

استفاده مجدد از فاضلابها - پس آبها - آبهای

مصرف شده

نوشته:

مر ترضی حسینیان

مهندس شرکت سهاسی سازمان آب منطقه ای تهران

چکیده

استفاده مجدد از فاضلابها - پس آبها و آبهای آلوده مسأله ایستگه مدتها پیش ذهن کارشناسان آب شناسی و مهندسی بهداشت را که مستقماً مسئول تامین آب مورد نیاز اجتماعات هستند بخود مشغول داشته است. علت مهم توجه باین موضوع پیشرفتهای سریع صنعتی و افزایش جمعیت و بالا رفتن سطح بهداشت عمومی بیشتر نقاط دنیا بوده و در نتیجه مستقیم این پیشرفتها بالا رفتن میزان مصرف آب میباشد. با توجه بمحدود بودن منابع آب و در دسترس قرار نداشتن آبهای با کیفیت خوب ویا آبهایی که بتوان با اعمال ساده و صرف هزینه های کم از آنها برای پیشرفتهای یاد شده استفاده نمود مسأله بکار بردن فاضلابها - پس آبها و آبهای آلوده پس از تصفیه مورد توجه قرار گرفته است.

در نوشته زیر سعی شده تا حدود زیادی موضوع فوق الذکر از نظر تاریخچه و نقاطی که طرح استفاده مجدد از فاضلابهای احیا شده در آنها در حال اجرا است و همچنین مشکلاتی که در مصرف مجدد فاضلابهای احیا شده وجود دارد مورد مطالعه قرار گیرد.

پیش گفتار

اقتصاد و صنعت در تمام دنیا با سرعت سرسام آوری در حال پیشرفت است. رشد اقتصادی دنیا توأم با افزایش احتیاج بآب میباشد. سرعت افزایش جمعیت، بالا رفتن سطح تمدن و بهداشت و پیشرفتهای صنعتی در دنیای پیش از پیش باعث محدود شدن منابع آب شده است. باید قبول کرد دنیا تشنه است و این تشنگی یک تصور شاعرانه و خیالی نیست بلکه یک حقیقت مسلم میباشد.

در فرانسه میزان مصرف آب برای هر نفر در سال ۱۹۵۹ بالغ بر ۵۴۶ مترمکعب در سال بود. این رقم در سال ۲۰۵۰ به ۲۰۲۸ مترمکعب در سال خواهد رسید. بعبارت دیگر میزان مصرف کل آب در فرانسه که در سال ۱۹۵۵ حدود $۱۰^9 \times ۲۳۶$ مترمکعب بود در سال ۲۰۵۰ بالغ بر $۱۰^9 \times ۱۲۲$ متر مکعب خواهد شد.

در سال ۱۹۶۰ مصرف سرانه در آمریکا ۶ متر مکعب در روز بترتیب ۲۸۷ لیتر صنعت - ۳۲۱۰ لیتر کشاورزی و ۵۰۰ لیتر مصارف شهری و خانگی بوده است و با احتساب ۲۰۰ میلیون نفر جمعیت آمریکا در آن سال میزان کل مصرف سالیانه بالغ بر ۴۰۰ میلیارد مترمکعب بوده. در سال ۱۹۷۵ مصرف سرانه به حدود ۸ متر مکعب در روز برای هر نفر خواهد رسید و در سال ۲۰۰۰ مصرف سرانه در آمریکا ۱۰ مترمکعب برای هر نفر خواهد بود. در سال ۲۰۰۰ با احتساب ۳۸۰ میلیون نفر جمعیت آمریکا مصرف کل سالیانه آب در آن کشور بالغ بر ۱۰۰۰ میلیارد مترمکعب می باشد و حتی بعضی از محققین با توجه به احتیاج مبرم به تولید محصولات کشاورزی در سال های آینده میزان مصرف آب سالیانه آمریکا را در سال ۲۰۰۰ بیش از ۱۰۰۰ میلیارد مترمکعب تخمین زده اند.

در سال ۱۹۶۰ بلغارستان با جمعیتی حدود ۹ میلیون نفر آبی معادل ۱۲۲ مترمکعب در سال برای هر نفر یا معادل مصرف آب در فرانسه در همان سال مصرف آب داشته است. با توجه با اینکه فقط ۵ درصد از این مصرف بعنوان آب شهری بوده ۹۵ درصد بقیه در کشاورزی بکار رفته است.

جمعیت دنیا بلاانقطاع در حال تزاید است. تمام تشکیلات جهانی و ملی مشغول یافتن راههایی هستند که امکان افزایش زمین های زیر کشت را برای انسان نماید. جمعیت دنیا که در ۱۹۶۱ حدود ۳ میلیارد نفر بود در سال ۲۰۰۰ به بیش از ۶ میلیارد نفر خواهد رسید. در حال حاضر از ۱۴۶ میلیون کیلومتر مربع سطح کل زمین تنها ۵۰ میلیون کیلومتر مربع آن قابل کشاورزیست و از این مقدار نیز بطور کامل استفاده نمیکنند. برای اطمینان از بر خورداری از یک زندگی عادی هر انسان به کشت ۷۵ اکر (Acres) زمین احتیاج دارد.

در سال ۱۲۵۳ طبق گزارش H. Guerri آنها بشر توانسته بود ۶ اکر زمین را در اختیار خود درآورد.

