NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

سرشناسه: رازقی، ناصر، ۱۳۱۱.
عنوان و نام پدید آورنده: استفاده دوبارهٔ آب (طرح و برنامه) / نوسندگان: ناصر رازقی، رؤیا منصوری، پیمان روحانی.
مشخصات نشر: تهران: رؤیا منصوری، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری: [۳۰۴] ص. : مصور، جدول، نمودار.
ISBN: 978-964-04-9787-6
فهرست‌نویسی براساس اطلاعات فیپا.
موضوع: آب - استفاده.
شناسه افزوده: منصوری، رؤیا، ۱۳۵۰.
شناسه افزوده: روحانی، پیمان، ۱۳۵۱.
رده‌بندی کنگره: ۱۳۹۲ ۵ الف ۶ ر/ ۵/ TD ۷۴۶
رده‌بندی دیویی: ۶۲۸/۳۵۱
شماره کتابشناسی ملی: ۳۲۲۶۶۰۱

استفاده دوبارهٔ آب (طرح و برنامه)

نویسندگان: دکتر ناصر رازقی، رؤیا منصوری، پیمان روحانی
طراح جلد: شرکت نارون آرا (دریاچه چیتگر - ۱۳۹۲)
صفحه آرایی: زهرا قراگوزلو
نوبت چاپ: اول- ۱۳۹۲
شمارگان: ۵۰۰ جلد
ناشر: مؤلف
لیتوگرافی و چاپ: نقره آبی
صحافی: الفبا
قیمت: ۲۰۰۰۰ تومان
شابک: ۶-۹۷۸۷-۰۴-۹۶۴-۹۷۸

ISBN: 978-964-04-9787-6

استفاده دوبارهٔ آب
(طرح و برنامه)

نویسندگان

دکتر ناصر رازقی- استاد گروه مهندسی محیط‌زیست دانشگاه تهران

رؤیا منصوری- کارشناس ارشد مهندسی محیط‌زیست

پیمان روحانی- کارشناس ارشد شرکت نارون آرا

NARVANARRA
https://mehrabbooyesh.com

متعهد به محیط زیست

فهرست فصل‌ها

		شماره صفحه
	دیباچه	۱۳
	تشکر و قدردانی	۱۵
	پیش گفتار	۱۷
	فصل اول- وضعیت استفاده دوباره از آب در ایران	**۲۳**
۱-۱	نگاه اصلی	۲۳
۱-۲	میزان پساب تولیدی در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب کشور	۲۶
۱-۳	کیفیت پساب تولیدی در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب کشور	۳۰
۱-۴	بررسی مقالات و تحقیقات انجام شده در ایران در مورد استفاده از پساب در کشاورزی	۳۴
۱-۴-۱	تاثیر پساب روی تولید محصول و توجهات بهداشتی و محیط‌زیستی	۳۵
۱-۴-۲	تغییر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک به علت کاربرد پساب	۳۶
۱-۴-۳	روش‌های مدیریت بهینه آبیاری با پساب	۳۷
۱-۵	بررسی موردی استفاده دوباره از آب در کشاورزی در حاشیه شهرهای بزرگ ایران	۳۹
۱-۵-۱	استفاده از پساب در استان تهران	۴۰
۱-۵-۲	استفاده از پساب در استان خراسان رضوی	۴۹
۱-۵-۳	استفاده از پساب در استان یزد	۵۴
۱-۵-۴	استفاده از پساب در استان اصفهان	۵۷
۱-۵-۵	استفاده از پساب در استان آذربایجان شرقی	۶۰
۱-۶	نتیجه گیری	۶۵

		شماره صفحه
	فصل دوم- قوانین و آیین‌نامه‌ها	**۶۹**
۲-۱	نگاه اصلی	۶۹
۲-۲	روند تدوین قوانین و ضابطه‌های مرتبط با آب و استفاده دوباره از آن	۷۱
۲-۳	شرح کلی بر قوانین محیط‌زیستی	۷۳
۲-۴	قراردادهای فروش آب غیرمتعارف	۷۶
۲-۵	دستاوردها	۸۱
۲-۶	اقدامات ضروری	۸۴
۲-۷	نرم‌افزارهای لازم	۸۶
۲-۸	نتیجه‌گیری	۸۷
	فصل سوم - پتانسیل‌های استفاده دوباره از آب	**۸۹**
۳-۱	نگاه اصلی	۸۹
۳-۲	انگیزه‌های استفاده دوباره از آب و چالش‌ها	۹۱
۳-۳	بهبود وضعیت استفاده از فاضلاب	۹۴
۳-۴	بسترهای استفاده دوباره از آب	۹۴
۳-۴-۱	استفاده دوباره از آب در محدوده‌های شهری	۹۵
۳-۴-۲	استفاده دوباره از آب در بخش صنعت	۹۹
۳-۴-۳	استفاده دوباره از آب در بخش کشاورزی	۱۰۱
۳-۴-۴	استفاده دوباره از آب برای زیبایی محیط	۱۰۲
۳-۴-۵	استفاده دوباره از آب برای تغذیه منابع آب زیرزمینی	۱۰۵
۳-۴-۶	استفاده دوباره از آب برای تقویت منابع آب شرب	۱۱۱
۳-۴-۷	استفاده مستقیم از پساب برای شرب	۱۱۵
۳-۵	سرنوشت آلاینده‌ها در خاک	۱۱۸
۳-۶	آبکشت و آبزی‌پروری	۱۲۳
۳-۷	نگاه جهان	۱۲۳
۳-۸	نتیجه‌گیری	۱۲۶

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

		شماره صفحه
	فصل چهارم - برنامه‌ریزی برای استفاده دوباره از آب	**۱۲۷**
۴-۱	نگاه اصلی	۱۲۷
۴-۲	گام های برنامه‌ریزی	۱۲۹
۴-۲-۱	مرحله مقدماتی یا شناخت	۱۲۹
۴-۲-۲	مرحله اول - غربال کردن تقاضاکنندگان	۱۳۱
۴-۲-۳	مرحله دوم - ارزیابی بیشتر تقاضاکنندگان	۱۳۲
۴-۳	توجهات اساسی در تصفیه فاضلاب	۱۳۷
۴-۳-۱	ویژگی‌های نگران‌کننده آب غیرمتعارف در استفاده دوباره	۱۳۸
۴-۳-۲	دوام عوامل بیماری‌زا در محیط	۱۴۲
۴-۳-۳	ترکیب‌های محلول در پساب	۱۴۲
۴-۴	زدایش عوامل بیماری‌زا در تصفیه فاضلاب و پساب	۱۴۸
۴-۵	فرایندهای تصفیه تکمیلی و پیشرفته	۱۵۴
۴-۶	گندزدایی	۱۶۴
۴-۶-۱	کلرزنی	۱۶۴
۴-۶-۲	گندزدایی با پرتو فرابنفش	۱۶۶
۴-۶-۳	ازن	۱۶۹
۴-۶-۴	پاستوریزه نمودن	۱۷۰
۴-۷	واحدهای اساسی تاسیسات استفاده دوباره از آب	۱۷۴
۴-۸	مدیریت آب غیرمتعارف	۱۸۰
۴-۹	توجهات اقتصادی و مالی	۱۸۰
۴-۱۰	نتیجه‌گیری	۱۸۲
	فصل پنجم- توجهات بهداشتی و محیط‌زیستی	**۱۸۳**
۵-۱	نگاه اصلی	۱۸۳
۵-۲	ترکیب فاضلاب	۱۸۴
۵-۲-۱	ترکیب‌های آلی سمی	۱۸۵
۵-۲-۲	مواد آلی	۱۸۶
۵-۳	حفاظت از مردم	۱۸۷
۵-۴	روش‌های آبیاری	۱۹۰
۵-۵	تصویب، تائید و پایش	۱۹۱
۵-۶	پیامدهای محیط‌زیستی و پایش‌های لازم	۱۹۳
۵-۷	نتیجه‌گیری	۱۹۵

		شماره صفحه
	فصل ششم- وضعیت استفاده دوباره از آب در برخی کشورها	**۱۹۷**
۶-۱	نگاه اصلی	۱۹۷
۶-۲	آرژانتین - مندوزا - کشاورزی	۱۹۸
۶-۳	استرالیا - ویکتوریا - کشاورزی و شهری	۲۰۰
۶-۴	بلژیک - سواحل فلمیش - تغذیه منابع آب زیرزمینی	۲۰۳
۶-۵	چین - استفاده دوباره از آب در بخش کشاورزی، شهری و صنعتی	۲۰۷
۶-۶	کلمبیا - بوگوتا - مبارزه با آلودگی آب رودخانه	۲۰۹
۶-۷	قبرس - استفاده دوباره از آب برای آبیاری	۲۱۳
۶-۸	غنا - استفاده دوباره در کشاورزی	۲۱۸
۶-۹	هندوستان - دهلی - استفاده دوباره در صنعت، شهری و نیروگاه	۲۲۱
۶-۱۰	هندوستان - بنگلور - تقویت منابع آب خام شرب	۲۲۴
۶-۱۱	ژاپن - مصرف‌های غیرشرب مجتمع تجاری - اداری	۲۲۹
۶-۱۲	اردن - استفاده در کشاورزی	۲۳۳
۶-۱۳	مکزیک - تیجوانا - تغذیه منابع آب زیرزمینی و مصرف‌های شهری غیرشرب	۲۳۶
۶-۱۴	پرو - هیوستا - توسعه مراتع دامداری	۲۳۹
۶-۱۵	فیلیپین - بازار - فلاشینگ توالت‌ها، شستشوی کارگاه‌ها و گذرگاه‌ها	۲۴۱
۶-۱۶	سنگال - داکار - استفاده دوباره از آب در کشاورزی	۲۴۴
۶-۱۷	سنگاپور - آب جدید - استفاده دوباره از آب در صنعت و بخش شهری	۲۴۶
۶-۱۸	ایالات متحد امریکا - کالیفرنیا (واندرلنز) - تقویت منابع آب خام شرب	۲۴۹
۶-۱۹	ایالات متحد امریکا - میامی - تغذیه منابع آب زیرزمینی منبع آب خام شرب	۲۵۴
۶-۲۰	ایالات متحد امریکا - اورنج کانتی - تصفیه و جایگزینی	۲۵۸
۶-۲۱	ایالات متحد امریکا - سن‌دیگو - تقویت منابع آب خام شرب	۲۶۴
۶-۲۲	ایالالت متحد امریکا - ناسا - استفاده مستقیم برای شرب	۲۶۸
۶-۲۳	نتیجه‌گیری	۲۶۹
	پیوست ۱ استانداردهای استفاده دوباره از آب در امریکای شمالی و ایران	۲۷۱
	پیوست ۲ مروری اجمالی به نشریه‌های استفاده دوباره از آب	۲۸۳
	مراجع	۳۰۱

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

فهرست جدول‌ها

		شماره صفحه
شماره ۱-۱	جمعیت و درصد تحت پوشش شرکت‌های آب و فاضلاب شهری در سال ۱۳۸۹	۲۸
شماره ۱-۲	ظرفیت تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و حجم پساب تولیدی در کشور در سال ۱۳۹۰	۳۲
شماره ۱-۳	بی‌آبی آب جاری در چند مسیل اصلی تهران	۴۶
شماره ۱-۴	میانگین ویژگی‌های کیفی پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد، سال ۱۳۹۰	۵۰
شماره ۱-۵	میانگین ویژگی‌های کیفی پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر یزد	۵۵
شماره ۱-۶	میانگین ویژگی‌های کیفی پساب برخی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب استان اصفهان	۵۷
شماره ۱-۷	میانگین ویژگی‌های کیفی پساب دو تصفیه‌خانه فاضلاب آذربایجان شرقی	۶۱
شماره ۱-۸	میانگین برخی ویژگی‌های کیفی آب رودخانه تلخه‌رود و مهرانه‌رود	۶۳
شماره ۳-۱	درصد جمعیت شهری تحت پوشش تاسیسات جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب	۹۳
شماره ۳-۲	چند مورد استفاده دوباره از آب برای شرب - غیرمستقیم و مستقیم	۱۱۲
شماره ۳-۳	ظرفیت طرح‌های در دست مطالعه و بهره‌برداری استفاده دوباره از آب، سال‌های ۲۰۰۹-۲۰۱۶	۱۲۵
شماره ۴-۱	عوامل بیماری‌زا در فاضلاب خام شهری	۱۴۱
شماره ۴-۲	تعداد تقریبی عوامل بیماری‌زا در فاضلاب خام	۱۴۱
شماره ۴-۳	بیماری‌زاها در پساب تصفیه ثانویه و قبل از کلرزنی (مطالعه موردی)	۱۴۲
شماره ۴-۴	دوام عوامل بیماری‌زا در محیط	۱۴۳
شماره ۴-۵	حدود توصیه شده عنصرهای کمیاب در آب غیرمتعارف	۱۴۴
شماره ۴-۶	حداکثر مجاز غلظت بعضی از عنصرها و ترکیب‌های خطرناک در خاک	۱۴۷
شماره ۴-۷	فرایندهای تصفیه و لگاریتم کاهش و بی‌اثر شدن عوامل بیماری‌زا	۱۴۹
شماره ۴-۸	گزینه‌های استفاده دوباره از آب	۱۵۰
شماره ۴-۹	فرایندهای تصفیه فاضلاب و حدود درصد زدایش آلاینده‌ها	۱۵۶
شماره ۴-۱۰	عملکرد نسبی فیلترهای ممبرانی در زدایش بیماری‌زاها و ترکیب‌های شیمیایی	۱۶۱
شماره ۴-۱۱	عملکرد میکروفیلتراسیون (مطالعه موردی)	۱۶۲
شماره ۴-۱۲	عملکرد ممبران اسمز معکوس (مطالعه موردی)	۱۶۲
شماره ۴-۱۳	فرایندها و درصد زدایش بعضی داروها	۱۶۳
شماره ۴-۱۴	معیارهای گندزدایی در چند ایالت امریکا	۱۶۶
شماره ۴-۱۵	قدرت نسبی اکسیدکنندگی الکتروشیمیایی چند ترکیب	۱۷۲
شماره ۴-۱۶	گزینه‌های کاربردی صنعت گندزدایی در فاضلاب	۱۷۳
شماره ۶-۱	محدوده کیفیت آب بازیافتی کلاس سی در ویکتوریا	۲۰۱
شماره ۶-۲	استاندارد کیفیت آب برای تغذیه به لایه‌های زمین - بلژیک	۲۰۴
شماره ۶-۳	کیفیت آب غیرمتعارف بعد از اسمزمعکوس برای تزریق به منابع آب زیرزمینی - بلژیک	۲۰۵
شماره ۶-۴	ویژگی‌های آب مناسب استفاده دوباره در کشاورزی برای کلاس ۴ (با محدودیت دسترسی)	۲۱۲
شماره ۶-۵	فرازهای آبیاری با آب غیرمتعارف در قبرس	۲۱۶
شماره ۶-۶	کیفیت آب غیرمتعارف برای استفاده و یا تخلیه به محیط در قبرس	۲۱۶
شماره ۶-۷	اقدامات حفاظت سلامتی و بهداشت با روش های غیرمتعارف برای کاهش انتشار بیماری‌زاها	۲۱۹
شماره ۶-۸	ویژگی‌های پساب تولیدی ۵ واحد تصفیه فاضلاب در اخلا	۲۲۳
شماره ۶-۹	استاندارد کیفیت آب‌ها در هندوستان	۲۲۴
شماره ۶-۱۰	نتایج حاصل از عملیات پایلوت - بنگلور هندوستان	۲۲۷
شماره ۶-۱۱	کیفیت آب غیرمتعارف لازم برای فلاشینگ توالت‌ها	۲۳۲
شماره ۶-۱۲	کیفیت آب تولیدی در تاسیسات ام بی آر	۲۳۲
شماره ۶-۱۳	کیفیت پساب کلاس سی در کشور فیلیپین	۲۴۲
شماره ۶-۱۴	کیفیت سه آب غیرمتعارف مورد بحث طرح در سال ۲۰۱۰	۲۵۱
شماره ۶-۱۵	ویژگی‌های کیفی لازم آب غیرمتعارف مورد نیاز برای استفاده غیرمستقیم شرب	۲۵۵
شماره ۶-۱۶	معیارهای اصلی تصفیه‌خانه جنوب میامی (تصفیه پیشرفته)	۲۵۶
شماره ۶-۱۷	هزینه‌های تقریبی بخش‌های طرح تصفیه‌خانه جنوب میامی	۲۵۷
شماره پ-۱	وضعیت استفاده دوباره از آب در ایالت‌های امریکای شمالی	۲۷۴
شماره پ-۲	کیفیت آب غیرمتعارف و نوع کاربرد	۲۷۶
شماره پ-۳	استاندارد کیفیت فاضلاب تصفیه شده در ایران جهت تخلیه به محیط	۲۸۰

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

فهرست شکل‌ها

		شماره صفحه
شماره ۱-۱	دیاگرام کلی گردش آب در تاسیسات شهری	۲۶
شماره ۱-۲	نقشه موقعیت تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران، کانال تهران و زمین‌های کشاورزی دشت ورامین	۴۲
شماره ۱-۳	کانال روباز انتقال پساب تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران	۴۳
شماره ۱-۴	لوله تخلیه فاضلاب خام تصفیه‌خانه فاضلاب زرگنده به کانال زرگنده	۴۵
شماره ۱-۵	دشت‌های کاشت سبزیجات آبیاری شده با فاضلاب خام نهر فیروزآباد در جنوب تهران	۴۷
شماره ۱-۶	شالیکاری با استفاده از فاضلاب خام نهر فیروز آباد در جنوب تهران	۴۷
شماره ۱-۷	ایستگاه‌های پمپاژ برداشت آب از مسیل سرخه‌حصار جهت کشاورزی	۴۸
شماره ۱-۸	مزرعه آبیاری‌شده با پساب در اطراف شهر مشهد	۵۲
شماره ۱-۹	مزرعه آبیاری‌شده با پساب در اطراف مشهد	۵۳
شماره ۱-۱۰	عکس ماهواره‌ای از تصفیه‌خانه فاضلاب یزد و نیزارهای به وجود آمده	۵۶
شماره ۱-۱۱	نمایی از نیزارها یا تالاب پایین‌دست تصفیه‌خانه فاضلاب یزد	۵۶
شماره ۱-۱۲	برداشت از کانال پساب تصفیه‌خانه فاضلاب - اصفهان	۵۹
شماره ۱-۱۳	ایستگاه پمپاژ حاشیه کانال پساب تصفیه‌خانه فاضلاب - اصفهان	۵۹
شماره ۱-۱۴	بیابان‌زدایی و ایجاد فضای سبز با استفاده از پساب در حاشیه شهر اصفهان	۶۰
شماره ۱-۱۵	نقشه شهر تبریز و مسیر جریان رودخانه‌های تلخه‌رود و مهرانه‌رود	۶۲
شماره ۱-۱۶	فاضلاب خام مازاد بر ظرفیت تصفیه‌خانه فاضلاب تبریز	۶۴
شماره ۱-۱۷	نمایی از تاسیسات پساب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب مراغه	۶۵
شماره ۳-۱	دیاگرام استفاده دوباره از آب - غیرمستقیم شرب	۱۱۴
شماره ۳-۲	دیاگرام استفاده دوباره از آب بطور مستقیم برای شرب	۱۱۶
شماره ۳-۳	توزیع مصرف آب غیرمتعارف حاصل در تصفیه تکمیلی در جهان	۱۲۴
شماره ۴-۱	مدیریت جامع آب‌های تجدیدشونده	۱۲۷
شماره ۴-۲	دیاگرام موقعیت فرضی شهر، تصفیه‌خانه فاضلاب، تصفیه تکمیلی و زمین‌های تحت آبیاری	۱۳۴
شماره ۴-۳	دیاگرام فرایندهای تصفیه فاضلاب و تصفیه تکمیلی برای استفاده دوباره در کشاورزی	۱۳۵
شماره ۴-۴	رابطه سار، شوری و طبقه‌بندی آب‌ها برای کشاورزی	۱۴۶
شماره ۴-۵	حذف عوامل بیماری‌زا در فرایندهای مختلف و انتخاب فرایند مناسب تصفیه فاضلاب	۱۵۰
شماره ۴-۶	گزینه‌های کاربرد فرایندهای تصفیه پساب‌ها برای استفاده در مصرف‌های شرب	۱۵۴
شماره ۴-۷	گردش انسان‌ساخت آب برای استفاده دوباره	۱۵۵
شماره ۶-۱	دیاگرام فرایندهای تولید آب غیرمتعارف در تاسیسات توریل - بلژیک	۲۰۶
شماره ۶-۲	دیاگرام پیشنهادی فرایندهای تصفیه برای فاز ۱ به ظرفیت ۱۳۵ هزار مترمکعب در روز	۲۲۹
شماره ۶-۳	دیاگرام استفاده دوباره از آب در یک مجتمع اداری - تجاری در کشور ژاپن	۲۳۰
شماره ۶-۴	دیاگرام فرایندهای تصفیه آب غیرمتعارف وارداتی در شهر واندرلنز	۲۵۱
شماره ۶-۵	واحدهای فرایندی و هیدرولیکی تصفیه آب حاصل از شستشوی میکروفیلترها	۲۵۲
شماره ۶-۶	تاسیسات سه مرحله‌ای اسمزمعکوس	۲۵۳
شماره ۶-۷	دیاگرام فرایندهای تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب میامی	۲۵۶
شماره ۶-۸	تاسیسات میکروفیلتر آب غیرمتعارف - اورنج‌کانتی	۲۶۰
شماره ۶-۹	تاسیسات اسمزمعکوس آب غیرمتعارف - اورنج‌کانتی	۲۶۰
شماره ۶-۱۰	تاسیسات پرتو فرابنفش آب غیرمتعارف - اورنج‌کانتی	۲۶۰
شماره ۶-۱۱	فرایندهای پایلوت تصفیه به منظور خالص کردن آب	۲۶۵

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

تقدیم به مادر عزیزم

و کلیه حافظان طبیعت زیبای ایران؛

و به یاد مرحوم پدرم،

«کامران کاویان»

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

دیباچه

الف

در طی دو دهه فعالیت شرکت نارون‌آرا در بخش‌های مهم صنعتی کشور از سد و نیروگاه تا صنایع نفت و گاز چنین به نظر می‌رسد که دستیابی به تکنولوژی‌های روز دنیا و بکارگیری آن جز در سایه رشد آگاهی امکان‌پذیر نیست و نشر علوم و فنون مربوط یکی از روش‌های بالا بردن سطح آگاهی کارشناسان است. در این راستا این شرکت از سال ۱۳۸۸ تلاش متمرکزی را برای چاپ کتاب‌های مرتبط با زمینه کاری خود برای استفاده بهینه و به‌روزرسانی تکنولوژی‌های مربوط آغاز نمود.

نخستین کتاب براساس تجربه ۱۰ ساله این شرکت در زمینه تاسیسات نمک‌زدایی و همکاری با شرکت‌های معتبر اروپایی با عنوان" نمک‌زدایی از آب‌های شور و لب‌شور (علم و صنعت) " در سال ۱۳۹۱ در اختیار عموم علاقمندان قرار گرفت.

کتاب حاضر دومین نشریه شرکت نارون‌آرا می‌باشد که در پی بیش از دو سال همکاری و تلاش مستمر نویسندگان با گفتگو با سازمان‌ها و وزارتخانه‌های مرتبط و نیز بازدیدهای محلی از تاسیسات تصفیه فاضلاب و مزارع کشاورزی و استفاده از منابع علمی دنیا تدوین گردیده است. نظر اصلی تدوین این کتاب حاصل رسالت همیشگی شرکت نارون‌آرا" متعهد به محیط زیست" است که سنگ بنای آن با انجام پروژه مطالعاتی این شرکت در زمینه بهره‌برداری از پتانسیل آب رودخانه‌های کارون و دز در ابتدای دهه ۱۳۸۰ با همکاری شرکت‌های اسکات‌ویلسون و مهاب قدس آغاز گردید.

در فرایند انجام پروژه مطالعاتی پیش‌گفته مشخص گردید که آب رودخانه کارون به شدت به خاطر تخلیه فاضلاب‌های شهری، کشاورزی و صنعتی دچار آلودگی گردیده زیرا صنایع مختلف فاضلاب خام و نیمه‌تصفیه شده خود را به کارون تخلیه می‌نمایند. بطوری که آلودگی آب و افزایش مجموع نمک‌های محلول آن در فصولی از سال به حدی می‌رسد که فرایندهای متعارف تصفیه آب قادر به تولید آب شرب نبوده و به همین جهت گزینه‌های

انتقال آب از دوردست‌ها و نیز تاسیسات نمک‌زدایی برای تامین آب شرب و بهداشتی بسیاری از شهرهای این استان مورد توجه قرار گرفته است.

جالب اینکه با وجود قوانین روشن در مورد جلوگیری از تخلیه فاضلاب‌ها به رودخانه‌ها هر روز شاهد آلوده‌تر شدن آب این رودخانه می‌باشیم که منبع آب خام شرب اجتماعات کوچک و بزرگ منطقه است.

مطالعات شرکت نارون‌آرا روی رودخانه‌های کارون و دز که به نوعی الهام‌بخش خطوط زیر درتدوین کتاب حاضر گردید عبارتنداز:

- ضرورت گسترش مدیریت پایش کیفیت آب رودخانه‌های کارون و دز و اعمال قانون در جلوگیری از تخلیه فاضلاب‌های با بار آلودگی زیاد به آن‌ها؛
- ظرفیت‌سازی و رشد همکاری‌های بین سازمانی دست‌اندرکاران حفاظت از منابع آب، تولیدکنندگان فاضلاب‌ها و استفاده‌کنندگان از آب برای مصرف‌های شرب، صنعتی و کشاورزی؛
- بهنگام نمودن آیین‌نامه‌های کیفی پساب‌ها و قوانین مربوط به جلوگیری از آلودگی منابع و حفاظت از محیط زیست؛
- پیگیری ایجاد تاسیسات تصفیه فاضلاب برای تمام شهرها وصنایع و در نتیجه حفظ محیط‌زیست از آلودگی.

در واقع ضروریست تا برای جلوگیری از بروز آلودگی آب‌ها از تخلیه هر گونه فاضلاب بدون تصفیه کامل و تولید پسابی مطابق با معیارهای بهنگام شده محیط‌زیست به محیط‌های آبی ممانعت شود. حال سوال کلیدی اینجاست که با توجه به روند رو به افزایش کمبود آب و ضرورت تصفیه‌های بیشتر آیا استفاده دوباره از آب غیرمتعارف تولیدی به صلاح و صرفه کشور نیست. بنابراین تدوین استراتژی استفاده دوباره از آب هم خطر آلودگی آب‌ها را کمتر می‌نماید و هم آبگیری از منابع آب را کاهش می‌دهد.

در اینجا لازم است تا از نویسندگان کتاب آقای دکتر ناصر رازقی، خانم مهندس رؤیا منصوری، آقای مهندس پیمان روحانی و مشاور مستقیم طرح آقای مهندس احمد پورزند که در انجام این مهم موفق شده‌اند تشکر و قدردانی شود. همچنین از کلیه متخصصان و اندیشمندان بالاخص خانم دکتر کیهاندخت کاویانپور و آقایان دکتر محمد صادق صادقیان و مهندس سیدمحمدرضا موسوی که ما را در تدوین این کتاب یاری رساندند، سپاسگزاری می‌گردد. در پایان از آقایان مهندس محمدرضا شمسایی و دکتر هوشنگ حسونی‌زاده که تفکر تالیف کتاب را در این مجموعه ایجاد نمودند، کمال امتنان را دارد.

کامران کاویان
مدیرعامل شرکت نارون‌آرا

تشکر و قدردانی

ب

تدوین این کتاب جز در سایه همکاری صمیمانه وزارت نیرو میسر نبود و این امر از طریق مساعدت و همفکری آقایان مهندس احمد پورزند و مهندس علی اصغر قانع فراهم گردید. نویسندگان لازم می‌دانند با تشکر از این عزیزان از سایر همکاران وزارت نیرو در شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و آب منطقه‌ای بخصوص آقایان مهندس غلمان از شرکت آب و فاضلاب یزد، مهندس نورمحمدی و مهندس قاسمیان از تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران، مهندس ساسانیان از آب منطقه‌ای خراسان رضوی، مهندس طباطبایی و مهندس ساقی از آب و فاضلاب مشهد، دکتر امین علیزاده استاد دانشگاه فردوسی مشهد، مهندس زینی‌زاده از تصفیه‌خانه فاضلاب مراغه، مهندس متین‌زاده و مهندس حیدرپور از آب منطقه‌ای اصفهان، مهندس قبادیان از آب و فاضلاب اصفهان، مهندس احمدی خمینی از شرکت بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی استان تهران، دکتر اسلامی‌زاده از آب و فاضلاب استان تهران، دکتر تشیعی و مهندس وکیلی از شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، مهندس سامانی و مهندس صادقیان از شرکت مدیریت منابع آب ایران، دکتر کاظم ندافی از وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و آقای احمد بابایی از مدیران اسبق بخش حقوقی وزارت نیرو تشکر و قدردانی نمایند. در ضمن از آقای دکتر کرباسی و همکاران دفتر آب و خاک سازمان حفاظت محیط‌زیست قدردانی می‌گردد. همچنین از آقایان دکتر علی اکبر عظیمی، دکتر بهمن یارقلی، دکتر محمدصادق صادقیان و مهندس سیدمرتضی احتشامی که با رهنمودهای خود ما را در تدوین بهتر کتاب کمک کردند و نیز خانم زهرا قراگوزلو، آقای رضایی و کلیه همکاران شرکت نارون‌آرا کمال امتنان را دارد.

در پایان از شرکت نارون‌آرا که بدون پشتیبانی کامل در زمینه گردآوری اطلاعات علمی و فنی، تامین منابع مالی و سایر تسهیلات، تهیه این کتاب تحقیقی - تحلیلی میسر نمی‌گردید، تشکر می‌شود.

نویسندگان

ناصر رازقی - رؤیا منصوری - پیمان روحانی

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

استفاده دوبارهٔ آب (طرح و برنامه)

پیش گفتار

از اولین نیازمندی‌های انسان برای زندگی آب سالم است اما با رشد جمعیت و توسعه صنایع و افزایش تولیدات، انواع آلاینده‌ها و میزان آن‌ها در آب‌های سطحی و زیرزمینی رو به افزایش است. چنانکه در استاندارد ۱۰۵۳ آب شرب نام حدود ۱۳۰ آلاینده که حضور آن‌ها برای مصرف‌کننده آب مخاطره‌آمیز است نام برده شده است گرچه این رقم رو به افزایش هم می‌باشد. این آلاینده‌ها باعث بروز بیماری‌هایی که در دو گروه طبقه‌بندی می‌شوند قرار دارند.

گروه اول بیماری‌های ناشی از باکتری‌ها، ویروس‌ها و انگل‌های روده‌ای و گروه دوم بیماری‌های مزمن اعصاب، گردش خون، کلیه، کبد، روده و غدد مترشحه که علت آن آلاینده‌های شیمیایی طبیعی و انسان‌ساخت است.

هیدروکربن‌ها، بنزن‌ها، آفت‌کش‌ها، کلروفنل‌ها، کلرآمین‌ها، تری‌هالومتان‌ها و ده‌ها ترکیب دیگر که بعضی از آن‌ها با غلظت‌های حدود ۰/۰۰۰۴ میلی‌گرم در لیتر در آب می‌تواند سلامت مصرف‌کننده را تهدید نماید، در این گروه قرار دارند. فلزات سنگین چون آرسنیک، آلومینیوم، کادمیوم، کروم، مس و غیره هم از گروه مواد شیمیایی هستند که باعث مسمومیت مصرف‌کننده می‌شوند.

با بررسی سیر گردش این عوامل بیماری‌زا در طبیعت می‌توان مشاهده نمود که فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی حامل این آلاینده‌ها بوده و با تخلیه آن‌ها به منابع آب، چه سطحی و چه زیرزمینی، باعث آلودگی آب‌ها می‌شویم. بنابراین برای حفظ سلامت و بهداشت جامعه لازم است فاضلاب‌ها پس از جمع‌آوری مورد تصفیه قرار گرفته و از بیماری‌زاهای میکروبی و شیمیایی زدایش شوند تا بتوان آن‌ها را به منابع آب تخلیه نمود.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

از طرف دیگر با توجه به رشد جمعیت و کاهش سرانه‌ی آب، اندیشه استفاده از فاضلاب تصفیه شده دارای جذبه‌هایی می‌گردد و تقریبا در تمام کشورها آن را مورد استفاده قرار می‌دهند که با تعریف استفاده دوباره از آب شناخته می‌شود. بنابراین می‌توان گفت که انگیزه‌های حفظ محیط‌زیست و جلوگیری از آلودگی و ویرانی محیط‌زیست باعث رشد صنعت استفاده دوباره از آب است. در موارد زیادی تصفیه فاضلاب برای تخلیه به محیط گرانتر از تصفیه فاضلاب برای استفاده دوباره بخصوص در کشاورزی است که خود از مهمترین انگیزه‌های استفاده دوباره از آب است.

اما نباید فراموش نمود که به کارگیری نام استفاده دوباره در کشورهایی‌که در زمینه جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب سرمایه‌گذاری کافی را انجام نداده‌اند و فاضلاب خام و یا نیمه‌تصفیه شده به مسیل‌ها، نهرها و رودخانه‌ها تخلیه می‌شود که در پایین‌دست‌ها مورد استفاده در کشاورزی است، بسیار سوال بر انگیز است.

به هر حال در آینده‌ای نه چندان دور کشور با کمبود آب روبه‌رو خواهد شد و استراتژی و یا برنامه درازمدت لازم در بسترهای زیر به ترتیب اولویت باید شکل گیرد:

- صرفه‌جویی در مصرف و افزایش سودمندی استفاده و جایگزینی آب با توجه به کمترین حد کیفیت مطلوب برای مصرف ؛
- جلوگیری از آلودگی منابع آب توسط فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی؛
- توسعه منابع آب غیرمتعارف مانند استفاده از فاضلاب‌ها و آب‌های شور و لب‌شور ؛

باید توجه داشت که آبگیری از منابع آب، انتقال، تصفیه، توزیع، جمع‌آوری فاضلاب و تصفیه آن نیاز به مصرف انرژی دارد، بنابراین در طرح‌های استفاده دوباره از آب به نوعی پتانسیل استفاده دوباره از انرژی هم وجود دارد.

با افزایش جمعیت در بسیاری از اجتماعات شهری و نیاز به آب بیشتر، از منابعی بهره‌برداری می‌شود که قبلا مورد استفاده در بخش کشاورزی بوده است. اما حدود ۸۰ درصد این آب پس از تصفیه، توزیع و مصرف به فاضلاب تبدیل شده که یا از طریق چاه‌های نشتی به لایه‌های زیرزمینی تزریق می‌گردد و فرایندهای تصفیه را بطور طبیعی می‌گذراند و یا باید از طریق شبکه‌های جمع‌آوری به تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری هدایت شده و تصفیه‌گردند.

حال با فرض رسیدن جمعیت کشور به مرز ۱۰۰ میلیون نفر و در نظر گرفتن مصرف سرانه روزانه آب در حدود ۰/۲ متر مکعب و نیز تبدیل ۸۰ درصد آن به فاضلاب، سالانه حدود ۵-۶ میلیارد متر مکعب فاضلاب تولید خواهد شد که می‌تواند تمام منابع آب کشور را آلوده نماید، بنابراین باید تحت کنترل قرار گرفته تا نه فقط به محیط‌زیست خسارت وارد نکند، بلکه مورد استفاده هم قرار گیرد. طبق گزارش‌های موجود برنامه‌ریزی برای استفاده سالانه حدود ۵-۶ میلیارد مترمکعب پساب در دست تدوین و تکمیل است و برای بعضی از منطقه‌های کشور استفاده از پساب به صورت جایگزینی با آب کشاورزی یک استراتژی اجتناب‌ناپذیر در نظر گرفته شده است.

یادآوری می‌شود که پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب باید براساس نوع مصرف مورد تصفیه بیشتر قرار گیرد که معیار نخست سلامت و بهداشت گروه‌های مختلف جامعه و معیار دوم جلوگیری از ویرانی و آلودگی محیط‌زیست است. بنابراین استفاده از پساب‌های تصفیه شده با توجه به دو معیار پیش‌گفته می‌تواند با سیاست‌گذاری‌هایی دارای توجیه اقتصادی گردد.

لازم به یادآوری است که معیارهای کیفیت آب غیرمتعارف برای استفاده و یا دفع آن یکسان نیست. چنانکه حضور ازت و فسفر در آب مورد استفاده کشاورزی با رعایت محدودیت‌هایی مشکلی ندارد، اما برای تخلیه و دفع آن به منابع آب دارای محدودیت‌های بیشتری است. با توجه به این که در فصولی از سال ممکن است نیاز کشاورزی به آب غیرمتعارف کاهش پیدا نماید و درحالیکه تولید آن مستمر است، به همین جهت نحوه تخلیه و دفع آن در این شرایط باید در طراحی‌ها و برنامه‌ریزی‌ها رعایت گردد که روی فرایندهای تصفیه هم اثرگذار است.

گرچه در طی چهار دهه گذشته قوانین و آیین‌نامه‌هایی در زمینه کنترل آلودگی آب تدوین گردیده اما بهنگام نمودن آن‌ها با توجه به دستاوردهای علمی و کاربردی در جهان امروز یک ضرورت است.

کتاب در ۶ فصل و ۲ پیوست به شرح زیر تدوین گردیده است:

فصل اول - وضعیت استفاده دوباره از آب در ایران

در این فصل مروری به تاسیسات جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب در کشور و بعضی از شهرها به صورت موردی داشته و نتیجه‌گیری می‌شود که هر جا تاسیسات جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب در حد توسعه شهر و جمعیت گسترش نیافته و در صورتیکه زمین جوابگوی فاضلاب‌های تخلیه شده از طریق چاه‌های جذبی نباشد، تخلیه فاضلاب خام به رودخانه‌ها، نهرها و مسیل‌ها انجام و در بیشتر شرایط در پایین‌دست مورد استفاده در بخش کشاورزی قرار می‌گیرد. این وضعیت سلامت گروه‌های مختلف جامعه و بهداشت

IRANARRA.com
https://mehrabpooyesh.com

محیط‌زیست را به مخاطره انداخته است، بنابراین برای جلوگیری از این وضعیت ضروری است در این بخش اعتبارات و سرمایه‌گذاری‌ها با توجه به رشد جمعیت افزایش لازم را پیدا نماید تا از آلودگی آب‌ها جلوگیری شود ضمن این که مورد استفاده دوباره هم قرار می‌گیرد.

فصل دوم - قوانین و آیین‌نامه‌ها

مطالعات نشان داده است که از حدود سال‌های ۱۳۴۰ تا ۱۳۸۳ بطور مستمر در زمینه جلوگیری از آلودگی آب، خاک و هوا قوانین و آیین‌نامه‌هایی تدوین و به تصویب رسیده که مسئولیت اجرای آن‌ها به نهادهایی سپرده شده است اما در عمل اجرای آن‌ها نتیجه‌بخش نبوده است زیرا وضعیت فعلی مطلوب اوضاع و احوال امروز کشور نیست و لازم است در تدوین استراتژی‌های نو بین سازمان‌ها برای همکاری در اجرای قوانین و آیین‌نامه‌ها و بهنگام نمودن معیارهای فنی در فرایندهای استفاده دوباره از آب هماهنگی‌ها و اقداماتی انجام گیرد. بخصوص آیین‌نامه‌ها و استانداردهای کیفیت پساب باید برای انواع استفاده‌های مختلف تدوین و بهنگام گردد.

فصل سوم - پتانسیل‌های استفاده دوباره از آب

فصل سوم به پتانسیل‌های استفاده دوباره از آب چه از نظر یک منبع آب جدید و چه از نظر کنترل آلودگی محیط‌زیست می‌پردازد و محدوده‌های مورد استفاده فاضلاب پس از تصفیه‌های لازم و تولید آب غیرمتعارف تعریف می‌شود.

در این فصل نگرانی‌های موجود در مورد استفاده از آب غیرمتعارف در بخش کشاورزی برای تولید محصولاتی که به صورت خام و یا فراوری شده مورد مصرف انسان قرار می‌گیرد و یا انتقال آلاینده‌های باقی‌مانده آن به منابع آب شرب بیان می‌شود و ضرورت محدود کردن طیف مصرف آن مورد تاکید قرار می‌گیرد. لازم به یادآوری است که استفاده از فاضلاب خام، نیمه تصفیه و یا مخلوط با آب متعارف در تعریف استفاده دوباره از آب قرار نمی‌گیرد.

فصل چهارم - برنامه‌ریزی برای استفاده دوباره از آب

در این فصل روابط بین نوع استفاده دوباره از آب و کیفیت لازم آب غیرمتعارف مورد توجه قرار گرفته و فرایندهای تصفیه در زدایش آلاینده‌های بیماری‌زا و عوامل مخرب محیط‌زیست در سطح برنامه‌ریزی مطرح می‌گردد. در برنامه‌ریزی به خدمات مهندسان مشاور دست‌اندرکار طراحی تاسیسات تصفیه، انتقال و توزیع توجه بیشتری می‌شود و سعی گردیده که کارهای لازم در چارچوب نظام فنی – مهندسی کشور قرار گیرد. در این فصل نتیجه‌گیری شده است که می‌توان از فاضلاب خام به کمک فرایندهای متنوع تصفیه، آبی در حد شرب هم تولید نمود.

فصل پنجم - توجهات بهداشتی و محیط‌زیستی

در این فصل مقوله استفاده دوباره از آب در بخش کشاورزی مورد بحث قرار می‌گیرد و به مخاطرات انتشار بیماری‌زاها در فرایندهای مختلف استفاده از آب غیرمتعارف پرداخته می‌شود و یادآوری می‌شود که گروه کشاورزان و خانواده‌های آن‌ها، ساکنان اطراف مزارع تحت آبیاری با آب غیرمتعارف و مصرف‌کنندگان مواد غذایی تولید شده با این روش در خطر ابتلا به بیماری‌های روده‌ای، انگلی و غیره هستند مگر آن که برای این استفاده معیارهای کیفی، روش‌های استفاده و برنامه پایش تهیه شود.

فصل ششم - وضعیت استفاده دوباره از آب در برخی کشورها

در این فصل به وضعیت استفاده دوباره از آب در کشورهای مختلف و به صورت موردی و چکیده پرداخته تا خواننده بتواند به دستاوردهای دیگر کشورها نیز آگاهی یابد. در این مطالعات موردی کشورهای آرژانتین، استرالیا، بلژیک، چین، کلمبیا، قبرس، هندوستان، ژاپن، اردن، مکزیک، پرو، فیلیپین، سنگال، سنگاپور و برخی مناطق ایالات متحد امریکا مورد توجه قرار گرفته و راهکارهای مختلف این کشورها در استفاده دوباره ارائه شده است که می‌تواند راهنمای بسیار مناسبی برای دست‌اندرکاران و محققان کشور باشد.

پیوست شماره ۱ - استانداردهای استفاده دوباره از آب در امریکای شمالی و ایران

در فصل‌های مختلف کتاب در مورد ضرورت تدوین معیارهای کیفیت آب غیرمتعارف و نوع مصرف آن سخن بسیار گفته شد. در این پیوست در جدول شماره پ – ۲ ویژگی‌های کیفی آب غیرمتعارف در رابطه با انواع مصرف در سه ایالت امریکا آورده شده است که تبلور یکی از هدف‌های نویسندگان کتاب است. لازم به یادآوری دوباره است که تهیه و اجرای طرح‌های صرفه‌جویی در مصرف آب گام پیش‌نیاز استفاده دوباره است که بسیاری از کشورها در این راه به دستاوردهای خوبی رسیده‌اند.

NARVAN
https://mehrabpooyesh.com

پیوست شماره ۲ - مروری اجمالی به نشریه‌های استفاده دوباره از آب

در طی سال‌های ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۹۱ که سال تدوین این کتاب است چندین نشریه به صورت‌های مختلف در این زمینه انتشار یافته است که استفاده از آن‌ها برای انجام اقدامات ضروری مورد پیشنهاد کتاب توصیه می‌شود، بنابراین برای بیان سیر تکاملی موضوع در کشور پیوست شماره ۲ تنظیم شده است. هر یک از ۶ نشریه معرفی شده در پیوست شماره ۲ نگاهی تقریبا متفاوت به مقوله استفاده دوباره از آب دارد و بنابراین نوعی مکمل یکدیگر هستند.

در پایان یادآوری می‌شود که جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب‌ها قبل از هر برنامه استفاده دوباره یک ضرورت است اما تصفیه آن تحت تاثیر برنامه‌های استفاده دوباره است و تخلیه آن‌ها به منابع آبی که مورد مصرف‌های شرب است نیاز به توجهات بسیار جدی دارد که در کشور ما مورد عنایت کافی قرار نگرفته است.

انجام مطالعات مربوط به پتانسیل‌های استفاده دوباره از آب به‌ویژه در محدوده‌های شهری پیش‌نیاز انجام مطالعات جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب باید قرارگیرد که در چند دهه اخیر به آن بی‌توجهی شده است.

۱ وضعیت استفاده دوباره از آب در ایران

۱-۱- نگاه اصلی

طبق معیارهای سازمان بهداشت جهانی کمترین میزان سرانه سالانه آب خام برای توسعه همه جانبه با فرض عملکرد مطلوب آبیاری و سایر مصرف‌ها حدود ۱۳۰۰ متر مکعب است. این کمترین میزان سرانه سالانه، در گذشته ۲۰۰۰ و سپس به ۱۵۰۰ متر مکعب در سال تقلیل یافت و دلیل اصلی آن استفاده از ابزارهای کنترل و مدیریت صرفه‌جویی در مصرف برای افزایش بازده استفاده از آب طی سال‌های گذشته در دنیا است. در حال حاضر جمعیت کشور در حدود ۷۶ میلیون نفر است و با فرض میزان آب مورد استفاده حدود ۱۰۰ میلیارد مترمکعب در سال، متوسط سرانه آب خام کشور ۱۳۳۳ مترمکعب خواهد بود که نشان از وضعیت کمبود آب در کشور دارد. البته با در نظر گرفتن فرار آب از تاسیسات شهری و کشاورزی و بهره‌برداری غیر بهینه، سرانه واقعی به حدود ۱۰۰۰ متر مکعب در سال می‌رسد که جای نگرانی دارد.

در آینده‌ای که زود امروز می‌شود با فرض جمعیت ۱۰۰ میلیون نفر و نیز مهار کامل آب‌های تجدیدشونده کشور که حدود ۱۳۰ میلیارد متر مکعب است باز هم سرانه سالانه آب خام ۱۳۰۰ متر مکعب است که بخشی از آن به علت آلودگی‌های ناشی از تخلیه انواع فاضلاب‌ها به این منابع برای استفاده با محدودیت روبه‌رو خواهد بود و در صورت استفاده نکردن از روش‌های مدرن آبیاری و یا اصلاح ننمودن وضعیت سیستم‌های انتقال و توزیع آب، سرانه واقعی مصرف در آینده نیز بسیار کمتر از ۱۳۰۰ متر مکعب در سال خواهد گردید.

پیش‌بینی می‌شود که در آینده حدود ۵-۶ میلیارد متر مکعب فاضلاب شهری در سال تولید شود که پس از جمع‌آوری و تصفیه، خود می‌تواند یک منبع جدید آب لحاظ گردد. فاضلاب تولیدی مورد توجه کتاب فاضلاب شهری است و شامل فاضلاب صنعتی و کشاورزی نمی‌شود زیرا در بخش تصفیه و استفاده

NARVAN
https://mehrabpooyesh.com

از فرایندها، نگرانی‌ها و توجهات ویژه دیگری مورد نیاز است که در محدوده بحث‌های کتاب قرار نمی‌گیرد. با استفاده از فرایندهای تصفیه ثانویه، تکمیلی و پیشرفته، پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری را می‌توان به آب غیر متعارف تبدیل نمود. این آب غیر متعارف[1] در نهایت می‌تواند پاسخگوی حدود ۲ – ۳ درصد نیاز سالانه کشور باشد که البته خود می‌تواند احتمال بروز پیامدهای نامطلوب بهداشتی و محیط‌زیستی را افزایش دهد و برای اجتناب از آن‌ها لازم است آیین‌نامه‌ها، ضوابط فنی و معیارهای طراحی تاسیسات تصفیه، کیفیت آب غیر متعارف و نوع استفاده از آن، عملیات پایش پیامدها در تمام مراحل استفاده دوباره تعریف، تدوین و یا مورد بازنگری قرار گیرد (۱).

کشور ما و بسیاری از مناطق مختلف جهان بدلیل‌های چندی چون کمبود آب متعارف[2]، در شرایط فعلی پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری را به گونه‌ای مورد استفاده قرار می‌دهند که در فصل‌های آینده بیشتر بدان پرداخته خواهد شد. از مهمترین اولویت‌های تدوین این فصل کتاب آگاهی به وضعیت کنونی استفاده از فاضلاب تصفیه شده و یا فاضلاب خام و پیامدهای بهداشتی و محیط‌زیستی آن در کشور با توجه به قوانین و آیین‌نامه‌های مربوط بوده است.

برای دریافت اطلاعات لازم علاوه بر بررسی مقاله‌های ارائه شده در سمینارها، کنفرانس‌ها و همایش‌ها، نشریات[3] مربوط به استفاده دوباره نیز مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین با گفتگو با بعضی از مسئولان بخش‌های مرتبط در وزارت نیرو، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و سازمان حفاظت محیط‌زیست و دریافت گزارش‌های مکتوب در مورد عملکردها و انجام بازدیدهای محلی سعی گردید تا سیمای واقع بینانه‌ای از وضعیت استفاده دوباره از آب در کشور ترسیم گردد.

هدف اصلی تدوین کتاب توجه به اصول و معیارهای طرح و برنامه‌ریزی در استفاده از فاضلاب تصفیه شده خروجی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری است. جزییات استفاده از علم و صنعت فرایندهای تصفیه فاضلاب و یا فاضلاب تصفیه شده که خود موضوع‌هایی تخصصی هستند در تدوین کتاب مدنظر نبوده است و لازم است به مراجع تخصصی آن مراجعه شود. برای مثال در بخش‌های مختلف کتاب بخصوص در فصل چهارم از فیلتراسیون فاضلاب تصفیه شده سخن به میان می‌آید ولی در مورد انواع فیلترها، معیارهای طراحی و روش‌های بهره‌برداری بحثی نمی‌شود زیرا کاربرد عمده فیلتراسیون چه دانه‌ای و چه ممبرانی در بخش صنعت تصفیه آب قرار دارد. به همین ترتیب فرایندهای زلال‌سازی، جذب کربنی، میکروفیلترها، اولترافیلترها، اسمزمعکوس، گندزدایی و فرایندهای دیگر در حد برنامه‌ریزی برای استفاده دوباره مورد بحث قرار گرفته است. چنانکه وقتی سخن از صنعت اسمزمعکوس می‌شود به ارائه چند جدول بسنده شده است، در حالیکه خود مقوله‌ای است که برای بیان آن به صدها صفحه مطلب نیاز است که کارشناس علاقمند می‌تواند به کتاب‌های دیگر مراجعه نماید.

برای استفاده دوباره از آب در کشاورزی، درجه تماس کشاورز با پساب، نوع محصول تولیدی و حفظ محیط‌زیست باید مورد توجه قرار گیرد و در استفاده برای آبیاری فضای سبز، میزان تماس مردم مهمترین شاخص است. برای استفاده در صنعت میزان تولید رسوب، خوردگی، ایجاد جرم، رشد بیوفیلم و درجه تماس باید در طراحی‌ها در نظر گرفته شود، بنابراین برای تصفیه بیشتر فاضلاب تصفیه شده از فرایندهای مختلف باید بهره گرفت که در این کتاب تنها به فرایندها و عملکرد آن‌ها اشاره می‌شود.

دستیابی به اطلاعات و مستندات در فصل اول با دشواری‌های زیادی همراه بوده که امید است قوانین و آیین‌نامه‌های موجود در مورد استفاده دوباره از آب و مسائل محیط‌زیستی به گونه‌ای مورد تجدیدنظر قرار گیرد که تدوین و تنظیم گزارش‌های عملکردی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و کیفیت پساب تولیدی آن‌ها علاوه بر دقت بیشتر بصورت گزارش‌های رسمی تدوین شده و انتشار یابد تا دسترسی محققین و علاقمندان موضوع به اطلاعات مورد نیاز از طریق گزارش‌های رسمی و یا سایت‌های اینترنتی با سهولت میسر شود. در نتیجه ارقام و اعداد آورده شده در فصل اول گرچه در محدوده صحت قرار دارد اما از دقت کافی برخوردار نیست اما می‌توان بر مبنای آن برنامه‌ریزی نمود.

همان‌گونه که در شکل شماره ۱–۱ نمایش داده شده، آب خام پس از انجام فرایندهای تصفیه‌به آب شرب و بهداشتی تبدیل می‌شود که پس از مصرف در شهرها و روستاها آن را فاضلاب خام می‌نامند. فاضلاب خام‌پس از جمع‌آوری و انتقال به تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در یک یا چند مرحله تصفیه شده و در نهایت سیال خروجی از این فرایندها فاضلاب تصفیه شده و یا پساب یا آب غیرمتعارف نامیده می‌شود.

حال اگر لازم باشد که پساب مورد استفاده قرار گیرد لازم است بیشتر تصفیه شود که نوع و درجه این تصفیه بستگی کامل به نوع استفاده از آن دارد که در فصل‌های آینده مورد بحث قرار خواهد گرفت. آب غیرمتعارف از نظر کدورت، رنگ و کلیفرم می‌تواند همانند آب خام متعارف باشد اما احتمال حضور

---

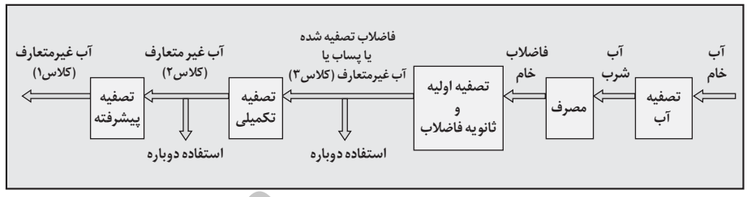
۱. پساب حاصل از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری بدلیل احتمال وجود ترکیب‌ها و عنصرهای غیرمجاز و بیماری‌زاها در آن به نام آب غیرمتعارف شناخته می‌شود زیرا با کاربرد فرایندهای متعارف تصفیه نمی‌توان از آن آب شرب تولید نمود.

۲. درصورتی‌که مجموع نمک‌های محلول آب طبیعی کمتر از ۱۵۰۰ گرم در مترمکعب و توزیع آن طبق جدول شماره ۳ استاندارد ۱۰۵۳ و مجموع مواد آلی آن در محدوده ۲ – ۵ میلی‌گرم در لیتر باشد آب متعارف نامیده می‌شود که در ادبیات فنی به نام آب شیرین شناخته می‌شود.

۳. پیوست شماره ۲

MARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

شکل شماره ۱-۱- دیاگرام کلی گردش آب در تاسیسات شهری



ترکیب‌های مختلف آلی، شیمیایی، آنتی بیوتیک‌ها، هورمون‌ها و حتی ویروس‌ها هر چند به مقدار ناچیز باعث می‌شود از اصطلاح آب غیرمتعارف استفاده گردد. زیرا نمی‌توان با استفاده از فرایندهای تصفیه متعارف، آب قابل شرب تولید نمود و به همین جهت این آب مانند آب‌های شور، لب شور، زهاب‌های کشاورزی و مانند آن در گروه آب‌های غیرمتعارف قرار می‌گیرد. بعلاوه استفاده از اصطلاح آب غیرمتعارف می‌تواند از بار منفی پنهان در لغت پساب تصفیه شده نیز کاسته و از نظر روانی باعث افزایش رغبت خریداران جهت استفاده در صنعت و کشاورزی گردد.

در این کتاب به آب خروجی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب دارای فرایندهای تصفیه ثانویه، آب غیرمتعارف گفته شده است. این آب پس از عبور از واحدهای تصفیه تکمیلی و بهبود کیفیت و پس از اعمال تصفیه‌های پیشرفته و بهبود بیشتر کیفیت هنوز آب غیرمتعارف گفته می‌شود که لازم است برای ۳ نوع آن کلاس‌های مختلف در نظر گرفته و تعریف شود. چنانکه آب غیرمتعارف کلاس ۳، ۲ و ۱ مورد پیشنهاد است که کاهش عدد کیفیت بهتری را نشان می‌دهد که در شکل شماره ۱-۱ نشان داده شده است. توضیحات بیشتر در فصل چهارم و در شکل شماره ۴-۷ ارائه گردیده است.

۱-۲- میزان پساب تولیدی در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب کشور

براساس گزارش عملکرد شرکت‌های آب و فاضلاب شهری در پایان سال ۱۳۸۹ (جدول شماره ۱-۱) جمعیت شهری کشور در حدود ۵۵/۷ میلیون نفر بوده که بیش از ۹۹ درصد این جمعیت تحت پوشش شبکه توزیع آب شرب قرار داشته‌اند که نشان از شرایط مطلوب آبرسانی دارد. در حالی‌که متوسط جمعیت تحت پوشش شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهری در حدود ۱۹/۶ میلیون نفر یا ۳۵ درصد جمعیت شهری کشور بوده و نیز تنها حدود ۱۴ میلیون نفر و یا بعبارتی ۲۵ درصد از این جمعیت شهری تحت پوشش تاسیسات تصفیه‌خانه فاضلاب قرار داشته‌اند. بیشترین درصد پوشش شبکه جمع آوری فاضلاب در کردستان با حدود ۹۸ درصد بوده در حالی‌که این میزان در برخی از استان‌ها کمتر از ۱۰ درصد می‌باشد (۳و۲). لازم به ذکر است که این ۳۵ درصد بدین معنی نیست که ۶۵ درصد فاضلاب‌های تولیدی در کشور به محیط‌های باز دفع می‌شود، بلکه درصد بزرگی از آن‌ها به چاه‌های جذبی تخلیه می‌گردد. در بسیاری از مناطق بدون شبکه جمع‌آوری فاضلاب، استفاده از چاه‌های جذبی مشکل محیط‌زیستی ایجاد نکرده است و از پتانسیل تصفیه توسط زمین بهره‌گیری می‌شود ولی در برخی موارد نیز مشاهده شده که بدلیل عملکرد نامطلوب چاه‌های جذبی فاضلاب خام به مسیل‌ها و کانال‌ها تخلیه می‌شود که در قسمت‌های بعد مورد بحث قرار می‌گیرد.

اطلاعات جدول شماره ۱-۱ بیانگر آن است که در شرایط کنونی، اولا جمعیت تحت پوشش تاسیسات فاضلاب شهری چه از نظر شبکه جمع‌آوری فاضلاب و چه از نظر تصفیه‌خانه فاضلاب، در شهرها و استان‌های مختلف کشور بسیار متفاوت است که البته می‌تواند بدلیل شرایط خاص زمین‌شناسی و یا استفاده از چاه‌های جذبی سنتی در این مناطق باشد. از طرف دیگر در برخی از استان‌ها ظرفیت تاسیسات شبکه جمع‌آوری فاضلاب نسبت به تاسیسات تصفیه‌فاضلاب خیلی بیشتر است که شاید توجه مدیران و برنامه‌ریزان کلان کشور را می‌طلبد زیرا در این صورت فاضلاب خام جمع‌آوری شده به محیط تخلیه می‌شود و در شرایطی هم عکس این وضعیت مشاهده می‌شود.

مطابق گزارش‌های عملکرد شرکت‌های آب و فاضلاب شهری در سال ۱۳۹۰ از تعداد ۱۰۸۱ شهر کشور ۲۵۸ شهر دارای شبکه جمع‌آوری فاضلاب بوده و ۱۳۶ واحد تصفیه‌خانه فاضلاب شهری در دست بهره‌برداری می‌باشد که در جدول شماره ۱-۲ ظرفیت تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و حجم پساب تولیدی در استان‌های مختلف کشور در این سال ارائه شده است. بر این اساس ظرفیت تاسیسات تصفیه ساخته شده حدود ۱۲۲۲ میلیون مترمکعب در سال و میزان فاضلاب تصفیه شده حدود ۸۳۲ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد.

با توجه به مطالب بالا می‌توان مشاهده نمود که سرمایه‌گذاری در بخش‌هایی از صنعت تصفیه فاضلاب صورت گرفته که به دلایلی مورد استفاده قرار نگرفته است، بطوری که در سال ۱۳۹۰ حدود یک میلیون مترمکعب در روز از ظرفیت تصفیه‌خانه‌های فاضلاب کشور بدون استفاده مانده و منتظر تکمیل تاسیسات جمع‌آوری و انتقال فاضلاب شهری به آن‌هاست.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

جدول شماره ۱-۱- جمعیت و درصد تحت پوشش شرکت‌های آب و فاضلاب شهری در سال ۱۳۸۹

ردیف	شرکت/ استان	کل جمعیت منطقه	جمعیت تحت پوشش آب شهری	درصد پوشش آب شهری	جمعیت تحت پوشش شبکه جمع‌آوری فاضلاب	درصد تحت پوشش شبکه فاضلاب	جمعیت تحت پوشش تصفیه خانه فاضلاب	درصد تحت پوشش تصفیه خانه فاضلاب
۱	آذربایجان شرقی	۲،۸۰۷،۴۹۸	۲،۸۰۱،۸۳۵	۹۹/۸	۱،۴۴۱،۸۰۲	۵۱/۴	۱،۴۰۶،۳۲۲	۵۰/۱
۲	آذربایجان غربی	۱،۹۱۵،۲۰۲	۱،۹۰۸،۷۲۵	۹۹/۷	۱،۰۳۸،۸۶۳	۵۴/۲	۷۵۹،۵۱۵	۳۹/۷
۳	اصفهان	۳،۶۹۹،۳۰۰	۳،۶۹۹،۳۰۰	۱۰۰/۰	۲،۲۹۸،۱۷۶	۶۲/۱	۲،۴۴۱،۸۰۱	۶۶/۰
۴	اردبیل	۸۰۵،۵۳۹	۸۰۵،۵۳۹	۱۰۰/۰	۲۸۸،۱۴۲	۳۵/۸	۲۱۸،۴۳۱	۲۷/۱
۵	البرز	–	–	–	–	–	۱۰۰،۰۰۰	–
۶	اهواز	۱،۱۴۶،۱۳۲	۱،۱۴۶،۱۳۲	۱۰۰/۰	۹۸۹،۲۸۵	۸۶/۳	۱۹۴،۰۰۰	۱۶/۹
۷	ایلام	۴۰۲،۲۰۵	۴۰۲،۲۰۵	۱۰۰/۰	۱۵۱،۸۹۷	۳۷/۸	۱۹۶،۱۱۳	۴۸/۸
۸	بوشهر	۶۱۹،۵۸۶	۶۰۸،۰۰۰	۹۸/۱	۱۷۰،۹۶۰	۲۷/۶	۱۵۷،۷۶۸	۲۵/۵
۹	تهران	۱۴،۲۷۱،۰۴۳	۱۴،۰۰۵،۳۳۸	۹۸/۱	۳،۳۵۳،۶۹۵	۲۳/۵	۲،۰۹۵،۰۰۰	۱۴/۷
۱۰	چهار محال و بختیاری	۵۳۱،۰۱۹	۵۳۱،۰۱۹	۱۰۰/۰	۲۹۸،۱۲۸	۵۶/۱	۳۱۰،۸۶۳	۵۸/۵
۱۱	خراسان شمالی	۴۸۰،۱۶۵	۴۷۷،۷۵۶	۹۹/۵	۱۳۳،۲۱۹	۲۷/۷	۱۳۶،۸۲۸	۲۸/۵
۱۲	خراسان رضوی	۱،۶۸۰،۰۰۰	۱،۶۸۰،۰۰۰	۱۰۰/۰	۳۰۰،۰۰۰	۱۷/۹	۳۳۸،۱۵۸	۲۰/۱
۱۳	خراسان جنوبی	۳۶۸،۹۶۷	۳۶۵،۲۷۷	۹۹/۰	۱۰۲،۲۸۰	۲۷/۷	۷۵،۰۹۵	۲۰/۴
۱۴	خوزستان	۲،۱۸۰،۸۷۱	۲،۱۸۰،۸۷۱	۱۰۰/۰	۶۷۶،۰۷۰	۳۱/۰	۱۳۰،۵۲۶	۶/۰
۱۵	زنجان	۶۱۶،۰۵۷	۶۰۹،۸۹۶	۹۹/۰	۶۵،۸۹۲	۱۰/۷	۱۱۱،۷۳۴	۱۸/۱
۱۶	سمنان	۴۹۱،۲۷۶	۴۹۱،۲۷۶	۱۰۰/۰	۶۹،۸۵۹	۱۴/۲	۶۸،۳۴۱	۱۳/۹
۱۷	سیستان و بلوچستان	۱،۴۸۰،۱۵۶	۱،۴۶۰،۳۲۵	۹۸/۷	۱۵۴،۸۹۰	۱۰/۵	۱۷۲،۲۰۰	۱۱/۶
۱۸	شیراز	۱،۲۸۹،۴۷۵	۱،۲۸۹،۲۱۷	۱۰۰/۰	۷۱۸،۵۷۸	۵۵/۷	۴۴۰،۰۰۰	۳۴/۱

ادامه جدول شماره ۱-۱- جمعیت و درصد تحت پوشش شرکت‌های آب و فاضلاب شهری در سال ۱۳۸۹

ردیف	شرکت/ استان	کل جمعیت منطقه	جمعیت تحت پوشش آب شهری	درصد پوشش آب شهری	جمعیت تحت پوشش شبکه جمع‌آوری فاضلاب	درصد تحت پوشش شبکه فاضلاب	جمعیت تحت پوشش تصفیه خانه فاضلاب	درصد تحت پوشش تصفیه خانه فاضلاب
۱۹	فارس	۱،۵۹۲،۰۰۰	۱،۵۷۵،۰۰۰	۹۸/۹	۹۰،۰۰۰	۵/۷	۶۲	۰/۰
۲۰	قم	۱،۰۵۸،۴۷۴	۱،۰۵۸،۴۷۴	۱۰۰/۰	۱۸۹،۰۰۰	۱۷/۹	۳۶۰،۰۰۰	۳۴/۰
۲۱	قزوین	۸۹۶،۵۲۸	۸۹۶،۵۲۸	۱۰۰/۰	۴۷۵،۱۴۰	۵۳/۰	۳۷۰،۷۶۴	۴۱/۴
۲۲	کاشان	۳۷۵،۲۶۵	۳۷۲،۶۳۸	۹۹/۳	–	۰/۰	–	–
۲۳	کردستان	۹۳۸،۱۱۶	۹۳۷،۲۲۰	۹۹/۹	۹۱۴،۲۱۴	۹۷/۵	۵۶۰،۱۱۰	۵۹/۷
۲۴	کرمان	۱،۸۷۸،۱۱۶	۱،۸۷۲،۴۸۲	۹۹/۷	۶۵،۳۵۸	۳/۵	۴۶،۶۵۰	۲/۵
۲۵	کرمانشاه	۱،۴۳۷،۳۳۹	۱،۴۲۲،۹۶۲	۹۹/۰	۹۶۳،۰۰۰	۶۷/۰	۵۸۹،۵۱۴	۴۱/۰
۲۶	کهگیلویه و بویراحمد	۵۰۳،۹۵۰	۴۹۴،۸۷۹	۹۸/۲	۸۸،۴۴۸	۱۷/۶	۸۰،۷۳۵	۱۶/۰
۲۷	گلستان	۹۵۱،۷۵۰	۹۴۸،۸۹۴	۹۹/۷	۹۲،۹۱۰	۹/۸	۴۵،۱۰۰	۴/۷
۲۸	گیلان	۱،۴۰۲،۴۹۶	۱،۳۸۸،۵۰۰	۹۹/۰	۹۸۱،۷۰۰	۷۰/۰	۵۵،۲۰۰	۳/۹
۲۹	لرستان	۱،۰۶۳،۵۲۵	۱،۰۶۰،۶۷۹	۹۹/۷	۵۴۴،۸۵۸	۵۱/۲	۴۰۸،۶۸۰	۳۸/۴
۳۰	مازندران	۱،۶۹۰،۳۳۲	۱،۶۷۳،۰۰۰	۹۹/۰	۹۰،۰۰۰	۵/۳	۶۹،۶۰۲	۴/۱
۳۱	مرکزی	۱،۲۵۷،۴۱۷	۱،۲۳۷،۶۷۶	۹۸/۴	۵۷۸،۶۶۳	۴۶/۰	۱،۱۲۰،۴۲۴	۸۹/۱
۳۲	مشهد	۳،۱۳۲،۵۵۵	۳،۰۸۳،۴۶۵	۹۸/۴	۱،۲۸۴،۷۹۷	۴۱/۰	۵۹۵،۰۰۰	۱۹/۰
۳۳	هرمزگان	۸۸۹،۵۴۹	۸۵۱،۵۶۵	۹۵/۷	۳۲۱،۴۸۵	۳۶/۱	۱۵۰،۰۰۰	۱۶/۹
۳۴	همدان	۱،۰۳۷،۳۰۴	۱،۰۲۷،۶۵۳	۹۹/۱	۵۸۳،۹۶۵	۵۶/۳	۴۴،۲۱۴	۴/۳
۳۵	یزد	۸۸۵،۲۲۶	۸۶۲،۰۱۰	۹۷/۴	۸۱،۳۹۴	۹/۲	۶۹،۱۲۰	۷/۸
	جمع کل	**۵۵،۷۷۴،۴۳۳**	**۵۵،۲۲۶،۳۳۶**	**۹۹/۰**	**۱۹،۵۹۶،۶۶۸**	**۳۵/۱**	**۱۳،۹۱۷،۸۷۰**	**۲۵/۰**

(مرجع شماره ۳)

http://mehrabpooyesh.com
MEHRABPOOYESH

از طرف دیگر نتایج جدول و بازدیدهای محلی از چندین شهر کشور نشان می‌دهد که میزان فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در بعضی از شهرها، بیشتر از ظرفیت تاسیسات موجود آن‌هاست. برای مثال این اختلاف را می‌توان در شهر مشهد مشاهده نمود که ظرفیت در دست بهره‌برداری از ظرفیت کل تصفیه‌خانه‌های فاضلاب ساخته شده در شهر بیشتر می‌باشد. این بار اضافی نتیجه‌ای جز به هم خوردن معیارهای طراحی و در نتیجه کاهش کیفیت پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری ندارد که در صورت تخلیه به محیط، می‌تواند مشکلات زیادی را برای مردم و محیط زیست به وجود آورد که در بخش‌های بعد در این خصوص بیشتر صحبت خواهد شد.

تا سال ۱۴۰۰ شمسی پیش‌بینی می‌شود جمعیت شهری کشور به میزان ۶۴/۹۱۹ میلیون نفر و جمعیت روستایی کشور به ۱۹/۱۴ میلیون نفر و در مجموع به حدود ۸۴ میلیون نفر برسد و بر این اساس در سال ۱۴۰۰ حجم پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری و روستایی کشور با شرایط مصرف سرانه معمول به ترتیب به حدود ۴۳۷۰ و ۸۲۴ میلیون متر مکعب در سال خواهد رسید (۴).

لازم به ذکر است که علاوه بر فاضلاب شهری، فاضلاب صنعتی و زهاب‌های کشاورزی نیز به میزان چشمگیری در سطح کشور تولید می‌گردد که پتانسیل درخور توجهی است اما مورد توجه این کتاب نبوده و از بحث درباره آن‌ها خودداری می‌شود. همچنین در بسیاری از شهرهای کشور همچنان فاضلاب شهری با فاضلاب صنعتی و رواناب‌های سطحی مخلوط شده و توسط شبکه جمع‌آوری فاضلاب عمومی به تصفیه‌خانه‌های فاضلاب منتقل می‌گردد که می‌تواند مشکلات زیادی را چه در خصوص عملکرد فرایندهای تصفیه فاضلاب و چه در مورد استفاده از پساب تولیدی به وجود آورد.

۱-۳- کیفیت پساب تولیدی در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب کشور

فاضلاب شهری جمع‌آوری شده حاصل مصرف‌های مختلف آب در واحدهای مسکونی، سازمان‌ها و شرکت‌ها بوده و حاوی انواع میکروب‌ها، ویروس‌ها و مواد شیمیایی می‌باشد و کیفیت آن تابعی از کیفیت منبع و سرانه آب مصرفی است که خود بستگی به عوامل مختلفی مانند شرایط جغرافیایی، فرهنگی و اجتماعی جامعه مورد نظر دارد. فاضلاب شهری معمولا پس از جمع‌آوری به تصفیه‌خانه‌های فاضلاب هدایت شده که بسته به فرآیندهای مورد استفاده در تصفیه‌خانه توسط فرایندهای اولیه[1] و یا ثانویه[2]

1. Primary Wastewater Treatment
2. Secondary Wastewater Treatment

تصفیه می‌شود و در صورت لزوم به منظور حذف ترکیب‌های خاص مانند نیترات، فسفات، سولفات، کلراید، دترجنت‌ها و غیره از پساب از فرایندهای تصفیه تکمیلی[1] و پیشرفته[2] استفاده می‌شود.

در سال ۱۳۷۳ سازمان حفاظت محیط زیست به استناد ماده ۵ آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب با همکاری وزارتخانه‌های بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، نیرو، صنایع، معادن و فلزات و کشاورزی، جدولی را تهیه و معرفی نمود که در آن استاندارد کیفیت پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب برای تخلیه به آب‌های سطحی و یا تخلیه به چاه جاذب و آبیاری در کشاورزی تعریف شده است. این جدول مشتمل بر ۵۲ ویژگی و ۵ تبصره است که در جدول شماره پ – ۳ پیوست شماره ۱ ارائه شده است.

اگر چه اعداد مندرج در جدول سازمان حفاظت محیط زیست از بسیاری از جهات قابل تامل بوده و به نظر نویسندگان این کتاب با توجه به شرایط امروز محیط زیست چون استفاده چند منظوره از منابع آب و دستاوردهای جهانی نیازمند بازنگری می‌باشد ولی همچنان تنها ملاک موجود برای مدیران و کارشناسان صنعت آب و فاضلاب در سازمان‌ها و موسسات مختلف کشور تلقی می‌گردد که مشکلاتی هم به همراه دارد.

براساس گزارش‌های شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور میزان بی‌اودی، سی‌اودی و جامدات معلق پساب‌ها به ترتیب در محدوده‌های ۸ – ۱۱۸، ۳۰ – ۲۲۲ و ۱۲ – ۱۱۲ میلی‌گرم در لیتر قرار دارد که به نوع فرایندهای تصفیه مورد استفاده بستگی دارد(۳). بنابراین می‌توان مشاهده نمود که میزان مواد آلی و معلق موجود در پساب‌های تصفیه‌خانه‌های کشور در هر نوع استفاده می‌تواند مشکل‌ساز باشد. برای مثال طبق استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست کشور میزان بی‌اودی پساب برای تخلیه به منابع آب‌های سطحی و کاربرد در کشاورزی به ترتیب باید کمتر از ۳۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر باشد بنابراین اگر چه میزان بی‌اودی پساب تولیدی در بسیاری از استان‌های کشور برای تخلیه به آب‌های سطحی مناسب نمی‌باشد ولی اطلاعات نشانگر آن است که بدلیل‌هایی در حال حاضر همچنان به آب‌های سطحی و آبخوان‌ها تخلیه شده و یا در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به بازدیدهای موردی، تخلیه پساب به منابع آب‌های سطحی بسیار رایج بوده و در نتیجه آلودگی منابع آب‌های متعارف از پیامدهای قابل انتظار است که در مقالات تحقیقاتی موجود نیز به آن اشاره شده است و در نتیجه احتمال حضور آلودگی در آب شرب اجتماعات دور از واقعیت نیست.

1. Tertiary Wastewater Treatment
2. Advanced Wastewater Treatment

MARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

جدول شماره ۱-۲ - ظرفیت تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و حجم پساب تولیدی در کشور در سال ۱۳۹۰

ردیف	شرکت / استان	ظرفیت اسمی (مترمکعب در روز)	ظرفیت ساخته شده (مترمکعب در روز)	میزان بهره‌برداری (مترمکعب در روز)	حجم پساب تولیدی (میلیون مترمکعب در سال)
۱	آذربایجان شرقی	۲۳۹،۶۴۷	۲۳۹،۶۴۷	۲۱۰،۱۶۶	۷۷
۲	آذربایجان غربی	۴۰۸،۸۲۰	۱۹۳،۲۲۰	۱۳۵،۵۹۱	۴۹
۳	اصفهان	۷۶۷،۱۲۰	۷۲۵،۳۲۰	۴۵۱،۷۳۳	۱۶۵
۴	اردبیل	۴۸،۳۰۰	۴۸،۳۰۰	۳۲،۹۲۲	۱۲
۵	البرز	۱۶۸،۰۰۰	۴۲،۰۰۰	۳۰،۰۰۰	۱۱
۶	اهواز	۶۷،۲۰۰	۶۷،۲۰۰	۳۶،۰۰۰	۱۳
۷	ایلام	۷۲،۰۰۰	۳۶،۲۰۰	۳۶،۲۰۰	۱۳
۸	بوشهر	۱۲۵،۵۰۰	۴۱،۸۳۳	۳۶،۵۹۷	۱۳
۹	تهران	۹۷۷،۷۵۰	۵۲۸،۴۴۰	۳۲۴،۳۱۹	۱۱۸
۱۰	چهار محال و بختیاری	۹۷،۷۰۰	۵۴،۷۰۰	۴۸،۲۰۰	۱۸
۱۱	خراسان شمالی	۲۷،۶۰۰	۱۹،۶۰۰	۱۶،۳۸۱	۶
۱۲	خراسان رضوی	۵۲،۹۰۰	۵۲،۹۰۰	۳۹،۱۴۷	۱۴
۱۳	خراسان جنوبی	۱۰،۵۰۰	۱۰،۵۰۰	۸،۰۳۵	۳
۱۴	خوزستان	۸۵،۱۰۰	۵۳،۵۱۱	۳۳،۰۱۱	۱۲
۱۵	زنجان	۷۱،۵۶۸	۳۲،۲۰۸	۱۲،۸۵۶	۵
۱۶	سمنان	۸۱،۶۸۰	۶۲،۰۱۰	۲۵،۴۸۰	۹
۱۷	سیستان و بلوچستان	۱۷۵،۰۰۰	۶۸،۰۰۰	۱۵،۴۰۰	۶
۱۸	شیراز	۸۱،۳۱۶	۸۱،۳۱۶	۶۱،۲۰۱	۲۲
۱۹	فارس	۲۶،۴۰۰	۱۷،۶۰۰	۸،۸۰۰	۳
۲۰	قم	۶۹،۰۰۰	۶۹،۰۰۰	۴۴،۳۳۴	۱۶
۲۱	قزوین	۵۱،۹۹۱	۶،۷۰۰	۵،۲۷۶	۲
۲۲	کاشان	۸۰،۰۰۰	۲۰،۰۰۰	-	-
۲۳	کردستان	۳۰۳،۳۶۰	۲۰۱،۳۶۰	۱۰۷،۵۶۸	۳۹
۲۴	کرمان	۳۱،۱۰۴	۱۵،۵۵۲	۶،۹۹۸	۳
۲۵	کرمانشاه	۹۰،۶۱۰	۹۰،۶۱۰	۸۸،۶۹۴	۳۲
۲۶	کهگیلویه و بویراحمد	۴۴،۱۰۰	۴۴،۱۰۰	۲۹،۴۰۰	۱۱

ادامه جدول شماره ۱-۲ - ظرفیت تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و حجم پساب تولیدی در کشور در سال ۱۳۹۰

ردیف	شرکت / استان	ظرفیت اسمی (مترمکعب در روز)	ظرفیت ساخته شده (مترمکعب در روز)	میزان بهره‌برداری (مترمکعب در روز)	حجم پساب تولیدی (میلیون مترمکعب در سال)
۲۷	گلستان	۲۹،۲۰۰	۱۵،۹۰۰	۱۱،۳۱۰	۴
۲۸	گیلان	۳۳،۲۰۰	۳۱،۶۰۰	۲۶،۸۶۰	۱۰
۲۹	لرستان	۲۳۴،۰۰۰	۱۳۱،۷۸۵	۹۰،۹۳۲	۳۳
۳۰	مازندران	۲۷۲،۰۰۰	۴۷،۹۰۰	۴۷،۹۰۰	۱۷
۳۱	مرکزی	۷۸،۸۳۴	۴۸،۲۳۴	۸۸،۰۵۳	۳۲
۳۲	مشهد	۱۰۰،۰۰۰	۱۰۰،۰۰۰	۱۱۳،۳۰۰	۴۱
۳۳	هرمزگان	۱۱۷،۵۰۴	۱۱۷،۵۰۴	۴۱،۰۰۰	۱۵
۳۴	همدان	۳۹،۶۱۰	۱۶،۵۷۰	۶،۲۳۲	۲
۳۵	یزد	۱۶،۶۵۰	۱۶،۶۵۰	۱۰،۳۶۸	۴
	جمع کل	**۵،۱۷۵،۲۶۴**	**۳،۳۴۷،۹۷۰**	**۲،۲۸۰،۲۶۴**	**۸۳۲**

(مرجع شماره ۳)

این نکته قابل ذکر است که با مراجعه به ارقام جدول‌های مشابه که در فصل ۶ و پیوست شماره یک کتاب نیز آمده است، مشاهده می‌شود که کیفیت پساب تولیدی کشور از نظر بی‌اودی و ویژگی‌های دیگر در مقایسه با بسیاری از کشورهای جهان دارای کیفیت مطلوبی نمی‌باشد و احتمال دارد که در دراز مدت استفاده از آن باعث بروز مشکلات بهداشتی و محیط زیستی و کاهش پذیرش توسط استفاده‌کنندگان گردد که در مطالعات موردی مشاهده گردیده است.

در ضمن در گزارش‌های عملکردی شرکت‌های آب و فاضلاب استانی میزان کلیفرم‌های موجود در کیفیت پساب‌ها گزارش نشده است و در نتیجه کاربرد آن می‌تواند باعث انتشار بیماری‌های عفونی گردد. گزارش‌هایی هم در مورد اپیدمیولژی این دسته از عفونت‌ها مشاهده نگردید بطوریکه می‌توان گفت کیفیت پساب‌های خروجی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و پیامدهای استفاده از آن در پرده ابهام قرار دارد و یا محققین به آن‌ها نمی‌توانند دسترسی پیدا نمایند این وضعیت می‌تواند در آینده مشکل‌ساز گردد زیرا پیامدهای بد آن‌ها مورد پایش قرار نمی‌گیرد.

به نظر می‌رسد که در سال ۱۳۹۰ از حدود ۲/۲۸ میلیون مترمکعب فاضلاب تصفیه شده در روز با کیفیت‌های پیش‌گفته کمتر از نیمی از آن بصورت رسمی توسط شرکت‌های آب منطقه‌ای به خریداران

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

بخش صنعت و کشاورزی واگذار شده است (۳). گرچه این رقم در گزارش‌های مختلف بین ۱۰-۵۰ درصد متغیر است. بنابراین ما در ابتدای اجرای طرح‌های استفاده از پساب‌ها هستیم و برنامه‌ریزی برای اجرای صحیح آن یک ضرورت است.

براساس اطلاعات ارائه شده و مطالعات موردی در بخش‌های بعدی این فصل مشاهده می‌شود که در بیشتر تصفیه‌خانه‌های فاضلاب هنوز بخشی از فاضلاب خام انتقالی به تصفیه‌خانه‌ها بدلیل کمبود ظرفیت تاسیسات تصفیه، به صورت خام به مسیل‌ها، آبراهه‌ها و رودخانه‌ها تخلیه شده که می‌تواند خطر انتشار بیماری‌های گوارشی، انگلی و پوستی را افزایش دهد چرا که در پایین‌دست ممکن است کشاورزان از این آب آلوده استفاده نمایند. در اینجا لازم به توجه است که طبق آیین‌نامه‌های موجود در امریکای شمالی میزان تی‌اوی‌سی آب غیرمتعارف مجاز به تخلیه به منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی که منبع آب خام مصرف‌های شرب است باید کمتر از ۰/۵-۵ میلی‌گرم در لیتر باشد. در حالی‌که در کشور هنوز مجموع بی‌اودی ۳۰-۵۰ میلی‌گرم در لیتر رعایت می‌شود و یکی از دلایل تدوین این کتاب توجه به همین مسئله است زیرا بسیاری از رودخانه‌های کشور منبع تامین‌کننده آب شرب شهرها و روستاها می‌باشند.

۱-۴- بررسی مقالات و تحقیقات انجام شده در ایران در مورد استفاده از پساب در کشاورزی

در سه دهه گذشته کارشناسان، دانشجویان و اعضای هیئت علمی دانشگاه‌های مختلف کشور به موازات مراکز تحقیقاتی مانند مرکز تحقیقات کشاورزی، سازمان ملی آبیاری و زهکشی ایران، شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی و غیره در زمینه استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری تحقیقات کاربردی فراوانی انجام داده و بیش از ۱۰۰ مقاله علمی - پژوهشی در این زمینه منتشر شده است. در حالیکه از بیان جزییات تحقیقات بالا اجتناب می‌شود اما هدف‌های تحقیقات پیش‌گفته و دستاوردهای مهم آن‌ها به صورت چکیده آورده می‌شود.

هدف‌های بیشتر تحقیقات مورد بحث در یک و یا چند زمینه از موضوعات زیر خلاصه می شود:

- افزایش و یا کاهش سدیم، کلرید و افزایش شوری خاک و تغییر میزان کاتیون‌های خاک و در نتیجه افزایش هدایت الکتریکی خاک؛
- افزایش و یا کاهش هدایت هیدرولیکی خاک به علت تغییر بافت خاک؛
- افزایش و یا کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک؛
- افزایش و یا کاهش پی‌اچ خاک و افزایش مواد آلی آن و تغییر در ظرفیت نگهداری رطوبت؛
- افزایش فلزات سنگین مانند سرب، کرم، کادمیوم در خاک و حضور آن‌ها در اندام‌های مختلف گیاه؛
- اثر روش آبیاری روی خاک و گیاه مورد کشت؛
- افزایش یا کاهش تولید محصول به علت افزایش ازت، فسفر، پتاس و مواد آلی خاک؛
- افزایش آلودگی میکروبی و انگلی خاک و گیاه و خطر انتشار و انتقال بیماری‌ها؛
- آلودگی منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی به ازت، فسفر و ترکیب‌های محلول و معلق دیگر.

با نگاهی به لیست هدف‌های تحقیقاتی انجام شده می‌توان مشاهده نمود که علاوه بر استفاده دوباره از آب، تقویت و حاصل خیزی خاک و افزایش تولید محصول در مرکز توجه قرار دارد و به پیامدهای بهداشتی و محیط‌زیستی کمتر توجه شده است. تشریح دلیل‌های کم‌توجهی به پیامدهای بهداشتی نیاز به تحقیق دارد که از حوصله این کتاب خارج است.

۱-۴-۱- تاثیر پساب روی تولید محصول و توجهات بهداشتی و محیط‌زیستی

عنصرهای ازت، فسفر و پتاسیم که مورد نیاز گیاهان است در پساب به میزان چشمگیری نسبت به آب متعارف بیشتر است و بنابراین دارای ارزش غذایی برای گیاهان است. همچنین مواد آلی و عنصرهای دیگر مورد نیاز گیاه در پساب بیشتر از آب‌های متعارف است بنابراین کاربرد پساب برای آبیاری علاوه بر پاسخ‌گویی به نیاز آبی، باعث تقویت و اصلاح خاک کشاورزی شده و در نتیجه افزایش تولید محصول در واحد سطح را به همراه دارد چنانکه در تحقیقات مختلفی این افزایش محصول آشکار گردیده است. محصولات مورد کشت در این تحقیقات عبارتند از گندم، ذرت، کلزا، آفتابگردان، ارزن علوفه‌ای، کاهو، گوجه و چغندر قند (۳۴-۳۰-۲۸-۲۵-۲۱-۱۴-۱۲-۱۱-۸).

از طرف دیگر نوع ترکیب و غلظت ازت در آب غیر متعارف مورد استفاده در کشاورزی نیاز به توجه دارد زیرا اگرچه غلظت زیاد آن باعث تسریع رشد بیشتر گیاهان می‌شود اما ممکن است تولید محصول را به تاخیر انداخته و باعث کاهش کیفیت و کمیت محصول گردد. همچنین در صورت افزایش غلظت ازت در علوفه که غذای اصلی دام را تشکیل می‌دهد می‌تواند بدلیل بهم خوردن تناسب آن نسبت به پتاسیم و منیزیم در صنعت پرورش دام باعث نگرانی گردد (۴۵).

اگر چه بسیاری از تحقیقات نشان می‌دهد که با افزایش میزان مواد آلی در پساب اثر تقویتی خاک

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

بیشتر می‌شود اما به همان نسبت آلودگی میکروبی و انگلی آن نیز بیشتر خواهد شد (۲۵-۵). باید توجه داشت که خاک کشاورزی ظرفیت خودپالایی فاضلاب دریافتی را دارد و در صورتی‌که استفاده از این قدرت خودپالایی مدنظر باشد، می‌توان حتی فاضلاب حاوی غلظت بالاتر مواد آلی را به آن تخلیه نمود ولی در عوض مشکلاتی همچون آلودگی به عوامل بیماری‌زا، تولید بو و تغییر رنگ خاک به وجود می‌آید که با هدف‌های استفاده دوباره از آب در تضاد است. بر اساس گزارش‌های موجود استفاده از فاضلاب خام احتمال بروز حصبه و انگل‌های روده‌ای را در بین کشاورزان و مصرف‌کنندگان سبزیجاتی که با فاضلاب خام آبیاری شده است، افزایش می‌دهد که در تعریف استفاده دوباره از آب قرار نمی‌گیرد.

یکی دیگر از پیامدهای خطرناک استفاده از پساب می‌تواند افزایش آلودگی منابع آب به ازت، فسفر و ترکیب‌های محلول دیگر باشد زیرا زهاب‌های کشاورزی این نوع مزارع برای محیط زیست و دریافت‌کننده‌هایی همانند آب‌های سطحی و زیرزمینی به مراتب خطرناک‌تر از زهاب‌های مزارع متعارف است و به همین جهت پایش مستمر آن‌ها ضرورت دارد (۳۷-۳۱-۲۵-۲۴-۲۱-۵).

از دیگر پیامدهای خطرناک استفاده از پساب نگرانی تجمع فلزهای سنگین در خاک و حضور آن‌ها در اندام‌های مختلف گیاهان مورد کشت است که احتمال ورود این عنصرها در زنجیره غذایی انسان و دام کم نیست. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در موردهایی هنوز در فاضلاب شهرها می‌توان فلزات سنگین را در حدی که ناشی از تخلیه فاضلاب کارگاه‌های صنعتی و کارخانجات است تشخیص داد (۳۹-۳۸-۲۵-۲۳-۲۱-۱۹-۱۷-۱۲-۱۰). آبیاری با فاضلاب شهری باعث افزایش معنی‌دار غلظت فلزات سنگین مانند سرب، مس، کادمیوم و کروم در ریشه و اندام‌های هوایی گیاهانی چون ذرت، زیتون، خیار، هویج، گندم، اسفناج و سورگوم می‌گردد (۳۹-۳۸-۳۷-۲۷-۱۹-۱۰). تحقیقی دیگر نشان‌دهنده افزایش میزان سدیم در اندام‌های هوایی گیاه در اثر افزایش سدیم آب مورد استفاده است (۳۶).

۱-۴-۲- تغییر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک به علت کاربرد پساب

تحقیقات مستقل دیگر نشان داده است که کاربرد پساب در شرایطی باعث تغییرات مطلوبی در خاک کشاورزی می‌گردد که مهمترین این تغییرات عبارتند از افزایش هدایت هیدرولیکی، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت و کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک. البته روش آبیاری هم روی تغییرات پیشگفته بی‌تاثیر نیست (۲۱-۱۸-۱۵).

یکی از تحقیقات انجام شده بیان‌گر آن است که در کنار افزایش ازت و مواد آلی در خاک مورد آبیاری، پی‌اچ خاک کاهش و هدایت الکتریکی آن افزایش یافته است که نشان از افزایش املاح و شوری خاک دارد (۲۶). از طرف دیگر افزایش غلظت سدیم و کلرید و در نتیجه افزایش شوری خاک و کاهش نفوذپذیری آن نسبت به آب در چند تحقیق دیگر نیز مشاهده شده است. (۲۰-۱۶). اما از طرف دیگر در تحقیقی کاهش پی‌اچ و کاهش هدایت هیدرولیکی خاک همراه با افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک گزارش شده است (۱۷).

تغییر بافت خاک و ویژگی‌های دیگر آن مانند کاهش پی‌اچ، افزایش شوری، افزایش هدایت الکتریکی و کاهش نفوذپذیری خاک هم در استفاده دوباره از آب مشاهده شده است (۲۳-۲۶-۲۰-۱۷).

وجود بی‌کربنات‌ها در پساب و اثر آن روی خاک کشاورزی نیز مورد توجه بعضی از محققین بوده است و نشان داده‌اند که وجود بی‌کربنات زیاد در پساب باعث می‌شود که نفوذپذیری خاک نسبت به آب کاهش یافته و در نتیجه شوری خاک افزایش پیدا نماید و بدین‌ترتیب باعث کاهش رشد گیاه و تولید محصول گردد (۲۷-۲۳-۱۹-۱۰).

۱-۴-۳- روش‌های مدیریت بهینه آبیاری با پساب

در تحقیقاتی سعی گردیده است با اختلاط پساب با آب متعارف، از پیامدهای نامطلوب استفاده از پساب جلوگیری شود که با توجه به طیف وسیع اختلاط و در دسترس نبودن مستندات لازم، درباره دستاوردهای آن‌ها گفتگو نمی‌شود. در مورد روش آبیاری هم تحقیقاتی انجام گرفته است بطوری‌که در آبیاری بارانی بدلیل بالا بودن املاح، خطر سوختگی برگ و کاهش تولید محصول بیشتر شده و نیز آلودگی میکروبی و انگلی گیاه هم افزایش می‌یابد (۲۶-۹-۶). البته آبیاری سطحی باعث کاهش میزان نفوذپذیری خاک شده است و آبیاری بارانی وضعیت نفوذپذیری را بهتر نموده است (۱۸). این در حالی است که آبیاری قطره‌ای کمترین آلودگی را روی خاک و گیاه داشته است (۲۶).

از بررسی اجمالی دستاوردهای تحقیقات انجام گرفته در کشور می‌توان نتیجه‌گیری نمود که استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری می‌تواند پیامدهای بد و یا خوب داشته باشد. بدلیل این که ویژگی‌های پساب از نظر مواد آلی، مواد معلق، املاح محلول، فلزات سنگین و سار و نیز ویژگی‌های خاک مزرعه از نظر بافت و املاح، همراه با نوع آبیاری و زهکشی و بالاخره مدیریت استفاده دوباره از آب

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

مانند میزان بار هیدرولیکی و فاصله زمانی بین دو آبیاری، آب و هوای منطقه مانند نور و تبخیر می‌تواند یکسان نبوده، در نتیجه پیامدهای حاصل هم یکسان نخواهد بود (۳۱-۲۷). چنانکه در چکیده بررسی مقالات پیش‌گفته کاهش و یا افزایش پی‌اچ، کاهش و یا افزایش هدایت هیدرولیکی خاک و کاهش و یا افزایش حاصل‌خیزی خاک تجربه شده است.

در حالیکه استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری، مشروط به نبود فلزات سنگین و نمک‌های زیاد، مورد توصیه است اما دستاوردهای خوب و یا بد آن بستگی به مدیریت استفاده از آن دارد و نمی‌توان بدون برنامه‌ریزی علمی و پایش مستمر اطمینان حاصل نمود که این استفاده به صلاح و منفعت کشور است. چنانکه حتی خاک شور کشاورزی را می‌توان با آبشویی با پساب مناسب بهتر نمود و یا بر عکس استفاده از پساب باعث شور شدن ناشی از افزایش سدیم در خاک و باتلاقی شدن آن گردد (۲۰-۹).

در بسیاری از مقاله‌ها و گزارش‌های تحقیقاتی ارائه شده در سمینارها و همایش‌ها می‌توان مشاهده نمود که پیامدهای مطلوب و نامطلوب هم‌زمان و هم‌مکان مشاهده می‌گردد و بنابراین در طرح‌های استفاده از پساب‌های تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری، انجام پایش‌های مستمر مورد نیاز است تا پیامدهای نامطلوب تحت کنترل قرار گرفته تا تخریب غیرقابل بازگشت رخ ندهد.

برای مثال در فرایند استفاده از پساب در حالیکه مواد آلی خاک به موازات عنصرهای غذایی افزایش می‌یابد، دو عنصر مولد شوری خاک، کلرید و سدیم هم ممکن است افزایش یابد و حتی احتمال افزایش فلزات سنگین هم وجود دارد بنابراین دو فرایند مطلوب و نامطلوب رخ می‌دهد. افزایش عوامل بیماری‌زا در خاک و روی اندام‌های گیاه را نیز نباید نادیده گرفت.

هر طرح استفاده دوباره از آب، دارای ویژگی‌های خاص خود از نظر آب غیرمتعارف، خاک، آب و هوا می‌باشد و در نتیجه پیامدهای خوب و بد در آن‌ها یکسان نخواهد بود و لازم است طرح پایش آن به صورت جدول پیامدها تدوین گردد. طبق قوانین و آیین‌نامه‌های موجود که در فصل دوم مورد گفتگو قرار خواهد گرفت کنترل و پایش باید به صورت مستمر و توسط یک گروه تخصصی متشکل از سازمان حفاظت محیط‌زیست، وزارت جهاد کشاورزی، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و وزارت نیرو انجام گیرد. تدوین دستاوردهای تحقیقات کاربردی موجود در کشور می‌تواند برای کارشناسان ما و دنیا مفید واقع گردد.

در این جا لازم به توجه است که در فاضلاب ارگانیسم‌ها، ترکیب‌ها و عنصرهایی هستند که پس از خشک شدن خاک مزرعه ممکن است توسط باد در هوا انتشار یافته و وارد ریه کارگران مزرعه و ساکنان اطراف شود که در هیچ یک از تحقیقات در دسترس داخلی و خارجی بدان اشاره نشده است. بنابراین باید نگاهی نو به مسئله آلودگی خاک و هوای محیط اطراف این نوع مزارع کشاورزی پیدا نمود زیرا انتقال بیماری‌زاهای لژیونلا[1]، گروهی از باکتری‌ها چون میکروباکتری‌ها و عفونت‌های ویروسی که از طریق قطرات ریز فاضلاب می‌توانند منتقل شود ممکن است از طریق گرد و غبار نیز انتقال یابد.

شرکت مدیریت منابع آب ایران خروجی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهرها را به عنوان یک منبع جدید آب شناسایی نموده است و واگذاری آن به مشتریان و یا مصرف‌کنندگان را در دست اقدام دارد. اما چالش‌هایی در راه اجرایی نمودن آن وجود دارد که ریشه در کمبود مطالعات امکان‌سنجی استفاده دوباره و مطالعات جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب‌ها دارد. در این شناسایی لازم است خروجی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به عنوان آب غیرمتعارف شناخته و برای هر نوع مصرف معیارهای کیفیت تعریف شود تا تصفیه‌خانه‌های فاضلاب قادر به تولید آب غیرمتعارف تعریف شده باشند و در صورت بروز مشکل در فرایندهای تصفیه بازگرداندن آب به تصفیه‌خانه ممکن تا دوباره مورد تصفیه قرار گیرد.

در اولویت‌بندی مشتریان با توجه به هزینه‌های تصفیه، تدوین معیارهایی ضرورت دارد که بستگی به شرایط محل تولید فاضلاب تصفیه شده دارد که در فصل‌های دوم تا پنجم مورد بحث و توجه قرار گرفته است. در بسیاری از شرایط مصرف آن در محدوده شهری مطلوبتر است تا از این طریق آب کمتری از سهمیه کشاورزی برداشته شود.

۱-۵- بررسی موردی استفاده دوباره از آب در کشاورزی در حاشیه شهرهای بزرگ ایران

از آن‌جا که اطلاعات جامع و یکپارچه از کمیت و کیفیت پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و همچنین وضعیت استفاده از آن‌ها در شهرهای مختلف کشور و پیامدهای محیط‌زیستی و بهداشتی آن به حد کافی در دسترس نویسندگان کتاب قرار نگرفت، تصمیم بر آن شد تا برای دریافت اطلاعات وضعیت موجود، به صورت موردی وضعیت استفاده از پساب در چند شهر بزرگ کشور مورد بررسی قرار گیرد. بدین منظور بازدیدهای میدانی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب چند شهر بزرگ کشور شامل تهران، اصفهان،

1. Legionella

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

مشهد، یزد و تبریز انجام گرفت تا علاوه بر دستیابی به وضعیت کمی و کیفی پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در دست بهره‌برداری، نحوه استفاده از پساب نیز مورد مشاهده مستقیم قرار گیرد.

