

چرا فاضلاب

باید تصفیه شود؟

سرآغاز

فاضلاب، به تمام آب‌های زاید ناشی از مصرف آب در کاربری‌های خانگی، پساب‌های حاصل از شست و شو و پساب‌های تجاری، کشاورزی و صنعتی اطلاق می‌شود. در نگاه به موضوع فاضلاب، در نزد بسیاری، این نکته در ذهن متبادر می‌شود که فاضلاب، جزیی از چرخه‌ی آب در طبیعت است. پس چرا باید آن را جمع‌آوری و تصفیه کرد؟ در پاسخ به این پرسش، ابتدا باید یادآور شد که هر چند فاضلاب در زمره‌ی آب‌های شیرین ولی آلوده قرار دارد و طبیعت قادر است به کمک فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی، آن را پالایش و به چرخه‌ی طبیعی آب بازگرداند، اما باید توجه داشت که زمان انجام فرآیندهای تصفیه‌ی طبیعی فاضلاب، به اندازه‌ای بزرگ و طولانی است که خواسته‌ها و نیازهای انسان و طبیعت را برآورده نمی‌سازد. ضمن آن که حجم فاضلاب‌های تخلیه شده به محیط‌های طبیعی (رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، سفره‌های زیرزمینی و...)، اغلب متناسب با توان و ظرفیت محیط‌های پذیرنده نیست و پیامد آن، تداخل در چرخه‌های طبیعی مواد و برهم‌خوردن نظم طبیعی اکوسیستم‌ها می‌شود. پیامد نامیمون چنین رخدادی، آلودگی منابع آب و خاک، تغییر در گونه‌های گیاهی و جانوری و از دست رفتن قابلیت و فرصت استفاده و بهره‌برداری متعارف از منابع طبیعی است.

مارتین هولدگیت (M. Holdgate) در سال ۱۹۸۹ آلودگی را چنین تعریف کرده است: "مواد و یا انرژی ناشی از فعالیت‌های انسانی و یا رخدادهای طبیعی، که سبب تداخل در اکوسیستم شود و یا در استفاده‌های مجاز از آن، وقفه ایجاد کند." این دانشمند در سال ۱۹۹۰ با نگاهی عمیق‌تر و فراگیرتر از مفهوم و پیامدهای آلودگی، تعریف خود از آلودگی را به شرح زیر اصلاح کرد:

"هر چیزی، در مکان نادرست (نامناسب)، زمان نادرست و در مقدار نامناسب"

"Something in the wrong place, at the wrong time, in the wrong quantity"

مروری بر کتاب‌ها و مقاله‌های مرتبط با مدیریت فاضلاب، هدف‌های زیر برای جمع‌آوری و تصفیه‌ی فاضلاب برشمرده شده است:

۱. تامین شرایط بهداشتی برای زندگی مردم
۲. مشارکت در حفاظت از محیط زیست و پاک نگه‌داری آن
۳. بازیابی فاضلاب و استفاده‌ی دوباره از آب
۴. تولید بارورکننده (کود) طبیعی و بهداشتی
۵. تولید انرژی از لجن حاصل از تصفیه‌ی فاضلاب

۱. تامین شرایط بهداشتی برای زندگی مردم

نگرانی از آلودگی‌های میکروبی و شیمیایی مواد غذایی پرورش یافته در زمین‌های آبیاری شده با فاضلاب، آلودگی خاک و آبخوان‌های زیرزمینی، شیوع بیماری‌های مرتبط با فاضلاب و سلامت کارگران و کشاورزان شاغل در

مزارع، در کنار جنبه‌های روانی، فرهنگی و اجتماعی آن، از جمله نگرانی‌ها و چالش‌های فراروی برنامه‌ریزان و مدیران در تخصیص و کاربری پساب در کشاورزی است. به تقریب همه‌ی میکروارگانیسم‌ها و انگل‌هایی که در مدفوع انسان یافت می‌شوند، در فاضلاب خانگی وجود دارند و فاضلاب اغلب حاوی تعداد زیادی عامل‌های بیماری‌زا است. در پنجره‌ی شماره‌ی ۱ ویژگی‌های میکروبی مدفوع انسان و در پنجره‌ی شماره‌ی ۲ برخی ویژگی‌های میکروبی فاضلاب خام، به اختصار درج شده است.

پنجره‌ی شماره‌ی ۱:

ویژگی‌های میکروبی مدفوع انسان

- هر انسان بالغ در روز ۱۰۰ تا ۱۵۰ گرم مواد زائد جامد (مدفوع) از طریق دستگاه گوارش و ۱ تا ۱/۳ لیتر ادرار دفع می‌کند.
- در هر گرم مدفوع بیش از 10^{12} عدد باکتری وجود دارد. این تعداد باکتری، حدود ۹ درصد از وزن مرطوب مدفوع را شامل می‌شود.
- باکتری‌های موجود در فاضلاب خانگی که اغلب از مدفوع سرچشمه می‌گیرند، به یکی از گروه‌های زیر تعلق دارند:
 - گرم منفی و هوازی اختیاری: *Enterobacter, Vibrio, Plesiomonas, Shigella, Aeromonas, Klebsiella, Escherichia*
 - گرم منفی و هوازی: *Flavobacterium, Pseudomonas, Alcaligenes*
 - گرم مثبت و اسپورزا: *Bacillus*
 - گرم منفی و فاقد توان اسپوزایی: *Corynebacterium, Arthrobacter, Rhodococcus*
- هر انسان بالغ در هر روز 2×10^9 تا 10^7 عدد باکتری اشریشیاکلی گرماپای از طریق مدفوع دفع می‌کند.