برای زندگی عادی هر گا و به علوفه حاصل از یک هکتار زمین نیازمندیم. با تمام کوششهایی که در زمینه بالا بردن سطح زیر کشت بعمل آمده هنوز $\frac{1}{3}$ از جمعیت دنیا در حال گرسنگی است. یکی از راههای افزایش زمین های زیر کشت خشک کردن سواحل دریاها و باطلا آنها است و این موضوع در کشورهایی چون

هلند - ژاپن - کانادا انجام گرفته است. علاوه برمسأله فوق مطالعاتی در زمینه کشت در آب بدون استفاده از زمین درجریانست و گزارش مفصلی در این مورد از طرف پرفسور P. Chouard انتشار یافته است. برطبق تخمین C. Vallaux از میزان آب دریاها و اقیانوسها با سطحی معادل ۳۶۱ میلیون کیلو مترمربع سالیانه حدود ۲ متر طولش و یا معادل $۱۰^{۱۱} \times ۷۲۰۰$ متر مکعب آب تبخیر میگردد. دوسوم از این آبهای تبخیر شده مجدداً بدریا بازگشته و $\frac{۱}{۴}$ آن در زمین مورد استفاده قرار میگیرد ($۱۰^{۱۱} \times ۲۰۸۰$ متر مکعب). با توجه به ۱۸۰۰۰ متر مکعب آب سالیانه مورد نیاز برای آبیاری هر هکتار زمین زیر کشت دیده میشود در صورتی که صد درصد از آبهای نازل شده بزمین استفاده گردد فقط ۴۰ درصد از زمین های زیر کشت در حال حاضر وزمین هائی که درآینده بزیر کشت خواهد رفت میزان قابل توجهی آب مورد نیاز است مخصوصاً که باید افزایش رشد محصولات کشاورزی را بارشد جمعیت هماهنگ ساخت.

در ژاپن از هر صد هکتار زمین میتوان کالری لازم برای زندگی ۲۰۰۰ نفر را بدست آورد. در نواحی نیمه خشک همین مقدار زمین بزحمت مواد غذایی لازم برای زندگی ۲ نفر را تهیه مینماید. جمعیت دنیا در سال ۲۰۰۰ همانطور که گذشت بحد اقل ۶ میلیارد نفر بالغ خواهد گردید و با توجه بمصرف سرانه آب در آن سال میزان کل مصرف آب در روی زمین حدود $۱۰^{۱۲} \times ۱۲$ متر مکعب در سال خواهد رسید. René Colac دریکی از کنفرانسها گفته است «در سال ۲۰۵۰ انسان برای تأمین آب مورد نیاز خود مجبور است نصف کل منابع آب موجود در زمین را در خدمت خود بگیرد و اگر پیشرفتهای صنعتی و رشد جمعیت با همان شدت تا سال ۲۰۵۰ ادامه یابد در کمتر از صد سال کلیه منابع آب موجود در جهان در خدمت انسان قرار خواهند گرفت» بر طبق محاسبات Hewson میزان کل مصرف آب در انگلستان نسبت به سال ۱۹۴۵ حدود ۵۰ درصد افزایش یافته و طبق برآوردهای بعمل آمده هر ساله ۳ درصد بمیزان مصرف آب اضافه میشود.

بر حسب اینکه آب از آسمان نازل شده باشد و یا از رودخانه و چاه تأمین گردد انسان بدون توجه با اهمیت و ارزش آن مقادیر زیادی از آب را هدر میدهد. اگر به هرینه های انتقال - تصفیه و نگهداری تأسیسات تهیه آب توجه کنیم اهمیت جلوگیری از اتلاف آب بخوبی روشن میگردد.

آبی که اهمیت وجود آن از نظر آینده انسان در بالا تا حدودی توضیح داده شده متاسفانه از طریق تخلیه فاضلابها - پس آبها و کلیه زواید حاصل از فعالیت انسان بشدت در معرض آلودگی قرار گرفته است. پیشرفتهای صنعتی باعث شده که پس آبهای غلیظتر و باترکیببات متنوع تر در جریانهای آب تخلیه شوند. باید توجه داشت رشد صنعتی جهان علاوه بر تغییر در کیفیت پس آب میزان حجم آنها را افزایش داده است.

بطوریکه ضمن کاهش ظرفیت دریافت آلودگی آبها عمل تصفیه خود بخود که نوعی مبارزه با آلودگیست که بطور طبیعی در جریانهای آب اتفاق میافتد تا حدود زیادی مختل شده است. بعضی انواع آلودگیها که تا حدودی نسبت بسایر انواع جدیدتر هستند (دترجنتها) طوری آبها را آلوده کرده که اثرات ناشی از این آلودگی ها را حتی نمیتوان با روشهای معمولی تصفیه آب طرف نمود (طعم). Leach در یکی از نوشتجات خود در مورد اشکالات ناشی از آلودگی مطالب زیر را بیان داشته است. « زمین سیاره ای مرطوب است و در پوسته بیرونی آن ۳۳ میلیون مایل مکعب آب وجود دارد که با توجه بوزن زمین معادل ۷ درصد وزن آن میباشد. بعضی ها آب را در زمره جنگ - عشق - خدا قلمداد کرده اند که پسر را به هیجان و ستیز واداشته است.

لازم است به قحطی آب در بعضی نقاط و جریان سیل و خسارت ناشی از آن در پاره ای نقاط دیگر و با اثرات مرگ بار آب بعلت انتقال بیماریها اشاره کنیم (مرگ و میر سالیانه ۵ میلیون کودک بعلت اسهال که میکرب آن از طریق آب انتقال مییابد). وقتی آب فراوان باشد انسان در آلودگی آن بدون توجه بمسائل بعدی کوشش مینماید.

تنها در فرانسه سالیانه ۶۰۰ میلیون تن زواید حاصل از فعالیت های اجتماعی در آب رودخانه ها تخلیه میگردد. در بعضی نقاط دنیا وقتی آب مناسب برای احتیاجات حیاتی در اختیار نباشد باید بوسایل گوناگون نسبت به تهیه آب مثلا از دریا ویا هر منبع دیگر اقدام نمود که متاسفانه در حال حاضر هزینه تهیه آب از این منابع بسیار سرسام آور است».

