طور متوسط ۰/۹ تا ۱/۴۵ دلار در هر فوت مربع بود و هزینه نگهداری سالانه متوسط از ۰/۳۴ تا ۱/۳۳ دلار در هر فوت مربع به‌ازاء هر ساعت، ۱۸ دلار دستمزد گزارش شده است. به‌طور کلی هزینه نگهداری منظرپردازی کم‌آب در طول سال‌های اولیه بسیار کمتر از مناظر سنتی است و در بلندمدت نیز گیاهان، طول عمری بیشتر داشته‌اند. در منظرپردازی کم‌آب اجرا شده، میزان ذخیره آب از ۱۸٪ به ۵۰٪ افزایش پیدا کرده است. اما آنچه از نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت به میزان ۳۰٪ صرفه‌جویی در مصرف آب موثر بوده است. این میزان از صرفه‌جویی در مصرف آب برابر است با طراحی حدود ¼ مساحت زمین‌های انتخابی پروژه با رویکرد منظرسازی کم‌آب و بیش از ½ مساحت هر سایت که با چمن‌های سنتی پوشیده شده است. برای افزایش صرفه‌جویی در مصرف آب باید تناسب $\frac{1}{3}$ ، $\frac{1}{3}$ ، $\frac{1}{3}$ (منظرپردازی کم‌آب، چمن سنتی، فضاهای بلااستفاده) در نظر گرفته شود. این پروژه در سال ۲۰۰۲ به اتمام رسید و در انتها یک نظرسنجی برای تمام شرکت‌کنندگان ارسال شد تا نگرش خود در مورد هزینه سالانه را اعلام کنند. صاحبان منظرپردازی کم‌آب احساس رضایت داشتند که زمان کمتری برای نگهداری منظر صرف می‌کنند، YARDX نشان داد اگر منظرپردازی کم‌آب به درستی اجرا شود، بسیار سودمند است. این گزارش سندی بر اهمیت منظرپردازی کم‌آب و جایگزینی آن با مناظر مصرف سنتی است (YARDX، ۲۰۰۴).

بحث و یافته‌ها

• استخراج استراتژی‌های طراحی در منظرپردازی کم‌آب در راستای کاهش مصرف آب

امروزه فضاهای سبز سازگار با توجه به شرایط اقلیمی کشور، در هیچ شهری وجود ندارد. براساس نمونه‌های منتخب می‌توان راهکارهایی برای طراحی مناظر در جهت کاهش مصرف آب ارائه کرد. از مهم‌ترین عوامل آن‌ها می‌توان به نوع و محل کاشت گیاهان و نوع سیستم آبیاری اشاره کرد. در مقاله حاضر چند پیشنهاد و راهکار برای دستیابی به منظر با مصرف کم‌آب و هزینه کمتر نگهداری، به صورت مختصر شرح داده می‌شود:

نتیجه‌گیری

میزان مصرف آب و سبزی‌نگی با توجه به نوع اقلیم گرم و خشک کشور به عنوان یکی از اصلی‌ترین دغدغه‌ها در طراحی فضاهای سبز شهری است. با توجه به طرح‌ها و برنامه‌های متعددی مانند ممنوعیت کاشت چمن، الگوی مصرف آبیاری مناظر یک مسأله محسوب می‌شود. از این رو بررسی نمونه‌های موردی موفق در سطح جهانی و استفاده از تجربیات آن‌ها می‌تواند در برنامه‌ریزی و طراحی فضاهای سبز شهری کمک شایانی کند. با توجه به یافته‌ها می‌توان به این نتیجه رسید که اصول منظرپردازی کم‌آب نسبت به اصلاح الگوی کاشت فضای سبز شهری، قابلیت برنامه‌ریزی و طراحی داشته و در کاهش مصرف آب تأثیر مستقیم خواهد داشت. همچنین در پاسخ به سوال تحقیق، مجموعه راهکارهای ارائه شده در طراحی منظر جهت کاهش مصرف آب موثر خواهند بود. توجه به ذخیره و کاهش مصرف آب به دقت در انتخاب نوع گیاهان برای فضای سبز می‌انجامد. انتخاب گونه مناسب علاوه بر تعدیل اثرات منفی هدر رفت آب، عمر مفید منظر را افزایش می‌دهد و هزینه نگهداری و باز طراحی را نیز کاهش می‌دهد. کاهش میزان مصرف آب به عوامل مختلفی بستگی دارد، سایه‌اندازی علاوه بر کاهش دمای محیط، موجب کاهش تبخیر سطحی در فصول گرم می‌شود که با محل کاشت گیاهان رابطه مستقیم دارد. حفظ گونه‌های سازگار، کاشت گیاهان در زون‌های مصرفی مشابه، علاوه بر کاهش هزینه نگهداری منظر در انتخاب نوع سیستم و زمان آبیاری گیاهان کمک می‌کند و موجب کنترل و کاهش حدود ۵۰٪ آبیاری روزانه خواهد شد. مصالح متخلخل و نفوذپذیر، باعث کاهش سیلاب‌ها شده در نتیجه موجب حفظ رطوبت مناسب در خاک و کاهش میزان مصرف آب می‌شوند. مجموعه عوامل ذکر شده در مرحله برنامه‌ریزی و طراحی مناظر در مقیاس خرد و سپس فضاهای سبز در سطح کلان می‌تواند در تعدیل کاهش مصرف آب و ارائه منظر کارآمد و سرسبز کمک کند.