پنجره‌ی شماره‌ی ۲:

برخی ویژگی‌های میکروبی فاضلاب خام

- فاضلاب خانگی خام معمولاً حاوی 10^5 عدد آنتروویروس در هر صد میلی لیتر فاضلاب است.
- به طور معمول فاضلاب خام حاوی 10^7 تا 10^9 عدد باکتری اشریشیاکلی گرماپای در هر صد میلی لیتر فاضلاب است.
- در اروپا، به طور معمول فاضلاب خانگی خام حاوی 10^4 عدد باکتری سالمونلا در هر لیتر فاضلاب است.
- در کشورهای در حال توسعه، تعداد عامل‌های بیماری‌زا و تراکم آن در فاضلاب، اغلب بیش‌تر از کشورهای صنعتی است

بیماری‌های منتقله از فاضلاب

بیماری‌های ناشی از فاضلاب، بیماری‌های قابل انتقالی هستند که عامل‌های ویروسی، باکتریایی، پروتوزایی و یا انگلی مسبب آن‌ها، از طریق مدفوع و یا ادرار شخص آلوده، به محیط وارد شده و در نهایت از راه دهان و یا از طریق پوست، به افراد سالم منتقل می‌شوند (جدول شماره ۱). تاکنون حدود سی بیماری مرتبط با مدفوع و فاضلاب شناخته شده است. این بیماری‌ها حسب شیوه‌ی انتقال و ویژگی‌های عامل بیماری‌زا، مطابق جدول شماره ۲ به پنج گروه تقسیم می‌شوند.

جدول شماره ۱: تعداد احتمالی عامل‌های بیماری‌زا در فاضلاب

نوع	عامل‌های بیماری‌زا	تعداد محتمل در هر لیتر فاضلاب شهری ^۱
ویروس‌ها	اینتر و ویروس ^۲	۵۰۰۰
	کلیفرم بیماری‌زا	؟
	سالمونلا	۷۰۰۰
	شیگلا	۷۰۰۰
	ویبریون کلرا	۱۰۰۰
پروتوزا	آنتاموبا هیستولیتیکا	۴۵۰۰
	آسکاریس لامبریکوئیدس	۶۰۰
کرم‌ها	کرم‌های قلابدار	۳۲
	شیستوزوما مانسونی	۱
	تنیا ساژیناتا	۱۰
	تریکورپس تریکورا	۱۲۰

توضیح:

؟: نامشخص

۱. بر اساس سرانه‌ی روزانه‌ی ۱۰۰ لیتر فاضلاب و ۹۰ درصد غیر فعال سازی پاتوژن‌های دفع شده

۲. شامل پولیو، اکو و کوکساکسی ویروس‌ها

جدول شماره ۲: طبقه‌بندی سازمان جهانی بهداشت از بیماری‌های ناشی از فاضلاب

گروه	عنوان	بیماری / عامل بیماری
اول	عامل‌های بیماری‌زای آشکار با دز عفونی پایین	آمیبیازیس، بالانتیدیازیس، آنتروبیازیس، عفونت‌های آنتروویروسی، ژiardیازیس، هایمنولیازیس، هپاتیت A، عفونت‌های روتاویروسی
دوم	عامل‌های بیماری‌زای آشکار با دز عفونی متوسط تا زیاد	باکتری‌های کلرلا، اشریشیاکلی، کمپیلو باکتر، سالمونلا تیفی، پرسینیا
سوم	عامل‌های بیماری‌زای نهفته و مقاوم (بدون میزبان واسط)	آسکاریس لامبریکوئیدس، تریکوریس تریکورا، آنکیلوستوما دئودنالایس، استرونژیلوئیدس استرکولاریس، نکاتور آمریکنوس
چهارم	عامل‌های بیماری‌زای نهفته و مقاوم (خوک و گاو به عنوان میزبان واسط)	تنیا ساژیناتا، تنیا سولیوم
پنجم	عامل‌های بیماری‌زای نهفته و مقاوم با میزبان آبی	کلونورکیس، فاسیولا هپاتیکا، شیسستوزوما، دیفیلوبوتیوم لاتوم

