



مرور و نقد پروژه منابع آب جایگزین در ساختمانها



دکتر مسعود تابش

استاد دانشگاه تهران

و

رئیس هیئت مدیره انجمن آب و فاضلاب ایران

آب خاکستری

- به فاضلاب تصفیه نشده آشپزخانه، حمام، روشویی و ماشین لباسشویی، آب خاکستری گفته میشود.





آب خاکستری

- آب خاکستری حاصل از منابعی مثل روشویی ها، دوش و وان، به نسبت شفاف بوده و کمترین آلودگی شیمیایی و میکروبی را داراست و معمولاً به آن آب خاکستری روشن گفته میشود.
- پساب آشپزخانه به انواع آلاینده های شیمیایی، چربی و مانده های غذا آلوده بوده و دارای مشخصات کیفی پایین تری است که به آن آب خاکستری تیره میگویند.
- پساب ماشین لباسشویی در میانه این دو بخش قرار داشته و گاه به عنوان آب خاکستری تیره طبقه بندی میشود.



مشخصات کیفی آب خاکستری

- معمولا آب خاکستری در مقایسه با پساب خانگی دربردارنده آلاینده های کمتری است زیرا با پساب های بسیار آلوده حاصل از توالت و ظرفشویی آمیخته نشده است.
- مواد دفعی بدن نیز به میزان ناچیزی در آب خاکستری دیده میشوند.
- دترجنت ها و بور از جمله آلاینده هایی هستند که در آب خاکستری با غلظتی بالاتر از پساب متعارف خانگی دیده میشوند.



عوامل موثر بر ویژگی های کیفی آب خاکستری



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

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



میزان کمی آب خاکستری

- در حدود ۵۰ تا ۷۰ درصد مصرف سرانه خانگی به آب خاکستری تبدیل میشود.
- در نتیجه در صورت استفاده از آب خاکستری به عنوان منبعی برای تامین آب، پتانسیل کاهش مصرف سرانه در حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد وجود خواهد داشت.
- از آنجایی که آب خاکستری نزدیک به ۵۰٪ تا ۸۰٪ پساب شهری را تشکیل می دهد، یکی از روش های کاهش اتکای مصارف خانگی به منابع آب سالم بهداشتی و تصفیه شده، بازیابی آب خاکستری است.

منافع بازیابی آب خاکستری



بازیابی آب خاکستری برای دستیابی به منافع زیر انجام میشود:

- کاهش نیاز به آب آشامیدنی

- کاهش میزان پساب

- کمک به آبیاری فضای سبز





مخاطرات بازیابی آب خاکستری

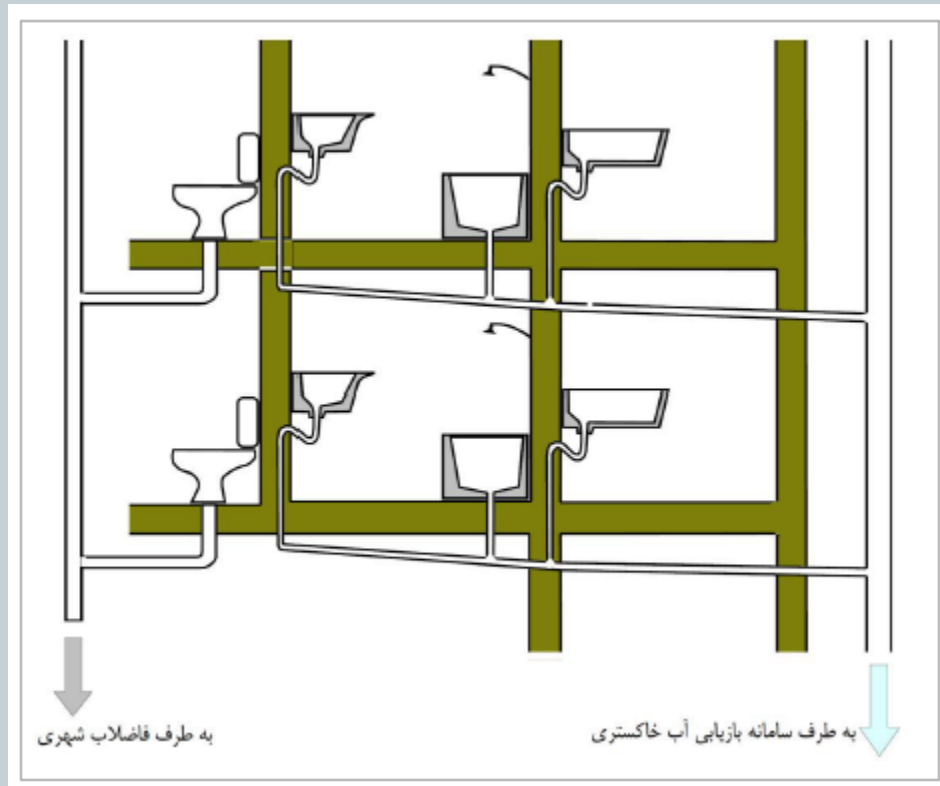


مخاطرات اصلی بازیابی آب خاکستری نیز عبارتند از:

- خطر بهره برداری غیراصولی از سیستم بازیابی آب خاکستری و ایجاد مخاطرات بهداشتی و زیست محیطی
- هزینه های اولیه اجرای سیستم بازیابی آب خاکستری و الزامات خاص در لوله کشی ساختمان
- نیاز به رسیدگی مستمر و تعهد و علاقه مندی مالک

اهداف بازیابی آب خاکستری

- آب خاکستری اغلب برای آبیاری فضای سبز و سیفون توالت ها به کار گرفته میشود.





اهداف بازیابی آب خاکستری

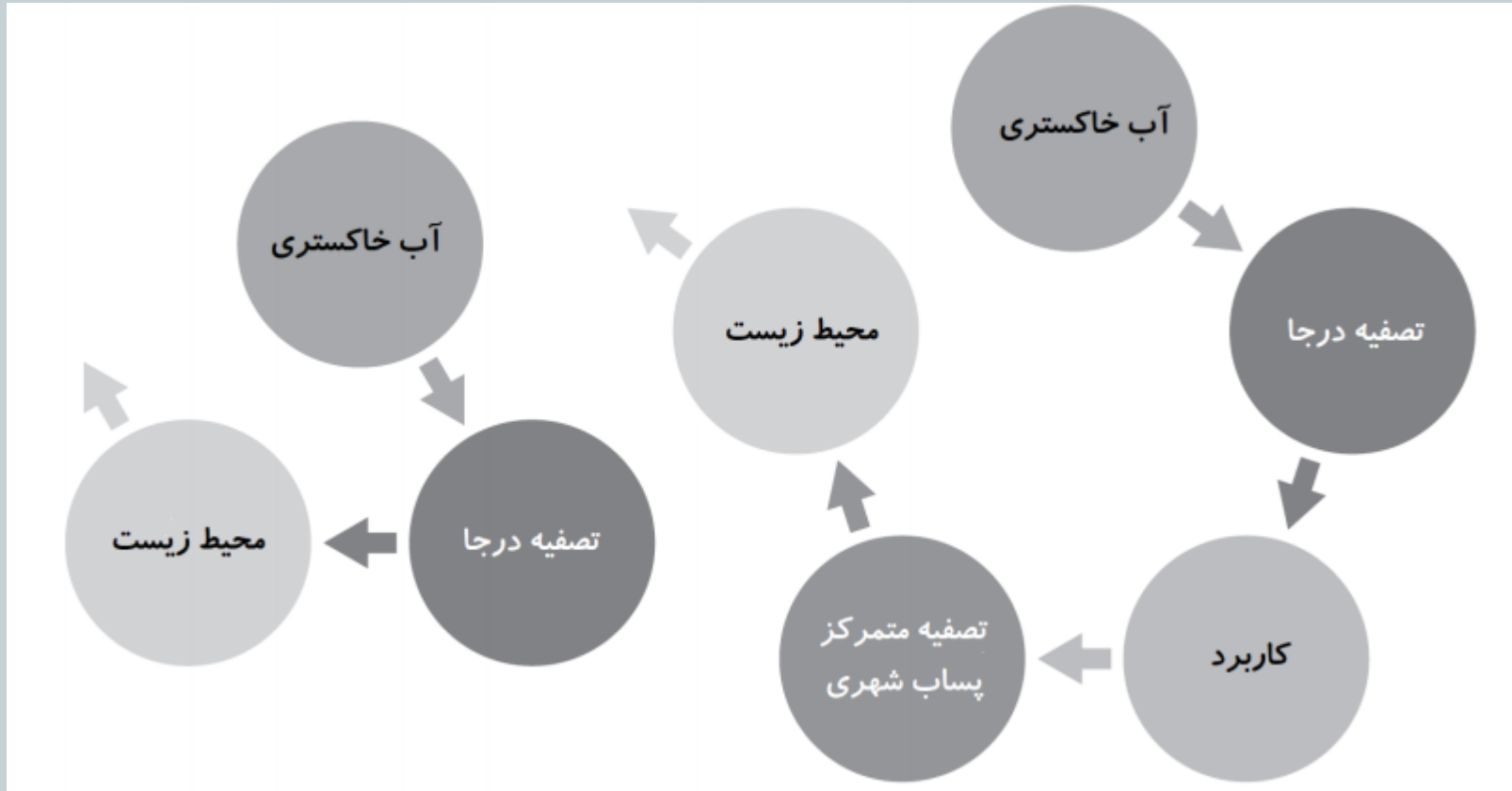
- بازیابی آب خاکستری برای آبیاری فضای سبز که به آن بازیابی مدار باز گفته میشود، مخاطرات احتمالی ناشی از آلودگی محیط زیست و تهدید بهداشت عمومی وسیعتر هستند.
- در پر کردن سیفونها محدودده تأثیر مخاطرات احتمالی محدودتر بوده و به ساکنین منحصر میگردد.