یادآوری این نکته ضروریست که میزان آلودگی آبها از ۲۰۰ سال پیش باین طرف یعنی از زمان انقلاب صنعتی شدت فوق العاده یافته و اهمیت بیشتری پیدا کرده است. در حال حاضر میزان پرمنگنات پتاسیم مصرفی برای اکسیداسیون مواد آلی در آب رودخانه های فرانسه به ۱۰ تا ۱۵ میلی گرم در لیتر رسیده و در آلمان میزان آن ۱۲ میلی گرم در لیتر است. این ارقام شدت آلودگی آبهای سطحی اروپا را نشان میدهد.

برطبق گزارش کارشناسان سازمان بهداشت جهانی آینده کشورهای آسیائی بدو منبع بزرگ آب و پروتئین مربوط است.

ذخایر آب در بیشتر کشورهای آسیائی کاهش یافته و با توجه برشد بیشینه جمعیت در این کشورها و بالا رفتن سطح بهداشت عمومی و جهش های سریع صنعتی احتیاج بآب در کشورهای آسیائی شاید بیشتر از سایر کشورها باشد.

« تخفیف آلودگی »

هدف از تخفیف آلودگی حفاظت و زیاده‌تر کردن ظرفیت دریافت آلودگی جریان‌های آبست تا انسان بتواند استفاده بیشتری از این آبها بنماید. این هدف فقط از طریق وضع قوانین جلوگیری از آلودگی و اجرای کامل آنها حاصل میگردد.

برای تخفیف آلودگی دکترین جهانی بشرح زیر پیشنهاد گردیده است :

- ۱ - مصرف کننده آب هیچگونه اجازه آلوده کردن آب را نداشته باشد
 - ۲ - مصرف کننده آب مسئولیت برگرداندن آب مصرف شده را بمحل تصفیه بعهده بگیرد
 - ۳ - جلوگیری از آلودگی با شدت زیادی کنترل شود
- راههای مختلف کاهش آلودگی بقرار زیر هستند :

الف - در بعضی کارخانجات که پس آبهای مختلف تولید میگردد حتی الامکان پس آبها را جدا از یکدیگر تصفیه نمود. چه بسا بعضی انواع پس آب را بتوان بدون تصفیه و یا تصفیه خیلی مختصر در جریانهای آب و یا زمین تخلیه کرد در صورت اختلاط پس آبهای مختلف هزینه بيمورد بمنظور تصفیه خرج میگردد. مثلا در کارخانجات چند پس آب قسمت شستشوی چغندر را میتوان بدون تصفیه در جریانهای آب تخلیه و یا مجدداً مورد مصرف قرارداد در صورتیکه پس آب سایر قسمتهای قند سازی را قبل از تخلیه باید تصفیه کامل نمود. موضوع فوق در صنایعی چون تهیه لبنیات - پارچه بافی و بعضی صنایع دیگر، قابل اجرا است.

ب - تجربیات بدست آمده در آمریکا نشان داده است که میتوان از طریق تعویض مواد اولیه ای که BOD بالاتری دارند با موادی که BOD کمتری دارند آلودگی خیلی کمتری داخل جریانهای آب نمود. مثلا نشاسته در محلول ۱۰ درصد BOD معادل ۷۴ میلی گرم در لیتر دارد. در صورتیکه آن را با محلول ۱۰ درصد کربوکسی متیل سلولز جانشین کنیم BOD به رقم ۹ میلی گرم در لیتر تقلیل خواهد یافت. در این تعویضها توجه بمسائل اقتصادی نهایت ضرورت را دارد و خوشبختانه میتوان در اکثر موارد ارزاتر را با مواد گران قیمت تر جانشین ساخت.

ج - Lipsett و Regan توصیه کرده اند در مواردیکه مواد اولیه به مقدار کافی در دسترس نیست باز یافتن مواد اولیه موجود در پس آب اقتصاديست. با این عمل نیز میتوان قسمتی از هزینه تصفیه پس آب را نیز تأمین نمود. در صنایع آبکاری گاهی کرم و بعضی فلزات دیگر را از طریق تصفیه پس آب بازیابی مینمایند.

د - اطلاعات لازم در مورد تصفیه پس آبها بعوامل زیر محدود میشود :

۱ - کیفیت صنعت و مواد اولیه ای که در آن بکار رفته است

۲ - ترکیب شیمیائی پس آب

۳ - مقدار ماکزیمم و می نیمم تخلیه و ساعات تخلیه

در تأسیسات جدید تصفیه کنترل تغییرات شیمیائی پس آبها را با دستگاههای خود کار انجام میدهند.

گوا اینکه هزینه اینگونه کنترل ها گرانست ولی در عوض از مصرف زیادی مواد شیمیائی در تصفیه پس آب جلوگیری مینماید.

« مصرف مجدد فاضلاب و پس آب »

نیاز مبرم بآب بعضی اجتماعات را وادار کرده که قسمتی از احتیاجات خود را از آبهای آلوده و

مصرف شده تأمین نمایند.

بعنوان مثال در آمریکا در حدود $\frac{1}{4}$ از آب مصرفی از آبهای که ساعتی قبل بصورت فاضلاب

دور ریخته شده بود تأمین میگردد. مصرف مجدد آبهای احیا شده آلوده در صنایع - آبیاری - شستشوی خیابانها

توسعه زیادی یافته ولی هنوز برای مصارف شهری و خانگی از فاضلابهای احیا شده استفاده نمی نمایند .