گروه اول: عامل‌های بیماری‌زای آشکار با دز عفونی پایین^۱

بیماری‌های این گروه به وسیله‌ی ویروس‌های مدفوعی، پروتوزواها و انواع گوناگون کرم‌ها ایجاد می‌شوند. این عامل‌ها، بلافاصله پس از دفع، عفونت‌زا^۲ هستند و دز عفونی پایینی دارند. به تعبیر دیگر، به تعداد اندک، قادر به ایجاد بیماری هستند. انتقال این بیماری‌ها معمولاً در محیط‌های انسانی، به خصوص زمانی که سطح بهداشت فردی پایین باشد، انجام می‌شود. با این حال زمان حیات ویروس‌ها و پروتوزواها ممکن است به اندازه‌ای طولانی باشد تا خطرهای بهداشتی در انتقال، انباشت و یا استفاده از فاضلاب تصفیه نشده به همراه داشته باشند. بیماری‌های آمیبیازیس، بالانتیدیازیس، آنتروبیازیس، عفونت‌های آنتروویروسی، ژiardیازیس، هایمنولیازیس، هپاتیت A، عفونت‌های روتاویروسی در این گروه قرار دارند.

گروه دوم: عامل‌های بیماری‌زای آشکار با دز عفونی متوسط تا زیاد^۳

(به نسبت مقاوم، قادر به تکثیر در خارج از بدن میزبان)

عامل‌های بیماری‌زای این گروه، باکتری‌های مدفوعی هستند که همانند عامل‌های بیماری‌زای گروه نخست، بلافاصله پس از دفع، عفونت‌زا هستند. عامل‌های بیماری‌زای این گروه، به نسبت مقاوم هستند و قادرند در خارج از بدن میزبان و در محیط‌هایی مانند شیر و یا سایر مواد غذایی نیز تکثیر یابند. این باکتری‌ها معمولاً بلافاصله پس از

¹Non-latent ; low infective dose

² Infective

³Non-latent , medium or high infective dose , moderately persistent ; able to multiply

دفع، منتقل می‌شوند ولی به دلیل توانایی مقاومت بیش‌تر در محیط، قادر به طی راه‌های انتقال طولانی تر نیز می‌باشند و به همین دلیل خطرهای بهداشتی جدی را می‌توانند ایجاد کنند. باکتری‌های کلرلا، اشریشیاکلی، کمپیلو باکتر، سالمونلا تیفی، پرسینیا در این گروه قرار دارند.

گروه سوم: عامل‌های بیماری‌زای نهفته و مقاوم (بدون میزبان واسط)^۴

بیماری‌های این گروه از نماتودهای روده‌ای که از خاک منتقل می‌شوند و به میزبان واسط نیز نیاز ندارند، ناشی می‌شود. از مهم‌ترین عامل‌های بیماری‌زای این گروه به آسکاریس لامبریکوئیدس، آنکیلوستوما دئودنالیس، تریکوریس تریکورا، استرونژیلوئیدس استرکولاریس و نکاتور آمریکنوس می‌توان اشاره کرد. همه‌ی این کرم‌ها، به آسانی و متعاقب تخلیه و یا انباشت فاضلاب خام در محیط و یا بر اثر استفاده از فاضلاب خام و یا فاضلابی که به حد کافی تصفیه نشده باشد، به انسان منتقل می‌شوند. عامل‌های بیماری‌زای این گروه، بزرگ‌ترین مشکل بهداشت عمومی در طرح‌های فاضلاب به شمار می‌روند.

گروه چهارم: عامل‌های بیماری‌زای نهفته و مقاوم (خوک و گاو به عنوان میزبان واسط)^۵

عامل‌های بیماری‌زای این گروه، نماتودهای تنیا ساژیناتا و تنیا سولیوم هستند که به ترتیب از گاو و خوک به انسان منتقل می‌شوند. برای انتقال این بیماری‌ها به انسان، باید تخم‌های زنده‌ی این انگل‌ها توسط گاو و یا خوک خورده شوند. یک را احتمالی برای انتقال این بیماری‌ها، آبیاری چراگاه‌ها با فاضلاب خام است.

گروه پنجم: عامل‌های بیماری‌زای نهفته و مقاوم با میزبان آبزی^۶

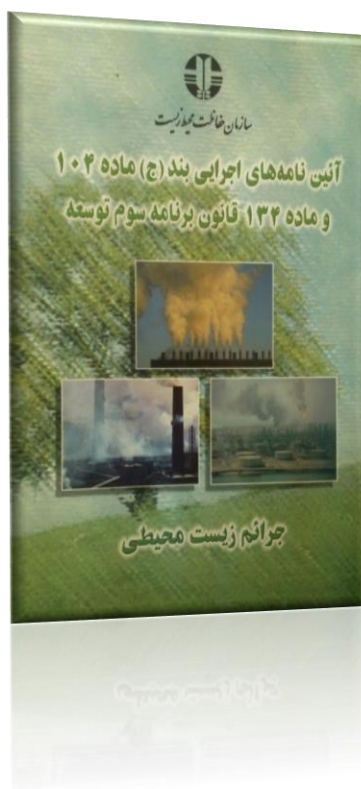
بیماری‌های این گروه ناشی از کرم‌هایی است که عامل نگهدارنده‌ی آن‌ها در آب وجود دارد و برای ایجاد بیماری در انسان، به یک و یا دو میزبان آبزی نیاز دارند. نخستین میزبان، معمولاً یک حلزون است و عامل بیماری‌زا ابتدا در بدن آن به طور غیرجنسی تکثیر می‌یابد. دومین میزبان، اغلب ماهی و یا یک ماکروفیت آبزی است. بسیاری از کرم‌های این گروه نظیر کلونورکیس، فاسیولا هپاتیکا، شیس‌توزوما و دی‌فیلوبوتیوم لاتوم، توزیع جغرافیایی محدودی دارند. در نواحی آندمیک، انتقال این کرم‌ها و ایجاد بیماری در انسان، بر اثر استفاده از فاضلاب خام و یا فاضلابی که به حد کافی تصفیه نشده باشد، در پرورش آبزیان و یا در پی مصرف ماهی و سبزی‌های خام رخ می‌دهد.

