



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



1077P-NWWCE

بازیافت فاضلاب و استفاده‌ی مجدد از آن در ساختمان و ارائه روش‌های مدیریت راندمان سیستم

ایرج خلیلی دوست^{۱*}، سید مهدی میری^۲، مهدی عابدپور کاریزکی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک، دانشگاه تربت حیدریه

۲- دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک، دانشگاه تربت حیدریه

۳- رئیس کمیسیون انرژی و محیط زیست سازمان نظام مهندسی تربت حیدریه

Irajkhalilidost592@gmail.com

خلاصه

توجه به این که کشور ایران جزو مناطقی با آب و هوای خشک بوده که با محدودیت منابع آب روبرو است، حفاظت از منابع آب و استفاده مؤثر از این منابع بسیار ضروری می‌باشد. مشکل کمبود آب در کشور ایران به دلایل گوناگون از قبیل رشد جمعیت، پیشرفت صنعت و داشتن آب و هوای خشک و نیمه‌خشک بوده که در نهایت منجر به کاهش سطح آب‌های زیرزمینی و ایجاد بحران در زمینه آب مصرفی می‌باشد. یکی از راه‌های استفاده بهینه از منابع آبی، تصفیه مجدد آن‌ها و استفاده در بخش‌هایی از جمله کشاورزی و آبیاری فضای سبز است، آب خاکستری، مجموعه‌ای از فاضلاب‌های ظرف شویی، دستشویی و حمام می‌باشد که ۵۰ الی ۸۰ درصد فاضلاب شهری را تشکیل می‌دهد و در این پژوهش روش‌های استفاده مجدد از آب خاکستری به عنوان منبع قابل بازیافت آب بررسی گردیده است و در یک نمونه پژوهشی میزان منابع آب خاکستری در یک خانوار ۴ نفره مطابق با الگو مصرف ایرانی برای یک هفته و امکان‌سنجی استفاده از این سیستم در ایران و مزایا و معایب آن و تأثیر فیلتر بر راندمان بررسی شده است.

کلمات کلیدی: آب، آب خاکستری، تصفیه، استفاده مجدد، سیستم

۱. مقدمه

در قرون گذشته با توجه به جمعیت کم دنیا و زندگی در تجمع‌های کوچک و فرهنگ مصرف حاکم بر آن دوره‌ها مشکلی به اسم بحران آب به شکلی که امروزه شاهد آن هستیم وجود نداشته است اما پس از صنعتی شدن جهان، توسعه زندگی شهری و سهولت در استفاده از منابع طبیعی خدادادی مصرف بی‌رویه فزونی یافته و سبب بروز مشکلات متعدد شده است و سپس با افزایش روزافزون جمعیت جهان و افزایش دمای زمین، استفاده از منابع جدید در راستای کاهش استفاده از منابعی مانند آب بسیار ضروری می‌باشد که بخش کشاورزی از عمده‌ترین مصرف‌کنندگان آب می‌باشد، به طوری که تا حدود ۹۰ درصد مصرف آب استحصالی از منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی را در این بخش برآورد می‌کنند و همچنین مصارف صنعت نیز در رتبه‌بندی در استفاده از آب مطرح می‌باشد که با استفاده مجدد از آب خاکستری باعث کاهش مصرف آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود. استفاده از این پساب‌ها چنانچه به صورت صحیح و منطبق بر اصول انجام گیرد می‌تواند علاوه بر رفع مشکل کم‌آبی باعث افزایش حاصلخیزی خاک و نیز کاهش مصرف کودهای شیمیایی گردد. بر طبق تعریف سازمان بهداشت جهانی^۱ (WHO)، آب خاکستری (GRAY WATER) به پساب منازل مسکونی گفته می‌شود که با فاضلاب (BLACK WATER) در تماس نباشد^[۱]. در تعاریف علمی اصطلاح DARK GRAY WATER نیز به پساب خروجی از سینک آشپزخانه‌ها و ماشین‌های ظرف‌شویی گفته می‌شود. آب خاکستری را می‌توان برای مقاصد از جمله آبیاری باغات، کشاورزی و سیفون دستشویی‌ها و توالت‌ها است که نیاز به استفاده از آب شرب ندارد، به کار برد. این موارد می‌توانند مصرف آب شرب را به صورت قابل ملاحظه‌ای کاهش دهند. همچنین می‌توان از آب خاکستری جهت تزریق به آبخوان‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی استفاده نمود. آب خاکستری معمولاً و نه همیشه، نیاز دارد قبل از استفاده مجدد مورد تصفیه قرار گیرد.

