



شرکت آب و فاضلاب کوزر پدین نین و مهندسی شهید باهنر

# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



## بهره‌گیری از آب خاکستری در راستای صرفه‌جویی در مصارف آب شرب شهری

امید خورشیدی

کارشناس ارشد عمران- سازه‌های هیدرولیکی، شرکت آب و فاضلاب خوزستان

Omidkhorshidi85@yahoo.com

افشین محمدی

دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، شرکت آب و فاضلاب خوزستان

Affa\_5258@yahoo.com

### خلاصه

در دسترس بودن منابع آبی کافی برای بخش‌های مختلف، یکی از ملزومات اصلی یک کشور برای توسعه اقتصادی، اجتماعی و ... است که در کشورهایی که با کمبود منابع آب تجدید پذیر مواجه هستند امری چالش برانگیز می‌باشد. امروزه بازچرخانی پساب به‌عنوان یکی از منابع مطمئن و باکیفیت آب نامتعارف جهت جوابگویی به نیازهای آبی مطرح گردیده است. در همین راستا، تصفیه پساب‌های تولیدی منازل مسکونی و استفاده مجدد از آنها، نقش عمده‌ای در مدیریت بهینه منابع آبی و دستیابی به اهداف کلان کشور ایفا می‌کند. یکی از منابع مهم، گسترده و در دسترس، که به دلیل بار آلودگی آلی پایین نیازمند استفاده از فرآیندهای پیچیده و هزینه‌بر تصفیه نیست، آب خاکستری است. در این مقاله به مرور منابع، بیان تعاریف، پتانسل‌ها و ضرورت‌های بهره‌گیری از آب خاکستری در جهت مدیریت مصرف آب و جلوگیری از هدر رفت منابع آب شرب پرداخته شده است.

کلمات کلیدی: صرفه جویی در مصرف آب، آب خاکستری، کاهش مصرف آب، تصفیه آب

### ۱- مقدمه

امروزه نه تنها در ایران که در کل دنیا کمبود آب به یکی از مسائل مهم و قابل بحث مبدل گشته است. در کشور ما که بخش‌های وسیعی از آن جزء مناطق کم آب و خشک محسوب می‌شود حفظ آب و یافتن راه‌های صرفه جویی و استفاده بهینه از آب حائز اهمیت است، اما متأسفانه در کشور ما انگیزه و رغبت لازم برای صرفه جویی در آب دیده نمی‌شود. پایین بودن قیمت آب شرب را می‌توان به عنوان یکی از علل اصلی مصرف بی‌رویه آب در کشور برشمرد.



# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



شرکت ملی آب و فاضلاب ایران

از این رو می توان برای آن دسته از مصرف کنندگان که به الگوی صحیح مصرف توجهی نمی کنند جرائم مالی سنگین پیش بینی نموده و از سوی دیگر مشوق های لازم را برای مصرف کنندگانی که به مدیریت مصارف خود پرداخته و به صرفه جویی در مصرف آب اهتمام می ورزند در نظر گرفت. [۱]

یکی از راهکارهایی که می تواند به کاهش مصرف آب در کشور منتج شود، آگاهی بخشی نسبت به کاربردهای مفهوم آب خاکستری است. شرکت های آب و فاضلاب می توانند با طراحی و ابلاغ بسته های حمایتی و مشوق های مالی برای مجتمع های مسکونی، همچنین تخفیف در مقادیر آب بها و دفع فاضلاب مشترکینی که به ذخیره و استفاده از آب خاکستری اقدام می کنند، به گسترش فرهنگ استفاده از آب خاکستری و در نهایت کاهش مصرف آب بپردازند.

