سازمان صنایع کوچک وشهرک های صنعتی ایران

آشنایی با
سیستم‌های استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده
درآبیاری فضای سبز شهرک‌ها و نواحی صنعتی

سازمان صنایع کوچک وشهرک های صنعتی ایران
www.iraniec.ir

معاونت عمران و محیط زیست

بسم الله الرحمن الرحیم

جمهوری اسلامی ایران
وزارت صنعت، معدن و تجارت
سازمان صنایع کوچک و شهرکهای صنعتی ایران

آشنایی با سیستم‌های استفاده مجدداز فاضلاب تصفیه شده در آبیاری فضای سبز شهرک‌ها و نواحی صنعتی

مولف: معاونت عمران و محیط زیست
ناشر: روابط عمومی وبین‌الملل

عنوان و نام پدیدآور: آشنایی با سیستم‌های استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه‌شده در آبیاری فضای سبز شهرک‌ها و نواحی صنعتی/ مولف معاونت عمران و محیط‌زیست سازمان صنایع‌کوچک و شهرک‌های صنعتی ایران
مشخصات نشر: تهران: راز نهان، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری: ۱۴۰ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک: 978-600-6352-43-5
وضعیت فهرست نویسی: فیپا
یادداشت: کتابنامه: ص.۱۳۶ - ۱۳۹.
موضوع: فاضلاب -- تصفیه زیستی
موضوع: آبیاری با فاضلاب
موضوع: آب -- استفاده مجدد
شناسه افزوده: سازمان صنایع کوچک و شهرک‌های صنعتی ایران. معاونت عمران و محیط‌زیست
رده بندی کنگره: TD۷۵۵/آ۵ ۱۳۹۰
رده بندی دیویی: ۶۲۸/۳۵
شماره کتابشناسی ملی: ۲۴۵۰۱۸۸

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
پیشگفتار	۹
مقدمه	۱۱
فصل اول: دستاوردهای اخیر در زمینه‌های استاندارد کیفی آب	۱۵
فصل دوم: برنامه‌ریزی استفاده مجدد فاضلاب	۱۹
۲- دغدغه‌های اصلی در برنامه‌ریزی استفاده مجدد فاضلاب	۱۹
منابع آب	۱۹
قیمت‌گذاری و تخصیص آب	۲۰
کیفیت	۲۱
هزینه‌ها و منافع	۲۳
مخاطرات میکروبی بهداشت	۲٤
خطرات سم‌شناسی بهداشت	۲۸
جنبه‌های وابسته به نظارت یا تنظیم	۲۹
استانداردهای بهداشت عمومی	۳۲
جنبه‌های اجتماعی- فرهنگی	۳۳
جنبه‌های زراعی	۳۷
منافع	۳۷
هزینه‌ها	۳۸
استانداردهای زراعی	٤۱
تکنولوژی‌های دفع و منافع استفاده مجدد	٤۲
تکنولوژی تصفیهٔ کم هزینه	٤۵
جنبه‌های زیست‌محیطی	٤۸
بازبینی و ارزیابی	۵۰
نتایج	۵۰

عنوان	صفحه

فصل سوم: کیفیت آب درکشاورزی	۵۳
۳-۱- کیفیت شیمیایی آب	۵۳
۳-۲- پارامترهای مهم از نظر کشاورزی	۵۵
۳-۳- بهره‌برداری از فاضلاب در کشاورزی	٦۰
۳-٤- در معرض قرار گرفتن انسان	٦۱
۳-۵ آب آبیاری	٦٤
۳-۵-۱- طبقه‌بندی	٦٤
۳- ۵-۲- نفوذپذیری	٦۵
۳-۵-۳ عناصر ویژه	٦۷
۳-۵-٤ - عناصر جزیی	۷۰
فصل چهارم: کیفیت آب درکشاورزی	۷۷
٤- ارکان توسعهٔ پروژهٔ استفاده مجدد	۷۷
مؤسسات	۷۸
گزینش‌های فنی و سیاسی	۷۹
ملاحظات اقتصادی و مالی	۸۱
فصل پنجم: نمونه‌ای از پروژه‌های استفاده مجدد از پساب تصفیه‌شده در شهرک‌های صنعتی	۸۵
پروژه استفاده مجدد از پساب تصفیه شده تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک صنعتی اسلام‌آباد غرب	۸۵
۵-۱- محدود طرح	۸۵
۵-۲ مشخصات نقشه‌ها	۸۷
۵-۳- بررسی مساحتهای فضای شهرک	۸۷
۵-٤- گونه شناسی گیاهی فضاهای سبزمنطقه	۸۸
۵-۵- دسته بندی گیاهان منطقه	۸۹
۵-۵-۱- درختان موجود درمنطقه طرح	۹۰
۵-۵-۲- گل‌ها	۹٤

عنوان	صفحه
۵-٦- عوامل مهم درمقدارآب درخواستی	۹۵
۵-٦-۱- زمان آبیاری	۹۵
۵-٦-۲- روش آبیاری	۹۷
۵-٦- ۳- آبشویی	۹۷
۵-٦-٤- زهکشی	۹۸
۵-۷- مدیریت آبیاری با فاضلاب	۹۸
۵-۷-۱- شوری	۹۸
۵-۷-۲- مغلوب شدن به مخاطرات سمیت	۱۰۲
۵-۸- جمع بندی و نتیجه گیری	۱۰٦
۵-۸-۱- توجیه فنی	۱۰٦
۵-۸-۲- توجیه زیست محیطی	۱۰۷
۵-۸-۳- توجیه اجتماعی	۱۰۸
۵-۸-٤- توجیه مالی و اقتصادی	۱۰۸
۵-۹- طرح آبیاری قطره‌ای	۱۰۹
۵-۹-۱- منبع تأمین آب	۱۰۹
۵-۹-۲- محاسبات	۱۱۰
۵-۹-۳- مدیریت بهره‌برداری از سیستم	۱۱٦
۵-۱۰- دفع نهائی فاضلاب	۱۱٦
پیوست‌ها و ضمـــائم	۱۱۷
منابع و مراجع:	۱۳٦

پیشگفتار

استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه‌شده (پساب) تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهرک‌های صنعتی به‌عنوان یک منبع آبی جهت تامین بخشی از کسری آب مورد نیاز و آبیاری فضای سبز شهرک‌ها و نواحی صنعتی امری مقرون به‌صرفه و کاملا هم‌راستا با محیط‌زیست می‌باشد.

کتابچه حاضر متشکل از پنج فصل با موضوعات دستاوردهای اخیر در زمینه استانداردهای کیفی آب، برنامه‌ریزی استفاده مجدد فاضلاب، کیفیت آب در کشاورزی و آبیاری فضای سبز، توسعه پروژه استفاده مجدد فاضلاب و ارائه تجربیات در مورد نمونه‌ای از پروژه‌های استفاده مجدد از پساب تصفیه‌شده در شهرک‌های صنعتی بوده و کوشیده است با برجسته‌سازی ضوابط موجود در این زمینه بتواند بعنوان یک راهنمای کاربردی بکار برده شود. لازم به‌ذکر است علاوه بر موارد ذکر شده در این ضوابط، رعایت مقررات ملی تدوین شده در این زمینه و همچنین سایر نشریات و استانداردهای ملی و بین‌المللی معتبر و مرتبط جهت استفاده در زمینه طراحی و اجرای سیستم‌های استفاده مجدد از پساب تصفیه‌شده تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهرک‌های صنعتی لازم‌الرعایه می‌باشد.

در پایان از تلاش ارزنده همکاران دفتر محیط‌زیست معاونت، به‌خاطر زحمات و کوشش‌های فراوان در تهیه و تدوین این کتاب تشکر و قدردانی می‌نماید.

معاونت عمران و محیط‌زیست

تابستان ۱۳۹۰

مقـــــدمه

استفاده مجدد از فاضلاب در کشاورزی، امری مقرون به صرفه و در جهت استفاده فاضلاب شهری برای مصارف آبیاری و کشت کاملاً هم راستا با محیط‌زیست است. استفاده مجدد از فاضلاب در یک دیدگاه کلی:

۱- منابع جدید آب، مواد غذایی و مواد آلی را برای خاک بوجود خواهد آورد.

۲- سبب بهبود وضعیت زیست‌محیطی با حذف یا کاهش تخلیه فاضلاب به آب‌های سطحی می‌گردد.

۳- سبب حفظ منابع آب سالم می‌گردد.

٤- باعث می‌گردد بازده اقتصادی، سرمایه‌گذاری‌ها را در دفع فاضلاب و آبیاری خصوصاً مناطق نزدیک شهرها و شهرک‌ها که دارای سیستم جمع‌آوری فاضلاب هستند، بالاتر رود.

فاضلاب اغلب به ۵ دلیل یک منبع آب به شمار نرفته است:

کمبود اطلاعات دربارهٔ فواید آن، ترس از تهدیدهای بهداشتی محتمل آن، مسائل فرهنگی، فقدان روشی جهت آنالیز اقتصادی پروژه‌های استفاده مجدد از فاضلاب به صورت مبسوط و تجربه‌های منفی که در آن فاضلاب جهت مناطقی مورد استفاده مجدد قرار گرفته است، که شرایط در آن کنترل نشده و طراحی‌ها با نقص‌های بسیار همراه بوده است.

مطالب ارائه شده در این کتاب که به تفضیل در ۵ فصل آمده است، به استفاده‌کننده از کتاب این دانش را می‌دهد که در خصوص فواید استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه‌شده برای آبیاری و همچنین دفع زیست‌محیطی آن اقدام نماید به‌طوری که این مسأله با حفظ سرمایه‌گذاری‌های صورت‌گرفته نیز همراه باشد. بنابراین این کتاب:

۱- در مورد استفاده مجدد از فاضلاب در کشاورزی و آبیاری فضای سبز به‌طور کامل بحث می‌نماید.

۲- به طراحان پروژه‌های دفع فاضلاب و پروژه‌های استفاده مجدد جهت آبیاری، این دیدگاه را می‌دهد

که به صورت توأماً و مشورتی پروژه‌های استفاده مجدد از فاضلاب را برای مقاصد دفع و یا آبیاری طراحی کنند.
۳- اطلاعات ضروری بسیار مهمی را برای عاملین پروژه‌های کشاورزی استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه‌شده فراهم می‌آورد، به‌طوری که آن‌ها بتوانند تأثیر مستقیم استفاده مجدد از فاضلاب را برروی سلامت و تولید بررسی کند.
٤- ابزاری حمایتی برای تهیه و ارزیابی این پروژه‌ها (پروژه‌های استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه‌شده) می‌باشد.
اگرچه اکثر موارد مورد بحث و مسائل مربوط به آبیاری و کشت آبی (پرورش ماهی با استفاده از فاضلاب، تغذیه، پرورش و تغذیه با هم) به صورت توأم مطرح شده‌اند، ولی فقط مسائل مربوط به آبیاری به‌طور جزئی بررسی شده است. تحقیقات بنیادی در مورد تأثیر کشت آبی با استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برروی سلامت افـــراد، هنـــوز به‌طور کامل انجام نشـــده است و نتایج دربرگـیرنده تعاریف مشخصی برای تضمین سلامت کیفی را عنوان نکرده‌اند.
این کتاب اطلاعاتی در زمینه طراحی تصفیه‌خانه فاضلاب و یا متدولوژی و برنامه طراحی سیستم‌های آبیاری بدست نمی‌دهد و به عنوان علوم راهبردی در زمینه بررسی‌های اپیدمی شناسی مطرح نمی‌باشد. این کتاب اطلاعات چند بعدی را ارائه می‌نماید که در وزن‌دهی به استفاده مجدد از فاضلاب برای آبیاری مؤثرند. این سرفصل‌ها، متخصصین را با واقعیت‌هایی که لازم است بدانند (تا در کاربردهای فاضلاب جهت استفاده مجدد در مصارف آبیاری موفق باشند) آشنا می‌سازد.

تاریخچه

استفاده از فاضلاب انسانی برای مصارف کشاورزی در طول سالیان دراز یک روش معمول و عمومی بوده است. کود انسانی نیمه خشک (مدفوع و ادرار انسان) از زمان‌های دیرین در چین و سایر کشورهای آسیایی به‌منظور حاصلخیز کردن مزارع استفاده می‌شد و این‌کار هنوز نیز در همین کشورها ادامه دارد.

پیش از قرن ١٦ میلادی در آلمان و همچنین در طول قرن ۱۷ در انگلیس یکی از روش‌های دفع فاضلاب شهری، استفاده از آن در مزارع و آبیاری محصولات است. گسترش سریع شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب در نیمه دوم سده ۱۸، مزارع فوق‌الذکر به عنوان یک روش عمومی جهت دفع و تصفیه فاضلاب در آمریکای شمالی و اروپا، استرالیا معمول گردید. این روش دفع فاضلاب در بسیاری از موارد ادامه‌دار نبود اما در مکزیکوسیتی و ملبورن، ادامه یافت و امروزه به‌صورت پایدار و مناسبی درآمده است.
مزارع دفع فاضلاب تا قرن ۲۰، بسیار عمومی و همه‌گیر شده بود. اما در قرن بیستم، توسعه شهرها،

نیازمند زمین بود و این مسأله سبب می‌شد که نتوان از مزارع بزرگ و وسیع صرفاً به منظور دفع فاضلاب استفاده نمود.

همزمان و متقارن با این توسعه و هم‌راستا با گسترش روش‌های جدید کشاورزی و استفاده رو به رشد از کودهای شیمیایی و نیز گسترش استفاده از روش‌های شیمیایی، مکانیکی و بیولوژیکی در تصفیه فاضلاب، استفاده از روش‌های منسوخ و سنتی کمتر شد.

در سال ۱۹۵۰ یک تمایل جدید در استفاده از فاضلاب برای آبیاری دیده می‌شود، یک دلیل آن رشد سریع شهرسازی و متعاقباً افزایش آلودگی آب سطحی به واسطهٔ تخلیهٔ فاضلاب بود و دلیل دیگر این مسأله در بیشتر شهرها خصوصاً در نواحی خشک، ترس از کمبود آب سالم برای آبیاری و کاهش خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب جهت آبیاری می‌باشد.

این عوامل و رشد فکری بشر در زمینه بهداشت و سلامت جامعه سبب گردید که روند بازیافت فاضلاب و عمدتاً خروجی تصفیه‌خانهٔ فاضلاب افزایش یابد.

فواید این امر شبیه آنچه در گذشته بوده است می‌باشد که عبارتند از :

- حفاظت زیست محیطی آب‌های دریافت کنندهٔ فاضلاب
- غنی‌سازی خاک بوسیله مواد مغذی موجود در فاضلاب
- حفاظت از منابع آب و مدیریت آن

اما استفاده مجدد از فاضلاب جهت آبیاری نیز با محدودیت‌هایی همراه است. این مسأله وقتی نمود پیدا می‌کند که فاضلاب‌های صنعتی با مقیاس‌های آلودگی متفاوت و بالا وارد شبکه جمع‌آوری فاضلاب می‌گردد. تخلیه این فاضلاب به شبکه جمع‌آوری شهری خصوصیات پساب را برای آبیاری نامناسب می‌سازد. بعضی از مشکلات ممکن است از عدم قانونگذاری مناسب در مورد منابع آب و پیامد آن عدم توانایی کنترل در آن نشأت بگیرد، مانند:

الف)کیفیت پساب

ب) انتخاب محل برای استفاده مجدد از فاضلاب

ج) روش کاربرد پساب جهت آبیاری

سایر محدودیت‌ها معمولاً ناشی از اقلیم و خصوصیات جغرافیایی است. همچنین در حالی که تعداد رو به رشدی از کشورها ارزش بازیافت فاضلاب را تشخیص می‌دهند و فقط تعداد محدودی از این کشورها خط مشی‌های ملی و برنامه‌های جامعی برای آبیاری با فاضلاب را تدوین کرده‌اند.

فصل اول

دستاوردهای اخیر در زمینه‌های استاندارد کیفی آب

دستاوردهای اخیر در زمینه‌های استاندارد کیفی آب

تأثیر آبیاری فاضلاب بر روی بهداشت عمومی، اساسی‌ترین دغدغه‌های آژانس‌های بهداشتی و سلامت جامعه است. در سال ۱۹۸۵ یک همکاری بین سازمان‌های مختلف برای بررسی جنبه‌های اپیدمی‌شناسی استفاده مجدد از فاضلاب تشکیل داده شد. سازمان‌های شرکت‌کننده شامل WHO (سازمان بهداشت جهانی)، IRCWD، UNEP، UNDP و بانک جهانی بود.

بر اساس ارزیابی آن‌ها از شایع شدن شرایط نامطلوب بهداشتی در کشورهای در حال توسعه تصمیم گرفته‌اند که استانداردهای Engelberg (IRCWD, 1985) را مجدداً مورد بررسی قرار دهند.

این استانداردها بعداً به‌عنوان سرفصل‌های بهداشتی توسط سازمان جهانی بهداشت (WHO) در استفاده از فاضلاب در کشاورزی و کشت آبی نهایی شد.

برتری این خط‌مشی، شرایط کیفی آب دست‌یافتی با روش‌های تصفیه ساده و ارزان قیمت است. در نتیجه احتمال پیروی از این استانداردها و اجرای آن‌ها بیشتر بود. آن‌ها نقطه شروعی را برای کشورهای در حال توسعه فراهم آوردند که به سمت استفاده از فاضلاب و مناسب‌سازی آن برای آبیاری تشویقشان می‌کرد و آن‌ها را به این مسأله رهنمون می‌ساخت که استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه‌شده در کشاورزی می‌تواند یک روش عملی مناسب برای دفع فاضلاب باشد.

این کتاب به جنبه‌هایی از برنامه‌ریزی و طراحی می‌پردازد که به صورت کاملاً ساخت‌یافته‌ای در طبیعت وجود دارد تا بتوان بدین‌وسیله تعامل جنبه‌های مختلف کارشناسی، اقتصادی و اجتماعی مسأله را جهت موفقیت در پروژه‌های استفاده مجدد از فاضلاب برنامه‌ریزی و تدوین نمود.

استفاده مجدد از فاضلاب به عبارتی یک چالش نظامند می‌باشد. کیفیت پساب یک مسأله فنی بسیار مهم در طراحی و اجرای یک سیستم منسجم استفاده مجدد از فاضلاب می‌باشد، که طبیعتاً مصرف‌کنندگان آن (چه تولید کننده‌ها و چه مصرف‌کننده‌های صرف) این انتظار را دارند و آن را حمایت می‌کنند.

این کتاب همچنین شامل سرفصل‌های راهنمای کیفی سازمان بهداشت جهانی (WHO, 1989) برای استفاده مجدد از آب سالم و بهداشت عمومی است. مضاف بر اینکه سایر ملاحظات کشاورزی برای مدیریت بی‌نقص خاک و آب در آن گنجانده شده است.

قسمت اول کتاب به صورت جزئی به اصول مفهومی مربوط به استفاده مجدد از آب می‌پردازد. در این بخش خصوصاً به کیفیت پساب با دیدگاه اقتصادی در آبیاری محصولات کشاورزی و همچنین مسائل بهداشتی و سایر جنبه‌های عمومی استفاده از پساب اشاره شده است.

قسمت دوم کتاب چهارچوب اصلی ملزومات طراحی پروژه‌های استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه‌شده را ارائه می‌نماید و به‌طور مختصر در مورد وضعیت‌هایی که فاقد چنین پروژه‌ای هستند، بحث می‌نماید.

در پایان نیز نمونه‌ای از تجربیات کاربردی استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه‌شده برای آبیاری فضای سبز یکی از شهرک‌های صنعتی کشور ارائه شده است.

فـصل دوم

برنامه‌ریزی استفاده مجدد فاضلاب

۲- دغدغه‌های اصلی در برنامه‌ریزی استفاده مجدد فاضلاب

بررسی اثر بهداشت، میزان تولید کشاورزی، امکان اقتصادی و دیدگاه‌های اجتماعی- فرهنگی، لازمهٔ استفاده مجدد فاضلاب در کشاورزی است. بنابراین برای طراحی پروژه قابل قبول از نظر اجتماعی (که منافع حاصله را به حد کمال رساند، هزینه‌ها را به حداقل رسانده و ضامن بهداشت عمومی باشد) باید دست کم دو و احتمالاً ٤ یا ٥ فرد حرفه‌ای همکاری نمایند. افراد کارآزموده می‌توانند مقرراتی برای بهداشت عمومی، مهندسی بهداشت، زراعت، مهندسی آبیاری، امور مالی و عوامـــل اقتصادی، و علوم رفتاری، ارائـــه دهند. اگرچه موضوعات مورد مذاکره در این فصل می‌تواند برای طرح‌های استفاده مجدد فاضلاب بکار برده شود، لازم به تذکر است که راه حل چند بعدی برای این مسائل باید ویژهٔ مکانی به‌خصوص بوده، برای شرایط اجتماعی- اقتصادی محلی سازگار شود و پایدار باشد.

منابع آب

کمیت

تغییرات فصلی بارندگی می‌تواند در هر ناحیه‌ای مهم باشد، حتی اگر بارندگی سالیانه، برای مدت مدیدی نسبتاً ثابت باقی بماند. مدیریت منابع آب موجود (شامل بارندگی و سایر منابع آب) باید برنامه‌هایی به منظور برآورده کردن تقاضاهای فصلی گوناگون را در بر گیرد. مصرف عمدهٔ آب، بطور معمول در کشاورزی است (حدود ۷۵ درصد از کل آب مصرفی در

کشورهای در حال توسعه)، پس از آن صنعت، تجارت و مصرف خانگی می‌باشد.
در نواحی خشک و نیمه خشک، تخصیص آب بسیار مهم است. استفادهٔ پربازده در کشاورزی (از طریق آبیاری مؤثرتر) و در صنعت بسیار ضروری می‌باشد. حتی در مصارف خانگی، استفاده مجدد از پساب و صرفه‌جویی در آب می‌تواند تقاضا را کاهش دهد. قیمت‌گذاری واقعی آب می‌تواند حفاظت آب در کشاورزی، صنعت و مصارف خانگی را ترغیب نماید.

قیمت‌گذاری و تخصیص آب

تخصیص منابع آب، تمایلات گوناگون و گاهی اوقات متضادی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ممکن است کشاورزان از منافع آبیاری با فاضلاب آگاه نباشند. صنایع ممکن است در برابر سرمایه‌گذاری روی تصفیه و استفاده مجدد فاضلاب مقاومت کنند. این مقاومت اغلب به واسطهٔ فقدان اطلاعات یا توسط خط مشی‌های غلط در اختصاص شارژ منابع آب بوجود می‌آید.
قیمت‌گذاری کافی اما واقعی آب برای بازیابی هزینه‌ها و نیز ترغیب حفاظت منابع آب، مهم می‌باشد. در موارد متعدد، آب شیرین برای آبیاری بدون توجه به قمیت تمام شده در اختیار کشاورزان قرار می‌گیرد. این امر نه تنها انگیزهٔ حفاظت منابع آب را کاهش می‌دهد بلکه علاوه بر آن هرگونه تلاش برای برطرف کردن بخشی از نیاز آبیاری با پساب تصفیه شده به قمیت تمام شده را به خطر می‌اندازد. مانع بالقوهٔ دیگر برای الزام کشاورزان به استفاده از پساب تصفیه شده آن است که اغلب آن‌ها اکنون فاضلاب خام را برای آبیاری استفاده می‌کنند و بنابراین منافع زراعی (و نه خطرات بهداشتی) استفاده مجدد را شناخته‌اند. در این موارد ممکن است کشاورزان در برابر تحمیل هزینه‌های آب که برای جبران بخشی از هزینهٔ سیستم تصفیه می‌باشد، مقاومت کنند. فصل سوم بحث کامل‌تری از سناریوهای مختلف اجرای این پروژه‌ها را ارائه می‌دهد.
در هر مورد، تنظیم کردن یک خط مشی مناسب برای قیمت‌گذاری آب می‌تواند امکان طرح استفاده مجدد فاضلاب را تعیین نماید.
خانواده (صنعتی یا خانگی)، یا درون یک جامعه، می‌تواند آب شیرین را حفظ نماید. برای مؤثر واقع شدن این معیارها، استراتژی‌های معین و خط‌مشی‌های تعیین‌کنندهٔ اختصاص منابع آب شیرین و آب استفاده شده نیاز می‌شود. استفاده از فاضلاب بازیافت شده برای آبیاری

زمین‌های کشاورزی مجاور شهرها می‌تواند به علت بازارهای موجود برای محصولات پر ارزش، از لحاظ اقتصادی مهم باشد. در برخی از نواحی خشک، ممکن است فاضلاب ۸۰–۱۰ درصد از آب آبیاری موجود را تهیه کند. جدول ۲–۱ نمونه‌هایی از وسعت استفاده مجدد فاضلاب و اثر آن روی دفع فاضلاب و آبیاری را در چندین کشور نشان می‌دهد.

کیفیت

اختصاص منابع آب باید علاوه بر ملاحظات کمی روی ملاحظات کیفی نیز پایه‌گذاری شود. معمولاً بالاترین کیفیت برای مصرف انسان و فرآیندهای معین صنعتی تعیین می‌شود. بنابراین خط مشی‌های ملی (به شکل طرح‌های اصلی منابع آب، طرح‌های حوزهٔ رودخانه، و قانون‌گذاری) باید تخصیص آب شیرین برای استفادهٔ انسان را به عنوان یک اولویت قرار دهند، و استانداردهایی را برای کیفیت فاضلاب قرار دهند به‌طوری که استفاده مجدد آن برای مقاصد کشاورزی، خانگی یا صنعتی را ترغیب نماید. این امر خصوصاً در کشورها یا مناطق خشک یا نیمه‌خشک مهم می‌باشد. با تصفیه یا مخلوط نمودن فاضلاب با آب شیرین (رقیق‌سازی)، یا با ترکیبی از هر دو راه می‌توان به استانداردهای مقرر شده کیفت آب دست یافت. انگیزهٔ استفاده مجدد فاضلاب تنها نیاز برای "افزایش" میزان موجود آب نیست، بلکه علاوه بر آن (و شاید تنها علت) به نیاز برای حفظ کیفیت منابع آب مربوط شود. قبل از آنکه فاضلابی که در یک روش مصرفی استفاده می‌شود به منبع آبی با کیفیت مناسب تبدیل شود، از آلوده‌تر و پست‌تر شدن آن جلوگیری می‌شود. از این جهت و به‌علت آن‌که کشاورزی اغلب تنها مصرف کنندهٔ مهم آب است (در مقایسه با مصرف‌کنندگان خانگی و صنعتی)، استفادهٔ فاضلاب در کشاورزی می‌تواند به‌راحتی در پایان هر ترکیبی از استفاده‌کنندگان بعدی آب جای‌سازی شود.[1]

۱– اینجا و عموماً سرتاسر این کتاب، هیچ‌گونه تلاشی برای تمیز دادن بین استفاده مجدد در کشاورزی به عنوان یک «سیستم استفاده زمین» برای دفع فاضلاب و استفاده مجدد به عنوان یک منبع از منابع آب تکمیلی، انجام نشده است. عموماً، پروژه‌های استفاده مجدد، راه‌حل‌های بهینه برای هر دو مسئله را، با درنظر داشتن آن‌که هدف اصلی، دفع سالم و اقتصادی فاضلاب در محیطزیست است، ترکیب می‌نمایند.

جدول ۲-۱- نمونه‌هایی از میزان آبیاری با پساب در چندین کشور

سطح ملی/ناحیه‌ای	وسعت استفاده مجدد پساب درصد استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای آبیاری (٪)
استرالیا	--
آلمان	۱۰
اردن	۳۲
هند	--
اسرائیل	۱۱
آفریقای جنوبی	--
ایالات متحدهٔ آمریکا (ایالت اریزونا)	۱٤
نواحی شهری	
سانتیاگو (شیلی)	۷۰
mexico DF (مکزیک)	۸۰
تونس	--

منبع: Bartone And Arlosoroff 1987, Idelovitch 1988, World Bank 1988.

ملزم بودن هر استفاده کننده به پرداخت هزینهٔ واقعی جمع‌آوری، تصفیه و انتقال آب به محل مصرف، و تصفیه و تخلیهٔ آن پس از استفاده می‌تواند مورد بحث و گفتگو قرار گیرد. بواسطهٔ این اصلی کلی و به منظور تقسیم منصفانه هزینه‌ها و منافع حاصله از مصارف گوناگون آب، باید قوانین خاصی وضع شود. اگر استفاده مجدد فاضلاب هزینه‌ای را برای تولیدکننده یا مصرف‌کنندهٔ آن در پی دارد، منافع حاصله نیز باید تقسیم شود. همچنین اگر برای فردی هزینه‌ای اضافی در پی داشته باشد، آنگاه بار مسئولیت نیز باید تقسیم شود. انتصاب یک متصدی مسئول امور حوزهٔ رودخانه به منظور تخصیص و مدیریت منبع آب، روشی برای وفق دادن این تقاضای مختلف و متضاد است. به عنوان نمونه یک آژانس می‌تواند به طراحی استفاده‌ای مداوم و پر بازده از منابع آب برای تمام مقاصد موجود موظف باشد، همچنین می‌تواند با توجه به کمیت و کیفیت آب و درنظر گرفتن روشی مقرون به صرفه و حافظ محیط‌زیست، مصرف‌کنندگان مختلف را شناسایی کند.

هزینه‌ها و منافع

در مطالعهٔ امکان آبیاری با فاضلاب باید تنها هزینه‌ها و منافعی که بطور مستقیم به استفاده از آب نسبت داده می‌شوند بررسی شود. بنابراین شاید جایی که به‌میزان لازم بارندگی باشد، آبیاری با فاضلاب از نظر مالی یا اقتصادی جذاب نباشد، چراکه با وجود افزایش کم اهمیت در تولید، تمام هزینهٔ یک سیستم آبیاری باید جبران شود. از سوی دیگر، جایی که اکنون یک سیستم آبیاری موجود است، یا جایی که تقاضا برای آب آبیاری بیش از عرضه است، هزینهٔ جانبی افزودن فاضلاب (شامل تصفیه) ممکن است توسط بهره‌وری افزایش یافته توجیه شود. کشورهای اردن، رژیم صهیونیستی، و ایالات متحده- ایالت کالیفورنیا و ایالت آریزونا نمونه‌هایی از کشورهایی هستند که تقاضا برای آب آبیاری، سرمایه‌گذاری روی تعدادی از پروژه‌های استفاده مجدد را در این کشورها توجیه نمود.

در موقعیتی که به منظور ملاحظات زیست‌محیطی، درجهٔ بالایی از تصفیه پیش از تخلیه نیاز است یا جایی که، به هر نحو موجود، اعمال پرهزینه‌ای برای دفع نیاز می‌شود (برای مثال، یک برون‌ریز دریایی)، آبیاری با فاضلاب می‌تواند در نحوهٔ دفع فاضلاب (آنچه که کاربری

زمین نامیده شد)، گزینه‌ای جذاب باشد. منافع حاصل از کاهش هزینهٔ تصفیه و دفع فاضلاب و نیز رشد بهره‌وری کشاورزی ممکن است به‌خوبی سرمایه‌گذاری در یک سیستم آبیاری را توجیه کند.

برای اطمینان از عملی بودن آبیاری با فاضلاب، باید هر مورد از نقطه نظر کشاورزی و نیز دفع فاضلاب تجزیه و تحلیل شود. در برخی موارد ممکن است آبیاری با فاضلاب بیشتر راه حلی برای دفع فاضلاب باشد تا راه حلی برای آبیاری. در موارد دیگر، آبیاری می‌تواند گزینه‌ای بسیار جذاب باشد حتی اگر خود کشاورز متحمل هزینهٔ تصفیه شود. در موقعیت‌هایی که هیچ منبع آب سهل‌الوصول دیگری وجود ندارد و زمین‌های مزروعی پهناوری در مجاورت آنجا قرار دارد، کشاورزان اشتیاق خود را برای سرمایه‌گذاری در سیستم‌های تصفیه و ذخیرهٔ فاضلاب نشان داده‌اند. اگرچه اغلب، منافع به‌تنهایی سرمایه‌گذاری روی دفع یا آبیاری را توجیه نمی‌کند، اما ترکیب آن دو ممکن است آبیاری با فاضلاب را راه حلی جذاب سازد، خصوصاً زمانی که منافع زیست‌محیطی درنظر گرفته می‌شوند (کاهش آلودگی آب‌های دریافت‌کننده، شارژ ثانوی آب زیرزمینی). درنتیجه، یک مهندس بهداشت یا محیط‌زیست باید همواره امکان آبیاری با فاضلاب را به‌عنوان یک روش دفع ارزیابی کند و مهندس آبیاری همواره امکان به‌کار بردن فاضلاب را به‌عنوان یک منبع آب آبیاری و مواد مغذی در زمین‌های کشاورزی اطراف مناطق شهری بررسی کند.

مخاطرات میکروبی بهداشت

مهمترین محدودیت استفاده مجدد فاضلاب غالباً به بهداشت عمومی مربوط شده است چرا که فاضلاب، ارگانیسم‌های بیماری‌زا را حمل می‌نماید. بطورکلی روش‌های تصفیهٔ مدرن (برای مثال، لجن فعال) برای حذف آن‌ها طراحی نشده است. گندزدایی فاضلاب راهی برای حذف آن‌ها است، اما این روش تا اندازه‌ای پرهزینه بوده و ماورای قابلیت‌های فنی و مالی بسیاری از نواحی در کشورهای در حال توسعه می‌باشد. ارگانیسم‌هایی که می‌توانند از تصفیهٔ فاضلاب (بدون گندزدایی) زنده بمانند شامل باکتری، پروتوزوآ و ویروس‌ها می‌باشند. اغلب این بیماری‌زاها تنها به واسطهٔ خوردن آب و غذای آلوده‌شده با فاضلاب بر بدن انسان اثر می‌گذارند.

عوامل عمده‌ای که میزان خطر میکروبی بهداشت را کنترل می‌کنند شامل یک- توانایی بیماری‌زاها برای زنده ماندن یا تولید مثل کردن در محیط‌زیست؛ دو- دوز مورد نیاز برای ابتلا؛ سه- نیاز به میزبان‌های واسط، حضور یا عدم حضور میزبان‌های واسط و چهار- آسیب‌پذیری شخص در برابر خطر (در معرض قرار گرفتن مداوم شخص ممکن است سبب ایمنی وی شود) می‌باشد. این عوامل در جدول ۲-۲ خلاصه شده است. شکل ۱-۲ نیز مقاومت بیماری‌زاهای ویروسی در محیط‌زیست را نشان می‌دهد.