زیرا برای تبدیل فاضلاب بآب آشامیدنی با مسائل زیادی مواجه هستیم . در نقاطی که بهداشت آب هنوز

زیاد مورد توجه نیست مثل بعضی کشورهای آمریکای لاتین - افریقا و آسیا بیماریهایی که از طریق آب

انتقال مییابد مخصوصاً در مرگ و میر اطفال بیداد میکند و بیشتر مرگ و میرهای ناشی از بیماریهای عفونی

از طریق انتقال آلودگی بوسیله آب اتفاق میافتد و اینگونه مرگ و میرها در نقاط یاد شده صدمرتبه بیشتر از

نقاط صنعتی اروپا و آمریکا است .

در جوامعی که بهداشت پیشرفت زیاد کرده مصرف آبهای آلوده و فاضلاب در تهیه آب مشروب

تهدید بزرگی برای زندگی افراد محسوب شده و مشکلاتی بشرح زیر خواهد داشت :

۱ - مشکلات از نظر تصفیه فاضلاب و آبهای آلوده بمیزانی که بتواند اجتماعات بزرگ را تغذیه

نماید . در این مورد لازم است شیمیست ها و باکتریولوژیستها نسبت به تهیه آب با کیفیت عالی از فاضلاب

اقدام نمایند

۲ - هرگونه تصفیه کاملی که بر روی فاضلاب بعمل آید باز نمیتواند کلیه ویروسهای مولد عفونت

در کبد را نابود نماید . حضور چندتائی از این ویروسها کفایت تا باعث بروز بیماری گردد .

۳ - صدها ترکیب شیمیائی نوروژانه در محیط ، مصرف میشود که ورود آنها بفاضلاب مشکلات ناشی از تصفیه رادر آنها افزایش میدهد و بعضی از روشهای تصفیه حتی قادر بحذف قسمتی از آنها نیستند . بعضی از این ترکیبات به تنهایی ویا در حضور سایر مواد میتوانند مولد سرطان - صدمات ژنتیکی ونقص عضو گردند . علت بروز این عوارض آنطور که باید وشاید بررسی نشده است . René-Dubos میگوید « آلودگی محیط و آب ممکنست بصورتی غیرقابل کنترل در آید و این انسان استکه باید چگونگی حفظ و حراست خود را در مقابل وجود این مواد جدید و مضر در محیط خود بیاموزد » علیرغم مشکلات یاد شده استفاده مجدد از فاضلابها بهتر از تخلیه آنها و بلااستفاده گذاشتن آنها است زیرا اجتماعات آینده باین مصرف مجدد احتیاج دارند . چگونه ما میتوانیم با توجه بمسائل اقتصادی بدون اینکه خود را تسلیم تهدیدات باکتریها و ویروسها و ترکیبات شیمیائی کنیم آبهای آلوده فاضلاب را بعد از تصفیه مجدداً مورد استفاده قرار دهیم موضوعیستکه آینده پاسخگوی آن خواهد بود .

همانطور که شروع قرن را باید مبدأ پیدایش روشهای جدید تصفیه آب بدانیم دهه بعد از ۱۹۷۰ را باید مبدأ شروع استفاده مجدد از آبهای مصرف شده محسوب کنیم . توجه زیاد باین مسأله ضمن مطالعه بر روی روشهای تصفیه آزمایشی و پیشرفت آن بسه عامل زیر بستگی دارد :

۱ - محدودیتهای منابع بخصوص منابع جدید آب در بیشتر نقاط دنیا

۲ - احتیاج باب بعلمت افزایش جمعیت

۳ - عاجز بودن از کنترل آلودگی و احتیاج به تصفیه بیشتر در مورد فاضلابها .

اولین نوشته در مورد مصرف مجدد فاضلاب مربوط به ۱۹۲۸ است که توسط Hommon درباره مصرف فاضلاب تصفیه شده در آریزونا بمنظور آبیاری پارک عمومی انتشار یافته است . در این منطقه آب مورد نیاز اهالی را از فاصله ۱۶ کیلومتری با تانکر انتقال میدهند . فاضلاب را در آریزونا علاوه بر آبیاری پارک در تولید بخار ونیرو - خنک کردن موتورها - شستشوی توالتها و خیابانها نیز بکار میبرند . بر طبق گزارش Gilbert و Garthe در ۱۹۶۶ هنوز سیستم تصفیه فاضلاب آریزونا با تغییرات مختصر مشغول کار بوده است .

در سال ۱۹۳۱ K.Imhoff با توجه به تجربیات خود اظهار داشت فاضلابهای احیا شده را تا وقتی که از نظر غلظت املاح محدودیتی در آنها بوجود نیامده میتوان در مصارف شهری مورد استفاده قرارداد . این شخص طبق تجربیات شخصی تعداد مصرف مجدد فاضلاب را ده مرتبه ذکر نموده است . در ۱۹۴۸

Weath در نوشته‌های خود از نقاطی از امریکا که در آنها از فاضلاب تصفیه شده در امور کشاورزی استفاده گردیده است. تجزیه نشان داده که مصرف مجدد فاضلاب در کشاورزی و صنعت به میزان وسیعی از قیمت تمام شده آب می‌کاهد.