۱-۵-۱- استفاده از پساب در استان تهران

تهران بزرگترین شهر ایران با جمعیت حدود ۸/۴ میلیون نفر از نظر جغرافیایی در دامنه کوه البرز قرار گرفته که در جنوب به نواحی کویری می‌رسد. در گذشته که تهران جمعیت زیادی نداشت، فاضلاب خود را از طریق چاه‌های جذبی دفع می‌نمود و به منظور دور نگهداشتن چاه‌های فاضلاب از آب چاه‌ها و قنوات تمهیدات خاصی را به کار می‌بست.

در سال ۱۳۵۰ و با گسترش شهر و افزایش جمعیت آن، مطالعات مقدماتی طرح فاضلاب تهران توسط برنامه عمرانی سازمان ملل متحد و سازمان بهداشت جهانی آغاز گردید. بعد از توقف کوتاهی در انجام مطالعات در سال‌های ۱۳۵۸ الی ۱۳۶۳ دوباره در سال ۱۳۶۴ با توجه به تغییرات ایجاد شده در جمعیت، تراکم و بافت شهری و کاربری زمین، طرح فاضلاب تهران مورد بازنگری قرار گرفت و در نهایت در سال ۱۳۷۳ در شرکت آب و فاضلاب استان تهران، کلیات طرح به تصویب رسید و به دنبال آن تهیه نقشه‌ها و عملیات اجرایی شروع شد که تاکنون نیز ادامه دارد.

در حال حاضر شهر تهران دارای ۸ تصفیه‌خانه محلی و یک تصفیه‌خانه بزرگ در جنوب شهر می‌باشد. تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر تهران عبارتند از صاحبقرانیه، محلاتی، زرگنده، قیطریه، شهرک قدس، شهرک اکباتان، دولت آباد[1]، شوش و تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران.

تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران از نوع لجن فعال با هوادهی عمقی و صافی چکنده برای ازت‌زدایی بوده و شامل ۸ واحد می‌باشد که تاکنون ۴ واحد آن به بهره‌برداری رسیده و ۲ واحد دیگر نیز نزدیک به بهره‌برداری می‌باشد. این تصفیه‌خانه در نهایت فاضلاب جمعیت معادل ۴/۲ میلیون نفر را مورد تصفیه قرار خواهد داد و پساب آن برای آبیاری ۵۰ هزار هکتار زمین‌های کشاورزی در دشت ورامین و نیز تغذیه منابع آب زیرزمینی منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱. با شروع بهره برداری از تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران، تصفیه‌خانه فاضلاب دولت‌آباد در سال ۱۳۹۰ از مدار بهره‌برداری خارج گشت.

چون اطلاعات در دسترس در مورد کیفیت پساب این تصفیه‌خانه‌ها ابهام برانگیز بود از آوردن در کتاب خودداری گردید اما به نظر می‌رسد که متوسط سالانه بی‌او دی و سی‌او دی پساب بیشتر تصفیه‌خانه‌های فاضلاب تهران برای تخلیه به آب‌های سطحی، چاه جاذب و یا استفاده در کشاورزی منطبق بر استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست است اما از نظر مجموع جامدات معلق، پساب برخی از تصفیه‌خانه‌ها بالاتر از حد استاندارد است و اعداد مربوط به مجموع کلیفرم و کلیفرم گوارشی تمامی تصفیه‌خانه‌ها بالاتر از اعداد معرفی شده سازمان حفاظت محیط‌زیست می‌باشد.

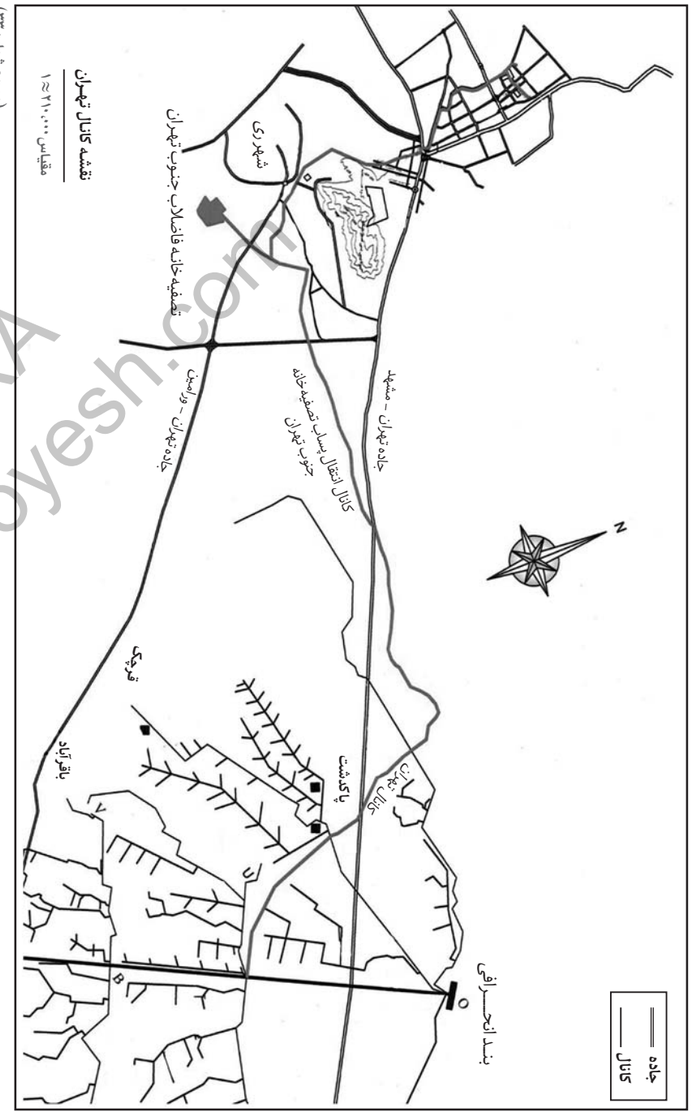
با توجه به مطالب بالا استفاده از این پساب‌ها برای آبیاری فضای سبز در سطح شهر تهران، بدون ایجاد محدودیت تماس و دسترسی، خطراتی را به همراه دارد. در ضمن در مواردی مشاهده گردیده است که به علت محدودیت ظرفیت تصفیه‌خانه‌های فاضلاب محلی، بخشی از فاضلاب خام جمع‌آوری شده از طریق کنارگذر و همراه با فاضلاب تصفیه‌شده به مسیل‌های جنب آن تخلیه می‌شود که بهداشت و سلامت ساکنین را به مخاطره می‌اندازد و البته این وضعیت در شهرهای دیگر همچون تبریز نیز دیده می‌شود. اصولا یکی از دلایل اصلی توجیه ضرورت اجرای تاسیسات جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب شهر تهران همین مسئله جلوگیری از آلودگی‌های آب‌های سطحی و خاک بوده است که وضعیت همچنان نامطلوب است.

در شکل شماره ۱-۲ موقعیت تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران و شبکه آبیاری زمین‌های کشاورزی دشت ورامین و پاکدشت نمایش داده شده است. همان‌گونه که مشهود است این زمین‌ها به وسیله پساب تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران، بند انحرافی (آب دریاچه سد ماملو) و در زمان‌هایی مخلوط آن‌ها آبیاری می‌شوند. با توجه به موارد پیش‌گفته در خصوص کیفیت پساب تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران، در حال حاضر از این پساب علاوه بر آبیاری زمین‌های کشاورزی پایین دست، برای تغذیه آب‌های زیرزمینی منطقه نیز استفاده می‌شود.

برای تخصیص بخش اعظم آب دریاچه‌های سد لتیان و ماملو برای مصرف‌های شرب و دیگر مصرف‌های شهری تهران طبعا استراتژی جایگزینی آب غیرمتعارف برای فعالیت‌های کشاورزی مناطق ورامین و اطراف آن یک ضرورت است اما توجه به کیفیت آب تولیدی و پایش پیامدهایی بهداشتی و محیط‌زیستی استفاده دوباره باید بصورت طرح‌های تحقیقاتی کاربردی تدوین، اجرا و مستندسازی شود تا از مشکلات آینده جلوگیری شود زیرا استفاده از آب غیرمتعارف می‌تواند همراه شود با پیامدهای تغییر

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

شکل شماره ۱-۲- نقشه موقعیت تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران، کانال تهران و زمین‌های کشاورزی دشت ورامین



شکل شماره ۱-۳- کانال روباز انتقال پساب تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران

(نارون‌آرا- زمستان ۱۳۹۰)

بافت خاک و طبعا مشکلات عملیات کشاورزی و بروز تقابل‌های اجتماعی. شفاف‌سازی در تهیه اسناد و مشارکت جامعه کشاورزان مصرف‌کننده این آب در این تحقیقات دستاوردهای مطلوبتری را به همراه خواهد آورد که در فصل‌های دیگر مورد بحث قرار می‌گیرد.

در برخی از فصل‌های سال، آب مازاد کشاورزی و یا پساب مازاد به حوضچه‌های تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی جمال‌آباد هدایت می‌شود. کیفیت پسابی که جهت تغذیه مصنوعی مورد استفاده قرار می‌گیرد و اثرهای درازمدت آن روی کیفیت منابع آب شرب منطقه نیازمند مطالعه و پایش است و لازم است توجه شود که فرایندهای متعارف تصفیه آب شرب نمی‌تواند از این آب، آب شربی طبق معیارهای استاندارد ملی شماره ۱۰۵۳ تولید نماید. بنابراین بررسی سرنوشت آلاینده‌های موجود در پساب در جریان تغذیه مصنوعی آبگیری و تصفیه برای مصرف شرب ضروری می‌باشد که در بخش ۳-۳ مورد گفتگو قرار گرفته است.

طبق سند راهبردی ملی بهبود کیفیت آب شرب سال ۱۳۹۰ وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی بند ۳ تحت نام هدف‌های راهبردی، حفاظت از منابع تامین آب آشامیدنی در برابر آلودگی‌ها به عهده سازمان حفاظت محیط زیست می‌باشد. بنابراین هر نوع تغذیه مصنوعی منابع آب زیرزمینی باید

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

توسط آن سازمان مورد ارزیابی قرار گرفته تا از کیفیت منابع آب شرب حفاظت گردد. برای انجام این مهم لازم است آیین‌نامه و جدول کنترل[1] تدوین گردد. در ادامه وزارت بهداشت نیز لازم است آب شبکه توزیع را پایش نماید و تنها به کلیفرم آن بسنده ننماید چرا که آلودگی‌های شیمیایی ارتباطی با کلیفرم‌ها ندارند. در این جا لازم است یادآوری شود که جلوگیری از آلودگی آب‌ها ساده‌تر و ارزانتر از تصفیه آن‌ها برای مصرف‌های مختلف است و به همین جهت در بیشتر نقاط دنیا آب‌های غیرمتعارف را در حد تصفیه پیشرفته قبل از تخلیه به منابع آب شرب، از آلاینده‌ها زدایش می‌نمایند.

در شهر تهران مسیل‌های بسیاری وجود دارد که از شمال به جنوب شهر امتداد دارند و همان‌گونه که در جدول شماره ۱-۳ به برخی از آن‌ها اشاره شده است این مسیل‌ها دریافت‌کننده پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب محلی و در مواردی فاضلاب خام می‌باشند.

با رشد جمعیت در سال‌های اخیر در شهر تهران و جایگزینی ساختمان‌های یک یا دو طبقه با آپارتمان‌ها و برج‌های مسکونی بلند مرتبه در قسمت‌های مختلف شهر و افزایش جمعیت تحت پوشش، تعدادی از این تصفیه‌خانه‌های محلی دیگر جوابگوی میزان فاضلاب جمع‌آوری شده منطقه خود نیستند و به اجبار قسمتی از فاضلاب خام رسیده به تصفیه‌خانه کنارگذر شده و به نهرها و مسیل‌های جنب تاسیسات تخلیه می‌گردند و آب مورد استفاده در بخش کشاورزی پایین‌دست را آلوده می‌نمایند.

برای نمونه فاضلاب جمع‌آوری شده مازاد بر ظرفیت تصفیه‌خانه فاضلاب زرگنده از طریق یک لوله مستقیما وارد این مسیل می‌شود. به فاصله چند متر بالاتر نیز خروجی پساب تصفیه‌خانه فاضلاب زرگنده و همچنین کانال جمع‌آوری آب‌های سطحی دارای انواع آلاینده‌ها به این مسیل تخلیه می‌شوند.

با عبور از کنار بسیاری از مسیل‌های تهران می‌توان مشاهده نمود که در بسیاری از نقاط فاضلاب خام، فاضلاب تصفیه شده و آب‌های سطحی و حتی فاضلاب صنعتی به سمت این مسیل‌ها هدایت می‌شوند که پس از اختلاط با آب متعارف موجود در کانال‌ها به سمت جنوب شهر تهران جریان می‌یابند. این احتمال وجود دارد که در فصل‌های گرم سال و بخصوص در زمان کم آبی از این آب جهت آبیاری فضای سبز، پارک‌ها و همچنین باغ‌های پرورش گل و گیاه و گلخانه‌های شهری استفاده می‌شود که جای نگرانی دارد.

1. Check List

شکل شماره ۱-۴- لوله تخلیه فاضلاب خام تصفیه‌خانه فاضلاب زرگنده به کانال زرگنده

(نارون‌آرا- بهار ۱۳۹۱)

اگر چه شیب شهر تهران باعث ایجاد تلاطم و هوادهی به مخلوط آب و فاضلاب این مسیل‌ها شده و فرایند خودپالایی تا حدودی صورت می‌گیرد ولی به هر حال لازم است اقدامات نظارتی لازم از لحاظ بهداشتی و محیط زیستی در خصوص محدودیت در استفاده از فضای سبز آبیاری شده با این آب و همچنین سلامت کارگران شاغل در این اماکن توسط سازمان‌های مسئول صورت پذیرد.

طبق گزارش‌های موجود در سال ۱۳۸۶ مجموع آورد سالانه سرشاخه‌های مسیل‌های غرب، شمال و شرق تهران به داخل محدوده تهران حدود ۱۵۶ میلیون متر مکعب و میزان آب خروجی توسط مسیل‌های پیش‌گفته در همان سال حدود ۳۶۰ میلیون متر مکعب بوده است (۲۲). این افزایش بطور کلی ناشی از تخلیه رواناب‌های سطحی، فاضلاب‌های خام شهری و صنعتی و تصفیه شده محدوده شهر تهران است. از مسیل‌های معروف تهران از نظر میزان آلاینده‌ها مسیل فیروزآباد می‌باشد که از شهرآرا شروع شده با گذر از شمال پادگان جی به کانال مهرآباد جنوبی اتصال یافته و سپس از قرچک ورامین گذشته و در نهایت به رودخانه شور سرازیر می‌شود. طی سال‌های گذشته بحث‌های زیادی در خصوص استفاده از آب این نهر برای کشاورزی و سبزی‌کاری زمین‌های شهرری و پیامدهای بهداشتی و محیط زیستی وجود

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

جدول شماره ۱-۳- بی‌اودی آب جاری در چند مسیل اصلی تهران

نام کانال و یا مسیل	میزان آب جاری (میلیون مترمکعب در سال)	متوسط بی‌اودی آب (کیلوگرم در مترمکعب)	مقدار بی‌اودی سالانه (تن)
ولفجر	۱۴/۵۷	۰/۱۷۹	۲۶۰۸
شهرزاد	۶۶/۳۹	۰/۱۷۹	۱۱۸۸۳
فیروز آباد	۱۲۵/۸	۰/۲۰۸	۲۶۱۶۶
یاقچی آباد	۱۰/۵	۰/۰۳۰	۳۱۵

(مرجع شماره ۲۲)

داشته که بیشتر آن‌ها مربوط به تجمع فلزات سنگین در محصول و بیماری‌های میکروبی و انگلی در صورت استفاده از آن‌ها بوده است.

طبق گزارش‌های وزارت نیرو و شرکت آب منطقه‌ای تهران، مسیل‌های اصلی ارائه شده در جدول شماره ۱-۳ دارای بیشترین بار آلودگی می‌باشند (۲۲).

همان‌طور که در جدول پیش‌گفته نشان داده شده است، غلظت بی‌اودی در این مسیل‌ها در حدی است که می‌توان نام کانال‌های انتقال فاضلاب بر آن‌ها نهاد. چنانکه اگر بی‌اودی چهار مسیل پیش‌گفته براساس سرانه ۵۰ گرم محاسبه شود، فاضلاب جاری در این مسیل‌ها معادل جمعیت حدود ۲/۵ میلیون نفر خواهد بود.

مشاهدات از وضعیت مسیل سرخه‌حصار و فیروزآباد نشان داد که کشاورزان در پایین‌دست از این آب تقریبا سیاه رنگ و متعفن برای تولید گندم، جو، یونجه، برنج و دیگر محصولات استفاده می‌نمایند. شکل‌های شماره ۱-۵ و ۱-۶ گوشه‌هایی از این وضعیت را به نمایش می‌گذارند. در این شکل‌ها حتی زباله‌های جامد و کیسه‌های نایلون در مزارع و کانال‌های آبیاری زمین‌های کشاورزی به خوبی قابل رویت می‌باشد.

در بخش‌هایی از شبکه به هم پیوسته مسیل‌ها، فاضلاب کارگاه‌ها و صنایع کوچک هم به آن‌ها تخلیه می‌شود و بنابراین آب جاری در مسیل سرخه‌حصار در مناطق جنوب ورامین و چرم‌شهر حاوی فلزات و ترکیب‌های موجود در فاضلاب‌های صنایع هم می‌باشد. در شکل شماره ۱-۷ ایستگاه‌های پمپاژ برداشت آب از مسیل سرخه‌حصار برای کشاورزی نشان داده شده است. طرح پایش پیامدهای این استفاده باید تهیه و به مرحله اجرا درآید تا پیامدهای بهداشتی و محیط‌زیستی آن تحت کنترل قرار گیرد

شکل شماره ۱-۵- دشت‌های کاشت سبزیجات آبیاری شده با فاضلاب خام نهر فیروزآباد در جنوب تهران

(نارون‌آرا- تابستان ۱۳۹۱)

شکل شماره ۱-۶- شالیکاری با استفاده از فاضلاب خام نهر فیروز آباد در جنوب تهران

(نارون‌آرا- تابستان ۱۳۹۱)

IRVANARRA
mehrabpooyesh.com

شکل شماره ۱-۷- ایستگاه‌های پمپاژ برداشت آب از مسیل سرخه‌حصار جهت کشاورزی

(نارون‌آرا- تابستان ۱۳۹۱)

زیرا سیال جاری در این مسیل‌ها به علت رنگ، بو و نیز آلاینده‌های صنعتی، شباهت زیادی به آب متعارف ندارد.

لازم به یادآوری است که راه منطقی جلوگیری از پیامدهای احتمالی بهداشتی و محیط‌زیستی این استفاده، حفاظت آب‌های جاری در مسیل‌ها از آلودگی است. بنابراین باید ترتیبی داد که فاضلاب‌های شهری و صنعتی قبل از تخلیه به مسیل‌ها مورد تصفیه کافی قرار گیرند و آب قابل دسترسی برای استفاده کشاورزان با معیارهای بهداشتی و محیط‌زیستی مطابقت داشته باشد.

مشکلات پیش‌گفته با طرح و اجرای شبکه‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب و اجتناب از تخلیه فاضلاب‌های صنعتی قابل حل می‌باشد. این وضعیت در هر شهری که شبکه جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب شهری و صنعتی ساماندهی نگردیده، همانند تهران و بسیاری از نقاط دنیا خواهد بود.

در درازمدت به دلایل اقتصادی ابتدا کارگران و خانواده‌های آن‌ها و سپس صاحبان مشاغل مورد نیاز این خانواده‌ها در اطراف این مزارع متعفن، بدمنظر و آلوده ساکن می‌شوند و طبعا نسبت به آلودگی محیط‌زیست خود شاکی خواهند شد.

از طرف دیگر کشاورزان و مالکین این اراضی هم که بطور آرام و مستمر با آلودگی روزافزون آب جاری عادت کرده‌اند نسبت به اعتراض همسایگان خود واکنشی نمی‌توانند داشته باشند زیرا زندگی آن‌ها با این مزارع و همین آب گره خورده است و بدین ترتیب تقابل بین گروه‌های اجتماعی بروز می‌نماید.

برای جلوگیری از رخداد ناخوشایند مورد بحث باید نسبت به جلوگیری از تخلیه فاضلاب‌ها به مسیل‌ها جلوگیری شود که انجام آن از وظایف قانونی سازمان‌های دولتی است که در فصل دوم مورد بحث قرار می‌گیرد. به بیانی دیگر باید کاری کرد که آب‌ها آلوده نشوند زیرا نمی‌توان مانع کار کشاورزی شد که نسل‌ها از این آب برای کشاورزی و تولید محصول استفاده نموده است و خود نیز در بروز آلودگی آن نقشی نداشته است.

۱-۵-۲- استفاده از پساب در استان خراسان رضوی

شرکت آب و فاضلاب استان خراسان رضوی ۶۹ شهر استان به جز شهر مشهد را با جمعیتی در حدود ۱/۶۸ میلیون نفر تحت پوشش دارد. براساس گزارش‌های شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور کیفیت پساب تصفیه‌خانه‌های تحت پوشش این شرکت (سبزوار، نیشابور، تربت حیدریه و گلبهار) مناسب تخلیه به آب‌های سطحی و یا چاه جاذب نبوده ولی طبق استاندارد موجود کشور می‌توان از آن‌ها برای کشاورزی استفاده نمود (۳).

شرکت آب و فاضلاب مشهد بطور مستقل خدمات لازم را برای جمعیتی حدود ۳ میلیون نفر فراهم می‌نماید. شهر مشهد در حوضه آبریز کشف‌رود واقع شده است، این رودخانه در حال حاضر فصلی بوده و تنها در مواقع سیلابی آب از سرشاخه‌ها وارد آن می‌شود. یکی از بخش‌های اصلی تجارت در اقتصاد مشهد محصولات کشاورزی همچون زعفران، زرشک، غلات، چغندر قند، محصولات جالیزی و آجیل و خشکبار می‌باشد.

مشهد شهری توریستی محسوب شده که هر ساله تعداد زیادی مسافر را برای زیارت و یا سیاحت به خود جلب می‌نماید و لازم است نیاز آبی این جمعیت متغیر تامین گردد. این تغییر مداوم در جمعیت شهری باعث تغییر در کیفیت فاضلاب شهری می‌گردد که می‌تواند باعث بروز مشکلاتی برای عملکرد فرآیندهای تصفیه و به دنبال آن استفاده از پساب گردد (۴۱).

مطالعات مقدماتی طرح جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب شهر مشهد در سال ۱۳۵۳ آغاز گردید که در

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

جدول شماره ۱-۴- میانگین ویژگی‌های کیفی پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد، سال ۱۳۹۰

ردیف	نام تصفیه‌خانه	جریان (مترمکعب در روز)	بی‌اودی میلی‌گرم در لیتر	سی‌اودی میلی‌گرم در لیتر	مجموع جامدات معلق میلی‌گرم در لیتر
		ویژگی‌های کیفی پساب			
۱	پرکندآباد ۱	۱۷،۳۰۰	۸۸	۲۴۷	۱۰۴
۲	پرکندآباد ۲	۵۶،۰۰۰	۷۷	۱۵۷	۸۶
۳	اولنگ	۴۰،۰۰۰	۷۵	۱۴۵	۸۶
جمع کل / میانگین وزنی		۱۱۳،۳۰۰	۷۹	۱۷۳	۹۱

(مرجع شماره ۳)

این مطالعات، شهر مشهد به دو قسمت غربی و شرقی تقسیم شده و تصفیه‌خانه فاضلاب پرکندآباد در حاشیه جنوبی رودخانه فصلی کشف‌رود و شمال غرب مشهد و تصفیه‌خانه فاضلاب اولنگ در شرق شهر و جنوب کشف‌رود در نظر گرفته شد.

علیرغم در نظر گرفتن تمهیداتی برای جمع‌آوری و تخلیه فاضلاب‌های صنعتی توسط تانکرها تخلیه گهگاه فاضلاب کارگاه‌های صنعتی به شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهر محتمل است. در جدول شماره ۱-۴ میانگین ویژگی‌های کیفی پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب مشهد در سال ۱۳۹۰ ارائه شده است. در حال حاضر تمامی پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب مشهد بر اساس قرارداد فروش پساب جهت آبیاری مزارع کشاورزی استفاده می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بی‌اودی پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب مشهد همگی کمتر از ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر[1] است که با معیار سازمان حفاظت محیط‌زیست برای استفاده در کشاورزی مطابقت دارد ولی برای تخلیه به آب‌های سطحی و یا چاه جاذب مناسب نیست.

البته در مقایسه با معیارهای بسیاری از کشورها همین میزان بی‌اودی نیز رقم بالایی را نشان می‌دهد و مهمتر اینکه طبق پیشنهاد سازمان بهداشت جهانی تعداد ای‌کلای[2] در پساب که نشان‌دهنده احتمال حضور عوامل بیماری‌زا است باید مورد اندازه‌گیری و پایش قرار گیرد. همچنین میزان سی‌اودی و مجموع جامدات معلق پساب تصفیه‌خانه فاضلاب پرکندآباد ۱، مناسب برای مصرف‌های کشاورزی و آبیاری نبوده و از میزان تعریف شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست کشور هم بالاتر می‌باشد.

با توجه به قرار گرفتن شهر مشهد در منطقه‌ای خشک و ضرورت توسعه کشاورزی و صنعت در سطح منطقه، دسترسی به منابع آب برای مصرف‌های شهری در فصل‌های گرم سال چالش بزرگی برای این شهر ایجاد کرده است.

یکی از راه‌حل‌های جبران کمبود آب، جایگزینی آب کشاورزی با پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد می‌باشد که انتظار می‌رود تا سال ۱۴۱۰ میزان تولید پساب به حدود ۲۷۰ میلیون متر مکعب در سال برسد (۴۱). در حال حاضر حقابه‌های کشاورزان از سدهای طرق، کارده و حقابه مزرعه نمونه آستان قدس رضوی با پساب جایگزین شده است و شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان قراردادهایی برای جایگزینی پساب تصفیه‌خانه‌ها با حقابه‌داران بسته است که در فصل دوم مورد بحث قرار گرفته است.

به عبارت دیگر وضعیت منابع آب شهر مشهد به گونه‌ای است که علیرغم اتخاذ تمهیداتی همچون کاهش آب به حساب نیامده در شبکه توزیع، صرفه‌جویی در مصرف و اقداماتی دیگر از این قبیل پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۱۴۱۰ لازم است تمام آب متعارف مورد مصرف کشاورزی با پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، جایگزین گردد. برای دستیابی به این هدف در فرایند جایگزینی تمهیداتی ضرورت دارد که در فصل‌های بعد مورد بحث قرار گرفته است. آنچه که مسلم است معیار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بی‌اودی در پساب برای استفاده در مزارع کشاورزی مشکل‌آفرین خواهد شد و لازم است پساب تصفیه‌خانه‌های موجود به کمک فرایندهای دیگر مورد تصفیه بیشتر قرار گیرد.

شکل شماره ۱-۸ یکی از مزارع کشاورزی اطراف شهر مشهد را نشان می‌دهد که با پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر مشهد آبیاری شده است. مشاهدات محلی نشانگر آن است که رنگ خاک منطقه آبیاری شده با پساب تا عمق حدود ۳۰ سانتیمتری تیره‌تر شده است بطوری که به سیاهی می‌زند و از دلایل آن می‌توان به افزایش مواد آلی خاک اشاره نمود. به گفته کشاورزان، خاک منطقه نیز طی چند سال گذشته تا حدودی سبکتر شده است که بیانگر افزایش درصد مواد آلی خاک می‌باشد.

براساس اظهارات کشاورزان منطقه، نفوذپذیری خاک آبیاری شده با پساب در مقایسه با آب متعارف به میزان چشمگیری کاهش یافته است، به گونه‌ای که این زمین‌ها در زمان آبیاری با آب متعارف، پس از حدود ۲ روز خشک شده و تمام آب را به خود جذب می‌نمود ولی در زمان بازدید، پس از گذشت تقریبی ۹ روز از آبیاری با پساب، خاک هنوز قادر به جذب کامل آب نشده بود.

۱. در بازدید میدانی از تصفیه‌خانه فاضلاب اولنگ متوسط بی‌اودی و سی‌اودی پساب خروجی در سال ۱۳۹۰ به ترتیب ۱۲۲ و ۲۸۴ میلی‌گرم در لیتر گزارش گردیده بود. همین اعداد در بازدید میدانی از تصفیه‌خانه فاضلاب پرکندآباد ۲ به ترتیب ۱۲۸ و ۳۰۲ گزارش شده بود.

2. E-Coli

NARVAN
https://mehrabpooyesh.com

شکل شماره ۱-۸- مزرعه آبیاری شده با پساب در اطراف شهر مشهد

(نارون‌آرا- تابستان ۱۳۹۱)

کاهش نفوذپذیری خاک می‌تواند بدلیل رشد جلبک و یا تجمع روغن‌ها و دیگر تغییرات خاک در لایه‌های بالایی آن باشد که البته تایید هر یک نیازمند انجام آزمایش‌های مختلف خاک می‌باشد. پیامدهای شوری و تغییر نفوذپذیری خاک از جمله مواردی است که ممکن است در طی سالیان آبیاری با آب غیر متعارف در زمین‌های کشاورزی رخ دهد که جلوگیری از بروز آن نیازمند پایش مستمر خاک می‌باشد که بخش ۱-۴ این فصل در بررسی مقالات نیز مطرح گردید.

در شکل شماره ۱-۹ محل هدایت پساب از لوله انتقال به مزرعه نشان داده شده است که وجود شوینده‌ها در پساب باعث تولید کف نموده است. با وزش باد کف تولیدی در مزرعه پراکنده شده و علاوه بر اینکه از نظر زیبایی منظر، ظاهری ناخوشایند را در مزارع کشاورزی به وجود می‌آورد و باعث انتشار عوامل بیماری‌زا خواهدشد. بی‌او دی بالای پساب نیز باعث ایجاد بوی تعفن در منطقه شده که ناراحتی کشاورزان و ساکنان نزدیک به زمین‌های کشاورزی را به همراه داشته است. احتمالا این بوی تعفن ناشی از انتشار گازهای خطرناک متان و سولفید هیدروژن است که بدلیل بی‌او دی بالای پساب و در اثر شرایط

شکل شماره ۱-۹- مزرعه آبیاری شده با پساب در اطراف شهر مشهد

(نارون‌آرا- تابستان ۱۳۹۱)

بی‌هوازی در لوله انتقال پساب در مزرعه ایجاد می‌گردد. در این رابطه مشکل آلاینده‌هایی که پس از خشک شدن در مزرعه و وزش باد و یا در عملیات خاکی در مزرعه پخش شده و از طریق گرد و غبار و توسط تنفس به ریه کشاورزان نفوذ می‌نماید هنوز در پرده ابهام است.

از دیگر موارد قابل ذکر، نبود دستور عمل مناسب جهت استفاده از وسایل حفاظت فردی مانند چکمه، دستکش و غیره برای کشاورزان و عدم نصب علائم هشداردهنده هنگام استفاده از پساب می‌باشد که مشکلاتی را از نظر بهداشتی و سلامتی برای کشاورزان و ساکنان نزدیک مزارع می‌تواند به وجود آورد. در دسترس نبودن آب سالم در مزارع نیز از جمله مواردی است که در طرح‌های استفاده از آب غیر متعارف باید مورد ملاحظه قرار گیرد. کاهش میزان تولید محصولاتی مانند گندم و گوجه‌فرنگی در واحد سطح پس از آبیاری با پساب در مقایسه با آب متعارف، بدلیل رشد بیشتر شاخ و برگ گیاه از دیگر مواردی است که کشاورزان مشهدی به آن اشاره داشتند. همان‌گونه که در بخش ۱-۴ اشاره شد پایش دو عنصر ازت و فسفر و چگونگی حفظ غلظت آنها در دوران داشت لازم است.

N4RVANARRA
https://mehrabpoo

بطور اجمال کشاورزان منطقه پیامدهای نامطلوبی را به استفاده از پساب مربوط می‌دانند که می‌تواند در درازمدت استقبال از استراتژی جایگزینی آب را با مشکل روبه‌رو نماید و بنابراین تهیه طرح پایش و ارزیابی عملکرد استفاده از پساب در منطقه یک ضرورت اساسی است تا با همکاری کشاورزان این نگرانی‌ها برطرف گردد. تامین آب سالم و در دسترس از نخستین اقدامات ضروری است. سوال اساسی این است که آیا ممکن است استفاده دوباره از آب با شرایط فعلی در کشاورزی، باعث ایجاد درد و رنجی پنهان در کشاورزان و ساکنان نزدیک این‌گونه مزارع شود که ما هنوز از آن بی‌خبر باشیم. بنابراین پایش بهداشت و سلامت این افراد و انجام مطالعات اپیدمیولوژیکی در منطقه در طرح‌های استفاده از آب غیر متعارف بسیار ضروری است چرا که کیفیت پساب مورد استفاده، در مقایسه با معیارهای سازمان بهداشت جهانی و بسیاری از کشورها مناسب استفاده نیست.

۱-۵-۳- استفاده از پساب در استان یزد

شهر یزد مرکز استان یزد است که در منطقه‌ای کویری در مرکز ایران قرار دارد. از نظر تاریخی آب آشامیدنی شهر از طریق قنوات و در شرایطی چاه‌ها و امروز از طریق لوله انتقال زاینده‌رود تامین می‌شود. مهمترین منطقه‌های کشاورزی استان یزد، دشت‌های یزد، اردکان، بهادران، بهاباد، هرات، مروست، چاهک و ابرکوه بوده که محصولاتی شامل انار، پسته، بادام، غلات، آفتابگردان، انگور، پنبه، چغندر قند و کنجد تولید می‌نمایند.

شهر یزد دارای یک تصفیه‌خانه فاضلاب می‌باشد که مطالعات ساخت آن در سال ۱۳۷۲ شروع و فاز اول آن در سال ۱۳۸۱ برای جمعیتی معادل ۷۵ هزار نفر با فرایند برکه تثبیت مورد بهره‌برداری قرار گرفت.

در طرح اولیه مقرر بود که پساب تصفیه‌خانه در زمین‌های کشاورزی پایین‌دست آن مورد استفاده قرار گیرد که بنا به دلایلی هنوز این کار اجرا نشده است. در حال حاضر پساب تولیدی برای آبیاری ۱۵۰ هکتار فضای سبز محدوده تصفیه‌خانه مورد استفاده قرار می‌گیرد بطوری‌که گفته می‌شود سرانه فضای سبز شهر یزد افزایش یافته است.

پساب تولیدی این تصفیه‌خانه پس از آبیاری فضای سبز محوطه، در سطح زمین جاری و با تجمع در گودال‌هایی نیزارهای طبیعی را در منطقه ایجاد نموده است. بدلیل شرایط مناسب، این نیزارها به

جدول شماره ۱-۵- **میانگین ویژگی‌های کیفی پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر یزد**[1]

ردیف	نام تصفیه‌خانه	ویژگی‌های کیفی پساب			
		جریان (مترمکعب در روز)	بی‌اوِدی میلی‌گرم در لیتر	سی‌اوِدی میلی‌گرم در لیتر	مجموع جامدات معلق میلی‌گرم در لیتر
۱	یزد	۱۰۳۶۸	۴۵	۹۵	۱۱۲

(مرجع شماره ۳)

تدریج حیات وحش را به خود جلب کرده و اکوسیستمی در منطقه پایین‌دست تصفیه‌خانه به وجود آورده است. البته اطلاعات مدونی در خصوص عملکرد و کیفیت آب این نیزارها یا تالاب در دسترس نمی‌باشد. در شکل شماره ۱-۱۰ عکس ماهواره‌ای تصفیه‌خانه فاضلاب یزد شامل برکه‌های تثبیت، فضای سبز محوطه تصفیه‌خانه و نیزارهای ایجاد شده در منطقه و در شکل شماره ۱-۱۱ نیز نمایی از نیزارها یا تالاب نشان داده شده است.

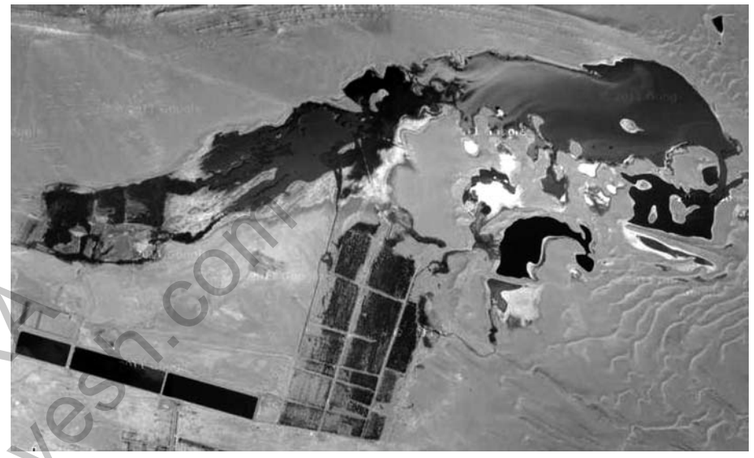
اگر چه هنوز پساب تصفیه‌خانه فاضلاب یزد به مزارع کشاورزی پایین‌دست منتقل نشده است ولی مسئولان این تصفیه‌خانه با همکاری جهاد سازندگی پروژه‌های تحقیقاتی زیادی در محوطه تاسیسات در زمینه استفاده از پساب انجام داده‌اند که از جمله آن‌ها می‌توان به بررسی عملکرد گیاهان میوه‌دار مانند زیتون، گوجه‌فرنگی، انار و یا درختان بدون میوه مانند انواع درخت اکالیپتوس اشاره نمود که پیامدهای استفاده از پساب علیرغم تحقیقات گسترده بدلیل در دسترس نبودن مستندات مدون قابل بررسی نمی‌باشد.

مشخصات پساب تصفیه‌خانه فاضلاب یزد در جدول شماره ۱-۵ ارائه شده است. در مقایسه با استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست کشور، استفاده از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب یزد از نظر بی‌اوِدی و سی‌اوِدی برای تخلیه به آب‌های سطحی و یا چاه جاذب مناسب نمی‌باشد ولی می‌توان از آن در کشاورزی استفاده نمود. از نظر مجموع جامدات معلق این پساب برای هیچ یک از کاربردهای پیش‌گفته مناسب نمی‌باشد.

۱. با توجه به حضور جلبک‌ها در پساب خروجی برکه‌های تثبیت تعیین میزان بی‌او دی نیاز به توجه خاص دارد.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

شکل شماره ۱-۱۰- عکس ماهواره‌ای از تصفیه‌خانه فاضلاب یزد و نیزارهای به وجود آمده



(زمستان ۱۳۹۰)

شکل شماره ۱-۱۱- نمایی از نیزارها یا تالاب پایین‌دست تصفیه‌خانه فاضلاب یزد

(نارون‌آرا - زمستان ۱۳۹۰)

۱-۵-۴- استفاده از پساب در استان اصفهان

استان اصفهان با وسعت بیش از ۱۰/۵ میلیون هکتار و متوسط بارندگی سالانه ۱۱۶ میلیمتر درمرکز ایران و بین رشته کوه‌های البرز و زاگرس قرار گرفته است. اصفهان از لحاظ اقلیمی دارای سه ناحیه کوهستانی، جلگه‌ای و کویری بوده که حدود ۳/۲ میلیون هکتار آن کویری محسوب می‌شود.

سازمان آب و فاضلاب استان اصفهان در سال ۱۳۴۴ تشکیل شده و در بخش فاضلاب تاکنون بیش از ۲/۳ میلیون نفر را در ۲۵ شهر استان تحت پوشش شبکه جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب قرار داده است. استان اصفهان دارای ۲۰ تصفیه‌خانه فاضلاب می‌باشد که ویژگی‌های پساب چهار تصفیه‌خانه و محل تخلیه و نوع استفاده از آن‌ها در جدول شماره ۱- ۶ ارائه شده است.

همان‌گونه که اعداد جدول پیش‌گفته نشان می‌دهد میزان بی‌اودی، سی‌اودی و مجموع جامدات معلق پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب ذکر شده در مقایسه با استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست برای تخلیه به آب‌های سطحی و زیرزمینی و در مواردی حتی کشاورزی مناسب نیستند. با این حال این پساب‌ها به مسیل‌ها و کانال‌های منطقه تخلیه شده و شواهد نشان می‌دهد که کشاورزان هم از آن برای کشاورزی استفاده می‌نمایند.

بر اساس مشاهدات محلی بین شرکت آب‌منطقه‌ای استان اصفهان به عنوان متولی پساب

جدول شماره ۱-۶- میانگین ویژگی‌های کیفی پساب برخی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب استان اصفهان

		ویژگی‌های کیفی پساب					
ردیف	نام تصفیه‌خانه	جریان (مترمکعب در روز)	بی‌اودی (میلی‌گرم در لیتر)	سی‌اودی (میلی‌گرم در لیتر)	مجموع جامدات معلق (میلی‌گرم در لیتر)	نوع فرایند تصفیه	محل تخلیه پساب
۱	جنوب اصفهان	۱۵۷،۷۱۵	۴۳	۹۹	۱۰۹	لجن فعال	رودخانه زاینده‌رود
۲	شمال اصفهان	۱۵۷،۶۶۷	۸۲	۲۰۶	۹۹	لجن فعال	زمین‌های کشاورزی حبیب‌آباد
۳	شرق اصفهان	۲۵،۷۵۰	۲۹	۸۶	۶۱	لاگون هوادهی	شهرداری
۴	شاهین شهر	۵۲،۹۷۱	۳۳	۵۹	۳۵	لجن فعال	زمین‌های کشاورزی
جمع کل / میانگین وزنی		**۱۰۳،۳۹۴**	**۵۶**	**۱۳۵**	**۹۲**	-	-

(مرجع شماره ۳)

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، بدلیل مخالفت اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان اصفهان تاکنون قراردادی رسمی با کشاورزان منعقد نگردیده است. ولی از سوی دیگر برای توسعه فضای سبز قراردادهایی با شهرداری اصفهان برای استفاده از این پساب مبادله شده است. در عین حال محل تخلیه پساب بیشتر تصفیه‌خانه‌های فاضلاب استان در نزدیکی زمین‌های کشاورزی می‌باشد بنابراین استفاده از این پساب در بخش کشاورزی مانند نقاط دیگر کشور چندان هم دور از انتظار نمی‌تواند باشد.

مشاهدات میدانی نشانگر آن است که کشاورزان منطقه با ایجاد کانال و با استفاده از پمپ‌های کوچک و بزرگ درحال برداشت و استفاده از پساب جاری در کانال‌های موجود بوده و از این پساب برای تولید محصولاتی مانند گندم، جو، ذرت علوفه‌ای، گرمک و غیره استفاده می‌شود و نظارتی هم بر این استفاده وجود ندارد. البته در مواردی شرکت آب منطقه‌ای استان اصفهان با اخذ مجوز از دادگستری نسبت به جمع‌آوری تجهیزات و مسدود کردن کانال‌های برداشت اقدام نموده است که کشاورزان دوباره نسبت به نصب تجهیزات و برداشت آب اقدام می‌نمایند و در عمل بدلیل طولانی بودن فرایندهای اداری اخذ مجوز این اقدام‌ها نتیجه‌ای در بر نداشته است.

گزارش‌های عملکردی شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور حاکی از آن است که مجموع پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب استان اصفهان حدود ۴۵۲ هزار مترمکعب در روز و یا حدود ۱۶۵ میلیون متر مکعب در سال است که می‌تواند حدود ۳۰،۰۰۰ هکتار[1] اراضی کشاورزی را آبیاری نماید. بنابراین تهیه طرح مدون استفاده از پساب و پایش پیامدهای بد و خوب آن یک ضرورت است. در شکل شماره ۱-۱۲ نمونه‌ای از برداشت پساب جاری در کانال انتقال روباز خروجی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب استان اصفهان توسط کشاورزان منطقه به وسیله پمپ قابل حمل و در شکل شماره ۱-۱۳ یک ایستگاه پمپاژ مستقر در یکی از مزارع حاشیه کانال پساب نشان داده شده است.

یکی از پروژه‌های در دست اجرا در شهر اصفهان، پروژه ۱۶۰۰ هکتاری کاشت نهال و بیابان‌زدایی با استفاده از پساب است که توسط شهرداری اصفهان در حال اجرا می‌باشد. شکل شماره ۱- ۱۴ نمایی از این طرح نهال‌کاری را در بیابان‌های اطراف شهر اصفهان نشان می‌دهد. اجرای این طرح می‌تواند علاوه بر ایجاد کمربند فضای سبز و زیبایی منظر و رشد حیات وحش تاثیر زیادی بر کیفیت هوای شهر از نظر

۱. بر مبنای متوسط مصرف ۵۰۰۰ متر مکعب در سال در هکتار

شکل شماره ۱-۱۲- برداشت از کانال پساب تصفیه‌خانه فاضلاب - اصفهان

(نارون‌آرا- بهار ۱۳۹۱)

شکل شماره ۱-۱۳- ایستگاه پمپاژ حاشیه کانال پساب تصفیه‌خانه فاضلاب - اصفهان

(نارون‌آرا- بهار ۱۳۹۱)

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

شکل شماره ۱-۱۴- بیابان‌زدایی و ایجاد فضای سبز با استفاده از پساب در حاشیه شهر اصفهان

(نارون‌آرا- بهار ۱۳۹۱)

ریزگردها و نیز کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات تاسیسات بزرگی مانند فرودگاه‌های اطراف شهر داشته باشد و نگرانی‌های استفاده از پساب را از نظر بهداشتی کم رنگ بنماید.

۱-۵-۵- استفاده از پساب در استان آذربایجان شرقی

استان آذربایجان شرقی در شمال غربی ایران و در محل تقاطع رشته کوه‌های زاگرس و البرز قرار گرفته است. این استان از نظر تولید محصولات کشاورزی پیاز و یونجه رتبه نخست را در کشور دارد. از دیگر محصولات مهم این استان می‌توان به عدس، سیب زمینی، انگور و آلو اشاره نمود (۶۲).

شرکت آب و فاضلاب استان آذربایجان شرقی جمعیتی حدود ۱/۴۵ میلیون نفر را تحت پوشش شبکه جمع‌آوری فاضلاب داشته و دارای ۷ تصفیه‌خانه فاضلاب می‌باشد که از مهمترین آن‌ها می‌توان به تصفیه‌خانه‌های فاضلاب تبریز و مراغه اشاره نمود. در جدول شماره ۱-۷ میانگین ویژگی‌های کیفی پساب این تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در سال ۱۳۹۰ ارائه شده است.

همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد پساب این دو تصفیه‌خانه‌فاضلاب از نظر کیفیت برای رهاسازی به

جدول شماره ۱-۷- میانگین ویژگی‌های کیفی پساب دو تصفیه‌خانه فاضلاب آذربایجان شرقی

ویژگی‌های کیفی پساب					
ردیف	نام تصفیه‌خانه	جریان (مترمکعب در روز)	بی‌اوی میلی‌گرم در لیتر	سی‌اوی میلی‌گرم در لیتر	مجموع جامدات معلق میلی‌گرم در لیتر
۱	تبریز	۱۴۲،۳۳۵	۱۹	۳۰	۱۷
۲	مراغه	۲۵،۵۴۹	۱۹	۳۰	۱۹
جمع کل / میانگین وزنی		**۱۶۷،۸۸۴**	**۱۹**	**۳۰**	**۱۷**

(مرجع شماره ۳)

محیط و یا استفاده در کشاورزی قابل قبول است اما مشاهده شده است که به علت محدودیت ظرفیت تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، بخشی از فاضلاب خام از طریق کنارگذر تصفیه‌خانه‌ها به رودخانه‌ها تخلیه می‌گردد. بنابراین می‌توان انتظار داشت که کشاورزان مزارع حاشیه رودخانه از مخلوط فاضلاب خام و آب جهت آبیاری مزارع استفاده نمایند.

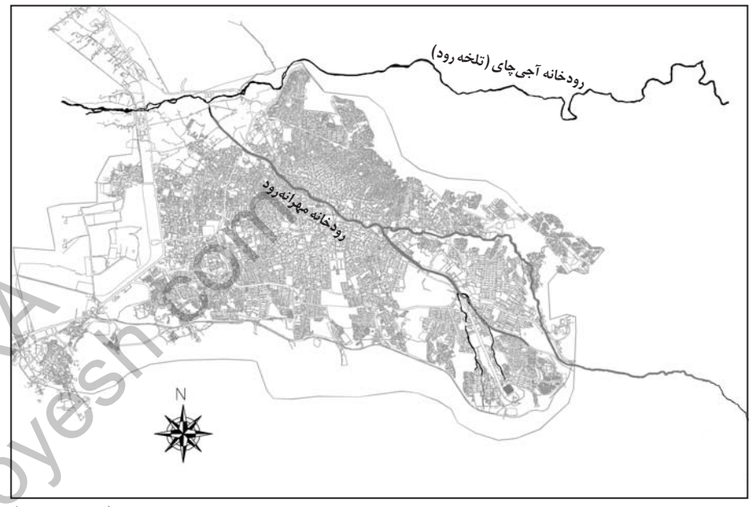
تبریز مرکز استان آذربایجان شرقی دومین شهر صنعتی کشور پس از تهران می‌باشد که جمعیتی حدود ۱/۷ میلیون نفر را در خود جای داده است. بطور کلی در شهر تبریز دفع فاضلاب شهری به سه صورت از طریق چاه جذبی، کانال‌های روباز و شبکه جمع‌آوری فاضلاب انجام می‌گیرد (۴۲).

مطالعات اولیه طرح فاضلاب تبریز از سال ۱۳۵۳ شروع و فاز اول آن در سال ۱۳۸۰ به بهره‌برداری رسید. تصفیه‌خانه فاضلاب شهر تبریز در فاصله ۴ کیلومتری غرب شهر و ضلع جنوبی رودخانه آجی‌چای در ۳ مدول با ظرفیت مساوی و هر یک برای تصفیه فاضلاب جمعیتی حدود ۶۰۰ هزار نفر در نظر گرفته شده است که در حال حاضر تنها مدول اول آن در حال بهره‌برداری بوده در حالیکه شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهر جمعیتی حدود ۹۰۰ هزار نفر را تحت پوشش دارد. فرایند تصفیه فاضلاب از نوع لجن فعال است.

از داخل شهر تبریز دو رودخانه به نام‌های تلخه‌رود و مهرانه‌رود عبور می‌کند. تلخه‌رود یا آجی‌چای که رودخانه دایمی است و از ناحیه شمال غربی شهر می‌گذرد، بدلیل عبور از زمین‌های گچی و نمکی، آب آن تلخ و شور بوده و برای استفاده در زمین‌های کشاورزی چندان مناسب نمی‌باشد. رودخانه دیگر مهرانه‌رود و فصلی است و به صورت شرقی- غربی از مرکز تبریز عبور کرده و وارد زمین‌های کشاورزی شده و در انتها در ناحیه شمال غربی شهر به تلخه‌رود می‌پیوندد. تلخه‌رود در نهایت در غرب به دریاچه ارومیه تخلیه می‌شود. در شکل شماره ۱-۱۵ مسیر جریان رودخانه تلخه‌رود و مهرانه‌رود نشان داده شده است.

NARVA
https://mehrabpoo

شکل شماره ۱-۱۵- نقشه شهر تبریز و مسیر جریان رودخانه‌های تلخه‌رود و مهرانه‌رود



(مرجع شماره ۴۲)

در جدول شماره ۱-۸ میانگین مقادیر اکسیژن محلول، بی‌اودی، سی‌اودی، مجموع کلیفرم، دترجنت و روغن و چربی آب رودخانه‌های تلخه‌رود و مهرانه‌رود ارائه شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد، مجموع کلیفرم آب این رودخانه‌ها نسبت به استاندارد معرفی شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست برای استفاده در کشاورزی بیشتر می‌باشد.

از آب مسیل مهرانه‌رود قبل از رسیدن به شهر و پس از عبور از شهر برای کشاورزی استفاده می‌شود. این رود در چندین ماه از سال در سطح شهر خشک و یا بسیار کم آب می‌باشد. با عبور مهرانه‌رود از مرکز شهر تبریز، در عمل کلیه آب‌های سطحی معابر شهر وارد آن شده و در قسمت‌هایی از شهر نیز که شبکه جمع‌آوری فاضلاب وجود ندارد، فاضلاب منازل و اماکن عمومی نیز به آن تخلیه می‌شود.

همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد اعداد جدول پیش‌گفته نشانگر آلودگی نسبتا بالای آب رودخانه مهرانه‌رود در زمان نمونه‌برداری است. مجموع کلیفرم گزارش شده نیز حکایت از آلودگی شدید میکروبی آب رودخانه دارد. از دیگر اعداد مهم در این گزارش می‌توان به میزان بالای دترجنت و روغن و چربی موجود در آب مهرانه‌رود اشاره نمود که همگی بیانگر ورود فاضلاب خام شهری به این رودخانه می‌باشد.

جدول شماره ۱-۸- میانگین برخی ویژگی‌های کیفی آب رودخانه تلخه‌رود و مهرانه‌رود[1]

نام رودوخانه	اکسیژن محلول (میلی‌گرم در لیتر)	بی‌اودی (میلی‌گرم در لیتر)	سی‌اودی (میلی‌گرم در لیتر)	مجموع کلیفرم (تعداد در صد میلی‌لیتر)	دترجنت (میلی‌گرم در لیتر)	روغن و چربی (میلی‌گرم در لیتر)
تلخه‌رود	۳/۸۵	۱۰	۸۸	۹۲۸	-	-
مهرانه‌رود	۹/۶	۶۹	۱۱۱	۲۴۰۰	۳۹	۲۲

(مرجع شماره ۴۲)

مشاهدات محلی و گفتگو با بعضی از کشاورزان که بطور سنتی از آب جاری مهرانه‌رود برای تولید محصولات کشاورزی بهره می‌برند نشان داد که با گذشت زمان و افزایش آرام و کند آلاینده‌ها در آب، کشاورزان به کیفیت نامناسب آن عادت کرده و تغییری در روش‌های کار خود انجام نداده‌اند و آب آلوده به فاضلاب خام خانگی و صنعتی را همان آب کشاورزی می‌دانند. این وضعیت می‌تواند پیامدهای نامطلوب بهداشتی به همراه آورد، بنابراین طبق قانون توزیع عادلانه آب که در فصل دوم مورد توجه قرار می‌گیرد باید ضمن اطلاع‌رسانی به کشاورزان، از تخلیه فاضلاب‌های مختلف به مهرانه‌رود و آلودگی آب آن جلوگیری شود. مطالعات موردی تبریز نشان می‌دهد که بخشی از فاضلاب خام از طریق کنارگذر تصفیه‌خانه به همراه پساب تصفیه‌خانه با آب جاری در تلخه‌رود مخلوط گردیده و در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد که با معیارهای محیط‌زیستی تعارض دارد. در شکل شماره ۱-۱۶ تخلیه فاضلاب خام مازاد بر ظرفیت تصفیه‌خانه فاضلاب تبریز به رودخانه تلخه‌رود نشان داده شده است.

بدین ترتیب توسعه شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب شهری و تصفیه فاضلاب‌ها و ساماندهی فاضلاب کارگاه‌ها و صنایع کوچک و بزرگ برای جلوگیری از آلودگی آب و مشکلات ناشی از مصرف آن که در فصل‌های دیگر مورد بحث قرار می‌گیرد از اقدامات زیربنایی توسعه همه جانبه است.

از دیگر شهرهای این استان شهر مراغه است که با حدود ۱۵۰ هزار نفر جمعیت، بعد از تبریز دومین شهر بزرگ و پرجمعیت استان آذربایجان شرقی بوده که در کنار رودخانه صوفی‌چای و در دامنه جنوبی کوه سهند و ۱۳۵ کیلومتری مرکز استان قرار گرفته است. با توجه به جلگه‌ای بودن زمین‌های این شهر، حدود ۶۰ درصد زمین‌های مراغه به صورت باغ یا پوشش گیاهی می‌باشد.

۱. ارقام بی‌او دی برابر ۱۰ و سی‌او دی برابر ۸۸ و اکسیژن ۳/۸۵ میلی‌گرم در لیتر ابهام‌برانگیز بوده و نیاز به بررسی و تفسیر دارد.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

شکل شماره ۱-۱۶- فاضلاب خام مازاد بر ظرفیت تصفیه‌خانه فاضلاب تبریز

(نارون‌آرا- بهار ۱۳۹۱)

تصفیه‌خانه فاضلاب مراغه در سال ۱۳۸۳ در یک مدول با ظرفیت تصفیه ۲۱،۰۰۰ مترمکعب در روز معادل جمعیت حدود ۱۰۰ هزار نفر به بهره‌برداری رسید و در سال ۱۳۸۵ مدول دوم با همین ظرفیت به آن اضافه شد که تا سال ۱۴۰۰ جوابگوی تصفیه فاضلاب کل جمعیت تحت پوشش شبکه فاضلاب خواهد بود. فرایند تصفیه مدول اول لجن فعال و در مدول دوم از فرایند اس‌بی‌آر[1] (راکتور ناپیوسته متوالی) استفاده شده است. همان‌گونه که در جدول شماره ۱-۷ نیز ارائه شده است، بی‌او دی پساب تصفیه‌خانه‌های این شهر کمتر از ۲۰ میلی‌گرم در لیتر گزارش شده که در نهایت به رودخانه صوفی‌چای تخلیه و در پایین‌دست مورد استفاده در کشاورزی است. در شکل شماره ۱-۱۷ نمایی از پساب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب مراغه نشان داده شده است.

1. SBR (Sequence Batch Reactor)

شکل شماره ۱-۱۷- نمایی از تاسیسات پساب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب مراغه

(نارون‌آرا- بهار ۱۳۹۱)

۱-۶- نتیجه‌گیری

برای موفقیت در طرح‌های استفاده دوباره از آب و حفظ محیط زیست و سلامت جامعه لازم است شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب اجتماعات اجرا و تکمیل شود و به موازات آن ظرفیت تاسیسات تصفیه آن‌ها نیز مناسب میزان فاضلاب خام ورودی گردد، بطوریکه هیچ فاضلاب خامی به محیط تخلیه نشده تا مورد استفاده مستقیم و یا غیرمستقیم قرار گیرد.

پساب تصفیه‌خانه‌ها هم با توجه به نوع استفاده و یا دفع به محیط طبق معیارهای لازم مورد تصفیه بیشتر قرار گیرد. در این صورت محیط زیست، بهداشت جامعه و به ویژه منابع آب از آلودگی حفاظت و از آب غیرمتعارف هم استفاده خواهد شد و تعریف استفاده بدون خطر مصداق پیدا می‌نماید. نباید فراموش نمود که هر کجا که چاه جذبی بدون پیامدهای منفی آن پاسخگوی تصفیه و دفع فاضلاب‌های خانگی را می‌دهد دلیلی ندارد که برای جمع‌آوری فاضلاب‌ها سرمایه‌گذاری جدیدی نمود.

مطالعات وضعیت موجود که به صورت موردی در این فصل آورده شده است نشان می‌دهد که

NARVANARRA
https://mehrabpoo

استفاده از فاضلاب خام و پساب‌های با کیفیت نامناسب در کشاورزی بسیار متداول است و لازم است در چارچوب قوانین و آیین‌نامه‌ها مانع ادامه این وضعیت گردید و استفاده از آن قانونمند گردد. شرایط فعلی می‌تواند باعث بروز بیماری‌هایی همه‌گیر نظیر حصبه، وبا و یا بیماری‌های انگلی، پوستی و مزمن و تخریب محیط‌زیست گردد. بنابراین تدوین معیارها و ضوابط محیط‌زیستی برای استفاده از پساب‌ها ضرورت دارد.

لازم به یادآوری است که میزان تخلیه و هدایت فاضلاب صنایع کوچک و کارگاه‌ها به مسیل‌ها نیز چشمگیر بوده و فلزات سنگین موجود در این فاضلاب‌ها در صورت ورود به سیکل تولیدات مواد غذایی می‌تواند سلامت ما را به مخاطره اندازد.

با توجه به کمبود آب در کشور، کشاورزان دارای زمین‌های قابل کشت در نزدیکی رودخانه و مسیل‌های خروجی از شهرهای بزرگ مانند تهران، اصفهان، تبریز و مانند آن برای کشاورزی و تولید محصولات کشاورزی که البته کار مبارکی است از سیال جاری در آن‌ها استفاده می‌نمایند و در صورتیکه این اراضی نزدیک به بازارهای مصرف شهری باشد طبعا سبزیجات و صیفی‌جات کشت می‌کنند.

جلوگیری از این نوع استفاده دوباره از آب منطقی نیست زیرا مقصر اصلی آلوده‌کننده است و نه استفاده‌کننده و ممانعت جهت استفاده از این آب ممکن است باعث بروز تقابل‌های اجتماعی شود. برای جلوگیری از بروز این تقابل نامبارک باید سعی شود که فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی تصفیه‌نشده به رودخانه‌ها و مسیل‌ها تخلیه نگردند. بنابراین سرمایه‌گذاری در توسعه تاسیسات جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب‌های شهرها گام نخست در حفظ بهداشت و محیط‌زیست است.

در نتیجه ضمن تدوین قوانین و آیین‌نامه‌های لازم باید فرهنگ احترام به محیط‌زیست و منابع آب از طریق آموزش در سطوح مختلف از دبستان تا سطوح حرفه‌ای بخصوص صاحبان مشاغل و مدیران مسئول توسعه پیدا نماید زیرا جلوگیری از آلودگی منابع آب جاری در رودخانه‌ها و مسیل‌ها راحت‌تر و صحیح‌تر از ایجاد موانع استفاده از آب آلوده است و برخورد با موسسات مولد آلاینده، کارسازتر از برخورد با کشاورزان مصرف‌کننده است.

از بررسی گزارش‌های اقدامات انجام شده، وضعیت واگذاری پساب‌ها و عملکرد شرکت‌های آب منطقه‌ای می‌توان دریافت که در راه اجرای طرح‌های استفاده دوباره از آب یک عزم ملی وجود دارد که سر فصل کارهای در دست پیگیری عبارتند از:

- در بسیاری از شهرها مطالعات امکان‌سنجی استفاده از پساب انجام گرفته و یا در دست انجام است و یا مورد تصویب هم قرار گرفته است. در بیشتر این مطالعات هدف‌های استفاده دوباره از آب، بخش کشاورزی، صنعت و توسعه فضای سبز درون و برون شهری است بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که پساب‌ها در بودجه منابع آب از نظر کمی، لحاظ گردیده است.
- در مواردی سازمان حفاظت محیط‌زیست به دلایلی مانند نامناسب بودن کیفیت پساب، مانع مبادله قرارداد برای استفاده دوباره شده است و بهمین دلیل پساب‌ها به مسیل‌ها، رودخانه‌ها و تالاب‌ها تخلیه می‌شود و در مواردی هم به طور غیرمجاز مورد استفاده قرار می‌گیرد اما سازمان طرح پایش آن‌ها را مورد توجه قرار نداده است و یا گزارش‌های آن در دسترس نویسندگان کتاب قرار نگرفت.
- مبادله قراردادهای فروش، تخصیص و واگذاری پساب‌ها به بخش‌های مختلف مصرف‌کنندگان در فرایند اجرا می‌باشد. گرچه شرکت‌های آب منطقه از نامناسب بودن کیفیت پساب‌ها اظهار نگرانی نموده‌اند با توجه به بحث‌های امیدبخش بالا لازم است توجه شود که زیربنای انجام مطالعات امکان‌سنجی، تصویب گزارش و پایش عملیات در مرحله اجرا و بهره‌برداری به دلایلی که در فصل‌های بعدی خواهد آمد در پرده ابهام قرار دارد چنانکه سر فصل‌های زیر از مهمترین چالش‌های پیش روی شرکت مدیریت منابع آب ایران قرار دارد:
  - تهیه شرح خدمات تیپ انجام مطالعات امکان‌سنجی استفاده از پساب‌ها با توجه به پتانسیل‌های هر شهر که پیش‌نیاز مطالعات امکان‌سنجی تاسیسات جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب‌هاست؛
  - تهیه آیین‌نامه و ضوابط فنی بررسی و تصویب گزارش‌های مطالعات انجام شده تا انجام کار سلیقه‌ای نباشد؛
  - تهیه معیارهای کیفیت پساب و رابطه آن با نوع استفاده از آن که بدون آن کار مطالعات و تصویب با مشکل روبه‌روست؛
  - تهیه شرح خدمات پایش پیامدهای بهداشتی و محیط‌زیستی استفاده دوباره و نقش سازمان حفاظت محیط‌زیست در آن؛
  - تهیه قراردادهای تیپ و تعهدات تولیدکننده و مصرف‌کننده آب غیرمتعارف؛
  - بررسی و تعریف چالش‌های فعلی استفاده دوباره و گزینه‌های رفع مشکلات؛

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

- مشکلات دسترسی به ارقام و اعداد کمیت و کیفیت پساب‌ها و پیامدهای استفاده از آن‌ها در بخش‌های کشاورزی و شهری به علت نبود گزارش‌های سالانه و مستندات در این زمینه‌ها که می‌تواند پیامدهای نامطلوبی ایجاد نماید.

با توجه به چالش‌های پیش‌گفته، بسیاری از شرکت‌های آب منطقه‌ای در راه اجرای طرح‌های به ظاهر موفق هم در آینده با مشکلات زیادی روبه‌رو خواهند شد، زیرا زیربنای کارها در حد لازم توسعه نیافته است چنانکه در گزارش عملکرد پساب شرکت‌های آب منطقه‌ای در سال ۱۳۹۰ به حق سخن از چالش‌هایی است که در مطالعات امکان‌سنجی تاسیسات جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب‌های شهری باید مورد مطالعه و تعریف قرار می‌گرفت. بنابراین ضرورت دارد که یک برنامه کلان در مورد فاضلاب‌ها، پساب‌ها و آب‌های غیرمتعارف تدوین گردد که در فصل‌های آینده مورد بحث قرار گرفته است.

در پایان باید توجه داشت که ما در ابتدای طرح و اجرای پروژه‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب و استفاده از آب غیرمتعارف هستیم و اگر خدمات زیربنایی و پیش‌نیاز آن‌ها صحیح و جامع انجام گیرد می‌توان استفاده بدون خطر از فاضلاب را محقق ساخت.

۲ قوانین و آیین نامه‌ها

۲-۱- نگاه اصلی

دیدگاه‌های مردم جهان در طی ۵۰ سال گذشته نسبت به اندیشه‌های عقیدتی، سیاسی، اجتماعی و محیط‌زیستی با سرعت بیشتری نسبت به گذشته دستخوش تغییرات شده است. با پذیرش پویایی فرایند آرام تکامل جهان که در راس هرم آن انسان قرار دارد، این فرایند دور از انتظار نیست و با توسعه تکنولوژی‌های ارتباط جمعی و کوتاه شدن فاصله‌ها، روند تغییرات سرعت بیشتری به خود گرفته است. یکی از نقطه‌نظرهای جامعه بشری توجه به اهمیت محیط‌زیست است و سالهاست که گفته می‌شود با توسعه و رشد فرهنگ‌ها، محیط‌زیست زمین بهتر حفاظت می‌شود. تشکیل کنفرانس‌های بین‌المللی مانند کنفرانس‌های استکهلم در سال ۱۹۷۲، ریو در سال ۱۹۹۲ و پروتکل‌های تدوین شده در آن‌ها نشان از توجه خانواده انسان به محیط‌زیست زمین، تنها خانه خود، است.

در کشور ما هم از حدود سال‌های ۱۳۴۰ تاکنون جریان تدوین قوانین، آیین‌نامه‌ها و مصوبه‌های مختلف در ارتباط با آب، هوا و محیط‌زیست نشان از این دارد که به موازات حرکت‌های جامعه جهانی نگرش‌های جدیدی نسبت به محیط‌زیست پیدا نموده‌ایم.

براساس مصوبه شورای اروپا در لوگانو[1]، محیط‌زیست عبارت است از مجموعه آب، خاک، هوا و کلیه جانوران و گیاهان و تمام آثار بشرساخت، اما از نقطه نظر نویسندگان این کتاب نمی‌توان شرایط محیط اجتماعی را از این تعریف جدا نمود زیرا که با افزایش تراکم جمعیت در شهرها پیامدهایی پدید می‌آید که روی سلامت روان و جسم انسان تاثیرات منفی دارد. بنابراین باید برای محیط‌زیست تعریف

1. Lugano Convention 1993

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

جدیدی تدوین نمود تا آلودگی‌های اجتماعی هم در تعریف فاکتورهای ویرانگر محیط زیست گنجانده شود زیرا انسان خود بخشی از محیط زیست است.

آلودگی منابع آب، هوا، خاک و غذا که از پیامدهای فعالیت‌های معروف به توسعه است، نگرانی‌های زیادی در جامعه بشری ایجاد کرده است. بطوریکه در دو دهه اخیر در کنار کلمه توسعه، لغت پایدار هم قرار گرفته است تا در طرح‌های توسعه جلوگیری از ویرانی محیط زیست و حفظ منافع نسل‌های آینده از جمله دغدغه‌های هر طرح توسعه باشد.

دانش انباشته امروز بشر در حدی است که می‌داند طرح‌های توسعه که تنها هدفش رفاه جامعه بشری است چرا باعث آلودگی و ویرانی محیط زیست و در نتیجه ایجاد مشکلات برای بشر شده و بنابراین مغایر با هدف‌های رفاه است و نیز راهکارهای پیشگیری از بروز آن را هم می‌داند اما به دلایل فرهنگی، اقتصادی و سیاسی توانایی اجرای روش‌های جلوگیری از ویرانی محیط زیست را در حد لازم ندارد. گرچه سعی و تلاش دارد که موانع پیش‌گفته را از سر راه بردارد و تردیدی هم نیست که در این کار موفق خواهد شد.

در اجرای طرح‌های توسعه چاره‌ای جز مصرف انرژی و مواد برای تولید محصولات مورد نیاز جامعه به منظور ایجاد رفاه نیست اما همه این فعالیت‌ها به گونه‌ای منجر به آلودگی و ویرانی محیط زیست گردیده و نیز منابع تجدیدناپذیر را در خطر تمام شدن قرار می‌دهد.

ویژگی‌های جامعه بشری که مشکلات پیش‌گفته را ایجاد کرده عبارتند از:

- افزایش سریع جمعیت که به نام انفجار جمعیت[1] معروف است؛
- افزایش عادات و فرهنگ مصرف‌گرایی؛
- افزایش عادات و فرهنگ تمرکزگرایی جمعیت که حاصل آن ایجاد کلانشهرها است.

برای کنترل سه ویژگی بالا و مهار پیامدهای بد آن لازم است در سطح جهانی و در سطح ملی قوانینی وضع شود تا فرایندهای پیش‌گفته کندتر شود. البته لازم است که به موازات آن آگاهی‌های یک‌یک افراد این خانواده بزرگ ساکن تنها خانه مشترک هم افزایش یابد تا احساس مسئولیت نموده و در اجرای قوانین و آیین‌نامه‌ها همکاری صمیمانه نمایند. آموزش و افزایش آگاهی‌ها باید از سطح خانواده و واحدهای کودکستانی و پیش‌دبستانی شروع شود زیرا تدوین قانون بدون پذیرش آگاهانه مردم، کارایی کافی را نخواهد داشت. پذیرش آگاهانه همان افزایش عنصرهای فرهنگی دوست محیط زیست و رشد فرهنگ حفاظت و احترام به محیط زیست است. در همین راستا چون گزینه‌های استفاده دوباره از آب بسیار متنوع می‌باشد طبعا نگرانی بخش‌های مصرف‌کننده هم مشابه نیست و بنابراین برای تعریف نگرانی‌های مصرف‌کنندگان لازم است با همکاری آن‌ها مطالعات لازم انجام گیرد و با توجه به دستاوردهای آن از طریق رسانه‌های عمومی و کارگاه‌های آموزشی و به موازات تدوین قوانین نسبت به افزایش آگاهی جامعه و استفاده‌کنندگان از آب غیرمتعارف اقدام شود.

در فصل چهارم کتاب مطرح خواهد شد که برای تصفیه پساب خروجی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهرها و استفاده از آن براساس استراتژی جایگزینی نیاز به قوانین، آیین‌نامه‌ها، معیارها، ضوابط و استانداردها در تمام بخش‌های این حرفه است تا ضمن کنترل مراحل طراحی، اجرا و پایش در دوره بهره‌برداری پیامدهای نامطلوب بهداشتی و محیط زیستی آن تحت کنترل قرار گیرد. در غیر این صورت شکست سیاست‌های جایگزینی آب غیرمتعارف مشکلات اجتماعی به همراه خواهد آورد .

۲-۲- روند تدوین قوانین و ضابطه‌های مرتبط با آب و استفاده دوباره از آن

- اولین نهاد ایجاد شده در ایران که مسئولیت اداره امور آب را عهده‌دار گردید، "بنگاه مستقل آبیاری" بود که قانون تشکیل آن در سال ۱۳۲۲ به تصویب رسید. در سال ۱۳۴۲ هیئت وزیران در قالب تصویب‌نامه‌ای حفظ و حراست آب‌های زیرزمینی را به بنگاه مستقل آبیاری سپرد و نظارت بر جلوگیری از آلودگی منابع آب زیرزمینی را نیز در محدوده مسئولیت بنگاه قرار داده شد.
- در اواخر سال ۱۳۴۲ قانون تشکیل وزارت آب و برق به تصویب رسید که یکی از هدف‌های آن "نظارت بر نحوه جاری ساختن فاضلاب‌ها" منظور شده بود.
- در سال ۱۳۴۷ "قانون آب و نحوه ملی شدن آن" به تصویب رسید که در ماده ۱۸ این قانون "صدور پروانه مصرف برای آب‌های حاصل از فاضلاب‌ها" آمده بود. به‌علاوه در ماده‌های ۵۵ الی ۵۹ فصل هفتم این قانون در برگیرنده موضوع "جلوگیری از آلودگی آب" است.
- در سال ۱۳۵۰ آیین نامه اجرایی "جلوگیری از آلودگی آب" (موضوع فصل هفتم قانون آب و نحوه ملی شدن آن) به تصویب هیئت وزیران رسید.

۱. در زمان تهیه این کتاب اعلام گردید که جمعیت جهان به مرز ۷ میلیارد و جمعیت کشور به مرز ۷۶ میلیون نفر نزدیک شده است.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

- در سال ۱۳۶۱ قانون "توزیع عادلانه آب" به تصویب رسید و در ماده ۴۶ این قانون "جلوگیری از آلودگی آب" به عهده سازمان حفاظت محیط‌زیست قرار گرفت. همچنین در ماده ۲۴ قانون پیش‌گفته نیز "واگذاری حق بهره‌برداری از پساب حاصل از تصفیه فاضلاب‌ها" به‌عهده وزارت نیرو قرار گرفت.
- در سال ۱۳۶۳ سازمان حفاظت محیط‌زیست آیین‌نامه اجرایی ماده ۴۶ قانون توزیع عادلانه آب با عنوان "جلوگیری از آلودگی آب" را تهیه و به تصویب هیئت وزیران رسانید.
- در سال ۱۳۷۱ آیین‌نامه "بهداشت محیط" تهیه و به تصویب هیئت وزیران رسید. به‌علاوه در همین سال با اصلاح قانون "حفاظت و بهسازی محیط‌زیست"، بر وظایف سازمان حفاظت محیط‌زیست در جلوگیری از آلودگی تاکید گردید. قانون پروتکل حمایت محیط‌زیست دریایی در برابر منابع آلودگی مستقر در خشکی نیز در سال ۱۳۷۱ به تصویب رسید.
- در سال ۱۳۷۳ آیین‌نامه اجرایی "جلوگیری از آلودگی آب" برای ماده ۴۶ قانون "توزیع عادلانه آب" دوباره توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست تهیه و به تصویب هیئت وزیران رسید.
- در سال ۱۳۷۳ آیین‌نامه "نحوه وصول عوارض به تناسب شدت آلودگی فاضلاب‌ها" به تصویب رسید.
- در سال ۱۳۸۴ آیین‌نامه اجرایی در مورد "جریمه ایجاد آلودگی" به استناد قوانین برنامه سوم و چهارم توسعه به تصویب رسید. بعلاوه در همین سال قانون "مدیریت پسماندها" نیز به تصویب رسید.
- در سال ۱۳۸۶ بخشنامه "شماره ۸۷۵۱۲/۷۰۰ معاونت وزیر نیرو در امور آب و آبفای کشور" تهیه و انتشار یافت.
- در سال ۱۳۸۶ براساس پیشنهاد وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی هیئت وزیران تصویب نمود که به کمک استانداری‌های سراسر کشور با همکاری وزارتخانه‌های نیرو، جهاد کشاورزی و بهداشت، درمان و آموزش پزشکی از آبیاری مزارع با فاضلاب تصفیه‌نشده جلوگیری به عمل آید.
- در سال ۱۳۸۸ مجموعه "راهکارهای تخصیص پساب‌های حاصل از فاضلاب‌های تصفیه‌شده شهری و روستایی" تهیه و انتشار یافت.
- در سال ۱۳۸۹ "ضوابط فنی محیط‌زیستی استفاده دوباره از آب‌های برگشتی و پساب‌ها" با نام نشریه شماره ۵۳۵ تدوین و انتشار یافت.

۲-۳- شرح کلی بر قوانین محیط‌زیستی

در تصویب‌نامه هیئت وزیران در سال ۱۳۴۲ نگرانی از اتلاف آب مورد استفاده و آلوده شدن منابع آب زیرزمینی دیده می‌شود، زیرا طبق نظر هیئت وزیران از بنگاه مستقل آبیاری وقت خواسته شد که آیین‌نامه اجرایی آن را تدوین نماید. در سال ۱۳۴۷ قانون آب و نحوه ملی شدن آن به تصویب رسید و در سال ۱۳۵۰ آیین‌نامه آن تدوین گردید.

ماده‌های مختلف قانون حفاظت و بهسازی محیط‌زیست مصوب سال ۱۳۵۳ و اصلاحیه آن در سال ۱۳۷۱، سازمان حفاظت محیط‌زیست را مکلف می‌نماید که توجه داشته باشد که پیامدهای هیچ طرحی با قانون و مقررات مربوط به حفاظت محیط‌زیست مغایرت نداشته باشد، اما بطور ویژه نام طرح‌های استفاده دوباره از آب در آن دیده نمی‌شود. بخصوص در ماده ۶ که به تفضیل در مورد طرح‌هایی که باعث تغییرات محیط‌زیست می‌شود باز هم ذکری از مشکلات محیط‌زیستی استفاده از فاضلاب نشده است، گرچه روح قانون شامل توجه به این گونه طرح‌ها نیز می‌شود.

قانون توزیع عادلانه آب مصوب تاریخ ۱۳۶۱/۱۲/۱۶ دارای ۵۲ ماده است و در ماده ۵۲ یادآوری شده است که کلیه قوانین و مقرراتی که قبلا مورد تصویب قرار گرفته و اکنون مغایرت با ماده‌های این مجموعه دارد از تاریخ تصویب این قانون بلا اثر می‌باشد. بنابراین تشخیص این که کدام ماده با ماده‌های این قانون مغایرت دارد خود مقوله‌ایست که توجه می‌طلبد.

ماده ۹ قانون توزیع عادلانه آب[1] می‌گوید "در مواردی که آب شور و یا آب آلوده با آب شیرین مخلوط شود چنانچه وزارت نیرو لازم تشخیص دهد می‌تواند پس از اطلاع به صاحبان و استفاده‌کنندگان، مجرای آب شور یا آب آلوده را مسدود کند".

این ماده قانون توزیع عادلانه آب که وزرات نیرو مجری آن تعریف شده است به نحوی با ماده ۳ آیین‌نامه بهداشت محیط مصوب ۱۳۷۱ هیئت وزیران که وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی مجری آن است هم هدف می‌باشد و تعریف آلودگی هم در نشریه‌های ۱۰۵۳ و ۱۰۱۱ تعریف شده است که اشاره به آن‌ها مجری را محدود به رعایت آن می‌نماید.

۱. ماده ۹ ـ در مواردی که آب شور و یا آب آلوده با آب شیرین مخلوط شود چنانچه وزارت نیرو لازم تشخیص دهد می‌تواند پس از اطلاع به صاحبان و استفاده‌کنندگان مجرای آب شور یا آلوده را مسدود کند و در صورتی که این کار از لحاظ فنی امکان‌پذیر نباشد چاه یا مجرا را بدون پرداخت خسارت عندالاقتضاء مسدود یا منهدم سازد. چنانچه مسلم شود صاحب چاه شرایط و مشخصات مندرج در پروانه حفر و بهره‌برداری را رعایت نموده است، خسارت وارده برصاحب چاه را وزارت نیرو جبران خواهد کرد.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

ماده ۲۴ قانون توزیع عادلانه آب می‌گوید وزارت نیرو در هر محل پس از رسیدگی‌های لازم برای آب‌های مشروح در زیر که تحت نظارت و مسئولیت آن وزارتخانه قرار می‌گیرد اجازه بهره‌برداری صادر می‌کند.

الف – آب‌های عمومی که بدون استفاده مانده باشد؛

ب – آب‌هایی که بر اثر احداث تاسیسات آبیاری، سدسازی، زهکشی و غیره بدست می‌آید؛

ج – آب‌های زائد بر مصرف که به دریاچه‌ها، دریاها و انهار می‌ریزند؛

د – آب‌های حاصل از فاضلاب‌ها؛

ه – آب‌های زائد از سهمیه شهری و چند بند دیگر.

طبعا برای صدور اجازه بهره‌برداری از آب‌های حاصل از فاضلاب‌ها نیاز به تدوین آیین‌نامه‌ای است که نوع مصرف و کیفیت لازم را با توجه به بهداشت و محیط زیست تعریف نموده و معیارهای پایش پیامدهای آن نیز تدوین گردد که این آیین‌نامه در دسترس نویسندگان قرار نگرفت تا مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

ماده ۲۹ قانون توزیع عادلانه آب[1] وزارت نیرو را موظف نموده است که به منظور تامین آب مورد نیاز کشور بطرق مختلف اقدامات لازم را بعمل آورد. در این ماده سخنی از پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب نشده است اما در بند "ط" انجام سایر اموری که موثر در تامین آب باشد آورده شده است و براساس این ماده و ماده ۲۴ قراردادهای "فروش پساب" و تدوین "طرح استراتژیک جایگزینی آب" توسط وزارت نیرو پیگیری می‌شود.

گرچه نشریه شماره ۵۳۵ و پیوست‌های بخشنامه شماره ۸۷۵۱۲/۷۰۰ مورخ ۱۳۸۶/۱۱/۰۸ در این زمینه تهیه شده است که می‌تواند برای تدوین آیین‌نامه اجرایی استفاده دوباره از آب مورد استفاده قرار گیرد. اما تدوین آیین‌نامه لازم باید توسط کارگروه ویژه‌ای انجام گیرد که تاکنون به مرحله اجرایی نرسیده است و این در حالی است که طرح‌های جایگزینی در بعضی از مناطق کشور در مرحله اجرا می‌باشد.

۱. ماده ۲۹ – وزارت نیرو موظف است به منظور تامین آب مورد نیاز کشور از طریق زیر اقدام مقتضی به‌عمل آورد:
الف: مهار کردن سیلاب‌ها و ذخیره نمودن آب رودخانه‌ها در مخازن سطحی و زیرزمینی؛
ب: تنظیم و انتقال آب با ایجاد تاسیسات آبی و کانال‌ها و خطوط آبرسانی و شبکه آبیاری ۱ و ۲؛
ج: بررسی و مطالعه کلیه منابع آب های کشور؛
د: استخراج و استفاده از آب‌های زیرزمینی و معدنی؛
و: جلوگیری از شورشدن آب‌های شیرین در مناطق لازم؛
ز: کنترل و نظارت بر چگونگی و میزان مصرف آب و در صورت لزوم جیره بندی آن؛
ح: تاسیس شرکت‌ها و سازمان‌های آب منطقه‌ای و موسسات و تشکیل صنف‌ها و کمیته‌های مورد نیاز؛
ط: انجام سایر اموری که موثر در تامین آب باشد.

طبق ماده ۲۸ این قانون، وزارت نیرو لازم است نوع استفاده از آب غیرمتعارف را همراه با الزاماتی تعریف نموده و طبعا مصرف‌کننده هم باید این الزامات را رعایت نماید. برای تعریف الزامات و رعایت آن توسط هر دو طرف تامین‌کننده و مصرف‌کننده آب غیرمتعارف لازم است بین دو طرف قراردادی مبادله گردد. در قرارداد کیفیت آب غیرمتعارف مناسب هر مصرف باید بطور شفاف تعریف شود. بنابراین تدوین معیارهای کیفی آب غیرمتعارف برای هر نوع استفاده، شرایط محیط و تاسیسات لازم استفاده از آن باید تدوین گردد.

در قرارداد پیشنهادی نکته‌هایی چند باید مورد توجه قرار گیرد که مهمترین آن‌ها عبارتند از:

- مامورین تشکیلات پایش مجاز هستند هر زمان که ضروری دانستند وارد مزارع تحت آبیاری توسط آب غیرمتعارف شده و در زمینه انواع محصولات تحت کشت، نوع آبیاری و زهکشی و تعهدات کشاورزان از نظر ایمنی و بهداشت گزارش تهیه نمایند و در صورت لزوم نمونه‌برداری برای تشخیص وضعیت آلودگی آب، خاک و محصول انجام دهند و با توجه به نتایج حاصل از آزمایش نمونه‌ها، تصمیم‌گیری شود. طبق قانون همکاری صاحبان چنین مزارعی در انجام کارهای پیش‌گفته الزامی باید باشد.
- مالک زمین مورد آبیاری با آب غیرمتعارف در هنگام فروش زمین خود به غیر باید تعهدات و الزامات قرارداد را به خریدار اطلاع دهد و خریدار بداند که اگر مایل است از آب غیرمتعارف موجود استفاده نماید چه الزاماتی را باید رعایت نماید.
- تولیدکننده آب غیرمتعارف هم با توجه به نوع استفاده دوباره باید معیارهای کیفی لازم را با همکاری وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، سازمان حفاظت محیط زیست و دیگر سازمان‌های درگیر تدوین نماید و متعهد به حفظ ویژگی‌های آب غیرمتعارف تولیدی باشد.

به هرحال مقوله محتویات قرارداد تولید و استفاده دوباره بحثی است حقوقی و خارج از محدوده مورد توجه کتاب و تنها یادآوری می‌گردد که لازم است هم آیین‌نامه و هم قراردادهای تقریبا همسان تهیه شود تا استفاده‌کنندگان از آب غیرمتعارف نگران مشکلات قانونی نباشند و استراتژی استفاده دوباره با شکست روبه‌رو نشود. این نوع قراردادها همراه با تجربه‌های حاصل از اجرای آن باید بطور مرتب مورد بازنگری قرار گیرد. در قرارداد لازم است برای ترغیب کشاورزان برای استفاده از آب غیرمتعارف و مراعات الزامات آن اهرم‌های تشویقی هم پیش‌بینی گردد. بنابراین ماده‌های ۲۸،۲۴ و ۲۹ بطور مستقیم و ۴۶ بطور غیرمستقیم وزارت نیرو را مسئول و درگیر فرایندهای مختلف تخلیه فاضلاب‌ها به منابع آب از قبیل آب جاری در مسیل‌های داخل شهرها و استفاده از آب‌های آلوده حاصله می‌نماید، اما نبودآیین‌نامه‌های

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

مورد نیاز ماده‌های پیش‌گفته و در نتیجه نبود بخش‌های مسئول پیگیری سردرگمی ممکن است ایجاد گردد. چنانکه کشاورزانی مخلوط آب و فاضلاب خام شهری و صنعتی را به عنوان آب متعارف در آبیاری و کشت محصول استفاده می‌نمایند. نبود طرح و مجریان پایش این نوع استفاده‌ها می‌تواند بطور آرام مشکلات بهداشتی و محیط‌زیستی جبران‌ناپذیر و یا برگشت‌ناپذیر ایجاد کند. بنابراین با توجه به روند رو به افزایش طرح‌های استفاده دوباره از آب ساماندهی این استفاده ضرورت دارد.

۲-۴- قراردادهای فروش آب غیرمتعارف

در صورتیکه معیارهای کیفی استفاده دوباره از آب بهنگام گردد که انجام آن اجتناب‌ناپذیر است، پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری باید فرایندهای تصفیه دیگری را بسته به نوع استفاده دوباره بگذراند.

بعضی از قراردادهای فروش پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در کشور که تحت نام قرارداد (پیمان) همسان هم گفته می‌شود مورد مطالعه قرار گرفت و ابهام‌های جدی در آن‌ها دیده می‌شود که بطور کلی مورد گفتگو قرار می‌گیرد.

- مبنای تعریف کیفیت پساب، استاندارد فعلی سازمان حفاظت محیط‌زیست است که در آن میزان مجاز بی‌اودی ۵ روزه و مجموع جامدات معلق هر کدام ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر برای کشاورزی توصیه شده است. این دو عدد در مقایسه با استانداردهای بسیاری از کشورها مطابق فصل ششم ارقام بالایی را نشان می‌دهد. همان‌طور که در بازدیدهای مزارع در مشهد مشاهده گردید وجود بی‌اودی زیاد در پساب باعث می‌شود که به مرور رنگ لایه‌های سطحی خاک تغییر نموده و به تیرگی گرایش پیدا نماید و هم احتمال بروز شرایط بی‌هوازی و تولید گازهای بدبو بیشتر شود و در نتیجه کشاورزان از کار در مزرعه احساس راحتی نکنند که می‌تواند پیامدهای نامطلوب و مغایر با هدف‌های طرح‌های جایگزینی آب ایجاد گردد. بعلاوه وجود مواد جامد معلق مورد بحث نشان از وجود انواع ذرات زنده بیماری‌زا و غیربیماری‌زا مانند باکتری‌ها در پساب دارد که انتقال آن‌ها به مزارع کشاورزی در درازمدت پیامدهای غیربهداشتی خواهد داشت.
- محدودیت‌های نوع کشت در آبیاری با پساب هم تعریف نشده است و در نتیجه می‌تواند باعث سردرگمی دو طرف گردد و از طرف دیگر نمی‌توان به سادگی نسبت به معدوم کردن محصول تولیدی آلوده نیز اقدام نمود.
- طبق ماده‌ای در همین قرارداد فروش پساب، پیش‌بینی شده است که اگر کیفیت پساب مطابق استاندارد موجود نباشد نسبت به اصلاح کیفیت پساب از طریق اختلاط آن با آب متعارف و غیره اقدام خواهد شد. در مورد این ماده نکته‌های زیر باید مورد توجه قرار گیرد:
  - فرایندهای مورد استفاده، بویژه در تصفیه‌خانه‌های لاگونی، توانایی تولید پساب مناسب استفاده دوباره از آب را ندارند، مگر آنکه فرایندهای دیگری به تصفیه‌خانه اضافه شود.
  - در این تصفیه‌خانه‌ها تاسیسات لازم برای جلوگیری از تخلیه پساب با کیفیت خارج از استاندارد پیش‌بینی نشده است، بنابراین باید به مزرعه هدایت و یا برای دفع نهایی برنامه‌ریزی شود.

بررسی‌های محلی نشان می دهد که در مواردی به علت هدایت پساب نامناسب برای استفاده موجبات نارضایتی کشاورزان فراهم گردیده است که می‌تواند طرح‌های استفاده دوباره را که یک طرح استراتژیک است درمرحله اجرا با مشکلات جدی روبه‌رو نماید. بنابراین لازم است تمام ویژگی‌های کیفیت پساب که در استفاده دوباره تولید محدودیت می‌نماید بطور مستمر و مرتب مورد پایش قرار گیرد و مصرف‌کننده از این جهت اطمینان خاطر داشته باشد.

- در قرارداد فروش پساب پیش‌بینی شده است که در صورتیکه پساب در مدت یک هفته دارای کیفیتی طبق استاندارد نباشد نسبت به تحویل آب متعارف و یا مخلوط آب و پساب اقدام خواهد شد. اجرای این بند در عمل با مشکلاتی روبه‌رو خواهد شد چنانکه اگر آب متعارف تخصیص یافته برای مصرف‌های شهری به کشاورزی برگردانده شود، بخش شهری با مشکل روبه‌رو می‌شود در نتیجه تنها جابجایی مشکل کمبود آب از محیط اجتماعی روستا به محیط اجتماعی شهر رخ می‌دهد و بعلاوه تناسب اختلاط آب و پساب هم تعریف نشده است که می‌تواند باعث بروز مشکلات دیگر گردد.

برای اجرای چنین سیاستی در تاسیسات تصفیه‌خانه‌های فاضلاب پیش‌بینی تمهیداتی ضرورت دارد که در تاسیسات تصفیه‌خانه‌های موجود دیده نمی‌شود و در مواردی فضای استقرار آن‌ها هم در نظر گرفته نشده است. اصولا تاسیسات تصفیه پساب برای تولید آب غیرمتعارف باید در حد ۱۰۰ درصد اعتمادپذیر، طرح، اجرا و مورد بهره‌برداری قرار گیرد و نگرانی تحویل آب غیرمتعارف خارج از استاندارد از قرارداد حذف گردد. بنابراین در حالیکه پیش‌نیازهای طرح‌های جایگزینی مانند افزودن فرایندهای جدید تصفیه پساب و تدوین معیارهای کیفیت آب غیرمتعارف برای استفاده و معیارهای پایش آن‌ها تعریف نشده، طرح‌های جایگزینی به اجرا در آمده است که می‌تواند مشکلات متعددی ایجاد شود.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

اجرای طرح‌های جایگزینی آب غیرمتعارف با آب متعارف لازم است به صورت آرام و مرحله‌بندی انجام گیرد، بدین‌ترتیب که هر سال با توجه به افزایش نیاز آب متعارف در بخش‌هایی غیر از کشاورزی تخصیص آن برای کشاورزی کاهش یابد و در این مسیر هم مسئولان تصفیه و تولید آب غیرمتعارف و هم کشاورزان دست‌اندرکار استفاده از آن با کسب تجربه در کار خود موفق شوند و هم سازمان حفاظت محیط‌زیست و یا هر سازمان نظارت و پایش محیط‌زیست بتواند پیامدهای منفی استفاده دوباره از آب را تشخیص و مهار نماید و برای انجام آن همکاری سازمان یافته تمام دست‌اندرکاران ضرورت دارد.

اصولا در برنامه استراتژیک جایگزینی آب غیرمتعارف هرگونه کار شتاب‌زده می‌تواند باعث شکست طرح گردد. بنابراین تاسیسات انتقال آب متعارف و غیرمتعارف و تمهیدات تناسب اختلاط آن‌ها باید پیش‌بینی گردد. نباید فراموش نمود که استفاده از آب غیرمتعارف برای کشاورزی ما یک سنت‌شکنی است و باید با احتیاط کامل انجام گیرد. پذیرش فرهنگی – مذهبی و علمی نیاز به ابزار و تمهیدات دارد.

در ماده ۴۶ قانون توزیع عادلانه آب[1] مسئولیت پیشگیری و جلوگیری از آلودگی منابع آب ناشی از طرح‌های مختلف توسعه به سازمان حفاظت محیط‌زیست سپرده شده است و این سازمان موظف گردید که آیین‌نامه‌های لازم را برای اجرایی نمودن این ماده قانونی تدوین نماید که در سال ۱۳۶۴ تهیه و به تصویب رسید.

ماده‌های مختلف این آیین‌نامه مانند ماده شماره ۱ به اهمیت فاضلاب‌ها که باعث آلودگی منابع آب می‌شوند توجه دارد و طبق ماده‌های دیگر، فاضلاب‌ها باید به گونه‌ای کنترل شوند که باعث آلودگی آب نشوند. اما مسئله آلودگی خاک بخصوص خاک‌های کشاورزی و مشکلات ناشی از کاربرد دوباره آب مورد عنایت آیین‌نامه قرار نگرفته است. بنابراین باید آیین نامه موجود مورد تجدیدنظر قرار گیرد. بعلاوه تعریف آلودگی که در بند ۲ ماده یک آیین نامه پیش‌گفته آورده شده است باید به صورت اعداد در آید تا تفسیر و تعبیرهای مختلف باعث سردرگمی دست‌اندارکاران نشود زیرا آلودگی دارای معیارهای کمی است.

یادآوری می‌شود که اگر صدور پروانه استفاده از پساب که به عهده وزارت نیرو است بدون آیین‌نامه خاص انجام گیرد و این استفاده باعث آلودگی منابع آب زیرزمینی و آب‌های سطحی شود، که در مواردی طبق گزارش موجود در نشریه ۵۳۵ معاونت راهبردی ریاست جمهور و دستاوردهای بررسی تحقیقات انجام شده، رخ داده است، سازمان حفاظت محیط‌زیست ملزم به توقف طرح استفاده دوباره مربوط می‌باشد که با توقف آن و تعطیل شدن عملیات بهره‌برداری از هر طرح می‌تواند پیامدهای اجتماعی داشته باشد گرچه انجام این بخش از کار در پرده ابهام قرار دارد. بنابراین آیین‌نامه اجرایی لازم باید با همکاری وزارت نیرو، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و سازمان حفاظت محیط‌زیست با توجه به دستاوردهای اخیر جهانی بخصوص توصیه‌های سازمان بهداشت جهانی تهیه و تدوین گردد و پایش و اجرای آیین‌نامه هم به عهده سازمان حفاظت محیط‌زیست باقی بماند تا از بروز پیامدهای نامطلوب و شکست طرح اجتناب گردد.

از مهمترین بخش‌های آیین‌نامه، تدوین معیارهای کیفی پساب و تعریف معیارهای آلودگی آب و خاک در رابطه با استفاده از آن است که مورد گفتگو قرار می‌گیرد.

برای اجرای ماده‌های ۲۴ و ۴۶ قانون توزیع عادلانه آب به کمک آیین‌نامه‌های پیش‌گفته کمبودهای زیادی وجود دارد که مجری در انجام پایش‌ها و تفسیر نتایج نمونه‌برداری‌ها با مشکل روبه‌رو خواهد شد.

در ماده ۶ آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب[1] از سازمان حفاظت محیط‌زیست خواسته شده است که منابع آب را طبقه‌بندی نماید و طبق ماده ۷، ۸ و ۹ حفاظت و مراقبت از منابع آب نیز به عهده سازمان قرار دارد. با توجه به توسعه کشور در زمینه کشاورزی، صنعت و شهری و نزدیک شدن اجتماعات، و با توجه به محدودیت منابع آب، دیگر نه بالادستی وجود دارد و نه پایین‌دست و هر منبع آب مورد استفاده تمام بخش‌ها می‌باشد. حال این طبقه‌بندی آب‌ها با چه معیارهایی باید انجام گیرد و چه کاربردی دارد در آیین‌نامه ذکری از آن به میان نیامده است.

در آیین‌نامه بهداشت محیط مصوب هیئت وزیران در سال ۱۳۷۱ در ماده ۳ یادآوری شده است که نظارت بر کیفیت آب آشامیدنی همگان به عهده وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی است اما از طرف دیگر در تبصره آن یادآوری می‌شود که آیین نامه اجرایی ماده ۴۶ قانون توزیع عادلانه آب که مسئولیت اجرایی آن به عهده سازمان حفاظت محیط‌زیست است همچنان به قوت خود باقی است اما نمونه برداری، آزمایش آب و تشخیص وضعیت آلودگی آب آشامیدنی همگان به عهده وزارت بهداشت،

۱. ماده ۴۶ ـ آلوده ساخت آب ممنوع است، مسئولیت پیشگیری و ممانعت و جلوگیری از آلودگی منابع آب به سازمان حفاظت محیط‌زیست محول می‌شود. سازمان مذکور موظف است پس از کسب نظر سایر مقامات ذیربط کلیه تعاریف، ضوابط، مقررات و آیین‌نامه‌های مربوط به جلوگیری از آلودگی آب را تهیه و به تصویب هیئت وزیران برساند و پس از تصویب لازم الاجرا خواهد بود.