جدول ۲-۲- ویژگی‌های اپیدمی شناسی بیماری‌زاهای گوارشی از نظر تأثیر آن‌ها در ایجاد ابتلا به واسطهٔ آبیاری با فاضلاب

مرحلهٔ توسعه نهفتگی در خاک	راههای همزمان ابتلا	ایمنی	حداقل دوز ابتلا	پایداری در محیط‌زیست	بیماری‌زا
خیر	عمدتاً تماس با زیستگاه و غذا و آب	طولانی	پایین	متوسط	ویروس‌ها
خیر	عمدتاً تماس با زیستگاه و غذا و آب	کوتاه تا متوسط	متوسط تا بالا	کوتاه تا متوسط	باکتری
خیر	عمدتاً تماس با زیستگاه و غذا و آب	کمی تا هیچ	کم تا متوسط	کوتاه	پروتوزوآ

منبع: Gerba ۱۹۷۵ و دیگران

بیماری‌زاها به‌طریق گوناگون بر گروه‌های مختلف جمعیت اثر می‌گذارند. مصرف‌کنندگان سبزیجات خام نسبت به افرادی که سبزیجات خود را می‌پزند در معرض خطر بیشتری هستند. کارگران مزارع آبیاری شده با فاضلاب نسبت به افرادی که در مکان دیگری کار می‌کنند در معرض خطر بیشتری هستند. برخی از گروه‌ها ممکن است اصلاً تحت تأثیر واقع نشوند. بنابراین هدف، قرار دادن معیارهای بهداشت در گروه‌های در معرض آلودگی واقع

شدهٔ ویژه می‌باشد.

چهارگروه از افرادی که در معرض خطر بالقوهٔ ناشی از استفادهٔ کشاورزی از فاضلاب و فضولات بدن قرار دارند عبارتند از:

۱- کارگران مزارع کشاورزی و خانواده‌های آن‌ها

۲- پرورش دهندگان محصول

۳- مصرف‌کنندگان (محصولات، گوشت، و شیر) و

٤- اشخاصی که نزدیک زمین‌های آبیاری شده با فاضلاب زندگی می‌کنند.

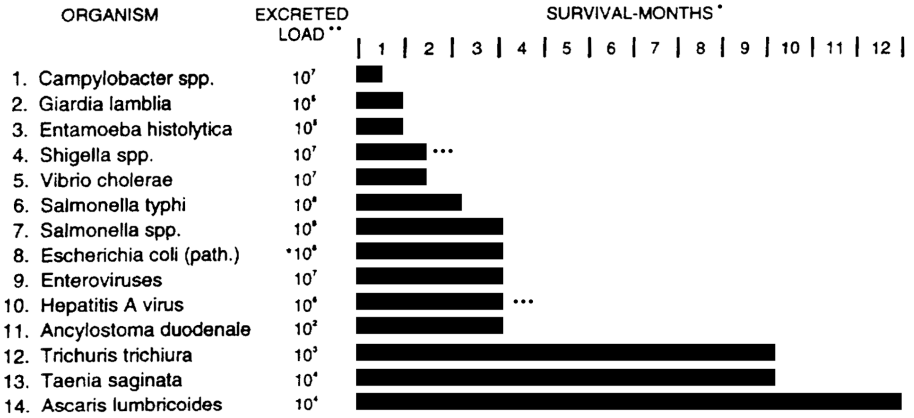
برای محدود کردن تماس انسان روش‌های متفاوتی برای هر یک از این گروه‌های جمعیت وجود دارد. هدف، (۱) جلوگیری از تماس مستقیم افراد با بیماری‌زاها در فاضلاب یا (۲) جلوگیری از هرگونه تماس با بیماری‌زاها از نهفتگی پاتوژن در بدن تا آشکار شدن بیماری، می‌باشد. شکل ۲-۲ مدلی استنباط شده را برای روشن نمودن اثر معیارهای مختلف روی میزان خطر، نشان می‌دهد.

معیارهای پیشگیرانه برای حفاظت کارگران زمین کشاورزی و کشاورزان، پوشش محافظ، سطوح افزایش یافتهٔ بهداشت و احتمالاً ایمن‌سازی را دربرمی‌گیرند. به عنوان نمونه، تماس کارگران با کرم قلابدار درصورت استفاده از پاپوش مناسب می‌تواند کاهش یابد. دسترسی به این امر ممکن است مشکل‌تر از آنچه که به نظر می‌رسد باشد زیرا در بسیاری از نواحی، آبیاری سنتی توسط کشاورزانی که پوششی ناکافی دارند انجام می‌شود. معیار بازدارندهٔ دیگر، ایمن‌سازی، ممکن است بر ضد بیماری‌های معینی عملی باشد (برای نمونه، تیفوس و هپاتیت A)، اما برای سایر پاتوژن‌ها مناسب نباشد (آلودگی‌ها با هلمینتز و بیماری‌های اسهالی). معیارهای درمانی بهداشت نیازمند تجهیزات پزشکی کافی برای درمان اسهال، آسیب، و سرایت‌های شدید نماتود خواهند بود.

در طرح‌های استفاده مجدد کشاورزی و کشت آبی، پخت کامل مادهٔ غذایی قبل از مصرف و رعایت استانداردهای بالای بهداشت، خطرات تهدیدکنندهٔ مصرف‌کننده را کاهش می‌دهد. بهداشت غذا باید در فعالیت‌های سازمان‌یافته آموزش بهداشت مورد تأکید واقع شود. سبزیجاتی که معمولاً به‌صورت خام مصرف می‌شوند، نباید با فاضلاب حتی فاضلاب

تصفیه شده آبیاری شوند. جایی که آبیاری محصولات متکی به فاضلاب است، باید حداقل، استانداردهای مساوی با خط مشی‌های WHO, ۱۹۸۹ بکار برده شود (به جدول A1 رجوع شود).

ساکنان محلی باید از موقعیت تمام زمین‌هایی که فاضلاب استفاده می‌شود آگاه شوند به نحوی که بتوانند از ورود به آن‌ها اجتناب کرده و از ورود کودکانشان جلوگیری نمایند. تابلوهای اخطار (با استفاده از علائم) باید در حاشیهٔ مزرعه و اطراف شیرهای آب نصب شود. طبق شواهد، گروه‌هایی که در تماس با افشانه‌های حاصل از طرح‌های آبیاری افشانه‌ای هستند می‌توانند در معرض خطر باشند؛ بنابراین افشانه‌ها نباید میان محدودهٔ ۱۰۰ متری خانه‌ها یا جاده‌ها استفاده شوند.



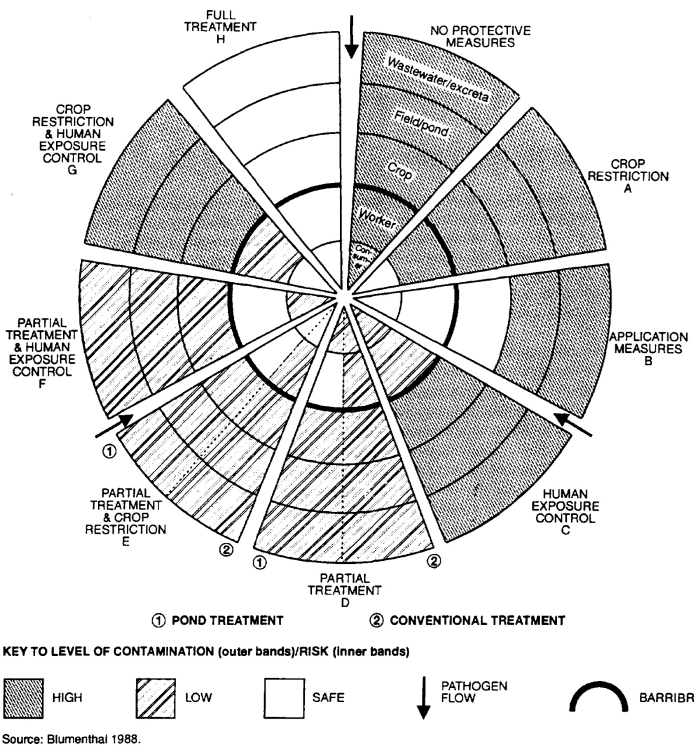
شکل ۲-۱- پایداری بیماری‌زاهای گوارشی انتخاب شده در آب، فاضلاب، و درون محصولات

* میانگین برآورده شده زندگی از مرحلهٔ ابتلا در ۳۰-۲۰ درجه سانتی‌گراد

** میانگین نهادین تعداد ارگانیسم در هر گرم مدفوع

*** اشکال تقریبی

منبع: بر اساس Feachem و دیگران، ۱۹۸۳



شکل ۲-۲- مدل استنباط شده در مورد اثر ترکیبات مختلف معیارهای کنترل برروی میزان خطر تهدیدکنندهٔ بهداشت انسان بواسطهٔ استفاده از فاضلاب یا فضولات بدن در کشاورزی یا کشت آبی.

دوایر هم مرکز (نوارها) واسطه‌های مختلف بیماری‌زاهای انسان را از نقطهٔ دفع فاضلاب تا مصرف‌کنندهٔ بالقوه غذاهای آلوده، نشان می‌دهند. تأثیر تکنیک‌های اصلاحی مختلف (مداخلات A تا H) در محافظت کارگران کشاورز و مصرف‌کنندگان نمایش داده شده است و با خطر بالای آلودگی بواسطهٔ استفاده مجدد فاضلاب تصفیه‌نشده برای آبیاری مقایسه می‌شود.

منبع: Blumenthal, ۱۹۸۸

خطرات سم‌شناسی بهداشت

میزان اکثر مواد شیمیایی در فاضلاب شهری (خام یا تصفیه شده) معمولاً زیر سطح سمی برای انسان است. با این وجود، تخلیهٔ فاضلاب صنعتی می‌تواند سطوح سمی‌ای از ترکیبات معین

نظیر فلزات سنگین و آلاینده‌های آلی را اضافه کند. این آلودگی‌ها می‌تواند (۱) درصورتی که آبیاری کنترل نشده انجام شود و سلامت انسان را به خطر اندازد، یا (۲) بواسطهٔ افزودن آب شیرین برای رقیق کردن ترکیبات سمی بر طراحی سیستم آبیاری اثر بگذارد. فاضلاب صنعتی خام با مقادیری مهم از ترکیبات خطرناک باید در منبع تصفیه شود نه آن‌که به سیستم زهکشی فاضلاب شهری تخلیه شود.

تجمع فلزات سنگین در بخش‌هایی از گیاه که وارد زنجیرهٔ غذایی انسان می‌شود مشکل سمیت بالقوهٔ دیگری است. برای مثال، کادمیوم (cd) می‌تواند در فاضلاب شهری در سطوحی که برای گیاهان سمی نیست ظاهر شود اما افزایش تدریجی آن درون گیاه می‌تواند به سطوحی مضر برای انسان‌ها یا حیوانات برسد. افزایش‌های تدریجی مشابه می‌تواند در حیوانات رخ دهد. برای مثال، فلزات سنگین موجود در علوفه به صورت تجمع یافته در شیر گاو نشان داده شده است، به‌طوری که می‌تواند به سوی یک افزایش تدریجی خطرناک در بدن مصرف کننده پیش رود. روش‌های استاندارد طراحی استفاده زمین برای جلوگیری از این افزایش‌های تدریجی، چگال‌سازی و بار کل مواد شیمیایی مربوط با فاضلاب را توأماً به‌حساب می‌آورند. تجزیه و تحلیل جزء محدودکنندهٔ زمین (LLC) یک روش طراحی همه‌جانبه برای کنترل تجمع مواد سمی در طی استفاده محدود فاضلاب روی زمین است (Loehr and Overcash, 1985).

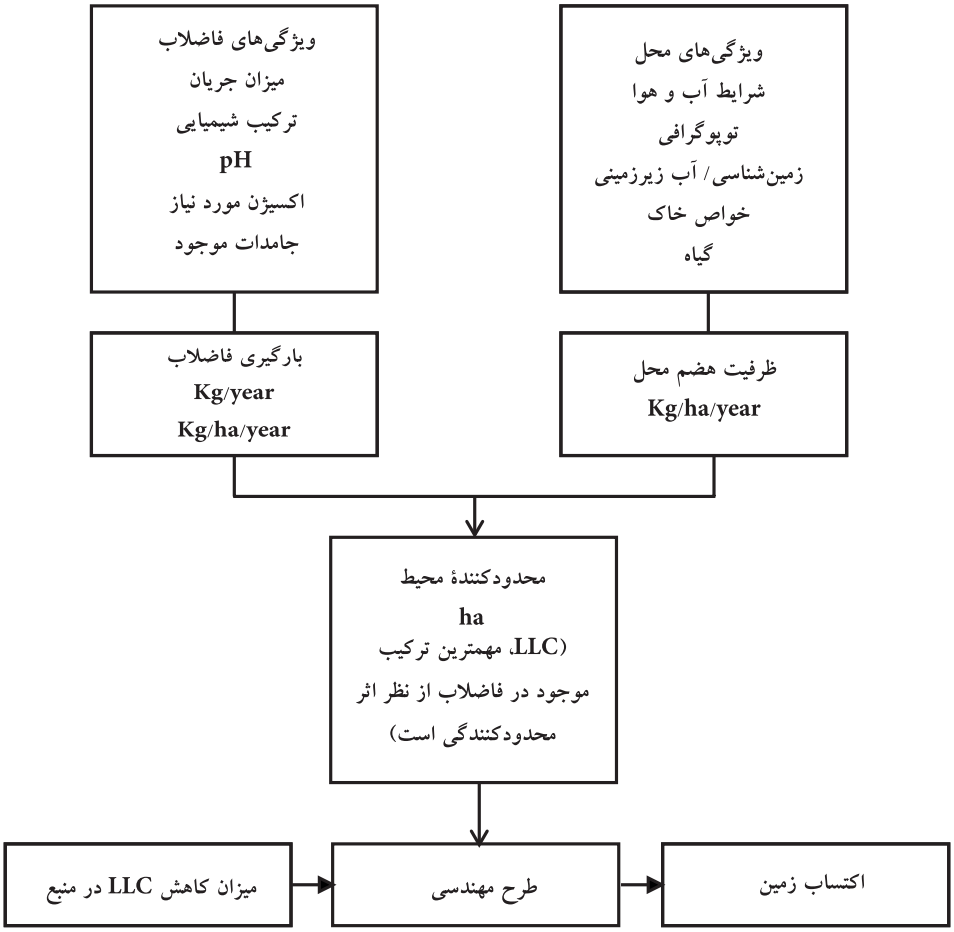
شکل ۲-۳ مراحل موجود در تجزیه و تحلیل LLC (جز محدودکننده زمین) را خلاصه می‌نماید. ارزش‌های حد مجاوز توصیه‌شده برای تمرکز فلزات سنگین در خاک‌ها و میزان بارگیری سالانه در بسیاری از مناطق توسعه می‌یابد (برای مثال، انجمن جوامع اروپایی اقتباس شده از حدود مجاز فهرست شده در ضمیمهٔ C کتاب).

جنبه‌های وابسته به نظارت یا تنظیم

اغلب کشورها در جایی که آبیاری با فاضلاب انجام می‌شود برای محافظت کشاورز و مصرف‌کنندهٔ محصولات آبیاری دارای مقررات بهداشت عمومی هستند. مقررات ممکن است چنین آبیاری‌ای را در دوره‌های مشخص قبل از درو ممنوع کرده،

پوشش مناسب (نظیر چکمه) را الزامی‌کنند، و برای مراقبت بهداشتی کارگران تدارک ببینند. استانداردهای مقرر شده برای کیفیت آب آبیاری اغلب سختگیرانه بوده، خط مشی‌های کالیفرنیا (Pettygrove and Asano, 1985) یا دستورالعمل‌های WHO 1973 را منعکس می‌کنند. در اکثر کشورهای صنعتی، به دلیل الزامات کنترل آلودگی آب برای تصفیه، این استانداردها معمولاً می‌توانند بدون مشکلات عمده معرفی شوند. نه تنها تکنولوژی و قابلیت عملی برای نائل شدن به استانداردها موجود است بلکه آژانس‌های وابسته به نظارت یا تنظیم کیفیت خروجی را بازبینی کرده و قوانین مقتضی را اعمال می‌کنند. قوانین موجود در کشورهای صنعتی، شرایط بهداشتی آن کشور را منعکس می‌کند.

در کشورهای در حال توسعه، اغلب، تجهیزات فنی لازم برای تولید خروجی‌ای با کیفیت مقرر شده، موجود نیست یا درصورت وجود، نگهداری نمی‌شود و آژانس‌های وابسته به نظارت یا تنظیم، درصورت وجود، به ندرت می‌تواند استانداردها را اعمال نماید. بنابراین آبیاری با فاضلاب در این کشورها اغلب کنترل نشده است و کارگر کشاورز و مصرف‌کننده هر دو در خطر هستند. اولین مرحله برای حل مسئله قانونی استانداردهای غیرقابل اجرا، قرار دادن معیاری جامع و منعکس‌کنندهٔ خطرات شایع بیماری است. این امر با کاهش خطرات بهداشتی و استانداردهای قابل اجرایی که استفادهٔ سالم از فاضلاب برای آبیاری را ترغیب می‌کند نتیجه خواهد داد.



شکل ۲-۳- مفهوم جزء محدوده کنندهٔ زمین (LLC) در طرح درمان زمین.

این راه می‌تواند برای طراحی سیستم‌های بی‌خطر کاربرد زمین (شامل آبیاری محصول) با توجه به منبع آلاینده‌های شیمیایی فاضلاب (یعنی، غیرمیکروبیولوژیکی) استفاده شود (برگرفته از Loehr and Overcash, 1985). گنجایش معمول محیط برای ذخیرهٔ مواد تشکیل دهندهٔ فاضلاب، "تصفیه" و گردش دوبارهٔ فاضلاب" به‌طور طبیعی (به واسطهٔ تبخیر- نفوذ) همگی از ویژگی‌های محل است. ویژگی‌های فاضلاب (یا لجن) میزان بار پیش‌بینی‌شده ترکیبات

مختلف فاضلاب را تعیین می‌کند. ترکیب مقادیر بارگیری با گنجایش هضم محیط برای هر مادهٔ موجود در فاضلاب به سوی شناسایی حداقل الزامات زمین به منظور دفع سالم این ترکیبات رهنمون می‌شود. LLC- برابر با "آلوده کننده‌ترین" جزء فاضلاب- کل مساحتی را که برای رسیدگی کردن به فاضلاب به نحو سالم، نیاز خواهد شد تعیین می‌نماید (اکتساب زمین). به عنوان یک گزینه، هرگاه LLC شناسایی شود، مداخلات اصلاحی (برای مثال تصفیهٔ اضافی) می‌تواند ویژگی‌های فاضلاب را تغییر داده و الزامات زمین را کاهش دهد.

استانداردهای بهداشت عمومی

چنانچه پیش از این ذکر شد، در ژوئیه ۱۹۸۵ گروهی از کارشناسان تجارب و استانداردهای موجود آبیاری با فاضلاب را در کشورهای در حال توسعه بازنگری کردند. جلسه‌ای در Engelberg، کشور سوئیس، توسط UNEP، UNDP، WHO، بانک جهانی و IRCWD برپاشد. FAO نیز در آخر ملحق شد (IRCWD, 1985). پس از بازنگری مطالعات اخیر استفاده مجدد فاضلاب تصفیه نشده در مورد اپیدمی شناسی، گروه در مورد میزان خطر ابتلا به نتایج زیر دست یافت:

۱- بالا با نماتودهای روده‌ای؛

۲- متوسط با آلودگی‌ها و اسهال‌های باکتریایی؛

۳- حداقل با آلودگی‌ها و اسهال‌های ویروسی، و هپاتیت A

٤- بسته به عادات و شرایط محلی، بالا یا صفر با آلودگی‌های تریماتود و سستود، شیستوزومیازیس، کلونورشیاسیس و تیانیزیس

به عنوان یک پیامد، گروه خط مشی‌های جدید کیفیت آب آبیاری را گسترس داد ("استانداردهای Engelberg") و تصویب آن‌ها توسط WHO را مورد تأکید قرار داد. سپس این خط مشی‌ها در گردهمایی علمی WHO در شهر ژنو در ۲۳-۱۸ نوامبر ۱۹۸۷

اصلاح شد (جدول ۲-۳)، و به عنوان خط مشی‌های جدید بهداشت WHO برای استفاده از فاضلاب در کشاورزی و کشت آبی مورد تأکید واقع شد (WHO, 1989). خط مشی‌های برخواسته از استانداردهای Engelberg همراه با ارزیابی‌های جامع‌تر مخاطرات بهداشتی، برای استفاده گسترده‌تر از فاضلاب سالم در آبیاری پیش‌بینی شد.

جنبه‌های اجتماعی- فرهنگی

در یک نگاه کاربردی، بخش اجتماعی- فرهنگی یا "نرم‌افزار" ویژه برای یک پروژهٔ استفاده مجدد فاضلاب دو عامل حیاتی را برای طراحی و اجرای پروژه، ارزیابی خواهد کرد: (۱) نیاز موجود برای استفاده از فاضلاب به‌عنوان یک منبع جانشین یا تکمیلی آب، (۲) درجهٔ قبول استفاده مجدد توسط افرادی که به واسطهٔ پروژه تحت تأثیر واقع می‌شوند. لزوم استفاده مجدد، با مطالعهٔ اجتماعی- اقتصادی جوامعی که از پروژهٔ استفاده مجدد تأثیر می‌پذیرند (عمدتاً کشاورزانی که در کشاورزی از آن بهره می‌گیرند) آشکار خواهد شد. این مطالعه به واسطهٔ بررسی منابع سازگار شدهٔ مادی، طبیعی تکمیل می‌شود. تصویب استفاده مجدد فاضلاب و اتخاذ روش‌های برای اجرای سالم آن توسط ساختار اجتماعی- فرهنگی افراد درگیر تحت تأثیر واقع خواهد شد (به عبارت دیگر، ارزش‌ها، باورها، و سنت‌های مربوط با موجودی آب، بهداشت، نظافت، و سایر فعالیت‌های مربوط به استفاده از آب). هرچند روش‌های تهیهٔ اطلاعات اجتماعی- فرهنگی در پروژه‌های عرضهٔ آب و بهداشت در طی ده سال گذشته با موفقیت توسعه داده شده و سنجیده شده‌اند (Simpson- Hebert)، مطالعات عمیق اندکی روی جنبه‌های اجتماعی- فرهنگی پروژه‌های استفاده مجدد در کشورهای در حال توسعه وجود دارد. با این همه، مطالعات اکتشافانهٔ چندی که جنبه‌های اجتماعی- فرهنگی استفاده مجدد را شرح می‌دهند وجود دارد (برای مثال، Blrauss and Blumenthal, 1990)

به‌طوری که حاکی از نتایج مفیدی می‌باشند که مختصراً در زیر خلاصه می‌شوند.

پیشنهاد و یا اجرای ایدهٔ آبیاری با فاضلاب، خصوصاً فاضلاب تصفیه شده، قصد برانگیختن تضادی قابل ملاحظه در آن مکان را ندارد. اما در مناطقی معین کشاورزان از جانشین کردن فاضلاب تصفیه شده به جای آب شیرین موجود امتناع ورزیده‌اند، در حالی که سایر کشاورزان در وضعیت مشابه در همان ناحیه به آسانی آبیاری با فاضلاب راپذیرفته‌اند.

بنابراین این طرز برخورد انعکاس یک تمایل شخصی به‌نظر می‌رسد تا یک گرایش فرهنگی. آبیاری با فاضلاب علی‌رغم وضعیت فرهنگی کشاورزان، در یک شکل یا شکلی متفاوت در سرتاسر جهان انجام می‌شود. حتی در جایی که فاضلاب تنها منبع (یا یک منبع مهم) آب آبیاری می‌باشد، باید یک بهای اجتماعی و سیاسی در برابر منع استفاده مجدد فاضلاب، پرداخت شود. در برخی از موارد کشاورزانی که ارزش فاضلاب را تشخیص داده بودند، خطوط زهکشی فاضلاب برای انتقال فاضلاب را حتی زمانی که استفاده مجدد رسماً تأیید نشده بود آغاز کردند. در تمام موارد، زمانی که هر پروژهٔ استفاده مجدد شروع می‌گردد، باید تأکید ویژه‌ای برای اطلاع جامعه و برنامه‌های آموزشی صورت پذیرد.

جدول ۲-۳- دستورالعمل‌های توصیه شدهٔ کیفیت میکروبیولوژیکی برای استفاده از فاضلاب در کشاورزی

گروه	شرایط استفاده مجدد	گروه‌های در معرض واقع شده	نماتودهای روده‌ای (میانگین حسابی تعداد تخم‌ها در هر لیتر)[b]	کلی‌فرم‌های مدفوعی (میانگین هندسی تعداد در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر)[b]	تصفیه فاضلاب پیشنهاد شده برای نائل شدن به کیفیت میکروبیولوژیکی نیاز شده
A	آبیاری محصولات محتمل به استفاده شدن به صورت خام؛ زمین‌های ورزش، پارک‌های عمومی[C]	کارگران، مصرف کنندگان، عموم	≤ ۱	≤ ۱۰۰۰ [c]	مجموعه‌ای از استخرهای طراحی شده برای رسیدن به کیفیت میکروبیولوژیکی اشاره شده یا تصفیهٔ معادل
B	آبیاری محصولات غله‌ای، صنعتی و علوفه‌ای؛ و مرتع و درختان[C]	کارگران	≤ ۱	عدم استاندارد توصیه شده	نگهداری در استخرهای تثبیت برای ۱۰-۸ روز به منظور برطرف کردن برابر helminth و کلی‌فرم مدفوعی
C	آبیاری محلی شده محصولات گروه B اگر کارگر و عموم در معرض قرار نگیرند	هیچ	NIA	NIA	درصورت نیاز، پیش تصفیه توسط تکنولوژی آبیاری اما نه کمتر از رسوب‌سازی اولیه

منبع: WHO, ۱۹۸۹

توضیح: در موارد خاص، فاکتورهای اپیدمی‌شناسی محلی، اجتماعی- فرهنگی، و زیست‌محیطی باید به‌حساب آورده شود، و خط‌مشی‌ها متناسب با آن تغییر داده شود.

a: گونه‌های آسکاریس و تری‌کوریس، و کرم‌های قلابدار

b: در طی دورهٔ آبیاری

c: یک خط مشی شدیدتر (≤ 2^{3}۰۰ کلی‌فرم مدفوعی در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر) برای چمن‌های عمومی مناسب است، نظیر چمن‌های هتل که ممکن است عموم در تماس مستقیم با آن باشند.

d: در مورد درختان میوه، آبیاری باید دو هفته قبل از چیدن میوه متوقف شود، و هیچ میوه‌ای نباید از زمین کنده شود. آبیاری با افشان‌کننده نباید استفاده شود.

با این وجود، شناخت موانع این فعالیت و بالاخره پیش‌بینی تغییرات رفتاری معقول برای همراهی‌کردن یک پروژهٔ استفاده مجدد فاضلاب مهم می‌باشد. به عنوان مثال، کسی نمی‌تواند انتظار تغییر عادات غذایی همهٔ شهر به منظور توجیه عرضهٔ یک محصول آبیاری شده با فاضلاب تصفیه‌شده را داشته باشد. از طرف دیگر، با شفاف‌سازی به موقع منافع بالقوهٔ استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای مردم، می‌توان بر یکی از بزرگ‌ترین موانع تصفیهٔ فاضلاب –ایستادگی عمومی در برابر احداث تصفیه‌خانه– غلبه کرد.

عقیدهٔ عمومی دربارهٔ استفاده مجدد آب به نوع استفادهی که آن‌ها تصور می‌کنند بستگی دارد. تحقیق انجام یافته در ایالات متحده (Bruvold, 1988) حاکی از آن است که مردم معمولاً نوعی از دفع فاضلاب را ترجیح می‌دهند که مستلزم حداقل تماس ممکن انسان باشد، از قبیل تخلیه به نهر یا آبیاری فضای سبز چشم‌اندازها. با این حال زمانی که افراد با راه و روش حفاظت آشنا می‌شوند و پایانی "مفید"تر را پیش‌بینی می‌کنند، به سوی پذیرفتن استفاده مجدد گام برمی‌دارند، حتی اگر این امر افزایش تماس انسان با فاضلاب بازیافت‌شده را در پی داشته باشد. می‌توان انتظار داشت که جمعیت‌ها در کشورهای در حال توسعه، هنگام مطلع شدن از مشکلات کمبود آب قریب‌الوقوع خواهان بررسی امکان‌های استفاده مجدد که طبعاً افزایش تماس بشر با فاضلاب تصفیه شده را دربر می‌گیرد، خواهند بود، خصوصاً اگر استفاده مجدد یکی از طرح‌های موجود در راستای حفظ آب باشد.

تأثیر مذهب روی امکان استفاده مجدد در کشورهای اسلامی اغلب به عنوان نمونه‌ای از عوامل جامع‌شناسی که می‌تواند کاربرد استفاده مجدد فاضلاب در این کشورها را محدود سازد ذکر می‌شود. مع‌هذا، طبق شواهد، در اغلب کشورهای اسلامی خاورمیانه، آب کمیاب بوده و فاضلاب عمدتاً برای آبیاری استفاده مجدد می‌شود (Haddadin and Baleiman, 1988؛ Biswas and Arar, 1988؛ Ali, 1987). اما ظاهراً مراجع مذهبی در آنجا به علت خطر آلودگی با آب غیرسالم، تلاش برای ایجاد سایر اشکال استفاده مجدد، نظیر سیفون مستراح را رد کرده‌اند.

جنبه‌های زراعی

منافع

منافع حاصل از کاربرد فاضلاب در کشاورزی مربوط به کمیت آب موجود و مواد مغذی می‌باشد. نواحی خشک و نیمه‌خشک، آبیاری با فاضلاب می‌تواند تولید مزرعه را به نحو شایسته‌ای افزایش دهد. در جریانی با سرانهٔ ۱۴۰ لیتر در هر روز (Icd)، ۱۰۰,۰۰۰ نفر حدود ۵ میلیون متر مکعب (Mm^3) فاضلاب در سال تولید خواهند کرد که با بکار بردن روش‌های آبیاری پر بازده برای آبیاری ۱۰۰۰ هکتار با سرعت ۵۰۰۰ متر مکعب/هکتار/ سال، کافی می‌باشد. با این وجود با روش‌های کم بازده، این مقدار آب می‌تواند ۵۰۰–۲۵۰ هکتار را در نواحی خشک آبیاری کند. حتی در مناطق معتدل، دسترسی به این منبع آب می‌تواند آن را گزینه‌ای جذاب در برابر استفاده از آب آشامیدنی گران برای آبیاری پارک و فضای سبز شهری بسازد. ارزیابی‌هایی که ارائه می‌شود منافع زراعی مشترک بالقوه حاصل از استفاده مجدد ۱۰۰ درصدی فاضلاب‌های تصفیه شده می‌باشند. از لحاظ اقتصادی درصد فاضلابی که می‌تواند مجدداً استفاده شود معمولاً کمتر از ۱۰۰ درصد پیش‌بینی می‌شود.

فاضلاب حاوی مواد مغذی و عناصر ضروری لازم برای رشد گیاه می‌باشد. پنج Mm^3 از فاضلاب حاوی حدود ۲۵۰,۰۰۰ کیلوگرم نیتروژن، ۵۰,۰۰۰ کیلوگرم فسفر، و ۱۵۰,۰۰۰ کیلوگرم پتاسیم می‌باشد. میزان نیاز به کود به محصولی که آبیاری می‌شود بستگی دارد. کمبودهای خاک معمولاً می‌تواند توسط عناصر ضروری در فاضلاب تصحیح شود. وجود آن‌ها می‌تواند به ویژه در موقعیت‌هایی که کود استفاده نمی‌شود یا جایی که کشاورزان قدرت تهیهٔ کود شیمیایی را ندارند مهم باشد. افزایش قابل ملاحظهٔ بازده محصولات حاصل از آبیاری با فاضلاب تحت شرایط آب و هوایی و کشاورزی گوناگون نتیجه می‌شود. جدول ۲–۴ نتایج آزمایش‌های بهره‌وری قطعه زمین آزمایشی در تایلند و هند (جایی که آبیاری با فاضلاب، بدون افزودن کود، نسبت به آبیاری با آب شیرین با افزودن کود غیرآلی، محصولات بیشتری تولید کرد) را نشان می‌دهد.

مواد مغذی در فاضلاب به وضوح سودمند هستند: اعم از اینکه منافع، هزینهٔ وابسته به بهره‌وری کشاورزی، و هزینه‌های دفع فاضلاب بدون آبیاری را توأماً توجیه کنند. بهرحال

به‌طوری که قبلاً در بخش مربوط به مخاطرات بهداشت سم‌شناسی بحث شد، این مواد مغذی می‌تواند به سطوحی که برای گیاهان سمی است برسد.

هزینه‌ها

هزینه‌های استفاده مجدد، به ویژه در بخش آبیاری از (۱) تصفیهٔ ویژه با تکنولوژی‌های آبیاری مورد نیاز، (۲) استفادهٔ احتمالی از محصولات کم ارزش‌تر در رابطه با استفاده فاضلاب ویژه، (۳) معیارهای مورد نیاز برای حفظ بهداشت عمومی، نتیجه می‌شود. برای مثال، فاضلاب استفاده شده برای محصولات درختی، نیازمند تصفیه‌ای مختصر یا عدم تصفیه است، اما برگشت‌های مالی از محصولات درختی پایین‌تر از سبزیجات است. با این وجود فاضلاب بکار رفته برای سبزیجات، سرمایه‌گذاری‌های کلان در تصفیه و یا تجهیزات آبیاری و نیز محافظت بهداشت کارگران مزرعه نیاز دارد. جدول ۲-۵ فهرستی کلی از روش‌های استفاده مزایا و معایب هر کدام می‌باشد.