در ۱۹۵۸ تیمی از کارشناسان قسمت اقتصادی سازمان ملل مشغول مطالعه در مورد مصرف مجدد فاضلابهای تصفیه شده گردید و در یکی از گزارشهای خود این گروه چنین نوشته‌اند « وقتی آب با مشخصات بهتری در اختیار نباشد میتوان از آبهای آلوده با مشخصات پائین تر استفاده نمود». طبیعی است در نقاطی از دنیا که منابع طبیعی آب با کیفیت خوب رو با تمام است ذخایر محدود شده را میتوان با مصرف آبهای با کیفیت پائین تر تا حدود زیادی یاری نمود. در شهرهای بزرگ دنیا اغلب از آبهای با کیفیت خوب در چمن کاری - شستشوی معابر - توالتها - تولید بخار زیاد و خنک کننده استفاده مینمایند در حالیکه در اینگونه موارد میتوان براحتی از آبهای با کیفیت پائین تر از آب آشامیدنی استفاده کرد. فواید استفاده از فاضلابهای احیا شده در موارد غیر شرب بقرار زیرند :

۱ - مصرف فاضلاب احیا شده در مواردی غیر از شرب از محدودیت منابع طبیعی آب کاسته و از این منابع در تغذیه و شرب افراد بیشتری میتوان استفاده نمود.

۲ - قیمت تهیه آب از فاضلاب و پس آبهای صنعتی در مصارف غیر آشامیدنی بسیار نازل است. در بسیاری موارد حتی این قیمت از هزینه توسعه تأسیسات استفاده از منابع آب برای مصارف غیر آشامیدنی نیز کمتر است.

۳ - مصرف مجدد فاضلاب و پس آب احیا شده بار آلودگی دریافتی آبهای سطحی و زیر زمینی را کاهش داده و باین ترتیب میزان مخارج جلوگیری از آلودگی و مبارزه با خسارات ناشی از آن کاهش زیادی پیدا مینماید.

۴ - احتمال ورود آلوده کننده‌ها از طریق مصرف آبهای آلوده بدن افراد کاهش مینماید. یکی از فواید مصرف فاضلاب احیا شده در کشاورزی از بین رفتن مخارج حذف فسفات از آنهاست. در آمریکا برای تغذیه نیترات آمونیم و سوپرفسفات و کلرور پتاسیم بعنوان بالا بردن ارزش کشاورزی زمین از طریق آبیاری با فاضلاب احیا شده حدود ۱۱۰۰ سنت برای هر مترمکعب صرفه جوئی مینمایند که شاید بیش از ارزش خود آب باشد. در آمریکا پیش بینی شده تا سال ۱۹۸۰ حدود ۹۰ درصد از فاضلابها را پس از احیا مصرف نمایند. این موضوع بطور یقین مسأله انتقال آب از نقاط دور دست را که قیمت گزافی دربر دارد از بین میبرد. در سنگاپور نیز در یکی از نواحی صنعتی روزانه ۴۰۰۰ مترمکعب پس آب احیا شده را مورد استفاده مجدد قرار میدهند.

عملاً قبول کرده‌اند که میزان آب موجود در زمین همواره مقدار ثابتی است. درسیکل طبیعی آب شناسی درحقیقت ما آنها را بعد از استخراج و تصفیه و مصرف مجدداً بزمین باز میگردانیم و این بدان معنی است که آب همیشه بصورت مصرف مجدد بکار می‌رود. آب رودخانه را نیز بکرات در اجتماعات مورد مصرف قرار می‌دهیم. بالاترین مرتبه مصرف مجدد آب از طریق برگردانیدن فاضلاب بمراکز آبدی زمین انجام می‌گیرد. در حال حاضر انسان میخواهد فاضلاب و پس آب احیا شده را بدون برگرداندن به منابع آب مستقیماً در شبکه پخش و توزیع مورد استفاده قرار دهد. مثال در مورد تغذیه مصنوعی سفره‌های آبدی شهر Chanute واقع در کانزاس امریکا است که صد درصد فاضلاب شهری را جهت تغذیه سفره‌های زیر زمینی مورد استفاده قرار می‌دهند. این کار در سالهای اخیر در بعضی شهرهای آلمان نیز متداول شده است. مصارفی از قبیل آنچه توضیح داده شد را مصارف غیرمستقیم فاضلاب نام نهاده‌اند. در رودخانه‌هایی که در مسیر جریان خود دریافت کننده فاضلاب و پس آب هستند همیشه اجتماعات پائین دست فاضلاب و آبهای آلوده اجتماعات بالا دست را که در رودخانه تخلیه شده مصرف مینمایند. مثلاً رودخانه Neosho واقع در کانزاس در طول ۳۵۷ کیلومتر از مسیر خود فاضلاب ۱۲ مرکز صنعتی و شهری را دریافت مینماید و بر طبق مطالعات Symons در سال ۱۹۶۸ آب این رودخانه و با درحقیقت فاضلابهای ریخته شده در آن در حدود ۱۰۰ بار مورد مصرف مجدد قرار گرفته‌اند.

طبق گزارش Rose و Peters در ۱۹۶۸ چون تزریق فاضلابها بزیر زمین از نظر تقویت میزان آبدی سفره‌های زیر زمین بعلمت وجوه مواد معلق فاضلاب باعث گرفتگی منافذ خاک شده لذا توصیه کرده‌اند بمنظور حذف این مواد معلق تصفیه مقدماتی در مورد فاضلابها بعمل آید. در ۱۹۶۳ حتی توانستند در لوآنجلس روزانه ۳۹۰۰ متر مکعب فاضلاب را در زمین تزریق کنند. در قسمتی از کالیفرنیا برای جلوگیری از پیشروی آبهای شور در سفره‌های آب زیر زمینی روزانه ۲۶۵۰۰ متر مکعب فاضلاب بسفره‌های آبدی تزریق مینمایند.