4 Latent and persistent; no able intermediate host

5 Latent and persistent; cow or pig as intermediate host

6 Latent and persistent; aquatic intermediate host

۲. مشارکت در حفاظت از محیط زیست و پاک نگهداری آن



مطابق ماده‌ی ۴۶ قانون توزیع عادلانه‌ی آب که قانون مادر بخش آب کشور به شمار می‌رود، "آلوده ساختن آب ممنوع است، مسئولیت پیشگیری و ممانعت و جلوگیری از آلودگی منابع آب به سازمان حفاظت محیط زیست محول می‌شود. سازمان مذکور موظف است پس از کسب نظر سایر مقامات ذی‌ربط، کلیه‌ی تعاریف ضوابط مقررات و آئین نامه‌های مربوط به جلوگیری از آلودگی آب را تهیه و به تصویب هیئت وزیران برساند و پس از تصویب لازم الاجرا خواهد بود." مفاد ماده‌ی ۴۶ قانون توزیع عادلانه‌ی آب، در قوانین پنج ساله‌ی توسعه‌ی کشور نمود یافته است و مواد ۱۰۴ و ۱۳۴ قانون برنامه‌ی سوم توسعه و در سال‌های پس از آن، با استناد به ماده‌ی ۴۶ قانون توزیع عادلانه‌ی آب، به شرح زیر تدوین شده است.

بند (ج) ماده‌ی ۱۰۴

قانون برنامه‌ی سوم توسعه‌ی اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران

به منظور کاهش عوامل آلوده کننده محیط زیست بالاخص در مورد منابع طبیعی و منابع آب کشور، واحدهای تولیدی موظفند برای تطبیق مشخصات فنی خود با ضوابط محیط زیست و کاهش آلودگی‌ها اقدام کنند. هزینه‌های انجام شده در این مورد به عنوان هزینه‌های قابل قبول واحد منظور می‌گردد. از واحدهایی که از انجام این امر خودداری نمایند و فعالیت‌های آن‌ها باعث آلودگی و تخریب محیط زیست گردد، جریمه متناسب با خسارات وارده اخذ و به درآمد عمومی واریز می‌گردد تا در قالب لوایح بودجه‌ی سنواتی برای اجرای طرح‌های سالم سازی محیط زیست هزینه شود. آیین نامه‌ی این بند مشتمل بر مبلغ و چگونگی اخذ جرایم و نحوه‌ی هزینه‌ی آن، به پیشنهاد سازمان حفاظت محیط زیست به تصویب هیات وزیران می‌رسد.

ماده‌ی ۱۳۴

قانون برنامه‌ی سوم توسعه‌ی اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی، جمهوری اسلامی ایران

صدور هرگونه مجوز بهره‌برداری از منابع آب‌های سطحی یا زیرزمینی و شبکه‌ی توزیع شهری برای مصارف واحدهای بزرگ تولیدی، صنعتی، دامداری، خدماتی و سایر مصارفی که تولید فاضلاب با حجم زیاد می‌کنند و هم چنین استمرار مجوزهای صادره در گذشته، منوط به اجرای تاسیسات جمع‌آوری فاضلاب، تصفیه و دفع بهداشتی پساب است. تا زمان اجرای تاسیسات مناسب، از واحدهای مصرف کننده‌ی آب با توجه به نوع و میزان آلودگی، جرایم مبنای آیین نامه و تعرفه‌ی مصوب دولت اخذ می‌گردد که پس از واریز به خزانه، معادل وجوه واریزی از محل اعتبارات دریف خاصی که در قوانین بودجه‌ی سنواتی پیش‌بینی خواهد شد در اختیار سازمان حفاظت محیط زیست قرار گیرد و برای طرح‌های حفاظت کیفی منابع آب و تصفیه و دفع بهداشتی فاضلاب هزینه خواهد شد. وزارت نیرو با همکاری سازمان حفاظت محیط زیست کشور و دستگاه اجرایی ذی‌ربط نسبت به تهیه‌ی آیین نامه‌ی اجرایی این ماده و پیشنهاد آن برای تصویب در هیات وزیران اقدام خواهد کرد.