مواد مغذی، عناصر ضروری و سایر نمک‌های موجود در فاضلاب ممکن است گاهی به سطوحی مضر برای محصولات یا خاک‌ها برسند. در چنین مواردی باید محصولات جایگزین انتخاب شده یا آب رقیق شده اضافه شود، و احتمال دارد این معیارها منافع اقتصادی را کاهش دهد. عناصر شیمیایی عمده و ترکیبات مربوط مختصراً در زیر بحث می‌شوند؛ بحث‌های مفصل‌تر می‌تواند در منابع دیگر (برای مثال، Bouwer and Idelobitch, 1987) یافت شود.

نیتروژن: در طی فصل رشد نیازها، آب و نیتروژن یک گیاه مستقلاً تغییر می‌کند. بنابراین اگر بر طبق نیازهای نیتروژن محصول تجاوز کند. این فراوانی نیتروژن ممکن است اثرات مضر زیر را در پی داشته باشد: (۱) رشد مفرط برگ و هدایت به سوی lodging گیاه (خم شدن به خاطر ضعیف شدن بافت سلولزی گیاه) و کاهشی در ارزش اقتصادی محصولات معین (نظیر پنبه، گوجه فرنگی، و درختان میوه)؛ (۲) تجمع سطوح بالای نیتروژن در گیاهان، جایی

که نیترات می‌تواند به نیتریت (شکلی از نیتروژن سمی برای حیوانات) تغییر یابد؛ و (۳) آلودگی آب زیرزمینی به علت نشت نیتروژن در شکل نیترات‌ها.

جدول ۲-٤- میزان تولید قطعه زمین آزمایشی در تایلند و هند با استفاده از کیفیت‌های مختلف آب آبیاری

آب آبیاری	بازده‌های محصول (سال/ هکتار/ تن)				
	گندم (۸)	لوبیا (۵)	برنج (۷)	سیب‌زمینی (٤)	پنبه (۳)
فاضلاب خام	۳/۳٤	۰/۹۰	۲/۹۷	۲۳/۱۱	۲/٥٦
فاضلاب ته‌نشین شده	۳/٤٥	۰/۸۷	۲/۹٤	۲۰/۷۸	۲/۳۰
خروجی استخر تثبیت	۳/٤٥	۰/۷۸	۲/۹۸	۲۲/۳۱	۲/٤۱
آب شیرین و کود تجاری	۲/۷۰	۰/۷۲	۲/۰۳	۱۷/۱٦	۱/۷۰

منبع: Shende، ۱۹۸٥

توضیح: اعداد داخل پرانتز به سال‌های برداشت بکار رفته برای محاسبهٔ میانگین بازده اشاره می‌کند.

عناصر ضروری: فلزات سنگین در فاضلاب می‌توانند در سطوحی که بر تولید کشاورزی مزرعه اثر گذارد حاضر شوند.

از این جهت، دو عنصر، بُر و مولیبدن، اغلب از دغدغه‌های ویژه طراحان در طرح‌های آبیاری با فاضلاب هستند (Bouwer and Idelouitch, 1987). بُر در فاضلاب می‌تواند برای گیاهان سمی‌باشد و مولیبدن می‌تواند در گیاهان علوفه‌ای تجمع یابد تا سطوحی که برای دام‌هایی که این محصولات را می‌خورند سمی‌باشد. اگر فاضلاب‌های صنعتی به فاضلاب‌های شهری تخلیه شوند سایر عناصر نیز می‌توانند خطری در پی داشته باشند. این مورد اغلب در کشورهای در حال توسعه، جایی که حتی کارخانه‌های

کوچک یا کارگاه‌ها می‌توانند به‌نحو قابل توجهی جریان فاضلاب را آلوده کنند، دیده می‌شود. در این مورد فاضلاب باید از نظر مواد شیمیایی‌ای که توسط صنایع استفاده می‌شوند، به علاوه برای بور و مولیبدن آزمایش شود.

میزان شوری: شوری خاک یا آب آبیاری می‌تواند بازده محصول را کاهش دهد. با توجه به تعریف شوری یعنی میلی‌گرم در لیتر (mg/l) از کل جامدات محلول (TDS)، میزان شوری فاضلاب عموماً ۴۰۰ mg/l-۲۰۰ بالاتر از شوری آب شیرین عرضه‌شده به یک شهر است. روش‌های تعدیل‌کردن آب در صنعت می‌تواند درصورت تخلیهٔ فاضلاب خام به فاضلاب شهری، این ارزش‌ها را به‌طور قابل توجهی افزایش دهد. با این وجود، به‌طورکلی موانعی که میزان شوری بیشتر فاضلاب ایجاد می‌کند به علت ترکیبی از فاکتورهای زیر نادیده گرفته شده است.

(۱) در شرایطی نسبی، شوری فاضلاب خیلی بالاتر از شوری آب شیرین نیست؛ (۲) نمک‌ها عموماً توسط مازاد آب بکار رفته در این سیستم‌های آبیاری نوعاً "کم‌بازده" از ناحیهٔ ریشهٔ گیاه شسته می‌شوند؛ و (۳) طبق بررسی، مواد آلی فاضلاب با اثرات منفی نمک‌ها مقابله می‌کنند. یک استثنای جالب برای بررسی خوش‌بینانه شوری فاضلاب تصفیه شده جایی است که سیستم‌های گردآوری فاضلاب ساحلی (Sewers) نشت می‌کنند و امکان مخلوط شدن آب شور دریا با فاضلاب بوجود می‌آید.

جدول ۲-۵- مزایا و معایب روش‌های مختلف آبیاری با فاضلاب از نظر خطر سرایت بیماری، راندمان استفاده از آب و هزینه

روش استفاده	مزایا	معایب
آب‌های سطحی	هزینه پایین؛ سطح پایین تصفیه نیاز شده	مخاطرات بهداشت بالقوهٔ بالا برای کارگران مزرعه، کشاورزان، و مصرف‌کنندگان، محدودیت‌های لازم محصول؛ بازده پایین استفاده از آب
افشانگر و Microsprayer	بازده متوسط استفاده از آب	هزینه بالای تصفیه؛ مخاطرات بالقوهٔ بهداشت برای کارگران مزرعه، ساکنان محلی، و کشاورزان، و برای مصرف‌کنندگان اگر محصولات آبیاری شده خام مصرف شود.
آبیاری محلی شده (تراوش)	مخاطرات بهداشتی پایین، بازده بالای استفاده از اب	هزینهٔ بالای تصفیه برای تراوش، تا اندازه‌ای کمتر برای سیستم آبیاری همگانی؛ هزینهٔ بالای توزیع

منبع: برگرفته از Mara and Cairncross, ۱۹۸۹

استانداردهای زراعی

دستورالعمل‌های مربوط به اثر کیفیت فاضلاب روی رشد گیاهان، در مقایسه با استانداردهای طرح شده برای به حداقل رساندن خطرات بهداشت عمومی، گفتگوهای چندی را در پی دارند. آب آبیاری اعم از اینکه از فاضلاب، آب سطحی، یا آب زیرزمینی ناشی شود، حاوی مقادیر متفاوتی از مواد مفید یا مضر خواهد بود. طبیعت و سطح این مواد تناسب آن را برای آبیاری محصولات ویژه تعیین خواهد کرد. انتخاب محصول تنها به ویژگی‌های آب آبیاری وابسته نیست، بلکه به شرایط خاک و آب و هوا نیز مربوط است. بنابراین اگرچه روش

اصلی مدیریت تولید تغییر داده نمی‌شود، ممکن است پیچیدگی آن به واسطهٔ استفاده مجدد فاضلاب افزایش داده شود.

فاضلاب می‌تواند کاملاً برای گیاهان سودمند باشد مگر اینکه حاوی مواد سمی (معمولاً فاضلاب صنعتی) یا محتوای نمک بسیار بالا باشد. ضمیمه c کتاب ارزش‌های نوعی مواد مغذی و سایر عناصر ضروری موجود در فاضلاب خام و تصفیه شده را فهرست می‌کند. این ضمیمه، چارچوب‌های قدرت تحمل گیاه و توصیه‌هایی برای ترکیبات مهم فاضلاب و به‌طورکلی میزان شوری را نیز دربر می‌گیرد. همچنین برای اطلاعات در مورد یون‌های ویژه به Pettygrove and Asano, 1985، Maab, 1984 و Ayers and Westcot, 1985 مراجعه شود.

تصمیم در مورد روش آبیاری مورد نیاز و نوع محصولاتی که کشت خواهد شد باید دقیق و با توجه به شرایط محل باشد (بررسی کیفیت فاضلاب، شرایط خاک، و دانش عملی یا تجربی محلی) و در همهٔ حالات هیچ پیشنهاد قابل اعمالی ماورای چارچوب‌های عمومی اشاره شده در ضمیمه c شکل نگیرد. توسعهٔ تکنولوژیکی اخیر (نظیر اسپره کردن آب و سیستم آبیاری حبابی) می‌تواند منافع مشابه به سیستم آبیاری چکه‌ای تهیه کند در حالی که مشکلات مربوط به مسدود شدن مجرا یا لوله را در پی نخواهد داشت. این توسعه‌ها امکان تصویب آبیاری با فاضلاب را افزایش داده‌اند.

تکنولوژی‌های دفع و منافع استفاده مجدد

روش‌های معمول تصفیه و دفع فاضلاب شامل حداقل تصفیهٔ پرهزینه مورد نیاز به منظور محدود کردن آلودگی آلی آب‌های دریافت کننده تا سطوح قابل قبول محلی است. استفاده از فاضلاب برای آبیاری، به‌طور گسترده به عنوان یک روش دفع بررسی شده است (به استثنای نواحی معدودی که آب کمیاب بوده و تقریباً هیچ منبع آبی برای آب آبیاری اضافی پذیرفته نشده است). به عنوان یک برآیند، هدف اساسی از روش‌های معمول تصفیهٔ فاضلاب کاهش ماده قابل تجزیهٔ زیستی نسبت به حذف ارگانیسم‌های بیماری‌زا بوده است. این روش‌ها شامل

رسوب‌سازی اولیه منتج شده از تصفیه لجن فعال، فیلترسازی زیستی، گودال‌های اکسیداسیون و یا لاگون‌های هوادهی می‌باشد. گاهی، توسط تصفیه و گندزدایی سوم دنبال می‌شود. همهٔ این روش‌های تصفیه نیازمند زمان ماند نسبتاً کوتاه (یک تا چهار ساعت) هستند. این زمان برای انتقال مادهٔ آلی معلق و محلول کافی بوده اما برای حذف بیماری‌زاهای غیرفعال‌شده بدون گندزدایی کافی نیست (جدول ۲-٦). استفاده از فاضلاب حاصل از این روش‌های تصفیه نیازمند اعمال محدودیت‌هایی در مورد محصولی که آبیاری می‌شود است (برای نمونه، عدم آبیاری محصولات خوراکی که معمولاً خام مصرف می‌شوند) مگر آنکه (۱) گندزدایی انجام شود، (۲) برای اطمینان از نابودی یا غیرفعال شدن بیماری‌زاها، با انبار کردن فاضلاب فرصت کافی فراهم شود یا (۳) از روش‌هایی برای آبیاری استفاده شود که قرار گرفتن محصولات و کارگران مزرعه را در معرض فاضلاب محدود کند (چکه‌ای یا زیرزمینی).

لجن تصفیه شده توسط تجهیزات تصفیهٔ فاضلاب می‌تواند پس از تصفیه به عنوان کود نگهدارندهٔ خاک استفاده شود. پرداختن به لجن یکی از گران‌ترین هزینه‌های عملی در تصفیهٔ فاضلاب است. کمپوست کردن لجن اکثر بیماری‌زاها را کنترل خواهد کرد و درصورت عرضه‌شدن به صورت مناسب و صحیح می‌تواند بر امکان اقتصادی تجهیزات تصفیه اثر بگذارد. طرح مربوط به جزئیات برنامه‌ریزی می‌تواند در جای دیگر یافت شود (برای مثال Biocylce, 1984). استفاده زمین حاول لجن خام یا هضم شده به‌طور گسترده‌ای در ایالات متحده و اروپا انجام می‌شود. اگرچه میزان استفاده لجن خام یا کمپوست شده، به منظور اجتناب از افزایش فلزات سمی در خاک باید با دقت محاسبه شود. اندیشهٔ کلی LLC که سابقاً در این گزارش بحث شد و در شکل ۲-۳ ارائه شد چارچوبی مناسب برای طرح استفاده لجن است؛ حد مجاز فلزات ویژه در ضمیمه C ارائه شده است.

جدول ۲-٦- میزان مورد انتظار حذف باکتری مدفوعی و هلمینزها در روش‌هیا گوناگون تصفیهٔ فاضلاب

تصفیه	نوع بیماری‌زای حذف شده (log_{10}units)	
	باکتری	هلمینزها
رسوب‌سازی اولیه معمولی	۰-۱	۰-۲
[a] یاری شده از لحاظ شیمیایی	۱-۲	۱-[w]۳
[b] لجن فعال	۰-۲	۰-۲
[b] فیلترسازی زیستی	-۲	۰-۲
[c] لاگون هوادهی	۱-۲	۱-[w]۳
[b] گودال اکسیداسیون	۱-۲	۰-۲
[d] گندزدایی	۲-٦	۰-۱
[e] استخر تثبیت فاضلاب	۱-٦	۱-[w]۳
[f] منبع اندوزش برون‌ریز	۳-[w]٦	۲-[w]۳
[g] مرداب احداث شده	۲-[w]۳	-
[h] لایهٔ آبزای خاک (تغذیهٔ آب زیرزمینی)	۳-٤	-

منبع: برگرفته از Feachem و دیگران، ۱۹۸۳، به استثنای محل اشاره شده.

w: با طراحی مناسب و عملکرد صحیح، خط مشی‌های WHO, 1991 قابل دسترسی هستند.

a: تحقیق بیشتر به منظور تأیید کارایی نیاز می‌شود.

b: بانضمام رسوب‌سازی ثانویه

c: بانضمام استخر ته‌نشین شدن

d: کلردارسازی، ازن‌دارسازی

e: عملکرد به تعداد استخرها در مجموعه وابسته است.

تکنولوژی تصفیهٔ کم هزینه

در کشورهای در حال توسعه تکنولوژی برگزیده شدهٔ تصفیه برای تولید آب آبیاری سالم از فاضلاب استفاده از استخرهای تثبیت فاضلاب می‌باشد (شکل ۲-٤) که نیازمند حداقل مهارت‌ها و انرژی کاربردی و حفاظت هستند. مزیت دیگر آن‌ها هنگام عمل کردن استخرها در مجموعه، تولید فاضلابی با کیفیت بالا همراه با مقداری جامدات قابل رسوب، یک سطح بی‌خطر از باکتری بیماری‌زا، فقدان هلمنتنرها، و یک سطح بالا از مواد مغذی می‌باشد.

مجموعه‌ای از استخرها (حداقل دو استخر) با زمان ماند کل هشت تا ده روز می‌تواند به منظور حذف میزان مناسبی از هلمنتنزها، طراحی شود. معمولاً برای رسیدن به استانداردهای باکتریایی مقرر شده در آب و هوای گرم، زمان ماند، دست کم دو بار نیاز می‌شود؛ که با چهار یا پنج استخر در مجموعه می‌تواند حاصل شود. برای جلوگیری از چرخش کوتاه که زمان مؤثر را کاهش می‌دهد باید در طراحی توجه ویژه‌ای مبذول شود.

جدول ۲-۷ ویژگی‌های فاضلاب یک سیستم استخر برزیلی را ارائه می‌دهد. در این مورد، یک سیستم استخر تثبیت چند سلولی در آب و هوایی گرم با زمان ماند کل از بیست تا بیست و پنج روز، کیفیتی قابل قبول از فاضلاب، به منظور آبیاری سالم تهیه کرد. به علاوه به وضوح نشان داد که کاهش عمده در بار آلی (BOD_5) و تمرکز هلمنتیز (نماتودها) در نخستین سلول غیرهوازی، و حذف باکتریایی در سلول‌های بعدی، متناسب با زمان ماند اتفاق افتاد. نتایج مشابهی تحت شرایط آب و هوایی متفاوت در جای دیگر بدست آمده است (جدول ۲-۸) Artur (۱۹۸۳) معیار طراحی مناسبی تهیه می‌کند.

جدول ۲-۷- عملکرد مجموعه‌ای متشکل از پنج استخر تثبیت در شمال شرقی برزیل (میانگین دمای استخر ۲۶ درجه سانتی‌گراد)

نمونه	زمان ماند (روز)	BOD_5 ((mg/l	جامدات معلق (mg/l)	کلیفرم‌های وابسته به مدفوع (هر ۱۰۰ میلی‌لیتر)	نماتود روده‌ای (هر لیتر)
فاضلاب خام	--	۲۴۰	۳۰۵	۴/۶ X ۱۰^{۷}	۸۰۴
برون‌ریز از:					
حوضچه بی‌هوازی	۶/۸	۶۳	۵۶	۲/۹ X ۱۰^{۶}	۲۹
حوضچه ته‌نشینی	۵/۵	۴۵	۷۴	۳/۲ X ۱۰^{۵}	۱
حوضچه تکمیلی ۱	۵/۵	۲۵	۶۱	۲/۴ X ۱۰^{۴}	۰
حوضچه تکمیلی ۲	۵/۵	۱۹	۴۳	۴۵۰	۰
حوضچه تکمیلی ۳	۵/۸	۱۷	۴۵	۳۰	۰

منبع: Mara و دیگران ۱۹۸۳

تقاضا برای آب آبیاری اغلب فصلی می‌باشد لیکن فاضلاب به‌میزان نسبتاً ثابتی تولید می‌شود. این شرایط، با طراحی یک سیستم تصفیه همراه با یک استخر غیرهوازی یا مخزن Imhoff قبل از منبع‌های ذخیره‌سازی امکان ذخیره کردن فاضلاب فراهم می‌شود. مرحله غیرهوازی می‌تواند توسط لاگون‌های ته‌نشینی یا هوادهی جایگزین شود. تمام این سیستم‌های ساده می‌تواند به منظور تولید فاضلاب مناسب برای آبیاری مجاز، طراحی شود. انتخاب تکنولوژی ویژه وابسته به شرایط محلی است.

یک مشکل بالقوه در ارتباط با سیستم‌های استخر تثبیت فاضلاب، میزان زیاد زمینی است که آن‌ها نیاز دارند. هنگام ارزیابی هزینه‌های تصفیه در نواحی شهری و کشورهایی با زمین قابل کشت محدود، هزینه‌های زمین می‌تواند به آسانی عاملی کنترل کن شود. با این‌حال، اگر رشد

شهری نیازمند منتقل شدن تصفیه‌خانه به نقطه‌ای دورتر از شهر باشد، ارزش بازیابی زمین استفاده شده برای استخرها عموماً ترقی خواهد کرد.

جدول ۲-۸- راندمان حذف باکتریایی گزارش شده از استخرهای تثبیت فاضلاب چند سلولی با زمان‌های ماند کمتر از ۲۵ روز

کیفیت برون‌ریز [a](f.c 0/100 ml)	تعداد سلول‌ها در مجموعه	موقعیت سیستم استخر
۱۰۰	11- 8	ملبورن، استرالیا
۳۰	5	کامپیناگراندی، برزیل[b]
۱۰۰	3	کگلین، فرانسه
۳۰	9	امان، اردن
۱۰۰	5	لیما، پرو
[c]۶۰۰	4	تونس، کشور تونس

منبع: Bartone and Arlosoroff, ۱۹۸۷

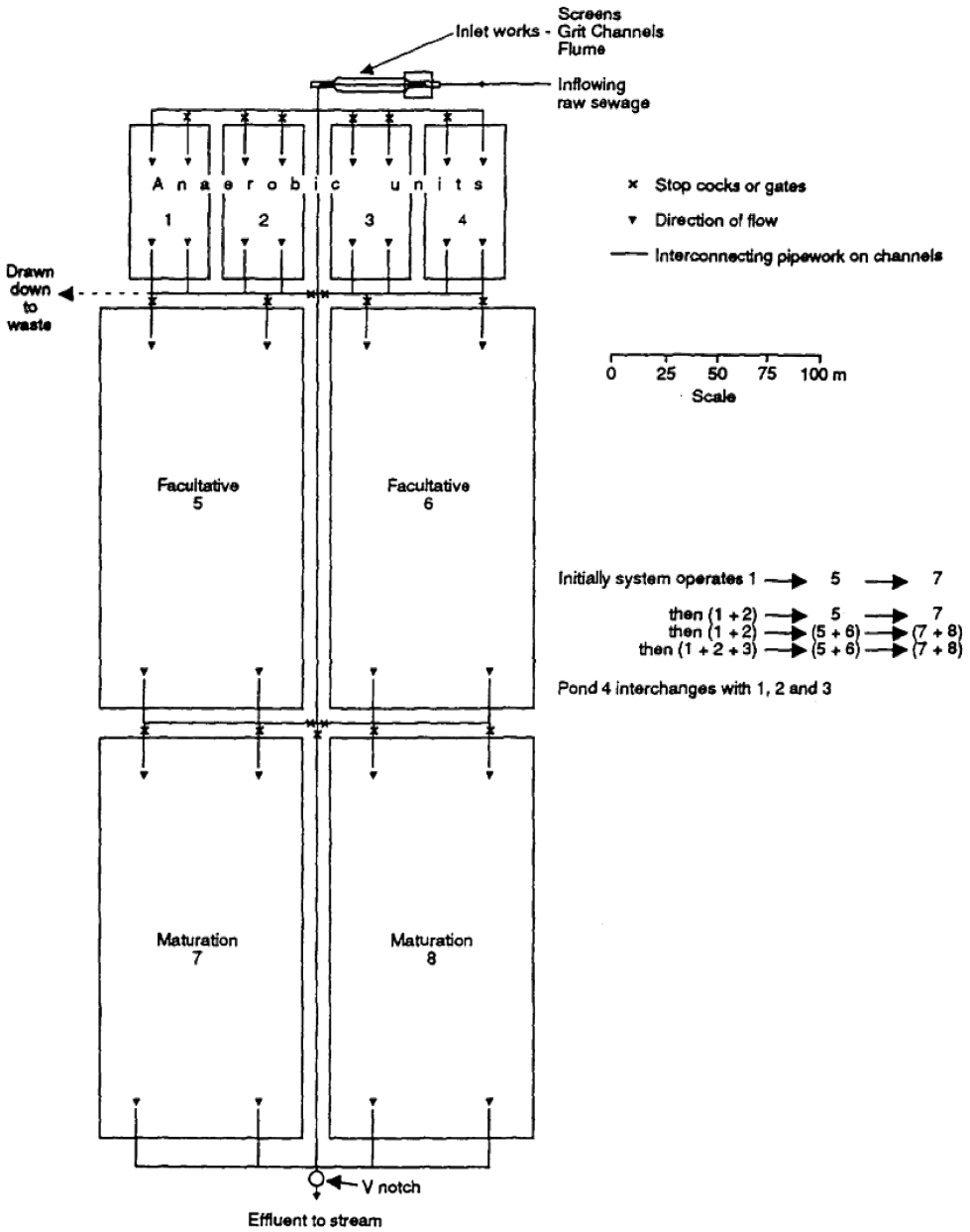
a: f.c= کلیفرم‌های مدفوعی

b: مرکز تجربی برای پرداخت بیولوژیکی فاضلاب (Extrabes)

c: منبع: Trad Rais, 1989

جنبه‌های زیست‌محیطی

آبیاری با فاضلاب نباید منحصراً برای مقاصد کشاورزی بررسی شود، همچنین با توجه به آنکه بهداشت عمومی و منافع زیست‌محیطی را که به تنهایی توسط تصفیه و گندزدایی مدرن قابل دستیابی نیست، تأمین می‌کند، احتمال دارد در اولویت مصرف فاضلاب قرار گیرد. مخاطرات مهم زیست‌محیطی که می‌توانند مرتبط با فاضلاب باشند عبارتند از (۱) سرایت کردن بیماری‌زاها (۲) کاهش اکسیژن توسط آلاینده‌های آلی (۳) ورود مواد شیمیایی به اکوسیستم‌های آسیب‌پذیر (عمدتاً منابع آب).



شکل ۲-٤- نمونهٔ طرح استخرهای تثبیت فاضلاب برگرفته از Arthur ۱۹۸۳

مدرن‌ترین روش‌های تصفیهٔ بکار رفته در کشورهای صنعتی، برای کاهش سازنده‌های شیمیایی و زیست فروپاش فاضلاب طراحی می‌شوند، اما تأثیر مهمی بر بیماری‌زاها ندارند (جدول ۲-٦). با این وجود، دفع بیماری‌زا در حد کفایت می‌تواند با یک سیستم کم هزینهٔ استخر غیرمعمول تثبیت فاضلاب چند سلولی بازمان ماند نزدیک به بیست روز انجام شود. گندزدایی فاضلاب توسط کلردارسازی در بسیاری از کشورها به دلیل هزینهٔ بالا و تکنولوژی مربوط به آن رایج نیست (در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، حتی آب آشامیدنی ضدعفونی نمی‌شود). واکنش کلر با ترکیبات هیومیک در فاضلاب و تولید تری‌هالومتان‌ها یک جنبهٔ منفی می‌باشد. کلیفرم فراوان‌ترین این تری‌هالومتان‌ها ماده‌ای سرطان‌زا گزارش می‌شود. بنابراین تصفیهٔ فاضلاب پیش از آبیاری، بهداشت عمومی و منافع زیست‌محیطی را که به‌تنهایی توسط تصفیه (شامل روش‌های مدرن) و گندزدایی بدست نمی‌آید، تأمین می‌کند. همچنین استفاده زمین کنترل شده، بواسطهٔ دو جریان طبیعی، مقدار ورود آلاینده‌های آلی و شیمیایی به آب سطحی و زیرزمینی را کاهش می‌دهد. نخست آنکه محصولات، موادی مانند مواد مغذی را جذب کرده و از ورود آن‌ها به روان آب‌های شهری یا آب زیرزمینی جلوگیری می‌کنند. دوم، خاک، ارگانیسم‌های بیماری‌زا و عناصر ضروری را در حین نفوذ آب به سوی پایین، به خارج تصفیه می‌کند. این عمل با حداقلی از داده‌های فنی و بدون اثرات جانبی بالقوه مضر (مانند اثرات جانبی زیان‌بخش کلردارسازی) رخ می‌دهد.

دیدگاه‌های زیست‌محیطی استفاده مجدد به تأثیر تصفیه و استفاده مجدد روی میزان آلودگی محدود نمی‌شوند. آن‌ها به عنوان مثال، آبیاری محصولات غیر زراعی نظیر علفزارها و جنگل‌ها را نیز دربرمی‌گیرند. آبیاری با فاضلاب تصفیه شده می‌تواند به نحوی شایسته برای کاهش بیابان‌زایی، خلق فضاهای سبز، جنگل‌کاری نواحی بایر و کنترل فرسایش خاک استفاده شود. افزایش کمبود چوب و در نتیجه هزینهٔ آن در کشورهای در حال توسعه، عمدتاً به علت پخت و پز و تولید حرارت توسط گروه‌های کم درآمد، احیای جنگل‌ها خصوصاً در مجاورت مراکز شهری را ایجاب می‌نماید.

بازبینی و ارزیابی

به‌منظور تضمین اجرای مؤثر معیارهای حفاظت بهداشت، بازبینی و ارزیابی دائمی مورد نیاز است. توانایی سازمانی و قابلیت‌های اجرا باید به منظور موفقیت پروژه‌های استفاده مجدد فاضلاب در اغلب کشورهای در حال توسعه افزایش یابد. برخی از اجزاء این پروژه‌ها که نیازمند بازبینی و ارزیابی منظم هستند شامل اعمال معیارها، کیفیت فاضلاب، کیفیت محصول و نظارت بیماری هستند (Mara and Cairncross, 1989).

یک فاکتور مهم ارائه شده توسط خط مشی‌های WHO، نیاز به توسعه قابلیت سازمان‌های ناظر محلی برای نائل شدن به شاخص‌های ویژه کیفیت آب است (WHO, 1989). به ویژه، متدولوژی دست یافتن به‌میزان مقرر تخم هلمینتز در دسترس اکثر کشورهای در حال توسعه نیست. تحقیق اخیر (Agres و دیگران ۱۹۸۹) به سوی یافتن تکنیک‌های ساده و قابل اطمینان که به آسانی در کشورهای در حال توسعه ارائه و حفظ شود نشانه‌گیری می‌شود. مراکز تحقیق محلی باید برای سنجش این متدلوژی‌ها و چه بسا ایفای نقشی در رشد دادن دستگاههای کنترل و تنظیم ترغیب شوند. با این وجود، بازبینی واقعی نباید توسط مراکز تحقیق اجرا شود. تا زمانی که هلمینتز بتواند به عنوان یک وسیلهٔ مفید کاربردی مورد بررسی قرار گیرد، باکتری کلی‌فرم مدفوعی به عنوان شاخص کلیدی استفاده شود و تصفیه‌خانه باید به‌منظور اطمینان از کافی بودن تصفیهٔ انجام‌شده، به‌طور روزمره مورد بازدید واقع شود.

نتایج

آبیاری با فاضلاب راه حلی جذاب برای رسیدگی به مشکلات دفع فاضلاب و نیز کمبود آب آبیاری است. شاخص اپیدمی شناسی که دستورالعمل‌های WHO (WHO, 1989) بر آن قرار داده می‌شوند، نشان می‌دهد که به‌طور کلی استانداردها و روال قبل بیش از حد محدودکننده بودند. از این بدتر، توانایی آن را نداشتند که در موارد متعدد اعمال شوند. اتخاذ خط مشی‌های واقع گرایانه‌تر باید با معیارهای بهداشت عمومی دقیق، هماهنگ شود. مسائلی که بواسطهٔ استفاده مجدد فاضلاب گسترش می‌یابند به خاطر فقدان حد متوسط مجاز برای بهداشت هستند. پرسش‌های کلی به‌منظور تعیین مراحل پروژه استفاده مجدد فاضلاب شامل موارد زیر است:

۱- مردم

آیا آن‌ها نیازمند استفاده مجدد هستند و آن را می‌پذیرند؟

۲- منابع

آیا آب کمیاب است؟

آیا زمین در دسترس است؟

۳- سازمان‌ها:

چگونه تمایلات شهرداری‌ها و کشاورزان می‌تواند با هم تلفیق شود؟

چه کسی باید برای نظارت و عملکرد پروژه‌های استفاده مجدد برنامه‌ریزی کند؟

آیا آلودگی قابل کنترل بوده و مقررات استفاده مجدد قابل اجرا می‌باشد؟

آیا مداخلات بهداشت عمومی کافی است؟

آیا معیارهای کیفیت آب یا حفظ بهداشت قابل بازبینی است؟

آیا مکانیسم‌هایی برای مداخل ضروری وجود دارد؟

۵- مصرف فاضلاب:

آیا گزینهٔ حداقل هزینه شامل استفاده زمین می‌باشد؟

آیا امکانی برای استفاده مجدد غیرکشاورزی وجود دارد؟

٦- کشاورزی:

آیا محصولاتی که بتواند از لحاظ اقتصادی با فاضلاب‌های تصفیه‌شده رشد یابد وجود دارد؟

آیا کیفیت فاضلاب برای آبیاری قابل قبول است؟

خط‌مشی‌های طراحی پروژه که ارائه یک چارچوب سیستماتیک به منظور ملاحظهٔ این پرسش‌ها را دنبال می‌کنند، همچنین سایر مسائل در فصول بعدی کتاب ارائه می‌گردد.

فـصل سوم

کیفیت آب درکشاورزی

۳-۱- کیفیت شیمیایی آب

کیفیت آب آبیاری در مناطق خشک، جایی که درجه حرارت زیاد و رطوبت کم است و در نتیجه تبخیر بالاست، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. خصوصیات فیزیکی و مکانیکی خاک، همچنین استحکام، تخلخل ساختمان خاک و هدایت هیدرولیکی نسبت به تبادل یون‌ها در آب آبیاری حساس هستند. بنابراین وقتی مسأله بهره‌برداری از فاضلاب در کشاورزی مطرح می‌شود، چندین فاکتور با خواص خاک باید مورد بررسی قرار گیرند.

موضوع دیگر در ارتباط با کشاورزی، اثرات مواد محلول آب آبیاری در رشد گیاهان است. نمک‌های محلول، فشار اسمزی آب و خاک را افزایش می‌دهند و این افزایش، سبب افزایش مصرف انرژی گیاه برای جذب آب می‌شود، در نتیجه تنفس زیاد گشته و رشد و نهایتاً عملکرد محصول آن به‌طور نزولی کاهش می‌یابد. در این میان بیشتر گیاهان نسبت به نمک‌های فعال در آب وخاک که روی پتانسیل اسمزی اثر می‌گذارند، حساسیت نشان می‌دهند .

بسیاری از یون‌ها در غلظت کم برای گیاه مفید و یا بی‌ضرر هستند ولی در غلظت بالا می‌توانند سمی باشند که ممکن است یا به‌صورت مستقیم با دخالت در مراحل سوخت و سازی و یا به‌طور غیر مستقیم با تأثیر بر روی جذب عناصر غذایی برای گیاهان ایجاد مسمومیت کند. *Morishita(1985)* گزارش داده است که آبیاری آلوده به نیتروژن باعث

افزایش رشد گیاه برنج قهوه‌ای می‌گردد و این افزایش رشد باعث از دست رفتن عملکرد برنج می‌شود چرا که افراط در رشد، پیری زودرس گیاه را تسریع نموده و استعداد پذیرش آفت و بیماری را بیشتر می‌کند. او در ارائه گزارش خود بیان نموده است که در خاک بدون آلودگی که حدود ۰/٤ پی‌پی‌ام تا ۰/۵ پی‌پی‌ام کادمیم دارد، ممکن است ۰/۰۸ پی‌پی‌ام کادمیم در برنج وجود داشته باشد در حالی‌که وقتی این مقدار به ۰/۸۲، ۱/۲۵، یا ۲/۱ پی‌پی‌ام برسد، پتانسیل جذب آلودگی به ۱ پی‌پی‌ام خواهد رسید.

مهم ترین پارامترهای کیفیت آب کشاورزی شامل تعدادی از ویژگی‌های مخصوص آب که بر عملکرد کیفیت محصولات، حاصل‌خیزی خاک و مراقبت‌های زیست‌محیطی اثر می‌گذارد، در جدول (۳-۱) نمایش داده شده است.