در نواحی اطراف نیویورک که بعلمت افزایش سریع جمعیت سفره‌های آبدی زیر زمینی کفاف احتیاجات را نمیدهد توانسته‌اند از طریق تزریق مصنوعی فاضلاب قدرت آبدی آنها را زیاده‌تر نمایند. کمپانی فولاد Bethlehem از سال ۱۹۴۱ روزانه ۱۹۰۰۰ متر مکعب فاضلاب و پس آب تصفیه شده خود را بعنوان آب مورد نیاز بکار برده و این رقم در ۱۹۶۷ به ۵۷۰۰۰ متر مکعب در روز رسیده است. در شهر Pomona واقع در کالیفرنیا فاضلاب شهری و نواحی اطراف آن را پس از تصفیه به کشاورزان می‌فروشند. حتی در این شهر قسمتی از فاضلاب احیا شده صرف آبیاری پارکهای عمومی می‌گردد.

کارخانه آبکاری Maytoy واقع در Iowa روزانه ۳۷۰۰ مترمکعب پس آب خود را بعد از تصفیه مورد مصرف مجدد در آبکاری قرار ندهد و از این طریق سالیانه ۳۰۰۰ دلار سود میبرد. صنایع نفت و پتروشیمی میتوانند بدون هیچ مشکلی پس آب خود را پس از احیا مورد مصرف مجدد قرار دهند. صنایع کاغذ سازی نیز در سالهای اخیر مصرف مجدد پس آب را مورد مطالعه قرار داده اند.

« مصرف مجدد فاضلاب برای آشامیدن »

اگر مصرف آبهای آلوده خطرناکند مصرف فاضلابها بمراتب خطرناکترند. استفاده از آبهایی که فاضلاب دریافت کرده اند بعنوان آشامیدن بعوامل زیر بستگی دارد

۱ - زمان انتقال بین نقطه تخلیه فاضلاب و نقطه استفاده از آب رودخانه

۲ - میزان رقیق شدن فاضلاب با آب رودخانه

۳ - ضد عفونی شدن آب از طریق خورشید - ته نشینی - فعل انفعالات بیولوژیکی که در جریانهای

آب اتفاق میافتد.

استفاده از فاضلابهای احیا شده بعنوان آب آشامیدنی مشکلات زیر را دربر خواهد داشت :

۱ - روشهای تصفیه موجود با توجه بمسائل اقتصادی نمیتوانند با اطمینان خاطر کلیه ترکیبات

شیمیائی آلوده کننده را که در فاضلاب موجود است حذف نمایند

۲ - مشکلات موجود در تصفیه اغلب در حین طرح سیستم تصفیه قابل پیش بینی نیستند

۳ - روشهای آزمایش روزانه آبهای آشامیدنی حاصل از احیای فاضلاب هنوز آنطور که باید و شاید

تکمیل نشده که بتواند انسان را از نظر یقین کلیه آلوده کننده هائی که ممکنست در آبهای آشامیدنی بدست آمده از احیای فاضلاب موجود باشند همراهی نمایند.

۴ - اصولاً هنوز انسان تمایلی بمصرف آب آشامیدنی که از احیای فاضلاب بدست آمده باشند ندارد.

در گزارشی که در ۱۹۷۱ از طرف Awwa انتشار یافت نشان داده که اجتماعات هر روز بیش از

پیش بمصرف فاضلاب احیا شده در کشاورزی - تولید نیرو و یا روشهای تهیه محصولات صنعتی میل و رغبت

نشان میدهد ولی انسان میدانند که هنوز تکنولوژی و اطلاعات دانشمندان در مورد تصفیه فاضلاب بعدی

نیست که بتواند آب آشامیدنی از فاضلاب احیا شده تهیه نماید ولی این راهم میدانند که ناچار است روزی

فاضلاب احیا شده را علاوه بر کشاورزی بعنوان آشامیدن مورد استفاده قرار دهد.

اولین طرح استفاده از فاضلاب احیا شده بمنظور تأمین آب آشامیدنی در شمال غربی آفریقا در

Windhoek انجام گرفت طبق گزارش انتشار یافته در ۱۹۶۸ در این طرح روزانه ۴۰۰ مترمکعب فاضلاب را پس از تصفیه بیولوژیکی بعنوان آب آشامیدن مورد استفاده قرار میدادند. در مواردیکه شدت آلودگی فاضلاب زیاد است و میزان کلر لازم برای ضد عفونی کردن آب بالا است از استفاده از فاضلاب احیا شده صرف نظر مینمایند در تأسیسات شهر یاد شده فسفات و ازت آلی را بوسیله کواگولاسیون بازاج - دترجتها را از طریق کف گیری و استفاده از ذغال فعال و آمونیاک را از طریق کلریناسیون تا نقطه شکست از فاضلاب حذف میکنند. قیمت تأسیسات فوق معادل قیمت تأسیسات تصفیه آب برای تأمین آب آشامیدنی ۲۸۰۰۰ نفر است و هزینه تصفیه هر مترمکعب فاضلاب حدود ۷۰۰۰ ریال است. در صورتیکه بخواهیم فاضلاب را طوری تصفیه کنیم که قابل دفع در زمین باشد هزینه مورد نیاز ۴ برابر کمتر خواهد شد.

در عین حال باید توجه داشتکه هزینه قابل شرب کردن فاضلاب در حال حاضر به مراتب کمتر از شیرین کردن آب شور است.

مثال دوم شهر Chanute کانزاس است. طبق گزارش Al و Metzger در سال ۱۹۶۸ این شهر یکی از ۱۲ شهر استکه آب مورد نیاز خود را مستقیماً از مصرف فاضلاب احیا شده تأمین مینماید. این شهر که ابتدا از رودخانه Neosho آب مورد نیاز خود را تأمین مینمود در یکی از تابستانها بابتی آبی مطلق مواجه شد. مسئولین شهر با نوبی تصمیم گرفتند آب آشامیدنی شهر ۱۲۰۰۰ نفری را از فاضلاب احیاشده تأمین نمایند. ضمن مطالعات بعمل آمده ضمن ۵ ماه فاضلاب شهر حدود ۱۰ مرتبه مورد مصرف مجدد قرار گرفت. تنها بعلت بالا بودن مجموع املاح محلول (۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ میلی گرم در لیتر) و وجود پاره‌ای ناخالصیهای مولد طعم مصرف فاضلاب احیا شده در اول کار با مشکلاتی مواجه گردید ولی بمرور مردم باین موضوع عادت کردند بطوریکه بعدها حتی حاضر به استفاده از آب رودخانه بعنوان آب آشامیدنی نبودند.