۱. ماده ۶ ـ طبقه‌بندی کلی آب‌های پذیرنده اعم‌از سطحی و زیرزمینی و دریاچه‌ها و آب‌های ساحلی با توجه به قدرت جذب و تصفیه طبیعی آلوده‌کننده‌ها بر حسب اولویت‌ها و به‌تدریج توسط سازمان و با همکاری وزارت‌خانه‌ها و مؤسسات مذکور در ماده (۳) این آیین‌نامه تعیین و اعلام خواهد شد.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

درمان و آموزش پزشکی است. بنابراین وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی باید نتایج مطالعات و دستاوردهای نمونه‌برداری از منابع آب آشامیدنی عموم را به سازمان حفاظت محیط زیست تسلیم نماید و این سازمان طبق آیین‌نامه و ضوابط مصوب موجود اقدام اجرایی نماید. در حالیکه شرکت دیگری مسئولیت تصفیه و تولید آب شرب عموم را به عهده دارد.

سازمان حفاظت محیط زیست به استناد ماده ۴۶ قانون توزیع عادلانه آب در تاریخ ۱۳۷۳/۰۲/۱۸ آیین‌نامه دیگری را به تصویب هیئت وزیران رسانید که در آن ۲۲ ماده وجود دارد. در بند ۳ ماده یک آلودگی آب در حد محدودیت مصرف آب تعریف شده است که تفسیر مجری را با ابهام روبه‌رو می‌نماید. زیرا هر منبع آبی می‌تواند برای مصرف‌های مختلف در نظر گرفته شود که کیفیت آب مورد نیاز آن‌ها یکسان نیست. برای مثال منبع آبی می‌تواند در حدی آلوده شود که برای کشاورزی مشکلی ایجاد ننماید اما برای مصرف‌های شرب با محدودیت روبه‌رو شود. به همین دلیل در ماده ۵ آیین‌نامه ضرورت تدوین استانداردهای مربوط به آلودگی و با ذکر روش‌های سنجش آن‌ها تاکید گردیده است زیرا آلودگی دارای ماهیت کمی است و آب جاری در بیشتر رودخانه‌های کشور برای مصرف‌های مختلف در نظر گرفته می‌شود و بنابراین تعریف آلودگی مبهم است.

در ماده ۶ نیز طبقه‌بندی آب‌ها با توجه به بند ۳ ماده یک قرار است انجام گیرد. بنابراین اجرای آیین‌نامه بدلیل ابهامات زیاد با مشکل روبه‌رو می‌شود. برای مثال در تبصره ماده ۷ قرار است از فاضلاب‌ها نمونه‌برداری شده و برای رفع آلودگی آن اقدام شود که موضوع در حد لازم مورد شرح قرار نگرفته است. مفهوم رفع آلودگی از فاضلاب در پرده ابهام قرار دارد. بنابراین اجرای ماده ۳ و ۴ در گرو اجرای ماده ۵ آیین‌نامه می‌باشد و تمام آن در گرو بند ۳ ماده یک می‌باشد که باعث ایجاد مشکلاتی در اجرای آیین‌نامه شده است.

برای رفع ابهامات آیین‌نامه ماده ۴۶ قانون توزیع عادلانه آب که یکی از مهمترین منابع برای توسعه همه جانبه کشور است، همکاری چندین نهاد اجرایی لازم است که در ماده ۳ یادآوری شده است. آیین‌نامه ماده قانونی ۴۶ پیش‌گفته لازم است توسط سازمان حفاظت محیط زیست و با همکاری متخصصین تکمیل و بهنگام گردد، به ویژه در مورد پایش کیفیت آن.

در پایان این بحث یادآوری می‌شود که در بحث استفاده دوباره از آب آلودگی خاک و آلودگی آب به هم گره خورده هستند، در حالیکه بحث خاک در این آیین‌نامه مورد توجه قرار نگرفته است.

تبصره ماده ۵ که تشکیل کمیته دائمی را مدنظر قرار داده است خود مقوله مفصل دیگری است. بنابراین بطور اجمال باید گفت که آیین‌نامه در بستر استفاده دوباره از آب در حد لازم شفاف نبوده و در مرحله اجرا با مشکلات متعددی روبه‌رو شده است.

۲-۵- دستاوردها

چون هر گونه استفاده از آب حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری می‌تواند باعث آلودگی آب، خاک و محصولات تولیدی و انتشار بیماری‌ها گردد و نظارت و کنترل آن به عهده سازمان حفاظت محیط زیست است، بنابراین صدور پروانه و یا مجوز استفاده از آب غیرمتعارف که به وزارت نیرو محول شده است، نمی‌تواند بدون معیارهای سازمان حفاظت محیط زیست و سیاست‌های بخش کشاورزی محل انجام گیرد. این معیارها تاکنون توسط این سازمان بهنگام و کامل تهیه نشده است و آنچه که فعلا وجود دارد نیاز به بازنگری دارد.

در مجلد پیوست بخشنامه شماره ۸۷۵۱۲/۷۰۰ وزارت نیرو و در نشریه شماره ۵۳۵ معاونت نظارت راهبردی ریاست جمهوری توصیه‌ها و شرح خدمات مطالعات استفاده دوباره از آب تدوین یافته است که به اجمال در مورد بعضی از مطالب آن نکته‌هایی ارائه می‌گردد.

- در نشریه شماره ۱۷۷- الف موسوم به فهرست خدمات مطالعات مرحله توجیهی طرح‌های فاضلاب و در بند شماره ۲-۱ تعیین کیفیت آب غیرمتعارف مورد نیاز مصرف کننده احتمالی به عهده مشاور مسئول انجام مطالعات قرار گرفته است که برآن ایراداتی به شرح زیر وارد است:
- کیفیت آب غیرمتعارف و نوع استفاده آن از دیدگاه بهداشت و محیط زیست باید در آیین‌نامه اجرایی ماده ۲۴ قانون توزیع عادلانه آب توسط کارگروه نمایندگان سازمان حفاظت محیط زیست، وزارت نیرو و وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و کارشناسان مستقل به صورت اعداد تعریف گردد که نمونه‌های آن در جدول شماره پ - ۲ پیوست شماره یک این مجلد آورده شده است. بعضی از ویژگی‌های مورد توجه عبارتند از: کدورت، حدود کلیفرم گوارشی، حدود کل کلیفرم‌ها، حدود جامدات معلق، بی‌اودی، فلزات سنگین و غیره.

حال هر مصرف‌کننده آب غیرمتعارف، بسته به نوع کاربرد، ویژگی‌های دیگری را هم باید به صورت اعداد تعریف نماید تا فرایندهای تصفیه بیشتر انتخاب و مورد استفاده قرار گیرد و البته این ویژگی‌ها

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

نباید مغایر با معیارهای مصوب باشد. در این صورت اگر انجام این بخش از کار به عهده مهندسان مشاور متخصص تصفیه و انتقال پساب قرار گیرد، ایجاد هماهنگی و وحدت رویه که هدف مورد نظر بخشنامه است حاصل نخواهد شد و اصولا انجام آن در صلاحیت مشاوران که در چارچوب ضوابط و معیارهای فنی باید انجام وظیفه نمایند، نیست. بعلاوه شرکت‌های آب و فاضلاب و مهندسان مشاور مختلف با توجه به شرایط محلی ممکن است به تصمیم‌گیری‌هایی دست یابند که با معیارهای ملی و سیاست‌های استراتژیک همسو نباشد. مهندسان مشاور باید استانداردها را مراعات نه اینکه تعریف نمایند.

در مورد مطالعات مربوط به ویژگی‌های فرهنگی نیز باید یادآوری شود که در حوزه تخصصی مهندسان مشاور آب و فاضلاب نبوده و لازم است بطور مستقل توسط گروه متخصص و زیر نظر شرکت‌های آبفا انجام گیرد.

- برای تدوین ضوابط فنی و معیارهای کمی چون فشارهای هیدرولیکی و معیارهای کیفی و انتخاب مصالح، مواد و تاسیسات مورد استفاده در طرح‌های استفاده از آب غیرمتعارف، حتی انجام محاسبات هیدرولیکی و انتخاب ضریب زبری لوله‌ها با توجه به رشد بیوفیلم روی سطوح داخلی لوله‌ها نیاز است که وزارت نیرو ضوابط فنی لازم را تدوین نماید تا مهندسان مشاور ملزم به رعایت آن‌ها گردد چنانکه در مورد آب متعارف این بخش از کار را انجام داده و می‌دهد.
- در بخش اثرهای محیط‌زیستی هم، رویه انجام و هدف‌های مطالعات همراه با سئوالات اساسی، با شرح خدمات "مطالعات محیط‌زیست ناشی از کاربرد آب غیرمتعارف" باید توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست تدوین گردد که با نام شرح خدمات مطالعات عمومی شناخته می‌شود و حال هر پروژه استفاده دوباره شرح خدمات محیط‌زیستی ویژه خود را تدوین می‌نماید.

بطور کلی بخش‌هایی از شرح خدمات ارائه شده در نشریه شماره ۳۰۶-الف که در سال ۱۳۸۸ با شماره ۴۳۴ انتشار یافت لازم است در آیین‌نامه‌های اجرایی مربوط ارائه گردد. در پایان باید توجه داشت که با توجه به ضرورت حفظ استراتژی جایگزینی پساب تصفیه شده به جای آب متعارف، پیش‌نیاز مطالعات شبکه جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب، انجام مطالعات مربوط به پتانسیل‌های استفاده دوباره می‌باشد تا براساس نتایج این مطالعه بتوان سیمای شبکه جمع‌آوری و فرایندهای تصفیه و موقعیت تصفیه‌خانه فاضلاب را تعیین نمود. اجرای این پیشنهاد در شرایط فعلی بدلیل نبود معیارهای کیفیت پساب مورد مصرف و ابهام در اولویت‌های استفاده دوباره از آب با موانعی روبه‌روست بنابراین تدوین ضوابط فنی برای ارزیابی و تصویب گزارش‌های تهیه شده استفاده دوباره از آب نیز از الزامات است.

- قانون حفاظت و بهسازی محیط‌زیست - طبق ماده ۶ این قانون یکی از وظایف سازمان حفاظت محیط‌زیست انجام تحقیقات، بررسی‌های علمی و اقتصادی در زمینه حفاظت، بهبود و بهسازی محیط‌زیست است. بنابراین پایش هر طرح استفاده دوباره از آب بدلیل احتمال بروز آلودگی آب، خاک و تغییر اکولوژی محیط‌زیست یکی از وظایف سازمان بوده و بدلیل احتمال انتشار و سرایت بیماری به عهده وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی هم می‌باشد و کارگروه مشترکی باید پایش‌ها را انجام دهد.

طبق ماده ۲ و ۶ نظارت سازمان حفاظت محیط‌زیست بر طرح‌های استفاده از آب غیرمتعارف الزامی است و به همین دلیل همکاری وزارت نیرو، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و سازمان حفاظت محیط‌زیست ضرورت دارد. چنانکه طبق ماده ۹ و ۱۰ طرح‌های استفاده دوباره از آب قبل از اجرای طرح باید به تصویب سازمان حفاظت محیط‌زیست کشور برسد و پس از تصویب هم مسئولیت پایش نتایج عملیات بهره‌برداری به عهده سازمان حفاظت محیط‌زیست است. در بررسی‌های محلی انجام این کار در حد موثر، مشاهده نگردید.

با توجه به آنچه که در این فصل، آن هم به صورت چکیده آورده شد، مشاهده می‌شود که در قوانین و آیین‌نامه‌های مصوب، خطرهای بهداشتی و محیط‌زیستی استفاده از آب غیرمتعارف مورد عنایت قانون‌گذار[1] بوده است و طبعا در بخش‌هایی از وزارت نیرو، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و سازمان حفاظت محیط‌زیست مسئولانی مجری این آیین‌نامه‌ها هستند. اما با نگاهی به روند آلودگی آب رودخانه‌ها، می‌توان استنتاج نمود که در اجرای قوانین مربوط مشکلاتی وجود دارد. شاید نبود همکاری مردم و بخش خصوصی، بی‌توجهی مسئولان و مجریان طرح‌های توسعه و بالاخره عنصرهای فرهنگی و اقتصادی از علل اصلی اجرا نشدن قوانین مورد بحث است.

متاسفانه گزارش‌های مستندی هم در این زمینه‌ها توسط دستگاه‌های مسئول، تهیه و انتشار نیافته است تا جامعه بتواند نسبت به ویرانی و آلودگی محیط‌زیست خود، آگاهانه احساس مسئولیت نماید. حتی

۱. چنانکه اگر شیوه‌نامه مربوط به اجرای بخشنامه ۴۵۸۶/۳۱/۱۰۰ مورخ ۱۳۸۰/۰۲/۰۹ مراعات می‌گردید اطلاعات جامعی در مورد آب غیرمتعارف در کشور در دسترس بود.

MARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

در فرایند تهیه کتاب بویژه برای تکوین فصل اول و دوم که وضعیت موجود را منعکس می‌نماید به علت در دسترس نبودن مستندات، کار تهیه کتاب با مشکل روبه‌رو گردید و از این جهت ابراز تاسف می‌شود زیرا سیمای واقعی و کامل استفاده دوباره از آب در کشور به صورت موردی تدوین گردید.

۲-۶- اقدامات ضروری

برای اجرای مطلوب طرح استراتژیک جایگزینی آب غیرمتعارف حاصل از تصفیه پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری بجای آب متعارف و حفظ بهداشت محیط، سلامت جامعه و حفظ محیط‌زیست لازم است آیین‌نامه‌ها، ضوابط فنی و معیارهای این صنعت بهنگام گردد. مهمترین کمبودهای اجرای طرح‌های جایگزینی عبارتند از:

- بازنگری شرح خدمات مهندسان مشاور دست‌اندرکار مطالعه، طراحی و نظارت بر اجرای تاسیسات جمع‌آوری، تصفیه فاضلاب، تصفیه تکمیلی و پیشرفته پساب و توزیع و استفاده از آب غیرمتعارف. بخش اعظم مطالب و توجهات لازم در نشریه‌های پیوست شماره ۲ آورده شده است که می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد؛
- تدوین معیارها و ضوابط فنی برای رسیدگی و تصویب گزارش‌های تهیه شده در مورد تصفیه فاضلاب و استفاده از آن؛
- تدوین معیارهای کیفیت آب غیرمتعارف در رابطه با نوع مصرف و تاسیسات انتقال و توزیع و مشخصات فنی آن‌ها؛
- تدوین آیین‌نامه‌های لازم و یا بهنگام نمودن آیین‌نامه‌های موجود در مورد استفاده دوباره از آب و توجه خاص به پایش پیامدهای بهداشتی و محیط‌زیستی آن. بنابراین برای نوشتن آیین‌نامه لازم ماده قانونی ۲۴ قانون توزیع عادلانه آب توسط وزارت نیرو و ایجاد تشکیلات صدور مجوز و پایش‌های لازم به هر نحوی که تهیه شوند با ماده ۷ آیین‌نامه مربوط به ماده ۴۶ قانون توزیع عادلانه آب که در سال ۱۳۷۳ توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست تهیه و به تصویب هیئت دولت رسیده است همپوشانی در مسئولیت‌ها خواهد داشت. بنابراین در تهیه آیین‌نامه پیش‌گفته همکاری سازمان حفاظت محیط‌زیست ضرورت دارد. این امر بخصوص در بخش نظارت بر نحوه اجرای ماده‌های آیین‌نامه مشکلاتی به وجود خواهد آمد مگر آنکه در آیین‌نامه مسئولیت‌ها بطور شفاف تعریف گردد. زیرا صدور مجوز استفاده از آب غیرمتعارف با توجه به عنصرهای طرح مانند فرایندهای تصفیه و کیفیت، معیارهای طراحی و اجرای تاسیسات انتقال، ذخیره و توزیع و در مواردی تخلیه و دفع دارای پیامدهای بهداشتی و محیط‌زیستی است که ناظر بر آن‌ها سازمان و وزارت‌خانه‌های دیگر می‌باشند. چون دیدگاه‌های وزارت جهاد سازندگی و کشاورزی هم در این امر دخالت دارد. بنابراین چارچوب تشکیلات و شرح وظایف پایش‌ها که چندین سازمان مستقل به حکم قانون مسئولیت نظارت و اعمال قانون دارند دارای ابهامات زیادی است و از کمبودهای زیادی رنج می‌برد؛
- تشکیل دبیرخانه و یا ستاد و کارگروه‌های تخصصی بین بخشی برای انجام مستمر مدیریت در نظارت و جمع‌آوری اطلاعات در مورد وضعیت استفاده دوباره از آب که از کمبودهای جدی در شرایط فعلی است[1] و نبود هماهنگی و ابهام مسئولیت در سازمان‌های مرتبط با استفاده دوباره مشاهده می‌شود. در طی ۱۰ سال گذشته مقوله استفاده دوباره از آب مورد توجه مسئولان دولتی و کارشناسان بخش‌های خصوصی قرار گرفته و هر کدام با نگاهی مستقل به مسائل توجه نموده و نشریه‌ای تدوین نموده‌اند که در پیوست شماره ۲ آورده شده است. استفاده از آن‌ها در کارگروه‌های تخصصی مورد تاکید است. جمع‌آوری اطلاعات در مورد وضعیت کنونی استفاده دوباره از آب و پیامدهای آن که هدف اصلی فصل اول این کتاب است از نخستین اقدامات است تا براساس شرایط فعلی بتوان برنامه‌ریزی‌های پیش‌گفته را انجام داد؛
- تدوین طرح‌های تحقیقات کاربردی و اجرای آن توسط دانشگاه‌ها و موسسات تحقیقاتی با تاکید بر پیامدهای ناشی از کاربرد آب غیرمتعارف در کشور با توجه به اهمیت روزافزون آن و برطرف نمودن نگرانی‌های موجود در بین کشاورزان و مصرف‌کنندگان محصولات تولیدی؛
- تدوین راهکارهایی که بتوان بخش‌های کشاورزی، شهری و صنعت را برای استفاده دوباره از آب ترغیب نمود و در صورت وجود آب غیرمتعارف، ایجاد محدودیت‌ها و صرفه‌جویی در زمینه مصرف آب متعارف انجام گیرد. باید یادآوری گردد که قبل از هرگونه صدور پروانه استفاده دوباره باید نسبت به پیشنهادات آورده شده در این بخش و تهیه نرم‌افزار مورد بحث در بخش ۲-۷ اقدام گردد. تدوین معیارهای کیفیت آب غیرمتعارف و نوع مصرف نخستین کار اساسی است و در نبود این معیارهای کیفی و روش‌های مدون

۱. گرچه شیوه‌نامه آن برای اجرا به شرکت‌های آب منطقه‌ای ابلاغ گردیده است.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

علمی پایش و ظرفیت‌سازی سازمانی، بهره‌برداری از طرح‌های استفاده دوباره در درازمدت با مشکلات زیادی روبه‌رو خواهد شد.

بروز این مشکلات می‌تواند مشتریان آینده آب غیرمتعارف و محصولات کشاورزی حاصل از آن را نگران نموده تا روی خوش نشان ندهند.

برای مثال در صورتیکه جدول شماره ۱-۱ نشریه ۵۳۵ معاونت نظارت راهبردی دفتر نظام فنی اجرایی وزارت نیرو مورد توجه قرار گیرد می‌توان مشاهده نمود که افزایش شوری آب رودخانه، افزایش غلظت عنصرهای سنگین در آب زیرزمینی، کاهش نفوذپذیری خاک کشاورزی، افزایش فلزات سنگین در خاک کشاورزی و انتقال آن به گیاه و پیامدهای نامطلوب دیگر بروز نموده است که می‌تواند بسیار جدی شود. حال در صورتیکه استفاده دوباره از آب توسط بخش‌های کشاورزی، صنعت و شهری با استقبال روبه‌رو شود نکته‌هایی چند در تدوین آیین‌نامه‌های اجرایی باید مورد توجه قرار گیرد.

- ویژگی‌های آب غیرمتعارف مورد نیاز مصرف‌کنندگان آینده از نظر کیفیت یکسان نخواهد بود. گروهی از شاخص‌های کیفیت عبارت است از: بی‌او‌دی، تی‌او‌سی، کدورت، مواد معلق، مجموع کلیفرم و کلیفرم گوارشی و در مورد مصرف‌های صنعتی ضریب لانگلیر، پی‌اچ، قلیاییت و غیره و در صورتیکه در فاضلاب فلزات سنگین وجود دارد نیز باید در معیارها آورده شود و اگر هدف تقویت منابع آب خام مصرف شرب باشد توجهات خیلی بیشتری مورد نیاز است.
- تولیدکننده و فروشنده آب غیرمتعارف، باید طبق قرارداد متعهد به تحویل آب با ویژگی‌های آمده در قرارداد باشند و اگر شاخص‌ها به ضرر مصرف‌کننده تغییر نماید باید تولیدکننده به گونه‌ای جریمه شود. نوع جریمه از مسایلی است که در آیین‌نامه و ضوابط باید تعریف شود. اما اصل این است که از تولید و تحویل آب غیرمتعارف خارج از قرارداد اجتناب گردد که از نظر مهندسی ممکن می‌باشد.
- در صورتیکه مصرف‌کننده آب غیرمتعارف شرایط و الزامات آمده در قرارداد را رعایت نکند نیز مشمول جریمه‌هایی می‌شود که نوع آن شامل جریمه نقدی و قطع تحویل آب می‌تواند باشد.

۲-۷- نرم‌افزارهای لازم

تنوع و طیف ویژگی‌های آب غیرمتعارف و تنوع تعهدات تولیدکننده و مصرف‌کننده و طیف پیامدهای محیط‌زیستی ناشی از تخلفات در حدی است که نباید تشخیص آن‌ها و جریمه‌ها را در گرو قضاوت حرفه‌ای مجری قرار داد و توصیه می‌شود که برای هرگونه خلاف از هر طرف با توجه به اهمیت آن نوع جریمه و یا تشویق تعریف و به صورت کدهایی تنظیم گردد و با تهیه نرم افزار مناسب برای نظارت و پایش و صدور احکام جریمه‌ها از کدهای مربوطه بهره گرفت و بدین ترتیب می‌توان در سطح کشور از یک رویه ثابت استفاده نمود. برای مثال اگر بی‌او‌دی آب متعارف برای کاربرد ویژه‌ای ۲۰ میلی‌گرم در لیتر در قرارداد تولید تعریف شود و تولیدکننده آبی با بی‌او‌دی ۲۵ یا ۳۰ و یا ۴۰ میلی‌گرم در لیتر در مدت‌های مختلف تولید نماید، جریمه‌های مربوط نمی‌تواند یکسان باشد و به همین ترتیب ویژگی‌های دیگر تعریف شده می‌تواند دارای طیف تخلفات باشد. تهیه و استفاده از یک نرم‌افزار مناسب یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر است. استفاده از چنین نرم‌افزارهایی می‌تواند وضعیت استفاده از آب غیرمتعارف را از نظر کمی، کیفی و پیامدهای محیط‌زیستی حاصله را به صورت لحظه‌ای نشان دهد که در برنامه‌ریزی‌های مختلف کاربرد دارد. حتی روش‌های جلوگیری از بروز تغییرات کمی و کیفی هم می‌تواند در برنامه نرم‌افزاری آورده شود. در مورد اهمیت و ضرورت تهیه این نرم‌افزار سخن بیشتری گفته نمی‌شود.

۲-۸- نتیجه‌گیری

در پایان این فصل لازم به یادآوری است که طبق گزارش‌ها و محاسبه‌ها مقدار آب غیرمتعارف حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری در کل کشور در حدود ۵-۶ میلیارد متر مکعب خواهد بود و نیاز کشور به آب در زمانی که جمعیت کشور به ۱۰۰ میلیون نفر می‌رسد حدود ۱۳۰ میلیارد متر مکعب است و مقدار آب غیرمتعارف حدود ۳ درصد نیاز کشور است. در حالیکه اگر در مدیریت مصرف آب شهری، کشاورزی و صنعت توجه شود، مقدار صرفه‌جویی آب متعارف می‌تواند چند برابر آب غیرمتعارف تولیدی باشد و بنابراین برای جلوگیری از پیامدهای نامطلوب بهداشتی و محیط‌زیستی و هزینه‌های تصفیه و انتقال و توزیع آن در بخش شهری، صنعتی و کشاورزی برای محصولات و بخصوص هزینه‌های مدیریتی نظارت و پایش توصیه می‌شود استفاده دوباره را محدود به توسعه فضاهای سبز اطراف شهرها و آبیاری محصولات صنعتی نمود که هم اکنون از آب متعارف استفاده می‌شود و بدین ترتیب هزینه‌های تدوین معیارها و ضوابط فنی و هزینه‌های پایش کاهش چشمگیری پیدا خواهد نمود. عنایت به این فرضیه در واقع رعایت یکی از اصول صرفه‌جویی آب است که با نام جایگزینی در کتاب مطرح گردیده است.

لازم به توجه است که در شرایط متعارف توسعه فیزیکی شهرها بدلیل ایجاد واحدهای مسکونی

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

و شهرک‌سازی همراه است با کاهش نفوذپذیری سطوح اراضی زیرپوشش تاسیسات شهری نسبت به بارش‌های آسمانی این کاهش نفوذپذیری دو پیامد نامطلوب در بر دارد:

- کاهش میزان تغذیه منابع آب زیرزمینی منطقه
- افزایش میزان سیلاب‌ها و یا رواناب‌های حوزه

و در نتیجه اعداد و ارقام بودجه آبی حوزه دچار تغییرات نامطلوب می‌گردد. اما با گسترش فضای سبز اطراف شهرها توسط آب غیرمتعارف پیامدهای منفی گسترش فیزیکی شهرها کم رنگ‌تر خواهد شد. بعلاوه آلودگی هوای شهرها به ریزگردها را نیز کاهش می‌دهد.

طرح فضای سبز پیشگفته می‌تواند طوری انجام گیرد که علاوه بر افزایش زیبایی‌های محیط‌زیست و توسعه حیات وحش رشد بی‌رویه حاشیه‌نشینی را نیز تحت کنترل قرار دهد. بعلاوه با توجه به کیفیت آب غیرمتعارف لازم این استفاده و معیارهای پایش بهداشتی و محیط‌زیستی هزینه‌های اجرای این گونه طرح‌ها نیز کاهش می یابد.

متاسفانه اجرای پیشنهاد مورد بحث در بعضی از حوزه‌ها و مناطق کشور نمی‌تواند به سادگی مورد پذیرش و اجرا قرار گیرد زیرا روند افزایش جمعیت و نیاز به آب در حدی است که پساب پس از تبدیل به آب غیرمتعارف باید جایگزین سهمیه آب کشاورزان گردد که در کار کشت مشغولند. بنابراین استفاده دوباره از آب در کشاورزی یک برنامه استراتژیک در نظر گرفته می‌شود و برای جلوگیری از شکست آن اقداماتی ضرورت دارد که در این کتاب به اختصار آورده شده است.

گزینه استفاده از آب غیرمتعارف در محدوده‌های شهری و کاهش مصرف آب متعارف که در فصل سوم مورد توجه قرار می‌گیرد باید بیشتر از گذشته در طرح جامع آب دیده شود که در فصل چهارم آورده شده است. بررسی‌های انجام شده برای تهیه مطالب فصل اول و دوم کتاب نشان می‌دهد که گرچه از نظر علمی در این کار ما دارای پویایی امیدوارکننده هستیم اما از نظر مستندسازی کارهای عملی و طرح‌های تحقیقاتی کاربردی دچار کمبودهایی هستیم که فرایند انباشت علم و تجربه را در کشور ما با مشکل روبه‌رو می‌نماید. با توجه به اهمیت بهداشتی، محیط‌زیستی، اقتصادی و استراتژیک طرح‌های استفاده دوباره از آب ایجاد ستادهای پایدار با دستورالعمل‌های شفاف و روشن در سطح استان‌ها برای مستندسازی کارها ضرورت دارد تا موانع موجود را برطرف نمایند تا کم‌کم در مراجع بین‌المللی هنگامی که از مطالعات موردی چون فصل ششم سخن می‌رود نامی هم از طرح‌های استفاده دوباره از آب در ایران آورده شود.

۳ پتانسیل‌های استفاده دوباره از آب

۳-۱- نگاه اصلی

در فصل اول با استفاده از ارقام و اعداد مربوط به جمعیت و پتانسیل آب کشور و مقدار فاضلاب‌های تولیدی در سال ۱۴۰۰ نتیجه‌گیری شد که از فاضلاب به کمک فرایندهای تصفیه می‌توان آبی با نام آب غیرمتعارف تولید نمود و با توجه به کیفیت آن مورد استفاده قرار داد و در فصل ششم هم با ارائه گزارش های موردی نشان داده شده است که دنیا هم به دنبال طرح‌های استفاده دوباره از آب می‌باشد.

استفاده از پساب تصفیه شده دارای مزیت‌های مهم زیر است:

- کاهش نیاز به منابع آب متعارف که در مورد منابع آب نزدیک اجتماعات بزرگ شهری و منطقه‌های با محدودیت بارش‌ها، درخور ملاحظه است. از محدودیت‌ها و مشکلات توسعه طرح‌های آب متعارف گفتگویی نمی‌شود، زیرا در شرایطی توسعه منبع آب غیرمتعارف امتیازات بیشتری نسبت به آب متعارف دارد.
- در مناطقی بدلیل ضرورت اجرای طرح‌های استفاده دوباره از آب و در نتیجه نبود ضرورت تخلیه و دفع فاضلاب به منابع آب متعارف ممکن است روند آلودگی این منابع کندتر شود و در صورتیکه معیارهای حفظ محیط‌زیست بهنگام گردد در موارد زیادی هزینه تصفیه برای دفع گرانتر از هزینه برای استفاده دوباره است بنابراین پیگیری این استراتژی کلید موفقیت طرح‌های استفاده دوباره است.
- برای انتقال، تصفیه و توزیع آب انرژی الکتریسیته به کار می‌رود بنابراین استراتژی استفاده دوباره از آب با استفاده دوباره از انرژی الکتریسیته به نوعی گره خورده است.
- بدلیل وجود مواد غذائی ازته، فسفر و پتاس در آب غیرمتعارف نیاز به مصرف کودهای شیمیایی در

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

کشاورزی و حتی فضاهای سبز، ورزشی و تفریحی کاهش می‌یابد. این استفاده دوباره بطور کلی باعث افزایش تولیدات کشاورزی می‌شود و مدارک موجود، این نتیجه‌گیری را ثابت می‌کند.

- جایگزین نمودن آن با آب متعارف سهمیه کشاورزان و حفظ فعالیت‌های کشاورزی منطقه تحت نام برنامه‌های جایگزینی در منطقه‌هایی از کشور اجتناب‌ناپذیر است. اما توجه به اصول استمرار و پایداری طرح از طریق پایش مستمر ضرورت دارد.
- تغییرات بارش‌های آسمانی روی میزان آب غیرمتعارف مورد برنامه‌ریزی تاثیر کمتری دارد و بنابراین برنامه‌های استفاده از آن قابل اعتمادتر است که برای کشاورزان از اهمیت زیادی برخوردار است. با توجه به روند توسعه دانش و صنعت تصفیه فاضلاب، می‌توان طبق نیاز مصرف‌کننده آب غیرمتعارف تولید نمود، بنابراین تصفیه پساب طبق معیارهای مصوب نه بیشتر و نه کمتر باید یک اصل باشد.

اما استفاده از فاضلاب شهری که حاوی انواع عوامل بیماری‌زا مانند باکتری‌ها و ویروس‌های بیماری‌زا، انگل‌های روده‌ای و انواع ترکیب‌های شیمیایی خطرناک است نیاز به برنامه‌ریزی برای گزینه‌های مختلف استفاده دارد و بنابراین برای هر گونه استفاده از آن لازم است معیارهای کیفی برای آن تعریف شود تا خطر انتقال بیماری به کشاورزان و خانواده‌های آن‌ها، مصرف‌کنندگان محصولات و اجتماعات نزدیک مزارع به حداقل برسد.

این مجلد در مورد تصفیه فاضلاب و یا مهندسی انتقال و توزیع و آبیاری، تنها از دیدگاه استفاده دوباره نگاه می‌نماید و به بخش‌های تخصصی آن‌ها تنها با اشاره بسنده می‌نماید.

در صورتیکه شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهری دریافت‌کننده فاضلاب‌های صنعتی باشد، دانستن ترکیب‌های صنعتی موجود در فاضلاب صنعتی ضروری است. زیرا بسیاری از املاح و ترکیب‌های آلی محلول در آن در فرایندهای متعارف تصفیه فاضلاب یعنی تصفیه اولیه و ثانویه تا سقف ۱۰۰ درصد زدایش نمی‌شوند و حتی در فرایندهای متعارف تصفیه پساب هم قابل زدایش در حد بی‌خطر نمودن آن نبوده و بنابراین در مزارع مورد آبیاری مشکل‌آفرین می‌شوند.

بعضی از این ترکیب‌ها ممکن است در غلظتی در پساب باقی بمانند که دستگاه‌های اندازه‌گیری متعارف موجود قادر به سنجش آن‌ها نباشد اما تجمع آن در خاک کشاورزی یک مسئله مهم است و از طرف دیگر با نوشیدن آب آلوده به آب غیرمتعارف مورد بحث و ورود آن به بدن از طریق نوشیدن و یا مواد غذایی ممکن است در درازمدت روی سلامتی مصرف‌کننده آثار نامطلوب ایجاد نماید.

۳-۲- انگیزه‌های استفاده دوباره از آب و چالش‌ها

دو انگیزه اصلی جهانی استفاده دوباره از آب عبارت از کمبود و یا نبود آب و استفاده از سود حاصل از این استفاده دوباره است. اما استفاده مستقیم از فاضلاب خام به علت نبود و کمبود تاسیسات جمع‌آوری و تصفیه است که باعث تخلیه به انهار و مسیل‌ها شده و در صورت نبود آب سالم و بهداشتی، در پایین‌دست‌ها بدلیل جاذبه‌های اقتصادی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

همان‌گونه که اشاره شد کمبود آب نخستین انگیزه استفاده دوباره است. این وضعیت در مناطقی که با کمبود آب روبه‌رو هستند مانند خاورمیانه، شمال افریقا، استرالیا، سنگاپور و بخش‌هایی از افریقای – جنوبی قابل مشاهده است. در کشورهایی هم که با کمبود آب روبه‌رو نیستند توجه به حفظ محیط‌زیست و جلوگیری از آلودگی منابع آب و ارتقای معیارهای کیفیت پساب برای تخلیه به محیط باعث می‌شود که اندیشه استفاده دوباره از آب توسعه پیدا نماید.

انگیزه‌های اقتصادی هم در کشورهای توسعه یافته باعث توجه به استفاده دوباره از آب شده است. البته این انگیزه‌ها در آینده می‌تواند اهمیت بیشتری پیدا نماید. برای مثال در شرایطی که لازم است آب از دوردست‌ها، برای مصرف منتقل شود، گزینه استفاده دوباره از آب می‌تواند دارای جذبه‌هایی باشد که در فصل ششم نمونه‌های آن آورده شده است.

از جمله موارد قابل ذکر پاکستان است که کشاورزان با تلاش زیاد موفق گردیدند تا بطور قانونی فاضلاب خام را از طریق تاسیسات خود به شبکه آبیاری منطقه منتقل نمایند. در حالیکه تصفیه‌خانه فاضلاب از نوع برکه تثبیت برای منطقه موجود می‌باشد. اما آن‌ها با دریافت فاضلاب تصفیه شده موافقت ننمودند زیرا تصفیه باعث می‌شود که مواد غذایی فاضلاب کاهش و نمک‌های آن به علت تبخیر افزایش پیدا نماید. البته این نوع طرح‌ها را نمی‌توان در کلاس استفاده دوباره از آب قرار داد، زیرا بر آن ایرادات اساسی وارد است.

یکی دیگر از انگیزه‌های رشد طرح‌های استفاده دوباره از آب، اعتماد به استمرار دسترسی به آن است که نسبت به منابع آب متعارف خیلی کمتر دچار تغییرات می‌شود. در همین بستر فکری می‌توان به پروژه استفاده دوباره از آب در نامیبیا اشاره نمود که سابقه‌ای ۴۰ ساله داشته و آب را در حد عالی، خالص از آلاینده‌ها نموده و مورد استفاده شرب قرار می‌دهد.

در اروپای شمالی استفاده دوباره از آب برای صنایع و حفظ محیط‌زیست انجام می‌گیرد. در حالیکه

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

در اروپای جنوبی محیط‌زیست و کشاورزی مصرف‌کننده آب حاصل از تصفیه فاضلاب‌ها هستند.

در قاره امریکای جنوبی انگیزه‌های استفاده دوباره، کمبود آب و استفاده از مواد غذایی موجود در آن است تا خاک نسبتا ضعیف کشاورزی تقویت شود و البته پیامد آلودگی محیط‌زیست را هم به همراه دارد.

وضعیت در قاره آسیا یکسان نبوده و شرایط مختلف، وضعیت‌های مختلفی را به وجود آورده است. در حالیکه چین و هندوستان در ارتقای کیفیت عملیات استفاده دوباره موفقیت‌هایی داشته‌اند اما هنوز هم در جهان بدلیل وجود رودخانه‌های آلوده در بالای لیست استفاده‌کنندگان دوباره بدون برنامه قرار دارند.

در استرالیا انگیزه‌های کمبود آب و حفظ محیط‌زیست از آلودگی باعث رشد طرح‌های استفاده دوباره از آب شده است. بسترهای استفاده دوباره عبارتند از: استخراج معادن، آبیاری در کشاورزی و کاربردهای تفریحی. گرچه از نقطه نظر فنی استفاده دوباره از آب در چارچوب توسعه منابع آب کاری منطقی است اما در راه انجام آن موانعی وجود دارد که مهمترین آن‌ها عبارتند از: اقتصادی، تشکیلاتی، سازمانی و فرهنگی، بنابراین نیاز به توجه دارد.

در کشورهای پیشرفته و توسعه یافته تاسیسات جمع‌آوری و انتقال فاضلاب در حدی است که تقریبا تمام فاضلاب‌های شهری به تصفیه‌خانه هدایت می‌شود تا خام و نیمه تصفیه شده آن مورد استفاده قرار نگیرد. جدول شماره ۳-۱ درصد جمعیت تحت پوشش تاسیسات جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب را در برخی از کشورها نشان می‌دهد.

در این جا لازم به یادآوری است که دو مانع در راه استفاده دوباره از آب به صورت برنامه‌ریزی شده وجود دارد. نخست نبود موسسات مدنی که بدنه قانون‌گذاری را وادار نماید تا قوانین و آیین‌نامه‌های لازم را تدوین و به تصویب برسانند و پیگیر رعایت آن‌ها در عمل شود. دوم نبود کارشناسان خبره برای کاهش مشکلات بهداشتی و محیط‌زیستی.

باید به آن نبود عزم سیاسی را نیز افزود که در مقابل جریان‌های استفاده از فاضلاب خام و نیمه خام ایستادگی نکرده تا بتوان جریان استفاده دوباره را ساماندهی نمود. دولت‌ها ممکن است احساس کنند که ظرفیت و بودجه کافی برای این اصلاحات را ندارند و در نتیجه نمی‌خواهند باعث شوند که کشاورزان از آنچه که در دسترس دارند محروم شوند. زیرا در حقیقت مشخص است که در این راه سرمایه‌گذاری کافی انجام نگرفته است.

جدول شماره ۳-۱- درصد جمعیت شهری تحت پوشش تاسیسات جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب

منطقه	تعداد کشورهای دارای آمار	درصد جمعیت تحت پوشش
امریکای شمالی و کانادا	۲	۹۴
اتحادیه اروپا	۱۸	۹۰
استرالیا	۱	۸۷
خاورمیانه و شمال افریقا[1]	۷	۸۳
امریکای جنوبی و کارائیب	۲۱	۶۴
نامیبیا - افریقای جنوبی - زامبیا و زیمبابوه	۴	۶۸
چین	۱	۵۶
جنوب شرقی آسیا	۵	۳

(مرجع شماره ۵۰)

نگرانی دیگری که مانع توسعه طرح‌های استفاده دوباره می‌باشد، خطر مصرف مواد غذایی آبیاری‌شده با آب غیرمتعارف است، زیرا به عملکرد فرایندهای تصفیه در زدایش هورمون‌ها و داروهای مصرفی در جامعه و پلیمرهای دیگر اعتمادی وجود ندارند. با توجه به دستاوردهای طرح‌های تصفیه برای مصرف‌های شرب و استفاده از تکنولوژی‌های اولترافیلتر، اسمزمعکوس و پرتو فرابنفش چنین به نظر می‌رسد که نگرانی مردم رو به کاهش است. بنابراین رشد آگاهی جامعه در این زمینه باعث افزایش پذیرش آن‌ها می‌شود. لازم است یادآوری شود که نگرانی کشورهای در حال توسعه هنوز در حد نگرانی کشورهای پیشرفته در زمینه استفاده از فاضلاب خام رشد نیافته و بنابراین نسبت به آن حساسیت کافی نشان نمی‌دهند.

از چالش‌های دیگر می‌توان به تامین هزینه‌های اجرا و بهره‌برداری از تاسیسات استفاده دوباره از آب شامل تصفیه، انتقال، توزیع و پایش اشاره نمود. زیرا معمولا قیمت آب غیرمتعارف ارزانتر از قیمت آب متعارف عرضه می‌شود، تا جلب مشتری نماید. در شرایطی می‌توان تعرفه‌های مختلفی در نظر گرفت

۱. مطابق مطالب ارائه شده در فصل اول کتاب در کشور ایران ۳۵ درصد جمعیت شهری تحت پوشش شبکه جمع‌آوری فاضلاب و ۲۵ درصد جمعیت شهری تحت پوشش تاسیسات تصفیه‌خانه فاضلاب قرار دارند.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

و برای بخشی از جامعه یارانه خاصی پیش‌بینی نمود. استفاده از طرح‌های راهگشا[1] همراه با در نظر گرفتن یارانه می‌تواند باعث افزایش تقاضا برای آب غیرمتعارف گردید.

۳-۳- بهبود وضعیت استفاده از فاضلاب

تجربه‌های جهانی استفاده دوباره از آب نشان می‌دهد که تنها با انتخاب صنعت روز در تصفیه فاضلاب و تدوین قوانین و مقررات نمی‌توان مطمئن شد که یک طرح استفاده دوباره از آب می‌تواند پایدار و بدون پیامدهای بهداشتی و محیط‌زیستی باشد. این وضعیت در کشورهای با کمبود امکانات توسعه نامطلوبتر است و ضرورت دارد تا تمام سازمان‌های دولتی و غیردولتی مرتبط با فرایندهای طرح استفاده دوباره از آب در برنامه‌ریزی‌ها مشارکت داشته باشند. بنابراین تعریف و تعیین این دست‌اندرکاران گام نخست است. این مسئله بخصوص در بخش کشاورزی دارای اهمیت بیشتری است زیرا دست‌اندرکاران بهداشت محیط، سلامت مردم، محیط‌زیست، کشاورزی و سازمان‌های مسئول تامین آب و کشاورزان همه در این کار بنحوی درگیر هستند.

یک حلقه از زنجیره دست‌اندرکاران، کشاروزان هستند که مصرف‌کنندگان واقعی آب تولیدی می‌باشند، بنابراین مشارکت آن‌ها در فرایندهای برنامه‌ریزی و رشد آگاهی‌های این قشر در این کار ضروری است.

هر طرح توسعه مانند استفاده دوباره از آب لازم است تا از نظر اقتصادی و نیروی انسانی در چارچوب معیارهای پایدار قرار گیرد، بنابراین ظرفیت‌سازی در این دو بخش ضروری است. همچنین اگر هدف کاربرد آب غیرمتعارف برای کشاورزی است طبعا باید از روش‌هایی برای تصفیه استفاده نمود که هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری را در حداقل ممکن حفظ نماید.

۳-۴- بسترهای استفاده دوباره از آب

پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری با توجه به معیارهای کیفی مورد نیاز هر بخش می‌تواند بشرح زیر مورد استفاده قرار گیرد:

- در محدوده‌های شهری؛
- در بخش صنعت؛
- در بخش کشاورزی که با توجه به میزان مصرف در اولویت نخست است؛
- برای زیبایی محیط؛
- برای تغذیه منابع آب زیرزمینی؛
- برای تقویت منابع آب شرب؛
- استفاده مستقیم از پساب برای مصرف‌های شرب.

گرچه اجرای طرح‌های استفاده دوباره از آب تمام مشکلات کمبود آب را برطرف نمی‌نماید اما در مناطقی از کشور جوابگوی بخشی از نیازها خواهد بود. همان‌طور که در فصل اول نشان داده شد از سال‌ها پیش استفاده دوباره به گونه‌ای انجام می‌گرفت و طرح‌های جایگزینی از مهمترین کاربردهای مورد بحث است. باید یادآوری گردد که با توجه به صنایع تصفیه فاضلاب، استفاده از پساب دارای هیچ محدودیتی نیست.

۳-۴-۱- استفاده دوباره از آب در محدوده‌های شهری

در محدوده‌های شهری استفاده دوباره از آب به شکل‌های زیر می‌تواند انجام گیرد:

- استفاده در مصرف‌های صنعتی مانند تاسیسات اتومبیل‌شویی، تولید حشره‌کش‌ها و علف‌کش‌ها؛
- آبیاری پارک‌های عمومی، مراکز تفریحی، زمین‌های ورزشی و فضاهای سبز بزرگ، جزایر و شانه‌های بزرگراه‌ها، فضای سبز اطراف شهرها، مجتمع‌های مسکونی، صنعتی و تجاری؛
- توسعه چشم‌اندازهای محیطی مانند آبشارهای بشرساخت، استخرهای آب‌نما و فواره‌های آب؛
- تولید بتن، کنترل گرد و غبار در تخریب ابنیه، آتش‌نشانی و فلاش تانک توالت ابنیه عمومی، صنعتی و تجاری و شستشوی گذرگاه‌ها.

با توجه به پتانسیل‌های پیش‌گفته برای استفاده از آب غیرمتعارف و با عنایت به موقعیت استقرار آن‌ها در محدوده مورد نظر می‌توان شبکه انتقال و توزیع آب غیرمتعارف را طرح و اجرا نمود که به نظر می‌رسد ما هنوز در ابتدای این راه هستیم.

در نتیجه در یک منطقه و یا در تمام شهر دو شبکه توزیع آب متعارف و آب غیرمتعارف پیش‌بینی می‌شود. استفاده از چنین تاسیساتی سابقه‌ای طولانی حدود ۳۰ سال دارد. آب شبکه غیرمتعارف به

1. Greenfields

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

پارک‌ها، فضاهای سبز منطقه‌های صنعتی و تجاری، زمین‌های ورزشی و مانند آن تحویل می‌گردد. برای مثال شهر سن‌پترزبورگ در امریکا ۳۵ سال پیش تصمیم به اجرای شبکه توزیع آب غیرمتعارف حاصل از تصفیه فاضلاب گرفت و در حدود ۱۵ سال بعد ظرفیت توزیع آن به حدود ۱۰۰۰ لیتر در ثانیه رسید که به حدود ۷۰۰۰ واحد تجاری و مسکونی اتصال داشت. پساب خروجی از تاسیسات تصفیه توسط لجن فعال با کاربرد منعقدکننده آلومینیوم و استفاده از فیلتراسیون و گندزدایی تبدیل به آب غیرمتعارف می‌گردد. طول این شبکه توزیع حدود ۴۲۰ کیلومتر بوده و قطر لوله‌های آن ۵ - ۱۲۲ سانتیمتر است. در فصل‌هایی از سال هم که نیاز به استفاده دوباره کاهش می‌یابد آب غیرمتعارف از طریق چاه‌های عمیق به زمین تزریق می‌گردد و بدین طریق نیاز به مصرف آب متعارف کاهش پیدا نموده و جمعیت بیشتری تحت پوشش تاسیسات شبکه آب شرب قرار گرفت.

در صورتی که نیاز مصرف‌کنندگان به آب غیرمتعارف ۲۴ ساعته باشد، معیارهای طراحی از نظر جلوگیری از قطع جریان مانند طراحی شبکه‌های توزیع آب متعارف خواهد بود، بنابراین شیرگذاری و سیستم شبکه‌بندی لوله‌ها براساس توزیع مستمر باید انجام گیرد و ایجاد شبکه‌های حلقوی توصیه می‌شود. اجرای شبکه مجزای توزیع آب غیرمتعارف می‌تواند دارای توجیه اقتصادی نباشد اما در شرایط زیر وضعیت فرق می‌نماید:

- ضرورت انتقال آب مورد نیاز شهر از راه‌های دور و نیاز به لوله‌های طولانی انتقال آب و استفاده از آب سهمیه کشاورزی و مصرف انرژی برای انتقال؛ بعنوان نمونه شهرهای تهران، مشهد، کاشان و یزد در این گروه قرار دارند.
- گران تمام شدن هزینه‌های تصفیه آب خام موجود بدلیل کیفیت نامطلوب آن مانند تولید آب از منابع آب‌های شور و لب شور به کمک تکنولوژی‌های نمک‌زدایی؛
- ضرورت تصفیه بیشتر پساب برای دریافت مجوز برای تخلیه و دفع نهایی مانند تغذیه مصنوعی و یا تخلیه به منابع آب‌های سطحی مانند زدایش ازت، فسفر و مواد آلی آن.

محدودیت‌های پیش‌گفته که با گذشت زمان و افزایش جمعیت شهرها بیشتر می‌شود استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری را کم‌کم دارای توجیه اقتصادی می‌نماید.

در توسعه شهرک‌های جدید، طرح و اجرای دو شبکه مجزای آب شرب - بهداشتی و شبکه آب غیرمتعارف برای مصرف‌هایی که در بالا اشاره شد می‌تواند دارای توجیه اقتصادی گردد. زیرا در این صورت چون نیاز آب فضاهای سبز و نیاز آتش‌نشانی از شبکه دوم تامین می‌شود قطر لوله‌های شبکه اول کاهش درخور ملاحظه‌ای می‌یابد. در این صورت می‌توان ترتیبی داد که با تدوین قوانینی برای ساختمان‌های بلند نیز از شبکه آب غیرمتعارف برای فلاش تانک توالت‌ها استفاده شود.

طبق گزارش سال ۲۰۱۲ میزان فاضلاب تولیدی در امریکای شمالی عبارت است از ۱۲۱ میلیون مترمکعب در روز که حدود ۸ درصد آن معادل حدود ۹/۵ میلیون مترمکعب مورد استفاده دوباره در بخش‌های مختلف قرار می‌گیرد. اما تخمین زده می‌شود که این میزان می‌تواند به ۴۵ میلیون مترمکعب در روز معادل حدود ۳۸ درصد برسد.

تقاضای آب غیرمتعارف

با انجام مطالعات صحرایی و تعیین اراضی قابل کشت با آب غیرمتعارف می‌توان تقاضای این آب را برای کشاورزی منطقه تعیین نمود. مقدار این نیاز تابع نوع بافت خاک، آب و هوا و نوع کشت می‌باشد که مقامات کشاورزی محل دارای این اطلاعات بوده و در واقع بانک اطلاعاتی این بخش هستند. در صورتی که اراضی مورد مطالعه، تحت آبیاری با آب متعارف باشند، میزان مصرف آب فعلی تعیین‌کننده تقاضا نخواهد بود، زیرا تخمین نیاز به آب غیرمتعارف کمی با آب متعارف فرق دارد. در بخش‌های دیگر ضرورت جایگزین نمودن آب غیرمتعارف به جای سهمیه بخش کشاورزی از آب متعارف مورد گفتگو قرار خواهد گرفت.

غیر از بخش کشاورزی، تقاضا برای آب غیرمتعارف در بخش‌های دیگر هم وجود دارد بنابراین تعیین مقدار و میزان تقاضای آب غیرمتعارف و تغییرات روز، ماه و سال آن، نخستین بخش از مطالعات است که مبنای طراحی تاسیسات قرار خواهد گرفت.

در طراحی تاسیسات تصفیه، انتقال، ذخیره و توزیع آب غیرمتعارف چند اصل از معیارهای اساسی هستند که عبارتند از:

اول- قابل اعتماد بودن تاسیسات برای استمرار تحویل آب طبق نیازهای کمی و کیفی مصرف‌کننده؛

دوم- اطمینان به اینکه آب تحویلی فقط به عنوان آب غیرمتعارف مورد استفاده قرار گیرد؛

سوم- اقدامات لازم انجام گرفته باشد تا اتصال ناجور[1] رخ ندهد؛

1. Cross Connection

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

چهارم- اطمینان به اینکه متصدیان بهره‌برداری از تاسیسات دارای صلاحیت‌های لازم بوده و پایش‌های لازم انجام می‌گیرد؛

پنجم- دستگاه مستقل نظارت بر کیفیت آب غیرمتعارف تولیدی، فعال و دارای اختیارات لازم است. تمام تاسیسات آب غیرمتعارف باید دارای علائم هشداردهنده بوده و قابل تشخیص از تاسیسات آب متعارف باشند.

ششم- قیمت تمام شده و یا عرضه برای مصرف‌کننده دارای مقبولیت کافی باشد چون هنوز از نظر سنتی و فرهنگی آن را راحت نمی‌پذیرد.

فرضیات و معیارهای طراحی

پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری که فرایندهای تصفیه اولیه و ثانویه را طی نموده است برای اینکه مناسب استفاده در کشاورزی و یا در محدوده‌های شهری شود باید فرایندهای دیگر مانند فرایند تصفیه متعارف آب چون فیلتراسیون و گندزدایی به نام تصفیه تکمیلی را طی نماید تا بتواند دارای کیفیت مورد نیاز تقاضاکنندگان آب غیرمتعارف گردد. زیرا استفاده از آب غیرمتعارف در محدوده‌های شهری همراه است با دسترسی و تماس آسان آگاهانه و ناآگاهانه ساکنین به این آب و محیط آبیاری شده.

حال در صورتی که یک تقاضاکننده آب غیرمتعارف، آبی با کیفیت بهتری بخواهد طبعا هزینه‌های اضافی مربوط را نیز متقبل خواهد شد و نحوه اجرای تصفیه بیشتر و موقعیت استقرار تاسیسات مربوط در بخش‌های دیگر مورد بحث قرار خواهد گرفت.

تاسیسات توزیع

در ابتدا باید یادآوری شود که تصفیه و تولید آب غیرمتعارف که منشاء آن خروجی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری است دستخوش تغییرات ساعتی، روزانه و ماهانه است. از طرف دیگر نیاز تقاضاکنندگان هم دارای ضریب تغییراتی است، بنابراین میزان ورودی و خروجی به تاسیسات یکسان نبوده و در نتیجه پیش‌بینی واحدهای ذخیره و متعادل‌سازی یکی از عنصرهای اصلی این تاسیسات است.

مخازن ذخیره می‌تواند روباز و یا سرپوشیده باشد. در صورتی که پساب در معرض نورخورشید قرار گیرد با توجه به وجود عنصرهای ازت و فسفر و شرایط دیگر، پتانسیل رشد جلبک‌ها بیشتر خواهد بود که مصرف آن را دچار محدودیت می‌نماید.

آتش‌نشانی

در صورت استفاده از شبکه توزیع آب غیرمتعارف برای آتش‌نشانی که مورد توصیه هم می‌باشد، اقطار لوله‌های شبکه توزیع آب متعارف و حجم مخازن ذخیره آن کاهش چشمگیری پیدا می‌نماید که نباید نادیده گرفته شود. بدلیل کیفیت آب غیرمتعارف، احتمال تغییر ویژگی‌های آن به سبب ماندگاری در شبکه وجود دارد که باید در طراحی‌ها در نظر گرفته شود. استفاده از آن برای شستشوی شبکه جمع‌آوری فاضلاب و گذرگاه‌ها یکی از کاربردهایی است که می‌تواند مشکلات ماندگاری را کمتر نماید.

در شرایطی ممکن است که تاسیسات توزیع موجود آب متعارف برای استفاده آب غیرمتعارف در نظر گرفته شود زیرا که ظرفیت تاسیسات آتش‌نشانی در آن پیش‌بینی شده است و در این صورت شبکه جدید با اقطار به مراتب کوچکتر برای آب شرب - بهداشتی مورد نیاز است. تصمیم‌گیری و اجرای این فکر نیاز به انجام مطالعات شناخت، مرحله اول و دوم دارد. موضوع جدا نمودن تاسیسات آب شرب از آب مصرف‌های بهداشتی و اختلافات آن با آب غیرمتعارف مقوله‌ایست که در کتاب به اشاره پسنده می‌شود. در شرایطی می‌توان در حالیکه ظرفیت آبرسانی برای آتش‌نشانی در شبکه آب متعارف وجود دارد، شبکه آب غیرمتعارف هم بر اساس این نیاز طراحی شود که هم زمان از هر دو نوع آب بتوان استفاده نمود.

۳-۴-۲- استفاده دوباره از آب در بخش صنعت

بدلیل کمبود آب متعارف، استفاده از فاضلاب تصفیه شده به وسیله برخی صنایع در دنیا رو به توسعه است. در صورتیکه این استفاده دوباره از آب علاوه بر نبود مشکلات بهداشتی دارای توجیه اقتصادی نیز باشد صنایع از آن استقبال می‌نمایند زیرا باعث تفاهم بیشتر صنعت با تشکیلات حفظ محیط‌زیست می‌گردد. برای مثال می‌توان به یک کارخانه فولاد در مریلند امریکا اشاره نمود که از سال ۱۹۶۵ پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری به میزان حدود ۶۰۰ هزار مترمکعب در روز را مورد استفاده قرار داده است. همچنین یک شرکت تولیدکننده محصولات شیمیایی و روغن‌های صنعتی هم در تگزاس امریکا از حدود همان سال از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری استفاده می‌نماید. با توجه به معیارهای کیفی آب لازم برای تاسیسات خنک‌کننده‌های صنعتی و رشد تکنولوژی‌های تصفیه پساب و قوانین مربوط به صرفه‌جویی در مصرف آب متعارف، استفاده از آب غیرمتعارف در صنایع دارای جذبه‌هایی است و ده‌ها نمونه از این استفاده در مراجع این رشته دیده می‌شود. گرچه مسائل خوردگی، ترسیب و رشد بیوفیلم در این کاربرد مشکلاتی ایجاد می‌نماید اما برای آن‌ها راه‌حل‌هایی وجود دارد.

NARVANA
https://mehrabpooyesh.com

تاسیسات خنک‌کننده‌های صنعتی با دو روش از آب استفاده می‌نمایند که عبارتند از یک‌بار استفاده از آب و گردش دوباره آب. در روش اول، آب پس از دریافت حرارت از سیستم خارج می‌شود و در روش دوم آب پس از دریافت حرارت از مبدل‌ها، گرم شده و از طریق تاسیسات تبخیرکننده بخشی از آن بخار شده، در نتیجه املاح محلول آن افزایش یافته که باعث مشکلاتی می‌گردد که در زیر مورد بحث قرار می‌گیرد. طبق گزارش‌های موجود ۲۰ درصد فاضلاب‌های شهری دنیا در بخش صنعت مورد استفاده دوباره قرار می‌گیرد.

- **خوردگی**- با افزایش املاح آب در نوع گردش دوباره خاصیت خوردگی آن افزایش می‌یابد بنابراین با اندازه‌گیری غلظت سختی کربناتی، قلیاییت، کلرورها، فسفات‌ها و مجموع املاح محلول همراه با تعیین‌پی اچ[1] و تعیین اندکس لانگلیر[2] سعی می‌شود با اصلاح آب، خاصیت خوردگی و رسوبدهی آن تحت کنترل قرار گیرد.
- **ترسیب**- عنصرهای کلسیم، منیزیم، سولفات، سیلیس، فلوراید و فسفات موجود در آب غیرمتعارف سرچشمه تولید رسوبات روی سطوح مبادله‌کننده‌های حرارت هستند. بنابراین باید غلظت آن‌ها همراه با پی‌اچ و دمای آب مورد مطالعه قرار گرفته و اصلاحات لازم روی آن انجام گیرد. استفاده از ترکیب‌های ممانعت‌کننده ترسیب از روش‌های متعارف می‌باشد.
- **رشد بیوفیلم**- در آب غیرمتعارف هم مانند آب متعارف باکتری‌ها، قارچ‌ها و جلبک‌ها کم و بیش وجود دارند که روی سطوح تاسیسات مبادله حرارت نشسته علاوه بر کاهش ظرفیت تبادل حرارت باعث خوردگی بیولوژیکی سطوح هم می‌شوند. در صورتیکه سرعت جریان آب در روی سطوح مبادله‌کننده کمتر از ۰/۶ متر در ثانیه باشد میزان رشد بیوفیلم بیشتر می‌گردد، گرچه در سرعت‌های بیشتر هم ایجاد رشد بیوفیلم دیده شده است. لایه بیوفیلم مانع رسیدن ترکیب‌های بازدارنده خوردگی به سطوح فلزی شده و مشکل به سادگی برطرف نمی‌شود. حفظ کلر آزاد باقی‌مانده در حدود ۲ میلی‌گرم در لیتر مانع فعالیت باکتری‌ها و رشد بیوفیلم می‌شود.

استفاده از پساب تصفیه شده در بخش صنعت در بر گیرنده دو هدف کلی زیر است:

الف- تامین آب جبرانی دیگ بخار - کیفیت آب دیگ‌های بخار نسبت مستقیم با فشار هیدرولیکی مورد عمل دارد و استفاده از آب متعارف و یا غیرمتعارف نیاز به تصفیه دارد، چنانکه سختی آن از مهمترین معیارهای کیفی آب است. در آب جبرانی دیگ بخار نباید کلسیم، منیزیم، آلومینیوم و سیلیس وجود داشته باشد. در موارد زیادی از آب غیرمتعارف برای آب جبرانی دیگ‌های بخار استفاده شده است و در این صورت پساب پس از عبور از فرایندهای متعارف تصفیه آب با استفاده از اسمزمعکوس نمک‌زدایی می‌شود.

ب- تامین آب فرایندها- بعضی از صنایع مانند صنایع الکترونیک برای شستشوی صفحات الکترونیکی خود به آب خالص مانند آب مقطر نیاز دارند و بعضی از صنایع مانند دباغی نیاز به آبی با کیفیت کمتر دارد. آب مورد نیاز صنایعی چون نساجی، کاغذسازی و آب فلزکاری از نظر کیفیت بین دو حد پیش‌گفته قرار دارند. بنابراین با توجه به کیفیت تعریف شده آب مورد نیاز هر صنعت از فرایندهای مناسب برای تصفیه بیشتر پساب باید بهره گرفت. در نشریات تخصصی صنایع، کیفیت آب مورد نیاز تعریف شده است. بطور کلی فرایندهای زدایش ازت و فسفر، سختی‌گیری، تنظیم پی‌اچ، فیلتراسیون و در نهایت کلرزنی برای تهیه آب غیرمتعارف مناسب استفاده در صنعت باید مورد توجه قرار گیرد تا ایجاد رسوب، رشد بیوفیلم و خوردگی رخ ندهد. این بخش از پتانسیل مصرف، نیاز به توجه ویژه دارد زیرا پشتیبانی مالی آن امیدوارکننده‌تر و مشکلات محیطی زیستی آن کمتر است.

۳-۴-۳- استفاده دوباره از آب در بخش کشاورزی

در این بخش نیازهای آبی کشت، کیفیت آب غیرمتعارف و ابزارهای نظارت و کنترل مورد بحث قرار می‌گیرد. در حدود ۸۰-۸۵ درصد آب مورد استفاده در کشور توسط بخش کشاورزی مصرف می‌شود و با توجه به حدود کیفیت مناسب آب این بخش، می‌توان از آب غیرمتعارف استفاده نمود و آب متعارف با کیفیت بهتر برای تامین نیاز بخش‌های دیگر در نظر گرفته شود.

استفاده از روش‌های آبیاری قطره‌ای با استفاده از ابزارهای جدید باید به کشاورزان بیشتر معرفی شود که علاوه بر مزیت‌های بهداشتی، آب کمتری هم مورد استفاده قرار می‌گیرد و بنابراین اراضی بیشتری می‌تواند به زیر کشت برود. در این صورت حفظ فاصله زمانی بین آخرین آبیاری و برداشت محصول برای کاهش احتمال سرایت عوامل بیماری‌زا ضرورت دارد زیرا میزان مرگ و میر عوامل بیماری‌زا روزانه در حدود ۹۰ درصد است.

1. pH
2. Langlier Index

NARVANARRA-
https://mehrabpooyesh.com

باید توجه داشت که نیاز آبی اراضی کشاورزی منطقه‌های مختلف یکسان نیست و در هر مورد مطالعات ویژه ضرورت دارد. مهمترین علل این تغییرات عبارتند از :

- میزان بارندگی در ماه، دمای محیط و تبخیر در فصول مختلف سال؛
- نوع کشت؛
- نوع خاک؛
- روش آبیاری.

بنابراین موسسه تامین‌کننده آب غیرمتعارف که در ایران معمولا شرکت‌های آب منطقه‌ای هستند برای مصرف‌های بخش کشاورزی باید نیازهای آبی کشاورزان و تغییرات میزان تامین پساب را برای تصفیه و انتقال مورد ارزیابی قرار داده و طوری برنامه‌ریزی نمایند که جوابگوی نیاز آن‌ها باشد. بنابراین می‌توان هدف‌های استفاده دوباره از آب در بخش کشاورزی را به شرح زیر خلاصه نمود:

- افزایش غیرمستقیم پتانسیل آب تجدیدشونده؛
- رشد اقتصاد کشاورزی منطقه‌ای که با کمبود آب روبه‌روست؛
- رشد تولیدات کشاورزی و افزایش درامد خانوارهای بخش کشاورزی؛
- جایگزین کردن سیاست استفاده از آب غیرمتعارف با سیاست‌های دفع آن به محیط و بنابراین حذف هزینه‌های تصفیه بیشتر و دفع و جلوگیری از آلودگی منابع آب و محیط‌زیست.

بحث کلی سیاست جایگزینی آب غیرمتعارف با آب متعارف در بخش کشاورزی مقوله‌ایست که در فصل دوم از دیدگاه قانون و آیین‌نامه و در فصل چهارم ضوابط و معیارهای تصفیه مورد توجه قرار گرفته است. استفاده از آب غیرمتعارف در کشاورزی به صورت علمی و پایش نتایج کارها حدود ۵۰ سال است که در بعضی از شهرهای دنیا برای تولید محصولات غیرخوراکی انسان به کار رفته است. در فصل اول هم دستاوردهای علمی آن در کشور ما ارائه گردید.

۳-۴-۴- استفاده دوباره از آب برای زیبایی محیط

در این بخش تقویت تالاب‌ها و ایجاد تالاب‌های جدید برای فراهم نمودن شرایط توسعه حیات وحش بخصوص پرندگان قرار دارد. آب خروجی تالاب می‌تواند باعث تقویت جریان آب نهرها و رودها گردد که نیاز به برنامه‌ریزی دارد.

ایجاد آب نماهای زیباسازی محیط و حتی دریاچه‌های مناسب قایقرانی و ماهیگیری نیز قابل برنامه‌ریزی است. طبعا کیفیت آب مناسب این استفاده دوباره در حدی است که پساب باید توسط فرایندهای دیگری مورد تصفیه قرار گیرد. انجام آنالیزهای اقتصادی بخشی از مطالعه برای این تصمیم‌گیری است. طبق بعضی از معیارهای جهانی، متوسط کلیفرم این آب باید در حدود ۲/۲ در ۱۰۰ میلی‌لیتر باشد و بنابراین پساب پس از فیلتراسیون باید گندزدایی شود. برای حداکثر مجموع کلیفرم‌های این آب هم ارقامی مورد توجه است که رقم ۲۳ کلیفرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر از این دست است.

تالاب‌های طبیعی و انسان‌ساخت

یکی از پیامدهای نامطلوب طرح‌های توسعه مانند طرح‌های توسعه شهرها و شهرک‌ها و یا کشاورزی و افزایش آبگیری از منابع سطحی و زیرزمینی خشک شدن و از بین رفتن تالاب‌هاست. وجود تالاب‌ها دارای اثرهای محیط‌زیستی فراوان می‌باشد که مهمترین آن‌ها عبارتند از:

- کاهش اثرهای تخریبی سیلاب‌ها؛
- حفظ حیات وحش بخصوص پرندگان خاص؛
- تکمیل زنجیره غذایی حیات وحش و حفظ اکوسیستم و در مواردی اکوتوریسم؛
- تقویت منابع آب زیرزمینی و بهبود کیفیت منابع آب؛
- افزایش جاذبه‌های زیبایی‌های طبیعت منطقه از طریق ایجاد فضاهای سبز اطراف آن و ایجاد تاسیسات تفریحی برای علاقمندان و احساس نزدیک بودن با طبیعت و ارج نهادن به آن.
- هدایت پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری به تالاب‌های طبیعی و یا انسان‌ساخت علاوه بر امتیازهای پیش‌گفته دارای هدف‌های زیر است:
- توسعه تالاب بخشی از توسعه فضای سبز منطقه خواهد بود که باعث ایجاد شرایط مناسب زندگی پرندگان می‌شود.
- استفاده از ظرفیت تالاب برای تخلیه پساب در فصولی از سال که مورد نیاز کشاورزان نیست. شرایطی که در تالاب فراهم می‌شود باعث کاهش عوامل بیماری‌زا، بی‌اودی، ازت، فسفر، مجموع جامدات معلق و فلزات سنگین‌شده بنابراین کیفیت آب خروجی از تالاب دارای کیفیت بهتری است. در طراحی تالاب انسان‌ساخت انتخاب درختان و بوته‌های مناسب نیاز به مطالعه شرایط محلی دارد.

و محدودیت‌های آن عبارت است از:

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

- نیاز به زمین زیادی دارد و بنابراین توسعه آن در اطراف شهرها به سادگی انجام‌پذیر نیست.
- رشد جلبک‌ها و علف‌های هرز نیاز به عملیات نگهداری دارد.
- احتمال بروز پدیده میان‌بر زدن وجود دارد که در نتیجه کیفیت آب خروجی در حد انتظار مطلوب نخواهد بود.
- در شرایطی کف‌سازی هم ضرورت دارد تا از نفوذ آب به لایه‌های زیرزمین جلوگیری شود.
- تبخیر از تالاب و پیامدهای آن مانند افزایش نمک‌ها نیاز به توجه و مطالعه دارد.

آب‌نماهای تفریحی و ورزشی

از پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری می‌توان برای ایجاد دریاچه‌های آب‌نما استفاده نمود و دریاچه با توجه به کیفیت پساب ورودی می‌تواند برای زیبایی منظر، قایقرانی، ماهیگیری و حتی شنا و آب تنی مورد استفاده قرار گیرد. در بسیاری از منطقه‌های کشور ما نبود رودخانه‌ها و دریاچه‌های طبیعی برای انواع تفریحات آبی، پتانسیل استفاده از پساب‌ها را به صورت تالاب، برکه و دریاچه امیدبخش نشان می‌دهد.

هرچه احتمال تماس انسان با آب دریاچه بیشتر شود به همان نسبت کیفیت پساب تصفیه شده که آب غیرمتعارف است باید بهتر شود. بنابراین تدوین معیارهای لازم برای هر یک از استفاده‌های بالا ضرورت دارد. در صورتی که زیبایی منظر مطرح است ظاهر آب غیرمتعارف دارای اهمیت بیشتری می‌شود و برای دستیابی این هدف زدایش ازت و فسفر الزامی است و بعلاوه کنترل جلبک‌های دریاچه نیاز به توجه و برنامه‌ریزی دارد. چنین تاسیساتی در نقاط مختلف دنیا با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته است. نمونه موفق استفاده دوباره برای هدف‌های تفریحی را در سن‌دیگو[1] کالیفرنیا می‌توان مشاهده نمود. بدین‌ترتیب که پساب تصفیه‌خانه فاضلاب ابتدا به اولین دریاچه با سطح ۶/۵ هکتار و زمان ماند ۳۰ روز هدایت می‌شود. پساب خروجی از دریاچه شماره یک پس از کلرزنی به منطقه‌ای هدایت شده که کار تغذیه منابع آب زیرزمینی را انجام داده و آب مسافتی حدود ۱/۶ کیلومتر در لایه‌های زیر سطح زمین را طی کرده و در نتیجه کیفیت بهتری پیدا نموده و سپس جمع‌آوری شده و به دریاچه شماره ۲ با سطح ۴/۵ هکتار هدایت می‌شود. سپس خروجی آن به دریاچه شماره ۳ با سطح حدود ۳ هکتار جاری شده و در نهایت به دریاچه شماره ۴ با سطح ۲/۷ هکتار تخلیه می‌شود. از دریاچه شماره ۳ و ۴ برای قایقرانی و ماهیگیری استفاده می‌شود. قبلا خروجی دریاچه شماره ۴ وارد خور منطقه می‌شد که از حدود ۴۵ سال پیش دریاچه شماره ۵ به تاسیسات اضافه شد که خروجی دریاچه شماره ۴ به آن تخلیه می‌شود و برای شنا بی‌خطر شناخته شده است. بدین ترتیب از فاضلاب شهر برای فعالیت‌های ورزشی، تفریحی و زیبایی‌های محیطی استفاده می‌شود.

1. San Diego

تقویت انهار

منظور از تقویت انهار این است که با حفظ تداوم جریان آب در آن هم از خشک‌شدن و یا آلوده‌شدن آن جلوگیری و هم حیات ماهی‌ها و پرندگان مربوط به آن حفظ گردد و نیز زیبایی منظر آب جاری نیز از دست نرود. این توجه برای رودخانه‌هایی که حجم زیادی از آب آن برای مصرف‌های مختلف برداشت می‌شود می‌تواند مفید واقع گردد. چنین انهار با سرنوشت مرگ و نیستی در شهرهای ما کم نیست و بنابراین احیای آن‌ها در این دیدگاه قرار می‌گیرد.

معیارهای کیفی پساب مورد تخلیه به آن‌ها بستگی به نوع استفاده از آب رودخانه در پایین‌دست دارد، بنابراین تخلیه برای تقویت آب رودخانه با تخلیه برای دفع پساب یکسان نیست و هر کدام معیارهای خاص خود را می‌طلبند. حفظ محیط‌زیست بهایی دارد که استفاده‌کنندگان از آن باید آن را بپردازند.

۳-۴-۵- استفاده دوباره از آب برای تغذیه منابع آب زیرزمینی

هدف‌های تغذیه منابع آب زیرزمینی عبارتند از:

- ایجاد شرایط تصفیه طبیعی بیشتر برای مصرف‌های بعدی استفاده دوباره از آب؛
- ذخیره آب غیرمتعارف برای استفاده دوباره در آینده؛
- جایگزین‌کردن پساب به جای آب متعارف گرفته شده از زمین به منظور جلوگیری از نشست زمین؛
- جلوگیری از نفوذ آب شور به حوزه آب مورد نظر؛
- تقویت منابع آب زیرزمینی برای استفاده غیرمستقیم شرب.

پساب و یا آب غیرمتعارف در جریان نفوذ و عبور از لایه‌های خاک زمین تحت تاثیر فرایندهای فیلتراسیون و تجزیه بیولوژیکی طبیعی قرار گرفته و بهبود کیفیت می‌یابد بطوری که در بسیاری از شرایط این آب نیاز به تصفیه بیشتر برای بعضی از مصرف‌های استفاده دوباره از آب را ندارد.

NARVANA
https://mehrabpooyesh.com

عواملی مانند میزان تزریق و یا بار هیدرولیکی، شرایط خاک و عوامل دیگر در فرایندهای تصفیه طبیعی دخالت دارند. بعلاوه در صورتی که طرح استفاده دوباره از آب در کشاورزی مطرح است بدلیل نبود نیاز به آب در فصولی از سال ذخیره آن برای جبران کمبود در فصل‌های دیگر الزامی است.

همان‌طور که ذخیره در برکه‌های روباز بزرگ دارای محدودیت‌هایی است، ذخیره در لایه‌های زیر زمین نیز محدودیت‌های دیگری دارد و در این راستا انجام مطالعات امکان‌سنجی و مقایسه گزینه‌ها از نظر اجرایی، اقتصادی و محیط‌زیستی ضروری است. زیرا در ذخیره پساب در برکه‌های روی زمین باید فرایندهایی مانند مشکلات تبخیر و از دست رفتن بخشی از آب، رشد جلبک‌ها و کاهش کیفیت آن مورد مطالعه قرار گیرد و بخصوص تبخیر و افزایش املاح آب نیاز به توجه خاص دارد.

ذخیره در لایه‌های زیر سطح زمین علاوه بر نبود تبخیر، باعث بهبود کیفیت آن هم می‌گردد اما برداشت و استفاده از آن نیاز به مصرف انرژی دارد. احتمال فرار آب به منطقه‌های دور از دسترس در لایه‌های زیرزمین هم باید مورد توجه و مطالعه قرار گیرد.

از مهمترین محدودیت‌های ذخیره پساب در لایه‌های زیر سطح زمین عبارتند از:

- پساب باید در حد زیادی مورد تصفیه قرار گیرد تا مشکلات گرفتگی تخلخل خاک رخ ندهد، بنابراین هزینه‌های زدایش جامدات معلق آن چشمگیر است؛
- بخشی از پساب تزریق شده به زمین ممکن است قابل استحصال نشود؛
- این ذخیره نیاز به زمین و در نتیجه فضای بیشتری دارد.

روش‌های تغذیه

تغذیه فاضلاب تصفیه‌شده به منابع آب زیرزمینی با سه روش زیر قابل انجام است:

- **الف**- پخش در روی زمین[1]؛
- **ب**- تزریق به لایه‌های بالای سفره آب؛
- **ج**- تزریق مستقیم به سفره آب؛

هر یک از سه روش از نظر کیفیت پساب مورد تزریق، ویژگی‌های زمین و هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری دارای اختلافاتی هستند که نیاز به توجه دارد.

۱. نشریه‌ای با نام "روش‌های تغذیه مصنوعی، هیدرولیک و مدیریت آن" توسط وزارت نیرو تهیه شده است.

در روش "الف" پساب نیاز به تصفیه پیشرفته ندارد در حالیکه در روش "ج" پساب باید از نظر کیفی خیلی شبیه آب متعارف باشد تا انسداد در تخلخل لایه‌های خاک رخ ندهد.

الف- پخش در روی زمین

زمین مناسب استفاده از این روش باید دارای ویژگی‌های زیر باشد:

- توان بالای نفوذپذیری لایه‌های مختلف خاک؛
- نبود لایه نفوذناپذیر در مسیر حرکت آب به لایه‌های زیرین؛
- نبود لایه‌های رسی که دارای استعداد انقباض و انبساط بوده و باعث ایجاد ترک گردد؛
- دارا بودن شرایط جذب فلزات سنگین یعنی وجود لایه‌های حاوی مواد آلی.
- در بعضی از خاک‌ها نوعی رس وجود دارد که دارای قدرت جذب آمونیوم است که پس از جذب و خشک شدن نیتروژن پساب را آزاد می‌نماید، بنابراین میزان نیترات آب هم کاهش پیدا می‌نماید.
- وجود کربن آلی که عملیات ازت‌زدایی را تسریع می‌نماید.

برای اطمینان به نتایج کار، انجام مطالعات زیر ضرورت دارد:

- تعیین ویژگی‌های فیزیکی خاک و نفوذپذیری لایه‌های زیر سطحی؛
- عمق سفره آب و ضخامت لایه‌های ذخیره آب؛
- ظرفیت انتقال و شیب هیدرولیکی سفره؛
- موانع فیزیکی خاک در مقابل جریان عمودی و افقی آب.

برای موفقیت مطلوبتر این روش دفع، توصیه شده است که پساب، مرحله تصفیه تکمیلی مانند زلال‌سازی و فیلتراسیون برای زدایش ذرات معلق را طی کرده و سپس گندزدایی شود و در مواردی در صورت در نظر گرفتن آب غیرمتعارف برای تغذیه منابع آب شرب آینده تصفیه‌های بیشتر توصیه می‌شود. در حالیکه اگر برای استفاده در کشاورزی ذخیره می‌شود باید غلظت ازت آن در حدی حفظ گردد.

هرچه زمان تماس پساب با لایه‌های خاک بیشتر شود کیفیت آب غیرمتعارف مطلوبتر خواهد بود، چنانکه در بعضی از کشورها یکی از معیارهای استفاده از پساب مدت توقف و یا حرکت پساب در لایه‌های خاک است. همان‌طور که گفته شد در لایه‌های بالای سفره آب که زمین اشباع از آب نیست شرایطی فراهم می‌شود که ازت آمونیاکی به نیتروژن تبدیل شده و از محیط آب خارج می‌شود، بنابراین هرچه ضخامت لایه‌های بالای سفره آب بیشتر باشد فرایند ازت‌زدایی بیشتر انجام می‌گیرد. این فرایند در صورتی

NARVANA
https://mehrabpooyesh.com

رخ می‌دهد که تغذیه لایه‌های خاک توسط فاضلاب به صورت متناوب انجام گیرد و فرصت حضور اکسیژن هوا در لایه‌ها فراهم شود. تواتر دو هفته در میان به وسیله بعضی مراجع توصیه شده است.

گزینه‌های دفع پساب به روش پخش در روی زمین عبارتند از:

- **پخش فاضلاب در روی زمین-** در این صورت با توجه به بار هیدرولیکی، زمین زیادی مورد نیاز است و بعلاوه گرفتگی لایه‌های سطحی خاک بروز می‌نماید و همچنین تبخیر از محدودیت‌های آن است. حداقل شیب لازم توپوگرافی باید حدود ۳ درصد باشد.
- **جوی و پشته-** در اراضی دارای شیب از جوی و پشته استفاده می‌شود و کف و دیواره‌های جوی برای نفوذ آب در نظر گرفته می‌شود. گرچه کف جوی با سرعت نسبی بیشتری نفوذپذیری خود را از دست می‌دهد.
- **خاکریز در مسیل-** ایجاد خاکریزهایی در مسیل‌های طبیعی و تخلیه پساب به آن باعث نفوذ پساب به لایه‌های زیرزمین می‌شود. البته در صورتی که بستر مسیل از نفوذپذیری لازم برخوردار باشد و مقامات حفاظت محیط‌زیست محل با عنایت به پیامدهای احتمالی آن اجازه دهند، استفاده از این روش می‌تواند ثمربخش باشد. در این روش بدلیل جاری شدن سیلاب‌های فصلی و ویرانی خاکریزها اصلاح دوباره خاکریزها ضرورت پیدا می‌نماید. توجه به این روش در شهرهایی که دارای مسیل‌های فراوان هستند کارسازتر است زیرا نیازی به خرید و اختصاص زمین برای آن نیست.
- **بستر رودخانه-** در صورتی که بستر رودخانه در دسترس دارای نفوذپذیری کافی باشد که در این صورت رودخانه آب زیرزمینی را تغذیه می‌نماید، می‌تواند برای تغذیه پساب نیز مورد استفاده قرار گیرد. این روش در بعضی از کشورهای اروپایی برای استفاده غیرمستقیم تامین آب شرب بکار می‌رود. بدین‌ترتیب که این آب و آب‌های سطحی دیگر از طریق بستر نفوذپذیر رودخانه به لایه‌های زیر سطح زمین هدایت می‌شود.

در مواردی آب خام با نیروی ثقل و یا به کمک پمپاژ به منطقه تغذیه مصنوعی هدایت می‌شود. آب تغذیه شده در لایه‌های خاک زیر سطح زمین جریان یافته تا به چاه‌های برداشت برسد. زمان لازم این حرکت ۲۰-۳۰ روز است. در آلمان این زمان حداقل ۵۰ روز است. در شهر برلین به کمک این روش منبع آب خام را تقویت نموده و آب تولیدی تنها نیاز به گندزدایی دارد زیرا از فرایندهای فیلتراسیون و تصفیه طبیعی استفاده شده است.

- **حوضچه نشت-** استفاده از حوضچه‌های نشت بیشترین روش مورد استفاده در تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی، بخصوص در مورد سیلاب‌هاست. بدین‌ترتیب که در اراضی نفوذپذیر حوضچه‌هایی ایجاد گردیده و پساب تصفیه شده و یا سیلاب به آن‌ها هدایت می‌شود. در ایران معیارهای طراحی آن هم تدوین یافته که برای آب‌های سطحی و در مواردی پساب استفاده می‌شود و در مطالعات مرحله توجیهی استفاده از پساب‌ها هم مورد توصیه قرار گرفته است اما معیارهای کمی و کیفی آن هنوز تدوین نیافته است.

دانه‌بندی بافت خاک باید طوری باشد که در حالیکه مانع نفوذ آب به لایه‌های زیر نمی‌شود، بلکه شرایطی فراهم شود که واکنش‌های تصفیه طبیعی و یا خودپالایی که واکنش‌های بیوشیمی و بیوفیزیکی است بهتر انجام گیرد. اراضی ماسه‌ای ریزدانه شرایط مطلوبی را فراهم می‌آورد بار سطحی این حوضچه‌ها در حدود ۲۰-۱۵۰ متر مکعب در مترمربع در سال است.

برداشتن متناوب ریزدانه‌های ترسیبی کف حوضچه‌های نشت بخشی از عملیات بهره‌برداری و نگهداری حوضچه‌هاست که باعث می‌شود لایه‌های بالای سفره هوادهی شده و شرایط مناسب ایجاد واکنش‌های آزادسازی نیتروژن هم فراهم گردد. در عملیات برداشتن ریزدانه‌ها توجه شود که ریزدانه‌ها به لایه‌های زیر منتقل نشود تا فرایند تغذیه مصنوعی با مشکل روبه‌رو نگردد. امروزه ابزارهای مناسب انجام این لایه‌برداری ساخته شده و در دسترس است. استفاده از حوضچه‌های نشت پساب باید به گونه‌ای طراحی شود که بتوان به نوبت آن‌ها را خشک و لایه‌برداری نمود. مدت زمان لازم برای پایان فرایند نشت و خشک شدن رسوبات کف و امکان انجام لایه‌برداری به شرایط آب و هوای منطقه بستگی دارد.

ب- تزریق به لایه‌های خاک بالای سفره آب

تزریق پساب از طریق چاه‌های کم عمق و دهان گشاد با قطر حدود ۲ متر و عمق ۲۰-۴۰ متر و هدایت آن به لایه‌های زمین بالای سفره آب بیش از ۲۰ سال است که در نقاطی از جهان مورد استفاده است. این چاه‌ها با مصالح درشت دانه و نفوذپذیر پر شده و لوله حامل پساب تا کف چاه ادامه دارد تا از ایجاد کیسه‌های هوا جلوگیری تا از حجم فضاهای خالی چاه برای ایجاد فشار هیدرولیکی برای افزایش نشت و نوعی ته‌نشینی برای تصفیه استفاده شود. بدلیل احتمال خطر بروز گرفتگی در چاه کیفیت پساب از نظر مواد معلق باید بسیار مطلوب باشد زیرا اصلاح و رفع گرفتگی چاه اقتصادی نیست. مراجع نشان می‌دهند که میزان بار هیدرولیکی آن مشابه تزریق مستقیم به سفره است اما هزینه‌های اجرا و بهره‌برداری آن کمتر است.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

ج- تزریق مستقیم به سفره آب

در صورتی که لایه‌های خاک بالای سفره آب زیرزمینی یعنی فاصله بین کف چاه و سفره آب دارای نفوذ پذیری کافی برای انجام روش پیش‌گفته "ب" نباشد و یا توپوگرافی زمین اجازه ایجاد حوضچه‌های روش الف را ندهد، تزریق مستقیم پساب تصفیه شده از طریق چاه به سفره آب می‌تواند انجام گیرد.

در صورت لزوم می‌توان آب غیرمتعارف را به سفره آب لب شور منطقه هدایت نمود. آب غیرمتعارف در بدنه آب لب‌شور به صورت دالانی[1] حرکت نموده که می‌تواند مورد استفاده دوباره قرار گیرد. در شرایطی می‌توان با تزریق پساب به زمین مانع نفوذ آب شور به داخل حوزه آب متعارف گردید. در استفاده از این روش کیفیت پساب مورد تغذیه باید به مراتب بهتر از کیفیت پساب دو روش پیش‌گفته باشد و در نقاطی از جهان مورد استفاده است. همان‌طور که در بخش هدف‌های تغذیه منابع آب زیرزمینی اشاره گردید، در صورتیکه طرح استفاده از پساب برای کشاورزی در دست اجراست، در ایامی که اراضی کشاورزی نیاز به آن ندارد لازم است پساب تولیدی در جایی در صورت امکان ذخیره شود. تزریق به لایه‌های زیرزمین و تقویت سفره و پمپاژ دوباره برای کشاورزی در فصل‌هایی از سال که نیاز به آب بیشتر از تولید است یکی از هدف‌های تغذیه منبع آب زیرزمینی است. این استراتژی در کشور مورد توجه وزارت نیرو نیز می‌باشد.

تصفیه پساب توسط زمین

هدف از بیان تصفیه پساب توسط زمین این است که پساب پس از نفوذ به لایه‌های زیر سطح زمین و انجام فرایندهای خودپالایی از طریق چاه، نقب نشت و یا برکه می‌تواند مورد استفاده دوباره قرار گیرد.

برای استفاده از این روش تمام اصول و مبانی مورد بحث در مورد تغذیه منابع آب زیرزمینی باید رعایت گردد. فرایند اصلی کار، فیلتراسیون است. در جریان فیلتراسیون زدایش مواد آلی کربن‌دار محلول[2]، مواد آلی دیگر، بی‌او‌دی[3]، ازت آمونیاکی، کلیفرم‌ها و ویروس‌ها کاهش چشمگیری پیدا می‌کنند. حفظ شرایط هوازی در این لایه‌های ضروری است تا نیتروژن هم آزاد شود. بنابراین میزان بار هیدرولیکی و حفظ تواتر آن نیاز به توجه و برنامه‌ریزی دارد.

هرچه مدت زمان جریان پساب در منطقه بالای سفره آب زیرزمینی بیشتر شود، کیفیت آب غیرمتعارف رسیده به سفره بهتر است. بنابراین کیفیت پساب مورد تصفیه، شرایط زمین از نظر دانه‌بندی، مواد آلی و نحوه بهره‌برداری روی کیفیت نهایی پساب رسیده به سفره موثر است. در انتخاب زمین مورد استفاده برای فرایند خودپالایی نکات زیر مطرح است:

- نفوذپذیری لایه‌های خاک؛
- نزدیکی به کانال و یا گودال دریافت‌کننده و تاسیسات آبگیری؛
- وجود زمین کافی برای ایجاد حوضچه‌های تغذیه، ظرفیت و عمق خاک برای نفوذ پساب و فاصله لازم برای تامین زمان ماند جریان فاضلاب تا محل برداشت دوباره؛

از بروز شرایط غیرهوازی باید اجتناب گردد، بنابراین در بهره‌برداری فاصله زمانی بین دو تغذیه باید تعریف شود. همچنین تخلخل خاک و بار هیدرولیکی باید مورد توجه قرار گیرد. در مواردی لازم است تا به منظور قطع سیکل حیاتی رشد حشراتی که در محیط پرورش پیدا می‌کنند، به زمین فرصت داد تا کاملا خشک شود.

تدوین معیارهایی برای طرح و بهره‌برداری از این روش ضرورت دارد که مبنای آن باید تجربه‌های حاصل از کارهای مشابه انجام شده باشد.

۳-۴-۶- استفاده دوباره از آب برای تقویت منابع آب شرب

از حدود ۳۰ سال پیش تحقیقاتی در امریکا در زمینه استفاده دوباره از آب برای مصرف‌های شرب شروع گردید. در آن سال‌ها بدلیل‌های زیادی مناسب بودن آن برای این استفاده پرسش برانگیز اعلام شد. اما با رشد صنعت تصفیه فاضلاب، پساب و آب و تدوین معیارهای کیفیت و نظارت و رشد ابزارهای اندازه‌گیری آلاینده‌ها در آب، پتانسیل استفاده از آب غیرمتعارف برای تقویت منابع آب شرب امیدوارکننده شد.

با مطالعه آبگیری از رودخانه‌های بزرگ و طولانی دنیا برای مصارف شرب و تخلیه فاضلاب‌ها فرایند استفاده دوباره قابل مشاهده می‌باشد. زیرا فاضلاب‌های تصفیه شده بطور مستقیم و غیرمستقیم به منابع آب تخلیه می‌شوند و به همین جهت در اندیشه‌های گذشته استفاده از یک فرایند رقیق‌سازی - ماند زمان مانند دریاچه‌های طبیعی و انسان‌ساخت یک فرایند ضروری تشخیص داده شده بود. اما رشد تکنولوژی‌های تصفیه آب نشان داد که فرایندهای مهندسی شده تصفیه آب، آبی بهتر می‌تواند تولید نماید. چنانکه در شرایط فعلی استفاده دوباره بطور مستقیم و غیرمستقیم شرب وجود دارد که چند نمونه از آن در جدول شماره ۳-۲ ارائه شده است. همان‌طور که جدول شماره ۳-۲ نشان می‌دهد ظرفیت

1. Flume
2. Dissolved Organic Carbon (DOC)
3. BOD

IRVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

جدول شماره ۳-۲- **چند مورد استفاده دوباره از آب برای شرب - غیرمستقیم و مستقیم**

کشور	شهر	ظرفیت (مترمکعب در روز)	سیمای طرح کلی
بلژیک	ولپن	۷،۲۰۰	تغذیه آب زیرزمینی توسط آب غیرمتعارف که منبع آب خام شرب است.
هندوستان	بنگلور	۱۳۶،۰۰۰	آب غیرمتعارف با آب خام دریاچه اختلاط یافته و منبع آب خام شرب را تشکیل می‌دهد.
نامیبیا	ویندهوک	۲۰،۰۰۰	آب غیرمتعارف با آب تصفیه شده مخلوط و مورد استفاده قرار می‌گیرد.
ایالت متحد امریکا	تگزاس	۱۱،۳۰۰	آب غیرمتعارف با آب خام مخلوط شده و مورد تصفیه قرار می‌گیرد.
انگلستان	لانگ فورد[1]	۴۰،۰۰۰	آب غیرمتعارف به رودخانه تخلیه و پایین دست برای تصفیه و مصرف‌های شرب آبگیری می‌شود.
سنگاپور	سنگاپور	۴۶۰،۰۰۰	آب غیرمتعارف با آب خام دریاچه مخلوط و منبع آب خام شرب را تشکیل می‌دهد.

(مرجع شماره ۵۰)

تاسیسات استفاده دوباره از آب برای مصرف‌های شرب زیاد نیست، چنانکه ارقام ۷۰۰۰ تا ۴۶۰،۰۰۰ مترمکعب در روز در جدول مشاهده می‌شود. توجه شود که وجود یک طرح جامع پایش و امکانات استفاده از ابزار آزمایشگاهی در موفقیت خیلی از طرح‌ها ضرورت دارد. در این رابطه باید به ترکیب‌های دیگری مانند داروهای مصرفی مردم چون هورمون‌ها، آنتی‌بیوتیک‌ها، داروهای ضدالتهاب، صابون‌ها، ژل‌ها و غیره توجه نمود که به شبکه جمع‌آوری فاضلاب تخلیه شده و در پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در غلظت‌های کم وجود خواهد داشت و روش‌های تصفیه هم هیچ کدام به تنهایی قادر به زدایش در حد ۱۰۰ درصد آن‌ها نیست. بنابراین استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری برای مصرف‌های شرب حتی بصورت غیرمستقیم دارای مخاطرات بسیاری است که برای رفع مخاطرات استفاده از صنعت‌های جدید زدایش آلاینده‌ها و ابزار اندازه‌گیری غلظت‌های کم آلاینده‌ها مورد نیاز است که امروزه در دسترس است و در فصل ششم به چند مورد آن اشاره می‌شود.

1. Longford

سئوال اساسی دیگر این است که با فرض تحمل هزینه‌های لازم و موفق شدن در تولید آب شرب از این طریق، آیا صلاح است بخش اعظم آن به مصرف‌هایی مانند رختشویی، حمام، ظرفشویی و غیره برسد که نیازمند چنین کیفیت بالایی نیست.

مسئله تقویت منابع آب شرب با استفاده از پساب در دو بخش زیر مورد بحث قرار می‌گیرد:

تقویت منابع آب‌های سطحی

بسیاری از اجتماعات از رودخانه‌هایی آب مورد نیاز خود را برداشت می‌نمایند که دریافت‌کننده مستقیم و غیرمستقیم فاضلاب‌های خام و تصفیه‌شده هستند و بر این باورند که با کاربرد فرایندهای متعارف زلال‌سازی، فیلتراسیون و گندزدایی، آب شربی مطابق استاندارد ملی شماره ۱۰۵۳ تولید می‌گردد.

فرایندهای تصفیه متعارف در شرایط مطلوب ۹۰-۱۰۰ درصد مواد آلی انسان‌ساخت را زدایش می‌نماید و در صورتیکه طراحی فرایندها و بهره‌برداری دارای اشکالاتی باشد، وجود این ترکیب‌ها در غلظت‌های کم در آب شرب محتمل است و بنابراین استفاده از کربن فعال جاذب توصیه گردیده است که عملکرد آن هم به سادگی به سطح ۱۰۰ درصد زدایش نمی‌رسد.

برای بسیاری از ترکیب‌های انسان‌ساخت جدید هنوز استاندارد حداکثر مجاز و مطلوب تعریف نشده است. علاوه بر اینکه ابزار آزمایشگاهی هم گهگاه قادر به اندازه‌گیری غلظت کم این ترکیب‌ها نمی‌باشد.

تقویت منابع آب زیرزمینی

در بسیاری از شهرهای کشور، بطور سنتی فاضلاب‌های خانگی و در موارد بسیار فاضلاب‌های صنعتی از طریق چاه‌های نشتی به داخل زمین تخلیه و دفع می‌گردد. گهگاه همزمان از همین منابع آب زیرزمینی برای مصرف‌های شرب آبگیری می‌گردد که بیانگر تقویت منابع آب زیرزمینی است اما بر آن ایراداتی اساسی وارد می‌باشد. در بخش‌های بعدی این فصل سرنوشت آلاینده‌ها در فرایند عبور آن‌ها از لایه‌های خاک تا رسیدن به سفره آب مورد گفتگو قرار می‌گیرد که باعث نگرانی‌های بیشتری می‌شود.

در برنامه‌ریزی برای استفاده دوباره غیرمستقیم از آب برای شرب از شکل شماره ۳-۱ استفاده می‌شود که به صورت دیاگرام نشان داده شده است. البته باید یادآوری شود در صورتیکه امکانات پایش وجود دارد، با توجه به ویژگی‌های زیر این نوع برنامه‌ها قابل مطالعه و پیگیری است:

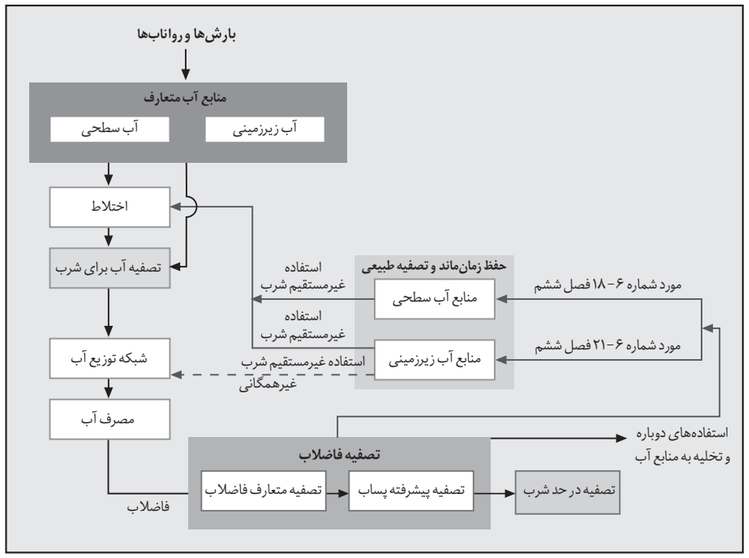
IVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

- نبود گزینه‌های دیگر و یا گرانتر بودن گزینه دیگر تامین آب؛
- پذیرش جامعه مصرف‌کننده؛
- امکانات پایش فرایندهای تصفیه فاضلاب و فرایندهای تصفیه آب.

همان‌طور که در شکل شماره ۳-۱ نشان داده شده است فاضلاب پس از تصفیه به تاسیسات تصفیه پیشرفته هدایت می‌شود و آب غیرمتعارف تولید شده طبق برنامه یا به منابع آب زیرزمینی و یا به منابع آب‌های سطحی هدایت می‌شود و پس از مدت زمانی از منبع تغذیه شده آبگیری می‌شود و با آب متعارف اختلاط پیدا می‌نماید و حال بر اساس کیفیت آب خام فرایندهای تصفیه برای تولید آب شرب انتخاب می‌شود. این روش را استفاده غیرمستقیم شرب می‌نامند.

در موارد زیادی استفاده دوباره از آب بطور غیرمستقیم و برنامه‌ریزی شده برای مصرف‌های شرب وجود دارد که در همه آن‌ها استفاده از فرایندهای دیگر غیر از زلال‌سازی و فیلتراسیون ضروری تشخیص داده شده است که در فصل ششم به صورت موردی آورده شده است.

