



## آب خاکستری؛

# جایگزینی پایدار در بحران کم آبی شهرها و روستاها



شناسه طرح:  
CUR-T07-99

تهیه و تدوین:  
سید عارف موسوی  
محمد مهدی متوسلی  
سما فرجی

ناظر:  
معاونت پژوهشی

بهره برداری:  
شهرداری‌ها و دهیاری‌های  
کشور

تاریخ انتشار:  
۱۳۹۹/۰۳/۲۴



[ssafta.imo.org.ir](http://ssafta.imo.org.ir)

## فهرست مطالب

مقدمه	۴
منابع آب و بحران آب در ایران	۴
مفهوم و تعریف آب خاکستری	۵
ماهیت آب خاکستری	۶
منابع آب خاکستری	۸
روش های استفاده از آب خاکستری	۹
موارد مصرف آب خاکستری	۹
اهمیت و مزایای بازیافت آب خاکستری	۱۱
مرور تجارب جهانی در زمینه استفاده از آب خاکستری	۱۲
اهمیت و مزایای بازیافت آب خاکستری در ساختمان ها	۱۳
فواید و مزایای بهره گیری از آب خاکستری در شهرداری ها و دهیاری ها	۱۴
امکان سنجی استفاده از سیستم آب خاکستری در شهرها و روستاها	۱۵
جمع بندی و ارائه پیشنهادات بهره گیری از آب خاکستری در مدیریت شهری و روستایی	۱۶
منابع	۱۸

## مقدمه

دسترسی به آب شیرین یکی از مهم ترین موضوعات حیات بشری است اما مطابق برآوردهای جهانی ظرف پنجاه سال آینده شمار روزافزونی از مناطق جهان با بحران کمبود آب مواجه خواهند شد. این موضوع توجه جهانیان را به خود معطوف ساخته است به طوری که در دستور کار کنفرانس محیط زیست و توسعه (۱۹۹۲)، "آب به عنوان عامل کلیدی در توسعه پایدار" شناخته شد.

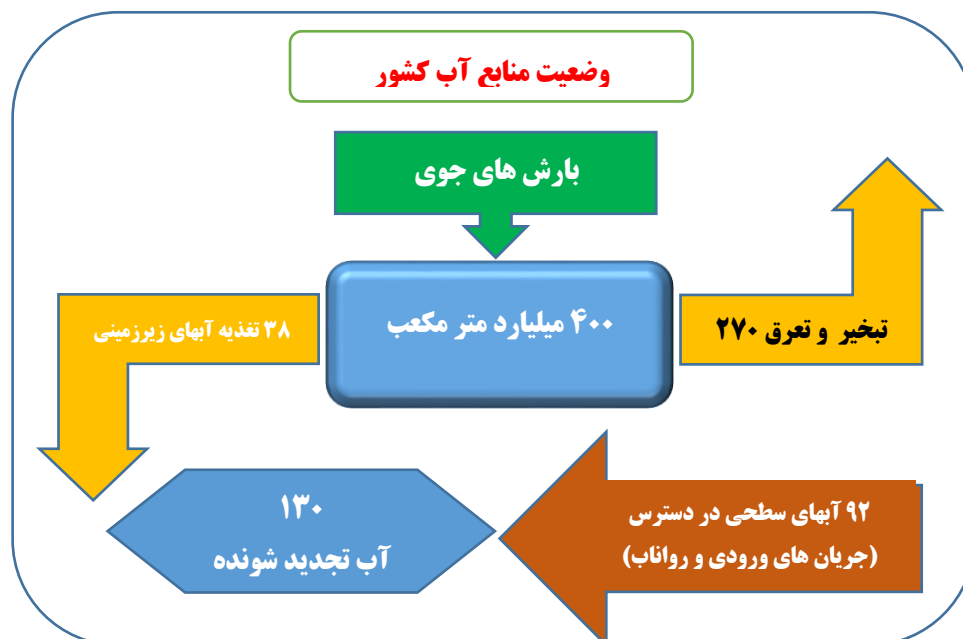
اهداف و برنامه های مربوط به توسعه پایدار، با تمرکز بر مدیریت منابع طبیعی، به دنبال شناخت و برطرف کردن نیاز نسل های آینده است. مشکلات جهانی به دلیل محدودیت دسترسی همیشگی به منابع آب سالم و مناسب شرب و بهداشتی به خصوص در مناطق خشک و کم باران، دولت ها را به چاره اندیشی و بهره مندی از منابع جایگزین آب تازه و همچنین توسعه استراتژی های بازیافت هدایت کرده است. یکی از مهم ترین جایگزین ها برای محدودیت منابع آب، آب خاکستری<sup>۱</sup> است. در این گزارش به اهمیت و ضرورت، مفاهیم و روش های بهره برداری از این نوع آب ها در شهرها و روستاها پرداخته شده است.

## منابع آب و بحران آب در ایران

وضعیت منابع آبی ایران به طور خاص، موضوع بحث و بررسی بسیاری از مسئولان حوزه آب کشور می باشد و نگرانی های ناشی از بحران آب، دغدغه اصلی برنامه ریزی های سال های اخیر در این حوزه بوده است. ایران کشوری با اقلیم عمدتاً گرم و خشک است. رشد سریع جمعیت مهم ترین عامل کاهش سرانه آب تجدید شونده کشور در قرن گذشته بوده است. جمعیت ایران در طی این هشت دهه، از حدود ۸ میلیون نفر در سال ۱۳۰۰ به ۸۳ میلیون نفر تا پایان سال ۱۳۹۸ رسیده است. بر این اساس میزان سرانه آب تجدیدپذیر سالانه کشور از میزان حدود ۱۳۰۰۰ متر مکعب در سال ۱۳۰۰ به حدود ۱۴۰۰ متر مکعب در سال ۱۳۹۲ تقلیل یافته و در صورت ادامه این روند، وضعیت در آینده به مراتب بدتر خواهد شد.