۲. مشخصات کیفی آب خاکستری

برخی از منابع آب خاکستری را از پساب تولیدی در سینک‌های آشپزخانه جدا می‌دانند و به آن DARK GRAY WATER می‌گویند که این پساب دارای آلودگی بیشتری نسبت به آب خاکستری می‌باشد. بر همین اساس مشخصات کیفی آب خاکستری برای منابعی همچون وان حمام، دوش حمام، دست‌شو و لباس‌شویی بر طبق مطالعات محققین مختلف در جدول (۱) ارائه گردیده است [۲].

جدول ۱- منابع آب خاکستری در منازل و محتویات موجود در آن‌ها [۳ و ۴]

منبع آب خاکستری	محتویات موجود
ماشین‌های لباسشویی	جامدات معلق، مواد آلی، روغن و گریس، سدیم، نیترات و فسفات (ناشی از دترجنت‌ها)، pH بالا، شوری بالا
ماشین‌های ظرفشویی	مواد آلی و جامدات معلق ناشی از غذاها، باکتری‌ها، pH بالا، شوری بالا، دترجنت‌ها، چربی، روغن و گریس
دوش و وان‌های حمام	باکتری، مو، مواد آلی و جامدات معلق، تیکه‌های صابون و باقی مانده دترجنت‌ها، روغن و گریس
سینک‌ها، مخصوصاً سینک آشپزخانه‌ها	باکتری‌ها، چربی، روغن و گریس، مواد آلی و جامدات معلق (ذرات باقیمانده غذا)، باقی مانده دترجنت

۳. انواع سیستم‌های آب خاکستری

سیستم‌های استفاده مجدد از آب خاکستری از روشهای کم هزینه دستی تا روش‌های تصفیه اولیه و ثانویه که توانایی حذف روغن، چربی‌ها و مواد جامد را دارد، گسترده است [۵].

۳-۱- روش دستی

ساده ترین روش آبیاری، آبیاری دستی (استفاده از آب خاکستری لباسشویی) می‌باشد که به صورت دستی با سطل درختان و گیاهان با رعایت شاخصهای سلامتی و بهداشت، آبیاری می‌شوند.

۳-۲- روش تصفیه اولیه

این سیستم شامل یک یا چند تانک رسوب گیر است که با حذف مواد جامد و روغنی به کمک یک صافی، آب خاکستری را به منظور آبیاری آماده می‌کند. این سیستم‌ها کاملاً اقتصادی و به صرفه می‌باشند و نگهداری آسان دارند، همچنین برای انجام عملیات به برق و مواد شیمیایی کمی نیاز دارد. در این سیستم، به دلیل پیش تصفیه از سیستم آبیاری زیر سطحی استفاده می‌شود.

۳-۳- روش تصفیه ثانویه

سیستم‌های تصفیه ثانویه نسبت به سیستم تصفیه اولیه، روغن، چربی و ذرات جامد بیشتری را حذف می‌کنند. در این روش می‌توان از سیستم آبیاری زیرزمینی و سیستم آبیاری سطحی (حتی بدون لوله) استفاده نمود. این سیستم به دلیل تصفیه پیشرفته بسیار گران بوده و در ضمن هزینه‌های نگهداری بیشتری نسبت به سیستم تصفیه اولیه دارد. با این حال آبیاری سطحی و کاهش خطرات زیست محیطی و ... از مزایای این سیستم می‌باشد.