شکل شماره ۳-۱- دیاگرام استفاده دوباره از آب ـ غیرمستقیم شرب



۳-۴-۷- استفاده مستقیم از پساب برای شرب

گرچه تاکنون در امریکا برای استفاده دوباره از آب و بطور مستقیم برای شرب مقررات و معیارهایی بدلیل ابهام در مخاطرات بهداشتی آن پیشنهاد نشده است، اما حقیقت امر این است که این استفاده در بسیاری از مناطق دنیا رایج است. زیرا تصفیه‌خانه‌های آبی وجود دارند که منبع آب خام آن‌ها دریافت‌کننده فاضلاب تصفیه شده اجتماعات بالادست است. بنابراین می‌توان گفت اکنون که استفاده دوباره از آب برای مصرف‌های شرب بدون برنامه‌ریزی و آگاهانه انجام می‌گیرد چرا نمی‌توان این کار را با برنامه‌ریزی انجام داد. در حالیکه فرایندهای تصفیه فاضلاب، پساب و آب در حدی پیشرفت نموده که می‌توان به دستاوردهای آن‌ها اعتماد نمود. چنانکه طرح‌هایی در دنیا با این نگرش در حال بهره‌برداری هستند. برای توضیح بیشتر از شکل شماره ۳-۲ استفاده می‌شود.

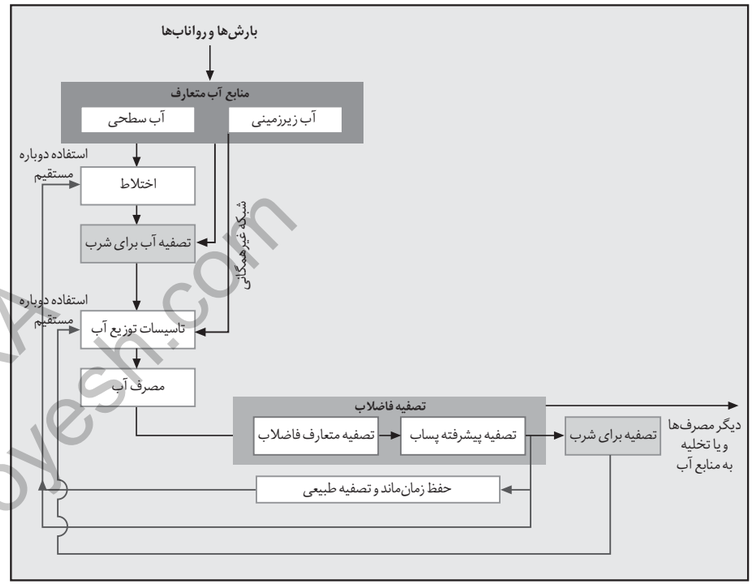
همان‌گونه که مشهود است در اینجا منظور این است که آب خالص شده[1] حاصل از کاربرد فرایندهای تصفیه فاضلاب و تصفیه تکمیلی و پیشرفته با امکانات پایش و اطمینان از عملکرد فرایندهای رعایت‌کننده تمام استانداردهای آب شرب مورد استفاده دوباره قرار می‌گیرد، بنابراین طبق شکل شماره ۳-۲ دو انتخاب وجود دارد. در انتخاب نخست آب خالص شده به منبع طبیعی و یا انسان‌ساخت هدایت می‌شود تا پس از اختلاط و ماند زمان، مورد آبگیری و تصفیه قرار گیرد و در انتخاب دوم آب خالص تولیدی با اختلاط با آب تصفیه شده مستقیما به شبکه توزیع فرستاده می‌شود. طبعا برای انجام این استفاده دوباره نیاز به فراهم آوردن تشکیلات، امکانات، آیین‌نامه‌ها و پذیرش جامعه دارد. بهر حال گزینه‌های دیگری هم علاوه بر شکل شماره ۳-۲ قابل تدوین و مطالعه می‌باشد.

طبق گزارش‌های موجود تا سال ۲۰۰۴ تنها در یک شهر آن هم در نامیبیا ظاهرا بطور مستقیم از پساب تصفیه شده برای مصرف شرب استفاده شده است که اولا این استفاده بطور مستمر نبوده و ثانیا در مورد فرایندهای مورد استفاده برای تصفیه پساب و فرایندهای مورد استفاده در تصفیه آب و نتایج کار اطلاعاتی در دست نیست. در بسیاری از شهرهای امریکا در طی ۲۰ سال گذشته مطالعات مفصلی در زمینه استفاده مستقیم از پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری برای مصرف‌های شرب انجام گرفته است. در این پژوهش‌ها از پایلوتی با ظرفیت حدود ۴۵ لیتر در ثانیه در طی ۱۰ سال گذشته استفاده شده

۱. در اینجا از کلمه خالص شده استفاده می شود که کلمه انگلیسی آن Purification یعنی خالص کردن آب از تمام ناخالصی‌هاست.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

شکل شماره ۳-۲- دیاگرام استفاده دوباره از آب بطور مستقیم برای شرب



است. نتایج نشان می‌دهد که کیفیت آب تولیدی از کیفیت آب خروجی تصفیه‌خانه‌های آب متعارف بهتر بوده است.

پژوهش‌ها نشان داده است زدایش ویروس‌ها با استفاده از فرایندهای مرتبط با تصفیه اولیه، تصفیه ثانویه و تصفیه پیشرفته تا سقف ۶ لاگ قابل دسترسی است. در ۵۱ نمونه آب مورد آزمایش هیچ باکتری بیماری‌زایی مشاهده نگردیده است حتی اثری از پروتوزواها نیز در آن مشاهده نشد. فرایندهای مورد استفاده در تصفیه پساب برای تولید آب قابل آشامیدن عبارتند از:

- اختلاط کلرورفریک با آب برای تولید لخته از ذرات معلق مانند کلوئیدها؛
- هدایت آب حاوی لخته‌ها به فیلترهای دو لایه تند و تولید آبی با کدورت کمتر از یک ان‌تی‌یو و یا اس‌دی‌ای کمتر از ۵. می‌توان بجای فیلترهای دو لایه از میکروفیلتر و یا اولترافیلتر هم استفاده نمود.
- گندزدایی با پرتو فرابنفش و یا کلر به منظور نابودی عوامل زنده بیماری‌زا و غیربیماری‌زای باقی‌مانده؛
- اصلاح و تنظیم پی‌اچ آب برای جلوگیری از ترسیب ترکیب‌هایی مانند کربنات کلسیم؛
- استفاده از فرایند جذب کربن فعال برای زدایش مواد آلی باقی‌مانده و حفاظت ممبران‌های اسمز معکوس؛
- عبور آب از فیلترهای کارتریج برای اطمینان به نبود ذرات معلق زنده و مرده؛
- عبور آب از تاسیسات زدایش نمک‌های محلول به کمک اسمزمعکوس.

فرایندهای بالا بخشی از دانش تصفیه آب هستند که برای اطلاع باید به کتاب‌های تخصصی تصفیه آب مراجعه شود.

عملکرد فرایندهای بالا در زدایش ذرات معلق زنده و مرده و مواد آلی محلول و نمک‌ها در صورتیکه با طراحی و بهره‌برداری به کمک ابزار دقیق انجام گیرد قابل پیش‌بینی است. چنانکه این استفاده مستقیم در ایستگاه فضایی بین‌المللی انجام می‌گیرد. چندین تجربه جهانی کارهای پایلوتی نشان می‌دهد که می‌توان از پساب مورد بحث، آب قابل شرب تولید نمود. اما اجرای طرح‌های استفاده مستقیم از پساب برای مصرف‌های شرب بطور کلی به نظر نمی‌رسد که در سال‌های آینده قابل پیش‌بینی در کشورهایی مانند امریکا و نقاط دیگر جهان که دارای تکنولوژی‌های لازم هستند مورد قبول جامعه قرار گیرد و دلیل‌های آن عبارتند از:

- نبود ضرورت این استفاده، زیرا میزان نیاز به آب شرب و حتی آب مصرف‌های بهداشتی نسبت به میزان مصرف آب در بخش کشاورزی، صنعت و توسعه فضای سبز بسیار ناچیز است و انجام جایگزینی آب استراتژی منطقی و مورد قبول است. در شرایطی جدا کردن آب شرب از آب مصرف‌های بهداشتی گام نخست و اصلی است.
- استفاده از فرایندها و صنایع پیش‌گفته برای تولید آب شرب دارای توجیه اقتصادی نبوده و ریسک‌هایی در آن وجود دارد که در بخش تصفیه مورد اشاره قرار گرفته است.
- به دو دلیل بالا و عنصرهای فرهنگی و سنتی این آب مقبول مردم برای مصرف‌های شرب و مصرف‌های بهداشتی نیست. گرچه تحولات یکی دو دهه اخیر که در فصل ششم مورد گفتگو قرار گرفته است درخور توجه است.
- آنچه که مسلم است طرح استفاده دوباره از آب بطور مستقیم و با برنامه‌ریزی یک اندیشه تقریبا جدیدی می‌باشد و در نقاطی از جهان شاید دارای توجیه اقتصادی هم باشد. زیرا انتقال آب از راه‌های دور و یا نمک‌زدایی از آب شور در دسترس نیاز به مصرف انرژی زیادتری دارد.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

در فصل ششم تجربه‌های متعددی در زمینه استفاده غیرمستقیم از آب غیرمتعارف برای تقویت منابع آب شرب آورده شده است که نشان می‌دهد ترس و نگرانی از آلاینده‌های موجود در آب غیرمتعارف به کمک کاربرد فرایندهای زدایش کم‌رنگ شده است.

۳-۵- سرنوشت آلاینده‌ها در خاک

برای برنامه‌ریزی استفاده از پساب تزریق شده به زمین لازم است سرنوشت آلاینده‌های موجود در آن دانسته شود. آلاینده‌های موجود در پساب عبارتند از میکروارگانیسم‌ها، ذرات معلق، ترکیب‌های آلی، نیتروژن آلی و ترکیب‌های معدنی مانند املاح. این ترکیب‌ها در عبور از لایه‌های مختلف خاک تا رسیدن به سفره آب تحت تاثیر فرایندهای زیر قرار می‌گیرند:

- تجزیه بیولوژیکی توسط باکتری‌ها؛
- جذب سطحی توسط ذرات خاک؛
- تبادل یونی توسط ذرات خاک؛
- تبخیر ترکیب‌های فرار؛
- اکسیداسیون و احیا؛
- ترسیب و فیلتراسیون؛
- تشکیل کمپلکس‌ها؛
- اختلاط با آب زیرزمینی و ادامه عملکرد آرام بعضی از فرایندهای بالا.

با توجه به فرایندهای موثر در عبور پساب از خاک سرنوشت گروه‌های آلاینده مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

الف- ذرات معلق

ذرات معلق بزرگتر از اندازه تخلخل خاک با فرایند غربال شدن و ذرات ریزتر هم مانند باکتری‌ها با فرایند ته‌نشینی از پساب جدا می‌شوند. ویروس‌ها با فرایندهای جذب سطحی و واکنش با باکتری‌های غیرهوازی زدایش می‌شوند.

ذرات پیش‌گفته در عمقی از خاک به مرور لایه‌ای را تشکیل می‌دهند که در مقابل جریان فیلتراسیون آب مقاومت ایجاد می‌کنند. ذراتی هم که ریزتر بوده و از این لایه زنده عبور کنند در مسیر حرکت، جذب ذرات خاک می‌شوند. بنابراین با افزایش طول مسیر عبور آب در خاک ذرات بیشتری از آب جدا شده که باعث کاهش کدورت آب می‌شود و به همین جهت گفته شد که هر چه مدت حرکت بیشتر شود کیفیت آن بهتر خواهد بود. حدود اثر بخشی و نتایج کار بستگی به غلظت ذرات معلق در پساب، ویژگی‌های خاک و آب، بار سطحی و شیب هیدرولیکی بهره‌برداری دارد.

در مورد ترکیب‌های معدنی محلول در پساب هم واکنش‌های شیمیایی، فیزیکی و میکروبیولوژیکی انجام می‌گیرد و بدین‌ترتیب از جریان آب جدا می‌شوند.

واکنش‌های تبادل یونی، جذب سطحی، ایجاد کمپلکس‌ها، ترکیب و ترسیب از فرایندهای موثر هستند. در حالیکه سولفات‌ها، کلرورها و سدیم آب دچار کمترین تغییر می‌شوند اما ترکیب‌هایی مانند آهن و فسفات در حد زیادی از جریان آب زدایش می‌شوند.

زدایش فلزات سنگین دارای طیف وسیع ۰-۹۰ درصد است که بستگی به نوع عنصر و وضعیت مواد آلی موجود در خاک دارد بنابراین زدایش آن‌ها قابل پیش‌بینی نیست و عملیات پایلوت نتایج را تعریف می‌نماید.

ب- ترکیب های آلی محلول

ترکیب‌های آلی محلول تحت تاثیر تجزیه بیولوژیکی و جذب سطحی قرار می‌گیرند. تجزیه بیولوژیکی توسط باکتری‌های موجود در روی سطوح دانه‌های خاک انجام می‌گیرد. میزان و حدود این تجزیه بیولوژیکی بستگی به نوع ترکیب شیمیایی و وجود عنصرهای دریافت‌کننده الکترون مانند نیترات‌ها و اکسیژن دارد. تجربه نشان داده است که در خاک‌های با بافت ریزدانه، بدلیل بیشتر بودن سطح ذرات و فضاهای خالی این فرایند بهتر انجام می‌گیرد، گرچه بدلیل ریزدانه بودن بافت خاک خطر گرفتگی ناشی از رشد باکتری‌ها افزایش می‌یابد. چنانکه در خاک‌های شن ماسه‌ای با نفوذپذیری بالا و خطر گرفتگی کم سرعت واکنش‌های تجزیه بیولوژیکی کمتر است. مطالعات مفصل نشان می‌دهد که ترکیب‌های آلی محلول اما مستعد به تجزیه بیولوژیکی در محیط غیرهوازی آب زیرزمینی دوام نمی‌آورند و تنها ترکیب‌هایی که درجه حلالیت آن‌ها زیاد بوده و دارای نیمه عمر طولانی هستند مایه نگرانی برای استفاده از این آب‌ها است. محصولات نهایی تجزیه کامل این مواد در شرایط هوازی عبارت است از دی‌اکسیدکربن، سولفات، نیترات، فسفات و آب و محصولات نهایی تجزیه کامل این مواد در شرایط غیرهوازی عبارتند از سولفید هیدروژن ، متان و دی‌اکسیدکربن.

NARVANA
https://mehrabpooyesh.com

به هرحال فرایندها و مکانیسم‌های کار در لایه‌های آبدار زیرزمین شفاف نیست اما این ترکیب‌ها در مدت طولانی جریان آب غیرمتعارف در لایه‌های زمین تحت تاثیر فرایندهای تجزیه بیولوژیکی قرار می‌گیرند.

از تحقیقات انجام شده می‌توان نتیجه گرفت که اگر زمان حرکت پساب در لایه‌های زیرزمین ۶ ماه و بیشتر باشد آب غیرمتعارف استخراجی دارای کیفیت بسیار مطلوبی است اما از طرف دیگر با کاهش مواد آلی در پساب فعالیت‌های بیولوژیکی هم کاهش پیدا می‌نماید، بنابراین برای زدایش مقادیر ناچیز مواد آلی باقی‌مانده زمان بیشتری مورد نیاز است.

ج- نیتروژن

دو نوع نیتروژن در پساب قابل تشخیص است که عبارتند از آمونیاکی و نیتراتی و غلظت آن‌ها بستگی دارد به مراحل تصفیه انجام گرفته. در پساب مرحله دوم تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری که تصفیه بیولوژیکی است غلظت ازت آمونیاکی در حدود ۲۰ میلی‌گرم نیتروژن در لیتر است، در حالیکه این میزان در پساب حاصل از فرایند ازت زدایی حدود ۱۰ میلی‌گرم نیتروژن در لیتر و آن هم بصورت نیترات است. گرچه می‌توان ازت را قبل از دفع به زمین از پساب حذف نمود اما اگر بهره‌برداری از تاسیسات تصفیه صحیح انجام گیرد توانایی ازت‌زدایی به وسیله زمین مطلوب است.

زمانی که آمونیاک در پساب وجود دارد، در صورت نبود اکسیژن، آمونیاک جذب سطوح ذرات خاک می‌شود و زمانی که پساب به لایه‌ها نرسد و در نتیجه به خشکی گرایش پیدا نماید با حضور اکسیژن هوا دنیتریفیکاسیون رخ می‌دهد و ازت به صورت نیتروژن از خاک خارج شده و وارد جو می‌گردد. از طرف دیگر نیترات تقریبا جذب ذرات خاک نشده و با جریان آب حرکت مینماید و وارد آب زیرزمینی می‌شود اما زدایش نیترات در شرایط غیرهوازی آب زیرزمینی رخ می‌دهد.

در گزارش انجمن کارهای آبی امریکا[1] در مورد تصفیه فاضلاب توسط زمین برای شرایط پایدار استفاده دوباره چنین آمده است که احتمال اینکه آمونیاک جذب شده در بستر خاک با دادن الکترون تبدیل به گاز نیتروژن شود مورد تائید است در نتیجه با بهره‌برداری صحیح می‌توان این فرآیند را فعال حفظ نمود. بعلاوه جذب آمونیوم توسط مواد آلی و فرایند تبادل یونی در خاک هم انجام می‌گیرد.

1. American Water Works Association

از مطالعات انجام گرفته می‌توان دریافت که با استفاده از فرایندهای تصفیه توسط زمین[1] که با نام سرنوشت آلاینده‌ها در خاک معرفی شده است، درصد زدایش ازت از پساب می‌تواند تا سقف حدود ۹۰ درصد هم برسد و نقش نوع خاک در درصد زدایش چشمگیر است و بنابراین شرایط ویژه خاک هر منطقه و نحوه عملیات درصد زدایش را تعریف می‌نماید.

د- میکروارگانیسم‌ها

منظور از میکروارگانیسم‌ها باکتری‌ها و ویروس‌ها هستند که در فاضلاب، پساب یا آب غیرمتعارف حضور دارند. سرنوشت آن‌ها از دیدگاه حرکت و جابجایی و از دیدگاه دوام مورد بحث کلی قرار می‌گیرد و چون دو فرایند پیش‌گفته در لایه‌های خاک بالای سفره آب زیرزمینی و در داخل سفره آب یکسان نیستند، بنابراین از این دو جهت مورد گفتگوی کلی قرار خواهد گرفت.

در منطقه بالای سفره آب زیرزمینی که به نام منطقه غیر اشباع[2] از آب نامیده می‌شود، دو فرایند در کار جابجایی و زدایش آن‌ها از جریان فاضلاب دخالت دارند که عبارتند از فیلتراسیون و جذب سطحی. به نظر می‌رسد که فرایند فیلتراسیون کار اصلی زدایش باکتری‌ها را انجام دهد و مانند فیلترهای کند تصفیه‌خانه‌های آب با تشکیل لایه زنده در حالیکه عبور آب با مقاومت هیدرولیکی روبه‌رو می‌شود اما زدایش رو به افزایش باکتری‌ها رخ می‌دهد لیکن کار فیلتراسیون تا رسیدن پساب به سفره آب و تا منطقه اشباع ادامه می‌یابد.

ویروس‌ها بدلیل ریزتر بودن از لایه زنده پیش‌گفته راحتتر عبور می‌کنند و تحت تاثیر جذب سطحی قرار می‌گیرند. ویروس‌ها ویژگی‌های کلوئیدها را نشان می‌دهند و جذب آن‌ها تحت تاثیر پی‌اچ خاک و آب قرار می‌گیرد. عوامل موثر در جابجایی باکتری‌ها و ویروس‌ها عبارتند از میزان بار هیدرولیکی، پی‌اچ محیط، بافت و مواد آلی خاک و وجود کاتیون‌ها.

دوام باکتری‌ها در خاک تحت تاثیر دما و رطوبت خاک است. در خاک‌های خشک باکتری‌های روده‌ای بیشتر از حدود ۲۰ روز دوام نمی‌آورند اما در خاک‌های مرطوب مانند منطقه غیراشباع تحت تاثیر جریان فاضلاب تا ۷۰ روز هم زنده می‌مانند. در دمای زیر ۴ درجه سلسیوس بسیاری از آن‌ها برای ماه‌ها و

1. Land Disposal or Treatment
2. Unsaturated Zone

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

سال‌ها فعال می‌مانند و نرخ مرگ و میر آن‌ها در طیف دمای ۵ – ۳۰ درجه سلسیوس برای هر ۱۰ درجه ۲ برابر می‌شود. دوام ویروس‌ها هم تحت تاثیر دما و رطوبت خاک است و تا حدود ۱۷۵ روز هم دوام داشته‌اند. در خاک‌های با رطوبت کم و دارای تهویه طبیعی و با وجود فرایند تبخیر آب و وجود میکروارگانیسم‌های دیگر همراه با دمای بیشتر از ۴ درجه سلسیوس ویروس‌ها غیرفعال می‌شوند. بنابراین با افزایش عمق نفوذ، شانس دوام آن‌ها بیشتر می‌شود.

در لایه‌های خاک اشباع از آب، در صورتیکه سرعت جریان آب بیشتر از یک متر در روز باشد احتمال حرکت ویروس‌ها با آب زیرزمینی و انتقال به فاصله‌های زیاد محتمل است بنابراین جابجایی ویروس‌ها بشدت تحت تاثیر شرایط هیدرولیکی آب و خاک است و نمی‌توان قانونی برای آن تدوین نمود، بلکه در شرایط ویژه لازم است با حفر چاه‌های مشاهده‌ای جابجایی آن‌ها تعریف گردد.

برای تعریف فاصله‌ای که باکتری‌ها همراه با آب زیرزمینی جابجا می‌شوند، معیار زمان مطرح است. طبق نتیجه‌گیری یک تحقیق این فاصله عبارت است از فاصله‌ای که آب زیرزمینی در مدت ۸ روز طی می‌نماید. بنابراین هرچه دانه‌بندی بافت خاک درشت‌تر باشد و در نتیجه سرعت جریان آب بیشتر، فاصله لازم برای زدایش باکتری‌ها بیشتر خواهد بود.

این معیار در مورد اراضی آهکی دارای شکاف‌ها و ترک‌ها پذیرفتنی نبوده و به فرایند فیلتراسیون طبیعی در آن نمی‌توان اطمینان داشت. چنانکه آب بسیاری از چشمه‌های موجود در مناطق آهکی با افزایش بارش‌های آسمانی روی حوزه افزایش مواد معلق و کدورت را نشان می‌دهند.

استفاده سنتی و منطقی از چاه‌های جاذب و در نتیجه بهره‌گیری از قدرت خودپالایی لایه‌های خاک در موارد زیادی ضرورت سرمایه‌گذاری برای جمع‌آوری فاضلاب و تصفیه آن را زیر سوال می‌برد. در صورتیکه منبع آب دریافت‌کننده زیرزمینی برای مصرف‌های شرب و بهداشتی در نظر گرفته نشده است و در صورتیکه نفوذپذیری لایه‌های زمین جوابگوی تخلیه فاضلاب‌ها می‌باشد، استفاده از تصفیه فاضلاب توسط زمین باید مورد توجه قرار گیرد. چنانکه در شهرهایی این وضعیت بدون ایجاد مشکل صدها سال است که مورد استفاده است. البته با افزایش تراکم جمعیت در واحد سطح و افزایش مصرف آب و توسعه فیزیکی شهر طبعا روش سنتی ممکن است جوابگو نباشد. اما در شرایط روستایی این پتانسیل نباید نادیده گرفته شود.

۳-۶- آبکشت[1] و آبزی‌پروری

طبق گزارش سال ۲۰۰۶ سازمان بهداشت جهانی استفاده از آب غیرمتعارف برای کشت‌های آبی در آبزی‌پروری کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. شواهد و مدارک نشان می‌دهد که ماهی‌هایی که در این محیط پرورش یافته‌اند در روی پوست و روده‌های آن‌ها عوامل بیماری‌زای انسان مشاهده شده است.

اطلاعات موجود در زمینه درجه آلودگی آب مورد استفاده در پرورش ماهی و آلودگی بخش‌های خوراکی ماهی متناقض می‌باشد. یک مطالعه در مورد سلامت مردمی که از ماهی‌های پرورش یافته در لاگون‌های آب غیرمتعارف استفاده می‌نمایند نشان می‌دهد که سلامت و بهداشت مردم به مخاطره می‌افتد و کشاورزانی که در این نوع مزارع فعالیت می‌کنند با مشکلات بیماری‌های پوستی روبه‌رو هستند.

تردیدی نیست که مصرف‌کنندگان محصولات کشت‌های آبی با استفاده از فاضلاب، کارگران مزارع و ساکنان اطراف این مزارع در خطر آلودگی و بیماری هستند و برای جلوگیری از بروز آن فاضلاب باید تصفیه شده و پساب حاصله نیز مورد تصفیه بیشتر قرار گیرد. معیار پیشنهادی سازمان بهداشت جهانی تعداد ای‌کلای در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب غیرمتعارف مورد استفاده را رقم 10^{3} – 10^{4} نشان می‌دهد که با گزینه‌های A و B جدول شماره ۴ – ۸ استفاده دوباره از آب در کشاورزی همسانی دارد. تمهیدات لازم برای حفظ بهداشت و سلامت جامعه در فصل پنجم ارائه گردیده است.

به هر حال لازم است در کمیته‌ای معیارهای لازم و مقررات آن تنظیم و دفتر نظارت بر اجرای آن‌ها تشکیل گردد. در شرایط فعلی استفاده از آب غیرمتعارف برای پرورش ماهی جای نگرانی دارد.

در این مجلد از مسئله استفاده از لجن تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و آب‌های خاکستری صحبتی به میان نمی‌آید زیرا خود یک مقوله مستقل و تخصصی است. بنابراین بطور کلی بحث‌های فصل‌های سوم و چهارم در مورد کشت‌های آبی هم کاربرد دارد.

۳-۷- نگاه جهان

طبق گزارش سازمان حفاظت محیط زیست امریکا سقف تولید فاضلاب در جهان در سال ۲۰۱۰ حدود ۹۷۰ میلیون مترمکعب در روز است که اگر جمعیت جهان ۶ میلیارد فرض شود متوسط سرانه تولید فاضلاب

1. Aquaculture

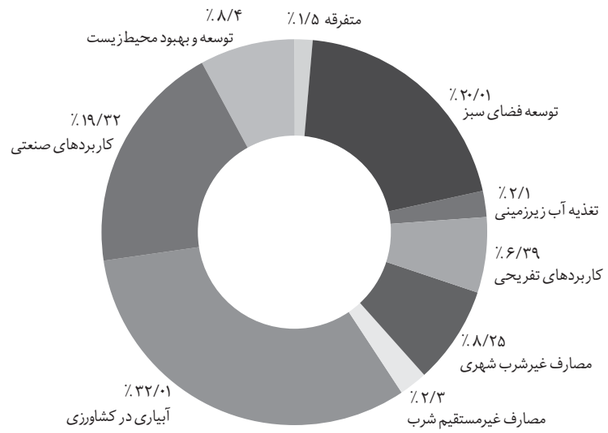
NARVAN
https://mehrabpooyesh.com

۱۶۰ لیتر خواهد بود که با توجه به سطح زندگی اجتماعات مختلف دنیا این متوسط دارای طیف وسیع تغییرات است. طبق گزارش‌ها سطح کل اراضی کشاورزی آبیاری شده یا فاضلاب خام حدود ۲۰ میلیون هکتار است در حالیکه اراضی کشاورزی تحت آبیاری با آب غیرمتعارف حاصل از تصفیه تکمیلی در حدود ۲ میلیون هکتار می‌باشد.

از طرف دیگر با توجه به رشد روزافزون نیاز به آب غیرمتعارف با کیفیت بهتر در شهرها در دنیا مصرف در بخش کشاورزی مقام اول خود را کم‌کم از دست خواهد داد بویژه در صورتیکه اراضی کشاورزی در فاصله دور نسبت به شهر قرار گیرد و استراتژی جایگزینی هم مطرح نباشد.

طبق آمار سال ۲۰۱۰ میزان آب غیرمتعارفی که فرایندهای تصفیه تکمیلی را طی کرده و مورد استفاده قرار می‌گیرد در حدود ۳۲ میلیون مترمکعب در روز است که ۳/۳ درصد کل فاضلاب تولیدی در جهان است و توزیع مصرف آن در شکل شماره ۳ - ۳ نشان داده شده است.

طبق برآوردها هر سال در حدود ۲ میلیون مترمکعب در روز فاضلاب بیشتری مورد تصفیه تکمیلی قبل از استفاده دوباره قرار می‌گیرد که نشان می‌دهد که مخاطرات بهداشتی و محیط زیستی استفاده از آب غیرمتعارف مورد توجه دنیاست که در فصل ششم مواردی از آن‌ها ارائه شده است.



شکل شماره ۳-۳- **توزیع مصرف آب غیرمتعارف حاصل از تصفیه تکمیلی در جهان** (مرجع شماره ۵۰)

جدول شماره ۳-۳- **ظرفیت طرح‌های در دست مطالعه و بهره‌برداری استفاده دوباره از آب، سال‌های ۲۰۰۹ -۲۰۱۶**

نام کشور	ظرفیت میلیون متر مکعب در روز
ایالات متحد امریکا	۱۰/۷
چین	۵/۹
عربستان سعودی	۳/۵
استرالیا	۲/۵
اسپانیا	۲/۱
مکزیک	۲/۱
امارات متحد عربی	۱/۹
عمان	۱/۶
هندوستان	۱/۲
الجزایر	۱/۱

(مرجع شماره ۵۰)

طبق آمار موجود به ترتیب در چین، هندوستان و مکزیک بیشترین فاضلاب خام و یا مخلوط با آب غیرمتعارف در کشاورزی استفاده می‌شود و در بین کشورهایی که فاضلاب پس از تصفیه مورد استفاده قرار می‌گیرد باز هم چین و مکزیک در بالای جدول قرار دارند.

در جدول شماره ۳ - ۳ کشورهایی که در زمینه استفاده دوباره از آب سرمایه گذاری نموده‌اند، براساس گزارش سال ۲۰۱۰ سازمان اطلاعاتی جهانی آب ارائه شده است.

در پایان این بخش می‌توان گفت که بدلیل هایی هنوز از پتانسیل فاضلاب‌های شهری چه از نظر آب و چه از نظر مواد غذایی مورد نیاز گیاهان در جهان استفاده کافی نمی‌شود و با رشد علم و صنعت تصفیه فاضلاب‌ها و سرمایه‌گذاری‌های لازم می‌توان سالیانه حدود ۳۵۰ میلیارد مترمکعب آب غیرمتعارف را مورد استفاده‌های گوناگون قرار داد.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

۳-۸- نتیجه‌گیری

مطالب فصل سوم نشان می‌دهد که بخش‌های مختلف توسعه می‌تواند از آب غیرمتعارف حاصل از جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب استفاده نماید و به همین جهت در طرح جامع منابع آب، فاضلاب‌ها هم در براوردهای کمی در نظر گرفته می‌شوند. از طرف دیگر کیفیت آب غیرمتعارف برای مصرف‌های مختلف یکسان نبوده و بنابراین فرایندهای تصفیه برای تولید آب مورد نیاز بخش‌های مختلف کشاورزی، صنعتی و شهری یکسان نخواهد بود. با توجه به اینکه اراضی کشاورزی پایین‌دست شهرهای بزرگ و پرجمعیت برای تولید سبزیجات مورد نیاز شهرها و اشتغال هزاران نفر کارگر از اولین مشتری‌های این آب‌ها به شمار می‌آیند، برنامه‌ریزی برای این بخش از اولویت بیشتری برخوردار است که معمولا با نام طرح جایگزینی شناخته می‌شود.

بنابراین برای حفظ سلامت و بهداشت جامعه و محیط‌زیست فاضلاب‌های شهری باید پس از جمع‌آوری مورد تصفیه قرار گیرند و براساس پتانسیل استفاده دوباره فرایندهای تصفیه بیشتر انتخاب گردد.

با توجه به پتانسیل استفاده از آب غیرمتعارف در بخش‌های صنعتی، فضاهای سبز شهری و شستشوی گذرگاه‌ها و دیگر کاربردهای شهری، پیش‌بینی شبکه مجزای آب غیرمتعارف در شهرها و شهرک‌ها باید مورد مطالعه در حد امکان‌سنجی قرار گیرد تا بتوان برای این پتانسیل برنامه‌ریزی نمود.

می‌توان نتیجه‌گیری نمود که در آینده نه چندان دور حدود ۸۰ درصد آب مورد مصرف شهرها دوباره در محدوده شهری و حاشیه آن مورد استفاده بدون خطر قرار گرفته و بنابراین فشار به منابع آب متعارف افزایش نخواهد یافت. در ضمن اگر در مصرف آب اصول صرفه‌جویی هم بکار رود و از فرار آب از شبکه‌های توزیع جلوگیری گردد و نیز اصول مصرف بهینه آب هم به کمک تکنولوژی‌های روز بهنگام شود، پتانسیل آب قابل استفاده دوباره در شهرها در بیشتر شرایط دو برابر خواهد شد. در این استفاده دوباره باید برعکس شرایط فعلی مستندسازی رعایت گردد تا محققین بتوانند پیامدهای بد آن را نیز زیر نظر گرفته تا طرح‌های جایگزینی با موفقیت انجام گیرد، در غیر این صورت طرح‌های استفاده دوباره از آب مشکلاتی را به همراه خواهد آورد که در فصل پنجم مورد تذکر قرار گرفته است.

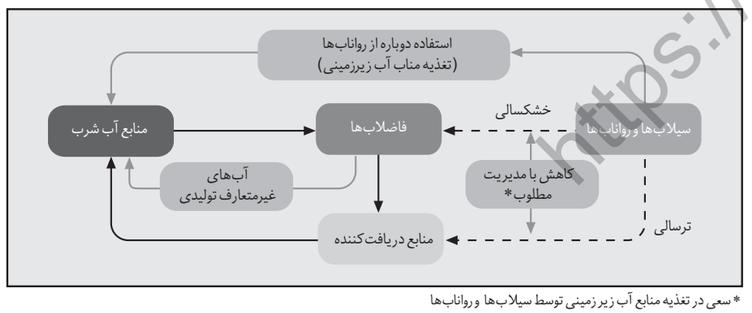
۴ برنامه‌ریزی برای استفاده دوباره از آب

۴-۱- نگاه اصلی

در شرایطی که منابع آب از نظر کمیت و کیفیت با محدودیت‌های زیادی روبه‌روست و از طرف دیگر تخلیه فاضلاب‌ها به منابع آب برای حفظ محیط از آلودگی با محدودیت‌های دیگر روبه‌روست، استفاده دوباره گامی است در جهت کاهش محدودیت‌های بالا. بنابراین استفاده از فاضلاب‌ها در بخش توسعه منابع آب قرار می‌گیرد و باید برای آن طرح و برنامه‌ای در چارچوب توسعه منابع آب تدوین نمود. این نگاه کلی در شکل ۴-۱ نشان داده شده است. در برنامه مدیریت جامع آب بخش‌های زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

- صرفه‌جویی در مصرف؛
- استفاده دوباره از آب و جلوگیری از تخلیه فاضلاب‌ها به منابع آب؛
- استفاده از آب خاکستری؛
- مدیریت صحیح استفاده از رواناب و سیلاب‌ها؛

شکل شماره ۴-۱- مدیریت جامع آب‌های تجدیدشونده



* سعی در تغذیه منابع آب زیر زمینی توسط سیلاب‌ها و رواناب‌ها

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

- جمع‌آوری بارش‌ها؛
- تغذیه پیشرفته منابع آب زیرزمینی؛
- افزایش زمان حرکت آب‌های سطحی در روی زمین؛
- تصفیه رواناب‌های فصول خشک؛
- اجرای لوله‌کشی‌های مجزا در ساختمان‌ها برای آب شرب و غیرشرب؛
- اجرای دو شبکه آب متعارف و غیرمتعارف در شهر؛
- اجرای شبکه مستقل توزیع آب آتش‌نشانی؛
- تصفیه آب در حد لازم برای هر نوع مصرف بطور جداگانه؛
- استفاده از بارش‌های روی بام ساختمان‌ها؛
- توسعه با کمترین آثار زیانبار (توسعه پایدار).

طبق دیاگرام شکل شماره ۴-۱ رواناب‌ها همانند سیلاب‌ها بخشی از منابع آب در نظر گرفته شده و با مدیریت مناسب می‌توان از آن بهره گرفت. گرچه رواناب‌های شهر دارای بار آلودگی چشمگیری می‌باشند و مدیریت مهندسی آن که دارای اهمیت زیادی است خارج از مطالب این کتاب است و در بخش طراحی تاسیسات جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب‌های شهری باید مورد توجه قرار گیرد.

در این فصل مبحث استفاده دوباره از آب از دیدگاه برنامه‌ریزی با توجه به معیارهای فنی لازم مورد توجه و گفتگو قرار می گیرد و بخش‌های اصلی این برنامه‌ریزی عبارتند از:

- تشخیص و تعریف پتانسیل‌های استفاده دوباره از آب در منطقه مورد نظر که در فصل سوم مورد گفتگو قرار گرفت؛
- تشخیص و تعریف منابع بالقوه آب غیرمتعارف موجود که خروجی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری هستند چه تصفیه‌خانه‌های موجود و چه آینده؛
- تعریف کیفیت مورد نیاز درخواست‌کنندگان بالقوه و درجات تصفیه لازم برای استفاده دوباره و تدوین معیارهای لازم؛
- تعیین میزان و مقدار تولید و نیاز، ضرورت و امکانات ذخیره پساب برای جبران نوسانات مصرف‌کنندگان با معیارهای روزانه ، هفتگی و فصلی که در فصل سوم مورد گفتگو قرار گرفته و در این فصل هم به آن پرداخته می‌شود؛
- تعریف تاسیسات تصفیه لازم، لوله‌های انتقال و توزیع، منبع آب متعارف کمکی و تاسیسات دفع نهایی آب غیرمتعارف مازاد؛
- آموزش و ظرفیت‌سازی نیروی انسانی در بخش دولتی و خصوصی برای استفاده دوباره و مراقبت و نظارت بر کیفیت آب غیرمتعارف و استفاده مناسب؛
- توجه به مخاطرات بهداشتی و محیط‌زیستی که در فصل پنجم به تفصیل مورد بحث قرار خواهد گرفت.

۴-۲- گام‌های برنامه‌ریزی

طبق پیشنهاد سازمان حفاظت محیط‌زیست امریکا برای برنامه‌ریزی استفاده دوباره از آب طرحی باید تهیه شود که در این کتاب گام‌های برنامه‌ریزی نامیده می‌شود. طبق این برنامه‌ریزی مطالعات مربوط به تعریف پتانسیل‌های مصرف در سه مرحله باید انجام گیرد.

- **مرحله مقدماتی یا شناخت:** انجام بررسی‌های اولیه در مورد پتانسیل‌های استفاده دوباره از آب و معرفی نیازهای کمی و کیفی آن‌ها و تعریف گزینه‌ها که همان تقاضاکنندگان می‌باشند؛
- **مرحله اول:** عبارت است از غربال کردن گزینه‌های مصرف‌کنندگان با معیارهای کمی و کیفی و موقعیت جغرافیایی آن‌ها و تعریف گزینه‌های قابل مطالعه و مقایسه فنی و اقتصادی؛
- **مرحله دوم:** عبارت است از ارزیابی دقیق مصرف‌کنندگان منتخب با معیارهایی که بطور مفصل مورد گفتگو قرار می‌گیرد.

در اینجا لازم به یادآوری است که در طرح‌های توسعه شهرک‌ها که مطالعات تامین و توزیع آب شرب مورد نیاز شهرک همراه با تاسیسات جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب و رواناب‌ها بخشی از مطالعات زیربنایی توسعه شهرک است، اندیشه طرح تولید و توزیع آب غیرمتعارف و بنابراین طرح و اجرای دو شبکه آب متعارف و آب غیرمتعارف نیز می‌تواند در چارچوب قوانین و آیین‌نامه‌های آینده مورد توجه قرار گیرد.

۴-۲-۱- مرحله مقدماتی یا شناخت

در این مرحله روی نقشه جغرافیایی منطقه، محل‌های تولید پساب همراه با کیفیت و کمیت آن و محل‌های بالقوه درخواست‌کنندگان از نظر کیفیت و کمیت آب غیر متعارف که در بخش ۳-۴ به اختصار آوده شده نشان داده می‌شود و به موازات آن سازمان‌ها و مدیریت‌های مربوط به امکان استفاده دوباره هم تعیین

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

و تعریف می‌گردد. بعلاوه دانستن قوانین و مقررات مربوط به محیط زیست و بهداشت جامعه هم باید مورد مطالعه قرار گیرد تا مسئولیت تامین‌کننده و مصرف‌کننده شفاف شود.

بنابراین به سئوالات اساسی زیر باید پاسخ داده شود:

- کدام یک از پساب‌های موجود می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد و چه فرایندهای دیگری برای تصفیه مورد نیاز است تا آب غیرمتعارف مطلوب تولید گردد.
- تقاضاکنندگان آب غیرمتعارف در چه بخش‌هایی قرار دارند که در حقیقت باید لیست مشتریان بالقوه همراه با کمیت و کیفیت آب مورد درخواست آن‌ها تهیه شود.
- سازمان‌های حمایت‌کننده و منابع مالی این طرح‌ها تعریف شود.
- رابطه تنگاتنگ طرح استفاده دوباره با طرح‌های استفاده از آب متعارف چگونه خواهد بود در این رابطه لازم است قیمت تمام شده آب و آب غیرمتعارف در محل تحویل تعیین گردد. در صورتیکه کیفیت آب غیرمتعارف در حدی باشد که مشکلی در داشت و برداشت محصول ایجاد نگردد و کشاورز مزرعه اختلافی بین آب غیرمتعارف و متعارف احساس نکند، دلیلی وجود ندارد که قیمت آن کمتر از قیمت آب متعارف در نظر گرفته شود. بنابراین تولید آب مناسب موثرتر از ارزان فروختن آن است. نکته‌ای که باید برای کشاورزان توضیح داده شود عبارت از اهمیت کاهش نیاز به کودهای شیمیایی و اعتماد به استمرار تحویل آن است، بعلاوه با افزایش نسبی و کنترل شده مواد آلی خاک و افزایش قدرت نگهداری رطوبت در خاک، کشاورز می‌تواند اراضی بیشتری را به زیر کشت ببرد. مزیت‌های استفاده از آب غیرمتعارف در فصل سوم مورد گفتگو قرار گرفته است.
- مخاطرات بهداشتی و محیط زیستی کدام هستند و چه قوانینی در این زمینه وجود دارد بنابراین به درخواست‌کنندگان آب غیرمتعارف باید مخاطرات بهداشتی و محیط زیستی یادآوری شده و محدودیت‌های مصرف تعریف گردد.
- سازمان‌های مسئول طراحی، اجرا، بررسی‌کننده و تصویب‌کننده و نظارت بر کارهای اجرایی و انجام پایش مستمر کدامند و مسئولیت قانونی و حرفه‌ای آن‌ها چیست.

هدف اصلی این مرحله از مطالعه تعیین تقاضاکنندگان بالقوه آب غیرمتعارف می‌باشد و در شرایط فعلی منبع آب مورد استفاده آن‌ها کدام است تا بتوان با آن‌ها وارد مذاکره شد و لیست مصرف‌کنندگان بزرگ آب متعارف را تهیه و گروهی که می‌توانند از آب غیرمتعارف استفاده کنند تعریف شوند.

طبعاً تقاضاکنندگان آب غیرمتعارف نگران کیفیت آب تحویلی مورد نیاز و درجه اعتماد به دریافت آن با میزان دلخواه هستند. بعلاوه آگاهی به مقررات و قوانین موجود که به آن‌ها مجوز استفاده از آب غیرمتعارف را بدهد جزو درخواست‌های آن‌ها خواهد بود و لازم است محدودیت‌های مربوط به مصرف هم به آگاهی آن‌ها برسد. این مرحله از مطالعه را می‌توان مرحله شناخت نامید و می‌تواند توسط بخش دولتی و یا شرکت‌های آب منطقه‌ای انجام گیرد.

۴-۲-۲- مرحله اول- غربال کردن تقاضاکنندگان

پس از آگاهی از درخواست‌کنندگان بزرگ آب غیرمتعارف که در مطالعات مرحله شناخت تعیین و موقعیت نسبی آنها نسبت به محل تامین آب غیرمتعارف در نقشه محلی تعریف گردید، حال باید گزینه‌های تصفیه پساب، انتقال، توزیع و عنصرهای دیگر هیدرولیکی سیستم مانند مخازن ذخیره، سرویس و تلمبه‌خانه‌ها تعیین شود.

طبیعی است که ویژگی‌های تاسیسات انتقال و توزیع به توپوگرافی اراضی، فشار هیدرولیکی و نحوه پراکندگی محل نسبی درخواست‌کنندگان بستگی دارد. برای مثال اگر مصرف‌کننده بزرگی مانند کشاورزان در پایین‌دست تصفیه‌خانه فاضلاب وجود داشته باشد احتمال اینکه درخواست‌کننده آب غیرمتعارف گردد زیاد است.

در واقع آنالیزهای اقتصادی برای تعیین قیمت تمام شده آب غیرمتعارف با کیفیت مورد تعریف درخواست‌کننده باید انجام گیرد. در مطالعات این مرحله که مرحله امکان‌سنجی است باید گزینه‌ها تعریف و غربال شده و بهترین گزینه تصفیه بیشتر پساب به صورت شفاف تعریف شود. در مواردی می‌توان در سایت تصفیه‌خانه چند نوع پساب و یا آب غیرمتعارف تولید و تحویل بخش درخواست‌کننده داد. گرچه در منطقه‌های کم آب کشور، بخش صنعت نیز درخواست‌کننده آب غیرمتعارف است و بنابراین انجام مطالعات الویت‌بندی با توجه به معیارهای تعریف شده ضروری است.

از نکته‌های مهم در آنالیزهای اقتصادی توجه به درجه تصفیه در رابطه با استفاده دوباره در بخش کشاورزی است زیرا اگر قرار باشد که پساب برای کشاورزی به کار رود زدایش ازت و فسفر تقریبا غیرضروری می‌باشد، در حالیکه طبق مقررات حاکم برای تخلیه و دفع نهایی آن به منابع آب زدایش آن‌ها ضروری است.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

۴-۲-۳- مرحله دوم- ارزیابی بیشتر تقاضاکنندگان

پس از انجام مطالعات غربال کردن گزینه‌ها، حال لازم است ارزیابی مصرف‌کنندگان منتخب انجام گیرد. بدین‌ترتیب که برای هر مصرف‌کننده باید قیمت تمام شده آب متعارف و غیرمتعارف با توجه به تاسیسات لازم تصفیه و انتقال برای تحویل تعیین و مورد مقایسه قرار گیرد.

باید توجه داشت که اگر درخواست‌کنندگان مختلف که در فصل سوم مورد بحث قرار گرفت، آبی با کیفیت‌های مختلف نیاز داشته باشند، طبیعی است که پس از تصفیه فاضلاب برای مصرف‌کننده اصلی، تاسیسات تصفیه بیشتر و ویژه برای مصرف‌کننده‌های کوچکتر در محل مناسب باید پیش‌بینی گردد و یا از مصرف‌کنندگان خواست که برای کیفیت ویژه خود تصفیه در محل را در نظر بگیرند که باید غیر از الزامات بهداشتی و محیط‌زیستی باشد، زیرا دو گروه معیارهای بهداشتی و محیط‌زیستی باید توسط مسئولان وزارت بهداشت و سازمان حفاظت محیط‌زیست تهیه شده باشد.

نکته دیگر اینکه در صورتی که استفاده از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری مدنظر است صنایع مولد فاضلاب‌های صنعتی باید هزینه بیشتری برای تصفیه فاضلاب تولیدی خود تحمل کنند تا بتوانند مجوز تخلیه فاضلاب خود را به شبکه عمومی دریافت نمایند و اگر بخواهند از آب غیر متعارف استفاده نمایند تغییراتی در تاسیسات توزیع آب خود نیز باید اعمال نمایند. گرچه موقعیت تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در گذشته بر مبنای تمرکز انجام می‌گرفت لیکن به دو دلیل اصلی زیر اندیشه تصفیه‌خانه‌های متفرق[1] مورد توجه قرار گرفته است.

اول: استفاده از پساب تصفیه شده در بخش‌های مختلف شهری و صنعتی که در فصل سوم به آن پرداخته شد این تجدیدنظر را الزامی می‌نماید زیرا اگر قرار باشد که در محدوده شهر و یا درمنطقه‌های صنعتی استفاده دوباره انجام گیرد، طبعا شبکه جمع‌آوری فاضلاب با توجه به محل استفاده دوباره باید طراحی شود تا پساب با کمترین هزینه‌های انتقال به محل مصرف برسد.

دوم: شهرهایی که برای تامین آب شرب، صنعتی و فضای سبز از منابع آب زیرزمینی استفاده می‌کنند در صورتی که مقدار برداشت از منبع زیرزمینی بیشتر از میزان تغذیه باشد که معمولا چنین است علاوه بر اینکه ممکن است کیفیت آب تغییر نامطلوب پیدا کند به مرور سفره آب پایین رفته و خطر نشست لایه‌های خاک محتمل می‌گردد. بنابراین جایگزین نمودن پساب‌ها به جای آب برداشتی در شرایطی یک ضرورت است. معیارهای تغذیه منابع آب زیرزمینی در فصل سوم مورد بحث قرار گرفته است.

کلیات و هدف‌های مطالعات با نام گام‌های برنامه‌ریزی را می‌توان با انجام مطالعات شناخت، مرحله اول و دوم مطالعات متعارف مهندسی آب مقایسه نمود. در انجام مطالعات مرحله اول استفاده دوباره از آب، مانند هر طرح دیگر آب و فاضلاب، تعریف گزینه‌ها و مقایسه آن‌ها ضرورت دارد. در این مطالعه گزینه‌های مربوط به مشتریان بالقوه آب غیرمتعارف باید تعریف شده و عنصرهای مختلف طرح چون فرایندها و واحدهای تصفیه پساب و تاسیسات ذخیره، انتقال و توزیع طراحی شده و هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری تعیین شود و سپس با مقایسه آن‌ها گزینه برتر تعریف می‌شود. در این مطالعه توجه به نیاز بخش صنعت و مزیت‌های اقتصادی استفاده دوباره از آب توسط این بخش نباید به خاطر بخش کشاورزی نادیده گرفته شود.

در صورتیکه تصفیه‌خانه فاضلاب ساخته شده و در حال بهره‌برداری است با دو وضعیت ممکن است روبه‌رو شد. وضعیت اول که در آن فرایندهای زدایش ازت و فسفر پیش‌بینی و اجرا شده است و وضعیت دوم که در آن تاسیسات زدایش ازت و فسفر در نظر گرفته نشده است. در وضعیت اول احتمالا موقعیت تصفیه‌خانه تحت تاثیر توپوگرافی گذرگاه‌های عمومی شهر انتخاب شده و گزینه استفاده از پساب در آن دخالت نداشته و ملاک طراحی‌ها حفظ معیارهای پساب برای دفع به آب‌های پذیرنده بوده است. در این وضعیت اگر مطالعات نشان دهد که بخش کشاورزی مشتری اصلی استفاده از پساب است، زدایش ازت و فسفر در بسیاری از شرایط ضرورت نخواهد داشت و یا برای حفظ غلظت ازت در حد لازم باید بخشی از پساب ازت‌زدایی گردد و یا با اختلاط با آب متعارف غلظت مطلوب حاصل گردد.

بنابراین هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری تصفیه‌خانه موجود فاضلاب کاهش چشمگیری پیدا می‌نماید. در وضعیت دوم که تاسیسات زدایش ازت و فسفر پیش‌بینی نشده است، در صورت ضرورت با اختلاط با آب متعارف می‌توان غلظت ازت را در حد مطلوب حفظ نمود. در مطالعات مرحله اول لازم است با توجه به معیارهای مصوب کیفیت پساب و به کمک جدول‌های شماره ۴-۷، ۴-۸ و ۴-۹ فرایندهای تصفیه فاضلاب و تصفیه تکمیلی برای زدایش آلاینده‌ها و عوامل بیماری‌زا انتخاب گردد و بنابراین فرایندهای موجود باید مورد تجدیدنظر قرار گیرد. در جدول شماره پ-۲ از پیوست شماره یک، میزان

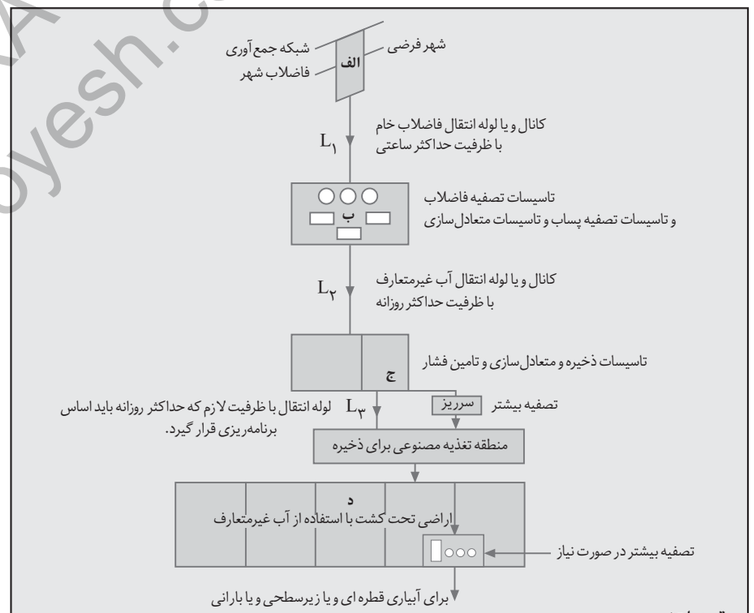
1. Decentralized Wastewater Treatment Plant

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

کدورت و کلیفرم گوارشی و بی‌اودی و جامدات معلق در چهار ایالت امریکای شمالی ارائه شده است که توجه به آن برای تدوین معیارهای مورد نیاز کشور توصیه می‌شود.

حال در صورتیکه مطالعات استفاده دوباره از آب به موازات مطالعات فاز اول شبکه جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب انجام گیرد، تعریف پتانسیل‌های استفاده دوباره گام نخست است و لازم است طبق مطالب بخش ۴-۲ گزینه‌های استفاده دوباره همراه با کیفیت آب غیرمتعارف مورد نیاز آن‌ها تعریف شود. در نتیجه سیمای شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهر و موقعیت تصفیه‌خانه و یا تصفیه‌خانه‌های فاضلاب

شکل شماره ۴-۲ - دیاگرام موقعیت فرضی شهر، تصفیه‌خانه فاضلاب، تصفیه تکمیلی و زمین‌های تحت آبیاری



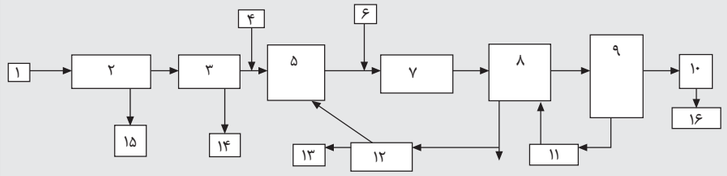
توجهات:

۱. آنالیزهای اقتصادی و فنی طول‌های L_1 و L_2 را تعیین می‌نماید.

۲. در صورتیکه در محل ب زمین کافی برای تصفیه تکمیلی پیش‌بینی نشده است، تاسیسات در محل ج می‌تواند استقرار یابد و لوله L_2 حامل پساب خواهد بود و لوله L_3 حامل آب غیرمتعارف.

۳. با توجه به معیارهای دوگانه کاربرد در کشاورزی و تغذیه منابع زیرزمینی، پیش‌بینی زمین برای تصفیه بیشتر و تاسیسات تغذیه منابع آب زیرزمینی در روزهایی که کشاورزی به آن نیاز ندارد و آبگیری دوباره توصیه می‌شود.

شکل شماره ۴-۳- دیاگرام فرایندهای تصفیه فاضلاب و تصفیه تکمیلی برای استفاده در کشاورزی



۱. فاضلاب خام شهری
۲. تاسیسات واحدهای تصفیه اولیه
۳. تاسیسات واحدهای تصفیه ثانویه مانند لجن فعال، برکه هوادهی
۴. کلرزنی
۵. واحد متعادل‌سازی تغییرات میزان فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه و هدایت آن به فیلترها
۶. تزریق ماده منعقدکننده
۷. تاسیسات واحدهای اختلاط سریع و تولید لخته
۸. تاسیسات واحدهای فیلترهای دو جنسی دانه‌ای که کدورت آب ورودی به آن نباید از حدود ۱۰ ان‌تی‌یو تجاوز نماید، در غیر این صورت زلال‌سازی لازم است. گرچه در مورد آب‌های متعارف و فیلترهای دوجنسی رقم ۲۰ هم مورد قبول است.
۹. واحد تماس کلر و جبران نوسانات نیازهای پایین‌دست
۱۰. مخزن آب غیرمتعارف و تامین فشار هیدرولیکی
۱۱. تاسیسات بکواش فیلترها
۱۲. واحد متعادل‌سازی آب بکواش فیلترها و تصفیه آن و یا برگشت به واحد شماره ۵
۱۳. لجن آب
۱۴. لجن ته‌نشینی دوم حاصل از تصفیه بیولوژیکی
۱۵. لجن آب ته‌نشینی اول
۱۶. تاسیسات انتقال و توزیع

توجهات:

- چگونگی تصفیه و استفاده از لجن و بیوگاز تصفیه‌خانه مورد بحث کتاب نیست.
- در صورتیکه پساب در واحد شماره ۵ زیاد متوقف شود کلرزنی دوباره آن ضرورت دارد و در مورد مسقف بودن آن به متن کتاب مراجعه شود.
- در مورد حجم واحدهای شماره ۵ و ۹ در متن کتاب آمده است.

به شدت تحت تاثیر موقعیت جغرافیایی مصرف‌کنندگان آب غیرمتعارف قرار خواهد گرفت و توپوگرافی گذرگاه‌های عمومی یکی از معیارهای طراحی سیمای شبکه جمع‌آوری فاضلاب خواهد بود. بنابراین گزینه‌ای که کمترین هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری را نشان می‌دهد باید تعریف شود. در این وضعیت باید سعی شود که فاضلاب خام به گونه‌ای جمع‌آوری شود که جهت جریان آن به طرف محل‌های استفاده دوباره باشد تا طول تاسیسات انتقال آب غیرمتعارف کمتر گردد. در شکل شماره ۴-۳ ترکیب فرایندهای دو سایت نشان داده شده است.

در هر دو وضعیت، گروه دست‌اندرکار انجام مطالعات لازم است به نکته‌های زیر توجه داشته باشند:

IRANARRA
https://mehrabpooyesh.com

اول: پذیرش کشاورزان برای استفاده از آب غیرمتعارف. برای دانستن واکنش کشاورزان، یک مطالعه میدانی خاص لازم است که باید توسط یک گروه متخصص برای منطقه مورد نظر انجام بگیرد. گرچه مطالعات موردی فصل اول نشان می‌دهد که آب غیرمتعارف با شروطی مورد قبول کشاورزان قرار می‌گیرد. نکته‌های مهم در این تحقیق عبارتند از:

- اعتماد به استمرار تحویل آب غیرمتعارف بیشتر از آب متعارف است زیرا تغییرات آب و هوا و بارش‌ها تاثیر چندانی به تولید آن ندارد. بنابراین کشاورزان می‌توانند با اطمینان برنامه‌های کاشت، داشت و برداشت را برنامه‌ریزی نمایند.
- بدلیل استفاده از فرایندهای تصفیه تکمیلی و ابزار دقیق کنترل کیفیت آن مخاطراتی در این استفاده وجود نخواهد داشت و نمی‌توان به آن نام پساب و مانند آن نهاد. این نگرانی باید بین مصرف‌کنندگان آب غیرمتعارف از بین برود که یک مانع در راه موفقیت طرح‌های جایگزینی آب است. حتی مصرف‌کنندگان محصولات هم باید به بی‌خطری محصول آگاه شوند.
- استفاده از آب غیرمتعارف بدلیل کاهش نیاز به کودهای ازته و فسفر و سیاست‌های یارانه‌ای دولت منافع بیشتری را متوجه کشاورزان می‌نماید. احتمالا نیاز آب در واحد هکتار هم بدلیل افزایش مواد آلی و کاهش تبخیر کمتر خواهد شد.

دوم: کیفیت آب غیرمتعارف برای مصرف‌های مختلف باید به صورت ارقام و یا اعداد بیان شود و لازم است کمیته‌ای شامل نمایندگان وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، کشاورزی، نیرو و سازمان حفاظت محیط‌زیست و کارشناسان مستقل معیارهای لازم را تدوین نمایند که برای انجام آن در نظر گرفتن شرایط اجتماعی – اقتصادی و فرهنگی منطقه ضرورت دارد.

در این جا یادآوری می‌شود که مقایسه قیمت تمام شده آب غیرمتعارف می‌تواند براساس سرمایه‌گذاری‌های زیر انجام گیرد:

- سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری تاسیسات تصفیه تکمیلی و یا پیشرفته تاسیسات انتقال و توزیع آب غیرمتعارف؛
- هزینه‌های بالا بعلاوه هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری از تصفیه‌خانه فاضلاب؛
- هزینه‌های دو ردیف بالا و هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری شبکه جمع‌آوری فاضلاب؛

انتخاب ردیف دوم و سوم از جهاتی می‌تواند صحیح نباشد زیرا جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب در بسیاری از موارد یک ضرورت است. حال می‌توان آن را با توجه به معیارهای محیط‌زیست تخلیه و دفع نمود و یا مورد استفاده دوباره قرار داد. بنابراین تعیین قیمت تمام شده آب غیرمتعارف براساس فرضیات مختلف یکسان نخواهد بود و سیاست‌گذاری‌های کلان اقتصادی در آن دخالت دارد. باید توجه داشت که هزینه‌های ردیف‌های دوم و سوم معمولا توسط مشترکین شبکه آب و فاضلاب پرداخت می‌گردد و نباید دوباره از مصرف‌کننده آب غیرمتعارف دریافت نمود تا در نهایت به مصرف‌کننده محصولات تحمیل گردد.

گزینه‌های مختلف مشارکت بخش خصوصی بویژه استفاده از طرح‌های راهگشا مانند بی‌اواو و بی‌اوتی در بخش تصفیه تکمیلی و تولید آب غیرمتعارف مانند بسیاری از کشورها باید مورد توجه قرار گیرد و در این صورت کار مدیریت پایش همه سو نگر توسط دولت راحتتر انجام خواهد گرفت[1].

نباید فراموش نمود، همان‌طور که در این مجلد بارها یادآوری گردید اصل نخست بهداشت و سلامت یک یک افراد جامعه در مقابل پیامدهای استفاده دوباره از آب و دوم حفظ محیط‌زیست در حد توسعه پایدار است. در صورتیکه دو اصل بالا در محدوده پذیرفتنی طرح‌های پایدار قرار گیرد، آن وقت قیمت تمام شده آب غیرمتعارف تعیین و با آب متعارف مورد مقایسه قرار می‌گیرد. با توجه به محدودیت منابع آب متعارف سیاست‌های استفاده از آب غیرمتعارف باید به گونه‌ای باشد که اندیشه دفع نهایی در آخرین اولویت قرار گیرد. با رعایت فلسفه جایگزینی، قیمت آب غیرمتعارف نمی‌تواند با آب متعارف مورد مصرف کشاورزان اختلاف زیادی داشته باشد. در مورد استفاده از لوله‌ها، شیرها و حتی مصالح ساخت بتن هم برای تاسیسات آب غیرمتعارف لازم است معیارهایی تعریف گردد تا مشاوران و سازندگان با توجه به معیارهای تدوین شده تصمیم‌گیری‌های حرفه‌ای خود را انجام دهند. یکی از کمبودهای اساسی صنعت استفاده دوباره از آب مشخصات فنی تاسیسات مورد نیاز است. پیش‌بینی تمهیدات افزایش گهگاه سرعت آب در لوله برای شستشوی بیوفیلم از طریق شیرهای مناسب تخلیه توصیه می‌شود.

۴-۳- توجهات اساسی در تصفیه فاضلاب

در فاضلاب خام، فاضلاب تصفیه شده و آب غیرمتعارف حاصل از تصفیه پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب

۱.فصل هفتم مرجع شماره ۴۳ به موضوع طرح‌های راهگشا پرداخته و لذا از تکرار آن خودداری می‌شود.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

شهری آلاینده‌هایی وجود دارد که موجب نگرانی است و استفاده دوباره از آن را مشکل می‌نماید. طراح تاسیسات تصفیه تکمیلی و یا پیشرفته با توجه به استانداردها و معیارهای مصوب کشور باید فرایندهای لازم برای کاهش آلاینده‌ها در پساب را انتخاب و از صنعت مربوط بهره‌برداری نماید. این آلاینده‌ها با نام ویژگی‌های نگران‌کننده به قرار زیر است.

۴-۳-۱- ویژگی‌های نگران‌کننده آب غیرمتعارف در استفاده دوباره

ویژگی‌های مهم در پساب که طرح‌های استفاده از آن می‌تواند پیامدهای نگران‌کننده‌ای داشته باشد به قرار زیر است:

- **مجموع جامدات معلق**- ذرات زنده و مرده معلق در آب غیرمتعارف در کار گندزدایی مانند کلرزنی و پرتو فرابنفش دخالت منفی داشته و نیز باعث انسداد روزنه‌های دستگاه‌های آبیاری شده و در تاسیسات می‌تواند رسوب نموده و مشکلات دیگری را ایجاد نماید. حدود غلظت آن پس از تصفیه ثانویه ۵-۵۰ و بعد از تصفیه تکمیلی ۵-۳۰ میلی‌گرم در لیتر است و با توجه به معیار کیفی نوع استفاده، میزان مجاز آن تعریف و فرایندهای کاهش آن انتخاب می‌شود.
- **کدورت**- کدورت ناشی از حضور ذرات معلق در آب غیرمتعارف است. حدود مجاز آن پس از تصفیه ثانویه ۱-۳۰ و بعد از تصفیه تکمیلی و یا پیشرفته ۰/۱-۳۰ ان‌تی‌یو است و مانند جامدات معلق با توجه به معیار و استاندارد مصوب کشور باید نسبت به زدایش آن اقدام نمود. باید توجه داشت که افزایش کدورت آب خروجی از فیلترهای تصفیه‌خانه‌های آب شرب همراه است با افزایش کیست ژیاردیا و ارگانیسم‌های دیگر. چنانکه بعضی از کشورها برای تعریف کیفیت آب غیرمتعارف کدورت را معیار تشخیص انتخاب نموده‌اند، زیرا انجام آن ساده‌تر و ارزان‌تر است.
- **بی‌اودی، سی‌اودی، تی‌اوسی**[1]- این سه ویژگی نشان‌دهنده مواد آلی قابل تجزیه بیولوژیکی و شیمیایی در آب است و در صورت تماس با سطوح باعث تشکیل لایه بیوفیلم روی آن می‌گردد. در صورت نبود اکسیژن، با تجزیه تولید سولفیدهیدروژن و متان نموده و با کلرزنی تشکیل ترکیب‌های خطرناک و انواع مواد آلی هالوژنه می‌نماید که می‌تواند در اراضی کشاورزی باعث ایجاد بوی نامطبوع گردد. حدود آن پس از تصفیه ثانویه به ترتیب عبارت است از ۱۰-۳۰، ۵۰-۱۵۰ و ۵-۲۰ میلی‌گرم در لیتر و حدود مجاز آن پس از تصفیه تکمیلی و یا پیشرفته باید تعریف گردد. برای مثال طبق بعضی از معیارهای تی‌اوسی در آب غیرمتعارف نمی‌تواند از ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بیشتر شود و در معیارهایی کمتر از ۵ میلی‌گرم در لیتر تعریف می‌شود. یکی از ویژگی‌های طبقه‌بندی آب‌ها در بعضی از کشورها غلظت تی‌اوسی است.
- **مجموع کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های گوارشی**- وجود این گروه از باکتری‌ها به عنوان شاخص، خطر سرایت بیماری را توسط آب تعریف می‌نماید و برای کاهش خطرات سرایت و انتشار بیماری‌های گوارشی سعی در کاهش آن‌ها در آب غیرمتعارف است و در بخش‌های آینده به تفضیل به آن‌ها پرداخته می‌شود. تعداد آن‌ها پس از تصفیه ثانویه به ترتیب عبارت است از 10^1-10^7 و 10^1-10^6 و پس از تصفیه تکمیلی و یا پیشرفته به ترتیب ۱-۱۰۰۰ تا ۱-۲۰۰ در ۱۰۰ میلی‌لیتر باید باشد.
- **تخم انگل‌ها و ویروس‌ها**- این دو پارامتر نیز خطر سرایت و انتشار بیماری‌های روده‌ای را نشان می‌دهد. میزان آن‌ها پس از تصفیه ثانویه به ترتیب ۱-۱۰ تا ۱-۱۰۰ در لیتر و پس از تصفیه تکمیلی و یا پیشرفته با توجه به نوع استفاده به ترتیب ۰/۱-۵ در لیتر و کمتر از یک در ۵۰ لیتر باید باشد.
- **فلزات سنگین**- عنصرهایی مانند کادمیوم، نیکل، جیوه، روی و مانند آن‌ها برای گیاهان مسموم‌کننده بوده و بیشترین میزان مجاز آن در آب غیرمتعارف صفر تعریف شده است. چون در خاک به مرور تجمع می‌یابند توجهات خاصی را در این مورد می‌طلبد. در متن کتاب ارقام به صورت جدول‌هایی ارائه شده است.
- **مواد معدنی**- بسیاری از گیاهان مورد آبیاری برای تولید محصول نسبت به مجموع املاح محلول و بر[1] حساسیت دارند و بنابراین با توجه به غلظت آن‌ها و نوع کشت باید تصمیم‌گیری نمود. در بعضی از مراجع به عدد ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر برای مجموع املاح محلول اشاره شده است که جای ابهام دارد. زیرا مراجع دیگر رقم بیشتر از ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر را مطرح کرده‌اند. مجموع املاح محلول در فاضلاب‌های شهری حدود ۳۵۰-۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر است و این در صورتی است که نشت آب

۱. درمورد حضور مواد شیمیایی آلی و آفت‌کش‌ها در آب شرب به جدول‌های شماره ۴، ۵ و ۶ استاندارد شماره ۱۰۵۳ مراجعه شود. بنابراین وجود تی‌اوسی در آب شرب نیاز به تشخیص ویژگی‌های آنها دارد.

1. Boron (B)

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

زیرزمینی به داخل فاضلابرو آن را تغییر ندهد.

- **کلر** - برای جلوگیری از رشد بیوفیلم روی سطوح داخلی لوله‌های حامل آب غیرمتعارف و جلوگیری از فعالیت‌های بیولوژیکی، سعی می‌شود تا میزان کلر آزاد در آب حدود ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر حفظ شود. اما باید توجه داشت که بعضی از گیاهان نسبت به آن حساسیت دارند و همچنین تشکیل ترکیب‌های آلی کلردار از کاربرد آن و پخش این ترکیب‌های جدید در محیط نیاز به توجه دارد که در بخش ۴-۵ به آن پرداخته شده است.
- **ازت و فسفر** - این دو عنصر در حالیکه مواد غذایی مورد نیاز گیاهان هستند اما مشکلات دیگری مانند آلودگی منابع آب و اثرهای منفی روی رشد گیاه و تولید محصول را به همراه دارند. هر دو عنصر در جدول‌های کتاب از نظر کشاورزی مورد توجه قرار گرفته‌اند. مقدار آن‌ها در فاضلاب خام به ترتیب حدود ۲۰-۸۵ و ۶-۲۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد.

حال با توجه به کیفیت پساب ورودی به تاسیسات تصفیه تکمیلی برای تولید آب غیرمتعارف و کیفیت مورد درخواست مصرف‌کننده و مقررات مربوط به بهداشت محیط و محیط زیست باید فرایندهای لازم تصفیه تکمیلی انتخاب شود.

میکروب‌های بیماری‌زای موجود در فاضلاب‌های شهری بسیار زیاد بوده و بخشی از آن‌ها در جدول شماره ۴-۱ نشان داده شده است. همان‌طور که جدول نشان می‌دهد باکتری‌ها، پروتوزواها، ویروس‌ها و تخم انگل‌های بیماری‌زا در فاضلاب خام وجود دارد و در جدول شماره ۴-۲ تعداد تقریبی آن‌ها و در جدول شماره ۴-۳ تعداد آن‌ها در پساب خروجی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب دارای مراحل اول و دوم تصفیه ارائه شده است. چنانکه دیده می‌شود استفاده از پساب خطرناک بوده و با بی‌احتیاطی می‌تواند باعث انتشار بیماری‌ها گردد. در بخش‌های بعدی این فصل اثر فرایندهای تصفیه ثانویه و تکمیلی یا پیشرفته در کاهش عوامل بیماری‌زا مورد گفتگو قرار خواهد گرفت.

از مطالعات انجام شده می‌توان چنین نتیجه گرفت که عملکرد زدایش میکروارگانیسم‌ها در فرایندهای تصفیه فاضلاب دارای طیف وسیعی است و شرایط هر طرح دارای عملکرد ویژه‌ای است. چنانکه زدایش کلیفرم‌های گوارشی حداکثر ۹۹، سالمونلاها ۷۰-۹۹، شیگلا ۸۰-۹۰ و ویروس‌های روده‌ای ۷۵-۹۹ درصد است. لازم به توجه است که زدایش تخم انگل‌ها در ته‌نشینی اولیه حدود ۵۰-۹۸ درصد بوده و در تصفیه ثانویه بسیار محدود است. زدایش مواد آلی برحسب بی‌اودی هم در حدود ۹۰

جدول شماره ۴-۱- **عوامل بیماری‌زا در فاضلاب خام شهری**

بیماری‌زا	بیماری	بیماری‌زا	بیماری
۱. باکتری‌ها:		**۳. پروتوزواها :**	
شیگلا	اسهال باسیلی	آمیب هیستولیتیکا	اسهال آمیبی
سالمونلا تایفی	تب حصبه	ژیاردیا لامبلیا	التهابات روده‌ای
سالمونلا	سالمونلوزیس	کریپتسپوریدیوم	اسهال و تب
ویبریوکلرا	وبا		
اشریشیاکلای	التهابات روده‌ای	**۴. ویروس‌ها:**	
پرسینیا انتروکولایتیکا	پرسینیوزیس	ویروس‌های روده‌ای[1]	التهابات روده‌ای و غیره
لیتسپیرا	لیپسپروزیس	هپاتیت آ	عفونت هپاتیت
باکتری کامپیلو	التهابات روده‌ای	آدنوویروس	ناراحتی ریه چشم
۲. انگل‌ها:		روتا ویروس	التهابات روده‌ای
آسکاریس	آلودگی به انگل	پارو ویروس	التهابات روده‌ای
انکی‌لوستوما	آلودگی به انگل	نورو ویروس	التهابات روده‌ای
نکاتور آمریکانوس	آلودگی به انگل	کالیسی ویروس	التهابات روده‌ای
کرم تنیا	آلودگی به انگل	کورونا ویروس	التهابات روده‌ای
آنتریبوس	آلودگی به انگل	و چند نوع ویروس دیگر	

۱. شامل ویروس پولیو و کوکساکی

(مرجع شماره ۴۶)

جدول شماره ۴-۲- **تعداد تقریبی عوامل بیماری‌زا در فاضلاب خام**

عامل بیماری‌زا	حدود غلظت در یکصد میلی‌لیتر
کلیفرم‌های گوارشی	10^4-10^9
آنتروککسی	10^5-10^4
شیگلا	10^3-1
سالمونلا	10^4-10^2
تخم انگل‌ها	10^3-1
ویروس‌های روده‌ای	$5\times10^3-1$
کیست ژیاردیا	$5\times10^4-0/4$
کریپتسپوریدیوم	$1/5\times10^3-0/2$

(مرجع شماره ۴۶)

NARVAN
https://mehrabpooyesh.com

جدول شماره ۴-۳- بیماری‌زاها در پساب تصفیه ثانویه و قبل از کلرزنی (مطالعه موردی)

عوامل بیماری‌زا	حدود غلظت آن در ۱۰۰ لیتر
کلیفرم‌های گوارشی	۷۷۶۷
آنتروککسی	۲۱۶۶
آنتریک ویروس	۶۵۰-۲۰
کیست ژیاردیا	۲۲۹۷-۵۰
کیست کریپتسپوریدیوم	۱۴۰

(مرجع شماره ۴۶)

درصد است. بنابراین پساب حاصل از فرایندهای تصفیه اولیه و ثانویه مانند لجن فعال و یا فیلتر چکنده و تصفیه لاگونی هنوز دارای مواد آلی و میکروارگانیسم است و استفاده از آن می‌تواند باعث انتشار انواع بیماری‌های روده‌ای شود و لازم است قبل از هر گونه استفاده مورد تصفیه تکمیلی و یا پیشرفته قرارگیرد تا آب غیرمتعارف مناسب استفاده تولید شود.

۴-۳-۲- دوام عوامل بیماری‌زا در محیط

باید توجه داشت که بیشتر عوامل بیماری‌زا در خارج از بدن میزبان خود قادر به تکثیر نیستند. بنابراین با میزان‌های متفاوت در محیط خارج از بدن از بین می‌روند که در فصل سوم مورد گفتگو قرار گرفته است. میزان از بین رفتن به نوع عامل بیماری‌زا، دما، پی‌اچ، نور مستقیم خورشید، رطوبت نسبی و دشمنان طبیعی آن‌ها بستگی دارد. در جدول شماره ۴-۴ دوام عوامل بیماری‌زا در محیط ارائه شده است.

۴-۳-۳- ترکیب‌های محلول در پساب

چون در برنامه‌ریزی استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌ها کاربرد در کشاورزی در اولویت نخست قرار گرفته بنابراین به بحث پیرامون مشکلات احتمالی ناشی از استفاده از پساب در کشاورزی پرداخته می‌شود.

ترکیب‌های شیمیایی موجود در آب غیرمتعارف که از نقطه نظر کشاورزی نیاز به توجه دارد عبارتند از: شوری و سدیم، کلرید بیش از حد، عنصرهای کمیاب مانند فلزات سنگین، ازت و فسفر و ترکیب‌های شیمیایی مانند پلیمرها. از طرف دیگر گیاهان مختلف نسبت به غلظت‌های مختلف آلاینده‌ها دارای

جدول شماره ۴-۴- دوام عوامل بیماری‌زا در محیط

نام عامل بیماری زا	حدود دوام بر حسب روز		
	آب و فاضلاب	محصول کشاورزی	خاک
۱. ویروس‌ها:			
ویروس‌های روده‌ای	۱۲۰-۵۰	۶۰-۱۵	۱۰۰-۲۰
۲. باکتری‌ها:			
کلیفرم‌های گوارشی	۶۰ - ۳۰	۳۰ - ۱۵	۷۰ - ۲۰
سالمونلا	۶۰ - ۳۰	۳۰ - ۱۵	۷۰ - ۲۰
شیگلا	۳۰ - ۱۰	۱۰ - ۵	-
ویبریوکلرا	۳۰ - ۱۰	۵ - ۲	۲۰ - ۱۰
۳. پروتوزواها :			
کیست آمیب هیستولیتیکا	۳۰ - ۱۵	۱۰ - ۲	۲۰ - ۱۰
۲. انگل‌ها:			
تخم‌های آسکاریس	ماه‌ها	۶۰ - ۳۰	ماه‌ها

(مرجع شماره ۴۶)

حساسیت‌های یکسانی نیستند و باید توجه داشت که غلظت ترکیب‌های بالا در آب غیرمتعارف بستگی به کیفیت آب مصرفی و وضعیت تخلیه فاضلاب‌های صنعتی به شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهر دارد. چنانکه اگر استفاده از آن برای کشاورزی در نظر گرفته می‌شود باید از تخلیه فاضلاب‌های صنعتی حاوی ترکیب‌ها و عنصرهای خطرناک که در جدول شماره ۴-۵ ارائه شده است جلوگیری شود. همان طور که در جدول شماره ۴-۵ مشاهده می‌شود عنصرهای کمیاب روی رشد گیاهان اثرهای منفی دارند.

شوری[1]

درجه شوری آب را با اندازه‌گیری مجموع نمک‌های محلول و یا هدایت الکتریکی آب می‌توان تعریف

1. Salinity

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

جدول شماره ۴-۵- **حدود توصیه شده عنصرهای کمیاب در آب غیرمتعارف**

عنصر	استفاده طولانی مدت (میلی گرم در لیتر)	استفاده کوتاه مدت (میلی گرم در لیتر)	ملاحظات
آلومینیوم	۵/۰۰	۲۰	در خاک‌های اسیدی ممکن است تولید را کاهش دهد.
آرسنیک	۰/۱	۲/۰۰	درجه مسمومیت آن در گیاهان مختلف یکسان نیست.
بریلیوم	۰/۱	۰/۵	درجه مسمومیت آن در گیاهان مختلف یکسان نیست.
بر	۰/۷۵	۲/۰۰	برای رشد گیاهان ضروری است.
کادمیوم	۰/۰۱	۰/۰۵	برای حبوبات دانه‌ای مسموم کننده است.
کروم	۰/۱	۱/۰۰	نقش تعیین کننده‌ای در رشد ندارد.
کبالت	۰/۰۵	۵/۰۰	برای گوجه فرنگی و بعضی گیاهان مسموم کننده است.
مس	۰/۲	۵/۰۰	برای بسیاری از گیاهان مسموم کننده است.
فلوراید	۱/۰۰	۱۵/۰۰	در خاک‌های اسیدی و خنثی بدون اثر است.
آهن	۵/۰۰	۲۰/۰۰	در خاک‌های دارای اکسیژن برای گیاهان مسموم‌کننده نیست.
سرب	۵/۰۰	۱۰/۰۰	در غلظت زیاد ممکن است مانع رشد بذر گردد.
لیتیوم	۲/۵	۲/۵	بیشتر گیاهان آن را تحمل می‌کنند.
منگنز	۰/۲	۱۰/۰۰	برای بسیاری از گیاهان مسموم کننده است.
مولیبدن	۰/۰۱	۰/۰۵	برای گیاهان مضر نیست.
نیکل	۰/۲	۲/۰۰	برای بسیاری گیاهان سمی است.
سلنیوم	۰/۰۲	۰/۰۲	برای گیاهان سمی است.
وانادیوم	۰/۱	۱/۰۰	برای بسیاری از گیاهان سمی است.
روی	۲/۰۰	۱۰/۰۰	برای بسیاری از گیاهان سمی است.
مجموع نمک‌های محلول	۵۰۰-۲۰۰۰		
کلر آزاد	کمتر از ۰/۱ میلی گرم در لیتر		
پی‌اچ	۶-۷		

(مرجع شماره ۴۶)

نمود. درجه تحمل گیاهان زراعی به شوری آب یکسان نیست. در آبیاری با آب غیرمتعارف اگر نگرانی شوری آب مطرح است باید آب به مقدار بیش از نیاز گیاه به مزرعه هدایت نمود تا به کمک تاسیسات زهکشی نمک‌های مازاد از محدوده ریشه گیاه خارج شود. در غیر این صورت زمین‌های کشاورزی در خطر شور شدن قرار می‌گیرند.

بحث آبیاری و زهکشی خارج از محدوده مورد توجه این کتاب است. به هر حال اختلاط آب غیرمتعارف با آب متعارف برای کاهش املاح آن یک گزینه قابل مطالعه است.

- **سدیم**- در بیشتر خاک‌های کشاورزی منطقه‌های نیمه خشک عنصرهای کلسیم و منیزیم، کاتیون‌های غالب هستند حال اگر سدیم همراه با آب آبیاری در خاک افزایش یابد بافت خاک بهم خورده و نفوذپذیری آن کاهش می‌یابد. رابطه دو کاتیون پیش‌گفته و سدیم بصورت معادله زیر نشان داده می‌شود که تناسب جذب سدیم و یا سار[1] نامیده می‌شود.

$$SAR=\frac{Na^{+}}{\sqrt{\left(\frac{Ca+Mg}{2}\right)}}$$

هرچه مقدار سار کمتر باشد آب برای آبیاری مناسبتر است. در معادله بالا غلظت عنصرها بر حسب اکی‌والان نشان داده شده است. شکل شماره ۴-۴ رابطه بین شوری، سار و طبقه‌بندی آب‌ها که توسط وزارت کشاورزی امریکای شمالی تدوین یافته است نشان داده شده است. طبق شکل آب‌ها برای کشاورزی در ۴ گروه طبقه‌بندی شده‌اند که با افزایش سولفات کلسیم به آب و خاک، مقدار عددی سار کاهش می‌یابد.

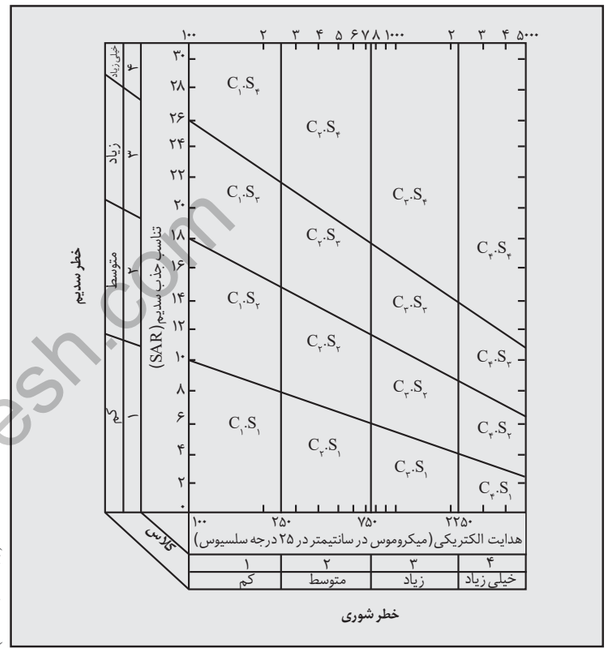
عنصرهای کمیاب

عنصرهایی که در غلظت‌های خیلی کم باعث بروز اشکال در کشاورزی است در جدول شماره ۴-۵ نشان داده شده است و حدود ترکیب‌های شیمیایی و عنصرهای موجود در خاک که می‌تواند برای کشاورزان خطرناک باشد در جدول شماره ۴-۶ آورده شده است. لازم به یادآوری است که غلظت کم آن‌ها در خاک تجمع یافته و ممکن است برای گیاه، کشاورز و مصرف‌کننده محصولات خطرآفرین شود.

1. Sodium Adsorption Ratio (SAR)

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

شکل شماره ۴-۴- رابطه سار، شوری و طبقه‌بندی آب‌ها برای کشاورزی



(مرجع شماره ۴۸)

عنصرهای غذایی

عنصرهای اصلی مورد نیاز گیاهان عبارتند از ازت، فسفر، پتاسیم، روی، بر و گوگرد که آب غیرمتعارف حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری از این نظر در حد لازم غنی است. لازمترین عنصر ازت است که غلظت و ترکیب شیمیایی آن نیاز به توجه دارد و اگر به میزان بیش از حد در اختیار گیاه قرار بگیرد باعث رشد برگ گیاه شده که ممکن است در تولید محصول ایجاد اختلال نماید که در فصل اول در مطالعات موردی به آن اشاره شد. ممکن است در مواردی ازت موجود در آب غیرمتعارف در حد لازم گیاه نباشد و بنابراین افزودن کود ازته ضرورت پیدا می‌نماید. دستاوردهای تحقیقی در امریکا در مورد استفاده از پساب تصفیه شده در کشاورزی نشان می‌دهد که:

- میزان تولید محصول آبیاری شده با آب غیرمتعارف بیش از آب متعارف است.

جدول شماره ۴-۶- حداکثر مجاز غلظت بعضی از عنصرها و ترکیب‌های خطرناک در خاک[1]

عنصرها	غلظت (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	ترکیب‌های آلی	غلظت (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)
آنتیموان	۳۶	آلدرین	۰/۴۸
آرسنیک	۸	بنزن	۰/۱۴
باریوم	۳۰۲	کلردان	۳
بریلیوم	۰/۲	کلربنزن	۲۱۱
بر	۰/۷	کلروفرم	۰/۴۷
کادمیوم	۴	۲-۴- دی	۰/۲۵
فلوراید	۶۳۵	د.د.ت	۱/۵۴
جیوه	۷	دی کلروبنزن	۱۵
مولیبدن	۰/۶	دل‌آلدرین	۰/۱۷
نیکل	۱۰۷	هپتاکلر	۰/۱۸
سلنیوم	۶	دیوکسین	۰/۰۰۰۱۲
نقره	۳	هگزاکلروبنزن	۱/۴
تالیوم	۰/۳	لیندن	۱۳
وانادیوم	۴۷	منوکسی کلر	۴/۲۷
سرب	۸۴	پی‌سی‌بی	۰/۸۹
—	—	تولوئن	۱۲
—	—	تکسافن	۰/۰۰۱۳

(مرجع شماره ۴۶)

- آبیاری با پساب تصفیه شده به وسیله فیلترهای دانه‌ای[2]، دوجنسی[3] و سه جنسی[4] می‌تواند در حد آب چاه بدون خطر گردد.
- در حالیکه در پساب تصفیه ثانویه ویروس مشاهده می‌گردد در آب غیرمتعارف تصفیه تکمیلی یعنی آبی که مراحل انعقاد، لخته‌سازی و فیلتراسیون را گذرانیده ویروسی مشاهده نشده است.

---

۱. عنصرها و ترکیب‌های شیمیایی ارائه شده در جدول بخشی از نگرانی‌ها است. برای اطلاعات بیشتر به کتب تخصصی مراجعه شود.

2. Granular Filters 3. Dual Media Filters 4. Mixed Media Filters

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

علاوه بر مطالب بالا در رابطه با استفاده از آب غیرمتعارف در کشاورزی، ملاحظات دیگر هم وجود دارد که عبارتند از:

- جلب اعتماد جامعه درخواست‌کننده مصرف آب غیرمتعارف به عملکرد تاسیسات تصفیه پساب؛
- ابزارهای کنترل کیفی پساب مورد استفاده؛
- ابزارهای نظارت و مراقبت؛
- حساسیت بازار خرید محصولات تولیدی؛
- نحوه آبیاری و ابزارهای آبیاری.

در بحث آبیاری بخش‌های اساسی زیر وجود دارد که چون خارج از موضوع کتاب است به آن‌ها پرداخته نمی‌شود:

- طبقه‌بندی خاک از نظر بافت و قدرت نگهداری آب، شیب و ضخامت لایه خاک کشاورزی و فاصله تا لایه نفوذناپذیر؛
- نیاز گیاه به آب برای رشد و تولید و افت‌های ناشی از انتقال و نشت به لایه‌های دور از دسترس گیاه و تبخیر و روش‌های آبیاری و زهکشی و کنترل زهاب‌ها.

۴-۴- زدایش عوامل بیماری‌زا در تصفیه فاضلاب و پساب

همان‌طور که در فصل سوم مشاهده شد در استفاده از پساب با توجه به کیفیت مورد نیاز درخواست‌کننده‌ها، پساب باید مورد تصفیه قرار گیرد.

صرفنظر از کیفیت مطلوب ویژه مصرف‌کننده و مقررات و معیارهای حاکم در مورد کیفیت پساب تصفیه شده برای استفاده، فرایندهای تصفیه بطور چکیده مورد بحث قرار می‌گیرد. در ابتدا جدول شماره ۴-۷ معرفی می‌شود که در آن درصد زدایش ۵ گروه از عوامل بیماری‌زا در رابطه با فرایندهای تصفیه فاضلاب و پساب ارائه شده است. زیرا همان طورکه در بخش شماره ۴-۳ که حدود تصفیه مورد بحث قرار گرفت معیار اصلی استفاده دوباره بهداشت و سلامت یک یک افراد جامعه است.

چنانکه مشاهده می‌شود و در صفحات قبل هم گفته شد عملکرد فرایندهای مختلف در زدایش عوامل بیماری‌زا هر کدام دارای طیف وسیعی هستند. برای مثال زدایش ویروس‌ها در برکه تثبیت دارای طیف۹۰- ۹۹/۹۹ و باکتری‌ها۹۰- ۹۹/۹۹۹۹ درصد است که معیارهای طراحی، بهره‌برداری و شرایط محلی مانند تابش نور خورشید تعیین‌کننده عملکرد آنهاست. بنابراین نمیتوان یک قاعده کلی در مورد زدایش آن‌ها بیان نمود و در نتیجه بخش کنترل کیفیت تولید و بخش مستقل نظارت بر کنترل کیفیت تولید باید وضعیت حاکم بر هر طرح ویژه را تعیین نماید و توجه داشته باشد که غفلت در بهره‌برداری و تغییر در معیارهای بهره‌برداری مانند افزایش میزان جریان ورودی به تاسیسات تصفیه باعث کاهش درصد زدایش عوامل بیماری‌زا می‌شود.

سازمان بهداشت جهانی شکل شماره ۴-۵ و جدول شماره ۴-۸ برای استفاده از فاضلاب را توصیه نموده است که کشورها براساس شرایط اقتصادی و اجتماعی خویش از آن برای تدوین معیارهای لازم استفاده نمایند.

جدول شماره ۴-۷- **فرایندهای تصفیه و لگاریتم کاهش و بی‌اثر شدن عوامل بیماری‌زا**

فرایندهای تصفیه فاضلاب و پساب	ویروس‌ها	باکتری‌ها	پروتوزواها	تخم انگل‌ها	کیست‌ها
برکه‌های تثبیت	۴-۱	۶-۱	۴-۱	۳-۱	۴-۱
تالاب‌های انسان‌ساخت	۲-۱	۳-۰/۵	۲-۰/۵	۳-۱	-
ته‌نشینی اولیه	۱-۰	۱-۰	۱-۰	کمتر از ۱-۰	۱-۰
ته‌نشینی به کمک ماده منعقدکننده	۲-۱	۲-۱	۲-۱	۳-۱	۱-۱
لجن فعال و ته‌نشینی دوم	۲-۰	۲-۱	۱-۰	کمتر از ۲-۱	۱-۰
فیلتر چکنده و ته‌نشینی دوم	۲-۰	۲-۱	۱-۰	۲-۱	-
لاگون هوادهی و ته‌نشینی دوم	۲-۱	۲-۱	۱-۰	۳-۱	۱-۰
فیلتر دو جنسی	۳-۱	۱-۰	۳-۱	۳-۲	-
فیلترهای ممبرانی	۶-۲/۵	۶-۳/۵	بیشتر از ۶	بیشتر از ۳	-
کلرزنی	۳-۱	۶-۲	۱/۵-۰	کمتر از ۱-۰	۳-۰
ازن‌زنی	۶-۳	۶-۲	۲-۱	۲-۰	-
پرتو فرابنفش	۳-۱	۴-۲	بیشتر از ۳	۰	-

(مرجع شماره ۴۶، ستون آخر از مرجع شماره ۵۰ استخراج شده است.)

لگاریتم ۱ به معنی ۹۰ درصد زدایش
لگاریتم ۲ به معنی ۹۹ درصد زدایش
لگاریتم ۳ به معنی ۹۹/۹ درصد زدایش
لگاریتم ۴ به معنی ۹۹/۹۹ درصد زدایش
لگاریتم ۵ به معنی ۹۹/۹۹۹ درصد زدایش
لگاریتم ۶ به معنی ۹۹/۹۹۹۹ درصد زدایش

در مراجع مختلف لگاریتم درصد زدایش عوامل بیماری‌زا یکسان نشان داده نشده است و به صورت طیفی از اعداد است که ویژگی‌های طراحی، بهره‌برداری و کیفیت فاضلاب روی آن تاثیر می‌گذارد، بنابراین یک راهنمای کلی است.

NAMVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

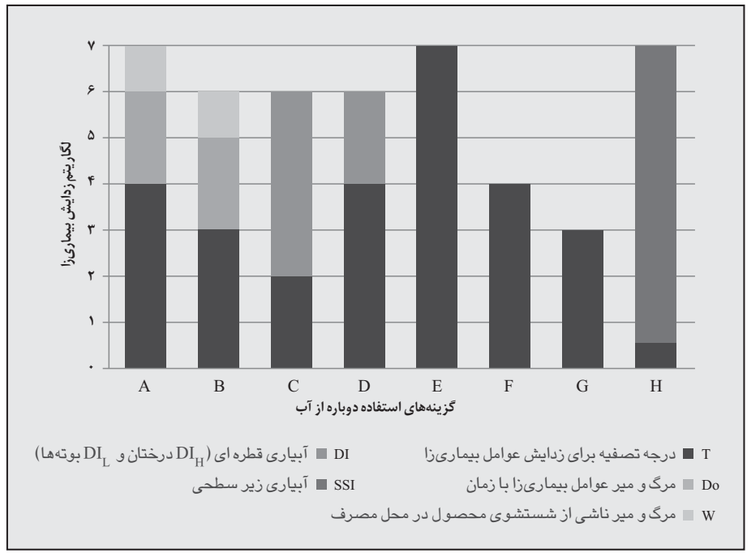
جدول شماره ۴-۸- گزینه‌های استفاده دوباره از آب

نوع آبیاری	گزینه‌ها	زدایش عوامل بیماری‌زا در فرایندهای تصفیه برحسب لاگ	تعداد ای‌کلای* در یک صد میلی‌لیتر (کمتر و یا مساوی)	ملاحظات
بدون محدودیت	A	۴	$۱۰^{۳}$	محصولاتی که ریشه آن‌ها خام خورده می‌شود.
	B	۳	$۱۰^{۴}$	محصولاتی که برگ آن‌ها خام خورده می‌شود.
	C	۲	$۱۰^{۵}$	آبیاری درختان میوه به صورت قطره ای
	D	۴	$۱۰^{۳}$	آبیاری بوته‌ها به صورت قطره‌ای
	E	۷-۶	$۱۰^{۱}$-$۱۰^{۰}$	با توجه به آیین‌نامه‌های محلی
با محدودیت	F	۴	$۱۰^{۴}$	حفاظت کارگران و دیگران
	G	۳	$۱۰^{۵}$	کشاورزی مکانیکی
	H	۰/۵	$۱۰^{۶}$	خروجی مخزن سپتیک

* ای کلای (Escherichia Coli) از گروه کلیفرم‌هاست که حضورش در آب نشان‌دهنده احتمال آلودگی آب به عوامل بیماری‌زا است.

(مرجع شماره ۴۶)

شکل شماره ۴-۵- حذف عوامل بیماری‌زا در فرایندهای مختلف و انتخاب فرایند مناسب تصفیه فاضلاب



(مرجع شماره ۴۶)

❖ توضیحات لازم در مورد جدول شماره ۴-۸ و شکل شماره ۴-۵

گزینه A- در این گزینه لازم است که درصد زدایش عوامل بیماری‌زا در فرایندهای تصفیه به حداقل ۴ لاگ برسد و حال زدایش ناشی از فرایند مرگ و میر طبیعی عوامل بیماری‌زا بین آخرین آبیاری تا زمان مصرف ۲ لاگ و نیز در فرایند شستشوی محصول در محل مصرف یک لاگ فرض می‌شود. بنابراین جمع لاگ زدایش عوامل بیماری‌زا به ۷ می‌رسد. در این شرایط تعداد ای‌کلای آب غیرمتعارف مورد استفاده حداکثر ۱۰۰۰ عدد در ۱۰۰ میلی لیتر خواهد بود که می‌تواند برای آبیاری سبزیجاتی به کار رود که ریشه آن‌ها خام به مصرف می‌رسد.

گزینه B- در این گزینه لازم است که درصد زدایش عوامل بیماری‌زا در فرایندهای تصفیه به حداقل ۳ لاگ برسد بنابراین عملکرد تصفیه کمتر است و مانند گزینه A، ۲ لاگ هم در فاصله زمانی بین آخرین آبیاری تا زمان برداشت و یک لاگ پس از شستشوی محصول در محل مصرف حاصل می‌شود. بنابراین جمع لاگ زدایش عوامل بیماری‌زا به ۶ می‌رسد. در این شرایط تعداد ای‌کلای حرارت دوست آب غیرمتعارف مورد استفاده حداکثر ۱۰۰۰۰ عدد در ۱۰۰ میلی لیتر خواهد بود. این آب غیرمتعارف می‌تواند برای آبیاری سبزیجاتی مانند کاهو و کلم به کار رود که برگ آن‌ها خام خورده می‌شود.

گزینه C- در این گزینه لازم است که درصد زدایش عوامل بیماری‌زا در فرایندهای تصفیه به حداقل ۲ لاگ برسد. این آب غیرمتعارف برای آبیاری درختان میوه و بوته‌های بلند و با روش آبیاری قطره ای می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در این شرایط مجموع ای‌کلای آن حداکثر ۱۰۰۰۰۰ در ۱۰۰ میلی لیتر خواهد بود. البته در فرایند آبیاری هم زدایش عوامل بیماری‌زا در حدود ۴ لاگ خواهد بود.