منابع آب تجدیدپذیر کل ایران به ۱۳۰ میلیارد متر مکعب بالغ می گردد. **با توجه به میزان منابع آب و سرانه مصرف، ایران از جمله کشورهایی است که در گروه کشورهای مواجه با کمبود فیزیکی آب قرار دارد. این بدان معناست که حتی با بالاترین راندمان و بهره وری ممکن در مصرف آب، این کشورها برای تأمین نیازهایشان آب کافی در اختیار نخواهند داشت. حدود ۲۵ درصد مردم جهان از جمله ایران مشمول این گروه می باشند ( مرکز آمار ایران، ۱۳۹۷).**

## آب خاکستری؛ جایگزینی پایدار در بحران کم آبی شهرها و روستاها



نمودار ۱- وضعیت منابع آب کشور

برای جلوگیری از رسیدن به سطح کم آبی باید طرح جامع منابع آبی را در صدر برنامه مدیریتی خود قرار داد که شامل برنامه کارآمدی برای استفاده مجدد از آب هم باشد. لذا به کارگیری طرح جامع پایدار مدیریت آب همراه با برنامه استفاده مجدد از آب با توجه به موارد زیر، هر کشور را قادر می‌سازد تا به صورت بالقوه منابع آب تجدیدپذیر را گسترش دهد:

- جایگزین کردن فاضلاب تصفیه شده برای فعالیتهایی که شامل استفاده انسانی نمی‌شوند (مثلا استفاده مجدد به عنوان آب غیرشرب یا مصارف خانگی)
- مدیریت بهینه خروجی‌های فاضلاب به محیط زیست و پیروی از مقررات محیط زیستی.
- تقویت منابع موجود و فراهم کردن منابع دیگری برای آب شرب و مصارف خانگی به منظور کمک به حال حاضر و آینده.

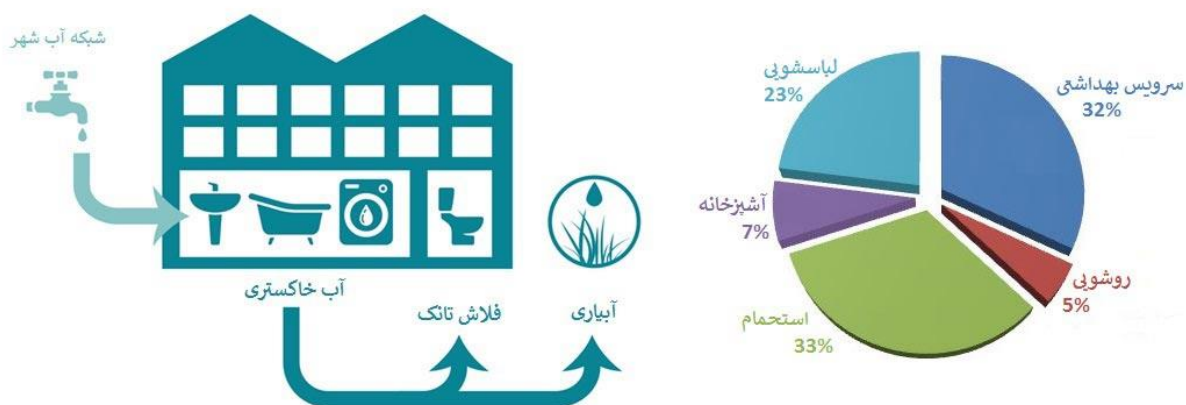
در سال‌های اخیر برای مواجهه امن با چالش‌های کمبود آب در آینده، تلاش‌های بسیاری از سوی دانشمندان حوزه آب صورت گرفته است و یکی از مهم‌ترین حوزه‌های مورد بحث، بازیابی و استفاده از آب خاکستری می‌باشد. مطابق با بیانیه سازمان ملل در روز جهانی آب به تاریخ ۲۲ مارس ۲۰۱۷ میلادی، "فاضلاب باید به عنوان منبعی ارزشمند شناخته شود" (UN, 2017).

### مفهوم و تعریف آب خاکستری

دسته‌بندی‌های متعددی در خصوص فاضلاب‌ها وجود دارد یکی از این دسته‌بندی‌ها، دسته‌بندی فاضلاب‌ها به دو گروه فاضلاب سیاه و فاضلاب خاکستری (آب خاکستری) می‌باشد. فاضلاب سیاه، نام دیگر فاضلاب است که به طور خاص تاکید بر وجود فضولات انسانی و حیوانی دارد. به عبارت دیگر این نوع فاضلاب، خروجی ناشی از توالت‌ها را در بردارد و حاوی پاتوژن‌ها و مواد میکروبی و باکتریایی می‌باشد.

## آب خاکستری؛ جایگزینی پایدار در بحران کم آبی شهرها و روستاها

در مقابل فاضلاب سیاه، فاضلاب خاکستری قرار دارد که مفهومی است که در سال های گذشته بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. فاضلاب خاکستری، فاضلابی است که خروجی توالت را در بر نداشته و عاری از هرگونه فضولات انسانی می باشد. در واقع فاضلاب خاکستری که به دلیل شباهت بیشتر به آب، آب خاکستری نیز نامیده می شود که پساب ناشی از فعالیت های مربوط به شستشو و بهداشت را در برمیگیرد. مبدا تولید کننده این فاضلاب، روشویی، ماشین لباسشویی و ظرفشویی، حمام و وان حمام و در برخی تعاریف پساب خروجی آشپزخانه می باشد.