اهداف بازیابی آب خاکستری

- آب بازیابی شده پس از استفاده مجدد، به سامانه جمع آوری پساب شهری تخلیه شده و به صورت کنترل شده مورد تصفیه قرار میگیرد.
- در چنین مواردی که به آنها کاربرد مدار بسته آب خاکستری گفته میشود، خطر اصلی از ناحیه اتصالات ناخواسته و سهوی میان لوله کشی آب آشامیدنی و آب بازیابی شده متوجه ساکنین خواهد گردید.

اهداف بازیابی آب خاکستری





ملاحظات استفاده از آب خاکستری



مخاطرات بهداشتی و زیست محیطی آب خاکستری عبارت است از:

- ویروس ها، باکتری ها و انگل ها به میزان کم میتوانند در آب خاکستری حضور داشته باشند که همین میزان کم می تواند برای انسان بیماری زا باشد.
- مواد معلق، مواد آلی، چربی و روغن، الیاف پارچه، ذرات غذا، مو و ... در آب خاکستری حضور دارند.
- مواد شیمیایی حاصل از مصرف صابون، شامپو، دهان شویه، خمیر دندان، شوینده های غیرصابونی، سفیدکننده ها، ضدعفونی کننده ها، پودر ماشین ظرفشویی و انواع نمک های سدیم، منیزیم و کلسیم در صورت عدم مدیریت صحیح می توانند برای خاک و گیاهان زیان بار باشند.



ملاحظات استفاده از آب خاکستری

در صورت آلودگی آب خاکستری، بازچرخانی آن بیماری ها، به روش های زیر می توانند به انسان منتقل شوند:

- آلودگی مستقیم دست ها به آب خاکستری
- تنفس قطرات بسیار ریز آب به خاکستری اسپری شده توسط ادوات آبیاری
- تماس مستقیم آب خاکستری با پوست مجروح و زخم ها
- انتقال آلودگی به وسیله حشرات و جوندگان



تجارب جهانی در زمینه بازیابی آب خاکستری



- بازیابی آب خاکستری راهبردی بسیار قدیمی است که در سال های اخیر با افزایش آگاهی عمومی نسبت به ارزش آب و علاقه عمومی به حفظ محیط زیست و صرفه جویی در مصرف آب مورد توجه قرار گرفته است.
- دولت ها و نهادهای عمومی در سراسر جهان با اتخاذ سیاست ها و وضع قوانین و آیین نامه ها در تلاش بوده اند که ضمن حفظ حداکثر ایمنی و کاهش مخاطرات، پاسخگوی درخواست علاقمندان به بازیابی آب خاکستری بوده و این بازیابی را در چارچوبی قابل قبول مدیریت کنند.