گزینه D- در این روش آبیاری قطره‌ای که برای کشت‌هایی به کار می رود که اولا ریشه آن‌ها مورد مصرف نیست و ثانیا زمان آخرین آبیاری تا برداشت هم طولانی‌تر است در نتیجه حدود ۹۹ درصد عوامل بیماری‌زا در این مدت زدایش می‌شوند بنابراین در فرایندهای تصفیه ۴ لاگ زدایش باید شود. در نتیجه می‌توان طراحی را طوری انجام داد که ۲ لاگ کاهش در فرایندهای تصفیه، یک لاگ کاهش در فرایند مرگ و میر طبیعی و یک لاگ کاهش هم در فرایند شستشوی محصول در محل مصرف رخ دهد.

گزینه E- در این گزینه برای استفاده دوباره لازم است زدایش عوامل بیماری‌زا به ۶-۷ لاگ برسد و برای حصول این نتیجه برای مثال فرایندهای تصفیه لازم عبارت است از ته‌نشینی اولیه، لجن فعال، ته‌نشینی دوم که در واقع دربرگیرنده فرایندهای تصفیه اولیه و ثانویه فاضلاب است. پساب تولیدی سپس تحت

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

فرایندهای تصفیه تکمیلی آب یعنی انعقاد و لخته‌سازی، ته‌نشینی، فیلتراسیون دانه‌ای و گندزدایی باید قرار گیرد. این روش تصفیه فاضلاب برای استفاده دوباره در کالیفرنیای امریکا به کار می‌رود و آب غیرمتعارف تولیدی مناسب مصرف، بدون محدودیت تماس است و در آن جمع کلیفرم‌ها مساوی و یا کمتر از ۲/۲ در ۱۰۰ میلی لیتر است و کدورت آن برحسب ان‌تی‌یو مساوی و یا کمتر از ۲ واحد است که در محدوده استاندارد آب شرب نشریه شماره ۱۰۵۳ قرار دارد.

گزینه F- در این گزینه درصد زدایش عوامل بیماری‌زا در فرایندهای تصفیه ۴ لاگ در نظر گرفته می‌شود و بنابراین عملیات داشت و برداشت توسط کارگران مزارع نیاز به تدوین آیین‌نامه‌های حفاظت از آن‌ها دارد.

گزینه G- در این گزینه درصد زدایش عوامل بیماری‌زا در فرایندهای تصفیه ۳ لاگ می‌باشد و پساب مورد استفاده می‌تواند باعث سرایت انواع بیماری‌ها به کارگران گردد که در فصول و بخش‌های مختلف این کتاب به آن‌ها اشاره شده است. بنابراین آبیاری یا کاربرد آن با محدودیت تماس همراه است و تمام عملیات داشت و برداشت باید با ابزار پیشرفته مکانیکی انجام گیرد. میزان ای‌کلای این آب حدود ۱۰۵ در ۱۰۰ میلی لیتر می‌باشد.

گزینه H- در این گزینه که استفاده از آن محدود است به خانواده‌ها و موسساتی که دسترسی ساکنان به مزرعه باید تحت کنترل شدید باشد حداقل تصفیه عبارت از استفاده از ته‌نشینی توسط مخزن سپتیک است و استفاده از پساب با روش آبیاری زیر سطحی باید انجام گیرد. لاگ زدایش عوامل بیماری‌زا در سپتیک ۰/۵ و لاگ کاهش در زیر سطح زمین هم ۶/۵ خواهد بود. همان طور که می‌توان مشاهده نمود کاربرد این روش جنبه عمومی ندارد و میزان فاضلاب در حدی است که برای تصفیه از مخزن سپتیک استفاده می‌شود. بنابراین خطر انتقال و انتشار بیماری‌های ناشی از کاربرد فاضلاب در گزینه E کمترین است و به همان نسبت هزینه‌های انجام تصفیه آن بیشتر است و به ترتیب از A تا C خطر بیشتر می‌شود. زیرا در ستون سوم تعداد ای‌کلای قابل قبول هم در واحد حجم پساب تصفیه شده بیشتر می‌شود.

در انتخاب و طراحی فرایندهای تصفیه ثانویه و تکمیلی فاضلاب با استفاده از جدول شماره ۴-۷ و معیارهای جدول شماره ۴-۸ و شکل شماره ۴-۵ می‌توان تصمیم‌گیری نمود. طبعا باید کمیته‌های تخصصی در مورد تدوین خطوط راهنما و یا معیارهای کیفی پساب مورد استفاده، آیین‌نامه‌های لازم را تهیه نمایند.

عملکرد فرایندهای تصفیه ثانویه و تکمیلی را می‌توان در جدول شماره ۴-۹ مشاهده نمود که طیف زدایش آلاینده‌های موجود در فاضلاب را نشان می‌دهد. جدول شماره ۴-۹ حدود ۲۷ آلاینده و ۱۸ فرایند را نشان می‌دهد و می‌توان مشاهده نمود که درصد زدایش هر آلاینده توسط هر فرایند دارای طیفی وسیع است که عوامل بسیاری در عملکرد کار تاثیر دارد.

در مطالعات مرحله اول به کمک جدول‌های شماره ۴-۷، ۴-۸ و ۴-۹ می‌توان فرایندها را همراه با معیارهای طراحی و بهره‌برداری انتخاب نمود و به کمک عملیات پایلوت اطمینان حاصل نمود که هدف‌های تصفیه از نظر کاهش آلاینده‌ها و زدایش بیماری‌زاها قابل دسترسی است. در جدول شماره ۴-۹ آلاینده‌های فیزیکی و شیمیایی و در جدول شماره ۴-۷ عوامل بیماری‌زا و در جدول شماره ۴-۸ ضرورت درصد زدایش نشان داده شده است. صدور گواهی تصویب و تایید مطالعات در فصل پنجم مورد بحث قرار می‌گیرد. بنابراین با توجه به نوع آبیاری و نوع محصول ابتدا باید از جدول شماره ۴-۸ ضرورت درصد زدایش بیماری‌زاها را تعیین نمود و به کمک جدول‌های شماره ۴-۷ و ۴-۹ فرایندهای لازم را تعریف کرد.

در این جا لازم به یادآوری است عوامل زیر می‌تواند کارایی فرایندها را کاهش چشمگیری دهد:

- انتخاب معیارهای نامناسب مورد استفاده در طراحی فرایندها؛
- بهره‌برداری و نگهداری نامناسب؛
- از کارافتادگی تاسیسات ابزار دقیق و الکترومکانیکال؛
- افزایش کمی و کیفی فاضلاب خام ورودی به تاسیسات تصفیه؛
- تخلیه بدون کنترل رواناب‌های شهر به تاسیسات تصفیه فاضلاب که باعث بروز شوک هیدرولیکی و شیمیایی خواهد شد.

در صورت ضرورت هدایت رواناب‌های شهری به تصفیه‌خانه، لازم است اولا کیفیت آن تعیین گردد و در این صورت عملیات پیش تصفیه روی آن انجام گیرد و ثانیا تاسیسات متعادل‌سازی جریان پیش‌بینی گردد تا واحدها از نظر هیدرولیکی دچار مشکل نشوند. بدین ترتیب که حداقل واحد ته‌نشینی ساده و هدایت کنترل شده آن به تصفیه‌خانه ضرورت دارد. بنابراین تاسیسات جمع‌آوری رسوبات و انتقال آن به واحد لجناب به کمک تلمبه‌های مناسب باید پیش‌بینی شود.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

۴-۵- فرایندهای تصفیه تکمیلی و پیشرفته

هر جا که صبحت از تصفیه تکمیلی می‌شود هدف تولید آبی با کیفیت مناسبی است که برای استفاده ویژه‌ای در نظر گرفته شده و اصل غیرقابل مصالحه بهداشت، سلامت مردم و حفظ محیط‌زیست است. در فصل سوم بسترهای استفاده دوباره از آب مورد بحث قرار گرفته است و طبعا برای هر نوع از آن‌ها کیفیتی لازم است که دو اصل پیش‌گفته را رعایت نماید و توجهات اقتصادی با رعایت دو اصل بالا معیار انتخاب قرار می‌گیرد.

شکل شماره ۴-۶- گزینه‌های کاربرد فرایندهای تصفیه پساب‌ها برای استفاده در مصرف‌های شرب

WWTP = تصفیه‌خانه متعارف فاضلاب شامل فرایندهای اولیه و ثانویه و تولید آب غیرمتعارف کلاس ۳؛
MF = تصفیه تکمیلی آب غیرمتعارف شامل میکروفیلتر برای پیش تصفیه اسمزمعکوس و یا فیلترهای دانه‌ای کربن فعال ؛
DAF = زلال‌سازی و هدایت آن به فیلترهای دانه‌ای (سطح‌نشینی به کمک هوای محلول تحت فشار) ؛
RO = تصفیه پیشرفته از طریق نمکزدایی و زدایش آلاینده‌های دیگر به کمک اسمزمعکوس؛
Media Filtration = فیلتراسیون به کمک فیلترهای دانه‌ای چون ماسه‌ای و یا دو جنسی؛
GAC = فرایند جذب توسط فیلترهای گرانول کربن فعال؛
UV-A = گندزدایی توسط پرتو فرابنفش در حد گندزدایی پیشرفته؛
IX = زدایش کاتیون‌ها و آنیون‌ها توسط مبادله کننده‌های یونی؛
MBR = تصفیه فاضلاب توسط فرایند بیوراکتور ممبرانی؛
Ozone = گندزدایی توسط ازن؛
Buffer Blend = واحد بهبود بیشتر کیفیت به کمک اختلاط، تصفیه طبیعی و ماند زمان؛
WTP = تصفیه متعارف آب برای زدایش جامدات معلق، کلوییدها و ریز آلاینده‌ها؛
BAC = فرایند جذب بیولوژیکی توسط کربن فعال به صورت ستون‌های سری.

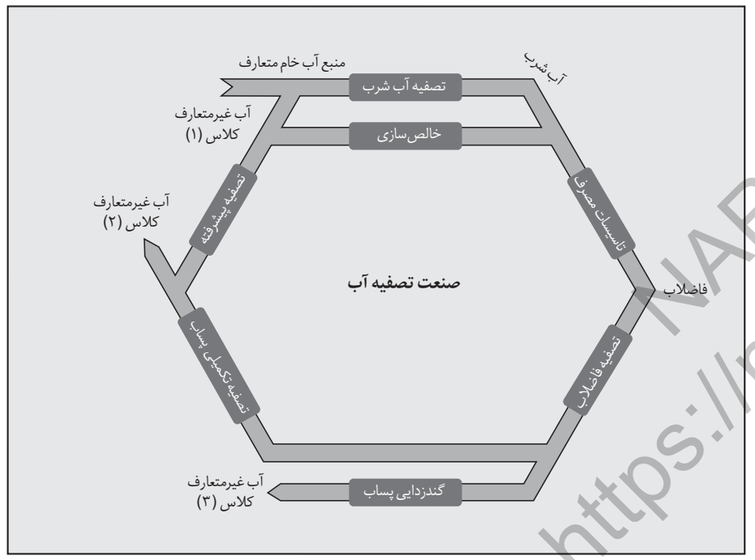
(مرجع شماره ۵۰)

1. Gwinnett Country

مشاهده شد که خروجی تصفیه‌خانه‌های ثانویه فاضلاب، آب غیرمتعارف نامیده می‌شود اما برای استفاده از آن در بیشتر شرایط نیاز به تصفیه تکمیلی است. فرایندهای مورد استفاده برای تصفیه آن به منظور تولید آب غیرمتعارف با کیفیت بهتر با توجه جدول شماره ۴-۹ در شکل شماره ۴-۶ نشان داده شده است.

علم و صنعت‌های نشان داده شده در شکل شماره ۴-۶ را که در صفحات بعد مورد بحث بیشتر قرار می‌گیرد می‌توان در شکل شماره ۴-۷ خلاصه نمود که به نام گردش انسان‌ساخت آب نامیده می‌شود. طبق شکل به کمک علم و صنعت می‌توان از آب معروف به فاضلاب می‌توان آب غیرمتعارف در کلاس‌های مختلف تا کلاس آب شرب[1] تولید نمود.

شکل شماره ۴-۷- گردش انسان‌ساخت آب برای استفاده دوباره[2]



1. Potable Water

۲. پساب خروجی از تاسیسات تصفیه ثانویه فاضلاب در گروه آب‌های غیرمتعارف قرار دارد ضمن اینکه خروجی از فرایندهای تصفیه تکمیلی و نیز تصفیه پیشرفته مانند اولترافیلترها و اسمزمعکوس هنوز آب غیرمتعارف نامیده می‌شود. پیشنهاد می‌شود که این آب را در ۳ کلاس طبقه‌بندی نمود که شکل شماره ۴-۷ برای نام‌گذاری ارائه شده است.

IVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

جدول شماره ۴-۹- فرایندهای تصفیه فاضلاب و حذف درصد زدایش ۱۷ پدیده‌ها

پدیده‌ها / فرایندها	تصفیه اولیه	لجن فعال	زدایش آمونیاک	زدایش ازت	فیلتر چکنده	راکتور بیولوژیکی دوار	ته‌نشینی شیمیایی	فیلتراسیون دانه‌ای پس از ته‌نشینی شیمیایی	جذب کربنی	آمونیاک شویی	تبادل یونی انتخابی	کلرزنی تا نقطه شکست	اسمز معکوس	تصفیه روی لایه‌های سطحی زمین	آبیاری	فیلتراسیون طبیعی	کلرزنی	ازن زنی
سم	X	X	+		+	+	+	O	X							+		
فلوراید							X		O							X		
آهن	X	+	+		X	+	+	+	+							X		
سرب	+	+	+		X	+	+	O	X									
منگنز	O	X	X		O	X	+	+	X				+					
جیوه	O	O	O		O	+	O	X	O									
سلنیوم	O	O	O				O	+	O									
نقره	+	+	+		X		+		X									
روی	X	X	+		+	+	+		+							+		
رنگ	O	X	X		O		+	X	+									
مواد سولفوره	X	+	+		+		X		+							O		
کدورت	X	+	+	O	X		+	+	+		O							
مجموع کربن آلی	X	+	+	O	X		+	X	+	O	O							

(مرجع شماره ۴۹)

O: نشان‌دهنده ۲۵ درصد زدایش
X: نشان‌دهنده ۵۰-۲۵ درصد زدایش
+: نشان‌دهنده بیش از ۵۰ درصد زدایش

جدول شماره ۴-۹- فرایندهای تصفیه فاضلاب و حذف درصد زدایش ۱۷ پدیده‌ها

پدیده‌ها / فرایندها	تصفیه اولیه	لجن فعال	زدایش آمونیاک	زدایش ازت	فیلتر چکنده	راکتور بیولوژیکی دوار	ته‌نشینی شیمیایی	فیلتراسیون دانه‌ای پس از ته‌نشینی شیمیایی	جذب کربنی	آمونیاک شویی	تبادل یونی انتخابی	کلرزنی تا نقطه شکست	اسمز معکوس	تصفیه روی لایه‌های سطحی زمین	آبیاری	فیلتراسیون طبیعی	کلرزنی	ازن زنی
بی‌فنیل	X	+	+	O	+	+	+	X	+		X		+	+	+	+		O
سیانور	X	+	+	O	+		+	X	X	O	X		+	+	+	+		+
مجموع حلال‌های مختلف	+	+	+	O	+	+	+	+	+		+		+	+	+	+		
ازت آمونیاکی	O	+	+	X	+	+	O	X	X	+	+	+	+	+	+	+		
ازت نیتراتی				+				X	O					X				
فسفات‌ها	O	X	+	+			+	+	+				+	+	+	+		
قلیائیت		X					X	+										
روغن و چربی‌ها	+	+	+				X		X									
مجموع کلیفرم‌ها		+	+		O		+		+									
مجموع املاح محلول													+					
آرسنیک	X	X	X				X	+	O									
باریم		X	O				X											
کادمیم	X	+	+		O	X	+	X	O									
کروم	X	+	+		O	+	+	X										

https://mehrabpooyesh.com NARVANA

فرایندهای مورد استفاده در تصفیه تکمیلی و تصفیه پیشرفته به قرار زیر است.

- **میکرواسکرین** - بدلیل وجود مواد معلق و باکتری‌ها و در مواردی جلبک‌ها، در مقررات بعضی کشورها برای تخلیه پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری به منابع آب‌های سطحی، استفاده از میکرواسکرین اجباری می‌باشد. در صورت استفاده از پساب برای آبیاری به روش قطره‌ای و بارانی، کاربرد میکرواسکرین بار وارد به فیلترها را کاهش می‌دهد، بخصوص اگر پساب خروجی از برکه‌های تثبیت باشد.
- **آمونیاک‌زدایی** - این فرایند که به نام نیتریفیکاسیون هم نامیده می‌شود به کمک فرایندهای بیولوژیکی ازت آمونیاکی به نیترات و نیتریت تغییر ترکیب می‌دهد بنابراین میزان ازت فاضلاب تغییر نمی‌نماید. در صورتی که واحد آمونیاک‌زدایی صحیح طراحی و مورد بهره‌برداری قرار گیرد مقدار ازت آمونیاکی کمتر از یک میلی‌گرم در لیتر خواهد بود.
- **آزادسازی نیتروژن** - این فرایند که به نام دنیتریفیکاسیون هم نامیده می‌شود در شرایط تقریبا بی‌هوازی[1] نیترات شکسته شده و گاز نیتروژن آزاد می‌شود مانند آزادسازی نیتروژن در فرایند تغذیه پساب به لایه‌های زمین که در بخش‌های قبلی مطرح گردید که بصورت زیر هم نشان داده شده است.

$$NO_3 \longrightarrow NO_2 \longrightarrow NO \longrightarrow N_2O \longrightarrow N_2$$

- **زدایش فسفر** - حذف فسفر از فاضلاب می‌تواند به کمک فرایند بیولوژیکی و یا شیمیایی و یا ترکیب هر دو انجام گیرد. انتخاب روش بستگی به شرایط طرح بخصوص غلظت مجاز باقی‌مانده در پساب دارد.
- **ته‌نشینی شیمیایی** - با استفاده از یک ترکیب شیمیایی منعقدکننده مانند کلرورفریک و فرایند لخته‌سازی و ته‌نشینی مواد معلق، فلزات سنگین، کدورت، فسفر و ترکیب‌های با غلظت‌های کم از پساب قابل زدایش می‌شوند.
- **سطح نشینی**[2] - با استفاده از هوای محلول شده در فاضلاب می‌توان فرایند زلال‌سازی را با نام سطح‌نشینی انجام داد که در زدایش جلبک‌ها، باکتری‌ها و دیگر جامدات قابل استفاده است.

1. Anoxic
2. Dissolved Air Floatation (DAF)

- **فیلتراسیون دانه‌ای** - استفاده از فرایند فیلتراسیون که پیش‌نیاز آن انعقاد و در شرایطی لخته‌سازی باید باشد، از فرایندهای اصلی تصفیه پساب با نام تصفیه تکمیلی برای استفاده‌های مختلف است. فیلترهای مخلوط و دو لایه معمولا مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صورتی که کدورت پساب اولیه زیادتر از حدود ۱۰-۱۵ ان‌تی‌یو باشد، ته‌نشینی شیمیایی نیز باید قبل از فیلتر در نظر گرفته شود. در کالیفرنیا از فیلتر دو لایه ماسه - آنتراسیت استفاده می‌شود. اندازه موثر ماسه و آنتراسیت به ترتیب حدود ۰/۵ و ۱/۲ میلیمتر می‌باشد و بار هیدرولیکی آن ۱۲ متر در ساعت است. ضخامت آنتراسیت ۰/۷۵ متر و ماسه ۰/۲۵ متر است و متوسط کدورت آب غیرمتعارف تولیدی باید کمتر از ۲ ان‌تی‌یو باشد.
- **فیلترهای ممبرانی** - از فیلترهای ممبرانی ساخته شده از مواد پلیمری و غیرپلیمری که می‌تواند حتی ذرات بسیار ریز نزدیک به کلوییدها را از آب زدایش نماید برای حذف باکتری‌ها، کیست‌ها و ویروس‌ها از آب می‌توان بهره گرفت، بطوری که این تکنولوژی در شرایطی جایگزین فرایندهای متعارف تصفیه آب هم شده است.

سال‌ها بدلیل بروز گرفتگی ممبران‌ها، بخصوص بیولوژیکی، این فیلترها در صنعت تصفیه فاضلاب مورد توجه نبودند، لیکن با رشد تولید ممبران‌های مقاوم به اکسیدکننده‌ها مانند کلر و سهولت مبارزه با رشد بیوفیلم این تکنولوژی وارد عرصه تصفیه پساب گردیده است.

فیلترهای ممبرانی براساس اندازه روزنه‌ها و یا اندازه ذرات دفع شده و یا وزن مولکولی کوچکترین ترکیب دفع شده تقسیم‌بندی می‌شوند. گرچه این تقسیم‌بندی خیلی کلی است اما به شرح زیر ارائه می‌گردد:

میکروفیلترها ذرات بزرگتر از ۰/۱ میکرومتر و اولترافیلترها ذرات بزرگتر از ۰/۰۱ میکرومتر را دفع می‌نمایند. فیلترهای نانو ذرات بزرگتر از ۰/۰۰۱ میکرومتر و ممبران اسمز معکوس ذرات بزرگتر از ۰/۰۰۰۱ میکرومتر را دفع می‌نمایند و از نظر وزن مولکولی ذرات دفع شده به ترتیب عبارتند از ۵×۱۰۵، ۲×۱۰۴، ۲۰۰ و کوچکتر از ۱۰۰ ام‌دبلوسی‌او[1] می‌باشد. در جدول شماره ۴-۱۰ عملکرد نسبی فیلترهای ممبرانی و اسمزمعکوس نشان داده شده است.

1. Molecular Weight Cut-Off (MWCO)

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

در انجام عملیات تصفیه پیشرفته آب غیرمتعارف برای مصرف‌های غیرمستقیم و مستقیم شرب از فرایند اسمزمعکوس استفاده می‌شود چنانکه در فصل ششم این استفاده‌ها بطور موردی ارائه گردیده است و برای مناسب نمودن آب برای ورود به استوانه‌های فشار اسمزمعکوس عملیات پیش‌تصفیه ضرورت دارد که از اولترافیلترها استفاده شده است.

اسمزمعکوس - ممبران‌های اسمزمعکوس برای زدایش املاح آب، یون‌های فلوراید، مواد آلی محلول، کلسیم، منیزیم، نیترات، فسفات ، تری‌هالومتان‌ها، ترکیب‌های شیمیایی انسان‌ساخت مانند حشره‌کش‌ها بکار می‌رود. صنعتی است که برای نمک‌زدایی از آب‌های لب‌شور و شور به منظور تولید آب شرب و صنعت کاربرد دارد و در تصفیه پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری به عنوان آخرین فرایند تصفیه قبل از گندزدایی و تصفیه طبیعی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد که این در صورتی است که استفاده غیرمستقیم شرب مورد نظر باشد. بنابراین برای تغذیه منابع آب خامی که پس از تصفیه مورد استفاده شرب قرار می‌گیرد کاربرد پیدا می‌نماید. جدول شماره ۴-۱۲ عملکرد ممبران اسمزمعکوس را در زدایش آلاینده‌ها نشان می‌دهد. زدایش تی‌او‌سی ۸۵-۹۵ و جامدات معلق ۹۵-۱۰۰ درصد این صنعت درخور توجه است.

چنانکه در فصل ششم ارائه شده است در کشورهایی مانند امریکا، بلژیک، سنگاپور، هندوستان و غیره از صنعت اولترافیلتر و اسمزمعکوس برای تصفیه آب غیرمتعارف به منظور مصرف غیرمستقیم و مستقیم شرب استفاده می‌شود.

با توجه به جدول شماره ۴-۱۰ می‌توان مشاهده نمود که چرا برای عملیات پیش‌تصفیه آب ورودی به اسمزمعکوس از اولترافیلترها استفاده می‌شود. اولترافیلترها در زدایش رنگ‌های آب‌ها هم بسیار موفق عمل می‌کنند. با توجه به حدود اندازه رنگ و کلوئیدها که در محدوده ۱-۲ نانومتر قرار دارند آب خروجی از نانومترها مناسب نمک‌زدایی با ممبران‌های اسمزمعکوس می‌باشد. همان‌طور که جدول شماره ۴-۱۱ نشان می‌دهد حتی میکروفیلترها هم با اندازه اسمی ۰/۱ میکرومتر و یا ۵۰۰،۰۰۰ ام‌دبلیو‌سی‌او در زدایش تی‌او‌سی دارای عملکرد محدود بوده و سقف زدایش ۶۵ درصد است. بنابراین آب خروجی آن هنوز آب غیرمتعارف شناخته می‌شود و حال با توجه به جدول شماره ۴-۱۲ که عملکرد ممبران اسمز معکوس را نشان می‌دهد، زدایش تی‌او‌سی در آن دارای سقف ۹۵ درصد است و اگر آب غیرمتعارف دارای تی‌او‌سی ۱۰ میلی‌گرم در لیتر باشد، غلظت آن در آب تولیدی حدود ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر است که با توجه به استاندارد

جدول شماره ۴-۱۰- عملکرد نسبی فیلترهای ممبرانی در زدایش بیماری‌زاها و ترکیب‌های شیمیایی

نام ممبران / آلاینده‌ها	میکروفیلتر (۵۰-۱۰۰ نانومتر)	اولترافیلتر (۱۰-۵۰ نانومتر)	نانوفیلتر (۰/۵-۱ نانومتر)	اسمز معکوس (کمتر از ۰/۵ نانومتر)
پروتوزواها	+	+	+	+
کلیفرم‌ها	–	+	+	+
ترکیب‌های آلی بشرساخت	+	+	+	+
ترکیب‌های معدنی	–	–	+*	+**
ویروس‌ها	پس از تشکیل کیک	پس از تشکیل کیک	++	++
محصولات جانبی گندزداها	+	+	+	+
آرسنیک	+	+	+	+

(مرجع شماره ۴۶)

* برای زدایش عنصرهای ۲ ظرفیتی مانند کلسیم و منیزیم، تری هالومتان‌ها، حشره‌کش‌ها حتی رنگ و کلوییدها بکار می‌رود.

** برای عنصرهای تک ظرفیتی بکار می‌رود.

شماره ۱۰۵۳ هنوز این آب می‌تواند برای مصرف‌کننده به علت کلرزنی خطرناک باشد. این مسئله غیر از احتمال بروز پارگی در ممبران‌ها و بروز نشت آب خام از آب‌بندهای استوانه فشار است و به همین جهت در بعضی از کشورهای اروپایی، خروجی اسمز معکوس به آب زیرزمینی تزریق می شود تا با اختلاط با آب زیرزمینی و گذشت زمان، منبع آب خام شرب را تشکیل دهد. لازم به یادآوری است که زدایش مواد آلی کربن‌دار در فرایندهای تصفیه متعارف ۰-۶۰ درصد است و در صورت استفاده از اولترافیلتر و کربن فعال درصد زدایش در طیف ۶۰-۱۰۰ قرار دارد.

ترکیب‌های شیمیایی آلی - در جدول شماره ۴-۹ فرایندهای تصفیه فاضلاب و آب و درصد زدایش مواد آلی و عناصر معدنی نشان داده شده است و در جدول شماره ۴-۱۳ فرایندهای زدایش گروهی از ترکیب‌های شیمیایی آلی به صورت مقایسه نسبی آورده شده است که می‌تواند مورد استفاده بخش طراحی و پایش قرار گیرد. طراح باید با توجه به جمیع جهات و عملیات پایلوت طرح زدایش‌ها را پیشنهاد نماید. حضور این دسته از ترکیب‌ها در آب که تنها تعدادی از آن‌ها برای مثال در جدول پیش‌گفته آورده شده است به آن نام آب غیرمتعارف داده شده است و در تصفیه آن هم از کلمه خالص کردن استفاده می‌شود یعنی زدایش در حد ۱۰۰ درصد و سپس هدایت آن به منابع آب متعارف و گذشت زمان و آبگیری و تصفیه آن با نام فرایندهای تصفیه متعارف آب تا بتوان به آن نام آب شرب نهاد.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

جدول شماره ۴-۱۱- عملکرد میکروفیلتراسیون (مطالعه موردی)

آلاینده‌ها	غلظت در ورودی (میلی‌گرم در لیتر)	غلظت در خروجی (میلی‌گرم در لیتر)	متوسط کاهش (درصد)	کاهش طبق اطلاعات موجود (درصد)
تی‌اوسی	۱۰ - ۳۲	۹ - ۱۶	۵۷	۴۵ - ۶۵
بی‌اودی	۱۱ - ۳۲	۲ - ۹/۹	۸۶	۷۵ - ۹۰
سی‌اودی	۲۴ - ۱۵۰	۱۶ - ۵۳	۷۶	۷۰ - ۸۵
مواد معلق	۸ - ۴۶	کمتر از ۰/۵	۹۷	۹۵ - ۹۸
مجموع مواد محلول	۴۹۸ - ۶۲۲	۴۹۸ - ۶۲۲	۰	۰ - ۲
ازت آمونیاکی	۲۱ - ۴۲	۲۰ - ۳۵	۷	۵ - ۱۵
ازت نیتراته	کمتر از ۱/۵	کمتر از ۱/۵	۰	۰ - ۲
فسفات	۶ - ۸	۶ - ۸	۰	۰ - ۳
سولفات	۹۰ - ۱۲۰	۹۰ - ۱۲۰	۰	۰ - ۱
کلراید	۹۳ - ۱۱۵	۹۳ - ۱۱۵	۰	۰ - ۱
کدورت (ان‌تی‌یو)	۲ - ۵۰	۰/۰۳ - ۰/۰۸	بیشتر از ۹۹	-

(مرجع شماره ۴۶)

جدول شماره ۴-۱۲- عملکرد ممبران اسمز معکوس (مطالعه موردی)

آلاینده‌ها	غلظت در ورودی (میلی‌گرم در لیتر)	غلظت در خروجی (میلی‌گرم در لیتر)	متوسط کاهش (درصد)	کاهش طبق اطلاعات موجود (درصد)
تی‌اوسی	۹ - ۱۶	کمتر از ۰/۵	بیشتر از ۹۴	۸۵ - ۹۵
بی‌اودی	۲ - ۹/۹	کمتر از ۲	بیشتر از ۴۰	۳۰ - ۶۰
سی‌اودی	۱۶ - ۵۳	کمتر از ۲	بیشتر از ۹۱	۸۵ - ۹۵
مواد معلق	کمتر از ۰/۵	۰	بیشتر از ۹۹	۹۵ - ۱۰۰
مجموع مواد محلول	۴۹۸ - ۶۲۲	۹ - ۱۹	-	۹۰ - ۹۸
ازت آمونیاکی	۲۰ - ۳۵	۱ - ۳	۹۶	۹۰ - ۹۸
ازت نیتراته	کمتر از ۱/۵	۰/۸ - ۳/۲	۹۶	۶۵ - ۸۵
فسفات	۶ - ۸	۰/۱ - ۱	۹۹	۹۵ - ۹۹
سولفات	۹۰ - ۱۲۰	۰/۵ - ۰/۷	۹۹	۹۵ - ۹۹
کلراید	۹۳ - ۱۱۵	۰/۹ - ۵/۰	۹۷	۹۰ - ۹۸
کدورت (ان‌تی‌یو)	۰/۰۳ - ۰/۰۸	۰/۰۳	۵۰	۴۰ - ۸۰

(مرجع شماره ۴۶)

جدول شماره ۴-۱۳- فرایندها و درصد زدایش بعضی داروها

فرایندهای تصفیه	درصد زدایش								ترکیب‌های معطر	ان‌نیتروسودی متیل آمین[2]
	بنزوپیرن	داروها					هورمون‌ها			
		آنتی‌بیوتیک‌ها[1]	دیازپام[3]	کربامازپین[4]	دیکلوفناک[5]	ایبوپروفن[6]	پاراستامول[7]	استروئید[8]	آنابولیک[9]	
تصفیه ثانویه (لجن فعال)	؟	۱۰ - ۵۰	؟	-	۱۰ - ۵۰	بیش از ۹۰	؟	بیش از ۹۰	؟	۵۰ - ۹۰	-
تصفیه توسط زمین	؟	؟	؟	۲۵ - ۵۰	بیش از ۹۰	بیش از ۹۰	بیش از ۹۰	بیش از ۹۰	؟	بیش از ۹۰	بیش از ۹
ذخیره در زمین	؟	۵۰ - ۹۰	۱۰ - ۵۰	-	۵۰ - ۹۰	۵۰ - ۹۰	؟	بیش از ۹۰	؟	-	-
میکروفیلتراسیون	؟	کمتر از ۲۰	کمتر از ۲۰	کمتر از ۲۰	کمتر از ۲۰	کمتر از ۲۰	کمتر از ۲۰	کمتر از ۲۰	؟	کمتر از ۲۰	
اولترافیلتراسیون / کربن فعال پودری	؟	بیش از ۹۰	بیش از ۹۰	بیش از ۹۰	بیش از ۹۰	بیش از ۹۰	؟	بیش از ۹۰	؟	بیش از ۹۰	بیش از ۹۰
نانوفیلتراسیون	بیش از ۸۰	۵۰ - ۸۰	۵۰ - ۸۰	۵۰ - ۸۰	۵۰ - ۸۰	۵۰ - ۸۰	۵۰ - ۸۰	۵۰ - ۸۰	۵۰ - ۸۰	۵۰ - ۸۰	
اسمزمعکوس	بیش از ۸۰	بیش از ۹۵	بیش از ۹۵	بیش از ۹۵	بیش از ۹۵	بیش از ۹۵	بیش از ۹۵	بیش از ۹۵	بیش از ۹۵	بیش از ۹۵	۲۵ - ۵۰
کربن فعال پودری	بیش از ۸۰	۲۰ - ۸۰	۵۰ - ۸۰	۵۰ - ۸۰	۲۰ - ۵۰	کمتر از ۲۰	۵۰ - ۸۰	۵۰ - ۸۰	۵۰ - ۸۰	۵۰ - ۸۰	
کربن فعال گرانولی		بیش از ۹۰	بیش از ۹۰	بیش از ۹۰	بیش از ۹۰	بیش از ۹۰		بیش از ۹۰		بیش از ۹۰	بیش از ۹۰
ازن‌زنی	بیش از ۸۰	بیش از ۹۵	۵۰ - ۸۰	۵۰ - ۸۰	بیش از ۹۵	۵۰ - ۸۰	بیش از ۹۵	بیش از ۹۵	بیش از ۸۰	۵۰ - ۹۰	۵۰ - ۹۰
اکسیداسیون پیشرفته		۵۰ - ۸۰	۵۰ - ۸۰	بیش از ۸۰	بیش از ۸۰	بیش از ۸۰	بیش از ۸۰	بیش از ۸۰	بیش از ۸۰	۵۰ - ۸۰	بیش از ۹۰
میزان بالای پرتو فرابنفش		۲۰ - ۸۰	کمتر از ۲۰	۲۰ - ۵۰	بیش از ۸۰	۲۰ - ۵۰	بیش از ۸۰	بیش از ۸۰	۲۰ - ۵۰	؟	بیش از ۹۰
کلرزنی	بیش از ۸۰	بیش از ۸۰	۲۰ - ۵۰	کمتر از ۲۰	بیش از ۸۰	کمتر از ۲۰	بیش از ۸۰	بیش از ۸۰	کمتر از ۲۰	۲۰- بیش از ۸۰	-
کلرآمین‌زنی	۵۰ - ۸۰	کمتر از ۲۰	کمتر از ۲۰	کمتر از ۲۰	۵۰ - ۸۰	کمتر از ۲۰	بیش از ۸۰	کمتر از ۲۰	کمتر از ۲۰	کمتر از ۲۰	

(مرجع شماره ۵۰)

۱. اریترومایسین، سولفامتازول، تری‌کلاسون، تری‌متوپریم

2. N- nitrodimethylamine
3. Diazepam
4. Carbamazepine
5. Diclofenac
6. Ibuprofen
7. Paracetamol
8. Steroid
9. Anabolic: (پروجسترون، تستوسترون)

https://marvan.tabrizhamyab.com

- **جذب کربنی** - یکی از فرایندهای موثر در حذف مواد آلی محلول استفاده از کربن فعال است. در استفاده از پودر کربن فعال برای جذب مواد آلی مولد طعم و بوی نامطبوع در آب استفاده می‌شود و معمولا برای استفاده از پساب برای کشاورزی، صنایع و حتی دریاچه‌های تفریحی در نظر گرفته نمی‌شود و در صورتی که تغذیه منابع آب زیرزمینی برای مصرف‌های غیرمستقیم شرب آینده مدنظر قرار گیرد کاربرد این فرایند نیاز به توجهات خاص دارد و استفاده از فیلترهای گرانول کربن فعال یک گزینه است. تجربه‌های طرح‌های موردی فصل ششم عملکردهای یکسانی را نشان نمی‌دهد.

۴-۶- گندزدایی

در جدول شماره ۴-۷ رابطه بین فرایندهای تصفیه فاضلاب و زدایش باکتری‌های شاخص نشان داده شده است. باید توجه داشت که باکتری‌ها که در کتاب و ادبیات با نام عمومی میکروب شناخته می‌شوند در طبیعت و با ویژگی‌های مختلف، فراوان و همه جا حضور دارند و همه آن‌ها نه فقط بیماری‌زا نیستند بلکه در فرایندهای تصفیه بیولوژیکی فاضلاب کارگران رایگان هستند. تعداد آن‌ها در جدول‌های مختلف فصل چهارم ارائه شده است. هدف از گندزدایی غیرفعال نمودن انواع بیماری‌زاها می‌باشد.

مهمترین گندزداهای مورد استفاده در صنعت آب غیرمتعارف مورد توجه در فصل سوم عبارتند از: کلر، پرتو فرابنفش[1]، ازن[2]، پاستوریزه نمودن[3]، اکسیداسیون و پرمنگنات پتاسیم[4].

۴-۶-۱- کلرزنی

کلر به هر شکل که به کار رود عملکرد آن به دما و پی‌اچ آب و نیز درجه اختلاط آن با آب و زمان تماس بستگی دارد. بعلاوه وجود مواد مداخله‌کننده و نوع میکروب نیز روی عملکرد آن تاثیرگذار است. برای مثال ویروس‌ها در مقام مقایسه با باکتری‌ها نسبت به کلر مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهند.

یکی از معیارهای مورد پایش در کار کلرزنی تعیین میزان و نوع باقی‌مانده آن در آب پس از زمان

1. UltraViolet (UV) 2. Ozone 3. Pasterization

۴. چون کاربرد آن در صنعت آب غیرمتعارف دارای مستندات زیادی نیست بنابراین از گفتگو در مورد این اکسیدکننده خودداری می‌شود.

تعریف شده است. زمان تعریف شده را زمان تماس[1] می‌نامند. در صورت وجود آمونیاک در آب، کلر با آن ترکیب شده و کلرآمین‌ها را تشکیل می‌دهد. این ترکیب‌های کلردار قدرت گندزدایی کمتری نسبت به کلر دارند و بنابراین برای عملکرد مشابه کلر باید یا غلظت آن افزایش یابد و یا زمان تماس و یا هر دو ویژگی. سودمندی کلرزنی بطور متعارف با معیار سی‌تی[2] اندازه‌گیری می‌شود و روش تعیین آن متفاوت است و کلر مورد نیاز آب و یا ترکیب‌های مصرف‌کننده کلر در این اندازه‌گیری باعث تغییر سی‌تی می‌شود. باید توجه داشت که اثر گندزدایی کلر آزاد و مرکب یکسان نیست. کلر آزاد در بی‌اثر کردن ویروس‌ها سریع عمل می‌نماید در حالیکه کلرو آمین‌ها به زمان تماس بیشتری نیاز دارند.

پروتوزواهای بیماری‌زا، انگل‌ها، ژیاردیا و بسیاری دیگر که تولید کیست یا اوکیست[3] می‌نمایند در مقابل عوامل محیط زیست و اکسیدکننده‌ها بخصوص کلر مقاومت نشان می‌دهند و به همین جهت باعث بروز نگرانی شده‌اند. چنانکه در تحقیقی روی آب غیرمتعارف خروجی از فیلترها و پس از گندزدایی، در ۴۰ درصد نمونه‌ها اوکیست کریپتوسپوریدیوم مشاهده شده است. بدین ترتیب مدارک نشان می‌دهد که ژیاردیا و کریپتوسپوریدیوم در آب غیرمتعارف حضور دارد بنابراین وجود عوامل بیماری‌زای فعال هم در این آب‌ها قابل انتظار است.

بدلیل مشکلات غیرفعال‌سازی ژیاردیا و کریپتوسپوریدیوم در آب غیرمتعارف ترکیب کاربرد کلر و پرتو فرابنفش مورد توجه قرار گرفته است. چنانکه ترکیب کلرو آمین و پرتو فرابنفش نشان می‌دهد که می‌توان در زدایش پلی‌ویروس به لاگ ۵ رسید و در این آب تعداد کلیفرم‌ها به ۲ عدد در ۱۰۰ میلی‌لیتر می‌تواند برسد.

در جدول شماره ۴-۱۴ معیارهای گندزدایی با کلر و پرتو فرابنفش آب غیرمتعارف حاصل از تصفیه تکمیلی و برای کاربرد در محدوده‌های شهری بدون ایجاد محدودیت‌های تماس و کاربرد برای آب غیرمتعارف مورد استفاده در آبیاری محصولات کشاورزی که خام خورده می‌شوند نشان داده شده است. در صورت تخلیه آب غیرمتعارف به منابع آبی که در نهایت منبع آب خام مصرف‌های شرب را تشکیل می‌دهد نه فقط کلرزنی برای گندزدایی توصیه نمی‌شود، بلکه در صورت ضرورت کاربرد آن، لازم است از پرتو فرابنفش هم برای نابودی آن دسته از بیماری‌زاها که تحت تاثیر کلر از بین نرفته‌اند استفاده شود.

1. Contact Time 2. Concentration-Time (CT) 3. Oocyst

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

جدول شماره ۴-۱۴- **معیارهای گندزدایی در چند ایالت امریکا**

گندزدا	کالیفرنیا	فلوریدا	هاوایی	نیوجرسی
کلر (زمان تماس دقیقه)	۹۰	۱۵	۹۰	۱۵
کلر باقی‌مانده (میلی‌گرم در لیتر)	۵	۱	۵	۱
پرتو فرابنفش (میلی‌ژول در سانتیمتر مربع)	طبق راهنمای کلی*	طبق راهنمای کلی*	طبق راهنمای کلی*	۱۰۰

(مرجع شماره ۵۰)

* ارقام ۵۰-۱۰۰ میلی‌ژول در سانتیمتر مربع برای آب‌های با کیفیت‌های مختلف داده شده است.

در کشور ما که تخلیه فاضلاب‌های خام و تصفیه شده به منابع آب تقریبا مرسوم است تامین آب شرب از این منابع نیاز به توجهات جدی دارد. چنانکه جدا کردن آب شرب از آب مصرف‌های بهداشتی تنها گزینه اقتصادی و منطقی است زیرا تصفیه این آب در حد تولید آب شرب و مصرف کردن آن برای حمام و مصرف‌های مشابه دیگر غیر شرب سوال برانگیز است.

۴-۶-۲- گندزدایی با پرتو فرابنفش

در امریکا استفاده از پرتوهای فرابنفش بدلیل مصرف کمتر انرژی و ارزانی تاسیسات تولید محبوبیت روزافزون یافته است. چنانکه در تصفیه‌خانه‌های بزرگ فاضلاب و با ظرفیت حدود ۲ مترمکعب در ثانیه از پرتو فرابنفش استفاده می‌شود. طیف طول موج آن در محدوده ۱۰۰-۳۰۰ نانومتر قرار دارد. عملکرد آن به شدت تحت تاثیر وضعیت کدورت و مواد معلق موجود در پساب و یا آب غیرمتعارف قرار می‌گیرد. زیرا میکروب‌ها می‌توانند در داخل ذرات معلق و یا در سایه آن‌ها قرار گرفته و پرتو به آن‌ها نتابد. چنانکه ذرات بزرگتر از ۱۰ میکرون می‌توانند مانع رسیدن پرتو به آن‌ها شود و بنابراین صاف بودن آب غیرمتعارف برای این فرایند ضروری است.

پرتو فرابنفش از نظر طول موج به سه ناحیه تقسیم می‌شود که عبارتند از:

- فرابنفش A با طول موج حدود ۴۰۰ نانومتر با نام نور سیاه؛
- فرابنفش B با طول موج حدود ۳۰۰ نانومتر با نام تابش آفتاب‌سوز؛
- فرابنفش C با طول موج حدود کمتر از ۳۰۰ با نام میکروب‌کش.

تاسیسات تولید پرتو فرابنفش متنوع می‌باشند اما مناسبترین آن‌ها لوله‌های پرشده از گاز آرگون و کمی خمیده است که تخلیه الکتریکی باعث تولید این پرتو می‌شود. اما چون پرتو فرابنفش قابل رویت نیست با روشی مانند کاربرد پوشش فسفر آن را می‌توان قابل دیدن نمود. این لامپ‌ها به دو دسته فشار کم و فشار متوسط هم تقسیم‌بندی می‌شوند و نحوه نصب آن‌ها به چند صورت یکنواخت، هم مرکز و لوله‌ای می‌تواند باشد و طبعا ویژگی‌های سازنده، نحوه استفاده از آن را توصیه می‌نماید.

- **مکانیسم اثر** - برای ارزیابی عملکرد پرتو از شاخص باکتریایی استفاده می‌شود. برای نمونه طبق مقررات ایالت کالیفرنیا برای بدست آوردن آب غیرمتعارف با مجموع کلیفرم‌های ۲/۲ در ۱۰۰ میلی‌لیتر و کمتر میزان پرتو لازم ۳۵-۷۵ میلی‌ژول در سانتیمتر مربع است برای زدایش بیشتر از ۵ لاگ ویروس‌ها، میزان پرتو در حدود ۱۰۰ خواهد بود. توجه شود که اشعه باید جذب سلول شود زیرا کوانتوم نور با توجه به انرژی خود که تابع طول موجش است باعث ایجاد تغییرات فتوشیمیایی خواهد شد و در نتیجه روی ژن‌های سلول اثر تخریبی می‌گذارد. در استفاده از پرتو فرابنفش برای گندزدایی میکروب‌های موجود در آب غیرمتعارف باید توجه داشت که احتمال دوباره فعال شدن[1] میکروب وجود دارد و این زمانی است که میکروب دی‌ان‌ا[2] خود را بازسازی نماید و در صورتیکه سلول در معرض نور با طول موج ۳۱۰-۴۸۰ نانومتر قرار گیرد احتمال بروز این پدیده وجود دارد بنابراین برای جلوگیری از آن لازم است عمل پرتو افشانی کاملتر انجام گیرد و چون معمولا مخازن این آب‌ها بدون سقف هستند، لازم است میزان پرتوتابی بیشتر تنظیم گردد. میکروب‌های ای‌کلای، آدوباکتر، پنیسلیوم و بسیاری دیگر در این گروه قرار دارند.
- **معیارهای لازم** - تاسیسات مورد استفاده در پرتوافشانی لازم است طبق استانداردهایی شفاف ساخته و کنترل شوند و پس از نصب هم طبق برنامه عملکرد آن‌ها مورد پایش قرار گیرند. تدوین مقررات برای حفاظت محیط زیست و متصدیان استفاده‌کننده لازم است زیرا پرتوها یونیزه‌کننده هستند و برای موجودات زنده زیان‌آور می‌باشند. با توجه به مخاطرات ناشی از کاربرد کلر برای گندزدایی آب غیرمتعارف، پرتو فرابنفش محبوبیت بیشتری پیدا نموده است زیرا این پرتوافشانی باعث مرگ‌ومیر میکروب‌ها می‌شود و تقریبا ترکیب جدیدی که خطرناک باشد تولید نمی‌شود.
- **ویژگی‌های لامپ** - چون شدت نور لامپ عامل اصلی در کشتن میکروب‌هاست بنابراین باید میزان آن تعریف و توسط دستگاهی اندازه‌گیری شود. از مهمترین توجهات، بازده لامپ است که خود

1. Photoreactivation
2. DNA

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

بستگی به عمر آن و ولتاژ بکار رفته دارد. این ویژگی‌ها عبارتند از: طول موج پرتو، فشار بخار جیوه، دمای مناسب، عمر لامپ و شدت نور که به ویژگی‌های کارخانه سازنده بستگی دارد. اثر بخشی آن وابسته به شرایط زیر است:

- میزان و یا تعداد باکتری‌های آب غیرمتعارف؛
- مواد معلق و یا کدورت آب مورد گندزدایی؛
- ضریب جذب پرتو؛
- عوامل مزاحم مانند آهن، هیدروژن سولفوره و مواد آلی چون هیومیک.

جامدات معلق - قبلا یادآوری گردید که هر چه جامدات معلق در آب غیرمتعارف بیشتر شود اثر بخشی پرتو کمتر می‌شود. بنابراین لازم است برای آن معیاری تعریف گردد. زیرا ذرات معلق ممکن است بخشی از پرتوها را منعکس نماید و به بیماری‌زاهای میکروبی نتابد. ذرات معلق بزرگتر از ۱۰ میکرون ممکن است مانع اثر پرتوها شوند و به همین جهت فیلتراسیون آب قبل از گندزدایی با پرتو مورد توصیه است.

ضریب جذب که در واقع نیاز واقعی آب غیرمتعارف را برای گندزدایی نشان می‌دهد با روش‌های متعددی قابل اندازه‌گیری است. معادله کلی عبارت است از:

$$N = N0^{-KIT}$$

N عبارت است از تعداد باکتری‌ها بعد از پرتوافشانی؛

N_0 عبارت است از تعداد باکتری‌ها قبل از پرتوافشانی؛

K عبارت است از ضریب ثابت بی‌اثر نمودن باکتری‌ها؛

I عبارت است از شدت پرتو؛

T عبارت است از زمان تماس.

بنابراین حاصل‌ضرب I و T میزان انرژی جذب شده و بر حسب میکروواط در سانتیمترمربع تعریف می‌شود که برای غیرفعال‌سازی ویبریو و زدایش حدود ۴ لاگ عبارت است از ۲/۹ میکروواط ثانیه در یک سانتیمتر مربع. موسسه تحقیقاتی ملی آب امریکا[1] فرازهایی برای کاربرد پرتو فرابنفش تهیه نموده است که می‌تواند قوانین و آیین‌نامه‌های لازم از آن استخراج گردد. طبق این فرازها، آب غیرمتعارف باید قبل از پرتو افشانی فرایند فیلتراسیون را گذرانده باشد. بر اساس این فرازها آب غیرمتعارف حاصل از پرتوافشانی دارای هیچ‌گونه بیماری‌زای میکروبی نبوده و لگاریتم درصد غیرفعال‌سازی ویروس پولیو ۵ و مجموع کلیفرم‌های آن هم ۲/۲ در ۱۰۰ میلی‌لیتر خواهد بود. در آخرین تجدیدنظر این فرازها که در سال ۲۰۱۲ انجام گرفته است نکات زیر جلب توجه می‌نماید.

- در تمام تاسیسات تولید آب غیرمتعارف ضروری است در زمان تحویل، آزمایش‌های لازم انجام شود تا نشان دهد که معیارهای گندزدایی قابل دسترسی است.
- نتایج عملیات پایلوت نمی‌تواند در این مورد ملاک ارزیابی عملکرد واقعی تاسیسات قرار گیرد.
- برای صدور گواهی تایید تاسیسات، از آزمایش‌های تشخیص ویروس‌ها با نام ام‌اس۲[1] و از منحنی‌های استاندارد تهیه شده در دوره تحویل استفاده می‌شود.

از توضیح بیشتر فرازهای انستیتو تحقیقات ملی آب اجتناب می‌شود زیرا خود مقوله‌ای است که باید بطور جداگانه مورد توجه قرار گیرد.

میزان باکتری‌ها - با اندازه‌گیری لگاریتم باکتری‌های آب غیرمتعارف قبل از پرتوافشانی و پس از آن می‌توان اثربخشی را تعیین و براساس آنالیز نتایج، شدت پرتوافشانی را کم و یا زیاد نمود.

۴-۶-۳- ازن

تشخیص حضور ترکیب‌های دارویی از قبیل داروهای مخرب غدد مترشحه داخلی بدن انسان در آب غیرمتعارف باعث رشد اندیشه کاربرد ازن به عنوان یک اکسیدکننده و گندزدا در این صنعت شده است. مکانیسم عمل ازن شبیه کلر است و یک فرایند شیمیایی است که در نتیجه آن پوسته سلول و اسیدهای نوکلیک آن شکسته می‌شود و در نتیجه مبادله غذا توسط سلول دچار توقف شده و دی‌ان‌ا آن هم در حد بازگشت‌ناپذیر صدمه می‌بیند.

توان اکسیداسیون ازن زیاد است و به همین جهت در زدایش مواد آلی مولد طعم و بوی آب کاربرد دارد. ازن ملکول‌های بزرگ مواد آلی را می‌شکند. آبی که فرایند ازن‌زنی را طی کرده باشد با پرتو فرابنفش

1. National Water Research Institute (NWRI)

1. MS-2 based viral assays

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

بهتر گندزدایی می‌شود. معیار تعیین میزان آن با شاخص سی‌تی بیان می‌شود. در گندزدایی آب غیرمتعارف غلظت ازن از زمان تماس آن مهمتر است.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که رعایت سی‌تی برابر یک میلی‌گرم در دقیقه در لیتر می‌تواند دارای زدایش ویروس‌ها در حد ۴ لاگ باشد و در این آب کلیفرم‌ها کاملا نابود می‌شوند. استفاده از ازن در گندزدایی آب‌های غیرمتعارف در امریکای شمالی رو به گسترش است.

ازن گازی است آبی رنگ و ناپایدار و با سرعت تبدیل به اکسیژن می‌شود و انحلال آن در آب طبق قانون هنری می‌باشد. از تاسیسات تولید و استفاده از ازن مطلبی مطرح نمی‌گردد زیرا هدف کتاب آن نیست. با توجه به روش‌های ایجاد تماس آن با آب غیرمتعارف هم صحبتی کلی می‌شود. روش تزریق به صورت دیفیوزرهای واقع در کف حوضچه متداول است، بنابراین عمق آب روی دستگاه تزریق، زمان ماند و کنترل مازاد تولید نیاز به توجهاتی دارد.

ازن در آب تولید هیدروکسیل آزاد می‌نماید که یک اکسیدکننده بسیار قوی است و دارای سرعت عمل بالایی است و به همین جهت به عنوان گندزدا بکار می‌رود. ازن مانند پرتو فرابنفش در محل مصرف تولید می‌شود. زمان تماس آن در محدوده ۴-۱۰ دقیقه قرار دارد. برای مثال برای زدایش ویروس‌ها در حد ۳ لاگ و برای آب با دمای ۱۰ درجه سلسیوس مقدار سی‌تی عبارت است از ۰/۸ و برای آب ۵ درجه سلسیوس عبارت است از ۱/۲ بنابراین دمای آب و غلظت مواد اکسیدشونده در آب روی اثر آن دخالت دارد. بطور کلی باکتری‌ها نسبت به ازن مقاومتر هستند. ازن روی تخم انگل‌ها و اوکیست‌ها هم موثر است. با توجه به اهمیت ازن به عنوان اکسیدکننده در بحث اکسیداسیون مطرح می‌گردد.

۴-۶-۴- پاستوریزه نمودن

فرایند پاستوریزه نمودن[1] عبارت است از دادن انرژی حرارتی در مدتی محدود به آب غیرمتعارف تا بیماری‌زاها و سایر میکروب‌ها غیرفعال گردند. در پاستوریزه کردن لجن تصفیه‌خانه فاضلاب هم به کار می‌رود و محصول را مواد جامد آلی کلاس آ[2] می‌نامند.

۱. از فرایند پاستوریزه نمودن برای کشتن باکتری‌های بیماری‌زا و مزاحم در بسیاری از نوشابه‌ها مانند شیر استفاده می‌شود. در پاستوریزه کردن شیر، دمای آن باید به ۶۳ درجه سلسیوس رسیده و مدت زمان ۳۰ دقیقه حفظ گردد و سپس با سرعت به دمای زیر ۱۰ درجه سلسیوس کاهش پیدا نماید.

2. Class A Biosolids

فرایند پاستوریزه نمودن عبارت است از ترکیب اثرهای گرما و زمان اما عوامل زیر روی عملکرد این روش دخالت دارد:

- ویژگی‌های میکروب؛
- شرایط محیطی میکروب؛
- مرحله رشد میکروب؛
- پی‌اچ و نفوذ حرارت؛
- وجود موادی مانند چربی‌ها و ذرات معلق.

استفاده از این روش در تاسیسات تولید آب غیرمتعارف در شهر سانتاروزا[1] امریکای شمالی به کار رفته و مورد تایید مقامات مستقل قرار گرفته است. در صورت وجود انرژی حرارتی مازاد که به هر دلیل باید به محیط تخلیه شود کاربرد این روش را دارای توجیه اقتصادی می‌نماید.

۴-۶-۵- اکسیداسیون

استفاده از اکسیداسیون پیشرفته[2] به عنوان یک فرایند صنعتی تصفیه برای تولید آب غیرمتعارف مانند ترکیب عمل پرتو فرابنفش - آب اکسیژنه[3] و ازن - آب اکسیژنه[4] می‌باشد. از این فرایندها برای تصفیه آب غیرمتعارف به منظور کاربرد در مصرف‌های شرب استفاده می‌شود زیرا در شکستن ترکیب‌هایی مانند باقی‌مانده داروهای مورد مصرف عموم و داروهایی که روی غدد مترشحه بدن دخالت دارند، خوب عمل می‌نماید. در فرایند اکسیداسیون هدف تولید رادیکال‌هایی است که قدرت اکسیدکنندگی زیادی دارند و بنابراین از پتانسیل اکسیداسیون الکتریکی - شیمیایی رادیکال‌ها استفاده می‌شود. در جدول شماره ۴-۱۵ چند ترکیب با خاصیت اکسیدکنندگی نشان داده شده است. هیدروکسیل‌های تولید شده در فرایندها علاوه بر گندزدایی، ترکیب‌های آلی خطرناک را شکسته و تبدیل به ملکول‌های کوچک و با قدرت سمیت کمتر می‌نمایند. همان‌طور که جدول نشان می‌دهد کلر از نظر توان اکسیدکنندگی در مقام ششم قراردارد.

تشکیل هیدروکسیل در آب تحت تاثیر پی‌اچ آب قرار دارد. رادیکال آزاد با ترکیب‌هایی که الکترون

1. Santa Rosa
2. Advanced Oxidation Process
3. UV/H_2O_2
4. Ozone/ H_2O_2

NARVAN
https://mehrabpooyesh.com

جدول شماره ۴-۱۵- قدرت نسبی اکسیدکنندگی الکترو شیمیایی چند ترکیب

اکسیدکننده	قدرت اکسیدکننده	قدرت نسبی در مقایسه با کلر
رادیکال هیدروکسیل	۲/۸	۲/۰۵
ازن	۲/۰۸	۱/۵۲
اسید پراستیک[1]	۱/۸۱	۱/۳۳
آب اکسیژنه	۱/۷۸	۱/۳
هیپوکلریت	۱/۴۹	۱/۱
کلر	۱/۳۶	۱
دی اکسیدکلر	۱/۲۷	۰/۹۳

(مرجع شماره ۵۰)

دریافت می‌کنند با سرعت واکنش نشان می‌دهد. اکسیداسیون با همراهی پرتو فرابنفش در صنعت تصفیه آب برای نابودی نیتروزآمین‌ها و ترکیب‌های سرطان‌زا مانند ترکیب‌های جانبی کلرزنی کاربرد دارد.

با توجه به این که بنا بر ضرورت استفاده غیرمستقیم شرب از آب غیرمتعارف رو به گسترش است بنابراین فرایندهای اکسیداسیون ترکیبی مانند پرتوافشانی و آب اکسیژنه مقبولیت پیدا می‌نماید زیرا این دو فرایند نه فقط کار گندزدایی یعنی نابودی بیماری‌زاها را انجام می‌دهند بلکه ترکیب‌های آلی خطرناک را هم نابود می‌کنند.

برای مقایسه کاربرد سه گندزدای اصلی در صنعت آب غیرمتعارف، جدول شماره ۴-۱۶ ارائه شده است. از جدول پیش‌گفته می‌توان دریافت که تمام مزایای لازم در یک گندزدا وجود ندارد و بنابراین کیفیت آب غیرمتعارف و نوع استفاده آن روی انتخاب گزینه گندزدا دخالت دارد. اگر نگرانی روی محصولات جانبی باشد، کلر انتخاب خوبی نیست و یا اگر نیاز به دوام طولانی مدت قدرت گندزدایی است کلر انتخاب مناسبی است. اگر نگرانی حضور ویروس‌ها در آب غیرمتعارف است کلر نسبت به دو گندزدای دیگر انتخاب مطلوبی نیست. یک زیر گزینه در کاربرد کلر عبارت است از کلرزنی به میزان زیاد و پس از زمان تماس لازم، خنثی نمودن کلر باقی‌مانده که دارای مزایا و محدودیت‌هایی می‌باشد.

1. Peracetic Acid

جدول شماره ۴-۱۶- گزینه‌های کاربردی صنعت گندزدایی در فاضلاب

ویژگی‌ها	کلرزنی	ازن‌زنی	پرتو فرابنفش
ظرفیت تاسیسات تولید آب غیرمتعارف	بدون محدودیت	متوسط تا بزرگ	کوچک تا متوسط
حدود تصفیه فاضلاب لازم	بدون محدودیت	ثانویه	ثانویه
درجه اعتماد به تاسیسات گندزدایی	خوب	متوسط تا خوب	متوسط تا خوب
پایش عملکرد تاسیسات	در حد خوب	در حال توسعه	در حال توسعه
سطح تکنولوژی	ساده تا متوسط	پیچیده	ساده تا متوسط
نگرانی در حمل و نقل	وجود دارد	وجود ندارد	وجود ندارد
نگرانی در محل مصرف	مهم	متوسط	کمترین
قدرت گندزدایی (باکتری‌ها)	خوب	خوب	خوب
قدرت گندزدایی (ویروس‌ها)	ضعیف	خوب	خوب
مسمومیت برای ماهی‌ها - باقی‌مانده	آری	قابل انتظار نیست	خیر
تولید محصولات جانبی خطرناک	آری	قابل انتظار نیست	خیر
اثرات ابقایی	طولانی	بدون اثر	بدون اثر
زمان تماس	طولانی	متوسط	کوتاه
تولید اکسیژن در آب	خیر	آری	خیر
واکنش با آمونیاک	آری	آری (در pH بالا)	خیر
رنگبری	متوسط	خیر	خیر
افزایش جامدات	آری	خیر	خیر
تحت تاثیر pH آب	آری	تا حدودی (pH بالا)	خیر
اهمیت بهره‌برداری و نگهداری	حداقل	زیاد	متوسط
دارا بودن توان خورندگی	آری	آری	خیر

(مرجع شماره ۵۰)

MARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

۴-۷- واحدهای اساسی تاسیسات استفاده دوباره از آب

واحدهای اساسی تاسیسات استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری عبارتند از :

- **الف-** تاسیسات تصفیه پساب مانند شکل شماره ۴-۳ که برای استفاده در کشاورزی تدوین شده است؛
- **ب-** تاسیسات انتقال و توزیع؛
- **ج-** تاسیسات ذخیره برای جبران نوسانات نیاز مصرف‌کننده‌ها؛
- **د-** تاسیسات دفع نهایی در صورتیکه امکانات ذخیره دارای محدودیت باشد.

الف- تاسیسات تصفیه پساب

پس از دانستن تقاضاکنندگان اصلی آب غیرمتعارف، میزان و ضریب تغییرات نیاز و نیز تعیین کیفیت مورد نیاز، لازم است تا فرایندهای تصفیه پساب انتخاب شود. اما برای انجام این مهم دو مانع در کشور وجود دارد که عبارت است از ابهام در کیفیت آب غیرمتعارف خروجی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب موجود و نبود معیارهای کیفیت آب غیرمتعارف در رابطه با مصرف‌های ویژه. جدول‌های شماره ۴-۷، ۴-۸ و ۴-۹ راهنمای خوبی در انتخاب فرایندهای لازم است. همان‌طور که جدول شماره ۴-۹ نشان می‌دهد برای زدایش هر آلاینده موجود در فاضلاب فرایندهایی با عملکردهای مختلفی وجود دارد. پس از تعریف گزینه‌های فرایندها، لازم است معیارهای طراحی واحدها و ظرفیت تولید آن‌ها تعریف شود تا پس از انجام محاسبات و تعیین حجم کارهای سیویل، الکترومکانیکال، هزینه‌های اجرای پروژه و بهره‌برداری و در نهایت مقایسه گزینه‌ها، فرایند برتر انتخاب شود.

گام‌های اساسی در طراحی فرایندهای تصفیه پساب عبارتند از:

- تعریف کیفیت آب غیرمتعارف برای مصرف ویژه با استفاده از معیارها و یا استانداردهای موجود – این معیارها و استانداردها توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست با همکاری وزارت نیرو، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و نهادهای علمی و تحقیقاتی باید تدوین و مورد تصویب قرار گیرد تا مهندسان مشاور ملزم به رعایت آن‌ها گردند. تعریف معیارهای کیفی آب غیرمتعارف برای مصرف‌های صنعتی در دو بخش قابل تشخیص است بخش اول نیازهای بهداشتی و محیط‌زیستی است که باید کارگروه پیش‌گفته آن را تدوین نماید. بخش دوم ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مورد نیاز برای صنعت است که هر صنعت برای کاربرد خود، طبعا معیارهایی باید داشته باشد و این بخش از تصفیه و یا اصلاح آب می‌تواند در بخش صنعت انجام گیرد.
- تعریف کیفیت فاضلاب تصفیه شده و یا تعریف عملکرد تصفیه‌خانه موجود.
- انتخاب فرایندهای لازم برای زدایش آلاینده‌ها و رسم دیاگرام فرایندهای لازم تصفیه تکمیلی برای تولید آب غیرمتعارف – با توجه به جدول‌های شماره ۴-۷، ۴-۸ و ۴-۹ همان طور که گفته شد برای زدایش هر آلاینده فرایندهای مختلفی وجود دارد که دارای عملکردهای یکسانی نیستند، اصول انجام مطالعات مانند طراحی تصفیه‌خانه‌های آب است که از تکرار مطالب خودداری می‌شود. تعریف گزینه‌های فرایندی زدایش و مقایسه فنی – اقتصادی آن‌ها در مطالعات امکان‌سنجی ضرورت دارد.
- رسم نقشه‌های ابزار دقیق و کنترل – برای اطمینان به تولید مستمر آب غیرمتعارف و با کیفیت تعریف شده لازم است در نقاط خاصی از تاسیسات فرایندی مورد نظر ابزار اندازه‌گیری کیفیت پساب نصب شده و متغیرها سنجش شوند. این ابزار اندازه‌گیری باید به صورت نصب در خط[1] عمل نماید. اطلاعات مورد نظر لازم است از طریق کابل‌ها و یا ترانسمیترها به رایانه رسیده و ثبت و قابل مشاهده گردد و بدین‌ترتیب عملکرد فرایندها و کیفیت پساب در مراحل مختلف تصفیه قابل پایش بوده و در صورت ضرورت نسبت به تغییر و یا اصلاح عملکردها اقدام نمود، بنابراین رسم دیاگرام ابزار دقیق هم ضرورت پیدا می‌نماید. از گفتگو درباره تشریح سیستم های ابزار دقیق لازم اجتناب می‌شود زیرا در طراحی و ساخت تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و تصفیه تکمیلی باید لحاظ گردند.
- گام‌های بعدی که عبارتند از استقرار واحدهای فرایندی روی زمین رقوم‌دار و انجام محاسبات هیدرولیکی برای تعیین اقطار لوله‌ها، کانال‌های ارتباطی، مسایل انتقال نیرو و خدمات دیگر – این گام‌ها که باید در فهرست خدمات انجام مطالعات مراحل توجیهی و تفضیلی مانند نشریه شماره ۳۲۴ – الف مورخ ۱۳۷۸ آب برای تاسیسات آب غیرمتعارف هم تهیه گردد.

چون تصفیه فاضلاب و تصفیه تکمیلی دو رشته تخصصی در صنعت تصفیه آب و فاضلاب هستند که برای آن‌ها کتاب‌ها و دستورالعمل‌های تخصصی فراوانی نوشته شده است، در این مجلد به آن‌ها پرداخته نمی‌شود. به همین ترتیب به اصول مهندسی انتقال و توزیع آب غیرمتعارف نیز به اشاره‌ای بسنده می‌شود.

1. Online

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

پیش‌بینی تاسیسات جلوگیری از خروج آب غیرمتعارف با کیفیت خارج از معیار و استاندارد برای تحویل به مصرف‌کننده و ذخیره و برگشت آن برای تصفیه دوباره از تمهیدات لازم تصفیه‌خانه است. پیش‌بینی تاسیسات دفع نهایی و یا ذخیره آب غیرمتعارف تولیدی جهت استفاده در زمان مورد نیاز آینده از بخش‌های مهم طراحی تاسیسات است. بخش کنترل کیفیت آب غیرمتعارف با توجه به معیارها و استانداردهای مربوط، برای نمونه‌برداری و تعیین کیفیت آن باید برنامه‌ریزی گردد.

ب- تاسیسات انتقال و توزیع

اصول طراحی هیدرولیکی و سازه‌ای شبکه توزیع آب غیرمتعارف مشابه آب متعارف است و اگر قرار است دو شبکه مورد بحث اجرا و بهره‌برداری شود، جلوگیری از ارتباط ناجور یک اصل مهم است. بنابراین در طرح و اجرا لازم است نقشه کامل و جامعی از شبکه توزیع آب متعارف در دست باشد. گام نخست در این راه تدوین معیارهای لازم برای تاسیسات توزیع آب غیرمتعارف است. در غیر اینصورت باید از ضوابط فنی مربوط به آب شرب استفاده شود.

پس از تعیین محل‌های جغرافیایی مصرف‌کننده‌های بزرگ آب غیرمتعارف، شبکه اصلی انتقال از محل تولید به طرف محل‌های مصرف با توجه به موقعیت نصب لوله‌های اصلی باید طراحی شود و در تدوین معیارهای طراحی مانند پیک مصرف، فشار ایستایی، فشار باقی‌مانده و تخلیه برای دفع نهایی، شستشوی گذرگاه‌ها، فاضلابروها، آتش‌نشانی و مصرف‌های دیگر باید در نظر گرفته شود بنابراین لازم است نیازهای آینده مصرف و تولید در مدل هیدرولیکی مدنظر قرار گیرد.

محل و یا محل‌های مخازن سرویس و ذخیره و ایستگاه‌های ازدیاد فشار همراه با شیرهای کنترل و بخصوص شیرهای برداشت و تخلیه از تاسیسات اصلی هستند که برای هر یک از آن‌ها معیارهای طراحی و ظرفیت حال و آینده آن باید تدوین گردد. آب غیرمتعارف دارای نمک‌های محلول بیشتری است بنابراین توجه به اثر آن روی تاسیسات فلزی توزیع و انتقال ضرورت دارد.

توصیه شده است که فشار هیدرولیکی شبکه آب غیرمتعارف همیشه کمتر از فشار هیدرولیکی شبکه آب متعارف باشد تا در صورت بروز اتصال ناجور، آب از شبکه آب شرب به شبکه آب غیرمتعارف جریان یابد، گرچه در موارد زیادی اجرای این سیاست ممکن نیست.

داشتن مقررات خاص و مدیریت مستقل در بهره‌برداری و نگهداری از مهمترین نیازمندی‌های پروژه است که بطور چکیده به شرح زیر ارایه می گردد.

- سلامت مردم و بهداشت محیط اصل نخست است و بنابراین تولیدکننده آب غیرمتعارف لازم است نحوه استفاده از محصول خود را همراه با قوانین و آیین‌نامه‌های مربوط به صورت یک دفتر راهنما در دسترس مصرف‌کننده قرار دهد. در مورد مصرف‌کنندگان احتمالی آب غیرمتعارف در فصل سوم بطور مفصل گفتگو شده است.
- تدوین مقررات لازم برای اجتناب از بروز اتصال ناجور اصل دوم است.
- برای جلوگیری از استفاده آگاهانه و ناآگاهانه از آب غیرمتعارف برای مصرف‌های غیرمجاز ایجاد تمهیداتی مانند علامتگذاری ضرورت دارد.
- داشتن نیروی انسانی متخصص برای بهره‌برداری و نگهداری و نظارت بر کیفیت آب تولیدی الزامی است، بنابراین ظرفیت‌سازی نیروی انسانی لازم، از پیش‌نیازهای برنامه‌های استفاده دوباره از آب است.
- تدوین معیارها، ضوابط و مشخصات فنی برای طراحی، ساخت، اجرا و بهره‌برداری نیاز به برنامه‌ریزی دارد. تمام عنصرهای مربوط به تاسیسات آب غیرمتعارف باید توسط رنگ، علایم هشداردهنده و حتی جنس مصالح طوری طراحی شوند که تشخیص آن‌ها از شبکه آب متعارف ساده و اشتباه بسیار سخت بوده تا احتمال خطا وجود نداشته باشد. موقعیت لوله‌های آب غیرمتعارف در مقطع عرضی گذرگاه‌ها و فاصله بین آن‌ها با لوله‌های شبکه توزیع آب شرب نیاز به تعریف و توجه دارد. فاصله افقی ۳ متر و عمودی ۰/۵ متر در مورد وضعیت موازی و عبور از روی هم توصیه شده است. لوله‌های آب شرب همیشه باید بالای لوله‌های آب غیرمتعارف نصب گردد. در صورت عبور اجباری باید تمهیداتی در نظر گرفته شود که آب شرب آلوده نگردد، مشابه تمهیداتی که در مورد شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهر و آب شرب تدوین یافته است.

در صورتی که شبکه جمع‌آوری فاضلاب در نقاطی باید مجهز به تاسیسات شستشو گردد استفاده از آب غیرمتعارف برای شستشو توصیه می‌شود که برای حفظ کیفیت آب غیرمتعارف هم مفید می‌باشد. در صورتی که کیفیت آب غیرمتعارف اجازه دهد برای شستشوی گذرگاه‌های عمومی هم می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. نصب تاسیسات اندازه‌گیری و ثبت میزان نشت از شبکه ضرورت دارد تا در صورت وقوع شکستگی و بروز نشت به سرعت کشف و تعمیر شود.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

ج- مخازن ذخیره و سرویس

ظرفیت و موقعیت مخازن ذخیره و سرویس بر مبنای آنالیزهای تامین و تحویل برای مصرف و تغییرات میزان نیاز مصرف‌کنندگان مانند اصول طراحی تاسیسات شبکه توزیع آب شرب انجام می‌گیرد. بنابراین دانستن ضرایب تغییرات نیاز و تغییرات تولید پساب برای تعیین حجم و موقعیت این مخازن ضرورت دارد و توصیه می‌شود که منحنی میزان‌های تولید و مصرف رسم گردد تا بتوان عنصرهای تاسیسات را از نظر حجم و موقعیت طراحی نمود. باید توجه داشت که تاسیسات تصفیه فاضلاب بر اساس تغییرات میزان ورودی برای تحمل تغییرات طراحی می‌شود اما تاسیسات تصفیه تکمیلی پایین‌دست باید با میزان تقریبا ثابت مورد بهره‌برداری قرار گیرد بنابراین در نظر گرفتن مخازن متعادل‌کننده در بالادست تصفیه تکمیلی الزامی است.

در صورتیکه استفاده از مخزن هوایی سرویس ضرورت دارد مخزن ذخیره زمینی در نزدیکی مخزن هوایی باید پیش‌بینی گردد و طبعا تلمبه‌خانه آن نیز طوری طراحی شود که مشکل تغذیه مخزن هوایی رخ ندهد.

مخازن می‌توانند روباز و یا سرپوشیده باشند. در صورتی که آب غیرمتعارف برای مصرف‌های محدوده شهری است و احتمال دسترسی مردم به مخزن وجود دارد، لازم است سرپوشیده و دارای دیوار و پرچین باشد. در شرایطی می‌توان از مخزن روباز شبیه لاگون هم استفاده نمود. در این صورت تبخیر آب، رشد جلبک‌ها و تماس مردم با آن نیاز به توجه دارد که در فصل سوم مورد گفتگو قرار گرفته است. در صورتی که روش آبیاری، قطره‌ای و بارانی است رشد جلبک‌ها ممکن است باعث گرفتگی روزنه‌ها شود. اگر تبخیر زیاد و بارش کم باشد، احتمال افزایش املاح محلول آب وجود دارد که نیاز به آنالیزهای لازم دارد. طبعا با افزایش عمق و کاهش سطح لاگون میزان دو پدیده نامطلوب پیش‌گفته کمتر می‌شود.

د- ذخیره فصلی

تاسیسات تصفیه فاضلاب‌های شهری برای تولید آب غیرمتعارف براساس فرایندهای مستمر باید طراحی شوند و چون میزان تولید فاضلاب دارای ضریب تغییرات زیادی است که در ساعات، روزها و ماه‌ها رخ می‌دهد و همچنین درخواست‌کنندگان آب غیرمتعارف هم دارای ضرایب تغییرات نیاز هستند پیش‌بینی تاسیسات ذخیره فصلی برای جبران نوسانات، نیاز ضرورت دارد که در صفحه‌های قبل به اجمال یادآوری گردید.

ر- تاسیسات دفع نهایی

از مزیت‌ها و هدف‌های طرح‌های استفاده دوباره نبود نیاز به تخلیه پساب به منابع آب برای دفع است و بدین‌ترتیب از روند رو به افزایش آلودگی منابع آب کاسته می‌شود. اما بعضی از مصرف‌کنندگان آب غیرمتعارف ممکن است در اوقات و شرایطی نیاز به مصرف آن نداشته باشند و در صورت نبود و یا کمبود امکانات ذخیره لازم است به محیطی مانند منابع آب تخلیه و دفع گردد. کلمه دفع بکار می‌رود که نشان می‌دهد که برای استفاده مستقیم دوباره آن برنامه‌ای تدوین نشده است. به هرحال پیش‌بینی تاسیسات دفع نهایی و معیارهای کیفیت مناسب آن باید در نظر گرفته شود.

گزینه‌های دفع نهایی عبارتند از:

- تخلیه به منابع آب سطحی؛
- تخلیه به لایه‌های زیرزمین که ممکن است که خود منابع آب باشد. این بخش یک رشته تخصصی تحت نام توسعه منابع آب زیرزمینی است که در بخش برنامه‌ریزی تنها به معرفی آن پرداخته می‌شود؛
- تخلیه از طریق پخش در روی زمین؛
- تخلیه به تالاب‌های طبیعی و یا انسان‌ساخت که باید مورد توجه بیشتر قرار گیرد.

طراحی‌ها طوری انجام گیرد که در شرایط اضطراری هم بتوان فرایند تولید با کیفیت مطلوب را حفظ نمود. مهمترین توجهات عبارتند از:

- پیش‌بینی دو منبع تولید برق برای بهره‌برداری از تاسیسات که یکی از آن‌ها می‌تواند از بیوگاز تصفیه‌خانه استفاده نماید؛
- پیش‌بینی دیزل ژنراتور تولید برق برای بهره‌برداری از تاسیسات اصلی؛
- پیش‌بینی تاسیسات ذخیره برای شرایط اضطراری؛
- پیش‌بینی تاسیسات پایش کیفیت پساب در خط و اعلام آن به متصدیان؛
- انعطاف‌پذیری الکتروپمپ‌ها، لوله‌ها و شیرها برای بهره‌برداری از تاسیسات در تمام شرایط؛
- داشتن برنامه‌های مدون پایش کیفیت آب غیرمتعارف تولیدی؛
- داشتن برنامه‌های مدون بهره‌برداری و نگهداری از تاسیسات.

بنابراین در طراحی تاسیسات اختلاط سریع، تولید لخته و فیلتراسیون برای تصفیه تکمیلی پساب و در طراحی تاسیسات تصفیه اولیه و ثانویه فاضلاب خام دستورعمل‌های بالا باید تهیه و رعایت گردد.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

ضروریست در تدوین شرح خدمات مطالعات مراحل اول و دوم حرفه مهندسان مشاور برای استفاده دوباره این اصول مورد استفاده قرار گیرد.

۴-۸- مدیریت آب غیرمتعارف

در مدیریت منابع آب متعارف مانند آبگیری از منابع آب زیرزمینی و یا دریاچه بالادست سدها، منبع آب نقش ذخیره را نیز به عهده دارد اما در مورد مدیریت آب غیرمتعارف وضعیت یک فرق اساسی دارد. زیرا آب غیرمتعارف بطور مستمر تولید و به طرف تاسیسات استفاده هدایت می‌شود و همان‌طور که در بخش‌های قبلی ارائه گردید. در صورتیکه میزان تولید بیشتر از میزان مصرف باشد باید در تاسیسات ذخیره نگهداری شود. اما برای تاسیسات ذخیره بدلایلی که گفته شد محدودیت‌هایی وجود دارد و بنابراین ذخیره در لایه‌های زیرزمین باید مورد توجه قرار گیرد که اصول آن در رابطه با شکل شماره ۴-۲ مورد بحث قرار گرفته است. آنچه که اصل است باید از تخلیه بدون هدف استفاده این آب اجتناب گردد گرچه با توجه به کمبود آب هرگونه تخلیه در پایین‌دست‌ها می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد که از مثال ساده آن تقویت تالاب‌های پایین‌دست است. چگونگی انجام محاسبات لازم و ملاحظه‌های دیگر در فصل سوم مورد بحث قرار گرفته است. در اینجا ترکیب برنامه مدیریت آب غیرمتعارف و آب زیرزمینی منطقه می‌تواند مورد توجه قرار گیرد که در شکل شماره ۴-۱ و در چارچوب استفاده دوباره مورد توجه قرار گرفته است.

۴-۹- توجهات اقتصادی و مالی

در انجام مطالعات امکان‌سنجی، طبعا گزینه‌های مختلف تصفیه و استفاده دوباره مورد مطالعه قرار می‌گیرد که چه از دیدگاه اقتصادی و چه از دیدگاه مالی باید مورد مقایسه قرار گیرند. از دیدگاه اقتصادی مسئله سرمایه‌گذاری و برگشت سرمایه مطرح است و از دیدگاه مالی راه‌های تامین سرمایه باید مورد توجه قرار گیرد. ممکن است گزینه‌های مطالعات اقتصادی نشان دهد که تامین سرمایه و اجرای پروژه دارای مزیت‌های اقتصادی چشمگیری است، اما اگر نتوان سرمایه لازم را با شرایط مورد نظر طرح تامین نمود، پروژه موفق نخواهد شد. در تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی که به نام هزینه‌ها - منافع[1] شناخته می‌شود باید سعی نمود تمام منافع حاصل از اجرای طرح را بصورت معیارهای کمی ریالی درآورد تا امکانسنجی اجرای پروژه تعریف گردد. در صورتی اجرای طرحی، ماندگار و یا پایدار می‌ماند که منافع آن بیشتر از هزینه‌های آن باشد و چون در طرح‌های استفاده دوباره از آب منافعی وجود دارد که لازم است آن‌ها را به صورت ارقام ریالی تبدیل نمود. بنابراین بهتر است مزیت‌های بهداشتی مانند عدم سرایت عوامل بیماری‌زا به انسان نیز با شاخص ریالی تعریف شود که سازمان بهداشت جهانی با معیار دالی[1] کمک می‌کند که بهداشت و سلامتی همگان وارد معیارهای اقتصادی گردد.

برای مقایسه اقتصادی طرح‌ها معیارهای زیر باید با ارقام ریالی تعریف شوند:

- زمین لازم برحسب مترمربع؛
- برق مصرفی و سرمایه‌گذاری‌های مربوط؛
- میزان لجن تولیدی سرانه که نیاز به تصفیه دارد؛
- هزینه‌های سرمایه‌گذاری ساختمانی و مکانیکی؛
- هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری از تاسیسات
- درامد حاصل از فروش لجن، برق تولیدی و آب غیرمتعارف.

اما در مقابل در صورتیکه از پساب تصفیه شده در کشاورزی و تولید محصول استفاده شود، منافعی به همراه دارد که مهمترین آن عبارتند از:

- حفظ منابع آب از آلودگی به علت تخلیه ننمودن آن برای دفع نهایی؛
- استفاده از ازت، فسفر و عنصرهای دیگر موجود در فاضلاب برای تولید محصولات کشاورزی و کاهش مصرف کودهای شیمیایی؛
- درامد حاصل از استفاده دوباره که باعث زندگی مطلوبتر خانواده‌های کشاورزان می‌شود؛
- کاهش هزینه‌های تصفیه فاضلاب بدلیل عدم نیاز به حذف ازت و فسفر فاضلاب؛
- تقویت اراضی کشاورزی بدلیل وجود مواد آلی و عنصرهای مفید در فاضلاب؛
- امکان انجام عملیات کشت بیشتر از یک‌بار در سال بدلیل وجود مستمر آب غیرمتعارف برای استفاده بخصوص در خشکسالی‌ها.

1. Cost - Benefit

1. DALY: Disability Adjusted Life Year

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

در زمینه مدیریت و برنامه‌ریزی مالی و اعتباری هم می‌توان با تمهیداتی چون تامین سرمایه با نرخ کمتر سود، سرمایه‌های لازم برای تولید آب غیرمتعارف مناسب را تسهیل نمود که در درازمدت منافع پیش‌گفته را محقق می‌نماید. استفاده از نیروی انسانی و سرمایه بخش خصوصی در چارچوب اجرای طرح‌ها با روش‌های راهگشا مانند بی‌او او در این نوع پروژه‌ها باید مورد توجه جدی قرار گیرد چنانکه در دنیا این روش با دستاوردهای مطلوبی همراه بوده است که در فصل ششم به صورت موردی در این زمینه مطالبی ارائه گردیده است.

۴-۱۰- نتیجه‌گیری

در طرح جامع منابع آب، پتانسیل استفاده دوباره از آب باید در نظر گرفته شود و با توجه به علم و صنعت تصفیه فاضلاب و آب، هر گونه استفاده دوباره حتی برای مصرف‌های شرب و صنایع الکترونیک نیز از این آب امکان‌پذیر است.

در مطالعات امکان‌سنجی گزینه‌های استفاده دوباره از آب معیار اصلی قیمت تمام شده و پذیرش اجتماعی است که از مهمترین چالش‌ها بشمار می‌آیند و به همین جهت لازم است ویژگی‌های حداقلی و حداکثری آب غیرمتعارف برای هر گونه مصرف تعریف شود و فاضلاب در آن حد مورد تصفیه قرار گیرد نه کمتر و نه بیشتر. زیرا اگر بیشتر تصفیه شود باعث گرانتر شدن آب تولیدی شده و اگر کمتر تصفیه شود ممکن است پیامدهای بهداشتی و محیط‌زیستی ایجاد نماید. بنابراین تدوین معیارها و استانداردهای آب مورد نیاز هر مصرف باید به طور شفاف تعریف گردد و با توجه به پتانسیل‌های استفاده دوباره تاسیسات تصفیه طرح و اجرا شود. حتی اگر در منطقه‌ای استفاده دوباره از آب از هدف‌ها نیست، حفظ محیط‌زیست بخصوص منابع آب از آلودگی ما را وادار می‌نماید که برای تخلیه فاضلاب تصفیه‌شده به منابع آب معیارها و استانداردهایی تعریف نماییم که باعث انتشار آلاینده‌ها در محیط نشود و به همین دلیل زمان بازنگری معیارهای تخلیه به آب‌های سطحی و زیرزمینی و یا استفاده در کشاورزی تدوینی سازمان حفاظت محیط‌زیست رسیده است.

با توجه به افزایش جمعیت در شهرهای بزرگ کشور و تخصیص بیشتر آب مورد استفاده کشاورزی به شهرها، استراتژی جایگزینی که مورد توجه هم قرار گرفته است نیاز به طرح و برنامه دارد تا آب غیرمتعارف جایگزین شده باعث بروز مشکلات نشده تا برنامه جایگزینی با شکست روبه‌رو نشود.

۵ توجهات بهداشتی و محیط‌زیستی

۵-۱- نگاه اصلی

هر طرح و برنامه استفاده دوباره از آب باید با حفظ معیارهای زیر تنظیم و تدوین گردد:

- حفظ بهداشت و سلامت جامعه؛
- حفظ محیط‌زیست از آلودگی و تخریب؛
- حفظ زیبایی‌های محیطی برای رفاه همگان؛
- مشارکت همگان و پشتیبانی جامعه؛
- پایداری محیط‌زیستی و اقتصادی.

گزارش‌های فصل ششم و ادبیات این موضوع نشان می‌دهد که انتخاب بهترین تکنولوژی‌ها، مقررات و آیین‌نامه‌ها منتج به استفاده دوباره بی‌خطر از آب نمی‌شود بلکه همکاری بخش‌های دولتی، گروه‌های اجتماعی و سازمان‌های غیردولتی ضرورت دارد.

ظرفیت‌سازی نیروی انسانی در بخش‌های دولتی و غیردولتی و ایجاد روابط عمومی از طریق رسانه‌ها برای کسب پشتیبانی جامعه به منظور کاهش ریسک‌ها ضرورت دارد.

توسعه طرح‌های چندمنظوره در استفاده دوباره از آب کمک به پایداری طرح می‌نماید، بنابراین سعی در مصرف آب غیرمتعارف در بخش‌های کشاورزی، صنعتی و شهری و تنوع در مصرف‌ها یکی از هدف‌های طرح‌ها باید باشد. در نتیجه پساب برای مصرف‌های مختلف باید فرایندهای تصفیه تکمیلی و پیشرفته را بگذراند که موقعیت تاسیسات و ظرفیت آن‌ها در گرو انجام مطالعات امکان‌سنجی است که در فصل دوم مورد تذکر قرار گرفته است.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

چون بخش کشاورزی در شرایط فعلی و احتمالا در سال‌های دور آینده در بیشتر شرایط، مصرف‌کننده بزرگ آب غیرمتعارف در چارچوب استراتژی فلسفه جایگزینی خواهد بود، در نتیجه محور اصلی برنامه‌ریزی هم همراه با ملاحظاتی باید همین توجه باشد، بنابراین به پیامدهای محیط‌زیستی و بهداشتی استفاده از پساب تصفیه شده در کشاورزی پرداخته می‌شود. اما لازم به ذکر است که توجه به بخش شهری و صنعتی دارای جذبه‌های بیشتری است.

در فصل اول مشاهده شد که اجرای طرح‌های استفاده دوباره از آب در بخش کشاورزی دارای پیامدهای خوب و بد محیط‌زیستی است و در صورتیکه براساس یافته‌های علمی به آن پرداخته شود می‌توان پیامدهای بد آن را تحت کنترل داشته و شرایط پایدار ایجاد نمود و اگر در حد لازم به اثرهای بد آن توجه نشود طرح پایدار نبوده و خاک کشاورزی توانایی تولید محصول را از دست می‌دهد. بعلاوه آلودگی منابع آب و انتشار گروهی از بیماری‌های روده‌ای هم از نتایج آن خواهد بود و مهمتر این که کشاورزان از کاربرد آن اجتناب خواهند نمود. پساب تصفیه شده که در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد حاوی ازت، فسفر و عنصرهای دیگر مورد نیاز گیاه است و بهبود خاک کشاورزی هم می‌تواند از پیامدهای خوب آن باشد. در نتیجه نیاز کشاورزان به کودهای شیمیایی کمتر می‌شود.

۵-۲- ترکیب فاضلاب

در فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه عنصرها و ترکیب‌های زیر وجود دارد:

- عوامل بیماری‌زای زنده؛
- نمک‌ها؛
- فلزات سنگین؛
- ترکیب‌های شیمیایی آلی بویژه ترکیب‌های انسان‌ساخت؛
- ازت، فسفر و پتاس؛
- اسیدها، بازها و ترکیب‌های معدنی؛
- جامدات معلق.

بدلیل وجود نمک‌های محلول بیشتر در آب غیرمتعارف نسبت به آب متعارف و عدم زدایش آن‌ها در تصفیه متعارف فاضلاب و پساب، استفاده از آب غیرمتعارف در صورتیکه با ملاحظاتی همراه نباشد ممکن است منجر به شوری خاک شود.

پیامدهای شوری خاک عبارتند از:

- بدلیل افزایش غلظت نمک‌ها در خاک فشار اسمزی آب موجود در خاک افزایش پیدا کرده نه فقط مانع جذب آب توسط ریشه گیاه می‌شود، بلکه آب ریشه گیاه به طرف خاک جریان می‌یابد.
- افزایش سدیم، کلرورها، بر و مانند آن در خاک که باعث مسمومیت گیاه می‌شود.
- بدلیل تغییر در فرایند اسمزی، جذب مواد غذایی گیاه از خاک هم دچار اختلال می‌شود.
- در بسیاری از شرایط بافت خاک تغییر کرده و نفوذپذیری آن کاهش می‌یابد و زمین حالت مردابی پیدا می‌نماید که نمی‌توان در آن کشت نمود.
- در درازمدت بدلیل نوع آبیاری باعث افزایش شوری آب زیرزمینی نیز می‌شود بنابراین در طراحی استفاده از آب غیرمتعارف، طرح‌های زهکشی و شستشوی خاک باید با طرح آبیاری هماهنگ گردد و یا تمهیدات دیگر در نظر گرفته شود.
- کاربرد فاضلاب در کشاورزی باعث افزایش غلظت فلزات سنگین در لایه‌های سطحی خاک شده لیکن غلظت آن معمولا به حدی نمی‌رسد که مشکلاتی ایجاد نماید مگر آنکه فاضلاب شهری بدلیل دریافت فاضلاب‌های صنعتی حاوی فلزات سنگین باشد که در این صورت باعث افزایش غلظت آن در خاک و در نتیجه جذب گیاه شده و در گیاه حضور خواهد یافت. تا زمانی که غلظت فلز در خاک به حد معینی نرسد جذب گیاه نمی‌شود آن هم به شرطی که فلز در شرایط ثابت نباشد. در پی‌اچ حدود ۶/۵ فلزات با اجزا خاک اتصال پیدا می‌کنند و در شرایطی هم که خاک حاوی مواد آلی باشد باز هم این اتصال انجام می‌گیرد و تمایل به جذب توسط گیاه را از دست می‌دهد. در پی‌اچ کمتر از ۶/۵ که مواد آلی مورد مصرف قرار می‌گیرد، فلز شرایطی پیدا می‌کند که می‌تواند جذب گیاه شود. بنابراین پایش پی‌اچ خاک در این شرایط ضرورت دارد. عنصرهای کادمیوم، مس، مولیبدن، نیکل و روی که در فاضلاب وجود دارد بدین‌ترتیب می‌تواند جذب گیاهان شود. اهمیت بهداشتی کادمیوم و نیکل از این جهت بیشتر از بقیه است.

۵-۲-۱- ترکیب‌های آلی سمی

گرچه بطور متعارف میزان این گروه از ترکیب‌ها در فاضلاب زیاد نیست اما در غلظت‌هایی که ابزار امروز آزمایشگاهی توان تشخیص آن را بطور متعارف ندارد در فاضلاب وجود دارد و اثرهای بهداشتی

NARVAN
https://mehrabpoo.ir

آن در این غلظت روی انسان در ابهام است. نشت شیرابه‌های خاک‌های آلوده و اراضی حاوی زباله‌های صنعتی، نشت از انبار و لوله‌های حاوی ترکیب‌های سمی و حتی ریزش باران و حمل آلاینده‌های موجود در هوا و جریان آن در روی سطوح اراضی می‌تواند به فاضلابروهای شهر تخلیه شده و به تصفیه‌خانه برسد. این ترکیب‌ها می‌توانند سرطان‌زا بوده و یا در فرایند رشد جنین انسان اثرهای زیانبار داشته و یا اثرهای موتاژنتیکی ایجاد کنند. این نظریه هم وجود دارد که در متابولیسم غدد مترشحه داخلی دخالت کرده و تعادل هورمونی فرد را نامنظم کنند (۴۹).

در فرآیندهای تصفیه فاضلاب غلظت بیشتر این ترکیب‌ها کاهش می‌یابد و از طرفی احتمال جذب این ترکیب‌ها توسط ریشه گیاهان هم هنوز به اثبات نرسیده است. این گروه از ترکیب‌ها در محیط‌زیست به سادگی تجزیه نمی‌شوند و بنابراین خطر رسیدن آن‌ها به منابع آب وجود دارد، اما از نظر سازمان حفاظت محیط‌زیست امریکا در شرایط خاص این ترکیب‌ها ممکن است از طریق نشت جذب گیاه شوند.

ترکیب‌های شیمیایی انسان‌ساخت در محیط‌زیست تحت تاثیر تجزیه بیولوژیکی به مرور از بین می‌روند. این از بین رفتن در خاک‌ها در شرایط مختلف یکسان نیست و در مورد بعضی از آن‌ها این نگرانی وجود دارد که به منابع آب عموم رسیده و بنابراین در آب شبکه‌های توزیع وجود داشته باشد و به همین دلیل در تصفیه پیشرفته آب غیرمتعارف قبل از تخلیه آن به منابع آب با روش‌های اولترافیلتر، اسمزمعکوس، کربن فعال و اکسیداسیون سعی در شکستن و زدایش آن‌ها می‌شود.

۵-۲-۲- مواد آلی

با رسیدن مواد آلی موجود در آب غیرمتعارف به خاک، ترکیب‌های هیومیک خاک افزایش می‌یابد و در نتیجه توان جذب آب و فلزات آن بالا می‌رود و به موازات آن فعالیت‌های بیولوژیکی خاک هم بیشتر می‌شود میزان مواد آلی خاک به حدود ۱/۵ - ۵ درصد وزن خاک می‌تواند برسد.

بیشتر مواد آلی در خاک تحت تاثیر فرایند تجزیه بیولوژیکی قرار می‌گیرند و در شرایط هوازی با سرعت بیشتر تجزیه شده و تبدیل به آب، دی‌اکسیدکربن و نمک‌ها می‌شوند. ترکیب‌های پایدار و غیرسمی مانند اسیدهای هیومیک[1] و فولویک[2] نیز محصول این فرایندهاست.

1. Humic Acid
2. Fulvic Acid

اما اگر میزان بی‌اودی آب غیرمتعارف خیلی زیاد و همراه با میزان بالای نمک‌ها باشد، خطر گرفتگی خاک، همان‌طور که قبلا مورد توجه قرار گرفت، محتمل است. گفته می‌شود که اگر غلظت بی‌اودی کمتر از ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر فاضلاب باشد، این خطر پیش نمی‌آید، لیکن مراقبت برای هر شرایطی لازم است. در مورد غلظت ازت، سدیم، شوری و کلرورها در آب غیرمتعارف قبلا بحث شده است. میزان بی‌اودی در آب غیرمتعارف مورد استفاده در کشاورزی، طبق معیارهای بسیاری از کشورها باید کمتر از ۲۰ میلی‌گرم در لیتر باشد.

برای جلوگیری از بروز پیامدهای نامطلوب محیط‌زیستی در رابطه با کاربرد فاضلاب در کشاورزی برنامه‌ریزی برای عملیات زیر ضرورت دارد:

- اصلاح روش‌های آبیاری مناسب با شرایط خاک و کیفیت آب غیرمتعارف؛
- پیش‌بینی تاسیسات زهکشی همراه با تاسیسات آبیاری مناسب؛
- مراقبت از تغییر کیفیت منابع آب منطقه چه سطحی و چه زیرزمینی؛
- اختلاط با آب متعارف در صورت لزوم و یا کاهش غلظت ازت در پساب؛
- آبیاری زمین‌های کشاورزی به صورت غیر مستمر توسط فاضلاب حاوی مواد آلی به منظور ایجاد فرصت برای تجزیه خودبه‌خود در خاک؛
- جلوگیری از تخلیه فاضلاب‌های صنعتی حاوی املاح زیاد و فلزات سنگین به شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهری؛
- کنترل اندازه ذرات معلق موجود در آب غیرمتعارف مناسب نوع آبیاری و لزوم شخم‌زدن و اصلاح خاک در صورت بروز گرفتگی. این ویژگی در شرایطی به صورت کدورت ان‌تی‌یو مورد توجه قرار می‌گیرد.

برای استفاده از آب غیرمتعارف در کشاورزی لازم است تا ضوابط فنی مورد نیاز برای آب، خاک، روش آبیاری و نوع کشت توسط کارگروه‌های تخصصی تدوین گردد. مسئله آلودگی خاک و در نتیجه وزش باد، آلودگی متعاقب هوای مزرعه و انتقال آلاینده‌های مختلف به کشاورزان و ساکنان نزدیک این مزارع مورد توجه مقامات بهداشتی جهان قرار نگرفته است که نیاز به انجام تحقیقات کاربردی دارد.

۵-۳- حفاظت از مردم

خطرات ناشی از سرایت بیماری‌های انگلی، باکتریایی و پروتوزوایی شامل سه گروه از مردم جامعه می‌شود که عبارتند از:

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

گروه اول- مصرف‌کنندگان محصولات تولیدی با استفاده از فاضلاب خام، نیمه تصفیه و آب غیرمتعارف؛

گروه دوم- کشاورزان دست‌اندکار تولید و خانواده‌های آنها؛

گروه سوم- ساکنان مجتمع‌های مسکونی در نزدیکی این مزارع که در عین حال در گروه اول هم قرار می‌گیرند.