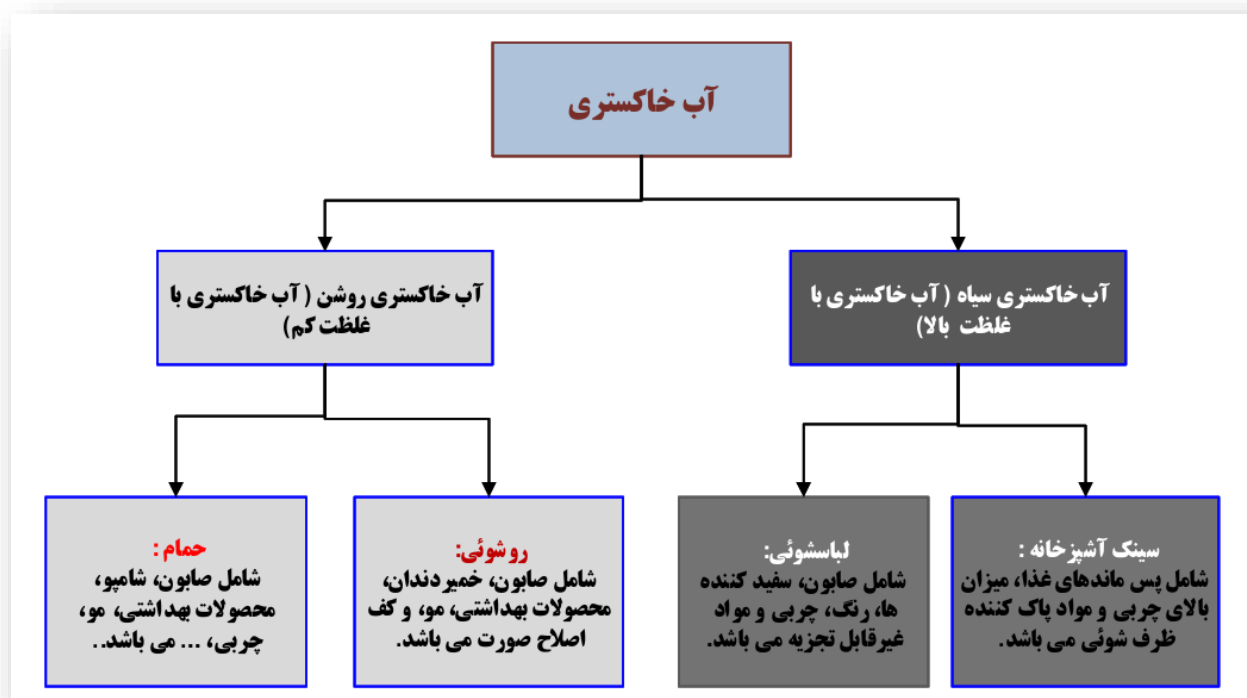
نمودار ۲- درصد مصارف آب و فرایند تبدیل آب خاکستری

بر اساس تعریف جهانی به همه پساب های تولید شده در خانه به جز فاضلاب توالت، آب خاکستری گفته می شود. آب خاکستری خود به دو دسته آب خاکستری روشن و آب خاکستری تیره تقسیم می شود که دسته اول مربوط به پساب ناشی از حمام و روشویی و دسته دوم شامل پساب ناشی از آشپزخانه و ماشین لباسشویی و ظرفشویی می شود. اگرچه برخی کشورها، پساب ظرفشویی (آشپزخانه) را بدلیل وجود چربی، روغن و شوینده ها آب خاکستری تلقی نمی کنند.

### ماهیت آب خاکستری

ماهیت آب خاکستری که استحصال شده از فعالیت های معمول روزانه نظیر رختشویی، شستشوی ظروف و حمام کردن است، از مواد شیمیایی و دترجنت ها می باشد. آب خاکستری، تفاوت هایی با آب سیاه (گندآب فاضلابی) دارد. در واقع میزان میکروب ها و مواد خطرناک آن به مراتب کمتر بوده و به عنوان مثال آمونیاک در آب خاکستری حدود ۱۰ / ۱ آب سیاه است. همچنین پاتوژن ها و میکروارگانیسم های کمتری در آب خاکستری یافت می شوند و مقدار کم موجود هم حاصل شستن میوه یا دست های آلوده در روشویی می باشد. پاتوژن ها در فاضلاب از سه منبع آلودگی مدفوعی، پاتوژن های خارج شده از دهان و بینی و شستن مواد غذایی آلوده تشکیل می شوند. آب خاکستری دارای مقدار اندکی پاتوژن های مدفوعی است. همچنین آب خاکستری نیتروژن کمتری نسبت به آب سیاه دارد. نیتروژن موجود در فاضلاب از فاضلاب سرویس های بهداشتی حاصل می شود که بر روی منابع آب آشامیدنی اثر سوئی می گذارد و همچنین آب خاکستری نسبت به فاضلاب سیاه سریع تر تجزیه می شود.

## آب خاکستری؛ جایگزینی پایدار در بحران کم آبی شهرها و روستاها



نمودار شماره ۳- انواع آب خاکستری

عوامل زیر بر ویژگی های کیفی آب خاکستری اثرات مستقیم دارند:

- منشاء آب خاکستری؛
- نوع محل تولید؛
- تفاوت های فرهنگی و سبک زندگی؛
- ویژگی های اقلیمی و محیطی؛
- کیفیت آب آشامیدنی.

همچنین بازیابی آب خاکستری برای دستیابی به منافع زیر انجام می شود:

- کاهش نیاز به آب آشامیدنی؛
  - کاهش میزان پساب؛
  - کمک به آبیاری فضای سبز.
- مخاطرات اصلی بازیابی آب خاکستری عبارتند از:
- خطر بهره برداری غیر اصولی از سیستم بازیابی آب خاکستری و ایجاد مخاطرات بهداشتی و زیست محیطی در صورت رعایت نکردن اصول بازیابی
  - هزینه های اولیه اجرای سیستم بازیابی آب خاکستری و الزامات خاص در لوله کشی ساختمان؛

## منابع آب خاکستری

مطابق برآوردهای صورت گرفته، هر فرد در طول روز ۸۰ تا ۲۰۰ لیتر در شبانه روز فاضلاب تولید می کند. این میزان در اجتماعات مختلف تابع عوامل متنوعی نظیر فرهنگ مصرف آب، سطح بهداشت اجتماعی، شرایط اقلیمی و غیره می باشد. از این میزان، در حدود ۷۰ درصد از فاضلاب تولیدی را آب خاکستری تشکیل می دهد.

در حالت کلی، در مصارف خانگی سه منبع اصلی برای آب خاکستری وجود دارد:

- **آب خاکستری حمام (دوش و وان):** تقریباً ۵۵٪ از کل مقدار آب خاکستری را در برمی گیرد. آب خاکستری حمام می تواند حاوی مو، صابون، شامپو، خمیر دندان، کرک و پرز، رنگ مو، چربی بدن، روغن و مواد شوینده باشد. همچنین آلودگی های پوستی (ویروس و باکتریها) که از شستن بدن حاصل می شود، نیز در آن وجود دارد.

- **آب خاکستری لباسشویی و روشویی:** تقریباً ۳۴٪ از کل مقدار آب خاکستری را در برمی گیرد. آب خاکستری لباسشویی می تواند حاوی آلودگی هایی نظیر باکتری ها و ویروس ها، کرک و پرز، روغن ها، چربی، مواد شیمیایی، صابون، مواد مغذی و ... باشد.