۴. طراحی سیستم آب خاکستری

برای طراحی سیستم آب خاکستری، اندازه‌گیری آب خاکستری تولیدی ضروری است و محل اجرا پروژه برای سیستم آبیاری نیز باید ارزیابی شود.

۴-۱- محاسبات مقدار آب خاکستری تولیدی

برای محاسبه مقدار آب خاکستری تولیدی برای یک خانه، می‌توان به ترتیب زیر عمل کرد:

- ۱- محاسبه ساکنین هر خانه بطور مثال دو نفر برای یک اتاق خواب و یک نفر برای هر اتاق خواب اضافی
- ۲- اختصاص سرانه تولید مناسب آب خاکستری برای هر نفر (برای مثال ۱۱۲ لیتر در روز، بر اساس ۱۲ لیتر برای آشپزخانه، ۳۸ لیتر برای لباسشویی و ۶۲ لیتر برای حمام).
- تذکره: جریان آب خاکستری را به این دلیل براساس تعداد اتاق خواب‌ها محاسبه می‌کنیم که تعداد اتاق خواب‌ها همیشه ثابت است ولی تعداد ساکنین در طول زمان ممکن است تغییر کند.

۵. واحدهای موجود در سیستم آب خاکستری

- ۱- سیستم جمع‌آوری: شامل شیرها و لوله‌ها بوده و به منظور انتقال آب خاکستری به بیرون خانه طراحی می‌شود.
- ۲- مخزن جمع‌آوری: که به طور موقت مقدار زیادی از آب خاکستری را در خود نگه می‌دارد.
- ۳- فیلتر: به منظور خارج کردن ذراتی که باعث گرفتگی در سیستم آبیاری می‌شوند.
- ۴- پمپ: برای انتقال آب از مخزن جمع‌آوری به سیستم آبیاری استفاده می‌شود.
- ۵- سیستم آبیاری: برای آبیاری گیاهان توسط آب خاکستری ساخته می‌شود.

۵-۱- سیستم جمع‌آوری

نصب اسان لوازم سیستم جمع‌آوری، به فونداسیون ساختمان بستگی دارد. اگر فونداسیون ساختمان از نوع نواری یا گسترده باشد، عبور دادن لوله‌ها از آن بسیار مشکل و پر هزینه است. در نتیجه از آب حمام و آشپزخانه نمی‌توان استفاده کرد. اگر ماشین لباس شویی در کنار دیوار ساختمان یا در باغ باشد، استفاده از آب آن آسان خواهد بود. اگر خانه بر روی فونداسیون منفرد ساخته شده باشد لوله‌های جمع‌آوری به راحتی نصب می‌شوند. هرچقدر سیستم جمع‌آوری کامل‌تر باشد، آب خاکستری بیشتری جمع می‌شود اما هزینه بیشتری هم به مصرف‌کننده تحمیل می‌کند. با توجه به این نکته توجه داشت که بایستی بر روی تمام وسایل و تجهیزات جمع‌آوری آب خاکستری، برچسب هشدار نصب شود و یا این که سیستم با رنگ مشخصی از سیستم آب رسانی مجزا شود. بهترین زمان برای نصب سیستم جمع‌آوری آب خاکستری، هنگام ساخت ساختمان می‌باشد.

۵-۲- مخزن جمع آوری

آب خاکستری بعد از خارج شدن از ساختمان به وسیله شبکه‌ی جمع آوری به مخزن که یک نمونه را در شکل (۱) موجود است، ریخته می‌شود. تانک را می‌توان نزدیک ساختمان یا نزدیک منطقه آبیاری نصب کرد. تانک می‌بایست با دوام، ضد زنگ، مقاوم در مقابل خوردگی و از جنس مقاوم ساخته شود. تانک همچنین مجهز به هواکش باشد. در ضمن باید در یک مکان خشک و مسطح که خاک آن فشرده باشد (یا لایه‌ی ای سیمانی ۱۳ اینچ) نصب شود. بر روی تانک باید ظرفیت تانک و برجسب هشدار (سیستم آبیاری آب خاکستری، خطر، غیر قابل شرب) زده شود. در صورت سرریز کردن آب خاکستری از مخزن جمع آوری، آب اضافی باید به وسیله لوله‌هایی به سیستم فاضلاب شهری و یا سپتیک تانک ریخته شود.