آیین نامه‌ی اجرای این قوانین، در جلسه‌ی مورخ ۹/۱۲/۲۷ هیات محترم وزیران و بنا به پیشنهاد شماره‌ی ۱۴۳۷/۵۳۲۸-۱۰۵/۳۱۹ مورخ ۱۳۷۹/۹/۶ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، به تصویب هیات محترم وزیران رسید و ملاک عمل سازمان‌های محیط زیست استانی قرار دارد.

تدوین و اعمال قوانین سختگیرانه برای تخلیه‌ی فاضلاب‌های خام به محیط، تنها متاثر از نگرانی ناشی از ابتلا به بیماری‌های میکروبی مرتبط با فاضلاب نیست، فاضلاب خام، افزون بر دارا بودن طیف گسترده‌ای از عامل‌های میکروبی بیماری‌زا، حاوی مواد آلی کمیاب، فلزات سنگین، مواد شیمیایی مخرب درون ریز^۷ که به نام عمومی EDC شناخته می‌شوند، ترکیبات فعال دارویی و مواد مغذی نیز می‌باشند.

فلزات سنگین در چرخه‌ی تصفیه‌ی متعارف فاضلاب، به آسانی حذف می‌شوند، بنابراین نگرانی در مورد این فلزات، زمانی که از فاضلاب تصفیه شده استفاده می‌شود، کم‌تر است. در صورتی که منبع اصلی پساب، فاضلاب صنعتی و یا فاضلاب‌های خانگی کم‌تر تصفیه شده باشد، تاثیر فلزات سنگین بیش‌تر خواهد شد.

مواد شیمیایی مخرب غدد درون ریز شناخته شده‌ای که در فاضلاب و محیط زیست یافت می‌شوند شامل ترکیبات استرادیول موجود در قرص‌های ضد بارداری، فیتواستروژن‌ها، حشره‌کش‌ها، ترکیبات شیمیایی همچون بیسفنول A، نونیل فنول و فلزات سنگین می‌باشند. فاضلاب تصفیه نشده، منبع اصلی این ترکیبات و حاوی غلظت‌های بالاتری از آن‌ها، نسبت به سایر منابع آبی است. غلظت مواد شیمیایی مخرب غدد درون ریز در فاضلاب تصفیه نشده، بسیار کم‌تر از هورمون‌هایی است که در بدن وجود دارد و این قابلیت، هزاران بار کم‌تر از هورمون‌های طبیعی است. هر چند تاثیر بهداشتی این مواد، به دلیل غلظت پایین، بر سلامتی ناچیز در نظر گرفته می‌شود ولی آبیانی که در تماس نزدیک یا دایمی با فاضلاب بازیافتی تصفیه شده و یا آب‌هایی که حاوی مواد شیمیایی مخرب غدد درون ریز هستند. ممکن است تحت تاثیر این مواد قرار گیرد.

اصلی‌ترین ترکیبات فعال دارویی که در آب‌های سطحی و زیرزمینی و فاضلاب‌ها یافت می‌شوند شامل انواع مسکن‌ها مانند ایبوپروفن، داروهای ضد صرع، داروهای کاهش کلسترول، آنتی بیوتیک‌ها و داروهای ضد افسردگی هستند. این داروها و سایر مواد شیمیایی مشابه، قادرند به روش‌های گوناگون به طبیعت راه یابند. یکی از راه‌های معمول ورود آن‌ها به محیط، فاضلاب‌های تصفیه شده و تصفیه نشده است. همانند مواد شیمیایی مخرب غدد درون‌ریز، ترکیبات فعال دارویی در فاضلاب، نسبت به سایر آب‌های بازیافتی بیش‌تر می‌شوند. برخی از این مواد شیمیایی در جریان تصفیه‌ی فاضلاب و واکنش‌های زیست محیطی زودوده می‌شوند. در حالی که بقیه پایدارترند. به رغم غلظت بسیار کم‌تر این مواد در فاضلاب تصفیه شده، در مقایسه با غلظت آن‌ها در داروها، باید مراقب خطرات ناشی از جذب این مواد در محصولات کشاورزی بود. یکی از نگرانی‌های اصلی، گسترش مقاومت آنتی‌بیوتیک‌ها در میکروارگانیسم‌های خاک و آب است که در نتیجه‌ی ورود آنتی بیوتیک‌ها به محیط روی می‌دهد.

⁷Endocrine Disruption Chemical (EDC)

یکی دیگر از عامل‌های مورد توجه در پساب، مواد مغذی آلی و غیرآلی است. مهم‌ترین ماده‌ی مغذی، کربن آلی محلول می‌باشد. کربن آلی محلول با توجه به منشاء فاضلاب، اشکال متفاوتی دارد. کربن آلی محلول موجود در آب‌های زهکشی شده مقاوم‌تر از کربن آلی موجود در پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری و یا صنایع غذایی است. کربن آلی پساب بازیافتی، سبب افزونی فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک می‌شود. مواد مغذی آلی و غیرآلی در فاضلاب تصفیه شده که دارای نسبت کربن به نیتروژن بالا می‌باشد، باعث تحریک میکروارگانیسم‌های خاک و در نتیجه کاهش هدایت هیدرولیکی خاک می‌شود. میکروارگانیسم‌ها، هدایت هیدرولیکی خاک را با افزایش رشد سلولی و تولید بیوفیلم که هر دو موجب انسداد منافذ بین ذرات خاک می‌شوند کاهش می‌دهند. باید توجه داشت که نیاز خاک به مواد مغذی اضافی در طول زمان، در نتیجه‌ی انباشت مواد مغذی به خصوص نیتروژن در خاک کاهش خواهد یافت.