استانداردهای تدوین شده جهت آب آشامیدنی در حال حاضر اجازه داشتن آب خوراکی از احیای فاضلاب را نمیدهد زیرا همانطور که گذشت روشهای تصفیه فاضلاب هیچگاه نمیتوانند آلودگیهای شیمیائی را تا حدود استاندارد حذف نمایند. خصوصاً که کیفیت با کتریولوژیکی آبهای حاصل از فاضلاب بندرت با استاندارد های آب آشامیدنی مطابقت دارند. بطور خلاصه باید اذعان نمود که منابع آب آشامیدنی باید از بهترین ذخایر و منابع آب تأمین گردد. با توجه به تقاضای مصرف زیاد آب در حالی که نتوانیم از فاضلاب احیاشده بعنوان منبع آب آشامیدنی استفاده کنیم پس چه باید کرد. یکی از بهترین راه‌های مناسب برای جواب گفتن باین مشکل استفاده از سیستم‌های توزیع آب دوگانه است. بدین معنی در یک سیستم فقط آب خوراکی و آب مورد نیاز برای پخت و پز جریان مینماید و چون اینگونه مصارف بسیار اندک است ما لاسیستم فوق‌بسیار

کوچک خواهد بود. کیفیت آب توزیع شده در آن خیلی بالا بوده و فقط ۱ درصد از میزان کل مصرف آب را تامین مینماید. بقیه مصرف آب مثل توالتها - شستشوی معابر - آبیاری چمن ها را میتوان از سیستم توزیع جداگانه و بزرگتری تامین نمود و چون آب این سیستم میتواند با کیفیتی خیلی پائین تر از آب آشامیدنی باشد لذا براحتی امکان جاری ساختن فاضلاب احیا شده در آن امکان پذیر است.

وقتی آب با کیفیت خوب بمیزان کم در اختیار باشد و یا مجبور باشند آب آشامیدنی را از مسافت دور انتقال دهند سیستمهای پخش دوگانه اهمیت بسیار خواهند داشت. اثر سیستم های دوگانه، خصوصاً برای ماههای گرم تابستان که مجبورند در بعضی شهرها بعلت کمبود آب شهر را بچند منطقه تقسیم نمایند بسیار آشکار است. در سال ۱۹۶۳ مجبور شدند هنگ کنگ را از نظر مصرف آب بچند ناحیه تقسیم نمایند و هر قسمت فقط چند ساعت در روز آب داشت. در این سال شستشوی خیابانها و آبیاری چمن و شستشوی توالتها ممنوع بود. بعدها با استفاده از شبکه دوگانه توانستند آب دریا را در مصارف غیر آشامیدنی مورد استفاده قرار دهند.

دومشکل عمده زمین و سرمایه در برابر شبکه های دوگانه قرار گرفته است. ایجاد شبکه های دوگانه برای شهرهایی که لوله کشی نشده و یا برای قسمتهائی از شهر که لوله کشی باید توسعه یابد مخارج زیادی در برنخواهد داشت.

مطالعات دقیق نشان داده که ایجاد شبکه های دوگانه در حالت معمولی فقط ۲ درصد بیشتر از شبکه عادی خرج برمیدارد. حتی ایجاد شبکه دوگانه در اکثر موارد مخارج کمتری از توسعه تاسیسات تصفیه آب و یا جستجوی منابع جدید آب که ممکنست گاهی با ناکامی مواجه شود دربرخواهد داشت.

« طرح موضوع در ایران »

با مطالعه تاریخ تمدن ایران این موضوع روشن میشود که ایرانیان باستان با توجه بشرایط مکانی آب مصرفی خود را چه بمنظور شرب و چه بمنظور آبیاری از طریق قنات و چاه تامین میکردند. طبق شواهد موجود ایرانیان مبتکر احداث قنات هستند این مساله با بودن چندین هزار رشته قنات در نیشابور قبل از حمله مغول تأیید میگردد. ایرانیان قدیم آب را مظهر پاکی و پاکیزگی میدانستند و از آلوده ساختن آن بطرق گوناگون جلوگیری بعمل میآوردند.

با مطالعه در کیفیت زمین شناسی کشور ایران بخوبی روشن میشود که آب بعلت شکل خاص سر زمین های ایران بصورت غیریکنواختی توزیع شده است بنابراین لازم است با احداث بیشتر استفاده از آب های موجود علاوه بر تامین مصارف شرب و احیاناً صنعتی مصارف کشاورزی را بطوریکه بتوانیم آبی با قیمت مناسب از نظر تولید محصولات کشاورزی در اختیار روستاهای ایران قرار دهیم تامین نماییم.