شکل ۱- شمای یک مخزن جمع آوری

۵-۳- فیلتر

برای سیستم آبیاری قطره‌ای زیر زمینی، فیلتر ۱۱۵ میکرون برای ظرفیت ۱۰۰ لیتر در هر دقیقه نیاز است. منظور از ۱۱۵ میکرون شبکه‌هایی با روزنه‌هایی به ابعاد ۱۱۵ میکرون می‌باشد.

۵-۴- پمپ

اگر گیاهان و درختان نسبت به ساختمان در ارتفاع پایین تری باشند، سیستم آبیاری آب خاکستری به صورت ثقلی، آب مورد نیاز گیاهان را بخش خواهد کرد. در غیر این صورت نیاز به یک پمپ کوچک و نه چندان پرهزینه داریم که از نظر اقتصادی پمپ هزینه سیستم را تا حدودی بالا می‌برد.

۵-۵- سیستم آبیاری

سیستم آبیاری بستگی به نوع تصفیه دارد که در جدول (۲) به آن اشاره شده است.

جدول ۲- روش‌های آبیاری سیستم آبیاری بر اساس سیستم تصفیه [۶]

روش‌های آبیاری بر اساس سیستم تصفیه

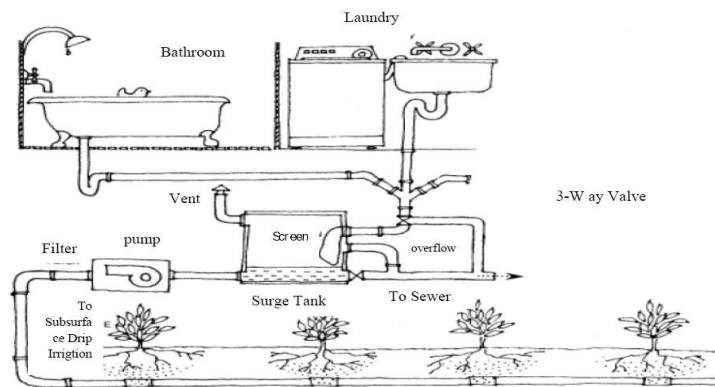
نوع آبیاری	روش تصفیه
با سطل	آب خاکستری تصفیه نشده
آبیاری قطره ای زیرسطحی	تصفیه اولیه آب خاکستری
آبیاری قطره ای زیرسطحی و آبیاری سطحی	تصفیه ثانویه آب خاکستری

آبیاری زیرزمینی آب خاکستری به منظور جلوگیری از هدر رفتن آب از طریق باد، تبخیر و رواناب می‌باشد. این روش به منظور کاهش تماس انسان و همچنین کاهش خطرپذیری سلامت عمومی در نظر گرفته خواهد شد. در خاک‌های ماسه‌ای باید با اضافه کردن خاک‌های مناسب، ساختار خاک را بهبود داد تا آب خاکستری در محدوده ریشه باقی بماند. برای آبیاری گیاهان دو روش زیر توصیه می‌شود:

۱- آبیاری قطره ای زیر زمینی ، ۲- صافی‌های کوچک

۵-۵-۱- سیستم آبیاری زیرزمینی

- این سیستم آبیاری که در شکل (۲) موجود است، شامل اجزای زیر است:
- ۱- افشانک: سوراخهای افشانک نباید کوچکتر از ۱۲۰۰ میکرون باشند.
 - ۲- شیر فشارشکن: در نقاطی که فشار از ۱۴ متر ستون آب بیشتر می‌شود، می‌بایست از شیر فشارشکن برای تعدیل فشار استفاده کرد.
 - ۳- شیرها، کلیدهای برق، تایمر و دیگر ابزار کنترل: از این وسایل به منظور توزیع بهتر آب خاکستری در نواحی مختلف کشاورزی استفاده می‌شود.
 - ۴- شیر یک طرفه: به منظور جلوگیری از برگشت آب و حتی ذرات به کار گرفته می‌شود.