حیدر زاده و اسلامی (۱۳۹۴) در پژوهشی به معرفی آب خاکستری و منابع تولیدکننده آن در منازل مسکونی و مواردی که می توان آب خاکستری را در آنجا به مصرف رساند پرداخته و بر روی استفاده از آب خاکستری برای مصرف سیفون سرویس بهداشتی تحقیقاتی داشته اند. همچنین هزینه های تقریبی برای ایجاد شبکه جمع آوری آب خاکستری و هزینه مقدار آبی که در اثر استفاده از آب خاکستری در یک منزل مسکونی بر اساس آمار و قیمت آب در شهر بیرجند صرفه جویی می شود را محاسبه و با هم مقایسه کرده اند که طبق محاسبات انجام شده هزینه ای که برای ایجاد شبکه جمع آوری آب خاکستری و انتقال آن به فلاش تانک سرویس بهداشتی لازم است تقریباً بعد از ۴۲ سال بازگشت می کند و لذا ایجاد سیستم جمع آوری و استفاده مجدد از آب خاکستری صرفاً جهت استفاده در فلاش تانک سرویس بهداشتی با عنایت به قیمت ناچیز آب بها، توجیه اقتصادی ندارد. [۱]

شم آبادی و بختیاری (۱۳۹۵) در تحقیقی به بررسی راهکار استفاده از آب خاکستری جهت مقابله با کمبود آب شرب اشاره کرده و به مقایسه شاخص های آلاینده فاضلاب و آب خاکستری پرداخته اند. با توجه به اینکه مقادیر شاخص های کیفی آب خاکستری از فاضلاب بسیار کمتر بوده و عدم اختلاط فاضلاب سرویس های بهداشتی و مدفوع انسانی با فاضلاب سایر فعالیت های واقع در یک مجموعه مسکونی اداری، تجاری باعث کاهش قابل توجه آلودگی های میکروبی در آب خاکستری می گردد، این امر مخاطرات و ریسک استفاده مجدد از فاضلاب یا آب خاکستری را به شدت کاهش داده و امکان تصفیه و استفاده مجدد آن را تسهیل می نماید. در نهایت بررسی های آنها نشان دادند که می توان از آب خاکستری به عنوان راهکاری مناسب در مدیریت منابع آب کشور استفاده کرد. [۲]

## ۲- تعریف آب خاکستری

مطابق تعریف سازمان بهداشت جهانی<sup>۱</sup>، آب خاکستری<sup>۲</sup> به پساب منازل مسکونی گفته می شود که با فاضلاب سیاه<sup>۳</sup> در تماس نباشد [۳] به عبارت دیگر آب خاکستری اصطلاحی است که برای پساب آب مصرفی در قسمت های مختلف اعم از مسکونی، تجاری، صنعتی و ... به کار برده می شود، که می توان آن را تصفیه کرد و دوباره مورد استفاده قرار داد. آب سیاه نیز اصطلاحی است که برای فاضلاب تولید شده در توالت به کار برده می شود و عموماً

1 - World Health Organization

2 - Grey Water

3 - Black Water



# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



تصفیه آن مشکل و پیچیده می‌باشد. در تعاریف علمی اصلاح فاضلاب خاکستری تیره<sup>۱</sup> نیز به پساب خروجی از سینک ظرفشویی و ماشین‌های ظرفشویی گفته می‌شود زیرا که دارای آلودگی بیشتری نسبت به آب خاکستری می‌باشد. در بسیاری از کشورها قوانین واضح و مشخصی در خصوص استفاده مجدد از این پساب به همراه آب خاکستری وجود ندارد ولی در برخی کشورها تصفیه این پساب به همراه آب خاکستری ممنوع شده است.[۱]

آب خاکستری تولید شده در مناطق شهری و منازل مسکونی طبق آمارهای موجود در ایران بین ۵۰ تا ۸۰ درصد فاضلاب شهری می‌باشد، که در برخی منابع مقدار میانگین را ۵۷ درصد در نظر گرفته اند.[۱] برای بدست آوردن مقدار آب خاکستری یک شهر خاص با داشتن مقدار فاضلاب تولید شده می‌توان میزان آب خاکستری را بدست آورد[۱].