- **آب خاکستری آشپزخانه:** تقریباً ۱۱٪ از کل آب خاکستری را شامل می شود. فاضلاب آشپزخانه می تواند توسط ذرات غذا، روغن پخت و پز، چربی، دترجنتها و مواد تمیز کننده از قبیل پودر ماشین ظرفشویی آلوده شود. دترجنتها و مواد تمیز کننده دارای خاصیت قلیایی بوده و حاوی مواد شیمیایی هستند که به خاک، گیاهان و آبهای زیرزمینی صدمه میزنند. به همین دلیل آب خاکستری حاصل از آشپزخانه (ظرفشویی) در برخی مناطق جهان جزء منابع آب خاکستری تلقی نمی شود.

با توجه به میانگین بُعد خانوارها در تهران که ۳ نفر می باشد، میزان تولید آب خاکستری در هر خانوار به طور میانگین ۴۲۰ لیتر در روز می باشد. در نتیجه حجم سالانه برای هر خانواده، ۱۵۳ مترمکعب می باشد که به دلیل نبود قوانین الزام آور و فقدان زیرساخت های شهری و اجتماعی، از چرخه مصرف خارج شده و علاوه بر آن هزینه های جمع آوری و دفع فاضلاب را در سیستم های شهری افزایش می دهد (شرکت آب و فاضلاب شهری استان تهران، ۱۳۹۷).



تصویر شماره ۱- مقایسه ظاهری آب پاک، آب خاکستری و آب سیاه

## روش‌های استفاده از آب خاکستری

آب خاکستری را متناسب با محل مورد مصرف، شرایط استفاده و درجه اهمیت میزان آلاینده‌های آن، از سه طریق می‌توان استفاده کرد.

- اگر مصرف بلافاصله پس از جمع‌آوری آب خاکستری باشد (مثلا برای فلاشینگ)، نیاز به تصفیه آن نیست. این روش ساده‌ترین و ارزان‌ترین و البته پرکاربردترین روش جمع‌آوری و مصرف آب خاکستری در جهان می‌باشد که برای مقادیر کم آن کاربرد دارد. آب خاکستری حاصل از این روش که غالبا از خروجی ناشی از روشویی استفاده می‌شود برای مصارف آبیاری و نظایر آن مناسب نمی‌باشد.
- در صورتی که نیاز به یک مرحله تصفیه مقدماتی باشد، می‌توان از صافی‌های موجود در بازار برای کاهش آلاینده‌های آب خاکستری استفاده کرد. این تصفیه، به تصفیه فیزیکی شناخته می‌شود. با این وجود در صورت نگهداری پساب به مدت طولانی، امکان ایجاد بوی نامطبوع و رشد میکروارگانیسم‌ها به دلیل وجود مواد مغذی در مخزن نگهداری آب خاکستری محتمل است.
- سومین روش که کامل‌ترین روش بازیافت آب خاکستری محسوب می‌شود، به کارگیری سیستم‌های تصفیه خانگی می‌باشد. این سیستم‌ها که به "پکیج تصفیه آب خاکستری" موسوم‌اند، کامل‌ترین عملیات تصفیه را بر روی آب خاکستری انجام داده و پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آن را به میزان استاندارد تعیین شده در آئین‌نامه‌های اداره محیط زیست می‌رسانند. این آب، برای تمامی مصارف غیرشرب در ساختمان، به‌خصوص آبیاری فضای سبز که بدلیل وجود مواد مغذی همچون فسفر و نیترات موجب بهبود رشد گیاهان می‌شود، مناسب می‌باشد. این سیستم‌ها به دلیل طراحی ویژه برای مناطق مسکونی، قابلیت نصب و راه‌اندازی در هر شرایطی را دارند و چون امکان دفن در زمین دارند، کمترین میزان اشغال فضا را به همراه خواهند داشت. پساب تصفیه شده در صورت بازدیدهای دوره‌ای و کسب اطمینان از صحت عملیات پکیج، قابلیت نگهداری در دراز مدت را خواهد داشت.

## موارد مصرف آب خاکستری

- به کارگیری جهت مصرف فلاش تانک‌ها، برج‌های خنک‌کننده، آبیاری فضای سبز، دیوار سبز، روف گاردن، محوطه شویی و سایر مصارف غیر شرب ساختمان (برای مجتمع‌های مسکونی و یا ساختمان‌های بلند استفاده از این سیستم می‌تواند در کاهش مصرف آب مجموعه تا ۶۵ درصد کاهش ایجاد کند).



## آب خاکستری؛ جایگزینی پایدار در بحران کم آبی شهرها و روستاها

- در ساختمان های بلندتر از ۵ طبقه می توان از این آب برای استفاده در سیستم اطفای حریق استفاده کرد و



تصویر شماره ۲- فرایند تبدیل مجدد آب خانگی از طریق آب خاکستری

این طریق نه تنها کاهش مصرف را به دنبال دارد بلکه توانایی در دسترس قرار دادن سیستم های امنیتی را نیز افزایش می دهد.

- برای صنایع گوناگونی همچون ماسه شویی، برش های آبی (واتر جت)، اختلاط بتن و دیگر صنایع مرتبط با آب می توان از طریق قرار دادن لایه های فیلتر مناسب میزان سختی آب و PH آب را به حد مورد نیاز آن صنعت تبدیل کرد و از این طریق استفاده آب را در صنایع بهبود بخشید و راندمان صنایع را بهبود بخشید.
- می توان از طریق جمع آوری و در اختیار قرار دادن آب خاکستری برای سازنده های ساختمان های بتنی آب خاکستری را برای عمل آوری بتن استفاده کرد چرا که آب مصرفی در این فرایند از حجم بالایی برخوردار است. کیفیت آب مصرفی در بتن بایستی بر اساس ضوابط و معیارهای مقررات ملی ساختمان باشد.
- استفاده از آب خاکستری در کارواش ها نیز می تواند کمک چشمگیری به کاهش مصرف آب کند و با استفاده از این سیستم میتوان هزینه آب را در کارواش ها تا حدود ۸۰٪ کاهش داد و اجرای این سیستم در کارواش ها می تواند کمک به سزایی به افزایش راندمان آن ها کند.
- به دلیل مواد مغذی موجود در آب خاکستری همچون فسفات و نیترات، منبع مناسبی برای آبیاری محصولات کشاورزی می باشد.