جدول ۳-۱ عوامل مورد استفاده در ارزیابی آب آبیاری

عوامل	علائم	واحد اندازه گیری
عوامل فیزیکی:		
- کل مواد حل شدنی	TDS	میلی‌گرم در لیتر mg/l
- هدایت الکتریکی	ECW	دسی زیمنس بر متر ds/m
- دما	T	درجه سانتی‌گراد ۰c
- رنگ / تیرگی	-	واحدهای تیرگی جکسون نفلومتری(NTV/STU)
- سختی	-	میلی‌گرم در لیتر (برحسب کربنات کلسیم)
- رسوبات	-	گرم در لیتر mg/l
- عوامل شیمیایی:		
- اسیدیته	PH	
نوع و غلظت یون‌ها:		

ادامه جدول در صفحه بعد

– کلسیم	Ca^{++}	میلی اکی والانت بر لیتر me/L
– منیزیم	Mg^{++}	میلی اکی والانت بر لیتر me/L
– سدیم	Na^{+}	میلی اکی والانت بر لیتر me/L
– کربنات	CO_3^{--}	میلی اکی والانت بر لیتر me/L
– کلر	$C1^{+}$	میلی اکی والانت بر لیتر me/L
– سولفات	SO_4^{--}	میلی اکی والانت بر لیتر me/L
– نسبت جذبی سدیم	SAR	میلی‌گرم در لیتر mg/l
– بور	B	میلی‌گرم در لیتر mg/l
– فلزات سنگین	–	میلی‌گرم در لیتر mg/l
– ازت (نیتراته)	$N\text{-}NO_4^{-}$	میلی‌گرم در لیتر mg/l
– فسفر (فسفاته)	$P\text{-}PO_4^{--}$	میلی‌گرم در لیتر mg/l
پتاسیم	K^{+}	میلی‌گرم در لیتر mg/l

۳-۲- پارامترهای مهم از نظر کشاورزی

۱- نمک‌ها

غلظت نمک‌ها (برای مقاصد عملی کل نمک‌های محلول) یکی از مهمترین پارامترهای تشخیص کیفیت آب کشاورزی است. نمک‌های محلول در آب با شوری خاک در ارتباط است و بر این اساس، رشد گیاه، عملکرد و کیفیت محصولات از کل نمک‌های محلول در آب اثر می‌پذیرد. به‌عنوان واحد اندازه‌گیری غلظت نمک از *mg/l* یا *ppm* (پی‌پی‌ام) استفاده می‌شود.

۲ - هدایت الکتریکی

برای نشان دادن یون‌های موجود در آب از هدایت الکتریکی استفاده می‌شود. هدایت الکتریکی مستقیماً با مجموع آنیون‌ها و یا کاتیون‌های حاصل از تجزیه مواد شیمیایی مرتبط است و در حالت عمومی با کل نمک‌ها مرتبط می‌باشد. هدایت الکتریکی سریع و صحیح و معقولانه تعیین می‌شود و علامتی است که معمولاً در یک دمای استاندارد 25^0c بیان می‌شود که البته قابل‌تغییر و تطبیق با دیگر شرایط است. EC_W نشان‌دهنده هدایت الکتریکی آب و EC_e نشان‌دهنده هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک است و واحد اندازه‌گیری آن ds/m (دسی‌زیمنس بر متر) است.

۳- جذب سدیم

سدیم به دلیل تأثیراتش بر روی خاک، یکی از بی‌مانندترین کاتیون‌ها است. سدیم تبادلی وقتی که بالاتر از حد معین آستانه آن نسبت به غلظت کل نمک خاک باشد، می‌تواند خصوصیات فیزیکی - شیمیایی خاک، خصوصاً، ساختمان آن را تغییر دهد. سدیم تبادلی، تمایل به پراکنش خاک داشته، باعث کاهش سرعت نفوذ آب و هوا در خاک می‌گردد. همچنین این پراکنش ذرات باعث تشکیل یک لایه سله بر روی سطح خاک گشته، مانع جوانه‌زنی بذر می‌گردد. آب آبیاری می‌تواند به عنوان یک منبع افزایش سدیم محلول خاک محسوب شود و باید از این لحاظ آب آبیاری مورد ارزیابی قرار گیرد.

مطمئن ترین شاخص تعیین میزان تأثیر آب آبیاری بر افزایش سدیم تبادلی خاک، پارامتر نسبت جذب سدیم یا SAR است که به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

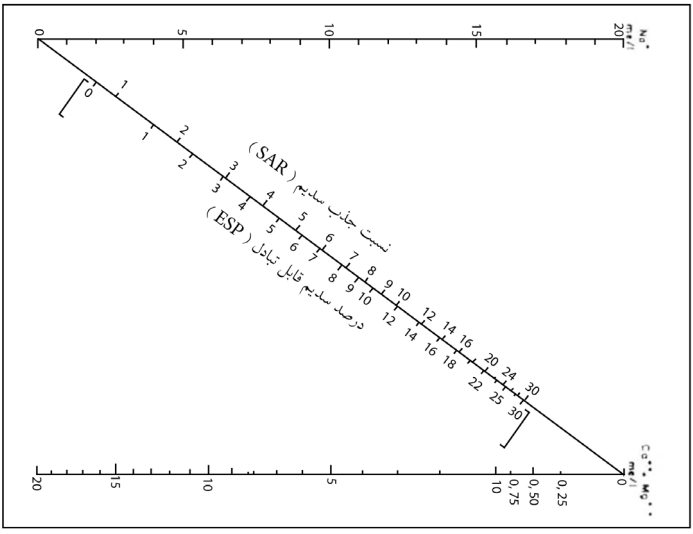
$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{(Ca + Mg)/2}} \qquad \text{رابطه (۳-۱)}$$

که در رابطه فوق غلظت یون‌ها بر حسب meq/l بیان می‌شود.

با استفاده از نمودار شکل (۳-۱) می‌توان مقدار SAR آب آبیاری را معین نمود. همچنین از این شکل می‌توان درصد قابل تبادل سدیم یا ESP را در یک خاک به تعادل رسیده با آب آبیاری، به‌دست آورد. در شرایط مزرعه مقدار ESP واقعی ممکن است از مقدار

ارزیابی‌شده از شکل بالاتر باشد چرا که در شرایط مزرعه، کل غلظت نمک‌ها به وسیله تبخیر و تعریف در حال افزایش است.

مقدار SAR محاسبه شده حاصل از رابطه (۳-۱) اثر یون سدیم را در آب آبیاری قبل از ورود آب به خاک پیش‌بینی می‌کند، درصورتی که میزان SAR پس از ورود آب به خاک معمولاً تغییر می‌کند و این آب خاک است که روی ساختمان خاک مؤثر است. مقدار یون سدیم بعلت محلولیت زیاد، پس از ورود آب به خاک کم و بیش ثابت می‌ماند ولی غلظت یون Ca پس از ورود آب به خاک در رابطه با مقدار آنیون بی کربنات موجود در آب آبیاری و فشار گاز کربنیک موجود در هوای خاک تغییر می‌کند. برای رفع این نقص روش SAR تعدیل شده را ارائه داده‌اند.



شکل (۳-۱): نمودار تعیین مقدار نسبت جذب سدیم، SAR

٤- یون‌های سمی

آبهای آبیاری که غلظت برخی از یون‌های آن بالاتر از حد مجاز است، می‌توانند مشکلاتی در زمینه مسمومیت گیاه ایجاد نمایند. سمیت معمولاً باعث اختلال در ریشه، کاهش عملکرد، تغییر شکل ظاهری گیاه و حتی مرگ گیاه می‌شود. شدت خسارت، به نوع محصول، مرحله رشد گیاه، غلظت یون سمی و اقلیم و شرایط خاک بستگی دارد. مهمترین یون‌های سمی عبارت

است از بُر (B)، کلر (Cl)، سدیم (Na). هنگامی که می خواهیم فاضلاب را جهت آبیاری مورد استفاده قرار دهیم، لازم است که غلظت این یون‌ها اندازه‌گیری و کنترل شود .

۵- عناصر کمیاب

تعدادی از عناصر از این جهت که معمولاً با غلظت کم در آب آبیاری یافت می‌شوند به آن‌ها عناصر کمیاب می‌گویند. این عناصر معمولاً جزو عناصر منظم و تشکیل‌دهنده یک پساب فاضلاب نیستند. ولی وقتی که فاضلاب صنعتی در فاضلاب شهری تزریق شود، این عناصر ممکن است با اهمیت جلوه کند. این عناصر شامل آلومینیوم (Al)، بریلیوم (Be)، کبالت (Co)، فلور (F)، آهن (Fe)، لیتیوم (Li)، منگنز (Mn)، مولیبدن (Mo) سلنیم (Se)، قلع (Sn)، تیتانیم (Ti)، تنگستن (W)، وانادیم (V) می‌باشد.

فلزات سنگین نیز گروه خاصی از عناصر سنگین هستند که اگر گیاه آن را در خود ذخیره کند، خطرات بهداشتی قابل ملاحظه ای خواهد داشت. این گروه عبارتند از ارسنیک (As)، کادمیم (Cd)، مس (Cu)، سرب (Pb)، جیوه (Hg) و روی (Zn) اینها فلزات سنگین نام گرفته اند زیرا در حالت فلزی، جرم حجمی آن‌ها بزرگ‌تر از g/cc ٤ است.

۶- pH :

pH یک پارامتر ساده برای تعیین کیفیت آب آبیاری است که اسیدیته یا قلیایی بودن را نشان می‌دهد. دامنه طبیعی pH برای آب آبیاری بین ٦/٥ تا ٨/٤ است. خارج از این دامنه، علامت خطر نشان‌دهنده کیفیت بد آب می‌باشد. لازم به ذکر است pH برای آب آبیاری بر اساس نوع خاک‌های هر منطقه بسته به اسیدی یا قلیایی بودن خاک آن مناطق می‌تواند متغیر باشد.

۷- پارامترهای شیمیایی

مواد آلی شیمیایی معمولاً در فاضلاب با غلظت کم وجود دارد و باید در طولانی‌مدت جذب شود، تا روی سلامتی انسان اثر زیان‌آور نداشته باشد. اگر فاضلاب در کشاورزی یا آبکشت مصرف شود، این اتفاق احتمالاً رخ نمی‌دهد، مگر اینکه فاضلاب به داخل ذخایر آب آشامیدنی رخنه کند و یا کارگران کشاورزی به‌طور صحیح آموزش داده نشده باشند که

معمولاً این موارد را می‌توان صرف‌نظر نمود. اصل خطرات بهداشتی تجمع عناصر شیمیایی فاضلاب رخ می‌دهد. بنابراین آلودگی محصولات و آب زیرزمینی بالا می‌رود.

آلودگی را با ارتباط خاص ناشی از ترکیبات سمی خصوصاً فلزات سنگین و همچنین سرطان‌زا که اصولاً مواد شیمیایی آلی می‌باشند ترسیم کرده‌اند. سازمان بهداشت جهانی راهنمایی را جهت کیفیت آب آشامیدنی شامل محدودیت‌های مقادیر مختلف مواد آلی و سمی معلق در فاضلاب که اسامی آن‌ها در جدول (۳-۲) مشاهده می‌شود، ارائه داده است. این راهنما را می‌توان مستقیماً برای مقاصد حفظ و نگهداری آب زیرزمینی بکار برد ولی در مورد آلودگی گیاهان، از این دید که ممکن است عناصر سمی معین نظیر کادمیم یا سلسیوم در قسمت‌های خوراکی گیاه آبیاری شده با فاضلاب، تجمع نمایند و ایجاد آلودگی کنند، ضروری است دقت بیشتری به‌عمل آید.

جدول (۳-۲) اجزاء مهم آلی و معدنی آب آشامیدنی از دیدگاه مسائل بهداشتی

آلی	معدنی
آلدرین و دیلدرین	ارسنیک
بنزن	کادمیم
بنزوپیرن	کروم
تتراکلرید کربن	سیانور
کلر دان	فلرئور
کلروفرم	سرب
2,4,D	نیترات
ددت	سلسیوم
۱،۲ دی کلرو اتیلن	
هپتا کلرو هپتا کلرو اپوکسید	
هگزا کلرید بنزن	
لیندان	

۸- پارامترهای بیماریزا

ارگانیسم‌های بیماری‌زا، بزرگ‌ترین نقش را در ارتباط با کیفیت بهداشتی آب آبیاری دارند و متأسفانه هنوز در ارتباط با گسترش بیماری‌های واگیردار و استفاده عملی از فاضلاب در کشاورزی، مطالعات کمی انتشار یافته است.

نمونه‌های محدودی نشان می‌دهد که کرم کدوی گوشت گاو می‌تواند به مصرف‌کنندگان گوشت سرایت کند، درصورتی‌که گله‌های گاو در مزارع آبیاری شده با فاضلاب چرا داده شوند و یا اینکه از محصولات چنین مزارعی تغذیه شوند.

در مورد بیماری‌های ویروسی، در بررسی‌هایی که تاکنون صورت گرفته، افزایش شیوع این نوع بیماری‌ها در کارگران کشاورزی و همچنین کارگران تصفیه‌خانه‌های فاضلاب که مستقیماً در معرض فاضلاب قرار دارند، ثابت نشده است.

۹- ارگانیسم شاخص

گروه کلیفرم باکتری ها عمدتاً شامل گونه‌هایی از جنس *Klevsiella , Escherichia , Enterobacter , Citrobacter* و شامل کلیفرم‌های مدفوعی می‌شوند که گونه *Escherichia Coli* در آن غالب است. برخی از کلیفرم‌ها قادرند در خارج از محیط روده بخصوص در اقلیم گرم نیز رشد کنند، بنابراین شمارش آن‌ها به عنوان تنها پارامتر نشان‌دهنده آلودگی پساب بی‌فایده است. آزمایش کلیفرم‌های مدفوعی ممکن است همچنین شامل بعضی از ارگانیسم‌های غیر مدفوعی که در دمای ٤٤ درجه سانتی‌گراد می‌تواند رشد کنند شود. بنابراین گونه *E.Coli.* بهترین و مناسب‌ترین شاخص برای استفاده در پساب کشاورزی است.

۳-۳- بهره‌برداری از فاضلاب در کشاورزی

مواردی که در جهت حفظ بهداشت در طرح‌های بهره‌گیری از فاضلاب در کشاورزی مطرح می‌شود عبارت‌است از:

- تصفیه فاضلاب
- محدودیت محصولات
- کنترل کاربرد فاضلاب
- کنترل در معرض قرار گرفتن انسان و رشد بهداشت عمومی

که بسته به شرایط یکی یا ترکیبی از هر یک مطرح می‌شود.

در گذشته تصفیه فاضلاب بزرگ‌ترین معیار سنجش در طرح‌های استفاده کنترل‌شده از پساب بوده و برای حالت‌های خاص و تعداد محدودی از محصولات بکار می‌رفته است. یک روش جامع‌تر در ارائه طرح استفاده از فاضلاب در کشاورزی این امتیاز را خواهد داشت که معیارهای حفظ بهداشت را به‌گونه‌ای بهینه ادغام کرده و برای هر نوع خاک و گیاه اجازه دستیابی به یک سامانه‌ی اقتصادی را بدهد که با شرایط فرهنگی – اجتماعی و اداری محل سازگار باشد.

WHO (1989) (سازمان بهداشت جهانی) در گزارش فنی خود با عنوان « راهنمای بهداشتی در بهره‌گیری از فاضلاب در کشاورزی » روی این توانایی جهت حفظ بهداشت و تغییرات و عملیات مربوط به آن بحث نموده است. در بعضی از کشورها محدودیت‌های اجرایی و قانونی شرایط سختی را به‌وجود می‌آورد و در بعضی دیگر بدان جهت که مهارت‌های فنی کارکنان کم است، اعتماد کمی به تصفیه فاضلاب بعنوان تنها روش مراقبت وجود دارد. درصورتی که با قانونمند کردن محصولات کشاورزی و تکنیک‌های آبیاری با توجه به شرایط کیفی فاضلاب، می‌توان انعطاف بیشتری در عملیات استفاده از فاضلاب در کشاورزی داشت .

۳-٤- در معرض قرار گرفتن انسان

منظور از کنترل، کم‌کردن و بازداشتن گروه‌هایی است که بنا بر مقتضیات شغلی و یا سکونتی تماس مستقیم و یا غیر مستقیم با آلودگی فاضلاب دارند. گروه‌هایی که در معرض خطر آلودگی هستند، عبارتند از:

- کارگران مزارع کشاورزی و دیگر کارکنان مربوط به این مزارع
- مصرف‌کنندگان محصولات، گوشت و لبنیات
- کسانی‌که در نزدیکی مناطق تحت آبیاری با فاضلاب زندگی می‌کنند.

و دیگر گروه‌هایی که به هر نحوی ممکن است در معرض فاضلاب قرار گیرند.

برای حفظ سلامتی گروه اول، یعنی کارگران مزارع باید لباس‌های حفاظتی مخصوص تدارک دیده شود. همچنین باید همزمان با رعایت سطح بالای مسائل بهداشتی، بر ضد آلودگی‌های موجود مصون‌سازی صورت گیرد.

جهت حفظ سلامتی مصرف‌کنندگان محصولاتی که به طریق مذکور آبیاری می‌شوند، می‌توان از طریق پختن محصولات قبل از مصرف و بالا بردن سطح استاندارد غذایی، خطر مربوط به آن را کاهش داد. این استانداردها را باید از طریق آموزش عمومی گسترش داد. در مورد ساکنان مناطق

نزدیک مزارع، باید اطلاعات جامعی در مورد طرح در اختیار این گونه افراد قرار داد و به آن‌ها توصیه نمود که خود و کودکانشان را از تماس و نزدیکی با فاضلاب برحذر دارند. البته در این میان عقیده روشنی در مورد مصونیت زندگی در اطراف مناطق تحت آبیاری با فاضلاب وجود ندارد و خطر ویژه‌ای برای آن ذکر نشده است. بجز در مناطقی که با روش آبیاری بارانی، آبیاری می‌شوند که تا شعاع صد متری اطراف مزارع نباید کسی سکونت داشته باشد. شاید این نکته در ارتباط با فضای سبز شهرها که در اطراف آن مناطق مسکونی وجود دارد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

در هنگام اجرای طرح باید مراقبت‌های ویژه‌ای وجود داشته باشد از جمله آن‌که، مراقبت شود که در مواقع اضطراری و یا کمبود آب، از فاضلاب جهت آشامیدن و یا مصارف خانگی استفاده نشود. همچنین لازم است که لوله‌ها، کانال‌ها و اتصالات از طریق رنگ مخصوصی از دیگر مسیرهای آب متمایز گردد و مشخصاً علامت‌گذاری شود. اتصالات باید به نحوی انتخاب یا طراحی شوند که کاملاً جفت گردد تا از مسیرها، نشت فاضلاب وجود نداشته باشد.

سازمان بهداشت جهانی (WHO) در سال ۱۹۸۹ استاندارد جدیدی را برای فاضلاب مورد استفاده در کشاورزی از دید ضوابط بهداشتی ارایه داده است. این استاندارد سطح پایین‌تری از باورهای قبلی و آسان‌تر از گذشته است. چرا که توصیه‌های ارائه شده در سال ۱۹۷۳ محدودیت‌های ناحقی خصوصاً در مورد باکتری‌ها قایل شده است. جدول (۲-۳) توصیه‌های سازمان بهداشت جهانی در سال ۱۹۸۹ را نشان می‌دهد.

در راهنمای جدید تعداد تخم کرم‌ها در دسته‌های A و B باید کمتر یا مساوی ۱ عدد در لیتر باشد که این مفهوم شامل تخمدانهای پاتوژن‌ها نیز می‌شود. در حالت دسته C که هیچ گروهی در معرض فاضلاب قرار ندارند، محدودیتی برای باکتری‌ها نیست. (در این حالت کارگران تماس آشکاری با فاضلاب ندارند) البته در درجات بالاتر و شرایط خاص توصیه‌هایی جهت محو کامل آلودگی شده است.

به اعتقاد گروه جمع‌شده در انگلبرگ مخاطرات بهداشتی آبیاری با فاضلاب خوب تصفیه شده حداقل می‌باشد. در واقع خطرات اساسی آبیاری با فاضلاب در ارتباط با بیماری‌های کرمی می‌باشد و بیشترین خطر برای بهداشت انسان، آلودگی با نماتودهای روده‌ای تشخیص داده شده است.

جدول (۳-٤) بازده حذف پاتوژن‌های روده‌ای را از فرآیند تصفیه فاضلاب نشان می‌دهد.

جدول (۳-۳) توصیه‌های سازمان بهداشت جهانی

دسته	شرایطی که فاضلاب در آن بکار می‌رود	گروه‌های در معرض	کرمک‌های روده‌ای (تعداد تخم کرم در لیتر)	کلیفرم‌های مدفوعی (تعداد کلیفرم در ۱۰۰ میلی لیتر)	عملیات تصفیه مورد نیاز با توجه به کیفیت میکروبیولوژیکی فاضلاب
A	آبیاری محصولاتی که به صورت خام مصرف می‌شوند، آبیاری پارک‌های عمومی و مناطق تفریحی و ورزشی	کارگان مصرف کنندگان و عموم مردم	< ۱	< ۱۰۰۰	طراحی استخرهای ثبیت جهت عملیات بیولوژیکی و یا دیگر تصفیه‌های معادل
B	آبیاری، غلات، علوفه، گیاهان صنعتی، چراگاه‌ها و درختان[۵]	کارگران	< ۱	استانداری توصیه نشده است.	باقی گذاردن ۸ تا ۱۰ روز در استخرهای تثبیت و یا دیگر عملیات‌های جداسازی کرم و کلیفرم مدفوعی
C	آبیاری موارد دسته *B* درصورتی کارگران و عموم در معرف فاضلاب نباشد.	هیچ کس	قابلیت کاربرد ندارد.	قابلیت کاربرد ندارد .	هر تصفیه ای که برای تکنولوژی آبیاری مورد نظر نیاز است ولی در هر صورت از رسوب‌سازی اولیه کمتر نباشد

جدول(۳-٤) بازده حذف پاتوژن‌های روده‌ای از فرآیند تصفیه فاضلاب در پایه ۱۰ log

روش تصفیه	ویروس	باکتری	کرم انگلی	کرم
ته‌نشینی اولیه	۰-۱	۰-۱	۰-۱	۰-۱
سپتیک تانک	۰-۱	۱-۲	۱-۲	۱-۲
صافی چکنده	۰-۱	۰-۲	۰-۱	۰-۱
لجن فعال	۱-۲	۲-۳	٤-٦	٤-٦
برکه های تثبیت (۲٤ روز ٤ حوضچه)	۲-٤	٤-٦	٤-٦	٤-٦

محققان سازمان بهداشت جهانی، *WHO* توجه زیادی به جمعیت‌هایی از مردم دارند که محصولات کشاورزی را به صورت خام مصرف می‌کنند و از سویی این محصولات به‌طور غیرقانونی و بی‌ضابطه توسط فاضلاب تصفیه‌نشده، آبیاری شده‌اند.

در این مورد به‌خصوص باید با توجه به دو فاکتور تکنولوژیکی و اقتصادی، دیدگاه‌ها اصلاح و تازه گردد تا شرایط مطلوب و قابل‌قبول‌تری فراهم شود. با وجود این لازم است که پارامترها و محدودیت‌های دقیق و مفید در این زمینه و برای هر منطقه با درنظرگرفتن فاکتورهای زیست محیطی، بیماری‌های محلی و شرایط اجتماعی در اختیار طراحان قرار گیرد

۳-۵ آب آبیاری

به‌طور معمول آب آبیاری به جهت راهنمایی مصرف کنندگان و حل مشکلات مربوط به بهره‌برداری و بالابردن پتانسیل تولید محصولات کشاورزی به گروه‌های متفاوتی طبقه‌بندی شده است.

۳-۵-۱- طبقه‌بندی

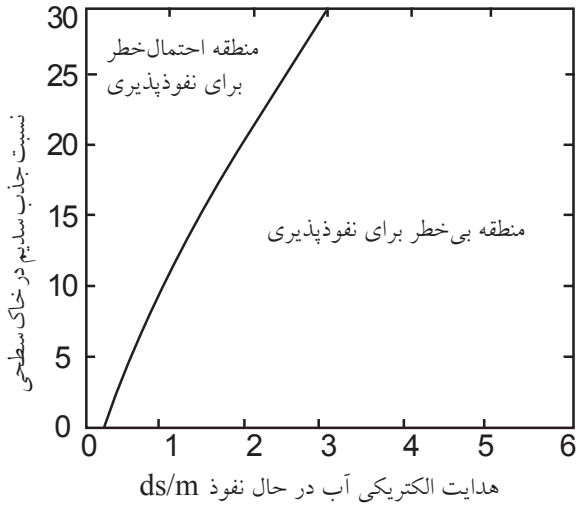
طبقه‌بندی کیفیت آب آبیاری تنها به جهت راهنمایی ارائه گردیده است و برای شرایط موجود در مزرعه، باید تنظیم شود. چرا که شرایط آب آبیاری بسیار پیچیده است و پیشگویی را دشوار می‌سازد. مناسب بودن آب آبیاری وابستگی شدیدی به آب و هوا و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک دارد و در مورد شوری آب بستگی به نوع محصول و مدیریت اجرایی مزرعه دارد. در هر صورت طبقه‌بندی آب برای آبیاری همواره طبیعتی عمومی دارد

و تحت شرایط متوسط بهره‌برداری قابل استفاده می‌باشد.

بسیاری از طرح‌های طبقه‌بندی کیفی آب آبیاری بر پایه اهداف و مقاصدی بنا شده است. ایرز و وستکات طبقه‌بندی آب آبیاری را بر پایه‌های شوری، قلیائیت، سمیت و دیگر مخاطرات متفرقه بنا نموده‌اند که در جدول (۳-۵)این طبقه‌بندی نشان داده شده است (*FAO, 1985*) این جدول در شناسایی مشکلات خاص تولید محصولات در هنگام استفاده از منابع متداول آب، مفید بوده و یک راهنمای اجرای در جهت ارزیابی خصوصیات فاضلاب مورد استفاده در آبیاری از لحاظ مواد تشکیل‌دهنده شیمیایی، نمک‌های محلول، ظرفیت سدیم تبادلی و یون‌های سمی می‌باشد.

۳- ۵-۲- نفوذپذیری

تأثیر یون سدیم بر روی سرعت نفوذ و نفوذپذیری خاک بستگی به مقدار *SAR* و غلظت کل نمکها دارد که در جدول مشخص است. شکل (۳-۲)به وضوح نشان می‌دهد برای یک مقدار ثابت *SAR* با افزایش غلظت کل نمک، نفوذپذیری خاک افزایش می‌یابد و برای یک مقدار ثابت غلظت کل نمک با افزایش *SAR*، مقدار نفوذپذیری خاک کاهش می‌یابد. این شکل نشان می‌دهد که سدیم موجود در آب آبیاری نمی‌تواند بطور مستقل از املاح موجود در آب یا در لایه‌های سطحی خاک، نفوذپذیری را پیشگویی کند.



شکل (۳-۲) مقادیر آستانه SAR خاک سطحی و EC در حال نفوذ برای حفظ و تداوم نفوذپذیری خاک

جدول (۳-۵) راهنمای کیفیت آب آبیاری

معیارهای کیفی آب	واحد			
		خوب	متوسط	نامناسب
الف – شوری				
ECW	ds/m	> ۰/۷	۰/۷-۳	۶۳
TDS	mg/l	> ۴۵۰	۴۵۰-۲۰۰۰	>۲۰۰۰
ب – نفوذ پذیری				
در حالتی که SAR=۰-۳ و مقدار ECW	ds/m	< ۰/۷	۰/۲-۰/۷	> ۰/۲
در حالتی که SAR=۳-۶ و مقدار ECW	ds/m	< ۱/۲	۰/۳-۱/۲	> ۰/۳
در حالتی که SAR=۶-۱۲ و مقدار ECW	ds/m	< ۱/۹	۰/۵-۱/۹	> ۰/۵
در حالتی که SAR=۱۲-۲۰ و مقدار ECW	ds/m	< ۲/۹	۱/۳-۲/۹	> ۱/۳
در حالتی که SAR=۲۰-۴۰ و مقدار ECW	ds/m	< ۵	۲/۹-۵	> ۲/۹
ج – سمیت یون‌های ویژه				
سدیم (Na)				
آبیاری سطحی	SAR	> ۳	۳-۹	> ۹
آبیاری بارانی	me/l	> ۳	< ۳	
کلرید (Cl)				
آبیاری سطحی	me/l	> ۴	۴-۱۰	> ۱۰
آبیاری بارانی	me/l	> ۳	< ۳	
بر (B)	mg/l	> ۰/۷	۰/۷-۳	> ۳/۰
نیتروژن (N-NO۳)	mg/l	> ۵	۵-۳۰	> ۳۰
بیکربنات (HCO۳)	me/l	> ۱/۵	۱/۵-۸/۵	> ۸/۵

۳-۵-۳ عناصر ویژه

سمیت عناصر ویژه حتی درصورت پایین‌بودن شوری نیز امکان وقوع دارد. اجزاء سمی قابل توجه عبارتند از سدیم، کلرید و بر. این عناصر قادرند محصول را کاهش دهند. البته حساسیت کلیه گیاهان نسبت به این عناصر یکسان نیست بلکه اغلب گیاهان درختی، گیاهان چوبی و چند ساله از خود حساسیت بیشتری نشان می‌دهند. در عین حال در هر گیاهی که غلظت این عناصر در آن‌ها بیش‌ازحد باشد، مسأله مسمومیت پیش خواهد آمد.

نظر به اینکه یون‌های سدیم و کلرید از طریق برگ نیز جذب می‌شوند، بنابراین امکان بروز مسائل خاص سمیت از طریق آبیاری بارانی نیز وجود دارد.

سدیم: سدیم علاوه بر تأثیر بر فیزیک خاک از نظر مسمومیت نیز حائز اهمیت است. اغلب گیاهان درختی و چند ساله حتی به غلظت‌های کم سدیم نیز حساسیت نشان می‌دهند. گیاهان یکساله به این اندازه آسیب‌پذیر نبوده و احتمالاً در برابر غلظت‌های بالاتر آسیب‌پذیر خواهند بود. سدیم همراه با آب، جذب گیاه شده و همین طور که آب در اثر تعرق از برگ‌ها خارج می‌شود، بر غلظت سدیم موجود در برگ نیز افزوده خواهد شد. سوختگی برگ و ایجاد بافت‌های مرده در حاشیه برگ از علائم بارز مسمومیت به شمار می‌روند. درصورت وجود کلسیم شدت سمیت ناشی از سدیم تعدیل می‌شود. درصورتی‌که میزان کلسیم زیاد نباشد، احتمالاً از درجه سمیت ناشی از سدیم کاسته و درصورتی‌که زیاد باشد، احتمالاً از بروز مسئله جلوگیری خواهد شد. نظر به‌این‌که اثر سدیم، هم به‌میزان سدیم و هم به‌میزان کلسیم بستگی دارد لذا در ارزیابی مسئله سمیت بالقوه از نسبت جذب سدیمی (SAR) برای آب خاک و از نسبت سدیم تنظیم شده ($adj.SAR$) برای

آب آبیاری استفاده می‌شود.

کلرید: بیشترین مسمومیتی که از طریق آب آبیاری ایجاد می‌شود، ناشی از وجود یون کلرید در آن می‌باشد. یون کلرید در سطح ذرات خاک جذب نمی‌شود ولی با رطوبت به خاک منتقل و پس از جذب از طریق ریشه مانند سدیم، در برگ‌ها تجمع می‌نماید. بیشترین گیاهان درختی و سایر گیاهان چند ساله در برابر غلظت‌های کم کلرید حساس بوده و حال آن که معمولاً، اغلب نباتات یک ساله دارای چنین حساسیتی نمی‌باشند. علائم مسمومیت کلر از نوک برگ به صورت سوختن شروع و به تدریج به عقب سرایت می‌نماید. در مرحله تکامل سوختگی برگ، ریزش زودرس برگ‌ها و بی‌برگی پیش می‌آید.

بر: بر یکی از عناصر اصلی رشد گیاه بوده و به‌میزان نسبتاً کم مورد نیاز گیاه می‌باشد. ولی هرگاه میزان این عنصر زیاد باشد، در گیاه مسمومیت ایجاد خواهد شد. مسئله مسمومیت به غلظت این عنصر در آب آبیاری بستگی دارد. مسمومیت بر در اکثر گیاهان به چشم می‌خورد. این عنصر توسط گیاه جذب شده و در برگ‌ها و سایر قسمت‌ها جمع می‌شود.

خصوصیات فیزیکی: ذرات زیر فاضلاب باعث انسداد خلل و فرج خاک می‌شود ولی احتمالاً در مورد خاک‌های شنی مفید است. مواد آلی موجود در آب می‌تواند مجموعاً برای خاک مفید باشد. بو و رنگ می‌تواند با تصفیه کنترل شود. بو نشانه ناقص و بوی شدید نشانه عدم تصفیه است. اگر تصفیه ثانویه بر روی فاضلاب انجام شود، معمولاً کمتر با بو همراه است. درجه حرارت معمولاً در حد معمولی مورد نیاز است.

خصوصیات شیمیایی: ازت نیتراته و آمونیاکی: این دو فرم ازت هر دو از

مواد غذایی گیاهی بوده و باعث تحرک و رشد گیاه می‌شوند. هرگاه ازت به مقدار زیاد موجود باشد، احتمالاً در تولید گیاه آشفتگی حاصل‌شده و یا رسیدن آن به‌تعویق خواهد افتاد. در رهنمودها، غلظت ازت نیتراته (NO_3-N) یا ازت آمونیاکی (NH_4-N) گزارش شده، ازت موجود در کودهای شیمیایی ایجاد مسئله خواهد کرد. هرگاه میزان ازت موجود در آب آبیاری از ۵ میلی‌گرم در لیتر تجاوز کند، اعم از این که نیترات باشد یا آمونیاک، احتمالاً بر تولید گیاهانی که در برابر آن حساس هستند، اثر خواهد گذاشت.

درصورتی که میزان ازت موجود در آب آبیاری بیشتر از ۳۰ میلی‌گرم در لیتر باشد، بروز مسائل وخیم در گیاهانی که در برابر ازت حساس هستند، انتظار می‌رود. در گیاهان مقاوم، وجود بیش از ۳۰ میلی‌گرم در لیتر ازت در آب آبیاری احتمالاً برای تولید یک محصول خوب کافی بوده و در این صورت به کودهای ازته نیاز چندانی نخواهد بود.