ویژگی‌هایی نظیر pH، اکسیژن محلول، جامدات معلق و شوری فاضلاب، خاک را متاثر می‌سازد. سدیم و اقسام دیگر شوری در فاضلاب وجود دارند. شوری سدیمی بر ویژگی‌های خاک از طریق پدیده‌ی تورم و پراکندگی، تاثیر منفی دارد و سبب کاهش هدایت هیدرولیکی خاک و در نتیجه تقلیل توانایی نفوذ آب در خاک می‌شود. هدایت الکتریکی فاضلاب تصفیه شده‌ی خانگی که برای مقاصد آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرند، اغلب کم‌تر از یک دسی زیمنس بر سانتی‌متر می‌باشند. در این موارد، شوری آب مشکلی برای اغلب محصولات به وجود نمی‌آورد. افزایش میزان شوری خاک، در نتیجه‌ی انباشته شدن سدیم می‌تواند مشکل ساز باشد که در این صورت نیاز به اعمال مدیریت زمین نظیر جدا کردن سدیم از ساختار خاک با آبیاری دوره‌ای با آبی با شوری کم‌تر می‌باشد.

بنا به گزارش دفتر توسعه‌ی ملل متحد^۸ هر سال حدود ۱۵۰۰ کیلومتر مکعب فاضلاب در جهان تولید می‌شود که ۸۰ درصد آن، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، بدون هیچ‌گونه تصفیه‌ای به منابع آب تخلیه می‌شوند. در صورت تصفیه‌ی مناسب و استفاده‌ی هدفمند، این مقدار پساب می‌تواند بخش قابل توجهی از نیاز آبی و کمبود آن را جبران کند.

۳. بازیابی فاضلاب و استفاده‌ی دوباره از آب

در یک صد سال گذشته، مصرف جهانی آب، بیش از شش برابر شده است و میزان آن، با رشد ثابت حدود یک درصد در سال، هم چنان در حال افزایش است. انتظار می‌رود مصرف جهانی آب در آینده نیز متأثر از افزونی جمعیت، توسعه‌ی اقتصادی، تغییر در الگوهای مصرف و مانند آن هم چنان افزایش یابد. پیش‌بینی‌ها حاکی از آن است که جمعیت جهان از ۷/۷ میلیارد نفر در سال ۲۰۱۷ به رقمی ما بین ۹/۴ تا ۱۰/۲ میلیارد نفر در سال ۲۰۵۰ افزایش یابد که دو سوم آنها در شهرها ساکن خواهند بود. بیش از نیمی از افزایش جهانی جمعیت در آفریقا (افزون بر ۱/۳ میلیارد نفر) و سپس در آسیا (افزون بر ۷۵۰ میلیون نفر) رخ خواهد داد. در این دوره (۲۰۱۰-۲۰۵۰) شاخص تولید ناخالص جهانی (GDP) حدود ۲/۵ برابر افزایش می‌یابد. برآوردها نشان می‌دهد که تقاضای جهانی برای مواد غذایی و انرژی (عمدتاً الکتریسته) تا سال ۲۰۲۵ و در مقایسه با سال ۲۰۱۷ به ترتیب ۶۰ و ۸۰ درصد افزایش خواهد یافت. در این مدت، چرخه‌ی جهانی آب، متأثر از گرم شدن جهانی زمین، پیچیده‌تر و سخت‌تر خواهد شد و مناطق مرطوب، بارش‌های شدیدتر و مناطق خشک، خشکسالی‌های شدیدتری را تجربه خواهند کرد. در سال ۲۰۱۷ تقاضای جهانی آب، رقمی در حدود ۴۶۰۰ کیلومتر مکعب برآورد شده است و انتظار می‌رود این مقدار در سال ۲۰۵۰ با افزایش حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد، به رقمی در حدود ۵۵۰۰ تا ۶۰۰۰ کیلومتر مکعب برسد.