### ۳- ضرورت بهره‌گیری از آب خاکستری

بر اساس اعلام بانک جهانی سرانه آب مصرفی در جهان به ازای هر نفر ۵۸۰ متر مکعب است در حالی که در ایران این رقم به دلیل استفاده نادرست از آب شیرین حدود ۵۰ تا ۵۸ درصد بیشتر از الگوی جهانی بوده و به حدود ۵۵۰۰ متر مکعب به ازای هر نفر می‌رسد. با توجه به اهمیت غیرقابل انکار آب و ضرورت مدیریت بهینه آن، استفاده مجدد از آبهای مصرفی و جلوگیری از هدر رفت آنها، به منظور کاهش میزان مصرف آب آشامیدنی برای مقاصدی که لزوماً به آبی با این کیفیت نیاز ندارند، امری ضروری است. در همین راستا، استفاده مجدد از آب خاکستری، توانایی کاهش چشمگیر هدر رفت منابع آب آشامیدنی، افزایش بهره‌وری مدیریت مصرف آب و مبارزه با بحران خشکسالی موجود در کشور را دارا می‌باشد.[۴]

از سوی دیگر ایران در منطقه خشک و نیمه خشک جهان واقع شده و با توجه به وضعیت بارندگی، پوشش گیاهی و سایر عوامل تاثیرگذار در حجم نزولات جوی، میزان منابع آب تجدید شوند کشور حدود ۱۳۰ تا ۱۳۹ میلیارد مترمکعب در سال است که حجم قابل استحصال با در نظر گرفتن آب‌های برگشتی ۱۰۵ میلیارد مترمکعب را جریان‌های سطحی و ۲۵ میلیارد مترمکعب را جریان‌های نفوذی به منابع زیرزمینی تشکیل می‌دهند. [۵] از سوی دیگر رشد فزاینده جمعیت و در پی آن گسترش روزافزون تقاضای آب شرب از سوی مردم، در آینده کشور را با چالش مهم کمبود آب شرب روبرو خواهد نمود. از این رو باید به راهکارهای عملی کاهش مصرف آب اندیشید تا ضمن حصول توسعه پایدار، با کمبود منابع آب شرب و بهداشتی نیز مواجه نشد.

با توجه به آنچه بیان شد، استفاده مجدد از آب، یکی از الزامات و نیازمندی‌های مدیریت منابع آبی است. در این خصوص بهره‌گیری از روشهای بهینه‌سازی کیفی فاضلاب ضروری است و بهره‌گیری از آب خاکستری یکی از روش‌های مناسب جهت مدیریت دفع فاضلاب و بهینه‌سازی کیفی آن می‌باشد.

آب خاکستری منبعی ارزان قیمت، تجدید پذیر، قابل اتکا و دارای اهمیت استراتژیک فراوانی است که در صورت استفاده از پتانسیل‌های فراوان آن، میتوان به صورتی کارآمد، با بحران خشکسالی و محیط زیستی موجود در

<sup>1</sup> -Dark Grey Water



# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



سازمان ملی آب و فاضلاب ایران

کشور مبارزه نموده و از صدمات جبران ناپذیر اقتصادی و فرهنگی کم آبی و وابستگی کشور به منابع آبی خارجی جلوگیری نمود [۴]

## ۴- مزایای آب خاکستری

آب خاکستری فاضلابی است که شامل مقدار زیادی آب آشامیدنی بوده و زمانی از آن برای آبیاری استفاده می شود که گیاه به حد کافی رشد کرده باشد و بتواند آب حاوی ذرات ریز را مصرف کند. برخلاف روش های کوتاه مدت، استفاده مجدد از آب خاکستری بخش مهمی از مشکل جوامع بشری را حل می کند و در آینده های دور به عنوان روشی ضروری و غیر قابل تغییر باقی خواهد ماند. مزایای استفاده از آب خاکستری شامل موارد زیر است:

- کاهش هزینه های انتقال آب و جمع آوری فاضلاب به واسطه کاهش مقادیر فاضلاب خروجی
- کاهش مصرف انرژی
- کاهش تقاضا جهت تامین آب شرب
- ذخیره منابع آب [۶]
- استفاده از آب خاکستری باعث کاهش مصرف آب آشامیدنی برای مصارف غیرآشامیدنی، کاهش هزینه ها و افزایش منابع آب برای مصارف کشاورزی می شود.
- تصفیه آب خاکستری به دلیل غلظت کم مواد آلی به مراتب آسان تر از تصفیه فاضلاب می باشد. در نتیجه هزینه های تصفیه کاهش و فرایند تصفیه در تصفیه خانه های فاضلاب شهری موثرتر خواهد شد.
- در تصفیه خانه های فاضلاب، برای تصفیه آب خاکستری، مراحل و پروسه های کمتری مورد نیاز است. در نتیجه تصفیه خانه را در یک زمین کوچک می توان ساخت. [۷]
- به دلیل کاهش مصرف آب آشامیدنی هزینه های پمپاژ و مواد شیمیایی به کار رفته در تصفیه کاهش می یابد. [۷]
- در مناطقی که با کمبود منابع آب مواجه هستند استفاده از آب خاکستری برای آبیاری گیاهان توصیه می شود. مقدار نیتروژن های آب خاکستری تقریباً ۰٫۱ نیتروژن آب سیاه می باشد. نصف بیشتر این نیتروژن ها ارگانیک است که به کمک فرایندهای بیولوژیکی توسط گیاهان جذب می شوند. آب خاکستری همچنین غنی از مواد مغذی، پتاسیم و نیتروژن می باشد که برای گیاهان یک کود مناسب به شمار می آید. [۷]
- آب خاکستری مورد استفاده در آبیاری یک منبع ثابت و یک سرمایه مطمئن است. به عنوان مثال آب خاکستری تولیدی هر خانه در آریزونا سالانه بطور متوسط ۱۳۵۰۰۰ تا ۱۸۰۰۰۰ لیتر می باشد [۷].
- استفاده از این سیستم در مناطق خشک و فقیر نشین، باعث بهبود وضع زندگی مردم و کاهش مهاجرت روستاییان به شهر می شود [۷].
- به دلیل تصفیه آسان، وسایل، امکانات و نیروی انسانی محلی، کاملاً جوابگو می باشد. [۷]



# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



## ۵- ملاحظات زیست محیطی و بهداشت عمومی استفاده از آب خاکستری

در استفاده مجدد از آب خاکستری باید ملاحظات زیست محیطی و بهداشتی هم مورد توجه قرار گیرد. غلظت‌های بالای عوامل بیماری‌زا شامل باکتری، ویروس و انگل می‌توانند برای به خطر انداختن سلامتی کافی باشند. بنابراین باید پیش‌بینی‌هایی در استفاده مجدد از آب خاکستری صورت پذیرد. این ملاحظات شامل کم کردن تماس‌های غیرضروری انسان با آب خاکستری و یا تصفیه آب خاکستری به منظور حذف و نابودی میکروارگانیسم‌ها می‌باشد [۷].

آب خاکستری همچنین حاوی روغن، چربی‌ها، دترجنت‌ها، صابون، مواد مغذی، نمک و ذراتی مثل مو، غذا و پرز است که با به هم چسبیدن موجب اختلال در سیستم آبیاری می‌شوند. اگر این آلودگی‌ها به درستی مدیریت نشود، به ساختار خاک صدمه زده، باعث کند شدن جریان آب زیرزمینی و حتی باعث کاهش رطوبت خاک خواهند شد. برای درک بهتر خطرات زیست محیطی و مشکلات استفاده از آب خاکستری، باید سیستم تصفیه کارآمدی، آب خاکستری را تصفیه کند و فقط در صورت طراحی چنین سیستمی باید مجوز بهره‌برداری صادر گردد. برای طراحی، نصب و نگهداری از سیستم استفاده مجدد از آب خاکستری به منظور حفاظت از سلامت عمومی و رعایت مسائل زیست محیطی، هزینه‌هایی باید پرداخت. باید یادآور شد که طراحی سیستم‌های ضعیف و کمتر توسعه یافته آب خاکستری، باعث به هم چسبیدن خاک و تولید بو شده و در ضمن هزینه‌های نگهداری (مالی و زمانی) را افزایش می‌دهد [۷].