## اهمیت و مزایای بازیافت آب خاکستری

اجرای طرح‌های بازیافت آب خاکستری در ساختمان‌ها، بخشی از اهداف معماری پایدار محسوب می‌شود. معماری پایدار یا طراحی سبز که به آن طراحی پایدار یا طراحی بوم‌شناختی (ecological) هم گفته می‌شود، که اصول پایداری بوم‌شناختی، اقتصادی و اجتماعی را رعایت می‌کند.

هدف از طراحی بناها با توجه به اصول پایداری و بوم‌شناختی، کاهش اتلاف انرژی و آلودگی محیط زیست است. معماری پایدار، زیرمجموعه طراحی پایدار و یکی از تحولات مهم معماری معاصر و واکنشی بشردوستانه در برابر بحران‌های عصر صنعت است. معماری پایدار که در واقع زیرمجموعه طراحی پایدار است را شاید بتوان یکی از جریان‌های مهم معاصر به حساب آورد که عکس‌العملی منطقی در برابر مسائل و مشکلات عصر صنعت به شمار می‌رود. برای مثال، ۵۰ درصد از ذخایر سوختی در ساختمان‌ها مصرف می‌شود که این به نوبه خود منجر به بحران‌های زیست‌محیطی شده و خواهد شد. بنابراین، ضرورت ایجاد و توسعه هرچه بیشتر مقوله پایداری در معماری بخوبی قابل مشاهده است. معماری پایدار، مانند سایر مقولات معماری، دارای اصول و قواعد خاص خود است و این سه مرحله را در برمی‌گیرد:

### ۱- مرحله صرفه جویی در منابع (Economy of Resources)

این اصل از یک سو به بهره‌برداری مناسب از منابع و انرژی‌های تجدیدناپذیر مانند سوخت‌های فسیلی، در جهت کاهش مصرف می‌پردازد و از سوی دیگر به کنترل و به کارگیری هرچه بهتر منابع طبیعی به عنوان ذخایری تجدیدپذیر و ماندگار توجه جدی دارد. برای مثال بازیافت آب مصرف شده در ساختمان، به عنوان اصلی مهم در طراحی ساختمان‌های پایدار محسوب می‌شود.

### ۲- مرحله طراحی برای بازگشت به چرخه زندگی (Life Cycle Design)

دومین اصل از معماری پایدار بر این فکر و یا نظریه استوار شده است که ماده از یک شکل قابل استفاده تبدیل به شکل دیگری می‌شود، بدون اینکه به مفید بودن آن آسیبی رسیده باشد. از سوی دیگر به واسطه این اصل، یکی از وظایف طراح، جلوگیری از آلودگی محیط است. از این رو طراحی سیستم‌های بازیافت آب خاکستری، جهت کاهش تاثیرات منفی فاضلاب بر محیط زیست و امکان بازگشت آب به چرخه مصرف می‌باشد.

### ۳- مرحله طراحی برای انسان (Human Design)

اصل طراحی برای انسان، آخرین و شاید مهم‌ترین اصل از معماری پایدار است. این اصل ریشه در نیازهایی دارد که برای حفظ و نگهداری عناصر زنجیره‌ای اکوسیستم لازم است که آن‌ها نیز به نوبه خود بقای انسان

## آب خاکستری؛ جایگزینی پایدار در بحران کم‌آبی شهرها و روستاها

را تضمین می‌کنند. این اصل دارای سه استراتژی نگهداری از منابع طبیعی، طراحی شهری طراحی سایت و راحتی انسان است که تمرکزشان بر افزایش همزیستی بین ساختمان و محیط بیرون از آن و بین ساختمان و افراد استفاده کننده از آنهاست.

بازیافت آب خاکستری به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی مورد نیاز در ساختمان، برآمده از سه اصل یاد شده در معماری پایدار می‌باشد. ساختمان‌های طراحی شده که در آنها امکان بازیافت آب خاکستری وجود دارد، همزیستی مسالمت آمیزتری با محیط زیست و سلامت ساکنان خود خواهد داشت.

### مرور تجارب جهانی در زمینه استفاده از آب خاکستری

کمبود آب در بسیاری از مناطق خشک جهان، بسیاری از دولت‌ها را برآن داشته تا استفاده مجدد از فاضلاب را در نظر بگیرند. استفاده از سیستم‌های آب خاکستری در بسیاری از کشورهای اروپایی و آمریکایی و آسیایی که دارای منابع آبی بیشتری نسبت به کشور ما هستند در حال گسترش است. **تجارب جهانی نشان می‌دهد که بازیافت آب خاکستری خانگی در محل، یک راهکار مناسب برای کاهش ۲۵٪ تا ۴۰٪ مصرف آب شهری خواهد بود.** برای نمونه در کشورهای آمریکا، اردن، لبنان، سرزمین‌های اشغالی فلسطین، هند، آلمان، امارات و غیره در سال‌های اخیر به طور گسترده از روش‌های بازیافت آب خاکستری برای بهبود وضعیت مصرف آب شرب استفاده شده است. برای مثال در شهر سانفرانسیسکو آمریکا که از نظر کیفی یکی از بهترین آب‌های آشامیدنی دنیا را در اختیار دارند، برای حفاظت از منابع آبی شهر، منابع نامتعارف زیر برای مصارف غیر آشامیدنی به کار گرفته می‌شوند:

-جمع آوری آب باران

-بازچرخانی پساب تصفیه شده فاضلاب

-استفاده از آب خاکستری (برای مصارف آبیاری فضای سبز)

علاوه بر پساب روشویی و حمام، پساب ظرفشویی نیز در ایالت کالیفرنیا به عنوان منابع آب خاکستری تلقی می‌شوند. در ایالت کالیفرنیا (و در اغلب نقاط دیگر جهان)، آب خاکستری روشویی مجزا از بازچرخانی فاضلاب تلقی می‌شود و بر خلاف آب بازچرخانی شده که در تصفیه‌خانه‌های مجهز و با کیفیت مناسب از فاضلاب شهری تولید می‌شود، به صورت محلی و با حداقل تصفیه یا بدون تصفیه از فاضلاب‌های تعریف شده خانگی تولید می‌شود. همچنین اداره امور برق، آب و فاضلاب سانفرانسیسکو در پروژه‌های مشترک با شرکت مهندسی منابع آب، دفتر نظارت و بازرسی ساختمان و اداره سلامت عمومی، راهنمای فنی و ترویجی کوچکی را در ۸۰ صفحه برای تشویق و راهنمایی ساکنین در جهت استفاده از آب خاکستری برای آبیاری فضای سبز، تدوین کرده است.