عوامل بیماری‌زا را هم می‌توان در سه گروه تقسیم‌بندی نمود که عبارتند از:

- انگل‌های روده‌ای و قارچی؛
- باکتری‌ها و ویروس‌ها؛
- آمیب‌ها و پروتوزواها؛

برای جلوگیری از انتشار عوامل بیماری‌زای بالا در بین مردم گروه اول اقدامات زیر باید مورد توجه قرار بگیرد:

- تصفیه پساب در حد معیارهایی که باید تعریف شود مانند کلیفرم گوارشی، کدورت و بی‌او دی. چنانکه طبق توصیه سازمان بهداشت جهانی مجموع کلیفرم آب غیرمتعارف برای محصولات خام در ۸۰ درصد نمونه‌ها نباید از ۱۰۰ عدد در ۱۰۰ میلی‌لیتر تجاوز نماید (۴۷)؛
- حفظ فاصله زمانی مناسب بین آخرین آبیاری تا زمان برداشت محصول؛
- ایجاد محدودیت در نوع کشت و انتخاب روش آبیاری مناسب مانند محصولات خوراکی، علوفه‌ای و صنعتی؛
- بهداشت مواد غذایی مانند مصرف ننمودن محصولات به صورت خام.

برای جلوگیری از انتشار عوامل بیماری‌زای بالا در بین مردم گروه دوم اقدامات زیر ضرورت دارد:

- تصفیه پساب در حد معیارهایی که باید تعریف شوند و انتخاب روش مناسب آبیاری؛
- استفاده از وسایل حفاظت شخصی برای جلوگیری از تماس کشاورزان با پساب؛
- دسترسی آسان به آب سالم برای حفظ بهداشت شخصی در مزارع تحت آبیاری با آب غیرمتعارف؛
- کنترل میزبان واسط و حامل بیماری‌های منتقله به وسیله حشرات و حلزون‌ها.

برای جلوگیری از انتشار عوامل بیماری‌زای بالا در بین مردم گروه سوم اقدامات زیر ضرورت دارد:

- تصفیه پساب در حد معیارهایی که باید تعریف شوند؛
- دسترسی آسان به آب سالم؛
- کنترل میزبان واسط و حامل بیماری‌ها؛
- ایجاد محدودیت تماس مردم با برکه، کانال و مزرعه آبیاری شده با فاضلاب خام، آب غیرمتعارف و نیمه تصفیه.

شواهد و مدارک نشان می‌دهد که استفاده از فاضلاب خام برای آبیاری سبزیجات باعث افزایش موارد بیماری‌های انگلی، باکتریایی و روده‌ای می‌شود. چنانکه موارد بروز اپیدمی حصبه، وبا و اسهال در رابطه با استفاده از فاضلاب در کشاورزی گزارش شده است زیرا مشاهده شد که عوامل بروز این بیماری‌ها در محیط مدتی دوام می‌آورند. بنابراین همان‌طور که گفته شد معیار اول در استفاده دوباره از آب سلامت و بهداشت جامعه است. از بحث‌های پیش‌گفته این بخش می‌توان نتیجه‌گیری نمود که گام نخست، ضرورت تصفیه فاضلاب و تولید آب غیرمتعارف است که باید برای کیفیت آن در رابطه با نوع استفاده استانداردهایی تدوین گردد. گام دوم، ایجاد محدودیت در نوع کشت است. نوع کشت و یا محصول با کیفیت پساب مورد استفاده ارتباط تنگاتنگی دارد.

بنابراین بر اساس نوع محصول باید طبقه‌بندی درجه‌های تصفیه پساب تعریف گردد:

- محصولاتی که اصلا خوارکی نیستند مانند پنبه؛
- محصولاتی که قبل از خوردن باید پخته شوند مانند: گندم، نخود و لوبیا؛
- محصولاتی که خام خورده می‌شوند مانند سبزیجات که ریشه و یا برگ آن‌ها مصرف می‌شود؛

در حقیقت لازم است ابتدا بازار و استقبال کشاورزان در مورد نوع محصول و یا محصولات قابل کشت و تولید توسط کارگروه تخصصی و برای شرایط خاص منطقه مورد مطالعه قرار گیرد. در اینجا لازم است تا کاربرد محدود و نامحدود پساب برای کشاورزان منطقه توضیح داده شود.

در صورتیکه تغییر کشت و یا محدودیت کشت برای کشاورزان سودآور باشد و از جهات دیگر هم استفاده از پساب مقبول افتد، طرح استفاده دوباره از آب با استقبال روبه‌رو خواهد شد. حال با توجه به نوع کشت که در سه گروه اولیه تقسیم‌بندی شده‌اند و جنس زمین و روش‌های مناسب آبیاری، کیفیت پساب تعریف می‌شود و پس از آن فرایندهای تصفیه پساب انتخاب می‌شود. زیرا کیفیت آب غیرمتعارف مورد استفاده باید نه بهتر و نه بدتر از کیفیت تعریف شده باشد.

سوال اساسی دیگر این است که آب غیرمتعارف تولیدی برای مصرف‌های بدون محدودیت باید تولید شود و یا براساس محدودیت نوع کشت تصفیه شود. تصمیم‌گیری در این مورد نیاز به کار کارشناسی

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

یک گروه متخصص کشاورزی، اقتصاد- کشاورزی، بهداشت و غیره برای هر منطقه با ویژگی‌های آن دارد.

در شرایطی که اراضی کشاورزی در کنار شهرهای بزرگ کشور است و تمایل مردم به استفاده از سبزیجات خام وجود دارد، کشاورزان را وادار می‌کند که سبزیجات کشت کنند. در نتیجه گزینه تصفیه پساب برای کاربرد بدون محدودیت باید در درجه نخست اهمیت قرار گیرد، زیرا بدلیل بهتر بودن سود، کشاورزان از تغییر کشت استقبال نمی‌کنند.

۵-۴- روش‌های آبیاری

مسئله دیگر روش‌های آبیاری است. روش آبیاری با پساب روی سلامت و بهداشت کشاورزان، مصرف‌کنندگان محصولات و حتی جوامع همجوار می‌تواند اثرهای نامطلوب داشته باشد. از طرف دیگر نوع کشت و عادات کشاورزی در مورد روش آبیاری هم به سادگی نمی‌تواند مورد تغییر قرار گیرد.

جوی، پشته و غرقابی

این دو روش آبیاری برای کشاورزان و خانواده‌های آن‌ها خطر سرایت به بیماری‌های پیش‌گفته را بیشتر می‌نماید مگر آنکه اقدامات حفاظت شخصی مانند استفاده از چکمه و لباس کار جدی گرفته شود. پساب باید در حد ۹۹/۹ درصد از نظر عوامل بیماری‌زا زدایش شده باشد. جدول شماره ۴-۷ نشان می‌دهد که پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب که با روش لجن فعال و یا فیلتر چکنده تصفیه شده باشد، حتی در سطح عالی، باز هم مناسب استفاده در این روش آبیاری نیست و حداقل باید این پساب فرایندهای تصفیه متعارف آب مانند فیلتراسیون را هم گذرانیده باشد.

آبیاری بارانی

استفاده از این روش باعث انتقال عوامل بیماری‌زا به روی سطح برگ گیاهان شده و بعلاوه محیط اطراف را هم آلوده می‌نماید. زیرا ویروس‌ها و باکتری‌ها ممکن است همراه با قطرات آب و وزش باد به مردم اطراف هم منتقل شود. حداقل فاصله بین ساکنان و مزرعه در حال آبیاری با این روش ۱۰۰ متر توصیه شده است. طبیعی است که هر چه ارتفاع پرتاب قطرات توسط دستگاه آبیاری بارانی کمتر باشد خطر انتشار و سرایت هم کمتر است.

آبیاری با روش‌های نو

روش‌های آبیاری قطره‌ای و زیرسطحی در این گروه قرار دارد و بیشترین حفاظت بهداشتی برای کارگران مزرعه را در بر دارد. زیرا پساب مستقیما به زیر سطح زمین و به نزدیک ریشه گیاه می‌رسد، طبعا برای استفاده از آن نیاز به سرمایه‌گذاری بیشتری است و بنابراین باید دارای توجیه اقتصادی باشد. در این روش، تبخیر آب آبیاری از روی خاک کشاورزی بسیار کاهش پیدا می‌نماید و طبعا اراضی بیشتری می‌تواند برای تولید محصول به زیر کشت برود، ضمن این که پساب هم باید از نظر جامدات معلق و کدورت در حد معیارهای تعریف شده باشد. روش‌های پیش‌گفته آبیاری هر کدام با توجه به نوع محصول، جنس خاک، توپوگرافی سطح مزرعه و عملکرد آبیاری از نظر سودمندی دارای مزیت‌ها و محدودیت‌هایی هستند که در حوزه توجه کتاب قرار ندارد.

۵-۵- تصویب، تائید و پایش[1]

هدف از تصویب گزارش تهیه شده در مورد طرح استفاده دوباره کسب اطمینان به عملکرد مطلوب فرایندهای انتخاب شده در زدایش عوامل بیماری‌زا، کدورت و جامدات معلق از پساب مورد تصفیه است.

در مرحله اول و با تصویب گزارش باید اطمینان حاصل شود که نتایج و پیشنهادات گزارش با توصیه‌های جدول‌های شماره ۴-۷، ۴-۸ و ۴-۹ و جدول‌هایی از این دست همسانی داشته و معیارهای انتخاب شده با طیف عملکردها تضاد نداشته باشد.

برای انجام بررسی و تصویب گزارش امکان‌سنجی تهیه شده نیاز به ضوابط مناسب است که در فصل اول نبود آن مورد بحث قرار گرفت. با توجه به رشد علم و صنعت تصفیه فاضلاب‌ها و معیارهای بهداشتی و محیط‌زیستی که باید تدوین شود یکی از کمبودهای این نشریه مورد بحث می‌باشد.

در صورتیکه معیارهای کیفی آب غیرمتعارف در ارتباط با نوع استفاده آن تهیه شود کنترل نهایی کارها هم مشابه طراحی تصفیه‌خانه‌های متعارف آب شرب خواهد بود. طبعا پس از تصویب گزارش، حال با توجه به برنامه سرمایه‌گذار و یا شرکت آب منطقه‌ای[2] مطالعات مرحله دوم با توجه به نوع اسناد مناقصه و نوع اجرا باید تهیه شود.

1. Monitoring

۲. در حال حاضر با توجه به قانون توزیع عادلانه آب واگذاری حق استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب در حوزه مسئولیت شرکت‌های آب منطقه‌ای می‌باشد.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

پس از اجرای طرح و در مرحله بهره‌برداری آزمایشی و تحویل تاسیسات، اندازه‌گیری‌های تعیین کیفیت پساب ورودی و کیفیت آب غیرمتعارف خروجی باید انجام گیرد تا اطمینان حاصل شود که عملکرد تاسیسات تصفیه با نظریه‌های طراحی‌های فاز اول همسو می‌باشد و صنعت استفاده شده با طراحی‌های علمی همسانی دارد. بنابراین انجام نمونه‌برداری و آنالیز نمونه‌ها که در مسئولیت مدیریت کنترل کیفیت آب تولیدی است باید انجام گیرد. عملیات این مرحله منتج به صدور گواهی تایید صنعت مورد استفاده خواهد شد، که در واقع مجوز تولید آب غیرمتعارف صادر می‌شود.

پس از شروع عملیات بهره‌برداری متعارف یعنی پس از تحویل تاسیسات، حال باید مراقبت و یا پایش نمود که بهره‌برداری و نگهداری از تاسیسات، آب غیرمتعارف با کیفیت مطلوب تولید می‌شود. بنابراین اندازه‌گیری ای‌کلای، کلیفرم گوارشی، کدورت و جامدات معلق آب غیرمتعارف تولیدی باید بطور مستمر انجام گیرد که به نام پایش بهره‌برداری است و لازم است برنامه مدون مناسبی برای انجام آن تهیه شود. آنالیز نتایج منجر به صدور تاییدیه بهره‌برداری و نگهداری از تاسیسات خواهد شد که البته صدور تاییدیه برای مدت مشخص و معلوم است.

هدف مرحله سوم تایید و پایش برای کسب اطمینان به حفظ کیفیت آب غیر متعارف تحویلی به مصرف‌کننده است. یعنی آب تحویلی از نظر میکروبی، کدورت و دیگر معیارهای تعریف شده طبق ویژگی‌های کیفی قرارداد بین تولیدکننده و مصرف‌کننده است.

طبعا اطلاعات حاصل از مرحله نظارت که برای اطلاع و تجدیدنظر عملیات بهره‌برداری به بخش تصفیه‌خانه ارسال می‌گردد، همراه است با تاخیر که در این مدت ممکن است آب غیرمتعارف تولیدی مغایر با معیارهای کیفی، تحویل مصرف‌کنندگان شده باشد که در فصل چهارم مورد بحث قرار گرفته و تمهیدات لازم که باید در طراحی‌ها رعایت گردد ارائه شده است. مسئله تعهدات تولیدکننده و مصرف‌کننده آب غیرمتعارف در فصل دوم مورد بحث قرار گرفته است.

نخستین گام در راه مدیریت نظارت و مراقبت برای جلوگیری از مخاطرات بهداشتی تشکیل کارگروه تخصصی است که باید نمایندگان سازمان‌ها و وزارتخانه‌های درگیر استفاده دوباره از آب در آن حضور داشته باشند. در گام‌های بعدی با تهیه دیاگرام فرایندهای تصفیه، فرایندهای هیدرولیکی، عنصرها و اجزای طرح درک درستی از پروژه باید بدست آورد و برای هر یک از واحدهای فرایندی و هیدرولیکی گزارشی از احتمال بروز تولید آب غیرمتعارف مغایر با معیارهای مورد نظر تهیه شود. بنابراین ریسک‌ها معلوم می‌گردد و برنامه مدیریت آن باید تدوین گردد که بطور خلاصه به شرح زیر ارائه می‌شود:

- تشکیل کارگروه مدیریت ریسک‌ها و تهیه برنامه کار؛
- تهیه نقشه‌ها و اسناد تاسیسات مورد بهره‌برداری مانند تاسیسات کنترل کیفیت آب تولیدی؛
- تعریف و تعیین روش‌های نظارت، پایش و کنترل فرایندها در رابطه با معیارهای کیفی آب تولیدی؛
- انجام ارزیابی احتمال بروز ریسک‌ها[1] در بخش‌های مختلف طرح چون عملیات پایش کیفیت آب در خروجی هر فرایند تصفیه‌خانه؛
- پیش‌بینی تمهیدات مورد نیاز برای کنترل ریسک‌ها و یا تحویل ندادن آب با کیفیت نامطلوب به مصرف‌کنندگان؛
- تدوین برنامه‌های آموزشی و بهره‌برداری برای کاهش ریسک‌ها.

بدین‌ترتیب باید اطمینان حاصل نمود که آب غیرمتعارف تحویل شده دارای کیفیت تعریف شده در معیارها و آیین‌نامه‌های مربوط است و استفاده از آن مشکلات بهداشتی و محیط‌زیستی به همراه نمی‌آورد تا مصرف‌کنندگان آن بدون نگرانی از طرح‌های استفاده از آب غیرمتعارف استقبال کنند.

۵-۶- پیامدهای محیط‌زیستی و پایش‌های لازم

باید توجه داشت همان طور که در بخش ۵-۲ این فصل و در جدول‌های ۴-۲، ۴-۳ و ۴-۴ فصل چهارم نشان داده شده است ترکیب‌های شیمیایی و عوامل بیماری‌زای موجود در فاضلاب می‌توانند در محیط‌زیست مدتی بیماری‌زایی خود را حفظ نمایند و همان‌طور که در جدول‌های شماره ۴-۷ و ۴-۸ نشان داده شده است حدود و وجود آن‌ها در آب غیرمتعارف نوع استفاده از آب و یا بر اساس نوع استفاده ضرورت زدایش را تعریف می‌نماید.

بنابراین از هدف‌های پایش توجه به حضور این ترکیب‌ها و عوامل بیماری‌زا در محیط‌زیست است. محیط‌زیست در اینجا خاک کشاورزی، آب زیرزمینی، آب‌های سطحی دریافت‌کننده زهاب‌ها، محصولات کشاورزی و جامعه دست‌اندرکار در مزارع، اجتماعات اطراف مزارع و مصرف‌کنندگان محصولات تولیدی است و خود مقوله مفصلی است که تخصص دیگری را می‌طلبد اما به اختصار می‌توان گفت:

۱. کلمه ریسک در اینجا احتمال تولید و تحویل آب غیرمتعارف خارج از کیفیت مورد قرارداد است. بنابراین در طراحی تاسیسات تصفیه فاضلاب، پساب و یا آب غیرمتعارف باید تمهیدات لازم پیش‌بینی شود تا هیچگاه آب نامناسب، تحویل مصرف‌کننده نشود.

NARVAN
https://mehrabpooyesh.com

الف- خاک- یادآوری گردید که از پیامدهای استفاده دوباره از آب غیرمتعارف تغییر میزان انواع مواد آلی، فلزات سنگین، هدایت الکتریکی، هدایت هیدرولیکی و افزایش تعداد کلیفرم‌ها در خاک است که باید برای پایش آن برنامه‌ای تدوین گردد. آلودگی هوای مزرعه ناشی از باد که محیط کار کشاورزان می‌باشد نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

ب- آب زیرزمینی- در صورتیکه در طرح‌های آبیاری، امکانات زهکشی فراهم نشود و برای خاکشویی آب بیشتری به مزرعه داده شود، املاح محلول آب مانند نیترات‌ها و حتی ترکیب‌های شیمیایی دیگر ممکن است به آب زیرزمینی برسد. احتمال حضور ویروس‌ها و در شرایطی باکتری‌ها هم در آب زیرزمینی محتمل است بنابراین پایش آن‌ها ضرورت دارد.

ج- آب‌های سطحی- رودخانه‌ها و مسیل‌ها دریافت‌کننده فاضلاب‌های خام و تصفیه‌شده، رواناب‌های شهری و دشت‌ها و زهاب‌های کشاورزی است. در فاضلاب‌های تصفیه‌شده هم آلاینده‌های زنده و شیمیایی وجود دارد. بنابراین در بیشتر شرایط آب جاری در این رودخانه‌ها آب متعارفی نیست که با تصفیه متعارف آب شرب تولید شود. بنابراین پایش مستمر کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی ضرورت دارد.

در فصل اول کتاب در مورد وضعیت موجود و پیامدهای استفاده دوباره از آب در کشور به صورت مطالعات موردی مطالبی ارایه گردید. از فصل اول می‌توان نتیجه گرفت که برای استفاده دوباره از آب آیین‌نامه‌هایی در تمام مراحل آن باید تدوین گردد و هر طرح استفاده دوباره از آب توجهات بهداشتی و محیط‌زیستی می‌طلبد که اهمیت آن‌ها مهمتر از مزیت‌های دیگر استفاده دوباره است.

بنابراین برای پایش وضعیت حضور آلاینده‌ها و بیماری‌زاها در خاک، آب و محصولات غذایی باید برنامه‌هایی تدوین نمود که دربرگیرنده روش انجام پایش و جمع‌آوری اطلاعات، آنالیزهای آماری و تفسیر و تعیین آن‌ها باشد. تدوین برنامه‌های زمانی انجام و اقدامات لازم برای کاهش پیامدهای نامطلوب مانند تعریف سطوح پیامدها و اعلام آن و اقدامات قانونی دیگر نیز از الزامات است.

از ارائه برنامه‌های پایش خودداری می‌شود زیرا برای انجام آن، کارگروه‌های تخصصی مورد نیاز است بخصوص در مورد سرایت بیماری و انتشار عوامل بیماری‌زا و تشخیص‌های کلینیکی تخصص‌های دیگری لازم است که همان بحث تشکیل کارگروه مدیریت ریسک‌ها می‌باشد که در بالا به آن اشاره شد و مطالبی مفید در نشریه‌های پیوست شماره ۲ آورده شده است.

آنچه که مسلم است طبق قوانین فعلی، سازمان حفاظت محیط‌زیست مسئولیت انجام پایش‌ها و تعریف پیامدهای مخرب و آلودگی محیط‌زیستی را به عهده دارد و لازم است ابزار کارها را بهنگام نماید چه در غیر این صورت سلامت مردم و محیط‌زیست آن‌ها به مخاطره می‌افتد.

۵-۷- نتیجه‌گیری

با توجه به حضور آلاینده‌های مختلف در فاضلاب‌ها و آب‌های غیرمتعارف حاصل از آن‌ها، روند بهبود کیفیت آن‌ها قبل از تخلیه به منابع آب و یا استفاده دوباره در بخش‌های مختلف در جهان رو به افزایش است گزارش‌های موردی فصل ششم و ارقام جدول شماره پ-۲ و مقایسه آن با جدول شماره پ-۳ ضرورت بازنگری استانداردهای سازمان حفاظت محیط‌زیست کشور را نشان می‌دهد.

در پیش‌گفتار یادآوری گردید که برای حفظ محیط‌زیست از آلودگی و ویرانی باید از تخلیه فاضلاب‌های خام و نیمه تصفیه به محیط‌زیست اجتناب گردد. بخصوص اگر منابع آب، دریافت‌کننده آن‌ها هستند لازم است فاضلاب مورد تصفیه‌های ثانویه، تکمیلی و پیشرفته قرار گیرد تا بتوان مانع آلودگی منابع آب و خاک شد. در صورتیکه این استراتژی مورد عنایت قرار گیرد، طرح‌های استفاده دوباره از آب دارای توجیهات اقتصادی و محیط‌زیستی می‌شود. بار دیگر یادآوری می‌شود که با نگاهی به جدول‌های مربوط به آلاینده‌های آب شرب در استاندارد شماره ۱۰۵۳ خطر فاضلاب‌ها مشهود می‌شود، زیرا این فاضلاب‌ها حامل بیشتر آلاینده‌های مورد بحث هستند. بطور چکیده می‌توان گفت که پیشگیری از آلودگی منابع آب راحتتر از تصفیه آب برای مصرف‌های مختلف است.

مشاهده شد که توسعه شهری و صنعت باید همراه باشد با توسعه کشاورزی زیرا بخش کشاورزی باید مواد غذایی شهرنشینان را تامین نماید و از طرف دیگر توسعه و شکوفایی اقتصادی شهری همراه است با افزایش مصرف آب که در بیشتر شرایط بخشی از آب سهم کشاورزی منطقه را به خود اختصاص می‌دهد و از طرفی همراه است با تولید فاضلاب که با بی‌توجهی آب مورد استفاده کشاورزی را آلوده می‌نماید بنابراین به نظر می‌رسد که اگر در برنامه‌ریزی‌ها کم توجهی شود توسعه شهری همراه است با آلودگی محیط‌زیست بخش کشاورزی.

برای رفع این تضاد طرح‌های جایگزینی آب حاصل از تصفیه فاضلاب‌ها تدوین شده است که اگر طبق اصول علمی انجام گیرد باعث افزایش سطح زیر کشت و کاهش مصرف کودهای شیمیایی هم خواهد شد اما برای حصول این نتیجه باید بهای آن را پرداخت. این بها عبارت است از تصفیه فاضلاب

NARVA
https://mehrabpooyesh.com

و تولید آب غیرمتعارفی که کاربرد آن در کشاورزی باعث تخریب و آلودگی محیط‌زیست نشود. در بهترین شرایط هنوز آب غیرمتعارف تولیدی دارای املاح بیشتر و آلاینده‌هایی است که خطری است برای از بین رفتن اراضی کشاورزی و بیکاری قشری از کشاورزان و رشد حاشیه‌نشینی شهرها و بروز مشکلات اجتماعی و سیاسی. بنابراین اگر در تولید آب غیرمتعارف حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری کم توجهی شود در درازمدت مشکلات اجتماعی در شهرها به وجود می‌آید.

تغییر روش‌های آبیاری سنتی، پیش‌بینی تاسیسات زهکش و پایش پیامدهای محیط‌زیستی و بهداشتی حاصل از کاربرد آب غیرمتعارفی که ضروری است.

پارادوکس توسعه شهری و صنعت و تخریب اراضی کشاورزی و محیط‌زیست روستایی نیاز به طرح و برنامه دارد که در فصل‌های مختلف کتاب به آن پرداخته شده است. جلوگیری از آلودگی آب‌های مورد استفاده در کشاورزی و ارتقای کیفیت آب غیرمتعارف حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری گام اصلی در حفظ توسعه پایدار کشاورزی است.

۶ وضعیت استفاده دوباره از آب در برخی کشورها

۶-۱- نگاه اصلی

در فصل اول وضعیت استفاده دوباره از آب در کشور که به صورت موردی و براساس مشاهدات محلی و مستندات انجام گرفته بیان گردید و نتیجه‌گیری شد که کیفیت فاضلاب‌های تصفیه شده مورد استفاده می‌تواند در درازمدت مشکلات بهداشتی و محیط‌زیستی ایجاد نماید. در فصل دوم مطرح گردید که قوانین و آیین‌نامه‌های موجود بدلیل‌هایی کارسازی کافی نداشته‌اند. در فصل‌های سوم تا پنجم بسترهای استفاده دوباره از آب، روش‌های تصفیه فاضلاب، تصفیه تکمیلی و پیشرفته آن مورد بحث قرار گرفت.

در این فصل ۲۱ طرح از بین ده‌ها طرح استفاده دوباره از آب که در کشورهای مختلف دنیا به اجرا در آمده و یا در دست اجراست همراه با دستاوردهای اعلام شده آن‌ها ارائه می‌گردد که شاهد خوبی برای جدی گرفتن مقوله استفاده دوباره است. بررسی این گزارش‌ها نشان می‌دهد که برای هر هدف استفاده دوباره از آب لازم است فاضلاب تصفیه‌شده به کمک فرایندهای دیگر مورد تصفیه بیشتر قرار گیرد.

چنانکه استفاده از فیلترهای دانه‌ای، میکروفیلتر، اولترافیلتر، اسمزمعکوس، کربن فعال و پرتو فرابنفش و غیره برای تصفیه آن استفاده می‌شود. از مطالعه موارد فصل ششم می‌توان مشاهده نمود که علم و صنعت این رشته می‌تواند ما را یاری نماید که از فاضلاب حتی آب شرب تولید نمود و ضمن این که از آلودگی منابع آب جلوگیری می‌شود استفاده دوباره هم انجام می‌گیرد.

---

۱. کلیه اطلاعات این فصل از پیوست‌های D و E مرجع شماره ۵۰ استخراج شده است و نظرات و توصیه‌ها همه در چارچوب مفروضات و معیارهای زمانی و مکانی طرح است.

IRVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

۶-۲- آرژانتین- مندوزا[1]- کشاورزی

گذشته طرح یا منطق آن

شهر مندوزا در منطقه‌ای خشک در دامنه کوه‌های آند در غرب آرژانتین قرار دارد. فاضلاب شهر به شکل سنتی و غیرمستقیم برای کشاورزی استفاده می‌شد. در فصل‌های خشک سال، فاضلاب خام حدود ۴۰ درصد آب مورد مصرف کشاورزی را تشکیل می‌داد که باعث بروز نگرانی‌های جدی درباره بهداشت منطقه شده بود.

در زمان تهیه طرح، جمعیت مندوزای بزرگ در حدود ۷۰۰ هزار نفر بود که ۷۵ درصد این جمعیت تحت پوشش شبکه جمع‌آوری فاضلاب قرار داشت. پیش‌بینی جمعیت برای سال ۲۰۱۰ یک میلیون نفر بود که باید ۹۵ درصد این جمعیت تحت پوشش تاسیسات جمع‌آوری فاضلاب قرار می‌گرفت.

ظرفیت و روش کار

در طرح‌های آب منطقه‌ای، یکی از هدف‌ها استفاده دوباره از آب بود و بنابراین ارتقای کیفیت فاضلاب تصفیه شده خروجی از برکه‌های تثبیت مورد توجه قرار گرفت و معیار میکروبیولوژی هم برای استفاده دوباره انتخاب گردید. برکه‌های تثبیت در سال ۱۹۷۶ ساخته و در سال ۱۹۹۶ مورد ارتقاء قرار گرفت.

تصفیه‌خانه جدید شامل ۱۲ مدول و هر مدول در برگیرنده ۳ برکه به صورت سری می‌باشد، در هر مدول برکه‌های اختیاری (فاکولتاتیو)، هوازی و تکمیلی (تمیزکننده) با سطح کل ۳۲۰ هکتار قرار دارد. میزان خروجی این تصفیه‌خانه در حدود ۱۴۷ هزار متر مکعب در روز است که بطور مستقیم برای کشاورزی بکار می‌رود. پساب خروجی تصفیه‌خانه از طریق یک کانال به منطقه‌ای با وسعت ۲،۷۰۰ هکتار برای آبیاری زمین‌های کشاورزی هدایت می‌شود که مشمول قوانین محدودیت دسترسی است.

به کشاورزان دارای زمین، مشروط به تبعیت از مقررات مربوط به آبیاری، پساب بطور رایگان تحویل می‌شود. یک چهارم منطقه برای تولید انگور اختصاص یافته و یک چهارم دیگر برای گوجه‌فرنگی و کدو و بقیه اراضی زیر کشت سیر، هلو، گلابی و غیره می‌باشد. آب مازاد و زهاب‌های منطقه پس از جمع‌آوری به رودخانه‌ای هدایت شده و پس از اختلاط با آب رودخانه در منطقه‌ای با وسعت ۷ هزار هکتار در پایین‌دست در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

1. Mendoza

معیار کیفیت و فرایند تصفیه

کیفیت باکتریولوژیکی انتخاب شده براساس توصیه سازمان بهداشت جهانی می‌باشد و ارتقای عملکرد تصفیه‌خانه در سال ۱۹۹۶ نیز برمبنای توصیه این سازمان بوده است.

تامین سرمایه و مدیریت

عملیات اجرایی ارتقای عملکرد تصفیه‌خانه با قراردادی برمبنای "ساخت، مالکیت، بهره‌برداری و انتقال[1]" به مدت زمان ۲۰ سال انجام گرفته است. در قرارداد پیش‌بینی شده است که علاوه بر بهره‌برداری و نگهداری تاسیسات فعلی باید ۱۲ مدول دیگر طراحی، اجرا و مورد بهره‌برداری قرار گیرد. در اسناد مناقصه کیفیت پساب تعریف و الزام گردیده که تعداد کلیفرم‌های گوارشی در ۱۰۰ میلی‌لیتر باید ۱۰۰۰ و یا کمتر باشد. در ضمن تخم انگل هم نباید از یک عدد در لیتر تجاوز نماید. زدایش بی‌او دی و مواد جامد معلق به ترتیب و حداقل باید ۷۰ و ۳۰ درصد باشد. طبق موافقت‌نامه سال ۱۹۹۳، مشارکت متعهد گردید که در ابتدا ۱۵ میلیون دلار امریکا برای اجرای طرح سرمایه‌گذاری نماید. در سال ۱۹۹۶ تاسیسات وارد مدار بهره‌برداری و قیمت پساب هم برمبنای ۵ سنت دلار برای هر مترمکعب تعیین گردید. شرکت آب و فاضلاب شهر مندوزا نیز متعهد گردید که ماهانه معادل ۳ میلیون مترمکعب پساب خریداری نماید. طبق محاسبات دوره بازگشت سرمایه ۷ سال براورد گردید.

توجهات سازمانی و فرهنگی

شرکت آب و فاضلاب شهر مندوزا[2] با همکاری موسسه آبیاری[3] و اتحادیه صنفی کارگران مزارع مسئولیت نظارت بر تولید و مصرف آب غیرمتعارف را به عهده دارند و برای انجام آن برنامه و مقرراتی تدوین گردیده تا بطور مرتب نظارت بر عملیات آبیاری انجام گیرد. نظارت بر کیفیت محصولات و سلامت و بهداشت کارگران مزارع هم توسط موسسه آبیاری پیش‌گفته انجام می‌گیرد.

موفقیت‌ها و دستاوردها

دستاوردهای این پروژه را می‌توان بطور چکیده و به شرح زیر مطرح نمود:

1. Build-Own-Operate-Transfer (BOOT)
2. Urban Sanitation de Mendoza
3. Department General de Irrigation

NARVANA
https://mehrabpooyesh.com

- رشد اعتماد به استمرار تحویل آب؛
- کاهش چشمگیر هزینه‌های تصفیه؛
- مدیریت مخاطرات بهداشتی؛
- عملکرد موفق در کاهش آلودگی خاک و آب زیرزمینی؛
- تقویت اراضی کشاورزی؛
- استفاده کمتر از منابع آب زیرزمینی منطقه.

۶-۳- استرالیا- ویکتوریا- کشاورزی و شهری

گذشته طرح یا منطق آن

سازمان دولتی منابع آب بارون[1] مسئولیت مدیریت پنج طرح استفاده دوباره از آب را به عهده دارد و در زمانی که تقاضا برای آن وجود ندارد سازمان آن را به دریا، دریاچه‌ها و مناطق جنگلی هدایت می‌نماید.

این آب غیرمتعارف در بخش‌های زیر استفاده می‌شود:

- آبیاری زمین‌های گلف، ورزشی و فضاهای سبز و باز عمومی؛
- آبیاری بوستان‌ها، پرورش گوجه‌فرنگی با کشت آبی، سیب‌زمینی و سایر محصولات؛
- آبیاری مراتع و مزارع پرورش گل و گیاه؛
- کاهش گرد و غبار در پروژه‌های راه‌سازی و عملیات بزرگ ساختمانی.

طرح استفاده دوباره

سازمان منابع آب بارون در بخش انتقال آب غیرمتعارف سرمایه‌گذاری نمی‌نماید بلکه مشتریان آب مسئولیت انجام آن را به عهده دارند. بدین صورت که یک مشتری بزرگ از بین مصرف‌کنندگان، سرمایه لازم را تهیه و مسئولیت اجرا، بهره‌برداری و نگهداری آن را به عهده گرفته و سپس متصدی انتقال و توزیع آب نیز می‌گردد. این سرمایه‌گذار پول خرید آب و هزینه‌های سرمایه‌گذاری را از سایر مصرف‌کنندگان دریافت می‌نماید، بنابراین سازمان منابع آب بارون مالکیت تاسیسات انتقال را به عهده ندارد. بدین روش سه طرح بزرگ و به شرح زیر در منطقه به اجرا در آمده است که در هر سه این طرح‌ها بیشتر تاسیسات

1. Barwon Heads

جدول شماره ۶-۱- محدوده کیفیت آب بازیافتی کلاس سی در ویکتوریا*

ویژگی	حدود
ای‌کلای	کمتر از ۱۰۰۰ در ۱۰۰ میلی لیتر
پی‌اچ	۶-۹
بی‌او‌دی	کمتر از ۲۰ میلی‌گرم در لیتر
مجموع جامدات معلق	کمتر از ۳۰ میلی‌گرم در لیتر

* این ویژگی‌ها گارانتی شده است. اما سایر ویژگی‌های پایش شده اما گارانتی نمی‌شود.

توزیع در مالکیت یکی از مصرف‌کنندگان آب است. این وضعیت در استرالیا متداول نیست زیرا بیشتر طرح‌های استفاده دوباره از آب یا در مالکیت سازمان‌های آب است و یا مالکیت خصوصی دارد.

- طرح تورکی[1] در سال ۱۹۹۷؛
- طرح پورتالینگتن[2] در سال ۱۹۹۹؛
- طرح بارون در سال ۲۰۰۰.

کیفیت آب

کیفیت آب تولیدی طبق معیارهای سازمان حفاظت محیط زیست استرالیا (ویکتوریا) در کلاس سی[3] قرار می‌گیرد که برای کشاورزی و باغداری مناسب است و در جدول شماره ۶-۱ ارائه شده است.

توافقات قانونی

سازمان دولتی منابع آب بارون از دو موافقت‌نامه قانونی برای تامین آب غیرمتعارف استفاده می‌نماید و سازمان حفاظت محیط زیست ویکتوریا در تهیه موافقت‌نامه‌ها وکلیات آن‌ها تنها راهنمایی‌هایی لازم را ارائه می‌نماید.

- **موافقت‌نامه تامین آب غیرمتعارف**- این موافقت‌نامه بین سازمان آب بارون و مشتریان این آب مبادله می‌شود و کیفیت آب غیرمتعارف برای تمام مشتریان یکسان است و متقاضی باید بطور مستقیم با سرمایه‌گذار تاسیسات انتقال آب مذاکره نماید.

1. Torquay
2. Portalington
3. Class C

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

سایر شرایط تامین آب عبارت است از:

- میزان سالانه تخصیص (حداکثر حجمی) تعیین شده و بدلیل‌های پیش‌بینی نشده گارانتی نمی‌شود.
- کیفیت براساس محدوده کلاس آب گارانتی می‌شود و مصرف‌کننده مسئولیت مناسب بودن آن را برای مصرف ویژه خود به عهده دارد.
- فشار هیدولیکی لوله انتقال برای تجهیزات آبیاری مزارع گارانتی نمی‌شود و تمام مصرف‌کنندگان باید پیش‌بینی مخزن ذخیره و تاسیسات جانبی را بر اساس بودجه خود انجام دهند.
- مصرف‌کننده باید طبق قرارداد بهای آب را بپردازد حتی اگر نیاز ندارد، مگر در شرایطی که مصرف‌کننده دیگری آن را نیاز داشته باشد.

☑ **موافقت‌نامه توزیع آب غیرمتعارف:** این موافقت‌نامه بین مصرف‌کنندگان آب غیرمتعارف و سرمایه‌گذار تاسیسات انتقال مبادله می‌شود. این موافقت‌نامه در سطوح مختلف نوشته شده است.

حق انشعاب و تعرفه

در تعیین قیمت آب هیچ گونه سودی در نظر گرفته نمی‌شود بلکه بهای تمام شده آب ملاک قیمت‌گذاری است. اما هزینه مربوط به سرمایه‌گذاری تاسیسات انتقال که بخش خصوصی انجام داده است موضوع دیگری است. سرمایه‌گذار حق انشعاب را با یک یا چند روش زیر از مصرف‌کننده نهایی دریافت می‌نماید:

- پرداخت یک‌باره حق انشعاب ؛
- پرداخت سالانه که یا براساس حجم آب مورد مصرف انجام می‌گیرد و یا بازپرداخت بخشی از سرمایه‌گذاری؛
- پرداخت براساس حجم آب مورد مصرف.

گرچه سازمان آب در مذاکرات دخالت ندارد اما مایل است مطمئن شود که قراردادها بین دو طرف منصفانه است. برای نمونه در قراردادهای اخیر ماده‌ای اضافه شده است که سرمایه‌گذار تاسیسات انتقال را متعهد می‌نماید تا نسبت به درخواست‌های جدید مصرف‌کنندگان برای دسترسی به انشعاب پاسخ مثبت دهد.

موفقیت‌ها و دستاوردها

سازمان آب دو بار برای اصلاح موافقت‌نامه‌ها برای مشتریان جدید دست به اقدام زد زیرا در هر دو بار سرمایه‌گذاران در اندیشه دریافت پول بیش از تعرفه از مشتریان بودند.

در طی سالیان و عقد موافقت‌نامه‌های متعدد، ماده‌های این موافقت‌نامه مورد بازنگری قرار گرفت و در حال حاضر موافقت‌نامه موجود به گونه‌ای تهیه شده است که اختلافات دو طرف قرارداد بدون مشکل قابل حل است. چنین به نظر می‌رسد که این روش کار دارای دستاوردهای مطلوبی بوده است چنانکه در طی ۱۴ سال گذشته توانسته است شرایط استفاده دوباره بیش از ۱۵ میلیون متر مکعب آب را فراهم آورد.

۶-۴- بلژیک - سواحل فلمیش[1] - تغذیه منابع آب زیرزمینی

گذشته طرح یا منطق آن

در بخش غرب بلژیک و در سواحل فلمیش نیازهای آبی از حدود ۵۲۶ هزار متر مکعب در سال ۱۹۵۰ به حدود ۵/۵ میلیون متر مکعب در سال ۱۹۹۰ رسید. افزایش برداشت آب از منابع زیرزمینی خطر نفوذ آب شور را افزایش داد، بنابراین گزینه‌های مختلفی برای جلوگیری از پایین رفتن سفره آب مورد مطالعه قرار گرفت و در نتیجه طرحی تهیه و مقبول واقع گردید که عبارت بود از تغذیه مصنوعی منطقه مورد نظر توسط فاضلاب تصفیه شده حاصل از تاسیسات توریل[2].

ظرفیت و روش کار

تاسیسات توریل در ولپن[3] از فاضلاب تصفیه شده بطور غیرمستقیم برای تقویت منابع آب شرب استفاده می‌نماید. بخش اعظم فاضلاب تصفیه شده فاضلاب خانگی است و فرایندهای تصفیه آن عبارتند از ته‌نشینی اولیه، دی‌نیتریفیکاسیون اولیه، تصفیه هوازی، ته‌نشینی و استفاده از تاسیسات اولترافیلتر و اسمزمعکوس. بدلیل هدایت رواناب‌های شهری به شبکه جمع‌آوری فاضلاب (شبکه مرکب)، کیفیت فاضلاب دستخوش تغییرات زیادی است. در بهره‌برداری از تاسیسات در ۹ سال اول حدود ۱۷/۵ میلیون مترمکعب آب برای تغذیه آبخوان تولید گردید، که قبل از هدایت آن به حوضچه ۱۸،۲۰۰ مترمربعی تغذیه، پی‌اچ آن با کاربرد سودسوزآور تنظیم می‌گردد. میزان آبگیری در طی این مدت حدود ۲۳/۶ میلیون مترمکعب و زمان ماند آب در لایه‌های زمین حدود ۵۵ روز بود. آب استحصالی به تصفیه‌خانه هدایت می‌گردد و فرایندهای تصفیه برای تولید آب شرب عبارتند از هوادهی، فیلتر ماسه‌ای تند، مخزن ذخیره و پرتو فرابنفش برای گندزدایی. تاسیسات تزریق کلر به عنوان گندزدای باقی‌مانده برای جلوگیری از

1. Belgium's Flemish Coast
2. Torreele
3. Wulpen

MARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

رشد دوباره میکروبی در شبکه توزیع نیز پیش‌بینی شده است. بدین‌ترتیب این طرح حدود ۳۵-۴۰ درصد نیاز سالانه آب شرب را با ترکیب تغذیه مصنوعی و استفاده دوباره تامین می‌نماید.

کیفیت و فرایند تصفیه

کیفیت آب مورد تغذیه برای حفظ معیارهای محیط‌زیستی به شدت تحت کنترل قرار دارد. بدلیل بالا بودن میزان نمک‌ها و مواد غذایی در پساب از اسمزمعکوس به عنوان آخرین مرحله تصفیه برای زدایش آن‌ها استفاده می‌شود. تاسیسات اسمزمعکوس نیاز به آب ورودی با کیفیت بسیار خوب دارد، بنابراین فرایند اولترافیلتر پیش از آن در نظر گرفته شده است. در جدول شماره ۶-۲ معیارهای کیفی آب برای تغذیه مصنوعی ارائه شده است.

تاسیسات اسمزمعکوس دو مرحله‌ای است و تعداد استوانه‌های فشار مرحله اول ۲۱ و مرحله دوم ۱۰ عدد می‌باشد که هر استوانه در برگیرنده ۶ ممبران می‌باشد. از تشکیل رسوب توسط تنظیم پی‌اچ و افزودن بازدارنده ترسیب جلوگیری می‌شود. رشد بیولوژیکی نیز از طریق تزریق مونوکلرو آمین تحت کنترل قرار می‌گیرد. متوسط بازیافت سالانه تاسیسات ۷۷ درصد می‌باشد. گرچه کیفیت آب خروجی از تاسیسات پیش تصفیه اسمزمعکوس، اولترافیلترها، داده نشده است اما کیفیت آب خروجی از تاسیسات نمک‌زدایی با روش اسمزمعکوس در جدول شماره ۶-۳ ارائه شده است. این آب مطابق شکل شماره ۶-۱ اکنون برای

جدول شماره ۶-۲- **استاندارد کیفیت آب برای تغذیه به لایه‌های زمین- بلژیک**

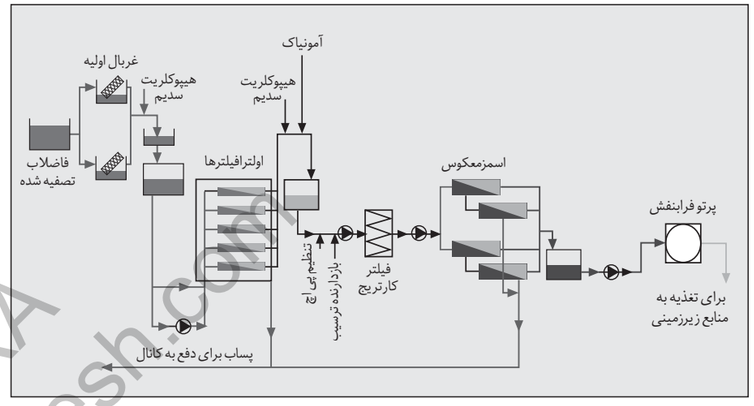
ویژگی‌ها	محدوده
هدایت الکتریکی (میکروزیمنس در سانتیمتر)	۱۰۰۰
کلرید (میلی‌گرم در لیتر برحسب کلر)	۲۵۰
سولفات (میلی‌گرم در لیتر برحسب سولفات)	۲۵۰
سختی کل (درجه فرانسوی)	۴۰
نیترات NO_3 (میلی‌گرم در لیتر برحسب نیترات)	۱۵
نیتریت NO_2 (میلی‌گرم در لیتر برحسب نیتریت)	۰/۱
آمونیوم NH_4 (میلی‌گرم در لیتر برحسب آمونیوم)	۱/۵
فسفر P (میلی‌گرم در لیتر برحسب فسفر)	۰/۴

جدول شماره ۶-۳- **کیفیت آب غیرمتعارف بعد از اسمزمعکوس برای تزریق به منابع آب زیرزمینی- بلژیک**

ویژگی‌ها	محدوده
هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتیمتر)	۴۵ (کمتر از ۱۰- ۸۹)
پی‌اچ	۶/۲۹ (۵/۲۸- ۶/۸۶)
مجموع کربن آلی (میلی‌گرم در لیتر)	۰/۴ (۰/۱- ۱/۱)
سختی کل (میلی‌گرم در لیتر برحسب کربنات کلسیم)	کمتر از ۰/۵
کلرید (میلی‌گرم در لیتر)	۳/۲ (۱/۰- ۴/۷)
فلورید (میلی‌گرم در لیتر)	کمتر از ۰/۲
سولفات (میلی‌گرم در لیتر)	کمتر از ۱
نیترات (میلی‌گرم در لیتر برحسب نیترات)	۲/۵ (کمتر از ۱- ۶/۳)
آمونیوم (میلی‌گرم در لیتر برحسب آمونیوم)	۰/۱۳ (۰/۰۳- ۰/۳۸)
فسفات (میلی‌گرم در لیتر برحسب فسفات)	کمتر از ۰/۱
سیلیس (میلی‌گرم در لیتر برحسب سیلیس)	۰/۳ (۰/۱- ۰/۴)
مجموع تری‌هالومتان‌ها (میکروگرم در لیتر)	۳/۸ (۱/۲- ۶/۷)
آلومینیوم (میکروگرم در لیتر)	۱۲ (۲- ۵۹)
کروم (میکروگرم در لیتر)	کمتر از ۲/۵
مس (میکروگرم در لیتر)	کمتر از ۵
سرب (میکروگرم در لیتر)	کمتر از ۵
جیوه (میکروگرم در لیتر)	کمتر از ۰/۲
نیکل (میکروگرم در لیتر)	کمتر از ۳
سدیم (میلی‌گرم در لیتر)	۱۰/۵ (۴/۵- ۱۷/۷)
روی (میکروگرم در لیتر)	کمتر از ۲۰
مجموع باکتری‌های کلیفرم (تعداد در ۱۰۰ میلی‌لیتر)	۰
ای‌کلای (تعداد در ۱۰۰ میلی‌لیتر)	۰
باکتری‌های هتروتروف در ۲۲ درجه سلسیوس (تعداد در میلی‌لیتر)	کمتر از ۱ (۰- ۱۰)

NARVANA
https://mehrabpooyesh.com

شکل شماره ۶-۱- دیاگرام فرایندهای تولید آب غیرمتعارف در تاسیسات تورپل ـ بلژیک



تغذیه منابع آب زیرزمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اولترافیلترها در زدایش باکتری‌ها و جامدات معلق و تولید آب مناسب واحدهای اسمزمعکوس عملکرد مطلوبی دارد.

تامین سرمایه و مدیریت

تامین سرمایه به صورت کامل توسط انجمن‌های آب شهرداری‌ها به مبلغ ۹ میلیون دلار امریکا انجام گرفت و پیمانکار مجری عملکرد تاسیسات را برای ۱۰ سال گارانتی نموده است. بهره‌برداری هم با مدیریت انجمن‌های پیش‌گفته انجام می‌گیرد. تمام ممبران‌ها از زمان شروع بهره‌برداری فقط یک‌بار آن هم ممبران‌های اسمزمعکوس در سال ۲۰۰۹ و ممبران‌های اولترافیلتر درسال ۲۰۱۱ تعویض گردیدند.

موفقیت‌ها و دستاوردها

از نکته‌های مهم می‌توان به استفاده از اولترافیلتر با نصب در حوضچه آب خام و رژیم هیدرولیکی عمودی و از بیرون به داخل اشاره نمود که توانست عملکرد مطلوبی به عنوان پیش تصفیه اسمزمعکوس داشته باشد و نیز تغییرات کیفیت آب خام ورودی را بخوبی تحمل نموده و در زدایش باکتری‌ها و جامدات معلق عملکرد مطلوبی داشته است.

جلوگیری از رشد بیولوژیکی و ترسیب یک نگرانی دائمی در استفاده دوباره از آب در شرایط بکارگیری ممبران است. کاهش در مصرف مواد شیمیایی و انرژی از زمان راه‌اندازی تاسیسات با کاهش هوادهی سیستم اولترافیلترها و بهینه‌سازی نرخ بازیافت اسمزمعکوس به منظور کاهش ترسیب و کاربرد گهگاه مونوکلرو آمین برای کنترل رشد بیوفیلم انجام شده است. تغییرات میزان بهره‌برداری و تخلیه پساب‌ها مورد بحث قرار نمی‌گیرد زیرا که شرایط ویژه آن را دیکته می‌نماید.

در طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۰ نیاز آب شرب از ۵/۵ به ۴/۹ میلیون مترمکعب کاهش پیدا نمود، زیرا آموزش همگانی در مورد مصرف مناسب آب شرب، افزایش قیمت به خاطر هزینه‌های تصفیه و تغذیه و کاهش فرار آب از شبکه از دلایل کاهش مصرف آب شرب است بنابراین کاهش مصرف آب شرب به معنی آبگیری کمتر از منطقه تغذیه مصنوعی است.

۶-۵- چین- استفاده دوباره از آب در بخش کشاورزی، شهری و صنعتی

گذشته طرح یا منطق آن

رشد شهرنشینی و رشد اقتصادی در چین باعث ایجاد فشار بر منابع آب شده است و در نتیجه انگیزه استفاده دوباره از آب رو به گسترش است. با اینکه چین از نظر مقدار منابع آب متعارف مقام چهارم را در جهان داراست اما توزیع آن بطور یکسان انجام نگرفته است، بطوری که مناطق شمالی چین بدلیل افزایش جمعیت دچار کمبود آب هستند. مقدار سرانه آب متعارف برای جمعیت فعلی چین در حدود ۲۲۰۰ مترمکعب در سال است و از این جهت مقام ۸۸ را در جهان داراست. با رسیدن جمعیت کشور به حدود ۱/۶ میلیارد نفر در اواسط قرن بیست و یکم این رقم به ۱۷۶۰ مترمکعب خواهد رسید که نشان از تنش آبی دارد. بیش از ۴۰۰ شهر در کشور چین از کمبود آب در رنج هستند که در ۱۰۰ شهر این کمبود بسیار جدی است. علاوه بر مشکل کمبود آب، آلودگی منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی در حدی است که بسیاری از آن‌ها مناسب شرب و صنعت نیستند.

چین برای حل این چالش در توسعه خدمات زیربنایی اقدامات زیادی انجام داده است. چنانکه طبق گزارش‌هایی در سال ۲۰۰۲ حدود ۴۰ درصد فاضلاب‌های شهری مورد تصفیه قرار می‌گرفت و این رقم در سال ۲۰۱۱ به رقم ۷۵ درصد رسیده است.

گرچه در بازار تجارت آب، استفاده دوباره هنوز جای خود را باز نکرده است اما دو تجربه موفق زیر (زمان بهره‌برداری سال ۲۰۰۶) نشان از امید به آینده این صنعت در کشور چین دارد:

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

- تاسیسات تصفیه فاضلاب با ظرفیت ۳۱ هزار مترمکعب در روز برای استفاده در صنایع بخصوص تاسیسات خنک کننده در شهر هوهات[1]؛
- تاسیسات تصفیه فاضلاب پکن[2] با ظرفیت ۸۰ هزار مترمکعب در روز برای آبیاری فضای سبز، پارک المپیک، شستشوی راه‌ها، فلاشینگ توالت‌ها و موسسات شستشوی اتومبیل‌ها.

ظرفیت و کاربرد

شهر هوهات در بخش شمالی چین قرار داشته و با کمبود شدید آب روبه‌روست و به همین دلیل تصفیه فاضلاب‌های شهری برای تولید آب غیرمتعارف و تحویل آن به یک مصرف‌کننده بزرگ آب، نیروگاه برق جینکیائو[3]، یک ضرورت تشخیص داده شد. برای تصفیه پساب از فرایند بیوراکتور ممبرانی و تبادل یونی استفاده می‌شود.

تصفیه‌خانه تکمیلی جینکیائو با ظرفیت ۳۱ هزار مترمکعب در روز پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری حاصل از فرایند ثانویه را تحویل می‌گیرد. میزان بالای آمونیوم حاصل از تصفیه ثانویه (۲۰– ۳۰ میلی‌گرم در لیتر) باید در حد کاربرد تاسیسات خنک‌کننده کاهش یابد، بنابراین از ممبران‌های فیبری با اندازه اسمی روزنه‌های ۰/۰۴ میکرومتر استفاده می‌نماید. در این فرایند باکتری‌ها و بیشتر ویروس‌ها نیز حذف می‌گردند. آب تولیدی خروجی از حوضچه ممبران‌ها به تاسیسات رزینی اسیدی ضعیف برای زدایش سختی هدایت می‌شود و آب تولیدی کلرزنی شده در برج‌های خنک کننده نیروگاه استفاده می‌شود.

همان‌طور که گفته شد شهر پکن نیز با کمبود آب روبه‌روست. قبل از المپیک ۲۰۰۸ پکن گروه مشارکت تصفیه فاضلاب شهر[4]، تاسیسات تصفیه پساب شهر را برای ظرفیت ۸۰ هزار متر مکعب اجرا نمود. فرایند تصفیه در برگیرنده فرایند بیوراکتورهای ممبرانی (ام‌بی‌آر[5]) است تا آب غیرمتعارف تولیدی برای استفاده در محدوده شهری مناسب باشد.

در حدود ۷۵ درصد این آب غیرمتعارف برای آبیاری پارک المپیک بکار می‌رود و مازاد تولید آن برای شستشوی گذرگاه‌ها، فلاشینگ توالت‌ها، شستشوی اتومبیل‌ها و مصرف‌های دیگر غیرشرب به کار می‌رود. بخشی از آن نیز به رودخانه وان‌کوان[6] هدایت می‌شود.

1. Hohhot
2. Beijing
3. Jinqiao
4. Beijing Wastewater Group
5. Membrane Bio Reactor (MBR)
6. Wanquan River

استاندارد کیفیت و صنعت تصفیه

دولت مرکزی چین و حکومت‌های منطقه‌ای برای استفاده از آب غیرمتعارف هدف‌هایی را تدوین نموده‌اند. برای مثال تا سال ۲۰۱۵ میزان آب مورد استفاده دوباره برای کشور ۲۰ و برای شهر پکن ۷۵ درصد می‌باشد. بعلاوه برای فرایندهای تصفیه و کیفیت آب غیرمتعارف فرازهایی[1] هم تدوین نموده‌اند.

تامین سرمایه و مدیریت

طرح‌های استفاده دوباره در چین به صورت طرح‌های راهگشا[2] مانند بی‌او‌تی، توسط حکومت‌های محلی و یا مصرف‌کنندگان آب غیرمتعارف تامین سرمایه می‌گردد.

توجهات فرهنگی و سازمانی

قانون مربوط به منابع آب در سال ۲۰۰۲ مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در آن تعرفه‌ها، اوراق مشارکت و حقوق انشعاب تاسیسات فاضلاب پیش‌بینی گردید. در این قانون فضای سرمایه‌گذاری توسط بخش خصوصی و شخصیت‌های حقوقی خارج از کشور برای توسعه خدمات زیربنایی ایجاد گردید. قبل از این قانون تاسیسات آب و فاضلاب و صنایع آن در مالکیت دولت بود که در نتیجه این تغییر چین شاهد سرمایه‌گذاری‌های وسیعی در این بخش می‌باشد.

موفقیت‌ها و دستاوردها

در این مطالعه نشان داده شد که چگونه با استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته می‌توان کیفیت پساب تولیدی را ارتقاء داد تا طرح‌های استفاده دوباره از آب راحتتر انجام گیرد. در این طرح‌ها نشان داده شد که استفاد از گرانول کربن فعال برای تصفیه پیشرفته پساب گزینه مناسبی نیست زیرا با سرعت قوه جذب خود را از دست می‌دهد و بنابراین ازن‌زنی جایگزین آن شده است.

۶-۶- کلمبیا - بوگوتا - مبارزه با آلودگی آب رودخانه

گذشته طرح یا منطق آن

شهر بوگوتا پایتخت کشور کلمبیاست که دارای ۱۰ میلیون نفر جمعیت است. مقامات شهر دست‌اندرکار

1. Guidelines
2. Greenfields

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

ارتقاء و توسعه تاسیسات تصفیه فاضلاب شهر برای بهبود کیفیت آب رودخانه بوگوتا هستند. از هدف‌های دیگر این طرح تولید آب غیرمتعارف مناسب برای کشاورزی است. بعلاوه چون ۷ درصد انرژی مورد مصرف کشور از طریق تاسیسات برق آبی این رودخانه تامین می‌شود، بنابراین بهبود کیفیت آب رودخانه روی عملکرد تاسیسات و بهداشت متصدیان نیز تاثیرات مطلوبی دارد. این مطالعه موردی نشان می‌دهد که چگونه برنامه‌ریزی استفاده دوباره از آب و بهبود کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده به برنامه‌ریزی کلان آب کمک می‌نماید و نیز نشان می‌دهد که کمبود آب تنها انگیزه کلیدی در استفاده دوباره از آب نیست. حتی در اجتماعاتی که آب فراوان است چون باید برای شهرهای بزرگ از راه دور انتقال یابد. گزینه استفاده از آب غیرمتعارف برای مصرف‌های غیرشرب خود را نشان می‌دهد بنابراین مقایسه اقتصادی تصفیه آب غیرمتعارف در مقابل هزینه انتقال آب متعارف ضرورت پیدا می‌نماید.

ظرفیت تصفیه و صنعت

بجز بخش‌های قدیمی شهر که دارای شبکه مشترک جمع‌آوری است، شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهر جدا از شبکه‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی است. تعداد حوزه‌های اصلی جمع‌آوری فاضلاب سه واحد است که عبارتند از حوزه سالیتر[1] در شمال، فوچا[2] در مرکز و تونجلو[3] در جنوب و فاضلاب جمع‌آوری شده هر سه حوزه به رودخانه بوگوتا[4] تخلیه می‌شود.

مطالعات جامع فاضلاب شهر نشان داد که دو تصفیه‌خانه فاضلاب مورد نیاز است. تصفیه‌خانه حوزه سالیتر در اواخر سال ۱۹۹۰ راه اندازی شد و فرایند آن تصفیه اولیه و انعقاد پیشرفته شیمیایی[5] است. در شرایط فعلی میزان تصفیه در آن ۴ مترمکعب در ثانیه است و ارتقای آن در دست اجراست و ظرفیت آن هم به ۷/۳ متر مکعب در ثانیه خواهد رسید. تصفیه‌خانه دوم در سال ۲۰۱۶ به مرحله اجرا خواهد رسید.

انواع استفاده دوباره

نزدیک تصفیه‌خانه فاضلاب سالیتر یک منطقه بزرگ کشاورزی با نام رامادا[6] وجود دارد. در شرایط فعلی این منطقه کشاورزی ۱/۷ مترمکعب در ثانیه آب مصرف می‌نماید و قرار است که توسعه پیدا نموده که نهایت نیاز آن به ۵ متر مکعب در ثانیه خواهد رسید. آب مورد استفاده از رودخانه بوگوتا تامین می‌شود که

1. Salitre
2. Fucha
3. Tunjuelo
4. Bogota River
5. Chemically Enhanced Primary Treatment (CEPT)
6. Ramada

دریافت‌کننده فاضلاب‌های خام و نیمه‌تصفیه‌شده اجتماعات بالادست است. تاسیسات آبیاری فعلی توسط مقامات محیط‌زیست منطقه بهره‌برداری می‌شود.

چندین سال قبل بعضی از سازمان‌های تولید برق، طرح‌هایی برای استفاده از این آب و اختلاف ارتفاع حدود ۱۰۰۰ متر در مسیر رودخانه در جنوب بوگوتا قبل از تخلیه آب آن به رودخانه کلمبیا به اجرا درآورده بودند. برای توسعه و افزایش پتانسیل تولید برق از نیروی آب، بخش بیشتر آب به دریاچه ذخیره مونا[1] پمپ می‌شود تا آب به نیروگاه جدید هدایت شود. این طرح استفاده دوباره از آب باعث تولید ۲۰ درصد برق مورد نیاز شهر و معادل ۷ درصد برق مورد نیاز کشور می‌شود. بدین دلیل طرح استفاده دوباره از آب رودخانه بوگوتا یک اولویت ملی برای دولت است و آن را عامل مهم ثبات اقتصادی می‌داند.

در طی ۵ سال گذشته شرکت فاضلاب شهر سرگرم مطالعه برای پیدا کردن پتانسیل‌های دیگر استفاده دوباره از آب، به غیر از تولید برق است. مطالعات دانشگاه جاوریانا[2] نشان داد که با توجه به کیفیت آینده آن استفاده در اراضی کشاورزی رامادا بدلیل نزدیکی زمین‌های کشاورزی منطقه مناسب می‌باشد. کیفیت پساب تولیدی پس از اجرای تاسیسات تصفیه ثانویه و با توجه به الزامات کیفیت آب کلمبیا در حدی است که با محدودیت دسترسی قابل استفاده در کشاورزی خواهد بود. اگرچه در شرایط فعلی نیاز کشاورزی منطقه به آب غیرمتعارف زیاد نیست، اما با توسعه منطقه رامادا این نیاز افزایش پیدا می‌نماید.

استانداردهای کیفیت آب و صنعت تصفیه

قانون‌گذاران برای استفاده دوباره از آب رودخانه بوگوتا استانداردهایی تدوین نموده‌اند. طبق این استاندارد پنج گروه آب تعریف شده است که عبارتند از:

- استفاده دوباره برای نیازهای شهری؛
- استفاده دوباره برای کشاورزی با محدودیت دسترسی؛
- استفاده دوباره برای تولید انرژی؛
- استفاده دوباره در صنایع؛
- استفاده دوباره در کشاورزی بدون محدودیت دسترسی.

معیارهای استفاده در کشاورزی با محدودیت دسترسی در جدول شماره ۶-۴ نشان داده شده است.

1. Muna Reservoir
2. Javeriana

MARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

جدول شماره ۶-۴- ویژگی‌های آب مناسب استفاده دوباره در کشاورزی برای کلاس ۴ (با محدودیت دسترسی)

ویژگی‌ها	واحد	میزان مجاز
پی‌اچ	پی‌اچ	۹-۴/۵
بی‌اودی	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۵۰
مجموع کلیفرم‌ها	ام‌پی‌ان در ۱۰۰ میلی‌لیتر	کمتر از ۲۰،۰۰۰
نیترات‌ها	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۱۰
جامدات معلق	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۴۰
آلومینیوم	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۵
آرسنیک	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۰/۱
بریلیوم	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۰/۱
بر	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۰/۳-۰/۴
کادمیوم	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۰/۰۱
کبالت	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۰/۰۵
مس	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۰/۲
کروم (کروم ۶ ظرفیتی)	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۰/۱
فلوراید	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۱
آهن	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۵
لیتیوم	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۲/۵
منگنز	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۰/۲
جیوه	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۰/۰۱
مولیبدن	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۰/۰۱
نیکل	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۰/۰۲
سرب	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۰/۱
مجموع نمک‌های محلول	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۳۰۰۰
سلنیوم	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۰/۰۲
وانادیوم	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۰/۱
روی	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۲

تامین سرمایه و مدیریت

چون آب رودخانه بوگوتا نقش اساسی در تولید انرژی کشور کلمبیا دارد و پساب تصفیه‌خانه شهر بوگوتا حدود ۵۰ درصد متوسط آورد آب رودخانه را تشکیل می‌دهد بنابراین پروژه بهسازی آب رودخانه دارای اولویت ملی است. از طرف دیگر سازمان‌ها و موسسات مختلفی که از این طرح سود می‌برند تصمیم گرفتند که بطور جمعی سرمایه لازم را تامین نمایند. البته بیشتر سرمایه اجرای پروژه توسط دولت تامین خواهد شد.

توجهات فرهنگی و سازمانی

همان‌طور که در بالا اشاره شد چندین موسسه و سازمان درگیر این پروژه هستند اما چون هر کدام از موسسات هدف‌های مختلفی داشتند فرایندهای گفتگوها و تامین سرمایه آنقدر پیچیده بود که ۱۵ سال وقت گرفت البته فشارهای سیاسی احزاب بدلیل‌های منافع ویژه خود اجرای کار را تا حد زیادی با مشکل روبه‌رو نمود.

موفقیت‌ها و دستاوردها

استفاده دوباره از آب حتی برای کشورهای پر آب هم ممکن است یک مسئله مهم باشد. بطوریکه می‌توان گفت که تنها کمبود آب بطور مسلم انگیزه استفاده دوباره را ترغیب نمی‌نماید، بلکه علاوه‌بر توجهات محیط‌زیستی توجهات اقتصادی هم روی تصمیم‌گیری‌ها دخالت دارد. این پروژه نشان داد که با وجود مشکلات سیاسی، موسسات مختلف و با هدف‌های متنوع می‌توانند نیروها و امکانات خود را با هم جمع نموده و یک طرح را به انجام برسانند.

۶-۷- قبرس- استفاده دوباره از آب برای آبیاری

گذشته طرح یا منطق آن

قبرس به عنوان یک جزیره از نظر وسعت، سومین جزیره در مدیترانه است و با ۲۴۰ کیلومتر طول و ۱۰۰ کیلومتر عرض در نزدیکی خاورمیانه قرار دارد. در بین کشورهای اتحادیه اروپا از نظر تنش آبی در رتبه نخست قرار دارد و تقریبا تمام آب‌های تجدیدپذیر خود را مورد استفاده قرار داده در نتیجه در بعضی از مناطق، آب زیرزمینی در حال تمام شدن است و نفوذ آب شور دریا به حوزه‌ها شروع شده است.

NARVANA
https://mehrabpooyesh.com

بدین‌ترتیب توسعه شهری و کشاورزی و حتی تامین آب برای مناطق توریستی با مشکل روبه‌رو شده است. برای چندین دهه مدیریت آب قبرس به توسعه تاسیسات جمع‌آوری بارش‌های آسمانی معروف بوده است. شعار "نه یک قطره آب به دریا" سیاستی است که از سال ۱۹۶۰ در قبرس پیگیری می‌شود و در این کار با توسعه دریاچه‌های ذخیره پشت سدها و ذخیره سیلاب‌ها موفقیت‌هایی بدست آورده است. ظرفیت ذخیره آب در این مدت در حدود ۵۰ درصد افزایش پیدا نموده است.

در سال ۲۰۰۸ در پی چندین سال خشکسالی ارتفاع آب دریاچه‌های پشت سدها به رقومی کاهش یافت که قبرس ضروری دانست که آب از یونان وارد نماید. بنابراین در قبرس برای برخورد با وضعیت کمبود آب انگیزه‌های استفاده دوباره از آب رشد پیدا نمود. از طرف دیگر برای تامین آب شرب هم از صنایع نمک‌زدایی بهره می‌گیرد که حدود ۶۵ درصد تقاضاها را جوابگوست.

ظرفیت و انواع استفاده دوباره

بطور کلی حدود ۹۰ درصد فاضلاب تصفیه‌شده مورد استفاده دوباره قرار می‌گیرد. این استفاده در درجه اول در بخش کشاورزی، آبیاری پارک‌ها، بوستان‌ها و فضای سبز عمومی انجام می‌گیرد. منابع آب زیرزمینی نزدیک شهر پافوس[1] نیز در حدود ۲-۳ میلیون مترمکعب از این آب تغذیه می‌شود که دوباره برای کشاورزی استخراج می‌شود.

مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که تا ۵ میلیون مترمکعب آب غیرمتعارف را می‌توان در این منبع زیرزمینی ذخیره نمود. در شرایط فعلی مشارکت دولت در تامین آب مورد نیاز در حدود ۱۰ درصد تقاضا معادل ۱۳- ۱۵میلیون مترمکعب است. در خشکسالی ۲۰۰۸ این استفاده دوباره درخور ملاحظه بود. به هرحال در صورتیکه طرح بطور کامل به اجرا در آید میزان آب غیرمتعارف در حدود ۵۹ میلیون مترمکعب در سال خواهد بود که پیش‌بینی می‌شود که در طی سال‌های ۲۰۱۲-۲۰۱۴ حدود ۵۲ میلیون مترمکعب در سال معادل ۲۸/۵ درصد نیاز امروز بخش کشاورزی مورد استفاده دوباره قرار گیرد.

معیارهای کیفی و صنعت تصفیه

مطابق مقررات و یا آیین‌نامه مربوط به کشور قبرس رابطه بین کیفیت و نوع مصرف در جدول شماره ۶-۵ ارائه شده است. برای جمعیت‌های معادل بیشتر از ۲۰۰۰ نفر کیفیت پساب مورد تایید وزارت کشاورزی و اداره آب در جدول شماره ۶-۶ نشان داده شده است.

فرایند متعارف تصفیه شامل لجن فعال و پس از آن ته‌نشینی و فیلتر ماسه‌ای و سپس کلرزنی می‌باشد. اما تصفیه‌خانه‌های در دست طراحی و تصفیه‌خانه‌های فعلی استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته مانند تکنولوژی بیوراکتور یا اسمز معکوس را هم مورد مطالعه قرار داده‌اند.

دستاوردهای تایید شده در استفاده دوباره از آب

در گذشته علوفه مورد نیاز از خارج از کشور وارد می‌شد و اکنون با استفاده از آب غیرمتعارف این محصول در محل تولید می‌شود که ارزش معاملات ارزی آن در حدود ۱/۵ میلیون یورو می‌باشد و بنابراین با توجه به نبود منابع آب دیگر، روش درخور اعتمادی برای حفظ پایداری کشاورزی در منطقه است. شواهد و مدارک نشان می‌دهد که کشاورزان این روش کار را پذیرفته و به آن اعتماد پیدا کرده‌اند. یک نمونه دیگر از افزایش اعتماد بین کشاورزان، مورد لیماسول[1] است که در آنجا ۱۰۰ درصد آب غیرمتعارف تولیدی مورد استفاده دوباره در کشاورزی قرار می‌گیرد و میزان تقاضا هم بیشتر از مقدار موجود است.

چالش‌ها

بدلیل کاهش تقاضا برای آب غیرمتعارف در زمستان‌ها و کمبود امکانات ذخیره بخشی از آب غیرمتعارف تولیدی به دریا تخلیه می‌شود در نتیجه چالشی است که برای آن یا باید تاسیسات ذخیره پیش‌بینی شود و یا برای تغذیه منابع آب زیرزمینی استفاده شود. بعلاوه لازم است کیفیت آب غیرمتعارف از نظر آلاینده‌های ریز[2] هم مورد تجدیدنظر قرار گیرد. در پایان باید یادآوری گردد که لازم است مطالعات اثرهای محیط‌زیستی طرح انجام گیرد و در طرح پایش مستمر، استانداردها مورد تجدید نظر قرار گیرد. با توجه به محدودیت جزیره به آب‌های ساحلی انجام مطالعات محیط‌زیستی ضروری بنظر می‌رسد.

1. Paphos

1. Limassol
2. Micropolutants

NARVANA
https://mehrabpooyesh.com

جدول شماره ۶-۵- فرازهای آبیاری با آب غیرمتعارف (جمعیت‌های کمتر از ۲۰۰۰ نفر در قبرس)

نوع کشت	بی‌اودی (میلی‌گرم در لیتر)	جامدات معلق (میلی‌گرم در لیتر)	کلیفرم‌گوارشی (تعداد در ۱۰۰ میلی‌لیتر)	انگل‌های روده‌ای (تعداد در لیتر)***	واحدهای تصفیه لازم
۱. کلیه محصولات (a)	*۱۰(A)	*۱۰	*۵ **۱۵	۰	تصفیه تکمیلی و گندزدایی
۲. مناطق گردشگری با دسترسی آسان و سبزیجاتی که خام خورده نمی شود(b)	۱۰ **۱۵	*۱۰ **۱۵	*۵۰ **۱۰۰	۰	تصفیه تکمیلی و گندزدایی
۳. کشت محصولات خوراکی و دسترسی محدود	*۲۰ *۳۰	*۳۰ **۴۵	*۲۰۰ **۱۰۰۰	۰	تصفیه ثانویه، گندزدایی و ذخیره بیش از ۷ روز یا تصفیه تکمیلی و گندزدایی
۴. محصولات علوفه ای	*۲۰ **۳۰	*۳۰ **۴۵	*۱۰۰۰ **۵۰۰۰	۰	تصفیه ثانویه، گندزدایی و ذخیره بیش از ۷ روز یا تصفیه تکمیلی و گندزدایی
	_ (B)	_	*۱۰۰۰ **۵۰۰۰	۰	برکه تثبیت و تکمیل با زمان ماند بیش از ۶۰ روز
۵. محصولات صنعتی	*۵۰ **۷۰	_	*۳۰۰۰ **۱۰۰۰۰	_	تصفیه ثانویه و گندزدایی
	_ (B)	_	*۳۰۰۰ **۱۰۰۰۰	_	برکه تثبیت و تکمیلی با زمان ماند بیش از ۶۰ روز

* این ارقام نباید در ۸۰ درصد نمونه‌ها در ماه بیشتر شود(حداقل تعداد و نمونه‌برداری در ماه ۵).

** حداکثر مجاز

*** یک بار در سال و در تابستان

(A) تصفیه مکانیکی مانند لجن فعال

(B) برکه‌های تثبیت

(a) آبیاری کشت‌های دارای برگ و ریشه مورد تغذیه خام مجاز نیست

(b) سیب‌زمینی و چغندرقند

جدول شماره ۶-۶- کیفیت آب غیرمتعارف برای استفاده و یا تخلیه به محیط (جمعیت‌های بیشتر از ۲۰۰۰ نفر در قبرس)

ویژگی‌ها	حداکثر مجاز	دفعات آزمایش
بی اودی ۵ (میلی‌گرم در لیتر)	۱۰	۱ در ۱۵ روز
سی‌اودی (میلی‌گرم در لیتر)	۷۰	۱ در ۱۵ روز
جامدات معلق (میلی‌گرم در لیتر)	۱۰	۱ در ۱۵ روز
هدایت الکتریکی (میکروزیمنس در سانتیمتر)	۲۲۰۰	۱ در ۱۵ روز
مجموع نیتروژن (میلی‌گرم در لیتر)	*۱۵	۱ در ۱۵ روز
فسفر کل (میلی‌گرم در لیتر)	**۱۰	۱ در ۱۵ روز
کلریدها (میلی‌گرم در لیتر)	۳۰۰	۱ در ماه
روغن و چربی‌ها (میلی‌گرم در لیتر)	۵	۱ در ماه
روی (میلی‌گرم در لیتر)	***۱	۲ در سال
مس (میلی‌گرم در لیتر)	۰/۱	۲ در سال
سرب (میلی‌گرم در لیتر)	۰/۱۵	۲ در سال
کادمیوم (میلی‌گرم در لیتر)	۰/۰۱	۲ در سال
جیوه (میلی‌گرم در لیتر)	۰/۰۰۵	۲ در سال
کرم (میلی‌گرم در لیتر)	۰/۱	۲ در سال
نیکل (میلی‌گرم در لیتر)	۰/۲	۲ در سال
بر (میلی‌گرم در لیتر)	۱	۲ در سال
ای‌کلای	۵ در ۱۰۰ میلی لیتر	۱ در ۱۵ روز
تخم انگل‌ها	صفر در لیتر	۴ در سال
کلر باقی‌مانده (میلی‌گرم در لیتر)	****۱	۱ در ۱۵ روز
پی‌اچ	۸/۵-۶/۵	۳ در هفته

* برای تخلیه به مناطق حساس و دریا حداکثر ۱۰ میلی‌گرم در لیتر

** برای تخلیه به مناطق حساس و دریا حداکثر ۲ میلی‌گرم در لیتر

*** برای تخلیه به دریا حداکثر ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر

**** برای تخلیه به دریا و مناطق حساس ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

۶-۸- غنا - استفاده دوباره در کشاورزی

گذشته طرح یا منطق آن

بطور کلی کمبود آب و آلودگی منابع آب توسط فاضلاب‌های خام در مناطق روستایی با درامد کم در جهان روبه افزایش است. زیرا بسیاری از شهرهای کشورهای با درامد کم توانایی سرمایه‌گذاری برای جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب خود را ندارند و در نتیجه فاضلاب‌های تولید شده از طریق مسیل‌ها و آبراهه‌ها به طرف زمین‌های پایین‌دست جاری می‌شود.

در کشور غنا مزارع اطراف شهرها که از این آب‌های آلوده برای کشاورزی استفاده می‌نمایند در خطر آلودگی و در نتیجه انتشار بیماری‌ها قرار دارند و در بسیاری از موارد کشاورز انتخاب دیگری جز استفاده از آب آلوده ندارد زیرا تنها جریان دائمی قابل دسترسی و مطمئن است. ارزیابی مخاطرات ناشی از این روش کار در شهرهای غنا نشان داده است که آلودگی آب و سبزیجات به آلاینده‌های روده‌ای[2] باعث ۱۲،۰۰۰ دیلی[3] در سال می‌شود که باعث نگرانی مسئولان گردیده و اقدام به انجام تحقیقاتی در زمینه استفاده بی خطر از آب غیرمتعارف نموده‌اند.

در صورتیکه طرح جامع جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب همراه با رعایت دقیق استانداردهای کیفیت آب در بخش کشاورزی شود طبعا مخاطرات بهداشتی را کاهش خواهد داد. اما این برخورد متعارف در بسیاری از کشورهای با درامد کم منطقه جنوبی صحرای افریقا که در آن‌ها تنها یک درصد فاضلاب‌ها تصفیه می‌شود با مشکلات اجرایی روبه‌روست. بعلاوه انجام پایش کیفیت آب هم بدلیل پراکندگی مزارع اطراف شهرها با مشکلاتی همراه است. در این شرایط توصیه‌های سازمان بهداشت جهانی به عنوان یک هدف می‌باشد تا مخاطرات حلقه ارتباط بین تولید فاضلاب و مصرف مواد غذایی آلوده شده را کاهش دهد. این راهکار چند مانعی[4] مورد توصیه سازمان بهداشت جهانی می‌باشد که برای شرایطی که تصفیه فاضلاب نمی‌تواند حداقل نیازمندی‌های بهداشتی را تامین نماید، مناسب است.

کاهش مخاطرات و روش‌های غیرمتعارف

بعضی از روش‌های کاهش مخاطرات آلودگی‌ها که در کشور غنا مورد آزمایش قرار گرفته است در جدول

1. Risk Assessment
2. Fecal Contamination
3. Disability Adjusted Life Year (DALY)
4. Multiple-barrier Approach

جدول شماره ۶-۷- **اقدامات حفاظت سلامتی و بهداشت با روش های غیرمتعارف برای کاهش انتشار بیماری‌زاها**

اقدامات پیشگیرانه	لاگ کاهش بیماری‌زا	توجهات
الف: تصفیه فاضلاب	۶-۷	زدایش بیماری‌زا بستگی دارد به نوع و درجه تصفیه فاضلاب
ب: گزینه‌ها در مزرعه:		
محدودیت نوع کشت (محصولاتی که خام خورده نمی شوند)	۶-۷	که بستگی دارد به ● درجه اجرای محدودیت‌ها ● تامین سود نسبی انتخاب کشت دیگر
۱- تصفیه فاضلاب در مزرعه:		
۱-۱- سیستم سه استخری	۱-۲	استخر دریافت فاضلاب خام - استخر ته‌نشینی و تصفیه - استخر آبگیری برای آبیاری
۱-۲- استخر ته‌نشینی ساده	۰/۵-۱	مدت ته‌نشینی حدود ۱۸ ساعت
۱-۳- فیلتراسیون ساده	۱-۳	که نتیجه کار بستگی به معیارهای بهره‌برداری از فیلتر دارد.
۲- روش کاربرد فاضلاب:		
۲-۱- آبیاری کرتی	۱-۲	کاهش تولید ممکن است
۲-۲- آبیاری قطره‌ای ارزان	۲-۴	کاهش ۲ لاگ برای کشت‌های کوتاه و ۴ لاگ برای کشت‌های بلند ساقه
۲-۳- کاهش پخش آب[1]	۱-۲	آموزش کشاورزان که در آبیاری باعث ایجادقطرات آب و پخش آن نشوند.
۳ - مرگ و میر بیماری‌زاها	۰/۵-۲ در روز	مرگ و میر بیماری‌زاها بین آخرین آبیاری و برداشت (بسته به محیط، نوع محصول و غیره)
ج: عملیات پس از برداشت، در بازار عرضه و فروش		
نگهداری شبانه در پیشخوان‌های محل	۰/۵-۱	فروش محصولات پس از یک شب نگهداری در پیشخوان‌ها (نه نگهداری رویهم در انبار برای حفظ تازگی آن‌ها)
آماده‌سازی تولید قبل از فروش	۱-۲	شستن محصولات سالادی، سبزیجات و میوه‌ها با آب پاک
	۲-۳	شستن محصولات سالادی، سبزیجات و میوه‌ها با آب شیر
	۱-۳	کندن برگ‌های بیرونی کاهو، کلم و غیره
د: گزینه‌های آماده‌سازی محصول در آشپزخانه		
گندزدایی محصول	۲-۳	شستن محصولات سالادی، سبزیجات و میوه‌ها با محلول گندزدایی مناسب و شستشو با آب پاک
پوست کندن محصول	۲	میوه‌ها و محصولات دارای ریشه
پختن محصول	۵-۷	که بستگی به عادات غذایی دارد

1. Reduction of Splashing

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

شماره ۶-۷ نشان داده شده است. این روش‌ها به راحتی با یکدیگر تکمیل شده و می‌توانند یک طرح جامع را به وجود آورند. برای مثال تصفیه فاضلاب می‌تواند با روش‌های آبیاری در محل مزرعه ترکیب شود و یا جابجایی سبزیجات در بازار فروش و یا شستشوی آن‌ها در منازل باعث کاهش آلودگی‌ها[1] می‌شود.

توجهات در مرحله اجرای طرح

سیاست همگرایی در این طرح مدنظر قرار گرفت و بنابراین تولیدکنندگان سبزیجات در مزارع، فروشندگان سبزیجات، تهیه‌کنندگان مواد غذایی در مغازه‌ها و مقامات محلی چون سازمان کشاورزی و بهداشت همه در پروژه مشارکت نمودند. برای مثال کشاورزان در غربال کردن گزینه‌ها، تدوین معیارها برای ارزیابی‌ها و آزمایش آن‌ها در مزارع همکاری داشتند.

عوامل افزایش‌دهنده پذیرش استفاده دوباره- این عوامل عبارتند از:

- **تعریف انگیزه‌های اقتصادی و یا اجتماعی**- برای کشاورزان احساس امنیت، دسترسی به اعتبارات، امتیازات و توجهات رسانه‌ها ممکن است انگیزه‌های موثری باشند که باعث تغییر رفتارها می‌شود.
- **کمک به کشاورزان برای مشاهده مخاطرات پنهان**- اگر بتوان پیامدهای خوب اجرای روش‌های مناسب را برای کشاورزان تعریف و اثبات نمود به طبع کشاورزان تشویق به قبول روش‌های کم خطرتر می‌شوند. صحبت از میکروب‌ها طبعا ممکن است مقبول نیفتد و ارتباط بین بو و رنگ هم با بیماری‌زاها ساده نیست. توسعه و تدوین معیارهای صحرایی برای پایش‌ها دارای اهمیت است زیرا استفاده از ابزارهای آزمایشگاهی همیشه ممکن نیست.
- **شراکت در نوآوری‌ها**- در این طرح از ابتکارات مختلفی بهره گرفته شد تا اطلاعات کاربردی بین محققان و دست‌اندرکاران مبادله شود. دستاوردهای تحقیقاتی به گونه‌ای تدوین گردید که بتوان بطور دوستانه کشاورزان را آموزش داد. بعلاوه این دستاوردها به صورت کتاب، نشریه، برنامه‌های رادیویی و ویدیویی تهیه و در دسترس کشاورزان قرار گرفت.
- **دخیل کردن مقامات**- مقامات محلی و وزارتخانه‌های مرتبط با موضوع باید از همان ابتدا در کارها مشارکت داشته باشند. این پروژه مقامات محلی، وزارت غذا و کشاورزی و موسسات دیگر مانند بخش نظارت بر بهداشت مواد غذایی را هم درگیر طرح نمود. زیرا این موسسات مسئول تدوین سیاست‌گذاری‌ها و مقررات در رابطه با استفاده دوباره از آب هستند. بنابراین در سازماندهی اجرای عملیات کاهش مخاطرات می‌توانند یاری نمایند.
- **ارتباط با پروژه‌های دیگر بهداشت مواد غذایی**- استفاده از فاضلاب تنها یکی از راه‌های آلودگی مواد غذایی است که سلامت خانواده‌های کشاورزان را تحت تاثیر قرار می‌دهد و بنابراین روش‌های آبیاری، شستشوی سبزیجات و شستشوی دست‌ها باید به صورت یک بسته تبلیغاتی- آموزشی تهیه شود.

۱. در فصل چهارم کتاب به آن پرداخته شده است.

۶-۹- هندوستان- دهلی- استفاده دوباره در بخش‌های صنعت، شهری و نیروگاه

گذشته طرح یا منطق آن

با توجه به روند شهرنشینی و توسعه شهری در هندوستان اختلاف بین ۹۵ میلیون متر مکعب آب قابل تامین و ۱۸۹ میلیون متر مکعب آب مورد نیاز روزانه بطور فزاینده‌ای تا سال ۲۰۳۰ بیشتر خواهد شد. در شرایط فعلی ۷۸ درصد جمعیت شهری دسترسی به آب سالم دارند و تنها ۳۸ درصد جمعیت تحت پوشش تاسیسات جمع‌آوری فاضلاب است. ضررهای ناشی از کمبود تاسیسات فاضلاب به رقم ۵۳/۸ میلیارد دلار امریکا در سال تخمین زده می‌شود. در یک نگاه کلی هندوستان در جستجوی گزینه‌های صرفه‌جویی در مصرف آب، مهار بارش‌ها و استفاده دوباره از آب در شهرها می‌باشد.

شهر دهلی با جمعیت ۱۵ میلیونی نیاز به تامین آب در حدود ۴/۳ میلیون متر مکعب در روز دارد و میزان فاضلاب تولیدی شهر در حدود ۳/۸ میلیون متر مکعب در روز براورد می‌شود. ۳۰ تصفیه‌خانه فاضلاب واقع در ۱۷ نقطه شهر ۶۱ درصد فاضلاب‌های رسیده را مورد تصفیه قرار می‌دهند اما پساب‌های تولیدی دارای ویژگی‌های یکسان نیستند. این مطالعه موردی روی تصفیه‌خانه فاضلاب اخلا[1] انجام گرفته است که علاوه بر استفاده از پساب آن، از لجن حاصل و گاز تولیدی آن برای اصلاح خاک و تولید انرژی هم استفاده می‌شود.

1. Okhla

IWARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

ظرفیت و نوع استفاده

تصفیه‌خانه فاضلاب اخلا دارای ظرفیت دریافت ۶۳۶ هزار مترمکعب فاضلاب در روز است و توسط سازمان آب دهلی[1] اداره می‌شود. تصفیه‌خانه در ۵ فاز اجرایی بین سال‌های ۱۹۳۷-۱۹۹۰ توسعه پیدا نموده است:

- فاز اول با ظرفیت ۵۵ هزار متر مکعب در روز؛
- فاز دوم با ظرفیت ۷۳ هزار متر مکعب در روز؛
- فاز سوم با ظرفیت ۱۳۶ هزار متر مکعب در روز؛
- فاز چهارم با ظرفیت ۱۶۸ هزار متر مکعب در روز؛
- فاز پنجم با ظرفیت ۲۰۵ هزار متر مکعب در روز.

فرایند تصفیه مورد استفاده لجن فعال است و میزان فاضلاب ورودی به ۵ فاز تصفیه‌خانه حدود ۵۴۵ هزار مترمکعب در روز است. در شرایط فعلی ۱۵۸ هزار مترمکعب در روز پساب به نیروگاه حرارتی ۷۰۵ مگاواتی بادارپور[2] برای خنک‌کننده‌ها، ۹۰ هزار مترمکعب در روز به اداره خدمات عمومی برای کارهای پرورش گل و باغداری، ۴۵ هزار مترمکعب برای آبیاری فضاهای سبز کوچک تحویل شده و مازاد آن به کانال آگرا[3] تخلیه می‌شود که در نهایت به رودخانه یامونا[4] هدایت که از فرایند اختلاط برای رقیق‌سازی آلاینده‌ها بهره برده می‌شود. تخمین زده می‌شود که بیش از ۳۰۰ کشاورز در منطقه جیت‌پور[5] از آن برای تولید گوجه فرنگی، خیار، کلم و سبزیجات برگ سبز استفاده می‌کنند. بخش خصوصی برای هر مترمکعب آن مبلغ ۱/۲۵ روپیه می‌پردازد و مجاز به استفاده از آن برای پرورش گل و سبزی در مزارع می‌باشد. نرخ آن برای بخش صنایع ۴ روپیه برای هر مترمکعب است.

در حال حاضر بیوگاز تولیدی هم به اجتماعات اطراف تصفیه‌خانه تحویل می‌شود. کیفیت فاضلاب تصفیه شده توسط ۵ فاز اجرایی در جدول شماره ۶-۸ نشان داده شده است. در حال حاضر مدیریت تصفیه‌خانه در اندیشه کاهش آلودگی هوای ناشی از بهره‌برداری تصفیه‌خانه است تا از امتیازات آن‌استفاده نماید و به همین جهت برای تولید برق از بیوگاز تولیدی برنامه‌ریزی می‌نماید. در همین مسیر مسئله دفع لجن هضم شده مورد مطالعه است.

1. Delhi Water Board (DWB)
2. Badarpur
3. Agra Canal
4. Yamuna River
5. Jaitpur

جدول شماره ۶-۸- ویژگی‌های پساب تولیدی ۵ واحد تصفیه فاضلاب در اخلا

فاز اجرایی	بی‌اودی	سی‌اودی	مجموع جامدات معلق	پی‌اچ
یک	۱۰	۵۴	۲۱	۷/۸
دو	۴۸	۱۰۸	۸۳	۷/۷
سه	۴۵	۱۵۳	۷۶	۷/۶
چهار	۱۲	۶۲	۳۲	۷/۸
پنج	۱۹	۵۱	۲۷	۷/۷

استانداردها و صنعت تصفیه

کیفیت پساب مطابق استانداردهای سازمان مرکزی کنترل آلودگی[1] بوده و بنابراین کاربرد آن برای باغداری، کشاورزی و خنک‌کننده‌های صنعتی مناسب است.

مدیریت سازمانی

تشکیلات مدیریتی تصفیه‌خانه اخلا در طی سال‌های ۱۹۳۷-۱۹۹۰ رشد و گسترش داشته و با کمک امکانات مالی حاصل از منابع مختلف در راه توسعه و گسترش آن گام‌هایی برداشته شده است که آخرین پشتیبانی از آن توسط سازمان توسعه بین‌المللی امریکای شمالی[2] انجام گرفت تا در زمینه استفاده دوباره یک ارزیابی انجام دهد.

موفقیت‌ها و دستاوردها

کاربرد پساب در چارچوب استفاده دوباره از آب بدلیل کمبود آب و افزایش نیاز به انرژی بطور فزاینده در بین عموم مردم مقبولیت پیدا می‌نماید. گزینه‌های این استفاده توسط مقامات دولتی تعریف می‌شود در حالیکه برای پیدا کردن فرایندهای دیگر تصفیه نیز کوشش‌هایی می‌شود و بنابراین با معرفی گزینه‌های دیگر استفاده دوباره از آب، در مصرف منابع آب شرب صرفه‌جویی می‌شود.

درخواست‌کنندگان محصولات جانبی تصفیه‌خانه مانند گاز و لجن هضم شده رو به افزایش است

1. Central Pollution Control Board
2. USAID

NARVANA
https://mehrabpooyesh.com

و بنابراین می‌توان با درامد حاصل از فروش آن‌ها برنامه‌های تعمیر و نگهداری و ارتقای فرایندهای تصفیه را انجام داد. با توسعه و کاربرد تکنولوژی‌های نو در راه استفاده دوباره، ظرفیت‌سازی و آموزش متصدیان، تشکیلات مربوط به آن از اهمیت زیادی برخوردار می‌گردد. به موازات آن ارزیابی مشارکت بخش دولتی و خصوصی بسیار با اهمیت است. ارزیابی بهداشت و سلامت ناشی از مصرف پساب برای تولید محصولات خوراکی نیز قابل پیگیری است زیرا اطلاعات مربوط به کیفیت پساب قابل دسترسی است. جدول شماره ۶-۹ استاندارد کیفی آب‌ها را در هندوستان نشان می‌دهد.

جدول شماره ۶-۹- استاندارد کیفیت آب‌ها در هندوستان

کلاس	اکسژن محلول (میلی‌گرم در لیتر)	بی‌اودی (میلی‌گرم در لیتر)	مجموع‌کلیفرم‌ها (در ۱۰۰ میلی لیتر)	پی اچ	آمونیوم‌آزاد (میلی‌گرم در لیتر)	هدایت الکتریکی	سار	بر (میلی‌گرم در لیتر)
A	۶	۲	۵۰	۸/۵-۶/۵	-	-	-	-
B	۵	۳	۵۰۰	۸/۵-۶/۵	-	-	-	-
C	۴	۳	۵۰۰۰	۸/۵-۶/۵	-	-	-	-
D	۴	-	-	۸/۵-۶/۵	۱/۲	-	-	-
E	-	-	-	۸/۵-۶/۵	-	۲/۲۵	۲۶	۲

آب کلاس A - منبع آب شرب بدون نیاز به تصفیه متعارف
آب کلاس B - منبع آب مناسب شنا و آب تنی
آب کلاس C - منبع آب شرب با استفاده از فرایندهای تصفیه متعارف
آب کلاس D - منبع آب مناسب حیات وحش و ماهی
آب کلاس E - منبع آب مناسب تفریحات، زیباسازی محیط، آبیاری و خنک‌کننده‌های صنعتی

۶-۱۰- هندوستان- بنگلور- تقویت منابع آب خام شرب

گذشته طرح یا منطق آن

سازمان آب و فاضلاب شهر بنگلور[1] برای حل مشکل اختلاف رو به ازدیاد بین تقاضا و عرضه آب شرب برنامه‌های غیرمتعارفی در نظر گرفته است تا عرضه را افزایش دهد. با توجه به وجود مقدار کافی فاضلاب تصفیه شده و امکان در نظر گرفتن آن برای استفاده غیرمستقیم شرب پروژه‌هایی با نام استفاده دوباره تدوین نموده که در دو بخش قابل دسته‌بندی هستند:

- مدیریت جامع آب در منطقه بنگلور تحت نام دره وی[1]؛
- مدیریت جامع آب در پروژه‌های دریاچه‌ها.

این گزارش در مورد بخش اول یعنی توسعه طرح‌هایی به منظور حل مشکل کم آبی در منطقه بنگلور می‌باشد. در پروژه‌های دره وی با طرح استفاده دوباره از آب پتانسیل منابع آب شرب بطور غیرمستقیم تقویت می‌شود. پساب تصفیه‌خانه فاضلاب با استفاده از فرایندهای ممبرانی و گرانول کربن فعال مورد تصفیه قرار گرفته و آب تولیدی به رودخانه‌ای تخلیه شده و در نهایت در دریاچه‌ای که منبع آب خام شرب شهر بنگلور است ذخیره می‌شود. این طرح استفاده غیرمستقیم برای شرب باعث افزایش حجم منبع آب خام شهر بنگلور می‌شود گرچه جوابگوی نیازهای حال و آینده نخواهد بود.

تاریخچه آب شرب در بنگلور

شهر بنگلور ششمین شهر پر جمعیت هندوستان است و با سرعت زیاد در حال گسترش است، چنانکه جمعیت ۵/۴ میلیونی سال ۲۰۰۱ به ۷/۵ میلیون نفر در سال ۲۰۰۷ رسید و پیش‌بینی می‌شود که در سال ۲۰۱۵ جمعیت شهر به ۸/۸ میلیون نفر برسد. مقدار آب مورد نیاز آن در سال ۲۰۱۵ در حدود ۱/۷۲ میلیون مترمکعب در روز خواهد بود و آب قابل بهره‌برداری حدود ۱/۵ میلیون مترمکعب است و بنابراین در حدود ۰/۲۲ میلیون مترمکعب در روز کمبود پیش‌بینی می‌شود. به دلایل زمین‌شناسی بنگلور دارای منابع آب زیرزمینی نیست و باید از منابع آب‌های سطحی بهره‌گیری نماید و رودخانه ارکاواتی[2] تامین‌کننده آب شهر است که روزانه حدود ۱۴۹ هزار مترمکعب توسط دو پروژه، آب مورد نیاز شهر از آن آبگیری می‌شود.

سازمان آب و فاضلاب بنگلور در سال ۱۹۶۴ تشکیل گردید تا خدمات آب و فاضلاب شهر را مدیریت نماید. طرح آب کاوری[3] توسط سازمان به اجرا در آمد تا آب رودخانه پیش‌گفته نیز مورد استفاده قرار گیرد. میزان آب این طرح که در سه مرحله به اجرا در آمد عبارت است از ۶۷۵ هزار مترمکعب در روز که با تغییراتی که در حوزه آبریز این رودخانه رخ داده میزان آورد آن به دریاچه ذخیره ای‌تی‌جی کاسته شده است. مجموع کل آب دو رودخانه که به شهر منتقل می‌شود در حد ۱۰۰ لیتر سرانه جمعیت است که خیلی

1. Bangalore Water Supply and Sewerage Board (BWSSB)

1. V.Valley
2. Arkavathy River
3. Cauvery River

NARVANA
https://mehrabpooyesh.com

کمتر از استاندارد ملی ۱۵۰ لیتر است. برای جبران این کمبود، طرح مرحله چهارم آب کاوری به شرح زیر شروع گردید. فاز اول این طرح در سال ۲۰۰۲ افتتاح گردید و میزان آبگیری آن ۳۰۰ هزار مترمکعب در روز است که برای آن تصفیه‌خانه‌ای به اجرا در آمده است. طول لوله انتقال آب خام آن نیز ۱۰۰ کیلومتر است. فاز دوم طرح هم با ظرفیت ۵۵۰ هزار مترمکعب در روز در حال اجراست و برای آن هم تصفیه‌خانه دیگری در کنار تصفیه‌خانه اول در نظر گرفته شده است و طبق برنامه در دسامبر سال ۲۰۱۲ افتتاح خواهد شد. البته با رشد شهرک‌ها و روستاهای اطراف بنگلور باز هم اختلاف بین تقاضا و عرضه بیشتر شده است.

ظرفیت و نوع استفاده

برای پاسخگویی به کمبودهای آینده آب چند راه حل تدوین شده است چنانکه می‌توان حدود ۲۰۰ هزار مترمکعب در روز فاضلاب را تا سال ۲۰۱۵ پس از تصفیه‌های لازم برای مصرف‌های غیرمستقیم شرب در نظر گرفت. در فاز اول طرح استفاده دوباره از آب، در دره وی ۱۳۵ هزار مترمکعب فاضلاب در روز مورد تصفیه قرار می‌گیرد و بر اساس ارزیابی‌های عملکرد آن، فاز دوم طرح که ظرفیت ۶۵ هزار مترمکعب فاضلاب است برای استفاده دوباره تصفیه خواهد شد.