بازیابی آب خاکستری در استرالیا



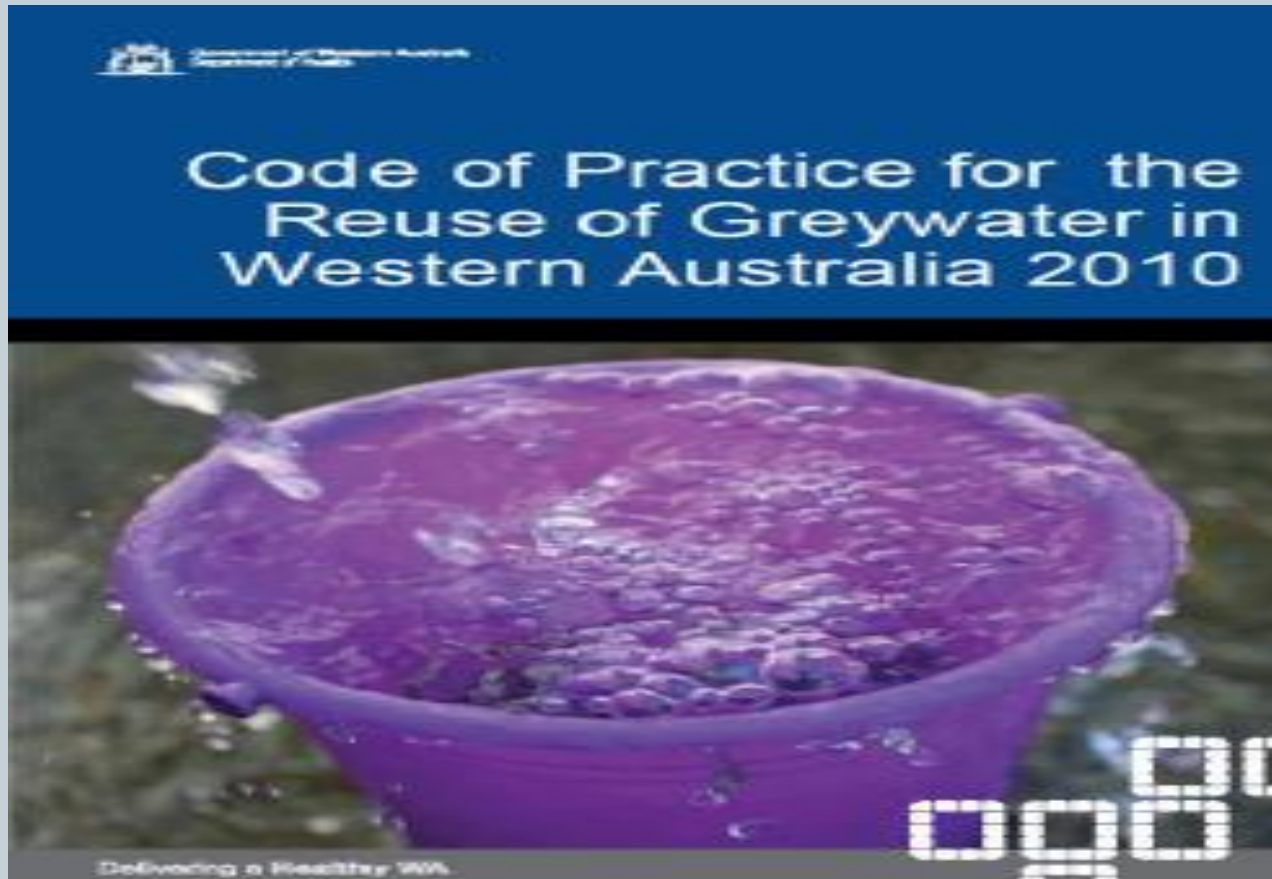
- استرالیا خشک ترین خشکی بزرگ زمین بوده و دارای منابع بسیار آسیب پذیر و محدود آب سالم است.
- در چنین شرایطی به ویژه برای کاهش مصارف آبیاری فضای سبز باغچه ها در اماکن شهری بازیابی آب خاکستری برای مردم دارای جذابیت اقتصادی است.
- به همین دلیل برای مدیریت عوارض احتمالی این بازیابی رویه ها و دستورالعمل هایی توسط دولت های ایالتی در این زمینه تهیه شده است.



بازیابی آب خاکستری در استرالیا



- آیین نامه بازیابی آب خاکستری در استرالیای غربی



آیا ملک به شبکه فاضلاب شهری
متصل است؟

خیر

بازیابی آب خاکستری گزینه مناسبی
نیست.