بیکربنات: آبیاری بارانی با آب‌های بیکربنات‌دار حتی در غلظت‌های پایین در دوره‌هایی از فصول که هوا خشک و رطوبت نسبی کمتر از ۳۰ درصد و تبخیر زیاد است بطور عمده برای گیاهان خزانه و میوه، مشکل ایجاد خواهد کرد. در این شرایط روی برگ و میوه لکه‌های سفید رنگ تشکیل می گردد که معمولاً با آبیاری‌های بعدی شسته نمی‌شوند.

pH: دامنه تغییرات pH آب آبیاری از ٦/٥ تا ٨/٥ است که در این دامنه گیاه از رشد خوبی برخوردار است.

فسفر: فسفر بعد از ازت مهمترین منبع غذایی مورد نیاز گیاه است. بر عکس ازت که ترکیبات آن در خاک ناپایدار بوده، ترکیبات فسفر معمولاً پایدار بوده و

تغییرات آن خیلی کم اســت.

خوشــبختانه خاک‌ها می‌توانند مقادیر قابل توجهی از فسفر را در خود ذخیره و انبار نمایند و مقدار آن بســتگی به فراوانی یون‌های ســدیم، کلسیم، آهن و آلومینیوم دارد تــا به صورت غیر محلول و ته‌نشــین درآید. فســفات بیــش از ۵۰ میلی‌گرم در لیتــر موجب زردی برخی گیاهان می‌گــردد و باعث عدم جذب و کمبود فلزات مس و روی می‌شــود.

۳-۵-٤ - عناصر جزیی

معمولاً این عناصر ســمی به مقدار کم مشــاهده می‌شــوند و از این رو به آن‌ها عناصــر کمیــاب هــم گفته می‌شــود. برخی از این عناصــر در فرآینــد تصفیه حذف می‌شــوند ولی برخی دیگر پایداری بیشــتری دارند و می‌توانند مشــکلات مسمومیت را بــه وجود آورند. بنابراین پســاب فاضــلاب باید از دید مخاطرات ناشــی از این عناصر مورد آزمایش و بررســی قرار گیرد. خصوصــاً وقتی که از دید عناصر کمیاب مورد شــک و تردید باشــد. جدول (۳-٦) ســطح آســتانه ســمیت را برای برخی از عناصر کم‌یاب انتخاب‌شــده را نشــان می‌دهد.

متأســفانه عناصر سنگین حتی در جوامع شــهری هم که صنعتی نیستند نیز وجود دارد. غبار شــهری، ســوخت ناقص اتومبیل‌هــا، زباله‌های حاوی فلــزات گوناگون و کارگاههای پراکنده در ســطح شهرها از جمله عوامل هســتند. به عنوان مثال بخشی از Zn موجود در فاضلاب ممکن اســت بــه علت وجود لوله فلزی گالوانیزه باشــد و یا وجود کادمیم در نتیجه مصرف بی‌رویه کود شــیمیایی فسفره (حتی در پارک‌ها) است و بالاخره صنایع دســتی محدود از جمله چرمسازی، نساجی، فلزکاری، آبکاری و غیره موجب پراکنده شــدن ذرات فلزی گردیده که نهایتاً به فاضلاب‌ها راه می‌یابند.

زباله ناشی از صنایع اعم از شیمیایی، فلزی و غیر فلزی و غیره چنانچه در مکانی متمرکز نباشد وارد فاضلاب می‌شوند. براده‌های فلزات سنگین ممکن است قطری کمتر از یک میکرون تا چند میلی‌متر داشته باشند. تحقیقاتی که انجام‌شده نشان می‌دهد که در طی یک سال از تعداد ۱۵۵ واحد کارگاه تراشکاری، فلزکاری، آبکاری و غیره ۸۳۷۰۰۰ کیلوگرم براده انواع فلزات سنگین با قطر ۱۲۰ تا ۵۶۶۰ میکرون وارد محیط می‌شود انواع فلزات بدست آمده از زباله کارگاهها به شرح زیر در جدول (۳-۷) منعکس شده است.

درختان و بوته‌های کاشته‌شده در مجاور این کارگاه‌ها همگی دارای اثر مسمومیت ناشی از این فلزات بوده و هر چند سالی این درختان خشک شده و مجدداً غرس می‌گردند. مطالعاتی که بر روی فاضلاب‌های مختلف صورت گرفته نشان می‌دهند که صنایع گوناگون به‌طور متفاوت موجب تولید ترکیبات خطرناک می‌گردند. مطالعات که در جدول (۳-۸) منعکس گردیده نشان می‌دهد که مراکز مختلف چه آلودگی‌هایی را در خود دارند.

جدول (۳-٦): حد آستانه سطح عناصر کمیاب برای تولید محصول

عنصر	حداکثر غلظت توصیه شده (میلی‌گرم در لیتر)	ملاحظات
آلومینیم (Al)	۵	می‌تواند در خاک‌های اسیدی ۵PH/۵> موجب عدم حاصلخیری گردد اما بیشتر خاک‌های قلیایی در ۷PH> قادرند این یون را رسوب و هرگونه سمیت را از بین ببرند .
آرسنیک (As)	۰/۱	حد مسمومیت آن برای گیاهان مختلف فرق می‌کند. از ۱۲ میلی‌گرم در لیتر برای چمن تا کمتر از ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر برای برنج متغیر است.
بُر	۱/۵ – ۰/۵	حد مسمومیت آن برای گیاهان مختلف فرق می‌کند. از ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر برای لیمو، ٦ میلی‌گرم در لیتر برای سیب‌زمینی و ۱۵ میلی‌گرم در لیتر برای پنبه متغیر است.
بریلیوم (Be)	۰/۱	حد مسمومیت آن برای گیاهان مختلف فرق می‌کند. از ۵ میلی‌گرم در لیتر برای کلم تا ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر برای نوعی لوبیا متغیر است.
کادمیوم (Cd)	۰/۰۱	در غلظت‌های پایین حدود ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر موجود در محلول‌های غذایی برای لوبیا، چغندر و شلغم مسموم‌کننده است. بدلیل قابلیت تجمع آن در خاک و گیاه و رسیدن به حدی که برای انسان مضر باشد، ارقام محافظه‌کارانه‌ای از آن در آب آبیاری توصیه شده است.
کبالت (Co)	۰/۰۵	در غلظت ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر در محلول غذایی برای گوجه فرنگی مسموم کننده است. توسط خاک‌های قلیایی و خنثی تمایل به غیر فعال شدن پیدا می‌کند .
کروم (Cr)	۰/۱	معمولاً بعنوان یک عنصر ضروری برای گیاه در نظر گرفته نمی‌شود. بدلیل فقدان اطلاعات در زمینه سمیت آن برای گیاهان مقادیر محافظه کارانه ای از آن در آب آبیاری توصیه شده است .
مس(Cu)	۰/۲	در غلظت ۰/۱ تا ۱ میلی‌گرم در لیتر در محلول‌های غذایی برای تعدادی از گیاهان مسموم کننده است.
فلور (F)	۱	توسط خاک‌های قلیایی و خنثی غیر فعال می‌شود .

ادامه جدول در صفحه بعد

آهن (Fe)	۵	برای گیاهان که در خاک‌های با هوای کافی کاشته می‌شوند مسموم کننده نیست اما می‌تواند به اسیدی شدن خاک و عدم دسترس بودن گیاه به فسفر و مولیبدن کمک کند. در اثر آبیاری بارانی ممکن است لکه‌های زشتی روی گیاهان، وسایل و ساختمان بگذارد.
لیتیوم (Li)	۲/۵	تا سقف ۵ میلی‌گرم در لیتر توسط گیاهان قابل تحمل است و قابلیت حرکت در خاک را دارد. در غلظتهای پایین برای مرکبات، سمی است. کمتر از ۰/۷۵ میلی‌گرم در لیتر این عنصر شبیه بر عمل می‌کند.
منگنز (Mn)	۰/۲	در غلظت‌های کم، حدود چند دهم تا چند میلی‌گرم در لیتر برای تعدادی از گیاهان مسموم کننده است، اما معمولاً فقط در خاک‌های اسیدی این طور است.
مولیبدن (Mo)	۰/۰۱	در غلظت‌های طبیعی که در آب و خاک موجود است برای گیاهان مسموم کننده نیست. برای دام‌هایی که علوفه های کاشته شده در زمین هایی که دارایمولیبدن قابل دسترس زیادی هستند، مصرف می‌کنند، می‌تواند مسموم کننده باشد.
نیکل (Ni)	۰/۲	در غلظت‌های ۰/۵ تا ۱ میلی‌گرم در لیتر برای بعضی از گیاهان مسموم کننده است سمیت آن‌ها در PH قلیایی و خنثی کاهش پیدا می‌کند.
سرب(Pb)	۵	در غلظت‌های خیلی زیاد می‌تواند مانع ار رشد معمولی گیاه شود .
سلنیوم (Se)	۰/۰۲	در غلظت‌های پایین حدود ۰/۰۲۵ میلی‌گرم در لیتر برای گیاهان مسموم کننده است و برای دام‌ها اگر علوفه‌های کاشته شده در خاک‌ها با میزان سلنیوم بالا را مصرف کنند، مسموم کننده است. یک عنصر ضرروی برای حیوانات است ولی با غلظت کم محسوب می‌شود اما در غلظت‌های بسیار کم
وانادیوم (V)	۰/۱	در غلظت‌های نسبتاً پایین برای بسیاری از گیاهان مسموم کننده است.
تیتانیوم (Ti)		به‌طور مؤثری توسط گیاهان خارج می‌شود. ویژگی تغییرات آن ناشناخته است.
روی(Zn)	۲	سمیت برای بسیاری از گیاهان به‌طور گسترده‌ای متغیر است. سمیت آن در PH بیشتر از ٦ خاک آلی و خاک با بافت ریز کاهش می‌یابد.

مقادیر جدول برای شرایط علمیات خوب آبیاری با مقدار ۱۰۰۰۰ متر مکعب در هکتار در سال در نظر گرفته شده است. برای مقادیر بیشتر لازم است حداکثر غلظت عناصر اصلاح گردد و برای کمتر از ۱۰۰۰۰ متر مکعب اصلاحاتی لازم نیست.

جدول (۳-۷): ترکیبات انواع فلزات در براده زباله کارگاه‌های مختلف به درصد

عنصر	درصد		عنصر	درصد
آهن	۵۵/۲		نیکل	۲/۸
قلع	٦/۸		کوبالت	۲/۱
منگنز	٦/٤		کرم	۲/۱
مس	۵/۱		تیتانیوم	۱/۵
آلومینیوم	۳/۲		وانادیوم	۰/۸
			ارسنیک	۰/۵
			گوگرد	۰/٤

جدول (۳-۸): فلزات سنگین در فاضلاب صنایع مختلف

نوع صنعت	*As*	*Cd*	*Cr*	*Cu*	*Pb*	*Hg*	*Se*	*Zn*	سیانید
بهره‌برداری معدن	×	×	×	×	×	×	×	×	×
تولید رنگ	–	×	×	×	×	×	×	–	×
حشره کش و سموم	×	–	–	–	×	×	–	×	×
صنایع الکترونیک و الکتریکی	–	–	–	×	×	×	×	–	×
عکاسی، فتوکپی	×	–	×	×	×	–	×	–	–
کارخانجات شیمی	–	–	×	×	–	×	–	–	–
مواد منفجره	×	–	–	×	×	×	–	–	–
لاستیک، پلاستیک	–	–	–	–	–	×	–	×	×
باطری سازی	–	×	–	–	×	×	–	×	×
صنایع داروسازی	×	–	–	–	–	×	–	×	×
نساجی	–	–	×	×	–	–	–	–	–
نفت و زغال سنگ	×	–	–	–	×	–	–	–	–
سلولز و کاغذ سازی	–	–	–	–	–	×	–	–	–
چرم سازی	–	–	×	–	–	–	–	–	–

فـصل چهارم

توسعه پروژه استفاده مجدد

٤- ارکان توسعهٔ پروژهٔ استفاده مجدد

اگرچه امروزه آبیاری محصول رایج‌ترین شکل استفاده مجدد فاضلاب در کشورهای در حال توسعه است، طراح پروژه باید بررسی کاملی برای سایر استفاده‌های بالقوه (نظیر صنعتی، خانگی یا پرکردن لایهٔ آبزا) هنگام شروع به شناسایی نیاز برای استفاده مجدد در یک ناحیه مشخص انجام دهد. پنج جدول مربوط به دستورالعمل‌های طراحی در ضمیمه D کتاب برای سایر طرح‌های استفاده مجدد و طرح‌های کشاورزی بکار می‌رود. طراح پروژه به منظور راهنمایی مفصل‌تر باید به یادداشت‌های توسط Asano و Mills (۱۹۹۱ و ۱۹۸۸) مراجعه کند.

پروژه‌های استفاده مجدد کشاورزی تکنیک‌های دفع فاضلاب و آبیاری را توأماً ادغام می‌کنند. پروژه‌ها در هر دو زمینه بطور معمول از طریق روش‌ها و دستورالعمل‌های معتبر و جاری، گسترش یافته و اجرا می‌شوند. اما خط مشی‌های پروژه‌های آبیاری با فاضلاب نمی‌تواند تنها از رهنمودهای یکی از دو زمینه پیروی نماید. جنبه‌های مسلم پروژه‌های استفاده مجدد نیازمند توجه ویژه در مراحل گوناگون است. بخش‌های قبلی به این مسائل، روش‌های متداول، تکنولوژی و سیاست‌ها، و ملاحظات مالی و اقتصادی، علی‌الخصوص در یک بافت فنی رسیدگی کردند. پاراگراف‌های ذیل حاوی پیشنهاداتی برای احاطه کاربردی این موضوعات در زنجیره توسعهٔ پروژه است.

مؤسسات

شناسایی صحیح مؤسسات و نهادهای درگیر در استفاده مجدد به دلیل طبیعت چند بخشی پروژه‌های استفادهٔ مجدد بطور فوق‌العاده‌ای حساس است. دفع صحیح و سالم فاضلاب، نگرانی عمدهٔ مجموعهٔ عمومی و نیمه عمومی و متصدیان دفع فاضلاب، آژانس‌های ملی، دولتی و شهری آب و بهداشت، سازمان‌های موظف برای حفظ بهداشت عمومی و محیط‌زیست، نظیر وزارتخانه‌های ملی بهداشت و محیط‌زیست و مسئولان امور بهداشت دولتی یا محلی مسئول برای بازبینی سطح آلودگی فاضلاب است.

سازمان‌های متعدد دیگری مسئولیت آبیاری را برعهده دارند، از قبیل مسئولان امور، شرکت‌های تعاونی و بخش‌های عمل‌کننده تحت اختیار وزارتخانه‌های کشاورزی یا منابع آب. این سازمان‌ها در استفاده از آب و تهیهٔ به موقع و کیفیت آن سهیم هستند.

سرانجام، ممکن است سازمانی نظیر یک گروه طراح ملی یا ناحیه‌ای یا متصدی آبگیر رودخانه مرتبط با تخصیص منبع آب، اعمال قوانین آب و تصریح‌کنندهٔ حقوق استفاده از آب یا استانداردهای کیفیت آب وجود داشته باشد.

برای موفقیت یک پروژه این گرایش‌ها و مسئولیت‌های گوناگون باید بررسی و تلفیق بشود. به عنوان یک هدف عالی و غائی، خط مشی‌های استفادهٔ مجدد فاضلاب و استراتژی‌های انجام آن باید بخشی از برنامه‌ریزی ملی منبع آب باشد. در سطح محلی پروژه‌های استفادهٔ مجدد اختصاصی بخشی از پروژهٔ طراحی سرتاسر آبگیر رودخانه باشد. طراح پروژه به منظور به حساب آوردن سلسله‌ای از سطوح سازمانی درگیر باید:

۱- کلیهٔ آژانس‌ها و سازمان‌های استفاده کنندهٔ ذینفع در پروژه را شناسایی کرده و مسئولیت‌های آنان را فهرست کند.

۲- پس از رایزنی مقتضی، اصلی‌ترین سازمان طراح و مجری پروژه را شناسایی کند.

۳- با ارائه فرصتی به کلیهٔ گروه‌های علاقه‌مند به شرکت در جریان برنامه‌ریزی، مکانیسم‌های مشاوره‌ای را توسعه داده و برپاسازد و نقش‌ها و مسئولیت‌های آنان در اجرای پروژه را تعیین نماید.

٤- ارائه فرصت‌هایی برای استفاده کنندگان آب آبیاری به منظور شرکت در توسعهٔ پروژه

به‌طوری که آنان از منافع و الزامات آبیاری با فاضلاب آگاه باشند.
۵- ساختار و مدیریت آژانس‌های اجراکننده را ارزیابی نموده و تغییرات را درصورت لزوم پیشنهاد نماید.
٦- برنامه‌های بازبینی و معیارهای قانونی برای انجام آن‌ها را به منظور تضمین تبعیت با قوانین بهداشت عمومی شناسایی کرده و گسترش دهد.

گزینش‌های فنی و سیاسی

در پروژه‌های آبیاری و دفع فاضلاب، طراحانی همراه با سلسله‌ای از طرح‌ها که با توجه به شرایط محلی، منابع موجود، و اهداف پروژه‌ها متفاوت خواهند بود، حاضر می‌شوند. بطوری‌که برای هر نوع پروژه (آبیاری و دفع فاضلاب) باید تدوین‌های اولیه بر اساس راه حل‌های منفرد با حداقل هزینه شکل گیرد، سپس برای رسیدن به راه حلی مشترک با حداقل هزینه تلفیق شوند. راه حل مشترک با هزینه‌های پایین ممکن است به وضوح جمع دو راه حل کم هزینهٔ منفرد نباشد. برای مثال، آبیاری با استفاده از فاضلاب تصفیه شده ممکن است نیازمند تسهیلات انتقال باشد که از هزینهٔ استخراج آب زیرزمینی تجاوز خواهد کرد. با این وجود احتمال دارد کاهش هزینهٔ دفع فاضلاب مهم باشد. در چنین موردی، مؤسسهٔ مسئول دفع فاضلاب باید برای صرفه‌جویی در هزینهٔ دفع، مبلغی برابر با هزینهٔ اضافی سیستم انتقال بپردازد. اگر آبیاری کنندگان از طرح تلفیقی، سود بیشتری بدست آورند، این منافع می‌تواند تقسیم شود یا هزینهٔ ویژه برای تولیدکنندهٔ فاضلاب می‌تواند کاهش یابد.
معمولاً، روند برنامه‌ریزی با مطالعهٔ بازار به منظور تعیین نوع مناسب آبیاری یا عدم آن شروع می‌شود. این جریان توسط طرح‌های اولیه و برآورد هزینهٔ گزینه‌ها، انتخاب اجزاء پروژهٔ منتخب و یک ارزیابی مالی و اقتصادی مفصل دنبال می‌شود. در نتیجه مطالعات بخش کشاورزی باید همواره توان استفاده مجدد فاضلاب را از نظر کمیت، کیفیت (تصفیهٔ موجود یا مورد نیاز) و نوسانات فصلی در میزان تقاضا، ارزیابی گزینهٔ دفع فاضلاب ارزیابی کند.
طراح هنگام بررسی گزینه‌های موجود در توسعه هر یک از دو پروژه باید:
۱- بـازار آب آبیاری، موقعیـت آن، چگونگی کیفیت آن از لحاظ قانونی یا به عنوان پیش‌نیاز

اســتفادهٔ پیشــنهادی را تعیین نماید. مصرف‌کنندگان بالقوه آب آبیاری تنها شامل کشاورزانی کــه محصولات را با نیازهای متفــاوت کیفیت آب تولید می‌کنند نبوده بلکه پروژه‌های احیای جنگل، پارک‌های شهری، فضاهای سبز، و مناطق تفریحی نظیر زمین‌های فوتبال را نیز شامل می‌شود.

۲- الزامات تصفیهٔ فاضلاب برای برآورده‌کردن استانداردهای کیفیت آب آبیاری و یا به‌عنوان یک گزینه، کیفیت مورد نیاز فاضلاب برای تخلیه به آب‌های سطحی را تعیین نماید.

۳- طرح‌ها و برآوردهای اولیهٔ تصفیه‌خانه (در میان ســایر عوامل، بررســی مکان تصفیه‌خانه، در جایی که فاضلاب تولید می‌شــود با مکانی که برای آبیاری اســتفاده خواهد شد) به منظور تخلیهٔ مستقیم و برای آبیاری با فاضلاب را تهیه نماید.

٤- طرح‌ها و برآوردهای اولیه از سیســتم‌های آبیاری و اعتبارات مزرعه، فهرســت جداگانه اجراء نیاز شــده صرفاً به منظور آبیاری با فاضلاب، تهیه نماید (نظیر منبع‌های مورد نیاز برای ذخیره کردن فاضلاب تا زمان نیاز شــدن آن برای آبیاری، مکمل‌های کود مورد نیاز در جایی که مواد مغذی فاضلاب برای محصولات یا بازده درنظر گرفته شده ناکافی هستند، محافظت کارگران و برنامه‌های حفظ بهداشت).

۵- درصورت بکاربردن آب شــیرین، مقتضیان آب و کود برای پروژهٔ آبیاری را ارزیابی کند، به‌طــوری که، درصورت لزوم و اگر منابع ثانوی آب در دســترس هســتند، هزینه‌ها و منافع جانشین کردن فاضلاب به جای آب شیرین تعیین شود.

٦- منابع مالی و اقتصادی حفاظت آب آشامیدنی بکاررفته برای محصولات را ارزیابی نماید. برای مثال، ســرمایه‌گذاری‌های بعدی برای عرضه‌های آب آشــامیدنی ممکن اســت بواسطهٔ جانشین‌کردن فاضلاب برای استفاده آبیاری به‌تعویق انداخته شده یا حذف شود.

۷- بــرای شناســایی مصرف‌کنندگان جاری فاضلاب تحقیقات بیشــتری صــرف نماید. اگر فاضــلاب بطور رایج اســتفاده می‌شــود، برنامه‌ریز بایــد تعیین کند درصــورت انجام پروژهٔ موردنظر، ســود و ضرر آن نصیب چه کســانی خواهد بود (این موضوع می‌تواند به پذیرش پروژهٔ جدید و موقعیت نهایی آن اثر بگذارد).

مــورد آخــر، برای موفقیت اولیه پروژهٔ اســتفاده مجدد بســیار مهم اســت. بــرای مثال، اگر

اســتفاده‌کنندگان قبلی در اثر تصفیهٔ جدید فاضلاب، دســتیابی خود به فاضلاب را از دســت دهند، احتمال دارد در طرح جدید کارشــکنی نمایند. بطور کلی برای افزایش شانس موقعیت طرح استفاده مجدد، برنامه‌ریز ممکن است مجبور به تهیهٔ غرامت یا منابع ثانوی آب برای این مصرف‌کنندگان فاضلاب باشــد. طرح‌های استفاده مجدد فاضلاب در برخی از مکان‌هایی که به این مسئله کاملاً توجه نشد (برای مثال، کشور پرو) با شکست مواجه شده‌اند.

ملاحظات اقتصادی و مالی

روش‌های ارزیابی اقتصادی و توجیه پروژه‌های آبیاری که به‌طور گسترده استفاده می‌شوند معمولاً نسبت به روش‌های مربوط به پروژه‌های دفع فاضلاب ساده‌تر هستند. مورد دوم نیازمند تعیین ارزش‌های اقتصادی در زنجیرهٔ پیچیده‌تری از منافع است. توجیه استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده در آبیاری باید بر اساس هزینه‌ها و منافع افزایشی چنین استفاده‌ای پایه‌گذاری شود. منافع مورد بررسی در کنار بهره‌وری افزایش یافتهٔ کشاورزی، تقویت‌های زیست‌محیطی حاصل از حذف تخلیه‌سازی‌های فاضلاب (ممکن است آن‌ها همیشه کیفیت‌پذیر نباشند)، حفظ بهداشت عمومی بواسطهٔ توقف آبیاری کنترل نشده و کاهش سرمایه‌گذاری‌های مالی برای منابع جدید آب آشامیدنی بواسطهٔ جانشین کردن فاضلاب برای آب آبیاری با کیفیت بالا را دربر می‌گیرند. جایی که متصدیان امور محلی یک استاندارد کیفیت حداقل برای تخلیهٔ فاضلاب شهری به محیط‌زیست را مقرر نموده‌اند، هزینهٔ نائل شدن به این کیفیت حداقل باید در تعیین منافع افزایشی نهایی بررسی شود. این هزینه باید به‌عنوان یک خط مبنا برای موقعیت فاقد پروژه ارزیابی شود.

ارزیابی می‌تواند بر اساس سناریوهای ذیل پایه‌گذاری شود:

۱- عدم وجود آبیاری: جایی‌که هیچ زراعتی وجود ندارد یا بارندگی به‌تنهایی وظیفهٔ آبیاری را انجام می‌دهد، منافع حاصل از آبیاری با فاضلاب، به‌کار انداختن چرخهٔ زراعت یا تولید بیشتر از مزارع موجود می‌باشد. هزینه‌ها شامل هزینه‌های (۱) نصب سیستم آبیاری و (۲) انتقال و تصفیهٔ فاضلاب (لیکن تنها هزینهٔ اضافه بر آنچه که برای تخلیهٔ آن به آب‌های دریافت‌کننده نیاز شده است) می‌باشد. جایی که دفع سالم زیست‌محیطی اعمال می‌شود، هزینهٔ تصفیه برای استفاده مجدد ممکن است کمتر از هزینهٔ تخلیهٔ مستقیم باشد که در این مورد ارزش منفی

(۲) یک منفعت خواهد بود.

۲- وجود آبیاری: جایی که فاضلاب میزان آب موجود را به بیش از نیاز محصولات می‌رساند، ممکن است تغییری به سوی محصولات مفیدتر (برای نمونه، از غلات به سبزیجات) یا با فصول رشد طولانی‌تر را جایز شمارد. درآمدهای اضافی این توسعه منهای هزینه‌اش، منفعت خواهد بود. هزینه‌های مرتبط فاضلاب مشابه هزینه‌ها در (۱) خواهد بود.

۳- وجود آبیاری: جایی که فاضلاب می‌تواند به جای منابع آب شیرین کمیاب جانشین شود، یک سناریوی غیر اکشن (در میان مدت یا بلند مدت) بر افزایش عرضهٔ آب آشامیدنی برای مصرف‌کنندگان خانگی، بواسطهٔ کاهش یا رها کردن نواحی آبیاری شده با آب شیرین، دلالت خواهد داشت؛ صرفه‌جویی در تولید محصول منفعت خواهد بود. هزینه‌های مرتبط فاضلاب مشابه هزینه‌ها در (۱) خواهد بود.

٤- وجود آبیاری با فاضلاب کنترل‌نشده: بی‌گمان اغلب در کشورهای در حال توسعه روی می‌دهد. تغییر به سوی عملکردی کنترل شده با به‌کاربردن فاضلاب تصفیه‌شده در بهداشت عمومی و اطلاعات زیست‌محیطی نتیجه خواهد داد. این اصلاحات باید اهمیتی عمده در توسعهٔ پروژه داشته باشند حتی اگر تعیین کمیت آن‌ها مشکل باشد. علاوه بر این دو موقعیت ممکن است امکان انتخاب استفاده مجدد کنترل شده را بطور کلی افزایش دهد. نخست، کاربرد زمین فاضلاب تصفیه شده ممکن است بخشی از گزینه تصفیهٔ فاضلاب با حداقل هزینه باشد. دوم، آبیاری با فاضلاب تصفیه شده می‌تواند موجب تولید محصولات پرمنفعت‌تر شود.

۵- آبیاری وابسته به آب شیرین موجود یا جدید پارک‌های عمومی یا فضاهای سبز: جایی که این مورد وجود دارد، تغییر در جهت آبیاری با فاضلاب توجیه خواهد شد اگر هزینه‌ای کمتر از هزینهٔ تخلیهٔ فاضلاب به آب سطحی داشته باشد و یا منافع زیست‌محیطی متناسب با هزینهٔ بازیافت و سرمایه‌گذاری‌های آبیاری بدست آید. این منافع و هزینه‌ها می‌توانند سنجیده شوند و یا دست کم از نظر کیفی تعریف شوند. منفعت دیگر، ارزش آب آشامیدنی ذخیره‌شده خواهد بود که می‌تواند در شهرهایی که با مشکل کم‌آبی مواجه هستند، ارزشمند باشد.

٦- عدم وجود آبیاری، استفاده فاضلاب به عنوان علاج زمین: در این وضعیت، نیاز یا

تقاضایی برای آب آبیاری وجود ندارد. با این وجود، گزینهٔ تصفیهٔ فاضلاب با حداقل هزینه، دفع فاضلاب تصفیه شده روی زمین را شامل خواهد شد. هزینهٔ سیستم کامل، شامل آبیاری، باید در هزینه‌های مرتبط فاضلاب گنجانده شود. منافع آبیاری می‌تواند احتمال تصفیهٔ فاضلاب را افزایش دهد.

توجیه اقتصادی به خودی خود عملی بودن پروژه از لحاظ مالی را تضمین نمی‌کند. ارزیابی‌های منافع کمیت‌پذیر یا کمیت‌ناپذیر زیست‌محیطی که از جلوگیری تخلیه فاضلاب به آب سطحی نتیجه می‌شود ممکن است آبیاری با فاضلاب را از لحاظ اقتصادی جذاب سازد اما احتمال دارد هنوز برای کشاورز یا شهرداری بسیار گران باشد. در همهٔ موارد، تولیدکنندهٔ فاضلاب باید برای کم‌هزینه‌ترین تصفیهٔ سالم از لحاظ زیست‌محیطی و دفع فاضلاب، بهایی بپردازد. استفاده‌کننده از آب آبیاری باید تنها هزینه‌های تصفیه اضافی مورد نیاز برای دست یافتن به کیفیت آب آبیاری، به علاوه، هزینه‌های انتقال و توزیع اضافه‌شده را بپردازد. متعادل کردن خواست‌ها و امکانات دو طرف (تولیدکننده و مصرف‌کنندهٔ فاضلاب) ممکن است نیازمند دخالت سازمان‌های دولتی باشد. جایی که شهرداری و کشاورزان قادر به پرداخت هزینهٔ مالی طرح پرداخت آبیاری نیستند، ممکن است دولت برای نائل شدن به منافع درخواست‌شدهٔ ملی زراعی زیست‌محیطی دخالت کند.

بطور کلی، هزینهٔ آب آبیاری مصرف‌کننده نباید از گزینهٔ حداقل هزینه تجاوز کند مگر آنکه جیره‌بندی آب وجود داشته باشد. مع‌هذا در بسیاری از کشورهای در حال توسعه کشاورز با دشواری از آب آبیاری یارانه داده شده یا آب زیرزمینی استفاده می‌کنند، که به‌قدرکافی هزینه‌های اقتصادی تهی‌کردن سفره را منعکس نمی‌کند. تا زمانی که شارژ آب آبیاری هزینه‌های واقعی را منعکس کند، پروژه‌ها باید روی پایهٔ یک ارزیابی اقتصادی گزینه‌ها انتخاب شود و یارانه‌ها باید تنها به‌عنوان آخرین چاره برای حمایت از راه حل انتخاب شده استفاده شود.

فـصل پنجم

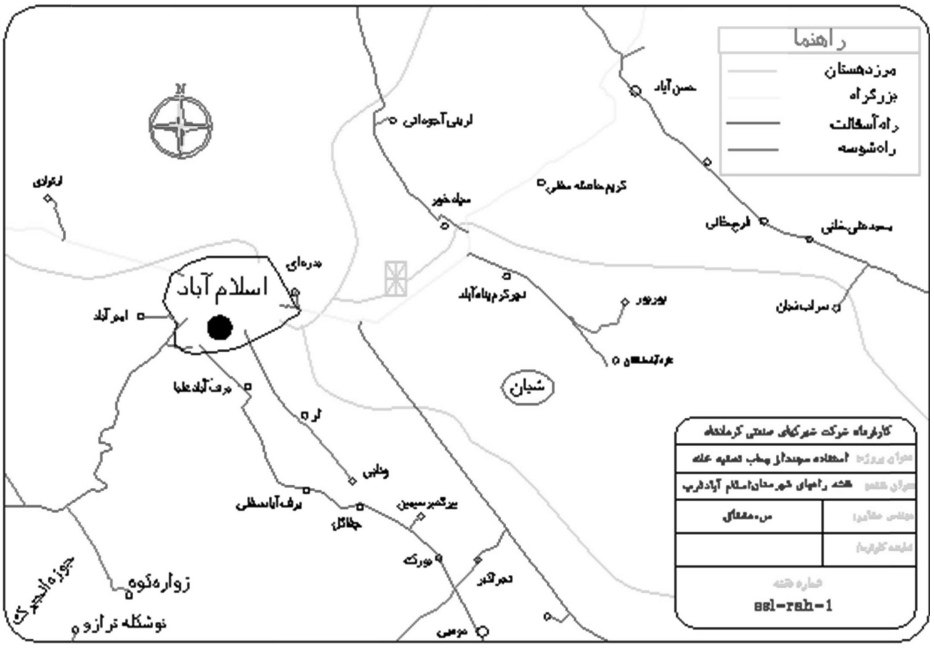
نمونه‌ای از پروژه‌های استفاده مجدد از پساب تصفیه‌شده در شهرک‌های صنعتی

پروژه استفاده مجدد از
پساب تصفیه شده تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک صنعتی اسلام‌آباد غرب

۵-۱- محدود طرح

شرکت شهرک‌های صنعتی اسلام‌آباد که محدود طرح مورد نظر می‌باشد درفاصله ۵۵ کیلومتری شهرستان کرمانشاه و در فاصله ۵ کیلومتری شهرستان اسلام‌آباد غرب قراردارد. این منطقه درکنار جاده آسفالت کرمانشاه به اسلام‌آباد قرارگرفته، این شهرک از لحاظ مشخصات جغرافیایی در ٤٦ درجه و ٣٦ دقیقه طول جغرافیای و ٣٤ درجه و ٨ دقیقه عرض جغرافیایی قرارگرفته است. از لحاظ ارتفائی این شهرک درارتفاع ۱۳۵۰متر از سطح دریا قرارگرفته است و خود شهرک در یک منطقه با شیب ملایم است و اختلاف ارتفاع بالاترین و پایین‌ترین نقطه در حدود هشت‌متر می‌باشد درضمن جهت شیب عمومی منطقه از طرف شمال به‌طرف جنوب می‌باشد.