تصویر شماره ۳- استفاده از آب خاکستری در باغچه خانگی

در نمونه ای دیگر در کشور اردن، به دلیل محدودیت بسیار شدید آب، طرح‌های متنوع استفاده مجدد از آب مورد توجه بسیار واقع گردیده است تا جایی که در حدود ۲۵ درصد از آب مورد استفاده در کشاورزی این کشور، از طریق تصفیه فاضلاب‌های شهری و استفاده از آب خاکستری تأمین می‌شود. برخی طرح‌های موفق استفاده از آب خاکستری که در کشور اردن به اجرا درآمده‌اند، اینک به عنوان الگوهای مناسب توسط کشورهای همجوار نظیر لبنان مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

در ایران نیز به صورت پراکنده در مناطق شهری تهران و برخی استان‌ها از جمله خراسان رضوی و ... پروژه‌های آب خاکستری انجام شده است.

### اهمیت و مزایای بازیافت آب خاکستری در ساختمان‌ها

#### • استفاده کمتر از آب تصفیه شده

استفاده از آب خاکستری باعث کاهش مصرف آب برای مصارف غیر آشامیدنی، کاهش هزینه‌ها و افزایش منابع آب برای مصارف کشاورزی می‌شود. استفاده از این سیستم می‌تواند برای یک خانواده سه نفره، که ۲۲۰,۰۰۰ لیتر آب در سال مصرف می‌نماید. ( ۲۰۰ لیتر در شبانه روز به ازای هر نفر) تا حدود ۷۰ درصد صرفه جویی داشته باشد.

#### • کاهش فشار به سیستم‌های تصفیه فاضلاب

تصفیه آب خاکستری در محل تولید به دلیل غلظت کم مواد آلی به مراتب آسان تر از تصفیه فاضلاب است. این تصفیه بسیار ساده و ابتدائی در محل تولید قابل انجام است. با این کار، حجم فاضلاب تولیدی کمتر شده و در نتیجه هزینه‌های انتقال و تصفیه متمرکز فاضلاب کاهش یافته و فرآیند تصفیه در تصفیه خانه‌های فاضلاب شهری موثرتر انجام می‌شود.

#### • امکان تصفیه در محل تولید

برای تصفیه آب خاکستری، مراحل و فرآیندهای بسیار کمتری در مقایسه با فاضلاب متعارف خانگی نیاز است و تجهیزات لازم را، در گوشه‌ای از حیاط یا زیرزمین ساختمان می‌توان به اجرا در آورد.

## • صرفه جویی در مصرف انرژی شهری و مواد شیمیایی

به دلیل کاهش مصرف آب آشامیدنی، هزینه های تصفیه و پمپاژ و مواد شیمیایی مصرفی برای تصفیه آب کاهش می یابد.

## • رشد و نمو بهتر گیاهان

در مناطقی که با کمبود منابع آب مواجه هستند، استفاده از آب خاکستری برای آبیاری گیاهان توصیه می شود. آب خاکستری غنی از مواد مغذی، پتاسیم و نیتروژن است و برای گیاهان یک کود آلی به شمار می رود. نیمی از این نیتروژن به صورت ارگانیک بوده و به سادگی به کمک فرآیندهای بیولوژیکی توسط گیاهان جذب می شود.

## • منبع آبی پایدار و قابل اعتماد

آب خاکستری مورد استفاده در آبیاری گیاهان یک منبع پایدار و یک سرمایه مطمئن است. به عنوان مثال آب خاکستری تولیدی هر خانه در ایران به طور متوسط حدود ۱۵۰ متر مکعب در سال برآورد می شود که برای آبیاری زیرسطحی فضای سبز اغلب اماکن مسکونی جوابگو می باشد.

## • نصب آسان

به دلیل داشتن سیستم تصفیه آسان، وسایل، امکانات و نیروی انسانی محلی، کاملاً جوابگو هستند. بسیاری از فعالیت های معمول نگهداری از سیستم، توسط خود مالکین اماکن مسکونی قابل انجام است.

## • کاهش آلودگی منابع خاکی و محیط زیست (کاهش تخلیه پساب در آبهای سطحی و زیرزمینی)

## • کاهش هزینه آب بها

## • کاهش نوسانات مصرف در مخازن آب تصفیه شده

## • تغذیه منابع آب های زیر زمینی به جای برداشت بی رویه از آنها

## • استفاده از مواد مغذی موجود در آب خاکستری برای رشد بهتر گیاهان

## فواید و مزایای بهره گیری آب خاکستری در شهرداری ها و دهیاری ها

با توجه به محدودیت منابع آب در کشور و از طرفی بالابودن هزینه های تامین آب، بالا بودن هزینه های سیستم های آبرسانی در شهرها و روستاها، دفع غیر صحیح فاضلاب ها، ضعف در تفکیک آب شرب و آب خام به خصوص در فضاهای سبز شهری و روستایی نیاز به رهگیری از آب خاکستری در شهرها و روستا را دو چندان می کند. بر همین اساس برخی از فواید و مزایای استفاده از آب خاکستری به شرح ذیل بیان می شود:

- کاهش آلودگی زیست محیطی در شهرها و روستاها
- توسعه فضاهای سبز شهری و پارک ها با حداقل هزینه های نگهداری
- کاهش پساب های شهری و روستایی
- توسعه کشاورزی شهری
- بهبود وضعیت اقتصادی و امنیت غذایی مردم شهری و روستایی
- تامین منابع مالی جدید برای شهرداری ها و دهیاری ها
- کاهش هزینه های ناشی از تعمیرات و هدر رفتن آب و جذب سرمایه برای بازسازی خطوط انتقال آب

## آب خاکستری؛ جایگزینی پایدار در بحران کم‌آبی شهرها و روستاها

- اعمال الگوی مصرف آب در بخش خانگی متناسب با شرایط اقلیمی و به دنبال آن، اصلاح نظام قیمت گذاری آب
- توجه به اهمیت آب و منابع آن در بین مردم و اصلاح الگوی مصرف
- استفاده از منابع آب خاکستری در لوله‌های آتش نشانی و حریق‌ها
- فرهنگ سازی و زمینه‌های لازم برای جداسازی آب شرب از آب‌های مصرفی دیگر