بله

گزینه ها برای بازیابی آب خاکستری

۳

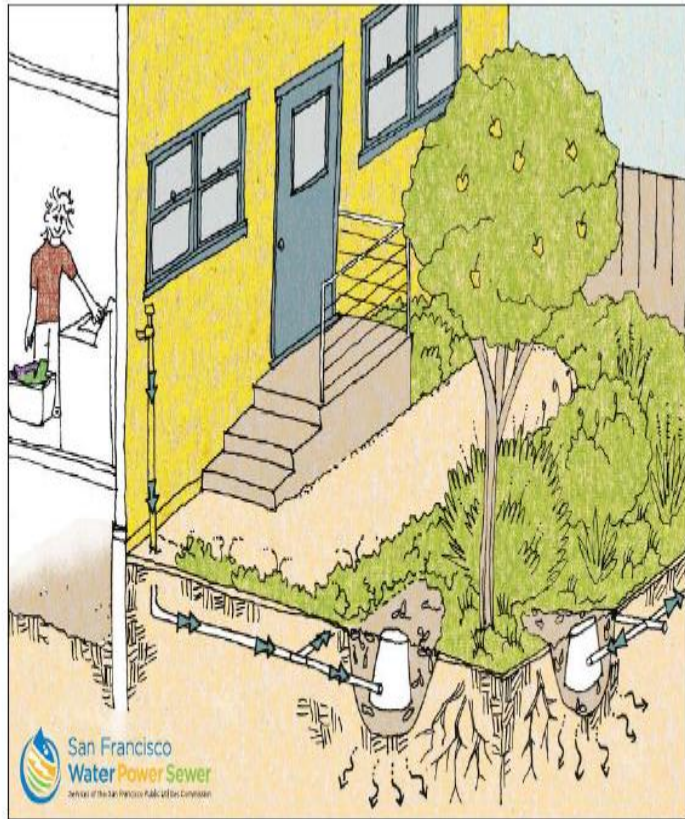
از ادوات تصفیه و انتقال آب
خاکستری به فضای سبز و
توالت استفاده کنید.
در این روش آب خاکستری پس از
تصفیه به محل کاربرد مجدد منتقل
میشود.

۲

از ادوات انحراف و انتقال آب
خاکستری به فضای سبز و
توالت استفاده کنید.
در این روش آب خاکستری بدون
تصفیه به جای دفع به محل کاربرد
مجدد منتقل میشود.

۱

از یک سطل برای انتقال آب
خاکستری به فضای سبز و
توالت استفاده کنید.



SAN FRANCISCO
graywaterdesignmanual
for OUTDOOR IRRIGATION

- در امریکا قوانین مربوط به بازیابی آب خاکستری، همچنین دستورالعمل ها و آیین نامه های فنی در چارچوب قوانین ایالتی قرار میگیرند و دولت فدرال قانونی در این زمینه ندارد.
- با این وجود سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا سند مفصلی در سال ۱۹۸۰ برای ایجاد زیرساخت فنی کشوری در زمینه بازیابی آب تهیه کرده که بصورت وسیع چه در سطح ملی و چه در سطح بین المللی مورد استفاده قرار میگیرد.
- در کشورهای دیگری نیز همچون آلمان، قبرس، کشورهای عربی خاورمیانه، ژاپن، اسرائیل، انگلستان و ... نیز قوانینی جهت بازیابی آب خاکستری وضع شده است.



بازیابی آب خاکستری در دانشگاه هنگ کنگ

- با تغییر لوله کشی به هزینه ۱۹۰ هزار دلار و ایجاد تاسیسات تصفیه به ارزش ۱۳۰ هزار دلار، پساب ۶۰ روشویی در بخشی از دانشگاه هنگ کنگ جمع آوری شده و برای استفاده جهت آبیاری مورد تصفیه قرار گرفته است.
- هزینه راهبری سامانه، ۰.۱۹ دلار به ازای هر متر مکعب آب بازیابی شده است.
- آب بازیابی شده حاصل از این پروژه دارای کیفیت قابل قبولی بوده است.



بازیابی آب خاکستری در دانشگاه هنگ کنگ



مشخصات کلی سیستم

منبع آب خاکستری	وان حمام، دوش، روشویی ها، لباسشویی
کاربرد آب بازیابی شده	آبیاری، پر کردن سیفون، تغذیه سیستم تبرید
کاربری ملک	دانشگاه
روش تصفیه فیزیکی	میکروفیلتراسیون
روش تصفیه بیولوژیکی	لجن فعال (فیلتر هوادهی شده مستغرق)
روش گندزدایی	کلرزنی
قیمت آب	در حدود ۰,۶۶ دلار به ازای هر متر مکعب
محل و زمان اجرا	هنگ کنگ، ۲۰۱۰ میلادی



بازیابی آب خاکستری در دانشگاه هنگ کنگ



پارامتر کیفی	واحد	بازه تغییرات
pH	-	۷ تا ۹
COD	میلی گرم در لیتر	۳۰ تا ۳۸۰
BOD	میلی گرم در لیتر	۲۰ تا ۶۴
نیتروژن به شکل آمونیوم	میلی گرم در لیتر	۴,۱ تا ۵,۳