پی‌نوشت

I-Secondary research methods

منابع

امیری، ف. ۱۳۸۹. بررسی اثرات خاک‌پوش چوب‌های نارون و زبان گنجشک بر تعدادی از شاخص‌های رشد گیاهان آهار و شاهپسند و خصوصیات خاک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی اصفهان. اصفهان.

بهرامی، ف. و همتی، م. ۱۳۹۹. منظر تاب‌آور: مفهومی غیرمنظری،

- بررسی گونه‌های موجود در سایت: پوشش گیاهی موجود در سایت مانند درخت‌ها، درختچه‌ها و پوشاننده‌ها باید بررسی شوند و در صورت مناسب بودن و سازگاری کافی با خرد اقلیم سایت و همچنین مصرف کم‌آب و کارآمد بودن نسبت به کاشت‌های آینده، حفظ شوند.

- بهره‌مندی مناسب از سایه: یک فضای سبز با بهره‌مندی از سایه خنک‌تر از سطوح در معرض تابش مستقیم آفتاب است. سطوحی که در معرض تابش مستقیم هستند به گیاهان مقاوم‌تری در برابر خشکی نیازمند هستند و همچنین به علت از دست دادن رطوبت سطح خاک، به آبیاری بیشتری نیاز دارند. سایه علاوه بر حفاظت از رطوبت خاک، از تشدید حرارت سطوح مسیرها جلوگیری می‌کند و بهره‌مندی از سایه در هزینه نگهداری و مصرف بهینه آب، راهکاری مناسب است. استفاده صحیح از سایه در منظر به دو عامل انتخاب گونه مناسب و مکان‌یابی درست وابسته است. میزان آسایش انسان نتیجه جانمایی و انتخاب گونه مناسب درختان در مناظر شهری است. با توجه به نوع عملکرد سایت‌های طراحی، علاوه بر کاشت درختان می‌توان با داربست‌ها، گیاهان رونده، آلاچیق‌ها و ... در فضاهای سبز از سایه بهره‌مند شد.

- انتخاب زمان و روش آبیاری مناسب: زمان انتخابی در آبیاری منظر با توجه به میزان تبخیر سطحی در ساعات مختلف شبانه‌روز می‌تواند در میزان مصرف آب موثر باشد. همان‌گونه که طرح کاشت گیاهان را بر اساس نیاز آبی دسته‌بندی می‌کنیم، در خصوص انتخاب سیستم آبیاری نیز چنین دیدگاهی باید در نظر گرفته شود و سطوح چمن‌کاری باید به صورت مجزا از سایر گیاهان آبیاری شوند. زون‌های کم‌مصرف می‌تواند با کمک سیستم‌های موقت و دستی، آبیاری شوند و برای زون‌های پرمصرف سیستم آبیاری دائمی و یا سیستم‌های کنترل‌کننده در نظر گرفته شود.

- انتخاب گونه گیاهی بر اساس شکل ظاهری آن‌ها: در انتخاب گیاه علاوه بر سازگاری با شرایط فیزیکی و زیست‌محیطی، باید اطلاعاتی در خصوص ارتفاع و قطر تاج آن‌ها در حالت بلوغ داشت تا رعایت اصول فاصله‌گذاری در کاشت گیاهان باعث شود گیاهان بدون در هم تنیدن به فرم مطلوب خود در دوران بلوغ و رشد برسند. زیرا کاشت گیاه با فاصله کم باعث تنش‌های مصرف آب در آن‌ها می‌شود. در هنگام انتخاب گیاه بهتر است به اندازه، شکل و فرم نهایی درختان و درختچه‌ها توجه شود تا نیاز به هرس و تغییر شکل نباشد.

- استفاده از مصالح نفوذپذیر: سطوح مسیرهای (سخت) منظرها باید به گونه‌ای انتخاب شوند که دارای خلل و فرج باشند و باعث گذر و نفوذ آب‌های سطحی ناشی از بارش و آبیاری گیاهان به زمین باشد و از جاری شدن آب‌ها بر روی سطح جلوگیری کند. از مزایای استفاده از این مواد می‌توان به کاهش و جلوگیری از سیلاب‌ها در مسیرها و همچنین بازگرداندن آب در چرخه و تغذیه آب‌های زیرزمینی اشاره کرد. نفوذپذیری علاوه بر آنکه موجب حفظ رطوبت خاک می‌شود، منجر به خنک شدن سطوح در فصل‌های گرم هم می‌شود.