### امکان سنجی استفاده از سیستم آب خاکستری در شهرها و روستاها

با توجه به رشد جمعیت و منابع محدود آب در ایران، باید راهکارهای مناسبی برای استفاده بهینه از منابع آبی موجود انجام شود. بخش اعظم کشور را مناطق کم‌آب در بر گرفته و جمعیت قابل توجهی از این جمعیت در مناطق شهری و روستایی زندگی می‌کنند، روش‌های نوین استفاده و بهره‌وری از منابع آب می‌تواند برای توسعه پایدار شهری و روستایی موثر باشد. به همین جهت امکان سنجی از ظرفیت مناطق روستایی و شهری کشور که در اولویت اول بهره‌گیری از منابع آب خاکستری قرار گیرند یکی از ضروریات برنامه‌ریزی در مدیریت منابع آب شهری و روستایی است.

#### الف- روستاها با منابع آب محدود ( به منظور به حداقل رساندن خسارت ناشی از خشکسالی)

باتوجه به این که مناطقی از ایران به‌خصوص قسمت‌های شرقی، مرکزی و جنوب ایران هر چند سال یکبار با خشکسالی مواجه می‌شوند، جمع‌آوری آب خاکستری خانه‌ها و استفاده مجدد از آن در آبیاری باغات، باعث می‌شود که خسارت مالی ناشی از خشکسالی، به حداقل برسد. از مزایای بعدی آن نیز می‌توان به کاهش مهاجرت روستاییان به شهرها اشاره کرد.

#### ب- شهرهای کوچک و روستاها با منابع آب معمولی ( به منظور افزایش محصول)

همان‌طور که در گزارش اشاره شد، آب خاکستری بسیار ارزان‌تر و راحت‌تر از تصفیه‌ی کل فاضلاب خانگی است. لذا در شهرهای کوچک و روستاها که ساخت یک تصفیه‌خانه فاضلاب اقتصادی نیست، می‌توان فقط به جمع‌آوری و تصفیه آب خاکستری اکتفا کرد. اگر شهر یا روستا در منطقه‌ی خشک و کم‌آب باشد، استفاده از آب خاکستری به منظور آبیاری فضاهای سبز شهری، درختان وسط خیابان و ... توجه بیشتری می‌یابد.

#### ت- شهرهای بزرگ و متراکم

در شهرهای بزرگ و متراکم که هزینه تملک زمین برای ساخت یک تصفیه‌خانه فاضلاب شهری بالا است، با جمع‌آوری آب خاکستری و تصفیه آن در یک مکان کوچک، می‌توان بر این مشکل غلبه و از آب خاکستری تصفیه شده برای مصارف شهری استفاده کرد. همچنین طبق تجربه برخی شهرهای ایران به‌خصوص تهران به صورت موردی می‌توان از واحدهای برج‌ها و مسکونی، پارک‌ها و فضاهای سبز شهری، استخرها از آب خاکستری استفاده نمود.

## آب خاکستری؛ جایگزینی پایدار در بحران کم آبی شهرها و روستاها

انجام گزینه (الف) با توجه به تجارب کشورهای ذکر شده در گزارش، شرکت های آب و فاضلاب روستایی با همکاری دهیاری ها و در گزینه های (ب) (ت) از شرکت های آب و فاضلاب شهری، شهرداری ها و شرکت های خصوصی می توانند برنامه عملیاتی بهره گیری از آب خاکستری را در شهرها و روستاها عملی نمود.

### جمع بندی و ارائه پیشنهادات بهره گیری از آب خاکستری در مدیریت شهری و روستایی

افزایش جمعیت، تغییرات اقلیمی، آلودگی منابع آب و مصرف بی رویه منابع در دسترس از عوامل اصلی ایجاد بحران آب در بیشتر نقاط جهان می باشد. از این رو یافتن روش های پایدار برای کاهش نیاز به مصرف منابع آب تازه، کمک بسیاری به بهینه سازی مصرف آب می نماید. یکی از مهم ترین این روش ها، تصفیه و بازیافت فاضلاب می باشد. از آنجایی که تصفیه آب خاکستری فرایندی آسان تر و آلودگی کمتری نسبت به فاضلاب سیاه دارد و همچنین قادر به کاهش تا ۴۰ درصد از نیاز ما به مصرف آب تازه می باشد، روشی مطمئن و پایدار در عصر بحران آب خواهد بود.

#### از این رو پیشنهادات زیر به عنوان نمونه برای به کارگیری در مدیریت شهری ارائه می شود:

- تدوین قوانین الزام آور برای جداسازی تاسیسات جمع آوری آب خاکستری از فاضلاب برای سازندگان ساختمان های مسکونی بیشتر از ۵ واحد
- تدوین قوانین الزام آور برای تصفیه آب مصرف شده در کارواش ها با نظارت شهرداری ها با توجه به حجم عظیم تولید آب خاکستری در این مجموعه ها؛
- یکی از منابع آب های خاکستری که سالانه حجم عظیمی از آب را تبدیل به فاضلاب می کند، استخرهای شنای عمومی است. به عنوان مثال در شهر تهران بالغ بر ۲۵۰ استخر عمومی در سطح شهر وجود دارد که مصرف آب آن ها بیش از ۱۰ میلیون مترمکعب در سال برآورد می شود. از این رو ایجاد سیستم های بازیافت این حجم آب در شرایط کنونی ضروری به نظر می رسد.
- خرید مازاد آب خاکستری تصفیه شده از مجتمع های مسکونی و سایر محل های تولید و استفاده از آن در آبیاری فضای سبز، شستشوی معابر، آب مورد نیاز برای فعالیت های آتشنشانی ها و غیره از سوی شهرداری ها و دهیاری ها به جای به کارگیری آب ناشی از چاه ها که خود یکی از عوامل اصلی فرونشست زمین در پی کاهش ذخایر آب زیرزمینی می باشد.
- اجرای طرح های تصفیه آب خاکستری در مدارس که با توجه به وجود فضای کافی در محوطه مدارس در مقایسه با منازل مسکونی و مصرف قابل توجه آب در روشویی ها، گزینه مناسبی برای بازیافت آب خاکستری می باشند و از این طریق می توان به گسترش فضای سبز بیرون و درون مدارس یا استفاده از آن در فلاش تانک دستشویی ها بهره برد.
- فرهنگ سازی و ایجاد پذیرش اجتماعی برای تغییر نگرش در خصوص بازیافت فاضلاب و استفاده مجدد از آن در آموزش های شهروندی شهرداری ها و دهیاری ها