کیفیت آب و صنعت تصفیه

طبق ویژگی‌های طرح، فاضلاب تصفیه شده در تصفیه‌خانه دره وی پس از تصفیه تکمیلی و گندزدایی با کلر به تصفیه‌خانه توارکر[1] برای تصفیه پیشرفته پمپاژ می‌شود. این پساب در تصفیه‌خانه توارکر توسط اولترافیلتر و پس از آن فیلتر گرانول کربن فعال مورد تصفیه قرار گرفته و سپس کلرزنی می‌شود و سپس به یک وتلند مهندسی شده هدایت می‌شود و انتظار می‌رود که آب خروجی از آن دارای بی‌اودی و یا تی‌اوسی کمتر از یک میلی‌گرم در لیتر و مجموع کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های گوارشی آن در حد غیر قابل تشخیص گردد. این آب اکنون به رودخانه ارکاواتی تخلیه می‌شود که تغذیه‌کننده دریاچه مخزن ذخیره‌ای تی جی هالی می‌باشد. پیش‌بینی می‌شود که آب در دریاچه دچار آلودگی و تغییر کیفیت نشده و انتظار می‌رود که آب از نظر تی‌اوسی و کلیفرم گوارشی بهتر شود. این روش استفاده غیرمستقیم برای مصرف‌های شرب مشابه طرح‌های دیگر در جهان است. سازمان آب و فاضلاب بنگلور اقدام به اجرای یک طرح پایلوت برای

1. Tavarekere

جدول شماره ۶-۱۰- نتایج حاصل از عملیات پایلوت ـ بنگلور هندوستان

ویژگی	کیفیت پساب خروجی از تصفیه‌خانه دره وی	کیفیت آب غیرمتعارف (خروجی تصفیه‌خانه توارکر - تصفیه پیشرفته)	کیفیت آب رودخانه ارکاواتی ۷ کیلومتر بالادست	کیفیت آب دریاچه ذخیره تی جی‌هالی
بی‌اودی (میلی‌گرم در لیتر)	۲۲	۱/۶	۱۲	۹
سی‌اودی (میلی‌گرم در لیتر)	۶۵	۸	۲۷	۲۲
سولفات (میلی‌گرم در لیتر)	۲۵	۱۳	۸۶	۲۷
منگنز (میلی‌گرم در لیتر)	۲۸	۱۹	۶۳	۱۶
فسفات (میلی‌گرم در لیتر)	۱/۸	۰/۶	۲/۸	۱/۴
آمونیوم (میلی‌گرم در لیتر)	۲۵	۵	۸	۸
مجموع نمک‌های محلول (میلی‌گرم در لیتر)	۴۵۰	۲۲۸	۳۲۰	۳۰۰
کلیفرم‌های گوارشی (تعداد در ۱۰۰ میلی‌لیتر)	بیش از ۱۶۰۰	۲	بیش از ۱۶۰۰	بیش از ۱۶۰۰
ای‌کلای (ام‌پی‌ان در ۱۰۰ میلی‌لیتر)	بیش از ۴۰۰	۳	بیش از ۶۰۰	بیش از ۶۰۰

مدت یک سال نمود تا بتواند کیفیت آب قابل تولید را تعیین و نگرانی عموم را برطرف نماید. ظرفیت تصفیه‌خانه پایلوت ۵۰ مترمکعب در روز بود که پس از عبور از اولترافیلترها با ظرفیت ۴۵ مترمکعب در روز به تاسیسات فیلتری گرانول کربن فعال هدایت می‌شود. اطلاعات بدست آمده از پایلوت مایه دلگرمی گردید و بطور شفاف نشان داد که آب تولیدی به مراتب بهتر از آب رودخانه ارکاواتی است. در این مطالعه از معیارهای سازمان حفاظت محیط زیست سال ۲۰۰۴ در مورد استفاده دوباره برای طراحی پایلوت و تهیه مستندات استفاده شد. جدول شماره ۶-۱۰ نتایج پایلوت را نشان می‌دهد.

تامین سرمایه و مدیریت

بر مبنای دستاوردهای عملیات پایلوت، سازمان اقدام به طراحی‌ها نمود و اجرای کار را هم با روش استفاده از بخش خصوصی (بی‌اوتی) برنامه‌ریزی و مدت بهره‌برداری توسط بخش خصوصی را ۱۵ سال پیش‌بینی نمود و بنابراین برای تامین سرمایه دو مسیر را مورد توجه قرار داد؛ اول دولت هندوستان از

IRVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

طریق بنیادملی جواهر لعل نهرو[1] برای توسعه شهرها و دوم دولت محلی کاماتاکا[2]. دولت هندوستان با توجه به اهمیت پروژه بودجه‌ای در حد ۴۱ میلیون دلار امریکا برای آن تخصیص داد که معادل ۳۰ درصد هزینه کل پروژه بود و قرار شد که ۷۰ درصد بقیه از طریق سرمایه گذاران بخش خصوصی تامین شود.

برنامه‌های سازمان آب و فاضلاب

در شرایط فعلی سازمان دو برنامه را در نظر دارد. ارتقای فرایندهای تصفیه‌خانه فاضلاب دره وی برای زدایش ازت و فسفر برای ظرفیت ۱۳۵ هزار مترمکعب در روز و پمپاژ این آب به تصفیه‌خانه توارکر برای تصفیه پیشرفته شامل میکروفیلتر و فیلترهای گرانول کربن فعال.

ایجاد تاسیسات لازم برای تصفیه آب برای مصرف‌های شرب با ظرفیت ۱۳۵ هزار متر مکعب که آب لازم را از دریاچه تی‌جی‌هال خواهد گرفت. فرایندهای تصفیه عبارتند از اولترافیلتر و بخشی از آن اسمزمعکوس. تاسیسات اسمزمعکوس پیش‌بینی شده است که اگر به مرور زمان مجموع املاح محلول آب خام افزایش پیدا نماید از آن استفاده شود و استاندارد کار هم مجموع نمک‌های محلول ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر است. این برنامه‌ریزی در شکل ۶-۲ نشان داده شده است.

توجهات فرهنگی و سازمانی

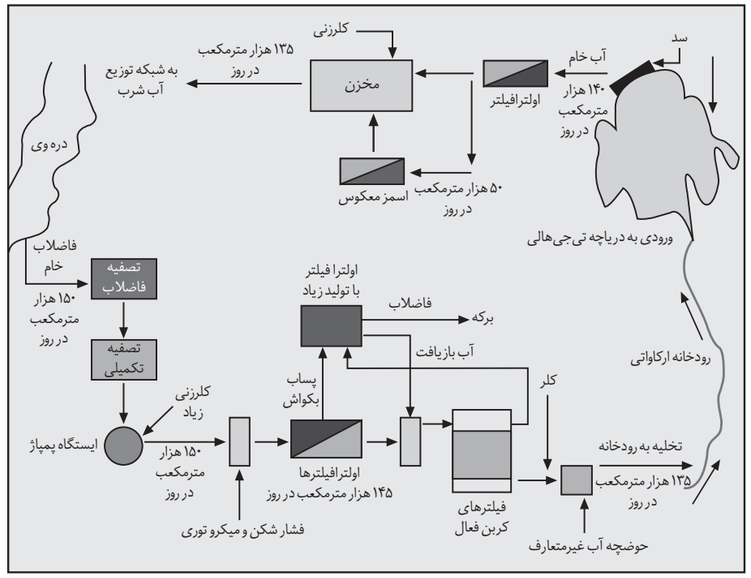
هیچ طرحی از این دست بدون همکاری مصرف‌کنندگان آب حتی اگر از پیشرفته‌ترین صنعت استفاده شود موفق نخواهد شد زیرا کلمه استفاده دوباره از آب واکنشی منفی در مصرف‌کنندگان ایجاد می‌نماید، بنابراین مشارکت مردم ضرورت دارد.

انجام بررسی‌های مفصل بهداشتی برای اثبات اینکه سلامت مردم در این استفاده دوباره به مخاطره نمی‌افتد، یک ضرورت است. بنابراین برمبنای دستاوردهای یک سال کار با تاسیسات پایلوت، سازمان آب و فاضلاب بنگلور بنا دارد چند کارگاه آموزشی و گردهمایی تشکیل دهد تا همکاری مصرف‌کنندگان، سیاستمداران و رهبران محلی را بدست آورد. این برنامه‌ها در اواخر سال ۲۰۱۱ به اجرا در آمد. علاوه بر آن سازمان آب و فاضلاب شهر بنگلور در نظر دارد از طریق رسانه‌های عمومی هم یک بسیج همگانی انجام دهد و هدف هم جلب همکاری دانش‌آموزان است.

---

1. Jawaharial Nehru National Urban Renewal Mission
2. Kamataka

شکل شماره ۶-۲- دیاگرام پیشنهادی فرایند تصفیه برای فاز ۱ به ظرفیت ۱۳۵ هزار مترمکعب در روز



موفقیت‌ها و دستاوردها

عملیات پایلوت و تجزیه و تحلیل اطلاعات بدست آمده و ارائه آن به تصمیم‌گیران باعث شد که این پروژه که در نوع خود از نخستین طرح های استفاده دوباره از آب و بطور غیرمستقیم برای شرب در کشور است با موفقیت روبه‌رو شود.

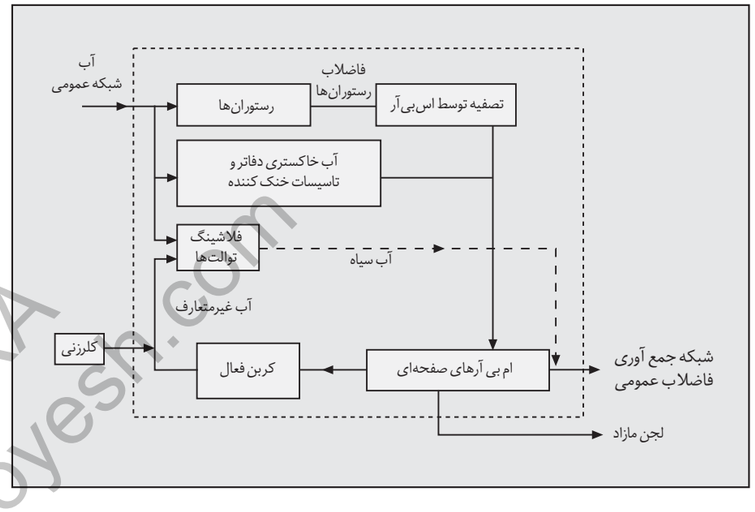
۶-۱۱- ژاپن - مصرف‌های غیرشرب مجتمع تجاری- اداری

گذشته طرح یا منطق آن

در کشور ژاپن در حدود ۲۵۰۰ ساختمان شهری بارش‌های رسیده به بام‌ها را جمع‌آوری نموده و همراه با آب غیرمتعارف خود به مصرف‌های مختلف می‌رسانند. در چندین شهر بزرگ از جمله توکیو طبق مقررات، استفاده دوباره از آب و بارش‌های جمع‌آوری شده برای ساختمان‌های جدید در صورتیکه زیربنای ساختمان از حدی بگذرد الزامی است. مطالعه تعدادی از ساختمان‌های پیش‌گفته نشان داد که در این

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

شکل شماره ۶-۳- دیاگرام استفاده دوباره از آب در یک مجتمع اداری- تجاری در کشور ژاپن



تعداد محدود ۲۵/۹ درصد آن‌ها ساختمان‌های دولتی، ۱۲/۵ درصد بخش خصوصی و ۱۵/۷ درصد مدارس هستند. بارش‌های جمع‌آوری شده و آب غیرمتعارف تولید شده در بخش‌های مختلف ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد. این آب بیشتر برای فلاشینگ توالت‌ها و آبیاری فضاهای سبز، تهویه مطبوع، شستشوی اتومبیل و مبارزه با آتش بکار می‌رود.

اما تصفیه‌خانه فاضلاب یک مجتمع برای استفاده دوباره از آب آن باید جمع و جور[1] و مقاوم به تغییرات میزان فاضلاب ورودی و سهولت در بهره‌برداری باشد. بعلاوه باید مقدار لجن و بوی تولیدی ناشی از آن هم کم باشد که با این تعاریف تشخیص داده شد که بیوراکتور ممبرانی دارای این امتیازات است.

ظرفیت و نوع استفاده

در سال ۲۰۰۷ یک دستگاه بیوراکتور ممبرانی (ام‌بی‌آر) در یک مجتمع اداری-تجاری در توکیو نصب گردید ظرفیت تصفیه دستگاه ۶۸۰ مترمکعب در روز است و آب غیرمتعارف تولیدی فقط برای فلاشینگ توالت‌ها مورد استفاده قرارگرفت. آب خاکستری رستوران‌ها، دفاتر و آب تخلیه تاسیسات تهویه نیزمورد تصفیه و استفاده قرار می‌گیرد. اما آب سیاه خروجی از توالت‌ها وارد تاسیسات گردش دوباره نمی‌شود. دیاگرام استفاده دوباره در شکل شماره ۶-۳ نشان داده شده است.

1. Compact

وضعیت تصفیه

در تصفیه با فرایند ام‌بی‌آر می‌توان از ممبران‌های فیبرهای توخالی[1] و یا صفحات مسطح[2] استفاده نمود که معمولا از صفحات مسطح بدلیل سهولت بهره‌برداری استفاده می‌شود. در تاسیسات مورد بحث ۱۸۰۰ المان در حوضچه آب خاکستری نصب گردید و جنس المان‌ها پلی‌اتیلن کلرینه با اندازه روزنه‌های ۰/۴ میکرومتر است. آب خروجی تاسیسات ام‌بی‌آر توسط کربن فعال برای زدایش رنگ تصفیه می‌شود و پس از آن کلرزنی انجام می‌گیرد. معیارهای کیفیت آب غیرمتعارف برای فلاشینگ توالت‌ها در جدول شماره ۶-۱۱ نشان داده شده است. کیفیت آب غیرمتعارف تولیدی در تاسیسات تصفیه مجتمع در جدول شماره ۶-۱۲ نشان داده شده است.

تامین سرمایه

پیش‌بینی تاسیسات مورد نظر بخشی از عنصرهای ایجاد بناست که در صدور پروانه ساخت رعایت می‌گردد (درصدور مجوز ساخت بنا، این تاسیسات هم باید توسط سرمایه‌گذاران در نظر گرفته شود).

دستاوردها و موفقیت‌ها

به نظر می‌رسد همان‌طور که جدول شماره ۶-۱۲ نشان می‌دهد عملکرد ام‌بی‌آر مطلوب بوده و تخلیه لجن و شستشوی المان‌ها به ترتیب هر ۳۰ روز و ۴ ماه یک بار انجام می‌گیرد و سیستم به صورت مستمر و پایدار عمل می‌نماید. تنها مشکل آب خاکستری رستوران است که در تصفیه مشکل‌آفرین است اما چون آب خاکستری تولیدی در مجتمع کافی برای فلاشینگ توالت‌ها نیست بنابراین از آب خاکستری رستوران هم استفاده می‌شود.

1. Hollow Fiber
2. Flat - Sheet

NARVANA
https://mehrabpooyesh.com

جدول شماره ۶-۱۱- **کیفیت آب غیرمتعارف لازم برای فلاشینگ توالت‌ها**

ویژگی	حدود غلظت
پی‌اچ	۸/۶-۵/۸
بو	بدون بو
رنگ و شفافیت	تقریبا بدون رنگ و شفاف
ای‌کلای	۰
کلر باقی‌مانده (میلی‌گرم در لیتر)	۰/۱ آزاد - ۰/۴ مرکب
بی‌اودی (میلی‌گرم در لیتر)	کمتر از ۲۰
سی‌اودی (میلی‌گرم در لیتر)	کمتر از ۳۰

جدول شماره ۶-۱۲- **کیفیت آب تولیدی در تاسیسات ام بی آر**

ویژگی	فاضلاب خام*	پساب*
پی‌اچ	۸-۶	۷/۷ (۸-۶)
بو		بدون بو
ای‌کلای		۰
بی‌اودی (میلی‌گرم در لیتر)	۲۱۵	کمتر از ۱ (کمتر از ۱۰)
جامدات معلق (میلی‌گرم در لیتر)	۲۱۵	کمتر از ۱ (کمتر از ۵)
رنگ		۴ (کمتر از ۱۰)
کدورت		کمتر از ۱ (کمتر از ۲)

* منظور از فاضلاب خام مخلوط آب خاکستری دفترها و برج خنک‌کننده‌ها و پساب تصفیه‌خانه اس بی آر رستوران‌ها است. ارقام نشان داده شده در ستون پساب عبارتند از کیفیت آب غیرمتعارف تولیدی و ارقام داخل پرانتز معیارهای طراحی‌هاست.

۶-۱۲- اردن - استفاده در کشاورزی

مقدمه

مدیریت آب برای بقای پادشاهی هاشمی در اردن همیشه یک اصل مهم بوده است. طبق گزارش مربوط به استراتژی آب، سرانه سالانه آب خام موجود برای توسعه همه جانبه در این کشور ۱۵۰ متر مکعب است. بنابراین همیشه تقاضا برای آب بیشتر از آب موجود است و طبعا با استمرار افزایش جمعیت سرانه آب موجود کمتر هم می‌شود.

سازمان و مقررات

استفاده از فاضلاب تصفیه شده شهری در چارچوب استاندارد مربوط انجام می‌گیرد و این استاندارد توسط سازمان استانداردها و هواشناسی کشور اردن بهنگام گردیده است. طبق این استاندارد استفاده از فاضلاب برای محصولاتی است که خام خورده نمی‌شوند. بعلاوه استاندارد در مورد کیفیت آب غیرمتعارف برای تغذیه منابع آب زیرزمینی، مشروط به اینکه به منابع آب شرب اتصال نداشته باشد، معیارهایی تدوین نموده است. استفاده از این آب برای خنک‌کننده‌های صنایع و مبارزه با آتش هم بطور مشروط مجاز شناخته می‌شود اخیرا طرح‌های استفاده دوباره از آب با ایجاد تاسیسات تصفیه فاضلاب شروع شده است. مقامات آب اردن[1] مسئولیت مدیریت آب و فاضلاب را به عهده دارند تا از فاضلاب تصفیه شده استفاده بهینه شود.

توسعه برنامه‌های استفاده دوباره

مقامات آب اردن قراردادهایی با کشاورزان مبادله نموده‌اند تا آب غیرمتعارف برای آبیاری در کشاورزی به آن‌ها تحویل دهند. طرح‌های نسبتا بزرگ آن عبارتند از السمرا[2]، مدابا[3] و رامتا[4]. طبق آمار ۲۰۰۹ در حدود ۷۶۰ هکتار از اراضی کشاورزی طبق قرارداد پیش‌گفته از آب غیرمتعارف استفاده می‌نماید.

تاسیسات السمرا در ۳۰ کیلومتری شمال غربی عمان واقع است و بزرگترین تصفیه‌خانه فاضلاب کشور اردن است. ظرفیت اسمی آن ۲۶۷ هزار متر مکعب در روز می‌باشد. در سال ۱۹۸۵ لاگون موجود تصفیه با کمک طرح توسعه بین‌المللی امریکای شمالی به فرایند لجن فعال تبدیل شده و در سال ۲۰۰۸

1. Water Authority of Jordan (WAJ) 2. Al-Samra 3. Madaba 4. Ramtha

NARVANA
https://mehrabpooyesh.com

وارد مدار بهره‌برداری گردید. میزان تولید پساب این تصفیه‌خانه در سال ۲۰۰۸ حدود ۲۲۰ هزار متر مکعب در روز بوده و پساب آن به رودخانه زارکا[1] هدایت می‌شود که در پایین‌دست به دریاچه مخزن ذخیره شاه طلال[2] تخلیه شده و با آب متعارف آن مخلوط می‌گردد. این آب مورد استفاده در بخش کشاورزی دره اردن قرار می‌گیرد محصولات کشاورزی شامل محصولات غذایی مانند سبزیجات، مرکبات و موز هم می‌شود.

لازم به یادآوری است که در اردن بخش بیشتر آب غیرمتعارف به تولید محصولات علوفه‌ای اختصاص می‌یابد و یک دلیل آن این است که کشاورزان رغبت زیادی برای تولید محصولات خوراکی با آب غیرمتعارف ندارند چون محصولات خرما و زیتون تولیدی آن به کشورهای همسایه اردن صادر می‌شود و نگران هستند که مصرف‌کنندگان این محصولات واکنش‌های منفی نسبت به آن پیدا کنند.

مطالعه موردی استفاده دوباره

موسسه توسعه بین‌المللی امریکای شمالی برای بهبود وضعیت استفاده دوباره از آب در اردن پشتیبانی‌هایی انجام داده است. طرح پایلوت استفاده دوباره از آب در صحرای موسی[3] یک نمونه از این کمک‌ها می‌باشد که در راه توسعه پایدار منطقه به کار رفته است. این طرح در سال ۲۰۰۲ و در وسعت ۶/۹ هکتار به انجام رسید که از فاضلاب تصفیه شده تصفیه‌خانه منطقه که ارتقای یافته بود به کشاورزی اختصاص یافت.

ظرفیت تولید تصفیه‌خانه فاضلاب محلی عبارت است از ۳۴۰۰ متر مکعب در روز و فرایند آن شامل تصفیه اولیه (آشغاگیر و دانه‌گیر)، لجن فعال (با روش کانال اکسیداسیون[4])، ته‌نشینی ثانویه، برکه تکمیلی[5] و گندزدایی پساب می‌باشد. پساب تصفیه‌خانه به برکه‌ای واقع در محدوده تصفیه‌خانه جاری شده و از آن‌جا به شبکه آبیاری هدایت می‌شود. در سال ۲۰۱۰ میزان ورودی به تصفیه‌خانه ۲۰۰۰ مترمکعب در روز بود که بطور مرتب مورد پایش قرار می‌گرفت.

در حالیکه پساب مورد استفاده در بخش‌های صنعت، کشاورزی و توسعه فضای سبز بود با کمک موسسه پیش‌گفته این استفاده گسترش پیدا نمود و پساب برای تولید یونجه، روغن زیتون، میوه و محصولات دیگر بکار رفت.

1. Zarka
2. King Talal
3. Wadi Mousa
4. Oxidation Ditch
5. Polishing Pond

طرح پایلوت توسط انجمن سعد الاحمر[1] که همان مصرف‌کنندگان آب غیرمتعارف هستند مورد بهره‌برداری قرار گرفته که از پشتیبانی موسسه پیش‌گفته برخوردار است. امروزه انجمن از پشتیبانی مالی بنیاد توسعه هاشمی استفاده می‌نماید. انجمن به نمایندگی جامعه محلی و توسط ۳۴ مرد و ۶ زن بطور مستقیم روی پروژه کار می‌کنند. سطح هر مزرعه ۰/۳-۰/۴۵ هکتار است و برنامه کاشت هم توسط بخش فنی طرح پشتیبانی می‌گردد.

طرح پایلوت نشان داد که از آب غیرمتعارف می‌توان بدون مشکل استفاده نمود و تا زمستان ۲۰۰۶-۲۰۰۷ سطح کل زیر کشت به ۵۲ هکتار رسید و درامد خالص کشاورزان حدود ۳۱۰۰-۴۶۰۰ دلار امریکا در سال برای هر مزرعه بود.

در این درامد هزینه‌های نگهداری تاسیسات آبیاری و انجمن نیز لحاظ گردیده است. کشت یونجه، کشت غالب بود و زیتون هم یکی از محصولات طرح بود که محصول تولیدی، بیشتر در محل مصرف می‌شد. طبق گزارش کاربرد آب غیرمتعارف برای صنایع و توسعه فضاهای سبز هم در عقبه مفید فایده بوده است.

تاسیسات تصفیه فاضلاب عقبه که با کمک مالی موسسه بین‌المللی پیش‌گفته ساخته شد عبارت از تصفیه توسط برکه‌هایی به صورت پشت سرهم و تصفیه ثانویه توسط کانال اکسیداسیون، ته‌نشینی، فیلتراسیون و گندزدایی است. پساب برکه‌ها برای کشاورزی بکار می‌رود. در حالیکه پساب تصفیه ثانویه برای توسعه فضای سبز و صنایع مصرف می‌شود.

استفاده دوباره در صنعت هم برای صنایع و هم برای شرکت آب مفید واقع گردید، زیرا پس از پایان حمایت موسسه پیش‌گفته این پشتیبانی را صنعت پیگیری نمود و بدین ترتیب حدود ۱/۵ میلیون مترمکعب آب متعارف برای مصرف‌های خانگی، محلی و تجاری تخصیص داده شد. چنین طرحی به صورت پایلوت در دانشگاه علوم و تکنولوژی ایجاد گردید تا پیامدهای استفاده از آب غیرمتعارف روی محصولات و محیط زیست مورد تحقیق قرار گیرد. این پروژه با گسترش هدف‌های بیشتر چون افزایش درامد بخش کشاورزی و صنایع آن هم بصورت پایدار در حال توسعه می‌باشد.

1. Sad Al-Ahmar

NARVAN
https://mehrabpooyesh.com

۶-۱۳- مکزیک - تیجوانا[1]- تغذیه منابع آب زیرزمینی و مصرف‌های شهری غیرشرب

گذشته طرح یا منطق آن

شهرداری تیجوانا و روزاریتو[2] با جمعیت بیش از ۱/۳ میلیون نفر یکی از کلانشهرهای مکزیک بشمار می‌آید. این کلانشهر دارای نرخ بالای افزایش جمعیت بوده و از جمله چالش‌های موجود در منطقه همیشه کمبود آب می‌باشد. رشد سریع جمعیت و کمبود آب ضرورت سرمایه‌گذاری برای تامین آب را توجیه می‌نماید و به همین جهت موسسه خدمات عمومی شهر[3] یک طرح جامع دربرگیرنده مسایل آب، فاضلاب و آب غیرمتعارف را تعریف نمود. در این برنامه هدف‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت در نظر گرفته شده است. از هدف‌های کوتاه‌مدت برنامه، رفع تنگناهای تاسیسات موجود و برنامه بلندمدت تامین کمبودها تا افق طرح در سال ۲۰۲۰ را می‌توان نام برد.

ظرفیت و نوع استفاده دوباره

کمیته فنی گزینه‌ای را برای تامین آب انتخاب نمود که هزینه آن ۱۰۰۰ میلیون دلار امریکاست. بخش‌های اصلی این پروژه عبارتند از:

- ایجاد تاسیسات نمک‌زدایی برای تولید آب از منابع آب شور و لب‌شور؛
- ایجاد تاسیسات تصفیه بیشتر فاضلاب‌ها برای تولید آب غیرمتعارف؛
- احیاء و توسعه شبکه‌های توزیع آب و جمع‌آوری فاضلاب و خطوط انتقال پساب‌ها؛
- تصفیه بیشتر فاضلاب‌ها و استفاده دوباره از آن شامل تغذیه منابع آب زیرزمینی؛
- و بالاخره تهیه دفترچه راهنما برای تصفیه فاضلاب به منظور استفاده دوباره از آب.

در برنامه کلان تهیه شده ۸ تصفیه‌خانه فاضلاب در نظر گرفته شده که برای آن‌ها میزان فاضلاب و کیفیت لازم تعریف گردید. فرایندهای تصفیه مورد مطالعه عبارتند از لجن فعال، سیستم‌های طبیعی (لاگون)، لاگون هوادهی، فیلتر چکنده، هوادهی گسترده، ترکیب فیلتر چکنده با لجن فعال و راکتورهای متوالی ناپیوسته[4]. پس از مقایسه روش‌های پیش‌گفته چنین نتیجه‌گیری شد که فرایند لجن فعال گزینه بهتری است و برای هر نوع استفاده از پساب فرایندهای ویژه برای تصفیه تکمیلی ضرورت دارد.

1. Tijuana
2. Rosarito
3. Comision Estatal de Servicios Publicos de Tijuana
4. Sequencing Batch Reactors

پساب دو تصفیه‌خانه لاموریتا[1] و اولیوس[2] برای استفاده غیرمستقیم شرب در نظر گرفته شد. ظرفیت دو تصفیه‌خانه ۹۳۰ لیتر در ثانیه است و بنابراین تصمیم گرفته شد که میزان ۶۰۰ لیتر در ثانیه هم از تصفیه‌خانه فاضلاب منطقه آلامار[3] تامین شود و حدود ۹۰۰ لیتر هم برای دیگر استفاده‌های دوباره (غیر شرب) در شهر در نظر گرفته شد.

کیفیت آب و صنعت تصفیه

کیفیت آب غیرمتعارف تولیدی در تصفیه‌خانه‌ها بستگی به نوع استفاده دوباره داشت. پسابی که باید به مخزن رودریگز[4] تخلیه شود باید دارای کیفیت به مراتب بهتری باشد زیرا آب مخزن برای مصرف‌های غیرمستقیم شرب در نظر گرفته شده است.

تصفیه‌خانه‌هایی که پساب آن‌ها باید به مخزن ذخیره پیش‌گفته تخلیه شود بدلیل استفاده غیرمستقیم شرب باید دارای فرایندهای لجن فعال، میکروفیلتر و اسمزمعکوس باشد و تصفیه‌خانه‌هایی که پساب آن‌ها قرار است برای کشاورزی به کار رود باید دارای فرایندهای لجن فعال، فیلتراسیون دانه‌ای و گندزدایی به کمک هیپوکلریت کلسیم باشد.

تامین سرمایه و مدیریت

تامین سرمایه برای طرح جامع توسط بانک توسعه امریکای شمالی انجام گرفت که بانک هم در عوض از بودجه سازمان حفاظت محیط‌زیست کشور استفاده نمود. پس از برنامه‌ریزی، اجرای بخش‌های مختلف طرح با روش‌های متنوع مالی انجام گرفت. بعضی از این روش‌ها عبارتند از سرمایه‌گذاری از طریق بانک‌های خارجی، سرمایه‌گذاری توسط بانک توسعه خدمات زیربنایی، تامین سرمایه توسط کمیته ملی آب مکزیک، بانک توسعه امریکای شمالی و سازمان حفاظت محیط‌زیست.

هر طرحی که بخشی و یا تمام بودجه آن توسط سرمایه‌های امریکای شمالی تامین می‌گردید موظف بود طبق قانون سیاست‌گذاری‌های ملی[5] مستندسازی شود و سازمان حفاظت محیط‌زیست هم فرم ارزیابی اثرات محیط‌زیستی پروژه در داخل خاک امریکا را تدوین نمود. مدیریت پروژه توسط شرکت

1. La Morita
2. Olivos
3. Alamar
4. Rodrigues
5. National Environmental Policy Act

NARVAN
https://mehrabpooyesh.com

آب و فاضلاب تیجوانا انجام می‌گیرد. مدیریت بعضی از بخش‌های پروژه نیازمند مشارکت بخش‌هایی از سازمان مرزبانی امریکا و مکزیک و کمیته آب است.

توجهات سازمانی و فرهنگی

هسته تصمیم‌گیری در مورد طرح با شرکت نمایندگان مکزیک و امریکا به صورت یک کمیته فنی دو ملیتی برای بازنگری برنامه کلان و تصمیم‌گیری‌های فنی و توصیه‌ها تشکیل گردید. این سیاست لازم بود زیرا امریکا در تامین بودجه طرح مشارکت و از طرف مکزیک هم دولت فدرال نمایندگی دارد. همچنین نمایندگان بخش آب و فاضلاب در مقابل سازمان حفاظت محیط‌زیست امریکا در کمیته حضور دارد. بعلاوه کمیته همکاری‌های بین‌مرزی و بانک توسعه امریکای شمالی که دارای توجهات و مسئولیت‌های دو ملیتی هستند مشارکت دارند.

در فاز اجرای طرح همکاری‌هایی در سطوح دیگر مدیریت‌ها ضرورت پیدا نمود. در برنامه‌ریزی مشارکت بخش‌های عمومی دو کشور هم مدنظر قرار گرفت و طبعا برای مشارکت‌ها مستندسازی‌هایی هم ضرورت داشت. در تصمیم‌گیری‌ها توجه به تکنولوژی‌های پیشرفته و نیاز به انرژی ضرورت داشت زیرا استفاده از اولترافیلتر و اسمزمعکوس الزامی بود. توصیه‌ها هم در محور استفاده غیرمستقیم شرب از آب غیرمتعارف می‌چرخید. البته گزینه دیگر حذف میکروفیلتر و اسمزمعکوس و استفاده ننمودن آب برای تقویت منابع آب خام شرب بود.

موفقیت‌ها و دستاوردها

موفقیت اصلی طرح ناشی از همکاری‌های خوب و شفاف در تصمیم‌گیری‌ها توسط کمیته دو ملیتی است. گرچه مدیریت یک پروژه توسط چندین کمیته فنی چالش برانگیز است اما توصیه آن‌ها احتمالا مقبولتر و مورد حمایت بیشتر قرار می‌گیرد.

گزینه‌های استفاده دوباره از آب برای مصرف‌های غیرشرب بطور موفقیت‌آمیزی پیگیری شد و در حالیکه گزینه استفاده غیرمستقیم شرب که نیاز به میکروفیلتر و اسمزمعکوس داشت پیگیری نگردید اما برمبنای دستاوردها و مدارک موجود هیچ پساب تصفیه متعارف فاضلاب به آب مخزن مورد مصرف شرب رودریگز تخلیه نمی‌شود، بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری نمود که در مکزیک این نتیجه بدست آمده است که فاضلاب تصفیه شده را نمی‌توان به منابع آب خام مورد مصرف شرب تخلیه نمود.

۶-۱۴- پرو- هیوستا[1]- توسعه مراتع دامداری

گذشته طرح یا منطق آن

اجتماع روستایی هیوستا در بخش جنوبی منطقه هیوستا قرار دارد و از طرف دیگر یک تشکیلات کلیدی در منطقه وجود دارد به نام جامعه کامپسینا[2]، این جامعه را می‌توان انجمن مالکان نامید زیرا اعضا آن بطور جمعی در مورد نحوه استفاده از منابع منطقه مانند زمین، کشاورزی و دامداری تصمیم‌گیری می‌نمایند. در همین راستا به علت خشکی مستمر تابستان‌ها یک واکنش هماهنگ از طرف انجمن نشان داده شد، بدین‌ترتیب‌که ۵ جامعه شامل جامعه هیوستا، یک تشکیلات با منافع جمعی به وجود آوردند تا بطور جمعی مشکلات آب خود را کاهش دهند. این کوشش جمعی که از درون جامعه به وجود آمده بود فرصتی استثنایی برای مهندسان بدون مرز[3] به وجود آورد که در آن مشارکت نمایند. به این ۵ جامعه با منافع مشترک یک گروه بومی اضافه شد که کشاورز و دامدار سنتی بوده و در منازل مشترک ساکن هستند. بدین ترتیب که این گروه در منازلی قلعه‌مانند زندگی می‌کنند که آشپزخانه و فضاهای عمومی در آن‌ها مشترک است. بیشتر منازل در هیوستا هم مشابه با همین الگو ساخته شده است. جامعه هیوستا علاقمندی خود را نسبت به بهبود وضعیت آب منطقه نشان داده زیرا آن را برای رشد اقتصادی خود ضروری دانست.

شغل اصلی مردم منطقه گاوداری است و شیر گاوها برای تولید پنیر به فروش می‌رسد، گاوها برای چرا نیاز به مرتع دارند و باران بسیار کم تابستان‌ها باعث می‌شود که وضعیت علوفه مراتع در این فصل نامطلوب گردد. رئیس جامعه و نمایندگانی از جوامع کشاورزی، آبیاری مراتع را در تابستان‌ها یک ضرورت برای توسعه تولید بیشتر شیر تشخیص دادند، گرچه مراتع در قطعات کوچک متعلق به افراد مختلف جامعه است اما مانع تصمیم‌گیری جمعی نگردید.

نوع استفاده دوباره

شهرداری هیوستا و جامعه کامپسینا در اوت سال ۲۰۱۱ و در مرحله ارزیابی اولیه برنامه‌ها، علاقمندی خود را به استفاده دوباره از آب و استفاده از منابع آب غیرمتعارف به مهندسان بدون مرز اعلام نمودند. آن‌ها امیدوار بودند که همراه با استفاده از سیلاب‌ها و اصلاح تاسیسات انتقال آب مانند استفاده از لوله برای

1. Huasta
2. Compesina Community
3. Engineers without Border

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

آبرسانی و کاربرد روش‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای و کاهش تلفات آب وضعیت بهتری پیدا نمایند.

در ژانویه سال ۲۰۱۲ علاوه بر پیگیری اندیشه‌های اولیه برای امکان استفاده از آب غیرمتعارف، مهندسان بدون مرز سفری به منطقه انجام دادند. یک قطعه زمین از مراتع که به علت بلندی آن نسبت به کانال آبیاری در تابستان‌ها مورد استفاده قرار نمی‌گرفت انتخاب گردید. تاسیسات تصفیه‌خانه فاضلاب موجود عبارت است از حوضچه اولیه مجهز به شیر جداکننده، ۳ حوضچه ته‌نشینی به صورت موازی، ۲ حوضچه دیگر و به صورت موازی که پس از آن ساختمان فیلترهای ماسه‌ای قرار دارد که اخیرا مورد استفاده قرار نمی‌گرفت. مهندسان بدون مرز برای بهبود کیفیت پساب تولیدی روی استفاده از فیلترهای ماسه‌ای مطالعاتی انجام دادند. مطالعات در ژانویه ۲۰۱۲ نشان داد که اگر تصفیه‌خانه طبق معیارهای طراحی مورد بهره‌برداری قرار گیرد، کیفیت پساب، مناسب آبیاری مراتع دامداری‌ها خواهد بود.

استاندارد کیفیت آب

طبق اطلاعات موجود دو گروه استاندارد برای استفاده دوباره از آب در پرو وجود دارد. گروه اول کیفیت پساب‌ها را تعریف می‌نماید و گروه دوم کیفیت آب غیرمتعارف برای استفاده دوباره برای حیوانات است و در مورد آبیاری استانداردی وجود ندارد.

تامین بودجه و مدیریت

تمام هزینه‌های مسافرت مهندسان، مواد و تاسیسات لازم پروژه و نصب توسط جامعه مهندسان بدون مرز تامین می‌شود. اما مشروط به اینکه اگر پروژه استفاده دوباره به سرانجام برسد یک کارگروه متشکل از منتخبین جامعه کامپسینا مسئولیت مدیریت، برنامه‌ریزی و جمع‌آوری عوارض پروژه استفاده دوباره از آب را به عهده خواهد داشت و طبعا عملکرد مطلوب این کارگروه برای استمرار و پایداری طرح ضرورت دارد. تیم فنی پروژه تابستان ۲۰۱۲ برای آموزش کارگروه در زمینه اهمیت بهره‌برداری و نگهداری تصفیه‌خانه فاضلاب به منطقه رفته و در مورد کیفیت آب غیرمتعارف هم گفتگو کرده است.

مشارکت استفاده‌کنندگان

از آب غیرمتعارف تولیدی نمونه‌برداری و مورد آزمایش قرار گرفت و نتایج آن به اطلاع جامعه و شهرداری رسانده شد. بدلیل بیشتر بودن تعداد باکتری‌های آن از حد توصیه شده تیم مهندسان از مقامات بهره‌بردار خواستند که یک تیم و برنامه برای پایش کیفیت و عملکرد تاسیسات در نظر بگیرند.

موفقیت‌ها و دستاوردها

از دستاوردهای انجام این پروژه این است که برای بهره‌برداری و نگهداری از تاسیسات باید طرح و برنامه داشت بطوریکه سرنوشت پروژه بستگی به استمرار پایش در بهره‌برداری با توجه به استاندارد پیشنهادی سازمان بهداشت جهانی در مورد کیفیت میکروبی و مواد آلی آب غیرمتعارف دارد.

۶-۱۵- فیلیپین- بازار - فلاشینگ توالت‌ها، شستشوی کارگاه‌ها و گذرگاه‌ها

گذشته طرح یا منطق آن

فاضلاب تولیدی مناطق تجاری بخصوص بازار میوه و سبزی در فیلیپین و مناطق مشابه دیگر آسیا دارای تغییرات کمی و کیفی و غلظت بالای مواد آلی بوده و بنابراین تصفیه آن با چالش‌هایی روبه‌روست. بازار میوه و سبزی و مواد غذایی در شهر مونتین لوپا[1] واقع در جنوب کلانشهر مانیل یکی از بزرگترین بازارها در نوع خود است. در این بازار ۱۴۴۸ دکه ۲۴ ساعته در حال داد و ستد می‌باشد. فاضلاب تولیدی این مرکز دارای غلظت بالای آلودگی بوده و زمین برای تاسیسات تصفیه آن محدود است. با پشتیبانی موسسه توسعه بین‌المللی امریکای شمالی و مقامات محلی اقدام به طرح و اجرای تصفیه‌خانه فاضلاب گردید که در فوریه سال ۲۰۰۶ به بهره‌برداری رسید. تاسیسات علاوه بر فرایندهای تصفیه فاضلاب شامل تاسیسات تصفیه تکمیلی برای استفاده دوباره از آب برای فلاشینگ توالت‌ها، آبیاری فضای سبز و شستشوی گذرگاه‌ها می‌باشد.

ظرفیت و مصرف

غلظت بی‌او‌دی فاضلاب جمع‌آوری شده بیشتر از ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر بوده و از نظر جامدات معلق در کلاس فاضلاب‌های قوی قرار می‌گیرد. فاضلاب جمع‌آوری شده مخلوط فاضلاب توالت‌ها و دستشویی‌ها بعلاوه فاضلاب ناشی از شستشوی ماهی، گوشت، سبزیجات و غیره می‌باشد.

فرایندهای تصفیه همراه با نوآوری شامل واحدهای غیرهوازی، هوازی و فیلتراسیون پساب است، اما چون زمین تخصیص یافته برای تاسیسات خیلی کوچک بود قرار شد که تاسیسات با سطح حدود ۱۶۰ مترمربع در زیر بازار استقرار یابد. تاسیسات تصفیه پساب با ظرفیت ۲۱۰ مترمکعب در روز قرار

1. Muntinlupa

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

شد که حدود ۵۰ درصد آب غیرمتعارف تولیدی را به دریاچه موجود هدایت نماید و ۵۰ درصد آن هم مورد استفاده دوباره در بخش‌های پیش‌گفته قرارگیرد. تاسیسات مشابه مونتین‌لوپا در نقاط دیگر فیلیپین هم به اجرا در آمده و مورد استفاده است.

معیارهای کیفیت و صنعت تصفیه

صنعت مورد استفاده چه از نظر سرمایه‌گذاری و چه از نظر بهره‌برداری نسبت به لجن فعال بسیار ارزانتر است. فرایندها عبارت است از واحد غیرهوازی، راکتور غیرمستمر، فیلتراسیون دانه‌ای و در نهایت گندزدایی. در جدول شماره ۶-۱۳ استاندارد کیفی پساب‌ها در فیلیپین که می‌تواند به محیط‌های آبی تخلیه شود نشان داده شده است.

تامین سرمایه و مدیریت

پروژه در طی ۷ ماه و با هزینه ۱۳۰ هزار دلار امریکا به سرانجام رسید و هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری هم در حدود ۵۲۰ دلار در ماه می‌باشد و سود ناشی از کاهش مصرف آب متعارف عبارت است از ۲۸۶ دلار امریکا در ماه.

شورای شهر در زمینه حفظ محیط‌زیست اقدامات زیر را به عمل آورد:

- تدوین قوانین محیط‌زیستی و آیین‌نامه مربوط؛
- تدوین برنامه استفاده از دریاچه توسط ماهیگیران؛
- تدوین برنامه پایش و در نظر گرفتن جریمه‌های لازم.

دو کارشناس ناظر، عملیات را پایش می‌نماید و در صورت مشاهده مشکل، گزارش تهیه نموده و به تعاونی بازار تسلیم می‌نمایند. هر یک از دکه‌داران مبلغ ۱۰ سنت دلار در روز برای بهره‌برداری و نگهداری این طرح می‌پردازند و طبق گزارش موجود درامد حاصل علاوه بر تامین هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری، بازگشت سرمایه‌گذاری را نیز تامین نموده است.

توجهات سازمانی و فرهنگی

برای آگاهی عموم و تصمیم‌گیران نسبت به اهمیت استفاده دوباره از آب یک برنامه نمایشی تنظیم گردید. مقامات محلی بازار هم از فرصت استفاده نمودند و نشان دادند که چگونه می‌توان از پوست نارگیل

جدول شماره ۶-۱۳- **کیفیت پساب کلاس سی[1] در کشور فیلیپین**

ویژگی	واحد	کلاس سی
رنگ	پلاتین-کبالت	کمتر از ۱۵۰
دما (بیشترین افزایش دمای آب دریافت‌کننده)	سلسیوس	کمتر از ۳
پی اچ	-	۹-۶/۵
سی‌او‌دی	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۱۰۰
جامدات قابل ته‌نشینی (۱ ساعت)	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۰/۵
بی‌او‌دی ۵ روزه (در دمای ۲۰ درجه سلسیوس)	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۵۰
مجموع جامدات معلق	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۷۰
شوینده‌ها	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۵
روغن‌ها	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۵
فنل	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از ۰/۱
مجموع کلیفرم‌ها	ام‌پی‌ان در ۱۰۰ میلی‌لیتر	کمتر از ۱۰،۰۰۰

(DAO - 35 - 1990)

فیلترهایی ساخت که در فیلتراسیون فاضلاب مورد استفاده قرار گیرد و نمونه‌های نصب شده در دو مدرسه مورد بازدید قرار گرفت.

دستاوردها و موفقیت‌ها

این پروژه نشان داد که وجود انگیزه‌های مناسب همراه با تشخیص وجود منافع اقتصادی می‌تواند دولت‌های محلی را ترغیب نماید تا نسبت به حفاظت از محیط‌زیست اولویت قائل شوند. در این مورد باید گفت که گرچه سرمایه‌گذاری در این پروژه برای دولت محلی از اولویت برخوردار نبود اما با رشد آگاهی نسبت به محیط‌زیست و نشان دادن اینکه سرمایه به کار رفته قابل برگشت است دولت محلی با رضایت نسبت به تامین بودجه اقدامات لازم را انجام داد.

1. Class C

IRVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

۶-۱۶- سنگال- داکار- استفاده دوباره از آب در کشاورزی

گذشته طرح

گرچه شهر داکار در منطقه توسعه یافته و با شرایط آب و هوایی مطلوب است اما دارای اکوسیستم بسیار آسیب‌پذیر است (زمین‌های ماسه‌ای نفوذپذیر و با سفره آب زیرزمینی بالا). آب زیرزمینی نزدیک ساحل دریای این منطقه در خطر تغییر کیفیت قرار دارد. زیرا دو فرایند مخرب در حال انجام است:

- شور شدن آب به علت نفوذ آب دریا و انحلال نمک‌های خاک در آب،
- کاهش کیفیت آب به علت تخلیه خروجی مخزن‌های سپتیک و فعالیت‌های کشاورزی بطوری که افزایش نیترات و نمک‌های محلول در آن مشکل‌آفرین شده است.

کمبود آب با کیفیت مطلوب در اطراف شهر باعث گردیده که بومیان محل بیشتر از فاضلاب برای کشاورزی استفاده نمایند، بنابراین استفاده دوباره از آب باعث حفظ پایداری فعالیت‌های کشاورزی رو به توسعه منطقه می‌شود. کشاورزی در محدوده‌های شهری و اطراف آن برای اقتصاد و حیات شهر بسیار حیاتی است زیرا تامین‌کننده ۷۰ درصد سبزیجات تازه مورد نیاز شهر و اشتغال هزاران کارگر محلی می‌شود.

این روش استفاده از فاضلاب باعث تجمع نمک در خاک گردیده و در نهایت به آب زیرزمینی منطقه می‌رسد. بعلاوه آلودگی میکروبی محصولات، خاک و آب زیرزمینی و در نتیجه افزایش احتمال سرایت بیماری‌ها بین کشاورزان، متصدیان و مصرف‌کنندگان نیز از پیامدهای آن است.

منطق پروژه

هدف‌های اصلی طرح برای شفاف نمودن دو مطلب اساسی است:

- چگونه با بررسی نحوه انتقال بیماری‌زاها و تخم انگل‌ها توسط سبزیجات حاصل از آبیاری با فاضلاب می‌توان سلامت کشاورزان و خریداران را حفظ نمود،
- چگونه روش فعلی کشاورزی مانند آبیاری و کاربرد سموم آفت‌کش روی خاک و آب زیرزمینی اثرهای تخریبی دارد.

دستاورد اصلی این مطالعه تدوین دفترچه راهنما بود که برای برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران تهیه شد تا با توجه به توصیه‌های سازمان بهداشت جهانی سال (۲۰۰۶) بتوان عوامل بیماری‌زا را تا سقف ۶-۷ لاگ با اقدامات پیشگیرانه به شرح زیر زدایش نمود:

- تصفیه فاضلاب با هدف زدایش بیماری‌زا در حد ۳- ۴ لاگ؛
- مرگ و میر بیماری‌زاها بین آخرین آبیاری تا برداشت در حد ۳-۴ لاگ؛
- مرگ و میر بیماری‌زاها ناشی از شستشو در منازل در حد یک لاگ.

ظرفیت و نوع استفاده

منطقه اصلی استفاده از فاضلاب در کشاورزی در حوزه شهری داکار منطقه پیکین[1] است. از حدود ۵۰ هکتار اراضی کشاورزی تقریبا ۱۶ هکتار آن توسط فاضلاب خام آبیاری می‌شود. معمولا کشاورزان به کمک لوله‌های انتقال، فاضلاب خام را به چاه‌های دهان گشاد واقع در مزارع خود هدایت کرده و از آن برای آبیاری و تولید محصولاتی مانند کاهو استفاده می‌نمایند. اما بدلیل توسعه شبکه جمع‌آوری فاضلاب امکان استفاده از فاضلاب خام برای کشاورزی رو به کاهش گذاشته است.

کیفیت آب و صنعت تصفیه

قوانین مربوط به استفاده از فاضلاب در سنگال براساس توجهات بهداشتی است. چنانکه طبق قانون، تخلیه زباله و فاضلاب به زمین‌های کشاورزی تحت کشت محصولاتی که خام خورده می‌شود ممنوع است البته مشروط به اینکه بخش خوراکی آن در تماس با آلاینده‌ها در آید.

از ۳۰ روز قبل از برداشت محصول، کودهای حیوانی و آلی و محصولات کامپوست نباید به زمین داده شود. میوه‌جات و سبزیجات نباید به خاک و گل آلوده باشند و در صورت ضرورت شستن آن‌ها، آب مورد مصرف باید آب شرب باشد. این قانون که از دفترچه راهنمای سازمان بهداشت جهانی سال ۱۹۹۲ گرفته شده است در اجرا با مشکلاتی روبه‌رو است و بنابراین نیاز به بازنگری دارد.

در تجدیدنظر آخر تهیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی مخاطرات اپیدمیولوژیکی جایگزین معیارهای میکروبی فاضلاب شده است. با توجه به دفترچه راهنمای سازمان بهداشت جهانی برای سال ۲۰۰۶ عملکرد روش استفاده از ترکیب برکه‌ها نتایج مطلوب دارد. در ترکیب اول ابتدا ۴ برکه هر کدام با ظرفیت ۲ مترمکعب و به صورت سری در نظر گرفته می‌شود. پس از آن ۲ برکه تثبیت، یک برکه به صورت تالاب و یک برکه پر از شن قرار دارد. اما بطور کلی می‌توان گفت که پساب پس از برکه‌های تثبیت به نوعی وتلند و پس از آن به فیلتر درشت دانه هدایت می‌شود.

1. Pikine

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

توجهات سازمانی و فرهنگی

نوع مالکیت و اجاره‌بندی اراضی کشاورزی در محل بزرگترین مانع برای سرمایه‌گذاری به منظور بهبود و توسعه آن می‌باشد. در حالیکه یک سری مقررات برای حفاظت کشاورزان به منظور دسترسی به زمین مورد کشت وجود دارد اما نبود قوانین شفاف مشکل اصلی است. در نتیجه قطعات زمین مزارع تبدیل به فضاهای مسکونی می‌شود و بنابراین کشاورزان نسبت به سرمایه‌گذاری درازمدت تردید نشان می‌دهند.

در شرایط فعلی کشاورزان بدلیل نبود شفافیت قوانین، هم در کاربرد فاضلاب برای کشاورزی احساس امنیت نمی‌کنند زیرا نگران این هستند که محصول آن‌ها طبق قانون مورد فروش قرار نگیرد و یا زمین‌ها را برای خانه‌سازی از دست بدهند بنابراین مقامات بهداشتی لازم است با ابزار قانونی به این نگرانی‌ها و ابهام‌ها پایان دهند.

موفقیت‌ها و دستاوردها

با بکار بستن توصیه سال ۲۰۰۶ سازمان بهداشت جهانی دستاوردهای زیر محسوس است.

- تصفیه فاضلاب با لاگون سه مرحله‌ای نشان از زدایش تمام پارازیت‌ها و ۳-۴ لاگ ای‌کلای دارد.
- در صورت حفظ زمان ماند دو روز بین آخرین آبیاری با فاضلاب و برداشت محصول کاهو نشان از زدایش ۷۷ درصد تخم کرم‌های حلقوی و یک لاگ ای‌کلای دارد.
- در بین کشاورزان استفاده‌کننده از ماسک، دستکش و چکمه تنها ۲۶ درصد دارای عفونت انگلی کرم‌های حلقوی بودند و این رقم برای کشاورزانی که از وسایل پیش‌گفته استفاده نمی‌کردند ۵۰ درصد می‌باشد.

۶-۱۷- سنگاپور- آب جدید[1] - استفاده دوباره از آب در صنعت و بخش شهری

گذشته طرح یا منطق آن

سنگاپور جزیره‌ای با وسعت ۷۰۰ کیلومتر مربع و با جمعیت ۵ میلیون نفر است که از منابع آب زیرزمینی محروم بوده و بخشی از آب مورد نیاز خود را از بارش‌ها تامین و بخشی را هم از مالزی وارد می‌نماید. هر دو منبع آب مورد بحث دستخوش تغییرات طبیعی بوده و بنابراین کشور سنگاپور از نظر آب آسیب‌پذیر بوده و با مشکل روبه‌روست، در نتیجه برای تامین منابع پایدار آب و به منظور پاسخگویی به نیازهای فزاینده آینده چهار منبع تامین آب را مورد توجه قرار داده است که عبارتند از:

- واردات آب از مالزی؛
- آب حاصل از بارش‌ها در حوزه‌ها؛
- آب جدید (همان فاضلاب‌های تصفیه شده)؛
- آب حاصل از صنایع نمک‌زدایی از آب‌های لب‌شور و شور.

آب جدید، آبی است با کیفیت بسیار خوب در حد شرب که در جریان استفاده دوباره، برای حفظ پایداری منابع آب کشور قرار دارد.

ظرفیت و استفاده

آب جدید که در تصفیه‌خانه‌های مربوط تولید می‌شود در شرایط فعلی حدود ۵۵۵ هزار مترمکعب در روز می‌باشد که در نهایت به حدود ۸۷۳ هزار متر مکعب در روز خواهد رسید. چون این آب بسیار خالص است در بخش صنایع مانند الکترونیک کاربرد دارد و بعلاوه برای مصرف‌های غیرشرب هم جای خود را باز نموده است.

فضاهای تجارتی و صنعتی و تاسیسات تهویه مطبوع هم از مصرف‌کنندگان این آب هستند. بعلاوه طبق برنامه از آن برای مصرف‌های غیرمستقیم شرب هم استفاده می‌شود. بدین ترتیب که آب جدید با آب خام متعارف مخلوط شده و مورد تصفیه برای شرب قرار می‌گیرد. در حال حاضر در حدود ۲/۵ درصد آب مورد نیاز شرب از آب جدید تامین می‌شود.

صنعت تصفیه و استاندارد آن

منشاء آب جدید فاضلاب‌های شهری است. بدین ترتیب که پساب تصفیه‌خانه فاضلاب به کمک فرایندهای ممبرانی، پرتو فرابنفش و گندزدایی در حدی خالص می‌شود که نوشیدن آن مخاطره‌انگیز نیست. کیفیت این آب با استانداردهای حفاظت محیط زیست امریکا و استانداردهای سازمان بهداشت جهانی تطابق دارد.

مدیریت طرح

برای اطمینان به اینکه آب جدید برای استفاده غیرمستقیم شرب دارای ویژگی‌های لازم است در طراحی

1. New Water

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

عملیات نگهداری و بهره‌برداری از آن‌ها و پایش کیفیت آب تولیدی تمهیدات ایمنی چندی انتخاب و نسبت به انجام آن‌ها دقت کافی به عمل می‌آید. این روش کار دو بار در سال مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و تیم ارزیابی‌کننده متشکل از دو کارشناس از بخش تصفیه تکمیلی، پنج کارشناس سرشناس بین‌المللی از خارج از کشور و تیم ارزیابی‌کننده داخلی است.

گام‌های اساسی در پایش عملیات به قرار زیر است:

- نظارت بر تخلیه فاضلاب‌های صنایع تا اطمینان حاصل شود که تاسیسات تولید آب غیرمتعارف می‌تواند خوب عمل نماید؛
- بیشتر از ۸۵ درصد فاضلاب‌های جمع‌آوری شده فاضلاب‌های شهری هستند بنابراین اختلاط دو نوع فاضلاب انجام می‌گیرد؛
- تصفیه ثانویه فاضلاب در حدی انجام می‌گیرد که مشکلاتی برای مراحل بعدی ایجاد ننماید؛
- استفاده از میکروفیلتر، اولترافیلتر، اسمزمعکوس و پرتو فرابنفش فرایندهای مورد استفاده برای تصفیه تکمیلی و پیشرفته پساب تولیدی است؛
- حفظ ماندگاری این آب در مخازن آب‌های سطحی؛
- استفاده از فرایندهای تصفیه متعارف شامل انعقاد، فیلتراسیون و گندزدایی برای تولید آب شرب.

تمام مراحل تصفیه به کمک نمونه‌برداری و آزمایش مورد پایش مستمر قرار دارد تا اطمینان حاصل شود که آب جدید برای مصرف غیرمستقیم شرب و مصرف‌های مستقیم غیرشرب مناسب می‌باشد. کار نمونه‌برداری شامل آزمایش‌های فیزیکی، شیمیایی و باکتریولوژیکی است و در حدود ۳۰۰ ویژگی آب پایش می‌شود حتی آلاینده‌های جدیدی که در جدول‌های سازمان حفاظت محیط زیست امریکاست نادیده گرفته نمی‌شود.

کیفیت آب جدید

از زمان بهره‌برداری اولین تاسیسات ممبرانی به صورت پایلوت در سال ۲۰۰۰ تاکنون تمام آزمایش‌های نمونه‌های مخلوط[1] و آزمایش‌های در خط[2] حاکی از آن است که آب جدید دارای ویژگی‌های استاندارد آب شرب است. حتی زمانی که عمر ممبران‌ها از مرز ۵ سال گذشته بود وضعیت همچنان مطلوب است.

1. Grab
2. Online

توجهات سازمانی و فرهنگی

مسئله اصلی قضیه آب جدید، پذیرش عموم است. این موفقیت حاصل انجام برنامه‌های آموزش همگانی بطور وسیع و طولانی‌مدت بود. چنانکه قبل از اجرای پروژه آب جدید برنامه آشنا کردن رهبران جامعه شامل جوامع دولتی و بخش خصوصی به طرح برنامه‌ریزی گردید. همچنین از رسانه‌های همگانی اروپا و امریکا دعوت شد تا از محل‌های استفاده دوباره بازدید نمایند. از طریق تلویزیون ملی مستندات تجربه‌های استفاده دوباره از آب کشورهای دیگر و آب جدید هم به نمایش گذاشته شد.

موفقیت‌ها و دستاوردها

آب جدید حاصل سال‌ها سرمایه‌گذاری در تاسیسات زیربنایی و تحقیق روی صنایع آب است. کشورهای علاقمند به طرح‌های استفاده دوباره از آب در سطح شهرداری‌ها و شهرها لازم است دارای تاسیسات جامع آب و فاضلاب اجرا شده باشند تا استفاده دوباره ممکن شود.

موفقیت این نوع طرح‌ها در گرو پذیرش همگان است و بیان مطالب پیچیده علمی به زبان ساده برای عموم بسیار اهمیت دارد در این طرح برای حفظ پشتیبانی جامعه مرکز روابط عمومی با نام مرکز بازدیدکنندگان در اول سال ۲۰۰۳ تشکیل گردید تا تاسیسات و صنعت مورد استفاده برای تولید آب جدید مورد بازدید، اظهارنظر و پذیرش قرار گیرد.

۶-۱۸- ایالات متحد آمریکا- کالیفرنیا (واندرلنز[1])- تقویت منابع آب خام شرب

گذشته طرح یا منطق آن

سازمان جایگزینی آب منطقه کالیفرنیای جنوبی[2] برای هدف‌های زیر در سال ۱۹۵۹ تاسیس و تجهیز گردید.

- مدیریت منابع آب زیرزمینی حوزه‌های سواحل مرکزی و غربی برای تامین آب مورد نیاز؛
- جلوگیری از آلودگی آب این حوزه‌ها؛
- جلوگیری از نفوذ آب شور دریا به منابع آب زیرزمینی منطقه.

1. Vander Lans
2. Water Replacement District (WRD)

IHARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

این سازمان از دو منبع دیگر، آب غیرمتعارف وارد نموده و پس از اعمال فرایندهای تصفیه تحت نام فرایندهای پیشرفته منابع آب زیرزمینی خود را تقویت می‌نماید.

ظرفیت و انواع استفاده دوباره

سازمان پیش‌گفته تصفیه‌خانه آب لئوجی‌واندرلنز[1] را با ظرفیت ۱۳۰ لیتر در ثانیه در سال ۲۰۰۵ احداث نمود که برای ظرفیت نهایی ۳۵۰ لیتر در ثانیه در حال توسعه می‌باشد. در حال حاضر این سازمان آبی با کیفیت آب غیرمتعارف از تاسیسات تصفیه تکمیلی فاضلاب لانگ بیچ[2] شامل فاضلاب بخشی از محدوده شهر لس‌انجلس[3] وارد می‌نماید و در نظر دارد آب غیرمتعارف تاسیسات تصفیه فاضلاب تکمیلی لس‌کویوتس[4] بخش دیگری از فاضلاب لس‌انجلس را نیز به تصفیه‌خانه آب پیش‌گفته انتقال دهد تا به ظرفیت نهایی برسد.

آب غیرمتعارف تصفیه شده در تصفیه‌خانه آب پیش‌گفته با آب شرب وارداتی مخلوط شده و به منبع آب زیرزمینی آلامیتوس[5] برای ایجاد یک سد آبی به منظور جلوگیری از نفوذ آب شور تزریق می‌شود و در نتیجه امید می‌رود که از واردات آب بی‌نیاز گردد.

کیفیت آب و صنعت تصفیه

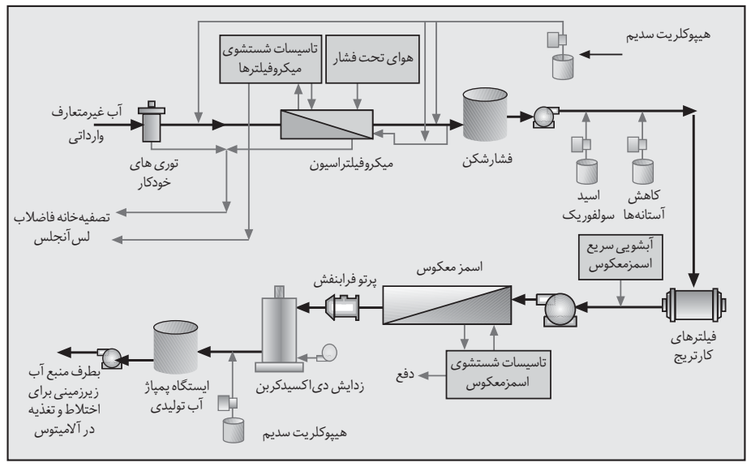
کیفیت دو آب غیرمتعارف وارداتی از لس‌انجلس به عنوان آب خام تصفیه‌خانه و آب خروجی از تاسیسات تصفیه شهر در جدول شماره ۶-۱۴ و فرایندهای تصفیه دو آب نیز در شکل ۶-۴ ارائه شده است.

تاسیسات میکروفیلتر

تاسیسات میکروفیلترهای موجود که قرار است برای تولید ۳۷۰ لیتر در ثانیه توسعه پیدا نماید شامل هشت مجموعه[6] که هر مجموعه دارای ۱۰۰ مدول با فلاکس ۵۸ لیتر در ساعت در مترمربع و با بازیافت حدود ۹۵ درصد خواهد بود. در حالیکه روزانه میکروفیلترها تمیز می‌شوند، ماهی یکبار هم در محل طبق دستور عمل مورد شستشو قرار می‌گیرند. ۵۰ درصد میکروفیلترهای موجود برای فیلتراسیون آب بکواش[7] میکروفیلترهای جدید در نظر گرفته می‌شوند و فیلترهای دیگر به سایت جدید منتقل خواهند شد.

1. Leo J. Vander Lans
2. Long Beach Water Reclamation Plant
3. Los Angeles
4. Los Coyotes
5. Alamitos
6. Racks
7. Backwash

شکل شماره ۶-۴- دیاگرام فرایندهای تصفیه آب غیرمتعارف وارداتی در شهر واندرلنز



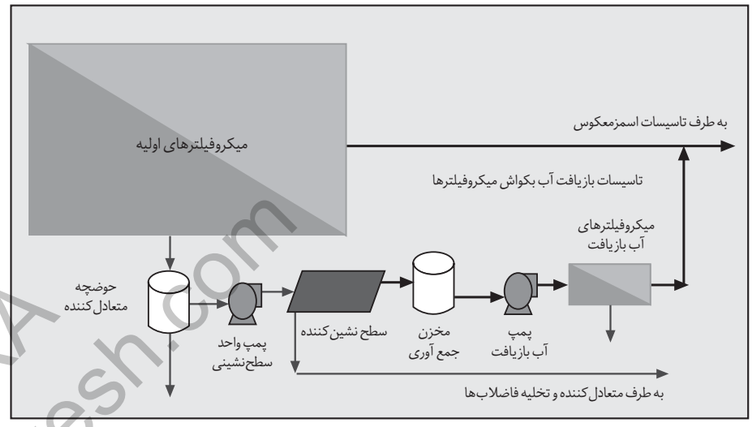
جدول شماره ۶-۱۴- کیفیت سه آب غیرمتعارف مورد بحث طرح در سال ۲۰۱۰

ویژگی	آب غیرمتعارف وارداتی (خام)		آب تولیدی
	تاسیسات آب غیرمتعارف لانگ بیچ	تاسیسات آب غیرمتعارف لاس کویوتس	تاسیسات تصفیه آب لئوجی واندر لنز
مجموع مواد آلی کربن دار[1] (میلی‌گرم در لیتر)	۶/۷	۷/۵	۰/۴۴
کدورت (ان‌تی‌یو)	۰/۴۸	۰/۵	۰/۰۷
مجموع نمک‌های محلول (میلی‌گرم در لیتر)	۷۰۳	۷۸۷	۸۳
پی‌اچ	۷/۹	۷/۹	۸/۱۲
نیتروژن کل (میلی‌گرم در لیتر برحسب N)	۹	۹/۳	۲/۰۵
نیترات (میلی‌گرم در لیتر برحسب N)	۶	۵/۳	۱/۷۴
آمونیوم (میلی‌گرم در لیتر)	۱/۵	۲	۰/۲۲
ان نیتروسودی‌متیل آمین[2] (نانوگرم در لیتر)	۲۹۱	۲۹۶	۴/۹
۱و ۴ دیوکسین[3] (میکروگرم در لیتر)		۲/۵۵	اطلاعاتی در دست نیست

1. TOC
2. N-nitrosodimethylamin
3. 1,4 Dioxane

NARVAN
https://mehrabpooyesh.com

شکل شماره ۶-۵- واحدهای فرایندی و هیدرولیکی تصفیه آب حاصل از شستشوی میکروفیلترها



تصفیه آب بکواش میکروفیلترها

آب حاصل از بکواش میکروفیلترها طبق شکل شماره ۶-۵ به کمک سطح‌نشینی[1] و میکروفیلتر مورد تصفیه قرار گرفته حال این آب تولیدی به تاسیسات ورودی اسمز معکوس هدایت می‌شود.

اسمزمعکوس

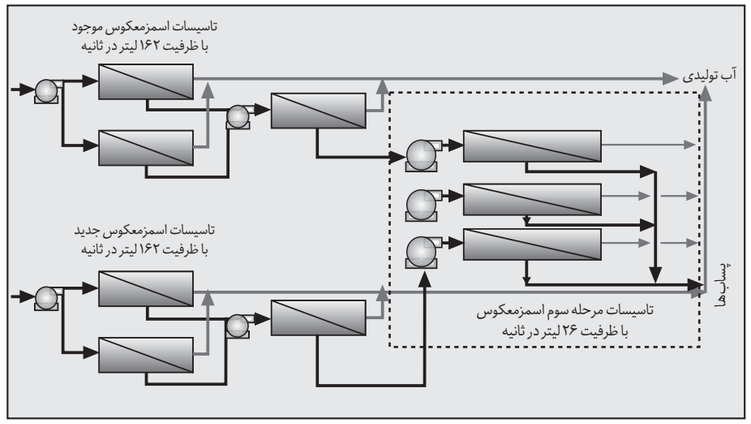
تاسیسات اسمزمعکوس دو مرحله‌ای برای ظرفیت ۳۵۰ لیتر در ثانیه توسعه پیدا خواهد نمود و فلاکس مورد نظر ۲۰/۳ لیتر در ساعت در مترمربع خواهد بود و ضمنا یک مرحله دیگر به اسمزمعکوس اضافه خواهد شد تا درصد بازیافت به ۹۲ برسد. شکل شماره ۶-۶ دیاگرام تاسیسات اسمزمعکوس را نشان می‌دهد.

تاسیسات پرتو فرابنفش

در این مرحله از توسعه، تاسیسات جدید تولید و کاربرد پرتو فرابنفش برای ظرفیت نهایی ۳۵۰ لیتر در ثانیه در نظر گرفته شده است. بنابراین لاگ زدایش برای ان‌نیتروسودی‌متیل‌آمین به حدود ۲ و زدایش دیوکسین به حدود ۰/۵ می‌رسد.

1. Dissolved Air Flotation

شکل شماره ۶-۶- تاسیسات سه مرحله‌ای اسمزمعکوس



متعلقات

آب تولیدی توسط الکتروپمپ‌ها به منظور تزریق به منطقه‌ای هدایت می‌شود که یک سد آب در مقابل نفوذ آب دریا ایجاد شود. به آب کلرورکلسیم و هیدروکسیدسدیم برای پایداری و اصلاح پی‌اچ آن اضافه می‌شود. در آب مورد تزریق باید کلرو آمین باقی‌مانده حضور داشته باشد. فاضلاب‌های تصفیه‌خانه و پساب اسمزمعکوس به شبکه اصلی جمع‌آوری فاضلاب هدایت شده که پس از تصفیه به دریا تخلیه می‌شود.

تامین سرمایه و مدیریت

دولت فدرال و مقامات کالیفرنیا به پروژه کمک مالی نمودند تا تاسیسات تصفیه‌خانه آب ساخته شود و البته سازمان هم با گرفتن وام کار را به اتمام رسانید. بهره‌برداری از تصفیه‌خانه هم به اداره آب لانگ بیچ طبق قراردادی واگذار گردید. همان‌طور که گفته شد آب خام ورودی همان آب غیرمتعارف است که در جدول شماره ۶-۱۴ نشان داده شده است.

توجهات فرهنگی و سازمانی

ویژگی‌های توسعه شبیه تاسیسات موجود و ظرفیت آن حدود ۳۴ لیتر در ثانیه است. تصفیه‌خانه آب هم برای تولید ۲۲۰ لیتر در ثانیه گسترش می‌یابد بدون اینکه فاضلاب بیشتری تولید شود و به همین جهت آب

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

بکواش میکروفیلترها مورد تصفیه قرار می‌گیرد و مرحله سوم اسمزمعکوس هم به تاسیسات اضافه می‌شود.

دستاوردها

تصفیه‌خانه آب شهر واندرلنز اولین تصفیه‌خانه برای استفاده دوباره غیرمستقیم شرب در کالیفرنیا است و در آن زدایش ان‌نیتروسودی‌متیل‌آمین هم پیش‌بینی شده است و شاید نخستین پروژه از این دست باشد. بنابراین در حالیکه از نفوذ آب شور جلوگیری، از آن به عنوان آب خام شرب بهره‌گیری می‌شود.

۶-۱۹- ایالات متحد امریکا- میامی- تغذیه منابع آب خام شرب (زیرزمینی)

گذشته طرح یا منطق آن

اداره آب و فاضلاب میامی جمعیتی در حدود ۲/۲ میلیون نفر را تحت پوشش دارد و دارای سه تصفیه‌خانه آب است که ۹۰ درصد آب مورد نیاز را تامین می‌نماید. رشد سریع جمعیت، خشکسالی و ضرورت توسعه و حفظ مرداب‌های منطقه باعث گردید که برای تامین آب فشار فزاینده‌ای روی منابع آب زیرزمینی وارد شود و بدلیل ایجاد محدودیت آبگیری از منابع آب زیرزمینی جستجو برای یافتن منابع جدید آب ضروری گردید. بنابراین اداره پیش‌گفته اقداماتی از قبیل تغذیه مصنوعی و ذخیره آب در منابع زیرزمینی و برداشت دوباره را به مرحله اجرا در آورد. طرح‌هایی مانند نمک‌زدایی از آب‌های لب‌شور و اختلاط با آب متعارف هم در همین راستا بودند. از دیگر طرح‌ها می‌توان به استفاده غیرمستقیم شرب از آب غیرمتعارف حاصل از تصفیه فاضلاب اشاره نمود.

ظرفیت و نوع مصرف

تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب منطقه[1] در حقیقت با تصفیه تکمیلی پساب و تصفیه پیشرفته آن، آب با کیفیت شرب تولید می‌نماید. ظرفیت این تصفیه‌خانه ۹۲۰ لیتر در ثانیه است. آب غیرمتعارف تولیدی در فاصله حدود ۹/۶ کیلومتری تصفیه‌خانه به منبع آب زیرزمینی تزریق می‌شود که منبع آب خام شرب منطقه است. در این تغذیه از ۷ چاه تزریق استفاده می‌شود آب تغذیه شده معادل ۸۱۵ لیتر در ثانیه آب خام تصفیه‌خانه جنوب میامی را که از حوزه برداشت می‌شود تامین می‌نماید.

1. South District Water Reclamation Plant

جدول شماره ۶-۱۵- ویژگی‌های کیفی لازم آب غیرمتعارف مورد نیاز برای استفاده غیرمستقیم شرب

ویژگی	حفاظت محیط‌زیست (میلی‌گرم در لیتر)	مدیریت منابع منطقه[1] (میلی‌گرم در لیتر)
مجموع مواد آلی کربن‌دار	۳	تعریف نشده
مجموع نمک‌های محلول	۵۰۰	۵۰۰
نیتروژن کل	۱۰	تعریف نشده
آمونیوم	تعریف نشده	۰/۵
فسفات	تعریف نشده	تعریف نشده
ان‌دی‌ام‌ای[2]	تعریف نشده	تعریف نشده

استاندارد کیفیت آب و صنعت تصفیه

نهاد حفاظت از محیط‌زیست در فلوریدا دارای حقوق قانونی برای نظارت بر عملیات تاسیسات تولید آب غیرمتعارف است و برای این عملیات مقرراتی نیز تدوین نموده است. در جدول شماره ۶- ۱۵ ویژگی‌های لازم آب غیرمتعارف نشان داده شده است.

شکل شماره ۶-۷ دیاگرام فرایندهای تصفیه پیشرفته پساب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب میامی را نشان می‌دهد. عملکرد فرایندهای مورد استفاده قبلا در اورنج‌کانتی کالیفرنیا[3] در حد مطلوب بوده است. طبق شکل از میکروفیلتر، اسمزمعکوس و پرتو فرابنفش همراه با آب اکسیژنه[4] استفاده می‌شود.

خروجی اسمزمعکوس به کمک واحد تبادل یونی انتخابی زدایش نیتروژن می‌شود. معیارهای اساسی طراحی در جدول شماره ۶-۱۶ ارائه شده است. آب حاصل از بکواش میکروفیلترها به تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب منطقه هدایت می‌شود و پساب واحدهای اسمزمعکوس از طریق چاه‌های عمیق به زمین دفع می‌گردد.

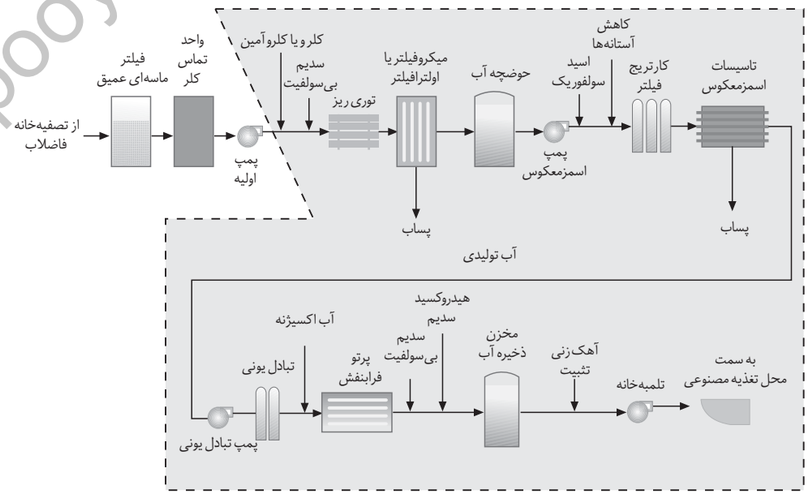
1. Department of Environmental Resources Management
2. N-nitrosodimethylamin
3. Orange County Water District
4. UV-AOP

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

جدول شماره ۶-۱۶- معیارهای اصلی تصفیه‌خانه جنوب میامی (تصفیه پیشرفته)

تاسیسات	تعداد ردیف‌ها[1]	ظرفیت هر ردیف (مترمکعب در روز)	توجهات
میکروفیلتر	۱۳+۱	۷۲۰۰	۹۴ درصد بازیافت
اسمزمعکوس	۴+۱	۲۰،۰۰۰	۸۵ درصد بازیافت - ۳ مرحله ای
تبادل یونی	۱۲+۲	۶۶۰۰	دارای تاسیسات احیا
پرتو فرابنفش - اکسیداسیون پیشرفته	۴+۱	۲۰،۰۰۰	۹۷ درصد یووی تی (درجه شفافیت[2])

شکل شماره ۶-۷- دیاگرام فرایندهای تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب میامی



1. Trains
2. UVT- U.V.Transmittance

جدول شماره ۶-۱۷- هزینه‌های تقریبی بخش‌های طرح تصفیه خانه جنوب میامی

فازها	قرارداد	هزینه - دلار
A	میکروفیلتر	۱۳،۴۰۰،۰۰۰
B	پرتو فرابنفش	۴،۱۰۰،۰۰۰
C	محوطه‌سازی / کارهای ساختمانی	۱۸،۸۰۰،۰۰۰
D	لوله‌گذاری خارج از محوطه	۲۳،۰۰۰،۰۰۰
E	تاسیسات تصفیه پیشرفته	۱۹،۵۱۰۰،۰۰۰
F	عملیات تزریق به زمین	۱،۷۰۰،۰۰۰

تامین سرمایه و مدیریت

هزینه اجرای تاسیسات تولید آب غیرمتعارف ۳۵۷ میلیون دلار امریکا است که از طریق اوراق مشارکت تامین می‌شود. جزئیات هزینه‌ها در جدول شماره ۶-۱۷ ارائه شده است.

توجهات سازمانی و فرهنگی

مزایای ایجاد تاسیسات تولید آب غیرمتعارف به شرح زیر است:

- طرحی است پایدار و قابل اعتماد برای تولید آب در محل؛
- استفاده دوباره از آبی است که قبلا از طریق چاه دفع می‌گردید.

روابط عمومی آب و فاضلاب شهر میامی برای طرح تولید آب غیرمتعارف به منظور استفاده غیرمستقیم شرب یک استراتژی ۲۰ ساله برای ایجاد ارتباط با عموم تدوین نموده است.

موفقیت‌ها و دستاوردها

بدلیل بروز رکود اقتصادی و کاهش نیاز به آب، تامین بودجه و هزینه‌ها و تغییر مقررات محیط‌زیستی باعث گردیده که اداره آب و فاضلاب میامی در مورد تکمیل تاسیسات پیش‌گفته بازنگری‌هایی انجام دهد. گزینه استفاده از آب لب‌شور زیرزمینی منطقه و فراموش نمودن ایجاد تصفیه‌خانه پیشرفته و کاهش هزینه‌ها مورد توجه قرار گرفته است. به هر حال کاهش نرخ رشد اقتصادی باعث کاسته شدن مصرف‌ها شده است بنابراین اجرای پروژه می‌تواند تا فراهم آمدن شرایط لازم به تعویق بیافتد.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

۶-۲۰- ایالات متحد امریکا- اورنج‌کانتی- تصفیه و جایگزینی

گذشته طرح یا منطق آن

برای ده‌ها سال منطقه اورنج‌کانتی واقع در منطقه نیمه خشک کالیفرنیا از نظر تامین آب به شمال کالیفرنیا و رودخانه کلرادو وابسته بود اما به علت مشکلات محیط‌زیستی و بروز خشکسالی‌های چندین ساله تامین آب از منابع پیش‌گفته علاوه بر افزایش هزینه‌ها با محدودیت‌هایی هم روبه‌رو گردید.

جمعیت منطقه اورنج‌کانتی تا سال ۲۰۲۰ به حدود ۳۰۰ هزار نفر می‌رسد و با کمبود آب روبه‌رو خواهد شد و اهمیت استفاده دوباره از آب مورد توجه قرار گرفته است. در سال‌های ۱۹۹۰ شرکت آب اورنج‌کانتی با همکاری اداره بهسازی محیط (شرکت فاضلاب) منطقه کوشش مشترکی را ساماندهی نمودند تا منبع آب پایداری را تعریف نمایند. این طرح به نام تصفیه و جایگزینی شناخته می‌شود که در سال ۲۰۰۸ به مرحله تولید آب رسید.

شرکت آب اورنج‌کانتی در طی سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۴ پروژه‌ای را که با نام دبلیو اف ۲۱[1] شناخته می‌شود و در نوع خود از اولین‌ها می‌باشد به اجرا در آورده بود در این طرح از آب منطقه حائل بین آب دریا و آب زیرزمینی منطقه استفاده می‌نمود که دارای ظرفیت ۹۶۰ لیتر در ثانیه است.

در طرح تصفیه و جایگزینی آب، میزان مصرف انرژی حدود ۳۰ درصد کمتر از طرح انتقال آب از کارولینای شمالی است و یک سوم تولید آب با روش نمک‌زدایی است. شرکت آب اورنج‌کانتی در حالیکه توسط این طرح، آب مورد نیاز ۶۰۰ هزار نفر را تهیه می‌نماید از انرژی صرفه‌جویی شده می‌تواند نیاز ۲۱ هزار واحد مسکونی را از نظر برق تامین نماید. از دستاوردهای دیگر این طرح حذف اجرای تاسیسات تخلیه فاضلاب به دریا و در عوض تولید آب جدید است.

ظرفیت و استفاده

تاسیسات تصفیه و جایگزینی پیش‌گفته از بزرگترین تاسیسات تصفیه فاضلاب در نوع خود است که ۳۰۷۰ لیتر در ثانیه آب غیرمتعارف برای مصرف غیرمستقیم شرب تولید می‌نماید.

این تاسیسات پیشاهنگ و مبتکرانه، ترکیب‌های دارویی، حشره‌کش‌ها و آلاینده‌های دیگر موجود در آب را قبل از هدایت به لایه‌های زیرزمین از آب زدایش می‌نماید و سپس با استفاده از فرایندهای فیلتراسیون و تصفیه توسط زمین آن را جایگزین آب خام مورد استفاده برای شرب می‌نماید.

فرایندهای اصلی تصفیه آب غیرمتعارف عبارتند از میکروفیلتر، اسمزمعکوس و اکسیداسیون پیشرفته مشتمل بر پرتو فرابنفش و آب اکسیژنه که در شکل‌های شماره ۶-۸، ۶-۹ و ۶-۱۰ نشان داده شده است. تاسیسات ممکن است برای ظرفیت ۵۷۰۰ لیتر در ثانیه توسعه پیدا نماید. بنابراین زدایش آلاینده‌ها و تولید آب نسبتا خالص و تخلیه آن به لایه‌های زمین قبل از رسیدن آن به منابع آب خام مصرف‌های شرب از هدف‌های تصفیه آن است.

کیفیت آب و صنعت

در شروع بهره‌برداری از تصفیه‌خانه پایش کیفیت آب تولیدی بخش مهم لازم برای دریافت مصوبه توسط سازمان کنترل کیفیت آب منطقه‌ای بود. بعلاوه تصویب اداره بهداشت عمومی کالیفرنیا ضروری بود که با همکاری سازمان انجام گرفت. در فرایند کار تصویب بررسی کیفیت آب تصفیه‌خانه نیز ضروری تشخیص داده شد. پایش کیفیت آب تولیدی بخش اساسی در بهره‌برداری از تصفیه‌خانه می‌باشد. در بهره‌برداری دو سال اول (۲۰۰۶- ۲۰۰۸) ویژگی‌های زیر مورد پایش قرار گرفت که همیشه زیر حد مجاز استاندارد دولت فدرال و ایالتی قرار داشت. فلزات سنگین، آلومینیوم، کروم، آلاینده‌های آلی، ازت، فسفر، ان نیتروسودی متیل آمین، ۱و۴ دیوکسین، شاخص‌های میکروبی و غلظت ترکیب‌های دیگری چون داروهای مصرفی مردم و ترکیب‌های بهداشتی مانند ایبوپروفن[1]، بیسفنول‌آ[2] و تحریک‌کننده‌های غدد مترشحه داخلی (هورمون‌ها) نیز همیشه و بطور مستمر تا سال ۲۰۰۸ کمتر از حد تشخیص بودند. تقریبا همین نتایج در سال ۲۰۰۹ هم به دست آمد. کیفیت آب تولیدی تاسیسات تصفیه و جایگزینی بطور مرتب پایش شده و نتایج بطور فصلی تدوین و در گزارش سالانه طبق آیین‌نامه موجود مستندسازی می‌شود. یک گروه کاری متخصص و مستقل که توسط موسسه ملی تحقیقات آب انتخاب شده است هر ساله عملکرد تصفیه‌خانه را مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌دهد.

تامین سرمایه و مدیریت

هزینه اجرای طرح ۴۸۰/۹ میلیون دلار بود که شرکت آب اورنج‌کانتی مبلغ ۹۲ میلیون دلار آن را از

1. WF21

1. Ibuprofen
2. Bisphenol-A

NARVANA
https://mehrabpooyesh.com

شکل شماره ۶-۸-
تاسیسات میکروفیلتر
آب غیرمتعارف- اورنج‌کانتی

شکل شماره ۶-۹-
تاسیسات اسمزمعکوس
آب غیرمتعارف- اورنج‌کانتی

شکل شماره ۶-۱۰-
تاسیسات پرتو فرابنفش
آب غیرمتعارف- اورنج‌کانتی

کمک‌های دولت فدرال و ایالتی دریافت نمود و ۱۹۶ میلیون دلار هم توسط شرکت آب منطقه‌ای و اداره بهسازی محیط (شرکت فاضلاب) به صورت وام بلندمدت و بقیه آن نیز از طریق وام ایالتی تامین گردید که پرداخت سالانه آن ۱۱/۵ میلیون دلار است.

بازپرداخت وام‌ها و هزینه‌های بهره‌برداری هم توسط شرکت آب اورنج‌کانتی تضمین گردید. هزینه‌های بهره‌برداری سالانه، بدون محاسبه خدمات بانکی، حدود ۲۸/۵ میلیون دلار شامل برق، ترکیب‌های شیمیایی، نیروی انسانی و تعمیرات است. بعلاوه آب منطقه‌ای کلانشهر جنوب کالیفرنیا سالانه و به مدت ۱۲ سال مبلغ ۷/۵ میلیون دلار به صورت یارانه به پروژه می‌پردازد.

درامد شرکت آب اورنج‌کانتی از سه منبع می‌باشد از هزینه‌های پمپاژ برای جایگزینی از طریق فروش آب به مشترکین، درصدی از مالیات بر دارایی‌ها و بالاخره درامد حاصل از سرمایه‌گذاری‌ها.

براوردها نشان می‌دهد که هزینه تمام شده ۲۵ سنت دلار برای هر مترمکعب آب است که در مقایسه با ۶۱ سنت دلار برای هر مترمکعب واردات آب طرحی ارزانتر است. شرکت آب اورنج‌کانتی برای تامین آب مورد نیاز از سه منبع بهره‌برداری می‌نماید که عبارتند از آب رودخانه سانتاانا، آب استخراج شده از پروژه تصفیه و جایگزینی و بالاخره آب وارداتی. آب استخراجی از طرح مورد بحث ارزانتر از آب تصفیه شده وارداتی است اما با کیفیت بهتر و فارغ از تغییرات ناشی از بارش ها و بنابراین قابل اعتمادتر.

توجهات سازمانی و فرهنگی

پروژه تصفیه و جایگزینی آب مورد بحث حاصل همکاری و تفاهم طولانی مدت دو سازمان پیش‌گفته است که شروع آن با پروژه دبلیواف۲۱ در سال ۱۹۷۰ می‌باشد.

در دهه ۱۹۹۰ اداره بهسازی محیط (شرکت فاضلاب) درگیر مطالعه برای ایجاد لوله دوم تخلیه فاضلاب به دریا به مبلغ ۲۰۰ میلیون دلار بود و هم زمان شرکت آب اورنج‌کانتی با مشکل نفوذ آب دریا به منابع آب زیرزمینی نزدیک ساحل روبه‌رو بود و در اندیشه توسعه طرح پیش‌گفته از ۹۶۰ لیتر به ۱۵۳۰ لیتر در ثانیه بود.

اداره بهسازی محیط موافقت نمود که میزان ۴۲۰۰ لیتر در ثانیه فاضلاب تصفیه شده را بطور رایگان تحویل شرکت آب اورنج‌کانتی نماید و متعهد گردید که علاوه بر آن نسبت به تصفیه بیشتر برای زدایش آلاینده‌های خطرناک نیز جدی‌تر عمل نماید. هر دو سازمان موافقت نمودند در هزینه ۴۸۱ میلیون دلار تغذیه مصنوعی، تصفیه و جایگزینی مشارکت نمایند. این تصمیم استفاده غیرمستقیم شرب از آب

NARVANARRA
https://mehrabpooyeh.com

غیرمتعارف مورد بحث هم زمان در سن‌دیگو با مشکلاتی روبه‌رو بوده بنابراین می‌توان گفت که تصمیم آب منطقه‌ای اورنج‌کانتی با ریسک‌هایی همراه بود.

کسب رضایت برای همکاری دو شرکت به منظور انجام این طرح با چالش‌هایی روبه‌رو بود و بالاخره یک ماه پس از امضا مشارکت انجام کار، آب منطقه‌ای اورنج‌کانتی، اداره بهسازی محیط و سازمان تصفیه و جایگزینی یک کارگروه برای برنامه‌ریزی، طراحی و اجرای کار متشکل از نمایندگان سه سازمان تشکیل دادند. مسئولیت کارگروه، تصمیم‌گیری و تخصیص بودجه بود و شرکت آب اورنج‌کانتی سرگرم کارهای مهندسی، اجرا، بهره‌برداری و همکاری با اداره بهسازی محیط گردید. کارگروه هنوز بسیار فعال است و در مذاکرات دارای تفاهم هستند و در این مرحله یعنی بهره‌برداری نیز کارگروه دست از کار نکشیده است.

یکی از مهمترین فعالیت‌های شرکت آب اورنج‌کانتی تعیین واکنش همگان نسبت به طرح استفاده غیرمستقیم شرب از آب غیرمتعارف است و در این راه یک برنامه بسیار خوبی برای آگاهی‌رسانی و جلب پشتیبانی مقامات محلی، ایالتی، فدرال، بخش تجارت و رهبران مدنی، متخصصین بهداشت و سلامت، طرفداران محیط‌زیست و دانشگاهیان تدوین نمود. اما بدلیل وجود تصور غلط و واکنش منفی جامعه نسبت به تولید آب خوب از فاضلاب، سه موسسه همکار تصمیم گرفتند که ترتیبی دهند که بخش تصفیه و تولید آب در خط اول اطلاع‌رسانی قرار گیرد.

شرکت آب اورنج‌کانتی برای اثبات سلامت، خلوص و کیفیت مطلوب آب تولیدی از طریق رسانه‌ها دست بکار شد و اداره بهسازی محیط هم به عنوان مشاور ، کار خود را شروع نمود. در طی سال‌های ۱۹۹۹ - ۲۰۰۷ حدود ۱۲۰۰ برنامه اطلاع‌رسانی و هزاران کار ارتباط جمعی انجام دادند و بیشتر از ۶۰۰ نامه حاکی از پشتیبانی شامل ۲۱ انجمن شهرها دریافت نمودند. این پشتیبانی شامل سناتورها، نمایندگان کنگره، نمایندگان مجلس ایالتی و غیره می‌شد. حتی سازمان‌های سیاست‌گذاری مسائل آب هم از طرح حمایت نمودند. بدون این پشتیبانی‌ها از طرف سیاست گذاران، پروژه نمی‌توانست ۹۲ میلیون دلار از ایالت و دیگر سازمان‌ها تامین نماید، بعلاوه آب منطقه‌ای کلانشهر جنوب کالیفرنیا نیز ۸۵ میلیون دلار یارانه برای کاهش وابستگی طرح به واردات آب به پروژه اهدا نمود.

با رشد حمایت همگان لیستی جامع از حمایت‌کنندگان تدوین گردید و در نهایت هیئت اجرایی اقدام به تشکیل یک کارگروه متشکل از رهبران و کارشناسان جامعه نمود تا پروژه ارتباط عمومی با مردم را اداره نماید. در زمانی که برنامه توسعه طرح برای ظرفیت ۴۳۸۱ لیتر در ثانیه در راه بود هنوز مخالفت‌هایی پروژه را تهدید می‌نمود لذا فعالیت‌های ارتباط مستقیم با مردم ادامه یافت و شرکت آب اورنج‌کانتی اقدامات زیر را پیگیری نمود.

- ارائه سمینارهایی در کنار نمایشگاه برای همگان؛
- استفاده از رسانه‌های همگانی برای بیان مطالب؛
- فراهم نمودن بازدیدها از پروژه تصفیه آب و جایگزینی.

تا سال ۲۰۱۰ حدود ۴۰۰۰ بازدیدکننده از تاسیسات پروژه دیدن نمودند. بسیاری از آن‌ها منتخبین و متخصصین آب از سراسر امریکا، افریقا، استرالیا، چین، ژاپن، کره و غیره بودند. تا به امروز هیچ مخالفت سازمان یافته و مهمی نسبت به طرح تصفیه آب و جایگزینی مشاهده نگردیده زیرا اقدامات اطلاعات‌رسانی از گام‌های موثر در موفقیت طرح بوده است.

موفقیت‌ها و دستاوردها

شرکت آب منطقه‌ای اورنج‌کانتی و اداره بهسازی محیط (فاضلاب) منطقه، بطور مشترک دست به اجرای طرحی زدند که مورد ابهام و بحث‌برانگیز بود اما در حد زیادی پشتیبانی عموم را به دست آورد و مخالفت‌های غیرمنطقی موجود را با شکست روبه‌رو نمود. این طرح انقلابی نگاه مردم نسبت به فاضلاب را به یک منبع آب قابل استفاده دوباره تغییر داد.

مشارکت دو سازمان پیش‌گفته مدلی جهانی برای استفاده دوباره از آب گردید و جوایز متعددی مانند جایزه پرافتخار صنعت آب ۲۰۰۶ استکهلم را به دست آورد. افتخار دیگر آن جایزه سعید[1] خوری برای اجرای کارهای مهندسی آن بود و بالاخره جایزه انجمن مهندسی عمران امریکا را به خاطر موفقیت‌های برجسته مهندسی آن به دست آورد. شهرداری‌های سراسر کالیفرنیا، ایالات متحد امریکای شمالی و استرالیا سرگرم برنامه‌ریزی برای طرح‌های مشابه هستند و شهر سنگاپور نیز پس از این طرح چنین مدلی را پیاده نمود. شرکت آب اورنج‌کانتی با توسعه طرح استفاده دوباره از آب برای مصرف‌های غیرمستقیم شرب راه انجام این کار را برای دیگران مانند سنگاپور هموار نموده است.

1. Said Khoury

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

۶-۲۱- ایالات متحد امریکا - سن‌دیگو- تقویت منابع آب خام شرب

گذشته طرح یا منطق آن

شهر سن‌دیگو هشتمین شهر بزرگ ایالات متحد امریکا است که برای جمعیت ۱/۳ میلیونی ساکن شهر باید ۹/۲ مترمکعب در ثانیه آب شرب و بهداشتی تامین شود. این جمعیت در سطحی حدود ۱۰۴۶ کیلومتر مربع پراکنده‌اند و میزان بارندگی سالانه در آن در حدود ۲۵/۴ سانتیمتر است.

تقریبا ۸۵ درصد آب شرب شهر از رودخانه کلرادو و تاسیسات آب شرب ایالتی کالیفرنیا تامین می‌شود. در گذشته هزینه تامین آب از دو منبع مورد بحث علاوه بر قابل اعتماد بودن، گزینه‌ای ارزان بود. اما با گذشت زمان درجه اعتماد به آن‌ها کاسته شده و هزینه‌ها هم افزایش پیدا نموده است و به نظر می‌رسد که تا سال ۲۰۲۰ قیمت تامین آب از این دو منبع ۲ برابر خواهد شد. این وضعیت باعث گردید که اندیشه توسعه طرح‌های تامین آب در محل رشد نماید.

لازم به ذکر است که شهر سن‌دیگو از سال‌های ۱۹۸۰ دارای برنامه‌های صرفه‌جویی در مصرف آب می‌باشد و از سال‌های ۱۹۹۰ طرح‌های استفاده دوباره از آب را برای آبیاری در کشاورزی و صنایع به اجرا در آورده است و در حالیکه در نتیجه اجرای این طرح‌ها کاهش واردات آب حاصل گردیده است اما استفاده دوباره از آب غیرمتعارف کاربرد فصلی دارد و برای آن هم تاسیسات مستقل دیگری لازم است.

در سال ۲۰۰۴ مسئولان شهر اقدام به تهیه برنامه‌ای در زمینه افزایش میزان استفاده دوباره از آب نمودند که در آن هدف‌های زیر وجود داشت.

- توسعه بازار آب غیرمتعارف برای هدف‌های غیرشرب؛
- توسعه بازار آب غیرمتعارف برای مصرف‌های شرب؛
- توسعه بازار آب غیرمتعارف در ترکیب بستر دو مصرف بالا.

فاز اول این طرح تعریف بخش‌های مصرف‌کننده آب غیرمتعارف بود که در سال ۲۰۰۶ به پایان رسید و استفاده غیرمستقیم برای شرب از طریق گسترش دریاچه‌های ذخیره یکی از دستاوردها بود که استراتژی بهتر شناخته شد. در این مطالعه موردی توجه به فاز دوم طرح استفاده دوباره با نام پروژه نمایشی تصفیه آب[1] که در سال ۲۰۱۳ به نتیجه خواهد رسید دارد که در واقع یک طرح پایلوت می‌باشد.

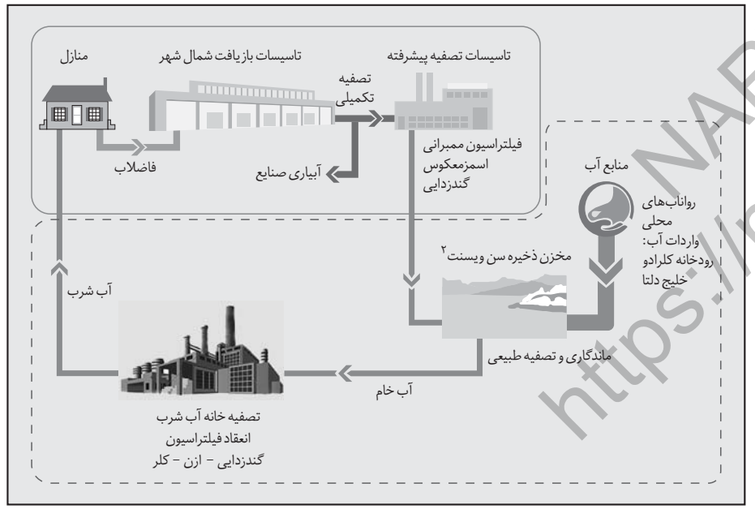
1. Water Purification Demonstration Project

نوع استفاده دوباره و ظرفیت

هدف پروژه پایلوت پیش‌گفته ارزیابی امکان‌سنجی کاربرد صنایع پیشرفته تصفیه فاضلاب و آب غیرمتعارف برای تولید آبی است که بتوان آن را به مخزن ذخیره‌ای فرستاد که از آن به عنوان منبع آب خام برای تصفیه و مصرف‌های شرب استفاده نمود. فلسفه ایجاد سدهای متعدد[1] طبق شکل شماره ۶-۱۱ از درون مطالعات پدیدار گشت و اکنون اگر این طرح نشان دهد که قابل اعتماد است فاز سوم طرح استفاده دوباره در ابعاد واقعی به مرحله اجرا خواهد رفت.