- Wade GL., Midcap JT., Coder KD., Landry GW., Tyson AW. and Weatherly Jr N. 2010. Xeriscape. a guide to develop a water-wise landscape. Bulletin, 1073, University of Georgia. USA.
- Welsh D.f. 2006. Xeriscape North Carolina, National Xeriscape Council, Inc. <https://files.nc.gov>.
- Medina J.G. and Gumper J. 2004. YARDX (Yield and Reliability Demonstrated in Xeriscape). Final report. Metro Water Conservation. Incorporated (MWCI).
- Welsh D.F., Welch W.C. and Duple, R.L. 2007. Xeriscape, Landscape Water Conservation. Available electronically from <https://hdl.handle.net/1969.1/87749>.
- Wright Water Engineers, Inc. 2008. Green Industry Best Management Practices for the Conservation and Protection of Water Resources in Colorado – Moving Towards Sustainability. Denver: GreenCO.
- Rayno V. 2014. The Water Efficient Landscape – a first guide for designing water-wise gardens in the piedmont region of North Carolina. Swedish University of Agricultural Sciences.
- Baker A.E. 2004. Effects of residential xeriscape conversions on property values: A baseline case study. UNLV Theses, Dissertations, Professional Papers, and Capstones. 191.
- Kelly J., Haque M., Shuping D. and Zahner j. 1991. Xeriscape: landscape water conservation in the southeast. Clemson university, 37p.
- Ingels J.E. 2004. Landscaping: principles and practices (6th ed). USA: Thomson Delmar Learning.
- Christensen, A. J. 2005. Dictionary Of Landscape Architecture And Construction. United States of America, Publisher, McGraw Hill; 1st edition.
- Todd Whitman c. 2002. Water-Efficient Landscaping: Preventing Pollution & Using Resources Wisely. United States Environmental Protection Agency (4204M). Washington, DC.
- Kishore. B. and Anitha K. 2021. Xeriscaping (Low Water USA Landscaping). Agriallis, Science for Agriculture and Allied Sector, 3(7): 37-42. Article Id: AL202175.
- بررسی و ارزیابی تعریف موجود در حوزه تاب‌آوری منظر، مرور فشرده ادبیات نظری. نشریه علمی منظر، ۱۲(۵۰): ۴۰-۴۹.
- حکمتی، ج. ۱۳۸۹. مهندسی فضای سبز: طراحی پارک‌ها و ویلاها. انتشارات سپهر. چاپ اول. تهران. ایران.
- حیدری اصل، ع. و معروفی، ع.ر. ۱۳۹۵. گسترش فضای سبز شهری در مناطق کم‌آب بر اساس ایده خشک منظر (Xeriscape). فصلنامه علمی تخصصی معاونت مهندسی ناچا، ۹(۳۰): ۴۴-۶۵.
- خویلو، ر. ۱۳۸۹. باغبانی در مناطق کم‌آب به زبان ساده، انتشارات علم کشاورزی ایران. چاپ اول. تهران. ایران.
- رمضانی، ن. و حبیبی، ا. ۱۴۰۰. نسبت عمل زیبایی اکولوژیکی و طراحی حساس به آب در منظر. نشریه علمی منظر، ۱۳(۵۵): ۴۲-۵۳.
- صرامی، ج. ۱۳۹۱. طراحی محیط و منظر مناطق خشک بر مبنای رویکرد زیرسکپینگ (منظرسازی کم‌نیاز به آب) و بومی‌سازی بر اساس شرایط طبیعی و فرهنگی کشور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران. تهران.
- قیاسی، م.، شیبانی، م.، حبیبی، ا. و گلی، ع. ۱۳۹۸. خشکی و منظر ارزیابی شاخص‌های منظرین در بسترهای خشک. نشریه علمی منظر، ۱۱(۴۹): ۱۴-۲۵.
- کافی، م. ۱۳۹۳. منظرپردازی خشک، بازخوانی یک سنت در هنر باغسازی ایران. نشریه علمی منظر، ۶(۲۶): ۱۲-۱۷.
- ناصری، ح.ر. ۱۳۹۵. بهینه‌سازی مصرف آب در فضاهای سبز شهری با رهیافت منظرسازی کم‌نیاز به آب (Xeriscape). مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، شهرداری تهران.
- A.AlHalim D.W. 2020. Xeriscape as an Approach to Save Water in Landcape Projects. JES. Journal of Engineering Sciences, 48(2): 287-301.
- Cinar H.S. and Guzel M. 2020. Investigation on Rational USA of Water in a Palace Garden: A Case of Dolmabahace Palace (Mabeyn Garden). Fresenius Environmental Bulletin, 29(8): 6469-6478.
- CU environmental Center. 2009. Blueprint For a Green Campus. Colorado University. USA.
- Brouwer C., Prins K., Kay M. and Heibloem M. 2001. Irrigation Water Management Training manual no 5: Irrigation Methods. FAO Land and Water Development Division.
- Knopf J. 1991. The Xeriscape Flower Gardener: A Water-wise Guide for the Rocky Mountain Region, Johnson Books. London.
- Sovocool K.A. 2005. Xeriscape Conversion Study, Final Report. Southern Nevad Water Authority. USA. Retrieved from www.SNWA.com.