بررسی فنی و اقتصادی بازیابی آب خاکستری



در بررسی فنی و اقتصادی بازیابی آب خاکستری باید به این موضوع توجه داشت که جامعه و شخص هر یک بخشی از منافع و هزینه های بازیابی آب خاکستری را بر عهده میگیرند و این دو عامل باید از هم تفکیک شوند:

- شخص یا مصرف کننده منفرد: مالک آپارتمان، خانواده ساکن یا خانوارهای ساکن یک مجتمع آپارتمانی
- جامعه: دولت، سازمانهای خدماتی متولی تولید و توزیع آب و آحاد مردم



بررسی فنی و اقتصادی بازیابی آب خاکستری

- شخص یا مصرف کننده منفرد از طریق کاهش هزینه های پرداختی برای آب آشامیدنی تصفیه شده، دارای منافع اقتصادی خواهد بود. همزمان همین شخص، بار اصلی هزینه های اجرا و نگهداری از سامانه بازیابی را بر دوش خواهد داشت.
- در مقابل، جامعه در صورت کاهش مصرف سرانه بر اثر اجرای بازیابی آب خاکستری، از طریق تعویق یا لغو نیاز به توسعه ظرفیت تأسیسات آب و فاضلاب دارای منافع شده و از طریق افزایش مخاطرات بهداشتی و زیست محیطی احتمالی ناشی از بازیابی آب خاکستری متحمل هزینه خواهد گردید.



فهرستی از هزینه ها و منافع بازیابی آب خاکستری برای فرد



فرد بازیابی کننده

هزینه

سود

۱. هزینه اجرای لوله کشی پیچیده تر و موازی برای آب خاکستری، پساب خانگی، آب آشامیدنی و آب بازیافتی
۲. هزینه اجرای سامانه بازیابی آب خاکستری
۳. هزینه های بهره‌برداری و انرژی مصرفی برای تصفیه و انتقال آب
۴. هزینه های بهره برداری و نگهداری
۵. هزینه استهلاک و تعمیرات
۶. هزینه افزایش مخاطرات بهداشتی

۱. کاهش هزینه آب مصرفی
۲. کاهش احتمالی هزینه پساب تولیدی (بسته به نظام تعرفه)
۳. امکان ایجاد فضای سبز خانگی در مناطق خشک