## آب خاکستری؛ جایگزینی پایدار در بحران کم آبی شهرها و روستاها

- بهره‌گیری شهرداری‌ها و دهیاری‌ها از تکنولوژی استحصال آب خاکستری و اجرای آن به صورت نمونه در **برخی ساختمان‌های مسکونی**
- حمایت از گروه‌ها، انجمن‌ها و کسب و کارهای مرتبط با حفظ محیط زیست به خصوص مجموعه‌های فعال در این حوزه همچنین تعاونی‌های روستایی
- استفاده از آب خاکستری در شهرها (شهرها و شهرک‌های جدیدی) و روستاهای جدید (روستا‌هایی که به دلایل سیل، زلزله و ... جابجا یا تجمیع می‌شوند)
- امکان سنجی و توجه به شهرها و روستاهای دارای محدودیت منابع آب و همچنین شهرهای شمالی کشور برای استفاده از آب خاکستری
- توجه به آب به عنوان زیرساخت اصلی در توسعه شهرها در طرح‌های آبی شهر و روستا به خصوص در **طرح آمایش سرزمین**
- از آنجایی که آب خاکستری نزدیک به ۵۰ تا ۸۰ درصد از پساب شهری را تشکیل می‌دهد، یکی از روش‌های کاهش اتکای مصارف خانگی به منابع آب سالم بهداشتی و تصفیه شده، **بازیابی آب خاکستری برای بهره‌گیری از فضای سبز شهری**.
- با توجه به پیشنهادات فوق استفاده و بهره‌گیری از آب خاکستری می‌بایست با رعایت ملاحظات بهداشتی و زیست محیطی در اولویت شهرداری‌ها و دهیاری‌ها قرار گیرد.



## آب خاکستری؛ جایگزینی پایدار در بحران کم آبی شهرها و روستاها

### منابع

- رضایی، مسعود، محمد حسین صرافزاده (۱۳۹۶)؛ بررسی ویژگی‌های آب خاکستری و روشهای بازیابی آن، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، شهریور ۱۳۹۶.
- روز افزای، آرش (۱۳۹۷)؛ نقش آب خاکستری در پایداری ساختمان‌های مسکونی.
- روح اله منصور یکتا، بهروز دهان زاده (۱۳۹۴)؛ ارزیابی کیفیت پساب تصفیه خانه شهر ایوان جهت استفاده مجدد در کشاورزی، دومین همایش ملی بهداشت محیط، سلامت و محیط زیست پایدار - ۱۳۹۴
- رضوی، سید قاسم (۱۳۹۸)؛ بررسی بازچرخانی آب خاکستری حاصل از روشویی مدارس در ایران با در نظرگیری تحلیل اقتصادی.
- روحانی، نازنین و امین سیپانی، سیف اله. (۱۳۸۷) ارزیابی مبادله محصولات غذایی و آب، مجازی با توجه به منابع آب موجود در ایران. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دوازدهم، شماره ۴۶.
- زمانی، سیما، امیر تائبی، مهرزاد طباطبائی، (۱۳۸۵)؛ بازیافت فاضلاب خاکستری و بررسی کیفیت پساب تصفیه شده جهت استفاده مجدد در سطح خانگی در راستای توسعه پایدار منابع آب کشور، دومین همایش ملی بهداشت محیط، سلامت و محیط زیست پایدار - ۱۳۹۴
- شرکت آب و فاضلاب استان تهران، ۱۳۹۸.
- صالحی، کیانوش، محمد خاکپور، محمد بهزادپور (۱۳۹۸)، آب خاکستری در زندگی شهری، پنجمین کنفرانس بین المللی پژوهشهای نوین در عمران، معماری، مدیریت شهری و محیط زیست
- علی شاهنظری، حسن ترابی پوده، حجت اله یونسی، (۱۳۸۹)؛ نقش تصفیه پسابهای شهری در استفاده مجدد از آنها به عنوان آب آبیاری اولین همایش ملی مدیریت منابع آب اراضی ساحلی - ۱۳۸۹
- کبیری، مازیار (۱۳۹۸)؛ بررسی پارامتر BOD و COD در فاضلاب خاکستری خام و مقایسه با استانداردهای استفاده مجدد از پساب در ایران
- یونسلو، صادق (۱۳۹۶) راهنمای استفاده از آب خاکستری برای مصارف غیر آشامیدنی، مرکز تحقیقات راه و شهرسازی.
- مرکز آمار ایران، ۱۳۹۶، ۱۳۹۷
- محمدجانی، اسماعیل، نازنین یزدانیان، (۱۳۹۳)، تحلیل وضعیت بحران آب در کشور و الزامات مدیریت آن، فصلنامه روند، سال بیست و یکم، شماره‌های ۶۵ و ۶۶، بهار و تابستان ۱۳۹۳، صفحات ۱۱۷ - ۱۴۴
- D. M. Ghaitidak and K. D. Yadav, "Characteristics and treatment of greywater-a review," Environ. Sci. Pollut. Res., vol. 20, no. 5, pp. 2795-2809, 2013.
- M. Tajrishy, "Wastewater Treatment and Reuse in Iran : Situation Analysis," 2010.
- A. Assayed, J. Chenoweth, and S. Pedley, "Drawer compacted sand filter: a new and innovative method for on-site grey water treatment," Environ. Technol., vol. 35, no. 17-20, pp. 2435-46, 2014.
- J. S. Main and B. C. Ingavale, "Sequencing Batch Reactor for Greywater," Int. J. Multidiscip. Manag. Stud., vol. 2, no. 2, pp. 88-107, 2012.
- F. W. Kariuki, K. Kotut, and V. G. Ngángá, "The Potential of a Low Cost Technology for The Greywater Treatment," Open Environ. Eng. J., vol. 4, pp. 32-39, 2011



ssafta.imo.org.ir