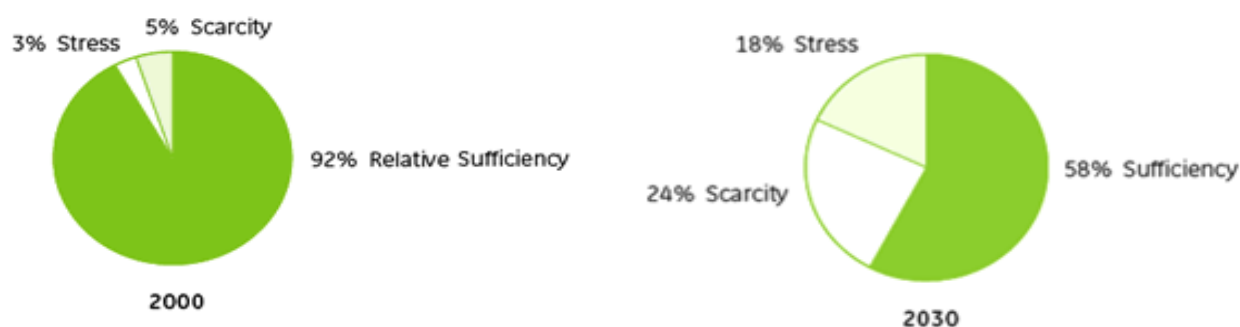
به دلیل محدودیت داده‌ها و برهم کنش‌های عامل‌های زیست محیطی، اقتصادی، اجتماعی و سیاسی گوناگون، مانند تغییر جهانی اقلیم، رشد جمعیت، تغییر در کاربری زمین، جهانی سازی، توسعه‌ی اقتصادی، فناوری و نوسان‌های سیاسی، مدیریت محلی آب و توسعه‌ی جهانی، اثرات متقابل بر یک دیگر دارند. بخش کشاورزی با سهمی حدود ۷۰ درصد، هم چنان بیش‌ترین میزان مصرف جهانی آب را به خود اختصاص داده است. پیش‌بینی‌ها حکایت از آن دارد که تقاضای آب برای آبیاری زمین‌های کشاورزی، در مقایسه با سال ۲۰۱۰، در سال ۲۰۵۰، حدود ۲۳ تا ۴۲ درصد افزایش خواهد یافت. سازمان غذا و خواربار جهانی (فائو) رشد تقاضای جهانی آب در بخش کشاورزی را در سال ۲۰۵۰ و در مقایسه با سال ۲۰۰۸، حدود ۵/۵ درصد اعلام کرده است. بخش صنعت با سهمی حدود ۲۰ درصد، در رتبه‌ی دوم تقاضای جهانی آب قرار دارد. به تقریب حدود ۷۵ درصد از مصرف جهانی آب در این بخش، به مصرف تولید انرژی و مابقی آن در تأسیسات و تولید کالاها می‌رسد. برآوردها نشان می‌دهد در حالی که طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۵۰ سهم آب در تأسیسات و تولیدات صنعتی، چهار برابر خواهد شد و سهم تولید انرژی، تنها یک دهم درصد افزایش می‌یابد. این امر متأثر از کارآمدتر شدن نیروگاه‌های تولید برق و بهره‌گیری از سامانه‌های خنک کننده‌ی پیشرفته‌تر ارزیابی می‌شود.

در مقیاس جهانی، برداشت آب طی سال‌های ۱۹۵۵ تا ۲۰۲۰ حدود ۳۵ درصد افزایش می‌یابد. بیش از ۸۰ درصد این افزایش مربوط به مصارف آب در بخش صنعت کشورهای در حال توسعه خواهد بود. خلاصه آن که در سال‌ها و دهه‌های آینده، تقاضای جهانی آب، هم چنان افزایش خواهد یافت. این افزایش در بخش‌های صنعتی و خانگی شتابان‌تر و رشد آن سریع‌تر خواهد بود. در عین حال، بخش کشاورزی هم چنان جایگاه نخست خود را در مصرف جهانی آب، حفظ خواهد کرد. هر چند که سهم آن در کشورهای در حال توسعه از ۸۶ درصد در سال ۱۹۹۵

به ۷۵ درصد در سال ۲۰۵۰ تنزل می‌یابد و کشمکش‌ها و چالش‌های بزرگی را بین بخش کشاورزی و رقیبان آن (بخش‌های صنعت و خانگی) که هر یک از آن‌ها نیز تقاضای بیش‌تری برای آب دارند، پدید خواهد آورد. بقاء، امنیت و توسعه‌ی کشاورزی، به شدت وابسته به آب است، در حالی که رقیبان آن نیز به شدت نیازمند آب خواهد بود.

در کشور ما نیز به تبعیت از محدودیت منابع آب و نوسان‌های و تغییرات اقلیمی، توزیع نامتوازن آب، افزایش جمعیت، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی و رسیدن کشور به مرحله‌ی تنش آبی، همگی سبب شده است تا مدیران و برنامه‌ریزان آب کشور، در پی استفاده از منابع غیرمتعارف آب (پساب‌ها و آب‌های شور) برای نیا به هدف‌های توسعه‌ی کشور باشند. بر اساس برآوردهای انجام شده در طرح جامع آب کشور، میزان کل فاضلاب‌های تولیدی حاصل از مصارف مختلف در ایران قریب به ۳۲ میلیارد مترمکعب است. بخش عمده‌ای از این حجم آبی (۲۸ میلیارد مترمکعب)، به زهاب‌های کشاورزی مربوط می‌شود. این در حالی است که با توسعه‌ی تدریجی تاسیسات جمع‌آوری و تصفیه‌ی فاضلاب شهری، حجم پساب‌های تصفیه شده در کشور نیز رو به افزایش است؛ به طوری که در پایان سال ۱۳۹۸، بالغ بر ۲۳۷ تصفیه‌خانه با مجموع ظرفیت پالایش ۵/۳۱۳ میلیون مترمکعب در شبانه‌روز، فاضلاب بیش از ۳۳/۴۳ میلیون نفر از جمعیت شهری کشور (۵۲/۴ درصد) را تصفیه کرده‌اند. در آینده‌ی نزدیک، حجم فاضلاب‌های شهری کشور به ۵ میلیارد مترمکعب در سال خواهد رسید که با توجه به کل منابع آبی قابل تجدید کشور، رقم قابل توجهی است. بر این اساس در کشور ما، هم زمان با توسعه‌ی تدریجی دانش بازیابی پساب، از طریق اجرای پروژه‌های مطالعاتی و برگزاری همایش‌ها و نشست‌های تخصصی، هماهنگی بین بخشی و جوانب حقوقی بازیابی پساب نیز در قالب بخشنامه‌های اجرایی مد نظر بوده است.