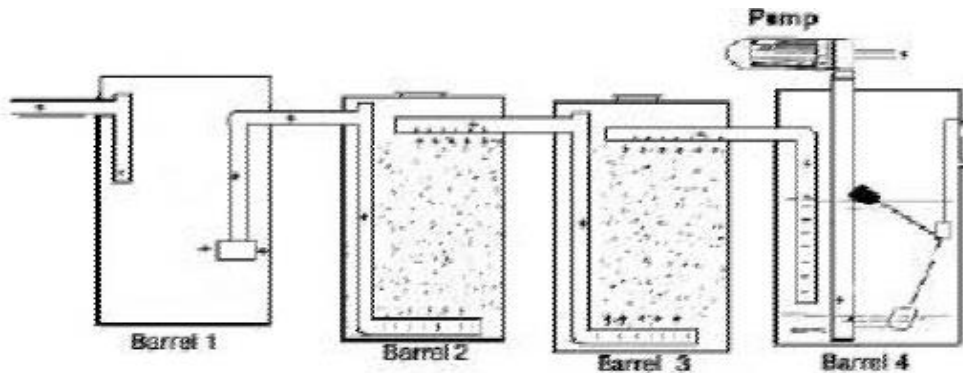
شکل ۲- شمای یک سیستم آبیاری زیرزمینی

۵-۵-۲- سیستم صافی کوچک

این سیستم شامل لوله های سوراخ داری می‌باشد که قطر آن‌ها حداقل ۳ اینچ است. جنس این لوله ها پلی اتیلن و پی وی سی است. حداکثر طول هر لوله ۱۰۰ فوت (۳۰/۴۸ متر) توصیه میشود. فاصله بین لوله ها نباید کمتر از ۴ فوت (۱/۲۲ متر) باشد. ماکزیمم شیب هم ۳ اینچ (۶۲/۷ سانتیمتر) در ۱۰۰ فوت (۳۰/۴۸ متر) یا به عبارتی ۵/۲ در هزار توصیه می‌شود.

۶. پروسه های فنی تصفیه آب خاکستری

باتوجه به شکل (۳) که هر مخزن به چهار بخش ۱۰ مترمکعبی می شود [۷]، جریان آب خاکستری جمع آوری شده از خانه وارد اولین بشکه می شود. در این بشکه یک پیش تصفیه یا یک تصفیه اولیه به منظور ته نشینی ذرات و شناور شدن روغن و کف و ... صورت می گیرد آب از وسط بشکه اول به لول های که به بشکه دوم متصل است، وارد شده و از لایه ای شن متوسط به منظور هضم بی هوازی مواد آلی عبور می کند. این پروسه به طور مشابه در بشکه سوم به منظور تکرار فرآیند هضم بی هوازی انجام می گیرد. دو بشکه وسطی برای ایجاد شرایط مناسب برای رشد باکتری های بی-هوازی به منظور هضم بی هوازی مواد آلی پر از شن هستند. در انتها آب وارد بشکه چهارم که یک تانک ذخیره است می شود، آب خاکستری تصفیه شده برای آبیاری گیاهان، به سیستم آبیاری قطره ای پمپاژ می گردد.



شکل ۳- سیستم تصفیه آب خاکستری چهار بشکه

۷. امکان سنجی استفاده از سیستم آب خاکستری در ایران

با توجه به این که ایران کشوری خشک و کم آب است روش های نوین استفاده ی صحیح و حتی مجدد، از منابع آبی می توانند برای توسعه مناطق خشک، کم آب و پر جمعیت مفید باشد. با استفاده از تجربیات دیگر کشورها از جمله کشور های خاورمیانه (که آنان نیز مانند کشور ایران، با مشکل کمبود آب مواجه هستند)، استفاده از آب خاکستری می تواند برای رفع مشکلات کم آبی کارآمد باشد از جمله موارد استفاده از آب خاکستری در ایران را میتوان به روستا ها با منابع آب محدود به منظور کاهش خسارت ناشی از خشک سالی و روستا ها با منابع آب معمولی به منظور افزایش محصول اشاره کرد.