فهرستی از هزینه ها و منافع بازیابی آب خاکستری برای جامعه



جامعه

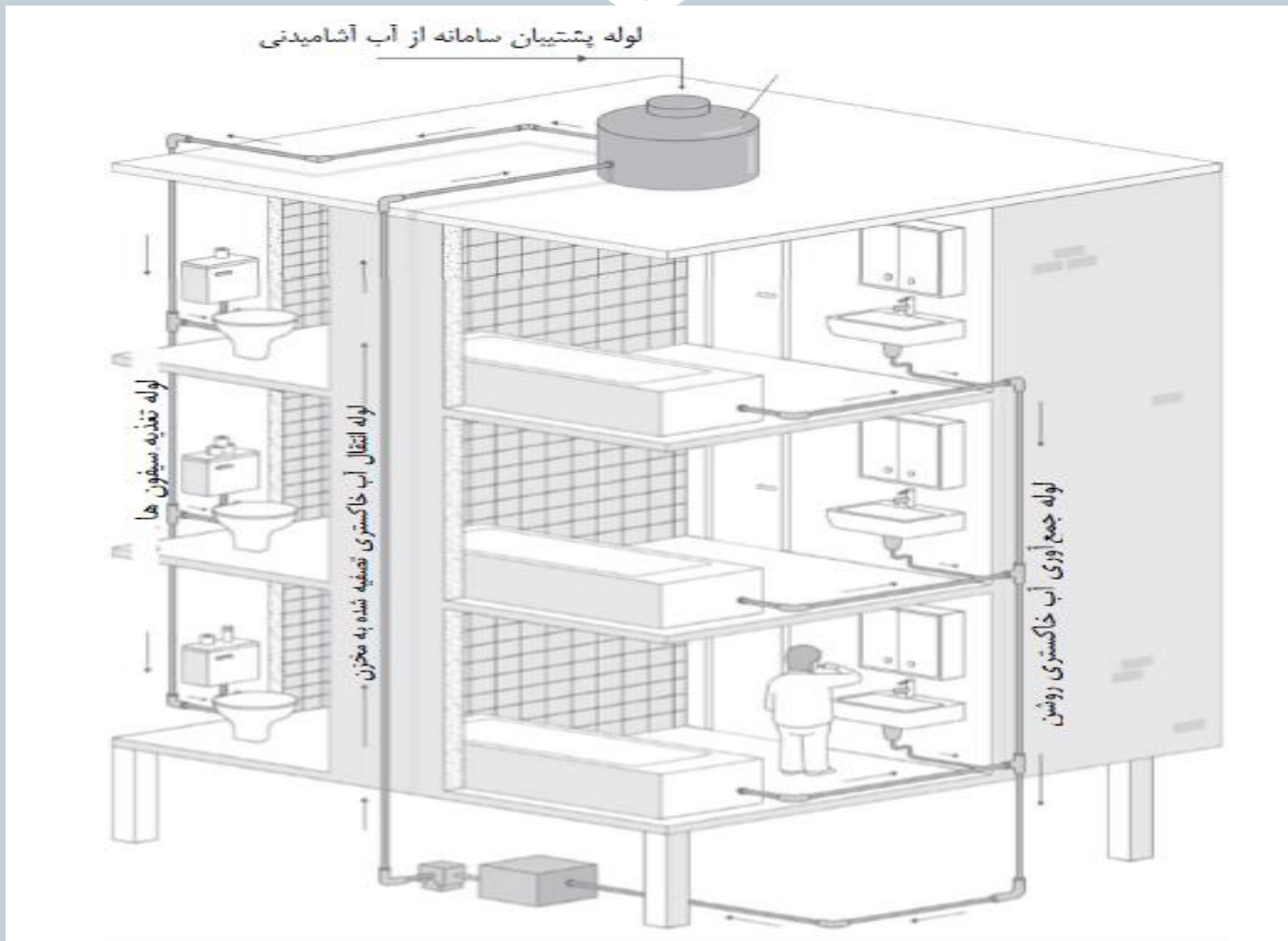
هزینه	سود
۱. هزینه ناشی از افزایش غلظت پساب و مشکلات احتمالی انتقال و تصفیه	۱. منافع حاصل از تعویق یا لغو نیاز به افزایش ظرفیت واحدهای تولید آب یا تصفیه پساب
۲. هزینه های ناشی از مخاطرات بهداشتی و زیست محیطی	۲. منافع حاصل از کاهش مواد مصرفی و انرژی برای تصفیه پساب
۳. هزینه های نظارتی ناشی از صدور مجوزها و ساز و کارهای نظارت بر عملکرد سامانه های بازیابی	۳. کاهش هزینه انتقال آب به اماکن



بررسی فنی و اقتصادی بازیابی آب خاکستری



- تحلیل دقیق این هزینه ها و منافع و مقایسه این ماتریس ها با سایر گزینه های در دسترس مثل تولید آب از منابع نامتعارف یا اجرای سایر راهبردهای مدیریت جامع آب آشامیدنی به انتخاب اقدام مناسب و تصمیم گیری درست منجر خواهد گردید.





چارچوب قانون گذاری و الزامات شیوه نامه ها



تدوین راهبرد ملی درست در این زمینه مقوله ای علمی بوده و باید بر مبنای تجارب جهانی و اصول پذیرفته شده فنی بنا شود. پذیرش یا عدم پذیرش بازیابی آب خاکستری به عنوان راهبردی مقرون به صرفه و صلاح ملی باید با در نظر گرفتن این معیارها صورت پذیرد:

- حفظ بهداشت عمومی، محیطزیست و منابع طبیعی

- بهره وری و حفاظت جامع منابع آب

- احترام به تکثر اجتماعی و آزادیهای فردی



چارچوب قانون گذاری و الزامات شیوه نامه ها



- برای تدوین راهبردی مؤثر در زمینه بازیابی آب خاکستری مزایا و مضار بازیابی محلی آب و تصفیه در جای فاضلاب به صورت عمومی و بازیابی آب خاکستری به صورت خاص باید مورد موشکافی قرار گیرد.
- نوع نگاه به معیارهای سه گانه یاد شده، دلیل اصلی تنوع قوانین مربوط به بازیابی آب خاکستری در سطح جهان بوده و دقت در درک نقش و اهمیت هر یک از این معیارها در انتخاب راهبرد ارجح در سطح ملی در ایران دارای اهمیت اساسی خواهد بود.