توجه بمسائل بهداشتی و توسعه سریع صنایع و افزایش زمین های زیر کشت در سالهای اخیر میتوان مصرف آب سرانه در سطح کشور را بطور یسابقه ای بالا برده بطوریکه در بعضی شهرهای بزرگ برای آینده احساس به کمبود آب بوجود آمده است. یکی از مشکلات مصرف آب در ایران اینستکه کلیه احتیاجات اعم از آشامیدنی - بهداشتی - آبیاری - صنعت تمام از یک منبع واحد تأمین میشود یعنی مثلاً از آبی با کیفیت عالی از نظر شرب برای آبیاری چمن و شستشوی زمین و توالتها و تهیه مصنوعات صنعتی استفاده میکنند در حالی که براحتی میتون در مصارف غیر آشامیدنی آبی با کیفیت پایین تر را مصرف نمود. این موضوع سبب شده که برای تأمین آب آینده بعضی شهرهای بزرگ با مشکلاتی مواجه شوند مثلاً شهر تهران که قبل از سال ۱۳۳۴ شاید با کمتر از ۲ میلیون متر مکعب در سال با مصرف سرانه ای کمتر از ۱۰۰ لیتر برای هرنفر تغذیه میگردد در سال ۱۳۵۰ معادل ۲۶ میلیون متر مکعب سرانه ۱۱۸۷ لیتر آب مصرف نموده است. طبق محاسبات انجام شده تهران در ۱۳۶ با مصرف سرانه ۲۲۸ لیتر معادل ۴۱۱ میلیون متر مکعب و در ۱۳۷ معادل ۵۰ میلیون متر مکعب با مصرف سرانه ای معادل ۲۷۴ لیتر مصرف خواهد نمود. در سال ۱۳۷۰ شهر تهران از کلیه امکانات طبیعی خود بزحمت خواهد توانست ۵۰ میلیون متر مکعب در سال تهیه نماید و اگر جمعیت تهران از آن سال بعد از ۵۰ میلیون نفر بیشتر گردد معلوم نیست بچه طریق میتوان آب مورد نیاز شهر را تهیه کرد.

در شهر تهران با توجه بمسائل بهداشتی میزان سرانه از ۱۰۰ لیتر به ۲۷۴ لیتر در ۱۳۷ خواهد رسید ولی از این مقدار مصرف سرانه مقدار زیادی بمصرف آبیاری - شستشوی زمین و مصارف دیگریک شاید بآب با کیفیت پایین تر از آب خوراکی احتیاج دارد میتواند تأمین گردد. از طرفی باید توجه داشت که در تهران آب دیگری بجز آب لوله کشی در دسترس مصرف کنندگان نیست. تقریباً کلیه جنگل کاریهای اطراف تهران - کلیه پارکها از آب تصفیه شده تهران برای آبیاری استفاده مینمایند در حالیکه باید در موارد فوق از آبهای با کیفیت پایین تر استفاده گردد.

پاره ای از صنایع اطراف تهران مقدار قابل توجهی آب خام دریافت میکنند در حالیکه با آبهای دیگر میتوانستند بحیات اقتصادی خود ادامه دهند. با توجه بمطالب بیان شده دیده میشود که اگر در آینده فاضلاب شهر تهران را تصفیه نمائیم قسمت مهمی از احتیاجات زراعتی و تاحدودی صنعتی را میتوانیم از طریق فاضلاب احیاء شده تأمین کنیم در این صورت میتوان از حق آبه زراعتی منابع تأمین آب آشامیدنی شهر تهران برای تغذیه و شرب افراد بیشتری در تهران استفاده نمود. اگر هزینه انتقال آب از نقاط دور دست برای شهر تهران را بعد از ۱۳۷۰ با هزینه تصفیه فاضلاب و مصرف آن در کشاورزی و صنعت مقایسه کنیم روشن خواهد شد

که از طریق احیای فاضلاب چه صرفه‌جویی اقتصادی نصیب شهرتهران می‌گردد. اگر کارخانجات بزرگ را وادار کنیم تا در آینده از پس‌آب و فاضلاب احیا شده استفاده کنند از این راه مبالغ زیادی از هزینه تولید کاسته شده و مصنوعات صنعتی را می‌توانیم با قیمت کمتری در دسترس مصرف‌کنندگان قرار دهیم. در قطبهای صنعتی کشور از جهت اینکه ضمن توسعه سریع صنایع در آینده دچار کمبود ذخایر آب نشویم لازم است از هم اکنون قبل از پیاده شدن طرحهای صنعتی سرمایه‌گذاران را وادار به استفاده از پس‌آب تصفیه شده در مدار بسته تشویق کنیم.

مسئله دیگر باید از هم‌اکنون مورد توجه قرار گیرد آماده ساختن مردم بمصرف فاضلاب احیا شده بعنوان منبع آب آشامیدنیست. همانطور که توضیح داده شده بالاخره انسان ناچار است در آینده که منابع تکافوی احتیاجات را نخواهد داد از فاضلاب احیا شده برای شرب استفاده نماید و این موضوع در کشور ما نمیتواند نادیده گرفته شود آماده ساختن مردم از نظر روانی بمصرف فاضلاب احیا شده بعنوان آب آشامیدنی ضرورت دارد. در منطقه تهران بزرگ شاید پیش از . . . واحد صنعتی مشغول کار است که تمام آنها بنحوی از آبهای زیرزمینی بعنوان منبع آب استفاده میکنند. در حالیکه اگر آبی با کیفیت پائین‌تر از آبهای زیرزمینی در اختیار آنها قرار داده شود میتوانند بدون لطمه وارد شدن به کیفیت کالاهای صنعتی از آن آبها استفاده نمایند و این موضوعیست که بعد از تصفیه فاضلاب شهرتهران باید مورد توجه قرار گیرد تا بتوانیم از منابعی که فعلا مورد استفاده کارخانجات است بعنوان منابع تامین آب آشامیدنی جمعیت رو بتزاید استفاده کنیم. در شهرهای جنوبی ایران که احتمالا صنایع پتروشیمی در آنها با رشد زیاد گسترش خواهد یافت باید از پس‌آب کارخانجات بعد از تصفیه در مدار بسته در جهت تولید محصولات صنعتی استفاده گردد.