مزایای استفاده از آب های خاکستری در روستا ها و جوامع کوچک :

۱- به دلیل استفاده از آب خاکستری سولفید هیدروژن در لوله های جمع آوری بسیار کم تولید می شود در نتیجه لوله های جمع آوری آب خاکستری کمتر دچار خوردگی خواهند شد

۲- در استفاده از آب خاکستری به دلیل داشتن غلظت کم مواد آلی لوله ها دچار گرفتگی نمی شوند

۳- برای تصفیه آب خاکستری نیازی به سیستم های گران و پیچیده نیست

به دلیل ملاحظات زیست محیطی، آب یاری آب خاکستری به صورت زیر زمینی و قطره ای انجام می شود که در نتیجه با بالا رفتن راندمان آبیاری سیستم بیش از پیش اقتصادی تر می شود. مزایای استفاده از آب های خاکستری در شهر ها و جوامع بزرگ به این گونه است که تصفیه آب خاکستری بسیار ارزان و راحت تر از تصفیه کل فاضلاب خانگی است. لذا در شهر های کوچک که ساخت یک تصفیه خانه فاضلاب شهری اقتصادی نیست می توان به سیستم تصفیه آب خاکستری اکتفا کرد و در شهر های بزرگ که هزینه تملک زمین برای ساخت یک تصفیه خانه فاضلاب شهری بالا است، با جمع آوری آب خاکستری و تصفیه آن در یک مکان کوچک، می توان بر این مشکل غلبه کرد [۲]. به طور کلی مزایای استفاده از آب خاکستری به این صورت است: (۱) صرفه جویی قابل توجه در حجم آب مصرفی و بازیافت بهینه آب مصرف شده، (۲) افزایش ۵۰ درصد ظرفیت آبیاری بدون صرف هزینه های اضافی، (۳) محدود کردن و کاهش هزینه های تخلیه چاه های جذبی، (۴) بهبود وضع



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



شرکت مهندسی آب، فاضلاب و نیرو

زندگی مردم و کاهش مهاجرت از روستاها به شهرها، (۵) عدم گرفتگی لوله ها به دلیل غلظت پایین مواد آلی، (۶) ارزان و به صرفه بودن سیستم، (۷) اقتصادی بودن طرح

۸. مهم ترین منابع آب خاکستری در خانه ها به ترتیب اولویت میزان تولید در یک خانوار ۴ نفره و مدت یک هفته با الگوی مصرف ایران

(۱) استحمام (۴۰ درصد)، (۲) شستشوی ظروف بدون ماشین ظرف شویی (۲۰ درصد)، (۳) شستشوی لباس با ماشین رختشویی (۱۸ درصد)، (۴) شستشوی دست، صورت، مسواک زدن و... (۱۲ درصد)، (۵) آبیاری گل ها و گیاهان آپارتمانی (۱۰ درصد) [۷].

۹. راهکارهای مدیریت آب های اضافی ساختمان

- در گوشه ای از خانه یک سطل بگذارید و آب زیرگلدانی های خانه را در آن جمع کرده و دوباره برای آبیاری گلدان ها از آن استفاده کنید
- وقتی شیر آب را باز می کنید تا آب گرم شود (در حمام، دستشویی یا آشپزخانه) آب سرد را بیهوده هدر ندهید. یک سطل زیر شیر آب بگذارید و این آب را جمع کنید تا برای مصارف بعدی از آن استفاده شود.
- اگر برخی از لباس های کوچک را به شکل دستی می شوید، آب چرک و شوینده را دور نریزید. می توانید از آن برای استفاده در سیفون توالت استفاده کنید.
- شیلنگ خروجی ماشین رختشویی های غیر اتوماتیک (دستی) را به چاه وصل نکنید. آب خروجی از این ابزار هم آب خاکستری است. از آن برای سیفون می توان استفاده کرد.
- اگر در منطقه پرباران کشور زندگی می کنید انتهای لوله های ناودانی را بی خیال نشوید. می توانید زیر آن ها یک سطل خالی قرار دهید و در روزهای بارانی آب مناسب برای آبیاری گیاهان آپارتمانی و سیفون ها را از این آب به دست آورید.
- استفاده از یک سیستم تصفیه آب با یک پمپ در داخل لوله خروجی حمام (برای اینکه مجدد آب تصفیه و به دوش برگردد).