چارچوب قانون گذاری و الزامات شیوه نامه ها



در استانداردسازی و تدوین رویه های فنی و قانونی به منظور مدیریت مخاطرات احتمالی باید به دو موضوع اساسی زیر پرداخته شود:

- قوانین و استانداردهای حاکم بر کیفیت آب قابل بازیابی، کیفیت آب بازیابی شده و مصارف مجاز
- قوانین و استانداردهای حاکم بر تجهیزات و سامانه ها
- تجارب جهانی قابل اعتنایی در این زمینه در بسیاری از ایالتهای آمریکا، استرالیا، انگلستان و برخی دیگر از کشورهای جهان وجود دارد که در تدوین این راهنما و ارزیابی و استنتاج راهبرد مناسب برای ایران، مورد تدقیق و موشکافی قرار گرفته اند.



برنامه ریزی اقدامات آینده

- بازیابی آب خاکستری و برداشت آب باران به عنوان اصلی ترین منابع آب جایگزین یا نامتعارف در ساختمانها، در کنار ده ها راهبرد ناگزیر دیگر، جزئی از تصویری بزرگتر هستند که مدیریت یکپارچه آب آشامیدنی نامیده می شود. همه اجزاء این تصویر باید به صورت یکپارچه در نظر گرفته شده و بر اساس اهمیت و اولویت فنی و اقتصادی و همچنین در نظر گرفتن همه عواید و مخاطرات، به کار گرفته شوند.



برنامه ریزی اقدامات آینده

- برداشت آب باران با توجه به پاکیزگی نسبی، منبعی بی خطر تلقی شده و برداشت و مدیریت محلی آن در ساختمان به عنوان منبع آب جایگزین برای مصارف آب غیرآشامیدنی، عملاً تنها در گرو معادلات اقتصادی و فنی است.
- در مقابل در بازیابی آب خاکستری، علاوه بر تمامی ابعاد فنی و اقتصادی، به مخاطرات احتمالی توجه داشت. آب خاکستری از زاویه بهداشتی منبعی بالقوه آلوده و پرخطر و از نظر زیست محیطی چالش برانگیز است. مواجهه با این راهبرد حتماً باید از منظری ملی و بلند مدت صورت گرفته و در به کار گیری آن با دقت و ظرافت رفتار شود.
- در سالیان اخیر، با پررنگ شدن اهمیت مدیریت پایدار منابع آب آشامیدنی، بررسی بازیابی آب خاکستری از منظر راهبردی و با در نظر گرفتن همه جنبه های فنی، بهداشتی و اقتصادی مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. اسناد فنی انگشت شماری از این منظر به بررسی آب خاکستری پرداخته اند.



برنامه ریزی اقدامات آینده

- مباحث ارائه شده نشان دادند که بازیابی آب خاکستری از منظر بهداشتی و زیست محیطی بحث برانگیز بوده و اغلب می تواند مخاطراتی بیشتر از حدود استاندارد به ساکنین و جامعه تحمیل کند.
- همچنین منابع آب جایگزین در ساختمانها، اعم از آب باران و آب خاکستری در چارچوب معادلات اقتصادی موجود در ایران، برای شهروندان غیر اقتصادی بوده و از نظر ملی برای صرف منابع عمومی دارای اولویت نیستند. فضای اقتصادی حاکم بر این راهبرد در اغلب مناطق جهان کم و بیش به همین صورت قابل تصویر است.
- با این همه برابری تقریبی حجم تولید آب خاکستری در منازل با حجم مصارفی که بالقوه قابل تأمین توسط آب غیرآشامیدنی هستند، صرف نظر از همه ابعاد چالش برانگیز مسأله، باعث شده است که از دهه های گذشته تا امروز بحث درباره امتیازات و مخاطرات بازیابی آب خاکستری در میان متخصصین ادامه داشته و به نتیجه قطعی نرسیده باشد.



برنامه ریزی اقدامات آینده

- منابع نامتعارف آب شامل آب باران و بازیابی آب خاکستری از جمله راهکارهای بهره وری آب هستند که تاکنون در دنیا تجربه شده و به کار رفته اند.
- از آنجا که این ظرفیت ها بستگی به شرایط اقلیمی و شیوه مصرف آب دارند، ارزیابی پتانسیل‌های عملی این راهکارها برای به کار گرفته شدن در ایران و همچنین مطالعه جزئیات فنی مرتبط با این روش ها و مرور ملاحظات و فنآوری های مرتبط دارای اهمیت است.

با تشکر از توجه شما

mtabesh@ut.ac.ir