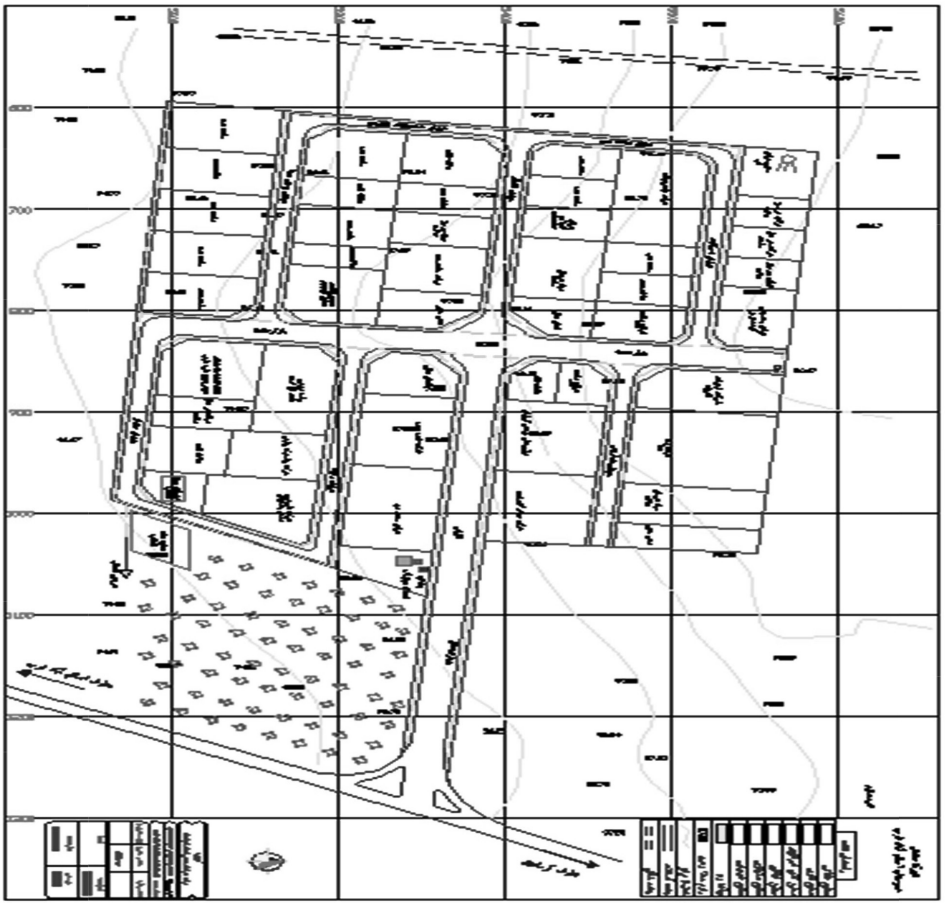
نقشه شماره (۵-۱) محل شهرک وراههای ارتبا طی آن رانشان می دهد.



نقشه شماره (۵-۱) موقعیت مکانی شهرک اسلام‌آباد غرب

۵-۲- مشخصات نقشه‌ها

نقشه شماره (۵-۲) یک نمونه از نقشه تهیه‌شده جدید می‌باشد البته این نقشه در مقیاس‌های بزرگ‌تر هم تهیه گردیده است که در مراحل بعدی کار ارائه خواهد شد.



نقشه شماره (۵-۲) سایت شهرک اسلام‌آباد غرب

۵-۳- بررسی مساحتهای فضای شهرک

طی بررسی‌های منطقه‌ای که ازفضای داخل شهرک بعمل آمده است این شهرک دارای کاربری‌های گوناگونی می‌باشد که جهت اطلاع از این قضیه و استفاده از این فضاها در مراحل

مختلف طراحی تقسیم‌بندی‌های صورت پذیرفته است که اطلاعات آن بصورت جدول شماره (۱-۱) ارائه می‌گردد.

جدول شماره (۵-۱) مساحت فضاهای مختلف داخل شهرک اسلام‌آباد غرب

نوع فضا	مساحت به هکتار
خیابان‌های آسفالت و شوسه داخل شهرک	۲/۷۸
شرکت‌های ساخته شده و یا درحال ساخت	۱۱/۵۹
فضای سبز پیاده‌روها	۲/۲۹
فضای سبز وسط بلوارها	۰/۱۹
فضای سبز میدان داخل شهرک	۰/۰۶
فضای سبزورودی شهرک	۰/۰۷
فضای درختان تجمعی کنار تصفیه‌خانه	۳/۰۰
جمع کل	**۱۹/۹۸**

۵-٤- گونه شناسی گیاهی فضاهای سبزمنطقه

پوشش گیاهی یک منطقه درحقیقت از یکایک گونه‌های گیاهی موجود درآن تشکیل می‌شود. مشاهدات و تحقیقات لازم درباره تیپ‌بندی، موقعیت‌های زیستی و تقسیمات جغرافیایی گیاهی تنها متوجه تک‌تک گیاهان نمی‌شود؛ بلکه باید واحدهای سیستماتیک گیاهی را به‌طورکلی مدنظر قرار داد. بدین ترتیب، تمام گیاهان یکسان را که در این زمینه قرابتی نیز با یکدیگر دارند، در یک واحد خلاصه کرد که به آن "تاکسون"می‌گویند.

یک تاکسون که واحدی از رده‌بندی گیاه‌شناسی است می‌تواند یک گونه، زیرگونه، جهش یا حتی یک تیره را شامل شود.

محدودبودن دایمی تعداد بی‌شماری از تاکسون‌ها نشانگر محدودیت قدرت گسترش هر گیاه می‌باشد. این زمانی امکان‌پذیر است که امکانات مساعد اقلیمی – اکولوژیکی

در زیستگاه‌ها موجود باشد تا بذرها، جوانه‌ها و نهال‌ها به‌راحتی بتوانند رشد و نمو کنند. دراین‌صورت، موجودیت امروزی گونه‌ها دریک منطقه و پراکندگی آن‌ها، در اثر یک تکامل تدریجی ایجاد می‌شود. تنها درصورتی می‌توان آن راکاملاً درک کرد که افزون بر شناخت موقعیت و شرایط زیستی و تقاضای حاصل از ایستگاه‌های مختلف به‌وسیله گیاهان زمان حال، شرایط وضعیت دیرینه آن‌ها نیز مورد مطالعه و تحقیق قرار گیرد.

تنوع محیط جغرافیایی ایران و حاکم بودن وضعیت آب و هوایی گوناگون از منطقه‌ای به منطقه دیگر در پهنه وسیع کشور، سبب رویش جامعه گیاهی و رویشی متنوعی شده است. این تنوع که سیمای جغرافیایی گیاهی و به دنبال آن جغرافیایی زیستی محیط را جان می‌بخشد؛ چه از نظر اقتصادی و چه از نظر اکولوژیکی اهمیت شایان توجهی دارد. هرچند که تا کنون تعداد گونه‌های گیاهی در ایران به‌طور کامل شناسایی نشده‌اند، لیکن براساس برخی مطالعات کلی، گونه‌های جوامع گیاهی ایران به بیش از ۸۰۰۰ نوع برآورد می‌شود.

۵-۵- دسته بندی گیاهان منطقه

قبل از بررسی خصوصیات درختان داخل شهرک نیاز به بیان یک‌سری مشخصات که در طبقه‌بندی‌ها و چگونگی احداث و نگهداری فضای سبز نقش موثری دارند می‌پردازیم. بطورکلی برای طبقه‌بندی درختان چهار معیار را می‌توان درنظرگرفت.

الف – اندازه ب- ترکم پ- شکل ت- برگ

الف- اندازه درختان وبوته ها

درختان و بوته‌ها از نظر رشد به سه گروه تقسیم می‌شوند؛

گروه اول بوته‌هایی هستند که ارتفاع آن‌ها حداکثر یک ونیم متر است. این رستنی‌ها به عنوان حصار استفاده نمی‌شوند.

گروه دوم درختانی هستند که ارتفاع آن‌ها گاه تا چهار متر می‌رسد و برای ایجاد حصارهای طبیعی و انبوه استفاده می‌شوند.

گروه سوم درختانی هستند که ارتفاع آن‌ها به پانزده متر هم می‌رسد و شاخ و برگشان کاملا" از زمین جدا می‌باشد.

ب – تراکم شاخ وبرگ درختان

تراکم و انبوهی شاخه‌های درختان دومین معیار برای تفکیک انواع آن‌ها و تأثیری است که بر محیط وارد می‌کنند. تراکم برگ‌ها مانعی نسبتاً بزرگ در مقابل نور و صدا به‌شمار می‌روند؛ بدینسان که برگ‌های انبوه درخت؛ پرده‌ای سبز در مقابل باد یا عناصر دیگر تشکیل می‌دهند. تراکم شاخ و برگ، برحسب نوع وگونه درخت؛ رشد آن و فصل سال متفاوت است.

پ- شکل

شکل هردرخت، نمای کلی و ترکیب شاخه‌های آن است. نمای درختان را می‌توان به شش نوع گوناگون تقسیم کرد: پهن، هرمی، تخم‌مرغی، استوانه‌ای، مجنون و کروی. درختانی که نمای مدور، مربع یا عریض دارند؛ مانند بلوط، شاه بلوط، چنار و نارون غالباً برگ‌های شکسته دارند و از آن‌ها در کاشت ردیفی درختان استفاده می‌شود. درختانی که دارای نمای نوک‌تیز، مخروطی یا استوانه‌ای هستند در فضاهای شهری، به‌ویژه خیابان‌ها و میدان‌ها بسیار نادر می‌باشند.

ت- برگ

گیاهان چوبی در علوم جنگل به دو گروه تقسیم می‌شوند. سوزنی‌برگان و پهن‌برگان، سوزنی‌برگان شامل ده گونه مختلف هستند که از آن‌ها می‌توان به کاج تهرانی، کاج سیاه، سرو نقره‌ای، سروکوهی و... نام برد.

پهن‌برگان شامل کلیه گیاهان دولپه‌ای چوبده است که معادل‌های آن عبارتند از: گیاهان سخت چوب، درختان خزان‌کننده و پهن‌برگان.

۵-۵-۱- درختان موجود درمنطقه طرح

در این قسمت جهت آشنائی با درختان موجود در شهرک صنعتی درباره هریک به اختصار توضیح داده خواهد شد.

۱-سرو

درخت سرو دارای انواع مختلفی مانند سروشیرازی، ناز، آریزونا، لاکدیوم، لاسون و... می‌باشد که ازلحاظ کیفیت دارای حد بالای می‌باشند و هم ازنظر تحمل موقعیت نامساعد آب و هوایی، گونه‌های جالبی به‌شمار می‌آیند. به‌همین دلیل در ایران طی ۱۰-۱۵ سال اخیر استفادهای زیادی از گونه‌های مختلف این درخت شده است. در خاک‌های مرطوب عمیق بادخیز، به‌سبب رشد سریع، نسبت به مناطق برف‌گیر مقاومت بیشتری نشان داده‌اند.

بیشتر استفاده از این درخت درجنب های تزیینی بوده است، ارتفاع گونه‌های ازاین درخت تا حدود ٤٠ متر هم رسیده است، رنگ برگ‌های گونه‌های مختلف این درخت‌ها معمولا"سبز، سبز نقره‌ای و قرمز می‌باشد، طول عمر این درخت درحدود یک قرن است و نوع خاک مساعد برای این درخت بیشتر خاک مرطوب و نمناک، باتلاقی و خشک می‌باشد.

۲-کاج

یکی دیگر از درختان بادوام و جالب که کاربرد فراوانی در ایران دارد درخت کاج می‌باشد از انواع مختلف این درخت می‌توان به کاج سیاه، کاج جنگلی، کاج زرد اشاره کرد کاربرد بیشتر این درخت‌ها در جداسازی مناطق مختلف از همدیگر، ایجاد کمربندهای سبز اطراف شهرها، احیای جنگل آسیب‌پذیر در مقابل باد تند، انواع گوناگون پارک‌ها و استفاده‌های مختلف تزیینی اشاره کرد.

ارتفاع این درخت در انواع مختلف ۳۰-۵۰ متر هم می‌رسد، رنگ برگ سوزنی شکل این درخت معمولا" سبز پررنگ یا سبز کبود می‌باشد، این درخت دارای طول عمر بالایی می‌باشد و حتی در انواعی از آن طول عمر بیشتر از دویست سال هم دیده شده است، ازلحاظ خاک مناسب این گیاه می‌توان گفت که این درخت درانواع خاک‌ها رشد می‌کند البته خاک‌های سیلیسی اسیدی یا مرطوب و عمیق شرایط بهتری برای رشد این گیاه محیا می‌کند.

۳-عرعر

اصل این درخت از چین و ژاپن است و از سال‌های قدیم به ایران آورده شده است. این

درخت در برابر آلودگی هوا مقاوم اســت، زیبایی درخت به ویژه پس از گل دادن به‌واســطه اختلاف رنگ گل‌ها و برگ‌های آن می‌باشد. رنگ برگ‌های این درخت به‌طور معمول سبز یا زرد متمایل به ســبز می‌باشد. این درخت معمولا" بصورت تک درختی می‌باشد البته بعضی مواقع از آن بصورت ردیفی هم استفاده می‌شود، ارتفاع این درخت تا ۲۰ متر هم می‌رسد البته در نوع عرعر ابری اروپایی ارتفاع تا ۳۵ متر هم دیده شــده اســت، از مشخصه‌های مهم این درخت رشد آن در انواع خاک حتی خاک‌های ضعیف می‌باشد و همین مسئله موجب استفاده زیادی از این درخت در مناطقی که دارای خاک مناسب کشاورزی نمی‌باشند شده است.

٤- افرا

این درخت در زمستان بی شاخ و برگ بوده، در پاییز برگ‌هایش رنگ‌های زیبایی به‌خود می‌گیرد و در برابر اوضاع نامساعد محیط مقاوم است. انواع مختلفی از این درخت وجود دارد که از آن‌ها می‌توان به افرا ویرجینیا، وحشی، انجیری، ژاپنی، سیاه و... اشاره کرد.

بیشــترین کاربرد این درخت در مسائل تزیینی می‌باشــد، در زمان کاشت این درخت بهترین فاصله بین درختان ۱۰-۱۵ متر می‌باشد، ارتفاع این درخت در انواع مختلف متفاوت است و در افرا وحشی بین ۱۲-٦ متر و در افرا انجیری تا ۳۰ متر هم می‌رسد، برگ‌هایش ۵-۳ لوب با فرورفتگی عمیق و با قاعده قلبی اســت و هر لوب دارای حاشــیه درست و یا با لوب‌های فرعی و انتهای کند می‌باشــد، رنگ برگ‌های این درخت در انواع مختلف متفاوت می‌باشــد وشــامل رنگ‌های ارغوانی- زرد - نارنجی- ســبز و رنگ‌های مابین آن‌ها می‌باشــد، طول عمر این درخت معمولا" تا۱۰۰ســال بیشــتر نمی‌شود ولی در نوع افرا انجیری تا۱۸۰سال هم عمر می‌کند، خاک‌های مناســب برای انواع متفاوت آن مقداری با همدیگر فرق می‌کنند برای نمونه خاک مناسب افرا وحشی آهکی و ضعیف می‌باشد درحالی‌که افرا انجیری در خاک‌های رسی یا شنی بهتر رشد می‌کند.

۵- بید

این درخت یکی از قدیمی‌ترین انواع گیاهانی است که در کنارآب می‌رویند و شاخه‌های آن

تا سطح آب یا زمین پایین می‌آید از مشخصه‌های آن رشد سریع گیاه می‌باشد، از انواع مهم این درخت می‌توان به بیدمجنون، بیدزرد و بیدسفید اشاره کرد، بیشتر کاربرد این درخت در مسائل تزیینی و جلو گیری از فرسایش خاک می‌باشد، از نظر ارتفاعی این درخت تا ارتفاع ۲۰متر هم می‌رسد، رنگ برگ‌های این درخت معمولا" سبز می‌باشد و برگ‌های نوشکفته آن در اوایل بهار این درخت را عروس مناطق نیم‌مرطوب و نیم‌خشک کشور می‌سازد، طول عمر این درخت حدود ۱۰۰-۸۰ سال می‌باشد، این درخت در خاک‌های تازه – سبک و نمناک بهتر رشد می‌کند.

۶-اقاقیا

در اواخر فصل بهار و اوایل تابستان گل‌های سفید خوشه‌ای زیبایی تولید می‌کند که فضا را عطرآگین می‌سازد.

بیشتر استفاده از این درخت در پارک‌ها و مسائل تزیینی داخل شهرها می‌باشد، فاصله مناسب جهت کاشت این درخت بصورت ردیفی حدود شش متر می‌باشد، ارتفاع این درخت به ۲۵متر هم می‌رسد، این درخت دارای طول عمر بالائی حدود ۱۵۰تا ۲۰۰سال را دارا می‌باشد، در زمینه خاک مورد نیاز این درخت می‌توان گفت که خاک‌های عمیق و تازه یا خاک سیلیسی را ترجیح می‌دهد.

۷- چنار

یکی از مقاوم‌ترین و پرمصرف‌ترین درخت‌هایی است که در داخل شهرها از آن استفاده می‌شود، بیشترین استفاده آن در مسائل تزیینی و جلوگیری از فرسایش خاک می‌باشد، فاصله مناسب در زمان کشت بین درختان که به‌صورت نواری استفاده می‌شوند حدود ۸ تا۱۰ متر می‌باشد، ازلحاظ ارتفاعی این درخت تا ارتفاع ۳۰ متر هم رشد می‌کند.

رنگ برگ این درخت معمولا" زرد متمایل به سبز می‌باشد، طول عمر این درخت درحدود یک قرن است، این درخت نسبت به خاک‌های مختلف مقاومت خوبی دارد ولی خاک مناسب‌تر برای رشد آن خاک‌های عمیق و تازه می‌باشند.

۸- زبان گنجشک

یکی دیگر از درختانی که از مقاومت بالای بهره می‌برد می‌توان به درخت زبان گنجشک اشاره کرد، بیشترین مصارف این درخت در مسائل تزیینی شهرها و درخت‌کاری ردیفی در کنار جاده‌ها اشاره کرد، فاصله کشت مناسب بین دو درخت ۷-٦ متر می‌باشد، ارتفاع این درخت تا ۲۵ مترهم دیده شده است، رنگ برگ این درخت بیشتر زرد و سبز می‌باشد، طول عمر آن هم تا۲۵۰ سال می‌تواند باشد، این درخت در هرگونه خاک تازه‌ای می‌تواند رشد کنند و محدودیت خواصی در زمینه نوع خاک ندارد.

۹- درختان میوه

طی بررسی که ازداخل شهرک بعمل آمد درخت میوه زیادی دراین منطقه دیده نمی‌شود فقط تعدادی محدودی درخت میوه که بیشتر درخت توت، سیب، بادام و گردو می‌باشند درمحوطه وسط بلوار ورودی به داخل شهرک قرار دارند. آبیاری این درختان توسط آب چاه موجود درشرکت و به‌صورت دستی صورت می‌پذیرد که به‌خاطر پاره‌ای ازمسائل که در ادامه بحث در مورد آن‌ها صحبت خواهد شد بهتر است که همین روش آبیاری ادامه یابد لذا خیلی وارد صحبت در مورد این درختان که دارای گوناگونی خیلی زیادی بوده و از حوصله این طرح خارج می‌باشد نمی‌شویم.

۵-۵-۲- گل‌ها

با آرایش گل‌ها می‌توان به زیبایی فضاهای شهری افزود. حتی اگر گل‌ها به خودی خود جنبه تزیینی نداشته باشند، می‌تواند آن‌ها را درترکیب با درختان و بوته‌ها و روی چمن‌ها، بیشتر به رخ کشید. به‌طور کلی گل‌های ایران از لحاظ درخشندگی، رنگ و بو از گل‌های اروپایی زیباتر و بهترند؛ از آن جمله می‌توان: یاس پرپر و کم پر، لاله، شقایق، آلاله سرخ، تاج خروس، سوسن، بنفشه و.... نام برد.

در بازدیدی که از شـــهرک صنعتی اسلام‌آباد بعمل آمده انواع مختلفی از گل‌ها مانند گونه‌های مختلف رز و یاس در این منطقه دیده می‌شـــود. در این گل‌ها بعلت داشـــتن تنوع بالا نمی‌توان مشخصه خاص برای آن‌ها در نظر گرفت مثلا" در زمینه رنگ طیف وسیعی از رنگ‌ها با توجه

به شـــرایط محیطی حتی دریک گونه خاص را می‌توان مشـــاهده کرد. همچنین این گل‌ها در انواع مختلف خاک‌ها هم رشد می‌کنند و درحقیقت این گل‌ها قدرت سازگاری خوبی با محیط اطراف خودشـــان را دارا می‌باشـــند. و بیان ریز این مشـــخصات از حوصله این گزارش خارج می‌باشد.

۵-۶- عوامل مهم درمقدارآب درخواستی

امروزه به خوبی روشن شده است که ۹۹٪ از آب جذب شده بوسیله گیاه از طریق تبخیر و تعرق از سطح برگ‌ها از دست می‌رود. بنابراین برای تمام شرایط عملی، آب مورد درخواست گیاه را همان میزان تبخیر و تعریف (ETc) میگیرند. میزان تبخیر و تعرق بوسیله داده‌های هواشناسی و یا داده‌های مربوط آزمایشات درون مزرعه بدست می‌آید. برای کسب اطلاعات بیشتر در این زمینه می‌توان به کتاب‌های مرتبط خصوصاً نشریه (FAO) (۱۹۷۹) مراجعه نمود. جدول (۵-۲) آب مورد نیاز بعضی از محصولات را نشان می‌دهد. مقدار حقیقی آب مورد نیاز با توجه به‌میزان بارندگی مؤثر، نیاز آبشویی، راندمان و عوامل دیگر بدست می‌آید.

۵-۶-۱- زمان آبیاری

برای بدست آوردن حداکثر محصول باید قبل از آنکه رطوبت خاک به‌حدی برسد که گیاه دچار تنش شود، آبیاری صورت گیرد. رطوبت خاک در اثر تبخیر و تعرق تقلیل می‌یابد و رابطه بین تولید ماکزیمم محصول و تبخیر و تعرق به شکل رابطه زیر است:

که در آن: $$\left(1-\frac{Y_a}{Y_m}\right)=ky\left(1-\frac{ETa}{ETm}\right)$$

Y_a: میزان برداشت حقیقی محصول — ETa: تبخیر و تعرق حقیقی

Y_m: میزان حداکثر برداشت محصول — ETm: حداکثر تبخیر و تعرق

ky: فاکتور حساسیت تولید

به کمک روش‌های مختلف می‌توان بهترین زمان آبیاری را بدست آورد. عواملی که در زمان آبیاری مؤثرند عبارتند از: ظرفیت نگهداری رطوبت خاک، ناحیه عمق ریشه، میزان تبخیر و تعرق، مقدار آب مورد نیاز، روش آبیاری و شرایط زهکشی.

جدول (۵-۲): آب مورد نیاز برخی از گیاهان

محصول	آب مورد نیاز (میلی متر درزمان دورهرشد	حساسیت به ذخیره آب (Ky)	راندمان بهره‌برداری آب جهت محصول بهره‌برداری شده $Kg/m^3,Ey$ (داخل پرانتز درصد رطوبت)
یونجه *Alfalfa*	۸۰۰-۱۶۰۰	کم تا متوسط-بالا (۱/۱-۰/۷)	۱/۵-۲ رطوبت (۱۰ تا ۱۵ درصد)
لوبیا *Bean*	۳۰۰-۵۰۰	متوسط-بالا (۱/۱۵)	تر: ۲-۱/۵ (۹۰-۸۰٪) خشک: ۰/۶-۰/۳(۱۰٪)
کلم *Cabbage*	۳۸۰-۵۰۰	متوسط - کم (۰/۹۵)	۱۲-۲۰ سرکلم (۹۵-۹۰٪)
موز *Banana*	۱۲۰۰-۲۲۰۰	بالا (۱/۲-۱/۳۵)	۳/۵-۶ میوه (۷۰ درصد)
مرکبات *Citrus*	۹۰۰-۱۲۰۰	کم تا متوسط - بالا (۰/۸-۱/۱)	۲-۵ میوه (۸۵٪، ۷۰٪)
پنبه *Cotton*	۷۰۰-۱۳۰۰	متوسط - کم (۰/۸۵)	۰/۴-۰/۶ بذر پنبه (۱۰٪)
بادام زمینی *Groundnut*	۵۰۰-۷۰۰	کم (۰/۷)	۰/۴-۰/۸
سیب زمینی *Potato*	۵۰۰-۷۰۰	متوسط تا بالا	۴-۷ (۷۵-۷۰٪)
برنج *Rice*	۳۵۰-۷۰۰	بالا	۰/۷-۱/۱ (۲۰-۱۵٪)
گلرنگ *safflower*	۶۰۰-۱۲۰۰	کم	۰/۲-۰/۵ دانه (۱۰-۸٪)

۵-۶-۲- روش آبیاری

روش‌های مختلف برای آبیاری محصولات کشاورزی بکار گرفته می‌شود و دامنه آن بسیار گسترده است. معمولاً این روش‌ها را به ۵ دسته زیر تقسیم‌بندی می‌کنند:

الف) آبیاری سطحی

در این روش آب مورد نیاز از بالای مزرعه به سمت پایین مزرعه در خاک نفوذ می‌کند. انواع آن شامل آبیاری غرقابی، کرتی، نواری، کنتوری و غیره می‌شود.

ب) آبیاری فارو - نشتی

آبیاری مورد نیاز در بین نشتی‌ها جاری می‌شود و از طریق نشت به ریشه گیاهان که روی مرزها کاشته شده‌اند، می‌رسد.

ج) آبیاری بارانی

آب به صورت قطرات ریز و به شکل باران به گیاهان می‌رسد و شامل انواع مختلفی از جمله سیستم ثابت، نیمه متحرک، محور مرکزی، تفنگی و غیره می‌باشد.

د) آبیاری زیرزمینی

آب در زیر ناحیه ریشه قرار دارد و از طریق نشت به گیاه می‌رسد. آب به دو طریق کانال‌های عمیق سطحی و یا لوله‌های مدفون در خاک تأمین می‌شود.

ی) آبیاری قطره‌ای

آب مورد نیاز هر گیاه و یا گروهی از گیاهان در کنار آن ریخته می‌شود و از خیس‌شدن تمام مزرعه جلوگیری می‌شود و میزان آب داده شده به حدی است که تنها به محدوده ناحیه ریشه برسد که مقدار آن نیز بستگی به تبخیر و تعرق دارد. آبیاری میکرو، قطره‌ای، حبابی و غیره از انواع آن است.

۵-۶- ۳- آبشویی

یک بخشی از آب آبیاری باید صرف دور کردن نمک‌های شود که در اثر تبخیر و تعرق در ناحیه ریشه جمع شده است. این فرآیند که نمک‌های اطراف ریشه را جابجا می‌کند آبشویی نامیده می‌شود. آن قسمتی از آبی که صرف آبشویی می‌شود را برخه آبشویی (LF) گویند.

عمق آب آبیاری مورد نیاز / عمق آب آبشویی زیر ناحیه ریشه = LF

۵-۶-٤- زهکشی

کاهش آب اضافی موجود در خاک سطحی و فراهم کردن محیط مناسب برای رشد گیاه را زهکشی تعریف می‌کنند. زهکشی برای یک آبیاری موفق و کامیاب بسیار مهم است. خصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک که از شوری مضاعف ناحیه ریشه باید اجتناب شود.

در این مناطق سطح آب ایستایی بوسیله آبیاری بالا می‌آید. حال اگر قابلیت زهکشی کافی نباشد و آب زیرزمینی شور باشد، این شوری به سطح ناحیه ریشه می‌رسد و پس از تبخیر نمک‌ها در خاک باقی می ماند. اگر این روند دائماً تکرار شود، خاک شور خواهد شد. بنابراین زهکشی برای کنترل سطح ایستایی ضرورت دارد.

۵-۷- مدیریت آبیاری با فاضلاب

موقعیت بهره‌برداری از فاضلاب جهت تولید محصول باید با اهداف تولید بهینه محصول، حفاظت محیط زیست و نگهداری حاصل‌خیزی خاک مطابقت داشته باشد. موضوعات مختلفی باید در کنار هم قرار گیرند و با هم ترکیب شوند تا شرایط و موقعیت بهره‌برداری و مدیریتی مشخص شود. این شرایط داخل مزرعه با موارد اساسی زیر ترکیب و مجموعاً موقعیت ما را مشخص می سازد:

- انتخاب محصول
- انتخاب روش آبیاری
- مدیریت اجرایی و تجربی

۵-۷-۱- شوری

حساسیت همه گیاهان نسبت به شوری یکسان نیست. بعضی از گیاهان شوری بیشتری را نسبت به سایر گیاهان می پذیرند. چرا که بعضی از گیاهان آب بیشتری را در خاک شور جذب می‌کنند و این خاصیت بی نهایت مفید است. که مربوط به پتانسیل اسمزی گیاه می‌شود این گیاهان در مناطقی که دارای آب شور است نیز قادر هستند که تغییرات شوری در خاک را تحمل کنند و هم می‌توانند تولید محصولات را در حد اقتصادی آن حفظ کنند. حساسیت تولید بیشتر محصولات در تغییرات مختلف شوری شناخته شده است و در جداول راهنمایی ارائه گردیده است. جدول (۵-۳) بر اساس حساسیت گیاهان به شوری طبقه‌بندی شده است.

جدول (۵-۳): طبقه‌بندی گیاهان بر اساس حساسیت به شوری

هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک		
شیب *ds/m* مقاوم	مقدار آستانه *ds/m*	نام گیاه شناسی
علف‌های چمنی و گیاهان علوفه‌ای		
۷/۱	٦	جو (علوفه‌ای)
٤/۲	۷/۵	علف گندمی
درختان میوه		
۳/٦	٤	خرما
گیاهان الیافی، دانه‌ای و خاص		
۱۲	٤/۹	نخود
۱٦	٦/۸	ذرت خوشه‌ای
۲۰	۵	سوژا
۷/۱	٦	گندم
گیاهان الیافی، دانه‌ای و خاص		
۷/٦	۵/٦	ریگراس(دائمی)
٤/۳	۲/۸	سودان گراس
۱۰	۵	شبدر پنجه کلاغی
۲/٦	٤/۵	گندم(علوفه)
سبزیجات		
۹	٤	چغندر لبویی

ادامه جدول (۵-۳): طبقه‌بندی گیاهان بر اساس حساسیت به شوری

هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک		
شیب *ds/m* نیمه حساس	مقدار آستانه *ds/m*	نام گیاه شناسی
گیاهان الیافی، دانه‌ای و خاص		
۱۲	۳	برنج

۹/٦	۱/۷	نیشکر
۱۲	۲	یونجه
گیاهان علوفه‌ای و علف‌های چمنی		
۷/۳	۱/۵	شبدر سفید(لادینو)
۱۲	۱/۸	کلم
سبزیجات		
۹/۲	۲/۵	خیار
۹/۷	۱/۳	کاهو
درختان میوه		
۹/٦	۱/۵	انگور

ادامه جدول (۵-۳): طبقه‌بندی گیاهان بر اساس حساسیت به شوری

هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک		
شیب *ds/m*	مقدار آستانه *ds/m*	نام گیاه شناسی
حساس		
گیاهان الیافی، دانه‌ای و خاص		
۱۹	۱	لوبیا
سبزیجات :		
۱٤	۱	هویج
درختان میوه و زینتی		
۱۹	۱/۵	بادام
۲٤	۱/٦	زردآلو
گیاهان الیافی، دانه‌ای و خاص		
۱٦	۱/۸	گریپ فروت
۱٦	۱/۷	پرتقال

همچنین شکل (۵-۲) رابطه بین تولید بهینه محصول و حساسیت به شوری در این چهار گروه محصولات را ارایه داده است. با اطلاعات زیر دیاگرام رسم شده را می‌توان تعقیب نمود.

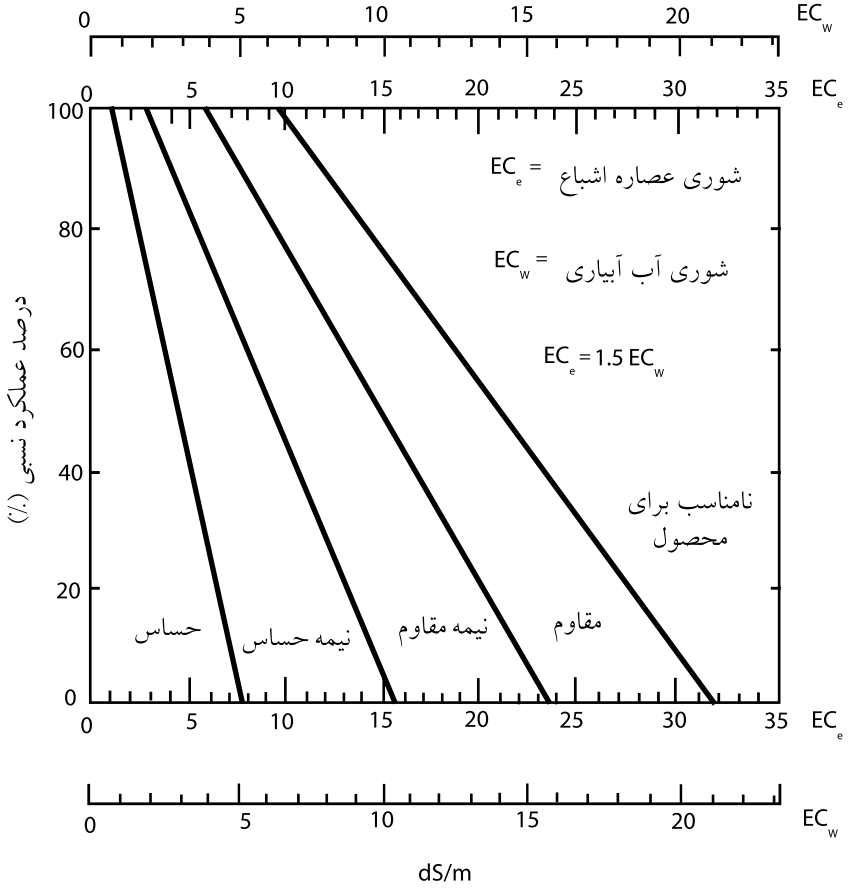
الف) گیاه پتانسیل کامل یا نزدیک به کامل تولید محصول را در حالتی که شوری آب کمتر از ۰/۷ دسی زیمنس بر متر باشد را دارد.