۱۰. روش های افزایش راندمان سیستم

- استفاده از صافی های تحت زاویه ۴۵ درجه که در پژوهش صورت گرفته بیشترین بازدهی را دارد.
- استفاده از پمپ های مناسب جهت استفاده ی موردی (مثلا قدرت پمپ برای یک واحد صنعتی و یک واحد مسکونی متفاوت است)
- تعویض کردن صافی ها در موعد مقرر
- بررسی مکرر سپتیک تانک

۱۱. نتیجه گیری

آب خاکستری ۶۰ درصد که فاضلاب خانگی را در بر می گیرد که توجه به اجرای سیستم های مجزای آب خاکستری باعث کاهش قابل توجه مصرف آب تصفیه شده در بخش های غیر شرب و همچنین کاهش فاضلاب ورودی به سیستم تصفیه فاضلاب شهری می باشد. مدیریت دفع و تصفیه فاضلاب از طریق سیستم های تصفیه ساده تر و سبک تری نسبت به روش های معمول تصفیه فاضلاب می گردد. روش های معمول در تصفیه فاضلاب نظیر لجن فعال نیازمند سرمایه گذاری در زمین، تجهیزات و هزینه های بهره برداری و نیروی انسانی می باشند این در حالی است که سیستم های تصفیه آب خاکستری در اشکال ساده تری صورت می گیرد. این بررسی نشان می دهد، نظر به بروز بحران جهانی که در حال حاضر گریبان گیر جوامع بشری از جمله کشور ایران نیز می باشد و حیات انسان را تهدید می کند، لذا استفاده از آب خاکستری می تواند در بسیاری موارد راه گشا بوده و به عنوان راهکاری مناسب در مدیریت منابع آبی در نظر گرفته شود. به طور کلی به وسیله سیستم بازیافت آب خاکستری، به میزان قابل توجهی در مصرف آب صرفه جویی خواهد شد. در نتیجه برای کاهش مصرف آب، کاهش هزینه های افراد، داشتن محیط زیست بهتر و منابع آب بیشتر، آب های خاکستری باید بازیافت شوند.

۱۲. مراجع

1. Ushijima, k., et al. (2015), Grey water treatment by the slanted soil system with unsorted soil media, Environ Technol. 36(20):p.26039
2. Birks, R. and S.Hills (2007), characterization of indicator organisms and pathogens in domestic grey water for recycling, Environmental monitoring and assessment. 129(1-3): p. 61-69
3. Katukiza, A.Y., et al. (2014), Grey water treatment in urban slums by a filtration system: optimization of the filtration medium, J Environ Manage. 146: p. 131-41.
4. Penn, R., M. Schutze, and E. Friedler (2013), Modelling the effects of on-site grey water reuse and low flush toilets on municipal sewer systems, J Environ Manage. 114: p.72-83.
5. Li, F., et al. (2008), Resources and nutrients oriented grey water treatment for non-potable reuses, water sci technol. 57(12):p. 1901-7.

۶. استفاده از آب خاکستری تبدیل تهدید به فرصت در مقابله با بحران آب در کشورهای در حال توسعه با شرایط ایران، اولین سمینار ملی جایگاه آبهای بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب، سال ۸۷

۷. اهداف و تجارب استفاده از سیستم آب خاکستری در لبنان، سومین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست سال ۸۸