موارد زیر به منظور استفاده بهتر و مطمئن از آب خاکستری و همچنین حفظ منابع آب زیرزمینی و سطحی توصیه می‌شود:

- راه اندازی وسایل مطمئن برای استفاده مجدد از آب خاکستری در مناطق شهری و روستایی
- تنظیم حداقل استانداردها به منظور طراحی، نصب و گرفتن مجوزهای قانونی
- حفظ جوامع از خطر انتقال بیماری‌ها از سیستم استفاده مجدد از آب خاکستری
- اطمینان از نصب صحیح سیستم به منظور حفظ محیط‌زیست [۷]

## ۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله استفاده از آب خاکستری مورد بحث واقع شد که طی بازچرخانی آن و با رعایت ملاحظات زیست محیطی و بهداشت عمومی، می‌توان از آن به عنوان یک منبع غیرمتعارف جهت تامین آب و کاهش استفاده از منابع موجود استفاده کرد. این موضوع برای کشوری مانند ایران که به واسطه قرار گرفتن در منطقه گرم و خشک با کمبود منابع آب تجدیدپذیر مواجه می‌باشد، بسیار حائز اهمیت است. آب خاکستری تصفیه شده را می‌توان برای بسیاری از مصارف خانگی نظیر فلاش تانک سرویس‌های بهداشتی، آبیاری باغات و مزارع کشاورزی و فضای سبز، شستشوی وسایل نقلیه و فضاهای بیرونی منزل (حیاط و پیاده رو و ...) مورد استفاده قرار داد.

## ۷- مراجع

۱. حیدرزاده، ر. و اسلامی، ج. (۱۳۹۴). استفاده از آب خاکستری در ساختمان‌های مسکونی (مطالعه موردی):



# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



شهر بیرجند)، کنفرانس و نمایشگاه مهندسی آب، تهران، شرکت همایش فرازان کاراهووا

۲. شم آبادی، ن. ، بختیاری، ح. (۱۳۹۵). آب خاکستری، راهکاری برای مقابله با کمبود آب، دومین کنگره بین المللی علوم زمین و توسعه شهری، تبریز، شرکت کیان طرح دانش، پژوهشکده جهاد دانشگاهی واحد استان آذربایجان شرقی

3. Ushijima K., Tanaka E., Suzuki LY., Hijikata N., Funamizu N. and Ito R., (2015), Grey water treatment by the slanted soil system with unsorted soil media, *Environ Technol.* 36(20): p. 2603-9.

۴. امامی نژاد، س.آ. ، صفار اول ش. ، بنکدار پور، ب. (۱۳۹۵). مروری بر فواید استفاده‌ی مجدد آب خاکستری و روش‌های تصفیه آن، اولین کنفرانس بین المللی آب، محیط زیست و توسعه پایدار، اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی

۵. شرکت مهندسی مشاور جاماب، (۱۳۸۳)، "طرح مطالعات برنامه سازگاری با اقلیم خشک و نیمه خشک"، گزارش آب مورد نیاز شرب شهری و روستایی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

۶. تیزقدم غازانی، م. ، روحانی فرحمند، ا. (۱۳۹۴). تفکیک آب خاکستری و استفاد مجدد از آن در ساختمان (مطالعه موردی پروژه تایمز)، سومین کنفرانس بین المللی پژوهشهای کاربردی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری، تهران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۷. مهندسی مشاور سما، (۱۳۹۴). " راهنمای هدر رفت واقعی"، دفتر مدیریت مصرف و نظارت بر کاهش آب بدون درآمد شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور. تهران، ایران