ب) تولید صد در صد محصول در حالی که شوری حد وسط است (بین ۰/۷ تا ۳ دسی زیمنس بر متر) امکان پذیر است. اما نیازمند آبشویی برای حفظ خاک می‌باشد. معمولاً پساب تصفیه شده در داخل این گروه می‌گنجد.

ج) برای آب با شوری بالا (بیشتر از ۳ دسی زیمنس بر متر) و گیاهان حساس، افزایش آبشویی امکان‌پذیر نیست زیرا حجم زیادی آب لازم دارد. لذا در این حالت باید نوع محصول عوض شود تا سازگاری با آب داشته باشد.

د) آب خیلی شور هنوز ممکن است قابل استفاده باشد ولی نیازمند خاک با نفوذپذیری خیلی خوب، گیاه با تحمل به شوری خیلی زیاد، و آب زیاد جهت آبشویی مستمر در جایی که آبشویی زیاد آسان است. نمونه‌های بزرگ آن در مناطق اطراف خلیج‌فارس در کشورهای عربی که از روش آبیاری قطره‌ای استفاده می‌شود و با کمک آبشویی زیاد تا حدودی آب خیلی شور جبران می‌شود.

اگر تحمل محصولات یا گردش زراعی مزرعه در مناطق جدید ناشناخته باشد، نیاز آبشویی باید بر پایه کمترین تغییرات برای محصولات پذیرفته شده در منطقه باشد. بطور نمونه، در جایی که خاک شور قابل اصلاح نمی‌باشد، عوض کردن محصول متحمل تر در داخل محدوده پذیرفته شده می‌تواند در منطقه شکی وجود دارد، لازم است که مطالعات فنی و اقتصادی در جهت امکان‌پذیری آبیاری صورت گیرد



شکل (۵-۲): درصد کاهش محصول بر اساس طبقه‌بندی گیاهان در جدول (٤-۲)

۵-۷-۲- مغلوب شدن به مخاطرات سمیت

مشکل مسمومیت با مشکل شوری متفاوت است. مسمومیت در داخل گیاه بوجود می‌آید و ارتباطی با کمبود آب ندارد. مسمومیت معمولاً رخ می‌دهد که یون‌ها از طریق گیاه همراه با آب جذب شوند و به برگ‌ها برسند. در هنگام تعرق، آب برگ گرفته می‌شود و یون‌ها باقی می مانند و این یون‌ها به تدریج تجمع نموده و ایجاد مسمومیت می‌کنند. درجه خسارت بستگی به زمان، غلظت فلزات سمی، حساسیت محصول و آب مورد استفاده دارد

و اگر خسارت به اندازه کافی باشد، باعث کاهش عملکرد محصول می‌شود. یون‌های سمی موجود در آبیاری کلرید، سدیم و بر هستند که همگی در پساب فاضلاب یافت می‌شوند. خسارت ممکن است اختصاصاً توسط یکی از این عناصر و یا ترکیبی از آن‌ها رخ بدهد. البته همه محصولات حساسیت یکسانی نسبت به سمیت ندارند. حساسیت بعضی از محصولات نسبت به سدیم، کلر و بر در جداول (۵-٤) و (۵-۵) و (۵-٦) ارایه گردیده است. اگر غلظت عناصر سمی بالا باشد در گیاه آشکار خواهد شد. سمیت غالباً با مشکل شوری یا نفوذپذیری همراه است، ولی ممکن است این شکل به‌صورت مستقل در گیاه وجود داشته باشد و به تنهایی در گیاه آشکار شود.

در روش آبیاری بارانی یون‌های کلر و سدیم مستقیماً توسط برگ‌ها جذب می‌شوند. این مخاطره در مواقعی که درجه حرارت بالا و رطوبت پایین به وقوع می‌پیوندد. سرعت برگ‌ها در جذب یون‌ها سمی بالاست و خیلی زود در خود یون‌ها را جمع می‌کند و همین می‌تواند اولین منبع مسمومیت به‌حساب آید.

به علاوه بر سدیم، کلر و بر، فلزات کمیاب هم جزو عناصر سمی به حساب می‌آیند که محدودیت‌های آن‌ها در فصول دیگر آمده است..

با وجود این فاضلاب ممکن است شامل فلزات با غلظت بالا باشند و در خاک تجمع نموده، کاهش تولید محصول را به‌همراه داشته باشند. اگر آبیاری با این نوع آب ادامه یابد، خاک به شدت مسموم می‌شود و ممکن است باعث عدم تولید محصول و یا باعث تولید محصولی گردد که قابل استفاده نباشد. نمونه‌های بهره‌برداری‌شده از فاضلاب در نقاط مختلف نشان می‌دهدکه ۸۵٪ از فلزات سنگین در خاک تجمع می‌کنند، خصوصاً در سطح خاک و همین امر باعث اثرات سوء روی گیاه می‌گردد. در هر صورت هر پروژه آبیاری با فاضلاب باید با بررسی سمیت در گیاه همراه باشد.

جدول (۵-٤) :طبقه‌بندی گیاهان بر اساس حساسیت به سدیم

حساس	نیمه مقاوم	مقاوم
آوکادو	هویج فرنگی	یونجه
درختان میوه خزان‌دار	ماش	جو
میوه‌های مغزدار (آجیل)	گندم	چغندر زمینی
لوبیا	نی	چغندر قند
پنبه	کاهو	پنبه
ذرت	نیشکر	
نخود فرنگی	شبدر مصری	
گریپ فرت	یولاف - جو	
پرتقال	تربچه	
هلو	پیاز خوراکی	
نارنگی	برنج	
عدس	چاودار	
بادام زمینی	اسفناج	
لوبیا چشم بلبلی	گوجه فرنگی	

جدول (۵-۵) :طبقه‌بندی گیاهان بر اساس حساسیت به کلرید

مجاز بدون صدمه برگ CI حداکثر		
(Cl_w آب آبیاری)	(Cl_e ناحیه ریشه)	محصول
۵	۷/۵	آواکادو
۲۰	۳۰	انگور
۶/۷	۱۰	میوه هسته دار
۶/۷	۱۰	توت
۱۳/۳	۲۰	انگور
۳/۳	۵	توت فرهنگی

- با ۱۵ تا ۲۰ درصد آبشویی مقادیر قابل قبول است. همچنین روش آبیاری، آبیاری سطحی فرض شده است.

جدول (۵-۶) :طبقه‌بندی گیاهان بر اساس حساسیت به بر

حساس < 1 mg/l	متوسط 1-4 mg/l	مقاوم > 4 mg/l
گریپ فروت	فلفل قرمز	سورگوم
پرتقال	نخود	گوجه فرنگی
زردآلو	هویج	یونجه
پسته	کاهو	ماش
گیلاس	کلم	لوبیا قرمز
آلو	کرفس	چغندرقند

خرمالو	شلغم	پنبه
انجیر	چمن آب خام	مارچوبه
انگور	یولاف	خردل
گردو	ذرت	شبدر
گردوی آمریکایی	تربچه	کدو
لوبیا چشم بلبلی	سیب زمینی	تیل
پیاز خوراکی	خیار	تنباکو

۵-۸- جمع بندی و نتیجه گیری

۵-۸-۱- توجیه فنی

بطورکلی در بررسی‌های فنی طرح، هدف تنها امکان‌پذیری اجرای طرح به لحاظ فنی نمی‌باشد زیرا بدلیل پیشرفت تکنولوژی و دانش فنی، اجرای هر طرحی به‌لحاظ فنی امکان‌پذیر و میسر می‌باشد ولی بررسی آثار طرح از جنبه‌های دیگر قضیه، در نهایت منجر به قضاوت در خصوص گزینه مناسب می‌گردد. لذا بطوری‌که ملاحظه گردید، طرح استفاده مجدد از فاضلاب شهرک صنعتی اسلام‌آباد غرب از نظر فنی و با توجه به امکانات موجود منطقه قابل اجرا و بهره‌برداری می‌باشد و چه از نظر تأمین عوامل مهندسین مشاور، پیمانکار، تهیه مصالح و نیروی انسانی قابل استفاده در بهره‌برداری از شبکه جمع‌آوری، تصفیه‌خانه فاضلاب و استفاده مجدد از فاضلاب پروژه قابل اجرا و بهره‌برداری خواهد بود.

دو موضوع مهم فنی این پروژه که می‌توان به آن‌ها اشاره کرد یکی نوع روش آبیاری ودیگری فضای قابل آبیاری می‌باشد.

۱- روش آبیاری

باتوجه به شرایط محلی و نوع گیاهان منطقه که اکثرا درخت و درختچه می‌باشند تنها روش قابل قبول در این زمینه آبیاری قطره‌ای بوده و روش‌های دیگر آبیاری جوابگوی این شرایط

نبوده و برای این پروژه پیشنهاد نمی‌گردد.

۲- فضای قابل آبیاری

مقدار دبی تولید شده در انتهای دوره طرح تصفیه‌خانه این شهرک حدود سه لیتر در ثانیه می‌باشد و همچنین طی اندازه‌گیری انجام شده از خروجی تصفیه‌خانه مقدار دبی خروجی در حال حاضر حدود دو لیتر در ثانیه است و با توجه به کل فضای سبز شهرک که حدود۶۱/ ۵ هکتار می‌باشد این مقدار دبی جوابگوی نیاز آبی این منطقه نمی‌باشد و این مقدار آب تقریبا جوابگوی سه هکتار از این اراضی می‌باشد.

۵-۸-۲- توجیه زیست محیطی

از دیدگاه زیست محیطی، طرح استفاده مجدد از فاضلاب نه تنها از جوانب بهداشت عمومی از اهمیت خاصی برخوردار است، بلکه باعث جلوگیری از آلودگی اراضی کشاورزی و محیط‌های آبی اطراف خواهد گردید. همچنین از لحاظ جلوگیری از آلودگی معابر و خاک و زیبایی منظر نیز حائزاهمیت ویژه‌ای است. اولین تأثیر کمبود این روش موجب آلودگی آب و خاک خواهد شد، شیوع بیماری است. طبق برآوردهای سازمان بهداشت جهانی قریب به ۸۰ درصد از بیماری‌های شایع در کشورهای در حال توسعه به‌علت آلودگی محیط از طریق فاضلاب‌های خانگی و صنعتی است.

با اندکی توجه به کانون‌های آلودگی در نقاط مختلف شهرک، پی می‌بریم که تنها راه ریشه‌کن کردن بیماری‌های شایع، توجه به برنامه‌ریزی در استفاده مجدد و دفع آلودگی‌های محیطی و در راس همه آن‌ها دفع اصولی فاضلاب است.

اولویت دفع فاضلاب و مواد زائد نسبت به سایر برنامه‌های بهداشتی همواره مورد تأکید مقامات بهداشتی و محیط‌زیست محلی و بین‌المللی بوده است. جهت ارزیابی پروژه جمع‌آوری تصفیه و استفاده مجدد فاضلاب شهرک از روش ماتریس لئوپولد استفاده گردید که در نهایت با استفاده از روش مذکور، اکثر ارزش‌های منفی کمتر از ۲/۵- بوده است و کمیت ارزش‌های مثبت بیشتر از ارزش‌های منفی می‌باشد. این بدان معنا است که مجموع اثرات ناشی از پروژه مثبت بوده و تاثیرات مثبت بیش از اثرات منفی آن است. از آنجا که نمره مذکور نسبی است و از صفر محاسبه گردیده بدین ترتیب

نمره اختصاص داده شده نشانگر درجه خوب می‌باشد. هر چند دارای اثرات منفی در فاز ساختمانی می‌باشد ولی این اثرات سوء کمتر از (۳-)، موقت، کوتاه مدت و در محدوده بلافصل طرح بوده که با رعایت و اجرای راهکارهای زیست محطی قابل کاهش یا حذف خواهند بود و اثرات مثبت این طرح خیلی بیشتر از اثرات منفی آن می‌باشد. از اینرو دارای توجیه بسیار بالای زیست محیطی خواهد بود.

ولی تمام مطالب گفته شده بالا بستگی شدیدی به کنترل شدید طرح ورعایت کلیه جوانب آن دارد و در صورت ضعف دریک مقطع زمانی کوتاه در مسائل مختلف مانند عدم تصفیه کامل و یا از کارافتادن سیستم تصفیه یا ورود بارهای آلودگی بالا به‌علت عدم‌توجه مراکز تولید آلودگی شهرک می‌تواند موجب پخش آلودگی شدید شیمیائی و میکروبی درسطح کل شهرک گردد.

۵-۸-۳- توجیه اجتماعی

از دیدگاه اجتماعی نیز اجرای طرح مذکور از جوانب مختلف قابل‌تامل است. به‌ویژه در خصوص همکاری و مشارکت مردم منطقه دراجرای طرح مذکور این مسئله به‌خوبی مشخص می‌باشد. نتایج حاصل از پرسشنامه و مصاحبه با مردم و اهالی مطلع حاکی از این‌است که اکثریت قریب‌به‌اتفاق مردم (۸۵ الی ۹۰درصد) نسبت به مسایل بهداشتی و زیست‌محیطی توجه کافی دارند. همچنین مقامات دولتی مستقر در مرکز استان و منطقه به‌منظور ایجاد زمینه‌های توسعه اجتماعی– فرهنگی مسرانه پیگیر اجرای این‌گونه طرح‌ها می‌باشند. فقط نگرانی افراد موجود در این منطقه به شیوع بیماری‌های احتمالی از طریق برگشت فاضلاب به محیط کار و زندگی آن‌ها می‌باشند مخصوصاً بیشترین حساسیت در این زمینه توسط افرادی که با فضای سبز این محدود در ارتباط هستند اعلام شده است.

۵-۸-٤- توجیه مالی و اقتصادی

در تحلیل اقتصادی، آثار اجرای طرح بر اقتصاد کشور و سوددهی اقتصادی آن ارزیابی می‌شود در محاسبات تحلیل مالی ـ اقتصادی جهت شناسایی و تعیین بهترین گزینه که بیشترین سوددهی را عاید سرمایه‌گذار کند شاخص‌های مختلفی مطرح و

بررسی می‌شود. با تعیین شاخص‌های مالی – اقتصادی همچون هزینه‌ها شامل هزینه‌های اجرایی و هزینه‌های بهره‌برداری و فایده‌ها شامل درآمدهای بهره‌برداری، کاهش هزینه‌های حفرچاه، کاهش هزینه‌های تخلیه چاه، کاهش هزینه‌های درمان در حین اجرا و بهره‌برداری طرح در مدت ۵۰ سال عمر مفید (ابنیه ۵۰ و تاسیسات ۲۵ سال) با نرخ افزایش قیمت خدمات بالای ۱۵ درصد و نرخ بهره ۱۲ درصد این پروژه همواره اقتصادی بوده و توجیه اقتصادی دارد.

مسئله‌ای که در این طرح از لحاظ مالی می‌توان به آن اشاره کرد این‌است که باتوجه به عدم کفایت مقدار پساب جهت آبیاری کل فضای سبز شهرک این آبیاری در کدام قسمت اجراء شود که جنبه اقتصادی‌تری داشته باشد. طی بررسی انجام گرفته بر روی فضاهای سبز موجود در شهرک این فضاها را می‌توان به دو قسمت عمده تقسیم کرد.

الف – فضای سبز داخل شهرک (شامل وسط میدان‌ها، کنار پیاده‌روها، وسط بلوارها)

ب – فضای کنار شهرک (شامل فضای سبز متراکم کنار تصفیه‌خانه)

۵-۹- طرح آبیاری قطره‌ای

۵-۹-۱- منبع تأمین آب:

منبع تأمین آب این اراضی پس آب فاضلاب صنعتی شهرک می‌باشد که به‌داخل یک تصفیه‌خانه ریخته‌شده و آب تصفیه شده جهت درختان مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به بررسی‌های صورت‌گرفته در مورد کیفیت پساب خروجی در یک دوره زمانی ۲ ساله مشخص شد که کیفیت پساب تصفیه‌شده تصفیه‌خانه فاضلاب این شهرک (که دارای یک فرایند تلفیقی بیولوژیکی بی‌هوازی و هوازی است) جزء پساب‌های با خط متوسط می‌باشد.

۲- خاک:

جهت اندازه‌گیری موارد مورد نیاز کمی و کیفی، یک پروفیل از خاک‌های منطقه برداشت گردیده است با توجه به این نمونه هدایت الکتریکی خاک در عمق‌های ۰ تا ۳۰، ۳۰ تا ۶۰ و ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر برابر ۰/۸، ۰/۸ و ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد و نفوذپذیری خاک برابر ۱/۲ سانتی‌متر بر ساعت است و از نظر زهکشی و شوری خاک بدون مشکل می‌باشد.

از نظر بافت، خاک در گروه خاک‌های رسی سیلتی لومی قرار می‌گیرد .

۳- نیاز آبی گیاه:

جهت محاسبه پارامترهای مورد نیاز از جلد دوم کتاب برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (گیاهان باغی)، نیاز آبی درختان در شهرستان اسلام‌آباد غرب استفاده گردیده است.

۵-۹-۲- محاسبات:

با توجه به اینکه تبخیر و تعرق درختان مورد نظر در کتاب مذکور برای دهه‌های مختلف بدست آمده است و برآورد همه آن‌ها در این مبحث نمی‌گنجد معمولاً در محاسبات ماه حداکثر مصرف در نظر گرفته می‌شود بنابراین محاسبات جهت دهه اول مرداد ماه انجام گرفته و در نهایت جدولی از نیاز آبی و سایر پارامترها در دهه‌های مختلف ارائه خواهد شد.

۱- تبخیر و تعرق اصلاح شده (ET'_c) :

با توجه به فاکتور پوشش گیاهی به‌میزان ۶۰ درصد برای محصولات باغی، ET'_c اصلاح شده از رابطه زیر بدست آمده و در محاسبات تبخیر و تعرق اصلاح شده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$ET'_c = ET_c[P_s + 0.15 \times (1 - P_s)]$$

ET'_c - تبخیر و تعرق اصلاح شده (میلیمتر در روز)

ET'_c - تبخیر و تعرق (میلیمتر در روز)

P_s - درصد سایه‌انداز

$$ET'_c = 6.93 \times [0.7 + 0.15 \times (1 - 0.7)] = 5.16\ mm/day$$

۲- نیاز خالص آبیاری (I_n) :

$$I_n = ET'_c - R_E$$

In - نیاز خالص آبیاری

ET'_c - تبخیر و تعرق اصلاح‌شده (میلیمتر در روز)

R_E - بارندگی در دوره موردنظر

برای درختان غیرمثمر $I_n = 5.16 - 0 = 5.16\ mm/day$

۳- سطح خیس‌شده (Pw) :

در آبیاری قطره‌ای معمولاً فقط قسمتی از خاک خیس می‌شود. درصد و مساحت خیس‌شده در سطح زمین معمولاً نسبت به کل سطح مزرعه سنجیده می‌گردد :

$$Pw = \frac{[n.Se(S'e + Sw)/2]}{Sp \times Sr} \times 100$$

Pw- درصد خیس‌شده

Sr- فواصل ردیف درختان (متر)

n - تعداد قطره‌چکان

Sp- فواصل درختان (متر)

Se- فاصله بین قطره‌چکان‌ها (متر)

Sw - عرض خیس‌خورده نوار (متر)

$S'e$ - فاصله بهینه قطره‌چکان‌ها

با توجه به تجارب محلی مقدار سطح خیس‌شده برابر ۳۳ درصد در نظر گرفته می‌شود .

٤- تعیین عمق خالص آبیاری (d_n):

تعیین عمق آبیاری در روش قطره‌ای مشابه سایر روش‌هاست با این تفاوت که به دلیل خیس شدن موضعی در این روش بایستی عمق ماکزیمم آبیاری را بر اساس درصد خیس‌خوردگی اصلاح نمود :

$$d_n = Aw \times Z \times Pw \times a$$

d_n – حداکثر عمق آبیاری (میلیمتر)

Aw– ظرفیت نگهداری آب در خاک (میلیمتر در متر خاک)

Z – عمق توسعه ریشه (متر)

Pw– ضریب خیس‌خوردگی (درصد)

a – درصد تخلیه مجاز

برای درختان غیر مثمر $d_n = 170 \times 1.5 \times 0.33 \times 0.50 = 42.1 \cong 42 \ \ mm$

۵- دور آبیاری (F):

حداکثر دور آبیاری از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$F = \frac{d_n}{ET'_c}$$

F – دور آبیاری (روز)

d_n – عمق خالص آب آبیاری (متر)

ET'_c – تبخیر و تعرق (میلیمتر در روز)

برای درختان غیر مثمر $F = \frac{42}{5.16} = 8.14 \quad days$

برای رسیدن به اهداف روش آبیاری قطره‌ای و رساندن متوالی آب به خاک و بر اساس تجارب عملی و وضعیت اقلیمی منطقه دور آبیاری را اصلاح نموده و برابر ۲ روز در نظر می‌گیریم.

دور آبیاری اصلاح شده $F' = 2 \ days$

۶- نیاز ناخالص آبیاری (I_g) :

با در نظر گرفتن راندمان ۹۰٪ برای آبیاری قطره‌ای نیاز ناخالص آبیاری بصورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$I_g = \frac{I_n}{E}$$

E - راندمان آبیاری

برای درختان غیرمثمر $I_g = \frac{5.16}{0.9} = 5.7\ mm/day$

۷- نیاز ناخالص دور آبیاری (I_f):

نیاز ناخالص دور آبیاری از رابطه $I_f = I_g \times F'$ محاسبه می‌گردد.

با توجه به‌اینکه دور آبیاری دو روز در نظر گرفته شده است، نیاز ناخالص آبیاری در هر دور بصورت زیر محاسبه می‌شود:

برای درختان غیرمثمر $I_f = 5.7 \times 2 = 1\ .4\ m$

۸- حجم آب مورد نیاز هر درخت در روز (G):

با استفاده از رابطه زیر می‌توان حجم آب موردنیاز روزانه هر درخت را محاسبه نمود:

$$G = Ig \times A$$

G - حجم آب مورد نیاز روزانه (لیتر در روز)

Ig - نیاز ناخالص آبیاری (میلیمتر در روز)

A - سطح هر درخت (متر مربع)

برای درختان غیرمثمر $G = 5.7 \times (2 \times 2.5) = 28.5 \cong 30\ lit/day$

۹- حجم آب مورد نیاز هر درخت در دور آبیاری (G_i) :

پس از محاسبه حجم ناخالص روزانه و دور آبیاری بایستی حجم آب مورد نیاز هر درخت در دور آبیاری از رابطه زیر محاسبه شود :

$$G_i = G \times F'$$

G_i – حجم آب مورد نیاز دورآبیاری (لیتر)

G – حجم آب مورد نیاز ناخالص روزانه (لیتر در روز)

F' – دور آبیاری طرح (روز)

برای درختان غیر مثمر $G_i = 30 \times 2 = 60 \; Liter$

۱۰- زمان آبیاری هر قطعه (t) :

برای محاسبه مدت آبیاری از رابطه $t = \frac{G_i}{n \times q}$ استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که در این طرح از قطره‌چکان‌های میکروفلاپر ۸ لیتر در ساعت (*on line*) سیکلون‌دار (خودشور) استفاده شده است که از فشار ۱۲ تا ۲۵ متر دارای قابلیت توزیع یکنواخت آب در داخل مزرعه می‌باشند.

t – مدت زمان آبیاری (ساعت)

n – تعداد قطره‌چکان‌ها

q – دبی قطره‌چکان‌ها (لیتر در ساعت)

برای درختان غیرمثمر $t = \frac{60}{1 \times 8} = 7.5 \;\; hr$

با توجه به این‌که اراضی مورد نظر متعلق به شهرک صنعتی می‌باشد نه یک کشاورز معمولی در نتیجه ساعات آبیاری سیستم در طول شبانه‌روز را ۱۵ ساعت در نظر می‌گیریم.

۱۱- تعداد ایستگاههای آبیاری (N) :

$$N = \frac{F' \times T}{t}$$

N - تعداد ایستگاه

F' - دور آبیاری طرح (روز)

T - مدت زمان کل آبیاری سیستم (ساعت)

t - زمان آبیاری هر قطعه

$$N = \frac{2 \times 15}{7.5} = 4$$

بنابراین شهرک باید به چهار ایستگاه ۰/۷۵ هکتاری تقسیم گردد.

۱۲- هیدرومدول طرح (H_m):

هیدرومدول طرح از رابطه زیر به‌دست می‌آید :

$$H_m = \frac{2.78 \times 1 \times I_f}{T \times F'}$$

H_m - دبی تقریبی سیستم (لیتر در ثانیه در هکتار)

I_f - نیاز ناخالص دور آبیاری (میلیمتر)

T - مدت آبیاری (ساعت)

F' - دور آبیاری طرح (روز)

$$H_m = \frac{2.78 \times 1 \times 11.4}{15 \times 2} = 1.06 \quad lit/\sec/ha$$

۱۳- ظرفیت سیستم (Q):

با توجه به هیدرومدول طرح و مساحت تحت پوشش ظرفیت سیستم به‌شکل زیر محاسبه می‌گردد:

$$Q = 1.06 \; lit/\sec/ha \times 3 \; ha = 3.18 \cong 3.2 \; lit/\sec$$

۵-۹-۳- مدیریت بهره‌برداری از سیستم :

جهت استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای در اراضی مذکور کل اراضی به ٤ ایستگاه با مساحت ۰/۷۵ هکتار تقسیم شده است و برای هر قطعه یک شیرفلکه همراه با فشارشکن ٦ واحدی در نظر گرفته شده است. جهت استفاده از قطره‌چکان‌ها در سیستم آبیاری قطره‌ای و جلوگیری از گرفتگی آن‌ها در فواصل زمانی کوتاه از یک‌دستگاه پکیج کامل ایستگاه کنترل مرکزی که شامل سیستم‌های فیلتراسیون شنی، توری، هیدروسیکلون، فیلترهای دیسکی و کلکتورهای ارتباطی آن‌ها می‌باشد استفاده شده است. لازم به‌ذکر است که جهت سهولت در بهره‌برداری از سیستم بایستی ایستگاه فیلتراسیون مجهز به سیستم شستشوی معکوس (*Back Wash*) باشد تا هر چند وقت یک‌بار کل سیستم توسط آن شستشو گردد.

۵-۱۰- دفع نهائی فاضلاب

در فصولی که نیاز به آبیاری نمی‌باشد و یا مواقعی که سیستم تصفیه فاضلاب شرایط مناسبی جهت استفاده در آبیاری را ندارد پساب باید دفع شود جهت این عمل، مسئله دفع پساب پیش می‌آید که طی بررسی بعمل آمده از منطقه و کنترل اطلاعات موجود و انجام کارهای نقشه‌برداری لازم جهت دفع پساب خروجی از تصفیه‌خانه سه گزینه دفع مدنظر قرار گرفته است که باتوجه به مقایسه فنی و اقتصادی این سه گزینه و همچنین وجود مشکلات اجتماعی و گرفتن مجوزهای لوله‌گذاری در این مسیرها نهایتا گزینه شماره یک پساب بصورت ثقلی به مسیل طبیعی (با لوله‌گذاری به طول ۱۲۵۰ متر) انتخاب و نسبت به اجرای آن اقدام شده است.

پیوست‌ها و ضمـــائم

پیوست A: رهنمودهایی از بهداشت عمومی برای تصفیه‌خانه

جدول A.1: "تصفیه فاضلاب و ضوابط کیفی آن برای آبیاری" (ایالت کالیفرنیا، ۱۹۷۸)

نوع استفاده	محدوده کلیفرم	درجه تصفیه
آبیاری سطحی در باغ‌های میوه و تاکستان‌ها، علوفه، فیبر و بذرها	–	اولیه
چراگاه‌های حیوان‌های شیرده؛ نگه‌داشتن فضای سبز، آبیاری فضای سبز (جهت آبیاری زمین گلف یا چوگان، گورستان‌ها و غیره)	۲۳/۱۰۰ ml ≤	اکسیداسیون و ضدعفونی کردن
آبیاری سطحی برای محصولات غذایی (قسمت‌های خوراکی محصول با آب تماس نیابد)	۲۱۲/۱۰۰ ml ≤	
آبیاری بارانی محصولات غذایی	۲۱۲/۱۰۰ ml ≤	اکسیداسیون لخته‌سازی زلال‌سازی
آبیاری فضای سبز و پارک‌ها، زمین‌های بازی و غیره	۲۳/۱۰۰ ml ≤ max	فیلتراسیون[1] و ضدعفونی‌کردن

منبع: Pettygvove, Asano 1985

۱- کدورت یک پساب فیلتر شده به‌طور متوسط از ۲ واحد کدورت از هر ۲۴ ساعت نمی‌تواند بیشتر باشد.

پیوست B: شاخص‌های کیفیت آب آبیاری

جدول B.1:" راهنمای تفسیر کیفیت آب برای آبیاری"

مشکلات بالقوه آبیاری	میزان محدودیت در استفاده			
	واحدها	حد نرمال	حد وسط	حد زیاد
× شوری (عامل محدود کننده در استفاده از آب به شمار می‌رود)				
× هدایت الکتریکی یا EC_w[1]	ds/m	< ۰/۷	۰/۷–۳	> ۳
× کل جامدات معلق یا TDS فیلتراسیون (سبب تأثیر نفوذ آب در خاک می‌گردد که می‌توان آن را × با اندازه‌گیری $SAR=EC_w$[2] به‌صورت توأم سنجید)	mg/L	< ٤٥٠	٤٥٠ –۲۰۰۰	> ۲۰۰۰
$SAR= 0-3$ and EC_w	ds/m	> ۰/۷	۰/۷–۰/۲	< ۰/۲
=۳–٦	ds/m	> ۱/۲	۱/۲–۰/۳	< ۰/۳
=٦–۱۲	ds/m	> ۱/۹	۱/۹–۰/۵	< ۰/۵
=۱۲–۲۰	ds/m	> ۲/۹	۲/۹–۱/۳	< ۱/۳
=۲۰–٤۰	ds/m	> ۵	۵–۲/۹	< ۲/۹
× سمیت یون خاص (تأثیر بر گیاهان × حساس) سدیم (Na)				
× آبیاری سطحی	SAR	< ۳	۳–۹	> ۹
× آبیاری قطره‌ای	me/L[3]	< ۳	> ۳	

ادامه جدول در صفحه بعد

جدول B.1:" راهنمای تفسیر کیفیت آب برای آبیاری"

مشکلات بالقوه آبیاری	میزان محدودیت در استفاده			
	واحدها	حد نرمال	حد وسط	حد زیاد
کلر (Cl)				
× آبیاری سطحی	me/L	< ۳	٤-۱۰	> ۱۰
× آبیاری قطره‌ای	me/L	< ۳	> ۳	
× بر (B)	me/L	۰<۷/	۰/۷-۳	> ۳
× عناصر ناچیز (با توجه به جدول B.2) اثرات گوناگونه (اثرات گیاهان حساس)				
× نیتروژن (NO_3-N)	me/L	< ٥	٥-۳۰	> ۳۰
× بی‌کربنات (HCO_3) (قابلیت تأثیر فقط در آبیاری قطره‌ای)	me/L	< ۱/٥	۱/٥-۸/٥	> ۸/٥
pH	محدوده نرمال ۸/٥ - ٦/٥			

۱- EC به معنای هدایت الکتریکی است که به عنوان یک پارامتر از شوری آب بوده و در واحد دسی‌زیمنس بر ×متر (ds/m) یا میلی موسی بر سانتی‌متر (mmho/cm)، در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بیان می‌گرد. ×که هر یک در مقدار اکیوالانت هستند. TDS به کل جامدات معلق موجود در ماده اطلاق می‌گردد که در واحد میلی‌گرم در لیتر بیان می‌شود (mg/I)

۲- نسبت جذب سدیم سدیم مفهوم SAR می‌باشد.

۳- مفهوم me/L یعنی یک میلی اکیوالانت در لیتر که یک میلی اکیوالانت سدیم برابر است با ۱۱ میلی‌گرم.

× یک میلی اکیوالانت کلر برابر است با ۱۷ میلی‌گرم. ×یک میلی اکیوالانت بی‌کربنات HCO_3 برابر است با ۱۳ میلی‌گرم.

× منبع: نگارشی از Westcot, Ayere, 1985

جدول B.2: "معرفی بیشترین غلظت عناصر و اثر آن‌ها در آب آبیاری"

عناصر[1]	معرفی بیشترین غلظت‌ها بر حسب میلی‌گرم بر لیتر[2]	توضیحات
Al (آلومینیوم)	۵	عنصر Al سبب محدود نمودن تولید در خاک‌های اسدی با pH<5/5 می‌گردد. اما اکثر خاک‌های قلیایی در pH>7، یون مورد نظر را رسوب نموده و سبب حذف سمیت یون می‌گردد.
As (آرسنیک)	۰/۱	سمیت این یون برای گیاهانه مختلف متفاوت است که این مقدار از ۱۲ میلی‌گرم در لیتر برای چمن‌های سودانی تا ۰/۰۵> میلی‌گرم در لیتر برای برنج متغیر می‌باشد.
B (بر)	۰/۵–۱۵	سمیت این یون برای گیاهان مختلف متفاوت است. به عنوان مثال ۰/۵> میلی‌گرم در لیتر برای لیموترش و ۱ میلی‌گرم در لیتر برای گندم، ٦ میلی‌گرم در لیتر برای گوجه فرنگی و ۱۵ میلی‌گرم در لیتر برای کتان‌ها.
Be (برلیم)	۰/۱	سمیت این یون برای گیاهان مختلف، متفاوت است و محدودیت آن از ۵ میلی‌گرم در لیتر برای کلم پیچ تا ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر برای لوبیا خوشه‌ای می‌باشد.