در آینده با افزایش تقاضا، رقابت بین بخش‌های مصرف‌کننده‌ی آب تشدید خواهد شد و بهای آب به تدریج به ارزش واقعی اقتصادی آن نزدیک‌تر خواهد شد. در مقیاس جهانی، هر سال که می‌گذرد با افزونی تقاضا و رقابت برای دستیابی به منابع آب با کیفیت بهتر، شمار بیش‌تری از جمعیت جهان در معرض تنش و یا کم آبی قرار می‌گیرند (شکل شماره ۱).



شکل شماره ۱: تغییرات درصد بر خور داری مطمئن جمعیت جهان از آب طی سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۰۰

۴. تولید بارورکننده (کود) طبیعی و بهداشتی

بر اساس رهنمود سازمان جهانی بهداشت، هر نفر روزانه ۲۰۰-۸۰ لیتر و در سال ۷۰-۳۰ مترمکعب فاضلاب تولید می‌کند. با احتساب میانگین نیاز زمین‌های زارعی به ۲ متر آبیاری سالانه، در مناطق نیمه خشک (۱/۵ تا ۳ متر در سال) فاضلاب یک نفر برای آبیاری ۱۵ تا ۳۵ مترمربع زمین کافی است. به این ترتیب با فاضلاب شهری با جمعیت یک میلیون نفر، ۳۵۰۰-۱۵۰۰ هکتار زمین را می‌توان آبیاری کرد.

برآورد محققان مختلف نشان می‌دهد که کاربرد هر ۱۰۰۰ مترمکعب فاضلاب شهری در آبیاری یک هکتار زمین، با افزودن ۶۲-۱۶ کیلوگرم نیتروژن، ۲۴-۴ کیلوگرم فسفر، ۶۹-۲ کیلوگرم پتاسیم، ۲۰۸-۱۸ کیلوگرم کلسیم، ۱۱۰-۹ کیلوگرم منیزیم و ۱۸۲-۲۷ کیلوگرم سدیم به خاک، از تحمیل هزینه‌های تولید، حمل و نقل و تزریق بارورکننده‌های شیمیایی می‌کاهد. علاوه بر آن به دلیل محلول بودن عناصر تغذیه‌ای یاد شده، قابلیت جذب آن‌ها برای گیاه به مراتب آسان‌تر و بهتر از کودهای شیمیایی است و به همین دلیل است که در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، کشاورزان از گذشته‌های دور، اقبال فراوانی به استفاده از پساب در آبیاری داشته و حتا بر سر تصاحب آن، با یک دیگر رقابت می‌کردند. بنا بر گزارش موسسه‌ی بین‌المللی مدیریت آب^۹ (IWMI)، در کویت‌ی پاکستان، بهای پساب ۲/۵ برابر بیش‌تر از آب کشاورزی است. به این ترتیب کاربرد پساب تصفیه شده‌ی فاضلاب، به عنوان یک منبع مطمئن جایگزین برای جبران بخشی از نیاز آبی کشاورزی و تامین و پاسخگویی به تقاضای فزاینده‌ی جهانی به مواد غذایی مورد توجه است.

منابع مورد استفاده

1. Bitton G. (2008) " Wastewater Microbiology", Wiley-Liss, 3th Edition
2. Corcoran, E., C. Nellesmann, E. Baker, R. Bos, D. Osborn, H. Savelli. (2010). " Sick Water? The central role of wastewater management in sustainable development", United Nations Environment Programme (UNEP), UN-HABITAT
3. International Water Management Institute (2010) "Wastewater Irrigation and Health, Assessing and Mitigating Risk in Low-Income Countries"
4. Mara, D. & Cairncross, S. (1989) "Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture", WHO & UNEP
5. Schaefer W.J. (1984) " Health aspects of reuse of treated wastewater for irrigation", WHO, Manama, 29 September- 2 October
6. UNESCO (2018) "Natural – Based Solutions for Water ", PROLOGUE THE STATE OF WATER RESOURCES IN THE CONTEXT OF NATURE-BASED SOLUTIONS

9. International Water Management Institute (IWMI)