در طرح پایلوت، با نام پروژه نمایشی و با ظرفیت ۴۴ لیتر در ثانیه، با استفاده از فرایندهای پیشرفته تصفیه آب غیرمتعارف شامل فیلترهای ممبرانی، اسمزمعکوس و ترکیب پرتو فرابنفش و هیدروژن پروکسید آبی نزدیک به آب مقطر تولید می‌شود. کیفیت آب در تمام مراحل تصفیه مورد پایش قرار می‌گیرد تا از عملکرد فرایندها اطمینان حاصل شود. در نهایت مسئولان شهر قادر خواهند بود که تشخیص دهند که آیا آب خالص شده تولیدی مطابق تمام استانداردهای آب شرب می‌باشد و آیا می‌توان آن را به دریاچه

شکل شماره ۶-۱۱- فرایندهای پایلوت تصفیه به منظور خالص کردن آب



1. Multiple Barrier
2. san vicent

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

پیش‌گفته هدایت نمود. بعلاوه از یک گروه مشاوران مستقل متخصص هم دعوت شده است که در تمام مراحل بر عملیات پایلوت نظارت داشته باشند.

یک مطالعه روی بهره‌برداری از آب دریاچه برای تعیین حداقل زمان ماند آب در آن انجام گرفت تا کیفیت آب و شرایط دیگر لازم برای بهره‌برداری تعریف شود. اخیرا ارتفاع سد در حدی افزایش یافت تا حجم آب ذخیره آن سه برابر شود. وسیله انجام این مطالعه هم یک نرم‌افزاری است که کاربرد آن توسط تیم مشاور مورد تایید قرار گرفت.

با توجه به اینکه در سال ۲۰۱۲ در ایالت کالیفرنیا مقررات لازم برای استفاده دوباره از آب برای مصرف‌های غیرمستقیم شرب با استفاده از تنظیم دریاچه‌ها تدوین نگردیده بود بنابراین این مسئله نقطه کلیدی کار بود و مسئولین شهر، اداره بهداشت همگانی و اداره کنترل کیفیت را درگیر مطالعه نمودند و پیش‌نویس کیفیت آب برای تغذیه و عملکرد تصفیه پیشرفته تعریف گردید.

صنعت تصفیه و ویژگی‌های آب

تصفیه‌خانه پایلوت شامل میکروفیلتر و اولترافیلتر، اسمزمعکوس و اکسیداسیون پیشرفته (پرتو فرابنفش و آب اکسیژنه) می‌باشد. ویژگی‌های ممبران‌ها و نحوه نصب و بهره‌برداری از آن‌ها دقیقا مشابه وضعیت طرح واقعی در نظر گرفته شد و مدت عملیات پایلوت ۱۲ ماه و انجام آزمایش‌ها طبق توصیه‌های گروه مشاوران و نظرات اداره بهداشت عمومی کالیفرنیا انجام گرفت که بخشی از آن به قرار زیر است:

- آلاینده‌های آب طبق آیین‌نامه‌های ایالت کالیفرنیا؛
- محصولات جانبی گندزدایی و آلاینده‌های با غلظت کم؛
- ازت و فسفر که به رشد جلبک‌ها در دریاچه کمک می‌نماید؛
- آلاینده‌های ویژه و آلاینده‌هایی که عملکرد فرایندها را تعریف می‌نماید (شاخص عملکردها)؛
- آلاینده‌های نگران‌کننده محلی مانند داروها و ترکیب‌های شیمیایی مورد مصرف در شهر.

تامین سرمایه و مدیریت

انجمن شهر سن‌دیگو در سال ۲۰۰۸ با افزایش نرخ آب برای تامین بودجه پروژه موافقت نمود. هزینه اجرای طرح ۱۱/۸ میلیون دلار همراه با ۴ میلیون دلار کمک دولت فدرال و دولت ایالتی می‌باشد. علاوه بر عملیات پایلوت و مطالعه جریانات هیدرولوژیکی دریاچه، هزینه‌های مربوط به استفاده از رسانه‌های همگانی، مصرف انرژی، تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی و خط لوله ۳۷ کیلومتری انتقال آب خالص تولیدی به دریاچه مورد نظر هم بخشی از بودجه می‌باشد.

توجهات فرهنگی و سازمانی

اندیشه استفاده از آب غیرمتعارف برای مصرف‌های غیرمستقیم شرب در اواسط سال ۱۹۹۰ در سن‌دیگو رشد نمود. در آن زمان واکنش جامعه نسبت به آن منفی بود و تقریبا ۱۰ سال هم این وضعیت ادامه داشت. بعضی‌ها آن را با اصطلاح "از توالت تا شیر آب[1]" محکوم می‌نمودند. به هر حال کوشش‌های جامع آموزش همگانی در مورد ضرورت صرفه‌جویی در مصرف آب همراه با افزایش نیاز به آب و آگاهی‌ها در مورد وضعیت منابع آب خام به حدی رسید که در ژانویه ۲۰۱۱ در نشریات نوشته شد که این آب بایستی خالص‌ترین و سالم‌ترین نوع در تاسیسات آب باشد.

برای افزایش آگاهی‌های جامعه، آموزش همگانی هم بخشی از طرح پایلوت تصفیه آب پیش‌گفته در نظر گرفته شد. علاوه بر ایجاد یک پایگاه مجازی اینترنتی اطلاعات به روز شده به تمام انجمن‌های علاقمند ارسال گردید و در حدود ۱۰۰ پروژه تبلیغاتی برای گروه‌ها، بخصوص گروه‌هایی که از این آب باید استفاده کنند اجرا شد که ادامه هم خواهد یافت و پس از اجرای پروژه طرح بازدید توسط عموم نیز برنامه‌ریزی شده است.

موفقیت‌ها و دستاوردها

در حالیکه پروژه در حال پیشرفت است اما دو دستاورد در این میان حاصل گردید که مطرح کردن آن‌ها خوب است. نخست علاقمندی و همکاری سازمان‌های نظارتی است، بدین بیان که اداره بهداشت همگانی کالیفرنیا و اداره کنترل کیفیت آب منطقه اظهار علاقمندی نمودند که در اجرای کارگاه‌های آموزشی همکاری و گزارش‌هایی همراه با تفاسیر تهیه نمایند.

دوم این که به نظر می‌رسد که آموزش‌های همگانی هم موفقیت‌آمیز بوده است زیرا در رسانه‌های عمومی مسئله آب تصفیه شده زیاد به چشم می‌خورد. پروژه پایلوتی در جولای ۲۰۱۱ با استقبال عموم در سطح منطقه‌ای و ملی روبه‌رو گردید. این نه فقط رسانه‌ها بودند که پروژه را مقبول سن‌دیگو دانستند بلکه

1. Toilet to Tap

https://mehrabpooyesh.com NARVANARRA

بررسی‌ها نشان داد که مخالفت همگان با استفاده غیرمستقیم شرب از ۴۵ درصد در سال ۲۰۰۴ به ۱۲ درصد در سال ۲۰۰۹ کاهش یافته است. این رقم در سال ۲۰۱۱ به ۱۱ درصد رسید. تحقیقات انجام شده توسط مقامات آب شهرستان سن‌دیگو در همان سال ۲۰۱۱ نشان داد که ۶۵ درصد پاسخ‌دهندگان قویا با افزودن آب خالص شده به منبع آب خام موافق بودند و ۷۷ درصد پاسخ‌دهندگان یا از پروژه حمایت نمودند و یا هدف‌های پروژه را مقبول دانستند.

با استمرار مشارکت بخش نظارتی و پشتیبانی عموم و کوشش‌های آموزشی، پروژه پایلوت پیش‌گفته در مسیر به دست آوردن تصویب مقامات نظارتی و مقبولیت عموم است. حال اگر مفهوم افزایش آب خالص شده به مخزن آب خام مورد قبول شهردار، شورای شهر و بخش‌های ناظر قرار گیرد، طرح اصلی به مرحله اجرا در آمده و در نتیجه حدود ۶۶۰ لیتر در ثانیه آب خالص تولید خواهد شد.

۶-۲۲- ایالات متحد امریکا- ناسا- استفاده مستقیم برای شرب

گذشته طرح یا منطق آن

ساکنان ایستگاه فضایی بین‌المللی در راه صرفه‌جویی در مصرف آب باید کوشا باشند زیرا سرانه آب روزانه در نظر گرفته شده حدود دو لیتر است. استفاده از تقطیر رطوبت هوای ایستگاه و تبخیر و تقطیر ادرار به عنوان یک منبع آب شرب قابل اعتماد تشخیص داده شد. با در نظر گرفتن این استفاده دوباره از آب ایستگاه می‌تواند بدون نیاز به تامین آب از زمین آب مورد مصرف ۶ فضانورد را تامین نماید.

در مراحل اولیه توسعه ایستگاه، فضانوردان از صنعت روسی برای تامین آب مورد نیاز خود استفاده می‌نمودند در این صنعت رطوبت هوا را تبدیل به آب می‌نمودند. اما تاسیسات بازیابی ناسا در سال ۲۰۰۸ در ایستگاه مستقر گردید که مرحله پیشرفته‌تر است. در این سیستم علاوه بر رطوبت هوا از ادرار هم استفاده می‌شود و در نتیجه برای این کار نیاز به صنایع پیشرفته تصفیه و تاسیسات پایش کیفیت بود.

کیفیت آب تولیدی حاصل از فرایندهای تصفیه آن توسط دستگاه‌های پایش اندازه‌گیری و تعریف می‌شود و در صورتیکه مقبول نباشد به سیستم تصفیه بازگردانده می‌شود. درجه اعتمادپذیری و بی‌خطری تاسیسات به مدت ۹۰ روز در فضا مورد کنترل قرار گرفت و در این مدت فضانوردان اجازه استفاده از آب تولیدی را نداشتند. بررسی‌های ۹۰ روزه نشان داد که کیفیت آب تولیدی مشابه همان کیفیتی است که در مرحله آزمایش در زمین انجام گرفته است. فضانوردان امریکایی ۷۵-۱۰۰ درصد آب شرب خود را از این دستگاه تامین می‌کنند و بخشی از آب تولیدی را هم توانستند برای شرایط پیش‌بینی نشده ذخیره نمایند. بنابراین تاسیسات از عملکرد مطلوب و قابل اعتماد برخوردار است.

رشد باکتری‌های آن نیز مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده گردید که در دوران استفاده ننمودن از تاسیسات و راکد ماندن آن این رشد بروز می‌نماید. البته هیچ میکروب بیماری‌زا در آن تشخیص داده نشد. گرچه پایش رشد میکروبی غیربیماری‌زاها هم صرفنظر از منشا آن انجام می‌گیرد. لازم به یادآوری است که از این آب غیر از مصرف‌های شرب برای تولید اکسیژن هم استفاده می‌شود.

ظرفیت و صنعت تصفیه

در شرایط بهینه روزانه حدود ۱۲ لیتر آب شرب تولید می‌شود که منبع آن رطوبت هوا و ادرار فضانوردان است. ادرار فضانوردان با استفاده از صنعت تبخیر - تقطیر و تراکم بخار انجام می‌گیرد و آب تولیدی همراه با آب حاصل از تقطیر رطوبت هوا به دستگاه اصلاح آب فرستاده می‌شود.

هزینه انتقال آب از زمین به ایستگاه در حدود ۵۰ هزار دلار برای هر لیتر است در نتیجه هزینه زیادی برای انتقال آب مورد مصرف شش فضانورد به ایستگاه به طرح تحمیل می‌شد و بنابراین اندیشه استفاده دوباره از آب دارای یک منطق قوی در این امر است. بعلاوه فضانوردان از نظر آب به خودکفایی می‌رسند. البته اندیشه دیگر این تاسیسات بررسی وضعیت آب در مسافرت‌های طولانی مدت فضایی است. در ابتدا مخالفت‌هایی در زمینه استفاده دوباره از آب بخصوص از ادرار وجود داشت اما با باز کردن مسئله و ایجاد گفتمان موثر با فضانوردان و تصمیم‌گیران مشکل حل گردید.

تاسیسات گردش دوباره آب از سال ۲۰۰۸ در ایستگاه با موفقیت به کار مشغول است و از آن به عنوان نمونه برای تولید آب در شرایط سخت و پیچیده می‌توان استفاده نمود.

۶-۲۳- نتیجه‌گیری

با نگاهی اجمالی به دستاوردهای گزارش‌های موردی فصل ششم که نمونه‌هایی از ده‌ها مورد است می‌توان مشاهده نمود که:

- پیش‌نیاز توسعه طرح‌های تولید آب با فرایندهای نمک‌زدایی و تصفیه فاضلاب‌های شهری، صرفه‌جویی در مصرف آب است و استفاده از صنعت‌های نو در کاهش مصرف همراه با آموزش‌های

IRANARRA.com
https://mehrabpooyesh.com

همگانی گام نخست است. برای مثال شهر لس‌آنجلس در طی سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۱۰ دارای افزایش جمعیت ۷۰۰ هزار نفری است اما آمار نشان می‌دهد که مصرف آب شهر نسبت به سال ۱۹۹۰ افزایش نیافته است. کاهش مصرف آب در کل کشور امریکا همراه با افزایش تولید و درامد سرانه هم تجربه می‌شود.

- چون در فاضلاب‌ها حتی پس از تصفیه تکمیلی انواع ترکیب‌های شیمیایی مورد مصرف جامعه تولیدکننده آن وجود دارد تخلیه آن به منابع آب خام مورد مصرف‌های شرب خطر انتقال آن‌ها را به شبکه آب شرب افزون می‌نماید مگر آنکه همان‌طور که در مطالعات موردی این فصل مشاهده می‌شود آب غیرمتعارف با کمک فرایندهای تصفیه پیشرفته عاری از آن‌ها بشود که نام آب خالص و یا آب جدید به آن اطلاق می‌شود که در حقیقت منطق کار جلوگیری از آلودگی منابع آب است.
- وضعیت موجود یعنی تخلیه فاضلاب‌های حتی تصفیه شده به رودخانه‌های کشور که در بیشتر شرایط منبع آب خام مصرف‌های شرب است باید هرچه زودتر متوقف گردد که در فصل دوم مورد بحث قرار گرفته است.
- در بسیاری از مطالعات موردی فصل ششم استفاده از تاسیسات پایلوتی به مدت طولانی و استفاده از ناظرین مستقل چشم‌گیر بوده و نشان می‌دهد که اهمیت آب سالم برای مصرف‌های شرب نیاز به پایش مستمر و مستقل دارد و با توجه به وجود انواع آلاینده‌ها در آب غیرمتعارف تخلیه آن‌ها به منابع آب خام شرب بهداشت و سلامت مصرف‌کنندگان را به مخاطره می‌اندازد که با توسعه و رفاه جامعه در تضاد است.

پ-۱ استانداردهای استفاده دوباره از آب در امریکای شمالی و ایران

امریکای شمالی

بیشتر طرح های استفاده دوباره از آب در چارچوب قوانین و آیین‌نامه‌ها باید انجام گیرد و این قوانین طوری تدوین یافته‌اند که با مراعات آن‌ها در طراحی، اجرا و بهره‌برداری تاسیسات، مشکلات و پیامدهای بهداشتی و محیط زیستی به حداقل می‌رسد.

باید توجه داشت که در امریکا مجموعه دستورالعمل هایی هم وجود دارد که با نام فرازهای راهنما[1] شناخته می‌شود که رعایت آن‌ها الزامی نیست، بلکه توجه به آن‌ها مورد توصیه است و از آن می‌توان پیش‌نویس مقررات و آیین‌نامه‌های لازم را تدوین نمود. پس از تصویب توسط قوه قانون‌گذاری شکل قانونی گرفته و رعایت آن‌ها الزامی است و طبعا بخش‌هایی هم نظارت بر اجرای آن‌ها را به عهده دارند. این فرازهای راهنما و قوانین در ایالت‌های مختلف یکسان نیستند. در بعضی از ایالت‌ها برای استفاده از پساب برای بخش‌های مختلف ضمن تدوین ویژگی‌های کیفی لازم روش‌های تصفیه پساب را نیز تعریف نموده‌اند.

در بعضی ایالت‌های امریکا هنوز پساب به عنوان یک منبع آب جدید مورد توجه نیست و به تدوین مقررات تخلیه و دفع آن با هدف جلوگیری از آلودگی آب و خاک بسنده کرده‌اند. ایالت‌هایی در زمینه استفاده دوباره دارای تجربه و اطلاعات مدون شده‌ای هستند. در کالیفرنیا هیئت کنترل منابع آب[2] و در

1. Guidelines
2. Water Resources Control Board

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

فلوریدا اداره حفاظت از محیط زیست[1] این استفاده دوباره را کنترل می‌نمایند. لازم به یادآوری است که این اطلاعات از طریق اینترنت قابل دسترسی است.

گزارش سال ۲۰۱۱ در مورد وضعیت استفاده دوباره از آب ایالت فلوریدا را می‌توان به صورت اعداد زیر نشان داد:

- تعداد تصفیه‌خانه‌های فاضلاب که آب غیرمتعارف برای استفاده تولید می‌کنند ۴۸۷ واحد است و ظرفیت کوچکترین آن‌ها ۴/۴ لیتر در ثانیه است؛
- تعداد تاسیسات استفاده دوباره پیش‌گفته عبارت است از ۴۳۴ واحد که ۲/۷۳ میلیون مترمکعب در روز آب را در بخش‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌دهد؛
- ظرفیت تاسیسات استفاده دوباره پیش‌گفته عبارت است از ۸/۸۴ میلیون متر مکعب در روز که معادل ۶۴ درصد ظرفیت تاسیسات تصفیه فاضلاب است. این رقم ۳ برابر ظرفیت سال ۱۹۸۶ می‌باشد، بنابراین در طی ۲۵ سال ظرفیت تاسیسات استفاده دوباره ۳ برابر شده است. میزان ۲/۷۳ میلیون متر مکعب در روز در بخش‌های زیر بکار می‌رود.
- با شرایط دسترسی همگانی ۵۸ درصد؛
- مصرف در صنایع ۱۶ درصد؛
- تغذیه منابع زیرزمینی ۱۱ درصد
- مصرف در بخش کشاورزی ۱۰ درصد؛
- توسعه تالاب‌ها و غیره ۵ درصد.

در کالیفرنیا به دلایل زیر مسئله استفاده دوباره از آب سابقه‌ای طولانی دارد:

- بارش‌های کم فصلی؛
- توسعه شهرهای پرجمعیت؛
- توسعه فعالیت‌های کشاورزی.

و طبق گزارش سال ۲۰۰۹ حدود ۲/۳ میلیون مترمکعب در روز از آب غیرمتعارف تولیدی به شرح زیر استفاده می‌شود:

1. Department of Environmental Protection

- ۳۷ درصد در بخش کشاورزی معادل حدود ۸۴۰ هزار مترمکعب؛
- ۱۷ درصد برای توسعه فضاهای سبز؛
- ۱۲ درصد برای تغذیه منابع آب زیرزمینی؛
- ۷ درصد برای آبیاری زمین‌های ورزشی گلف؛
- ۷ درصد برای بخش صنایع؛
- ۷ درصد برای تقویت منابع آب زیرزمینی به منظور جلوگیری از نفوذ آب شور دریا به منابع آب زیرزمینی؛
- ۴ درصد برای توسعه دریاچه‌های تفریحی؛
- ۴ درصد برای توسعه تالاب‌ها و حفظ حیات رودخانه‌ها؛
- ۲ درصد برای استخراج انرژی حرارتی درون زمین؛
- ۱ درصد فعالیت‌های تجارتی؛
- ۲ درصد کاربردهای متفرقه دیگر.

تناسب نسبی استفاده دوباره در بخش‌ها و در ایالت‌های امریکای شمالی در جدول شماره پ – ۱ نشان داده شده است.

طبق ارقام موجود از ۱۲۱ میلیون مترمکعب فاضلاب تولیدی در روز در امریکا حدود ۸ درصد معادل ۹/۶ میلیون مترمکعب آن وارد مدار استفاده دوباره می‌شود که در بخش‌های زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد:

- کشاورزی ۲۹ درصد؛
- توسعه فضاهای سبز و زمین‌های ورزش گلف ۱۸ درصد؛
- جلوگیری از نفوذ آب شور دریا به منابع آب متعارف ۸ درصد؛
- در بخش صنعت و تجارت ۷ درصد؛
- توسعه دریاچه‌های تفریحی ۷ درصد؛
- تغذیه منابع آب زیرزمینی ۵ درصد؛
- توسعه تالاب و حفظ حیات وحش ۴ درصد؛
- استخراج انرژی حرارتی عمق زمین ۲ درصد؛

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

جدول شماره پ-۱- **وضعیت استفاده دوباره از آب در ایالت‌های امریکای شمالی**

نوع کاربرد استفاده دوباره		شرح کلی	تعداد ایالت‌ها با مقررات و یا فرازهای کاری
کاربرد شهری	بدون محدودیت	کاربرد غیرشرب در محوطه‌هایی که دسترسی مردم ممنوع نمی‌باشد.	۳۲
	با محدودیت	کاربرد غیرشرب در محوطه‌هایی که دسترسی مردم قابل کنترل می‌باشد.	۴۰
کاربرد کشاورزی	محصولات غذایی	برای تولید محصولات غذایی برای مصرف انسان‌ها.	۲۷
	محصولات فراوری شده و محصولات غیرخوراکی	برای تولید محصولاتی که پس از فراوری قابل مصرف انسان است و یا مورد مصرف انسان نیست.	۴۳
ایجاد دریاچه	بدون محدودیت	بدون ایجاد ممنوعیت تماس انسان با آب.	۱۳
	با محدودیت تماس	با ایجاد ممنوعیت تماس (امکان قایقرانی و ماهیگیری در بعضی ایالت‌ها).	۱۷
حفظ محیط زیست		ایجاد و توسعه محیط‌های آبی تالاب‌ها شامل وتلندها، تفرجگاه‌های آبی یا تقویت جریان در رودخانه‌ها.	۱۷
صنایع		در کاربردهای فرایندی و تاسیسات صنعتی، تولید برق و استخراج سوخت‌های فسیلی.	۳۱
تقویت منابع آب زیرزمینی - کاربرد غیرشرب		تغذیه منابع آب زیرزمینی آب برای مصرف‌های غیرشرب.	۱۶
مصرف‌های شرب	استفاده غیرمستقیم شرب.	تقویت منابع آب سطحی و یا زیرزمینی از طریق هدایت آن به یک محیط با زمان ماند بالا و استفاده از آن به عنوان منبع آب خام برای شرب.	۹
	استفاده مستقیم شرب.	هدایت مستقیم آن به تاسیسات تصفیه آب شرب.	۰

(مرجع شماره ۵۰)

- استفاده غیرمستقیم شرب صفر درصد؛
- تقویت آب‌های سطحی صفر درصد؛
- متفرقه ۲۰ درصد.

از ۹/۶ میلیون مترمکعب در روز آب غیرمتعارف مورد مصرف حدود ۵ میلیون مترمکعب آن در روز در ۲ ایالت کالیفرنیا و فلوریدا مورد استفاده دوباره قرار می‌گیرد. همان‌طور که جدول شماره ۳-۳ نشان می‌دهد این رقم تا سال ۲۰۱۶ به حدود ۱۰/۷ میلیون مترمکعب در روز خواهد رسید که این کشور را در راس جدول قرار می‌دهد.

کیفیت آب غیرمتعارف

جدول شماره پ-۲ معیارهای کیفی آب غیرمتعارف در رابطه با نوع مصرف را که ۳ ایالت در امریکا رعایت می‌نمایند نشان می‌دهد. فرایندهای زدایش آلاینده‌های زنده مانند باکتری‌ها، ویروس‌ها و آلاینده‌های معدنی مانند فلزات سنگین و آلاینده‌های شیمیایی مانند پلیمرها و ترکیب‌های دیگر در فصل چهارم کتاب در حد برنامه‌ریزی و تدوین معیارهای طراحی آورده شده است.

از جدول شماره پ-۲ می‌توان نتیجه‌گیری نمود که کدورت، کلیفرم‌ها، جامدات معلق و بی‌اودی از مهمترین ویژگی‌های آب غیرمتعارف است که باید تحت پایش مستمر قرار گیرد.

ایران

در جدول شماره پ-۳ استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران آورده شده است که نیاز به بازنگری[1] دارد. چنانکه در بخش کشاورزی کیفیت آن با نوع کشت و نوع آبیاری لازم است تغییر نماید و میزان جامدات معلق و روش تغذیه آب زیرزمینی و هدف و نوع استفاده از آب منبع نیز نیاز به بازنگری دارد.

۱. چنین به نظر می‌رسد که این استاندارد توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایران در دست بازنگری است.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

جدول شماره پ-۲ - **کیفیت آب غیرمتعارف و نوع کاربرد**

نوع کاربرد و کیفیت	کالیفرنیا	فلوراید	نوادا
مصرف در کشاورزی برای تولید محصول خوراکی			
بی‌او‌دی ۵ روزه - میلی‌گرم در لیتر	تعریف نشده	۲۰[۱]	تعریف نشده
مجموع جامدات معلق - میلی‌گرم در لیتر	تعریف نشده	۵	تعریف نشده
کدورت - ان‌تی‌یو متوسط حداکثر	۲[۲] ۱۰	۲[۴] ۲/۵	تعریف نشده
مجموع کلیفرم‌ها در ۱۰۰ میلی‌لیتر: متوسط حداکثر	۲/۲ ۲۳[۴]	 -	تعریف نشده
کلیفرم‌های گوارشی در ۱۰۰ میلی‌لیتر: متوسط حداکثر	تعریف نشده	۷۵ درصد نمونه ها صفر ۲۵	تعریف نشده
مصرف با محدودیت تولید محصولات غذایی			
بی‌او‌دی ۵ روزه - میلی‌گرم در لیتر	تعریف نشده	۲۰[۱]	۳۰
مجموع جامدات معلق - میلی‌گرم در لیتر	تعریف نشده	۲۰[۱]	۳۰
کدورت - ان‌تی‌یو متوسط حداکثر	تعریف نشده	تعریف نشده	تعریف نشده
مجموع کلیفرم‌ها در ۱۰۰ میلی‌لیتر: متوسط حداکثر	تعریف نشده	تعریف نشده	تعریف نشده
کلیفرم‌های گوارشی در ۱۰۰ میلی‌لیتر: متوسط حداکثر		۲۰۰ ۸۰۰	تعریف نشده

ادامه جدول شماره پ-۲ - **کیفیت آب غیرمتعارف و نوع کاربرد**

نوع کاربرد و کیفیت	کالیفرنیا	فلوراید	نوادا
کاربرد در صنایع			
بی‌او‌دی ۵ روزه - میلی‌گرم در لیتر	تعریف نشده	۲۰[۱]	۳۰
مجموع جامدات معلق - میلی‌گرم در لیتر	تعریف نشده	۵	۳۰
کدورت - ان‌تی‌یو متوسط حداکثر	۲[۲] ۱۰	۲ ۲/۵	تعریف نشده
مجموع کلیفرم‌ها در ۱۰۰ میلی‌لیتر: متوسط حداکثر	۲/۲ ۲۳[۴]	- -	- -
کلیفرم‌های گوارشی در ۱۰۰ میلی‌لیتر: متوسط حداکثر	- -	۷۵ درصد نمونه ها صفر ۲۵	۲/۲ ۲۳
مصرف بدون محدودیت در محیط‌های شهری			
بی‌او‌دی ۵ روزه - میلی‌گرم در لیتر	تعریف نشده	۲۰[۱]	۳۰
مجموع جامدات معلق - میلی‌گرم در لیتر	تعریف نشده	۵	۳۰
کدورت - ان‌تی‌یو متوسط حداکثر	۲[۲] ۱۰	۲[۳] ۲/۵	تعریف نشده
مجموع کلیفرم‌ها در ۱۰۰ میلی‌لیتر: متوسط حداکثر	۲/۲ ۲۳[۴]	- -	۲/۲ ۲۳
کلیفرم‌های گوارشی در ۱۰۰ میلی‌لیتر: متوسط حداکثر	- -	۷۵ درصد نمونه ها صفر ۲۵	- -

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

ادامه جدول شماره پ-۲ - **کیفیت آب غیرمتعارف و نوع کاربرد**

نوع کاربرد و کیفیت	کالیفرنیا	فلوراید	نوادا
مصرف با محدودیت در محیط‌های شهری			
بی‌اودی ۵ روزه - میلی گرم در لیتر	تعریف نشده	تعریف نشده	۳۰
مجموع جامدات معلق - میلی گرم در لیتر	تعریف نشده	تعریف نشده	۳۰
کدورت - ان‌تی‌یو	تعریف نشده	تعریف نشده	تعریف نشده
مجموع کلیفرم‌ها در ۱۰۰ میلی‌لیتر: متوسط حداکثر	 ۲۳ ۲۴۰[۴]	تعریف نشده	تعریف نشده
کلیفرم‌های گوارشی در ۱۰۰ میلی‌لیتر: متوسط حداکثر	تعریف نشده	تعریف نشده	 ۲/۲ ۲۳
تغذیه منابع آب زیرزمینی بدون مصرف شرب			
بی‌اودی ۵ روزه - میلی‌گرم در لیتر	تعریف نشده	۲۰[۱]	تعریف نشده
مجموع جامدات معلق - میلی‌گرم در لیتر	تعریف نشده	۲۰[۱]	تعریف نشده
کدورت - ان‌تی‌یو	تعریف نشده	تعریف نشده	تعریف نشده
مجموع کلیفرم‌ها در ۱۰۰ میلی‌لیتر: متوسط حداکثر	تعریف نشده	تعریف نشده	تعریف نشده
کلیفرم‌های گوارشی در ۱۰۰ میلی‌لیتر: متوسط حداکثر	تعریف نشده	 ۲۰۰ ۸۰۰	تعریف نشده
مجموع نیتروژن - میلی‌گرم در لیتر	تعریف نشده	کمتر از ۱۲	تعریف نشده
مجموع مواد آلی کربنی - میلی‌گرم در لیتر	تعریف نشده	تعریف نشده	تعریف نشده

ادامه جدول شماره پ-۲ - **کیفیت آب غیرمتعارف و نوع کاربرد**

نوع کاربرد و کیفیت	کالیفرنیا	فلوراید	نوادا
برای استفاده مصرف‌های غیرمستقیم شرب			
بی‌اودی ۵ روزه - میلی‌گرم در لیتر	تعریف نشده	۲۰[۱]	تعریف نشده
مجموع جامدات معلق - میلی‌گرم در لیتر	تعریف نشده	۵	تعریف نشده
کدورت - ان‌تی‌یو متوسط حداکثر	۲[۲] ۱۰	۲[۳] ۲/۵	تعریف نشده
مجموع کلیفرم‌ها در ۱۰۰ میلی‌لیتر: متوسط حداکثر	۲/۲ ۲۳[۴]	۴	تعریف نشده
کلیفرم‌های گوارشی در ۱۰۰ میلی‌لیتر: متوسط حداکثر	تعریف نشده	تعریف نشده	تعریف نشده
مجموع نیتروژن - میلی‌گرم در لیتر	۱۰	۱۰	تعریف نشده
مجموع مواد آلی کربنی - میلی‌گرم در لیتر	۰/۵[۶]	۵-۳	تعریف نشده

(مرجع شماره ۵۰)

توجهات:

۱- ۲۰ متوسط سالانه، ۳۰ متوسط ماهانه، ۴۵ متوسط هفتگی و ۶۰ ماکزیمم.

۲- در صورت کاربرد فیلترهای ممبرانی ۰/۲ متوسط و ۰/۵ حداکثر.

۳- پستگی به شرایط تصمیم‌گیری می‌شود.

۴- یک نمونه در ماه می‌تواند به ۲۴۰ در ۱۰۰ میلی‌لیتر برسد.

۵- یک نمونه در ماه می‌تواند از ۲۰۰ در ۱۰۰ میلی‌لیتر تجاوز نماید.

۶- نیاز به توجه دارد که آب غیرمتعارف مورد نظر غیرمستقیم مصرف‌های شرب که می‌تواند به منابع آب سطحی و زیرزمینی تخلیه شود نمی‌تواند مقدار کل مواد آلی کربن‌دار آن از ۵ میلی‌گرم در لیتر در فلوریدا و ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر در کالیفرنیا تجاوز نماید. این آب غیرمتعارف پس از اختلاط با آب متعارف و ماندگاری لازم مورد تصفیه برای مصرف‌های شرب قرار می‌گیرد.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

جدول شماره پ-۳- استاندارد کیفیت فاضلاب تصفیه شده در ایران جهت تخلیه به محیط

ردیف	مواد آلوده کننده		واحد	تخلیه به آب‌های سطحی	تخلیه به چاه جاذب	مصرف‌های کشاورزی و آبیاری
۱	نقره	Ag	میلی‌گرم در لیتر	۱	۰/۱	۰/۱
۲	آلومینیوم	Al	میلی‌گرم در لیتر	۵	۵	۵
۳	ارسنیک	As	میلی‌گرم در لیتر	۰/۱	۰/۱	۰/۱
۴	بر	B	میلی‌گرم در لیتر	۲	۱	۱
۵	باریوم	Ba	میلی‌گرم در لیتر	۵	۱	۱
۶	بریلیوم	Be	میلی‌گرم در لیتر	۰/۱	۱	۰/۰۵
۷	کلسیم	Ca	میلی‌گرم در لیتر	۷۵	-	-
۸	کادمیوم	Cd	میلی‌گرم در لیتر	۰/۱	۰/۱	۰/۰۵
۹	کلر آزاد	Cl	میلی‌گرم در لیتر	۱	۱	۰/۲
۱۰	کلراید	Cl^-	میلی‌گرم در لیتر	۶۰۰ (تبصره ۱)	۶۰۰ (تبصره ۲)	۶۰۰
۱۱	فرمالدئید	CH_2O	میلی‌گرم در لیتر	۱	۱	۱
۱۲	فنل	C_6H_5OH	میلی‌گرم در لیتر	۱	ناچیز	۱
۱۳	سیانور	CN	میلی‌گرم در لیتر	۰/۵	۰/۱	۰/۱
۱۴	کبالت	CO	میلی‌گرم در لیتر	۱	۱	۰/۰۵
۱۵	کرم	Cr^+	میلی‌گرم در لیتر	۰/۵	۱	۱
۱۶	کرم	Cr	میلی‌گرم در لیتر	۲	۲	۲
۱۷	مس	Cu	میلی‌گرم در لیتر	۱	۱	۰/۲
۱۸	فلوراید	F	میلی‌گرم در لیتر	۲/۵	۲	۲
۱۹	آهن	Fe	میلی‌گرم در لیتر	۳	۳	۳
۲۰	جیوه	Hg	میلی‌گرم در لیتر	ناچیز	ناچیز	ناچیز

ادامه جدول شماره پ-۳- استاندارد کیفیت فاضلاب تصفیه شده در ایران جهت تخلیه به محیط

ردیف	مواد آلوده کننده		واحد	تخلیه به آب‌های سطحی	تخلیه به چاه جاذب	مصرف‌های کشاورزی و آبیاری
۲۱	لیتیم	Li	میلی‌گرم در لیتر	۲/۵	۲/۵	۲/۵
۲۲	منیزیم	Mg	میلی‌گرم در لیتر	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۲۳	منگنز	Mn	میلی‌گرم در لیتر	۱	۱	۱
۲۴	مولیبدن	Mo	میلی‌گرم در لیتر	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
۲۵	نیکل	Ni	میلی‌گرم در لیتر	۲	۲	۲
۲۶	آمونیوم برحسب	NH_4	میلی‌گرم در لیتر	۲/۵	۱	-
۲۷	نیتریت برحسب	NO_2	میلی‌گرم در لیتر	۱۰	۱۰	-
۲۸	نیترات برحسب	NO_3	میلی‌گرم در لیتر	۵۰	۱۰	-
۲۹	فسفات برحسب فسفر	P	میلی‌گرم در لیتر	۶	۶	-
۳۰	سرب	Pb	میلی‌گرم در لیتر	۱	۱	۱
۳۱	سلنیم	Se	میلی‌گرم در لیتر	۱	۰/۱	۰/۱
۳۲	سولفید	SH_2	میلی‌گرم در لیتر	۳	۳	۳
۳۳	سولفیت	SO_3	میلی‌گرم در لیتر	۱	۱	۱
۳۴	سولفات	SO_4	میلی‌گرم در لیتر	۴۰۰ (تبصره ۱)	۴۰۰ (تبصره ۲)	۵۰۰
۳۵	وانادیم	V	میلی‌گرم در لیتر	۰/۱	۰/۱	۰/۱
۳۶	روی	Zn	میلی‌گرم در لیتر	۲	۲	۲
۳۷	چربی روغن		میلی‌گرم در لیتر	۱۰	۱۰	۱۰
۳۸	دترجنت	ABS	میلی‌گرم در لیتر	۱/۵	۰/۵	۰/۵
۳۹	بی . او . دی (تبصره ۳)	BOD_5	میلی‌گرم در لیتر	۳۰ (لحظه ای ۵۰)	۳۰ (لحظه ای ۵۰)	۱۰۰
۴۰	سی . او . دی (تبصره ۳)	COD	میلی‌گرم در لیتر	۶۰ (لحظه ای ۱۰۰)	۶۰ (لحظه ای ۱۰۰)	۲۰۰

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

ادامه جدول شماره پ-۳- استاندارد کیفیت فاضلاب تصفیه شده در ایران جهت تخلیه به محیط

ردیف	مواد آلوده کننده		واحد	تخلیه به آب‌های سطحی	تخلیه به چاه جاذب	مصرف‌های کشاورزی و آبیاری
۴۱	اکسیژن	DO	میلی‌گرم در لیتر	۲	-	۲
۴۲	مجموع مواد جامد محلول	TDS	میلی‌گرم در لیتر	تبصره ۱	تبصره ۲	-
۴۳	مجموع مواد جامد معلق	TSS	میلی‌گرم در لیتر	۴۰(لحظه ای۶۰)	-	۱۰۰
۴۴	مواد قابل ته نشینی	SS	میلی‌گرم در لیتر	۰	-	-
۴۵	پی اچ	pH	-	۸/۵-۶/۵	۹-۵	۸/۵-۶/۵
۴۶	مواد رادیواکتیو		میلی‌گرم در لیتر	۰	۰	۰
۴۷	کدورت		واحد کدورت	۵۰	-	۵۰
۴۸	رنگ		واحد رنگ	۷۵	۷۵	۷۵
۴۹	درجه حرارت	T	سلسیوس	(تبصره ۴)	-	-
۵۰	کلیفرم گوارشی	MPN	تعداد در ۱۰۰میلی لیتر	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰
۵۱	کلیفرم	MPN	تعداد در ۱۰۰میلی لیتر	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
۵۲	تخم انگل			-	-	(تبصره ۵)

(مرجع شماره ۷)

- تبصره ۱: تخلیه یا غلظت بیش از میزان مشخص شده در جدول در صورتی مجاز خواهد بود که پساب خروجی، غلظت کلراید، سولفات و مواد محلول منبع پذیرنده را در شعاع ۲۰۰ متری بیش از ۱۰ درصد افزایش ندهد.
- تبصره ۲: تخلیه با غلظت بیش از میزان مشخص شده در جدول در صورتی مجاز خواهد بود که افزایش کلراید، سولفات و مواد محلول پساب خروجی به آب مصرفی بیش از ۱۰ درصد نباشد.
- تبصره ۳: صنایع موجود مجاز خواهند بود بی او دی و سی او دی را حداقل ۹۰ درصد کاهش دهند.
- تبصره ۴: دما باید به میزانی باشد که بیش از ۳ درجه سلسیوس در شعاع ۲۰۰ متری محل ورود آن، درجه حرارت منبع پذیرنده را افزایش و یا کاهش ندهد.
- تبصره ۵: تعداد تخم انگل در فاضلاب تصفیه شده شهری در صورت استفاده از آن جهت آبیاری محصولاتی که به صورت خام مورد استفاده قرار می‌گیرد نباید بیش از یک عدد در لیتر باشد.

مروری اجمالی به نشریه‌های استفاده دوباره از آب

پ-۲

در طی سال‌های ۱۳۸۰ لغایت ۱۳۹۲ که سال انتشار این مجلد است علاوه بر ده‌ها مقاله تحقیقاتی، چندین کتاب و نشریه در زمینه استفاده دوباره از آب توسط بخش‌های دولتی و خصوصی تهیه و منتشر شده است که نشان می‌دهد جامعه علمی کشور نسبت به استفاده دوباره از آب بیدار و هوشیار است.

نویسندگان این مجلد ضمن ارج نهادن به کارهای انجام شده تصمیم گرفتند که در فصل اول مقاله‌های تحقیقاتی و در پیوست شماره ۲ تعدادی از کتاب‌ها و نشریه‌های مربوط به موضوع استفاده از فاضلاب تصفیه شده را بطور اجمال معرفی نمایند تا سیر تکاملی موضوع نیز در کتاب ارائه گردد و خواننده علاقمند، به مطالعه این کتاب بسنده ننماید و نسبت به تهیه و مطالعه آن‌ها نیز برای کارهای خود اقدام نماید.

در پیوست شماره ۲ سعی گردیده است که در بیان مطالب علمی از کلمات و جملاتی استفاده شود که در اصل نشریه‌ها بکار رفته است تا مراجعه به آن‌ها ساده‌تر باشد. چنانکه برای مثال اصطلاح زیست‌محیط به کار رفته در این نشریات که مورد تایید نویسندگان نمی‌باشد و در فصل‌های کتاب اصطلاح محیط زیست به کار رفته است. بعلاوه از ارائه دوباره جدول‌های نشریه‌های بالا در متن کتاب نیز اجتناب گردیده است و تنها به اشاره معرفی می‌شوند تا خواننده علاقمند به وجود آن‌ها آگاهی یابد. می‌توان به نشریه‌های مورد معرفی در پیوست شماره ۲ به عنوان مجموعه فرازهای راهنما نگریست و می‌تواند برای تدوین معیارها و استانداردهای لازم مورد استفاده قرارگیرد. مهمترین این نشریه‌ها به شرح زیر است:

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

- **نشریه شماره ۱**- استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، نشریه شماره ۴۷، مورخ ۱۳۸۰؛
- **نشریه شماره ۲**- بخشنامه شماره ۸۷۵۱۲/۷۰۰ مورخ ۱۱/۰۸/ ۱۳۸۶ معاونت وزیر نیرو در امور آب و آبفای کشور؛
- **نشریه شماره ۳**- فهرست خدمات مطالعات طرح‌های استفاده از فاضلاب تصفیه شده شهری و روستایی (تصفیه‌خانه‌های در دست ساخت و در حال بهره‌برداری)، نشریه شماره ۴۳۳، مورخ ۱۳۸۸؛
- **نشریه شماره ۴**- راهنمای مطالعات طرح‌های استفاده از فاضلاب‌های تصفیه شده شهری و روستایی، نشریه شماره ۴۳۴، مورخ ۱۳۸۸؛
- **نشریه شماره ۵**- ضوابط زیست محیطی استفاده مجدد از آب‌های برگشتی و پسابها، نشریه شماره ۵۳۵ ، مورخ ۱۳۸۹؛
- **نشریه شماره ۶**- کتاب" بازیافت آب (کاربردهای پساب شهری) "، تالیف دکتر سید سعید اسلامیان و صالح ترکش اصفهانی، انتشارات ارکان دانش، تابستان ۱۳۹۰.

نشریه شماره ۱

استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، نشریه شماره ۴۷ ، مورخ ۱۳۸۰. نشریه شامل ۹ فصل به قرار زیر است:

در **فصل اول** پارامترهای مهم کیفیت فاضلاب مورد استفاده در کشاورزی مانند پارامترهای بهداشتی و محیط زیستی مورد بحث قرار گرفته است.

در **فصل دوم** ضرورت توجه به بهداشت جامعه در استفاده از فاضلاب تصفیه شده یادآوری گردیده و توصیه‌های سازمان بهداشت جهانی سال ۱۹۷۳ در مورد فرایندهای تصفیه فاضلاب و نوع استفاده از پساب همراه با طبقه‌بندی کیفیت پساب از نظر سازمان برای سال ۱۹۸۹ و نوع محصولات قابل آبیاری با آن آورده شده است. کیفیت پساب از نظر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و سمیت برای گیاهان هم در این فصل به اجمال مورد توجه قرار گرفته است.

در **فصل سوم** فرایندهای تصفیه فاضلاب برای کاربرد بدون خطر مورد توجه قرار گرفته است و در صفحه‌های شماره ۴۷ لغایت ۹۳ فرایندهای تصفیه فاضلاب به اختصار آورده شده است.

فصل چهارم تحت نام تغذیه آبخوان با پساب به موضوع تصفیه طبیعی فاضلاب در لایه‌های خاک زمین می‌پردازد. شرایط مورد نیاز خاک برای تصفیه آلاینده‌هایی مانند ترکیب‌های آلی، باکتری‌ها و ویروس‌ها، نیتروژن و فسفر به اختصار مورد بحث قرار می‌گیرد.

فصل پنجم تحت نام آبیاری با پساب به موضوع آبیاری می‌پردازد که نسبت به فصل‌های قبلی این نشریه مفصل‌تر مورد توجه قرار می‌گیرد زیرا موضوع آبیاری در کشاورزی است. شرایط آبیاری موفق، کمیت آب درخواستی و کیفیت مطلوب، زمان آبیاری، روش آبیاری، زهکشی و آبشویی مورد بحث قرار گرفته است. مدیریت آبیاری با فاضلاب مانند انتخاب محصول، انتخاب روش آبیاری و انتخاب تلفیق آب و فاضلاب همراه با جدول‌های راهنما و حساسیت گیاهان نسبت به شوری و هدایت الکتریکی خاک و درصد کاهش محصول به تفضیل مورد توجه قرار گرفته است. طبقه‌بندی گیاهان براساس حساسیت به سدیم، کلرید و بر از مطالب قابل استفاده این فصل است. انتخاب روش آبیاری با توجه به پارامترهایی مانند آلوده شدن شاخ و برگ گیاه، تجمع نمک‌ها در اطراف ریشه گیاه مورد آبیاری، توانایی خاک در نگهداری آب و شور بودن پساب مورد بحث قرار می‌گیرد. توجه خاص به آبیاری قطره‌ای و رابطه آن با کیفیت آب مورد استفاده نیز در بخش آبیاری مورد توجه قرار گرفته است. در بخش آخر مدیریت مزرعه تحت آبیاری با پساب مورد توجه قرار می‌گیرد و در پایان برنامه‌ریزی عمومی استفاده از فاضلاب مطرح می‌گردد. در جدول شماره ۳-۵ نشریه معیارهای اساسی در مورد پساب، کیفیت آن و استفاده از آن آورده شده است و در شکل شماره ۳-۵ نشریه اجزای اصلی نمای عمومی راهنمای استفاده دوباره از آب ارائه می‌گردد که برای خواننده می‌تواند بسیار مفید واقع گردد.

در **فصل ششم** بهره‌برداری از لجن فاضلاب در کشاورزی مطرح می‌شود. سخنی کوتاه از تصفیه لجن، کاربرد لجن و پیامدهای استفاده از لجن روی خاک کشاورزی و افزایش فلزات سنگین در خاک و محدودیت‌های کشت در این رابطه مورد بحث قرار می‌گیرد.

در **فصل هفتم** استفاده از پساب در پرورش آبزیان به اختصار مورد بحث قرار می‌گیرد و ماهی‌هایی که در چنین آب‌هایی می‌توانند پرورش یابند معرفی شده، همراه با آن گیاهانی هم که در این آب‌ها رشد می‌یابند معرفی می‌شود.

در **فصل هشتم** کلیاتی در مورد مسایل اقتصادی، اداری، حقوقی، ضرورت سازماندهی و تشکیلات مطرح شده است و در **فصل نهم** مطالعات موردی در استفاده از فاضلاب در کشورهای امریکا، اردن،

NARVAN
https://mehrabpooyesh.com

تونس، مکزیک و هندوستان مطرح می‌شود که برای خواننده می‌تواند مفید واقع شود.

این کتاب برای مهندسان دست‌اندرکار طراحی‌های استفاده دوباره از آب در کشاورزی و مدیران راهنمای خوبی است.

نشریه شماره ۲

بخشنامه شماره ۸۷۵۱۲/۷۰۰ مورخ ۱۳۸۶/۱۱/۰۸ معاونت وزیر نیرو در امور آب و آبفای کشور.

هدف بخشنامه ضرورت بهره‌گیری و استفاده از پساب حاصل از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب می‌باشد که علاوه بر تامین منبع آب جدید باعث کاهش آلودگی محیط‌زیست ناشی از تخلیه فاضلاب‌ها نیز می‌شود.

به ضمیمه این نشریه ۵ پیوست وجود دارد که به ترتیب به آن‌ها پرداخته می‌شود.

- **پیوست شماره ۱:** فهرست خدمات مطالعات مرحله توجیهی طرح‌های فاضلاب، نشریه شماره ۱۷۷-الف، مورخ دیماه ۱۳۸۶.

در مقدمه یادآوری می‌شود که نشریه حاوی فهرست جامع خدمات مهندسی مطالعات مرحله توجیهی طرح‌های فاضلاب و آب‌های سطحی می‌باشد و نباید به عنوان شرح خدمات مرحله توجیهی تلقی گردد اما از مطالب آن می‌توان شرح خدمات لازم را استخراج نمود که در حقیقت نوعی فرازهای راهنماست.

در نشریه به خدمات ژئوتکنیک، اندازه‌گیری‌ها، آزمایش‌ها، نقشه‌برداری‌ها و پیامدهای محیط‌زیستی اشاره شده است. در نشریه نموداری با شماره ۱ معرفی می‌شود که فهرست فعالیت‌های اصلی و ارتباط آن‌ها با یکدیگر و توالی انجام آن‌ها آورده شده است که برای برنامه‌ریزی انجام مطالعات راهنمای خوبی است. نشریه در یازده بخش تدوین یافته است که بطور چکیده مورد بحث قرار می‌گیرد:

بخش اول شامل برنامه انجام گفتگوها و جمع‌آوری اطلاعات و ملاقات با مسئولان محلی است.

بازدیدهای منطقه و تعیین عوامل موثر در انجام فعالیت‌ها و براورد مدت انجام هر یک از فعالیت‌ها در این بخش قرار دارد.

در **بخش دوم** نشریه به ویژگی‌های جغرافیایی منطقه مانند محدوده طرح پرداخته که هدف تهیه نقشه مبنای دارای رقوم و توپوگرافی می‌باشد. زمین‌شناختی، ژئوتکنیک، هیدروژئولوژی، هیدرولوژی و هواشناسی هم در این بخش در نظر گرفته شده است. وضعیت بارش‌ها و رواناب‌های شهر هم در این بخش قرار دارد.

مطالعات مربوط به استفاده‌کنندگان کنونی و آینده و تعیین نیازها همراه با ویژگی‌ها و الزامات آن‌ها در طول عمر مفید طرح، استانداردها، معیارها و الزامات کیفیت پساب مورد نیاز هم در این بخش در نظر گرفته شده است. انجام بررسی‌های مربوط به ویژگی‌های فرهنگی و اقتصادی، الزامات بهداشتی و محیط‌زیستی استفاده از پساب هم در این بخش مدنظر می‌باشد. بررسی تاسیسات و طرح‌های موجود، جمعیت حال و آینده، وضعیت مصالح ساختمانی و نیروی انسانی مورد نیاز طرح هم ضروری تشخیص داده شده و در این بخش قرار دارد.

در **بخش سوم** مبانی کلی و ضوابط طراحی و معیارهای فنی که باید تدوین گردد آورده شده و در **بخش چهارم** درخواست تهیه گزارش فنی شده است.

طبق **بخش پنجم** تعریف گزینه‌ها، ارزیابی و مقایسه آن‌ها باید انجام گیرد. در گزینه‌ها مقدار فاضلاب و رواناب، تعداد و محل تصفیه‌خانه‌ها، لوله‌ها و کانال‌های جمع‌آوری و انتقال تعریف و مورد مقایسه قرار گرفته و مناسبترین گزینه تعریف می‌شود.

در **بخش ششم** گزینه برتر در حد فاز اول توسعه یافته و طراحی می‌شود و در آن تلمبه‌خانه‌ها، شبکه جمع‌آوری، لوله‌های انتقال فاضلاب خام و دفع نهایی پساب و تاسیسات مورد نیاز آینده و بالاخره انرژی مورد نیاز تعریف می‌گردد. طبق این بخش نحوه استفاده از فاضلاب تصفیه شده نیز مورد مطالعه قرار می‌گیرد و جنبه‌های محیط‌زیستی و مدیریت استفاده دوباره نادیده گرفته نمی‌شود. در این بخش براوردهای سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری عنصرهای اصلی طرح تعیین می‌شود.

در **بخش هفتم** جدول‌های مقادیر کار و براوردها همراه با مشخصات کلی عنصرهای طرح تعریف می‌شود و بالاخره در **بخش هشتم** نیروی انسانی بهره‌برداری و نگهداری و تشکیلات مدیریتی تدوین می‌شود.

در **بخش نهم** ارزیابی پیامدهای محیط‌زیستی و مقررات مربوط به آن مورد توجه قرار می‌گیرد. پیامدهای محیط‌زیستی در مراحل اجرا و بهره‌برداری و ارزیابی از نظر بهداشتی هم مورد توجه قرار گرفته است.

در **بخش دهم** ارزیابی آثار اجتماعی اجرای طرح باید تدوین گردد و در نهایت گزارش مرحله توجیهی باید تهیه شود. در گزارش هدف‌های مطالعه شفاف آورده شده است و روش انجام آن به مهارت‌ها و ابتکارهای گروه مطالعه‌کننده واگذار شده است.

مطالب این نشریه می‌تواند راهنمای خوبی برای تهیه شرح خدمات انجام مطالعات قرار گیرد و ضمنا برای گروه تصویب‌کننده گزارش نهایی هم مفید است.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

- **پیوست شماره ۲:** راهنمای مطالعات مرحله توجیهی طرح‌های استفاده از فاضلاب تصفیه شده شهری و روستایی، نشریه شماره ۳۰۶ ـ الف، مورخ دیماه ۱۳۸۶.

نشریه خواننده را برای استفاده از پساب خروجی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به عنوان یک منبع آب جدید راهنمایی می‌نماید. در دیاگرامی روند انجام مطالعات به منظور استفاده از پساب ارائه شده که مبنای اصلی مصرف‌های فاضلاب تصفیه شده است.

در **بخش‌های اول** تا **چهارم** نشریه هدف‌ها، دامنه کاربرد و تعاریف قرار دارد و بخش چهارم به امکان استفاده از پساب در بخش‌های مختلف شهری، صنعتی، کشاورزی، محیط‌زیست و بالاخره تغذیه منابع آب زیرزمینی می‌پردازد.

در بخش مصرف‌های شهری، آبیاری پارک‌ها، فضاهای سبز خصوصی، مصرف‌های اقتصادی مانند کارگاه شستشوی اتومبیل، شستشوی نمای ساختمان‌ها، لباسشویی، ساخت و ساز، آتش‌نشانی، تامین آب فلاشینگ توالت‌های عمومی در ساختمان‌های بزرگ اداری، تجاری و شستشوی گذرگاه‌های عمومی مورد توجه قرار دارد.

در بخش مصرف‌های صنعتی، سامانه‌های خنک‌کننده، آب بویلرها و فرایندهای صنعتی مورد توجه قرار دارد. در بخش کشاورزی با توجه به الزامات بهداشتی برای کارگران مزارع و مصرف‌کنندگان محصولات گروه‌بندی زیر انجام گرفته است:

- گیاهان و محصولاتی که خام خورده می‌شوند؛
- گیاهان و محصولاتی که پس از پختن خورده می‌شوند؛
- گیاهان صنعتی؛
- درختان میوه.

در بخش مصرف‌های محیط‌زیست و تفریحی، تغذیه تالاب‌های طبیعی و بشرساخت، تغذیه برکه‌های تفریحی و زیبایی منظر مدنظر قرار گرفته و ویژگی‌ها و الزامات، مورد اشاره واقع شده است.

در **بخش پنجم** ویژگی‌ها و الزامات مصرف‌کنندگان به شرح زیر مورد توجه قرار گرفته است:

- ویژگی‌های عمومی در بخش کشاورزی و پرورش آبزیان؛
- ویژگی‌های عمومی در بخش مصرف‌های شهری و آبیاری فضای سبز؛
- ویژگی‌های عمومی در بخش تغذیه آب‌های زیرزمینی و ویژگی‌های عمومی بخش صنعت و محیط‌زیست که برای برنامه‌ریز، طراح و مسئول پایش استفاده دوباره از آب راهنمای خوبی است.

در این بخش به مسئله کیفیت فاضلاب تصفیه پرداخته شده است. در ابتدا یادآوری می‌نماید که در طراحی تصفیه‌خانه فاضلاب الزامات مصرف‌کنندگان و محدودیت‌های آن‌ها از نظر کیفیت فاضلاب تصفیه شده مورد نیاز رعایت گردد. بنابراین تعیین پارامترهای کیفی و در نتیجه درجه تصفیه فاضلاب و پساب باید تعریف شود و در صورت لزوم اصلاح فرایندهای تصفیه‌خانه برای ارتقای کیفیت پساب مورد توجه قرار گیرد. در این بخش نگاهی به کیفیت فاضلاب، نحوه انتقال فاضلاب تصفیه شده و موقعیت تصفیه‌خانه نسبت به محل‌های مصرف می‌پردازد. انجام بررسی‌های اقتصادی و اجتماعی و تعیین هزینه‌های کار هم در این بخش در نظر گرفته شده است.

در **بخش ششم** استانداردها و معیارهای استفاده از فاضلاب تصفیه شده مورد بحث قرار گرفته است. در جدول شماره ۳ مهمترین پارامترهای تاثیرگذار و جنبه‌های محیط‌زیستی و بهداشتی آن‌ها آورده شده است که برای طراح و بهره‌بردار هشداردهنده است و در جدول شماره ۴، استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست برای تخلیه فاضلاب تصفیه شده به آب‌های سطحی، منابع زیرزمینی و مصرف در کشاورزی ارائه شده است. در جدول شماره ۵، معیارهای کیفیت باکتریولوژیکی فاضلاب تصفیه شده برای کشاورزی که مورد توصیه مراجع بین‌المللی است آورده شده است. در پایان بخش، توصیه‌هایی در مورد کاربرد آبیاری در کشاورزی، تغذیه مصنوعی با روش‌های مختلف و کاربرد در صنعت و محیط‌زیست ارائه شده است.

در **بخش هفتم** ارزیابی، تحلیل و اصلاح فرایندهای تصفیه فاضلاب مورد بحث قرار می‌گیرد و در سه وضعیت به مسئله نگاه می‌نماید:

- تصفیه‌خانه‌های در دست طراحی؛
- تصفیه‌خانه‌های در دست ساخت؛
- تصفیه‌خانه‌های در حال بهره‌برداری.

با توجه به وجود انواع آلاینده‌های بیولوژیکی و شیمیایی و کیفیت مورد نیاز برای استفاده دوباره و با توجه به انواع فاضلاب‌های صنعتی تخلیه شده به شبکه عمومی جمع‌آوری فاضلاب فرایندهای لازم انتخاب می‌گردد. پس از اجرا هم باید عملکرد تصفیه‌خانه مورد ارزیابی قرار گیرد و در صورت ضرورت نسبت به اصلاح آن اقدام شود. در این کار باید برای سوالات زیر پاسخ تهیه شود:

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

- آیا کیفیت فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه مطابق مبانی مفروض است؛
- آیا کیفیت فاضلاب تصفیه شده خروجی مطابق مبانی و مفروضات طرح است؛
- آیا کیفیت فاضلاب تصفیه شده خروجی مطابق نیازهای مصرف‌کنندگان است؛
- چه عواملی می‌توانند باعث تغییر کیفیت فاضلاب تصفیه شده باشد؛
- آیا لازم است فرایندهای مورد استفاده اصلاح شوند.

در این بخش به مسئله کمیت فاضلاب تصفیه شده و ضرورت توجه به نیازهای کمی مصرف‌کنندگان نیز اشاره شده است.

در **بخش هشتم** اطلاعات مورد نیاز مشاور برای انجام مطالعات، به شرح زیر مورد توجه قرار گرفته است:

- قوانین و مقررات مرتبط با استفاده دوباره از آب؛
- تغییرات کمی و کیفی فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه در دوره طرح؛
- تغییرات کمی و کیفی فاضلاب تصفیه شده در دوره طرح؛
- فرایندهای تصفیه و معیارهای آن‌ها؛
- اطلاعات لازم در مورد مصرف‌کنندگان فعلی و آینده؛
- الزامات و استانداردهای مصرف‌کنندگان.

در این نشریه جدول‌هایی در زمینه ویژگی‌های مهم موجود در فاضلاب و پساب، استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست برای تخلیه فاضلاب تصفیه شده، معیارهای کیفیت باکتریولوژیکی فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری در بخش کشاورزی آورده شده است. در ضمن جدول‌های پیشنهادی سازمان بهداشت جهانی (۱۹۷۳)، سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد (۱۹۸۵) آورده شده است. بیشترین غلظت عنصرهای کمیاب و فلزات سنگین در پساب برای کشاورزی و رابطه بین شوری و هدایت الکتریکی و ضریب سار هم در نشریه مشاهده می‌شود.

- **پیوست شماره ۳:** فهرست خدمات مطالعات مرحله توجیهی طرح‌های استفاده از فاضلاب تصفیه شده شهری و روستایی (تصفیه‌خانه‌های در حال ساخت و در حال بهره‌برداری)، نشریه شماره ۳۲۱- الف، مورخ دی ماه ۱۳۸۶.

در مقدمه نشریه اشاره دارد به نشریه شماره ۱۷۷- الف که مورد بحث قرار گرفت و متذکر می‌شود که برای تهیه شرح خدمات طرح به تناسب از مطالب این نشریه استفاده شود، بنابراین در واقع یک نشریه راهنما می‌باشد که در دو فصل تحت نام تصفیه‌خانه‌های در دست ساخت و تصفیه‌خانه‌های در حال بهره‌برداری تقسیم‌بندی شده است.

در **فصل اول** هفت بخش به شرح زیر در شرح خدمات مورد نظر قرار گرفته است:

- جمع‌آوری اطلاعات و گزارش‌ها؛
- طراحی تصفیه‌خانه؛
- شناسایی مصرف‌کنندگان فاضلاب تصفیه شده؛
- ویژگی‌ها و الزامات مصرف‌کنندگان؛
- سازگاری طرح انجام شده در رابطه با کیفیت مورد نیاز مصرف‌کنندگان؛
- نحوه استفاده از فاضلاب تصفیه شده؛
- مدیریت استفاده از فاضلاب تصفیه شده.

در **فصل دوم** نیز هشت بخش به شرح زیر در شرح خدمات مورد نظر قرار گرفته است:

- جمع‌آوری اطلاعات و گزارش‌ها؛
- مشخصات تصفیه‌خانه؛
- ویژگی‌های فاضلاب تصفیه شده؛
- مصرف‌کنندگان فاضلاب تصفیه شده؛
- ویژگی‌ها و الزامات مصرف‌کنندگان؛
- ارزیابی و اصلاح فرایندهای تصفیه‌خانه؛
- نحوه استفاده از فاضلاب تصفیه شده؛
- مدیریت استفاده از فاضلاب تصفیه شده.

برای هر یک از بخش‌های پیش‌گفته شرح مختصری در مورد هدف از انجام مطالعه آورده شده است.

- **پیوست شماره ۴:** قرارداد (پیمان) همسان فروش پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب.

نشریه در معاونت حفاظت و بهره‌برداری شرکت مدیریت منابع آب و معاونت برنامه‌ریزی شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تهیه گردیده و به تایید دفتر نظام مهندسی و استانداردهای آب و آبفا رسیده و در نهایت مورد تصویب معاونت امور آب و آبفا قرار گرفته است.

در مقدمه نشریه آمده است که در راستای اجرای ماده ۱۷ قانون برنامه چهارم توسعه اقتصادی-

https://mehrabpooyesh.com NARVANARRA

اجتماعی و فرهنگی و با توجه به لزوم استفاده از پساب حاصل از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به عنوان یک منبع آب جدید با اولویت جایگزینی در دشت‌های بحرانی و ممنوعه و با استناد به ماده‌های شماره ۲۱ و ۳۳ قانون توزیع عادلانه آب قراردادی بین شرکت‌های آب و فاضلاب از یک طرف و شرکت‌های آب منطقه‌ای از طرف دیگر تهیه شده است.

در قرارداد هشت ماده پیش‌بینی شده است. در ماده یک صحبت از شاخص‌های کیفی منطبق بر نظامنامه پایش کیفی پساب است که اگر منظور استاندارد خروجی فاضلاب برای تخلیه به چاه جاذب باشد ایراداتی بر آن وارد است زیرا در مورد کدورت پساب معیاری داده نشده است و در مورد مجموع جامدات معلق هم رقمی ارائه نگردیده است. در حالیکه برای تغذیه منابع آب زیرزمینی ویژگی اصلی، جامدات معلق است که در فرایند نشت و فیلتراسیون ایجاد مشکل می‌نماید.

در مورد بروز مشکل که در بند ۷ قرارداد به آن اشاره شده است در متن کتاب هشدارها و راهکارهایی ارائه گردیده است. بنابراین لازم است با توجه به نوع استفاده از منبع آب زیرزمینی مورد تغذیه، ویژگی‌های کیفیت پساب تعریف گردد. برای مثال اگر قرار است از منبع آب مورد تغذیه مصنوعی برای مصرف‌های شرب آبگیری شود، باید معیارهایی تدوین گردد که سلامت مصرف‌کنندگان آینده آب را به مخاطره نیاندازد.

- **پیوست شماره ۵:** تحت نام "نظام‌نامه پایش کیفی پساب خروجی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب". به منظور استفاده دوباره در مصرف‌های کشاورزی است. هدف‌های نظام‌نامه به قرار زیر است:
- نظام‌مند کردن پایش کیفی پساب خروجی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری به منظور اطمینان از تطابق کیفیت پساب با استاندارد خروجی،
- تعیین ساز و کارهای فنی و مدیریتی لازم به منظور اجرای صحیح برنامه پایش پساب خروجی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری در راستای مفاد بند الف ماده ۶۱ قانون برنامه چهارم؛
- پرهیز از انجام فعالیت‌های موازی در دستگاههای ذیربط و جلوگیری از هزینه‌های مضاعف.

در جدول پیوست شماره ۲ نظامنامه پایش کیفی پساب، استاندارد خروجی فاضلاب مصوب سازمان حفاظت محیط زیست آورده شده است. در ستون پنجم جدول، کیفیت پساب مناسب برای کشاورزی و آبیاری ارائه شده است. این ارقام لازم است با توجه به نوع کشاورزی، نوع آبیاری، نوع زهکشی مزرعه و دستاوردهای علمی روز دنیا مورد تجدیدنظر قرار گیرد. برای مثال:

- اندازه‌گیری همزمان بی‌او‌دی و سی‌او‌دی ضرورتی ندارد، در واقع با دانستن ضریب همبستگی آن‌ها می‌توان نسبت به اندازه‌گیری سی‌او‌دی که در برگیرنده زمان و هزینه کمتری است، اقدام نمود. ضمن اینکه میزان مجاز استاندارد ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر برای سی‌او‌دی در مقایسه با معیارهای بسیاری از کشورها رقم بسیار بالایی است.
- در مورد میزان مواد معلق پساب نیز نیاز به تجدیدنظر است.
- میزان کدورت مجاز پساب برای کشاورزی ۵۰ واحد تشخیص داده شده است. در حالیکه این پارامتر در امریکا حداکثر ۵ واحد است.

بطور چکیده باید گفت که استاندارد خروجی پساب برای کشاورزی باید برمبنای ضوابطی مانند نوع محصول، نوع آبیاری، نوع خاک و عوامل دیگر مورد تجدیدنظر قرار گیرد و رابطه‌ای منطقی بین کیفیت پساب و فرایندهای تصفیه بیشتر روی پساب خروجی برقرار گردد که در فصل‌های کتاب مورد گفتگو قرار گرفته است.

نشریه شماره ۳

فهرست خدمات مطالعات طرح‌های استفاده از فاضلاب‌های تصفیه شده شهری و روستایی (تصفیه‌خانه‌های در دست ساخت و در حال بهره برداری)، نشریه شماره ۴۳۳، سال ۱۳۸۸.

این نشریه همان نشریه شماره ۳۲۱ – الف مورخ دیماه ۱۳۸۶ است که در گروه سوم قرار گرفته و تنها به عنوان راهنمای کلی کارها می‌باشد و رعایت مفاد آن الزامی نیست. در این صورت مطالب آن مورد تفسیر و تجزیه و تحلیل قرار نمی‌گیرد. اما این سوال مطرح می‌شود که دستگاه‌های تصویب‌کننده چنین گزارش‌هایی را با چه معیارها و ضوابطی می‌توانند مورد تصویب قرار دهند. در واقع باید نشریه‌ای تهیه شود که دست‌اندرکاران انجام مطالعات استفاده از پساب را ملزم نماید که در گزارش نهایی مطالعات توجیهی و تعریف گزینه‌ها ارتباط بین استفاده و کیفیت پساب و فرایندهای تصفیه پساب مشخص و معیارهای هر بخش را تعریف کنند و دستگاه تصویب‌کننده هم با دانستن ضوابط لازم بتواند گزارش را مورد مطالعه و مشروط یا غیرمشروط تصویب نماید و مشاور هم با رعایت معیارهای مصوب کار مطالعات را پیگیری و گزارش نهایی را تهیه نماید.

https://mehrabpooyesh.com NARVANARRA

نشریه شماره ۴

راهنمای مطالعات طرح‌های استفاده از فاضلاب‌های تصفیه شده شهری و روستایی، نشریه شماره ۴۳۴، سال ۱۳۸۸.

این نشریه همان نشریه شماره ۳۰۶- الف مورخ دیماه ۱۳۸۶ است که برای استفاده دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران ارائه گردیده است، در حالیکه نشریه توسط دفتر مهندسی و معیارهای آب و آبفا انتشار یافته است، اما تنها برای راهنمایی دست‌اندرکاران حرفه استفاده دوباره است و رعایت مطالب آن الزامی اعلام نشده است.

گرچه در فصل سوم نشریه مصرف‌کنندگان بالقوه تشخیص داده و معرفی شده است و در فصل چهارم ویژگی‌ها و الزامات عمومی مصرف‌کنندگان مورد توجه قرار گرفته است لیکن همان جدول استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست برای تخلیه فاضلاب تصفیه شده به منابع پذیرنده و کشاورزی آورده شده که در بخش‌های بالا مورد آنالیز و تفسیر کلی قرار گرفته است.

فصل پنجم نشریه سخن از ارزیابی، تحلیل و اصلاح فرایندهای تصفیه فاضلاب می‌نماید و از مهندس مشاور و یا گروه دست‌اندرکار مطالعات از لزوم تصفیه تکمیلی برای پساب خروجی پرسش می‌شود در حالیکه برای پاسخ به این سوال معیارهای کیفیت پساب در رابطه با شرایط استفاده دوباره هنوز تدوین نشده است. در این فصل نهادهای مرتبط با برنامه استفاده از فاضلاب تصفیه شده و مسئولیت‌ها مورد توجه قرار گرفته است که لازم است آیین‌نامه‌های لازم تدوین گردد تا حوزه مسئولیت هر یک از نهادها تعریف و شفاف شود.

نشریه شماره ۵

ضوابط زیست محیطی استفاده مجدد از آب‌های برگشتی و پساب‌ها، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، نشریه شماره ۵۳۵، سال ۱۳۸۹.

نشریه در گروه سوم ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و ماده شش آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی است. بدین ترتیب نشریه جنبه راهنمایی دارد و مراعات آن الزامی نیست. نشریه شامل هفت فصل است که به ترتیب بطور چکیده مورد توجه قرار می‌گیرد.

در **فصل اول** تعاریف، کلیات و اهمیت توجه به استفاده از پساب‌ها مطرح می‌شود و پس از آن تحلیلی از تحقیقات انجام شده در کشور در زمینه استفاده دوباره مورد توجه قرار گرفته و بیشتر از ۲۵ گزارش و مقاله تحقیقاتی مربوط به استفاده دوباره از آب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است که در آن پیامدهای مثبت و منفی استفاده دوباره بیان شده و براساس نتایج حاصل از تحقیقات نتیجه‌گیری‌هایی شده است. در بخش آخر این فصل نگاهی بسیار کلی به استفاده دوباره از آب در سایر کشورهای شده و نتیجه‌گیری کلی فصل این است که در صورت تدوین استانداردها و ضوابط مناسب و رعایت آن‌ها استفاده از پساب سیاست صحیحی است.

در **فصل دوم** به بررسی کمی و کیفی پساب‌های حاصل از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری توجه شده و پیش‌بینی می‌نماید که جمع پساب‌های تولیدی در سال ۱۴۰۰ حداکثر حدود ۵/۸ میلیارد متر مکعب در سال است و سپس به ویژگی‌های آن‌ها می‌پردازد. در این فصل به پساب‌های صنایع هم اشاره شده و کاربرد آن‌ها نیز مورد توجه قرار گرفته است. روش‌های تصفیه فاضلاب‌های صنعتی و زهاب‌های کشاورزی هم در این فصل نادیده گرفته نشده است.

در **فصل سوم** قابلیت استفاده از پساب‌ها و آب‌های برگشتی مورد بحث قرار گرفته و مصرف‌کنندگان بالقوه مانند کشاورزی، فضاهای سبز شهری، مقاصد تفریحی، تغذیه منابع آب زیرزمینی، مصرف‌های صنعتی و محیط‌زیستی بطور چکیده مورد گفتگو قرار گرفته است. بخش اصلی این فصل الویت‌بندی مصرف درسطح حوضه‌های آبریز کشور است که در جدول شماره ۳-۱ نشریه مطرح گردیده است.

در **فصل چهارم** پیامدهای محیط‌زیستی استفاده دوباره مورد توجه قرار گرفته که بطور مفصل پیامدهای محیط‌زیست فیزیکی، محیط‌زیست بیولوژیکی، محیط‌زیست اجتماعی، توسعه فضاهای سبز شهری، تولید محصول، اشتغال‌زایی، بهبود خاک و بهداشت مورد بحث قرار گرفته است.

مشکلات ناشی از بیماری‌زاها، تخم و کیست انگل‌ها، فلزات سنگین و ترکیب‌های آلی و شیمیایی موجود در فاضلاب و پساب یادآوری شده و در جدول‌های شماره ۴-۱ تا ۴-۶ این اثرها طبقه‌بندی شده و نتیجه‌گیری آن شبیه نتیجه‌گیری فصل سوم است.

در **فصل پنجم** چارچوب‌ها و معیارهای قانونی و استانداردهای مربوط به استفاده دوباره مورد عنایت تهیه‌کنندگان قرار گرفته است. در این فصل قوانین زیر مورد توجه واقع شده است.

- اصل پنجاهم قانون اساسی؛
- قانون توزیع عادلانه آب؛

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

- قانون حفاظت و بهسازی محیط زیست؛
- قانون مجازات اسلامی؛
- قانون برنامه چهارم توسعه؛
- آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی منابع آب؛
- دستورعمل اجرایی تخصیص آب؛
- بخشنامه و شیوه‌نامه استفاده از آب‌های بازیافتی.

بند آخر یعنی بخشنامه و شیوه‌نامه استفاده از آب‌های بازیافتی مورد تفسیر و تعبیر نشریه قرار گرفته و راهکارهای کوتاه مدت و بلندمدت برای رفع مشکلات قانونی، تشکیلاتی و مدیریتی ارائه گردیده است.

در این فصل استانداردهای موجود در رابطه با استفاده بی‌خطر از پساب‌ها به شرح زیر آورده شده است:

الف- استانداردهای داخلی مورد توجه نشریه عبارتند از:

- استاندارد خروجی فاضلاب‌ها – سازمان حفاظت محیط زیست ایران؛
- ویژگی‌های پساب‌های صنعتی – موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران؛
- حدود مجاز تخلیه فاضلاب‌ها به منابع آب سطحی و زیرزمینی و مصرف‌های کشاورزی براساس قانون برنامه سوم توسعه؛
- معیارهای ارزیابی کیفی منابع آب – دفتر بررسی آلودگی آب و خاک سازمان حفاظت محیط زیست؛
- استاندارد خروجی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری – پیوست شماره ۵ بخشنامه شماره ۸۷۵۱۲/۷۰۰ مورخ ۸۶/۱۱/۱۶ مورد توافق وزارت نیرو، بهداشت درمان و آموزش پزشکی و سازمان حفاظت محیط زیست ایران؛
- استاندارد کیفی آب برای مصرف‌های تفریحی – وزارت نیرو؛
- استاندارد کیفی آب برای مصرف‌های صنعتی – وزارت نیرو؛

استانداردهای پیش‌گفته مورد تفسیر و تعبیر نشریه قرار گرفته و ضرورت تجدید نظر آن‌ها را با توجه به میزان آب جاری در رودخانه‌ها اعلام می‌دارد.

ب- استانداردهای خارجی

عنصرها و ترکیب‌های شیمیایی موجود در فاضلاب در جدول‌های شماره ۵-۱ تا ۵-۵ مورد توجه قرار گرفته است. در جدول شماره ۵-۵ نشریه استانداردهای استفاده از فاضلاب برای آبیاری محصولات کشاورزی در کشورهای جهان آورده شده است که برای تدوین کیفیت پساب مورد استفاده در کشور می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد که حاصل کار شرکت مهندسین مشاور یکم است. جدول‌های شماره ۵-۲ تا ۵-۷ نیز توصیه‌های سازمان خواروبار و کشاورزی سازمان ملل متحد است.

در **فصل ششم** ضوابط محیط زیستی استفاده از پساب‌ها و آب‌های برگشتی و مدیریت انجام پایش‌ها مورد بحث قرار گرفته و در بخش دوم این فصل به برنامه پایش فاضلاب ورودی و پساب خروجی پرداخته شده است. بخش‌های اساسی پایش عبارتند از تصفیه‌خانه، لوله انتقال، اندازه‌گیری پساب، خاک مزرعه، محصولات تولیدی، کارگران مزارع و کارکنان، منابع آب سطحی، منابع آب زیرزمینی، تغذیه مصنوعی و پساب‌های با شوری بالا و غیره.

در پایان این فصل اقدامات مدیریتی برای کاهش پیامدهای بد ناشی از شوری زیاد منابع آب هم مورد توجه قرار گرفته است. در این فصل حدود ۲۰ جدول در زمینه‌های مختلف مانند استاندارد کیفی پساب برای مصرف‌های شرب دام و طیور، در کشاورزی و فضای سبز، کاربردهای تفریحی و حتی پرورش آبزیان به صورت پیشنهاد برای تدوین معیارهای کیفی ارائه گردیده است که از مجموعه قوانین و مقررات حفاظت محیط زیست دفتر حقوقی و امور مجلس، دفتر بررسی آلودگی آب و خاک سازمان حفاظت محیط زیست و سازمان‌های بین‌المللی استخراج شده است. همچنین در بخش برنامه‌های پایش بهداشتی کارگران، منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی حدود ۱۲ جدول به صورت پیشنهاد آورده شده است.

در **فصل هفتم** برنامه آموزش در بهره‌برداری از پساب‌ها و آب‌های برگشتی تدوین شده است. مباحث گروه‌های هدف برای آموزش، برنامه آموزش، تشکیل کمیته مدیریتی و کمیته‌های دیگر و برنامه‌های آموزشی برای گروه‌های زیر در نظر گرفته شده است:

- مدیران در سطوح مختلف و در سازمان‌های مرتبط با استفاده از فاضلاب؛
- شاغلین مزارع و ساکنان نزدیک به مزارع؛
- صاحبان مزارع پرورش (تولیدکنندگان)؛
- مصرف‌کنندگان محصولات.

با توجه به اهمیت آموزش و فرهنگ‌سازی در تمام سطوح جامعه و اهمیتی که این نشریه در فصل هفتم به آن داده است، کلیاتی به شرح زیر اشاره می‌گردد.

NARVANARRA.com
https://mehrabpooyesh.com

- گام اول در این مسیر را تشکیل کارگروه مدیریتی می‌داند که در زیر مجموعه آن تیم‌ها و انجمن‌های تخصصی در نظر گرفته شده است. این کارگروه‌ها در سطح ستادی، منطقه‌ای و استانی خواهند بود و برای گروه‌های دست‌اندرکار استفاده دوباره چون سیاست‌گذاران و قانون‌گذاران، دستگاه‌های اجرایی و گروه‌های مورد نظر چون کشاورزان، صاحبان صنایع، مسئولان محیط زیست، شیلات و سایرین قرار دارند که برای آن‌ها وظایفی در نظر گرفته شده است. گام‌های بعدی در مسیر طرح آموزش به شرح زیر است:
- گام دوم شناسایی و دسته‌بندی افراد ذینفع و ارائه برنامه‌های آموزشی است؛
- گام سوم تجزیه و تحلیل عوامل و متغیرهای تاثیرگذار در سطوح مختلف اجرایی می‌باشد؛
- گام چهارم تامین منابع مالی؛
- گام پنجم اجرای برنامه‌های استراتژیک، آموزش و آگاهی‌رسانی است. این گام خود به مرحله کوتاه مدت و بلندمدت تقسیم شده است که از گفتگو درباره آن خودداری می‌شود.

نشریه شماره ۶

کتاب "بازیافت آب (کاربردهای پساب شهری)"، تالیف دکتر سید سعید اسلامیان و صالح ترکش اصفهانی، انتشارات ارکان دانش، تابستان ۱۳۹۰.

کتاب در ۶ فصل به شرح زیر تدوین گردیده است:

فصل اول- ضرورت استفاد از آب اصلاح شده (فاضلاب تصفیه شده) به عنوان یک منبع جدید آب در ایران و جهان مورد توجه قرار می‌گیرد و مزیت‌های آن مورد تذکر واقع می‌شود. برای موفقیت در این امر ضرورت برنامه‌ریزی و ایجاد تاسیسات، زیرساخت‌ها، استفاده از دانش و صنعت تصفیه فاضلاب و تحلیل‌های اقتصادی مورد تاکید قرار می‌گیرد.

کتاب متذکر می‌شود که پتانسیل استفاد از آب اصلاح شده برای بخش کشاورزی، توسعه فضاهای سبز و بخش صنعت می‌باشد و لازم است در این بستر به معضلات محیط‌زیستی و اجتماعی همراه با مسایل عرضه و تقاضا توجه داشت و برای موفقیت در این کار نیاز به قبول و پشتیبانی همگانی و استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته می‌باشد.

فصل دوم- نام این فصل استانداردها می‌باشد و در ابتدا آب اصلاح شده را در چهار کلاس آ.ب.سی.دی[1] طبقه‌بندی نموده و معیارهای طبقه‌بندی آن‌ها را نیز کلیفرم‌های گوارشی و مجموع کلیفرم‌ها قرار داده است و براساس نوع محصول مورد آبیاری کاربرد آن‌ها را تعریف نموده است. کاربرد برای فضای سبز، محل‌های تفریحی با توجه به دسترسی محدود و یا نامحدود و توسعه تالاب‌ها در این فصل قرار دارد. همچنین تخلیه آب اصلاح شده به منابع آب زیرزمینی و سطحی و درجه تصفیه و کیفیت مناسب مورد بحث قرار می‌گیرد.

کاربردهای آب اصلاح شده برای مصرف‌های تجاری، صنعتی، پرورش ماهی، آبشارهای زینتی، شستشوی خیابان‌ها، کنترل گرد و غبار، آتش‌نشانی، فلاشینگ دستشویی (توالت) و بالاخره عملیات ساختمانی هم مورد تذکر قرار گرفته است. اهمیت تصفیه پساب، نمونه‌گیری برای تشخیص کیفیت، تجزیه و تحلیل و تهیه گزارش مهندسی نیز در این فصل مدنظر قرار گرفته و هشدارهای لازم برای استمرار اطمینان آب اصلاح شده مورد تاکید قرار گرفته است.

در طراحی تاسیسات برای جلوگیری از اشتباه در انجام اتصالات و نیازهای نظارتی توصیه‌هایی شده است و بالاخره در پایان فصل کاربردهای آب اصلاح شده در کالیفرنیا و فلوریدا همراه با کیفیت مورد نظر در جدول شماره ۲-۶ کتاب نشان داده شده است.

در **فصل سوم** به مطالعه‌های موردی کاربرد آب اصلاح شده در خارج از کشور می‌پردازد و در ابتدا به ملاحظات طراحی تاسیسات توجه دارد. تاکیدی دارد بر استفاده برای آتش‌نشانی و کاربرد در صنایع مانند خنک‌کننده‌ها و غیره. نگرانی در مورد خوردگی، مسایل بیولوژیکی و رسوب‌گذاری کیفیت آب اصلاح شده برای بعضی از صنایع مانند کاغذسازی، نساجی، نفت و ذغال سنگ، تمیزکاری و رنگ و سیمان در جدول شماره ۳-۴ کتاب ارائه شده است.

در مورد استفاده در کشاورزی به مسایل تقاضاهای آبیاری کشاورزی، کیفیت آب اصلاح شده و ملاحظات دیگر می‌پردازد. ویژگی‌هایی مانند بازده در انواع سیستم‌های آبیاری و کیفیت آب مانند درجه شوری، سدیم، عناصر کمیاب مانند کادمیوم، مس، مولیبدن، نیکل، روی، کلر باقی‌مانده و مواد مغذی موجود در آب اصلاح شده مورد توجه قرار گرفته و از نظر هدف‌های سلامتی در رابطه با کیفیت آب اصلاح شده و نوع آبیاری نیز ملاحظاتی را مطرح می‌نماید.

1. A.B.C.D

NARVANA
https://mehrabpooyesh.com

فصل چهارم کتاب می‌پردازد به مطالب تکنیکی در طراحی سیستم‌های بازیافت و در آن از مطالعه‌های لازم برای تعریف پتانسیل‌های تقاضا، کیفیت‌های لازم، نیازهای تصفیه، تاسیسات لازم و روش‌های طراحی سخن می‌گوید. در این رابطه روش‌های تصفیه و ملاحظات کیفی و محل‌های مصرف مطرح می‌گردد. از معیارهای مهم استفاده از آب اصلاح شده بهداشت و سلامت مردم و حفظ محیط‌زیست است که به حق مورد توجه قرار گرفته است.

در **بخش آخر** فصل فرایندهای فیلتراسیون، دی‌نیتریفیکاسیون، نیتریفیکاسیون، کاربرد پرتو فرابنفش، لخته‌سازی و ته‌نشینی، جذب کربنی، فرایندهای غشایی، بیوراکتورهای غشایی همراه با نیازهای ذخیره‌سازی مورد بحث قرار می‌گیرد.

در **فصل پنجم** کتاب به مطالعه‌های موردی در ایران می‌پردازد که بسیار ارزشمند است. تاسیسات فاضلاب شاهین‌شهر و استفاده از خروجی آن یک مورد است و نتیجه‌گیری می‌شود که پساب این تصفیه‌خانه می‌تواند در پالایشگاه اصفهان و بخصوص برای فرایندهای خنک کردن بکار رود و با توجه به وضعیت رودخانه زاینده‌رود استفاده از پساب برای صنایع ضروری تشخیص داده شده است که دارای مزیت‌های زیاد محیط‌زیستی است. مورد دیگر استفاده از پساب کارخانه ذوب آهن اصفهان برای کشاورزی است که نتایج آن به تفصیل در کتاب مورد بحث قرار گرفته است. مورد دیگر رودخانه فصلی شیراز است که دریافت‌کننده فاضلاب‌های خانگی و صنعتی است و در پایین‌دست از آب رودخانه برای کشاورزی، حتی کشت سبزیجات، استفاده می‌شود. نتیجه‌گیری نهایی این است که در درازمدت بدلیل وجود فلزات سنگین در آب رودخانه خاک‌های کشاورزی آلوده خواهند شد و هم اکنون هم افزایش آن‌ها در خاک و محصولات کشاورزی مشاهده می‌شود بنابراین جلوگیری از تخلیه فاضلاب‌های صنعتی حاوی فلزات سنگین در بازیافت دارای اهمیت محیط‌زیستی است.

فصل ششم می‌پردازد به طراحی سیستم‌های آبیاری یا آب اصلاح شده و ابتدا روش‌های آبیاری معرفی می‌شود و در جدول شماره ۶-۱ کتاب اطلاعات مورد نیاز برای دستیابی به استفاده از آب اصلاح شده جهت مصرف‌های کشاورزی معرفی می‌شود و بالاخره ویژگی‌های انواع روش‌های آبیاری و مقایسه آن‌ها در جدول‌هایی ارائه می‌گردد.

امید است که در بهنگام نمودن این کتاب در چاپ‌های آینده بتوان از سایر نشریات منتشر شده در این زمینه نیز بهره گرفت.

مراجع

۱- رازقی، ناصر، استفاده مجدد از آب، نشریه شماره ۱۸۶۳ دانشکده بهداشت دانشگاه تهران، آبان ماه ۱۳۵۱.

۲- شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، گزارش عملکرد سال ۱۳۹۰.

۳- گزارش های عملکردی شرکت‌های آب و فاضلاب استان، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و شرکت مدیریت منابع آب ایران، سال ۱۳۹۰.

۴- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهور، ضوابط زیست محیطی استفاده مجدد از آب‌های برگشتی و پساب‌ها، نشریه شماره ۵۳۵، سال ۱۳۸۹.

۵- حسن اقلی، علی و همکاران، بررسی اثرات آبیاری با فاضلاب‌های خانگی بر انتقال مواد به عمق خاک و کیفیت زهاب‌های خروجی از لایسیمتر، یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، سال ۱۳۸۲.

۶- رحیمی، یوسف و همکاران، بررسی استانداردهای استفاده مجدد از پساب فاضلاب و فرایندهای مناسب جهت نیل به استانداردهای مربوطه. اولین سمینار ملی جایگاه آب‌های بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب، مشهد، سال ۱۳۷۸.

۷- دفتر حقوقی و امور مجلس سازمان حفاظت از محیط‌زیست ایران، مجموعه قوانین و مقررات حفاظت محیط زیست ایران، جلد اول و دوم، سال ۱۳۷۹.

۸- علیزاده، امین و همکاران، استفاده از پساب تصفیه شده فاضلاب‌های خانگی در آبیاری سبزیجاتی که به صورت خام خورده می‌شوند. گزارش نهایی، مرکز تحقیقات شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، سال ۱۳۷۲.

۹- احرام‌پوش، محمد و مصداقی نیا، علیرضا، اثرات فاضلاب نهر فیروزآباد در زمین‌های کشاورزی جنوب تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران، سال ۱۳۷۶.

۱۰- جعفرزاده حقیقی، نعمت الله، تاثیر استفاده از فاضلاب شیراز در آبیاری محصولات کشاورزی بر افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک و برخی محصولات، دومین کنگره ملی مسایل آب و خاک کشور، سال ۱۳۷۵.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

۱۱- صمدزاده، احمدرضا، استفاده از پساب شهری در تولید محصولات کشاورزی، دومین سمینار ملی جایگاه آب‌های بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب، کاربرد در کشاورزی و فضای سبز، سال ۱۳۸۹.

۱۲- فیضی، حسن و همکاران، بررسی اثرات آبیاری با فاضلاب‌های خانگی تصفیه شده بر کمیت و کیفیت ارزن علوفه‌ای، دومین سمینار ملی جایگاه آب‌های بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب، سال ۱۳۸۹.

۱۳- معاونت عملیات و بهره‌برداری شرکت فاضلاب تهران، گزارش میانگین ۱۲ ماهه شاخص‌های آلودگی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب تهران، سال ۱۳۸۹.

۱۴- فریدونی، محمدجواد و همکاران، استفاده از پساب تصفیه شده شهر یاسوج درتولید ذرت شیرین، دومین سمینار ملی جایگاه آب‌های بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب، سال ۱۳۸۹.

۱۵- فیضی، محمد و همکاران، تاثیر استفاده از پساب در کشاورزی بر برخی خواص فیزیکی خاک، دومین سمینار ملی جایگاه آب‌های بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب، سال ۱۳۸۹.

۱۶- شایان جزی، مینا و همکاران، تاثیر استفاده از پساب در کشاورزی بر برخی خواص شیمیایی خاک، دومین سمینار ملی جایگاه آب‌های بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب، سال ۱۳۸۹.

۱۷- ملاحسینی، حمید و فیض محمد، بررسی خصوصیات فیزیکی اراضی تحت آبیاری با فاضلاب شهری، دومین سمینار ملی جایگاه آب‌های بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب، سال ۱۳۸۹.

۱۸- کوپایی، عابدی و همکاران، اثر کاربرد پساب روی خاک کشاورزی - کارگاه آموزشی مدیریت استفاده دوباره، سال ۲۰۰۱.

۱۹- ذبیحی، حمیدرضا و محمدزاده، احمدرضا، بررسی اثر مصرف فاضلاب نیمه تصفیه‌شده(هوادهی شده) بر تجمع عناصر سنگین در خاک و گیاه سورگوم، دومین سمینار ملی جایگاه آب‌های بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب، سال ۱۳۸۹.

۲۰- احمدی شاپورآبادی، حسین و همکاران، بررسی تاثیر پساب فاضلاب بر اصلاح خاک‌های شور و سدیمی، مطالعه موردی: اراضی جنوب تهران، دومین سمینار ملی، جایگاه آب‌های بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب، سال ۱۳۸۹.

۲۱- رحمانی، حمیدرضا، بررسی کیفیت پساب فاضلاب شهری بر اراضی تحت آبیاری، دومین سمینار ملی جایگاه آب‌های بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب، سال ۱۳۸۹.

۲۲- وزارت نیرو، شرکت مدیریت منابع آب ایران، شرکت آب منطقه‌ای تهران، طرح ساماندهی آب‌های سطحی جنوب تهران (مطالعات کمی و کیفی)، جلد هشتم، سال ۱۳۸۸.

۲۳- حسین‌پور، اعظم و همکاران، تاثیر تخلیه فاضلاب‌های شهری بر کیفیت شیمیایی زهاب‌های خروجی و برخی خصوصیات شیمیایی یک خاک شور در شرایط غرقاب پیوسته و متناوب، دومین سمینار ملی جایگاه آب‌های بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب، سال ۱۳۸۹.

۲۴- برادران امینی، صبا و برکتین، سمانه، استفاده مجدد از پساب تصفیه خانه فاضلاب شهر تبریز در کشاورزی، دومین سمینار ملی جایگاه آب‌های بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب، سال ۱۳۸۹.

۲۵- حسن اقلی، علیرضا و همکاران، تغییرات میزان مواد آلی خاک در نتیجه آبیاری با فاضلاب خانگی و خودپالایی آن، فصلنامه آب و فاضلاب، شماره ۴۲، سال ۱۳۸۱.

۲۶- سمیعی، علی و همکاران، ملاحظات بهداشتی و زیست محیطی استفاده از پساب در روش‌های مختلف آبیاری تحت فشار (مطالعه موردی پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب اولنگ مشهد)، دومین سمینار ملی جایگاه آب‌های بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب، سال ۱۳۸۹.

۲۷- آقابراتی، اشرف، تاثیر کاربرد فاضلاب شهری بر تجمع عناصر سنگین کرم و نیکل در درخت زیتون و خاک، فصلنامه علمی، پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، شماره ۲، جلد ۳۰۴، سال ۱۳۸۴.

۲۸- حامدخانی، طاهره و سماوی، زویا، استفاده از پساب تصفیه‌خانه شهر همدان جهت توسعه دیمزار، دومین سمینار ملی جایگاه آب‌های بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب، سال ۱۳۸۹.

۲۹- معاونت وزارت نیرو در امور آب و آبفا، پیوست بخشنامه شماره ۸۷۵۱۲/۷۰۰ مورخ ۱۳۸۶/۱۱/۰۸.

۳۰- علیزاده، امین و همکاران، استفاده از پساب تصفیه شده فاضلاب های خانگی در آبیاری، دومین سمینار ملی مسایل آب و خاک کشور، تهران، سال ۱۳۷۵.

۳۱- عابدی کوهپانی، جهانگیر و باقری، محمدرضا، اثرات زیست محیطی آبیاری با پساب تصفیه شده بر منابع آب زیرزمینی، همایش اثرات زیست محیطی پساب‌های کشاورزی بر آب‌های سطحی و زیرزمینی، سال ۱۳۸۰.

۳۲- معاونت راهبردی دفتر ریاست جمهوری، فهرست خدمات مطالعات طرح‌های استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده شهری و روستایی، سال ۱۳۸۸.

۳۳- دفتر فنی شرکت بهره برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی استان تهران، طرح متعادل‌سازی نوسانات آب تحویل تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران در نقطه A (شبکه ورامین - پاکدشت)، سال ۱۳۹۰.

۳۴- رضوانی مقدم، پرویز، تاثیر نسبت‌های مختلف آب چاه و فاضلاب تصفیه شده و خصوصیات مرفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت، سورگوم و ارزن علوفه‌ای، مجله پژوهش‌های زراعی ایران، شماره ۷، سال ۱۳۸۸.

۳۵- کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی، نشریه شماره ۴۷، سال ۱۳۸۰.

۳۶- معاونت راهبردی دفتر ریاست جمهوری، راهنمای مطالعات طرح‌های استفاده از فاضلاب‌های تصفیه شده شهری و روستایی، نشریه شماره ۴۳۴، سال ۱۳۸۸.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com

۳۷- محمدزاده، احمدرضا، بررسی کاربرد پساب فاضلاب شهری در تولید محصولات زراعی گندم، اولین سمینار ملی جایگاه آب‌های بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب، سال ۱۳۸۷.

۳۸- یارقلی، بهمن، بررسی مقدار جذب و تجمع کادمیوم از خاک آلوده به اندام‌های چهارگونه گندم، اسفناج، خیار و هویج ، دومین سمینار ملی جایگاه آب‌های بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب، سال ۱۳۸۹.

۳۹- هراتی، مجید، تجمع فلزات سنگین در ذرت علوفه‌ای تحت آبیاری با فاضلاب، دومین سمینار ملی جایگاه آب‌های بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب، سال ۱۳۸۹.

۴۰- اسلامیان، سید سعید و ترکش اصفهانی، صالح، بازیافت آب (کاربردهای پساب شهری)، ارکان دانش، سال ۱۳۹۰.

۴۱- شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان رضوی، گزارش برنامه جامع تامین آب آشامیدنی شهر مشهد تا سال ۱۴۰۰، سال ۱۳۸۶.

۴۲- شهرداری تبریز، مطالعات پایش و کاهش آلودگی، طرح جامع ساماندهی و بهسازی رودخانه مهرانه‌رود، سال ۱۳۸۵.

۴۳- رازقی، ناصر و منصوری، رویا، نمک زدایی از آب‌های شور و لب شور (علم و صنعت)، نارون آرا، سال ۱۳۹۱.

۴۴- واعظی، فروغ و محمدی، عبدالمطلب، گندزدایی آب و بهره برداری از گندزداها، سه استاد، ۱۳۸۲.

45- Ray.K.Linsfey and Joseph B. Franzini (1992) Water Resourses Engineering, Second Edition, McGraw-Hill, New York.

46- U.S. EPA (2004) Guidelines for Water Reuse, EPA/625/R-04/108, U.S. Environmental Protection Agency and U.S. Agency for International Development, Washington, DC.

47- WHO (2006) WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater, Third Edition, Volume II, Wastewater Use in Agriculture, World Health Organization, Geneva, Switzerland.

48- John.W. Clark and Warren Viessman. Jr (1970) Water supply and Pollution Control, International Textbook Company, Scranton, Pennsylvania.

49- Tchobanoglous, and Burton F.L (1991), Wastewater Engineering: Treatment, disposal and Reuse, 3rd edition., Metcalf and Eddy, Inc., McGraw-Hill, New York.

50- U.S. EPA (2012) Guidelines for Water Reuse, EPA/600/R-12/618, U.S. Environmental Protection Agency and U.S. Agency for International Development, Washington, DC.

NARVANARRA
https://mehrabpooyesh.com