ادامه جدول در صفحه بعد

این عنصر برای چغندر قندها، باقلا، شلغم‌ها در غلظت کمتر از ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر در حلال‌های غذایی سمی می‌باشد. این یون از عناصر پایدار به شمار می‌رود. به دلیل اینکه در بدنه گیاهان و خاک انباشته شده و برای سلامتی انسان مضر می‌باشد.	۰/۰۱	Cd (کادمیوم)
این عنصر برای گوجه فرنگی با غلظت ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر در حلال‌های مغذی گیاهی سمی است. این یون تمایل زیادی به غیرفعال شدن در خاک خنثی یا قلیایی دارد.	۰/۰۵	Co (کبالت)
به صورت عمومی به عنوان یک عنصر اساسی رشد شناخته نشده است. ترجیحاً بهتر است که غلظت‌های این یون به دلیل فقدان علم لازم در زمینه سمیت آن برای گیاهان کنترل گردد.	۰/۱	Cr (کروم)
این عنصر در حلال‌های مغذی گیاهان با غلظت ۱-۰/۱ میلی‌گرم در لیتر سمی می‌باشد.	۰/۲	Cu (مس)
این عنصر بوسیله خاک‌های قلیایی و خنثی غیرفعال می‌باشد.	۱	F (فلوئور)

جدول B.2: "معرفی بیشترین غلظت عناصر و اثر آن‌ها در آب آبیاری"

عناصر	معرفی بیشترین غلظت‌ها بر حسب میلی‌گرم بر لیتر۲	توضیحات
Fe (آهن)	۵	این عنصر برای گیاهان خاک‌های هوادهی شده، سمی نمی‌باشد اما می‌توانند سبب اسیدی شدن خاک‌ها شده و دسترسی خاک به فسفر، مولیبدن مورد نیاز را کم کند.
Li (لیتیم)	۲/۵	درجه سمیت این عنصر در گیاهان مختلف تا ۵ میلی‌گرم در لیتر با توجه به نوع خاک متفاوت است. فعالیت این یون تقریباً شبیه برم می‌باشد و در مرکبات با کمترین غلظت ۰/۰۷۵< میلی‌گرم در لیتر سمی می‌باشد.
Mn (منگنز)	۰/۲	این عنصر برای برخی از گیاهان در چند دهم میلی‌گرم سمی است ولی سمیت این یون تنها در خاک اسیدی بروز می‌نماید.
Mo (مولیبدن)	۰/۰۱	این عنصر در گیاهان در غلظت معمولی و طبیعی در خاک و آب، سمی نمی‌باشد.
Ni (نیکل)	۰/۲	این عنصر برای تعدادی از گیاهان با غلظت ۱ تا ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر سمی می‌باشد. درجه سمیت آن در خاک‌های قلیایی و خنثی کاهش می‌یابد.
Pb (سرب)	۵	وجود این یون در غلظت‌های بالا به عنوان عامل بازدارنده رشد گیاه محسوب می‌شود.
Se (سلنیوم)	۰/۰۲	برای گیاهانی در غلظت‌های حتی کمتر از ۰/۰۲۵ میلی‌گرم در لیتر سمی است و برای احشام و چهارپایان که از گیاهان رشد کرده در این نوع خاک استفاده می‌کنند نیز مضر است. در عین حال در غلظت‌های بسیار پایین یک عنصر اساسی رشد برای حیوانات به شمار می‌رود.
V (وانادیم)	۰/۱	حتی در غلظت‌های پایین‌تر برای بسیاری از گیاهان سمی است.
Zn (روی)	۲	سمیت این یون برای گیاهان به صورت گسترده‌ای متفاوت است. سمیت آن در pH های بزرگ‌تر از ٦ و خاک‌های آلی و یا ریزدانه‌ها کاهش پیدا می‌کند.

۱- ملاحظات یاد شده در خصوص عناصر مربوط به تمامی خواص سمیتی این عناصر موجود در فاضلاب نمی‌باشد مخصوصاً درصورتی که به شبکه فاضلاب، فاضلاب صنعتی تخلیه شود. اگر موضوع بحث فاضلاب صنعتی باشد، غلظت‌ها و پارامترهای آلایندگی عناصر ناچیز به‌طور مشخص‌تری تعریف شده و اثرات هر یک از آن‌ها باید به صورت پایه در مورد سایت‌های مورد مطالعه، مورد بررسی قرار گیرد.

۲- غلظت‌هایی که در این جدول ارائه شده‌اند، در خصوص آبیاری مناسب ($۱۰,۰۰۰ m^3$ در هکتار در سال) می‌باشد، اگر میزان آبیاری به صورت گسترده افزایش یابد، غلظت‌های حداکثر بایستی با مقادیر دست پایین‌تری جایگزین گردد، اما تغییری برای آبیاری‌های کمتر از ($۱۰,۰۰۰ m^3$ در هکتار در سال) نیاز نمی‌باشد.

مقادیر داده شده برای آبی است که به‌طور پشت‌سرهم در یک سایت مورد استفاده قرار گرفته است.

منبع: Ayers and Weston, 1985

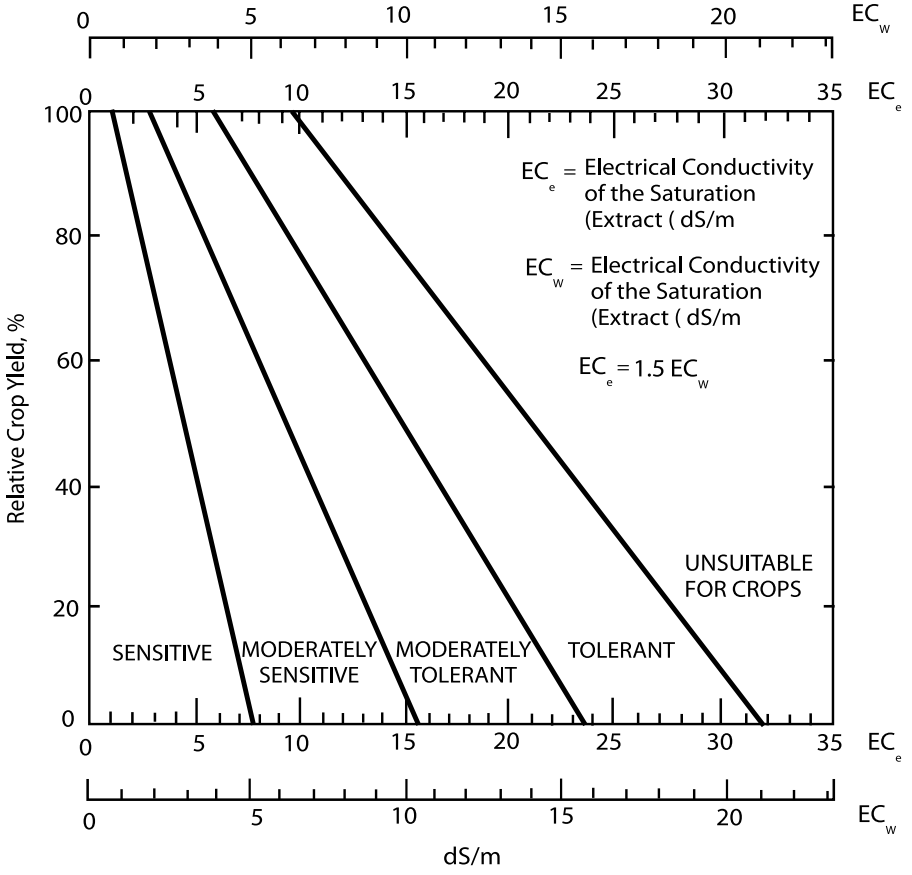
پیوست C.1: " مقاومت گیاهان نسبت به نمک"

میوه‌ها و میوه‌های دانه سخت:	نسبتاً حساس:	مقاوم به نمک:
انگور	فیبرها، دانه‌ها و محصولات قندی:	فیبرها، دانه‌ها و محصولات قندی:
حساس:	باقلا	جو
لوبیا	کرچک	پنبه
گرایل	ذرت	هوهوبه
کنجد	کتان	چغندر قند
سبزیجات:	ارزن	**سبزیجات:**
لوبیا	بادام زمینی	مارچوبه
هویج	برنج	**میوه‌ها و میوه‌های دانه سخت:**
بامیه	آفتابگردان	درخت خرما
پیاز	**سبزیجات:**	**نسبتاً مقاوم:**

هویج وحشی	کلم بروکلی	فیبرها و دانه‌ها و محصولات قندی:
میوه‌ها و میوه‌های دانه سخت:	کلم بروکسل	لوبیای چشم بلبلی
بادام	کلم	جو دوسر
سیب	گل کلم	گندم سیاه
زردآلو	کرفس	ذرت خوشه‌ای
انبه	ذرت شیرین	سویا
شاه‌توت	خیار	گندم
گیلاس شیرین	بادنجان	گندم دوروم
گیلاس	کلم پیچ	**سبزیجات:**
مویز	کلم قمری	کنگرفرنگی
انگور فرنگی	کاهو	چغندر قرمز
انگور	خربزه	کدو زوچینی
لیمو	تربچه	**میوه‌ها و میوه‌های دانه سخت:**
لیموترش	فلفل	انجیر
پرتقال	سیب‌زمینی	عناب
هلو	کدو تنبل	زیتون
گلابی	اسفناج	انبه هندی
خرمالو	کدوی اسکالوپ	آناناس
آلو	سیب‌زمینی شیرین	انار
تمشک	گوجه فرنگی	
سیب سرخ	شلغم	
توت فرنگی	هندوانه	
نارنگی		

منبع: Maas, 1981

درجه مقاومت گیاهان نسبت به نمک در شکل C.1 نشان داده شده است.



شکل C.1: تقسیم‌بندی درجه مقاومت محصولات کشاورزی نسبت به نمک

ECe: هدایت الکتریکی عصاره اشباع شده (دسی‌زیمنس بر متر)

ECw: هدایت الکتریکی عصاره اشباع شده (دسی‌زیمنس بر متر)

ECe:1/5 ECw

جدول C.2: "تأثیر کیفیت آب بر انسداد خطوط توزیع آب در سیستم آبیاری قطره‌ای"

مشکلات بالقوه	واحد	درجه مشکل‌زایی		
		بدون مشکل	متوسط	شدید
فیزیکی: (جامدات معلق)	میلی‌گرم بر لیتر	< ۵۰	۵۰–۱۰۰	> ۱۰۰
شیمیایی:				
pH	میلی‌گرم بر لیتر	< ۷	۷–۸	> ۸
مواد محلول	میلی‌گرم بر لیتر	< ۵۰۰	۵۰۰–۲۰۰۰	>۲۰۰۰
منگنز	میلی‌گرم بر لیتر	< ۰/۱	۰/۱–۱/۵	> ۱۱۵
آهن	میلی‌گرم بر لیتر	۰ <۱/	۰/۱ –۱/۵	>۱/۵
سولفید هیدروژن	میلی‌گرم بر لیتر	۰ <۵/	۰/۵ –۲	>۲
بیولوژیکی				
تعداد باکتری‌ها	حداکثر تعداد در میلی‌لیتر	۱۰,۰۰۰ <	۵۰,۰۰۰– ۱۰,۰۰۰	>۵۰,۰۰۰

منبع:Ayers, westcot, 1985

جدول C.3: "مشخصات تصفیه فاضلاب شهری و استفاده از آن برای آبیاری"

مشخصات	پارامترهای اندازه‌گیری شده	ملاحظات
مواد جامد معلق (TDS)	مواد جامد معلق شامل مواد جامد فرار و پایدار	جامدات معلق، حاصل رسوب و بقایای دپوهای لجن و حالت‌های بی‌هوازی مواد که حاصل از تخلیه فاضلاب به محیط‌های آبی است، می‌باشد. مقادیر زیاد جامدات معلق می‌توانند سبب مسدود شدن سیستم آبیاری شود.
مواد آلی بیولوژیکی	BOD و COD	BOD، COD معمولاً ترکیبی از پروتئین‌ها، کربوهیدات‌ها و چربی‌ها می‌باشند. اگر این مواد به محیط‌های پذیرنده تخلیه شوند، تجزیه بیولوژی آن‌ها می‌تواند، سبب مصرف اکسیژن موجود شده و شرایط آلوده شدن را قوت بخشند.
عوامل بیماری‌زا	ارگانیسم‌های شاخص مانند مجموع باکتری‌های کلیفرم ته‌نشینی	بیماری مسری می‌توانند به وسیله عوامل بیماری‌زای موجود در فاضلاب انتقال یابند. این عوامل بیماری‌زا شامل باکتری، ویروس و انگل می‌باشند.
مواد مغذی	نیتروژن، فسفر، پتاسیم	نیتروژن، فسفر، پتاسیم، مواد غذایی عمده لازم برای رشد گیاه را تشکیل می‌دهند و وجود آن‌ها در شرایط عادی تعیین کننده مقدار آب برای آبیاری است. وقتی این مواد به محیط پذیرنده آبی تخلیه می‌شوند، نیتروژن و فسفر می‌توانند محیط پذیرنده را به سمت رشدهای بی‌رویه و هرز سوق دهند. وقتی که میزان تخلیه این نوع فاضلاب بسیار بالا رود، نیتروژن موجود در فاضلاب می‌تواند سبب آلودگی آب‌های زیرزمینی شود.
مواد آلی پایدار (تجزیه ناپذیر)	ترکیبات ویژه مانند فنل‌ها، آفت‌کش‌ها، هیدروکربن‌های آغشته به کلر	این مواد آلی در برابر روش‌های معمول تصفیه فاضلاب بسیار مقاوم هستند. بعضی از این ترکیبات آلی در محیط زیست سمی بوده و وجود آن‌ها، مرغوبیت فاضلاب را جهت آبیاری پایین می‌آورد و به عنوان یک عامل محدودکننده در این زمینه عمل می‌کنند.

جدول C.3: "مشخصات تصفیه فاضلاب شهری و استفاده از آن برای آبیاری"

ملاحظات	پارامترهای اندازه‌گیری شده	مشخصات
pH فاضلاب برروی حلالیت فلزات در خاک تأثیر می‌گذارد. این مساله همچنین باعث بالا رفتن یا پایین آمدن قلیائیت خاک می‌شود. حد معمول این پارامترها در فاضلاب شهری ۸/۵– ۶/۵ است. اما فاضلاب‌های صنعتی می‌توانند pH های متفاوتی داشته باشند.	pH	فعالیت یون هیدروژن
بعضی از فلزات سنگین در محیط‌زیست انباشته می‌شوند و برای گیاهان و حیوانات مضر و سمی هستند و وجود آن‌ها به عنوان یک عامل محدود کننده محسوب شده و در وجه مرغوبیت فاضلاب را برای آبیاری پایین می‌آورد.	عناصری مانند کادمیوم، روی، نیکل، جیوه	فلزات سنگین
شوری بیش از اندازه به بعضی از گیاهان آسیب می‌رساند. برخی از یون‌ها نظیر کلراید، سدیم، بر، بعضی از گیاهان را مسموم می‌کنند. همچنین سدیم می‌تواند مشکلاتی را برای نفوذپذیری خاک نسبت به آب و هوا ایجاد نماید.	مانند کل جامدات معلق (TDS)، هدایت الکتریکی (EC)، و به‌طور مشخص عناصری مانند سدیم، کلسیم، منیزیم، کلر و بر	مواد معدنی محلول
غلظت‌های بالای کلرین آزاد قابل دسترس (Cl_2 میلی‌گرم در لیتر ۰/۵ <) می‌تواند دلیل سوختن برگ و خسارت زدن به بافت‌های حساس محصولات شود. با این همه، اغلب کلرین موجود در فاضلاب تصفیه شده به شکل ترکیباتی هستند که نمی‌توانند به محصولات آسیب برسانند. بعضی از تأثیرات مضر سمی این مولد، تأثیر کلرین‌های آلی بر آلودگی صنایع آب زیرزمینی می‌باشد.	کلرین آزاد و ترکیبی	رسوبات کلریدی

منبع: Pettygrove, Asano, 1985

جدول C.4: "محدودهٔ غلظت فلزات سنگین در خاک"

پارامترها	کمیت
کادمیوم (Cd)	۱ –۳
مس (Cu)	۵۰ –۱۴۰
نیکل (Ni)	۳۰ –۷۵
سرب (Pb)	۵۰ –۳۰۰
روی (Zn)	۱۵۰ –۳۰۰
جیوه (Hg)	۱ –۱/۵
کروم (Cr)	--

جدول C.5: "محدودهٔ غلظت فلزات سنگین در لجن مورد استفاده در کشاورزی"

پارامترها	کمیت
کادمیوم (Cd)	۲۰ –۴۰
مس (Cu)	۱۰۰۰ –۱۷۵۰
نیکل (Ni)	۳۰۰ –۴۰۰
سرب (Pb)	۷۵۰ –۱۲۰۰
روی (Zn)	۲۵۰۰ –۴۰۰۰
جیوه (Hg)	۱۶ –۲۵
کروم[۲] (Cr)	--

توجه: مقادیر داده شده در واحد میلی‌گرم بر کیلوگرم به ازای ماده خشک خاک با pH ۶–۷ می‌باشد.
منبع: شورای مجمع اروپایی‌ها (CEC, 1986).

۲ – در حال حاضر برآورد محدوده‌ای کمی و غلظت مشخص برای کروم، امکان‌پذیر نیست.

جدول C.6: "مقادیر متوسط فلزات سنگین که به‌طور سالیانه (بر اساس میانگین ده ساله) به خاک‌های کشاورزی اضافه شده‌اند"

پارامترها	محدوده
کادمیوم (Cd)	۰/۱۵
مس (Cu)	۱۲
نیکل (Ni)	۳
سرب (Pb)	۱۵
روی (Zn)	۳۰
جیوه (Hg)	۰/۱
کروم (Cr)	--

توجه: مقادیر داده شده بر حسب کیلوگرم بر هکتار در سال می‌باشد (Kg/ha/yr)

در حال حاضر برآورد محدوده‌ای کمی و غلظت مشخص برای کروم امکان‌پذیر نمی‌باشد.

منبع: شورای مجمع اروپایی‌ها (CEC, 1986)

پیوست D: رهنمودهای اجرایی برای استفاده مجدد از فاضلاب

جدول D.1: "بررسی اقدامات مقدماتی و مفروضات: بازاریابی برای آب تصفیه شده"

۱- پتانسیل‌های استفاده کننده‌ها و روش‌های استفاده از آب تصفیه شده
۲- تعیین نیازمندی‌های مربوط به سلامت آب با توجه به کیفیت آن و همچنین کاربردهای مربوط به آب و برای هر کدام از موارد استفادهٔ آن (تصفیه، روش‌های آبیاری و ...)
۳- تنظیم کیفیت آب برای جلوگیری از بوجود آمدن مسائل ناشی از عدم وجود کیفیت نامناسب آب نظیر محدود کردن و جلوگیری از آلوده شدن از آب‌های زیرزمینی
٤- توصیه این فرض که آب ممکن است در آینده چه مشخصات کیفی را با توجه به سطوح مختلف تصفیه را دارا باشد و مقایسه آن با نیازمندی‌های به آن آب و اقداماتی که باید در راستای بهبود کیفیت انجام گیرد.
۵- تخمین میزان سرمایه‌گذاری لازم جهت تهیه آب تازه، برای مصرف‌کنندگانی که از آب تصفیه شده استفاده می‌کنند
٦- بررسی مصرف‌کنندگان بالقوه آب تصفیه شده به منظور دسترسی به اطلاعات ذیل: الف) مصرف‌کنندگان واقعی و مشخص آب تصفیه شده ب) میزان آب مورد نیاز در حال حاضر و آینده ج) برنامه زمان‌بندی و انعطاف‌پذیری نیازها د) ایجاد تغییرات در تجهیزاتی که ضروری است، آب مصرفی آن‌ها به آب تصفیه شده، جایگزین می‌شود. لبته باید درنظر داشت که آب تصفیه شده مورد استفاده باید دارای مشخصات قابل پذیرش توسط آن تجهیزات را دارا باشد و برنامه مشخصی برای رفع آب موجود باشد. مضاف بر اینکه هزینه‌های مورد نیاز بایستی برآورد گردد. ه) سرمایه‌گذاری‌های داخلی مصرف‌کننده، هزینه‌های بهره‌برداری را دستخوش تغییر می‌نماید و موجب صرفه‌جویی در هزینه‌های ذکر شده می‌باشد. و)طرح‌های کاربردری سایت در آینده ز) اهداف استفاده از آب تصفیه شده هم‌اکنون و در آینده
۷- اطلاع‌رسانی به استفاده‌کنندگان این آب در خصوص محدودیت‌های موجود اعم از کیفیت احتمالی آب با توجه به سطوح مختلف تصفیه، هزینه‌هایی که باید پرداخت گردد و کیفیت آب تازه.

منبع: Asano, Mills, 1988

جدول D.2: "بازار (مسائل اقتصادی) آب تصفیه شده: گزارش ارزیابی و امکان‌سنجی"

۱- مشخصات منطقه مورد مطالعه: سطح آب زیرزمینی، آب‌های سطحی، کاربری اراضی، رشد و شاخص‌های جمعیت
۲- تجهیزات و مشخصات مربوط به تأمین آب: عوامل ؟؟، منابع و کیفیت تهیه آب، چگونگی و شرح تجهیزات اصلی، نظام استفاده از آب، تجهیزات و نیازمندی‌های آینده، مدیریت و آب‌های زیرزمینی و مشکلات مربوط به آن، هزینه‌های فعلی و آتی، عوارض و مالیات‌ها، هزینه‌های مشتری
۳- مشخصات فاضلاب و تجهیزات مربوط به آن: عوامل ؟؟؟، شرح تجهیزات اصلی، کیفیت و کمیت پساب، تجهیزات و نیازمندی‌های آینده، شرح استفاده فعلی (مصرف‌کننده‌ها، کمیت‌ها، توافقات مالی و پیمانی)
٤- نیازمندی‌های تصفیه برای تخلیه منابع پذیرنده و یا استفاده مجدد فاضلاب و یا سایر محدودیت‌ها: بهداشت و کیفیت آب نیازهای مربوطه، نیازهای کیفی یک مصرف کننده مشخص، کنترل‌های محلی.
۵- مصرف‌کنندگان بالقوه آب: لیست مصرف‌کنندگان بالقوه آب و نتایج مربوط به نظرات و بررسی‌های مصرف‌کنندگان.
٦- تصفیه مقدماتی آب و آلترناتیوهای مربوط به استفاده‌های مجدد آن: بررسی و غربال اولیه آلترناتیوها و گزینه‌های (اقتصادی، مسائل مالی و سرمایه‌گذاری، قابلیت فروش آب تصفیه شده، فشارهای موجود و بالقوه)، انتخاب یک گزینه جهت بازبینی دقیق و آنالیز قیمت.
۷- آنالیز امکان‌سنجی مقدماتی: مقایسه تصفیه آب با استفاده مجدد از آب تازه، جنبه‌های قانونی و نیازهای مصرف‌کننده.
۸- پیشنهاداتی برای مطالعات ادامه‌دار: تصمیم برای ادامه مطالعات، نظراتی در خصوص اصلاح طرح یا مطالعات، تعریف مسائل جدید برای مطالعات آینده.

منبع: Asano, Mills, 1988

جدول D.3: "سرفصل‌هایی برای تصفیه فاضلاب و تجهیزات استفاده مجدد از آن"

۱- مشخصات منطقه مورد مطالعه با توجه به جدول D.2
۲- مشخصات و تجهیزات مربوط به تأمین آب با توجه به جدول D.2
۳- مشخصات و تجهیزات فاضلاب: تغییرات کیفی و دبی ساعتی و فصلی، ضرورت کنترل آلاینده‌هایی که در مصرف مجدد فاضلاب تأثیرگذارند در مبدأ، با توجه به جدول D.2
٤- نیازمندی‌های تصفیه، برای تخلیه منابع پذیرنده و استفاده مجدد از آن و سایر محدودیت‌ها با توجه به جدول D.2
۵- مصرف‌کنندگان و مشتریان بالقوه آب: شرح پروسه آنالیز قیمت و بازاریابی با توجه به جدول D.2
٦- آنالیز گزینه‌های پروژه: هزینه‌های سرمایه‌گذاری، بهره‌برداری و نگهداری و تأثیرات، امکان‌سنجی مهندسی انجام کار، آنالیز اقتصادی، آنالیزهای مربوط به سرمایه‌گذاری، آنالیز انرژی، اثرات مربوط به کیفیت آب، بازاریابی، قوانین و مقررات مربوط به آب، اثرات زیست‌محیطی و اجتماعی و مقایسه گزینه‌ها و انطباق‌ها الف) گزینه‌های تصفیه ب) گزینه‌های بازار: بر اساس سطوح مختلف تصفیه و مناطق سرویس‌دهی ج) گزینه‌های خطوط لوله د) گزینه‌های محل ذخیره آب تصفیه شده ه) گزینه‌های آب تازه و) گزینه‌های کنترل آلودگی آب ر) گزینه اینکه پروژه‌ای وجود نداشته است.
۷- طرح توجیه شده: شرح تجهیزات پیش‌بینی شده، ضوابط طراحی مقدماتی، قیمت پروژه، لیست مصرف‌کنندگان بالقوه و موافقت‌های اصولی، کمیت و تغییرات مقدار آب تصفیه به منظور اینکه بتوان آنجا دائماً تولید نمود، پیوستگی تولید و ضریب اطمینان از همواره وجود داشتن منبع، طرح اجرایی، برنامه بهره‌برداری.
۸- برنامه سرمایه‌گذاری اجرایی و درآمدهای مربوطه: منابع و زمان‌بندی سرمایه برای طراحی و اجرا؛ خط مشی نرخ‌گذاری آب تصفیه شده، تفاوت قیمت بین تأمین آب و حذف آلاینده‌ها، برنامه‌ریزی مربوط به مصارف آتی استفاده مجدد از آب، قیمت آب تازه، هزینه‌های مربوط به تصفیه، هزینه واحد، بازده و در آمد کل، مالیات‌ها و عوارض، هزینه‌های مربوط به واگذاری و کنار کشیدن، آنالیز میزان حساسیت موضوع می‌باشد.

منبع: Asano, Mills, 1988

جدول D.4: "موانع بالقوه در تأمین ایمنی استفاده‌کنندگان آب تصفیه شده"

۱- ملاحظات مربوط به تأثیر آب تصفیه شده در پروسه‌های صنعتی، آبیاری فضای سبز یا محصولات کشاورزی
۲- مصرف‌کنندگان خودشان تولید کننده آب هستند و آب مصرفی مورد نیاز خود را تولید می‌کنند که این کار با هزینه کمتری نسبت به آب شرب شهری یا آب تصفیه شده تمام می‌شود.
۳- عدم توافق در زمینه قیمت تمام شده آب تصفیه شده
٤- عدم پشتکار مصرف‌کنندگان و یا عدم توانایی آن‌ها در پرداخت هزینه‌های اضافی جهت لوله‌کشی و یا اصلاحات سیستم توزیع آب درون سایتی.
٥- چالش‌های مصرف‌کنندگان خارج از چهارچوب استدلالی تعریف شده برای پروژه که نیازمند مذاکرات قضایی باشد.
٦- عدم تصویب طرح توسط سازمان بهداشت محلی.

منبع: Asano, Mills, 1988

جدول D.5: "تدارک مطلوب قراردادهای استفادهٔ آب تصفیه شده"

۱- زمان قرارداد: شرح خدمات، شرایط انقضا و خاتمه قرارداد
۲- مشخصات آب تصفیه شده: منبع، کیفیت، فشار
۳- میزان و کمیت دبی و تغییرات آن
٤- ضریب اطمینان پیوستگی وجود آب: استمرار تأمین آب، تهیه آب جایگزین
٥- آغاز استفاده: چه موقع مصرف‌کننده می‌تواند از آب استفاده کند؟
٦- توالی و ترتیب پرداخت‌ها و مسائل مالی: قیمت‌گذاری آب تصفیه‌شده، پرداخت برای تجهیزات
۷- مالکیت تجهیزات و حریم خط لوله: مسئول بهره‌برداری و تعمیرات
۸- مسائل متفرقه: تعهدات و اسناد، محدودیت‌ها و استفاده، حقوق پشتیبانی از سایت بازرسی

منبع: Asano, Mills, 1988

f: عملکرد به زمان نگهداری، که بسته به تقاضا متفاوت است وابسته است.

g: منبع: Reed و دیگران ۱۹۸۸.

h: منبع: Idelovitch و Michail، ۱۹۸٤.

منابع و مراجع:

1- Ali, I. 1987. Wastewater criteria for irrigation in arid regions. *Journal of the Irrigationa and Drainage Division, ASCE* 113:173-183.

2- Ambrose, W. A., and P. Lynn. 1986. Groundwater recharge: enhancing Arizona's aquifers. AWWA *Journal* 78:85-90.

3- Arthur, J. P. 1983. *Notes on the Design and Operation of Waste Stabilization Ponds in Warm Climates of Developing Countries.* World Bank Technical Paper Number 7. Washington, DC: The World Bank.

4- Asano, T., and R. A. Mills. 1988. Planning successful water reuse projects. In *Implementing WaterReuse, Proceedings of Water Reuse Symposium IV,* Denver, Colo.: AWWAR esearchF oundation.

5- Ayers, R. S., and D. W. Westcot. 1985. "Water Quality for Agriculture." Irrigation and Drainage Paper no. 29, Rev. 1. Rome: Food and Agriculture Organization.

6- Ayres, R., D. Lee, and D. Mara. 1989. The enumeration of human intestina nematode eggs in raw and treated wastewaters. *Tropica Plublic Health Engineering.* Research Schemer 4336- Final Report. Dept. of Civil Eng. Leeds, U.K.: Leeds Univ.

7- Bartone,C. R., and S. A. Arlosoroff. 1987. Irrigationr euse of pond effluentin developing countries.

*8- Water Science and Technology*1 9:289-297. *BioCycle.* 1984. Managing sludge by composting. Emmaus, Pa.: The I. G. Press.

9- Biswas, A. K., and A. Arar, eds. 1988. *Treatment and Reuse of Wastewater.* London: Butterworths.

10- Blumenthal,U. 1988. Generalizedm odel of the reduction in health risk associated with different control measures for the use of human

wastes. *IRCWD News* 24/25:13-18.

11- Bouwer, H., and E. Idelovitch. 1987. Quality requirements for irrigation with sewage water. *Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE* 113:516-535.

12- Bruvold, W. H. 1988. Public opinion on water reuse options. *Journal of the Water Pollution ControlFederation* 60(no. 1):45-49.

13- Council of the European Communities. 1986. Directive on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewages ludgei s used in agriculture. *OfficialJ ournal of the European Communities*n o. L181/6-10.y

14- Engineering-Science. 1987. "Monterey Wastewater Reclamation Study for Agriculture." Final Report. Prepared for Monterey Regional Pollution Control Agency, Berkeley, Calif.

15- Feachem, R., D. Bradley, H. Garelick, and D. Mara. 1983. *Health Aspects of Excreta and Sulage Management.* Appropriate Technology f or Water Supplya nd SanitationS eries, vol. 3. Washington, DC: The World Bank. *Program Report Series 47*

16- Gerba, C. P., C. Wallis, and J. C. Melnick. 1975. Fate of wastewater bacteria and viruses in the soil. *Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE* 28:987-991.

17- Haddadin, M., and M. Suleiman. 1988. "Wastewater Reclamation and Reuse in the EMENA Countries." Report to The World Bank, Washington, DC

18- Idelovitch, E. 1988. "Technical and Economic Aspects of Sewage Reuse in Irrigation: The Case of Santiago, Chile." Paper presented at the Annual World Bank "Water Week" Seminar, 13-15 December, Baltimore, Md.

19- [delovitch, E., and M. Michail. 1984. Soil-aquifer treatment: A new approach to an old method of wastewater reuse. *Journal of the Water Pollution Control Federation* 56:936-943.

20- IRCWD. 1985. *Health Aspects of Wastewater and Excreta Use in Agriculture and Aquaculture—The Engelberg Report.* Dubendorf, Switzerland: International Reference Centre for Waste Disposal.

21- Loehr, R. C., and M. R. Overcash. 1985. Land treatment of wastes: Concepts and general design. *Journal of Environmental Engineering* 111:141-160.

22- Maas, E. V. 1984. "Salt Tolerance of Plants." In *Handbook of Plant Science in Agriculture,* ed. B. R. Christie. Boca Raton, Fla.: CRC Press.

23- Mara, D., and S. Cairncross. 1989. *Guidelines for the Safe Use of Wastewater and Excreta in Agriculture and Aquaculture: Measures for Public Health Protection.* Geneva: United Nations Environmental Programme/World Health Organization.

24- Mara, D., H. W. Pearson, and S. A. Silva. 1983. Brazilian stabilization pond research suggests lowcost urban application. *World Water* 6:20-24.

25- Pettygrove, G. S., and T. Asano, eds. 1985. *Irrigation with Reclaimed Municipal Wastewater—A Guidance Manual.* Chelsea, Mich.: Lewis Publishers.

26- Reed, S. C., E. J. Middlebrooks, and R. W. Crites. 1988. *Natural Systems for Waste Management and Treatment.* New York: McGraw-Hill. I

27- Shende, G. B. 1985. "Status of Wastewater Treatment and Agricultural Reuse with Special Refezynce to Indian Experience and Research and Development Needs." Paper presented at the FAO Regional Seminar

on the Treatment and Use of Sewage Effluent for Irrigation, 7-9 October, Nicosia.

28- Shuval, H. I., A. Adin, B. Fattal, E. Rawitz, and P. Yekutiel. 1986. *Wastewater Irrigation in Developing Countries: Health Effects and Technical Solutions.* World Bank Technical Paper Number 51. Washington, DC: The World Bank.

29- Simpson-Hebert, M. 1983. *Methods of Gathering Sociocultural Data for Water Supply and Sanitation Projects.* Technical Advisory Group Note No. 1. UNDP-World Bank Water and Sanitation Program, Washington, DC

30- Strauss, M., and U. J. Blumenthal. 1990. *Hunan Waste Use in Agriculture and Aquaculture, Utilization Practices and Health Perspectives.* IRCWD Report No. 08/89. Dubendorf, Switzerland: International Reference Centre for Waste Disposal. *48 UNDP-World Bank Water and Sanitation Program*

31- Trad Rais, M. In Process. *Surveillance Bacteriologique et Parasitologique des Eaux Usees Brutes et Traitees* ***de*** *la Ville de Tunis.* Tunis: Centre de Recherche du Genie Rural.

32- WHO. 1973. 'Reuse of Effluent: Methods of Wastewater Treatrnent and Health Safeguards." Report of a Meeting of Experts. Geneva: World Health Organization.

33- WHO. 1989. 'Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture." WHO Technical Report Series, no. 778. Report of a Scientific Group. Geneva: World Health Organization.